

પરમાણુ વર્ણપટ શાસ્ત્ર

5.1 ફ્રેન્ક-હર્ટ્ઝનો પ્રયોગ (Franck - Hertz Experiment) :

પરમાણુની સ્થિર કક્ષામાં રહેલા ઇલેક્ટ્રોનને તેની ધરાસ્થિતિમાંથી ઉંચી ઉત્તેજિત અવસ્થાવાળી કક્ષામાં લઈ જવા માટે આપવી પડતી જરૂરી લઘુત્તમ ઊર્જાને ક્રાંતિ સ્થિતિમાન કહે છે. ક્રાંતિ સ્થિતિમાન માપવાની મુખ્ય બે રીત છે.

- (૧) વાયુના પરમાણુ સાથે ઇલેક્ટ્રોનની અસ્થિતિસ્થાપક સંઘાતના અભ્યાસ પરથી.
 - (૨) વર્ણપટશાસ્ત્રમાં ઉત્તેજિત થતી વિકિરણની તરંગલંબાઈઓ માપીને.
- ક્રાંતિ સ્થિતિમાન માપવાની મુખ્ય અને સૌ પ્રથમ ચોકસાઈવાળી રીત ફ્રેન્ક અને હર્ટ્ઝ નામના વૈજ્ઞાનિકે ઇ.સ. ૧૯૧૪માં આપી હતી. આ પ્રયોગ પરમાણુને ઊર્જા સ્તરો છે તેની ખાત્રી કરાવે છે.

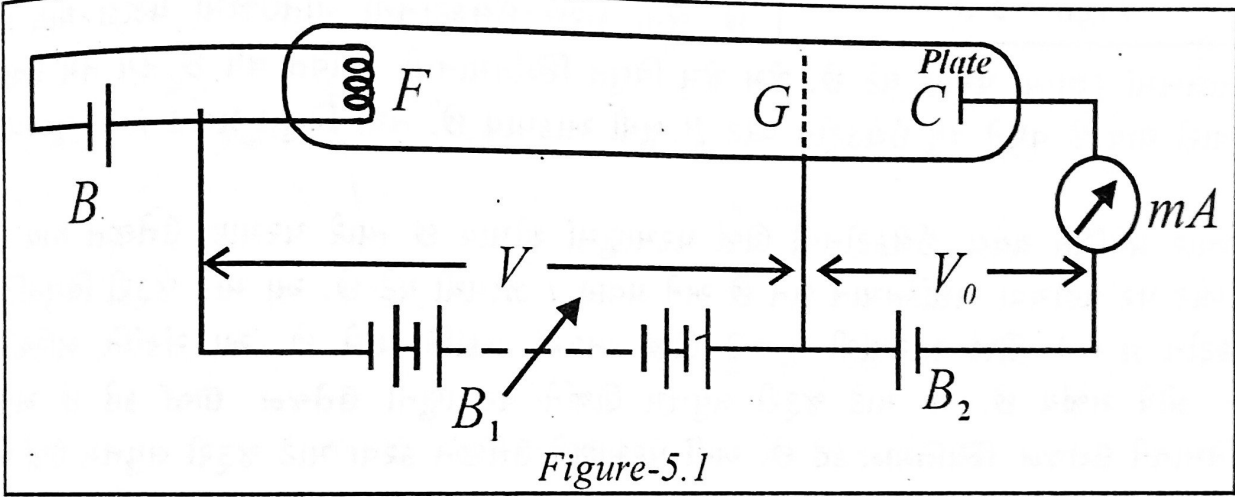


Figure-5.1

ફ્રેન્ક અને હર્ટ્ઝના પ્રયોગની રેખાકૃતિ ઉપર આકૃતિમાં દર્શાવેલ છે. તેમાં એક કાચની નળીમાં લગભગ 1 mm Hg ના દબાણે એક તત્વના વાયુને ભરવામાં આવે છે. નળીમાં ફિલામેન્ટ F , ગ્રીડ G અને પ્લેટ P ને ટ્રાયોડ ચાલવી જેમ જ ગોઠવેલ છે. ફિલામેન્ટ F ને ઓછા વોલ્ટેજવાળી બેટરી B દ્વારા ગરમ કરી ઇલેક્ટ્રોનનું ઉત્સર્જન કરવામાં આવે છે. ફિલામેન્ટ F અને ગ્રીડ G વચ્ચે ઊંચું વિદ્યુતદબાણ V બેટરી B_1 દ્વારા આપવામાં આવે છે. જેમાં ફિલામેન્ટ F ની સાપેક્ષ ગ્રીડ G ને ઘન રાખવામાં આવે છે.

