परमाणवीय भौतिकी

→ "पदार्थ की छोटी से छोटी इकाई परमाणु कहलाती है।"
यह कथन डाल्टन का सिद्धांत कहलाता है।
डॉल्टन के अनुसार परमाणु पदार्थ का एक मूल कण है, जिसका विभाजन संभव नहीं है।

physicshindi.com

→ थामसन द्वारा विसर्जन नलिका में कैथोड किरणों की खोज करने के पश्चात् पाया कि कैथोड किरणें ऋणावेशित कण उत्सर्जित करती हैं। इस प्रकार सभी पदार्थों में कैथोड के समान ऋणावेशित कण अथवा e^- पाये जाते हैं। अथवा सभी पदार्थ कैथोड के कैथोड के समान ऋणावेशित कण अथवा e^- उत्सर्जित करते हैं। सामान्यतया: सभी पदार्थों में e^- आवश्यक रूप पाये जाते हैं।

e^- ऋणावेशित कण है परन्तु परमाणु उदासीन होता है। अत: परमाणु में धनावेशित पदार्थ व e^- उपस्थित होने चाहिए।

थॉमसन के अनुसार धनावेशित पदार्थ एक गोले के रूप में उपस्थित वितरित होता है। जबकि e^- इस गोले के अन्दर अलग-2 बिन्दुओं पर उपस्थित होते हैं। (जैसें- तरबूज तथा उसके बीच में बीज)
यह परिकल्पना थॉमसन का परमाणु मॉडल कहलाती है।

→ स्पष्ट है कि, डॉल्टन का सिद्धांत गलत निर्धारित हो चुका है।

www.notesdrive.com

→ रदरफोर्ड के α-प्रकीर्णन प्रयोग की व्याख्या, थॉमसन के परमाणु मॉडल से करना संभव नहीं था। अतः इसे स्वीकार नहीं किया गया।

✡ रदरफोर्ड का α-प्रकीर्णन प्रयोग एवं परमाणु का नाभिकीय मॉडल :- (गाइगर व मार्सडन का प्रयोग, 1911)

→ रदरफोर्ड ने धातु की एक पतली पन्नी पर आपतित α कणों के प्रभाव का अध्ययन किया। α-कण एक हीलियम नाभिक ($_2He^4$) होता है। इसका द्रव्यमान हाइड्रोजन परमाणु के द्रव्यमान का लगभग चार गुना व आवेश +2e होता है।

