



სამყაროს ევოლუცია

ლექცია 1

ადრეული წარმოდგენები სამყაროს შესახებ:
გეოცენტრული და ჰელიოცენტრული
სისტემები

სამყაროს ევოლუცია, ალ. თევზაძე, 2013

www.tevza.org/home/course/universe2013

Universe01.ppt ლექციის პრეზენტაცია
ანიმაციებით
Handout01.pdf ლექციის საბეჭდი ვერსია
...\Books წიგნები

+ კოლოქვიუმის საკითხები
+ საგამოცდო საკითხები

კონსულტაციები: 235, II კორპუსი (ხუთშ.16:00)
alexander.tevzadze@tsu.ge

სამყაროს ევოლუცია, ალ. თევზაძე, 2013

კურსის ფორმატი

ECTS: 5 კრედ. 2 სთ ლექცია + 1 სთ სემინარი

შეფასება:

კოლოქვიუმი:	20 ქულა
სემინარები:	(15+15) 30 ქულა
დასწრება:	10 ქულა
საბოლოო გამოცდა:	(20+20) 40 ქულა

სამყაროს ევოლუცია, ალ. თევზაძე, 2013

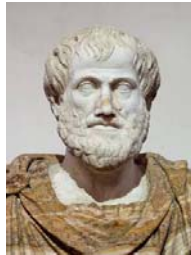
სასწავლო კურსის შინაარსი

1. ადრეული წარმოდგენები სამყაროს შესახებ, გეოცენტრული სისტემა, ჰელიოცენტრული სისტემა;
2. კეპლერის კანონები, გალილეის დაკვირვებები, ნიუტონის სამყარო;
3. მზის სისტემა, პლანეტები, მზის სისტემის მცირე სხეულები;
4. მზე, მზის მაგნიტური ველები, მზის ქარი;
5. ვარსკვლავები, ვარსკვლავის გამოსხივების სპექტრი, H-R დიაგრამა;
6. ვარსკვლავების წარმოშობა და ევოლუცია, ზეახალი ვარსკვლავები;
7. ზეახლის კომპაქტური ნარჩენები, თეთრი ჯუჯები, ნეიტრონული ვარსკვლავები, შავი ხვრელები;
8. ჩვენი გალაქტიკა, გალაქტიკის სპირალური სტრუქტურა, გალაქტიკების კლასიფიკაცია;
9. ზეგალაქტიკური მანძილის გაზომვის პრობლემები და არსებული მეთოდები, კოსმოლოგიური პრინციპი;
10. კლასიკური ფიზიკა და კოსმოლოგია, ფარდობითობის ზოგადი თეორიის ეფექტები;
11. სამყაროს გაფართოება, კოსმოლოგიური ჰორიზონტი;
12. დიდი აფეთქების თეორია, რელიქტური ფონის გამოსხივება;
13. დიდი აფეთქების თეორიის პრობლემები, კოსმოლოგიური ინფლაცია;

ძველი ბერძნული ფილოსოფია

არისტოტელე (Aristoteles, 382–322BC)
(პლატონის მსოფლმხედველობა)