ગ્રીડ G અને પ્લેટ P વચ્ચે બેટરી B_2 દ્વારા નાનું વિદ્યુત સ્થિતિમાન રાખવામાં આવે છે.

પ્લેટ P ને ગ્રીડ G ની સાપેક્ષ ઋણ રાખવામાં આવે છે તેથી ગ્રીડમાં થઈને પ્લેટ પર આવતા ઇલેક્ટ્રોનની ગતિ અવરોધાય છે. ગ્રીડમાંથી બહાર આવતા ઇલેક્ટ્રોનની ઊર્જા વધારે હોવાથી ઇલેક્ટ્રોન પ્લેટ P સુધી પહોંચી જાય છે અને એમીટર વિદ્યુતપ્રવાહ i દર્શાવે છે. અહીં, ફિલામેન્ટ અને ગ્રીડ વચ્ચે ઇલેક્ટ્રોન તથા નળીમાંના વાયુના પરમાણુઓ અસંખ્ય અથડામણો (સંઘાત) અનુભવે છે.

ફ્રેન્ક અને હર્ટ્ઝે પ્લેટ પરનું ઋણ વોલ્ટેજ અચળ રાખીને ફિલામેન્ટ અને ગ્રીડ વચ્ચેના વિદ્યુત સ્થિતિમાનના તફાવતનું V નું મૂલ્ય ધીમે ધીમે વધારીને દરેક વખતે પ્લેટ પ્રવાહ i અને V ના મૂલ્યની નોંધ કરી i વિરુદ્ધ V નો આલેખ દોરતા તે નીચેની આકૃતિ મુજબ મળે છે. આલેખ પરથી કહી શકાય કે પ્રારંભમાં વિદ્યુત પ્રવાહ ધીરે ધીરે

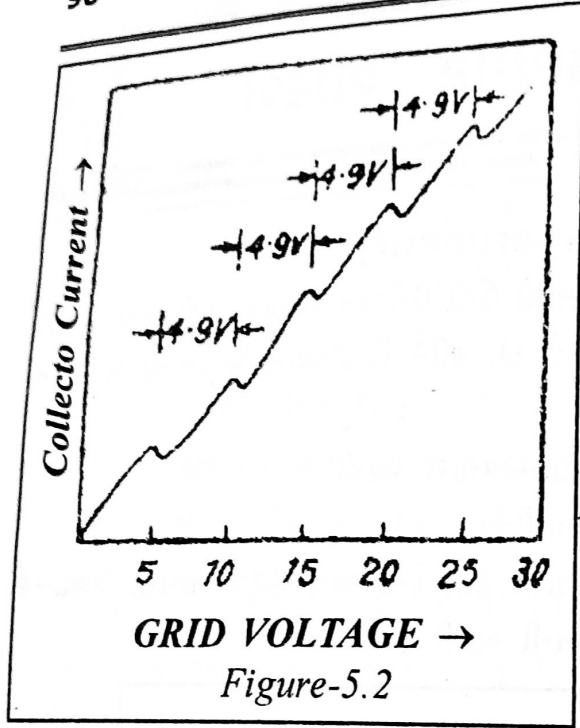


Figure-5.2

વધે છે. શરૂમાં ઈલેક્ટ્રોન પ્લેટ સુધી પહોંચી શકતા નથી તેનું કારણ પ્લેટનો ઋણ વોલ્ટેજ છે. ત્યારબાદ વિજ સ્થિતિમાન V ના મૂલ્યમાં વધારો થતાં પ્લેટના ઋણ વોલ્ટેજની અસરમાં ઘટાડો જોવા મળે છે. જેને લીધે વધુ સંખ્યામાં ઈલેક્ટ્રોન પ્લેટ સુધી પહોંચે છે. તેથી વિજપ્રવાહમાં વધારો થતો જોઈ શકાય છે. પરંતુ અમુક ચોક્કસ વોલ્ટેજ ($V = 10.2 \text{ Volt}$) માટે અચાનક વિજપ્રવાહમાં ઘટાડો થાય છે. પછી પુનઃ વોલ્ટેજમાં વધારો થતાં પ્રવાહ વધે છે. આલેખ પરથી સ્પષ્ટ છે કે અન્ય બીજા વોલ્ટેજ ($V = 12.09 \text{ Volt}$) માટે વિજપ્રવાહ પુનઃ એકદમ ઘટે છે અને આ પ્રક્રિયાનું પુનરાવર્તન થાય છે.

