6. તારાઓનો જન્મ અને યુવાવસ્થા

6.0 પ્રાસ્તાવિક

તારાઓ જન્મે છે, જુવાન બને છે, ઘરડા થાય છે અને પ્રાણીઓ અને માનવોની જેમ મૃત્યુ પણ પામે છે. તારાઓનું આયુષ્ય માણસોના આયુષ્યની સરખામણીમાં ઘણું મોટું છે : કરોડો અને અબજો વર્ષો પછી પણ આખરે તેમની જીંદગીનો અંત આવે જ છે. એ અંત તેમનામાં રહેલા દ્રવ્યો ઉપર આધારિત છે. સામાન્ય રીતે એકવડા બાંધાના માણસો તંદુરસ્ત રીતે દીર્ઘાયું ભોગવે, તેમ સૂર્યના જેટલા દ્રવ્યવાળા એકવડા બાંધાના તારાઓ તંદુરસ્ત રીતે ઘણું લાંબું જીવે છે. વધારે પડતા દ્રવ્યવાળા માણસોને કોઈને કોઈ રોગ સામાન્ય રીતે હોય અને તેમની જીંદગીનો અંત પણ સુખદાયી રીતે આવતો નથી તે જ રીતે વધારે પડતા દ્રવ્યવાળા તારાઓનો અંત પણ કરુણ રીતે આવે છે.

તારાઓ વચ્ચે ખાલી જગ્યા નથી. તારાઓ વચ્ચે રહેલા વાયુઓ અને બારીક ધૂળનાં વાદળોમાંથી તારાઓ બને છે અને જન્મે છે. વાયુની ખાસિયત છે કે તે પ્રસરીને ગમે તે પાત્ર ભરી દેશે. થોડોક વાયુ જેવો કે હાઈડ્રોજન, ખાલી ઓરડીમાં છોડીએ તો જ્યાં સુધી આખી ઓરડી એકધારી ઘનતાના વાયુથી ભરાઈ ન જાય ત્યાં સુધી તે પ્રસરશે. તારાઓ વચ્ચેના વાયુઓ પણ તે રીતે પ્રસરેલા છે. તારાઓ વચ્ચે આવેલા વાયુઓમાં 75% હાઈડ્રોજન (Hydrogen), 23% હીલિયમ (Helium) અને બાકી રહેલા 2% કાર્બન (Carbon), ઑક્સિજન (Oxygen), નાઈટ્રોજન (Nitrogen), આયર્ન (Iron) વિગેરે છે. આ બધાં તત્ત્વો આવ્યાં ક્યાંથી ? વિશ્વની શરૂઆતથી જ હાઈડ્રોજન અને હીલિયમ છે. આપણા સૂર્ય જેવા તારાઓ ઘરડી ઉંમરના થાય ત્યારે કાર્બન અને ઑક્સિજન બનાવે છે. મહાપ્રચંડ તારાઓ લોખંડ બનાવે છે. મહાપ્રચંડ તારો ફાટીને સુપરનોવા (Super Nova) બને ત્યારે આ પ્રક્રિયા દરમિયાન ઘણાં બધાં ભારે તત્ત્વો બને છે. આ બધાં તત્ત્વો તારાનું મૃત્યુ થાય ત્યારે તારાઓના વચ્ચેના માધ્યમમાં પવનથી ફેલાય છે.