- 4 ელემენტი
(მიწა, წყალი, ჰაერი, ცეცხლი)
- ღვთიური ეთერი



ზევა: იდეალური, უცვლელი და სამარადისო

ღამის ცის ბრუნვა



არქაული დაკვირვებები ღამის ცაზე

გამორჩეულად კაშკაშა ვარსკვლავებში ფიგურების
ამოცნობა: **თანავარსკვლავედები**

მერწყული



ორიონი



ღამის ცის სადღეღამისო ბრუნვა

ბრუნვის
ღერძის
პროექცია
ცაზე:
ჩრდილოეთ
პოლუსი

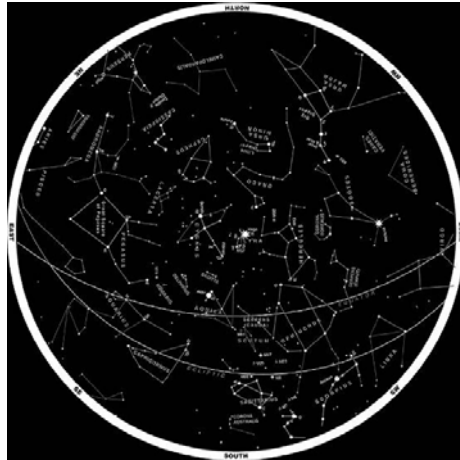
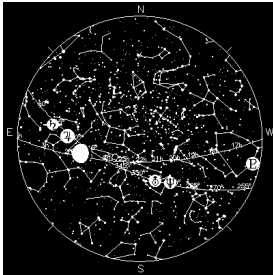
პერიოდი:
24სთ



ჩრდილოეთ პოლარული ვარსკვლავი

ღამის ცის სეზონური ბრუნვა

წლის
განმავლობაში
ცაზე
თანავარსკვლავედები
გადაადგილდებიან



ასტრონომიული დაკვირვებები

ჰიპარქო
(Hipparchus of Rhodes 190-120BC)



დაკვირვებითი ასტრონომიის ფუძემდებელი:
შეუიარაღებელი თვალით დაკვირვებადი ცის
ყველაზე სისტემატიური არჩევა

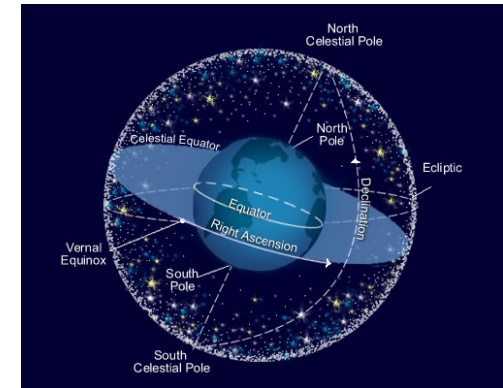
მეთოდები: გეომეტრია, ტრიგონომეტრია;

ცის თალი

ცის თალი ბრუნავს დედამიწის გარშემო
ვარსკვლავები დამაგრებულნი არიან ცის თალზე

სამყაროს ცენტრი:
დედამიწა

გეოცენტრული
სისტემა



- ვარსკვლავების ხილული სიდიდეების კლასიფიკაცია;
- მზის და მთვარის მოძრაობა;
- პლანეტების მოძრაობა, ტრაექტორია და პერიოდულობა;

არისტოტელეს ფილოსოფია: გეოცენტრული სისტემა

134BC - ადრე უცნობი ვარსკვლავის აღმოჩენა (!)
2000 ვარსკვლავის კატალოგი; ცის რუკა; (ურანი?)

დედამიწის ბრუნვის ღერძის პრეცესიის აღმოჩენა

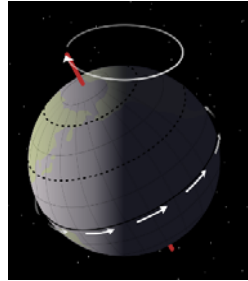
პრეცესია

მზრუნავი სხეულის ბრუნვის ღერძის შედარებით
ნელი წრიული გადაადგილება
(*ბზრიალა, გიროსკოპი*)

დედამიწის ბრუნვის ღერძის
პრეცესია:

ბრუნვის პერიოდი: **24 საათი**

პრეცესიის პერიოდი: **26 000 წელი**



ჩრდილოეთ პოლარული ვარსკვლავი: $1^\circ \rightarrow 23.5^\circ$

ფილოსოფიური მოდელის პრობლემები

პლანეტა – (πλανήτης, მოხეტიალე)

არა—წრიული ტრანექტორიები: მოძრაობა
ვარსკვლავების ფონზე;

ცის თაღიდან ამოვარდნილი ხეტიალი.

5 პრობლემა: მერკური, ვენერა, მარსი, იუპიტერი,
სატურნი;

– ხუთი დამატებითი ერთ მანათობელიანი თაღი?

