

# Zvaigžņu dzīve

**Aleksandrs Kosta, Beatrise Garsija,  
Rikardo Moreno, Rosa Marija Rosa**

*Starptautiskā Astronomijas savienība  
Escola Secundária de Loulé , Portugāle*

*ITeDA un Universidad Tecnológica Nacional, Argentīna  
Colegio Retamar de Madrid, Spānija  
Katalonijas Tehniskā universitāte, Spānija*



# Mērķi

- Izprast atšķirību starp redzamo un absolūto zvaigžņlielumu.
- Izprast Hercšprunga-Rasela diagrammu – zvaigžņu krāsu/spožuma diagrammu.
- Izprast tādus jēdzienus kā pārnova, neitronu zvaigzne, melnais caurums un pulsārs.

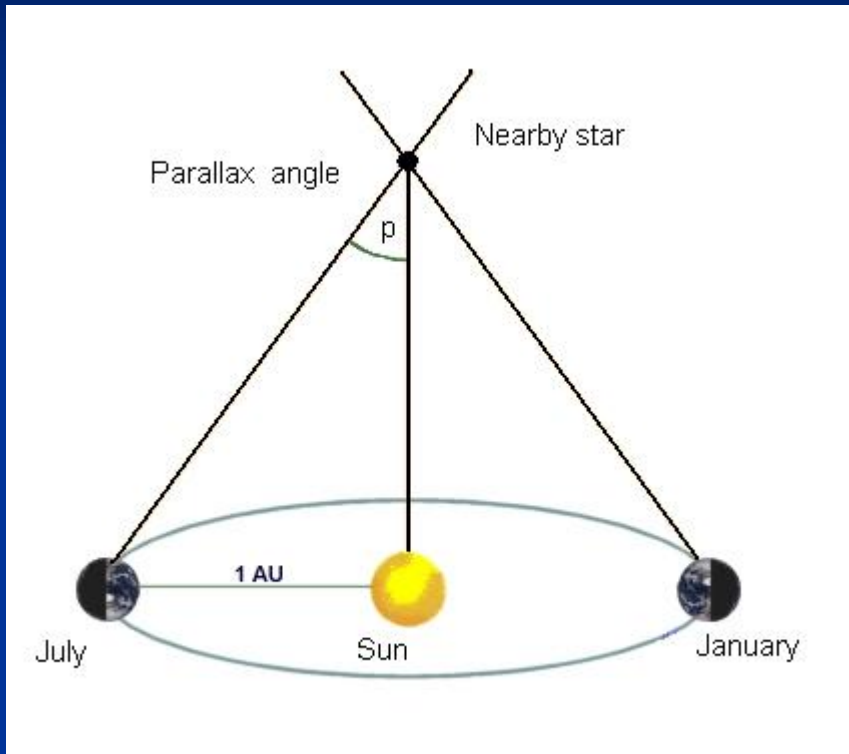


# 1. aktivitāte: paralakses simulācija



- Turiet uz augšu vērstu īkšķi izstieptā rokā.
- Turpiniet skatīties, vispirms ar atvērtu kreiso aci, pēc tam ar labo aci. Ko var redzēt?
- Tagad tuviniet pirkstu līdz pusei atāluma līdz degunam un atkārtojiet novērojumu. Ko var redzēt?

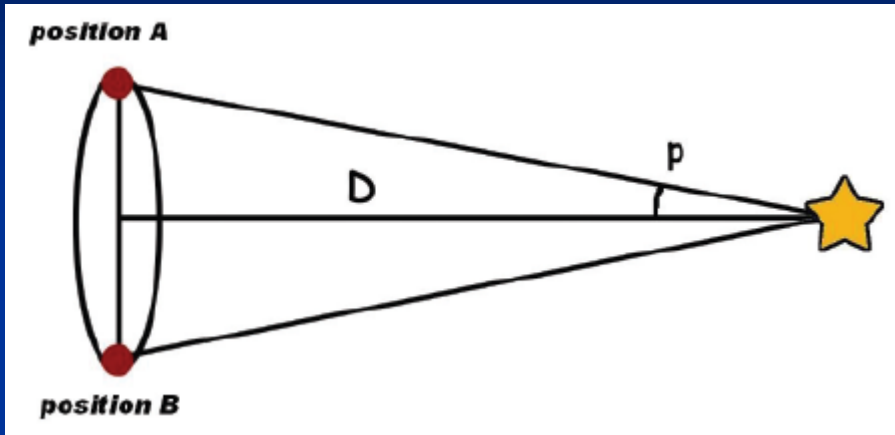
# Paralakse



Avots: Kolumbijas universitāte.

- Paralakse ir objekta redzamā stāvokļa atšķirība, raugoties uz to no dažādām vietām.
- Netālas zvaigznes pozīcija debesīs mainās, ja skatās uz to no Zemes tagad un pēc sešiem mēnešiem.
- Tādā veidā mēs varam izmērīt attālumu līdz tuvākajām zvaigznēm.

# Paralakse



$$D = \frac{AB/2}{\tan p} = \frac{AB/2}{p}$$

$$D \cong \frac{150\,000\,000}{2\pi/(360^\circ \times 60 \times 60)} = 30\,939\,720\,937\,064 \text{ km} = 3,26 \text{ ly.}$$

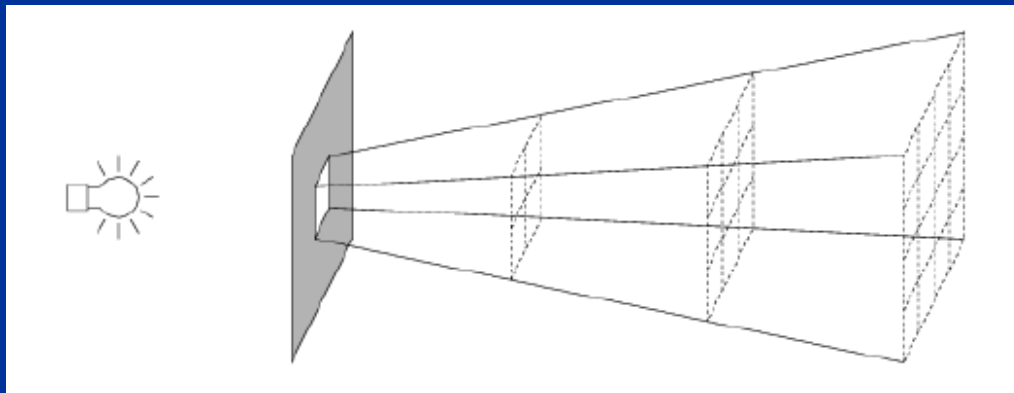
1 parseks = 3,26 gaismas gadi

$$d = 1/p$$

## 2. aktivitāte: Apgriezto kvadrātu likums

Zvaigzne izstaro starojumu visos virzienos.

Apgaismojums ( $I$ ), kas saņemts attālumā  $D$  uz virsmas laukuma vienību, ir zvaigznes spožums  $L$  (starjauka), kas dalīts ar sfēras laukumu, kuras centrā ir zvaigzne.



$$I = \frac{L}{4\pi D^2}$$

## 2. aktivitāte: Apgriezto kvadrātu likums

Ja attālums tiek dubultots, atbilstošais laukums ir četras reizes lielāks, un apgaismojums (krītošā gaisma uz laukuma vienību) kļūs četras reizes mazāks.

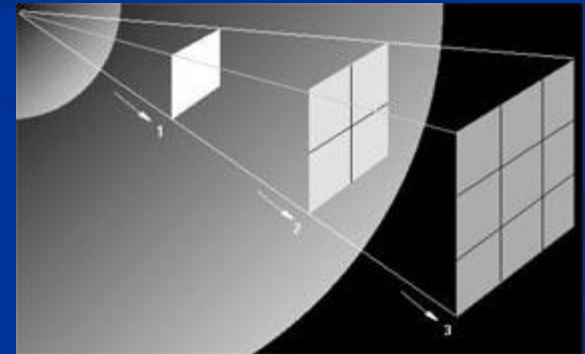
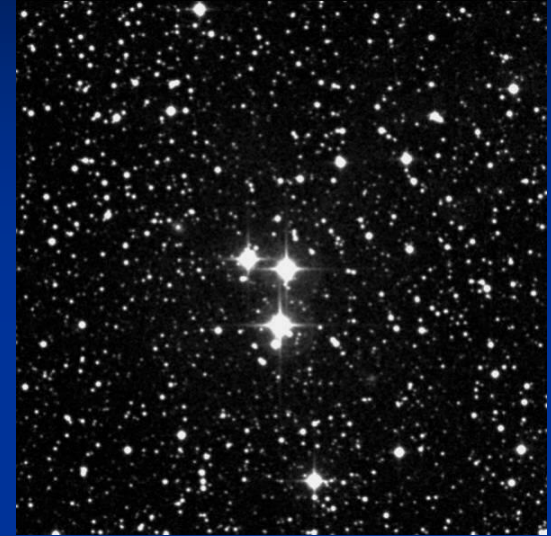
Apgaismojums ir apgriezti proporcionāls gaismas avota attāluma kvadrātam.



