

**სამყაროს ევოლუცია**

**ლექცია 9**

**ზეგალაქტიკური მანძილების გაზომვა,  
სამყაროს მსხვილმასშტაბოვანი სტრუქტურა,  
კოსმოლოგიური პრინციპი**

სამყაროს ევოლუცია, ალ. თევზაძე, 2011 ლექცია/გვერდი: 9/1

**წინა ლექციაში**

- გალაქტიკების ლოკალური ჯგუფი
- გალაქტიკების სტრუქტურა და კლასიფიკაცია
- გალაქტიკების ევოლუცია
- ფარული მასა

სამყაროს ევოლუცია, ალ. თევზაძე, 2011 ლექცია/გვერდი: 9/2

**სამყაროს დიდმასშტაბოვანი სურათი**

**კოსმოლოგია:** მეცნიერება სამყაროს წარმოშობის, აგებულების და ევოლუციის შესახებ;

სამყაროს კოსმოლოგიური მოდელის შესაქმნელად საჭიროა სამყაროს აგებულების ცოდნა დიდ მასშტაბებზე.

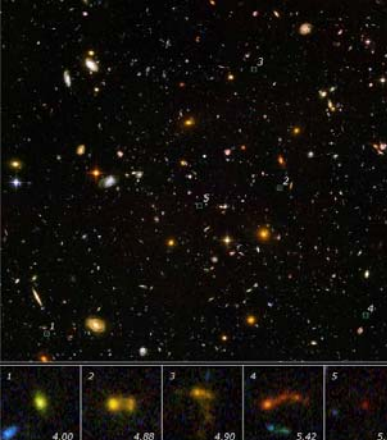
“დიდი მასშტაბი”: გალაქტიკური გროვებზე უფრო შორეული მანძილები – მეგა პარსეკი (Mpc)

სამყაროს ევოლუცია, ალ. თევზაძე, 2011 ლექცია/გვერდი: 9/3

**მანძილი შორეულ ობიექტებამდე**

სამყაროს დიდმასშტაბოვანი სურათის შესაქმნელად საჭიროა მანძილის განსაზღვრა შორეულ ობიექტებამდე

**რა მანძილია შორეულ გალაქტიკებამდე?**



### მანძილი შორეულ ობიექტებამდე

ტრიგონომეტრიული პარალაქსი

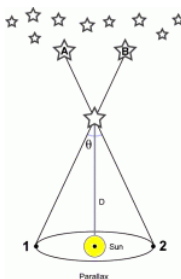
$$d = 1 / p$$

d – მანძილი ვარსკვლავამდე (პარსეკი)

p - პარალაქსის კუთხე (სეკუნდი)

d ~ 10<sup>6</sup> პარსეკი (მეგაპარსეკი)

p ~ 10<sup>-6</sup> სეკუნდი (გრადუსი/3600)



შორეულ ობიექტებამდე პარალაქსის კუთხე იმდენად მცირდება რომ მისი გაზომვა შეუძლებელია

**ზეგალაქტიკური მანძილების გაზომვის პრობლემა**

### მანძილი შორეულ ობიექტებამდე

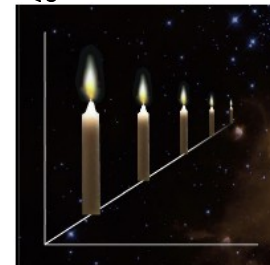
ექსტრაგალაქტიკური მანძილის გაზომვის ალტერნატიული მეთოდები:

– სპექტრული პარალაქსი

– სტანდარტული სანთლის მეთოდები

ცნობილი ნათობის ობიექტის “სტანდარტული სანთლის” იდენტიფიცირება;

ხილული და აბსოლუტური ნათობის შედარების მეთოდი



### სპექტრული პარალაქსი

ტრიგონომეტრიული პარალაქსი:

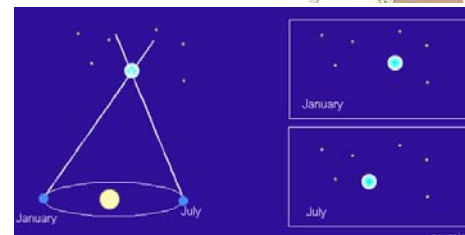
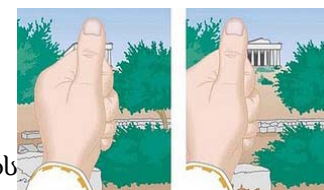
ვარსკვლავის ხილული მდებარეობის ცვლილება დედამიწის სეზონური გადაადგილების გამო; მანძილები: < 1 კილო პარსეკი; სიზუსტე: მაღალი;

სპექტრული პარალაქსი:

ვარსკვლავის გადაადგილება H-R დიაგრამაზე აბსოლუტ. და ხილული ნათობის განსხვავების გამო; მანძილები: < 100 კილო პარსეკი; სიზუსტე: საშუალო;

### ტრიგონომეტრიული პარალაქსი

ობიექტის მოჩვენებითი გადაადგილება დამკვირვებლის ადგილმდებარეობის შეცვლის გამო



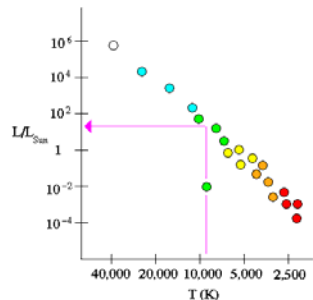
### სპექტრული პარალაქსი

მნათობის  
ადგილმდებარეობა  
HR დიაგრამაზე

ძირითადი თანმიმდევრობის  
ვარსკვლავი:

მახასიათებელი სპექტრული  
კლასი;  
პარალაქსი: ვერტიკალური გადაადგილება HR დიაგრამაზე

მანძილი: ხილული და აბსოლუტური ნათობის შედარება;

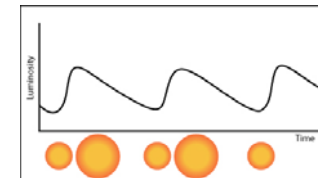


### ცეფეიდები

სტანდარტული სანთელი: ობიექტის აბსოლუტური  
ნათობა დამოკიდებულია მის სხვა ხილულ  
პირდაპირ გაზომვად პარამეტრზე.

ობიექტი: პულსირებადი ვარსკვლავი: ცეფეიდი;

პერიოდები: რამოდენიე დღიდან თვეებამდე;



### ცეფეიდები

პულსაციის მექანიზმი: ერთმაგად და ორმაგად  
იონიზირებული ჰელიუმის გამჭვირვალობის ცვლილება;

აბსოლუტური ნათობა დამოკიდებულია პულსაციის  
პერიოდზე:

$$M_{(V)} = -3.53 \log_{10} P_d - 2.13$$

პერიოდის გაზომვით ვიპოვით აბსოლუტურ  
ნათობას და ხილულ ნათობასთან შედარებით  
გამოვთვლით მანძილს ვარსკვლავამდე, ან  
გალაქტიკამდე რომელშიც ეს ვარსკვლავი იმყოფება

### ცეფეიდები

გალაქტიკამდე მანძილის შესაფასებლად საჭიროა ამ  
გალაქტიკის ერთი მაინც ცეფეიდის ტიპის  
ვარსკვლავის პულსირების დინამიკის დაკვირვება

ცეფეიდები  
კაშკაშა ცვალებადი  
ვარსკვლავებია,  
რის გამოც  
შესაძლებელია  
მათი აღმოჩენა  
სხვა გალაქტიკებში



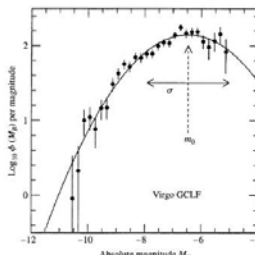
### სფერული გროვები

**მდებარეობა:** გალაქტიკების ჰალო

**მოდელი:** სხვადასხვა გალაქტიკაში ყველაზე კაშკაშა სფერული გროვების ნათობა ერთიდაიგივეა;

**მეთოდი:** გალაქტიკებში გროვების ნათობის მრუდების შედარება

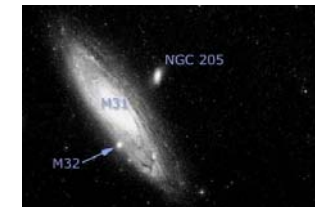
ნათობის მრუდების განსხვავებით დავითვლით მანძილის სხვაობას ორ გალაქტიკას შორის



### სფერული გროვები

გალაქტიკამდე მანძილის შესაფასებლად საჭიროა ამ გალაქტიკის ჰალოში რამოდენიმე სფერული გროვის პირდაპირი დაკვირვება მათი ნათობის მრუდის ასაგებად.

