

ფიზ.-მათ. მეცნიერებათა დოქტორი

ნინო კაჭახიძე

მზის სისტემის ევოლუცია და პლანეტა დედამიწა

(ლექციების კურსი ბაკალავრიატის სტუდენტებისათვის)

1. ვარსკვლავთშორისი გარემო და გალაქტიკა

კოსმოსური სივრცის კვლევა საუკუნეების განმავლობაში მიმდინარეობს პრიმიტიული მეთოდებით დაწყებული და თანამედროვე თანამგზავრებით დამთავრებული.

ძველი შეხედულებებით ყველა, დიდ თუ პატარა ციურ სხეულში კონცენტრირებული იყო სამყაროს მთელი მატერია, ხოლო მათ შორის სიცარიელე წარმოიდგინებოდა.

მე-XX სკ-ის 30-იან წლებში დამტკიცდა, რომ ვარსკვლავთშორისეთის სივრცეში მატერია სხვადასხვა სახით არსებობს, კერძოდ, მთელ სივრცეში გაბნეული ძირითადად მყარი, უწყვილესი კოსმოსური “მტვრისა” და გაზის სახით.

ზოგადად, ვარსკვლავთშორისი სივრცე მეტად გაიშვიათებული გარემოა. კერძოდ, 1 კმ³ მოცულობაში შეიძლება 500-მდე ისეთი უმცირესი ნაწილაკის არსებობა ვიგულისხმობთ, რომელთა დიამეტრი რამდენიმე მიკრონის ტოლია. ეს კი იგივეა, რაც გაზის ერთი ან ორი ატომის არსებობა 1 სმ³ მოცულობაში.

საპლანეტათაშორისი სივრცის შემადგენელი უმცირესი ნაწილაკების ბუნების შესახებ ცოტა რამ თუ ვიცით. სავარაუდოა, რომ ისინი წარმოადგენენ სხვადასხვა ნივთიერების, უმთავრესად კი წყლის შეყინულ კრისტალებს, რომელშიც ამონიუმი, მეთანი და უფრო მძიმე ნივთიერება, ლითონიც კი ურევია.

უკანასკნელ წლებში ვარსკვლავთშორისეთ სივრცეში დამატებით კიდევ სხვადასხვა ნივთიერებაა აღმოჩენილი, მათ შორის რამდენიმე ათეული ორგანული ნივთიერების მოლეკულაც.

როდესაც ვსაუბრობთ ვარსკვლავთშორისეთის სივრცის კოსმოსურ მტვერსა და გაზზე, ვგულისხმობთ გარემოს, რომელიც მოიცავს მთელ სივრცეს, თუმცა ის იზოტროპული არ არის: მას ზოგან მეტი, ზოგან ნაკლები სიმკვრივე აქვს. არათანაბარი სიმკვრივის გამო ეს გარემო ადგილ-ადგილ, შემკვრივებული ღრუბლების ან ნისლეულების სახით წარმოგვიდგება.

ასეთი ”ნაგლეჯ-ნაგლეჯი” ღრუბლების სახით გავრცელებულ სივრცეში და მის ერთიან განაწილებაში მაინც არსებობს მსხვილმასშტაბიანი კანონზომიერება: კოსმოსური მტვერი უფრო მეტად თავმოყრილია გალაქტიკის ეკვატორული სიბრტყის ანუ სიმეტრიის სიბრტყის გასწვრივ,

ხოლო მისგან ორივე მხარეს, ორივე პოლუსის მიმართულებით, მისი კონცენტრაცია თანდათან მცირდება.

ჩვენი გალაქტიკა სამყაროს მხოლოდ უმცირესი ნაწილია. ის წარმოადგენს ვარსკვლავების, ვარსკვლავთშორისი აირისა და მტვრის დისკოსებურ დაჯგუფებას, რომელსაც ირმის ნახტომის სახით ვხედავთ.

ერთ-ერთი ჰიპოთეზის თანახმად, გალაქტიკა წარმოიშვა ტურბულენტური გაზური ღრუბლის გრავიტაციული კოლაპსის შედეგად და შესაძლოა, რომ ეს მალევე მოხდა, მას შემდეგ, რაც საწყის “დიდ აფეთქებას” ჰქონდა ადგილი.

მეტეორიტების ქიმიური ანალიზით დადგენილი ურანის და თორიუმის იზოტოპების და მათი პროდუქტების გაზნევა კოსმოსში გვაძლევს საშუალებას ვივარაუდოთ, რომ გალაქტიკა წარმოიშვა სულ ცოტა 5 მილიარდი წლით ადრე მანამ, სანამ მზის სისტემის ფორმირება მოხდებოდა.

ირმის ნახტომის შემადგენლობაში შედის 10^{11} ვარსკვლავი. დასაშვებია მათ შორის არსებობდეს მილიონიდან მილიარდამდე პლანეტა, სადაც სიცოცხლე შესაძლებელი.

აღსანიშნავია, რომ მთელი გალაქტიკის სივრცეში ყველა ვარსკვლავს, ერთად აღებულს, ვარსკვლავთშორისეთის სივრცის მხოლოდ 10^{-21} ნაწილი უკავია.

მზე თავისი პლანეტების სისტემით გალაქტიკის გარე ნაწილში მდებარეობს. ის გალაქტიკის ცენტრიდან 27 ათასი სინათლის წელიწადითაა დაშორებული და მის ირგვლივ 230 კმ/წმ სიჩქარით ბრუნავს. სრულ გარშემოვლას ის გალაქტიკის ირგვლივ 220 მილიონ წელიწადს ანდომებს.

არა მარტო მზე, არამედ ყველა სხვა ვარსკვლავი გარემოიქცევა გალაქტიკის ცენტრის მიმართ. შეგვიძლია ჩავთვალოთ, რომ გალაქტიკა, როგორც მთლიანი, ბრუნავს თავისი ცენტრის ირგვლივ.

გალაქტიკის მასის უმეტესი ნაწილი მზის ორბიტის შიგნით მოიაზრება, ამიტომ შეიძლება ჩაითვალოს, რომ ორბიტის ცენტრში, გალაქტიკის ბირთვის ცენტრალურ წერტილში, თავმოყრილია გალაქტიკის მთელი მასა.

არსებობს გალაქტიკათა მილიონობით რაოდენობა, რომლებიც, როგორც დაკვირვებები გვიჩვენებს, ჩვენგან 4500 მილიონი სინათლის წელიწადითაც კი არის დაშორებული (ერთი სინათლის წელიწადი დაახლოებით 10^{13} კმ-ია). დღეისათვის ისეთი ობიექტებიცაა აღმოჩენილი, რომელიც ჩვენგან 12 მილიარდი სინათლის წელიწადითაა დაშორებული.

2. მზის სისტემის ევოლუცია და ბუნებრივი პირობების ფორმირების ფაქტორები

მზის სისტემის ევოლუციის შესახებ რეალური წარმოდგენების შესაქმნელად აუცილებელია მის ქიმიურ და ფიზიკურ შედგენილობაზე ვიმსჯელოთ თანამედროვე კვლევების ღრმა ანალიზზე დაყრდნობით.

მზის სისტემის ევოლუციის სრული აღწერისას, თუკი ასეთი საერთოდ შესაძლებელია, ყურადღება უნდა მივაქციოთ ყოველ დანაკვირვებ ფაქტს. გარდა ამისა უნდა გამოვიყენოთ შესაძლებლობა, რათა აღვადგინოთ წარსულის შედარებით რეალური სურათიც.

თანამედროვე აღიარებული კონცეფციების უდიდესი ნაწილი მზის სისტემის ევოლუციის შესახებ გარკვეულ უზუსტობებს მოიცავს, რაც თვით ავტორების მიერაა აღიარებული.

პლანეტების წარმოშობის ჰიპოთეზა პირველად შემოთავაზებული იყო მე-18 სკ-ის ბოლოს, ფრანგი მათემატიკოსის ლაპლასის (1749-1827) მიერ, რომელიც ცნობილია ნებულარული (ნისლოვანი) თეორიის სახელით.

ლაპლასის წარმოდგენა პლანეტების წარმოშობის შესახებ, რაღაც საკითხებში ემთხვეოდა შედარებით ადრე, კანტის (1724-1804) მიერ წამოყენებულ ჰიპოთეზას, თუმცა მათ შორის იყო პრინციპული განსხვავება: საკითხი ძირითადად ეხება პირველსაწყისი ნისლოვანი ღრუბლის თავდაპირველ ტემპერატურულ მდგომარეობას.

კანტის მიხედვით თავდაპირველი ნისლოვანი ღრუბელი უნდა ყოფილიყო ცივი, ხოლო ლაპლასის მიხედვით, გაზური მტვრის ღრუბელი თავიდან უნდა ყოფილიყო გავარვარებული, რომელიც პლანეტის ჩამოყალიბების პირობებში თანდათან უნდა გაცივებულიყო.

ნებულარული ჰიპოთეზის თანახმად ბრუნვის შედეგად შებრტყელებული ნისლოვანება, რომელიც გაიშვიათებულ მატერიას წარმოადგენდა, ნელ-ნელა ცივდებოდა და იკუმშებოდა.

ვარსკვლავთშორისი ნივთიერების ურთიერთმიზიდვის ძალების გავლენით გამოწვეული კუმშვა თავდაპირველად ახდენდა პროტოვარსკვლავების თავმოყრას, რომლებიც უფრო გვიან თვითონ მკვრივდებოდნენ და ახალგაზრდა ვარსკვლავებად იქცეოდნენ. ამ დროს გამოთავისუფლებული გრავიტაციული ენერგია ვარსკვლავს ათბობდა, რის გამოც ის ნათებას იწყებდა. საბოლოო ჯამში შინაგანი ტემპერატურა იმდენად დიდი ხდებოდა, რომ ის საკმარისი იყო ბირთვული რეაქციების დასაწყებად. ვარსკვლავი წყვეტდა კუმშვას და იკავებდა თავის ადგილს “მთავარ მიმდევრობაზე”.

ამ ჰიპოთეზის თანახმად, მარსისა და იუპიტერის თანამედროვე ორბიტებს შორის “შესქელება” ვერ მოხერხდა და ერთი პლანეტის ნაცვლად, მათ შორის წარმოიშვა ასტეროიდების სიმრავლე.

იგულისხმებოდა, რომ მატერიის ყველაზე დიდი დარჩენილი ნაწილის კუმშვის შედეგად წარმოიშვა მზე.

სავარაუდოა, რომ მზემ ვარსკვლავთშორისი ნივთიერებებისაგან შეკუმშვის სტადია 4500 მილიონი წლის წინათ და უფრო ადრეც კი გაიარა.

არსებობს ამ იდეის საწინააღმდეგო ჰიპოთეზაც, რომლის მიხედვითაც პლანეტების წარმოშობა განპირობებული უნდა ყოფილიყო კატასტროფული მოვლენებით, მაგალითად მზესთან მეორე ვარსკვლავის მიახლოებით, ანდა იმ ზეახალი ვარსკვლავის აფეთქებით, რომელიც მზესთან ახლოს იმყოფებოდა.

თვლიან, რომ ამ მოვლენების გამო მზიდან გაზური ნაკადის “ამოქაჩვა” უნდა მომხდარიყო, რომელიც მოგვიანებით კონდენსირდებოდა პლანეტებში.

ყველა არსებულ ჰიპოთეზას აქვს თავისი გადაუწყვეტელი საკითხი, მაგრამ მზის სისტემის კატასტროფებით წარმოშობის ჰიპოთეზები აწყდება სიმძნელებს, რომელთა გადალახვა და ახსნა შეუძლებელი ხდება.

ერთ-ერთი მათგანი, როგორც მაქსველმა მოგვიანებით დაასაბუთა, იმაში მდგომარეობს, რომ აიროვანი ნაკადები, საკმაოდ გაწეილი და ცხელი, რომლისგანაც უნდა წარმოქმნილიყო პლანეტები, წესით დაახლოებით ერთი საათის განმავლობაში უნდა გაფანტულიყო სივრცეში. ე.ი. აიროვანი ნაკადები ბევრად უფრო ადრე გაიფანტებოდა სივრცეში, ვიდრე ის მოასწრებდა გაცივებას იმისათვის, რომ კონდენსაცია დაწყებულიყო.

ყველაზე დიდი საქმე, რაც შეეძლო გაეკეთებინა “კატასტროფულ” ჰიპოთეზას, ეს ის არის, რომ ამ ჰიპოთეზამ აღიარა მზის ღრუბლის არსებობა. ასეთი ღრუბელი კი ნებისმიერ შემთხვევაში წარმოადგენს კონდენსაციის დასაწყის სტადიას.

ნებულარული ჰიპოთეზა კარგ თანხმობაშია ვარსკვლავთა წარმოშობის თანამედროვე შეხედულებებთან და შეუძლია მზის სისტემის აგებულების ბევრი თავისებურების ახსნა. თუმცა მასაც გააჩნია ნაკლები-გაურკვეველი რჩება ბევრი ისეთი საკითხი, რომელიც დაკავშირებულია, მაგალითად მოძრაობის რაოდენობის მომენტების განაწილებაზე: იუპიტერს, თავისი გიგანტური მასით, გააჩნია მთელი მზის სისტემის მოძრაობის რაოდენობის მომენტის მხოლოდ და მხოლოდ 0,6 %. ოთხი გიგანტური პლანეტა მთელი მზის სისტემის მოძრაობის რაოდენობის მომენტის 98 % -ს განაპირობებს, ხოლო დედამიწის ჯგუფის პლანეტები – 0,2 % -ს. მზე კი, რომლის მასა 1 000 – ჯერ მეტია იუპიტერის მასაზე, ისე ნელა ბრუნავს, რომ მისი მოძრაობის რაოდენობის მომენტი მთელი მნიშვნელობის 2 % -ს შეადგენს.

პლუტონის გარდა ყველა პლანეტა ბრუნავს თითქმის წრიულ ორბიტაზე, ამ ორბიტათა სიბრტყეები თითქმის თანხვედრიან ერთმანეთს

და პლანეტები ბრუნავენ მზის ირგვლივ იმ მიმართულებით, რა მიმართულებითაც მოძრაობს თვით მზე.

თანამგზავრთა დიდი ნაწილი მოძრაობს ორბიტებზე, რომლებიც თავთავიანთი პლანეტების ეკვატორულ სიბრტყეებს ემთხვევა და ბრუნავენ პლანეტების ბრუნვის მიმართულებით (უკუღმა ბრუნავს მხოლოდ ვენერა და ურანი, მაგრამ ურანი ბრუნავს არა მარტო უკუღმა, არამედ ამოყირავებულ მგდომარეობაშიც).

მზის სისტემის წარმოშობის შესახებ თეორიამ უნდა ახსნას არა მარტო მზის, პლანეტების, თანამგზავრებისა და ა.შ. არსებობა, არამედ მათი მოძრაობის მიზეზიც.

პლანეტების ევოლუციისათვის, სხეულთა ფორმირების დროს აუცილებელია მოხდეს მათი “მომარაგება” გარკვეული ენერგიით. ასეთი ენერგიის წყაროებია:

1. მზის ენერგია.

ცნობილია, რომ მზის ენერგია პლანეტაზე ხვდება ორი სახით: ელექტრომაგნიტური ტალღის (მზის რადიაცია) და კორპუსკულარული გამოსხივების (მზის ქარი) სახით.

მზის რადიაცია პლანეტაზე ქმნის სითბურ ველს. ამ სითბური ველის სიდიდე დამოკიდებულია არა მარტო იმაზე, თუ რა რაოდენობის მზის რადიაცია მოდის პლანეტაზე, არამედ იმაზეც, თუ თვით პლანეტას, მისი შემადგენილობის მიხედვით, რა უნარი აქვს შთანთქას ეს ენერგია, ანუ აქვს თუ არა ატმოსფერული და წყლის გარემოები. მაგ.: მერკური შედარებით ყველაზე ახლოა მზესთან, მაგრამ იმის გამო, რომ არ გააჩნია ატმოსფერო და ჰიდროსფერო, დაცემულ ენერგიას აირეკლავს და უკან აბრუნებს კოსმოსურ სივრცეში.

მარსი 4-ჯერ უფრო შორსაა მზისგან, ვიდრე მერკური. მის ერთეულ ზედაპირულ ფართზე ხვდება მზის რადიაციის 16-ჯერ უფრო ნაკლები ენერგია, ვიდრე მერკურზე, მაგრამ მარსზე ეკზოგენური პროცესები ინტენსიურია იმიტომ, რომ გააჩნია ჰაეროვანი გარსი და ჰიდროსფერო, თუმცა მარსზე თხევადი წყალი აღმოჩენილი არ არის.

დედამიწა მერკურსა და მარსს შორისაა და მისი გარემო კარგად შთანთქავს მზის რადიაციას. თვლიან, რომ დედამიწაზე მოსული მზის რადიაცია შედარებით სრულად შთანთქმდება.

1. მეტეორიტული ბომბარდირება.

ეს ეფექტი შედარებით შესუსტებულია ისეთ პლანეტებზე, რომლებსაც გააჩნიათ ატმოსფერო და წყლის გარემო. ამ მიზეზით, მეტეორიტული ბომბარდირების ეფექტი მთვარეზე ძლიერია.

მთვარეზე არსებული კრატერები გიგანტი მეტეორიტების მთვარეზე დაცემის კვალია. ასეთი გიგანტი მეტეორიტების დაცემის დროს მთვარიდან ამოიგლიჯება მასები ისეთი სიჩქარით, რომ მთვარის

მიზიდულობა მათ ვერ აკავებს და ისინი კოსმოსში გაიტყორცნებიან. ასეთი გამოტყორცნილი მასები ქმნიან კრატერების ნათებას.

დაცემული მეტეორიტების დიდი კინეტიკური ენერგია გადადის სითბურ ენერგიაში, რომელიც არა მარტო გახურებას იწვევს, არამედ ამ არეების აორთქლებასაც.

კინეტიკური ენერგიის ნაწილი შინაგანი რეაქციების შედეგად გადადის გრავიტაციულ ენერგიაში, რაც შემდგომში ტექტონიკურ მოძრაობებს განაპირობებს.

ცნობილია, რომ დედამიწაზე ბომბარდირების ეფექტი სუსტია. აქ უფრო ენდოგენური პროცესებია ძლიერი იმდენად, რომ მეტეორიტების ბომბარდირების ეფექტი დედამიწაზე თითქმის წაშლილია. ფიქრობენ, რომ ეს კვალი ჯერ კიდევ ძველ გეოლოგიურ ერაშია წაშლილი, დაახლოებით 3,5 მლრდ. წლის წინ. მთვარეზე კი ენდოგენური პროცესები იმდენად სუსტია, რომ მასზე 4 მლრდ. წლის წინ მეტეორიტული ბომბარდირების კვალია შერჩენილი.

პლანეტების ევოლუციის პროცესი იყოფა რამდენიმე ძირითად ფაზად:

I. აკრეციის ფაზა.

აკრეციის ფაზად თვლიან პლანეტის ჩანასახის წარმოშობას. Nნებულარული თეორიის მიხედვით წარმოშობილი პლანეტის ჩანასახები ანუ პლანეტაზიმალები შემდგომში გარდაიქმნენ პლანეტად, მაგრამ არა ყველა მათგანი. პლანეტად მხოლოდ ის პლანეტაზიმალები გარდაიქმნენ, რომლებიც სწრაფად მოძრაობენ. გამოთვლებით დადასტურებულია, რომ დედამიწამ თავისი მასის 97% მოაგროვა 17 მლნ. წლის განმავლობაში.

II. დნობის ფაზა.

დნობის ფაზა დგება აკრეციის ფაზის შემდეგ და ის წარმოადგენს პლანეტების გარე არეების დნობის პროცესს. ეს ფაზა დგება აკრეციის ფაზის დამთავრებისთანავე, როდესაც პლანეტაზე ეცემა მეტეორიტების უმრავლესი რაოდენობა და ხდება დიდი სითბური ენერგიის გამოყოფა.

საინტერესოა, რომ დნობის ფაზა პირველად მთვარისთვის იყო დადგინილი. მასზე აღმოჩნდა მაგმური წარმოშობის პირველადი ქანები (ანორტიზიტები) ანუ ისეთი ქანები, რომლებიც მაგმური დნობის შემდეგ დაკრისტალდნენ. ამ ქანების ასაკი დაახლოებით 4,3 – 4,6 მლრდ. წელია.

ფიქრობენ, რომ ანალოგიურ პროცესებს ადგილი უნდა ქონდეს ამ ჯგუფის ყველა პლანეტისათვის.

რაც შეეხება დედამიწას, ვარაუდობენ, რომ აკრეციის ფაზის შემდეგ მოხდა დედამიწის მთელი მასის მთლიანად დნობა, რასაც სიმკვრივის მიხედვით ნივთიერებების (მასების) დიფერენციაცია მოჰყვა და ამის შემდეგ ჩამოყალიბდა დედამიწის ბირთვი, გარსი და ქერქი.

ასეთი დნობის პროცესის დროს ხდებოდა პლანეტიდან გაზისა და წყლის აორთქლება.

იმ პლანეტებმა, რომლებსაც ატმოსფერო და ჰიდროსფერო გააჩნიათ, თავიანთი მიზიდულობის გამო შეძლეს აორთქლებული მასების შეკავება თავიანთ ზედაპირთან ახლო არეებში (დედამიწა, ვენერა).

მერკურმა და მთვარემ ეს ვერ შეძლო. მათგან აორთქლებული გაზისა და წყლის მასები კოსმოსში იკარგებოდა.

რაც შეეხება მარსს (აქ საუბარია მზის სისტემის შიგა ჯგუფის პლანეტებზე), მას დნობის პროცესში ქონდა საკმაოდ მკვრივი ატმოსფერო, მაგრამ შეწყდა რა მისი წიაღიდან გაზისა და წყლის აორთქლება, მარსის ატმოსფერო საკმაოდ გაიშვიათებული გახდა.

ვარაუდობენ, რომ დნობის პერიოდში პლანეტებზე არ უნდა ყოფილიყო არცერთი წვეთი წყალი, რადგან დიდი ტემპერატურების გამო ის უნდა აორთქლებულიყო და თვით პლანეტას უნდა შემორტყმოდა გარსის სახით. ეს გაგრძელდებოდა მანამ, სანამ ტემპერატურა დაახლოებით 1000°C არ გახდებოდა. ამ მომენტიდან კი უკვე დაიწყებოდა კონდენსირების პროცესი და პლანეტებზე უნდა წარმოშობილიყო წყლის წვეთები, ნაკადულები და სხვ.

III. მთვარის ფაზა.

თვლიან, რომ მზის სისტემის შიგა ჯგუფის ყველა პლანეტას უნდა გაეწვლო მთვარის ფაზა (მათ შორის დედამიწასაც) ანუ რელიეფის ჩამოყალიბებაში მთავარი უნდა ყოფილიყო მეტეორიტული ბომბარდირების ეფექტი. ამის გამო ყველა მზის სისტემის შიგა ჯგუფის ყველა პლანეტის რელიეფი თავდაპირველად ისეთივე უნდა ყოფილიყო, როგორც თანამედროვე მთვარის რელიეფია.

ფიქრობენ, რომ თავდაპირველად ყველა პლანეტას დაახლოებით ევოლუციის ერთნაირი გზა უნდა გაეწვლო, მაგრამ შემდგომ პროცესში, თანამედროვე გეოლოგიური ერიდან დაწყებული, მათი ევოლუცია შესაძლებელია სხვადასხვაგვარად განვითარებულიყო.

თანამედროვე შეხედულებით თვლიან, რომ გამონაკლისია მხოლოდ მთვარე და მერკური, რომლებიც სავარაუდოა განიცდიდა ბოლომდე ერთნაირ ევოლუციას, რადგან მათ არ გააჩნიათ ატმოსფერო და ჰიდროსფერო.

ევოლუციის პროცესი თავისთავად მიმდინარეობს ნელა, თუმცა მათზე შეინიშნება აქტიური ტექტონიკური და ვულკანური პროცესებიც.

ბოლოს, შევაჯამოთ ის სტადიები, რომელიც, სავარაუდოდ უნდა გაეწვლო მზის სისტემას:

1. მზრუნავი მზე იკუმშებოდა, ამიტომაც მისი კუთხური სიჩქარე თანდათანობით იზრდებოდა. ამასთან, მზრუნავი აიროვან-მტვროვანი დისკო იწელებოდა ეკვატორიალურ სიბრტყეში.

შესაძლოა, მზის მახლობელი ღრუბელი წარმოიქმნა მას შემდეგ, რაც მზის ეკვატორიდან მოხდა ნივთიერების გამოტყორცნა, როცა ცენტრალურმა ძალებმა გადააჭარბეს მიზიდულობის ძალებს (როგორც

პირველად ეს დაუშვა ლაპლასმა), ანდა ღრუბელი შესაძლოა წარმოქმნილიყო სხვა რაიმე, ჯერჯერობით ჩვენთვის უცნობი, პროცესების შედეგად.

2. მზიდამ მოძრაობის რაოდენობის მომენტი გადაეცა ღრუბელს. მზის ბრუნვა შენელდა, ღრუბელი ნელ-ნელა გაფართოვდა და დაიკავა მომავალი პლანეტების ადგილმდებარეობა.

ეს პროცესი შეიძლება მომხდარიყო მზის მაგნიტური ველის ურთიერთქმედების შედეგად (დაახლოებით 1 გაუსის რიგისა) ღრუბლის იონიზირებულ ნაწილთან ანდა ღრუბელში ტურბულენტური კონვექციის შედეგად, რომლის მექანიზმიც ჩვენთვის ჯერჯერობით უცნობია.

3. მზის მახლობელი ღრუბელი გაცივებისას კონდენსირდებოდა მტვრის ნაწილაკებად და უფრო მსხვილ ნაწილებად, რომელიც მზის ირგვლივ მოძრაობდა ელიფსურ ორბიტებზე მზის მიზიდულობის ძალის გავლენით.

4. მახლობელი ორბიტების მქონე ნაწილაკები ეჯახებოდნენ და ეწებებოდნენ ერთმანეთს და ამგვარად იზრდებოდნენ, მანამ სანამ არ მიიღეს საკმარისად დიდი სხეულების ზომები. თუმცა მექანიზმი, რომელიც აიძულებდა ნაწილაკებს შეერთებულიყვნენ აკრეციის ადრეულ სტადიაში, ჯერჯერობით უცნობია.

როცა სხეულებმა მიაღწიეს 1 კმ-ის და მეტ ზომებს, შეჯახებათა და შეწებების პროცესები გაძლიერდა მიზიდულობის ძალების ხარჯზე. საბოლოოდ წარმოიქმნენ სხეულები, რომელთაც ჰქონდათ პლანეტების, მათი თანამგზავრების და ასტეროიდების ზომები.

აირისა და მტვრის უდიდესი ნაწილი, რომელიც პირველადი ღრუბლების შემადგენლობაში შედიოდა, ამ სხეულებში მოექცა ანდა გაიფანტა სამყაროში.

5. მოძრაობის რაოდენობის მომენტი აკრეციის პროცესში ღრუბლიდან გადაეცემოდა ახალშექმნილ პლანეტას და მათ თანამგზავრებს.

6. პატარა სხეულები აკრეციის დასაწყის სტადიაზე, შესაძლოა მცირე სიცოცხლისპერიოდიანი იზოტოპების, კერძოდ Al^{26} -ის დაშლის გამო, ძლიერად ცხელდებოდნენ. ეს იზოტოპები შეიძლებოდა წარმოშობილიყო აიროვან-მტვროვანი ღრუბლების მაღალი ენერგიების მქონე ნაწილაკებით დასხივების შედეგად.

გახურებას შეუძლია გამოიწვიოს რკინა-ნიკელური და სილიკატური ფაზების გაყოფა ანდა სხვა სითბური პროცესები მეტეორიტების ე.წ. “მშობლიურ” სხეულებში. თვლიან, რომ მოგვიანებით ზოგიერთი ეს სხეული დაიშალა და მათგან წარმოიშვა მეტეორიტები.

7. მზის სისტემის წარმოშობის პროცესი ძირითადად დამთავრდა 4500 მილიონი წლის წინ და ამის შემდეგ სისტემის ზოგადი სტრუქტურა დღემდე არ შეცვლილა.

ვარაუდობენ, რომ ამ დროის განმავლობაში შესაძლოა მომხდარიყო პლანეტების მიერ თანამგზავრების ე.წ. “ჩაჭერა” (მაგალითად, მთვარე

შეიძლება დადამიწას “ჩაეჭირა”), ხოლო პლანეტების, განსაკუთრებით მერკურის, ვენერას და დედამიწის ბრუნვის სიჩქარეები შესაძლოა შემცირებულიყო მოქცევითი ხახუნის ხარჯზე.

ჩვენი პლანეტური სისტემა ერთადერთი არ უნდა იყოს სამყაროში, თუნდაც ჩვენს გალაქტიკაში, მაგრამ ჯერჯერობით სხვა პლანეტური სისტემების არსებობის შესახებ პირდაპირი დამამტკიცებელი საბუთი არ მოგვეპოვება.

მზის სისტემის წარმოშობის შესახებ ნებულარულ თეორიაში და ასევე სხვა თეორიებშიც, როგორც ვნახეთ, იხილება უშუალოდ პლანეტების წარმოშობის ამოცანა. უნდა შევნიშნოთ, რომ თანამედროვე შეხედულების მიხედვით ეს კვლევის მიმართ არაწარმატებული მიდგომაა – მეცნიერები თვლიან, რომ საჭიროა არა ცალკე პლანეტების წარმოშობის თეორიის, არამედ ზოგადი თეორიის შექმნა, რომელიც ცენტრალური სხეულის ირგვლივ მეორადი სხეულების წარმოშობას აღწერს.

ასეთ თეორიაში ყურადღება უნდა მიექცეს არა მარტო პლანეტების, არამედ თანამგზავრული სისტემის წარმოშობასაც. რადგან ჩვენს გვაქვს 3 ძირითადი, განვითარებული თანამგზავრთა სისტემა და მხოლოდ ერთი – პლანეტალური სისტემა. ამიტომ თვლიან, რომ ძირითადი ყურადღება, თანამგზავრთა სისტემის წარმოშობას უნდა მიექცეს.