# Zvaigžņlielumu sistēma

Zvaigznēm ir dažāds spožums. Spožākā zvaigzne, ko redzat, var izstarot maz enerģijas un būt tuvu, vai izstarot daudz enerģijas un atrasties tālu. Zvaigznes radīto apgaismojumu definē šādi:

$$B = \frac{L}{4\pi D^2}$$





# Zvaigžņlielumu sistēma

Hiparhs dzimis Nikejā (tagad pazīstama kā Iznika, Turcija) 190. gadā pirms mūsu ēras. Tiek uzskatīts, ka viņš nomira Rodā, Grieķijā, 120. gadā pirms mūsu ēras.

Apmēram 125 gadus pirms mūsu ēras viņš definēja zvaigžņlielumu sistēmu.



# Zvaigžņielumu sistēma

Hiparhs spožākās zvaigznes nosauca par 1. zvaigžņieluma zvaizgnēm, mazāk spožās par 2. zvaigžņieluma, un turpināja līdz vājākajām, ko viņš nosauca par 6. zvaigžņieluma zvaiznēm.

Šī sistēma, nedaudz mainīta, tiek izmantota arī mūsdienās: jo lielāks zvaigžņielums, jo blāvāk spīd zvaigzne.

Astronomi runā par zvaigznes spožumu, kad norāda tās zvaigžņielumu.



# Zvaigžņlielumu sistēma

1850. gadā Roberts Pogsons ierosināja, ka 5 zvaigžņlielumu starpībai jābūt tieši vienādai ar apgaismojuma attiecību 100 pret 1.

Tā ir formāla zvaigžņlielumu skalas definīcija, ko mūsdienās izmanto astronomi.



# Pogsona likums

No aprēķinu viedokļa šīs attiecības uzrakstīšanai ir lietderīgi izmantot logaritmisko skalu :

$$2,5 \log (B_1 / B_2) = m_2 - m_1$$

Piemēram:

- Sīriuss, spožākā zvaigzne debesīs, ir -1,5 zvaigžņlieluma.
- Veneras zvaigžņlielums ir -4.
- Pilmēness zvaigžņlielums ir -13.
- Saules zvaigžņlielums ir -26,8.



# Redzamais un absolūtais zvaigžņlielums

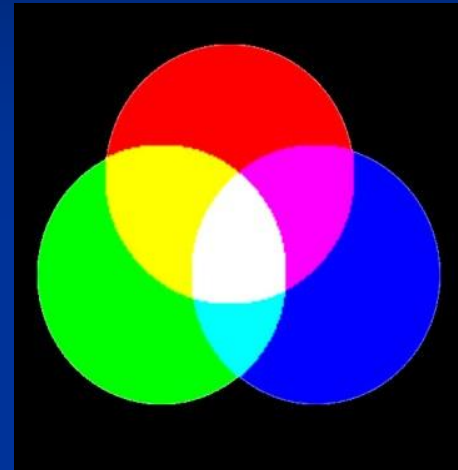
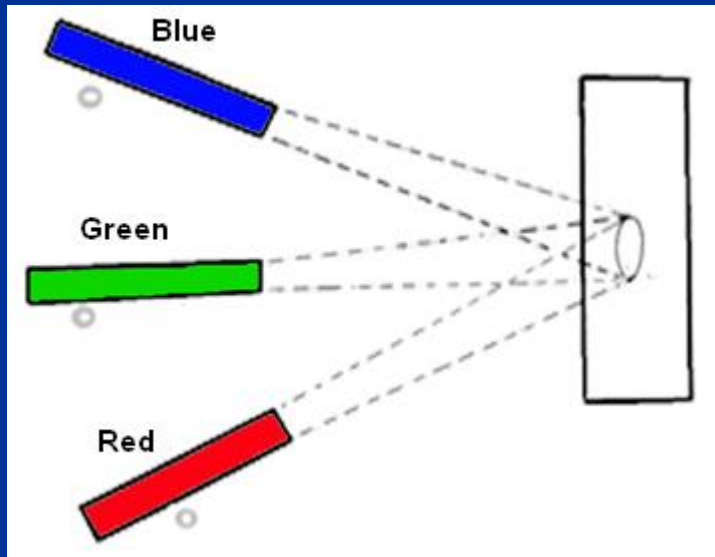
- Spoži spīdošai, bet tālai zvaigznei var būt tāds pats redzamais zvaigžņlielums ( $m$ ) kā citai blāvākai, bet tuvākai zvaigznei.
- Astronomi ir izveidojuši absolūtā zvaigžņlieluma ( $M$ ) jēdzienu, kurā iedomājas, ka zvaigzne atrodas 10 parseku (32,6 gaismas gadu) attālumā no mums.
- Ar absolūto zvaigžņlielumu mēs varam salīdzināt divu zvaigžņu "īsto spožumu" vai tai atbilstošo jaudu jeb starjaudu.
- Matemātiskā sakarība starp  $m$  un  $M$  ir:

$$M = m + 5 - 5 \log d$$

kur  $d$  ir attālums līdz zvaigznei.

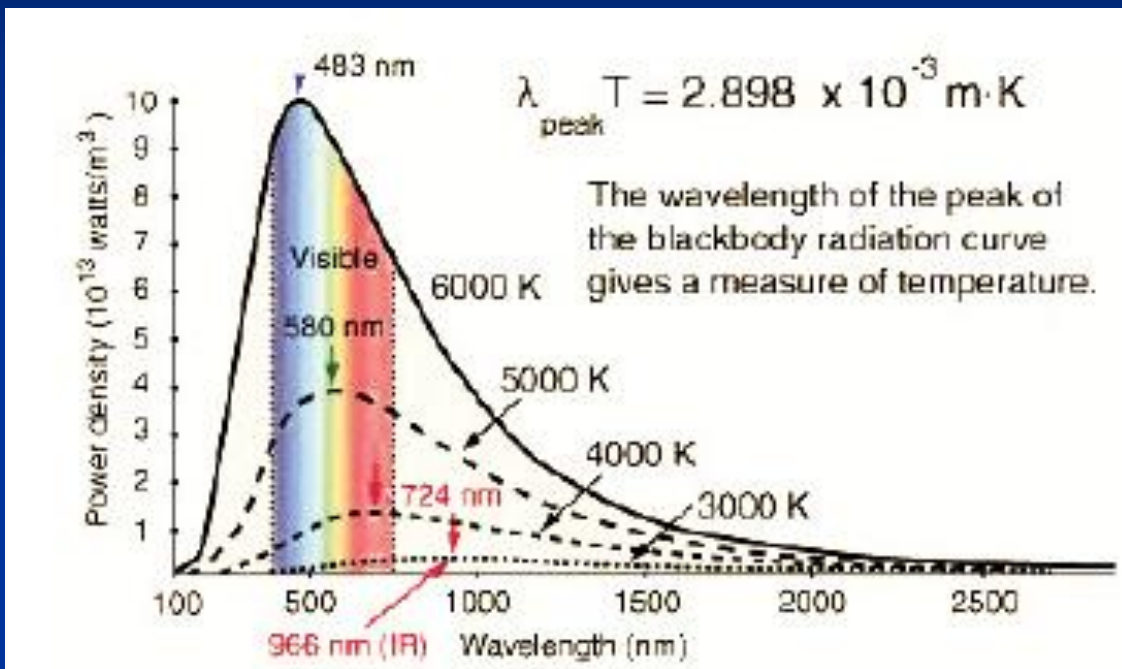
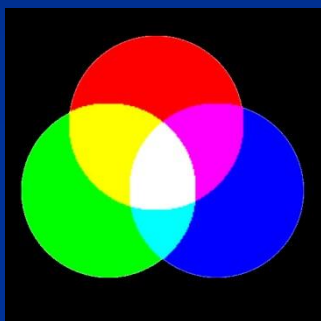


