



*აგრეთვე ჭრებნიშუაღას ხახვლმანს
ნძიღასას ხახვლმნიშუო ანახვენსიქეფი*

სამყაროს ევოლუცია

ლექცია 2

კეპლერი, გალილეი და ნიუტონი

წინა ლექციაში

- ძველ–ბერძნული წარმოდგენები კოსმოლოგიაზე
- პთოლემეს გეოცენტრული მოდელი
- კოპერნიკის ჰელიოცენტრული მოდელი
- ტიხო ბრაგეს დაკვირვებები

კეპლერი

იოჰან კეპლერი

Johannes Kepler (1571–1630)

ტიხო ბრაგეს თანაშემწე:
ცაზე დაკვირვება შეუიარაღებელი
თვალით



Joh. Keplerus

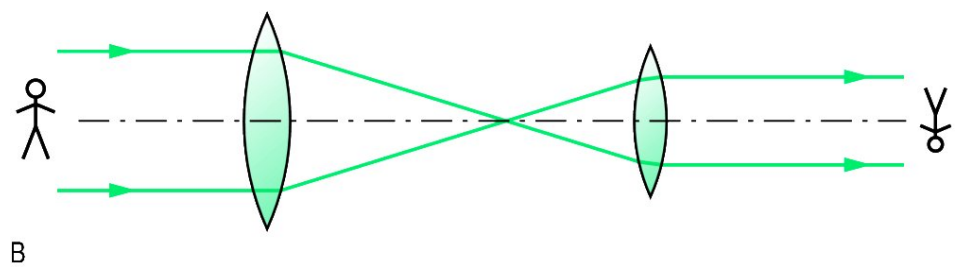
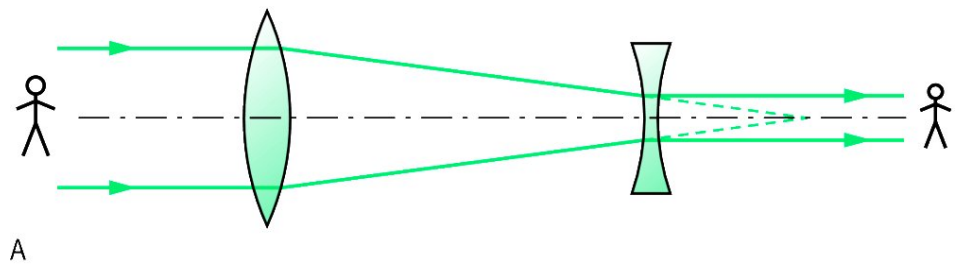


ასტრონომიის ახალი ერა
ოპტიკური დაკვირვებები

ოპტიკური ტელესკოპები

ლიზნები და პირველი ოპტიკური ზელსაწყობები:
(1608, ნიდერლანდები)

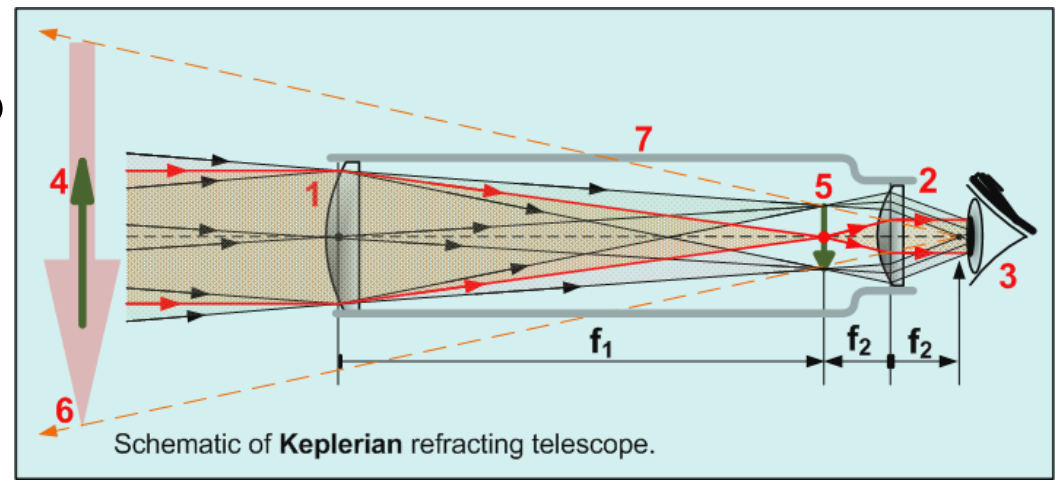
- გალილეის რეფრაქტორის ტიპის ტელესკოპი (1609)
- კეპლერის რეფრაქტორი (1611)



ოპტიკური ტელესკოპები

კეპლერის რეფრაქტორი

- დაკვირვების უფრო ფართო ველი
- შებრუნებული გამოსახულება



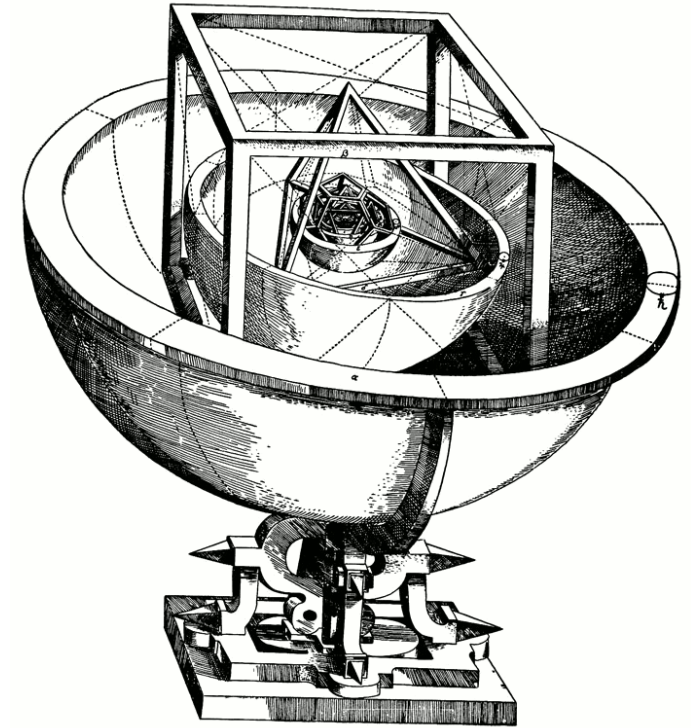
რეფრაქტორი აბასთუმნის
ობსერვატორიაში (1937):



