



სამყაროს ევოლუცია

ლექცია 7 +

ვარსკვლავთშორისი გარემო
მინიმალური და მაქსიმალური მასის
ვარსკვლავები, ვარსკვლავების ასაკი

სამყაროს ევოლუცია, ალ. თევზაძე, 2013

ლექცია/გვერდი: 7+/2

რამდენი ვარსკვლავი ჩანს ცაში?

ვარსკვლავიერი სიდიდე	ვარსკვლავების რაოდენობა
0	4
1	15
2	48
3	171
4	513
5	1602
6	4800

ქალაქის
განათება

ბნელი ცა



სამყაროს ევოლუცია, ალ. თევზაძე, 2013

ლექცია/გვერდი: 7+/1

წინა ლექციაში

- ჩვენი გალაქტიკა ირმის ნახტომი
- გალაქტიკის სტრუქტურა და დინამიკა

სამყაროს ევოლუცია, ალ. თევზაძე, 2013

ლექცია/გვერდი: 7+/3

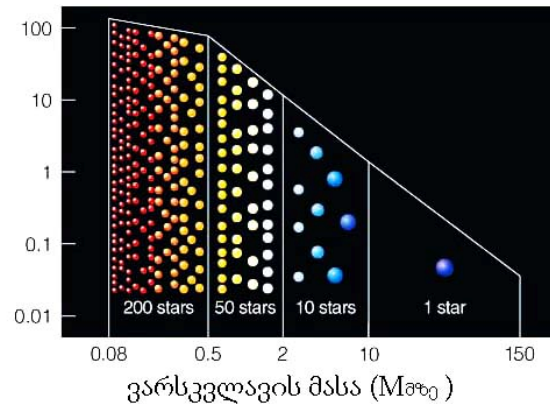
რამდენი ვარსკვლავი ჩანს ცაში?

დედამიწის ერთი წერტილიდან ფიქსირებულ დროს
თვალით მოჩანს დაახლოებით ~2500 ვარსკვლავი



ჩვენი გალაქტიკის ვარსკვლავები

ვარსკვლავების განაწილება გალაქტიკურ დისკში
მასების მიხედვით

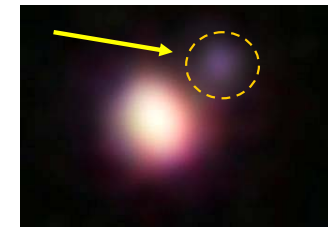


ჩვენი გალაქტიკის ვარსკვლავები

წითელი და ყავისფერი ჯუჯა ვარსკვლავები
შეადგენენ ჩვენი გალაქტიკის ვარსკვლავების
ნახევარზე მეტს.

მათი დანახვა ჩვეულებრივ პირობებში
შუუძლებელია

ყავისფერი ჯუჯა
პირველი პირდაპირი
დაკვირვება: 1989



მინიმალური მასის ვარსკვლავი

ვარსკვლავის მინიმალური მასა განისაზღვრება იმ
მინიმალური გრავიტაციის ძალით, რომელიც
საჭიროა ვარსკვლავის ცენტრში კრიტიკული
ტემპერატურის მისაღწევად რომ ჩაირთოს
თერმობირთვული რეაქციები და ობიექტი გახდეს
მნათობი.

$$M_{\text{მინ}} \sim 50-80 M_{\text{იუპიტერი}}$$

(~ 0.01 მზე)



მაქსიმალური მასის ვარსკვლავი

გიგანტური მასის ვარსკვლავებს გააჩნიათ
ზემძლავრი ოპტიკური გამოსხივება;
გამოსხივების წნევა მოქმედებს ვარსკვლავის გარე
ფენებზე ცენტრიდან გარე მიმართულებით;

მასის შემდგომი ზრდა შეუძლებელია – ვარსკვლავის
გარე ფენები იფანტება კოსმოსში

$$M_{\text{მაქს}} \sim 150 - 200 M_{\text{მზე}}$$

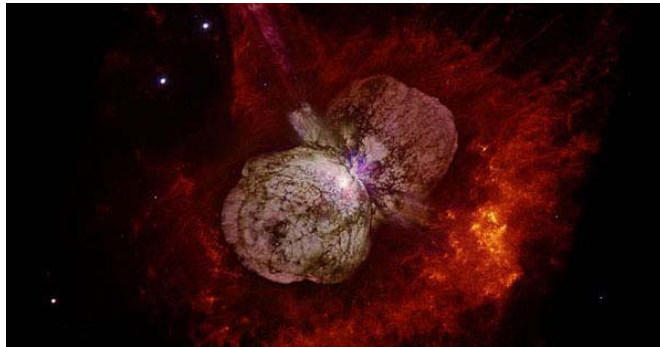
ანომალური მასის ვარსკვლავი: $265 M_{\text{მზე}}$

მაქსიმალური მასის ვარსკვლავი

ეტა კარინა

მანძილი დედამიწიდან: 8000 ს.წ.

