



სამყაროს ევოლუცია

## ლექცია 9

გალაქტიკების ლოკალური ჯგუფი,  
გალაქტიკების კლასიფიკაცია  
გალაქტიკების ევოლუცია, ფარული მასა

### გალაქტიკები

სავარაუდოა, რომ სამყაროში გალაქტიკების სრული რაოდენობა აღემატება 500 მილიარდს.

გალაქტიკების გროვა (კლასტერი) გრავიტაციულად დაკავშირებული სხვადასხვა ტიპის გალაქტიკებია რომლებიც მოძრაობენ ერთმანეთის მიზიდულობის ველში.

ჩვენი გალაქტიკა ირმის ნახტომი არის  
გალაქტიკების ლოკალური გროვის წევრი

### წინა ლექციაში

- ვარსკვლავთშორისი გარემო
- მინიმალური და მაქსიმალური მასის ვარსკვლავები
- ვარსკვლავების ასაკი
- კოსმოქრონოლოგია

### გალაქტიკების ლოკალური ჯგუფი

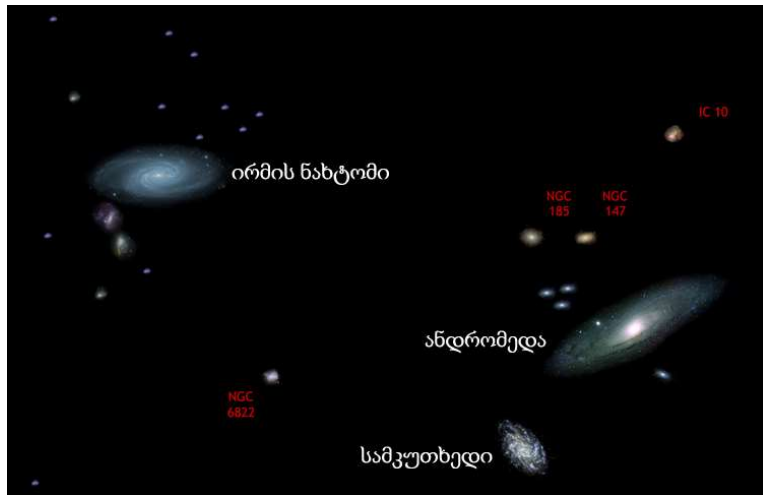
გალაქტიკების სრული  
რაოდენობა ჩვენს გროვაში: 36 გალაქტიკა

3 ძირითადი + 27 სატელიტი გალაქტიკა

ძირითადი (მასიური) გალაქტიკები:

1. ანდრომედა;
2. ირმის ნახტომი;
3. სამკუთხედი;

## გალაქტიკების ლოკალური ჯგუფი

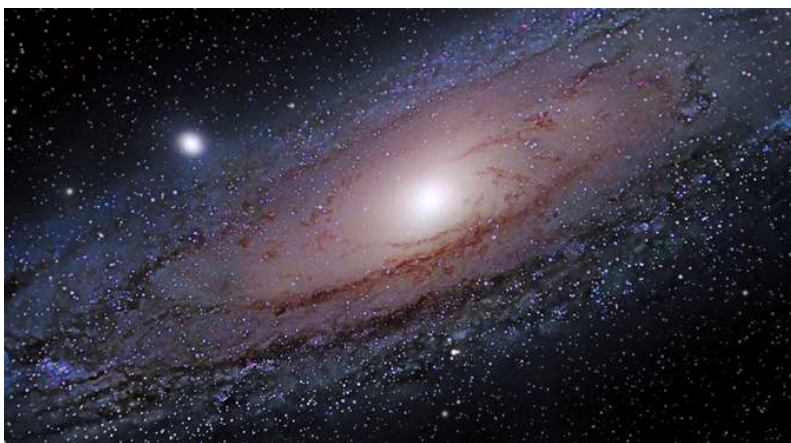


## გალაქტიკების ლოკალური ჯგუფი

|               | ვარსკვ. რაოდენობა   | მსა ( $M_{\odot}$ ) | ტიპი      |
|---------------|---------------------|---------------------|-----------|
| ანდრომედა     | $10 \cdot 10^{11}$  | $12 \cdot 10^{11}$  | სპირალური |
| ირმის ნახტომი | $4 \cdot 10^{11}$   | $7 \cdot 10^{11}$   | სპირალური |
| სამკუთხედი    | $0.4 \cdot 10^{11}$ | $0.5 \cdot 10^{11}$ | სპირალური |

