શેઠ એલ.એચ.સાયન્સ કોલેજ
માણસા.

વર્ણપટશાસ્ત્ર
પેપર-૪
એસ.વાય.બી.એસસી

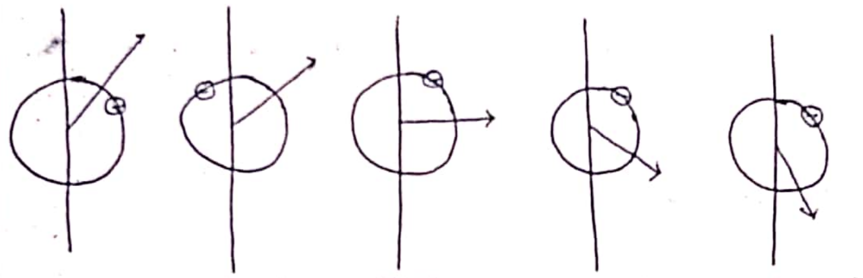
[redacted]

Que:-1 અવકાશીય ક્વોન્ટમીકરણ એટલે શું?

Ans:- બોહર નાં પરમાણુ મોડેલ ત્યારબાદ વિલ્સન - સોમરફિલ્ડ મોડેલ આ પ્રત્યેક મોડેલ પરમાણુ ની રચના, પરમાણુ ની સમજૂતી માટે ઉપયોગી છે આ મોડેલ ની નિષ્ફળતા નવા સુધારા સહિત નાં મોડેલ માટેની પૂર્વભૂમિકા બનતી. સોમરફિલ્ડે પરમાણુ નાં કણો ની ગતિ ને ધ્યાન માં લેતા સમગ્ર કોઓર્ડિનેટ (r, θ, ϕ) ગોળીય ધ્રુવીય યામ માં ગણતરી ની ત્રણ ક્વોન્ટમ શરત લગાડી.

$$\int p_r \cdot dr = n_r h \quad ; \quad \int p_\theta \cdot d\theta = n_\theta \cdot h \quad ; \quad \int p_\phi \cdot d\phi = n_\phi \cdot h$$

આ શરતો સાથે નું પરિણામ સ્પષ્ટ મળ્યું ; ઊર્જા તથા આકાર ને પ્રશ્નો ભાગો દૂર ન પડ્યો પણ 'અવકાશીય' એવું મળ્યું કે જે સમતલ માં કક્ષા રહી શકે તો સમતલ અવકાશ માં અમુક રીતે જ નમન ધરાવી શકે.



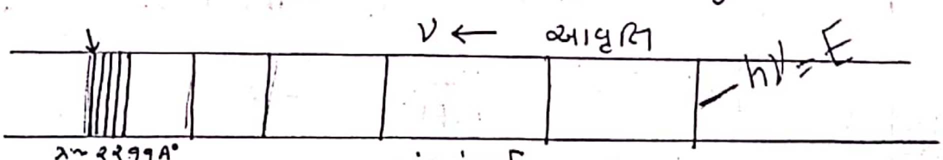
$m_L=2$ $m_L=1$ $m_L=0$. $m_L=-1$ $m_L=-2$

આ નમન ની સ્થિતી કોણીય વેગમાન સદિશ $\vec{l}$ (આપણે $\sqrt{l(l+1)} \cdot h/2\pi$ લઈશું.) થી વર્ણવી શકાય છે. કોણીય વેગમાન સદિશ $\vec{l}$ નાં ચાપ z દિશા ની અક્ષ પર નો ઘટક $m_l \cdot h/2\pi$ મળે તે રીતે જ અવકાશ માં કક્ષા નમન ધરાવી શકે અહીં m_l પૂર્ણાંક છે તેના શક્ય મૂલ્યો $l, l-1, \ldots l, 0, -l$ વગેરે છે l માટે m_l ની $(2l+1)$ મૂલ્યો હોય તેને અનુરૂપ કક્ષા પણ $(2l+1)$ હોય છે.

"અવકાશ માં કક્ષાના ચોક્કસ અસતત નમન ની પરિસ્થિતી એની હકીકત ને અવકાશીય ક્વોન્ટમીકરણ કહે છે"

Que:-2 આલ્કલી પરમાણુઓનાં વર્ણપટો - સમજાવો.

Ans:- આલ્કલી તત્વો જેવા કે Li, Na, K, Rb અને Cs તત્વો નાં વર્ણપટનાં અભ્યાસ પરથી નીચે દર્શાવેલ લાક્ષણિકતા જોવા મળી.



(માત્ર સમજૂતી માટે જ ઉપરોક્ત ડાયાગ્રામ દર્શાવેલ છે.)

→ ઘટતી તરંગસંખ્યા તરફ જતા રેખાઓ વચ્ચેનાં અંતર મોટા જણાય.

→ વધતી તરંગ સંખ્યા તરફ જતા અમુક જગ્યાએ રેખા ભેગી થઈ જાય છે.

→ $\lambda \sim$ ૨૨૧૧ Å કરતા ઓછી તરંગલંબાઈ જણાતી નથી

→ રેખાની તીવ્રતા માં ફેરફાર જણાય છે.

→ હાઈડ્રોજન તત્વ નાં વર્ણપટ સાથે કંઈક સામ્યતા ધરાવે છે.

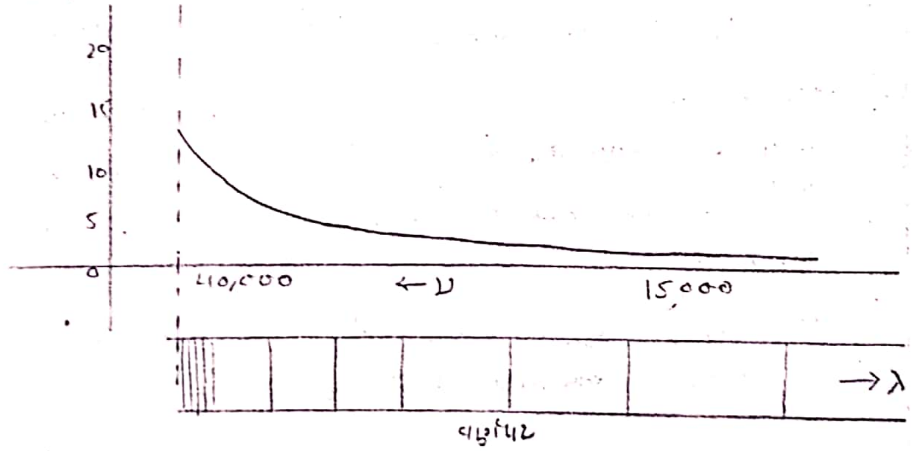
ઉપરોક્ત તારણોપરથી જાણી શકાયું કે આલ્કલી તત્વનાં વર્ણપટ માં જોવા મળતી રેખાઓ પણ, હાઈડ્રોજન તત્વનાં વર્ણપટ માં જોવા મળતી રેખાઓનાં કિસ્સામાં મળતી શ્રેણી ની જેમજ કોઈ શ્રેણી માં ગોઠવી શકાય

→ શ્રેણી હોવાની શક્યતા છે. તેથી કોઈપણ તરંગ સંખ્યા કોઈ બે પદો નાં તફાવત રૂપે હોય

→ શ્રેણી અમુક તરંગ સંખ્યા માટે અંત પામે છે. તેથી એક પદ અચળ હોય તથા બીજુ પદ વધતી તરંગ સંખ્યા માટે તેના મૂલ્ય માં ઘટાડો થતો હોવો જોઈએ.

તેથી $$\nu = \nu_\infty - \frac{R}{n_1^2} \qquad — ①$$

હવે n_1 નાં જુદા જુદા મૂલ્યો લઈને, R અચળ ગણીને ν - વિરુદ્ધ n_1 નો આલેખ દોરતા



આલેખ પરનાં બિંદુઓ સમી-૧ ને સંતોષતા કરશે. જો કોઈ શ્રેણી રચતા હશે. જ્યારે રીડબર્ગે (વિજ્ઞાની નું નામ) $\nu \rightarrow m$ નો આલેખ દોર્યો ત્યારે આલેખ ઉપર દર્શાવ્યા પ્રમાણે અતિવલય પ્રકારનો મળ્યો. તેથી રિડબર્ગે નીચે પ્રમાણે નું સમી. રજૂ કર્યું

$$\nu^P_m = \nu^P_\infty - \frac{R}{(m+P)^2} \qquad — ②$$

ઉપરોક્ત સમીકરણમાં R - રીડબર્ગ અચળાંક p એ સુધારણાની અચળ સંખ્યા.

$$\therefore \nu_m^p = \nu_\infty^p - \frac{R}{m^{*2}}$$ (અહીં p દાખલ કરીને દર્શાવેલ નથી)

હાઈડ્રોજન ના કિસ્સા માં m એ પૂર્ણ ક્વોન્ટમ નંબર હતો. જ્યારે આલ્કલી તત્વમાં m^* એ અપૂર્ણાંક ક્વોન્ટમ નંબર હતો. m+p માં p ને રીડબર્ગનો સુધારો કહે છે.

ν_∞, R, p ના મૂલ્યો અચળ હોય છે. હાઈડ્રોજન માં m પૂર્ણાંક હોય છે. જ્યારે આલ્કલી તત્વો માં તેવું બનતું નથી કારણ કે તેના પરમાણુ કોર પ્રમાણે તેના વેલેન્સ ઈલેક્ટ્રોન નું સ્થાનાંતર આંતરિક (ન્યુક્લિયસની નજીકમાં) હશે. તથા ન્યુક્લિયસમાંના પ્રોટોન નજીક રહે છે. આમ m^* આખા સંખ્યાના ક્વોન્ટમ નંબર નથી તેથી $nh/2\pi$ ના કોણીય વેગમાન સાથે સંબંધ ધરાવતો નથી.

સમીકરણમાં ν^p p એ પ્રિન્સિપલ શ્રેણી સૂચવે છે. આલ્કલી તત્વો માટે અન્ય શ્રેણી માટેના સમી. ફરી લખી શકાય છે.

① તીક્ષ્ણ શ્રેણી (Sharp series)

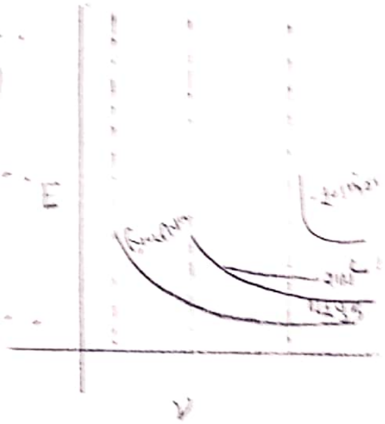
$$\nu_m^s = \nu_\infty^s - \frac{R}{(m+s)^2}$$ જ્યાં m = 2, 3, 4 . . . —③

② ડીફ્યુઝ શ્રેણી (Diffuse series)

$$\nu_m^d = \nu_\infty^d - \frac{R}{(m+d)^2}$$ m = 2, 3, 4 . . . —④

③ ફન્ડામેન્ટલ શ્રેણી

$$\nu_m^f = \nu_\infty^f - \frac{R}{(m+f)^2}$$ m = 3, 4, 5 . . . —⑤



ઉપરોક્ત સમી ને હાઈડ્રોજન માટે મળતા સમી $\left(\nu = \frac{R}{n_1^2} - \frac{R}{n_2^2}\right)$ પ્રમાણે.

$\frac{R}{(n+b)^2} - \frac{R}{(m+a)^2}$ જેવું સ્વરૂપ આપીને n, a, b ના મૂલ્યો નિશ્ચિત કરી શકાય.

① પ્રિન્સીપાલ શ્રેણી

$$\nu_m^p = \frac{R}{(1+s)^2} - \frac{R}{(m+p)^2} = 1s - mp$$ ← સાંકેતિક રજૂઆત આમ —⑥

② શાર્પ શ્રેણી

$$\nu_m^s = \frac{R}{(1+p)^2} - \frac{R}{(m+s)^2} = 1p - ms$$ —⑦

③ ડિફ્યુઝ શ્રેણી.

$$\nu_m^d = \frac{R}{(1+p)^2} - \frac{R}{(m+d)^2} = 1p - md$$ —⑧

④ ફન્ડામેન્ટલ શ્રેણી

$$\nu_m^f = \frac{R}{(2+d)^2} - \frac{R}{(m+f)^2} = 2d - mf$$ —⑨

Scanned by CamScanner

ઉપરોક્ત પરિણામોને પ્રાયોગિક રીતે સુવ્યવસ્થિત રીતે રજુઆત કરવા માટે સમી પ્રમાણો બન્યા છે. તેમાં કોઈ ભૌતિકશાસ્ત્રીય કારણ નથી. રેખા તેજસ્વી, સ્થિર હોવાથી શ્રેણીનું નામ પ્રિન્સીપલ તેજ પ્રમાણે પહોળી રેખા માટે ડિફ્યુઝ આવા નામ આપેલ છે.

આલ્કલી તત્વમાં છેદ માં n^* માં ઓછે કરતા નાની સંખ્યા દર્શાવતા પદ નો કંઈક આધાર મળે તે માટે. તેને નીચે સ્વરૂપે રજુ કરી શકાય

$$\nu = R\left\{\frac{1}{(n_0-\Delta_0)^2} - \frac{1}{(n-\Delta_1)^2}\right\} \quad \text{— (10)}$$

જ્યાં n, n_0 ને યોગ્ય ક્વોન્ટમ નંબર તથા Δ_0, Δ_1 ને ક્વોન્ટમ ત્રુટિ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. ક્વોન્ટમ ત્રુટિ, Z સાથે વધે છે તથા કક્ષીય ક્વોન્ટમ નંબર સાથે ઘટે છે. ક્વોન્ટમ ત્રુટિનું મૂલ્ય વેલેન્સ ઇલે. પરમાણુ કેન્દ્રમાં કેટલો ઘુસી શકે છે. તેના પર આધાર રાખે છે

Que:- 3 આલ્કલી વર્ણપટો નું સૂક્ષ્મ બંધારણ સમજાવો. (ટૂંકમાં).

