



სამყაროს ევოლუცია

ლექცია 5

ვარსკვლავები, გამოსხივების სპექტრი
სპექტრული კლასიფიკაცია,
HR დიაგრამა

სამყაროს ევოლუცია, ალ. თევზაძე, 201

ლექცია/გვერდი: 5/2

ვარსკვლავები



სხვადასხვა სიკაშკაშის და ფერის ობიექტები

სამყაროს ევოლუცია, ალ. თევზაძე, 2013

ლექცია/გვერდი: 5/1

წინა ლექციაში

- მზე
- მზის შინაგანი სტრუქტურა
- მზის მაგნიტური ველი
- მზის ქარი
- მზის ევოლუცია

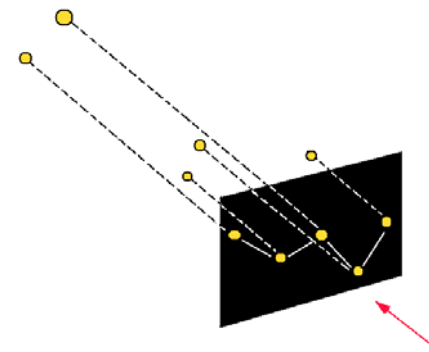
სამყაროს ევოლუცია, ალ. თევზაძე, 2013

ლექცია/გვერდი: 5/3

ვარსკვლავები

ვარსკვლავის ხილული ნათობა დამოკიდებულია მის
აბსოლუტურ ნათობასა და მანძილზე, რომლითაც
იგი ჩვენგან არის დაშორებული

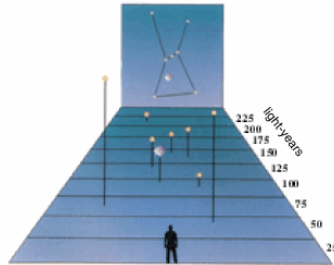
დედამიწიდან
ვაკვირდებით
ვარსკვლავების
გამოსახულებას
(პროექციას)
ცის თაღზე



ორიონის თანავარსკვლავედი

თანავარსკვლავედი: ერთმანეთს დაშორებული ვარსკვლავები, რომელებიც ახლოს არიან მხოლოდ შესახედვად

ორიონის თანავარსკვლავედი



ოპტიკური სისტემატიზაცია

აბსოლუტური ნათობა:

ვარსკვლავის ოპტიკური გამოსხივება;

ხილული ნათობა:

დედამიწამდე მოსული სინათლე;

დედამიწიდან დაკვირვებები:

მანძილი დედამიწამდე + ატმოსფერული შთანთქმა

ჰიპარქოსის სისტემა: 6 სიდიდის ვარსკვლავები;

თანამედროვე სისტემა: ვარსკვლავიერი სიდიდე

ვარსკვლავები

სიკაშკაშე

(აბსოლუტური ნათობა, მასა, რადიუსი)

ფერი

(ზედაპირული ტემპერატურა, სპექტრი, ქიმიური შემადგენლობა, ...)

მანძილი დედამიწამდე

(მდებარეობა, ხილული ნათობა)

ვარსკვლავიერი სიდიდე

$$m = -2.5 \log (F/F_0)$$

m - ვარსკვლავიერი სიდიდე

F - ოპტიკური ნაკადი

F_0 - ნორმირება საყრდენ ვარსკვლავზე

საყრდენი ვარსკვლავი: ვეგა

ლოგარითმული სკალა

$$m_1 - m_2 = -5, \quad F_1 / F_2 = 100$$

$$m_1 - m_2 = -10, \quad F_1 / F_2 = 10000$$



ზოგიერთი ვარსკვლავიერი სიდიდე

-26.73	მზე
-12.774	სავსე მთვარე (მზე / 449 000)
-4.67	ვენერა (მაქს. ხილული სიდიდე)
-4	დღის განმავლობაში დანახვადი სიდიდე: დღის ცის (ცისფერი) ნათება
-2.94	იუპიტერი
-2.91	მარსი

