

შესავალი

დედამიწის სამი მეოთხედი წყლით არის დაფარული. საუკუნეების მანძილზე ადამიანი თანდათანობით ითვისებდა და შეისწავლიდა მის გარემომცველ სამყაროს იმ მიზნით, რომ ეს სამყარო გამოეყენებინა თავისი პრაქტიკული საქმიანობის სფეროში. დაწყებული XV საუკუნიდან XIX საუკუნის დასასრულამდე ადამიანმა იწყო ინტენსიური გასვლა ზღვებსა და ოკეანეში. ათასგვარი წინააღმდეგობის გადალახვის შემდეგ ის ითვისებდა ახალ-ახალ მიწებს და მათ სიმდიდრეებს იყენებდა თავის სამყაროში.



ამასთანავე, მეზღვაურების წინაშე დგებოდა ურთულესი ამოცანა, მათ უნდა ცოდნოდათ გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა უკიდურეს ოკეანეში. ამისათვის ისინი აწარმოებდნენ კურსის ათვლას და სიჩქარის გამოთვლას, მაგრამ ეს მეთოდი რაც უფრო მეტი დრო გადიოდა პორტიდან გამოსვლის შემდეგ, მით უფრო არასაიმედო ხდებოდა.

მხოლოდ ასტრონომიის, მნათობთა მოძრაობის ცოდნაზე დაფუძნებული მეთოდები იძლეოდა საკმაოდ მაღალი სიზუსტით გემის კოორდინატების დადგენის შესაძლებლობას. ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ გემის ადგილმდებარეობის განედის განსაზღვრა მეზღვაურებმა იცოდნენ

ძველთაგანვე, ხოლო XVI საუკუნეში ეს საერთოდ აღარ წარმოადგენდა არავითარ სირთულეს. რაც შეეხება გრძედს, მისი განსაზღვრა მეზღვაურებისთვის დიდხანს რჩებოდა პრობლემად. მსოფლიოს ბევრი ტიტულოვანი მეცნიერები ნიუტონი, კლერო, ეილერი და სხვებიც მჭიდრო კავშირში მუშაობდნენ ამ პრობლემაზე. შენდებოდა ახალ-ახალი ობსერვატორიები, ფუძნდებოდა აკადემიები, რომლებიც აწესებდნენ

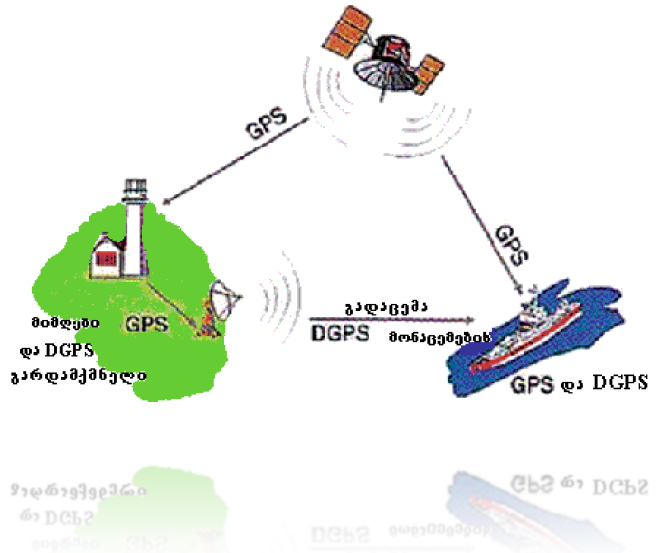


განსაკუთრებულ პრემიებს იმ პირთათვის, ვინც პირველი მოიგონებდა გრძედის გამოთვლის მეთოდს, მაგრამ პრეტენდენტი დიდ ხანს არ ჩანდა.

თითქმის სამასწორმოცდაათი წელი დაჭირდა იმას, რომ მეზღვაურებს მიეღოთ ინსტრუმენტები და მეთოდები, რომელთა გამოყენებით მათ შეძლეს გემის ადგილმდებარეობის განედისა და გრძედის განსაზღვრა. ეს მოხდა XVIII საუკუნის შუა წლებში.

XX საუკუნეში რადიონავიგაციური საშუალებების შემოღების წყალობით, მეზღვაურები გათავისუფლდნენ შრომატევადი, რთული გამოთვლების შესრულებისგან, მაგრამ ამ სიკეთესთან ერთად ისინი დამოკიდებულნი გახდნენ სახმელეთო რადიონავიგაციური სადგურების მუშაობაზე.

ამიტომ დღესაც ასტრონომიული მეთოდების გამოყენება გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრისათვის ისევ რჩება აქტუალური. მითუმეტეს, რომ მათ იყენებენ არამარტო გემის ადგილის კოორდინატების



გამოსათვლელად, არამედ მიმართულებების დასადგენად და კომპასების შესწორების განსაზღვრისთვის, რაც ყოველთვის იქნება საჭირო ნაოსნობის პირობებში.

ასტრონომიულ მეთოდებს მეზღვაურები იყენებენ, როგორც ავარიულს და საკონტროლოს.

ჯერ კიდევ XIX საუკუნიდან დაწყებული იმეცნიერების მიერ შემუშავდა ზღვაში ადგილმდებარეობის განსაზღვრის რამდენიმე ანალიტიკური გზა, ანუ ფორმულების საშუალებით კოორდინატების განსაზღვრა. მაშინ ეს გზა მიუღებელი გამოდგა

მეზღვაურებისთვის თავისი უზარმაზარი რთული მათემატიკური გამოთვლების გამო. დღეს, კომპიუტერული ტექნიკის მიღწევებთან შესაბამისად ასეთი მეთოდების გამოყენება გახდა შესაძლებელი და აუცილებელი კომპიუტერული პროგრამების შექმნის საფუძველზე.

ასტრონომიის საგანი

ასტრონომია საბუნებისმეტყველო მეცნიერების დარგია, რომელიც შეისწავლის ცის მნათობებს, ვარსკვლავებს, მზეს, მთვარეს, პლანეტებს, ანუ ცდომილებს, სამყაროს ყველა სხვა სხეულს, მათ მდებარეობას და მოძრაობას სივრცეში, სიდიდეს, მოყვანილობასა და აგებულებას, ქიმიურ და ფიზიკურ თვისებებს, მათ წარმოშობასა და განვითარებას, მათ ურთიერთკავშირებს. ამ დარგის საერთაშორისო სახელწოდება „ასტრონომია“ წარმოებულია ბერძნული სიტყვებიდან „ასტრო“- ვარსკვლავი და „ნომოს“ - კანონი, ანუ, მოკლედ, ასტრონომია განისაზღვრება როგორც მეცნიერება ციური მნათობების შესახებ. ქართველები ძველად მას „ვარსკვლავთმრიცხველობა“ -ს უწოდებდნენ.

ასტრონავიგაცია გემთწამყვანობის ერთერთი მეცნიერებაა. მისი საგანია გემის ადგილმდებარეობისა და კომპასების შესწორების განსაზღვრა ციურ მნათობებზე დაკვირვებით. საზღვაოსნო ასტრონომიის კურსში შედის სფერული და პრაქტიკული ასტრონომიის საფუძვლები, რომელთა ბაზისია სფერული გეომეტრიისა და ტრიგონომეტრიის დებულებები და დასკვნები.

სფერული ასტრონომია შეისწავლის დამხმარე სფეროზე მნათობთა კოორდინირების მეთოდებს, მნათობთა ხილული მოძრაობის კანონებს, დროის გაზომვის საფუძვლებს.

ასტრონავიგაციაში განიხილება მასში გამოყენებული ხელსაწყოების აღნაგობა, მათი საშუალებით ციურ მნათობებზე დაკვირვების წარმოება და ამ დაკვირვებათა შედეგებით ამოცანების ამოხსნის თეორია და პრაქტიკა.

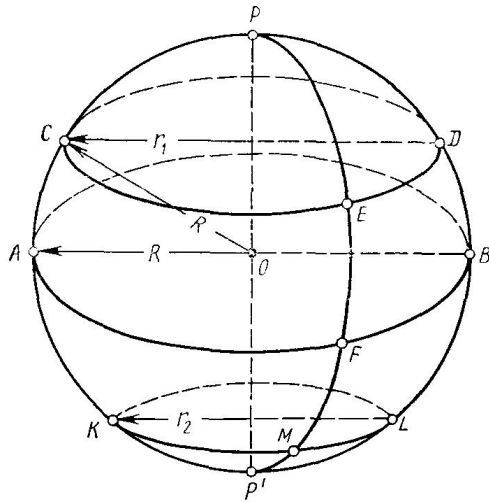
ამოცანების ამოხსნა ხდება უამრავი ცხრილური ლიტერატურის გამოყენებით. გამოცდილი შტურმანი ხიდურზე ასტრონავიგაციური მეთოდების გამოყენებით გემის ადგილმდებარეობის წერტილის დატანას ნავიგაციურ რუკაზე დაახლოებით 15-20 წუთს ანდომებს, ვინაიდან გამოთვლები შრომატევადი და რთულია. ასევე შრომატევადია კომპასის შესწორების გამოთვლის პროცესი, რომელიც დაახლოებით 7-დან 10 წუთამდე საჭიროებს.

ამოცანების ამოხსნის წარმოება მნიშვნელოვნად მარტივდება პერსონალური კომპიუტერების გამოყენებით, სპეციალური კომპიუტერული პროგრამების შედგენის საფუძველზე. ამ პროგრამების შედგენა და გემებზე მათი გაგზავნა დღეს აღარ წარმოადგენს რაიმე დიდ სირთულეს. ამიტომ ასტრონომიული მეთოდების გამოყენება ზღვაში ადგილმდებარეობის დასადგენად და კომპასების შესწორების გამოსათვლელად ჯერ-ჯერობით საკმაოდ აქტუალურია. საზღვაო საქმის შესწავლის პროცესში მომავალი შტურმანებისთვის ასტრონავიგაციის შესწავლა ისევე მნიშვნელოვანია, როგორც თვით ნავიგაციის ან გემის მართვისა.

თავი I. საერთო ცნებები სფერული გეომეტრიიდან

§ 1. სფერო

ასტრონავიგაციური ამოცანების ამოხსნისათვის გამრგვალი შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც სფეროს ზედაპირი; დამკვირვებელი სფეროს ცენტრიდან აკვირდება მნათობებს, რომლებიც განლაგებულია ცის, ანუ სფეროს ზედაპირზე.



ნახ.1 სფერო

სფეროს ზედაპირის ყოველი წერტილი ერთი და იმავე მანძილითაა დაშორებული სფეროს ცენტრს. ეს მანძილი – **სფეროს რადიუსია (R)**.

სფეროს ცენტრზე გამავალი ყოველი სიბრტყე გადაკვეთს სფეროს ზედაპირს წრეწირზე, რომლის ცენტრი თანხვედება სფეროს ცენტრს. ასეთ წრეწირს **დიდი წრეწირს** უწოდებენ.

სფეროს მკვეთი სიბრტყე, რომელიც ცენტრში არ გაივლის, სფეროს ზედაპირზე მოგვცემს მცირე წრეწირს (ნახ.1). პირველ ნახაზზე ნაჩვენებია სფერო და მასზე გამავალი დიდი წრეწირი AFB, მცირე წრეწირები CED და KML. დიდი წრეწირის მართობულად გამავალ დიამეტრს **სფეროს ღერძი**

ეწოდება, ხოლო მისი სფეროს ზედაპირიდან კვეთის წერტილებს – **პოლუსები**. PP' - სფეროს ღერძია, P და

P' წერტილები კი, პოლუსები.

მონაკვეთი OC- სფეროს რადიუსია. დიამეტრი მასზე გამავალი ყველა მცირე წრეწირისა და ერთი დიდი წრეწირის ღერძია. PP' - დიამეტრი დიდი წრეწირის AFB და მცირე წრეწირების CED და KML ღერძია.

წრეწირის სფერული რადიუსი არის დიდი წრეწირის რკალი ამ წრეწირის პოლუსიდან მის ნებისმიერ წერტილამდე. სფერული რადიუსი იზომება გრადუსულ ზომაში და შეიძლება ჰქონდეს მნიშვნელობა 0-დან 90°-მდე - მცირე წრეწირისთვის. ასე, მცირე წრეწირისთვის სფერული რადიუსი არის $T = \cup PA = \cup PB = \cup PF \approx 40^\circ$ დიდი წრეწირისთვის $R = \cup PD = \cup PA = \cup PC = 90^\circ$ (დიდი წრეწირი AFB).

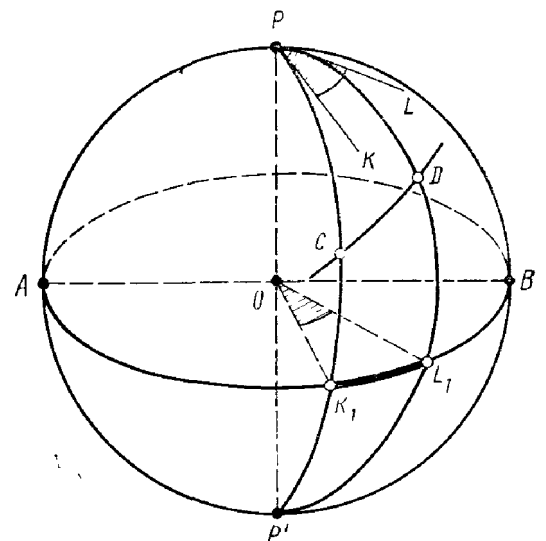
§ 2. სფერული კუთხე

მეორე ნახაზზე გავლებულია ორი დიდი წრეწირი (ნაჩვენებია მხოლოდ ნახევარი წრეწირები) - PAP'P და PBP'P.

PM არის $\cup PA$ მხები P წერტილში

PN არის $\cup PB$ მხები P წერტილში

(ნახ.2) მაშინ $\angle MPN$ არის სფერული კუთხე ორი დიდი წრის რკალებს $\cup PA$ და $\cup PB$ შორის. სფერული კუთხე სფეროს ზედაპირზე წარმოიქმნება ორი დიდი წრეწირის რკალების კვეთით. ამ რკალებს სფერული კუთხის გვერდები ეწოდება, ხოლო მათი კვეთის წერტილს - წვერო. ყოველ სფერულ კუთხეს შეესაბამება ორწახნაგოვანი კუთხე სფეროს



ნახ. 2 სფერული კუთხე

შიგნით, შედგენილი ამ სფერული კუთხის გვერდებზე გამავალი სიბრტყეებით. სფერული კუთხეები იზომება გრადუსებში შემდეგი მეთოდებით:

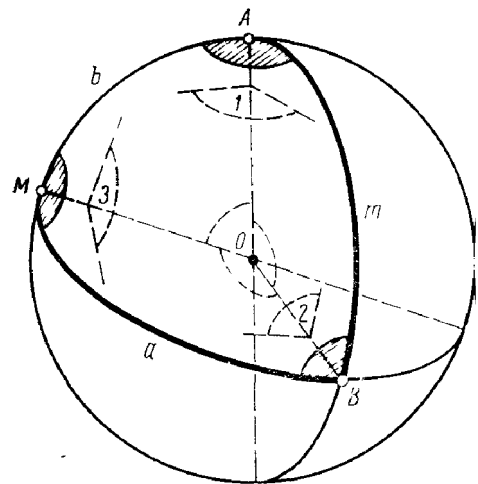
- ხაზოვანი კუთხით, რომელიც შედგენილია სფერული კუთხის გვერდებზე გამავალი მხებებით წვეროს წერტილიდან ($\sphericalangle MPN$ ნახაზზე);
- დიდი წრეწირის რკალით ორ გვერდს შორის, რომელთა პოლუსია ამ სფერული კუთხის წვერო, რადგანაც ეს რკალი ზომავს ცენტრალურ კუთხეს, რომელიც მხებების შორის კუთხის ტოლია:

$$\sphericalangle AB = \sphericalangle AOB = \sphericalangle PMN$$

სფერული კუთხის საზომად მიღებულია მხოლოდ ისეთი დიდი წრეწირის რკალი, რომელიც დაშორებულია სფერული კუთხის წვეროს 90° -ით. ასე, მეორე ნახაზზე $\sphericalangle KE$ არ უდრის სფერულ კუთხე PAB -ს. სფერული კუთხის სიდიდე შეიძლება იყოს 0 -დან 180° -მდე.

§ 3. სფერული სამკუთხედი

სფერული სამკუთხედი წარმოიქმნება სფეროს ზედაპირზე სამი დიდი წრეწირის რკალების ურთიერთ კვეთის შედეგად. მესამე ნახაზზე ეს არის სამკუთხედი AMB (ნახ.3). სფერული სამკუთხედის ელემენტებია სფერული გვერდები და კუთხეები, რომლებიც იზომება გრადუსულ ერთეულებში. ყოველ სფერულ კუთხეს სფეროს ცენტრთან შესაბამება სამწახნაგოვანი კუთხე, მიღებული სამი დიდი წრეწირის სიბრტყეების კვეთის შედეგად. ასე, სფერული



ნახ. 3 სფერული სამკუთხედი

სამკუთხედი AMB - კუთხეები აღნიშნულია ასოებით A , B და M , ხოლო გვერდები შესაბამისად a , b და m .

კუთხეები შესაბამისად უდრის ორწახნაგოვან კუთხეებს, შედგენილს მათზე გამავალი დიდი წრეწირების სიბრტყეებით. ასე, $\sphericalangle A = \sphericalangle 1$; $\sphericalangle B = \sphericalangle 2$; $\sphericalangle M = \sphericalangle 3$.

სფერული სამკუთხედის გვერდები. შესაბამისად უდრის ბრტყელ კუთხეებს სამწახნაგოვანი კუთხის წახნაგებს შორის. ასე, $a = \sphericalangle BOM$; $b = \sphericalangle AOM$; $m = \sphericalangle AOB$.

თუ მივიღებთ მხედველობაში ორწახნაგოვანი და სამწახნაგოვანი კუთხეების თვისებებს, ასეთი კუთხეების ჯამის თვისებებს, შეიძლება გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები:

- სფერული სამკუთხედის ერთი გვერდის ან ერთი კუთხის სიდიდე არ შეიძლება იყოს 180° -ზე მეტი;
- სფერული სამკუთხედის გვერდების ჯამი შეიძლება იყოს $0^\circ \div 360^\circ$ -ის ფარგლებში;
- სფერული სამკუთხედის კუთხეების ჯამი დევს $180^\circ \div 540^\circ$ -ის ფარგლებში;
- ტოლი კუთხეების პირდაპირ ტოლი გვერდები დევს და პირიქით;
- უდიდესი კუთხის მოპირდაპირედ უდიდესი გვერდი დევს.

ეს წესები საჭიროა გვახსოვდეს სფერული სამკუთხედის ამოხსნის დროს, ანუ მისი ელემენტების პოვნისთვის. არ უნდა გავკეთდეს შეცდომითი დასკვნა იმის

შესახებ, რომ სფერული სამკუთხედის ნებისმიერი კუთხე მოპირდაპირე გვერდის ტოლია. ეს სწორია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა ამ კუთხის წვერო არის მოპირდაპირე გვერდის პოლუსი, ანუ როცა ორი დანარჩენი გვერდიდან ყოველი მათგანი 90° -ია.

მესამე ნახაზზე სფერულ სამკუთხედში (ABM) $\sphericalangle A=a$, რადგანაც წერტილი A არის BM გვერდის პოლუსი.

გვერდების ან კუთხეების სიდიდის მიხედვით სფერული სამკუთხედი შეიძლება იყოს ბლაგვკუთხა, მართკუთხა და მეოთხედური.

- თუ სფერულ სამკუთხედში ერთი რომელიმე კუთხე 90° -ია, ასეთი სამკუთხედი მართკუთხაა. შეიძლება სფერულ სამკუთხედში მართი იყოს ორი ან სამი კუთხეც;
- თუ სფერულ სამკუთხედში ერთი რომელიმე გვერდი 90° -ია, მას მეოთხედურს ეძახიან. შეიძლება სფერულ სამკუთხედში მართი იყოს ორი და სამი გვერდიც.

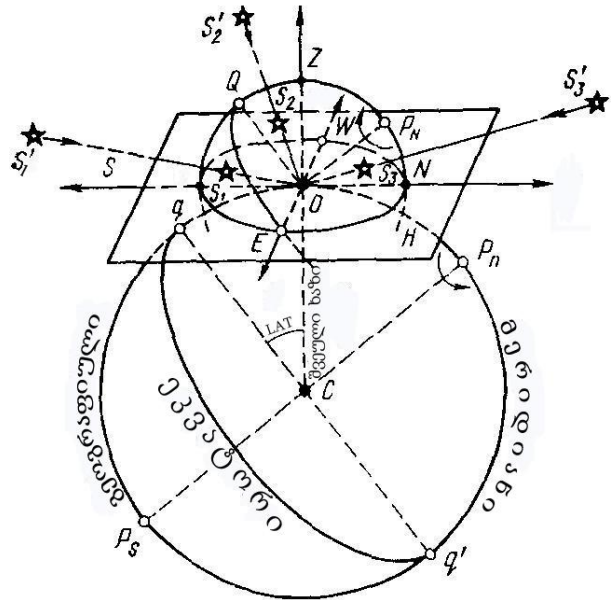
თავი II. მნათობთა მდებარეობის განსაზღვრა სფეროზე

§ 4. ციური სფერო

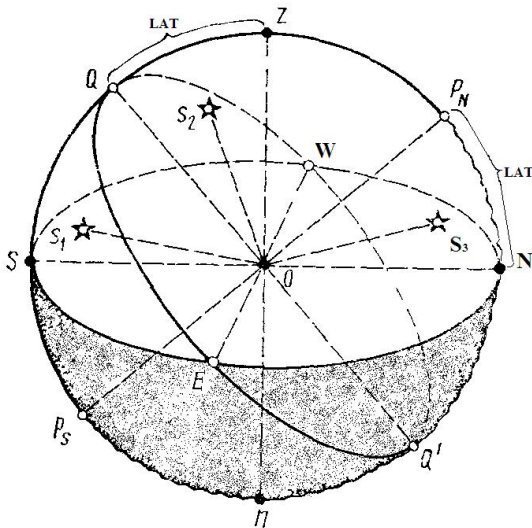
ცნობილია, რომ ნავიგაციაში ადგილმდებარეობის განსაზღვრისთვის საჭიროა სახმელეთო ორიენტირების, საგნების მდებარეობის ცოდნა ნავიგაციურ რუკაზე, ანუ დედამიწის ზედაპირზე.

ასტრონავიგაციაში ასევე საჭიროა ციური სხეულების ადგილმდებარეობის ცოდნა სფეროზე. ამასთანავე გასათვალისწინებელია ის გარემოება, რომ ციური სხეულები განუწყვეტლივ მოძრაობენ და იცვლიან თავიანთ მდებარეობას გამრგვალებზე.

მნათობთა მოძრაობა ადვილი წარმოსადგენია დამხმარე სფერულ ზედაპირზე. ამიტომ ასტრონავიგაციური ამოცანების პრაქტიკული ამოხსნისა და შემდგომ თეორიული დასკვნების მიღების გასაადვილებლად ასტრონომიაში



ნახ 4. დედამიწა და ციური სფერო



ნახ 5. ციური სფერო

არსებობს ცნება „დამხმარე ციური სფერო“, რომელზეც თითქოს განლაგებულია მნათობები. დამხმარე ციური სფეროს ცენტრი გათვალისწინებულია გარკვეულ წერტილში. ციური სფეროს ცენტრის განთავსება მიღებულია ან დამკვირვებლის თვალში, ან დედამიწის ცენტრში. ამასთანავე, მიიღება ერთი და იმავე დამხმარე ციური სფეროს ორი სხვადასხვა სურათი.

განვიხილოთ სფეროს სურათი, რომლის ცენტრი დამკვირვებლის თვალში მდებარეობს. მეოთხე ნახაზზე ნაჩვენებია დედამიწა (ქვედა ფიგურა): $P_N P_S$ - ჩრდილო და სამხრეთი გეოგრაფიული პოლუსები. qq' - დედამიწის ეკვატორი; დამკვირვებელი არის O წერტილში

დედამიწის ზედაპირზე, მისი განედი $LAT = \sphericalcap qO$.

ვუშვებთ, რომ დედამიწა სფეროა, რომელიც ბრუნავს დასავლეთიდან აღმოსავლეთის მიმართულებით (ისარი წერტილ P_N -თან). ავღნიშნოთ შვეული OC ვერტიკალური ხაზი და მივიღებთ მის მართობულ ჭეშმარიტი ჰორიზონტის სიბრტყეს H. ამ სიბრტყის კვეთა გეოგრაფიულ მერიდიანის სიბრტყესთან, რომელიც წერტილ O-ზე

მერიდიანია, ხოლო ხაზი $P_N P_S$, რომელიც დედამიწის ღერძის პარალელურია - სამყაროს ღერძი.

- ღერძის ბოლოების კვეთა სფეროს ზედაპირთან იძლევა სამყაროს პოლუსებს P_N - სამყაროს ჩრდილოეთი პოლუსი; P_S - სამყაროს სამხრეთი პოლუსი. ჰორიზონტის ზედა ნაწილში მდებარე პოლუსმა მიიღო სახელწოდება: **ამაღლებული პოლუსი**, ხოლო ჰორიზონტის ქვედა ნაწილში მდებარემ - **დადაბლებული პოლუსი**. **ამაღლებული პოლუსის** სიმაღლე ყოველთვის შეესაბამება დამკვირვებლის გეოგრაფიული განედის სახელწოდებას;
- დამკვირვებლის მერიდიანი ყოფს სფეროს ორ ნაწილად - **აღმოსავლეთ** და **დასავლეთ** ნაწილებად. ჭეშმარიტი ჰორიზონტისა და დამკვირვებლის მერიდიანის სიბრტყეების კვეთა მოგვცემს წერტილებს N და S ხოლო მათ შემაერთებელ ხაზს **შუადღის ხაზი** ჰქვია ეს სახელწოდება ამ ხაზმა იმიტომ მიიღო, რომ საგნების ჩრდილები ამ ხაზს სწორედ შუადღისას მიჰყვებიან რამდენადაც მზე ამ დროს ზენიტიდან სამხრეთითაა გადახრილი და ჩრდილი მიმართულია ჩრდილოეთისკენ;
- სამყაროს ღერძი ($P_N P_S$) ყოფს სფეროს ორ ნაწილად **საშუაღამისო** ნაწილად- წერტილი ნადირით (N) და **საშუადღისო** ნაწილად- წერტილი ზენიტით (Z) ეს სახელწოდებები დაკავშირებულია მზის გავლასთან დამკვირვებლის მერიდიანის შესაბამის ნაწილებზე შუაღამეს და შუადღეს;
- დიდი წრეწირი $QE Q'WQ$, რომლის სიბრტყე სამყაროს ღერძის მართობულია, **ციური ეკვატორია**. ციური ეკვატორით სფერო იყოფა **ჩრდილო** და **სამხრეთ** ნახევარსფეროებად;
- ციური ეკვატორისა და ჭეშმარიტი ჰორიზონტის სიბრტყეების კვეთაში ვღებულობთ ჰორიზონტის წერტილებს E - **აღმოსავლეთი** და W - **დასავლეთი**. ამგვარად, ეს წერტილები და ადრე ხსენებული წერტილები N და S ჭეშმარიტ ჰორიზონტს ყოფენ ოთხ ნაწილად:

NE - ჩრდილო - აღმოსავლეთი;

SE - სამხრეთ - აღმოსავლეთი;

SW - სამხრეთ - დასავლეთი;

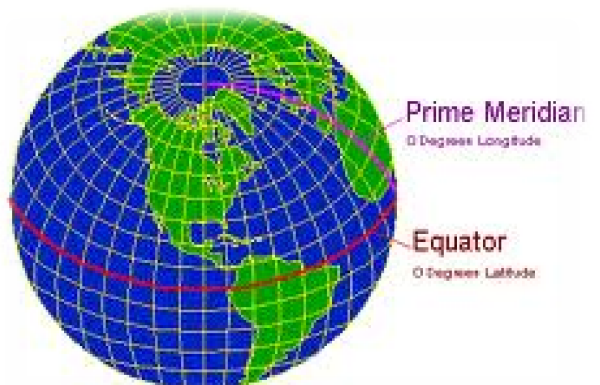
NW - ჩრდილო - დასავლეთი.

ამგვარად, შეგვიძლია დავასკვნათ, დამხმარე სფერო ნებისმიერი რადიუსით, რომლის ყველა ხაზი და სიბრტყე პარალელურია დედამიწის ზედაპირზე განლაგებული შესაბამისი ხაზებისა და სიბრტყეებისა, არის ციური სფერო.

სფერულ ასტრონომიაში არის ცნება მცირე და დიდი წრეწირების (დამხმარე წრეწირები) შესახებ, რომლებსაც **კოორდინატურ წრეებს** უწოდებენ.

დიდი წრეწირები, რომელთა სიბრტყეები გადიან შვეულ ხაზზე და, მამასადმე, ზენიტისა და ნადირის წერტილებზეც, **ვერტიკალები** ჰქვია.

ნებისმიერი ვერტიკალის სიბრტყე ჭეშმარიტი ჰორიზონტის სიბრტყის მართობულია.



მიღებულია ვერტიკალის იმ ნახევარწრის განხილვა, რომელზედაც მნათობი იმყოფება ასე $\cup ZBn$ არის მნათობი B -ს ვერტიკალი (ნახ.6) ჭეშმარიტი ჰორიზონტის სიბრტყის პარალელურად გამავალ მცირე წრეწირებს **ალმუკანტარატები** ჰქვია.

მცირე წრეწირები aba' - ალმუკანტარატია. დიდი წრეწირები, რომელთა სიბრტყეები გადიან სამყაროს პოლუსზე და, მაშასადამე, სფეროს ღერძზეც, ციური მერიდიანებია. ციურ მერიდიანს ასევე მნათობის დახრილობის კუთხის წრეწირსაც უწოდებენ.

ნებისმიერი ციური მერიდიანის სიბრტყე ციური ეკვატორის სიბრტყის მართობულია. ციური მერიდიანის იმ ნახევარ წრეწირს განიხილავენ, რომელზედაც მნათობი იმყოფება.

მერიდიანი ან დახრილობის კუთხის წრეწირი მნათობი B -თვის არის წრეწირი $P_N B P_S$

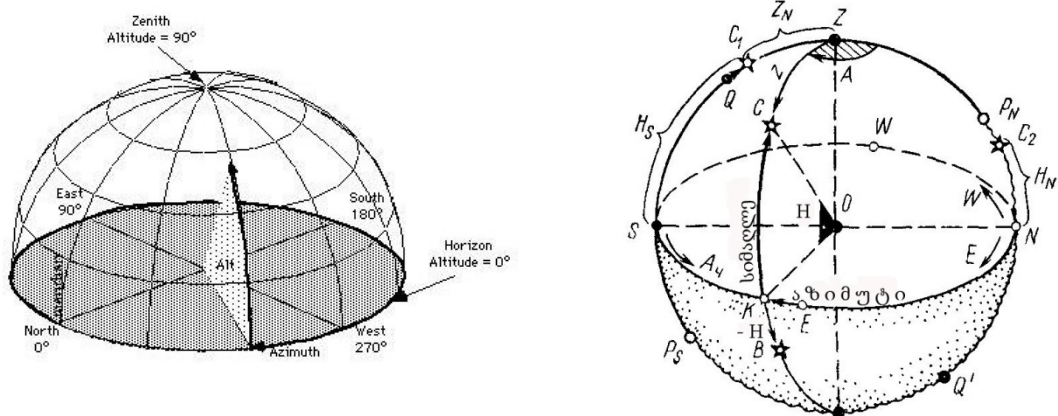
მცირე წრეწირებს, რომელთა სიბრტყეები ციური ეკვატორის სიბრტყის პარალელურია - **პარალელები** ჰქვია. მაგალითად, პარალელია მცირე წრეწირი bBb_1 .

დამკვირვებლის მერიდიანი ერთდროულად მერიდიანიც არის და ვერტიკალიც. ეს წრეწირი საწყისი წრეწირია მნათობთა ორ კოორდინატურ სისტემაში.

მნათობის მდებარეობა ცაზე ზოგადად განისაზღვრება ორი კოორდინატური წრეწირის კვეთით, ხოლო კოორდინატური წრეწირის მდებარეობა გვიჩვენებს შესაბამის კუთხეს, ან რკალს, რომელიც აითვლება ძირითადი ანუ საწყისი სიბრტყეებიდან (წრეწირებიდან).

§ 5. მნათობთა ჰორიზონტული სისტემა

ჰორიზონტულ სისტემაში საწყის წრეწირებად მიღებულია ჭეშმარიტი ჰორიზონტი და დამკვირვებლის მერიდიანი, ხოლო კოორდინატებია მნათობის **აზიმუტი (A)** და მისი **სიმაღლე (H)**. მნათობის აზიმუტი (A) - ეს არის სფერული კუთხე ზენიტთან დამკვირვებლის მერიდიანსა და მნათობის ვერტიკალს შორის.



ნახ.8. მნათობთა ჰორიზონტული კოორდინატები

აზიმუტი აითვლება ჭეშმარიტი ჰორიზონტის შესაბამისი რკალით დამკვირვებლის მერიდიანიდან მნათობის ვერტიკალამდე. აზიმუტის გამოსახვა ასტრონავიგაციაში უფრო მისაღებია რკალის სახით. ნახაზზე ეს არის რკალი NK არსებობს აზიმუტის გაზომვის სამი მეთოდი: წრიული, ნახევარწრიული და მეოთხედური.

წრიული აზიმუტი (A) - იზომება ჭეშმარიტი ჰორიზონტის რკალით შუადღის ხაზის N წერტილიდან ყოველთვის, აღმოსავლეთის მიმართულებით მნათობის ვერტიკალამდე 0° -დან 360° -მდე. ამ შემთხვევაში აზიმუტის სახელწოდება არ მოიხსენიება. მაგალითად, ვარსკვლავ C -თვის $A=105^\circ$; წრიული აზიმუტი თანემთხვევა ნავიგაციაში ჭეშმარიტი პელენგების ათვლას და კომპასის ფირფიტის დაყოფას გრადუსებში. აზიმუტი ფართოდ გამოიყენება კომპასის შესწორების განსაზღვრისთვის.

ნახევარწრიული აზიმუტი (A_6) - იზომება შუადღის ხაზის ორივე ბოლოდან, ანუწერტილებიდან N ან S , აღმოსავლეთის ან დასავლეთის მიმართულებით მნათობის ვერტიკალამდე 0° -დან 180° -მდე. ნახევარწრიული აზიმუტის დასახელება ხდება შემდეგნაირად: სახელწოდების პირველი ასო ყოველთვის ერთნაირია დამკვირვებლის განედის სახელწოდებისა, ხოლო მეორე ასო დამოკიდებულია იმაზე, თუ სად არის მნათობი - აღმოსავლეთის თუ დასავლეთის მხარეზე. ნახევარწრიული აზიმუტი ასე ჩაიწერება: $A_6 = N105^\circ E$ ან $A_6 = 105^\circ N E$. პრაქტიკაში მიღებულია ნახევარწრიული აზიმუტის პირველი სახით ჩაწერა.

მეოთხედური აზიმუტი (A_4) - იზომება ჭეშმარიტი ჰორიზონტის რკალით შუადღის ხაზის ორივე ბოლოდან აღმოსავლეთის ან დასავლეთის მიმართულებით მნათობის ვერტიკალამდე 0° -დან 90° -მდე. მეოთხედური აზიმუტის ჩაწერა შეესაბამება კომპასის ფირფიტის მეოთხედურ დაყოფას. ანუ $A_4 = 75^\circ SE$ მნათობი C -თვის.

პრაქტიკულ ასტრონომიაში აზიმუტის განსაზღვრის დროს ხშირად დგება საჭიროება მისი ერთი სახის ათვლიდან მეორეში გადაყვანისა ყველაზე ხშირად კი - ნახევარწრიულიდან და მეოთხედურიდან - წრიულში.

მნათობის სიმაღლე (H) - ეს არის კუთხე სფეროს ცენტრში ჭეშმარიტი ჰორიზონტის სიბრტყესა და მნათობზე მიმართულებას შორის. სიმაღლე იზომება მნათობის ვერტიკალის შესაბამისი რკალით ჭეშმარიტი ჰორიზონტის სიბრტყიდან მნათობამდე 0° -დან 90° -მდე. მაგალითად, C - ვარსკვლავისთვის სიმაღლეა $\angle KOC = \cup KC$, როდესაც მნათობი ჰორიზონტის ზევითაა სიმაღლე ითვლება დადებითად (+). ხოლო ჰორიზონტის ქვევით მდებარე მნათობისთვის ნიშანი უარყოფითია და მას დაშვებას ეძახიან და არა სიმაღლეს.

როდესაც მნათობი დამკვირვებლის მერიდიანზეა, მის სიმაღლეს **მერიდიონალურს** უწოდებენ და მიაწერენ იმ სახელწოდებას, ჰორიზონტის წერტილისა, რომლის ზევითაც არის მნათობი - N და S . ასე, მაგალითად C_1 - ვარსკვლავისთვის $H_M = 60^\circ S$ C_2 - ვარსკვლავისთვის კი $H_M = 25^\circ N$.

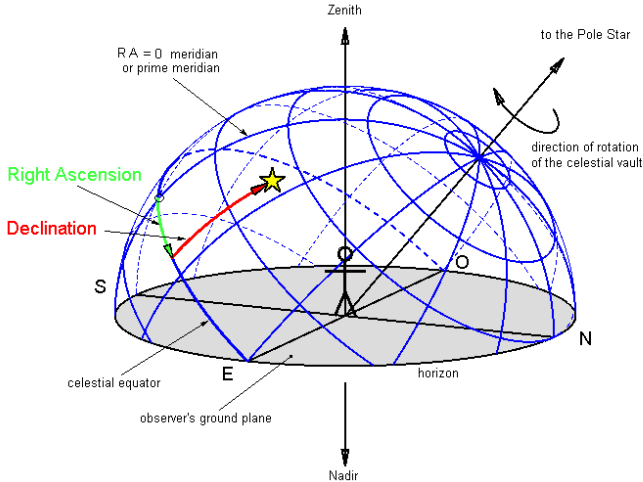
ზოგ შემთხვევაში სიმაღლის ნაცვლად იყენებენ ვერტიკალის რკალს ზენიტიდან მნათობამდე ანუ სიმაღლის დამატებას 90° -მდე. ამ რკალს (ნახაზზე $\cup ZC$) **ზენიტურ მანძილს (Z)** უწოდებენ.

როდესაც მნათობი დამკვირვებლის მერიდიანზეა, ეს კოორდინატი იწოდება **მერიდიონალურ ზენიტურ მანძილად (Z)**. მისი სახელწოდება სიმაღლის სახელწოდების საპირისპირო იქნება.

ჰორიზონტულ კოორდინატებს ადვილად პოულობენ სექსტანის, ან კომპასის საშუალებით, მაგრამ ჰორიზონტული კოორდინატები დღეღამის განმავლობაში იცვლება. იცვლება აგრეთვე დამკვირვებლის ადგილის ცვლასთან დაკავშირებითაც. აქედან გამომდინარე, ჰორიზონტული კოორდინატების განსაზღვრა ხდება გარკვეული გეოგრაფიული ადგილისთვის და დროის გარკვეული მომენტისთვის.

§ 6. ციური კოორდინატების ეკვატორიული სისტემა

ეკვატორიული სისტემის ძირითადი წრეწირებია ციური ეკვატორი და დამკვირვებლის მერიდიანი, ხოლო კოორდინატები - მნათობის საათობრივი კუთხე (LHA) და დახრილობა (Dec).

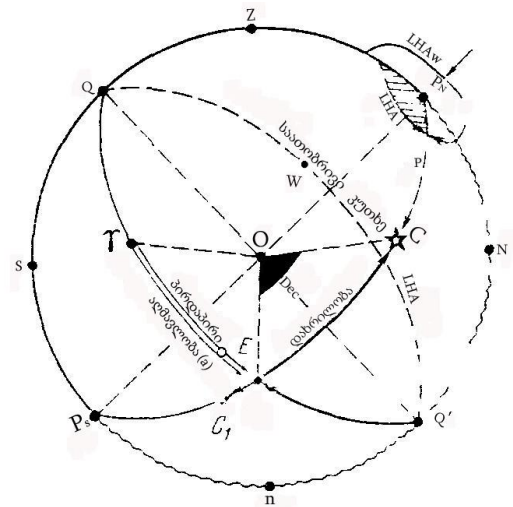


Equatorial Coordinates and Rotation of the sky

საათობრივი კუთხე (LHA) - ეს არის სფერული კუთხე ამაღლებულ პოლუსთან დამკვირვებლის მერიდიანის საშუაღდესო ნაწილიდან მნათობის მერიდიანამდე. საათობრივი კუთხეები იზომება ციური ეკვატორის რკალით საშუაღდესო წერტილიდან (Q) დასავლეთის მიმართულებით (W) მნათობის მერიდიანამდე 0°-დან 360°-მდე. მიღებული საათობრივ კუთხეს მიეწერება სახელწოდება - W. პრაქტიკული ამოცანების ამოხსნისას,

თუ საჭიროა 180°-ზე ნაკლები სიდიდის საათობრივი კუთხე, მაშინ დასავლური სახელწოდების ეს კუთხე გადაჰყავთ აღმოსავლურში ძალიან მარტივად: პოულობენ მის დამატებას 360°-მდე და უცვლიან სახელწოდებას. ასეთი გადაყვანის შემთხვევაში საათობრივ კუთხეს ეცვლება სახელწოდება, ანუ თუ იყო W-ის სახელწოდების, ხდება E-ის სახელწოდებისა და პირიქით. საათობრივი კუთხის ჩაწერა ხდება ასე: $LHA = 272^\circ W$ ან იგივე საათობრივი კუთხე შეიძლება ჩაიწეროს $LHA = 272^\circ W = 360^\circ - 272^\circ W = 188^\circ E$.

დახრილობა (Dec) - ეს არის კუთხე სფეროს ცენტრში ციური ეკვატორის სიბრტყესა და მნათობზე მიმართულებას შორის. დახრილობა იზომება მნათობის მერიდიანის რკალით ეკვატორის სიბრტყიდან, ან ჩრდილო პოლუსის მიმართულებით - მაშინ დახრილობას ენიჭება ჩრდილოეთის სახელწოდება და ეს ნიშნავს, რომ მნათობი ჩრდილო ნახევარსფეროშია, ან სამხრეთ პოლუსის მიმართულებით - მაშინ, შესაბამისად, დახრილობა იქნება სამხრეთის სახელწოდების და, ესეიგი, მნათობი სამხრეთ ნახევარსფეროში მდებარეობს.

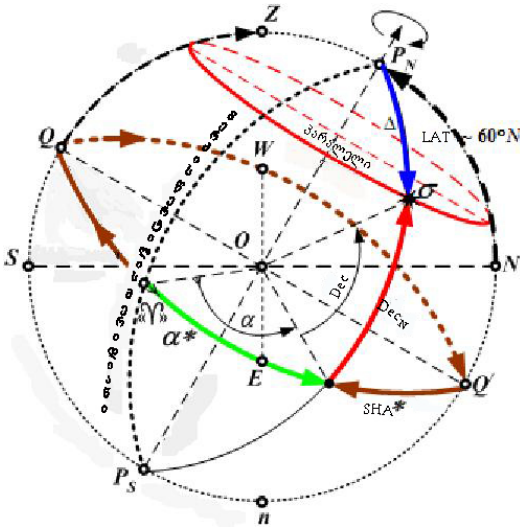


ნახ 9. მნათობთა ეკვატორული კოორდინატები

მეცხრე ნახაზზე მნათობი C ჩრდილო ნახევარსფეროში მდებარეობს და მისი ეკვატორული კოორდინატებია $LHA = 220^\circ W$ ან $LHA = 140^\circ E$; $Dec = 60^\circ N$; მნათობი C₁-ის კოორდინატებია შესაბამისად $LHA = 220^\circ W = 140^\circ E$; $Dec = 10^\circ S$.

§ 7. ციური კოორდინატების მეორე ეკვატორული სისტემა

ამ სისტემაში საწყისი წრეწირებია ციური ეკვატორი და გაზაფხულის დღელამტოლობის წერტილის მერიდიანი. ამ მერიდიანის მდებარეობა დამოკიდებულია მზის წლიურ მოძრაობაზე. მნათობის ადგილმდებარეობა მეორე ეკვატორულ სისტემაში განისაზღვრება კოორდინატებით - პირდაპირი აღვლენით (α) და დახრილობით (Dec).



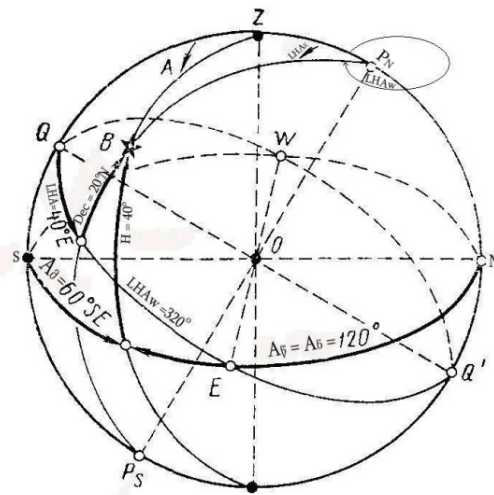
ნახ. 10 მეორე ეკვატორული სისტემა

პირდაპირი აღვლენა (α) - ეს არის სფერული კუთხე ამალღებულ პოლუსთან გაზაფხულის დღელამტოლობის წერტილის (γ) მერიდიანსა და მნათობის მერიდიანს შორის. პირდაპირი აღვლენა იზომება ციური ეკვატორის რკალით გაზაფხულის დღელამტოლობის წერტილიდან მნათობის მერიდიანამდე აღმოსავლეთის მიმართულებით, ანუ საათის ისრის მოძრაობის საპირისპიროდ 0° -დან 360° -მდე. (ნახ.10)

დახრილობა (Dec) - ეს კოორდინატი უკვე იყო განხილული. ამგვარად, მეორე ეკვატორული სისტემა იმ უპირატესობით სარგებლობს, რომ დღელამტორი მოძრაობის შედეგად არც პირდაპირი აღვლენა და არც დახრილობა არ იცვლის თავის მნიშვნელობას.

§ 8. ციური სფეროს გამოსახვა და მასზე გრაფიკულად ამოცანების ამოხსნა

დამკვირვებლის განედის ცვლასთან ერთად იცვლება მის თავზე ცის სურათიც. ასევე შეიძლება შეიცვალოს მნათობთა ცაზე მოძრაობის თავისებურებანიც. ამ მოვლენების შესასწავლად სფერულ ასტრონომიაში მიღებულია ციური სფეროს გამოსახვა ნახაზზე. ასეთი გამოსახვა გვადლევს იმის შესაძლებლობას, რომ ვაწარმოთ მიახლოებითი გადასვლა მნათობთა კოორდინატების ერთი სისტემიდან მეორეში (ამოცანების ზუსტი ამოხსნა ხდება სფერული ტრიგონომეტრიის მეთოდებით).



ნახ11. ამოცანა სფეროს აგებაზე

ასტრონავიგაციაში მიღებულია ციური სფეროს ორი ძირითადი გამოსახვა: ცენტრით დამკვირვებლის თვალში, ანუ ადგილობრივი გამოსახვა და ცენტრით დედამიწის ცენტრში.

ხშირად გამოიყენებენ სფეროს ადგილობრივ გამოსახვას დამკვირვებლის მერიდიანის სიბრტყეზე, რაც აადვილებს სფეროზე მოცემული კოორდინატებით მნათობის დატანას და პირიქით, სფეროზე მდებარე მნათობის კოორდინატების

განსაზღვრას. ასევე შეიძლება სფეროს ადგილობრივი გამოსახვა ციური ეკვატორის სივრცეზე და ჭეშმარიტი ჰორიზონტის სიბრტყეზეც.

სფეროს სივრცული გამოსახვა ცენტრით დედამიწის ცენტრში მიზანშეწონილია ციურ და გეოგრაფიულ კოორდინატებს შორის კავშირის შესწავლის დროს.

გავეცნოთ ციური სფეროს გამოსახვას დამკვირვებლის მერიდიანის სიბრტყეზე და ამოცანების გრაფიკულ ამოხსნას მასზე. ამაღლებული პოლუსის სიმაღლე ან ზენიტის წერტილის დახრილობა დამკვირვებლის ადგილმდებარეობის განედის ტოლია: $H_{PN} = Dec_Z = LAT$. (ნახ.11)

დამკვირვებლის მერიდიანი სიბრტყეზე სფეროს აგებისთვის საჭიროა შემდეგი წესების დაცვა:

- დამკვირვებლის მერიდიანს ავლებენ ფარგლით, ხოლო დანარჩენი მრუდეები გაჰყავთ ხელით ელიფსის სახით;
- ხაზები სფეროს შიგნით ან მის მეორე მხარეზე გამოისახება პუნქტურით;
- კოორდინატების ან მათი დამატებების რკალები გადაიღება 5° -ის სიზუსტით, თვალთ, მათი ფარდობითი სიდიდეებისა და ნახაზის პერსპექტივის გათვალისწინებით;
- ხაზების დატანის თანმიმდევრობა ასეთია: დამკვირვებლის მერიდიანი, შვეული ხაზი Zn , შუადღის ხაზი SN , ამაღლებული პოლუსი და სამყაროს ღერძი $P_N P_S$, ციური ეკვატორი წერტილებით Q და Q' . ციური ეკვატორისა და ჭეშმარიტი ჰორიზონტის კვეთაში წარმოიქმნება წერტილები E და W ჰორიზონტის მხარეები;
- თუ N წერტილს მოვათავსებთ მარჯვნივ ნახაზის სიბრტყის წინ იქნება სფეროს აღმოსავლეთი ნაწილი და, პირიქით; ანუ წინ განთავსდება სფეროს ის ნაწილი, რომელიც საჭიროა დაკვირვებისთვის;
- ნახაზზე მნათობის დატანის შემდეგ გაივლება კოორდინატული წრეწირები და მიახლოებით განისაზღვრება საპოვნი კოორდინატების სიდიდე.

სფეროზე ამოცანის გრაფიკული ამოხსნის მაგალითი მოყვანილია ქვევით:

მაგალითი 1. მოცემულია $LAT = 40^\circ N$; მნათობის ჰორიზონტული კოორდინატებია $A = 120^\circ$ $H = 40^\circ$; ავაგოთ სფერო, დავიტანოთ მასზე მნათობი და განვსაზღვროთ მისი ეკვატორული კოორდინატები Dec ; LHA_w ; p

ამოხსნა: 1. ვაგებთ ციურ სფეროს, ამაღლებული პოლუსი იქნება სამყაროს ჩრდილო პოლუსი (P_N), რადგანაც დამკვირვებლის განედი ჩრდილოეთის სახელწოდებისაა (LAT_N). N - წერტილს ვათავსებთ მარჯვნივ, რადგან მეოთხედური აზიმუტის სახელწოდების (SE). მეორე ასო განსაზღვრავს (E) ჩვენკენ სფეროს აღმოსავლეთი მხარის მდებარეობას ანუ მნათობი სფეროს აღმოსავლეთი ნაწილის ცაზეა. N - წერტილიდან ზენიტისკენ დამკვირვებლის მერიდიანზე გადავდოთ დამკვირვებლის განედის ($LAT = 40^\circ$) სიდიდე და მივიღებთ ამაღლებული პოლუსის (P_N) წერტილს. ვაერთებთ მიღებულ წერტილს სფეროს ცენტრთან, ხოლო შემდეგ გაგვყავს მეორე მხარეს დამკვირვებლის მერიდიანის კვეთამდე და ვღებულობთ სამყაროს მეორე პოლუსს (P_S). ჰორიზონტის წრეწირზე გადავდებთ აზიმუტის მნიშვნელობას ($A = 100^\circ$) N - წერტილიდან აღმოსავლეთის (E) მიმართულებით. ასევე შეიძლება აზიმუტი გადავდოთ მეოთხედურ ათვლაში ($A = 80^\circ SE$), ხოლო მაშინ S წერტილიდან. ჰორიზონტის წრეწირზე მივიღებთ აზიმუტის დაბოლავების წერტილს, რომელზეც მნათობის ვერტიკალს ვავლებთ. ვერტიკალზე ჰორიზონტის

სიბრტყიდან ზევით ზენიტისკენ გადავდებთ სიმაღლის ($H=40^\circ$) მნიშვნელობას და მივიღებთ მნათობის მდებარეობის ადგილს (B წერტილი ნახ11).

ახლა მნათობზე ვავლებთ ციურ მერიდიანს (მნათობის მერიდიანი) და მასზე ისრით ვუჩვენებთ დახრილობის (Dec) სიდიდესა და სახელწოდებას $Dec=10^\circ N$. ციური ეკვატორის სიბრტყის წრეწირზე Q წერტილიდან ჯერ დასავლეთის მიმართულებით მნათობის მერიდიანამდე ვპოულობთ საათობრივი კუთხის (LHA_w) სიდიდეს $LHA_w=340^\circ W$; ხოლო შემდეგ - საათობრივ კუთხეს აღმოსავლეთის მიმართულებით იმავე Q წერტილიდან $LHA_E=20^\circ E$. ეს არის დასავლური საათობრივი კუთხის დამატება 360° -მდე, ანუ $LHA_E=360^\circ-LHA_w$ და პირიქით, $LHA_w=360^\circ-LHA_E$. ვპოულობთ, აგრეთვე, პოლარული მანძილის (P) სიდიდეს, რომელიც არის დახრილობის დამატება 90° -მდე, ანუ $P=90^\circ-Dec=90^\circ-10^\circ=80^\circ S$ (საპირისპირო სახელწოდებით).

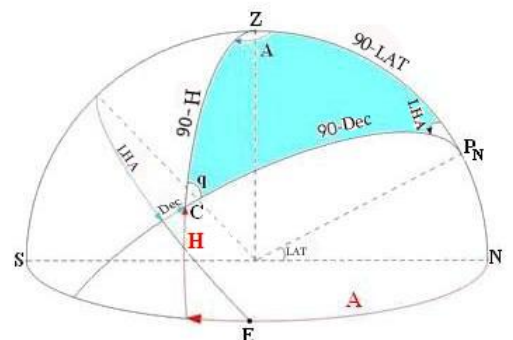
მაგალითი შედგენილია იმ შემთხვევისთვის, როცა მოცემული კოორდინატები (A და H) ერთ სისტემაშია (ჰორიზონტული სისტემა). აქ საკმარისია ერთი კოორდინატური წრეწირის (ვერტიკალის) გავლება. თუ კი მოცემული კოორდინატები სხვადასხვა სისტემისაა, მაშინ საჭიროა ორი კოორდინატური წრეწირის გავლება. მნათობის მდებარეობა ამ კოორდინატური წრეწირების კვეთაში იქნება.

§ 9. პარალაქსური სამკუთხედი

რიგი ასტრონავიგაციური ამოცანების ამოხსნისათვის ზოგჯერ საჭიროა ამა თუ იმ სისტემაში მნათობის კოორდინატების ცოდნა ისე, რომ მათი უშუალო გაზომვა ან განსაზღვრა კი არ დაგვჭირდეს, არამედ მხოლოდ გამოთვლა და გამოყვანა ცნობილი მონაცემების მიხედვით.

თუ ცნობილია რაიმე მომენტისთვის მნათობის ჰორიზონტული კოორდინატები A და H ან A და $z=90^\circ-H$ (რაც უშუალო დაკვირვებიდან მიიღება), ხოლო გვესაჭიროება შესაბამისი ეკვატორული კოორდინატების Dec და α -ს ცოდნა, რომელთა უშუალო გაზომვა უფრო რთულია, მაშინ ასეთი შემთხვევისთვის შესაძლებელია წინასწარ გამოვიყვანოთ ფორმულები და მათი საშუალებით ერთი სისტემის კოორდინატები - A, H გარდაიქმნება მეორე სისტემაში - Dec, LHA ან Dec, α .

ნახ...-ზე მოცემულია ციური სფერო თავისი ძირითადი წერტილებით. ეს ნახაზი შეესაბამება დამკვირვებლის ჰორიზონტს, რომელიც მოცემულ განედზე () იმყოფება. დიდი წრეწირის რკალები - $P_NZ=90^\circ-LAT$; $P_NC=90^\circ-Dec$ და $ZC=90^\circ-H$ ქმნიან სფერულ სამკუთხედს P_NCZ . როგორც ნახაზიდან ჩანს, ამ სამკუთხედის ელემენტები გამოისახება ჰორიზონტულ და ეკვატორულ სისტემათა კოორდინატებისა და ადგილის განედის საშუალებით ($\angle P_NCZ=180^\circ-A$).



ნახ.12 პარალაქსური (პოლარული) სამკუთხედი

თუ რაიმე მომენტისათვის მოცემულია A და H , ხოლო საძიებელია Dec და LHA - ეს იმას ნიშნავს, რომ სფერულ სამკუთხედში მოცემულია ერთი კუთხე და ორი გვერდი და საძიებელია ერთი გვერდი და ერთი კუთხე, ე.ი. ამოცანის ამოხსნა დადის

სფერული სამკუთხედის ამოხსნამდე. მოცემული სამი ელემენტით განვსაზღვროთ ორი ელემენტი. ამ მიზნისთვის გამოვიყენოთ სფერული ტრიგონომეტრიის პირველი პირითადი ფორმულა:

$$\cos \alpha = \cos b \cdot \cos c + \sin b \cdot \sin c \cdot \cos A$$

მაშინ $\Delta P_N C Z$ -დან:

$$\cos \cup P_N C = \cos \cup P_N Z \cdot \cos \cup Z C + \sin \cup P_N Z \cdot \sin \cup Z C \cdot \cos \angle P_N Z C$$

ანუ $\cos(90^\circ - Dec) = \cos(90^\circ - LAT) \cos z + \sin(90^\circ - LAT) \cdot \sin z \cdot \cos(180^\circ - A)$

და ბოლოს:

$$\sin Dec = \sin LAT \cdot \cos z + \cos LAT \cdot \sin z \cdot \cos A$$

ამ ფორმულის მარჯვენა ნაწილის ყველა სიდიდე ცნობილია, ამიტომ ადვილად გამოითვლება - მნათობის დახრილობა (Dec). საათობრივი კუთხის (LHA) გამოსათვლელად ZM -სთვის დაწერილი ანალოგიური ფორმულიდან მივიღებთ:

$$\cos \cup Z C = \cos \cup P_N Z \cdot \cos \cup P_N C + \sin \cup P_N Z \cdot \sin \cup P_N C \cdot \cos \angle Z P_N C$$

აქედან:

$$\cos Z = \cos(90^\circ - LAT) \cdot \cos(90^\circ - Dec) + \sin(90^\circ - LAT) \cdot \sin(90^\circ - Dec) \cdot \cos LHA$$

ანუ:

$$\cos Z = \sin LAT \cdot \sin Dec + \cos LAT \cdot \cos Dec \cdot \cos LHA$$

ე.ი. :

$$\cos LHA = \frac{\cos z - \sin LAT \cdot \sin Dec}{\cos LAT \cdot \cos Dec};$$

აქ, ფორმულის მარჯვენა ნაწილში, როცა Dec უკვე გამოთვლილია, ყველა ელემენტი არის ცნობილი და LHA ადვილად გამოითვლება. აზიმუტის გამოსათვლელი ფორმულაც ადვილად გამოდის $\sin Dec$ -ს ფორმულიდან:

$$\cos A = \frac{\sin LAT \cdot \cos z - \sin Dec}{\cos LAT \cdot \sin z}$$

ამგვარად, ასტრონავიგაციის ყველა პირითადი ამოცანა შეიძლება ამოიხსნას პარალაქსური სამკუთხედის საშუალებით.

ნავიგაციის თანამედროვე პირობებში სფერული ტრიგონომეტრიის ფორმულების გამოყენება მით უფრო ხელსაყრელია, რომ კოორდინატების განსაზღვრა შესაძლებელია პერსონალური კომპიუტერის დახმარებით ძალიან მოკლე დროში, რაც შტურმანს ათავისუფლებს რთული გამოთვლების შესრულებისგან. მეტი დრო ეთმობა მის მიერ გემის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის საკითხებს.

თავი III. მნათობთა მოძრაობა

§ 10. მნათობთა ხილული დღედამური მოძრაობა

ვარსკვლავებზე უშუალო დაკვირვება ღამით, მოწმენდილ, უღრუბლო ცაზე შეუიარაღებელი თვალითაც კი გვარწმუნებს იმაში, რომ ყველა ვარსკვლავი მათ შორის ურთიერთმდებარეობის შეუცვლელად მოძრაობს აღმოსავლეთიდან დასავლეთის მიმართულებით, ისე რომ, მიახლოებით, ერთი დღედამის შემდეგ ერთდამიძვე დროს იკავებს ცის თაღზე, მიახლოებით იმავე ადგილს - მას ექნება იგივე სიმაღლე და იგივე აზიმუტი, რაც გუშინ ჰქონდა ამ დროს. ასეთი მოძრაობა იწოდება **მნათობთა ხილულ დღედამურ მოძრაობად**.

ცნობილია, რომ ასეთი ხილული მოძრაობა გამოწვეულია დედამიწის დღედამური მოძრაობით თავისი ვერტიკალური ღერძის გარშემო თანაბარი კუთხური სიჩქარით დასავლეთიდან აღმოსავლეთისკენ.

თუ არ შევხებით ამ მოვლენის გამომწვევ მიზეზებს და განვიხილავთ მას მხოლოდ გარე მხრიდან და გეომეტრიულად, შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ დედამიწა უძრავია, ხოლო ციური სფერო მოძრაობს მის გარშემო ისეთივე თანაბარკუთხური სიჩქარით, მხოლოდ საპირისპირო მიმართულებით, ანუ აღმოსავლეთიდან დასავლეთისკენ.

თუ ვივარაუდებთ, რომ სფერო ბრუნავს სამყაროს ღერძის გარშემო, გასაგებია, რომ ყოველი მნათობი უძრავად განთავსებული ცის თაღზე, დღედამური მოძრაობის შედეგად შემოწერს ციურ სფეროზე თავის პარალელს. ამასთანავე, არ უნდა გამოგვრჩეს მხედველობიდან, რომ თუ სფეროს ვთვლით მოძრავად $P_N P_S$ - სამყაროს ღერძის ირგვლივ, ხოლო დედამიწას - უძრავად, მაშინ ყველა ხაზი, რომელიც დაკავშირებულია დამკვირვებელთან დედამიწის ზედაპირზე: შვეული ხაზი, ჭეშმარიტი ჰორიზონტის წრეწირი, დამკვირვებლის მერიდიანი და პირველი ვერტიკალი უნდა ჩაითვალოს უძრავად და, მაშასადამე ზენიტის წერტილზე, მაგალითად, გაივლის სხვადასხვა ვარსკვლავი, რომელთა პარალელი გადის ამ წერტილზე. ასევე, გასაგებია, რომ დამკვირვებლის მერიდიანს ყოველი მნათობი ორჯერ გადაკვეთს დღედამის განმავლობაში - მის საშუაღდღისო და საშუაღამისო ნაწილებში.

უშუალო დაკვირვებით ირკვევა, რომ არიან ისეთი ვარსკვლავები, რომლებიც ამოდიან და ჩადიან; არიან ისეთებიც, რომლებიც საერთოდ არ ჩადიან (მაგალითად, ჩრდილო პოლარული ვარსკვლავი ჩრდილო ნახევარსფეროში მყოფი დამკვირვებლისთვის); არიან ისეთებიც, რომლებიც გარკვეული დამკვირვებლისთვის სრულიად უხილავნი არიან - არ ამოდიან.

ეს განსხვავება ვარსკვლავებს შორის დამოკიდებულია დამკვირვებლის განედისა და მოცემული ვარსკვლავის დახრილობის რიცხობრივ მნიშვნელობებზე, ასევე მათ სახელწოდებებზე.

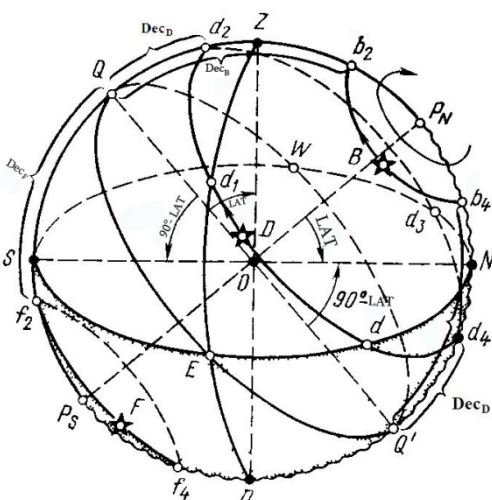
განვიხილოთ ნახ. 13 აქ გამოსახულია ციური სფერო, აგებული დამკვირვებლის მერიდიანის სიბრტყეზე, ამასთანავე, ჭეშმარიტი ჰორიზონტი, ციური ეკვატორი და ვარსკვლავთა პარალელები გამოსახულია სწორი ხაზებით.

მნათობი B , რომელსაც დახრილობა (Dec) ჩრდილო სახელწოდებისაა აქვს გამოდის $Dec_{(B)N} > 90^\circ - LAT$ - ჩაუსვლელი მნათობია.

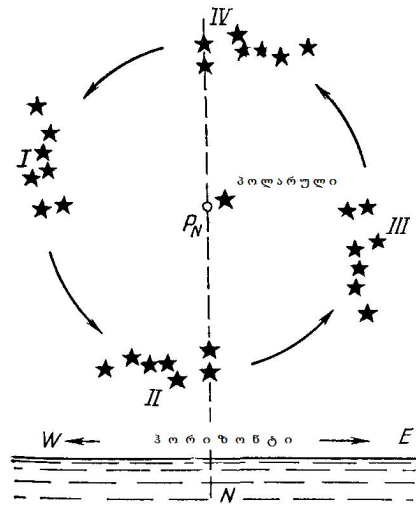
მნათობი F , რომელსაც დახრილობა (Dec) სამხრეთი სახელწოდებისა აქვს გამოდის $Dec_{(F)S} > 90^\circ - LAT$. მნათობი A რომლის $Dec_{(A)} < 90^\circ - LAT$, ასევე მნათობი D , რომლის $Dec_{(D)} < 90^\circ - LAT$, ამოდის და ჩადის.

საერთოდ, ამოუსვლელი ვარსკვლავებია G და F . საერთოდ, ჩაუსვლელი ვარსკვლავებია B და C . მაშასადამე, ვარსკვლავთა ამოსვლისა და ჩასვლის პირობა $Dec < 90^\circ - LAT$; ანუ დახრილობის კუთხე ნაკლები უნდა იყოს სიდიდეზე ($90^\circ - LAT$).

მნათობი მაშინ გაივლის ზენიტში (მისი სიმაღლე იქნება 90°) თუ მისი დახრილობა დამკვირვებლის განედის ტოლი და მასთან ერთნაირი სახელწოდების იქნება ანუ $Dec = LAT$ და ისინი ერთნაირი სახელწოდების არიან. მაგალითად: მნათობი D (ნახ.13) ზედა კულმინაციის მომენტში, ანუ როცა კვეთს დამკვირვებლის მერიდიანს, გაივლის ზენიტში და ამ დროს მისი სიმაღლე $H = 90^\circ$. ($Dec_N = LAT_N$).



ნახ.13 მნათობთა დღედამური ხილული მოძრაობა



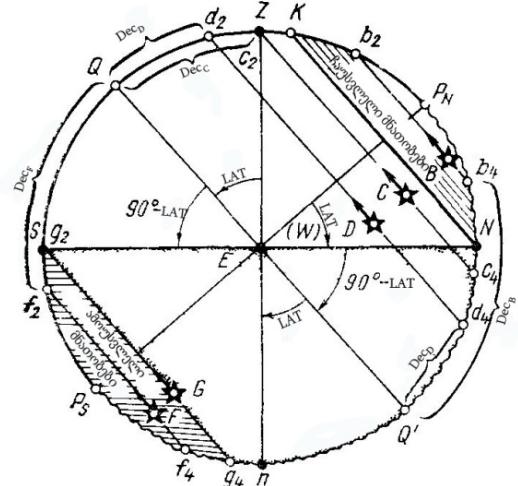
ნახ.14 დიდი დათვის თანავარსკვლავედის გადაადგილება ცაზე დღედამის განმავლობაში

იმავე ნახ.13-დან გასაგებია, რომ, თუ მნათობის დახრილობა ჩრდილო სახელწოდებისაა (Dec_N), ის ამოდის ჰორიზონტის ჩრდილო აღმოსავლეთ (NE) ნაწილში და ჩადის ჩრდილო-დასავლეთ მეოთხედში (SW). სამხრეთი სახელწოდების დახრილობის შემთხვევაში მნათობი ამოდის სამხრეთ-აღმოსავლეთ მეოთხედში, ხოლო ჩასვლის წერტილი დევს ჰორიზონტის სამხრეთ-დასავლეთ მეოთხედში (SW). როცა მნათობის დახრილობა 0-ის ტოლია მაშინ ის მოძრაობს ეკვატორზე და მისი ჰორიზონტს ზედა გზა ტოლია ჰორიზონტს ქვედა გზისა.

ახლა განვიხილოთ მნათობთა მოძრაობის თავისებურებანი დედამიწის სხვადასხვა განედზე მყოფი დამკვირვებლისთვის:

- ა. ეკვატორზე მყოფი დამკვირვებლისთვის: $LAT = 0^\circ$ (ნახ.15) ამ შემთხვევაში სამყაროს ღერძი ($P_N P_S$) ემთხვევა ჰორიზონტის შუადღის ხაზს (NS) ეკვატორი (QQ') კი პირველ ვერტიკალს ამიტომ:
 - ყველა მნათობის დღედამური მოძრაობის პარალელები ჰორიზონტის მართობულია და იყოფა ჰორიზონტით ორ თანაბარ ნაწილად (ნახ.15);
 - ყველა მნათობი ამოდის და ჩადის. ყველა მნათობი იმყოფება ჰორიზონტს ზევით და ჰორიზონტს ქვევით ერთნაირი დრო;

- არცერთი მნათობი არ გადაკვეთს პირველ ვერტიკალს, გამომდინარე აზიმუტი შეიძლება იყოს ჰორიზონტის მხოლოდ ორ მეოთხედში - ჩრდილო (NE), (NW). მეოთხედში, როცა მნათობის დახრილობა ჩრდილო სახელწოდებისაა და სამხრეთ (SE), (SW) მეოთხედებში, როცა მნათობის დახრილობა სამხრეთის სახელწოდებისაა;
- ყველა მნათობის $z = Dec$ და $H = 90^\circ - Dec$ - ზედა კულმინაციის მომენტში მნათობი, რომლის $Dec = 0^\circ$, მოძრაობს პირველი ვერტიკალის გასწვრივ და მისი აზიმუტები იქნება ან E-ის ან W-ის სახელწოდების.



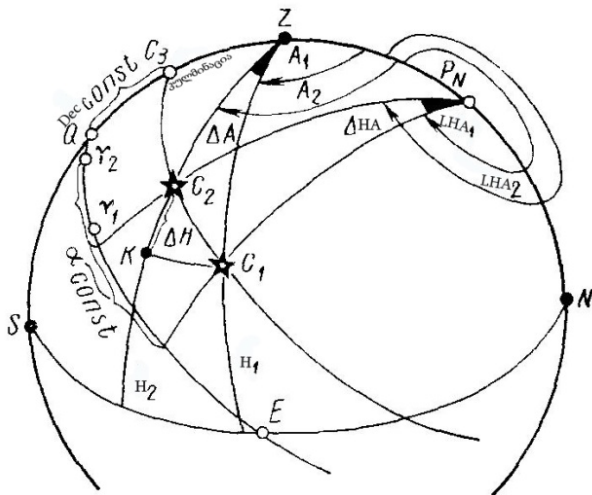
ნახ.15 სხვადასხვა მოვლენები დღელამურ მოძრაობაში

ბ. პოლუსებზე მყოფი დამკვირვებლისთვის: $LAT = 90^\circ N$ ან $LAT = 90^\circ S$ (ნახ.15):

- ამაღლებული პოლუსი ემთხვევა ზენიტის წერტილს, დადაბლებული - ნადირის წერტილს, ხოლო სამყაროს ღერძი - შვეულ ხაზს. მაშასადამე არ არის დამკვირვებლის მერიდიანი; არ არის ჰორიზონტის წერტილებიც N, S, E, W ;
- ციური ეკვატორი ემთხვევა ჰორიზონტს, პარალელები - ალმუკანტარატებს, მერიდიანები ვერტიკალებს;
- ყველა მნათობი დღელამურ მოძრაობაში შემოწერენ ალმუკანტარატებს ($H...const$) არ არის არც ზედა და არც ქვედა კულმინაციები;
- მნათობის სიმაღლე ყოველთვის მისი დახრილობის ტოლია.
- მნათობები არ ამოდიან და არ ჩადიან;
- დამკვირვებელი ვერასდროს ვერ დაინახავს იმ მნათობებს , რომელთა დახრილობა და მისი განედი სხვადასხვა სახელწოდებისაა. ხოლო მის განედთან ერთნაირი სახელწოდების მნათობები ყოველთვის არიან ჰორიზონტს ზევით.

§ 11. მნათობთა ციური კოორდინატების ცვალებადობის ხასიათი დღელამური მოძრაობის გამო

ეკვატორული კოორდინატების ცვალებადობა - დედამიწის ბრუნვა, რაც წარმოადგენს მნათობთა ხილული დღელამური მოძრაობის ფიზიკურ მიზეზს საზღვაოსნო ასტრონომიის მიზნებისათვის შეიძლება ჩაითვალოს თანაბარდროულად. ამიტომაც ციური მერიდიანის გადაადგილებაც ციურ სფეროზე ერთნაირი დროის მონაკვეთებში ერთნაირია. ეს ეხება ასევე ნებისმიერი მნათობის



ნახ.16 კოორდინატების ცვალებადობა დღელამური მოძრაობის გამო

ციური მერიდიანის გადაადგილებასაც. მერიდიანის მდებარეობა განისაზღვრება საათობრივი კუთხის სიდიდით, ხოლო მისი გადაადგილება თანემთხვევა საათობრივი კუთხის ათვლას დასავლეთის მიმართულებით. მაშასადამე, დასავლური საათობრივი კუთხე ნებისმიერი მნათობისა დღელამური მოძრაობის გამო უწყვეტლევ და თანაბარდროულად მატულობს 0°-დან 360°-მდე.

ნახ.16-ზე დასავლური საათობრივი კუთხის ცვალებადობა გამოიხატება ტოლობით:

$$\Delta HA = LHA_2 - LHA_1$$

მნათობთა დღელამური მოძრაობა ხდება მათ პარალელებზე, რომელთა კუთხური დაშორება ეკვატორიდან (დახრილობა) ყოველი მათგანისთვის უცვლელია. ამიტომ მნათობის დახრილობა არ უნდა იცვლებოდეს დღელამური მოძრაობის დროს. მაგალითად მნათობთათვის C, C_1, C_2, C_3 დახრილობა უცვლელია ნახაზზე.

გაზაფხულის დღელამტოლობის წერტილი (γ) რომლისგან პირდაპირი აღვლენა (α) გადაიდება, თითქოსდა კავშირშია სფეროსთან, მასთან ერთად მოძრაობს დღელამის განმავლობაში იმავე კუთხური სიჩქარით. ამრიგად, პირდაპირი აღვლენას არ ახდენს. მაგალითად, ნახაზზე C_1 და C_2 მნათობთათვის პირდაპირი არვლენის სიდიდე ერთნაირია ($\alpha const$).

ჰორიზონტული კოორდინატების ცვალებადობა - ამ სამკუთხედის განხილვისას უნდა დაგუშვათ, რომ საათობრივი კუთხის ცვალებადობა ხდება დროის ცვლილების პროპორციულად. (ნახ.16)

სიმაღლის ცვალებადობა (H) - მნათობი C თავის დღელამურ მოძრაობაში გადაადგილდა წერტილ C_1 -დან წერტილ C_2 -ში. ამასტან მისი სიმაღლე შეიცვალა H_1 -დან H_2 -მდე, თუ გავავლებთ C_1K -ალმუკანტარატს მაშინ სიმაღლის მომატება შეიზლება განისაზღვროს როგორც $\Delta H = H_2 - H_1$.

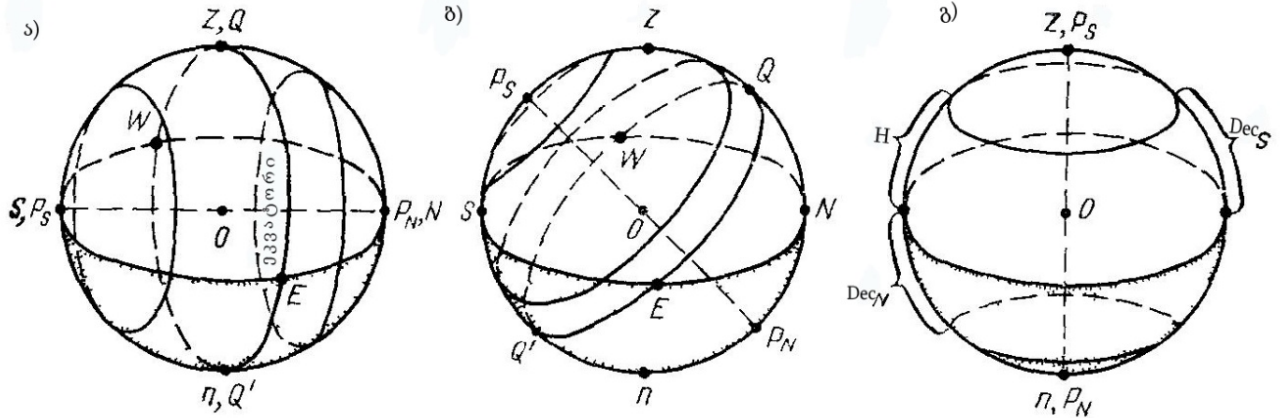
სიმაღლის ცვალებადობა დღელამის განმავლობაში არ არის თანაბარი. ანალიზის შედეგად მიღებულ იქნა შემდეგი დასკვნები:

- სიმაღლე უფრო ჩქარა იცვლება პირველ ვერტიკალთან, ანუ როცა აზიმუტის სიდიდე ახლოსაა 90° და 270°.

- კულმინაციების (ქვედა და ზედა) წერტილებთან სიმაღლის ცვლა უმცირესია.

აზიმუტის ცვალებადობა დღელამის განმავლობაში არათანაბარია:

- უფრო ჩქარა აზიმუტი იცვლება კულმინაციის წერტილებთან.
- აზიმუტის უმცირესი ცვლა ხდება, როცა მისი სიდიდე ახლოსაა 90° და 270° ანუ პირველ ვერტიკალთან.



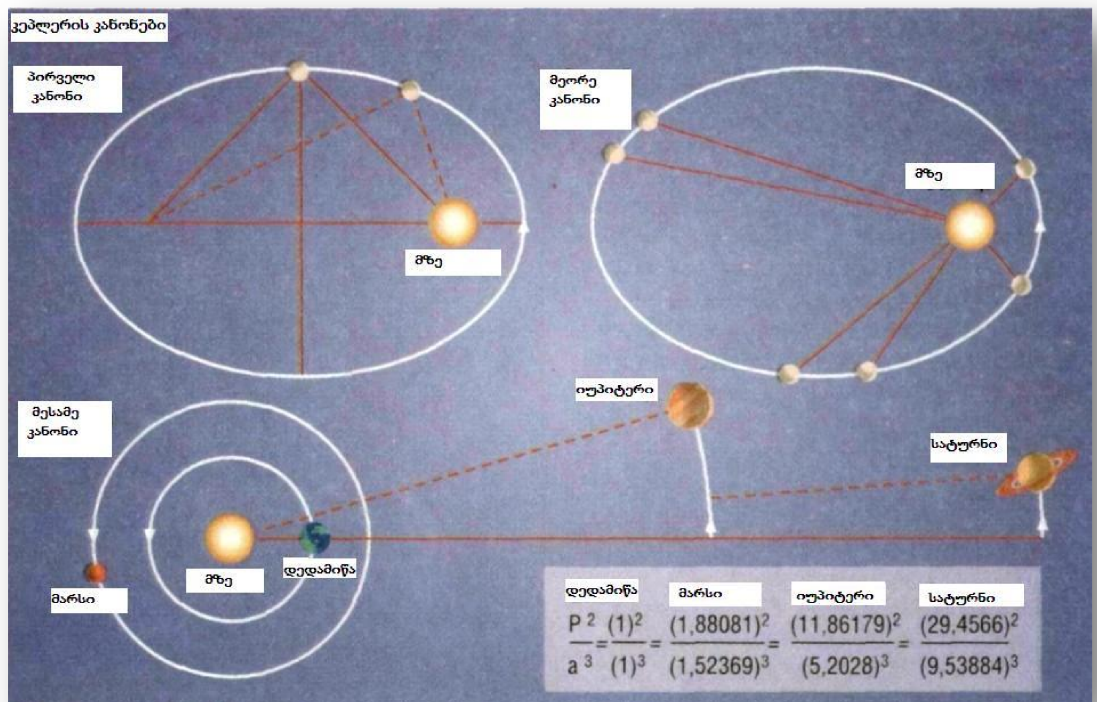
ნახ.17 დღელამური მოძრაობის თავისებურებანი: ეკვატორზე (ა), შუალედურ განედებში (ბ) და პოლუსზე (გ)

თავი IV. მზის ხილული წლიური მოძრაობა

§ 12. მზის წლიური მოძრაობის დასაბუთება და მისი ხასიათი

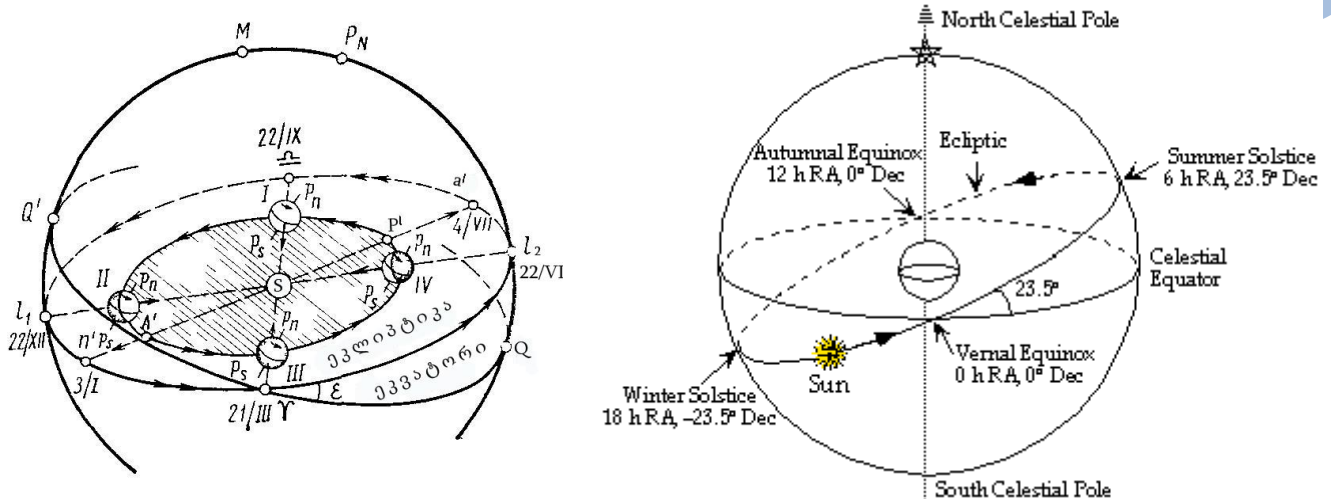
მე-XVI საუკუნეში ნიკოლოზ კოპერნიკმა წამოაყენა იდეა იმის შესახებ, რომ დედამიწა და სხვა ყველა პლანეტა გადაადგილდება სივრცეში მზის გარშემო. ამ მოძრაობის შესახებ უფრო დაზუსტებული კანონები ჩამოყალიბა იოჰან კეპლერმა. ამ კანონთა შინაარსი ასეთია:

1. ყველა პლანეტა მოძრაობს თავიანთ ორბიტებზე, რომელთაც ელიფსის ფორმა აქვთ. ამ ელიფსის ერთ-ერთ ფოკუსში კი მზეა. ორბიტის წერტილს, რომელიც უფრო ახლოსაა მზესთან - პერიჰელიუმი (Perihelion) ჰქვია, ხოლო ყველაზე შორ წერტილს კი - აფელიუმი (Aphelion).
2. დროის თანაბარ მონაკვეთებში სწორი ხაზი მზესა და პლანეტას შორის - (რადიუსვექტორი) შემოწერს თანაბარ ფართობებს. ამიტომ არის, რომ პლანეტები მოძრაობენ არათანაბრად. მზესთან ახლოს მონაკვეთებზე სიჩქარე უფრო მეტია, ვიდრე ორბიტის დანარჩენ მონაკვეთებზე.
3. პლანეტების მზის გარშემო მოძრაობის დროის კვადრატები ისე შეეფარდებიან, როგორც მათი მზისგან საშუალო მანძილების კუბები. მესამე კანონი აჩვენებს, რომ პლანეტები მზესთან რაც უფრო ახლოს არიან, მით უფრო ჩქარა მოძრაობენ და ეს სიჩქარე კლებულობს მზისგან მოშორებულ ორბიტებზე.



ნახ. 18 კეპლერის კანონები პლანეტების მოძრაობის შესახებ

კეპლერის კანონებით ხდება დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრების მოძრაობაც თავიანთ ორბიტებზე, რომლებიც გადაადგილდებიან კოსმოსში ინერციის ძალებით, გამორთული ძრავებით. ამავე კანონებით კარგად აიხსნება მზის ხილული წლიური მოძრაობა.



ნახ.19 მზის წლიური მოძრაობის ახსნა

დავხაზოთ ციური სფერო, რომლის ცენტრი თანემთხვევა მზეს. (ნახ.19) ნაჩვენებია დედამიწის ოთხი მდებარეობა (I,II,III, IV) ორბიტაზე და მისი წლიური გზა – ელიფსი, რომელსაც დედამიწის ორბიტა ჰქვია. ეკლერის პირველი კანონის თანახმად მზე იქნება ამ ელიფსის ერთერთ ფოკუსში.

თუ დამკვირვებელი წლის განმავლობაში თანმიმდევრულად სხვადასხვა წერტილებიდან დააკვირდება მზის გადაადგილებას ციურსფეროზე, მას მოეჩვენება, რომ მზე გადაადგილდება დიდ წრეწირზე, რომელსაც ეკლიპტიკა დაერქვა. ეკლიპტიკა წარმოიქმნა დედამიწის ორბიტის სიბრტყისა და ციური სფეროს კვეთით.

ვინაიდან დედამიწის ღერძი დახრილია მისი ორბიტის სიბრტყის მიმართ $66^{\circ}33'$ - მუდმივი კუთხით, ეკლიპტიკის ღერძი ციურ ეკვატორთან ჰქმნის $\epsilon = 23^{\circ}27'$ - მუდმივ კუთხეს.

აქედან გამომდინარე, შეიძლება გამოვიტანოთ დასკვნა, რომ მზეს ყოველდღიური მოძრაობის გარდა, გააჩნია კიდევ თავისი საკუთარი მოძრაობა სფეროზე წლიური პერიოდით, რაც მოჩვენებითია, ისევე, როგორც მისი დედამიწის მოძრაობა საკუთარი ღერძის გარშემო და გამოწვეულია დედამიწის წლიური სრბოლით მზის გარშემო, ასეთ მოძრაობას მზის ხილული წლიური მოძრაობა ჰქვია.

პრაქტიკულ ასტრონომიაში განვიხილავთ მზის სრბოლას, მის ხილულ გადაადგილებას დედამიწის გარშემო და არა პირიქით, რაც რეალურად ხდება.

მზის მოჩვენებითი, ხილული მოძრაობა ეკლიპტიკაზე ხდება საათის ისრის მოძრაობის საპირისპირო მიმართულებით.

ეკლიპტიკა ეკვატორით ორ თანაბარ ნაწილად იყოფა, ამიტომ მზის დახრილობა ნახევარი წლის განმავლობაში ჩრდილოეთის სახელწოდებისაა (Dec_N), ხოლო ნახევარი წელი - სამხრეთის (Dec_S).

მზის პირდაპირი აღვლენა (δ) და დახრილობა (Dec) თანმიმდევრულად ეკლიპტიკის ოთხი ძირითადი წერტილისთვის ასეთ მნიშვნელობებს იძენს:

Υ - გაზაფხულის ბუნიობა
21.03

$Dec = 0; \alpha = 0$ მზე „მოიქცევა“ ჩრდილო ნახევარსფეროში და მისი დახრილობის სამხრეთის სახელწოდება იცვლება ჩრდილოეთზე ($Dec_S - Dec_N$).

☾ - ზაფხულის მზებუდობა
22.06

$Dec = 23^{\circ}27'N$; $\alpha = 90^{\circ}$ მზის დახრილობა აღწევს მისი მნიშვნელობის მაქსიმუმს $Dec = 23^{\circ}27'N$ ჩრდილო ნახევარსფეროში.

♄ - შემოდგომის ბუნიობა
23.09

$Dec = 0; \alpha = 180^{\circ}$ მზე „მოიქცევა“ სამხრეთ ნახევარსფეროში და მისი დახრილობის ჩრდილოეთის სახელწოდება იცვლება სამხრეთზე ($Dec_N - Dec_S$)

♋ - ზამთრის მზებუდობა
22.12

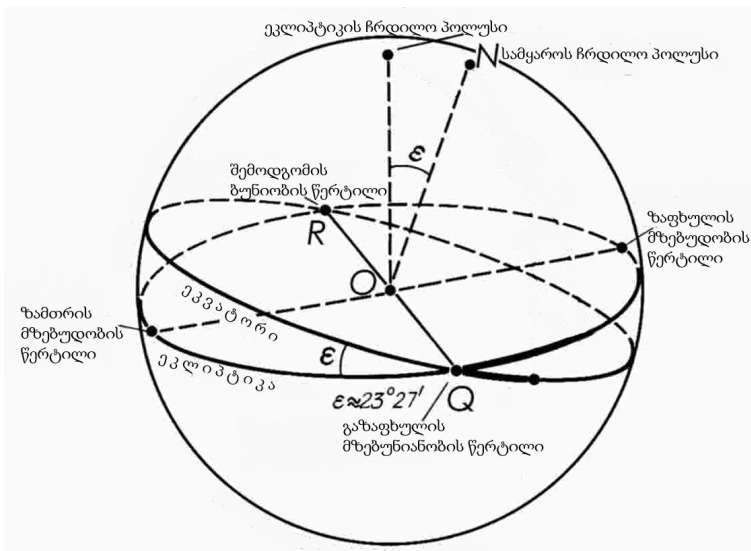
$Dec = 23^{\circ}27'S$; $\alpha = 270^{\circ}$ მზის დახრილობა აღწევს მისი მნიშვნელობის მაქსიმუმს $Dec = 23^{\circ}27'S$ სამხრეთ ნახევარსფეროში.

ვინაიდან დედამიწა მოძრაობს მზის გარშემო არათანაბარი სიჩქარით, მზის ხილული წლიური მოძრაობა ეკლიპტიკაზე ასევე არათანაბარია. პირდაპირი აღმავლობის დღედამური ცვალებადობა არის 54'-64' ფარგლებში - 1°-ით საშუალოდ. დახრილობის დღედამური ცვალებადობა მერყეობს 0'-24' ფარგლებში ან

მიახლოებით 0,4°-ით დღედამტოლობის წერტილამდე ერთი თვით ადრე და მის შემდეგ კიდევ ერთი თვით გვიან; 0,3°-ით დღედამტოლობის წერტილამდე ორი თვით ადრე და მათ შემდეგ მეორე თვე; 0,1°-ით თითო თვე მზებუდობების დადგომამდე და დადგომის შემდეგ.

ბუნიობის დღეებში (21 მარტი და 23 სექტემბერი) დღე და ღამე ტოლია.

ზაფხულის მზებუდობის დღეს (22 ივნისი) შეიმჩნევა ყველაზე ხანგრძლივი დღე და მოკლე ღამე. ზამთრის მზებუდობის დღეს (22 დეკემბერი) ყველაზე ხანგრძლივი ღამეა და მოკლე დღე.

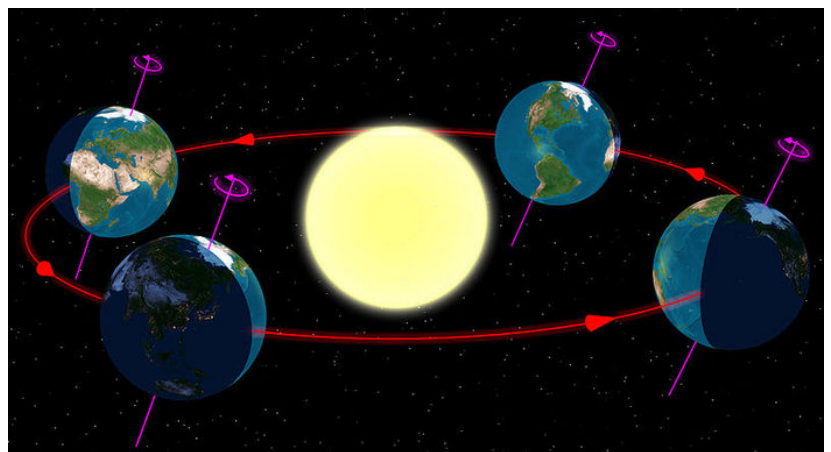


ნახ.20 ოთხი ძირითადი წერტილი ეკლიპტიკაზე

მზის დახრილობის ცვალებადობა წლის განმავლობაში იწვევს მთელ რიგ თავისებურებებს მის დღედამურ მოძრაობაში სხვადასხვა განედზე.

განვიხილოთ ზოგი მათგანი:

ტროპიკული სარტყელი - ეს არის დედამიწის ზედაპირის ის ნაწილი რომელიც მოქცეულია ეკვატორისა და ჩრდილო და სამხრეთ



ნახ.21 დედამიწის მოძრაობა მზის გარშემო

იმ პარალელებს შორის რომელთა განედია $23^{\circ}27'$. აქ მზე გაივლის ზენიტში მაშინ, როცა $Dec_i = LAT$.

ზომიერი სარტყელი - ეს არის რაიონი როგორც ჩრდილო ნახევარსფეროში, ასევე სამხრეთში პარალელებს შორის განედებით $23^{\circ}27' - 66^{\circ}33'$; აქ მზე ყოველდღიურად ამოდის და ჩადის მაგრამ ზენიტში არასდროს არ იმყოფება.

პოლარული სარტყელი - $LAT > 66^{\circ}33'$ როგორც ჩრდილონახევარსფეროში, ასევე სამხრეთში - აქ არის პერიოდები, როდესაც მზე არ ამოდის, ან არ ჩადის (პოლარული ღამეები და პოლარული დღეები).

ეკვატორზე - მზის ყოველი პარალელი შუაზე იყოფა ჰორიზონტით ე.ი აქ დღე და ღამე ყოველთვის თანაბარია ბუნიობის დღეებში როცა მზის დახრილობა $Dec_i = 0$, მზე მოძრაობს ეკვატორის გასწვრივ, რომელიც თანხვედრილია პირველი ვერტიკალისა. შუადღისას მზე გადის ზენიტის წერტილზე. მზებუდობის დღეებში მზის პარალელია ტროპიკები განედით $LAT = 23^{\circ}27'N$ ან $LAT = 23^{\circ}27'S$ ამასთანავე მერიდიანული სიმაღლე $H_M = 66^{\circ}33'$, ანუ უმცირესია.

ტროპიკულ სარტყელში - მზე გადის შუადღისას ზენიტის წერტილში, როცა $Dec_i = LAT$ დღისა და ღამის ხანგრძლივობა იცვლება, მაგრამ უმნიშვნელოდ წლის განმავლობაში. როცა $Dec_i < LAT$, მზე კვეთს პირველ ვერტიკალს.

ზომიერ სარტყელში - მზე ყოველდღე ამოდის და ჩადის. დღე და ღამის ხანგრძლივობა მნიშვნელოვნად იცვლება წლის განმავლობაში. ზენიტში მზე არასდროს არ გადის.

