



სამყაროს ევოლუცია

ლექცია 1

ადრეული წარმოდგენები სამყაროს შესახებ:
გეოცენტრული და ჰელიოცენტრული
სისტემები, ასტრონომიული პარალაქსი

სამყაროს ევოლუცია, ალ. თევზაძე, 2015

www.tevza.org/home/course/universe2015

Universe01.ppt ლექციის პრეზენტაცია
ანიმაციებით
Handout01.pdf ლექციის საბეჭდი ვერსია
\\universe2013\Books წიგნები

+ სემინარის თემები
+ კოლოქვიუმის საკითხები
+ საგამოცდო საკითხები

კონსულტაციები: alexander.tevzadze@tsu.ge
საკონფერენციო თემები: /home/course/themes/

სამყაროს ევოლუცია, ალ. თევზაძე, 2015

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, 2015

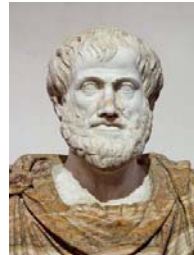
სასწავლო კურსის შინაარსი

1. ადრეული წარმოდგენები სამყაროს შესახებ;
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, 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;
14. თანამედროვე პრობლემები;
უკანასკნელი აღმოჩენები (2015);

ძველი ბერძნული ფილოსოფია

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

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



ზედა: იდეალური, უცვლელი და სამარადისო

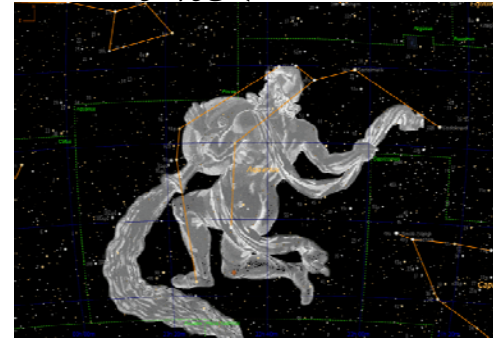
ღამის ცის ბრუნვა



არქაული დაკვირვებები ღამის ცაზე

გამორჩეულად კაშკაშა ვარსკვლავებში ფიგურების
ამოცნობა: **თანავარსკვლავედები**

მერწყული



ორიონი



ღამის ცის სადღეღამისო ბრუნვა

ბრუნვის
ღერძის
პროექცია
ცაზე:
ჩრდილოეთ
პოლუსი

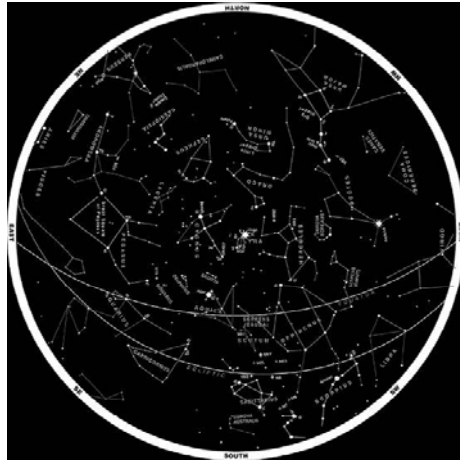
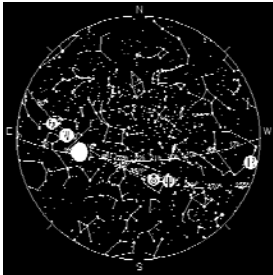
პერიოდი:
24სთ



ჩრდილოეთ პოლარული ვარსკვლავი

ღამის ცის სეზონური ბრუნვა

წლის
განმავლობაში
ცაზე
თანავარსკვლავედები
გადაადგილდებიან

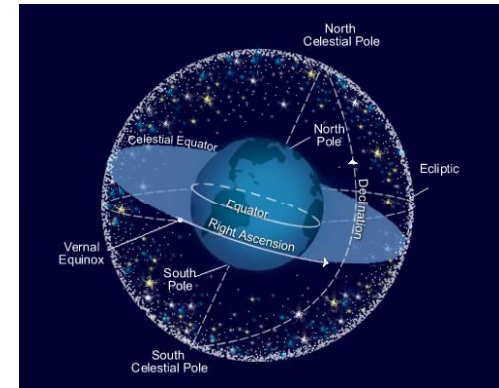


ცის თალი (ძველი წარმოდგენები)