3. მზის სისტემის სხეულების ქიმიური დიფერენციაცია აკრეციამდე და მის შემდეგ

როგორც ცნობილია, მზის სისტემა შეიქმნა გაზისა და მყარი მტვრის გროვაში, რაღაც სპეციფიკური კონფიგურაციის სახით დროსა და სივრცეში.

ცხადია, ასეთი კონფიგურაცია აუცილებლად უნდა მიმდინარეობდეს ქიმიური გადანაწილების შესაბამისი პროცესების თანხლებით. გარდა ამისა, შემდგომი სითბური ევოლუცია ნივთიერების ყოველი პორციისა უნდა ექვემდებარებოდეს კომპონენტებად დაყოფასაც.

ამ საკითხების შესწავლა საინტერესოა, რადგან თუ ჩვენ ზუსტად შეგვეძლება განვსაზღვროთ ქიმიური სხვაობა მზის სისტემის სხეულებს (პლანეტების, თანამგზავრების, კომეტების, მზის) შორის, დეტალებში იქნება შესაძლებელი შევისწავლოთ წარსულში მათში მიდინარე ფრაქციული პროცესებიც.

ასეთი კვლევების ჩატარება გარკვეულ სირთულეებთანაა დაკავშირებული, რადგან აკრეციისა და მისი შემდგომი სითბური ევოლუციის პროცესებში სხეულებმა სტრატეგიული განიცადეს და

აგრეთვე იმის გამოც, რომ შეუძლებელია ავიღოთ ნიმუშები უფრო ღრმად, ვიდრე გარე თხელი ფენებისა.

ვიციტ, რომ ისეთი მცირე სხეულისთვისაც კი, როგორც მთვარეა, თავდაპირველი შემადგენელი ნივთიერებების ქიმიური შემცველობა იმ არეში, სადაც მან აკრეცია განიცადა, მთლიანად შეიცვალა. მეორეს მხრივ, სხეულები ზომით 10 – ეული კმ-ები და ნაკლები, როგორც ჩანს, არ ექვემდებარებოდნენ აკრეციისა და მის შემდგომ პერიოდში ასეთი სახის დიფერენციაციას და ამიტომ მათი მოცულობითი ქიმიური შემადგენლობა შესაძლებელია განისაზღვროს ზედაპირული მატერიის ნიმუშის მიხედვით. ამ საკითხების მკვლევარებისათვის ასეთ ნიმუშებს სწორედ მეტეორიტები წარმოადგენენ.

მიუხედავად იმისა, რომ მთელი მზის სისტემა წარმოშობილია ერთიდაიგივე ერთგვაროვანი ნივთიერებისაგან, მაინც მზის სისტემის პლანეტები იყოფიან ორ ჯგუფად. ამ ჯგუფებს შორის განსხვავება განპირობებულია შემადგენელ ნივთიერებათა დოზებით, მათი სიმკვრივეებით, ნივთიერებათა სახესხვაობით და სხვ.

პირველ ჯგუფში შედიან უფრო დიდი ზომის ციური სხეულები – მზე და გიგანტი პლანეტები: იუპიტერი, სატურნი, ურანი, ნეპტუნი. ესენია მზის სისტემის გარე ნაწილის ჯგუფი. ეს პლანეტები წარმოადგენენ უზარმაზარ თხევად ბურთებს, მცირე სიმკვრივეებით (0,7 – 1,4) გ/სმ³. მთელი მზის სისტემის მასის უდიდესი ნაწილი სწორედ მათზე მოდის.

მეორე ჯგუფი – ესენია უმეტესწილად მყარი, მძიმე ნივთიერებისაგან შემდგარი პლანეტები. მათი სიმკვრივე გაცილებით დიდია (3,0 – 5,5) გ/სმ³. ეს არის პლანეტების ჯგუფი, რომელიც ხასიათდება ჰიდროსფერული ან ატმოსფერული გარსებით.

ეს პლანეტებია: დედამიწა, ვენერა, მარსი, მერკური (მთვარე), ამათგან ბოლო ორი ციური სხეული ვაკუუმით უკავშირდება საპლანეტათაშორისო სივრცეს (მათ არა აქვთ ჰიდროსფერო და ატმოსფერო).

მზის სისტემის სხვადასხვა სხეულები ძირითადად შედგებიან ქიმიური ელემენტების სამი ჯგუფისაგან:

I ჯგუფი: H, He (მზის მასის 90%).

II ჯგუფი: C, N, O (მზის მასის 1.5%).

III ჯგუფი: Mg, Fe, Si (მზის მასის 0.25%).

დედამიწის ჯგუფის პლანეტები: მერკური, ვენერა, დედამიწა, მარსი და ასტეროიდები – საკმაოდ მაღალი სიმკვრივისაა და უპირატესად შედგებიან Mg, Fe და Si-სგან. იუპიტერისა და სატურნის საერთო შედგენილობა მცირედ განსხვავდება მზის შემადგენლობისაგან ანდა პირველადი მზის მახლობელი ნისლეულისაგან. ურანისა და ნეპტუნის შემადგენლობა, რომელთა სიმკვრივეები საშუალო მნიშვნელობისაა, ძირითადად შედგებიან II ჯგუფის მყარი შენაერთების ელემენტებისაგან: მეთანის, ამიაკისა და ყინულისაგან.

პლანეტების ფორმირების დროს მზის ღრუბლის შიგნით უნდა მომხდარიყო ძლიერი ქიმიური დიფერენციაცია. როცა ღრუბელი გაიწელებოდა მაგნიტური, ან სხვა ძალების გავლენით, III ჯგუფის ნაკლებად აქროლადი ელემენტები უნდა გამოყოფოდნენ ღრუბელს დედამიწის ჯგუფის პლანეტების მიდამოებში. ამავე დროს, წყალბადიც და ჰელიუმიც, რომელიც მთელი ღრუბლის პირველსაწყისი მასის 90%-ს შეადგენს, ინტენსიურად უნდა აორთქლებულიყო ურანის და ნეპტუნის ირგვლივმყოფ სივრცეში. თუმცა, ამ პროცესების მექანიზმი ჯერ-ჯერობით ბოლომდე ნათელი არ არის.

4. ვარსკვლავების წარმოშობა

ვარსკვლავები წარმოიშვა “ზემკვრივი” ნისლისაგან. მისი არსებობის პირობა ის ევოლუციური სტადიებია, რომლებიც განპირობებულია ვარსკვლავის შიგნით მიზიდულობის ძალის, სინათლის სხივური წნევისა და სითბური მოძრაობების წონასწორობით.

ვარსკვლავის ენერგიის წყაროს წარმოადგენს ბირთვული რეაქციები, რის შედეგადაც ვარსკვლავის საწყისი ნივთიერება, წყალბადი, გარდაიქმნება ჰელიუმად.

წყალბადის ამოწურვასთან ერთად ყალიბდება ვარსკვლავის მკვრივი გული, რომლის სიმკვრივე - 10^5 გრ/სმ³, ხოლო ტემპერატურა რამდენიმე ათეული მილიონი გრადუსია. ამის შემდეგ რეაქციები გრძელდება ვარსკვლავის გარსში: ვარსკვლავი იბერება და თანდათანობით ფართოვდება. ასეთ სტადიაზე ვარსკვლავი გადაიქცევა ნისლეულად ე. ი. ის გალაქტიკაში გაიფანტება. ვარსკვლავის გული ნელ – ნელა ცივდება და გადაიქცევა ჯუჯა ვარსკვლავად (შიგნით მას აღარ აქვს ენერგიის წყარო).

თუ ვარსკვლავის საწყისი მასა ბევრად მცირეა მზის მასაზე, წყალბადის ჰელიუმად გადაქცევის შემდეგ ჰელიუმი გარდაიქმნება ნახშირბადად. ვარსკვლავი კი მოიცილებს გარსს და რჩება ჯუჯა ვარსკვლავად. ეს არის პირველი სტადია.

თუ საწყისი მასა დაახლოებით 2 მზის მასის ტოლია, მაშინ ვარსკვლავის გულში შეიძლება წარმოიშვას მძიმე მეტალები, მაგ. რკინა. ვარსკვლავის სიმკვრივე მატულობს და ის განაგრძობს შეკუმშვას

გრავიტაციის გამო, მანამ სანამ ნივთიერების სიმკვრივე არ გაუტოლდება ატომბირთვის სიმკვრივეს. ვარსკვლავი იმდენად იკუმშება, რომ მისი რადიუსი შეიძლება გახდეს 1 ან 2 ათეული კილომეტრი. ასეთ ფაზაში ის უკვე გადაიქცევა პულსარად. ასეთი ძლიერი კუმშვის გამო გრავიტაციული ენერჯის ნაწილი გადაეცემა ვარსკვლავის გარსს, რის შედეგადაც ნივთიერება რადიალურად გამოიფრქვევა რამდენიმე ათეული კმ/წმ სიჩქარით, რაც უკვე აფეთქების მოვლენაა და წარმოიშობა ზეახალი ვარსკვლავი.

თუ ვარსკვლავის მასა გაცილებით მეტია ორი მზის მასაზე, მაშინ კუმშვა გრძელდება. კუმშვის სიჩქარე მატულობს ისე, რომ ის თანდათან უტოლდება სინათლის სიჩქარეს და ადგილი აქვს გრავიტაციულ კოლაფსს - ვარსკვლავი უკვე აღარ გამოასხივებს, ის არ დაინახება და მის ადგილზე რჩება შავი ორმო.

გამოდის რომ, ვარსკვლავის ევოლუციის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია მის მასაზე.

მზის ტიპის ვარსკვლავის ევოლუციის ხანგრძლივობა დაახლოებით 10 მილიარდი წელია.

5. ზოგადად პლანეტების შესახებ

სიტყვა პლანეტა ლათინურია და მოხეტიალე ვარსკვლავს ნიშნავს. პლანეტა, საზოგადოდ, მზის ირგვლივ მოძრავი, მზის არეკვლილი სინათლით განათებული ცის სხეულია. აღსანიშნავია, რომ მზეც ვარსკვლავია, მაგრამ ის საკუთარი სინათლით ანათებს და არა არეკვლილით, როგორც პლანეტები.

ჯერ კიდევ უხსოვარ დროში ადამიანმა ცაზე სიკაშკაშისა და ხილული მოძრაობის თავისებურებების მიხედვით გამოყო შვიდი მნათობი: მზე, მთვარე, მერკური, ვენერა, მარსი, იუპიტერი და სატურნი. ძველად მიაჩნდათ, რომ ყველა ეს მნათობი დედამიწის ირგვლივ მოიქცეოდა და მზის სისტემა, როგორც ერთიანი, გეოცენტრულ სისტემად წარმოდგინებოდა. გეოცენტრული სისტემის შესახებ პირველი წარმოდგენები არისტოტელეს ეკუთვნის.

მხოლოდ XVI საუკუნეში ნ. კოპერნიკმა დაასაბუთა, რომ დედამიწის ირგვლივ მხოლოდ მთვარე მოძრაობს, სხვა პლანეტები და დედამიწა კი მზის ირგვლივ მოძრაობს. მზე პლანეტების სისტემის, ანუ მზის სისტემის ცენტრალური სხეულია და მზის სისტემა

ჰელიოცენტრულია. თავდაპირველად ამ იდეის აღიარება, არისტოტელეს ავტორიტეტის გამო, გადაულახავ წინააღმდეგობას წააწყდა.

ტელესკოპური ასტრონომიის ხანაში დამატებით აღმოჩნდა კიდევ სამი პლანეტა: ურანი, რომელიც 1782 წ.-ს აღმოჩინა უ. ჰერშელმა, 1846 წ.-ს ჯ. ადამსმა, უ. ლევერიემ და ი. გალემ აღმოაჩინეს ნეპტუნი, ხოლო პლოუელმა და კ. ტომბომ პლუტონი აღმოაჩინეს 1930წ.-ს.

XIX და XX საუკუნეებში აღმოჩენილია აგრეთვე ორი ათასზე მეტი მცირე ასტეროიდი.

როგორც ზემოთ ავლინებით, დედამიწის ჯგუფის პლანეტა შედარებით პატარა პლანეტას ნიშნავს, რომელიც საკუთარი ღერძის გარშემო ნელა ბრუნავს (24 სთ. ან მეტი პერიოდით), თანამგზავრი არ გააჩნიათ (მერკური და ვენერა), ან არა აქვთ ორზე მეტი. ზედაპირი აქვთ მყარი და სიმკვრივე აქვთ დიდი, დაახლოებით (3 – 4) გრ/სმ³.

გიგანტ პლანეტებს – იუპიტერი, სატურნი, ურანი, ნეპტუნი – გააჩნიათ დიდი მასები. ისინი დედამიწის ჯგუფის პლანეტებს აღემატებიან დაახლოებით 100 – ჯერ. ზედაპირი არა აქვთ მყარი, მათი სიმკვრივე (0,8 – 1) გრ/სმ³-ს აღწევს მხოლოდ, ბრუნავენ ძალიან სწრაფად (დღე-ღამე 8 – 12 საათია), აქვს ბევრი თანამგზავრი (8-დან 17-მდე).

პლუტონი არ მიეკუთვნება არც ერთ მათგანს. ბრუნავს, როგორც გიგანტი პლანეტა, მაგრამ დანარჩენი სხვა თვისებით გავს დედამიწის ჯგუფის პლანეტებს (არის პატარა, აქვს ერთი თანამგზავრი და მყარი ზედაპირი გააჩნია).

გავიხსენოთ, რომ თითქმის ყველა პლანეტა ბრუნავს თავისი ღერძის გარშემო დასავლეთიდან აღმოსავლეთის მიმართულებით (ისევე, როგორც მზე) და გარემოქცევა მზეს იმავე მიმართულებით – დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ, მაგრამ დანარჩენით გავს დედამიწის ჯგუფის პლანეტებს (არის პატარა, აქვს ერთი თანამგზავრი და მყარი ზედაპირი გააჩნია).

თითქმის ყველა პლანეტა ბრუნავს თავისი ღერძის გარშემო დასავლეთიდან აღმოსავლეთის მიმართულებით (ისევე, როგორც მზე) და გარემოქცევა მზეს იმავე მიმართულებით – დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ.

პლანეტის თანამგზავრები, რომლებიც ცხადია მზის სისტემის წევრები არიან, მოძრაობენ პლანეტის ირგვლივ მისი მიზიდულობის ძალის გავლენით. ამჟამად ცნობილია პლანეტის 43 თანამგზავრი. დედამიწას გააჩნია ერთი თანამგზავრი – მთვარე, მარსს - 2, იუპიტერს -16, სატურნს -16, ურანს – 5, ნეპტუნს -2, პლუტონს – 1. გარდა ამისა, პლანეტების თანამგზავრებს შეიძლება მივაკუთვნოთ აგრეთვე სატურნის, ურანისა და იუპიტერის რგოლებიც.

მზის სისტემის ყველა შიგა ჯგუფის პლანეტას აქვს დიფერენცირებული წიაღი. მათ გააჩნიათ ბირთვი, გარსი და ქერქი, რომლებიც პლანეტის ცენტრის მიმართ კონცენტრულად არიან განლაგებულნი. თავის მხრივ სამივე ეს არე ფენებადაა დაყოფილი. დიდი ზომის პლანეტებს (დედამიწა, მარსი, ვენერა)

დამატებით გააჩნიათ ატმოსფერო და ჰიდროსფერო. ატმოსფეროც თავის მხრივ იყოფა სამ ფენად: ტროპოსფერო, სტრატოსფერო და ზედა ატმოსფერო. სამივე პლანეტაში ეს სამი ფენა სხვადასხვა სიმაღლეზეა განლაგებული.

ცნობილია, რომ პლანეტის გეოგრაფიული რელიეფის ჩამოყალიბებაში მთავარია კლიმატი, რომელიც სხვადასხვა პლანეტისათვის სხვადასხვაა. კლიმატი იგივეა, რაც ატმოსფეროს მდგომარეობა, რომელსაც ახასიათებს ვარიაციები.

მზის გარშემო პლანეტების ბრუნვის პერიოდი განსაზღვრავს წლის ხანგრძლივობას, პლანეტის სითბურ რეჟიმსა და მასზე მიმდინარე პროცესების აქტიურობას.

მზის სისტემის პლანეტების ბრუნვის პერიოდი იცვლება 58 დღიდან 250 დედამიწისეულ წლამდე (პლუტონი). რაც უფრო გიგანტურია პლანეტა, მით მცირე ბრუნვის პერიოდი აქვს მას.

პლანეტების საკუთარი ღერძის გარშემო ბრუნვის პერიოდი განსაზღვრავს დღე-ღამის ხანგრძლივობას, ანუ ტემპერატურული რხევის რიტმს. პლანეტის ფორმა დამოკიდებულია მის ბრუნვის სიჩქარეზე: რაც ნელა ბრუნავს პლანეტა, ის მით უფრო სფერულია ე. ი. აქვს მცირე კუმშვა.

პლანეტის ფორმაზეა დამოკიდებული ის ენერგიაც, რომელიც მოდის მასზე მზის რადიაციის სახით.

სასურველია დავაზუსტოთ, რომ პლანეტები მზის ირგვლივ არა სფერულ ორბიტებზე ბრუნავენ, არამედ ელიფსზე. აქედან გამომდინარე, მათი მდებარეობა მზის მიმართ იცვლება. ე. ი. იცვლება პლანეტებზე მოსული მზის რადიაციის ნაკადის სიმძლავრეც.

რაც შეეხება მზის რადიაციას, თუ პლანეტას არ გააჩნია ატმოსფერო, მაშინ მზიდან მოსული ენერგია ყოველგვარი დაბრკოლებების გარეშე აღწევს პლანეტის ზედაპირს. მისი ნაწილი აირეკლება ალბედოს სიდიდის მიხედვით, მაგრამ მისი ძირითადი ნაწილი ხმარდება პლანეტის ზედაპირისა და გრუნტის სითბური რეჟიმის ფორმირებას.

თუ პლანეტას ატმოსფერო აქვს, მაშინ მზის მუდმივას მნიშვნელობა სამართლიანია ატმოსფეროს ზედა საზღვრის მიმართ და პლანეტის ზედაპირს აღწევს მზის ენერგიის მხოლოდ ნაწილი.

6. პლანეტების თერმული სტრუქტურის შესახებ

კვლევის საფუძველზე ცნობილია, რომ:

1. გიგანტი პლანეტები წარმოიშობილია ერთიდაიგივე ცხელი არიდან. ამ პლანეტების თერმული სტრუქტურა იმ აზრით განსხვავდება ერთმანეთისაგან, რომ თუკი მაქსიმალური გახურების ზონა იუპიტერთან რადიუსის ნახევრის ტოლ მანძილზეა, სატურნისათვის ის იმყოფება

შედარებით შორს, ხოლო ურანისა და ნეპტუნის სითბოს უდიდესი ნაწილი ყველაზე ზედა ფენებშია.

2. ვენერას უნდა ქონდეს თითქმის იგივე თერმული სტრუქტურა, რაც დედამიწას, მაგრამ გამდნარი ზონა უნდა იყოს ცენტრთან უფრო ახლოს.

3. მარსის თერმული ენერგია უნდა იყოს რიგით მცირე, ვიდრე დედამიწის თერმული ენერგია. ამიტომ ტემპერატურული მაქსიმუმი ზედაპირთან უნდა იყოს შედარებით ახლოს (შესაძლებელია რადიუსის 0,9-ზე), სადაც უნდა იყოს თხევადი არე, თუკი ის საერთოდ არსებობს. უფრო სავარაუდოა, რომ მარსის მასის მთელი შიგა არე მყარი იყოს.

4. მერკური და მთვარე მყარი სხეულებია, რომლებიც მათი წარმოქმნისთანავე გაცივდნენ. მერკურს ყველაზე ცხელი ზონა რადიუსის 0,9-ზე გააჩნია, ხოლო მთვარეს – 0,8 რადიუსის მანძილზე.

7. ტიციუს – ბოდის კანონი

აღსანიშნავია, რომ პლანეტები ჩამონათვალში სახელდება მზიდან მათი დაშორების ზრდის მიხედვით. ჩვენთვის ცნობილია ამ ტენდენციის შესაბამისი ფორმულა, რომელიც ტიციუს – ბოდის კანონის სახელითაა ცნობილი.

ამ კანონს ძალიან ბევრი კრიტიკოსი ყავდა, მაგრამ მთავარი ისაა, რომ ის მისაღებია, როგორც პლანეტათა მზიდან დაშორების დასამახსოვრებელი კარგი წესი (ცხრილი I).

ყოველ პლანეტას ცხრილში მიწერილი აქვს ციფრი “4”. ამ ციფრს ქვემოთ ეწერება: მერკურისათვის “0”, ვენერასათვის “3”, დედამიწისათვის “6”, მარსისათვის “12” და ა.შ.

თითოეული პლანეტისათვის ამ ორი რიცხვის ჯამი გაყოფილია 10-ზე. მიღებული მნიშვნელობები, ძალიან კარგი მიახლოებით, გვაძლევს მზიდან ამ პლანეტის დაშორების მანძილს ასტრონომიულ ერთეულებში.

ეს ფორმულა არ არის სამართლიანი ნეპტუნისა და პლუტონისათვის, თუმცა ამ კანონის აღიარებისათვის ამას ხელი არ შეუშლია, რადგან კანონის ჩამოყალიბების დროს ეს პლანეტები საერთოდ არ იყო აღმოჩენილი.

ტიციუს – ბოდის კანონის სასარგებლოდ არგუმენტები იყოფა ორ ჯგუფად, თუმცა ეს ორი ჯგუფი ურთიერთ წინააღმდეგობრივია.

პირველის თანახმად არსებობს შესანიშნავი რიცხობრივი თანაფარდობა პლანეტათა დაშორების მანძილებსა და ფორმულას შორის:

$$r = 0.4 + 0.3 * 2^n$$

ფორმულა სამართლიანია შემდეგ პირობებში:

- ა) მერკურისათვის უნდა ჩაისვას $n = \infty$
- ბ) ნეპტუნსა და პლუტონს უგულვებელყოფთ, რადგან ისინი კანონს არ ექვემდებარებიან
- დ) არ არსებობს მცდელობა, რომ ფორმულა დასაბუთდეს თეორიულად.

არგუმენტების მეორე ტიპის მიხედვით “კანონი” გამოხატავს იმ სავარაუდო ფაქტს, რომ პლანეტათა მზიდან დაშორებები (მანძილები) შეესაბამებიან ექსპონენციალურ თანაფარდობას ანუ ფარდობა, თანმიმდევრულ ორბიტალურ მანძილებს შორის უნდა იყოს მუდმივი. სინამდვილეში კი ეს ასე არ არის.

თუკი ტიციუს – ბოდის კანონში ჩავთვლით, რომ ფარდობა თანმიმდევრულ ორბიტალურ მანძილებს შორის მუდმივია, მაშინ ტიციუს-ბოდის ფორმულაში მუდმივი წევრი უნდა უგულვებელყოფთ. მაგრამ ამის შედეგად უკვე დაირღვევა არაჩვეულებრივი რიცხვითი თანხმობა დანაკვირვებიდან და ამით ფორმულის მთელი მომხიბვლელი იკარგება.

იყო მცდელობა, რომ მსგავსი “კანონი” ჩამოეყალიბებინათ თანამგზავრებისთვისაც, მაგრამ ეს შესაძლებელი იქნებოდა მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ვივარაუდებდით თანამგზავრების უზომოდ დიდ როდენობას, რომელიც სინამდვილეში არ დაიკვირვება.

8. პლანეტათა თანამგზავრების შესახებ

ყველაზე დიდი მასის მქონე თანამგზავრები ყველაზე მასიურ პლანეტებს ახლავს. ასეთებია იუპიტერის ოთხი თანამგზავრი: განიმედე, კალისტო, იო და ევროპა; სატურნის ერთი თანამგზავრი - ტიტანი და ნეპტუნის ერთი თანამგზავრი – ტრიტონი.

აღსანიშნავია, რომ დედამიწის თანამგზავრს, მთვარეს, თანამგზავრებს შორის მეხუთე ადგილი უკავია მასით და სიდიდით.

დედამიწასთან შედარებით მთვარე გაცილებით დიდია, ვიდრე სხვა თანამგზავრები თავიანთ დედა-პლანეტებთან შედარებით.

მთვარის მასა დედამიწის მასის 1/81 –ია. ყველაზე დიდი და მასიური თანამგზავრების – ტიტანისა და განიმედის მასები კი თავიანთი დედა-პლანეტების მხოლოდ 1/80000 და 1/25000 ნაწილს შეადგენენ შესაბამისად.

უმეტესად მასიური თანამგზავრები თავიანთ დედა-პლანეტებს გაცილებით უფრო მეტად არიან დაშორებულნი, ვიდრე მთვარე – დედამიწას (გამონაკლისს წარმოადგენს ტრიტონი).

კოსმონავტიკის განვითარებით გაირკვა, რომ განსაკუთრებული მდგომარეობა უკავიათ პლუტონსა და მის თანამგზავრ ქარონს. ამ უკანასკნელის დიამეტრი დაახლოებით ორჯერ ნაკლებია პლუტონთან შედარებით.

თუ არ ჩავთლით მთვარეს, რომელსაც უხსოვარი დროიდან იკვლევდა კაცობრიობა, მზის სისტემის პლანეტების თანამგზავრთა აღმოჩენა დაწყებულია XVII საუკუნის დასაწყისში – ტელესკოპის გამოყენების დასაწყისიდანვე. პლანეტების თანამგზავრთა აღმოჩენა გახშირდა XVII საუკუნის მეორე ნახევარში, XVIII საუკუნესა და XIX საუკუნის პირველ ნახევარში, როცა ხმარებაში შემოვიდა და გამრავლდა შედარებით მძლავრი ტელესკოპები.

ფოტოგრაფიის გამოყენებით აღმოჩენილი იქნა კიდევ უფრო მეტად მკრთალი თანამგზავრები: ასტროფოტოგრაფიებზე გამოვლინდა ურანის მე-5 (1948 წ.), ნეპტუნის მე-2 (1949 წ.) და იუპიტერის მე-12 თანამგზავრი (1951 წ.). 1966 წელს აღმოაჩინეს სატურნის მე-10 თანამგზავრი. 1978 წელს კი აღმოაჩინეს პლუტონის თანამგზავრი ქარონი და ა.შ.

დედა-პლანეტების ირგვლივ თანამგზავრთა გარშემოვლის სიდერული პერიოდები ძალიან განსხვავებულია და ზოგ შემთხვევაში ის ორ წელიწადსაც აღემატება (იუპიტერის მე-8 და მე-9 თანამგზავრები).

საინტერესოა მარსის პირველი თანამგზავრის (ფობოსის) უნიკალური შემთხვევა, რომლისთვისაც პლანეტის ირგვლივ მოქცევის პერიოდი 7 სთ და 39 წთ-ით ნაკლებია მარსის თავის ღერძის ირგვლივ ბრუნვის პერიოდიზე (24 სთ და 37 წთ). ამის გამო, მარსზე მყოფი დამკვირვებლისათვის, მისი მთვარე ჰორიზონტზე ამოდის დასავლეთ მხარეზე, ყოველ თერთმეტ საათში ერთხელ და ჩადის აღმოსავლეთ მხარეზე (რადგან, მარსი საკუთარი ღერძის ირგვლივ და მისი თანამგზავრებიც, მარსის გარშემო, მოძრაობენ დასავლეთიდან აღმოსავლეთით).

მარსის თანამგზავრების მოძრაობაში შეიმჩნევა საუკუნეობრივი ცვლილებები, რომლებიც გაპირობებულია მზის და პლანეტების სტრუქტურის თავისებურებებით და სფერული ფორმისაგან მათი გადახრით.

აქვე უნდა ავღნიშნოთ, რომ მარსის თანამგზავრების მოძრაობის თეორია ჯერჯერობით სრულყოფილად არ არის დამუშავებული. მარსის პარამეტრებისა და გრავიტაციული ველის მახასიათებელი სიდიდეების ზუსტ მნიშვნელობათა ცოდნა საკმაოდ აქტუალურია კოსმოსური ზონდირებით მარსისა და მისი ახლო გარემოს გამოკვლევის თვალსაზრისით.

იუპიტერის მესამე და მეოთხე თანამგზავრები იმდენად დიდია, რომ ისინი სიდიდით მერკურს უახლოვდებიან. იუპიტერის პირველი ოთხი თანამგზავრი იმდენად ახლოა დედა-პლანეტასთან, რომ როდესაც თანამგზავრი მზესა და იუპიტერს შორის გადის, მათი ჩრდილის კონუსი წვდება და ეხება კიდეც იუპიტერის ზედაპირს. ეს არის მზის დაბნელების მიზეზი იუპიტერზე.

იუპიტერზე მზის დაბნელების ფაქტი, დედამიწიდან მოჩანს როგორც იუპიტერის ზედაპირზე მცირე შავი (ბნელი) წრე. იუპიტერის თანამგზავრის დაბნელება კი ფაქტიურად დაიკვირვება, როგორც მისი დროებითი “ჩაქრობა”.

იუპიტერის თანამგზავრთა მოძრაობის კანონზომიერებები საკმაოდ კარგადაა შესწავლილი, ამიტომ შესაძლებელი ხდება მათი ურთიერთ და იუპიტერის მიმართ განლაგების წინასწარი გამოთვლა. ასევე, წინასწარ გამოითვლება იუპიტერის თანამგზავრების დაბნელებათა მომენტები.

საინტერესოა, რომ იუპიტერის თანამგზავრებზე დაბნელებათა სისტემატურმა დაკვირვებამ, თავის დროზე, ისტორიული როლი შეასრულა სინათლის სხივის გავრცელების სიჩქარის განსაზღვრის საქმეში.

XVII საუკუნეში დანიელმა ასტრონომმა რემერმა შენიშნა, რომ იუპიტერის თანამგზავრების ორბიტული გარემოქცევის პერიოდები ცვალებადობს. გავიხსენოთ, რომ იუპიტერის თანამგზავრთა დაბნელება უნდა მოხდეს გარკვეულ ფიზიკურ მომენტში, რომელსაც მზის, იუპიტერისა და მისი თანამგზავრის გარკვეული გეომეტრიული ურთიერთგანლაგება შეესაბამება. როდესაც დედამიწა, თავის ორბიტულ მოძრაობაში შორდება იუპიტერს, დაბნელება, როგორც დაკვირვება გიჩვენებს, იგვიანებს, ხოლო საწინააღმდეგო მდგომარეობაში, ის წინასწარ გამოთვლილ დროს ასწრებს.