პოლარულ სარტყელში - შეიძლება შეიმჩნეს „ჩაუსვლელი მზე“ ან **პოლარული დღე**, როცა $Dec_i \geq 90^{\circ} - LAT$ და Dec_i და LAT ერთნაირი სახელწოდებისაა. ასევე შეიძლება შეიმჩნეს მზის ამოუსვლელიობა, ან **პოლარული ღამე**, როცა $Dec_i \geq 90^{\circ} - LAT$, მაგრამ Dec_i და LAT სხვადასხვა სახელწოდებისაა.

პოლუსზე დამკვირვებლისთვის პოლარული დღისა და პოლარული ღამის ხანგრძლივობა ზუსტად ექვს-ექვსი თვეა ერთი ბუნიობის თარიღიდან მეორე ბუნიობის თარიღამდე.

წლის განმავლობაში მზის პარალელების განლაგება სფეროზე, ანუ ჰორიზონტთან კუთხე, განაპირობებს კლიმატურ პირობებს სხვადასხვა სარტყლებში, მათ თავისებურებებს. ასე, მაგალითად, მზის სხივების დაცემის კუთხე დედამიწის ზედაპირზე ეკვატორზე გაცილებით მეტია ვიდრე ზომიერ სარტყელში და კიდევ უფრო მეტი, ვიდრე პოლარულში შესაბამისად უფრო ცხელი კლიმატი იქნება ეკვატორზე.

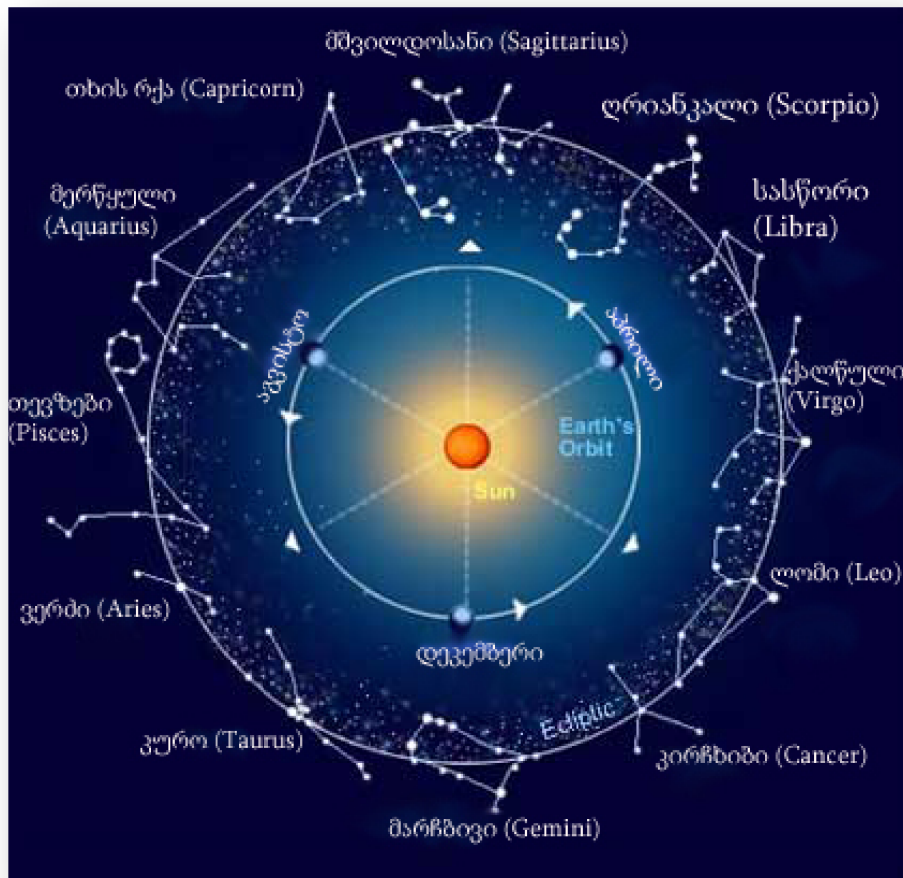
აღსანიშნავია ის, რომ მზე თავისი წლიური ხილული მოძრაობის განმავლობაში გაივლის სხვადასხვა თანავარსკვლავედების „თავმოყრის“ ადგილებს. თითოეულ თანავარსკვლავედში მზე თითქმის ერთი თვის განმავლობაში მოძრაობს, ანუ 12 თვის განმავლობაში ის გაივლის 12 თანავარსკვლავედის განლაგების ადგილს თანმიმდევრულად. ეს თანავარსკვლავედები განლაგებული არიან ეკლიპტიკის გასწვრივ და ზოდიაქოს თანავარსკვლავედების სახელწოდებას ატარებენ, ესენია:

ვერძი (♈); კურო(♉); მარჩბივი (♊); კირჩხიბი (♋);
 ლომი (♌); ქალწული (♍); სასწორი (♎);
 ღრიანკალი (♏); მშვილდოსანი (♐); თხის რქა (♑);
 მერწყული (♒); თევზები (♓).

♈ Aries	♉ Taurus	♊ Gemini	♋ Cancer
♌ Leo	♍ Virgo	♎ Libra	♏ Scorpio
♐ Sagittarius	♑ Capricorn	♒ Aquarius	♓ Pisces

ნახ22. The symbols used in Astrology

ცხადია, რომ ის თანავარსკვლავედი, რომელშიც მოცემულ დროს მზე იმყოფება, დაკვირვებისთვის მიუწვდომელია, სამაგიეროდ ამ მხრივ საუკეთესო პირობებშია მის მოპირდაპირე მხარეზე მოთავსებული თანავარსკვლავედი.



ნახ.23 დედამიწის გზა ზოდიაქოს თანავარსკვლავედებში

თავი V. მთვარისა და პლანეტების საკუთარი მოძრაობა

§ 13. მთვარის საკუთარი მოძრაობის დასაბუთება და ხასიათი

მთვარე, ისევე, როგორც მზე გადაადგილდება ვარსკვლავებს შორის. ის ყოველდღიურად იცვლის ამოსვლისა და ჩასვლის აზიმუტს, მას ეცვლება აგრეთვე მერიდიანული სიმაღლეც. მზესთან მიმართულებაში ყოველდღიურად აგვიანდება კულმინაცია. ყველაფერი ეს იმის დამამტკიცებელია, რომ ის სინამდვილეში მოიქცევა დედამიწის გარშემო. დედამიწის ირგვლივ ის შემოწერს თითქმის წრიულ გზას. ეს მოძრაობა მიმართულია დასავლეთიდან აღმოსავლეთისკენ ამასთანავე, იცვლება მთვარის დახრილობაც. ეს იმით არის გამოწვეული, რომ სიბრტყე, რომელშიც მთვარის ორბიტა არის განლაგებული, დახრილია ეკვატორის სიბრტყის მიმართ.



ამგვარად, მთვარის ხილული გადანაცვლება ცაზე აიხსნება მისი ნამდვილი, ჭეშმარიტი მოძრაობით სივრცეში დედამიწის ირგვლივ.

მთვარის ფაზები - მთვარის სახე პერიოდულად იცვლება: მთვარე ხან მთლიან ბადროს წარმოადგენს და ამბობენ - სავსე მთვარეა, ხან კი ნამგლის სახეს მიიღებს და ეს „ნამგალიც“ ხან ძალიან ვიწროა, ხან კი უფრო „შევსებული“ (ნახ.24).

მთვარის ფაზები



ნახ.24 მთვარის ფაზები

ამასთანავე, თავისი ამოზნექილობით ზოგ პერიოდში აღმოსავლეთისკენ, ზოგში კი დასავლეთისკენაა მიქცეული. ვინც კარგად აკვირდება მთვარეს იმასაც შენიშნავს, რომ დასავლეთისკენ ამოზნექილი „ნამგალი“ ცაზე საღამოობით მის დასავლეთ მხარეზე ჩნდება; აღმოსავლეთისკენ ამოზნექილი „ნამგალი“ კი აღმოსავლეთის ცაზე მოჩანს გათენების წინ. სავსე მთვარეს ვხედავთ აღმოსავლეთის ცაზე ამოსვლისას, მაგრამ უფრო მეტად დასამახსოვრებელია მისი კიაფი შუალამით სამხრეთის ცაზე.

მთვარის სახის ასეთი პერიოდული განმეორებადი ცვალებადობა შეესაბამება მთვარის ფაზების თანმიმდევრობას.

ახალი მთვარე - დამკვირვებელი დედამიწის ზედაპირიდან მთვარეს ვერ ხედავს რადგანაც მზით განათებულია მისი უკანა მხარე.

პირველი მეოთხედი - მთვარე მოჩანს, როგორც ნახევარდისკო ამოზნექილობით მარჯვნივ დამკვირვებლის მიმართ.

სავსე მთვარე - დამკვირვებელი დედამიწის ზედაპირიდან ხედავს მზისგან განათებულ მთლიან ბადროს.

ბოლო მეოთხედი - დედამიწის ზედაპირიდან ჩანს ნახევარბადრო, ამოზნექილობით მიმართული მარცხნივ დამკვირვებლისგან.

ახალი მთვარის და სავსე მთვარის ფაზები იწოდება სიზიგიებად, ხოლო პირველი და ბოლო მეოთხედის ფაზები - კვადრატურებად. სიზიგიების პერიოდში ნახატიდან ჩანს, რომ მთვარე, მზე და დედამიწა ერთ ჰორიზონტულ ხაზზე არის განლაგებული და გრავიტაციული ძალების ურთიერთმოქმედება პიკს აღწევს. დედამიწისთვის ეს აისახება ზღვებსა და ოკეანეებში წყლის დინების მიმოქცევის მაქსიმუმდე გაძლიერებაში. კვადრატურებში კი, პირიქით, ურთიერთმიმზიდავი ძალების სიმძლავრე ეცემა მინიმუმამდე და შესაბამისად დედამიწის ზედაპირზე მიმოქცევის დროს წყლის დონეც კლებულობს.

მთვარის საკუთარი მოძრაობის მიმართულეა ისეთივეა, როგორც მზის. სივრცეში მთვარის მოძრაობის ორბიტის მდებარეობა იცვლება, ამიტომ კუთხე მთვარის ორბიტასა და ეკლიპტიკას შორის ასევე ცვალებადია და საშუალოდ 5°08'-ის ტოლია. შეერთების ხაზიც გადაადგილდება ციური სფეროს მოძრაობის მიმართულეებით, დაახლოებით 19.3°-ით წელიწადში, ხოლო სრულ ბრუნს გააკეთებს 18.6 წლის პერიოდში.

დღელამის განმავლობაში თავის ორბიტაზე დედამიწის გარშემო მთვარე ვარსკვლავთან მიმართებაში 13.2° გაივლის, ხოლო მზესთან მიმართებაში - 12.2°. ეს იწვევს იმას, რომ ვარსკვლავთან მიმართებაში მთვარის ამოსვლა, კულმინაცია და ჩასვლა ხდება ყოველდღიურად გვიან 53 წუთით, ხოლო მზესთან მიმართებაში ეს დაგვიანება 49 წუთის ტოლია. აქედან გამომდინარეობს, რომ სრულ გზას თავის ორბიტაზე დედამიწის გარშემო, ანუ ოთხივე ფაზის გავლას, მთვარე უნდება ვარსკვლავთან მიმართებაში $\frac{360^\circ}{13.2^\circ}=27$ დღელამეს, 7 საათს და 32 წუთს (დამრგვალებით 27.32 დღელამე) - ასეთი ხანგრძლივობის თვეს **სიდერიული**, ანუ **ვარსკვლავთმიერი** ეწოდება. ანალოგიური პერიოდი მზესთან მიმართებაში შეადგენს $\frac{360^\circ}{12.2^\circ}=29$ დღელამეს, 12 საათს 44 წუთს (დამრგვალებულად 29.53 დღელამე) და იწოდება **სინოდურ**, ანუ **მთვარისეულ** თვედ.

მთვარის უდიდესი დახრილობა $Dec)_{max} = 28^\circ 35' N$ ან **S** აღინიშნება მაშინ, როცა აღმავალი შეერთება (კვანძი) Ω თანხვდება გაზაფხულის დღელამტოლობის წერტილს.

მთვარის რთული მოძრაობის ხასიათი თავის ორბიტაზე დედამიწის გარშემო აიხსნება იმ მიზეზებით, რაც გამოწვეულია მთვარის, მზის და დედამიწის მიმზიდველი ძალების ურთიერთმოქმედებით, მთვარისა და დედამიწის ორბიტების სხვადასხვა განლაგებით სივრცეში, დედამიწისა და მთვარის სხეულების არასწორი ფორმებით და კიდევ მრავალი სხვა ფაქტორებით.

გრავიტაციის ძალების ერთ-ერთი თვალსაჩინო და პრაქტიკულად მნიშვნელოვანი მოვლენაა ზღვებსა და ოკეანეებში წყლის მოქცევა-მიქცევა. ოკეანესა და ღია ზღვებში წლის დონე მუდმივ რყევას განიცდის. დაახლოებით ყოველ 12.5 საათის შემდეგ წყალი ნაპირისკენ მოიქცევა, გადმოდის ნაპირზე ასე გრძელდება თითქმის 6.25 საათის განმავლობაში ამ მოვლენას წყლის მოქცევას უწოდებენ. შემდეგ წყალი იწყებს ნაპირიდან ღია ზღვისკენ მიქცევას, რომელიც ისევე 6.25 საათის განმავლობაში გრძელდება და დროის შუალედის დამლევს ისევ იწყება ნაპირისკენ მოქცევა. დღელამის განმავლობაში თითქმის ორჯერ ხდება მოქცევა და ორჯერ მიქცევა, ეს პროცესი 25 საათს თხოულობს. გადმოდის, რომ შემდეგი დღელამის მოქცევა-მიქცევა იმავე საათებში კი არ ხდება, არამედ იგვიანებს საშუალოდ 50 წუთით. ამავე დროით აგვიანებს მთვარე ზედაკულმინაციაში მისვლას. ანუ წყლის მოქცევა-მიქცევის მოვლენა მჭიდროდ უკავშირდება მთვარის საკუთარ მოძრაობას დედამიწის გარშემო. მოქცევა-მიქცევის ინტენსივობა, ანუ წყლის დონე ახალი მთვარის ფაზაში მაქსიმალურია როგორც მოქცევის, ასევე მიქცევის დროს. მაქსიმალურია მოქცევა-მიქცევა სავსე მთვარის ფაზაშიც ხოლო ფაზებში I და ბოლო მეოთხედები-წყლის დონე როგორც მოქცევისას ასევე მიქცევისას კლებულობს მინიმუმამდე.

დროის შუალედი ახალი მთვარის ფაზიდან მოცემულ ფაზამდე იწოდება მთვარის ასაკად. მთვარის ასაკის მიახლოებითი გამოთვლა ყოველდღიურ ცხოვრებაში შეიძლება ფორმულით: $ას = N_{დ} + N_{თ} + მრ$,

- სადაც : $N_{დ}$ - დღის ნომერი თვეში;
- $N_{თ}$ - წელიწადში თვის ნომერი;
- მრ - მთვარისეული რიცხვი.

მთვარისეული რიცხვი გამოჰყავთ ემპირიულად და ახლომომავალი წლებისთვის მოყვანილია ცხრილში (ყოველწლიურად ემატება რიცხვი 11, თუ ჯამი ოცდაათზე მეტია, აკლდება 30).

სქემა 1: მთვარისეული რიცხვები

წელი:	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
მრ:	27	8	19	0	11	22	3
წელი:	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
მრ:	14	25	6	17	28	9	20

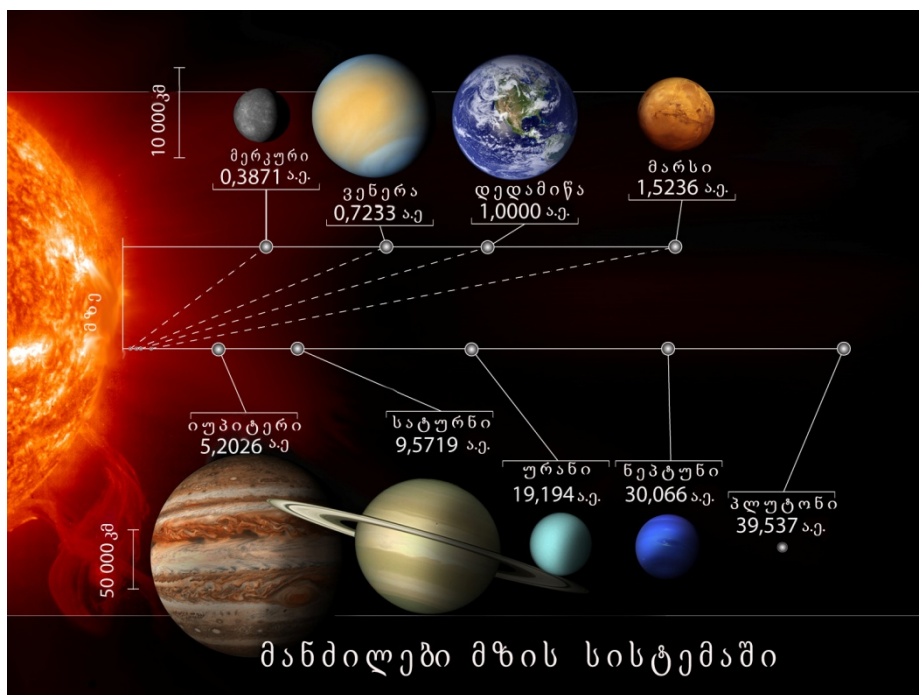
მზისა და მთვარის ერთდროული ზედა კულმინაცია შუადღისას ხდება მაშინ, როცა ისინი ერთ მერიდიანზე განლაგდებიან ანუ ახალი მთვარის ფაზაში მიახლოებით 7.5 დღელამის შემდეგ მთვარის დაგვიანება მზესთან მიმართებაში შეადგენს $0.8^{\circ} \times 7.5 \approx 6$ საათი ანუ 90° სფეროზე. ე.ი. პირველ მეოთხედში მთვარე კულმინირებს მზის კულმინაციის მომენტიდან 6 საათის შემდეგ (სალამოს) და დამკვირვებელს შეუძლია მოახდინოს მასზე დაკვირვება შუადღიდან შუღამამდე. სავსე მთვარის ფაზაში მთვარის კულმინაცია მოხდება მზის კულმინაციიდან 12 საათის შემდეგ, შუღამისას და მთვარე ჩანს საღამოდან დილამდე.

ბოლო მეოთხედში მთვარე კულმინირებს მზის კულმინაციიდან 18 საათის შემდეგ, ანუ დილას და მას დამკვირვებელი ხედავს ცაზე შუალამიდან შუადღემდე.

დაახლოებით პირველ მეოთხედში მთვარეს შეიძლება დავაკვირდეთ მზესთან ერთად საღამოს ამასთანავე მათ შორის კუთხე ახლოა 90°-თან. ბოლო მეოთხედში მზე და მთვარე ჩანან ერთად დილით ასევე აზიმუტების სხვაობით 90°-თან ახლოს. ეს პერიოდები (ჯამში 6-7 დღელამე ნებისმიერ თვეში) ხელსაყრელია ასტრონავიგაციური ამოცანების ამოხსნისთვის გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრაზე მთვარისა და მზის ერთდროული დაკვირვების მეთოდით.

§ 14. პლანეტების საკუთარი მოძრაობა

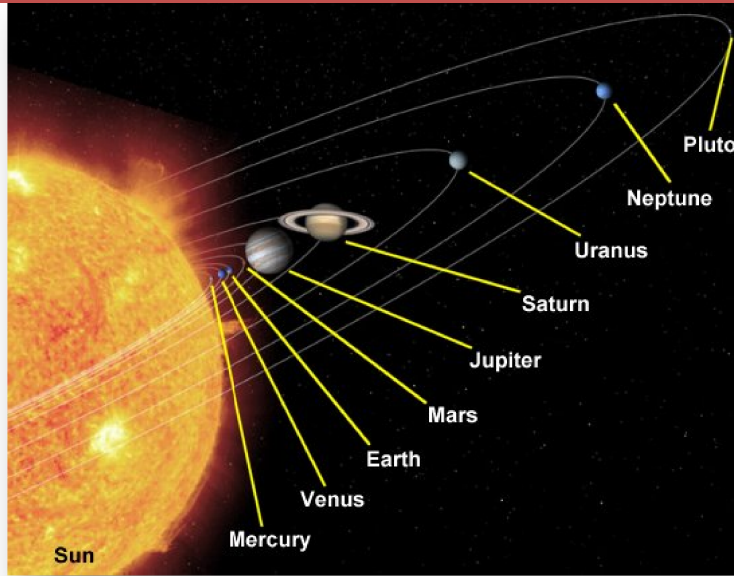
მზის გარშემო მოძრაობენ პლანეტები-სფეროსმაგვარი ციური სხეულები, რომლებიც ისევე, როგორც მთვარე, ნათდებიან მზის არეკლილი შუქით. მათი ორბიტები კეპლერის კანონის მიხედვით წარმოადგენს ელიფსებს შეკუმშვის სხვადასხვა ხარისხით და დედამიწის ორბიტასთან მიმართებაში დახრილობის სხვადასხვა კუთხით. ციურ სფეროზე პლანეტების ხილული ორბიტები განლაგებულია ეკლიპტიკის სიახლოვეს ზოდიაქოს სარტყელში (პლუტონის გარდა). პლანეტები, რომელთა ორბიტები განლაგებულია დედამიწის ორბიტის შიგნით იწოდებიან ქვედა პლანეტებად. ესენია მერკური და ვენერა. ყველა დანარჩენი მიეკუთვნება ზედა პლანეტებს - მარსი, იუპიტერი, სატურნი, ურანი, ნეპტუნი, პლუტონი.



ნახ 25. პლანეტების განლაგება და მანძილები მზის სისტემაში

პლანეტების ძირითადი პარამეტრების შედარებითი ცხრილი

სქემა 2: პლანეტების პარამეტრები მზის სისტემაში

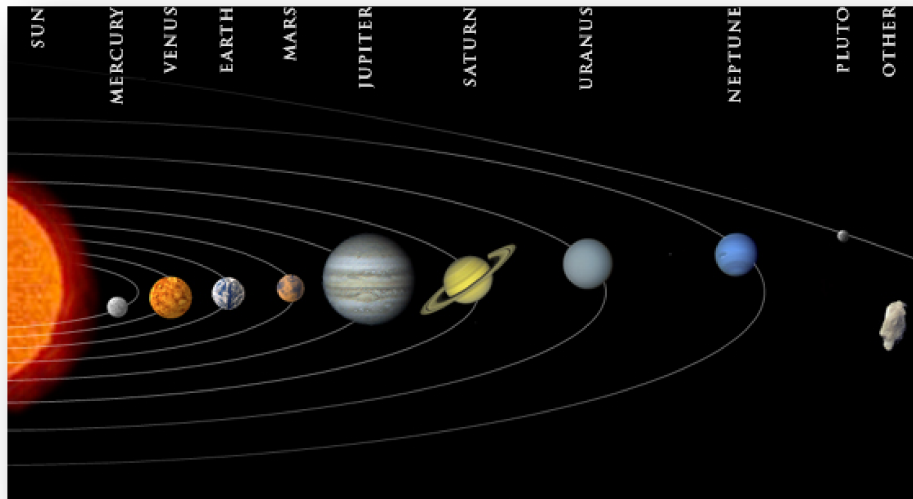


პლანეტა	ასტრონომიული ნიშანი	საშუალო დიამეტრი კმ	დახრილობა დედამიწის ორბიტის სიბრტყის მიმართ	მზის გარშემო მოქცევის პერიოდი	ორბიტაზე მოძრაობის საშუალო სიჩქარე, კმ/წმ	სიმკვრივე კგ/მ ³	თანამგზავრები
მერკური	☿	5000	7°	88 დღე	48	5427	არა
ვენერა	♀	12400	3°24'	225 დღე	35	5243	არა
დედამიწა	♁	12740	–	365 დღე	30	5515	1
მარსი	♂	6783	1°51'	687 დღე	24	3933	2
იუპიტერი	♃	139560	1°18'	16,86 წელი	13,1	1326	63
სატურნი	♄	115100	2°29'	29,46 წელი	9,6	687	62
ურანი	♅	51000	0°46'	84,01 წელი	6,8	1270	27
ნეპტუნი	♆	50000	1°47'	164,79 წელი	5,4	1638	13
პლუტონი	♇	6000	0,25°	248 წელი	4,7	2000	1

ზედა პლანეტებს შეუძლიათ დაშორდნენ მზის სფეროზე ნებისმიერი კუთხით 0°-დან 180°-მდე. ქვედა პლანეტებს - მხოლოდ მაქსიმალურად შესაბამისად: მერკური - 29°-ზე მეტი არა. ვენერა - არაუმეტეს 48°. ამიტომ დაკვირვებისთვის ქვედა პლანეტები ნაკლებად ხელსაყრელია, ვიდრე ზედა პლანეტები.

ვენერა მხოლოდ რამდენიმე საათით ჩნდება საღამოს, მზის ჩასვლის შემდეგ და დილას მზის ამოსვლის წინ.

მერკური თითქმის ყოველთვის უჩინარდება მზის სხივებში.



ზედა პლანეტები უხილავია მათი შეერთების სიახლოვეს ყოფნის დროს (მზის გამო), ხოლო ოპოზიციაში ისინი ყოველთვის ჩანან დედამიწის ზედაპირიდან შეუიარაღებელი თვალ ით კარგად ჩანს ვენერა, იუპიტერი, მარსი და სატურნი. ამ პლანეტებს ჰქვია ნავიგაციური, იმიტომ, რომ გამოიყენება ისინი ნავიგაციური მიზნებისთვის.

ყველაზე კაშკაშა მათ შორის არის ვენერა. ყველა პლანეტა მოძრაობს საკუთარ ორბიტაზე, ყველა ერთიდაიმავე მიმართულებით როგორც დედამიწა - დასავლეთიდან აღმოსავლეთისკენ.

მზის ოჯახს ასევე ეკუთვნის რამდენიმე ათასი ეგრეთწოდებული მცირე პლანეტა, ანუ პლანეტოიდი, რომელთა ორბიტები მოთავსებულია უმეტესად მარსისა და იუპიტერის ორბიტებს შორის. მზის ოჯახს მიეკუთვნება ეგრეთწოდებული კომეტები და მეტეორებიც და ბოლოს, თვით პლანეტების თანამგზავრებიც. პლანეტებს, ასევე, ცდომილებს უწოდებენ.

პლანეტები გამოირჩევიან ცაზე ორი გარეგნული ნიშნით: უფრო „მშვიდი“ არიან ნაკლებად მოციმციმე ვარსკვლავებთან შედარებით და გადაადგილდებიან ცაზე ვარსკვლავებთან მიმართებაში, ანუ იმის გარდა, რომ მონაწილეობას იღებენ საერთო დღელამურ მოძრაობაში სხვა მნათობებთან ერთად, მათ ასევე გააჩნიათ საკუთარი მოძრაობაც. მზეს და მთავარეს თუ მოწესრიგებული საკუთარი მოძრაობა აქვთ, პლანეტების ეს მოძრაობა თავისებურია - ხან აღმოსავლეთისკენ მიმართული, ხან დასავლეთისკენ. მათ პლანეტებიც იმიტომ ჰქვია, რომ ეს სიტყვა ბერძნულად ნიშნავს „მოხეტიალე“ ვარსკვლავს. ქართულად ცდომილი, ანუ გზას ამცდარი უწოდეს.

კუთხე, რომელიც იქმნება მიმართულებებით დამკვირვებლიდან მზეზე და დამკვირვებლიდან პლანეტაზე, ამ კუთხეს პლანეტის ელონგაცია ჰქვია. ეს კუთხე მიუთითებს პლანეტის მზისგან სიშორეზე.

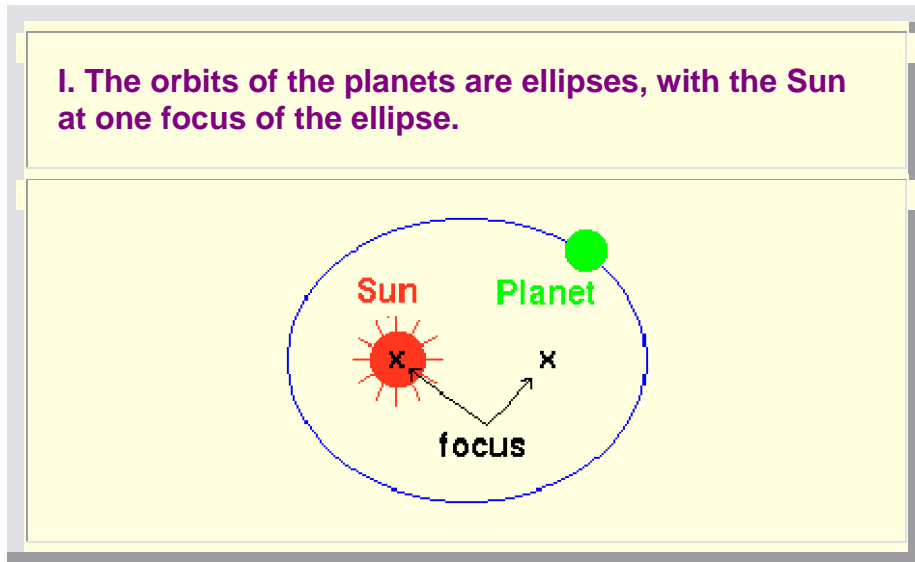
პლანეტების მოძრაობას ახასიათებს სამი ზოგადი კანონზომიერება, რომლებიც პირველად იოჰან კეპლერმა აღმოაჩინა. მან მიაკვლია მათ არა თეორიული და დინამიკური ანალიზით, არამედ - ემპირიული გზით. ის განიხილავდა ძირითად მარსის მოძრაობაზე დაგროვილ დაკვირვებათა ერთობლივ მონაცემებს.

კეპლერის კანონები შემდეგნაირად ჩამოყალიბდება:

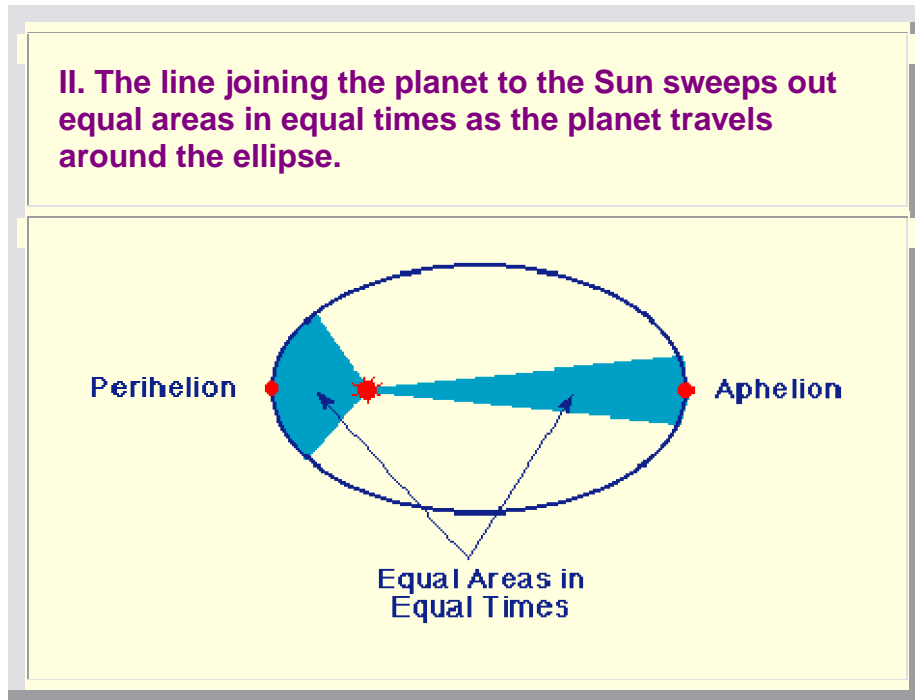
1. ყოველი პლანეტის ორბიტა ელიფსია, რომლის ერთერთ ფოკუსში მოთავსებულია მზე.
2. ყოველი პლანეტის რადიუს-ვექტორი - სწორი ხაზის მონაკვეთი მზიდან პლანეტამდე, - დროის თანაბარ შუალედებში თანაბარ ფართობებს შემოწერს.
3. პლანეტების მზის ირგვლივ სიდერიული (ვარსკვლავთან მიმართებაში) მოქცევის პერიოდთა დროის (t) კვადრატები ისე შეეფარდება, როგორც მზემდე მათი საშუალო მანძილების კუბები (a). ეს კანონი ასე ჩაიწერება

$$t_1^2 : t_2^2 = a_1^3 : a_2^3$$

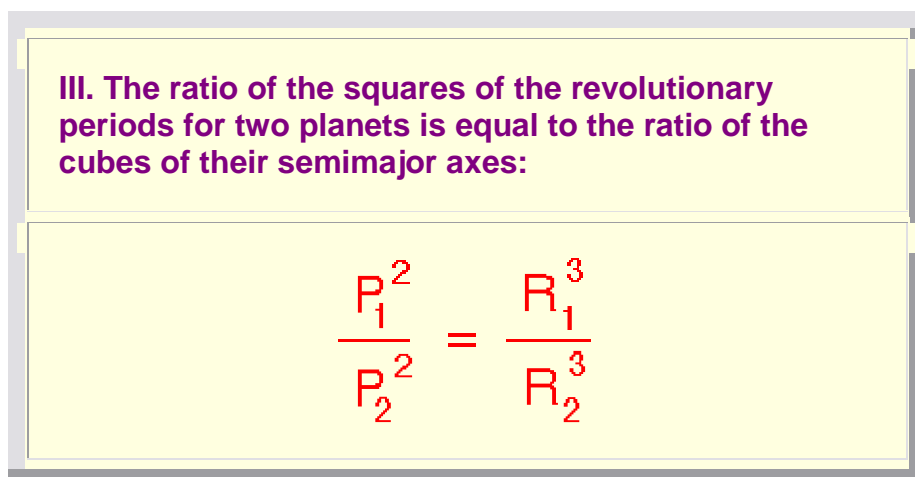
1) კეპლერის I კანონი



2) კეპლერის II კანონი



3) კეპლერის III კანონი

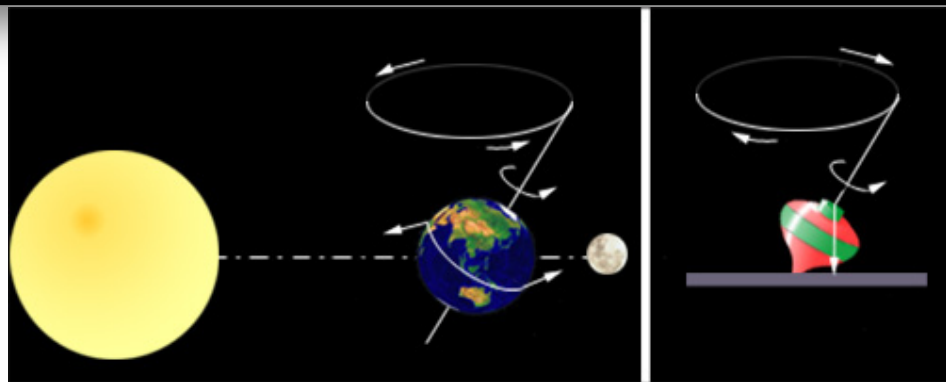
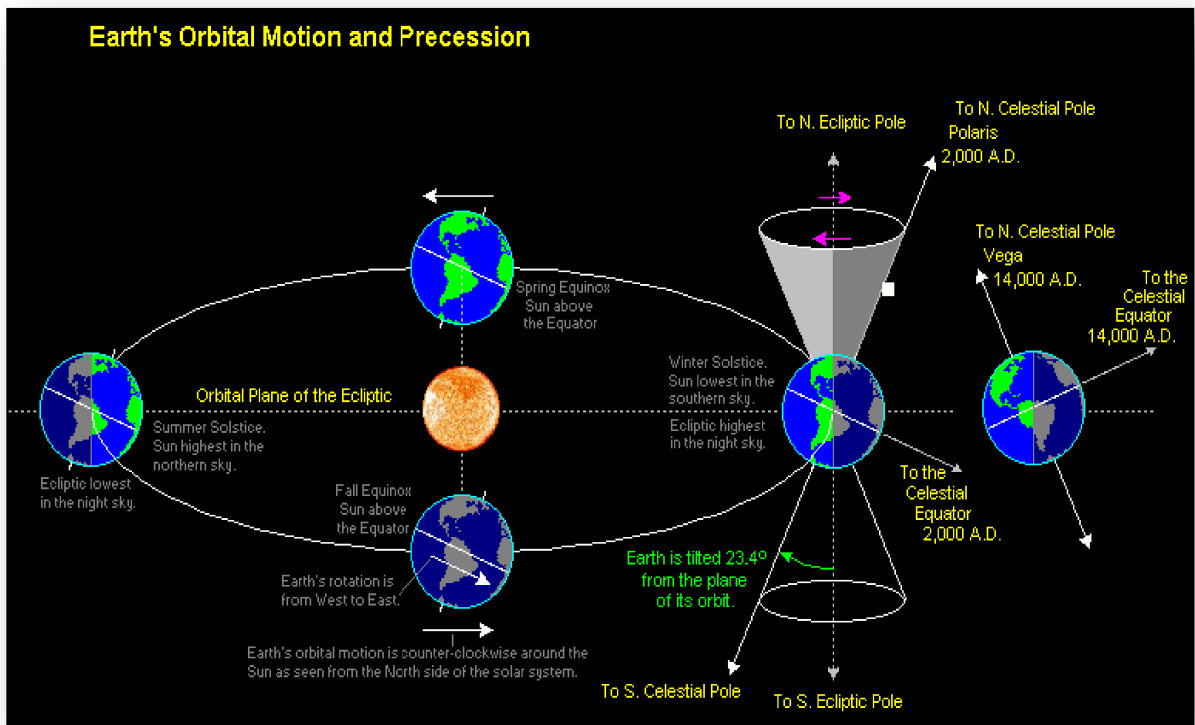


§15. ვარსკვლავთა კოორდინატების ცვალებადობა და მისი გამომწვევი მიზეზები

ასტრონავიგაციაში ჩვენ არ განვიხილავთ ვარსკვლავთა საკუთარ მოძრაობას, ვინაიდან დამკვირვებლისთვის ისინი უძრავი არიან – ყოველ შემთხვევაში, ასე გვეჩვენება დედამიწის ზედაპირიდან. თუმცა ზუსტი გაზომვები ხანგრძლივ პერიოდში იძლევა იმის დასტურს, რომ ვარსკვლავთა ეკვატორული კოორდინატები - პირდაპირი აღვლენა (α) და დახრილობა (Dec), ძალიან ნელა, მაგრამ მაინც იცვლება.

ასეთი მოვლენის ერთ-ერთ მიზეზად ითვლება სამყაროს პოლუსების განსაკუთრებული მოძრაობა ეკლიპტიკის პოლუსების ირგვლივ და როგორც შედეგი ამისა - ციური ეკვატორის მდებარეობის ცვალებადობა, რომლის სიბრტყე ყოველთვის სამყაროს ღერძის მართობულია (ნახ.26) ნახაზზე ნაჩვენებია ასეთი მოძრაობის გარე - გამოვლინება, რასაც პრეცესია ეწოდება. ეს მოძრაობა მზის ხილული წლიური მოძრაობის საპირისპიროა.

ვინაიდან პრეცესიის შედეგად სამყაროს ღერძი თანმიმდევრულად იკავებს

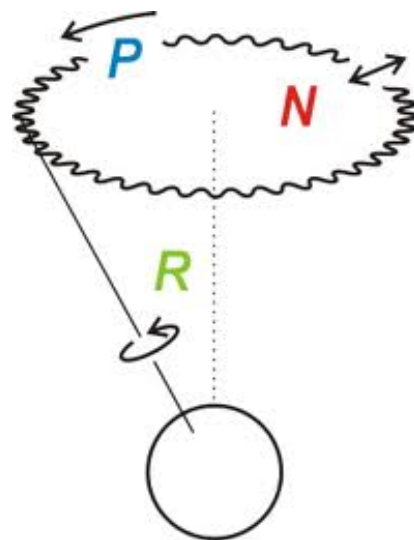
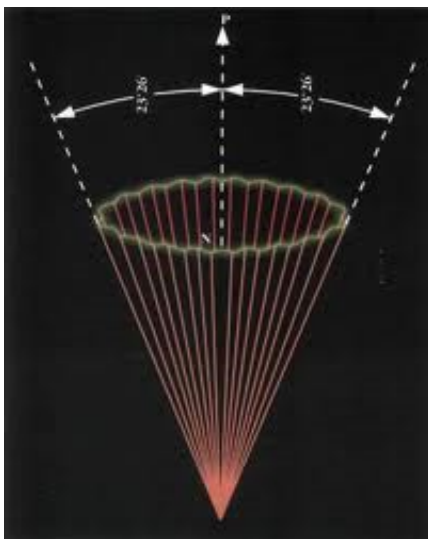


ნახ.26 მზის და მთვარის მიზიდულობის ზემოქმედება დედამიწაზე იწვევს მისი ღერძის პრეცესიულ მოძრაობას

მდგომარეობებს და ასე შემდეგ, ციური ეკვატორი შესაბამისად ჩაიწევს ერთი

მხრიდან და აიწვევს მეორე მხრეს. ვერძის წერტილი (Υ - ეკვატორის ეკლიპტიკასთან კვეთის წერტილი), - გადაადგილდება ეკლიპტიკაზე მზის წლიური მოძრაობის საპირისპირო მიმართულებით და გაივლის $50.3''$ ყოველწლიურად. ამრიგად სრულ ბრუნს სფეროზე სამყაროს ღერძი მოახდენს $\frac{360^\circ}{50.3''} = 25800$ წლის პერიოდში - ეს არის პრეცესიული მოძრაობა და ძალიან ნელი.

ეკვატორისა და ვერძის წერტილის მდებარეობის ცვალებადობა გავლენას ახდენს ვარსკვლავთა კოორდინატების სიდიდეებზე. ასე, მაგალითად დახრილობისა და პირდაპირი აღვლენის წლიური მატება ან კლება ამ მიზეზის გამო $40'' \div 50''$ -ია შემჩნეულია, აგრეთვე, რომ სამყაროს პოლუსები ახდენენ რხევით მოძრაობას ელიფსზე და ასეთი მოძრაობის პერიოდია 18.6 წელი. ელიფსის ღერძების გადახრა მიახლოებით $14''$ და $18''$. ამ მოვლენას ნუტაცია ჰქვია.



- **R** - Rotation of a planet
- **P** - Precession
- **N** - Nutation

ნახ28. პრეცესია და ნუტაცია

პრეცესია და ნუტაციის ფიზიკური მიზეზი იმაში მდგომარეობს, რომ მბრუნავ დედამიწაზე ზეგავლენას ახდენს მზის, მთვარისა და პლანეტების მიზიდულობის ძალები. დედამიწის ეკვატორიულ ნაწილში მას აქვს ვითომ ზეტმეტი მასა, რომელიც მიზიდულობის ძალის მოქმედებით იწვევს დედამიწის ღერძის ბრუნვის გადახრას, როგორც ეს ახასიათებს გიროსკოპის ღერძს.

კოორდინატების პრეცესიის მოვლენისგან ცვალებადობის გარდა შესამჩნევია ვარსკვლავთა პერიოდული გადაადგილება დედამიწის თავის ორბიტაზე მოძრაობის გამო. ამ გადაადგილების კუთხურ სიდიდეს აბერაცია ჰქვია. ამიტომ ვარსკვლავთა კოორდინატები (Dec და α) წლიურ პერიოდში $1'$ ფარგლებში იცვლება, რაც გათვალისწინებულია ალმანახის ყოველდღიურ ცხრილებში. აბერაცია დედამიწის მზის გარშემო მოძრაობის კიდევ ერთი დამადასტურებელი ნიშანია.

გარდა ამისა, ძალიან ზუსტი გაზომვები და გამოთვლები იძლევა იმის მტკიცების საშუალებას, რომ ვარსკვლავები გადაადგილდებიან მათი სამყაროს სივრცეში მოძრაობის გამ, მაგრამ ეს გადაადგილება იმდენად მცირეა, რომ ასტრონავიგაციაში არ მიიღება მხედველობაში.

თავი VI. დროის გაზომვის საფუძვლები

§ 16. საერთო მოსაზრებები დროისა და მისი გაზომვის შესახებ

დიალექტიკური მატერიალიზმის თანახმად ბუნებაში ყველაფერი მუდმივ მოძრაობაშია, აბსოლუტური სიმშვიდე არ არსებობს. ნებისმიერი მატერიალური წერტილის მდგომარეობა და მდებარეობა შეიძლება განიხილებოდეს მხოლოდ დროის გარკვეული მომენტისთვის.

მატერია არსებობს სივრცეში და დროში. დრო იზომება მხოლოდ ერთი მიმართულებით - წარსულიდან მომავლისკენ. დროსთან შესაბამისად იცვლება ყველა ცვალებადი სიდიდე, რომელიც ახასიათებს ამა თუ იმ ფიზიკურ პროცესს; იცვლება ასევე ნებისმიერი ფიზიკური ობიექტის მდებარეობაც, მათ შორის, ციური ობიექტებისაც. ყველაფერი ეს მოითხოვს დროის ერთეულის დაწესებას და დროის გაზომვის მეთოდების შემოღებას. ნებისმიერი ფიზიკური სიდიდის გაზომვისთვის ისეთი ერთეული უნდა დადგინდეს, რომელიც ხელსაყრელი იქნება პრაქტიკული გამოყენებისათვის და აუცილებლად უცვლელი. ძველთაგანვე დროის ერთეულად მიღებული იყო დედამიწის ერთი სრული ბრუნის პერიოდი, ან ციური სფეროს ერთი სრული ბრუნის პერიოდი რაც დროში ერთი და იგივეა - ერთი დღეღამე. პრაქტიკულად, ეს ერთეული მუდმივია.

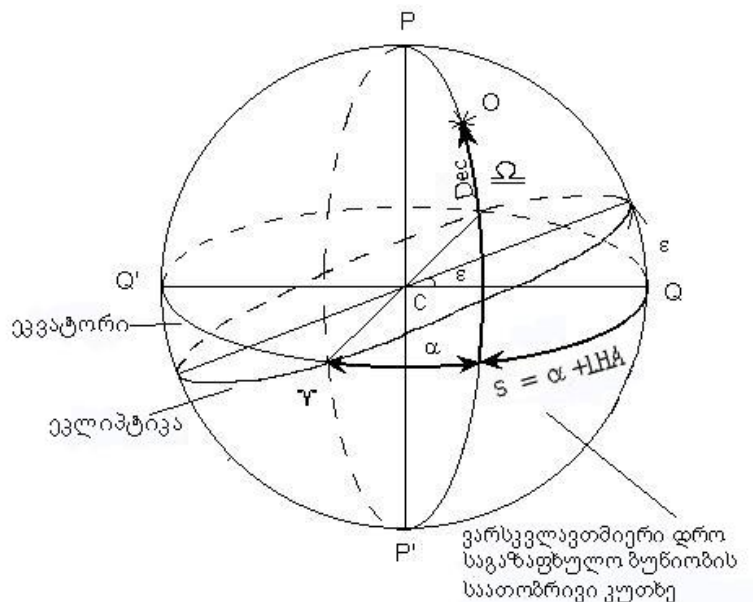
როცა ერთეული დადგენილია, ისიც უნდა დადგინდეს თუ საიდან, რომელი წერტილიდან დაიწყოს დროის გაზომვა. პრაქტიკულ ასტრონომიაში ასეთ საწყის წერტილად მიღებულია საგაზაფხულო ბუნიობის წერტილი (Υ) და მისი მოძრაობა სფეროზე ან მზე. საგაზაფხულო ბუნიობის წერტილის მოძრაობით იზომება ვარსკვლავთმხიერი დრო, ხოლო მზის მოძრაობით - მზისმხიერი.

საწყის წერტილად მიღებულია საგაზაფხულო ბუნიობის წერტილის (იგივე ვერძის წერტილი), ან მზის მხიერ დამკვირვებლის მერიდიანის სიბრტყის კვეთა, ვინაიდან ეს სიბრტყე თანემთხვევა გეოგრაფიულ მერიდიანს, რომლის მდებარეობა განისაზღვრება დედამიწაზე დამკვირვებლის გეოგრაფიული გრძედით.

ამიტომაც ყოველ სისტემაში დრო იმაზეა დამოკიდებული, თუ რომელი მერიდიანია მიღებული საწყისად - გრინვიჩის, ადგილობრივი თუ კიდევ რომელიმე სხვა.

პრაქტიკულად, ყოველდღიურ ცხოვრებაში გამოიყენება მზისმხიერი დრო.

დროის აღრიცხვა იწყება შუალამიდან ანუ მზის ქვედა კულმინაციის მომენტიდან. გასაგებიცაა, რატომ - იმიტომ, რომ თარიღის გამოცვლა უმჯობესია



ნახ.29 ვარსკვლავთმხიერი დრო

დამით ხდებოდა, როცა ერთი სამუშაო დღე დამთავრებულია და მეორე ჯერ არ დაწყებულია.

ასტრონომიულ ობსერვატორიაში სამეცნიერო მიზნებისთვის გამოიყენება ვარსკვლავთმომიერი დრო, რომელსაც ზომავენ და ანგარიშობენ არა მზის, არამედ ვარსკვლავებიანი ცის ხილული დღედამური მოძრაობის მიხედვით. ასეთი დღედამე არა არის თანაბარი.

ვარსკვლავთმომიერი დღედამე - ეს არის დროის შუალედი გაზაფხულის ბუნიობის წერტილის (იგივე ვერძის წერტილი) - Υ ორ თანმიმდევრულ ზედა კულმინაციების მემენტებს შორის დამკვირვებლის მოცემულ მერიდიანზე.

ვარსკვლავთმომიერი დრო (S) - ეს არის გაზაფხულის ბუნიობის წერტილის (იგივე ვერძის წერტილის - Υ) ზედა კულმინაციის მომენტიდან მოცემულ მომენტამდე განვლილი დრო ანუ ვარსკვლავთმომიერი დროის საზომი ერთეულების (საათების, წუთების და წამების) რაოდენობა.

ვარსკვლავთმომიერი დრო ჩაიწერება ასე:

$$S=7 \text{ საათი } 46 \text{ წუთი } 18 \text{ წამი}$$

ვარსკვლავთმომიერი დრო ჩვეულებრივ, პრაქტიკულ ცხოვრებაში არ გამოიყენება, ამიტომ მას არ აქვს კალენდარულ ი თარიღი იმის გამო, რომ ციური სფერო მოძრაობს თანაბარზომიერად გაზაფხულის ბუნიობის წერტილის ზედა კულმინაციის მომენტიდან განვლილი დროის შუალედი რიცხობრივად უდრის ვერძის წერტილის - (Υ) დასავლური საათობრივი კუთხის მნიშვნელობას გრადუსულ ერთეულებში ანუ არსებობს დამოკიდებულება:

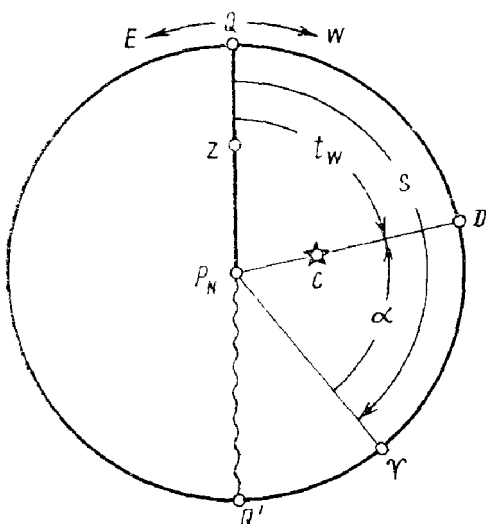
$$S = LHA_{\Upsilon}^W$$

აქედან გამომდინარე შეიძლება ვარსკვლავთმომიერი დრო გამოისახოს როგორც გრადუსულ ერთეულებში, ასევე საათობრივში:

ამგვარად	24 საათი = 360°	360° = 24 საათი
	1 საათი = 15°	1° = 4 წუთი
	1 წუთი = 15'	1' = 4 წამი
	1 წამი = 1''	

დროის ასეთი გამოსახვა საჭიროა ასტრონავიგაციური ამოცანების ამოხსნისთვის.

§ 17. დროის ძირითადი ფორმულა



ნახ.30 დროის ძირითადი ფორმულა

თუ განვიხილავთ სფეროზე მნათობ C და ვერძის წერტილის - (Υ) ურთიერთმდებარეობას (ნახ.31), რომელიდაც მომენტში, დავრწმუნდებ ით, რომ $\overset{\frown}{Q} \Upsilon = \overset{\frown}{QD} = \overset{\frown}{D}$, ანუ მივიღებთ დამოკიდებულებას (S, t_w და α) ვარსკვლავთმომიერი დროის დასავლურ საათობრივი კუთხისა და პირდაპირი აღვლენის სიდიდეებს შორის.

$$S = HA_{\Upsilon}^W - \alpha$$

ერთდამავე მომენტში ვარსკვლავთმომიერი დრო (S) ნებისმიერი მნათობის დასავლური საათობრივი კუთხის და მისი პირდაპირი აღვლენის ჯამის ტოლია, ამ გამოსახულებას დროის ძირითადი ფორმულა ჰქვია. საზღვაოსნო ასტრონომიაში ამ ფორმულას ხშირად

იყენებენ ვარსკვლავთა საათობრივი კუთხის გამოსათვლელად:

$$HA_w^* = S - \alpha$$

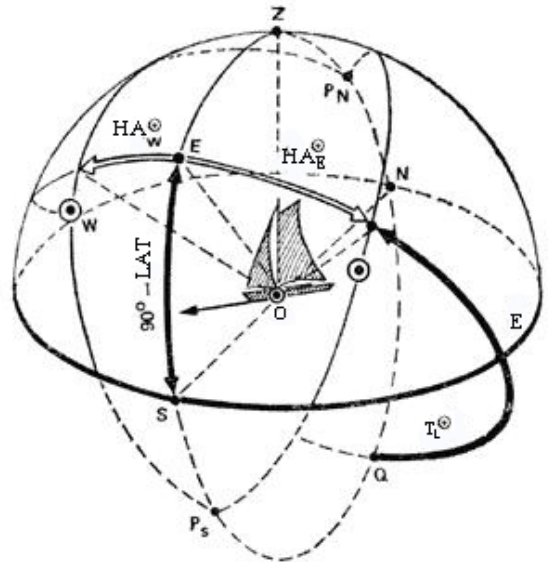
გამოთვლების გამარტივების მიზნით ტოლობის მარჯვენა ნაწილს მივუმატოთ 360° (ანუ 0°). შემდეგ კი 360° - α*, შევცვალოთ SHA* და ბოლოს მივიღებთ:

$$HA_w^* = S + SHA^*$$

SHA*-ს ვარსკვლავურ დამატებას ეძახიან და მისი მნიშვნელობა ნავიგაციურ ალმანახში არის მოცემული ძირითადი ნავიგაციური ვარსკვლავებისათვის ყოველდღიურ ცხრილებში. ალმანახის ინგლისურ ვარიანტში (*The Nautical Almanac*) ეს სიდიდე წოდებულია: **SHA – Siderial Hour Angle**.

§ 18. მზისმიერი დრო. საშუალო მზისმიერი დრო

ჩვენი პლანეტის მოსახლეობის ყოველდღიური ცხოვრება ორგანიზებულია მზის მიხედვით - დამოკიდებულია დღეღამის ნათელ და ბნელ პერიოდებზე. ამის გარდა მზის ხილული წლიური სრბოლის გამო, რომელიც ყოველდღიურად ჩამორჩება ვერძის წერტილს 1°-ით, ანუ 4 წუთით, ვარსკვლავთმიერი დღეღამის დასაწყისი იცვლება, ასე მაგალითად: 21 მარტს ვარსკვლავთმიერი დღეღამის დასაწყისი იქნება შუადღე, 22 ივნისს - დილა, 23 სექტემბერს - ღამე, 22 დეკემბერს - საღამო. ასეთი სისტემის ყოველდღიურ ცხოვრებაში გამოიყენება შეუძლებელია. ამიტომ ვარსკვლავთმიერი დრო გამოიყენება მხოლოდ თეორიულ დასკვნებში და საზღვაოსნო ასტრონომიის ამოცანებში.



ნახ.31 მზისმიერი დრო

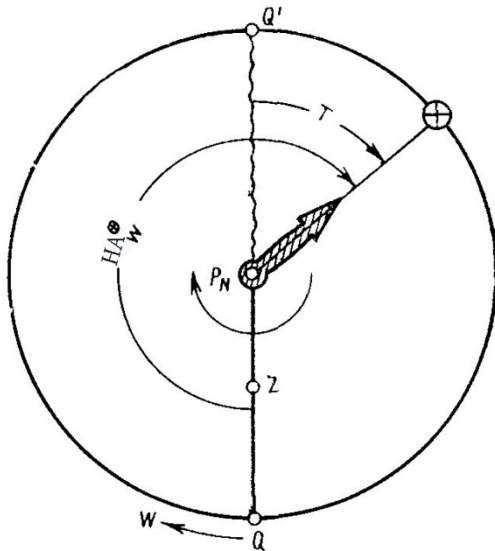
უფრო მიზანშეწონილი იქნება, თუ დროის საზომ ერთეულად მივიღებთ დროის შუალედს მზის ორი (ან ქვედა, ან ზედა) თანმიმდევრული კულმინაციების მომენტებს შორის. დროის ასეთ შუალედს **მზისმიერი ანუ ჭემმარიტი** დღეღამე ჰქვია, ეს დღეღამე ვარსკვლავთმიერზე დაახლოებით 4 წუთით ხანგრძლივია. მაგრამ მზის პირდაპირი აღვლენა წლის განმავლობაში თანაბრად არ იცვლება და, მაშასადამე, ჭემმარიტი, ანუ მზისმიერი დღეღამეც არ არის ერთნაირი ხანგრძლიობის. სხვაობა მაქსიმალური და მინიმალური ხანგრძლიობის მზისმიერ დღეღამეს შორის თითქმის 51 წამს აღწევს. ასეთი ცვალებადი სიდიდის გამოყენება ზუსტი დროის საზომ ერთეულად შეუძლებელია.

ჭემმარიტი მზე არ შეიძლება „აიძულო ირბინოს“ ეკლიპტიკაზე თანაბარი სიჩქარით. დროის საზომი ზუსტი ერთეულის მისაღებად საჭიროა მზე შეიცვალოს სფეროზე წლის განმავლობაში თანაბარი სიჩქარით მოძრავი, რაღაც, პირობითი წერტილით. მაგრამ ეკლიპტიკის დახრილობის გამო ასეთი პირობითი წერტილიც ვერ „ირბენს“ მსზე თანაბარი სიჩქარით.

ამიტომ შემოდებული იქნა ფიქტიური, განსაკუთრებული წერტილი, რომელიც მოძრაობს არა ეკლიპტიკაზე, არამედ ეკვატორზე იმავე მიმართულებით, რა მიმართულებითაც ჭემმარიტი მზე მოძრაობს ეკლიპტიკაზე. ასეთ ფიქტიურ წერტილს **საშუალო მზე (T_⊕)** დაერქვა.

ამრიგად, საშუალო მზეს ახასიათებს შემდეგი ნიშნები:

- იღებს მონაწილეობას სფეროსთან ერთად დღელდამურ მოძრაობაში.
- აქვს საკუთარი წლიური მოძრაობა ეკვატორზე დღელდამური მოძრაობის საპირისპიროდ.
- მისი დღელდამური გადაადგილება ეკვატორზე მუდმივია და უდრის ჭემმარიტი მზის ეკვატორზე პროექციის წერტილის საშუალო წლის განმავლობაში, დღელდამურ გადაადგილებას. ეს სიდიდე 3 წუთისა და 56,56' ტოლია, ანუ მიახლოებით 1°-ია.
- ჭემმარიტი და საშუალო მზის მერიდიანები დიდი მანძილით არ არიან ერთმანეთზე დაშორებული ამიტომ მათი კულმინაციის მომენტები დიდად არ განსხვავდებიან.



ნახ.32 საშუალო დრო

ამ ჩამონათვალის შემდეგ შეიძლება განისაზღვროს: **საშუალო დღელამე** - ეს არის დროის შუალედი საშუალო მზის ორი თანმიმდევრული ქვედა კულმინაციების მომენტებს შორის. საშუალო დღელამის საწყისად მიღებულია საშუალო მზის ქვედა კულმინაციის მომენტი - თარიღის ცვლა ღამით ყოველდღიურ ცხოვრებაში უფრო მიზანშეწონილია.

საშუალო დღელამე იყოფა 24 საშუალო საათად; 1 საათი = 60 საშუალო წუთად და 1 წუთი = 60 საშუალო წამად.

საშუალო ანუ სამოქალაქო დრო - ეს არის საშუალო საათების, საშუალო წუთების და საშუალო წამების რაოდენობა საშუალო მზის

ქვედა კულმინაციის მომენტიდან მოცემულ მომენტამდე. საშუალო დროს აუცილებლად თან უნდა ახლდეს თარიღი. საშუალო დროის მომენტის უთარილოდ ჩაწერა უაზრობაა.

საშუალო დრო ასე ჩაიწერება: 06.03 T = 19ს.27წ.18წმ. ვინაიდან საშუალო დრო აითვლება დამკვირვებლის მერიდიანის საშუალოდ ნაწილიდან, ხოლო დასავლური საათბრივი კუთხე - დამკვირვებლის მერიდიანის საშუალოდ ნაწილიდან, ამიტომ:

$$T = HA_{\odot} \pm 12 \text{ სთ}$$

$$HA_{\odot} = T \pm 180^{\circ}$$

ნიშანს „+“ ან „-“ ისე ირჩევენ, რომ შედეგი არ მიიღონ 24 საათზე (360°) მეტი.

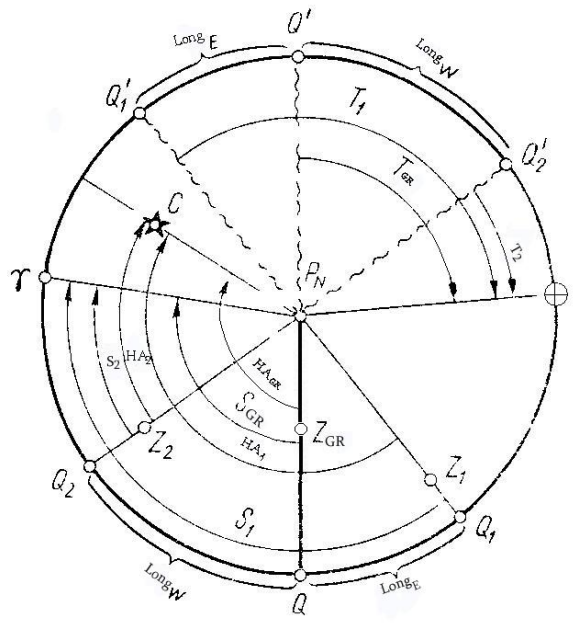
საშუალო დრო ვარსკვლავთმეორისგან განსხვავებით მხოლოდ საათობრივ ერთეულებში გამოისახება.

საშუალო დრო ძირითადად, როგორც ყოველდღიურ ცხოვრებაში, ტექნიკაში, მეცნიერებაში, ასევე ასტრონავიგაციაში.

საზღვაო ფლოტში გამოყენებული დროის საზომი ყოველი ინსტრუმენტი საშუალო დროს (საათს, წუთს და წამს) უჩვენებს.

§ 19. დრო სხვადასხვა მერიდიანზე. ადგილობრივი დრო

დღეღამის დასაწყისი იღება ვერძის წერტილის ან საშუალო მზის კულმინაციის მომენტიდან, ანუ მათ მიერ დამკვირვებლის მერიდიანიდან გადაკვეთიდან. ციური მერიდიანის სიბრტყე გეოგრაფიული მერიდიანის პარალელურია, ან მისი გაგრძელებაა. ამიტომ როგორც ვარსკვლავთმერი, ისე საშუალო დრო დამკვირვებლისათვის სხვადასხვა მერიდიანზე სხვადასხვა მომენტებში იწყება.



ნახ.33 ადგილობრივი დრო

ეს იმის დამამტკიცებელია, რომ სხვადასხვა მერიდიანზე ერთდამავე მომენტში დრო სხვადასხვაა და სხვადასხვა გრძედზე მყოფი დამკვირვებლისთვის დროებს შორის არის გარკვეული დამოკიდებულება. ამ მოვლენის აღმოსაჩენად ავაგოთ ციური სფერო (ნახ. 33) რომელზედაც დავიტანოთ დამკვირვებელთა მერიდიანები რომელთაც აქვთ აღმოსვლეთის გრძედი ($P_N Z_1 Q_1$), დასვლეთის გრძედი ($P_N Z_2 Q_2$) და გრინვიჩზე დამკვირვებლის მერიდიანი ($P_N Z Q$), ასევე ვერძის წერტილის (Υ), საშუალო მზის (\oplus) და რაღაც მნათობის (C) ნებისმიერი მდებარეობა.

ნულოვანი მერიდიანის დროს ჰქვია გრინვიჩის ვარსკვლავთმერი ან საშუალო დრო. საშუალო გრინვიჩის დროს კიდევ მსომ ფლიო დროს უწოდებენ. ავლნიშნოთ ნახაზზე რკალები λ_E და λ_W , მივიღებთ ვარსკვლავთმერი დროებისთვის დამოკიდებულებას:

$$S_1 = S_{GR} + Long_E \text{ და } S_2 = S_{GR} - Long_W$$

საშუალო დროებისთვის:

$$T_1 = T_{GR} + Long_E \text{ და } T_2 = T_{GR} - Long_W$$

გარკვეული, მოცემული გეოგრაფიული მერიდიანის დრო ადგილობრივ დროდ იწოდება და აღინიშნება S_L და T_L . ჩავწერთ ეს ცალკეული ფორმულები საერთო ფორმულის სახით:

$$\left. \begin{aligned} S_L &= S_{GR} \pm Long_W^E \\ T_L &= T_{GR} \pm Long_W^E \end{aligned} \right\}$$

რადგან საათობრივი კუთხეები იზომება დამკვირვებლის მერიდიანის საშუადღეისო ნაწილიდან მივიღებთ:

გრინვიჩიდან აღმოსავლეთით დამკვირვებლისთვის: $LHA_1 = GHA + Long_E$

გრინვიჩიდან დასავლეთით დამკვირვებლისთვის: $LHA_2 = GHA - Long_W$

ან საერთო ფორმულა მიიღებს ასეთ სახეს:

$$LHA = GHA \pm Long^E_W$$

ამ გამოსახულებაში საათობრივი კუთხეები დასავლეთის სახელწოდებისაა. ნახაზიდან (ნახ.33) და მიღებული ფორმულიდან გამომდინარე:

- დედამიწის ზედაპირზე ერთ მერიდიანზე მყოფი ყველა დამკვირვებლისთვის, ანუ რომლებსაც ერთნაირი გრძედი აქვთ ერთი და იმავე სისტემის ადგილობრივი დრო ერთნაირია;
- მოცემულ მერიდიანზე დრო გრინვიჩის მერიდიანზე დროისგან განსხვავდება გრძედის სიდიდით;
- სხვადასხვა მერიდიანზე დრო განსხვავდება ერთმანეთისგან გრძედების სიდიდეების სხვაობით ამ მერიდიანებს შორის;
- ერთი მერიდიანიდან მეორეზე დროის გადაყვანისას, რომ არ შეეცდეთ ნიშანში უნდა გვახსოვდეს, რომ აღმოსავლეთში დრო უფრო მეტია.

§ 20. ზოლური დრო (სარტყლური). საზაფხულო დრო. გემის დრო

ყოველდღიურ ცხოვრებაში ადგილობრივი საშუალო დროის გამოყენება მეტად მწელია, რადგან ყველა მოძრავ საშუალებაზე აღმოსავლეთის მიმართულებით მოგვიწევდა საათის ისრების გამუდმებით წინ გადაწევა, ხოლო დასავლეთისკენ სვლის დროს უკან. ამიტომ იყო, რომ 1884 წელს დაიწყო მსოფლიოში დროის ათვლა სარტყლურად.

რა არის ზოლური დრო? დედამიწის ზედაპირი დაყოფილია 24 სარტყლად. თითოეულ სარტყელში გრძედის 15°-ია ანუ 1 საათი. 12 სარტყელი აღმოსავლეთის სახელწოდებისაა, 12 კი - დასავლეთის; მერიდიანები 0° 15° 30° 45° და ასე შემდეგ 180°-მდე არის ცენტრალური მერიდიანები. იმ სარტყლიდან, რომლის ცენტრალური მერიდიანი გრინვიჩის ანუ ნულოვანი სარტყლის სახელწოდებას ატარებს, ხდება სარტყლების დანომრვა აღმოსავლეთისკენ 12-მდე ჩათვლით და ამდენივე დასავლეთისკენ.

სარტყლის ნომრის საპოვნელად საჭიროა დამკვირვებლის გრძედი გაიყოს 15-ზე. მთელი განაყოფი იძლევა სარტყლის ნომერს, თუ ნაშთი 7.5°-ზე მეტია, მაშინ ამგვარად გამოთვლილ სარტყლის ნომერს ემატება ერთი ერთეული. ასე, მაგალითად, თუ დამკვირვებლის გრძედი ქ. ბათუმში $\lambda=41^\circ E$ მაშინ ის ცხოვრობს მესამე საათობრივ სარტყელში, რადგან $\frac{Long}{15} = \frac{41}{15} = 2^\circ E$ და ნაშთია 11° ანუ 7.5°-ზე მეტი $2+1=3^\circ E$. სარტყლის ნომერი აღინიშნება N° -ით და ჩაიწერება ასე: $z = 3^\circ E$ (ნახ.34)⊙

ზოლური დროის თვისებები:

- მეზობელ სარტყლებში დროის სხვაობა ზუსტად 1 საათია;
- ზოლური დროის სხვაობა ნებისმიერ ორ სარტყელში მათი ნომრების სხვაობის ტოლია;
- ნებისმიერი სარტყლის დრო გრინვიჩის საათობრივი სარტყლის დროისგან განსხვავდება სარტყლის ნომრის სიდიდით. ამ თვისებებს პრაქტიკულად გამოყენებისას უნდა გვახსოვდეს, რომ აღმოსავლეთში დრო უფრო მეტია.

$$T_z = T_{GR} \pm z^E_W$$

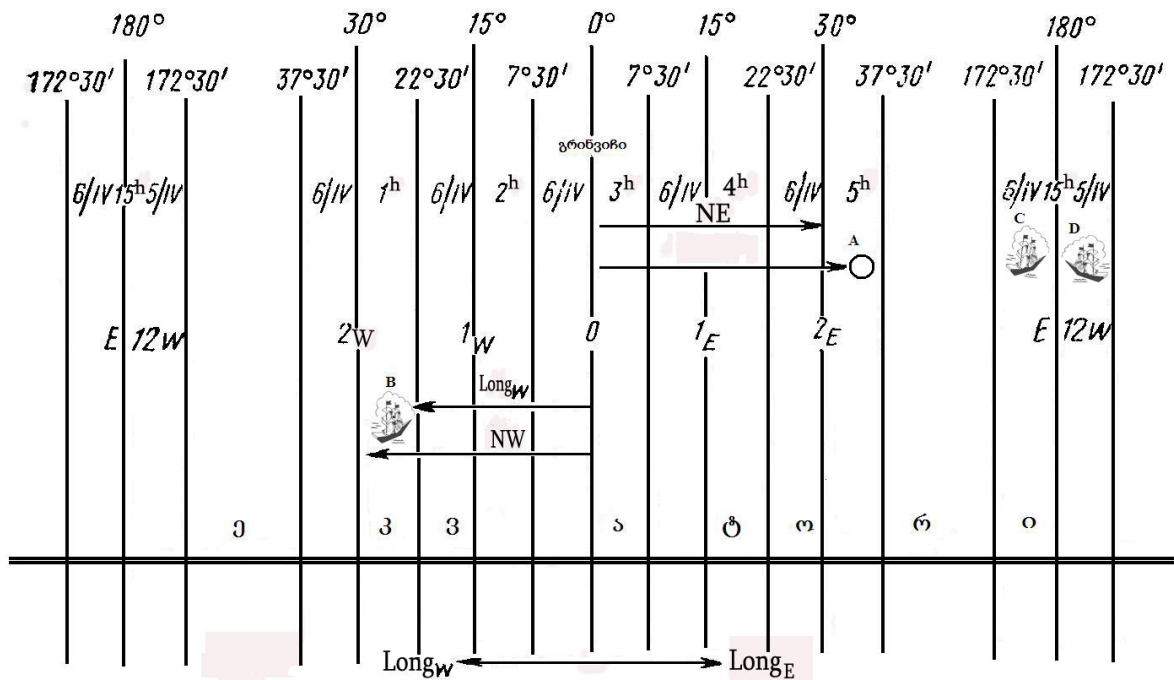
ერთი საათობრივი სარტყლის ფარგლებში ადგილობრივი დრო თეორიულად ზოლურისგან არ უნდა განსხვავდებოდეს 30 წუთზე მეტი დროით, რაც სარტყლის

ნახევრის (7°30') ტოლია. მაშასდამე ერთ სარტყელში მზის ამოსვლის, ჩასვლის, კულმინაციის ადგილობრივი დროის მომენტები დიდად არ განსხვავდება ზოლური მომენტებისგან.

ხშირად საათობრივი სარტყლის ზღვრები, განსაკუთრებით ხმელეთზე, ყოველთვის არ ემთხვევა მერიდიანებს. გადახრილია თეორიულისგან, როცა გადის სახელმწიფო ან ადმინისტრაციული საზღვრის ხაზზე, მდინარეებზე, ტბებზე და ასე შემდეგ. ეს ზღვრები დადგენილია სახელმწიფოთა მთავრობის მიერ.

ზოგი ზოლური დრო ატარებს საკუთარ სახელწოდებას. მაგალითად, დასავლეთ ევროპის ბევრი ქვეყანა ცხოვრობს აღმოსავლეთის პირველი სარტყლის დროით, თუმცა მოთავსებულია მთლიანად ან ნაწილობრივ ნულოვან ან მეორე სარტყელში. ასეთ ადგილობრივ დროს - საშუალო ევროპული დრო ჰქვია.

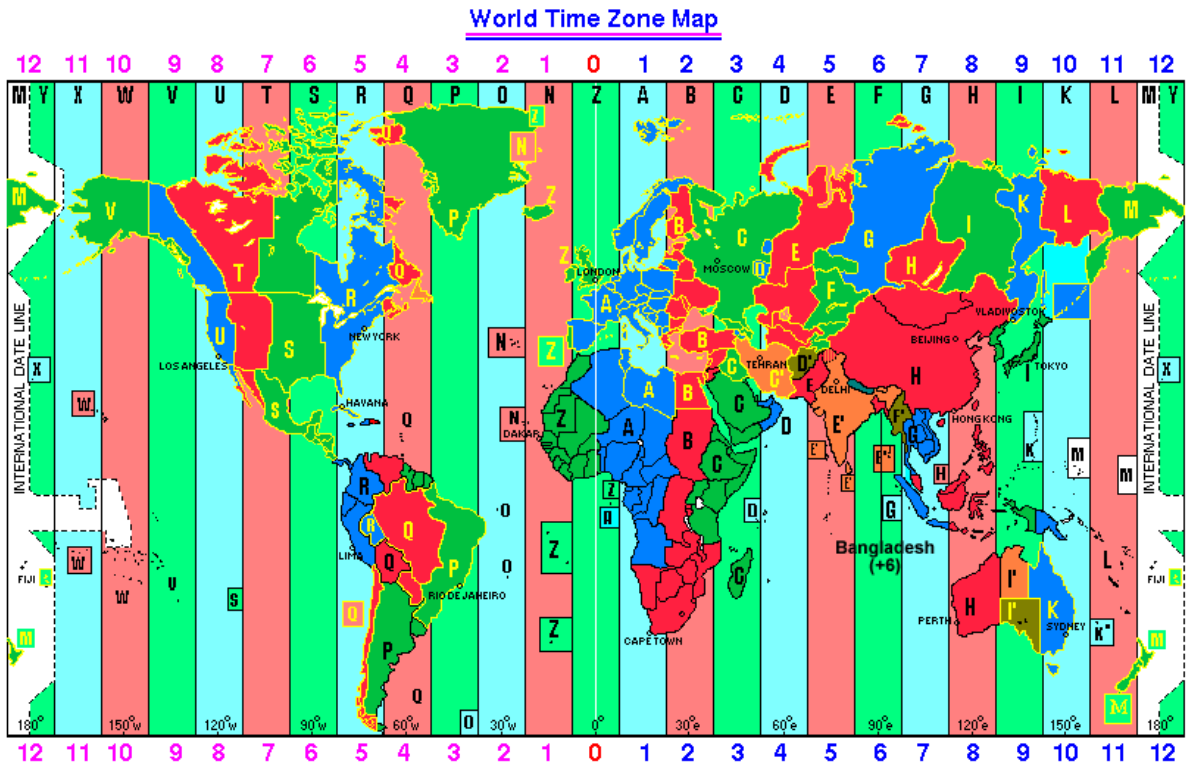
1981 წლის პირველი აპრილიდან პირველ ოქტომბრამდე ჩვენს ქვეყანაში ყველა



ნახ.34 სარტყლული დრო

საათის ისარი იწეოდა ერთი საათით წინ და ამას ზაფხულის დრო ერქვა. 2005 წლიდან საქართველო ზამტრის დროზე აღარ დაბრუნებულა და ადილობრივი დრო ერთი საათით მეტია ზოლურ დროზე.

გემის დრო ჰქვია იმ სარტყლის დროს, რომლის მიხედვითაც ფაქტიურად გადაწეულია გემის საათის ისრები მოცემულ მომენტში. შეიზლება მოხდეს ისე, რომ გემი გადავიდა ერთი სარტყლიდან მეორეში, ხოლო საათები ახალ ზოლურ დროზე ჯერ არ გადაუყვანიათ. მაშინ გემის დროსა და ზოლურ დროს შორის წარმოიქმნება სხვაობა. გემის მოზრაობის დროს საათის ისრები პერიოდულად გადაჰყავთ წინ ან უკან ზოლური დროის შესაბამისად. საათის ისრების გადაწევ-გადმოწევა ხდება, როგორც წესი ღამის ვახტაზე და თანაც ერთბაშად, 1 საათით და არა ნაწილობრივ, როგორც ამას ადრე აკეთებდნენ. ისრის გადაწევის შემდეგ ხდება საბორტო ჟურნალში სათანადო ჩაწერა და გემის ყველა საათი ბგადაჰყავთ ახალ დროზე.



ნახ.35 სარტყლების რუკა

§ 21. თანაფარდობა საშუალო გრინვიჩის, ზოლურ და ადგილობრივ დროებს შორის

საზღვაოსნო ასტრონომიის პრაქტიკაში გავრცელებულია ისეთი ამოცანები, რომლებიც გამოითვლიან გრინვიჩის საშუალო დროს ზოლურიდან და პირიქით, ასევე ხდება ადგილობრივი დროის ზოლურში ან გემის დროში გადაყვანა და პირიქით. ასეთ გამოთვლებს აკეთებენ გრინვიჩის მიხედვით, ანუ ყოველ შემთხვევაში, ჯერ გრინვიჩის დროს გამოითვლიან.

ხსენებული ამოცანების ამოსახსნელად მიღებულია საერთო, ადგილობრივი დროიდან ზოლურში გადასაყვანი ფორმულები:

$$\left. \begin{aligned} GMT &= LT - Long_W^E \\ ZT &= GMT \pm Noz_W^E \end{aligned} \right\}$$

გემის დროიდან ადგილობრივ დროში გადასაყვანი ფორმულები:

$$\left. \begin{aligned} GMT &= ShT \mp Noz_W^E \\ LT &= GMT \pm Long_W^E \end{aligned} \right\}$$

შეცდომების თავიდან აცილების მიზნით ამ ფორმულებით სარგებლობის დროს უნდა გვახსოვდეს, რომ ადგილობრივი დროის გრინვიჩის დროში გადაყვანა ხდება გრძედით, ხოლო ზოლურში, ზაფხულის, გემის დროში - სარტყლის ნომრით.

§ 22. საათის ისრების გადაყვანა გემის მოძრაობის დროს. დროის დემარკაციული ხაზი

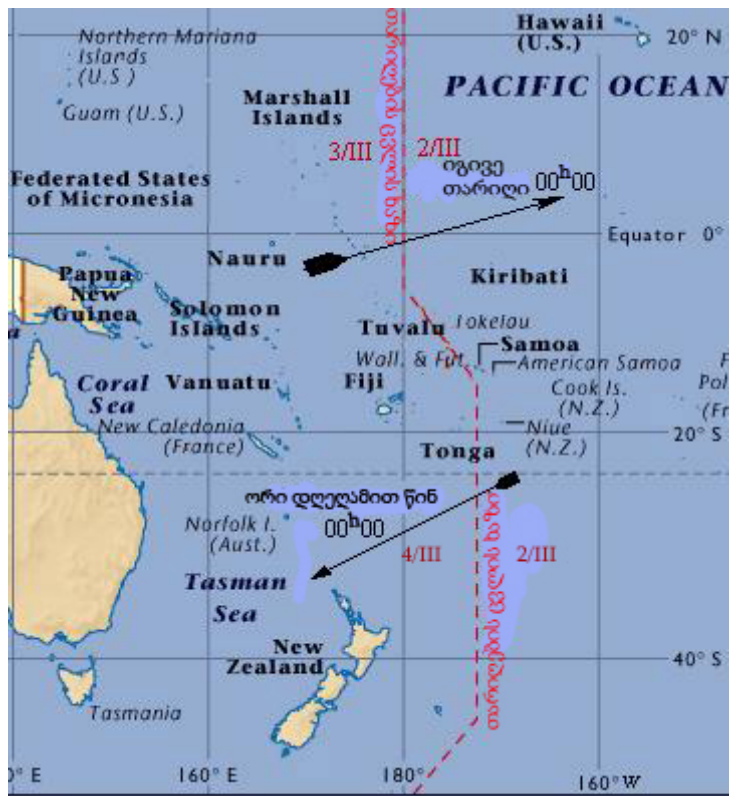
საზღვაო გემები მოძრაობის დროს ხშირად კვეთენ სარტყლების ზღვრებს, როგორც გრინვიჩიდან აღმოსავლეთით, ასევე დასავლეთის მიმართულებით. აქედან გამომდინარე, გემის დრო, რომ არ განსხვავდებოდეს იმ ზოლური დროისგან, რომელშიც გემი გადავიდა, როცა მოძრაობა ხდება 0°-დან-180°-მდე კურსებით აღმოსავლეთისკენ, საათის ისრები გადაჰყავთ ერთი საათით წინ, ხოლო თუ ახალ სარტყელში გადასვლა მოხდა დასავლეთის კურსებით 0°-დან-180°-მდე, ისრებს წევენ ერთი საათით უკან. ეს ხდება კაპიტანის ბრძანებით და წინასწარ ეცნობება მის შესახებ ეკიპაჟს. საათის გადაყვანა ახალ დროზე ხდება ღამით და აუცილებლად ერთბაშად 1 საათით და არა ნაწილ-ნაწილ. თუ გემს უხდება რამდენიმე სარტყლის გადალახვა საათის ისრის გადაყვანაც რიგრიგობით უნდა მოხდეს ღამის ვახტაზე. მაგალითად: 20 საათიდან 24 საათამდე (1 საათით), 00 საათიდან 04 საათამდე (1 საათით), 04 საათიდან 08 საათამდე (1 საათით) და შემდეგ ისევ 20 საათიდან 24 საათამდე (1 საათით).

თუ გემი გადავიდა შემდეგ სარტყელში მოკლე დროით და შემდეგ ისევ უკან უნდა დაბრუნდეს, თუ კი არ იგეგმება კავშირი სახმელეთო სამსახურებთან და შესვლა პორტში, საათი შეიძლება არ გადაიყვანონ ახალი სარტყლის დროზე.

საათის ისრების ყოველგვარი გადაყვანა უნდა დაფიქსირდეს საბორტო ჟურნალში, ადგილმდებარეობის კოორდინატებისა და გემის დროის აღნიშვნით.

ნახ.35-ზე ნაჩვენებია საათობრივი სარტყლების საზღვრები თუ დავაკვირდებით დედამიწას ჩრდილო გეოგრაფიულ პოლუსიდან (PN), 12 სარტყელი აღმოსავლეთის სახელწოდებისაა, ხოლო 12 - დასავლეთის .

დავუშვათ, გრინვიჩის მერიდიანზე 3 მარტის 03 საათია, მაშინ 180° მერიდიანზე 03 მარტის 15 საათი იქნება, თუ ამ



ნახ.36 თარიღების ცვლის ხაზი

მერიდიანს ჩავთლით აღმოსავლეთის სახელწოდებით და 02 მარტის 15 საათი იქნება ზოლური დრო, თუ განვიხილავთ ამ მერიდიანს როგორც დასავლეთის სახელწოდებით. ამრიგად, 180° მერიდიანის გადაკვეთისას საჭირო ხდება თარიღის შეცვლა. თუ გემი მოძრაობდა გრინვიჩიდან აღმოსავლეთის კურსებით და გადალახა 180° მერიდიანი აღმოსავლეთიდან დასავლეთისკენ საჭირო იქნებოდა 03 მარტის ნაცვლად 02 მარტი ჩაგვეთვალა, ხოლო ახლო შუალამიდან თარიღი ისევ 03 მარტი

იქნებოდა მთელი დღეღამის განმავლობაში. ანუ ვიცხოვრებდით ორი დღე ერთიდაიმავე თარიღით (ნახ.36).

თუ კი გემმა 180° მერიდიანი გადაკვეთა დასავლეთიდან აღმოსავლეთის მიმართულებით და გემზე იყო 02 მარტი, ახლო შუალამიდან უნდა ჩავთვალოთ 04 მარტი, ანუ 1 დღე (03 მარტი) საერთოდ ამოვარდება კალენდარიდან.

ამრიგად, 180° მერიდიანის კვეთისას აღმოსავლეთიდან ახლო შუალამიდან თარიღი მეორდება, ხოლო 180° მერიდიანის დასავლეთიდან კვეთისას ერთი თარიღი საერთოდ ვარდება კალენდარიდან.

180° მერიდიანზე გამავალ ხაზს, რომელიც ცოტაოდენ იცვლის მიმართულებას, კერძოდ ჩუკოტკის ნახევარკუნძულთან, დროის დემარკაციული ხაზი ჰქვია, ან თარიღის ცვლის ხაზი.

საბორტო ჟურნალში აუცილებლად ხდება ამ ხაზის გადაკვეთის აღნიშვნა დროის და თარიღის ცვლის მითითებით.

თავი VII. დროის საზომი ხელსაწყოები გემზე

§ 23. გემის დროის საზომი ხელსაწყოების თავისებურებანი

საერთოდ, ცნობილია, რომ დროის მომენტის განსაზღვრისთვის და დროის ერთეულების საჩვენებლად გამოიყენება სპეციალური მექანიზმი - საათი.

ისრების თანაბარზომიერი მოძრაობა უზრუნველყოფილია მარეგულირებლებით, რომლებიც ხშირად წარმოდგენილია ზამბარიანი ქანქარას სახით. საათის სვლის მაღალი სიზუსტე დამოკიდებულია ქანქარას რხევის სიხშირის მუდმივობაზე ბოლო დროს მეცნიერებასა და ტექნიკაში გამოყენებულია კვარცის კრისტალების რხევები (კვარცული საათი) და გაზის მოლეკულური რხევები (ატომური საათი), რაც უზრუნველყოფს საათი სვლის ძალიან მაღალ სიზუსტეს.

გემებზე გამოიყენება დროის საზომი შემდეგი ხელსაწყოები: საზღვაო ქრონომეტრი, გემის (საზღვაო) საათი, წამმზომები. გრინვიჩის საშუალო, ანუ მსოფლიო დროს მუდმივად უჩვენებს გემზე აგრეთვე დედამიწის ხელოვნური ნავიგაციური თანამგზავრების სისტემის მიმღებ-გადამცემი ინდიკატორები (Global Position System – GPS).

საზღვაო ქრონომეტრი

საზღვაო ფლოტში დროის საკმაოდ მაღალი სიზუსტით განსაზღვრისთვის გამოყენებულია საზღვაო ქრონომეტრი. იმის გარდა რომ მასში გამოყენებულია მაღალი ხარისხიანი მასალა და დამუშავების ზუსტი ტექნოლოგია, ქრონომეტრს გააჩნია განსაკუთრებული მოწყობილობა დროის ჩვენების მაღალი სიზუსტის დაცვისთვის.

მისი მექანიზმი ისეა აწყობილი, რომ ამძრავი ზამბარის ენერჯის შემცირების მიუხედავად უზრუნველყოფილია მბრუნავი მომენტის მუდმივობა.

მისი მარეგულირებელი გათვლილია ტემპერატურის ცვლილების მექანიზმის თანაბარზომიერ მოძრაობაზე გავლენის კომპენსაციის საჭიროების მიხედვით.

ქრონომეტრის ციფერბლატი შედგება საათის, წუთებისა და წამების მაჩვენებელი ისრებისგან და კიდევ ერთი განსაკუთრებული ისრისგან, რომელიც უჩვენებს თუ რა დროა გასული ქრონომეტრის სრული მომართვის მომენტიდან. ქრონომეტრის უმეტესი ნაწილი დროის ჩვენებას უზრუნველყოფს 56 საათის განმავლობაში. წამების ისარი მოძრაობს 0,5° წამიანი ბიძგებით. ცეფერბლატი დაყოფილია 12 ნაწილად და ამიტომ საათის ჩვენებას ორი მნიშვნელობა აქვს. მაგალითად, პირველი საათი და 13 საათი; ორი და 14 საათი და ა.შ.

გემის საზღვაო საათი განთავსებულია სამსახურეობრივ და საცხოვრებელ სათავსოებებში და უჩვენებს გემის დროს. მათი საშუალებით ხდება გემებზე სამსახურის ორგანიზება და ყოველდღიური ცხოვრება. გემის საათის ციფერბლატი დაყოფილია 12 ნაწილად; გააჩნია საათის, წუთების და წამების მაჩვენებელი ისრები.



ნახ.37 საზღვაო ქრონომეტრი

გემის საათების მომართვა ხდება კვირაში ერთჯერ. გემის დროის ჩვენებისთვის აგრეთვე გამოიყენება ელექტრონული საათებიც. **წამმზომები** - დროის მოკლე პერიოდის საჩვენებლად გემებზე გამოიყენება სხვადასხვა ტიპის წამმზომები.

§ 24. ქრონომეტრის შესწორება

კონსტრუქციული გამორჩეულობა და მექანიზმის განსაკუთრებული აწყობა მაინც ვერ უზრუნველყოფს ქრონომეტრის ისეთ მუშაობას, რომ მან უჩვენოს დრო აბსოლიტური სიზუსტით. ამიტომ საჭირო ხდება ქრონომეტრის შესწორების (U) შეძობა, რომელიც ყოველდღიურად შეიძლება იცვლებოდეს:

$$U_{chr} = T_{GR} - T_{chr}$$

ქრონომეტრის შესწორება (U_{chr}) - ეს არის ზუსტი გრინვიჩის დროის (T_{GR}) და იმავდროულად ქრონომეტრის ჩვენებას (T_{chr}) შორის სხვაობა. ქრონომეტრის შესწორების (U_{chr}) ნიშანი დადებითია, თუ $T_{chr} < T_{GR}$ და უარყოფითია, თუ $T_{chr} > T_{GR}$.

ვინაიდან ციფერბლატი 12 ერთეულად არის დაყოფილი ქრონომეტრის შესწორება არ შეიძლება ± 6 საათზე მეტი იყოს. პრაქტიკულად ქრონომეტრის შესწორება არ უნდა იყოს დიდი და ის, როგორც წესი, გამოსახება მხოლოდ წუთებში და წამებში. ქრონომეტრის შესწორებით შეიძლება განისაზღვროს გრინვიჩის დროის ნებისმიერი მომენტი:

$$T_{GR} = T_{chr} + U_{chr}$$

იმავე დროს მიახლოებით მაინც უნდა აღინიშნოს გემის დროის მომენტი, გრინვიჩის დროისა და თარიღის დასადგენად:

$$GMT = SHT + Z_W^E$$

ქრონომეტრის მუშაობა და დღელამური სვლა

ქრონომეტრის შესწორება არ შეიძლება იყოს მუდმივი. ქრონომეტრის შესწორების ცვალებადობის სიდიდეს დღელამის განმავლობაში ქრონომეტრის **დღელამური სვლა** ეწოდება:

$$\omega = \frac{U_2 - U_1}{\Delta T}$$

სადაც U_1 - წინა დღის შესწორებაა;

U_2 - შემდგომი დღის შესწორება;

T - დროის შუალედი გამოსახული დღელამეში.

ქრონომეტრის მუშაობის ხარისხიანობა განისაზღვრება მისი დღელამური სვლის (ω) მუდმივობით. ω - აბსოლუტური სიდიდე არ უნდა აღემატებოდეს 4 წამს, ხოლო სვლის ცვალებადობა დღელამეში $\omega = \omega_2 - \omega_1$, საშუალოდ 0,5 წამზე მეტი არ უნდა იყოს.

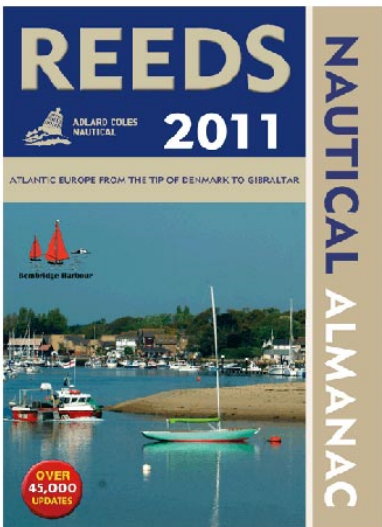
ქრონომეტრის შესწორების განსაზღვრის სიზუსტე დამოკიდებულია საერთაშორისო დროის სიგნალების გადამცემ წყაროზე. გრინვიჩის დროის მაჩვენებელია გემზე აგრეთვე ნავიგაციური ხელოვნური თანამგზავრული სისტემის GPS-ის ინდიკატორი.

თავი VIII. საზღვაო ასტრონომიული აღმანახი «The Nautical Almanac»

§ 25. საზღვაო ასტრონომიული აღმანახის შედგენილობა და შინაარსი

ასტრონომიული აღმანახი - ეს არის მნათობთა წინასწარ გამოთვლილი კოორდინატებისა და სხვა ასტრონომიულ მონაცემთა ცხრილების კრებული.

სხვადასხვა ქვეყნები გამოსცემენ აღმანახების სხვადასხვა კრებულებს მეზღვაურთათვის. მაგალითად ამერიკული «The Nautical Almanac», ფრანგული «Ephemerides Nautiques», ზოგიერთი კერძო გამოცემა, როგორცაა «Brown's Nautical Almanac» სხვებთან შედარებით უფრო პოპულარულია ზღვაოსნობის საქმეში. ყველა აღმანახის შინაარსი თითქმის ერთნაირია. ძირითადად, მათ გამოიყენებენ მნათობთა გრინვიჩის საათობრივი კუთხისა და დახრილობის საპოვნელად. ზოგიერთ მათგანში შეიძლება იყოს განთავსებული მათემატიკური და ნავიგაციური ცხრილებიც.



ჩვენ განვიხილავთ აღმანახს «The Nautical Almanac». შინაარსში მოცემულია მასალის თანმიმდევრული განლაგება. გამოყენების განმარტებაში მოკლედ გადმოცემულია ყოველი ცხრილის შედგენილობა, მასთან მუშაობის პრინციპული წესები და მაგალითების ამოხსნა სქემების მიხედვით.