# 3. aktivitāte: zvaigžņu krāsa



### 3. aktivitāte: zvaigžņu krāsa

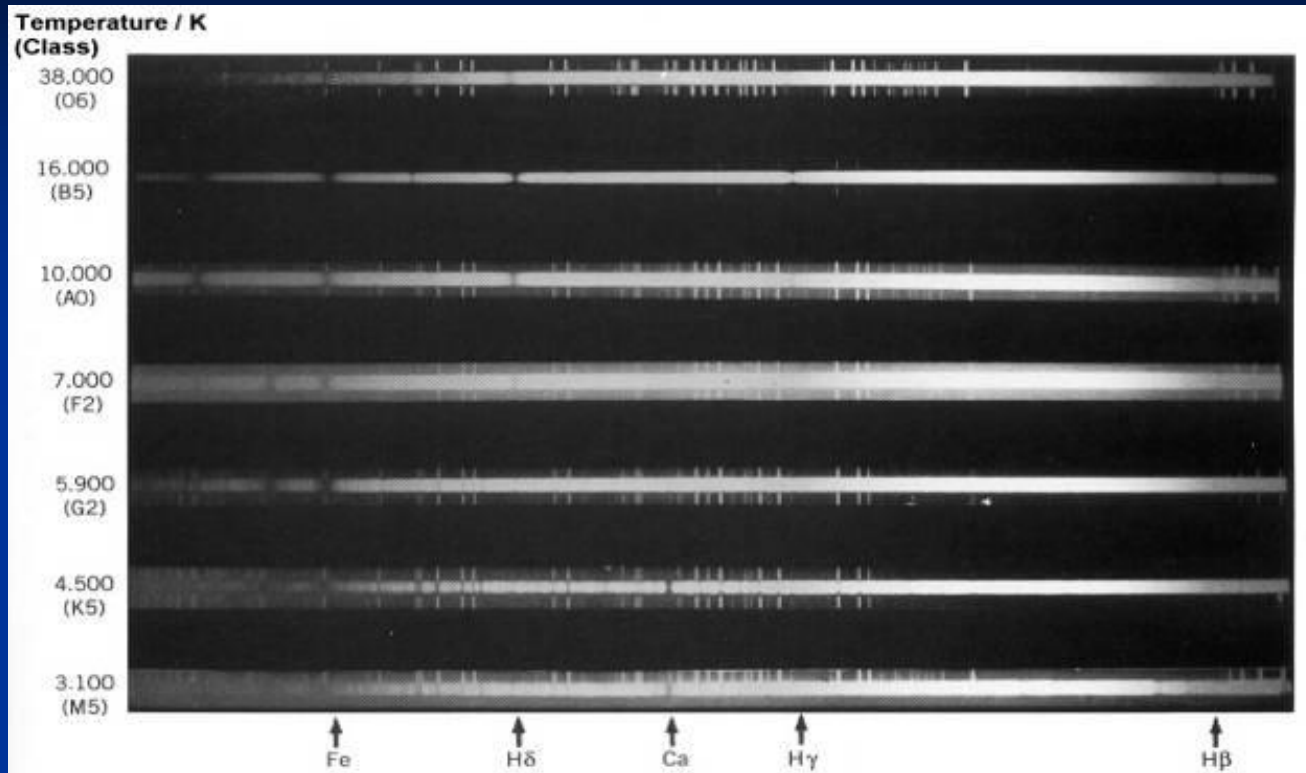
Zvaigznēm ir dažāda krāsa atkarībā no to temperatūras



Vidējas temperatūras zvaigznes visvairāk staro zaļā gaismā, taču tās izstaro arī daudz sarkanās un zilās gaismas, starojums vidējojas pa visiem redzamajiem viļņu garumiem, un visu spektra krāsu summa ir balta.

Tāpēc nav zaļu zvaigžņu!

# Spektra klases



Saistība starp spektrālo klasifikāciju, zvaigžņu temperatūru un krāsu.



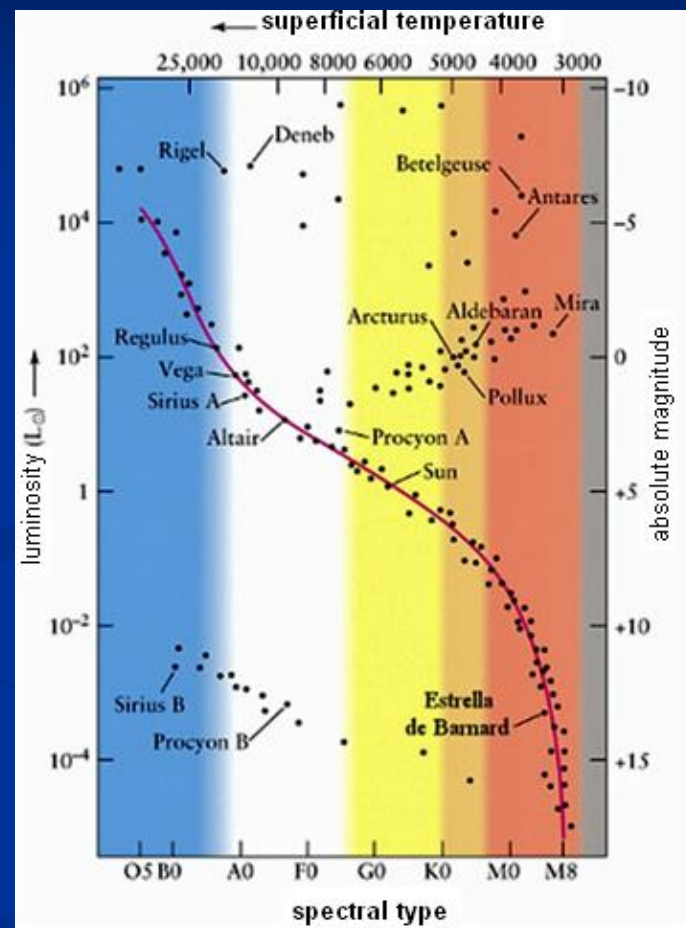


# Hercšprunga - Rasela diagramma

Zvaigznes var attēlot empīriskā diagrammā, izmantojot to virsmas temperatūru (vai spektra klasi) atkarībā no to spožuma (vai absolūtā zvaigžņlieluma).