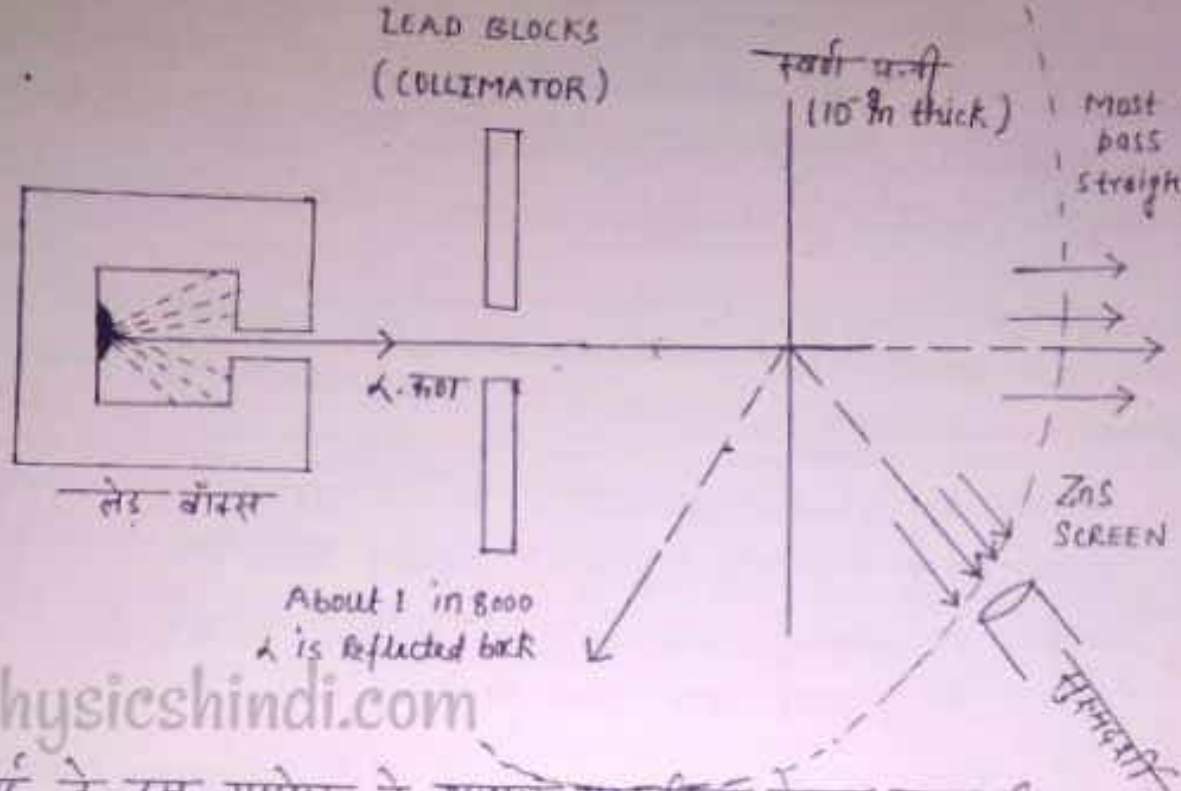
उन्होंने ने लेड बॉक्स में स्थित α-कण स्त्रोत (पोलोनियम, थोरियम, यूरेनियम etc) से उत्सर्जित α कणों के किरण पुंज को लेड की नलिका से गुजार कर संरेखित कर किरण पुंज के मार्ग में स्वर्ण धातु की पतली पन्नी को रखा।

यहाँ स्वर्ण पत्र इसलिए प्रयुक्त किया है क्योंकि सोने का नाभिक α-कणों की तुलना में 50 गुना अधिक भारी होता है। अतः प्रयोग के दौरान स्वर्ण नाभिक स्थायी रहता है। अतः स्वर्ण पत्र को पार करते समय α-कण का अधिक विक्षेप होता है तथा साथ ही स्वर्ण के अत्यधिक पतले पत्र बनाए जा सकते हैं।

इस स्वर्ण पत्र के पीछे एक प्रतिदीप्तिशील पदार्थ जिंक सल्फाइड से लेपित एक पर्दा रखा गया। जब α-कण पर्दे पर टकराते हैं तो पर्दे पर चमक उत्पन्न होती है। जो कि सूक्ष्मदर्शी में देखी जा सकती है। इस प्रकार विभिन्न दिशाओं में प्रकीर्णित α-कणों की संख्या ज्ञात की जा सकती है।

physicshindi.com

www.notesdrive.com



physicshindi.com

रदरफोर्ड ने इस प्रयोग के आधार पर निम्न प्रेक्षण प्राप्त किए :-

1. अधिकतर α-कण बिना प्रकीर्णित हुए, अपने पूर्व मार्ग की दिशा में स्वर्ण-पत्र के पार चले जाते हैं।
2. कुछ α कण 1° से अधिक कोण पर प्रकीर्णित होते हैं।
3. लगभग 8000, α कणों में से एक α-कण पीछे की ओर ($\theta > 90°$) प्रकीर्णित होजाता है।