პლანეტების მოძრაობის გეომეტრიული აღწერა

კეპლერის საწყისი იდეები
იდეალური ფორმები:
პლატონური სხეულები;

შეუსაბამობა დაკვირვებებთან



მოძრაობა არაწრიულ ორბიტებზე
ოვალური ტრაექტორიები

კეპლერის იდეები

ადრეული ნაშრომი:

Mysterium Cosmographicum

კოსმოგრაფიული საიდუმლოებები

ახალი იდეები:

მოდრაობა ელიფსურ ორბიტებზე

ორბიტაზე ბრუნვის სიჩქარე ცვალებადია

Astronomica Nova

ახალი ასტრონომია

Harmonica Mundi

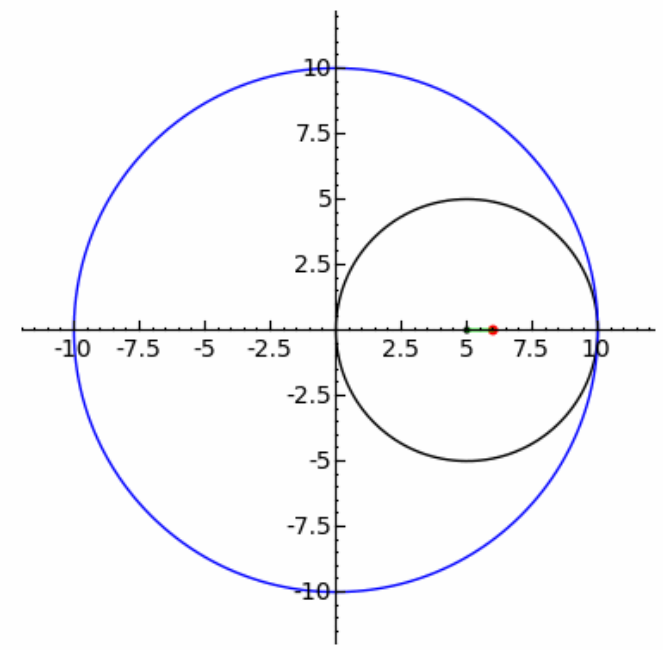
სამყაროს ჰარმონიები

ოვალური ტრაექტორიები

კოპერნიკის ჰელიოცენტრული სისტემის დაკვირვებებთან შესაბამისობაში მოყვანის მცდელობა: ეპიციკლების დამატება

შედეგი:
მიახლოებით
ოვალური ტრაექტორია

მათემატიკური ფორმა:
ელიფსი



ელიფსი

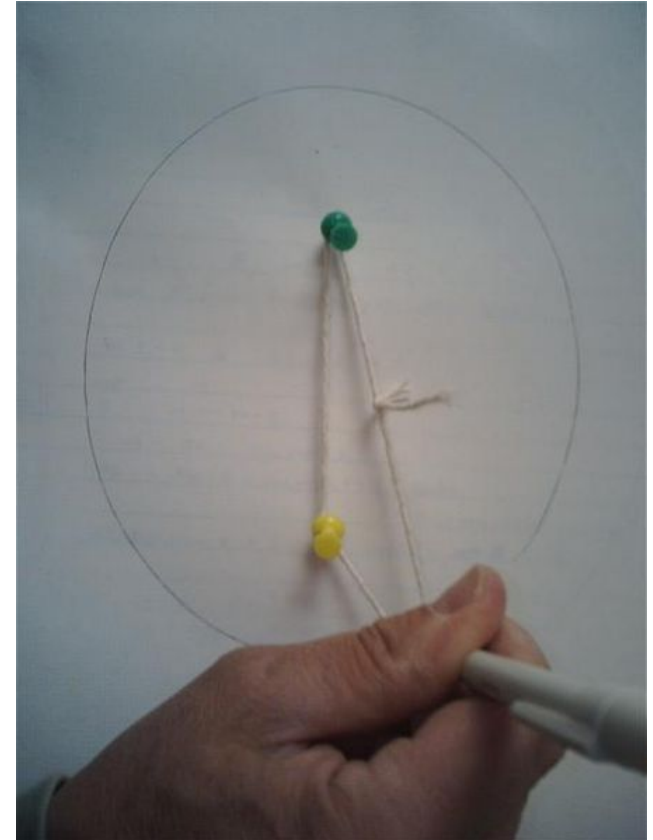
მანძილების ჯამი მრუდიდან
ორ ფოკუსამდე მუდმივია

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

a, b - ნახევარღერძები
დიდი და პატარა ნახევარღერძი

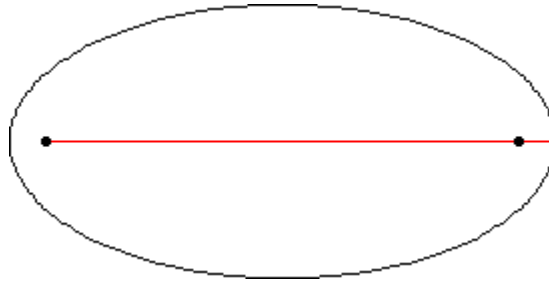
წრეწირი: ცენტრი

ელიფსი: ორი ფოკუსი



ელიფსი

ილუსტრაცია:



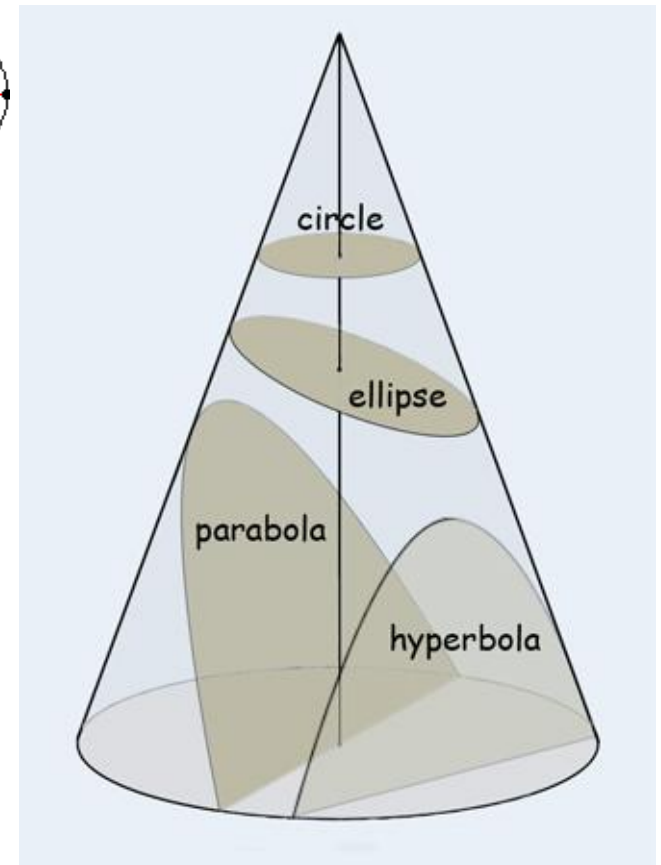
კონუსის კვეთის

გეომეტრიული ფორმები:

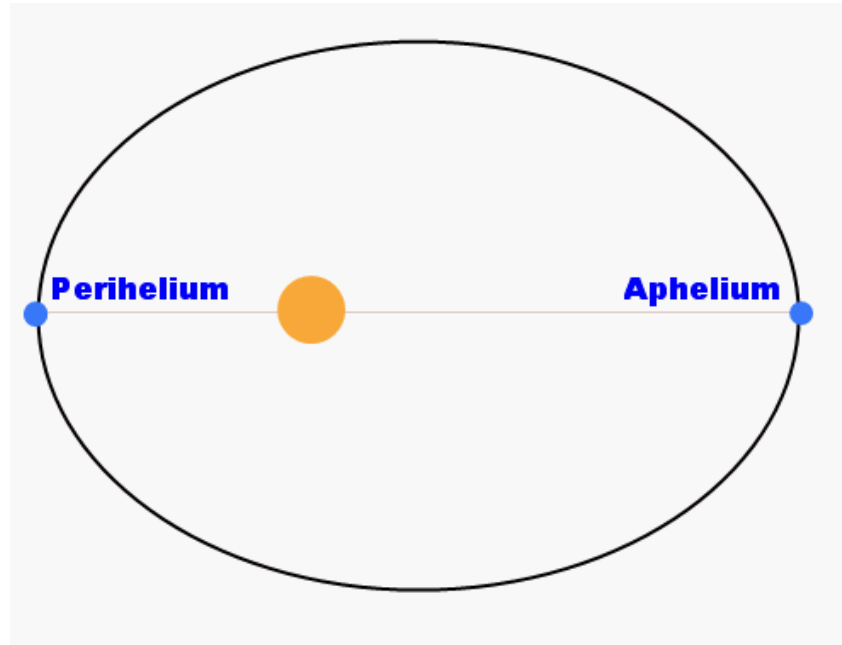
ოვალურობის ზომა:

ექცენტრისიტეტი

$$e = \varepsilon = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}} = \sqrt{1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2}$$



ორბიტები



მინიმალური დაშორება:

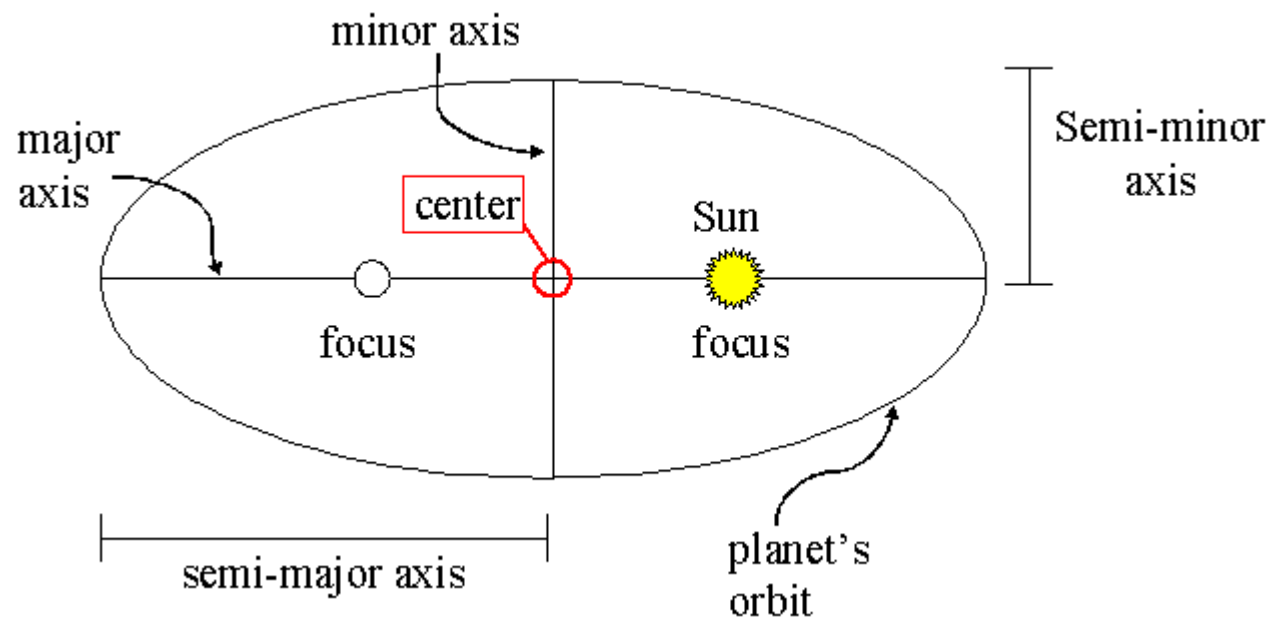
პერიჰელიუმი

მაქსიმალური დაშორება:

აფელიუმი

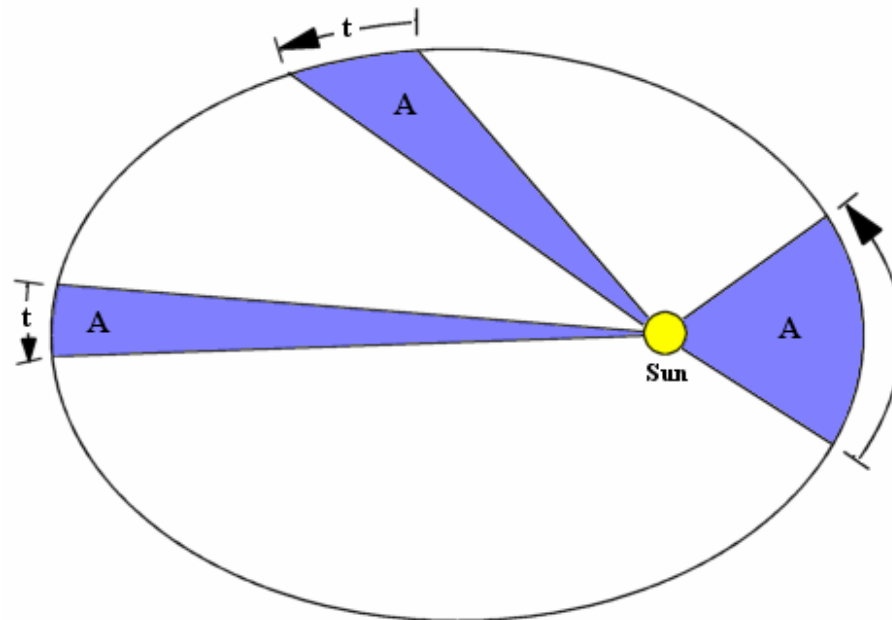
კეპლერის პირველი კანონი

პლანეტები ბრუნავენ მზის ირგვლივ ელიფსურ ორბიტაზე, ხოლო მზე იმყოფება ელიფსის ფოკუსში

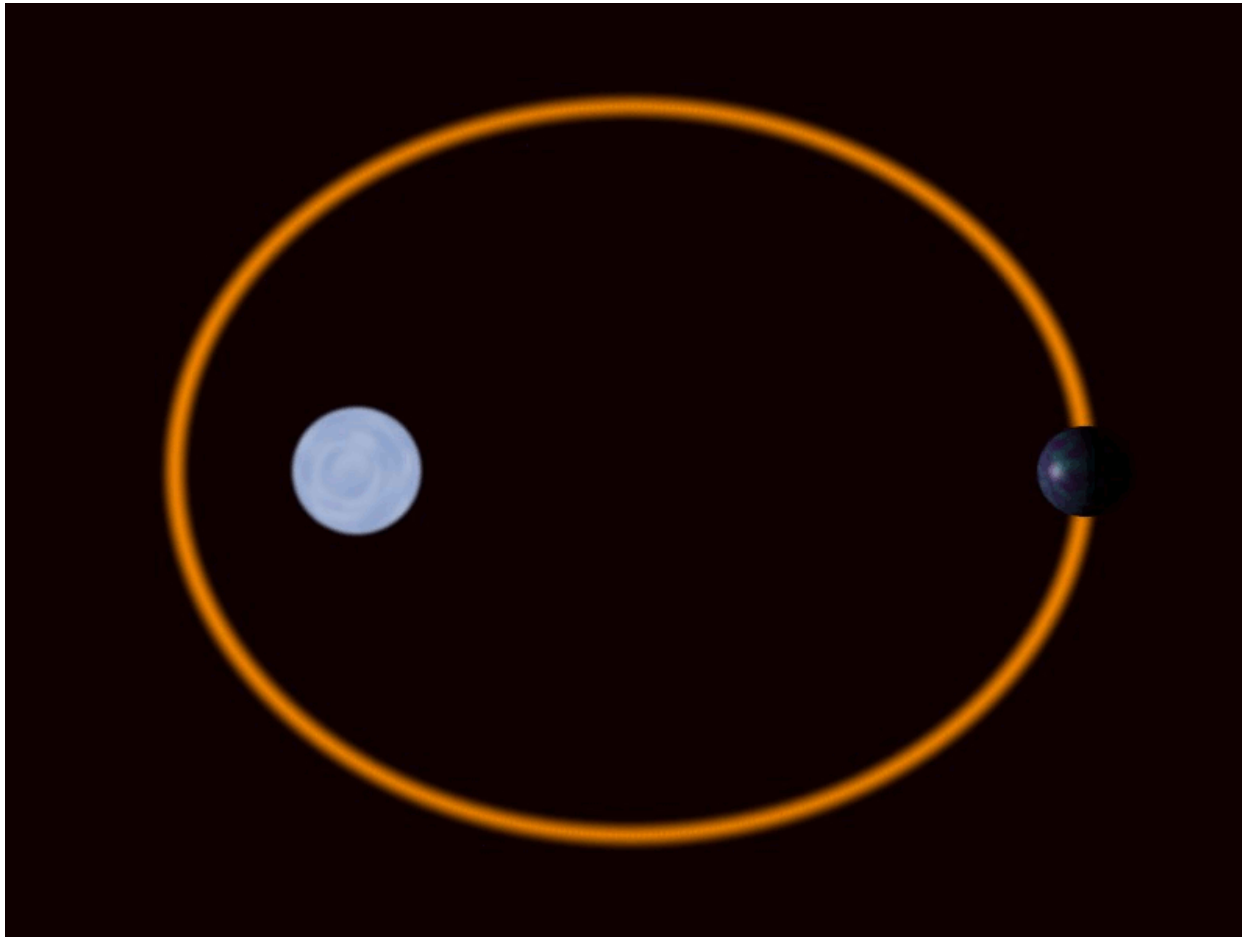


კეპლერის მეორე კანონი

პლანეტისა და მზის შემაერთებელი რადიუსი ერთიდაიგივე დროის ინტერვალში მოხაზავს ერთიდაიგივე ფართს



კეპლერის ბრუნვა



მაქსიმალური ორბიტალური სიჩქარე: პერიჰელიუმში
მინიმალური ორბიტალური სიჩქარე: აფელიუმში

კეპლერის მესამე კანონი

პლანეტის მზის ირგვლივ ბრუნვის პერიოდის კვადრატი უდრის პლანეტის მზიდან დაშორების საშუალო მანძილის კუბს

