



სამყაროს ევოლუცია

ლექცია 10

ზეგალაქტიკური მანძილების გაზომვა,
სამყაროს მსხვილმასშტაბოვანი სტრუქტურა,
კოსმოლოგიური პრინციპი

„სამყაროს ევოლუცია“ / ალ. თევზაძე / 2019

ლექცია: 10 გვერდი: 3

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 / 2019

ლექცია: 10 გვერდი: 2

წინა ლექციაში

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

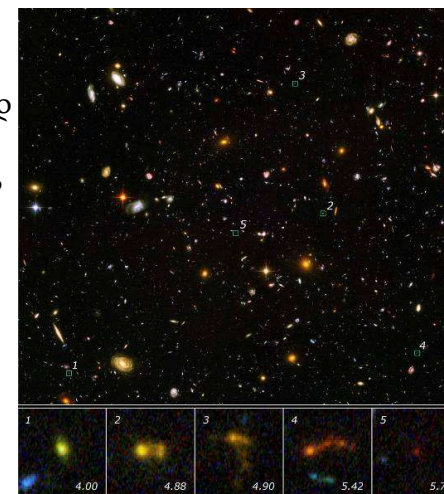
„სამყაროს ევოლუცია“ / ალ. თევზაძე / 2019

ლექცია: 10 გვერდი: 4

მანძილი შორეულ ობიექტებამდე

სამყაროს დიდმასშტაბოვანი სურათის შესაქმნელად საჭიროა მანძილის განსაზღვრა შორეულ ობიექტებამდე

რა მანძილია შორეულ გალაქტიკებამდე?



ტრიგონომეტრული პარალაქსი

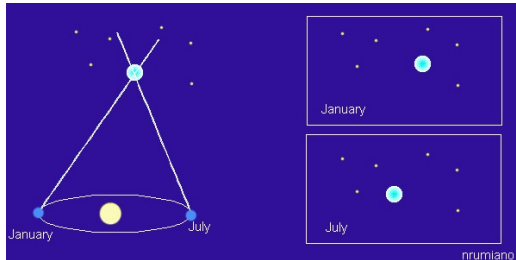
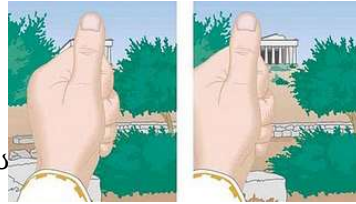
ობიექტის მოჩვენებითი

გადაადგილება

დამკვირვებლის

ადგილმდებარეობის შეცვლის

გამო



მანძილი შორეულ ობიექტებამდე

ტრიგონომეტრული პარალაქსი

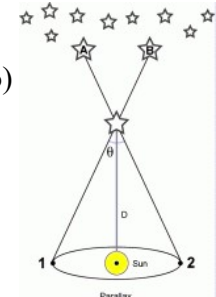
$$d = 1(\text{AU}) / p$$

d – მანძილი ვარსკვლავამდე (პარსეკი)

p - პარალაქსის კუთხე (სეკუნდი)

$d \sim 10^6$ პარსეკი (მეგაპარსეკი)

$p \sim 10^{-6}$ სეკუნდი (გრადუსი/3600)



შორეულ ობიექტებამდე პარალაქსის კუთხე

იმდენად მცირდება რომ მისი გაზომვა

შეუძლებელია

ზეგალაქტიკური მანძილების გაზომვის პრობლემა

ვარსკვლავებამდე მანძილის გაზომვა

ასტრომეტრია: ვარსკვლავების და სხვა ციური სხეულების ადგილმდებარეობის და მოძრაობის სიარების ზუსტი გაზომვა.

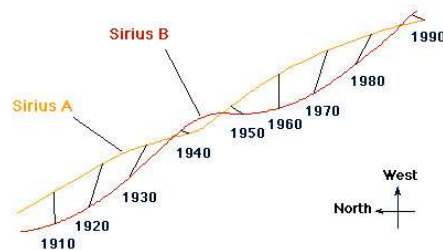
დიდი სიზუსტით გაზომვა შესაძლებელია.