निष्कर्ष -

1. अधिकतर α-कण स्वर्णपत्र को भेदकर पार निकल जाते हैं अतः परमाणु का अधिकतर भाग भीतर से खोखला है।
2. α-कणों के अधिक कोण पर प्रकीर्णन को समझाने हेतु रदरफोर्ड ने बताया गया कि परमाणु का समस्त धनावेश तथा द्रव्यमान एक अल्प भाग में केन्द्रित है

www.notesdrive.com

जिसे परमाणु का नाभिक कहते हैं।

3. नाभिक, e^- के एक आवरण/समूह द्वारा घिरा होता है। जिसका कुल ऋणावेश, नाभिक के धनावेश के समान होने के कारण परमाणु विद्युतीय उदासीन होता है।

रदरफोर्ड का नाभिकीय मॉडल तथा इसकी कमियां :-

• परमाणु का रदरफोर्ड मॉडल :-

1. परमाणु का अधिकतर द्रव्यमान व समस्त धनावेश एक सूक्ष्म भाग में संचित रहता है। जिसे परमाणु का नाभिक कहते हैं।
2. नाभिक का आकार ($\approx 10^{-15}$ m), परमाणु के आकार ($\approx 10^{-10}$ m) की तुलना में अत्यन्त अल्प होता है।
3. e^- नाभिक के चारो वृत्ताकार कक्षाओं में परिक्रमा करते हैं, जिसे आवश्यक अभिकेन्द्रीय बल नाभिक व e^- के मध्य स्थैतिक आकर्षण बल द्वारा प्रदान किया जाता है।
4. परिक्रमा करते e^- की संख्या नाभिक में उपस्थित धनावेश के बराबर होती है, अतः परमाणु विद्युत उदासीन होता है।

रदरफोर्ड मॉडल की कमियाँ -

1. वृत्तीय कक्ष में गतिशील e^- त्वरित होने के कारण विद्युत चुम्बकीय तरंगो के रूप में ऊर्जा उत्सर्जित करते हैं। अतः e^- की वृत्तीय कक्षा की त्रिज्या अन्ततः घटकर शून्य हो जावेगी जो कि सामान्य अनुभव के ठीक विपरीत है।

www.notesdrive.com

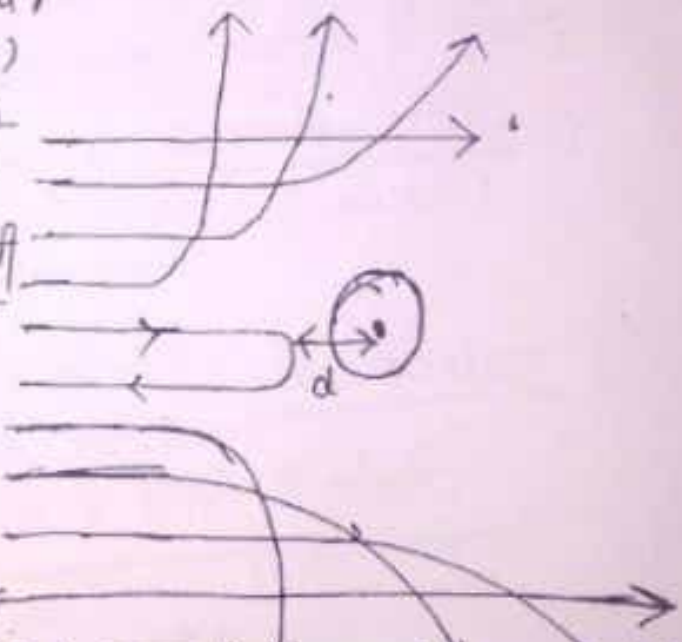
2. रदरफोर्ड के अनुसार परमाणु में e^- नाभिक के चारों ओर सभी संभव त्रिज्याओं की वृत्ताकार कक्षाओं में घूम सकता है। अर्थात electrons सभी संभव आवृत्तियों की विद्युत चुम्बकीय तरंगें उत्सर्जित करेंगे अर्थात् परमाणु द्वारा उत्सर्जित प्रकाश का स्पेक्ट्रम सतत् होगा।