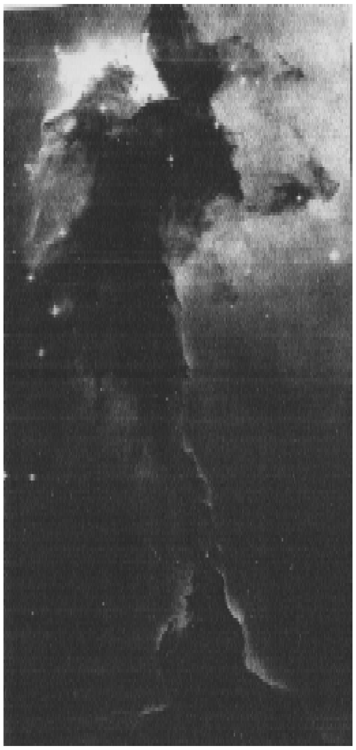
6.1 તારાઓનો જન્મ

તારાઓની વચ્ચેની ઘણી જગ્યાઓમાં વાયુઓ અને ધૂળના રજકણો ગાઢ બને છે, પૃથ્વી ઉપરની હવા જેવા પાતળા નહિ. રજકણો ભેગા થઈને બહુધા સમુદાય અથવા કણ (molecule) બનાવે છે અને આવા કણો ભેગા થઈને વાદળો બને છે અને આવાં વાદળોને કણોનાં વાદળો (molecular clouds) કહેવામાં આવે છે. આ વાદળો શાંત અને એકદમ ઠંડા (-430° F અથવા -260° C) હોય છે. આ વાદળોના કણોમાં પાણી, એમોનિયા, હાઈડ્રોજન સલ્ફાઈડ, ફોર્મિક એસિડ (Formic Acid), મિથેનોલ (Methanol) અને ગ્લાઈસિન (glycine) મળ્યાં છે. ગ્લાયસિન એ જ એમિનો એસિડ (amino acid) છે જે પ્રોટિન્સ બનાવવામાં અગત્યનો ભાગ ભજવે છે. ગ્લાયસિન અને બીજાં રાસાયણિક તત્ત્વો તારાઓની વચ્ચેના વાયુઓમાં હોય તે વિશ્વમાં પૃથ્વી સિવાય બીજે જીવન હોવાની શક્યતા સૂચવે છે. આવાં કણોના વાદળો આકૃતિ 6.1.1માં આપેલાં છે.

આકૃતિ 6.1.1

ઘોડાના માથા જેવુ લાગતું કણોનું આ વાદળ મૃગશીર્ષ અથવા જોરાવર શિકારી (ઑરિયૉન, Orion) તારામંડળમાં આવેલું છે. આકાશમાં ઝાંખા, ધુમ્મસથી ઠંકાયેલા પ્રકાશના ગોદડી જેવા ફિક્કા પ્રકાશિત વાદળોના ટુકડાઓને ખગોળશાસ્ત્રીઓ નિહારિકા (નૅબ્યુલ, Nebula) તરીકે ઓળખે છે. નેબ્યુલ લેટિન શબ્દ છે અને તેનો અર્થ 'વાદળ' છે. ફ્રેન્ચ ખગોળશાસ્ત્રીઓ ચાર્લ્સ મેસ્સઅર (Charles Messier) અને પિયરી મિચેને (Pierre Mechain) સૌથી વધુ ચમકતાં પહેલાં સો તારામંડળો, તારાઓનાં ઝુમખાંઓ અને નિહારિકાઓની યાદી બનાવી છે અને તેમાં આ નિહારિકા M_{42} તરીકે ઓળખાય છે.

સર્પધર (Serpens, સરપન્સ) તારામંડળમાં આવેલી ગરુડ નિહારિકા (Eagle Nebula) આકૃતિ 6.1.2માં આપેલી છે. 2002માં એચએસટીએ (HST, Hubble Space Telescope) લીધેલું આ ચિત્ર છે. આ નિહારિકા M_{16} તરીકે ઓળખાય છે. ગરુડ નિહારિકાની ઊંચાઈ 9.5 પ્રકાશવર્ષ છે જે આપણા નજીકમાં નજીકના તારાથી બમણા અંતર જેટલું ગણાય.



