

A dense field of stars in various colors (blue, white, yellow, orange) against a dark blue background. A faint grid is overlaid on the image. The word "Zvezde" is written in white, bold, sans-serif font in the lower right quadrant.

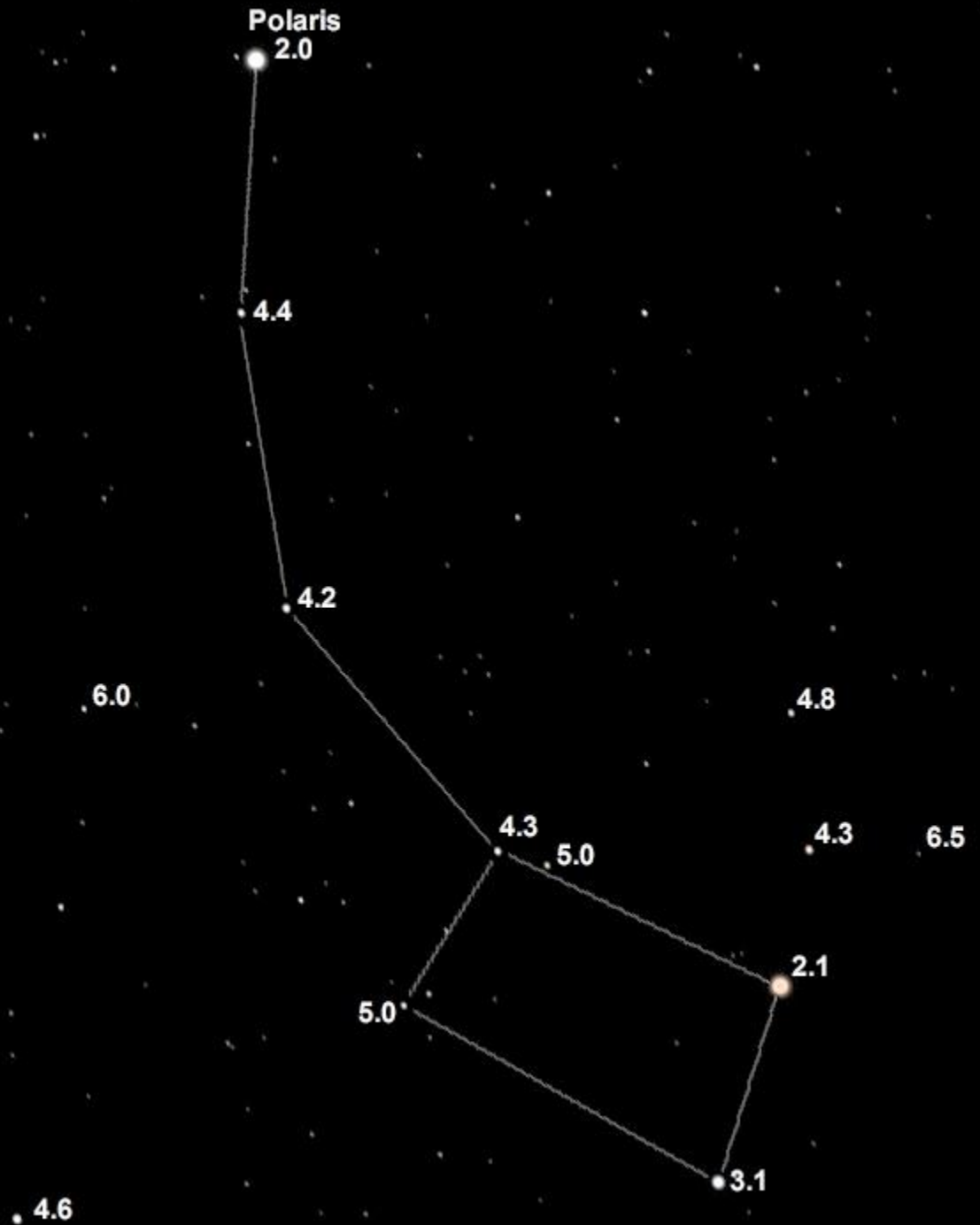
Zvezde

- 
- Magnituda
 - Navidezna
 - Absolutna
 - Spektralni tipi
 - Življenjski cikel zvezd
 - Hertzsprung – Russellov diagram
 - Protozvezda
 - Zvezde na glavni veji
 - Manj masivne zvezde
 - Srednje masivne zvezde
 - Masivne zvezde
 - Po smrti zvezde
 - Velikosti in gostote
 - Spremenljive zvezde

Magnituda

- S prostim očesom vidimo zvezde do 6. magnitude
- Zvezda 1. magnitude 100x svetlejša od zvezde 6. magnitude (Hiparh)
- Magnituda – logaritemska enota:
 - razlika v magnitudi zvezd za 1
 - razlika v svetlosti za 2.512 (peti koren iz 100)

Magnituda – navidezna



Magnituda – navidezna



Magnituda – absolutna

- Magnituda zvezde na oddaljenosti 10 pc (32.6 svetlobnih let)

$$L = 10^{\frac{4.83 - M}{2.5}} L_S$$
$$L \approx 3 \cdot 10^{28} 10^{-0.4M} W$$

Zvezda	m	M	oddaljenost
Sonce	-26.7	4.83	8 svetlobnih minut
Sirij	-1.46	1.42	8.6 svetlobnih let
Arktur	-0.05	-0.31	36.7 svetlobnih let
Vega	0.03	0.58	25.3 svetlobnih let
Antares	1.00	-4.7	600 svetlobnih let

Spektralni tipi

Razred	Temperatura [K]	Primer
O	> 33 000	Zeta Ophiuchi
B	10 500 - 30 000	Rigel
A	7 500 - 10 000	Altair
F	6 000 - 7200	Procyon A
G	5 500 - 6 000	Sonce
K	4 000 - 5 250	Epsilon Indi
M	2 600 - 3 850	Proxima Centauri



O Bodi Ana Fina Gospodična Kušni Me
(**Oh, Be A Fine Girl Kiss Me**)