$10^9$  = მილიარდი;  $10^{12}$  = ტრილიონი

## ანდრომედა (M31)

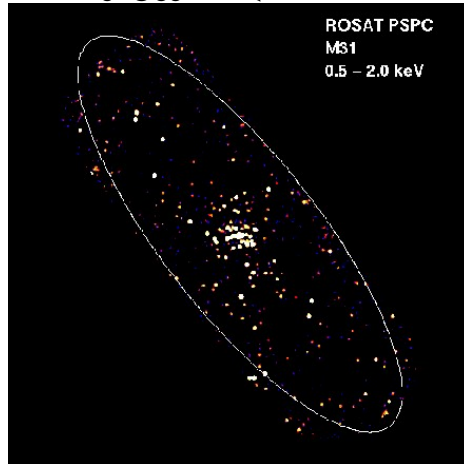


## ანდრომედა (M31)

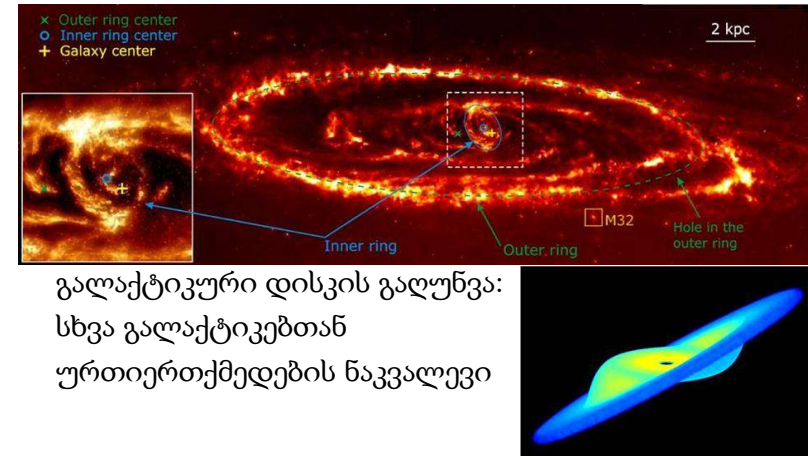
ულტრაიისფერი დიაპაზონი



## ანდრომედა (M31) რენტგენის დიაპაზონი

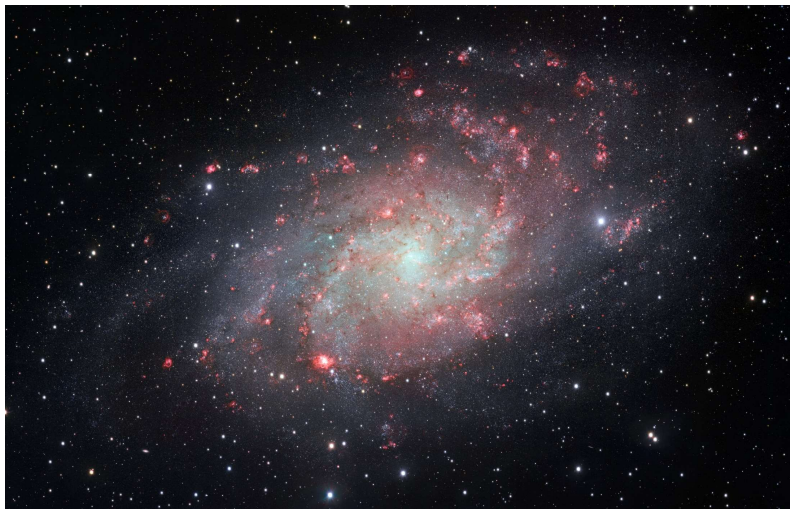


## ანდრომედა (M31) ინფრაწითელი დიაპაზონი



გალაქიკური დისკის გაღუნვა:  
სხვა გალაქტიკებთან  
ურთიერთქმედების ნაკვალევი

## სამკუთხედი (M33)

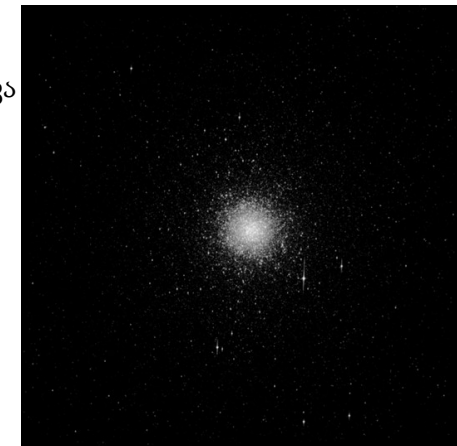


## მშვილდოსანის ჯუჯა გალაქტიკა

ირმის ნახტომის  
სატელიტი გალაქტიკა  
M54 (sagittarius dwarf)

დიამეტრი:  
10 000 ს.წ.

ჩვენი გალაქტიკის  
დისკის დიამეტრის  
მეათედი





## ირმის ნახტომის თანამგზავრები

### მაგელანის დიდი და მცირე ღრუბელი (ნისლეული)

მაგელანის დიდი ღრუბელი – ჩვენი გალაქტიკის უახლოესი კომპანიონი: მანძილი ~ 150 000 ს.წ.



