



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

ღამის ცის ნათება ქლაქებში

ბნელი ცა



წინა ლექციაში

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

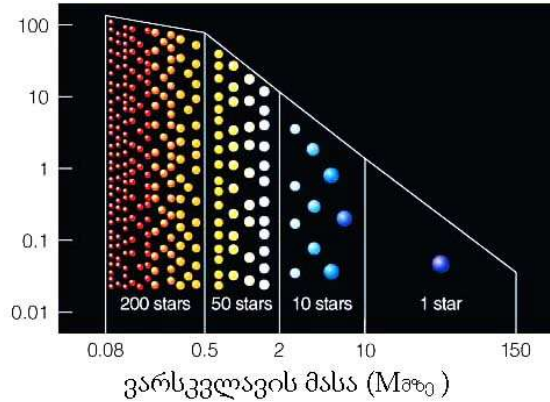
რამდენი ვარსკვლავი ჩანს ცაში?

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



ჩვენი გალაქტიკის ვარსკვლავები

ვარსკვლავების განაწილება გალაქტიკურ დისკში მასების მიხედვით



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)

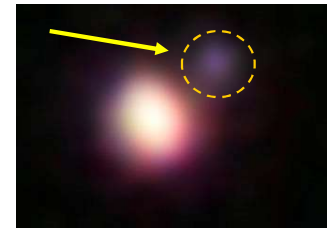


ჩვენი გალაქტიკის ვარსკვლავები

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

მათი დანახვა ჩვეულებრივ პირობებში შეუძლებელია

ყავისფერი ჯუჯა პირველი პირდაპირი დაკვირვება: 1989



მაქსიმალური მასის ვარსკვლავი

გიგანტური მასის ვარსკვლავებს გააჩნიათ ზემოქმადვი გამოსხივება; გამოსხივების წნევა მოქმედებს ვარსკვლავის გარეშე ფენებზე და მიმართულია 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_☉

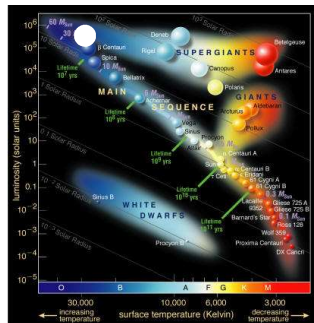
დიამეტრი: ~1000 M_☉

ნათობა: ~2–40 მილიონი L_☉

სიცოცხლის

ხანგრძლივობა:

~ 1 მილიარდი წელი



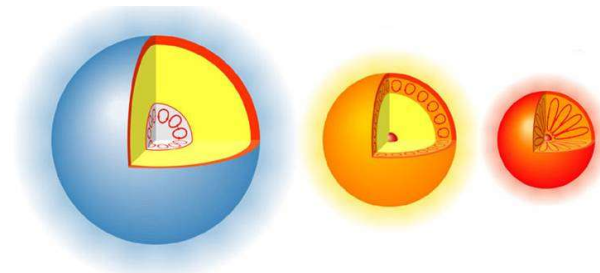
ვარსკვლავების შიდა სტრუქტურა

მცირე და დიდი ზომის ვარსკვლავების შიდა სტრუქტურა (მოდელი)

გიგანტი

მზე

ჯუჯა



ლურჯი გიგანტი

სპექტრალური კლასი: O-B

მასა: < 100 M_☉

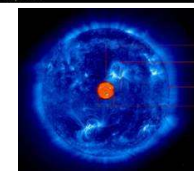
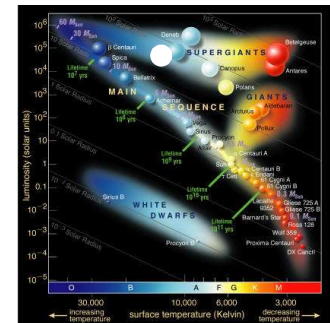
დიამეტრი: ~ 500 M_☉

ნათობა: ~10 000 L_☉

სიცოცხლის

ხანგრძლივობა:

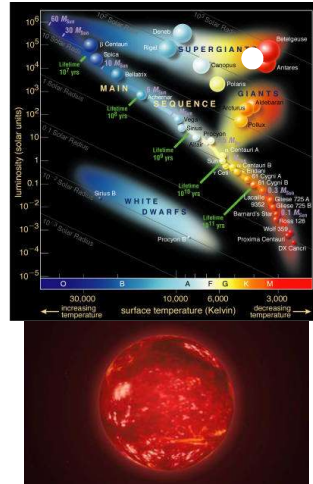
~ 2 მილიარდი წელი



წითელი გიგანტი

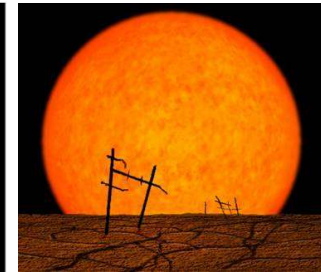
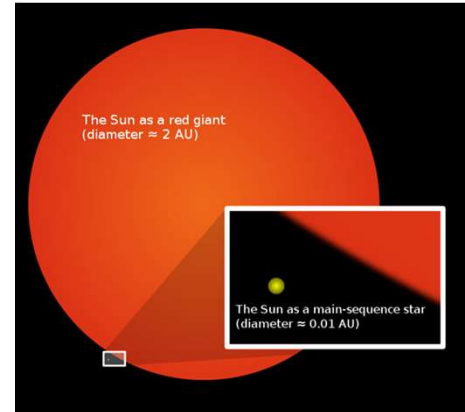
სპექტრალური კლასი: K,M
მასა: ~10 M_☉
ნათობა: ~1 000 L_☉

სიცოცხლის ხანგრძლივობა: ~ 1 მილიარდი წელი



წითელი გიგანტი

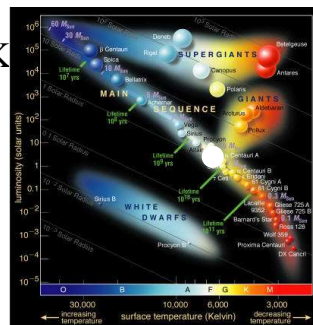
წითელი გიგანტი: მზის მომავალი მდგომარეობა



ძირითადი მიმდევრობის ვარსკვლავი

სპექტრალური კლასი: F,G,K
მასა: ~ M_☉
ნათობა: ~ L_☉

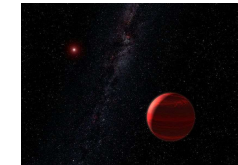
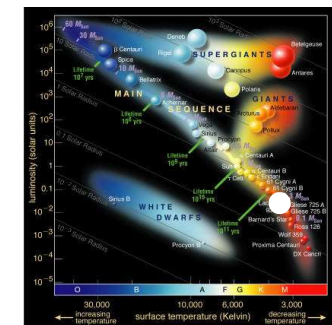
სიცოცხლის ხანგრძლივობა: ~ 10 მილიარდი წელი



