परमाणु संरचना

प्राक्कथन

जब कभी भी हम वास्तविक दुनिया की किसी समस्या के बारे में सोचते है, हमारे मस्तिष्क में वे चीजें आती है जो परमाणु रूपी सूक्ष्म प्राथमिक ईकाईयों से मिलकर बनी होती है।

जहाँ तक सम्पूर्ण रसायन विज्ञान का सम्बन्ध है, इसमें हमें रसायनों या यौगिकों का अध्ययन करना होता है जो तत्वों से मिलकर बने होते है। प्रत्येक तत्व के परमाणु की विशिष्ट संरचना के कारण उस तत्व की अपनी एक अलग पहचान होती है। इसीलिये परमाणुओं की संरचना तथा उससे संबंधित विभिन्न सिद्धान्तों के बारे में जानना हमारे लिये नितान्त आवश्यक है।

इस अध्याय को पूर्ण करने के पश्चात्

1. आप किसी परमाणु की वास्तविक संरचना को स्पष्ट करने के लिये किये गये उत्कृष्ट अन्वेषणों के बारे में जान पायेंगे।
2. विद्युत–चुम्बकीय विकिरणों, विभिन्न स्पेक्ट्रमों तथा उनके गुणों की व्याख्या कर पायेंगे।
3. नाभिक के चारों ओर घूमते इलेक्ट्रॉन का चित्रण तथा उसकी ऊर्जा, वेग एवं वृत्तीय पथ की त्रिज्या की गणना कर पायेंगे।
4. कुछ अन्य अत्याधुनिक परमाणु मॉडलों जैसे तरंग यॉंत्रिकी मॉडल जिसके अंतर्गत कक्षक अभिधारणा तथा उनके आकारों के बारे में जान पायेंगे
5. क्वाण्टम संख्याओं तथा उनके महत्व की व्याख्या कर पायेंगे।
6. समस्त तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास को लिखने के तरीकों तथा विभिन्न सिद्धान्तों के बारे में जान पायेंगे।

यह पुस्तिका इस अध्याय में उपयोग होने वाली सभी संकल्पनात्मक (theory) तथा प्रायोगिक व्याख्याओं को सम्मिलित रखती है। प्रत्येक टॉपिक की थ्योरी के साथ उदाहरण दिये गये हैं। प्रत्येक टॉपिक के थ्योरी भाग के अन्त में सभी तरह के मिश्रित (miscellaneous) साधित (solved) उदाहरण दिये हुए हैं, जो इस अध्याय की सभी संकल्पनाओं के अनुप्रयोग को स्पष्ट करते हैं।

विद्यार्थियों को सलाह दी जाती है, कि प्रत्येक विद्यार्थी इन सभी हल किये उदाहरणों को अवश्य पढ़ें एवं समझें। ऐसा करने से इनसे सम्बन्धित टॉपिक को अच्छी तरह समझने में मदद मिलेगी।

अध्याय **परमाणु संरचना** में प्रश्नों की संख्या :

अध्याय में उदाहरण	....	26
हल सहित उदाहरण	....	27
कुल प्रश्नों की संख्या	....	**53**

1. सामान्य परिचय

(a) वैज्ञानिक जगत में परमाणु शब्द का उपयोग सर्वप्रथम **ओस्टवाल्ड** द्वारा किया गया।

(b) इनके अनुसार पदार्थ / द्रव्य अतिसुक्ष्म अविभाजित कणों से मिलकर बना होता है जिसे परमाणु कहते हैं।

(c) यह रासायनिक अभिक्रियाओं में भाग लेता हैं।

(d) परमाणु को न तो बनाया जा सकता हैं न ही नष्ट किया जा सकता हैं।

2. डॉल्टन का परमाणु सिद्धान्त

डाल्टन ने स्थिर अनुपात का नियम तथा द्रव्यमान संरक्षण के नियम के आधार पर परमाणु सिद्धान्त का प्रतिपादन किया। उसने, इस सिद्धान्त के तर्क संगत क्रम के आधार पर गुणित अनुपात के नियम का भी प्रतिपादन किया।

इस सिद्धान्त के कुछ तथ्य निम्न हैं –

(a) प्रत्येक तत्त्व अतिसूक्ष्म कणों से मिलकर बना होता है जिसे परमाणु कहते हैं।

(b) निश्चित तत्त्व के सभी परमाणु एक से जबकि अन्य के भिन्न प्रकार के होते हैं।

(c) परमाणु प्रत्येक तत्त्व का अन्तिम कण है, जिसका द्रव्यमान होता है लेकिन कोई संरचना नहीं होती।

(d) परमाणु अविभाज्य है अर्थात न तो इसको बनाया जा सकता हैं, न ही नष्ट किया जा सकता हैं।

(e) तत्त्व के परमाणु रासायनिक अभिक्रिया में भाग लेकर अणु का निर्माण करते हैं।

(f) दिये गये यौगिक में आपेक्षिक परमाणुओं की संख्या तथा प्रकृति समान होती हैं।

(g) विभिन्न तत्त्वों के परमाणु निश्चित, पूर्णाक संख्या तथा अनुपात में जुड़कर संयुक्त परमाणुओं (जिन्हे अब अणु कहा जाता हैं) का निर्माण करते हैं।

2.1 डॉल्टन सिद्धान्त के गुण एवं दोष

2.1.1 गुण :

(a) डॉल्टन सिद्धान्त द्रव्यमान संरक्षण के नियम तथा कुछ अन्य रासायनिक संगुणन के नियमों की व्याख्या करता है।

(b) तत्त्व के परमाणु रासायनिक अभिक्रिया में भाग लेते हैं यह आज तक सत्य है।

2.1.2 दोष :

(a) तत्त्व के परमाणु भार की कोई व्याख्या नहीं की गई।

(b) वह एक ही तत्त्व के परमाणुओं के जुड़ने की व्याख्या नहीं कर सका।

(c) निश्चित अनुपात का नियम समस्थानिको के योग के लिये असफल हो जाता हैं।

3. परमाणु के मूलभूत कण

3.1 इलेक्ट्रॉन के गुण

(a) इलेक्ट्रॉन की खोज सर जे. जे. थामसन द्वारा की गई।

(b) इलेक्ट्रॉन पर आवेश (e) 1.6×10^{-19} कूलॉम / ग्राम (मिलिकन) हैं।

(c) इलेक्ट्रॉन का मोल भार 5.48×10^{-4} ग्राम / मोल हैं।

(d) गतिशील इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान निम्न प्रकार दिया जाता हैं।

$$m' = \frac{m}{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{1/2}}$$

जहाँ m' = गतिशील इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान

m = इलेक्ट्रॉन का विराम में द्रव्यमान,

v = इलेक्ट्रॉन का वेग

c = प्रकाश का वेग

(e) विद्युत या चुम्बकीय क्षैत्र में विक्षेपण के अध्ययन के अनुसार सन् 1897 में जे. जे. थामसन ने इलेक्ट्रॉन के लिये e/m मान (आवेश / द्रव्यमान) ज्ञात किया।

इलेक्ट्रॉन का e/m = $(-)1.7588 \times 10^{8}$ कूलॉम

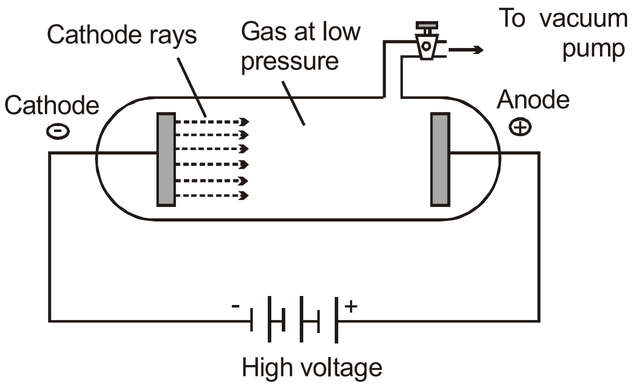
(f) प्रथम बार सही **इलेक्ट्रॉन आवेश की गणना मिलिकन** द्वारा 1909 में तेल बिन्दु प्रयोग द्वारा की गई।

e (आवेश) = $(-)\ 1.6022 \times 10^{-19}$ कूलॉम

(g) आवेश (e) तथा e/m की गणना के आधार पर इलेक्ट्रॉन के द्रव्यमान की गणना भी की गई।

$$m = \frac{e}{e\backslash m} = 9.1096 \times 10^{-31} \text{ किग्रा.}$$

3.1.1 कैथोड किरणें

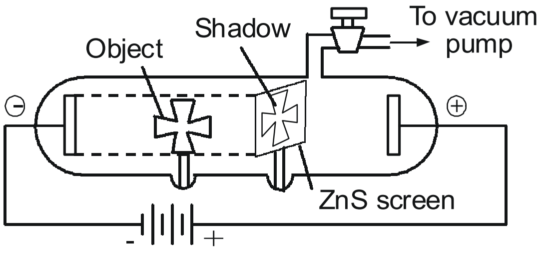


(a) इलेक्ट्रॉन की खोज, विर्सजन नलिका में अत्यन्त निम्न दाब पर भरी गैस से विद्युत–धारा प्रवाहित करने के परिणाम स्वरूप हुयी। (विर्सजन–नलिका प्रयोग)

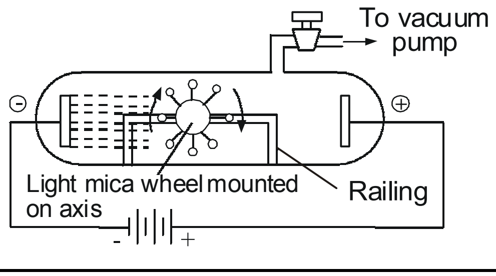
(b) जब इलेक्ट्रोड़ों के मध्य 10,000 वोल्ट या इससे उच्च विभव प्रवाहित किया जाता हैं तो कुछ अदृश्य किरणे केथोड से एनोड़ की तरफ गति करती हैं जिसे कैथोड किरणें कहा जाता हैं।

(c) कैथोड किरणों में निम्न लक्षण पाये जाते हैं –

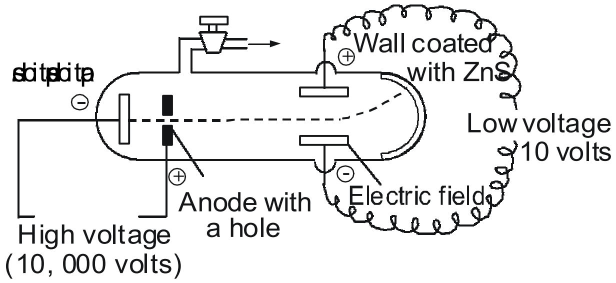
(i) कैथोड किरणें उच्च वेग से सीधी रेखा में गमन करती हैं तथा अपने पथ में उपस्थित वस्तु की छाया निर्मित होती हैं



(ii) इसके पथ में उपस्थित वस्तु को यांत्रिाक गति प्रदान करती हैं, जिससे यह इंगित होता है कि कैथोड किरणें कणों से निर्मित होती हैं।



(iii) जब विसर्जन नलिका के विद्युत क्षेत्र या चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है तो कैथोड किरणें विक्षेपित हो जाती हैं अर्थात ये आवेशित कणों से मिलकर बनी हैं।



(iv) कैथोड किरणें कठोर धातु जैसे–टंगस्टन, ताँबा आदि से टकराती हैं तो X – विकिरण उत्पन्न करती हैं।

(v) यदि कैथोड किरणो को पतली धात्विक पन्नी पर बौछार किया जाता हैं तो पन्नी गरम हो जाती हैं अर्थात इन किरणों में गर्म करने की क्षमता उपस्थित हैं।

(vi) एनोड के पार जब ये किरणें काँच की दीवार से टकराती है तो हरे रंग की प्रतिदिप्ती उत्पन्न होती हैं, तथा जिंक सल्फाइड पर्दे से टकराने पर प्रकाश उत्पन्न करती हैं।

(vii) धातु या एल्युमिनियम की पतली पट्टी को भेद देती हैं।

(viii) फोटोग्राफिक प्लेट को प्रभावित करती हैं।

(ix) आवेश व द्रव्यमान का अनुपात जो कि e/m है, यह सभी कैथोड किरणों के लिये समान होता है यह विसर्जन नलिका में भरी गैस पर निर्भर नहीं करता हैं।

3.2 प्रोटॉन के गुण

(a) प्रोटॉन की खोज गोल्डस्टीन द्वारा की गई।

(b) प्रोटॉन पर इकाई धनावेश अर्थात + 1.602×10^{-19} कूलाम होता हैं।

(c) प्रोटॉन का द्रव्यमान 1.672×10^{-27} kg या 1.0072 (प. द्र. ई.) होता हैं।

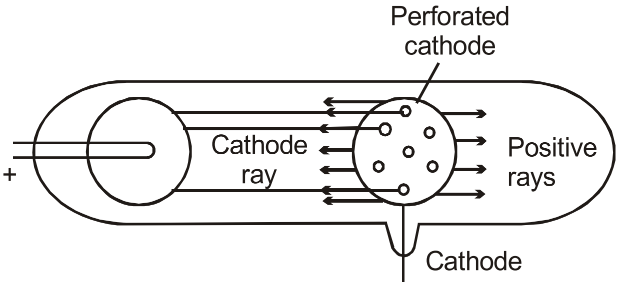
(d) प्रोटॉन को अधि–परमाणु कण (sub-atomic particle) के रूप में परिभाषित किया गया, जिसका द्रव्यमान 1 amu तथा आवेश +1 इकाई हैं।

3.2.1 धनात्मक किरणें या एनोड किरणें तथा प्रोटॉन की खोज

(a) परमाणु में धनात्मक आवेशित कण की उपस्थिति सर्वप्रथम ई. गोल्डस्टीन ने 1886 में दर्शाई।

(b) गोल्डस्टीन ने इस प्रयोग की छिद्राकार कैथोड के साथ पुनरावृत्ति की।

(c) जब इलेक्ट्रोडो के मध्य उच्च विभव लगाया गया तो पाया कि कैथोड से एनोड की तरफ किरणों के प्रवाह के साथ साथ एनोड से कैथोड की तरफ भी विकिरण गति करते हैं जो कैथोड के छिद्रो के आर पार निकल जाते हैं। जिसे कैनाल किरणें या एनोड किरणें कहा जाता हैं।



(d) एनोड किरणों के निम्न लक्षण हैं –

(i) एनोड किरणें उच्च वेग से सीधी रेखा में गमन करती हैं तथा अपने पथ में उपस्थित वस्तु की छाया निर्मित होती हैं

(ii) चुम्बकीय या विद्युत क्षैत्र द्वारा इनका विक्षेपण कैथोड किरणों से विपरित होता हैं अर्थात ये धनावेशित होती हैं।

(iii) इन किरणों में गतिज ऊर्जा होती है तथा ये ऊष्मीय प्रभाव दर्शाती हैं।

(iv) इनका e/m अनुपात इलेक्ट्रॉन से कम होता है अर्थात ये e से भारी हैं।

(v) कैथोड किरणों से विपरित इनका e/m अनुपात विसर्जन नलिका में भरी गैस की प्रकृति पर निर्भर करता हैं अर्थात गैस बदलने पर अनुपात भी बदल जाता हैं।

(vi) ZnS पर्दे पर टकराने पर प्रकाश की चमक उत्पन्न करती हैं।

(vii) ये किरणें पतली धात्विक पन्नी को ही पार कर सकती हैं।

(viii) ये गैसों का आयनीकरण करने में सक्षम हैं।

(ix) ये भौतिक तथा रासायनिक परिवर्तन उत्पन्न करती हैं।

3.3 न्यूट्रॉन के गुण

(a) रदरफोर्ड द्वारा परमाणु संरचना के निर्धारण के 20 वर्ष बाद इसकी खोज की गई।

(b) सभी परमाणुओं (हाइड्रोजन के अलावा) का परमाणु भार उनके परमाणु क्रमांक से अधिक होता हैं, इसलिये रदरफोर्ड ने बताया कि परमाणु में तीन मूलभूत कण पाये जाते हैं।

(c) यह विद्युत उदासीन होता है तथा इसका द्रव्यमान प्रोटोन के लगभग बराबर हैं, विद्युत उदासीन होने के कारण इसका नाम न्यूट्रॉन रखा गया।

(d) जैम्स चैडविक (1932), ने बेरिलियम पर α – कणों की बौछार द्वारा विद्युत तथा चुम्बकीय उदासीन विकिरण प्राप्त किये।

(e) नाभिकीय अभिक्रिया निम्न प्रकार सम्पन्न होती हैं।

$${}_4Be^9 + {}_2He^4 \longrightarrow {}_6C^{12} + {}_0n^1$$

(f) न्यूट्रॉन अधिपरमाण्विक कण है जिसका द्रव्यमान 1.675×10^{-24} ग्राम या लगभग 1 amu अर्थात लगभग प्रोटोन के द्रव्यमान के बराबर तथा इस पर कोई आवेश नहीं होता हैं।

Examples based on परमाणु के मूलभूत कणों पर आधारित

उदा.1 कैथोड किरणो के लिये e/m मान –

(A) विसर्जन नलिका में भरी गैस तथा एनोड की प्रकृति से प्रभावित नहीं होता हैं।

(B) नियत (स्थिर) रहता हैं।

(C) (–) 1.7588×10^8 कूलॉन / ग्राम

(D) उपरोक्त सभी **उत्तर-(D)**

हल. कैथोड किरणे इलेक्ट्रॉन है जो पदार्थ के आधारभूत व अनिवार्य कण हैं।

उदा.2 निम्न में से किसका e/m अनुपात उच्चतम होता हैं –

(A) He^{2+} (B) H^+

(C) He^{1+} (D) H **उत्तर-(B)**

हल. H^+ का द्रव्यमान निम्नतम होता हैं।

उदा.3 निम्न कणों को e/m अनुपात के बढते क्रम में व्यवस्थित करों

इलेक्ट्रॉन (e), प्रोटोन (p), न्यूट्रॉन (n) तथा α-कण (α)–

(A) n, p, e, α (B) n, α, p, e

(C) n, p, α, e (D) e, p, n, α

उत्तर-(B)

हल.

	इलेक्ट्रॉन	प्रोटोन	न्यूट्रॉन	α-कण
e	1 इकाई	1 इकाई	शून्य	2 इकाई
m	1/1837 इकाई	1 इकाई	1 इकाई	4-इकाई
e/m	1837	1	शून्य	1/2

उदा.4 न्यूट्रोन का द्रव्यमान, इलेक्ट्रॉन के द्रव्यमान से .... गुणा होता हैं –

(A) 1840 (B) 1480

(C) 2000 (D) कोई नहीं

उत्तर.(A)

हल. न्यूट्रॉन का द्रव्यमान = 1.675×10^{-27} किग्रा., इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान = 9.108×10^{-31} किग्रा.

