



სამყაროს ევოლუცია

ლექცია 1

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

www.tevza.org/home/course/universe2017

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/

კურსის ფორმატი

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

შეფასება:

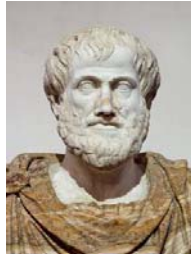
კოლოქვიუმი:	20 ქულა
სემინარები:	(15+15) 30 ქულა
დასწრება:	10 ქულა
საბოლოო გამოცდა:	(20+20) 40 ქულა

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. ზეახალის 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;

ძველი ბერძნული ფილოსოფია

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



სამყაროს შემადგენლობა:

– 4 ელემენტი;

(მიწა, წყალი, ჰაერი, ცეცხლი)

– ღვთიური ეთერი;

(გარიელი სივრცე)

ზეცა: იდეალური, უცვლელი და სამარადისო.

ღამის ცის ბრუნვა

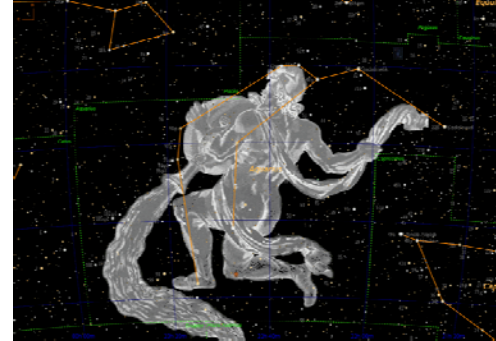


არქაული დაკვირვებები ღამის ცაზე

გამორჩეულად კაშკაშა ვარსკვლავების წარმოსახვით
ფიგურებად დაჯგუფება: **თანავარსკვლავედები**

მერწყული

ორიონი



ღამის ცის სადღეღამისო ბრუნვა

ბრუნვის
ღერძის
პროექცია
ცაზე:
ჩრდილოეთ
პოლუსი

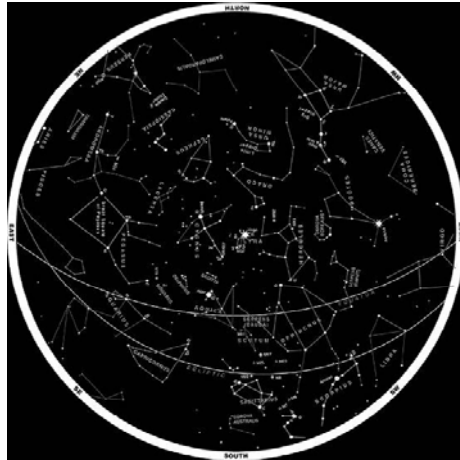
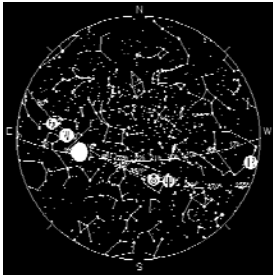
პერიოდი:
24სთ



ღერძის მიმართულება: 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

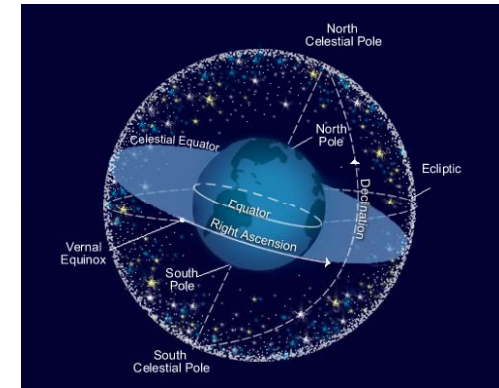
მეთოდები: გეომეტრია, ტრიგონომეტრია;

ცის თალი (ძველი წარმოდგენები)

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;