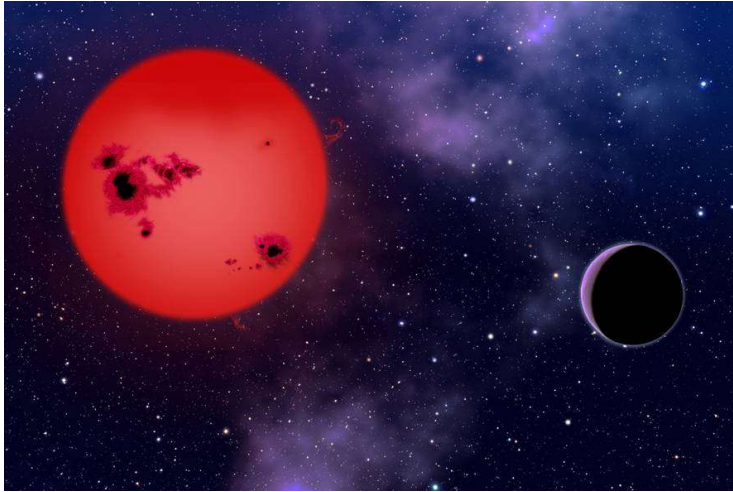
წითელი ჯუჯა

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

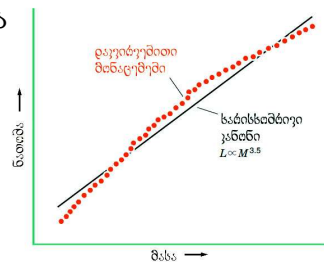
L - ვარსკვლავის ნათობა

მასის მატება იწვევს ვარსკვლავის ნათობის

ზრდას: $L \sim M^{3.5}$

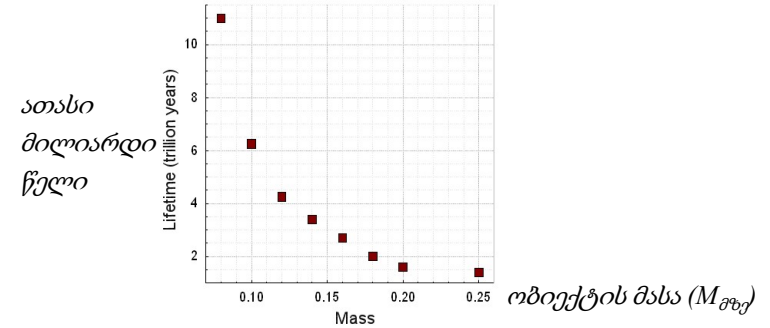
მაღალი მასის ვარსკვლავები

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.

