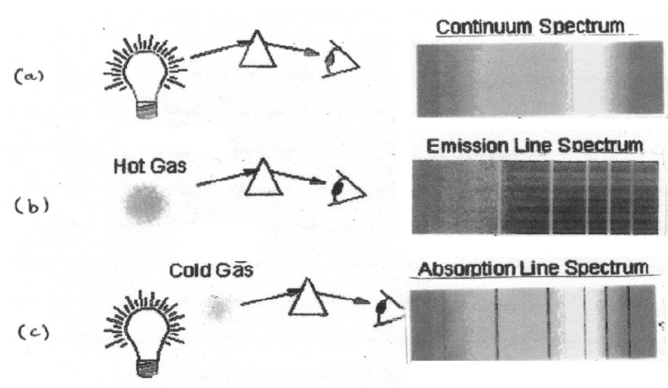
3. વર્ણપટ અને અણુઓ

3.0 પ્રાસ્તાવિક

વીજળીના ગોળામાંથી મળતો પ્રકાશ જ્યારે ત્રિપાર્શ્વ કાચમાંથી પસાર થાય છે ત્યારે સતત વર્ણપટ મળે છે. આ જ પ્રકાશ જ્યારે ગરમ વાયુમાંથી પસાર થઈને ત્રિપાર્શ્વ કાચમાંથી પસાર થાય છે ત્યારે વર્ણપટમાં ઊભી સફેદ રેખાઓ જે સ્રાવ રેખાઓ (Emission Lines) તરીકે ઓળખાય છે તે મળે છે. આ જ પ્રકાશ જ્યારે ઠંડા વાયુમાંથી પસાર થઈને ત્રિપાર્શ્વ કાચમાંથી પસાર થાય છે ત્યારે વર્ણપટમાં ઉભી કાળી રેખાઓ જે શોષક રેખાઓ (Absorption Lines) તરીકે ઓળખાય છે તે મળે છે. આ બનવાનું કારણ બોહ્ર અણુનો નમુનો લઈને સમજાવ્યું છે.

3.1 વર્ણપટ

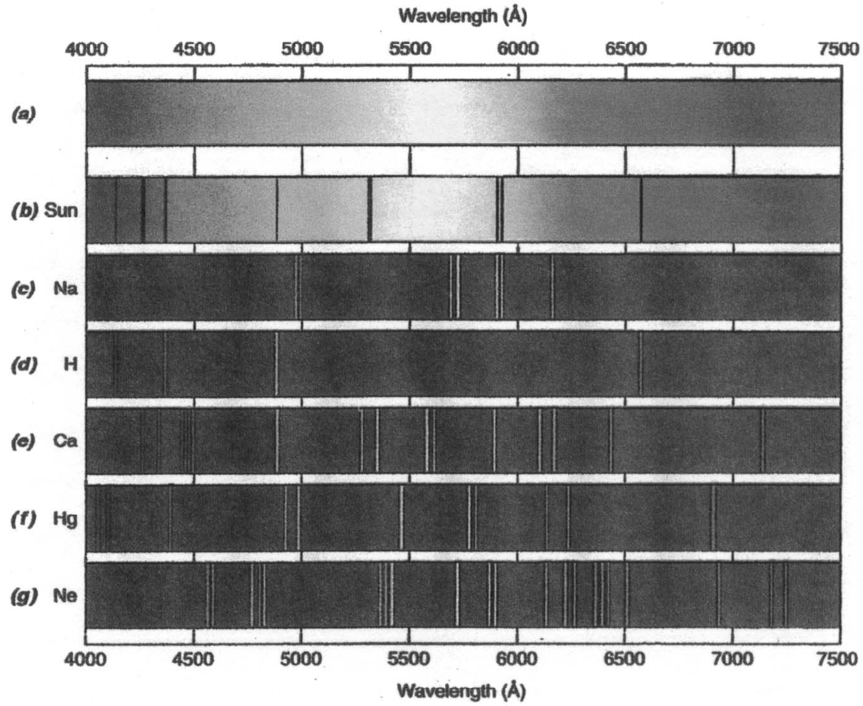
તારાઓનો અભ્યાસ કરવા માટે તારાઓના પ્રકાશના કિરણોનો અભ્યાસ વર્ણપટદર્શકથી થાય છે. વીજળીના ગોળામાંથી મળતા પ્રકાશને આપણે ત્રિપાર્શ્વ કાચમાંથી પસાર કરીએ તો આકૃતિ 3.1.1(a) માં દર્શાવેલો સતત વર્ણપટ મળે છે. ગરમ પારદર્શક વાયુમાંથી આવતા પ્રકાશને ત્રિપાર્શ્વ કાચમાંથી પસાર કરતાં આકૃતિ 3.1.1(b) માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ઉઠાવદાર ઉભા રંગની સુરેખાઓ વાયુમાં રહેલા તત્વો ઉપર આધાર રાખે છે.અને આ સુરેખાઓને સ્રાવ રેખાઓ (emission-lines) કહેવામાં આવે છે. વિદ્યુતના ગોળામાંથી નીકળતો પ્રકાશ જેનો વર્ણપટ સતત છે તેને ઠંડા વાયુમાંથી પસાર કરીને ત્રિપાર્શ્વ કાચમાંથી પસાર કરતાં સતત વર્ણપટમાં કાળી ઊભી સુરેખાઓ મળે છે. આ સુરેખાઓ શોષક સુરેખાઓ (Absorption Lines) કહેવાય છે. આ કાળી સુરેખાની સંખ્યા, રંગ, જાડાઈ અને તેમના વચ્ચેની જગ્યા વાયુના તત્ત્વો ઉપર આધાર રાખે છે. આકૃતિ 3.1.1(c) માં સતત વર્ણપટ આપતો પ્રકાશ જે ઠંડા વાયુમાંથી પસાર થયેલો તે જ વાયુ આકૃતિ 3.1.1(b) ની ગોઠવણીમાં પણ હતો. આકૃતિઓ 3.1.1(b) અને 3.1.1(c)ના વર્ણપટો સરખાવતાં બંનેમાં એકરખી જગ્યાએ જ ઉભી સુરેખાઓ છે. પ્રકાશનું કિરણ આકૃતિ 3.1.1(a) આપેલા બધા રંગોનું મિશ્રણ છે. તેમ પણ કહી શકાય.