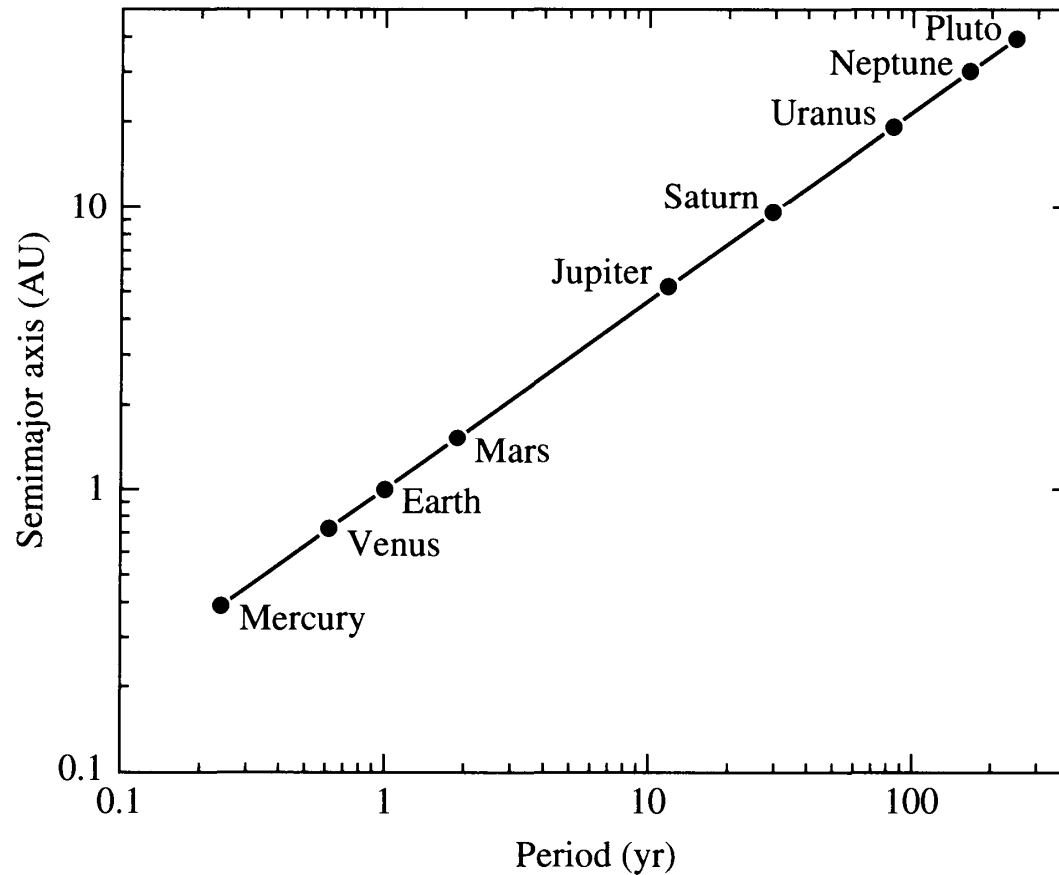
$$P^2 = a^3$$

P – წლები (yr)

a - ასტრონომიული ერთეულები (AU)

“ჰარმონიული კანონი”

პლანეტების განაწილების დიაგრამა



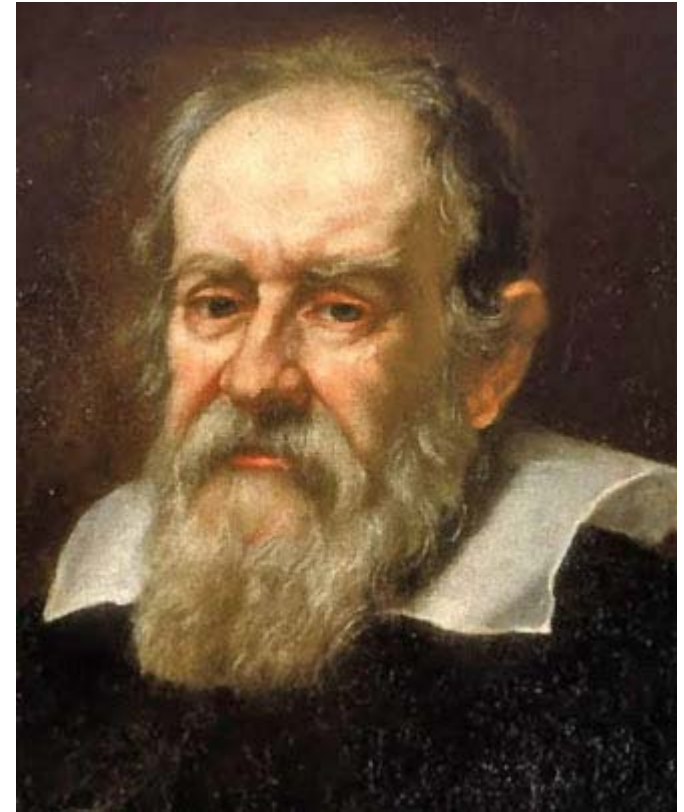
$\log(P)/\log(a)$ - დახრის კუთხე: $3/2$

გალილეი

გალილეო გალილეი
Galileo Galilei (1564–1642)

ფიზიკური აზროვნების
პიონერი

ოპტიკური დაკვირვებების
პიონერი



გალილეი: ფიზიკა

კლასიკური მექანიკის ფუძემდებელი

ექსპერიმენტები სხეულთა მოძრაობაზე:

თავისუფალი ვარდნის სიჩქარე არ არის
დამოკიდებული მასაზე

არისტოტელე:

მძიმე სხეულები ვარდებიან უფრო სწრაფად

თანაბარაჩქარებულ მოძრაობა: გავლილი მანძილი
პროპორციულია დროის კვადრატის

გალილეი: ფიზიკა

სინათლის სიჩქარის გაზომვის მცდელობა
სინათლეს გააჩნია სასრული სიჩქარე და არ
არის მყისი

ბგერის სიჩქარის გაზომვები

ფარდობითობის პრინციპი:
აინშტაინის თეორიის საფუძველი

გალილეი: შეცდომები

კეპლერი:

პლანეტები მოძრაობენ ელიფსურ ორბიტებზე

კეპლერი:

დედამიწაზე მიქცევა–მოქცევის მიზეზია მთვარე

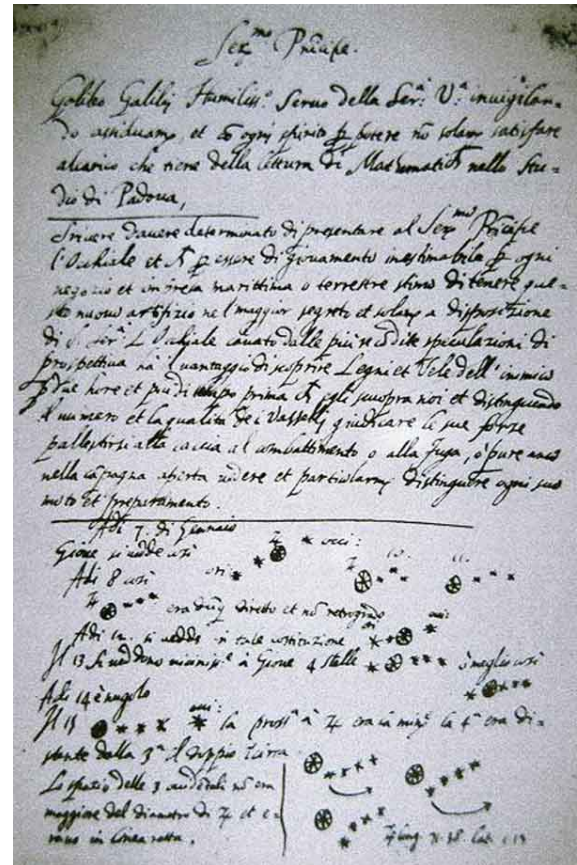
გალილეი: დაკვირვებები

პირველი ასტრონომიული ტელესკოპი (?)

გალილეის ტელესკოპი: 30x გადიდება

ვარსკვლავთ მთხრობელი
(Siderius Nuncius)

იუპიტერის თანამგზავრების აღმოჩენა: 4 ახალი სხეული
(იო, ევროპა, განიმედე, კალისტო)
ჰელიოცენტრული კოსმოლოგია



გალილეი: დაკვირვებები

ირმის ნახტომი: ჩვენი გალაქტიკა

ადრეული წარმოდგენები

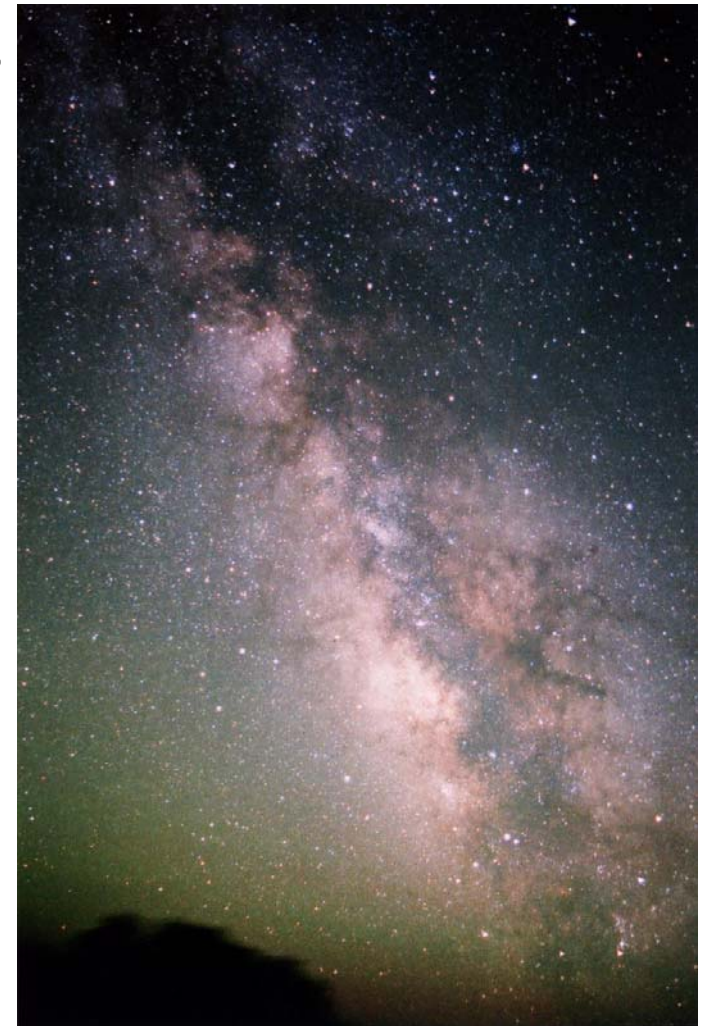
“Milky way”

თეთრი ღრუბელი

გალილეის დაკვირვებები:

სინამდვილეში შედგება

ცალკეული ვარსკვლავებისაგან



გალილეი: დაკვირვებები

მთვარის კრატერები:

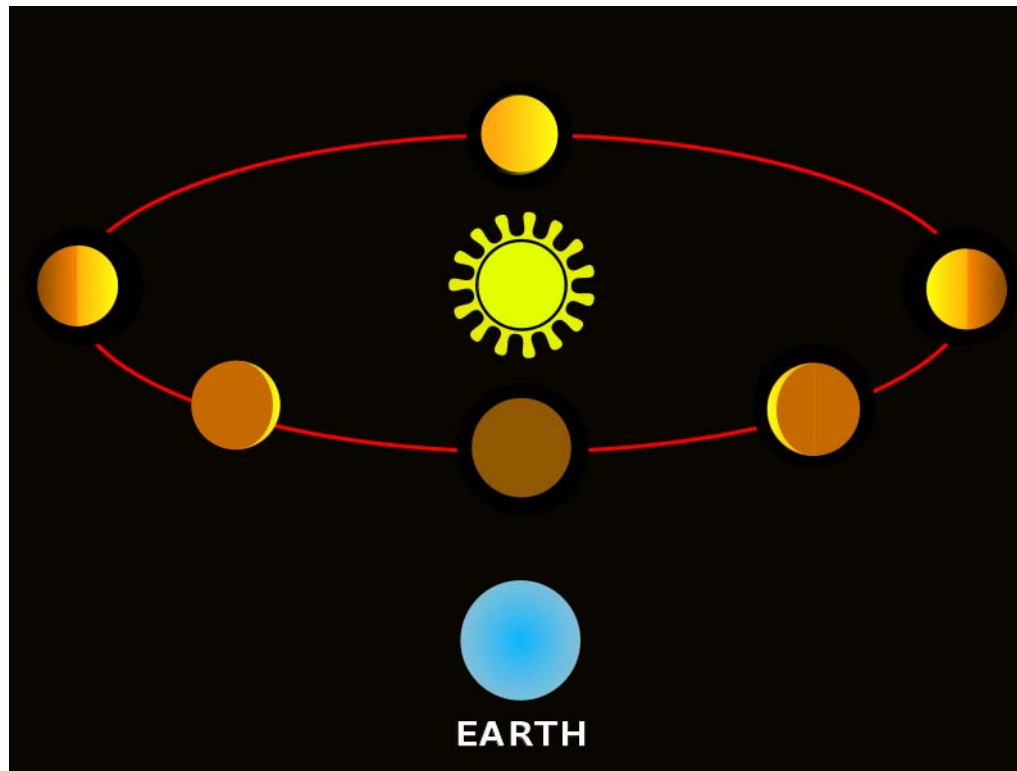


არაიდეალური სფერო



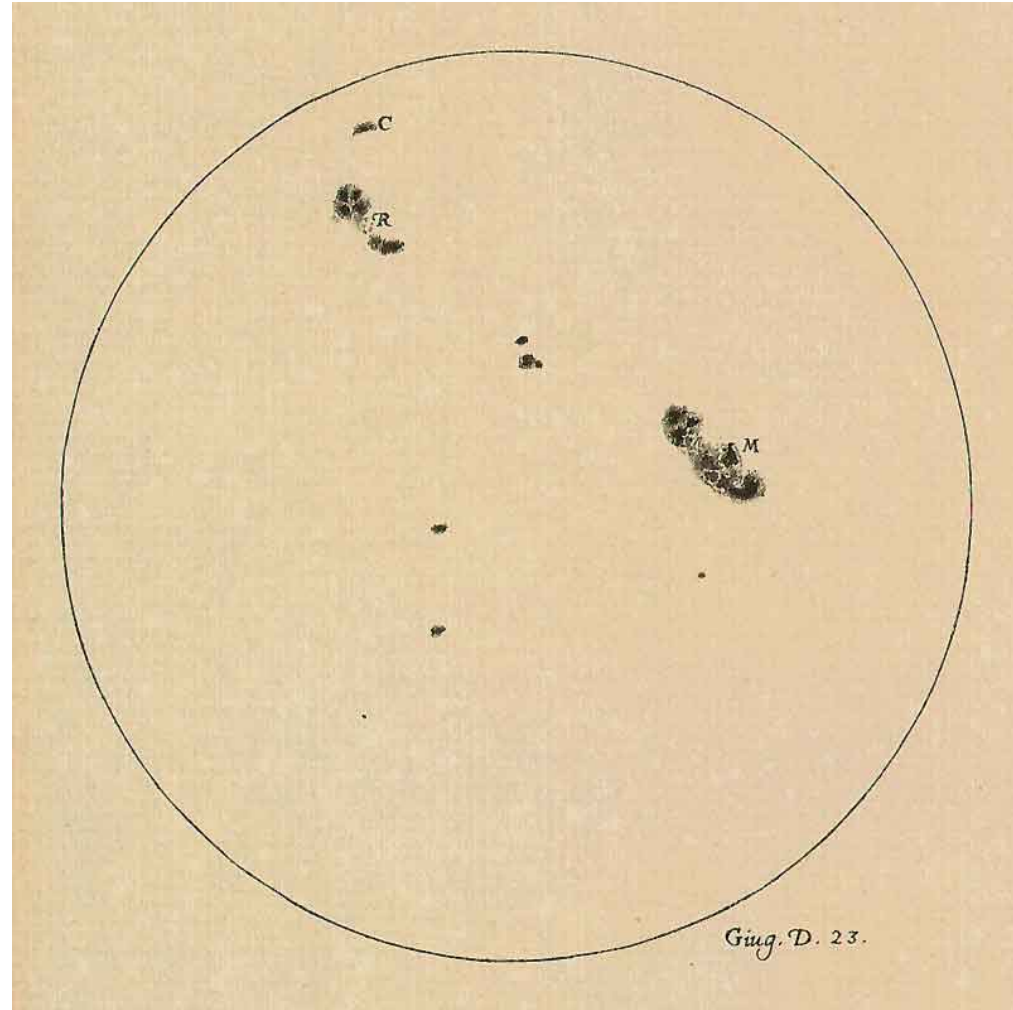
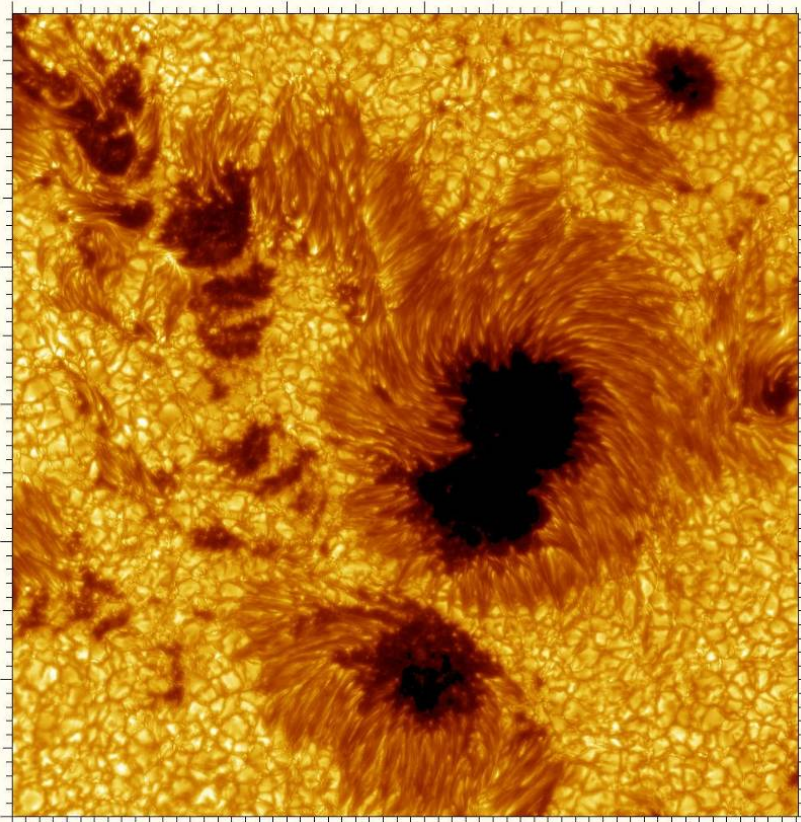
გალილეი: დაკვირვებები