M K G F A



B



O

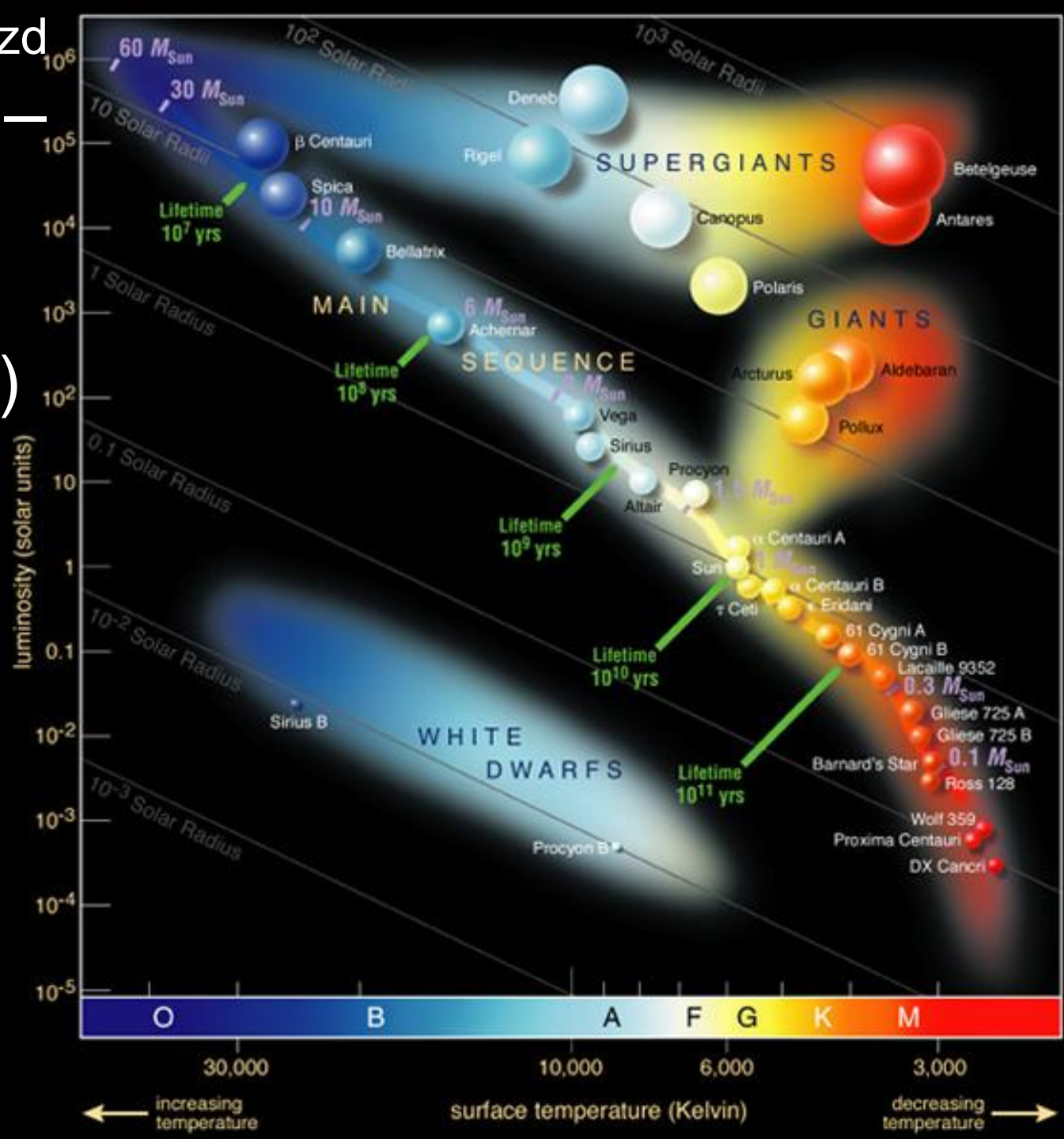
Življenjski cikel zvezd



Življenjski cikel zvezd

Hertzsprung – Russellov diagram (H-R diagram)

- Življenjska pot zvezde določena z njeno maso



Življenjski cikel zvezd

Protozvezda

- Medzvezdni molekularni oblak
 - Gostota manjša od gostote vakuma na Zemlji
 - Največ vodika, ~25% helija
 - Primer: Orionova meglica
- Masa večja od Jeansove mase → krčenje