4. अमूलभूत कण

4.1 पॉजिट्रॉन :

(a) इसे धनात्मक इलेक्ट्रॉन कहा जाता है तथा प्रतीक e^+ या $_1e^0$ हैं।

(b) 1932 में **एण्डरसन** द्वारा इसकी खोज की गई थी।

(c) यह इलेक्ट्रॉन धनात्मक भाग है।

(d) पॉजिट्रॉन का भार इलेक्ट्रॉन के भार के बराबर $m = 9.1 \times 10^{-28}$ ग्राम हैं।

(e) आवेश इलेक्ट्रॉन के बराबर लेकिन विपरित आवेशित होता है, $e = +1.6 \times 10^{-19}$ C.

(f) यह अत्यधिक अस्थाई होता है तथा इलेक्ट्रॉन के साथ जुड़कर γ विकिरण उत्सर्जित करता हैं।

4.2 न्यूट्रिनों तथा एण्टिन्यूट्रिनों :

(a) लगभग शून्य द्रव्यमान तथा आवेश युक्त कण हैं।

(b) न्यूट्रिनो की खोज **पॉलिंग** ने की थी।

4.3 एण्टिप्रोटोन :

(a) इसकी खोज **सेगरे** ने की थी।

(b) इसका द्रव्यमान 1.673×10^{-24} ग्राम के बराबर होता हैं।

(c) एण्टिप्रोटोन का आवेश (–) 1.6×10^{-19} कूलॉम हैं।

4.4 मिसॉन (π) :

(a) इसकी खोज 1935 में **यूकावा** ने की थी।

(b) इसमे तीन प्रकार के आवेश हो सकते हैं।

(c) आवेश के आधार पर मिसॉन तीन प्रकार के होते हैं, π-मिसॉन, μ-मिसॉन तथा उदासीन मिसॉन (π^o).

(d) π-मिसॉन को पाइऑन कहते हैं।

(e) यह नाभिक के स्थायित्व के बारे में बताता हैं।

(f) इसका द्रव्यमान इलेक्ट्रॉन के द्रव्यमान का 200 गुना होता है अर्थात यह इलेक्ट्रॉन से भारी होता है लेकिन प्रोटोन से हल्का होता है

5. थॉमसन का परमाणु मॉडल

यह परमाणु में इलेक्ट्रॉन तथा प्रोटोन की व्यवस्था दर्शाता है। इसके मुख्य बिन्दु निम्न है –

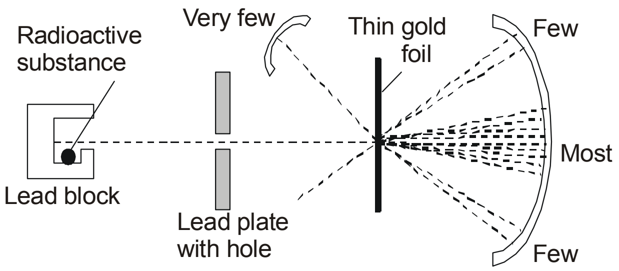
(a) इलेक्ट्रॉन तथा प्रोटोन की खोज के बाद इनकी परमाणु में व्यवस्था ज्ञात की गई। इसका प्रथम प्रयास जे. जे. थॉमसन द्वारा किया गया, जिसे थॉमसन का परमाणु मॉडल कहते हैं।

(b) इन्होने दर्शाया कि धनावेश पूरे परमाणु गोले में फैला हुआ हैं (जिसकी त्रिज्या 10^{-8} cm हैं) जिसमें इलेक्ट्रान बीच–बीच में उपस्थित रहकर इसे विद्युत उदासीन बनाते हैं।

(c) यह मॉडल रदरफोर्ड के α – कण प्रकीर्णन (स्केटरिंग) के प्रायोगिक परिणामों को समझा नहीं सका, अतः असफल रहा।

6. रदरफोर्ड का परमाणु मॉडल

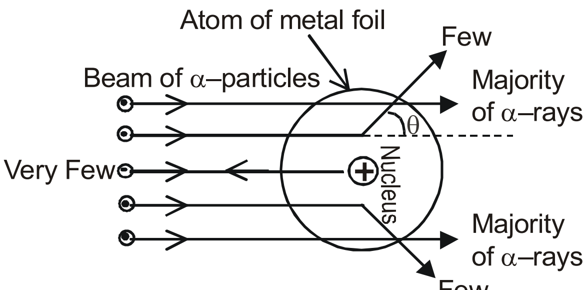
रदरफोर्ड ने परमाणु पर रेडियम से उत्पन्न उच्च वेग युक्त धनावेशित α - कणों की बौछार की, तथा निम्न प्रेक्षण दिये, जो कि प्रयोग पर आधारित हैं।



(a) अधिकतर α - कण (लगभग 99%) बिना विक्षेपित हुए सीधी रेखा में आर–पार निकल जाते हैं।

(b) कुछ α - कण परमाणु के केन्द्र से अत्यधिक नजदिक से गुजरते है तथा छोटे से कोण से विक्षेपित होते हैं।

(c) बहुत ही कम कण उसी पथ से लौट आते हैं (180°) .



Atom of metal foil

6.1 मुख्य निष्कर्ष :

(a) अधिकतर α - कण सीधे गुजर जाते है अर्थात परमाणु का अधिकतम भाग रिक्त हैं।

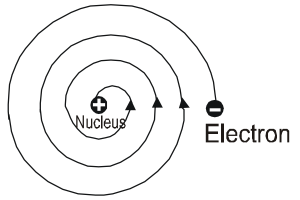
(b) परमाणु का केन्द्र धनावेशित हैं जिसे नाभिक कहते हैं, जो धनावेशित α-कणों को प्रतिकर्षित करता हैं। जिससे α-कणों की दिशा बदलती हैं।

(c) परमाणु का सम्पूर्ण भार नाभिक में निहित है जिसका आकार बहुत ही छोटा 10^{-13} cm हैं। यह दर्शाता है कि नाभिक का आकार पूर्ण परमाणु के आकार से 10^{-5} गुणा छोटा हैं।

(d) परमाणु के पूर्ण आकार और आयतन की तुलना में नाभिक का आकार अत्यन्त छोटा होता हैं।

(e) जैसे जैसे परमाणु क्रमांक बढ़ता है विक्षेपण कोण (θ) भी बढ़ता हैं।

6.2 रदरफोर्ड मॉडल की कमियाँ : :



(a) क्लार्क मैक्सवेल के विद्युत चुम्बकीय सिद्धांत के अनुसार प्रत्येक आवेशित कण घूमते समय चुम्बकीय विकिरण के कारण अपनी ऊर्जा का ह्रास करता हैं अतः नाभिक के चारों और घूमने वाला इलेक्ट्रॉन भी विद्युत चुम्बकीय विकिरण के कारण अपनी ऊर्जा का निरन्तर ह्रास करेगा और उसकी गति निरन्तर कम होती चली जायेगी तथा वह सर्पिलाकार गति करता हुआ नाभिक के निकट आता जायेगा और अन्ततः इस में गिर जाएगा **लेकिन यह संभव नही हैं क्योकि परमाणु पर्याप्त स्थाई हैं।**

(b) परमाणु रेखीय स्पेक्ट्रम देते है जबकि यदि इलेक्ट्रॉन के परिक्रमण से निरन्तर ऊर्जा का उत्सर्जन होता है जो रेखीय स्पेक्ट्रम के स्थान पर सतत् निश्चित आकृति का स्पेक्ट्रम प्राप्त होना चाहिए था।

Examples based on **रदरफोर्ड मॉडल पर आधारित**

उदा.5 रदरफोर्ड का प्रकीर्णन प्रयोग निम्न से सम्बन्धित हैं –

(A) नाभिक (B) परमाणु
(C) इलेक्ट्रॉन (D) न्यूट्रॉन

उत्तर. (B)

हल. यह परमाणु की संरचना के निर्धारण से सम्बन्धित हैं।

उदा.6 जब स्वर्ण की पतली पन्नी पर α-कणों की बौछार की जाती है तो अधिकतर कण सीधे आर–पार निकल जाते हैं जबकि कुछ कण विक्षेपित होते है क्योंकि –

(A) α-कणों तथा इलेक्ट्रॉन का आकर्षण पर्याप्त नहीं होता हैं,
(B) नाभिक का आयतन परमाणु के आयतन से अत्यन्त ही निम्न हैं,
(C) उच्च वेग युक्त α-कणों पर प्रतिकर्षण बल बहुत कम होता हैं।
(D) नाभिक में उपस्थित न्यूट्रॉन, α-कणों पर कोई प्रभाव नहीं दर्शाते हैं

उत्तर. (B)

हल. यह इस प्रयोग का तर्क संगत निष्कर्ष हैं।

7. मोजले का प्रयोग

7.1 परमाणु क्रमांक / परमाणु संख्या (Z) :

नाभिकीय आवेश की संख्या उस धातु के परमाणु क्रमांक के बराबर होती हैं। विद्युत उदासीन होने के कारण परमाणु में प्रोटॉन की संख्या ऋणावेशित इलेक्ट्रॉनों के समान होती हैं। अर्थात्

परमाणु क्रमांक = परमाणु में उपस्थित प्रोटॉनों की संख्या
या
परमाणु में उपस्थित इलेक्ट्रॉनों की संख्या

7.2 द्रव्यमान संख्या (A) :

द्रव्यमान सख्या परमाणु में उपस्थित प्रोटोन तथा न्यूट्रॉन की संख्या का योग हैं जो पूर्णाक होता हैं।

द्रव्यमान सख्या = प्रोटॉन की संख्या (Z) + न्यट्रॉन की संख्या (n)

$$A = P + n$$
या
$$A = Z + n$$

जहाँ :

A = द्रव्यमान संख्या P = प्रोटोन की संख्या
n = न्यूट्रॉन की संख्या Z = परमाणु क्रमांक संख्या

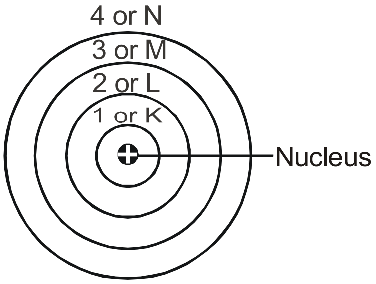
जबकि न्यूट्रॉन तथा प्रोटोन का भार एक पूर्णाक संख्या नहीं हैं अतः परमाणु भार भी पूर्णाक नहीं होता हैं।

उदाहरणार्थ : ऑक्सीजन समस्थानिक की द्रव्यमान संख्या 17 व 18 है जबकि इनका परमाणु भार क्रमश 17.00045 तथा 18.0037 हैं।

8. बोर का परमाणु मॉडल

बोर ने प्लांक के क्वांटम सिद्धान्त पर आधारित हाइड्रोजन तथा हाइड्रोजन सदृश्य एक इलेक्ट्रॉन युक्त परमाणुओं के लिय परमाणु मॉडल विकसित किया।

8.1 बोर मॉडल की महत्वपूर्ण अवधारणाएँ :



(a) इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारो और निश्चित ऊर्जा के वृत्ताकार कोश में चक्कर लगाते हैं।

(b) इलेक्ट्रॉन केवल उन्ही वृत्ताकार कोशों मे चक्कर लगाते हैं जिनमें इनका कोणीय संवेग (mvr), h/2π का बहुसमाकल या सरल गुणक होता है (जहाँ 'h' प्लांक नियतांक हैं)

$$mvr = n\frac{h}{2\pi}$$

जहाँ :

m = इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान, v = इलेक्ट्रॉन का वेग

n = कक्ष या ऊर्जा स्तर जिसमें इलेक्ट्रॉन चक्कर लगाता हैं जैसे n = 1, 2, 3 ....

r = कक्ष की त्रिज्या

(c) निश्चित कोश में इलेक्ट्रॉन न तो ऊर्जा उत्सर्जित करता है न ही अवशोषित करता हैं।

(d) जब इलेक्ट्रॉन उच्च ऊर्जा स्तर से निम्न ऊर्जा स्तर में छलांग लगाता है तो ऊर्जा उत्सर्जित करता है तथा विपरित प्रक्रम में ऊर्जा का अवशोषण करता है। उच्च ऊर्जा स्तर को उत्तेजन अवस्था कहा जाता हैं।

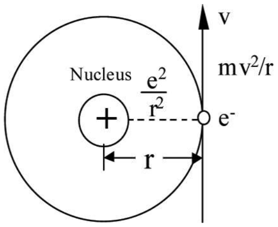
उत्सर्जित या अवशोषित ऊर्जा प्रयुक्त दो ऊर्जा स्तरों के अन्तर के तुल्य होती हैं।

n = 2 ———— E_2 $\Delta E = E_2 - E_1$
↑ ↓
n = 1 ———— E_1 अवशोषित ऊर्जा

n = 2 ———— E_2 $\Delta E = E_1 - E_2$
↓ ↓
n = 1 ———— E_1 उत्सर्जित ऊर्जा

8.2 बोर अवधारणाओं का गणितिय रूप:

8.2.1 बोर कक्ष की त्रिज्या की गणना :



'm' द्रव्यमान तथा 'e' आवेश युक्त इलेक्ट्रॉन, रेखिय/कोणिय वेग 'v' से 'Ze' आवेश (Z परमाणु क्रमांक, तथा e = आवेश) युक्त नाभिक के चारो और चक्कर लगाता हैं। यहाँ 'r' उस कोश की त्रिज्या हैं, जिसमें इलेक्ट्रॉन चक्कर लगा रहा हैं।

'कुलॉम' नियम के अनुसार गतिशील इलेक्ट्रॉन तथा नाभिक के बीच स्थिर विद्युत आकर्षण (F) निम्न है –

$$F = \frac{KZe^2}{r^2}$$

जहाँ : K = स्थिरांक = $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \times 10^9\ Nm^2/C^2$

तथा अपकेन्द्र बल $F = \frac{mv^2}{r}$

इलेक्ट्रॉन के स्थाई कोश के लिये दोनों बलों का मान बराबर होता हैं,

अर्थात आकर्षण (अभिकेन्द्र) बल = अपकेन्द्र बल

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{KZe^2}{r^2}$$

तब $$v^2 = \frac{KZe^2}{mr} \quad ...(1)$$

बोर की अभिधारणा के अनुसार

$$mvr = \frac{nh}{2\pi}$$

$$v = \frac{nh}{2\pi mr}$$

$$v^2 = \frac{n^2h^2}{4\pi^2m^2r^2} \quad ...(2)$$

समीकरण (1) व (2) को हल करने पर

$$r = \frac{n^2h^2}{4\pi^2mKZe^2}$$

C.G.S. पद्धति में $\boxed{K = 1}$,

$\therefore$ $$\boxed{r = \frac{n^2h^2}{4\pi^2 Ze^2}}$$

जहाँ ; $h = 6.62 \times 10^{-27}$ erg. sec.

$m = 9.1 \times 10^{-28}$ g

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

e, h तथा m स्थिरांको के मान रखने पर –

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

$$\boxed{r \propto n^2 \qquad r \propto \frac{1}{Z}}$$

कक्षक आवृति $f = \dfrac{v}{2\pi r}$

8.2.2 बोर कक्ष में इलेक्ट्रॉन के वेग की गणना:

n^{th} कोश में चक्कर लगाने वाले इलेक्ट्रॉन का वेग निम्न प्रकार दिया जाता हैं –

$$mvr = \frac{nh}{2\pi}$$

$$v = \frac{nh}{2\pi mr}$$

समीकरण (1) से 'r' का मान रखने पर

$$v = \frac{nh \times 4\pi^2 mZe^2}{2\pi mn^2h^2}$$

या $$\boxed{v = \frac{2\pi Ze^2}{nh}}$$

π, e^- तथा h स्थिरांको का मान रखने पर

$$\boxed{v = 2.188 \times 10^8 \times \frac{Z}{n} \text{cm/sec}}$$

$$\boxed{v \propto Z \qquad v \propto \frac{1}{n}}$$

8.2.3 इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा की गणना :

निश्चित कोश में चक्कर लगाने वाले इलेक्ट्रॉन की कुल ऊर्जा स्थितिज व गतिज ऊर्जाओं के योग के बराबर होती हैं -

या T. E. = K. E. + P. E.

जहाँ ;

P. E. = (स्थितिज ऊर्जा), K.E. = (गतिज ऊर्जा),

T.E.= कुल ऊर्जा

K.E. (गतिज ऊर्जा) $= \dfrac{1}{2}mv^2$

तथा P.E. (स्थितिज ऊर्जा) $= -\dfrac{KZe^2}{r}$

अतः T.E. (कुल ऊर्जा) $= \dfrac{1}{2}mv^2 - \dfrac{KZe^2}{r}$

हम जानते है कि, $\dfrac{mv^2}{r} = \dfrac{KZe^2}{r^2}$

या $mv^2 = \dfrac{KZe^2}{r}$

उपर्युक्त समीकरण में mv^2 का मान रखने पर : -

$$T.E. = \frac{KZe^2}{2r} - \frac{KZe^2}{r} = -\frac{KZe^2}{2r}$$

अतः, $T.E. = -\dfrac{KZe^2}{2r}$

C.G.S. पद्धति में K = 1

$\therefore$ $T.E. = -\dfrac{Ze^2}{2r}$

T.E. समीकरण में 'r' का मान रखने पर

$$E = -\frac{Ze^2}{2r} \times \frac{4\pi^2 Ze^2 m}{n^2h^2} = -\frac{2\pi^2 Z^2 e^4 m}{n^2h^2}$$

अतः n^{th} कोश में इलेक्ट्रॉन की कुल ऊर्जा निम्न प्रकार दी जाती हैं –

$$E_n = -\frac{2\pi^2 Z^2 e^4 m}{n^2h^2}$$

नोट : अनन्त पर P.E. = 0 अनन्त पर K.E.= 0

अतः T.E. = 0

8.2.4 P. E., K. E. तथा T. E. के मध्य सम्बन्ध :

$$P. E. = -\frac{Ze^2}{r},$$

$$K. E. = \frac{1}{2}\frac{Ze^2}{r}$$

$$T. E. = -\frac{1}{2}\frac{Ze^2}{r}$$

अतः $$\frac{T.E.}{P.E.} = \frac{-\frac{1}{2}\frac{Ze^2}{r}}{-\frac{Ze^2}{r}} = \frac{1}{2}$$

अर्थात् T. E. = ½ P. E. ...(1)

$$\frac{T.E.}{K.E.} = \frac{-\frac{1}{2}\frac{Ze^2}{r}}{\frac{1}{2}\frac{Ze^2}{r}}$$

अर्थात T . E. = – K. E. ...(2)

$$\boxed{T.E. = \frac{P.E.}{2} = -K.E.} \quad ...(3)$$

(a) $T. E. = -13.6 \times \frac{Z^2}{n^2}$ इलेक्ट्रॉन वोल्ट प्रति परमाणु

(b) $T. E. = -21.8 \times 10^{-19} \times \frac{Z^2}{n^2}$ जूल प्रति परमाणु

(c) $T. E. = -21.8 \times 10^{-12} \times \frac{Z^2}{n^2}$ अर्ग प्रति परमाणु

(d) $T. E. = -313.6 \times \frac{Z^2}{n^2}$ किलोकैलोरी प्रति मोल

8.2.5 ऊर्जा समीकरण के निष्कर्ष :

(a) ऊर्जा का ऋण चिन्ह ऋणावेशित इलेक्ट्रॉन तथा धनावेशित प्रोटोन (नाभिक) के मध्य आकर्षण दर्शाता हैं।

(b) ऊर्जा समीकरण के दॉये भाग की राशियों में से 'n' को छोडकर सभी स्थिरांक है तथा 'n' गुणक है जैसे 1, 2, 3 आदि अर्थात जब तक 'n' को स्थिर रखा जाता हैं इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा स्थिर रहती हैं।

(c) इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा 'n' के वर्ग के समानुपाती तथा 'Z' के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होती हैं। ($E \alpha \; n^2/Z^2$)

8.3 रिडबर्ग नियतांक की गणना :

यदि एक इलेक्ट्रॉन प्रथम कोश से दूसरे कोश में स्थानान्तरित होता हैं तो ऊर्जा में परिवर्तन निम्न प्रकार दिया जा सकता हैं।

$$\Delta E = E_2 - E_1$$

$$h\nu = E_2 - E_1$$

$$h\nu = \left[\frac{-2\pi^2 mZ^2e^4}{n_2^2h^2}\right] - \left[\frac{-2\pi^2 mZ^2e^4}{n_1^2h^2}\right]$$

$$h\nu = \frac{2\pi^2 mZ^2e^4}{n_1^2h^2} - \frac{2\pi^2 mZ^2e^4}{n_2^2h^2} \quad \because \nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{2\pi^2 mZ^2e^4}{h^2} \times \left[\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right]$$

$$R_H = \frac{2\pi^2 me^4}{ch^3} \Rightarrow \text{रिडबर्ग नियतांक}$$

तब, $$\bar{\mu} = \frac{1}{\lambda} = R_H Z^2\left[\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right]$$

जहाँ $m = 9.1 \times 10^{-28}$ gram

सैद्धान्तिक मान $R_H = 109737$/cm

$e = 4.8 \times 10^{-10}$ e.s.u.

