4. તારાનો વ્યાસ અને વર્ણપટના વર્ગો

4.0 પ્રાસ્તાવિક

કોઈપણ તરંગ લંબાઈએ વિસર્જન થતી ઉર્જાના પ્લેન્કના નિયમ ઉપરથી વેઈનનો નિયમ મેળવ્યો છે. આના ઉપરથી કાળો પદાર્થ નિરપેક્ષ ઉષ્ણતામાન T એ દર ચોરસ મીટરે ઉર્જા $E_A = \sigma T^4$ બહાર કાઢતો સ્ટીફન-બોલ્ટઝમાનનો નિયમ મેળવીને,આ બધાનો ઉપયોગ કરીને તારાનો વ્યાસ કઈ રીતે મેળવવો તે બતાવ્યું છે.

પ્રકાશનો વર્ણપટ આપણે સરળતાથી મેળવી શકીએ. તારાઓમાંથી આવતા પ્રકાશના વર્ણપટોનો અભ્યાસ કરીને વર્ણપટોના વર્ગો પાડવામાં આવ્યા છે. આ માહિતી ઉપરથી આપણે તારાઓ વિષે ઘણું બધું જાણી શકીએ. વર્ગ તારા વિષે ખૂબ જ અગત્યની માહિતી આપે છે.

4.1 તારાનો વ્યાસ

તારાઓ ખૂબ જ દૂર હોઈને, પેરેલેક્સની રીતે તેમનો વ્યાસ શોધવો ખૂબ જ મુશ્કેલ છે. પણ આપણે બીજી રીતે તારાનો વ્યાસ શોધી શકીએ.

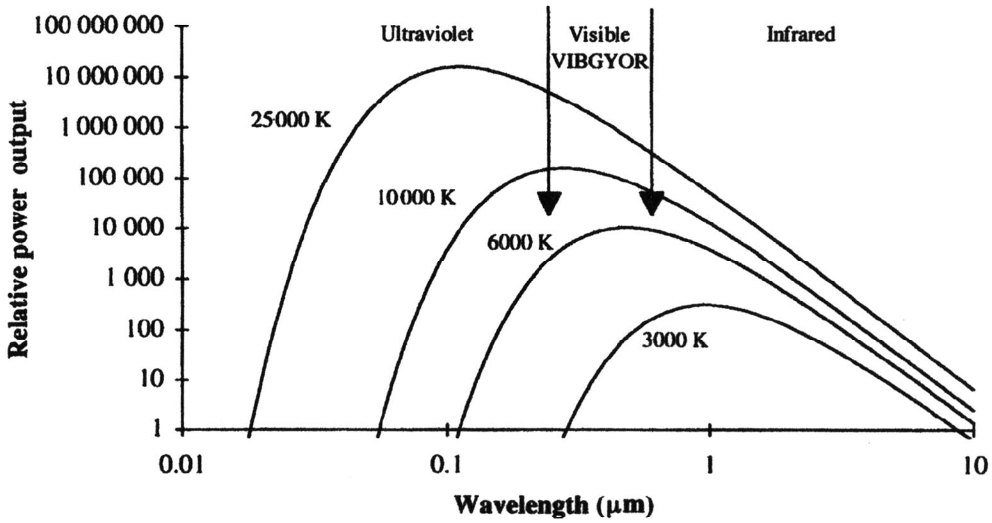
કોઈપણ ધાતુના ટુકડાને અગ્નિની જ્યોતમાં ખૂબ જ ગરમ કરતાં, સૌથી પહેલાં નજરે ન દેખાય તેવા ઈન્ફ્રારેડ (Ingrared) ભાગમાં ધાતુની આસપાસ તરંગોના સ્વરૂપે ઉર્જા રહેલી છે. આખરે ધાતુનો ટુકડો ગરમ થતાં ધાતુની આસપાસ લાલ રંગનો પ્રકાશ, પછી જેમ જેમ વધારે ગરમ થાય તેમ તેમ તેની આસપાસના પ્રકાશના રંગો પ્રકાશિત લાલ, નારંગી, પીળાશ પડતો લીલો, સફેદ અને છેલ્લે સફેદવાદળી હોય છે. દેખાતા વર્ણપટના રંગોમાં થતો ફેરફાર ધાતુની ઉષ્ણતા ઉપર આધારિત છે. આ સંબંધ કેવો ?