Življenjski cikel zvezd

Protozvezda

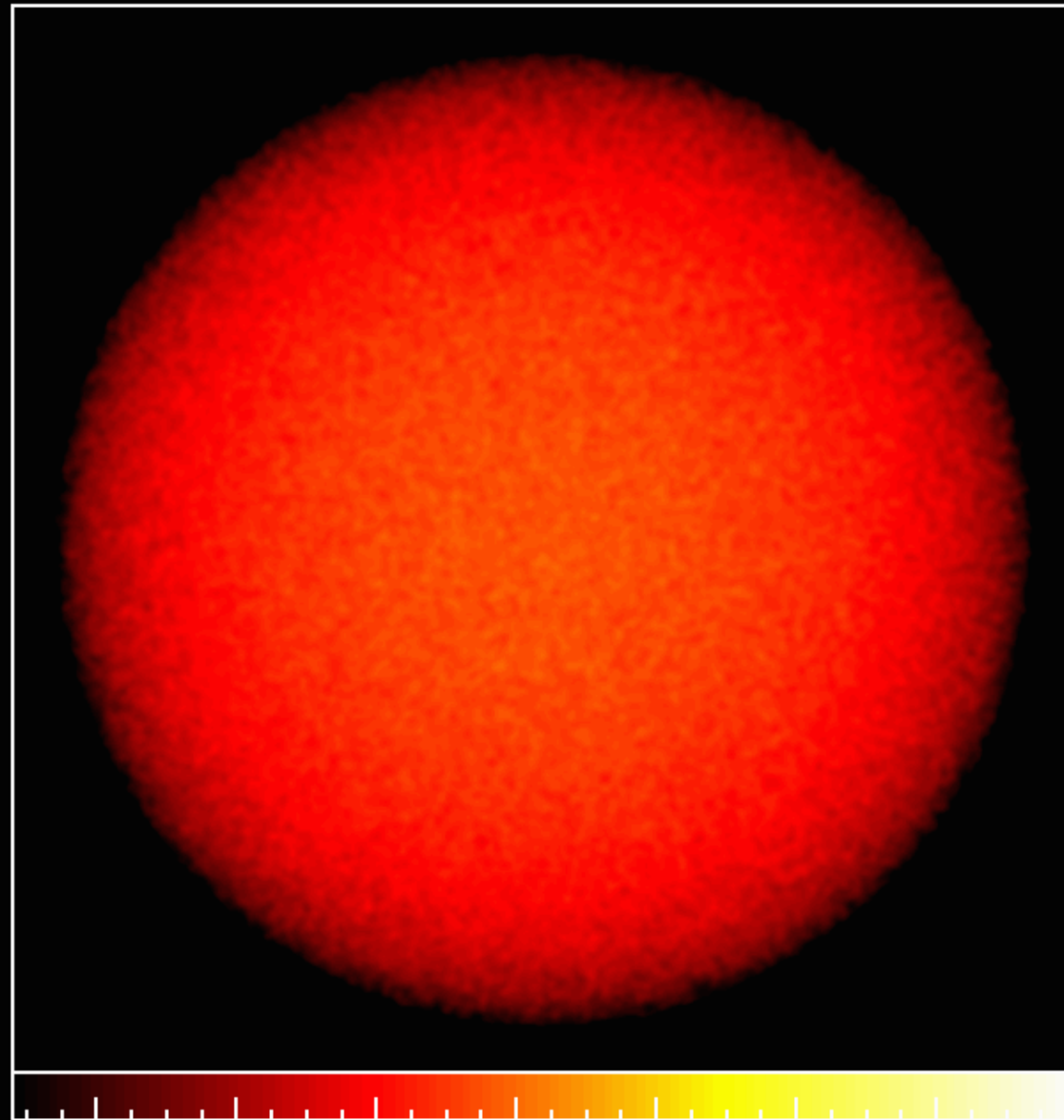
- Krčenje oblaka in fragmentacija oblaka
 - Gravitacijska energija → toplota
 - Večanje temperature in tlaka
→ protozvezda in protoplanetarni disk
- T-Tauri zvezde
 - $m < 2 M_{\text{S}}$
- Herbig Ae/Be zvezde
 - $m > 2 M_{\text{S}}$

Simulacija formiranja zvezd

Matthew R. Bate, Ian A. Bonnell, and Volker Bromm; <http://www.ukaff.ac.uk/starcluster/>

Dimensions: 82500. AU

Time: 0. yr



-1.4 -1.2 -1.0 -0.8 -0.6 -0.4 -0.2 0.0

Log Column Density [g/cm^2]