აღმანახის ძირითად ნაწილს შეადგენს ყოველდღიური ცხრილები. მასში წლის ყოველ თარიღზე და გრინვიჩის დროის ყოველ საათზე (T_{GR}) მოცემულია ვერძის წერტილისათვის გრინვიჩის საათობრივი კუთხის მნიშვნელობა, მზის გრინვიჩის საათობრივი კუთხე და დახრილობა, ოთხი ნავიგაციური პლანეტისთვის გრინვიჩის საათობრივი კუთხე და დახრილობა, მთვარისთვის გრინვიჩის საათობრივი კუთხე და დახრილობა. ასევე მოყვანილია მზისა და მთვარის ამოსვლისა და ჩასვლის ადგილობრივი დროის მომენტები, მზის და მთვარის კულმინაციების მომენტები, ნავიგაციური და სამოქალაქო ბინდის დაწყებისა და დასრულების ადგილობრივი დროის მომენტები, ვარსკვლავთმძიერი დამატებისა და დახრილობის მნიშვნელობები 60 ნავიგაციური ვარსკვლავისთვის და 4 პლანეტისთვის, მზისა და მთვარის ნახევარ დიამეტრების მნიშვნელობა, მთვარის ასაკი და ფაზები და სხვა.

ყოველდღიური ცხრილების გარდა აღმანახში მოცემულია ვარსკვლავთა რუკა, 172 ნავიგაციური ვარსკვლავისთვის ვარსკვლავური დამატებისა და დახრილობის მნიშვნელობა თვეების მიხედვით.

მასში ასევე მოცემულია ცხრილები «Polaris Tables», რომელთა საშუალებით პოლარულ ვარსკვლავზე დაკვირვებით შეიძლება გემის ადგილმდებარეობის განედის განსაზღვრა და პოლარული ვარსკვლავის აზიმუტის პოვნა კომპასის შესწორების გამოსათვლელად.

მნათობთა ათვლითი კოორდინატების მისაღებად აღმანახში მოცემულია ცხრილები «Sight Reduction Table», აქვეა ცხრილებით სარგებლობის შესახებ განმარტება ამოცანების ამოხსნის მაგალითები.

ასევე წელიწდეულში შეტანილია მნათობის სიმაღლეების შესწორებები და სიდიდეების რკალური ერთეულებიდან დროის ერთეულებში გადასაყვანი დამხმარე ცხრილი «The Nautical Almanac» შეიცავს სხვა დამხმარე ინფორმაციებსაც.

§ 26. მნათობის საათობრივი კუთხის და დახრილობის განსაზღვრა

ვერძის წერტილის საათობრივი კუთხეების განსაზღვრა. დროის ძირითადი ფორმულა საშუალო მზისთვის და გრინვიჩის მერიდიანისთვის:

$$GHA^Y = GHA^\oplus + \alpha^\oplus$$

$$GHA^\oplus = T_{GR} \pm 12სთ, \text{ აქედან}$$

$$GHA^Y = T_{GR} \pm 12სთ + \alpha^\oplus$$

ამ ფორმულის საფუძველზე აღმანახში გამოთვლილია გრინვიჩის დროის (T_{GR}) მთელ საათებზე 0-დან 24 საათის ჩათვლით, რაც შემდგომში ფორმულებსა და სქემებში ჩაიწერება სიმბოლოთი GHA^{aries} – Greenwich Hour Angle aries გრინვიჩის საათობრივი კუთხე. დამატება დროის წუთებისთვის და წამებისთვის იპოვება ცხრილებში **Increments and Corrections** (ყვითელი ფურცლები) შემდგომ მიიღებენ ვერძის წერტილის გრინვიჩის საათობრივ კუთხეს დროის საათებისთვის, წუთებისთვის და წამებისთვის:

$$GHA^{aries} = GHA^{aries} (h) + GHA^{aries} (m,s)$$

ძირითადი ცხრილებიდან + დამატებითი ცხრილებიდან

ყველაზე ხშირად საჭიროა ადგილობრივი საათობრივი კუთხის Local Hour Angle - ის პოვნა და მას პოულობენ ფორმულით:

$$LHA^{aries} = GHA^{aries} \pm Long^E_W$$

სადაც GHA^{aries} – ვერძის წერტილის გრინვიჩის საათობრივი კუთხე

Long – Longitude - გრძედი

LHA^{aries} – Local Hour Angle - ვერძის წერტილის

ადგილობრივი საათობრივი კუთხე

მიღებული საათობრივი კუთხე არის იმავდროულად ვარსკვლავთმომიერი დრო და მას არ შეიძლება ჰქონდეს დასახელება.

გამოთვლები ხდება შემდეგი სქემით:

სქემა 3: საათობრივი კუთხის განსაზღვრა

Date	$T_{SH} \pm Z_E^W$	Tchr Uchr	T _{GPS}
Date	T _{GR}	T _{GR}	
ყოველდღიური ცხრილებიდან საათებისთვის დამატებითი ცხრილებიდან წუთებისა და წამებისთვის		$GHA^{aries(h)}$ + $GHA^{aries(m,s)}$	
მოცემული გრინვიჩის დროისთვის დამკვირვებლის გრძედი East-ის სახელწოდების (+); West-ის სახელწოდების (-)		GHA^{aries} ± $Long_E^W$	
ვერძის წერტილის ადგილობრივი საათობრივი კუთხე (იგივევარსკვლავთმომიერი დრო S)		LHA^{aries}	

ვარსკვლავის საათობრივი კუთხისა და დახრილობის განსაზღვრა

როდესაც განისაზღვრა ვერძის წერტილის ადგილობრივი საათობრივი კუთხე, ვარსკვლავის ადგილობრივი საათობრივი კუთხის გამოსათვლელად საკმარისია მას დაემატოს ვარსკვლავთმიერი დამატება, Sidereal Hour Angle (SHA), რომელსაც მოცემული კონკრეტული ვარსკვლავისთვის პოულობენ ყოველდღიური ცხრილების მარცხენა გვერდზე, მოცემული ვარსვლავის სახელწოდების გასწვრივ გრადუსებში, წუთებში და წუთის მეათედ ნაწილებში. შემდეგ გრაფაში მოცემულია ვარსკვლავის დახრილობა გრადუსებში, წუთებში და წუთის მეათედ ნაწილებში, დახრილობის სახელწოდება N ან S ეწერება მნიშვნელობას წინ. ვარსკვლავის ადგილობრივი საათობრივი კუთხისა და დახრილობის გამოთვლის სქემა შემდეგი სახისაა:

სქემა 4: საათობრივი კუთხის განსაზღვრა

Date	$T_{SH} \pm Z_E^W$	Tchr Uchr	TGPS
Date	TGR	TGR	
ყოველდღიური ცხრილებიდან საათებისთვის დამატებითი ცხრილებიდან წუთებისა და წამებისთვის		$GHA^{aries} (h)$ + $GHA^{aries} (m,s)$	
მოცემული გრინვიჩის დროისთვის დამკვირვებლის გრძედი East-ის სახელწოდების (+); West-ის სახელწოდების (-)		GHA^{aries} ± $Long_E^W$	
ვერძის წერტილის ადგილობრივი საათობრივი კუთხე (იგივე ვარსკვლავთმიერი დრო S) ვარსკვლავთმიერი დამატება		LHA^{aries} + SHA^*	
ვარსკვლავის ადგილობრივი საათობრივი კუთხე		LHA^* W	
მნათობის დახრილობა		Dec^* N ან S	

თუ მიღებული საათობრივი კუთხის მნიშვნელობა მეტია 360° მას აკლდება 360°... სახელწოდება არ ეცვლება. ყოველთვის მიიღება ვარსკვლავის დასავლური (West) საათობრივი კუთხე.

მზის, მთვარის და პლანეტების საათობრივი კუთხეებისა და დახრილობების განსაზღვრა

ყოველდღიურ ცხრილებში გრინვიჩის დროის ყოველ საათზე მოცემულია შესაბამისადმზის, მთვარის და ოთხი ნავიგაციური პლანეტის: - ვენერა, - მარსი, იუპიტერი, - სატურნი. გრინვიჩის საათობრივი კუთხეები და დახრილობა, გამოთვლის სრული სქემა ასეთია:

სქემა 5

T_{ship}	T_{chr}	GHA_{\odot}	ყოველდღიური ცხრილებიდან დროის საათზე;
$N^{\circ}Z$	U_{chr}	GHA_{\odot}	დამატებითი ცხრილებიდან დროის წუთებზე და წამებზე;
T_{GR}	T_{GR}	GHA_{\odot}	გრინვიჩის საათობრივი კუთხე;
		$Long^E_W$	დამკვირვებლის გრძედი;
		LHA_{\odot}	ადგილობრივი საათობრივი კუთხე;
		$Dec_{\odot T}$	მნათობის დახრილობა ცხრილებიდან
		D	დახრილობის დამატება დროის წუთების და წამებისთვის;
		Dec_{\odot}	მნათობის დახრილობა

$$LHA^* = LHA^Y + SHA^* , \text{ სადაც}$$

LHA^* - ვარსკვლავის ადგილობრივი საათობრივი კუთხე

LHA^Y - ვერძის წერტილის ადგილობრივი საათობრივი კუთხე

SHA^* - ვარსკვლავთმიერი დამატება $SHA^* = 360^{\circ} - a^*$

a^* - ვარსკვლავის პირდაპირი აღვლენა

ვარსკვლავთმიერი დამატების სიდიდე ყოველი ნავიგაციური ვარსკვლავისთვის (Sidereal Hour angle - SHA) მოცემულია საზღვაო ასტრონომიული აღმანახის ყოველდღიურ ცხრილებში მარცხენა გვერდზე. იქვე არის მოცემული ვარსკვლავთა დახრილობის სიდიდე (Declination - Dec).

ამოცანის ამოხსნა ხდება შემდეგი სქემით:

სქემა 6

თარიღი	T _{ship}			GHA ^r	ვერძის წერტილის გრინვიჩის საათობრივი კუთხე დროის მთელი საათებისთვის (ალმანახის მარცხენა გვ.)
				GHA ^r	დამატება დროის წუთებისა და წამებისთვის (ალმანახის დამატებითი ცხრილი)
	N ^z			GHA ^r	ვერძის წერტილის საათობრივი კუთხე გრინვიჩის მერიდიანზე
				Long _w	დამკვირვებლის გრძედი
თარიღი	T _{GR}			LHA ^r	ვერძის წერტილის ადგილობრივი საათობრივი კუთხე
				SHA*	ვარსკვლავთმომიერი დამატება (ალმანახის მარცხენა გვ.)
				LHA*	ვარსკვლავის ადგილობრივი საათობრივი კუთხე
				Dec*	მნათობის დახრილობა (ალმანახის მარცხენა გვ.)

§ 27. მნათობთა კულმინაციის მომენტის, მზის და მთვარის ამოსვლისა და ჩასვლის მომენტების, ბინდის დაწყებისა და დასრულების მომენტების განსაზღვრა ალმანახის საშუალებით

მზის, მთვარის და პლანეტების კულმინაციის მომენტის განსაზღვრა

მზის და მთვარის ზედა და ქვედა კულმინაციების მომენტები ადგილობრივ დროზე მოცემულია «The Nautical Almanac»-ის მარჯვენა გვერდის ქვედა ნაწილში. ნავიგაციური პლანეტების ზედა კულმინაციის მომენტები მოცემულია მათი საათობრივი კუთხის სვეტის ქვევით იმის გამო, რომ მნათობს გააჩნია საკუთარი მოძრაობა, მათი კულმინაციის დრო იცვლება ყოველდღიურად. უფრო მეტად ეს ეხება მთვარეს, რომლის კულმინაციის მომენტი ყოველდღიურად იგვიანებს 41 წთ-დან - 65 წთ-მდე. პლანეტებისთვის T_k (კულმინაციის მომენტი) ცვალებადობა ყოველდღიურად 2 წთ-ზე მეტი არა არის, ხოლო მზისთვის ეს სიდიდე სულ მცირეა (არ აღემატება 1 წუთს).

დღელამური მოძრაობის გამო ადგილობრივ მერიდიანზე მნათობთა კულმინაციის მომენტი იმ დამკვირვებლისთვის, რომელიც გრინვიჩის მერიდიანის აღმოსავლეთით მოღვაწეობს (ანუ როცა Long_E-ია) დგება ადრე ვიდრე გრინვიჩის მერიდიანზე, ხოლო გრინვიჩის მერიდიანიდან დასავლეთისკენ მერიდიანებზე კულმინაცია უფრო გვიან დგება, ვიდრე გრინვიჩის მერიდიანზე.

შესწორება ΔT_{Long} გრინვიჩზე კულმინაციის ადგილობრივი დროიდან მოცემულ მერიდიანებზე კულმინაციის დროზე (T_L) შეიძლება მივიღოთ შემდეგი ფორმულით:

$$\Delta T_{Long} = \frac{\Delta}{360^\circ} \cdot Long$$

სადაც Δ - კულმინაციებს შორის სხვაობა წინა და მოცემულ თარიღებს შორის, თუ $Long^E$ -ია ან შემდეგ და მოცემულ მომენტებს შორის თუ კი $Long^W$ -ია.

ამოცანების ამოხსნისთვის პრაქტიკაში ხშირად საჭიროა მზის ზედა კულმინაციის მომენტის განსაზღვრა, ხოლო მთვარის კულმინაციის მომენტი უმთავრესად საჭიროა ზღვის მიმოქცევითი დინებების გამოსათვლელად.

პლანეტების კულმინაციის მომენტები საერთოდ არ გამოიყენება ასტრონავიგაციაში. კულმინაციი მომენტის გამოთვლა შესაძლებელია შემდეგი სქემით:

სქემა7: კულმინაციის მომენტის განსაზღვრა ადგილობრივ მერიდიანზე

თარიღი:	T_k	აღმანახში თარიღზე
	ΔT_{LAT}	დამატება დამკვირვებლის განედისთვის
	ΔT_{Long}	დამატება დამკვირვებლის გრძედისთვის
	T_L	კულმინაციის მომენტი ადგილობრივ მერიდიანზე
	$Long^E_W$	დამკვირვებლის გრძედი საათობრივ ზომებში
თარიღი:	T_{GR}	კულმინაციის მომენტი გრინვიჩის მერიდიანზე
	$N^{\circ}Z$	ზოლური ზონის ნომერი
თარიღი:	T_L^K	კულმინაციის მომენტი ადგილობრივ მერიდიანზე

§ 28. მზის ხილული ამოსვლისა და ჩასვლის მომენტების განსაზღვრა

მზის ხილული ამოსვლისა და ჩასვლის მომენტად მიღებულია ის მომენტი, როცა მზის დისკოს ზედა კიდე გადაკვეთს ხილული ჰორიზონტის ხაზს. ამასთანავე, რეფრაქციის გამო და კუთხური ნახევარდიამეტრის სიდიდის გათვალისწინებით მზის დისკოს ცენტრი იქნება ჰორიზონტის ხაზიდან 1° -ით ქვევით.

მზის ამოსვლისა და ჩასვლის მომენტების ცოდნა გემთწამყვანისთვის საჭიროა მრავალ შემთხვევაში. ჩასვლის მომენტში უნდა ჩაირთოს ნავიგაციური შუქები და შუქურები, ხოლო მზის ამოსვლის მომენტში უნდა გამოირთოს ისინი. ჩასვლის მომენტში ჩამოეშობა გემზე სახელმწიფო დროშა. ამის გარდა მზის ამოსვლის ან ჩასვლის მომენტებზე ძალიან მარტივი მეთოდით შეიძლება განისაზღვროს კომპასების შესწორება.

„The Nautical Almanac“ -ის ყოველდღიური ცხრილების მარჯვენა გვერდზე მოყვანილია მზის და მთვარის ამოსვლისა და ჩასვლის ადგილობრივი დროის მომენტები გრინვიჩის მერიდიანზე განედებისთვის $0^{\circ} - 72^{\circ}N$ და $0^{\circ} - 60^{\circ} S$.

ამოსვლისა და ჩასვლის მომენტების განსაზღვრისათვის საჭიროა ყოველდღიურ ცხრილებში ვიპოვოთ მზის ან მთვარის ამოსვლის და ჩასვლის მომენტები შესაბამისი განედისთვის გრინვიჩის მერიდიანზე ცხრილის განედის მნიშვნელობა სასურველია იყოს ახლომდებარე და ნაკლები დამკვირვებლის განედთან მიმართებაში. შემდეგ აღმანახის xxxii გვერდზე ცხრილებიდან “tables for interpolating sunrise, moonrise, ets. table I for latitude “ და “table II for latitude” შესაბამისი არგუმენტების გამოყენებით ვპოულობთ ΔLAT - შესწორებას მოცემულ

განედსა და ყოველდღიურ ცხრილებში გამოყენებულ განედს შორის სხვაობაზე. ასევე ΔT_{Long} - შესწორებას მოცემული განედისთვის. მათი შეჯამებით მივიღებთ მზის ამოსვლის და ჩასვლის ადგილობრივ დროს დამკვირვებლის მერიდიანზე (T_L). შევასწორებთ მიღებულ დროს საათობრივ ერთეულებში წინასწარ გადაყვანილი განედით და ვღებულობთ ამ მომენტების მნიშვნელობას გრინვიჩზე. ხოლო შემდეგ გადაგვყავს დროის მომენტები ადგილობრივ, დამკვირვებლის მერიდიანზე მათი ზოლური (სარტყლური) ნომრით შესწორების მეოხებით. შედეგად ვღებულობთ ადგილობრივ მერიდიანზე მზის ან მთვარის ამოსვლის ან ჩასვლის მომენტებს. ამოცანის სქემატური ამოხსნა:

სქემა 7: მზის ამოსვლისა და ჩასვლის მომენტების განსაზღვრა დამკვირვებლის მერიდიანზე

თარიღი:	T_{\odot}	აღმანახში თარიღზე ამოსვლის და ჩასვლის მომენტები განედის მიხედვით
	ΔT_{LAT}	დამატება დამკვირვებლის განედისთვის
	ΔT_{Long}	დამატება დამკვირვებლის გრძედისთვის
	T_L	ამოსვლის და ჩასვლის მომენტები ადგილობრივ მერიდიანზე
	$Long_W^E$	დამკვირვებლის გრძედი საათობრივ ზომებში
თარიღი:	T_{GR}	ამოსვლის და ჩასვლის მომენტები გრინვიჩის მერიდიანზე
	$N_{\#Z}$	ზოლური ზონის ნომერი
თარიღი:	T_L^K	ამოსვლის და ჩასვლის მომენტები ადგილობრივ მერიდიანზე

ანოლოგიურად გამოიყვანება მთვარის ამოსვლისა და ჩასვლის მომენტები დამკვირვებლის ადგილობრივ მერიდიანზე. ყოველდღიურ ცხრილებში მზის ამოსვლისა და ჩასვლის მომენტების ნაცვლად გავლებულია მოკლე შავი ხაზი. ეს იმას ნიშნავს, რომ შესაბამის განედზე მზე არ ამოდის ან არ ჩადის (პოლარული ღამე და პოლარული დღე).

§ 29. ბინდის დაწყებისა და დასრულების მომენტების განსაზღვრა

მზის ჩასვლის შემდეგ ან მზის ამოსვლის წინ მზე ანათებს ჰორიზონტის ქვევიდან ატმოსფეროს და სრული სიბნელე გარკვეული დროის განმავლობაში არ არის. დროის ასეთ მონაკვეთს საღამოს (მზის ჩასვლის შემდეგ), ან დილით (მზის ამოსვლის წინ) ბინდი ჰქვია.

ასტრონავიგაციაში არჩევენ ორი სახეობის ბინდს:

სამოქალაქო ბინდი - მზის ხილული ჩასვლის მომენტიდან დროის მონაკვეთი იმ მომენტამდე, როცა მზის დისკოს ცენტრი ჰორიზონტის ხაზიდან 6° -მდე ჩაიწევს (დილით მზის ამოსვლის წინ მზის დისკოს ცენტრი მდებარეობს 6° -ით დაბლა ჰორიზონტის ხაზიდან) ამ პერიოდში ჯერ კიდევ შეიძლება ვაწარმოოთ დაკვირვება და საგნების დაპელენგება. საღამოს სამოქალაქო ბინდის დასრულების მომენტში წარმოჩნდებიან, ხოლო დილით მისი დაწყების მომენტში ქრებიან ყველაზე კაშკაშა და ნათელი ვარსკვლავებიც და პლანეტებიც კი.

ნავიგაციური ბინდი - მზის დისკოს ცენტრის გადაადგილების დროის შუალედი ჰორიზონტის ხაზიდან 6°-დან 12°-მდე საღამოს და პირიქით, მზის დისკოს ცენტრის ამოსვლის დრო 12°-დან 6°-მდე ჰორიზონტის ხაზამდე. დროის ეს მონაკვეთი არის ნავიგაციური ბინდის პერიოდი და ეს შუალედი საღამოს და დილას რეკომენდირებულია ვარსკვლავებზე დაკვირვების დაგეგმისთვის. მოკლედ, საღამოს ნავიგაციური ბინდი იწყება სამოქალაქო ბინდის დასრულებისთანავე, ხოლო დილას პირიქით. ნავიგაციური ბინდის პერიოდში ჰორიზონტის ხაზი ჩანს მკაფიოდ და ცაზე ასევე ჩანს ძირითადი ნავიგაციური ვარსკვლავები.

ნავიგაციური ბინდის დაწყებისა და დასრულების მომენტების განსაზღვრა წარმოებს ისევე, როგორც მზის ამოსვლისა და ჩასვლის მომენტების განსაზღვრა. თუ სამოქალაქო ბინდი მთელი ღამის განმავლობაშია, ანუ მზე არ ჩადის 6°-ზე დაბლა ჰორიზონტის ხაზიდან, საქმე გვაქვს **პოლარულ დღესთან** („თეთრი ღამეები“), თუ მზე ყოველთვის რჩება 6°-ზე დაბლა ჰორიზონტიდან და არ ამოდის, საქმე გვაქვს **პოლარულ ღამესთან**, ანუ „ბინდიან“ დღესთან.

ისიც უნდა იყოს გასაგები, რომ ალმანახში ბინდის მომენტები გამოთვლილია კარგი ამინდისთვის. ამიტომ ბინდზე გავლენას ახდენს ამინდის სხვადასხვა ფაქტორი: წვიმა, თოვლი, ნისლი და ა.შ., რაც შესამჩნევად დაწევს ხილვადობას და შეცვლის ბინდის დაწყებისა და დასრულების დროს.

ბინდის დროის მონაკვეთის გამოთვლისთვის არ არის საჭირო დამკვირვებლის განედისთვის (ΔT_{Long}) შესწორება.

ამოცანის სქემატური ამოხსნა:

სქემა 8: საღამოს და დილის ბინდის პერიოდების გამოთვლა

თარიღი:	T_t	ნავიგაციური ბინდის დაწყების მომენტი საღამოს, – ეს არის სამოქალაქო ბინდის დასრულების მომენტი (ალმანახის მარჯვენა გვ.)
	ΔT_{LAT}	დამატება დამკვირვებლის განედისთვის
თარიღი:	T_L	ნავიგაციური ბინდის დაწყების მომენტი საღამოს ადგილობრივ მერიდიანზე
	$Long_W^E$	დამკვირვებლის გრძედი საათობრივ ზომებში
თარიღი:	T_{GR}	ნავიგაციური ბინდის დაწყების მომენტი საღამოს გრინვიჩის მერიდიანზე
	$N\#Z$	ზოლური ზონის ნომერი
თარიღი:	T_L	ნავიგაციური ბინდის დაწყების მომენტი საღამოს ადგილობრივ მერიდიანზე

თავი IX. ვარსკვლავებზე დაკვირვებები. მომზადება დაკვირვებისთვის § 30. ვარსკვლავთცა



ვარსკვლავებზე დასაკვირვებლად ჯერ კიდევ ძველად ვარსკვლავთცა დაყოფილი იყო ვარსკვლავედებად. მათი სახელწოდებები წარმოქმნილია ისტორიულად, უმთავრესად, ბერძნულ - რომაული მითოლოგიის საფუძველზე. მაგალითად, ორიონი, პეგასი ან ცხოველებისა და სხვადასხვა საგნების სახელების მიხედვით: პატარა და დიდი დათვის, ვეშაპის, არწივის, ჩრდილოეთის გვირგვინის, კომპასის და სხვა თანავარსკვლავედები.

საერთო და ვარსკვლავურ ასტრონომიაში გამოიყენება ვარსკვლავადნიშვნის ლათინური ასოები ხოლო საზღვაოსნო ასტრონომიაში - რუსული. უფრო კაშკაშა ვარსკვლავები, ამის გარდა, აღინიშნება ბერძნული ასოებით, ზოგიერთ მათგანს კი საკუთარი სახელებიც აქვს. მაგალითად ტყუპების თანავარსკვლავედში ყველაზე მეტად კაშკაშა ვარსკვლავებს α - კასტორი ჰქვია, ხოლო β - პოლუსი. აღსანიშნავია, რომ ვარსკვლავედებში შემავალი ვარსკვლავები გაერთიანებულია ხელოვნურად, მათი ციურ სფეროზე პროექტირების მიხედვით, სინამდვილეში, მათ შორის მანძილები სხვაა და ყოველთვის დიდი.

აღმანახში «The Nautical Almanac» შეტანილია 170-მდე ეგრეთწოდებული ნავიგაციური ვარსკვლავი. ვარსკვლავთა სიკაშკაშის მახასიათებლად შემოღებულია ვარსკვლავთმომიერი სიდიდე. უფრო სუსტი სიკაშკაშის ვარსკვლავს, რომელიც შეუიარაღებელი თვალით ჩანს, აქვს მეექვსე სიდიდე, ხოლო ძლიერ კაშკაშა ვარსკვლავებს - ნულოვანი ან სიდიდე უარყოფითი ნიშნით. პირველი სიდიდის ვარსკვლავი დაახლოებით 100 ჯერ კაშკაშაა ვარსკვლავზე, რომლის სიდიდეა 2,1. მაგალითად, პოლარულ (პატარა დათვის α ვარსკვლავი) ვარსკვლავს აქვს სიდიდე 2,1; ვეგას (ლირას α ვარსკვლავს) კი 0,1. ყველაზე კაშკაშა ვარსკვლავის სირიუსის (დიდი ძაღლის α ვარსკვლავი) სიდიდეა უარყოფითი ნიშნით 1,6. შედარებისთვის შეიძლება ითქვას, რომ ცდომილ ვენერას სიდიდეა - 3,8; სავსე მთვარისა - 12,6; მზისა კი - 26,8. აღმანახში ასევე მოყვანილია ვარსკვლავთმომიერი რუკები. ჩრდილოეთი ცისთვის, სამხრეთი ცისთვის და ორი

რუკა ეკვატორული ვარსკვლავებისათვის (SHA 0°-დან 180°-მდე და SHA 180°-დან 360°-მდე).

აღმანახის ყოველდღიურ ცხრილებში მის მარცხენა გვერდზე მოცემულია ასევე ვარსკვლავთმერი დამატების (SHA) და დახრილობის მნიშვნელობა ძირითადი ნავიგაციური ვარსკვლავებისთვის.

ვარსკვლავებზე დაკვირვებით ღია ზღვაში გემის ადგილმდებარეობის დასადგენად ყოველ გარკვეულ რაიონში და ყოველი გარკვეული დროის მომენტში საკმარისია ნავიგატორმა იცოდეს ცაზე 10-15 ნავიგაციური ვარსკვლავის განლაგება და მათი სახელწოდებები. დედამიწის მოძრაობის გამო ციური სფეროს სურათი გარკვეულ რაიონში იცვლება დროში ამიტომ მტურმანს უნდა შეეძლოს ციურ სფეროზე ორიენტირება და ვარსკვლავთა სახელების დამახსოვრება, მათი ცაზე შეუწყვეტლად გადაადგილების პირობებში.

§ 31. ვარსკვლავთ გლობუსი

ვარსკვლავთგლობუსი - ეს არის ციური სფეროს მოდელი და გამოყენება ზოგი ასტრონავიგაციური ამოცანის მიახლოებით ამოხსნისათვის.

პლასტმასისგან დამზადებულია სფერო, რომელზედაც დაწებებულია ვარსკვლავთციის რუკა. დამკვირვებელი, იგულისხმება, აკვირდება გლობუსს ზევიდან. ამიტომ ვარსკვლავტგამოსახულება შებრუნებულია.

გლობუსის სფერო მოძრაობს ორ წერტილს შორის. ეს წერტილები გამოსახვენ სამყაროს პოლუსებს. ჩრდილო პოლუსი განისაზღვრება

იმ პირობით, რომ მასთან ახლოს სფეროზე დატანილია პოლარული ვარსკვლავი (დათვის α ვარსკვლავი) «Polaris».

პოლუსებიდან ერთმანეთისგან 15°-ის (1 საათი) მოცილებით წვრილი რკალებით დატანილია ციური მერიდიანები. გლობუსის შუაზე ორმაგი რკალით ნაჩვენებია ციური ეკვატორი, რომელიც დაყოფილია გრადუსებად (არსებული ციფრებით) და საათებათ (რომაული ციფრებით). ეს დაყოფა საჭიროა ადგილობრივი ვარსკვლავთმერი დროის დასაყენებლად (SM); ან პირდაპირი აღვლენის (α) დასაფიქსირებლად სფეროზე. ათვლის საწყისი წერტილია ვერძის წერტილი (Υ), რომელიც აღნიშნულია „360“ ; „XXIV“. ეკვატორის წრესთან 23°27' კუთხით დახრილი დიდი წრე ეკლიპტიკაა. ასევე ორმაგი ხაზით გაყვანილი და გრადუსებად (0°-დან - 360°-მდე) დაყოფილი.

ეკვატორის პარალელურად 10°-ის მოცილებით ერთმანეთისგან დატანილია ციური პარალელები. სამყაროს პოლუსების გარშემო გლობუსი მოქცეულია მეტალის რგოლში, რომელიც წარმოადგენს დამკვირვებლის მერიდიანს და რომელიც ჩასმულია მეორე, ჰორიზონტული რგოლის ჭრილებში წერტილებით „N“ და „S“. ეს მეორე რგოლი - ჭეშმარიტი ჰორიზონტის წრეწირია; ის დაყოფილია



ნახ. 38 ვარსკვლავთგლობუსი 3F-OM1.1

გრადუსებად მეოთხედურ ათვლაში. დამკვირვებლის მერიდიანის რგოლიც დაყოფილია გრადუსებში 0° -დან - 90° -მდე ეკვატორიდან პოლუსებისკენ.

ზევიდან ჭეშმარიტი ჰორიზონტის რგოლზე იდგმება ეგროფორდებული ვერტიკალთა ჯვარედინი – ორი ნახევარწრეწირი 90° ერთმანეთთან მიმართებაში. ამ ჯვარედინის საერთო წვერო გამოსახავს ზენიტის წერტილს. ჯვარედინის ერთერთ ვერტიკალზე მნათობის სიმაღლის დასაფიქსირებლად ჩამოცმულია წვეტიანი ინდექსი და ის დაყოფილია გრადუსებში ჰორიზონტიდან ზენიტისკენ.

გლობუსის ზედაპირზე დატანილია დაახლოებით 170 ვარსკვლავის მდებარეობა გარკვეული ეპოქისთვის. სამყაროს ჩრდილო პოლუსის მახლობლად განლაგებულია პირობითი ნიშნების ტაბულა ვარსკვლავთა სიკაშკაშის დასადგენად. ვინაიდან მზეს, მთვარეს და პლანეტებს გააჩნიათ საკუთარი მოძრაობა, ისინი გლობუსზე არა არიან დატანილი, საჭიროების შემთხვევაში მათი დატანა ხდება რბილი ფანქრით.

ციური სფეროს მდებარეობა მასზე განლაგებული ყველა ვარსკვლავით დამოკიდებულია დამკვირვებლის განედზე და დაკვირვების მომენტზე. ამიტომ ნებისმიერი ამოცანის ამოხსნის წინ გლობუსი უნდა დაფიქსირდეს დამკვირვებლის განედზე და ვარსკვლავთმომერი ადგილობრივი დროის იმ მომენტზე, როცა ხდება დაკვირვება.

გლობუსის დაყენება დამკვირვებლის განედის მიხედვით

დამკვირვებლის მერიდიანის რგოლის მობრუნებით ამაღლებულ პოლუსს დაყენებენ ჰორიზონტის შესაბამისი წერტილის ზევით კუთხით $H=LAT$. ვინაიდან დამკვირვებლის მერიდიანის დაყოფა დატანილია ეკვატორიდან, მერიდიანის რკალის ჩვენება $90^{\circ}-LAT$ უნდა იყოს ჰორიზონტის რგოლთან.

გლობუსის დაფიქსირება ვარსკვლავთმომერი ადგილობრივი დროის მიხედვით

გამოითვლიან დაკვირვების დროს გრინვიჩის მერიდიანზე და აღმანახში შესაბამის თარიღზე და მიღებულ დროზე პოულობენ GHA^{aries} , რომელსაც შეასწორებენ დამკვირვებლის გრძედით და მიიღებენ LHA^{aries} , ანუ ვერძის წერტილის ადგილობრივ საათობრივ კუთხეს – იგივე ვარსკვლავთმომერ დროს, სიდიდეს ამრგვალებენ $0,5^{\circ}$ -მდე. შემდეგ გლობუსის სფეროს ისე მოაბრუნებენ, რომ დამკვირვებლის მერიდიანის გამომსახველი მეტალის რგოლი დაფიქსირდეს ეკვატორზე აღნიშნულ იმ რიცხვზე, რომელიც შეესაბამება ვარსკვლავთმომერი დროის გამოთვლილ სიდიდეს (LHA^{aries}). რგოლის სიფართო, დაახლოებით, 2° -ია, ამიტომ რგოლის მარჯვენა კიდეზე ეკვატორის ათვლა 1° -ით მეტი უნდა იყოს გამოთვლილ სიდიდეზე.

ვარსკვლავტგლობუსზე შეიძლება ამოიხსნას შემდეგი დამხმარე ამოცანები:

- უცნობი ვარსკვლავის სახელწოდების დადგენა;
- ვარსკვლავთა შერჩევა წინასწარ დაკვირვებისთვის;
- ვარსკვლავთა ამოსვლა-ჩასვლის მიახლოებითი გამოთვლა;
- კომპასის შესწორების მიახლოებითი გამოთვლა.

ამ ამოცანებიდან უფრო მნიშვნელოვანს ჩვენ განვიხილავთ ქვემოთ.

- უცნობი ვარსკვლავის სახელწოდების დადგენა - თუ რომელიმე ვარსკვლავი გამოჩნდა ღრუბლებს შუა და დამკვირვებელმა ვერ შეძლო მისი სახელწოდების

დადგენა, რადგანაც ცუდად ერკვევა ციურ სფეროში, მაშინ დამკვირვებელს შეუძლია დაადგინოს მისი სახელწოდება შემდეგნაირად:

1. დროის გარკვეულ მომენტზე დამკვირვებელმა გაზომა მნათობის სიმაღლე სექსტანტით და იმავდროულად გაზომა კომპასური პელენგი პელენგატორით. გაზომვის მომენტზე მოხსნა რუკიდან ან „GPS“-ის ინდიკატორიდან გემის კოორდინატები (LAT_c და Long_c);
2. გამოითვალა T_{GR} და აღმანახის საშუალებით იპოვა LHA^{aries} - ვერძის წერტილის ადგილობრივი საათობრივი კუთხე (ვარსკვლავთმომერი ადგილობრივი დრო);
3. დააფიქსირა გლობუსი დამკვირვებლის განედისა და ვარსკვლავთმომერი ადგილობრივი დროის მიხედვით;
4. კომპასური პელენგი გადაიყვანა ჭეშმარიტ პელენგში და შემდეგ მეოთხედური ათვლის აზიმუტში (A_q);
5. დაადგა გლობუსზე ვერტიკალთა ჯვარედინი და ერთერთი ვერტიკალი მოაბრუნა მეოთხედური აზიმუტის შესაბამის ჩვენებაზე ჰორიზონტის რგოლზე, ხოლო სიმაღლის წვეტიანი ინდექსი დააყენა სექსტანტით გაზომილი სიმაღლის ჩვენების შესაბამისად ვერტიკალზე;
6. ინდექსის ქვეშ, ან მის სიახლოვეს იპოვა ვარსკვლავის სახელწოდება გლობუსზე;
7. თუ ინდექსის ქვეშ ვარსკვლავი არ აღმოჩნდა, საქმე გვაქვს შეცდომასთან ან დაკვირვება წარმოებდა პლანეტაზე და არა ვარსკვლავზე.

- **ვარსკვლავთა შერჩევა წინასწარ დაკვირვებისთვის** - ეს ამოცანა არის უფრო მნიშვნელოვანი სხვებთან შედარებით, და ხშირად ჩნდება მისი ამოხსნის საჭიროება, ვინაიდან, ჩვეულებრივად ვარსკვლავებზე დაკვირვებას აწარმოებენ დილის ან სარამოს ნავიგაციური ბინდის პერიოდში, რომელიც მხოლოდ ნახევარ საათამდე გრძელდება. დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ვარსკვლავების წინასწარ შერჩევას დაკვირვებისთვის. ანუ როდესაც გამოდიან ბინდში დაკვირვებისთვის, მათ აქვთ უკვე ციური სფეროს „ნათელი“ სურათი: ვარსკვლავთა მიახლოებითი განლაგება ცაზე - აზიმუტისა და სიმაღლის მიხედვით. ბინდის მოკლე პერიოდი საკმარისი რჩება შერჩეულ ვარსკვლავთა ზუსტი სიმაღლეების გასაზომად დროის გარკვეული მომენტისთვის.

წინასწარი შერჩევა ითვალისწინებს ვარსკვლავთ შორის აზიმუტების სხვაობისა და სიმაღლეთა ზღვრების საჭირო მნიშვნელობებს გემის ადგილმდებარეობის ზუსტად დასადგენად.

ცნობილია, რომ გემის ადგილმდებარეობა უფრო ზუსტად იქნება განსაზღვრული, თუ მნათობთა სიმაღლე 30°-70°-ის ფარგლებში გაიზომება. ხოლო აზიმუტთა სხვაობა მეზობელ ვარსკვლავებს შორის: ორ ვარსკვლავზე დაკვირვების დროს 70°-90° იქნება; სამ ვარსკვლავზე დაკვირვებისას - 120°, ხოლო ოთხ ვარსკვლავზე დაკვირვების შემთხვევაში 90°-ს შეადგენს.

ვარსკვლავთა შერჩევა წინასწარ ხდება შემდეგი თანმიმდევრობით:

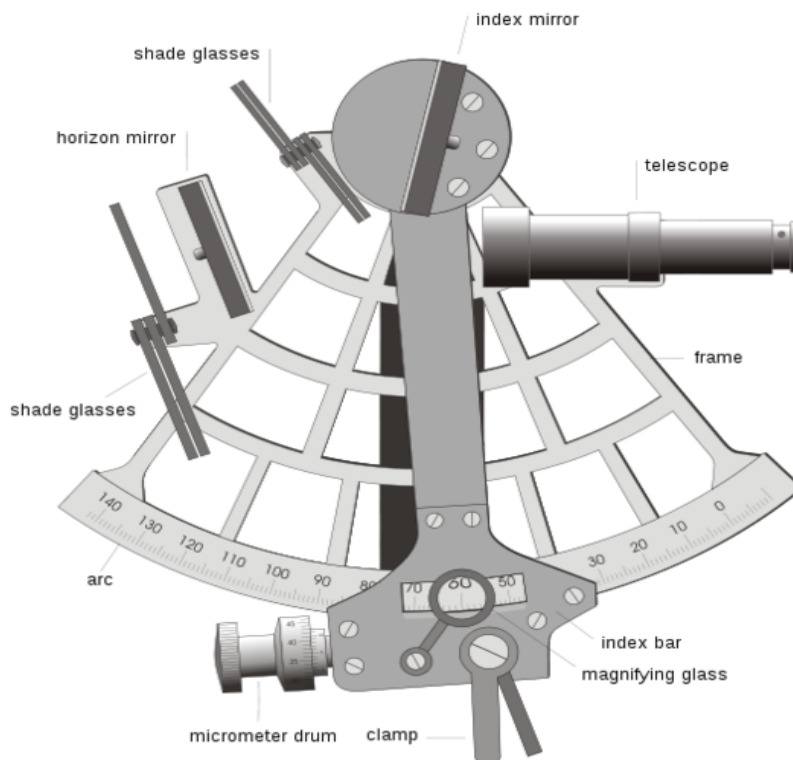
1. წინასწარ, ვარსკვლავებზე დაკვირვების მომენტზე ხსნიან რუკიდან გემის ადგილმდებარეობის კოორდინატებს (LAT და Long) ეს მომენტი, ჩვეულებრივად, ბინდის პერიოდში იღება. პოულობენ LHA^{aries};

2. გამოჰყავთ დაკვირვების დროის მომენტი გრინვიჩის მერიდიანზე;
3. აყენებენ გლობუსს დამკვირვებლის განედის და ვარსკვლავთმერი დროის მიხედვით;
4. ჯვარედინს ისე აყენებენ, რომ ვერტიკალის დაციფრული კიდე გავიდეს შერჩეულ ვარსკვლავზე და გლობუსიდან ხსნიან მნათობის სიმაღლესა და აზიმუტს. ასევე შეარჩევენ მეორე ვარსკვლავს, მესამეს, მეოთხეს და ა.შ. რეკომენდაციების გათვალისწინებით.

თავი X. სექსტანი

§ 32. საზღვაო სექსტანის აღნაგობა და მისი მეშვეობით კუთხის გაზომვის პრინციპი

ასტრონავიგაციის მრავალი ამოცანების ამოხსნისთვის საჭიროა ვერტიკალური კუთხეების გაზომვა ჰორიზონტსა და მნათობს შორის. ნავიგაციის ზოგიერთი მიზნისთვის საჭიროა ჰორიზონტული კუთხეების გაზომვა სხვადასხვა საგნებს შორის. ამასთანავე გემი განიცდის რჩევას. თუ ხმელეთზე შეიძლება გამოყენებული იქნას ნებისმიერი კუთხემზომი ხელსაწყო, მყარად მდგარი ჰორიზონტის სიბრტყეში, გემბანზე ასეთი ხელსაწყოების გამოყენება პრაქტიკულად შეუძლებელია. მე-XVIII საუკუნიდან ზღვაოსნობაში გამოიყენება კუთხემზომი ხელსაწყო, რომლის კონსტრუქცია დამყარებულია მნათობთა არეკვლის კანონებზე, რაც საშუალებას იძლევა სიმაღლის ფიქსირება მოხდეს ხელსაწყოს მყარად დამაგრების გარეშე, ანუ პირდაპირ დამკვირვებლის „ხელიდან“. ასეთი ხელსაწყო არის სექსტანი, ლათინურად *sextans* -მეექვსე ნაწილი, რაც ნიშნავს იმას, რომ ხელსაწყოს შეედლო დაეფიქსირებინა კუთხე – წრის ერთი მეექვსედი, ანუ 60°-მდე. თანამედროვე მოდიფიკაციის სექსტანების ლიმიტი დაყოფილია 140°-მდე.



ნახ.39 საზღვაო ნავიგაციური სექსტანი

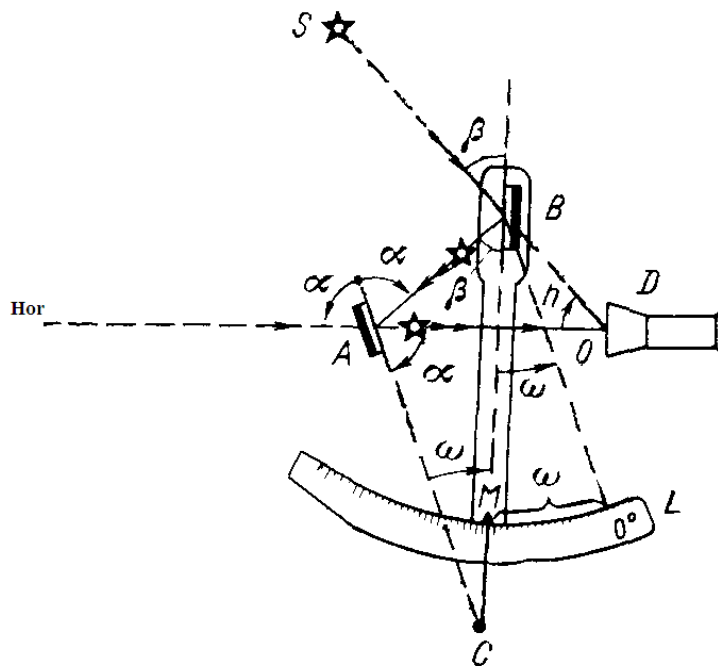
განვიხილოთ სექსტანის პრინციპული სქემა:

დავუშვათ უნდა გაიზომოს კუთხე ჰორიზონტიდან (Hor) მნათობამდე (S) დამკვირვებლის თვალთან (O).

მონაკვეთზე (HorO) დავამაგროთ უძრავი სარკე (A), რომლის სიბრტყე პერპენდიკულარულია ნახატის სიბტყისა, ხოლო სარკე მიმართულია დამკვირვებლისკენ სარკის ნახევარი დამზადებულია გამჭვირვალე მინისგან ანუ

დამკვირვებელი პირდაპირ იხილავს ჰორიზონტის სხივს და (OA) მიმართულებით დაინახავს პირდაპირ ხილულ ჰორიზონტს.

წერტილში (B) განლაგებულია მეორე სარკე, რომელიც ამრეკლი მხარით მიმართულია (S) მნათობისკენ და შეუძლია იმოდროს ღერძის გარშემო, ხოლო ღერძი პერპენდიკულარულია ნახატის სიბრტყისა. ამ სარკის მობრუნებით შეიძლება მივიღოთ მისი ისეთი მდებარეობა, როცა (S) მნათობის სხივი ჯერ (β) კუთხით არეკლილი (B) მოძრავი სარკის ზედაპირისგან, ხოლო შემდეგ (α) კუთხით არეკლილი (A) უძრავი სარკის ზედაპირისგან ასევე მოხვდება დამკვირვებლის თვალში. უძრავი ნახევარსარკის ზედაპირიდან მნათობის ორჯერ არეკლილ გამოსახულებას დაინახავს დამკვირვებელი, ანუ ჰორიზონტის პირდაპირ ხილული ხაზი და მნათობის ორჯერ არეკლილი გამოსახულება შეერთდება (OA) მიმართულებით. ამასთანავე კუთხე სარკეების სიბრტყეებს შორის იქნება (ω). მივიღებთ ფარდობას: $h=2\omega$, რაც იმას ნიშნავს, რომ გასაზომი კუთხის სიდიდე (h) უდრის სარკეებს შორის გაორმაგებული კუთხის (2ω) სიდიდეს იმ პირობით, თუ დამთხვეულია ერთმანეთზე ჰორიზონტის პირდაპირ ხილული და მნათობის ორჯერ არეკლილი გამოსახულებები. ამგვარად ახლა (h) კუთხის ნაცვლად შეიძლება გაიზომოს (ω) კუთხე, ამ კუთხის სიდიდეების მოსახსნელად გამოყენებულია კუთხემზომი რკალი, რომლის ცენტრი მოთავსებულია (B) წერტილში და ეწოდება - ლიმბი. მოძრავი დიდი სარკე (B) დამაგრებულია მხარზე (BM), რომელსაც ალიდადა ჰქვია. ალიდადა მოძრავია (B) წერტილის ირგვლივ. ქვედა ნაწილში ალიდიდას აქვს ინდექსი, ანუ (M) მაჩვენებელი. დამკვირვებელი აკვირდება მნათობს და აწარმოებს კუთხის გაზომვას ხილვადობის მილაკში (D). ამ მილაკს ზოგჯერ ასტრონომიულ მილაკსაც უწოდებენ. (A) უძრავ სარკეს პატარა სარკე ჰქვია (მისი ნახევარი გამჭირვალე მინაა).



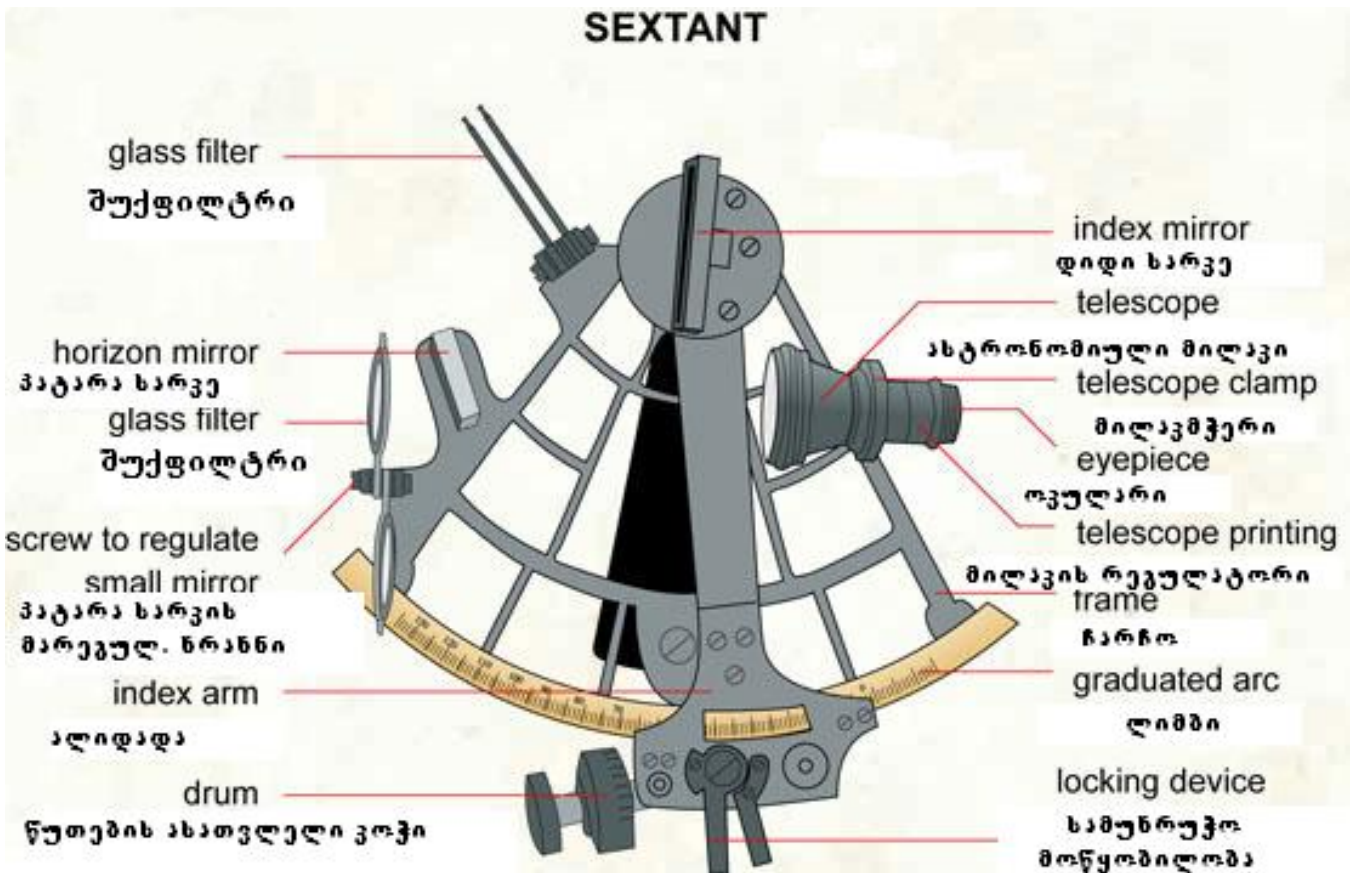
ნახ40. სექსტანის პრინციპული სქემა

კუთხე (ა) შეიძლება გაიზომოს ლიმბის რკალით თუ გავავლებთ ხაზს BO // AC, მაშინ (ა) კუთხეები ტოლია, როგორც ჯვარედინი კუთხეები და $0^{\circ}M=ა$.

როცა აღიდადა 0° დგას, გასაზომი კუთხე $h=0^{\circ}$, ანუ სარკეთა სიბრტყეები ამ შემთხვევაში ერთმანეთის პარალელურია. ეს მდებარეობა ლიმბზე ნაჩვენებია 0° და ლიმბის დაყოფის ნულპუნქტად არის წოდებული. ნულპუნქტიდან მარცხნივ აღნიშნავენ $0,5^{\circ}$ დანაყოფებს, როგორც მთელ გრადუსებს, რაც შესაძლებლობას იძლევა მოიხსნას M ინდექსით ლიმბიდან 2ა, ანუ გასაზომი (h) კუთხის სიდიდე. პრაქტიკულად ეს შეიძლება იყოს მნათობის სიმაღლე (ვერტიკალური კუთხე), ან ჰორიზონტული კუთხე ორ საგანს შორის (მაშინ სექსტანი უნდა გვეჭიროს ისე, რომ ლიმბის სიბრტყე პარალელური იყოს ჰორიზონტის სიბრტყესა). როგორც რუსული, ასევე სხვა ქვეყნების მიერ წარმოებული სექსტანები პრინციპულად არ განსხვავდებიან. რუსული სექსტანის ხილვადობის მილაკი იძლევა საგნის გადაბრუნებულ გამოსახულებას, CHO ტიპის სექსტანს აქვს ხილვადობის მილაკი დღისით დაკვირვებისთვის, ხოლო CHO-T ტიპის სექსტანს - ორი ხილვადობის მილაკი, როგორც დღისით, ასევე ღამის დაკვირვებისათვის. სექსტანი შედგება შემდეგი ძირითადი ელემენტებისგან:



CHO-T ტიპის სექსტანი



ნახ41. საზღვაო ნავიგაციური სექსტანის ძირითადი ელემენტები

სექსტანის კომპლექტში ასევე შედის: მარეგულირებელი გასადები, ორი დიოპტრი (კუთხარი) სახრახნი, შუქფილტრი-ოკულარები ხილვადობის მილაკისთვის. ფლაკონი საპოხი ზეთით, ჯაგრისი, რბილი მატერიის ნაჭერი.

ყველა სექსტანზე გაზომილი კუთხის მთელი გრადუსების რაოდენობას უჩვენებს ინდექსი ლიმბზე. წუთების რაოდენობა იხსნება ასათვლელი კოჭიდან, წუთის მეათედი ნაწილები - თვალით, ასევე კოჭიდან.

§ 33. ნულის ადგილი ლიმბზე და სექსტანის ინდექსის შესწორება

ლიმბზე ნულის მდებარეობა უნდა შეესაბამებოდეს დიდი (მოდრავი) და პატარა (უძრავი) სარკეების სიბრტყეების პარალელურ მდებარეობას, როდესაც $\omega=0$ და მაშასადამე $h=0$. მაგრამ ექსპლუატაციის პროცესში შეიძლება სარკეების მარეგულირებელი ხრახნების მოშვება და სიბრტყეების პარალელობა ირღვევა. სიბრტყეების დაპარალელების შემთხვევაში ალიდადის ინდექსი გადაიწევს ან მარცხნივ ან მარჯვნივ ლიმბზე ამოტიფრული ნულის ადგილიდან, ანუ ნულის ადგილი ლიმბზე შეიცვლება. ინდექსის ანათვალის ნულპუნქტიდან ნულის ნამდვილ ადგილამდე - ეს არის ცდომილება (oi), რომელიც აუცილებლად უნდა გათვალისწინდეს გაზომილი კუთხის ათვლის დროს და მისი სიდიდე, ამიტომ, პრაქტიკულად უნდა იყოს ცნობილი. ამ სიდიდეს **სექსტანის ინდექსის შესწორება** ჰქვია. მას გამოთვლიან ყოველი ასტრონომიული დაკვირვების წინ რამდენიმე მეთოდით:

პირველი მეთოდი - უსაზღვროდ შორ მანძილზე მდებარე საგანზე დაკვირვებით და გამოსახულებათა ერთმანეთზე დამთხვევით. ასეთი საგანია დღისით მზე, ღამით ვარსკვლავი, ან სხვა მნათობი.

სექსტანის ასტრონომიულ მილაკში აკვირდებიან მნათობს, როცა ალიდადის ინდექსი და ასათვლელი კოჭის ინდექსი - 0 უჩვენებს. თუ ცდომილება არსებობს, დამკვირვებელი მილაკში დაინახავს ერთიდაიმავე მნათობის ორ გამოსახულებას ერთ ვერტიკალურ ხაზზე: ორჯერ არეკლილი გამოსახულება იქნება პირდაპირ ხილულთან მიმართებაში ან ქვევით, ან ზევით გარკვეული კუთხით.

მარცხენა ხელით აბრუნებენ ასათვლელი კოჭის სახელურს შესაბამისად, ან მარცხნივ ან მარჯვნივ და ამთხვევენ ამ ორ გამოსახულებას ერთმანეთზე. ამასთანავე, გასაგებია, რომ ალიდადის ინდექსი გადაინაცვლებს ლიმბზე და დამკვირვებელი წაიკითხავს ლიმბზე ათვლას ნულპუნქტსა და ინდექსის ახალ მდებარეობას შორის, ჯერ ლიმბზე (გრადუსები), ხოლო შემდეგ - კოჭზე (წუთები და წუთის მეათედები) და ჩაწერს ($oi= 0^{\circ}55'$) ინდექსის ათვლას. ინდექსის შესწორების მისაღებად გამოიყენება ფორმულა $i= 360^{\circ}- oi$, სადაც, i - ინდექსის შესწორებაა, ხოლო oi - ინდექსის ათვლა.

ნულპუნქტის 0° ასევე შეესაბამება 360° ამიტომ სხვაობა იქნება „+“ ან „-“ ნიშნით იმის მიხედვით, თუ ნულპუნქტიდან რომელ მხარეს გადაინაცვლა ალიდადის ინდექსმა (მარჯვნივ ნიშნით „+“, მარცხნივ ნიშნით „-“).

მნათობის ნაცვლად შეიძლება დაკვირვების წარმოება უსაზღვროდ შორის მდებარე სახმელეთო ან საზღვაო საგნებზე, შუქურებზე, მთის წვეროებზე და ასე შემდეგ.

მეორე მეთოდი - სექსტანის მილაკში აკვირდებიან ჰორიზონტის ხაზს. თუ ინდექსის შესწორება არსებობს, დამკვირვებელი დაინახავს მილაკში ორ

ჰორიზონტულ ხაზს სხვადასხვა დონეზე. ასათვლელი კოჭის მობრუნებით ამ ხაზების გამოსახულებებს ამთხვევენ ერთმანეთზე და ღებულობენ „გამთლიანებულ“ ხაზს. მოხსნიან ლიმბიდან და წუთების ასათვლელი კოჭიდან ინდექსების ჩვენებას (oi). შესწორებას მიიღებენ ფორმულიდან $i = 360^\circ - oi$.

მესამე მეთოდი - აკვირდებიან მზის დისკოს შუქფილტრების დახმარებით სექსტანის მილაკში, როცა ალიდადა და ასათვლელი კოჭის ინდექსები ნულპუტქტზეა. ორჯერ არეკლილი გამოსახულების ზედა და ქვედა კიდეებს მორიგეობით შეახებენ მზის დისკოს პირდაპირ ხილული გამოსახულების ქვედა და ზედა კიდეებს. მოხსნიან ინდექსის ორ ჩვენებას oi_1 და oi_2 . მათი ჯამი გაყოფილი ოთხზე, იძლევა მზის დისკოს რადიუსს. აღმანახში შესაბამის თარიღზე პოულობენ მზის ნახევარდიამეტრს (SD) იგივე რადიუსს და ადარებენ მიღებულ სიდიდეს. თუ მათ შორის სხვაობა $\pm 0',4$ -ზე მეტია, დაკვირვებას იმეორებენ. თუ სხვაობა ნაკლებია $\pm 0',4$ -ზე, მაშინ გამოჰყავთ ინდექსის საშუალო ათვლა $oi = \frac{oi_1 + oi_2}{2}$, შემდეგ კი ფორმულით $i = 360^\circ - oi$ პოულობენ ინდექსის შესწორებას.

§ 34. სექსტანის ზოგი სხვა ცდომილებები, მათი გამოვლენა და აღმოფხვრა გემზე

რუსული წარმოების სექსტანებს თან ახლავს ტექნიკური ფორმულარი, რომელშიც მოყვანილია ინსტრუმენტული შესწორება სხვადასხვა კუთხეების გაზომვის დროს. ინსტრუმენტული შესწორება გამოვლინდება, როგორც წესი, სექსტანის ლაბორატორიული გამოკვლევის პერიოდში. ცდომილება წარმოიშვება ისეთი ელემენტებით, როგორცაა ალიდადის ექსცენტრისიტეტი - როცა ალიდადის ბრუნვის ცენტრი არ ემთხვევა ლიმბის რკალის თეორიულ ცენტრს, - ეს კი გამოიწვევს გაზომილი კუთხის არაზუსტობას.

კბილანების დაჭრის არაზუსტობა გამოიწვევს ალიდადის ლიმბის რკალზე არაზუსტ გადანაცვლებას. ასევე წარმოიშვება არაზუსტობა დიდი სარკის პრიზმატულობის გამო. ყოველივე ეს იწვევს კუთხის არაზუსტ გაზომვას. ინსტრუმენტული შესწორება ექსპლუატაციის პერიოდში იცვლება, ამიტომ სექსტანი დროგამოსვებითუნდა შემოწმდეს სპეციალისტების მიერ ლაბორატორიულ პირობებში.

გემზე, ნაოსნობის პერიოდში შტურმანმა უნდა იცოდეს ზოგი ცდომილების აღმოფხვრა, რაც არ წარმოადგენს დიდ სირთულეს.

ასეთი ცდომილებებია:

1. **დიდი სარკის არაპერპენდიკულარობა ლიმბის სიბრტყის მიმართ.** სექსტანს ხილვადობის მილაკის გარეშე აყენებენ სადგომით ჰორიზონტულ ზედაპირზე. ალიდადას აყენებენ 40° -ზე, ხოლო ლიმბის რკალის ბოლოებზე დგამენ ორ დიოპტრს (კუთხარს). ერთს $5^\circ - 10^\circ$ დანაყოფზე, მეორეს $120^\circ - 130^\circ$ დანაყოფზე. თვალით, 30-35 სმ-ის მანძილიდან აკვირდებიან დიდ სარკეში მეორე დიოპტრის არეკლილ გამოსახულებას და მასთან გვერდით მდგარ მარცხენა დიოპტრის პირდაპირ ხილულ გამოსახულებას; ან თვალის, ან მარჯვენა დიოპტრის გადანაცვლებით ეს ორი გამოსახულება შეიძლება დაამთხვიონ ერთმანეთს. თუ დიოპტრების ზედა კიდეები არ აღმოჩნდება ერთ დონეზე, მაშინ დიდი სარკის მარეგულირებელი ხრახნის საშუალებით

მოჰყავთ კიდეები ერთ დონეზე, რის შემდეგ დიდი სარკის სიბრტყე ლიმბის სიბრტყის პერპენდიკულარული ხდება.

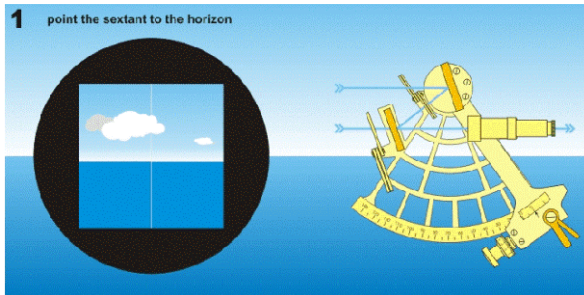
2. **პატარა სარკის არაპენპენდიკულარობა ლიმბის სიბრტყის მიმართ** - ამ ოპერაციას ასრულებენ დიდი სარკის დარეგულირების შემდეგ. ალიდადას აყენებენ ნულზე, ხილვადობის მილაკს კი ვარსკვლავზე (ღამით) ან მზის ბადროსკენ (დღისით) მიმართავენ. თუ ორჯერ არეკლილი და პირდაპირ ხილული გამოსახულებები ერთ ვერტიკალურ ხაზზე არ მდებარეობენ, პატარა სარკის ზედა მარეგულირებელი ხრახნის მობრუნებით ორჯერ არეკლილი გამოსახულება აჰყავთ ერთ ჰორიზონტულ ხაზზე პირდაპირ ხილულთან მიმართებაში, ხოლო შემდეგ პატარა სარკის გვერდითი მარეგულირებელი ხრახნის მობრუნებით მარჯვნივ ან მარცხნივ ამ ორ გამოსახულებას ამთხვევენ ერთმანეთს. პატარა სარკის სიბრტყე პერპენდიკულარული იქნება ლიმბის სიბრტყის მიმართ.
3. **ინდექსის შესწორების შემცირება** - თუმცა სექსტანის ინდექსის შესწორების სიდიდეს არავითარი მნიშვნელობა არ აქვს, მაინც უფრო ადვილია პატარა რიცხვების მათემატიკური მანიპულირება და ამიტომ ზოგჯერ საჭირო ხდება ინდექსის შესწორების შემცირება. ალიდადისა და ასათვლელი კოჭის ინდექსებს აყენებენ ნულზე. ხილვადობის მილაკს მიმართავენ უსაზრვროდ მოშორებულ საგანზე, საგნის ორჯერ არეკლილი და პირდაპირ ხილული გამოსახულებები არ იქნება ერთ ჰორიზონტულ ხაზზე. პატარა სარკის ზედა მარეგულირებელი ხრახნის საშუალებით ორჯერ არეკლილ გამოსახულებას მიიყვანენ პირდაპირ ხილულთან ერთ ჰორიზონტულ ხაზზე, ხოლო შემდეგ მეორე, გვერდითი ხრახნით, ამ ორ გამოსახულებას, დაამთხვევენ ერთმანეთს. ვინაიდან ალიდადისა და ასათვლელი კოჭის ინდექსები ნულზეა სექსტანის შესწორება (i) ნულის ტოლი იქნება, ხოლო დიდი და პატარა სარკეების სიბრტყეები - ერთმანეთის პარალელური. ცალ-ცალკე სარკეების სიბრტყეები, ამასთანავე, ლიმბის სიბრტყის პერპენდიკულარი იქნება.

სექსტანი ზუსტი, ფაქიზად დამზადებული ოპტიკური ხელსაწყოა. არამარტო დინამიკური ზემოქმედებისგან უნდა იყოს ის დაცული, არამედ ტემპერატურისა და სინესტის მკვეთრი ცვალებადობისგანაც.

სექსტანი ხელში უნდა ავიღოთ მხოლოდ სახელურით ან ჩარჩოთი. არ შეიძლება ოპტიკურ ნაწილებზე ხელის შეხება. სარკეების ზედაპირზე შემთხვევით მოხვედრილი წყლის წვეთები უნდა გაიწმინდოს რბილი ფლანელის ნაჭრით. სექსტანი ყოველთვის უნდა დაიდგას თავის სადგამზე და უზრუნველყოფილი უნდა იყოს მისი მდგრადობა, რაც უფრო მნიშვნელოვანია, გემის რწევის დროს. სექსტანი ინახება სპეციალურ ყუთში. თუ მასში სექსტანი სწორად არის ჩადებული, სახურავი ადვილად იხურება.

§ 35. სექსტანით კუთხეების გაზომვა

დედამიწის ზედაპირზე სექსტანით კუთხეების გაზომვა ხდება ორ ან რამდენიმე საგანს შორის ორ საგანს შორის ჰორიზონტული კუთხის გაზომვისას სექსტანს ლიმბის სიბრტყით მიმართვენ გასაზომი კუთხის სიბრტყეში, ანუ სექსტანი უჭირავთ



მარჯვენა ხელში ჰორიზონტულად. ხილვადობის მილაკს მიმართავენ უფრო შედარებით ბნელ საგნისკენ. შემდეგ მარცხენა ხელით ათავისუფლებენ ალიდადის მუხრუქს და ალიდადას გადაადგილებენ მარცხნიდან მარჯვნივ ლიმბზე, ვიდრე მხედველობის არეში არ გამოჩნდება მარჯვენა საგანი. ხელი

გადაქვთ ასათვლელი კოჭის სახელურზე და მისი მობრუნებით შეათავსებენ საგნების ორ გამოსახულებას. როცა საჭიროა საგნის ვერტიკალური კუთხის გაზომვა, სექსტანი უჭირავთ ვერტიკალურ სიბრტყეში ლიმბით და მილაკს მიმართავენ საგნის ფუძეზე. ალიდადის წინ გაწევით საგნის ზედა ნაწილის ორჯერ არეკლილი გამოსახულებამოჰყავთ ფუძესთან და ამთხვევენ მას. გაზომილი იქნება საგნის წვეროსა და ფუძეს შორის კუთხე დამკვირვებლის თვალთან რომლის სიდიდე მოიხსნება ალიდადის ინდექსით ლიმბის რკალზე (გრადუსებში) და ასათვლელი კოჭის ინდექსით ასათვლელ კოჭზე (წუთები და წუთების მეათედები).

ახლო მდებარე საგნებზე დაკვირვების დროს, ინდექსის შესწორებაც ასევე ახლომდებარე საგნების მეშვეობით განისაზღვრება.

§ 36. მზის სიმაღლის გაზომვა სექსტანით

ჩვეულებრივად იზომება მზის დისკოს ზედა კიდის ან ქვედა კიდის სიმაღლე ჰორიზონტიდან. არსებობს მზის სიმაღლის გაზომვის რამდენიმე მეთოდი. წინასწარ ამზადებენ სექსტანს დაკვირვებისთვის. მილაკს ამაგრებენ ადგილზე და არეგულირებენ ხილვადობას თვალის მიხედვით. გამოიყვანენ ინდექსის შესწორებას (ეს ოპერაცია გაზომვის შემდეგაც შეიძლება შესრულდეს). საჭიროების შემთხვევაში არეგულირებენ სარკეებს.

- I. დგებიან მზის ვერტიკალში და ალიდადის და ასათვლელი კოჭის ინდექსებს ნულპუნქტზე აყენებენ. მიმართავენ მილაკს მზეზე შუქფილტრების დახმარებით. ორჯერ არეკლილი გამოსახულება „ჩამოჰყავთ“ ქვემოთ ალიდადის ნელ-ნელა წინ გაწევით, ამავე დროს საჭიროა სექსტანის დახრა ქვევით, რომ არ დაიკარგოს გამოსახულება მხედველობიდან, ვიდრე დაკვირვების არეში არ გამოჩნდება ჰორიზონტის ხაზი. მაშინ მარცხენა ხელი ალიდადიდან გადაქვთ ასათვლელი კოჭის სახელურზე და მისი მობრუნებით მზის დისკოს ქვედა ან ზედა კიდეს ოდნავ შეახებენ ჰორიზონტის ხაზს. ამავე დროს სექსტანს არხევენ მილაკის ღერძის ირგვლივ იმ მიზნით, რომ შეხება მოხდეს ერთ წერტილში. შეხების მომენტში შუქფილტრები პატარა სარკის წინ არ უნდა იყოს, რომ მკაფიოდ ჩანდეს ჰორიზონტის ხაზი.
- II. ალიდადა ნულზე დგას, დგებიან მზის ვერტიკალში და მიმართავენ ხილვადობის მილაკს ჰორიზონტის ხაზისკენ. ნელ-ნელა წევნ წინ

ალიდადას, თანაც არხვევენ სექსტანის მილაკის ღერძის ირგვლივ იმ მიზნით, რომ გაადიდონ მხედველობის არე. აჩერებენ ალიდადას, როცა მზე გამოჩნდება ჰორიზონტთან და მარცხენა ხელი გადააქვთ ასათვლელი კოჭის სახელურზე. მისი მობრუნებით მზის დისკოს ზედა ან ქვედა კიდეს ზუსტად ახებენ ჰორიზონტის ხაზთან.

III. ალიდადის ინდექს აყენებენ იმ აღნიშვნაზე, რომელიც შეესაბამება, მიახლოებით, მზის სიმაღლეს („ზომავენ თვალით“). მზის ვერტიკალში მილაკს მიმართავენ ჰორიზონტისკენ და მასთან ახლოს პოლულობენ მზის ორჯერ არეკლილ გამოსახულების ზედა ან ქვედა კიდეს. შუადღემდე მზის დისკო ჰორიზონტის ხაზთან ცდილობს „ავარდეს ცაში“ ამიტომ ასათვლელი კოჭით მას ჩაწევენ ქვევით, „ჩააყვინთიებენ“ ზღვაში და რომ დაიწყებს წყლიდან ამოსვლას, მაშინ დააფიქსირებენ ზუსტ სიმაღლეს ანუ დისკოს კიდის ჰორიზონტის ხაზთან შეხებას და შესაბამისი დროის მომენტს. შუადღის (მზის კულმინაციის) შემდეგ პირიქით, მზე „ცდილობს ჩაყვინთოს“ წყალში ამიტომ ტოვებენ დისკოს ჰორიზონტის ხაზს ზევით. გაზომილი სიმაღლის მაჩვენებელი სიდიდე დაფიქსირდება ლიმბზე ინდექსის ქვეშ, მაგრამ სიმაღლის გაზომვის დროს მომენტის დაფიქსირება ხდება დამკვირვებლის მიერ სხვადასხვა ხერხით. თუ დამკვირვებელს დამხმარე ჰყავს, მაშინ ის იდგება ქრონომეტრთან ან „GPS“-ის ინდიკატორთან და სიმაღლის აღების მომენტზე რომელიმე სიგნალის გამოყენებით ამცნობს დამხმარეს, რომ საჭიროა მომენტის დაფიქსირება ქრონომეტრზე. ეს უკანასკნელიც აფიქსირებს ქრონომეტრის ჩვენებას სიმაღლის გაზომვის მომენტზე. თუ არ არის დამხმარე, მაშინ მომენტის დაფიქსირება ხდება წამმზომის საშუალებით. დამკვირვებელმა გაზომვის მომენტში უნდა ეცადოს, რომ მნათობის გამოსახულება იყოს ხილვადობის მილაკის ცენტრში.

მთვარის სიმაღლის გაზომვა სექსტანით

მთვარის სიმაღლე უნდა გაიზომოს ან ბინდის პერიოდში, ან დღისით, ვინაიდან ღამით მთვარის ქვეშ წარმოიქმნება ცრუჰორიზონტის ხაზი ბნელი და ნათელი ზოლებით. დღისით მთვარეზე დაკვირვება სჯობს მზესთან ერთად კვადრატურის პერიოდებთან ახლოს (როცა მთვარის ასაკი 6–9 ან 21–24 დღეა). მთვარის სიმაღლის გაზომვა ისევე ხდება, როგორც მზის. შუქფილტრები თითქმის არ არის საჭირო.

ვარსკვლავისა და პლანეტის სიმაღლეთა გაზომვა სექსტანით

ვარსკვლავებზე დაკვირვებას, ჩვეულებრივად, ნავიგაციური ბინდის პერიოდში აწარმოებენ. შეიძლება დაკვირვება მთვარიან ღამეშიც აწარმოონ, მხოლოდ ამ შემთხვევაში დაკვირვებისთვის ნაკლებად გამოდგება ისეთი ვარსკვლავები, რომლებიც ახლოს არიან მთვარესთან აზიმუტურად და საქმე აქ ცრუ ჰორიზონტის წარმოქმნას უკავშირდება.

იყენებენ ვარსკვლავისა და პლანეტის სიმაღლეების გაზომვის სამ მეთოდს:

1. ალიდადას აყენებენ ნულპუნქტზე. მილაკს მიმართავენ ვარსკვლავზე და ნელა წევნ წინ ალიდადას, ხრიან მილაკს ქვევით და დაჰყავთ გამოსახულება ჰორიზონტთან. ამ მეთოდით ზომავენ სიმაღლეებს, როცა

ვარსკვლავები კარგად ჩანს ცაზე – სადამოს ბინდის ბოლოს ან დილას ბინდის დასაწყისში.

2. ალიდადას აყენებენ ლიმბის იმ აღნიშვნაზე, რომელიც შეესაბამება ვარსკვლავის მიახლოებით სიმაღლეს გარკვეულ მომენტში. შემდეგ მილაკს მიმართავენ ჰორიზონტისკენ და მასთან ახლოს პოულობენ ვარსკვლავის გამოსახულებას. ამ მეთოდით სარგებლობენ, როცა საკმაოდ ნათელია და ჰორიზონტის ხაზი კარგად ჩანს. ამ მეთოდით მოკლდება დაკვირვების პერიოდი, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია დაბალი განედების რაიონებში, სადაც ხანმოკლე ნავიგაციური ბინდია.
3. ალიდადას აფიქსირებენ ნულზე, სექსტანს იღებენ მარცხენა ხელში ლიმბით ზევით და მილაკს მიმართავენ ვარსკვლავზე. წევნ წინ ალიდადას და „მოჰყავთ“ ჰორიზონტი ვარსკვლავის გამოსახულებასთან. შემდეგ აბრუნებენ სექსტანს და ჩვეულებრივად ასრულებენ გაზომვის პროცესს. ეს მეთოდი გამოიყენება მკრთალ, სუსტ ვარსკვლავებზე დაკვირვების დროს, რომ არ აგვერიოს სხვა ახლომდებარე ვარსკვლავებში.

საერთოდ უნდა ითქვას, რომ ვარსკვლავებზე და პლანეტებზე დაკვირვება მეტად რთული ოპერაციაა და ითხოვს გემთწამყვანისგან საკმაოდ დიდ გამოცდილებას და მოხერხებულობას (სიმარჯვეს).

§ 37. მერიდიანის სიახლოვეს მნათობის სიმაღლის გაზომვის თავისებურებანი

ასტრონავიგაციური ამოცანების ამოხსნა ზოგჯერ ითხოვს მნათობის კულმინაციის მომენტზე მისი სიმაღლის გაზომვას. თეორიულად ეს შესაძლებელია იმ პირობით, თუ დამკვირვებელი დგას ერთ ადგილზე და არ იცვლება მნათობის დახრილობა. სინამდვილეში კი, იმის გამო, რომ დამკვირვებელი (გემი) გადაადგილდება, ხოლო მნათობის (მაგალითად, მზის) დახრილობა იცვლება, შესაძლებელია მხოლოდ მერიდიანთან სიახლოვეს მნათობთა სიმაღლის გაზომვა – ან კულმინაციამდე, ან შემდეგ. გემთწამყვანობის პრაქტიკაში მაინც თვლიან, რომ უდიდესი სიმაღლე არის მერიდიანული. ორი მეთოდით შეიძლება გაიზომოს უდიდესი, ანუ მერიდიანული სიმაღლე:

1. გაიანგარიშებენ მნათობის კულმინაციის დროს (T_k) და 3–5 წუთით ადრე იწყებენ სიმაღლეთა გაზომვებს. ზედა კულმინაციისთვის მნათობის სიმაღლე ჯერ იწყებს მატებას უწყვეტლივ, მიაღწევს უდიდეს მნიშვნელობას, ხოლო შემდეგ იწყებს მცირებას, ქვედა კულმინაციისთვის – პირიქით. უდიდეს სიმაღლეს თვლიან მერიდიონალურ სიმაღლედ. აფიქსირებენ მისი გაზომვის მომენტს და იწყებენ ასტრონავიგაციური ამოცანის ამოხსნას.
2. ჩამოიყვანენ მნათობის გამოსახულებას ჰორიზონტის ხაზთან მხებად და უწყვეტლივ აბრუნებენ ასათვლედიკოჭის სახელურს ერთდაიმავე მიმართულებით, რომ დაიჭირონ მნათობის შესაბამისი კიდე ჰორიზონტის ხაზის მხებად. ხოლო, როცა მნათობის გამოსახულება იწყებს საპირისპირო მიმართულებით მოძრაობას, იმახსოვრებენ ალიდადის ინდექსის ჩვენებას ლიმბზე და ასათვლელ კოჭზე. ეს იქნება უდიდესი, მერიდიანული სიმაღლე.

პირველი მეთოდი უფრო მარტივია და ადვილი შესასრულებლად. პრაქტიკაში ხშირად არის საჭირო მზის სიმაღლის დაფიქსირება ზედა კულმინაციის მომენტზე, იშვიათად ქვედა კულმინაციაში (პოლარული დღეების პერიოდში).

§ 38. ზენიტის „გავლით“ მნათობის სიმაღლის გაზომვა

გემთწამყვანობის პრაქტიკაში ადვილი აქვს შემთხვევებს, როდესაც მნათობის ქვეშ ხილული ჰორიზონტი არ ჩანს მკაფიოდ ნისლის გამო, ღრუბელით არის დაფარული ან კვამლით. ეს მაშინ, როდესაც მოპირდაპირე მხარეს ჰორიზონტის ხაზი მკაფიოდ ჩანს. ასეთ პირობებში ნაოსნობის დროს მნათობის სიმაღლე შეიძლება გაიზომოს მეთოდით, რომელსაც ჰქვია მნათობის სიმაღლის გაზომვა ზენიტის „გავლით“. ეს შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა მნათობის სიმაღლე 40° -ზე მეტია.

ასეთი მეთოდით საზღვაო პრაქტიკაში ზომავენ მზის ბადროს ზედა კიდის სიმაღლეს. უნდა გვახსოვდეს, რომ თუ სიმაღლე ცის აღმოსავლეთ მხარეზე იზომება, მზის გამოსახულება გაზომვის პროცესში გადაადგილდება ქვევით ანუ მზე მიდის ზღვისკენ, თუ მნათობს ვაკვირდებით დასავლეთის ცაზე, მაშინ, პირიქით მზე ადის ზევით ანუ ამოდის ზღვიდან. ეს ხდება იმის გამო, რომ რუსული წარმოების სექსტანტის ხილვადობის მილაკი იძლევა მნათობის გადაბრუნებულ გამოსახულებას. რა თქმა უნდა ასეთი გაზომვა საჭიროებს გემთწამყვანის მხრიდან გარკვეულ გამოცდილებას, რაც სპეციალური ვარჯიშით მიიღწევა. ჯერ მიახლოებით ზომავენ სიმაღლეს, შემდეგ ალიდადის ინდექსს აყენებენ ლიმბის იმ ჩვენებაზე, რომელიც შეესაბამება კუთხეს $180^{\circ} - SA$. ახლა მივბრუნდეთ საპირისპირო მხარეს მზისგან და ჩვეულებრივი წესით ზუსტად გავზომოთ მნათობის სიმაღლე. ის, რა თქმა უნდა, იქნება 90° -ზე მეტი. ამიტომ სექსტანტით გაზომილი სიმაღლე ამ შემთხვევაში ტოლია $180^{\circ} - SA$.

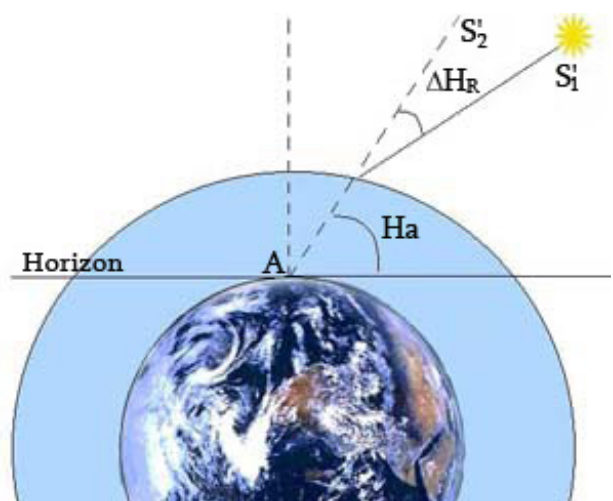
თავი XI. გაზომილი სიმაღლეების შესწორება

§ 39. ასტრონომიული და მიწის ზედაპირული რეფრაქცია

მნათობის სიმაღლე, როგორც სფერული კოორდინატების სისტემაში ერთერთი კოორდინატი – ეს არის კუთხე ჭეშმარიტი ჰორიზონტის სიბრტყესა და მნათობზე მიმართულებას შორის, მნათობი ამ შემთხვევაში მიღებულია, როგორც გეომეტრული წერტილი. მაგრამ სინამდვილეში მნათობის სხივის გზა არ არის სწორხაზოვანი. მნათობის სიმაღლეებს ჰორიზონტის სხვადასხვა წერტილებიდან ზომავენ, ხოლო მთვარისა და მზის ბადროს ცენტრის სიმაღლის გაზომვა უბრალოდ შეუძლებელია და ზომავენ ბადროს რომელიმე (ზედა ან ქვედა) კიდის სიმაღლეს ჰორიზონტიდან.

ზუსტი სიმაღლის მისაღებად გაზომილ სიმაღლეთა მნიშვნელობებში შეჰყავთ შესწორებები. ამ ოპერაციას მნათობთა სიმაღლეთა შესწორება ჰქვია. მნათობიდან მომავალი სხივები დამკვირვებლის თვალთან მისვლამდე გაივლიან რა დედამიწის ატმოსფეროს ფენებში, განიცდიან გარდატეხას, ანუ იცვლიან მიმართულებას. რაც უფრო მკვრივია ატმოსფერო, მით უფრო ძლიერდება სხივების გარდატეხა დედამიწის ზედაპირიდან მიახლოების შესაბამისად. შედეგად დამკვირვებელი დედამიწის ზედაპირიდან მნათობებს ხედავს, ვითომდა, „წამოწეულს“ ჰორიზონტიდან, უფრო მაღლა, ვიდრე ისინი სინამდვილეში არიან. წამოწევის ამ კუთხეს ასტრონომიული რეფრაქცია ეწოდება .

ნახ. 41-ზე A წერტილში დამკვირვებლის თვალთა, ხაზი Horizon – მისი ჭეშმარიტი ჰორიზონტია. უსაზღვრო სივრციდან მოსული პარალელური სხივები დედამიწის ატმოსფეროში გარდაიტეხება და ამიტომ დამკვირვებელი მას ხედავს არა ნამდვილი AS₁ მიმართულებით, არამედ AS₂ ხაზის გასწვრივ. ეს ხაზი კი მხებია წერტილ A-ში სხივის ტრანქტორიისა. ამავე ნახატზე ჩანს,



ნახ.42 რეფრაქციის შესწორება

რომ $H = H_a - \Delta H_R$ ანუ ჭეშმარიტი სიმაღლე ნაკლებია გაზომილზე. ასტრონომიული რეფრაქცია ყოველთვის აკლდება გაზომილ სიმაღლეს.

რეფრაქციის მნიშვნელობები სხვადასხვა მნათობთათვის მოყვანილია ცხრილების „The Nautical Almanac“-ის A₂ და A₃ გვერდებზე, რომელიც მნათობთა საერთო შესწორების ერთერთ კომპონენტს შეადგენს. ცხრილებში შესასვლელად არგუმენტია გაზომილი სიმაღლე (H_a).

საზღვაოსნო ასტრონომიასა და ნავიგაციაში ასევე გვხვდება ცნება დედამიწის ზედაპირული რეფრაქციისა, რომელიც წარმოიქმნება დედამიწის ზედაპირზე განლაგებულ საგნებს შორის სხივების გარდატეხის შედეგად დედამიწის ატმოსფეროს ფარგლებში. დედამიწის ზედაპირული რეფრაქციის მნიშვნელობას გამოითვლიან მიახლოებითი ფორმულით:

$$= \frac{1}{2} KC$$

K – დედამიწის ზედაპირული რეფრაქციის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია დედამიწის ზედაპირულ ფენებში ატმოსფეროს ოპტიკურ სიმკვრივეზე.

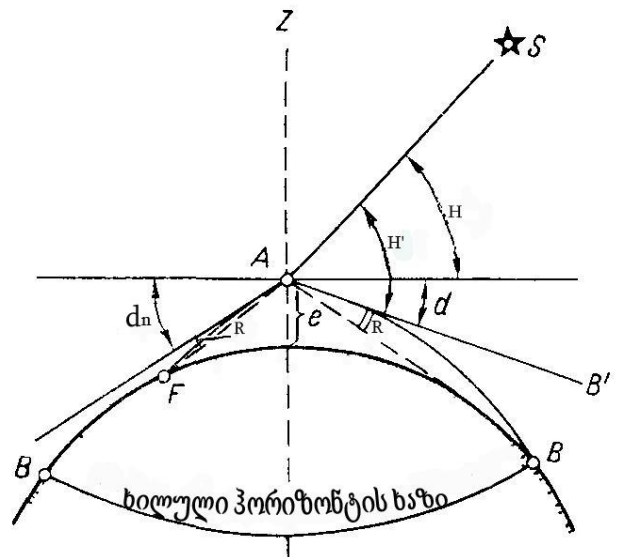
C – კუთხე რომელიც შედგენილია დედამიწის ცენტრიდან დედამიწის ზედაპირზე საგნებს შორის მიმართულებებით.

ზღვის პირობებში K კოეფიციენტის მნიშვნელობა 0,16–ია. დედამიწის ზედაპირული რეფრაქცია ცალკე არ გამოითვლება და ასტრონომიული რეფრაქციის შემადგენელი ნაწილია.

§ 40. ხილული ჰორიზონტის დახრილობა და ხილვადობის სხივის დახრილობა

სიმაღლე ზღვაში იზომება ხილული ჰორიზონტის ხაზიდან. ხილული ჰორიზონტი – ეს არის წყლის ზედაპირის პროექცია ცამრგვალზე, ანუ ეს არის მცირე წრეწირი BB₁ შემოწერილი წყლის ზედაპირზე მხედველობის სხივით იმ დამკვირვებლის თვალიდან, რომელიც A წერტილში მდებარეობს (ნახ.43)

თვალის სიმაღლე ზღვის დონიდან აღნიშნულია მეტრებში *e*– ასოთი. კუთხე ჭეშმარიტი ჰორიზონტის სიბრტყესა და ხილულ ჰორიზონტზე მიმართულებას სორის ხილული ჰორიზონტის დახრილობის კუთხეა (*d*). წეშმარიტი ჰორიზონტიდან სიმაღლის მისაღებად ხილული ჰორიზონტის დახრილობის კუთხე (*d*) უნდა გამოაკლდეს გაზომილ სიმაღლეს: **H = H' - d**



ნახ.43 ჰორიზონტის დახრილობის შესწორება

d – კუთხის სიდიდით შესწორებულ სიმაღლეს ხილული სიმაღლე ეწოდება (*H_a*). *d* კუთხე დამოკიდებულია აგრეთვე დედამიწის ზედაპირულ რეფრაქციაზე (*r*), რომელიც ხშირად ცვალებადია.

როცა K=0,16 საშუალოდ ხილული ჰორიზონტის დახრილობის კუთხე შეიძლება გამოისახოს ფორმულით:

$$d = 1,7603 \sqrt{e}$$

d – მიიღება რკალურ წუთებში

d – სიდიდის საპოვნელად არგუმენტით- დამკვირვებლის თვალის სიმაღლე (*e*) მეტრებში- შედიან ცხრილების „The Nautical Almanac“-ის ცხრილში “DIP” (გვერდიA₂). თუ საგანი მდებარეობს დამკვირვებლის თვალსა და ხილულ ჰორიზონტს შორის მაშინ კუთხეს, რომელიც წარმოიქმნება ჭეშმარიტი ჰორიზონტის სიბრტყესა და ხილვადობის სხივის მხებს შორის ხილვადობის სხივის დახრილობა (*d_n*) ჰქვია. ეს სიდიდე ორ არგუმენტზეა დამოკიდებული: დამკვირვებლის თვალის

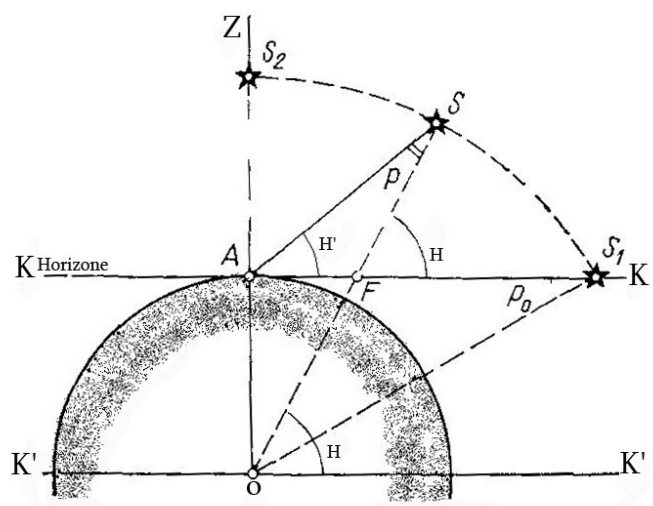
სიმაღლეზე და მანძილზე დამკვირვებლიდან საგნამდე. მაშინ სხივის დახრილობის კუთხე გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$d_n^{(1)} = 0,04136 D'_n + 18,562 \frac{e}{D'_n}$$

სადაც, $d_n^{(1)}$ – სხივის დახრილობის კუთხე
 D'_n – მანძილი დამკვირვებლიდან საგნამდე კაბელტებში
 (1 კაბელტი = 185,2 მ)
 e – დამკვირვებლის თვალის სიმაღლე მეტრებში

§ 41. მნათობის პარალაქსები და ნახევარდიამეტრები

საზღვაოსნო ასტრონომიაში მიღებულია, რომ მნათობთა ციური კოორდინატები გამოთვლილია დამკვირვებლისთვის ერთი წერტილიდან. ასეთ წერტილად კი ითვლება დედამიწის ცენტრი. ასე არის სედგენილი „The Nautical Almanac“-ის ყოველდღიური ცხრილები. მაგრამ სინამდვილეში დამკვირვებელი ზომავს მნათობის სიმაღლეს დედამიწის ზედაპირიდან. გაზომილი სიმაღლის მოყვანა მნათობის ციურ კოორდინატებთან, რომლებიც გამოთვლილია იმ პირობით, რომ დამკვირვებელი ზომავდა სიმაღლეს, ვითომდა, დედამიწის ცენტრიდან, ხდება დღეღამური პარალაქსის (P) საშუალებით (ნახ.44)



ნახ.44 მნათობის პარალაქსი

პარალაქსი – ეს არის კუთხე დედამიწის ზედაპირიდან და მისი ცენტრიდან მნათობზე მიმართულებებს შორის, ან ეს არის კუთხე მნათობთან, რომლის ქვეშ ჩანს დედამიწის რადიუსი იმ დამკვირვებლისთვის, რომელიც მნათობიდან „აწარმოებს“ დაკვირვებას. $P = \angle ASO$, ვინაიდან შესაბამისი კუთხეები $\angle K'OS = \angle KFS = \angle ASF$, შეიძლება მივიღოთ მნათობის სიმაღლის სიდიდე დედამიწის ცენტრიდან ეგრეთწოდებული გეოცენტრიული სიმაღლე $H = H' + P$. პარალაქსის მნიშვნელობა დადებითია. დღეღამის განმავლობაში პარალაქსის მნიშვნელობა იცვლება მაქსიმალურიდან (P_0) როცა მნათობი ჰორიზონტზეა, ნულამდე, როცა მნათობი ზენიტშია. ნებისმიერ შუალედურ ნაწილში პარალაქსი გამოითვლება ფორმულით:

$$P = P_0 \cos H'$$

იმის გამო, რომ დედამიწა ელიფსოიდურია ჰორიზონტური პარალაქსი (P_0) იმ დამკვირვებლისთვის, რომელიც ეკვატორზეა, როცა დედამიწის რადიუსი მაქსიმალურია, იქნება უდიდესი, ასეთ პარალაქსს **ეკვატორული პარალაქსი** ეწოდება. პარალაქსი (P_0) დამოკიდებულია მანძილზე მნათობამდე, ამიტომ მისი სიდიდე აღწევს შესამჩნევ დიდ მნიშვნელობას იმ მნათობათვის, რომლებიც შედარებით ახლოს არიან დედამიწასთან. ყველაზე დიდი პარალაქსი მთვარეს გააჩნია $P_0 = 53,5 \div 61,5$;

პლანეტა ვენერას პარალაქსი 0,1–დან 0,6–მდე მერყეობს; მზის პარალაქსი საშუალოდ 0,15 ; იუპიტერისა და სატურნის პარალაქსი 0,1–ზე ნაკლებია. დედამიწიდან დიდ მანძილზე მოშორებული პლანეტებისა და ვარსკვლავების პარალაქსი საზღვაოსნო ასტრონომიის მიზნებისთვის 0–ის ტოლია (იგნორირებულია).

პარალაქსის მნიშვნელობები მნათობთათვის ცალკე არ განიხილება და „The Nautical Almanac“–ის საერთო შესწორებაში შედის (გვ. A2 და A3).

