



ივანე ჯავახიშვილის სახელობის
მშენებლის სახელმწიფო აკადემია

სამყაროს ევოლუცია

ლექცია 5

ვარსკვლავები, გამოსხივების სპექტრი
სპექტრული კლასიფიკაცია,
HR დიაგრამა, ნუკლეოსინთეზი

წინა ლექციაში

- მზე
- მზის ბირთვი და ატმოსფერო
- მზის მაგნიტური ველი
- მზის ქარი
- მზის ევოლუცია

ვარსკვლავები



სხვადასხვა სიკაშკაშის ვარსკვლავები

ოპტიკური სისტემატიზაცია

- ვარსკვლავის აბსოლუტური ნათობა
- ვარსკვლავის ხილული ნათობა

მანძილი დედამიწამდე;

ატმოსფერული შთანთქმა;

ჰიპარქოს სისტემა: 6 სიდიდის ვარსკვლავები;

შეუიარაღებულ თვალით ან ოპტიკური ხელსაწყოთ
დაკვირვებები: ვარსკვლავიერი სიდიდე;

ვარსკვლავიერი სიდიდე

$$m = -2.5 \log_{10} (F/F_0)$$

m - ვარსკვლავიერი სიდიდე

F – ოპტიკური ნაკადი

F₀ – ნორმირება საყრდენ ვარსკვლავზე

ლოგარიტმული სკალა

$$m_2 - m_1 = 2.5 , \quad F_2 = 10^{-1} F_1$$

$$m_2 - m_1 = 5 , \quad F_2 = 10^{-2} F_1$$

ზოგიერთი ვარსკვლავიერი სიდიდე

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

ზოგიერთი ვარსკვლავიერი სიდიდე

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

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

ვარსკვლავთა გამოსხივება

გამოსხივების სპექტრი:

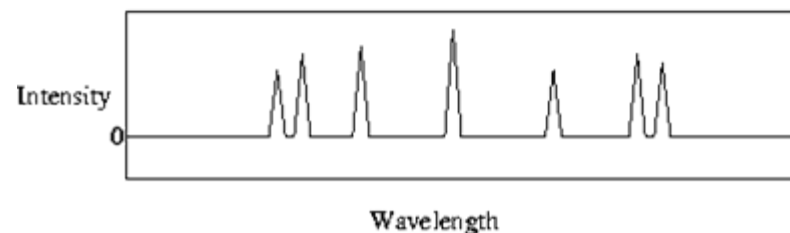
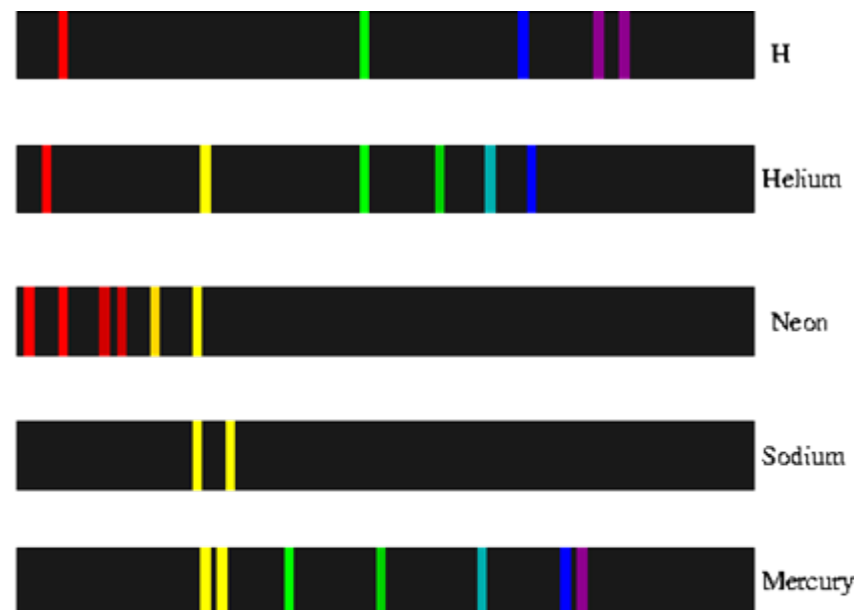
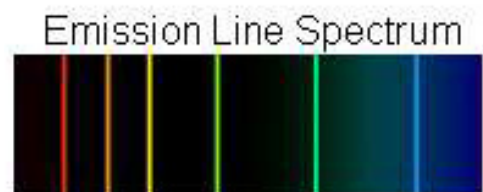
ეფექტური ტემპერატურა
(შავი სხეულის გამოსხივების მოდელი)