დაბნელების დაგვიანებაში შენიშნული კანონზომიერება იმით აიხსნება, რომ სივრცეში გასავრცელებლად სინათლეს დრო ესაჭიროება და ეს დრო მით მეტია, რაც მეტია მის მიერ გასავლელი მანძილი.

მაშასადამე, დაბნელება ხდება გამოთვლილ დროს, მაგრამ მას დაგვიანებით ვხედავთ. დავადგენთ რა მანძილსა და დაგვიანების სიდიდეს, ადვილად გამოვითვლით სინათლის გავრცელების სიჩქარეს.

ამაში მდგომარეობდა ისტორიულად პირველი აღმოჩენა ფაქტისა, რომ სივრცეში სინათლე სასრულო სიჩქარით ვრცელდება. პირველად, 1675 წელს, რემერმა ამ მეთოდით განსაზღვრა კიდეც სინათლის სიჩქარის რიცხობრივი მნიშვნელობა, მაგრამ აღმოჩენა იმდენად მოულოდნელი და ჩამოყალიბებული შეხედულებებისათვის უჩვეულო იყო, რომ მხოლოდ ნახევარი საუკუნის შემდეგ მოხდა მისი საყოველთაო აღიარება, როდესაც სინათლის სიჩქარე სულ სხვა, დამოუკიდებელი მეთოდითაც იქნა განსაზღვრული.

თანამგზავრთა ფიზიკური ბუნების შესახებ ჯერ კიდევ ძალიან ცოტა ვიცით, თუმცა სარწმუნოდ დადგენილია, რომ იუპიტერის

თანამგზავრ იო –ზე არსებობს მოქმედი ვულკანები. იუპიტერის ორი თანამგზავრის (იო და ამალთეა) ფერისა და სიკაშკაშის შესწავლა გვაფიქრებინებს, რომ ისინი, შესაძლოა, დაფარული არიან ყინულით ან თრთვილით.

იუპიტერამდე მიღწეული მზის სითბო იმდენად უმნიშვნელოა, რომ ტემპერატურა მის თანამგზავრებზე ერთობ დაბალი უნდა იყოს და აქედან გამომდინარე, ყინულის ფენა, მილიარდობით წლების განმავლობაში გამძლე.

ყურადღებას იპყრობს იუპიტერის თანამგზავრების ურთიერთგანლაგება და გარემოქცევა: შიგა თანამგზავრები თითქმის წრიულ ორბიტაზე მოძრაობენ, ხოლო გარე 8 თანამგზავრები იყოფა ორ ჯგუფად:

I ჯგუფის 4 თანამგზავრი დედა-პლანეტიდან 12 მლნ კმ-ზე მდებარეობს და მოძრაობს პირდაპირი მიმართულებით.

II ჯგუფის თანამგზავრები დედა-პლანეტიდან დაშორებულნი არიან თითქმის ორჯერ უფრო მეტი მანძილით, ვიდრე I ჯგუფის თანამგზავრები, და მოძრაობენ საწინააღმდეგო მიმართულებით.

სატურნის ყველაზე დიდ თანამგზავრს – ტიტანს, როგორც ეტყობა, აკრავს ატმოსფერული გარსი, რომელიც ტიტანის სპექტრში მეთანის შთანთქმის დამატებით ზოლებს ქმნის.

თითქმის ამავე ზომის და მასისაა ტრიტონი – ნეპტუნის პირველი თანამგზავრი.

სატურნის მე-8 თანამგზავრი, სახელად იაფეტი, საინტერესოა იმით, რომ მისი სიკაშკაშე დიდ ცვლილებებს განიცდის. დედა-პლანეტის გარემოქცევის განმავლობაში, თითქმის 5-ჯერ იცვლება მისი ალბედოც. აქედან გამომდინარე უნდა ვიფიქროთ, რომ რომ იაფეტის ზედაპირი სინათლის არეკვლის უნარის თვალსაზრისით საკმაოდ არაერთგვაროვანი აგებულებისაა.

სიკაშკაშის ციკლური ცვალებადობა, თუმცა უფრო ზომიერი, ზოგ სხვა თანამგზავრსაც ახასიათებს. ზოგ შემთხვევაში ცვალებადობა თანამგზავრის ბრუნვითაა გამოწვეული. ეს შეეხება სატურნის სხვა თანამგზავრს, - რეას და იუპიტერის პირველ 4 კაშკაშა მთვარეს, რომელთა ბრუნვის პერიოდები დედა-პლანეტის გარემოქცევის პერიოდებს ემთხვევა.

9. თანამგზავრთა ორბიტები

თანამგზავრთა ორბიტების ელემენტთა მახასიათებლებში საკმაოდ დიდი განსხვავებებია. ეს უფრო მეტად შეეხება გარე თანამგზავრებს.

ნეპტუნის მეორე თანამგზავრის, ნერეიდას, ორბიტას განსაკუთრებით დიდი ექსცენტრისიტეტი აქვს: 0.75. მაშასადამე, ის საკმაოდ გაწელილია და ნეპტუნის ირგვლივ ელიფსურ ორბიტაზე მოძრაობს. თუ პირველ თანამგზავრს – ტრიტონს 6 დედამიწისეული დღე-ღამეც კი არ ჭირდება გარემოქცევასათვის, ნერეიდას ამისათვის 359 დღე-ღამე არ ყოფნის.

თანამგზავრთა შორის ხშირად ვხვდებით მათი გარემოქცევის შებრუნებულ მოძრაობას. თანამგზავრები, განსაკუთრებით კი იუპიტერის თანამგზავრები, მათი სიმრავლისა და ურთიერთ სიახლოვის გამო, ურთიერთგრავიტაციულ შემფოთებებს იწვევენ. მათგან უმთავრესი მზისმიერი შემფოთებაა. ამ შემფოთებებს ორბიტათა ელემენტების ცვლილება მოყვება და ამიტომ ისინი ასტრონომების, კერძოდ ცის მექანიკის სპეციალისტების განუწყვეტელი კონტროლის ქვეშაა და მათი შესწავლის საგანს წარმოადგენს. ზოგ შემთხვევაში თანამგზავრთა ორბიტის ელემენტები უკვე ერთი გარემოქცევის შემდეგ იცვლება.

ის ფაქტი, რომ პლანეტათა ახალი თანამგზავრების აღმოჩენა ამაჟამადაც მიმდინარეობს, გვაფიქრებინებს, რომ კიდევ მოიპოვება სხვა, ჯერ მიუხვლეველი თანამგზავრები.

უფრო მეტიც, ვარაუდობენ, რომ შესაძლებელია მერკურსაც და ვენერასაც ახლდეს თანამგზავრები. მათი აღმოჩენა ერთობ მნიშვნელოვანი იქნება, რამდენადაც ასტრონომებს ამ პლანეტების მასების დაზუსტების საშუალება მიეცემოდათ.

აქვე უნდა ავღნიშნოთ, რომ ჯერჯერობით მერკურისა და ვენერას მასების მნიშვნელობები განსაზღვრულია იმ შემფოთებათა აღრიცხვის საფუძველზე, რომელსაც ისინი იწვევენ სხვა სხეულებზე. მაგალითად, ჯერ კიდევ 1842 წელს, მერკურის მასა განსაზღვრული იყო იმ შემფოთებათა მიხედვით, რომელიც მერკურმა გამოიწვია მზესთან მიახლოებული ე.წ. ენკეს კომეტის მოძრაობაში. მაგრამ ეს ცდომილები, ნაკლებად მასიური სხეულებია და მნიშვნელოვნადაა დაშორებული სხვა სხეულებიდან, ამიტომ შემამფოთებელი ეფექტი ერთობ მცირეა და მასების განსაზღვრის შედეგიც - ნაკლებად საიმედო.

რაც შეეხება ვენერას ჰიპოთეტურ თანამგზავრებს, მათზე დაკვირვებას ის ფაქტი აძნელებს, რომ ვენერა ჰორიზონტიდან

საკმარისად დიდ სიმაღლეზე, თითქმის მხოლოდ ბინდის დროს ჩანს ცაზე. ამ პერიოდში ცის ფონი იმდენად ნათელია, რომ ფოტოფირფიტას ამუქებს, რაც მკრთალი ობიექტების გამოსახულების გამოვლინებას აძნელებს. თვით პლანეტა კი იმდენად კაშკაშაა, რომ მისი ფოტოგრაფიული ეფექტი ფოტოემულსიაზე კიდევ უფრო მეტად ართულებს მკრთალი გამოსახულების მიღებას, თვით პლანეტის მონახაზის მახლობლობაში. ამიტომ, ზოგჯერ ვიზუალური დამზერა ფოტოგრაფიულზე უფრო ხელსაყრელია.

ამ მხრივ საგულისხმო მაგალითებიც გვაქვს: მარსის თანამგზავრები ფობოსი და დეიმოსი დაკვირვებისათვის ერთობ ძნელი ობიექტებია – ისინი თვითონ მკრთალნი არიან და კაშკაშა დედა-პლანეტიდან ძალიან მცირე კუთხურ მანძილზე იმყოფებიან. მიუხედავად ამისა, ჰოლმა სწორედ ვიზუალურად აღმოაჩინა ისინი.

იგივე ითქმის იუპიტერის მე-5 თანამგზავრზე, რომელიც ერთობ კაშკაშა, მცირე დიამეტრის მკრთალი ობიექტია. ის ვიზუალურად იქნა აღმოჩენილი ბარნარდის მიერ, რომელიც ცის ობიექტების შესანიშნავ ფოტოგრაფიებს ღებულობდა და სახელი გაითქვა, როგორც საუკეთესო ასტრონომიული ფოტოებისა და ატლასების ავტორმა.

10. პლანეტების რგოლები

ოთხმოციანი წლების დასაწყისში, კოსმოსური აპარატების გამოყენებით, აღმოჩენილი იქნა იუპიტერის რგოლი. რგოლის ყველაზე კაშკაშა ნაწილის სიგანე დაახლოებით 800 კმ –ია. ის შემოფარგლულია უფრო მკრთალი, დაახლოებით 5200 კმ-იანი ზოლით და მთავრდება თითქმის მე-14 თანამგზავრის ორბიტით.

როგორც ვარაუდობენ, პლანეტების რგოლები ჩამოყალიბდა იმავე პროტოპლანეტური ნივთიერებისაგან, რომლისგანაც შეიქმნა თანამგზავრები, მაგრამ მათი ჩამოყალიბება მოხდა პლანეტიდან გარკვეულ მანძილზე, სადაც მიმოქცევითი ძალები ეწინააღმდეგებიან ნივთიერების იზოლირებულ სხეულად, ანუ თანამგზავრად ჩამოყალიბებას.

11. პლანეტებისა და თანამგზავრების ორბიტალური თვისებები

უკანასკნელ დრომდე ითვლებოდა, რომ მთელ პლანეტურ სისტემაში, სატურნი რგოლით შემოვლებულ უნიკალურ ობიექტს წარმოადგენს. მე-XX სკ-

ის სამოცდაათიანი წლების მიწურულს აღმოჩენილი იქნა რგოლები იუპიტერისა და ურანის გარშემოც.

ურანის რგოლის აღმოჩენა მოულოდნელ შემთხვევითობასთანაა დაკავშირებული: 1977 წლის 10 მარტს, ამერიკელი ასტრონომები, ავსტრალიაში, კოიპერის თვითმფრინავის ობსერვატორიიდან აკვირდებოდნენ ურანს, პლანეტის დიამეტრის უფრო ზუსტად განსაზღვრისა და მისი ატმოსფეროს ზედა ფენების შესწავლის მიზნით. დაკვირვების შემდეგ მათ ტელესკოპი დარჩათ ჩართული და, ასტრონომების გასაოცრად, ფოტომეტრმა 5-ჯერ, 5-წუთიანი ინტერვალით აღრიცხა ვარსკვლავის სიკაშკაშის მკვეთრი და ძლიერი შესუსტება.

ანალიზის შედეგად დადგინდა, რომ ურანს გარს აკრავს რგოლები.

რადგან ურანის ეკვატორი თითქმის 980° - თაა დახრილი ორბიტისადმი, ურანი ნელა "მიგორავს" მზის ირგვლივ და 1984 წლის 10 აპრილს, იმ მომენტში, როდესაც მისი ჩრდილოეთ პოლუსი მიმართული იყო დედამიწისაკენ, ასტრონომებმა მოახერხეს რგოლის პირველი ოპტიკური გამოსახულების მიღება.

ამ დაკვირვების მიხედვით აღმოჩნდა, რომ მზის სისტემის ჩვენთვის ცნობილ არეში, ურანის რგოლის მატერია ხასიათდება რეკორდულად დაბალი (2%-იანი) ალბედოთი.

ზოგადად განხილული სხეულის მოძრაობა ისეთი სხეულების მხრიდან შემფოთებებს ექვემდებარება, რომლებიც იგივე სისტემაში მოძრაობს.

ეს შეხედულება თითქმის ყოველთვის სამართლიანია მოძრაობების შეთანადების გამონაკლისების გარდა, როდესაც მნიშვნელოვანი ხდება რეზონანსული ეფექტები.

ძირითად შემფოთებას თვლიან საშუალო პოტენციალის მიხედვით, რომელიც განპირობებული იქნება სხვა სხეულებით.

პლანეტების შემთხვევაში პლანეტური ორბიტების შემფოთებები, ცხადია, ყოველთვის გამოწვეულია სხვა პლანეტის მიზიდულობის ძალით, რომელთა შორის იუპიტერის გავლენაა უპირატესი. ეფექტის გამოსათვლელად იუპიტერის მასას წარმოიდგენენ, როგორც გადანაწილებულს მის ორბიტაზე და ითვლიან ასეთი მასიური რგოლის გრავიტაციულ პოტენციალს.

მოძრაობის შედარებით მნიშვნელოვან ინვარიანტებად გვევლინებიან ორბიტალური კუთხური მომენტების აბსოლუტური მნიშვნელობები და ციური სხეულის ბრუნვები. ამ ეფექტების სივრცული ორიენტაცია დროში მუდმივი არ არის და იცვლება რამდენიმე წლიდან დაწყებული 106 წლამდე პერიოდით (მახლობელი თანამგზავრებისა და გარე პლანეტების შესაბამისად).

არსებობს საფუძველი ვიფიქროთ, რომ ზოგიერთი გამონაკლისის გარდა, მომენტების აბსოლუტური მნიშვნელობები მუდმივი დარჩა ციურ სხეულთა წარმოქმნის მომენტიდან. არსებობს ამ საერთო წესიდან

გადახრები - დასაბუთებულია, რომ მოქცევითმა ეფექტებმა მკვეთრად შეცვალეს მთვარის ბრუნვა და მისი ორბიტალური მომენტი.

სავარაუდოა, რომ მერკურისა და ვენერას ბრუნვა შენედა ორბიტალური რეზონანსის დამყარებამდე. ვარაუდობენ, რომ ყველა თანამგზავრის ბრუნვა ორბიტალური მოძრაობის სინქრონიზაციამდე დამუხრუჭებული იყო. აღმოჩნდა, რომ მთვარისა და ტრიტონის გარდა, დანარჩენი თანამგზავრების ორბიტები ძალიან უმნიშვნელოდ შეიცვალა მოქცევების გავლენით.

ორბიტალური სხეულის ხვედრითი კუთხური მომენტი (ანუ მასის ერთეულზე მოსული კუთხური მომენტი) განისაზღვრება, როგორც

$$\vec{C} = \vec{r} * \vec{v}$$

სადაც \vec{r} ცენტრალური სხეულიდან ათვლილი რადიუს-ვექტორია (უფრო ზუსტად, სიმძიმის ძალის საერთო ცენტრიდან ათვლილი), \vec{v} – ორბიტალური სიჩქარეა, C – განისაზღვრება სრული კუთხური მომენტის ფორმულიდან:

$$C_m = M * C$$

სადაც M – მზრუნავი სხეულის მასაა.

თუკი M_0 – ცენტრალური სხეულის მასაა და k – გრავიტაციული მუდმივაა ($6,67 * 10^{-8}$ დინ/სმ² გრ²), მაშინ ორბიტალური ელიფსის დიდი ნახევარღერძი a და ექსცენტრისიტეტი e დაკავშირებულია C – თან ფორმულით

$$C^2 \approx \mu a(1 - e^2)$$

ყველა პლანეტას და და მათ პირდაპირ თანამგზავრებს (ნერეიდას გარდა) აქვთ $C < 0,25$. მათ შორის უმრავლესობას $e < 0,1$ (მერკურის და პლუტონის გარდა და სატურნის თანამგზავრ გიპერიონის გარდა).

12. მცირე სხეულები

პლანეტებისა და თანამგზავრების გარდა საპლანეტათაშორისო სივრცეში მრავალი მცირე ზომის სხეულია, ესენია ასტეროიდები, კომეტები და მეტეორიტული ნაწილაკები.

რათქმუნდა, საპლანეტათაშორისო პლაზმის შემადგენელია აგრეთვე: ატომები და მოლეკულები, იონები და ელექტრონები.

არსებობს ორი, ერთმანეთისაგან განსხვავებული შეხედულება მცირე სხეულების წარმოშობის შესახებ:

1. ისინი შეიძლება წარმოქმნილიყვნენ დიდი ზომის სხეულების ფრაგმენტაციის გზით.
2. მცირე სხეულები შესაძლებელია წარმოიშვა პლაზმისა და გაზის კონდენსაციის გზით.

თუ როგორ მოძრაობენ სხეულები ცხადია, დამოკიდებულია მათ მასაზე:

მცირე მასების ($m < 10^{-10}$ გრ) დინამიკა ძალიან რთულია და არსებითად დამოკიდებულია მათ ზომებსა და ქიმიურ შემადგენლობაზე. მათი სიცოცხლის ხანგრძლივობა საპლანეტათაშორისო სივრცეში ხშირად ძალიან მცირეა, 10^7 -ზე ნაკლები.

თეორიული თვალსაზრისით $m < 10^{-10}$ გრ მასის ნაწილაკები მხოლოდ იმ მხრივაა საინტერესო, რომ ისინი გარდამავალ მდგომარეობას წარმოადგენენ პლაზმიდან კონსდენსაციასა და დიდი სხეულებად აკრეციას შორის.

მასებისათვის $m > 10^{-10}$ გრ (ასტეროიდები, კომეტები და მეტეორიტების უდიდესი ნაწილი), მზისმიერი მიზიდულობაა უპირატესი. მათი მოძრაობები ძირითადად კეპლერის კანონებს ექვემდებარება, რომელიც ცხადია შემფოთებებსაც განიცდის.

12.1 კომეტები (კუდიანი ვარსკვლავები)

კომეტები მზის სისტემის განსაკუთრებული სხეულებია. კომეტა წარმოადგენს შემკვრივებული გაზის მოკაშკაშე ბირთვს კუდით. კომეტა მაშინ შეიმჩნევა, როდესაც მზესთან ახლოს, მისგან დაახლოებით 4 – 5 ასტრონომიულ ერთეულ მანძილზე იმყოფება.

ფიქრობენ, რომ თავდაპირველად კომეტა უნდა იყოს ცივი სხეული, რომელიც მზესთან მიახლოების დროს თბება და ხდება მისგან გაზის გამოტყორცნა კუდის სახით, რომელიც მზის მხარესაა მიმართული.

კომეტების საერთო რაოდენობა შეფასებულია, როგორც 10^{11} , მათგან 10^5 – მოკაშკაშე ნათელი კომეტაა.

კომეტების სიცოცხლის ხანგრძლივობა მცირეა და გააჩნიათ მცირე მასები.

როგორც ავლნიშნეთ, კომეტების წარმოშობის ზუსტი მექანიზმი ცნობილი არ არის, მაგრამ იქედან გამომდინარე, რომ ისინი სწრაფად ქრებიან, ალბათ ისინი ახლაც წარმოიშობიან.

ზუსტად განსაზღვრული ორბიტებით 525 კომეტიდან არის 199 – ელიფსური, 274 – თითქმის პარაბოლური და 52 – სუსტად გამოხატული ჰიპერბოლური ფორმის.

გავითვალისწინებთ რა პლანეტურ შემფოთებებს, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ კომეტები ალბათ საპლანეტათაშორისი სივრციდან შემოიჭრნენ. პლანეტური შემფოთებები, ცვლიან ზოგიერთი კომეტის ორბიტას ისე, რომ ისინი პირიქით, მზის სისტემიდან საპლანეტათაშორისო სივრცეში გაიტყორცნებიან.

12.2 ასტეროიდები

ასტეროიდები ძალიან მცირე ზომის პლანეტებია, რომლებიც მოძრაობენ მზის გარშემო, ძირითადად ელიფსურ ორბიტაზე.

მათემატიკურად დამტკიცებულია, რომ უძველეს დროში არსებობდა პლანეტა ფაეტონი, რომელიც დაიშალა და სწორედ მისი ნარჩენებია ასტეროიდები.

ისმის კითხვა - რატომ დაიშალა ფაეტონი. პირველი თეორიის მიხედვით ის შეიძლება დაიშალა რაღაც სხეულზე დაჯახების შედეგად. თუმცა არსებობს მეორე თეორიაც, რომელიც ასაბუთებს, რომ ის დაიშალა მის წიაღში მიმდინარე პროცესებით, რომელიც აფეთქებით დასრულდა.

ასტეროიდების საერთო რაოდენობა დაახლოებით 40 000 –ია და მათი ჯამური მასა 1 000 –ჯერ ნაკლებია დედამიწის მასაზე.

1700 – ზე მეტი ასტეროიდი მოძრაობს მარსსა და იუპიტერს შორის, ისინი ასტეროიდების სარტყელს ქმნიან და მცირე პლანეტების - "ეფემერიდების" სახელითაა ცნობილი.

ყველაზე დიდი ასტეროიდია ცერერა. მისი განივკვეთი დაახლოებით 1 000 კმ-ია.

არსებობს ასტეროიდები, რომელთა ორბიტები კვეთს დედამიწის ორბიტას და ამიტომ არსებობს მათი დედამიწაზე დაცემის საშიშროებაც. ეს არის Apollo-ს სისტემის ასტეროიდები. პირველად 1930 წელს აღმოაჩინეს ისეთი ასტეროიდი, რომლის ორბიტა დედამიწის ორბიტას კვეთდა და მას Apollo დაარქვეს. მოგვიანებით აღმოჩნდა, რომ ასეთი ყოფილა რამდენიმე ასეული ასტეროიდი და ამიტომ მათ Apollo-ს ჯგუფის ასტეროიდები უწოდეს.

12.3 მეტეორიტები

მეტეორიტები მზის სისტემიდან წარმოშობილი მყარი სხეულებია, რომელთა ორბიტები უმთავრესად ელიფსური ფორმისაა. მეტეოროტი, როგორც ყველა ციური სხეული, ვარსკვლავთშორისი არიდანაა წარმოშობილი. ეს არის მყარი სხეული, რომელიც გაიტყორცნება და ეცემა პლანეტებსა და დედამიწას.

არსებობს ქვისა და რკინის მეტეორიტები. ქვის მეტეორიტები შეადგენენ მეტეორიტების 90%-ს. ქვის მეტეორიტები თავისთავად იყოფიან 2 ჯგუფად: ხონდრიტებად და ახონდრიტებად. ხონდრიტების რიცხვი 10-ჯერ აჭარბებს ახონდრიტების რიცხვს და ისინი შეიცავენ სფერული ფორმის სილიკატურ ჩანართებს.

ფიქრობენ, რომ მეტეორიტული ნაწილაკები უნდა წარმოიშობოდნენ ძირითადი ასტეროიდული სარტყლების ფრაგმენტებისაგან. თუმცა ანდერსმა (1964 წ.) და ეპიკმა (1966 წ.) გვიჩვენეს, რომ მეტეორიტული ნაწილაკები წარმოადგენენ კომეტების დაშლის პროდუქტს.

მეტეორიტები შემოიჭრებიან რა დედამიწის ატმოსფეროში, აქვთ 10 - 15 კმ/წმ სიჩქარე და მეტი. ცხადია, მეტეორიტებს გაჩნიათ დიდი კინეტიკური ენერჯია, რომელიც ატმოსფეროსთან ურთიერთქმედებისას გარდაიქმნება სითბურ ენერჯიად.

მეტეორიტის მოძრაობას ხანდახან თან ახლავს სინათლისა და ბგერითი ეფექტები. მეტეორიტების მოძრაობისას მისი ზედაპირი და მის ირგვლივ არსებული ატმოსფერული არე ხურდება რამდენიმე ათას გრადუსამდე. მეტეორიტი გახურების დროს დნება და ასეთი სიჩქარით მოძრაობის დროს შესაძლებელია წამოვიდეს მეტეორიტების წვიმა.

მეტეორიტების ყველაზე საოცარი თვისება, რომელიც შეუიარაღებელი თვალითაც კი დაიკვირვება, მათი გამოჩენის სიხშირეებში დიდი ფლუქტუაციაა. როდესაც დედამიწა მეტეორიტულ ნაკადში ხვდება, მეტეორიტების რიცხვი საათში შეიძლება გაიზარდოს 1 ან 2 რიგით, ზოგიერთ შენთხვევაში კი, უფრო მეტადაც.

13. დედამიწის მდებარეობა კოსმოსში და მისი აგებულება

დედამიწის ძირითადი თავისებურება მასზე სიცოცხლის არსებობა და განვითარებაა, რაც 2 - 3 მილიონი წლის წინათ ადამიანის გაჩენით დაგვირგვინდა.

მზიდან დაშორების მიხედვით დედამიწა მზის სისტემაში მესამე პლანეტაა, ხოლო სიდიდით - მეხუთე. დედამიწა გაცილებით დიდია, ვიდრე დედამიწის ჯგუფის სხვა პლანეტები: მერკური, ვენერა და მარსი.

დედამიწის მასა მზის მასის $1/330\ 000$ და დიდ პლანეტათა საერთო მასის $1/448$ ნაწილია.

ისევე, როგორც მზის სისტემის ყველა სხეული, დედამიწაც მოძრაობს მზის ირგვლივ ელიფსურ ორბიტაზე (ექსცენტრისიტეტი 0,0167).

მზე ამ ელიფსის ერთ-ერთ ფოკუსში მდებარეობს და ამის გამო დედამიწიდან მზემდე მანძილი წლის განმავლობაში იცვლება 147, 114 მილიონი კმ-დან (პერიჰელიუმში) 152,083 მილიონი კმ-მდე (აფელიუმში) (ცხრილი II).

ორბიტის დიდი ნახევარღერძი (149, 600 მილიონი კმ) ითვლება დედამიწიდან მზემდე საშუალო მანძილად და წარმოადგენს მზის სისტემის ფარგლებში მანძილების ფუნდამენტურ საზომს – ასტრონომიულ ერთეულს.

დედამიწის ეკვატორულ ნაწილში ბრუნვის ხაზოვანი სიჩქარე შეადგენს 0,465 კმ/წმ. მზის გარშემო დედამიწის მოძრაობის საშუალო სიჩქარეა 29,765 კმ/წმ. დედამიწა აგრეთვე მოძრაობს მზესთან ერთად გალაქტიკის ცენტრის გარშემო.

წლის სეზონური ცვლა დედამიწაზე დამოკიდებულია დედამიწის ღერძის მიმართულების ცვლილებაზე მზის მიმართ.

დედამიწის ბრუნვის ღერძი თვით დედამიწის სხეულშიც არ ინარჩუნებს მუდმივ მიმართულებას. აქაც ადგილი აქვს როგორც პერიოდულ, ასევე საუკუნებრივ მოძრაობას, რაც დედამიწის პოლუსების მოძრაობის მიზეზია.

დედამიწის პოლუსების მოძრაობა – გეოგრაფიული პოლუსების გადაადგილება ზედაპირზე, თავს იჩენს მხოლოდ პუნქტის გეოგრაფიული განედის ცვლილებაში. ამ მოვლენის შესაძლებლობაზე პირველად მიუთითა ნიუტონმა 1687 წელს, მისი მათემატიკური თეორია დაამუშავა ლ. ეილერმა 1790 წელს, ხოლო პრაქტიკულად აღმოაჩინეს XIX სკ.-ის შუა წლებში პულკოვოს ობსერვატორიაში. საბოლოოდ ეს ფაქტი დადასტურდა 1888 წელს ბერლინში და 1891- 1892 წწ ბერლინსა და ჰონოლულუში სპეციალური დაკვირვებებით.

დედამიწის ღერძის პრეცესია არის დედამიწის ღერძის ნელი მოძრაობა წრიულ კონუსზე, რომლის სიმეტრიის ღერძი ეკლიპტიკის სიბრტყის პერპენდიკულარულია. ასტრონომიული დაკვირვებებიდან ცნობილია, რომ პრეცესიის პერიოდი 27 735 წელია.

ასტრონომიული ნუტაცია არის დედამიწის ღერძის მცირე რხევები, რომლებიც ერთვის მის საუკუნებრივ პრეცესიულ მოძრაობას. ამ რხევებს განაპირობებს მზრუნავ სფეროიდულ დედამიწაზე მთვარისა და მზის შემაშფოთებელი გავლენა. ნუტაცია შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ, როგორც სხვადასხვა პერიოდისა და ამპლიტუდის მქონე მარტივი რხევების ერთობლიობა.

ნუტაციური რხევებიდან უდიდესი არის რხევა, რომლის პერიოდი 18,6 წელი.

დედამიწას კონცენტრული აღნაგობა აქვს: დედამიწის ბირთვს გარს აკრავს მანტია, ხოლო მანტიას - დედამიწის ქერქი, რომელიც შედგება მანტიიდან გამოყოფილი მსუბუქი ნივთიერებებისაგან. ეს სამი შიგა გეოსფერო ერთად შეადგენს “მყარ” დედამიწას, რომელსაც გარს აკრავს დედამიწის ზედაპირი. გარე, არამყარი გეოსფეროებია: წყლის - ჰიდროსფერო და ჰაერის ატმოსფერო, რომელიც წარმოიშვა დედამიწის წიაღიდან ამოსული წყლის ორთქლისა და სხვა აირებისაგან.

დედამიწის რადიუსი დაახლოებით 6 400 კმ-ია. ქერქის სიმძლავრეა დაახლოებით 60-100 კმ. მანტია ვრცელდება 2 900 კმ სიღრმემდე, თვით დედამიწის ბირთვამდე.

