



სამყაროს ევოლუცია

ლექცია 8

ვარსკვლავთშორისი გარემო
მინიმალური და მაქსიმალური მასის
ვარსკვლავები, ვარსკვლავების ასაკი

რამდენი ვარსკვლავი ჩანს ცაში?

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

ლამის ცის ნათება ქალაქებში (next to 513)
ბნელი ცა (next to 4800)



წინა ლექციაში

- ჩვენი გალაქტიკა ირმის ნახტომი
- გალაქტიკის სტრუქტურა და დინამიკა
- გალაქტიკური ქარი
- სფერული გროვები

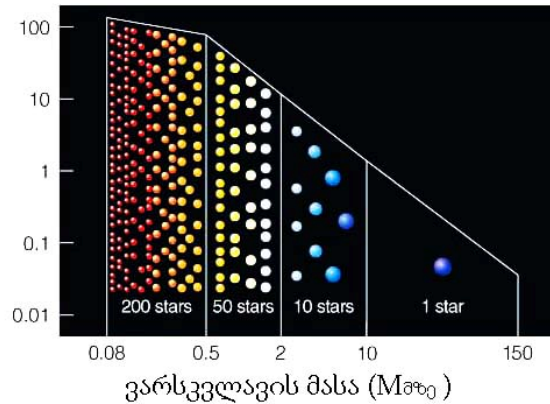
რამდენი ვარსკვლავი ჩანს ცაში?

დედამიწის ერთი წერტილიდან ფიქსირებულ დროს
თვალის მოჩანს დაახლოებით **~2400 ვარსკვლავი**



ჩვენი გალაქტიკის ვარსკვლავები

ვარსკვლავების განაწილება გალაქტიკურ დისკში მასების მიხედვით

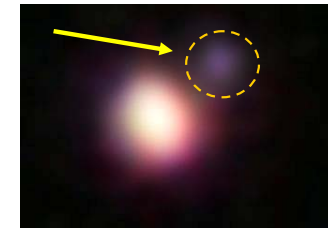


ჩვენი გალაქტიკის ვარსკვლავები

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

მათი დანახვა ჩვეულებრივ პირობებში შეუძლებელია

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_{მზე}

დიამეტრი: ~1000 M_{მზე}

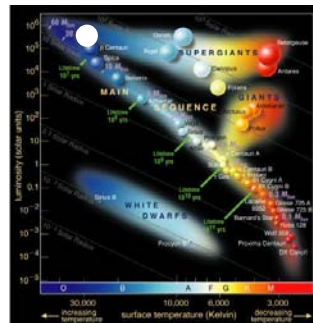
ნათობა:

~2–40 მილიონი L_{მზე}

სიცოცხლის

ხანგრძლივობა:

~ 1 მილიარდი წელი



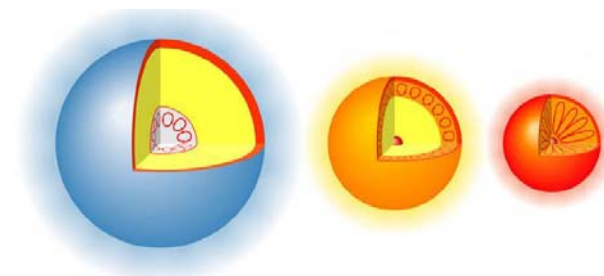
ვარსკვლავების შიდა სტრუქტურა

მცირე და დიდი ზომის ვარსკვლავების შიდა სტრუქტურა (მოდელი)

გიგანტი

მზე

ჯუჯა



ლურჯი გიგანტი

სპექტრალური კლასი: O-B

მასა: < 100 M_{მზე}

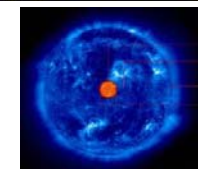
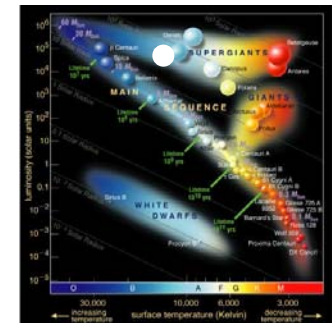
დიამეტრი: ~ 500 M_{მზე}

ნათობა: ~10 000 L_{მზე}

სიცოცხლის

ხანგრძლივობა:

~ 2 მილიარდი წელი



წითელი გიგანტი

სპექტრალური კლასი: K,M

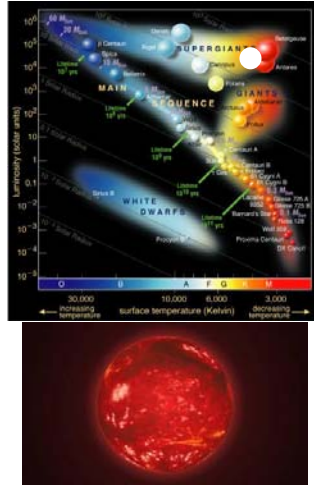
მასა: ~10 M_☉

ნათობა: ~1 000 L_☉

სიცოცხლის

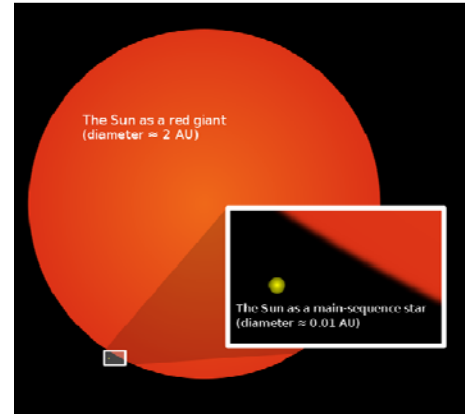
ხანგრძლივობა:

~ 1 მილიარდი წელი



წითელი გიგანტი

წითელი გიგანტი: მზის მომავალი მდგომარეობა



ძირითადი მიმდევრობის ვარსკვლავი

სპექტრალური კლასი: F,G,K

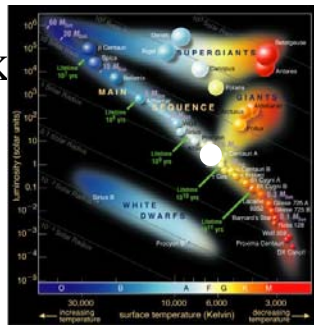
მასა: ~ M_☉

ნათობა: ~ L_☉

სიცოცხლის

ხანგრძლივობა:

~ 10 მილიარდი წელი



წითელი ჯუჯა

სპექტრალური კლასი: M

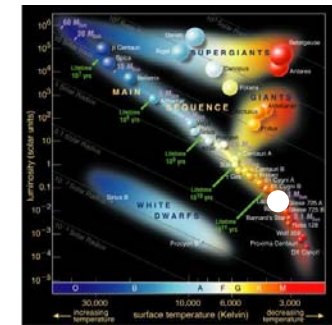
მასა: < 0.5 M_☉

ნათობა: < 0.01 L_☉

სიცოცხლის

ხანგრძლივობა:

> 20 მილიარდი წელი



წითელი ჯუჯა



ვარსკვლავების სიცოცხლის ხანგრძლივობა

ვარსკვლავის სიცოცხლის ხანგრძლივობა:

$$T \sim M/L$$

M - ვარსკვლავის (საწვავის) მასა

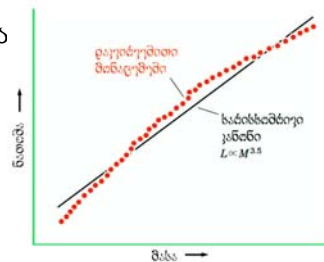
L - ვარსკვლავის ნათობა

მასის მატება იწვევს ვარსკვლავის ნათობის ზრდას:

$$L \sim M^{3.5}$$

მაღალი მასის ვარსკვლავები

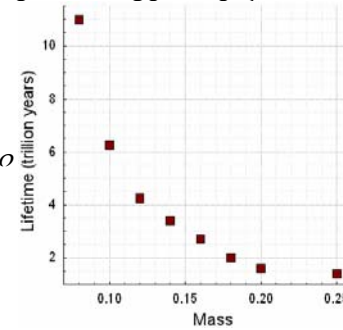
ცოცხლობენ ცოტა ხანს: $T \sim M^{-2.5}$



წითელი ჯუჯა

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

ათასი
მილიარდი
წელი



ობიექტის მასა ($M_{\text{მზე}}$)