სპექტრული ხაზები

- ქიმიური შემადგენლობა
- სპექტროსკოპია

სპექტრული ანალიზი

სპექტრული ხაზები:
გამოსხივებელი გარემოს
ქიმიური შემადგენლობა

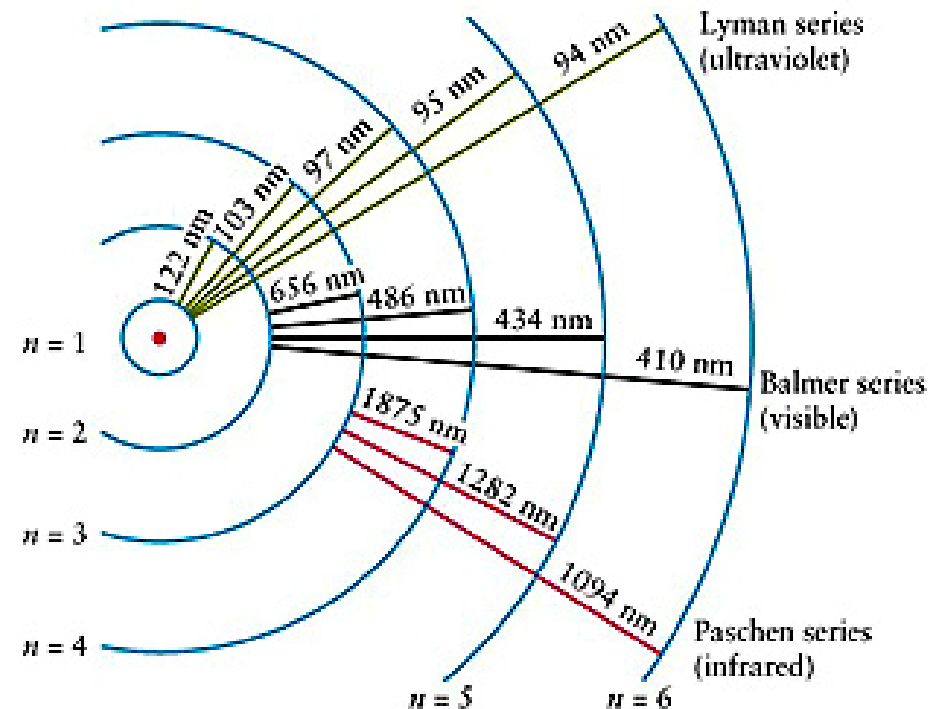


გამოსხივების და
შთანთქმის ხაზები

სპექტრული ხაზების სერიები

სპექტრული ხაზი:
ელექტრონის ერთი
ორბიტიდან მეორეზე
გადასვლა

ორბიტები და ხაზები:
დისკრეტული
სერიები:
ლაიმანის, ბალმერის, პაშენის.



წყალბადის ატომის ბალმერის სერია

სპექტრული ხაზები

წანაცვლება: (დოპლერის ეფექტი)

ლურჯი წანაცვლება: დაახლოება

წითელი წანაცვლება: დაშორება

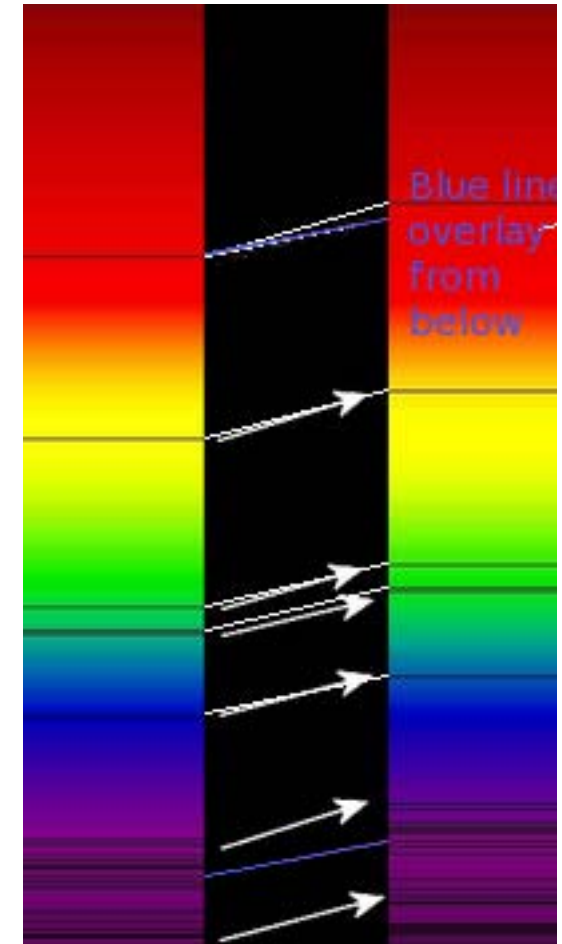
ხაზის გაფართოება:

ატომების ქაოსური მოძრაობები

სითბური; ტურბულენტური

ხაზის გახლეჩვა:

(ელექტრომაგნიტური ველი)

