

# მთვარის საკუთარი მოძრაობა და ხასიათი. პლანეტების საკუთარი მოძრაობა. კეპლერის კანონები. ვარსკვლავთა კოორდინატების ცვალებადობა.

## მთვარისა და პლანეტების საკუთარი მოძრაობა 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).



ამასთანავე, თავისი ამოზნექილობით ზოგ პერიოდში აღმოსავლეთისკენ, ზოგში კი დასავლეთისკენაა მიქცეული. ვინც კარგად აკვირდება მთვარეს იმასაც შენიშნავს, რომ დასავლეთისკენ ამოზნექილი „ნამგალი“ ცაზე სადამოობით 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 შუალდამით 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 მიმოქცევების მაქსიმუმდე გაძლიერებაში. კვადრატურებში კი, პირიქით, ურთიერთმიმზიდავი ძალების სიმძლავრე ეცემა მინიმუმამდე და შესაბამისად დედამიწის ზედაპირზე მიმოქცევის დროს წყლის დონეც კლებულობს.

მთვარის საკუთარი მოძრაობის მიმართულება ისეთივეა, როგორც მზის. სივრცეში მთვარის მოძრაობის ორბიტის მდებარეობა იცვლება, ამიტომ კუთხე მთვარის ორბიტასა და ეკლიპტიკას შორის ასევე ცვალებადია და საშუალოდ  $5^{\circ}08'$ -ის ტოლია. შეერთების ხაზიც გადაადგილდება ციური სფეროს მოძრაობის მიმართულებით, დაახლოებით  $19.3^{\circ}$ -ით წელიწადში, ხოლო სრულ ბრუნს გააკეთებს  $18.6$  წლის პერიოდში.

დღელამის განმავლობაში თავის ორბიტაზე დედამიწის გარშემო მთვარე ვარსკვლავთან მიმართებაში  $13.2^{\circ}$  გაივლის, ხოლო მზესთან მიმართებაში -  $12.2^{\circ}$ . 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  $360/13.2 = 27$  დღელამეს,  $7$  საათს და  $32$  წუთს (დამრგვალებით

$27.32$  დღელამე) - ასეთი ხანგრძლივობის თვეს სიდერიული, ანუ ვარსკვლავთმომიერი ეწოდება. ანალოგიური პერიოდი მზესთან მიმართებაში შეადგენს  $= 29$  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)  $\Omega$  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 ისევ 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. გამოდის, 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:  $ას = N^{\circ}დ + N^{\circ}თ + მრ$ ,

სადაც :  $N^{\circ}დ$  - დღის ნომერი თვეში;

$N^{\circ}თ$  - 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).

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  $90^{\circ}$ -თან. ბოლო მეოთხედში მზე და მთვარე ჩანან ერთად დილით ასევე აზიმუტების სხვაობით  $90^{\circ}$ -თან ახლოს. ეს პერიოდები (ჯამში 6-7 დღელამე ნებისმიერ თვეში) ხელსაყრელია ასტრონავიგაციური ამოცანების ამოხსნისთვის გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრაზე მთვარისა და მზის ერთდროული დაკვირვების მეთოდით.

## პლანეტების საკუთარი მოძრაობა მზის

გარშემო მოძრაობენ პლანეტები-  
სფეროსმაგვარი ციური სხეულები,  
რომლებიც ისევე, როგორც მთვარე,

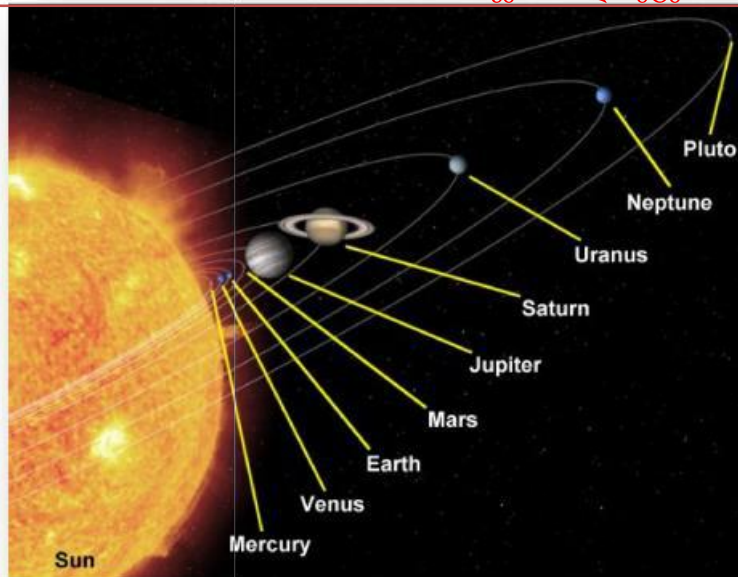
ნათდებიან მზის არეკლილი  
შუქით. მათი ორბიტები კეპლერის კანონის  
მიხედვით წარმოადგენს ელიფსებს  
შეკუმშვის სხვადასხვა ხარისხით და  
დედამიწის ორბიტასთან მიმართებაში  
დახრილობის სხვადასხვა კუთხით.