ცის თალი ბრუნავს დედამიწის გარშემო
ვარსკვლავები დამაგრებულნი არიან ცის თალზე

სამყაროს ცენტრი:
დედამიწა

გეოცენტრული
სისტემა



ასტრონომიული დაკვირვებები

ჰიპარქო
(Hipparchus of Rhodes 190-120BC)



დაკვირვებითი ასტრონომიის ფუძემდებელი:
შეუიარაღებელი თვალით დაკვირვებადი ცის
ყველაზე სისტემატიური არჩერა

მეთოდები: გეომეტრია, ტრიგონომეტრია;

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

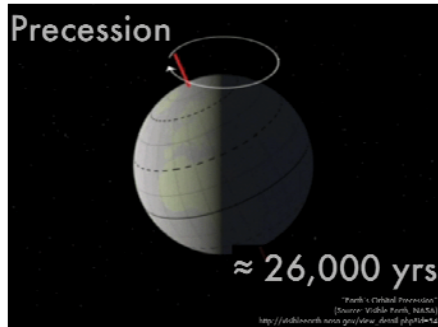
არისტოტელეს ფილოსოფია: გეოცენტრული სისტემა

134 წ.წ.ა. - ადრე უცნობი ვარსკვლავის აღმოჩენა (!)
2000 ვარსკვლავის კატალოგი; ცის რუქა; (ურანი?)

დედამიწის ბრუნვის ღერძის პრეცესიის აღმოჩენა

პრეცესია

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



ფილოსოფიური მოდელის პრობლემები

პლანეტა – (πλανήτης, მოხეტიალე)

არა-წრიული ტრაექტორიები:
მოდრაობა ვარსკვლავების ფონზე;

ცის თალიდან ამოვარდნილი ხეტიალი.

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

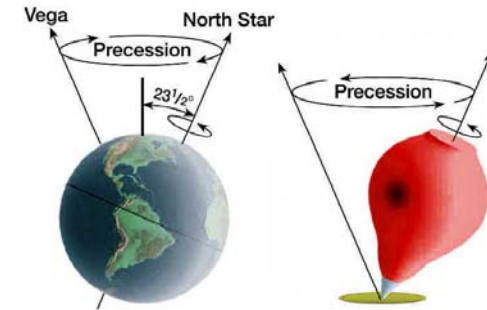
– ხუთი დამატებითი ერთ მანათობიანი თალი?

დედამიწის ბრუნვის ღერძის პრეცესია

ბრუნვის პერიოდი: 24 საათი

პრეცესიის პერიოდი: 26 000 წელი

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



რეტროგრადული ტრაექტორიები უკუღმა ბრუნვის ფაზა (დამეში 1 სურათი)



მარსი
(2005)

მარსი 2007/2008



მარსი 2003



ვენერა 2004



პტოლემეს კოსმოლოგიური მოდელი

პტოლემე

Claudius Ptolemaeus (90–168AD)

გეოცენტრული სამყარო

პლანეტების მოძრაობა უნდა აღიწეროს
იდეალური ტრაექტორიებით:
წრეწირებით.



თავისი დროისათვის ყველაზე ზუსტი თეორია

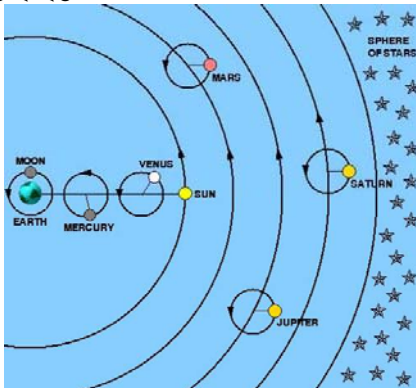
გეოცენტრული მოდელი

სამყაროს ცენტრი: ზრტყელი დედამიწა



ციკლები და ეპიციკლები

ტრაექტორია: სხვადასხვა რადიუსისა და პერიოდის ბრუნვის ზედდება



გეოცენტრული მოდელი

Schema huius praeiudicis divisionis Sphaerarum.