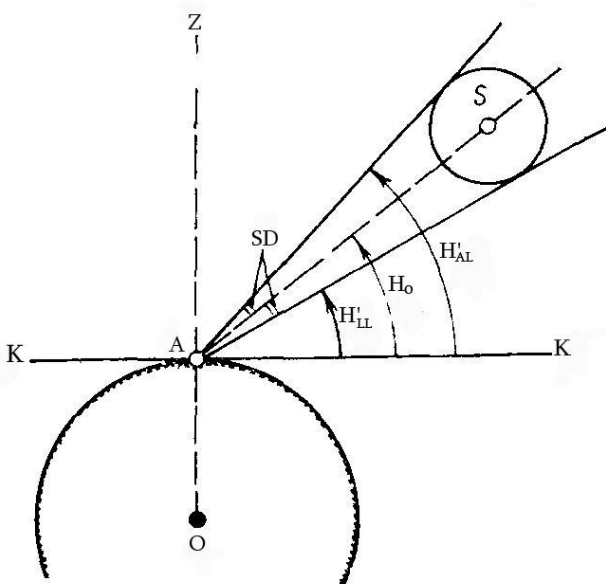
მზესა და მთვარეზე დაკვირვების დროს ზომავენ დისკოს რომელიმე (ზედა ან ქვედა) კიდის სიმაღლეს ჰორიზონტის ხაზიდან. ამოცანების ამოხსნისას, ამიტომ უნდა გათვალისწინდეს მზის ან მთვარის ნახევარდiameterის ან კუთხური რადიუსის მნიშვნელობა მნათობის დისკოს ცენტრის სიმაღლის მისაღებად. თუ გაზომილია მნათობის დისკოს ზედა კიდის სიმაღლე, მაშინ ნახევარდiameterის მნიშვნელობა აკლდება გაზომილ სიმაღლეს, ხოლო თუ გაზომილია დისკოს ქვედა კიდის სიმაღლე, მაშინ ნახევარდiameterი ემატება გაზომილ სიმაღლეს:

$$H_{\odot} = H_{\odot LL} + SD$$

$$H_{\lrcorner} = H_{\lrcorner LL} + SD$$

$$H_{\odot AL} = H_{\odot} - SD$$

$$H_{\lrcorner} = H_{\lrcorner AL} - SD$$



ნახ.45 მნათობის ნახევარდiameterები

სადაც,

H_{\odot}, H_{\lrcorner} – მზის და მთვარის დისკოს ცენტრების სიმაღლეებია ჰორიზონტის ხაზიდან;

$H_{\odot LL}, H_{\lrcorner LL}$ – მზის და მთვარის დისკოს ქვედა კიდის (Lower Limb) სიმაღლეები;

$H_{\odot AL}, H_{\lrcorner AL}$ – მზის და მთვარის დისკოს ზედა კიდის (Apper Limb) სიმაღლეები;

SD – მზის და მთვარის დისკოს ნახევარდiameterები (Semi Diameter) - რადიუსები.

მზის და მთვარის ნახევარდiameterის მნიშვნელობები მოყვანილია ნავიგაციურ აღმანახის ყოველდღიურ ცხრილებში. მზისთვის ნახევარდiameterის სიდიდე მერყეობს 15,8 – 16,3 –ის ფარგლებში, ხოლო მთვარისთვის 14,7 – 16,8–ის ფარგლებში.

„The Nautical Almanac“–ში ნახევარდiameterის

მნიშვნელობა მოყვანილია საერთო შესწორებებში (გვ. A2 და A3).

თავი XII. სიმაღლის გაზომვის დროს დაშვებული შეცდომები და საბოლოო შედეგზე მათი გავლენის შემცირება

§ 43. შეცდომათა საერთო მიმოხილვა ასტრონომიული დაკვირვების პროცესში

ნებისმიერი დაკვირვების ან გაზომვის შედეგში აუცილებლად მონაწილეობს შეცდომა – ეს არის მიღებულ შედეგსა და გასაზომი სიდიდის ჭეშმარიტ მნიშვნელობას შორის სხვაობა.

ასტრონავიგაციაში უმთავრეს დაკვირვებად მიჩნეულია სექსტანტით მნათობთა სიმაღლეების გაზომვა. ასეთ დაკვირვებას თან ახლავს შეცდომების დაშვების საფრთხე. შეცდომათა სიდიდეები შეიძლება იყონ ძალიან დიდი ან პატარა. სიმაღლეთა გაზომვის სიზუსტეზე უშუალოდ დამოკიდებულია გემის ადგილმდებარეობის მიღებული ობსერვირებული წერტილის სიზუსტე. ამიტომაც გემთწამყვანი სწორად უნდა აფასებდეს თავის დაკვირვებაში და გაზომვებში დაშვებულ შეცდომებს.

შეცდომების წარმოქმნის ძირითად მიზეზებს მიეკუთვნება დამკვირვებლის გრძნობათა ორგანოების არასრულყოფა, გამოყენებული ხელსაწყოებისა და მეთოდების არასრულყოფა, იმ გარეშე პირობების გავლენა, როგორც პირობებშიც ხდება დაკვირვება.

მიუხედავად იმისა თუ რა მიზეზების გამო გაჩნდა შეცდომები, მათი მოქმედების ხასიათის მიხედვით შეიძლება იყოს სისტემური და შემთხვევითი.

სისტემური შეცდომა – ეს არის შეცდომა, რომლის გაჩენის ხასიათი და მიზეზი შეიძლება გამოვლინდეს და მათი გავლენა შედეგზე სრულებით გამოირიცხოს შესწორებების შეყვანით ან სხვა რაიმე ხერხით.

ასტრონავიგაციაში, ჩვეულებრივ, საქმე გვაქვს შეცდომებთან, რომლებიც ერთი დაკვირვებიდან მეორე დაკვირვებამდე მეორდებიან, ვინაიდან სიმაღლეთა გაზომვის დროს, სისტემური შეცდომების წარმოქმნის უმთავრესი მიზეზები რჩება უცვლელი. სისტემური ხასიათის შეცდომა განპირობებულია ან გარეშე პირობებით, ან ინსტრუმენტების ცდომილებებით.

ობსერვირებული სიმაღლის სისტემური შეცდომის წარმოქმნის ძირითადი მიზეზია მიღებული ჰორიზონტის დახრილობის კუთხეში (d) და სექსტანტის ინდექსის შესწორებაში (i) „შეპარული“ ცდომილებები. სინამდვილეში სექსტანტის ინსტრუმენტული ცდომილება (s) დროის განმავლობაში იცვლება და არ შეესაბამება ფორმულარში, სექსტანტის გამოშვების წელს შეტანილ მნიშვნელობებს. მიღებულია, რომ სისტემური შეცდომების საერთო სიდიდე უკვე შესწორებულ სიმაღლეთა მნიშვნელობებში დევს 1'-დან 3'-ის ფარგლებში, პოლარული ზღვებისთვის კი ეს მნიშვნელობა აღწევს 7' – 8'.

გემთწამყვანმა უნდა შეძლოს ისეთი ზომების გატარება, რომ მისი დაკვირვების შედეგზე სისტემური შეცდომების გავლენა მაქსიმალურად შეამციროს.

პრაქტიკულად ასეთ ზომებს მიეკუთვნება:

- სექსტანტის სწორი გამოყენება და მისი მოვლა;
- სარკეების პარალელობის კონტროლი ყოველი დაკვირვების წინ;

- ინდექსის შესწორების მაქსიმალურად ზუსტი გამოთვლა დაკვირვების წინ;
- სიმაღლეთა გასწორების დროს, ყოველი შესწორების სწორად ამოღება ცხრილებიდან და მათი გათვალისწინება;
- ქრონომეტრის შესწორების ყოველდღიური ზუსტი კონტროლი და მისი მოყვანა დაკვირვების მომენტზე;
- სექსტანის პერიოდული შემოწმება სპეციალურ ლაბორატორიაში.

ყველა ეს ზომა, რა თქმა უნდა, მნიშვნელოვნად შეამცირებს სისტემური შეცდომების გავლენას საბოლოო შედეგზე, მაგრამ არ გამორიცხავს მას. გავლენის გამორიცხვა მოხდება თუ ადგილმდებარეობის დასადგენად გამოყენებული იქნებოდა, კერძოდ, მეთოდი: „გემის ადგილმდებარეობის დადგენა სამ ან ოთხ ვარსკვლავზე ერთდროული დაკვირვებით“, მაგრამ ასეთი მეთოდის გამოყენება დამოკიდებულია გარემო პირობებზე და დაკვირვების შედეგების გულმოდგინედ დამუშავებაზე.

შემთხვევითი შეცდომა – ეს ისეთი შეცდომაა, რომელთა წარმოქმნა გამოწვეულია უამრავი სახისა და ურთიერთსაწინააღმდეგო მიზეზების ქმედებით, რაც გავლენას ახდენს გაზომვის შედეგზე. ასეთ შეცდომათა სიდიდე და ნიშანი, სისტემურ შეცდომებთან შედარებით შეიძლება იცვლებოდეს ყოველი დამკვირვებლისთვის.

რაც უფრო მეტი იქნება გაზომვის შემთხვევა, მით უფრო ზუსტი იქნება გაზომვების საშუალო შედეგი. შემთხვევითი შეცდომების გაჩენა გარდაუვალია ნებისმიერი გაზომვის დროს.

ასტრონომიული გაზომვების დროს ასეთი შეცდომები განპირობებულია ჰორიზონტის ხაზის მდგომარეობითა და დამკვირვებლის სუსტი გამოცდილებით.

შემთხვევითი შეცდომების შემცირების მიზნით უნდა შესრულდეს შემდეგი ზომები:

- დამკვირვებელი უნდა ცდილობდეს დაკვირვებისთვის უკეთესი პერიოდის, ანუ უკეთესი პირობების შერჩევას (აირჩიოს უფრო კაშკაშა მნათობი, კარგად განათებული ჰორიზონტის ზევით);
- დამკვირვებელი უნდა ვარჯიშობდეს სიმაღლეების გაზომვაში სისტემატურად;
- დამკვირვებელი უნდა ცდილობდეს მნათობის ან მისი დისკოს კიდის ზუსტად შეხებას ჰორიზონტის ხაზსთან, სექსტანის აუცილებელი რწევით ხილვადობის მილაკის ღერძის გარშემო;
- მნათობისა და ჰორიზონტის ხაზის შეხება ერთმანეთთან უნდა მოხდეს ხილვადობის მილაკის ცენტრში;
- უნდა გაიზომოს ერთი და იმავე მნათობის რამდენიმე სიმაღლე და შესრულდეს საშუალო სიმაღლის გამოყვანა.

ასევე შტურმანი არ არის დაზღვეული უხეში შეცდომისგან, დაკვირვების პროცესში. ასეთი შეცდომები ჩნდება გამოთვლების ან გაზომვის დროს, უმეტესად შტურმანის გამოუცდელობის ან უყურადღებობის გამო. როგორც წესი, უხეში შეცდომა თავს იჩენს დაკვირვებისა და გამოთვლების ბოლო სტადიაში, როგორც მიღებულ შედეგსა და მოსალოდნელს შორის სხვაობა და კიდევ უფრო საშიში ის არის, რომ არასწორი შედეგი შეიძლება მიღებული იქნას, როგორც სწორი.

უხეში შეცდომის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა შტურმანი არასდროს არ დაჯერდეს ერთ გაზომვას, არამედ შეეცადოს შეასრულოს გაზომვების სერია (3–5 გაზომვისგან), ხოლო შემდეგ გამოიყვანოს გაზომვის საშუალო სიდიდე და დაკვირვების დროს საშუალო მომენტი. თუ უხეში შეცდომა დაშვებულია, რომელიმე ერთ გაზომვაში სერიიდან, მაშინ გაზომვის ეს სიდიდე იჩენს, სხვა გაზომილი სიდიდეებისგან მკვეთრი განსხვავებით – გასაგებია, რომ უხეში შეცდომის შემცველი გაზომვა აღარ უნდა მონაწილეობდეს საშუალო შედეგის გამოყვანაში. უხეში შეცდომების გამოაშკარავებისთვის საჭიროა გამოითვალოს სხვაობები მეზობელ გაზომვებში, როგორც დროის მომენტის (), ასევე სიმაღლეების (H) სხვაობები. რა თქმა უნდა, ეს სხვაობები დროსა და სიმაღლეში უნდა იყოს პროპორციული, ანუ დროის დიდ სხვაობას ორ მეზობელ გაზომვას შორის უნდა შეესაბამებოდეს სიმაღლეთა ათვლების დიდი სხვაობაც.

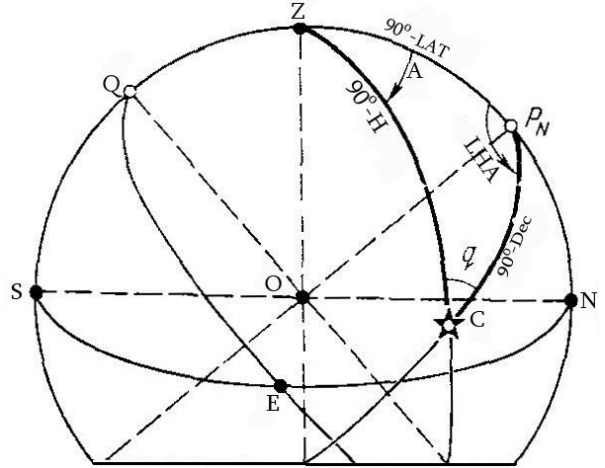
მხოლოდ დამკვირვებელის უკიდურესად დიდი ყურადღება შეიძლება იყოს უხეში შეცდომების არდაშვების გარანტი. რა თქმა უნდა, სხვა ფაქტორებსაც აქვს მნიშვნელობა, მაგალითად, შესწავლილი და მიზანშეწოლილი სქემების გამოყენება, ციფრების აკურატული მიწერა გამოთვლების შესრულების დროს და სხვა.

უხესი შეცდომების დაშვების შესაძლებლობა მცირდება შტურმანის მუდმივი ვარჯიშის, დაკვირვებისა და გამოთვლების ხშირი შესრულების შედეგად.

თავი XIII. მნათობთა პარალაქსური სამკუთხედის ამოხსნა

§ 44. სფერული ტრიგონომეტრიის ძირითადი ფორმულები

ასტრონავიგაციის ყველა მნიშვნელოვანი ამოცანა მოითხოვს პარალაქსური სამკუთხედის ამოხსნას, რომელიც დამკვირვებლის გეოგრაფიულ კოორდინატებს დედამიწის ზედაპირზე აკავშირებს მნათობთა ციურ კოორდინატებთან, როგორც ჰორიზონტულ, ასევე ეკვატორიულ სისტემაში. ამ შემთხვევაში საპოვნინი სიდიდის გამოთვლა ხდება ცნობილი სიდიდეებით. სამკუთხედში ნებისმიერი ელემენტის (კუთხის ან გვერდის) საპოვნელად საჭიროა ცნობილი იყოს მისი სხვა სამი ელემენტის სიდიდე. მაშინ ფორმულის საშუალებით აკავშირებენ ერთმანეთთან ამ ოთხ სიდიდეს და დებულობენ სასურველ შედეგს.



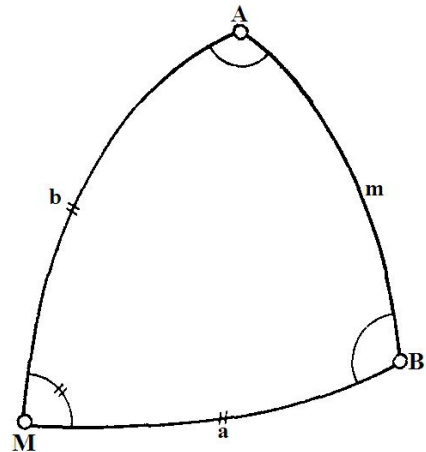
ნახ.47 მნათობის პარალაქსური სამკუთხედი

სფერული, ანუ პარალაქსური სამკუთხედების ამოხსნაზეც ეს დებულება ვრცელდება. განვიხილოთ

სფერული ტრიგონომეტრიის ოთხი ძირითადი თეორემა გამოყვანის გარეშე.

გვერდის კოსინუსის ფორმულა – ეს ფორმულა აკავშირებს ერთმანეთთან სამკუთხედის სამივე გვერდს და ნებისმიერ ერთ კუთხეს.

I თეორემა: სფერული სამკუთხედის გვერდის კოსინუსი უდრის ორი დანარჩენი გვერდის სინუსების ნამრავლს პლუს ამავე გვერდების სინუსებისა და მათ შორის მდებარე კუთხის კოსინუსის ნამრავლი. სფერულ სამკუთხედში ABM (ნახ. 48), რომლის კუთხეებია A, B და M, ხოლო გვერდები a,b,m.



ნახ.48 ბლაგვკუთხა სფერული სამკუთხედი

a გვერდისთვის შეიძლება ჩაიწეროს:

$$\cos a = \cos b \cdot \cos m + \sin b \cdot \sin m \cdot \cos A$$

b გვერდისთვის:

$$\cos b = \cos m \cdot \cos a + \sin m \cdot \sin a \cdot \cos B$$

m გვერდისთვის:

$$\cos m = \cos a \cdot \cos b + \sin a \cdot \sin b \cdot \cos M$$

სინუსების ფორმულა აერთიანებს საპირისპირო ელემენტებს (კუთხეებს და გვერდებს).

II თეორემა: ყოველ სფერულ სამკუთხედში გვერდების სინუსი შეფარდება საპირისპიროდ მდებარე კუთხეების სინუსს.

ABM სამკუთხედისთვის ეს ფორმულა ასე ჩაიწერება:

$$\frac{\sin a}{\sin b} = \frac{\sin A}{\sin B}; \frac{\sin a}{\sin m} = \frac{\sin A}{\sin M}; \frac{\sin b}{\sin m} = \frac{\sin B}{\sin M}$$

კოტანგენსების ფორმულა – აერთებს ერთმანეთთან სამკუთხედის ოთხ მეზობელ ელემენტს.

III თეორემა: გარე კუთხის კოტანგენსი გამრავლებული შუა კუთხის სინუსზე უდრის გარე გვერდის კოტანგენსის ნამრავლს შუა გვერდის სინუსზე მინუს შუა ელემენტების კოსინუსის ნამრავლი.

თუ კი მაგალითად, სფერულ ABM სამკუთხედში დგინდება თანაფარდობა A,M,B და a ელემენტებს შორის, მაშინ კუთხე A და გვერდი a გარე ელემენტებია, ხოლო გვერდი m და კუთხე B შუა, ფორმულა ასე ცაიწერება:

$$ctgA \cdot \sin B = ctg a \sin m - \cos B \cdot \cos m$$

სამკუთხედისთვის ჩაიწერება ექვსი ასეთი ვარიანტი:

- $ctgA \cdot \sin M = ctg a \cdot \sin b - \cos M \cos b$
- $ctgB \cdot \sin M = ctg b \cdot \sin a - \cos M \cdot \cos a$
- $ctgB \cdot \sin A = ctg b \sin m - \cos A \cdot \cos m$
- $ctgM \cdot \sin A = ctg m \cdot \sin b - \cos A \cdot \cos b$
- $ctgM \cdot \sin B = ctg m \cdot \sin a - \cos B \cdot \cos a$

კუთხის კოსინუსის ფორმულა აკავშირებს ერთმანეთთან სამკუთხედის სამ კუთხეს და ერთ ნებისმიერ გვერდს.

IV თეორემა: სფერული სამკუთხედის კუთხის კოსინუსი უდრის სხვა ორი კუთხის სინუსებისა და მათ შორის გვერდის კოსინუსის ნამრავლს მინუს ამავე კუთხეების კოსინუსების ნამრავლი სფერული სამკუთხედი ABM–ისთვის შეიძლება ჩაიწეროს:

- $\cos A = \sin B \cdot \sin M \cdot \cos a - \cos B \cdot \cos M$
- $\cos B = \sin A \cdot \sin M \cdot \cos b - \cos A \cdot \cos M$
- $\cos M = \sin A \cdot \sin B \cdot \cos m - \cos A \cdot \cos B$

აქ მოყვანილი ფორმულების გამოყენება შეიძლება ნებისმიერი სფერული სამკუთხედის ამოხსნის დროს. გემთწამყვანს პრაქტიკულად, საქმე აქვს ბლაგვკუთხა სფერული სამკუთხედის ამოხსნისთვის ასტრონომიული მეთოდების ადგილმდებარეობის დასადგენად საწირო ხდება აზიმუტისა და სიმაღლის ერთდრულად გამოთვალა, როცა ცნობილია დამკვირვებლის ათვლითი განედი (LAT_c), მნათობის საათობრივი კუთხე (LHA) და მნათობის დახრილობა (Dec) კომპასის შესწორების გამოსათვლელად საჭიროა მხოლოდ მნათობის აზიმუტის განსაზღვრა.

სფერული ტრიგონომეტრიის ფორმულები სამკუთხედის უცნობი ელემენტის გამოსათვლელად გამოიყენება ტრიგონომეტრიული ფუნქციების ლოგარითმულ ცხრილებში, სპეციალურ ცხრილებსა და კომპიუტერულ პროგრამებში.

მნათობის სიმაღლისა და აზიმუტის ერთდროული გამოსათვლელი ფორმულები
 სიმაღლის (H) გამოსათვლელად გამოიყენება გვერდის კოსინუსის ფორმულა.
 ჩავწეროთ ეს ფორმულა სამკუთხედი გვერდის ZC მიმართ.

$$ZC=90^{\circ}-H$$

$$\cos(90^{\circ} - H) = \cos(90^{\circ} - LAT) \cdot \cos(90^{\circ} - Dec) + \sin(90^{\circ} - LAT) \cdot \sin(90^{\circ} - Dec) \cdot \cos LHA$$

გავამარტივოთ გამოსახულება და მივიღებთ:

$$\sin H = \sin LAT \cdot \sin Dec + \cos LAT \cdot \cos Dec \cdot \cos LHA$$

აზიმუტის გამოსათვლელად გამოვიყენოთ სინუსების ფორმულა :

$$\frac{\sin A}{\sin LHA} = \frac{\sin(90^{\circ} - Dec)}{\sin(90^{\circ} - H)}$$

გავამარტივოთ გამოსახულება და მივიღებთ:

$$\sin A = \cos Dec \cdot \sin LHA \cdot \sec H$$

სიმაღლე ცნობილია ამ ფორმულაში.

ამ ფორმულებს გამოიყენებენ, როდესაც განსაზრვრავენ მნათობის კოორდინატებს ლოგარითმული ცხრილების საშუალებით ან მიკროკალკულატორით.

აზიმუტის ცალკე გამოსათვლელად გამოიყენება კოტანგენტების ფორმულა:

$$ctg A \cdot \sin LHA = ctg(90^{\circ} - Dec) \cdot \sin(90^{\circ} - LAT) - \cos LHA \cdot \cos(90^{\circ} - LAT)$$

გავამარტივოთ გამოსახულება:

$$ctg A = \frac{tg Dec \cdot \cos LAT}{\sin LHA} - \frac{\cos LHA \cdot \sin LAT}{\sin LHA}$$

საბოლოოდ:

$$ctg A = \cos LAT \cdot tg Dec \cdot cosec LHA - \sin LAT \cdot ctg LHA$$

თავი XIV. ციურ მნათობებზე დაკვირვებით კომპასის შესწორების განსაზღვრა

§ 45. კომპასის შესწორების განსაზღვრის შესახებ საერთო მოსაზრებები

კომპასის შესწორების განსაზღვრა ზღვაში წარმოადგენს გემთწამყვანობის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ამოცანას. გემის უსაფრთხოება ზღვაში გადასვლის დროს დამოკიდებულია კომპასების ჩვენების სისწორეზე. თუ გემთწამყვანმა ზუსტად არ იცის იმ კომპასის ზუსტი შესწორება, რომლითაც მართავს გემს, მას არ შეუძლია გემის კურსის ზუსტი დაცვა და ობსერვაციების ზუსტი წარმოება. დროთა ვითარებაში კომპასებს სხვადასხვა მიზეზის გამო შესწორების სიდიდე ეცვლება,



განსაკუთრებით, მაგნიტურ კომპასებს. ამიტომ გადასვლის დროს გემთწამყვანი ვალდებულია სისტემატურად აწარმოოს მოქმედი კომპასების (გიროკომპასი, მაგნიტური კომპასი) შესწორების ზუსტი განსაზღვრა. თუ გადასვლა ხდება ხმელეთთან ახლოს, კომპასის შესწორება გამოითვლება სხვადასხვა, ცნობილი ნავიგაციური ხერხით. მაგრამ, თუ გემი მოძრაობს ღია ზღვაში, მაშინ გამოითვლება მხოლოდ ციურ მნათობებზე დაკვირვებით. ხმელეთთან ახლოს ნაოსნობის დროსაც გემთწამყვანმა უნდა ეცადოს კომპასის შესწორება განსაზღვროს ასტრონომიული მეთოდით. ის იქნება უფრო ზუსტი ვიდრე ნავიგაციური მეთოდით მიღებული.

ნავიგაციის კურსიდან ცნობილია, რომ კომპასის შესწორების სიდიდეც და ნიშანიც გამოითვლება როგორც სხვაობა ჭეშმარიტ და კომპასურ მიმართულებებს შორის.

$$CE = TB - CB$$

სადაც, **CE** – Compass Error

TB – True Bearing

CB – Compass Bearing

$$= ИП - КП$$

- კომპასის შესწორება

ИП – ჭეშმარიტი პელენგი

КП – კომპასური პელენგი

კომპასურ პელენგს გემთწამყვანი ზომავს პელენგატორისა და კომპასის (მაგნიტური ან გიროკომპასი) მეშვეობით, ხოლო ჭეშმარიტ პელენგს ის განსაზღვრავს სხვადასხვა ცხრილური ლიტერატურის დახმარებით. მნათობის ჭეშმარიტი პელენგი – ეს იგივე აზიმუტია წრიულ ათვლაში. აზიმუტის გამოსათვლელად ხსნიან პარალაქტიკურ სამკუდხედს (ნახ.49). სამკუდხედში $ZPNC$ ცნობილად შეიძლება ჩაითვალოს შემდეგი ელემენტები:

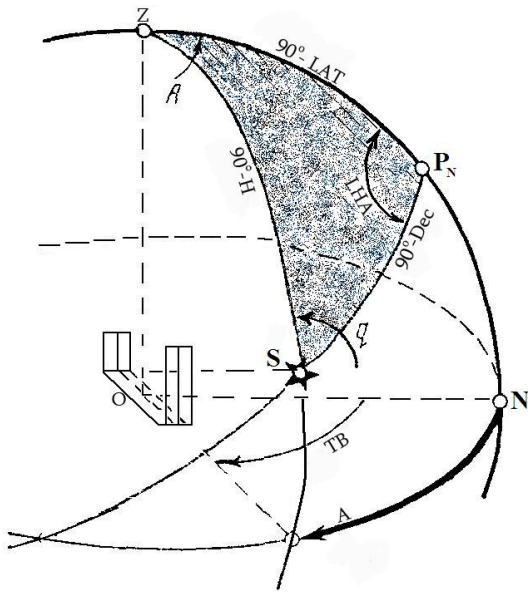
- გვერდი ($90^\circ - Lat$); Lat – დამკვირვებლის განედია პელენგის გაზომვის მომენტზე, იხსნება რუკიდან ან GPS –ინდიკატორიდან.
- გვერდი ($90^\circ - Dec$); Dec – პოლობენ აღმანახში დაკვირვების მომენტზე გრინვიჩის დროით და თარიღით.

- კუთხე $LHA = GHA \pm Long_W^E$, პოულობენ ალმანახის ყოველდღიურ ცხრილებში დაკვირვების მომენტზე გრინვიჩის დროით და თარიღით.

სამი ცნობილი ელემენტით (Lat, LHA და Dec) აზიმუტი შეიძლება განისაზღვროს პარალაქსური სამკუთხედიდან უკვე ცნობილი ფორმულის საშუალებით:

$$ctgA = \cos Lat \cdot tg Dec \cdot cosec LHA - \sin Lat \cdot ctg LHA$$

პრაქტიკულად შეიძლება გამოყენებული იქნას ცხრილები «Sight Reduction Table», რომლებიც მოცემულია ალმანახში «The Nautical almanac». ამასთანავე უნდა



ნახ.49 აზიმუტის გამოთვლა კომპასის შესწორებისთვის

აღინიშნოს, რომ კოორდინატები დაკვირვების მომენტზე იხსნება რუკიდან, ხოლო კომპასურ პელენგს ზომავს გემთწამყვანი, ამ ორ სიდიდეში შეიძლება დაშვებული იქნას საკმაოდ დიდი შეცდომა, რომელიც შემდეგ იმოქმედებს კომპასის შესწორების სიზუსტეზე. დამტკიცებულია პრაქტიკული მუშაობით, რომ თუ გემთწამყვანი დაიცავს ქვემოთ ჩამოთვლილ რეკომენდაციებს, კომპასის განსაზღვრული შესწორების სიზუსტე იქნება საკმარისი გემის პრაქტიკული ნაოსნობისთვის. ასე მაგალითად, მნათობები დაკვირვებისთვის ისე უნდა შეირჩიოს, რომ მათი სიმაღლეები არ იყოს $15^{\circ}-20^{\circ}$ მეტი. პელენგატორის სიზუსტე დროგამოშვებით უნდა მოწმდებოდეს; პელენგის გაზომვის დროს არარის საჭირო კომპასის ქვაბის გადახრა ხელით მარჯვნივ ან მარცხნივ; მცირე

სიმაღლეზე მნათობების შერჩევა კიდევ იმიტომ არის საჭირო, რომამ ამ შემთხვევაში არ დაგვჭირდება გადასახსნელი სარკის გამოყენება, რაც თავისთავად გავლენას ახდენს გაზომვის სიზუსტეზე; შემთხვევითი შეცდომების შესამცირებლად საჭიროა შემდეგი რეკომენდაციების დაცვა: როგორც კი შეათავსეთ ხილვადობის სამიზნე ძაფი მნათობს, მაშინვე ჩაიწერეთ პელენგის ათვლა და დააფიქსირეთ ზუსტი დროის მომენტი; თუ შესაძლებელია, გაზომეთ რამდენიმე პელენგი და დააფიქსირეთ შესაბამისი დროის მომენტები, გამოიყვანეთ მათი საშუალო სიდიდე. ასევე უნდა გვახსოვდეს, რომ კომპასის შესწორების განსაზღვრა არ ხდება ცირკულაციის პროცესში ან მისი დასრულების შემდეგ გარკვეულ დროზე ადრე. მაგალითად, გიროსკოპიული კომპასის შესწორების განსაზღვრა შესაძლებელია ბოლო მანევრიდან 2-3 საათის შემდეგ, როცა მგრძნობიარე ელემენტი საბოლოოდ „მოვა“ მერიდიანში.

§ 46. კომპასის შესწორების განსაზღვრა, როცა მნათობის აზიმუტი გამოითვლება ცხრილებით “Sight Reduction Table”, განთავსებული ალმანახში “The Nautical Almanac”

გემთწამყვანის თანმიმდევრული მოქმედებები ხიდურზე:

- **მოზაადება დაკვირვებისთვის** – ამზადებენ პელენგატორს და დგამენ კომპასზე. არჩევენ დაკვირვებისთვის ციურ მნათობს, ღამით ვარსკვლავს, მთვარეს ან პლანეტას რომელთა სიმაღლე 20° -ზე ნაკლები უნდა იყოს; დღისით – მზეს, მისი დაპელენგება კარგ შედეგს იძლევა დილით ან საღამოს, როდესაც სიმაღლე 20° -ზე ნაკლებია. რა თქმა უნდა დაპელენგება სხვა დროსაც შეიძლება, მაგრამ მაშინ უნდა მოვიშველიოთ პელენგატორის გადასახსნელი სარკე, რაც გამოიწვევს ცდომილებას.
- **დაკვირვება** – სწრაფად, თანმიმდევრობით ზომავენ 3–5 პელენგს მნათობზე და აფიქსირებენ დროს გაზომვის მომენტზე ქრონომეტრით ან GPS-ინდიკატორით. რუკიდან ხსნიან კოორდინატებს პელენგის გაზომვის მომენტზე.
- **გამოთვლები** – 1. გამოითვლიან საშუალო არითმეტიკულს პელენგის და დროის მომენტის; 2. გემის დროის ზოლური ნომრით შესწორების შედეგად მიიღებენ პელენგის გაზომვის გრინვიჩის დროს და თარიღს; 3. ქრონომეტრის მომენტს შეასწორებენ ქრონომეტრის შესწორებით და მიიღებენ პელენგის გაზომვის ზუსტ მომენტს გრინვიჩის დროით. 4. “The Nautical Almanac”-ის ყოველდღიური ცხრილების მეშვეობით გამოითვლიან მნათობის საათობრივ კუთხეს და დახრილობას პელენგის გაზომვის მომენტზე.

არგუმენტებით: LAT; LHA; Dec შედიან ცხრილებში „Sight Reduction Table“, რომლებიც განთავსებულია “The Nautical Almanac”-ში. ამოცანა იხსნება ეტაპობრივად:

1. შედიან ცხრილებში არგუმენტებით: LAT და LHA პოულობენ დამხმარე სიდიდეებს A; B და Z_1 . B აქვს ნიშანი „-“, თუ $90^\circ < LHA < 270^\circ$. სხვა შემთხვევაში B აქვს „+“ ნიშანი;
2. B ქვეშ მიუწერენ დახრილობის მნიშვნელობას (Dec) დამრგვალებულს წუთებამდე, რომელსაც ასევე აქვს ნიშანი: „-“, თუ LAT და Dec სხვადასხვა სახელწოდების არიან და ნიშანი „+“, თუ მათ ერთნაირი სახელწოდებები აქვთ. B და Dec სიდიდეები ალგებრულად იკრიბება და ღებულობენ დამხმარე სიდიდეს F. თუ F მიიღეს უარყოფითი ნიშნით, მაშინ მნათობი არის ჰორიზონტს ქვევით და საჭიროა გამოთვლების გადამოწმება – კონტროლი. F ყოველთვის უნდა იყოს დადებითი ნიშნით;
3. ისევ შედიან ცხრილებში „Sight Reduction Table“, ამჯერად არგუმენტებით: A° და F° , პოულობენ დამხმარე სიდიდეს – Z_2 , რომელსაც აქვს ნიშანი „+“, თუ $F^\circ < 90^\circ$; ნიშანი „-“, თუ $F^\circ > 90^\circ$;
4. ალგებრულად იკრიბება სიდიდეები $Z_1 + Z_2 = Z$ და ღებულობენ დამხმარე სიდიდეს – Z. აზიმუტს გამოითვლიან შემდეგი წესით: *ჩრდილო ნახევარსფეროში* (LAT_N): თუ $LHA > 180^\circ$, მაშინ $A = Z$;

თუ $LHA < 180^\circ$, მაშინ $A = 360^\circ - Z$.

სამხრეთ ნახევარსფეროში (LAT_s): თუ $LHA > 180^\circ$, მაშინ $A = 180^\circ - Z$;

თუ $LHA < 180^\circ$, მაშინ $A = 180^\circ + Z$.

აზიმუტი მიიღება წრიულ ათვლაში.

ამოცანის ამოხსნის სქემა:

1. მნათობის ციური კოორდინატების განსაზღვრა:

(სქემა 10)

Date	T _{ship}		Tchr	
	N ^o Z		Uchr	
Date	T _{GR}		T _{GR}	
	*		GHA ^r	
			GHA ^r	
			GHA ^r	
			Long ^E _W	
			LHA ^r	
			SHA*	
			LHA*	W
			Dec*	
☉ ☽ ☿			GHA _☉	
			GHA _☉	
			GHA _☉	
			Long ^E _W	
			LHA _☉	W
			Dec _{☉T}	
			D	
			Dec _☉	

2. აზიმუტის განსაზღვრა ცხრილებით „Sight Reduction Table“.

(სქემა 11)

I. SRT (LAT; LHA)	A =	
	B =	Z ₁ =
	Dec =	
B+Dec	F =	
II. SRT (A°; F°)		Z ₂ =
III. Z ₁ + Z ₂		Z =
		A =
A		
CB		
C		

✓ მაგალითი1:

მოცემულია:

01 თებერვალი 2006 წელი, წყნარი ოკეანე; დილა:

$T_{ship}=04^h58^m$; $LAT_c = 56^{\circ}55',0 S$; $Long_c = 79^{\circ}50',0 W$; ვარსკვლავ **Arcturus** -ის საშუალო გიროკომპასური პელენგი $GCB = 13^{\circ},5SE$; $T_{chr} = 09^h38^m10^s$; $U_{chr} = +20^m10^s$; $CC = 352^{\circ}$.

განვსაზღვროთ: კომპასის შესწორება (C).

ამოხსნა:

01.02.06	T_{ship}	04^h58^m	T_{chr}	$09^h38^m10^s$	GHA $^{\circ}$	$266^{\circ}09',5$
					GHA $^{\circ}$	$14^{\circ}37',4$
01.02.06	$N^{\circ}z$	5 W	U_{chr}	$+20^m10^s$	GHA $^{\circ}$	$280^{\circ}47',9$
					Long $_w$	$79^{\circ}50',0W$
01.02.06	T_{GR}	09^h58^m	T_{GR}	$09^h58^m20^s$	LHA $^{\circ}$	$200^{\circ}57',9W$
					SHA $^{\circ}$	$146^{\circ}03',1$
					LHA $^{\circ}$	$347^{\circ}01',0W$
					Dec $^{\circ}$	$19^{\circ}09',8N$

არგუმენტები: $LAT=57^{\circ}S$; $LHA=347^{\circ}W$; $Dec =19^{\circ}10'$ (სიდიდეები დამრგვალებულია მთელ გრადუსებამდე და Dec წუთებამდე).

I. SRT (LAT; LHA)	A = $07^{\circ}02'$	$Z_1 = +79^{\circ},0$
	B = $+32^{\circ}19'$	
	Dec = $-19^{\circ}10'$	
	B+Dec	F = $13^{\circ}06'$
II. SRT (A $^{\circ}$; F $^{\circ}$)		$Z_2 = +88^{\circ},4$
III. $Z_1 + Z_2$		$Z = 167^{\circ},4$
	A = $12^{\circ},6$	A = $167^{\circ},4$
	CB = $13^{\circ},5$	A = $12^{\circ},6 SE$
	C = $-0,9^{\circ}$	

✓ მაგალითი2:

მოცემულია:

28 ივნისი 2006 წ. შავი ზღვა

$T_{ship}=17^h20^m$; $LAT_c = 41^{\circ}50',0N$; $Long_c = 30^{\circ}02',0E$; $T_{chr} = 03^h19^m35^s$; $U_{chr} = -01^m18^s$; $CC = 262^{\circ}$; მივიღეთ მზის საშუალო კომპასური პელენგი $CB_{\odot} = 270^{\circ},1$.

განვსაზღვროთ: კომპასის შესწორება (C).

ამოხსნა:

1. მნათობის ციური კოორდინატების განსაზღვრა:

T_{ship}	17^h20^m	T_{chr}	$03^h19^m35^s$	28.06.06	GHA $_{\odot}$	$44^{\circ}12',1$
$N^{\circ}z$	2E	U_{chr}	-01^m18^s		GHA $_{\odot}$	$4^{\circ}34',3$
T_{GR}	15^h20^m	T_{GR}	$15^h18^m17^s$	28.06.06	GHA $_{\odot}$	$48^{\circ}46',4$
					Long E_W	$30^{\circ}02',0E$
				28.06.06	LHA $_{\odot}$	$78^{\circ}48',4W$
				28.06.06	Dec $_{\odot T}$	$23^{\circ}16',8N$
					D	0,0
				28.06.06	Dec $_{\odot}$	$23^{\circ}16',8N$

2. აზიმუტის განსაზღვრა ცხრილებით „Sight Reduction Table“.
 არგუმენტები: LATc=42°N; LHA=79°W; Dec=23°17'N.

I. SRT (LAT; LHA)	A = 46°51' B = +11°58' Dec = +23°17'	Z ₁ = +16°,2
B+Dec	F = 35°15'	
II. SRT (A°; F°)		Z ₂ = 62°,9
III. Z ₁ + Z ₂		Z = 89°,1 A = 360° - 89°,1
A = 270°,9 CB = 270°,1		
C = +0°,8		

§ 47. მნათობის აზიმუტის განსაზღვრა ცხრილებით «NORIE'S NAUTICAL TABLES»

ცხრილების მეორე ნაწილში „Tables for Celestial Navigation“ მოცემულია სამი დამხმარე ცხრილი A, B და C მნათობის აზიმუტის გამოსათვლელად. ცხრილები შედგენილია პარალაქსური სამკუთხედის ამოხსნის საფუძველზე:

ცხრილი A: $ctg LHA \cdot tg LAT$

ცხრილი B: $tg Dec \cdot cosec LHA$

$$ctg A = (A \pm B) \cdot cos LAT$$

(A ± B) ჯამი მოცემულია, როგორც C მნიშვნელობა და ცხრილებში C შესასვლელად არგუმენტებია C და LAT. მათ კვეთაში მიიღება აზიმუტი ნახევარწრიულ ათვლაში. მისი სახელწოდება შედგება ორი ასოსგან:

პირველი ასო – C სახელწოდება; მეორე ასო – LHA სახელწოდება.

ცხრილი A – ჰორიზონტულ რიგში მოცემულია საათობრივი კუთხეების მნიშვნელობები 0°15'–დან 359°45'–მდე ორ რიგად, როგორც გვერდის ზედა ნაწილში, ასევე ქვედა ნაწილშიც.

ვერტიკალურ სვეტში მოცემულია დამკვირვებლის განედის სიდიდეები 0°–დან – 60°–მდე (60°–დან – 83°–მდე მოცემულია გვერდებზე 400, 402, 404, 406, 408).

არგუმენტების კვეთაში მიღებულ A სიდიდეს ენიჭება განედის საპირისპირო სახელწოდება, თუ ადგილობრივი საათობრივი კუთხის სიდიდე არ მდებარეობს ფარგლებში 90°–270°, ხოლო თუ მდებარეობს ამ ფარგლებში, A ენიჭება ისეთივე სახელწოდება, როგორც აქვს განედს (LAT).

ცხრილი B – ჰორიზონტულ რიგში მოცემულია ადგილობრივი საათობრივი კუთხის მნიშვნელობები 0°15'–დან 359°45'–მდე, ხოლო ვერტიკალურ სვეტში – მნათობის დახრილობის მნიშვნელობები 0°–დან – 60°–მდე (60°–დან – 75°–მდე მოცემულია გვერდებზე 401, 403, 405, 407, 409).

არგუმენტების კვეთაში მიღებულ B სიდიდეს ენიჭება ისეთივე სახელწოდება, როგორც აქვს დახრილობას (Dec).

ალგებრულად იკრიბება $A \pm B$, ანუ თუ A და B ერთნაირი სახელწოდებისაა, იკრიბება და ექნება საერთო ნიშანი; თუ A და B სხვადასხვა სახელწოდებისაა, უდიდეს აკლდება უმცირესი და ენიჭება უდიდესის სახელწოდება.

ცხრილი C – ჰორიზონტულად მოცემულია არგუმენტი $C = A \pm B$, ხოლო ვერტიკალურ სვეტში – დამკვირვებლის განედის მნიშვნელობები. არგუმენტების კვეთაში ღებულობენ აზიმუტის მნიშვნელობას ნახევარწრიულ ათვლაში, რომლის სახელწოდების პირველი ასო C სახელწოდებაა, ხოლო მეორე ასო – ადგილობრივი საათობრივი კუთხის სახელწოდების იდიენტურია. ნახევარწრიული აზიმუტი გადაჰყავთ წრიულ ათვლაში და კომპასის შესწორება გამოითვლება ფორმულით:

$$C = A - CB$$

✓ მაგალითი 3:

მოცემულია:

30 აპრილი 2006 წ.

$T_{ship}=17^h45^m$; $LAT_c = 49^{\circ}54',0N$; $Long_c = 149^{\circ}50',0W$; $T_{chr} = 03^h47^m22^s$; $U_{chr} = -02^m09^s$;

მივიღეთ მზის საშუალო კომპასური პელენგი $CB_{\odot} = 277^{\circ},7$.

განსაზღვროთ: კომპასის შესწორება (C) ცხრილებით «NORIE'S NAUTICAL TABLES» .

ამოხსნა:

1. მნათობის ციური კოორდინატების განსაზღვრა:

T_{ship}	17^h45^m	T_{chr}	$03^h47^m22^s$	30.04.06	GHA_{\odot}	$225^{\circ}42',3$
$N^{\circ}Z$	10W	U_{chr}	-02^m09^s		GHA_{\odot}	$11^{\circ}18',3$
T_{GR}	03^h45^m	T_{GR}	$03^h45^m13^s$	01.05.06	GHA_{\odot}	$237^{\circ}00',6$
					$Long_{W}^E$	$149^{\circ}50',0W$
				01.05.06	LHA_{\odot}	$87^{\circ}10',6W$
				01.05.06	$Dec_{\odot T}$	$14^{\circ}55',4N$
					D	0,5
				01.05.06	Dec_{\odot}	$14^{\circ}55',9N$

2. აზიმუტის განსაზღვრა.

I – $LHA=87^{\circ}W$

$$A = \cdot 06S$$

$LAT=49^{\circ},9N$

II – $LHA=87^{\circ}W$

$$B = \cdot 27N$$

$$Dec = 14^{\circ},9 N$$

III – $C = \cdot 21N$

$$A_6 = N82^{\circ},3W$$

$$A = 360^{\circ}-82^{\circ},3=277^{\circ},7$$

$$LAT=49^{\circ},9$$

$$A = 277^{\circ},7$$

$$CB = 277^{\circ},7$$

$$C = 0^{\circ}$$

§ 48. კომპასის შესწორების განსაზღვრა პოლარულ ვარსკვლავზე დაკვირვებით

ჩრდილო დაბალ განედებში ნაოსნობის დროს კომპასის შესწორების განსაზღვრა პოლარულ ვარსკვლავზე დაკვირვებით ძალიან ხელსაყრელია.

ვინაიდან პოლარული ვარსკვლავისთვის პოლარული მანძილი, მიახლოებით, შეადგენს $0^{\circ},9$, ის ძალიან მცირე რადიუსით შემოწერს ჩრდილო პოლუსის გარშემო პატარა ორბიტას თავისი დღედამური მოძრაობის პროცესში. ამის გამო პოლარული ვარსკვლავის სიმაღლე ნებისმიერ დროს სამყაროს პოლუსის სიმაღლის თითქმის ტოლია, რაც იგივეა, დამკვირვებლის განედის სიდიდესთან ახლოა. პოლარული ვარსკვლავის აზიმუტი უმნიშვნელოდ იცვლება და შეიძლება იყოს $1,2^{\circ}$ NE ან NW მეოთხედში ვარსკვლავის კულმინაციის დროს, როდესაც განედებია 35° -ზე ნაკლებია, ამიტომ პოლარული ვარსკვლავის აზიმუტის გამოსათვლელად გამოყენებულ იქნას გამარტივებული ფორმულა, რომელიც მიღებულია პარალაქსურიო სამკუთხედის ამოხსნის შედეგად, ეს არის სინუსების ფორმულა:

$$\frac{\sin A}{\sin} = \frac{\sin LHA}{\sin(90^{\circ}-H)}, \text{ სადაც}$$

– პოლარული მანძილია

გამოვყოთ საპოვნი ელემენტი: $\sin A = \sin \cdot \sin LHA \cdot \sec H$, რადგან პოლარული მანძილი და A მცირე სიდიდეებია შევცვალოთ მათი სინუსები თვით კუთხეების განყენებული გამოსახულებებით:

$$A^{\circ} \text{arc}1^{\circ} = \text{arc}1^{\circ} \cdot \sin LHA \cdot \sec H$$

$$A^{\circ} = \text{arc}1^{\circ} \cdot \sin LHA \cdot \sec H$$

თუ მივიღებთ ვარსკვლავის სიმაღლეს დამკვირვებლის განედის ტოლს, ხოლო ამასთანავე $LHA = LHA^{\circ} - \alpha$.

შედეგად მივიღებთ: $A = \text{arc}1^{\circ} \cdot \sec LAT \cdot \sin(LHA^{\circ} - \alpha)$

თუ ფორმულაში ჩავსვამთ მიმდინარე წლის (2006) პირდაპირი აღვლენისა და პოლარული მანძილის საშუალო მნიშვნელობებს ($\alpha=33^{\circ}$; $\text{arc}1^{\circ}=49'$), მაშინ აზიმუტის სიდიდე დამოკიდებული იქნება ორ ცვალეზად ფუნქციაზე – დამკვირვებლის განედზე (LAT) და ადგილობრივ ვარსკვლავურ დროზე (LHA°).

„The Nautical Almanac“-ის ცხრილები „Polaris (Poule) Tables“ შედგენილია არგუმენტების LAT და LHA° სხვადასხვა მნიშვნელობებზე (გვ.274). მის ქვედა ნაწილში მოცემულია პოლარული ვარსკვლავის აზიმუტის მნიშვნელობა. ვერტიკალური არგუმენტია დამკვირვებლის განედი 0° -დან- 65° -მდე. ჰორიზონტული – ვერძის წერტილის ადგილობრივი საათობრივი კუთხე (LHA°). კვეთაში პოულობენ პოლარული ვარსკვლავის აზიმუტს წრიულ ათვლაში გრადუსებსა და გრადუსის მეთოდ ნაწილებში. კომპასის შესწორება გამოითვლება ფორმულით: $C = A - CB$.

✓ მაგალითი 4:

მოცემულია:

28 იანვარი 2006 წელი, ინდოეთის ოკეანე:

$T_{\text{ship}}=22^{\text{h}}30^{\text{m}}$; $LAT_c = 09^{\circ},9 \text{ N}$; $Long_c = 58^{\circ},1 \text{ E}$; გაზომეს პოლარული ვარსკვლავის გიროკომპასური პელენგი – $GCB = 359^{\circ},9$.

განვსაზღვროთ: კომპასის შესწორება (GC).

ამოხსნა:

28.01.06	T _{ship}	22 ^h 30 ^m	GHA ^r	37°51',5
	N _z	4 E	GHA ^r	07°31',2
28.01.06	T _{GR}	18 ^h 30 ^m	GHA ^r	45°22',7
			Long _w	58°06',0E
			LHA ^r	103°28',7

არგუმენტები: LAT=09°,9N; LHA^r=103° (სიდიდეები დამრგვალებულია მთელ გრადუსებამდე). A = 359°,4

$$A = 359°,4$$

$$CB = 359°,9$$

$$C = -0,5°$$

§ 49. კომპასის შესწორების განსაზღვრა მზის ხილული ამოსვლის და ჩასვლის მომენტებზე

მზის ბადროს ზედა კიდის ხილული ჰორიზონტის ხაზთან შეხების მომენტში ბადროს ცენტრი დაშვებულია ჭეშმარიტი ჰორიზონტის ხაზიდან ქვევით, ანუ მას აქვს უარყოფითი სიმაღლე. თუ დამკვირვებლის თვალის სიმაღლეს ჩავთლით 12 მ, მზის ცენტრის დაწევა შეადგენს 57,8'. მასში შედის ჰორიზონტის დახრილობის კუთხე (d), საშუალო ნახევარდიამეტრი (SD), პარალაქსი (p) და რეფრაქცია (R).

$$H_{\odot} = -d - SD_{\odot} + P - R;$$

ამ შემთხვევისთვის მზის აზიმუტი შეიძლება წინასწარ გამოვითვალოთ ფორმულით:

$$A = 2 \arctg \cdot \sqrt{\frac{\cos(LAT + 57,8') - \sin Dec}{\cos(LAT - 57,8') + \sin Dec}}$$

აზიმუტების მნიშვნელობა 0°–72° განედებისთვის და 0°–24° დახრილობებისთვის მოცემულია „MT-75“ ცხრილებში 20-a და 20-ბ. ცხრილები 20-a – გამოიყენება, როცა **LAT** და **Dec** ერთნაირი სახელწოდების არიან, ხოლო 20-ბ – როცა **LAT** და **Dec** სხვადასხვა სახელწოდების არიან. აზიმუტს ღებულობენ ნახევარწრიულ ათვლაში და მისი სახელწოდება ასე განისაზღვრება:

- **ჩრდილო ნახევარსფეროში** – მზის ამოსვლის დროს აზიმუტს ექნება სახელწოდება NE; მზის ჩასვლის დროს – NW.
- **სამხრეთ ნახევარსფეროში** – მზის ამოსვლის დროს SE და ჩასვლის დროს – SW.

პრაქტიკულად კომპასის შესწორება მიღება ასე: „The Nautical Almanac“-ის ყოველდღიური ცხრილებიდან განსაზღვრავენ მზის ამოსვლის ან ჩასვლის მომენტს. ხუთი წუთით ადრე გამოდიან დაკვირვებაზე და როცა მზის ბადროს ზედა კიდე შეეხება ჰორიზონტის ხაზს (ამოსვლის დროს – პირველი სხივის გამობრწყინება; ჩასვლის დროს – უკანასკნელი სხივის ჩაქრობა), გაზომავენ მზის პელენგს (GCB – გიროკომპასური პელენგი ან CB – კომპასური პელენგი). აფიქსირებენ დროს გაზომვის მომენტზე; რუკიდან ან GPS–ინდიკატორის ეკრანიდან ხსნიან გემის ათვლით კოორდინატებს (LAT, Long) გაზომვის მომენტზე. მზის დახრილობის

მნიშვნელობას (Dec_{\odot}) პოულობენ აღმანახის ყოველდღიურ ცხრილებში გრინვიჩის დროზე და თარიღზე.

მიღებული ნახევარწრიული აზიმუტი გადაჰყავთ წრიულ ათვლაში და ადარებენ გაზომილ კომპასურ პელენგს, მათ შორის სხვაობა იქნება კომპასის შესწორება (C).

✓ მაგალითი 5:

მოცემულია:

26 სექტემბერი 2006 წ., ატლანტის ოკეანე.

$T_{ship}=18^h10^m$; $LAT_c = 34^{\circ}16',0N$; $Long_c = 23^{\circ}06',0W$; მზის ხილული ჩასვლის მომენტზე მივიღეთ მზის საშუალო კომპასური პელენგი $CB_{\odot} = 268^{\circ},0$.

განვსაზღვროთ: კომპასის შესწორება (C) ცხრილებით «MT-75» .

T_{ship}	18^h10^m	26.09.06	$Dec_{\odot T}$	$01^{\circ}25',7S$
$N^{\circ}Z$	02W		D	+0,2
T_{GR}	20^h10^m	26.09.06	Dec_{\odot}	$01^{\circ}25',9S$
		$LAT=34^{\circ}16',0N$	A_{δ}	$N91,1^{\circ}E$
		$Dec_{\odot}=01^{\circ}25',9S$	$A=360^{\circ}-91,1^{\circ}$	$268,9^{\circ}$
			CB_{\odot}	$-268,0^{\circ}$
			C	+0,9°

§ 50. კომპასის შესწორების განსაზღვრა კალკულატორით სფერული ტრიგონომეტრიის ფორმულებით გამოყენებით

ფორმულები მიღებულია პარალაქსური (პოლარული) სამკუდხედის ამოხსნის შედეგად.

✓ მაგალითი 6:

მოცემულია:

18 ოქტომბერი 2009 წელი

$T_{ship}=17^h55^m$ ($N^{\circ}Z=10W$); $LAT_c = 38^{\circ}17',0N$; $Long_c = 165^{\circ}13',0W$; გავზომეთ მზის გიროკომპასური პელენგი $GCB_{\odot} = 252^{\circ},6$.

განვსაზღვროთ: გიროკომპასის შესწორება (GC) პელენგის გაზომვის მომენტზე.

1. მნათობის (მზის) ციური კოორდინატების გამოთვლა “The Nautical Almanac”-ის ყოველდღიური ცხრილების მეშვეობით; პელენგის გაზომვის გემის დრო წინასწარ უნდა გადავიყვანოთ გრინვიჩის დროზე.

T_{ship}	17^h55^m	18.10.09	GHA_{\odot}	$228^{\circ}44',8$
$N^{\circ}Z$	10W		GHA_{\odot}	$13^{\circ}45',0$
T_{GR}	03^h55^m	19.10.09	GHA_{\odot}	$242^{\circ}39',8$
			$Long_w$	$165^{\circ}13',0W$
		19.10.09	LHA_{\odot}	$77^{\circ}26',8W$
		19.10.09	$Dec_{\odot T}$	$09^{\circ}59',6S$
			D	+0,8
		19.10.09	Dec_{\odot}	$10^{\circ}00',4S$

2. კალკულატორით ტრიგონომეტრიული ფუნქციების მნიშვნელობების გამოთვლა და აზიმუტის განსაზღვრა. მხოლოდ აზიმუტის გამოსათვლელად ვიყენებთ $ctgA$ - ფორმულას და ვიკლევთ მას ნიშნებით:

$$ctgA = \overset{-}{cos}LAT \cdot \overset{+}{tg}Dec \cdot \overset{-}{cosec}LHA - \overset{+}{sin}LAT \cdot \overset{+}{ctg}LHA$$

მოცემულ ფორმულაში:

LAT – მისი ნებისმიერი ფუნქცია იქნება „+“ ნიშნით, ვინაიდან **LAT** არ შეიძლება იყოს 90° მეტი (პირველი მეოთხედი);

Dec - ვინაიდან **LAT** და **Dec** სხვადასხვა სახელწოდებისაა, **Dec** იქნება „-“ ნიშნით;

LHA – ვინაიდან ნაკლებია 90° -ზე, მისი ყველა ფუნქცია იქნება „+“ ნიშნით.

შედეგად მივიღეთ ფორმულის მარჯვენა მხარის ორივე წევრი იქნება „-“ ნიშნით, რაც ნიშნავს, რომ $ctgA$ ასევე იქნება „-“ ნიშნით.

$$ctgA = (+0,78496) \cdot (-0,17633) \cdot (+1,02450) - (+0,61965) \cdot (+0,22267) = -0,28220$$

შენიშვნა: ვინაიდან კალკულატორის კლავიატურაზე არ არის ctg და $cosec$ ფუნქციები, მათ ნაცვლად გამოვიყენეთ:

$$ctg\alpha = \frac{1}{tg\alpha}; cosec\alpha = \frac{1}{sin\alpha}$$

$$tgA = \frac{1}{ctgA} = \frac{1}{-0,28220} = -3,54359$$

$$A' = 74^\circ, 2$$

$$A = 180^\circ - 74^\circ, 2 = N105^\circ, 8W$$

ფორმულის მარჯვენა მხარის წევრთა ალგებრული ჯამი იქნება „-“ ნიშნით, მაშინ $ctgA$ ფორმულით მიღებული კუთხე არ იქნება აზიმუტი, არამედ აზიმუტის დამატება 180° -მდე: $A = 180^\circ - A'$

გამოთვლილი აზიმუტი ყოველთვის იქნება ნახევარწრიულ ათვლაში. მისი სახელწოდების პირველი ასო ყოველთვის **LAT** სახელწოდების შესაბამისია (N ან S), ხოლო მეორე ასო – საათობრივი კუთხის სახელწოდების შესაბამისი (E ან W) იმ პირობით, რომ პარალაქტიკურ სამკუთხედში შედის ეგრეთწოდებული პრაქტიკული ანუ ასტრონომიული საათობრივი კუთხე – ნაკლები 180° -ზე. თუ საათობრივი კუთხე 180° -ზე მეტია, იგი ჯერ უნდა გადავიყვანოთ პრაქტიკულში, ანუ უნდა მივიღოთ 180° -ზე ნაკლები საათობრივი კუთხე და შემდეგ ჩავსვათ ფორმულაში შესაბამისი (შეცვლილი) სახელწოდებით. ლოგორითმირებისთვის ფუნქციის მნიშვნელობის წუთები და წუთის მეათედები უნდა გადავიყვანოთ გრადუსის მეათედ ნაწილებში, რისთვისაც ის უნდა გაიყოს 60-ზე.

გადაგვყავს ნახევარწრიული აზიმუტი წრიულ ათვლაში:

$$A = 360^\circ - 105^\circ, 8 = 254^\circ, 2$$

3. გამოვითვლით კომპასის შესწორებას: $.GC = A - GCB$

A	254°,2
-	252°,6
GCB	
.GC	+1°,6

პასუხი: გიროკომპასის შესწორება $.GC = +1^\circ, 6$.

თავი XV. ზღვაში გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრის საფუძვლები

§ 51. იზოხაზები და მდებარეობის ხაზები გემთწამყვანობაში.

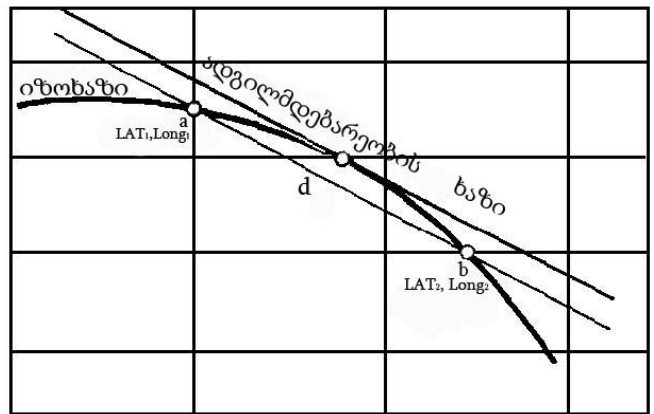
ტოლსიმაღლეთა წრეწირი

ღია ზღვაში გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა ასტრონომიული მეთოდებით ხდება; ფართო გავრცელება ჰპოვა მეთოდმა, რომელსაც მდებარეობის სიმაღლური ხაზები ჰქვია.

გავარკვიოთ, რას გამოხატავს ტერმინი „მდებარეობის სიმაღლური ხაზები“.

როცა ადგილმდებარეობას ზღვაში ადგენენ ნავიგაციური მეთოდებით, რუკაზე ავლებენ სწორი ხაზის მონაკვეთებს, ან წრეწირის რკალის ნაწილებს, ან ორი, სამი პელენგის ხაზებს, ისეთი წრეწირის რკალეებს, რომელთა რადიუსი უდრის ნაპირამდე მანძილს და ასე შემდეგ.

ყველა ამ ხაზებს რუკაზე აქვთ ერთი საერთო თვისება - ისინი მათ ნებისმიერ წერტილში ინარჩუნებენ რაიმე გაზომილი სიდიდის მუდმივ მნიშვნელობას. მაგალითად, პელენგის ხაზის ნებისმიერი წერტილისათვის მუდმივი იქნება მასზე გამავალ მერიდიანსა და რაიმე საგანზე მიმართულებას შორის კუთხე. წრეწირის ნებისმიერი წერტილისათვის მუდმივი იქნება საგნამდე მანძილი, ან სხვა



ნახ.50 იზოხაზისა და ადგილმდებარეობის ხაზის გამოსახვა

შემთხვევაში, იმ ვერტიკალური კუთხის სიდიდე, რომელი კუთხითაც შეიმჩნევა საგანი წრეწირიდან. ხაზი, რომელიც პასუხობს რაიმე გაზომილი სიდიდის მუდმივ მნიშვნელობას, არის **იზოხაზი**. ასე, რომ ყველა განხილულ მაგალითში ჩვენ საქმე გვქონდა რუკაზე იზოხაზების გავლებასთან. ის სიდიდეები, რომლებითაც ნავიგაციაში გემის ადგილმდებარეობის ობსერვირებული წერტილი განისაზღვრება, **ნავიგაციურ პარამეტრებად** არის ცნობილი. ხოლო ამ პარამეტრებით მიღებული იზოხაზები - **ნავიგაციურ იზოხაზებად**.

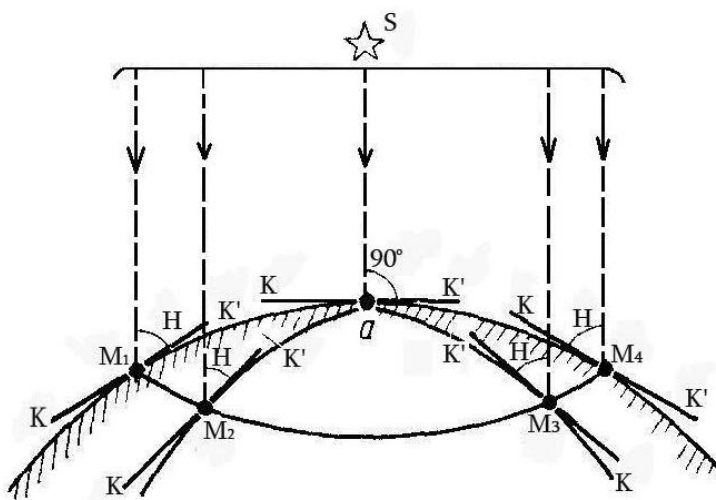
თუ რაიმე გაზომვების საფუძველზე რუკაზე მივიღეთ იზოხაზი, გემის ადგილმდებარეობა იგულისხმება იმ იზოხაზის ერთ-ერთ წერტილში.. ხოლო გემის ადგილმდებარეობის ობსერვაციული წერტილების მისაღებად საჭიროა რუკაზე კიდევ ერთი მაინც იზოხაზი, რომელიც მიღებული იყო პირველ იზოხაზთან ერთდროულად და მასთან აქვს მხოლოდ ერთი საერთო წერტილი. ასეთი საერთო წერტილია იზოხაზების კვეთის წერტილი და ვინაიდან გემი ერთდროულად იმყოფება როგორც პირველ, ასევე მეორე იზოხაზზე, მისი ადგილმდებარეობის ობსერვირებული წერტილი სწორედ ამ ორი იზოხაზის კვეთაში მდებარეობს.

ნაოსნობის პრაქტიკაში არ არის საჭიროება იმისა, რომ იზოხაზები რუკაზე გაივლოს მათ მთელ სიგრძეზე. მაგალითად, თუ ადგილმდებარეობა განისაზღვრება ორი მანძილით, რომელიც გაიზომა ორ რომელიღაც საგნამდე, სრულებით არ არის საჭირო ორი წრეწირის გავლება, არამედ საკმარისია ათვლით მიღებული ადგილის

რაიონში ამ წრეწირთა პატარა რკალის მონაკვეთები. ხშირ შემთხვევაში იზოხაზი შეიძლება იყოს ძალიან რთული ფორმის და მოუხერხებელი ნავიგაციურ რუკაზე გავლებისათვის, ამიტომ მათ ცვლიან სწორი ხაზის მონაკვეთით, რომელიც გაჰყავთ იზოხაზის მხებდად, ათვლით წერტილთან ახლოს, ან ასევე ათვლით წერტილთან ახლოს ორ წერტილს შორის გამავალი ქორდის სახით.

სწორი ხაზის მონაკვეთს, რომელიც ნავიგაციური იზოხაზის მხებია ათვლით ადგილთან ახლოს მდებარე წერტილში, ადგილმდებარეობის ხაზი ჰქვია. თუმცა იზოხაზების შეცვლა მდებარეობის ხაზებით ამცირებს გემის ადგილმდებარეობის სიზუსტეს, მაგრამ მიღებული შეზღუდვების გათვალისწინებით ასეთი შეცდომა არსებითი არ არის. ასტრონომიული ობსერვირებული წერტილი, ისევე როგორც ნავიგაციური, მიიღება რუკაზე ადგილმდებარეობის ხაზების გავლებით. ასტრონავიგაციაში იზოხაზებდად იწოდება ტოლსიმაღლეთა წრეწირები.

დედამიწის ზედაპირზე მცირე წრეწირს, რომლის ნებისმიერ წერტილში



ნახ.51 მნათობის ტოლსიმაღლეთა წრეწირი

გარკვეულ მნათობს, დროის გარკვეულ მომენტში ერთნაირი სიმაღლე აქვს, ტოლსიმაღლეთა წრეწირი ეწოდება. C მნათობს M_1 და M_4 წრეზე ერთნაირი სიმაღლე აქვთ. შეიძლება დამტკიცდეს, რომ ამ წრეწირის სხვა წერტილებშიც C მნათობის სიმაღლე ერთნაირი იქნება, ანუ წრეწირი $M_1 M_2 M_3 M_4$ - ეს არის ტოლსიმაღლეთა წრეწირი.

C მნათობს მრავალი ტოლსიმაღლეთა წრეწირი ექნება სიმაღლის სხვადასხვა

მნიშვნელობისათვის. ყველა ამ წრეწირებს საერთო წერტილი a აქვთ. ეს წერტილი წარმოადგენს მნათობის პროეცირების წერტილს დედამიწის ზედაპირზე. მას ეწოდება ტოლსიმაღლეთა განათების პოლუსი. თუ მნათობის სიმაღლე 90° -ია, მაშინ დამკვირვებელი განათების პოლუსზე მდებარეობს და მნათობს ხედავს თავს ზემოთ. თუკი სიმაღლე 0° -ია, დამკვირვებელი ხედავს მნათობს ჰორიზონტზე და ტოლსიმაღლეთა წრე იძენს დიდი წრეწირის სახეს, რომელიც ყოფს დედამიწას ორ ნაწილად - განათებულ და დაბნელებულ ნაწილებად. თუ ერთდროულად გავზომეთ ორი სხვადასხვა მნათობის სიმაღლე და მათი მნიშვნელობით გავავლეთ დედამიწის გამოსახულებაზე ტოლსიმაღლეთა ორ წრეწირი, მაშინ იზოხაზების კვეთის ის წერტილი, რომელიც ახლოს იქნება ათვლით წერტილთან, მიუთითებს გემის (ან დამკვირვებლის) ობსერვირებულ ადგილზე. ტოლსიმაღლეთა წრეწირების ნაცვლად ათვლით წერტილთან ახლოს შეიძლება იზოხაზებთან მხების სახით გაივლოს სწორი ხაზის მონაკვეთები. ასეთ სწორ ხაზებს მდებარეობის სიმაღლური ხაზები ეწოდება.

§52. ტოლსიმალეთა წრეწირების გლობუსზე დატანა

ტოლსიმალეთა წრეწირები ძალიან მარტივად შეიძლება დაიტანოს გლობუსზე - დედამიწის მოდელზე. ობსერვირებური ადგილის მისაღებად. ამ ამოცანის დასასაბუთებლად განვიხილოთ ნახ. 52, რომელიც წარმოსახავს დედამიწას და ციურ სფეროს მის გარშემო - სფეროს ცენტრი არის დედამიწის ცენტრში და, საერთოდ, ნახაზი შესრულებულია ნებისმიერი მერიდიანის $P_N Q P_S Q$ სიბრტყეში. დედამიწაზე ყოველი ძირითადი სიბრტყე და მიმართულება გაგრძელებულია სფეროს კვეთამდე. $\cup qq'$ დედამიწაზე და $\cup QQ'$ ციურ სფეროზე წარმოადგენენ დედამიწის და ციურ ეკვატორებს. შესაბამისად $\cup P_n l o P_s$ და $\cup P_N L_o P_S$ დედამიწური და ციური გრინვიჩის მერიდიანებია.

სფეროს ნებისმიერ წერტილში გამოვსახოთ ციური მნათობი S, რომლის ეკვატორული კოორდინატები მოცემულ დროზე ტოლია Dec^S და GHA^S .

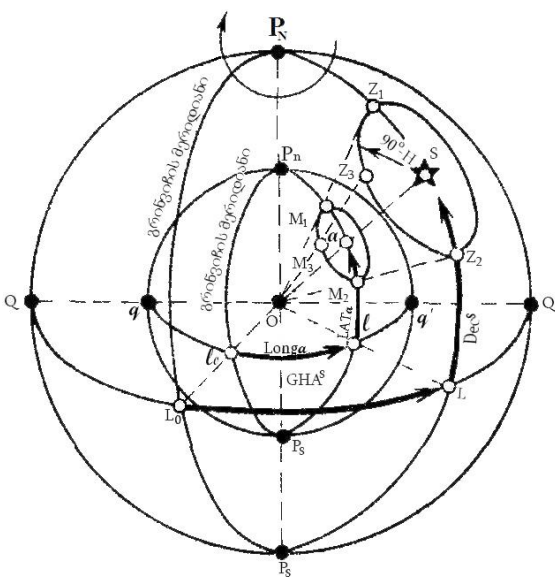
შევაერთოთ S წერტილი დედამიწის ცენტრთან, დედამიწის ზედაპირზე მივიღებთ მნათობის განათების პოლუსს $-a$. S მნათობის ადგილი არის განათების პოლუსის ზენიტი.

მნათობზე და განათების პოლუსზე გავავლოთ ციური და დედამიწური მერიდიანები $P_N L P_S$ და $P_n l P_s$. ადვილად დასადგენია, რომ $\cup l a = \cup L S$ და $\cup l_0 l = \cup L_0 L$. ვინაიდან მათი წყვილები ჭიმავენ ერთდამივე ცენტრალურ კუთხეებს, მაგრამ $\cup l_a = LAT_a$ (განათების პოლუსის განედი), ხოლო $\cup L S$ არის მნათობის დახრილობა Dec^S , ე.ი. $LAT_a = Dec^S$. ასევე $\cup l_0 l = Long_a$ ხოლო $\cup L_0 L$ ზომავს მნათობის გრინვიჩის საათობრივ კუთხეს GHA^S , აქედან გამომდინარე $Long_a = GHA^S$. შედეგად მივიღეთ დამოკიდებულება განათების პოლუსის გეოგრაფიული კოორდინატებისა და მნათობის ეკვატორულ კოორდინატებს შორის:

$$LAT_a = Dec^S$$

$$Long_a = GHA^S$$

დავუშვათ, გრინვიჩის დროის რომელიღაც მომენტში, დამკვირვებელმა,



ნახ.52 ტოლსიმალეთა წრეწირების დატანა სფეროზე

მოცემულ დროზე ხედავს S – მნათობს H– სიმაღლეზე, იქნება ამ წრეწირზე. თუ

წერტილებს $Z_1 Z_2 Z_3 Z_1$, რომელსაც ეწოდება ტოლზენიტური მანძილების წრეწირი, შევადრთებთ დედამიწის ცენტრთან, მის ზედაპირზე მივიღებთ მცირე წრეწირს $M_1 M_2 M_3 M_1$, რომლის ცენტრი იქნება განათების პოლუსი (α).

ვინაიდან მიღებული მცირე წრეწირი არის $Z_1 Z_2 Z_3 Z_1$ წრეწირის პროექცია დედამიწის ზედაპირზე, მისი სფერული რადიუსი ასევე ტოლი იქნება $z=90^\circ-H$ და მაშასადამე, მასზე მდებარე ყოველ დამკვირვებელს ექნება ერთიდაიგივე ზენიტური მანძილი, რომელიც წრეწირის რადიუსს უდრის.

თუ ზენიტური მანძილები ტოლია, მაშინ სიმაღლეებიც ტოლია და ამიტომ ყველა დამკვირვებელი, მოცემულ დროს ამ წრეწირზე მყოფი, ხედავს S მნათობს ერთნაირ H სიმაღლეზე, ხოლო თვითონ წრეწირი $M_1 M_2 M_3 M_1$ არის **ტოლსიმაღლეთა წრეწირი**. ამ წრეწირის ერთ-ერთ წერტილში მდებარეობს დამკვირვებლის ობსერვირებული ადგილი. რომ განვსაზღვროთ ეს წერტილი, საჭიროა იმავე მომენტზე გვქონდეს კიდევ ერთი იზოხაზი, რომელიც მიღებულია სხვა რომელიმე მნათობზე დაკვირვებით და რომელიც გადაკვეთს პირველ იზოხაზს.

აქ მოყვანილი მსჯელობა შესაძლებელს ხდის დავამტკიცოთ ტოლსიმაღლეთა წრეწირების დედამიწის ზედაპირზე გადატანის მეთოდი.

შეარჩია რა დამკვირვებელმა ცაზე ორი მნათობი, გაზომა მათი სიმაღლეები დროის ერთდამავე მომენტზე (H_1 და H_2), ადგილობრივი დრო გადაიყვანა გრინვიჩის დროზე და აღმანახის საშუალებით იპოვა გრინვიჩის საათობრივი კუთხეები და დახრილობები (GHA_1 და Dec_1 ; GHA_2 და Dec_2) მნათობების GHA და Dec რიცხობრივად ტოლია ამ მნათობთა განათების პოლუსების (α_1 და α_2) გეოგრაფიული კოორდინატებისა (LAT_{α_1} ; LAT_{α_2} და LHA_{α_1} ; LHA_{α_2}).

დავიტანოთ განათების პოლუსები კოორდინატებით დედამიწის გლობუსის ზედაპირზე და მათი ცენტრებიდან რადიუსით $z_1=90^\circ-H_1$ და $z_2=90^\circ-H_2$ (გლობუსის მასშტაბში) ათვლითი წერტილის რაიონში გავავლოთ ორი ტოლსიმაღლეთა წრეწირის რკალის მონაკვეთები. მათ კვეთაში არის დამკვირვებლის (M) ობსერვირებული ადგილი.

მიუხედავად ასეთი მარტივი მეთოდისა, პრაქტიკულად ტოლსიმაღლეთა წრეწირების გლობუსზე დატანა არ არის მიზანშეწონილი იმის გამო, რომ მიღებული ადგილის სიზუსტე არ იქნება სათანადო. ასევე შეუძლებელია მაღალი სიზუსტის დაცვა იმ შემთხვევაშიც, როცა დატანა ხდება დიდმასშტაბიან ნავიგაციურ რუკაზე, რომელიც მოიცავს დედამიწის ზედაპირის მნიშვნელოვან ნაწილს.

თუ მაგალითად, საჭიროა ადგილის მიღება 1'-მდე სიზუსტით (ანუ 1 მილამდე), მიღები გლობუსზე უნდა გამოისახოს, უკიდურეს შემთხვევაში, 1 მილიმეტრის სიდიდით მაინც. მაშინ ასეთი გლობუსის დიამეტრი 7 მეტრამდე უნდა იყოს.

გლობუსზე აგების შეცვლა რუკაზე ანალოგიური აგებით, საერთოდ, შეუძლებელია. დიდმასშტაბიანი საზღვაო რუკა მოიცავს დედამიწის ზედაპირის რაღაც ნაწილს, ხოლო ტოლსიმაღლეთა წრეწირის რადიუსები შედარებით დიდი სიმაღლეების შემთხვევაშიც კი აღწევენ ათასობით მილს. ასე, მაგალითად, $H=50^\circ$, ხოლო რადიუსი $z=40^\circ$ ანუ $40 \times 60 = 2400$ მილი, ამასთან ისიც აღსანიშნავია, რომ მერკატორული პროექციის ნავიგაციური რუკების დამახასიათებელი ცდომილების გათვალისწინებით ტოლსიმაღლეთა წრეწირები რთული, სხვადასხვა ფორმის მრუდეებით წარმოისახება.

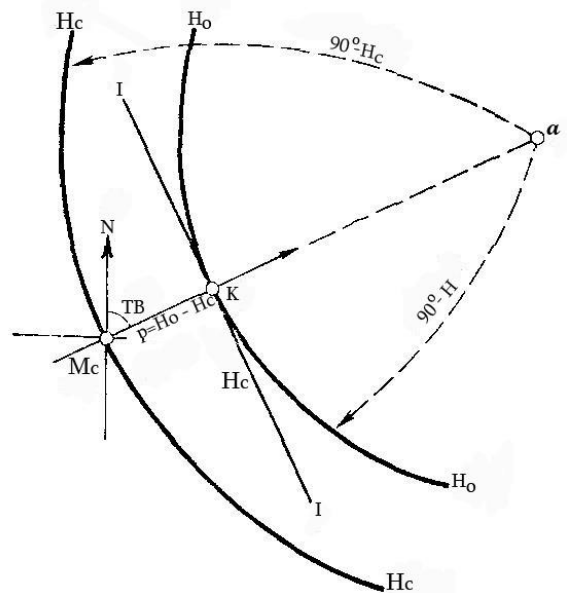
მხოლოდ მაშინ, როცა ნაოსნობა ხორციელდება ეკვატორთან ახლო განედებზე, როცა მზის ზედა კულმინაციასთან სიმაღლემ, შეიძლება 88⁰-ზე მეტ მნიშვნელობას მიაღწიოს სულ მცირე, ტოლსიმაღლეთა წრეწირების რადიუსები ($z \geq 120$) 120 მილზე ნაკლები იქნება და იზოხაზების ასეთი მეთოდით აგება რუკაზე შესაძლებელი გახდება.

§ 53. მდებარეობის სიმაღლური ხაზების დატანა მერკატორულ რუკაზე ათვლითი წერტილიდან (სენტ-ილერის მეთოდი)

ადგილმდებარეობის მისაღებად საკმარისია რუკაზე იზოხაზების კვეთის წერტილის რაიონში დავიტანოთ ტოლსიმაღლეთა წრეწირების ნაწილები, ამასტანავე პრაქტიკულად დასაშვები ცდომილებით ტოლსიმაღლეთა წრეწირების რკალების ნაცვლად დავიტანოთ რუკაზე სწორი ხაზის მონაკვეთები (მხები ან ქორდა) ანუ მდებარეობის სიმაღლური ხაზები. სხვადასხვა დროს შემუშავებული იყო ადგილმდებარეობის სიმაღლური ხაზების რუკაზე დატანის რამდენიმე მკეთოდი. ძალიან ფართო გავრცელება წილად ერგო ე.წ სენტ-ილერის მეთოდს (სიმაღლური ხაზების აგება ათვლითი წერტილიდან. ეს მეთოდი შესთავაზა კაცობრიობას ფრანგმა მეზღვაურმა სენტ-ილერმა 1875 წელს.

მეთოდის არსი გამოხატულია ნახატზე, რომელზეც ნაჩვენებია რომელიმე მნათობის განათების პოლუსი a , დამკვირვებლის ათვლითი წერტილი M და ტოლ სიმაღლეთა ორი წრეწირი. ერთი წრეთაგანი შეესაბამება ობსერვირებულ, ანუ მნათობის გაზომილ სიმაღლეს (H_o) და შემოწერილია რადიუსით $z=90^0-H_o$. წერტილი k ამ შემთხვევაში წარმოადგენს M_c - ათვლითი ადგილიდან იზოხაზამდე უმოკლეს მანძილს და მას განსაზღვრითი წერტილი ჰქვია.

(H) წრეწირზე ობსერვირებული ადგილი მდებარეობს. მეორე წრეწირი ნახატზე (H_c) შეესაბამება იმავე მნათობის ათვლით სიმაღლეს, ანუ ისეთ სიმაღლეს, რომელიც გამოთვლილია სპეციალური ცხრილებით M_c - ადგილის კოორდინატების გამოყენებით. ამ წრეწირის რადიუსია $z_c=90^0-H_c$. $\angle NMc a$ ათვლითი წერტილის (M_c) მერიდიანსა და განათების პოლუსზე (a) მიმართულებას შორის წარმოადგენს განათების პოლუსის ჰემმარიტ პელენგს (TB). და ბოლოს, M_cK მონაკვეთი, რომელსაც გემთწამყვანობაში გადატანას ეძახიან (p), არის მანძილი ათვლითი წერტილიდან (M_c) ტოლსიმაღლეთა წრეწირამდე (H) (H). გადატანის სიდიდე ტოლსიმაღლეთა რადიუსების სიდიდეთა სხვაობის ტოლია.



ნახ.53 ადგილმდებარეობის სიმაღლური ხაზების ათვლითი წერტილიდან დატანის მეთოდის არსის განმარტება

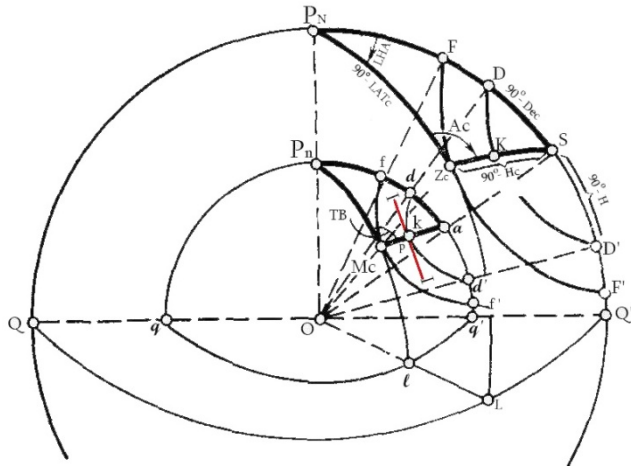
$$p = McK = (90^0 - H_c) - (90^0 - H_o) = H_o - H_c$$

სადაც: H_o - მნათობის ობსერვირებული სიმაღლე;
 H_c - იგივე მნათობის ათვლითი სიმაღლე.

გავავლოთ K წერტილში Mca მონაკვეთის პერპენდიკულარი და მივიღებთ $I-I$ დამკვირვებლის მდებარეობის სიმაღლურ ხაზს HH რკალის მხებს.

ნახატიდან ნათლად ჩანს, რომ ადგილმდებარეობის სიმაღლური ხაზის დასადგენად საკმარისია გაივლოს ათვლითი წერტილიდან (Mc) მნათობის განათების პოლუსზე (α) მიმართულება (TB) და გადაიდოს მასზე ამ მიმართულებით გადატანის

(Mk) სიდიდე ათვლითი წერტილიდან (Mc) განმსაზღვრელ წერტილამდე (K). ამ ორ სიდიდეს ქვია **სიმაღლური ხაზის ელემენტები**.



ნახ.54 სიმაღლური ხაზების ელემენტების გამოთვლის მეთოდის დასაბუთება

იმისათვის, რომ გაირკვას ჭეშმარიტი პელენგისა და გადატანის რიცხობრივი მნიშვნელობების პოვნის მეთოდი, ნახატზე გამოვსახოთ დედამიწის სფერო (ნახ.54) და მის გარშემო ციური სფერო. დავუშვათ, რომ გრინვიჩის დროის რომელიღაც მომენტზე დამკვირვებელმა გაზომა მნათობის სიმაღლე (H). ჩვენთვის უკვე ცნობილი მეთოდით დავიტანოთ

სფეროზე ტოლზენიტური მანძილების წრეწირი DD' , ხოლო დედამიწის ზედაპირზე - მისი შესაბამისი ტოლსიმაღლეთა წრეწირი dd' რომელზეც უნდა მდებარეობდეს დამკვირვებლის ობსერვირებული წერტილი. (ამ წრეწირების სფერული რადიუსები $z=90^\circ-H$).

დავუშვათ, რომ დაკვირვების (სიმაღლის გაზომვის) მომენტზე დამკვირვებლის ათვლითი ადგილი იყო Mc წერტილში, ხოლო ათვლითი წერტილის ზენიტი სფეროზე - Zc წერტილში. ამ წერტილებს შეესაბამება წრეწირები ff' და FF' , რომელთა სფერული რადიუსებია $Zc=90^\circ-Hc$, გავავლეთ დედამიწური და ციური მერიდიანები წერტილებზე Mc და Zc - $PnMcI$ და $PnZcL$ რკალები. შევაერთოდ ათვლითი ადგილი Mc უმოკლესი მანძილით განათების პოლუსთან (α) და გავავლოთ მდებარეობის სიმაღლური ხაზი $I-I$ განმსაზღვრელ წერტილში (K) მისი ელემენტებით (TB და p).

შევაერთოდ ზენიტი (Zc) მნათობთან (S) დიდი წრეწირის რკალით ZcS . ამ რკალის კვეთის წერტილი DD' რკალთან ავლნიშნოთ K ასოთი და დავარქვათ ამ წერტილს **განმსაზღვრელი წერტილი**. ამ აგების შედეგად სფეროზე მივიღებთ პარალაქსურ (სფერულ) სამკუთხედს $PnZcS$. მასში შემავალი მნათობის კოორდინატები H^S და Ac ეკუთვნის ათვლით ადგილს, ანუ უდრის სიმაღლესა და აზიმუტს, რომლებითაც დამკვირვებელი ხედავდა მნათობს (S) ათვლითი წერტილიდან (Mc), ამიტომ სამკუთხედი $PnZcS$ და მისი ელემენტები (H^S და Ac) ათვლითია.

თუ შევადარებთ სამკუთხედი $PnZcS$ დედამიწის $PnMc\alpha$ სამკუთხედს, დავრწმუნდებით მათი თანხვედრილი (მსგავსი) ელემენტების ტოლობაში. ვინაიდან ერთი იმათგანი არის მეორის პროექცია ციურ სფეროზე. აქედან გამომდინარე განათების პოლუსის ჭეშმარიტი პელენგი (TB) შეიძლება მიღებული იქნას ათვლითი აზიმუტის (Ac) ათვლით $PnZcS$ პარალაქსური სამკუთხედიდან. იმავე

სამკუთხედიდან გამოითვლება ათვლითი სიმაღლეც (Hc), რაც საჭიროა გადატანის გამოსათვლელად $p=H_0-Hc$.

ათვლითი აზიმუტისა და ათვლითი სიმაღლის გამოთვლა ხდება სფერული ტრიგონომეტრიის ფორმულებით, სპეციალური ცხრილების გამოყენებით.

ამისათვის, სამკუთხედის ცნობილი ელემენტებია გვერდი $P_N Z_c = 90^\circ - LAT$. LAT - დამკვირვებლის ათვლითი ადგილის განედი იხსნება ნავიგაციური რუკიდან დაკვირვების მომენტზე ან GPS-ის ინდიკატორიდან. გვერდი $P_N C = 90^\circ - Dec$. Dec - მნათობის დახრილობა - იპოვება ალმანახის ყოველდღიური ცხრილებით დაკვირვების მოცემულ გრინვიჩის მომენტზე.

კუთხე $Z_c P_N C = GHA \pm Long_w^E = LHA$, სადაც

GHA - მნათობის საათობრივი კუთხე გრინვიჩის მერიდიანზე, ასევე იპოვება ალმანახის ყოველდღიური ცხრილებიდან დაკვირვების დროის გრინვიჩის მომენტზე.

$Long_w^E$ - ეს არის დამკვირვებლის ათვლითი გრძედი, რომელიც იხსნება რუკიდან ან GPS-ის ინდიკატორიდან დაკვირვების მომენტზე.

ლოგარითმული ცხრილების გამოყენებით აზიმუტისა და სიმაღლის (Ac და Hc) გამოსათვლელად იყენებენ სხვადასხვა ფორმულებს:

$$\sin Hc = \sin LAT_c \cdot \sin Dec + \cos LAT_c \cdot \cos Dec \cdot \cos LHA$$

$$\sin A_c = \cos Dec \cdot \sin LHA \cdot \operatorname{sech}$$

მუშაობის თანმიმდევრობა ფორმულებით Ac და Hc გამოსათვლელად სპეციალური ცხრილების გამოყენებით მოცემული წინა პარაგრაფებში.

ამ მეთოდის მთავარი ღირსება გამოიხატება იმაში, რომ მიღებული მდებარეობის სიმაღლური ხაზები არ არიან დამოკიდებული დამკვირვებლის ათვლით ადგილზე.

დავუშვათ, შევცვალოთ ათვლითი ადგილის მდებარეობა და, აქედან გამომდინარე, შეიცვალა ზენიტის (Zc) ადგილიც. ყოველთვის წარმოიქმნება ახალი ათვლითი პარალაქსური სამკუთხედი $P_N Z_c S$, მაგრამ ტოლ სიმაღლეთა წრეწირის მდებარეობა დარჩება უცვლელი, ანუ ეს ნიშნავს იმას, რომ სამკუთხედების მთელი სერიიდან ადგილმდებარეობის სიმაღლური ხაზების გამოთვლისას, როცა სამკუთხედები აგებულია სხვადასხვა ათვლითი ადგილებისათვის, მაგრამ უცვლელი რჩება სიდიდეები: მნათობის სიმაღლე, მნათობის საათობრივი კუთხე და მნათობის დახრილობა. მივიღებთ ($p=H_0-Hc$) გადატანის და ათვლითი აზიმუტის სხვადასხვა მნიშვნელობებს, მაგრამ რუკაზე დატანის შედეგად მივიღებთ ერთდამიმავე მდებარეობის სიმაღლურ ხაზს. ნახატზე ნაჩვენებია (ნახ.54) ამ მსჯელობის სიმართლე. ერთდამიმავე დაკვირვებით, მაგრამ მიღებული ელემენტების სხვადასხვა ათვლითი ადგილიდან აგების შემთხვევაში ვლემულობთ ერთდამიმავე ადგილმდებარეობის სიმაღლურ ხაზს.

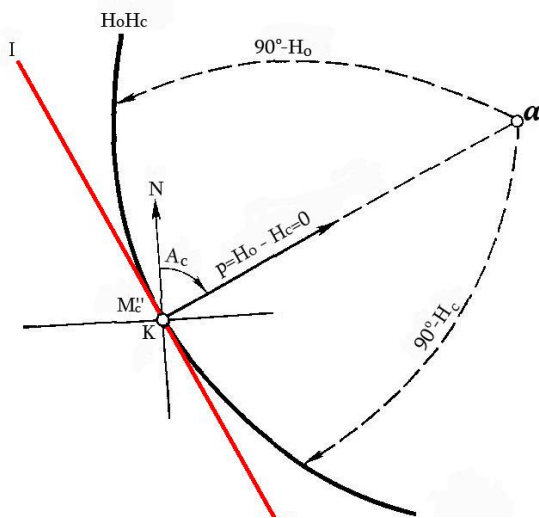
§ 54. სიმაღლური ხაზების ნავიგაციურ რუკაზე და ქალაქდზე დატანის მეთოდები.

ტოლსიმაღლეთა წრეწირების მიმართ ათვლითი წერტილის მდებარეობის სხვადასხვა შემთხვევები

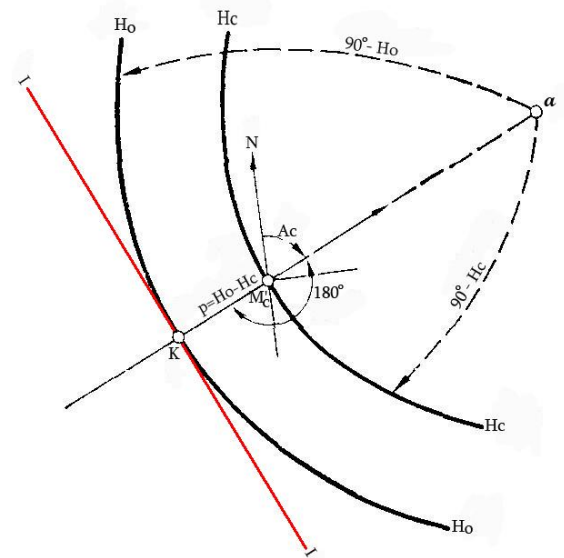
პრაქტიკაში ათვლითი წერტილი შეიძლება მდებარეობდეს ტოლსიმაღლეთა წრეწირის გარეთ (Mc) ნახ.53, ან მის შიგნით (Mc') ნახ.55, ან თვით წრეწირზე (Mc'') ნახ.56 . პირველ შემთხვევაში გადატანის სიდიდე ($p=H_o-H_c$) იქნება დადებითი. ვინაიდან ათვლითი წრეწირის რადიუსი მეტია, ვიდრე ობსერვირებული რადიუსი (ნახ.53) და განმსაზღვრელი წერტილი (K) ათვლით წერტილთან მიმართებაში მდებარეობს განათების პოლუსისკენ მიმართულებით (მნათობისაკენ).

მეორე შემთხვევაში (ნახ.55) გადატანის სიდიდე ($p=H_o-H_c$) იქნება უარყოფითი, ვინაიდან ათვლითი წრეწირის რადიუსი აქ ნაკლებია, ვიდრე ობსერვირებული რადიუსი. განმსაზღვრელი წერტილი (K) ათვლითი წერტილის მიმართ მდებარეობს განათების პოლუსიდან ათვლითი წერტილისკენ (მნათობიდან მიმართულებაზე).

თუ კი ათვლითი წერტილი მდებარეობს თვით ტოლსიმაღლეთა წრეწირზე (ნახ.56), მაშინ გადატანა (p) ნულის ტოლი იქნება. განმსაზღვრელი წერტილი (K) თანხვედრება ათვლით წერტილს (Mc'').