કોઈપણ દ્રવ્ય કે ભૌતિક પદાર્થ દરેક તરંગલંબાઈએ મોજાંના સ્વરૂપમાં ઉર્જાને બહાર કાઢવા કે શોષવા માટે સમર્થ છે. તારાઓ તેમના ઉષ્ણતામાનના પ્રમાણમાં જ મોજાંના સ્વરૂપમાં ઉર્જાને બહાર ફેંકે છે. આદર્શ સંજોગોમાં દ્રવ્યના મોજાના સ્વરૂપમાં ઉર્જાને બહાર કાઢવાનો આધાર દ્રવ્યના ફક્ત ઉષ્ણતામાન ઉપર જ આધાર રાખે છે. આ માટેની ફક્ત એક જ સાદી જરૂરિયાત : આ અપરાવર્તિત અને અપારદર્શક ભૌતિક પદાર્થનું ઉષ્ણતામાન એક સરખું જ હોય. આવા પદાર્થને ભૌતિકશાસ્ત્રની ભાષામાં 'કાળો પદાર્થ કે બ્લેક બૉડી (Black Body)' કહેવામાં આવે છે. કાળો પદાર્થ જે ઉર્જા બહાર ફેંકે છે તેને કાળા પદાર્થની ઉર્જાનું વિસર્જન (Black Body Radiation) કહેવામાં આવે છે. કાળા પદાર્થની ઉર્જાના વિસર્જનનો નિયમ ભૌતિકશાસ્ત્રી પ્લેન્કે (Planck) પહેલવહેલો શોધેલો. આ નિયમ જુદી જુદી તરંગલંબાઈએ ઉર્જા કેટલી હશે તેનું સૂત્ર આપે છે. કોઈપણ તરંગલંબાઈ λ એ એક ચોરસ સપાટી ઉપરથી વિસર્જિત થતી ઉર્જા E_λ ,

$$E_\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5}\left(e^{\frac{hc}{\lambda RT}} - 1\right)^{-1} \text{ છે.}$$

અહીં h પ્લેન્ક અચળ, c પ્રકાશની ગતિ અને k બોલ્ટઝમેન (Boltzmann) અચળ જેની કિંમત 1.38×10^{-16} erg/K છે. T ઉષ્ણતામાન કેલ્વિન (Kelvin)માં આપેલું છે. જુદા જુદા વર્ગોના તારાઓના ઉષ્ણતામાનો 3000 K, 6000K, 10000K અને 25000Kના જુદી જુદી તરંગલંબાઈએ થતી ઉર્જાના વિસર્જનના આલેખો આકૃતિ 4.1.1માં

આપેલા છે. આલેખમાં બંને અક્ષોના માપક્રમ ઘાતાંક 10^m માં m ની કિંમતોના છે. આ આલેખો ઉપરથી બે વસ્તુઓ સ્પષ્ટ છે : (1) જેમ જેમ ઉષ્ણતામાન વધે છે તેમ તેમ દરેક તરંગલંબાઈ λ એ ઉર્જા વધુ છે અને (2) વધારે પડતી ઉર્જા ટૂંકી તરંગલંબાઈએ છે. λ ની જે કિંમત માટે E_λ વધારેમાં વધારે હોય, તે મેળવવા માટે $\frac{dE_\lambda}{d\lambda} = 0$ મેળવીએ.



આકૃતિ 4.1.1

E_λ ના સૂત્રનું λ ના સાપેક્ષ વિકલન કરતાં

$$\frac{dE_\lambda}{d\lambda} = -\frac{2\pi hc^2}{\lambda^6 (e^{\frac{hc}{\lambda RT}} - 1)^2} \left\{ \left(5 - \frac{hc}{\lambda RT}\right) e^{\frac{hc}{\lambda RT}} - 5 \right\}$$ મળે.

$\therefore \left(5 - \frac{hc}{\lambda RT}\right) e^{\frac{hc}{\lambda RT}} - 5 = 0$ નો ઉકેલ $\frac{hc}{\lambda RT} = 4.97$ હોઈને $\lambda T = \frac{hc}{4.97R} = 2.897 \times 10^{-3} mK$ છે.

આ કિંમત માટે સાબિત કરી શકાય કે $\frac{d^2 E_\lambda}{d\lambda^2} < 0$ છે. $\lambda = \frac{2.897 \times 10^{-3}}{T}$ ની કિંમતે E_λ ની કિંમત વધારેમાં વધારે હોય છે અને આ કિંમતને λ_{max} વડે દર્શાવાય છે.

વેઈનનું સૂત્ર :

નીચેનું સૂત્ર વેઈનના નિયમ (Wein's Law) તરીકે ઓળખાય છે.

$$\lambda_{max} T = 2.897 \times 10^{-3} mK .$$

બીજી રીતે કહીએ તો જે તરંગલંબાઈએ વધારેમાં વધારે ઉર્જાનું વિસર્જન થાય છે તે તરંગલંબાઈના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં નિરપેક્ષ ઉષ્ણતામાન હોય છે. આ નિયમ ધાતુને જુદા જુદા ઉષ્ણતામાને ગરમ કરવાથી જે જુદા જુદા રંગો મળે છે તે સમજાવી શકે છે. સામાન્ય તારાઓના ઉષ્ણતામાન લગભગ 3000 Kથી 30,000 K સુધી હોય છે. 3000 Kના ઉષ્ણતામાનવાળા તારાઓ પ્રમાણમાં ઠંડા તારાઓ ગણાય છે. આથી થોડાક વધારે ઉષ્ણતામાનવાળા તારાઓ લઈએ કે જેનું ઉષ્ણતામાન 3900 K થી 4700 K વચ્ચેનું હોય તો તેવા તારાઓની વધારેમાં વધારે ઉર્જા તરંગલંબાઈ 620 નેમીથી 750 નેમી વચ્ચે હશે. આ તરંગલંબાઈઓ લાલ રંગના પ્રકાશની તરંગલંબાઈઓ હોઈને, આપણને તારો લાલ રંગનો દેખાશે. આવો જ રંગ આપણે ધાતુને ગરમ કરીએ ત્યારે શરૂઆતમાં જોઈએ છીએ. 6000 K ના ઉષ્ણતામાને વધારેમાં વધારે ઉર્જા તરંગલંબાઈ $\lambda_{max} = 480$ નેમી છે જે વાદળી રંગના પ્રકાશની તરંગલંબાઈ છે. જ્યારે આકૃતિ 4.1.1માં જોતાં વધારે ઉર્જા દેખાતા બધા રંગોમાં હોઈને સરેરાશ આંખે સૂર્યના જેવો પીળા રંગનો તારો દેખાશે. 10,000 K ના

ઉષ્ણતામાને $\lambda_{max} = 290$ નેમી હોઈને જાંબલી અને અલ્ટ્રાવાયોલેટ વચ્ચે પ્રકાશ છે, પણ વધારે ઉર્જા દેખાતા રંગોમાં હોઈને, સરેરાશ લેતાં તારાનો પ્રકાશ વાદળી રહેશે.

દર ચોરસ મીટરે બહાર નીકળતી ઉર્જા મેળવવા માટે E_λ નું તરંગલંબાઈ λ સાપેક્ષ સંકલન કરતાં આપણને

$$E_A = \int_0^\infty E_\lambda d\lambda = 2\pi hc^2 \int_0^\infty \frac{1}{\lambda^5\left(e^{\frac{hc}{\lambda RT}} - 1\right)} d\lambda \text{ મળે.}$$

આ સંકલનમાં $u = \dfrac{hc}{\lambda RT}$ લઈને સાદુરૂપ આપતાં આપણને

$$E_A = \frac{2\pi R^4}{h^3c^2} T^4 \int_0^\infty \frac{u^3}{e^u - 1} du \text{ મળે.}$$

ઘણી મહેનત પછી સાબિત કરી શકાય કે $\displaystyle\int_0^\infty \frac{u^3}{e^u - 1} du = \frac{\pi^4}{15}$ છે.

આથી $E_A = \dfrac{2\pi^5 R^4}{15h^3c^2} T^4$ છે. c અને h ની કિંમત મુકતાં આપણને $E_A = \sigma T^4$ મળે જ્યાં $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} (w/m^2) K^4$ મળે. અહીં σ સ્ટીફન અચળ કહેવાય છે. કોઈપણ T ની કિંમત માટેના આકૃતિ 4.1.1માં આપેલા વક્ર અને x-અક્ષ વચ્ચેના ક્ષેત્રફળ બરાબર σT^4 છે.

સ્ટીફન-બોલ્ટઝમેનનો નિયમ :

કાળો પદાર્થ નિરપેક્ષ અથવા ખરેખર ઉષ્ણતામાન T એ દર ચોરસ મીટરે ઉર્જા $E_A = \sigma T^4$ બહાર કાઢે છે. અહીં σ એ સ્ટીફન અચળ છે અને ઉર્જા E_A ને કોઈ કોઈ વખતે જુવાળ (flux) તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.

સૂર્યની ઉર્જાનું વધારેમાં વધારે વિસર્જન તરંગલંબાઈ $\lambda_{max} = 500$ નેનોમીટર થાય છે, આથી સૂર્યનું ઉષ્ણતામાન

$$T = \frac{0.2897 \times 10^{-2}}{\lambda_{max}} = \frac{0.2897 \times 10^{-2}}{500 \times 10^{-9}} = 5794\,K \text{ છે.}$$

આથી સૂર્યની સપાટી ઉપરથી દર ચોરસ મીટરે બહાર નીકળતી ઉર્જા કે શક્તિ

$$E_A = \sigma T^4 = (5.67 \times 10^{-8}) \times (5794)^4\, w/m^2$$

$$= 63.89 \times 10^6\, wlm^2$$

સૂર્યનો વ્યાસ $d = 1.4 \times 10^9$ મીટર હોવાથી સૂર્યની સપાટી ઉપરથી બહાર નીકળતી કુલ ઉર્જા

$$E = 4\pi r^2 E_A = \pi d^2 E_A$$

$$= \pi(1.4 \times 10^9)^2 \times (64 \times 10^6)$$

$$= (3.94) \times 10^{26} \equiv 4 \times 10^{26}\, w.$$

આ શક્તિ દરેક દિશામાં પ્રસરે છે.

વ્યાધ (Sirius) તારાની તેજસ્વીતાની તીવ્રતા સૂર્યની તેજસ્વીતાની તીવ્રતાથી 22.9 ગણી હોઈને

$$I_{વ્યાધ} = 22.9 \times I_{સૂર્ય} = 22.9E = 22.9 \times 4 \times 10^{26} = 91.6 \times 10^{26} w \text{ છે.}$$

વ્યાધ A_1 પ્રકારનો તારો હોઈને તેની સપાટીનું ઉષ્ણતામાન 11,000 K છે. આથી વ્યાધની સપાટી ઉપરથી દર ચોરસ મીટરે બહાર નીકળતી ઉર્જા કે શક્તિ

$$E_A = \sigma T^4 = (5.67 \times 10^{-8}) \times (11 \times 10^3)^4 = 8.3 \times 10^8 \, w/m^2$$

∴ વ્યાધની સપાટી ઉપરથી દર ચોરસ મીટરે બહાર નીકળતી ઉર્જા કે શક્તિ

$$E = I_{વ્યાધ} = 4\pi r^2 \times E_A = 4\pi r^2 \times E_A = 91.6 \times 10^{26}$$

$$\therefore \; r = \sqrt{\frac{91.6 \times 10^{26}}{8.3 \times 10^8 \times 4\pi}} = \sqrt{\frac{91.6}{103.58} \times 10^{18}} = \sqrt{0.884 \times 10^{18}} = \sqrt{88.4 \times 10^{16}} = 9.4 \times 10^8 m$$

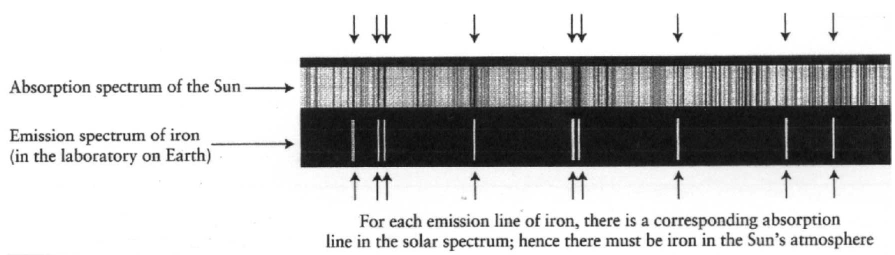
વ્યાધની ત્રિજ્યા લગભગ દશલાખ કિલોમીટર છે.

4.2 વર્ણપટોના વર્ગો

આપણે આકૃતિ 3.1.2માં સોડિયમ, હાઈડ્રોજન, કેલ્શિયમ, મરક્યુરી અને નીઓનના વર્ણપટો જોયા. આ તત્ત્વોના વર્ણપટોમાં સ્રાવ રેખાઓ જુદા જુદા રંગની, જુદી જુદી જગ્યાએ સ્પષ્ટ દેખાય છે. દરેક માણસની આંગળીઓની રેખાઓ જુદી જુદી હોય છે અને આંગળીઓની રેખાથી માણસને ઓળખી શકાય છે. તે જ રીતે દરેક અણુનો વર્ણપટ જુદો હોય છે અને વર્ણપટથી અણુની હાજરી નક્કી થઈ શકે. તારાના પ્રકાશનો વર્ણપટ તારાના ઉષ્ણતામાન અને તારામાં રહેલા દ્રવ્યો ઉપર આધાર રાખે છે.

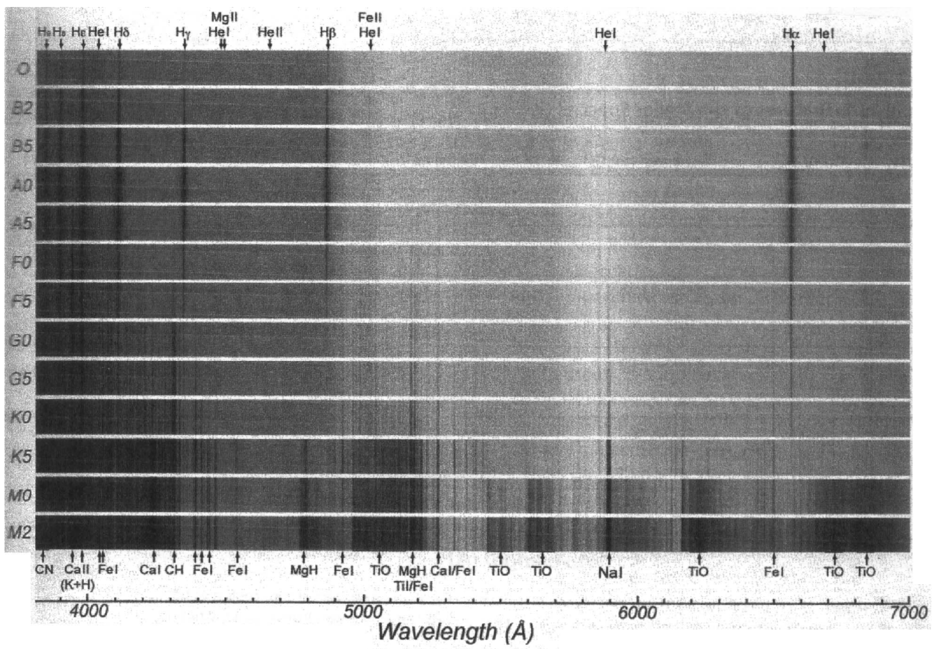
જ્યારે વાયુને ગરમ કરવામાં આવે ત્યારે તેના કણો અને અણુઓ એકબીજા જોડે અથડાય. જેમ જેમ વધારે ગરમ કરવામાં આવે તેમ તેમ અથડાવવાનું ઘણું જોરદાર બને. અથડાવવાના કારણે કણોનું અને અણુઓનું વિભાજન થાય અને અણુઓ અથડામણમાં ઈલેક્ટ્રોન ખોઈ બેસે અને આયન અણુઓ રહે. મેઘનાથ સહા (Meghnath Saha) 1918 થી 1922 દરમ્યાન ગરમ વાયુઓના અણુઓ, આયન અણુઓ અને ઈલેક્ટ્રોનના મિશ્રણનો અભ્યાસ કરતા હતા. તેમણે જેમ જેમ ઉષ્ણતામાન વધારીએ તેમ તેમ અણુઓની સંખ્યા ઘટતી જાય તેમ માનેલુ અને જોયેલું. આનું પ્રમાણ જેમ જેમ ઉષ્ણતામાન વધારીએ તેમ તેમ કેવું બદલાય ? સહા આ પ્રમાણના કોઈપણ ઉષ્ણતામાન માટે સૂત્ર મેળવી શકેલા. આપણે પણ વર્ણપટ ઉપરથી આ પ્રમાણ મેળવી શકીએ અને આ પ્રમાણ ઉપરથી તારાનું ઉષ્ણતામાન મેળવી શકીએ. આ ઉપરાંત તારાનું ઉષ્ણતામાન તારાના રંગ ઉપરથી પણ નક્કી થઈ શકે છે.

તારાઓના બીજા ગુણધર્મ જાણવા માટે તારાના પ્રકાશના વર્ણપટનો અભ્યાસ કરવો પડે. જર્મન વૈજ્ઞાનિક અને સાધન બનાવનાર જોસેફ ફ્રૌનહોફરે (Joseph Fraunhafer) દૂરબીનને વર્ણપટદર્શક લગાડીને ઈ.સ. 1817થી તારાઓને જોવાનું શરૂ કર્યું ત્યારથી તારાઓના વર્ણપટોના (Stellar Spectroscopy) અભ્યાસની શરૂઆત થઈ. પ્રકાશના વર્ણપટની રેખાઓ ખગોળશાસ્ત્રમાં ખૂબ જ ઉપયોગી છે. આ વર્ણપટની રેખાઓથી દૂરના તારાઓમાં આવેલા વાયુઓમાં રહેલાં રાસાયણિક તત્ત્વો જાણી શકાય. આકૃતિ 4.2.1માં સૂર્યની શોષક રેખાઓનો (Absorption Lines) થોડોક ભાગ આપ્યો છે અને તેની બરાબર નીચે લોખંડની (આયર્ન, Iron) સ્રાવ રેખાઓ (Emission) આપી છે. સૂર્યના વર્ણપટમાં આવેલી શોષક રેખાઓ લોખંડની સ્રાવ રેખાઓને મળતી આવતી હોઈને કહી શકીએ કે સૂર્યના વાતાવરણમાં લોખંડ વાયુરૂપમાં આવેલો છે.



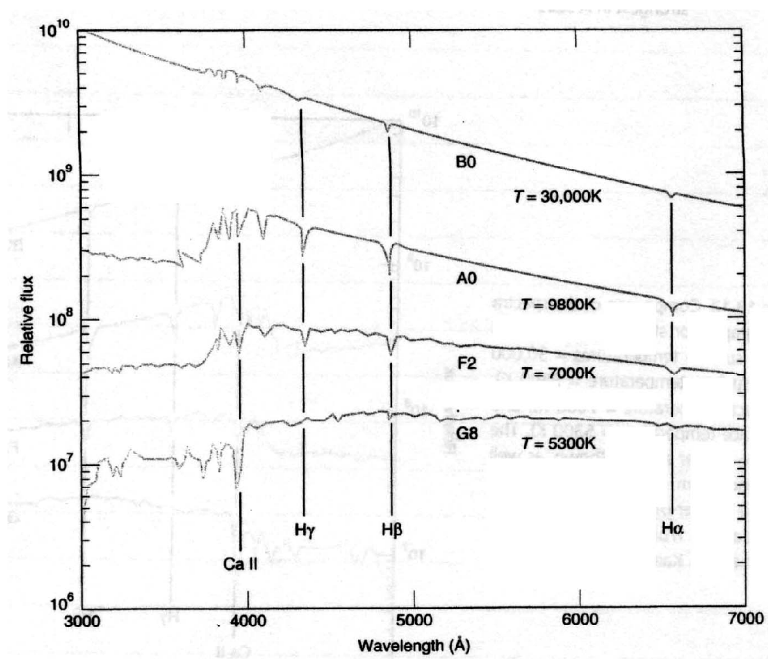
આકૃતિ 4.2.1

તારાઓના વર્ણપટની હાઈડ્રોજનની શોષક રેખાઓનો ઉપયોગ કરીને ઈ.સ. 1900ની આસપાસ હાર્વડની વેધશાળાના ખગોળશાસ્ત્રીઓએ 10,000 તારાઓને જુદા જુદા વિભાગમાં વહેંચીને સૂચિ તૈયાર કરી. આ સૂચિ હેન્રી ડ્રેપર સૂચિ (Henry Draper Catalog) તરીકે ઓળખાય છે. હેન્રી ડ્રેપરને ખગોળશાસ્ત્રમાં રસ હતો અને તેમણે તારાની સ્રાવ રેખાઓનો પહેલ વહેલો ફોટો પાડેલો. તેઓ ન્યુયોર્કના જાણીતા ડૉક્ટર હતા. 1924માં ઘણા બધા તારાઓનો ઉમેરો થયો. એન્નિ જમ્પ કેનને (Anni Jump Cannon) એકલે હાથે 2,50,000 તારાઓના જુદા જુદા વર્ગોની સૂચિ તૈયાર કરી. તારાના પ્રકાશનો વર્ણપટ તારાના ઉષ્ણતામાન ઉપર આધાર રાખતો હોઈ, તારાઓના વર્ણપટના વર્ગો તેમના ઉષ્ણતામાન ઉપરથી નક્કી કરવામાં આવેલા છે. આ જરાયે નવાઈભર્યું નથી. હાલમાં ગણાતા સાત વર્ગો ‘OBAFGKM’ (Oh, Be A Fine Girl/Guy, Kiss Me) જેમના વર્ણપટો આકૃતિ 4.2.2 માં આપ્યા છે.