આકૃતિ 6.2.1

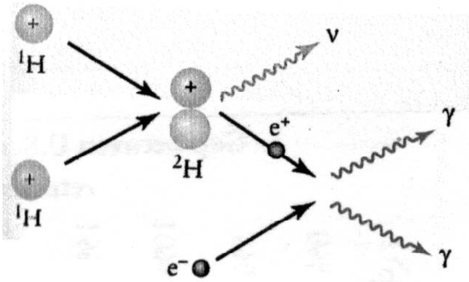
ઠંડાં અને કાળાં કણોના વાદળો મૃગશીર્ષ અને અન્ય તારામંડળોમાં સો પ્રકાશવર્ષ કે તેથી પણ વધારે ઊંચાઈવાળા હોય છે. આવા પ્રચંડ કણોના વાદળોમાં તારાઓનો જન્મ થાય છે. લાખો વર્ષ સુધી આવાં વાદળો શાંત અને ઉદાસીન રહે છે અને અચાનક જ કંઈક તેમની શાંતિમાં ખલેલ પાડે છે અને પ્રક્રિયા શરૂ થાય છે જેના કારણે આખરે નવી પેઢીના તારાઓનાં બીજ વવાય છે. ખગોળશાસ્ત્રીઓ શેના કારણે શાંતિનો ભંગ થાય છે તેનાં કારણો બરાબર શોધી શક્યા નથી. પણ શક્ય છે કે કણોના બે વાદળો અથડાય અથવા આજુબાજુ કોઈ સુપરનોવા (Supernova) ફાટે જેના કારણે આંચકાવાળાં મોજાંઓ (Shock waves) વાતાવરણમાં ઉભાં થાય અને આ કણોનાં વાદળોને અથડાય. કોઈપણ કારણ હોય, પણ અંત **પરિણામ :** વાદળોનો કોઈ ભાગ ગાઢ બને અને તેનું ગુરુત્વાકર્ષણ બળ મુખ્ય બળ બને અને આજુબાજુના ભાગોને તેના તરફ ખેંચનાર બને. આજુબાજુનો ભાગ ખેંચાતાં તે ભાગ પડવા માંડે. પડતાં પડતાં ઘણી વખતે જુદા જુદા ભાગોમાં વહેંચાઈ પણ જાય. જુદા પડેલા ઢગલાઓમાંથી જુદા જુદા તારાઓ બને છે. સો કે વધારે પ્રકાશવર્ષ લંબાઈવાળા કણોના વાદળોમાં સો જેટલા તારાઓનું નિર્માણ કરવા પૂરતાં વાયુ અને ધૂળનાં રજકણો હોય છે. વાયુ અને ધૂળ જેમ જેમ ઘનતા વધતાં જાય તેમ તેમ તે વધારે વાયુ અને ધૂળને આકર્ષે. આના કારણે જે ઢગલો તૈયાર થાય તે પ્રાથમિક અવસ્થાનો (પ્ર. અ.) તારો છે. ઝડપથી ખેંચાઈને આવતા પદાર્થો પ્રા. અ.ના તારાની સપાટીને અથડાતાં ગરમી પેદા થાય છે. આ રીતે જેમ જેમ વધારે પદાર્થો પ્રા. અ.ના તારાની સપાટીને અથડાશે, તેમ તેમ પ્ર.અ. ના તારાનું ઉષ્ણતામાન વધશે. શરૂઆતના કણોનું વિકરાળ વાદળ ગોળ ગોળ ફરતું હોઈને તુટી પડતા પદાર્થો પણ ગોળ ફરશે અને પ્રાથમિક અવસ્થાનો તારો પણ ગોળ ગોળ ફરશે.

6.2 બાળપણ અને યુવાવસ્થા

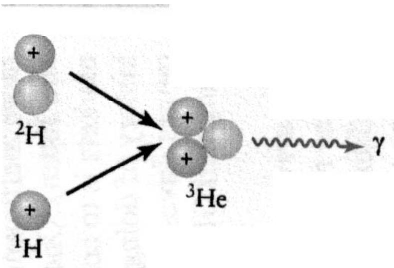
પ્રાથમિક અવસ્થાના તારાના મધ્યભાગનું ઉષ્ણતામાન 10^6 K (દસ લાખ K) થાય ત્યારે અણુકેન્દ્રીય પ્રતિક્રિયા (Nuclear reaction) શરૂ થશે. આ ઉષ્ણતામાન ખૂબ જ ઊંચું છે અને માપક્રમ પણ જુદો છે. કલ્પના કરો કે કેટલી વખત અને કેટલી ઝડપે અથડાયા કરે ત્યારે આ બને ?

પહેલું પગથિયું હાઈડ્રોજનને હીલિયમમાં ફેરવવાનું છે. આ બે રીતે થાય છે. આપણે પહેલી રીત જોઈએ. હાઈડ્રોજન અણુના કેન્દ્રમાં એક પ્રોટોન છે અને તેની આસપાસ એક ઈલેકટ્રોન ફર્યા કરે છે. જ્યારે હીલિયમના અણુના કેન્દ્રમાં બે પ્રોટોન અને બે ન્યુટ્રોન છે અને તેની આસપાસ બે ઈલેકટ્રોન ફર્યા કરે છે. ઈલેકટ્રોનમાં ઋણ વીજભાર રહેલો છે, જ્યારે પ્રોટોનમાં ઈલેકટ્રોન જેટલો જ ધન વીજભાર રહેલો છે. ન્યુટ્રોનમાં વીજભાર નથી. અણુ વીજભાર વગરનું છે. તારાના કેન્દ્રમાં ઉષ્ણતામાન ખૂબ જ ઊંચું હોઈને બે હાઈડ્રોજનના અણુઓ ખૂબ જ ગતિથી અથડાતાં બંને ઈલેકટ્રોન વગરના બનશે. આવા હાઈડ્રોજનને આપણે H^+ થી દર્શાવીશું. ઉષ્ણતામાન ખૂબ જ ઊંચું હોઈને H^+ ના અણુઓ

વારંવાર તીવ્ર ગતિથી અથડાશે, પણ બંને ધનવીજભારવાળા અણુઓ હોઈને વિદ્યુત ચુંબકીય નિયમ પ્રમાણે એકબીજાથી દૂર રહેશે. વધારેમાં વધારે ગતિથી અથડાતા બે હાઈડ્રોજનના $(H^+ = {}^1H)$ અણુઓ એકદમ નજીક આવતાં કોઈ કોઈ વખત અણુકેન્દ્રીય બળ જે આકર્ષક બળ છે તે વધારે મજબૂત હોઈને બે હાઈડ્રોજનના અણુઓને ભેગા કરીને બમણા વજનવાળો હાઈડ્રોજન બનાવે છે. જેને આપણે ${}^2H$ થી દર્શાવીશું. આ ખૂબ જ ઓછી વાર બનતું હોઈને બળતણ ધીરે ધીરે બળે છે. આકૃતિ 6.2.1(a)માં બતાવ્યા પ્રમાણે નીચેના પ્રોટોનમાંથી ધનવીજભાર (e^+) છૂટો પડે છે, તેને પૉસિટ્રોન (positron, e^+) કહેવામાં આવે છે.



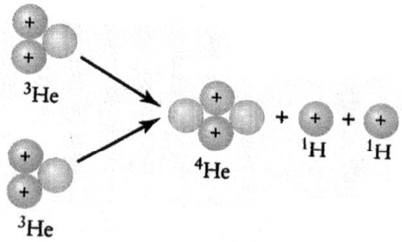
(a) ${}^1H + {}^1H \rightarrow {}^2H + \nu + \gamma$ rays



(b) ${}^2H + {}^1H \rightarrow {}^3He + \gamma$ rays

આકૃતિ 6.2.1

પોસિટ્રોનનું દ્રવ્ય ઈલેક્ટ્રોનના દ્રવ્ય જેટલું જ રહે છે. આ સાથે દ્રવ્ય વગર અને વીજભાર વગરનું ન્યુટ્રિનો (Neutrino, ν) જેનામાં ઊર્જા રહેલી છે તે પણ છૂટું પડે છે. ન્યુટ્રિનોનું કામ ઊર્જા દૂર કરવાનું છે. પ્રોટોન ન્યુટ્રોનમાં ફેરવાય છે ત્યારે પોસિટ્રોન અને ન્યુટ્રિનો પ્રોટોનમાંથી છુટાં પડે છે. પોસિટ્રોન (e^+) જલદીથી ઈલેક્ટ્રોનને અથડાશે અને બંને ભેગા થઈને ગેમા (γ) કિરણો બનશે. આ આકૃતિ 6.2.1(a) માં બતાવ્યું છે. અણુકેન્દ્ર જેમાં ન્યુટ્રોન અને પ્રોટોન છે તેને ${}^2H$ થી દર્શાવીએ તો આ નવા ${}^2H$ સાથે ${}^1H$ અથડાશે અને બંને ભેગા થઈને હીલિયમનું આઈસોટોપ ${}^3He$ અને ગેમા કિરણ બનાવશે જે આકૃતિ 6.2.1(b)માં બતાવ્યું છે. આ જ રીતે બનેલાં બે ${}^3He$ ના તત્ત્વોના અથડાવાથી ${}^4He$ અને બે ${}^1H$ મળશે. આ આકૃતિ 6.2.2માં બતાવ્યું છે.



${}^3He + {}^3He \rightarrow {}^4He + {}^1H + {}^1H$

આકૃતિ 6.2.2

આને બીજી રીતે જોઈએ તો ઊંચા ઉષ્ણતામાને હાઈડ્રોજનના ચાર અણુઓ ભેગા થઈને હીલિયમનો એક અણુ બનાવે છે અને આ જોડાણ દરમિયાન વધેલા દ્રવ્યનું ઊર્જામાં રૂપાંતર થાય છે.