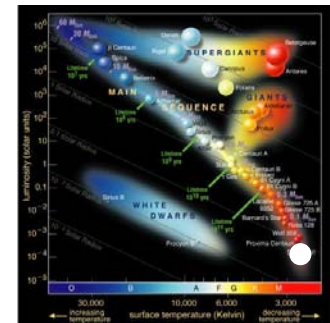
ყავისფერი ჯუჯა

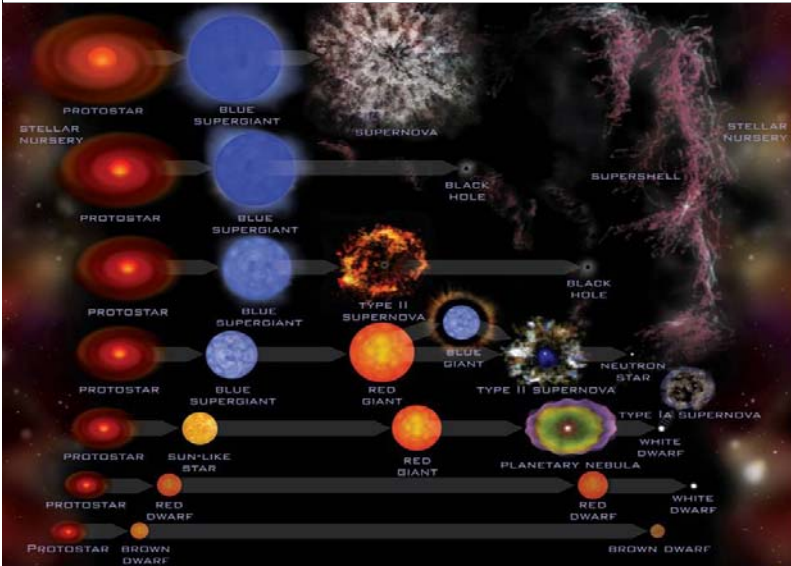
დაბალი მასის ობიექტები, რომლებშიც არ მიმდინარეობს p-p თერმობირთვული რეაქციები (*შესაძლოა d-d*)

ობიექტები თითქმის არ ასხივებენ

სიცოცხლის ხანგრძლივობა:

შემოუსაზღვრავი

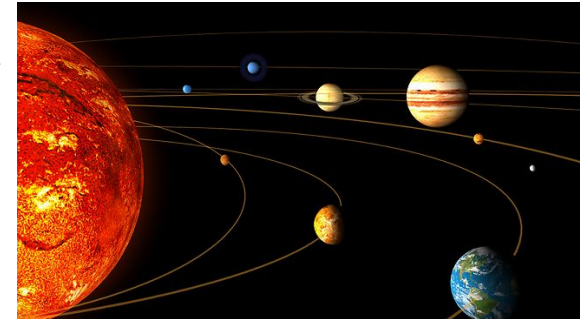




იზოლირებული ვარსკვლავი

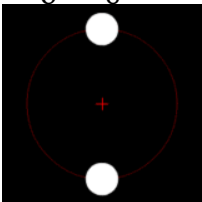
შესაძლოა ვარსკვლავს ჰქონდეს პლანეტარული სისტემა, მაგრამ თუკი სისტემა შეიცავს მხოლოდ ერთ მნათობს, მაშინ ვარსკვლავი “ერთმაგ სისტემაშია”, ანუ იზოლირებულია

მაგალითად:
მზე

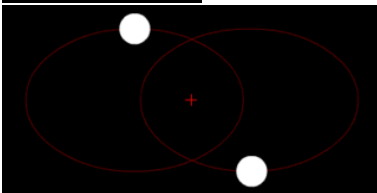


ორმაგი სისტემა

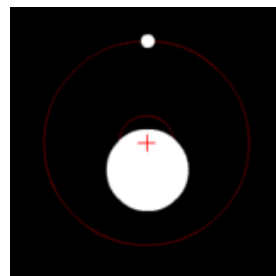
ორი ვარსკვლავი ბრუნავს საერთო მასათა ცენტრის გარშემო:



სიმეტრიული
ორმაგი სისტემები



ასიმეტრიული
ორმაგი სისტემა



ორმაგი სისტემები

მდგრადი და
ურთიერთქმედი
ორმაგი სისტემები



სირიუს
A და B

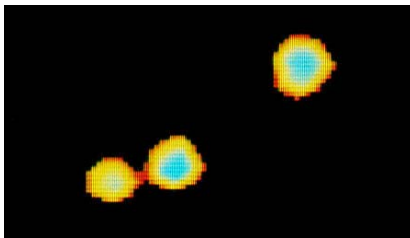
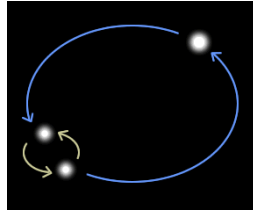
მასის მიმოცვლა ურთიერთქმედ ორმაგ სისტემაში