განარჩევნ დედამიწის ქერქის ორ ძირითად ტიპს - კონტინენტურსა და ოკეანურს. კონტინენტური ქერქი შედგება ზედა - დანალექი ფენისაგან, შუა - გრანიტული ფენისაგან და ქვედა - ბაზალტური ფენისაგან. ოკეანურ ქერქში დანალექი ფენა თხელია, გრანიტული საერთოდ არ არის, ხოლო ბაზალტური ფენის სისქე დაახლოებით 5 კმ-ია.

დედამიწის მანტიის ზედა ნაწილი, რომელიც უშუალოდ ქერქს მოსდევს, ცნობილია სუბსტრატის სახელით და ქერქთან ერთად შეადგენს ლითოსფეროს. სუბსტრატს, ანუ ზედა მანტიას ასტენოსფეროსაც უწოდებენ.

დედამიწის ბირთვის საშუალო რადიუსი დაახლოებით 3,5 ათასი კმ-ია და იყოფა გარე ბირთვად (E), გარდამავალ ზონად (F) და შიგა ბირთვად (G), რომლის რადიუსი 1,3 ათასი კმ-ია.

“მყარი” დედამიწისათვის დამახასიათებელია შემდეგი ფიზიკური და ქიმიური თვისებები: დედამიწის ქერქის საშუალო სიმკვრივეა 2,8 ტ/მ³, დანალექი ფენის 2,4 - 2,5 ტ/მ³, გრანიტის 2,7 ტ/მ³, ბაზალტის კი - 2,9 ტ/მ³.

მოხორციელების ზედაპირთან სიმკვრივე ნახტომისებურად მატულობს 2,9 - 3,0 ტ/მ³-დან 3,1 - 3,5 ტ/მ³-მდე. ამის შემდეგ იგი თანდათან იზრდება და ბირთვის საზღვარზე 5,6 ტ/მ³-ს აღწევს.

ბირთვის სიმკვრივე ჯერ ნახტომისებურად იზრდება $10,0 \text{ ტ/მ}^3$ -მდე, და შემდეგ კი ნელა მატულობს $12,5 \text{ ტ/მ}^3$ -მდე დედამიწის ცენტრში.

სიმძიმის ძალის აჩქარება 2300 კმ სიღრმემდე მხოლოდ 2% -ით მატულობს ზედაპირულთან შედარებით. ბირთვის საზღვარზე ტოლია $10,7 \text{ მ/წმ}^2$, ხოლო შემდგომ თანდათან კლებულობს და დედამიწის ცენტრში ნულამდე ეცემა.

დედამიწაში წნევა უწყვეტად მატულობს სიღრმის ზრდასთან ერთად.

დედამიწას გააჩნია ატმოსფერო და ჰიდროსფერო. დედამიწის ატმოსფერო ამცირებს მზის რადიაციის გავლენას დედამიწაზე და ამის გამო ის თითქოს დედამიწის გადაცივებას უნდა იწვევდეს. მაგრამ ატმოსფეროს გააჩნია “სასათბურე” ეფექტიც, რაც დედამიწის პირიქით, გადახურებას იწვევს.

რომ არ არსებობდეს ატმოსფეროს “სასათბურე” ეფექტი, დედამიწის ტემპერატურა იქნებოდა (-230°) , მაგრამ რეალურად მისი საშუალო ტემპერატურა 150° .

დედამიწის წიაღში ტემპერატურა სიღრმესთან ერთად მატულობს: კონტინენტური ქერქის ქვეშ ის $600 - 700^{\circ}$ –ია. მანტიაში $1500 - 1800^{\circ}$, ბირთვში სავარაუდოდ $4000 - 5000^{\circ}$ -ს არ აღემატება.

მანტიის მასალის სიბლანტე ასთენოსფეროს ზემოთ და ქვემოთ, როგორც ჩანს 10^{23} პუაზზე ($1 \text{ პუაზი არის } 0,1 \text{ ნ*წმ/მ}^2$) ნაკლები არ უნდა იყოს. ასთენოსფეროს სიბლანტე ძლიერ დაბალია - $(10^{19} - 10^{21})$ პუაზი. გარე ბირთვის სიბლანტე ბევრად ნაკლებია მანტიაზე.

დედამიწის ბირთვში ელექტროგამტარობა ძლიერ მაღალია, რაც ბირთვის ნივთიერების ლითონურ თვისებებზე მიუთითებს.

დედამიწის წიაღში ნივთიერების მდგომარეობას განსაზღვრავს მაღალი ტემპერატურა და წნევა. მანტიის მასალა გადნებოდა, რომ დიდი წნევის გამო კრისტალურ მდგომარეობაში არ იმყოფებოდა. მხოლოდ მანტის ზედა არეში, ასთენოსფეროშია მანტიის მასა ნაწილობრივ ამორფული, ნაწილობრივ გამდნარ მდგომარეობაში. გარეგანი ბირთვი თხიერი უნდა იყოს (სწორედ ამას უკავშირებენ დედამიწის მაგნიტური ველის წარმოშობას). შიგა ბირთვის ნივთიერება კი მყარ მდგომარეობაშია.

გეოსფეროების ნივთიერება განუწყვეტლივ მოძრაობას, ცვალებადობას განიცდის. გეოდინამიკური პროცესები სწრაფია თხიერსა და აიროვან გარსებში, მაგრამ დედამიწის განვითარებას განსაზღვრავს “მყარი” დედამიწის გეოსფეროებში ნელა მიმდინარე პროცესები.

განასხვავებენ შინაგან ანუ ენდოგენურ და გარეგან ანუ ეგზოგენურ პროცესებს. პირველის მამოძრავებელი საწყისია დედამიწის შინაგანი ენერგია (უმთავრესად რადიაქტიური დაშლა), მეორესი კი – მზის გამოსხივება.

ენდოგენური პროცესები იწვევს ნივთიერებების დიფერენციაციას სიღრმულ გეოსფეროებში (მანტიაში და მის ქვემოთ) – მსუბუქ შემადგენელ კომპონენტებს თავს უყრის ზედა გეოსფეროებში, მძიმე კომპონენტებს კი – ქვედაში. ენდოგენური პროცესები განაპირობებენ დედამიწის ქერქის ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ გადაადგილებებს და დეფორმაციას ე.წ. ტექტონიკურ პროცესებს, რომლებიც ვრცელდება ზედა მანტიის წიაღამდე.

ტექტონიკურ პროცესებთან მჭიდრო კავშირშია მაგმური პროცესები, რაც გამოიხატება დედამიწის ქერქში მაგმის შეჭრით და ზოგან ზედაპირზე ამონთხევით (ვულკანიზმი).

ტექტონიკური და მაგმური პროცესები იწვევენ მეტამორფოზას – ქანების მინერალოგიური შედგენილობისა და სტრუქტურის გარდაქმნას მაღალი ტემპერატურისა და წნევის ზემოქმედებით.

დედამიწის ზედაპირი და ქერქის ზედა ნაწილები განიცდის ეკზოგენური პროცესების გავლენას. ეკზოგენური აგენტები (უმთავრესად წყალი) ანაწევრებენ დედამიწის ზედაპირს, მიეზიდებიან ნაშალ მასალას დაბლობის, ტბისა და ზღვისაკენ და იქ ლექავენ.

ენდოგენური და ეკზოგენური პროცესები ერთმანეთის საპირისპიროდ მოქმედებენ: პირველნი ქმნიან დედამიწის ზედაპირის მსხვილ უსწორმასწოროებებს და განაპირობებენ წყლისა და ხმელეთის განაწილებას, მეორენი კი ხმელეთის ნგრევითა და ნაშალი მასალის დაფენით მიისწრაფიან მოასწორონ უსწორმასწორო ზედაპირი.

შინაგანი და გარეგანი ძალების ურთიერთქმედების შედეგად ყალიბდება დედამიწის ზედაპირის რელიეფი.

14. დედამიწის მასა და ფორმა

ნიუტონმა პირველმა დაასაბუთა, რომ მზრუნავი დედამიწა უნდა წარმოადგენდეს ბრუნვის ელიფსოიდს, რომელიც პოლუსებთან მცირედაა შევიწროვებული (ე.წ. სფეროიდი), თუმცა ფრანგი ასტრონომი და გეოდეზისტი კასინი სრულიად სხვა თვალსაზრისზე იდგა და თვლიდა, რომ დედამიწა, კვერცხის მსგავსად, შევიწროვებულია ეკვატორზე და წაგრძელებული აქვს პოლარული ღერძი.

ამ საკითხის ერთხელ და სამუდამოდ გადასაჭრელად XVIII საუკუნის 30-იან წლებში პერუსა და ლაპლანდიაში გაიგზავნა ფრანგთა გეოდეზიური ექსპედიციები. მათ დაევალებათ გაეზომათ დედამიწის ზედაპირის სიმრუდის რადიუსი ჩრდილო განედებსა და ეკვატორის მახლობლად.

გაზომვათა შედეგებმა დაამტკიცეს, რომ დედამიწა შეკუმშულია პოლუსებთან, როგორც ამას ნიუტონი ამტკიცებდა.

თეორიულად პოლუსებთან შეკუმშვა განპირობებულია შემდეგი მიზეზით: ერთგვაროვანი სიმკვრივის მქონე მბრუნავი სითხის ზედაპირი გრავიტაციული და ცენტრიდანული ძალების გავლენით იძენს ბრუნვის ელიფსოიდის ფორმას. ცენტრისკენ სიმკვრივის გაზრდა, რასაც ადგილი აქვს რეალურ დედამიწაში, იწვევს ელიფსოიდის ზედაპირიდან მისი ზედაპირის 3 მ-ით გადახრას.

ამიტომ დედამიწის ფიგურა, თუ ჩავთვლით, რომ ის ჰიდროსტატიკურ წონასწორობაშია, უნდა იყოს მსგავსი იმ ბრუნვის ელიფსოიდისა, რომელიც პოლუსებთანაა შეკუმშული.

აქედან გამომდინარე, დედამიწის ფიგურის თეორია შეიძლება გაიყოს ორ ნაწილად:

1. იმ ელიფსოიდის ფორმის და ზომების განსაზღვრა, რომელიც ოკეანეთა ზედაპირის საუკეთესო მიახლოებაა (ე.წ. სფეროიდის) და
2. ოკეანეთა რეალური ზედაპირი (ე.წ. გეოიდის) გადახრის განსაზღვრა სფეროიდის ზედაპირისაგან.

სფეროიდის ფორმა შეიძლება განისაზღვროს, თუ თავდაპირველად გამოვითვლით მის კუმშვას, შემდეგი ფორმულით:

$$f = (a - c) / a$$

სადაც f – კუმშვაა, a - საშუალო ეკვატორული რადიუსი, c – პოლარული რადიუსი.

თუ ჩავთვლით, რომ დედამიწას გააჩნია ერთნაირი სიმკვრივე, მაშინ დედამიწისთვის f კუმშვა, გამოთვლილი ნიუტონის მიერ, 1/230 – ის ტოლია.

სხვადასხვა მნიშვნელობები იყო მიღებული ფრანგი გეოდეზისტების მიერ ჩატარებული ექსპედიციის შემდეგ, ასევე ჯეფრისის მიერ, რომელიც დიდი ხანი მუშაობდა ამ საკითხებზე, მაგრამ ყველაზე უფრო ზუსტი მნიშვნელობები – 1/30 000 სიზუსტით მიღებული იქნა ხელოვნური თანამგზავრებით ორბიტებზე დაკვირვებების შედეგად : კუმშვა – 1/298,25 – ის ტოლი აღმოჩნდა, დედამიწის საშუალო ეკვატორული რადიუსი 6378, 160 კმ, ხოლო პოლარული რადიუსი – 6356, 775 კმ.

ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი შედეგი თანამგზავრული გეოდეზიისა ისაა, რომ დედამიწას აქვს “მსხლისებური” ფორმა.

მართლაც, გეოიდის გადახრა სფეროიდიდან, რომელიც განაპირობებს მის “მსხლისებურ” ფორმას, 20 მეტრის ტოლია, მაშინ როცა, ეკვატორული ამობურცულობა 20 კმ-ს არწევს.

დედამიწის მასა შესაძლოა გამოთვლილი იქნას მის ზედაპირზე სიმძიმის ძალის აჩქარების მნიშვნელობით, თუ გავითვალისწინებთ მცირე შესწორებას მისი ბრუნვის გამო.

თავიდან ჩავთვალოთ, რომ დედამიწა რადიალურად სიმეტრიული არაბრუნვადი სფეროა. მაშინ შეიძლება ვაჩვენოთ, რომ გარეშე მატერიალური წერტილი დედამიწის მიერ მიიზიდება ძალით:

$$GM/r^2$$

სადაც r - მანძილია სფეროს ცენტრიდან, M მასაა, ხოლო G - გრავიტაციული მუდმივა.

მიზიდულობა და რადიუსი ზუსტადაა ცნობილი, ხოლო გრავიტაციული მუდმივა ექსპერიმენტულად $0,03\%$ - სიზუსტითაა განსაზღვრული.

თუ დედამიწის ფიგურა და მის ზედაპირზე სიმძიმის ძალა ცნობილია, მაშინ სულაც არ არის საჭირო დავუშვათ, რომ დედამიწას რადიალური სიმეტრია აქვს.

ამგვარად, მასა შეიძლება განისაზღვროს იგივე სიზუსტით, რითაც გრავიტაციული მუდმივა განისაზღვრება, ანუ $0,03\%$ -ის ცდომილებით.

თუ დედამიწის მასა და მოცულობა ცნობილია, შესაძლოა განისაზღვროს მისი საშუალო სიმკვრივეც.

ამგვარად, გამოთვლილია, რომ დედამიწის მასა $5,977 \cdot 10^{27}$ გ-ია, ხოლო დედამიწის საშუალო სიმკვრივე $5,617$ გ/სმ³-ია (ცხრილი II).

15. დედამიწის ქიმიური შედგენილობა

ქანები, რომლებიც დედამიწის ქერქს ქმნიან, არ გვამღევეს დედამიწის შუა ნაწილის ქიმიური შემადგენლობის შესახებ წარმოდგენას.

დედამიწის მანტია და ბირთვი, რომელიც დედამიწის მოცულობის 90% -ია, მიუწვდომელია ქიმიური ანალიზისათვის.

ამიტომ, დედამიწის ქიმიური შემადგენლობის დასაზუსტებლად იყენებენ არაპირდაპირ მეთოდებს: ხშირად მიმართავენ მეტეორიტებთან ანალოგიებს, ერთმანეთს ადარებენ და უთანადებენ სხვადასხვა სიღრმეზე დანაკვირვებ ქანთა ქიმიურ თვისებებს. ამასთან, ითვალისწინებენ მაღალი წნევების ქვეშ ქანთა ექსპერიმენტულ და ფიზიკურ მონაცემებს.

დედამიწის ქიმიური შემადგენლობის საკითხის გადაწყვეტაში დიდ როლს თამაშობს მანტიიდან გამოყოფილი, ამოფრქვეული ქანების გამოკვლევის მეთოდებიც, თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ ეს მეთოდები გამოსადეგია მხოლოდ ზედა მანტიისათვის.

ჩვენ განვიხილავთ მანტიისა და ბირთვის შემადგენლობის შესახებ ზოგად მონაცემებს.

ცნობილია, რომ მეტეორიტები ხანდახან დედამიწაზეც ცვივიან და იძლევიან შედარებით სანდო ცნობებს იმ ნივთიერებების შესახებ, რომელთაგანაც შედგება დედამიწის ჯგუფის პლანეტები: მერკური, ვენერა, დედამიწა, მარსი და ასტეროიდები.

მეტეორიტთა ორი ძირითადი კლასის არსებობა, საშუალებას გვაძლევს დავუშვათ, რომ სხეულში, რომლებმაც ეს მეტეორიტები წარმოშვა, ორ ფაზად გაყოფა: სილიკატიურად და რკინა-ნიკელურ ფაზად. რადგან, რკინა-ნიკელური ფაზა უფრო მკვრივია, მას უნდა ქონდეს ტენდენცია, რომ კონცენტრირდეს სხეულის ცენტრში.

მეტეორიტებთან ანალოგიით შეიძლება დავუშვათ, რომ დედამიწას აქვს რკინა-ნიკელური ბირთვი და მანტია ისეთივე შემადგენლობისა, რომელიც უახლოვდება ხონდრიტების შედგენილობას. თუმცა, თუ კიდევ გავაგრძელებთ ანალოგიებს მეტეორიტების ქიმიურ შემადგენლობასა და დედამიწის ჯგუფის პლანეტებს შორის, უეცრად წარმოიშვება დიდი სიძნელეებიც.

უპირველესად ყოვლისა, რკინის და ქვის რიცხოვრივი შეფარდება არ შეესაბამება დედამიწის ბირთვისა და მანტიის ანალოგიურ შეფარდებას. მეცნიერი გასტი აღნიშნავს, რომ ზედა მანტიის ამონთხეული ქანები კალიუმით, რუბიდიუმით და ცეზიუმით გაცილებით ღარიბია, ვიდრე ხონდრიტები.

დედამიწის ჯგუფის პლანეტების დანაკვირვები სიმკვრივეები არ ემთხვევა იმ მნიშვნელობებს, რომელიც მათ ექნებოდათ, თუ მათ ისეთივე შედგენილობა ექნებოდათ, როგორც მეტეორიტებს.

რკინა-ნიკელური და სილიკატიური ფაზების ფარდობითი შედგენილობა უნდა განსხვავდებოდეს, როგორც პლანეტებსა და მეტეორიტებს შორის, ასევე თვით პლანეტებს შორისაც.

რადგან სილიკატიური ფაზა ცვალებადია, ის უსათუოდ სხვადასხვა კონცენტრაციის იქნება მეტეორიტების, დედამიწისა და მთვარისთვის.

თუ ყურადღებით განვიხილავთ ჰიპოთეზებს, რომლებშიც დედამიწის ანდა მისი მანტიის შემადგენლობა გაიგივებულია მეტეორიტების ერთ ან მეორე ჯგუფთან, აღმოჩნდება, რომ ყველაზე სწორი იქნება თუ ჩავთვლით, რომ მეტეორიტების შემადგენლობა მიუთითებს მხოლოდ იმაზე, რომ დედამიწაში ორი ძირითადი ფაზაა: რკინა-ნიკელური ფაზა ბირთვში და ულტრაძირითადი სილიკატიები მანტიაში.

16. დედამიწის ასაკი

მე-19 სკ.-ის ბოლოს გაბატონებული იყო შეხედულება, რომ დედამიწა 20 – 80 მილიონი წლისაა. დედამიწის ასაკის ეს შეფასება მოგვცა

კელვინმა, რომელიც ეყრდნობოდა იმ დაშვებას, რომ დედამიწის წიაღიდან გამოსული სითბური ნაკადი შეესაბამება პირველსაწყისი გახურებული სხეულის გაცივებას. მაგრამ, XX სკ-ის დასაწყისში აღმოჩენილმა რადიაქტიურობამ საშუალება მისცა მეცნიერებს ახლებურად შეეხედათ დედამიწის ასაკის განსაზღვრის პრობლემისათვის.

უპირველეს ყოვლისა დამუშავებული იქნა მთის ქანთა ასაკის განსაზღვრის მეთოდი, რომელმაც აჩვენა, რომ ქანთა უმრავლესობა 80 მლნ. წელზე მეტისაა. მეორეს მხრივ, ურანის, თორიუმისა და კალიუმის რადიაქტიური დაშლის ენერგია სრულიად საკმარისი აღმოჩნდა იმისთვის, რომ ახსნილიყო დედამიწის სითბური ნაკადის არსებობა.

აქედან გამომდინარე, აღარ იყო საჭირო კელვინის ჰიპოთეზა ისეთი დედამიწის შესახებ, რომელიც ცივდება.

ცნობილია, რომ რადიაქტიური იზოტოპების დაშლის სიჩქარე პროპორციულია დაუშლელ ატომთა რიცხვისა.

მათემატიკურად ეს ასე ჩაიწერება:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

სადაც N მშობლიური იზოტოპის ატომთა რიცხვია, t – დრო, λ კი დაშლის მუდმივა.

დროს, რომელიც საჭიროა, რომ სრულად დაიშალოს ატომთა არსებული რიცხვის ნახევარი, ეწოდება ნახევარდაშლის პერიოდი და აღინიშნება t_{10} –ით.

შეიძლება ვაჩვენოთ, რომ

$$t_{10} = (\ln 2) / \lambda$$

ზოგიერთი ნივთიერების ატომთა ნახევარდაშლის პერიოდი საკმაოდ დიდია (U^{238} , U^{235} , Th^{232} , Rb^{87} , K^{40}) და ისინი გამოიყენებიან მინერალთა ასაკის განსაზღვრავად.

ვთქვათ, მინერალი კრისტალიზაციის დროს შეიცავს N რაოდენობის პირველსაწყის იზოტოპს, მაშინ რაღაც t დროის შემდეგ დარჩება ამ ატომთა N_1 რაოდენობა და მათგან წარმოიშობა ახალი ელემენტის N_s რაოდენობის ატომები. ეს სიდიდეები დაკავშირებულია ერთმანეთთან ფორმულით:

$$t = \frac{t_{1/2}}{0.693} \ln(1 + N_s / N_r) \quad \text{სადაც } \ln 2 = 0.693$$

თუ გავზომავთ N_1 და ექსპერიმენტიდან გვეცოდინება $t_{1/2}$, შეიძლება გამოვთვალოთ ქანის ასაკი.

ურანის და თორიუმის მწკრივი ფართოდ გამოიყენება ქანთა დათარიღებისათვის, მაგრამ ბოლო ხანებში უპირატესობას აძლევენ მეთოდებს, რომლებშიც იყენებენ კალიუმსა და რუბიდიუმს, რომელიც მთის ქანებში გვხვდება. სწორედ ეს მეთოდი იყო გამოყენებული გეოქრონოლოგიური სკალის ასაგებად.

ამ მეთოდებით კემბრიული პერიოდი დათარიღდა 570 მილიონი წლის წინანდელი პერიოდით.

რადიაქტიურმა მეთოდებმა უდიდესი როლი ითამაშეს წინაკემბრიული ქანების სტრატეგრაფიის განსაზღვრისათვის. ყველაზე ძველ ქანს, რომელიც წინაკემბრიულს ეკუთვნის, დაახლოებით 3400 მილიონი წლით ათარიღებენ.

დედამიწა ალბათ უფრო ძველია, ვიდრე ყველაზე დიდი ხნის ჩვენთვის ცნობილი ქანებია, ანუ მისი ასაკი მეტია 3400 მილიონ წელზე. ამასთან, დედამიწის ასაკი უფრო მცირე უნდა იყოს, ვიდრე დრო, რომელიც საჭირო იქნებოდა, რომ შექმნილიყო Rb^{207} და U^{235} –ის დღეს არსებული რაოდენობა.

გეოქიმიური შეფასებების თანახმად ეს დრო 5 500 მილიონი წელია.

დედამიწის ასაკის უფრო ზუსტად დადგენა შესაძლებელია, თუ ტყვიის იზოტოპების მიხედვით განვსაზღვრავთ ქანთა თავდაპირველი კრისტალიზაციის დროს, რომელიც ქმნის თანამედროვე მანტიას. ამ მეთოდის მიხედვით გამოთვლილი დედამიწის ასაკი 4 550 მილიონი წელია.

დათარიღების რადიაქტიური მეთოდი მეტეორიტებისთვისაც გამოიყენება. გამოკვლევები გვიჩვენებენ, რომ მეტეორიტების კრისტალიზება ხდებოდა 4 500 მილიონი წლის წინათ.

აქედან გამომდინარეობს, რომ მეტეორიტთა პირველსაწყისი სხეულები წარმოიშვნენ დაახლოებით იმავე დროს, როდესაც შეიქმნა დედამიწის მანტია.

მეცნიერები თვლიან, რომ დაახლოებით იგივე დროს შეიქმნა სხვა პლანეტებიც.

17. მთვარე

მთვარეს ჯერ კიდევ ტელესკოპის გამოგონებამდე იკვლევდნენ.

კოსმოსურ ერამდე კვლევებში უნდა აღინიშნოს გალილეის შრომები, თუმცა ის თვლიდა, რომ მთვარეს გააჩნდა ატმოსფერო და ჰოდროსფერო. გალილეი დარწმუნებული იყო, რომ მთვარეზე არსებობდა ვულკანებიც.

XX სკ.-ნის I ნახევარში, ფაუტის კვლევების თანახმად გავრცელებული იყო აზრი, რომ მთვარე 185 კმ-იანი ყინულის საფარით იყო დაფარული.

კოსმოსური ერის განვითარებამ შესაძლებელი გახადა მთვარეზე რეალური წარმოდგენები შეგვექმნა. მთვარეზე დამონტაჟდა სპეციალური ლაბორატორიები, რომლებიც უშუალო დაკვირვების საშუალებას იძლევა და იძლევა სურათებს მთვარის ზედაპირიდან მცირე მანძილებზეც.

უნდა აღინიშნოს, რომ ზოგადად მთვარეზე დაკვირვების ჩატარება გაადვილებულია იმის გამო, რომ მას არ გააჩნია ატმოსფერო და ღრუბლოვანი საფარი.

მრავალწლიანმა კვლევებმა დაადასტურა, რომ მთვარე დედამიწის თანამგზავრია და ის დამოუკიდებლადაა წარმოშობილი.

მთვარის მასა 81-ჯერ მცირეა დედამიწის მასაზე (ცხრილი II).

მთვარე ისე ახლოა დედამიწასთან, რომ სავსემთვარეობის დროს ის მთლიანად ანათებს დედამიწას.

როდესაც მთვარეს ვუყურებთ ზუსტად ჩვენს თავზე, ეს მანძილი დაახლოებით 64 000 კმ-ია. ყველაზე დიდი მანძილი მთვარიდან დედამიწამდე 402 400 კმ-ია. საშუალო მანძილი კი - 384 400 კმ.

აღსანიშნავია, რომ მთვარე დედამიწის მიმართ ყოველთვის ერთიდაიგივე მხრითაა მიმართული. ეს იმის გამო ხდება, რომ მთვარე თავისი ღერძის გარშემო ბრუნვას ზუსტად იმდენ ხანს უნდება, რაც ჭირდება მთვარის ბრუნვას დედამიწის ირგვლივ.

კოსმოსური კვლევის შედეგად დადგენილია, რომ მთვარის შიგნით მიმდინარე პროცესები ძალიან ნელია და მიჩნეულია, რომ თანამგზავრი მთვარე - “მშვიდია”.

მთვარის ევოლუციის ფაზები შემდეგნაირია:

I – იწყება აკრეციის ბოლო სტადიიდან, როდესაც გიგანტური მეტეორიტის ვარდნის კინეტიკური ენერგია გადავიდა სითბურ ენერგიაში. ამ ეტაპზე მთვარე წარმოადგენდა გამდნარი ნივთიერებების ერთობლიობას. მისი გარე ნაწილი იყო გამდნარი გიგანტული მეტეორიტების დაცემის, “ზომბარდირების” შედეგად, ხოლო შიგა ნაწილი - შესაძლებელია რადიოგენური პროცესების გამო.

II ეტაპი 4 – 4,2 მლრდ. წლის წინ განვითარდა, როდესაც მთვარემ დაიწყო გაცივება და გამყარება. ჩამოყალიბდა მთვარის ჰორიზონტალური ზედაპირი (მთვარის გარე ფენა). ფიქრობენ, რომ ამ სტადიაზე მთვარის ზედაპირი ისეთივე ბრტყელი უნდა ყოფილიყო, როგორც ოკეანის ზედაპირი. ვარაუდობენ, რომ ამ პერიოდში მეტეორიტების

“დაბომბვა” უნდა გაგრძელებულიყო, მაგრამ არა თავდაპირველი ინტენსივობით.

დაბომბვის ჰიპოთეზის სამართლიანობას ის მოსაზრება ადასტურებს, რომ თუ არ გვექნებოდა “დაბომბვები”, მთვარის შიგა ნაწილი გამდნარ მდგომარეობაში ვერ შენარჩუნდებოდა.

მეორე სტადიის ბოლოს მთვარის ქერქი უკვე ჩამოყალიბებულია, რომელზედაც უკვე გამოკვეთილი უნდა ყოფილიყო კრატერები, როგორც დაბომბვის შედეგი.

III – მთვარეზე ქერქის ჩამოყალიბებისთანავე ანუ შემდგომი გაცივების შედეგად, განვითარდა ვულკანური და ტექტონიკური პროცესები, როგორც აქტიური ენდოგენური პროცესების შედეგი. ჩნდებოდა ურანის, თორიუმის, კალიუმისა და ფოსფორის ამოფრქვევები.

IV - სტადიაზე ისევ ბომბარდირება ხდება, რომელსაც თან სდევს მეტეორიტული კრატერების ჩამოყალიბება. კრატერები ძირითადად ბაზალტური ნივთიერებებით ამოვსებული აღმოჩნდა დაახლოებით 3,9 – 3,2 მლრდ. წლის წინ.

V – 3,9 – 3,3 მლრდ. წლის წინ ჩამოყალიბდა “ქარიშხლების ოკენე”, “წვიმების ზღვა”, და ა.შ. ძალიან ღრმა, დაახლოებით 1 000 კმ-ზე მეტი სიღრმის ჩაღრმავებები, რომლებიც ბაზალტური მაგმით შეივსო.

VI – დაიწყო 3,2 მლრდ. წლის წინ და დღემდე გრძელდება. მთვარის წიაღიდან ამოფრქვეული გაზი და წყალი გაიფანტა კოსმოსურ სივრცეში.

მთვარის ევოლუციის ფაზებიდან გამომდინარე, შეიძლება ჩამოვყალიბოთ, რომ მთვარეც დედამიწის ჯგუფის პლანეტებთან “უფლებებით” გათანაბრებული პლანეტაა, რომელიც 4,6 მლრდ. წლის წინ წარმოიშვა.

მთვარის ევოლუციის VI სტადია არის ტექტონიკური პროცესების თანდათანობითი მიღწევის პერიოდი. თუმცა ეს არ ნიშნავს მთვარის აბსოლუტურ სიმშვიდეს. მთვარეზე ახლაც ხდება მთვარის წიაღიდან სითბოს გამოსხივება, ნივთიერებათა დიფერენციაცია და მთვარის ღრმაფოკუსიანი ძვრები. უბრალოდ ადგილი აღარ აქვს გლობალურ ტექტონიკურ მოძრაობებს.