Ans:- આલ્કલી તત્વોના વર્ણપટ નો બારીકાઈ થી અભ્યાસ સૂચવે છે કે Na, K, Rb, Cs તત્વોમાં પ્રિન્સીપલ રેખા ડબલેટ તરીકે મળે છે. (પ્રયોગશાળામાં Na (સોડિયમ) માટે 5890 તથા 5896 A°)

આ બાબતો સૂચવે છે કે (1) આલ્કલી પરમાણું માં પરમાણુની જુદા જુદા ઊર્જાસ્તરોની ઊર્જા માત્ર પ્રિન્સીપલ ક્વોન્ટમ નંબર થી સમજાવી શકાય નહીં કોઈક વધારાના ક્વોન્ટમ નંબર ની જરૂર છે.

(2) આ વધારાનો ક્વોન્ટમ નંબર સોમરફિલ્ડ મોડેલ માં મળેલ છે. જેને કક્ષીય ક્વોન્ટમ નંબર l કહીએ છીએ. n માટે l ની $0, 1, 2, \ldots (n-1)$ મૂલ્યો હોય છે.

"ક્વોન્ટમશાસ્ત્રમાં l ને $\vec{l} = \sqrt{l(l+1)}\,\hbar$ થી દર્શાવાય છે". જેના આધારે આલ્કલી તત્વો માટે વર્ણપટ નું બંધારણ સમજી શકાય.

Que:- ઈલેક્ટ્રોન સ્પિન સમજાવો. ઈલેક્ટ્રોન સ્પિન સદિશનું અવકાશીય ક્વોન્ટમી 4 કરણ સમજાવો

Ans:- આલ્કલી ધાતુના વર્ણપટ માં ઊર્જાસ્તરો નું ડબલેટ, ચુંબકીયક્ષેત્ર ની અસર ઝીમેન વર્ણપટ ની રેખાનું વિઘટન આ બધી બાબત n, l ઉપરાંત એકાદ વધારાનો ક્વોન્ટમ નંબર હોય તેમ સૂચવતી હતી. જો તેમ હોય તો જ ઉપરોક્ત ઘટના સમજ, સમજાવી શકાય આ બાબતો ને આધારે જ કદાચ ઈ.સ. 1960 માં ગાઉડસ્મીટ અને યુહલેનબેકે એક અધિતર્ક રજૂ કર્યો

"ઈલેક્ટ્રોનનો તેના કોઈપણ કક્ષીય કોણીય વેગમાનથી સ્વતંત્ર રીતે એક વધારાનું આંતરિક કોણીય વેગમાન છે".

ગાઉડસ્મીટ અને યુહલેનબેકે આ ફરતે ગોળા તરીકે ઈલે. ને વિચારતા આ ભ્રમણની સ્પીન કહયું તથા તેને સંબંધિત કોણીય વેગમાન ને સ્પીન કોણીય વેગમાન કહયું. જેને દર્શાવવા s નો ઉપયોગ કરાય છે તથા પ્રાયોગિક અભ્યાસ પરથી $s = 1/2$ હોય તેમ ફલિત થાય છે

ક્વોન્ટમ યંત્રશાસ્ત્રમાં. s ના મૂલ્ય ને સદિશ વડે દર્શાવાય છે

$$\vec{S} = \sqrt{s(s+1)}\,\hbar$$

$$= \frac{\sqrt{3}}{2}\hbar$$

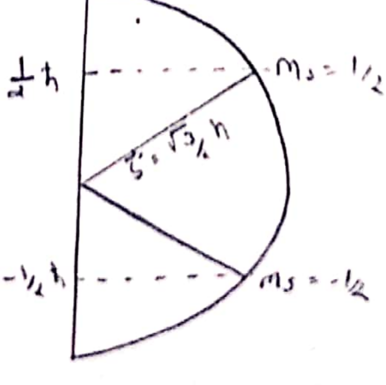
ઈલેક્ટ્રોન પોતાની અક્ષ ફરતે ફરતા ચુંબકીય ચાકમાત્રા ઉત્પન્ન કરે છે તેથી ઉપરોક્ત સમીકરણ જો કોઈપણ કોણીય વેગમાન માટે લાગુ પાડ ~~તો શક~~. શકાય

$$m_s = s, s-1, \ldots\ldots, -s$$

$$= \frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$$

આમ $m_s = +1/2, -1/2$ એમ બે મૂલ્યો ધરાવે છે.

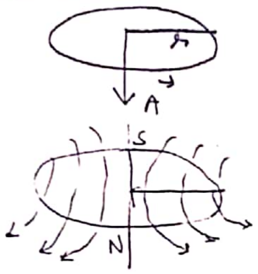
આમ s સદિશને બે શક્ય દિશાઓ પરથી એ દિશાને અનુલક્ષીને બે વલણો મળે છે



Que:- 5 ઈલેક્ટ્રોન ની કક્ષીય ગતિ સમજાવો. કક્ષીય ચુંબકીય ચાકમાત્રા સ્પિન ચુંબકીય ચાકમાત્રા સમજાવો. બહોર મેગ્નેટોન વ્યાખ્યાયિત કરો.

Ans:- ઈલે. ઋણ વિદ્યુત ભારિત કણ છે. વર્તુળાકાર તાર માં વિદ્યુતપ્રવાહ નાં વહન માટે જવાબદાર ઈલે. ની ગતિને સમતુલ્ય છે. જો કક્ષીયગતિ કરતો ઈલેક્ટ્રોન ચુંબકીય ક્ષેત્ર ઉત્પન્ન કરે છે. ઈલે. ની કક્ષીય ગતિ ને કારણે રચાતી વિદ્યુત લુપ નું ચુંબકીય ક્ષેત્ર ચુંબકીય-દ્વિ-ધ્રુવી નાં ક્ષેત્ર જેવું જ છે.

કક્ષીય ચુંબકીય ચાકમાત્રા



$\vec{\mu} = i \cdot \vec{A}$

i = બિંદુ પાસેથી એકમ સમયમાં પસાર થતો વિદ્યુતભાર.

∴ જો એક સેકન્ડમાં ν પરિભ્રમણ કરે તો $-e$ વિદ્યુતભાર કોઈ બિંદુ પાસેથી એક સેકન્ડમાં $-e\nu$ વિદ્યુતભાર પસાર થાય

$\therefore i = -e\nu$

$\therefore \vec{\mu} = i \cdot \vec{A}$
$= -e\nu \cdot A$
$= -e\nu \cdot \pi r^2$

A = ક્ષેત્રફળ
r = કક્ષાની ત્રિજ્યા.

જો e નું દળ m અને રેખીય વેગ v હોય તો.

$|\vec{l}| = mvr$
$= m(2\pi r) \cdot \nu \cdot r$
$= m\nu \cdot 2\pi r^2$

$\therefore r^2 = \frac{|\vec{l}|}{m\nu \cdot 2\pi}$

$\therefore \vec{\mu} = \frac{-e\cancel{\nu} \cdot \cancel{\pi} \cdot l}{m\cancel{\nu} \cdot 2\cancel{\pi}} = -\frac{e}{2m} \cdot l.$

જ્યાં $e/2m$ જેનો ગાયરો મેગ્નેટીક ગુણોત્તર કહે છે.

ઋણભારિતાની μ અને l ની દિશા વિરુદ્ધ છે. તેમ દર્શાવ્યું છે

$$\vec{\mu} = -\frac{e}{2m} \cdot l$$

$$= -\frac{e\hbar}{2m}\sqrt{l(l+1)}$$

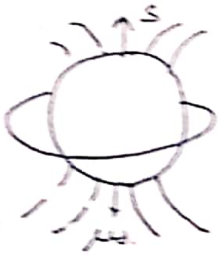
ઉપરોક્ત સૂત્ર પરથી કહી શકાય કે કક્ષીય ચુંબકીય ચાકમાત્રા $\frac{e\hbar}{2m}$ ના ગુણક માં માપી શકાય

$$\frac{e\hbar}{2m} = \mu_B = \text{બોહર મેગ્નેટોન કહે છે.}$$

$$= 9.273\times10^{-24}\ Amp\text{-}m^2$$

સ્પીન ચુંબકીય ચાકમાત્રા

ઋણભારિત છે. પોતાની ધરી ની આસપાસ ની સ્પીન ગતિને લીધે આકૃતિ માં દર્શાવ્યા અનુસાર ચુંબકીય ચાકમાત્રા ઉત્પન્ન કરે છે.



સ્પિનીંગ ઇલેક્ટ્રોનની ચુંબકીય ચાકમાત્રા.

$$\vec{\mu_s} = 2\left(\frac{e}{2m}\right)\vec{s}$$

કક્ષીય ગતિમાટેનો ગાયરોમેગ્નેટીક ગુણોત્તર કરતાં બમણો હોવાથી કે $\left(\frac{e}{m}\right)$ જેટલો છે આ અર્થમાં સ્પિન ચુંબકીય ચાકમાત્રા સામાન્ય ચુંબકીય ચાકમાત્રા જેટલો થાય છે

$$\vec{s} = \sqrt{s(s+1)}\,\hbar$$

$$\therefore \vec{\mu_s} = 2\left(\frac{e\hbar}{2m}\right)\cdot\sqrt{s(s+1)}$$

$$= 2\cdot\mu_B\cdot\sqrt{s(s+1)}$$

$s = 1/2$ મૂકતાં.

$$= 2\cdot\mu_B\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\vec{\mu_s} = \mu_B\cdot\sqrt{3}$$

Que:-7 પાઉલી નો અપવર્જન નો સિદ્ધાંત સમજાવો.

Ans:- ક્વોન્ટમનો એક વર્ગ બોઝોન અને બીજો ફર્મીઓન તરીકે ઓળખાતો છે. ફોટોન જેવા ક્વોન્ટમો માટે કોઈ એક ક્વોન્ટમ સ્થિતી માં ગમે તેટલા ફોટોન રહી શકે છે. જ્યારે તેને બોઝ નામના વૈજ્ઞાનિકનાં નામ પર થી બોઝોન ક્વોન્ટમ માં વર્ગીકૃત કરાયેલ છે. બોઝોનની સ્પિન ક્રમાંકમાં પૂર્ણાંક સ્પીન ક્વોન્ટમ નંબર ધરાવે છે.

ક્વોન્ટમ નો બીજો વર્ગ કે જે ફર્મીઓન તરીકે ઓળખાતો છે તેને ક્રમાંકમાં અર્ધપૂર્ણાંક સ્પીન ક્વોન્ટમ નંબર હોય છે. તેથી ફર્મીઓન એક સમયે (બે થી વધારે) એક સ્થળે રહી ન શકે તેવો ખ્યાલ પાઉલીનામના વૈજ્ઞાનિકે 1925 માં રજૂ કર્યો બીજા શબ્દોમાં.

"કોઈ એક જ ક્વોન્ટમતંત્રમાં કોઈપણ બે ફર્મીઓન ના એકસરખા બધા જ ક્વોન્ટમ નંબર હોઈ શકે નહી.

ઇલેક્ટ્રોન નું સ્પીન $1/2$ છે તેથી પરમાણુ માં રહેલા ઇલેક્ટ્રોનો માટે n, l, m_l અને m_s પૈકી એક ક્વોન્ટમ નંબર તો જુદો હોય જ
પાઉલી નો અધિતર્ક તત્વો ની ગોઠવણી તેમના રાસાયણિક વર્તન વગેરે ને સમજવા માટે ખૂબ જ ઉપયોગી છે જે અણું, ઘનપદાર્થ વગેરે કોઈપણ ક્વોન્ટમતંત્ર માટે ખરોજ છે.

પરમાણુ વર્ણપટ એ પરમાણુ ઇલેક્ટ્રોન ની ક્વોન્ટમ સ્થિતીનાં ફિંગરપ્રિન્ટ ની માહિતી મળે છે. બહુ ઇલેક્ટ્રોન પરમાણુ માં વર્ણપટ ઉત્પન્ન વેલેન્સ ઇલે. ને આભારી હોઈ પાઉલી એ હિલિયમ માં રહેલા માત્ર બે જ ઇલે. નાં આધાર પર ધ્યાન કેન્દ્રીત કર્યું તેના વર્ણપટ નાં અભ્યાસ પરથી તેઓ એવા નિર્ણય પર આવ્યા કે હિલીયમ નાં વર્ણપટમાં એવી કોઈ રેખા નથી જે તેની ધરાસ્થિતી માં બન્ને ઇલેક્ટ્રોન નાં એકસરખા m_s સમજાવી શકે. એટલે કે હિલીયમ પરમાણુ માં રહેલા બે ઇલેક્ટ્રોન નાં ક્વોન્ટમનંબરો n, l, m_l, અને m_s પૈકી m_s તો જુદા જ હોય જ્યાં n-મુખ્ય ક્વોન્ટમ નંબર, l - કક્ષીય વેગમાન ક્વોન્ટમનંબર, m_l કક્ષીય ચુંબકીય ક્વોન્ટમ નંબર
m_s - સ્પિન ચુંબકીય ક્વોન્ટમ નંબર.

Que:-8 સદિશ પરમાણું મોડેલ સમજાવો.