ચાર હાઈડ્રોજનના અણુઓનું દ્રવ્ય $= 6.693 \times 10^{-27}$ કિ.ગ્રા.

$-$હીલિયમના અણુનું દ્રવ્ય $= 6.645 \times 10^{-27}$ કિ.ગ્રા.

$\therefore$ વધેલું દ્રવ્ય $= 0.048 \times 10^{-27}$ કિ.ગ્રા.

આ વધેલું દ્રવ્ય ચાર હાઈડ્રોજનના અણુઓના દ્રવ્યનો .007મો ભાગ છે. હાઈડ્રોજનના ચાર અણુઓના દ્રવ્યનો 0.7% ભાગ હીલિયમના દ્રવ્યમાં ફેરવાતો નથી. આ દ્રવ્યનું ઊર્જામાં રૂપાંતર થાય છે અને તે ઊર્જા સાપેક્ષવાદના નિયમ પ્રમાણે $E = mc^2 = (0.48 \times 10^{-27})(3 \times 10^8)^2 = 4.3 \times 10^{-12}$ જૂલ છે. અહીં c એ પ્રકાશનો વેગ છે. આ ઊર્જા ખૂબ જ ઓછી છે, પણ એક કિલોગ્રામ હાઈડ્રોજનનું હીલિયમમાં રૂપાંતર થતાં જે ઊર્જા મળે તે

$$E = mc^2 = (0.007)(3 \times 10^3)^2 = 6.3 \times 10^{14} \text{ જૂલ છે.}$$

આ ઊર્જા 20,000 મેટ્રીક ટન કોલસો બાળીએ ત્યારે મળે તેટલી ઊર્જા છે. દર સેકંડે સૂર્ય 3.9×10^{26} જૂલ પ્રકાશ બહાર ફેંકે છે. આ માટેની ઊર્જા પેદા કરવા માટે દર સેકંડે સૂર્યને

$$\frac{3.9\times10^{26}\text{ જૂલ /સેકન્ડ}}{6.3\times10^{14}\text{ જૂલ /કિલોગ્રામ}}=6\times10^{11}\text{ કિલોગ્રામ }=60\times10^{10}\text{ કિલોગ્રામ}=60\text{ કરોડ મેટ્રીક ટન}$$

હાઈડ્રોજનને હીલિયમમાં ફેરવવો પડે. આ દર સેકન્ડે છે, તો વર્ષમાં કેટલો હાઈડ્રોજન જોઈએ ? આ પ્રક્રિયાને પ્રોટોન-પ્રોટોન હારમાળાથી (P P Chain) ઓળખવામાં આવે છે. ઘણા તારાઓના કેન્દ્રમાં વધારે ઉષ્ણતામાન હોય છે. આ તારાઓમાં હાઈડ્રોજન કાર્બન-નાઈટ્રોજન-ઑક્સિજન હારમાળાથી (CNO Chain) હીલિયમમાં ફેરવાય છે. બંને હારમાળાની પ્રક્રિયાઓ એક સાથે પણ થઈ શકે છે.

તારાઓમાં હાઈડ્રોજનનું બળવું તે નિત્યનો કાર્યક્રમ છે. આ સમય દરમિયાન તારો બાલ્યાવસ્થામાંથી પુખ્તાવસ્થામાં આવે છે. પણ જ્યારે તારાના હાર્દનો હાઈડ્રોજન વપરાઈ જાય છે, ત્યારે તારામાં નાટકીય રીતે ખૂબ જ ઝડપથી બદલાવ શરૂ થાય છે. આ દરેક તારામાં મોડું વહેલું બનવાનું જ.