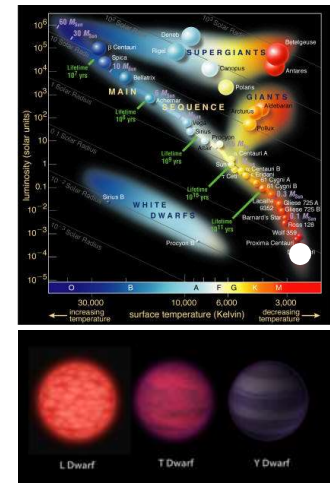


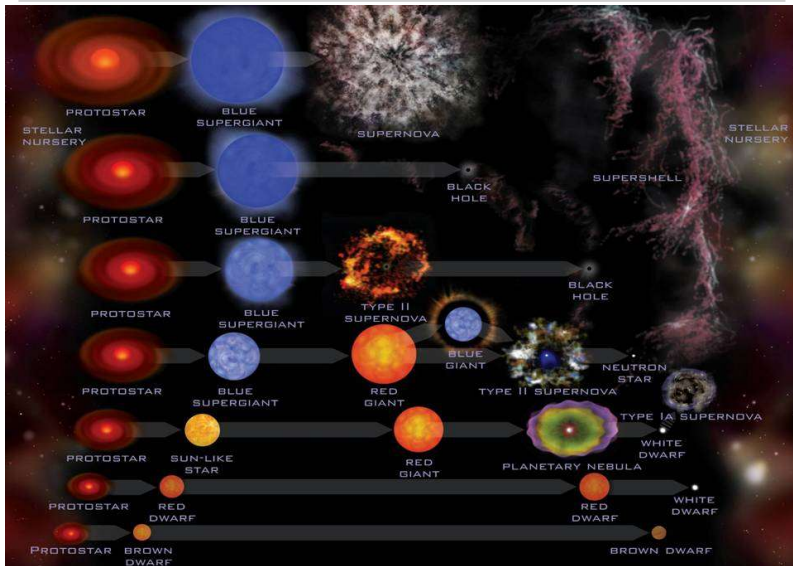
ყავისფერი ჯუჯა

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

ობიექტები თითქმის არ ასხივებენ

სიცოცხლის ხანგრძლივობა: შემოუსაზღვრავი

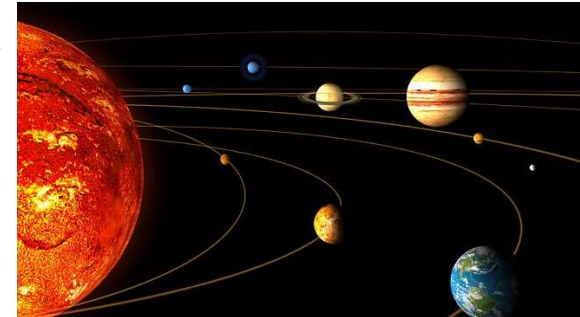




იზოლირებული ვარსკვლავი

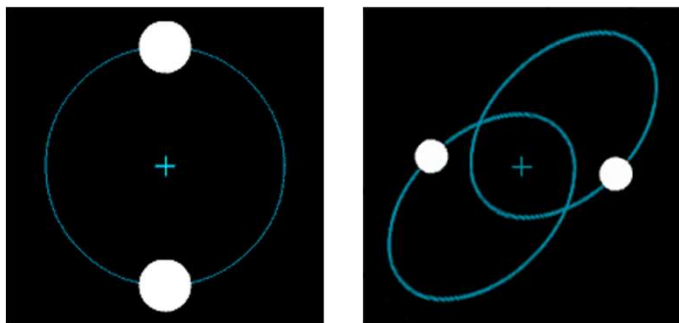
შესაძლოა ვარსკვლავს ჰქონდეს პლანეტარული სისტემა, მაგრამ თუკი სისტემა შეიცავს მხოლოდ ერთ მნათობს, მაშინ ვარსკვლავი “ერთმაგ სისტემაშია”, ანუ იზოლირებულია

მაგალითად:
მზე



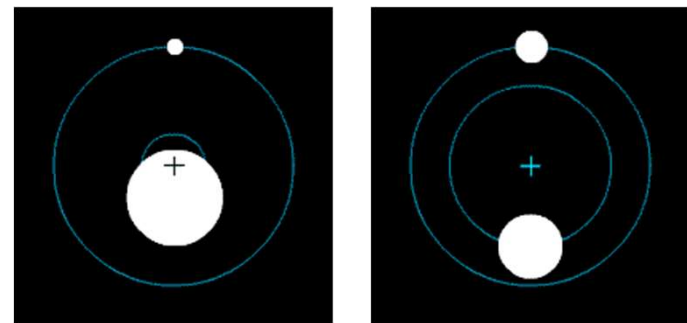
სიმეტრიული ორჯერადი სისტემა

ორი (დაახლოებით) ტოლი მასის ვარსკვლავი ბრუნავს ორჯერადი სისტემის მასათა ცენტრის გარშემო



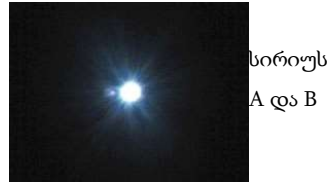
ასიმეტრიული ორჯერადი სისტემა

ორი განსხვავებული მასის ვარსკვლავი ბრუნავს სისტემის მასათა ცენტრის გარშემო

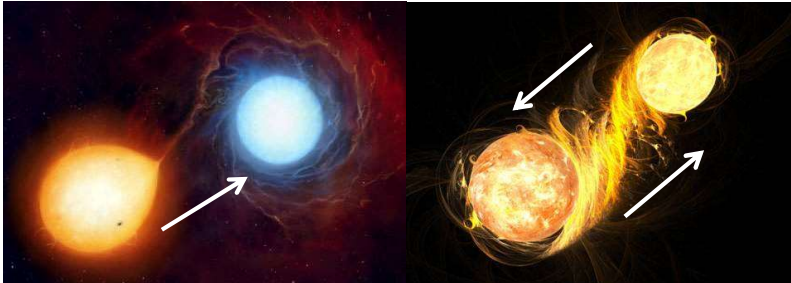


ურთიერთქმედი ორჯერადი სისტემები

მდგრადი და ურთიერთქმედი ორჯერადი სისტემები



მასის მიმოცვლა ურთიერთქმედ ორმაგ სისტემაში



პროტო-ვარსკვლავები

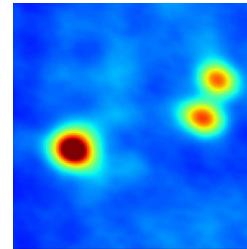
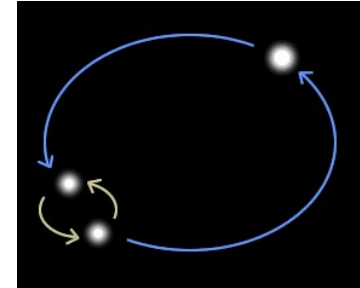
ახალგაზრდა ვარსკვლავური ობიექტები: ვარსკვლავები ჩამოყალიბების ფაზაში