- მზის სისტემის

სხეულები;

- ჩვენი გალაქტიკის

ობიექტები;



ვარსკვლავებამდე მანძილის გაზომვა

ასტრომეტრიული თანამგზავრები:

Hipparcos (1989-1993), Gaia (2013-)

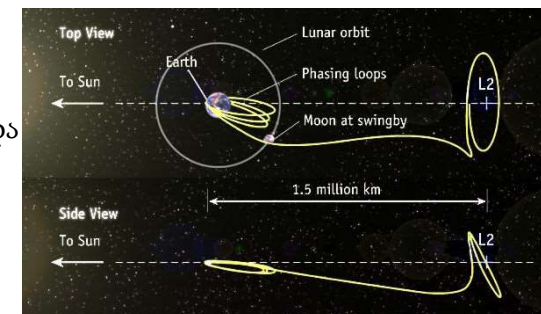


პარალაქსის

სამკუთხედის

ფუძე გაიზარდა

1.5მლნ კმ-ით



მანძილი შორეულ ობიექტებამდე

ზეგალაქტური მანძილის გაზომვის
ალტერნატიული მეთოდები:

- სპექტრული პარალაქსი
- სტანდარტული სანთლის მეთოდები

ცნობილი ნათობის ობიექტის
“სტანდარტული სანთლის”
იდენტიფიცირება;

ხილული და აბსოლუტური
ნათობის შედარების მეთოდი



სპექტრული პარალაქსი

მნათობის

ადგილმდებარეობა

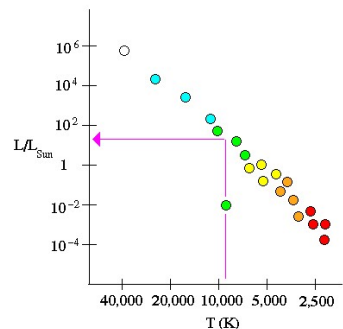
HR დიაგრამაზე

ძირითადი თანმიმდევრობის
ვარსკვლავი:

მახასიათებელი სპექტრული
კლასი;

პარალაქსი: ვერტიკალური გადაადგილება HR დიაგრამაზე

მანძილი: ხილული და აბსოლუტური ნათობის შედარება;



სპექტრული პარალაქსი

ტრიგონომეტრიული პარალაქსი:

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

სპექტრული პარალაქსი:

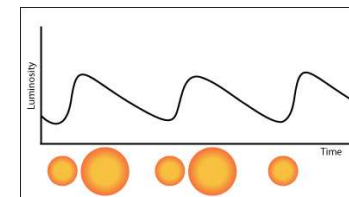
ვარსკვლავის გადაადგილება H-R დიაგრამაზე
აბსოლუტ. და ხილული ნათობის განსხვავების გამო;
მანძილები: < 100 კილო პარსეკი; სიზუსტე: საშუალო;

ცეფეიდები

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

ობიექტი: პულსირებადი ვარსკვლავი: ცეფეიდი;

პერიოდები: რამოდენიმე დღიდან თვეებამდე;



ცეფეიდები

პულსაციის მექანიზმი: ერთჯერადად და ორჯერადად იონიზირებული ჰელიუმის გამჭვირვალობის ცვლილება;

აბსოლუტური ნათობა დამოკიდებულია პულსაციის პერიოდზე:

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

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

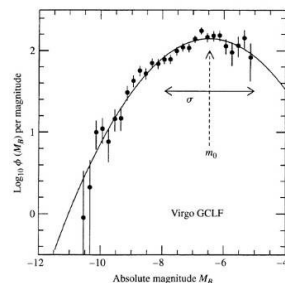
სფერული გროვები

მდებარეობა: გალაქტიკების ჰალო

მოდელი: სხვადასხვა გალაქტიკაში ყველაზე კაშკაშა სფერული გროვების ნათობა ერთიდაიგივეა;