ზოგიერთი ვარსკვლავიერი სიდიდე

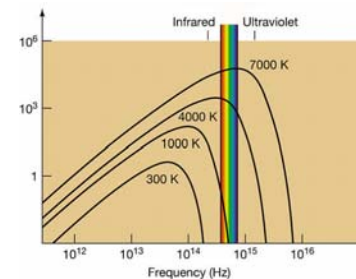
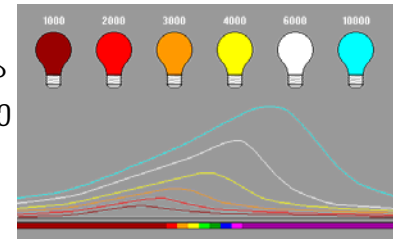
7.78	ნეპტუნი (პლანეტა, მაქს. ნათება)
13.67	პლუტონი (ჯუჯა პლანეტა, მაქს. ნათება)
27	8 მეტრიანი ოპტიკური ტელესკოპით დედამიწის ზედაპირიდან შეღწევადობის ზღვარი
31.5	ჰაბლის კოსმოსური ტელესკოპის შეღწევადობის ზღვარი

ზოგიერთი ვარსკვლავიერი სიდიდე

-1.47	სირიუსი (მზის შემდეგ ყველაზე კაშკაშა ვარსკვლავი)
0	ვეგა (საყრდენი ხილული სიდიდე)
3...4	ქალაქიდან შეუიარაღებელი თვალით ხილვის ზღვარი
5.42	ურანი (პლანეტა, მაქს. ნათება)
6.5	ლამის ცაზე თვალით ხილვის ზღვარი

ვარსკვლავთა გამოსხივება

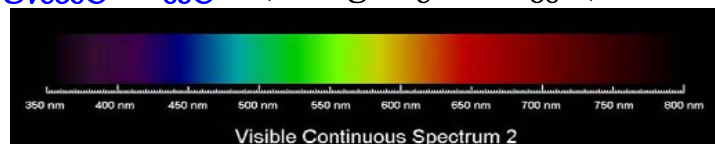
ვარსკვლავის ფერი:
ეფექტური ტემპერატურა
ვარსკვლავის ზედაპირზე



გამოსხივების სპექტრი:
გამოსხივების ინტენსივობა
სხვადასხვა ტალღის
სიგრძეზე (სიხშირეზე)

გამოსხივების სპექტრი

უწყვეტი სპექტრი (სითბური გამოსხივება)

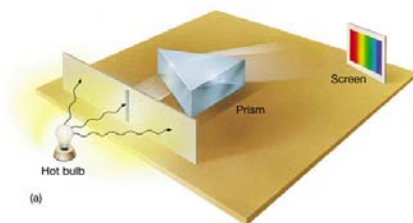


სხეულის გამოსხივების ფერი მიგვანიშნებს მის ტემპერატურაზე

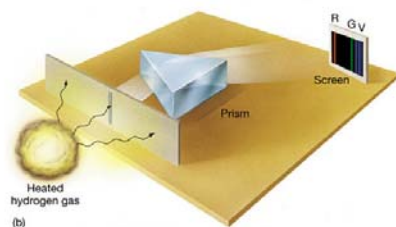


სპექტრული ანალიზი

გავარვარებული
ნათურის გამოსხივება:
უწყვეტი სპექტრი



ცხელი წყალბადის
აირის გამოსხივება:
სპექტრული ხაზები



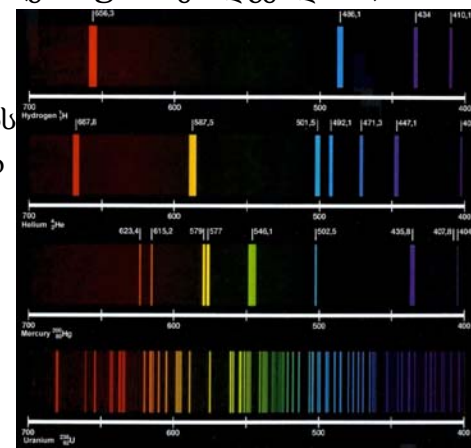
Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

გამოსხივების სპექტრი

სპექტრული ხაზები (ქიმიური შემადგენლობა)