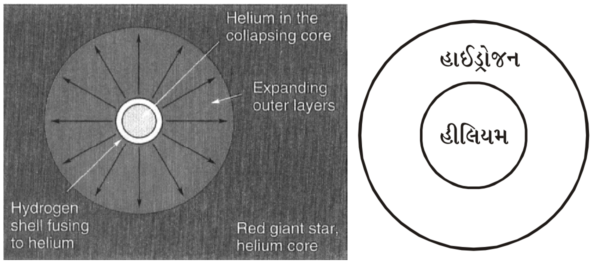
તારાના હાર્દનો હાઈડ્રોજન વપરાઈ જતાં હાઈડ્રોજનનું બળવાનું બંધ થાય છે. હાઈડ્રોજનનું બળવાનું બંધ થતાં, તારાનું ઉષ્ણતામાન અને દબાણ ઊંચું રાખવા મળતી ઊર્જા બંધ થાય છે. બહાર ખેંચાતું હવાનું દબાણ અને અંદર ખેંચતું ગુરુત્વાકર્ષણ બળ, બંને સરખાં રહીને તારાને સ્થિર રાખતાં. બહાર ખેંચતું હવાનું દબાણ, બળવાનું બંધ થતાં, ઓછું થતાં અંદર ખેંચાતું ગુરુત્વાકર્ષણ બળ બધા વાયુઓને અંદર ખેંચે છે. આથી તારો સંકોચાય છે અને સંકોચાવાથી તારાની ગરમી વધે છે. જેમ જેમ તારો સંકોચાતો જાય, તેમ તેમ તારાના મધ્યભાગની ગરમી વધતી જાય. જ્યારે તારાના મધ્યભાગમાં ગરમી લગભગ દસ કરોડ કેલ્વિન ($10^8 K$) પહોંચે ત્યારે બીજી પ્રક્રિયાઓ શરૂ થાય છે. હીલિયમ મધ્યભાગમાં વધારે હોઈને હીલિયમના બે અણુઓ એકદમ ભેદા થતાં અસ્થિર બેરીલીયમ-8 (Beryllium-8) ખૂબ જ ટૂંકા સમય માટે બને છે.

$$^{4}\text{He} + {}^{4}\text{He} \rightarrow {}^{8}\text{Be}$$

જો તુરત જ હીલિયમનો અણુ બેરીલીયમ-8 ને મળે તો સ્થિર અણુ કાર્બન ^{12}C બને, નહિતર ^{8}Be નું હીલિયમના બે અણુઓમાં વિભાજન થાય છે.

$$^{8}\text{Be} + {}^{4}\text{He} \rightarrow {}^{12}\text{C} + \gamma\ .$$

કિરણોત્સર્ગી (radioactive) તત્ત્વો આલ્ફા (α), બીટા (β) વિગેરે સાથે પહેલવહેલું હીલિયમ તત્ત્વ શોધાયેલું. આથી કોઈ કોઈ વખત હીલિયમ 'આલ્ફા પાર્ટીકલ' તરીકે પણ ઓળખાય છે. આ પ્રક્રિયાને 'ટ્રીપલ આલ્ફા પ્રોસેસ' (Triple alpha process) તરીકે પણ ઓળખવામાં આવે છે.



આકૃતિ 6.2.3

આકૃતિ 6.2.3માં બતાવ્યા પ્રમાણે તારાના બે ભાગમાં જુદી જુદી પ્રક્રિયાઓ થાય છે. હીલિયમવાળા ભાગમાં હીલિયમનું કાર્બનમાં અને હીલિયમની ઉપરના હાઈડ્રોજનવાળા ભાગમાં હાઈડ્રોજનનું હીલિયમમાં રૂપાંતર થાય છે. કેન્દ્રમાં ઊર્જા ઉત્પન્ન થવાનું શરૂ થતાં, ઉષ્ણતામાન વધે છે અને તેના કારણે વાયુનું બહાર ખેંચતું દબાણ વધે છે. આથી સંકોચાવાનું બંધ થાય છે. હાઈડ્રોજનવાળા ભાગમાં હાઈડ્રોજનનું હીલિયમમાં રૂપાંતર થતાં, ઊર્જા ઉત્પન્ન થાય છે અને તે ભાગનું ઉષ્ણતામાન વધે છે. આના કારણે તે ભાગમાં પણ વાયુને બહાર ખેંચતું દબાણ વધે છે. આ રીતે હીલિયમવાળા અને હાઈડ્રોજનવાળા ભાગોમાં વાયુને બહાર ખેંચતું દબાણ વધે છે અને આના કારણે તારાની ત્રિજ્યા વધતી જાય છે. આ નવી ત્રિજ્યા પહેલાંની ત્રિજ્યા કરતાં સો ગણી હોય છે. ત્રિજ્યા વધતાં ક્ષેત્રફળ વધે છે અને બહારનું ઉષ્ણતામાન ઘટે છે. સાથે સાથે ઊર્જાના ઉત્પાદન દરમાં ઘણો વધારો થાય છે. આથી તારાની પ્રકાશિતતા વધે છે.