მეთოდი მუშაობს იმ გალაქტიკებისათვის, როდესაც შესაძლებელია გალაქტიკის სხვადასხვა დეტალების ინდივიდუალური დაკვირვება



### ტული-ფიშერის მეთოდი

Tully-Fisher method

**ობიექტი:** სპირალური გალაქტიკა

**მოდელი:** სპირალური გალაქტიკის აბსოლუტური ნათობის განსაზღვრა შესაძლებელია გალაქტიკის ცენტრის ირგვლივ ვარსკვლავების ბრუნვის მაქსიმალური სიჩქარის საშუალებით

$$M_H = -9.50(\log_{10} W_R^i - 2.50) - 21.67$$

M - ნათობა

W - მაქსიმალური სიჩქარე

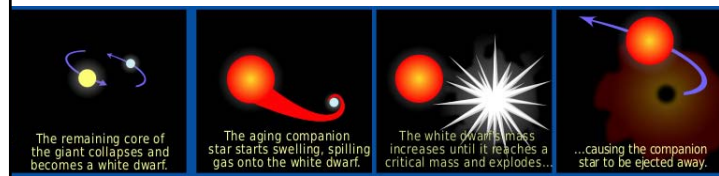


### ზეახალი ვარსკვლავები

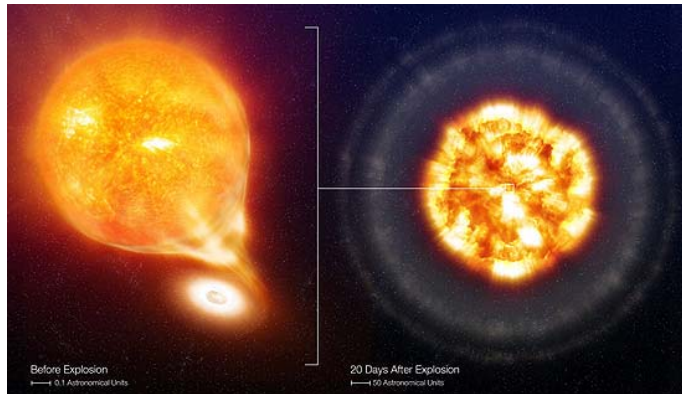
Ia ტიპის ზეახალი ვარსკვლავი

ორმაგი სისტემა: თეთრი ჯუჯა+წითელი გიგანტი;

მასის აკრეცია გიგანტიდან თეთრ ჯუჯაზე, ჯუჯის მასის ზრდა და ევოლუციის ბოლო ეტაპი: აფეთქება



### Ia ტიპის ზეახალი ვარსკვლავები

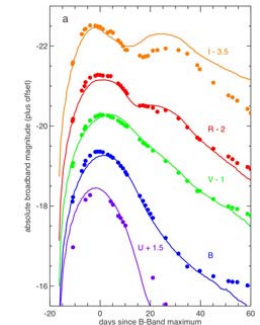


ილუსტრაცია

### Ia ტიპის ზეახალი

Ia ზეახალი ვარსკვლავის ნათობის დროში ცვალებადობის მრუდით შესაძლებელია აბსოლუტური ნათობის გამოთვლა.