ვარაუდობენ, რომ სწორედ წარსულში, მთვარეზე აქტიური ტექტონიკური მოძრაობების დროს უნდა წარმოშობილიყო ის შედარებით ამოწეული, მთების მსგავსი სიმაღლეები, რომელთა ამპლიტუდა თანამედროვე ეპოქაში დაახლოებით 11 კმ-ია. ფიქრობენ, რომ რელიეფის წარმოშობის პროცესში მთვარეზე ეკზოგენური ფაქტორების გავლენა მცირე უნდა ყოფილიყო, რადგან მთვარეს არა აქვს ატმოსფერო და ჰიდროსფერო.

ამის გამო არ ხდება მზის ენერგიის შთანთქმა და ტრანსფორმაცია, რაც შემდგომში ნიადაგის ეროზიასა და რელიეფის გარდაქმნას შეუწყობდა ხელს.

მთვარეს ისეთივე რელიეფი აქვს, როგორც თავიდან ჩამოყალიბდა ანუ ამბობენ, რომ მთვარის რელიეფი კონსერვატულია. მთვარის რელიეფი მთლიან მატერიკულ ტერიტორიად წარმოგვიდგება.

მთვარის ზედაპირი არ არის აბსოლუტურად ბრტყელი და როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, მასზე მთების მსგავსი წარმონაქმნებია, რომლებსაც დაარქვეს კარპატები, კავკასია, აპენინები.

გარდა ამისა მთვარეზეა ჩამოყალიბებული ჩავარდნილი ტერიტორიები: ”კრიზისების ზღვა”, ”სიმშვიდის ზღვა”. ეს ჩავარდნები, რომლებსაც ”ზღვებს” უწოდებენ, არათანაბრადაა განაწილებული.

დედამიწისაკენ მოქცეულ მხარეზე ”ზღვები” იკავებენ 31%-ს, ხოლო მის საპირისპირო მხარეზე, მხოლოდ 2%-ს.

სულ მთვარის ზღვები შეადგენს მისი ზედაპირის 17 %-ს.

აღმოჩენილია, რომ მთვარეზე არის დაღარული არეები ე.წ. ”მდინარეები”, მათ ხანდახან ”მშრალ მდინარეებსაც” უწოდებენ. წინათ ფიქრობდნენ, რომ ეს უნდა ყოფილიყო წყლის მდინარეები, მაგრამ მას შემდეგ, რაც დაადგინეს, რომ წყალი არ იყო მთვარეზე, ჩათვალეს, რომ ასეთი ”მდინარეები” ტექტონიკური რღვევები უნდა ყოფილიყო. აეროკოსმოსური კვლევებით დადგენილია, რომ ”მშრალი მდინარეები” იწყება მთვარისა მატერიკულ ნაწილზე და მთავრდება ”ზღვებთან”.

ზოგადად კლიმატის ფორმირებაში დიდი წვლილი შეაქვს პლანეტის რელიეფსა და მზის რადიაციას. გარდა ამისა, დიდი მნიშვნელობა აქვს პლანეტის ბრუნვის თავისებურებას თავის ღერძის გარშემო. ამ ბოლო ფაქტორს მნიშვნელობა ენიჭება მაშინ, როდესაც პლანეტას გააჩნია ატმოსფერო და ჰიდროსფერო, რადგან პლანეტის ბრუნვისას ყალიბდება კლიმატი.

იმის გამო, რომ მთვარეს არ გააჩნია ატმოსფერო და ჰიდროსფერო, ამბობენ, რომ მთვარეზე ჩამოყალიბებულია ”არასრული კლიმატი.” ცნობილია, რომ დედამიწისათვის კლიმატი განისაზღვრება ატმოსფეროს სტაციონალური მდგომარეობით, რომელიც პერიოდულ ცვლილებას განიცდის. მთვარისათვის სტაციონალური მდგომარეობა არსებობს მხოლოდ ტემპერატურული ველის მიმართ, რომლის სიმძლავრე დამოკიდებულია მზის სიმძლავრეზე ე.ი. მთვარეზე ჩამოყალიბებულია ”მზიური (სოლარული) კლიმატი” და მთვარეზე არ არსებობს ამინდი.

მთვარისმიერი დღე-ღამის ხანგრძლივობა 28 მიწიერი დღე-ღამეა.

მთვარის მზის გარშემო ბრუნვის პერიოდი, ანუ სინოდური პერიოდი, დაახლოებით 1 თვეა. ზუსტად კი 29 დღე-ღამე, 12 სთ, 44 წთ და 2,8 წმ.

სინოდურ 29-დღიან პერიოდში მთვარე დედამიწის ირგვლივ, მზის მიმართ ასრულებს ერთ სრულ ბრუნს. ამ 29-დღიან პერიოდში დედამიწა თავის ორბიტაზე გადაადგილდება დაახლოებით 30⁰-ით.

ამ დაახლოებით 29-დღიან პერიოდში მთვარე გადის ახალი მთვარის ფაზას, პირველი მეოთხედის ფაზას, სავსე მთვარის ფაზას, მესამე მეოთხედის ფაზას და უბრუნდება ახალმთვარეობის ფაზას.

მთვარის ფაზები არის მთვარის ხილული ნაწილის სხვადასხვა ფორმები. ეს ეფექტები დამოკიდებულია მთვარის ბადროს განათებული და გაუნათებელი ნაწილების საზღვრის ანუ ტერმინატორის გადანაცვლებასთან.

მთვარის ფაზები გამოწვეულია დედამიწის ირგვლივ მთვარის გარემოქცევისას მთვარის, დედამიწისა და მზის ურთიერთგანლაგების ცვალებადობაზე.

I ფაზა – ახალმთვარეობა - მთვარე იმყოფება დედამიწისა და მზეს შორის, ჩვენკენ გაუნათებელი ნაწილითაა მოქცეული. მთვარე მზის მიმართ აღმოსავლეთით მოძრაობს.

II ფაზა - მე-7 დღეს მთვარე მზიდან 90⁰-იან კუთხურ მანძილზეა და ჩანს ნახევარწრისებურად (პირველი მეოთხედი).

III ფაზა - 7 დღე-ღამის შემდეგ მთვარე უკვე საწინაარმდეგო მხარესაა და ჩანს სრული დისკოს სახით (სავსემთვარეობა).

IV ფაზა - კიდევ 7 დღე-ღამის შემდეგ მთვარე უკანასკნელი მეოთხედის ფაზაშია (მზის დასავლეთით 90⁰-ზე) და ეს ციკლი მთლიანად მთავრდება 29, 5306 დღე-ღამეში.

სიღერული პერიოდი დაახლოებით 27 დღე-ღამის ტოლია. უფრო ზუსტად კი 27 დღე-ღამე, 7 სთ, 43 წთ და 11,5 წმ-ია. ეს არის ჭაშმარიტი თვე. ის გამოითვლება ვარსკვლავების მიმართ (და არა მზის მიმართ) მოძრაობის მიხედვით (ანგარიშობენ მთვარის მიერ ერთიდაიგივე ვარსკვლავებს შორის გავლის პერიოდს).

მეცნიერების მიერ დაწვრილებითაა შესწავლილი მთვარის დაბნელების ეფექტი, რომელიც არის მთვარის შესვლა დედამიწის ჩრდილში დედამიწის ირგვლივ ორბიტაზე გარემოქცევისას.

ნაწილობრივი დაბნელება იწყება მაშინ, როდესაც მთვარე შედის დედამიწის ჩრდილში. ის შეიძლება 3^{3/4} სთ გაგრძელდეს. ამ შუალედის შუაში კი შეიძლება იყოს მთვარის სრული დაბნელება. მისი ხანგრძლივობა 1^{3/4} სთ-ია.

მთვარის დაბნელება ხდება მხოლოდ სავსემთვარეობის დროს. კალენდარულ წელიწადში მთვარის დაბნელება 2-3-ჯერ ხდება.

როგორც ავღნიშნეთ, მთვარის მასა 81-ჯერ მცირეა დედამიწის მასაზე, მაგრამ ის იმდენად მნიშვნელოვანია, რომ იწვევს დედამიწის ფორმის ცვლილებას ანუ მიქცევა-მოქცევებს.

მიმოქცევის დროს, დედამიწის ის ნაწილი, რომელიც უახლოესია მთვარესთან, 7%-ით მეტად მიიზიდება, ვიდრე ის ნაწილი, რომელიც მთვარისგან უფრო შორსაა (რათქმაუნდა, დედამიწაც იმ ძალით

მიიზიდავს მთვარეს, მაგრამ ჩვენ ვსაუბრობთ დედამიწის ეფექტზე, რადგან დედამიწა ჩვენი “სახლია”).

ეს 7%-იანი სხვაობა დედამიწის სხეულში იწვევს შემფოთებებს, რაც გამოიხატება დედამიწა-მთვარის შემაერთებელი წარმოსახვითი წრფის გასწვრივ დედამიწის “გაწელვაში”. ყველაზე საინტერესოა ის ფაქტი, რომ დედამიწის ის მხარე, რომელიც მთვარეს არ უყურებს, ზუსტად ისე “იწელება”, როგორც მოპირდაპირე მხარე იმიტომ, რომ დედამიწის “გაწელვა” გამოიხატება ცენტრის “გაწელვაში” ანუ ცენტრის გადაადგილებაში.

მიმოქცევის დროს დედამიწის დანარჩენი ნაწილები შებრტყელებულია. ბრუნვის გამო, გადაადგილების შედეგად, დედამიწის დეფორმირებული არეები მყისიერად უბრუნდებიან საწყის მდგომარეობას და ახლა სხვა ნაწილები განიცდიან მიმოქცევებს.

აქედან გამომდინარე, მიმოქცევის პროცესი დედამიწის ფორმას აყალიბებს. ეს ეფექტი კიდევ ერთხელ ადასტურებს, რომ დედამიწა დრეკადია სხეულია.

მთვარე თუ პერიგეაშია ანუ უახლოეს მანძილზეა დედამიწასთან, მაშინ მიმოქცევა მაქსიმალურია, თუ აპოგეაშია (უშორეს წერტილში), მაშინ მიმოქცევა მინიმალურია.

მთვარის ქანების სტრუქტურის შესწავლა მთვარეზე კოსმოსური ეკიპაჟების გაგზავნის შედეგად გახდა შესაძლებელი. მათ მიერ კვლევები ძირითადად სეისმური მეთოდებით წარმოებდა.

მონაცემთა ანალიზის საფუძველზე დაადგინეს, რომ მთვარის ქერქის სისქე საშუალოდ 60 კმ-ია. ფიქრობენ, რომ მძლავრი ქერქი მთვარის გლობალური თავისებურებაა. ქერქის ქვეშ განლაგებულია დაახლოებით 50 კმ სისქის მთვარის ზედა მანტია. შუა მანტია განლაგებულია დაახლოებით 300-800 კმ სიღრმეებზე.

შუა მანტის ნივთიერება მხოლოდ ნაწილობრივ შეიძლება იყოს დიფერენცირებული მთვარის ევოლუციის საწყის პერიოდში და მისი შედგენილობა ახლოა პირვანდელ ნივთიერებასთან, რომლისგანაც მთვარე წარმოიშვა. მთვარის ქვედა მანტია განლაგებულია დაახლოებით 1 000 კმ სიღრმეზე.

მთვარის ქერქი, ზედა მანტია და შუა მანტია ქმნიან მთვარის მყარ ლითოსფეროს და ის შესაბამის დამაბულობებს უძლებს.

მთვარის ბირთვი ბლანტი გარემოა (მასში განივი ტალღები არ გადიან), რომლის რადიუსი 1 040 კმ-ია.

აღმოჩნდა, რომ მთვარის ზედაპირი მოფენილია სუსტად შეკავშირებული, დანაწევრებული ნამსხვრევი მასალით, რომელსაც მთვარის რეგოლიტი ეწოდა. რეგოლიტური საფარის სიმძლავრე დაახლოებით 10 მეტრია. სეისმური ტალღის სიჩქარეები რეგოლიტში $V_p=104$ მ/წმ, $V_s=62$ მ/წმ.

მეორე ფენის სიმძლავრე იცვლება ათეულებიდან ასეულ მეტრამდე. აქ სიგრძივი ტალღის სიჩქარე $V_p = 250-300$ მ/წმ-ია. ეს ფენა შედგება დანაპრალეზული ბაზალტური მასალისაგან, დაბალსიჩქარიანი ჩანართებით. გადასვლის მკვეთრი საზღვარი სიჩქარით $V_p = 1,2$ კმ/წმ განლაგებულია 248 მ სიღრმეზე.

ვარაუდობენ, რომ დაახლოებით 1,5 კმ-იანი სიმძლავრის ქვეშ მდებარე ფენა ისევ ბაზალტისაგან უნდა შედგებოდეს. მის ქვეშ განლაგებულია $V_p = 40$ კმ/წმ-იანი სიჩქარის ქანები, რომელიც გაბრო-ანორთოზიტული შემადგენლობისაა.

ანორთოზიტი ღია ფერის ქანია, რომელიც მთვარის მატერიკის შემადგენლობაში შედის, ის ოლვინისა და პიროქსენის მცირე მინარევებს შეიცავს. გაბრო კი გაცივებული, ბაზალტური მაგმისაგან წარმოქმნილ ქანს წარმოადგენს. მთვარის ქერქი, ზედა მანტია და შუა მანტია ქმნიან მთვარის მყარ ლითოსფეროს და ის შესაბამის დამაბულობებს უძლებს.

დღეისათვის დადგენილია, რომ მთვარის სიმძიმის ცენტრი დაახლოებით 2 კმ-ითაა წანაცვლებული გეომეტრიული ცენტრის მიმართ. მისი ხილული ნახევარსფეროს მიმართულებით სიმძიმის ცენტრის ასეთი წანაცვლება შეიძლება აიხსნას ქარქის შედარებით დიდი სიმძლავრით მთვარის უხილავ მხარეზე. არ არის გამორიცხული, რომ იქ მთვარის ქერქის სიმძლავრე 100 კმ-ს აღემატებოდეს. მკვლევარები ფიქრობენ, რომ მთვარის ქერქი შესაძლებელია შესამჩნევად იცვლებოდეს ჰორიზონტალური მიმართულებით ანუ სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ჰორიზონტალურად არაერთგვაროვანია.

მთვარის ქანების დამახასიათებელ თვისებას წარმოადგენს ის, რომ ისინი დედამიწის ქანებთან შედარებით ღარიბია ადვილად აქროლადი ელემენტებით და აქვს ბევრი “ძნელად დნობადი” ელემენტები და შედარებით იშვიათი ელემენტების მოჭარბებული შემცველობა (აქროლადი – Rb, K, Tl, ძნელად დნობადი – Bu, Zz, Hf და იშვიათი – Tb, U). არსებობს კიდევ სხვა მნიშვნელოვანი განსხვავებებიც, მაგ.: სხვაობა მთვარისა და დედამიწის მეტეორიტულ ნივთიერებებს შორის.

მთვარის სეისმურობის შესწავლამ აღმოაჩინა ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტი, კერძოდ მთვარის სეისმურობას ახასიათებს პერიოდულობა, რომელიც მთვარის მიმოქცევის პერიოდულობის ტოლია (13,6 დღე; 27,2 დღე; 27,5 დღე და 206 დღე). ამრიგად, მთვარის მიმოქცევი შესაძლებელია განვიხილოთ, როგორც მთვარისძვრების გამწვები მექანიზმები ან მათი ენერჯის წყაროები. მთვარის სეისმურობა სუსტია: ერთი წლის განმავლობაში გამოსხივებული სეისმური ენერჯია დაახლოებით 10^{15} ერგია, რაც 1 მლრდ.-ჯერ ნაკლებია დედამიწაზე ერთ წელიწადში გამოსხივებულ სეისმურ ენერჯიაზე. მთვარის ძვრები ძირითადად ღრმაფოკუსიანია და ისინი 600 – 800 კმ სიღრმეზე ფიქსირდება.

კოსმოსური კვლევის შედეგად ზუსტადაა დადგენილი, რომ მთვარის მიზიდულობის ძალა 6-ჯერ ნაკლებია დედამიწის მიზიდულობის ძალაზე.

ჯერ კიდევ XX სკ.-ის პირველ ნახევარში ამერიკელებმა აღმოაჩინეს მთვარის გრავიტაციული ველის დიდი ანომალიები და შემოიტანეს მასკონების, როგორც ამ ანომალიების წყაროების ცნება. მასკონები აღმოჩენილია მთვარის ხილულ მხარეზე და ლიმბის (მთვარის კიდე) მახლობლად. მასკონების უმრავლესობა ძირითად უთავსდება წრიულ ზღვებს (წვიმების, სიკაშკაშის, კრიზისების, აღმოსავლეთის, ნექტარის და სინესტის ზღვებს). დაკვირვების არსებული მეთოდები ჯერ კიდევ არ იძლევა საშუალებას გამოკვლეული იყოს მასკონების არსებობა მთვარის უკანა მხარეზე, მაგრამ ის ფაქტი, რომ უკანა მხარეზე არ არის დიდი წრიული ზღვები, საშუალებას გვაძლევს დავუშვათ, რომ აქ დიდი მასკონები არ უნდა იყოს.

აქვე უნდა გავიხსენოთ, რომ დედამიწაზე დადებითი გრავიტაციული ანომალიები გვხვდება კონტინენტებზე და მთიან რაიონებში, ხოლო უარყოფითები – ღრმა ოკეანურ ღრმულებში.

მთვარის მასკონების თავისებურება სწორედ იმაში მდგომარეობს, რომ ისინი დაკავშირებულნი არიან მთვარის ზედაპირის დადაბლებასთან.

იმის შესაძლებლობა, რომ მასკონები წარმოქმნილია “ბომბარდირების” შედეგად დაცემული სხეულებით, ამჟამად ნაკლებად სარწმუნოა. მასკონების წარმოქმნა უფრო დაკავშირებული უნდა იყოს ნივთიერების გადინებასთან მთვარის სხეულში. მასების ასეთი გადინების ჰიპოთეზა გულისხმობს მასკონების გარეუბანში მასების დეფიციტის არსებობას ანუ უარყოფითი ანომალიების არსებობას. ეს საკითხი საჭიროებს მოვლენათა ჯაჭვის შემდგომ ახსნას. ის კვლევის პროცესშია და კოსმოსური დაკვირვებების ძირითად ამოცანას წარმოადგენს.

რაც შეეხება მთვარის მაგნეტიზმს, ის შეისწავლებოდა, როგორც ამერიკელი, ასევე საბჭოთა მეცნიერების მიერ და აღმოჩნდა რომ მთვარის მაგნეტიზმი ძალზე უჩვეულოა. მთვარის მაგნიტური ველი როგორც სიდიდით, ისევე მიმართულებით უკიდურესად არარეგულარულია. მაგ: აპენინის რაიონში ის 6 გამაა, ქარიშხლების ოკეანეში 40 გამა, კონტინენტურ არეში მაგნიტური ველი იცვლება ასეული გამით და აღწევს დაახლოებით 300 გამას.

გამოთვლებით მიღებულია, რომ მთვარის მაგნიტური მომენტი ნაკლებია 10^{20} გაუსი/სმ³-ზე. ეს სიდიდე 106-ჯერ ნაკლებია დედამიწის მაგნიტურ მომენტზე და 300-ჯერ ნაკლებია მარსის მაგნიტურ მომენტზე. თუ ასეთ მომენტს მოვთავსებთ მთვარის ცენტრში, მაგნიტური ველის სიდიდე მის ზედაპირზე აღმოჩნდება რამდენიმე გამა.

“აპოლონის” ტიპის აპარატების მიერ ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენეს, რომ კონტინენტური ქერქი უფრო მეტადაა დამაგნიტებული,

ვიდრე მთვარს ზღვების ქერქი. ასევე მაგნიტური ველი ძლიერ ცვალებადია მთვარის საწინააღმდეგო მხარეს და ხასიათდება ლოკალური მინიმუმებით კრატერების განლაგების ადგილას.

მთვარის გრუნტის ნიმუშების ლაბორატორულმა კვლევებმა გვიჩვენა, რომ მაგნეტიზმის ძირითადი მატარებელია რკინის წვრილად დანაწევრებული ნაწილაკები, რომლებსაც შეიცავს, როგორც მთვარის კლდოვანი ბაზალტური ქანები (დაახლოებით 0,05%), ისე მთვარის რეგოლიტი (დაახლოებით 0,5%).

როგორც ჩანს, მთვარის მაგნეტიზმის “ტურბულენტური” სტრუქტურის წარმოქმნაში დიდი როლი ითამაშა მთვარის ზედაპირის დარტყმითმა დამუშავებამ მისი მთელი ისტორიის განმავლობაში.

მთვარის ნიმუშების შესწავლამ მიგვიყვანა დასკვნამდე, რომ დაახლოებით $4 \cdot 10^9$ – $3 \cdot 10^9$ წლის წინ მთვარის ქანებმა განიცადეს რამდენიმე ათასეული გამის ტოლი მაგნიტური ველის გავლენა. ამ მონაცემების მიხედვით თვლიან, რომ მთვარეს საკუთარი მაგნიტური ველი გააჩნია მისი წარმოქმნისთანავე.

18. წარსული სისტემა დედამიწა-მთვარე

დედამიწა და მისი თანამგზავრი მთვარე ქმნიან სისტემას, რომელიც უნიკალურია მთელი მზის სისტემისათვის. როგორც ცნობილია, მთვარისა და დედამიწის მასათა შეფარდება 1/81,3-ის ტოლია, რაც ძალიან დიდია თანამგზავრისათვის.

თუ ჩვენ თვალს გავადევნებთ მთვარის მოძრაობის ისტორიას თავისი ორბიტის გასწვრივ გეოლოგიურ წარსულში, მაშინ აღმოჩნდება, რომ 1 000 და 2 000 მილიონ წლებს შორის მთვარე, შესაძლოა, უფრო ახლო ყოფილიყო დედამიწასთან.

მთვარის ორბიტის წარსულის შესახებ შესაძლებელია შემდეგი მონაცემებით ვიმსჯელოთ: 1. უკანასკნელი 200 წლის განმავლობაში უშუალო დაკვირვებების საშუალებით 2. ჩვენს წელთაღრიცხვამდე 0-დან 1 000 წლებს შორის მომხდარი დაბნელებების მიხედვით, რომელიც შემორჩენილია უძველეს ჩანაწერებში 3. განმარხებული მარჯნის “საათების“ მიხედვით, რომლებიც ქვემო პალეოზოლით თარიღდებიან.

წარსულში მთვარის მდგომარეობა შესაძლოა ზუსტად გამოვითვალოთ მისი ახლანდელი ორბიტის გათვალისწინებით, თუ ჩავთვლით, რომ დედამიწა და მთვარე აბსოლუტურად მყარი სხეულებია. თუმცა თეორიული გამოთვლები არც თუ ისე კარგად ეთანადებიან

ასტრონომიული დაკვირვებებიდან გამომდინარე მთვარის ფაქტიურ მდებარეობას.

მთვარე, ბრუნავს რა თავის ორბიტაზე, თანდათან იკრებს სულ უფრო მეტ და მეტ სიჩქარეს. ეს სიჩქარე საუკუნეში გრძელის გასწვრივ 10' –ით იზრდება. ეს მოვლენა ცნობილია, როგორც მთვარის საუკუნებრივი აჩქარება. გარდა ამისა, სიჩქარის მონოტორულ ზრდაზე დამატებით ხდება არარეგულარული ფლუქტუაციების ზედდებაც.

თანამედროვე კვლევებმა უჩვენა, რომ მთვარის საუკუნებრივი აჩქარება გამოწვეულია ნაწილობრივ დედამიწის ბრუნვის შენელებით და ნაწილობრივ მთვარის კუთხური სიჩქარის ცვლილებით, ხოლო მთვარის მოძრაობის არარეგულარული ფლუქტუაციები მთლიანად გამოწვეულია დედამიწის ბრუნვის სიჩქარის ვარიაციებით.

გრძელის გასწვრივ მთვარის საუკუნებრივი აჩქარების დაახლოებით ნახევარი, გამოწვეულია დედამიწის ორბიტის შემოფოთებით, რასაც იწვევს სხვა პლანეტების მიზიდულობა.

საუკუნებრივი აჩქარების დანარჩენი ნაწილი კი გამოწვეულია დედამიწის

ბრუნვის შენელებით, რაც განპირობებულია მთვარისა და დედამიწის მიმოქცევითი ურთიერთმოქმედებით. მზის მიმოქცევითი ზემოქმედება კი მხოლოდ დედამიწის ბრუნვის დამატებით შენელებას იწვევს.

არარეგულარული ფლუქტუაციები, რომლებიც არ არის დაკავშირებული სეზონურ ცვლილებებთან და რომლებსაც აქვთ რამდენიმე წლიანი ან უფრო დიდი პერიოდები, როგორც წესი, გამოწვეულია დედამიწის

ბირთვსა და მანტიას შორის მოძრაობის რაოდენობის მომენტების გაცვლით. დედამიწისა და მთვარის მიმოქცევითი ურთიერთმოქმედება იწვევს სისტემის

ბრუნვის ენერჯის თანდათანობით კარგვას. სწორედ ამ ურთიერთქმედების

შედეგად აღმოჩნდა მთვარე მუდმივად ერთი მხრიდან მოქცეული დედამიწისკენ.

რადგან დედამიწა-მთვარის სისტემის მოძრაობის რაოდენობის სრული

მომენტი უნდა დარჩეს მუდმივი, ამიტომაც დედამიწის ბრუნვის შემცირებისას

მოძრაობის რაოდენობის მომენტის შემცირება კომპენსირდება მთვარის ორბიტალური მოძრაობის მომენტის ზრდით.

დედამიწის მცირე წაგრძელება, რომელიც გამოწვეულია მიმოქცევითი ძალებით, თავის მხრივ ქმნის ძალთა წყვილს, რომელიც მოქმედებს მთვარეზე და ადიდება მისი მოძრაობის სიჩქარეს ორბიტაზე. ამ მიზეზის გამო მთვარე შორდება დედამიწას, რაც იწვევს მისი ბრუნვის პერიოდის

თანდათანობით ზრდას.

გამოთვლებით აღმოჩნდა, რომ მიმოქცევითი ხახუნით გამოწვეული დღე-ღამის ხანგრძლივობა იზრდება $1,81 \cdot 10^{-3}$ წმ-ით საუკუნეში. მზისა და დედამიწის მიმოქცევითი ურთიერთქმედება ასევე ზრდის დღე-ღამურ ხანგრძლივობას საუკუნეში $(0,35 - 0,53) \cdot 10^{-3}$ წმ-ით.

ამგვარად, დედამიწის ბრუნვის ჯამური მიმოქცევითი შენელება უკანასკნელი 200 წლის განმავლობაში, საუკუნეში $(2,16 - 2,34) \cdot 10^{-3}$ წმ-ის საზღვრებშია.

კიდევ უფრო მეტად თუ ჩავუღრმავდებით წარსულს, მთვარის საუკუნებრივი აჩქარება შეგვიძლია შევაფასოთ 2 – 3 ათასი წლის წინათ ისტორიული ჩანაწერების მიხედვითაც. მათში აღწერილია ზოგიერთი დაბნელება, რომელიც დაიკვირვებოდა ჩვენს წელთაღრიცხვამდე 1 000 წლით ადრე. რათქმაუნდა, ამ მონაცემთა საიმედოობა საეჭვოა, მაგრამ დიკემ აღმოაჩინა ამ მოვლენებს შორის კარგი შეთანადება.

მან აჩვენა, რომ დღე-ღამური ხანგრძლივობა საუკუნეში იზრდებოდა $1,55 \cdot 10^{-3}$ წმ-ით, რომელიც 25%-ით ნაკლებია იმ მნიშვნელობაზე, რომელიც ბოლო 200 წლის დანაკვირვები მასალით იყო მიღებული. ასეთი განსხვავება შეიძლება აიხსნას იმით, რომ უკანასკნელი 200 წლის განმავლობაში მიმოქცევითი ხახუნი შესაძლებელია ყოფილიყო უფრო ინტენსიური, ვიდრე მთელი 3 000 წლის განმავლობაში.

დედამიწის ბრუნვისა და მთვარის ორბიტის ისტორიის შესახებ კიდევ უფრო ძველ ცნობებს იძლევა “განმარხებული საათები”.

პალეოზოლის ასაკის ზოგიერთი ტიპის განმარხებულ მარჯნებს აქვთ დანაოჭებული გარსი დამახასიათებელი ზოლებით. მეცნიერმა უელსმა შესძლო ექსპერიმენტულად აღმოეჩინა როგორც დღე-ღამური, ასევე წლიური ზოლები შუა დევონური ასაკის მარჯნებზე. მან გამოთვალა, რომ 375 მილიონი წლის წინ, შუა დევონში, წელიწადი შედგებოდა, 40 ± 7 დღე-ღამისაგან. ააქედან გამომდინარეობს, რომ დღე-ღამის ხანგრძლივობის საშუალო ზრდა დევონიდან ჩვენს დღეებამდე საუკუნეში $2,4 \cdot 10^{-3}$ წმ-ს შეადგენდა. ეს მნიშვნელობა შესანიშნავად ეთანხმება ბოლო 2 საუკუნის მანძილზე მიმოქცევითი შენელების შეფასებას. მოგვიანებით, სკრატონმა აღმოაჩინა, რომ შუა დევონურ მარჯნებში არსებობს ყოველთვიური ზოლებიც და მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ დევონური წელი შედგებოდა 13 მთვარის თვისაგან და თითოეული ამ თვის ხანგრძლივობა 30,5 დღე-ღამე იყო.

ამგვარად სიჩქარე, რითაც მთვარე შორდება დედამიწას, მით უფრო მეტი ხდება, რაც მეტად ვღრმავდებით გეოლოგიურ წარსულში.