ნახ.56 სიმაღლური ხაზების დატანა, როდესაც ათვლითი წერტილი ტოლსიმაღლეთა წრეწირზე მდებარეობს



ნახ.55 სიმაღლური ხაზების დატანა, როდესაც ათვლითი წერტილი ტოლსიმაღლეთა წრეწირის შიგნით მდებარეობს

ამ მსჯელობის საფუძველზე შეიძლება ჩამოვყალიბოთ პრაქტიკული წესები მდებარეობის სიმაღლური ხაზების რუკაზე დატანის სხვადასხვა შემთხვევებისთვის:

- ათვლითი წერტილიდან გავავლოთ მნათობის ათვლითი აზიმუტი და ავღნიშნოთ ისრით მისი მიმართულება მნათობისაკენ (Ac);
- აზიმუტის ხაზზე ათვლითი ადგილიდან (Mc) გადავდოთ რუკის მასშტაბში გადატანის სიდიდე ($p=H_o-H_c$), თუ $H_o-H_c > 0$ - მნათობისაკენ, ხოლო თუ $H_o-H_c < 0$

- საპირისპირო მიმართულებით;
- მიღებულ განმსაზღვრელ წერტილში (K) აზიმუტის მიმართულების პერპენდიკულარულად გავავლოთ მდებარეობის სიმაღლური ხაზი. როცა $H_o - H_c = 0$, მდებარეობის ხაზი უნდა გაივლოს უშუალოდ ათვლით წერტილზე აზიმუტის მიმართულების პერპენდიკულარულად.

ადგილმდებარეობის ხაზების დატანა მერკატორულ რუკაზე

ადგილმდებარეობის ხაზების მერკატორულ რუკაზე დატანა მიზანშეწონილია მაშინ, როცა რუკის მასშტაბი 1:500000 და მეტია. გრაფიკული მუშაობის თანმიმდევრობა რუკაზე დატანის დროს თვით ობსერვირებული კოორდინატების მიღებამდე განვიხილოთ მაგალითზე.

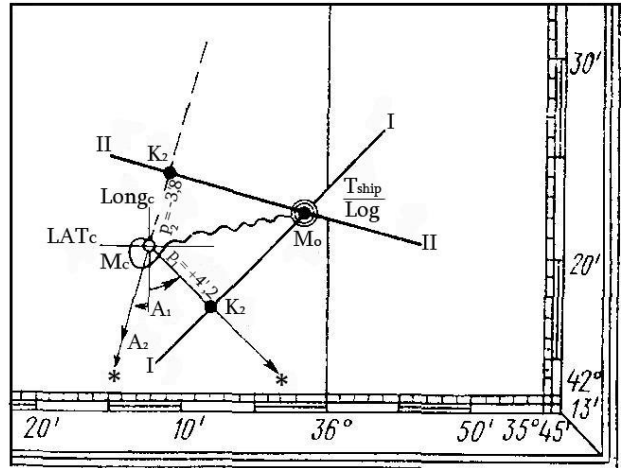
მაგალითი: დავუშვათ, საჭირო გამოთვლების შედეგად მივიღეთ ორი ადგილმდებარეობის სიმალური ხაზის ელემენტები (ნახ.57)

$$A_1=133^{\circ},5 \quad p_1=+4',2$$

$$A_2=195^{\circ},3 \quad p_2=-3',8$$

დაკვირვების მომენტზე გემი იყო კოორდინატებში (ათვლითი კოორდინატები) $LAT_c=42^{\circ}20',5N$; $Long_c=36^{\circ}12',2W$.

პარალელური სახაზავითა და საშტურმანო ტრანსპორტირით ათვლითი წერტილიდან ვავლებთ აზიმუტებს მნათობებზე ($A_1=133^{\circ},5$ $A_2=195^{\circ},3$).



ნახ.57 სიმალური ხაზების გავლება მერკატორულ რუკაზე

ვიცით, რომ რუკის გვერდით ჩარჩოზე მითითებული წუთის სიდიდე შეესაბამება 1 საზღვაო მილს, ამიტომ ვზომავთ გვერდით ჩარჩოს გასწვრივ ცირკული-მზომის საშუალებით გადატანების სიდიდეებს და შესაბამისად გადაგვაქვს ათვლითი წერტილიდან აზიმუტის მიმართულებით დადებითი გადატანა (p_1), ხოლო საპირისპირო მიმართულებით - უარყოფითი გადატანა (p_2). მიღებულ განმსაზღვრელ წერტილებში (K_1 K_2) აზიმუტების მიმართულებათა პერპენდიკულარულად ვავლებთ მდებარეობის სიმალურ ხაზებს (I-I და II-II). მათ კვეთაში ვღებულობთ გემის (დამკვირვებლის) ობსერვირებულ ადგილს დაკვირვების ბოლო მომენტზე. (M_0) - მისი კოორდინატები იხსნება რუკიდან და ჩაიწერება საბორტო ჟურნალში (LAT_0 და $Long_0$).

იქვე ჩაიწერება დაკვირვების დრო და ობსერვირებული წერტილების შეუთავსებლობის სიდიდე (C) ჩვენს მაგალითში მივიღებთ:

$$LAT_0=42^{\circ}22',3N; \quad Long_0=36^{\circ}01',8W; \quad \text{შეუსაბამობა} - C=77^{\circ}-7',9 \text{ საზღვაო მილი}$$

ობსერვირებული ასტრონომიული წერტილი რუკაზე აღინიშნება - © სიმბოლოთი. მასთან ჩაიწერება დაკვირვების მომენტი და ლაგის ჩვენება, აგრეთვე შეუთავსებლობის აღმნიშვნელი მრუდი.

როგორც წესი, გამლილ ზღვებში ნაოსნობის დროს, უმთავრესად როცა ჩნდება ასტრონომიული მეთოდებით გემის ადგილმდებარეობის დადგენის საჭიროება, გამოიყენება წვრილმასშტაბიანი ნავიგაციური, ე.წ. გენერალური რუკები. ასეთ რუკებზე მოკლე მანძილების დატანა (სწორედ ასეთია გადატანების რიცხობრივი სიდიდეები) თითქმის შეუძლებელია. ასეთ შემთხვევაში ობსერვირებული წერტილის მიღებისთვის გამოიყენება ე.წ. რუკა-ბადეები (მათი კომპლექტი უნდა იყოს გემზე). რუკა-ბადეები გამოდის საკმაოდ დიდმასშტაბიანი, სხვადასხვა განედური სარტყლებისათვის. მასზე, სხვა რუკებთან შედარებით არ არის ნაჩვენები

სიღრმეები და სხვა პირობითი ნიშნები, ზედა და ქვედა ჩარჩოებზე არ არის ნაჩვენები მერიდიანები.

გვერდით ჩარჩოებზე კი ნაჩვენებია განედები როგორც ჩვეულებრივ ნავიგაციურ რუკაზე. გემის ათვლითი განედის შესაბამისად აარჩვენ რუკა-ზადეს და ფანქრით აღნიშნავენ ათვლითი წერტილის შესაბამის გრძედებს. ასევე აღნიშნავენ გემის ათვლითი წერტილს და ასრულებენ მდებარეობის სიმაღლური ხაზების დატანას, როგორც ჩვეულებრივ რუკაზე. მიიღებენ რა ობსერვირებულ წერტილს, ხსნიან რუკიდან ჩვეულებრივად ობსერვირებულ კოორდინატებს (LAT და Long) და შეუთავსებლობას (C).

ობსერვირებული კოორდინატები გადააქვთ გენერალურ რუკაზე, რომელზედაც წარმოებდა ნაოსნობა.

ადგილმდებარეობის ხაზების ქალაღზე დატანა

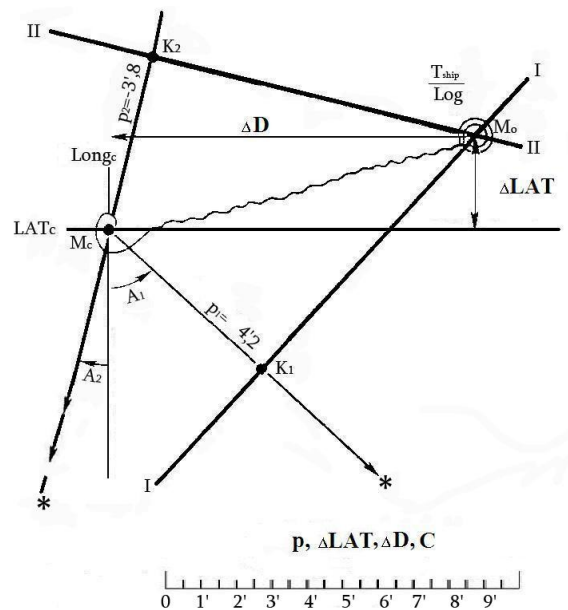
იმ შემთხვევაში, როცა ნაოსნობა წარმოებს გენერალურ რუკაზე და გემზე არ არის შესაბამისი რუკა-ზადე, მდებარეობის ხაზები შეიძლება დატანილი იქნას ჩვეულებრივ საწერ ქალაღზე (სასურველია უჯრებიანი ქალაღი) ან სპეციალურ ბლანკზე ნებისმიერ მასშტაბში.

პრაქტიკაში გამოიყენება სიმაღლური ხაზების ქალაღზე დატანის მასშტაბის არჩევის ორი ხერხი:

ხაზობრივი მასშტაბის გამოყენება - ქალაღის ნებისმიერ წერტილში სვამენ

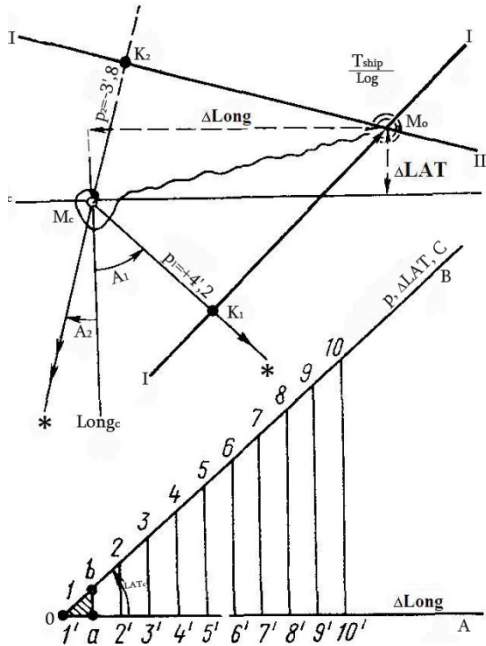
გემის ადგილმდებარეობის ათვლით წერტილს იმის გათვალისწინებით, თუ როგორ გამოიყენონ ქალაღის ფართობი შემდგომი აგებისათვის. ამ წერტილიდან ავლებენ აზიმუტების მიმართულებებს (ნახ.58)

ქალაღის ქვედა ნაწილში ავლებენ ჰორიზონტალურ ხაზს და მას სახაზავით ყოფენ ჰორიზონტალურ მონაკვეთებად. 1 მონაკვეთი=1' (რუკის გვერდითი ჩარჩოს დაყოფის შესაბამისად), ანუ 1 მონაკვეთი შეესაბამება მერკატორულ 1 მილს. ამ მონაკვეთების რაოდენობა შეესაბამება გადატანის სიდიდეებს. მიღებული ხაზობრივი მასშტაბიდან ცირკულის საშუალებით ხსნიან გადატანების რაოდენობას და გადააქვთ აღრიცხული წერტილიდან აზიმუტების მიმართულებით (როცა გადატანა დადებითია), ან საპირისპირო მიმართულებით (როცა გადატანა უარყოფითია). მიიღებენ განმსაზღვრელ წერტილებს (K₁, K₂ და ა.შ.). განმსაზღვრელ წერტილებში აზიმუტების მიმართულებების პერპენდიკულარულად ავლებენ მდებარეობის სიმაღლურ ხაზებს, ხოლო მათ კვეთაში ღებულობენ გემის ობსერვირებულ ადგილს (M₀).



ნახ.58 სიმაღლური ხაზების ქალაღზე დატანის მაგალითი ხაზობრივი მასშტაბის გამოყენებით

ობსერვირებული კოორდინატების (LAT_0 და $Long_0$) მისაღებად ცირკული-მზომით განედების სხვაობას ობსერვირებულ წერტილსა და ათვლით წერტილს შორის, რომლის კოორდინატები ცნობილია, LAT განედების სხვაობა მიიღება მასშტაბური სახაზავიდან ქალაღზე. იმავე წერტილების მერიდიანებს შორის მანძილი იმავე მასშტაბური სახაზავიდან გვადლევს ე.წ. მანძილს (D). MT-75 ცხრილების 25-a ცხრილში არგუმენტებით LAT და D პოულობენ გრძედების სხვაობას ($Long$) ათვლით და ობსერვირებულ წერტილებს შორის.



ნახ.59 სიმაღლური ხაზების ქალაღზე დატანა კუთხური მასშტაბის გამოყენებით

კუთხური მასშტაბის გამოყენება –

ჩვეულებრივი ფურცლის (სასურველია უჯრებიანი) ქვედა ნაწილში ავლებენ ჰორიზონტულ ხაზს (OA). მასთან კუთხით, რომელიც ტოლია დამკვირვებლის ათვლითი განედის (LAT_c) ავლებენ მეორე, დამრეც ხაზს (OB). დამრეც ხაზს ყოფენ ცირკულ-მზომით ტოლ ნაწილებად (ყოველი ნაწილი მიღებულია რკალის ერთ წუთად – მერიდიანული მილი) დაყოფები უნდა შეესაბამებოდეს გადატანის (p) მაქსიმალურ რაოდენობას რიცხობრივად. დაყოფის შემდეგ მიღებულ წერტილებს აპროექცირებენ ჰორიზონტულ გვერდზე (OA) და ღებულობენ მასზე შესაბამის დანაყოფებს ეკვატორიულ მილებში. ასე იგება კუთხური მასშტაბი (ნახ.59).

OBA სამკუთხედიდან პოულობენ, რომ გვერდი $OA=OB \cdot \cos LAT$, რაც ნიშნავს იმას, რომ დამრეც გვერდზე შეიძლება გაიზომოს მანძილები, განედების

სხვაობები და კურსიდან გადახრის მანძილები (D , $\Delta LAT, C$), ხოლო ჰორიზონტულ გვერდზე – გრძედების სხვაობები ($\Delta Long$). ფაქტიურად მიიღებენ რუკის გვერდითი, ზედა და ქვედა ჩარჩოების დაყოფებს (მერიდიანული და ეკვატორული მილი). გემის ადგილმდებარეობის გრაფიკული აგება ისევე ხდება, როგორც ხაზობრივი მასშტაბის გამოყენების დროს. ობსერვირებული (ჭემმარიტი) ადგილის კოორდინატების გამოსათვლელად ცირკულმზომით ზომავენ განედების (ΔLAT) და გრძედების ($\Delta Long$) სხვაობას ათვლით და ობსერვირებულ კოორდინატებს შორის. ობსერვირებული კოორდინატები გამოითვლება:

$\pm LAT_c$		$\pm Long_c$	
ΔLAT		$\Delta Long$	
LAT_0		$Long_0$	

§55. სიმაღლისა და აზიმუტის გამოსათვლელი სპეციალური ცხრილები

გემთწამყვანობაში მალღური ხაზების ელემენტების გამოსათვლელად ფართოდ გამოიყენება სპეციალური ცხრილები “Sight Reduction table”, ეს ცხრილები შეიძლება იყოს გემებზე ცალკე გამოცემული ექვსტომეულის სახით, ან მოყვანილია წიგნში “The Nautical Almanac”. მეორე ვარიანტი საგრძნობლად აადვილებს გამოთვლების პროცესს იმ თვალსაზრისით, რომ ერთ სახელმძღვანელოშია გაერთიანებული მნათობთა ციური კოორდინატების ყოველდღიური ცხრილები და “Sight Reduction table”. აქვეა მოცემული სიმაღლეთა შესწორებების და სხვა სხვა საჭირო დამხმარე ცხრილებიც.

ამოცანის ამოხსნის მთელი პროცესი ხორციელდება მხოლოდ ამ ერთი სახელმძღვანელოს გამოყენებით, რაც ზოგავს შტურმანის დროს.

ამოცანის ამოხსნა შედგება შემდეგი ძირითადი ეტაპებისგან:

1) მნათობთა ციური კოორდინატების (ექვატორულ სისტემაში) განსაზღვრა, რისთვისაც საჭიროა გემის დროის გადაყვანა გრინვიჩის დროზე სარტყლის ნომრით; ქრონომეტრის მომენტის შესწორება – ქრონომეტრის შესწორებით (U), გრინვიჩის დროის და თარიღის მიღება. გრინვიჩის დრო, მიღებული სარტყლის ნომრით, არის მაკონტროლებელი იმ დროის, რომელიც მიღებულია ქრონომეტრის მომენტის შესწორებით, ანუ T_{chr} დროის მაჩვენებელი რიცხვი იდენტური უნდა იყოს T_{Gr} , რომელიც მიღებულია გემის დროის სარტყლის ნომრით შესწორების შედეგად. ამასთანავე, ყურადღება უნდა მიექცეს თარიღს, რომელიც შეიძლება შეიცვალოს.

სქემა 12

Date	T_{sh}		T_{chr}	
	\pm $N^{\circ}Z^E_W$		\pm U_{chr}	
Date	T_{GR}		T_{GR}	

შემდეგ “The Nautical Almanac”-ის ყოველდღიურ ცხრილებში შესაბამის თარიღზე საათების მაჩვენებელი რიცხვით პოულობენ

GHA - მნათობთა საათობრივ კუთხეს და

DEC_T - მნათობის დახრილობას

გადაჰყავთ ადგილობრივ საათობრივ კუთხეში.

სქემა 13

	GHA ^(h)	
	+	
	GHA ^(M,S)	
	GHA	
	\pm	
	Long ^E _W	
	LHA	W
(d=)	Dec _T	
	\pm d	
	Dec	N ან S

მიღებული ადგილობრივი საათობრივი კუთხე - LHA ყოველთვის W-ის სახელწოდებისაა, ხოლო დახრილობა, შესაბამისად, N ან S სახელწოდების (მოცემულია ცხრილებში):

სქემა 14

Date	T_{Sh} \pm Z_E^W		T_{chr} \pm U_{chr}	
Date	T_{GR}		T_{GR}	
			$GHA^{(h)}$ +	
			$GHA^{(M,S)}$	
			GHA \pm $Long_W^E$	
			LHA	W
		(d=)	Dec_T $\pm \Delta d$	
			Dec	N ან S

დროის წუთებისა და წამებისათვის შესწორება მოიპოვება “The Nautical Almanac”-ის ბოლოში განლაგებულ ცხრილებში “Increments and corrections”, იქვე პოულობენ დახრილობის შესწორებას არგუმენტით d. d კი მოცემულია ყოველდღიური ცხრილების ქვედა ნაწილში.

ასეთივე სქემით იპოვება ციური კოორდინატები მზის, მთვარისა და პლანეტებისათვის.

ვარსკვლავების კოორდინატების საპოვნელად სქემა განსხვავებულია.

სქემა 15

Date	T_{Sh} \pm Z_E^W		T_{chr} U_{chr}	
Date	T_{GR}		T_{GR}	Date
			$GHA^{(aries)h}$ +	
			$GHA^{(aries)M,S}$	
			GHA \pm $Long_W^E$	
			LHA^{aries} +	
			SHA*	
			LHA*	W
			Dec*	N ან S

SHA* - Siderial Hour Angle – ვარსკვლავთმიერი დამატება და Dec* იპოვება ყოველდღიურ ცხრილებში (მარცხენა გვერდი) ვარსკვლავის ინგლისური სახელის მიხედვით.

შენიშვნა: თუ არსებული სახელის ვარსკვლავი აქ ვერ იპოვეთ, უნდა მიმართოთ ვარსკვლავთა ატლასს “The Nautical Almanac”-ში (“Star Chart”), იქვეა დახრილობაც (Dec). (გვ. 266-273. The Nautical Almanac)

2) მნათობთა ათვლითი კოორდინატების (ჰორიზონტულ სისტემაში) განსაზღვრა ცხრილებით “Sight Reduction Table” - მოთავსებულია წიგნში “The Nautical Almanac” (გვ. 277-318)

ცხრილებში შესასვლელი არგუმენტებია

LAT_c - დამკვირვებლის ათვლითი განედი;

LHA - მნათობთა ადგილობრივი საათობრივი კუთხე;

Dec - მნათობის დახრილობა;

მოცემული სიდიდეები მრგვალდება მთელ გრადუსებამდე.

- შევდივართ ცხრილებში “Sight Reduction Table” არგუმენტებით LAT_c და LHA.

LAT_c - ჰორიზონტულ რიგში;

LHA - ვერტიკალურ რიგში.

არგუმენტის კვეთაში ვპოულობთ სამ დამხმარე სიდიდეს: A, B, Z₁, ამასთანავე B აქვს ნიშანი:

(-), თუ $90^\circ < LHA < 270^\circ$ და (+) სხვა შემთხვევებში.

Z₁ აქვს იგივე ნიშანი, როგორც B.

- B მივუწერთ ქვეშ Dec, რომელსაც ასევე აქვს ნიშანი:

(+), თუ LAT და Dec ერთნაირი სახელწოდებისაა და (-) თუ ისინი სხვადასხვა სახელწოდების არიან.

- იკრიბება ალგებრულად B+Dec და ვღებულობთ დამხმარე სიდიდეს F, რომელიც ყოველთვის უნდა მიიღებოდეს (+) ნიშნით. თუ F მივიღეთ (-), გამოთვლებში დაშვებულია შეცდომა, ვინაიდან ამ შემთხვევაში მნათობი, რომელსაც ვაკვირდებოდით, საერთოდ არ არის ჰორიზონტის ზევით.

- ისევ შევდივართ ცხრილებში “Sight Reduction Table”, ამჯერად არგუმენტებით ჰორიზონტულ რიგში - A გრადუსებში, ვერტიკალურ სვეტში - F გრადუსებში. კვეთაში ვპოულობთ დამხმარე სიდიდეებს: H, P Z₂.

Z₂ აქვს ნიშანი:

(-) თუ $F > 90^\circ$ და

(+), თუ $F < 90^\circ$

შემდეგი ორი მოქმედებით პოულობენ სიმაღლის შესწორებებს დამატებით ცხრილებში “Auxiliary Tables” “Adjustment to Tabular Altitude” - ცხრილებში, რომლებიც განთავსებულია უშუალოდ “Sight Reduction Table”-ის შემდეგ.

პირველი შესვლა ცხრილებში წარმოებს არგუმენტებით:

F' – წუთებში - ჰორიზონტულ რიგში

P° – გრადუსებში - ვერტიკალურ სვეტში მარცხნიდან მარჯვნივ.

კვეთაში ვპოულობთ სიმაღლის პირველ შესწორებას წუთებში. შესწორების ნიშანი მოცემულია ცხრილებში.

თუ F' მნიშვნელობა ზედა რიგშია, შესწორებას ენიჭება ნიშანი (+), ხოლო თუ F' ქვედა რიგშია, შესწორებას ენიჭება (-) ნიშანი.

მეორე შესვლა ცხრილებში წარმოებს არგუმენტებით:

A' –წუთებში - ჰორიზონტულ რიგში და

Z_2^0 –გრადუსებში - ვერტიკალურ სვეტში ამჯერად მარჯვნიდან მარცხნივ.

კვეთაში ვპოულობთ სიმაღლის მეორე შესწორებას, რომლის ნიშანი მოცემულია ცხრილებში. თუ A' სიდიდე ზედა რიგშია, შესწორებას ენიჭება ნიშანი (-), ხოლო თუ A' ქვედა რიგშია, შესწორებას ენიჭება (+) ნიშანი.

- ალგებრულად იკრიბება $H+\Delta H_1+\Delta H_2$ და ვღებულობთ ათვლითი სიმაღლის მნიშვნელობას H_c (Calculated Altitud);

- ალგებრულად იკრიბება მნიშვნელობები Z_1+Z_2 და ვპოულობთ დამხმარე სიდიდეს Z , რომელიც არ უნდა იქნას მიღებული (-) ნიშნით. წინააღმდეგ შემთხვევაში ამოცანის ამოხსნის პროცესში დაშვებულია შეცდომა;

- ათვლითი აზიმუტის მისაღებად ვხელმძღვანელობთ შემდეგი წესით:

ა) ათვლითი განედი - LAT_c ჩრდილოეთის სახელწოდებისაა:

თუ $LHA > 180^\circ$, $A_c = Z$; $LHA < 180^\circ$, $A_c = 360^\circ - Z$

ბ) ათვლითი განედი სამხრეთის სახელწოდებისაა:

თუ $LHA > 180^\circ$, $A_c = 180^\circ - Z$; $LHA < 180^\circ$, $A_c = 180^\circ + Z$

ამრიგად, ვღებულობთ მნათობის ათვლით კოორდინატებს ჰორიზონტულ სისტემაში: H_c - მნათობის ათვლითი სიმაღლე Calculated Altitud

A_c - მნათობის ათვლითი აზიმუტი Calculated Azimuth

სიმაღლისა და აზიმუტის გამოთვლა კალკულატორით სფერული

ტრიგონომეტრიის ფორმულების გამოყენებით

ცნობილია, რომ სფერული ტრიგონომეტრიის ფორმულებში გამოიყენება ძირითადი ასტრონავიგაციული ამოცანების ამოხსნის დროს. იმავე ფორმულებით ხდება მნათობის სიმაღლისა და აზიმუტის გამოთვლაც კალკულატორის დახმარებით. კალკულატორი უნდა შეიცავდეს ტრიგონომეტრიულ ფუნქციებს.

წინასწარ უნდა იქნას გამოთვლილი მნათობის საათობრივი კუთხე და დახრილობა (LHA და Dec), რაც “The Nautical Almanac”-ის ყოველდღიური ცხრილების მეშვეობით არის შესაძლებელი:

სქემა 16

Date	T_{Sh} \pm $N^{\circ}Z^W_E$		T_{chr} + U_{chr}	
Date	T_{GR}		T_{GR}	
			$GHA^{(aries), h}$ \pm $GHA^{(aries)M,S}$	
			GHA^{aries} \pm $Long^E_W$	
			LHA^{aries} +	
			SHA	
			LHA^*	W
		d=	Dec _T Δd	
			Dec*	N ან S

მიღებულ სიდიდეთა რიცხობრივი მნიშვნელობები უნდა გადავიყვანოთ გრადუსებიდან, წუთებიდან და წუთის მეათედებიდან გრადუსებში და გრადუსის მეათედებში, რისთვისაც წუთები და წუთის მეათედები უნდა გაიყოს 60-ზე და დაიწეროს გრადუსების შემდეგ, გამოყოფილი მათგან მძიმით.

ანუ მიღებულ არგუმენტებს: LATc (Calculated Latitude) - იხსნება რუკიდან ან GPS ინდიკატორის ეკრანიდან სიმაღლის გაზომვის მომენტზე გრადუსებში და გრადუსის მეათედ ნაწილებში მძიმიდან 5 ციფრის ფარგლებში.

LHA - მნათობის ადგილობრივი საათობრივი კუთხე; Local Hour Angle გადაყვანილი გრადუსებში და გრადუსის მეათედ ნაწილებში მძიმიდან 5 ციფრის ფარგლებში.

Dec - მნათობის დახრილობა Declination, გადაყვანილი ასევე გრადუსებში და გრადუსის მეათედ აწილებში მძიმიდან 5 ციფრის ფარგლებში.

ვიყენებთ შემდეგ სფერული ტრიგონომეტრიის ფორმულებში:

ა) ათვლითი სიმაღლის მისაღებად:

$$Hc = \sin^{-1}(S \cdot \sin LAT + C \cdot \cos LAT)$$

კოეფიციენტი $S = \sin Dec$

კოეფიციენტი $C = \cos Dec \cdot \sin LHA$

\sin^{-1} არის სინუსის შებრუნებული ფუნქცია

კალკულატორით ადვილად ვპოულობთ ტრიგონომეტრიული ფუნქციების რიცხვობრივ მნიშვნელობებს და ვაწარმოებთ შესაბამის გამოთვლებს.

ფუნქციათა რიცხვობრივ მნიშვნელობებს ენიჭება ნიშნები შემდეგი წესით:

$$LAT_N - (+) \quad LHA = GHA \pm LONG_W^E$$

$$LAT_S - (-) \quad Dec_N - (+)$$

$$Dec_S - (-)$$

ბ) ათვლითი აზიმუტის მისაღებად:

$$A = \cos^{-1} \cdot X \quad X = (S \cdot \cos LAT - C \cdot \sin LAT) : \cos Hc$$

კალკულატორით ვპოულობთ ფუნქციების რიცხვობრივ მნიშვნელობებს შესაბამისი ნიშნებით და ვაწარმოებთ გამოთვლებს. \cos^{-1} ნიშნავს კოსინუსის შებრუნებულ ფუნქციას.

თუ $X > +1$ ითვლება $X = +1$

$X < -1$ ითვლება $X = -1$

A განსაზღვრის შემდეგ Ac-ს ვპოულობთ შემდეგი წესით:

თუ $LHA > 180^\circ$ $Ac = A$

$LHA < 180^\circ$ $Ac = 360^\circ - A$

მაგალითი: განვსაზღვროთ მნათობის ათვლითი სიმაღლე და აზიმუტი, თუ მოცემულია: Lat=32°00';N

$$GHA = 53^\circ 00'; O$$

$$LONG = 16^\circ 00'; OW$$

$$Dec = 15^\circ 00'; OS$$

გამოთვლები:

$$LHA = GHA \pm LONG_W^E = GHA - LONG_W = 53^\circ - 16^\circ = +37^\circ$$

$$S = \sin Dec = \sin 15^\circ = 0,25880$$

$$C = \cos Dec \cdot \sin LHA = \cos 15^\circ \cdot \sin 37^\circ = 0,9659 \cdot 0,7986 = 0,77140$$

$$\sin Hc = -0,25880 \cdot 0,53990 + 0,77140 \cdot 0,84800 = 0,51710$$

$$Hc = 31^{\circ}06;1$$

$$X = \frac{-0,25800 \cdot 0,84800 - 0,77140 \cdot 0,52990}{0,85600} = -0,73400$$

$$A = 137,^{\circ}2$$

$$\text{ვინაიდან } LHA < 180^{\circ}; \quad Ac = 360^{\circ} - A$$

$$Ac = 360^{\circ} - 137,^{\circ}2 = 222,^{\circ}8$$

$$\text{მივიღეთ: } Hc = 35,^{\circ}01;1$$

$$Ac = 222,^{\circ}8$$

§ 56. მნათობის სიმაღლისა და აზიმუტის განსაზღვრა ლოგარითმების ცხრილებით

სფერული სამკუთხედების ამოხსნა ლოგარითმული ცხრილების საშუალებით შედგება მთელი რიგი გარკვეული თანმიმდევრობით შესრულებული ოპერაციებისაგან.

- შესაფერისი ფორმულების შერჩევა, რომელიც აკავშირებს მოცემულ და საპოვნელ ელემენტებს.
- ამ ფორმულების გარდაქმნა უცნობი ელემენტის გამოყოფის მიზნით;
- შერჩეული და გარდაქმნილი ფორმულების გამოკვლევა ტრიგონომეტრიული ფუნქციების ნიშნებზე;
- გამოთვლების სქემების შედგენა;
- საპოვნი ელემენტების გამოთვლა;
- შესრულებული გამოთვლების კონტროლი.

სფერულ სამკუთხედში უცნობი ელემენტების ტრიგონომეტრიული ფორმულებით განსაზღვრა უმთავრესად ხდება ტრიგონომეტრიული ფუნქციების ლოგარითმების ცხრილებით (MT-75; ცხრ. 5-a).

მათში მოცემულია ტრიგონომეტრიული ფუნქციების ლოგარითმების მნიშვნელობა \sin , \cos , tg , ctg , sec , cosec 0° -დან 180° -მდე კუთხეებისათვის $1'$ -ის შუალედით.

ცალკე სვეტებით მოცემულია აგრეთვე იმავე კუთხეების ლოგარითმები $\sin^2 \frac{\alpha}{2}$ -თვის.

ცხრილები გამოიყენება როგორც ლოგარითმების განსაზღვრისათვის, ასევე საპირისპირო ამოცანის ამოხსნისათვის, ანუ მოცემული ლოგარითმით შესაბამისი კუთხის განსაზღვრისათვის.

როცა არგუმენტი შეიცავს რკალის წუთის მეათედ ნაწილებს, ლოგარითმს გამოითვლიან ინტერპოლაციით.

უნდა აღინიშნოს, რომ გამოსათვლელი ელემენტების საპოვნელად უმთავრესად იყენებენ არალოგარითმულ ფორმულებს, რომელთა მარჯვენა მხარე შეიცავს ორ წევრს, შეკავშირებულს ერთმანეთთან ნიშნებით „+“ ან „-“, ამიტომ საჭირო ხდება გამოთვლების პროცესში ჯამის ან სხვაობის ლოგარითმული ცხრილებით სარგებლობა. თუ მაგალითად მოცემულია $\lg a$ და $\lg b$, ხოლო საჭიროა $\lg(a+b)$ და $\lg(a-b)$ პოვნა, ამ შემთხვევისთვის MT-75 ცხრილებში მოცემულია (K-Φ Γαϵϵ) ჰაუსის სპეციალური ცხრილები (ცხრ. 3-a და 3-b MT-75), თუმცა შეიძლებოდა ცალკე-ცალკე გვეპოვნა $\lg a$ და $\lg b$, ხოლო შემდეგ შეგვეკრიბა ისინი.

ცხრილებით სარგებლობის განმარტება მოცემულია ცხრილებში MT-75 განყოფილებაში «Объяснение таблиц» .

ფორმულები, რომლებიც გამოიყენება მნათობის სიმაღლის და აზიმუტის გამოსათვლელად.

სიმაღლის (H) გამოსათვლელად გამოვიყენოთ გვერდის კოსინუსის ფორმულა სფერულ სამკუთხედში ZP_NC გვერდ ZC მიმართ ფორმულა ასე ჩაიწერება: $ZC = 90^{\circ} - h$
 $\cos(90^{\circ} - H) = \cos(90^{\circ} - LAT) \cdot \cos(90^{\circ} - Dec) + \sin(90^{\circ} - LAT) \cdot \sin(90^{\circ} - Dec) \cdot \cos LHA$
 გავამარტივოთ და მივიღებთ

$$\sin \alpha = \sin LAT \sin Dec + \cos LAT \cos Dec \cos LHA$$

მიღებული ფორმულით სიმაღლის გამოთვლისთვის საჭირო იქნება ჯამის ან სხვაობის ლოგარითმის პოვნა. ამიტომ ფორმულის მარჯვენა ნაწილი უნდა იქნას გამოკვლეული ნიშნებზე.

ცნობილია, რომ სფერული სამკუთხედის თითოეული გვერდის ან კუთხის მნიშვნელობა შეიძლება იყოს 0-დან 180⁰-მდე, ანუ მათი სიდიდეები იქნება ტრიგონომეტრიული წრის პირველ ან მეორე მეოთხედში.

დადებითია პირველ მეოთხედში მდებარე ყველა ტრიგონომეტრიული ფუნქციის სეგმენტი და არაუარყოფითია მეორე მეოთხედში მდებარე ტრიგონომეტრიული ფუნქციის არგუმენტები *sin* და *cosec* გარდა. თუ ფორმულის მარჯვენა მხარის პირველი და მეორე წევრების ყოველი მამრავლის ზევით დავსვამთ შესაბამის ნიშანს, მაშინ მათი გადამრავლების შედეგად მიღებული ფორმულის პირველი და მეორე წევრის ნიშნების დადგენა ადვილად შეიძლება. ამასთანავე წარმოიქმნება შემდეგი შემთხვევები:

- ფორმულის მარჯვენა მხარის ორივე წევრს აქვს ერთნაირი ნიშანი (ან ორივე დადებითია, ან ორივე უარყოფითი) +I; +II ან -I; -II. მაშინ საპოვნო ელემენტების სიდიდის ფუნქციის გამოსათვლელად სარგებლობენ ფუნქციის ლოგარითმის ჯამით. () ;
- ფორმულის მარჯვენა მხარის ორივე წევრს აქვს სხვადასხვა ნიშანი: (+I; -II) ან (-I; +II). ამ შემთხვევაში სარგებლობენ ლოგარითმის სხვაობის ცხრილით () .

ნიშანზე გამოკვლევა იმისთვისაც არის საჭირო, რომ დადგინდეს საპოვნო ელემენტის ფუნქციის ნიშანი. მისი ნიშანი განსაზღვრავს, თუ რომელ მეოთხედში (პირველში თუ მეორეში) მდებარეობს საპოვნო ელემენტი, ანუ ფორმულის ნიშნებზე გამოკვლევის გარეშე შეუძლებელი იქნებოდა საპოვნო ელემენტების სიდიდის დადგენა.

საპოვნო ელემენტების ნიშანი პირდაპირ არის დამოკიდებული ფორმულის მარჯვენა მხარეს მდებარე პირველი და მეორე წევრების ნიშნებზე. ამასთანავე წარმოიქმნება შემდეგი კონკრეტული შემთხვევები:

- ფორმულის მარჯვენა მხარის ორივე წევრს აქვს დადებითი ნიშანი (+I; +II). მაშინ მარცხენა მხარეს მდებარე საპოვნო ელემენტების ფუნქცია იქნება დადებითი, შესაბამისად, საპოვნო ელემენტის სიდიდე ნაკლებია 90⁰-ზე. (ტრიგონომეტრიული წრის პირველი მეოთხედი).
- ფორმულის მარჯვენა მხარის ორივე წევრს აქვს უარყოფითი ნიშანი (-I; -II). მაშინ საპოვნო ელემენტის სიდიდის ფუნქციები cos, tg, ctg და sec უარყოფითია, აქედან გამომდინარე, საპოვნო ელემენტის სიდიდე მეტია 90⁰-ზე (მეორე მეოთხედი) sin და cosec ფუნქციები ამ შემთხვევისთვის არ განიხილება,

რადგან ამ ორი ფუნქციის სიდიდეები უარყოფითი შეიძლება იყოს მხოლოდ მაშინ, როცა არგუმენტის მნიშვნელობა 180° -ზე მეტია (მესამე და მეოთხე მეოთხედები)

- ერთი წევრი დადებითია, მეორე კი უარყოფითი (+I; -II) ან (-I; +II). მაშინ საპოვნი ელემენტის ნიშნის განსაზღვრისათვის ხელმძღვანელობენ ამ წევრების ლოგარითმების სიდიდეებით. თუ დადებითი წევრის ლოგარითმი მეტია, მაშინ საპოვნი ელემენტების ფუნქციის ნიშანიც დადებითია (პირველ შემთხვევასთან გვაქვს საქმე). თუკი უარყოფითი წევრის ლოგარითმია მეტი, მაშინ საპოვნი ელემენტის ნიშანი უარყოფითია (მეორე შემთხვევა).

ფორმულის ნიშნებზე გამოკვლევის დროს მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული ის განსაკუთრებული შემთხვევები, როდესაც ნიშნის მინიჭება ხდება ელემენტის სახელწოდების მიხედვით პარალაქსურ სამკუთხედში.

1. განედის ყველა ფუნქცია დადებითია, ვინაიდან განედი არ შეიძლება იყოს 90° -ზე მეტი. ეს მართებულია როგორც ჩრდილო, ისე სამხრეთ განედისათვის.
2. დახრილობის ყველა ფუნქცია მაშინ არის დადებითი, თუ ის ერთნაირი სახელწოდებისაა განედთან, ვინაიდან ამ შემთხვევაში არგუმენტი მდებარეობს პირველ მეოთხედში.
3. თუ დახრილობის სახელწოდება განსხვავდება განედის სახელწოდებისაგან, არგუმენტი ითვლება მეოთხე მეოთხედში და $\sin Dec$ იქნება უარყოფითი, ხოლო $\cos Dec$ - დადებითი.
4. ფორმულაში ყოველთვის იყენებენ საათობრივ კუთხეს, რომელიც ნაკლებია 180° -ზე. თუ ადგილობრივი საათობრივი კუთხე (LHA) 90° -ზე ნაკლებია, მაშინ $\cos LHA$ დადებითია, თუ $LHA > 90^{\circ}$, მაშინ არგუმენტი მეორე მეოთხედშია და $\cos LHA$ უარყოფითია.

გამოკვლევის შედეგად ვადგენთ I და II წევრების ნიშნებს. ამასთან ორივე წევრი შეიძლება იყოს დადებითი და ვსარგებლობთ ცხრილით 3-a MT-75 ჯამებისათვის ან ერთი წევრი დადებითი, ხოლო მეორე უარყოფითი, მაშინ ვიყენებთ ცხრილის 3-b MT-75 სხვაობებისათვის. ამ შემთხვევაში დადებითი წევრის ლოგარითმი ყოველთვის მეტი აღმოჩნდება უარყოფითი წევრის ლოგარითმზე. ვინაიდან $\sin H$ აუცილებლად უნდა იყოს დადებითი (H-ის მნიშვნელობა არ შეიძლება იყოს 90° -ზე მეტი).

ნაპოვნი სიმაღლის სიდიდე იქნება პირველ მეოთხედში, რაც შეესაბამება იმას, რომ მნათობი ჰორიზონტს ზევით მდებარეობს.

აზიმუტის განსაზღვრისათვის გამოვიყენოთ სინუსების ფორმულა, სადაც ვთვლით, რომ სიმაღლე (H) უკვე განსაზღვრულია:

$$\frac{\sin A}{\sin tm} = \frac{\sin(90^{\circ} - Dec)}{\sin(90^{\circ} - H)}$$

გავამარტივოთ ფორმულა და გამოვყოთ საპოვნელი ელემენტი:

$$\sin A = \cos Dec \cdot \sin LHA \cdot \sec H$$

$\sin A$ ფორმულა არ საჭიროებს ნიშნებზე გამოკვლევას, ხოლო გამოთვლილი აზიმუტი ყოველთვის 90° -ზე ნაკლები მიიღება, ანუ მეოთხედურ ათვლაშია.

ჰორიზონტის მეოთხედის სახელწოდებას ადგენენ შემდეგი წესით:

თუ მნათობის დახრილობის და დამკვირვებლის განედის სახელწოდებები სხვადასხვაა, მაშინ მიღებული მეოთხედური აზიმუტის სახელწოდების პირველი ასოც განსხვავებულია განედის სახელწოდებისაგან.

თუ მნათობის დახრილობის სახელწოდება და დამკვირვებლის განედის სახელწოდება ერთნაირია, ამასთან $Dec > LAT$, მაშინ აზიმუტის სახელწოდების პირველი ასო ყოველთვის ერთნაირია განედის სახელწოდებისა.

თუ მნათობის დახრილობის სახელწოდება და დამკვირვებლის განედის სახელწოდება ერთნაირია, ამასთან $Dec < LAT$, მაშინ აზიმუტის სახელწოდების პირველი ასო დამოკიდებულია მნათობის სიმაღლეზე პირველ ვერტიკალზე:

- თუ მოცემული სიმაღლე მეტია იმ სიმაღლეზე, რომელიც ექნება მნათობს პირველი ვერტიკალის გადაკვეთის მომენტში, ეს ასო განსხვავებული იქნება განედის სახელწოდებისაგან;
- თუ მოცემული სიმაღლე ნაკლებია იმ სიმაღლეზე, რომელიც ექნება მნათობს პირველი ვერტიკალის გადაკვეთის მომენტში, მაშინ აზიმუტის სახელწოდების პირველი ასო ერთნაირი იქნება დამკვირვებლის განედის სახელწოდებისა.

მნათობის სიმაღლე პირველ ვერტიკალზე შედარებისთვის იპოვება ცხრილი 21 MT-75 განედისა და დახრილობის მნიშვნელობებით

მეოთხედური აზიმუტის სახელწოდების მეორე ასო ყოველთვის ერთნაირია პრაქტიკული (180° -ზე ნაკლები) საათობრივი კუთხის სახელწოდებისა.

სქემა ასე გამოიყურება:

სქემა 17

LAT=	sin		cos		secH
Dec=	sin		cos		cos
LHA=	-		cos		cos
	I		II		sinA
	β		ჰ.ა	ჰაუსის არგუმენტი	A_{β}
	sinH=				A
	W=				

აზიმუტის ცალკე გამოსათვლელი ფორმულა

როცა საჭიროა მარტო აზიმუტის გამოთვლა (მაგალითად, კომპასის შესწორებისათვის), იყენებენ კოტანგენტების ფორმულას:

$$tgA \cdot \sin LHA = ctg(90^{\circ} - Dec) \cdot \sin(90^{\circ} - LAT) - \cos LHA \cdot \cos(90^{\circ} - LAT)$$

გამარტივებისა და საპოვნი ელემენტების გამოყოფის შემდეგ ვრეზულობთ:

$$ctgA = \frac{tgDec \cos LAT}{\sin LHA} - \frac{\cos LHA \sin LAT}{\sin LHA}$$

და ბოლოს:

$$ctgA = \cos LAT \cdot tgDec \cdot \cos ecLHA - \sin LAT \cdot ctgLHA$$

ფორმულა არალოგარითმულია და ითხოვს ნიშნებზე გამოკვლევას, რისთვისაც ვხეიმძვანელობთ შემდეგი წესით:

- განედის ყველა ფუნქცია დადებითია, ვინაიდან განედი არ შეიძლება იყოს 90° -ზე მეტი.
- $tgDec$ დადებითია, თუ დამკვირვებლის განედი და მნათობის დახრილობა ერთნაირი სახელწოდების არიან. თუ ისინი სხვადასხვა სახელწოდების არიან, მაშინ $tgDec$ უარყოფითია, როგორც მეოთხე მეოთხედში მდებარე.

- ადგილობრივი საათობრივი კუთხის ფუნქციები დადებითია, თუ $LHA < 90^\circ$, ხოლო თუ $LHA > 90^\circ$, მაშინ (არგუმენტი მეოთხე მეოთხედშია) $\operatorname{cosec} LHA$ დადებითია, $\operatorname{ctg} LHA$ კი უარყოფითი.

ამ ფორმულით განსაზღვრული აზიმუტი ყოველთვის არის ნახევარწრიულ ათვლაში ანუ მდებარეობს 0-დან 180° -მდე ფარგლებში.

აზიმუტის სიდიდის გამოსათვლელად (პირველი ან მეოთხე მეოთხედი) ხელმძღვანელობენ შემდეგი წესით:

- თუ ფორმულის მარჯვენა ნაწილის ორივე წევრი დადებითია, აზიმუტი $A < 90^\circ$, ვინაიდან $\operatorname{ctg} A$ დადებითია.
- თუ ფორმულის მარჯვენა ნაწილის ორივე წევრი უარყოფითია, აზიმუტი $A > 90^\circ$, ვინაიდან $\operatorname{ctg} A$ უარყოფითია.
- თუ ერთი წევრი დადებითია, ხოლო მეორე უარყოფითი, მაშინ $\operatorname{ctg} A$ ნიშანი ერთნაირია იმ წევრის ნიშნისა, რომლის ლოგარითმიც მეტია.

თუ გამოკვლევის შედეგად $\operatorname{ctg} A$ მიიღო „-“ ნიშანი, ეს ნიშნავს, რომ მიღებული კუთხე იქნება აზიმუტის დამატება 180° -მდე, ვინაიდან ამ შემთხვევაში ნახევარწრიული აზიმუტი მეტია 90° -ზე.

ფორმულით გამოთვლილი ნახევარწრიული აზიმუტის სახელწოდების პირველი ასო ყოველთვის განედის სახელწოდების იდენტურია, ხოლო მეორე ასო შეესაბამება პრაქტიკული (180° -ზე ნაკლები) საათობრივი კუთხის სახელწოდებას.

სქემა 17

LAT=	cos	sin	
Dec=	tg	-	
LHA=	cosec	ctg	
	I	II	
	Arg	α	
	$\operatorname{ctg}(180^\circ - A) =$ $180^\circ - A =$ $A =$		

თავი XVI. ზღვაში გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა მნათობებზე ერთდროული დაკვირვებით

§ 57. დაკვირვებისთვის მომზადება და მისი ჩატარება ბინდში

საიმედო ობსერვაციის მიღებისათვის მთავარი პირობაა ხარისხოვანი ასტრონომიული დაკვირვების ჩატარების უზრუნველყოფა. დაკვირვება გულისხმობს უმთავრესად ობსერვაციის მისაღებად შერჩეული მნათობების სიმაღლეთა გაზომვას და ამავდროულად გაზომვის მომენტების ფიქსირების ქრონომეტრიით. ამ ოპერაციების კარგი შესრულება, განსაკუთრებით საღამოს ან დილის ბინდის პერიოდში, მოითხოვს გემთწამყვანისაგან მაღალ კვალიფიკაციას, რაც მიიღწევა სისტემატიური ვარჯიშით.

საკმაოდ მნიშვნელოვანი ფაქტორია ასევე კარგი მომზადება ასტრონომიული დაკვირვებისათვის. გემთწამყვანობის პრაქტიკიდან და თეორიული კვლევებიდან გამომდინარეობს ძირითადი დებულებები, რომლებიც უნდა იქნას გამოყენებული ღამის მნათობებზე (მთვარე, პლანეტები, ვასკვლავები) დაკვირვებისათვის მომზადების და სიმაღლეთა გაზომვის პროცესში.

1. ბინდში დაკვირვების წარმატებულად ჩატარებისათვის აუცილებელია წინასწარ შეარჩიოთ ვარსკვლავთ გლობუსის ან ვარსკვლავთ პლანშეტის მეშვეობით რვა ვარსკვლავი და პლანეტა. საკმაოდ კაშკაშა (პლანეტები წინასწარ დაიტანება გლობუსზე) და შედარებით ადვილად გასარჩევია ცაზე; შეადგინეთ მათი მდებარეობის (განლაგების) სქემა გემის დიამეტრალური სიბრტყის მიმართ. ამ პირობის შესრულება საშუალებას მოგცემთ გქონდეთ დაკვირვების პროცესში ორი, სამი ან ოთხი ხელსაყრელი მნათობი იმ შემთხვევაშიც კი თუ ცის ნაწილი ღრუბლით იქნება დაფარული.

2. მნათობთა შერჩევისას ვარსკვლავთგლობუსით უნდა გახსოვდეთ, რომ მათი სიმაღლეები უნდა იყოს 30° - 70° ფარგლებში და შეძლებისდაგვარად მათი სიდიდეები ახლოს ერთმანეთთან.

3. არასდროს არ უნდა უგულვებელყოთ პლანეტების სიმაღლეთა, განსაკუთრებით ვენერისა და იუპიტერის, რომელთა სიკაშკაშე ყოველთვის მეტია ვარსკვლავებთან შედარებით.

4. ღამის მნათობების შერჩევა ვარსკვლავთგლობუსით ან ვარსკვლავთპლანშეტით იმ შემთხვევაში უნდა მოხდეს, თუ მიახლოებით იმავე განედებში ბინდში დაკვირვებები დიდხანს არ წარმოებულა. ამ სამუშაოს ერთხელ შესრულების შემდეგ მიახლოებით იმავე დროს იგივე მნათობებზე დაკვირვება შეიძლება თითქმის იმავე სიმაღლეებზე. ორი-სამი დღე ღამის განმავლობაში.

5. წინასწარ დაყენებულ გლობუსს დებენ საშტურმანო ჯიხურში, ან გემბანზე – იქ, საიდანაც აწარმოებენ მნათობებზე დაკვირვებას, დროდადრო ახდენენ მის კორექტირებას დროის შუალედით, რომელიც გადაჰყავთ გრადუსულ ზომაში და უმატებენ წინა ვარსკვლავურ დროს (T_L^{aries}), რისთვისაც გლობუსს მოაბრუნებენ სამყაროს ღერძის გარშემო იმ კუთხით რა კუთხესაც შეესაბამება პირველი დაყენებიდან განვლილი დრო.

6. ღამის მნათობებზე დასაკვირვებლად ყველაზე ხელსაყრელი დრო არის ბინდის პერიოდი, რომელიც აუცილებლად უნდა განისაზღვროს წინასწარ ვარსკვლავთგლობუსის დაყენების მიზნით. საღამოს დაკვირვებები უნდა

დაიწყოს მზის ჩასვლის მომენტზე, ამასთანავე, უნდა ეცადოთ აღმოაჩინოთ შედარებით კაშკაშა ვარსკვლავები სექტანის ხილვადობის მილაკში უფრო ადრე, ვიდრე მას შენიშნავთ ცაზე შეუიარაღებელი თვალით, რისთვისაც უნდა გამოიყენოთ ვარსკვლავთა კოორდინატები (H და A), მიღებული გლობუსით. შესაბამისად დილით კაშკაშა ვარსკვლავების და პლანეტების სიმაღლეთა გაზომვა სასურველია აწარმოოთ ნავიგაციური ბინდის პერიოდის დასასრულის ახლოს, ამ დროს გაზომილი სიმაღლეები იქნება უფრო საიმედო, ვინაიდან ჰორიზონტის ხაზი მკაფიოდ მოჩანს.

7. დილას, საერთოდ, ჯობს გაიზომოს იმ მნათობთა სიმაღლეები, რომლებიც არიან ჰორიზონტის აღმოსავლეთ რუმბებზე, ვინაიდან ჯერ იქ უჩინარდება ვარსკვლავები.

8. საკმაოდ ჩქარი საიმედო გაზომვები სადამოს ან დილის ბინდის პერიოდში შესაძლებელია მხოლოდ ორი დამკვირვებლით. ერთი იმათგანი დგას ქრონომეტრთან და ყოველ ბრძანებაზე : ნული" აფიქრებს ქრონომეტრით გაზომვის მომენტს და ჩაიწერს წიგნაკში T_{chr} , გვერდით მიუწერს სიმაღლის მნიშვნელობას H_s . ასისტენტის მოვალეობა ამ შემთხვევაში გამოცდილ მატროსსაც შეუძლია შეასრულოს, თუ მას სისტემატურად ავარჯიშებთ.

9. თუ არის შესაძლებლობა (მაგალითად, როდესაც გემზე პრაქტიკას გადიან კადეტები-გემთწამყვანები) დამის მნათობების სიმაღლეთა გაზომვა სასურველია ორი ან სამი წყვილი დამკვირვებლით, რომლებიც გამოიყენებენ დროის მომენტის დასაფიქსირებლად სხვა და სხვა ქრონომეტრებს. დაკვირვების შედეგების შედარებით შეიძლება აღმოჩნდეს დიდი შეცდომა.

10. არ არის რეკომენდირებული (რაც ხშირად ხდება პრაქტიკაში) ერთი დამკვირვებლით ვარსკვლავების სიმაღლეთა გაზომვა. როდესაც დროის მომენტების ფიქსირება ხდება წამზომის მეშვეობით ყოველი გაზომვის შემდეგ ასეთი მეთოდით დაკვირვების პერიოდი იწელება დროში და შეიძლება მიგვიყვანოს დიდ შეცდომებამდე.

§ 58. გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა ორ მნათობზე ერთდროული დაკვირვებით ბინდში

ამ მეთოდით ობსერვაციის მისაღებად სიტუაციის მიხედვით შეარჩევენ ორ ვარსკლავს, პლანეტას და მთვარეს, მზეს და მთვარეს.

ყოველ შემთხვევაში მნათობები უნდა იყოს საკმაოდ კაშკაშა და აზიმუტების სხვაობა მათ შორის – მისაღები. შემთხვევითი და სისტემური შეცდომები აუცილებლად თანდაყვებიან ასეთ გაზომვებს.

მათი შემცირების მიზნით აზიმუტების სხვაობა ორ მნათობს შორის უნდა იყოს $70^{\circ}-90^{\circ}$.

ობსერვაციის სიზუსტეზე მათი გავლენის შემცირების მიზნით აზიმუტების სხვაობა მათ შორის უნდა შეადგენდეს $70^{\circ}-90^{\circ}$.

ორი მნათობის შერჩევა შესაძლებელია უშუალოდ ცაზე, აზიმუტების სხვაობისკონტროლისთვის კი გამოიყენება კომპასი პელენგატორით. თუმცა უფრო საიმედოა ვარსკვლავთგლობუსზე მნათობების შერჩევა. წარმატებულად შერჩეული

ორი მნათობი შეიძლება გამოიყენოთ ადგილმდებარეობის განსაზღვრისთვის რამდენიმე დღელამის განმავლობაში ნაოსნობის დროს.

მნათობთა სიმაღლეების ერთ ზენიტთან მიყვანა

გემის ობსერვირებული (ჰემმარიტი) ადგილმდებარეობა მიიღება ორი ან მეტი სიმაღლური ხაზის კვეთის წერტილში სიმაღლური ხაზები მიღებულია ორ ან მეტ მნათობზე დაკვირვების და შესაბამისი გამოთვლების შედეგად. პრაქტიკაში გემის ადგილის სიზუსტეზე შემთხვევითი და სისტემური შეცდომების გავლენის შემცირების მიზნით, ზომავენ ყოველი მნათობის რამდენიმე სიმაღლეს დროის მომენტების ფიქსირებით ყველა გაზომვაზე. შემდეგ გამოჰყავთ საშუალო სიმაღლე და საშუალო დროის მომენტი ქრონომეტრით ყოველი მნათობისთვის გაზომვების.

საშუალო დროის მომენტებს შორის გადის დროის შუალედი, რომლის სიდიდე დამოკიდებულია გემთწამყვანის გამოცდილებაზე, გაზომვების რაოდენობაზე და დაკვირვების პირობებზე და შეიძლება 5-15 წუთამდე და მეტიც იყოს, ამ დროის განმავლობაში გემი გადაადგილდება დედამიწის ზედაპირზე, გემთან ერთად გადაადგილდება დამკვირვებლის ზენიტიც და მასთან დაკავშირებული ჰემმარიტი ჰორიზონტის სიბრტყეც, გემის მოძრაობის მიმართულებისკენ ნაწილი იხრება ქვევით, ხოლო ის ნაწილი საიდანაც მოდის გემი, მაღლდება. აქედან გამომდინარე, სიმაღლეები იმ მნათობებისა, რომლებიც განლაგებულია გემის მოძრაობის მიმართულების ზევით ცაზე მატულობს, ხოლო მოპირდაპირე მხარეს ცაზე განლაგებული მნათობების სიმაღლეები კლებულობს. შედეგად ირღვევა დებულება მნათობთა ერთდროული დაკვირვების შესახებ ობსერვირებული ადგილის მისაღებად ყოველი იზოხაზის შესაბამისობა დამკვირვებლის ერთსა და იმავე მდებარეობასთან დედამიწის ზედაპირზე. ამ დაკვირვების გამოსასწორებლად გაშვალედებული სიმაღლეები მოჰყავთ დაკვირვების ერთ ადგილთან, ანუ როგორც მიღებულია ასტრონავიგაციაში, ერთ ზენიტთან მიყვანა წარმოებს დაკვირვების შედეგებში სპეციალური შესწორების შეყვანით რომელშიც გათვალისწინებულია მნათობის სიმაღლის ცვალებადობა გემის გადაადგილების გამო ამის შემდეგ ყველა მნათობთა სიმაღლეები შეიძლება ჩაითვალოს ერთ წერტილიდან გაზომვილათ. ფორმულა რომლითაც გამოიყენება სიმაღლის შესწორება საეთია:

$$H_z = S \cdot \cos(A-TC)$$

სადაც:

ΔH_z - სიმაღლი სესწორება;

S – მანძილი, რომელსაც გაივლის გემი პირველიდან ბოლო დაკვირვებამდე;

A – ჰემმარიტი პელენგი მნათობზე;

TC – ჰემმარიტი კურსი;

$H_1 = H \pm \Delta H_z$ – თავისი ნიშნით ახალი სიმაღლე მეტი იქნება გაზომვილი სიმაღლეზე, თუ მნათობი მდებარეობს გემის ტრავერზის წინ და ნაკლები იქნება, მაშინ თუ მნათობი ტრავერზის უკანა ცაზეა. შესაბამისად, მეორე ფორმულაში „± „ ამასვე ნიშნავს.

უდიდეს მნიშვნელობას შესწორება ΔH_z აღწევს იმ შემთხვევაში, როცა მნათობი მდებარეობს ცაზე გემის ცხვირის ან კიჩოს მიმართულებით, ანუ მისი სიდიდე ტოლი იქნება მანძილის, რომელიც გაიარა გემმა პირველ და ბოლო გაზომვებს შორის. თუ მნათობი ტრავერზის ზევითაა, მაშინ ΔH_z ნულის ტოლია, ვინაიდან მნათობის სიმაღლე არ იცვლება. სიმაღლის ცვალებადობა ერთ წუთში არგუმენტებით V - გემის სიჩქარე კვანძებში და $A-TC=Q$ გრადუსებში შედგენილია ცხრილები MT-75, №16. მიღებული მნიშვნელობა უნდა გამრავლდეს დაკვირვებებს, შორის დროის შუალედზე წუთებში.

მეთოდის "გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა ორ მნათობზე დაკვირვებით ბინდში" პრაქტიკული შესრულება

ზღვაში გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრის სამუშაო პროცესი შედგება რამოდენიმე თანმიმდევრული მოქმედებისგან: მომზადება დაკვირვებისთვის, დაკვირვება, დაკვირვების შედეგების გადამუშავება, დატანა ნავიგაციურ რუკაზე და ობსერვაციის შედეგების ანალიზი.

გემის ადგილმდებარეობის ორ ვარსკვლავზე დაკვირვებით განსაზღვრის დროს შეიძლება ვიხელმძღვანელოთ შემდეგი თანმიმდევრული მოქმედებებით: (ასეთი თანმიმდევრობა შენარჩუნებულია იმ შემთხვევაშიც, თუ დაკვირვება პლანეტებსა და მთვარეზე, ან დღისით მთვარეზე და მზეზე ერთდროულად წარმოებს); **მომზადება დაკვირვებისთვის:**

1. ბინდის პერიოდამდე უნდა მომზადდეს სექსტანი ღამის დაკვირვებისთვის. შემოწმდეს სარკეების პერპენდიკულარობა ლიმბის სიბრტყის მიმართ, განისაზღვროს ინდექსის სეწორება.
2. მოიყვანეთ ქრონომეტრის შესწორება დაკვირვების მომენტზე.
3. ბინდის დადგომისთანავე დაიწყეთ ვარსკვლავების გარჩევა ცაზე, თუ ისინი წინასწარ იყო შერჩეული ვარსკვლავთგლობუსით ან ვარსკვლავთპლანშეტით.

დაკვირვება:

1. სწრაფი თანმიმდევრობით გაზომეთ სექსტანით ყოველი ვარსკვლავის სამ-სამი სიმაღლე დროის მომენტების ქრონომეტრით ფიქსირებით.
2. მეორე ვარსკვლავის სიმაღლის გაზომვის მომენტზე დააფიქსირეთ გემის დრო და ლავის ჩვენება .
3. ჩაწერეთ გემის კურსი დასიჩქარე. თუ გაზომილი სიმაღლეები 50° ნაკლებია, ჩაწერეთ ჰაერის ტემპერატურა და ატმოსფეროს წნევა.

გამოთვლები:

1. გამოთვალეთ ყოველი ვარსკვლავისთვის საშუალო სიმაღლე და გაზომვის დროის საშუალო მომენტი.
2. მოხსენით რუკიდან გამოთვლილი კოორდინატები $0,1'$ სიზუსტით.
3. გამოთვალეთ მიახლოებით გრინვიჩის დრო და გრინვიჩის თარიღი დაფიქსირებული გემის დროით და საათობრივი სარტყლის მიხედვით.
4. საშუალო ქრონომეტრული ჩვენებით და ქრონომეტრის შესწორებით გამოთვალეთ გრინვიჩის ზუსტი დრო დაკვირვების ბოლო მომენტზე.

5. “The Nautical Almanac”-ის ყოველდღიური ცხრილებით, ან ბრაუნის ალომანახის ყოველდღიური ცხრილებით გამოთვალეთ მნათობთა ციური კოორდინატები ეკვატორულ სისტემაში (LHA და Dec).
6. სფერული ტრიგონომეტრიის ფორმულებით და ცხრილებით “Sight Rediction Table” გამოთვალეთ მნათობთა კოორდინატები ჰორიზონტულ სისტემაში (Hc და Ac).
7. შეასწორეთ მნათობთა სექტანით გაზომილი საშუალო სიმაღლეები ყოველგვარი შესწორებით და მიიღეთ მნათობთა ობსერვირებული (ჭეშმარიტი) სიმაღლეები გაზომვის მომენტებზე (Ho).
8. პირველი ობსერვირებული სიმაღლე მიიყვანეთ მეორე (ბოლო) დაკვირვების ზენიტთან შესაბამისი შესწორებით (ΔHz).
9. გამოთვალეთ გადატანები (intercept) დატანა.
10. დაიტანეთ რუკაზე ან ქალაქზე სიმაღლური ხაზები.
11. მოახდინეთ ობსერვაციის შედეგების ანალიზი.
12. მიღებული ობსერვირებული კოორდინატები და კურსიდან გადაცდომა (C) ჩაწერეთ საბორტო ჟურნალში.

ზღვაში გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა მზეზე და მთვარეზე ერთდროული დაკვირვებით

როდესაც მთვარე იმყოფება პირველ და ბოლო მეოთხედებში ხელსაყრელი პირობები ჩნდება ამ მნათობზე და მზეზე ერთდროული დაკვირვების ჩატარებისთვის. თუ ფაზა შეესაბამება პირველ მეოთხედს, მთვარის ამოსვლა ხდება შუადღეზე. ერთდროულად დაკვირვებებს ამ შემთხვევაში აწარმოებენ შუადღის შემდეგ. როდესაც მთვარე ბოლო მეოთხედშია, ის ამოდის სუალამის ახლოს, ხოლო ზედა კულმინაცია ხდება მიახლოებით დილის 6 საათზე. ამიტომ მზისა და მთვარის ერთდროული დაკვირვებები ამ შემთხვევაში შესაძლებელია შუადღემდე. თვის განმავლობაში მთვარის და მზის ერთდროული დაკვირვებისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ 4-6 დღე. აზიმუტების სხვაობებიც მნათობებს შორის ჩვეულებრივად ამ დღეებში მისაღებია.

მომზადება დაკვირვებისათვის, დაკვირვება, გამოთვლები და დატანა ისევე ხდება, როგორც ორ მნათობზე ერთდროული დაკვირვების შემთხვევაში.

**§ 59. ადგილმდებარეობის განსაზღვრა ზღვაში
სამ ან ოთხ მნათობზე ერთდროული დაკვირვებით**

ორ მნათობზე ერთდროული დაკვირვებით ობსერვირებული ადგილის მიღება შედარებით მარტივია, მაგრამ თუ გავითვალისწინებთ შემთხვევითი და სისტემური ცდომილებების გავლენას მის სიზუსტეზე, არ იქნება იმდენად ზუსტი, რამდენადაც ეს პრაქტიკულად საჭიროა. უფრო ზუსტი ადგილის მისაღებად საჭიროა სამი ან ოთხი დაკვირვების შედეგების გადამუშავება და შესაბამისად სამი ან ოთხი სიმაღლური ხაზის კვეთაში მიღებული ადგილი. სამი სიმაღლური ხაზის კვეთით ხშირად ღებულობენ ცდომილებათა სამკუთხედს. ზუსტი ადგილის მისაღებად სამკუთხედის შიგნით უნდა გაივლოს ასტრონომიული ბისექტრისები. მათი გავლების შედეგად წარმოიქმნება სამი ახალი, სისტემური ცდომილებებისაგან

თავისუფალი სიმაღლური ხაზი. კუთხეების შესარჩევად რომელთაგან უნდა გაივლოს ბისექტრისები, სამკუთხედის ყოველ წვეროსთან ავლებენ ისარს მიმართულს მნათობისკენ, ამსთანავე ყოველჯერ ღებულობენ ორ ისეთ მნათობს, რომელთა მაღლური ხაზებით შედგენილია მოცემული წვერო. ბისექტრისებს ავლებენ იმ კუთხეთა შიგნით, რომლებიც წარმოქმნილია ისრებით.

თუ მნათობები განლაგებულია გემის გარშემო მთელი ჰორიზონტის ცაზე (აზიმუტების სხვაობა მეზობელ მნათობებს შორის ახლოა 120-თან), მაშინმეორე ობსერვატორიული ადგილი იქნება ცდომილებათა სამკუთხედის შიგნით. თუ კი მნათობები განლაგებული იყვნენ ჰორიზონტის ერთი რომელიმე ნახევრად ზევით, ანუ 180° ფარგლებში მაშინ წერტილი M_2 აღმოჩნდება სამკუთხედს გარეთ.

პრაქტიკულად ცდომილებათა სამკუთხედი წარმოიქმნება ყოველთვის შემთხვევითი და სისტემური ცდომილებების ზეგავლენის შედეგად და გემთწამყვანმა არ იცის რომელი ცდომილების გამო წარმოქმნის. ამიტომ ობსერვირებული ადგილის ამორჩევა ამ შემთხვევაში მისთვის წარმოადგენს გარკვეულ სირთულეს თუკი დასაკვირვებლად მნათობები შერჩეული იყო თანაბრად გადანაწილებული მთელ ჰორიზონტზე და მათი წყვილური აზიმუტების სხვაობები უდრიდა ზუსტად 120° ან ახლოს იყო ამ რიცხვთან. მაშინ წერტილები M_1 და M_2 არ დაემთხვევიან ერთმანეთს, არ იქნებიან ახლოს ერთიმეორესთან სამკუთხედის შიგნით. ამ შემთხვევაში ობსერვირებული წერტილი მიიღება M_2 წერტილში - ცდომილებათა სამკუთხედის ბისექტრისების კვეთაში, რითაც მიიღწევა სისტემური ცდომილებების სრული გამორიცხვა და შემთხვევითი ცდომილების გავლენის შემცირება.

კიდევ უფრო ზუსტ, საიმედო მეთოდად მიჩნეულია გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა ოთხ მნათობზე ერთდროული დაკვირვებით. ამ შემთხვევაში არამარტო სისტემური ცდომილებების გავლენის გამორიცხვა ხდება შესაძლებელი, არამედ იმ შეცდომათა აღმოჩენაც, რომლებიც დაშვებულია დაკვირვებების და გამოთვლების პროცესში.

ამ მეთოდის უპირატესობა გამოჩნდება იმ პირობის შესრულებით, რომ მნათობები შერჩეულია ზედმიწევნით სწორად. მნათობები უნდა შეირჩიოს მთელი ჰორიზონტის ცაზე ისე, რომ აზიმუტების სხვაობა მეზობელი მნათობებს შორის ახლოს იყოს 90°. ხოლო სიმაღლეები ურთიერთმოპირდაპირედ მდებარე მნათობებისა რიცხობრივად ახლოს იყოს ერთმანეთთან. მნათობების შერჩევას აწარმოებენ წინასწარ ვარსკვლავთგლობუსის ან ვარსკვლავთპლანშეტის მეშვეობით. დაკვირვება ასევე შეიძლება იწარმოოს პლანეტებზე მხოლოდ ისინი უნდა დატანილი იქნას გლობუსზე შესაბამისი კოორდინატებით.

დაკვირვება, გამოთვლები და დატანა ამ შემთხვევაში ჩვეულებრივად წარმოებს. გამოთვლების შედეგად ღებულობენ 4 სიმაღლურ ხაზს, მათ გაავლებენ რუკაზე ან ქალაღზე. სისტემური და შემთხვევითი ცდომილებების გავლენის გამო 4 სიმაღლური ხაზი წარმოქმნის ცდომილებათა ოთხკუთხედს. ადგილი მიიღება ოთხკუთხედის ცენტრში, როდესაც მნათობები სწორად არის შერჩეული ცდომილებათა ოთხკუთხედი თავისი ფორმით ახლოსაა კვადრატთან. მაშინ ობსერვირებული წერტილის (M_2) პოვნა არ წარმოადგენს სირთულეს.

ყოველ მოპირდაპირე გვერდების შუაწერტილების შემაერთებელი ხაზების კვეთაში იქნება წერტილი M_2 . სწორად შერჩეული მნათობების პირობებში გემის რეალური ადგილი და წერტილი M_2 ძალიან ახლოს იქნებიან ერთმანეთთან.

ობსერვირებულ ადგილს (M_0) თვლიან ბისექტრისების მეთოდით მიღებულ წერტილში (M_2).

გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა დღისით მზეზე დაკვირვებით

გემის ობსერვირებული ადგილის მისაღებად საჭიროა რუკაზე დატანილ იქნას არანაკლებ ორი სიმაღლური ხაზი. დღისით გემთწამყვანი ცაზე თითქმის მუდამ ხედავს მხოლოდ ერთ მნათობს - მზეს. ამის გამო ადგილმდებარეობის განსაზღვრისათვის დღისით გამოიყენება მეთოდი „მზეზე სხვადასხვა დროული დაკვირვება“. ორ თანმიმდევრულ დაკვირვებათა შორის დროის შუალედი საჭიროა მზის აზიმუტის ცვლისთვის 40° - 70° -მდე. სხვადასხვა პირობებში აზიმუტის ამგვარი ცვლილებისათვის საჭირო დრო რამდენიმე წუთიდან 3-4 საათის ფარგლებში შეიძლება მერყეობდეს.

მზეზე დაკვირვების ყველაზე უფრო ხელსაყრელი დროის შერჩევა.

გამოთვლის პროცესში მიღებულ ცდომილებათა გავლენა ობსერვირებული ადგილის სიზუსტეზე მით უფრო ნაკლები იქნება, რაც უფრო ნაკლები დრო გაივლის დაკვირვებებს შორის იმ პირობით, რომ აზიმუტების სხვაობა საკმაოდ დიდია.

მინიმალური დროის შუალედი, საჭირო აზიმუტის 40° - 60° -ით შეცვლისთვის განისაზღვრება მნათობის აზიმუტის ცვალებადობის სიჩქარით. ეს სიჩქარე კი დამოკიდებულია განედზე, სადაც წარმოებს გემის ნაოსნობა; მზის დახრილობასა და დროზე, როცა ხდება დაკვირვება.

ცნობილია, რომ მაღალ განედებში აზიმუტების ცვალებადობის სიჩქარე დღე-ღამის განმავლობაში თითქმის მუდმივია. ამიტომ პირველ დაკვირვებაზე გამოსვლის მომენტი არ ახდენს გავლენას დროის შუალედზე პირველ და მეორე სიმაღლური ხაზების მიღებათა შორის. მაღალ განედებში პირველ დაკვირვებაზე გამოსვლა შეიძლება ნებისმიერ მომენტში მზის ამოსვლის შემდეგ.

საშუალო განედებში პირველი დაკვირვების ჩატარება ხელსაყრელია მზის ზედა კულმინაციის მომენტამდე 2-3 საათით ადრე. ეს დებულება იმით აიხსნება, რომ აზიმუტის ცვალებადობის სიჩქარე კულმინაციებთან ახლოს იქნება მნიშვნელოვნად დიდი, ვიდრე მზის ამოსვლის შემდეგ და ჩასვლის წინ. ამ გზით შეიძლება შევამციროთ დროის შუალედი დაკვირვებებს შორის და შევამციროთ გამოთვლებით გამოწვეული ცდომილებები.

თუ გემთწამყვანი არ არის შებოჭილი ვალდებულებით, აუცილებლად მიიღოს ობსერვირებული ადგილი დროის გარკვეულ მომენტზე, მაშინ ყველაზე საუკეთესო დრო მზეზე დაკვირვებისათვის საშუალო და, განსაკუთრებულად, დაბალ განედებში ნაოსნობის პირობებში არის ერთიდაიგივე დრო კულმინაციამდე და კულმინაციის შემდეგ. ამ შემთხვევაში ინტერვალი ორ დაკვირვებას შორის იქნება უმცირესი.

§ 60. გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა ზღვაში მზეზე სხვადასხვა დროული დაკვირვებით - მეთოდის პრაქტიკული შესრულება

გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრისთვის მზეზე სხვადასხვა დროული დაკვირვებით შეიძლება ვიხელმძღვანელოთ მუშაობის შესრულების შემდეგი თანმიმდევრობით:

მომზადება დაკვირვებისთვის:

1. წინასწარ განსაზღვრეთ პირველ და მეორე დაკვირვებაზე გამოსვლის დრო, რაც განსაკუთრებით საჭიროა დაბალ და საშუალო განედებში ნაოსნობის დროს.
2. პირველ დაკვირვებაზე გამოსვლის წინ მოამზადეთ სექსტანი მზეზე დაკვირვებისთვის; შეამოწმეთ სარკეების პერპენდიკულარობა ლიმბის სიბრტყის მიმართ.
3. განსაზღვრეთ სექსტანის ინდექსის შესწორება მზით.
4. ქრონომეტრის შესწორება მოიყვანეთ დაკვირვების მომენტზე.

დაკვირვება:

1. გაზომეთ მზის 3-5 სიმაღლე და ყოველ გაზომვაზე დააფიქსირეთ დროის მომენტი ქრონომეტრით.
2. საშუალო სიმაღლის გაზომვის მომენტზე დააფიქსირეთ გემის დრო და ლაგის ჩვენება.
3. ჩაწერეთ ჭეშმარიტი კურსი და ლაგის ჩვენება; თუ მზის სიმაღლე არ აღემატება 50°, დააფიქსირეთ ჰაერის ტემპერატურა და ატმოსფერული წნევა. თუ არის შესაძლებლობა, კომპასით და პელენგატორით გაზომეთ მზის კომპასური პელენგი და დააფიქსირეთ ქრონომეტრის ჩვენება გაზომვის მომენტზე.

გამოთვლები:

1. გემის დროის და ლაგის ჩვენების მიხედვით გაზომვის მომენტზე მოხსენით რუკიდან ათვლითი კოორდინატები 0.1'-ის სიზუსტით.
2. გემის დროის და საათობრივი სარტყლის ნომრის მიხედვით გამოთვალეთ მიახლოებითი გრინვიჩის დრო და გრინვიჩის თარიღი დაკვირვების მომენტზე.
3. ქრონომეტრის საშუალო მომენტით და ქრონომეტრის შესწორებით გამოთვალეთ გრინვიჩის ზუსტი დრო დაკვირვების მომენტზე.
4. "The Nautical Almanac"-ის ყოველდღიური ცხრილებით გრინვიჩის დროის მომენტით და დამკვირვებლის გრძედით გამოთვალეთ მზის ადგილობრივი საათობრივი კუთხე და მზის დახრილობა სიმაღლის გაზომვის მომენტზე - კოორდინატები (ეკვატორიულ სისტემაში) LHA_o და DEC_o
5. სფერული ტრიგონომეტრიის ფორმულებით და "The Nautical Almanac"-ში განთავსებული ცხრილებით "Sight Reduction Table" გამოთვალეთ მზის სიმაღლე (Hc) და აზიმუტი (Ac) (კოორდინატები ჰორიზონტულ სისტემაში)
6. შეასწორეთ სექსტანით გაზომილი მზის საშუალო სიმაღლე ყოველგვარი საჭირო შესწორებებით და გამოთვალეთ მზის ობსერვირებული სიმაღლე (Hc) გაზომვის მომენტზე.

7. გამოთვალეთ გადატანა $p=H_0-H_c$ (intercept). მეორე დაკვირვების მზეზე აწარმოებენ დროის მონიშნულ მომენტზე. ამოცანის პირობაში შეჰყავთ მეორე ათვლითი კოორდინატები (LAT_{c2} და Long_{c2}).

დატანა რუკაზე:

ორივე სიმაღლური ხაზის დატანას რუკაზე ან ქალაქდზე აწარმოებენ მეორე (ბოლო) დაკვირვების მომენტზე მიღებული ათვლითი წერილიდან (M_{c2}) გემის რეალური ადგილმდებარეობა არის სიმაღლური ხაზების კვეთაში.

თავი XVII. გემის ადგილმდებარეობის კოორდინატების ან თვით ადგილის განსაზღვრის ცალკეული შემთხვევები

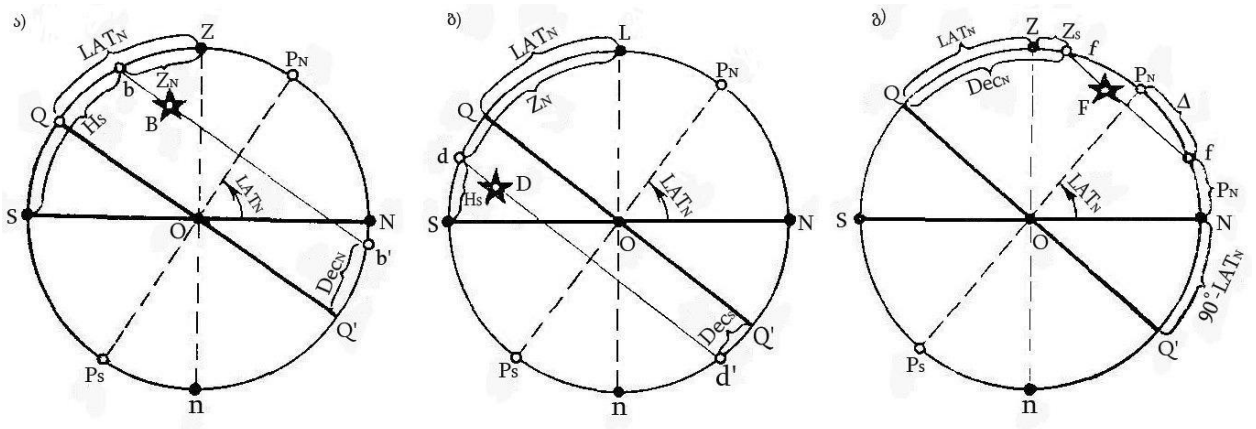
§ 61. ადგილმდებარეობის განედის განსაზღვრა მზის მერიდიანული (უდიდესი) სიმაღლით – მეთოდის დასაბუთება

ნახ. 60 გამოსახულია ციური სფერო დამკვირვებლისათვის, რომელიც იმყოფება რომელიღაც LAT_N განედზე. სფეროზე დატანილია მნათობების -B, D და F პარალელები, მათი დახრილობა არის სხვადასხვაგვარ დამოკიდებულებაში დამკვირვებლის განედიდან.

B მნათობის დახრილობა დამკვირვებლის განედთან ერთნაირი სახელწოდებისა და ($Dec_{BN} < LAT_N$). B მნათობის ზედა კულმინაცია მდებარეობს b- წერტილში.

D მნათობის დახრილობა და განედი სხვადასხვა სახელწოდებისაა და დახრილობის სიდიდე ნაკლებია განედის დამატების $90^\circ - Dec_D$ ($Dec_{DN} < 90^\circ - LAT_N$). მნათობის ზედა კულმინაცია აღნიშნულია d წერტილით.

F მნათობის დახრილობა ერთნაირი სახელწოდებისაა დამკვირვებლის განედთან და მისი სიდიდე მეტია განედზე ($Dec_{FN} > LAT_N$). გარდა ამისა დახრილობის სიდიდე მეტია განედის დამატების $90^\circ - Dec_F$, ანუ $Dec_{FN} > (90^\circ - LAT_N)$. ამიტომ დამკვირვებელი დაინახავს ამ მნათობს, როგორც ზედა კულმინაციის მომენტში, (წერტილი f), ასევე ქვედა კულმინაციის მომენტშიც (წერტილი - f).



ნახ.60 ობსერვირებული განედის განსაზღვრისთვის ფორმულის გამოყვანა

დავუშვათ, დამკვირვებლის მიერ გაზომილი იყო სამივე მნათობის მერიდიანული სიმაღლეები მათი ზედა კულმინაციის წერტილებში b, d, f ყოფნის მომენტებზე.

მერიდიანული სიმაღლეებს ყოველთვის მიეწერება სახელწოდება ჭეშმარიტი ჰორიზონტის იმ წერტილის მიხედვით, რომლის ცაზეც იყო გაზომილი S ან N მერიდიანული სიმაღლე. დამატება $90^\circ - Dec$, ანუ $Z = 90^\circ - H_M$. მერიდიანალურ ზენიტურ მანძილს (Z) ენიჭება საპირისპირო ნიშანი (-). ამ შემთხვევაში ზენიტურ მანძილს ჰქვია მერიდიანული ზენიტური მანძილი.

თუ მერდიონალური სიმაღლეების გაზომვის მომენტებზე დავაფიქსირებთ დროს ქრონომეტრით, მაშინ “The Nautical Almanac”-ის ყოველდღიური ცხრილების მეშვეობით შეიძლება გამოვითვლოთ მნათობთა დახრილობები (Dec).

დავაზუსტოდ თანაფარდობა ცნობილი H და Dec მნათობების დამკვირვებლის განედთან (LAT_N).

B მნათობსათვის მივიღებთ:

$$\cup Qz = \cup Qb + \cup zb$$

შევცვალოთ რკალები მნათობთა შესაბამის კოორდინატებით მათი სახელწოდების აღნიშვნით:

$$LAT_N = Dec_N + (90^\circ - H_{M.S}) = Dec_N + Z_N$$

D მნათობისათვის ვპოულობთ:

$$\cup Qz = \cup zd - \cup Qd$$

$$\text{ან } LAT_N = (90^\circ - H_S) - Dec_S = Z_N - Dec_S$$

F მნათობისათვის მივიღებთ:

$$\cup Qz = \cup Qf - \cup zf$$

$$\text{ან } LAT_N = Dec_N - (90^\circ - H_N) = Dec_N - Z_S$$

მიღებული განტოლებების საფუძველზე შეიძლება ჩაიწეროს განზოგადოებული ფორმულა, რომელსაც იყენებენ გემის ობსერვირებული განედის მისაღებად მნათობების სიმაღლეებით, რომლებიც გაზომილია მათი კულმინაციის მომენტებზე:

$$LAT_o = Z \pm Dec$$

გემის ადგილმდებარეობის ობსერვირებული (რეალური) განედი ტოლია მნათობის დახრილობისა და მისი მერიდიანული ზენიტური მანძილის ალგებრული ჯამის.

ფორმულის გამოყენების შემთხვევაში (+) ნიშანია ფორმულაში მაშინ როცა Z და Dec ერთნაირი სახელწოდების არიან, ხოლო (-) ნიშანი, თუ Z და Dec სხვადასხვა სახელწოდების იქნებიან.

ქვედა კულმინაციის დროს ასევე შეიძლება მიღებული იქნას გემის ადიგილმდებარეობის მხოლოდ განედი (LAT_O):

$$\cup NP_N = \cup Nf' + \cup P_Nf'$$

$$\text{ან } LAT_N = H_{MN} + (90^\circ - Dec_N)$$

შევცვალოთ (90° - Dec_N) პოლარული მანძილით P = (90° - Dec_N) და მივიღებთ ფორმულას, რომელიც გამოიყენება მნათობის ქვედა კულმინაციის მომენტზე გაზომილი სიმაღლით მხოლოდ განედის გამოსათვლელად:

$$LAT_o = H + P$$

ქვედა კულმინაციას შეიძლება დავაკვირდეთ ჰორიზონტის მხოლოდ იმ წერტილის ზევით ცაზე რომლის სახელწოდებაც დამკვირვებლის განედის სახელწოდებასთან ერთნაირია და როცა განედი და დახრილობა ასევე ერთნაირია სახელწოდებისა. ამიტომ ფორმულაში ყოველთვის საჭიროა (+) ნიშანი.

როგორც მიღებულია საზღვაო პრაქტიკაში, გემის ადგილმდებარეობის განედის გამოთვლა წარმოებს მზის მერიდიანული სიმაღლეების მეშვეობით თუმცა მისი გამოთვლა შესაძლებელია ნებისმიერი მნათობის მერიდიანული სიმაღლითაც.

მზის ქვედა კულმინაციაზე დაკვირვება შეიძლება განხორციელდეს მხოლოდ მაღალ, როგორც ჩრდილო, ისე სამხრეთ განედებზე პოლარული დღის პირობებში.

§ 62. გემის ადგილმდებარეობის მხოლოდ განედის მერიდიანული სიმაღლით განსაზღვრის პრაქტიკული შესრულება

მოქმედებათა თანმიმდევრობას მერიდიანული სიმაღლით განედის განსაზღვრის დროს განვიხილავთ მზის ზედა კულმინაციისათვის. ქვედა კულმინაციის მომენტისთვის მოქმედებათა პრაქტიკული თანმიმდევრობა ანალოგიურია.

მომზადება დაკვირვებისთვის :

1. მოხსენით რუკიდან LAT_c და $Long_c$ მზის სავარაუდო კულმინაციის მომენტზე.
2. The Nautical Almanace-ის მეშვეობით განსაზღვრეთ მზის კულმინაციის მომენტი გემის დროით (T_{Sh}^K).
3. მოამზადეთ სექსტანი დღის დაკვირვებისათვის.
4. გამოთვალეთ სექსტანის ინდექსის შესწორება მზეზე დაკვირვებით .
5. მოიყვანეთ ქრომომეტრის შესწორება დაკვირვების მომენტზე.

დაკვირვებები:

1. მზის ზედა კულმინაციის გამოთვლილ მომენტამდე (T_{Sh}^K) 5-7 წუთით ადრე დაიწყეთ მზის სიმაღლის გაზომვები და ჩაიწერეთ როცა მიიღებთ მეორე ან მესამე დადაბლებულ სიდიდეს, შეწყვიტეთ გაზომვები.
2. დააფიქსირეთ გემის დრო კულმინაციის მომენტზე (T_{SH}^K), ლაგის ათვლა და თუ საჭიროა, ჰაერის ტემპერატურა და ატმოსფერული წნევა.
3. მიანიშნეთ ჰორიზონტის რომელი ნაწილის ცაზე იზომებოდა სიმაღლეები (სამხრეთის თუ ჩრდილოეთის).

გამოთვლები:

1. გემის დროის მიხედვით გამოთვალეთ გრინვიჩის დრო და თარიღი და მათი საშუალებით “The Nautical Almanac”-ის ყოველდღიური ცხრილების საშუალებით მიიღეთ მზის დახრილობა დაკვირვების მომენტზე გრინვიჩის დროით.
2. ყველაზე დიდი სიმაღლის ათვლა სექსტანზე შეასწორეთ ყველა სახის შესწორებით და მიღებული მერიდიანული სიმაღლე გადაიყვანეთ გადაიყვანეთ ზენიტურ მანძილში სახელწოდების მინიშნებით.
3. ფორმულით $LAT_o = Z \pm Dec$ მიიღეთ გემის ადგილმდებარეობის ობსერვირებული განედი (LAT_o).

§ 63. მხოლოდ განედის განსაზღვრა პოლარულ ვარსკვლავზე დაკვირვებით

მეთოდის დასაბუთება:

ამაღლებული პოლუსის სიმაღლე დამკვირვებლის გეოგრაფიული განედის ტოლია, ამიტომ ამაღლებული პოლუსის წერტილში რომ ყოფილიყო რომელიმე მნათობი (ვარსკვლავი), მისი ყოველგვარი შესწორებებით შესწორებული სიმაღლე იქნებოდა დამკვირვებლის გეოგრაფიული განედის ტოლი. ასეთი ვარსკვლავი არ არის არც ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში და არც სამხრეთში. თუმცა ჩრდილო პოლუსის ახლოს მდებარეობს ვარსკვლავი - პატარა დათვის თანავარსკვლავედის α -ვარსკვლავი, რომელსაც პოლარულ ვარსკვლავს ეძახიან. ამ ვარსკვლავის დახრილობა 89° -ზე მეტია ანუ პოლარული მანძილი 1° -ზე ნაკლებია. ამის გამო

მნათობი თავის დღედამურ მოძრაობაში ორბიტაზე, რომლის სფერული რადიუსი $\Delta^* = 51'$ შემოწერს პარალელს. ზედა და ქვედა კულმინაციის მომენტებზე (a და a') მისი სიმაღლე დამკვირვებლის განედისაგან განსხვავდება Δ^* -სიდიდით. ორჯერ დღედამეში, როდესაც პოლარული ვარსკვლავის ალმუქანტარატი გადის P_N -ზე, სხვაობა LAT_0 და H^* შორის ნულის ტოლი ხდება. სხვა შემთხვევებში: $LAT_0 = H^* \pm X$ სადაც X – არის პოლარული ვარსკვლავის შესწორებაა და წარმოადგენს სხვაობას რაღაც მომენტში ამ ვარსკვლავის სიმაღლესა და ამაღლებული პოლუსის სიმაღლეს შორის. X - შესწორების გამოსათვლელად ვავლებთ პოლარული ვარსკვლავის C - ადგილზე მის მერიდიანს $P_N C$ და ალმუქანტარატს $-bb'$, მიღებულ სამკუთხედს $P_N C B$, თუ ჩავთვლით მისი სიმცირის გამო ბრტყელ სამკუთხედად შეგვიძლია ჩავწეროთ:

$$X = \cdot \cos LHA^i ; LHA^i = LHA^{aries} - \alpha , \text{ მაშინ მივიღებთ:}$$

ვარსკვლავის კოორდინატები Δ^* და \cdot იცვლებიან მცირედ, ამიტომ შევცვალოთ მათი სიდიდეები საშუალოწლიური მნიშვნელობებით Δ_0 და a_0 მაშინ:

$$X = \cdot_0 \cdot \cos(LHA^{aries} - a_0)$$

მიღებულ ფორმულაში X სიდიდე არის მხოლოდ ერთი ცვალებადობის, LHA^{aries} -ის ფუნქცია. ამ ფორმულით არის შედგენილი „The Nautical Almanac“-ში ცხრილი Polaris Tables. ამ ცხრილების არგუმენტით LHA^{aries} პოლარულ პოლარული ვარსკვლავის სიმაღლის პირველ (ძირითად) შესწორებას. ვინაიდან ფორმულის გამოყვანის დროს იყო გამოყენებული ორი დაშვება $\Delta P_N C B$ ბრტყელი სამკუთხედი და Δ^* და \cdot კოორდინატების ნაცვლათ საშუალო წლიური მნიშვნელობები (Δ_0 და a_0), ამიტომ მეორე ცხრილებიდან ვპოულობთ პოლარული ვარსკვლავის სიმაღლის მეორე შესწორებას, რომელიც ითვალისწინებს სამკუთხედის სფეროულობას. მესამე შესწორება ითვალისწინებს საშუალო წლიურსა (Δ_0 და a_0) და მიმდინარე Δ^* და \cdot კოორდინატებს შორის სხვაობას. მეორე ცხრილებში შესასვლელი არგუმენტებია LHA^{aries} და H^* . მესამე ცხრილებში შესასვლელი არგუმენტებია LHA^{aries} და დაკვირვების თარიღი. ცხრილებში მოყვანილია მითითებები შესწორებების ნიშნების შესახებ. საბოლოოდ, ობსერვირებული განედი გამოითვლება ფორმულით:

$$LAT_0 = H + I_{შესწ} + II_{შესწ} + III_{შესწ} - 1^\circ$$

§ 64. პოლარულ ვარსკვლავზე დაკვირვებით განედის განსაზღვრის მეთოდის პრაქტიკული შესრულება

პოლარულ ვარსკვლავზე დაკვირვებით დამკვირვებლის ობსერვირებული განედის განსაზღვრა შესაძლებელია ჩრდილო განედებში $5^\circ N$ -დან $75^\circ N$ -მდე დაკვირვებას აწარმოებენ საღამოს ან დილის ბინდის პერიოდში როდესაც ჰორიზონტის ხაზი მკვეთრად არის გამოკვეთილი. მოქმედებათა თანმიმდევრობა:

მომზადება დაკვირვებისთვის:

1. მოამზადეთ სექსტანი ღამის დაკვირვებისთვის და განსაზღვრეთ სექსტანის ინდექსის შესწორება ვარსკვლავით.

დაკვირვებები:

1. გაზომეთ პოლარული ვარსკვლავის 3-5 სიმაღლე, ქრონომეტრით დააფიქსირეთ გაზომვის მომენტები.
2. აღნიშნეთ გემის დრო (T_{sh}), ლაგის ჩვენება და თუ საჭიროა ჰაერის ტემპერატურა და ატმოსფერული წნევა.