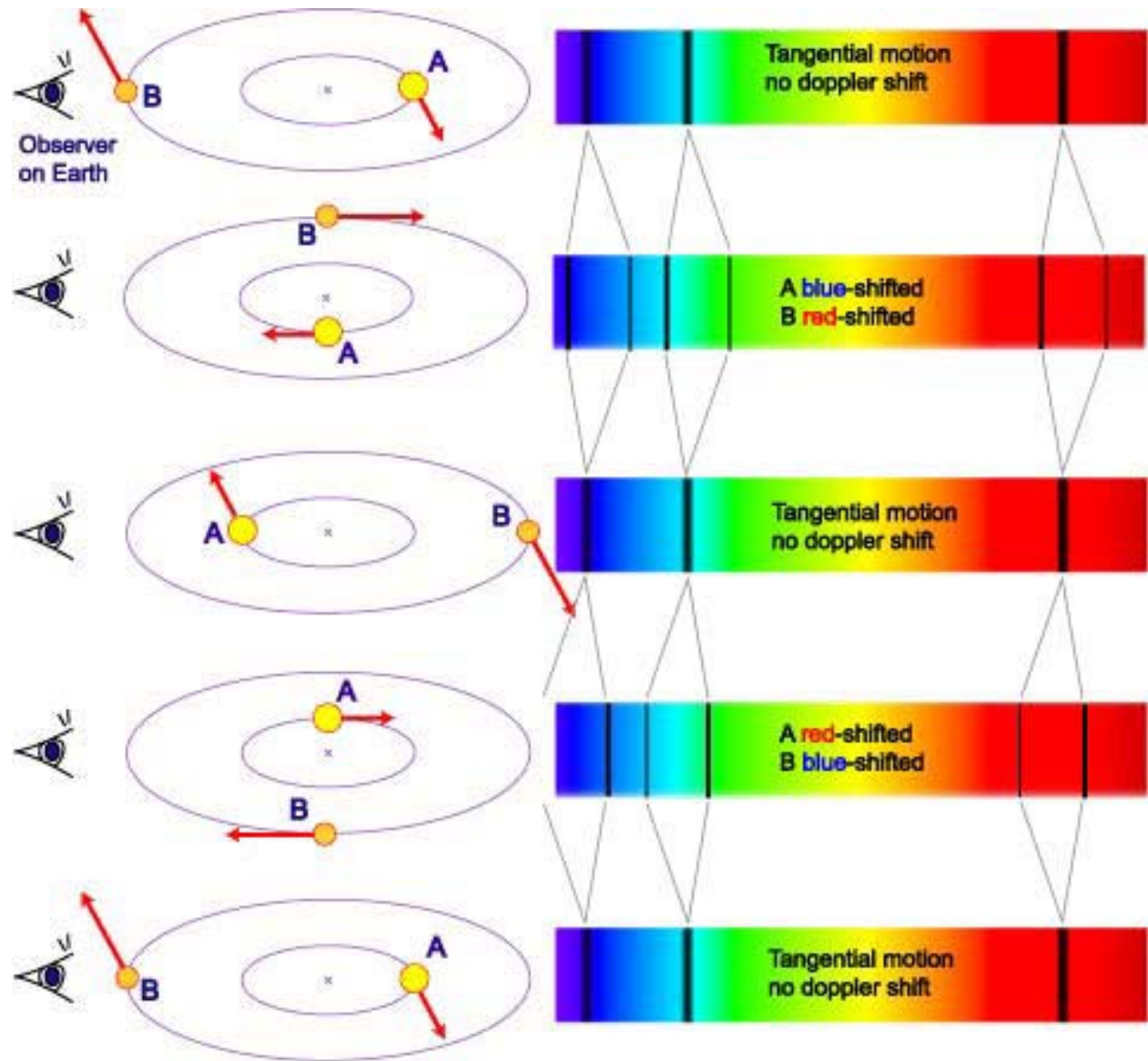


წითელი წანაცვლების მაგალითი

ორმაგი სისტემის სპექტრი

ორი ვარსკვლავის
ბრუნვა
ერთმანეთის
გარშემო

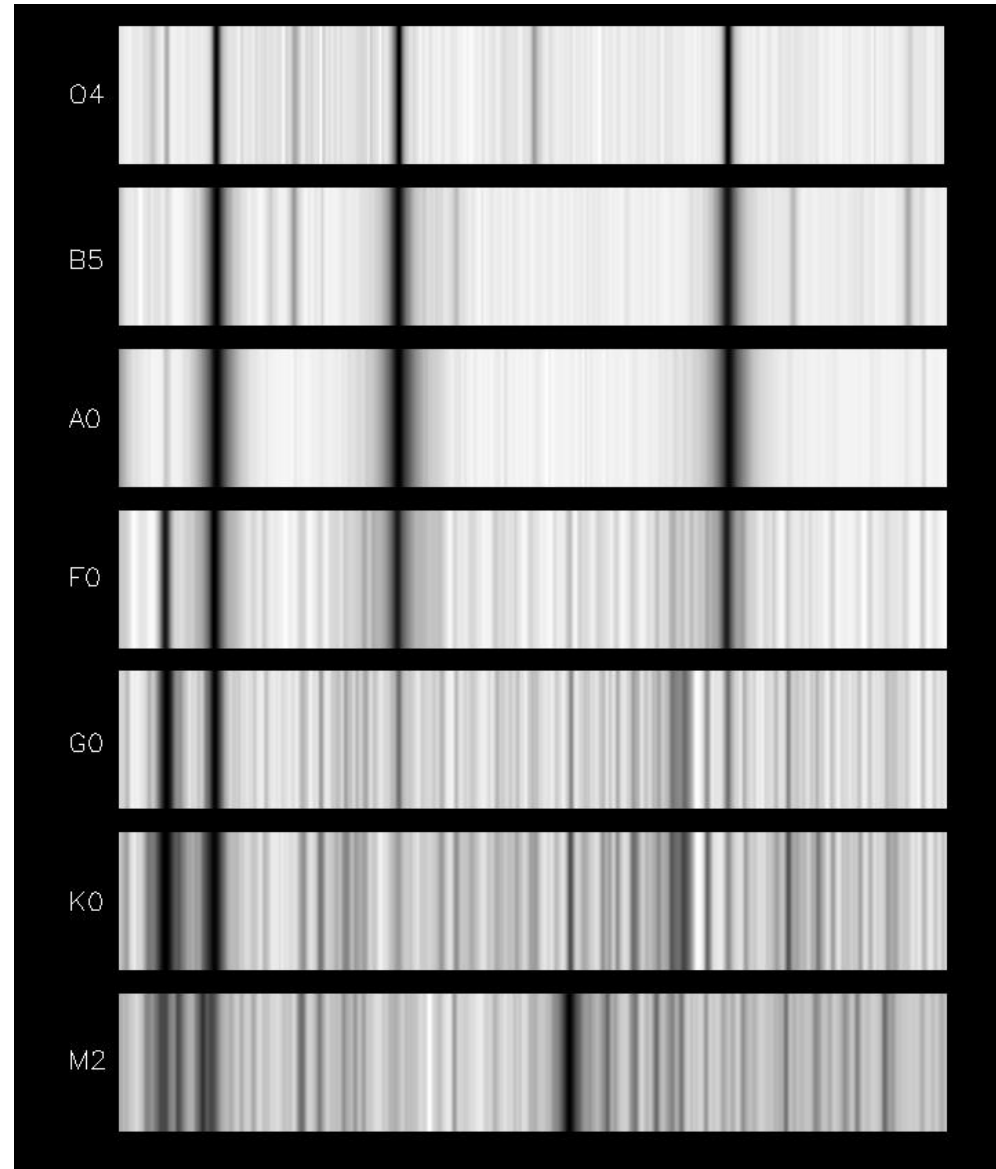
სპექტრული
ხაზების
მკაცრად
პერიოდული
გაზღვრვა



იზოლირებული ვარსკვლავის სპექტრები

ვარსკვლავის
ეფექტური
ტემპერატურა
ქიმიური შემადგენლობა

წყალბადი;
მძიმე ელემენტები;
“მეტალურობა”

