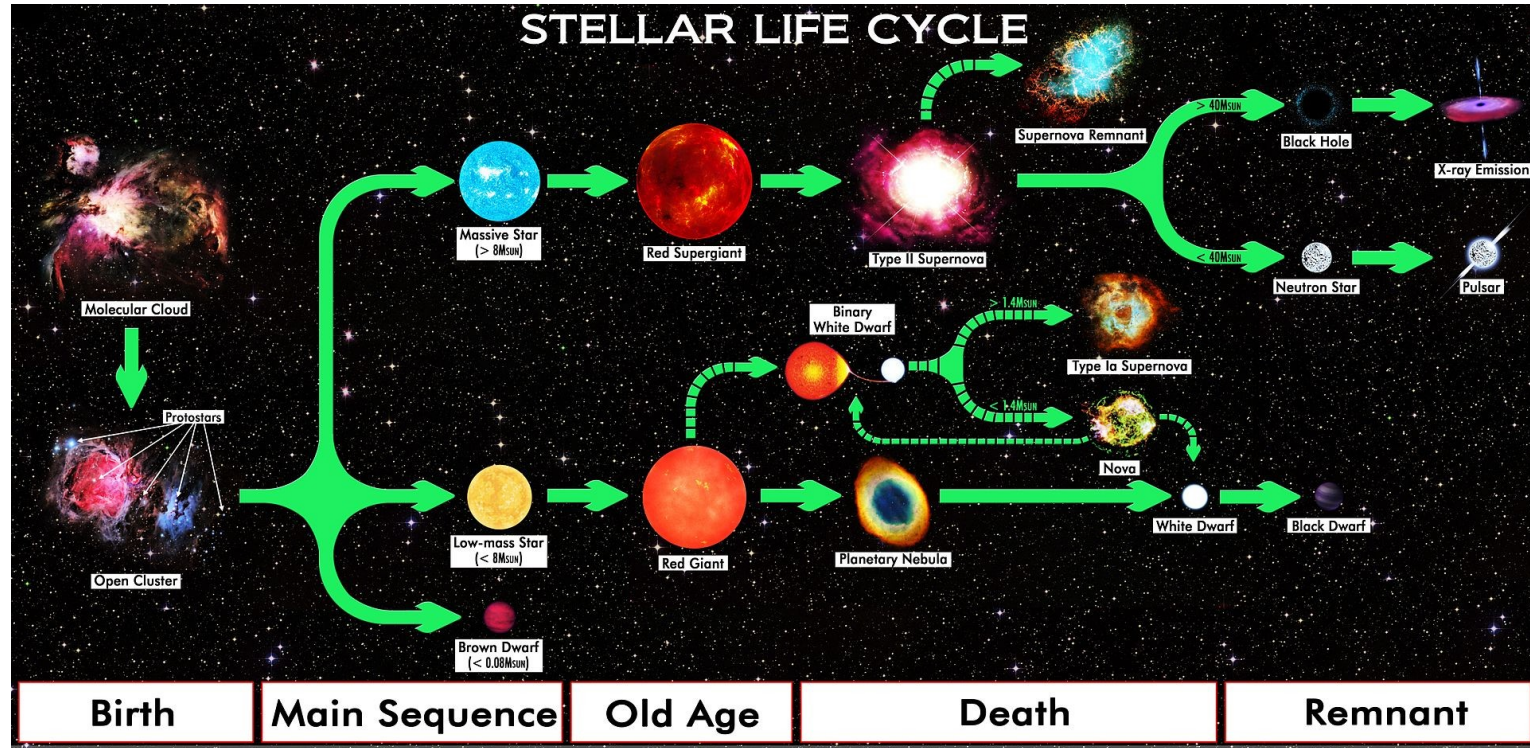


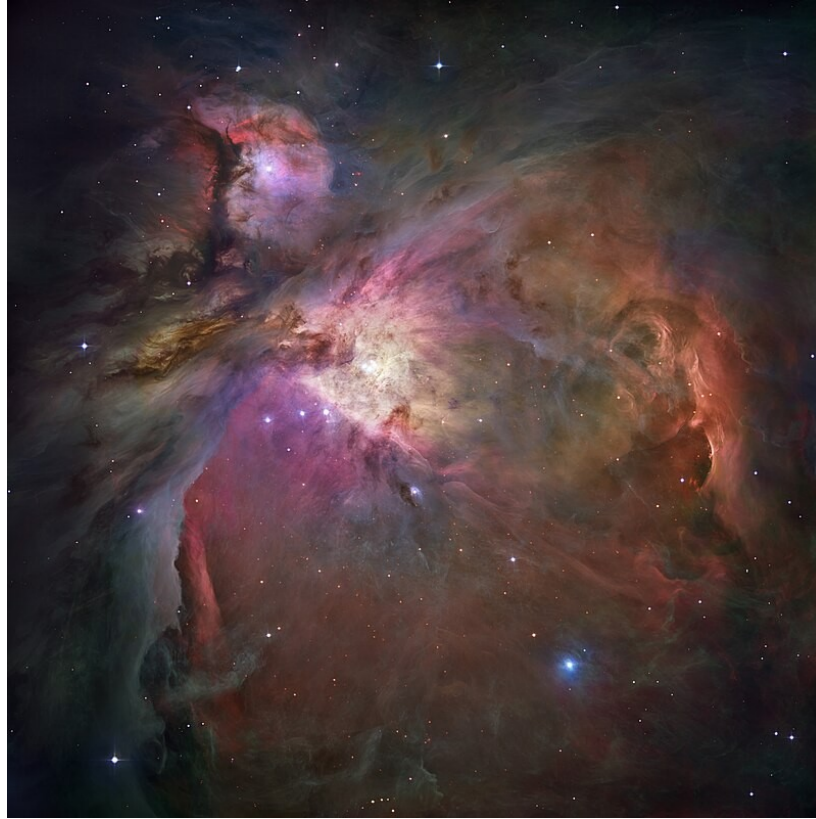
Föreläsning 10.12: stjärnornas evolution



Hur stjärnor föds

- Gravitation får interstellära gas- och stoftmoln att kollapsa
- Ett moln bildar flera stjärnor, större moln flera hundra
- Temperaturen och densiteten inuti stjärnan ökar, tills väte börjar fusioneras till helium => energin som frigörs värmer stjärnans yta, får stjärnan att lysa
 - Detta tar 50 000 – 100 000 000 år, beroende på stjärnans massa: massiva stjärnor bildas fortare
- Exempel på himlen: Orionnebulosan (M42)

Exempel på himlen: Orionnebulosan



Astronomikurs, Raseborgs
medborgarinstitut 2025

Unga stjärnor

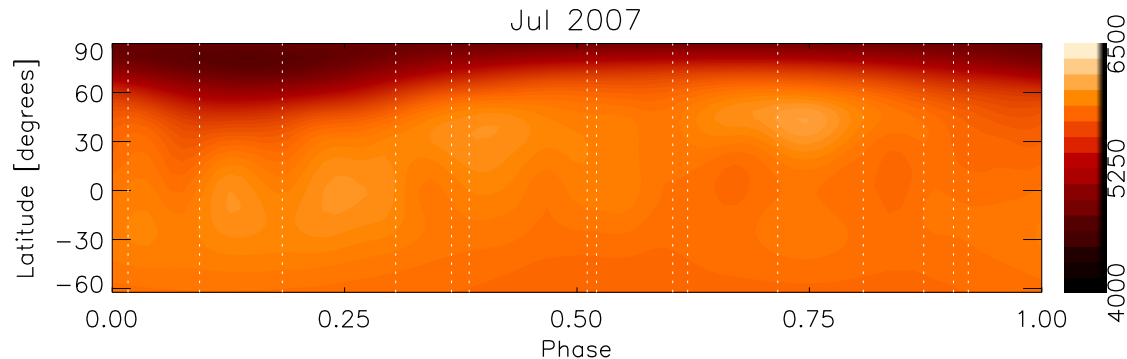
- Stjärnor som bildats från samma gasmoln förblir tillsammans, bildar en öppen stjärnhop
- Gravitationen håller gruppen ihop, men efter en tid börjar gruppen spridas (tiotals/hundratal miljoner år, beroende på hur stor gruppen är)
- Stjärnor som härstammar från samma stjärnhop som Solen har lätats efter, men känns inte till med säkerhet

Exempel på himlen: Plejaderna (M45)



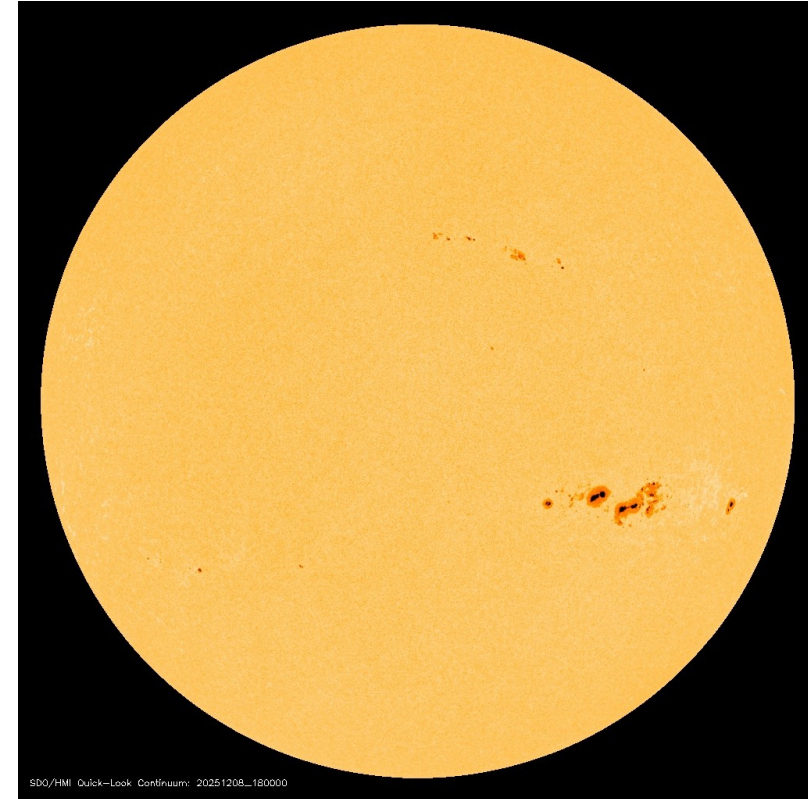
Unga stjärnor – mot Solen

- Unga, solliknande stjärnor studeras aktivt
- Samma massa som Solen
- Största skillnaden är att de har mera väte i kärnan, som ännu inte fusionerats till helium, och att de roterar fortare – rotationen saktar ner med tiden
- Rotationen orsakar aktiva magnetiska fenomen, stora utbrott och stjärnfläckar
- Exempel på himlen: V889 Herculis (50 miljoner år, rotationsperiod ~ 1 dag)



Solen idag

- 4.5 miljarder år, rotationsperiod ~ 1 månad
- Halvvägs genom sin livstid (10 miljarder år)
- Fusionerar väte till helium i sin kärna: tillhör huvudserien
 - När vätet i kärnan tar slut startar vidare fusionsreaktioner, blir en jättestjärna

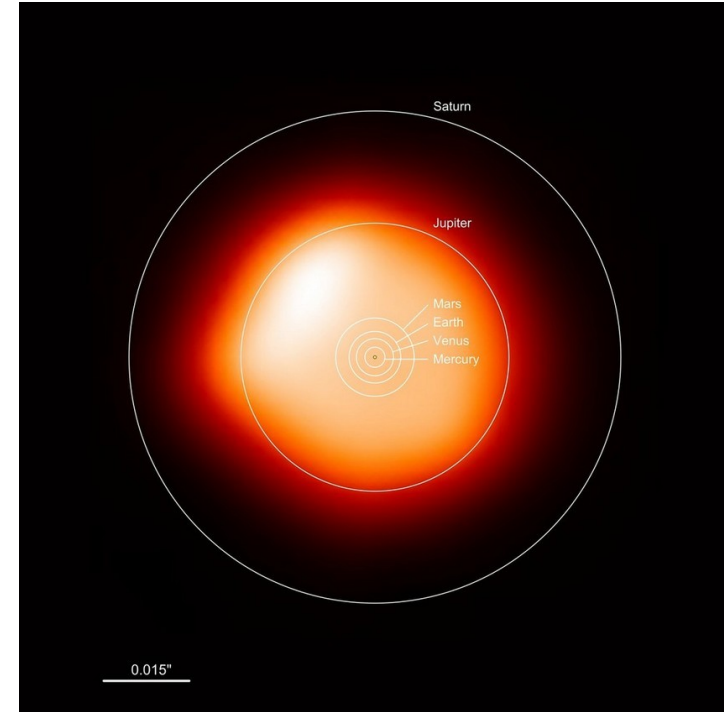


Massiva stjärnor / Bellatrix

- Massiva stjärnor utvecklas mycket snabbare, de allra största dör ut i några miljoner år, hinner aldrig lämna områden där de föddes
- Exempel på himlen: Bellatrix
 - Massa $9 M_{\odot}$
 - 25 miljoner år
 - Lyser 9000 gånger starkare än Solen

Massiva stjärnor / Betelgeuze

- Massa 12-17 $M_{\odot}$
- 10 miljoner år
- Lyser 65 000 gånger starkare än Solen
- Har fusionerat vätet i kärnan till helium, då helium fusioneras till tyngre grundämnen expanderas stjärnan till en röd superjätte
- En av de största kända stjärnorna, radie 700 gånger Solen
- Kandidat till kommande supernovaexplosion



Verklig bild av Betelgeuze jämfört med solsystemet.
Bild: ESO



Astronomikurs, Raseborgs
medborgarinstitut 2025

Små stjärnor

- Mindre stjärnor (röda dvärgstjärnor) utvecklas långsammare, lever tiotals miljarder år
- Minsta stjärnorna ($0.08 M_{\odot}$) tusentals miljarder år
 - Universum 13.8 miljarder år!
- Exempel på himlen: Proxima Centauri

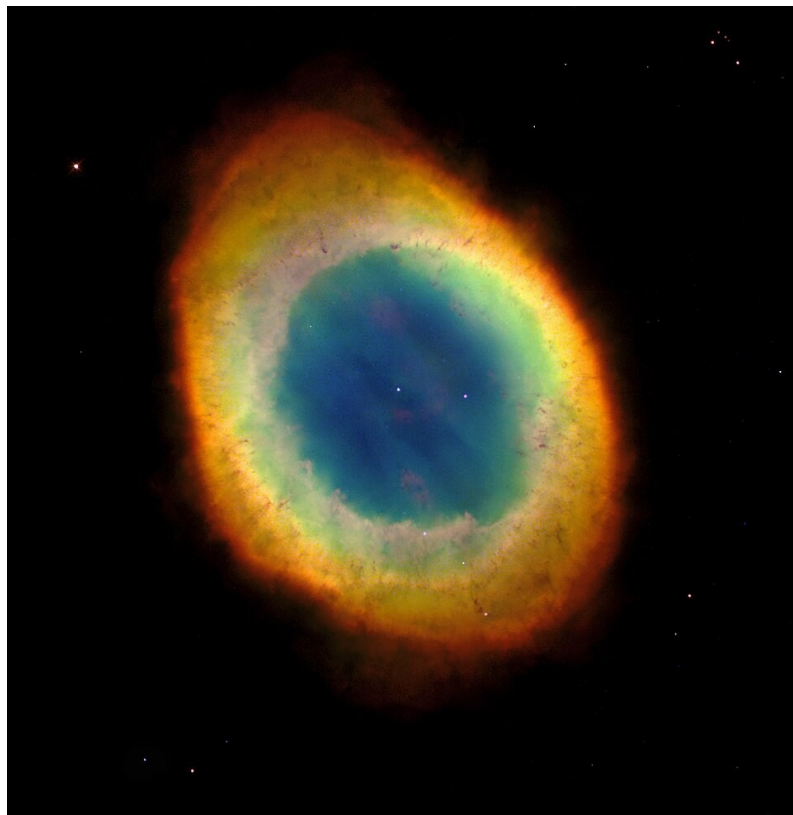
Solens framtid

- Om 4 miljarder år, när vätet i Solens kärna tar slut, expanderar Solen till en röd jätte
- Sväljer Merkurius och Venus, ytan till ungefär Jordens bana
- Röda jätten lever ännu 1 miljard år, efter det slutar alla fusionsreaktioner
- Exempel på himlen: Arcturus

Planetariska nebulator

- En röd jättes yttre delar kastas ut i rymden, bildar en planetarisk nebula som syns i kanske 50 000 år
- Sprider tyngre grundämnen ("metaller") ut i rymden
- Exempel på himlen: Ringnebulosan

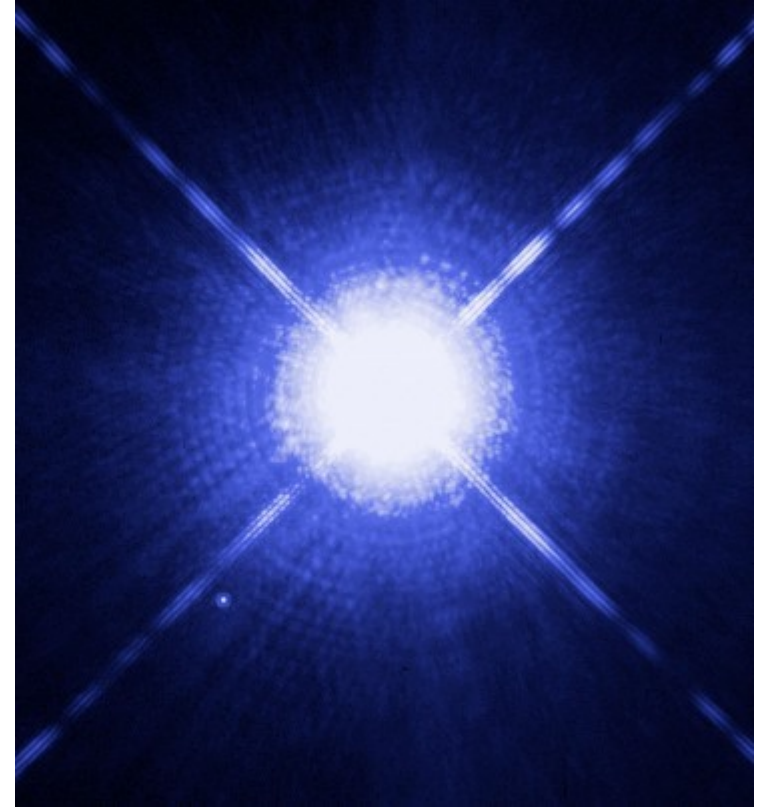
Ringnebulosan M57



Astronomikurs, Raseborgs
medborgarinstitut 2025

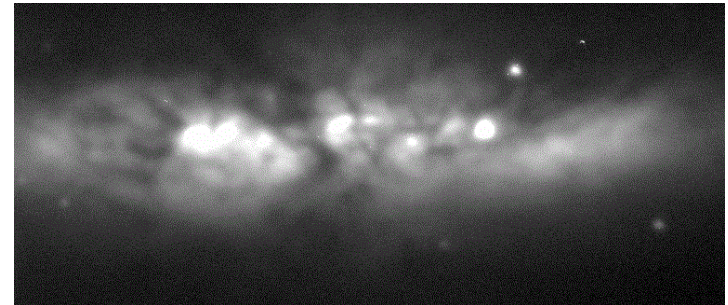
Vita dvärgar

- Röda jättens kärna förblir en het och tät objekt, vit dvärg
- Har förkrympats till Jordens storlek, men har nära Solens massa
- Inga fusionsreaktioner, utger värmestrålning och svalnar
 - Efter en lång tid (längre än nuvarande universums ålder) har vita dvärgen svalnat till en svart dvärg, som inte längre strålar mycket
- Exempel på himlen: Sirius B

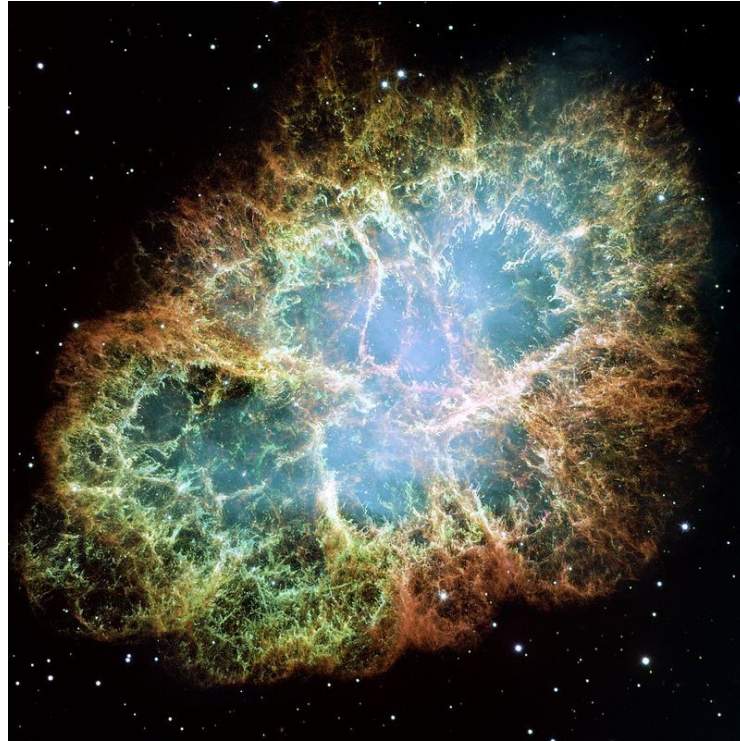


Supernovor

- De största stjärnorna (över $8 M_{\odot}$) exploderar som supernovor då deras fusionsreaktioner tar slut
- Utger samma mängd energi i sekunder som Solen under hela sin livstid
- Kan ses från miljardtals ljusår
- Yttre delarna bildar en supernovarest, kärnan kollapsar till en neutronstjärna eller ett svart hål



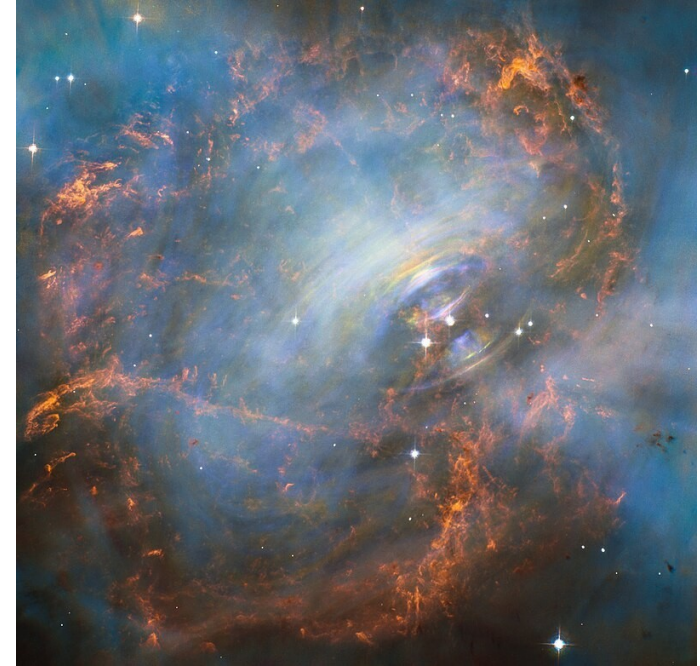
Exempel på himlen: Krabbnebulosan



Astronomikurs, Raseborgs
medborgarinstitut 2025

Neutronstjärnor

- Gravitationen drar kärnan ihop till en radie runt 10 km – mera än Solens massa inuti Raseborg
- Elektronerna och protonerna inuti en neutronstjärna bildar neutroner – kan packas tätare, eftersom neutroner inte har elektrisk laddning
- Stark växelverkan mellan neutroner hindrar neutronstjärnan från att kollapsa till ett svart hål
- Exempel på himlen: Krabbpulsaren i Krabbnebulosan



Inuti Krabbnebulosan finns en neutronstjärna, som syns höger om mitten i bilden. ESA/Hubble.

Svarta hål

- De allra största stjärnorna slutar som svarta hål, då gravitationen i den kollapsande stjärnan i supernovaexplosionen är så stor att ingenting kan motstå det
- Exempel på himlen: Cygnus X1



Bild: Chuck Ayoub