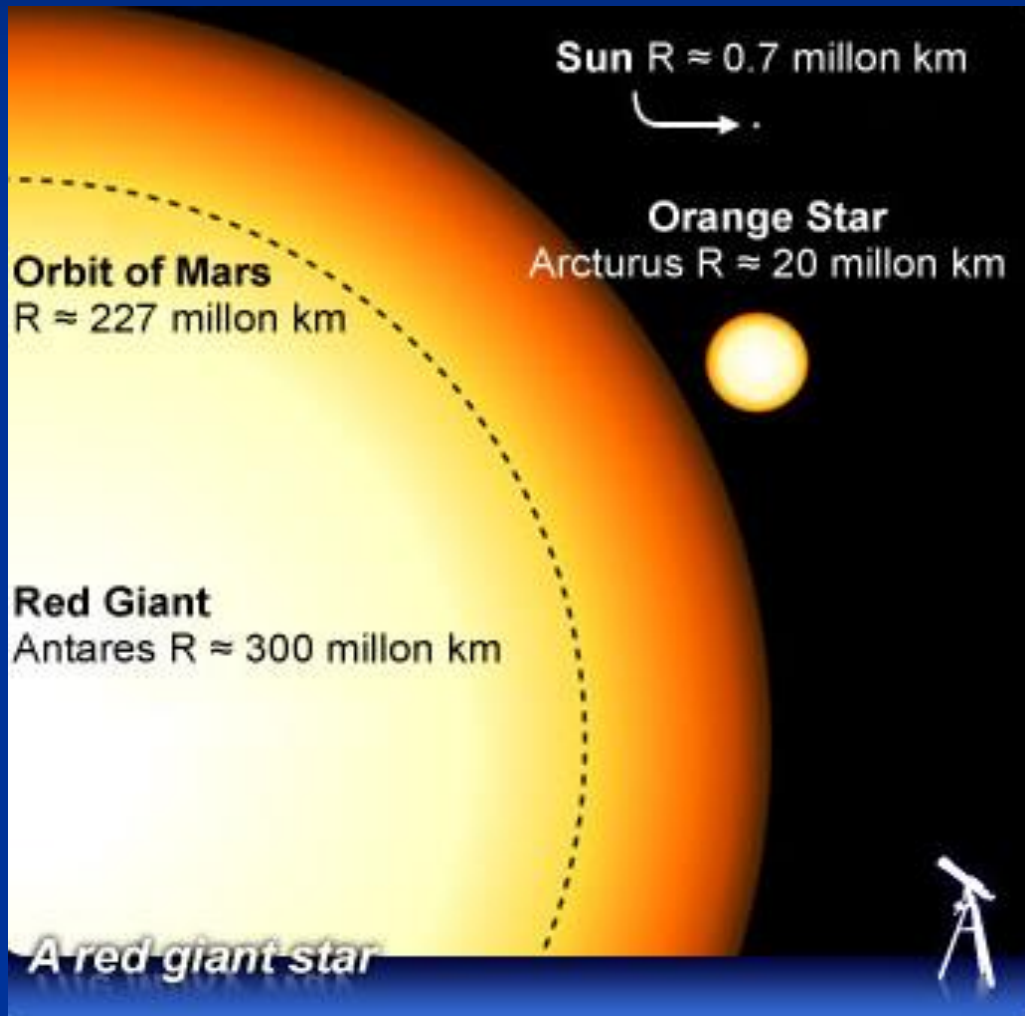
Zvaigznes aizņem noteiktus diagrammas apgabalus.

Zvaigznes pozīcija diagrammā palīdz noskaidrot zvaigznes tipu un evolūcijas stadiju.



# Zvaigžņu evolūcija.

## Sarkanā milža veidošanās



Zvaigznes  
evolucionē  
dažādos veidos  
atkarībā no to  
masas.



# Zvaigžņu evolūcija. Baltā pundura veidošanās



Zvaigznes ar zemu vai vidēju masu, piemēram, Saule, pārvēršas par baltajiem punduriem. Tā ir nekatastrofāla zvaigžņu bojāejas forma.



# Gliemeža miglājs



Centrālais objekts (mazs un balts), ir baltais punduris, mirusi zvaigzne, kas vairs neražo enerģiju kodolsintēzes ceļā un ir redzama tikai ļoti augstās temperatūras dēļ.

# Kaņa acs miglājs



Kaņa acs miglājs ir ļoti skaists planetārais miglājs. Šeit jūs varat redzēt fotoattēlu redzamajā gaismā (pa kreisi, Habla kosmiskais teleskops) un rentgena starojumā (pa labi, Chandra teleskops)

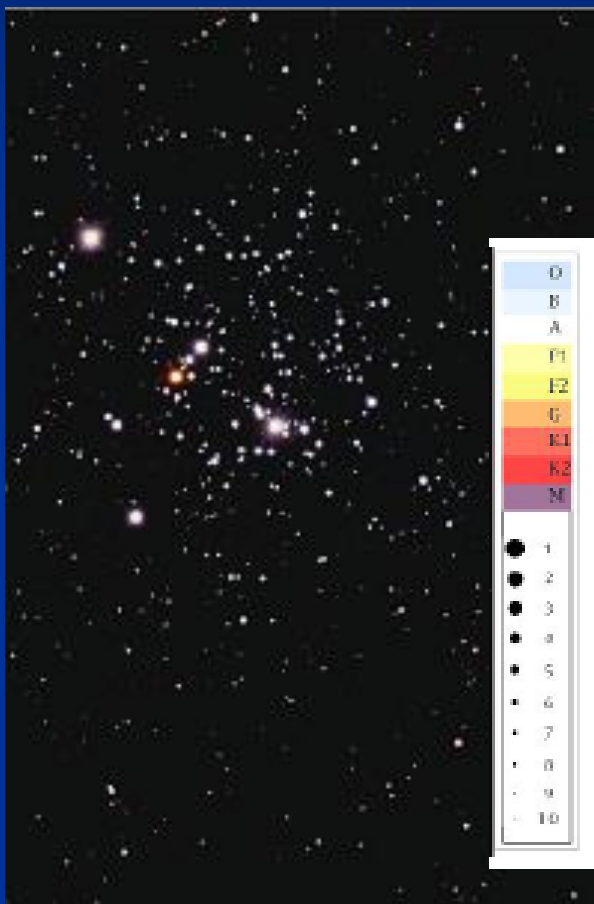


## 4. aktivitāte. Valējo zvaigžņu kopu vecums

Zvaigžņu kopas vecumu var noteikt, salīdzinot HR diagrammu ar citu zvaigžņu kopu diagrammām, kuru vecums ir zināms.



## 4. aktivitāte. Vaļējo zvaigžņu kopu vecums



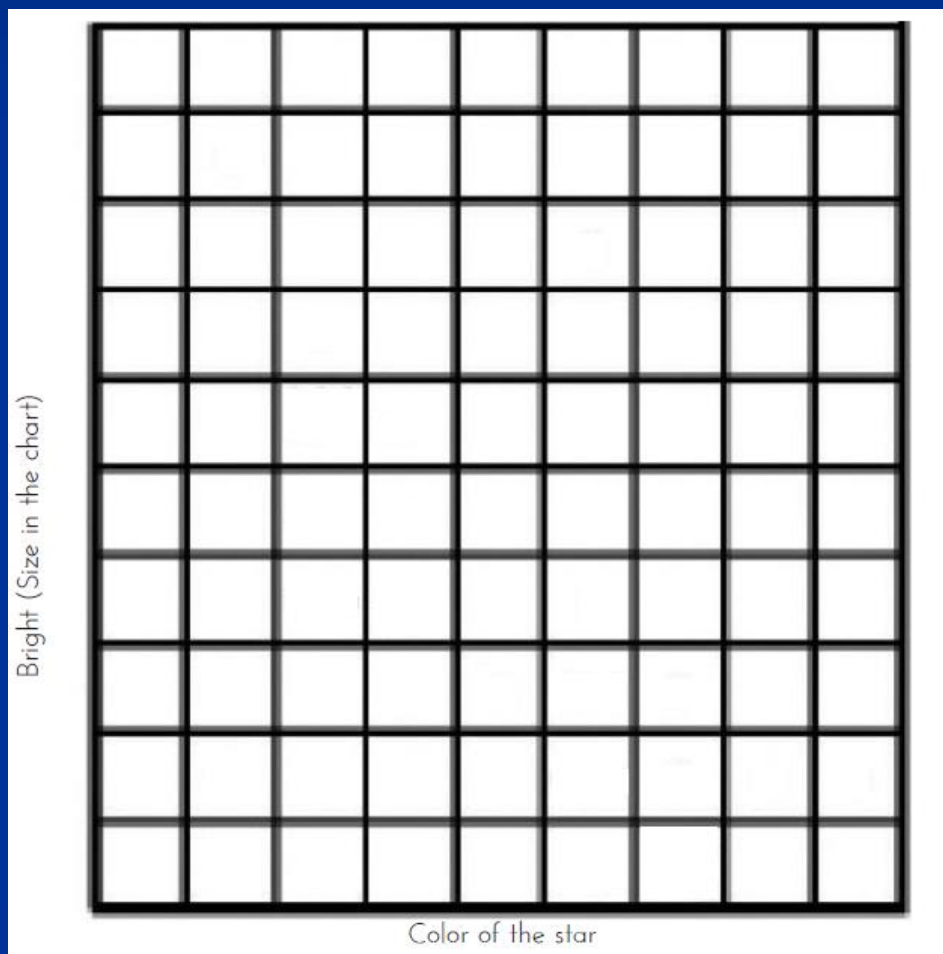
Dienvidu Krusta zvaigznes

- Uzzīmējiet kvadrātu, kura malas garums ir 4 cm, un kura centrā ir zvaigžņu kopa.
- Izmēriet izvēlētās zvaigznes spožumu, salīdzinot to ar doto skalu.
- Novērtējiet izvēlētās zvaigznes krāsu, izmantojot doto krāsu skalu.