Ans:-
પરમાણુ વર્ણપટ ઉત્પન્ન પરમાણુ માં રહેલી વેલેન્સ ઇલેક્ટ્રોન ની માહિતી જ્યારે પણ મળે છે તેમ છતાં સમય અંતર કે ક્ષય અને ઉત્ક્રમ માં પૂર્ણ રીતે ગોઠવાયેલ ઇલેક્ટ્રોન ન્યુક્લિયસ નાં આકર્ષણ બળ ની માહિતી સાચી રીતે વર્ણન ધરાવે છે.

ઉદા. ~~ઉદા~~ તરીકે.

Na નું config. જણાવો.

Na = $\boxed{1s^2\ 2s^2\ 2p^6}\ 3s^1$

$n=1$ K-કવચ $1s^2$ } પૂર્ણ ભરાયેલ
$l=0$

$n=2$ L-કવચ $2s^2\ 2p^6$ } પૂર્ણ ભરાયેલ.
$l=0$; s
$l=1$; p

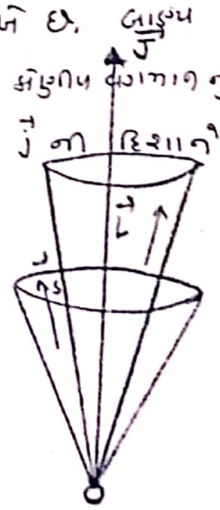
$n=3$ M-કવચ
$l=0$; s $3s^1$ } અપૂર્ણ ભરાયેલ.

⇒ $n=1$ એટલે K ; $n=2$ એટલે L , $n=3$ એટલે M
$n=4$ N ; $n=5$ O ને કવચ કહ્યાં છે.
(કવચ એટલે ભૌતિક રીતે ગોળાકાર કવચ જેવું અર્થઘટન લેવાનું નથી)

⇒ $l=0 \Rightarrow s$ $\quad l=2 \Rightarrow d$ } ઉપકવચ.
$l=1 \Rightarrow p$ $\quad l=3 \Rightarrow f$

ઉપરોક્ત કિસ્સામાં $3s^1$ એ સૌથી બહારની કક્ષામાં રહેલ ઇલે.ની ધરાસ્થિતી દર્શાવે છે. ઉત્તેજીત થતા તે 3P સ્થિતી એટલે કે ઉત્તેજીત સ્થિતી માં જઈ ધરાસ્થિતી માં આવતા. વર્ણપટ સર્જાય છે. પૂર્ણ ભરાયેલ કવચ તેમાં કોઈ ભાગ ભજવતા નથી.

હવે $3s^1$ માં રહેલ ઇલેક્ટ્રોન માટે $n=3$ તથા $l=0$ અને $3p^1$ માં સંક્રાંતિ પામેલ ઇલેક્ટ્રોન માટે $n=3$ તથા $l=1$
આમ ઇલેક્ટ્રોન ની કક્ષીય ગતિ ને કારણે $(\frac{e}{2m})\vec{l}$ તથા ઇલે. સાથે સંકળાયેલ $(\frac{e}{m})\vec{s}$ જેટલી ચુંબકીય ચાકમાત્રા વચ્ચે આંતરક્રિયા થાય છે. $3s^1$ સાથે સંકળાયેલ ઊર્જા આ આંતરક્રિયાને લીધે મળતી ઊર્જા $\vec{l}\cdot\vec{s}$ ઉપર આધાર રાખે છે. બાહ્ય યુગ્મ ની ગેરહાજરીમાં $\vec{l}$ અને $\vec{s}$ ના સંયોજન થી મળતા કુલ કોણીય વેગમાનનું સંરક્ષણ થાય છે. તથા પરિણામી કુલ કોણીય વેગમાન $\vec{j}$ ની દિશાને અનુલક્ષીને પ્રિસેસન કરવા લાગે છે.



$\vec{J}$ નું મૂલ્ય $\vec{L}$ અને $\vec{S}$ નાં સાપેક્ષ નમન પર આધાર રાખે છે. પરમાણુનાં વર્ણપટ પર તેનું કુલ કક્ષીય કોણીય વેગમાન $\vec{L}$ કુલ સ્પીન કોણીય વેગમાન $\vec{S}$ અને $\vec{L}$ તથા $\vec{S}$ નાં સંયોજન રૂપે મળતા $\vec{J}$ થી નક્કી કરી શકાય.

ઉપરોક્ત બાબત પરથી સ્પષ્ટ થાય છે કે પ્રથમતો પરમાણુનાં બધા જ ઈલેક્ટ્રોનનાં કોણીય વેગમાન ને સદિશ ગણી તેનું તથા તેમના પરિણામીનું ક્વોન્ટમીકરણ જળવાઈ રહે તેમ સદિશ સંયોજન કરવું જોઈએ. આ સમગ્ર બાબત પરમાણુ વર્ણપટ પરથી નક્કી કરવાનો આખો અભ્યાસ બને છે. આમ ક્વોન્ટમ યંત્રશાસ્ત્ર વડે મળતાં પરિણામોનો સદિશનાં માળખામાં ગૂંથી શકાય છે. આમ "પરમાણુનાં અભ્યાસનો લગતા આ મોડેલ ને સદિશ પરમાણું મોડેલ કહે છે."

Que:- 9. ઈલેક્ટ્રોન નું કક્ષીય કોણીય વેગમાન $\vec{l}$ તથા સ્પીન કોણીય વેગમાન $\vec{s}$ વચ્ચેનાં L-S યુગ્મન તથા j-j યુગ્મન સમજાવો.

સામાન્ય રીતે પરમાણુઓનાં કિસ્સામાં જુદાજુદા ઈલેક્ટ્રોનનાં કક્ષીય કોણીય વેગમાન $\vec{l_1}, \vec{l_2}, \vec{l_3}$ એકબીજા સાથે પ્રબળતાથી coupled થયેલા હોય છે. અને સ્પીન કોણીય વેગમાનો $\vec{s_1}, \vec{s_2}, \vec{s_3}$ પણ પ્રબળ રીતે coupled થયેલા હોય છે.

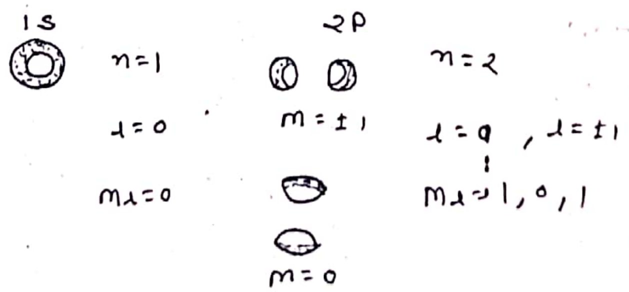
બધા l નું સંયોજન કરી કુલ કક્ષીય કોણીય વેગમાન $\vec{L}$ નક્કી કરવામાં આવે છે. તેજ રીતે બધાં s નું સંયોજન કરી પરમાણું માટે કુલ સ્પીન કોણીય વેગમાન $\vec{S}$ મેળવવા માં આવે છે.

$$\vec{L} = \sqrt{L(L+1)}\,\frac{h}{2\pi} \qquad \vec{S} = \sqrt{S(S+1)}\,\frac{h}{2\pi}$$

હવે $\vec{L}$ અને $\vec{S}$ નું સંયોજન પણ ઉપર મુજબ કરી. કુલ કોણીય વેગમાન નક્કી કરવામાં આવે છે.

જો s પૂર્ણાંક તો J પૂર્ણાંક ; જો s અપૂર્ણાંક તો J અપૂર્ણાંક

$$J = (L+S)\ (L+S-1)\ \ldots\ldots\ (|L-S|)$$

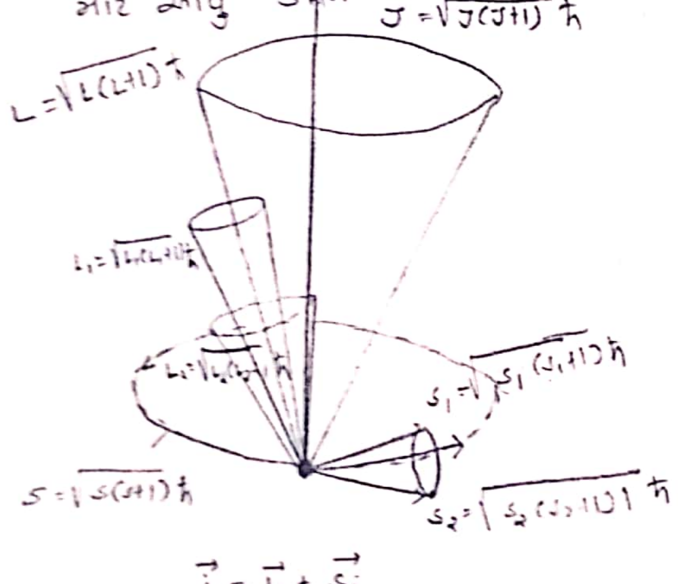


⇒ આકૃતિમાં ક્વોન્ટમ યાંત્રિક ગણતરી નાં આધારે હાઈડ્રોજન પરમાણું માટે જુદાજુદા ક્વોન્ટમ નંબર ધરાવતા ઈલેક્ટ્રોન વિદ્યુત ભારની ઘનતા માં પથરાયેલા શક્યતા દર્શાવેલ છે.

$l=0$ (s ઈલેક્ટ્રોન માટે) વિદ્યુતભાર ગોળીય સંમિતિ દર્શાવે છે. જુદા જુદા ક્વોન્ટમ નંબરો માટે વિદ્યુતભાર જેમ અસંમિત છે તેમ તેમના કક્ષીય કોણીય વેગમાન સદિશો $\vec{l}$ પણ અવકાશમાં અમુક રીતે ગોઠવાયેલા હોય છે. જેથી સમગ્ર પરિસ્થિતિ સ્થિરતા તરફ દોરી જાય. આ સ્થાયી પરિસ્થિતિમાં જુદા જુદા ઈલેક્ટ્રોન નાં $\vec{l}$ મળીને જે $\vec{L}$ બનાવે તે પરમાણુંનું કુલ કક્ષીય કોણીય વેગમાન દર્શાવે છે.

s નું યુગ્મન તેમના વચ્ચે થતી આંતરક્રિયા પ્રમાણમાં નબળી છે. તેથી નબળું યુગ્મન હોય છે

હલકા પરમાણુઓમાં જે બળોથી $\vec{l}$ નું અને $\vec{s}$ નું કપલીંગ થઈ L અને S બને છે. તેની સરખામણીમાં $\vec{L}$ અને $\vec{S}$ નું કપલીંગ કરી તેમાંથી $\vec{J}$ બનાવતા ચુંબકીય-સ્પીન કક્ષીય બળોનું સામર્થ્ય ઓછું હોય છે. આ $\vec{L}$, $\vec{S}$ કપલીંગને રસૈલ-સૌન્ડર્સ કપલીંગ પણ કહે છે. બે ઈલેક્ટ્રોન માટે આવું કપલીંગ આકૃતિમાં દર્શાવ્યું છે.



$\vec{J}_1 = \vec{L}_1 + \vec{S}_1$

(j-j) યુગ્મન.

ભારે પરમાણુઓમાં ન્યુક્લિયર વિદ્યુતભાર નું મૂલ્ય વધારે હોવાથી વ્યક્તિગત હોય. $\vec{l}$ અને $\vec{s}$ વચ્ચેની આંતરક્રિયા જુદાજુદા ઈલેક્ટ્રોનનાં $\vec{l}_i$ વચ્ચેની આંતરક્રિયા અને $\vec{s}_i$ વચ્ચેની આંતરક્રિયા કરતા વધવા માંડે છે. ઈલેક્ટ્રોન નું કુલ કોણીય વેગમાન

$\vec{j}_i = \vec{l}_i + \vec{s}_i$ બને છે. અને બધા ઈલેક્ટ્રોન નાં $\vec{j}_i$ વચ્ચેની (પ્રમાણમાં નબળી) આંતરક્રિયાથી પરમાણુંનું માટે કુલ કોણીય વેગમાન

$\vec{J} = \sum_i \vec{j}_i$ આ પ્રકારનાં યુગ્મનને (j, j) કહે છે

પરમાણુ વર્ણપટ પદોની સંજ્ઞા. (વિસ્તૃત સમજૂતી)

પરમાણુની ઊર્જા ઈલેક્ટ્રોનની ગોઠવણી ઉપર આધારીત છે. આમ કુલ કક્ષીય કોણીય વેગમાન ($\vec{L}$) નું મૂલ્ય ઈલેક્ટ્રોનની ગોઠવણી ઉપર આધાર રાખે છે.

વ્યક્તિગત ઈલે. માટે.

$l=0$ તો s ઈલેક્ટ્રોન
$l=1$ " p ઈલેક્ટ્રોન.
$l=2$ " d ઈલેક્ટ્રોન
$l=3$ " f ઈલેક્ટ્રોન.

સમગ્ર પરમાણુ માટે L નાં મૂલ્ય પરથી તેના વર્ણપટ પદને પણ સંજ્ઞાઓ આપેલ છે.

$L = 0, 1, 2, 3, 4 \ldots$
$S, P, D, F, G \ldots$

હવે કક્ષીય કોણીય વેગમાન ($\vec{L}$) તથા સ્પિન ($\vec{S}$) ની આંતરક્રિયાને પરિણામે $\vec{L}$ અને $\vec{S}$ ની સાપેક્ષ સ્થિતી પર પરમાણુની ઊર્જા આધાર રાખે છે. $\vec{L}$ ની તેમજ $\vec{S}$ ના સાપેક્ષ સ્થિતી $\vec{J}$ નક્કી કરે તેથી પરમાણુની ઊર્જા $\vec{J}$ પર પણ આધાર રાખે છે.

ઉદા.

$L=1$ તથા $J=3/2$ ને માટે પદ નીચે પ્રમાણે દર્શાવેલ છે.

$P_{3/2}$

$$\left.\begin{array}{l} L=0 \Rightarrow S \\ L=1 \Rightarrow P \\ L=2 \Rightarrow D \\ L=3 \Rightarrow F \end{array}\right\}$$

$J = L+S$
$= 1+\frac{1}{2}$
$= 3/2$
ઓર
$J = L-S$
$= 1-1/2$
$= 1/2.$

* $L > S$ હોય તો મલ્ટીપ્લીસીટી J નાં શક્ય મૂલ્યો $(2S+1)$

* ઉદા: $L=1$, $S=1/2$

$J=L-S \quad 1-1/2 = 1/2 \qquad J=L+S = 1+1/2 = 3/2$

$\because (L+S), (L+S-1)$ પ્રમાણે J નિર્ધારતા.

$J = 1/2, 3/2$

આથી શક્ય બે સ્થિતી માટે. $L=1$; $S=1/2$; $J=3/2, 1/2$

$L > S$ માટે $2S+1 = 2$.
મલ્ટીપ્લીસીટી.

$\therefore\ {}^2P_{1/2}$ તથા ${}^2P_{3/2}$

અથવા
${}^aX_b$

a = મલ્ટીપ્લીસીટી $L>S$ $2S+1$; $L<S$ $2L+1$
X = L નાં મૂલ્યનું પદ
b = J નું મૂલ્ય.

જનારૂપ ગુણાંકો પદ singlet, Doublet, Triplet પદ બનેછે

"n અને l નાં મૂલ્યો એકસરખા હોય તો તેવા ઈલેક્ટ્રોન ને સમતુલ્ય કહે. કહ્યો છે. એકસરખા ન હોય તો તેવા ઈલેક્ટ્રોનને અસમતુલ્ય કહેવાય.

દા.ત :- ① $3s^2$ માં બન્ને ઈલેક્ટ્રોન સમતુલ્ય છે.

$\therefore n=3$ અને $l=0$

② $3s\ 3p$ માં બન્ને ઈલેક્ટ્રોન અસમતુલ્ય હોય છે.

ઉપરોક્ત અભ્યાસ ને ત્રણ ભાગ માં વહેંચતા.

① - બહારનાં ભાગમાં એક જ ઈલે. હોય.

② - બહારનાં ભાગમાં બે કે તેથી વધારે અસમતુલ્ય ઈલે.

③ - બહારનાં ભાગમાં બે થી વધારે સમતુલ્ય ઈલે.

① બહારનાં ભાગમાં એક જ ઈલેક્ટ્રોન.

H, He^+ જેવા પરમાણુંઓ માં (નોર્મલ દશા સ્થિતીમાં)

$\rightarrow n=1, \quad l=0, \quad s=1/2$

અહીં એક જ ઈલે. હોવાથી.

$l < s$. ગુણાંકો ગણતરીથી.

$2L+1 = 1$.

અહીં $L=0$ હોઈ L અને s ની આંતર ક્રિયા હોઈ શકે નહી.

J નું એક જ મૂલ્ય હોય. એટલે કે ઊર્જા સ્તર singlet હોય

$J = L+S = \frac{1}{2}$

$\cdot\ ^2S_{1/2}$ ⇏ અહીં અનુસંગતતા આંતર ગણતરીથી રહેલી છે.

$\rightarrow n=2\ ;\ l=0\ ,\ s=1/2$

વર્ણપટ પદ $\ ^2S_{1/2}$

$\rightarrow n=2\ ;\ l=1\ \ s=1/2$

વર્ણપટ પદ $\ ^2P_{3/2}\ ,\ ^2P_{1/2}$ ઉત્તેજીત સ્થિતી માટે મળતા વર્ણપટ પદો

આમ.

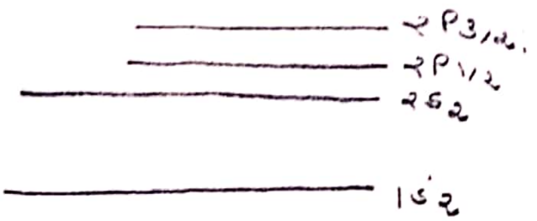
1) S. સિવાયનાં બધા જ પદો ડબલેટ રચે છે.

2) n માટે જેમ L વધારે તેમ ઊર્જા વધારે.

3) L માટે જેમ j વધારે તેમ ઊર્જા વધારે.

4) S સિવાયનાં બધા જ પદો માટે મલ્ટીપ્લીસીટી સરખી જ છે.

n = 2 સુધી હાઈડ્રોજનનાં ઊર્જાસ્તરો.



Na - માટે. (સોડિયમ માટે)

$\boxed{1s^2\ 2s^2\ 2p^6}\ 3s^1$ $\quad$ $\boxed{1s^2\ 2s^2\ 2p^6}\ 3s^1\ 3p\ 3d \ldots$

બંધ કવચ. ધરાસ્થિતી → ઉતેજીત સ્થિતી.

$L = 0 \quad n = 3 \quad s = 1/2$ $\quad$ ધરાસ્થિતી.

$\therefore J = \pm 1/2$

$S_{1/2}$

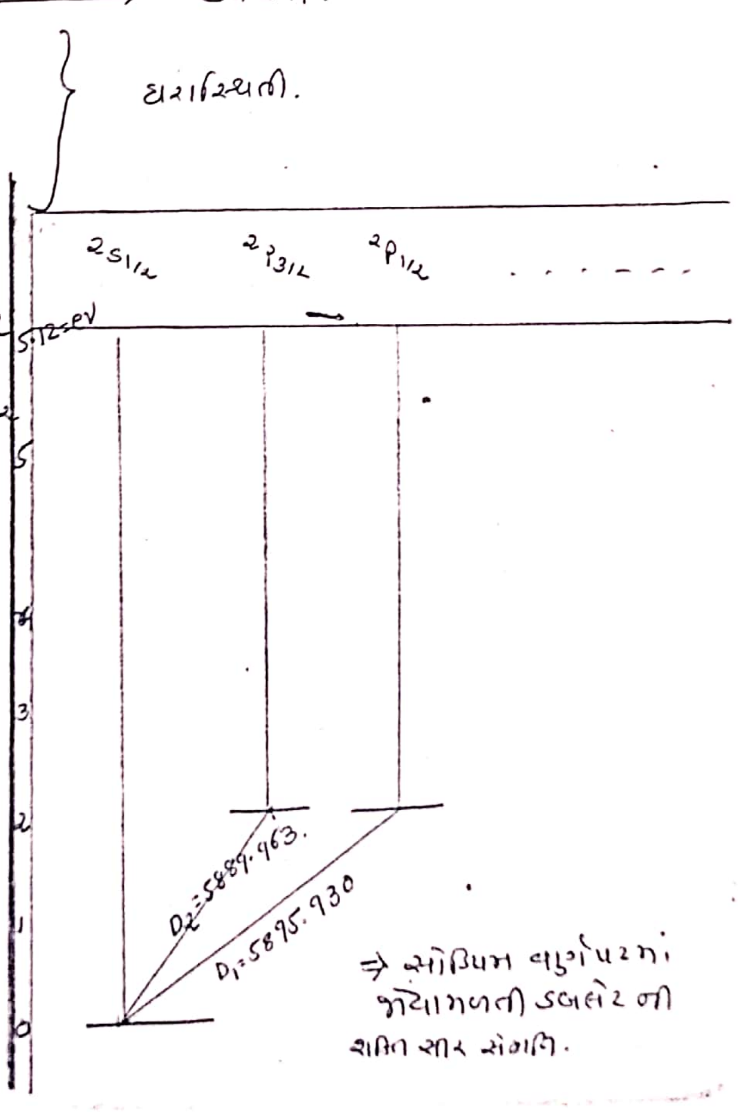
→ $n = 3 \quad L = 1 \quad s = 1/2$

$L + s = 3/2 \quad L + s - 1 = 1/2$

$\therefore J = 3/2, 1/2.$

$^2P_{3/2}, \ ^2P_{1/2}.$

→ આજ પ્રમાણે 3d માટે ગણતરી કરી શકાય.



⇒ સોડિયમ વર્ણપટમાં જોવા મળતી ડબલેટની શક્તિ સ્તર સંગતિ.

૨. સૌથી બહારનાં બે અસમતુલ્ય ઇલેક્ટ્રોન વડે મળતા પદો

→ સૌથી બહાર નાં બે અસમતુલ્ય ઇલેક્ટ્રોન વડે મળતા પદ માટે પ્રથમ દરેક ઇલે. નાં l પરથી L શોધ્યા. અને s પરથી S શોધ્યા.

Pd configuration માટે.

$l_1 = p = 1 \qquad l_2 = d = 2.$

$\therefore L = (l_1+l_2);\ (l_1+l_2-1);\ (l_1+l_2-2) \ldots$ પ્રમાણે.

$= (1+2) = 3$

$= (1+2-1) = 2$

$= (1+2-2) = 1$

તેજ પ્રમાણે $S = s_1+s_2 = 1\ ;\ s_1+s_2-1 = 0$

$L = 3, 2, 1 \qquad L > S \qquad \therefore$ મલ્ટીપ્લીસીટી $(2S+1)$ પ્રમાણે.

$S = 1, 0 \qquad 2(1)+1 = 3$

$\therefore$ મલ્ટીપ્લીસીટી $= 3;\ 1$

→ $J = (L+S);\ (L+S-1);\ (L+S-2);\ (L+S-3); \ldots (L-S)$

$L=3,\ S=1$ માટે. ટ્રીપ્લેટ

$= (3+1) = 4,\ 3,\ 2$

ટ્રીપલેટ

① $^3F_4;\ ^3F_3;\ ^3F_2.$

② $L=2,\ S=1\ (J=3,2,1)$

$^3D_3,\ ^3P_2,\ ^3D_1$

③ $L=1,\ S=1\ (J=2,1,0)$

$^3P_2,\ ^3P_1,\ ^3P_0$

સિંગલેટ

① $L=3 \quad S=0 \quad J=3$

$^1F_3$

② $L=2 \quad S=0$

$^1D_2$

③ $L=1 \quad S=0$

$^1D_1$

સમતુલ્ય ઈલેક્ટ્રોન માટે વર્ણપદ પદો.

સમતુલ્ય ઈલે. નાં કિસ્સામાં પાઉલીનાં સિદ્ધાંતને ધ્યાનમાં લેવાની જરૂર ન હતી. કારણ કે n અને l નાં મૂલ્યો જુદા જ હતા. જ્યારે સમતુલ્ય ઈલેક્ટ્રોનમાં n અને l સરખા હોવાથી નીચે દર્શાવેલાં ઉદા. પ્રમાણે વિચાર કરી શકાય. (આવા કિસ્સા બાહ્ય ચુંબકીય ક્ષેત્રની ધારણા કરવામાં આવે છે)
તેજ m_l નાં +ઈ+ અર્થ રહે છે.)

→ p^2

$m_l = 1, 0, -1$ તથા $m_s = +1/2, -1/2$

m_l નાં ત્રણ મૂલ્યો અને m_s નાં બે મૂલ્યો સંયોજાઈ કુલ - 6 સ્થિતી મળે. જ એક ઈલે. માટે હોય બીજા ઈલેક્ટ્રોન માટે પણ 6 - સ્થિતી મળે. કુલ આવી સ્થિતી પૈકી ઓછામાં ઓછો એક ક્વોન્ટમ નંબર જુદો પડતો હોય

	a	b	c	d	e	f
m_l	1	0.	-1	1	0	-1
m_s	+1/2	-1/2	+1/2	-1/2	+1/2	-1/2

$_6C_2$ પ્રમાણે જોડ. 15 મળે.

$$\frac{6!}{(6-2)!\,2!} = 15$$

યુગ્મિત ક્ષેત્રમાં ગોઠવણીમાં.

L=0 S=0 ^1S

L=1 S=1 ^1P

L=2 S=0 ^1P

આમ સમતુલ્ય ઈલેક્ટ્રોન વાળા p^2 માટે.

^1S ^3P ^1D

→ હુંડનો નિયમ યોગ્ય ઉદાહરણ દ્વારા સમજાવો. તથા પસંદગીના નિયમ જણાવો.

પરમાણુ વર્ણપટ નાં પદનાં અભ્યાસ માં કોઈ સામાન્ય કે ડસિવાય નાં બધા જ પદ ઠસોર મળે છે. ઉપરાંત L-S યુગ્મન ની મર્યાદાઓ મળતી ઊર્જા J નાં મૂલ્યો પર પણ આધાર રાખે છે માટે L+S પદ L-S પદ કરતાં ઊંચું આવેલું હોય છે. માટે L+S પદ L-S પદ કરતા ઊર્જા સ્તરો નાં આપેલા ક્રમ (n, l) અને J નાં મૂલ્ય પરથી ઊર્જા સ્તરો નાં આપેલા સ્થાન નક્કી કરી શકાય છે. સમતુલ્ય ઈલેક્ટ્રોન નાં n, l સરખા સ્થાન નક્કી કરવા હુંડની પ્રક્રિયાથી આવા પદોનાં આપેલા સ્થાન નક્કી કરવા હુંડની 1927 માં માર્ગદર્શક નિયમ આપ્યો.

er સમતુલ્ય ઈલેક્ટ્રોન (n, l સમાન) વડે આપતાં પદોમાંથી જે પદની મલ્ટીપ્લીસીટી નું મૂલ્ય મહત્તમ હશે તે પદ ઊર્જામાં ઊંડું આવેલું હશે અને મલ્ટીપ્લીસીટી નું મૂલ્ય મહત્તમ હશે તે પદ ઊર્જામાં ઊંડું રહેલું હશે આમાંથી જે પદનાં L નું મૂલ્ય મહત્તમ હશે તે પદ ઊર્જામાં ઊંડું રહેલું હશે

આ બાબત ઉદા. દ્વારા સમજીએ.