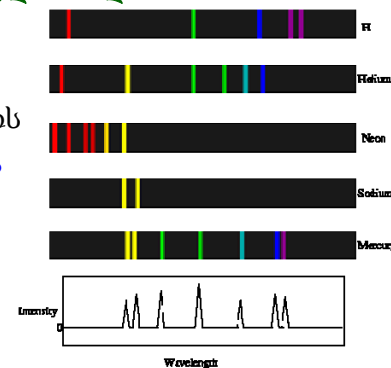
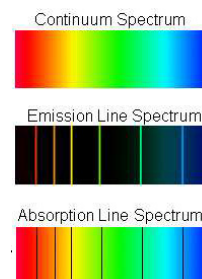
ყოველ ქიმიურ
ელემენტს ახასიათებს
ხაზების უნიკალური
თანმიმდევრობა

სპექტრული ხაზები
სხვადასხვა
სიხშირეებზე



სპექტრული ანალიზი

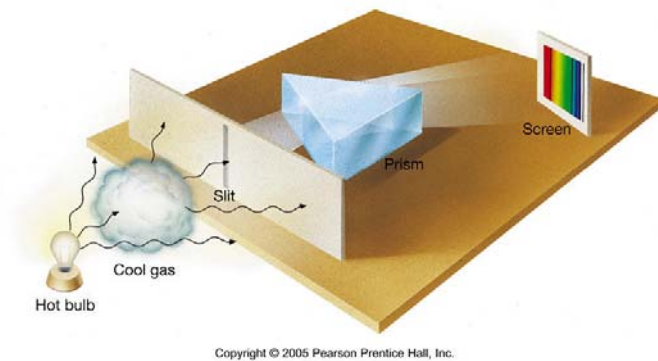
სპექტრული ხაზები:
გამომსხივებელი გარემოს
ქიმიური შემადგენლობა



გამოსხივების და
შთანთქმის ხაზები

გამოსხივების და შთანთქმის ხაზები

უწყვეტი სპექტრის სინათლის გავლა ცივი წყალბადის აირში: უწყვეტი სპექტრი და წყალბადის შთანთქმის ხაზები

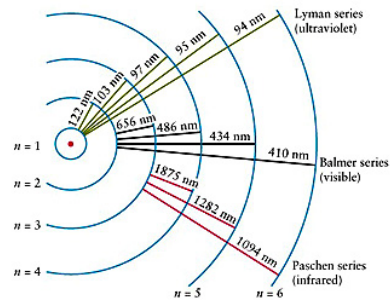


სპექტრული ხაზების სერიები

სპექტრული ხაზი:
ელექტრონის ერთი
ორბიტიდან მეორეზე
გადასვლა

ორბიტები და ხაზები:
დისკრეტული
სერიები:

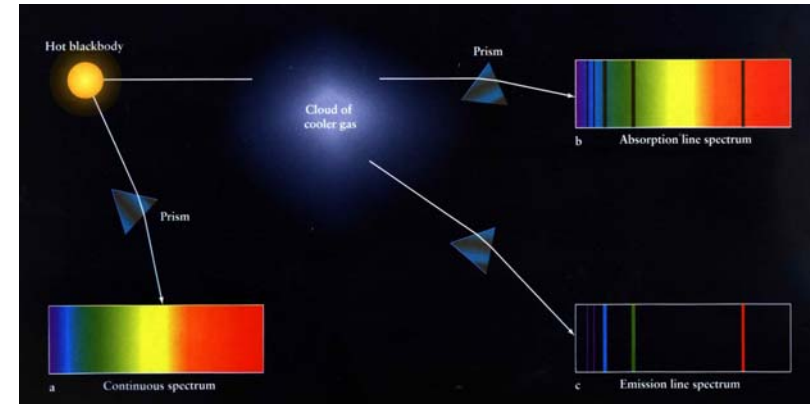
ლაიმანის, ბალმერის, პაშენის.