આકૃતિ 3.1.1

તારાની સપાટી ઉપરથી નીકળેલાં પ્રકાશનાં કિરણો તારાના વાતાવરણમાં થઈને પૃથ્વી ઉપર આવે છે. તારાના પ્રકાશનાં કિરણોનો વર્ણપટ આકૃતિ 3.1.1(c) માં આપેલા વર્ણપટ જેવો જ હોય છે. આકૃતિ 3.1.2 માં જુદા જુદા વર્ણપટ આપેલા છે. સરખામણી માટે જ વિદ્યુતના સામાન્ય ગોળામાંથી મળતા પ્રકાશનો વર્ણપટ આકૃતિ 3.1.2(a)માં આપેલ છે. સૂર્યના પ્રકાશનો વર્ણપટ આકૃતિ 3.1.2(b) માં આપેલો છે અને તેમાં સ્પષ્ટ કાળી શોષક રેખાો છે અને તે રેખાઓ શું દર્શાવે છે તે આપણે શોધવાનું છે. આ શોધવા માટે સોડિયમ (Sodium, Na), હાઈડ્રોજન (Hydrogen,

H), કેલ્શિયમ (Calcium, Ca), મરક્યુરી (Mercury, Hg) અને નીઓન (Neon, Ne) ના વર્ણપટો અનુક્રમે આકૃતિ 3.1.2(c), 3.1.2(d), 3.1.2(e), 3.1.2(f) અને 3.1.2(g)માં આપેલા છે.

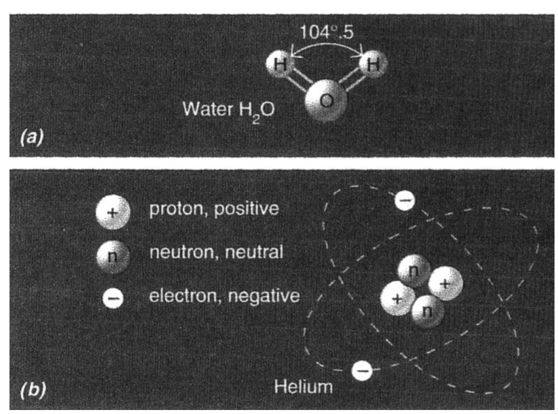


આકૃતિ 3.1.2

આ તત્ત્વોના વર્ણપટોમાં સ્રાવ રેખાઓ (Emission Lines) જુદા જુદા રંગની, જુદી જુદી જગ્યાએ સ્પષ્ટ દેખાય છે. આ સ્રાવ રેખાઓને સૂર્યની કાળી શોષક રેખાઓ (આકૃતિ 3.1.2(b)) સાથે સરખાવતાં આકૃતિઓ 3.1.2(c), 3.1.2(d) અને 3.1.2(e) ની કોઈ કોઈ રેખાઓ આકૃતિ 3.1.2(b) ની રેખાઓની બરાબર નીચે આવેલી છે. જ્યારે આકૃતિઓ 3.1.2(f) અને 3.1.2(g) ની કોઈ રેખા આકૃતિ 3.1.2(b) ની બરાબર નીચે આવેલી નથી. આથી આપણે કહી શકીએ કે સોડિયમ (Ne), હાઈડ્રોજન (H) અને કેલ્શિયમ (Ca) સૂર્યના વાતાવરણમાં આવેલાં છે. કોઈપણ બે રાસાયણિક તત્ત્વોના વર્ણપટો સરખા ન હોઈને, કુદરતે આપણને દરેક તત્ત્વને ઓળખવા માટે આંગળાની છાપ જેવા જુદા જુદા વર્ણપટ આપ્યા છે.