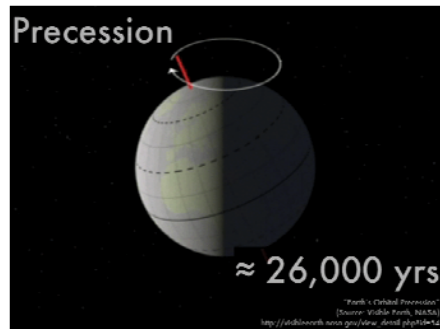
არისტოტელეს ფილოსოფია: გეოცენტრული სისტემა

134 წ.წ.ა. - 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)



ფილოსოფიური მოდელის პრობლემები

პლანეტა – (πλανήτης, მოხეტიალე)

არა—წრიული ტრაექტორიები:
მოდრაობა ვარსკვლავების ფონზე;

ცის თალიდან ამოვარდნილი ხეტიალი.

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

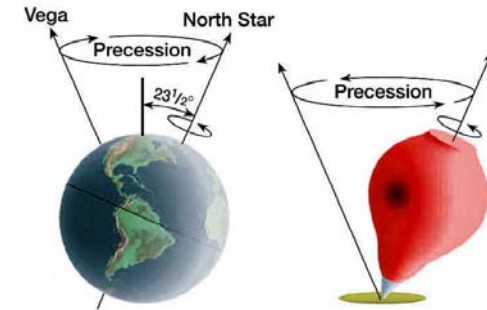
– ხუთი დამატებითი ერთ მანათობიანი თალი?

დედამიწის ბრუნვის ღერძის პრეცესია

ბრუნვის პერიოდი: **24 საათი**

პრეცესიის პერიოდი: **26 000 წელი**

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



რეტროგრადული ტრაექტორიები

წელიწადის განმავლობაში დროის მოკლე პერიოდებში
პლანეტები გადაადგილდებიან ცის თალის (ვარსკვლავების)
ბრუნვის მიმართულების საწინააღმდეგო მომართულებით.

უკუღმა ბრუნვის
“რეტროგრადული”
ფაზა

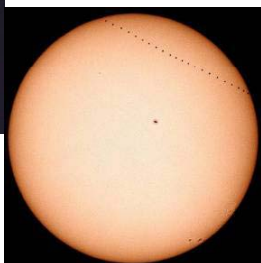
მარსი
(2005)
(დამეში 1 სურათი)



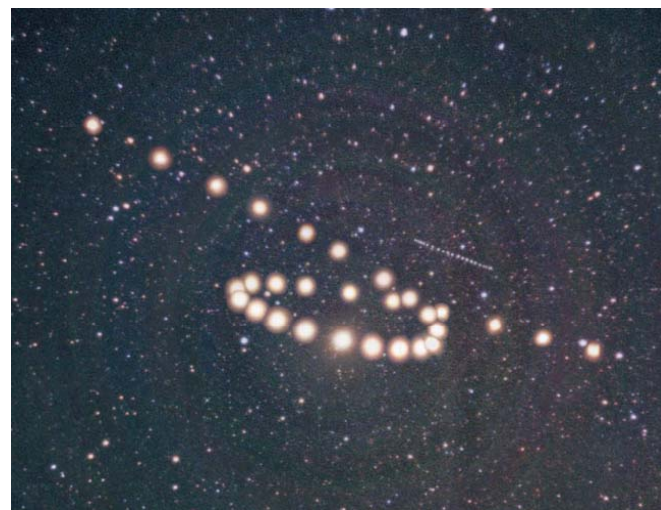
მარსი 2007/2008



ვენერა 2004



მარსი 2003



პტოლემეს კოსმოლოგიური მოდელი

პტოლემე

Claudius Ptolemaeus (90–168AD)

გეოცენტრული სამყარო



პლანეტების მოძრაობა უნდა აღიწეროს
იდეალური ტრაექტორიებით: წრეწირებით.