მოდელი: რაც მეტია აბსოლუტური ნათობა, მით უფრო ხანგრძლივია ზეახლის აფეთქების პროცესი



ნათობის ცვლილების მრუდი სხვადასხვა სიხშირეებზე

### Ia ტიპის ზეახალი

ზეახალი ვარსკვლავი: აფეთქების მომენტში აბსოლუტური ნათობა შესაძლებელია აჭარბებდეს გალაქტიკის ჯამურ ნათობას

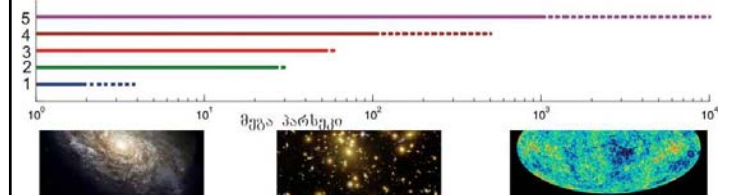
ასეთ შემთხვევებში შესაძლებელია დავაკვირდეთ ზეახლის აფეთქებას გალაქტიკაში, რომელიც ვარსკვლავის აფეთქებამდე არც ჩანდა.

ოპტიკური, ულტრაიისფერი, რენტგენული გამოსხივება: კომბინირებული დაკვირვებები დედამიწიდან და სატელიტებიდან

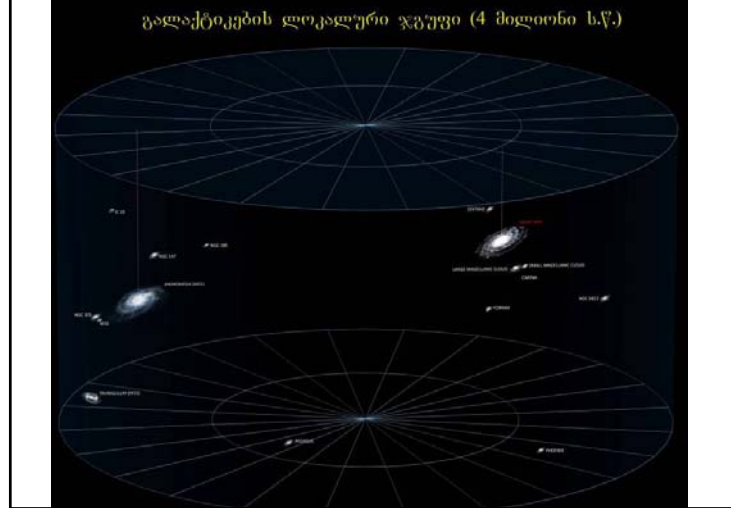
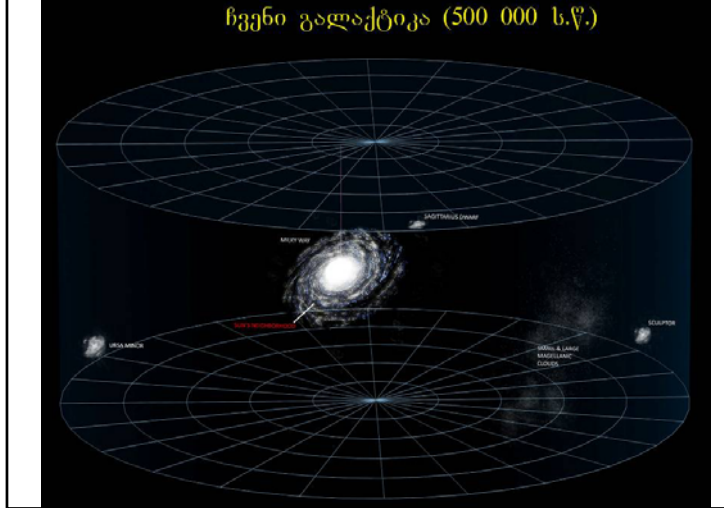
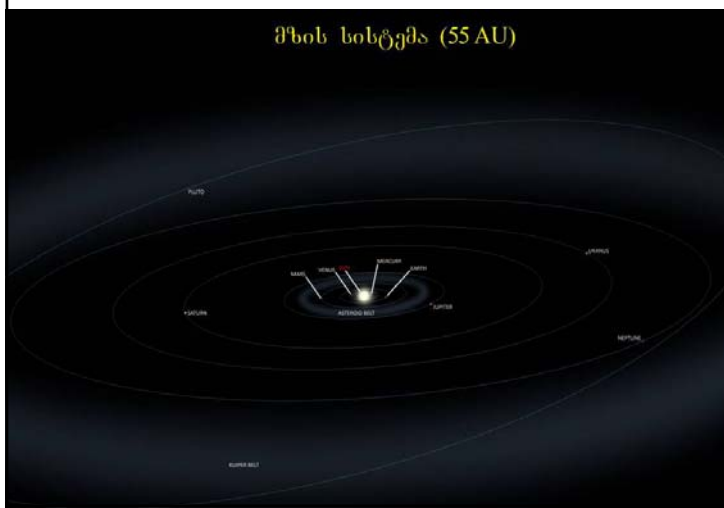