3.2 અણુઓ

પદાર્થના બે ભાગ છે. એક રાસાયણિક તત્ત્વ અને બીજું મિશ્રણ છે. મિશ્રણના નાનામાં નાના ભાગને કણ (Molecule) કહેવામાં આવે છે અને કણમાં મિશ્રણના બધા જ રાસાયણિક ગુણધર્મો હોય છે. કણને તત્ત્વોમાં (Elements) ભાગી શકાય છે. તત્ત્વના નાનામાં નાના ભાગને અણુ (Atom) કહેવામાં આવે છે. તત્ત્વને રાસાયણિક પ્રતિક્રિયાથી કે બીજી કોઈ રીતે બીજા કોઈ વિશિષ્ટ પદાર્થમાં ફેરવી ન શકાય. કુદરતમાં 92 તત્ત્વો રહેલાં છે અને બીજાં ઘણાં પ્રયોગશાળામાં નિર્માણ થયેલા છે. પાણી H_2O એ હાઈડ્રોજન (H) અને ઓક્સિજન (O) એવા બે તત્ત્વોનું મિશ્રણ છે. સૂર્યના કિરણોના સતત વર્ણપટમાં કાળી ઊભી રેખાઓ જોઈને ઘણા બધાને થતું કે



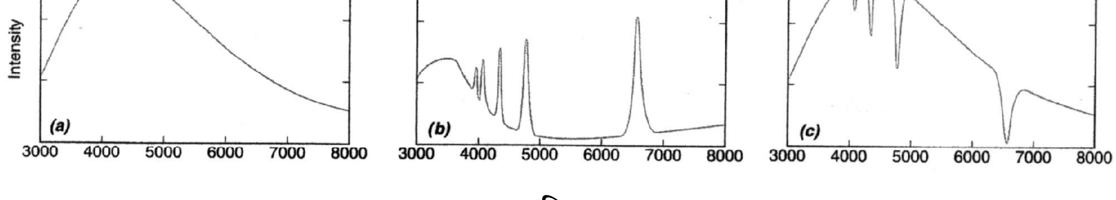
આકૃતિ 3.2.1

આ રેખાઓ અણુની સરળ રચના ઉપર આધાર રાખે છે. કેવા અણુની રચના ? 1911માં અર્નેસ્ટ રુધરફોર્ડે (Earnest Rutherford) અણુની રચના રજુ કરી, જે આકૃતિ 3.2.1 માં આપેલી છે.

અણુ પ્રોટોનો (Prontons), ન્યુટ્રોનો (Neutrons) અને ઈલેકટ્રોનો (Electrons)નો બનેલો છે. તેના કેન્દ્રમાં ન્યુટ્રોનો અને પ્રોટોનો રહેલાં છે. ન્યુટ્રોનમાં વિદ્યુત નથી જ્યારે પ્રોટોનાં ધન વિદ્યુતનો જથ્થો છે. ઈલેકટ્રોનમાં ઋણ વિદ્યુતનો જથ્થો છે જેના બરાબર પ્રોટોનના ધન વિદ્યુતનો જથ્થો થાય. બંને ધન અને ઋણ વિદ્યુતના જથ્થાઓ સરખા હોઈને અણુ વિદ્યુતભાર રહિત છે. લગભગ બધું દ્રવ્ય અણુના કેન્દ્રમાં રહેલું છે. ઈલેકટ્રોનનું વજન ખૂબ જ ઓછું છે : ફક્ત 10^{-30} કિલોગ્રામ છે, જ્યારે કેન્દ્રનું વજન ઇલેકટ્રોનના વજનથી 2000 ગણું છે. ધન અને ઋણ વિદ્યુત એકબીજાને આકર્ષતા હોઇને કેન્દ્રનો પ્રોટોન અને ઇલેકટ્રોન એકબીજાને આકર્ષે છે અને અણુને ભેગો રાખે છે. ઇલેક્ટ્રોનો કેન્દ્રની આસપાસ ખૂબ જ ઝડપથી ફર્યા કરે છે અને તેમની ભ્રમણકક્ષાઓ પ્રમાણમાં ઘણી મોટી છે. પ્રોટોનને લખોટી જેવડો ગણીએ, તો ઇલેક્ટ્રોન કેન્દ્રથી એક કિલોમીટર દૂર ગણાય. કેન્દ્ર અને ઇલેક્ટ્રોન વચ્ચે ખાલીજગ્યા છે. દરેક તત્વના અણુઓ જુદા જુદા પ્રકારના હોય છે. આકૃતિ 3.2.1માં આપેલા હીલિયમના (Helium, He) અણુમાં બે પ્રોટોનો, ન્યુટ્રોનો, ઇલેક્ટ્રોનો આવેલાં છે, જ્યારે હાઇડ્રોજનના અણુમાં ફક્ત એક જ ન્યુટ્રોન અને એક જ ઇલેક્ટ્રોન આવેલો છે.કોઇપણ કારણસર અણુ તેના ઇલેકટ્રોનો ગુમાવે તો તેવા અણુને આયન (Ion) કહેવાય. આયન અને અણુના વર્ણપટો જુદા જુદા હોય છે.