प्रायोगिक मान $R_H = 109677$/cm

$c = 3 \times 10^{10}$ cm/sec

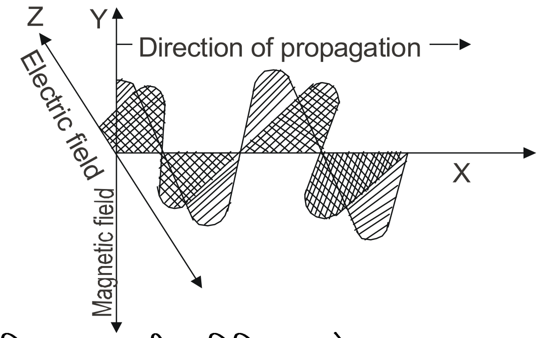
गणना के लिये मान $R_H = 109700$/cm

$h = 6.625 \times 10^{-27}$ erg-sec

अन्य परमाणुओं के लिये रिडबर्ग नियतांक $R = R_H \times Z^2$

9. विद्युत चुम्बकीय विकिरण

प्रकाश तथा अन्य प्रकार की ऊर्जा विकिरणें तरंगो के रूप में बिना किसी माध्यम के गति कर सकती है। ये विकिरण आवेशित कण के चुम्बकीय क्षेत्रा में गतिशील होने या चुम्बक के विद्युत क्षेत्र में गतिशील होने पर उत्पन्न होती हैं जैसे α – विकिरण γ – विकिरण, कॉस्मिक किरणे, साधारण प्रकाश किरणें आदि।



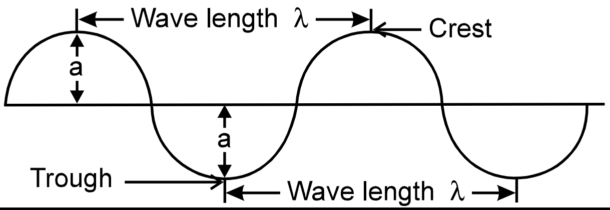
9.1 विद्युत चुम्बकीय विकिरण के लक्षण :

(a) सभी विद्युत चुम्बकीय विकिरण एक ही समान वेग प्रकाश वेग से गति करती हैं।

(b) इनकों स्थानान्तरण के लिये माध्यम की आवश्यकता नहीं होती।

(c) ये विद्युत तथा चुम्बकीय क्षेत्रों की बनी होती है जो एक दूसरे से समकोण पर तथा गति की दिशा में, कम्पन्न करती हैं।

9.2 विद्युत चुम्बकीय विकिरण की विशेषताऍ :



(a) आवृति (ν) : एक सैकण्ड में निश्चित स्थान से गुजरने वाली तरंगो की संख्या को आवृति कहते हैं जिसे कम्पन्न प्रति सैकण्ड (Cycle per second -cps) या हर्ट्ज में व्यक्त किया जाता हैं।

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

नोट :- तरंग श्रृंगों व गर्तो से बनी होती है। दो क्रमागत श्रृंगों (crusts) या गर्तो (troughs) से एक तरंग बनती हैं।

(b) तरंग दैर्ध्य (Wave lengh – λ) : – दो क्रमागत श्रृंगो तथा गर्तो के मध्य की दूरी को तरंग दैर्ध्य कहते हैं। जैसा कि चित्र में दर्शाया गया हैं। इसे लेम्डा (λ) द्वारा प्रदर्शित किया जाता हैं। मात्रक एन्गस्ट्राम (Å) या नैनोमीटर (nm) हैं।

1 Å = 10^{-10} m or 10^{-8} cm
1 nm = 10^{-9} m or 10^{-7} cm

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

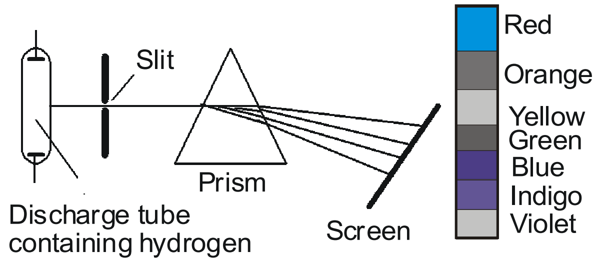
(c) तरंग संख्या (Wave No. – $\bar{\nu}$) : – एक सेमी. में उपस्थित तरंगो की संख्या को तरंग संख्या कहते हैं यह तरंग दैर्ध्य का व्युत्क्रम होती हैं। मात्राक cm^{-1} है।

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} \qquad \nu = \frac{c}{\lambda} = c\bar{\nu}$$

(d) आयाम (Amplitude – a) : – तरंग की औसत बिन्दु से गर्त की अधिकतम गहराई या श्रृंग की अधिकतम ऊँचाई को आयाम कहते हैं।

(e) तरंग वेग (Velocity – v) : – प्रति सैकण्ड तरंग द्वारा तय की गई दूरी को तरंग वेग कहते हैं। इसे m/sec. मात्राक द्वारा दर्शाया जाता हैं। प्रकाश के वेग को 'c' द्वारा दर्शाते हैं।

10. सौर स्पेक्ट्रम



Line spectrum

(a) जब प्रकाश को प्रिज्म से गुजारा जाता है तो वह तरंग दैर्ध्य के आधार पर प्रकिर्णित (Split) हो जाता हैं। प्रकाश के विभिन्न रंगो के बैण्ड को उत्सर्जन स्पेक्ट्रम कहते हैं तथा काले रंग के बैण्ड (पट्टे) को अवशोषण स्पेक्ट्रम कहते हैं।

(b) प्रकाश का विभिन्न रंगो में विभक्त होना उत्सर्जन स्पेक्ट्रम कहलाता हैं।

(c) विद्युत–चुम्बकीय विकिरणों की उनके बढ़ते या घटते तरंग दैर्ध्य के आधार पर व्यवस्था विद्युत–चुम्बकीय स्पेक्ट्रम कहलाता हैं।

नाम	λ in Å	उत्पत्ति
रेडियो तरंगे	3×10^{9} to 3×10^{14}	उच्च आवृति की प्रत्यावृत्ति धारा उत्पन्न
माइक्रो तरंगे	3×10^{6} to 3×10^{9}	उच्च क्वालिटी के जनित्र द्वारा
अवरक्त(I.R.)	$7600\times3\times10^{6}$	वस्तुओं को गर्म करने से
दृश्य तरंगें (V.W.)	3800 to 7600	
U.V. तरंगे	150 to 3800	सौर विकिरण से
X-rays	0.1 to 150	गतिशील इलेक्ट्रॉन के धातु से टकराने पर
γ–rays	0.01 to 0.1	रेडियो सक्रिय विघटन से
कॉस्मिककिरण	0 to 0.01	सूर्य के बाह्यतम भाग से

λ decreases ↓ ν increases ↓

(d) बैण्ड स्पेक्ट्रम अणुओं तथा रेखीय स्पेक्ट्रम परमाणुओं द्वारा उत्पन्न किया जाता हैं।

10.1 उत्सर्जन तथा अवशोषण स्पेक्ट्रम में अन्तर :

उत्सर्जन स्पेक्ट्रम	अवशोषण स्पेक्ट्रम
1. स्पेक्ट्रम में प्रयुक्त उत्तेजित पदार्थ द्वारा उत्पन्न होता हैं।	श्वेत प्रकाश को गैस या किसी विलयन से गुजारने पर उत्पन्न होता हैं।
2. इस प्रकार के स्पेक्ट्रम में गहरे रंग की पट्टियॉ काले रिक्त द्वारा पृथक होती हैं।	इसमें रंगीन भाग पर काली रेखाएँ उत्पन्न होती हैं।

11. परमाणु स्पेक्ट्रा या रेखीय स्पेक्ट्रा

यह दो प्रकार का हैं।

11.1 उत्सर्जन स्पेक्ट्रम :

पदार्थ उच्च ताप पर गर्म करने पर या उच्च ऊर्जा देने पर वह उत्तेजित होकर विकिरण उत्सर्जित करता हैं। जब इन विकिरणों का स्पेक्ट्रोस्कोप द्वारा विश्लेषण किया जाता हैं तो स्पेक्ट्रम रेखाऐ प्राप्त होती हैं। पदार्थ को निम्न प्रकार उत्तेजित किया जा सकता हैं –

(a) उच्च ताप पर गर्म करके,

(b) गैस को अत्यन्त निम्न दाब पर विसर्जन नलिका में भर कर उसमें विद्युत धारा प्रवाहित करके,

(c) धात्विक फिलामेन्ट में से विद्युत–धारा प्रवाहित करके,

उत्सर्जन दो प्रकार का होता है -

(i) सतत् स्पेक्ट्रम

(ii) रेखीय स्पेक्ट्रम

(i) **सतत् स्पेक्ट्रम :** जब सूर्य के प्रकाश या किसी तापदीप्त वस्तु से प्राप्त प्रकाश का स्पेक्ट्रोस्कोप की सहायता से विश्लेषण किया जाता हैं तो पर्दे पर प्राप्त स्पेक्ट्रम में सात प्रकार के रंगों वाली पट्टियां परिक्षेपित हो जाती हैं और इन पट्टियों में स्पष्ट रूप से अलगाव नहीं होता वरन् आपस में एक दूसरे से सतत् क्रम में मिली रहती हैं। ऐसे स्पेक्ट्रम को सतत् स्पेक्ट्रम कहते हैं।

(ii) **रेखीय स्पेक्ट्रम :** जब किसी पदार्थ के परमाणुओं को उत्तेजित किया जाता हैं तो विकिरण उत्सर्जित होते हैं। इन उत्सर्जित विकिरणों को स्पेक्ट्रोस्कोप से विश्लेषित करने पर प्राप्त स्पेक्ट्रम में पतली, चमकीली और विशिष्ट रंग की अनेक श्रेणी बद्ध रेखायें प्राप्त होती हैं जो असतत् रूप में होती हैं अर्थात् दो क्रमागत रेखाओं के बीच अन्धकार युक्त स्थान होता हैं। ऐसे स्पेक्ट्रम को रेखीय अथवा परमाण्वीय स्पेक्ट्रा कहते हैं। उदाहरणार्थ– सोडियम क्लोराइड विलयन में डूबे हुए प्लेटिनम के तार को बुन्सेन बर्नर पर ले जाने पर एक विशिष्ट चमकीली पीले रंग की ज्वाला प्राप्त होती हैं। इस ज्वाला से उत्पन्न प्रकाश को स्पेक्ट्रोस्कोप से विश्लेषित करने पर असतत् विशिष्ट रंग की चमकीली रेखायें प्राप्त होती हैं। इसी प्रकार सोडियम से प्राप्त स्पेक्ट्रम में दो पीले रंग की चमकीली रेखायें प्राप्त होती हैं जो क्रमशः तरंग दैर्ध्य 5890Å और 5896Å से सम्बन्धित हैं।

यदि एक इलेक्ट्रॉन n उत्तेजित अवस्था से निम्न विभिन्न ऊर्जा अवस्थाओं में आता हैं तो प्राप्त अधिकतम स्पेक्ट्रम लाइने प्राप्त होगी जिसे निम्न समीकरण द्वारा ज्ञात किया जा सकता हैं –

$$= \frac{n(n-1)}{2}$$

11.2 अवशोषण स्पेक्ट्रम

यदि किसी ताप दीप्त पदार्थ से उत्सर्जित श्वेत प्रकाश को किसी अन्य पदार्थ में से गमन कराया जावे तो कुछ निश्चित तरंग दैर्ध्य का प्रकाश इस पदार्थ द्वारा अवशोषित कर लिया जाता हैं। इसके फलस्वरूप प्राप्त स्पेक्ट्रम में कुछ काली रेखायें प्राप्त होती हैं। ये उन्ही स्थानों पर होती हैं जहाँ पर पदार्थ का अर्थात् सोडियम वाष्प रेखा स्पेक्ट्रम बनता हैं। इस प्रकार प्राप्त स्पेक्ट्रम अवशोषण स्पेक्ट्रम कहलाता हैं।

12. हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम

(a) हाइड्रोजन परमाणु रेखीय स्पेक्ट्रम देता हैं।

(b) जब हाइड्रोजन गैस को निम्न दाब पर विसर्जन नलिका में भरकर विद्युत विसर्जन करते हैं तो कुछ हाइड्रोजन परमाणु दृश्य क्षेत्र में गुलाबी रंग का प्रकाश उत्पन्न करते हैं।

(c) जब इस प्रकाश का स्पेक्ट्रोस्कोप की सहायता से अध्ययन किया जाता हैं तो स्पेक्ट्रम में विभिन्न तरंग दैध् र्य वाली रेखाओं की श्रेणियाँ प्राप्त होती हैं। चूँकि परमाणु में केवल इलेक्ट्रॉनीय ऊर्जा संक्रमण पाये जाते हैं अतः इलेक्ट्रॉन किसी ऊर्जा स्तर में संक्रमण करता हैं। इन संक्रमणों से ऊर्जा का उत्सर्जन या अवशोषण ऊर्जा की इकाइयाँ क्वांटम में विविक्त श्रेणी के रूप में होता हैं न कि लगातार तथा थोडी दूरी पर फोटो प्लेट पर कई रेखाओं का निर्माण होता हैं जिसे रेखीय स्पेक्ट्रम कहते हैं।

(d) सभी हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम रेखाओं की छः श्रेणियाँ होती हैं।

स्पेक्ट्रम श्रेणी	**तरंग दैर्ध्य क्षेत्र**
लाइमन	परा बैगनी
बामर	दृश्य
पाश्चन	अवरक्त
ब्रैकिट	अवरक्त
फण्ड	अवरक्त
हम्फरी	दूर अवरक्त

इन स्पेक्ट्रम रेखाओं को उनके खोजकर्ता के नाम पर नामांकित किया जाता हैं।

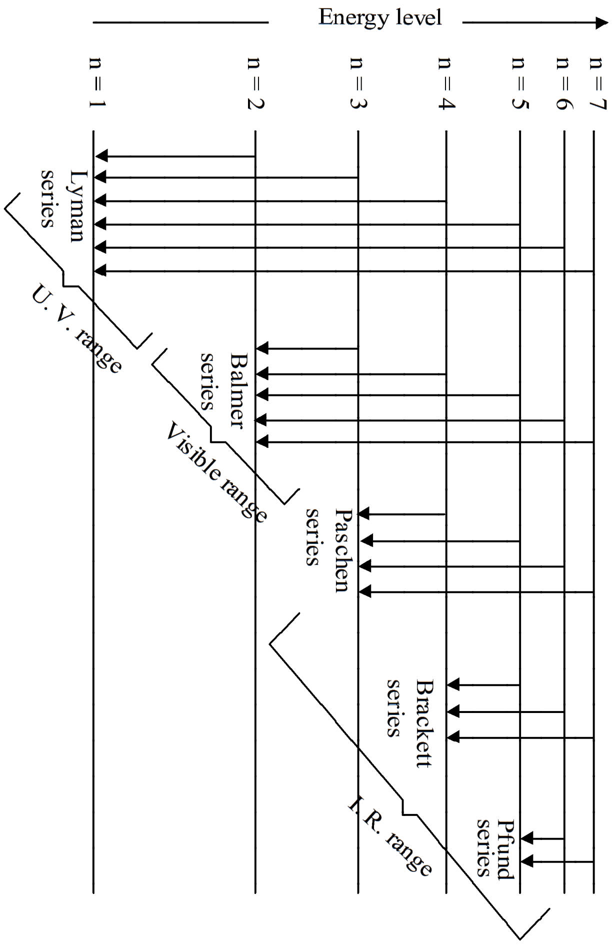
(e) विभिन्न H - रेखाओं की तरंग दैर्ध्य ज्ञात करने के लिये रिट्ज ने निम्न सूत्रा प्रदर्शित किया।

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

जहाँ R सार्वत्रिक नियतांक हैं जिसे रिडबर्ग नियतांक कहते हैं, जिसका मान 109, 678cm^{-1} हैं।

(f) हाइड्रोजन में एक ही इलेक्ट्रॉन होने के बावजूद इसके स्पेक्ट्रा में कई स्पेक्ट्रल रेखाएँ पायी जाती हैं।

$$\frac{1}{\lambda} = \bar{v} = R_H\left[\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right]$$



12.1 लाइमैन श्रेणी

(a) यह H की स्पेक्ट्रम श्रेणी की प्रथम श्रेंणी हैं।

(b) यह 1898 में लाइमन द्वारा पराबैगनी क्षेत्रा में खोजी गई थी।

(c) इसके $n_1 = 1$ तथा $n_2 = 2, 3, 4$ मान होते हैं, जहाँ 'n_1' आद्य अवस्था तथा 'n_2' उत्तेजित अवस्था हैं। (हाइड्रोजन परमाणु इलेक्ट्रॉन के लिये)

(d) यदि इलेक्ट्रॉन $n_2 = 2$ से

$n_1 = 1$ में आता हैं — प्रथम लाइमन श्रेणी

यदि इलेक्ट्रॉन $n_2 = 3$ से

$n_1 = 1$ में आता हैं — द्वितीय लाइमन श्रेणी

यदि इलेक्ट्रॉन $n_2 = 4$ से

$n_1 = 1$ में आता हैं — तृतीय लाइमन श्रेणी -----

(e) $\frac{1}{\lambda} = R_H\left[\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right]$ जहाँ $n_2 > 1$ (हमेशा)

(f) सीमान्त रेखा की तरंग दैर्ध्य = $\frac{n_1^2}{R_H}$ लाइमन श्रेणी के लिये = $\frac{1}{R_H}$

12.2 बामर श्रेणी :

(a) H-स्पेक्ट्रल श्रेणी की द्वितीय श्रेणी हैं,

(b) इसे **बामर** द्वारा 1892 में दृश्य क्षेत्र में खोजा गया।

(c) दृश्य क्षेत्र में होने के कारण इसकी खोज सर्वप्रथम हुई।

(d) इसके लिये $n_1 = 2$ तथा $n_2 = 3, 4, 5$ ....