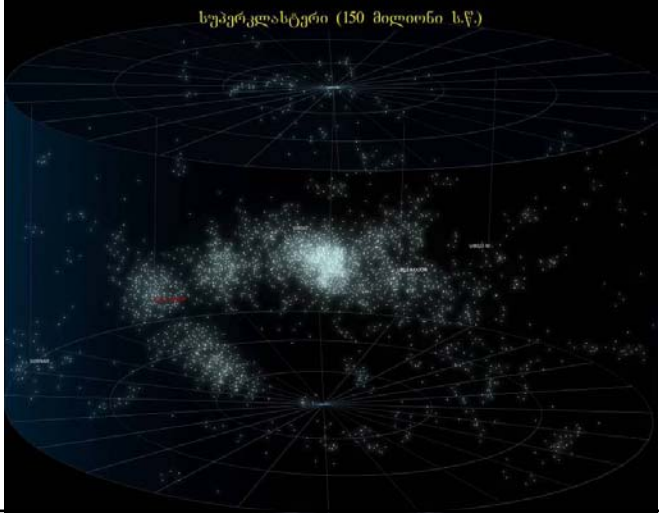
### ექსტრაგალაქტიკური მანძილები

1. სპექტრული პარალაქსი (1-3 Mpc, ±10%)
2. ცეფეიდები (25-30 Mpc, ±16%)
3. სფერული გროვები (50-60Mpc, ±40%)
4. სპირალური გალაქტიკები (100-500Mpc, ±40%)
5. ზეახალი ვარსკვლავები (>1000Mpc, ±10%)

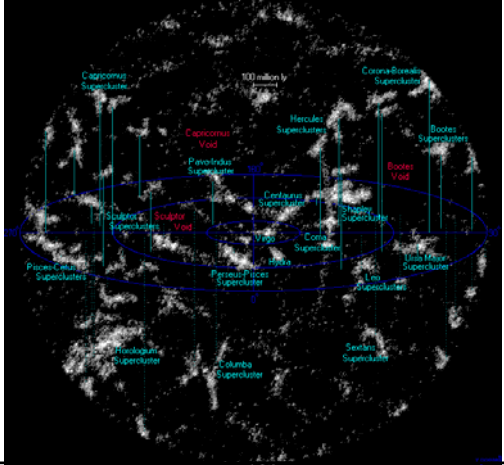








**გალაქტიკური გროვების მასშტაბი**



**იზოტროპულობა**

არ არსებობს გამორჩეული მიმართულება

საპირისპირო შემთხვევა: გამორჩეული მიმართულება; მაგ. "ღერძი"



მ. ეშერი: "ეშმაკები და ანგელოზები"



**ერთგვაროვნება**

არ არსებობს გამორჩეული მდებარეობა

დიდ მასშტაბებში სამყარო ერთნაირად ჩანს როგორც დედამიწიდან ისე სამყაროს ნებისმიერი სხვა წერტილიდან.