(1) નાઈટ્રોજન નો configuration

$_7N$ - $1s^2 2s^2 \underline{2p^3}$

p^3 સમતુલ્ય configuration છે

$2p\ ^2D\ ^4S$ ← (તૈયાર મેળવેલ આપેલ છે તેના પરથી)

હુંડ નાં નિયમ મુજબ ^4S ધરાસ્થિતિ

→ પસંદગી નાં નિયમો.

વર્ણપટ નાં અભ્યાસ પરથી જોવા મળે છે કે દરેક શક્તિસ્તર અન્ય શક્તિ સ્તર પરથી સંક્રાંતિઓ જોવા મળતી નથી. આ બાબતે કહી શકાય કે ઈલે. ની સંક્રાંતિ પરમાણુ અને e.m. તરંગો આંતરક્રિયાને પરિણામે થાય છે. આવા સંજોગો માં L, S, J નાં ક્વોન્ટમ અંક થાય તેના પર મર્યાદા લદાય છે. અથવા L, S, J નાં ફેરફારની મર્યાદાઓની રજુઆત ને પસંદગી નાં નિયમો કહે છે.

$$\Delta J = 0, \pm 1$$

$$\Delta L = 0, \pm 1$$

$$\Delta S = 0$$

ઉપરોક્ત મર્યાદા આપેલાં પસંદગીના નિયમો રસેલ-સોન્ડર્સ ને અનુરૂપ છે.

II section

ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં પરમાણુ.

કક્ષીય ગતિ કરતા ઇલેક્ટ્રોન ને કક્ષીય ચુંબકીય ચાકમાત્રા ઉદભવે છે. તે સદિશ સ્વરૂપે નીચે મુજબ દર્શાવ્યા છે.

$$\vec{\mu} = \left(-\frac{e}{2m}\right)\cdot\sqrt{l(l+1)}\cdot\frac{h}{2\pi}$$

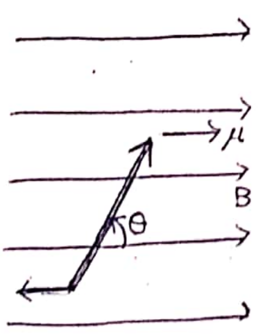
$l=0$ સિવાયનાં ઇલેક્ટ્રોન સાથે કક્ષીય ચુંબકીય ચાકમાત્રા જોડાયેલી હોય દરેક ઇલેક્ટ્રોન નાં l મળી કુલ કક્ષીય કોણીય વેગમાન $\vec{L}$ મળે છે. તેથી કુલ કક્ષીય ચુંબકીય ચાકમાત્રાને પણ લાગુ પાડી શકાય $\sqrt{L(L+1)}\cdot h/2\pi$

માટે કુલ કક્ષીય ચુંબકીય ચાકમાત્રા

$$\vec{\mu_L} = -\left[\frac{e}{2m}\right]\cdot\sqrt{L(L+1)}\cdot h/2\pi$$

ચર્ચાની સરળતા માટે. કુલ સ્પીન કોણીય વેગમાન $\vec{S}=0$ તેવી સ્થિતી માટે ચર્ચા કરતા. તેવા પરમાણુ માટે કુલ કોણીય વેગમાન $\vec{L}$ જ આપાય. પરિણામે કુલ ચુંબકીય ચાકમાત્રા $\vec{\mu_L}$ વડે જ આપાય આ સ્થિતીમાં પરમાણુ ને બાહ્ય ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં મુકતા.

પરમાણુની ચુંબકીય ચાકમાત્રા. બાહ્ય ચું. ક્ષેત્ર સાથે આંતરક્રિયા કરતા હોવાથી પરમાણુ ને વધારાની ચું. આંતરક્રિયા ઉર્જા મળે છે. આવી ઉર્જા શક્ય કે બાહ્ય ચું. ક્ષેત્ર ની ગે. હાજરી માં પરમાણુ ની જ ઉર્જા ફેરફાર થાય છે. આપણે જોયું હશે છે. તેમાં ચું. ક્ષેત્રની હાજરી માં ફેરફાર આવો ફેરફાર શોધી. તેની વર્ણપટ પર ની અસર શોધવાનો છે



$\vec{\mu}$ જેટલી ચુંબકીય ચાકમાત્રા ધરાવતી દ્વિ-ધ્રુવી ને સમાન ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં મુકવામાં આવી છે.

જ્યારે ચુંબકીય ક્ષેત્ર $\vec{B}$ સાથે θ કોણ બનાવે તે સમયે લાગતું ટોર્ક

$$T = \mu\cdot B\cdot\sin\theta \qquad -(1)$$

$\theta=90^\circ$ ત્યારે $\vec{\mu}\perp\vec{B}$ મહત્તમ ટોર્ક લાગે.

$\theta=0$ ત્યારે $\vec{\mu}\parallel\vec{B}$ ટોર્ક શૂન્ય બને.

આવું દ્વિ-ધ્રુવીની ચુંબકીય ક્ષેત્ર સાથેની આંતરક્રિયા ઉર્જા એટલે $\theta=90^\circ$ થી $\theta=0$ તરફ ફેરવવા ક્ષેત્ર વડે થતું કાર્ય.

$$V_m = \int_{90^\circ}^{\theta} \tau \, d\theta$$

$$= \mu_m \int_{90^\circ}^{\theta} B \sin\theta \, d\theta$$

$$= -\mu_m B \cos\theta \quad \text{— ②}$$

$$= -\mu_m \cos = -\vec{\mu} \vec{B}$$

$$V_m = -\mu B$$

સમી-૨. પરમાણુઓ જુદા જુદા કોણમાં ઊર્જા જુદી જુદી હોય છે

μ_L ને અનુલક્ષીને

$$V_m = -\mu_L \cdot B \cdot \cos\theta \Bigg\}$$

જ્યાં $\theta = \mu_L$ અને B વચ્ચેનો ખૂણો.
અથવા
$\theta = \vec{L}$ અને $\vec{B}$ વચ્ચેનો ખૂણો.

અવકાશમાં ચોક્કસ દિશામાં ચુંબકીય ક્ષેત્ર પ્રસ્થાપિત કરે છે અને તેથી પરમાણુને $\vec{\mu_L} \cdot \vec{B}$ જેટલી વધારાની ઊર્જા મળે છે ચુંબકીય ક્ષેત્રની ગેરહાજરીમાં જે ગોળીય સંમિતિ હતી તેમાં ભંગાણ સર્જાય છે કારણ કે સદિશ $\vec{L}$ અવકાશીય ક્વોન્ટમીકરણ અનુસાર, ચુંબકીય ક્ષેત્રને અનુલક્ષીને અમુક ચોક્કસ નંબરનો જ ધરાવી શકે જેથી ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશા પર તેના ઘટકો ક્વોન્ટાઇઝ્ડ થાય છે

ગણતરીના હેતુસર મેગ્નેટિક પાયાના પદ્ધતિની z-અક્ષ ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશામાં ગોઠવીશું.

$$\therefore L_z = \pm \frac{m_L h}{2\pi}$$

જ્યાં $m_L = +L, +L-1, +L-2, 0, -1, -2, \ldots -L$

તથા $\dfrac{m_L}{\sqrt{L(L+1)}} = \cos\theta.$

જ્યાં $\theta =$ z અક્ષ (ચુંબકીય ક્ષેત્ર) અને $\vec{L}$ વચ્ચેનો ખૂણો.

$$V_m = -\mu_L B \cdot \frac{m_L}{\sqrt{L(L+1)}}$$

$$V_m = \left(\frac{e}{2m}\right) \sqrt{L(L+1)} \cdot \frac{h}{2\pi} \cdot \frac{B m_L}{\sqrt{L(L+1)}}$$

જ્યારે બાહ્ય ચું.ક્ષેત્ર ન હોય ત્યારે પરમાણુની ઊર્જા m_L પર આધાર રાખતી નથી. પરંતુ જ્યારે બાહ્ય ચું.ક્ષેત્ર હાજર હોય ત્યારે m_L ની જુદી જુદી કિંમતો હશે તેટલા સ્તરમાં વિભાજન થઈ જશે.

* → હિલિયમ નું ઉદા. લઈને સામાન્ય ઝીમાન અસરની સમજૂતી

"બાહ્ય ચુંબકીય ક્ષેત્રની હાજરીથી વર્ણપટ રેખાનું વિઘટન થવાની ઘટનાને ઝીમાન અસર કહે છે"

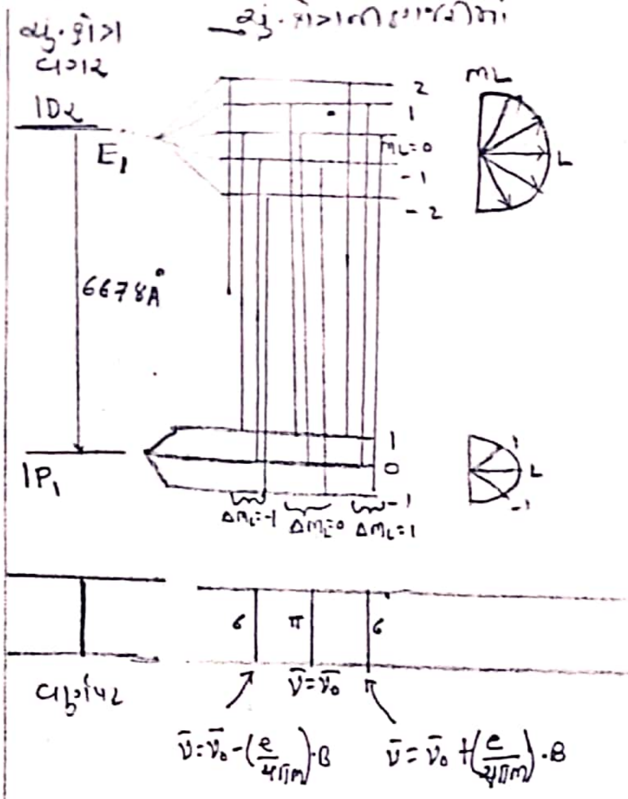
$$V_m = \left(\frac{eh}{2\pi}\right)\left(\frac{1}{2m}\right)\cdot B\cdot m_L$$

ઉપરોક્ત સમી. ચુંબકીય ક્ષેત્રની હાજરી પરમાણુની ઊર્જા m_L ઉપર આધાર રાખે છે તથા L ની કક્ષાની ને મળતા સ્તર, m_L ની શક્ય કિંમત, પ્રમાણે વિભાજીત થાય છે.

ચુંબકીય ક્ષેત્રની ગેરહાજરીમાં હિલિયમ પરમાણુંના વર્ણપટ અવલોકતા માલુમ પડે છે કે તે એક સંક્રાંતિ $1D_2 \to 1P_1$ ને અનુરૂપ 6678Å તરંગલંબાઈ રેખાંનો બનેલો જોવા મળે છે.

જો ચુંબકીય ક્ષેત્રની ગેરહાજરી $1D_2$ અને $1P_2$ સ્તરોની ઊર્જા E_1 અને E_2 હોય તો.

$$E_1 - E_2 = h\bar{\nu}_0 \quad \text{—①}$$ (ચું.ક્ષેત્રની ગે.હા.)



$\bar{\nu}_0$ = ચું.ક્ષેત્રની ગે.હા.માં મળતી રેખાની આવૃત્તિ છે

→ ચુંબકીય ક્ષેત્રની હાજરીમાં $1D_2$ની ઊર્જા

$$E_1^B = E_1 + \frac{eh}{4\pi m}\cdot B\cdot m_L' \quad \text{—②}$$

→ અહીં $1D_2$ માટે $L=2$ તેથી.

m_L = 2, 1, 0, -1, -2 પાંચ મૂલ્યોમાં E_1 સ્તર વિભાજીત થશે.

→ તેમજ $1P_1$ સ્તર માટે $L=1$ તેથી

m_L = 1, 0, -1 ત્રણ મૂલ્યોમાં E_2 સ્તર વિભાજીત થશે.

તેના માટે

$$E_2^B = E_2 + \frac{eh}{4\pi m}\cdot B\cdot m_L'' \quad \text{—③}$$

આ બાબત આકૃતિમાં દર્શાવેલ છે.

સમી ② અને ③ પરથી.

$$h\bar{\nu} = E_1^B - E_2^B$$

$$= \left\{E_1 + \frac{eh}{4\pi m}\cdot B\cdot m_L'\right\} - \left\{E_2 + \frac{eh}{4\pi m}\cdot B\cdot m_L''\right\}$$

$$= \left[(E_1 - E_2) + \frac{eh}{4\pi m} B \left\{m_L' - m_L''\right\}\right]$$

$$= h\bar{\nu}_0 + \left(\frac{eh}{4\pi m}\right) B\, \Delta m_L$$

$$\bar{\nu} = \bar{\nu}_0 + \left(\frac{e}{4\pi m}\right) B\, \Delta m_L \qquad — ④$$

$\bar{\nu}_0$ = ચું. ક્ષેત્રની ગે.હા. માં વર્ણપટ રેખાની આવૃત્તિ.

$\bar{\nu}$ = ચું. ક્ષેત્રની હા. માં વર્ણપટ રેખાની આવૃત્તિ.

$(eB/4\pi m)$ = લાર્મોર આવૃત્તિ.