მეთოდი: გალაქტიკებში გროვების ნათობის მრუდების შედარება

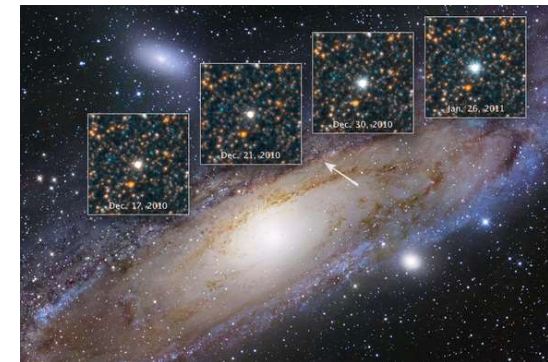
ნათობის მრუდების განსხვავებით დავითვლით მანძილის სხვაობას ორ გალაქტიკას შორის



ცეფეიდები

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

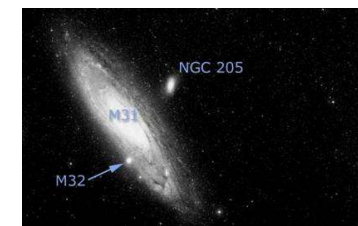
ცეფეიდები კაშკაშა ცვალებადი ვარსკვლავებია, რის გამოც შესაძლებელია მათი აღმოჩენა სხვა გალაქტიკებში



სფერული გროვები

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

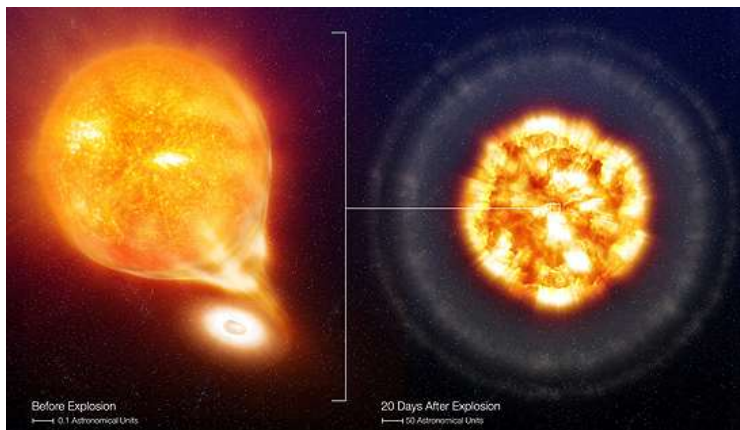


მოდელი: სპირალური გალაქტიკის აბსოლუტური ნათობის განსაზღვრა შესაძლებელია გალაქტიკის ცენტრის ირგვლივ ვარსკვლავების ბრუნვის მაქსიმალური სიჩქარის საშუალებით