მასა: 120–150 მზის მასა



ჰიპერგიგანტი

სპექტრალური კლასი: O

მასა: $> 100 M_{\odot}$

დიამეტრი: $\sim 1000 M_{\odot}$

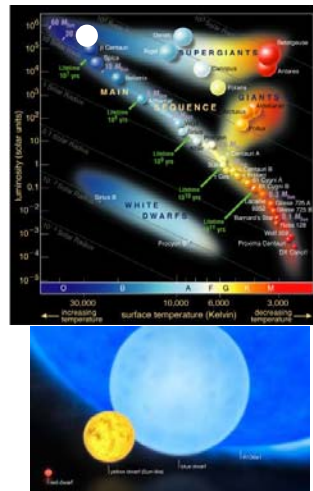
ნათობა:

$\sim 2\text{--}40$ მილიონი $L_{\odot}$

სიცოცხლის

ხანგრძლივობა:

~ 1 მილიარდი წელი



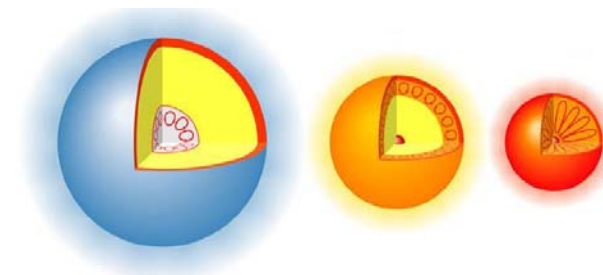
ვარსკვლავების შიდა სტრუქტურა

მცირე და დიდი ზომის ვარსკვლავების შიდა სტრუქტურა (მოდელი)

გიგანტი

მზე

ჯუჯა



ლურჯი გიგანტი

სპექტრალური კლასი: O-B

მასა: $< 100 M_{\odot}$

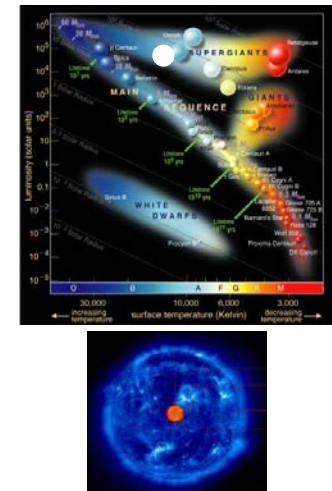
დიამეტრი: $\sim 500 M_{\odot}$

ნათობა: $\sim 10\,000 L_{\odot}$

სიცოცხლის

ხანგრძლივობა:

~ 2 მილიარდი წელი



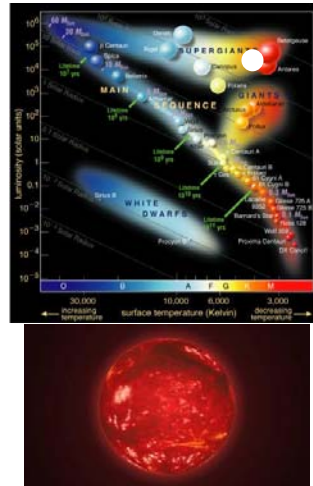
წითელი გიგანტი

სპექტრალური კლასი: K,M

მასა: $\sim 10 M_{\odot}$ ნათობა: $\sim 1\,000 L_{\odot}$

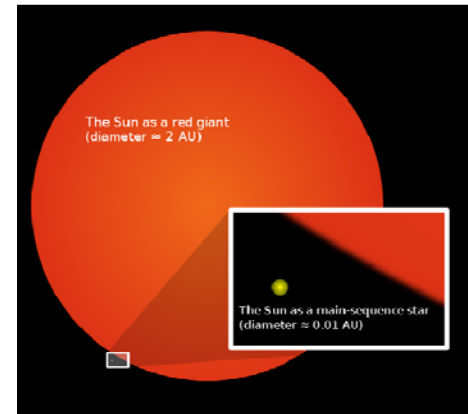
სიცოცხლის

ხანგრძლივობა:

 ~ 1 მილიარდი წელი

წითელი გიგანტი

წითელი გიგანტი: მზის მომავალი მდგომარეობა



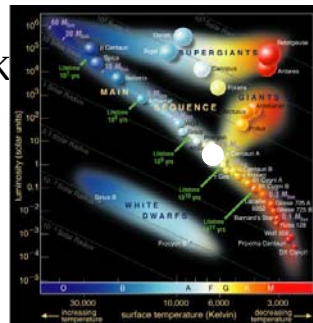
ძირითადი მიმდევრობის ვარსკვლავი

სპექტრალური კლასი: F,G,K

მასა: $\sim M_{\odot}$ ნათობა: $\sim L_{\odot}$

სიცოცხლის

ხანგრძლივობა:

 ~ 10 მილიარდი წელი

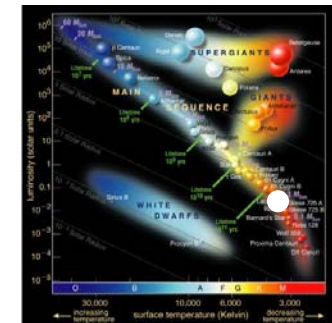
წითელი ჯუჯა

სპექტრალური კლასი: M

მასა: $< 0.5 M_{\odot}$ ნათობა: $< 0.01 L_{\odot}$

სიცოცხლის

ხანგრძლივობა:

 > 20 მილიარდი წელი

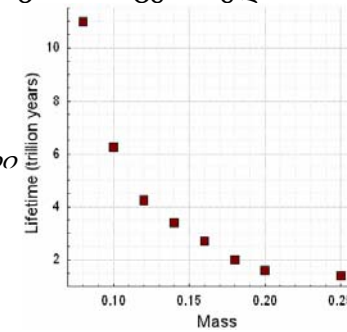
წითელი ჯუჯა



წითელი ჯუჯა

წითელი ჯუჯა ვარსკვლავის სიცოცხლის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია თერმობირთვული რეაქციის მიმდინარეობის სიჩქარეზე. დაბალი მასის ვარსკვლავში პროცესი ნელია.

ათასი
მილიარდი
წელი



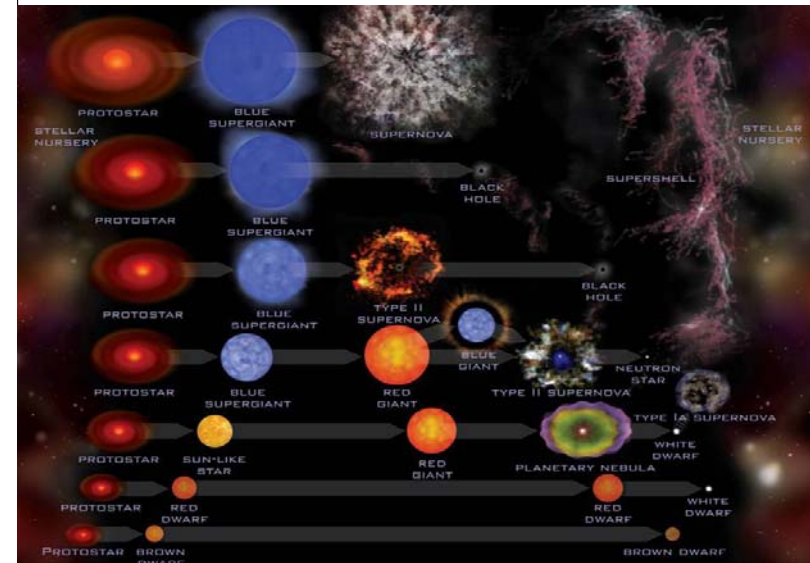
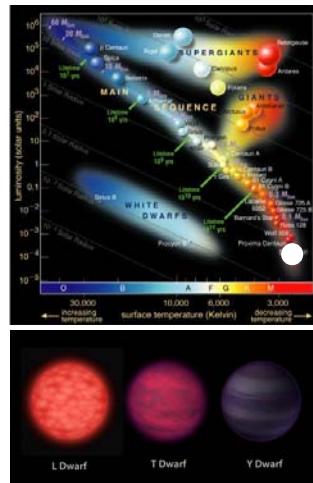
ობიექტის მასა ($M_{\odot}$)