(e) प्रथम बामर श्रेणी $n_1 = 2$ $n_2 = 3$

द्वितीय बामर श्रेणी $n_1 = 2$ $n_2 = 4$

तृतीय बामर श्रेणी $n_1 = 2$ $n_2 = 5$

(f) सीमान्त बामर रेखा की तरंग दैर्ध्य

$$= \frac{n_1^2}{R_H} = \frac{2^2}{R_H} = \frac{4}{R_H}$$

(g) $\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$ जहाँ हमेशा $n_2 > 2$

12.3 पाश्चन श्रेणी :

(a) यह हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम की तीसरी श्रेणी हैं।

(b) इसे पाश्चन द्वारा अवरक्त क्षेत्रा में खोजा गया।

(c) इसके लिये $n_1 = 3$ तथा $n_2 = 4, 5, 6$ .... जहाँ n_1 आद्य अवस्था तथा n_2 उत्तेजित अवस्था है

(d) प्रथम पाश्चन श्रेणी $n_1 = 3$ से $n_2 = 4$

द्वितीय पाश्चन श्रेणी $n_1 = 3$ से $n_2 = 5$

तृतीय पाश्चन श्रेणी $n_1 = 3$ से $n_2 = 6$

(e) सीमान्त पाश्चन रेखा की तरंग दैर्ध्य

$$= \frac{n_1^2}{R_H} = \frac{3^2}{R_H} = \frac{9}{R_H}.$$

(f) $\frac{1}{\lambda} = R_H\left[\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n_2^2}\right]$ जहाँ हमेशा $n_2 > 3$

12.4 ब्रैकेट श्रेणी :

(a) हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम की चौथी श्रेणी हैं।

(b) इसे ब्रैकेट द्वारा अवरक्त क्षेत्र में खोजा गया।

(c) इसके लिये $n_1 = 4$ तथा $n_2 = 5, 6, 7$ .... जहॉ n_1 आद्य अवस्था तथा n_2 उत्तेजित अवस्था है

(d) प्रथम ब्रैकेट श्रेणी $n_1 = 4$ से $n_2 = 5$

द्वितीय ब्रेकेट श्रेणी $n_1 = 4$ से $n_2 = 6$

तृतीय ब्रेकेट श्रेणी $n_1 = 4$ से $n_2 = 7$ ----------

(e) सीमान्त ब्रेकेट रेखा की तरंग दैर्ध्य = $\frac{n_1^2}{R_H} = \frac{4^2}{R_H} = \frac{16}{R_H}$

(f) $\frac{1}{\lambda} = R_H\left[\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n_2^2}\right]$ जहाँ हमेशा $n_2 > 4$

12.5 फुण्ड श्रेणी :

(a) H - स्पेक्ट्रम की पांचवी श्रेणी हैं।

(b) इसे **फुण्ड** द्वारा अवरक्त क्षेत्रा में खोजा गया।

(c) इसके लिये $n_1 = 5$ तथा $n_2 = 6, 7, 8$ ....
जहॉ n_1 आद्य अवस्था तथा n_2 उत्तेजित अवस्था है

(d) प्रथम फुण्ड श्रेणी $n_1 = 5$ से $n_2 = 6$

द्वितीय फुण्ड श्रेणी $n_1 = 5$ से $n_2 = 7$

तृतीय फुण्ड श्रेणी $n_1 = 5$ से $n_2 = 8$ --------

(e) सीमान्त फुण्ड रेखा की तरंग दैर्ध्य

$$= \frac{n_1^2}{R_H} = \frac{5^2}{R_H} = \frac{25}{R_H}$$

(f) $\frac{1}{\lambda} = R_H\left[\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n_2^2}\right]$ जहाँ हमेशा $n_2 > 5$

12.6 हम्फरी श्रेणी :

(a) यह हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम की छठी श्रेणी है।

(b) इसे **हम्फरी** द्वारा दूर अवरक्त क्षेत्रा में खोजा गया।

(c) इसके लिये $n_1 = 6$ तथा $n_2 = 7, 8, 9$ --------- जहाँ n_1 आद्य अवस्था तथा n_2 उत्तेजित अवस्था है

(d) प्रथम हम्फरी श्रेणी $n_1 = 6$ से $n_2 = 7$

द्वितीय हम्फरी श्रेणी $n_1 = 6$ से $n_2 = 8$

तृतीय हम्फरी श्रेणी $n_1 = 6$ से $n_2 = 9$.............

(e) सीमान्त हम्फरी रेखा की तरंग दैर्ध्य

$$= \frac{n_1^2}{R_H} = \frac{6^2}{R_H} = \frac{36}{R_H}$$

(f) $\frac{1}{\lambda} = R_H\left[\frac{1}{6^2} - \frac{1}{n_2^2}\right]$ जहाँ हमेशा $n_2 > 6$

13. क्वांटीकरण की संकल्पना

(a) विद्युत–चुम्बकीय सिद्धान्त अपवर्तन, व्यतिकरण, विवर्तन आदि को अच्छी तरह समझाता है, लेकिन यह कृष्णिका विकिरण तथा प्रकाश विद्युत प्रभाव को समझाने में असमर्थ रहा है।

(b) इनको समझाने के लिये मैक्स प्लांक ने 1901 में नया सिद्धान्त प्रस्तुत किया, जिसे विकिरण का क्वांटम सिद्धान्त कहते हैं।

(c) इस सिद्धान्त के अनुसार एक गर्म काय विकिरणों का उत्सर्जन सतत् रूप से न करके असतत् रूप से ऊर्जा के बण्डलों के रूप में करती है जिसे क्वांटम कहते हैं।

(d) प्रकाश के केस में इसे फोटोन कहा जाता हैं,

(e) क्वांटम विकिरण से सम्बन्धित ऊर्जा की मात्रा, प्रकाश की आवृति के समानुपाती होती हैं।

$$E \propto \nu \quad \text{या} \quad E = h\nu$$

जहाँ 'h' समानुपाती स्थिरांक है, यह प्लांक नियतांक कहलाता हैं इसका मान 6.63×10^{-34} जूल सैकण्ड हैं।

(f) किसी काय द्वारा उत्सर्जित या अवशोषित ऊर्जा की मात्राा हमेशा पूर्णाक में क्वांटम की बहुसमाकल होती हैं

$$E = nh\nu$$

जहाँ 'n; बहुसमाकल हैं (n = 1, 2, 3, 4 ......)

Examples based on E.M. Radiation and Spectrum

उदा.7 दो फोटॉन की तरंग दैर्ध्य क्रमश 2000Å तथा 4000Å हैं तो इसके ऊर्जाओं का अनुपात होगा –

(A) 1/4 (B) 4 (C) 1/2 (D) 2

उत्तर. (D)

हल. $E_1 = h.\frac{c}{\lambda_1}$

$E_2 = h.\frac{c}{\lambda_2}$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{hc}{\lambda_1} \times \frac{\lambda_2}{hc} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{4000}{2000} = 2$$

उदा.8 एक परमाणु में तीन ऊर्जा स्तर हैं, तो इसके उत्सर्जन स्पेक्ट्रा में कितनी स्पेक्ट्रम रेखाएँ होगी –

(A) एक (B) दो (C) तीन (D) चार

उत्तर. (C)

हल. स्पेक्ट्रम रेखाओं की संख्या

$$= \frac{n(n-1)}{2} = \frac{3(3-1)}{2} = 3$$

उदा.9 हाइड्रोजन परमाणु में कौनसा संकरण उच्चतम आवृति के फोटोन का उत्सर्जन करेगा –

(A) n = 1 से n = 2 तक (B) n = 2 से n = 1 तक

(C) n = 2 स n = 6 तक (D) n = 6 से n = 2 तक

उत्तर. (B)

हल. उच्च ऊर्जा स्तर से निम्न ऊर्जा स्तर पर इलेक्ट्रॉन का संकरण फोटोन का उत्सर्जन करता हैं। अतः उत्तर (B) या (D) हो सकता हैं।

प्लॉक समीकरण से

$\nu \propto E$

अर्थात् उत्सर्जित फोटोन की आवृति, दो ऊर्जा स्तरों के ऊर्जाओं के अन्तर के समानुपाती होती हैं।

H परमाणु के n = 1 की ऊर्जा

$E_1 = -13.6$ eV

H परमाणु के n = 2 की ऊर्जा

$E_2 = -\frac{13.6}{4}$ eV

H परमाणु के n = 6 की ऊर्जा

$E_6 = -\frac{13.6}{36}$ eV

अतः $E_2 - E_1 = 13.6 - \frac{13.6}{4} = 13.6 \times \frac{3}{4}$

$E_6 - E_2 = \frac{13.6}{4} \;\; \frac{13.6}{36}$

$= 13.6 \left(\frac{1}{4} \;\; \frac{1}{36}\right) = 13.6 \times \frac{2}{9}$

$E_2 - E_1 > E_6 - E_2$

उदा.10 परमाणु की इलेक्ट्रॉनिक संरचना द्वारा निम्न कौनसी प्रकार की विकिरण का उत्सर्जन नहीं होता हैं –

(A) परा बैगनी प्रकाश (B) X-किरणें

(C) दृश्य प्रकाश (D) γ-किरणें **उत्तर. (D)**

हल. γ-किरणों का उत्सर्जन रेडियो–सक्रिय परिवर्तन द्वारा होता हैं, यह एक नाभिकिय परिघटना हैं।

14. बोहर के परमाणु सिद्धान्त की कमियाँ / असफलता

(a) यह मॉडल एक से अधिक इलेक्ट्रॉन वाले तत्वों की व्याख्या नहीं कर सकता हैं।

(b) यह सिद्धान्त केवल परमाणु मे वृत्ताकार कक्षों की ही व्याख्या कर सकता हैं, दीर्घ वृत्ताकार कक्षों की नहीं।

(c) चुम्बकीय क्षेत्र में स्पेक्ट्रमी रेखाओं को और महीन रेखाओं में विभाजन, जिसे जीमान प्रभाव कहते हैं, को समझाने में यह असमर्थ रहा।

(d) विद्युत क्षेत्र में स्पेक्ट्रमों रेखाओं का और महीन रेखाओं में बँट जाना, जिसे स्टार्क प्रभाव कहते हैं, को समझाने में असफल रहा।

(e) यह हाइज़ेनबर्ग के अनिश्चितता के सिद्धान्त की व्याख्या भी नहीं कर सका तथा इसके द्वारा तत्वों के वर्गीकरण व उनके गुणों में आवर्तितों को कोई आधार नहीं दिया जा सका।

(f) इस सिद्धान्त द्वारा स्पेक्ट्रम की सूक्ष्म संरचना की व्याख्या व स्पेक्ट्रम की रेखाओं की तीव्रता की गणना नही की जा सकती।

15. सोमरफैल्ड द्वारा बोहर मॉडल का विस्तार या बोहर सिद्धान्त का विस्तार :

(a) सोमरफैल्ड द्वारा 1915, में हाइड्रोजन परमाणु के सूक्ष्म स्पेक्ट्रम को समझाने के लिये एक नया परमाणु मॉडल दिया गया।

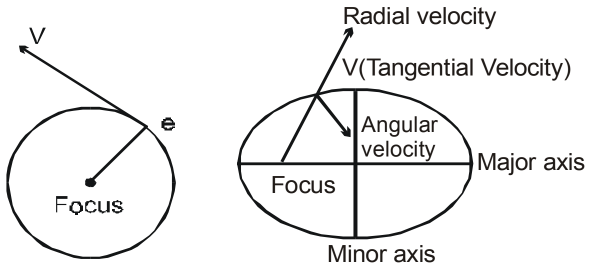
(b) उसने सुझाया कि गतिशील इलेक्ट्रॉन वृत्ताकार कोशो के साथ दीर्घ वृत्ताकार कोशों की भी व्याख्या करते हैं तथा नाभिक एक केन्द्र के रूप उपस्थित रहती हैं।

(c) वृत्त में गति के दौरान केवल परिक्रमण कोण बदलता है उसकी नाभिक से दूरी नहीं बदलती लेकिन दीर्घ वृत्ताकार कोश में नाभिक से दूरी तथा परिक्रमण कोण दोनों बदलते हैं।

(d) नाभिक से दूरी को त्रिज्या सदिश तथा परिक्रमण कोण को दिगंशी कोण के नाम से जाना जाता हैं।

(e) किसी निश्चित क्षण पर वेग tangential velocity को दो भागों में बांटा जाता हैं। एक जो त्रिज्या सदिश के साथ होती है उसे त्रिज्या वेग तथा दूसरी जो इसके समकोण पर स्थित होती है उसे कोणीय वेग कहते हैं।

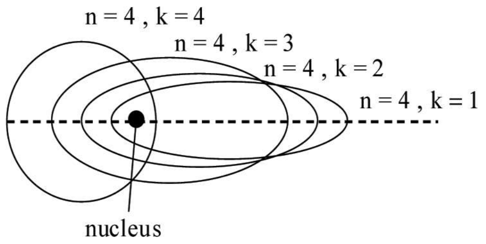
(f) ये दोनों वेग त्रिज्या संवेग तथा कोणिय संवेग या दिगंशी संवेग को प्रदर्शित करते हैं।



(g) सोमरफैल्ड ने सुझाया कि दोनों संवेग बहुसमाकलन होते हैं। कोणिय संवेग $= n_r \frac{h}{2\pi}$

दिगंशी संवेग $= n_\phi \frac{h}{2\pi}$

सोमरफैल्ड मॉडल का संक्षिप्त विवरण

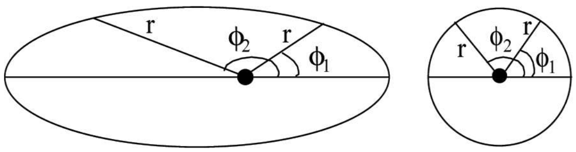


(i) सोमरफैल्ड मॉडल दीर्घ वृत्ताकार कोशो की व्याख्या करता हैं।

(ii) बोहर के वृत्ताकार कोश सोमरफिल्ड के दीर्घ वृत्ताकार कोशो की विशिष्ट स्थिति हैं। जिसमें दीर्घ व लघु अक्ष की त्रिज्याएँ समान होती हैं।

(iii) वृत्ताकार कोश में परिक्रमण का केवल एक निर्देशांक कोण ϕ बदलता हैं लेकिन दीर्घ वृत्ताकार कोश में सदिश त्रिज्या 'r' भी बदलती हैं।

(iv) मुख्य क्वांटम संख्या के साथ दिगंशी क्वांटम संख्या की उपस्थिति दर्शाई गतिशील इलेक्ट्रॉन का कोणीय संवेग दीर्घ वृत्ताकार कोश में दो सदिशो के योग के बराबर होता हैं –



ϕ = बदलता हैं ϕ = बदलता हैं

r = बदलता हैं   r = स्थिर (नहीं बदलता)

$$P = P_r + P_\phi$$

$$= \frac{n_r h}{2\pi} + \frac{n_\phi h}{2\pi}$$

$$n = n_r + n_\phi$$

जहाँ,

n = मुख्य क्वांटम संख्या

n_r = त्रिज्या क्वांटम संख्या = 1, 2, 3, ... ∞

n_ϕ = दिगंशी क्वांटम संख्या = 1, 2, 3, ... n

(v) मुख्य ऊर्जा स्तर में विभिन्न ऊर्जा के उपकोश या उप ऊर्जा स्तर का समावेश किया गया।

(vi) उपकोशो को s, p, d, f (शार्प, प्रिंसीपल, डिफ्युजड, फण्डामेंटल).

(vii) इन उपकोशो में क्रमशः 2, 6, 10, 14 इलेक्ट्रॉन भरे जाते है

(viii) इन उपकोशो की ऊर्जा का क्रम हैं $s < p < d < f$.