પ્રકાશના કિરણો મોજાઓમાં મુસાફરી કરે છે અને આ મોજાઓની તરંગલંબાઇઓ પણ જુદી જુદી હોય છે. આ મોજાઓનો વર્ણપટ પણ જોયો અને સૂર્યના કિરણોના વર્ણપટમાં આવેલી ઉભી કાળી સુરેખાઓ જોઇને ઘણાં બધાને થતુ કે આ સુરેખાઓ અણુની સરળ રચના ઉપર આધાર રાખે છે. ઇ.સ.1900માં મેક્સ પ્લેન્કે (Max Planck) અણુઓ અને પ્રકાશ માટે તેમના વર્ણપટના પ્રયોગોના આધારે નવો ક્રાન્તિકારી વિચાર રજૂ કર્યો. નવો વિચારઃ પ્રકાશ ફેલાવતો ભૌતિક પદાર્થ પ્રકાશને છુટક છુટક ઉર્જાના સ્વરૂપમાં મોકલે છે અને તેને તેમણે ક્વૉન્ટા(Quanta) એટલે કે જથ્થો કહ્યો. આ ઉર્જાના જથ્થાને આઇનસ્ટાઇને (Einstein) ફોટોન(Photon) કહ્યો. આનો અર્થ એ થાય કે પ્રકાશ કણોનો બનેલો છે. માર્ગદર્શક પ્રકાશનું કિરણ એ મશીનગનથી છુટતા નાના નાના એકબીજાથી તદ્દન જુદા સ્પષ્ટ કણોનો પ્રવાહ છે. આ કણ એ ફોટોન છે અને તેનામાં ઉર્જા રહેલી છે. આ ઉર્જા ફોટોનના આવર્તના પ્રમાણમાં છે. $E_{photon} = h_f = \frac{h_c}{\lambda}$ જ્યાં h એ પ્લેન્ક અચળાંક છે. $h = 6.63 \times 10^{-27}\, gm\, cm^2/\sec$ છે. f પ્રકાશના કિરણનો આવર્ત છે, c પ્રકાશના કિરણની ઝડપ છે અને λ પ્રકાશના કિરણની તરંગલંબાઇ છે. ફોટોનની ઉર્જા તરંગલંબાઇના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોઇને, ઓછી તરંગલંબાઇવાળા તરંગો જેવા કે આલ્ફા કિરણ અને X- કિરણ માં આપણે જોઇ શકીએ એવા પ્રકાશના કિરણો કરતાં વધારે ઉર્જા રહેલી છે. આથી ટૂંકી તરંગલંબાઇના કિરણો શરીરને નુકશાન કરે છે, કારણ કે તેમનામાં વધારે ઉર્જા હોય છે. ફોટોનના આવર્તના કારણે ફોટોનની ઉર્જા મળે છે અને આવર્તના કારણે તરંગલંબાઇ મળે. આથી દરેક તરંગલંબાઇ માટે ઉર્જા મેળવી શકાય.

જુદા જુદા પ્રકાશના જુદા જુદા ફોટોનમાં જુદી જુદી ઉર્જા હોય છે અને તેમની સંખ્યા પણ જુદી જુદી હોય છે. એક જ રંગના પ્રકાશમાં દરેક ફોટોનની ઉર્જા સરખી છે. સંખ્યા અને ઉર્જા પ્રકાશની તીવ્રતા (Intensity) નક્કી કરે છે. વધારે તીવ્ર કે ચળકાટવાળા પ્રકાશમાં ફોટોનની સંખ્યા વધારે હોય છે. વિદ્યુતના સામાન્ય ગોળામાંથી મળતા પ્રકાશનો વર્ણપટ આકૃતિ- 3.1.2(a) માં આપેલો છે.તેની ઉર્જા અને તરંગલંબાઇનો આલેખ આકૃતિ 3.2.2(a)માં આપેલો છે. તે જ પ્રમાણે ગરમ હાઇડ્રોજનનો વર્ણપટ આકૃતિ 3.1.2(d)માં આપ્યો છે. આકૃતિ 3.1.2(d)માં જે તરંગ લંબાઇઓએ રંગીન ઉભી સ્રાવ રેખાઓ છે તે જ તરંગલંબાઅઓએ ઉર્જામાં વધારો થાય છે તે આકૃતિ 3.2.2(b)માં દેખાય છે.



આકૃતિ 3.2.2

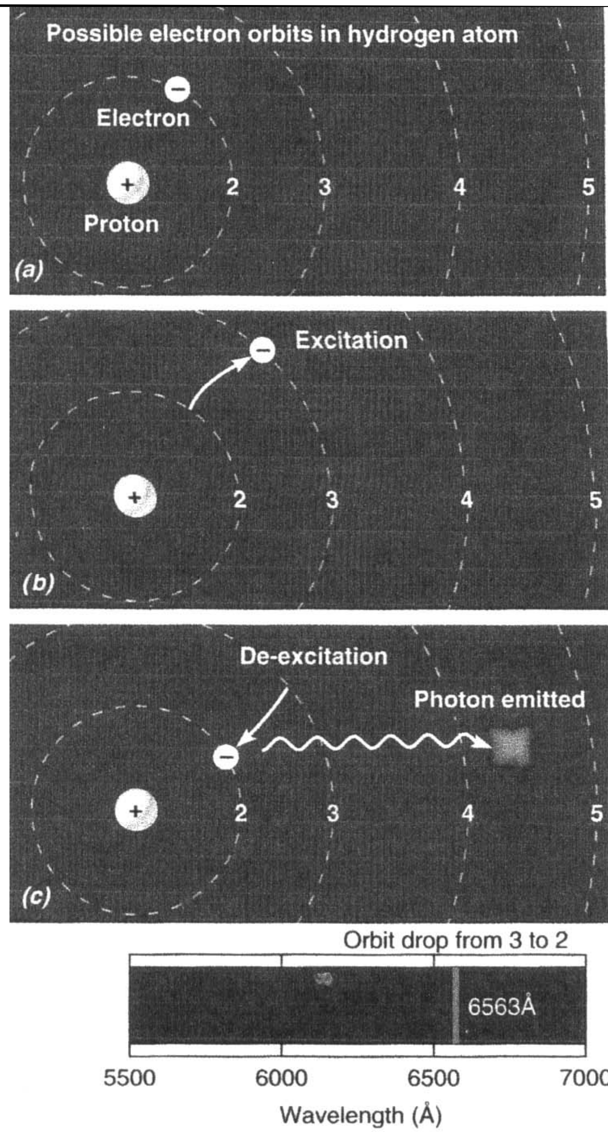
સૂર્યના કિરણના આકૃતિ 3.1.2(b)માં આપેલા વર્ણપટ માટે ઉર્જા અને તરંગલંબાઇનો સતત આલેખ આકૃતિ 3.1.2(c) માં આપ્યો છે. સૂર્યના કિરણના વર્ણપટની આકૃતિ 3.1.2(b)માં જ્યાં જ્યાં કાળી શોષક ઉભી રેખાઓ છે તે જ તરંગલંબાઇઓએ આકૃતિ 3.2.2(c)માં ઉર્જામાં એકદમ ઘટાડો થયેલો દેખાય છે.

આધુનિક ભૌતિકશાસ્ત્રમાં પ્રકાશની બે જાતની વર્તણુક એ પાયો છે અને અકળાવતો વિરોધાભાસ પણ છે. મોજાઓ સામસામે અથડાય અને સાથે મળીને મજબુત બને તેમ પ્રકાશના મોજાંઓ વર્તે છે અને સાથે સાથે કણોના પ્રવાહની જેમ વર્તે છે. આ વિરોધાભાસનું નિરાકરણ સરળ નથી પણ ક્વૉન્ટમ મીકેનિક્સમાં (Quantum Mechanics) આ વાતનું ભૌતિકશાસ્ત્રના ગહન નિયમો અને ગણિત વાપરીને નિરાકરણ થયું છે.

3.3 બોહ્ર અણુનો નમૂનો (Bohr model of the atom)

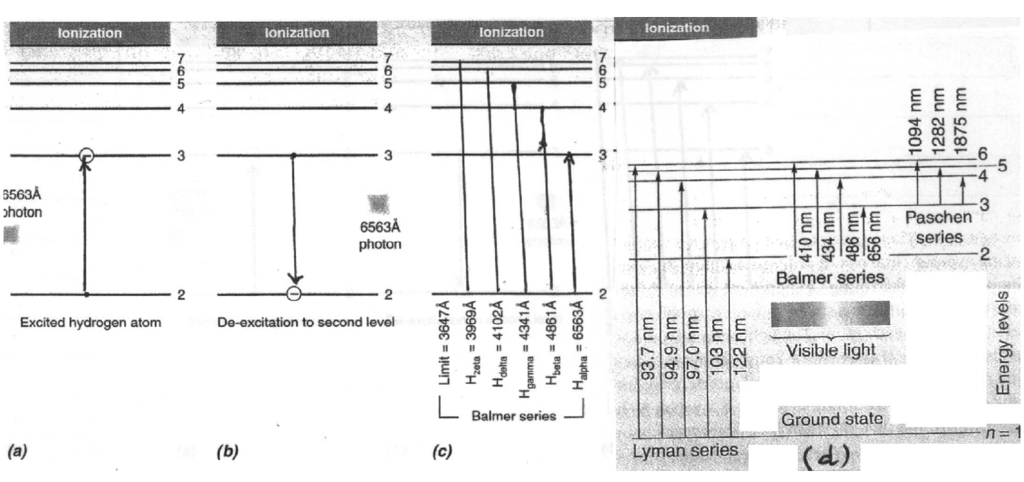
આકૃતિ 3.2.2માં દરેક તરંગલંબાઈએ ફોટોનમાં ઉર્જાનો જથ્થો છે. તત્વોના અણુઓ આકૃતિ 3.2.2(b)માંથી જોઇ શકાય છે કે ઉર્જાને આખા ફોટોનના સ્વરૂપમાં બહાર મોકલે છે કે આકૃતિ 3.2.2(c)માંથી જોઇ શકાય છે કે ઉર્જાને અણુઓ આખા ફોટોનના સ્વરૂપમાં શોષે છે. અણુઓની આ ક્રિયા સમજાવવા માટે નીલ્સ બોહ્ રે (Niels Bohr) પ્લેન્કના પ્રકાશના ફોટોનમાં રહેલા ઉર્જાના જથ્થાનો અને રુથરફોર્ડના અણુના નમૂનાનો ઉપયોગ કરીને અણુનો નવો નમૂનો બનાવ્યો જે ''બોહ્ર એટમિક મોડેલ'' તરીકે ઓળખાય છે. હાઇડ્રોજન અણુની વ્યવસ્થા જોઇએ. આ અણુના કેન્દ્રમાં પ્રોટોન છે અને આ પ્રોટોનની આસપાસ ઇલેક્ટ્રોન કોઇ એક ભ્રમણ કક્ષામાં ફરે છે. વિદ્યુતગતિશાસ્ત્ર (Electrodynamics) પ્રમાણે ઇલેક્ટ્રોન પ્રકાશ કે ઉષ્ણતા પ્રસારતું હોઇને ધીરે ધીરે તેની ઉર્જા ઘટશે. આ ઉર્જા ઘટતાં ઇલેક્ટ્રોન પ્રોટોનની નજીકમાં આળશે. જેમ જેમ સમય જશે તેમ તેમ ઉર્જા ઘટશે. આ ઉર્જા ઘટતાં ઇલેક્ટ્રોન પ્રોટોનની નજીકમાં આવશે. જેમ જેમ સમય જશે તેમ તેમ ઉર્જા ઘટશે અને ઇલેક્ટ્રોન પ્રોટોનની નજીકમાં આવશે. અને આખરે આ બંને એક થશે. આ બને તો હાઇડ્રોજન અણુ કઈ રીતે રહી શકે ? બોહ્રે 1913માં આનો રસ્તો બતાવ્યો. ભ્રમણકક્ષા સતત હોવાને બદલે ત્રુટક ત્રુટક છે અને ઇલેક્ટ્રોન પ્રકાશ કે ઉષ્ણતા પ્રસારતુ નથી. આકૃતિ 3.1.2(d)માં આપેલો વર્ણપટ સમજાવવા માટે બોહ્રે અણુના ઇલેક્ટ્રોનની ગોઠવણીની શક્યતાઓ ઘણી હોઇ શકે તેમ વિચાર્યું. પ્લેન્કની પ્રકાશના કિરણોને છુટક છુટક ઉર્જાના સ્વરૂપમાં જોવાની રીત અને આકૃતિ 3.1.2માં બારીકાઈથી જોયેલા વર્ણપટની વ્યવસ્થા અમુક જ જાતના ઇલેક્ટ્રોનની ગોઠવણીની શક્યતાની સંભાવના બોહ્રે જોઇ. ઇલેક્ટ્રોનમાં કોઇ ચોક્કસ ઉર્જા છે અને આ ઉર્જાના જથ્થા પ્રમાણે તે કોઇ એક ચોક્કસ ભ્રમણકક્ષામાં સ્થિર રહેશે. ઇલેક્ટ્રોનમાં રહેલી ઓછામાં ઓછી ઉર્જા માટે ધારોકે ઇલેક્ટ્રોન આકૃતિ 3.3.1(a)માં 