Matthew Bate

Življenjski cikel zvezd

Zvezde na glavni veji

■ Energija: fuzija

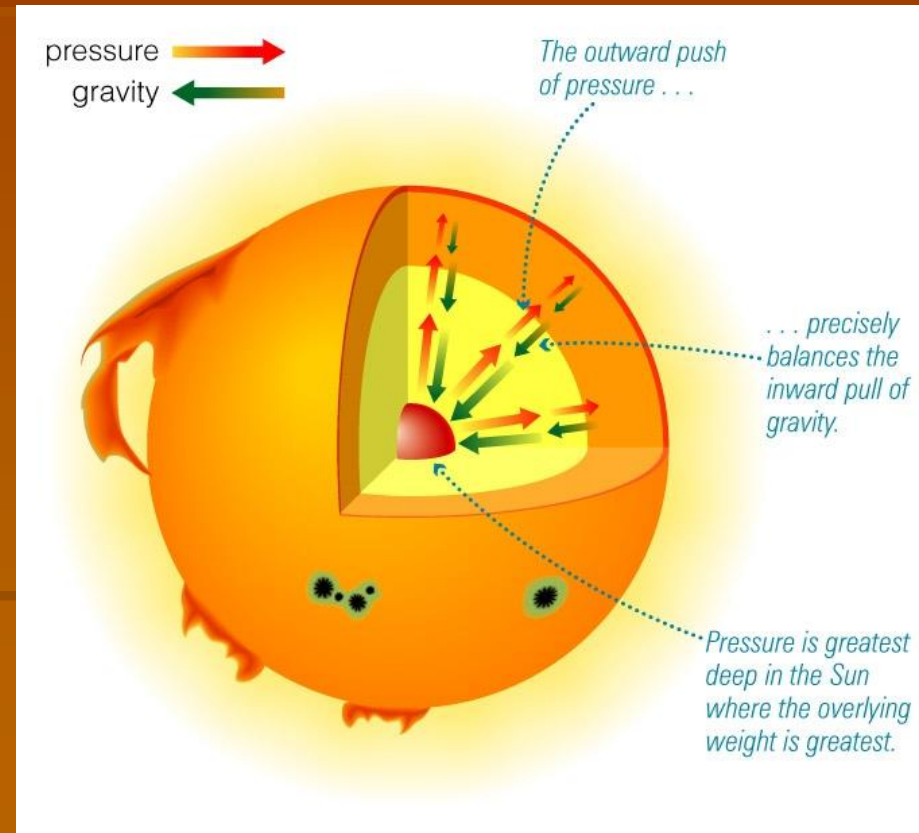
■ Proton-proton veriga

- $T > 4$ milijonov K
- $M \leq M_{\odot}$
- Sonce: 98%

■ CNO cikel

- $T > 13$ milijonov K
- $M > 1.3 M_{\odot}$
- Sonca: 2%

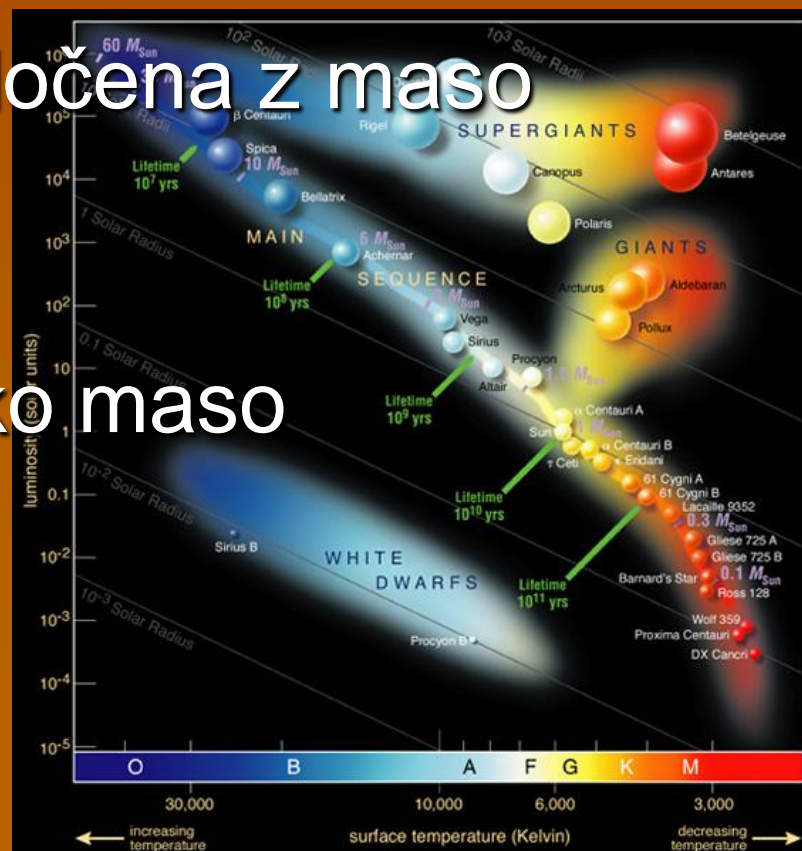
- Hidrostatsko ravnovesje: ravnovesje med gravitacijo in sevalnim tlakom



Življenjski cikel zvezd

Zvezde na glavni veji

- Zvezda preživi ~90% svojega življenja na glavni veji
- Življenjska doba je določena z maso
- Manj masivne zvezde
 - 10 - 100 milijard let
- Zvezde s srednje veliko maso
 - 10 milijard let
- Masivne zvezde
 - Par milijonov let



Po glavni veji in smrt Manj masivne zvezde

- Rdeče pritlikavke ($m < 0.5 M_{\odot}$)
- V jedru se porabi ves vodik
 - Gravitacijska sila ni več uravnovešena s sevalnim tlakom
 - Krčenje zvezde
 - Gravitacija uravnovešena z degeneriranim elektronskim tlakom
- Bela pritlikavka (Proxima Centauri)
 - Helij

Življenjski cikel zvezd

Po glavni veji

Srednje masivne zvezde

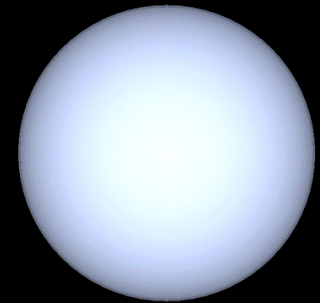
- Zvezde z $m = 0.5 - 9 M_{\odot}$
- V jedru se porabi ves vodik
 - Gravitacijska sila ni več uravnotežena s sevalnim tlakom
 - Krčenje zvezde
 - Gorenje helija v jedru (do kisika in ogljika) – gravitacija uravnotežena s sevalnim tlakom
 - Vodik začne goreti okrog jedra
- Zgornji sloji zvezde se začnejo širiti in ohlajati
 - barva se jim spremeni v rdečo
 - Rdeče orjakinje (Aldebaran, Arktur)



Smrt

Srednje masivne zvezde

- V jedru se porabi ves helij
 - Jedro iz kisika in ogljika
 - V ovojnici okrog jedra → fuzija helija
 - V zgornji ovojnici → fuzija vodika
- Zvezda izgublja svoje zunanje sloje
→ Planetarna meglica
- Jedro
 - Gravitacija uravnovešena z degeneriranim elektronskim tlakom
→ **Bela pritlikavka**
 - Kisik, ogljik
 - Najbolj pogoste bele pritlikavke



$M \approx 1.0 M_{\text{sun}}$
 $R \approx 5800 \text{ km}$
 $V_{\text{esc}} \approx 0.02c$

Življenjski cikel zvezd

Smrt

Srednje masivne zvezde – dvojni sistem

- Druga zvezda naraste v rdečo orjakinjo
- Bela pritlikavka pritegne snov z rdeče orjakinje
 - Dve možnosti: nova in supernova