→ પસંદગી નાં નિયમ (selection rule) અનુસાર

$\Delta m_L = m_L' - m_L'' = \pm 1$ અથવા 0

આ નિયમ અનુસાર થતી સંક્રાંતિ. $m_L' \rightarrow m_L''$

Ⓐ $\Delta m_L = 0$ માટે $1-1$; $0-0$; $-1 — -1$

વળી સમી ④ પરથી $\Delta m_L = 0$ એટલે $\bar{\nu} = \bar{\nu}_0$ મૂળરેખાને છે.

Ⓑ $\Delta m_L = 1$ માટે. $2-1$; $1-0$; $0-(-1)$

સમી ④ પરથી $\boxed{\bar{\nu} = \bar{\nu}_0 + \left(\frac{e}{4\pi m}\right) B}$ → સ્થાનાંતર આવૃત્તિ (Frequency shift)

મૂળઆવૃત્તિમાં વધારો.

Ⓒ $\Delta m_L = -1$ માટે.

$0 \rightarrow -1 \quad -1 \rightarrow 0 \quad -2 \rightarrow 1$

$$\bar{\nu} = \bar{\nu}_0 - (e/4\pi m) B$$

મૂળઆવૃત્તિમાં ઘટાડો.

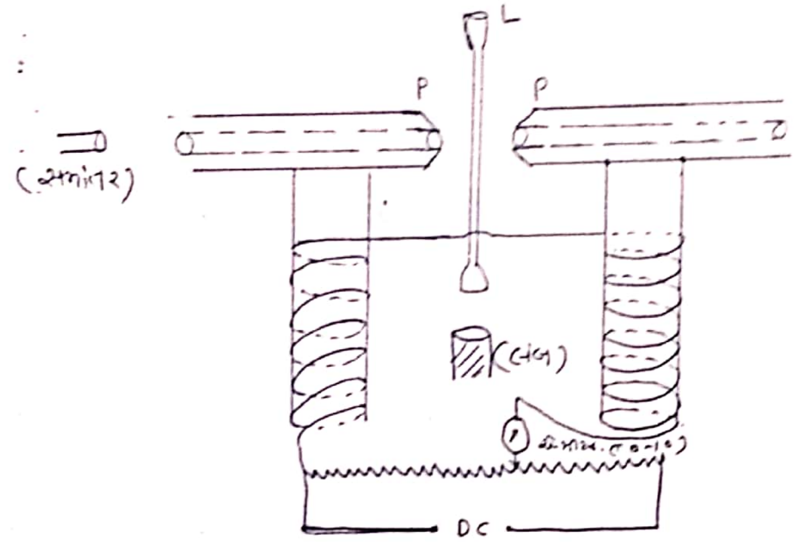
ધ્રુવીભવન ની સ્થિતી માટે.

$\Delta m_L = 0$ — π ધ્રુવીભવન

$\Delta m_L = \pm 1$ — σ ધ્રુવીભવન.

Que:- ઝીમાન અસર એટલે શું ? ઝીમાન અસરનો પ્રયોગ વર્ણવી તેનું અવલોકન જણાવો.

Ans:- " બાહ્ય ચુંબકીય ક્ષેત્રની હાજરીથી વર્ણપટ રેખાઓના વિભાજનની ઘટના ને ઝીમાન અસર કહે છે"



ઝીમાન અસરનો પ્રયોગ →

આકૃતિમાં દર્શાવ્યા અનુસાર PP વિદ્યુત ચુંબક કે જેની મદદથી 10,000 ગોસ જેટલું ચું.ક્ષેત્ર ઉત્પન્ન કરી શકાય છે. તેની ધ્રુવ નો ભાગ શંકુ આકારનો હોય છે. બંને વિદ્યુતચુંબકો વચ્ચે L ઉત્સર્જન સ્ત્રોત ને મુકવામાં આવે છે. સામાન્ય સ્પેક્ટ્રોમીટર નો સ્થિર સ્ત્રોત ને સમાંતર ગોઠવણી માં લાવે છે. સામાન્ય ઝીમાન અસર નાં અભ્યાસમાં કેડમિયમ ટ્યુબનો ઉપયોગ થાય છે. અસામાન્ય ઝીમાન અસર નાં અભ્યાસમાટે સોડિયમ, મરક્યુરી લેમ્પ નો ઉપયોગ કરી શકાય.

ઝીમાન અસર નાં અવલોકન બે રીતે લઈ શકાય

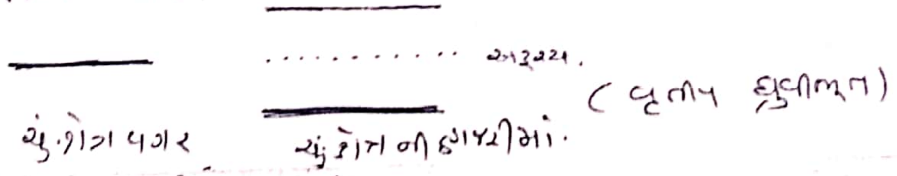
① સ્પેક્ટ્રોમીટર નું ટેલિસ્કોપ સું.ક્ષેત્ર ને લંબ

② સ્પેક્ટ્રોમીટર નું ટેલિસ્કોપ સું.ક્ષેત્ર ને સમાંતર ગોઠવી

(આ ગોઠવણી માટે ચુંબક સોંસરવા કાણા પાડેલ છે.)

અવલોકન :-

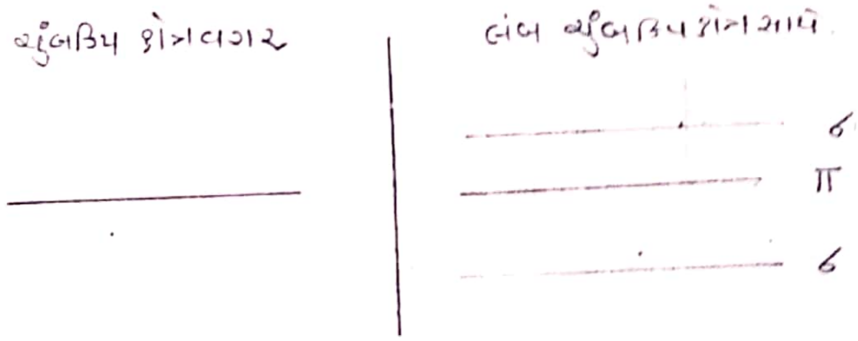
ચુંબકીય ક્ષેત્રને સમાંતર:- જ્યારે ચુંબક માંથી સું.ક્ષેત્રને સમાંતર અવલોકન લેવા માં આવે ત્યારે સું.ક્ષેત્ર ની ગે.હાજરીમાં જે રેખા દેખાય છે. તે સું.ક્ષેત્ર ની હાજરી અદૃશ્ય થાય છે અને તેના સ્થાને એક આછી અને એક ઘેરી રેખા તેની આસપાસ નાં સમાન માં દેખાય છે.



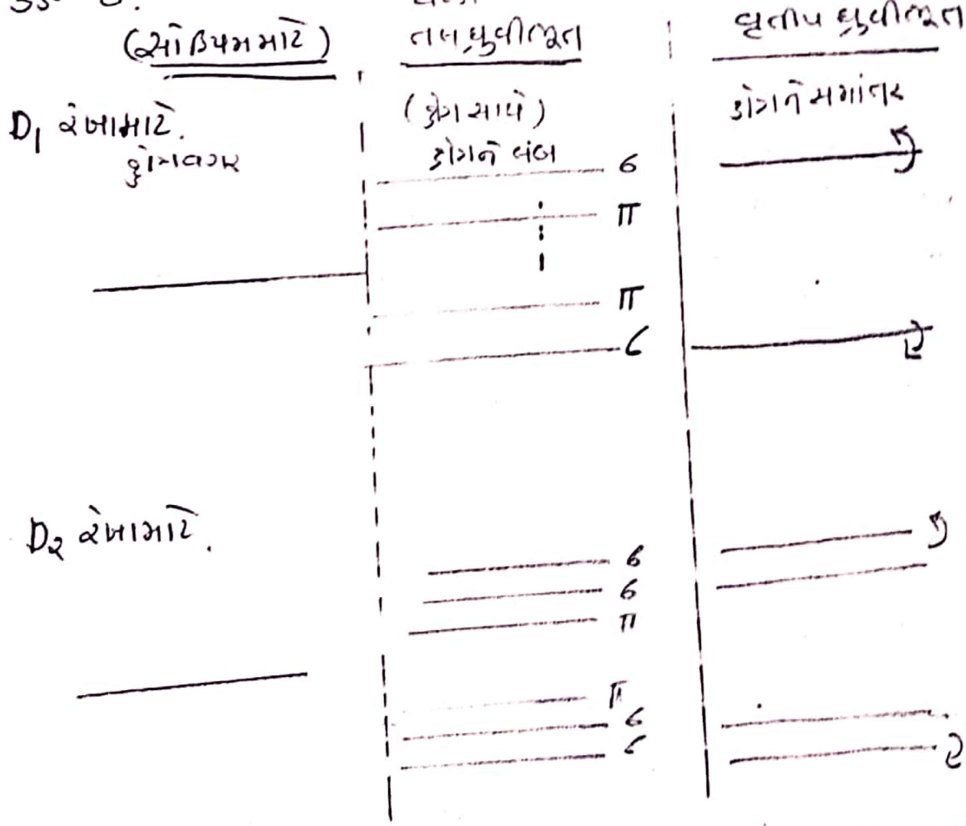
Scanned by CamScanner

(બ) ચુંબકિય ક્ષેત્રની અસર:- આ અવલોકન માં મૂળ રેખા અદ્રશ્ય થતી નથી અને તેની સાથે બન્ને બાજુ સંમિત રીતે બીજી બે રેખાઓ આમ એકને બદલે હવે ત્રણ રેખાઓ જોવા મળે છે. ત્રણેય રેખાઓ તલ ધ્રુવીભૂત હોવાનું જાણી શકાય છે.

વચ્ચેની રેખા (મધ્યરેખા) નાં વિકિરણ કંપનો ચુંબકિય ક્ષેત્રને સમાંતર હોય છે. તેથી તેને π વડે દર્શાવાય. નવી ઉત્પન્ન બન્ને રેખાઓનાં વિકિરણ નાં કંપનો ચુંબકિય ક્ષેત્રની દિશાને લંબ હોય છે. આ રેખાને σ વડે દર્શાવવા માં આવે છે જે નીચે ની આકૃતિમાં દર્શાવ્યું છે.



* **અસામાન્ય ઝીમાન અસર:-** સામાન્ય નબળા ચું. ક્ષેત્રમાં અથવા તેની અસર હેઠળ વર્ણપટ રેખાનું જટીલ વિભાજન ને અસામાન્ય ઝીમાન અસર કહે છે.



Que. અસામાન્ય ઝીમાન અસર સમજાવો? પરમાણુની કુલ ચુંબકીય માત્રા μ_j માટેનું સૂત્ર મેળવો.

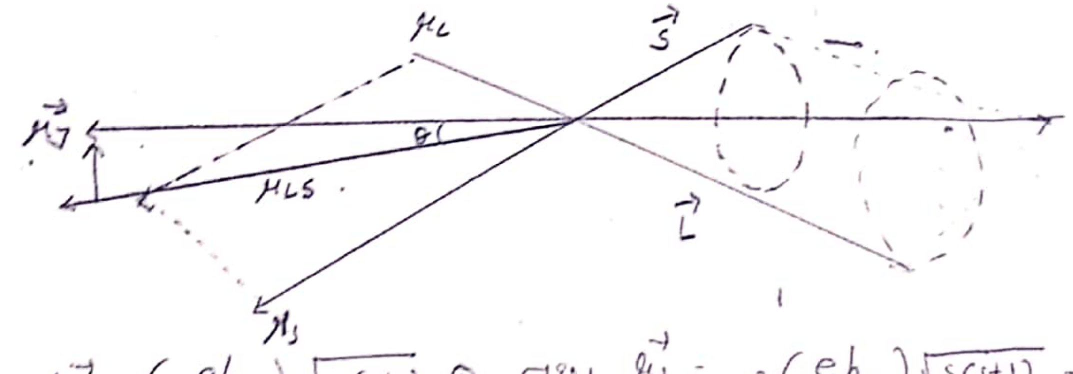
અસામાન્ય ઝીમાન અસર :- "નબળા ચુંબકીય ક્ષેત્રના અસર હેઠળ વર્ણપટ રેખાઓનું જટિલ વિઘટન ને અસામાન્ય ઝીમાન અસર કહે છે."

અથવા જે પરમાણુ માટે $S \neq 0$ હોય તથા પરમાણુઓની વર્ણપટ રેખા યોગ્ય ચુંબકીય ક્ષેત્રની હાજરીમાં ત્રણ કરતા વધારે ઘટક રેખામાં વિઘટન પામે છે. આ ઘટના ને અસામાન્ય ઝીમાન અસર કહે છે.

$S \neq 0$ હોવું મતલબ પરમાણુને કક્ષીય અને સ્પીન બંને કોણીય વેગમાન છે તથા તેના અનુરૂપે ઉત્પન્ન થતી ચુંબકીય આઘૂર્ણ μ_L તથા μ_S ને ધ્યાનમાં લેવી પડે. નબળા ચું. ક્ષેત્ર માં L,S યુગ્મન ચાલુ રહેશે તથા $\vec{L}, \vec{S}$ $\vec{J}$ ની આસપાસ પ્રિસેશન કરશે. તેથી $\vec{J}$ ને અનુલક્ષીને $\vec{\mu_j}$ મળે આ આઘૂર્ણ $\vec{\mu_j}$ નું બાહ્ય ચુંબકીય ક્ષેત્ર સાથે આંતરક્રિયા વર્ણપટ રેખાઓનું વિઘટન સમજાવશે. પ્રબળ ચુંબકીય ક્ષેત્ર અસર હેઠળ L અને S યુગ્મન કે જે નબળું ચુંબકીય આંતરક્રિયા છે તે તૂટી જાય છે અને L તથા S સ્વતંત્ર રીતે આંતરક્રિયા કરે છે.