## 4. aktivitāte. Valējo zvaigžņu kopu vecums

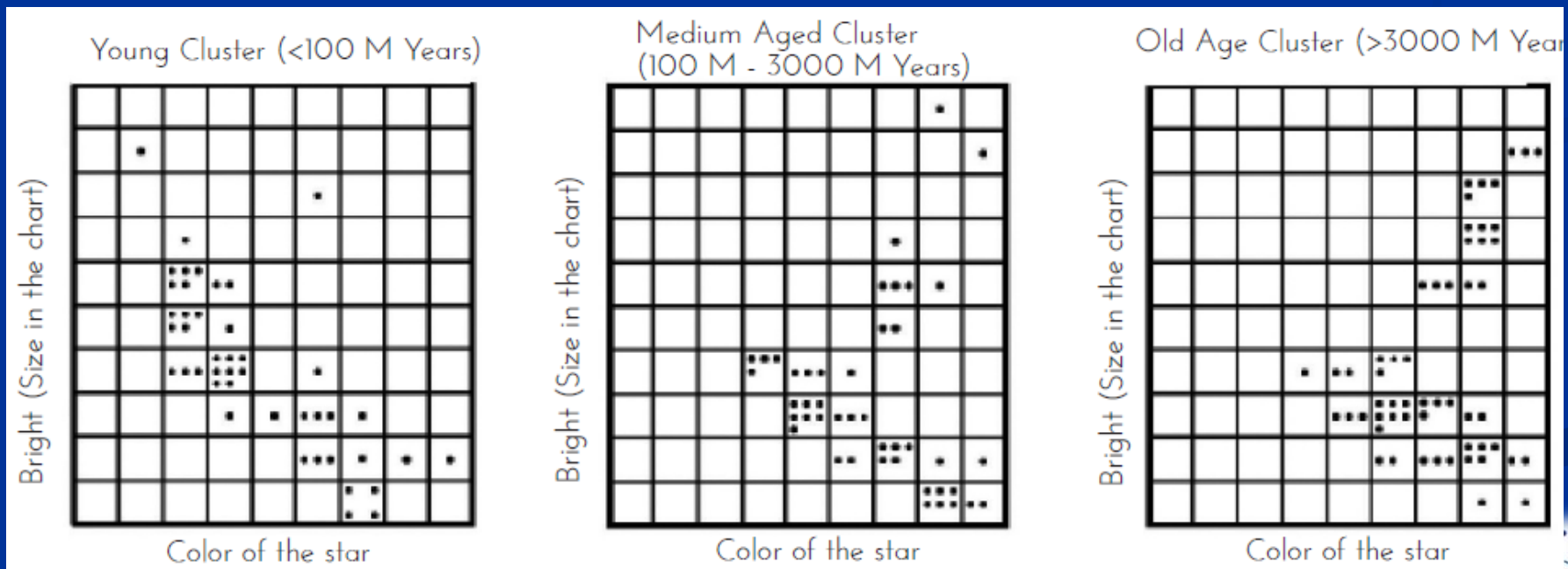
- Nosakiet zvaigznes atrašanās vietu labajā pusē dotajā režģī.
- Atkārtojiet darbību ar citām zvaigznēm.