Smrt

Srednje masivne zvezde – dvojni sistem

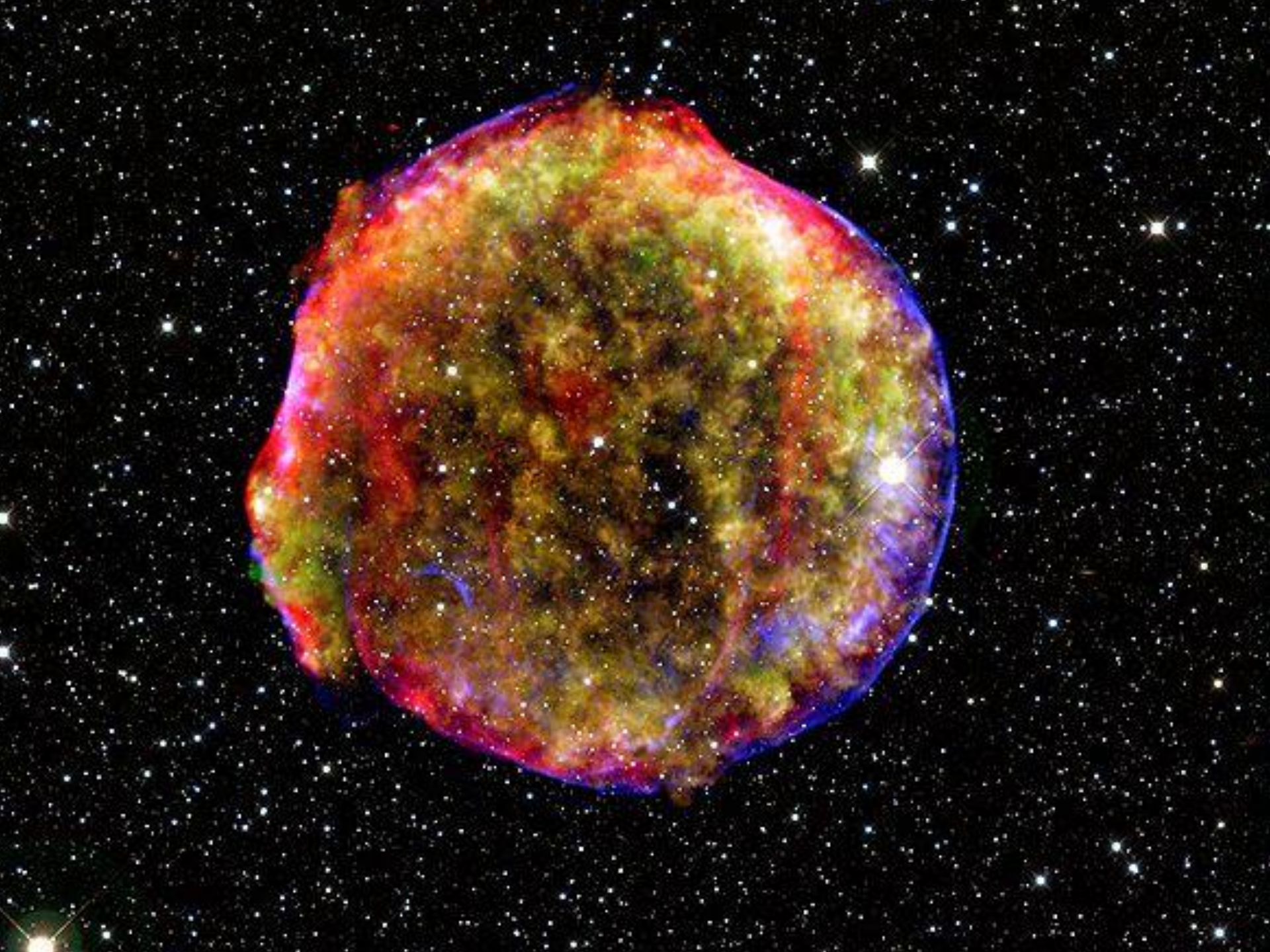
Chandrasekharjeva masa: $m_C = 1.4 M_S$

$m < m_C$

- Fuzija vodika v novi ovojnici
- Energija odpihne preostali material
- nova

$m > m_C$

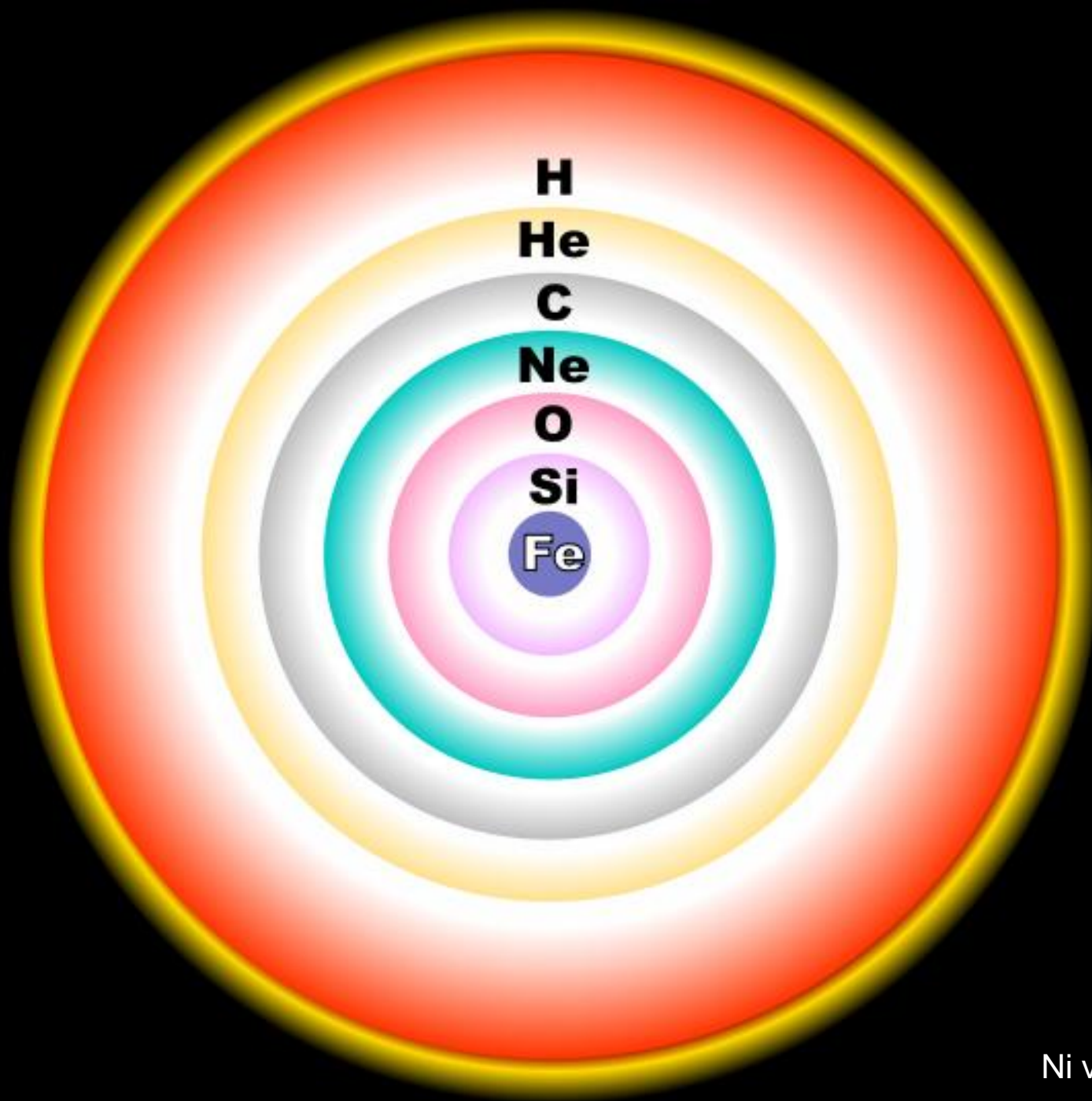
- krčenje
- degeneriran nevtronski tlak
- krčenje se ustavi
- udarni val
- supernova tipa Ia
- nevtronska zvezda