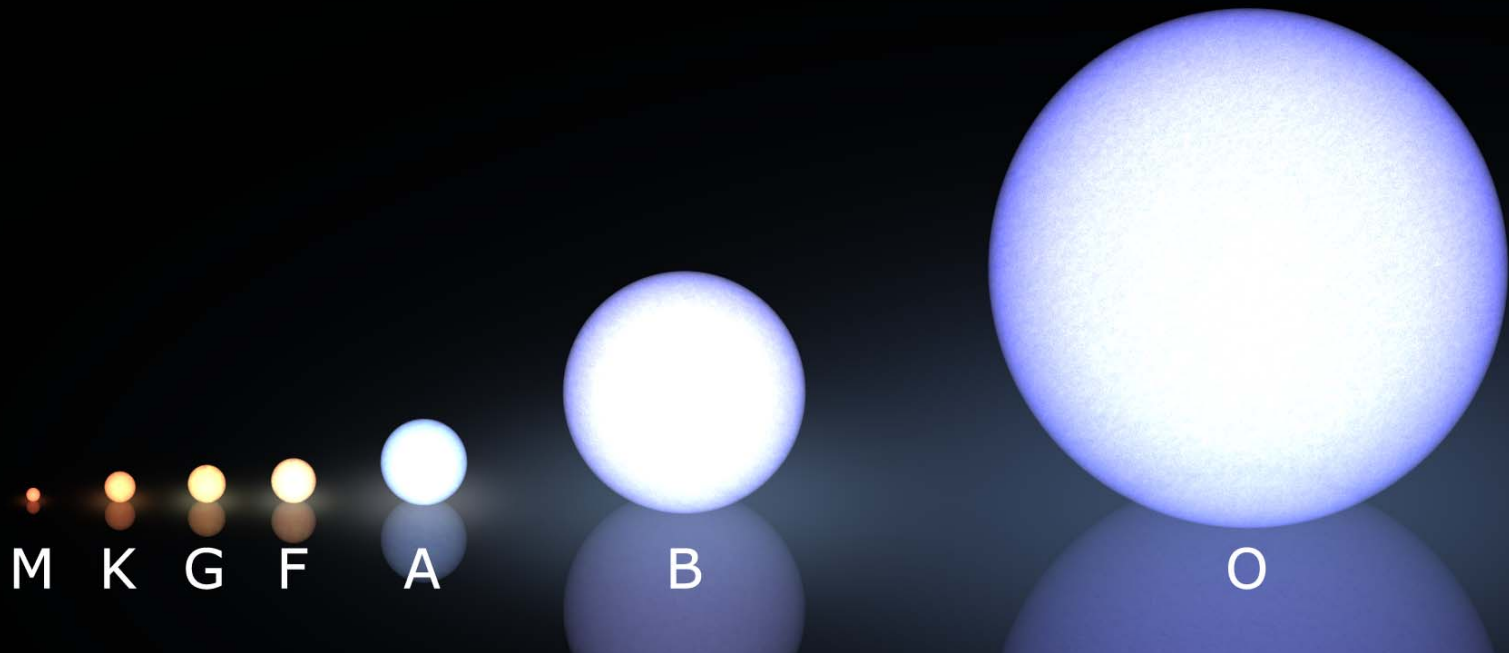


სპექტრული კლასიფიკაცია

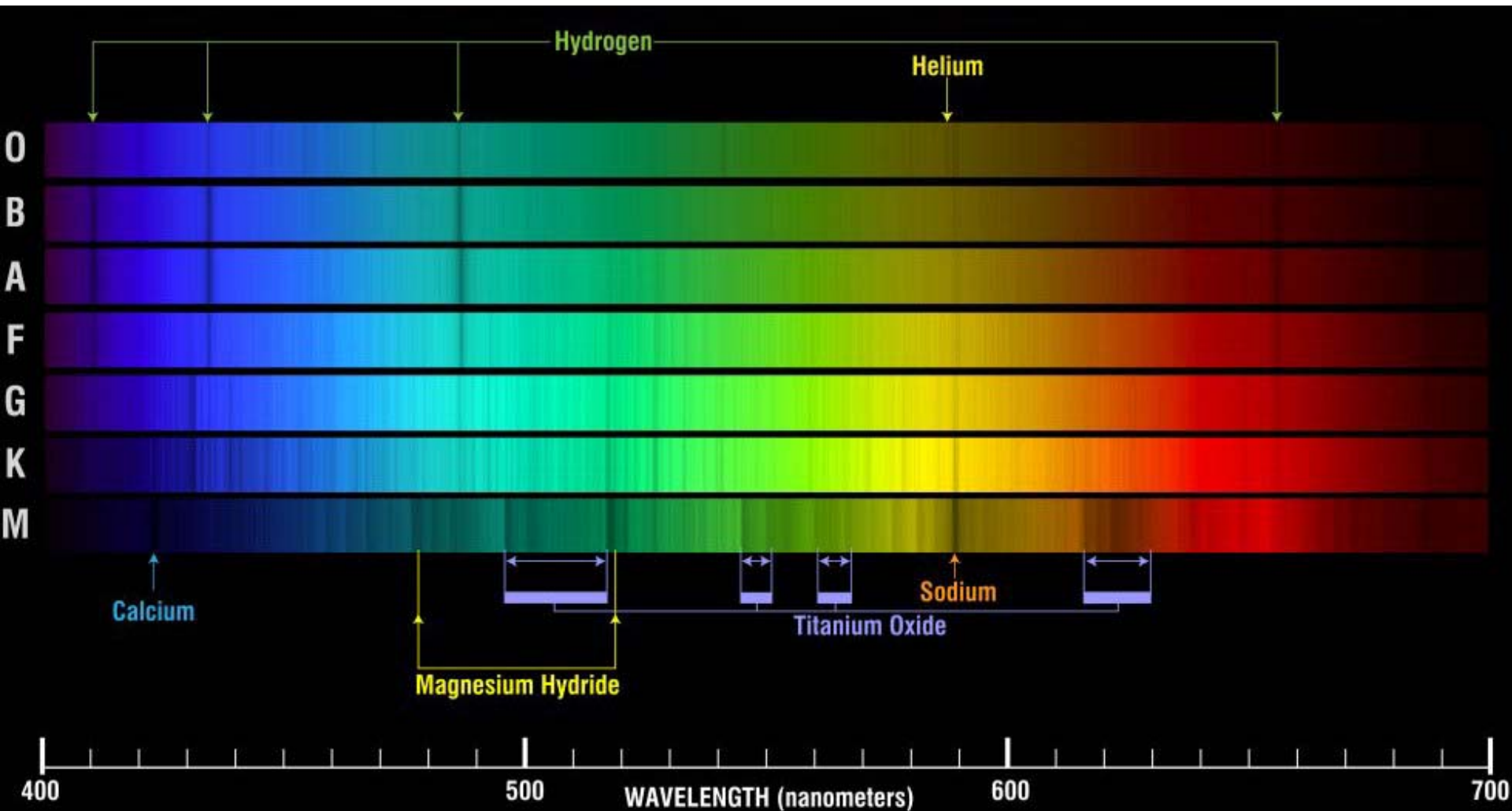
კლასი	ტემპერატ. შერი	მასა	რად.					
Spectral Class	Effective Temperature (K)	Colour	H Balmer Features	Other Features	M/M_{Sun}	R/R_{Sun}	L/L_{Sun}	Main Sequence Lifespan
O	28,000 - 50,000	Blue	weak	ionised He ⁺ lines, strong UV continuum	20 - 60	9 - 15	90,000 - 800,000	1 - 10 Myr
B	10,000 - 28,000	Blue-white	medium	neutral He lines	3 - 18	3.0 - 8.4	95 - 52,000	11 - 400 Myr
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	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	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	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	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