წრეწირების ზედდება: ციკლები და ეპიციკლები;

თავისი დროისათვის ყველაზე ზუსტი თეორია

გეოცენტრული მოდელი

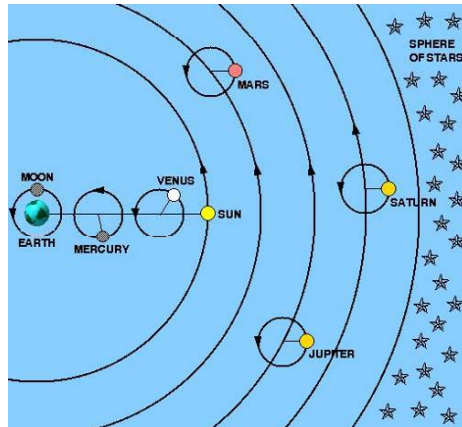
სამყაროს ცენტრი: **ზრტყელი დედამიწა**
და მის ირგვლივ მბრუნავი ნახევარსფეროს ფორმის **ცის თალი**



ციკლები და ეპიციკლები

ტრაექტორია: სხვადასხვა რადიუსისა და პერიოდის
ბრუნვის ზედდება;

პლანეტების
ეპიციკლებზე
ბრუნვის სიხშირე
აღემატება ციკლურ
ორბიტებზე ბრუნვის
სიხშირეს;



გეოცენტრული მოდელი

სამყაროს ცენტრი: დედამიწა;
ცეტრის გარშემო მბრუნავი სხეულები:

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

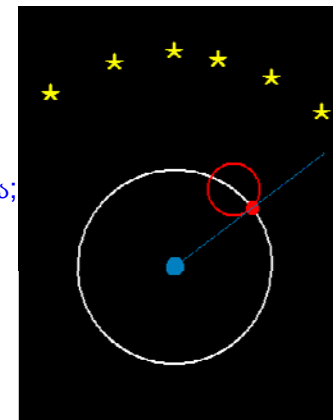


რეტროგრადული მოძრაობა

პთოლემეს ახსნა:

- წრეწირების ზედდება;
- დიდ რადიუსზე ნელი ბრუნვა;
- მცირე რადიუსზე სწრაფი ბრუნვა;

მაგ: ვარსკვლავების ცის თაღზე
მარსის მოძრაობის პროექციის
რეტროგრადული ტრაექტორია;

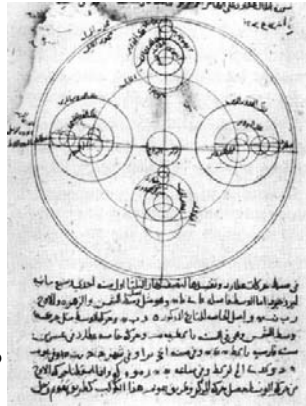


პთოლემეს სამყაროს მოდელის პრობლემები

შუა საუკუნეების არაბი ასტრონომების დაკვირვებებმა გამოავლინეს პთოლემეს მოდელის უზუსტობები.



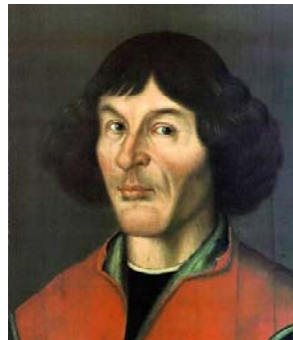
გამოსავალი: ეპიციკლები, ეპიციკლებში და ეპიციკლებში?



კოპერნიკის სამყაროს მოდელი

კოპერნიკი
Nicolaus Copernicus (1473-1543)

1543: *ცირი სხეულების
ბრუნვის შესახებ*



ჰელიოცენტრული სისტემა:

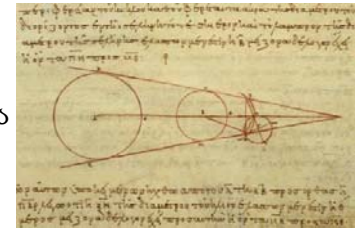
- სამყაროს ცენტრი: მზე;
- პლანეტები ბრუნავენ მზის გარშემო;
- მთვარე ბრუნავს დედამიწის გარშემო (თანამგზავრი);

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

სამყაროს ცენტრი: მზე

პლანეტების ბრუნვა:

წრიული ორბიტები

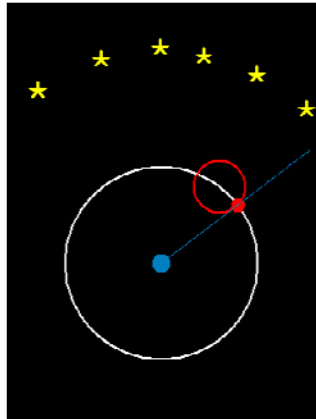
- სამყაროს მარტივი მოდელი;
- “უცნაური თეორია”

*ტრაექტორიების დათვლის
მათემატიკური მოდელი*

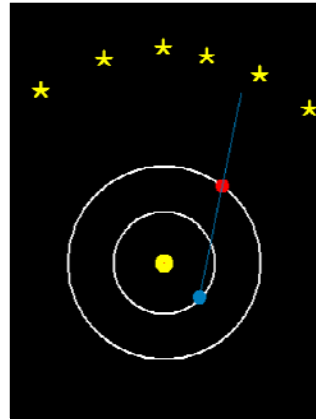


რეტროგრადული მოძრაობა

პთოლემეს მოდელი



კოპერნიკის მოდელი



კოპერნიკის სისტემის პრობლემები

1.) არსებულ ფიზიკურ პრინციპებთან (ბერძნული ფილოსოფია) წინააღმდეგობა:

მძიმე → მსუბუქი

მიწა → წყალი → ჰაერი → ცეცხლი → ეთერი

2.) შეუსაბამობა დაკვირვებებთან: პთოლემეს მოდელზე უარესი შედეგები;

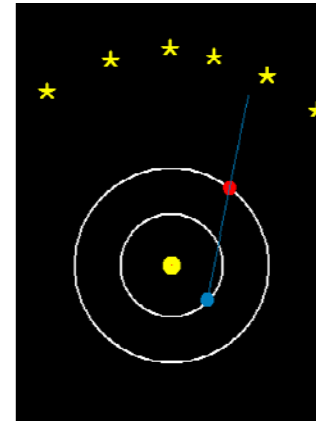
3.) წინააღმდეგობა რელიგიასთან;

“De revolutionibus orbium coelestium”

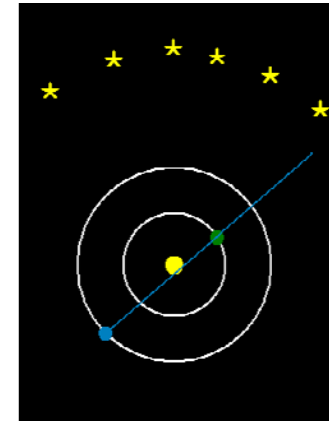
კოპერნიკის “რევოლუცია”

შიდა და გარე პლანეტები

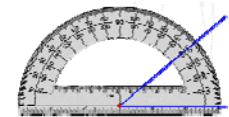
მარსი



ვენერა



დაკვირვებები



კუთხის საზომი ხელსაწყო: სექსტანტი

კუთხის საზომი ერთეულები

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

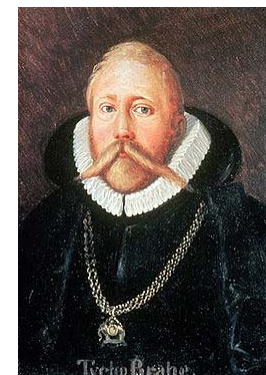
სამარყანდის ობსერვატორია



დაკვირვებები

ტიხო ბრაგე
Tyge Ottesen Brahe
(1546 – 1601)

