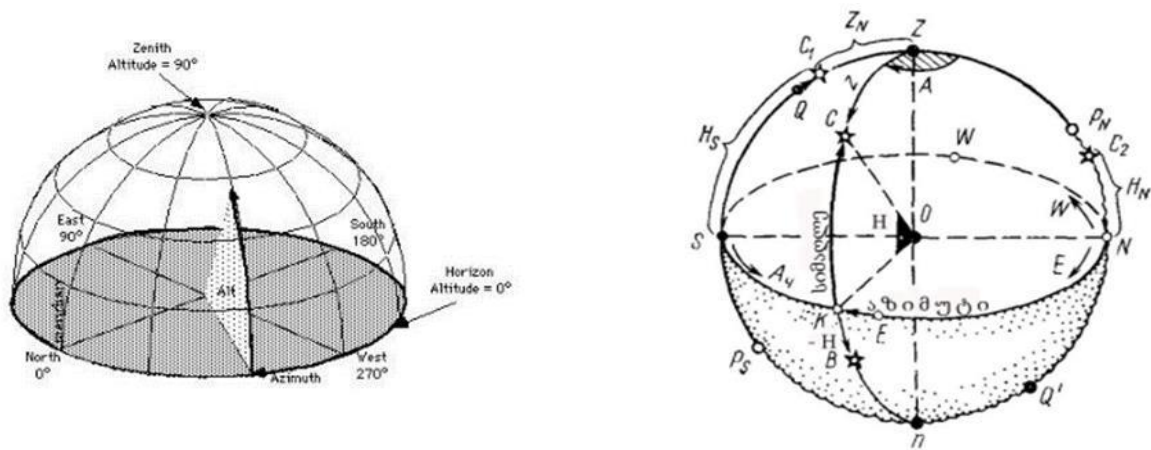


# ციური სფერო, მნათობთა ჰორიზონტარული სისტემა, ციური კოორდინატების ეკვატორული სისტემა და მეორე ეკვატორული სისტემა. პარალაქსური სამკუთხედი

## 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  $0^\circ$ -დან  $360^\circ$ -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 ( $A_5$ ) - იზომება შუადღის ხაზის ორივე ბოლოდან, ანუწერტილებიდან  $N$  ან  $S$ , აღმოსავლეთის ან დასავლეთის მიმართულებით მნათობის ვერტიკალამდე  $0^\circ$ -დან  $180^\circ$ -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:  $A_5 = N105^\circ E$  ან  $A_5 = 105^\circ N E$ . პრაქტიკაში მიღებულია ნახევარწრიული აზიმუტის პირველი სახით ჩაწერა.

მეოთხედური აზიმუტი ( $A_\theta$ ) - იზომება ჭეშმარიტი ჰორიზონტის რკალით შუადღის ხაზის ორივე ბოლოდან აღმოსავლეთის ან დასავლეთის მიმართულებით მნათობის ვერტიკალამდე  $0^\circ$ -დან  $90^\circ$ -მდე. მეოთხედური აზიმუტის ჩაწერა შეესაბამება კომპასის ფირფიტის მეოთხედურ დაყოფას. ანუ  $A_\theta = 75SE$  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  $0^\circ$ -დან  $90^\circ$ -მდე. მაგალითად,  $C$  - ვარსკვლავისთვის სიმაღლეა  $< KOC = \cup KC$ , 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  $H_M = 25^\circ N$ .

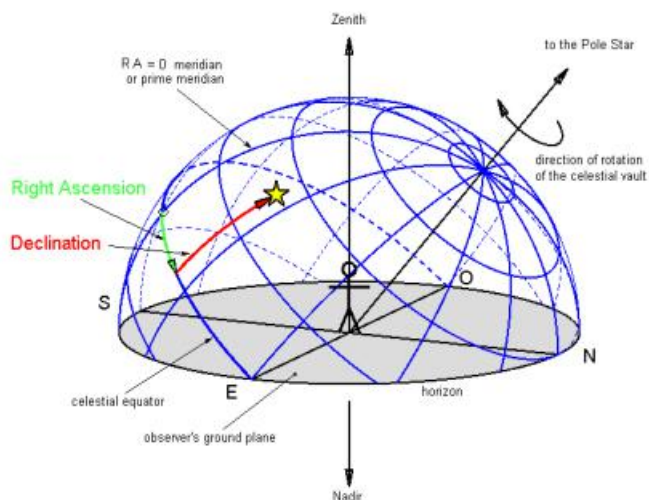
ზოგ შემთხვევაში სიმაღლის ნაცვლად იყენებენ ვერტიკალის რკალს ზენიტიდან მნათობამდე ანუ სიმაღლის დამატებას  $90^\circ$ -მდე. ამ რკალს (ნახაზზე  $\cup ZC$ ) ზენიტურ მანძილს ( $Z$ ) უწოდებენ.