სპექტრული კლასები

სხვადასხვა სპექტრული კლასის ვარსკვლავების მასის, ფერის და ზომის პირობითი ვიზუალიზაცია



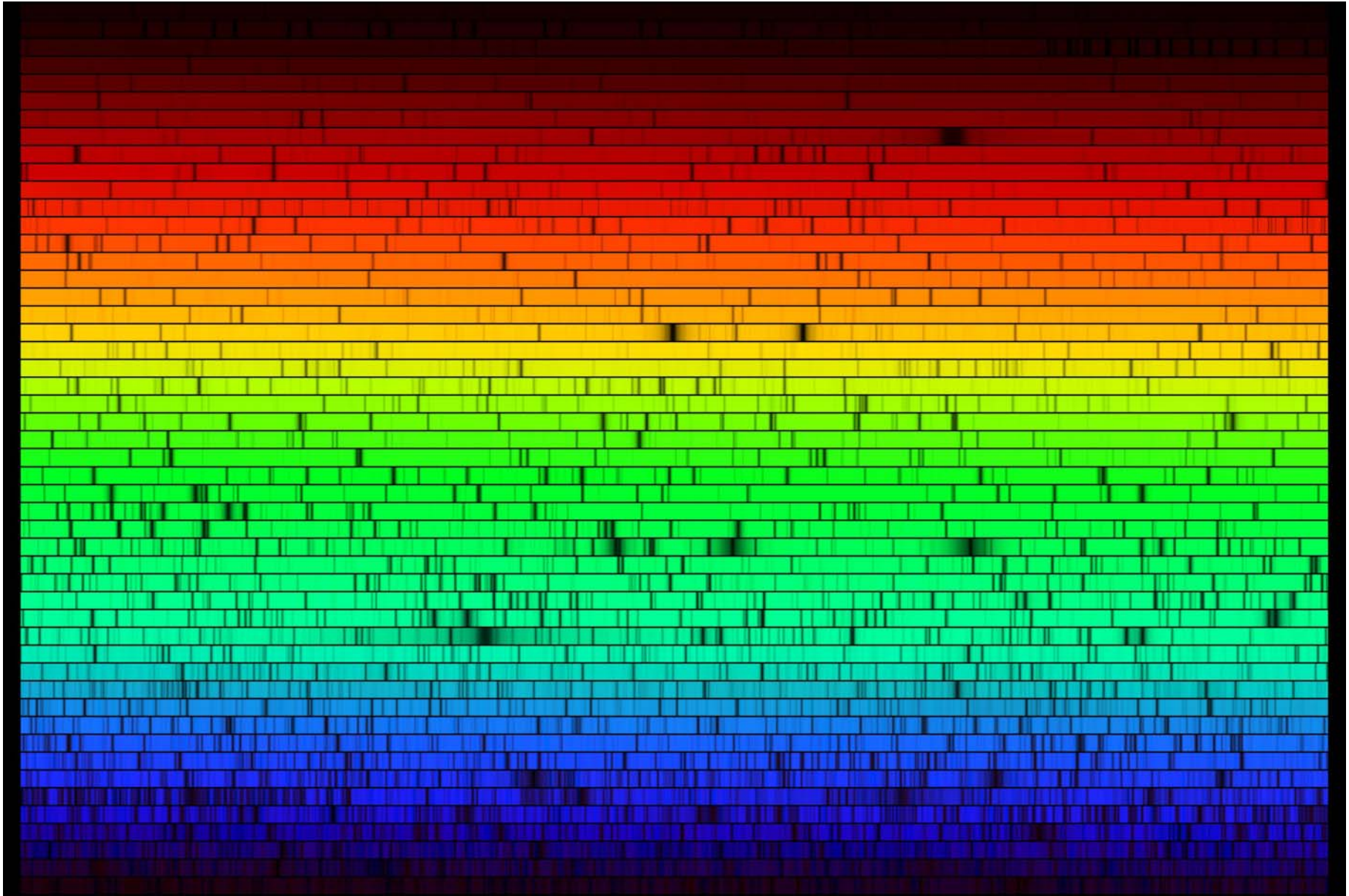
ტიპური სპექტრები



ვარსკვლავების ნათობის კლასები

0	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)

