



სამყაროს ევოლუცია

ლექცია 7

ჩვენი გალაქტიკა ირმის ნახტომი გალაქტიკის სტრუქტურა და დინამიკა

წინა ლექციაში

- ვარსკვლავების ევოლუცია
- ევოლუციის მრუდები
- ზეახალი ვარსკვლავები
- თეთრი ჯუჯები
- ნეიტრონული ვარსკვლავები
- შავი ხვრელები



ჩვენი გალაქტიკა

Democritus (460-370 BC):
ჰიპოთეზა:

“ღამის ცის ნათელი ზოლი შედგება მრავალი მილიონი ვარსკვლავისაგან”



გალაქტიკის ინდივიდუალური ვარსკვლავების პირველი დაკვირვება: გალილეო გალილეი



გალაქტიკის ბრუნვა ღამის ცაზე



ჩვენი გალაქტიკა

ბერძნული სახელწოდება: **Galaxy** (γαλαξίας რძის)
ინგლისურად: **Milky Way**
ქართული სახელწოდება: **ირმის ნახტომი**

*სვადასხვა კულტურის თვალთ ღამის ცაზე
დანახული გალაქტიკა:*

- იაპონია: “ზეციური მდინარე”
- ტაილანდი: “თეთრი სპილოს ნაკვალევი”
- კორეა: “ვერცხლის მდინარე”,
- სომხეთი: “თივის ქურდის ნაკვალევი”,

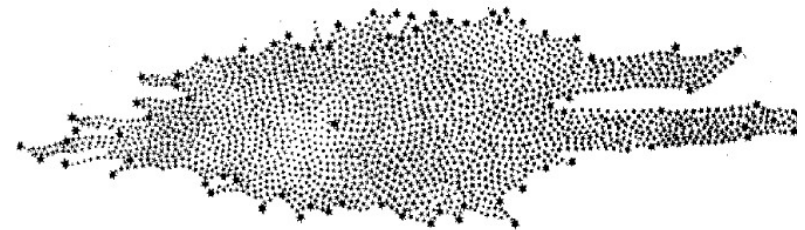
ჩვენი გალაქტიკა

გალაქტიკის ფოტოგრაფია გრძელი ექსპოზიციით



ჩვენი გალაქტიკა

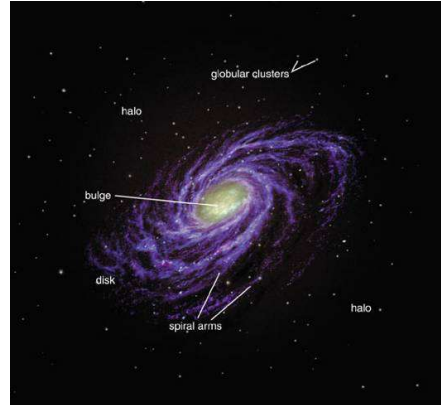
ჰერშელი (1785)
მახლობელ ვარსკვლავების დაკვირვებებზე
დაფუძნებული ჩვენი გალაქტიკის პირველი
(მცდარი) მოდელი: მზე გალაქტიკის ცენტრში



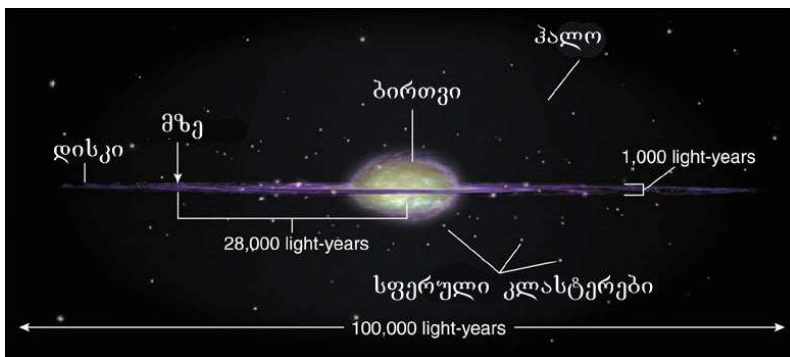
ჩვენი გალაქტიკა

ვარსკვლავების გროვის თვისებები:

- დისკური გროვა;
- ბრუნვა მასიური ცენტრის გარშემო;
- სპირალური სტრუქტურა;



ჩვენი გალაქტიკა



ჩვენი გალაქტიკის სტრუქტურა

გალაქტიკის ცენტრი;

ოვალური ფორმის მასიური ცენტრალური ნაწილი

გალაქტიკის დისკი;

- ბრუნვა ცენტრის გარშემო;
- სპირალური მკლავები;

გალაქტიკის ჰალო;