## დაკვირვებები შორეულ გალაქტიკებზე

### - Hubble Deep Field (HDF)

ექსპოზიცია: **10 დღე** (1995)

გალაქტიკები: **3 000**

### - Hubble Ultra Deep Field (HUDF)

ექსპოზიცია: **11 დღე** (4 სიხშირე, 2003)

გალაქტიკები: **10 000**

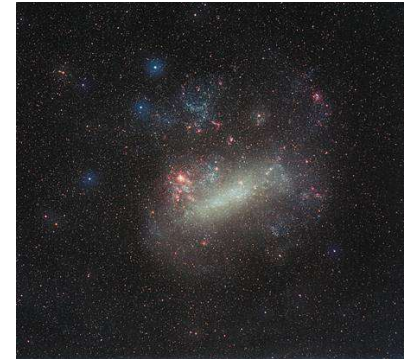
ობიექტების

ასაკი: **13 მილიარდი წელიწადი**

## მაგელანის დიდი ღრუბელი

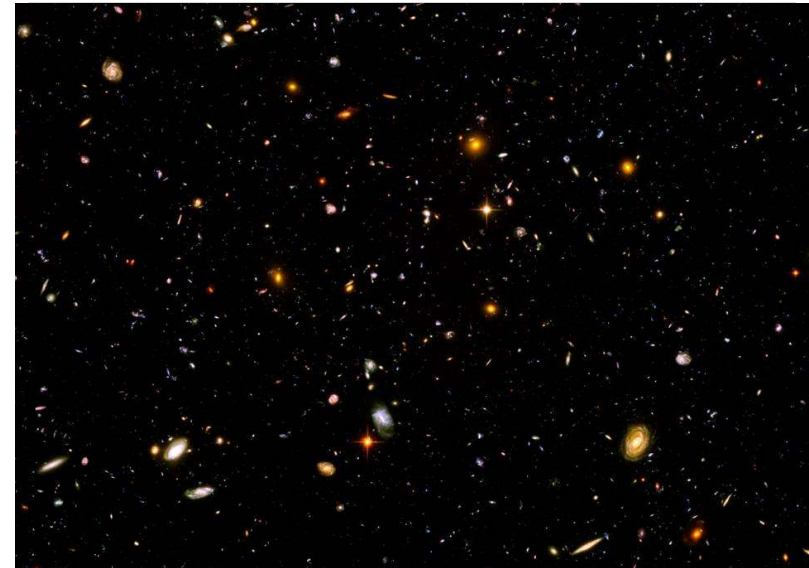
ოპტიკური

გამოსახულება



ინფრაწითელი

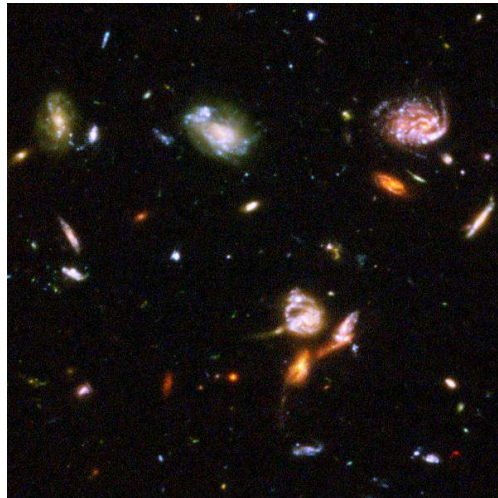
გამოსახულება



## ჰაბლის ულტრა ღრმა ველი

ფრაგმენტი:

სხვადასხვა  
ტიპის  
გალაქიკები



## ჰაბლის გალაქტიკების კლასიფიკაცია

კლასები: **E0-E7, S0, Sa-Sc, SBa-SBc**

E - ელიფსური;

S - სპირალური;

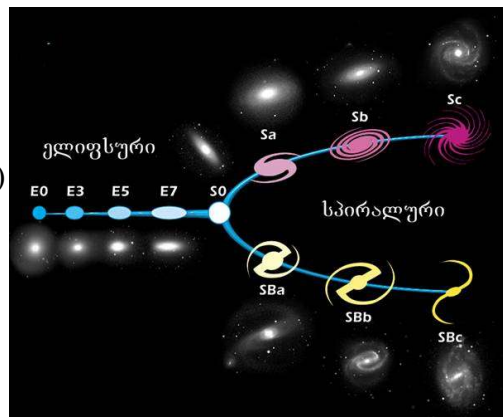
მართკუთხედი (bar)

– კი

– არა

ჩვენი გალაქტიკა:

SBc



## გალაქტიკების კლასიფიკაცია

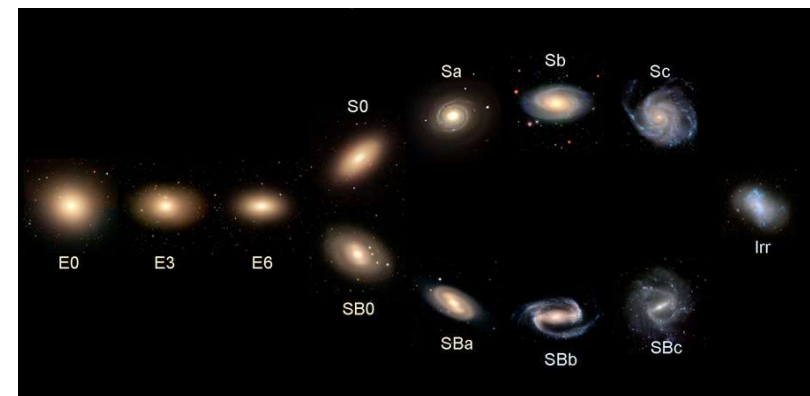
გალაქტიკების კლასიფიკაცია შესაძლებელია მათ  
ხილულ თვისებებზე დაყრდნობით:

- გალაქტიკის ფორმა;
- სპირალუბის არსებობა;
- ცენტრალური ნაწილის გეომეტრია;