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 დღედამის განმავლობაში იცვლება. იცვლება აგრეთვე დამკვირვებლის ადგილის ცვლასთან დაკავშირებითაც. აქედან გამომდინარე, ჰორიზონტული კოორდინატების განსაზღვრა ხდება გარკვეული გეოგრაფიული ადგილისთვის და დროის გარკვეული მომენტისთვის.

# ციური კოორდინატების ეკვატორიული სისტემა

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



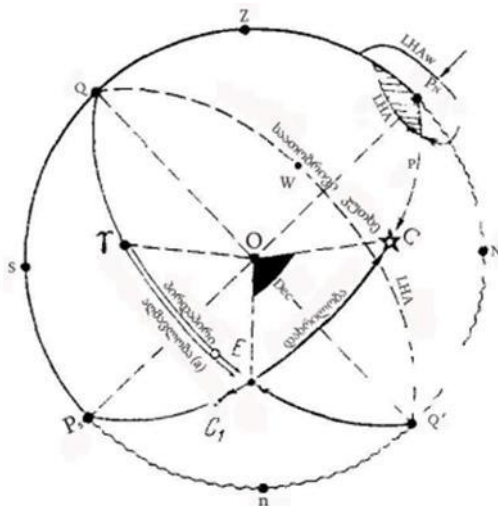
საათობრივი კუთხე (LHA) - ეს არის სფერული კუთხეამდლებულ პოლუსთან დამკვირვებლის მერიდიანის საშუაღდელსო ნაწილიდან მნათობის მერიდიანამდე. საათობრივი კუთხეები იზომება ციური ეკვატორის რკალით საშუაღდელსო წერტილიდან (Q) დასავლეთის მიმართულებით (W) მნათობის მერიდიანამდე 0°-დან 360°-მდე. მიღებული საათობრივ კუთხეს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

## Equatorial Coordinates and Rotation of the sky

ამოხსნისას, თუ საჭიროა 180°-ზე ნაკლები სიდიდის საათობრივი კუთხე, მაშინ დასავლური სახელწოდების ეს კუთხე გადაჰყავთ აღმოსავლურში ძალიან მარტივად: პოლუსოზენ 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



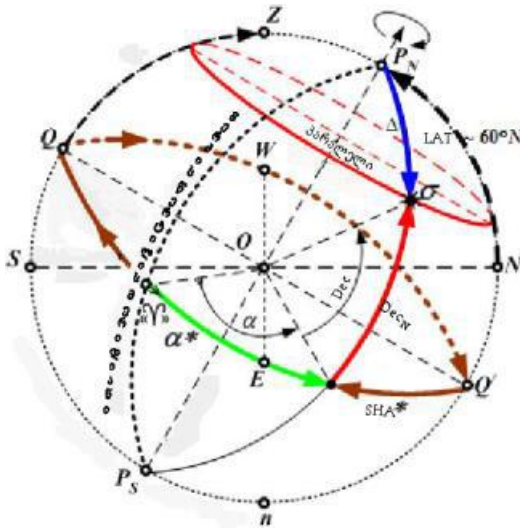
ნახ 9. მნათობის ეკვატორული კოორდინატები

ჩრდილო ნახევარსფეროშია, ან სამხრეთ პოლუსის მიმართულებით - მაშინ, შესაბამისად, დახრილობა იქნება სამხრეთის სახელწოდების და, ესეიგი, მნათობი სამხრეთ ნახევარსფეროში მდებარეობს.

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 C<sub>1</sub>-ის კოორდინატებია შესაბამისად  $LHA = 220^{\circ}W = 140^{\circ}E$ ;  $Dec = 10^{\circ}S$ .

## ციური კოორდინატების მეორე ეკვატორული სისტემა

ამ სისტემაში საწყისი წრეწირებია ციური ეკვატორი და გაზაფხულის დღედამტოლობის წერტილის მერიდიანი. ამ მერიდიანის მდებარეობა დამოკიდებულია მზის წლიურ მოძრაობაზე.



მნათობის ადგილმდებარეობა მეორე აკვატორულ სისტემაში განისაზღვრება კოორდინატებით - პირდაპირი აღვლენით ( $\alpha$ ) და დახრილობით ( $Dec$ ).