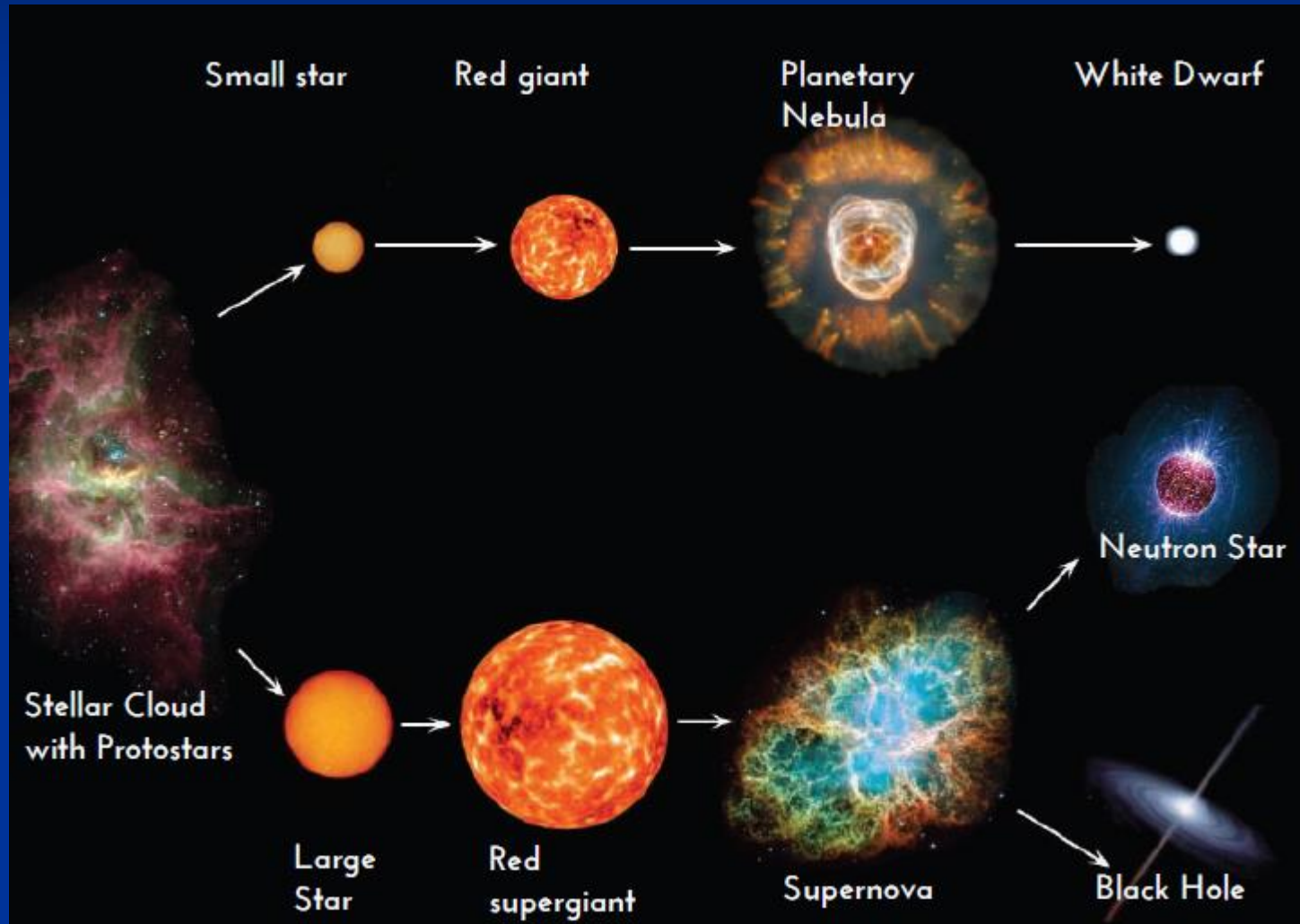


# 4. aktivitāte. Vaļējo zvaigžņu kopu vecums

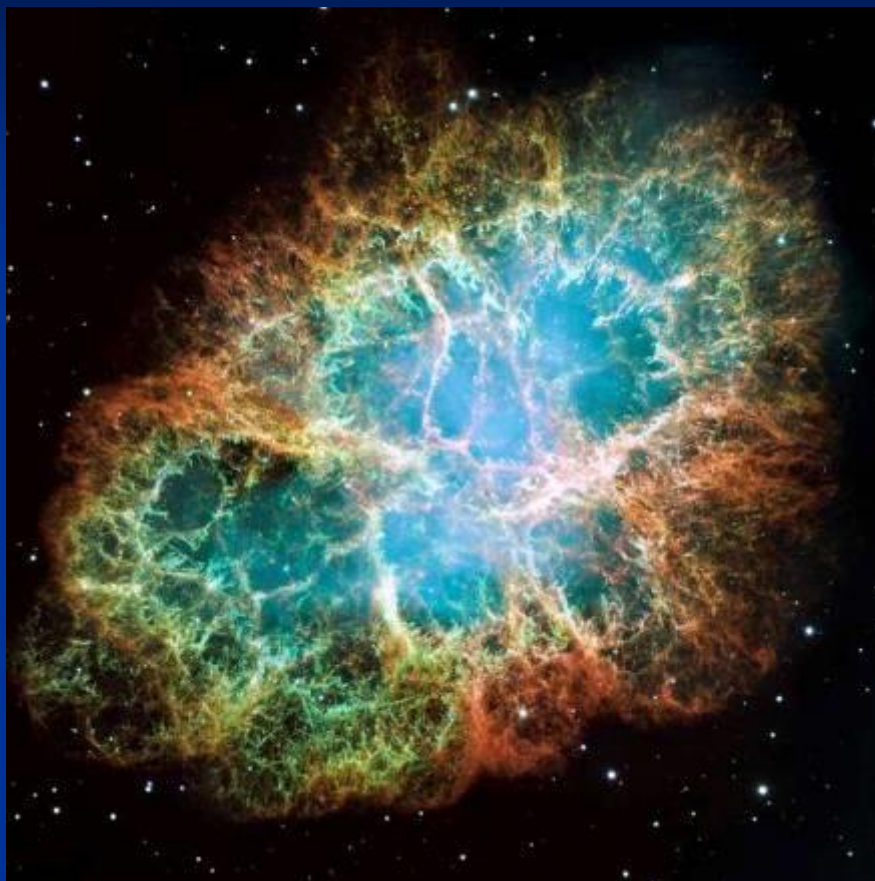
Salīdziniet savu iegūto diagrammu ar zemāk redzamajām diagrammām. Cik veca ir jūsu zvaigžņu kopa?



# Saistība starp masu un zvaigžņu dzīves beigām



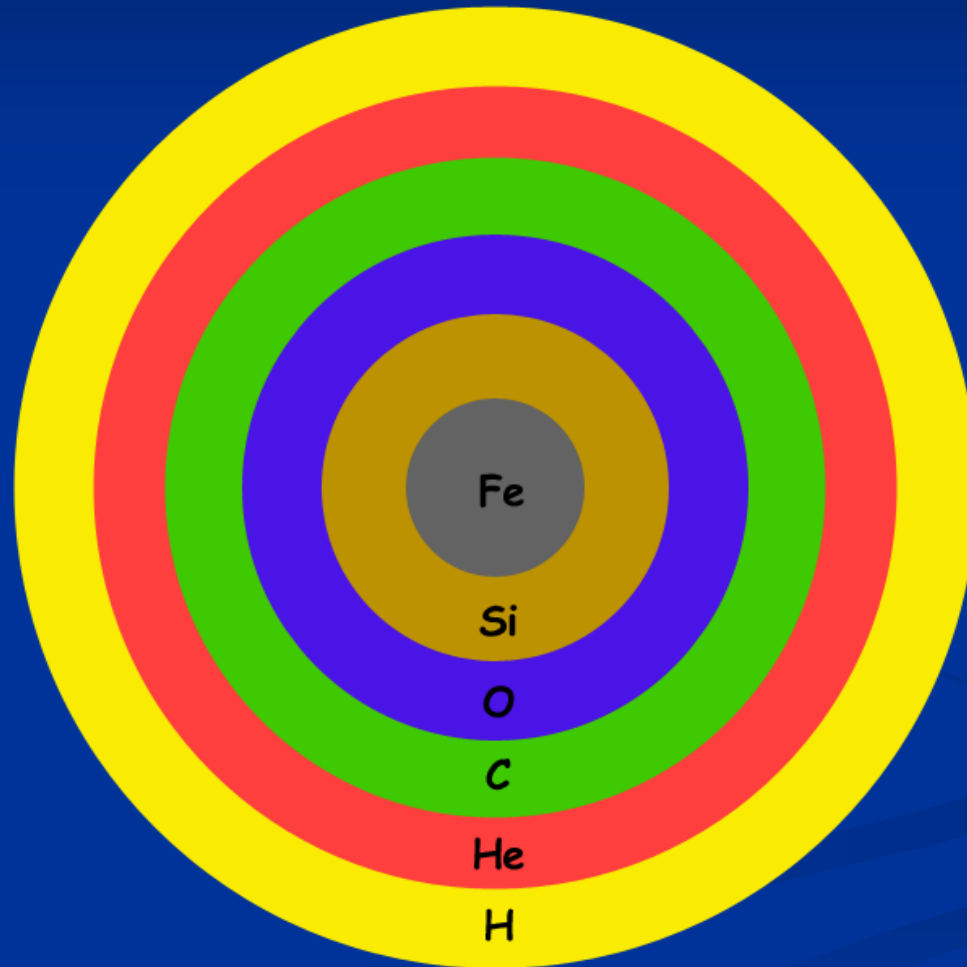
# Masīvu zvaigžņu bojāeja

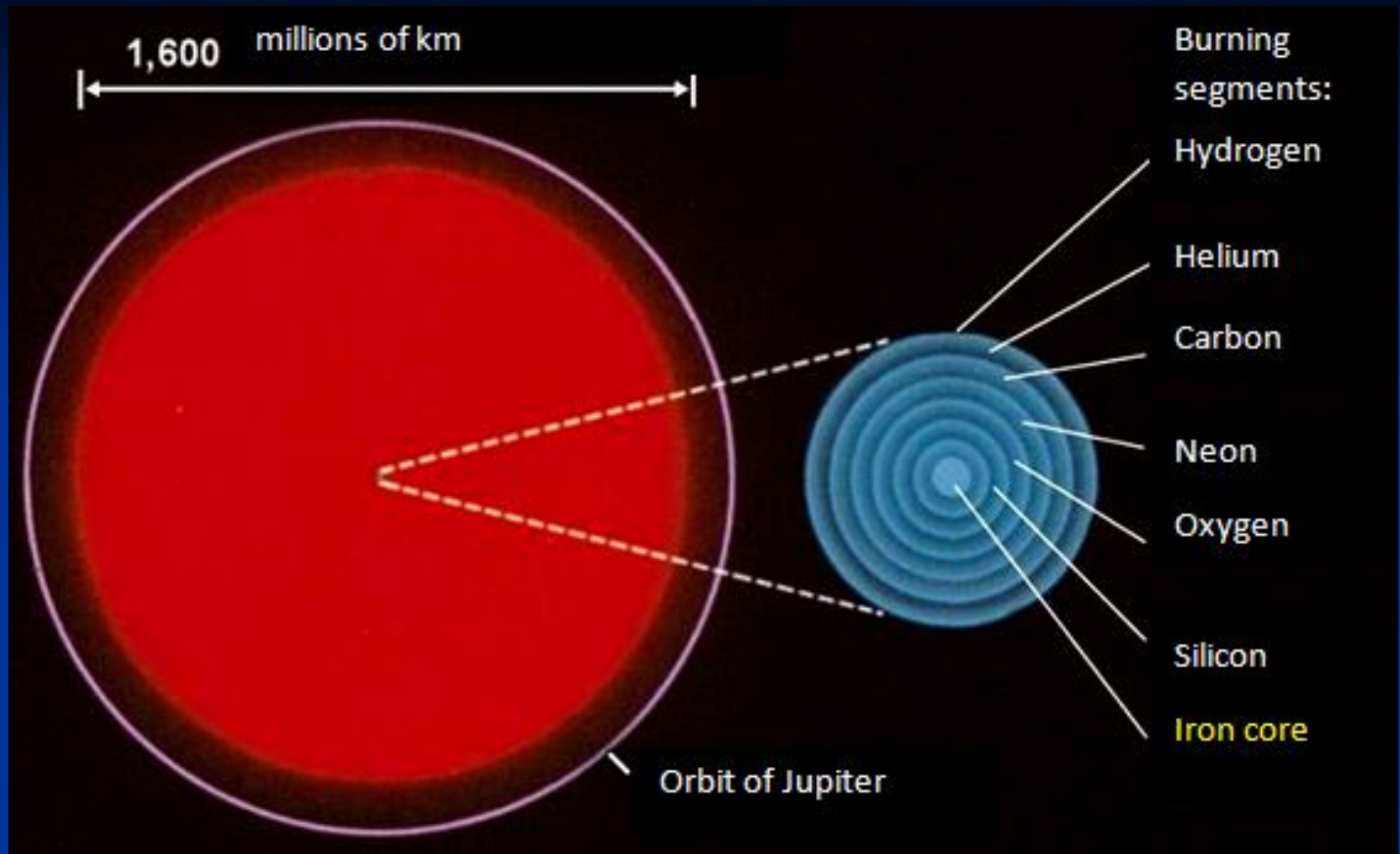


M1: Krabja miglājs Vērsī ir pārnovas palieka, kas tika novērota mūsu ēras 1054. gadā.