(ix) दिगंशी (ℓ) तथा मुख्य क्वांटम संख्या (n) के बीच निम्न सम्बन्ध हैं –

$$\frac{n}{\ell} = \frac{\text{length of major axis}}{\text{length of minor axis}}$$

(x) मुख्य कोश में उपस्थित उपकोशों (s, p, d,f) की ऊर्जाओं में अत्यन्त निम्न अन्तर होता हैं, अतः इन उपकोशों में इलेक्ट्रॉन का संक्रमण स्पेक्ट्रम रेखाओं की सूक्ष्म संरचना देता है, यही इस विस्तार की सबसे बड़ी उपलब्धि हैं।

(xi) बोर के प्रथम कोश (K या n = 1) में केवल एक उपकोश (s)

बोर के द्वितीय कोश (L या n = 2) में केवल दो उपकोश (s, p)

बोर के तृतीय कोश (M या n = 3) में केवल तीन उपकोश (s, p, d)

बोर के चौथे कोश (N या n = 4) में केवल चार उपकोश (s, p, d, f) होते हैं।

(सोमरफैल्ड के आधार पर, n^{th} बोर कोश के लिये एक वृत्ताकार कोश तथा (n – 1) दीर्घ वत्ताकार कोश होते हैं।)

हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम को उच्च विभेदन क्षमता वाले स्पेक्ट्रो स्कोप में देखने पर, दिये गये बोहर मॉडल के विस्तार की आवश्यकता हुई क्योंकि यह इन सभी रेखाओं की स्पष्ट व्याख्या नहीं कर सका।

बोर की विचार धारा के विस्तार के लिये सोमरफैल्ड के सुझाव

नाभिक के चारों और इलेक्ट्रॉन का मार्ग दीर्घ वत्ताकार है जिसमें बोहर के वृत्ताकार कोश इनकी एक विशिष्ट स्थिति हैं। दीर्घ

यदि a तथा b सेमीमेजर व सेमीमाइनर अक्ष हैं,

$$\frac{b}{a} = \frac{k}{k + n_r} = \frac{k}{n}$$

Examples based on सोमरफैल्ड मॉडल पर आधारित

उदा.11 कक्षक की व्याख्या करने के लिये, हमे आवश्यकता होती हैं –

(A) मुख्य तथा दिगंशी क्वांटम संख्या की

(B) मुख्य तथ चुम्बकीय क्वांटम संख्या की

(C) दिगंशी तथा चुम्बकीय क्वांटम संख्या की

(D) दिगंशी तथा चुम्बकीय तथा मुख्य क्वांटम संख्या की

उत्तर. (D)

हल. सही उत्तर (D) हैं।

उदा.12 परमाणु में इलेक्ट्रॉन के लिये दीर्घ वृत्ताकार कोशों की व्याख्या दी गई –

(A) थॉमसन द्वारा (B) बोर द्वारा

(C) सोमरफैल्ड द्वारा (D) डी–ब्रोगली द्वारा

उत्तर. (C)

हल. यह सोमरफैल्ड संकल्पना का परिणाम हैं।

16. परमाणु का तरंग यांत्रिकी सिद्धान्त

16.1 इलेक्ट्रॉन की द्वैती प्रकृति

(a) आइन्सटाइन ने सुझाव दिया की प्रकाश कणीय तथा तरंग दोनों की तरह व्यवहार करता हैं। जिसे द्वैती प्रकृति कहते हैं।

(b) 1924, में फांसीसी भौतिक विज्ञानी लुईस डी. ब्रोगली ने प्रस्ताव दिया कि इलेक्ट्रॉन भी दोनों कण व तरंग की तरह व्यवहार करता हैं।

(c) इसने एक नये सिद्धान्त ''पदार्थो का तरंग यांत्रिकी सिद्धान्त'' का प्रतिपादन किया। इस सिद्धान्त के अनुसार इलेक्ट्रॉन, प्रोटोन तथा खुद परमाणु जब गतिशील होते है तो इनकी प्रकृति तरंग प्रकृति होती हैं।

(d) डी. ब्रोगली के अनुसार 'm' द्रव्यमान तथा 'v' वेग से गतिशील किसी कण की तरंग दैर्ध्य निम्न प्रकार दी जाती हैं।

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

जहाँ 'h' प्लांक नियतांक हैं

(e) इसे निम्न प्रकार व्युत्पन्न किया जा सकता हैं। प्लांक समीकरण के अनुसार

$$E = h\nu = \frac{h.c}{\lambda}$$

आइन्सटाइन द्रव्यमान ऊर्जा सम्बन्धों के आधार पर फोटोन की ऊर्जा

$$E = mc^2$$

दोनों समीकरणों को जोड़ने पर

$$\frac{h.c}{\lambda} = mc^2 \text{ तथा } \lambda = \frac{h}{mc}$$

जो डी ब्रोगली समीकरण (सम्बन्ध) के समान हैं।

(f) इसे डेविसन तथा जरमर ने इसे इलेक्ट्रॉन पूँज के साथ विवर्तन के निरीक्षण द्वारा सत्यापित किया गया।

माना एक इलेक्ट्रॉन V स्थितिज के साथ त्वरित होता हैं तो इसकी गतिज ऊर्जा हैं।

$$\frac{1}{2}mv^2 = eV$$

$$m^2v^2 = 2eVm$$

$$mv = \sqrt{2eVm} = p$$

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2eVm}}$$

(g) यदि हम बोर सिद्धान्त को डी ब्रोगली समीकरण के साथ जोड़ते है तो बोहर कोश में गतिशील इलेक्ट्रॉन की तरंग दैर्ध्य परमाणु की परिधि के साथ पूर्णांक के रूप में बराबर होती हैं

$$2\pi r = n\lambda$$

या $\lambda = \frac{2\pi r}{n}$

डी ब्रोगली समीकरण से

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

अतः $\frac{h}{mv} = \frac{2\pi r}{n}$ या $mvr = \frac{nh}{2\pi}$

Examples based on इलेक्ट्रॉन की द्वैती प्रकृति पर आधारित

उदा.13 यदि प्लांक नियतांक $h = 6.6 \times 10^{-34}$ जूल सैकण्ड हो तो 3.3×10^{-24} किग्रा. मी. प्रति सै. संवेग वाले कण की डी ब्रोगली तरंग दैर्ध्य होगी –

(A) 0.002 Å (B) 0.02 Å

(C) 0.2 Å (D) 2Å

उत्तर.(D)

हल. $\lambda = \frac{h}{mv}$

उदा.14 इलेक्ट्रॉन गतिज ऊर्जा 4.55×10^{-25} जूल है तो इसी डी ब्रोगली तरंग दैर्ध्य हैं –

(A) 4700 Å (B) 8300Å

(C) 7200Å (D) 7400Å

उत्तर.(C)

हल. $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mKE}}$

उदा.15 समान गतिज ऊर्जा वाले कणों की डी ब्रोगली तरंग दैर्ध्य हैं –

(A) इसके वेग के समानुपाती

(B) वेग के व्युत्क्रमानुपाती

(C) द्रव्यमान तथा वेग पर निर्भर नहीं

(D) अगणनीय

उत्तर.(A)

हल. $\lambda = \frac{h}{mv}$ $KE = \frac{1}{2}mv^2$

$$mv = \frac{2KE}{v}$$

$\therefore \lambda = \frac{h}{2\frac{KE}{v}}$ $\lambda = h\left(\frac{v}{2KE}\right)$

उदा.16 हीलियम परमाणु का वेग 300K पर 2.40×10^2 मीटर प्रतिसैकण्ड हैं अतः इसकी तरंग दैर्ध्य क्या हैं (Z = 4)–

(A) 0.416 nm (B) 0.83 nm

(C) 803 Å (D) 8000Å

उत्तर.(A)

हल. $\lambda = \frac{h}{mv}$

हिलीयम का द्रव्यमान $= \frac{4.0 \times 10^{-3}}{6.023 \times 10^{23}}$ kg. तथा

$h = 6.62 \times 10^{-34}$

$\lambda = 6.62 \times 10^{-34} \times \frac{6.023 \times 10^{23}}{4.0 \times 10^{-3}} \times \frac{1}{2.4 \times 10^2}$

$= 0.416 \times 10^{-9}$ meter

$\lambda = 0.416$ nm

16.2 हाइजैनबर्ग का अनिश्चितता सिद्धान्त

(a) जब इलेक्ट्रॉन की तरंग के रूप में व्याख्या की जाती है तो किसी एक निश्चित समय पर इसकी स्थिति तथा वेग दोनों की गणना यथार्थ रूप से एक साथ नही की जा सकती हैं क्योंकि तरंग पूरे अन्तरिक्ष स्थान में फैली रहती हैं।

(b) तरंग दैर्ध्य वाले फोटोन कम ऊर्जा युक्त होते है अतः उनका संवेग कम होता हैं तथा उनकी स्थिति कभी भी निश्चित नही होती।

(c) 1927 में वरनर हाइजेनबर्ग ने एक सिद्धान्त दिया जिसे हाइजेनबर्ग का अनिश्चितता सिद्धान्त कहते हैं।

(d) इस सिद्धान्त के अनुसार इलेक्ट्रॉन या इसके जितनी किसी अन्य काय/कण की एक ही समय में निश्चित स्थिति तथा संवेग की गणना असंभव हैं।

(e) यदि स्थिति की गणना में त्राुटि Δx तथा संवेग की गणना में त्राुटि Δp या $m\Delta v$ है तो हाइजेनबर्ग के अनुसार

$$\Delta x \,.\, \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

$$\Delta x \,.\, m\Delta v \geq \frac{h}{4\pi}$$

(f) किसी अन्य गति के अनुनादी संयुग्म के लिये हाइजेनबर्ग का सिद्धान्त निम्न प्रकार दिया जाता हैं

$\Delta E \, \Delta t \geq \frac{h}{4\pi}$ (ऊर्जा तथा समय के लिये)

Examples based on हाइजेनबर्ग के अनिश्चितता सिद्धान्त पर आधारित

उदा.17 यदि संवेग तथा स्थिति की अनिश्चितता बराबर हो तो, वेग में अनिश्चितता हैं –

(A) $\sqrt{h/2\pi}$ (B) $\frac{1}{2m}\sqrt{h/\pi}$

(C) $\sqrt{h/\pi}$ (D) कोई नहीं

उत्तर.(B)

हल. $\Delta x \,.\, m\Delta v = \frac{h}{4\pi}$ या $(m\Delta v)^2 = \frac{h}{4\pi}$

$m\Delta v = \sqrt{\frac{h}{4\pi}}$

या $\Delta v = \sqrt{\frac{h}{4\pi m^2}} = \frac{1}{2m}\sqrt{\frac{h}{\pi}}$

उदा.18 स्थिति तथा वेग में अनिश्चितता क्रमश 10^{-10} m तथा 5.27×10^{-24} ms^{-1} है तो कण का द्रव्यमान होगा ($h = 6.625 \times 10^{-34}$ J-s) –

(A) 0.099 kg (B) 0.99 g

(C) 0.92 kg (D) कोई नहीं

उत्तर.(A)

हल. हाइजेनबर्ग अनिश्चितता सिद्धान्त के आधार पर

$\Delta x \,.\, m\, \Delta v = \frac{h}{4\pi}$

या $m = \frac{h}{4\pi \Delta x . \Delta v}$

$= \frac{6.625 \times 10^{-34}}{4 \times 3.143 \times 10^{-10} \times 5.27 \times 10^{-24}}$

$= 0.099$ kg.

16.3 श्रोडिंगर तरंग समीकरण

(a) इरविन श्रोडिंगर द्वारा 1926 में इलेक्ट्रॉन की द्वैत प्रकृति के आधार पर तरंग यांत्रिक सिद्धान्त विकसित किया।

(b) इसमें इलेक्ट्रॉन की धनावेशित नाभिक के विद्युत क्षेत्र में त्रिविमिय तरंग के रूप में व्याख्या की गई हैं।

(c) इस एप्रोच को प्रायिकता एप्रोच भी कहते हैं। श्रोडिंगर तरंग समीकरण द्वारा किसी नाभिक के चारों और इलेक्ट्रॉन के पाये जाने की प्रायिकता ज्ञात की जा सकती हैं।

श्रोडिंगर समीकरण निम्न हैं

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial z^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2}(E - V)\psi = 0$$

जहाँ x, y तथा z तीनो निर्देशांक हैं।

m इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान हैं,

h प्लांक नियतांक हैं

E कुल ऊर्जा हैं

V इलेक्ट्रॉन की स्थितिज ऊर्जा हैं,

ψ तरंग का आयाम है जिसे तरंग फलन कहते हैं।

(d) हम जानते है कि तरंग में परिवर्तित मात्रा आयाम है डी ब्रोगली तरंग के लिये इसे ψ को तरंग फलन के रूप में ले सकते हैं।

(e) अधिकतर स्थितियों में यह तरंग फलन जटिल इकाई होती है अतः इसे प्रयोगात्मक रूप से ज्ञात नहीं किया जा सकता हैं।

(f) तरंग फलन (ψ) के कुछ निश्चित गणितीय क्रियाओं के पश्चात हम किसी कण की स्थिति, संवेग, गतिज ऊर्जा, स्थितिज ऊर्जा आदि के बारे में जानकारी प्राप्त कर सकते हैं।

(g) ψ का मुख्य गुण यह है कि इसके द्वारा परमाणु में नाभिक के चारों और इलेक्ट्रॉन पाये जाने की संभावना ज्ञात की जा सकती हैं।

(h) ψ^2 इकाई आयतन में इलेक्ट्रॉन के पाये जाने की संभावना व्यक्त करता हैं, जिसे प्रायिकता घनत्व कहते हैं।

Examples based on परमाणु के तरंग यांत्रिक मॉडल पर आधारित

उदा.19 परमाणु का तरंग यांत्रिक मॉडल आधारित है –

(A) पदार्थ की द्वेती प्रकृति की डी–ब्रोगली संकल्पना पर

(B) हाइजेन बर्ग का अनिश्चितता सिद्धान्त पर

(C) श्रोडिंगर तरंग समीकरण पर

(D) उपयुक्त तीनों पर **उत्तर. (D)**

हल. तरंग यांत्रिक सिद्धान्त इन तीनों पर आधारित है।

उदा.20 निम्न द्वारा एक परमाणु के कक्षक में इलेक्ट्रॉन घनत्व को सत्यता से वर्णित किया जाता हैं –

(A) ψ^2 (B) ψ

(C) $|\psi^2|\psi$ (D) कोई नहीं

उत्तर. (A)

हल. सही प्रस्तुतीकरण ψ^2 द्वारा दिया जाता हैं।

17. क्वांटम संख्याएँ

(a) किसी परमाणु में उपस्थित कक्षक की स्थिति दर्शाने के लिये कुछ संख्याओं के समूह का उपयोग किया जाता हैं जिसे क्वांटम संख्याएँ कहते हैं

(b) इन संख्याओं द्वारा कक्षक की आकृति, आकार तथा विन्यास को विशिष्टता तथा सत्यता से दर्शाया जाता है ये मुख्य, दिंगशी तथा चुम्बकीय क्वांटम संख्याएँ है, जो श्रोडिंगर तरंग समीकरण के हल द्वारा प्राप्त होती हैं।

(c) इन क्वांटम संख्याओं के अतिरिक्त एक अन्य योगात्मक क्वांटम संख्या भी दर्शाई जाती हैं जिसे चक्रण क्वांटम संख्या कहते हैं, जो कक्षक में इलेक्ट्रॉन का चक्रण दर्शाती हैं।

(d) प्रत्येक कक्षक तीन क्वांटम संख्याओं द्वारा तथा प्रत्येक इलेक्ट्रॉन चार क्वांटम संख्याओं द्वारा इंगित किया जाता हैं।

ये क्वांटम संख्याएँ निम्न हैं :

17.1 मुख्य क्वांटम संख्या (n) :

(a) इसे बोहर द्वारा दिया गया तथा इसे 'n' द्वारा दर्शाते हैं,

(b) यह इलेक्ट्रॉन तथा नाभिक के मध्य की औसत दूरी ज्ञात करती है, अर्थात यह परमाणु के आकार को बताती है,

(c) यह इलेक्ट्रॉन के उस कोश की ऊर्जा बताती है जिसमें इलेक्ट्रॉन पाया जाता हैं,

(d) कोश में अधिकतम इलेक्ट्रॉन की संख्या को $2n^2$ द्वारा दिया जाता हैं,

(e) यह कोश / कक्ष/ ऊर्जा स्तर, K, L, M, N, ...आदि के बारें में जानकारी देती हैं,

(f) n का मान बढ़ने के साथ ऊर्जा का मान बढ़ता है ($n \propto E$)

(g) यह मुख्य ऊर्जा स्तर को दर्शाता है जिससे इलेक्ट्रॉन जुड़े होते हैं,

(h) किसी कक्ष / कोश का कक्षीय कोणिय संवेग = $\frac{nh}{2\pi}$

17.2 दिगंशी क्वांटम संख्या या कोणिय क्वांटम संख्या (ℓ)-

(a) इसे सोमरफिल्ड द्वारा दिया गया तथा 'ℓ' से दर्शाया जाता हैं।

(b) यह उपकोश या उपकक्ष की सख्या बताती है जिससे इलेक्ट्रॉन सम्बन्धित होते हैं।

(c) यह उपकोश की आकृति को दर्शाता हैं,

(d) यह उपकोश की ऊर्जा को भी बताती हैं,

s < p < d < f (ऊर्जा का बढ़ता क्रम).

(e) ℓ का मान हमेशा शून्य से (n – 1) तक होता हैं। जहाँ 'n' मुख्य कोश हैं।

(f)

ℓ के मान =	0	1	2	3 ----(n–1)
उपकोश का नाम =	s	p	d	f
उपकोश की आकृति =	गोलाकार	डम्बलाकार	द्विडम्बलाकार	जटिल

(g) कक्षक कोणीय संवेग $\frac{h}{2\pi}\sqrt{\ell(\ell+1)}$.

(h) उपकोश में इलेक्ट्रॉनों की संख्या = 2(2ℓ + 1).

(i) 'n' के दिये गये मान के लिये कुल 'ℓ' के मान हमेशा 'n' के बराबर होते हैं (n = ℓ)

(j) किसी इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा हमेशा n तथा ℓ के मान पर निर्भर करती हैं, कुल ऊर्जा = (n + ℓ) इलेक्ट्रॉन उस कोश में प्रवेश करता है जिसके लिये (n + ℓ) का मान कम होता है या ऊर्जा का मान कम होता हैं।

17.3 चुम्बकीय क्वांटम संख्या (m) :

(a) इसे **जीमान** द्वारा दिया गया तथा 'm' द्वारा प्रदर्शित किया जाता हैं

(b) यह कक्षकों के कुल अभिविन्यास की संख्या के बारे मे बताती हैं,

(c) m का मान – ℓ से + ℓ तक तथा '0' होता हैं।

(d) यह चुम्बकीय क्षैत्र में स्पेक्ट्रमी रेखाओं के विपाटन (splittiy) के बारे में बताती है अर्थात यह क्वांटम संख्या जीमान प्रभाव को सिद्ध करती हैं।

(e) दिये गये 'n' के मान के लिये 'm' के कुल मान n^2 के बराबर होते हैं।

(f) 'ℓ' के दिये मान के लिये 'm' के कुल मान (2ℓ + 1) हैं,

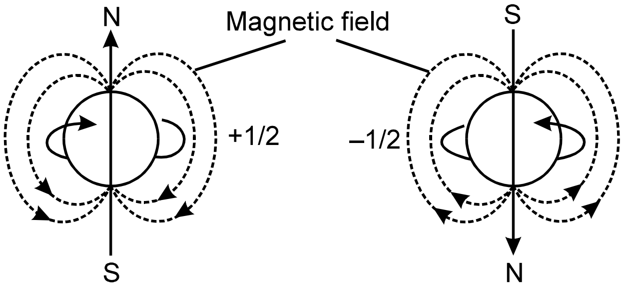
(g) **समभ्रंश कक्षक -** किसी उपकोश के सभी समान ऊर्जा वाले कक्षकों को समभ्रंश कक्षक कहते हैं।

जैसे – p उपकोश p_x p_y p_z

(h) 's' उपकक्ष में समभ्रंश कक्षक = 0.

17.4 चक्रण क्वांटम संख्या (s) :

(a) इसे गोल्डस्मिथ तथा यूलेन बैक द्वारा दिया गया, इसे प्रतीक 'S' द्वारा प्रदर्शीत किया जाता हैं।



(b) 's' के मान + ½ तथा – ½, है जो अक्ष पर इलेक्ट्रॉन के चक्रण या घूर्णन को दर्शाता हैं।

(c) चक्रण वामावृत तथा दक्षिणावृत्त दोनों प्रकार का होता हैं।

(d) चक्रण कोणिय संवेग $\frac{h}{2\pi}\sqrt{s(s+1)}$.