ვენერას სხვადასხვა ფაზები;
ვენერა არ არის მნათობი. პლანეტა მხოლოდ
ირეკლავს მზის სიხივებს.



გალილეი: დაკვირვებები

მზე: მზის ლაქები



სატელიტური დაკვირვებები

გალილეის ნახაზი

გალილეო და რელიგია

დოგმატები:

დედამიწა წარმოადგენს უძრავ სამყაროს ცენტრს
მზე ამოდის და ჩადის იგივე ადგილას

თხოვნა გალილეის (Pope Urban VIII) : ნაშრომი
(დიალოგი) ჰელიოცენტრული და გეოცენტრული
მოდელების შესახებ.

(ჯორდანო ბრუნო: 1600 †)

კათოლიკური სასამართლო:
ეჭვმიტანილი ჰერეტიკობაში
სამუდამო შინა პატიმრობა

გალილეის სრული რეაბილიტაცია: 1992
ძეგლი ვატიკანში



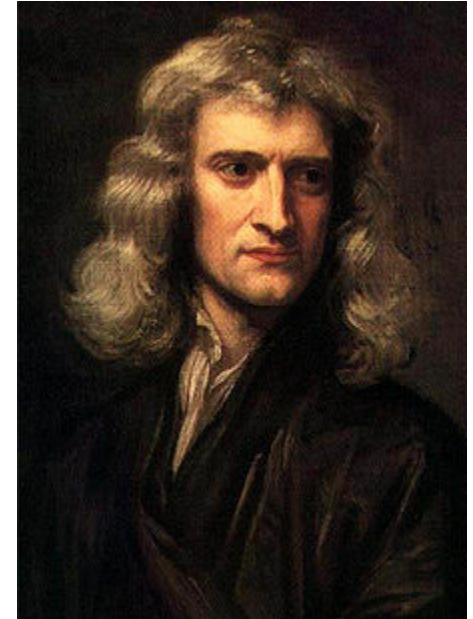
ნიუტონი

ისააკ ნიუტონი

Isaac Newton (1643-1727)

თანამედროვე ფიზიკის

როგორც მეცნიერების ფუძემდებელი



*“ბუნების ფილოსოფიის მათემატიკური
საფუძვლები”, “ოპტიკა”,*

მათემატიკა

ფიზიკა (მექანიკა, ოპტიკა)

გრავიტაციის თეორია

ფუნდამენტური მცნებები

ათვლის სისტემები

მაგ. დეკარტის კოორდინატთა სისტემა

ფარდობითობის პრინციპი,
წრფივი და თანაბარი მოძრაობა

ფიზიკის კანონები ერთნაირია ათვლის ინერციულ
სისტემებში (გალილეის გარდაქმნები)

ფუნდამენტური მცნებები

სივრცე–დრო: 3 განზომილებიანი სივრცე
 1 განზომილებიანი დრო

ბრტყელი სივრცე : ევკლიდეს გეომეტრია
- ორი პარალელური წრფე არსად არ იკვეთება

ნიშანი: სამკუთხედის შიდა კუთხეების ჯამი: **180?**

სივრცე არსებობს მატერიისაგან დამოუკიდებლად
აბსოლუტური ვაკუუმი

ნიუტონის მექანიკა

პირველი კანონი: სხეულების ინერცია

ძალა, უძრაობა, ათვლის ინერციული სისტემები;

მეორე კანონი: მოძრაობის კანონი

$$\mathbf{F} = m \mathbf{a}$$

ძალა, მასა, აჩქარება;

მესამე კანონი: ქმედება და უკუქმედება

$$\mathbf{F}_1 = -\mathbf{F}_2$$

ნიუტონის გრავიტაცია

- დედამიწის ირგვლივ მთვარის მოძრაობის შესწავლა
- “ვაშლის” ვარდნის მაგალითი

მსოფლიო მიზიდულობის კანონი

$$F = G M m / R^2$$

G - გრავიტაციული ურთიერთქმედების მუდმივა

M – პირველი სხეულის მასა

m – მეორე სხეულის მასა

R – მანძილი სხეულებს შორის

ექვივალენტობის პრინციპი: სხეულის ინერციული და გრავიტაციული მასის ტოლობა

ნიუტონის გრავიტაცია

გრავიტაციული ურთიერთქმედება:

მსოფლიო მიზიდულობის კანონი

შორსქმედი

არ არის საჭირო უშუალო კონტაქტი სხეულებს შორის

მყისიერი

ურთიერთქმედების გავრცელების სიჩქარე უსასრულოა (*უსასრულო სინათლის სიჩქარე*)

კოსმოლოგია

cosmology (κοσμολογία)

κόσμος - სამყარო, λογία - შესწავლა

სამყაროს აგებულების, დინამიკის, წარსულის და მომავლის შესწავლა;

ძველი წარმოდგენები: ბაბილონური, ჰინდუ, არისტოტელე, ...

პირველი თანმიმდევრული კოსმოლოგიური მოდელი:
ნიუტონის კოსმოლოგია: **სტატიკური სამყარო**
უსასრულო დრო, სივრცე და სამყარო

www.tevza.org/home/course/universe2010

B. W. Carroll and D. A. Ostlie, *“An introduction to modern astrophysics”* (2007)

ქვეთავები 2.1-2.3 (გვ. 23-36)