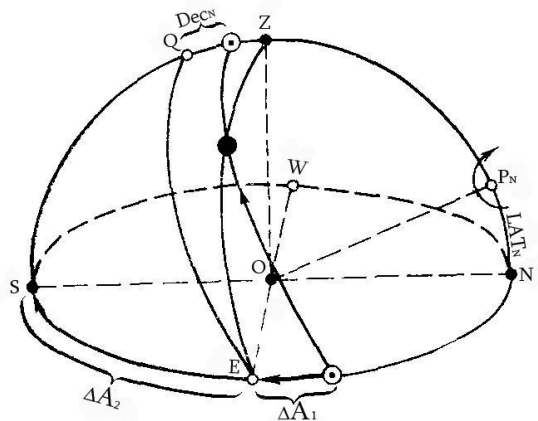
გამოთვლები:

1. გამოითვალეთ მნათობის საშუალო სიმაღლე (H^*) და ქრონომეტრის მომენტი (T_{chr}).
2. შეასწორეთ გაზომილი საშუალო სიმაღლე ყოველგვარი შესწორებებით და მიიღეთ პოლარული ვარსკლავის ობსერვირებული სიმაღლე გაზომვის მომენტზე.
3. გამოთვალეთ მიახლოებითი და ზუსტი გრინვიჩის დრო (T_{GR}) და “The Nautical Almanac”-ის ყოველდღიური ცხრილებიდან იპოვეთ LHA^{aries} .
4. “The Nautical Almanac”-ის ცხრილებიდან „Polaris Tables“ იპოვეთ ობსერვირებული სიმაღლის სამივე შესწორება (I,II,III) შესაბამისი არგუმენტებით და თავისი ნიშნებით.
5. მიიღეთ ობსერვირებული განედი პოლარული ვარსკლავის სიმაღლის გაზომვის მომენტზე:

$$LAT_o = H + I_{შესწ} + II_{შესწ} + III_{შესწ} - 1^\circ$$

§ 65. დაბალ განედებში გემის ადგილმდებარეობის მზეზე დაკვირვებით განსაზღვრის დროს სიმაღლური ხაზების მეთოდის გამოყენების თავისებურებანი

როდესაც ვაკვირდებით მზეს დაბალ განედებში, მის დღე-ღამურ მოძრაობაში შეიმჩნევა თვისობრივი თავისებურებანი. კერძოდ, ამოსვლის მომენტიდან თითქმის კულმინაციის მომენტამდე. აზიმუტი ძალიან ნელა იცვლება, პირიქით დამკვირვებლის მერიდიანთან მოკლე ხანში ის იცვლება მნიშვნელოვანი სიდიდით ნახ.61, რომელზედაც გამოსახულია ციური სფერო მცირე ჩრდილოეთი განედისთვის და ნაჩვენებია მზის პარალელი ხსნის ამ მოვლენას.



ნახ.61 აზიმუტის ცვალებადობის ხასიათი, როდესაც განედი და დახრილობა ერთნაირი სახელწოდებისაა

აზიმუტების შედარებით ირკვევა, რომ ამოსვლის შემდეგ და პირველ ვერტიკალთან მზის აზიმუტის ცვალებადობა (A_1) მცირეა. კულმინაციასთან პირიქით, აზიმუტის ცვალებადობა მიმდინარეობს ძალიან დიდი სიჩქარით.

აზიმუტის ცვალებადობის არათანასწორობა მით უფრო შესამჩნევი ხდება, რაც უფრო მეტია მზის სიმაღლე შუადღეზე გარკვეულ დღეებში მზის დახრილობა და მამკვირვებლის განედი შეიძლება არმოჩნდეს ტოლი ან სიდიდეებით ახლოს ერთმანეთთან და ერთნაირი სახელწოდების. ასეთ შემთხვევებში მზე კულმინაციის მომენტში გაივლის დამკვირვებლის ზენიტში თუ $LAT = Dec_{\odot}$ ან მას ექნება მერიდიანული ზენიტური მანძილი ნულთან ახლოს, ამასთანავე ამ უკანასკნელის სიდიდე ადვილად განისაზღვრება შემდეგი ფარდობიდან მაგალითად თუ $LAT = 20^{\circ}N$ მზის დახრილობა იქნება $15^{\circ}N$ მაშინ შუადღისას მისი მერიდიანული ზენიტური მანძილი და სიმაღლე შესაბამისად ტოლი იქნება:

$$Z_{\odot} = 20^{\circ} - 15^{\circ} = 5^{\circ}$$

და $H_0=90^\circ-Z_0=90^\circ-5^\circ=85^\circ$

როცა მერიდიანული სიმაღლეები მეტია 85° -ზე.

აზიმუტების ცვალებადობის მნიშვნელობები დროის 1 წუთში მერიდიანთან ახლოს მოძრაობის შემთხვევაში ნაჩვენებია სქემა 18.

სქემა 18

H	Dec			
	0°	10°	20°	24°
86°	3°, 6	3°, 5	3°, 4	3°, 3
87°	4°, 8	4°, 7	4°, 5	4°, 4
88°	7°, 2	7°, 1	6°, 7	6°, 6
88° 20 ¹	8°, 6	8°, 5	8°, 1	7°, 8
88° 40 ¹	10°, 7	10°, 6	10°, 1	9°, 8
89°	14°, 3	14°, 1	13°, 5	13°, 1
89° 20 ¹	21°, 5	21°, 2	20°, 2	14°, 6
89° 40 ¹	43°, 0	42°, 4	40°, 4	39°, 3
89° 50 ¹	85°, 8	84°, 6	80°, 7	78°, 4

ამ ცხრილში მოყვანილი მოცემულობები ცხადია, რომ აზიმუტის ცვალებადობის სიჩქარე განსაკუთრებით დიდია, როცა $H > 88^\circ$

აქ განხილული მზის დღე-ღამურ მოძრაობაში თავისებურებანი არის გასათვალისწინებელი გემის ადგილის ამ მნათობზე სხვადასხვადროული დაკვირვებით განსაზღვრისას.

კერძოდ, როცა დაბალ განედებში ვიყენებთ სიმაღლური ხაზების მეთოდს, საჭიროა დავიცვათ შემდეგი შეზღუდვები:

1. არ უნდა ვაწარმოთ პირველი დაკვირვებები მზის ამოსვლისთანავე ან ამოსვლიდან გარკვეული დროის განმავლობაში იმიტომ, რომ ამ შემთხვევაში, რომ შეიცვალოს აზიმუტი 30-40-ით, მაინც უნდა ველოდოთ 5-6 საათი. ამ პერიოდში იმდენი ცდომილება დაგროვდება კურსის გამოთვლებში, რომ მიღებული ობსერვირებული წერტილი აღარ იქნება საიმედო. პირველი დაკვირვებები უნდა ჩავატაროთ შუადღესთან ახლოს, რომლის შემდეგ აზიმუტის საჭირო რაოდენობით ცვლისთვის საკმარისი იქნება 1 საათიდან 3-5 წუთამდე დრო. აქედან გამომდინარე განსაზღვრა უნდა მოხდეს მზის სიმაღლეებით, რომლებიც გაზომილი იქნება კულმინაციასთან ახლოს, ამასთანავე დაკვირვებები შეიძლება ჩატარდეს როგორც სიმეტრიულად დროში კულმინაციის მომენტთან მიმართებაში, რაც უფრო ხელსაყრელია, ასევე მერიდიანის ერთ რომელიმე მხარეს. მეორე შემთხვევაში ერთი რომელიმე სისიმაღლური ხაზის ნაცვლად იყენებენ ობსერვირებული განედის პარალელს, რომელიც მიღებულია მზის მერიდიანული სიმაღლის გაზომვით კულმინაციის მომენტზე.
2. მზის სიმაღლე, გაზომილი კულმინაციის მომენტიდან შედარებით ახლოს, როგორც ყოველთვის, აღმოჩნდება დიდი. როცა $H > 80^\circ$ და დიდი გადატანების შემთხვევაში ობსერვირებულ კოორდინატებში აღმოჩნდება საკმაოდ დიდი ცდომილებები. იმის გამო რომ ტოლ სიმაღლეთა მრუდები

(რკალები) შეცვლილია სწორი ხაზებით, ამ ცდომილებათა მნიშვნელობები იზრდება გაზომილი სიმაღლეების ზრდის პროპორციულად. ამიტომ თუ მზის სიმაღლე 85⁰-ზე მეტია და თუ მოსალოდნელია დიდი გადატანები, გემის ადგილმდებარეობის მისაღებად სენტ-ილერის მეთოდი არ არის რეკომენდირებული.

§ 66. ასტრონომიული დაკვირვებების დაჩქარებული დამუშავების მეთოდი

ადგილმდებარეობის განსაზღვრა მზის შესაბამისი სიმაღლეებით

75⁰-ზე მეტ მერიდიანული სიმაღლის შემთხვევაში კულმინაციასთან ახლოს მზის აზიმუტი ისე სწრაფად იცვლება, რომ შესაძლებელია შუადღესთან ახლოს მივიღოთ არამართო ადგილის ობსერვირებული განედი, არამედ ობსერვირებული გრძედიც.

განედის განსაზღვრა - განედი განისაზღვრება მზის მერიდიანული სიმაღლით. მას ღებულობენ ჩვეულებრივად, ამოარჩევენ რა გაზომილი სიმაღლეებიდან ყველაზე დიდ მნიშვნელობას შესაბამის სიმაღლეთა შუალედში. განედის შესწორებას ΔLAT , რომელიც ითვალისწინებს დაბალ განედებში უდიდესი სიმაღლის განსხვავებას, მხედველობასი არ იღებენ და განედს მიიღებენ შემდეგი ფორმულით:

$$LAT = Z \pm Dec_{\odot}$$

გრძედის განსაზღვრა - იმ მომენტში, როცა მზე გაივლის დამკვირვებლის მერიდიანს, როცა მისი $LHA_{\odot} = 0^{\circ}$, მნათობის გრინვიჩის საათობრივი კუთხე იქნება ადგილის დასავლეთი გრძედის ტოლი ($Long_w$). ეს გამომდინარეობს ფორმულიდან:

$$GHA_{\odot} = LHA_{\odot} + Long_w$$

საიდანაც:

$$LONG_w = GHA_{\odot} - LHA_{\odot} \text{ როცა } LHA_{\odot} = 0$$

$$Long_w = GHA_{\odot}$$

GHA_{\odot} - სიდიდე შეიძლება მივიღოთ “The Nautical Almanac”-ის ყოველდღიური ცხრილებიდან გრინვიჩის დროის ჭეშმარიტი შუადღის მომენტით. ასეთი ხერხით განედის მიღება რთულდება იმის გამო, რომ ძნელია მზის მერიდიანზე გასვლის მომენტის დაფიქსირება.

ამიტომ გრძედის ($Long_{\odot}$) განსაზღვრისთვის შეთავაზებული იქნა მეთოდი, რომლის თანახმად ჭეშმარიტი შუადღის გრინვიჩის დროის მომენტის მისაღებად აღნიშნავენ ე.წ. შესაბამის ორ სიმაღლეთა მომენტებს. ამ მეთოდის არსი მდგომარეობს შემდეგში: დავუშვათ, გემი არ მოძრაობს და მნათობის დახრილობაც არ იცვლება. ამ შემთხვევაში მნათობის დღედამური გზა აღმოჩნდება სიმეტრიული დამკვირვებლის მერიდიანის მიმართ (ნახ.62),(ნახ.63). გავზომოთ კულმინაციამდე რამდენიმე ხნით ადრე მზის სიმაღლე (H) და დავაფიქსიროთ ქრონომეტრით გაზომვის მომენტი (T'_{chr}). როდესაც მზის სიმაღლე კულმინაციის შემდეგ ისევ აღმოჩნდება ისეთი, როგორც გავზომეთ კულმინაციამდე, დავაფიქსიროთ დროის მომენტი ქრონომეტრით T''_{chr} .

ახლა $T'_{chr} = \frac{T'_{chr} + T''_{chr}}{2} + U_{chr}$ იქნება ჭეშმარიტი შუადღის მომენტი. ნაკოვნი

აღმანახის ყოველდღიურ ცხრილებში არგუმენტის T_{chr} საშუალო მზის საათობრივი კუთხე გრინვიჩის მერიდიანზე (GHA_{\odot}) რიცხობრივად ტოლი იქნება დამკვირვებლის დასავლური განედისა ($Long_w$) ანუ $GHA_{\odot} = Long_w$.

პრაქტიკაში გემის გადაადგილებისა და დახრილობის ცვალებდობის გამო, მზის დღეღამური გზა სიმეტრიული იქნება არა დამკვირვებლის მერიდიანის მიმართ, არამედ მზის უდიდესი სიმაღლის მიმართ. ამასთანავე მზე მიაღწევს თავის უდიდეს სიმაღლეს გარკვეულ დროშიჭეშმარიტად შუადღემდე ან მის შემდეგ. თუ ამ რეალურ პირობებში გავზომავთ მერიდიანის ორივე მხარეს ორ ტოლ შესაბამის სიმაღლეს (H) და დავაფიქსირებთ მომენტებს ქრონომეტრით, მაშინ საშუალო დროის მომენტი (T_{GR}^m) შესაბამისი იქნება არა ჭეშმარიტი შუადღის მომენტისა, არამედ მზის უდიდესი სიმაღლის მომენტისა.

ამის გამო T_{GR}^m საშუალო მომენტით აღმანახიდან ნაკოვნი საათობრივი კუთხე GHA₀ არ იყო ნულის ტოლი. ობსერვირებული გრძედის მისაღებად საჭიროა GHA₀ მოვიყვანოთ ჭეშმარიტ შუადღესთან, რისთვისაც მასში უნდა გავითვალისწინოთ შესწორება, რომელიც მზის უდიდესი სიმაღლის მომენტზე მისი ადგილობრივი საათობრივი კუთხის ტოლია. შესწორებას გამოითვლიან ფორმულით:

$$\sigma' = 3,82(\text{tgLAT} - \text{tgDec}) (\Delta' - \quad),$$

სადაც

σ' - შესწორება,

Lat - დამკვირვებლის განედი,

Dec - მზის დახრილობა,

Δ' - დახრილობის საათობრივი ცვალებადობა (+) ნიშნით, თუ მნათობი თავის მოძრაობაში უახლოვდება ამალეებულ პოლუსს და (-) ნიშანი, თუ მნათობი შორდება მას.

- დამკვირვებლის განედის საათობრივი ცვალებადობა, რომელსაც ღებულობენ MT-75 ცხრილებით – 24, გემის კურსით და სიჩქარით. აქვს ნიშანი (+), თუ განედების სხვაობა ერთნაირია LAT-თან და (-) ნიშანი, თუ ისინი სხვადასხვა სახელწოდების არიან.

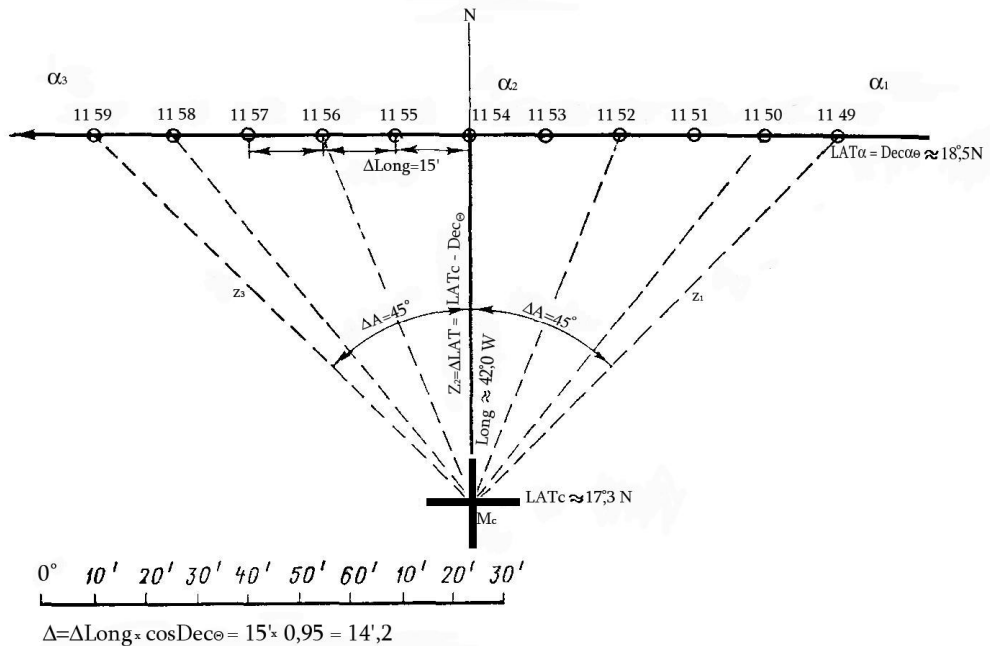
$$\text{Long}_w = \text{GHA} - (\pm \sigma')$$

$$\text{Long}_E = 360^\circ - \text{Long}_w, \text{ თუ } \text{Long}_w > 180^\circ$$

განსაკუთრებული ამ მეთოდში ის არის, რომ Long₀ ღებულობენ მზის საკმაოდ დიდ სიშორეზე პირველი ვერტიკალიდან, რომ შევამციროთ მიღებულ გრძედის სიზუსტეზე შემთხვევითი ცდომილებების გავლენა, შესაბამისი სიმაღლეების გაზომვა უნდა ვაწარმოოთ მერიდიანის ორივე მხარეს უკიდურეს მაინც 20⁰-30⁰ აზიმუტების სხვაონის ფარგლებში. რაც შეეხება დამკვირვებლების სისტემურ ცდომილებებს, ისინი გამორიცხულია, ვინაიდან თვითონ სიმაღლეებიგამოთვლებში არ მონაწილეობენ და მხოლოდ დროის (T^{chr} და T^{chr}) ფიქსირებისთვისაა საჭირო.

§ 67. გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა, როდესაც მზის სიმაღლე 88° მეტია

ტროპიკულ სარტყელში ნაოსნობის დროს როდესაც დამკვირვებლის განედი და მზის დახრილობა ერთნაირი სახელწოდებისაა, ხოლო მათი სხვაობა 2°-ზე ნაკლებ სიდიდეს შეადგენს, შუადღეზე მზის სიმაღლე 88°-ზე მეტი აღმოჩნდება. ამ შემთხვევაში მზის აზიმუტის ცვალეზადობა მერიდიანთან სიახლოვეს იქნება ისეთი სწრაფი, რომ საჭირო სიდიდით (40°-60°) მისი ცვლილება მოხდება 3-6 წუთში, რაც



ნახ.64 დაკვირვების დროს გამოთვლა გემის ადგილის განსაზღვრის დროს, როდესაც მზის სიმაღლე $H_{\odot} > 88^{\circ}$

უზრუნველყოფს დაკვირვებების მოკლევადიან პირობებს გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრისთვის მზის სიმაღლეებით.

ამასთანავე რუკაზე ადგილის დატანისთვის ტროპიკულ ზოლში შეიძლება გამოვიყენოთ განსაკუთრებული გრაფიკული მეთოდი, გამოთვლების მოცულობის მკვეთრი შემცირებით. ეს მეთოდი მდგომარეობს იმაში, რომ რუკაზე დაიტანება უშუალოდ ტოლ-სიმაღლეთა წრეწირები, ისე, როგორც გლობუსზე ადგილის დატანის დროს.

იზოხაზების დასატანად რუკაზე განსაზღვრავენ განათების პოლუსების კოორდინატებს. ისინი უტოლდება მნათობთა ეკვატორიულ კოორდინატებს, რომლებიც მიიღება „The Nautical Almanac“-ის ყოველდღიური ცხრილებით დაკვირვების გრინვიჩის დროის მომენტზე (T_{GR}):

$$LAT_{\alpha} = Dec_{\odot} \quad Long = GHA_{\odot}$$

პოლუსები დაიტანება რუკაზე, ვინაიდან ტროპიკულ სარტყელში მერკატორული პროექციის ნავიგაციური რუკების ცდომილებები ძალიან უმნიშვნელოა, რომ ტოლ-სიმაღლეთა წრეწირების წარმოსახვა შესაძლებელია წრეებით, როცა მზის სიმაღლე 88°-ზე მეტია, ამ წრეების რადიუსები არ იქნება 2° -ზე მეტი, (120') შესაბამისად აგება არ გადავა რუკის ჩარჩოს გარეთ. ტოლ სიმაღლეთა წრეწირების მონაკვეთები დაიტანება გემის ადგილის ათვლით

წერტილთან (Mc) განათების პოლუსებიდან რადიუსით $Z=90^\circ-H$. ამ რკალების კვეთაში დებულობენ გემის ობსერვირებული ადგილის წერტილს (M_o)
 თუ განხილულ პირობებში ჩავატარებთ 2 ან 3 მოკლევადიან დაკვირვებას მზეზე შუადღესთან ახლოს, მოვიყვანთ რა დაკვირვებებს ერთ ზენიტთან და გამოვიყენებთ ტოლსიმაღლეთა წრეწირების გრაფიკულ დატანას რუკაზე, მათ კვეთაში მივიღებთ გემის ობსერვირებულ ადგილს. პრაქტიკაში ჩვეულებრივად აწარმოებენ მზის სამი სიმაღლის გაზომვას: შუადღემდე, შუადღისას და შუადღის შემდეგ, ყველა დაკვირვება მოჰყავთ მეორე დაკვირვების ზენიტთან.

დაკვირვებაზე გამოსვლის დროის გამოთვლისთვის, ასევე მიახლოებით ყოველი დაკვირვებისთვის, აზიმუტების და მზის სიმაღლის გამოსათვლელად შეიძლება მივმართოთ წინასწარი დატანის მეთოდს. მზის კულმინაციის მომენტის განსაზღვრის შემდეგ ვიპოვოთ "The Nautical Almanac"-ის ყოველდღიურ ცხრილებში T_{GR}^K - მზის კულმინაციის მომენტი გრინვიჩის მერიდიანზე. არგუმენტით DEC_\odot - მზის დახრილობა, რუკაზე ვავლებთ პარალელს $Lat_a=DEC_\odot$ და T_{GR}^K - მზის კულმინაციის გემის დროის მომენტისთვის გემის ათვლით ადგილს - Mc. (ნახ.64)

პარალელის (LAT_a) და ათვლითი ადგილის მერიდიანის ($Long_c$) კვეთაში ვღებულობთ მზის კულმინაციის მომენტში განათების პოლუსის მდებარეობას, ამ წერტილიდან მარჯვნივ და მარცხნივ პარალელზე გადავდვით ცირკულით მონაკვეთები $\Delta Long=15'=1$ საათობრივი წუთი და მივიღებთ რამდენიმე განათების პოლუსს 1, 2, 3 . . და ა.შ. წუთში კულმინაციის შემდეგ. შევადგინოთ მიღებული წერტილები ათვლით წერტილთან Mc, ავირჩიოთ სასურველი ΔA ($40^\circ - 60^\circ$) შუადღის დაკვირვებასა და ორ სხვა დაკვირვებებს შორის ჩავწეროთ აღნიშნული დაკვირვებების T_{sh} , მოვხსნათ მიახლოებითი აზიმუტები (A) და ზენიტური მანძილები (Z), რომლებიც გადავიყვანოთ სიმაღლეებში (H).

მეთოდის პრაქტიკული შესრულებისთვის საჭიროა მოქმედების შემდეგი თანმიმდევრობა:

მომზადება დაკვირვებისათვის:

1. LAT_c და Dec_\odot შედარებით შუადღით დავრწმუნდეთ, რომ მერიდიანული სიმაღლე 88° -ზე მეტია. გამოთვალეთ მზის კულმინაციის მომენტი T_{SH}^K ;
2. ზემოთ განხილული მეთოდით მივიღოთ ყოველი დაკვირვებისთვის (სამიდან) A და H მიახლოებით.
3. მოვამზადოთ დაკვირვებისთვის სექსტანი და ქრონომეტრი. განვსაზღვროთ მათი შესწორებები.

დაკვირვება:

1. წინასწარ გამოვთვალოთ გემის დროის მომენტზე (T_{sh}). მონიშნულ აზიმუტებზე გავზომოთ მზის სამი სიმაღლე და დავაფიქსიროთ მომენტები ქრონომეტრით. მეორე დაკვირვების დროს დავაფიქსიროთ ლაგის ჩვენება და ჰორიზონტის მხარე (S ან N), რომლის ცაზე გაიზომა სიმაღლე (მერიდიანული). როცა იზომება მზის სიმაღლეები 90° -თან ახლოს, სექსტანი უნდა მივმართოთ კომპასის მიხედვით მზის ვერტიკალში, ანუ კომპასზე უნდა იყოს წინასწარ გამოთვლილი აზიმუტის ჩვენება ($CB=TB-\Delta C$; $A= TB=CB+\Delta C$).

გამოთვლები:

1. შევასწოროთ გაზომილი სიმაღლეები ყოველგვარი შესწორებებით და გამოვითვალოთ ზენიტური მანძილები.
2. გამოვითვალოთ მიახლოებითი და ზუსტი გრინვიჩის დრო დაკვირვების ყოველ მომენტზე.

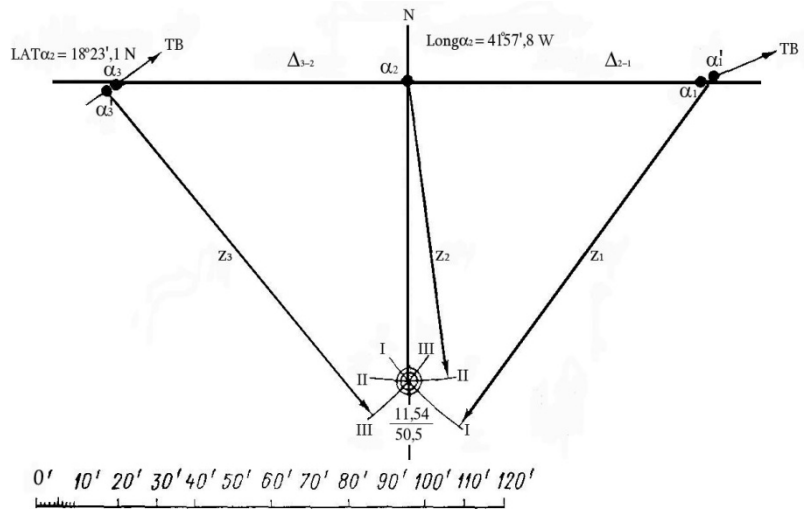
$$T_{GR} = T_{Sh} \pm N^{\circ} Z_E^W \text{ (მიახლოებით)}$$

$$T_{GR} = T_{chr} + U_{chr} \text{ (ზუსტად)}$$

3. „The Nautical Almanac-ის“ ყოველდღიური ცხრილებიდან ვიპოვოთ GHA_{\odot} -მზის საათობრივი კუთხეები გრინვიჩის დროის მომენტზე და Dec_{\odot} – დაკვირვების მეორე მომენტისთვის. ნაპოვნი Dec_{\odot} მივიღოთ განათების პოლუსების საერთო განედად (პარალელი), ხოლო GHA_{\odot} -როგორც მათი გრძედები.
4. გამოვითვალოთ ნაოსნობა I და II დაკვირვებებს შორის - ΔS_{1-2} ; II და III დაკვირვებებს შორის ΔS_{2-3} (შეიძლება გამოვიყენოთ MT-75 ცხრილების II დანართი).

დატანა რუკაზე:

1. გავავლოთ რუკაზე პარალელი $LAT = Dec$ რომელზედაც დატანილია განათების პოლუსები 1, 2, 3 მათი გრძედებით.
2. პოლუსები 1 და 3 “მოვიყვანოთ” 2 - პოლუსის ზენიტთან, რისთვისაც წერტილი 1 გადავწიოთ წინ კურსის ხაზზე მანძილით ΔS_{2-1} .
3. ცირკულით განათების წერტილებიდან, როგორც ცენტრებიდან, გავავლოთ ტოლსიმაღლეთა წრეწირების რკალები. მათი რადიუსები იქნება სიდიდეები Z_1 , Z_2 და Z_3 , მოხსნილი რუკის ვერტიკალური ჩარჩოს დანაყოფებიდან



ნახ.65 ადგილმდებარეობის გამოთვლის მაგალითი, როდესაც მზის სიმაღლე $H_{\odot} > 88^{\circ}$

(მერიდიანული მიღები). გემის ობსერვირებული ადგილი მიიღება სამი რკალის კვეთაში და თუ წარმოიშვა ცდომილებათა სამკუთხედი, - მის ცენტრში. თუ რუკის მასშტაბი მცირეა (1 მილში 3 მმ-ზე ნაკლები), მაშინ დატანას აწარმოებენ ქალაქის ფურცელზე საჭირო მასშტაბში ქალაქზე დაიტანენ პარალელს - $LAT = Dec_{\odot}$ $Long_2 = GHA_{\odot}$ (ნახ.64). 1 და 3 განათების პოლუსებს დაიტანენ მანძილებით ΔS_{2-3} და ΔS_{1-2} 2 განათების პოლუსიდან. ამ მანძილების მისაღებად გამოითვლიან ჯერ გრძედების სხვაობას შესაბამის პოლუსებს შორის (Long), რომლებიც შემდეგ მრავლდება $\cos Dec_{\odot}$ ანუ $\Delta S_{2-1} = Long_{2-1} \cdot \cos Dec_{\odot}$ $\Delta S_{3-2} = Long_{3-2} \cdot \cos Dec_{\odot}$.

“მოვიყვანოთ” 1 და 3 განათების პოლუსები მეორე დაკვირვების ზენიტთან და დავიტანოთ განათების პოლუსიდან ტოლსიმაღლეთა წრეწირების რკალები ჩრდილოეთისკენ (N), თუ მზე კულმინირებდა ჰორიზონტის

სამხრეთი ნაწილის ცაზე და სამხრეთისაკენ (S), თუ მზე კულმინირებდა ჩრდილოეთ ნაწილის ცაზე LAT - პარალელიდან. გრძედების სხვაობა შეიძლება მივიღოთ ცხრილებიდან №25 “MT-75” ΔS - მანძილით. ობსერვირებული ადგილის კოორდინატებს გამოვითვლით მისი PIII - განედების სხვაობით და PD - გრძედების სხვაობით $LAT_{ob} = LAT\alpha_2 \pm LAT$ $Long_{ob} = Long\alpha_2 \pm Long$, სადაც $LAT\alpha_2 = Dec\odot$; $Long\alpha_2 = GHA_2^\odot$.

✓ მაგალითი:

2008 წლის 30 ივლისი, ატლანტის ოკეანე. $GC=70^\circ$; $\Delta GC=0^\circ$; $V=20$ knts შუადღისთვის წინასწარ გამოვთვალეთ $LAT_c=17^\circ,3N$ (Latitude Calculated); $Long_c=42^\circ,0W$ (Longitude Calculated); $Dec\odot=18^\circ,5N$ (Declination of the Sun); მზის მერიდიანული სიმაღლე $H_M^\odot \approx 88^\circ N$ (ჩრდილოეთისაკენ) ვინაიდან $Z=17^\circ,3-18^\circ,5=-1^\circ,2$.

გადავწყვიტეთ განვსაზღვროთ გემის ადგილი მზის სამი სიმაღლით.

1. დაკვირვებაზე გამოსვლის დროისთვის, მზის მიახლოებითი აზიმუტების და სიმაღლეების გამოთვლა:

30.07.08	$+ T_L^K$ $Long_W$	12 ^h 06 ^M 2 ^h 48 ^M	Long=42°W
30.07.08	T_{GR}^K N_Z	14 ^h 54 ^M 3 ^W	Dec=18°,4N
30.07.08	T_{Sh}^K	11 ^h 54 ^M	

მივიღეთ რა მზის კულმინაციის მომენტი 30.07.08 გემის მერიდიანზე (T_{Sh}^K), გავავლოთ რუკაზე პარალელი $LAT = Dec$ და დავაფიქსიროთ მასზე გემის ათვლითი ადგილის წერტილი (Mc) და განათების პოლუსების რიგი. მივიღოთ აზიმუტებს შორის სხვაობა 45° . აგებიდან მივიღებთ, რომ ამ სიდიდით აზიმუტი იცვლება მიახლოებით 5 წუთში, ანუ

$$T_{Sh1}=11^h49^m; A_1=45^\circ; Z_1=1^\circ42'; H_1^\odot = 88^\circ18';$$

$$T_{Sh2}=11^h54^m; A_2=0^\circ; Z_2=1^\circ42'; H_2^\odot = 88^\circ48';$$

$$T_{Sh3}=11^h59^m; A_3=315^\circ; Z_3=1^\circ42'; H_3^\odot = 88^\circ18';$$

2. დაკვირვება:

$$T_{Sh1}=11^h49^m; SA_1^\odot=88^\circ04,0N; T_{chr_1} = 02^h48^m42^s;$$

$$T_{Sh2}=11^h54^m; SA_2^\odot=88^\circ39',1N; T_{chr_2} = 02^h53^m03^s;$$

$$T_{Sh3}=11^h59^m; SA_3^\odot=88^\circ08',4N; T_{chr_3} = 02^h58^m13^s;$$

$$I=-2',1; Ucr=+01^m10^s; e=12\theta$$

3. გამოთვლები: იმის გათვალისწინებით, რომ დატანას შევასრულებთ ქაღალდის

$$\Delta H_{საერთო} = +9',8$$

ფურცელზე, ცხრილებიდან 11 და 8 „MT -75“ + i = -2',1

$$\Delta H = +7',7$$

მზის ქვედა და ზედა კიდის შესწორებები იპოვება ალმანახის ცხრილში „Sun's correction“ გვ. A2.

SA _☉	88°04',0	88°39',1	88°08',4	Tchr	02 ^h 53 ^m 03 ^s	T _{Sh2}	11 ^h 54 ^m
ΔH	+ 07',7	+ 07',7	+ 07',7	Uchr	+ 01 ^m 10 ^s	+ N ^{☉z}	3w
H _☉	88°11',7	88°46',8	88°16',1	T _{GR}	14 ^h 54 ^m 13 ^s	T _{GR}	11 ^h 54 ^m
Z _☉	1°48',3	1°13',2	1°43',9				
Z _☉	108',3	73',2	103',9		30.07.08		30.07.08

(d=-0°),6)	Dec _{T☉}	18°26',8N	T _{GR} =14 ^h 54 ^m 13 ^s			
	Δd	- 0',5				
Dec _☉ =LAT ₂	Dec _☉	18°26',3N	H _☉	88°11',7	88°46',8	88°08',4
	LAT ₂	18°26',3N	Z _☉	1°48',3	1°13',2	1°51',6
				108',0	73',2	111',6
				I	II	III

+ GHA ₂ [☉] GHA ₂ ⁰	28°24,8	- T _{chr2} T _{chr1}	02 ^h 45 ^m 14 ^s 03 ^s	- T _{chr3} T _{chr2}	02 ^h 45 ^m 14 ^s 13 ^s
	13°33,2W		02 ^h 48 ^m 14 ^s 42 ^s		02 ^h 45 ^m 14 ^s 03 ^s
GHA ₂ [☉]	41°58,0 ^W	T ₂₋₁	04 ^m 21 ^s	T ₃₋₂	05 ^h 14 ^m 10 ^s
GHA ₂ [☉] =Long _{A2}	41°58 ⁰ ,0W	Long ₂₋₁	65',2	Long ₃₋₂	77',5
Dec=LAT _{A2}	18°26,3N	S ₂₋₁			
		2-1 S ₁₋₂	Long·cosDec=61',9E $\frac{20}{60} \cdot 4,4^m = 1',5$	3-2 S ₂₋₃	Long·cosDec =73;6W $\frac{20}{60} \cdot 5,2^m = 1',7$

3. დატანის შედეგად მივიღეთ პატარა ცდომილებათა სამკუთხედი. ადგილი მივიღეთ სამკუთხედის ცენტრში; დატანით განათების მეორე პოლუსიდან ობსერვირებულ ადგილამდე LAT=72',0 S; =0',1W Long =0',1W მაშინ:

LAT ₂	18°26,3N	Long _{a2}	41°58,0W
LAT	1°12,0 S	Long	0',1W
LAT _{O2}	17°24,3 N	Long _{o2}	41°58,1W

გემის ადგილმდებარეობის მხოლოდ განედის განსაზღვრა მზის მერიდიანული (უდიდესი) სიმაღლით

✓ მაგალითი2:

2008 წლის 9 სექტემბერი. იაპონიის ზღვა გამოვთვალოთ მზის ზედა კულმინაციის მომენტი და ამ მომენტზე Long_c=132°E ; T_{sh}=12^h10^m Log =17,5 LAT_c=41°37,1N უდიდესი

$SA_{\odot}=52^{\circ}32,2$. ჰორიზონტის S ნაწილში $i=+0,5$; $e=12$ m განვსაზღვროთ ადგილმდებარეობის ობსერვირებული (ჭეშმარიტი) განედი(LAT_o) ამოხსნა

განვსაზღვროთ: მზის ზედა კულმინაციის მომენტი ადგილობრივ მერიდიანზე:

09.09.08	T_L^K -Longc	11 ^h 57 ^m 08 ^h 48 ^m
	T_{GR}^K +	03 ^h 09 ^m 9E
	T_{Sh}^K	12 ^h 09 ^m

1. განვსაზღვროთ მზის კულმინაციის მომენტზე მისი დახრილობა (Dec_o):

09.09.08	Dec	05 ^o 03',9N
12 ^h 09 ^m	Δd	-0',1
d=0',9	Dec _o	05 ^o 03',8N

2. ობსერვირებული (ჭეშმარიტი) განედის და განედთა სხვაობის განსაზღვრა:

SA_{\odot}^M	53 ^o 32',2 (S)
i	+0',5
d	-0',6
H_{ap}^{\odot}	53 ^o 26',6
ΔH_1 $\left\{ \begin{array}{l} R \\ P \\ SD \end{array} \right.$	+15',3
H_{\odot}^M	90 ^o
	53 ^o 41',9 (S)
Z_{\odot}	36 ^o 18',1 N
+ Dec _o	5 ^o 23',2 N
LAT _o	41 ^o 41',3 N
LAT _c	41 ^o 37',1 N
ΔLAT	4',2 N

✓ მაგალითი 3.

ჩრდილო ყინულოვანი ოკეანე ლაპტევეების ზღვა.

განვსაზღვროთ: მზის ქვედა კულმინაციის მომენტი 1 აგვისტოს დამით Long_c ≈ 108^oE.

01.08.08. $T_{Sh}=23^h 55^m$ log=45,5 Lat_c=79^o 52',ON; Long_c=108^o03',0E

უმცირესი $SA_{\odot}=0.7^{\circ}49',9$ ჩრდილოეთისკენ (N) $i=-1',2$; $e=12\delta$. $t=+5^{\circ},c$

B=1018 მილიბასი. განვსაზღვროთ (LAT_o) ობსერვირებული განედი.

ამოხსნა: 1. კულმინაციის მომენტის გამოთვლა ცხრილებით “The Nautical Almanac”:

02.08.08.	$T_{\ominus(L)}^k$	00 ^h 06 ^m 16 ^s
	- Long _c	07 ^h 12 ^m 00 ^s E
02.08.08.	$T_{\ominus GR}^k$	16 ^h 54 ^m 16 ^s
	+ N ^o _z	7 E
01.08.08.	T_{\ominus}^k	23 ^h 54 ^m 16 ^s N

2. მზის დახრილობა (Dec_o) მისი ქვედა კულმინაციის მომენტზე:

01.08.08.Dec _T	17 ^o 43,8N
(d=0,6)	-0,5
Dec _o	17 ^o 43,5'N
Δ_{\ominus}	72 ^o 16,5'N

3. ობსერვირებული (ჭეშმარიტი) განედის და განედთა სხვაობის განსაზღვრა:

H_{\ominus}^M	07 ^o 49',9
i	-1',2
d	-6',1
H_{ap}^{\ominus}	07 ^o 42',6
ΔH_1 {	R
	P
	SD
2 {	T
	B
H_o^{\ominus}	07 ^o 51',6 N
+ Δ_{\ominus}	72 ^o 04',7 N
LAT _o	79 ^o 56',3 N
LAT _c	79 ^o 52',0 N
Δ LAT	4',3 N

პრაქტიკული საკითხები

(დამატებები და მაგალითები)

ვარსკვლავთა და ვარსკვლავების შერჩევა დაკვირებისთვის



ჩრდილოეთის ცა

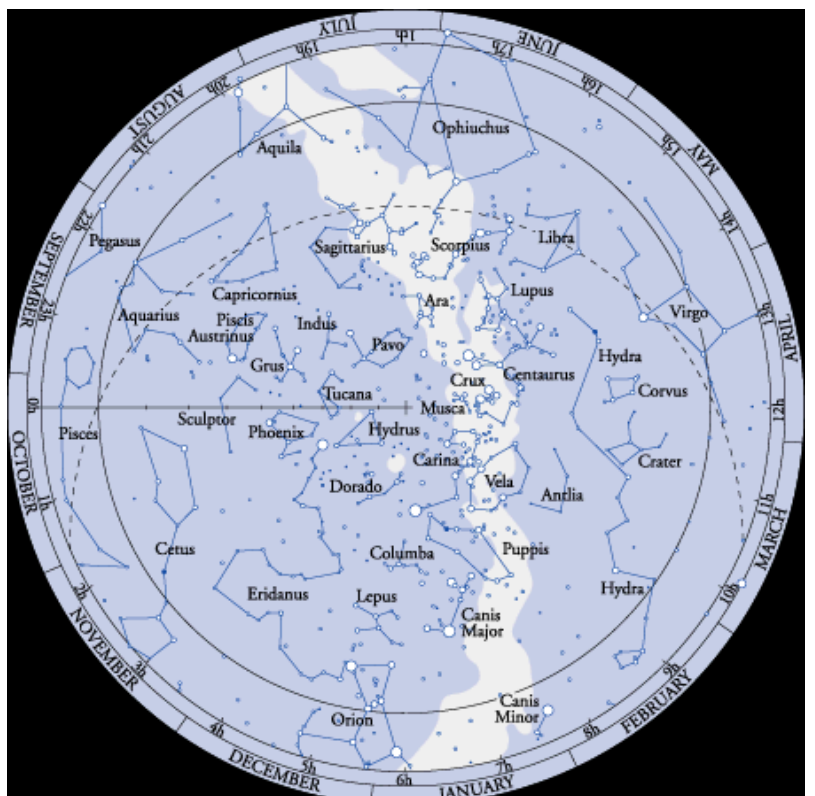
კონკრეტულ განედზე მას მათ ვერ დაინახავს (თუ, რა თქმა უნდა, არ შეიცვლის განედს).

ცაზე ვარსკვლავის გარჩევა შესაძლებელია შემდეგი ნიშნებით:

- მისი მიკუთვნებით ამა თუ იმ თანავარსკვლავედთან;
- ურთიერთ განლაგებით;
- მისი სიკაშკაშით (სიდიდით).

ჯერ კიდევ უძველესი დროიდან ვარსკვლავების ურიცხვი მასა დაიყო თანავარსკვლავედებად,

თუმცა ვარსკვლავთგლობუსი და “Star Finder” იძლევა შესაძლებლობას სრულყოფილად ამოვიცნოთ ვარსკვლავები ცაზე მათი კოორდინატებით, მაინც უკეთესია, თუ შტურმანი შეისწავლის ვარსკვლავების განლაგებას როგორც ჩრდილოეთის, ისე სამხრეთის ცაზე. საკმარისია მან დაიმსხვროს ათეული ვარსკვლავის განლაგება და მათი სახელწოდებები. დამკვირვებელს თავის განედზე აქვს შესაძლებლობა დაინახოს და გაარჩოს ცაზე ესა თუ ის კაშკაშა ვარსკვლავი რადგანაც ცნობილი, რომ იმ მნათობებს, რომელთა Dec > (90°-LAT), ამასთანავე Dec და LAT სხვადასხვა სახელწოდებები ექნებათ, კონკრეტული დამკვირვებელი



სამხრეთის ცა

რომლებსაც მიანიჭეს ბერძნული ან რომაული მითების გმირების, ან ღმერთების სახელები. ყოველ თანავარსკვლავედში მეტნაკლებად კაშკაშა ვარსკვლავს აღნიშნავენ ბერძნული ანბანის ასოებით, მათი სიკაშკაშის (სიდიდის) შემცირების შესაბამისად. ზოგიერთ შემთხვევაში სახელები მინიჭებულია ვარსკვლავთა ცაზე განლაგების მიხედვით, როგორც ეს არის დიდი დათვის თანავარსკვლავედის შემთხვევაში, როდესაც მისი შვიდივე ვარსკვლავი თითქმის ერთნაირი სიკაშკაშით (სიდიდით) გამოირჩევა.

ზოგ შემთხვევაში შემოღებულია მნათობთა ლათინური ასოებით აღნიშვნა. მიუხედავად ამისა ასტრონავიგაციაში (პრაქტიკულ ასტრონომიაში) საქმე გვაქვს მხოლოდ, ასე თუ ისე, მეტად კაშკაშა ვარსკვლავებთან, რომლებსაც აღნიშნავენ ბერძნული ასოებით, ხოლო ზოგიერთ მათგანს გააჩნია საკუთარი სახელიც.

ასე მაგალითად, **პატარა დათვის** თანავარსკვლავედის „კუდის“ ბოლო ვარსკვლავს, რომელიც მდებარეობს დედამიწის თითქმის ჩრდილო პოლუსის თავზე, ჰქვია პოლარული (**Polaris**) ამავედროულად, ის არის **პატარა დათვის** თანავარსკვლავედის – ვარსკვლავი (*Ursa Minoris*). კაშკაშა ვარსკვლავი ტყუპების თანავარსკვლავედში არის ტყუპების – ვარსკვლავი (*Geminorium*) და მისი საკუთარი სახელია პოლუქსი (**Pollux**).

ორიონის თანავარსკვლავედში ერთერთ ვარსკვლავს ჰქვია **ბელატრიქსი** (**Bellatrix**), ანუ ორიონის (**Orionis**) და ასე შემდეგ.

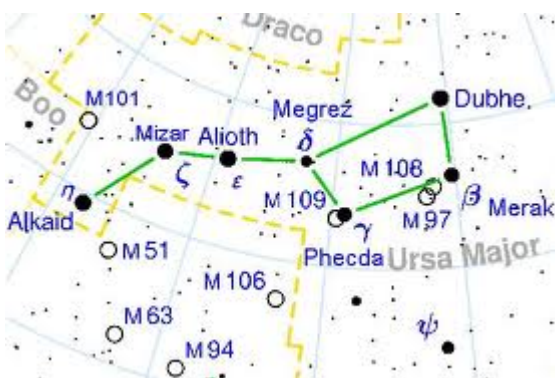
თავისი ხილვადი ნათებით (სიკაშკაშით) მიახლოებით ოცამდე კაშკაშა ვარსკვლავი მთელ ცაზე მიეკუთვნება პირველი სიდიდის ვარსკვლავებს, ხოლო ყველაზე სუსტი ნათების (სიკაშკაშის) ვარსკვლავები, რომელთა შემჩნევა შეიძლება შეუიარაღებელი თვალით, მიეკუთვნებიან მეექვსე სიდიდის ვარსკვლავებს. ვარსკვლავების გადანაწილება ცაზე ნათების მიხედვით მოხდა ფოტომეტრული ხასიათის მეცნიერულ საფუძველზე.

ვარსკვლავი სირიუსი თავისი სიკაშკაშით მიეკუთვნება (-1,6) სიდიდის ვარსკვლავებს; მზე – (-12,8), თუმცა სიკაშკაშის მაჩვენებელს მნათობის სიდიდესთან არავითარი კავშირი არ აქვს.

ისეთი თანავარსკვლავედების არსებობა ციურ სფეროზე, რომელთა გარჩევა მათი კონფიგურაციის – მოხაზულობის თვალში ცემით ან დასამახსოვრებელი რაღაც ნიშნით გაადვილებული იყოს, არც თუ ბევრია. მაგრამ ამ მოხაზულობების დაზეპირება და მათი მეშვეობით თანავარსკვლავედების გარჩევა მაინც რჩება პრიორიტეტული.

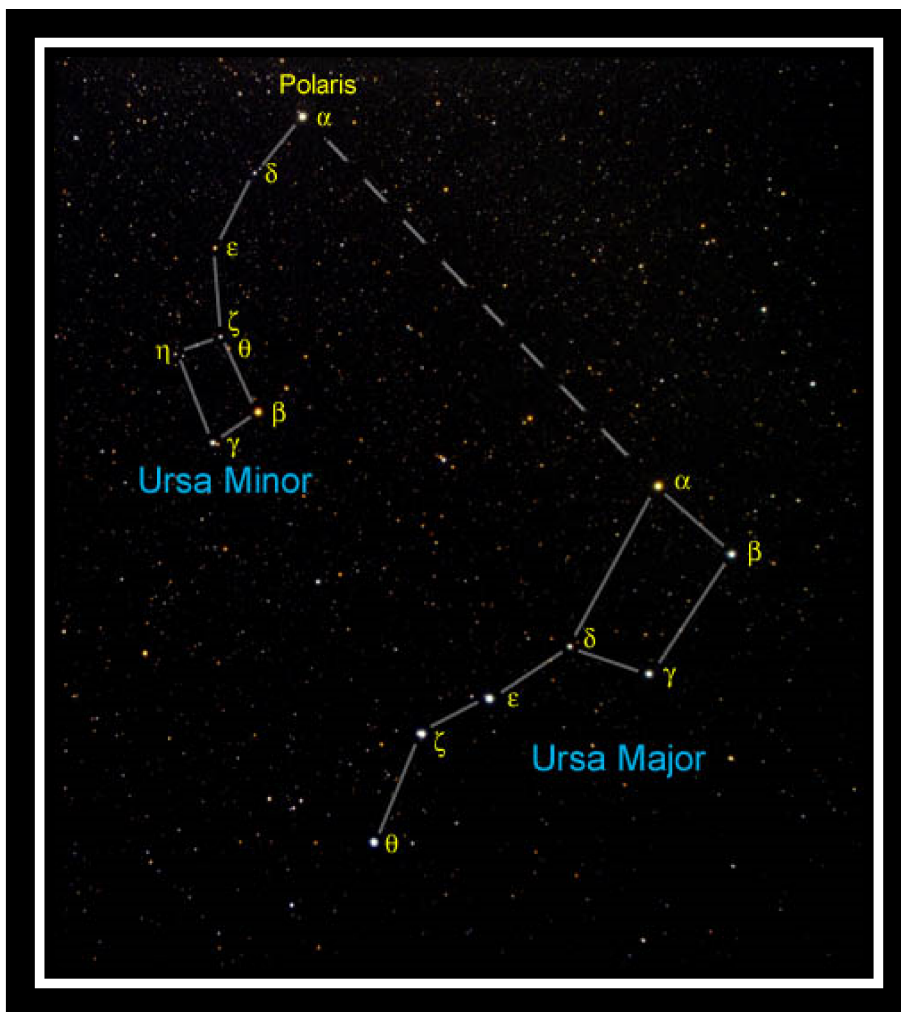
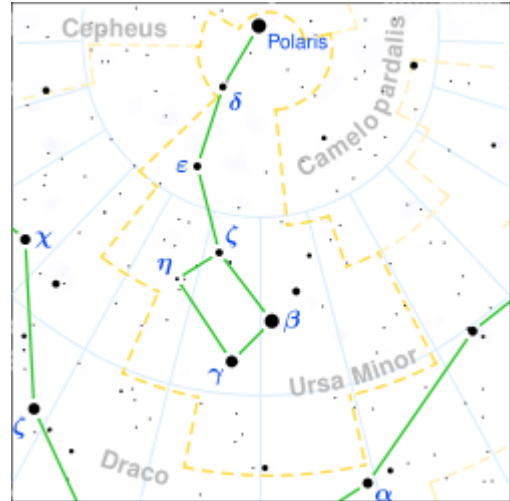
დიდი დათვის თანავარსკვლავედი (Ursa Major)

ჩრდილო ნახევარსფეროს ცაზე ძირითად „წამყვან“ თანავარსკვლავედად არის მიჩნეული დიდი დათვის თანავარსკვლავედი. მას წყლის ამოსაღები ჩაფის ფორმა აქვს, ცოტაოდენ მოხრილი სახელურით. ამ თანავარსკვლავედის ყველა შვიდი ვარსკვლავი თითქმის ერთნაირი ნათებისაა,

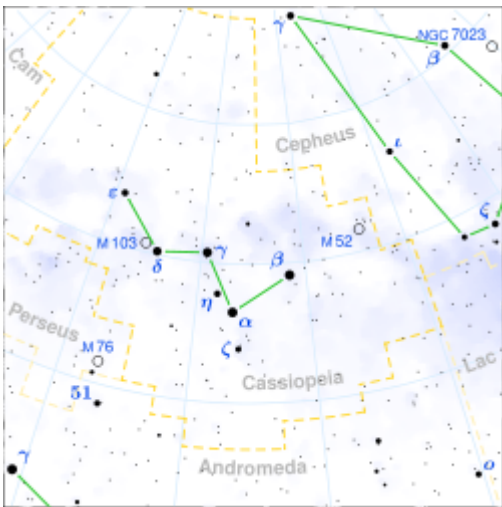


გარდა –ვარსკვლავისა. ვარსკვლავების შემჩნევა და გამოყოფა ცაზე ადვილია; სხვებთან შედარებით – ვარსკვლავი, რომელსაც საკუთარი სახელი აქვს ალიოტი (Alioth), უფრო მეტი სიკაშკაშით გამოირჩევა.

თუ ვიპოვეთ დიდი დათვის თანავარსკვლავი, რომელიც ჩვეულებრივად განლაგებულია ჩრდილოეთის მიმართულებით და ახლოს ჰორიზონტთან, მაშინვე ვიპოვით პოლარულ ვარსკვლავს, რომელიც **პატარა დათვის (Ursa Minoris)** თანავარსკვლავებშია, – **პატარა დათვის – პოლარული ვარსკვლავი (Polaris, – Ursa Minoris)**. მოხაზულობით ეს ორი თანავარსკვლავი ძალიან გავს ერთმანეთს, **პოლარული** ჩაფის სახელურის ბოლო ვარსკვლავია. ამისთვის საკმარისია გონებაში გავავლოთ სწორი ხაზი დიდი დათვის მიმართულებით და გადავზომოთ მასზე ხუთჯერ მანძილი ამ ვარსკვლავებს შორის, ვიპოვით არც თუ ისე კაშკაშა ვარსკვლავს – **პოლარულს**.



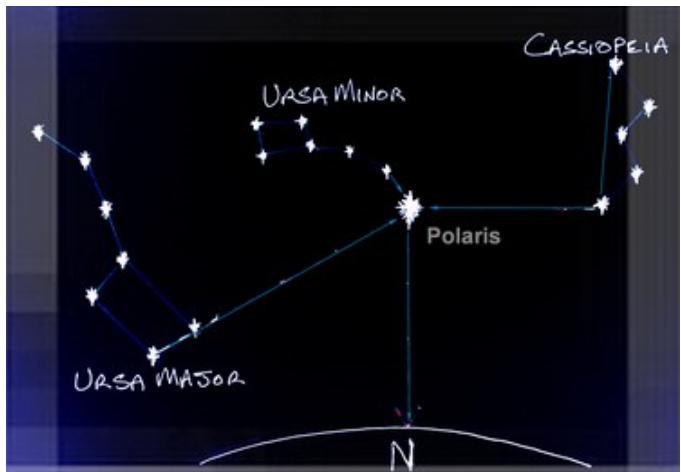
დავიმახსოვროთ, რომ პოლარული ვარსკვლავის აზიმუტი ყოველთვის ახლოა ჰორიზონტის N წერტილთან და მისი სიმაღლე ყოველთვის მიახლოებით, დამკვირვებლის განედის ტოლია.



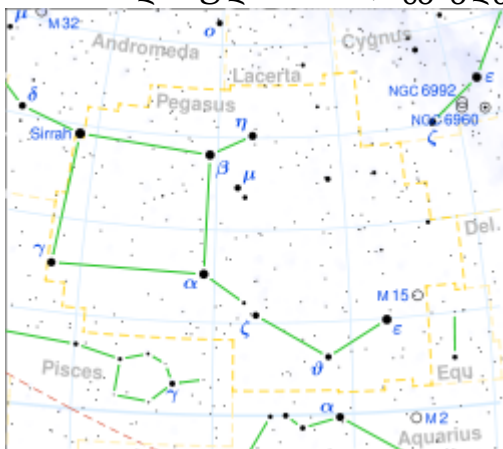
შემდგომში მნათობების ცაზე განლაგების დასამახსოვრებლად გონებაში გავავლებთ მრავალ ხაზს ამა თუ იმ ვარსკვლავის დასაკავშირებლად, მაგრამ ეს ხაზები ციურ სფეროზე გვესახება არა როგორც სწორი, არამედ რკალი – დიდი წრეწირების რკალები. თუმცა რეალობაში ეს მეთოდიც არაზუსტია, მაგრამ ითვლება, რომ დამკვირვებელი იმყოფება ვარსკვლავთმცერი სფეროს ცენტრში.

ახლა შევაერთოდ დიდი დათვის –ვარსკვლავი პოლარულთან და გავაგრძელოთ ეს რკალი კიდევ იმდენ მანძილზე, რამდენიც არის და პოლარულს შორის. ჩვენ მოვხდებით ძალიან გამორჩეული მოხაზულობის ვარსკვლავედის რაიონში, ეს არის

კასიოპეას (Cassiopeia) თანავარსკვლავედი. მისი ხუთივე ვარსკვლავი საკმაოდ კაშკაშაა და შემოწერს ცაზე ცოტათი გადაჭიმულ ლათინურ ასოს – W. ამ თანავარსკვლავედში არა არის ნავიგაციური ვარსკვლავები, მაგრამ ის გამოგვადგება სხვა ვარსკვლავედების ამოცნობისთვის.

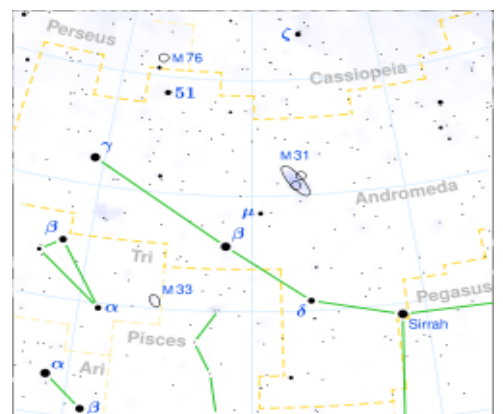


თუ გავაგრძელებთ რკალებს დიდი დათვის პოლარული და დიდი დათვის პოლარული, კიდევ უფრო შორს, კასიოპეას მიღმა, მიახლოებით მანძილზე, რომელიც არის კასიოპეა პოლარულს შორის, შევხვდებით **პეგასის (Pegasus)** კვადრატს.

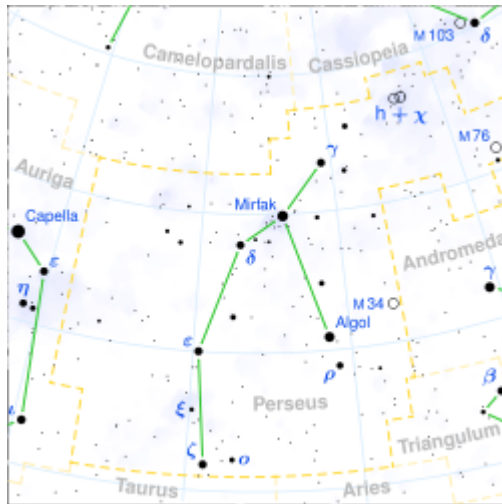


მას აქვს თითქმის სწორი კვადრატის ფორმა ვარსკვლავებით კუთხეების წვეროებში, თუმცა პეგასს ეკუთვნის მხოლოდ სამი ვარსკვლავი – α , β , γ . მეოთხე ვარსკვლავი, რომელიც შედარებით ახლოს არის პოლარულთან ეკუთვნის უკვე სხვა თანავარსკვლავედს – **ანდრომედას (Andromeda)**.

ანდრომედას თანავარსკვლავედი იწყება პეგასის კვადრატიდან, აქვს რკალის ფორმა და შემოსაზღვრავს კასიოპეას თანავარსკვლავედს და შედგება კიდევ სამი ვარსკვლავისგან – α , β , γ .

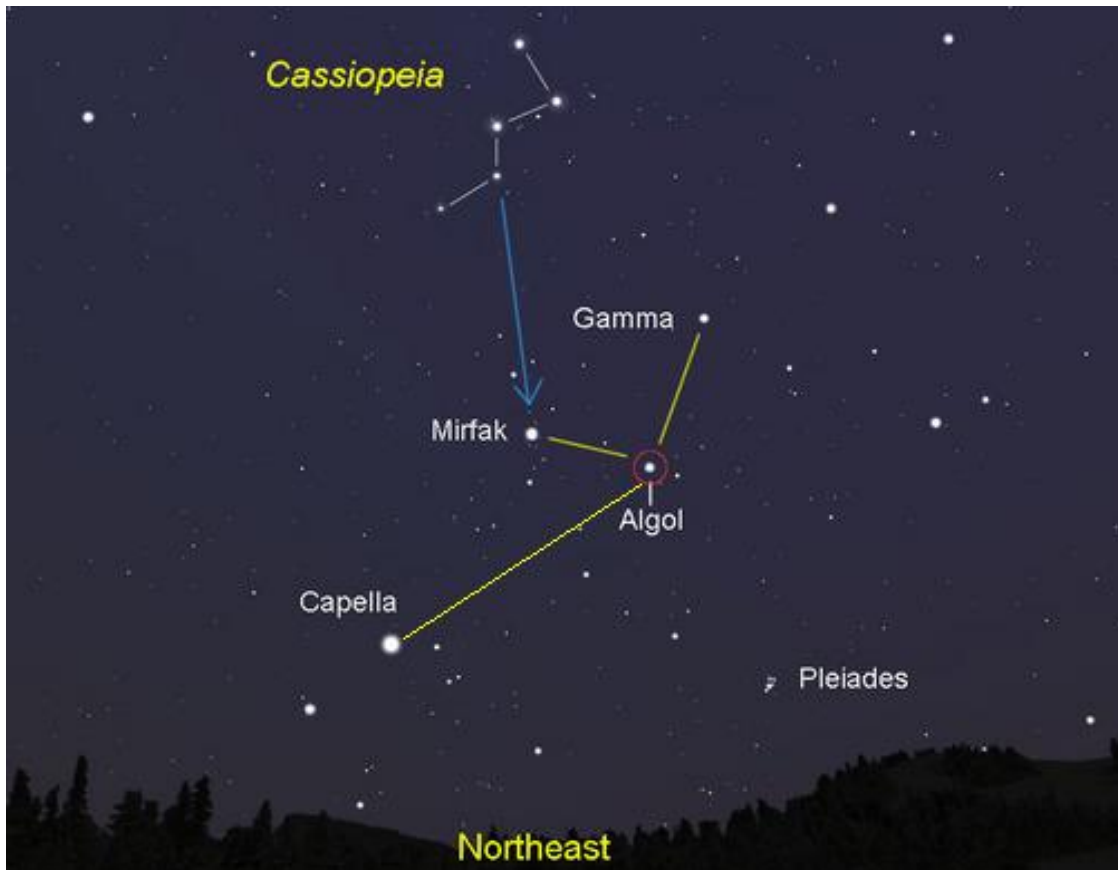


თუ ანდრომედას რკალს გავაგრძელებთ იმავე მანძილზე, რა მანძილიც არის



შორის ვიპოვით ძალიან კაშკაშა ვარსკვლავს, რომელიც მიეკუთვნება პერსეის თანავარსკვლავედს – **Perseus**, რომლის საკუთარი სახელია – მირფაკი (**MIRFAK**). **Perseus** არის სამი ვარსკვლავისგან შემდგარი პატარა რკალის მაგვარი თანავარსკვლავედი, მისი შუა ვარსკვლავი არის მირფაკი. პერსეას თანავარსკვლავედში რკალის ბოლოებზე განლაგებულია და ალგოლი (*Algol*) ვარსკვლავები. პერსეას რკალს თუ გავაგრძელებთ ქვევით ალგოლის შემდეგ,

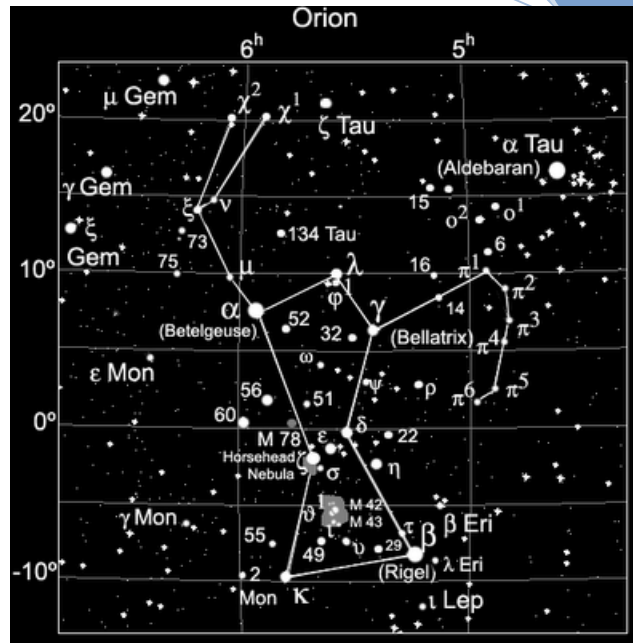
რკალი გაივლის კაშკაშა ვარსკვლავზე, რომელსაც ჰქვია **კაპელა (Capella- Aurigae)** და მიეკუთვნება **Aurigae-ს** თანავარსკვლავედს.



ეს ვარსკვლავი ცაზე მეორეა სიკაშკაშით და მხოლოდ ვეგას (*Vega*) ჩამოუვარდება, თუ არ ჩავთლით სირიუსს (*Sirius*). კაპელას პოვნა სხვაგვარადაც შეიძლება, თუ დიდი დათვის თანავარსკვლავედის მიმართულებით რკალს გავაგრძელებთ.

თუ პოლარულიდან კაპელასკენ „მივდივართ“ და კიდევ გავივლით იმდენ მანძილს, რამდენიც არის მათ შორის ჩვენ მოვხდებით ცის იმ ნაწილში, რომელიც მდიდარია კაშკაშა ვარსკვლავებით, კერძოდ, მოვხდებით **ორიონის** თანავარსკვლავედში.

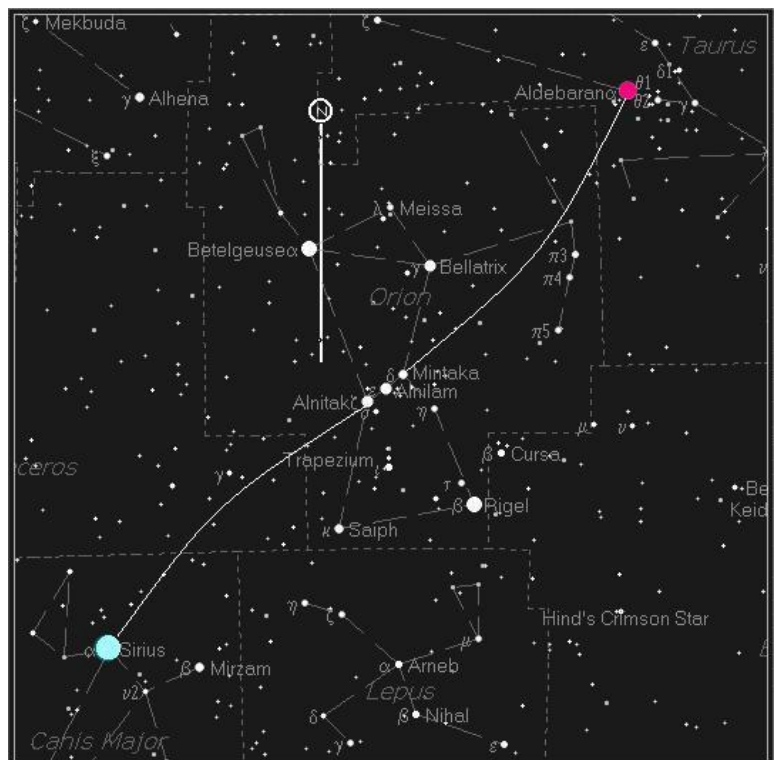
ორიონის (Orion) თანავარსკვლავედი მდებარეობს ეკვატორის სარტყელში მისი რიგი ვარსკვლავების დახრილობა (Dec) ჩრდილოეთის სახელწოდებისაა, ხოლო რიგის – სამხრეთის. ამიტომ



ზომიერ განედებში ის გამოჩნდება ღამე ცაზე სამხრეთ ნაწილში ოქტომბრიდან თებერვლამდე. ამ თანავარსკვლავედის მთავარი ვარსკვლავებია – α, β, γ . მათ შორის მხოლოდ ორია ნავიგაციური – α და β საკუთარი სახელებით – ბეტელგეიზე

(*Betelgeuse*) და რიგელი (*Rigel*) შესაბამისად. კიდევ მისი სამი ვარსკვლავი, რომელიც ცნობილია ორიონის სარტყლის სახელწოდებით – δ, ϵ, ζ , აშკარად გამოარჩევენ თანავარსკვლავედს სხვა ვარსკვლავებებისგან.

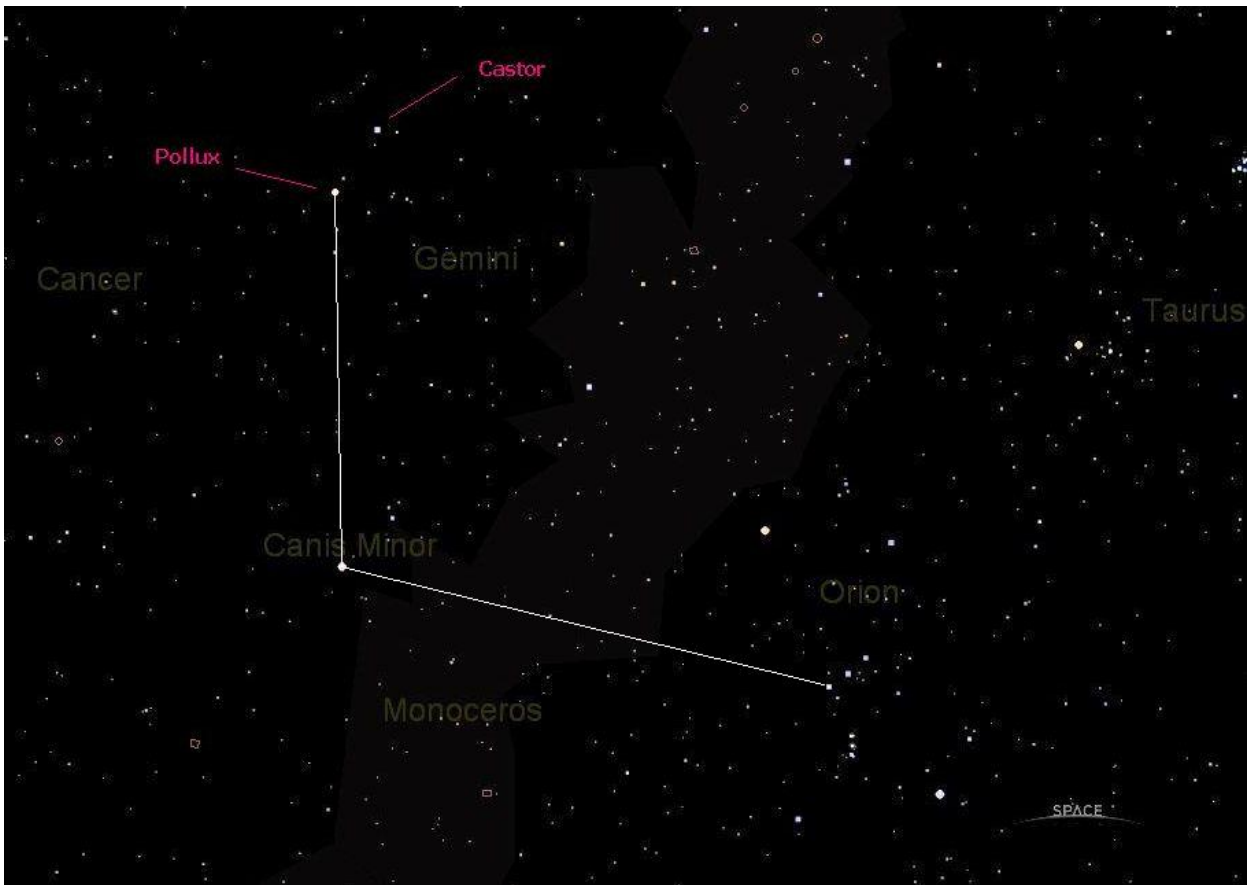
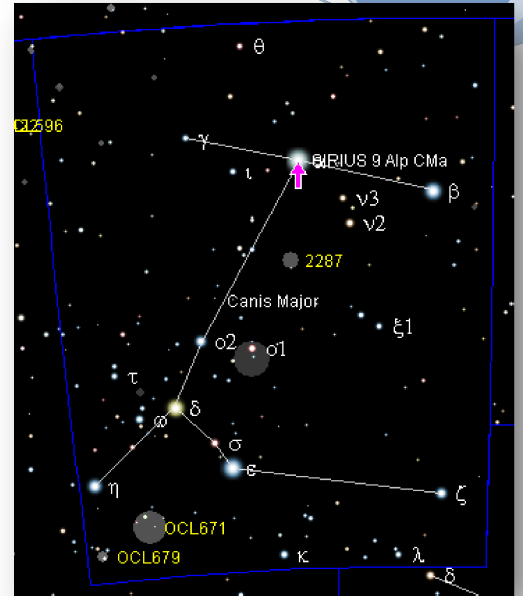
რკალს, რომელიც აერთიანებს ამ სამ ვარსკვლავს (ორიონის სარტყელი), თუ გავაგრძელებთ მარჯვნივ პოლარულისკენ გადახრით „მივალთ“ მოწითალო ფერის კაშკაშა ვარსკვლავთან – **ალდებარანთან (Aldebaran)** კუროს თანავარსკვლავედის ვარსკვლავთან.

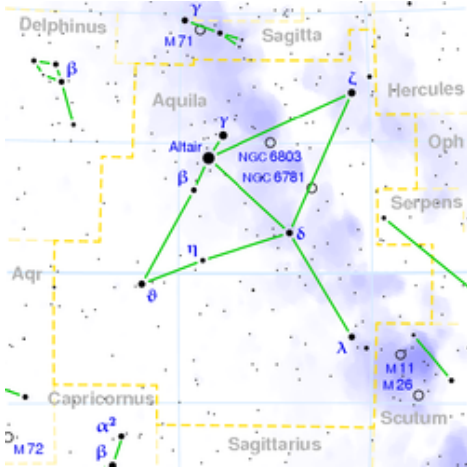


მასთან ახლოს პერსეის მიმართულებით განლაგებულია ჩრდილოეთი ცის ყველაზე ღამაში ჯგუფი არც თუ ძალიან კაშკაშა ვარსკვლავებისა, რომლებიც ციმციმებენ ცისფერი შუქით – ეს არის **პლეადა (Pleada)**. ნავიგაციური მნიშვნელობა ამ თანავარსკვლავედს არ აქვს, მაგრამ მისი მეშვეობით ხდება ორიენტირება სხვა ვარსკვლავებზე.

ახლა თუ ორიონის სარტყლის რკალს მარცხნივ გავაგრძელებთ „მოვალთ“ ცის ყველაზე კაშკაშა ვარსკვლავთან, რომელსაც სირიუსი (*Sirius*) ჰქვია. ეს არის დიდი ძაღლის თანავარსკვლავედის ვარსკვლავი (*Canis Majoris*).

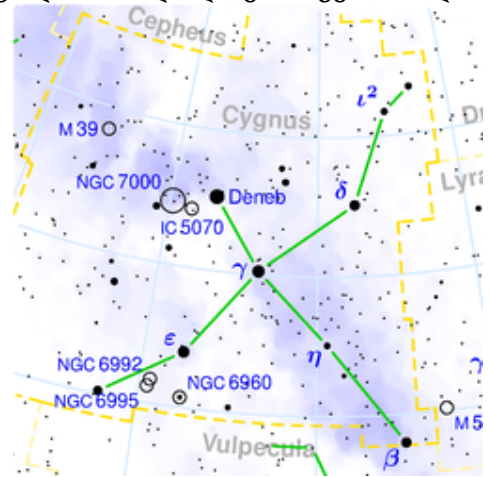
სირიუსი ჩანს ცაზე ზამთრის პერიოდში ორიონთან ერთად. სირიუსისგან თითქმის სწორ ხაზზე *Sirius Orion* –ის სარტყლის მიმართულებით პოლარულისკენ არის ასევე კაშკაშა ვარსკვლავი - პატარა ძაღლის ვარსკვლავი (*Canis Minoris*) – პროციონი (*Procyon*). პროციონიდან თითქმის პირდაპირ პოლარულისკენ განლაგებულია ორი საკმაოდ კაშკაშა ვარსკვლავი ერთი მეორის ზევით. ესენია და მარჩბივის თანავარსკვლავედისა (and *Gemini*), მარჩბივის ვარსკვლავს აქვს საკუთარი სახელი – კასტორი (*Castor*), ხოლო ვარსკვლავს – პოლუქსი (*Pollux*).





ახლა შევხედოთ პეგასის კვადრატს: თუ მისი ორი ჩრდილო ვარსკვლავიდან მიმართულებას გავაგრძელებთ ჩრდილოეთისკენ დაახლოებით ამ ვარსკვლავებს შორის მანძილის ხუთ ჯერ მეტ მანძილზე ვიპოვით კაშკაშა ვარსკვლავს – არწივის თანავარსკვლავედის ვარსკვლავი (*Aquilae*) - ალტაირი (Altair). რომელიც „ირმის ნაკვალევშია“. ამ ვარსკვლავიდან ჩრდილოეთისკენ პოლარულის

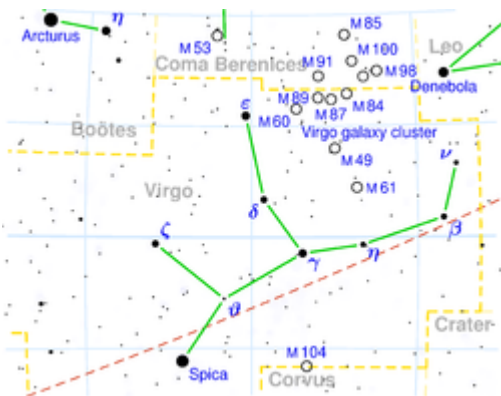
მიმართულებით ნახევარ გზაზე არის შედარებით კაშკაშა ვარსკვლავის თანავარსკვლავედის ვარსკვლავი – დენები (*Cygni - Deneb*).



ახლა დაუბრუნდეთ ისევ დიდი დათვის თანავარსკვლავედს, გავაგრძელოთ მისი „ჩაფის სახელურის“ რკალი კიდევ უფრო შორს, პოლარულიდან ქვევით. ჩვენ დავინახავთ ძალიან კაშკაშა ვარსკვლავს – არქტურს (Arcturus), რომელიც მიეკუთვნება ხარმწყემსის (*Bootis*) თანავარსკვლავედს.

მისი ნათება კაპელას სიკაშკაშის ტოლია და მხოლოდ ვეგას ჩამოუვარდება ნათებაში.

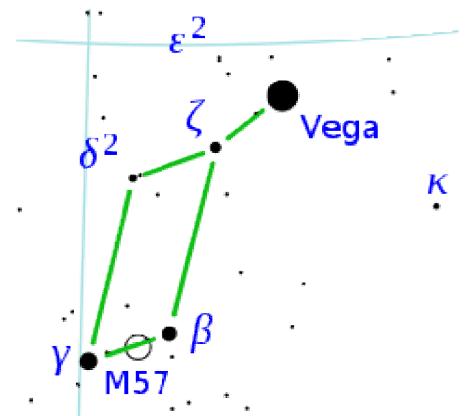
გავაგრძელოთ ეს რკალი კიდევ უფრო შორს არქტურის მიღმა და დავინახავთ ქალწულის თანავარსკვლავედის ვარსკვლავს – სპიკას (Spica – *Virgo*). ამ ვარსკვლავს აქვს სამხრეთის დახრილობა და ჩვენს ზომიერ განედებში ჩანს მხოლოდ გაზაფხულზე.



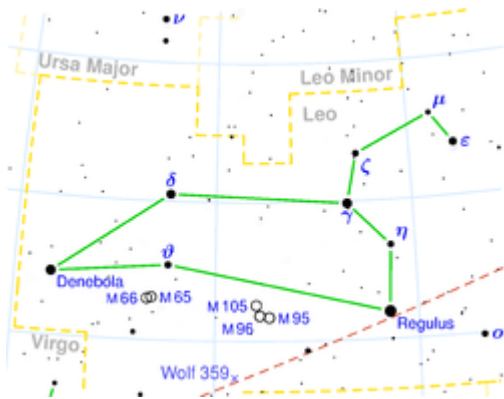
როდესაც „მივდივართ“ დიდი დათვის „კუდიდან“ (ალკაიდი) არქტურისკენ, მარცხენივ, NW მიმართულებით ჩვენ დავინახავთ ერთერთ ულამაზეს თანავარსკვლავედს

ჩრდილოეთის ცაზე – „ჩრდილოეთის გვირგვინს“ (Corona

Borealis), რომელსაც ახასიათებს ნახევარწრის ფორმა. ამ ვარსკვლავების α ვარსკვლავი ზუსტად ნახევარწრის შუაშია, მას ხშირად უწოდებენ „გვირგვინის მარგალიტს“. თუ არქტურიდან ჩრდილოეთის გვირგვინის გავლით გავაყოლებთ თვალს ვნახავთ შედარებით კაშკაშა ვარსკვლავს α ლირას (Vega – *Lyrae*), რომელსაც „ვეგა“ ჰქვია. ზომიერ განედებში ზაფხულობით „ვეგას“ აქვს



ძალიან დიდი სიმაღლე (თითქმის ზენიტთან ახლოს), ზამთრის ღამეებში მის ადგილს იკავებს „კაპელა“



სამი ვარსკვლავი – ვეგა (*Vega*), არქტური (*Arcturus*) და პოლარული (*Polaris*) ქმნიან ცაზე ეგრეთწოდებულ – „დიდი ვარსკვლავების სამკუთხედს“.

და ბოლოს, დიდი დათვის , თუ გავაგრძელებთ ამ მიმართულებას პოლარულიდან, ჩვენ ვიპოვით ლომის თანავარსკვლავედის ვარსკვლავს – რეგულს (*Regulus – α Leo*).

სამხრეთის ცის „საწყის“ თანავარსკვლავედად შეიძლება მოვიაზროთ ორიონის თანავარსკვლავედი ან სამხრეთი ჯვრის თანავარსკვლავედი, რომელსაც აქვს არასწორი ჯვრის ფორმა, ოთხი ვარსკვლავით. მათგან მხოლოდ და – ორი ვარსკვლავი გამოიყენება ასტრონავიგაციაში.

1. ორიონის თანავარსკვლავედში მიმართულებაზე 5–6 მანძილის მოშორებით მათ შორის, მდებარეობს არგოს თანავარსკვლავედი და მისი ვარსკვლავი გამოირჩევა ძლიერი ნათებით, სირიუსის შემდეგ მეორეა ცაზე. ამ ვარსკვლავს ჰქვია – კანოპუსი (*Argo - Canopus*).

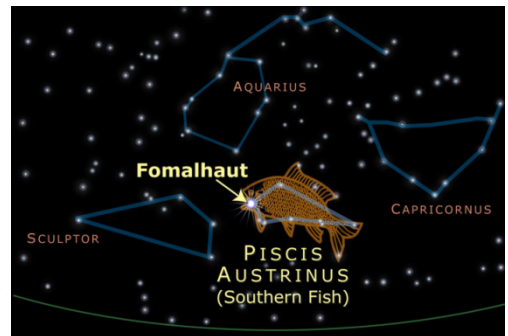


2. მიმართულებით ორიონის თანავარსკვლავედში 6–7 მანძილზე მათ შორის მდებარეობს კაშკაშა ვარსკვლავი – ახერნარი (*Achernar - Eridani*), ერიდანის თანავარსკვლავედის ვარსკვლავი.



3. ორიონის მიმართულებაზე 6–7 მანძილით, მათ შორის მდებარეობს

ვარსკვლავი – ფომალჰაუტი, რომელიც მიეკუთვნება სამხრეთი თევზის თანავარსკვლავედს (*Fomalhaut – Piscis Austrinus*).



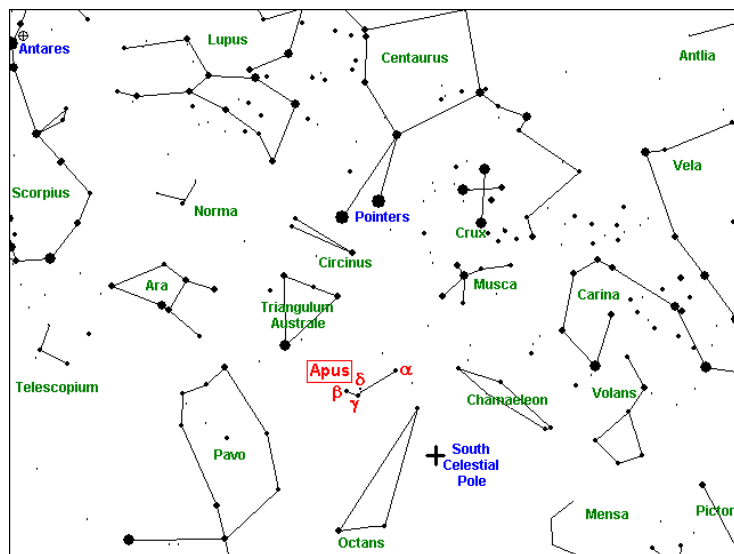


4. სამხრეთი ჯვრის მიმართულებით ორ მანძილზე მათ შორის მდებარეობს ორი კაშკაშა ვარსკვლავი ცენტავრის თანავარსკვლავედიდან (α , Centaurus).

5. სამხრეთი ჯვრის მიმართულებას თუ კიდევ გავაგრძელებთ, მათ შორის ხუთ ჯერ მეტ მანძილზე ვიპოვით ვარსკვლავს სამხრეთის სამკუთხედის ვარსკვლავი (*Triangulum Australe*).

6. თუ იმავე ხაზს კიდევ გავაგრძელებთ სამხრეთის სამკუთხედის იქით კიდევ ხუთ ჯერად მანძილზე შორის, ვიპოვით ფარშევანგის თანავარსკვლავედიდან ვარსკვლავს (*Pavo*).

7. ცენტავრის ფომალჰაუტის მიმართულებაზე, ფომალჰაუტთან ახლოს ვიპოვით ორ შესამჩნევი სიკაშკაშის ვარსკვლავს – და წეროს თანავარსკვლავედის (α , Grus).



ვარსკვლავთა საკუთარი სახელები ინგლისურ ენაზე

Acamar	Canopus
Acrux	Capella
Adhara	Deneb
Aldebaran	Denebola
	Diphda
Alioth	Kochab
Alkaid	Markab
Al Na'ir	Menkar
Alnilam	Menkent
Alphard	Miaplacidus
Alphecca	Mirfak
Alpheratz	Nunki
Altair	Peacock
Ankaa	Pollux
Antares	Procyon
Arcturus	Rasalhague
Atria	Regulus
Avior	Rigel
Bellatrix	Rigil
Betelgeuse	Sabik
Dubhe	Schedar
Elnath	Shaula
Eltanin	Sirius
Enif	Spica
Fomalhaut	Suhail
Gacrux	Vega
Gienah	Zuben'ubi
Hadar	
Hamal	
Kaus Aust.	

ეკვატორული კოორდინატები

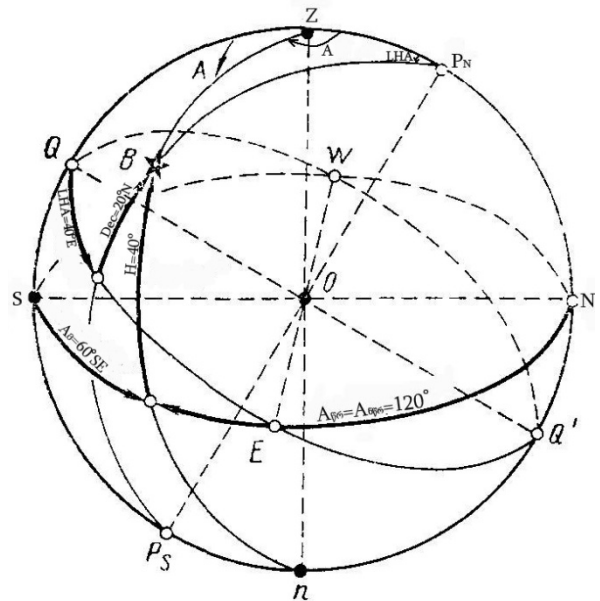
ყოველი კონკრეტული დამკვირვებლისთვის დედამიწაზე საათობრივ კუთხეს აითვლიან იმ მერიდიანიდან, რომელზეც არის დამკვირვებელი და ამიტომ ასეთ საათობრივ კუთხეს ჰქვია ადგილობრივი საათობრივი კუთხე (LHA). გრინვიჩის მერიდიანზე მყოფი დამკვირვებლისთვის იქნება გრინვიჩის საათობრივი კუთხე (GHA).

ამოცანების გრაფიკული ამოხსნა ციურ სფეროზე:

- **მაგალითი 1:** მოცემულია: $LAT=60^\circ N$; მნათობის კოორდინატები ჰორიზონტულ სისტემაში $A=120^\circ$ $H=40^\circ$; ააგეთ სფერო, აღნიშნეთ მასზე მნათობი და იპოვეთ ამ მნათობის ეკვატორული კოორდინატები LHA^*_W და Dec^* .

ამოხსნა:

1. ვაგებთ ციურ სფეროს (ნახ.66). ამალღებული პოლუსი იქნება P_N ვინაიდან განედი ჩრდილოეთისაა. წერტილ N ჰემსფეროში ჰორიზონტის წრეწირზე ავლნიშნავთ მარჯვნივ, ვინაიდან ($A=120^\circ=60^\circ SE$) აზიმუტის სახელწოდების მეორე ასო არის E , ანუ ჩვენს მხარეს ამ შემთხვევაში მოექცევა სფეროს აღმოსავლეთი ნაწილი, ის მხარე რომელზედაც მოცემული კოორდინატების შესაბამისად არის მნათობი. წერტილი N -დან ზენიტისკენ გადავდით დამკვირვებლის მერიდიანზე რკალი $LAT=60^\circ N$ და მივიღებთ ამალღებულ ჩრდილო



ნახ.66 ამოცანების ამოხსნა სფეროს აგებაზე

პოლუსს დამკვირვებლის მერიდიანზე – P_N .

2. ჰორიზონტის წრეწირზე წერტილი N -დან E -ისკენ გადავდით 120° -ის ტოლი რკალი (აზიმუტი)ან შეიძლება სამხრეთი წერტილი S -დან E -ისკენ (SE) 60° ტოლი რკალი, თანაც უნდა მივიღოთ მხედველობაში წრეწირის სიმრუდე, რომ ზუსტად იქნას გადადებული რკალის სიდიდე. ჰორიზონტზე მიღებულ წერტილში ავლმართოდ მნათობის ვერტიკალი, რომელზედაც ჰორიზონტის ზევით ზენიტისკენ გადავდით რკალი მნათობის სიმაღლის ტოლი ($H=40^\circ$). მიღებულ წერტილში ვერტიკალზე იქნება მნათობი B .

3. მნათობ B -ზე გაგვყავს მერიდიანი, რომელიც გადაკვეთს სფერულ ეკვატორს წერტილში, რომლიდანაც მნათობამდე მერიდიანის რკალი იქნება მნათობი B -ს დახრილობა $Dec_B^* = 20^\circ$, ხოლო ციური ეკვატორის რკალი Q წერტილიდან იმავე წერტილამდე – მნათობის დასავლური საათობრივი კუთხე, თუ ათვლა ვაწარმოეთ დასავლეთის (W) მიმართულებით, ან აღმოსავლური საათობრივი კუთხე, თუ ათვლა ვაწარმოეთ აღმოსავლეთისკენ, ე.ი. $LHA=320^\circ W$, ან $LHA=40^\circ E$.

სფეროს საერთო მოძრაობის დახასიათება

მნათობის მიერ პირველი ვერტიკალის გადაკვეთის პირობა და მისი გავლა ჰორიზონტის მეოთხედში (ნახ.15). პირველ ვერტიკალს გადაკვეთენ მხოლოდ იმ მნათობის პარალელში, რომელთა დახრილობა ნაკლებია დამკვირვებლის განედზე სახელწოდებების მიუხედავად. ასე მაგალითად, მნათობი D, რომელსაც ჩრდილო დახრილობა აქვს $Dec_D < LAT$ გადაკვეთს პირველ ვერტიკალს, მნათობი B-ს აქვს $Dec_B > LAT$ და არ გადაკვეთს პირველ ვერტიკალს.

პრაქტიკაში ჩვენ გვჭირდება მხოლოდ მნათობები, რომლებიც არიან ჰორიზონტის ზევით, ამიტომ ამ შემთხვევაში პირველი ვერტიკალის გადაკვეთის პირობა არის: $Dec < LAT$ და Dec და LAT ერთნაირი სახელწოდების არიან. მაგალითად მზე 23 სექტემბრიდან 21 მარტამდე არ გადაკვეთს პირველ ვერტიკალს იმიტომ, რომ მას ამ პერიოდში ექნება სამხრეთის დახრილობა. ის მნათობი, რომელიც აკმაყოფილებს ჰორიზონტს ზევით პირველი ვერტიკალის გადაკვეთის პირობას, დღეღამის განმავლობაში იმყოფება ჰორიზონტის ყველა მეოთხედში, მაგალითად (ნახ.15) მნათობი D.

ის მნათობი, რომელიც არ კვეთს პირველ ვერტიკალს ჰორიზონტის ზედა ნაწილში, გაივლის ჰორიზონტის მხოლოდ ორ მეოთხედში, – იმ მეოთხედებში რომელთა სახელწოდების პირველი ასო ერთნაირი იქნება დამკვირვებლის განედის სახელწოდებასთან.

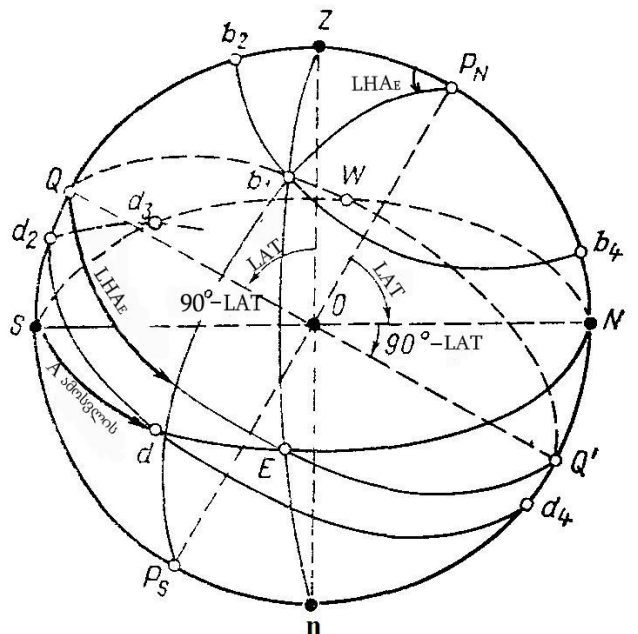
მნათობის ზენიტში გავლის პირობა

ზენიტში გაივლიან ის მნათობები, რომლებსაც დახრილობა ექნებათ დამკვირვებლის განედის ტოლი და ერთნაირი სახელწოდების მასთან, ანუ $Dec = LAT$ და ერთნაირი სახელწოდების არიან. მაგალითად (ნახ.15) მნათობი C ზედა კულმინაციის მომენტზე (წეტილი C₂) გადის ზენიტში.

- **მაგალითი 2.** ავაგოთ სფერო განედისთვის $LAT = 60^\circ N$. გავავლოთ მასზე პარალელები მნათობებისთვის B და D.

განვსაზღვროთ: B მნათობისთვის – ($Dec = 45^\circ N$) სიდიდეები H ზედა და ქვედა კულმინაციის მომენტებზე და საათობრივი კუთხე აღმოსავლეთის ვერტიკალზე. D – მნათობისთვის – ($Dec = 10^\circ S$) – სიდიდე H ზედა კულმინაციის მომენტზე და ამოსვლის და ჩასვლის აზიმუტები.