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

W - მაქსიმალური სიჩქარე

Ia ტიპის ზეახალი ვარსკვლავები



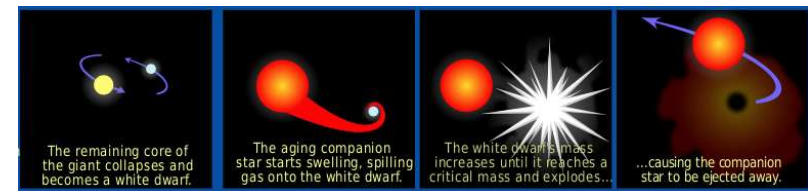
ილუსტრაცია

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

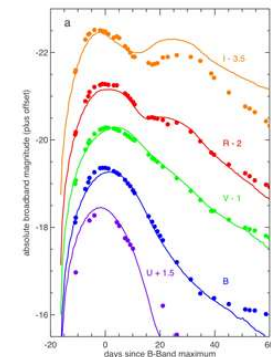


Ia ტიპის ზეახალი

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

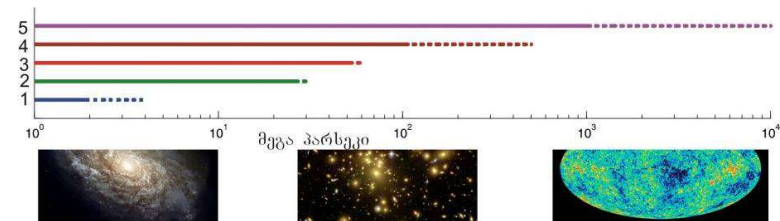
ასეთ შემთხვევებში შესაძლებელია დავაკვირდეთ ზეახალის აფეთქებას გალაქტიკაში, რომელიც ვარსკვლავის აფეთქებამდე არც ჩანდა.

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

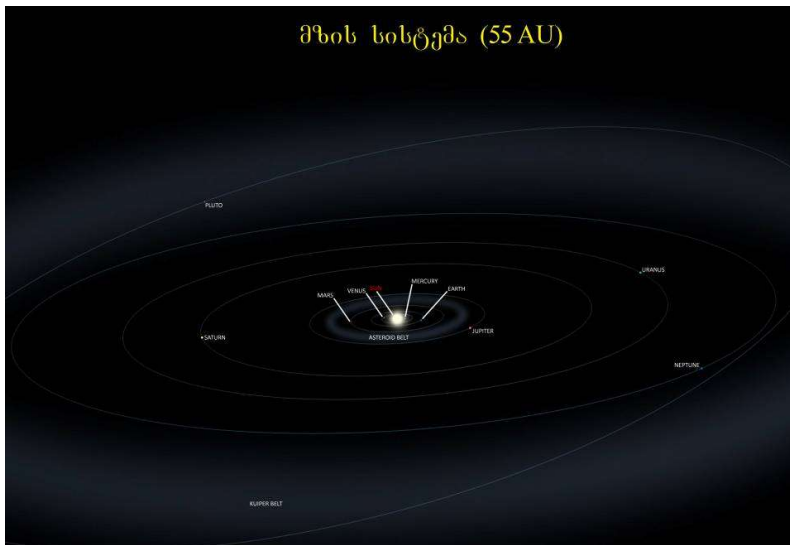


ექსტრაგალაქტიკური მანძილები

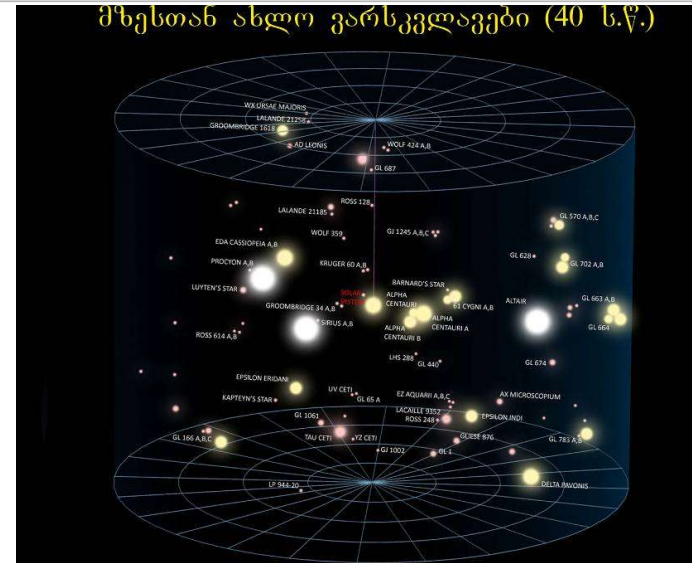
1. სპექტრული პარალაქსი (1-3 Mpc, $\pm 10\%$)
2. ცეფეიდები (25-30 Mpc, $\pm 16\%$)
3. სფერული გროვები (50-60 Mpc, $\pm 40\%$)
4. სპირალური გალაქტიკები (100-500 Mpc, $\pm 40\%$)
5. ზეახალი ვარსკვლავები (>1000 Mpc, $\pm 10\%$)