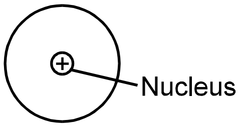
(e) परमाणु का अधिकतम चक्रण = ½ × अयुग्मित इलेक्ट्रॉनों की संख्या

18. कक्षकों की आकृति

कक्षक : नाभिक के चारों ओर त्रिविमिय स्थान जहाँ पर निश्चित ऊर्जा इलेक्ट्रॉन के पाये जाने की संभावना अधिकतम होती हैं। कक्षक कहते हैं।

18.1 क्वांटम संख्या के आधार पर कक्षकों की आकृति

18.1.1 's' कक्षक की आकृति :

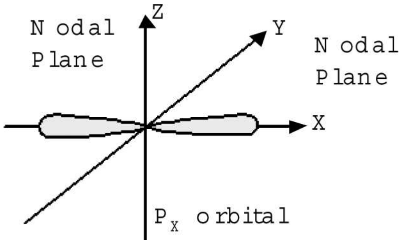


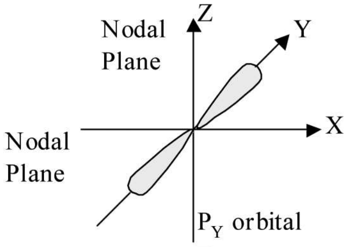
(a) 's' कक्षक के लिये ℓ = 0 तथा m = 0 होता हैं अतः 's' कक्षक केवल एक एकल दिशात्मक अभिविन्यास होता हैं अर्थात इलेक्ट्रॉन के पाये जाने की संभावनाएँ सभी दिशाओं में समान होती हैं।

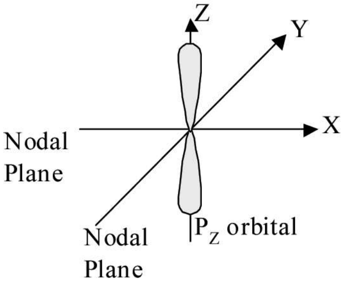
(b) n के बढ़ने के साथ 's' कक्षक की ऊर्जा व आकार बढ़ता हैं – s < 2s < 3s < 4s.

(c) इसमें दिशात्मक गुण नहीं पाया जाता हैं।

18.1.2 'p' कक्षकों की आकृति :







(a) p कक्षक के लिये $\ell = 1$ तथा m = +1, 0, – 1 है अर्थात इसमें तीन 'p' कक्षक होंगे जैसे p_x, p_y, p_z.

(b) 'p' कक्षक की आकृति डम्बलकार होती है, जिसमें दो विपरित दिशात्मक होती हैं। जो नोडल तल द्वारा पृथक रहती हैं।

(c) p-कक्षक में दिशात्मक गुण होता हैं।

18.1.3 d-कक्षकों की आकृति:

(a) 'd' कक्षक के लिये $\ell = 2$ तथा 'm' = –2, –1, 0, +1, +2 अर्थात 'd' उपकोश में पाँच कक्षक हैं

जैसे d_{xy}, d_{yz}, d_{zx}, $d_{x^2-y^2}$, d_{z^2} .

(b) प्रत्येक 'd' कक्षक आकृति, आकार तथा ऊर्जा में समान होते हैं।

(c) 'd' कक्षक द्विडम्बलाकार होती हैं।

(d) इसमें दिशात्मक गुण होता हैं।

Examples based on क्वांटम संख्या तथा कक्षकों की आकृति पर आधारित

उदा.21 मुख्य क्वांटम संख्या 5 से सम्बन्धित अधिकतम संख्या में परमाण्विक कक्षक होंगे –

(A) 9 (B) 12

(C) 16 (D) 25

उत्तर.(D)

हल. मुख्य कोश में कक्षकों की संख्या $n^2 = 5^2 = 25$.

उदा.22 बेरिलियम के चौथे परमाणु की क्वांटम संख्याएँ हैं –:

	n	ℓ	m	s
(A)	1	0	0	1/2
(B)	1	1	1	1/2
(C)	2	0	0	–1/2
(D)	2	1	0	+1/2

उत्तर. (C)

हल. यह $2s^1$ हैं।

19. इलेक्ट्रॉनिक विन्यास सिद्धान्त

विभिन्न कक्षकों में इलेक्ट्रॉन के वितरण को इलेक्ट्रॉनिक विन्यास कहा जाता हैं।

परमाणु के आद्य अवस्था में कक्षकों के भरने का क्रम निम्न नियमों द्वारा निर्धारित होता हैं –

19.1 आफबौ सिद्धान्त :

(a) यह एक जर्मन शब्द हैं, जिसका अर्थ होता है, बनाना या निर्माण करना।

(b) इस सिद्धान्त के अनुसार ''किसी भी परमाणु के कक्षकों में इलेक्ट्रॉन, कक्षकों की ऊर्जा के बढ़ते क्रम में भरते हैं'' अर्थात निम्नतम ऊर्जा वाले कक्षक में इलेक्ट्रॉन पहले भरे जाते हैं।

(c) कक्षक की ऊर्जा n तथा ℓ के या बोहर–बरी सिद्धान्त, आधार पर निकली जाती हैं,

(d) इस सिद्धान्त के परिणाम

(i) $n + \ell$, के निम्न मान वाले कक्षक की ऊर्जा कम होती हैं, उसे पहले भरा जाता हैं।

(ii) जब दो कक्षकों के लिये $(n + \ell)$ के मान समान होते है तो जिस कक्षक के लिये "n" का मान कम होगा उसमें इलेक्ट्रॉन भरे जायेंगे।

19.2 पाउली का अपवर्जन सिद्धान्त :

(a) इस सिद्धान्त के अनुसार किसी भी कक्षक में विपरित चक्रण वाले अधिकतम दो इलेक्ट्रॉन भरे जा सकते हैं अथवा किसी परमाणु में किन्ही भी दो इलेक्ट्रॉनों की चारो क्वांटम संख्याओं s_1 p, d, व f के मान समान नहीं हो सकते हैं।

(b) किसी परमाणु में तीन क्वांटम संख्याएँ समान हो सकती हैं लेकिन चौथी क्वांटम संख्या (चक्रण) भिन्न होगी।

(c) यह सिद्धान्त एक परमाणु के दो इलेक्ट्रॉनों की चारों क्वांटम संख्याओं के लिये सभी योग संभवनाओं का वर्जन करता हैं, अतः इसे अपवर्जन सिद्धान्त कहते हैं।

इसके परिणाम निम्नलिखित हैं –

(i) मुख्य कोश में अधिकतम इलेक्ट्रॉन की संख्या $2n^2$

(ii) उपकोश में अधिकतम इलेक्ट्रॉन की संख्या $2(2\ell + 1)$

(iii) कोश में अधिकतम उपकोश की सख्या = n

(iv) मुख्य कोश में कक्षकों की संख्या = n^2

(v) एक कक्षक में दो से अधिक इलेक्ट्रॉन नहीं भरे जा सकते हैं।

(d) इस सिद्धान्त के अनुसार कक्षक में अधिकतम दो विपरित चक्रण वाले इलेक्ट्रॉन ही रह सकते हैं।

(e) अर्थात कक्षक 0, 1, या 2 इलेक्ट्रॉन रख सकता हैं।

(f) यदि किसी कक्षक में दों इलेक्ट्रॉन है तो वे विपरित चक्रण के ही होगे।

19.3 हुण्ड्स का अधिकतम बहुलकता का नियम :

(a) यह नियम एक ही उपकोश के समभ्रंश कक्षकों से संबन्धित हैं।

(b) इस नियम के अनुसार ''जब समान ऊर्जा के कक्षकों में इलेक्ट्रॉन भरे जाते है तो इलेक्ट्रॉन का युग्मन तब तक नहीं होता जब तक की सभी (समभ्रंश) कक्षकों में समानान्तर चक्रण वाले इलेक्ट्रॉन नहीं भर जाते''

(c) नियमानुसार एक की उपकोश p, d तथा f में क्रमशः चौथे, छठे तथा आठवे इलेक्ट्रॉन का युग्मन होगा।

(d) इसका कारण यह है कि एक ही कक्षक में समआवेशित इलेक्ट्रॉनों के मध्य प्रतिकर्षण को कम करने के लिये इलेक्ट्रॉनों के मध्य प्रतिकर्षण होता हैं।

(e) मध्य के प्रतिकर्षण को कम करनें के लिये इलेक्ट्रॉन भिन्न कक्षकों में जाते हैं।

(f) यह भिन्न कक्षकों में उपस्थित (समान्तर चक्रण वाले) इलेक्ट्रॉन आदान प्रदान ऊर्जा को कम करता हैं।

(g) अधिकतम बहुलकता का अर्थ है, एक ही प्रकार के कक्षकों में इलेक्ट्रोन अधिकतम अयुग्मित रहते हैं।

19.4 ($n + \ell$) नियम

(a) इस नियम के अनुसार इलेक्ट्रॉन विभिन्न कक्षकों में $n + \ell$ नियम के आधार पर भर जाते हैं।

(b) इलेक्ट्रॉन ($n + \ell$) के मान के बढ़ते क्रम में भरे जाते हैं।

(c) ($n + \ell$) के बढ़ते मान के आधार पर इनकी ऊर्जा भी बढ़ती हैं।

(d) समान ($n + \ell$) के मान के आधार पर इलेक्ट्रॉन उस कक्षक में भरे जाते है जिसके लिये "n" का मान कम होता हैं।

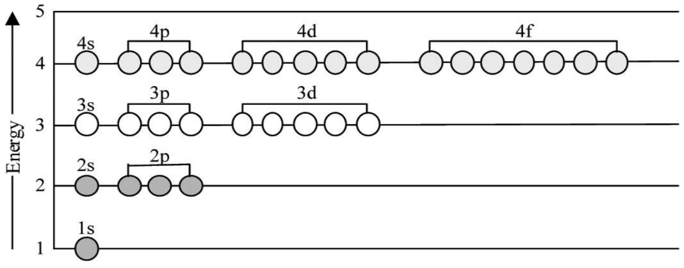
(e) कक्षकों के भरने का क्रम निम्न हैं –

1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s < 4d < 5p < 6s < 4f < 5d

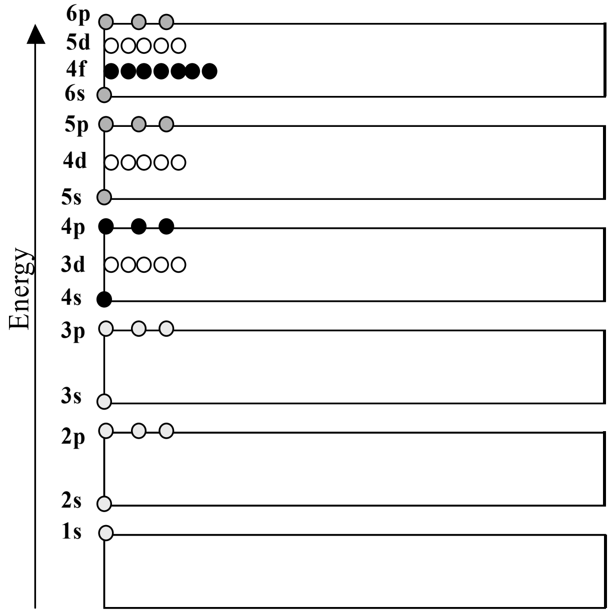
20. ऊर्जा तल चित्र

(a) यह विभिन्न कक्षकों की आपेक्षिक ऊर्जाओं को ऊर्जा तल चित्र द्वारा प्रदर्शित करता हैं।

(b) **एक इलेक्ट्रॉन पद्धति :** इस पद्धति में इलेक्ट्रॉन $1s^2$ तल में होता हैं, तथा इसमें मुख्य कोश के सभी उपकोशो की ऊर्जा समान होती हैं, जो कि (ℓ) के मान से स्वतंत्र हैं। यह (ℓ) केवल कक्षक की आकृति को बताता हैं।



(c) **बहुल इलेक्ट्रॉन पद्धति :** इस पद्धति में ऊर्जा तल न केवल नाभिकीय आवेश से, लेकिन उपस्थित दूसरे इलेक्ट्रॉन पर भी निर्भर करता हैं।



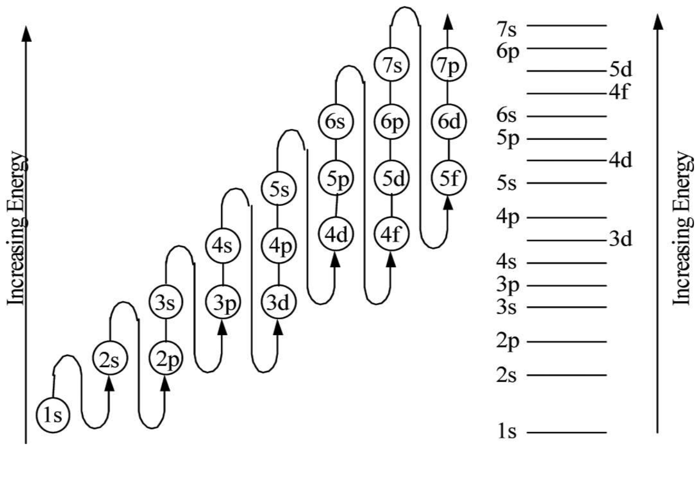
बहुल इलेक्ट्रॉन युक्त परमाणु के चित्र द्वारा निम्न निष्कर्ष प्राप्त होते हैं।

(a) नाभिक से किसी कोश की दूरी बढ़ने पर ऊर्जा तल भी बढ़ता हैं जैसे ऊर्जा तल 2 >1.

(b) एक ही कोश में उपकोशो की ऊर्जा भी भिन्न हो सकती हैं जो कि ℓ के मान पर निर्भर करती है जेसै ℓ के उच्च मान की ऊर्जा भी उच्च होगी।

जैसे चौथे कोश के लिये –

ऊर्जा तल क्रम	4f >	4d >	4p >	4s
	$\ell = 3$	$\ell = 2$	$\ell = 1$	$\ell = 0$



(c) विभिन्न ऊर्जा तलों की आपेक्षिक ऊर्जाओं को ($n + \ell$) नियम द्वारा समझाया जा सकता हैं।

(i) निम्न ($n + \ell$) मान युक्त उपकोश की ऊर्जा तल निम्न होती हैं।

For 3d $n = 3$ $\ell = 2$ $\therefore$ $n + \ell = 5$

For 4s $n = 4$ $\ell = 0$ $n + \ell = 4$

(ii) यदि $(n + \ell)$ का मान दो उपकोशो के लिये समान है तो इलेक्ट्रॉन उस उपकोश में भरेगे जिसके लिये 'n' का मान कम हैं।

21. अर्द्ध पूरित तथा पूर्ण पूरित कक्षकों का उच्च स्थायित्व

इनके स्थायित्व के निम्न कारण हैं

21.1 कक्षको में समरूपता :

(a) समरूपता स्थायित्व बढ़ाती हैं

(b) यदि इलेक्ट्रॉन का एक कक्षक से दूसरे में निम्न ऊर्जा के स्थानान्तरण द्वारा सममित इलेक्ट्रॉन विन्यास प्राप्त होता हैं, तो इसका स्थायित्व अधिक होता हैं।

(c) p^3, d^5, f^7 विन्यास इसके निकटवर्ती विन्यासों से अधिक स्थाई हैं।

21.2 विनिमय ऊर्जा

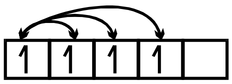
(a) विभिन्न उपकोशों में उपस्थित इलेक्ट्रॉन अपनी स्थिति का विनिमय करते हैं, जबकि एक ही उपकोश के इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा समान होती हैं।

(b) एक ही उपकोश में इलेक्ट्रॉन के विनिमय द्वारा ऊर्जा का उत्सर्जन होता हैं।

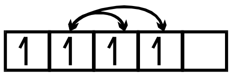
(c) अर्द्ध भरे या पूर्ण भरे कक्षकों की विनिमय ऊर्जा अधिकतम होती हैं, तथा यह उच्च उपकोश से निम्न उपकोश में इलेक्ट्रॉन के स्थानान्तरण से उत्सर्जित ऊर्जा से अधिक होती हैं। जैसें 4s से 3d कक्षक में (Cu तथा Cr)

(d) समान्तर चक्रण वाले समभ्रंश कक्षकों के इलेक्ट्रॉनों में विनिमय की संख्या जितनी अधिक होगी उतनी ही अधिक ऊर्जा उत्सर्जित होगी तथा स्थायित्व उतना ही बढ़ेगा।

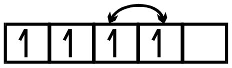
(e) d^4 तथा d^5 में समान्तर चक्रण वाले इलेक्ट्रॉन में संभव विनिमय की संख्याओं की गणना।

d^4 (1) 

प्रथम इले0 के लिए 3 विनिमय

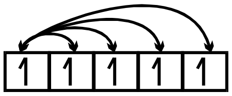
(2) 

द्वितीय इले0 के लिये 2 विनिमय

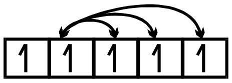
(3) 

तृतीय इले0 के लिये 1 विनिमय

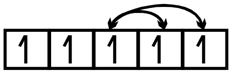
संभव कुल विनिमय संख्या = 3 + 2 + 1 = 6

d^5 (1) 

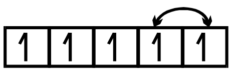
प्रथम इले0 के लिए 4 विनिमय

(2) 

द्वितीय इले0 के लिये 3 विनिमय

(3) 

तृतीय इले0 के लिये 2 विनिमय

(4) 

चौथे इले0 के लिये एक (1) विनिमय

कुल विनिमय की संख्या = 4 + 3 + 2 + 1 = 10

22. तत्वों का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास :

Element	At.No.	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	6d	5f
H	1	1													
He	2	2													
Li	3	2	1												
Be	4	2	2												
B	5	2	2	1											
C	6	2	2	2											
N	7	2	2	3											
O	8	2	2	4											
F	9	2	2	5											
Ne	10	2	2	6											
Na	11	2	2	6	1										
Mg	12	2	2	6	2										
Al	13	2	2	6	2	1									
Si	14	2	2	6	2	2									
P	15	2	2	6	2	3									
S	16	2	2	6	2	4									
Cl	17	2	2	6	2	5									
Ar	18	2	2	6	2	6									
K	19	2	2	6	2	6		1							
Ca	20	2	2	6	2	6		2							
Sc	21	2	2	6	2	6	1	2							
Ti	22	2	2	6	2	6	2	2							
V	23	2	2	6	2	6	3	2							
*Cr	24	2	2	6	2	6	5	1							
Mn	25	2	2	6	2	6	5	2							
Fe	26	2	2	6	2	6	6	2							
Co	27	2	2	6	2	6	7	2							
Ni	28	2	2	6	2	6	8	2							
*Cu	29	2	2	6	2	6	10	1							
Zn	30	2	2	6	2	6	10	2							
Ga	31	2	2	6	2	6	10	2	1						
Ge	32	2	2	6	2	6	10	2	2						
As	33	2	2	6	2	6	10	2	3						
Se	34	2	2	6	2	6	10	2	4						
Br	35	2	2	6	2	6	10	2	5						
Kr	36	2	2	6	2	6	10	2	6						
Rb	37	2	2	6	2	6	10	2	6			1			
Sr	38	2	2	6	2	6	10	2	6			2			
Y	39	2	2	6	2	6	10	2	6	1		2			
Zr	40	2	2	6	2	6	10	2	6	2		2			
*Nb	41	2	2	6	2	6	10	2	6	4		1			
*Mo	42	2	2	6	2	6	10	2	6	5		1			
Tc	43	2	2	6	2	6	10	2	6	5		2			
*Ru	44	2	2	6	2	6	10	2	6	7		1			
*Rh	45	2	2	6	2	6	10	2	6	8		1			
*Pd	46	2	2	6	2	6	10	2	6	10					
*Ag	47	2	2	6	2	6	10	2	6	10		1			
Cd	48	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2			
In	49	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	1		
Sn	50	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	2		
Sb	51	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	3		
Te	52	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	4		
I	53	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	5		
Xe	54	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6		

Element	At.No.	K	L	M	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	5f	6s	6p	6d	6f	7s
Cs	55	2	8	18	2	6	10		2	6			1				
Ba	56	2	8	18	2	6	10		2	6			2				
*La	57	2	8	18	2	6	10		2	6	1		2				
Ce	58	2	8	18	2	6	10	1	2	6	1		2				
Pr	59	2	8	18	2	6	10	3	2	6			2				
Nd	60	2	8	18	2	6	10	4	2	6			2				
Pm	61	2	8	18	2	6	10	5	2	6			2				
Sm	62	2	8	18	2	6	10	6	2	6			2				
Eu	63	2	8	18	2	6	10	7	2	6			2				
*Gd	64	2	8	18	2	6	10	7	2	6	1		2				
Tb	65	2	8	18	2	6	10	9	2	6			2				
Dy	66	2	8	18	2	6	10	10	2	6			2				
Ho	67	2	8	18	2	6	10	11	2	6			2				
Er	68	2	8	18	2	6	10	12	2	6			2				
Tm	69	2	8	18	2	6	10	13	2	6			2				
Yb	70	2	8	18	2	6	10	14	2	6			2				
Lu	71	2	8	18	2	6	10	14	2	6	1		2				
Hf	72	2	8	18	2	6	10	14	2	6	2		2				
Ta	73	2	8	18	2	6	10	14	2	6	3		2				
W	74	2	8	18	2	6	10	14	2	6	4		2				
Re	75	2	8	18	2	6	10	14	2	6	5		2				
Os	76	2	8	18	2	6	10	14	2	6	6		2				
Ir	77	2	8	18	2	6	10	14	2	6	7		2				
*Pt	78	2	8	18	2	6	10	14	2	6	9		1				
*Au	79	2	8	18	2	6	10	14	2	6	10		1				
Hg	80	2	8	18	2	6	10	14	2	6	10		2				
Ti	81	2	8	18	2	6	10	14	2	6	10		2	1			
Pb	82	2	8	18	2	6	10	14	2	6	10		2	2			
Bi	83	2	8	18	2	6	10	14	2	6	10		2	3			
Po	84	2	8	18	2	6	10	14	2	6	10		2	4			
At	85	2	8	18	2	6	10	14	2	6	10		2	5			
Rn	86	2	8	18	2	6	10	14	2	6	10		2	6			
Fr	87	2	8	18	2	6	10	14	2	6	10		2	6			1
Ra	88	2	8	18	2	6	10	14	2	6	10		2	6			2
*Ac	89	2	8	18	2	6	10	14	2	6	10		2	6	1		2
*Th	90	2	8	18	2	6	10	14	2	6	10	0	2	6	2		2
*Pa	91	2	8	18	2	6	10	14	2	6	10	2	2	6	1		2
*U	92	2	8	18	2	6	10	14	2	6	10	3	2	6	1		2
Np	93	2	8	18	2	6	10	14	2	6	10	4	2	6	1		2
Pu	94	2	8	18	2	6	10	14	2	6	10	6	2	6			2
Am	95	2	8	18	2	6	10	14	2	6	10	7	2	6			2
*Cm	96	2	8	18	2	6	10	14	2	6	10	7	2	6	1		2
*Bk	97	2	8	18	2	6	10	14	2	6	10	8	2	6	1		2
Cf	98	2	8	18	2	6	10	14	2	6	10	10	2	6			2
Fs	99	2	8	18	2	6	10	14	2	6	10	11	2	6			2
Fm	100	2	8	18	2	6	10	14	2	6	10	12	2	6			2
Md	101	2	8	18	2	6	10	14	2	6	10	13	2	6			2
No	102	2	8	18	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6			2
*Lw	103	2	8	18	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	1		2
Ku	104	2	8	18	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	2		2
Ha	105	2	8	18	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	3		2

Examples based on **इलेक्ट्रॉनिक विन्यास पर आधारित**

उदा.23 मुख्य क्वांटम संख्या 'n' के विभिन्न उपकोशों की ऊर्जाओं का सही क्रम हैं –

(A) f > d > p > s (B) s > p < d > f

(C) f > p > d > s (D) s > f > p > d

उत्तर.(A)

हल. यह नियमानुसार हैं।

उदा.24 रूबिडियम (Z = 37) के बाहतम इलेक्ट्रॉल के लिये चारों क्वांटम संख्याओं का सही क्रम हैं –

(A) 5, 0, 0, 1/2 (B) 5, 1, 0, 1/2

(C) 5, 1, 1, 1/2 (D) 6, 0, 0, 1/2

उत्तर.(A)

हल. इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $5s^1$ हैं।

उदा.25 उपकोशों की ऊर्जाओं का बढ़ता क्रम हैं –

(A) 3s, 3p, 4s, 3d, 4p (B) 3s, 3p, 3d, 4s, 4p

(C) 3s, 3p, 4s, 4p, 3d (D) 3s, 3p, 3d, 4p, 4s

उत्तर.(A)

हल. यह $(n + \ell)$ नियमानुसार हैं।

उदा.26 d^7 विन्यास के परिणामी कुल चक्रण हैं –

(A) 3/2 (B) 1/2

(C) 2 (D) 1 **उत्तर.(A)**

हल. d^7, के लिये तीन अयुग्मित इलेक्ट्रॉन का चक्रण

$$= 3 \times \frac{1}{2} = \frac{3}{2}$$

23. रेडियो सक्रियता

(a) यह परमाणु नाभिक की प्रकृति हैं। रेडियो सक्रिय तत्वों के नाभिक अस्थाई होते हैं।

(b) इसकी खोज **हेनरी बैक्वैरल** ने की थी।

(c) अस्थाई नाभिक $\alpha\ \left[{}_2He^4\right]$ या $\beta\ \left({}_{-1}e^{\circ}\right)$ कणों के उत्सर्जन द्वारा अन्य तत्त्व के नाभिक में बदल जाता हैं। α – या β – उत्सर्जन के दौरान ऊर्जा का γ – विकिरण के रूप में उत्सर्जन होता हैं।

23.1 नाभिकीय बल (Nuclear forces) :

(a) वह आकर्षण बल जो परमाणु नाभिक में न्यूक्लिऑनों (प्रोटॉन व न्यूट्रॉनों) को आपस में बांधे रखता है, नाभिकी बल कहलाता हैं।

(b) आधुनिक विचारधारा के अनुसार नाभिकीय बलों की उत्पत्ति नाभिकीय कणों के मध्य मेसॉनों के विनिमय के कारण होती हैं।

(c) समान आवेश के कारण प्रोटॉनों में प्रतिकर्षण होता है, परन्तु इस प्रतिकर्षण के बावजूद परमाणु नाभिक स्थायी रहता हैं, क्योकि नाभिकीय बल प्रतिकर्षण बल से अधिक होते हैं। नाभिकीय बल केवल 2f से 3f (फर्मी) की दूरी तक सक्रिय होते हैं।

(d) मेसॉनो के विनिमय से विनिमय बल उत्पन्न होते है जो नाभिकीय कणों को एक दूसरे से बाँधे रखते हैं।

$$n + \pi^{\oplus} \longrightarrow p$$

$$p + \pi^{\oplus} \longrightarrow n$$

या

$$n \underset{\pi^{\ominus}}{\overset{\pi^{\oplus}}{\rightleftharpoons}} P$$

(e) दो प्रोटॉनों के मध्य तथा दो न्यूट्रॉनों के मध्य विद्युत उदासीन मेसॉनों (π°) का विनिमय होता हैं।

$$P \underset{\pi^{\ominus}}{\overset{\pi^{\oplus}}{\rightleftharpoons}} P$$

$$n \underset{\pi^{\ominus}}{\overset{\pi^{\oplus}}{\rightleftharpoons}} n$$

23.2 द्रव्यमान क्षति तथा नाभिक की बन्धन ऊर्जा –

(a) प्रत्येक परमाणु का वास्वतिक द्रव्यमान उसमें उपस्थित मूल कणों के कुल द्रव्यमान से कम होता हैं

(b) जब कोई स्थायी नाभिक प्रोटॉनों और न्यूट्रॉनों (नाभिकीय कणों) के संयोग से बनता है तो द्रव्यमान की कुछ मात्रा ऊर्जा के रूप में परिवर्तित होकर लुप्त हो जाती है जिसके कारण परमाणु नाभिक का द्रव्यमान उन नाभिकीय कणों के कुल द्रव्यमान से कम हो जाता हैं जिनके संयोग से नाभिक बना हैं।

(c) परमाणु नाभिक में उपस्थित नाभिकीय कणों (प्रोटॉनों व न्यूट्रॉनों) के कुल द्रव्यमान और नाभिक के वास्तविक द्रव्यमान के अन्तर को द्रव्यमान क्षति कहते हैं।

द्रव्यमान क्षति = (नाभिकीय कणों को कुल द्रव्यमान)– (नाभिक का वास्तविक द्रव्यमान)

(d) नाभिकीय कणों (प्रोटॉन व न्यूट्रॉन) के संयोग से जब किसी स्थायी परमाणु नाभिक की रचना होती है तो द्रव्यमान क्षति होती हैं, जिसके कारण ऊर्जा उत्सर्जित होती हैं जिसे उस नाभिक की बंधन ऊर्जा कहते हैं। जैसे ${}^{16}_{8}O$ का नाभिक बनने में 127 MeV ऊर्जा मुक्त होती हैं। अतः ${}^{16}_{8}O$ नाभिक की बंधन ऊर्जा 127 MeV होगी।

23.3 द्रव्यमान क्षति और नाभिक की बंधन ऊर्जा में संबंध:

(a) नाभिकीय कणों के संयोग से किसी नाभिक के बनने में जो द्रव्यमान क्षति होती हैं, उसके तुल्य ऊर्जा नाभिक की बंधन ऊर्जा होती हैं।

(b) यदि नाभिकीय कणों से किसी नाभिक के बनने में Δm amu द्रव्यमान की क्षति होती है तो नाभिक की बंधन ऊर्जा (B_{En}) होगी।

$B_{En} = \Delta m \times 931$ Mev.

(c) आइन्सटीन समीकरण $E = mc^2$ होती हैं जहाँ

E = ऊर्जा (अर्ग में)

m = द्रव्यमान (ग्राम में) और c = प्रकाश का वेग (cm/sec.में) हैं। इस समीकरण के अनुसार 1 amu तुल्य ऊर्जा 931 Mev होती हैं अतः $B_{En} = \Delta m \times 931$ Mev.

जैसे 8p और 8n से $^{16}_{8}O$ का नाभिक बनने पर 0.1364 amu द्रव्यमान की क्षति होती हैं, अतः $^{16}_{8}O$ नाभिक की बन्धन ऊर्जा (B_{En}) = 0.1364 × 931

= 127 MeV.

23.4 बन्धन ऊर्जा प्रति न्यूक्लियॉन (Binding energy per nucleon)

(a) बन्धन ऊर्जा प्रति न्यूक्लियॉन नाभिक के स्थायित्व की माप हैं,

(b) बन्ध ऊर्जा और समस्थानिकों का आपेक्षिक स्थायित्व:

परिकल्पनात्मक नाभिकीय अभिक्रिया के बारें में

$${}_{Z}X^{A} \xrightarrow{+\text{neutron}} {}_{Z}X^{A_1[+P\,MeV]}$$

$${}_{Z}X^{A} \xrightarrow{+\text{neutron}} {}_{Z}X^{A_2\,[-Q\,MeV]}$$

(c) यदि बन्ध ऊर्जा धनात्मक है तो स्थायित्व क्रम

उत्पाद नाभिक > क्रियाकारक नाभिक

यदि बन्ध ऊर्जा ऋणात्मक है तो स्थायित्व का क्रम

उत्पाद नाभिक < क्रियाकारक नाभिक

23.5 नाभिकीय स्थायित्व तथा न्यूट्रॉनों व प्रोटॉनो का अनुपात:

(a) किसी नाभिक का स्थायित्व उसमें उपस्थित न्यूट्रॉनों (n) तथा प्रोटॉनों (p) की संख्या के अनुपात पर निर्भर करता हैं।

(b) जिन नाभिकों में $\frac{n}{p} = 1$ (लगभग), होता है वे बहुत स्थायी होते हैं।

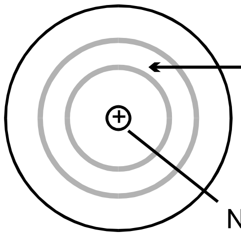
(c) जब नाभिक में n और p का अनुपात 1.5, से अधिक हो जाता है तो वह अस्थायी और रेडियोऐक्टिव हो जाता हैं।

(d) परमाणु क्रमांक 20 तक $\frac{n}{p}$ लगभग 1 रहता हैं अतः वे अधिक स्थायी हैं। परमाणु क्रमांक 83 से ऊपर के परमाणुओं में $\frac{n}{p}$ लगभग 1.5 से 1.6 रहता हैं अतः ये परमाणु रेडियोऐक्टिव होते हैं।

जैसें $40\,C_a$ में $\frac{n}{p} = \frac{20}{20} = 1$ अतः इसका नाभिक स्थायी हैं।

$^{235}_{92}U$ में $\frac{n}{p} = \frac{235}{92} = 1.55$, अतः इसका नाभिक अस्थायी हैं।

24. कुछ महत्वपूर्ण परिभाषाएँ



(a) नोडल सतह :

दो उपकोशों के मध्य का वह स्थान जहाँ इलेक्ट्रॉन पाये जाने की संभावना शून्य हो को **नोडल सतह** कहते हैं। किसी एक परमाणु में नोडल सतह की संख्या = (n – 1), जहाँ 'n' परमाणु में कोशों की कुल संख्या हैं।

(b) नोडल तल :

'p' तथा 'd' कक्षकों का वह स्थान जहाँ इलेक्ट्रॉन घनत्व लगभग शून्य होता है, **नोडल तल** कहते हैं।

जैसें p_x = yz

p_y = xz

p_z = xy

For d_{xy} = yz, zx

d_{yz} = xy, xz $\quad d_{x2-y2}$ = 0

d_{zx} = xy, yz $\quad d_{z2}$ = 0

(c) नोडल बिन्दु :

परमाणु का नाभिक **नोडल बिन्दु** कहलाता हैं।

(d) तुल्यांतरी नाभिकीय :

तत्त्व जिनके (n – p) का मान समान होता हैं, **आइसोडायफियर्स** कहलाते हैं।

जैसे	$_7N^{14}$	$_8O^{16}$
(n – p) के मान	0	0

(e) समपरासरी / समन्यूट्रोनी :

भिन्न भिन्न तत्वों के परमाणु जिनमें न्यूट्रानों की संख्या समान होती हैं, **समपरासारी** कहलाते हैं।

जैसें	$_{14}Si^{30}$	$_{15}P^{31}$	$_{16}S^{32}$
न्यूट्रॉनों की संख्या	16	16	16

(f) समस्थानिक :

(i) सर्वप्रथम 'सोडी' द्वारा दिया गया।

(ii) समस्थानिकों के परमाणु क्रमांक समान लेकिन द्रव्यमान संख्या भिन्न होती हैं।

(iii) समान परमाणु क्रमांक के कारण इनके रासायनिक गुण समान होते हैं।

(iv) परमाणु द्रव्यमान भिन्न होने के कारण भौतिक गुण भिन्न भिन्न होते है।

जैसें	$_1H^1$	$_1H^2$	$_1H^3$
	प्रोटोनियम	ड्यूटेरियम	ट्रिटियम
Z = 1	1	1	
A = 1	2	3	

(g) समभारिक :

दो भिन्न परमाणु जिनके परमाणु क्रमांक भिन्न लेकिन परमाणु द्रव्यमान समान होते हैं **समभारीक** कहलाते हैं।

जैसें	$_{18}Ar^{40}$	$_{19}K^{40}$	$_{20}Ca^{40}$
द्रव्यमान संख्या	40	40	40
परमाणु क्रमांक	18	19	20

(h) समाकृतिक :

दो भिन्न प्रकार के यौगिक जिनकी क्रिस्टलीय संरचना समान प्रकार की होती है, समाकृतिक कहलाते है तथा इनका यह गुण समाकृतिकता कहलाता है

जैसें	$FeSO_4 . 7H_2O$	$ZnSO_4 . 7H_2O$
	हरा कशीश	श्वेत कशीश
	हेप्टा हाइड्रेटफेरस सल्फेट	हेप्टा हाइड्रेट जिंक सल्फेट

(i) समावयवी :

दो या दो से अधिक यौगिक जिनके अणुसुत्रा समान लेकिन भौतिक या रासायनिक गुण भिन्न होते हैं समावयवी तथा इनका यह गुण समावयवता कहलाता हैं।

जैसें $C_2H_6O \rightarrow C_2H_5OH$ & $CH_3 - O - CH_3$

(j) समइलेक्ट्रॉनिक :

आयन, परमाणु, अणु या स्पिशीज जिनमें समान संख्या में इलेक्ट्रॉन पाये जाते है, समइलेक्ट्रॉनिक कहलाते हैं।

जैसे	$_{17}Cl^-$	$_{18}Ar$	$_{19}K^+$	$_{20}Ca^{+2}$
e^- की संख्या	18	18	18	18
जैसे	CN^-	CO		
e^- की संख्या	14	14		

(k) समविन्यासी :

यौगिक जिनमें इलेक्ट्रॉन तथा परमाणुओं की संख्या समान होती है। समविन्यासी कहलाते हैं।