გალაქტიკის ბრუნვის სიბრტყიდან ამოვარდნილი ობიექტები

ჩვენი გალაქტიკა

პარამეტრები:

- დიამეტრი: **100 000 ს.წ.** (~30 კილო პარსეკი)
- სისქე: **1 000 ს.წ.**
- ვარსკვლავების რაოდენობა: **100–400 მილიარდი** ($1-4 \cdot 10^{11}$)
- მასა: **$5.8 \cdot 10^{11} M_{\odot}$**
- ყველაზე ხანდაზმული ვარსკვლავი: **13.2 მილიარდი წელი**

მზე ჩვენს გალაქტიკაში

მზე: გალაქტიკის პერიფერია;

მანძილი ცენტრამდე: **25 000 ს.წ.**

ცენტრის ირგვლივ

ბრუნვის პერიოდი: **250 მილიონი წელი**

სპირალური სტრუქტურის

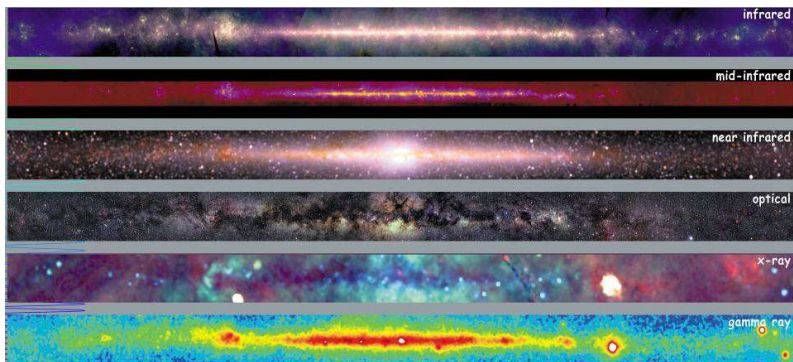
ბრუნვის პერიოდი: **500 მილიონი წელი**

ცენტრალური

ნაწილის ბრუნვის

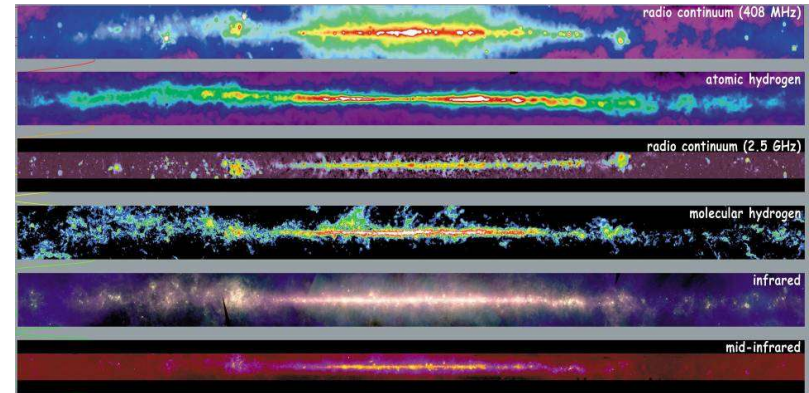
პერიოდი: **15–18 მილიონი წელი**

გალაქტიკა სხვადასხვა სპექტრულ უბანში



ინფრაწითელი, ოპტიკური,
 რენტგენი: ზეახალის ნარჩენები
 გამა სხივები: ნეიტრონული ვარსკვ. აკრეციული დისკები