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

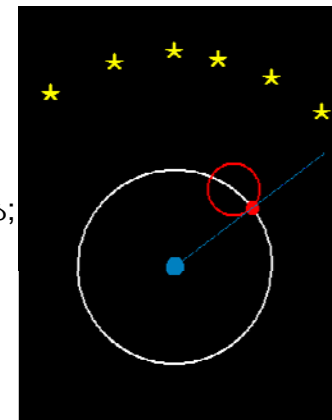


რეტროგრადული მოძრაობა

პთოლემეს ახსნა:

- ეპიციკლების ზედდება;
- დიდ რადიუსზე ნელი ბრუნვა;

ცის თაღზე მარსის მოძრაობის პროექციის რეტროგრადული ტრაექტორია

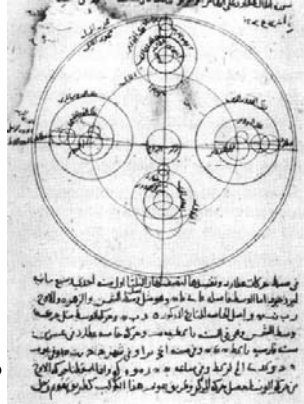


პთოლემეს სამყაროს პრობლემები

შუა საუკუნეების არაბი ასტრონომების დაკვირვებებმა გამოავლინეს პთოლემეს მოდელის უზუსტობები.



გამოსავალი: ეპიციკლები, ეპიციკლებში და ეპიციკლებში?

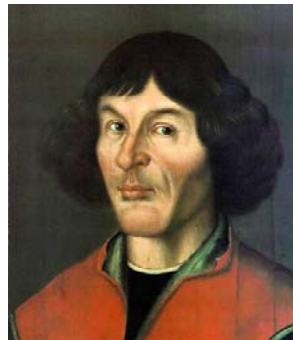


კოპერნიკის სამყაროს მოდელი

კოპერნიკი
Nicolaus Copernicus (1473-1543)

1543: *ცირი სხეულების
ბრუნვის შესახებ*

ჰელიოცენტრული სისტემა;
მთვარე – დედამიწის თანამგზავრი;

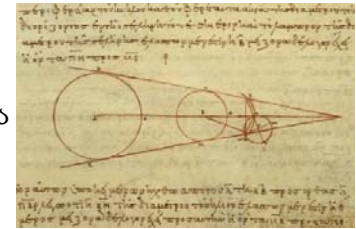


ჰელიოცენტრული სისტემა: სათავეები

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

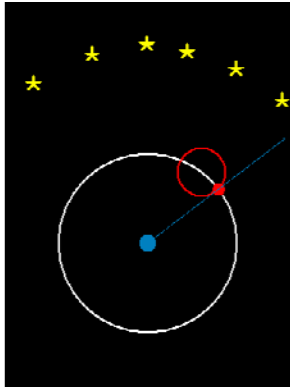
“უცნაური თეორია”

*ტრაექტორიების დათვლის
მათემატიკური მოდელი*

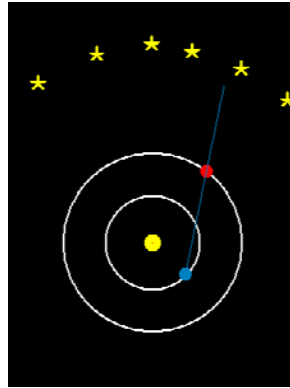


რეტროგრადული მოძრაობა

პთოლემეს მოდელი



კოპერნიკის მოდელი



კოპერნიკის სისტემის პრობლემები

მის დროს არსებულ ფიზიკურ პრინციპებთან
წინააღმდეგობა:

მძიმე → მსუბუქი

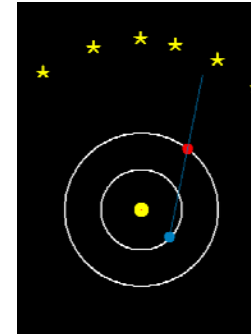
მიწა → წყალი → ჰაერი → ცეცხლი → ეთერი

შეუსაბამობა დაკვირვებებთან: პთოლემეს
მოდელზე უარესი შედეგები

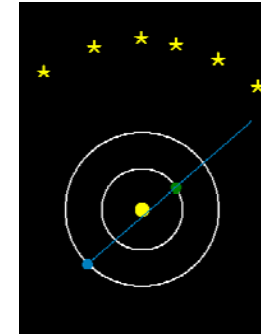
წინააღმდეგობა რელიგიასთან

შიდა და გარე პლანეტები

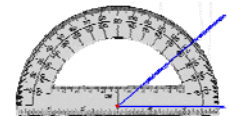
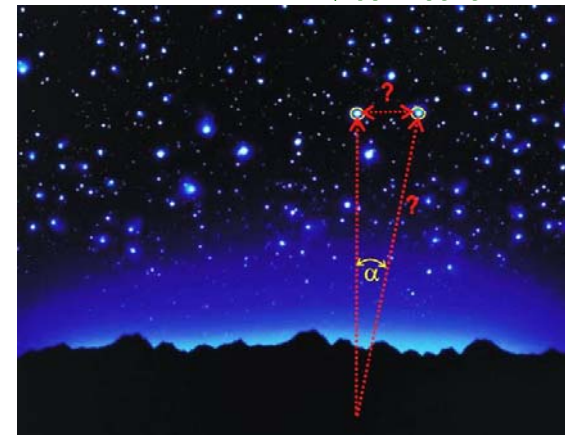
მარსი



ვენერა



დაკვირვებები



კუთხის საზომი ხელსაწყო: სექსტანტი

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 ბეგის
ობსერვატორია

ქვის "სექსტანტი"

სიგრძე: 308

კუთხური გარჩევა: 3'



წელიწადი: ~365.257 დღე (365.2421)

დაკვირვებები

ულულ ბეგი (1394-1449)

ასტრონომია, ტრიგონომეტრია,
სფერული გეომეტრია, მათემატიკა



სამარყანდის ობსერვატორია



დაკვირვებები

ტიხო ბრაგე

Tyge Ottesen Brahe
(1546 – 1601)

თავისი დროის უზუსტესი
დაკვირვებები



კოპერნიკის სისტემის გეომეტრიული სიმარტივე

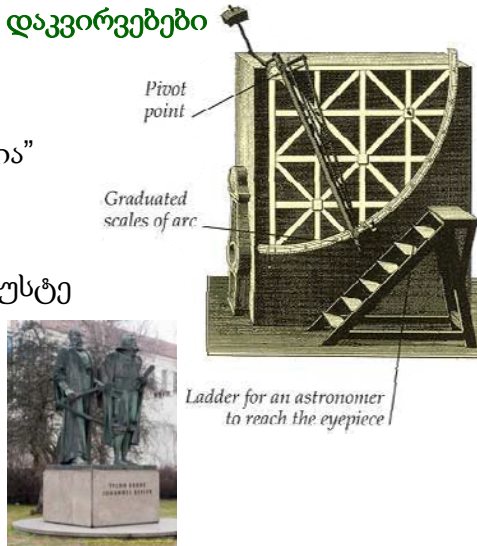
+

პტოლემეს სისტემის ფილოსოფიური საფუძვლები

დაკვირვებები

ობსერვატორია

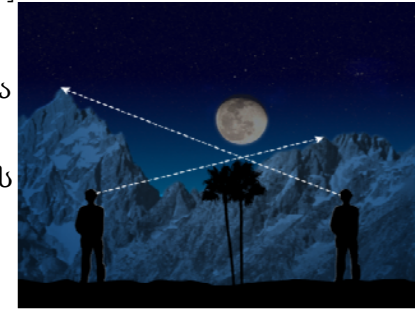
“ზუსტი ასტრონომია”