წყალბადის ატომის ბალმერის სერია

ციური სხეულების სპექტრი

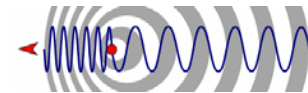
სპექტრი იძლევა ინფორმაციას როგორც ცხელი, ასევე ცივი გარემოს შესახებ



დოპლერის ეფექტი

ტალღის სიგრძის (სიხშირის) ცვლილება
წყაროს და დამკვირვებლის ერთმანეთის მიმართ
მოძრაობის დროს

ტალღის სიგრძე მცირდება
თუ დამკვირვებელი და წყარო
ერთმანეთის უახლოვდებიან
და იზრდება თუ შორდებიან



დოპლერის ეფექტი

ტალღის სიგრძის ცვლილება დამოკიდებულია ტალღის სიჩქარესა და დამკვირვებლისა და წყაროს ერთმანეთის მიმართ მოძრაობის სიჩქარის

რაც მეტია სიჩქარე, მით მეტია **დოპლერის წანაცვლება**

ბგერითი ტალღა: სიხშირის ცვლილება:
ბგერის ტონის მომატება ან დაკლება

ელექტრომაგნიტური ტალღა: სიხშირის ცვლილება
სინათლის “ფერის” ცვლილება

წითელი და ლურჯი წანაცვლება

სპექტრული ხაზები

წანაცვლება: (დოპლერის ეფექტი)

ლურჯი წანაცვლება: დაახლოება

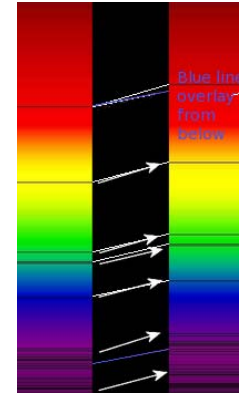
წითელი წანაცვლება: დაშორება

ხაზის გაფართოება:

ატომების ქაოსური მოძრაობები
სითბური; ტურბულენტური

ხაზის გახლეჩვა:

(ელექტრომაგნიტური ველი)

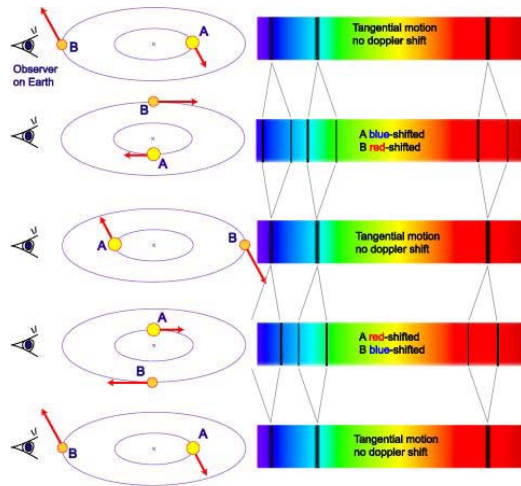


წითელი წანაცვლების მაგალითი

ორმაგი სისტემის სპექტრი

ორი ვარსკვლავის
ბრუნვა
ერთმანეთის
გარშემო

სპექტრული
ხაზების
მკაცრად
პერიოდული
გახლეჩვა



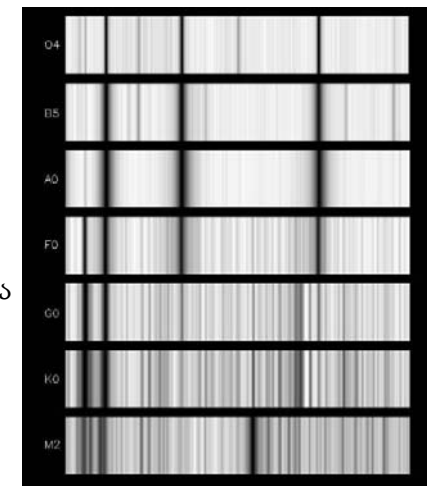
იზოლირებული ვარსკვლავის სპექტრები

ფერი:

ვარსკვლავის
ეფექტური
ტემპერატურა

სპექტრი:

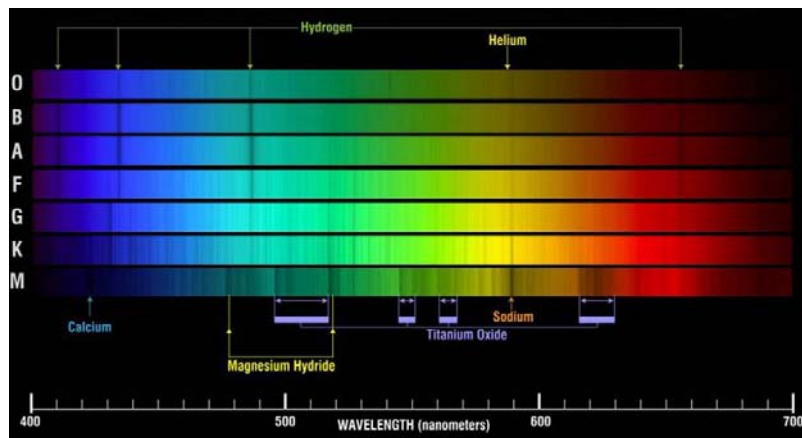
ქიმიური შემადგენლობა
წყალბადი;
მძიმე ელემენტები;
“მეტალურობა”



სპექტრული კლასიფიკაცია

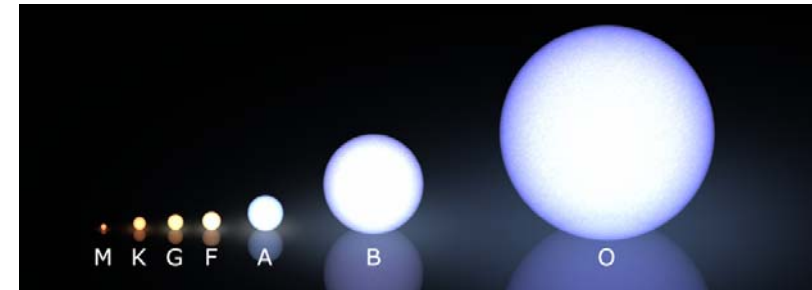
	კლასი	ტემპერატ. ზერი	მასა რად.	
	Spectral Class	Effective Temperature (K)	Colour	H Balmer Features Other Features M/M_{sun} R/R_{sun} L/L_{sun} Main Sequence Lifespan
O	O	28,000 - 50,000	Blue	weak Ionised He ⁺ lines, strong UV continuum 20 - 60 9 - 15 90,000 - 800,000 1 - 10 Myr
B	B	10,000 - 28,000	Blue-white	medium neutral He lines 3 - 18 3.0 - 8.4 95 - 52,000 11 - 400 Myr
A	A	7,500 - 10,000	White	strong strong H lines, ionised metal lines 2.0 - 3.0 1.7 - 2.7 8 - 55 400 Myr - 3 Gyr
F	F	6,000 - 7,500	White-yellow	medium weak ionised Ca ⁺ 1.1 - 1.6 1.2 - 1.6 2.0 - 6.5 3 - 7 Gyr
G	G	4,900 - 6,000	Yellow	weak ionised Ca ⁺ , metal lines 0.85 - 1.1 0.85 - 1.1 0.66 - 1.5 7 - 15 Gyr
K	K	3,500 - 4,900	Orange	very weak Ca ⁺ , Fe, strong molecules, CH, CN 0.65 - 0.85 0.65 - 0.85 0.10 - 0.42 17 Gyr
M	M	2,000 - 3,500	Red	very weak molecular lines, eg TiO, neutral metals 0.08 - 0.05 0.17 - 0.63 0.001 - 0.08 56 Gyr

ტიპიური სპექტრები



სპექტრული კლასები

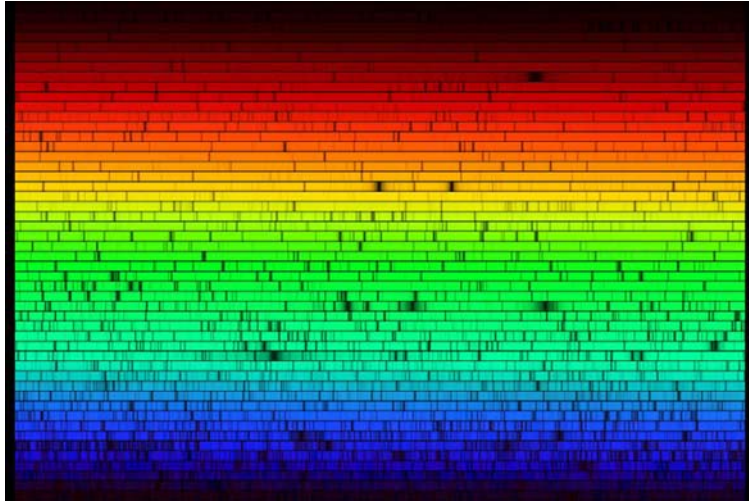
სხვადასხვა სპექტრული კლასის ვარსკვლავების მასის, ფერის და ზომის პირობითი ვიზუალიზაცია