2 વડે દર્શાવેલી ભ્રમણકક્ષામાં સ્થિર છે અને ઇલેક્ટ્રોન તે ભ્રમણકક્ષામાં ફર્યા કરે છે. ભ્રમણકક્ષા 2માંથી ભ્રમણકક્ષા 3માં જવા માટે ઇલેક્ટ્રોનને બંને ભ્રમણકક્ષાઓના તફાવતની ઉર્જા મળે, જરાયે વધારે નહિ અને જરાયે ઓછી નહિ, ત્યારે ઇલેક્ટ્રોન ભ્રમણકક્ષા 2માંથી ભ્રમણકક્ષા 3માં જશે. પ્રકાશના કિરણોમાં ફોટોન હોઇને ફોટોનમાં ઉર્જા છે. સૂર્યના કિરણો સૂર્યની સપાટી ઉપરથી નીકળીને પૃથ્વી પર પહોંચે તે પહેલાં સૂર્યની આસપાસના વાતાવરણમાંથી પસાર થાય છે. ધારોકે સૂર્યના વાતાવરણમાં હાઇડ્રોજનનો અણુ જેનો ઇલેક્ટ્રોન ભ્રમણકક્ષા 2માં રહેલો છે તેવાં અણુ છે. સૂર્યની સપાટી ઉપરથી નીકળેલું કિરણ જે ફોટોનનું બનેલું છે, તે સૂર્યના વાતાવરણના હાઈડ્રોજનના અણુ જેનો ઈલેક્ટ્રોન ભ્રમણકક્ષા 2માં રહેલો છે તેની એકદમ પાસેથી નીકળે છે. સૂર્યના કિરણો ભાતભાતના ફોટોનનાં બનેલાં હોઈને તેમનામાં ભાતભાતની ઉર્જા રહેલી છે. સૂર્યના કિરણનો ફોટોન જેનામાં ઈલેક્ટ્રોનને ભ્રમણકક્ષા 2માંથી ભ્રમણકક્ષા 3માં જવા માટે જરૂરી જેટલી ઉર્જા રહેલી છે તેને જોઈને આપણો અણુ જેનો ઈલેક્ટ્રોન ભ્રમણકક્ષા 2માં રહેલો છે, તેનો ઈલેક્ટ્રોન ઉત્સાહમાં આવી જશે અને સૂર્યના કિરણો તે ફોટોનને હડપ કરીને શોષી લઈને ભ્રમણકક્ષા 3માં પહોંચી જશે. આ આકૃતિ 3.3.1(b)માં બતાવ્યું છે. જ્યારે અણુ ફોટોનને શોષી લે ત્યારે ફોટોનનું અસ્તિત્વ મટી જાય છે અને ફોટોનની બધી ઉર્જા અણુની ઉર્જામાં ઉમેરાય છે. આ ખૂબ જ ટૂંકા સમયમાં બને છે. સૂર્યનું કિરણ આ ફોટોન વગર પૃથ્વી ઉપર આવે છે. આ કિરણ પેલા ફોટોન વગરનું આપણે જોઈએ છીએ. આ ફોટોનને આવર્ત હોઈને, આ લેખમાં આ આવર્તે આપણે ખાલી જગ્યા જોઈએ છીએ જે વર્ણપટમાં ઉભી કાળી રેખા છે. આકૃતિ 3.1.2(b)માં સૂર્યના પ્રકાશના વર્ણપટમાં કાળી રેખાઓ છે. આ કાળી રેખા $H\alpha$ રેખા તરીકે ઓળખાય છે અને સાબિત પણ કરી શકાય કે આ સૂર્યની સપાટીથી આવતાં સૂર્યના વાતાવરણમાં જ બન્યું છે. હડપ કરનારા જેટલા વધુ અણુઓ તેટલી શોષક રેખા વધુ જોરદાર.