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.



სქემა 2: პლანეტების პარამეტრები მზის სისტემაში



პლანეტა	ასტრონომიული ნიშანი	საშუალო დiameterი კმ	დახრილობა დედამიწის ორბიტის სიბრტყის მიმართ	მზის გარშემო მოქცევის პერიოდი	ორბიტაზე მოძრაობის საშუალო სიჩქარე, კმ/წმ	სიმკვრივე კგ/მ³	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

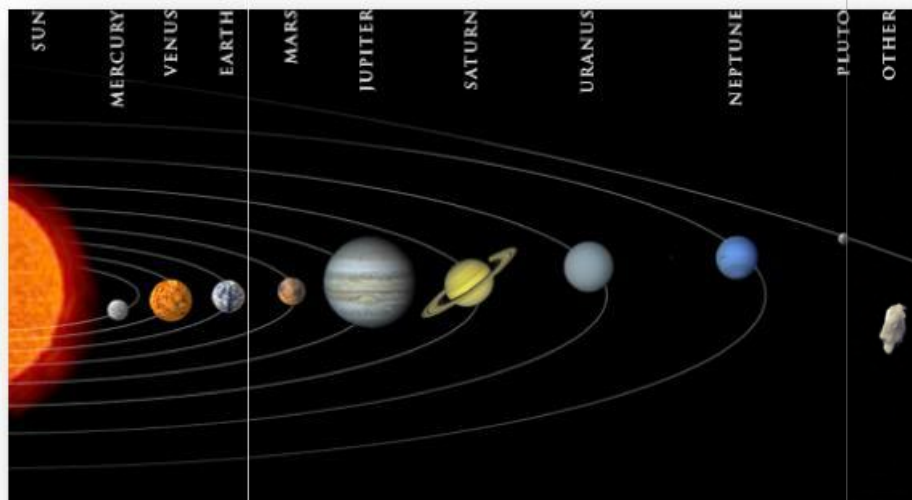
ზედა პლანეტებს შეუძლიათ დაშორდნენ მზის სფეროზე ნებისმიერი კუთხით 0°-



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 სადამოს, 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 თვალს 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 დღედამურ 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.

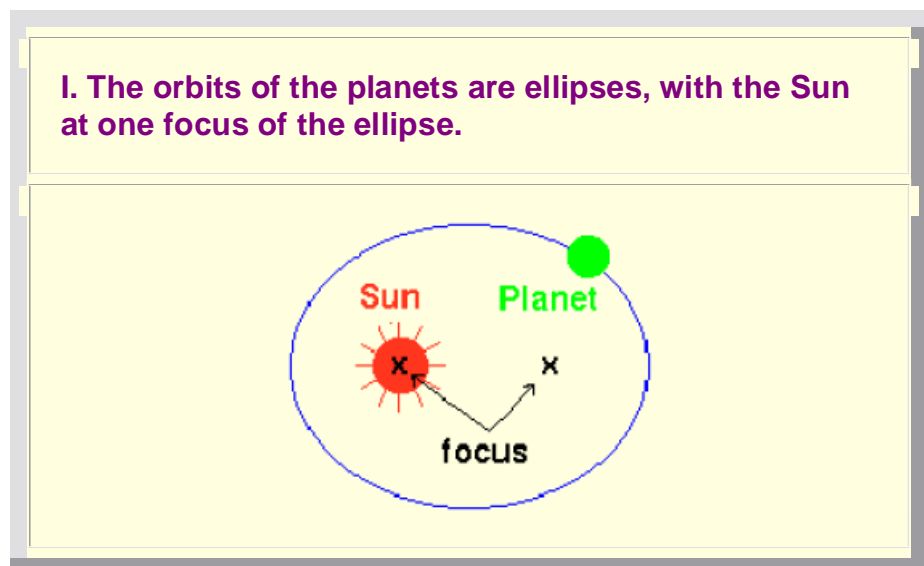
პლანეტების მოძრაობას ახასიათებს სამი ზოგადი კანონზომიერება, რომლებიც პირველად იოჰან კეპლერმა აღმოაჩინა. მან მიაკვლია მათ არა თეორიული და დინამიკური ანალიზით, არამედ - ემპირიული გზით. ის განიხილავდა ძირითად მარსის მოძრაობაზე დაგროვილ დაკვირვებათა ერთობლივ მონაცემებს.