გალაქტიკების ოპტიკური მორფოლოგია

## ჰაბლის მორფოლოგიური კლასიფიკაცია

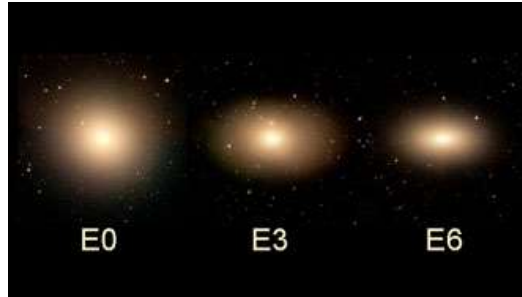
## ჰაბლის გალაქტიკების კლასიფიკაცია



ელიფსური, სპირალური და არაწესიერი გალაქტიკები

## ელიფსური გალაქტიკები

ვარსკვლავების  
ბირთვული  
ჯგუფი

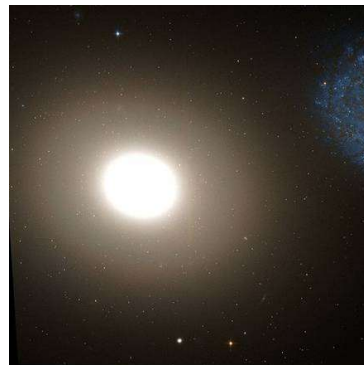


## ელიფსური გალაქტიკები

“ცრუ კომეტების” მესიეს კატალოგი:  
არა წერტილოვანი გამოსხივების წყარო

ელიფსური გალაქტიკა M60

ვარსკვლავების ბრუნვა  
ცენტრის გარშემო ყველა  
სიბრტყეში

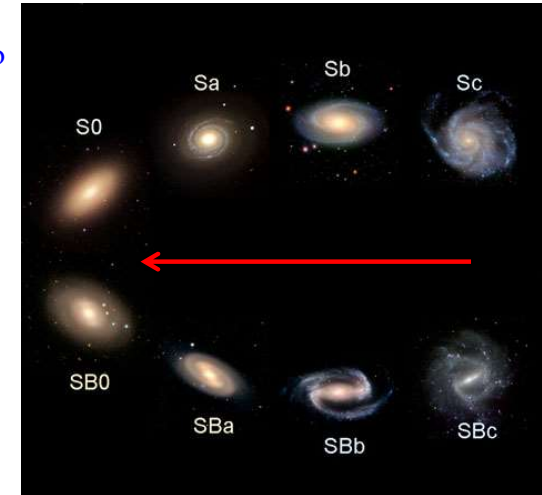


## სპირალური გალაქტიკები

უფრო მასიური  
ბირთვი

ნაკლები  
მტვერი

უფრო  
დახვეული  
სპირალები



## სპირალური გალაქტიკა

სპირალური  
გალაქტიკა

M101

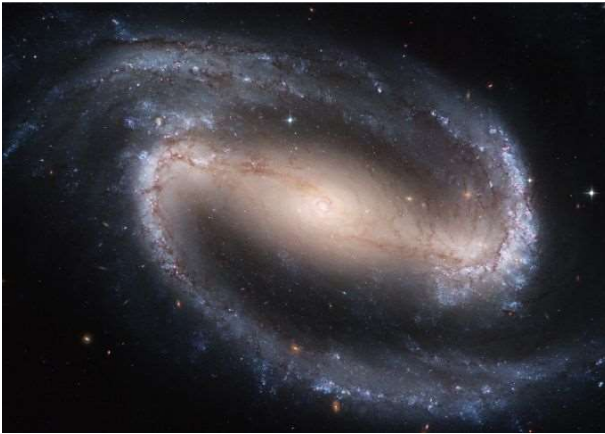




## სპირალური გალაქტიკა

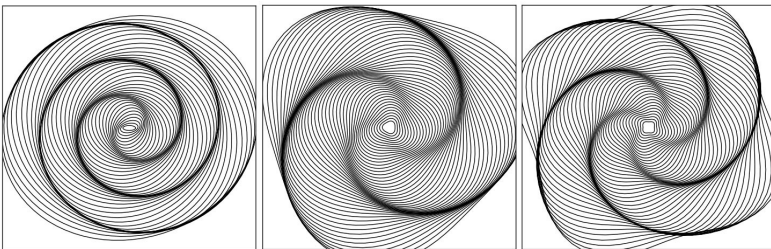
სპირალური  
გალაქტიკა  
(bar)

NGC1300



## სპირალურების წარმოშობა

გალაქტიკის ცენტრალური ნაწილის ასიმეტრია  
განსაზღვრავს სპირალურების რაოდენობას

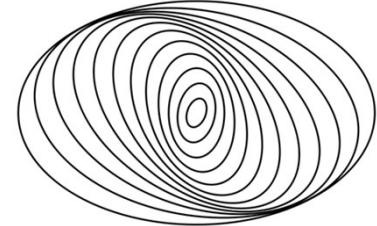


## სპირალურების წარმოშობა

მკვეთრად გამოხატული სპირალური  
ცენტრალური მართკუთხედი: S / SB

სპირალური: სპირალურ-გრაფიტაციული ტალღები

დიფერენციული ბრუნვა:  
არა-მყარტანოვანი ბრუნვა;



ცენტრის ბრუნვის სიხშირე  
მაღალია გარეუბნებთან შედარებით (კეპლერის კანონი)

## გარდამავალი ტიპი

Lenticular გალაქტიკები (S0)



სომბრერო გალაქტიკა

## ზოგიერთი ცნობილი გალაქტიკა

მზესუმზირა  
(M63)



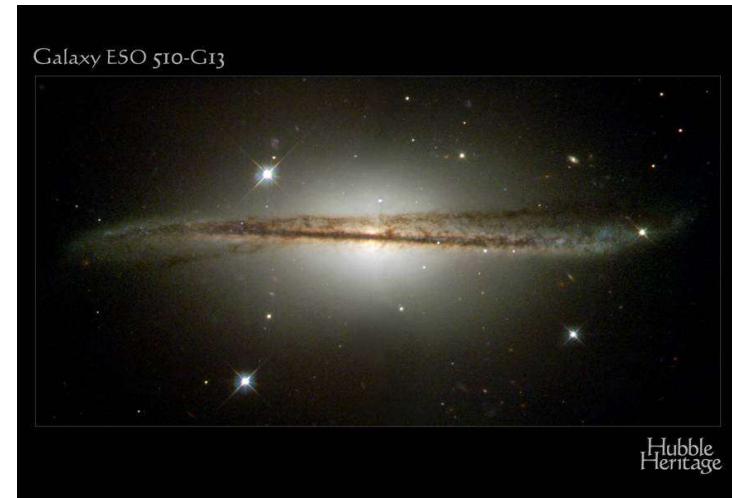
მანძილი: 37 მილიონი სინათლის წელი

## ზოგიერთი ცნობილი გალაქტიკა

Whirlpool  
(მორევი)  
M51a

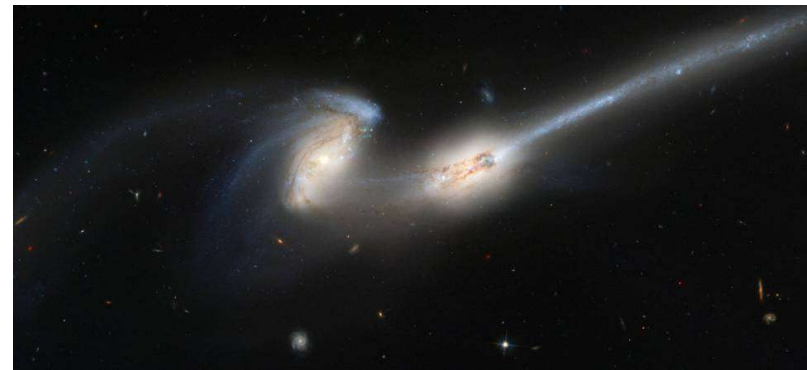


## ზოგიერთი ცნობილი გალაქტიკა



## გალაქტიკების ურთიერთქმედება

გალაქტიკების დაჯახება: “თაგვების გალაქტიკა”  
(NGC4676)