წინა კემბრიულ ეპოქაზე იგივე მეთოდების ექსტრაპოლაციით მივდივართ იმ დასკვნამდე, რომ 1 000 და 2 000 მილიონ წლებს შორის მთვარე უნდა ყოფილიყო ძალიან ახლოს დედამიწასთან, მაგრამ მთვარე არ შეიძლება ყოფილიყო დედამიწის 3 რადიუსზე უფრო ახლოს, რადგან ასეთ შემთხვევაში

ის დაიხლიჩებოდა პატარა ნაკუწებად და დედამიწის ირგვლის სატურნის რგოლების მსგავსად შექმნიდა რგოლებს.

ამგვარად, დედამიწა-მთვარის სისტემის ისტორიის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მოვლენა, როგორც ეს პირველად გერსტენკორნმა აღნიშნა, მოხდა 1 400 – 1 600 მილიონი წლის წინ, როდესაც ორივე სხეული ერთმანეთთან ძალიან ახლოს იყო.

გერსტენკორნის მიხედვით საფიქრებელია, რომ დედამიწა-მთვარის სისტემის ასეთი პოზიცია გრძელდებოდა დაახლოებით 1 000 წლის განმავლობაში. მანამდე მთვარეს შეეძლო მიახლოებოდა დედამიწას, რადგან მისი უკუსვლითი მოძრაობის ორბიტა შესაძლოა ზომებში შემცირებულიყო, ანდა შესაძლოა ის საერთოდ ახალი “ჩაჭერილი” იყო დედამიწის მიერ.

19. მერკური

მერკური დედამიწის ჯგუფის და მზიდან ყველაზე ახლო პლანეტაა.

მზესა და მერკურს შორის მანძილი საშუალოდ 58 მლნ. კმ-ია. მერკურის ორბიტის შედარებით დიდი ექსცენტრისიტეტის გამო, მერკურის მანძილი მზემდე საკმაოდ დიდი ფარგლებში იცვლება: 0,31-დან 0,47- ასტრონომიულ ერთეულამდე.

მერკურის მასა მზის მასის 0,055-ია. სიდიდით ის 4,5-ჯერ მეტია მთვარეზე. მერკურის საშუალო სიმკვრივე დაახლოებით დედამიწის სიმკვრივის ტოლია (0,55 კგ/მ³) (ცხრილი II).

დედამიწიდან მერკურის დაკვირვება საკმაოდ რთულია, რადგან მერკური 280 –ზე მეტ მანძილზე არ სცილდება მზეს. მასზე დაკვირვების ჩატარება უმჯობესია მზის ჩასვლის შემდეგ ან მის ამოსვლამდე.

ჩვენს განედზე მერკურის შესწავლისათვის შედარებით უფრო ხელსაყრელი პირობებია გაზაფხულზე (მარტსა და აპრილში), სადამოობით (ანუ დასავლეთის ცაზე). ასევე ხელსაყრელი პირობებია შემოდგომაზე (სექტემბერ-ოქტომბერში), გათენების წინ (ანუ აღმოსავლეთ ცაზე).

მერკურზე დაკვირვების ასეთ ხელსაყრელობას ის გარემოება ქმნის, რომ ამ პერიოდებში ეკლიპტიკა დიდ კუთხეს ადგენს ჰორიზონტთან. ამავე დროს, მისი ორბიტის თანამედროვე ორიენტაციის წყალობით, მერკური ამ პერიოდებში აფელიუმში აღმოჩნდება ხოლმე, რაც აუმჯობესებს მის ხილვადობას.

მართალია, გასაგები მიზეზების გამო, მერკურზე პირდაპირი დაკვირვება არ ტარდება, მაგრამ კოსმოსური კვლევების შედეგად დადგინდა შემდეგი სურათები:

1. მერკურს არ გააჩნია ატმოსფერო და ჰიდროსფერო, ამიტომ მისი ზედაპირი კონსერვატორულია.

2. მერკურზე დაფიქსირებულია კრატერები, რომელთა დიამეტრი დაახლოებით 15–17 კმ-ია.

3. მერკურის რელიეფი მეტეორიტების ბომბარდირების შედეგადაა ჩამოყალიბებული.

ბომბარდირების პროცესის შედეგად მერკურზე რგოლისებრი სტრუქტურებია ჩამოყალიბებული.

4. ტექტონიკური ფაქტორების გამო ჩამოყალიბებულია ე.წ. “ჩავარდნები”-ზღვები, რომლებიც ბაზალტის ლავითაა ამოვსებული.

5. მერკურზე შეინიშნება 2-3 კმ სიმაღლის ქედები.

ფიქრობენ, რომ ეს ქედები წარმოიშვა მერკურის კუმშვის ფაზაში, მისი სრული დნობის პერიოდის შემდეგ, როდესაც ხდებოდა მოცულობის შემცირება და თხევადი ფაზის მყარში გადასვლა.

მერკურზე, ისევე როგორც მთვარეზე, ეკზოგენური პროცესების ხელსაყრელი პირობები არ არის აღმოჩენილი.

მერკურის განვითარების I სტადია დაიწყო აკრეციის ბოლო სტადიიდან, როდესაც მერკური ბოლომდე – ცენტრამდე გადნა. მოხდა სიმკვრივეების მიხედვით მასების დიფერენციაცია, რასაც მოყვა მერკურის ბირთვისა და მანტიის ჩამოყალიბება.

II სტადია – გაცივების სტადია, რომლის დროსაც ჩამოყალიბდა დედამიწაზე არსებული რიფტული ზონების მსგავსი სტრუქტურები.

III სტადია – მერკურზე დაეცა გიგანტი მეტეორიტი და მასზე გაჩნდა ზღვა “კალორისი”.

IV სტადია – ჩავარდნილი ადგილები, ე.წ. “ზღვები”, ამოივსო ბაზალტის მასებით.

V სტადია – მერკურზე ეცემოდა მცირე მეტეორიტები და ჩნდებოდა კრატერები.

ფიქრობენ, რომ რადგან მერკური მზისკენ ყოველთვის ერთი მხრითაა მიმართული, “ზღვები” უნდა წარმოჩენილიყო გამდნარი მასების სახით და არა, როგორც ბომბარდირების შედეგი; მაგრამ მერკურის ბრუნვის სიჩქარე საკმაოდ დიდია - ის ძალიან სწრაფად გადაადგილდება. ამიტომ, მაშინაც კი, როცა მზის სხივი მის ზედაპირს ვერტიკალურად ეცემა, ზედაპირის ეს ადგილი გადნობას ვერ ასწრებს.

მერკური დედამიწის გარშემო, ყველა სხვა პლანეტასთან შედარებით, მაქსიმალური ($V = 47,9$ კმ/წმ) სიჩქარით ბრუნავს.

მერკურის საკუთარი ღერძის ირგვლივ პირდაპირი (დასავლეთიდან აღმოსავლეთით) ბრუნვის ხანგრძლივობა 59 დღე-ღამეა, მისი მზის გარშემო გარემოქცევის პერიოდი კი 88 დღე-ღამე ანუ მერკურის ღერძის ირგვლივ ბრუნვის ხანგრძლივობა მისი მზის გარშემო გარემოქცევის ხანგრძლივობის დაახლოებით ორ მესამედს წარმოადგენს – მერკური მზის გარშემო

ორჯერ შემობრუნების პერიოდში საკუთარი ღერძის მიმართ სამჯერ შემობრუნებას ასწრებს.

მერკურის ზედაპირის ფიქსირებული წერტილი ხანგრძლივად, 88 დედამიწისეული დღე-ღამის განმავლობაში მზის სხივებითაა მოფენილი და მომდევნო, ასევე ხანგრძლივი დროის განმავლობაში – ღამის წყვდიადითაა მოცული.

მერკურის ალბედო დაბალია, ის რიცხობრივ ძალიან ახლოა მთვარის ალბედოსათან (0,06 – 0,07) და ამით შესამჩნევად განსხვავდება თითქმის ყველა სხვა პლანეტის ალბედოსაგან (გარდა მარსისა და პლუტონისა, რომელთა ალბედოს ის მხოლოდ 2-ჯერ ჩამოუვარდება).

საერთოდ, დაბალი ალბედო დამახასიათებელია ატმოსფეროს მოკლებული პლანეტებისა და თანამგზავრებისათვის. ალბედოს დაბალი მნიშვნელობა ადასტურებს იმას, რომ მერკური ატმოსფეროთი არ არის გარემოცული.

მერკურის ზედაპირიდან, მზიდან გამოსხივებული რადიაციის (γ გამოსხივება, რენტგენისა და ულტრაისფერი სხივები) მხოლოდ 7% აირეკლება უკან, კოსმოსში. ამიტომ ამბობენ, რომ მზის რადიაცია უდანაკარგოდ აღწევს მერკურის ზედაპირს, ამიტომ მასზე ცოცხალი ორგანიზმები არ შეიძლება არსებობდეს.

მერკურის მზის მუდმივა 6,5-ჯერ მეტია მთვარის მზის მუდმივაზე, ამიტომ მისი ზედაპირი ძალიან ხურდება. მერკურის ზედაპირის მაქსიმალური ტემპერატურა 2300C-ია, მზის ჩასვლის შემდეგ ის (-1400C) - მდე ცივდება.

მერკურის სითბოგამტარობა ძალიან მცირეა. აქედან გამომდინარე პლანეტის სიღრმეში ტემპერატურული რყევები არ უნდა იყოს. სწორედ ამის გამო, რამდენიმე ათეულ სანტიმეტრზე უკვე მყარდება მუდმივი ტემპერატურული ჰორიზონტი, იზოთერმა, რომლის ტემპერატურა +700C-დან +900C-მდე იცვლება.

მერკურის “კლიმატი”, ისეთივეა, როგორც მთვარის (ანუ სოლარული).

მერკურის მიზიდულობის ველი 3-ჯერ ნაკლებია დედამიწის მიზიდულობის ველზე, ხოლო 2-ჯერ მეტია მთვარის მიზიდულობის ველზე.

მერკურის ასეთი სუსტი მიზიდულობის ველი საკმარისი არ აღმოჩნდა იმისათვის, რომ პლანეტის ზედაპირზე შეეკავებინა მისგან ამოფრქვეული წყალი და გაზი. სწორედ ამ მიზეზით არ გააჩნია მერკურს ატმოსფერო და ჰიდროსფერო. თუმცა მერკურს ირგვლივ აკრავს გაიშვიათებული წყალბად-ჰელიუმის გარსი, რომელიც შექმნილია მზიდან წამოსული პლაზმის ნაკადის სახით. ასეთი იონიზირებული გაზი მთელ კოსმოსში არსებობს, მაგრამ მიზიდულობის გამო ეს იონიზირებული გაზი მერკურთან შემკვრივებულია.

მერკურის “ატმოსფეროს” წნევა ძალიან მცირეა. ის დედამიწის ატმოსფეროს წნევის $1/500$ მლრდ. ნაწილია. მიუხედავად მცირე “ატმოსფერული” წნევისა, იონიზირებული გაზი მერკურის მახლობლობაში მაინც ქმნის ბარიერს მზის ქარის მიმართ.

ბოლო წლების კოსმოსური კვლევებით დადგენილია, რომ მერკურს გააჩნია მასიური რკინის ბირთვი, რომელიც პლანეტის მთელი მასის დაახლოებით 60% - ია. საკითხი მერკურის წიაღის ტემპერატურის შესახებ მნიშვნელოვანია, მაგრამ გაურკვეველი. არსებობს საფუძვლიანი შეხედულება იმის შესახებ, რომ პლანეტის წიაღში მაღალი ტემპერატურები უნდა იყოს, დაახლოებით $(2,5-3) \cdot 10^3 \text{C}$.

მერკური თავისი არსებობის მანძილზე, დაახლოებით $4,5 \cdot 10^9$ წლის განმავლობაში არ ცივდებოდა იმის გამო, რომ Nმისი სილიკატური გარსის ტემპერატურა მეტისმეტად მცირეა იმისათვის, რომ დროის კოსმოსურ ინტერვალებში შინაგანი სითბო გარეთ გამოეშვა.

მერკურის ზედაპირის აგებულება ძალიან გავს მთვარის აგებულებას. ფიქრობენ, რომ მერკურის ზედაპირზე დიდ გავლენას ახდენდა და ახდენს მეტეორიტების ცვენა. რამდენადაც მერკური ახლოა მზესთან, მას მეტი რაოდენობის მეტეორული სხეულები უნდა ხვდებოდეს, რომლებიც ალბათ, უფრო კონცენტრირებული უნდა იყოს მომეტებული მიზიდულობის არეში.

მერკურის გრუნტის ზედაპირული ფენა უნდა წარმოადგენდეს შედარებით დაბალი სიმკვრივის წვრილად დაღორღილ ქანებს, რასაც რეგოლიტს უწოდებენ, რომელსაც დიდი სითბური ინერცია ახასიათებს. ეს ფაქტი მართლაც დასტურდება რადიოგამოსხივების გაზომვებით სანტიმეტრულ დიაპაზონში.

მერკურს გააჩნია საკუთარი მაგნიტური ველი, თუმცა გაცილებით უფრო სუსტი, ვიდრე დედამიწას. ეკვატორზე მერკურის მაგნიტური ველი $35 \cdot 10^{-4}$ ერსტედია, ხოლო პოლუსებზე $7 \cdot 10^{-4}$ ერსტედი. ეს მაგნიტური ველი წინააღმდეგობას უწევს პლანეტაზე მზის ქარით შემოტანილ მაგნიტურ ველს. მერკურის მაგნიტური ღერძი პლანეტის ბრუნვის ღერძთან ადგენს 70° – იან კუთხეს. მერკურის მაგნიტური პოლუსები თითქმის თანხვდება პლანეტის ბრუნვის პოლუსებს, რომელთა შემაერთებელი ღერძი ეკლიპტიკის სიბრტყის მართობულია.

20. ვენერა

ვენერა დედამიწის ჯგუფის პლანეტაა. ის ნაკლებად განსხვავდება დედამიწისაგან, როგორც მასით, ასევე სიდიდითაც.

თავდაპირველად, ვანერასა და დედამიწას, მათი მსგავსების გამო “დებ პლანეტებსაც” კი უწოდებდნენ. ვანერას მასა $4,87 \cdot 10^{27}$ გრ-ია, ხოლო მის რადიუსი, ატმოსფეროს გარსითურთ, შეადგენს 6 100 კმ-ს (ცხრილი II).

ვენერაზე დაკვირვებისათვის საუკეთესო პერიოდების შერჩევა შესაძლებელია, რადგან ის 0,5 წელიწადში ერთხელ მაქსიმალურად უახლოვდება დედამიწას. ვენერა ის ცდომილია, რომელიც ყველა სხვა ცდომილთან შედარებით უფრო ახლოს მოდის დედამიწასთან. მისი დედამიწასთან მიახლოების მინიმალური მანძილი 41 600 000 კმ-ია, ხოლო ჩვენგან მისი მაქსიმალური დაშორება – 256 000 000 კმ.

ვენერა მზიდან 108 მლნ. კმ-თაა დაშორებული. ვენერას ორბიტა თითქმის სფერულია. ეს იმას ნიშნავს, რომ მისი ეკვატორული და პოლარული რადიუსები თითქმის ტოლია (გავიხსენოთ, რომ დედამიწის შემთხვევაში მათ შორის სხვაობა 21 კმ-ა). ვენერას ბრუნვის ღერძი პლანეტის ორბიტის სიბრტყის თითქმის მართობულია. მისი დახრა შეფასებულია, როგორც 30° .

ვენერა საკმაოდ ნელა ბრუნავს: მზის გარშემო მისი ბრუნვის პერიოდი 224,7 დედამიწისეულ დღე-ღამე, ხოლო საკუთარი ღერძის გარშემო ბრუნვის პერიოდი 243 დედამიწისეული დღე-ღამეა.

ვენერას ბრუნვის მიმართულება აღმოსავლეთიდან დასავლეთითაა მიმართული ე.ი. საწინააღმდეგოა პლანეტურ სისტემაში ღერძულ და მოქცევით მოძრაობებში გამეფებული მიმართულებისა. ამის შედეგად, ვენერასთვის მზის ამოსვლა დასავლეთიდან ხდება, ხოლო ჩასვლა – აღმოსავლეთით.

ვენერას სიკაშკაშე, მზისა და მთვარის გარდა, ყველა სხვა მნათობის სიკაშკაშეს აღემატება. თითქმის მთელი უკანასკნელი საუკუნის განმავლობაში ზომავენ ამ პარამეტრს და ამ ხნის განმავლობაში ის არსებითად არ იცვლება. ვენერას სიკაშკაშე უმნიშვნელო ცვლილებას განიცდის მხოლოდ და მხოლოდ ფაზების მიხედვით.

კოსმოსური ერის განვითარებამ შესაძლებელი გახადა ვენერას შესახებ დასაბუთებული მონაცემების შეკრება. კერძოდ, ვენერას ატმოსფეროში გაშვებულმა ავტომატურმა სადგურებმა, განჭოლეს რა მისი მთელი ატმოსფერო, გზადაგზა, მთელ სიმაღლეზე, გაზომეს გარემოს ტემპერატურა, წნევა და მისი ქიმიური შედგენილობა სხვადასხვა მეთოდებით.

მოგვიანებით, უახლესი კვლევებით შესწავლილია:

1. ვენერას ვერტიკალური სტრუქტურა და ატმოსფეროს დინამიკა;
2. ბურღვის მეთოდით დადგენილია გრუნტის ქიმიური შემადგენლობა და ზედაპირული მთის ქანების ტიპები;

კვლევებმა დაადგინა, რომ ვენერას გააჩნია საკმაოდ მკვრივი ატმოსფერო, რის გამოც მისი ზედაპირის დანახვა გართულებულია.

ვენერას ღრუბლის ფენის საზღვრებია 50 - 70 კმ. ღრუბლის საფარის გამო, მზის რადიაციის დაახლოებით 78% ვერ აღწევს პლანეტის ზედაპირს.

ვენერას ატმოსფეროში აღმოჩნდა საკმაოდ მაღალი წნევა, დაახლოებით 90 ატმოსფეროს ტოლი და აგრეთვე ტემპერატურა მაღალია, დაახლოებით 4700°C . ვენერას ატმოსფეროს ღრუბლების ზედა ზედაპირზე $T = -35^{\circ}\text{C}$. ფიქრობენ, რომ ასეთ ტემპერატურაზე იქ წყლის ორთქლი კი არ უნდა იყოს, არამედ ყინულის წვეთები.

ტემპერატურული გრადიენტის გამო ღრუბლის 50 კმ ზედაპირთან $T = 75^{\circ}\text{C}$, ხოლო უკვე 2 - 3 კმ-ით ქვემოთ $T = 100^{\circ}\text{C}$ -ს. ამ პირობებში აქ უკვე წყალი უნდა იყოს ორთქლის სახით. აქედან გამომდინარე, ვენერაზე თხევადი წყალი არ არსებობს, ხოლო წყლის ორთქლი მთელი ვენერას ატმოსფეროს ძალიან უმნიშვნელო, $10^{-6} - 10^{-5}$ ნაწილია ანუ (დაახლოებით 0,002%).

ბოლო წლების კვლევების თანახმად ამ ყველაფერს ის ფაქტიც ემატება, რომ ვენერას ატმოსფეროში გამოვლინდა ისეთი მოლეკულების არსებობა, რომლებსაც ინფრაწითელი გამოსხივების შთანთქმის დიდი უნარი აქვთ, ანუ აქ იქმნება ე.წ. “სასათბურე პირობები”, რაც საბოლოოდ ვენერას მაღალ ტემპერატურას განაპირობებს.

სასათბურე პირობების გამო ვენერაზე კლიმატი და ამინდი ერთიდაიგივეა, რადგან მეტეოროლოგიური პარამეტრების თანმიმდევრული ცვლილების ეფექტი (რაც ამინდს განაპირობებს) ვენერაზე არ არსებობს.

ისმის კითხვა - რა უნდა იყოს ვენერას ატმოსფეროს ასეთი მაღალი ტემპერატურის წყარო. ამის მიზეზი უნდა იყოს, რათქმუნდა, მზის სხივები, რომელიც მისი მზესთან შედარებით სიახლოვის გამო, ვენერას უფრო უხვად ეფინება, ვიდრე დედამიწას. მაგრამ არსებითი ისაა, რომ ვენერას ატმოსფეროს გააჩნია ძალიან დიდი სიმკვრივე, რაც ხელს უშლის შთანთქმული სხივური ენერგიის უკან გაფრქვევას სივრცეში - ანუ, მზის ოპტიკური სხივები განჭოლავს რა ვენერას ატმოსფეროს, უკან უნდა ინფრაწითელი სხივების სახით. ამ პროცესისთვის კი, ვენერას ატმოსფერო, ნაკლებად გამჭვირვალეა. ადგილი აქვს ვენერას ატმოსფეროს წიაღში შეღწეული ენერგიის აკუმულაციას, რაც გავლენას ახდენს პლანეტის ტემპერატურულ რეჟიმზე.

ვენერასთვის სასათბურე ეფექტი ძალზე მნიშვნელოვანია. ვენერას ატმოსფერულ “სათბურეში” ტემპერატურა 524°C . ამ ეფექტის გარეშე ვენერაზე ტემპერატურა უნდა ყოფილიყო - 44°C . რეალურად კი მისი ტემპერატურა 480°C -ია.

ვენერას ზედაპირზე ქარის სიჩქარე ძალიან მცირეა, ის მხოლოდ 1 - 2 მ/წმ-ს აღწევს. სიჩქარეები ატმოსფეროს სიმაღლის ზრდასთან ერთად იზრდება და 40 - 60 კმ-ზე სიჩქარე უკვე 60 მ/წმ-ია.

იმის გამო, რომ ვენერაზე წყალი თხევადი სახით არ არსებობს და პლანეტის ზედაპირზე ქარის სიჩქარეები მცირეა, რელიეფის ჩამოყალიბებაში ფლუიდური და “წანაყარი ნაცრული” პროცესები არ მონაწილეობს ე. ი. არ ხდება ქერქის განიავება. არც “ქიმიურ” განიავებას აქვს ადგილი, ანუ არ ხდება ნივთიერებათა ერთმანეთში აქტიური შერევა.

დადგენილია, რომ ვენერას ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის გაზის (CO₂) დიდი რაოდენობაა – 97%, აზოტი (N₂), განსხვავებით დედამიწისაგან, სულ 2%. ვენერაზე აღმოჩენილია გოგირდის მჟავის ნარევი წყალთან, სულ (75% - 80%), რომელიც თხევადი გაზიდან მყარ მდგომარეობაში გარდამავალ ფაზაშია.

ვენერას გრუნტი მდიდარია კალიუმით, ურანით, თორიუმით.

გასული საუკუნის 80-იან წლებში ვენერას ზედაპირზე დაშვებული აპარატების საშუალებით გადაღებული ფოტოსურათების მიხედვით აღმოჩნდა, რომ პლანეტის ზედაპირი ძირითადად გლუვია, თუმცა ის მდიდარია ვულკანური კონუსებითა და ტექტონიკური ნაპრალებით.

დადგენილია ტექტონიკური რღვევების 3 ძირითადი ზონა, რომელიც რამდენიმე ათასეულ კილომეტრზე ვრცელდება.

სავარაუდოა, რომ ვენერაზე აქტიური იყოს გრავიტაციული პროცესები, რადგან ბოლო კვლევებმა დაადასტურა პლანეტაზე დამრეცი ქედების არსებობა ქვის გამოშვებული ნაწილებით. გარდა ამისა, აღმოჩენილია მთვარის კრატერების მსგავსი კრატერებიც და ჩავარდნებიც ე.წ. დეპრესიები.

ვენერას გაჩნია ძალიან სუსტი მაგნიტური ველი, რომელიც ზედაპირული ქანების დამაგნიტებულობაში გამოიხატება. ვენერას ზედაპირის მაგნიტური ველი 18 გამაა (ის 3 000 – ჯერ ნაკლებია დედამიწის მაგნიტურ ველზე), ამიტომ ზოგადად თვლიან, რომ ვენერას საერთოდ არ გააჩნია საკუთარი მაგნიტური ველი.

21. მარსი

მარსის შესახებ ხანგრძლივი კვლევები იქნა ჩატარებული, როგორც ყოფილი საბჭოთა კავშირის, ასევე აშშ-დან გაშვებული მარსის ხელოვნური თანამგზავრების საშუალებით, რომლებმაც მდიდარი ინფორმაცია მოუპოვეს მეცნიერებს.

მარსი, დედამიწის ჯგუფის პლანეტებიდან, მზისგან ყველაზე მეტად დაშორებული პლანეტაა. ის 4-ჯერ უფრო შორსაა მზიდან, ვიდრე მერკური და 1,5-ჯერ უფრო შორს, ვიდრე დედამიწა-მთვარის სისტემა.

მანძილი მარსსა და მზეს შორის 228 მლნ. კმ-ია (ცხრილი II).

მარსი დიამეტრით დაახლოებით ორჯერ და მასით 10-ჯერ ნაკლებია დედამიწაზე.

მარსი მზის გარშემო ერთ ბრუნს 687 მიწიერი დღე-ღამის განმავლობაში აკეთებს, ხოლო საკუთარი ღერძის გარშემო ბრუნვის პერიოდია - 24 სთ 37 წთ და 23 წმ (საკუთარი ღერძის გარშემო ბრუნვის პერიოდით ის ძალიან გავს დედამიწის ბრუნვის პერიოდს საკუთარი ღერძის მიმართ – 23 სთ. 56 წთ).

აქედან გამომდინარე, მარსს და დედამიწას აქვთ ერთიდაიგივე დღე, ხოლო მარსს 2-ჯერ მეტი წელიწადი აქვს.

მარსის ორბიტის დედამიწის ორბიტის გარეთ მდებარეობა ხშირად ქმნის დაკვირვებისათვის ხელაყრელ პირობას – პირისპირდგომას. რადგან მარსის ღერძის გარშემო ბრუნვის პერიოდი მხოლოდ 41 წუთით აღემატება დედამიწის ბრუნვის პერიოდს, დამკვირვებელი, რომელიც მარსს დედამიწიდან მერიდიანში აკვირდება, პლანეტის თითქმის ერთიდაიგივე ადგილს ხედავს. იმისათვის, რომ დამკვირვებელმა პლანეტის მთელი ზედაპირის დათვალიერება შეძლოს, ის მარსს უნდა აკვირდებოდეს რამდენიმე მომდევნო ღამეს და ერთ თვეზე მეტ ხანს, გადაბმულად.

ამაში ერთი უპირატესობაც არის. კერძოდ, შესაძლებელი ხდება მარსსზე შედარებით სწრაფი ცვლილებების შენიშვნა. ასე იყო მაგალითად, 1956 და 1971 წლების პირისპირდგომის პერიოდებში, როდესაც მარსის ზედაპირზე შეამჩნიეს ცვლილებები, რომლებიც ზედაპირზე მქროლავი ქარებით გადატანილი დიდი მასების გადაადგილებებით იყო გამოწვეული.

მარსის ბრუნვის ღერძი დაახლოებით იმავე კუთხითაა დახრილი მზის გარემოქცევის ორბიტის სიბრტყის მიმართ, როგორც დედამიწა ეკლიპტიკასთან. ამიტომ სეზონური ცვალებადობის ხასიათი მარსზე დაახლოებით ისეთია, როგორც დედამიწაზე.

ცხადია, რომ რადგან მზის გარემოქცევის პერიოდი ანუ მარსის წელიწადი ჩვენს წელიწადთან შედარებით, თითქმის 2-ჯერ უფრო ხანგრძლივია (687 წელიწადისეული დღე-ღამე), ამიტომ თითოეული სეზონის ხანგრძლივობაც მარსზე შესაბამისად აღემატება დედამიწისეულ სეზონებს.

შეიძლება ითქვას, რომ მარსზე, ისევე როგორც დედამიწაზე, არსებობს “სრული კლიმატი” ანუ ატმოსფეროს სტატიკური მდგომარეობა. ეს ცხადია, რადგან კლიმატის ჩამოყალიბებაში უმთავრესია მზის რადიაცია, პლანეტის მყარი ზედაპირის არსებობა, პლანეტის ბრუნვა და ჰაერის ცირკულაცია.

მარსი ერთადერთი პლანეტაა, რომელიც კარგად ჩანს დედამიწიდან, რადგან მისი ატმოსფერო არ არის დატვირთული ღრუბლებით, მსგავსად ვენერასი და ის საკმაოდ გამჭვირვალეცაა. დედამიწიდან დაკვირვებისას მარსი გამოიყურება, როგორც ყვითელი ღრუბლით მოცული მცურავი პლანეტა.

მარსის ატმოსფეროს ქიმიური შედგენილობა ფართო კვლევის საგანია. პირველ რიგში ცდილობენ დაადგინონ მასში წყლის ორთქლისა და ჟანგბადის არსებობა, როგორც მარსზე სიცოცხლის შესაძლებლობის დამაჯერებელი არგუმენტი. თუმცა დღემდე დაუდგენელი რჩება მარსის ატმოსფეროში ამ ნივთიერებების პროპორციები. ის რაც დაბეჯითებით შეიძლება ითქვას, გამოკვლეულია კოსმოსური აპარატებით წარმოებული უშუალო გაზომვებით და აღიარებულია, რომ მარსის ატმოსფეროს ძირითადი შემადგენელია ნახშირორჟანგის 95% და აზოტის 2 – 3 %, რაშიც მცირე რაოდენობით შერეულია წყალი და ჟანგბადის 0,1 – 0,4%, ნახშირორჟანგი და სხვ.

მარსზე სიცოცხლის არსებობის შესაძლებლობის სავარაუდო არგუმენტად მიჩნეულია პლანეტის ზედაპირის ჩაღრმავებულ ფენებში ბაქტერიული წარმოშობის ორგანიზმების არსებობა, თუმცა ესეც ნაკლებად ალბათურია.

შუქფილტრების საშუალებით მარსზე დაიკვირვება ღრუბლები, რომელთაგანაც ზოგი “თეთრ” სინათლეში წარმოგვიდგება და ზოგიც – “ლურჯ” ფილტრში ან, როგორც ამბობენ, ლურჯ სხივებში დაიკვირვება.

ლურჯ სხივებში ხილული ღრუბლები შესაძლებელია ციხის წვრილი კრისტალების ერთობლიობას წარმოადგენდეს. შესაძლებელია თეთრი ღრუბლებიც იგივე აგებულების იყოს, მაგრამ მასში კრისტალები გაცილებით დიდი ზომის უნდა იყოს.