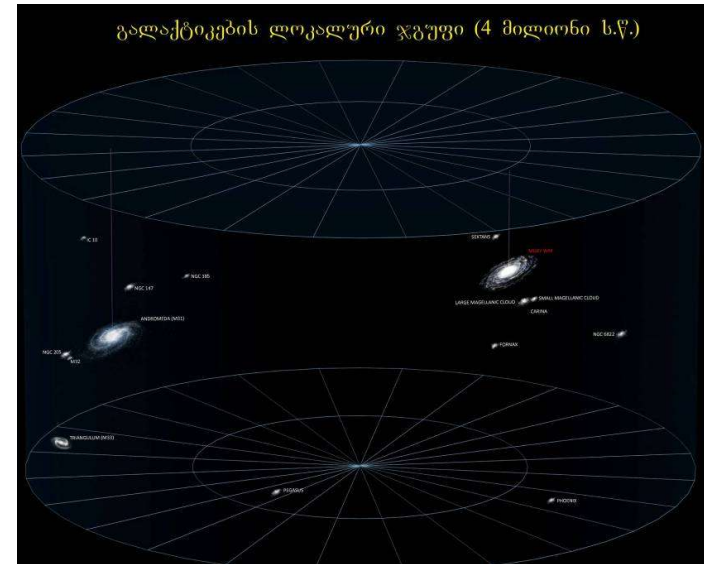
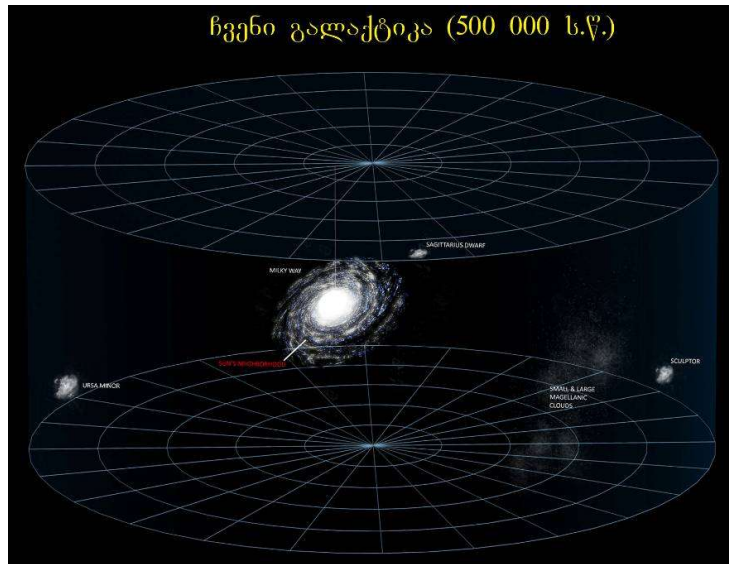


მზის სისტემა (55 AU)

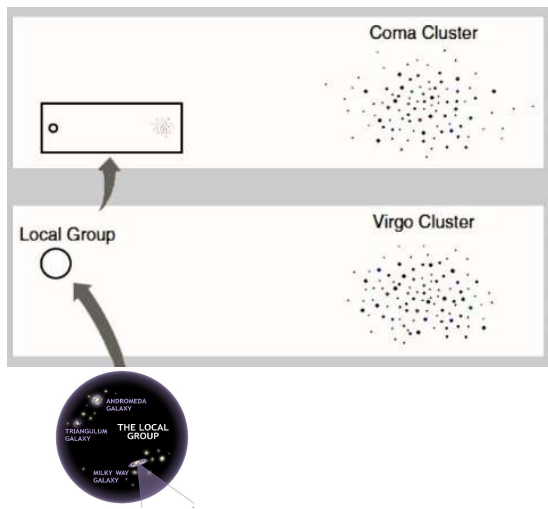


მზესთან ახლო ვარსკვლავები (40 ს.წ.)