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

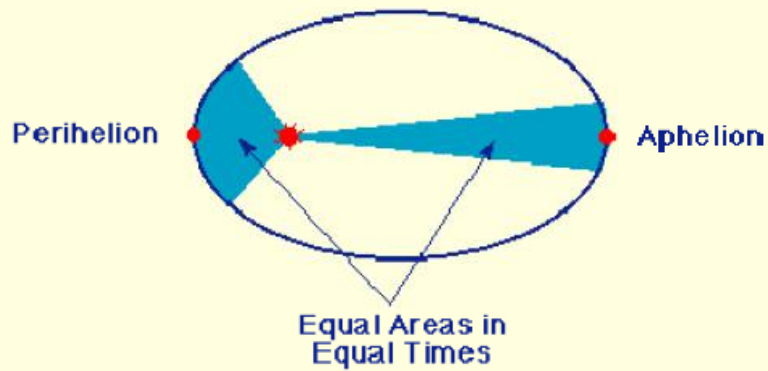
$$t_1^2 : t_2^2 = a_1^3 : a_2^3$$

#### 1) კეპლერის I კანონი



2) კეპლერის II კანონი

**II. The line joining the planet to the Sun sweeps out equal areas in equal times as the planet travels around the ellipse.**



3) კეპლერის III კანონი

**III. The ratio of the squares of the revolutionary periods for two planets is equal to the ratio of the cubes of their semimajor axes:**