როდესაც ტემპერატურა მატულობს, ვთქვათ, სეზონური მოვლენების შედეგად, ციხის კრისტალები, ატმოსფეროს გაიშვიათებულობის გამო, წყლად კი არ იქცევა, არამედ უშუალოდ ორთქლად. თუმცა, ხშირად სპექტრში წყლის ორთქლის სათანადო ხაზები არ შეიმჩნევა და ეს მოვლენა მისი სიმცირით აიხსნება. ვარაუდობენ, რომ წყლის ორთქლის რაოდენობა

1 000-ჯერ ნაკლები მაინც უნდა იყოს, ვიდრე ის დედამიწის ატმოსფეროშია.

მარსის ატმოსფეროში შედის მყარი მტვრის ნაწილაკებიც – აეროზოლები, რომლებიც ძლიერი ქარების გამო მარსის ზედაპირიდანაა ატაცებული.

თანამედროვე მარსის ატმოსფერო საკმაოდ გაიშვიათებულია: მის ზედაპირზე ატმოსფერული წნევა თითქმის 200-ჯერ ნაკლებია, ვიდრე დედამიწის ზედაპირზე. მაგრამ, პლანეტის ზედაპირიდან 30 - 35 კმ სიმაღლიდან დაწყებული, წნევა მეტია მარსზე, ვიდრე დედამიწის ატმოსფეროში იმავე სიმაღლეებზე ზღვის დონიდან.

ეს ერთი შეხედვით უცნაური მოვლენა იმით აიხსნება, რომ მარსის მიზიდულობის ძალა ნაკლებია დედამიწის მიზიდულობის ძალაზე. დედამიწაზე ატმოსფერო უფრო მეტადაა “დაწნეხილი” შედარებით დიდი

მიზიდულობის გამო. მარსზე ატმოსფეროს სიმკვრივის განაწილება სიმაღლის მიხედვით უფრო ერთგვაროვანია.

გაიშვიათებული ატმოსფერო ცუდად იცავს პლანეტას ღამის გაცივებისაგან (აქ "სასათბურე" ეფექტი სუსტია). პლანეტის საშუალო განედზე (45°) ტემპერატურა ყოველთვის უარყოფითია და ამბობენ, რომ საშუალო განედზე მუდმივი გამყარების პირობებია.

მარსის ზედაპირის მზისქვეშა წერტილის ტემპერატურა 2 - 3 ათეულ ცელსიუსის გრადუსს აღწევს. ღამით ის -70°C - მდე ეცემა.

მარსის საშუალო ტემპერატურა გაცილებით მცირეა დედამიწის საშუალო ტემპერატურაზე.

სიმაღლის ზრდასთან ერთად ტემპერატურა მკვეთრად მცირდება: პლანეტის ზედაპირიდან 1,6 - კმ სიმაღლეზე ტემპერატურა უკვე 20°C -ით მცირეა, ვიდრე ზედაპირზე.

ასეთი ტემპერატურებისა და წნევის გამო მარსზე წყალი თხევად მდგომარეობაში არ არსებობს. ის ყოველთვის ყინულის ფაზაშია.

ცნობილია, რომ მზის რადიაციის სიმძლავრე კლებულობს წყაროდან მანძილის კვადრატის უკუპროპორციულად. მარსზე მზის რადიაციის სიმძლავრე 16-ჯერ მცირეა მერკურთან შედარებით.

მარსის ევოლუციის ეტაპები იგივეა, რაც მთვარისა და მერკურის - აკრეციის ფაზა, დნობის ფაზა, გაცივება და მყარი ზედაპირის წარმოშობა (იგულისხმება, რომ ევოლუციის ყველა სტადიას თან ახლავს მეტეორიტებით ბომბარდირების ეფექტები).

არსებობს წარმოდგენა, რომ მარსი თავიდან ჩამოყალიბდა, როგორც მყარი პლანეტა და შემდგომ პერიოდებში მოხდა მისი "დატენიანება".

ფიქრობენ, რომ თავიდანვე მარსის პოლარულ ნაწილებში უნდა ყოფილიყო ყინული, რომელიც დროთა განმავლობაში დადნა. გათბობის მიზეზად თვლიან, მრავალი ათასი წლის განმავლობაში, მარსის ბრუნვის ღერძის მდებარეობის შეცვლას 17° -დან 35° -მდე. გათბობის შედეგად წარმოშობილმა წყლის ორთქლმა შეცვალა ატმოსფეროს სიმკვრივე, კერძოდ ის გაზარდა და გააძლიერა მისი "სასათბურე" ეფექტი ე.ი. ხელი შეუწყო უფრო მეტად დათბობას და ამის შედეგად მივიღეთ წყალი თხევად ფაზაში, რამაც გამოიწვია ნიადაგის სრულად დატენიანება. შემდგომ პერიოდში, ბრუნვის ღერძმა შეწყვიტა მდებარეობის შეცვლა, დაიწყო პლანეტის გაცივება და შეიქმნა ყინულის საფარი.

მარსის ჰიდროსფერო, რომელიც ყინულოვან საფარს წარმოადგენს, უფრო მნიშვნელოვანია პლანეტის პოლარულ არეებში.

მარსზე მიმდინარე ეკზოგენური პროცესები სწრაფია, რაც მარსზე რელიეფის არსებობს განაპირობებს.

მარსი იყოფა სამხრეთ კონტინენტურ და ჩრდილოეთ "ოკენურ" ნაწილებად. კონტინენტური ქერქის სისქე 30 - 40 კმ-ია. ოკენურის კი (არა

ყინულის, არამედ ტოპოგრაფიულად ჩავარდნილი ნაწილების), 4 – 5 კმ-ით მცირეა.

მარსის კვლევამ პლანეტაზე დაადგინა აქტიური ტექტონიკური პროცესების კვალი. ფიქრობენ, რომ ეს პროცესები ახლაც მიმდინარეობს. მარსზე არ აღინიშნება ჰორიზონტალური ტექტონიკური მოძრაობები. ვერტიკალური მოძრაობები კი ვულკანების სახითაა წარმოდგენილი.

აღსანიშნავია, რომ მარსზე არსებობს ვულკანური წარმოშობის მთებიც. რადიოლოკაციური ექსპერიმენტის მიხედვით მიკვლეულია ერთ-ერთი მთა – ოლიმპოს მთა – რომლის სიმაღლე 22 კმ-ია, ხოლო მთის ძირის განივკვეთია 500 კმ.

აღმოჩნდა, რომ მარსის რელიეფისათვის დამახასიათებელია მტვრის კრატერების მსგავსი წარმონაქმნების სიუხვე, თუმცა მარსის კრატერები უფრო მცირე ზომისაა, ვიდრე მთვარის და მათ კალთებს ნაკლები დაქანება აქვთ. დადასტურებულია მარსზე რიფტებისა და რღვევების არსებობაც.

მარსის ზედაპირის 50% ბაზალტის ქანებითაა დაფარული. აღმოჩენილია რეგოლიტიც. ადრეული ბომბარდირების ეფექტები ასევე ბაზალტური წარმოშობის ლავითაა დაფარული. გარდა ამისა, მარსზე შეინიშნება ეროზიული ქანები და ფერფლოვანი წარმონაქმნებით შექმნილი დანალექი ქანები, რომლის სისქე დაახლოებით 2 კმ-ია.

თავისი ფორიანობითა და დაბალი სითბოგამტარობით მარსის სტრუქტურა ძალიან გავს მთვარის აგებულებას.

მარსის გრუნტის შემადგენლობის კვლევამ აღმოაჩინა ქანებში რკინის 12 – 15%, კალციუმის 3 – 8%, ალუმინის 2 – 7%, ტიტანის კი - 2%-მდე.

მცირე ტელესკოპით დაკვირვების დროსაც კი, მარსზე, მისი ბრუნვის პოლუსებთან, მკაფიოდ მოჩანს ერთგვარი “პოლარული ქუდები”.

ეს არის პოლუსის გარემომცველი არეები, რომლებიც დაფარულია ნახშირორჟანგის კონდენსატით, რომელშიც მცირე რაოდენობითაა შერეული H_2O .

“პოლარული ქუდებ“-ის ფართობი შესამჩნევად იცვლება მარსის სეზონების მიხედვით: როდესაც განსახილველ ნახევარსფეროში ზამთარია, მათი ფართობი მატულობს საშუალოდ 10 მილიონ კვადრატულ კოლომეტრამდე, ხოლო როდესაც ზაფხულია – კლებულობს.

მარსზე შეინიშნება მარსის უდაბნოდ წოდებული მოყვითალო-ნარინჯისფერი ვრცელი არეები, რომლებსაც მარსის ზედაპირის თითქმის სამი მეოთხედი უჭირავს. თუმცა, ალაგ-ალგ, ერთგვარი ოაზისების სახით, გვხვდება ცალკეული შეზნელებული არეები – “ლაქები”, რომლებიც სახესა და ინტენსივობას იცვლიან პლანეტის ფაზების მიხედვით.

ფიქრობენ, რომ მარსის ზედაპირი უხვადაა დაფარული მტვრით, რომლის მასები მარსზე გამეფებული ქარების გამო (რომელთაც

შესაძლებელია სეზონური ხასიათი ქონდეს), სისტემატურად გადაინაცვლებს, განსაკუთრებით კი მტვრის ის ნაწილი, რომელიც შედარებით უფრო წვრილი ნაწილაკებისაგან შედგება. ამავე დროს, წვრილ და მსხვილ ნაწილაკებს არეკვლის სხვადასხვა უნარი აქვთ, რაც მარსის ზედაპირის კონტურების ცვლილებებზე აისახება.

მარსის ნიადაგის ეროზიული სახე პლანეტის “განიავებითაა” ჩამოყალიბებული, რაც თავის მხრივ ტემპერატურული რეჟიმების მკვეთრი ცვლილებითაა გამოწვეული.

საბოლოოდ შეიძლება გავაკეთოთ დასკვნა, რომ მარსზე, ჰიდროსფეროსა და ატმოსფეროს არსებობის გამო, როგორც ენდოგენური, ასევე ეკზოგენური პროცესები საკმაოდ აქტიურია, რაც მისი რთული რელიეფის ჩამოყალიბებას განაპირობებს.

მარსის გრავიტაციული ველი საკმარისი აღმოჩნდა გაზისა და წყლის შესანარჩუნებლად ზედაპირზე. სწორედ ამ მიზეზით აქვს მარსს საკუთარი ატმოსფერო და ჰიდროსფერო, თუმცა, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, მარსის ატმოსფეროს მასა გაცილებით გაიშვიათებულია დედამიწის ატმოსფეროსთან შედარებით.

მარსის მაგნიტური ველი სუსტია დედამიწის მაგნიტურ ველთან შედარებით. მარსის მაგნიტური ველი დაახლოებით 64 გამაა (დედამიწის მაგნიტური ველი კი, დაახლოებით, 40 000 გამა). დადგენილია, რომ მარსის მაგნიტური ველისა და მზის ქარის შეხვედრის დარტყმითი ტალღა მარსის ზედაპირთან მიმართებაში, 500 – 1 000 კმ სიმაღლეზე ფიქსირდება. ეს კი ნიშნავს, რომ მარსის ასეთი სუსტი მაგნიტური ველი მაინც იცავს პლანეტას მზის ქარისაგან.

22 გიგანტი პლანეტები

იუპიტერის (გიგანტი) ჯგუფის პლანეტებში თავმოყრილია მზის სისტემის თითქმის ყველა პლანეტალური მასა და მოძრაობის რაოდენობის მომენტის უდიდესი ნაწილი.

იუპიტერის ჯგუფის ძირითადი პლანეტაა იუპიტერი. ვიზუალურად ის მოლურჯო-მომწვანო ფერის კაშკაშა მნათობის სახით წარმოგვიდგება და მარტივი ტელესკოპითაც კი სანახავად საინტერესო და მიმზიდველია.

იუპიტერი სხვადასხვა სიგრძის ტალღებს გამოასხივებს, რომელიც პირველად 1955 წელს აღმოაჩინეს. განსაკუთრებით ინტენსიურია 13 მეტრის სიგრძის ტალღების გამოსხივება. ამ ეფექტს ხსნიან, როგორც იუპიტერის ატმოსფეროს მძლავრ ციკლონებში ელ-ჭექური ხასიათის ძლიერი პროცესის გამოვლინებას. სიმძლავრით იუპიტერის ელ-ჭექი საშუალოდ რამდენიმე ათასჯერ აღემატება დედამიწის ელ-ჭექს.

იუპიტერი უდიდესია პლანეტებს შორის, როგორც ზომით, ასევე მასით (ცხრილი II).

იუპიტერის მასა 318-ჯერ აღემატება დედამიწის მასას. მისი ეკვატორული დიამეტრი 11-ჯერ მეტია დედამიწის ეკვატორზე და 142 796 კმ-ს აღწევს. იუპიტერის პოლარული დიამეტრი 133 800 კმ-ზე ნაკლებია ე.ი. იუპიტერი ეკვატორთან შებრტყელებულია.

იუპიტერის ბრუნვა ღერძის ირგვლივ, ეკვატორულ ზოლში გამოიხატება სიჩქარით - ერთი შემობრუნება 9 საათსა და 50 წუთში, ხოლო ეკვატორიდან დაშორებულ ადგილებში სიჩქარით - ერთი შემობრუნება თითქმის 10 საათში.

იუპიტერზე დაკვირვებისას შეიმჩნევა მოწითალო-მოყავისფრო და მოცისრო ზოლები. ზოგ მათგანს კვეთს ბნელი და ნათელი ლაქები. ეს წარმონაქმნები არც თუ ისე მდგრადია, ისინი იცვლება როგორც ფერით, ასევე ინტენსივობით, მოხაზულობითა და მდებარეობით. აღნიშნულ ლაქებს იუპიტერის მიმართ საკუთარი გადაადგილებაც ახასიათებთ და საკმარისად დიდი სიჩქარით: 300 კილომეტრამდე საათში. აქედან შესაძლებელია დავასკვნათ, რომ ეს ლაქები იუპიტერის ატმოსფეროს კუთვნილი წარმონაქმნებია.

იუპიტერის სამხრეთ ნახევარსფეროზე მოჩანს შედარებით უფრო მდგრად მდგომარეობაში მყოფი ელიფსური მოყვანილობის დიდი მოწითალო ლაქა, რომლის ფართობი 400 მილიონ კვადრატულ კმ-ს აღწევს. ეს ლაქა პირველად გალილეიმ შენიშნა. მოყვანილობის მიხედვით მისი მდგრადობა არ ეთანხმება წარმოდგენას, რომ ეს ლაქა იუპიტერის ატმოსფეროშია, ანუ მოწითალო ლაქა არ არის იუპიტერის ზედაპირული წარმონაქმნი - ის რაღაც მასაა, რომელიც ცურავს რაღაც თხევად გარემოში.

იუპიტერს, მისი ხილული ზედაპირის დონეზე, ძლიერი მაგნიტური ველი ახასიათებს. დადგენილია იუპიტერის მომცველი მაგნიტოსფეროს არსებობაც, მსგავსად იმისა, რასაც დედამიწის მაგალითით ვიცნობთ, ოღონდ იუპიტერის მაგნიტოსფერო უფრო მძლავრია და სივრცეში უფრო შორს, დაახლოებით პლანეტის რადიუსის ასჯერ მეტ სიგრძეზე განვრცობილი.

მზის გამოსხივება იუპიტერს 27-ჯერ ნაკლები ინტენსივობით აღწევს, ვიდრე დედამიწას. მზიდან დიდი სიშორის გამო, იუპიტერის ხილულ ზედაპირზე ტემპერატურა შესამჩნევად დაბალია (დაახლოებით 150 K). თუმცა, მისი წიაღი საგრძნობ სითბოს ინახავს: როგორც მიაჩნით, 500 კმ სიღრმეზე ტემპერატურა 1200 K-ს აღემატება.

იუპიტერი მეტად რთულ ფიზიკურ გარემოს წარმოადგენს, რომელშიც პლანეტის მძლავრი გრავიტაციული და ელექტრული ველებით განპირობებული გრანდიოზული მასშტაბების მოვლენები უნდა ვითარდებოდეს.

მეორე გიგანტი პლანეტა, სატურნი, სიდიდით მეორეა მზის სისტემის პლანეტათა შორის - მისი მასა 95-ჯერ მეტია დედამიწის მასაზე (ცხრილი II).

სატურნის ღერძული ბრუნვა სწრაფია: ეკვატორზე ერთი მობრუნება 10 სთ 14 წთ უნდება. მისი ეკვატორული დიამეტრი 240 000 კმ-ია.

ცაზე სატურნი მოყვითალო ფერის მნათობის სახით მოჩანს.

ტელესკოპით დაკვირვებისას შეიმჩნევა ეკვატორის პარალელური ზოლები და რამდენიმე თეთრი “ლაქა”, რომლებიც დროგამოშვებით ჩნდება და ქრება, როგორც ამოფრქვევები. სურათი ისეთია, თითქოს ერთ ადგილას ამოფრქვეული მასა ფართოვდება, ვრცელდება გარემოში და, სატურნის ატმოსფეროში წარმოშობილი ქარების ზემოქმედებით, ზოლად გაიჭიმება.

სატურნს ახლავს თავისებური რგოლი, რომელიც შედგება სამი ნაწილისაგან ანუ სამი კონცენტრული რგოლისაგან, რომლებიც ერთმანეთისაგან განმხილვით ვიწრო ინტერვალებით. ეს ინტერვალები თავისუფალ სივრცეებს წარმოადგენს. ერთ-ერთ მათგანს, უფართოესს, რომელიც უფრო მკვეთრად მოჩანს, უწოდებენ ხარვეზს ანუ კასინისეულ კვეთას, ასტრონომ კასინის პატივსაცემად, რომელმაც პირველმა მიაქცია ყურადღება ამ მოვლენას. კასინის ხარვეზის სიგანე 3 600 კმ-ს აღემატება.

ფრანგი ასტრონომის, რომის მიხედვით, სატურნის რგოლის მასალა თავდაპირველად წარმოადგენდა სატურნის თანამგზავრს, რომელიც სატურნიდან 100 000 კმ-ით იყო დაშორებული, რაც წარმოადგენს რგოლის საშუალო დაშორებას სატურნიდან.

ზოგადად, თანამგზავრი, რომელიც პლანეტას არაა დაშორებული უფრო მეტად, ვიდრე პლანეტის ორნახევარი რადიუსი (სატურნის რადიუსი კი 60 000 კილომეტრია), პლანეტისმიერი მიქცევა-მოქცევითი ძალის ზემოქმედებით იშლება ცალკეულ ნაწილებად, ქუცმაცდება და ვრცელდება მთელი ორბიტის გასწვრივ. მაშასადამე, ევოლუციის რომელიღაც ეტაპზე თანამგზავრი მიახლოებულია დედა-პლანეტასთან “დაუშვებელ” მანძილზე ანუ, როგორც ამბობენ, მას გადაულახავს რომის საზღვარი და ამიტომ ის მეტეორიტულ რგოლად ქცეულა.

ფოტომეტრიული შესწავლის შედეგად დადგენილია, რომ, რგოლის შემადგენელი უწვრილესი ნაწილაკები ყინულის ნატეხებია ან ყინულის თხელი ფენით დაფარული (მოყინული) ნივთიერება.

სატურნი მზის ირგვლივ ერთ ბრუნს 29.63 წელიწადს ანდომებს. ამ დროის განმავლობაში სატურნის ბრუნვის ღერძი, რომლის მიმართულება უცვლელია ვარსკვლავების მიმართ, განუწყვეტლივ შემობრუნდება დედამიწის მიმართ, ე.ი. იცვლება მისი ეკვატორის, ანუ რგოლის სიბრტყის ორიენტაციაც დედამიწის მიმართ და ამიტომ ის სხვადასხვა სახით წარმოგვიდგება.

თეორიულად იუპიტერისა და სატურნის სიმკვრივების მნიშვნელობები პირველად გამოთვალა ჯეფრისმა (1923 – 1924 წწ.), მაგრამ იმ პერიოდში ამისთვის დიდი ყურადღება არ მიუქცევიათ. ჯეფრისის გამოთვლების მიხედვით იუპიტერის სიმკვრივე $\rho < 0,8$ გ/სმ³, ხოლო სატურნის - $\rho < 0,4$ გ/სმ³.

მხოლოდ 10 წლის შემდეგ, ამერიკელმა ასტროფიზიკოსმა ვილდტმა ჯეფრისის მონაცემებზე დაყრდნობით წარმოადგინა პლანეტის მოდელი, რომელიც შედგებოდა მყარი ბირთვისაგან ($\rho=5,5$ გ/სმ³ – დედამიწის საშუალო სიმკვრივე), ყინულის გარსისაგან ($\rho=1,0$ გ/სმ³), გამყარებული წყალბადისა და ჰელიუმის გარე გარსისაგან ($\rho = 0,35$ გ/სმ³).

მოგვიანებით, ამერიკელი და ინგლისელი მეცნიერების მიერ დადასტურდა, რომ იუპიტერი და სატურნი წყალბად-ჰელიუმისანი პლანეტებია. ეს გარემოება შემთხვევითი არ არის – წყალბადი ყველაზე გავრცელებული ელემენტია მზის სისტემაში, ხოლო პლანეტა გიგანტების გრავიტაციული ველი ისეთია, რომ მას შეუძლია შეაკავოს წყალბადის ატმოსფერო პლანეტების არსებობის მთელი დროის განმავლობაში.

სამყაროში სიუხვით კი მეორე ელემენტია ჰელიუმი. ამიტომ, ბუნებრივია, რომ ორივე პლანეტაზე უნდა მოველოდეთ ჰელიუმის მინარევებს.

მზის სისტემაში სხვა ელემენტების, მაგალითად, ჟანგბადის, ნახშირბადის, აზოტისა და სხვათა რაოდენობა წყალბადისა და ჰელიუმის რაოდენობასთან შედარებით ძალიან მცირეა. აქედან გამომდინარე, სატურნსა და იუპიტერშიც მათი შემცველობა უმნიშვნელო უნდა იყოს. ბოლო დროს დამაჯერებლად აფასებენ, რომ პლანეტა-გიგანტების H/He ფარდობა შემდეგი პროცენტული მნიშვნელობისაა: $X_H=70-80\%$ და $Y_{HE}=30-20\%$.

თანამედროვე წარმოდგენებით პროტოპლანეტურ ღრუბელში გაზური წნევა $10^{-5} - 10^{-7}$ ატმოსფეროა. იუპიტერისა და სატურნის ზონაში – $10^{-7} - 10^{-9}$ ატმოსფერო.

იუპიტერისა და სატურნის ატმოსფეროები დიფერენციალური ბრუნვის მდგომარეობაში იმყოფება ე.ი. სხვადასხვა განედური სარტყლის ბრუნვის კუთხური სიჩქარე სხვადასხვაა. ამიტომ საკმარისად რთულია ამოვიჩიოთ პლანეტის ბრუნვის პერიოდის ზუსტი მნიშვნელობა.

იუპიტერის, როგორც პლანეტის, ბრუნვის პერიოდად იღებენ მისი მაგნიტოსფეროს ბრუნვის პერიოდს, რადგან საკუთარი მაგნიტური ველის წყაროები განლაგებულია პლანეტის მეტალურ გარსში, რომელიც ღრუბლის ფენიდან დაშორებულია იუპიტერის 0,2 რადიუსის ტოლი მანძილით. ეს პერიოდი პრაქტიკულად თანხვედება პლანეტის შუაგანედური და ღრუბლოვანი ფენის პოლარული არეების ბრუნვის პერიოდს.

სატურნის მაგნიტური ველის შესახებ მონაცემების უქონლობა არ გვაძლევს საშუალებას ცალსახად ამოვიჩიოთ პლანეტის ბრუნვის პერიოდი. ამიტომ, იუპიტერის ანალოგიურად, სატურნის ბრუნვის პერიოდად იღებენ მნიშვნელობას, რომელიც განსაზღვრულია მისი საშუალო განედებისათვის.

რაც შეეხება ურანსა და ნეპტუნს, მათ ფიზიკურ ბუნებაზე სარწმუნოდ მსჯელობა ძნელია, რადგან ისინი გაცილებით უფრო შორს არის, ვიდრე იუპიტერი და სატურნი და გარდა ამისა, ისინი მათზე გაცილებით მცირეა, თუმცა ოთხივე გიგანტი პლანეტის ფიზიკური აგებულება დაახლოებით ერთნაირია.

ურანსა და მითუმეტეს ნეპტუნს მზის ისეთი შესუსტებული გამოსხივება ხვდება, რომ მათ ზედაპირზე ტემპერატურა შესაბამისად (-180°)-დან (-200°) C- მდეა დაცემული (ცხრილი II).

იუპიტერის, ურანისა და ნეპტუნის სიმკვრივეები თითქმის არ განსხვავდება ერთიმეორისაგან (1,33; 1,27 და 1,71 გ/სმ³ შესაბამისად).

ურანი ერთგვარ ანომალიას წარმოადგენს მზის სისტემაში - ურანის ბრუნვის მიმართულება აღმოსავლეთიდან დასავლეთითაა ე.ი. ყველა დანარჩენი პლანეტის საწინააღმდეგოდ.

ნეპტუნის ორბიტის დიდი ნახევარღერძი 30,1 ასტრონომიული ერთეულის ტოლია, ურანის კი - 19,2-ის ტოლი.

ნეპტუნის მზის გარშემო გარემოქცევის პერიოდი 165 წელიწადია, ურანის კი - 85 წელიწადი (ცხრილი II).

პლუტონის შესახებ ჯერჯერობით ძალიან ცოტა ვიცით, რისი მიზეზიც პლანეტის სიმცირე და მზიდან მისი დიდი დაშორებაა.

პლუტონი მზის სისტემაში ყველაზე დაშორებული პლანეტაა. მზისგან მისი საშუალო მანძილი შეადგენს 39,5 ასტრონომიულ ერთეულს. მიუხედავად უზარმაზარი დაშორებისა, მზე პლუტონს აწვდის 250-ჯერ მეტ სინათლეს, ვიდრე სავსე მთვარე - დედამიწას. მზის ირგვლივ პლუტონის გარემოქცევის პერიოდი - 252 წელიწადია.

პლუტონის მასას აფასებენ, როგორც დედამიწის მასის 0,11-ს, ხოლო მისი დიამეტრი 1123 კმ-ია. პლუტონის საშუალო სიმკვრივის მნიშვნელობა 1,99 გ/სმ³-ია (ცხრილი II).

პლუტონს თან ახლავს, დაახლოებით 20 000 კმ-ით დაშორებული თანამგზავრი, რომელიც მის გარშემო 6.387 დღე-ღამის პერიოდით მოძრაობს.

პლუტონის ბრუნვის პერიოდი დაახლოებით 6,4 დღე-ღამეა. ეს ძალიან დიდი რიცხვია ასე დაშორებული პლანეტისათვის, რომლის ბრუნვა, მისი არსებობის მანძილზე, არაფრით არ შეიძლებოდა შენელებულიყო მიმოქცევითი პროცესებით, ე.ი. პლანეტა პლუტონი ანომალურია, როგორც მისი ორბიტის მახასიათებლებით, ასევე მატერიალური პარამეტრებითაც -

მისი საშუალო სიმკვრივე ახლოა დედამიწის ჯგუფის პლანეტების საშუალო სიმკვრივესთან, მიუხედავად იმისა, რომ ის გიგანტ პლანეტებს მიეკუთვნება.

დიდ ინტერესს წარმოადგენს ინგლისელი თეორეტიკოსის ლიტლტონის ჰიპოთეზა (1936), რომლის მიხედვითაც პლანეტა პლუტონი ნეპტუნის თანამგზავრია.

ჰიპოთეზა უშვებს, რომ პლუტონი, ისევე როგორც ნეპტუნის დიდი თანამგზავრი ტრიტონი, სინქრონულად ბრუნავდა ნეპტუნის გარშემო ე.ი. ღერძის გარშემო მათი ბრუნვის პერიოდი პლანეტის გარშემო ბრუნვის პერიოდის ტოლი იყო (მაგალითად ისევე, როგორც მთვარის შემთხვევა).

მაშასადამე, პლუტონმა მისი ბრუნვის პერიოდი (6,4, დღე-ღამე) შეიძინა ნეპტუნის გარშემო სინქრონულ ორბიტაზე ბრუნვისას და პლანეტა მიატოვა ტრიტონის მიახლოებისა და დაჯახების შედეგად.

თუ ეს ასეა, მაშინ პლუტონის ბრუნვის პერიოდი დაახლოებით ტრიტონის ორბიტალური გარშემოვლის პერიოდის ე.ი. 5.9 დღე-ღამის ტოლი უნდა იყოს. როგორც ვხედავთ, ორივე პერიოდი ერთმანეთთან კარგ თანხვედენაშია. ამ დაჯახების შედეგად შესაძლებელია პლუტონი გატყორცნილი იქნა ძლიერ ექსცენტრულ დახრილ ორბიტაზე, ხოლო ტრიტონის ორბიტამაც ასევე განიცადა შესამჩნევი ცვლილება - ის ძლიერ დახრილი გახდა ეკვატორის მიმართ. ლიტლტონის ჰიპოთეზა გულისხმობს, რომ პლუტონისა და ტრიტონის ფიზიკური თვისებები მსგავსი უნდა იყოს, რადგან ისინი წარმოიქმნენ ერთიდაიგივე პლანეტის გვერდით.

ეს საინტერესო ჰიპოთეზა მეცნიერებისათვის მისაღები აღმონდა. შემდგომში დამატებითმა კვლევებმა ცხადყო ამ თეორიის საფუძვლიანობა და სწორედ ამის მიზეზია ამჟამად 8 პლანეტის აღიარება.

23. მზე

მზე პლანეტური სისტემის ცენტრალური სხეული და დედამიწასთან უახლოესი ვარსკვლავია. მის გარშემო მოძრაობს მზის ოჯახის ყველა პლანეტა. პლანეტების (მათ შორის დედამიწის) და კომეტების ორბიტათა ფოკუსები მზის ცენტრის ახლოს, თითქმის მის ცენტრში იყრის თავს. მზე თავისი მძლავრი მიზიდულობის ძალით განაგებს ამ სხეულების ორბიტალურ მოძრაობებს.