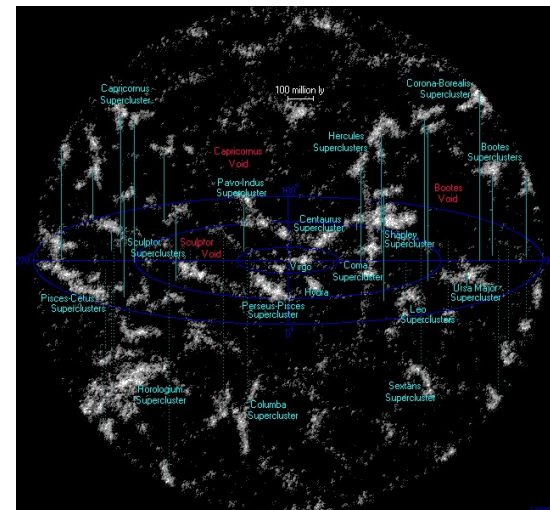




გალაქტიკების გროვების მასშტაბი



გალაქტიკური გროვების მასშტაბი



სამყარო მცირე მასშტაბებში



სამყაროს დიდმასშტაბოვანი სურათი

დაკირვებები:

Sloan Digital Sky Survey (SDSS, 2.5m)



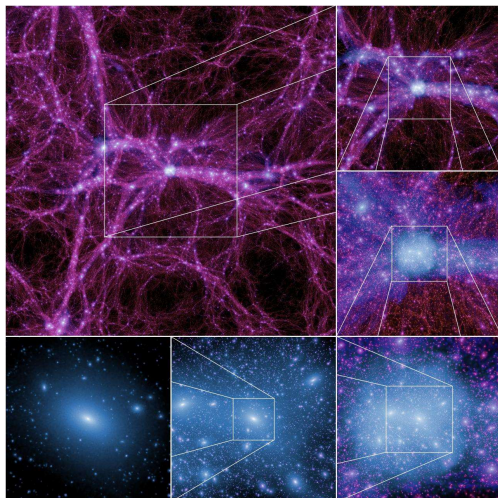
2dF Galaxy
Redshift Survey (3.9m)



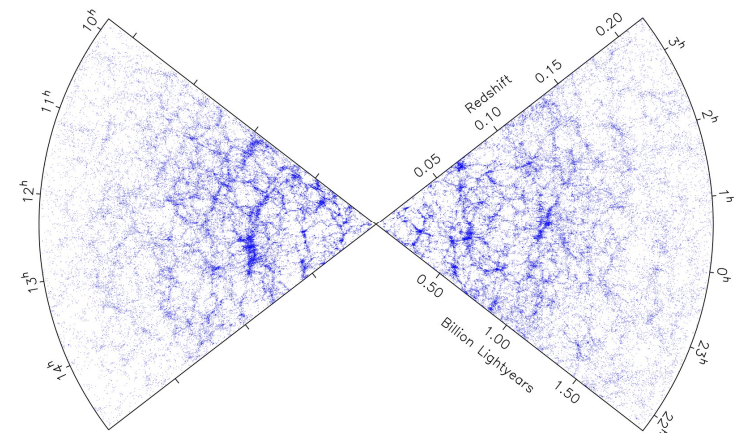
Millennium (II) simulation
(N-particle, 10^{10} ნაწილაკი)