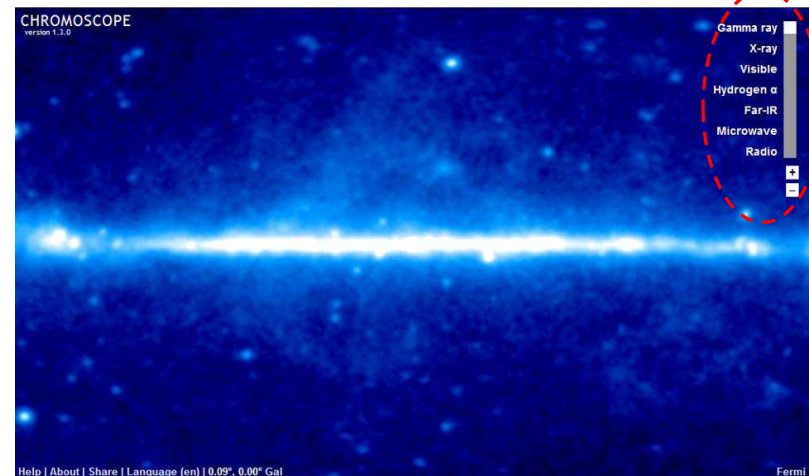
გალაქტიკა სხვადასხვა სპექტრულ უბანში



ინფრაწითელი: გალაქტიკის ცენტრი
 ატომური და მოლეკულური წყალბადის განაწილება

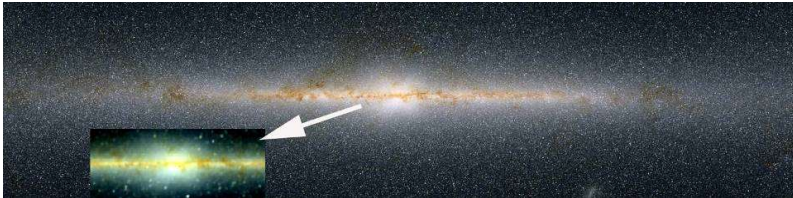
ჩვენი გალაქტიკა

<http://www.chromoscope.net/>



ჩვენი გალაქტიკა: ბირთვი

მასიური ცხელი ბირთვი;



ოპტიკური გამოსახულება:

- დიფუზიური გაზისა და მტვრის შთანთქმა;
- ინფრაწითელი გამოსახულება:
- + გალაქტიკის ბირთვი;

ჩვენი გალაქტიკა: ბირთვი



ოვალის სიგრძე: ~ 5–10 კილო პარსევი

პირდაპირი დაკვირვებები გართულებულია გარშემო დიდი რაოდენობით გაუმჭვირვალე დიფუზიური აირის არსებობის გამო

ჩვენი გალაქტიკა: ბირთვი

ვარსკვლავების სიმკვრივე ბირთვში:

200 მილიონი ვარსკვლავი / 1 (ს.წ.)³

მზის მახლობლობაში ვარსკვლავების შორის საშუალო მანძილი: 4 ს.წ.

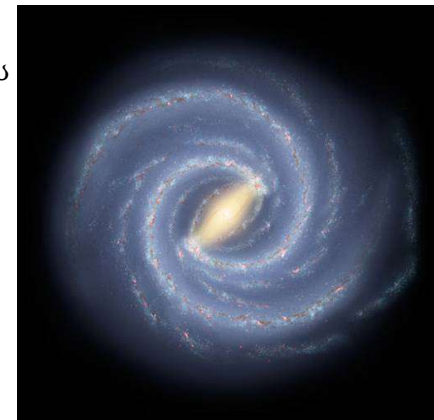
გალაქტიკის ცენტრი:

ზემასიური შავი ხვრელი: მასა $4 \cdot 10^6 M_{\odot}$

- სწრაფი მყარტანოვანი ბრუნვა;
- ბირთვის ოვალური ფორმა (central bar);

გალაქტიკური დისკი: სპირალები

ცენტრალური ბირთვის ირგვლივ ბრუნავს დისკურად განაწილებული მილიარდობით ვარსკვლავი.



დისკის ნათობაში შეიმჩნევა სპირალური სტრუქტურა

ჩვენი გალაქტიკა: სპირალები

სპირალების გეომეტრია:

ლოგარითმული სპირალები: $r = a \exp(b\phi)$



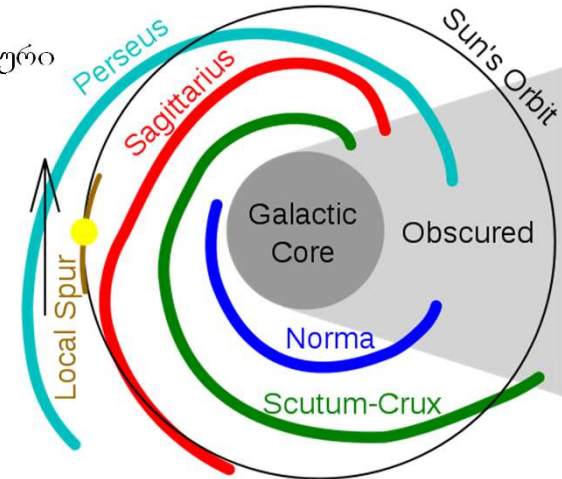
მზის ბრუნვა გალაქტიკაში



ჩვენი გალაქტიკა: სპირალები

ინდივიდუალური სპირალების აღდგენა

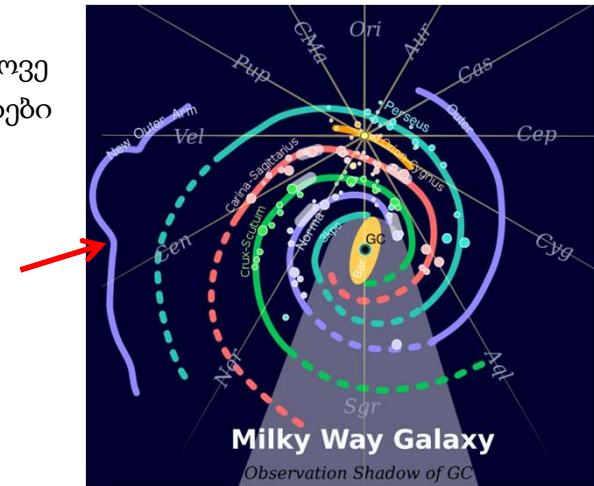
Sagittarius მშვილდოსანი



ჩვენი გალაქტიკა: სპირალები

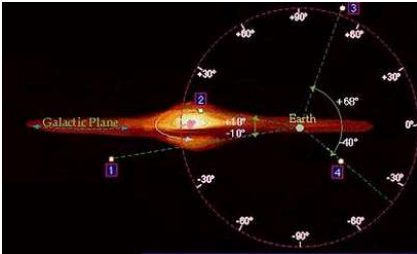
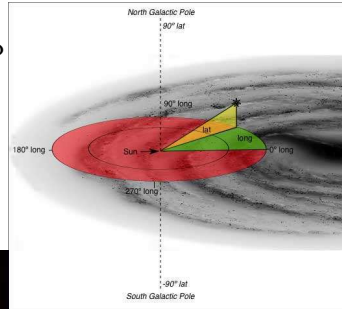
თანამედროვე დაკვირვებები

ახალი გარე სპირალი

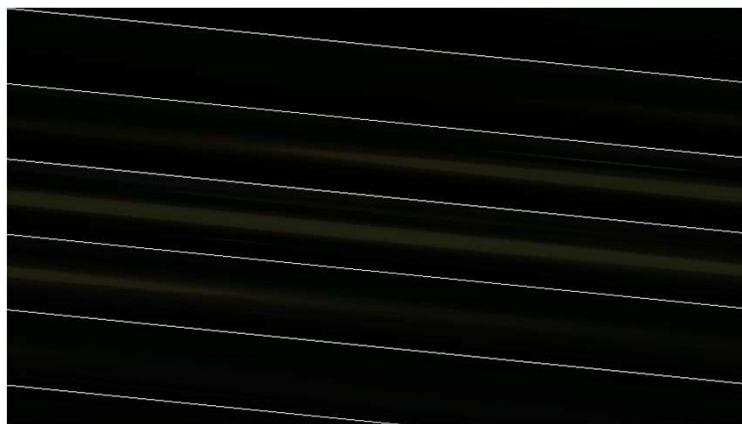


კოორდინატა სისტემა

გალაქტიკური კოორდინატა სისტემა: სფერულ კოორდინატა სისტემა, რომელიც ცენტრშია მზე, ხოლო საყრდენი სიბრტყე ემთხვევა გალაქტიკის სიბრტყეს.

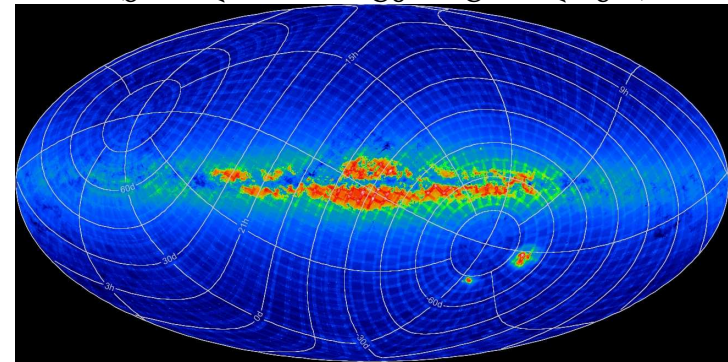


გალაქტიკის სპირალებზე დაკვირვება



კოორდინატა სისტემა

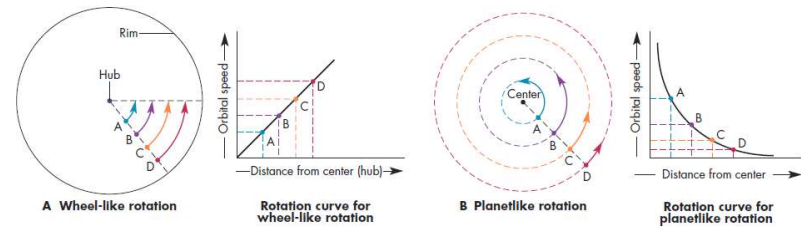
ობიექტების კოორდინატები ცის თაღზე გალაქტიკურ კოორდინატა სისტემაში (კოორდინატა სისტემის ტოპოლოგია)



გალაქტიკური დისკი: კინემატიკა

გალაქტიკის დისკში მყოფი ვარსკვლავები ბრუნავენ ბირთვის ირგვლივ სხვადასხვა კუთხური სიჩქარით: **დიფერენციალური ბრუნვა**

რაც უფრო ახლოა ვარსკვლავი გალაქტიკის ცენტრთან, მით უფრო ნაკლებია ბრუნვის პერიოდი;



დედამიწა ჩვენს გალაქტიკაში

მაგნიტოსფერო: სივრცის ნაწილი, სადაც დომინირებს დედამიწის მაგნიტური ველი, რომელიც ეწინააღმდეგება მზის ქარს და იცავს დედამიწას დამუხტული ნაწილაკებისაგან.

ჰელიოსფერო: სივრცის ნაწილი, სადაც დომინირებს მზის მაგნიტური ველი, რომელიც ეწინააღმდეგება ვარსკვლავურ ქარებს (გალაქტიკურ ქარს).

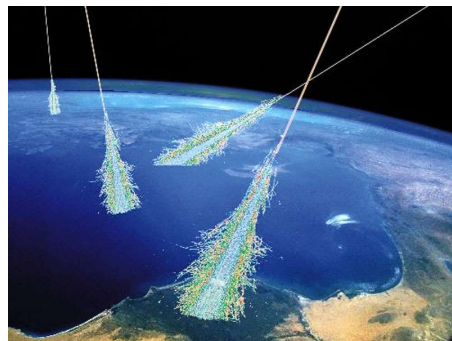
ვარსკვლავთშორისი გარემო: გარემო, სადაც დომინირებს გალაქტიკური ქარი და მაგნიტური ველები.

გალაქტიკური ქარი

მზის ქარის ანალოგიურად გალაქტიკიდან დედამიწას ეცემა მაღალენერგეტიკული იონების ნაკადი:

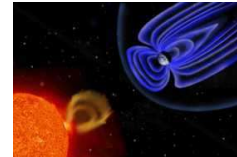
გალაქტიკური კოსმოსური სხივები

მაღალენერგეტიკული ნაწილაკი ატმოსფეროში შემოსვლისას იწვევს ნაწილაკების ზეგავურ გაჩენას: “კოსმოსური შხაპი”

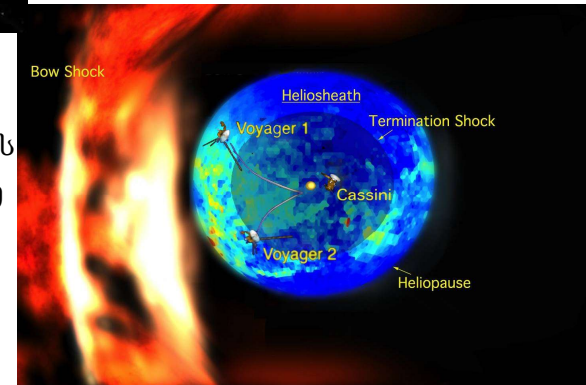


დედამიწა ჩვენს გალაქტიკაში

მაგნიტოსფერო

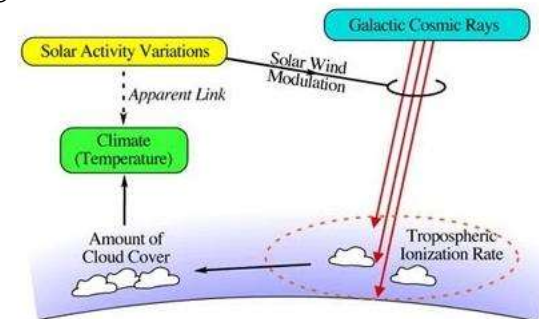


ჰელიოსფეროს თანამედროვე მოდელი
Voyager-1
Voyager-2



გალაქტიკური ქარი

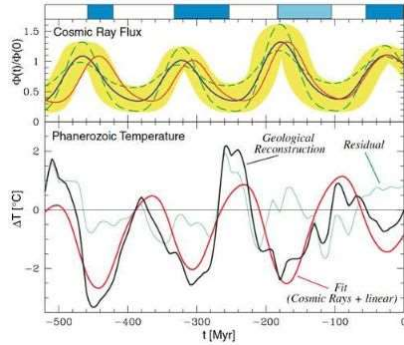
გალაქტიკური კოსმოსური სხივების ზეგავლენა დედამიწის კლიმატზე: ატმოსფეროს ზედა ფენებში იონიზაციის ხარისხის ზრდა და ღრუბლიანობის შემცირება



გალაქტიკური ქარი

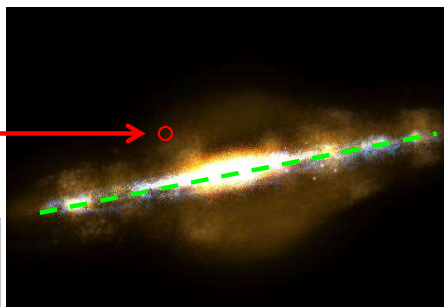
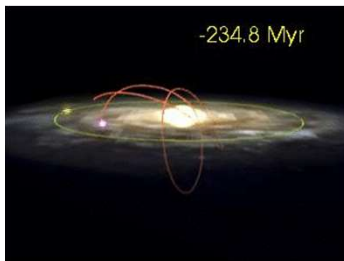
მზის გავლა გალაქტიკურ სპირალში:
გალაქტიკური კოსმოსური სხივების
ინტენსივობის მნიშვნელოვანი ზრდა.