ვარსკვლავების ნათობის კლასები

- O** ექსტრემალური გიგანტები
- Ia** კაშკაშა სუპერგიგანტები
- Ib** სუპერგიგანტები
- II** კაშკაშა გიგანტები
- III** გიგანტები
- IV** სუბ-გიგანტები (ქვეგიგანტები)
- V** ძირითადი თანმიმდევრობის ვარსკვლავი
- SD** სუპერ ჯუჯა
- D** ჯუჯა

მზის გამოსხივების სპექტრი (G2V)

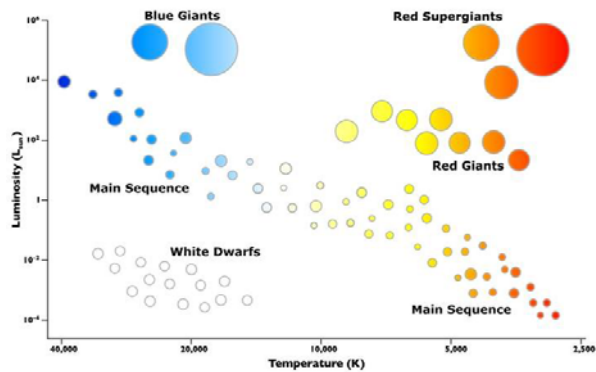


ვარსკვლავების სპექტრები



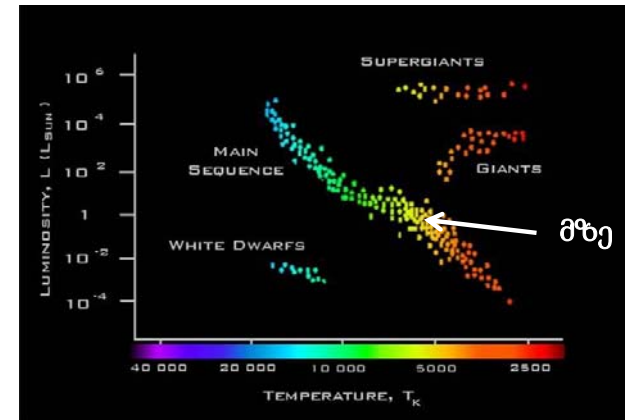
ჰერცშპრუნგ-რასელის (HR) დიაგრამა

აბსოლუტური ნათობისა და სპექტრული კლასის (ტემპერატურის) დამოკიდებულება

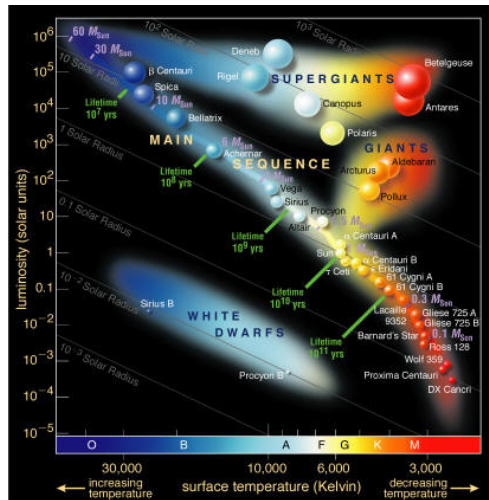


HR დიაგრამა

ძირითადი თანმიმდევრობის ვარსკვლავები, ჯუჯები და გიგანტები



HR ფიზიკური ვიზუალიზაცია

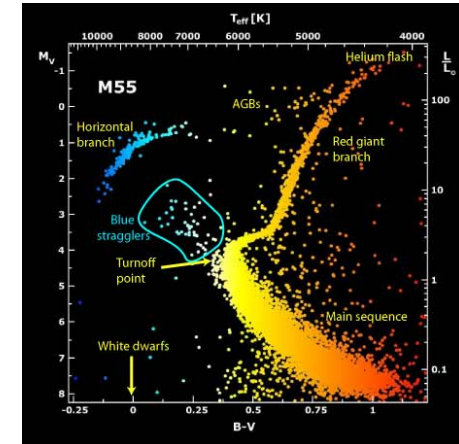


ვარსკვლავების გროვების დიაგრამები

წარმოშობის
ისტორია და
ფიზიკა

გალაქიკა M55

მცირე ქვეკლასები



ვარსკვლავების ენერგიის წყაროები

უძრავობის ენერგია: $E_m = m C^2$

ბირთვული დაშლა (ურანი) $\sim 0.1\% E_m$
თერმობირთვული სინთეზი (წყალბადი) $\sim 0.5\% E_m$

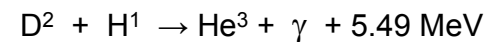
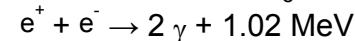