# Zvaigzne ir gatava eksplodēt kā pārnova





Zvaigznes, kas gatava eksplodēt kā  
pārnova, īpašības

## 20 Saules masu zvaigznes evolūcija:

- 10 miljoni gadu: pārvērš ūdeņradi hēlijā tās kodolā (galvenā secība)
- 1 miljons gadu: hēlija «degšana»
- 300 gadi: oglekļa «degšana»
- 200 dienas: skābekļa «degšana»
- 2 dienas: silīcija patērēšana, tad pārnovas eksplozija ir nenovēršama.



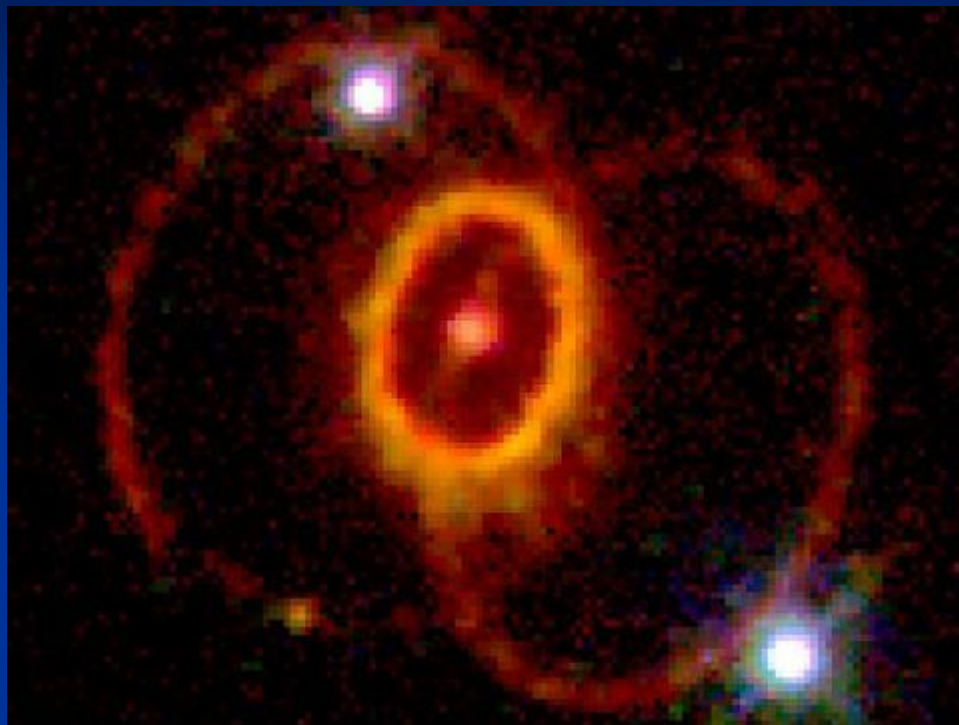
# Pārnova 1987A



Pārnova 1987A tika novērota 1987. gadā Lielajā Magelāna Mākonī. Mākoņa attālums ir 168 000 ly .  
Gaismai nepieciešami 168 tūkstoši gadu, lai sasniegtu Zemi.



# Pārnova 1987A 10 gadus vēlāk



Pēc sprādziena izmestais materiāls lielā ātrumā attālinās no zvaigznes.

Šo SN 1987A fotoattēlu uzņēma Habla kosmiskais teleskops 1997. gadā.







Pārnovu piemēri tālā galaktikā. Vidēji katrā galaktikā gadsimtā veidojas viena pārnova.

Pēdējo 400 gadu laikā Piena Ceļa galaktikā nav konstatētas pārnovas.



## 5. aktivitāte: pārnovas sprādziena simulācija

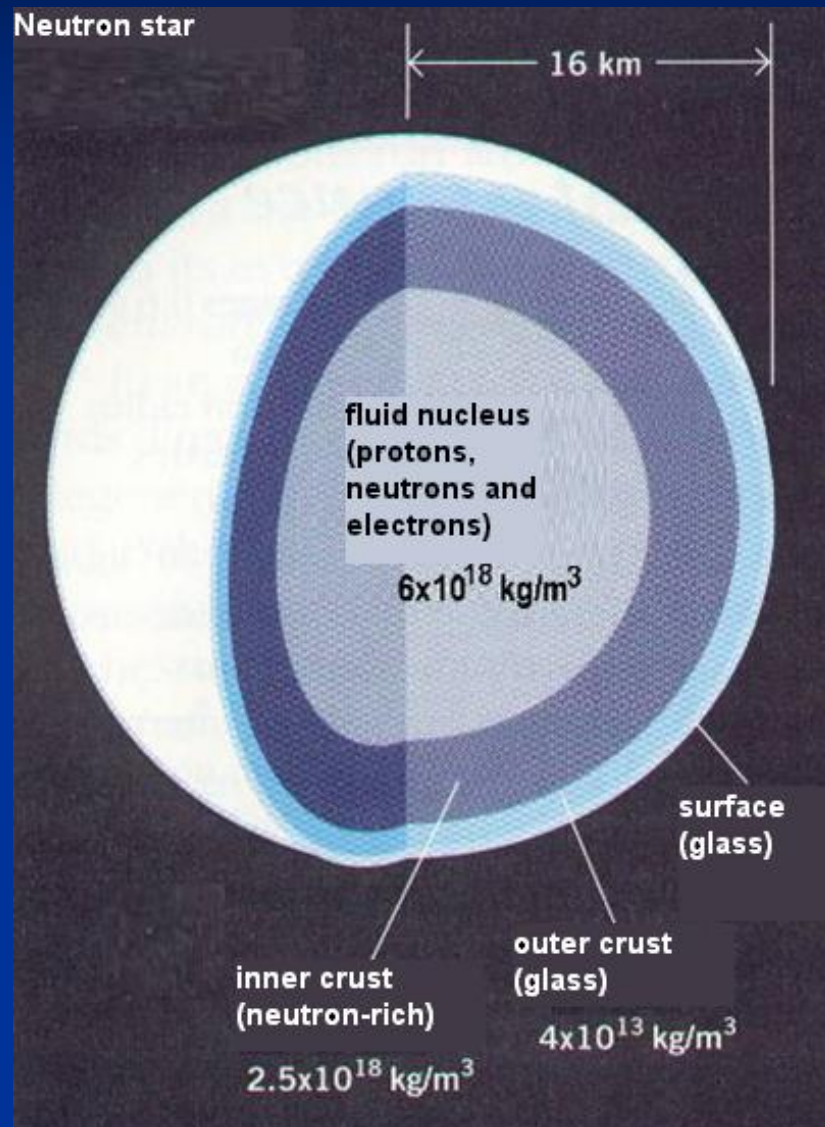
Kad zvaigzne eksplodē kā pārnova, ārējo slāņu vieglie atomi krīt iekšējā slānī, kas satāv no smagākiem atomiem. Pēc tam tie atlec no nosacīti cietā kodola.