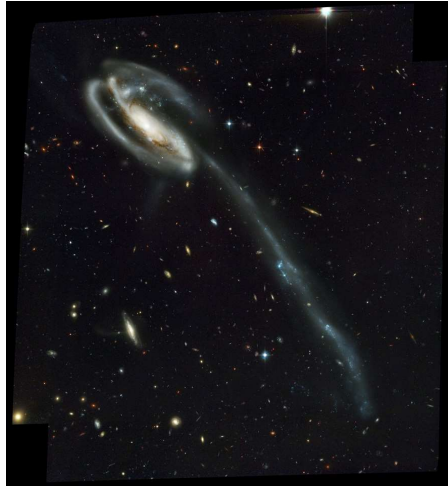




## გალაქტიკების ურთიერთქმედება

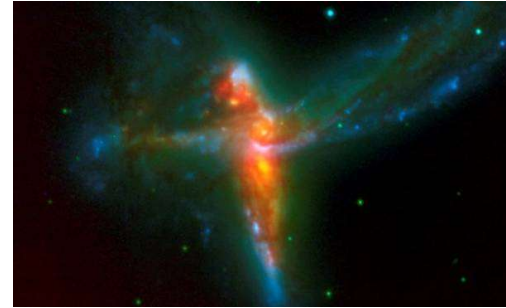
თავკომბალას  
გალაქტიკა  
(Tadpole)

კუდის სიგრძე:  
280,000 ს.წ.

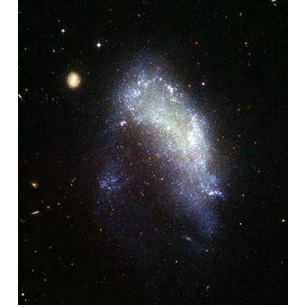


## არაწესიერი (irregular) გალაქტიკები

გალაქტიკების დაჯახებამ შეიძლება წარმოქმნას  
მორფოლოგიურად “არაწესიერი ფორმის” ობიექტი

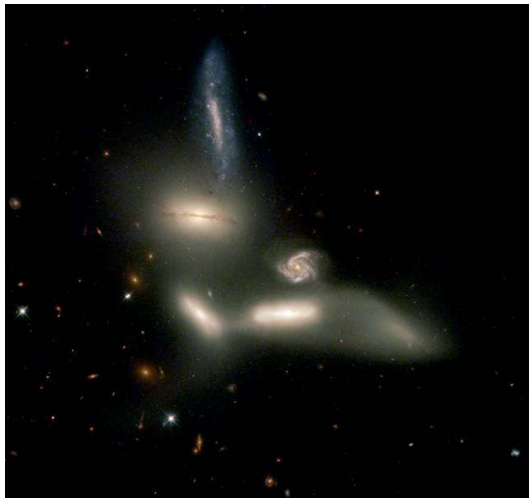


“ჩიტი” IRAS 19115-2124

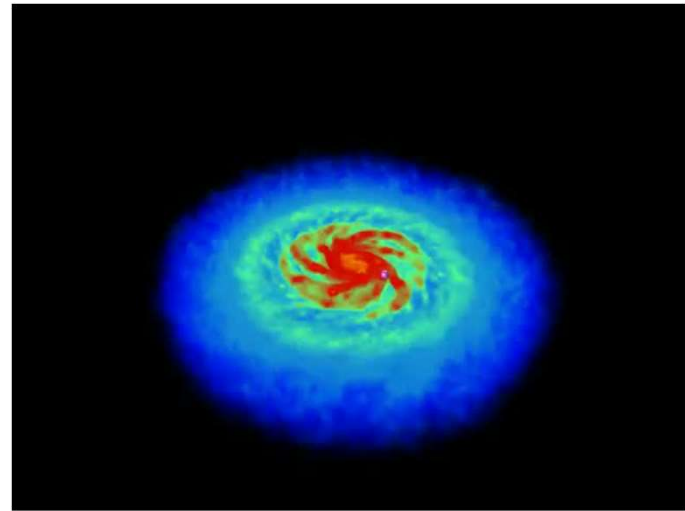


NGC1427A

## გალაქტიკების კომპაქტური ჯგუფები



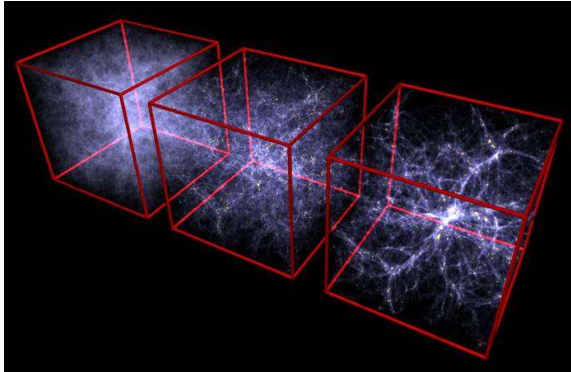
## გალაქტიკების „დაჯახება“



## გალაქტიკების ჯგუფების წარმოქმნა

სამყაროში ადრეული მატერიის გრავიტაციული ფრაგმენტაცია

შემკვრივება:  
გალაქტიკების  
გროვა  
(კლასტერი)