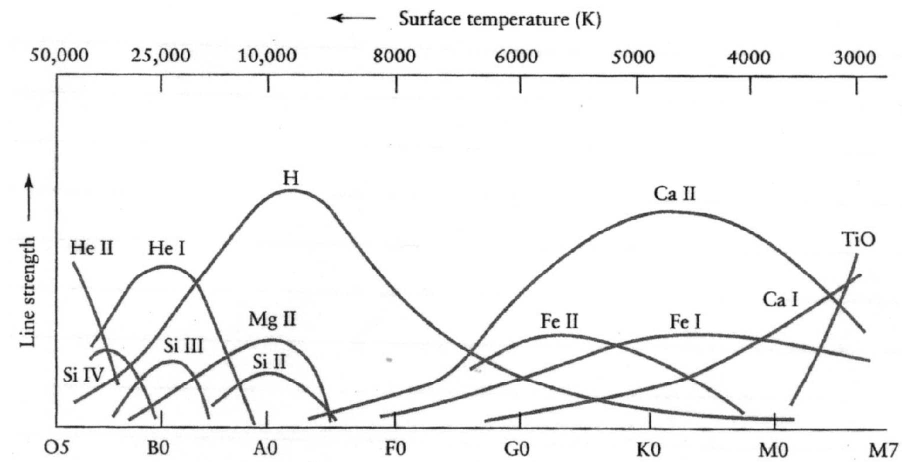
આકૃતિ 4.2.2

આ વર્ગોના વર્ણપટને જોતાં એવું લાગ્યું કે આના પણ વિભાગો પાડવામાં આવે તો સૂક્ષ્મ માહિતી મળી શકે. આ વિભાગો 0 થી 9 સુધીના આંકડાઓમાં દર્શાવવામાં આવે છે. આ શ્રેણીને A0, A8, F9, M7 વિગેરેથી દર્શાવવામાં આવે છે. થોડાક તારાઓના વર્ણપટને આમાં દર્શાવી શકાતા ન હોઈને, તેમના માટે R, N, S અને W વિભાગો છે. જુદા જુદા વર્ગોની ઉર્જાનો ખ્યાલ આવે તે માટે ઉર્જાઓનો આલેખ આકૃતિ 4.2.3માં આપ્યો છે.



આકૃતિ 4.2.3

ખગોળશાસ્ત્રીઓ હાઈડ્રોજન (H) અને હીલિયમ (He) વગરના બધા તત્ત્વો માટે "ધાતુઓ (મેટલ્સ, Metals)" શબ્દ વાપરે છે. રસાયણશાસ્ત્રીઓ માટે ઑક્સિજન અને કાર્બન ધાતુઓ નથી, પણ ખગોળશાસ્ત્રીઓ ઑક્સિજન અને કાર્બન માટે ધાતુ શબ્દ વાપરે છે. ધાતુઓ 10,000K થી ઓછા ઉષ્ણતામાને અગત્યનો ભાગ ભજવે છે, જે આકૃતિ 4.2.4માં જોઈ શકાશે. આકૃતિ 4.2.4માં જુદા જુદા તત્ત્વોની શોષવૃત્ત રેખાઓની સાપેક્ષ શક્તિ આપી છે.



આકૃતિ 4.2.4

આપણે આકૃતિ 4.2.2માં આપેલ વર્ણપટો, આકૃતિ 4.2.3માં જુદા જુદા ઉષ્ણતામાને આપેલી શોષવૃત્ત રેખાઓની સાપેક્ષ શક્તિની મદદથી નીચેનાં સમાપનો તારવી શકીએ. આ સમાપનો ટેબલ 4.2.1માં પણ આપેલા છે.

તારાઓના વાતાવરણમાં વિપુલ પ્રમાણમાં હાઈડ્રોજન છે, છતાંયે O વર્ગના તારાઓના વર્ણપટમાં જાડી બાલ્મર રેખાઓ જોવા મળતી નથી. O વર્ગના તારાઓ ગરમમાં ગરમ છે. તેમની સપાટીનું ઉષ્ણતામાન 30,000K થી વધારે હોઈને Hના અણુઓ ખૂબ જ જોરદાર રીતે એકબીજાને અથડાય. આ જોરથી અથડાવવાના કારણે હાઈડ્રોજન અણુનો ઈલેક્ટ્રોન એકદમ જુદો પડી જાય અને H, H^+ બને.