परन्तु H तथा अन्य परमाणु द्वारा उत्सर्जित प्रकाश का रेखिल स्पेक्ट्रम प्राप्त होता है। अर्थात स्पेक्ट्रम में निश्चित आवृत्तियों की बारीक रेखाएँ प्राप्त होती हैं। यह मॉडल रेखिल स्पेक्ट्रम की व्याख्या करने में असफल रहा।

3. H-स्पेक्ट्रम में प्राप्त रेखाओं का विद्युत तथा चुम्बकीय क्षेत्र में विपाटन अर्थात स्टार्क व जीमेन प्रभाव की व्याख्या नहीं कर सका।

physicshindi.com

NOTE :- • समीपतम पहुँच की दूरी :- (d)
(Distance of closest Approach)



⇒ वह समीपतम दूरी जहाँ तक नाभिक की दिशा में गतिशील α कण विरामावस्था में आने से पूर्व पहुँच सके व फिर उसी मार्ग पर लौटकर आए, समीपतम पहुँच की दूरी कहलाती है।
इस दूरी द्वारा नाभिक के आकार का पता लगाया जाता है।
जब कोई α कण नाभिक ओर बढ़ता है तब प्रतिकर्षण बल का मान भी बढ़ता है। जब नाभिक व α-कणों के मध्य d के समान हो जावे तब α-कण विरामावस्था में आ जाता है। α कण की सम्पूर्ण K.E. तंत्र (नाभिक + α-कण) की स्थिरवैद्युत ऊर्जा में परिवर्तित हो जाती है अतः –

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{(Ze)(2e)}{d} \Rightarrow d = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{2Ze^2}{K.E.}$$

www.notesdrive.com

Ques. :- 2.5 MeV ऊर्जा के α-कण जो स्वर्ण पत्र ($Z = 79$) से प्रकीर्णित हो रहा है, के लिए निकटतम पहुँच की दूरी ज्ञात करो।

निकटम पहुँच की दूरी —

$$d = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{2Ze^2}{K.E.}$$

दिया गया है —

$K.E. = 2.5\ MeV$

$= 2.5 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19}\ J$

$K.E. = 4 \times 10^{-13}\ J$

$Z = 79$, $d = ?$

$$= \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 79 \times (1.6 \times 10^{-19})^2}{4 \times 10^{-13}}$$

$$= 9.10 \times 10^{-14}\ m.$$ Ans.

✡ बोर का परमाणु मॉडल :-
(BOHR'S ATOMIC MODEL)

बोर के अनुसार परमाणु मॉडल की निम्न परिकल्पनाएं हैं :-

1. नाभिक की अवधारणा :- परमाणु में एक सूक्ष्म घनावेशित केन्द्र है, (Nuclear Concept) है जहाँ परमाणु का सम्पूर्ण द्रव्यमान केन्द्रित माना जाता है यह केन्द्र परमाणु का नाभिक कहलाता है

2. क्वाण्टम शर्त :- नाभिक के चारो ओर e वृत्ताकार कक्षाओं में गतिशील है, तथा केवल वही वृत्तीय कक्षाएं स्थायी होती है, जिनमें e के कोणीय संवेग का मान $\frac{h}{2\pi}$ का पूर्णगुणज होता है।

$$mvr = \frac{nh}{2\pi}$$; जहाँ $n = 1, 2, 3, \ldots$ कक्षा की क्रम संख्या है।

3. स्थायी कक्षाएँ तथा आवृत्ति की शर्त -

जब e स्थायी कक्षा में गतिशील है, तब यह त्वरित गति करते हुए भी ऊर्जा उत्सर्जित नहीं करता।

physicshindi.com

www.notesdrive.com

यदि e^- एक स्थायी कक्षा से दूसरी स्थायी कक्षा में संक्रमण करता है, तब photon उत्सर्जित या अवशोषित करता है। फॉटोन की ऊर्जा, स्थायी कक्षाओं में e^- की ऊर्जाओं के अन्तर के समान होती है।

$$\boxed{E = h\nu = E_2 - E_1}$$

4. आवश्यक अभिकेन्द्रीय बल :-

e^- की वृत्तीय गति के लिए आवश्यक अभिकेन्द्रीय बल, विद्युत बल के रूप में प्रदान किया जाता है।

$$\boxed{\frac{mv^2}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{(Ze)e}{r^2}}$$