ყავისფერი ჯუჯა

დაბალი მასის ობიექტები, რომლებშიც არ მიმდინარეობს p-p თერმობირთვული რეაქციები (შესაძლოა d-d)

ობიექტები თითქმის არ ასხივებენ

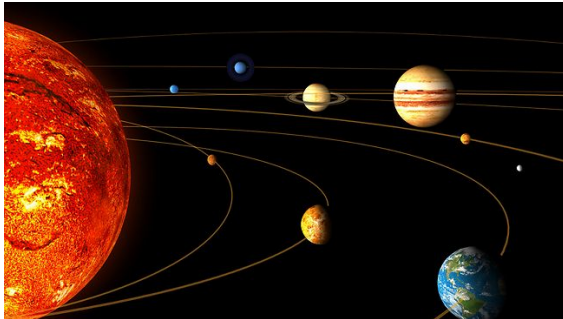
სიცოცხლის ხანგრძლივობა:
შემოუსაზღვრავი



იზოლირებული ვარსკვლავი

შესაძლოა ვარსკვლავს ჰქონდეს პლანეტარული სისტემა, მაგრამ თუკი სისტემა შეიცავს მხოლოდ ერთ **მნათობს**, მაშინ ვარსკვლავი “ერთმაგ სისტემაშია”, ანუ იზოლირებულია

მაგალითად:
მზე



ორმაგი სისტემები

მდგრადი და
ურთიერთქმედი
ორმაგი სისტემები



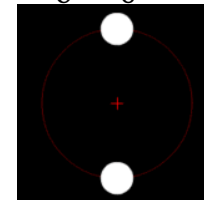
სირიუს
A და B

მასის მიმოცვლა ურთიერთქმედ ორმაგ სისტემაში

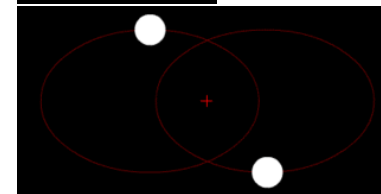


ორმაგი სისტემა

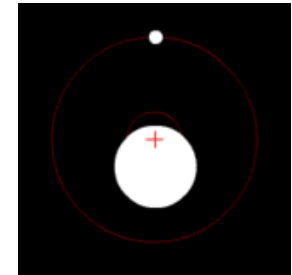
ორი ვარსკვლავი ბრუნავს საერთო მასათა ცენტრის გარშემო:



სიმეტრიული
ორმაგი სისტემები



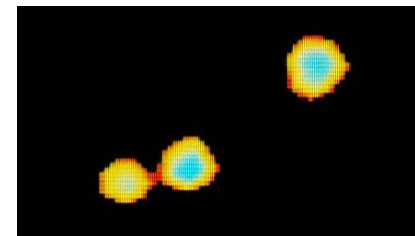
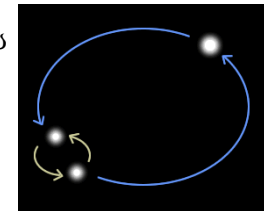
ასიმეტრიული
ორმაგი სისტემა



სამმაგი სისტემები

სამი ვარსკვლავის კომპაქტური ჯგუფი

ვარსკვლავების
კინემატიკის
მაგალითი



სამმაგი სისტემის
დაკვირვება
Beta Monocerotis

პროტო-ვარსკვლავები

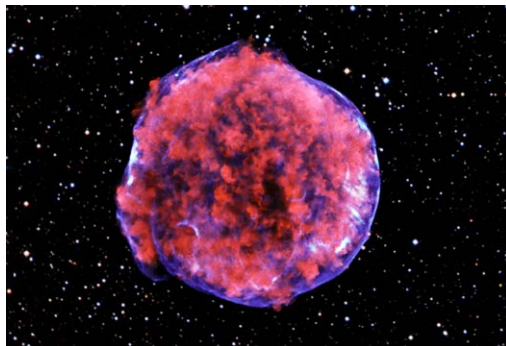
ახალგაზრდა ვარსკვლავური ობიექტები:
ვარსკვლავები ჩამოყალიბების ფაზაში



ვარსკვლავთშორისი გარემო

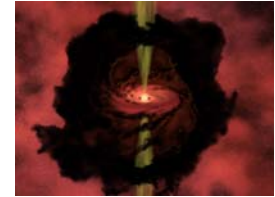
ზეახალის აფეთქებისას სწრაფად მოძრავი ნაწილაკები
ეჯახება გაუხშობულ ვარსკვლავთშორისი გარემოს
ატომებს და იწვევს მაღალსიხშირულ გამოსხივებას