თავისი დროის უზუსტესი
დაკვირვებები



კოპერნიკის სისტემის გეომეტრიული სიმარტივე

+

პთოლემეს სისტემის ფილოსოფიური საფუძვლები

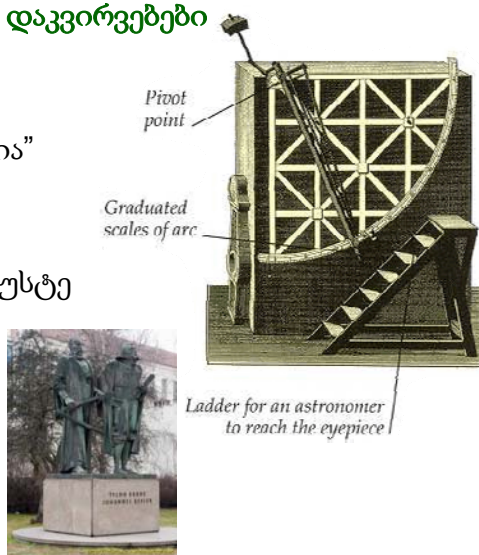
დაკვირვებები

ობსერვატორია

“ზუსტი ასტრონომია”

კუთხის გაზომვის
უპრეცედენტო სიზუსტე
(1.5')

ტიხოს ასისტენტი:
კეპლერი



გეომეტრიული პარალაქსის მაგალითი



ოპტიკური პარალაქსი

Parallax - ბერძ. ცვლილება

დამკვირვებლის
მდგომარეობის ცვლილება
იწვევს ახლომდებარე
ობიექტის გადაადგილებას
ფონურ ობიექტთან
შედარებით

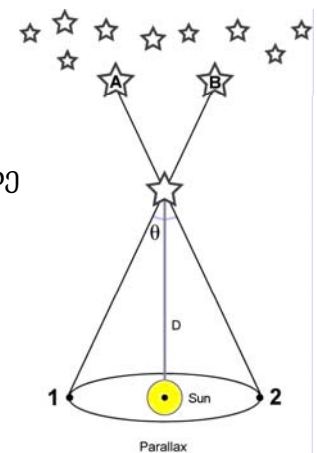


ექსპერიმენტი სარკესთან: დახუჭეთ ერთი თვალი. პირდაპირ გაშლილი ხელის ცერა თითი მიაღეთ სარკეზე დახუჭული თვალის ანასახს. ხელის გაუნძრევლად დახუჭეთ პირველი და გაახილეთ მეორე თვალი ...

ასტრონომიული პარალაქსი

დედამიწის წლიური ბრუნვის
შედეგად ახლომდებარე
ვარსკვლავის გადაადგილება
შორეული ვარსკვლავების ფონზე

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



ასტრონომიული პარალაქსი

ვარსკვლავის ხილული (მოჩვენებითი) გადაადგილება.
გადაადგილების კუთხე - “პარალაქსის კუთხე”



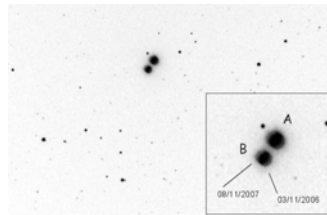
ბესელი

Friedrich Wilhelm Bessel (1784–1846)

61 Cygni: 0.31 სეკუნდი (1838)

მანძილი: 3 პარსეკი

9.8 სინათლის წელი



უახლოესი ვარსკვლავები

#	Designation			Stellar class	Apparent magnitude (m _p)	Absolute magnitude (M _p)	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 [*]	0.0000158 (3) or 8.32 (16) light-minutes	has 8 planets, & 5 known dwarf planets
1	Alpha Centauri (Rigil 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"	0.747 23 (1.17) ^[7]	4.3650 (68)	
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"	0.546 98 (1.00) ^[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"	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"	0.393 42 (0.70) ^[7]	8.2905 (148)	

ასტრონომიული სიგრძის ერთეულები

1AU (Astronomical Unit) ასტრონომიული ერთეული
1.5 x 10¹¹ მეტრი

1pc (parsec) პარსეკი

მანძილი ვარსკვლავამდე, რომლის წლიური პარალაქსია ერთი სეკუნდი:

3.1 x 10¹⁶ მეტრი

1LY (Light Year) სინათლის წელიწადი

9.5 x 10¹⁵ მეტრი

www.tevza.org/home/course/universe2017

J. Fix “Astronomy Journey to the Cosmic Frontier”

ქვეთავები 1, 2, 3

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)