मुख्य क्वाण्टम संख्या n के रूप में त्रिज्या, वेग तथा ऊर्जा :-

- बोर की परिकल्पनाओं के अनुसार :-

$$mvr = \frac{nh}{2\pi} \quad \text{---- 1}$$

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{(Ze)(e)}{r^2}$$

$$mv^2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{Ze^2}{r} \quad \text{---- 2}$$

समी [2] में [1] का भाग -

$$\frac{mv^2}{mvr} = \frac{Ze^2/r.(4\pi\epsilon_0)}{nh/2\pi}$$

www.notesdrive.com

$$v = \frac{Ze^2}{2\epsilon_0 nh}$$

Put

$e = 1.6 \times 10^{-19}$

$h = 6.63 \times 10^{-34}$

$$v = 2.186 \times 10^6 \frac{Z}{n} \text{ m/s}$$

• For H-atom —

$Z = 1$ अतः —

$$\left[v = \frac{e^2}{2\epsilon_0 nh} \right]$$

⇒ H-atom की प्रथम कक्षा हेतु $n = 1$ अतः $v_1 = \frac{e^2}{2\epsilon_0 h} = 2.186 \times 10^6$ m/s

अथवा $v_1 = \frac{c}{137}$ m/s

⇒ राशि $\alpha = \frac{e^2}{2\epsilon_0 hc} = \frac{1}{137}$ एक विमाहीन नियतांक है, इसे सूक्ष्म संरचना नियतांक (Fine structure cons.) कहते हैं।

• प्रथम कक्षा हेतु —

$$\left[v_1 = \frac{c}{137} \right]$$

physicshindi.com

www.notesdrive.com

त्रिज्या - समी॰ 1 का वर्ग कर 2 का भाग लगाने पर -

$$\frac{m^2v^2r^2}{mv^2} = \frac{n^2h^2/4\pi^2}{\frac{\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot Ze^2}{r}} = \frac{\epsilon_0 n^2h^2 r}{\pi Ze^2}$$

$$r = \frac{\epsilon_0 n^2 h^2}{\pi m Ze^2}$$

$$r = 0.529 \times \frac{n^2}{Z}\ \text{Å}$$

• e^- की ऊर्जा :-

$$E = E_K + U$$

$$= \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Ze(-e)}{r}$$

$$= \frac{1}{2}\cdot\left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{Ze^2}{r}\right) - \left(\frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0\cdot r}\right)$$

$$E = -\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{Ze^2}{r}$$

$$= -\frac{Ze^2}{8\pi\epsilon_0\cdot r}$$

physicshindi.com

www.notesdrive.com

$r = \frac{\epsilon_0 n^2 h^2}{\pi m z e^2}$ रखने पर —

✡ $E = -\frac{m z^2 e^4}{8 \epsilon_0^2 h^2} \left(\frac{1}{n^2}\right)$

✡ $E = -13.6 \left(\frac{z^2}{n^2}\right) eV$

H-परमाणु के विभिन्न कक्षाओं e^- की ऊर्जाएँ —

$Z = 1$

$n = 1$, $E_1 = -13.6 eV$; मूल अवस्था

$n = 2$, $E_2 = -3.4 eV$; प्रथम उत्तेजित अवस्था

$n = 3$, $E_3 = -1.5 eV$; द्वितीय उत्तेजित अवस्था

$n = 4$, $E_4 = -0.85 eV$

$n \longrightarrow \infty$, $E_n = 0 eV$

⇒ मुख्य क्वाण्टम संख्या n का मान बढ़ाने पर e^- की ऊर्जा बढ़ती है परन्तु दो क्रमागत ऊर्जा स्तरों के मध्य ऊर्जा अंतराल घटता है।

physicshindi.com
www.notesdrive.com

7

Ques. H-परमाणु में द्वितीय उत्तेजित अवस्था में e^- की गतिज ऊर्जा क्या होगी ? यदि एक e^- द्वितीय उत्तेजित अवस्था से मूल अवस्था में कूदता है तो उत्सर्जित स्पेक्ट्रमी रेखा की तरंगदैर्ध्य ज्ञात करो ।