კუთხის გაზომვის
უპრეცედენტო სიზუსტე
(1.5')ტიხოს ასისტენტი:
კეპლერი

ოპტიკური პარალაქსი

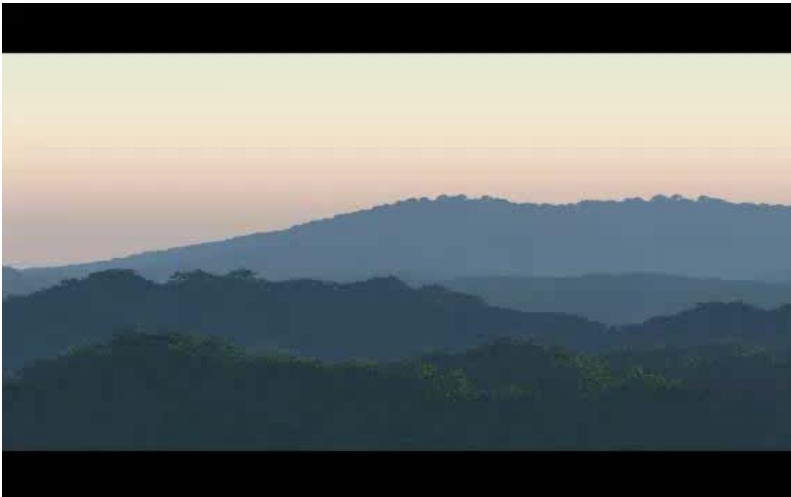
[Parallax - ბერძ. ცვლილება]

დამკვირვებლის
მდგომარეობის ცვლილება
იწვევს ახლომდებარე
ობიექტის გადაადგილებას
ფონურ ობიექტთან
შედარებით



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

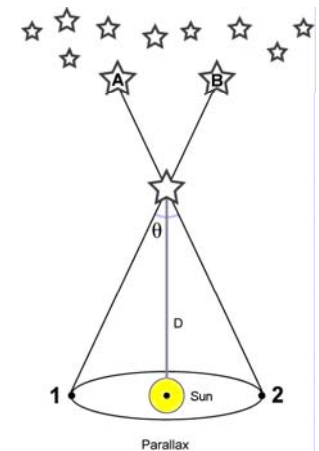
გეომეტრიული პარალაქსის მაგალითი



ასტრონომიული პარალაქსი

ახლომდებარე ვარსკვლავის
გადაადგილება შორეულ ფონზე
დედამიწის წლიური
გადაადგილების შედეგად.

არიან ვარსკვლავები
ჩვენგან ერთ მანძილზე
“ცის თაღზე” მიმაგრებული
თუ არა?



პარალაქსის ზომა

ვარსკვლავის ხილული (მოჩვენებითი)
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

უახლოესი ვარსკვლავები

#	Designation			Stellar class	Apparent magnitude (m_v)	Absolute magnitude (M_v)	Eff. temperature T_{eff} in K (serr)	Epoch J2000.0		Parallax ^[9] Arcseconds (serr)	Distance ^[9] Light-years (serr)	Additional references
	System	Star	Star #					Right ascension ^[2]	Declination ^[2]			
	Solar System	Sun		G2V ^[2]	-26.74 ^[2]	4.85 ^[2]	5,778 ^[5]	variable: the Sun travels along the ecliptic		180 ⁺	0.000158 (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	M5.5Ve	11.09 ^[2]	15.53 ^[2]	3,040 ^[6]	14 ^h 29 ^m 43.0 ^s	-62° 40' 46"	0.768 87 (0.29) ^[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"	0.747 23 (1.17) ^[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"	(1.17) ^[7]		
2	Barnard's Star (BD+04°3561a)			M4.0Ve	9.53 ^[2]	13.22 ^[2]	3,134 (102) ^[11]	17 ^h 57 ^m 48.5 ^s	+04° 41' 36"	0.546 98 (1.00) ^[7]	5.9630 (109)	
3	Wolf 359 (CN Leonis)			M6.0V ^[2]	13.44 ^[2]	16.55 ^[2]	2,800 (100) ^[12]	10 ^h 56 ^m 29.2 ^s	+07° 00' 53"	0.419 10 (2.10) ^[7]	7.7825 (390)	
4	Lalande 21185 (BD+36°2147)			M2.0V ^[2]	7.47 ^[2]	10.44 ^[2]	3,400 ^[13]	11 ^h 03 ^m 20.2 ^s	+35° 58' 12"	0.393 42 (0.70) ^[7]	8.2905 (148)	

www.tevza.org/home/course/universe2015

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)