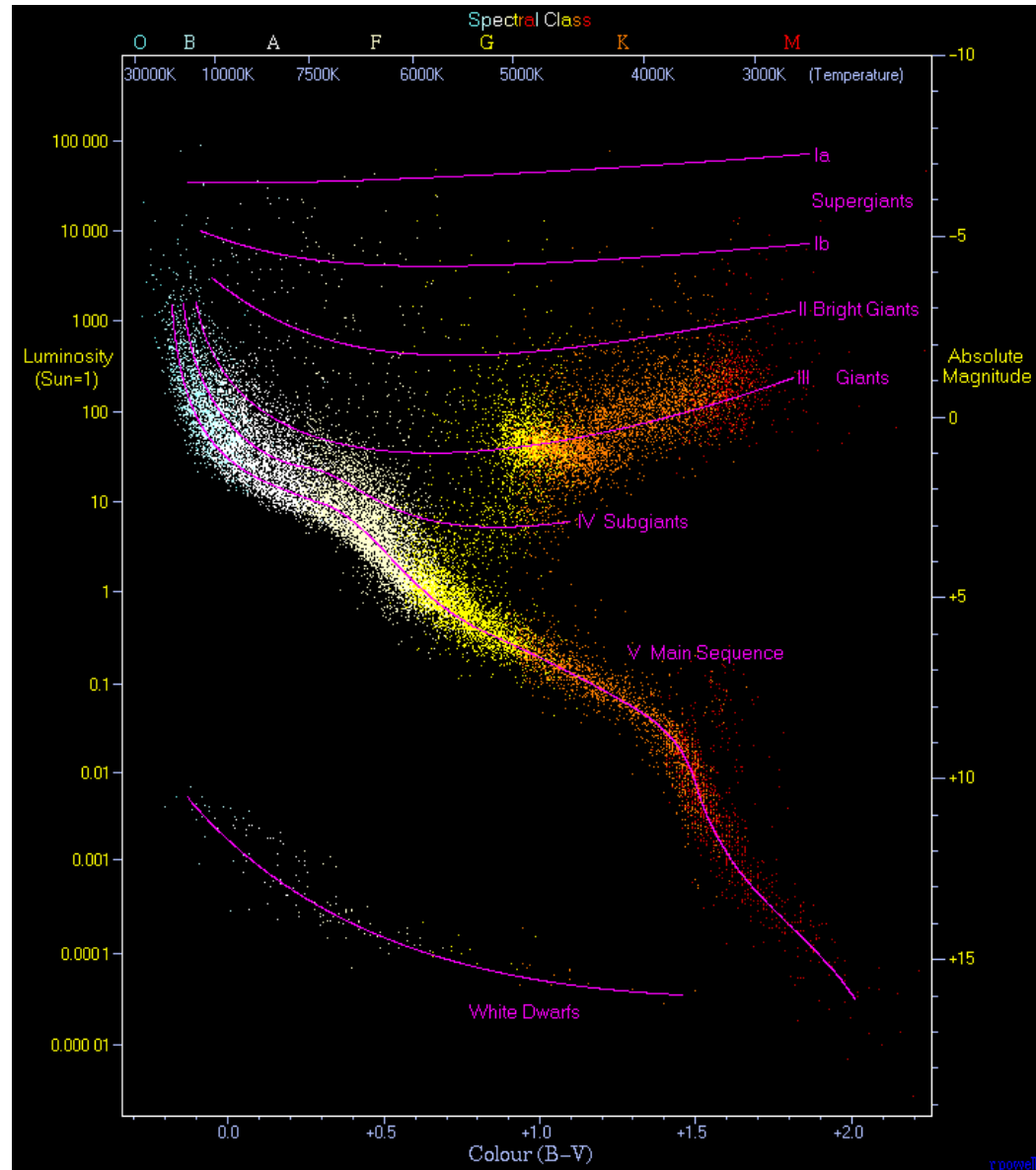


ჰერცშპრუნგ-რასელის (HR) დიაგრამა

ნათობისა და
სპექტრული კლასის
დამოკიდებულება

ძირითადი
თანმიმდევრობის
ვარსკვლავები

ჯუჯები და
გიგანტები

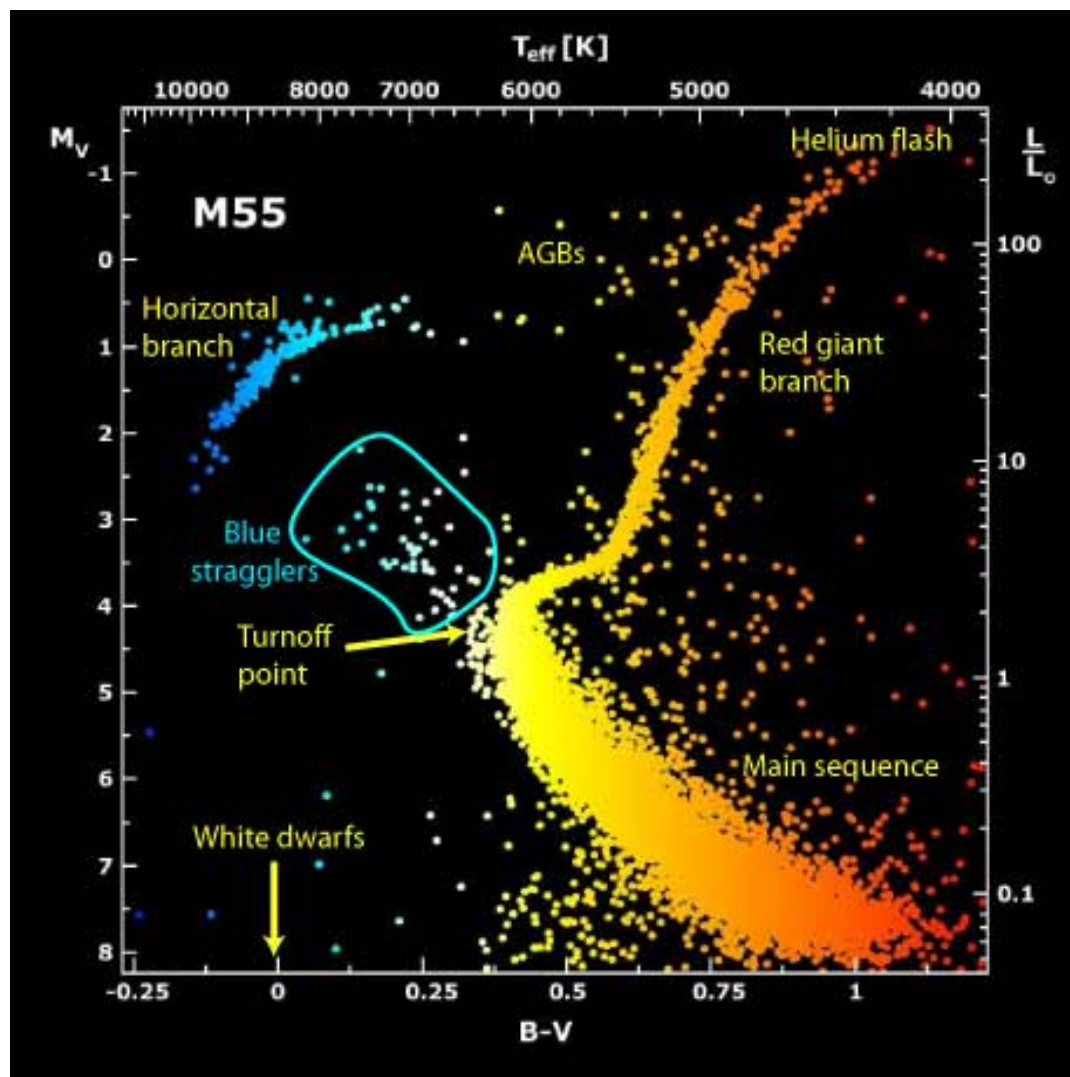


ვარსკვლავების გროვების დიაგრამები

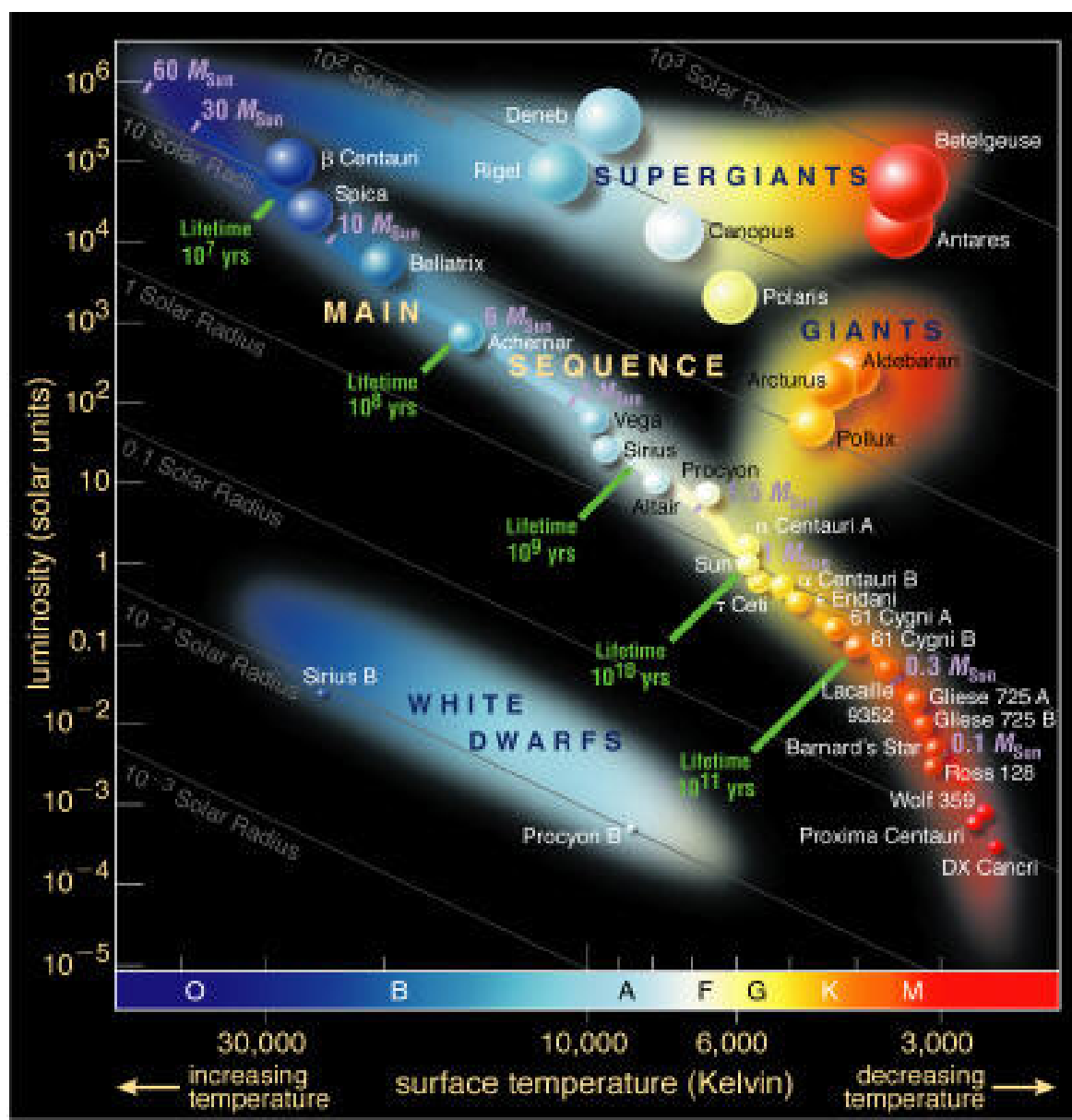
წარმოშობის
ისტორია და
ფიზიკა

გალაქტიკა M55

მცირე ქვეკლასები



HR ფიზიკური ვიზუალიზაცია



ვარსკვლავების ენერგიის წყაროები