ამოხსნა: ავაგოთ სფერო, N წერტილს ვათავსებთ მარჯვნივ (ნახ.67), რათა E იყოს მიმართული ჩვენსკენ. ვავლებთ ორივე მნათობის პარალელებს, რისთვისაც გადავდებთ $\cup QB_2 = 45^\circ$. თანაც ვამჩნევთ, რომ ამოსვლა და ჩასვლა ექნება მხოლოდ მნათობ – D-ს (აქ $Dec_D < 90^\circ - LAT$); მნათობი – B



ნახ.67 მაგალითი სფეროზე დღეღამური მოძრაობის ელემენტებით

არჩაუსვლელი მნათობია ($Dec_N > 90^\circ - LAT$) ავღნიშნავთ ამოსვლისა (d) და ჩასვლის (d₃) წერტილებს, პირველი ვერტიკალის გადაკვეთის წერტილებს (b₁), ზედა (b₂; d₂) და ქვედა (b₄) კულმინაციების წერტილებს ვსაზღვრავთ:

ა) მნათობი B-სთვის:

$$H_b = \cup SQ + \cup Qb_2 = (90^\circ - LAT) + Dec = 30^\circ + 45^\circ = 75^\circ S$$

$$H_\phi = \cup NP_N - \cup P_N b_4 = LAT - P = 60^\circ - 45^\circ = 15^\circ N \text{ ან}$$

$$H_j = \cup Q' b_4 - \cup Q' N = Dec - (90^\circ - LAT) = 15^\circ N$$

$$LHA_{\text{ივრტ}} 65^\circ E = 295^\circ W$$

ბ) მნათობი D-სთვის: $H_B = \cup SQ - \cup Q d_2 = (90^\circ - LAT) - Dec = 20^\circ S$;

$$A_{\text{ამოსვლა}} 70^\circ SE = N110^\circ E - 110^\circ S$$

$$A_{\text{ჩასვლა}} = 70^\circ SW = N110^\circ W = 250^\circ$$

ციური სფეროს დღელამური მოძრაობის თავისებურებები სხვადასხვა განედებში

მნათობის დღელამური პარალელის მდებარეობა იცვლება დამკვირვებლის განედის ცვლასთან ერთად (ნახ.) ნატლად ჩანს, თუ როგორ მცირდება პარალელების დახრილობა ჰორიზონტის მიმართ, როდესაც დამკვირვებელი გადაადგილდება ეკვატორიდან სამხრეთ პოლუსამდე.

თუ $LAT = 0^\circ$ (ნახ.) პარალელები ჰორიზონტის მიმართ პერპენდიკულარულია და იყოფა ორ თანაბარ ნაწილად, ამიტომ ყველა მნათობი ამოდის და ჩადის, ვინაიდან $Dec < 90^\circ$, მაგრამ არცერთი მათგანი არ გადაკვეთს პირველ ვერტიკალს, თუმცა მნათობი რომლის $Dec = 0^\circ$ მოძრაობს პირველ ვერტიკალზე, რომელიც ეკვატორს ემთხვევა. სიმაღლეები აქ ძალიან ჩქარა იცვლება ჰორიზონტიდან, მაგრამ აზიმუტები ამოსვლისა და ჩასვლის წერტილში თითქმის არ იცვლება, ვინაიდან მნათობი პრაქტიკულად ამოდის და ჩადის ვერტიკალურად.

კულმუნაციებთან აზიმუტის ცვლილება მნიშვნელოვანია, ხოლო სიმაღლეები თითქმის არ იცვლება, იმის გამო, რომ მნათობები მოძრაობენ ჰორიზონტის პარალელურად.

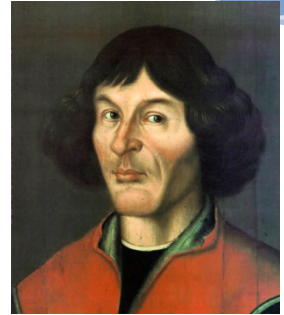
შუალედურ განედებში (ნახ.17 -ბ) $Lat = 30^\circ S$ პარალელები დახრილია ჰორიზონტის მიმართ კუთხით ($90^\circ - LAT$). ყველა განხილულ მოვლენას აქვს ადგილი.

დამკვირვებლისთვის პოლუსზე ამაღლებული პოლუსი ემთხვევა ზენიტს, ჰორიზონტი - ეკვატორს, პარალელები - ალმუკანტარანტებს. მნათობები მოძრაობენ პრაქტიკულად ჰორიზონტის პარალელურად და ამიტომ სიმაღლე ყოველთვის დახრილობის ტოლია ($H = Dec$). ის მნათობები, რომელთა დახრილობა განედის საპირისპირო სახელწოდებისაა, არ ჩანან ამ კონკრეტული დამკვირვებლისთვის.

არ არის მანათობების ამოსვლა და ჩასვლა დამკვირვებლისთვის პოლუსზე, არ არსებობს დამკვირვებლის მერიდიანი, პირველი ვერტიკალი და ჰორიზონტის წერტილები N,S,W,E. ყოველი მიმართულება სამხრეთი პოლუსიდან არის ჩრდილო პოლუსისკენ, ხოლო ჩრდილო პოლუსიდან - სამხრეთისკენ. აზიმუტის ცვალებადობა აქ თანაბარია დღელამეში და დროთა შორის პროპორციულია, ხოლო სიმაღლეები არ იცვლება.

მზის წლიური ხილული მოძრაობა

ისტორიული ცნობა: ნიკოლოზ კოპერნიკი (დ. 19 თებერვალი, 1473 — გ. 24 მაისი, 1543) — ცნობილი პოლონელი ასტრონომი. განუზომლად დიდია მისი ღვაწლი სამყაროს შესწავლის საქმეში.



მაშინდელი ეკლესია ამტკიცებდა, რომ სამყაროს ცენტრი დედამიწაა და მის გარშემოა განლაგებული მზე და ვარსკვლავებიო. კოპერნიკმა, ხანგძლივი კვლევა-ძიების შედეგად დაამტკიცა, რომ ჩვენი ხილული სამყაროსა და პლანეტების ცენტრი მზეა. დედამიწაც, როგორც საერთო პლანეტა, ბრუნავს მზის გარშემო. ამ აღმოჩენით საფუძველი ჩაეყარა ჰელიოცენტრისტულ სისტემას (ბერძნ. ἥλιος „ჰელიოს“ ნიშნავს მზეს, ლათ. centrum „ცენტრუმ“ — ცენტრს).

კოპერნიკი ვერ მოესწრო თავისი წიგნის გამოცემას, ხოლო როცა მისი ნაშრომი დაიბეჭდა, კათოლიკურმა ეკლესიამ, ის აკრძალულ წიგნთა სიაში შეიტანა.

ისტორიული ცნობა: იოჰანეს კეპლერი (Johannes Kepler; დ. 27 დეკემბერი, 1571, ვაილ-დერ-შტადტი – გ. 15 ნოემბერი, 1630, რეგენსბურგი) – გერმანელი ასტრონომი და მათემატიკოსი, თანამედროვე საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ერთ-ერთი ფუძემდებელი, XVII საუკუნის ასტრონომიული რევოლუციის ერთ – ერთი საკვანძო ფიგურა. კეპლერის კანონებზე დაყრდნობით ისააკ ნიუტონმა მსოფლიო მიზიდულობის თეორია შექმნა.



მზის ხილული გზა წლის განმავლობაში ეკლიპტიკაზე გადის 12 ვარსკვლავედს შორის:

ვერძი <i>Aries</i>	კურო <i>Taurus</i>	მარჩბივი <i>Gemini</i>	კირჩხიბი <i>Cancer</i>	ლომი <i>Leo</i>	ქალწული <i>Virgo</i>	სასწორი <i>Libra</i>	ღრიანკალი <i>Scorpio</i>	მშვილდოსანი <i>Sagittarius</i>	თხის რქა <i>Capricorn</i>	მერწყული <i>Aquarius</i>	თევზები <i>Pisces</i>
♈	♉	♊	♋	♌	♍	♎	♏	♐	♑	♒	♓

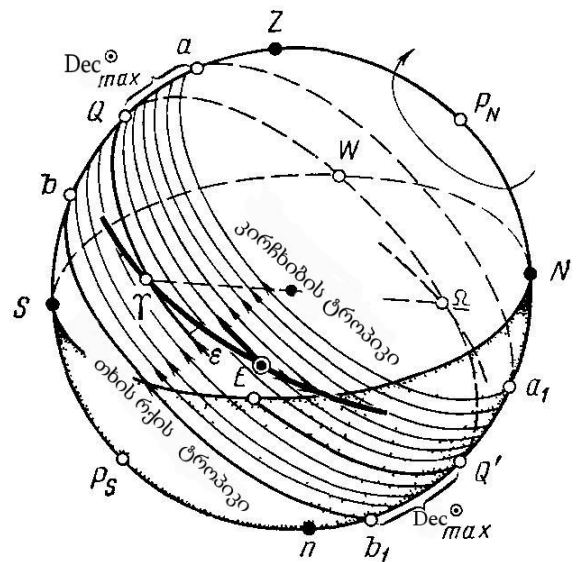


ზოდიაქო, ზოდიაქოს წრე (ბერძ. z diakos < z on - ცხოველი), ეკლიპტიკის გასწვრივ განლაგებული 12 თანავარსკვლავედი (ვერძი, კურო, მარჩბივი, კირჩხიბი, ლომი, ქალწული, სასწორი, ღრიანკალი, მშვილდოსანი, თხის რქა, მერწყული, თევზები). ზოდიაქოს თანავარსკვლავედებზე გადის მზის ხილული წლიური გზა ვარსკვლავთა შორის და მზის სისტემის პლანეტების ხილული წლიური გზები. სახელწოდება იმით არის

გაპირობებული, რომ ზოდიაქოს თანავარსკვლავეთა უმრავლესობა ძველთაგანვე ცხოველების სახელს ატარებს. ზოდიაქოს თანავარსკვლავედები განცალკევებულ ჯგუფად გამოყვეს და მათთვის სპეციალური ნიშნები შემოიღეს ჯერ კიდევ ძვ. ბერძნებმა (ასტრონომიული ნიშნები). სათანადო თანავარსკვლავედის ნიშნები აქვს აგრეთვე მათში მდებარე ბუნიობისა და მზებუდობის წერტილებს (ვერძი და სასწორი, შესაბამისად, გაზაფხულისა და შემოდგომის ბუნიობისა, ხოლო კირჩხიბი და თხის რქა - ზაფხულისა და ზამთრის მზებუდობის წერტილებს). ეს აღნიშვნები დღემდეა შემორჩენილი, თუმცა პრეცესიის გამო აღნიშნული წერტილები ამჟამად სხვა თანავარსკვლავედებშია. ძველთაგანვე შემორჩენილია ჩრდილოეთ და სამხრეთ ტროპიკების სახელწოდებანიც: კირჩხიბის ტროპიკი და თხის რქის ტროპიკი. საქართველოს ტერიტორიიდან ზოდიაქოს ყველა თანავარსკვლავედი ჩანს.

მზის დღელამური მოძრაობის თავისებურებანი სხვადასხვა განედებში

დღელამურ მოძრაობაში იმ ასტრონომიული მოვლენების ხასიათი, რომელიც თან ახლავს მნათობთა მოძრაობას, დამოკიდებულია განედისა და მნათობის დახრილობას შორის თანაფარდობაზე. მზის დახრილობა იცვლება $23^{\circ},5$ N-დან $- 23^{\circ},5$ S-მდე ფარგლებში, ამიტომ წლის განმავლობაში მისი დღელამური გზა (მიახლოებით პარალელი) განთავსდება სხვადასხვაგვარად. შედეგად იცვლება მზის სიმაღლე ყოველი დღელამის ერთდამიწვე საათზე და მასთან დაკავშირებული მზის სხივების დაცემის კუთხე დედამიწის ზედაპირზე. აქედან გამომდინარე, სითბური ენერჯიის რაოდენობაც, რომელსაც მიიღებს დედამიწის ზედაპირზე, აქედან გამომდინარე,



ნახ. 68 მზის დღელამური და წლიური მოძრაობა

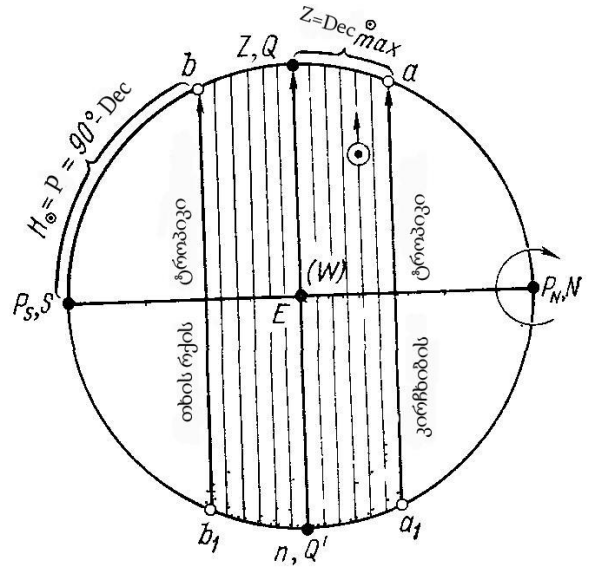
სითბური ენერჯიის რაოდენობაც, რომელსაც მიიღებს დედამიწის ზედაპირი და მასთან ახლოს მდებარე ატმოსფერული ფენები, არათანაბარი იქნება. ამ მიზეზების გამო ცნება კლიმატური სარტყლების შესახებ დაფუძნებულია მზის წლიური მოძრაობის თავისებურებებზე სხვადასხვა განედებში.

ტროპიკული სარტყელი – ეს იმ რაოდენობას მოიცავს, სადაც მზემ შეიძლება გაიაროს ზენიტზე ანუ $Dec = LAT$, ამიტომ ტროპიკული სარტყლის გეოგრაფიულ საზღვრებთან ითვლება. პარალელები $23^{\circ}27'0$ N და $23^{\circ}27'0$ S, რომლებსაც ეწოდება ჩრდილოეთის და სამხრეთის ტროპიკები (კირჩხიბის ϖ და თხის რქის γ ტროპიკები).

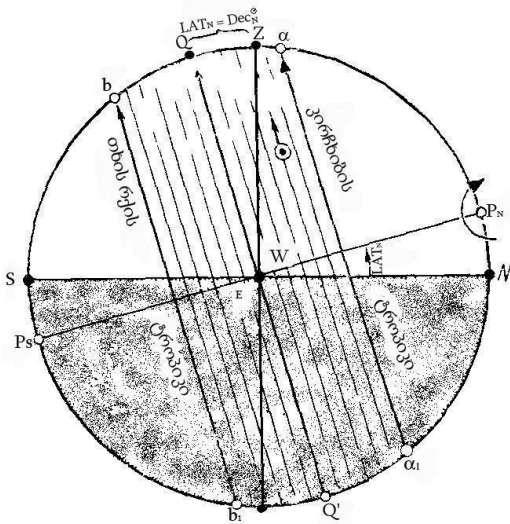
ზომიერი (სუბტროპიკული) სარტყელი – მოიცავს დედამიწაზე რაიონებს განედებით $23^{\circ}27'0$ N-დან ან S-დან $66^{\circ}33'0$ N-მდე ან S-მდე, ანუ, სხვა სიტყვებით ტროპიკებიდან პოლარულ წრეწირამდე. აქ მზე ყოველ დღიურად ამოდის და ჩადის, მაგრამ არასდროს არ იმყოფება ზენიტში.

პოლარული სარტყელი – ($LAT > 66^{\circ}33'0$) ამ რაინებში არის პერიოდები, როდესაც მზე ან არ ამოდს, ან არ ჩადის (პოლარული ღამეები და პოლარული დღეები).

ეკვატორზე (ნახ.69) – მზის ყველა პარალელი იყოფა ჰორიზონტით შუაზე, ანუ აქ დღე ყოველთვის ღამის ტოლია ხანგრძლივობით. დღედამტოლობის დღეებში მზე მოძრაობს ეკვატორზე, რომელიც დამთხვეულია პირველ ვერტიკალზე. შუადღისით მზე გადის ზენიტში. მზებუდობის დღეებში მზის პარალელებია ტროპიკები – ($Dec = 23^{\circ}27'0$) ამასთანავე მერიდიანული სიმაღლეები $H_M = 66^{\circ}33'0$ – ყველაზე დაბალი.

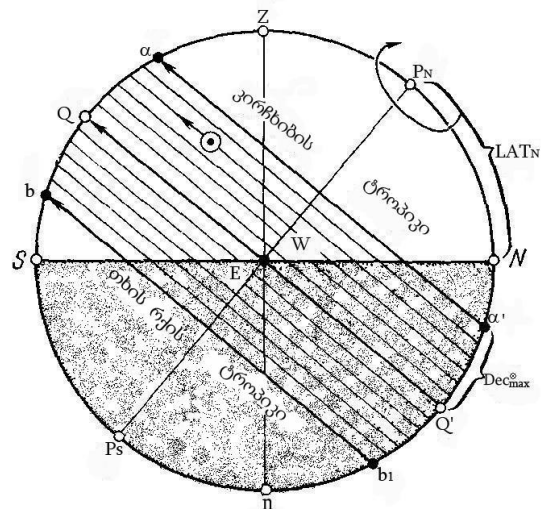


ნახ.69 ეკვატორზე მზის მოძრაობის თავისებურებანი



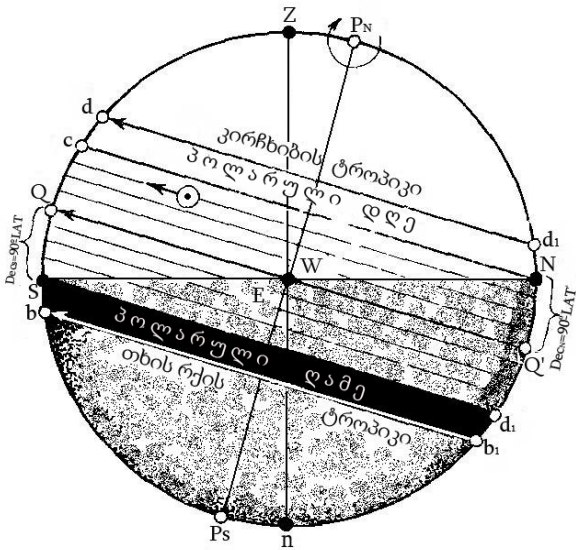
ნახ.70 მზის მოძრაობის თავისებურებანი ტროპიკულ სარტყელში

ზომიერ სარტყელში (ნახ.71)– მზე ყოველთვის ამოდის და ჩადის დღის და ღამის ხანგრძლივობა წლის განმავლობაში მნიშვნელოვნად იცვლება. ზენიტში მზე არ გადის.



ნახ.71 მზის მოძრაობის თავისებურებანი ზომიერ სარტყელში

პოლარულ სარტყელში (ნახ.72)– შეიძლება ვიხილოთ ჩაუსვლელი მზე, ანუ პოლარული დღე (როცა $Dec = 90^\circ - LAT$ და ერთნაირი სახელწოდების არიან) ან არამოუსვლელი მზის მოვლენა ვიხილოთ, ანუ პოლარული ღამე ($Dec = LAT$ და სხვადასხვა სახელწოდების არიან).



ნახ.72 მზის მოძრაობის თავისებურებანი პოლარულ სარტყელში

პოლუსებზე – დამკვირვებლისთვის პოლარული დღე და პოლარული ღამე გრძელდება ზუსტად ნახევარ-ნახევარი წელი დღედამტოლობის თარიღებს შორის.

სხვადასხვა სარტყლებში კლიმატურ ხასიათზე გავლენას ახდენს მზის პარალელების განლაგება წლის განმავლობაში, ანუ მათი კუთხე ჰორიზონტთან. ამიტომ არის რომ ტროპიკულ სარტყელში მზის სხივების დაცემის კუთხე დედამიწის ზედაპირზე

უფრო მეტია, ვიდრე ზომიერ სარტყელში, მით უმეტეს – პოლარულ სარტყელში.

ამოცანა მზის წლიურ ხილულ მოძრაობაზე

ეკლიპტიკის ოთხ ძირითად წერტილში მზის ეკვატორული კოორდინატები მოყვანილია ცხრილში:

ეკვატორული კოორდინატები	21 მარტი	22 ივნისი	23 სექტემბერი	22 დეკემბერი
a_{\odot} – პირდაპირი აღვლენა	0°	90°	180°	270°
Dec_{\odot} - დახრილობა	0°	$23,5^\circ N$	0°	$23,5^\circ S$

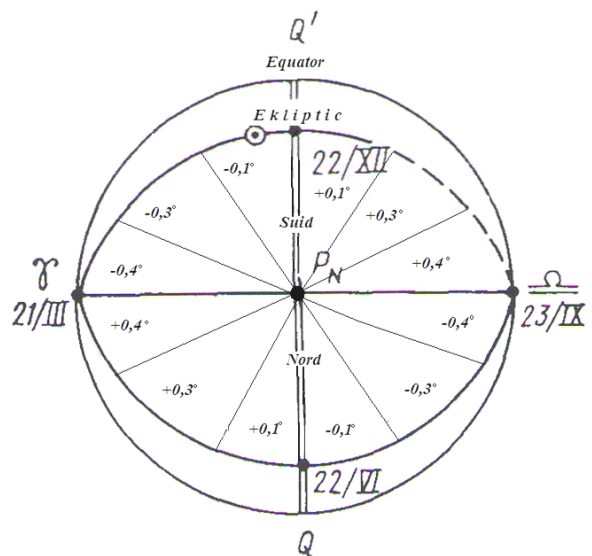
მზის კოორდინატების დღედამური ცვალებადობა საშუალოდ მიღებულია:

$a_{\odot} = 1^\circ$ დღედამეში მთელი წლის განმავლობაში;

$\Delta Dec_{\odot} = \pm 0,4^\circ$ დღედამეში – პირველი თვე დღედამტოლობის წერტილამდე და პირველი თვე დღედამტოლობის წერტილის შემდეგ;

$\Delta Dec_{\odot} = \pm 0,3^\circ$ დღედამეში – მეორე თვე დღედამტოლობის წერტილამდე და მეორე თვე დღედამტოლობის წერტილის შემდეგ;

$\Delta Dec_{\odot} = \pm 0,1^\circ$ დღედამეში – პირველი თვე მზებუდობამდე და



ნახ.73 მზის დახრილობის ცვალებადობა წლის განმავლობაში

პირველი თვე მზებუდობის შემდეგ.

- **მაგალითი 3:** გამოვთვალოთ მიახლოებით a_{\odot} და Dec_{\odot} 5 იანვრისთვის სფეროს აგებით ციური ეკვატორის სიბრტყეზე.

ამოხსნა: კოორდინატები გამოვთვალოთ უახლოეს ძირითად წერტილთან მიმართებაში 22/XII დღისთვის – ზამთრის მზებუდობის დღე $a_{\odot} = 270^{\circ}$ და $Dec_{\odot}=23,5^{\circ}S$. 22/XII–დან 5/I–მდე გასულია 14 დღელამე, ამ დღეებში პირდაპირი აღვლენა მატულობს ყოველდღიურად 1° -ით, ხოლო დახრილობა კლებულობს $0,1^{\circ}$ -ით.

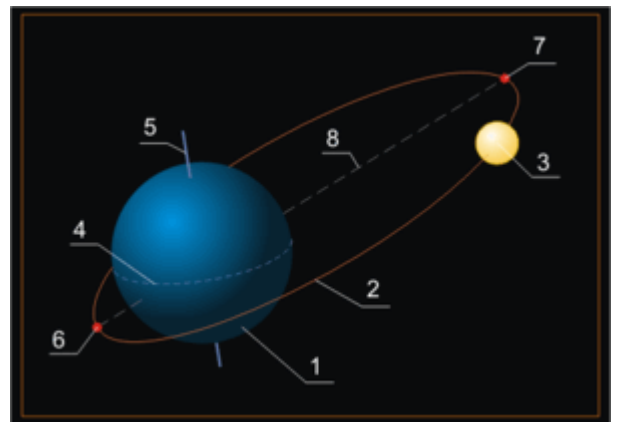
$$5/1a_{\odot} = 270^{\circ} + 1^{\circ} \cdot 14 = 284^{\circ}$$

$$Dec_{\odot} = 23,5^{\circ}S - 0,1^{\circ} \cdot 14 = 22,1^{\circ}S$$

მთვარის საკუთარი მოძრაობა

მანძილი დედამიწიდან მთვარემდე შეადგენს 384400 კმ. მანძილი გამოთვლილია მთვარის პარალაქსის მიხედვით ($p=57'$); მთვარის ხაზოვანი რადიუსი 1738 კმ; მთვარის მასა დედამიწის მასის $1/81$ და შეადგენს $7,4 \cdot 10^{19}$ ტონას; მთვარის ზედაპირი თბება მზის სხივებით. დღე მთვარეზე თითქმის ორ კვირას გრძელდება და როცა მზე მთვარის გარკვეული ადგილის ზენიტშია, ტემპერატურა $120^{\circ}-130^{\circ}C$ (ეს ხდება დღის დაწყებიდან ერთი კვირის შემდეგ). ღამის განმავლობაში ტემპერატურა ეცემა მინუს $160^{\circ}-170^{\circ} C$. მთვარე მოძრაობს დედამიწის გარშემო ორბიტაზე – ელიფსზე. დედამიწიდან მთვარემდე დაშორების მანძილი **აპოგეუმში** ($\alpha\pi\omicron\upsilon\gamma\epsilon\alpha$) შეადგენს 406500 კმ, ხოლო **პერიჰელიუმში** ($\pi\epsilon\rho\iota\gamma\epsilon\iota\omicron\varsigma$) – 366300 კმ:

- 1- დედამიწა
- 2- თანამგზავრის ორბიტა
- 3- დედამიწის თანამგზავრი – მთვარე
- 4- დედამიწის ეკვატორის წრეწირი
- 5- დედამიწის ბრუნვის ღერძი
- 6- პერიჰელიუმი
- 7- აპოგეუმი
- 8- აფსიდების ხაზი – რადიუსვექტორი



ნახ.74 მთვარის ორბიტა

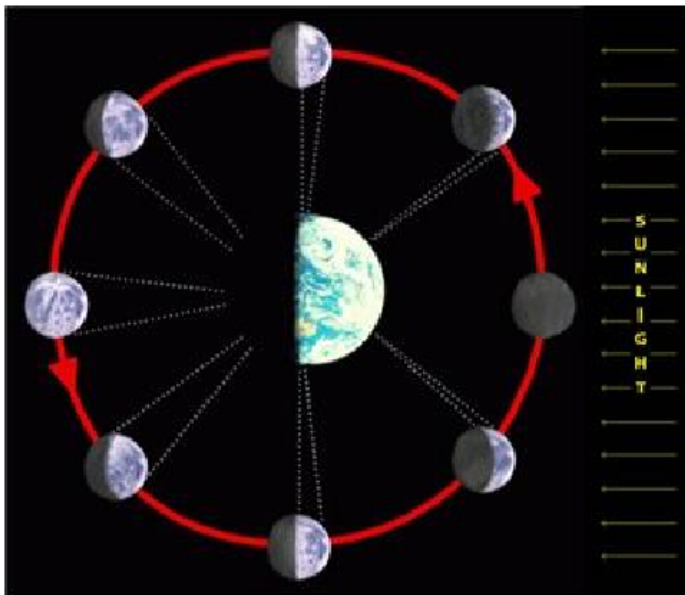
მთვარის დიამეტრი შეადგენს 3476 კმ, ანუ დედამიწის დიამეტრის თითქმის $1/4$ -ია. მოცულობით მთვარე 49 ნაკლებია დედამიწაზე (დედამიწის მოცულობა უდრის $1,1 \cdot 10^{12}$ კმ³). მიზიდულობის ძალა მთვარეზე თითქმის 6 ჯერ ნაკლებია ვიდრე დედამიწის ზედაპირზე. მთვარის სიმკვრივე 3,3 გრ/სმ³, ანუ დედამიწის სიმკვრივის 3/5 ნაწილს შეადგენს (დედამიწის სიმკვრივე უდრის 5,5 გრ/სმ³).

მზის დაბნელება მთვარეზე მაშინ ხდება, როცა დედამიწაზე მთვარის დაბნელებაა, ამ დროს მთვარის ზედაპირს ეცემა დედამიწის ჩრდილი და მამასადამე, წყდება მისი გათბობა მზის სხივებით. მზის დაბნელება მთვარეზე ორ საათს გრძელდება, ამ დროის განმავლობაში მთვარის ზედაპირზე ტემპერატურა თითქმის 200° -ით კლებულობს, ეს კი იმას ნისნავს, რომ მთვარის მასის ნივთიერებას ნაკლები სითბოგამტარიანობა ახასიათებს.

მთვარე მოკლებულია ატმოსფეროს, – ამას მრავალი მოვლენა ადასტურებს. ჯერ ერთი, მოწმენდილი ცის პირობებში მთვარეს ზედაპირი ყოველთვის ერთნაირად გამოიყურება. ჩრდილები მასზე მკვეთრად მოხაზული და ბნელია. იქ რომ ატმოსფერო ყოფილიყო, ჩრდილის კონტურები ასეთი მკვეთრი არ იქნებოდა. მასზე რომ ჰაერი ყოფილიყო მთვარის ტერმინატორი, ან ახალი მთვარის „რქების“ მოხაზულობა არ იქნებოდა ასეთი მკვეთრი. მის ზედაპირზე გამოჩნდებოდა მტკერი და ღრუბელი. მრავალი სხვა მტკიცებულებებითაც მთვარეზე ატმოსფერო არ არსებობს, მაგრამ თვლიან, რომ პრაქტიკულად არ არსებობს. უდიდესად გაიშვიათებული ატმოსფერული გარსი შეიძლება იყოს მთვარეზე.

მთვარის ფაზები

სადაც არ უნდა იყოს მთვარე თავის ორბიტაზე მზე ანათებს მისი სფერული ზედაპირის ნახევარზე, მაგრამ დამკვირვებელი დედამიწის ზედაპირიდან მთვარის განათებული ნახევრის სხვადასხვა მეტ-ნაკლებ ნაწილს ხედავს, იმის მიხედვით, თუ სად იმყოფება მთვარე აღებულ შემთხვევაში. ასე მაგალითად, როდესაც მზე, მთვარე და დედამიწა ერთ სწორ ხაზზე განლაგდებიან და მთვარე იქნება ჩვენგან მარჯვნივ,



ნახ.75 მთვარის ფაზები

ამ დროს ჩვენსკენ მოქცეულია მთვარის გაუნათებელი ნაწილი და მთვარე ამასთანავე მზის მხარეზეა განთავსებული, რაც იწვევს მის „დაკარგვას“ მზის თვალისმომჭრელ სხივებში. ასეთი მომენტი მთვარის შეერთებად არის წოდებული, ანუ შეერთებულია, თანხვედრილია მზის და მთვარის გეგმილები. მზის და მთვარის ამოსვლა ხდება ერთდროულად, კულმინაცია და ჩასვლა ასევე ერთდროულად. ამ ფაზას **ახალმთვარეობა** ეწოდება. შეერთების მომენტიდან 2–3 დღის განმავლობაში თავის გარემოქცევაში დასავლეთიდან აღმოსავლეთისკენ ჩვენ ვხედავთ მთვარის განათებულ

ნაწილს – „ნამგალს“, რომელიც ივსება აღმოსავლეთიდან და „კუზი“ მიმართულია დასავლეთისკენ, რადგან ამ დროს მზე მთვარის დასავლეთით მდებარეობს, ახალი მთვარე მოჩანს საღამოობით დასავლეთის ცაზე და ვინაიდან ახლოს არის მზესთან ჩადის მალე მზის ჩასვლის შემდეგ.

გადის კიდევ რამდენიმე დღე და კუთხე მზესა და მთვარეს შორის 90° მიაღწევს, ანუ დედამიწის ზედაპირიდან დამკვირვებელი ხედავს მთვარის განათებული ნაწილის ნახევარს (ნახევრის ნახევარს) – ნახევარბადროს, ამ ფაზას მთვარის **პირველი მეოთხედი** ეწოდება. მთვარის ამოსვლა, კულმინაცია და ჩასვლა ჩამორჩება მზის იმავე მოვლენებს 6 საათით. ასე რომ, ღამის პირველი ნახევრის განმავლობაში მთვარე ჰორიზონტს ზევითაა. მაგრამ მზის ჩასვლიდან ზუსტად 6 საათის შემდეგ არ ხდება მთვარის ჩასვლა იმის ხარჯზე, რომ მთვარის კულმინაციიდან მის ჩასვლამდე გადის დღეღამის მეოთხედი და ამ ხნის განმავლობაში მთვარე კიდევ ჩამორჩება მზეს,

გადანაცვლებს მისგან აღმოსავლეთით დაახლოებით 3°-ით, რაც შეესაბამება დროის 12 წუთს, ცხადია დახრილობის ცვლილებაც გავლენას ახდენს ჩასვლის მომენტზე.

პირველი მეოთხედის ფაზიდან გაივლის კიდევ ერთი კვირა (7,5 დღეღამე) და დედამიწა აღმოჩნდება მზესა და მთვარეს შორის. ამ დროს მთვარე მზესთან „პირისპირ მდგომია“, დედამიწიდან მთლიანად მოჩანს მთვარის განათებული ნახევარი. ამ ფაზას **სავსემთვარეობა** ეწოდება. ახლა მთვარის კულმინაცია 12 საათით ჩამორჩება მზის კულმინაციას და მთვარე ჰორიზონტს ზევითაა მთელი ღამის განმავლობაში.

შემდეგ იწყება მთვარის ცხრომა, კლება. ერთი კვირის შემდეგ მთვარე აღმოჩნდება მეოთხედურ ფაზაში, დედამიწის ზედაპირიდან ისევ მოჩანს მთვარის ბადროს ნახევრის ნახევარი. ამჯერად „სახით“ დასავლეთისკენ, ხოლო „კუზით“ – აღმოსავლეთისკენ, მთვარე იკლებს დასავლეთიდან, ამ ფაზას **ბოლო მეოთხედი** ეწოდება. მთვარის კულმინაცია მზის კულმინაციასთან მიმართებაში აგვიანებს 18 საათით. კიდევ ერთი კვირის შემდეგ ისევ დგება ახალმთვარეობა და ციკლი მეორდება.

- **მაგალითი 4.** გამოვთვალოთ ასაკი, ფაზა და მთვარის სახე 15.06.08

ამოხსნა: $ას) = N_{დღ} + N_{თვ} + მთ$

სადაც, ას) – მთვარის ასაკი

$N_{დღ}$ – დღის ნომერი თვეში

$N_{თვ}$ – თვის ნომერი წელიწადში

მთ – მთვარისეული რიცხვი – განყენებული რიცხვი, რომელიც განსაზღვრულია ფორმულით და ყოველწლიურად ემატება რიცხვი „11“, თუ ჯამი 30-ზე მეტი გამოვა, „30“-ს უკუაგდება.

$ას) = 15+6+19 = 10$ დღის ($40-30=10$)

ფაზა II: მთვარის სახე –



- **მაგალითი 5.** გამოვთვალოთ სიზიგის თარიღები 2008 წლის მარტში.

ამოხსნა: სიზიგია არის იმ დღეებში, როდესაც მთვარის ასაკი 0 დღეა (ახალი მთვარე), ან 15 დღე (სავსე მთვარე)

დღე სიზ.

0 ან $30 = N_{დღ} + 3 + 7$

$N_{დღ} = 30-10 = 20$ მარტი ,

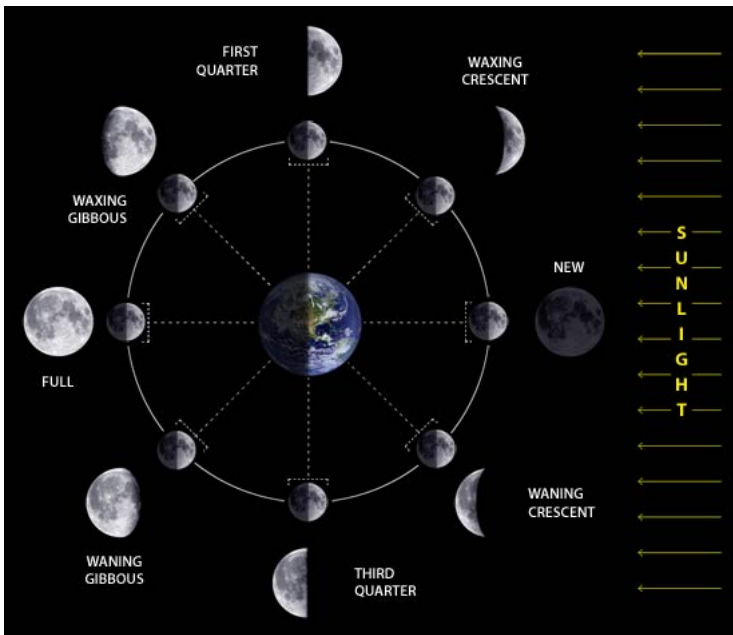
მეორე სიზიგია იყო 15 დღით ადრე

$20-15 = 5$ მარტს.



მთვარის ასაკი

გემთწამყვანს მთვარე, როგორც სხვა ნავიგაციური პლანეტები, აინტერესებს იმდენად, რამდენადაც



ნახ.76 მთვარის ასაკი

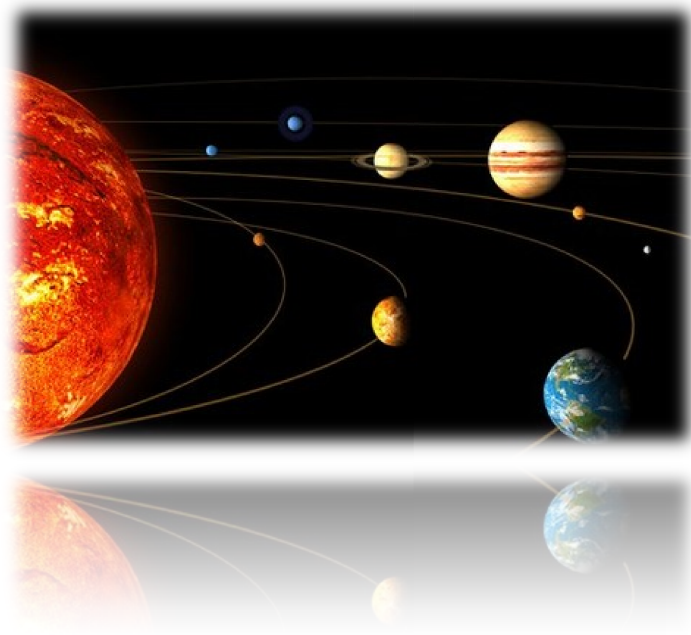
შესაძლებელია მისი გამოყენება ღამით ან დღისით გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრის მიზნით. ცნობილია, რომ თვის გარკვეულ დღეებში ის არის ცაზე მზესთან ერთად და მაშინ შეიძლება გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა ორ მნათობზე (მზეზე და მთვარეზე) ერთდროული დაკვირვებით. ერთდროული მზისა და მთვარის კულმინაცია ხდება მაშინ, როდესაც ორივე განლაგდება ერთ მერიდიანზე,


ანუ ახალმთვარეობისას. მიახლოებით 7,5 დღეღამის

შემდეგ მთვარის დაგვიანება მზესთან შეადგენს $0,8 \text{ სთ} \times 7,5 \text{ დღეღამე} = 6 \text{ საათს}$, ანუ 90° სფეროზე, ე.ი. პირველ მეოთხედში მთვარე მოვა კულმინაციაში 6 საათის შემდეგ მზის კულმინაციიდან (საღამოს) და დამკვირვებელი ხედავს მას შუადღიდან შუალამემდე (შემდეგ ჩადის). სავსე მთვარის ფაზაში მთვარის ზედა კულმინაცია დადგება მზის კულმინაციიდან 12 სთ შემდეგ (180°), ანუ შუალამით, მთვარე ჩანს საღამოდან დილამდე. ბოლო მეოთხედში მთვარე კულმინირებს 18 საათის შემდეგ მზის კულმინაციიდან, ანუ დილით, და ჩანს შუალამიდან შუადღემდე.


პლანეტების მოძრაობა

შემჩნეულია, რომ სამყაროს პოლუსები ასრულებენ უმნიშვნელო ელიფსოიდურ რხევით მოძრაობას 18,6 წლის პერიოდით. ელიფსის ღერძის მაქსიმალური გადახრებით $14''$ და $18''$ –ამ მოვლენას ნუტაცია ჰქვია. პრეცესიის და ნუტაციის ფიზიკური მიზეზია მზის, მთვარის და პლანეტების გრავიტაციული ძალების ზემოქმედება მოძრავ დედამიწაზე. დედამიწის ეკვატორიულ სარტყელში თითქოს სფეროს ზედმეტი ზედაპირული მასა იწვევს დედამიწის ბრუნვის ღერძის გადახრას, გიროსკოპის ღერძის გადახრასავით.



 ვარსკვლავთმომიერი დრო

- მაგალითი 6. მოცემულია: $LHA_W = 76^\circ 19'0''$; $\lambda = 4^h 13^m$.
 განსაზღვრეთ: S (LHA_W^{aries});
ამოხსნა: $LHA_W = 76^\circ 19'0''$
 $\quad = 63^\circ 15'0''$
 $S = 139^\circ 34'0''W$
- მაგალითი 7. მოცემულია: $LHA_W^{aries} = 307^\circ 42,6'$; $SHA^* = 329^\circ 19,7'$
 განსაზღვრეთ: LHA^*
ამოხსნა: $LHA_W^{aries} = 307^\circ 42,6'$
 $\quad +$
 $\quad SHA^* = 329^\circ 19,7'$
 $\quad LHA^* = 637^\circ 02',3 W (-360^\circ)$
 $\quad LHA^* = 277^\circ 02',3 W$
 $\quad LHA^* = 82^\circ 57',7E$

 მზის ზედა და ქვედა კულმინაციების მომენტების განსაზღვრა

- მაგალითი 8. მოცემულია: 29.06.08 Long= $50^\circ 41',0 W$.
 განსაზღვრეთ: მზის ზედა და ქვედა კულმინაციის მომენტები.
ამოხსნა:

29.06.08	T_{sh}	$12^h 02^m 55^s$	29.06.08	$00^h 02^m 49^s$
	+ Long	$03^h 23^m 00^s W$		$03^h 23^m 00^s W$
29.06.08	T_{GR}	$15^h 25^m 55^s$	29.06.08	$03^h 25^m 49^s$
	- $N^{\circ}Z$	3 W		3 W
29.06.08	T_L	$12^h 25^m 55^s$	29.06.08	$00^h 25^m 49^s$

 მზის ამოსვლისა და ჩასვლის მომენტების განსაზღვრა

- მაგალითი 9. მოცემულია: 30.07.08 LAT= $63^\circ 09',5 N$; Long= $168^\circ 33',0 W$.
 განსაზღვრეთ: მზის ამოსვლის დრო გემზე.
ამოხსნა:

30.07.08	T_{sh}	$03^h 21^m$
	+ ΔT_{LAT}	$-11^m (-18)$
	ΔT_{Long}	$+03^m (+08)$
30.07.08	T_L	$03^h 13^m 00^s$
	+ Long	$11^h 14^m 00^s$
	T_{GR}	$14^h 27^m 00^s$
	- $N^{\circ}Z$	11W
30.07.08	T_{sh}	$03^h 27^m 00^s$

მთვარის კოორდინატების განსაზღვრა

- **მაგალითი 10.** მოცემულია: 09.06.08 $T_{sh}=19^h22^m$; $Long=14^\circ05',6 E$; $T_{chr}=06^h23^m41^s$; $U_{chr}=-01^m30^s$.

განსაზღვრეთ: მთვარის კოორდინატები.

ამოხსნა:

09.06.08	T_{sh}	19^h22^m	T_{chr}	$06^h23^m41^s$
	- $N^{\circ}Z$	1E	U_{chr}	- 01^m30^s
09.06.08	T_{GR}	18^h22^m	T_{GR}	$18^h22^m11^s$
			GHA)	$08^\circ40',7$
			GHA)	$05^\circ17',6$
			GHA)	$13^\circ58',3$
			+ Long	$14^\circ05',6 E$
			LHA)	$28^\circ03',9 W$
			Decr	$06^\circ47',9 N$
		d=14,8	ΔD	- $5',5$
			Dec)	$06^\circ42',4 N$

მთვარის ზედა კულმინაციის მომენტის განსაზღვრა

- **მაგალითი 11.** მოცემულია: 11.09.08 $Long=146^\circ17',6 W$.

განსაზღვრეთ: მთვარის ზედა კულმინაციის მომენტი.

ამოხსნა:

11.09.08	T_T^k	21^h14^m
	ΔT_{Long}	+ 18^m
	T_L^k	21^h32^m
	Long	+ $09^h45^m W$
12.09.08	T_{GR}^k	07^h17^m
	- $N^{\circ}Z$	10 W
11.09.08	T_{sh}^k	21^h17^m

მთვარის ქვედა კულმინაციის მომენტის განსაზღვრა

- **მაგალითი 12.** მოცემულია: 26.11.08 $Long=80^\circ18',8 E$.

განსაზღვრეთ: მთვარის ქვედა კულმინაციის მომენტი.

ამოხსნა:

26.11.08	T_T^k	10^h45^m	განსაზღვრულია შესწორებების ცხრილით, ალმანახი გვ. XXXII $\Delta=47$
	ΔT_{Long}	- 10^m	
	T_L^k	10^h35^m	
	Long	- $05^h21^m E$	
26.11.08	T_{GR}^k	05^h14^m	
	+ $N^{\circ}Z$	5E	
26.11.08	T_{sh}^k	10^h14^m	

სექსტანის ინდექსის შესწორების განსაზღვრა

- **მაგალითი 13.** ვაკვირდებოდით ვარსკვლავს და მივიღეთ $oi=360^{\circ}02',4$, ანუ რეალური ნული გადანაცვლებულია ქარხნის ნულის ნიშნულისგან მარცხნი. $i=360^{\circ}-oi=360^{\circ}-360^{\circ}02',4=-02',4$.

პასუხი: სექსტანის ინდექსის შესწორება $i=-02',4$.

- **მაგალითი 14.** მოცემულია: 09.03.08 ინდექსის შესწორების განსაზღვრის მიზნით მზის დისკოზე დაკვირვებით მივიღეთ $SA_1=360^{\circ}34',3$; $SA_2=359^{\circ}29',7$. განსაზღვრეთ: ინდექსის შესწორება (i).

ამოხსნა: $SA_1=-34',3$; $SA_2=+30',3$; $SA_1-SA_2 = 360^{\circ}34',3-359^{\circ}29',7=64',6=4R_{\odot}$; $R_{\odot}=64',6/4=16',2$; ვპოულობთ ალმანახის ყოველდღიურ ცხრილებში მზის რადიუსს მოცემულ თარიღზე და ვადარებთ მიღებულ რადიუსს. თუ მათ შორის სხვაობა $0',4$ ნაკლებია, მაშინ $i=(oi_1+oi_2)/2=(360^{\circ}34',3+359^{\circ}29',7)/2=360^{\circ}02',0$. $i=360^{\circ}-360^{\circ}02',0=-2',0$.

პასუხი: ინდექსის შესწორება $i=-2',0$.

მზის ობსერვირებული სიმაღლის განსაზღვრა

- **მაგალითი 15.** მოცემულია: 25.06.08 გავზომეთ მზის დისკოს ქვედა კიდის სიმაღლე ჰორიზონტის ხაზიდან და მივიღეთ $SA_{\odot}=31^{\circ}17',4$; $i=+2',7$; $e=8,5m$; $T=+25^{\circ}C$; $B=1014mb$.

იპოვეთ: მზის ობსერვირებული სიმაღლე H .

ამოხსნა:

SA_{\odot}	$31^{\circ}17',4$
i	$+2',7$
d	$-5',1$
H_{AP}	$37^{\circ}15',0$
$\left\{ \begin{array}{l} R \\ P \\ SD \end{array} \right.$	$+15',0$
$\left\{ \begin{array}{l} T \\ B \end{array} \right.$	0
H_{ob}^{\odot}	$37^{\circ}30',0$

ვარსკვლავის ობსერვირებული სიმაღლის განსაზღვრა
მაგალითი 16. მოცემულია: $SA^* = 18^\circ 30',5$; $i = +1',6$; $e = 17,5m$; $T = -14^\circ C$; $B = 1000mb$.
იპოვეთ: ვარსკვლავის ობსერვირებული სიმაღლე.
ამოხსნა:

SA^*	$18^\circ 30',5$
i	$+1',6$
d	$-7',0$
H_{AP}^*	$18^\circ 24',7$
$\left\{ \begin{array}{l} R \\ P \\ SD \end{array} \right.$	$-2',9$
$\left\{ \begin{array}{l} T \\ B \end{array} \right.$	$-0',3$
H_{ob}^*	$18^\circ 21',5$

ფორმულები სიმაღლისა და ზიმიუტის ერთდროული განსაზღვრისთვის
მაგალითი 17. მოცემულია: $LAT = 72^\circ 43',8S$; $Dec = 36^\circ 09',5S$; $LHA = 92^\circ 01',0W$.
 განსაზღვრეთ: მნათობის სიმაღლე და აზიმიუტი.

ამოხსნა: სიმაღლის განსაზღვრისთვის გამოვიყენოთ $\sin H$ ფორმულა. ამ ფორმულაში LAT და Dec ყველა ფუნქცია დადებითია, მაგრამ ვინაიდან $LHA > 90^\circ$, $\cos LHA$ “-” ნიშნით იქნება. ფორმულის გამოკლევის შედეგად მივიღეთ, რომ ფორმულის მარჯვენა ნაწილის პირველი წევრი დადებითია, ხოლო მეორე წევრი – უარყოფითი. ამიტომ უნდა გამოვიყენოთ $MT-75$ ცხრილების 3-ნ ცხრილი.

$$\sin H = \sin LAT \cdot \sin Dec + \cos LAT \cdot \cos Dec \cos LHA$$

$$\sin A = \cos Dec \cdot \sin LHA \cdot \sec H$$

შენიშვნა: $\sec H$ ნაცვლად შეიძლება გამოვიყენოთ $1/\cos H$.

ყველა გამოთვლები ვაწარმოოთ სქემებში. სქემის მარცხენა ნაწილში ჩავწეროთ სამკუთხედის მოცემული ელემენტების მნიშვნელობები. თუ რომელიმე მნიშვნელობა 90° -მეტია, ვიყენებთ მის დამატებას 180° -მდე. H საპოვნელად ვპოულობთ ლოგარითმის ცხრილებში ყოველი მამრავლის ლოგარითმს. ფორმულის მარჯვენა ნაწილში პირველი და მეორე წევრების ლოგარითმების შეჯამებით ვპოულობთ ჯამურ ლოგარითმს $\sin H$. უკუმესვლით იმავე ცხრილებში ($MT-75$, 5-a) ვპოულობთ H მნიშვნელობას გრადუსებში, წუთებში და წუთის მეათედ ნაწილებში. აზიმიუტის განსაზღვრისთვის ვსვამთ სქემაში მიღებული H -ის \sec ფუნქციას და ვალოგარითმებთ. ლოგარითმების შეკრებით ვღებულობთ $\sin A$. შემდეგ კი უკუმესვლით ცხრილებში ($MT-75$, 5-a) ვპოულობთ აზიმიუტს (A). ვარკვევთ მის სახელწოდებას, ვპოულობთ ცხრილებში ($MT-75$, 21) მნათობის სიმაღლის სიდიდეს პირველ ვერტიკალზე და ვადარებთ მიღებული სიდიდის მნიშვნელობას ($33^\circ 42',5 < 38^\circ 00',0$). ვაკეთებთ დასკვნას, რომ აზიმიუტის სახელწოდების პირველი ასო შეესაბამება განედის სახელწოდებას (S). ხოლო სახელწოდების მეორე ასო

ადგილობრივი საათობრივი კუთხის სახელწოდების იდენტურია (E). გადაგვყავს აზიმუტი წრიულ ათვლაში.

LAT	72°43',8S	sin	9,97996	cos	9,47257	secH	0,07994
Dec	36°09',5S	sin	9,77085	cos	9,90708	cos	9,90708
LHA	92°01',0W	-	-	cos	8,54642	sin	9,99973
	87°59',0	I	9,75082	II	7,92607	sinA	9,98675
		β	9,99345	ΑΓ	1,82475	A	75°55',0SE
		sinH	9,74427				
		H	33°42',5				
		A	104°,1				

კომპასების შესწორების განსაზღვრა ღია ზღვაში ასტრონავიგაციური მეთოდებით

ა. ზოგადი შემთხვევა:

კომპასის შესწორების განსაზღვრა მზეზე დაკვირვებით

- მაგალითი 18. მოცემულია: 28.06.08 T_{sh}=17^h20^m; LAT_c = 41°50',0 N ; Long=30°02',0 E; T_{chr}=03^h19^m35^s; U_{chr}=-01^m18^s; BTB_☉ =99°,0.

განსაზღვრეთ: კომპასის შესწორება (ΔC).

ამოხსნა:

- განსაზღვრეთ მზის ციური კოორდინატები პელენგის გაზომვის მომენტზე ალმანახის ყოველდღიური ცხრილებით:

28.06.08	T _{sh}	17 ^h 20 ^m	T _{chr}	03 ^h 19 ^m 35 ^s
	- N ^{oz}	2E	U _{chr}	- 01 ^m 18 ^s
28.06.08	T _{GR}	15 ^h 20 ^m	T _{GR}	15 ^h 18 ^m 17 ^s
			GHA _☉	44°09',6
			GHA _☉	04°19',3
			GHA _☉	48°28',9
			+ Long	30°02',0 E
			LHA _☉	78°30',9 W
			LHA _☉	-----
			Dec _☉	23°14',4 N
	d=0,1		ΔD	- 0'
			Dec _☉	23°14',4 N

2) განსაზღვრეთ მზის ათვლითი კოორდინატები პელენგის გაზომვის მომენტზე ცხრილებით «Sight Reduction Table» აღმანახში «The Nautical Almanac»:

1.	SRT LAT _c ;LHA	A=46°51' B= +11°58'	z ₁ =+16°,2
2.	B+Dec	Dec=23°14'	
3.	B+Dec SRT A°; F° z ₁ + z ₂	F=35°12'	z ₂ =+62°,9 z=79°,1
4.	A BTB ΔC	A=360°-z= 360°-79°,1=280°,9 280°,9 -279°,0 + 1°,9	

პასუხი: კომპასის შესწორება ΔC=+ 1°,9

კომპასის შესწორების განსაზღვრა ვარსკვლავზე დაკვირვებით

- მაგალითი 19. მოცემულია: 01.02.08 T_{sh}=04^h58^m; LAT_c = 56°55',0 S ; Long_c=79°50',0 W; T_{chr}=09^h38^m10^s; U_{chr}=+20^m10^s; GCB_{Arcturus}= 13°,5.

განსაზღვრეთ: კომპასის შესწორება (ΔGC).

ამოხსნა:

- განსაზღვრეთ ვარსკვლავის კოორდინატები პელენგის გაზომვის მომენტზე აღმანახის ყოველდღიური ცხრილებით:

01.02.08	T _{sh}	04 ^h 58 ^m	T _{chr}	09 ^h 38 ^m 10 ^s
	+ N°z	5 W	U _{chr}	+ 20 ^m 10 ^s
01.02.08	T _{GR}	09 ^h 58 ^m	T _{GR}	09 ^h 58 ^m 20 ^s
			GHA ^Y	265°57',4
			GHA ^Y	14°37',4
			GHA ^Y	280°34',8
			- Long	79°50',0 W
			LHA ^Y	200°44',8
			SHA*	145°59',3
			LHA'	346°44',1 W
			LHA'	-----
			Dec*	19°08',1 N

2) განსაზღვრეთ ვარსკვლავის ათვლითი კოორდინატები პელენგის გაზომვის მომენტზე ცხრილებით «Sight Reduction Table» ალმანახში «The Nautical Almanac»:

1.	SRT LAT _c ;LHA	A=07°51' B= +11°58'	z ₁ =+16°,2
2.	B+Dec	Dec=23°14'	
3.	B+Dec SRT A°; F° z ₁ + z ₂	F=35°12'	z ₂ =+62°,9 z=79°,1
4.	A BTB ΔC	A=360°-z= 360°-79°,1=280°,9 280°,9 -279°,0 + 1°,9	

პასუხი: კომპასის შესწორება ΔC= + 1°,9

🚩 კომპასის შესწორების განსაზღვრა ცხრილებით «Norie's Tables»

- მაგალითი 20. მოცემულია: LAT_c = 49°48',0 N; LHA=94°28',0 W; Dec=12°42',0 N; GCB=281°,5.

განსაზღვრეთ: კომპასის შესწორება (ΔGC).

ამოხსნა: ცხრილები «Norie's Tables».

ცხრილი «A»

არგუმენტები:

LAT_c; LHA

A= 08N

ცხრილი «B»

არგუმენტები:

Dec; LHA

B= 22N

$$C=A\pm B= 08N+ 22N= 30N$$

ცხრილი «C»

არგუმენტები:

LAT_c; C

Az=N79°,1W ნახევარწრიულ ათვლაში

$$Az=360^\circ - 79^\circ,1=280^\circ,9$$

Az	280°,9
-GCB*	281°,5
ΔGC	-0°,6

პასუხი: კომპასის შესწორება ΔGC= -0°,6

ბ. ცალკეული შემთხვევები:

✚ კომპასის შესწორების განსაზღვრა მზის ხილული ამოსვლის ან ჩასვლის მომენტზე

- **მაგალითი 21.** მოცემულია: 26.09.08 $T_{sh}=18^h10^m$; $LAT_c = 34^{\circ}16',0 N$; $Long_c=23^{\circ}06',0 W$; მზის ხილული ჩასვლის მომენტზე $GCB_{\odot} = 267^{\circ}, 0$.

განსაზღვრეთ: გიროკომპასის შესწორება (ΔGC) მზის ხილული ჩასვლის მომენტზე ცხრილებით “MT-75” 20-a ან 20-ბ.

ამოხსნა:

26.09.08	T_{sh}	18^h10^m	Dec_{\odot}	$01^{\circ}37',6 S$
	+ $N^{\circ}Z$	2 W		ალმანახის ყოველდღიური ცხრილებიდან
26.09.08	T_{GR}	20^h10^m		

“MT-75” ცხრილი 20-ბ (არგუმენტები: $LAT_c=34^{\circ}16',0 N$; $Dec_{\odot} = 01^{\circ}, 6 S$); $A_{\odot}=N91^{\circ},1W$ ნახევარწრიულ ათვლაში. წრიულ ათვლაში :

A_{\odot}	268°,9
- GCB_{\odot}	267°,0
ΔGC	+ 1°,9

პასუხი: კომპასის შესწორება $\Delta GC= + 1^{\circ},9$

✚ კომპასის შესწორების განსაზღვრა პოლარულ ვარსკვლავზე დაკვირვებით

- **მაგალითი 22.** მოცემულია: 28.01.08 $T_{sh}=22^h30^m$; $LAT_c = 09^{\circ}54',0 N$; $Long_c=58^{\circ}06',0 E$. გავზომეთ პოლარული ვარსკვლავის სამუალო გიროკომპასური პელენგი $GCB = 357^{\circ}, 5$.

განსაზღვრეთ: გიროკომპასის შესწორება (ΔGC).

ამოხსნა:

26.09.08	T_{sh}	18^h10^m	GHA^Y	$30^{\circ}29',0$
	+ $N^{\circ}Z$	2 W	GHA^Y	$07^{\circ}31',2$
26.09.08	T_{GR}	20^h10^m	GHA^Y	$38^{\circ}00',2$
			+ $Long$	$58^{\circ}06',0 E$
			LHA^Y	$96^{\circ}06',2 W$

ცხრილებიდან «Polaris Tables» არგუმენტებით $LAT_c = 09^{\circ}54',0 N$; $LHA^Y=96^{\circ}06',2 W$. ვპოულობთ აზიმუტს $A^*=359^{\circ}, 3$:

A^*	359°,3
- GCB^*	357°,5
ΔGC	+ 1°,8

პასუხი: კომპასის შესწორება $\Delta GC= + 1^{\circ},8$.

✚ კომპასის შესწორების განსაზღვრა «GPS»-ინდიკატორის მეშვეობით

«GPS»-ინდიკატორში შეჰყავთ ჩვეულებრივი წესით წერტილი – დამკვირვებლის კოორდინატები (LAT₁; Long₁) რეჟიმში «Waypoints». განსაზღვრავენ მნათობის კოორდინატებს პელენგის გაზომვის მომენტზე (Dec=LAT₂; GHA^Y=Long₂) და შეჰყავთ «GPS»-ინდიკატორში მეორე წერტილი (LAT₂; Long₂). რეჟიმის კურსორი გადაჰყავთ მდგომარეობაში «Calculation». ეკრანზე აისახება სხვა მონაცემებთან ერთად პელენგი 1 და 2 წერტილებს შორის – აზიმუტი (BRG). გამოითვლიან გიროკომპასის შესწორებას (ΔGC=BRG-GCB).

- **მაგალითი 22.** მოცემულია: 17.12.1999; T_{sh}=15^h52^m; LAT_c = 41°38',8N; Long_c=41°37',3 E. გაზომვით მზის საშუალო გიროკომპასური პელენგი GCB_☉=217°,5.

განსაზღვრეთ: გიროკომპასის შესწორება (ΔGC).

ამოხსნა:

17.12.99	T _{sh}	15 ^h 52 ^m	GHA ^Y	345°58',2
	- N ^{oz}	4 E	GHA ^Y	12°59',7
17.12.99	T _{GR}	11 ^h 52 ^m	GHA ^Y	358°47',9
			Dec _☉	23°21',7 N
		d=0,7	ΔD	-0',1
			Dec _☉	23°21',6 N

«GPS»-ინდიკატორი რეჟიმში «Waypoints»:

პირველი წერტილი: LAT_c = 41°38',8N; Long_c=41°37',3 E

მეორე წერტილი: LAT=Dec_☉ = 23°21',6N; Long= GHA^Y=360°-358°47',9=1°12',1E

«GPS»-ინდიკატორი რეჟიმში «Calculation»:

BRG=Az=218°,0

A _☉	218°,0
-GCB _☉	217°,5
ΔGC	+ 0°,5

პასუხი: კომპასის შესწორება ΔGC= + 0°,5.

✚ კომპასის შესწორების განსაზღვრა სფერული ტრიგონომეტრიის ფორმულების გამოყენებით და კალკულატორით

ფორმულები მიღებულია პარალაქსური სამკუთხედის ამოხსნის შედეგად. გამოითვლიან მნათობის ციურ კოორდინატებს (LHA; Dec) «The Nautical Almanac»-ის ყოველდღიური ცხრილებით პელენგის გაზომვის მომენტზე (გრინვიჩის დროით და თარიღით). მხოლოდ აზიმუტის გამოსათვლელად იყენებენ ctg -ის ფორმულას:

$$ctgA = \cos LAT \cdot tgDec \operatorname{cosec} LHA - \sin LAT \operatorname{ctg} LHA$$

ფორმულას იკვლევენ ნიშნებზე შემდეგი წესებით:

1. LAT -ის ყველა ფუნქცია იქნება დადებითი, ვინაიდან LAT არ შეიძლება იყოს 90°-ზე მეტი (პირველი მეოთხედი);

2. *Dec* - თუ *LAT* და *Dec* ერთნაირი სახელწოდებისაა *Dec*-ის ყველა ფუნქცია დადებითია; თუ კი *LAT* და *Dec* სხვადასხვა სახელწოდებისაა, *Dec*-ის ყველა ფუნქცია უარყოფითია.
3. *LHA* - თუ $LHA < 90^\circ$ მისი ყველა ფუნქცია დადებითია; თუ $LHA > 90^\circ$ - უარყოფითი.

შედეგად მივიღეთ $ctgA$ ფორმულის მარჯვენა მხარეს ორი წევრიდან ორივე იქნება დადებითი ან უარყოფითი; ან ერთი იქნება დადებითი, ხოლო მეორე უარყოფითი. გამოგვყავს $ctgA$ -ს საერთო ნიშანი. თუ $ctgA$ დადებითია, მაშინ აზიმუტი $A < 90^\circ$; თუ კი $ctgA$ უარყოფითია, მაშინ მივიღებთ არა აზიმუტს, არამედ მის დამატებას 180° -მდე, ანუ $Az = 180^\circ - A$.

$ctgA$ ფორმულით გამოთვლილი აზიმუტი ყოველთვის იქნება ნახევარწრიულ ათვლაში. ეს ნიშნავს, რომ მისი სახელწოდების პირველი ასო ყოველთვის დამკვირვებლის განედის სახელწოდების შესაბამისია, ხოლო მეორე ასო საათობრივი კუთხის სახელწოდების შესაბამისი (იმ პირობით, რომ პარალაქსურ სამკუთხედში შედის ეგრეთწოდებული პრაქტიკული საათობრივი კუთხე $LHA < 180^\circ$). თუ ამოცანაში მოცემული საათობრივი კუთხე $LHA > 180^\circ$, ჯერ ის უნდა გადავიყვანოთ პრაქტიკულში, ანუ $LHA < 180^\circ$ და შემდეგ ჩავსვათ ფორმულაში შესაბამისი სახელწოდებით. ფორმულაში ყოველი კუთხე უნდა იყოს მოცემული გრადუსებში და გრადუსების მეათედ ნაწილებში, რისთვისაც წუთები და წუთის მეათედები უნდა გაიყოს 60-ზე.

- **მაგალითი 23.** მოცემულია: 18.10.09; $T_{sh} = 17^h55^m$ ($N^{\circ}z = 10^{\circ}W$); $LAT_c = 38^\circ 17',0 N$; $Long_c = 165^\circ 13',0 W$. გავზომეთ მზის გიროკომპასური პელენგი $GCB_{\odot} = 252^\circ,6$.
განსაზღვრეთ: გიროკომპასის შესწორება (ΔGC).
ამოხსნა:

18.10.09	T_{sh}	17^h55^m	GHA_{\odot}	$228^\circ 44',8$
	- $N^{\circ}z$	10 W	GHA_{\odot}	$13^\circ 45',0$
19.10.09	T_{GR}	03^h55^m	GHA_{\odot}	$242^\circ 39',8$
			- Long	$165^\circ 13',0 W$
			LHA_{\odot}	$77^\circ 26',8 W$
			LHA_{\odot}	-----
			Dec $_{\odot}$	$09^\circ 59',6 S$
	$d=0,1$		ΔD	+ $0',8$
			Dec $_{\odot}$	$10^\circ 00',4 S$

$$ctgA = \cos LAT \cdot tgDec \operatorname{cosec} LHA - \sin LAT \operatorname{ctg} LHA$$

$$ctgA = \cos 38^\circ 17',0N \cdot tg 10^\circ 00',4S \operatorname{cosec} 77^\circ 26',8W - \sin 38^\circ 17',0N \operatorname{ctg} 77^\circ 26',8W$$

$$ctgA = \cos 38,28333^\circ \cdot tg 10,0^\circ \cdot \operatorname{cosec} 77,23167^\circ - \sin 38,28333^\circ \cdot \operatorname{ctg} 77,23167^\circ$$

$$ctgA = (+0,78496) \cdot (-0,17633) \cdot (+1,02450) - (+0,61955) \cdot (+0,22267)$$

$$ctgA = (-0,14180) - 0,14040 = -0,28220$$

$$A = 74^\circ,2$$

$$A=180^\circ - A = 180^\circ - 74^\circ, 2 = N105^\circ, 8W$$

$$Az=360^\circ - 105^\circ, 8 = 254^\circ, 2$$

A_\odot	254°, 2
$-GCB_\odot$	252°, 6
ΔGC	+ 1°, 6

პასუხი: კომპასის შესწორება $\Delta GC = + 1^\circ, 6$.

გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა ორ მნათობზე (ვარსკვლავზე) ერთდროული დაკვირვებით

- მაგალითი 23. მოცემულია: 15.07.08 $T_{sh}=22^h28^m$; $LAT_c = 30^\circ18',0 N$; $Long_c=71^\circ51',0 W$; $e=10m$; $i=-2,1$; $U_{chr}=-04^m02^s$; $T=15^\circ C$; $B=765mm=1020mb$. გავზომეთ ორი ვარსკვლავის სიმაღლე:

* Arctur $SA^*=35^\circ48',3$; $T_{chr}=03^h28^m11^s$

* Antares $SA^*=27^\circ47',0$; $T_{chr}=03^h31^m47^s$

განსაზღვრეთ: გემის ადგილის ობსერვირებული წერტილის კოორდინატები დაკვირვების ბოლო მომენტზე.

ამოხსნა:

- განსაზღვრეთ მნათობთა ციური კოორდინატები პელენგის გაზომვის მომენტზე აღმანახის ყოველდღიური ცხრილებით:

15.07.08	T_{sh}	22^h28^m	T_{chr}	$03^h28^m11^s$	$03^h31^m47^s$
	+ $N^{\circ}z$	5 W	U_{chr}	- 04^m02^s	- 04^m02^s
16.07.08	T_{GR}	03^h28^m	T_{GR}	$03^h24^m09^s$	$03^h27^m45^s$
	GHA^Y		GHA^Y	$339^\circ17',7$	$339^\circ17',7$
	GHA^Y		GHA^Y	$06^\circ03',2$	$06^\circ57',4$
	GHA^Y		GHA^Y	$345^\circ20',9$	$346^\circ17',1$
	- Long		- Long	$71^\circ50',0 W$	$71^\circ50',0 W$
	LHA^Y		LHA^Y	$273^\circ30',9$	$274^\circ27',1$
	SHA^*		SHA^*	$145^\circ59',0$	$112^\circ30',6$
	LHA^{\cdot}		LHA^{\cdot}	$419^\circ29',9 W$	$386^\circ57',7 W$
	LHA^{\cdot}		LHA^{\cdot}	$59^\circ29',9 W$	$26^\circ57',7 W$
	Dec*		Dec*	$19^\circ08',3 N$	$26^\circ27',2 S$

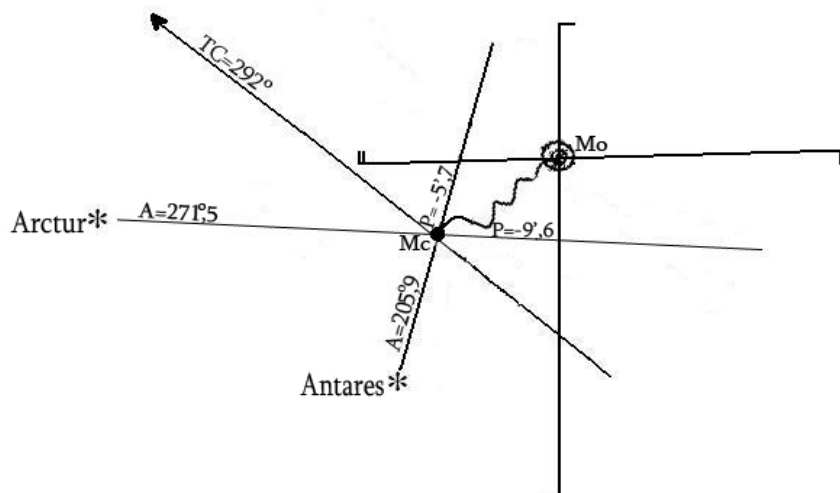
2) განსაზღვრეთ მნათობთა ათვლითი კოორდინატები პელენგის გაზომვის მომენტზე ცხრილებით «Sight Reduction Table» აღმანახში «The Nautical Almanac»:

1.	SRT LAT;LHA	A=47°56' B= +41°44'	$z_1=+50^{\circ},2$	A=22°19' B= +57°17'	$z_1=+76^{\circ},3$
2.		Dec=+19°08'		Dec=-26°27'	
	B+Dec	F=60°52'		F=30°50'	
3.	SRT A°; F°	H=35°46' P=29°39'	$z_2=+38^{\circ},3$	H=27°37' P=64°59'	$z_2=+77^{\circ},8$
4.	Aux F°; P°	H ₁ =-04'		H ₁ =-09'	
5.	Aux A°; Z	H ₂ =+03'		H ₂ =+19'	
6.	H ₁ + H ₁ + H ₂	H _c =35°45'		H _c =27°47'	
7.	z_1+z_2		$z=88^{\circ},5$		$z=154^{\circ},1$
	$A_c=360^{\circ}-z= 360^{\circ}-88^{\circ},5=271^{\circ},5$			$A_c=360^{\circ}-z= 360^{\circ}-154^{\circ},1=205^{\circ},9$	

3) მნათობთა ობსერვირებული (ჭეშმარიტი) სიმაღლეების განსაზღვრა:

	*Arctur	*Antares
SA*	35°48',3	27°47',0
i	-02',1	-02',1
d	-05',6	-05',6
H _{AP} *	35°40',6	27°39',3
{ R	-1',3	-1',8
{ P		
{ SD		
{ T	0	-0',1
{ B		
H _{ob} *	35°39',3	27°37',4
H _c	35°45',0	27°47',0
P	-5',7	-9',6
A _c	271°,5	205°,9

4) სიმაღლური ხაზების დატანა ნავიგაციურ რუკაზე. სენტ-ილერის მეთოდი:



● გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა მზეზე სხვადასხვადროული დაკვირვებით

- მაგალითი 24. მოცემულია: 01.05.08 $T_{sh1}=10^h09^m$; $LAT_{c1} = 28^\circ 17',5 N$; $Long_{c1}=72^\circ 45',0 W$; $e=16,3m$; $i_1=+3,1$; $U_{chr}=+00^m51^s$; $T=15^\circ C$; $B=765mm=1020mb$.
 $SA_{\odot}=63^\circ 23',3$; $T_{chr}=03^h08^m21^s$
 $T_{sh2}=13^h26^m$; $LAT_{c2} = 27^\circ 49',9 N$; $Long_{c2}=72^\circ 13',7 W$; $i_2=+2,8$;
 $SA_{\odot}=61^\circ 02',5$; $T_{chr}=06^h35^m16^s$

განსაზღვრეთ: გემის ადგილის ობსერვირებული წერტილის კოორდინატები დაკვირვების ბოლო მომენტზე.

ამოხსნა:

- 1) განსაზღვრეთ მნათობის ციური კოორდინატები სიმაღლეთა გაზომვის მომენტებზე აღმანახის ყოველდღიური ცხრილებით:

01.05.08	T_{sh}	10^h09^m	13^h26^m	T_{chr}	$03^h08^m21^s$	$06^h35^m16^s$
	+ $N^{\circ}z$	5 W	5 W	U_{chr}	+ 00^m51^s	+ 00^m51^s
16.07.08	T_{GR}	15^h09^m	18^h26^m	T_{GR}	$15^h09^m12^s$	$18^h36^m07^s$
				GHA^Y	$45^\circ 44',6$	$90^\circ 44',8$
				GHA^Y	$02^\circ 18',0$	$09^\circ 01',8$
				GHA^Y	$48^\circ 02',6$	$99^\circ 46',6$
				- Long	$72^\circ 45',0 W$	$72^\circ 13',7 W$
				LHA_{\odot}	$335^\circ 17',6 W$	$27^\circ 32',9 W$
				Dec	$15^\circ 18',9 N$	$15^\circ 21',1 N$
			$d=0,7$	D	+ 0,1	+ 0,4
				Dec_{\odot}	$15^\circ 19',0 N$	$15^\circ 21',5 N$

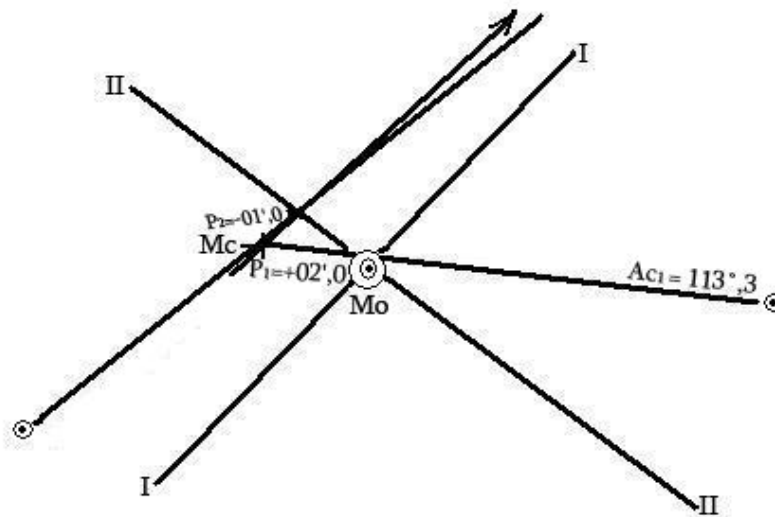
- 2) განსაზღვრეთ მზის ათვლითი კოორდინატები სიმაღლეთა გაზომვის მომენტებზე ცხრილებით «Sight Reduction Table» აღმანახში «The Nautical Almanac»:

1.	SRT	$A=21^\circ 55'$		$A=24^\circ 29'$	
	$LAT_c; LHA$	$B= +59^\circ 36'$	$z_1=+77^\circ,7$	$B= +58^\circ 57'$	$z_1=+76^\circ,0$
2.		$Dec=+15^\circ 19'$		$Dec=+15^\circ 22'$	
	B+Dec	$F=74^\circ 55'$		$F=74^\circ 19',0$	
3.	SRT	$H=63^\circ 35'$		$H=60^\circ 36'$	
	$A^\circ; F^\circ$	$P=32^\circ 39'$	$z_2=+35^\circ,6$	$P=30^\circ 35'$	$z_2=+34^\circ,2$
4.	Aux	$H_1=-06'$		$H_1=+07'$	
	$F'; P^\circ$				
5.	Aux	$H_2=+04'$		$H_2=-24'$	
	$A'; Z$				
6.	H_{1+} H_{1+} H_2	$H_c=63^\circ 33'$		$H_c=60^\circ 19'$	
7.	z_1+z_2		$z=113^\circ,3$		$z=110^\circ,2$
	$A_c=113^\circ,3$			$A_c=360^\circ - z = 360^\circ - 110^\circ,2 = 249^\circ,8$	

3) მზის ობსერვირებული (ჭეშმარიტი) სიმაღლეების განსაზღვრა:

	<i>I</i>	<i>II</i>
SA_{\odot}	63°23',3	60°06',6
<i>i</i>	+03',1	+02',8
<i>d</i>	-07',1	-07',1
H_{AP}^{\odot}	63°19',3	60°02',3
$\left\{ \begin{array}{l} R \\ P \\ SD \end{array} \right.$	+15',7	+15',7
$\left\{ \begin{array}{l} T \\ B \end{array} \right.$	0	0
H_{ob}^{\odot}	63°35',0	60°18',0
H_c	63°33',0	60°19',0
<i>P</i>	+02',0	-01',0
A_c	113°,3	249°,8

4) სიმაღლური ხაზების დატანა ნავიგაციურ რუკაზე. სენტ-ილერის მეთოდი:



გემის ადგილმდებარეობის მხოლოდ განედის განსაზღვრა პოლარულ ვარსკვლავზე დაკვირვებით

მაგალითი 25:

2008 წლის 20 მარტი, ხმელთაშუა ზღვა $T_{sh}=05^h 55^m$ $LAT_c=33^{\circ} 50',0$ N; $Long_c=23^{\circ} 30',0$ E.
 გავზომეთ პოლარული ვარსკვლავის სამი სიმაღლე და დავაფიქსირეთ ქრონომეტრით ყოველი გაზომვის მომენტი. $SA_m^{P^*}=33^{\circ} 27',6$; $i=-1',5$; T_{chr}^m
 $=03^h 50^m 40$; $U_{chr}=+03^m 44^s$; $e=8$ მ; $t=+9^{\circ}C$; $B=1000$ მმ. განვსაზღვროთ ადგილმდებარეობის მხოლოდ ობსერვირებული (ჭეშმარიტი) განედი (LAT_o).

ამოხსნა:

1.

20.03.08.	T _{Sh} - N ^o _z	05 ^h 55 ^m 2E	T _{chr} U _{chr}	03 ^h 50 ^m 40 ^s + 03 ^m 44 ^s
20.03.08.	T _{GR}	03 ^h 55 ^m	T _{GR}	03 ^h 54 ^m 24 ^s
			+ <i>GHA^{aries}</i>	223°01',3
			+ <i>GHA^{aries}</i>	13°38',2
			+ <i>GHA^{aries}</i>	236°39',5
			+ <i>Long_C</i>	23°30',0 E
			LHA ^{aries}	260°09',5 W

2. $LAT_o = H_o^p - 1^\circ + 0 + 1 + 2$

SA_m^{p*}	33°27',6
i	-1',5
d	-5',0
H_m^{p*}	33°21',1
$\Delta H_1 \left\{ \begin{array}{l} R \\ P \\ SD \end{array} \right.$	-1',5
$\Delta H_2 \left\{ \begin{array}{l} T \\ B \end{array} \right.$	0
H_o^\ominus	33°19',6
	-1°
I	1°31',4
II	0',5
III	0',3
LAT _o	33°51',8
LAT_o	33°51',8 N
LAT_c	33°50',0 N
ΔLAT	1',8 N

ცხრილები "Polaris Tables"
გვ.274-276

დროის დიდი შუალედების გაზომვა

დროის დიდი შუალედების გასაზომად იყენებენ გარკვეული რაოდენობის დღელამეთა ათვლის სისტემას რომელსაც კალენდარი ჰქვია.

კალენდარი (ლათ. *Calendarium*) არის დღეების ორგანიზების სისტემა სოციალური, რელიგიური, კომერციული, ადმინისტრაციული და სხვა მიზნებისათვის. ამისათვის დროის შუალედებს ენიჭება სახელები. გავრცელებული კალენდრებისათვის ეს პერიოდებია (დღე-ღამე, კვირა, თვე, წელიწადი, საუკუნე) და ისინი განისაზღვრება ცის სხეულთა მოძრაობებით (მზის ამოსვლა-ჩასვლა, წელიწადის დროთა ცვლა, მთვარის ფაზების მონაცვლეობა), რაც ადვილად და საყოველთაოდ შეიმჩნევა და უშუალოდ მოქმედებს ადამიანის ცხოვრებაზე და საქმიანობაზე. ყველა პერიოდის შორის უფრო გამოკვეთილი და ყოველდღიურ საქმიანობასთან დაკავშირებული დღე-ღამეა, რომელიც განისაზღვრება დედამიწის მობრუნებით თავისი ღერძის ირგვლივ.

კალენდარული სისტემები

მსოფლიოში სადღეისოდ ყველაზე გავრცელებულია გრიგორიანული კალენდარი, რომელიც წარმოადგენს მისი წინამორბედის, იულიუსის კალენდარის რეფორმირების შედეგს. მისი სახელი უკავშირდება რეფორმის ინიციატორს, რომის პაპ გრიგოლ XIII-ს.

იულიუსის კალენდარი

ძვ. წ. I საუკუნესში იულიუს კეისარმა, ეგვიპტელი ასტრონომის სოსიგენეს რჩევით, 45 წ. 1 იანვარიდან შემოიღო წელთაღრიცხვის სისტემა, რომლის მიხედვით ყოველი შემდეგი 3 წელიწადის ხანგრძლივობა მიღებულ იქნა 365 დღე-ღამედ. წელიწადის 12 თვედ დაყოფისას ყოველ თვეში გარკვეული კანონზომიერებით 30 ან 31 დღე - ღამე მოაქციეს, ხოლო თებერვალში 28 (უბრალო წელიწადი) ან 29 (ნაკიანი წელიწადი). ნაკიან წელიწადად ითვლებოდა ის წელიწადი, რომლის რიგითი ნომერი იყოფოდა 4-ზე უნაშთოდ.



გრიგორიანული კალენდარი

გრიგორიანული კალენდარის მიხედვით, რომელიც ძალაში შევიდა 1582 წლის 24 თებერვალს, შეიცვალა ნაკიანი წლის განსაზღვრის სისტემა:

- ნაკიანად ითვლება ის წელიწადი, რომლის რიგითი ნომერი იყოფა 4-ზე და არ იყოფა 100-ზე.
- თუკი წლის რიგითი ნომერი იყოფა 100-ზე, ის ნაკიანი იქნება მხოლოდ მაშინ, თუკი ის ასევე იყოფა 400-ზე.

ამრიგად, 2000 და 2004 წელი ნაკიანი იყო გრიგორიანული კალენდრის მიხედვით, 1900 წელი კი არა. შედარებისთვის, იულიუსის კალენდარის მიხედვით კი სამივე მათგანი იქნებოდა ნაკიანი.

სხვა სისტემები

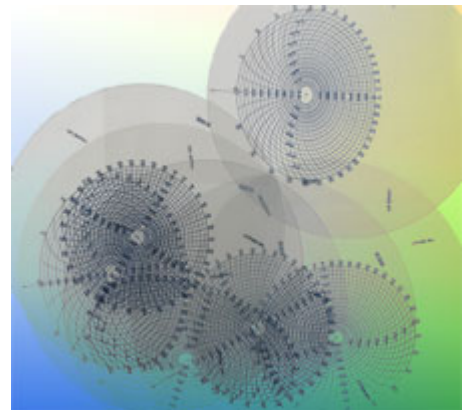
ბევრ ქვეყანაში, უმეტესად აფრიკის და აღმოსავლეთის ქვეყნებში (ერაყში, ლიბანში, სირიაში, ალჟირში, მაროკოში, ტუნისში და სხვა), სადაც გავრცელებულია ისლამი, ხმარობენ მთვარის ფაზებზე დაყრდნობილ კალენდარს (ჰიჯრა), რომლის მიხედვითაც მთვარისმიერი წელიწადი შეიცავ 30 და 29 დღე-ღამიან 12 თვეს (354 დღე-ღამე).

➤ მნათობის ცაზე ამოსაცნობი მოწყობილობა – Star Finder N.P. 323

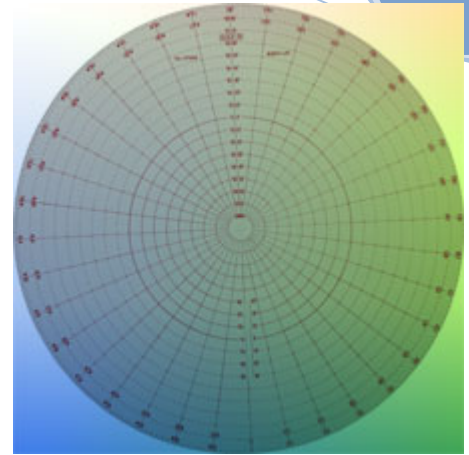
Star Finder შედგება ვარსკვლავთ რუკისგან, პლასტმასის გამჭვირვალე დისკებისგან განედების მიხედვით და სპეციალური დიაგრამისგან. პლასტმასის დისკის ორივე მხარეს დატანილია ვარსკვლავების რუკა თეთრ ქაღალდზე. ერთ მხარეს – ჩრდილო ნახევარსფეროს ვარსკვლავები, მეორე მხარეს – სამხრეთი ნახევარსფეროს. დატანილია ვარსკვლავები თავიანთი ლათინური სახელწოდებებით და დანომრილია The Nautical Almanac-ის წიგნში მოცემული ნომრების მიხედვით. დისკის ცენტრში ერთ გვერდზე დატანილია NORTH POLE – ჩრდილო პოლუსი, მეორე მხარის ცენტრში SOUTH POLE - სამხრეთი პოლუსი. რუკის დისკოს გარე წრეწირზე აღნიშნულია ვარსკვლავთმძიერი დროის ათვლა 0°-დან – 360°-მდე. ხაზი 0° – 180° წარმოადგენს დამკვირვებლის მერიდიანს ARIES – LHA Υ . რუკაზე ასევე დატანილია პარალელები 10° ბიჯით.



Star Finder კომპლექტში შედის პლასტმასის გამჭვირვალე ოთხკუთხედეები – პლანშეტები განედების მიხედვით (Template). პლანშეტის ცენტრში დატანილია ნისანი „+“, აღმუნკანტარატები – წარმოადგენენ ელიფსებს. გარე ელიფსზე დატანილია აზიმუტების დანაყოფები ჩრდილო ნახევარსფეროსთვის შიგა ციფრები (Northern Hemisphere - use Inner figures), სამხრეთ ნახევარსფეროსთვის გარე ციფრები (Southern Hemisphere – use Outer figures). ცენტრიდან პერიფერიისკენ კონცენტრირებული ხაზები წარმოადგენენ აზიმუტებს. ხაზი 180°–360° ბოლოზე ისრით წარმოადგენს ადგილობრივი ვარსკვლავთმძიერი დროის მაჩვენებელ ისარს.



Star Finder–ს ახლავს პლასტმასის გამჭვირვალე სპეციალური დიაგრამა, რომლის მესვეობით ხდება რუკაზე პლანეტების დატანა, მათი ჰორიზონტული კოორდინატების განსაზღვრისთვის. ამ დიაგრამით შესაძლებელია შემოწმდეს სწრაფად ადგილობრივი ვარსკვლავთმცერი დროის გამოანგარიშება. დიაგრამა წარმოადგენს რადიალური მერიდიანების და კონცენტრირებული წრეწირებ–პარალელების ზადეს 10° ბიჯით.



Star Finder–ის დაყენება დამკვირვებლის განედის და ადგილობრივი ვარსკვლავთმცერი დროის მიხედვით

მაგალითი 1. 26 მარტი 2001 წ. $ship=5^h41^m$, ათვლითი კოორდინატები: Lat = 35°12' N; Long = 123°09' W, ვაკვირდებოდით ორ ვარსკვლავს ჰორიზონტული კოორდინატებით

	H	A
მნათობი 1	26°	199°
მნათობი 2	45°	308°

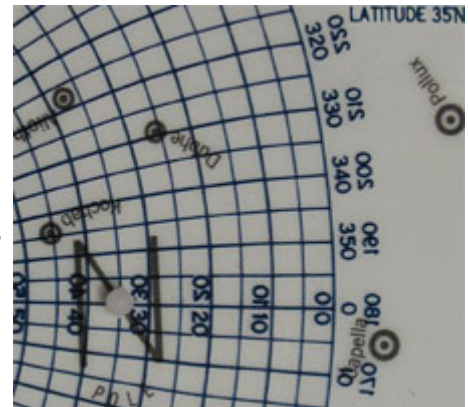
ამოვიცნოთ მნათობები.

მოქმედებების თანმიმდევრობა:

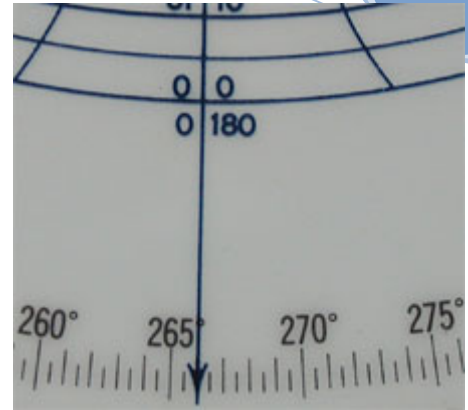
1. The Nautical Almanac–ის ყოველდღიური ცხრილების მეშვეობით გამოვთვალოთ ვერძის წერტილის (Υ) ადგილობრივი საათობრივი კუთხე LHA Υ (ადგილობრივი ვარსკვლავთმცერი დრო)

Standart 'L'	05 ^h 41 ^m	26.03
Zone	+8 ^W	
GMT	13 ^h 41 ^m	26.03
GHA Aries _r	19°02,3'	
Incr	10°16,7'	
GHA Aries	29°19,0'	(+360°)
Long	-123°09,0'W	
LHA Aries	266°10,0'	≈ 266°

2. ვათავსებთ ვარსკვლავთ რუკას ჰორიზონტულ ზედაპირზე (მაგიდაზე) ისე, რომ დისკის წენტრში ეწეროს NORTH POLE . პლანშეტების კომპლექტიდან ვარჩევთ პლანშეტს, რომელზეც აღნიშნულია 35° N და ცენტრით „+“ ნიშნით ვდებთ ვარსკვლავთრუკის ცენტრში.

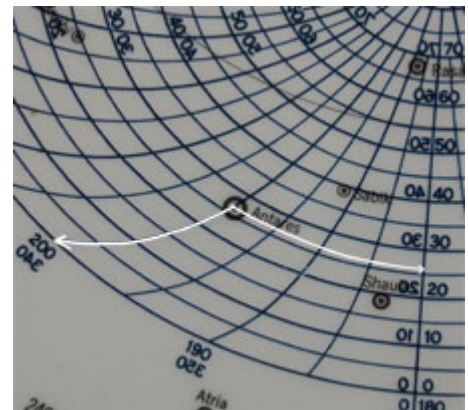


- ვაზრუნებთ განედის პლანშეტს ისე, რომ მერიდიანის ხაზის ისარი შეუთავსდეს ვარსკვლავთმომიერი ადგილობრივი დროის რიცხვით მნიშვნელობას რუკის გარე წრეწირზე – $LHA \Upsilon = 266^\circ$.



მნათობის ამოცნობა

- პირველი მნათობის ამოცნობა.
ვარჩევთ უახლოეს პელენგს 200° , ვინაიდან განედი ჩრდილოეთის სახელწოდებისაა შიგა სკალაზე. ამასთანავე 200° უნდა იკითხებოდეს ბუნებრივად, მარცხნიდან მარჯვნივ. ამ ვერტიკალის და ალმუკანტარატის ($H = 26^\circ$) კვეთაში ვპოულობთ ვარსკვლავს – **Antares**



- მეორე მნათობის ამოცნობა.
ვერტიკალის 310° კვეთაში ალმუკანტარატთან $H = 45^\circ$ ვპოულობთ მეორე ვარსკვლავს – **Alkaid**



პლანეტების დატანა Star Finder-ზე

«The Nautical Almanac»-ში მნათობის პირდაპირი აღმავლობის (Right Ascension) ნაცვლად გამოიყენება – SHA - sidereal hour angle – ვარსკვლავთმომიერი საათობრივი კუთხე, ანუ ვარსკვლავთმომიერი დამატება $SHA = 360^\circ - a$ (პირდაპირი აღმავლობის დამატება $360^\circ -$ მდე). მაგალითი 2. 2 იანვარი 2007 . ship = 19^h30^m , ათვლითი კოორდინატები: Lat = $35^\circ54'$ S; Long = $61^\circ28'$ E. დავიტანოთ პლანეტა ვენერა Star Finder -ზე.

- The Nautical Almanac–ის ყოველდღიური ცხრილებიდან მოცემულ თარიღზე და აგრინვიჩის დროზე (GMT) 12^h. ვპოულობთ პლანეტა ვენერას დახრილობას - Dec = 13° 17,3' S, მარჯვენა ქვედა კუთხეში კი - SHA = 29° 14,6'.

	SHA	Mer. h	Pass. m
Venus	29° 14'.6	15	16
Mars	146 20.9	7	27
Jupiter	299 48.4	21	10
Saturn	307 15.3	20	41

JANUARY				
GMT	ARIES	VENUS	-4.3	
	GHA	GHA	Dec	
2	06	191° 56'.6	220° 55'.6	S13° 23'.9
	07	206 59.0	235 55.5	22.8
	08	222 01.5	250 55.4	21.7
T	09	237 04.0	265 55.2	20.6
U	10	252 06.4	280 55.1	19.5
E	11	267 08.9	295 55.0	18.4
S				
D	12	282 11.3	310 54.9	S13 17.3
A	13	297 13.8	325 54.7	16.2
Y	14	312 16.3	340 54.6	15.1
	15	327 18.7	355 54.5	14.0
	16	342 21.2	10 54.4	12.9
	17	357 23.7	25 54.3	11.7

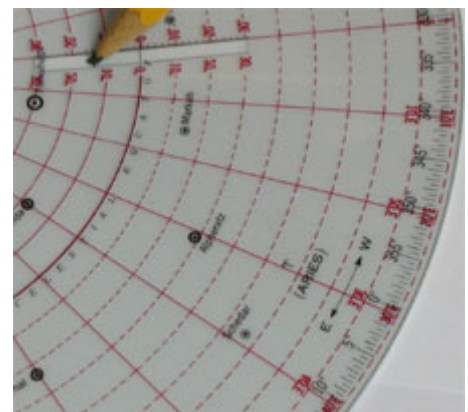
- ფორმულით

$$a = 360 - \text{SHA}$$

$$\begin{array}{r|l} 360 & 360^{\circ}00,0' \\ - \text{SHA} & 29^{\circ}14,6 \\ \hline a & 330^{\circ}45,4 \approx 331^{\circ} \end{array}$$

ვპოულობთ ვენერას პირდაპირ აღმავლობას.