სამმაგი სისტემები

სამი ვარსკვლავის კომპაქტური ჯგუფი

ვარსკვლავების
კინემატიკის
მაგალითი

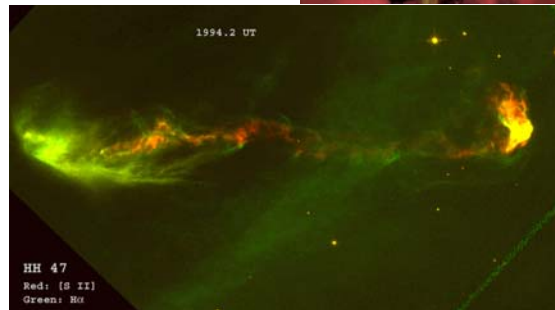
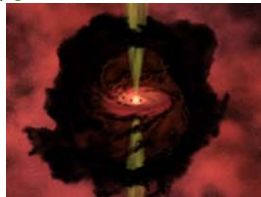


სამმაგი სისტემის
დაკვირვება
Beta Monocerotis

ვარსკვლავური ჭავლები

ჰერბიგ-ჰარო ობიექტები:

მასის აკრეცია ვარსკვლავზე და
ვარსკვლავური “ჭავლი”



HH47
5 წლის
დაკვირვება

პროტო-ვარსკვლავები

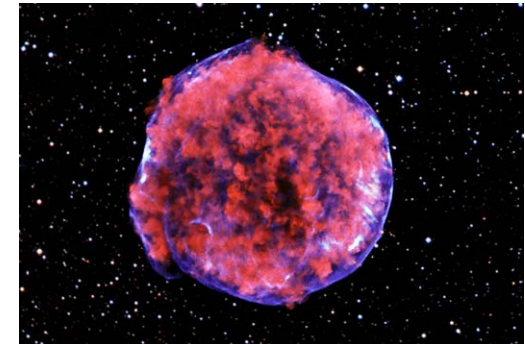
ახალგაზრდა ვარსკვლავური ობიექტები:
ვარსკვლავები ჩამოყალიბების ფაზაში



ვარსკვლავთშორისი გარემო

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

ტიხო ბრაგეს
ზეახალის
ნარჩენი დღეს
(რენტგენის
გამოსხივება)
SN1572



ვარსკვლავთშორისი გარემო

გალაქტიკაში ვარსკვლავებს შორის გარემო (“ვაკუუმი”) შევსებულია გაუხშობილი “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

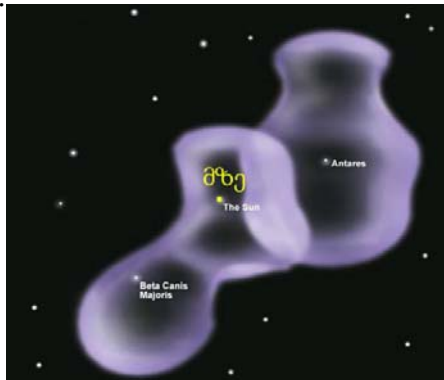
მზე იმყოფება ვარსკვლავთშორისი გარემოს **ლოკალურ “ბუშტოში”**, სადაც გარემოს სიმკვრივე საშუალოზე დაბალია.

ზომა: ~300 ს.წ.

სიმკვრივე:

50 ატომი 1 მ^3

ზეახალი ვარსკვლავების აფეთქების ნაკვალავი?



ვარსკვლავთშორისი გარემო

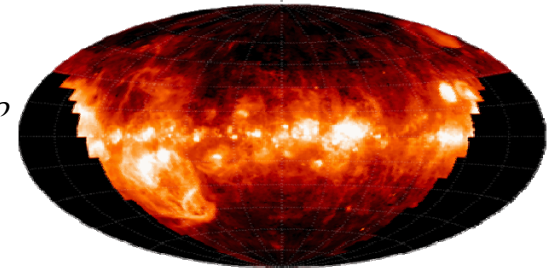
შემადგენლობა: 99% აირი, 1% მტვერი.

წყალბადი: 89%

ჰელიუმი: 9%

“მეტალები”: 2% (Li, K, ...)

იონიზირებული წყალბადის განაწილება



ობიექტების ასაკის შეფასება

ძირითადი მიმდევრობის ვარსკვლავი:



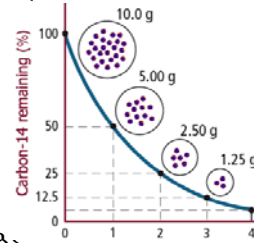
თერმობირთვული რეაქციის მიმდინარეობის სიჩქარიდან შეგვიძლია დავადგინოთ რა დრო დასჭირდებოდა ვარსკვლავში არსებული ჰელიუმის სინთეზს (p-p ჯაჭვი);