უძრავობის ენერგია: $E_m = m C^2$

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

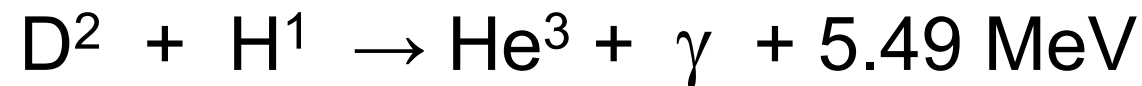
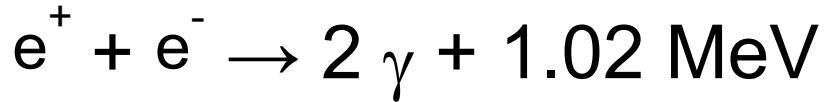
მსუბუქი ელემენტების ბირთვული შერწყმა
მძიმე ქიმიური ელემენტების სინთეზი
ენერგიის გამოყოფა
(ანალოგი: წყალბადის თერმობირთვული ბომბი)

ვარსკვლავური ნუკლეოსინთეზი

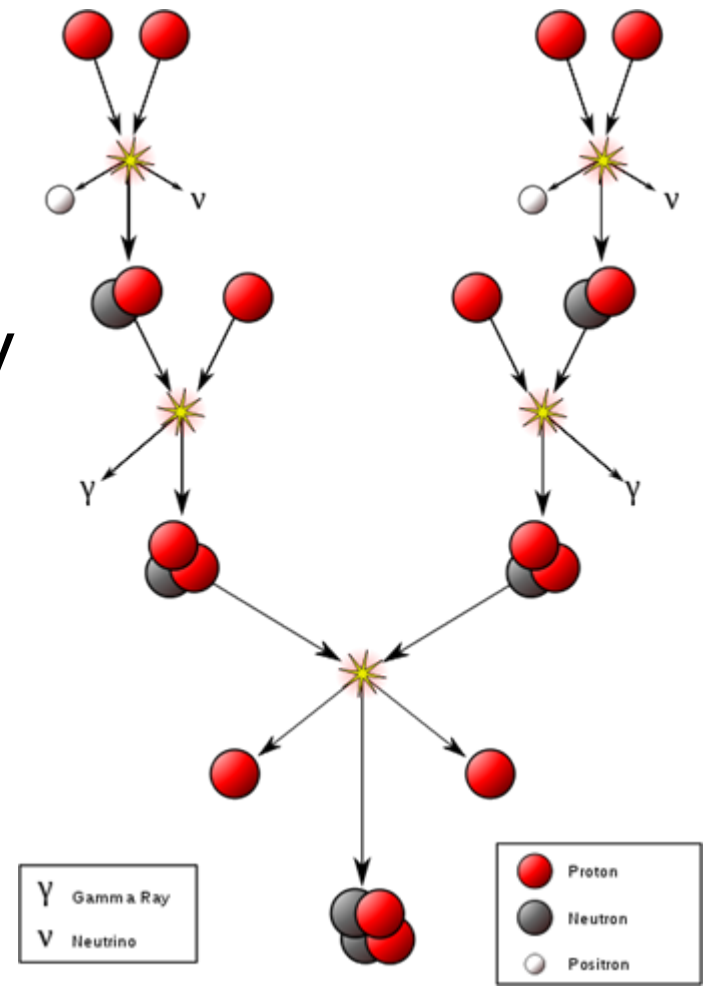
P-P ჯაჭვი ($M_{\odot}$)