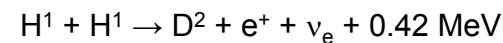
მსუბუქი ელემენტების ბირთვული შერწყმა
და მძიმე ქიმიური ელემენტების სინთეზი
ენერგიის გამოყოფით
(ანალოგი: წყალბადის თერმობირთვული ბომბი)

ვარსკვლავური ნუკლეოსინთეზი

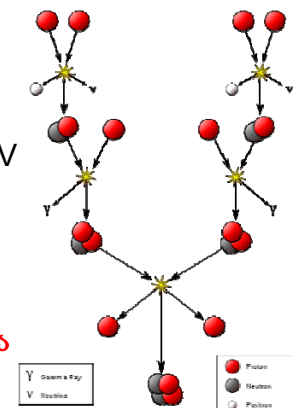
P-P ჯაჭვი ($M_{\odot}$)

ტემპერატურა ვარსკვლავის ცენტრში: $5 - 15 \times 10^6 \text{ K}$

პროტონ-პროტონული ჯაჭვი



წყალბადი $\rightarrow$ ჰელიუმი + ენერგია

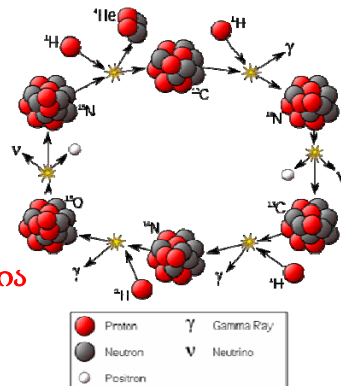
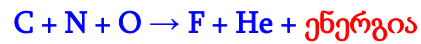


CNO ჯაჭვი ($M > 1.5 M_{\odot}$)ტემპერატურა ვარსკვლავის ცენტრში: $> 20 \times 10^6 \text{ K}$

C - ნახშირბადი

N - აზოტი

O - ჟანგბადი


www.tevza.org/home/course/universe2013

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

ქვეთავები 4.2, 4.3, 4.4, 13.3, 13.4, 13.5

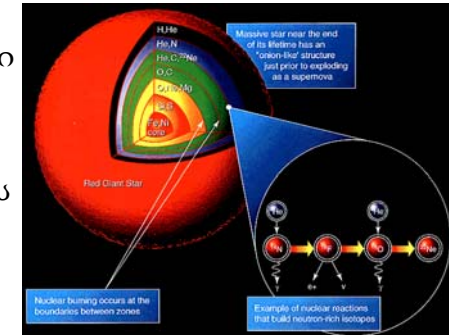
B. W. Carroll and D. A. Ostlie, "An introduction to modern astrophysics" (2007)

ქვეთავები 8.1, გვ.202–205

8.2 გვ.219–224

სტრუქტურა

ვარსკვლავის ქიმიური
შემადგენლობა
თერმობირთვული
საწვავის გამოლევისას



ბირთვიდან გარე ფენებისაკენ:

