

Lættar stjörnur enda sínar dagar sum hvítir dvørgar

Pól Jespersen



Altjóða stjornufrøðiár 27

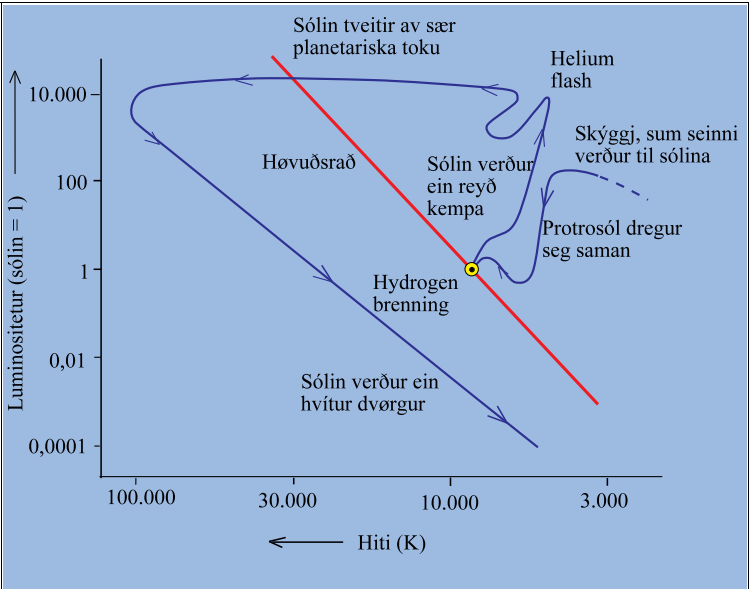
Lættar stjörnur brenna í ármilliardir hydrogen til helium í hövuðsraðnum. Seinni verða tær reyðar kempur, brenna helium til carbon og enda umsiðir sínar dagar sum hvítir dvørgar

Eitt stór skýggj av gassi og dusti hevur drigið seg saman. Hitin í miðdeplinum er av hesum vorðin so nógvur, at fusiðnstilgongdir kunnu fara fram. Hesar tilgongdir frígera so nógvu orku, at gasstrýstið megnar at standa ímóti tyngdini. Samandrátturin er hildin uppat, javnvág er íkomin, og stjörnan er í hövuðsraðnum, har hon ger hydrogen um til helium.

Okkara sól hevur verið í hövuðsraðnum í einar 5 mia ár, sí myndina, sum vísir hvussu sólín flytur seg í H-R diagramminum, sum tíðin liður.

Nýggj grundevni gjørd í stjörnunum
Sum longu nevnt vóru í hövuðsheitum bara tvey grundevni til, hydrogen og helium, eftir at heimurin varð til í Big Bang. Spurningurin var so, hvaðani øll hini grundevnini stávaðu. Tann vitanin er reiðiliga nýggj. Fusiðnstilgongdir krevja stóran tættleika og nógvu hita, so tað var ikki trupult at gita, at her var bara ein møguleiki, innast í stjörnunum, har hitin kemur upp í mió og mia stig.

Í 1932 fullfíggar James Chadwick, 1891-1974, vitanina um atombygnaðin, tá ið hann ávísir nevtronina, neutróna partikkulin í atomunum. Fá ár eftir hetta eydnast týska alisfrøðinginum Hans A. Bethe, 1906-2005, at greina, hvussu orkan í sólíni kann stava frá kjamatilgongdum, sum gera hydrogen um til helium.



H-R diagramm, sum vísir menningarleiðina hjá sólíni. Í eini 5 mia ár hevur sólín verið í hövuðsraðnum og har verður hon verandi eini 5 mia ár afturat. Sólín brennur hydrogen til helium. Tá ið hydrogenið fer at ganga undan, fer hon at brenna helium. Tann tilgongdin krevur hægri hita. Tá ið tað verður, fer sólín at gerast ein reyð kempa. Seinni aftur fer hon at enda sínar dagar sum hvítur dvøgur.

Eg minnst, at Bethe fyri mongum árum síðan helt ein fyrilestur á Bohr Instituttinum í Keypmannahavn. Á sín eyðkenda stillisliga hátt greiddi hesin gamli maðurin á enskum við semerkum týskum máldámi frá gransk- ing síni viðvíkjandi tilgongdunum í sólíni. Minnst eisini, at hann greiddi frá arbeiðinum at gera varmaskjoldrar til amerikansku rúmdarförini.

Bethe helt ikki - við tí vitan, sum var í 30'árunum - at nevniðvart av evnum tyngri enn helium kundu verða gjørd í stjörnunum. Hetta verður ikki greitt fyrr enn í 1957, tá ið Burbridge, Burbridge, Fowler og Hoyle viðgera hesi viðurskiðin í marksetandi grein í Review of Modern Physics.

Tíðin eftir hövuðsraðið
Hvussu verður við stjörnunum eftir hövuðsraðið er ein spurningur um nøgd. Sum talvan vísir, líva tungar og lættar stjörnur ikki líka leingi, og teirra lagna er eisini ógvuliga ymisk.

Sum hydrogenið í miðdeplinum verður brúkt, fær stjörnan ein heitan kjarna av helium. Tilfarið verður ikki blandað, og hydrogenbrennandi økið flytur seg longur frá miðdeplinum. Fyrr ella seinni verður heiti helium- kjamin so stórir, at tyngdin fer at draga hann saman. Tá verður frígjørd orka, sum fær hitan at vaksa eisini í hydrogen- brennandi økinum. Orkugerðin verður sett upp, og helium verður gjørt í alsamt størri mongdum.

Miðdepilin dregur seg meiri saman og verður heitari og heitari. Tann javnvág, sum hevur verið ímillum saman- dragandi tyngdina og trýstkraftina frá heita gassinum, sum heldur ímóti, verður nú brotin. Úrslitið er, at rúmdin verður broytt skjótt og ógvusliga. Stóra orkugerðin fær stjörnuna at bóligna, og samstundis fellur hitin á ýtuni, so stjörnan nú verður reyðligari á liti. Y tru partarnir á stjörnunni eru nú mest at samanbera við eitt “reyðgløðandi vacuum”. Stjörnan er vorðin ein reyð kempa og fer uppeftir og til høgru

Nøgd máld í sól-nøgdum	Tíð sum proto- stjörna í árum	Lívslongd í ármilliónum
15	60.000	10
5	600.000	70
3	3.000.000	240
1	50.000.000	10.000
0,5	200.000.000	100.000
0,1	500.000.000	10.000.000

í H-R diagramminum, sí mynd. Orkan stavar frá hydrogenbrenning um ein lítlan, tættan og ógvuliga heitan kjama av helium.

Hitin í kjarnanum er farin upp í eini 100 mió K. Tað er so heitt, at ein nýggj

Hvítur dvørgur

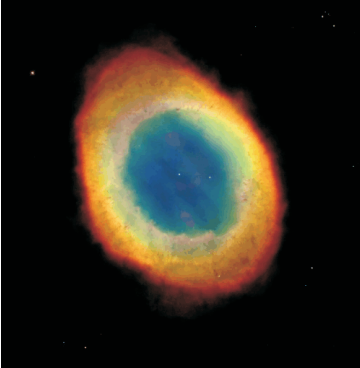
Tá ið einki helium er eftir at brenna í miðøkinum í lottum stjörnum við nøgd minni enn um leið 1,4 M_{sól}, fæst orka bara úr hydrogenbrenning uttast í stjörnunni. Nýggjar tilgongdir tendra

Fusiðnstilgongdir, sum fara fram í sólíni á núverandi menningarstigi	
<i>pp - tilgongdin:</i>	<i>CNO - tilgongdin:</i>
$1\text{H} + 1\text{H} \rightarrow 2\text{H} + 0\text{e}^+ + \nu$	$12\text{C} + 1\text{H} \rightarrow 13\text{N} + \gamma$
$2\text{H} + 1\text{H} \rightarrow 3\text{He} + \gamma$	$13\text{N} \rightarrow 13\text{C} + 0\text{e}^+ + \nu$
$3\text{He} + 3\text{He} \rightarrow 4\text{He} + 2\text{H}$	$13\text{C} + 1\text{H} \rightarrow 14\text{N} + \gamma$
H: hydrogen	$14\text{N} + 1\text{H} \rightarrow 15\text{O} + \gamma$
He: helium	$15\text{O} \rightarrow 15\text{N} + 0\text{e}^+ + \nu$
C: carbon	$15\text{N} + 1\text{H} \rightarrow 12\text{C} + 4\text{He}$
N: nitrogen	
O: oxygen	
<i>nettotilgongd :</i> $4\text{H} \rightarrow 4\text{He} + 2\text{e}^+ + \text{orku}$	

Talvan vísir tvær kjarnatilgongdirnar, sum fara fram í sólíni, pp-tilgongdina og CNO-tilgongdina. Nettotilgongdin er í báðum forðum, at 4 hydrogenkjarnar verða til ein heliumkjarna, tvær positronir og orku. Sum hitin er í sólíni, ger pp-tilgongdin nógv ta mestu orkuna. CNO-tilgongdin hevur størri týðning í heitari stjörnum.

fusiðnstilgongd kann fara fram. Triggir He-kjarnar kunnu verða bræddir saman til ein carbonkjama og orku. Nú kemur í ein nýggj javnvág, har fusiðnstilgongdir fara fram í tveimum økjum, helium- brenning í einum lítlum kjarna og hydrogen-brenning uttan um kjarnan. Er nøgðin í stjörnunni minni enn um leið 2,5 sól-nøgdir, verður um hetta mundið eitt sonevnt “heliumflash”. Orsøkin er, at tættleikin í miðøkinum verður so stórir, at tann kopling, sum higartil hevur verið ímillum hita og trýst, hvørur. Trýstið er nú bara heft at tættleikanum. Trygdarventilurin er so at siga ikki virkin longur. Tað fær ógvusligar fylgjur. Er bara ein lítill hitavøkstur, veksur orkugerðin, sum aftur fær hitan at vaksa o.s.fr. Orkugerðin fer eina tíð av lagi. Seinni aftur verður hitin so høgur, at “de- generatiðnin” - sum hetta verður nevnt - hvørur, og vanlig sambandið ímillum hita og trýst kemur í aftur.

Brennievnið gongur undan
So hvørt sum brennievnið gongur undan, flyta orkugerandi økini seg úteftir í stjörnunni. Av tí fellur hitin, og orku- gerðin minkar. Tyngdin fær aftur yvirtakið og dregur stjörnuna meiri saman. Tað fríger so nógvu orku, at hitin í stjörnunni veksur og hon flytur seg til vinstru í H-R diagramminum.

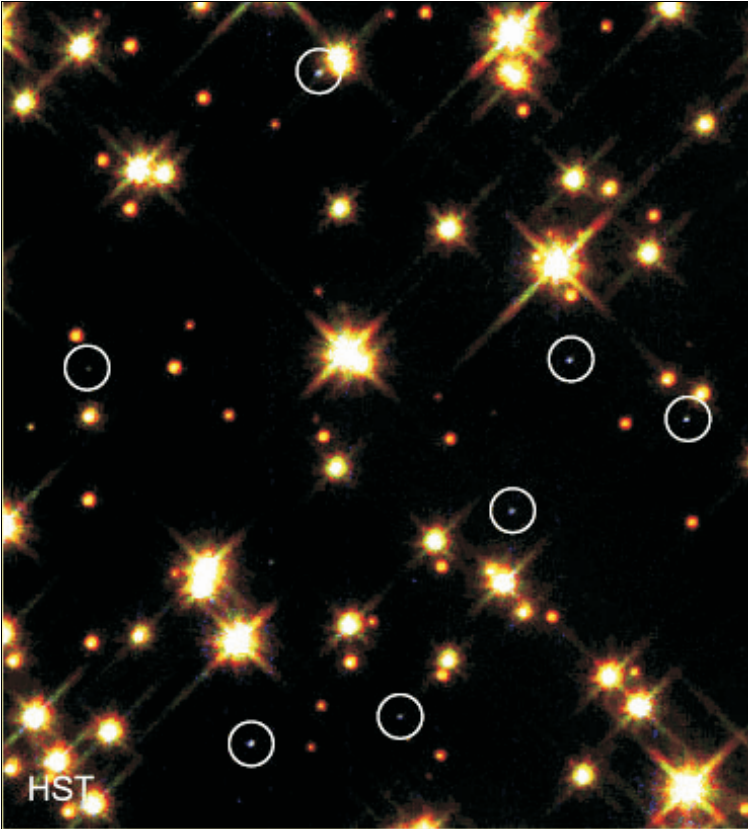


Planetariska token M 57 í stjörnu- merkinum Lýra. Ein stjörna hevur tveitt ytru lögini av sær í einari novaspreiing. NASA.

frá geislingini so stórt, at ein nova- spreiging verður. Tey ystu lögini við seinasta brennievninum verða slongd út í rúmdina, og fusiðnstil- gongdirnar steðga. Um stjörnuna legst tá ein ringur av lýsandi gassevnum, sum verður nevndur ein “planetarisk toka”, sí mynd. Heitið er sjálvandi óheppið, tí hetta hevur einki við planetir at gera.

Tað, ið eftir er av stjörnunni í miðjunni á ringinum, verður nevnt ein hvítur dvørgur. Einki nýtiligt kjamabrennievni er eftir, og einasta orkukelda er frígjørd støðuorka. At enda kann tyngdin ikki pakka tilfarið tættari og stjörnan kólnar spakuliga, meðan hon í H-R diagramm- inum fer á skák niðureftir til høggu móti “kirkjugarðinum” fyri hvítar dvørg- ar undir hövuðsraðnum, sí mynd. Hvítir dvørgar eru til støddar bara um leið 1 % av sólíni, t.e. nakað sum jørðin til støddar, men nøgðin er nakað sum í sólíni. Tættleikin í teimum er tí ógilgur, um leið 100 tons/cm³. Tilfarið í teimum er mest kolevni og oxygen. Ein kendur hvítur dvørgur er Sirius B, sum melur um Sirius A.

Stjörnur við størri nøgd fáa ein ógvus- ligari deyða, enn hvítu dvørgarnir. Meiri um tær stjörnumar í næsta parti.



Hubblemynd av kúluskapaða stjörnuhópinum M4. Himmal-nøttirnir við ringi um eru hvítir dvørgar. NASA.