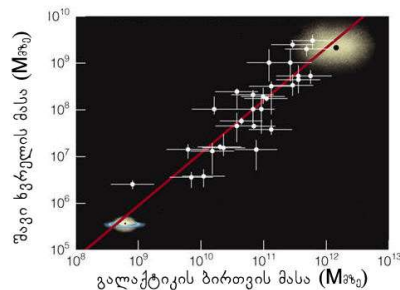


## გალაქტიკების ევოლუცია

გალაქტიკის ცენტრში არსებული ზემასიური შავი ხვრელის მასა პროპორციულია გალაქტიკის ბირთვის მასის;

- სპირალური გალაქტიკები
- ზოგიეთი ელიფსური გალაქტიკა

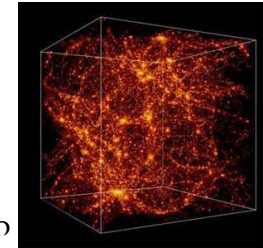
გალაქტიკები  
ჩამოყალიბდნენ  
ზემასიური შავი  
ხვრელების გრავ. ველში



## გალაქტიკების ევოლუცია

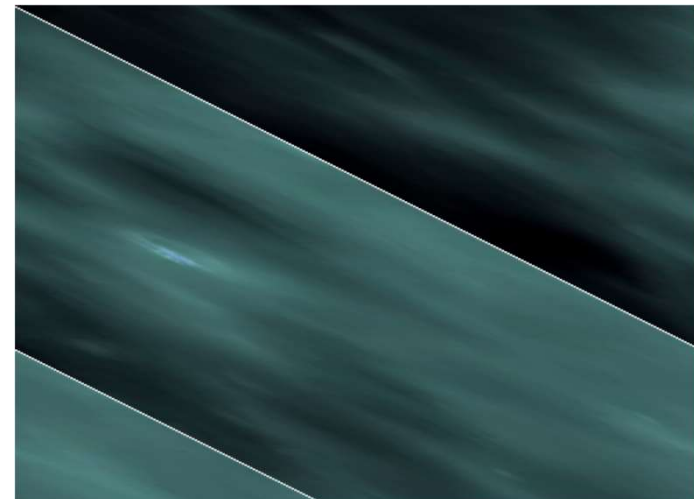
გალაქტიკების წარმოშობა:  
ადრეული სამყაროს ფიზიკა;

გალაქტიკებში შესაძლებელია  
ინახებოდეს ინფორმაცია ადრეული  
სამყაროს თვისებებზე;



კოსმოლოგიისათვის საინტერესო ობიექტები:  
გალაქტიკების განაწილების სტატისტიკა;  
მაგნიტური ველი; ...

## სპირალური გალაქტიკის წარმოქმნა



## გალაქტიკების ევოლუცია

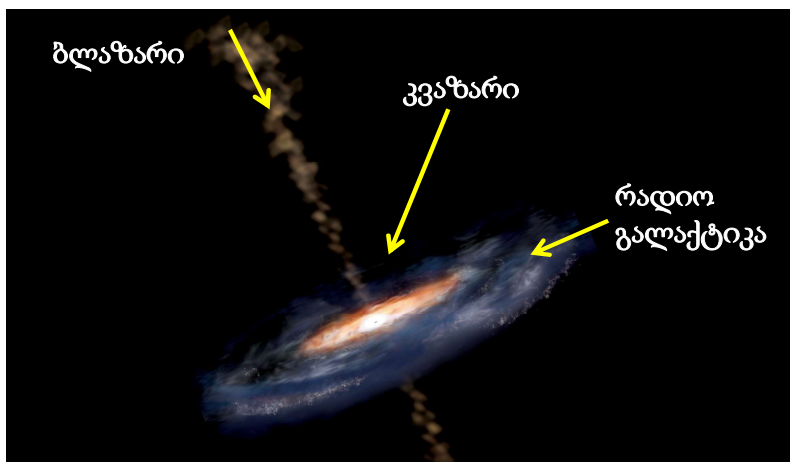
სპირალური გალაქტიკის გულში ზემასიური შავი ხვრელი შთანთქმავს მიმდებარე მატერიას;

წარმოიქმნება გიგანტური ცხელი მორევი: გრავიტაციული ენერგია კვებავს სითბური გამოსხივება;

გალაქტიკის ცენტრის გამოსხივების ძირითადი ენერგიის წყაროს წარმოადგენს აკრეცია ზემასიურ შავ ხვრელზე

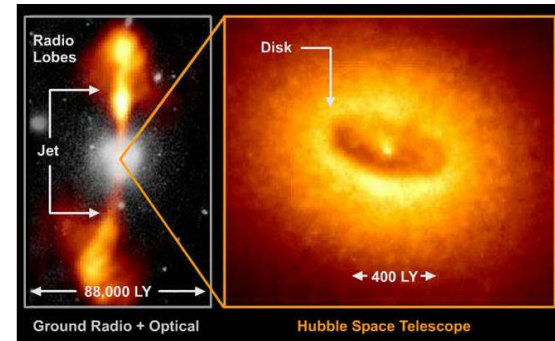


## აქტიური გალაქტიკები



## გალაქტიკების ევოლუცია

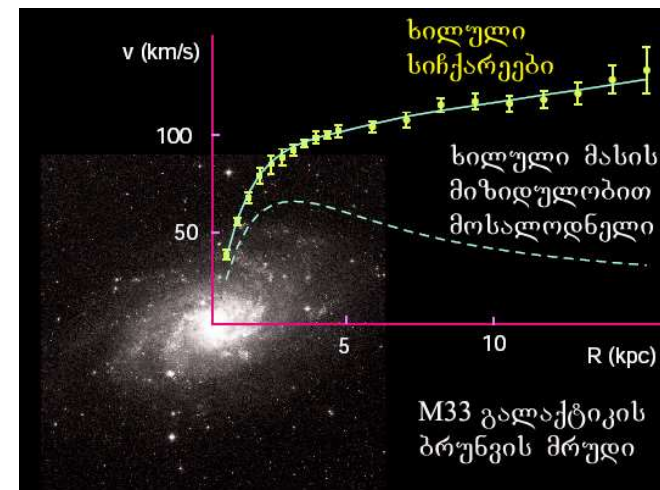
გალაქტიკის ბირთვის ნათობის ენერგიის წყარო



გალაქტიკების სიცოცხლის დასასრული:

*სამყაროს ევოლუცია*

## გალაქტიკების ბრუნვა





## გალაქტიკების ბრუნვა

მასის დეფიციტი:

გრავიტაციული მიზიდულობის ძალის სიმცირე  
ხილული ორბიტალური სიჩქარეების ასახსნელად.

ნიუტონის გრავიტაცია:

$$F = G M m / r^2 \ll F_{\text{ხილული}}$$

ფარული მასა:  $M_{\text{ფ}}$

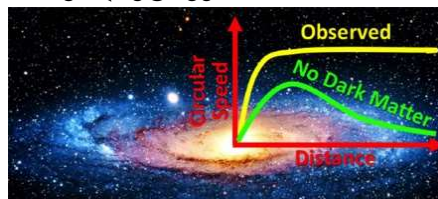
$$F_{\text{ხილული}} = G (M + M_{\text{ფ}}) m / r^2$$

$$M_{\text{ფ}} \gg M$$

## ფარული მასა

ფარული მასის განაწილება სხვადასხვა ტიპის  
გალაქტიკებში

სპირალური  
გალაქტიკა

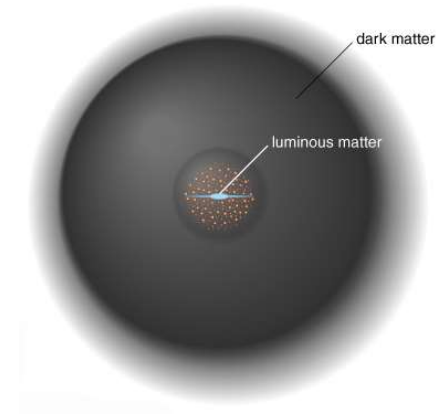


ელიფსური  
გალაქტიკა



## ფარული მასა (Dark Matter)

საჭირო დამატებითი  
გრავიტირებადი  
ფარული მასის  
განაწილება  
გალაქტიკაში:  
(ჰიპოთეტური)



## ფარული მასა

კანდიდატები: **ცხელი ნაწილაკები (ნეიტრინო)**

სუსტად ურთიერთქმედი მასიური ნაწილაკები (WIMP)  
ეგზოტიკური მატერია

ალტერნატიული მიდგომა:

სუპერსიმეტრიები (ქვანტური გრავიტაცია)

მოდифიცირებული გრავიტაცია:  $F \sim 1/r^n$  ( $n \neq 2$ )

[www.tevza.org/home/course/universe2019](http://www.tevza.org/home/course/universe2019)

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

ქვეთავები 19.1,2,3,4

J. Fix “*Astronomy Journey of the Cosmic Frontier*”,  
(2008)

ქვეთავები 23.1,2,3, 24.3

B. W. Carroll and D. A. Ostlie, “*An Introduction to Modern Astrophysics*”  
(2007). ქვეთავები: 24.1 (გვ.874-878), 24.2 (გვ.881-883), 25.1 (გვ.940-948)