მ. ეშერი: "შვინიანი თევზები"

### სამყაროს მსხვილმასშტაბოვანი სტრუქტურა

#### კოსმოლოგიური პრინციპი

კოსმოლოგიურ მასშტაბებზე სამყარო იზოტროპული და ერთგვაროვანია

#### იზოტროპულობა:

სამყაროს სურათი არ არის დამოკიდებული დაკვირვების კუთხეზე (მიმართულებაზე);

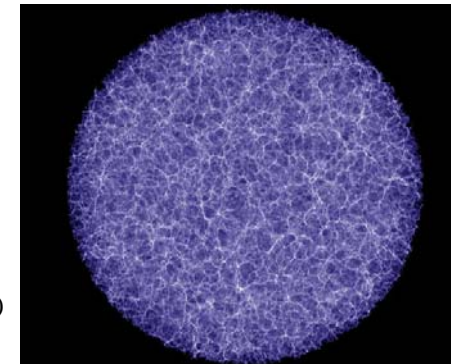
#### ერთგვაროვნება:

სამყაროს სურათი არ არის დამოკიდებული დაკვირვების ადგილზე;

### სამყაროს მსხვილმასშტაბოვანი სტრუქტურა

შემკვრივებები (“კვანძები”):

გალაქტური გროვები (სუპერკლასტერი)

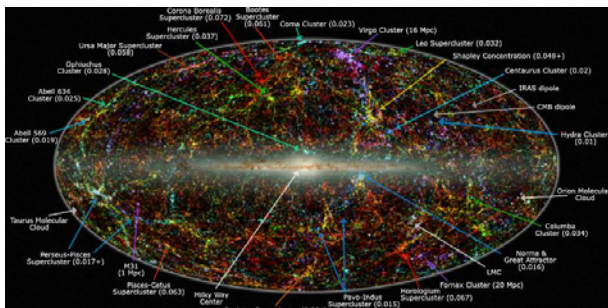


ილუსტრაცია

### ხილული სამყარო დიდ მასშტაბებში

კოსმოლოგიურად მცირე მასშტაბები რომლებიც არ ემორჩილებიან კოსმოლოგიურ პრინციპს:

მზის სისტემა, ჩვენი გალაქტიკა, გალაქტიკების ლოკალური ჯგუფი

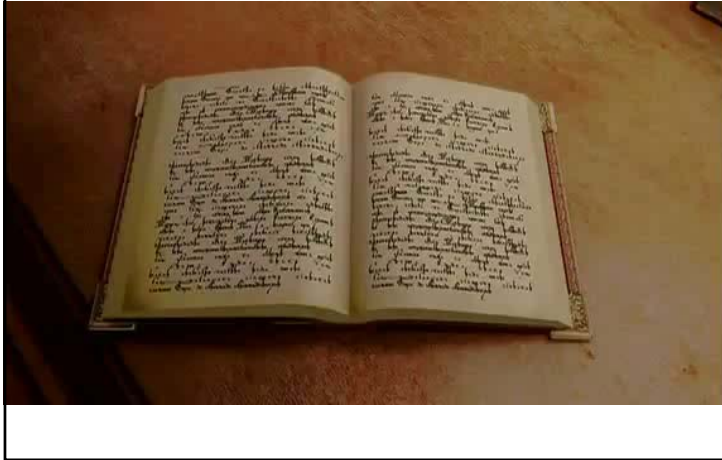


### სამყარო მცირე მასშტაბებში

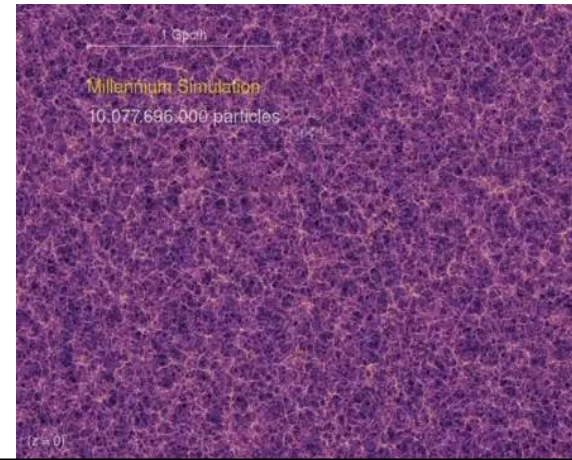




### სამყარო სხვადასხვა მასშტაბში



### სამყარო კოსმოლოგიურ მასშტაბებში



[www.tevza.org/home/course/universe2011](http://www.tevza.org/home/course/universe2011)

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

ქვეთავები: 27.1 (გვ.1038–1046)