Sol. n वीं कक्षा में e^- की ऊर्जा –

$$E = -\frac{13.6}{n^2} \text{ eV}$$

द्वितीय उत्तेजित अवस्था हेतु –

$$n = 3$$

$$E_3 = -\frac{13.6}{(3)^3} = -1.5 \text{ eV}$$

अतः इसे. की गतिज ऊर्जा –

$$K.E. = -E = 1.5 \text{ eV}$$

जब e^-, $n = 3$ से $n = 1$ में कूदता है तब –

$$\Delta E = E_3 - E_1$$

$$= -\frac{13.6}{(3)^2} - \left(-\frac{13.6}{(1)^2}\right)$$

$$\Delta E = 12.09 \text{ eV}$$

अतः $\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{3 \times 10^8 \times 6.63 \times 10^{-34}}{12.09 \times 1.6 \times 10^{-19}}$

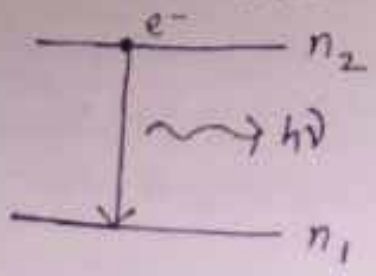
$$= 1.027 \times 10^{-7} \text{ m}$$

physicshindi.com

www.notesdrive.com

→ यदि e^- का संक्रमण उच्च ऊर्जा स्तर n_2 से निम्न ऊर्जा स्तर n_1 पर होता है तब उत्सर्जित फोटोन की ऊर्जा —

$$\Delta E = E_{n_2} - E_{n_1} = h\nu$$



$$\Delta E = \frac{mz^2e^4}{8\epsilon_0^2 h^2}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) = h\nu$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{mz^2e^4}{8\epsilon_0^2 h^3 c}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2}\right)$$

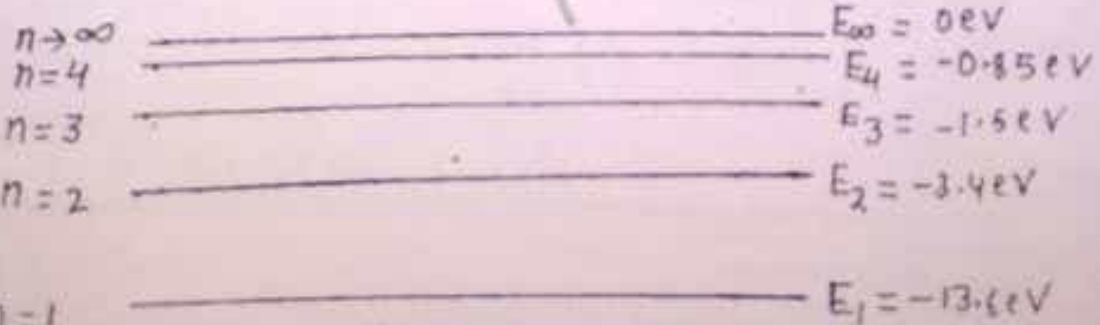
$$\boxed{\frac{1}{\lambda} = RZ^2\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)}$$

- यहाँ $\frac{1}{\lambda}$ को तरंग संख्या कहते हैं, जिसे $\bar{\nu}$ द्वारा प्रदर्शित करते हैं।
- $R = \frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^3 c}$ = रिडबर्ग नियतांक