გავლენა კლიმატზე:
კოსმოსური სხივების
მატება იწვევს
დედამიწაზე
გლობალური
ტემპერატურის კლებას



გალაქტიკის ჰალო

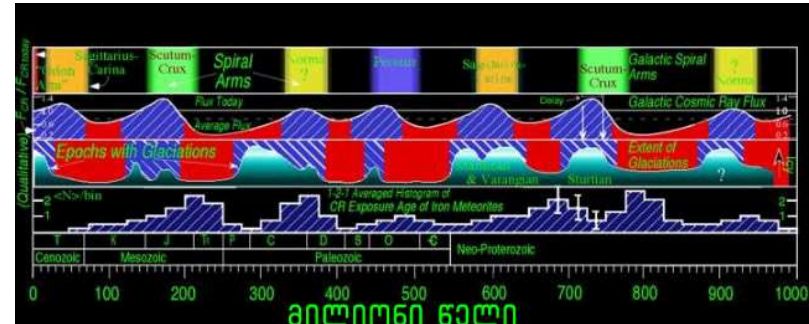
გალაქტიკის ბრუნვის
სიბრტყიდან
ამოვარდნილი
ობიექტები ქმნიან
გალაქტიკის ჰალოს



ჰალოს ობიექტები
ბრუნავენ ნებისმიერ
სიბრტყეში

გალაქტიკური ქარი

მზის მოგზაურობა სპირალეზში:
დედამიწაზე გამყინვარების პერიოდების მიზეზი?

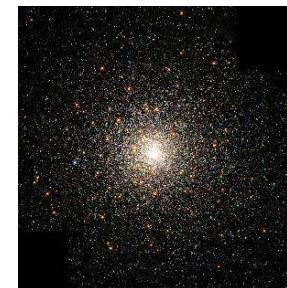


CO₂-ს გავლენა უმნიშვნელოა? ☹

ჩვენი გალაქტიკის ჰალოს ობიექტები

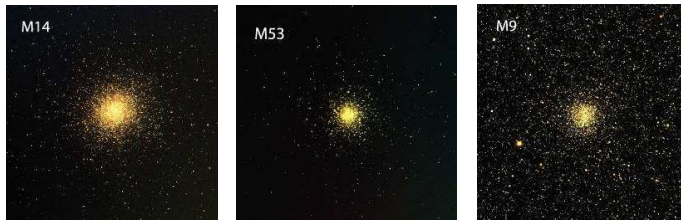
გალაქტიკის დისკიდან ამოვარდნილი ობიექტები:
ვარსკვლავების მჭიდრო **სფერული გროვები**

სფერული გროვების რიცხვი
ჩვენ გალაქტიკაში:
~ 150–180 გროვა
ვარსკვლავების
სიმკვრივე სფერულ
გროვაში
100–1000 (ვარსკვ./პარსეკ³)



სფერული გროვები

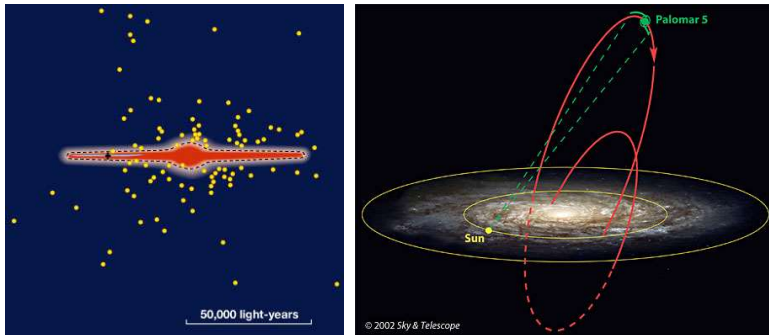
Mn - მესიეს კატალოგი (Charles Messier 1771)
ვარსკვლავური გროვებების კატალოგი