პირდაპირი აღვლენა ( $\alpha$ ) - ეს არის სფერული კუთხე ამაღლებულ პოლუსთან გაზაფხულის დღედამტოლობის წერტილის ( $\gamma$ ) მერიდიანსა და მნათობის მერიდიანს შორის. პირდაპირი აღვლენა იზომება ციური ეკვატორის რკალით გაზაფხულის დღედამტოლობის წერტილიდან მნათობის მერიდიანამდე აღმოსავლეთის მიმართულებით, ანუ საათის ისრის მოძრაობის

ნახ. 10 მეორე ეკვატორული სისტემა

საპირისპიროდ  $0^\circ$ -დან  $360^\circ$ -მდე. (ნახ.10)

დახრილობა ( $Dec$ ) - ეს კოორდინატი უკვე იყო

განხილული. ამგვარად, მეორე ეკვატორული სისტემა იმ უპირატესობით სარგებლობს, რომ დღედამტორობის მოძრაობის შედეგად არც პირდაპირი აღვლენა და არც დახრილობა არ იცვლის თავის მნიშვნელობას.

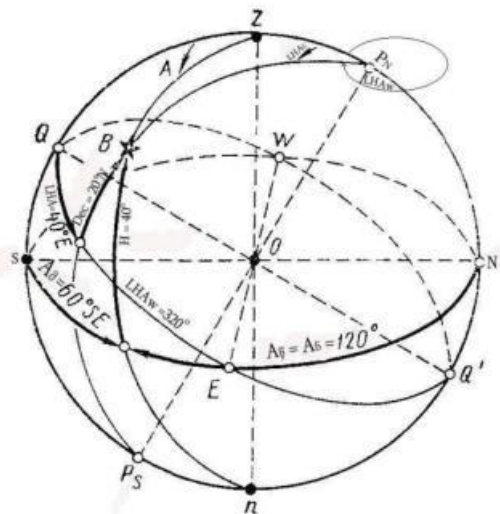
## ციური სფეროს გამოსახვა და მასზე გრაფიკულად ამოცანების ამოხსნა

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 გვაძლევს იმის შესაძლებლობას, რომ ვაწარმოოთ მიახლოებითი გადასვლა მნათობთა კოორდინატების ერთი სისტემიდან მეორეში (ამოცანების ზუსტი ამოხსნა ხდება სფერული ტრიგონომეტრიის მეთოდებით).

ასტრონავიგაციაში მიღებულია ციური სფეროს ორი ძირითადი გამოსახვა:

ცენტრით დამკვირვებლის თვალში, ანუ ადგილობრივი გამოსახვა და ცენტრით



ნახ.11. ამოცანა სფეროს აგებაზე



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 პუნქტირით;
- კოორდინატების ან მათი დამატებების რკალები გადაიდება  $5^\circ$ -ის სიზუსტით, თვალით, 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 საპოვნნი 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 ამალღებული 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 ( $A_8=80^\circ SE$ ), 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  $360^\circ$ -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  $90^\circ$ -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.

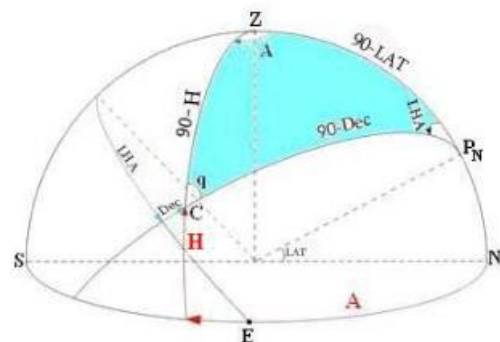
**პარალაქსური სამკუთხედი**

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  $\alpha$  -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

56 Dec, α.

ნახ...-ზე მოცემულია ციური სფერო თავისი ძირითადი წერტილებით. ეს ნახაზი შეესაბამება დამკვირვებლის ჰორიზონტს, რომელიც მოცემულ განედზე ( $\varphi$ ) იმყოფება. დიდი წრეწირის რკალები -  $P_N Z = 90^\circ - LAT$  ;  $P_N C = 90^\circ - Dec$  და  $ZC = 90^\circ - H$  ქმნიან სფერულ სამკუთხედს



ნახ.12 პარალაქსური (პოლარული)

ორც ან  
სამკუთხედ ელემენტები გამოისახება  
სამკუთხედი ჰორიზონტულ და ეკვატორულ სისტემათა

კოორდინატებისა და ადგილის განედის საშუალებით ( $\angle \text{NZC} = 180^\circ - A$ ).

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 ძირითადი ფორმულა:

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

მსმონ  $\Delta P_N CZ$  -დან:

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

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:

$$\cos \cup ZC = \cos \cup P Z \cdot \cos \cup P C + \sin \cup P Z \cdot \sin \cup P C \cdot \cos \angle ZP_N C$$

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

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 ძირითადი ამოცანა შეიძლება ამოიხსნას პარალელური 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.