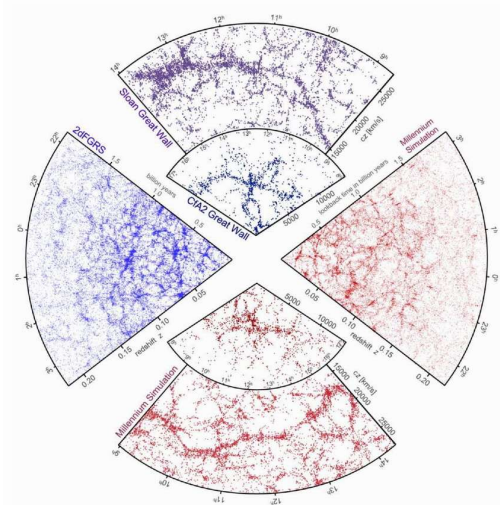
გალაქტიკების გროვები: მოდელირება



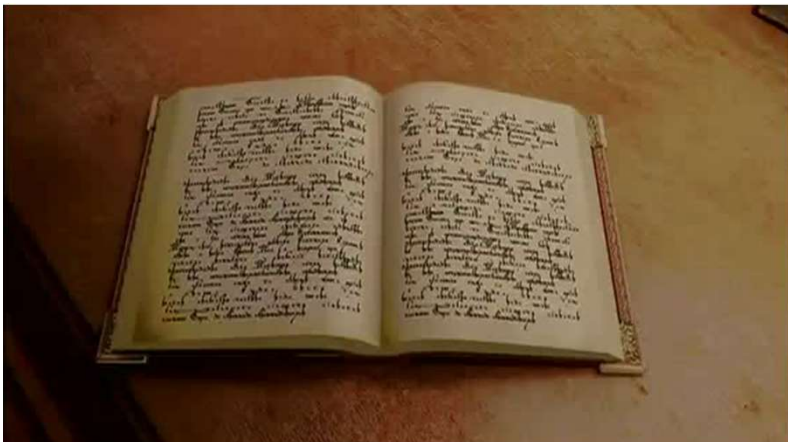
გალაქტიკების გროვები: დაკვირვება



გალაქიკური გროვების მასშტაბი

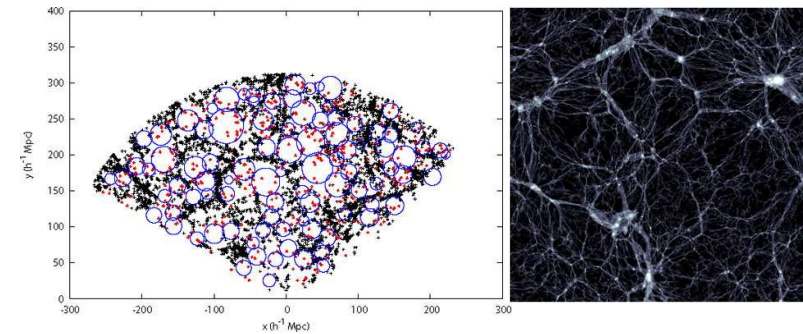


სამყარო სხვადასხვა მასშტაბში

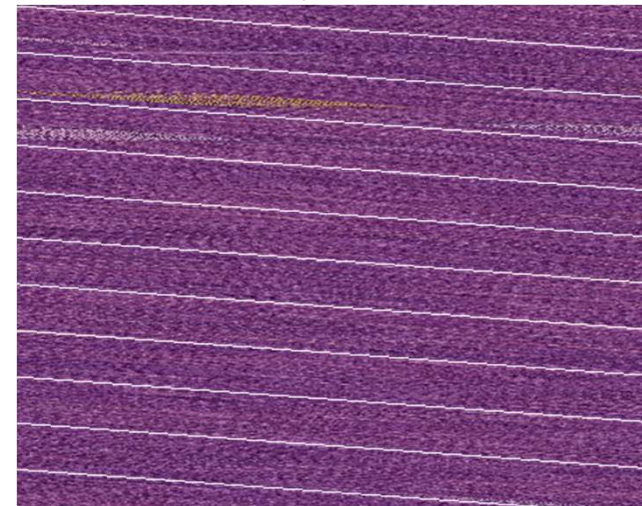


კოსმოსური სივრცეები (void)

„სივრცეების“ რადიუსი: 10-100 მეგაპარსეკი



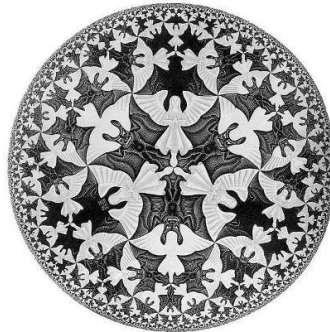
სამყარო კოსმოლოგიურ მასშტაბებში



იზოტროპულობა

არ არსებობს გამორჩეული
მიმართულება

საპირისპირო შემთხვევა:
გამორჩეული მიმართულება;
მაგ. “ღერძი”