ჩვენი გალაქტიკის ჰალოს სფერული გროვები

სფერული გროვები

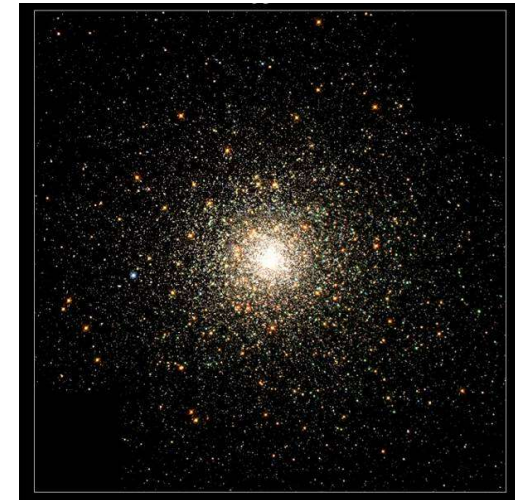
სფერული გროვების განაწილება ჩვენს გალაქტიკაში



სფერული გროვის ტრანექტორია გალაქტიკის გრავიტაციულ ველში (palomar-5)

მასიური სფერული გროვა NGC 6093

გამოსახულება:
Hubble
Space
Telescope

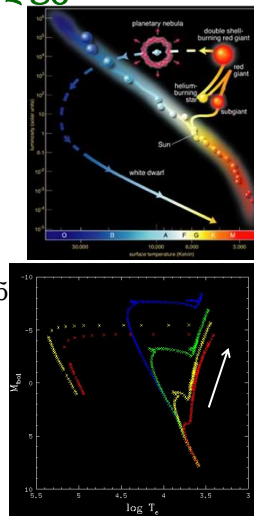


სფერული გროვების ევოლუცია

ინდივიდუალური ვარსკვლავის ევოლუცია.

ძირითადი თანმიმდევრობის ვარსკვლავი თერმობირთვული საწვავის გამოლევისას გარდაიქმნება წითელ გიგანტად: ძირითადი თანმიმდევრობიდან ადის გიგანტების ჯგუფში.

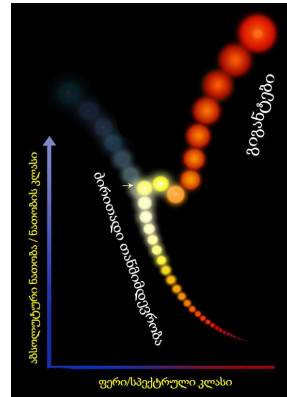
რაც მეტია ვარსკვლავის მასა, მით მალე ასრულებს იგი თერმობირთვულ საწვავს და გარდაიქმნება წითელ გიგანტად;



სფერული გროვების ევოლუცია

ერთდროულად გაჩენილი ვარსკვლავების ევოლუცია HR დიაგრამაზე:

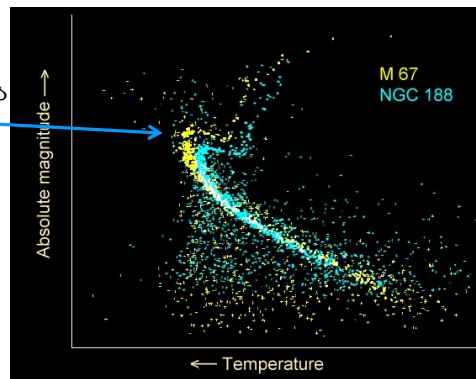
მასიური ვარსკვლავების სიცოცხლის ხანგრძლივობა ნაკლებია დაბალი მასის ვარსკვლავების სიცოცხლის ხანგრძლივობაზე.



სფერული გროვების ევოლუცია

რაც უფრო ხანდაზმულია სფერული გროვა, მით უფრო მეტი ვარსკვლავი გადადის წითელ გიგანტების ჯგუფში და მით უფრო ქვევით მოიწევს გადალუნვის წერტილი.

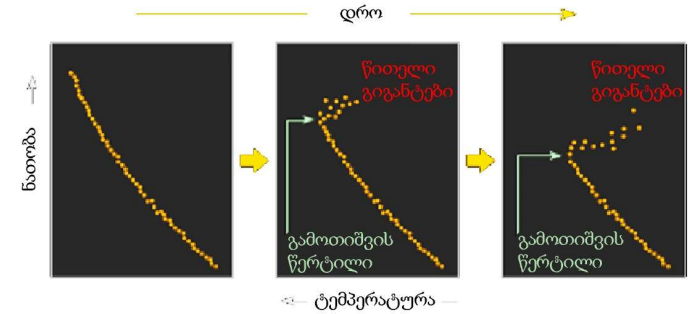
გადალუნვის წერტილის დაკვირვებით შეგვიძლია განვსაზღვროთ სფერული გროვის ასაკი.