სამჯერადი სისტემები

სამი ვარსკვლავის კომპაქტური ჯგუფი

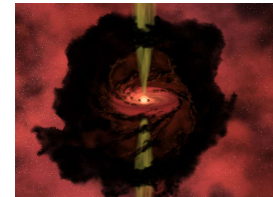
ვარსკვლავების კინემატიკის მაგალითი



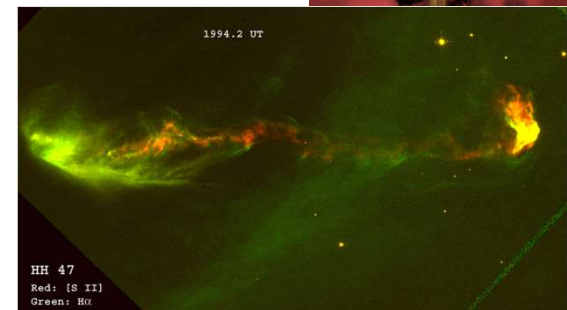
სამჯერადი სისტემის დაკვირვება Beta Monocerotis

ვარსკვლავური ჭავლები

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



HH47 5 წლის დაკვირვება



ვარსკვლავთშორისი გარემო

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

ტიხო ბრაგეს
ზეახალის
ნარჩენი დღეს
(რენტგენის
გამოსხივება)
SN1572

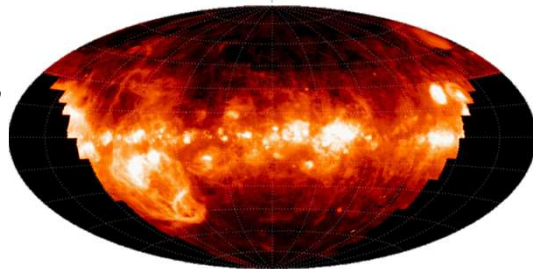


ვარსკვლავთშორისი გარემო

შემადგენლობა: 99% აირი, 1% მტვერი.

- წყალბადი: 89%
- ჰელიუმი: 9%
- “მეტალები”: 2% (Li, K, ...)

იონიზირებული
წყალბადის
განაწილება



ვარსკვლავთშორისი გარემო

გალაქტიკაში ვარსკვლავებს შორის გარემო (“ვაკუუმი”) შევსებულია გაუხშობული “აირით”.

ცივ არეებში გარემოს სიმკვრივე:
10¹² მოლეკულა / 1 მ³. (H₂)

ცხელ იონიზირებულ არეებში გარემოს სიმკვრივე:
100 ატომი / 1 მ³ (H)

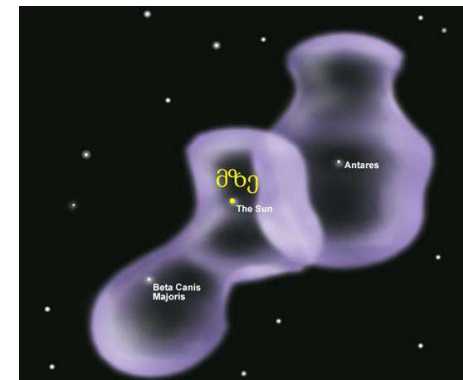
თხევადი წყლის სიმკვრივე: **10²⁸ მოლეკულა / 1 მ³**

ვარსკვლავთშორისი გარემო

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

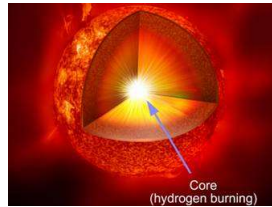
ზომა: ~300 ს.წ.
სიმკვრივე:
50 ატომი 1 მ³

ზეახალი
ვარსკვლავების
აფეთქების
ნაკვალევი?



ობიექტების ასაკის შეფასება

ძირითადი მიმდევრობის ვარსკვლავი:

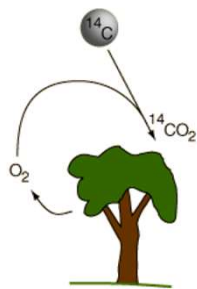


თერმობირთვული რეაქციის მიმდინარეობის სიჩქარიდან შეგვიძლია დავადგინოთ რა დრო დასჭირდებოდა ვარსკვლავში არსებული ჰელიუმის სინთეზს (p-p ჯაჭვი);