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

ასაკის შეფასება დაბალი სიზუსტით

დათარიღება ნახშირბადით

C¹⁴ – ნახშირბადის იზოტოპი რადიოაქტიული ნახევარდაშლის პერიოდი: **5730 წელი**



ატმოსფეროში C¹⁴ მუდმივად ჩნდება კოსმოსური სხივების გამო; თუკი სხეულმა შეწყვიტა ატმოსფეროსთან ნახშირბადის მიმოცვლა, მასში C¹⁴ რაოდენობა ეცემა;

C¹⁴ რაოდენობით შეიძლება განსაზღვროთ ნახშირბადოვანი სხეულის ასაკი

ბირთვული კოსმოქრონოლოგია

ხანგრძლივი ნახევარდაშლის პერიოდის (ნდპ) ქიმიურ ელემენტებზე დაკვირვება:

თორიუმ-232 (ნდპ: 14 მილიარდი წელი)

ურანი-238 (ნდპ: 4.47 მილიარდი წელი)

რადიოაქტიული დაშლის ჯაჭვის შედეგი: ტყვია (Pb-208)



“გალარიბებული”
ურანი: U238

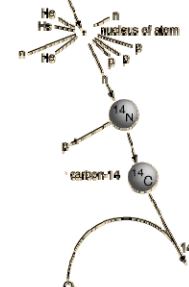
ობიექტების ასაკის შეფასება რადიოაქტიული დათარიღების მეთოდით

დათარიღება ნახშირბადით

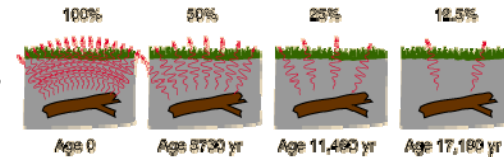
ნახშირბად-14 შევსება და სხეულთან მიმოცვლა



კოსმოსური სხივი



სხეულის ასაკის დადგენა



ბირთვული კოსმოქრონოლოგია

იშვიათი ქიმიური ელემენტების ბირთვული დაშლის სიჩქარის ანალიზი

შედეგები:

მზე: **4.75 ± 0.02 მილიარდი წელი**

ჩვენი

გალაქტიკის დისკი: **8.8 ± 0.02 მილიარდი წელი**

ვარსკვლავები ჰალოში: **~ 12 მილიარდი წელი**

ჩვენი გალაქტიკის დისკი ჩამოყალიბდა ცენტრსა და ჰალოზე უფრო გვიან

დათარილება თეთრი ჯუჯებით

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

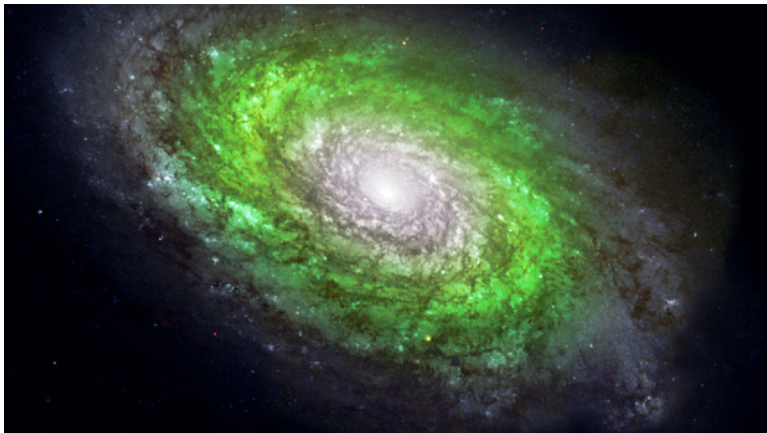
თუკი დაახლოებით ვიცით თეთრი ჯუჯა ვარსკვლავის ზედაპირული ტემპერატურა დაბადებისას (100 000 K), დავადგენთ მის ასაკს

შედარებით ნაკლებად ზუსტი მეთოდი

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

გალაქტიკის “სიცოცხლის ზონა”

სიცოცხლის ზონა გიგანტურ სპირალურ გალაქტიკაში

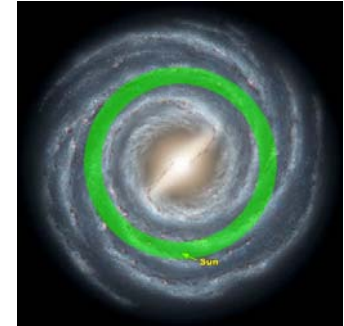


გალაქტიკის “სიცოცხლის ზონა”

ცენტრთან ახლოს: მაღალენერგეტიკული გამოსხივება, სიცოცხლის გამანადგურებელი რადიაცია

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

საშუალოდ არე:
“სიცოცხლის ზონა”



www.tevza.org/home/course/universe2014

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

ქვეთავები 15.2, 16.2

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

ქვეთავები 22.1