- ვარსკვლავთრუკის სამხრეთ ნახევარსფეროსზე ვდებთ სპეციალურ დიაგრამას ისე, რომ ნულოვანი მერიდიანი ისრით დაემთხვეს პირდაპირი აღმავლობის ნიშნულს (331°). დიაგრამის ჭრილში ეკვატორიდან სამხრეთ პოლუსისკენ გადავდებთ დახრილობის სიდიდეს (13°). უბრალო ფანქრით ავღნიშნავთ ვენერას ადგილს ვარსკვლავთრუკაზე..თუ დახრილობა და განედი ერთნაირი სახელწოდებისაა, მაშინ დახრილობა გადაიდება ეკვატორიდან რუკის ცენტრისკენ, ანუ პოლუსისკენ, ხოლო, თუ ისინი სხვადასხვა სახელწოდებისაა, მაშინ – საწინააღმდეგო მიმართულებით (აქ პარალელები აღნიშნულია წყვეტილი წრეწირებით)..



წრეწირებით)..პირდაპირი აღმავლობა შეიძლება გამოვითვალოთ ფორმულით:

$$a = \text{GHA}_{\text{Aries}} - \text{GHA}_{\text{Moon}}$$

ჰორიზონტული კოორდინატების განსაზღვრა

მაგალითი 3. (მაგალითი 2-ის გაგრძელება). 2 იანვარი 2007 წ. ship = 19^h30^m, ათვლითი კოორდინატები:

Lat = 35°54' S; Long = 65°28' E. განვსაზღვროთ პლანეტა ვენერას (Venus) და ვარსკვლავ ჰამალის (Hamal) ჰორიზონტული კოორდინატები (H და A).

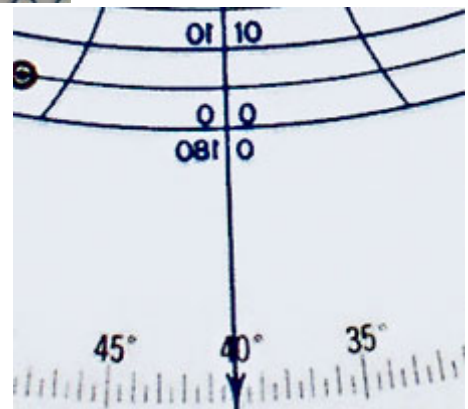
1. „The Nautical Almanac“ –ის ყოველდღიური ცხრილებით გამოვთვალოთ მნათობების (Venus და Hamal) ვარსკვლავთმიერი ადგილობრივი დრო (ვერძის წერტილის ადგილობრივი საათობრივი კუთხე - LHA^{Aries})

Standart T	19 ^h 30 ^m	02.01
Zone	-4E	
GMT	15 ^h 30 ^m	02.01
GHA Aries _T	327°18,7'	
Incr	7°31,2'	
GHA Aries	334°49,9'	
Long	+ 65°28,0'E	
LHA Aries	40°17,9'	≈ 40°

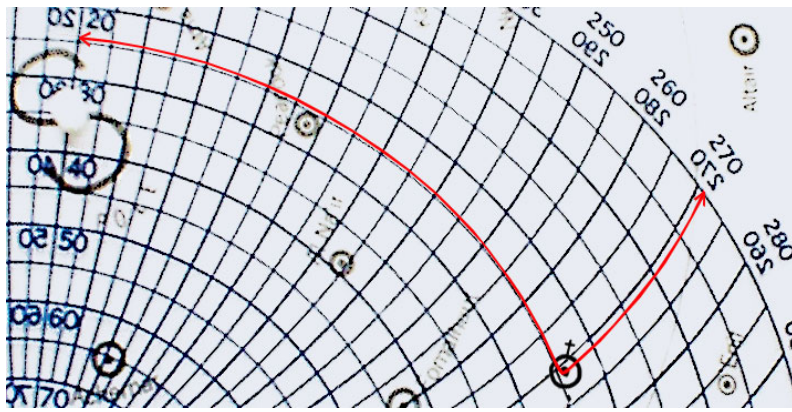
2. ვარსკვლავთრუკის სამხრეთ ნახევარსფეროზე ვათავსებთ განედის შესაბამის პლანშეტს – Latitude 35° S – ისე რომ იკითხებოდეს ბუნებრივად მარცხნიდან მარჯვნივ.



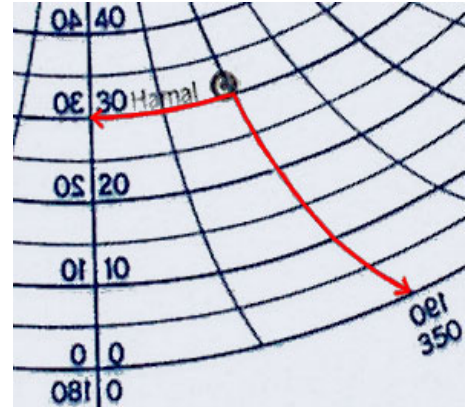
3. ვაბრუნებთ განედის დისკს და ვამთხვევთ დამკვირვებლის მერიდიანის ისარს ვარსკვლავთმიერი ადგილობრივი დროის ნიშნულზე – 40°.



4. ვპოულობთ რუკაზე პლანეტა ვენერას და ვხსნით რუკიდან მის სიმაღლეს H = 24°, ხოლო აზიმუტების გარე წრეწირზე (განედი სამხრეთის სახელწოდებისა) აზიმუტის მნიშვნელობას A ≈ 271° (ამასთანავე ის უნდა იკითხებოდეს ბუნებრივად მარცხნიდან მარჯვნივ).



5. ანოლოგიურად ვპოულობთ ვარსკვლავ ჰამალის კოორდინატებს: $A \approx 351^\circ$ და $H \approx 30^\circ$.



➤ საზღვაო ქრონომეტრი
საზღვაო ქრონომეტრის აღწერა

ზუსტი დროის განსაზღვრის და შენახვისთვის გემზე არსებობს სპეციალური საზღვაო საათი – ქრონომეტრი – გადასატანი ზამბარული საათი ძალიან დიდი სიზუსტით დამზადებული.

საზღვაო საათის კორპუსი დაკიდულია კარდანის საკიდებით ხის ყუთის შიგნით, ყუთი კი მოთავსებულია გარე ბუდეში. ბუდე შიგნიდან გადაკრულია რბილი მატერიით და აქვს ქამარი ქრონომეტრის გადასატანად.



თორმეტ საათად დაყოფილი ციფერბლატის ცენტრში დამაგრებულია საათის და წუთის ისრები, რომლებიც მოძრაობენ ერთ საერთო ციფერბლატზე. ქვევით მდებარეობს წამების მაჩვენებელი ისარი, რომელიც გადაადგილდება წამების ციფერბლატზე ბიძგებით. ერთი ბიზგი – 0.5 წამია. ქრონომეტრის ციფერბლატის ზედა ნაწილში მოთავსებულია მომართვის ციფერბლატი დაყოფილი შტრიხებით რვა ნაწილად ყოველი ნაწილი მოიცავს 8 საათიან ინტერვალს. ინტერვალების დაციფრვა მოცემულია 0–დან–56 საათამდე, ანუ ქრონომეტრის მომართვის მაქსიმალური დრო 56 საათია.



მომართვის ციფერბლატზე მოძრაობს ისარი, რომელიც უჩვენებს დროს, რომელიც გავიდა ქრონომეტრის მომართვიდან.

ქრონომეტრის მომართვა

ქრონომეტრი უნდა მოიმართოს ყოველდღიურად ერთდღიან დროს (მაგალითად დილის 8 საათზე) იმიტომ, რომ ყოველი დღეღამის განმავლობაში მოქმედებდეს ზამბარის ერთიდაიგივე ნაწილი, რაც უზრუნველყოფს დღეღამური სვლის მუდმივობას. ქრონომეტრს მომართავენ ისე, რომ იმუშაოს 2 დღეღამის განმავლობაში, ანუ მომართვის ისარი უნდა იყოს 8 საათის ნიშნულზე ქრონომეტრის მომართვის შემდეგ.



მომართვის წინ კი ისარი უნდა უჩვენებდეს დანაყოფს რიცხვით „32 საათი“, თუ მომართვა რეგულარულად და ერთდამავე დროს ხდება.



ქრონომეტრს ფრთხილად მოაბრუნებენ კარდანის საკიდარში გვერდზე მარცხენა ხელით დაიჭერენ მას და მარჯვენა ხელით მოაბრუნებენ საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით მოსამართი ხვრელის ხუფს.



ხვრელში სვამენ მოსამართ გასაღებს და აბრუნებენ მას საათის ისრით მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით 7–7.5 ნახევარბრუნის ოდენობით. შემდეგ ფრთხილად ამოიღებენ გასაღებს მოსამართი ხვრელიდან და მოიყვანენ ქრონომეტრს საწყის მდგომარეობაში.



გაჩერებული ქრონომეტრის გასაშვებად, საჭიროა ქრონომეტრის მომართვა ორდღიანი მუშაობის მარაგით (14–15 ნახევარბრუნის გასაღებით) და შემდეგ ყუთი ქრონომეტრის მექანიზმით არც თუ მკვეთრად უნდა მოაბრუნონ ვერტიკალურ ღერძის გარშემო. 40°–50° გაშვების წინ სასურველია ისრები დავაყენოთ ისე, რომ საათი უჩვენებდეს გრინვიჩის დროს, რომელიც რამდენიმე წუთით მეტი იქნება რეალურ გრინვიჩის დროზე ამ მომენტში.



ისრების დაყენების წინ საჭიროა ქრონომეტრის დაფიქსირება ყუთში სპეციალური სამუხრუჭო ხრახნით. ხოლო შემდეგ უნდა ამოიხსახნოს ციფერბლატის მინის სახურავი.



ჩამოაცვით გასაღები წუთების ისრის ღერძის კვადრატულ დაბოლოებას და მისი მობრუნებით საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით საათების და წუთების მაჩვენებელი ისრები დააყენეთ გრინვიჩის მიმდინარე დროზე.



ისრების გადანაცვლების დროს მიაქციეთ ყურადღება მათ თანდგომას, როდესაც წუთების მაჩვენებელი ისარი დგას თავისი ციფერბლატის რომელიმე შტრიხზე, წამების ისარი უნდა იდგას ნულზე. ვინაიდან წამების მაჩვენებელ ისარზე არშიდლება ხელის ხლება, თუ ის შეჩერდა ოცდამეთერთმეტე წუთზე (როგორც ნაჩვენებია მაგალითზე) წუთების ისარი ამ მომენტში უნდა იდგა ერთი წუთის შუალედის ნახევარზე.



მინას ჩახრახნიან ადგილზე და უშვებენ ქრონომეტრს.

ქრონომეტრის შესწორების განსაზღვრა

დღეს ქრონომეტრის შესწორებას განსაზღვრავენ თანამგზავრული რადიონავიგაციური სისტემის მიმღები ინდიკატორის მეშვეობით. უშვებენ წამზომს, როდესაც მიმღები ინდიკატორი უჩვენებს მთელ წუთს

$$T_{GR}^{\text{წამზომი}} = 03:52:00$$



მიდიან საშტურმანო მაგიდასთან, რომელშიც ქრონომეტრია მოთავსებული. წამმზომს გააჩერებენ ხელსაყრელ მომენტში, მაშინ როცა წამების მაჩვენებელი ისარი ქრონომეტრის ციფერბლატზე იქნება 30-ზე ან 60-ზე. მაგალითში ქრონომეტრის ჩვენებაა $T_{CHR} = 03^h49^m00^s$



ჩაიწერენ წამმზომის ჩვენებას, 0.1 წამის სიზუსტით :
 წამმზომი = 0^m30^s .

ქრონომეტრის შესწორებას განსაზღვრავენ შემდეგი სქემით:

$+ T_{GR}^{\text{წამმზომის გაშვება}}$	03 ^h 52 ^m 00 ^s
წამმზომი	00 ^m 30 ^s
-	03 ^h 52 ^m 30 ^s
$T_{GR}^{\text{წამმზომის გაჩერება}}$	03 ^h 49 ^m 00 ^s
$T_{CHR}^{\text{წამმზომის გაჩერება}}$	
U_{CHR}	+ 03 ^m 30 ^s

ამოცანა დროის გადაყვანაზე

მაგალითი: $T_{ship} = 20^h27^m - 19.08.07$; $LONG_c = 92^{\circ}40,0'W$

T_{GR} (გრინვიჩის დრო) – გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$T_{GR} = T_{ship} \pm \frac{E}{W}$$

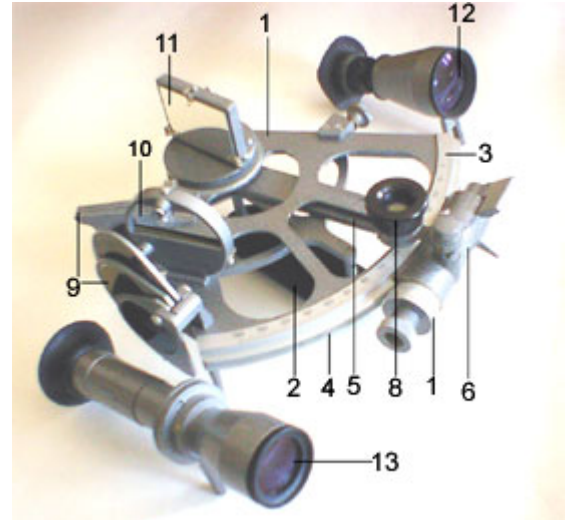
ამოხსნა: გამოვითვლით სარტყლის ნომერს $92^{\circ}46,0' : 15 = 6$; ნაშთი $2^{\circ}46,0'$ ნაკლებია $7^{\circ}30'$ -ზე, ანუ $z = 6W$, თუ ნაშთი $7,5^{\circ}$ -ზე მეტი იქნება, მაშინ განაყოფს ემატება ერთი ერთეული.

T_{ship}	20 ^h 27 ^m 19/VIII
z	+ 6W
T_{GR}	26 ^h 27 ^m 19/VIII
T_{GR}	2 ^h 27 ^m 20/VIII

➤ **სექსტანი**

ნავიგაციური სექსტანის ძირითადი ნაწილები

- 1 - სექსტანის ჩარჩო
- 2 - სახელური
- 3 - ლიმბი
- 4 - კბილანა – რკალი
- 5 - ალიდადა
- 6 - ასათვლელი და სამუხრუჭო მოწყობლობა
- 7 - ასათვლელი კოჭი
- 8 - გამადიდებელი შუშა (ლუპა)
- 9 - შუქფილტრები
- 10 - პატარა სარკე
- 11 - დიდი სარკე
- 12 - ღამის მილაკი (ტელესკოპი)
- 13 - ასტრონომიული (დღის) მილაკი (ტელესკოპი)



მილაკის ოპტიკური ღერძის არაპარალელობა ლიმბის სიბრტყის მიმართ და მისი აღმოფხვრა

სექსტანს დარეგულირებული მილაკით ატავსებენ მყარ ჰორიზონტულ სიბრტყეზე (მაგიდაზე). ალიდადა ლიმბის შუაშია, ლიმბის ბოლოებზე ათავსებენ ორ დიოპტრს ისე, რომ მათზე გამავალი ხაზი იყოს მილაკის ოპტიკური ღერძის პარალელური.



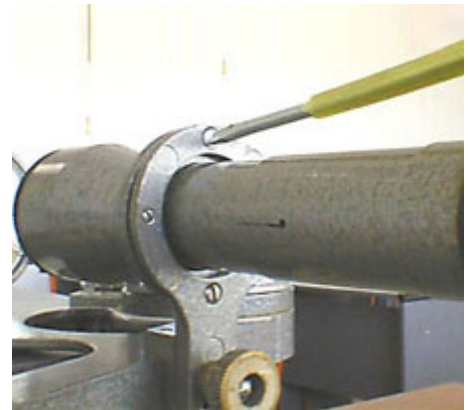
ირჩევენ მიახლოებით 50 მ მანძილზე რაიმე საგანს, რომელიც ერთ დონეზეა სექსტანთან მიმართებაში. აბრუნებენ სექსტანს ისე, რომ თვალის შუქი გადიოდეს დიოპტრების ზედა კიდეებზე და არჩეულ საგანზე.



არჩეულ საგანს აკვირდებიან ასტრონომიულ მილაკში. საგნის გამოსახულება უნდა იყოს ობიექტის ცენტრში.



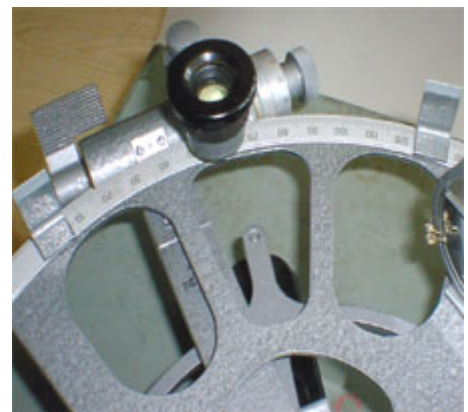
აბრუნებენ ხრახნისით ზედა და ქვედა მარეგულირებელ ხრახნებს მილაკის საჭერ რგოლზე და საგნის გამოსახულება მოჰყავთ ობიექტის ცენტრში (ერთ ხრახნს უჭერენ, მეორეს უშვებენ).



ზოგიერთი ტიპის სექსტანს მარეგულირებელი ხრახნები არ გააჩნია. შესაბამისად შეუძლებელია ამ ოპერაციი ჩატარება.

დიდი სარკის არაპერპენდიკულარობა ლიმბის სიბრტყის მიმართ და მისი აღმოფხვრა

სექსტანის მილაკის გარეშე ათავსებენ მყარ ჰორიზონტულ სიბრტყეზე (მაგიდაზე). ალიდადას ათავსებენ 40° ნიშნულზე, ლიმბის ბოლოებზე, ნიშნულებზე $5 - 10^\circ$ და $120 - 130^\circ$ ათავსებენ ორ დიოპტრს.



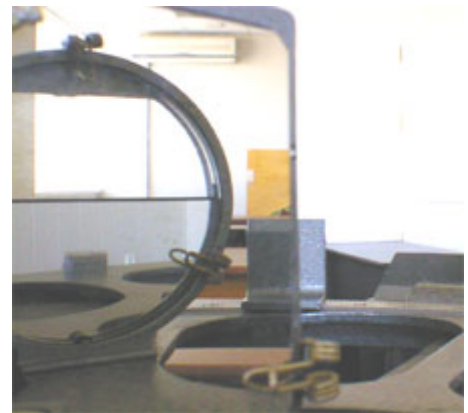
30 – 40 სმ მანძილიდან დიდ სარკეშიაკვირდებიან დიოპტრებს – მარჯვენა დიოპტრის არეკლილ გამოსახულებას და მარცხენა დიოპტრს – პირდაპირ, დიოპტრები უნდა იყოს ახლოს ერთმანეთთან.



მარჯვენა დიოპტრის გადაადგილებით დიოპტრებს ამთხვევენ ერთმანეთს. მათი ზედა კიდეები უნდა იყოს ერთ დონეზე. მაშინ დიდი სარკის სიბრტყე ლიმბის სიბრტყის პერპენდიკულარული იქნება.

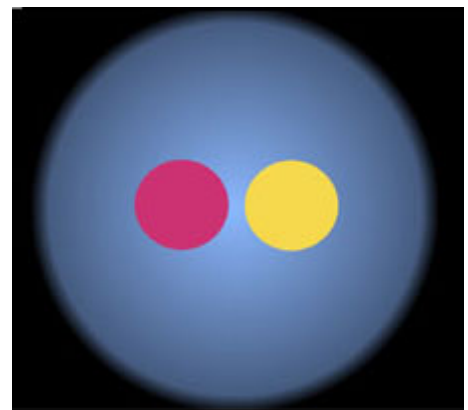
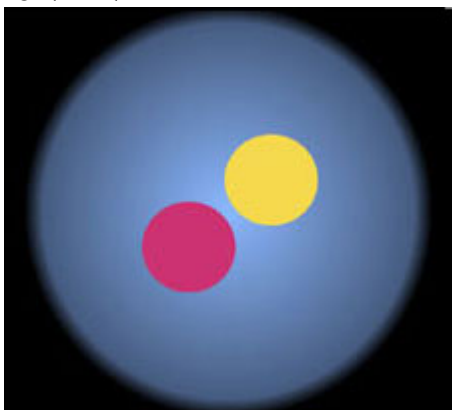


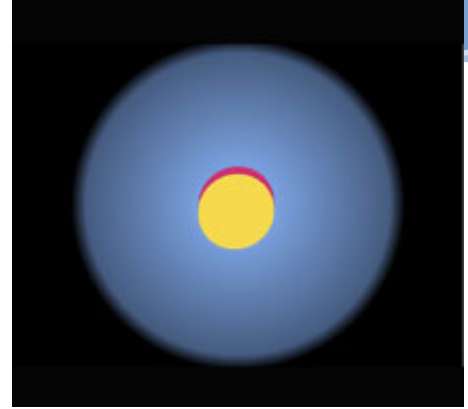
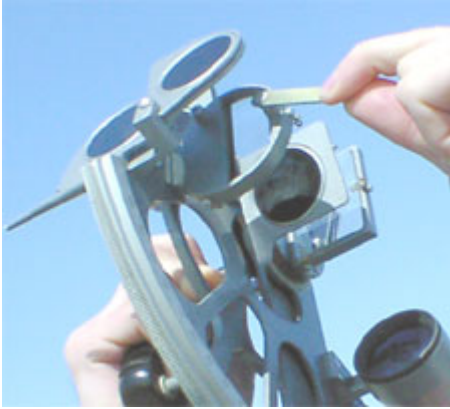
თუ დიოპტრების ზედა კიდეები არ აღმოჩნდება ერთ დონეზე, მაშინ სპეციალური გასაღებით აბრუნებენ დიდი სარკის მარეგულირებელ ხრახნს და დიოპტრების ზედა კიდეებს ამთხვევენ ერთმანეთს.



პატარა სარკის სიბრტყის არაპერპენდიკულარობა ლიმბის სიბრტყის მიმართ და მისი აღმოფხვრა.

ამ ოპერაციას ახორციელებენ დიდი სარკის რეგულირების შემდეგ. ალიდადას ათავსებენ 0 ნიშნულზე, მილაკს მიმართავენ რომელიმე მნათობზე (ვარსკვლავი, პლანეტა, მზე). თუ მნათობის ორჯერ არეკლილი გამოსახულება მილაკში არ აღმოჩნდა პირდაპირ ხილულის მიმართ ერთ ვერტიკალზე, სპეციალური გასაღებით აბრუნებენ მარჯვნივ ან მარცხნივ პატარა სარკის ზედა მარეგულირებელ ხრახნს და მნათობის ორჯერ არეკლილი გამოსახულება მიჰყავთ პირდაპირ ხილულის დონეზე. ხოლო გვერდითი მარეგულირებელი ხრახნის მეშვეობით გამოსახულებებს ამთხვევენ ერთმანეთს. ამასთანავე შეიძლება შეიცვალოს ინდექსის შესწორება და მას გამოითვლიან ხელახლა.

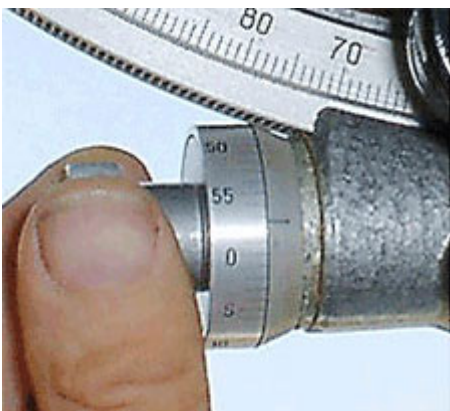




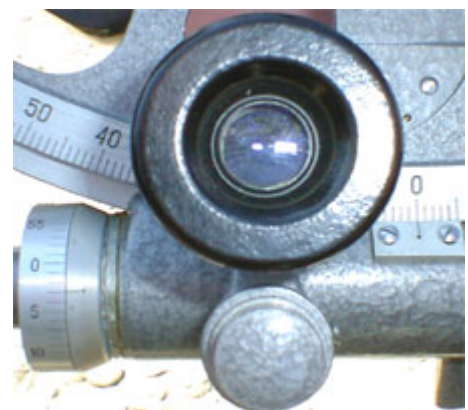
ინდექსის შესწორების განსაზღვრა ჰორიზონტის მეთოდით

სექსტანით დაკვირვებისთვის საჭიროა დაკვირვების წინ განისაზღვროს ინდექსის შესწორება.

მიმართავენ სექსტანს ჰორიზონტის ხაზზე. თუ ორ ჯერ არეკლილი და პირდაპირ ხილული გამოსახულების ხაზები არ იქნება მთლიანი, წუთების ასათვლელი კოჭის მობრუნებით მარჯვნივ ან მარცხნივ ამთლიანებენ ხაზებს ერთ სწორ ხაზად.



ლიმბიდან ამოიწერენ ჩვენებას (oi) და ფორმულით განსაზღვრავენ ინდექსის შესწორებას $i = 0^{\circ}(360^{\circ}) - oi$ მოცემულ მაგალითში $oi = 0^{\circ}02,9'$, შესაბამისად, $i = -2,9'$.

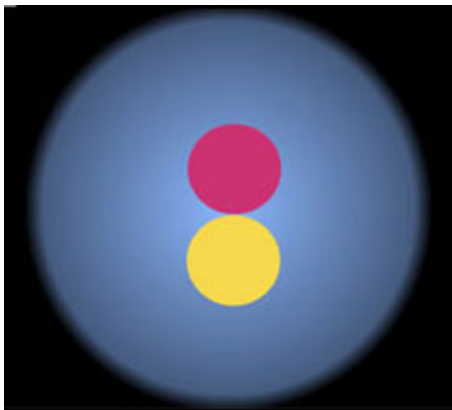


ვარსკვლავზე დაკვირვებით ინდექსის შესწორების განსაზღვრა

არჩევნ ცაზე ნაკლებად კაშკაშა ვარსკვლავს და მიმართავენ სექსტანს ვარსკვლავზე. ალიდადა და წუთების ასათვლელი კოჭი 0 ნიშნულზეა. თუ ინდექსის შესწორება არსებობს, ვარსკვლავის პირდაპირ ხილული და ორჯერ არეკლილი გამოსახულებები იქნება ერთ ვერტიკალზე ცალკ ცალკე. წუთების ასათვლელი კოჭის მობრუნებით მარჯვნივ ან მარცხნივ ამ ორ გამოსახულებას ამთხვევენ ერთმანეთს და ამოიწერენ ლიმბიდან ჩვენებას $i = 0^\circ(360^\circ) - oi$.

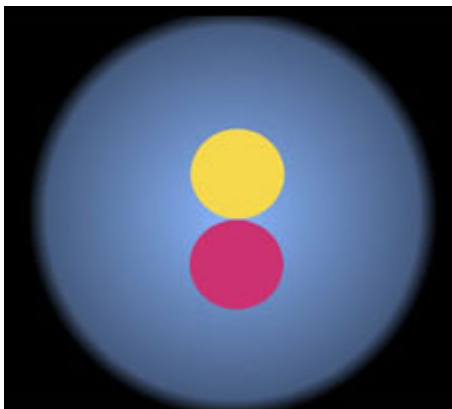
მზეზე დაკვირვებით ინდექსის შესწორების განსაზღვრა

სარკეების წინ ათავსებენ შუქფილტრებს, სექსტანს მიმართავენ მზის დისკოზე. წუთების ასათვლელი კოჭის მობრუნებით მიჰყავთ მზის ორჯერ არეკლილი გამოსახულება პირდაპირ ხილულის ჯერ ერთ კიდესთან



$oi = 360^\circ 33,2'$

შემდეგ მეორესთან. ორივე შემთხვევაში ჩაიწერენ ჩვენებას ლიმბზე oi_1 და oi_2 .



$oi = 359^\circ 29,3'$

ინდექსის შესწორებას გამოითვლიან ფორმულით:

$$i = 360 - \frac{oi_1 + oi_2}{2}$$

ამ მეთოდის უპირატესობა სხვა მეთოდებთან შედარებით მდგომარეობს იმაში, რომ შესაძლებელია შედეგის შემოწმება. ლიმბზე ჩვენებათა ჯამი $oi_1 + oi_2 = 4R \ominus$ არის მზის დისკოს ოთხი რადიუსი, ანუ ვლებულობთ მზის დისკოს რადიუსს მოცემულ თარიღზე. „The Nautical Almanac“-ის ყოველდღიურ ცხრილებში მოცემულია მზის დისკოს რადიუსი. თუ სხვაობა რადიუსებს შორის არ აღემატება $0,4'$, მაშინ დაკვირვება კარგი ხარისხისაა, თუ კი სხვაობა მეტია, მაშინ საჭიროა დაკვირვების განმეორება. მზის დისკოზე დაკვირვებით ინდექსის შესწორების გამოთვლა შეიძლება გაადვილდეს შემდეგი ხერხის გამოყენებით:

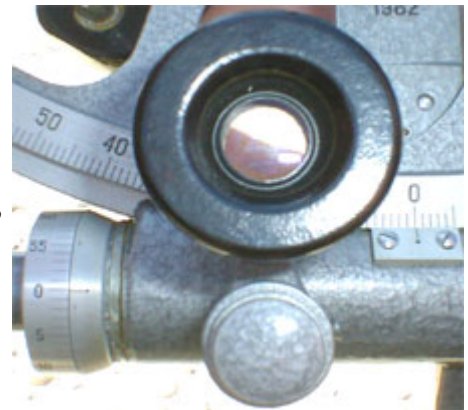
ლიმბიდან ამოწერილ ჩვენებებს ავსებენ 30-მდე ან (ნიშნით "-") აკლებენ 30-ს (ნიშნით "+"). ამ დამატებების ნახევარჯამი თავისი ნიშნით იქნება ინდექსის შესწორება i . მაგალითად: $oi_1 = 33,2$; $oi_2 = 29,3$, დამატებები იქნება $-3,2$ და $+0,7$, მაშინ:

$$i = \frac{-3,2 + 0,7}{2} = \frac{-2,5}{2} = -1,2'$$

ინდექსის შესწორების შემცირება

პრინციპში ინდექსის შესწორების რიცხობრივ სიდიდეს აზრი არ აქვს, მაგრამ მანიპულირებისთვის სასურველია მცირე სიდიდეები, რომლებიც არ აღემატება 6 - 7'.

ალიდადას და წუთების ასათვლელ კოქს ათავსებენ 0 ნიშნულზე და მიმართავენ სექსტანს ჰორიზონტის ხაზს ან ვარსკვლავს.



ორჯერ არეკლილი და პირდაპირ ხილული გამოსახულებები არ იქნება ერთ მთლიან ჰორიზონტულ ხაზზე.



სპეციალური გასაღებით აბრუნებენ პატარა სარკის ზედა მარეგულირებელ ხრახნს მარჯვნივ ან მარცხნივ და ამთლიანებენ ამ ორ ხაზს ერთ ჰორიზონტულ ხაზად. ამ შემთხვევაში ინდექსის შესწორება 0-ს ტოლი იქნება.



➤ ვარსკვლავთგლობუსი

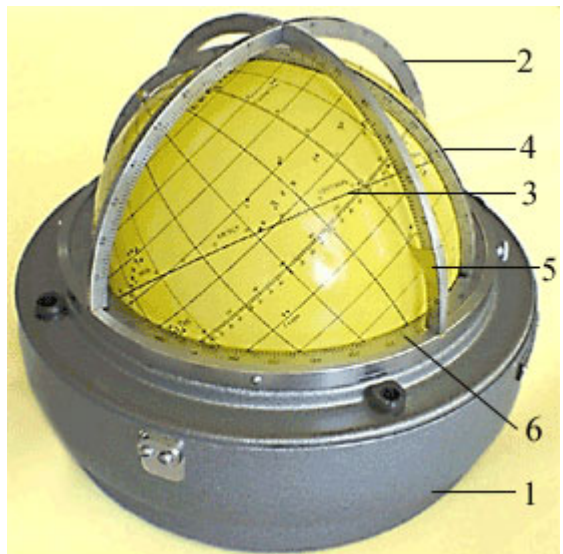
- ვარსკვლავთგლობუსი და მისი მეშვეობით ასტრონავიგაციური ამოცანების ამოხსნა
- უცნობი ვარსკვლავის ამოცნობა ცაზე, როდესაც ცნობილია მისი ციური ჰორიზონტული კოორდინატები
- პლანეტების დატანა გლობუსზე
- მნათობთა ჰორიზონტული კოორდინატების განსაზღვრა მოცემულ დროზე
- ბინდში ობსერვაციების დაგეგმვა
- ობსერვაციების დაგეგმვა მზის და მთვარის მეშვეობით

ვარსკვლავთგლობუსი და მისი მეშვეობით ასტრონავიგაციური ამოცანების ამოხსნა

ვარსკვლავთგლობუსი არის ხელსაწყო, რომელიც წარმოადგენს ციური სფეროს მოდელს და მისი მეშვეობით შეიძლება მიახლოებით ამოიხსნას შემდეგი ასტრონავიგაციური ამოცანები:

- უცნობი ვარსკვლავის სახელწოდების ამოცნობა მისი ჰორიზონტული კოორდინატებით;
- მნათობის სიმაღლის და აზიმუტის განსაზღვრა მოცემულ დროზე;
- მნათობებზე დაკვირვებების დაგეგმვა ბინდში და დღისით.

1. ფუტლიარი (ყუთი);
2. ვერტიკალების ჯვარედინი;
3. ეკლიპტიკის ელიფსი;
4. დამკვირვებლის მერიდიანის რგოლი;
5. ვერტიკალის ინდექსი;
6. ჰორიზონტული რგოლი (აზიმუტური წრე).



უცნობი ვარსკვლავის ამოცნობა ცაზე, როდესაც ცნობილია მისი ციური ჰორიზონტული კოორდინატები

ნებისმიერი ამოცანის ამოხსნისთვის საჭიროა უპირველესად გლობუსის დაყენება დამკვირვებლის განედზე და ადგილობრივ ვარსკვლავურ დროზე (ვერძის წერტილის ადგილობრივ საათობრივ კუთხეზე).

მაგალითი 1. 9 სექტემბერი 2001 წლის $ship=18^h31^m$, ათვლითი კოორდინატებია:

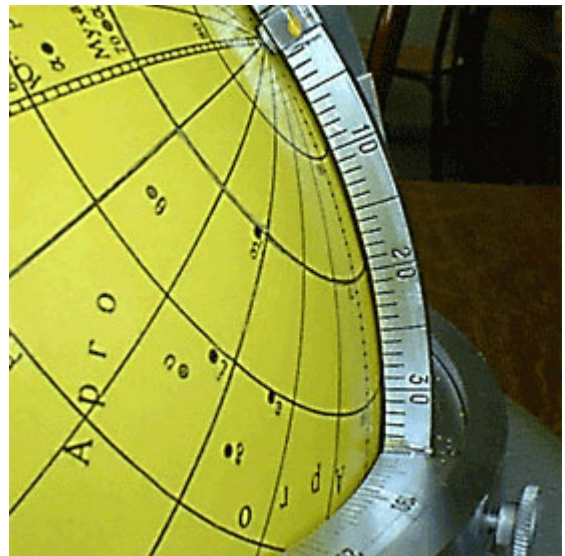
$Lat_c=35^{\circ} 05,0' S$; $Long_c=49^{\circ} 25,0' W$, ვაკვირდებოდით მნათობს, რომლის კოორდინატებია $H=22^{\circ}$ პელენგზე $TB=111^{\circ}$. ამოვიცნოთ მნათობი.

ამოცანის ამოხსნისთვის საჭიროა შემდეგი თანმიმდევრული ოპერაციების შესრულება:

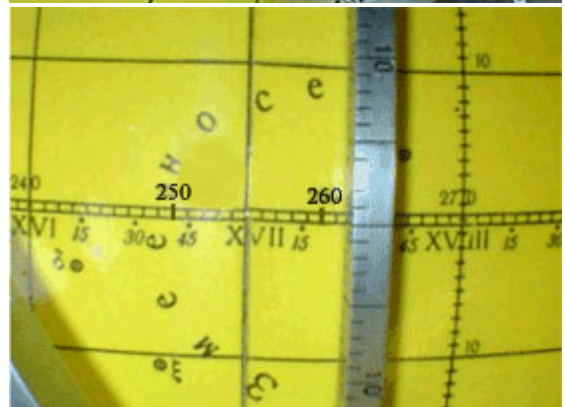
1. “The Nautical Almanac”-ის
 ყოველდღიური ცხრილების მეშვეობით
 გამოვითვალოთ ვერძის წერტილის
 ადგილობრივი საათობრივი კუთხე
 (ვარსკვლავთმძიერი ადგილობრივი დრო)

T_{ship}	18 ^h 31 ^m 09.09	
N_e	+3 ^W	
T_{GR}	21 ^h 31 ^m 09.09	
$+GHA^{\circ}$	303° 58,2'	
GHA°	7° 46,3'	
$-GHA^{\circ}$	311° 44,5'	
$Longc$	-49° 25,0'W	
$S_L = LHA^{\circ}$	262° 23,9'	≈ 262°

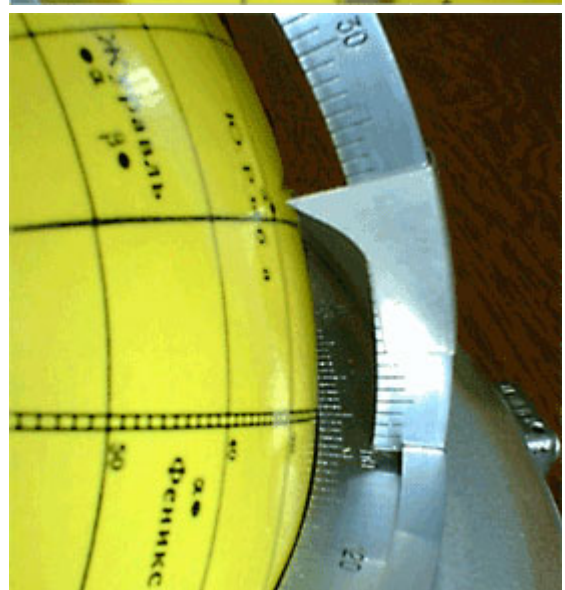
2. ვარსკვლავთგლობუსის დაყენება
დამკვირვებლის განედის მიხედვით.
 ამისთვის საჭიროა ამაღლებული პოლუსი
 ავწიოთ ზევით ჰორიზონტის შესაბამისი
 წერტილიდან ზენიტისკენ რკალით,
 რომელიც დამკვირვებლის განედის
 ტოლია. თუ განედი ჩრდილოეთის
 სახელწოდებისაა – წერტილ N – დან,
 ხოლო თუ სამხრეთის, მაშინ წერტილ S–
 დან ისე რომ, კუთხე სამყაროს ამაღლებულ
 პოლუსსა და ჰორიზონტის წრეს შორის
 იყოს $Lat_c=35^{\circ} 05,0' S$.



ვარსკვლავთგლობუსის დაყენება
ადგილობრივ ვარსკვლავურ დროის
მიხედვით.
 ამისთვის ვაბრუნებთ გლობუსს თავისი
 ღერძის გარშემო ისე, რომ დამკვირვებლის
 მერიდიანს შუაზე მოხვდეს ციური
 ეკვატორის რკალის დანაყოფი, რომელიც
 ტოლია ადგილობრივი ვარსკვლავთმძიერი
 დროის, $S_L=262^{\circ}$.



4. მნათობის ამოცნობა.
 ვერტიკალების ჯვარედინს ვაყენებთ ისე,
 რომ ერთერთი ვერტიკალი დადგეს
 აზიმუტური წრის იმ ათვლის წერტილზე,
 რომელიც ტოლია $=111^{\circ}$, ხოლო
 ვერტიკალის ინდექსს ვაყენებთ $H=22^{\circ}$.
 მაშინ ვერტიკალის ინდექსის ქვეშ
 გლობუსის ზედაპირზე ავლდოვაჩნთ α
 სამხრეთი თევზისა – **Fomalhaut**



პლანეტების დატანა გლობუსზე

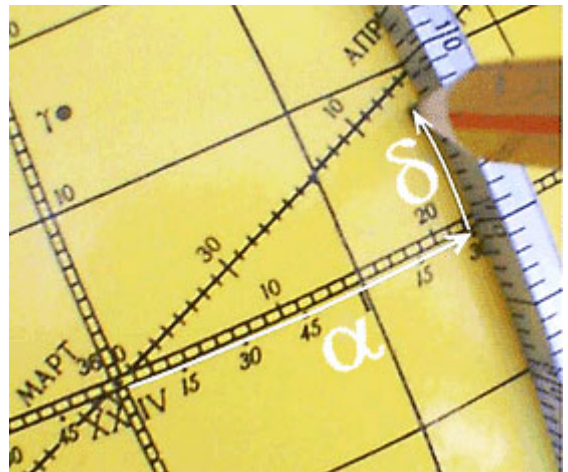
მაგალითი 2. 29 მაისი 2001 წელი. დავიტანოთ გლობუსზე პლანეტა ვენერა შემდეგი თანმიმდევრობით:

124		2001 გ.				Maii 28, 29,			
Typ	რ.შანა	C.თანა		[B.სიგა -4,5]					
29 0	246 35,2	180 40,4	N	21 35,6	225 14,5	N	6 55,7		
1	261 37,6	195 40,3		21 36,0	240 14,9		6 56,4		
2	276 40,1	210 40,2		21 36,4	255 15,2		6 57,0		
3	291 42,6	225 40,1		21 36,8	270 15,6		6 57,7		
4	306 45,0	240 40,0		21 37,1	285 15,9		6 58,3		
B 5	321 47,5	255 39,9		21 37,5	300 16,3		6 59,0		
T 6	336 49,9	270 39,9	N	21 37,9	315 16,6	N	6 59,6		
7	351 52,4	285 39,8		21 38,3	330 17,0		7 00,2		
o 8	6 54,9	300 39,7		21 38,7	345 17,3		7 00,9		
p 9	21 57,3	315 39,6		21 39,1	0 17,7		7 01,5		
H 10	36 59,8	330 39,5		21 39,5	15 18,0		7 02,2		
11	52 02,3	345 39,5		21 39,8	30 18,4		7 02,8		
H 12	67 04,7	0 39,4	N	21 40,2	45 18,7	N	7 03,5		
K 13	82 07,2	15 39,3		21 40,6	60 19,0		7 04,1		
14	97 09,7	30 39,2		21 41,0	75 19,4		7 04,8		
		7x	⊙	⊙	8°58'	[21°3]	0,2		

1. “The Nautical Almanac”-ის

ყოველდღიური ცხრილებიდან ვიპოვოთ Dec= 7° 03,5' N (GR=12h). მოცემულ მაგალითში = 21,3° და Dec = 7° 03,5' N.

2. აბრუნებენ გლობუსის სფეროს ისე, რომ დამკვირვებლის მერიდიანის რგოლთან მოიყვანონ ციური ეკვატორის დანაყოფების ის ნიშნული, რომელიც მოცემული პლანეტის პირდაპირი აღვლენის ტოლია (). მერიდიანის რკალზე გადადებენ ჩრდილო ან სამხრეთ პოლუსისკენ იმის მიხედვით, თუ როგორი სახელწოდებისაა პლანეტის დახრილობა (N ან S) გადადებენ შესაბამისი სიდიდის რკალს Dec = 7° 03,5' N. გლობუსზე აღნიშნავენ პლანეტის ადგილსრბილი ფანქრით. როგორც წესი, პლანეტის ადგილი იქნება ეკლიპტიკის ელიფსთან ახლოს.



მოცემულ დროზე მნათობის ჰორიზონტული კოორდინატების განსაზღვრა

ასრულებენ შემდეგ თანმიმდევრულ მოქმედებებს:

1. გამოითვლიან მოცემულ გრინვიჩის დროს ($GR = T_{ship} \pm \lambda_E^W$) და ხსნიან რუკიდან გემის ადგილმდებარეობის ათვლით კოორდინატებს Lat_c და Long_c.
2. გამოთვლიან ადგილობრივ ვარსკვლავურ დროს $S_L = LHA$ °.
3. აყენებენ გლობუსს განედის და ვარსკვლავთმომიერი ადგილობრივი დროის მიხედვით.
4. ათავსებენ ვერტიკალების ჯვარედინს გლობუსზე ისე, რომ დაციფრული ვერტიკალი ეხებოდეს მნათობს. ვერტიკლის ინდექსი მიჰყავთ მნათობზე და ამოიწერენ მნათობის სიმაღლეს – H და აზიმუტური წრიდან – მნათობის აზიმუტს – .

ბინდში ობსერვაციების დაგეგმვა

სადამოს ბინდში მნათობებზე დაკვირვების დაწყება მოდის სამოქალაქო ბინდის პერიოდის შუა მომენტზე, როდესაც მზე ჰორიზონტის ხაზის ქვევით ჩასულია 3° -ით, ხოლო დილის დაკვირვებების დაწყება კი ნავიგაციური ბინდის შუა მომენტზე, როდესაც მზე ჰორიზონტის ხაზს ქემოთაა - 9° -ით.

მაგალითი 3. 29 მაისი 2001 წ. სადამოს, გემის მიახლოებითი კოორდინატებია $Lat_c = 23^{\circ} 20' S$, $Long_c = 77^{\circ} 04' E$. განვსაზღვროთ სადამოს დაკვირვებების დაწყების გემის დრო – სამოქალაქო ბინდის პერიოდის შუა მომენტი შემდეგი სქემით:

T_T	17 28 ^m	1. შხის ჩასვლა განედზე $Lat = 20^{\circ} S$
ΔT_{Lat}	-6 ^m	2. ინტერპოლაცია განედზე
$\Delta T_{twl/2}$	+12 ^m	გამოვითვალთ სამოქალაქო ბინდის პერიოდის ნახევარი
T_{ship}	17 34 ^m	განვსაზღვროთ სამოქალაქო ბინდის შუა მომენტის გემის დრო
$Long E$	-5 08 ^m	დამკვირვებლის გრძედი საათობრივ ზომებში
T_{GR}	12 26 ^m	დაკვირვების დასაწყისი გრინვიჩის მერიდიანზე
N_{GE}	+5 E	სარტყლის ნომერი
$T_{ship twl}$	17 26 ^m	დაკვირვების დაწყების მომენტი დამკვირვებლის მერიდიანზე

მიღებულ დროზე განვსაზღვრავთ ვერძის წერტილის ადგილობრივ საათობრივ კუთხეს (ვარსკვლავთმომიერი ადგილობრივი დრო):

T_{GR}	12 ^h 26 ^m	
GHA_{γ}^{γ}	67°04,7'	
GHA	6°31,1'	
GHA^{γ}	73°35,8'	
$Long$	77°04,0' E	
$S_L = LHA^{\gamma}$	150°39,8'	≈ 151°

ვაყენებთ გლობუსს განედის მიხედვით, ვინაიდან მოცემულ მაგალითში განედი სამხრეთის სახელწოდებისაა, ვხრით სამყაროს ჩრდილო პოლუსს ქვევით და „ვძირავთ“ ფუტლიარში პოლარულ ვარსკვლავს ჰორიზონტის N წერტილში, ხოლო სამხრეთი პოლუსს შესაბამისად აიწევს ზევით ჰორიზონტის S წერტილიდან რკალით, რომელიც განედის ტოლია ($23^{\circ} S$). ვაყენებთ გლობუსს ადგილობრივი ვარსკვლავთმომიერი დროის მიხედვით (151°). გლობუსის ზედაპირზე ჰორიზონტის ზევით მივიღებთ ვარსკვლავთცას. ვარჩევთ ვარსკვლავებს შემდეგი კრიტერიუმებით:

- ა) შერჩეული ვარსკვლავები უნდა იყოს საკმაოდ კაშკაშა;
- ბ) ვარსკვლავთა სიმაღლეები უნდა იყოს $30^{\circ} - 70^{\circ}$;
- გ) ვარსკვლავები უნდა იყოს განლაგებული თანაზომიერად ჰორიზონტის ყოველ მხარეზე;
- დ) აზიმიუტების სხვაობა მეზობელ ვარსკვლავებს შორის უნდა იყოს:
 - თუ დაკვირვება წარმოებს ორ ვარსკვლავზე – $70^{\circ} - 90^{\circ}$;
 - სამ ვარსკვლავზე – 120° ;
 - ოთხ ვარსკვლავზე – 90° .

შერჩეულ ვარსკვლავებს ვიწერთ ცხრილში.

ვარსკვლავის სახელწოდება	ვარსკვლავედი	A	H
<i>Spica</i>	- <i>Virgo</i>	85°	40°
<i>Canopus</i>	- <i>Argus</i>	220°	40°
<i>Pollux</i>	- <i>Gemini</i>	325°	45°

გამოთვლების დროს შესაძლებელია შეცდომის დაშვება ამიტომ არსებობს კიდევ ერთი საშტურმანო მეთოდი – ვარსკვლავთგლობუსი შეიძლება დავაყენოთ შემდეგნაირად: ცნობილია, რომ სადამოს ბინდის დაკვირვებები მოდის სამოქალაქო ბინდის პერიოდის შუა მომენტზე, როდესაც მზის ჩასვლა ჰორიზონტს ქვევით ხდება 3°; დილის – ნავიგაციური ბინდის პერიოდის შუა მომენტზე, როდესაც მზე იმყოფება ჰორიზონტის ხაზიდან 9°-ით ქვევით. გლობუსის დაყენებისთვის ვასრულებთ შემდეგ თანმიმდევრულ მოქმედებებს:

1. თარიღით დავიტანთ ეკლიპტიკაზე მზის ადგილს.
2. ვაყენებთ გლობუსს განედის მიხედვით.
3. თუ სადამოს ვარსკვლავთცა გვინტერესებს, ვაბრუნებთ გლობუსს ღერძის გარშემო და მოგვყავს მზის წერტილი ჰორიზონტის დასავლეთ წერტილში, რითაც ვახდენთ მზის ჩასვლის მოდელირებას, შემდეგ ამ წერტილს ვუშვებთ ჰორიზონტს ქვევით 3°-ით.
4. თუ გლობუსი უნდა დავაყენოტ დილის ბინდის პერიოდზე, მაშინ მზის წერტილი მიჰყავთ ჰორიზონტის აღმოსავლეთ ნაწილში, რითაც ვახდენთ მზის ამოსვლის მოდელირებას, ხოლო შემდეგ ამოსვლის წერტილს ვუშვებთ ჰორიზონტს ქვევით 9°-ით.
5. ცის სურათის მიღების შემდეგ გლობუსზე ვიწრებთ მნათობების შერჩევას ცნობილი კრიტერიუმებით.

მზით და მთვარით ობსერვაციის დაგეგმვა

ამისთვის საჭიროა შეგვეძლოს გლობუსზე მთავარის დატანა. მზით და მთვარით ობსერვაციისთვის საჭიროა, რომ მთვარის ასაკი შეადგენდეს 4–8 დღეს ან 22–26 დღეს. ყველაზე უკეთესი დრო დაკვირვებისთვის არის მაშინ, როდესაც მზე და მთვარე აღმოჩნდება მერიდიანის სხვადასხვა მხარეზე. ამ შემთხვევაში მიიღწევა აზიმუტების ოპტიმალური სხვაობა. ახალი მთვარის დროს მიახლოებითი დაკვირვების დრო იქნება 15 საათი ($T_{ship}=15^h$), ხოლო ძველი მთვარის დროს – 9 საათი ($T_{ship}=9^h$). განვიხილოთ ეს საკითხი მაგალითზე. მაგალითი 4. 11 ოქტომბერი 2001 წ., Lat= 53°05' N; Long=47°45' W. დავეგეგმოთ დღის ობსერვაცია მზით და მთვარით ერთდროულად.

1. “The Nautical Almanac”-ის ყოველდღიური ცხრილებიდან ვპოულობთ მთვარის ასაკს =23,6^{დღ}, ესე იგი, მზით და მთვარით ობსერვაცია შესაძლებელია. ვსაზღვრავთ დაკვირვების დროს

T_{ship}	9 ^h 00 ^m	10.11
N_{Z}	+3 ^W	
T_{GR}	12 ^h 00 ^m	10.11

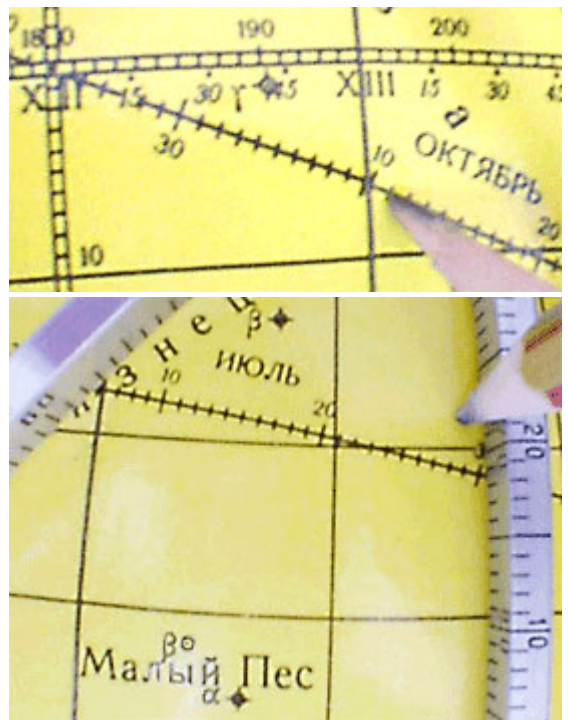
გრინვიჩის მერიდიანზე. ვინაიდან მთვარე ძველია $T_{ship}=9^h$.

3. “The Nautical Almanac”-ის ყოველდღიური ცხრილებიდან ვპოულობთ ვერძის წერტილის საათობრივ კუთხეს გრინვიჩის მერიდიანზე $GHA^r=200^{\circ}08,5'$; მთვარის საათობრივი კუთხე გრინვიჩის მერიდიანზე $GHA^m=71^{\circ}40,2'$ და მისი დახრილობა $Dec^m=21^{\circ}45,8' N$. დროის ძირითადი ფორმულიდან გამოვითვლით მთვარის პირდაპირ აღმავლობას:

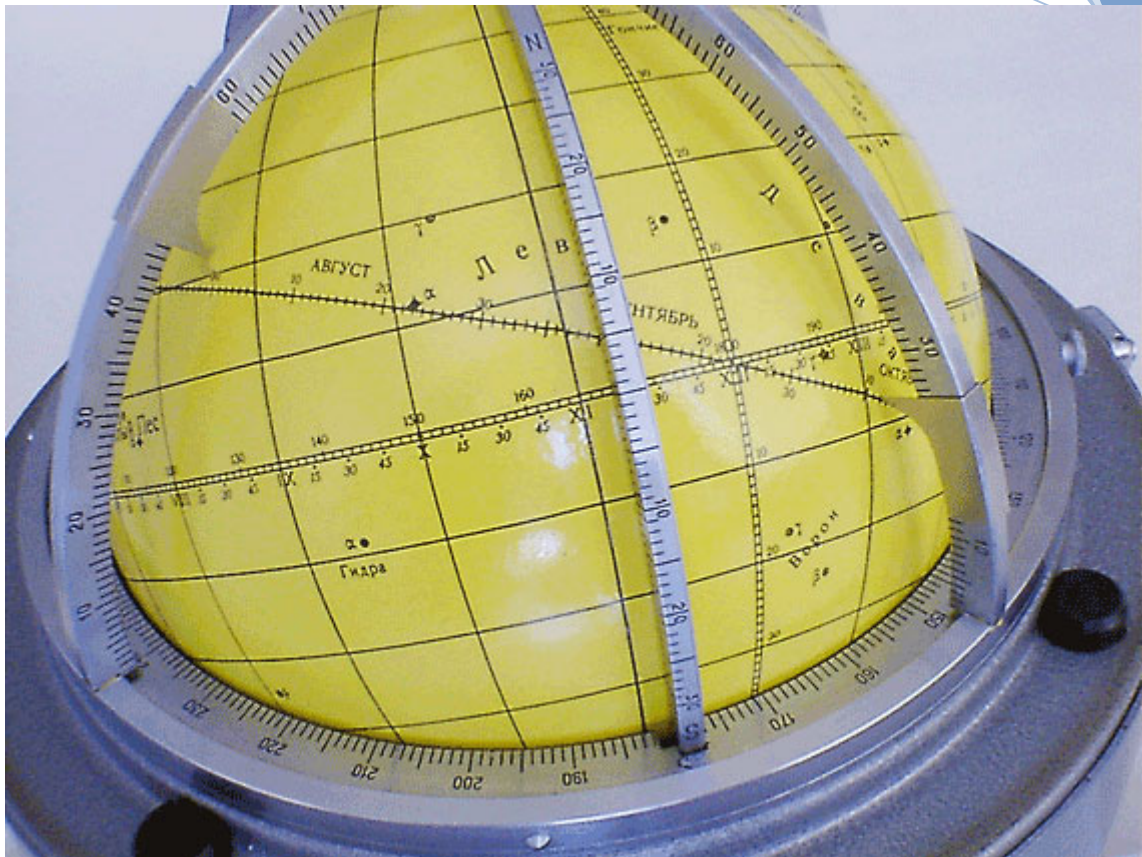
GHA^r	$200^{\circ}08,5'$
- GHA^m	$71^{\circ}40,2'$
α^m	$128^{\circ}28,3'$

$$\alpha^m = GHA^r - GHA^m$$

4. თარიღით (11 ოქტომბერი) ვარსკვლავთგლობუსზე (ეკლიპტიკაზე) დავიტანთ მზის ადგილს.



ისევე როგორც პლანეტას დავიტანთ გლობუსზე მთვარეს მისი კოორდინატებით (იხ. მაგალითი 2) პირდაპირი აღმავლობით ($\alpha^m=128^{\circ}28,3'$) და დახრილობით ($Dec^m=21^{\circ}45,8' N$).



5. ვაყენებთ ვარსკვლავთგლობუს განედის მიხედვით და ვაბრუნებთ მას ღერძის გარშემო ისე, რომ მნათობები განლაგდეს მერიდიანის სხვადასხვა მხარეს აზიმუტების სხვაობით, მათ შორის 60°–120°. შემდეგ იხსნება გლობუსიდან ჰორიზონტული კოორდინატები და იწერება ცხრილში.

GHA ^წ	200°08,5'
- GHA ^ღ	71°40,2'
α ^ღ	128°28,3'

6. მერიდიონალური რგოლის ქვეშ ეკვატორის დანაყოფებზე იხსნება ვარსკვლავთმერი ადგილობრივი დრო LHA^წ = 168°.
7. "The Nautical Almanac"-ის ყოველდღიური ცხრილებიდან ვპოულობთ შესაბამის დროს T_{ship} = T_{GR} ± Long_W^E.

გამოთვლების თანმიმდევრობა და განმარტებები

+	LHA ^წ	168°00,0	1) დასავლეთის გრძედი "+", აღმოსავლეთის - "-"		
	Long	47°52'W			
-	GHA ^წ	215°52,0'			
-	GHA ^{თბ}	215°10,9			
	ΔGHA	0°42,9	← * →	+ T _{GR}	13 ^h 2)
			× 4 = ΔT = 3 ^m	ΔT	03 ^m 3)
				- T _{GR}	13 ^h 03 ^m
				№ z	3 W W -, E +
				T _{ship}	10 ^h 03 ^m 4)

2) ← * → შევდივართ "The Nautical Almanac"-ის ყოველდღიურ ცხრილებში და დაკვირვების თარიღზე ვპოულობთ გრინვიჩის საათობრივი კუთხეს ვერძის

წერტილისთვის (ახლო მდებარე და უმცირესი) და შესაბამისი გრინვიჩის მთელი საათი.

3) საათობრივი კუთხის ნაშთს გამრავლებთ 4–ზე (ვინაიდან $1^\circ = 4$ წუთს) და გადაგვყავს საათობრივ ზომაში, ვლებულობთ დაკვირვების მომენტის წუთებს.

4) გრინვიჩის დროს ვასწორებთ სარტყლის ნომრით და ვლებულობთ დაკვირვების გემის დროს

შენიშვნები

აღნიშნული მეთოდის ათვისების შემდეგ გლობუსის მეშვეობით შეიძლება ობსერვაციების დაგეგმვა მზით, თუ ლაგი ან გიროკომპასი არასაიმედოდ მუშაობს. ამისთვის საჭიროა:

1. თარიღის მიხედვით დავიტანოთ მზე ვარსკვლავთგლობუსის ეკლიპტიკაზე;
2. დავაყენოთ გლობუსი განედის მიხედვით;
3. ჯვარედინის ერთერთი ვერტიკალი მივმართოთ ჭეშმარიტი კურსის მიმართულებით;
4. თუ კომპასის შესწორება არასაიმედოა, გლობუსის მობრუნებით მივაღწიოთ იმას, რომ მზე იყოს გემის დიამეტრალურ სიბრტყეში. თუ ლაგი არასაიმედოა, მივაღწიოთ იმას, რომ მზე იყოს გემის ტრავერსზე.

ვხსნით მერიდიანული რგოლის ქვეშ ეკვატორზე ვარსკვლავურ ადგილობრივ დროს და აღწერილი მეთოდის საფუძველზე ვსაზღვრავთ პირველი დაკვირვების დროს.

ასტრონავიგაციის სახელმძღვანელოს მოკლე განსაზღვრებები და განმარტებები

მნათობის აზიმუტი	A	სფერული კუთხე ზენიტთან დამკვირვებლის მერიდიანის და მნათობის ვერტიკალის სიბრტყეებს შორის, იზომება ჭეშმარიტი ჰორიზონტის რკალით.
მნათობის სიმაღლე	H	კუთხე სფეროს ცენტრში ჰორიზონტის სიბრტყესა და მნათობზე მიმართულებას შორის, იზომება მნათობის ვერტიკალის რკალით ჰორიზონტიდან მნათობამდე.
მნათობის საათობრივი კუთხე	HA	სფერული კუთხე სამყაროს ამაღლებულ პლუსთან დამკვირვებლის მერიდიანსა და მნათობის მერიდიანს შორის, იზომება ციური ეკვატორის რკალით დამკვირვებლის მერიდიანიდან მნათობის მერიდიანამდე.
სიდერიალური საათობრივი კუთხე (ვარსკვლავური დამატება) მნათობის პირდაპირი აღმავლობა (აღვლენა)	SHA	სფერული კუთხე სამყაროს ამაღლებულ პოლუსთან ვერძის წერტილის მერიდიანსა და მნათობის მერიდიანს შორის იზომება ეკვატორის რკალით ვერძის წერტილის მერიდიანიდან მნათობის მერიდიანამდე.
მნათობის დახრილობა	Dec	კუთხე ციური სფეროს ცენტრში ეკვატორის სიბრტყესა და მნათობზე მიმართულებას შორის, იზომება მნათობის მერიდიანის რკალით ეკვატორიდან მნათობამდე ჩრდილო ან სამხრეთ პოლუსისკენ.
ზენიტური მანძილი	Z	კუთხე - სიმაღლის დამატება 90°-მდე.
მზის ხილული ამოსვლა (ჩასვლა)	$\overline{\odot}$	მზის დისკოს ზედა კიდის გამოჩენის ან დამალვის მომენტი ჰორიზონტის ხაზზე.
ადგილმდებარების სიმაღლური ხაზი	LOP	სწორი, პერპენდიკულარული მნათობის აზიმუტისა და გაივლის განმსაზღვრელ წერტილში.
ტოლსიმაღლეთა წრეწირი		მცირე წრეწირი დედამიწის ზედაპირზე, რომლის ნებისმიერ წერტილში ერთი და იგივე მნათობის სიმაღლე დროის ერთ და იმავე მომენტში ერთნაირია.
მთვარის დაბნელება		პერიოდი, როდესაც მთვარე შედის დედამიწის ჩრდილში.
მთვარის კვანძები		მთვარის ხილული ორბიტის და ეკლიპტიკის კვეთის წერტილები.
მთვარისეული თვე (სინოდური)		მთვარის სრული ბრუნის თავის ორბიტაზე დედამიწის გარშემო მზესთან მიმართებაში (29 დღეღამე 12 საათი 44 წუთი 03 წამი)

მნათობთა კულმინაცია	მნათობის მიერ დამკვირვების მერიდიანის კვეთის მომენტები ორჯერ დღელამეში (ზედა და ქვედა კულმინაცია).
მერიდიონალური სიმაღლე	H_m მნათობის მაქსიმალური სიმაღლე ზედა კულმინაციის მომენტზე, ან მინიმალური ქვედა კულმინაციის მომენტზე.
ადგილობრივი საშუალო დრო	T_{⊕L} “საშუალო მზის” ქვედა კულმინაციის მომენტიდან მოცემულ მომენტამდე დროის პერიოდი გამოსახული საშუალო მზისმიერი დროის ერთეულებში.
საზღვაო ასტრონავიგაცია	პრაქტიკული ასტრონომიის ნაწილი, რომელიც განიხილავს ორიენტირებას ციურ მნათობებზე დროში ადგულზე და მიმართულებით გემის მოძრაობის პროცესში.
საზღვაო ნავიგაციური ალმანახი «The Nautical Almanac» ნავიგაციური ვარსკვლავები	ყოველწლიურად გამოცემული ცხრილების კრებული მნათობთა წინასწარ გამოთვლილი ციური კოორდინატებით და სხვა მონაცემებით. შედარებით კაშკაშა და ადვილად გასარჩევი ცაზე ვარსკვლავები, რომლებიც გამოიყენება გემის ორიენტირებისთვის ღია ზღვაში.
ნავიგაციური პლანეტები	ვიზუალური დაკვირვებისთვის კარგად თვალმისაწვდომი პლანეტები (ვენერა, მარსი, იუპიტერი, სატურნი)
ნავიგაციური ბინდის პერიოდი	მზის ჩასვლის შემდეგ დროის პერიოდი, როდესაც მზე ჩაემვება ჰორიზონტს ქვევით 6°-დან - 12°-მდე; მზის ამოსვლამდე მისი გადანაცვლება ჰორიზონტს ქვევით 12°-დან - 6°-მდე; ამ პერიოდებში მკვეთრად ჩანს ჰორიზონტის ხაზი და საკმაოდ კარგად ჩანს ნავიგაციური ვარსკვლავები.
ნადირი	n შვეული ხაზის გაგრძელების კვეთის წერტილი დამხმარე ციურ სფეროსთან დამკვირვებლის ქვევით.
ნუტაცია	მოძრაობა, რომლის შედეგად იცვლება კუთხე დედამიწის მოძრაობის ღერძსა და პრეცესიული მოძრაობის ღერძს შორის.
სამყაროს ღერძი	დამხმარე ციური სფეროს დიამეტრი, რომელიც თანმხვედრი დედამიწის მოძრაობის ღერძისა.
პარალაქსი	P კუთხე მნათობთან, რომელიც ეყრდნობა დედამიწის რადიუსს, გავლებულს დამკვირვებლის ადგილიდან.
მნათობის პარალაქსური სამკუთხედი	სფერული სამკუთხედი, რომლის წვეროებია: სამყაროს ამალეებული პოლუსი (P _N), დამკვირვებლის ზენიტი (Z) და მნათობის ადგილი (C) - მისი პროექცია დამხმარე სფეროზე. სამკუთხედი აკავშირებს ერთმანეთთან მნათობთა ციურ კოორდინატებს და დამკვირვებლის გეოგრაფიულ კოორდინატებს.

მნათობთა ციური კოორდინატების ეკვატორული სისტემა	LHA, Dec	მნათობთა ციური კოორდინატების სისტემა, ორიენტირებული სივრცეში სამყაროს ღერძის მიმართ და რომელშიც მთავარი სიბრტყეებია: დამკვირვებლის ციური მერიდიანის სიბრტყე და ციური ეკვატორის სიბრტყე.
პოლარული მანძილი	p	მნათობის მერიდიანის რკალი სამყაროს ამალღებული პოლუსიდან მნათობამდე 0°-დან -180°-მდე, მისი სახელწოდება მნათობის დახრილობის საპირისპიროა.
შუადღის ხაზი	S _N	წარმოსახვითი ხაზი, რომელზეც იკვეთება ჭეშმარიტი ჰორიზონტის სიბრტყე დამკვირვებლის მერიდიანის სიბრტყესთან.
ზოდიაქოს ზოლი		თანავარსკვლავედთა განლაგების ზოლი, რომელშიც გადის მზის ხილული წლიური მოძრაობის გზა (ეკლიპტიკა).
ზოლური დრო	T _z	ადგილობრივი საშუალო დრო საათობრივი ზოლის ღერძის მერიდიანზე, რომელიც ვრცელდება მოცემული ზოლის მთელ ტერიტორიაზე.
საროსი		მთვარისეული ორბიტის ერთი სრული ბრუნის პერიოდი (18 წელი 11 დღეამე 8 საათი).
ნავიგაციური სექსტანი		ხელის ოპტიკური ხელსაწყო, რომლის მეშვეობით იზომება: მნათობის სიმაღლე ზღვის ხილული ჰორიზონტიდან; ჰორიზონტური კუთხე ორ ორიენტირს შორის გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრის მიზნით; ორიენტირის ვერტიკალური კუთხე.
სექსტანის შესწორება	i	სექსტანის ინდექსის შესწორება საარკვების პარალელობის დარღვევის შემთხვევაში, როდესაც ქარხნის ნულის მდებარეობა ლიმბზე გადაინაცვლებს მარჯვნივ ან მარცხნივ ნულის ნიშნულისგან.
პრეცესია		დედამიწის ღერძის გადაადგილება სივრცეში მთვარისა და მზის გრავიტაციის ძალების ზემოქმედებით. ეკლიპტიკის სიბრტყე არ გადაადგილდება, ეკვატორის სიბრტყე კი ხან ზევით აიწევს, ხან ქვევით ჩამოიწევს, რის შედეგად მნათობთა კოორდინატები განიცდიან ცვლილებებს.
მზის დაბნელება		მთვარით მზის დაფარვა (დედამიწა ხვდება მთვარისეულ ჩრდილში).
„საშუალო მზე“	⊕	ფიქტიური, პირობითი წერტილი, რომელიც მოძრაობს არა ეკლიპტიკაზე, არამედ ეკვატორზე გარკვეული მუდმივი სიჩქარით.
ბინდი		დროის პერიოდი, რომლის პროცესში დედამიწის ზედაპირი სუსტად არის განათებული ატმოსფეროს ზედა ფენებში მზის არეკლილი და გაბნეული სინათლით.

<p>ქრონომეტრის დღეღამური სვლა გაზაფხულის დღეღამტოლობის წერტილი</p>	<p>Υ</p>	<p>ქრონომეტრის შესწორების ცვალებადობა ზუსტად ერთ დღეღამეში. წერტილი ეკლიპტიკაზე, რომელშიც მზე გადმოდის სამხრეთ ნახევარსფეროდან ჩრდილო ნახევარსფეროში, მისი ხილული წლიური მოძრაობის შედეგად.</p>
<p>ზაფხულის მზებუდობის წერტილი</p>	<p>☉</p>	<p>ეკლიპტიკის წერტილი, რომელიც მოშორებულია დღეღამტოლობის წერტილებს ზუსტად 90° ჩრდილო ნახევარსფეროში. აქ მზე იმყოფება კირჩხიბის თანავარსვლავედში. შეინიშნება ყველაზე ხანგრძლივი დღე და მოკლე ღამე.</p>
<p>შემოდგომის დღეღამტოლობის წერტილი</p>	<p>♄</p>	<p>ეკლიპტიკის წერტილი, რომელშიც მზე თავის ხილულ წლიურ მოძრაობაში გადადის ჩრდილო ნახევარსფეროდან სამხრეთ ნახევარსფეროში.</p>
<p>თხის რქის ტროპიკი</p>	<p>♊</p>	<p>მზის მიერ შემოწერილი უკიდურესი სამხრეთი პარალელი თავისი ხილული წლიური მოძრაობის პროცესში.</p>
<p>კირჩხიბის ტროპიკი</p>	<p>♋</p>	<p>მზისმიერ შემოწერილი უკიდურესი ჩრდილოეთი პარალელი, მისი ხილული წლიური მოძრაობის პროცესში.</p>
<p>ტროპიკული წელიწადი</p>		<p>„საშუალო მზის“ ვერძის წერტილში ორი თანმიმდევრული გავლის პერიოდი.</p>
<p>ელონგაცია</p>		<p>პლანეტის მდებარეობის წერტილები ორბიტაზე, სადაც მას ექნება უკიდურესად დიდი კუთხური დაშორება მზისგან.</p>
<p>ეთემერიდები</p>		<p>მზის, მთვარის, პლანეტების და სხვა ციური სხეულების წინასწარგამოთვლილი ციური კოორდინატების ხცხრილები დროის გარკვეულ თანმიმდევრულ მონაკვეთებზე.</p>
<p>სექსტანის ინდექსის შესწორება</p>	<p>i</p>	<p>ალგებრული სხვაობა სკალის ნულნიშნულისა და იმ ანათვალს შორის რომელსაც მივიღებთ ლიმბზე მაშინ, თუ დავამთხვევთ ერთმანეთს ერთი და იმავე მნათობის პირდაპირ ხილულ და ორ ჯერ არეკლილ გამოსახულებებს.</p>
<p>მნათობის პრაქტიკული საათობრივი კუთხე</p>	<p>LHA</p>	<p>საათობრივი კუთხე რომელიც ყოველთვის ნაკლებია 180°-ზე და აიზომება დამკვირვებლის მერიდიანის საშუადღეისო ნაწილიდან ციურ ეკვატორზე E ან W მიმართულებით.</p>
<p>მდებარეობის სიმაღლური ხაზის გადატანა</p>	<p>P</p>	<p>მანძილი ათვლითი წერტილიდან ტოლსიმაღლეთა იმ წრეწირამდე, რომელიც შეესაბამება მნათობის ჭემმარიტ სიმაღლეს (H₀).</p>
<p>განათების პოლუსი</p>		<p>მნათობის ხილული ადგილის პროექცია დედამიწის ზედაპირზე.</p>

სამოქალაქო ბინდის პერიოდი	დროის შუალედი სადამოს მზის ხილული ჩასვლის მომენტიდან იმ მომენტამდე, როდესაც მზე ჩაეშვება ჰორიზონტს ქვევით 6° -ით; დილას დროის პერიოდი, როდესაც მზის დისკოს ცენტრი 6° -დან მოაღწევს ჰორიზონტის ხაზამდე (მზის ხილული ამოსვლის მომენტი).
მნათობის ამოსვლა	მნათობის პარალელის კვეთა დამკვირვებლის ჰორიზონტთან მის აღმოსავლეთ ნაწილში.
მნათობის ჩასვლა	მნათობის პარალელის კვეთა დამკვირვებლის ჰორიზონტთან მის დასავლეთ ნაწილში.
მთვარის ალბედო	მთვარის არეკლითი უნარის ხასიათი.
დრაკონული თვე	დროის საშუალო პერიოდი, რომელსაც მთვარე ანდომებს ერთ და იმავე კვანძში ორ თანმიმდევრულ გავლას (27 დღელამე, 5 საათი, 5 წუთი და 35,8 წამი)
მთვარის ასაკი	დროის შუალედი ახალმთვარეობიდან მთვარის მოცემულ ფაზამდე (დღელამეებში).

ბოლოსიტყვაობა

ასტრონავიგაცია დღეს - ეს არის მეცნიერება გემის ადგილმდებარეობის პრაქტიკული განსაზღვრის და არჩეული უსაფრთხო მარშრუტის შენარჩუნების შესახებ წარსულში, აწმყოში და მომავალში.

ასტრონავიგაციის უმთავრესი გამოსაყენებელი ხელსწყოები დღემდე არის სექსტანი და ზუსტი საათი, ხოლო სახელმძღვანელო - საზღვაო ნავიგაციური ალმანახი “The Nautical Almanac”. ასტრონავიგაციური მეთოდებით გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა ღია ზღვებსა და ოკეანეებში იახტსმენებისთვის, დიდი საოკეანო სატრანსპორტო გემებისთვის, სამხედრო საბრძოლო ხომალდებისთვის დღესაც არის აქტუალური. შეიძლება საკვირველი იყოს მისთვის ვინც ფიქრობს, რომ ავტომატიკა, ელექტრონიკა და თანამგზავრული ნავიგაცია ჩაანაცვლებს ასტრონავიგაციის უძველეს მეთოდებს. რა თქმა უნდა, თანამედროვე განვითარებულმა ტექნიკურმა აღჭურვილობამ გააჩინა ნავიგატორი თავისი შესაძლებლობებით, გაუღვივა მას სიტუაციაში გარკვევის უნარი შედარებით მოკლე დროში და მოუპოვა სწორი გადაწყვეტილების მიღების შანსი - ეს უდავოა, მაგრამ ფაქტი რჩება ფაქტად: ასტრონავიგაცია არის ფუნდამენტალური პროცედურა მრავალ შემთხვევაში. ისიც ფაქტია, რომ ნავიგატორი წარმატებულად გამოიყენებს არსებულ ელექტრონულ ტექნიკას, როცა ეს არის შესაძლებელი და ხელმისაწვდომი. მაგრამ იმ გარემოებაში, როდესაც თანამედროვე ტექნიკის გამოყენება შეუძლებელი ხდება და ნავიგატორი რჩება მარტოდ მარტო თავის საქმესთან, ასტრონავიგაციას შეუძლია მისი სიცოცხლის გადარჩენა და ყველა იმათი სიცოცხლის გადარჩენაც, ვინც იზიარებს ნავიგატორის ბედს. მრავალ შემთხვევაში ასტრონავიგაციური მეთოდები უფრო ზუსტია, ვიდრე ელექტრონული ნავიგაციის მეთოდები.

როგორც სახელწოდებიდან გამდინარეობს, ასტრონავიგაცია იყენებს ციურ მნათობებს ძირითად საშუალებად გემის ადგილმდებარეობის დადგენისთვის ღია ზღვაში - მზეს, მთვარეს, პლანეტებს და გარემომცველ ვარსკვლავებს, ანუ მზის სისტემას. ეს ციური სხეულები ხელმისაწვდომია დაკვირვების მიზნით ყოველი ადამიანისათვის დედამიწის ნებისმიერი წერტილიდან ნებისმიერ დროს უფასოდ ყოველგვარი ნებადართულობის გარეშე, მხოლოდ ის არის საჭირო, რომ ნავიგატორს გააჩნდეს სექსტანი, ზუსტი საათი, ნავიგაციური ალმანახი და მარტივი ცხრილები თავისი დაკვირვებების დასამუშავებლად. მათემატიკური გამოთვლებიც არ ცილდება საშუალო სკოლის პროგრამის ფარგლებს. ნავიგატორს უნდა შეეძლოს შეუცდომლად აწარმოოს მოქმედებები - მიმატება, გამოკლება, გამრავლება, გაყოფა, უმთავრესად, ორნიშნა რიცხვებთან.

წარმატებული ნავიგაციის მთავარი ლოზუნგია - „მუდმივი ყურადღება“.

და კიდევ, მე ხშირად მეკითხებიან სტუდენტები:

- „როგორ უნდა მოვიქცეთ, თუ ცა ღრუბლებით არის დაფარული?“

ვისვენებთ ასტრონავიგაციიდან და ველოდებით უღრუბლო ამინდს. უნდა გვახსოვდეს, რომ ცუდი ამინდის შემდეგ ყოველთვის დგება კარგი ამინდი.

იმ შემთხვევაში, თუ თანამგზავრული ნავიგაციის სისტემები გამოვიდა მწყობრიდან, ლოკალური დაზიანებების ან სხვა მიზეზების გამო, ნავიგატორს უნდა შეეძლოს არასატელიტური ნავიგაციის პოპულარული მეთოდების გამოყენება.

ღია ზღვებში და ოკეანეებში ასტრონავიგაციური მეთოდების ცოდნა და გამოყენების გამოცდილება დღესაც საჭიროა მრავალი ნავიგატორისთვის. ასტრონავიგაციის მეთოდების წარმატებულად გამოყენებისთვის საჭიროა ორი რამ:

პირველი ის, რომ ნავიგატორს უნდა ჰქონდეს სექსტანის სწორად გამოყენების გამოცდილება ღია ზღვის მეტად რთულ ნავიგაციურ პირობებში, ეს კი მიიღწევა მხოლოდ პრაქტიკული მეცადინეობებით.

მეორე ის, რომ ნავიგატორს ჭირდება ციურ სხეულებზე დაკვირვებების და გაზომვების შედეგების მათემატიკური დამუშავება, რაც მიიღწევა ასევე პრაქტიკული მეცადინეობებით.

გამოყენებული ლიტერატურის ჩამონათვალი

1. В.П.Брусенцов «Практическая Мореходная Астрономия» - 2008 г.;
2. Р.Ю. титов; Г.И.Файн «Мореходная Астрономия» - 1984 г.;
3. V.G.Aleksishin; V.T.Dolgochub - «Navigational Astronomy»;
4. Frances W.Wright «Celestial Navigation» - 1983;
5. Of the Deference Courcil (Valum-2 «Astronavigation»)-2004;
6. ე.ხარაძე «ასტრონომია» (პირველი წიგნი);
7. Nautical Almanac (Commercial Edition) – 2008;
8. Norie’s Nautical Tables (Revised Edition) 1994;
9. Brown’s Nautical Almanac – 2008;
10. Мореходные Таблицы (МТ-75).

სარჩევი

შესავალი	1
ასტრონომიის საგანი	3
თავი I. საერთო ცნებები სფერული გეომეტრიიდან.....	4
§ 1. სფერო.....	4
§ 2. სფერული კუთხე	4
§ 3. სფერული სამკუთხედი.....	5
თავი II. მნათობთა მდებარეობის განსაზღვრა სფეროზე	7
§ 4. ციური სფერო.....	7
§ 5. მნათობთა ჰორიზონტული სისტემა	10
§ 6. ციური კოორდინატების ეკვატორული სისტემა	12
§ 7. ციური კოორდინატების მეორე ეკვატორული სისტემა	13
§ 8. ციური სფეროს გამოსახვა და მასზე გრაფიკულად ამოცანების ამოხსნა.....	13
§ 9. პარალაქსური სამკუთხედი.....	15
თავი III. მნათობთა მოძრაობა.....	17
§ 10. მნათობთა ხილული დღედამური მოძრაობა.....	17
§ 11. მნათობთა ციური კოორდინატების ცვალებადობის ხასიათი დღედამური მოძრაობის გამო.....	20
თავი IV. მზის ხილული წლიური მოძრაობა.....	22
§ 12. მზის წლიური მოძრაობის დასაბუთება და მისი ხასიათი.....	22
თავი V. მთვარისა და პლანეტების საკუთარი მოძრაობა.....	27
§ 13. მთვარის საკუთარი მოძრაობის დასაბუთება და ხასიათი.....	27
§ 14. პლანეტების საკუთარი მოძრაობა.....	30
§ 15. ვარსკვლავთა კოორდინატების ცვალებადობა და მისი გამომწვევი მიზეზები.....	35
თავი VI. დროის გაზომვის საფუძვლები.....	38
§ 16. საერთო მოსაზრებები დროისა და მისი გაზომვის შესახებ.....	38
§ 17. დროის ძირითადი ფორმულა	39
§ 18. მზისმიერი დრო. საშუალო მზისმიერი დრო	40
§ 19. დრო სხვადასხვა მერიდიანზე. ადგილობრივი დრო.....	42
§ 20. ზოლური დრო (სარტყლური). საზაფხულო დრო. გემის დრო	43
§ 21. თანაფარდობა საშუალო გრინვიჩის, ზოლურ და ადგილობრივ დროებს შორის.....	46
§ 22. საათის ისრების გადაყვანა გემის მოძრაობის დროს. დროის დემარკაციული ხაზი.....	47
თავი VII. დროის საზომი ხელსაწყოები გემზე.....	49
§ 23. გემის დროის საზომი ხელსაწყოების თავისებურებანი. საზღვაო ქრონომეტრი	49
§ 24. ქრონომეტრის შესწორება.....	50
- ქრონომეტრის მუშაობა და დღედამური სვლა	50
თავი VIII. საზღვაო ასტრონომიული ალმანახი «The Nautical Almanac»	51
§ 25. საზღვაო ასტრონომიული ალმანახის შედგენილობა და შინაარსი	51

§ 26. მნათობის საათობრივი კუთხის და დახრილობის განსაზღვრა.....	52
- ადგილობრივი საათობრივი კუთხე	53
- ვარსკვლავის საათობრივი კუთხისა და დახრილობის განსაზღვრა.....	54
- მზის, მთვარის და პლანეტების საათობრივი კუთხეებისა და დახრილობების განსაზღვრა	55
§ 27. მნათობთა კულმინაციის მომენტის, მზის და მთვარის ამოსვლისა და ჩასვლის მომენტების, ბინდის დაწყებისა და დასრულების მომენტების განსაზღვრა ალმანახის საშუალებით.....	56
§ 28. მზის ხილული ამოსვლისა და ჩასვლის მომენტების განსაზღვრა	57
§ 29. ბინდის დაწყებისა და დასრულების მომენტების განსაზღვრა.....	58
თავი IX. ვარსკვლავებზე დაკვირვებები. მომზადება დაკვირვებისთვის	60
§ 30. ვარსკვლავთცა.....	60
§ 31. ვარსკვლავთ გლობუსი.....	61
- გლობუსის დაყენება დამკვირვებლის განედის მიხედვით	62
- გლობუსის დაფიქსირება ვარსკვლავთმიერი ადგილობრივი დროის მიხედვით	62
თავი X. სექსტანი.....	65
§ 32. საზღვაო სექსტანის აღნაგობა და მისი მეშვეობით კუთხის გაზომვის პრინციპი.....	65
§ 33. ნულის ადგილი ლიმბზე და სექსტანის ინდექსის შესწორება	68
§ 34. სექსტანის ზოგი სხვა ცდომილებები, მათი გამოვლენა და აღმოფხვრა გემზე.	69
§ 35. სექსტანით კუთხეების გაზომვა.....	71
§ 36. მზის სიმაღლის გაზომვა სექსტანით	71
- მთვარის სიმაღლის გაზომვა სექსტანით.....	72
- ვარსკვლავისა და პლანეტის სიმაღლეთა გაზომვა სექსტანით.....	72
§ 37. მერიდიანის სიახლოვეს მნათობის სიმაღლის გაზომვის თავისებურებანი	73
§ 38. ზენიტის „გავლით“ მნათობის სიმაღლის გაზომვა	74
თავი XI. გაზომილი სიმაღლეების შესწორება.....	75
§ 39. ასტრონომიული და მიწის ზედაპირული რეფრაქცია.....	75
§ 40. ხილული ჰორიზონტის დახრილობა და ხილვადობის სხივის დახრილობა	76
§ 41. მნათობის პარალაქსები და ნახევარდიამეტრები.....	77
§ 42. სიმაღლეთა შესწორება ცხრილების საშუალებით.....	79
თავი XII. სიმაღლის გაზომვის დროს დაშვებული შეცდომები და საბოლოო შედეგზე მათი გავლენის შემცირება	80
§ 43. შეცდომათა საერთო მიმოხილვა ასტრონომიული დაკვირვების პროცესში	80
თავი XIII. მნათობთა პარალაქსური სამკუთხედის ამოხსნა	83
§ 44. სფერული ტრიგონომეტრიის ძირითადი ფორმულები.....	83
- მნათობის სიმაღლისა და აზიმუტის ერთდროული გამოსათვლელი ფორმულები	85
თავი XIV. ციურ მნათობებზე დაკვირვებით კომპასის შესწორების განსაზღვრა	86
§ 45. კომპასის შესწორების განსაზღვრის შესახებ საერთო მოსაზრებები	86
§ 46. კომპასის შესწორების განსაზღვრა, როცა მნათობის აზიმუტი გამოითვლება ცხრილებით “Sight Reduction Table”, განთავსებული ალმანახში “The Nautical Almanac”.....	88
§ 47. მნათობის აზიმუტის განსაზღვრა ცხრილებით «NORIE’S NAUTICAL TABLES»	91

§ 48. კომპასის შესწორების განსაზღვრა პოლარულ ვარსკვლავზე დაკვირვებით...	93
§ 49. კომპასის შესწორების განსაზღვრა მზის ხილული ამოსვლის და ჩასვლის მომენტებზე.....	94
§ 50. კომპასის შესწორების განსაზღვრა კალკულატორით სფერული ტრიგონომეტრიის ფორმულების გამოყენებით	95
თავი XV. ზღვაში გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრის საფუძვლები	97
§ 51. იზოხაზები და მდებარეობის ხაზები გემთწამყვანობაში. ტოლსიმაღლეთა წრეწირი.....	97
§52. ტოლსიმაღლეთა წრეწირების გლობუსზე დატანა	99
§ 53. მდებარეობის სიმაღლური ხაზების დატანა მერკატორულ რუკაზე ათვლითი წერტილიდან (სენტ-ილერის მეთოდი)	101
§ 54. სიმაღლური ხაზების ნავიგაციურ რუკაზე და ქალაქზე დატანის მეთოდები. ტოლსიმაღლეთა წრეწირების მიმართ ათვლითი წერტილის მდებარეობის სხვადასხვა შემთხვევები	104
- ადგილმდებარეობის ხაზების დატანა მერკატორულ რუკაზე	105
- ადგილმდებარეობის ხაზების ქალაქზე დატანა	106
§55. სიმაღლისა და აზიმუტის გამოსათვლელი სპეციალური ცხრილები	108
- სიმაღლისა და აზიმუტის გამოთვლა კალკულატორით სფერული ტრიგონომეტრიის ფორმულების გამოყენებით	111
§56. მნათობის სიმაღლისა და აზიმუტის განსაზღვრა ლოგარითმების ცხრილებით	113
- ფორმულები, რომლებიც გამოიყენება მნათობის სიმაღლის და აზიმუტის გამოსათვლელად.....	114
- აზიმუტის ცალკე გამოსათვლელი ფორმულა	116
თავი XVI. ზღვაში გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა მნათობებზე ერთდროული დაკვირვებით	118
§ 57. დაკვირვებისთვის მომზადება და მისი ჩატარება ბინდში.....	118
§ 58. გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა ორ მნათობზე ერთდროული დაკვირვებით ბინდში	119
- მნათობთა სიმაღლეების ერთ ზენიტთან მიყვანა.....	120
- მეთოდის "გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა ორ მნათობზე დაკვირვებით ბინდში" პრაქტიკული შესრულება	121
- ზღვაში გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა მზეზე და მთვარეზე ერთდროული დაკვირვებით	122
§ 59. ადგილმდებარეობის განსაზღვრა ზღვაში სამ ან ოთხ მნათობზე ერთდროული დაკვირვებით	122
- გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა დღისით მზეზე დაკვირვებით	124
- მზეზე დაკვირვების ყველაზე უფრო ხელსაყრელი დროის შერჩევა	124
§ 60. გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა ზღვაში მზეზე სხვადასხვა დროული დაკვირვებით - მეთოდის პრაქტიკული შესრულება.....	125
თავი XVII. გემის ადგილმდებარეობის კოორდინატების ან თვით ადგილის განსაზღვრის ცალკეული შემთხვევები.....	127
§ 61. ადგილმდებარეობის განედის განსაზღვრა მზის მერიდიანული (უდიდესი) სიმაღლით – მეთოდის დასაბუთება	127

§ 62. გემის ადგილმდებარეობის მხოლოდ განედის მერიდიანული სიმაღლით განსაზღვრის პრაქტიკული შესრულება	129
§ 63. მხოლოდ განედის განსაზღვრა პოლარულ ვარსკვლავზე დაკვირვებით.....	129
§ 64. პოლარულ ვარსკვლავზე დაკვირვებით განედის განსაზღვრის მეთოდის პრაქტიკული შესრულება	130
§ 65. დაბალ განედებში გემის ადგილმდებარეობის მზეზე დაკვირვებით განსაზღვრის დროს სიმაღლური ხაზების მეთოდის გამოყენების თავისებურებანი	131
§ 66. ასტრონომიული დაკვირვებების დაჩქარებული დამუშავების მეთოდი ადგილმდებარეობის განსაზღვრა მზის შესაბამისი სიმაღლეებით	133
§ 67. გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა, როდესაც მზის სიმაღლე 88° მეტია..	135
- გემის ადგილმდებარეობის მხოლოდ განედის განსაზღვრა მზის მერიდიანული (უდიდესი) სიმაღლით	139
პრაქტიკული საკითხები (დამატებები და მაგალითები).....	143
● ვარსკვლავთცა და ვარსკვლავების შერჩევა დაკვირვებისთვის	143
● ვარსკვლავთა საკუთარი სახელები ინგლისურ ენაზე	153
● ეკვატორული კოორდინატები	154
● სფეროს საერთო მოძრაობის დახასიათება	155
● მნათობის ზენიტში გავლის პირობა	155
● ციური სფეროს დღეღამური მოძრაობის თავისებურებები სხვადასხვა განედებში	156
● მზის წლიური ხილული მოძრაობა	157
● მზის დღეღამური მოძრაობის თავისებურებანი სხვადასხვა განედებში	158
● ამოცანა მზის წლიურ ხილულ მოძრაობაზე	160
● მთვარის საკუთარი მოძრაობა	161
● მთვარის ფაზები.....	162
● მთვარის ასაკი	164
● პლანეტების მოძრაობა	164
● ვარსკვლავთმიერი დრო (მაგალითი)	165
● მზის ზედა და ქვედა კულმინაციების მომენტების განსაზღვრა (მაგალითი).....	165
● მზის ამოსვლისა და ჩასვლის მომენტების განსაზღვრა (მაგალითი)	165
● მთვარის კოორდინატების განსაზღვრა (მაგალითი)	166
● მთვარის ზედა კულმინაციის მომენტის განსაზღვრა (მაგალითი)	166
● მთვარის ქვედა კულმინაციის მომენტის განსაზღვრა (მაგალითი)	166
● სექსტანის ინდექსის შესწორების განსაზღვრა (მაგალითი)	167
● მზის ობსერვირებული სიმაღლის განსაზღვრა (მაგალითი)	167
● ვარსკვლავის ობსერვირებული სიმაღლის განსაზღვრა (მაგალითი)	168
● ფორმულები სიმაღლისა და ზიმუტის ერთდროული განსაზღვრისთვის (მაგალითი)	168
● კომპასების შესწორების განსაზღვრა ღია ზღვაში ასტრონავიგაციური მეთოდებით (ამოცანა)	169
✚ კომპასის შესწორების განსაზღვრა მზეზე დაკვირვებით	169
✚ კომპასის შესწორების განსაზღვრა ვარსკვლავზე დაკვირვებით	170

✚ კომპასის შესწორების განსაზღვრა ცხრილებით «Norie's Tables»	171
✚ კომპასის შესწორების განსაზღვრა მზის ხილული ამოსვლის ან ჩასვლის მომენტზე	172
✚ კომპასის შესწორების განსაზღვრა პოლარულ ვარსკვლავზე დაკვირვებით	172
✚ კომპასის შესწორების განსაზღვრა «GPS»-ინდიკატორის მეშვეობით	173
✚ კომპასის შესწორების განსაზღვრა სფერული ტრიგონომეტრიის ფორმულების გამოყენებით და კალკულატორით	173
🌍 გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა ორ მნათობზე (ვარსკვლავზე) ერთდროული დაკვირვებით	175
🌍 გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა მზეზე სხვადასხვადროული დაკვირვებით (ამოცანა)	177
🌍 გემის ადგილმდებარეობის მხოლოდ განედის განსაზღვრა პოლარულ ვარსკვლავზე დაკვირვებით	177
🌍 დროის დიდი შუალედების გაზომვა	178
➤ მნათობის ცაზე ამოსაცნობი მოწყობილობა – Star Finder N.P. 323	180
➤ საზღვაო ქრონომეტრი	186
➤ სექსტანი	190
➤ ვარსკვლავთგლობუსი	196
ასტრონავიგაციის სახელმძღვანელოს მოკლე განსაზღვრებები და განმარტებები	204
ბოლოსიტყვაობა	209
გამოყენებული ლიტერატურის ჩამონათვალი	211