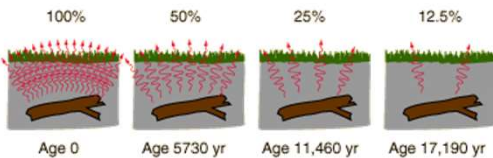
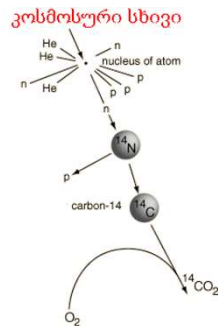
- რეაქციის სიჩქარე დამოკიდებულია ტემპერატურაზე;
- ტემპერატურა დამოკიდებულია ობიექტის მასაზე;

ასაკის შეფასება დაბალი სიზუსტით

დათარილება ნახშირბადით



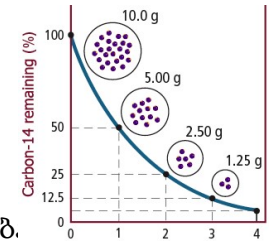
ნახშირბად-14 შევსება და სხეულებთან მიმოცვლა



სხეულის ასაკის დადგენა

დათარილება 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)



„გალარიბუელი“
ურანი: U238

ობიექტების ასაკის შეფასება რადიოაქტიული დათარილების მეთოდით

ბირთვული კოსმოქრონოლოგია

იმვიათი 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

გიროქრონოლოგია

დათარიღება ვარსკვლავების ბრუნვის თვისებებზე დაყრდნობით

ძირითადი თანმიმდევრობის ვარსკვლავი მუდმივად კარგავს ბრუნვით იმპულსს ვარსკვლავური ქარებისა და კორონალური მასის ამოფრქვევების გამო. ამიტომ ვარსკვლავის ბრუნვა ნელდება, ხოლო ბრუნვის პერიოდი იზრდება.

სკუმანიჩის (ემპირიული) კანონი:

ძირითადი თანმიმდევრობის ვარსკვლავის ბრუნვის პერიოდის კვადრატი პროპორციულია ვარსკვლავის ასაკის

$$T^2 \sim t$$

T – ვარსკვლავის ბრუნვის პერიოდი;

t - ვარსკვლავის ასაკი;

დათარიღება თეთრი ჯუჯებით

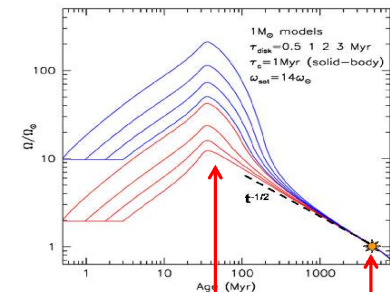
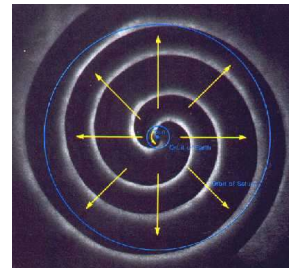
თეთრი ჯუჯა ანათებს სითბური ენერგიის ხარჯზე; დროთა განმავლობაში ობიექტი ცივდება, ეცემა ზედაპირული ტემპერატურა;

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

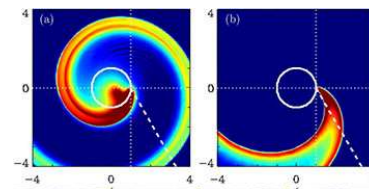
შედარებით ნაკლებად ზუსტი მეთოდი

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

გიროქრონოლოგია



პროტოვარსკვლავი მირითადი თანმიმდევ. ვარსკვლავი

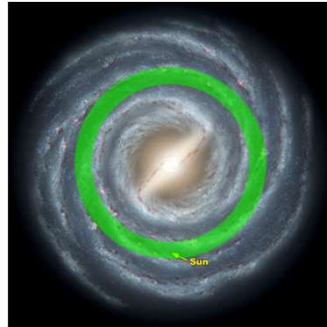


გალაქტიკის “სიცოცხლის ზონა”

ცენტრთან ახლოს: მაღალენერგეტიკული გამოსხივება, სიცოცხლის გამანადგურებელი რადიაცია

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

საშუალოდ არე:
“სიცოცხლის ზონა”



www.tevza.org/home/course/universe2019

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

გალაქტიკის “სიცოცხლის ზონა”

სიცოცხლის ზონა გიგანტურ სპირალურ გალაქტიკაში