მ. ეშერი: “ეშმაკები და ანგელოზები”



სამყაროს მსხვილმასშტაბოვანი სტრუქტურა

კოსმოლოგიური პრინციპი

კოსმოლოგიურ მასშტაბებზე სამყარო იზოტროპული
და ერთგვაროვანია

იზოტროპულობა:

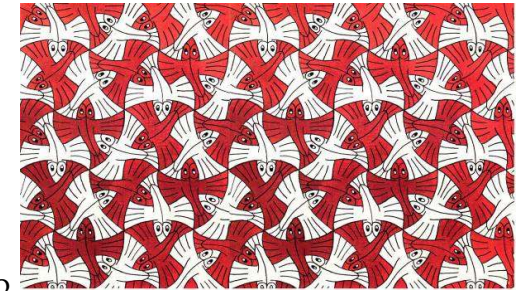
სამყაროს სურათი არ არის დამოკიდებული
დაკვირვების კუთხეზე (მიმართულებაზე);

ერთგვაროვნება:

სამყაროს სურათი არ არის დამოკიდებული
დაკვირვების ადგილზე;

ერთგვაროვნება

არ არსებობს
გამორჩეული
მდებარეობა



დიდ მასშტაბებში

სამყარო

ერთნაირად ჩანს

როგორც დედამიწიდან ისე

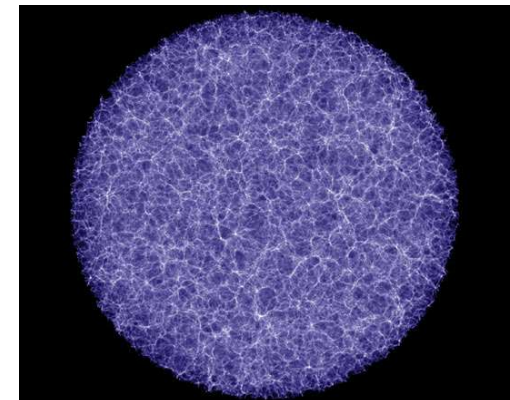
სამყაროს ნებისმიერი სხვა წერტილიდან.

მ. ეშერი: “მფრინავი თევზები”

სამყაროს მსხვილმასშტაბოვანი სტრუქტურა

შემკვრივებები
(“კვანძები”):

გალაქტური
გროვები
(სუპერკლასტერი)

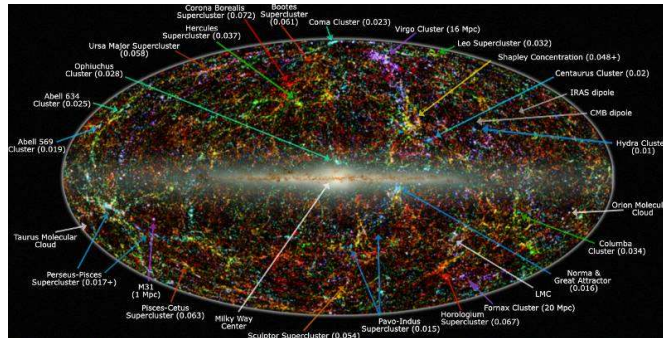


ილუსტრაცია

ხილული სამყარო დიდ მასშტაბებში

კოსმოლოგიურად მცირე მასშტაბები რომლებიც არ ემორჩილებიან კოსმოლოგიურ პრინციპს:

მზის სისტემა, ჩვენი გალაქტიკა, გალაქტიკების ლოკალური ჯგუფი



www.tevza.org/home/course/universe2019

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

ქვეთავები: 27.1 (გვ. 1038–1046)

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

ქვეთავები 22.1,2 (გვ. 607)