რეტროგრადული ტრანექტორიები

უკუღმართი ბრუნვის ფაზები



მარსი
(2005)

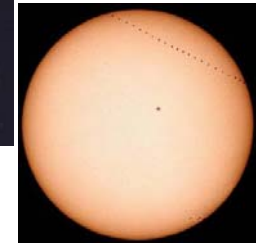
მარსი 2007/2008



მარსი 2003



ვენერა 2004



პთოლემეს კოსმოლოგიური მოდელი

პთოლემე

Claudius Ptolemaeus (90–168AD)

გეოცენტრული სამყარო



პლანეტების მოძრაობა უნდა აღიწეროს
იდეალური ტრაექტორიებით:
წრეწირებით.

თავისი დროისათვის ყველაზე ზუსტი თეორია

გეოცენტრული მოდელი

სამყაროს ცენტრი: ბრტყელი დედამიწა



გეოცენტრული მოდელი

მთვარე (27 დღე)
 მერკური (88 დღე)
 ვენერა (225 დღე)
მზე (365 დღე)
 მარსი (687 დღე)
 იუპიტერი (4331 დღე)
 სატურნი (10759 დღე)

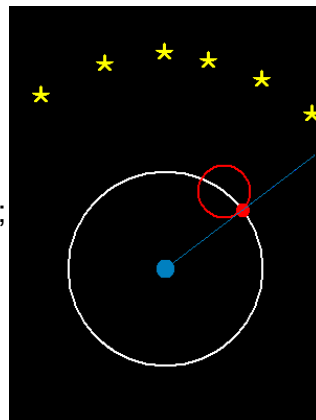


რეტროგრადული მოძრაობა

პტოლემეს ახსნა:

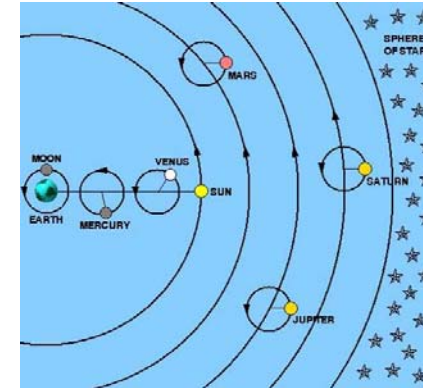
- ეპიციკლების ზედდება;
- დიდ რადიუსზე ნელი ბრუნვა;

ცის თაღზე მარსის მოძრაობის
 პროექციის რეტროგრადული
 ტრაექტორია



ეპიციკლები

ტრაექტორია: სხვადასხვა რადიუსისა და პერიოდის
 ბრუნვის ზედდება

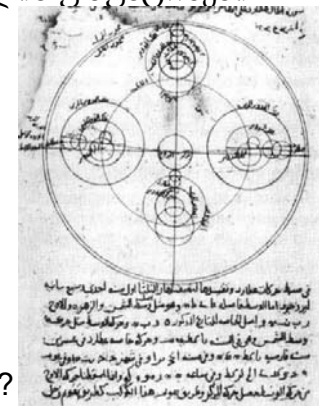


პტოლემეს სამყაროს პრობლემები

შუა საუკუნეების არაბი ასტრონომების დაკვირვებებმა
 გამოავლინეს პტოლემეს მოდელის უზუსტობები.



გამოსავალი: ეპიციკლები,
 ეპიციკლებში და ეპიციკლებში?

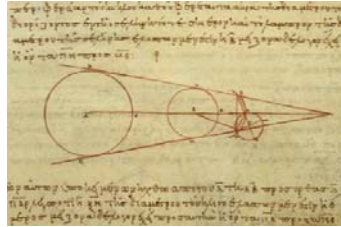


ჰელიოცენტრული სისტემა: სათავეები

არისტარხე

(Aristarchus of Samos, 310–230BC)

მზის, დედამიწის და მთვარის
ფარდობითი ზომების შეფასება



სამყაროს ცენტრში იმყოფება
ყველაზე დიდი სხეული: **მზე**
მზე (ჰელიოს): ჰელიოცენტრული სისტემა

ჰელიოცენტრული სამყარო

ცენტრი: მზე

პლანეტები: წრიული ორბიტები

+ მოდელის სიმარტივე

“უცნაური თეორია”