ტიხო ბრაგეს
ზეახალის
ნარჩენი დღეს
(რენტგენის
გამოსხივება)
SN1572

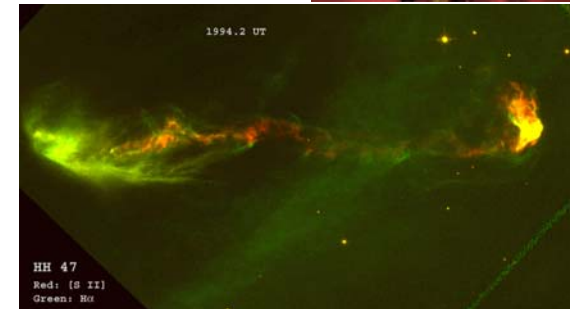


ვარსკვლავური ჭავლები

ჰერბიგ-ჰარო ობიექტები:
მასის აკრეცია ვარსკვლავზე და
ვარსკვლავური “ჭავლი”



HH47
5 წლის
დაკვირვება



ვარსკვლავთშორისი გარემო

გალაქტიკაში ვარსკვლავებს შორის გარემო
("ვაკუუმი") შევსებულია გაუხშობული "აირით".

ცივ არეებში გარემოს სიმკვრივე:
 10^{12} მოლეკულა / 1 მ^3 . (H_2)

ცხელ იონიზირებულ არეებში გარემოს სიმკვრივე:
 100 ატომი / 1 მ^3 (H)

თხევადი წყლის სიმკვრივე: 10^{28} მოლეკულა / 1 მ^3

ვარსკვლავთშორისი გარემო

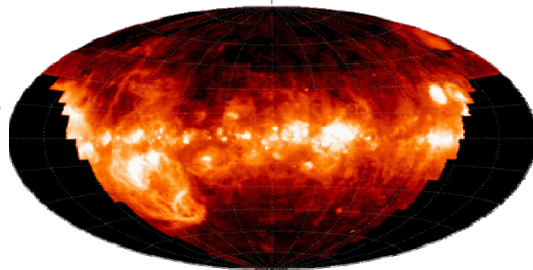
შემადგენლობა: 99% აირი, 1% მტვერი.

წყალბადი: 89%

ჰელიუმი: 9%

“მეტალები”: 2% (Li, K, ...)

იონიზირებული
წყალბადის
განაწილება



ობიექტების ასაკის შეფასება

ძირითადი მიმდევრობის
ვარსკვლავი:



თერმობირთვული რეაქციის მიმდინარეობის
სიჩქარიდან შეგვიძლია დავადგინოთ რა დრო
დასჭირდებოდა ვარსკვლავში არსებული ჰელიუმის
სინთეზს (p-p ჯაჭვი);

- რეაქციის სიჩქარე დამოკიდებულია ტემპერატურაზე;
- ტემპერატურა დამოკიდებულია ობიექტის მასაზე;

ასაკის შეფასება დაბალი სიზუსტით

ვარსკვლავთშორისი გარემო

მზე იმყოფება ვარსკვლავთშორისი გარემოს
ლოკალურ “ბუშტში”, სადაც გარემოს სიმკვრივე
საშუალოზე დაბალია.

ზომა: ~300 ს.წ.

სიმკვრივე:

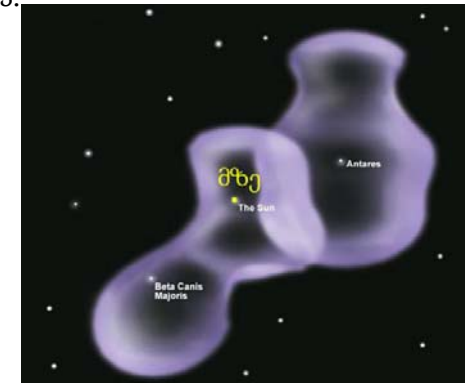
50 ატომი 1 მ³

ზეახალი

ვარსკვლავების

აფეთქების

ნაკვალევი?