હવે પ્રથમ μ_j નું સૂત્ર મેળવવા.

→ બાહ્ય ચુંબકીય ક્ષેત્રની ગેરહાજરીમાં (L,S) યુગ્મનને લીધે $\vec{L}$ અને $\vec{S}$ કુલ કોણીય વેગમાન સદિશ $\vec{J}$ ની અનુલક્ષીને પ્રિસેશન કરે છે; $\vec{J}$ અચળ રહે



$\vec{\mu_L} = \left(-\frac{eh}{4\pi m}\right)\sqrt{L(L+1)}$ —(1) તથા $\vec{\mu_S} = -2\left(\frac{eh}{4\pi m}\right)\sqrt{S(S+1)}$ —(2)

$\vec{\mu_L}$ સદિશ $\vec{L}$ કરતા $\left(\frac{e}{2m}\right)$ ગણો ને $\vec{L}$ ના વિરુદ્ધ તેમજ $\vec{\mu_S}$ $\vec{S}$ કરતા $2\left(\frac{e}{2m}\right)$ ગણો અને $\vec{S}$ ના વિરુદ્ધ દિશામાં.

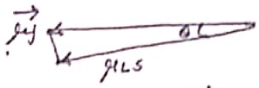
$\vec{\mu_S}$, $\vec{S}$ કરતાં બમણી તથા $\vec{\mu_L}$, $\vec{L}$ ફરતો લીધેલો હોવાને લીધે μ_{LS} ની દિશા $\vec{J}$ ની દિશા પર સંપાત થતી નથી.

હવે L તથા S બન્ને $\vec{J}$ ની આસપાસ પ્રિસેશન કરે છે તેથી $\vec{\mu_L}$ તથા $\vec{\mu_S}$ પણ J ની દિશાને અનુલક્ષીને પ્રિસેશન કરે છે

આ સ્થિતી માં μ_{LS} ને બે ઘટકો (i) j ને પ્રતિ સમાંતર (ii) $\vec{J}$ ને લંબ ધારો.

J ને લંબ દિશામાંના $\vec{\mu_{LS}}$ નાં ઘટકનું પ્રિસેશન દરમિયાન સરેરાશ શૂન્ય મળે છે.

માટે સમાંતર ઘટક ને ધ્યાનમાં લેતા.



$$\therefore \vec{\mu_j} = \vec{\mu_{LS}} \cos\theta.$$

$$\cos\theta = \frac{\vec{\mu_j}}{\vec{\mu_{LS}}}$$

$$\therefore \vec{\mu_j} = \vec{\mu_{LS}} \cdot \cos\theta.$$

$$\theta = \cos^{-1} \cdot \frac{\vec{\mu_j}}{\vec{\mu_{LS}}}$$

$$\vec{\mu_{LS}} = \vec{\mu_L} + \vec{\mu_S}$$

$\therefore$ $\vec{\mu_{LS}}$ નાં J દિશા પરનો ઘટક

= $\vec{\mu_L}$ નાં J દિશા પરનો ઘટક + $\vec{\mu_S}$ નાં J દિશા પરનો ઘટક

$\therefore \vec{\mu_j}$ = $\vec{\mu_L}$ નો j પરનો ઘટક + $\vec{\mu_S}$ નો j પરનો ઘટક.

$$= \vec{\mu_L} \cos\theta + \vec{\mu_S}(\cos\theta.)$$

$\cos(LJ)$ તથા $\cos(SJ)$

$$\cos(\hat{LJ}) = \frac{L(L+1) + J(J+1) - S(S+1)}{2\sqrt{L(L+1)}\sqrt{J(J+1)}}$$

$$\cos(\hat{SJ}) = \frac{S(S+1) + J(J+1) - L(L+1)}{2\sqrt{S(S+1)}\sqrt{J(J+1)}}$$

$$\therefore \vec{\mu_j} = \vec{\mu_L}\underbrace{\left\{\frac{L(L+1) + J(J+1) - S(S+1)}{2\sqrt{L(L+1)}\sqrt{J(J+1)}}\right\}}_{A} + \vec{\mu_S}\underbrace{\left\{\frac{S(S+1) + J(J+1) - L(L+1)}{2\sqrt{S(S+1)}\sqrt{J(J+1)}}\right\}}_{B}$$

$\vec{\mu_L}$ તથા $\vec{\mu_S}$ ના કિંમત મુકતા.

$$= \left(-\frac{eh}{4m\pi}\right)\sqrt{L(L+1)} \cdot A + (-2)\cdot\left(\frac{eh}{4m\pi}\right) \cdot B$$

$$\therefore \vec{\mu_j} = -\left(\frac{eh}{2\pi}\right)\cdot\left(\frac{1}{2m}\right)\cdot\left(\frac{L(L+1) + J(J+1) - S(S+1)}{2\sqrt{J(J+1)}}\right\}$$

$$+ (-2)\cdot\left(\frac{eh}{2\pi}\right)\cdot\left(\frac{1}{2m}\right)\cdot\left(\frac{S(S+1) + J(J+1) - L(L+1)}{2\sqrt{J(J+1)}}\right)$$

$$= -\left(\frac{eh}{2\pi}\right)\left(\frac{1}{2m}\right)\cdot\frac{1}{2\sqrt{J(J+1)}}\Big[L(L+1) + J(J+1) - S(S+1) + 2S(S+L) + 2J(J+1) - 2L(L+1)$$

$$= -\left(\frac{eh/2\pi}{2m}\right)\cdot\frac{1}{2\sqrt{J(J+1)}}\cdot\left\{3J(J+1)+S(S+1)-L(L+1)\right\}$$

$$= -\left(\frac{eh/2\pi}{2m}\right)\cdot\sqrt{J(J+1)}\left\{1+\underbrace{\frac{J(J+1)+S(S+1)-L(L+1)}{2J(J+1)}}\right\}$$

લેન્ડેનો અવયવ g_j

$$= \left(-\frac{eh/2\pi}{2m}\right)\cdot g_j\cdot\sqrt{J(J+1)}$$

= g_j ને લેન્ડેનો વિઘટન અવયવ કહે છે.

* <u>ઉર્જાસ્તરોમાં થતો ફેરફાર અને આવૃત્તિ માટે સૂત્ર</u>:-

μ_j જેટલી ચુંબકીય ચાકમાત્રા ધરાવતા પરમાણુને B તીવ્રતાવાળા સમાન ક્ષેત્રમાં મૂકવામાં આવે છે ત્યારે તેની ઉર્જામાં થતો ફેરફાર

= ચુંબકીય ક્ષેત્ર સાથે આંતરક્રિયાઉર્જા.

$$V_j = \vec{\mu_j}\cdot\vec{B}$$

$$= \overline{\mu_j}\cdot B\cdot\cos\theta. \qquad (\theta = \text{ખૂણો } \mu_j \text{ અને } B \text{ વચ્ચે})$$

B સાથે $\vec{J}$ એવા જ ખૂણા બનાવી ~~શકે~~ શકે કે જેથી તેના ઘટકો ક્ષેત્રની દિશા પરનાં ઘટકો.

$$m_j = J, (J-1), \ldots\ldots -J \text{ સુધી.}$$

$$\cos\theta = \frac{m_j}{\sqrt{J(J+1)}}$$

$\cos\theta$ તથા μ_j નાં મૂલ્યો મૂકતા.

$$V_j = -\left(\frac{eh/2\pi}{2m}\right)\cdot g_j\sqrt{J(J+1)}\cdot\frac{m_j}{\sqrt{J(J+1)}}$$

$$= -\left(\frac{eh/2\pi}{2m}\right)g_j\cdot m_j$$

ચું. ક્ષેત્ર લગાડયા અગાઉની સ્થાયી સ્તર ની ઉર્જા E_0' ધારીએ તો તેની ઉર્જાનાં થતો ફેરફાર,

$$E_{mj} - E_0' = -\left(\frac{eh/2\pi}{2m}\right) \cdot B \cdot g_j \, m_j \cdot$$

$$\therefore E_{mj}' = E_0' - \left(\frac{eh/2\pi}{2m}\right) \cdot B g_j' \cdot m_j'$$

તેવ જ પ્રમાણે $E_{mj}'' = E_0'' - \left(\frac{eh/2\pi}{2m}\right) B \cdot g_j'' m_j''$

$$E_{mj}' - E_{mj}'' = h\nu$$

$$h\bar{\nu} = E_0' - E_0'' - \left(\frac{eh/2\pi}{2m}\right) B \cdot \{ g_j' M_j' - g_j'' m_j'' \}.$$

$$\bar{\nu} = \frac{E_0' - E_0''}{h} - \left(\frac{e}{4\pi m}\right) \cdot B \cdot \{ g_j' m_j' - g_j'' m_j'' \}$$

$$\boxed{\bar{\nu} = \bar{\nu}_0 - (e/4\pi m) \cdot B \cdot \{ g_j' m_j' - g_j'' m_j'' \}}$$

આ સૂત્ર પરથી દરેક રેખાની આવૃત્તિ શોધી શકાય.

પસંદગીના નિયમ :-

$$\Delta m_j = 0, \pm 1$$

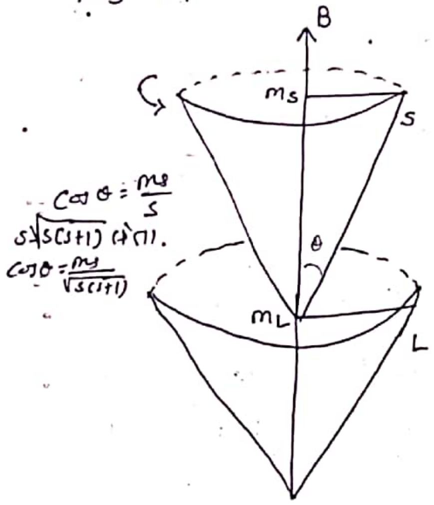
પાશ્ચન બેક અસર.

જ્યારે પરમાણુ ને પ્રમાણમાં નબળા ચુંબકીય ક્ષેત્ર $\vec{B}$ માં મૂકવામાં આવે છે ત્યારે $\vec{J}$ અને $\vec{B}$ વચ્ચે ની આંતરક્રિયા નબળી હોય છે. તેથી $\vec{J}$ નાં ($\vec{B}$ ની આસપાસ) પ્રિસેશન કરતા $\vec{L}$ અને $\vec{S}$ નાં $\vec{J}$ ની આસપાસ પ્રિસેશન વધારે ઝડપથી થાય છે. આ કારણ પ્રિસેશન આવૃત્તિ માટેનાં સૂત્ર

$$\nu_L = \left(\frac{eh/2\pi}{2m}\right)\cdot\left(\frac{B}{h}\right)$$

$\vec{B}$ નું મૂલ્ય વધે છે તેમ ν_L નું મૂલ્ય વધતું જાય છે. ν_L ને લાર્મોર આવૃત્તિ કહે છે.

ક્ષેત્ર B નું મૂલ્ય ક્રમશઃ વધારતા જતા. અને તબક્કે J નાં $\vec{B}$ ની આસપાસનાં પ્રિસેશન $\vec{L}$ અને $\vec{S}$ ની $\vec{J}$ ની આસપાસનાં પ્રિસેશન ઝડપ જેટલા થાય ત્યારે પરિસ્થિતિ જટિલ બને છે. $\vec{L}$ અને $\vec{S}$ નાં યુગ્મનમાં અંશતઃ ભંગાણ સંભવ અને $\vec{B}$ ની દિશાને અનુલક્ષીને પ્રિસેશન કરશે. $\vec{B}$ નું મૂલ્ય વધારતા અંતે L અને S નું $\vec{B}$ ની દિશાને



$\vec{L}$ અને $\vec{S}$ નું સ્વતંત્ર રીતે $\vec{B}$ ને અનુલક્ષીને અવકાશીય ક્વોન્ટમીકરણ થાય છે

$m_L = L, L-1, \dots -L$

$m_S = S, S-1, \dots -S$

* ઊર્જાસ્તરમાં થતો ફેરફાર.

1) સ્પીન ચુંબકીય ચાકમાત્રા ની ચુંબકીય ક્ષેત્ર સાથેની આંતરક્રિયાઓ.

$$E_S = -\vec{\mu_s}\cdot\vec{B} = -\mu_s\cdot B\cdot\cos\theta_1,$$

θ_1 = $\vec{\mu_s}$ અને $\vec{B}$ વચ્ચેનો ખૂણો

$$\mu_s = -2\left(\frac{eh/2\pi}{2m}\right)\cdot\sqrt{S(S+1)}$$

$$\therefore E_s = \left(\frac{eh/2\pi}{2m}\right)\cancel{\sqrt{S(S+1)}}\cdot B\cdot\frac{2m_s}{\cancel{\sqrt{S(S+1)}}} \qquad \cos\theta_1 = \frac{m_s}{\sqrt{S(S+1)}}$$

(1) $E_s = \left(\frac{eh/2\pi}{2m}\right)\cdot B\cdot 2m_s$ —(1).

તેજ પ્રમાણે કક્ષીય ચુંબકીય ચાકમાત્રા

(2) $E_L = \left(\frac{eh/2\pi}{2m}\right)B\cdot m_L$ —(2)

(3) પ્રબળ L-S યુગ્મન માટે. μ_L તથા μ_S વચ્ચેની આંતરક્રિયાઓને ધ્યાનમાં લેતા ગણી શકાય

$$\therefore \Delta E_{LS} = hA\cdot m_L\cdot m_S \quad —(3)$$

જ્યાં A ને સ્પીન-ઓરબીટ કપલિંગ અચળાંક અથવા (L-S) યુગ્મન અચળાંક કહે છે.

ચુંબકિય ક્ષેત્રની ગે.હાજરીમાં નિર્ધારિત સ્તરની ઊર્જા E_0 છે.

$$E = E_0 + E_L + E_s.$$

$$E = E_0 + \left(\frac{eh/2\pi}{2m}\right) \cdot B \cdot m_L + 2\left(\frac{eh/2\pi}{m}\right) \cdot Bm_s$$

$$E = E_0 + \left(\frac{eh/2\pi}{2m}\right) B \cdot [m_L + 2m_s)$$

ઉપલા સ્તર માટે (′) તથા નીચલા સ્તર માટે (″) વાપરતા,

$$E' = E_0' + \left(\frac{eh/2\pi}{2m}\right) \cdot B \cdot [m_L' + 2m_s'']$$

$$E'' = E_0'' + \left(\frac{eh/2\pi}{2m}\right) \cdot B \cdot [m_L'' + 2m_s'']$$

$$E' - E'' = E_0' - E_0'' + \left(\frac{eh/2\pi}{2m}\right) \cdot \underbrace{\left[(m_L' + 2m_s') - (m_L'' + 2m_s'')\right]}_{\substack{\text{Strong Field quantum Number.} \\ \text{પ્રબળ ક્ષેત્ર ક્વોન્ટમ નંબર}}}$$

સંક્રમણનો નિયમ

$$\Delta (m_L + 2m_s) = 0, \pm 1$$

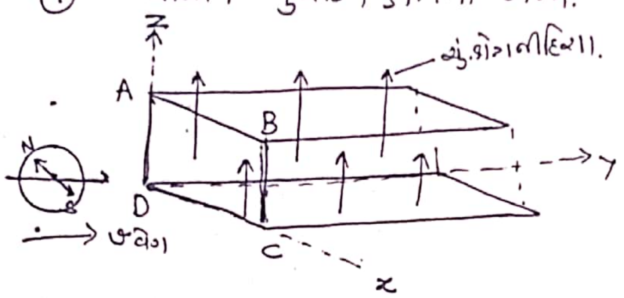
પ્રબળ ચું. ક્ષેત્રમાં J વ્યાખ્યાયિત કરી શકાતો નથી તેથી $P_{3/2}$, $P_{1/2}$ સારી સુવ્યાખ્યાયિત રહેતા નથી. આથી રૂપ કે D_1, D_2 ડબલેટ બનતી હતી તેની જગ્યાએ $(m_L + 2m_s)$ થી સારી નથી કરી. વર્ણપટ રેખાઓ નક્કી કરી શકાય.

Que: સ્ટર્ન-ગર્લાકનો પ્રયોગ:→

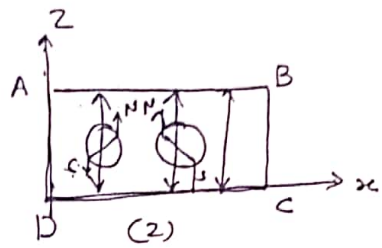
સ્ટર્ન-ગર્લાક નો પ્રયોગ વર્ણપટશાસ્ત્રમાં પરમાણુ અક્ષિરા નું માપન નો ઉપયોગ કરાયો છે. તેની પ્રત્યક્ષ સાબિતી માં પુરાવરૂપ છે. તેનાનાં પ્રયોગ માં અવકાશીય ક્વોન્ટમીકરણ ની સમસ્યા તે મુખ્ય બાબત હતી. આ પ્રયોગ ઈ.સ. ૧૯૨૨માં સ્ટર્ન ગર્લાક નાં સમાચાર થી પૂરો થયો.

સિદ્ધાંત:- પરમાણુ; ચુંબકીય ચાકમાત્રા ધરાવે છે. તેથી તે સૂક્ષ્મ ચુંબક જ હોય તો બાહ્ય ચું. ક્ષેત્ર મૂકીએ તો તેના પર બળ લાગે. આ બળ ચું. ક્ષેત્ર કેવું સ્વરૂપે કેરવું છે. તથા પરમાણુનું ચુંબકિય ક્ષેત્રમાં કેવી રીતે રહેશે તેના પર આધાર રાખે છે.

(1) સમાન ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં ગતિ.

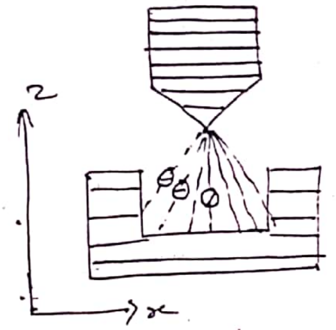


(1)



ઉપરોક્ત આકૃતિમાં દર્શાવ્યા અનુસાર z ને સમાંતર ચું. ક્ષેત્ર માં પરમાણુ v વેગથી દાખલ થાય ત્યારે બન્ને ધ્રુવ પર સરખું, પરસ્પર વિરોધી બળ લાગે છે જે ટોર્ક રચે છે. તેથી પરમાણુ [illegible] અનુભવ્યા સિવાય v વેગથી ચુ ક્ષેત્ર માં આગળ ગતિ કરવાનું ચાલુ રાખે છે.

(2) અસમાન ચુંબકીય ક્ષેત્ર



અસમાન ચું. ક્ષેત્રમાં પરમાણુને ગતિ કરાવતા ટોર્ક ઉપરાંત તેને વધારાની રેખીય ગતિ થાય તેવું બળ પણ લાગું પડે છે. આ માટે ચું. ક્ષેત્ર સારુ એવું બદલાતું હોવું જોઈએ. જેથી અસમાન બળ પ્રવર્તતા પરમાણુંને વધારાની રેખીય ગતિ મળે છે.

આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ અસમાન ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં ક્ષેત્રને લંબરૂપે v વેગથી પરમાણુ ત્રાંસી દિશામાં દાખલ થાય ત્યારે. ક્ષેત્રનું મૂલ્ય z ના અંતર સાથે વધતું જાય છે.

પરમાણુના ડાયપોલ પાસે ક્ષેત્ર B હોય તો N પાસે.

$$B + \frac{\partial B}{\partial z} \cdot l \cdot \cos\theta$$

$\frac{\partial B}{\partial z}$ = z અંતર સાથે B નો ફેરફાર દર્શાવે છે

l = પરમાણુંના ચુંબકની લંબાઈ

$F_S = Bp$ $\quad F_N = \left(B + \frac{\partial B}{\partial z} \cdot l \cdot \cos\theta\right) \cdot p$

$$F_N = Bp + \frac{\partial B}{\partial z} \cdot \mu_j \cos\theta.$$

જ્યાં p = ધ્રુવમાન.

$lp = \mu_j$ = પરમાણુંની ચુંબકીય ચાકમાત્રા.

F_S અને F_N માં Bp જેટલા સમાન સમાંતર બળો લાગતા કોઈ રેખીય ગતિ મળતી નથી. પરંતુ $\frac{\partial B}{\partial z} \cdot \mu_j \cdot \cos\theta$ જેટલા વધારાના બળથી પરમાણુંનું વિચલન થાય છે અને z દિશામાં થાય છે.

Z દિશામાં સ્થાનાંતર શોધીએ. ધારો કે તે L અંતર સુધી Y દિશામાં V વેગથી ક્ષેત્રમાં ગતિ કરે છે

ક્ષેત્રમાં પસાર થતાં લાગતો સમય

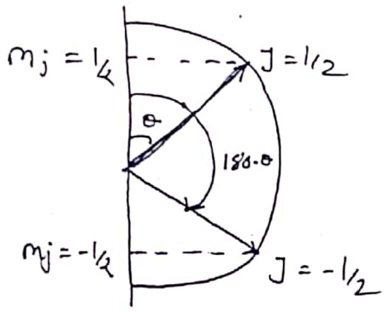
$$t = \frac{L}{V}$$

Z-દિશામાં પ્રવેગ = $\frac{\partial B}{\partial z} \cdot \mu_j \cdot \cos\theta / m$ M = પરમાણુનું દળ

Z-દિશામાં સ્થાનાંતર $D_z = \frac{1}{2} \times$ પ્રવેગ $\times$ (સમય)^2

$$= \frac{1}{2} \times \left(\frac{\partial B}{\partial z}\right) \frac{\mu_j \cos\theta}{m} \left(\frac{L}{V}\right)^2$$

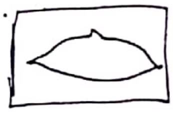
$$D_z = \frac{L^2}{2mV^2} \cdot \left(\frac{\partial B}{\partial z}\right) \mu_j \cos\theta$$



~~મધ્ય~~ મધ્યભાગમાં $\frac{\partial B}{\partial z}$ મહત્તમ હોય સ્થાનાંતર મહત્તમ હોય છે. માટે નીચે મુજબની આકૃતિ મળશે.

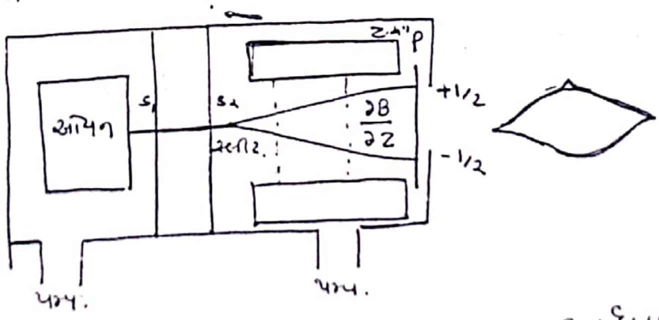
Fig-A

અહીં.



“જો અવકાશીય ક્વોન્ટમીકરણ ન થાય તો θ નું સતત મૂલ્ય હોત પરિણામે બે સ્પષ્ટ રેખાને બદલે સતત રેખા પટ્ટી જોવા મળત પણ તેવું થતું નથી”

- પ્રાયોગિક ગોઠવણી :-



પ્રયોગની ગોઠવણ અનુસાર Fig-A દર્શાવ્યા મુજબ ચુંબકીય ધ્રુવ રેખા અક્ષીય આકાર ધરાવતા ચુંબક પાસે ઊંચા થતા પ્રબળ ક્ષેત્ર બનાવે છે. ભઠ્ઠીમાં ગરમ કરી S_1, S_2 સ્લીટ ની મદદથી પરમાણુની સૂક્ષ્મ કિરણાવલી મળે છે. ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં કિરણાવલી આકૃતિ અનુસાર રેખા વિભાજન થયેલી જોવા મળે છે.

હીલીયમ માં $L=0$ તથા $S=0$ હોય ત્યાં $m_j=0$ આમ પ્રાયોગિક રીતે પણ રેખા નું વિભાજન જોવા મળતું નથી

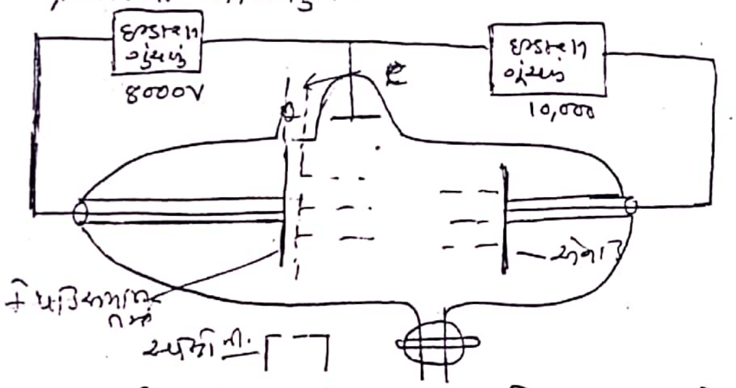
* સ્ટાર્ક અસર

વિદ્યુત ક્ષેત્રની અસર હેઠળ થતા વર્ણપટ રેખાઓના વિઘટનને સ્ટાર્ક અસર કહે છે.

→ સ્ટાર્ક અસરનો અભ્યાસ બે રીતે ઉપયોગી છે.

1. પરમાણુ ભેગા મળીને અણુ બનાવે છે, જેના ઈલેક્ટ્રોનિક ઊર્જાસ્તરોનો અભ્યાસ કરી શકાય.
2. જ્યારે અણુઓના માઈક્રોતરંગ અભ્યાસમાં અણુઓ ઉપર વિદ્યુતક્ષેત્ર લગાડવામાં આવે છે. ત્યારે અણુઓના વિદ્યુત દ્વિ-ધ્રુવીનું ચોકસાઈપૂર્વક માપન થઈ શકે છે.

→ પ્રાયોગિક ગોઠવણી:-



આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે અણુવાળો કેથોડ ધરાવતી કાચની ડિસ્ચાર્જ ટ્યુબમાં કેથોડ કિરણો ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. 3mm જેટલા નજીકના અંતરે P મૂકવામાં આવે છે. ડિસ્ચાર્જ નળી જરૂરી દબાણ રાખવામાં આવે છે. P અને C વચ્ચે ઉચ્ચ વિ. દબાણ રખાય છે. CP અંતર ઓછું હોય તો વિ.ક્ષેત્ર ઘણું મોટું મળે છે. મોટા વિ. ક્ષેત્રમાં ઈલેક્ટ્રોન ઊર્જાસ્તરમાં ફેરફાર થાય છે. આ વિભાગમાં આપણે વર્ણપટ રેખામાં વિઘટન જોઈ શકાય છે. વર્ણપટનું બે રીતે અવલોકન થઈ શકે છે. (1) ક્ષેત્રને લંબરૂપે (2) ક્ષેત્રને સમાંતર.