નળીમાં વાયુનું દબાણ એટલું રાખવામાં આવે છે કે ઈલેક્ટ્રોનની વાયુના પરમાણુ સાથે અસ્થિતિસ્થાપક અથડામણો થાય છે. જેના કારણે ઈલેક્ટ્રોનની ગતિઊર્જામાં ઘટાડો થાય છે. તેથી કરન્ટ i આલેખમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ઘટે છે. જેમ જેમ વિદ્યુત સ્થિતિમાનનો તફાવત વધે છે તેમ તેમ પ્રવાહ i ના મૂલ્યમાં વધારો થાય છે વધુને વધુ ઈલેક્ટ્રોન પ્લેટ P સુધી આકર્ષાય છે. તેથી વિદ્યુત પ્રવાહ i ના મૂલ્યમાં વધારો થાય છે.

જ્યારે પ્રવેગિત થયેલા ઈલેક્ટ્રોનની ઊર્જા પરમાણુમાં શોષાય છે ત્યારે પરમાણુ ઉત્તેજિત થાય છે. તેથી ઈલેક્ટ્રોન પ્લેટ પર પહોંચવા અશક્તિમાન બને છે અને પ્રવાહ i ઝડપથી ઘટે છે. આ માટે જરૂરી વિદ્યુતસ્થિતિમાન દ્વારા ઈલેક્ટ્રોન $n = 1$ ઊર્જા સ્તરમાંથી $n = 2$ ઊર્જા સ્તરમાં સંક્રાંતિ પામે છે. આ સંક્રાંતિ અસ્થિતિસ્થાપક અથડામણને લીધે સર્જાય છે. આ માટે જરૂરી લઘુત્તમ ઊર્જાને પરમાણુની ઉત્તેજન ઊર્જા કહે છે અને જરૂરી વિદ્યુતસ્થિતિમાનને ઉત્તેજન સ્થિતિમાન કહે છે. અહીં પરમાણુને ઉત્તેજિત કરવા માટે જરૂરી લઘુત્તમ ઊર્જા બે ક્રમિક ઊર્જા સ્તરોની ઊર્જાના તફાવત જેટલી હોય છે. અર્થાત્, જરૂરી ઊર્જા $E_2 - E_1$ જેટલી હોય છે.

ફેન્ક અને હર્ટ્ઝે મરક્યુરી પરમાણુને તેની ઉત્તેજિત અવસ્થામાંથી ધરાસ્થિતિમાં પાછું આવતા ઉત્સર્જિત થતા વિકિરણની ($\lambda = 2357 \text{ \AA}$) સાથે સંકળાયેલ ઊર્જાની ગણતરી કરી હતી.

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.62 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2357 \times 10^{-10} \times 1.6 \times 10^{-19}} eV = 4.9 eV$$

આમ પારાના પરમાણુ માટે પ્રથમ અનુનાદ સ્થિતિમાન $4.9 eV$ મળે છે. એક વિદ્યુત સ્થિતિમાન એટલું મળે છે કે તે સ્થિતિમાને વાયુ આયનીકરણ પામે છે અને વિદ્યુત પ્રવાહ વધુ માત્રામાં વધે છે. આ અવસ્થામાં જુદી જુદી રેખાઓ ધરાવતો વર્ણપટ પ્રાપ્ત થાય છે. આ માટેના વિજસ્થિતિમાનનું મૂલ્ય તેની ગતિઊર્જા $\frac{1}{2}mv^2$ જેટલું હોય છે. જેનાથી ઈલેક્ટ્રોન પરમાણુની કક્ષાની બહાર ($n = \infty$ કક્ષા)માં પહોંચી જાય છે. આ રીતે પરમાણુમાં વિભક્ત (discrete) સ્થિર ઊર્જા સ્તરો હોય છે. તે સાબિત થાય છે. અહીં પ્લાંકની વિચારધારા “વિકિરણનું ઉત્સર્જન ફોટોનના નિશ્ચિત જથ્થા સ્વરૂપે અસતત થાય છે.” તેને પણ સમર્થન મળે છે.