მზის შესწავლის ინტერესი განპირობებულია ძირითადი მიზეზით: მზე ელექტრომაგნიტური ენერგიის მძლავრი გამომსხივებელია და წარმოადგენს დედამიწის ზედაპირზე, მის ატმოსფეროში და წიაღში მიმდინარე ყველა ენერგეტიკულ გარდაქმნათა პირველწყაროს.

საგულისხმოა, რომ დედამიწაზე მიმდინარე მოვლენებზე გავლენას ახდენს არა მარტო მზისგან მუდმივად მომდინარე ენერგია, არამედ ის ცვლილებებიც, რაც მზეზე ხდება, მაგალითად, მზის ლაქების გამოჩენა და გამრავლება, ერთგვარი ამოფრქვევები მზეზე და სხვ.

მზის გამოხივების სიმძლავრეს ახასიათებენ ე.წ. მზის მუდმივით. მზის მუდმივა არის სითბოს რაოდენობა, რასაც მიიღებდა დედამიწის ზედაპირზე მზის სხივების პერპენდიკულარულად ორიენტირებული 1სმ^2 ფართობი 1წთ-ში, თუკი დედამიწის ატმოსფერო სითბოს სრულეებით არ შთანთქავდა.

მზის მუდმივა არის $1,95$ კალ/სმ²წთ და იცვლება $(1 - 2)\%$ -ის ფარგლებში მზის აქტიურობის ცვლილების მიხედვით.

მზის სრული გამოსხივება $4 \cdot 10^{33}$ ერგი/წმ-ია. დედამიწაზე ამ ენერგიის მხოლოდ $1/22 \cdot 10^8$ ნაწილი მოდის.

მზის მოვლენებისა და მათი ცვლილებების გავლენა დედამიწაზე, ჩვენს ირგვლივ მიმდინარე პროცესებზე მრავალფეროვანია. ამ გავლენის ზოგი მხარე ჯერ კიდევ წარსულ საუკუნეებში იყო შემჩნეული (მაგალითად, დედამიწის გეომაგნიტური ველის ცვლილებები), ზოგს ცოტა უფრო გვიან მიაკვლიეს (მაგალითად, რადიოტალღების გავრცელების დამოკიდებულება მზის აქტივობაზე). უეჭველია, ბევრ სხვას მომავალი გამომაჟღავნებს.

მზე გავარვარებული გაზისაგან შემდგარი მნათი სფერული სხეულია, უფრო სწორედ, მზე პლაზმისაგან შემდგარ სფეროს წარმოადგენს, რადგან მისი გაზი, რომელიც 73% -მდე წყალბადისაგან და 25% -მდე ჰელიუმისაგან შედგება, იონიზირებულ მდგომარეობაშია, რაც იმას ნიშნავს, რომ ატომებს “შემოცლილი” აქვთ ელექტრონები და გადაქცეულნი არიან იონებად. თუმცა, ეს არ გამორიცხავს შესაძლებლობას, რომ მცირე რაოდენობით მასში ნეიტრალური ატომები და მოლეკულებიც მოიპოვებოდეს.

აღწერილ მდგომარეობაში არსებულ გაზს უწოდებენ პლაზმას და ითვლება, რომ ეს ნივთიერების განსაკუთრებული მდგომარეობაა (ზოგჯერ მას მეოთხე მდგომარეობასაც უწოდებენ მყარის, თხევადი და აიროვანის შემდეგ).

კოსმოსში გავრცელებული ნივთიერება - ვარსკვლავთშორისი გარემო - უმთავრესად პლაზმურ მდგომარეობაშია. პლაზმას წარმოადგენს არა მარტო ვარსკვლავები (მათ შორის მზეც) არამედ, მზის ატმოსფერო, ქრომოსფერო, კორონა და მზის ქარი. ასევე დედამიწის რადიაციული სარტყელი და იონოსფერო.

დედამიწის ორბიტის ელიფსურობის გამო, მზიდან დედამიწამდე მანძილი წლის განმავლობაში იცვლება 147 – 152 მლნ.კმ-ის ფარგლებში. საშუალო მანძილს (149, 6 მლნ.კმ) ეწოდება ასტრონომიული ერთეული და იხმარება მანძილის საზომად, როგორც მზის სისტემაში, ასევე გალაქტიკაში (ცხრილი II).

მზე მდებარეობს ჩვენი გალაქტიკის ერთ – ერთ სპირალურ შტოში. გალაქტიკის ცენტრიდან მზე მდენარეობს 10 კპარსეკზე (1 პარსეკი – 3, 263 სნთ. წელი).

მზის ასაკი დაახლოებით $5 \cdot 10^9$ წელია. გალაქტიკის ცენტრის მიმართ მისი გარემოქცევა ხდება 200 მლნ. წლის პერიოდით.

მზის ხაზოვანი დიამეტრი $1392 \cdot 10^3$ კმ-ია. ეს რიცხვი 109-ჯერ აღემატება დედამიწის ეკვატორულ დიამეტრს.

მზის ზედაპირი $109^2 \approx 12000$ -ჯერ აღემატება დედამიწის ზედაპირს, ხოლო მზის მოცულობა $109^3 \approx 1300000$ -ჯერ მეტია დედამიწის მოცულობაზე და წარმოადგენს $1,4 \cdot 10^{33}$ სმ³.

მზის მასა $1, 987 \cdot 10^{33}$ გრ-ია. ის 333-ჯერ აღემატება დედამიწის მასას. მზის მთელი მასის 99% მოქცეულია მზის 0,8 რადიუსის შიგნით.

მზის ცენტრში ნივთიერების სიმკვრივე საშუალოდ 160 გრ/სმ³-ია.

მზის საშუალო სიმკვრივედ მიღებულია 1,41 გრ/სმ³, ანუ მზის სიმკვრივე თითქმის 4-ჯერ ნაკლებია დედამიწის სიმკვრივეზე (5,5გრ/სმ³).

მზის აღნიშნული სიმკვრივე წარმოადგენს მის საშუალო სიდიდეს. სინამდვილეში მზე სიმკვრივით ძალიან არაერთგვაროვანია. მზის გარე ფენები ანუ მისი გარე ატმოსფერო ერთობ გაიშვიათებულია. მზის წიაღისაკენ კი სიმკვრივე მატულობს. ითვლება, რომ მზის ცენტრის ახლოს მყოფ შიდა ფენებში სიმკვრივე 140 -180 გრ/სმ³-ს აღწევს და შეიძლება, მეტსაც ე.ი. მზის ცენტრში ნივთიერება ათეულჯერ უფრო მკვრივია, ვიდრე ფოლადი.

მზის ცენტრში წნევა $3,4 \cdot 10^{17}$ დნ/სმ²-ით განოიხატება.

სიმძიმის ძალის აჩქარება მზის ზედაპირზე გაცილებით (დაახლოებით 28-ჯერ) მეტია ($2,74 \cdot 10^4$ სმ/წმ²), ვიდრე დედამიწისმიერი მიზიდულობის ძალა დედამიწის ზედაპირზე. თითქოს იმის გამო, რომ მზის მასა 333 000 -ჯერ მეტია დედამიწის მასაზე, მზისმიერი მიზიდულობაც ამდენჯერვე მეტი უნდა ყოფილიყო. მაგრამ, სამაგიეროდ, წერტილი, რომელიც მოთავსებულია მზის ზედაპირზე, 109-ჯერ უფრო მეტადაა დამორებული მზის ცენტრს, ვიდრე დედამიწის ზედაპირი დედამიწის ცენტრს, ამიტომ მიზიდულობის ძალაც 109²-ჯერ ნაკლებია.

მზის ცენტრიდან სხვადასხვა მანძილზე სხვადასხვაა ტემპერატურა, წნევა, იონიზაციის პირობები, ნაწილაკების მოძრაობის სიჩქარე და სხვ. ამასთან დაკავშირებთ მზის სფერო, და უმეტესად მისი ზედა ანუ გარე ფენები,

რომლებიც უშუალოდ დაიკვირვება, შეიძლება პირობითად დაიყოს რამდენიმე კონცენტრულ გარსად.

ასეთებად მიჩნეულია მზის ატმოსფერო, ქრომოსფერო და კორონა.

მზის ატმოსფეროს გარე ნაწილს - კორონას არ აქვს მკვეთრი საზღვარი გარემომცველ სივრცესთან, თუმცა ჩამოთვლილ გარსებს შორის შედარებით გამოკვეთილი საზღვრები არსებობს.

მზის ნივთიერების განუწყვეტელი მოძრაობის პროცესში მეზობელ გარსებს შორის განუწყვეტლივ ხდება გაზების გაცვლა და ურთიერთშერევა, ამასთან მოცემული გარსისათვის დამახასიათებელი პირობები ყველა ელემენტის გაზისათვის არ დგება ერთიდაიგივე სიმაღლეზე.

უბრალო თვალთ მზეს მეტად კაშკაშა, თვალისმომჭრელ ბრწყინვალე ბადროს სახით ვხედავთ. მზის ამ ხილვად კაშკაშა ფენას უწოდებენ ფოტოსფეროს და პირობითად მის ზედაპირად თვლიან, თუმცა მზის ზედაპირი იმ გაგებით, მაგალითად როგორცაა დედამიწის, ზოგი პლანეტის ან მთვარის ზედაპირი, წარმოუდგენელია, რადგან მზე მთლიანად გაზოვან-პლაზმურია.

ფოტოსფერო მზის სიდიდესთან შედარებით თხელი ფენაა - სისქით დაახლოებით 250 - 300 კმ-მდე. მისი ტემპერატურა 6 000⁰-ია კელვინის სკალით.

ფოტოსფერო გამოასხივებს მზის მთელ იმ ენერგიას, რაც ჩვენამდე მოდის. ოღონდ მისი გენერირება ხდება მზის გულში, სადაც ტემპერატურა 15 - 16 მილიონამდე გრადუსს აღწევს და შემდეგ გამოსხივების სახით ვრცელდება მზის გარე ფენებისაკენ. ამას მოყვება ტემპერატურის, წნევისა და სიმკვრივის შემცირება, თანაც ძალიან მაღალი ენერგიის, ანუ გამა-გამოსხივების ნაკადების, ჯერ უფრო დაბალ - რენტგენულ, შემდგომ ულტრარაისფერ სხივებად გარდაქმნა, დაბოლოს კიდევ უფრო დაბალი ენერგიის, ანუ მცირე სიხშირის ხილული სხივების სახით ფოტოსფეროდან გამოფრქვევა.

უბრალო, შეუიარაღებელი თვალთ დაკვირვებისას მზის ფოტოსფერო ერთგვაროვან ზედაპირად წარმოგვიდგება. მაგრამ, მარტივი ტელესკოპით დათვალიერებისა დავრწმუნდებით, რომ მას საკმაოდ რთული აგებულება აქვს.

მზის “ზედაპირი” (ფოტოსფერო) თითქოს მარცვლებისაგან შედგება, რომლებსაც გრანულებს უწოდებენ. თითოეული გრანული მოგრძო ფორმისაა. მისი სიდიდე რამდენიმე ასეულ კილომეტრს აღწევს. გრანულსა და გრანულს შორის შედარებით ბნელი შუალედებია. გრანულები განუწყვეტელ მოძრაობაშია და ცვლელებს განიცდის. მათგან ზოგიერთი ქრება, ზოგი ახლად წარმოიქმნება, გადადგილდებიან და ა.შ. ზოგის არსებობის ხანგრძლივობა სულ რაღაც 5 - 10 წუთია, ანუ ფოტოსფერო შედგება განუწყვეტელ მოძრაობაში მყოფი გაზისებრი მასებისაგან. გრანულების ნივთიერება არამდგრად მდგომარეობაშია.

გრანულები თითქოს მზის ცენტრის მიმართ რადიალური “მილებია” ან “სვეტები”, რომლებსაც მოყვება ფოტოსფეროს სიღრმიდან ამომავალი ცხელი გაზები. ამოაღწევს რა გაზი ფოტოსფეროს ზედაპირს, შემდეგ თითქოს “გადაიღვრება” და კვლავ ფოტოსფეროს სიღრმეში ჩაეშვება, მაგრამ ახლა ის შედარებით ცივია (50 – 100⁰ით) და გრანულის ირგვლივ შედარებით ნაკლები სიკაშკაშის ფორების სახით წარმოგვიდგება.

გრანულების აღმადენის სიჩქარე 2 – 3 კმ/წმ-ს უტოლდება. ამგვარად, გრანულაცია წარმოადგენს ფოტოსფეროს ქვემოდან მოქცეული კონვექციის ზონის მოქმედების შედეგს. ამ ფენაში ხდება გაზის მასების აღმავალი და ჩაძირვით გამოწვეულ ნივთიერებათა შერევა.

როგორც ავღნიშნეთ, ფოტოსფეროს მთელ სისქეზე ტემპერატურა სულ მხოლოდ 2 000-მდე გრადუსით იზრდება სიღრმესთან ერთად, წნევა და სიმკვრივე კი - დაახლოებით 10-ჯერ. ტემპერატურა დაახლოებით 6 000⁰-ს უახლოვდება, წნევა - რამდენიმე მეასედს იმ წნევისას, რომელიც დედამიწაზე ზღვის დონეზეა, ხოლო სიმკვრივე - დედამიწის ატმოსფეროს სიმკვრივის მეათათასედებით გამოიხატება.

მზეზე დროდადრო წარმოიქმნება ბნელი, ხანდახან უზარმაზარი ზომის

($\cong 200$ კმ) ლაქები, რომელთა წარმოქმნის წყაროა მზის აირის კონვექციური ნაკადის მიერ წარმოქმნილი აკუსტიკური და მაგნიტოჰიდროდინამიკურ ტალღათა დისიპაცია გვირგვინში.

თითოეული ლაქა შედგება ბირთვისაგან და მკრთალი ჩრდილისაგან ნაპირებზე. ისინი წარმოიქმნებიან ცალკეული ჯგუფების სახით და ხანდახან ერთდებიან კიდევ. ლაქათა რიცხვი და ფართობი იცვლება პერიოდულად, დაახლოებით 11 წლიანი პერიოდით. ლაქათა (ან ლაქათა ჯგუფის) სიცოცხლის საშუალო ხანგრძლივობა რამდენიმე სთ-დან რამდენიმე თვემდეა.

მზის ლაქების ფარდობით რიცხვს ჰქვია ვოლფის რიცხვები.

ლაქათა ტემპერატურა $T = 4\ 500\ K$. ლაქებს თან ახლავს დიდი მაგნიტური ველები. მაგნიტური ველის სიდიდე 100 – 4. 500 ერსტედია (დედამიწისთვის 0,6 – 0,7 ერსტედია).

ლაქების ჯგუფები ყოველთვის გარშემორტყმულია ბოჭკოვანი აგებულების კაშკაშა ცვლადი წარმონაქმნებით, რომლებსაც ჩირალდნები ჰქვია.

ჩირალდნები ხანდახან ჩნდება ლაქების ჯგუფების გარეშეც, მაგრამ ლაქები უჩირალდნოდ არ არსებობენ.

ჩირალდნების ფართობი 4-ჯერ და მეტჯერ აღემატება ლაქების ფართობს. მათ სიცოცხლის ხანგრძლივობაც მეტი აქვთ. ჩირალდნების ტემპერატურა რამდენიმე ასეული გრადუსითაა მეტი ფოტოსფეროს ტემპერატურაზე.

მზის ქრომოსფერო მზის ატმოსფეროს თვალით უხილავი ფენაა, რაც ფოტოსფეროს ზემოთ მდებარეობს და გავრცობილია $\approx 15. 000$ კმ-ზე.

მზის ქრომოსფერო მხოლოდ მზის სრული დაბნელების დროს ჩანს, მოვარდისფრო, ვიწრო არშიის სახით მთვარით დაფარული მზის დისკოს ირგვლივ.

მზის ქრომოსფეროს სიმკვრივე გაცილებით მცირეა (10^{-12} გ/სმ³), ვიდრე ფოტოსფეროსი. ტემპერატურა ათეულობით ათას კელვინს აღწევს. ქრომოსფეროს არა აქვს მკვეთრი საზღვარი, ის შედგება მრავალი კაშკაშა შვერილისაგან, რასაც სპიკულებს უწოდებენ.

როგორც ავლნიშნეთ, ქრომოსფეროს სპექტრი კარგად შეისწავლება მზის სრული დაბნელების დროს. ამ დროს ქრომოსფეროზე (მზის დისკოზე) ჩანს ნათელი და ბნელი წარმონაქმნები. ნათელ წარმონაქმნებს ჰქვია – ფლოკულები, ხოლო მოგრძო, ბნელ წარმონაქმნებს – ბოჭკოები.

როდესაც ბოჭკოები მზის დისკოზე გადაინაცვლებენ და ცის ფონზე გამოჩნდებიან, ისინი წარმოგვიდგებიან ნაირნაირი ფორმისა და ზომის მნათი ღრუბლების სახით, რომლებსაც პროტუბერანცებს უწოდებენ.

პროტუბერანცების საშუალო სიმაღლე მზის ზედაპირიდან (30-50) * 10³ კმ-ია, საშუალო სიგრძე - 200 * 10³ კმ, ხოლო სიგანე - 5 * 10³ კმ.

ლაქების ჯგუფებში ფლოკულთა გარდა ჩანს შედარებით ხანმოკლე (რამდენიმე წთ-იდან სთ-მდე) ამოფრქვევები. ამოფრქვევები ხასიათდება ძლიერად გამოსხივებადი კორპუსკულური ნაწილაკებით, ძირითადად პროტონული ამოფრქვევებით.

გვირგვინი (კორონა) მზის ატმოსფეროს ყველაზე გარე ფენაა. გვირგვინში ტემპერატურა 10⁶ გრად. აღმოჩნდა, რომ მზის გვირგვინი სტაციონალურ მდგომარეობაში არაა და თანდათან ფართოვდება.

პარკერმა გამოთვალა, რომ 10⁶ გრადუსის მქონე იზოთერმული გვირგვინის შემთხვევაში დედამიწის ორბიტასთან ნაწილაკების სიჩქარე $V = 5 \times 10^7$ სმ/წმ, ხოლო ნაწილაკთა კონცენტრაცია დაახლოებით 7 სმ⁻³-ია. ამ გამოთვლების თანახმად, გვირგვინის დასაწყისში ნაწილაკთა სიჩქარე $V = 7 \times 10^4$ სმ/წმ, შემდეგ სწრაფად იზრდება და მზის 10 რადიუსის ტოლ მანძილზე ხდება ზებგერთი.

მზის ბრუნვა განისაზღვრება მის ზედაპირზე არსებულ ცალკეულ წარმოქმნათა (ლაქები, ჩირაღდნები, პროტუბერანცები) გადაადგილებაზე დაკვირვებით და მზის დისკოს კიდეებზე მზის ბრუნვის შედეგად სპექტრალური ხაზების წანაცვლების გაზომვით.

მზე ბრუნავს იმავე მიმართულებით, როგორც დედამიწა (დასავლეთიდან აღმოსავლეთით) დედამიწის ორბიტისადმი მართობის მიმართ 7°15' –ით დახრილი ღერძის ირგვლივ.

მყარი სხეულის ბრუნვისაგან განსხვავებით დიფერენციალურად ბრუნავენ მზის სხვადასხვა განედზე მყოფი ფენები.

ბრუნვის პერიოდი მზის ეკვატორული რაიონებისთვის ტოლია 25,38 საშუალო მზისმიერი დღე-ღამისა, პოლარული რაიონებისათვის კი დაახლოებით 35 დღე-ღამე.

მზის აქტიურობა – მზის ატმოსფეროს სხვადასხვა სიღრმეზე ლაქების, ჩირაღდნების, ფლოკულების, ამოფრქვევების, პროტუბერანცების და სხვა მოვლენათა ერთობლიობის განმეორებადობაა.

მზის დაბნელება – მთვარის მიერ დედამიწის ირგვლივ მისი მოძრაობის დროს მზის სხივების დაფარვაა, როდესაც მთვარე (არამნათი სხეული) დედამიწის ირგვლივ მოძრაობის დროს, აღმოჩნდება მზესა და დედამიწას შორის. ამ დროს მთვარის ჩრდილი დაეცემა დედამიწას და თანმიმდევრობით დააბნელებს მის სხვადასხვა ნაწილს.

რადგან მთვარიდან დედამიწამდე მანძილი ცვალებადობს, ჩრდილი შეიძლება აღწევდეს, ან ვერ აღწევდეს დედამიწას. პირველ შემთხვევაში ჩრდილი ეცემა დედამიწის ზედაპირზე და წარმოქმნის ჩრდილს, რომლის შიგნით მყოფი დამკვირვებლისათვის დაბნელება იქნება სრული. ამ დროს ჩანს მზის გვირგვინი, პროტუბერანცები, ქრომოსფერო. ჩრდილის დიამეტრი განსაზღვრავს სრული დაბნელების ხანგრძლივობას.

როდესაც დედამიწაზე ეცემა მკრთალი ჩრდილი, მის შიგნით მყოფი დამკვირვებლისათვის მზის დაბნელება ნაწილობრივია.

ყველაზე ხელსაყრელი მზის დაბნელების სრული ფაზა მოცემულ პუნქტში შეიძლება გაგრძელდეს 8წთ, ხოლო მთელი დედამიწისთვის კი მზის დაბნელება თითქმის 3 ½სთ-ს აღწევს.

ნაწილობრივი ფაზის ხანგრძლივობა ერთი და იმავე პუნქტისთვის 2 სთ-ია. წელიწადში მზის დაბნელება ხდება ორჯერ მაინც (არა უმეტეს ხუთისა). სრული მზის დაბნელება დედამიწის მოცემულ ადგილზე ხდება 300-400-ჯერ წელიწადში ერთხელ.

საინტერესოა, რომ მზისა და მთვარის დაბნელების რიცხვი წელიწადში მუდმივია: 5 მზისა და 2 მთვარის ან 4 მზისა და 3 მთვარის დაბნელებაა მოსალოდნელი მთელ დედამიწაზე. ადგილ-ადგილ ეს რიცხვი წელიწადში სხვადასხვაა. არის ადგილები, სადაც წელიწადში არცერთი მზისა და არცერთი მთვარის დაბნელება არ ხდება.

24. რატომ არ ირღვევა მზის სისტემა

მზის სისტემის მდგრადობის ძირითადი მიზეზი მზის მიზიდულობაა, რომელსაც ორბიტაზე უჭირავს პლანეტები.

კაცობრიობას გეოცენტრული სისტემიდან ჰელიოცენტრულზე გადასვლის ძირითადი სირთულე იყო კითხვა ვარსკვლავების უძრაობის შესახებ, რომელიც გადაულახავ წინააღმდეგობას წარმოადგენდა იმ პერიოდში.

მოგვიანებით, ზუსტი ტელესკოპების შექმნამ დაადასტურა ვარსკვლავების მოძრაობაც. გარდა ამისა, ჰელიოცენტრული სისტემის შესახებ წარმოდგენების შექმნაში დიდი როლი შეასრულა კეპლერის სამმა კანონმა:

I კანონი: პლანეტების ორბიტები ელიფსურია, რომელთა ერთ-ერთ ფოკუსშია მზე (მეორე ფოკუსი თავისუფალია – ის უბრალოდ მათემატიკური წერტილია).

II კანონი: წრფე, რომელიც აერთებს პლანეტას მზესთან, დროის სხვადასხვა ინტერვალში შემოწერს სხვადასხვა ფართებს.

ეს ნიშნავს, რომ რაც უფრო ახლოსაა მზესთან პლანეტა, მით უფრო მეტი სიჩქარით უნდა მოძრაობდეს ის.

III კანონი: მზის გარშემო პლანეტების ბრუნვის პერიოდების კვადრატები იგივე თანაფარდობაშია, რაშიც მათ შორის მანძილების კუბები.

ნიუტონმა ეს კანონები ასე დაახარისხა: I – ელიფსების კანონი, II – ფართების კანონი, III – ჰარმონიული კანონი და სამივე ერთად კეპლერის კანონების სახელითაა ცნობილი.

მზის სისტემის მდგრადობის ახსნაში კეპლერის კანონების გარდა, უდიდესი როლი გალილეის რევოლუციურმა იდეამაც ითამაშა, რომ ყველა სხეული, მისი ზომის მიუხედავად, ეცემა ერთიდაიგივე სიჩქარით, რომელიც ნიუტონმა შემდგომში განავრცო და ასე ჩამოაყალიბა – სხეულს სივრცეში უსასრულოდ შეუძლია მოძრაობა მანამ, სანამ მას რაიმე არ შეაჩერებს.

ნიუტონმა დაასაბუთა აგრეთვე, რომ პლანეტები მოძრაობენ ძალით, რომელიც უკუპროპორციულია მათ შორის მანძილის კვადრატისა (ცენტრისკენული ძალა).

მოგვიანებით მანვე შექმნა მსოფლიოს მიზიდულობის კანონი, რომელმაც ახსნა მზის სისტემაში ყველა რთული მოძრაობა, ანუ დაასაბუთა, რომ მზის სისტემაში არსებული წონასწორობა მზის მიერ პლანეტების მიზიდულობის გამოა, ხოლო პლანეტები იგივე კანონით მიიზიდავენ თავის თანამგზავრებს.

ცხადია, ამ წონასწორობაში გავლენა უნდა ქონდეს პლანეტების მასების ურთიერთქმედებასაც, თუმცა ეს მასები მზის მასასთან შედარებით უმნიშვნელოა.

ამ ეფექტების გავლენას პლანეტების მოძრაობაში შემფოთებები უწოდეს.

სიცხადის შეტანა აუცილებელი გახდა მთვარის მოძრაობის ასახსნელად: მზე მთვარეს იზიდავს 2 – ჯერ მეტი ძალით, ვიდრე დედამიწა მთვარეს. ფიქრობდნენ, რომ მზეს მთვარე უნდა “მიეტაცებინა”, მაგრამ სისტემა დედამიწა – მთვარე იმდენად კომპაქტურია და ეს ორი ციური სხეული იმდენად ახლოსაა ერთმანეთთან, რომ ძალების მოქმედების შედეგად დედამიწაც და მთვარეც მოძრაობს მზის გარშემო რაღაც საშუალო ელიფსური ორბიტის გარშემო ისე, რომ მთვარის ორბიტა არასდროს არ “გარბის” მზისკენ.

აქვე უნდა ავღნიშნოთ, რომ როდესაც ასტრონომებმა მთვარის მოძრაობის ახსნა მოინდომეს მათემატიკურად, ყველა ეფექტის გათვალისწინებით ჩაწერეს განტოლება და ის იმდენად დიდი აღმოჩნდა (დაახლოებით 250 გვერდზე ჩაწერილი), რომ მისი ამოხსნა ჯერჯერობით შეუძლებელია.

ცნობილია, რომ იუპიტერის მასა მზის მასის 0,001 – ია. აღმოჩნდა, რომ ყველაზე ძლიერ შემფოთებებს იწვევს იუპიტერი, როგორც პლანეტების მოძრაობაში, ასევე ასტეროიდების მოძრაობაშიც. იუპიტერის გავლენა განსაკუთრებით იმ სხეულებზეა მეტი, რომლებიც მასთან ყველაზე ახლოსაა. სწორედ ამის მიზეზია ის, რომ ხანდახან ასტეროიდები “იკარგებიან” ხოლმე და მათი ადგილმდებარეობის დასადგენად ახალი გამოთვლებია ჩასატარებელი.

ამჟამად, მზის სისტემას რაიმე საშიშროება, რომ ის დაკარგავს რომელიმე პლანეტას და მასში მოხდება რაიმე მნიშვნელოვანი შეჯახება, არ ემუქრება. ასეთი აბსოლუტური დამაჯერებლობა, რომ მზის სისტემა “მდგრადია” და არ შეიძლება რაიმე გაუთვალისწინებელი მოხდეს, იგულისხმება მომავალი 100-ეული მილიონობით წლის განმავლობაში

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ სამწუხაროდ, ამჟამად კაცობრიობას ალბათ ნაკლებად აწუხებს ასეთი დიდი პერიოდის შემდეგ რა შეემთხვევა მზის სისტემას.

ცხრილი I - ბოდეს კანონი

	მერკური	ვენერა	დედამიწა	მარსი	ასტეროიდები	იუპიტერი	სატურნი	ურანი	ნეპტუნი	პლუტონი
ბოდეს კანონი	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	0	3	6	12	24	48	96	192	-	384
	0,4	0,7	1,0	1,6	2,8	5,2	10,0	19,6	-	38,8
რეალური მანძილები (ასტ.ერთ.)	0,39	0,72	1,00	1,52	-	5,20	9,54	19,9	30,07	39,46

ცხრილი II- მონაცემები პლანეტების შესახებ

მონაცემები	მერკური	ვენერა	დედამიწა	მთვარე	მარსი	იუპიტერი	სატურნი	ურანი	ნეპტუნი	პლუტონი	მზე
მზიდან საშ. მანძ. (ასტრ. ერთ.)	0,387	0,723	1,000	1,000	1,524	5,203	9,539	19,182	30,058	39,518	0
ორბიტალური სიჩქარე (კმ/წმ)	47,8	34,9	29,7	1,03	24,1	12,8	9,65	6,8	5,5	4,8	-
ეკვატორიალური დიამეტრი (კმ)	4844	12 260	12 756,3	3477,02	6791	142 910	119 000	47 475	43 770	5800	1392000
მოცულობა (დედამიწის =1,0)	0,055	0,878	1,000	0,0203	0,150	1320	736	51	40	0,1	1304000
მასა (დედამიწის =1,0)	0,054	0,814	1,000	0,01229	0,1077	317,47	95,07	14,31	17,60	?	332 500
სიმკვრივე (წყლის=1,0)	5,5	5,1	5,52	3,34	3,97	1,33	0,71	1,53	2,41	?	1,41
სიმძიმის ძალა ზედაპირზე	0,38	0,89	1,0	0,165	0,38	2,64	1,17	1,03	1,50	?	28

(დედამიწის =1,0)											
ბრუნვის პერიოდი	88 დღე	225 დღე	23სთ 56წთ	27,3 დღე	24,6სთ	9,9სთ	10,2სთ- 10,6სთ	10,8სთ	15,7სთ	153სთ	25 დღე
ზედაპირზე მაქსიმალური ტემპერატურა (°C-ში)	416	540	60	100	24	-145	-180	-210	-220	-220	5 700
ალბედო	0,058	0,76	0,35	0,07	0,15	0,51	0,50	0,66	0,62	0,15	-