Po glavni veji

Masivne zvezde

- Modre orjakinje ($m > 9 M_{\odot}$)
- V jedru se porabi ves vodik
 - Jedro dovolj veliko, da takoj začne goreti helij
 - Vodik gori v ovojnici okrog jedra
- Zgornji sloji zvezde se začnejo širiti in ohlajati
 - barva se jim spremeni v rdečo
 - Rdeče nadorjakinje (Betelgez, Antares)
- V jedru se porabi ves helij
 - Začnejo goreti težji elementi
 - Gorenje poteka po ovojnicah
 - Zadnja faza: proizvodnja železa

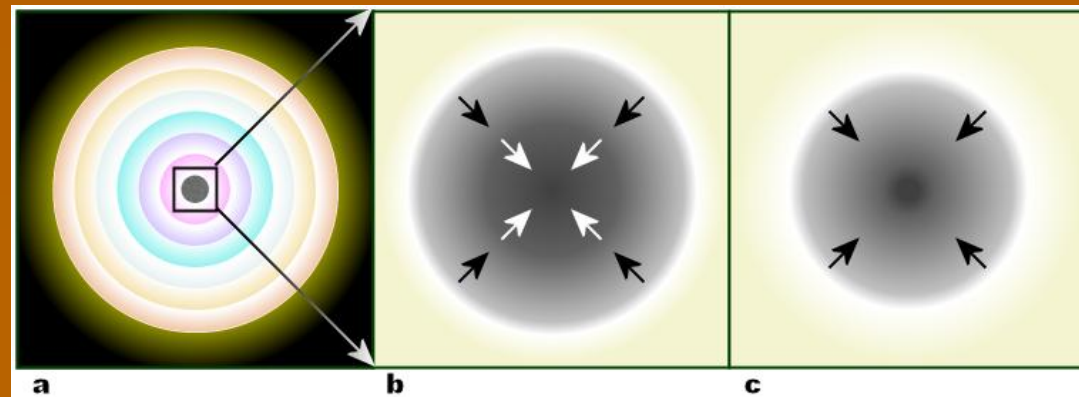


Ni v merilu

Smrt

Masivne zvezde

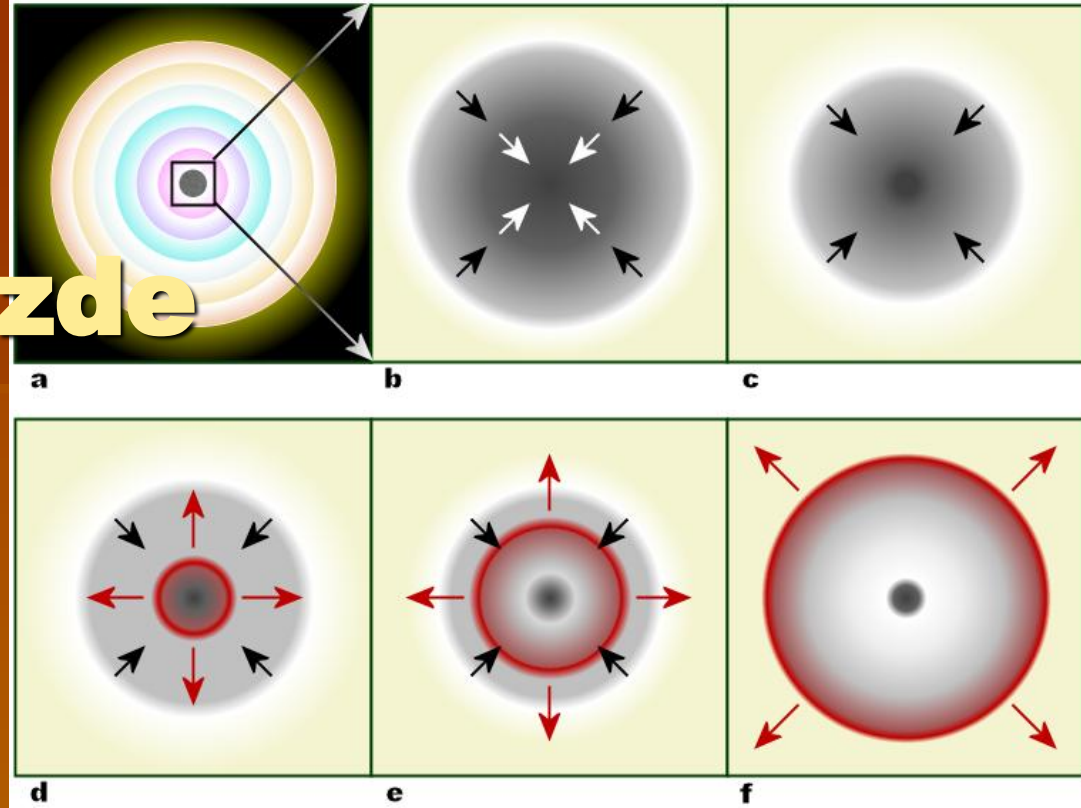
- Železno jedro premasivno, da bi gravitacija bila uravnotežena z degeneriranim tlakom elektronov
 - Jedro se začne krčiti
 - Degeneriran tlak nevtronov
→ krčenje se ustavi



Življenjski cikel zvezd

Smrt

Masivne zvezde



- Udarni val

→ eksplozija supernove

- Tip II

- Tip Ib in Ic

- Izgubile večino materiala pred eksplozijo zaradi močnega zvezdnega vetra
- Wolf – Rayet zvezde