*ტრაექტორიების დათვლის
მათემატიკური მოდელი*



კოპერნიკის სამყაროს მოდელი

კოპერნიკი

Nicolaus Copernicus (1473-1543)

1543: *ციური სხეულების
ბრუნვის შესახებ*

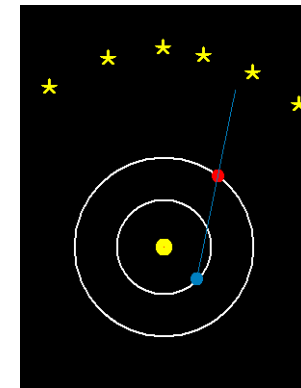
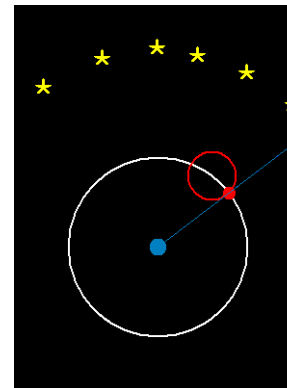


ჰელიოცენტრული სისტემა;
მთვარე – დედამიწის თანამგზავრი;

რეტროგრადული მოძრაობა

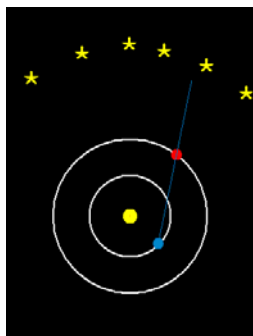
პტოლემეს მოდელი

კოპერნიკის მოდელი

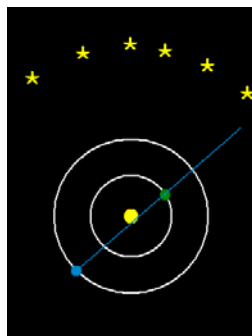


შიდა და გარე პლანეტები

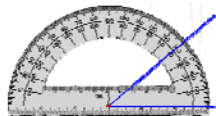
მარსი



ვენერა



დაკვირვებები



კუთხის საზომი ხელსაწყო: სექსტანტი

კოპერნიკის სისტემის პრობლემები

მის დროს არსებულ ფიზიკურ პრინციპებთან
წინააღმდეგობა:

მძიმე → მსუბუქი

მიწა → წყალი → ჰაერი → ცეცხლი → ეთერი

შეუსაბამობა დაკვირვებებთან: პთოლემეს
მოდელზე უარესი შედეგები

წინააღმდეგობა რელიგიასთან

აღნიშვნები

გრადუსი	(°)	1 წრე / 360
მინუტი (arcminute)	(')	1 გრადუსი / 60
სეკუნდი (arcsecond)	(")	1 მინუტი / 60
მილისეკუნდი (mili-arcsecond)		1 სეკუნდი / 1000

მილი	mili	0.001	=10 ⁻³
მიკრო	micro	0.000001	=10 ⁻⁶
ნანო	nano	0.000000...	=10 ⁻⁹
პიკო	pico	0.000000...	= 10 ⁻¹²

დაკვირვებები

ულულ ბეგი
(1394-1449)

ასტრონომია, ტრიგონომეტრია,
სფერული გეომეტრია, მათემატიკა
სამარყანდის ობსერვატორია



დაკვირვებები

ულულ ბეგის
ობსერვატორია

ქვის "სექსტანტი"

სიგრძე: 30მ
კუთხური გარჩევა: 3'

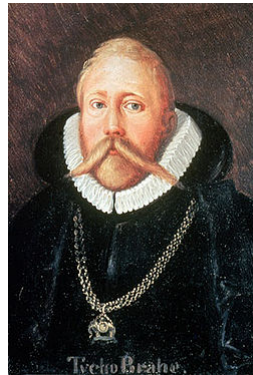


წელიწადი: ~365.257 დღე

დაკვირვებები

ტიხო ბრაგე
Tyge Ottesen Brahe
(1546 – 1601)