სფერული გროვების ევოლუცია

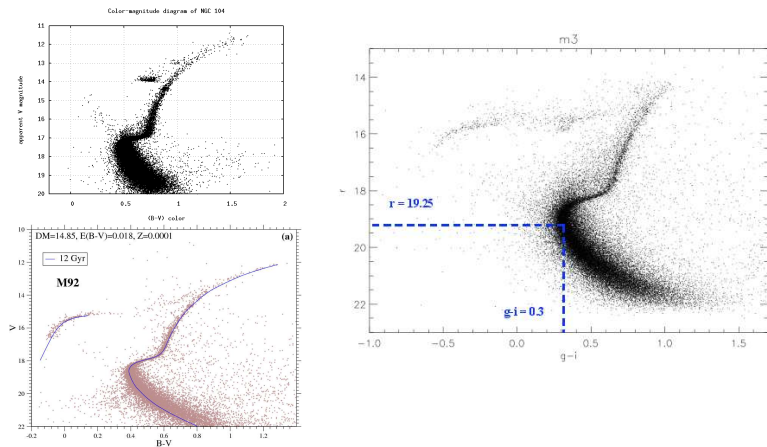
სფერული გროვების ვარსკვლავები გაჩნდნენ ერთდროულად.

ერთდროულად გაჩენილი ვარსკვლავების ევოლუცია HR დიაგრამაზე: ძირითადი თანმიმდევრობაზე ჩნდება გადალუნვის (გამოთიშვის) წერტილი:



სფერული გროვების ევოლუცია

გალაქტიკის სფერული გროვების HR დიაგრამები



სფერული გროვები

სფერული გროვების ასაკი ჩვენს გალაქტიკაში:

13.2 მილიარდი წელი

ჰიპოთეზა: სფერული გროვები გაჩნდნენ გალაქტიკის ჩამოყალიბებასთან ერთად;

სამყაროს ასაკი: 13.8 მილიარდი წელი

ჩვენი გალაქტიკა (ირმის ნახტომი) წარმოიშვა სამყაროს გაჩენიდან მცირე დროში:

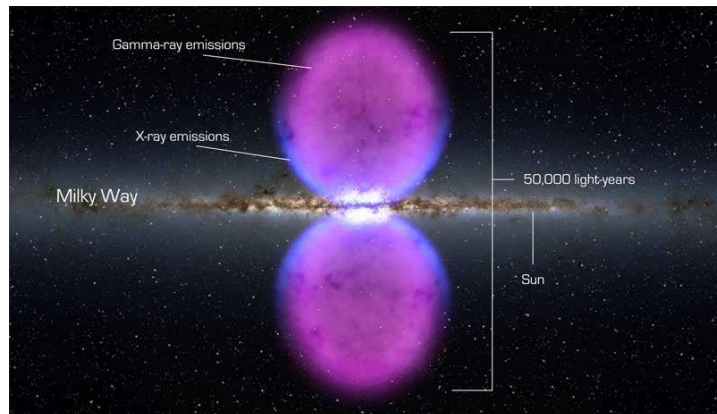
0.3–0.6 მილიარდი წელიწადი

სამყაროს ასაკის შეზღუდვა ქვევიდან

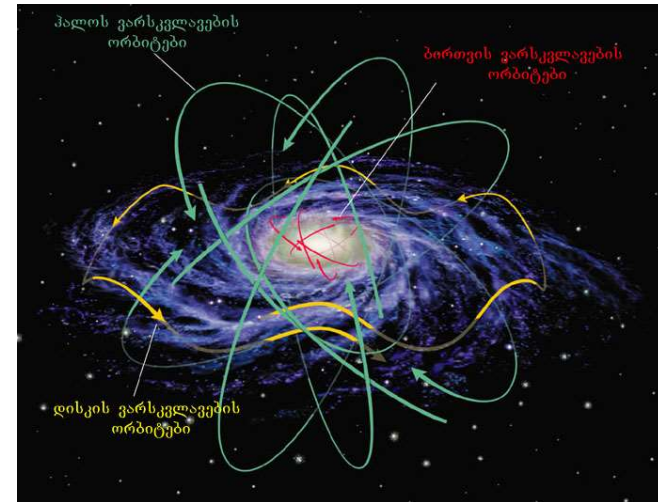
ჩვენი გალაქტიკა: აღმოჩენები

2010: გამა გამოსხივების სფერული ბუშტები

მიზეზი: გალაქტიკის ცენტრში მომხდარი ამოფრქვევა?



ჩვენი გალაქტიკა: კინემატიკა



www.tevza.org/home/course/universe2019

J. Fix “Astronomy Journey of the Cosmic Frontier”, (2008)
ქვეთავები 22.2, 22.3, 22.4, 22.5,

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)