ઈલેક્ટ્રોનનું એક ભ્રમણકક્ષાએથી કુદીને બીજી ભ્રમણકક્ષાએ જવું તેને સાદી ભાષામાં એક સીડીની પગથિયા ઉપરથી કુદીને બીજા કે કોઈપણ પગથિયા ઉપર જવું તે છે જે આકૃતિ 3.3.2માં બતાવ્યું છે. આકૃતિ 3.3.2(a)માં બતાવ્યા પ્રમાણે ઉપરના પગથિયે જવા માટેના દરેક પગલા માટે ઈલેક્ટ્રોન ઉર્જા શોષશે અને આકૃતિ 3.3.2(b)માં બતાવ્યા પ્રમાણે નીચે ઉતરવા માટે ઈલેક્ટ્રોન ઉર્જા બહાર કાઢશે જે ફોટોનના સ્વરૂપમાં હશે.



આકૃતિ 3.3.1

આકૃતિ 3.3.2(c)માં બતાવ્યા પ્રમાણે બીજા પગથિયાથી સાતમા પગથિયે જવા વધારે ઉર્જા જોઈએ. ઉર્જાનું સમીકરણ $E_{ફોટોન} = hf$ હોઈને વધારે ઉર્જા માટે



આકૃતિ 3.3.2

આવર્ત f વધારે જોઈએ. $\lambda f = c$ હોઈને બીજા પગથિયાથી સાતમા પગથિયે જવા માટે તરંગલંબાઈ λ ઓછી જોઈએ. સાતમી ભ્રમણકક્ષાએ રહેલા ઈલેક્ટ્રોનવાળા હાઈડ્રોજનના અણુને $H_{zeta} = Hz$ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે અને તેની તરંગલંબાઈ $\lambda = 3969\, A^o$ છે. એ જ પ્રમાણે છઠ્ઠી ભ્રમણકક્ષાએ રહેલા હાઈડ્રોજનવાળા અણુને $H_{delta} = H\delta$ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે અને તેની તરંગલંબાઈ $\lambda = 4102\, A^o$ છે. આ જ રીતે બીજી ભ્રમણકક્ષાઓએ રહેલા ઈલેક્ટ્રોનવાળા હાઈડ્રોજનના અણુઓને $H_{gama} = H\gamma$ અને $H_{beta} = H\beta$ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે અને તેમની તરંગલંબાઈઓ $\lambda = 4321\, A^o$ અને $\lambda = 4861\, A^o$ છે.

1885માં જોહાન્ન બાલ્મરે (Johann Jakob Balmer) આ વર્ણપટનું સૂત્ર $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2}\right)$, જ્યાં $n > 2$ મેળવેલું. R એ રેડબર્ગ (Redberg) અચળ છે અને તેની કિંમત 0.97×10^7/મી છે. આથી આ વર્ણપટની રેખાઓ બાલ્મર રેખાઓ તરીકે ઓળખાય છે.

ધારો કે ઈલેક્ટ્રોન ઓછામાં ઓછી ઉર્જાવાળી ભ્રમણકક્ષામાં $(n = 1)$ છે, જ્યારે જરૂરિયાત જેટલી જ ઉર્જાવાળો ફોટોન મળશે ત્યારે તે ઈલેક્ટ્રોન કુદીને ઉંચી ભ્રમણકક્ષામાં જશે જે આકૃતિ 3.3.2(d)માં દર્શાવ્યું છે. દરેક બાણની નિશાની ઉપર જરૂરી તરંગ-લંબાઈના ફોટોનની કિંમત આપી છે. આ તરંગ લંબાઈઓ 93.7 નેમી $= 937 A^o$ અને 122 નેમી $= 1220\, A^o$ વચ્ચે છે જે અલ્ટ્રાવાયોલેટ ભાગમાં છે અને આ રેખાઓ લીમેન (Lyman) રેખાઓ તરીકે ઓળખાય છે. હાઈડ્રોજન અણુના ઈલેક્ટ્રોનની 200 થી વધારે ભ્રમણકક્ષાઓ તારાઓ અને તારામંડળો વચ્ચેની જગ્યાઓમાં જોવામાં આવી છે. આ જ રીતે બીજા તત્ત્વોના વર્ણપટોના અભ્યાસ થયા છે જેનો અભ્યાસ હાઈડ્રોજનના અણુના વર્ણપટ જેવો સરળ નથી.

હાઈડ્રોજનનો ઈલેક્ટ્રોન કોઈ કારણસર (જેવાં કે ખૂબ જોરથી અથડાવું) જતો રહે તો, તે હાઈડ્રોજનનો અણુ આયન હાઈડ્રોજન કહેવાય અને તેને H^+ થી દર્શાવાય છે. કોઈ કોઈ વખત સામાન્ય અણુ માટે રોમન નંબર I વપરાય છે. જેમકે $H = HI$ છે. એક ઈલેક્ટ્રોન જતો રહ્યો હોય તો તેવા આયન અણુ માટે રોમન નંબર II વપરાય છે. જેમકે $H^+ = HII$ છે. હીલિયમને બે ઇલેક્ટ્રોન છે અને બંને ઈલેક્ટ્રોન જતા રહેતાં જે આયન હીલિયમ રહે તેને HeIII થી દર્શાવાય છે.