$$\frac{P_1^2}{P_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3}$$

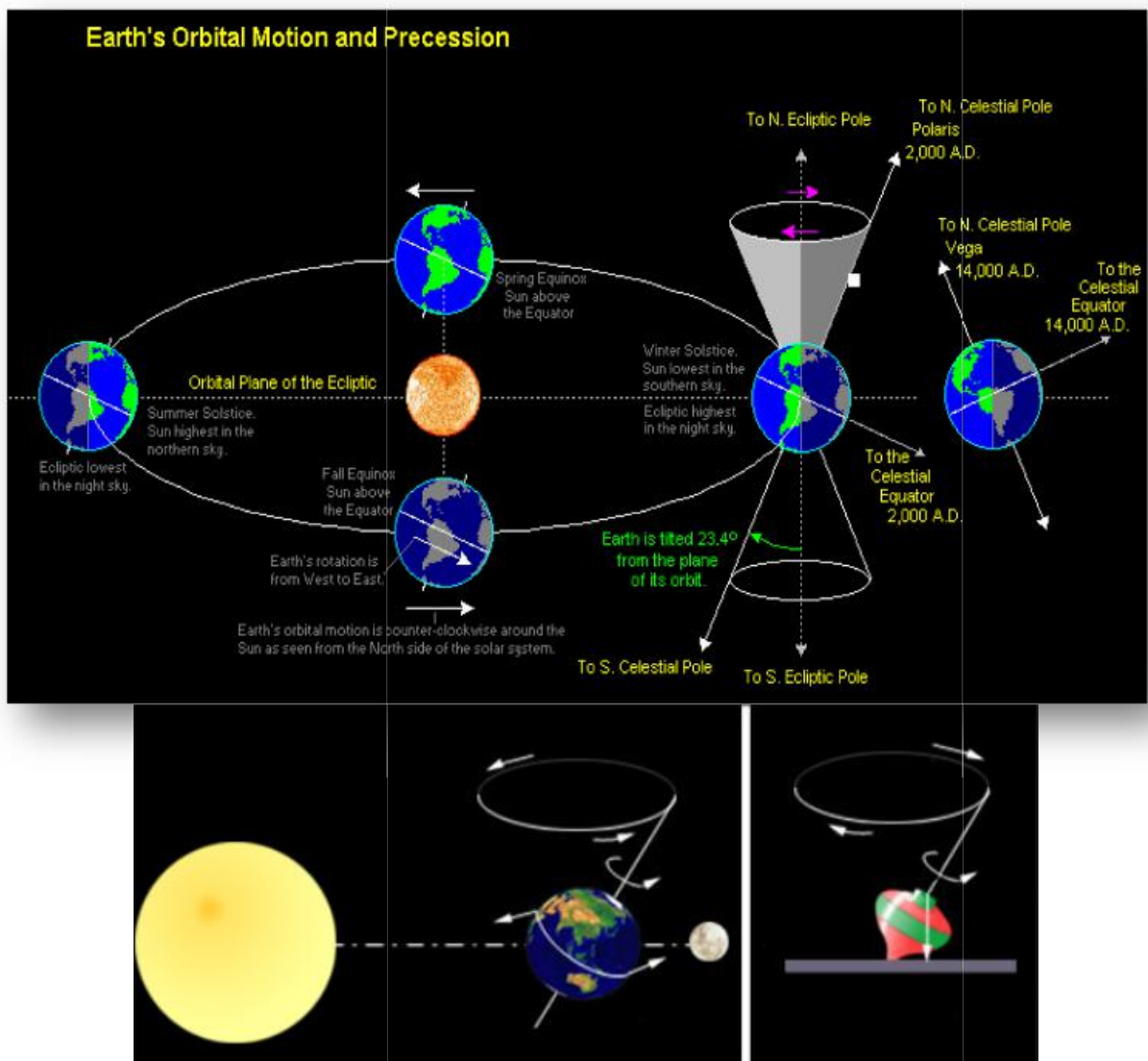


## ვარსკვლავთა კოორდინატების ცვალებადობა და მისი გამომწვევი მიზეზები

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 ( ) და დახრილობა ( ), ძალიან ნელა, მაგრამ მანაც 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

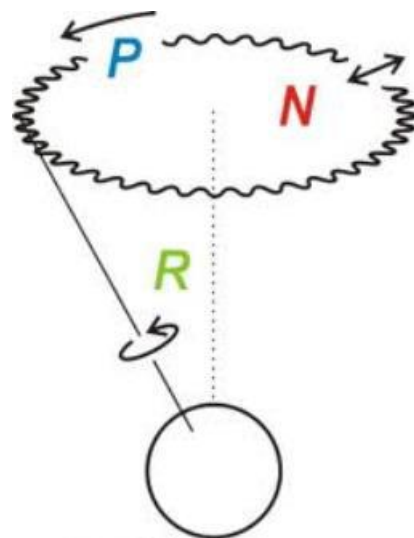
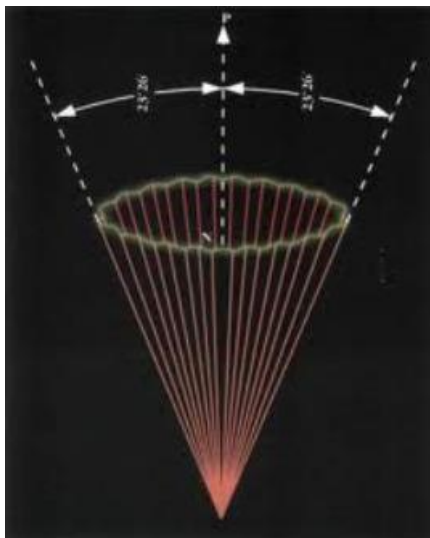


ნახ.26 მზის და მთვარის მიზიდულობის ზემოქმედება დედამიწაზე იწვევს მისი ღერძის პრეცესიულ მოძრაობას

მდგომარეობებს და ასე შემდეგ, ციური ეკვატორი შესაბამისად ჩაიწევს ერთი

მზრიდან და აიწევს მეორე მზრეს. ვერძის წერტილი ( $\Upsilon$  - ეკვატორის ეკლიპტიკასთან კვეთის წერტილი), - გადაადგილდება ეკლიპტიკაზე მზის წლიური მოძრაობის საპირისპირო მიმართულებით და გაივლის 50.3'' ყოველწლიურად. ამრიგად სრულ ბრუნს სფეროზე სამყაროს ღერძი მოახდენს  $=25800$  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.



ნახ28. პრეცესია და ნუტაცია

პრეცესია და ნუტაციის ფიზიკური მიზეზი იმაში მდგომარეობს, რომ მზრუნავ 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 ( და ) წლიურ პერიოდში  $1'$  ფარგლებში იცვლება, რაც გათვალისწინებულია აღმანახის 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.