თავისი დროის უზუსტესი
დაკვირვებები



კოპერნიკის სისტემის გეომეტრიული სიმარტივე

+

პტოლემეს სისტემის ფილოსოფიური საფუძვლები

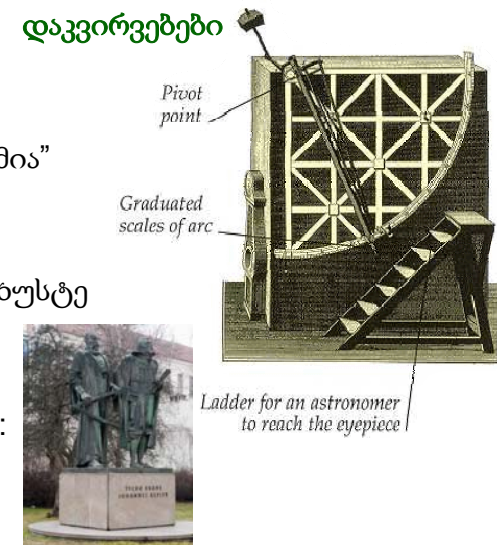
დაკვირვებები

ობსერვატორია

"ზუსტი ასტრონომია"

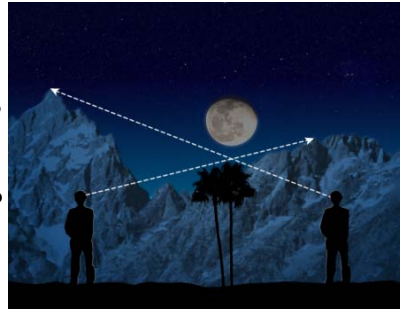
კუთხის გაზომვის
უპრეცედენტო სიზუსტე
(1.5')

ტიხოს ასისტენტი:
კეპლერი



ოპტიკური პარალაქსი

Parallax - ბერძ. ცვლილება დამკვირვებლის მდგომარეობის ცვლილება იწვევს ახლომდებარე ობიექტის გადაადგილებას ფონურ ობიექტთან შედარებით

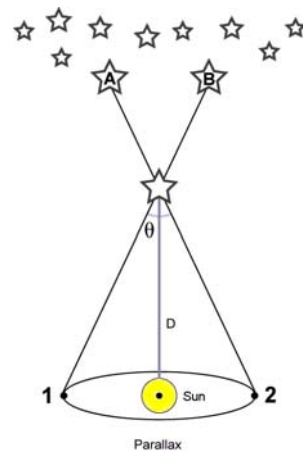


ექსპერიმენტი სარკესთან: დახუჭეთ ერთი თვალი. პირდაპირ გაშლილი ხელის ცერა თითი მიადეთ სარკეზე დახუჭული თვალის ანასახს. ხელის გაუნძრევლად გაახილეთ მეორე თვალი და დახუჭეთ პირველი ...

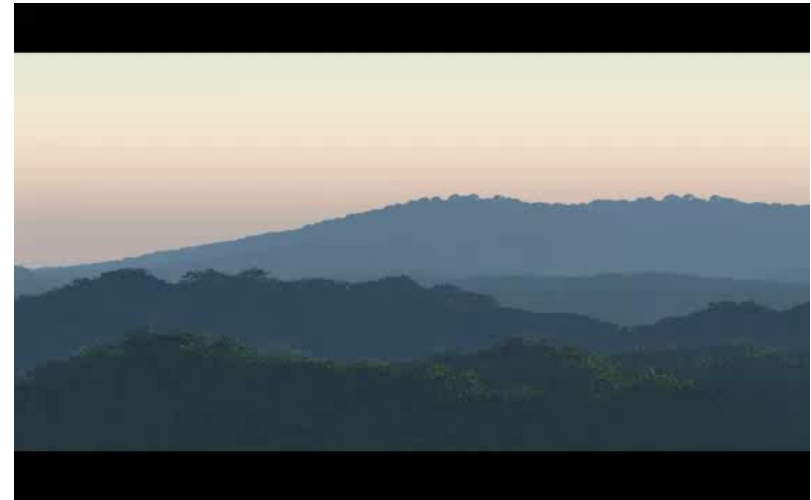
ასტრონომიული პარალაქსი

ახლომდებარე ვარსკვლავის გადაადგილება შორეულ ფონზე დედამიწის წლიური გადაადგილების შედეგად.