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

პროტონ-პროტონული ჯაჭვი



წყალბადი $\rightarrow$ ჰელიუმი + ენერგია



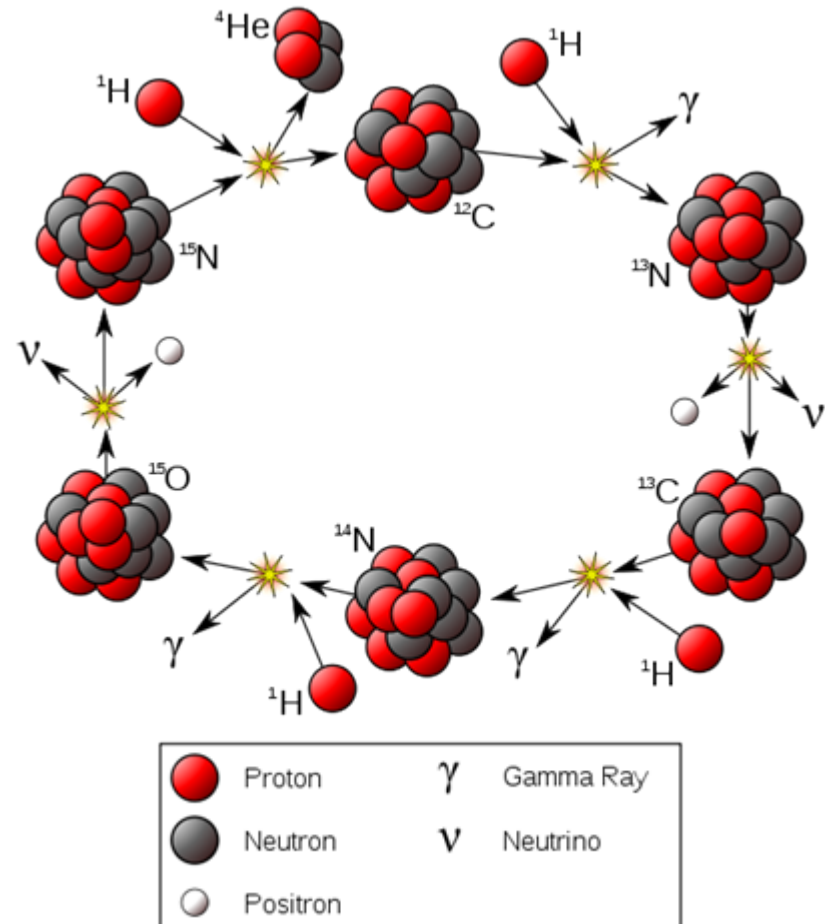
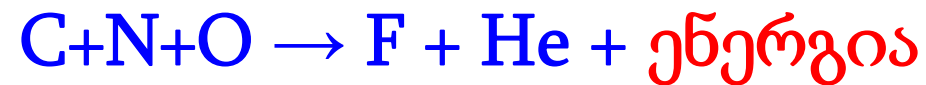
CNO ჯაჭვი ($M > 1.5 M_{\odot}$)

ტემპერატურა ვარსკვლავის ცენტრში: $> 20 \times 10^6 \text{ K}$

C - ნახშირბადი

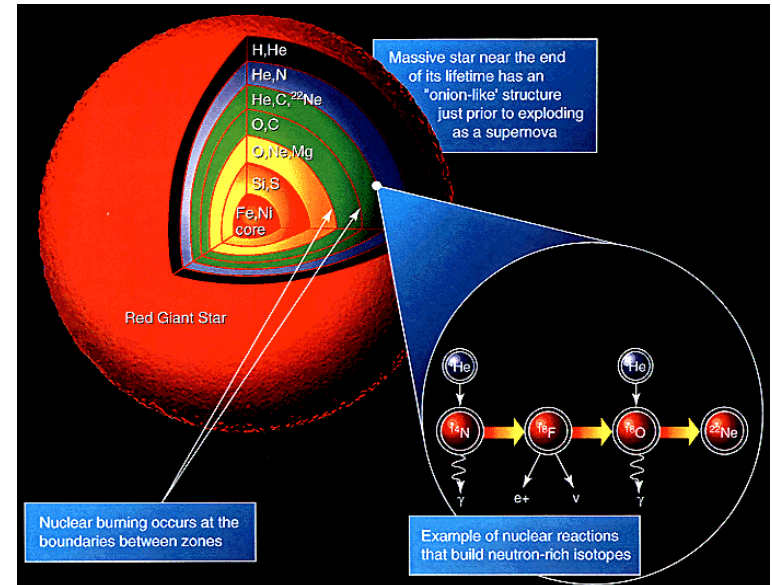
N – აზოტი

O – ჟანგბადი

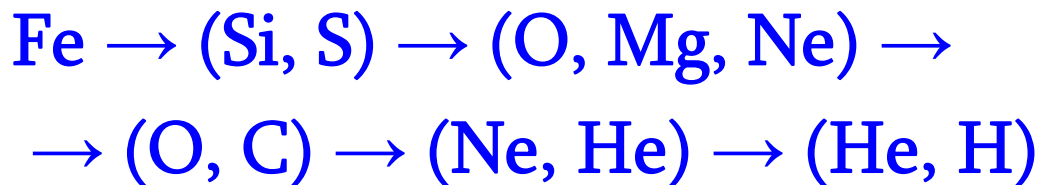


სტრუქტურა

ვარსკვლავის ქიმიური
შემადგენლობა
თერმობირთვული
საწვავის გამოლევისას



ბირთვიდან გარე ფენებისაკენ:



www.tevza.org/home/course/universe2010

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

ქვეთავები	8.1,	გვ.202–205
	8.2	გვ.219–224