$= 1.09737 \times 10^7 \, m^{-1}$

physicshindi.com

हाइड्रोजन की स्पेक्ट्रम की विभिन्न श्रेणियाँ :-

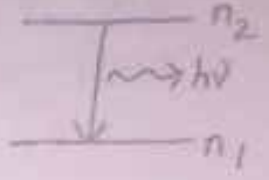


www.notesdrive.com

उपरोक्त graph H परमाणु के ऊर्जा-स्तरो को प्रदर्शित करता है।

यदि e का संक्रमण n_2 स्तर से n_1 स्तर पर हो तब उत्सर्जित फोटोन की तरंगदैर्ध्य —

$$\frac{1}{\lambda} = \bar{\nu} = R\left[\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right] \; ; \; Z=1$$



1. लाइमन श्रेणी :-

H-परमाणु में e^- उच्च कक्षाओ से प्रथम कक्षा पर आए तब स्पेक्ट्र में प्राप्त विभिन्न रेखाओ के समूह को लाइमन श्रेणी कहते है।

- लाइमन श्रेणी के लिए —

$$n_1 = 1 \; , \quad n_2 = 2, 3, 4, \cdots$$

$$\frac{1}{\lambda} = R\left[\frac{1}{1} - \frac{1}{n_2^2}\right]$$

- लाइमन में यदि e^- द्वितीय कक्षा से प्रथम कक्षा पर आए तब लाइमन श्रेणी की प्रथम रेखा प्राप्त होती है।
इसी प्रकार e^- तृतीय कक्षा से प्रथम कक्षा पर आए तब लाइमन श्रेणी की द्वितीय रेखा प्राप्त होती है।

- H परमाणु के कारण प्राप्त लाइमन श्रेणी पराबैंगनी क्षेत्र में प्राप्त होती है।

www.notesdrive.com

2. बामर श्रेणी –

यदि e^- का संक्रमण उच्च कक्षाओं से द्वितीय कक्षा पर हो तब स्पेक्ट्रम में प्राप्त विभिन्न रेखाओं के समूह को बामर श्रेणी कहते हैं।

अर्थात बामर श्रेणी के लिए $n_1 = 2$, $n_2 = 3, 4, 5, \cdots$

$$\frac{1}{\lambda} = R\left[\frac{1}{(2)^2} - \frac{1}{n_2^2}\right]$$

बामर श्रेणी दृश्य क्षेत्र में प्राप्त होती है। अर्थात बामर श्रेणी में प्राप्त रेखाओं की तरंगदैर्ध्य 4000Å से 8000 Å तक होती है।

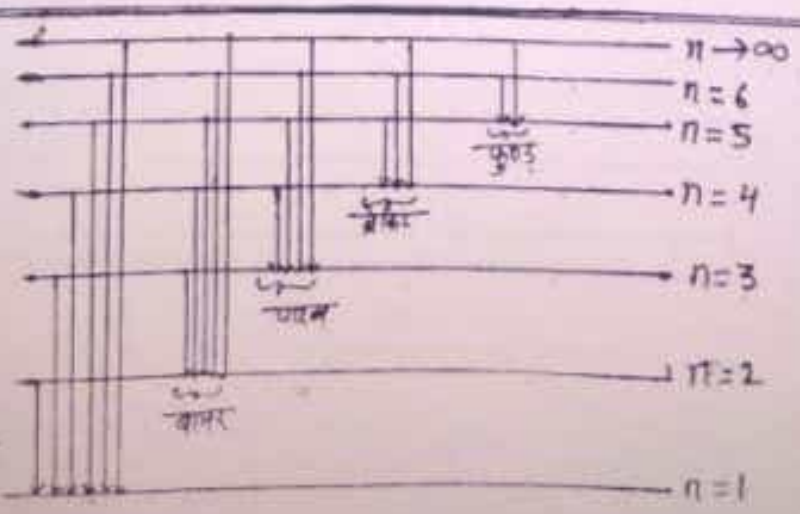
3. पाश्चन श्रेणी – $n_1 = 3$, $n_2 = 4, 5, 6, \cdots$ तथा अवरक्त क्षेत्र

$$\frac{1}{\lambda} = R\left[\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n_2^2}\right]$$