არიან ვარსკვლავები ერთ მანძილზე: “ცის თაღზე”?



გეომეტრიული პარალაქსის მაგალითი



პარალაქსის ზომა

ვარსკვლავის ხილილი გადაადგილება: პარალაქსის კუთხე

ბესელი

Friedrich Wilhelm Bessel (1784–1846)

1838: 61 Cygni parallax: 0.31 სეკუნდი
მანძილი: 3 პარსეკი
9.8 სინათლის წელი



ასტრონომიული სიგრძის ერთეულები

1AU (Astronomical Unit) ასტრონომიული ერთეული
 1.5×10^{11} მეტრი

1pc (parsec) პარსეკი

მანძილი ვარსკვლავამდე, რომლის წლიური პარალაქსია ერთი სეკუნდი:

3.1×10^{16} მეტრი

1LY (Light Year) სინათლის წელიწადი

9.5×10^{15} მეტრი

www.tevza.org/home/course/universe2013

J. Hester, B. Smith, G. Blumenthal, L. Kay, H. Voss, "21st Century Astronomy" (2010)

ქვეთავები 2.1, 2.2, 2.3

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

ქვეთავები 1.1 და 1.2 (გვ. 2-8)

უახლოესი ვარსკვლავები

#	Designation			Stellar class	Apparent magnitude (m_v)	Absolute magnitude (M_v)	Eff. temperature T_{eff} in K (serr)	Epoch J2000.0		Parallax ^[8] Arcseconds (serr)	Distance ^[9] Light-years (serr)	Additional references
	System	Star	Star #					Right ascension ^[2]	Declination ^[3]			
	Solar System	Sun		G2V ^[2]	-26.74 ^[2]	4.85 ^[2]	5,778 ^[5]	variable: the Sun travels along the ecliptic		180 ^o	0.0000158 (3) or 8.32 (16) light-minutes	has 8 planets, & 5 known dwarf planets
1	Alpha Centauri (Rigel Kentaurus; Toliman)	Proxima Centauri (V645 Centauri)	1	M6.5Ve	11.09 ^[2]	15.53 ^[2]	3,040 ^[6]	14 ^h 29 ^m 43.0 ^s	-62° 40' 46" ^[8]	0.768 87 (10 29) ^[7]	4.2421 (16)	[9]
		α Centauri A (HD 128620)	2	G2V ^[2]	0.01 ^[2]	4.38 ^[2]	5,790 ^[6]	14 ^h 39 ^m 36.5 ^s	-60° 50' 02" ^[10]	0.747 23 (11 77) ^[7]	4.3650 (68)	
		α Centauri B (HD 128621)	2	K1V ^[2]	1.34 ^[2]	5.71 ^[2]	5,260 ^[6]	14 ^h 39 ^m 35.1 ^s	-60° 50' 14" ^[10]			
2	Barnard's Star (BD+04°3561a)		4	M4.0Ve	9.53 ^[2]	13.22 ^[2]	3,134 (102) ^[11]	17 ^h 57 ^m 48.5 ^s	+04° 41' 36" ^[8]	0.546 98 (10 00) ^[7]	5.9630 (109)	
3	Wolf 359 (CN Leonis)		5	M6.0V ^[2]	13.44 ^[2]	16.55 ^[2]	2,800 (100) ^[12]	10 ^h 56 ^m 29.2 ^s	+07° 00' 53" ^[8]	0.419 10 (2 10) ^[7]	7.7825 (390)	
4	Lalande 21185 (BD+36°2147)		6	M2.0V ^[2]	7.47 ^[2]	10.44 ^[2]	3,400 ^[13]	11 ^h 03 ^m 20.2 ^s	+35° 58' 12" ^[8]	0.393 42 (10 70) ^[7]	8.2905 (148)	