Smrt

Masivne zvezde

- Eksplozija supernove odpihne zvezdno snov
→ meglica

- Ostane nevtronska zvezda ali črna luknja

- Chandrasekharjeva limita:

$$m_C = 1.4 M_S$$

- Tolman–Oppenheimer–Volkoff limita:

$$m_{TOV} = 2 - 3 M_S$$

- Masa jedra $< m_C$ → Bela pritlikavka

- Masa jedra $> m_C$ → Nevtronska zvezda

- Masa jedra $> m_{TOV}$ → Črna luknja

Smrt

Masivne zvezde

- Nevtronska zvezda
 - Zaradi ohranitve vrtilne količine se zelo hitro vrti (perioda rotacije 1.4 ms – 30 s)
 - Pulzar
 - Radij: $r \sim 20 \text{ km}$
 - Gostota: $\rho = 10^{18} \text{ kg/m}^3$
 - Ubežna hitrost: $v = 100\,000 \text{ km/s}$
 - Gravitacijski pospešek: $g = 7 \times 10^{12} \text{ m/s}^2$

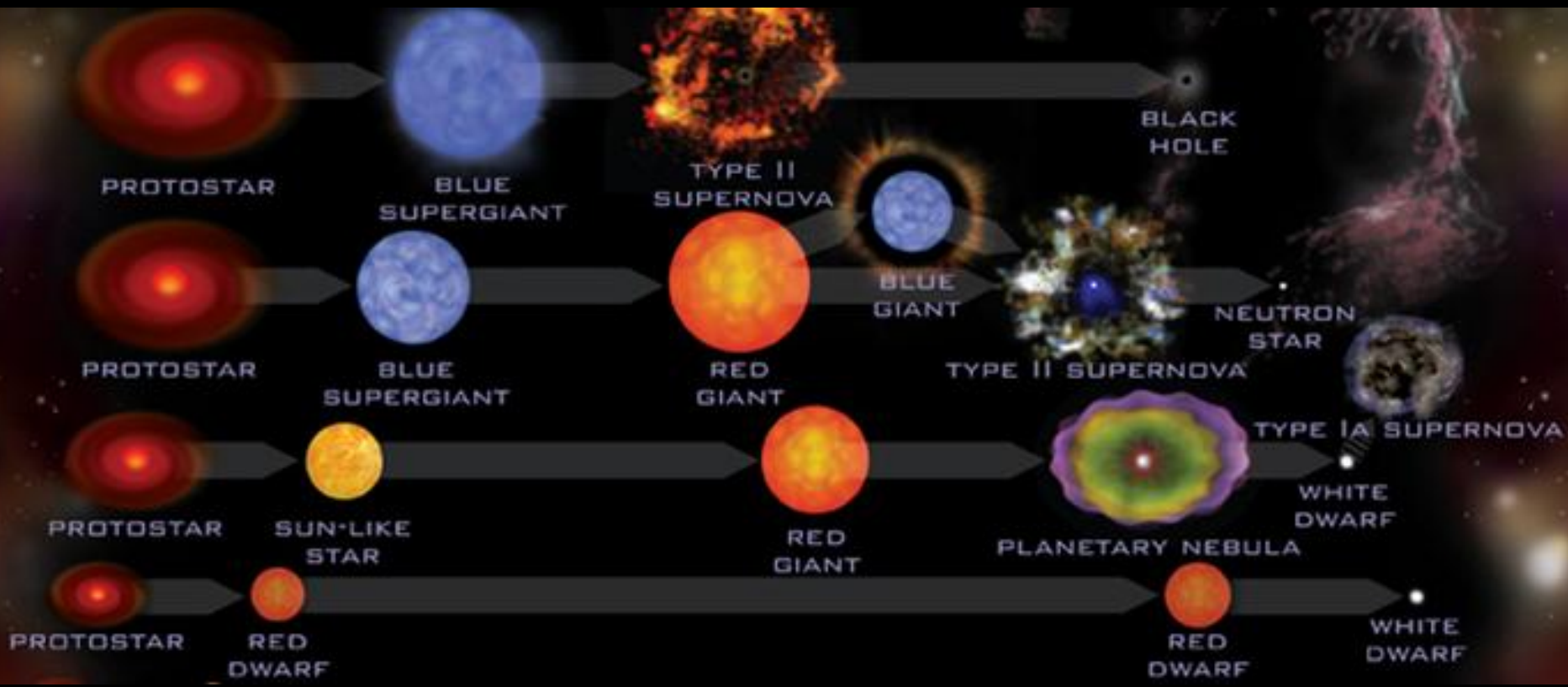
Življenjski cikel zvezd

Smrt

Masivne zvezde

- Črna luknja
 - Ubežna hitrost: $v > 300\,000\text{ km/s}$





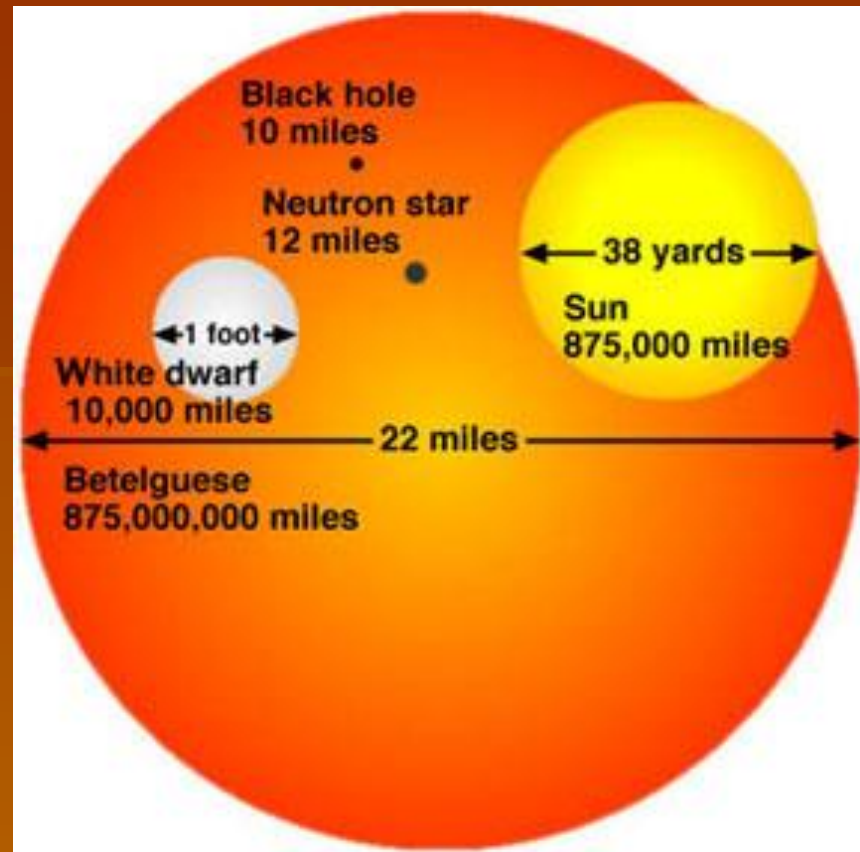


Življenjski cikel zvezd
Po smrti zvezde

- Odvrženi material
 - zvezdna porodnišnica
 - zvezde populacije I
 - večji delež težjih elementov
 - formiranje trdnih planetov