4. ब्रेकिट श्रेणी – $n_1 = 4$, $n_2 = 5, 6, 7, \cdots \cdots$; अवरक्त क्षेत्र

$$\frac{1}{\lambda} = R\left[\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n_2^2}\right]$$

5. फुण्ड श्रेणी – $n_1 = 5$, $n_2 = 6, 7, 8 \cdots$; दूरस्थ अवरक्त क्षेत्र।



www.notesdrive.com

Q. बामर श्रेणी की प्रथम रेखा की तरंगदैर्ध्य 6563 Å है। लाइमन श्रेणी की प्रथम रेखा की तरंगदैर्ध्य ज्ञात करो।

∵ बामर श्रेणी की प्रथम रेखा के लिए —

$$\frac{1}{\lambda_B} = R\left[\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right] = R \times \frac{5}{36}$$

$$\frac{1}{\lambda_L} = R\left[\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}\right] = R \times \frac{3}{4}$$

$$\frac{\lambda_L}{\lambda_B} = \frac{R \times 5/36}{R \times 3/4} = \frac{5}{27}$$

$$\lambda_L = \frac{5}{27} \times \lambda_B = \frac{5}{27} \times 6563 = 121.5\,A^\circ$$

www.notesdrive.com

Note- H-परमाणु के स्पेक्ट्रम मे X-किरणे प्राप्त नहीं होती। क्योंकि H-परमाणु के लिए e- के ऊर्जास्तर परस्पर कम ऊर्जा अन्तराल पर प्राप्त होते हैं तथा किसी संक्रमण मे अधिकतम ऊर्जा 13.6eV प्राप्त हो सकती है तथा यह पराबैंगनी क्षेत्र मे प्राप्त होती है।

Qu.1:- यदि H-परमाणु मे e- अधिकतम चौथी कक्षा तक ही जा सकता हो तब स्पेक्ट्रम मे प्राप्त रेखाओं की सं. क्या होगी

कुल रेखाओं की संख्या = 6

~~H-परमाणु मे स्पेक्ट्रम~~

☆ बोर परमाणु मॉडल की कमियाँ / दोष:-

1. बोर के द्वारा प्रस्तुत परमाणु-संरचना यद्यपि H-स्पेक्ट्रम की लगभग व्याख्या करने मे सक्षम थी। परन्तु H-स्पेक्ट्रम की सूक्ष्म संरचना की व्याख्या नहीं कि जा सकती।
2. बोर द्वारा e- की वृत्तीय पथ मे गति मानी गई थी। परन्तु e- का पथ वृत्ताकार तथा दीर्घवृत्ताकार दोनों संभव थे।
3. e- की कक्षीय गति के अतिरिक्त चक्रण गति भी होती है। परन्तु बोर मॉडल मे चक्रण गति का कोई वर्णन प्रस्तुत नहीं है।
4. बोर मॉडल की सहायता से जीमान प्रभाव की व्याख्या नहीं की जा सकती।
5. बोर मॉडल मे e- को कण के रूप मे माना जाता है जबकि वर्तमान मे क्वांटम यांत्रिकी के अनुसार e- का व्यवहार तरंग के समान है तथा इसकी उपस्थिति की केवल प्रायिकता निर्धारित की जा सकती है।

☆ आयनन ऊर्जा:- किसी परमाणु से e- मुक्त कराने के लिए आवश्यक न्यूनतम ऊर्जा को आयनन ऊर्जा कहते हैं।

आयनन की प्रक्रिया मे e- अपनी कक्षा को छोड़कर नाभिक के प्रभाव क्षेत्र से दूर चला जाता है।

www.notesdrive.com