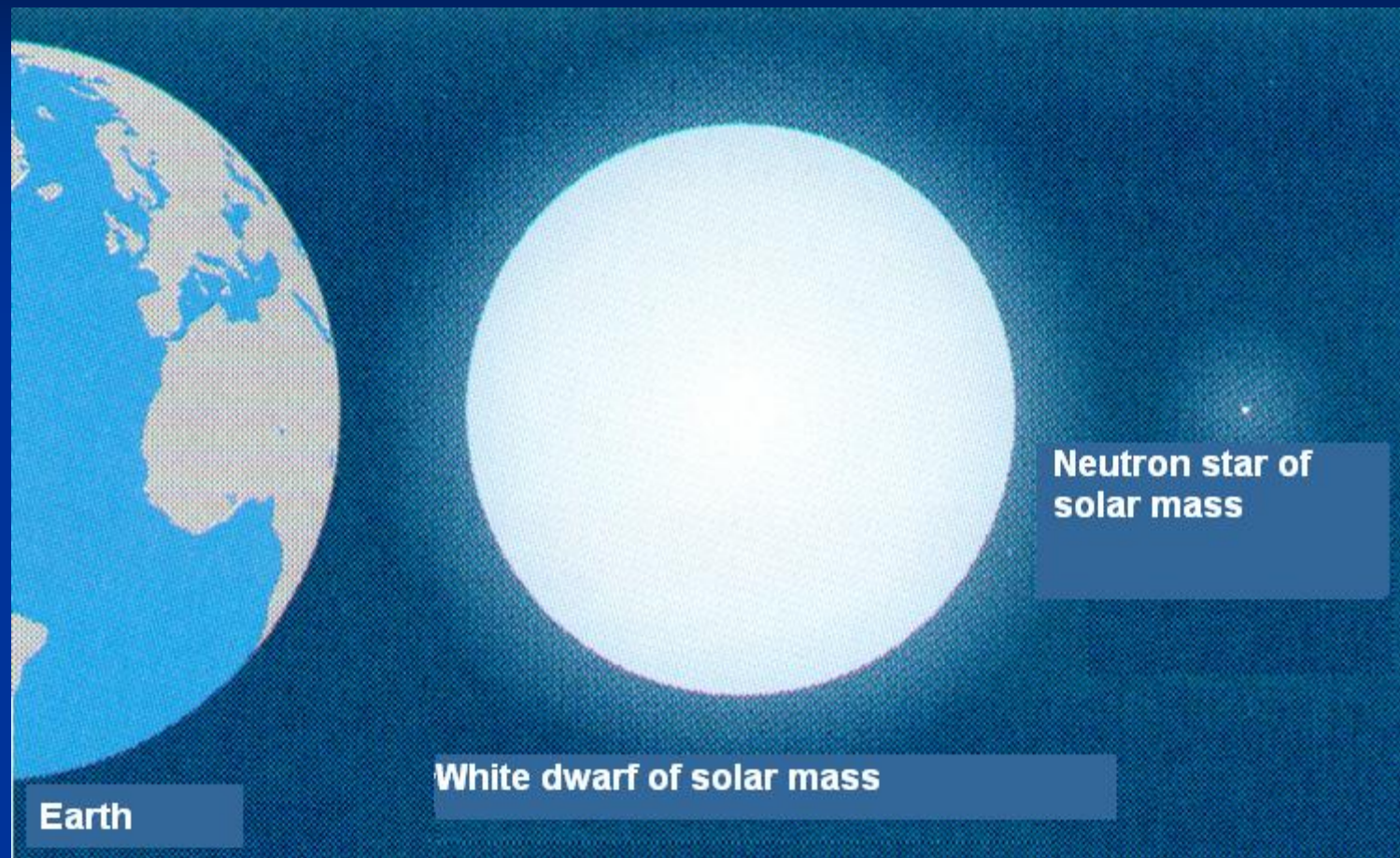
Šajā modelī grīda ir neitronu zvaigznes cietais kodols. Basketbola bumba būtu smags atlecošs atoms, kas grūž vieglo atomu, kas nāk no augšas, ko attēlo tenisa bumbiņa.

# Neitronu zvaigznes

Vēl viena zvaigžņu evolūcijas beigu forma ir neitronu zvaigznes vai pulsāri.

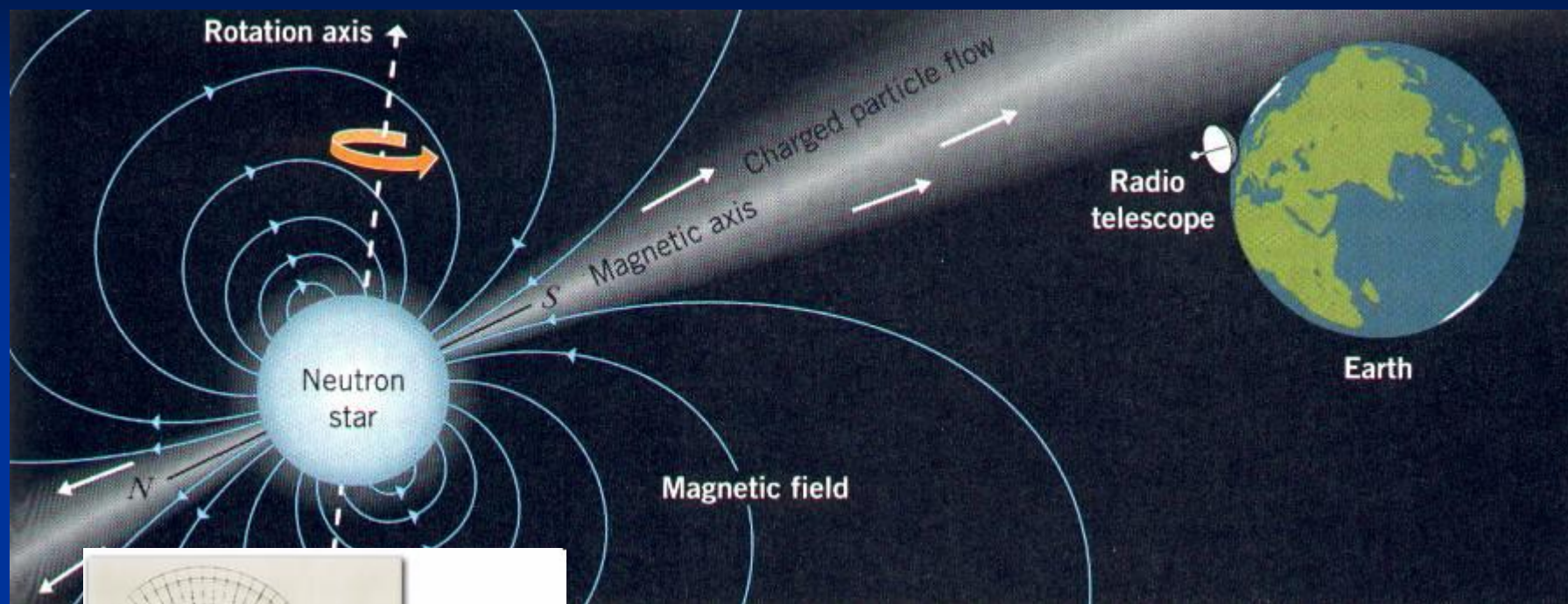


# Neitronu zvaigznes



Izmēru salīdzinājums

# Pulsāri



Kā no Zemes redzams pulsāra izstarotais starojums.

Džoslīna Bela Bērnella, pulsāru atklājēja 1967. gadā .



## 6. aktivitāte: pulsāra simulācija

Pulsārs ir ļoti masīva un ātri rotējoša neitronu zvaigzne. Tas izstaro starojumu, bet starojuma avots neatrodas uz rotācijas ass, tāpēc griežas kā bāka.

Ja stars ir vērsts pret Zemi, mēs redzam mainīgu starojumu, kas atkārtojas vairākas reizes sekundē.



Montāža



Griešanā  
s



# Trešā zvaigžņu evolūcijas gala forma: melnie caurumi

Džons Mičels un Simons Laplass  
aplūkoja supermasīvu objektu  
gravitācijas sabrukšanas iespēju to  
dzīves beigās.

Viņi sauca šos objektus par  
melnajiem caurumiem, kas ir  
neredzami optiskajā diapazonā, jo  
to gravitācijas spēks ir tik liels, ka  
no tiem nekas nevar izklūt, pat  
gaisma.



# Zvaigžņu evolūcija: melnie caurumi



Galaktiku centros ir supermasīvi  
melnie caurumi



## 7. aktivitāte: melnā cauruma un telpas izliekuma simulācija

Ir iespējams simulēt melnā cauruma radīto telpas izliekumu, izmantojot elastīga auduma gabalu (likru) un ar ūdeni piepildītu balonu.



Tenisa bumbiņas ceļš nav taisna līnija, bet gan līkne.

## 7. aktivitāte: melnā cauruma un telpas izliekuma simulācija

Var izmantot arī aptiekās nopērkamo elastīgo tīklu.

Ja atslābinām elastīgo tīklu, padziļinājums ir lielāks, tas attēlo melno caurumu.



Liels paldies  
par uzmanību!