Velikosti in gostote



zvezda	premer	gostota
Sonce	1 400 000 km	1400 kg/m ³
bela pritlikavka	15 000 km	1000 kg/m ³
nevtronska zvezda	20 km	10 ¹⁸ kg/m ³ !!!
črna luknja	15 km	?

Spremenljive zvezde

1. Spremenljive zvezde

■ Pulzirajoče spremljive zvezde

- Kefeide
- Miride

■ Eruptivne spremljive zvezde

- Wolf – Rayet
- Protozvezde

■ Katakližmične/eksplozivne spremljive zvezde

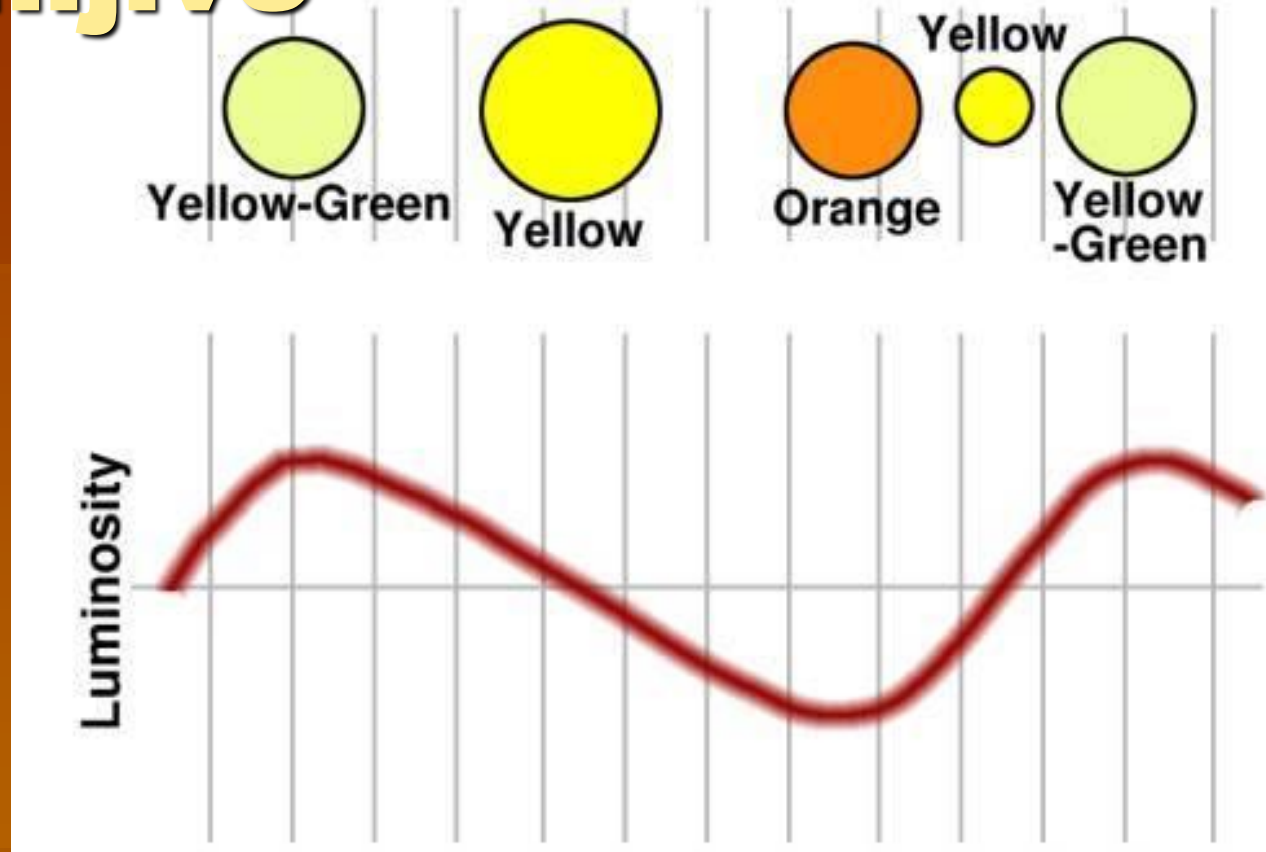
- Nove
- Supernove ($M \leq -19.3$)

2. Navidezno spremljive zvezde

- Prekrivalne dvojnice
- Rotirajoče spremljive zvezde



Spremenljive zvezde



- Henrietta Swan Leavitt
 - 1912 – kefeide z daljšo periodo imajo večji izsev
- Edwin Hubble
 - 1924 – s pomočjo kefeid pokazal, da je Andromedina meglica galaksija



Viri slik

- nasa.gov
- spacetelescope.org
- abovetopsecret.com
- aoi.com.au
- ieatgravel.com
- en.wikipedia.org/wiki/Stellar_evolution
- en.wikipedia.org/wiki/White_dwarf
- thespacewriter.com
- en.wikipedia.org/wiki/Type_Ia_supernova
- map.gsfc.nasa.gov
- epubl.ltu.se
- woodahl.physics.iupui.edu
- redorbit.com
- astronomy.ohio-state.edu
- wolaver.org
- astronom.si
- sl.wikipedia.org
- scientificamerican.com
- avvakoum.livejournal.com
- nasaimages.org
- wn.com
- astronomy.fm