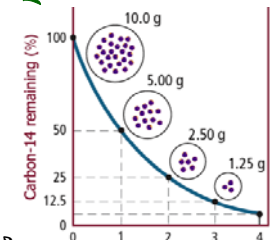
დათარიღება ნახშირბადით

C^{14} – ნახშირბადის იზოტოპი

რადიოაქტიული

ნახევარდაშლის

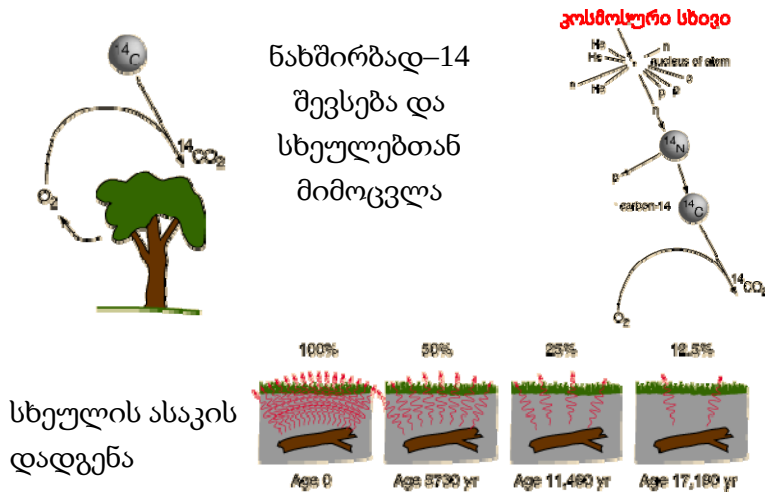
პერიოდი: 5730 წელი



ატმოსფეროში C^{14} მუდმივად ჩნდება
კოსმოსური სხივების გამო; თუკი სხეულმა
შეწყვიტა ატმოსფეროსთან ნახშირბადის მიმოცვლა,
მასში C^{14} რაოდენობა ეცემა;

C^{14} რაოდენობით შეიძლება განსაზღვროთ
ნახშირბადოვანი სხეულის ასაკი

დათარიღება ნახშირბადით



ბირთვული კოსმოქრონოლოგია

იშვიათი ქიმიური ელემენტების ბირთვული
დაშლის სიჩქარის ანალიზი

შედეგები:

მზე: 4.75 ± 0.02 მილიარდი წელი

ჩვენი

გალაქიკის დისკი: 8.8 ± 0.02 მილიარდი წელი

ვარსკვლავები ჰალოში: ~ 12 მილიარდი წელი

ჩვენი გალაქტიკის დისკი ჩამოყალიბდა ცენტრსა და
ჰალოზე უფრო გვიან

ბირთვული კოსმოქრონოლოგია

ხანგრძლივი ნახევარდაშლის პერიოდის (ნდბ)
ქიმიურ ელემენტებზე დაკვირვება:

თორიუმ-232 (ნდბ: 14 მილიარდი წელი)

ურანი-238 (ნდბ: 4.47 მილიარდი წელი)

რადიოაქტიული დაშლის ჯაჭვის
შედეგი: ტყვია (Pb-208)



“გადარიბებული”
ურანი: U238

ობიექტების ასაკის შეფასება რადიოაქტიული
დათარიღების მეთოდით

დათარიღება თეთრი ჯუჯებით

თეთრი ჯუჯა ანათებს სითბური ენერგიის ხარჯზე;
დროთა განმავლობაში ობიექტი ცივდება, ეცემა
ზედაპირული ტემპერატურა;

თუკი დაახლოებით ვიცით თეთრი ჯუჯა
ვარსკვლავის ზედაპირული ტემპერატურა
დაბადებისას (100 000 K), დავადგენთ მის ასაკს

შედარებით ნაკლებად ზუსტი მეთოდი

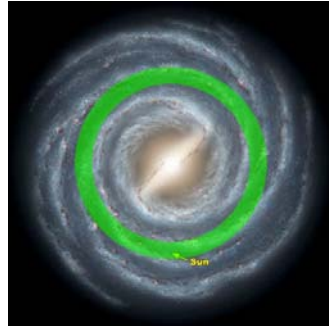
სფერული გროვა M4-ის ასაკი: 12.7 ± 0.7 მლრდ. წელი

გალაქტიკის “სიცოცხლის ზონა”

ცენტრთან ახლოს: მაღალენერგეტიკული გამოსხივება, სიცოცხლის გამანადგურებელი რადიაცია

ცენტრიდან შორს: მძიმე ქიმიური ელემენტების ნაკლებობა (მაგ. ნახშირბადი)

საშუალოდ არე:
“სიცოცხლის ზონა”



გალაქტიკის “სიცოცხლის ზონა”

სიცოცხლის ზონა გიგანტურ სპირალურ გალაქტიკაში