આથી પ્રમાણમાં ઘણા ઓછા હાઈડ્રોજનના અણુઓ રહેશે અને જ્યારે ઘણા ઓછા Hના અણુઓ તારાના વાતાવરણમાંથી પસાર થાય ત્યારે બાલ્મરની રેખાઓ ખૂબ જ નબળી હોય. આકૃતિ 4.2.4માં He અને He^+ ની શોષક રેખાઓ છે. આ જ પરિસ્થિતિ B વર્ગના તારાઓની છે.

A વર્ગના તારાઓનું ઉષ્ણતામાન 7,000Kથી 11,000 K હોઈને અણુઓ અને આયન અણુઓ એકબીજાને જોરદાર રીતે અથડાતા ન હોઈને હાઈડ્રોજન અણુનો ઈલેક્ટ્રોન જુદો પડતો નથી, પણ આ ઉષ્ણતામાને એકબીજાને અથડાવવાના કારણે હાઈડ્રોજનના અણુનો ઈલેક્ટ્રોન સૌથી નીચેની ભ્રમણકક્ષામાંથી બહાર નીકળીને $n=2$ ની ભ્રમણકક્ષામાં હશે. જ્યારે આ સામાન્ય હાઈડ્રોજનના અણુઓ ઉપરના વાતાવરણમાંથી પસાર થશે ત્યારે આ વાતાવરણના અણુઓ હાઈડ્રોજનના અણુના ફોટોનને શોષી લેશે અને આ પ્રકાશનું કિરણ આ ફોટોન વગરનું રહેશે. આથી બાલ્મર રેખા મળશે. આવા ઘણા બધા H હોઈને H ની બાલ્મર રેખાઓ ભરાવદાર છે. F અને G નું ઉષ્ણતામાન 5000K થી 7500K હોઈને હાઈડ્રોજન અણુનો ઈલેક્ટ્રોન તેના ન્યુક્લિઅસથી જુદો પડતો નથી. ખરેખર ઈલેક્ટ્રોન તેની પાયાની ભ્રમણકક્ષા $n=1$ માં છે. આના કારણે તેની શોષ થવાની તરંગલંબાઈ આપણી નજરે દેખાતી નથી. G વર્ગમાં આયન કેલ્શિયમ CaIIની સચોટ શોષવૃત્ત રેખા આકૃતિ 4.2.4 માં છે.

ટેબલ 4.2.1-તારાઓના વર્ણપટના વર્ગો

વર્ણપટનો વર્ગ	તારાઓ	રંગ	સપાટીનું ઉષ્ણતામાન	હાઈડ્રોજન (બાલ્મર રેખાઓ)	મુખ્ય વિશિષ્ટ લક્ષણ
O		વાદળીમાં વાદળી	30,000-50,000	નબળી	શોષક રેખાઓ ઓછી હીલિયમ અને આયન હીલિયમ
B	બાણરજ (Rigel) ચિત્રા (Spica)	વાદળી-સફેદ	11,000-30,000	મધ્યમ	હાઈડ્રોજનની રેખાઓ O કરતાં વધારે. હીલિયમની શોષક રેખાઓ
A	વ્યાધ (Serius) અભિજિત (Vega)	વાદળી-સફેદ	7,500-11,000	જોરદાર	હાઈડ્રોજનની જાડી રેખાઓ
F	અગસ્ત્ય (Canopus) પ્રભાસ (Procyon)	સફેદ	6,000-7,500	મધ્યમ	હાઈડ્રોજનની રેખાઓ O કરતાં નબળી. આયન કેલ્શિયમ
G	બ્રહ્મ હૃદય (Capella) સૂર્ય (Sun)	સફેદથી પીળાશ પડતો	5,000-6,000	નબળી	Ca II ની રેખાઓ સચોટ
K	સ્વાતિ (Arcturus) રોહિણી (Aldebaran)	પીળાશ પડતો કેસરી	3,500-5,000	ઘણી નબળી	ધાતુઓની રેખાઓ જોરદાર
M	આદ્રા (Betalgeuse) જ્યેષ્ઠા (Antares)	લાલાશ પડતો લાલ	3,500-2,000	ઘણી નબળી	ધાતુઓ અને કણોની જોરદાર રેખાઓ