जैसे	CO_2	N_2O
	22	22

(l) कर्नेल : किसी परमाणु के बाह्यतम कोश को पृथक करने के पश्चात बचे आन्तरिक कोश युक्त परमाणु को करनेल कहते हैं तथा कोशों के इलेक्ट्रोनों को करनेल इलेक्ट्रॉन भी कहते हैं।

जैसें $Mg = 1s^2 2s^2 2p^6, 3s^2$

कुल करनेल इलेक्ट्रोनों की संख्या = 2 + 2 + 6 = 10

(m) कोर :

(i) किसी परमाणु का बाह्यतम कोश कोर कहलाता है तथा इसके इलेक्ट्रॉन कोर इलेक्ट्रॉन कहलाते है।

जैसें $Cl = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

कोर इलेक्ट्रॉन = 2 + 5 = 7

(ii) यदि कोर अस्थाई है तो परमाणु परिवर्तनशील संयोजकता दर्शाता हैं।

(n) प्रकाश विद्युत प्रभाव :

जब उच्च आवृति की प्रकाश पूँज, धात्विक सतह से टकराती है तो धात्विक सतह से इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित होता हैं। यह परिघटना प्रकाश–विद्युत प्रभाव कहलाती हैं तथा इलेक्ट्रॉन प्रकाश विद्युत इलेक्ट्रॉन कहलाते है।

कुल ऊर्जा = $\frac{1}{2}mv^2 + \omega$

{$\frac{1}{2}mv^2$ = गतिज ऊर्जा ω

= देहली ऊर्जा अथवा कार्य फलन

(o) देहली ऊर्जा : वह न्यूनतम ऊर्जा जो धात्विक सतह से एक इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित करने के लिये आवश्यक होती हैं, देहली ऊर्जा कहलाती हैं।

(p) n, p, α, तथा इलेक्ट्रॉन के $\frac{e}{m}$ मान –

n के लिये $\frac{e}{m} = 0$

α के लिये $\frac{e}{m} = \frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19}}{4 \times 1.67 \times 10^{-24}}$
$= 4.8 \times 10^5$

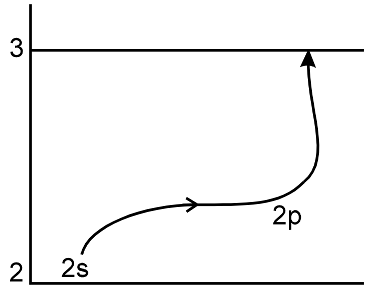
p के लिये $\frac{e}{m} = \frac{1.6 \times 10^{-19}}{1.67 \times 10^{-24}}$
$= 9.58 \times 10^4$

e^- के लिये $\frac{e}{m} = \frac{1.6 \times 10^{-19}}{9.1 \times 10^{-28}}$

$= 1.76 \times 10^8$

नोट : जब इलेक्ट्रॉन स्थाई अवस्था में है तब इलेक्ट्रॉन के चुम्बकीय क्षेत्रा का मान शून्य होता हैं।

(q) प्रमोशन :



$n + \ell = 2$ $\quad$ $n + \ell = 3$

किसी कक्ष या कोश में इलेक्ट्रॉनों का उपकोशों के मध्य स्थानान्तरण प्रमोशन कहलाता हैं, जबकि एक इलेक्ट्रॉन का एक ऊर्जा स्तर से दूसरे ऊर्जा स्तर में स्थानान्तरण संक्रमण कहलाता है। प्रमोशन के पूर्ण होने के बाद ही संक्रमण सम्पन्न होता है

जैसे 2s ($n + \ell = 2 + 0 = 2$) से एक इलेक्ट्रॉन का 2p में स्थानान्तरण प्रमोशन तथा 2^{nd} कक्ष से 3^{rd} कक्ष में (या 2p से 3s मे) इलेक्ट्रॉन का स्थानान्तरण संक्रमण कहलाता है।

25. कुछ महत्वपूर्ण बिन्दु

- बड़े पदार्थो जैसे क्रिकेट बॉल, कार, रेलगाड़ी आदि के लिये तरंग प्रकृति का कोई महत्व नहीं हैं।
- डी ब्रोगली संकल्पना का महत्वपूर्ण उपयोग इलेक्ट्रॉन सूक्ष्म दर्शी के निर्माण तथा इलेक्ट्रॉन विवर्तन द्वारा, ठोसों के सतह के अध्ययन में किया जाता हैं।
- इलेक्ट्रॉन तरंग की तरंग दैर्ध्य जितनी छोटी होगी उतनी ही इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी की विभेदन क्षमता अधिक होगी।
- गणना में अनिश्चितता किसी प्रयोगात्मक तकनीक की कमी के कारण न होकर उपपरमाण्विय कण की प्रकृति के द्वारा होती हैं।
- कक्षकों की आकृति श्रोडिंगर समीकरण के गणितिय हल का क्रियात्मक प्रस्तुतीकरण हैं। वे किसी पदार्थ या विद्युत आवेश चित्रा का प्रस्तुतीकरण नहीं करते हैं।

हल–सहित उदाहरण

उदा.1 निम्न सारणी को पूरा करो -

परमाणु /आयन	परमाणु क्रमांक (Z)	द्रव्यमान संख्या (A)	प्रोटोन (p)	न्यूट्रॉन (n)	इलेक्ट्रॉन (e)
Al^{3+}	13			14	
Cu	29	63			
Mg^{2+}	24				12
Sr		88	38		

हल. (i) परमाणु क्रमांक (Z) = 13 = प्रोटोनो की संख्या

इलेक्ट्रॉनों की संख्या = 13–3 = **10**

द्रव्यमान संख्या = n + p = 14 + 13 = **27**

(ii) परमाणु संख्या = प्रोटोनों की संख्या

= इलेक्ट्रॉनों की संख्या = **29**

द्रव्यमान संख्या = n + p = **63**

अतः p = 29

$\therefore$ n = 63 – p = 63 – 29 = **34**

(iii) प्रोटोनों की संख्या = Z = **12** व

इलेक्ट्रोनों की संख्या = 12–2 = **10**

द्रव्यमान संख्या = n + p = 24

$\therefore$ n = 24 – p = 24 – 12 = **12**

(iv) इलेक्ट्रॉनों की संख्या = प्रोटोनो की संख्या = Z = 38

द्रव्यमान संख्या = n + p = 88

$\therefore$ n = 88 – p = 88 – 38 = **50**

उदा.2 एक तेल की बुँद पर 6.39×10^{-19} C आवेश है। इस बुँद में इलेक्ट्रॉन की सख्या ज्ञात करो –

हल. तेल की बुँद पर आवेश = 6.39×10^{-19} C

हम जानते है कि

1.602×10^{-19} C आवेश है 1 इलेक्ट्रॉन पर

$\therefore$ 6.39×10^{-19} C आवेश होगा

$= \dfrac{6.39 \times 10^{-19}}{1.602 \times 10^{-19}}$ इलेक्ट्रॉन पर

= **4 इलेक्ट्रॉन पर**

उदा.3 हाइड्रोजन परमाणु के 3rd कोश में बोहर इलेक्ट्रॉन के पूर्ण परिक्रमण से निर्मित तरंगो की संख्या है –

हल. हम जानते है कि

$r_n = r_0 \times n^2$

$\therefore$ $r_3 = 0.529 \times 10^{-8}$ cm $\times (3)^2$

($\because$ $r_0 = 0.529 \times 10^{-8}$ cm)

हम यह भी जानते है कि

$u_n = \dfrac{u_0}{n}$

$\therefore$ $u_3 = \dfrac{2.19 \times 10^8}{3}$

($\because$ $u_0 = 2.19 \times 10^8$ cm sec^{-1})

एक परिक्रमण में तरंगो की संख्या

$= \dfrac{2\pi r_3}{\lambda} = \dfrac{2\pi r_3}{h / mu_3}$

$= \dfrac{2\pi r_3 \times u_3 \times m}{h}$

विभिन्न नियतांकों के मान रखने पर

एक परिक्रमण में तरंगों की संख्या =

$$\frac{2 \times 3.14 \times 0.529 \times 10^{-8} \times 9 \times 2.19 \times 10^{8} \times 9.108 \times 10^{-18}}{3 \times 6.62 \times 10^{-27}}$$

= **3**

उदा.4 He^+ की आयनन ऊर्जा 19.6×10^{-18} J atom^{-1} परमाणु है तो Li^{+2} के प्रथम स्थाई अवस्था की ऊर्जा होगी -

(A) 21.2×10^{-18} J/atom

(B) 44.10×10^{-18} J/atom

(C) 63.2×10^{-18} J/atom

(D) 84.2×10^{-18} J/atom **(उत्तर B)**

हल. E_1 for Li^{+2} = E_1 for H $\times Z^2_{Li}$ = E_1 for H $\times$ 9

E_1 for He^+ = E_1 for H $\times Z^2_{He}$ = E_1 for H $\times$ 4

or E_1 for $Li^{+2} = \dfrac{9}{4} E_1$ for He^+

$= 19.6 \times 10^{-18} \times \dfrac{9}{4}$

= $\mathbf{44.10 \times 10^{-18}}$ **J/atom**

उदा.5 हाइड्रोजन परमाणु की आयनन ऊर्जा 13.6 eV है तो He^+ की आयनन ऊर्जा होगी –

हल. He^+ हाइड्रोजन सदृश्य स्पीशीज है अतः इलेक्ट्रॉन प्रथम कोश से आयनीकृत होगा

$\therefore$ He^+ की आयनन ऊर्जा $= \dfrac{Z^2 E_H}{n^2}$

$= \dfrac{4 \times 13.6}{1^2}$ = **54.4 eV**

उदा.6 हाइड्रोजन परमाणु की आयनन ऊर्जा 13.6 eV है तो Li^{+2} की आयनन ऊर्जा होगी –

(A) 13.6 eV (B) 27.2 eV

(C) 54.4 eV (D) 122.4 eV

(उत्तर D)

हल. E_1 for Li^{+2} = E_1 for H × Z^2 [for Li, Z = 3]

= 13.6 × 9

= **122.4 eV**

उदा.7 हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम का कौनसा संक्रमण, He^+ (n = 4 to n = 2 में) के बामर संक्रमण के समान लम्बाई का होगा –

(A) $n_2 = 2$ to $n_1 = 1$ (B) $n_2 = 3$ to $n_1 = 1$

(C) $n_2 = 4$ to $n_1 = 2$ (D) $n_2 = 5$ to $n_1 = 3$

(उत्तर A)

हल. He^+ आयन के लिये हमारे पास है,

$$\frac{1}{\lambda} = R_H Z^2\left[\frac{1}{n_1^2}-\frac{1}{n_2^2}\right]$$

$$= R_H[2]^2\left[\frac{1}{2^2}-\frac{1}{4^2}\right]$$

$$= \frac{3}{4}R_H \quad ...(1)$$

अब H परमाणु के लिये

$$\frac{1}{\lambda} = R_H\left[\frac{1}{n_1^2}-\frac{1}{n_2^2}\right] \quad ...(2)$$

समीकरण (1) व (2) को जोड़ने पर

$$\frac{1}{n_1^2}-\frac{1}{n_2^2} = \frac{3}{4}$$

निश्चित रूप से $n_1 = 1$ तथा $n_2 = 2$ है यानि हाइड्रोजन परमाणु के n = 2 से n = 1 में संक्रमण, He^+ स्पशीज के n = 4 से n = 2 में संक्रमण के समान लम्बाई का होगा–

उदा.8 दिया है R = $1.0974 \times 10^7\ m^{-1}$ तथा h = 6.626×10^{-34} Js एक मोल Li^{+2} आयन की आयनन ऊर्जा निम्न होगी –

(A) 11240 KJ $mole^{-1}$ (B) 11180 KJ $mole^{-1}$

(C) 12350 KJ $mole^{-1}$ (D) 15240 KJ $mole^{-1}$

(उत्तर B)

हल. आयनन ऊर्जा -

$\Delta E = RZ^2 hc$

Li^{+2} आयन के लिये, Z = 3,

अतः $\Delta E = (1.0974 \times 10^7\ m^{-1}) \times (9) \times (6.626 \times 10^{-34}\ J.S.) \times (3 \times 10^8\ ms^{-1})$

$= 1.964 \times 10^{-17}$ J

एक मोल आयन के लिये

$\Delta E' = N_A . \Delta E$

$= (6.023 \times 10^{23}\ mol^{-1})(1.964 \times 10^{-17}\ J)$

$= 1.118 \times 10^7\ J\ mol^{-1}$

$= 11180\ KJ\ mol^{-1}$

उदा.9 1.0 g हाइड्रोजन परमाणु के परमाण्विक स्पेक्ट्रम के दृश्य क्षेत्र में निकटतम ऊर्जा की स्पेक्ट्रम रेखा के साथ संक्रमण देता है तो उत्सर्जित ऊर्जा की गणना करो – ($R_H = 1.1 \times 10^7\ m^{-1}$, c = $3 \times 10^8\ ms^{-1}$, h = 6.62×10^{-34} Js).

हल. स्पेक्ट्रम दृश्य क्षेत्र में अर्थात यह बामर श्रेणी सम्बन्धित $n_1 = 2$ अर्थात n_2 = 3, 4, 5, आदि

निम्नतम ऊर्जा के लिये $n_1 = 3$

निम्न सम्बन्ध में मान जोड़ने पर

$$\frac{1}{\lambda} = R_H\left[\frac{1}{n_1^2}-\frac{1}{n_2^2}\right]$$

$$= 1.1 \times 10^7 \times \left[\frac{1}{4}-\frac{1}{9}\right]$$

$$= 1.1 \times 10^7 \times \frac{5}{36}$$

$$\lambda = \frac{36}{1.1 \times 10^7 \times 5}$$

$= 6.55 \times 10^{-7}$ m

अब हम जानते है कि

$$E = h\nu = h \times \frac{c}{\lambda}$$

$$= \frac{6.62 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{6.55 \times 10^{-7}}$$

$= 3.03 \times 10^{-19}$ J

∴ 1g हाइड्रोजन परमाणु से सम्बन्धित ऊर्जा है

$= 3.03 \times 10^{-19} \times 6.02 \times 10^{23}$

$= 18.25 \times 10^4$ J = **182.5 KJ**

उदा.10 H परमाणु के 1^{st} तथा 2^{nd} बोहर कक्ष की ऊर्जाओं के अन्तर की गणना करो किस न्यूनतम परमाणु संख्या के n = 2 से n = 1 ऊर्जा स्तरो में संक्रमण से $\lambda = 3.0 \times 10^{-8}$ m के X - किरण का उत्सर्जन होता है। जो हाइड्रोजन सदृश्य स्पीशीज ऐसा करती है, उसका परमाणु क्रमांक है –

हल. हाइड्रोजन के लिये $E_1 = -13.6$ eV

$\therefore$ हाइड्रोजन के लिये $E_2 = (-13.6/2^2)$

$= -13.6/4 = -3.4$ eV

$\therefore$ $E_2 - E_1 = -3.4 - (-13.6) = \mathbf{+10.2\ eV}$

$\lambda = 3.0 \times 10^{-8}$ m

H सदृश्य परमाणु में संक्रमण हेतु

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \cdot Z^2 \left[\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}\right]$$

$$\frac{1}{3 \times 10^{-8}} = 1.09 \times 10^7 \times Z^2 \times \frac{3}{4}$$

$\therefore$ $Z^2 = 4$ तथा **Z = 2**

उदा.11 हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम की लाइमन श्रेणी की सबसे छोटी तरंग दैर्ध्य है ($R_H = 109678\ cm^{-1}$) –

(A) 1215.67 Å (B) 911.7 Å

(C) 1002.7 Å (D) 1127.30 Å

(उत्तर B)

हल. लाइमन श्रेणी के लिये $n_1 = 1$

निम्नतम 'λ' के (लाइमन श्रेणी) लिये ऊर्जाओं का अन्तर अधिकतम होना चाहिये (i.e. $n_2 = \infty$).

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left[\frac{1}{1^2} - \frac{1}{\infty^2}\right] = 109678$$

$\therefore$ $\lambda = 911.7 \times 10^{-8}$

$= \mathbf{911.7\ Å}$

उदा.12 हाइड्रोजन परमाणु के दूसरे तथा तीसरे बोहर कक्ष में एक इलेक्ट्रॉन की ऊर्जाएँ क्रमशः -5.42×10^{-12} अर्ग तथा -2.41×10^{-12} अर्ग है उत्सर्जित विकिरण की तरंग दैर्ध्य की गणना किजिये जब इलेक्ट्रॉन तीसरे से दूसरे कक्ष में गिरता है

हल. यहाँ, $h = 6.62 \times 10^{-27}$ erg

$E_3 = -2.41 \times 10^{-12}$ erg

$E_2 = -5.42 \times 10^{-12}$ erg

$\Delta E = E_3 - E_2$

$= -2.41 \times 10^{-12} + 5.42 \times 10^{-12}$

हम जानते है कि, $\Delta E = h\nu$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{\Delta E}{h} = \frac{3.01 \times 10^{-12}}{6.62 \times 10^{-27}}$$

$$\lambda = \frac{6.62 \times 10^{-27} \times 3 \times 10^8}{3.01 \times 10^{-12}}.$$

$\lambda = 6.6 \times 10^{-5}$ cm

जब $1Å = 10^{-8}$ cm

तो $\lambda = 6.6 \times 10^3$ Å

उदा.13 $4.75 \times 10^{13}\ sec^{-1}$ आवृति के क्वांटा विकिरणों की संख्या ज्ञात किजिये जो 100 g बर्फ को पिघलाने में आवश्यक है 1 g बर्फ को पिघलाने के लिये 350 J ऊर्जा की आवश्यकता होती है।

हल. $E = nh\nu$

$= n \times 6.62 \times 10^{-34}$ J sec $\times 4.75 \times 10^{13}\ sec^{-1}$

$= n \times 31.445 \times 10^{-21}$ J

100 g बर्फ को पिघलाने में आवश्यक ऊर्जा

= 350 J × 100

= 35000 J

$n \times 31.445 \times 10^{-21} = 35000$

$$n = \frac{35000}{31.445 \times 10^{-21}}$$

$= \mathbf{1113 \times 10^{21}}$

उदा.14 60 N के सोडियम लैम्प द्वारा 10 घण्टे में उत्सर्जित फोटॉन की संख्या की गणना करो (फोटोन की $\lambda = 5893$ Å)

हल. एक सैकण्ड में सोडियम लैम्प द्वारा उत्सर्जित ऊर्जा

= वाट × सैकण्ड = 60 × 1 J

उत्सर्जित फोटोन की ऊर्जा $= \frac{hc}{\lambda}$

$$= \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{5893 \times 10^{-10}}$$

$= 3.37 \times 10^{-19}$ J

$\therefore$ एक सैकण्ड में उत्सर्जित फोटोन की संख्या

$$= \frac{60}{3.37 \times 10^{-19}}$$

$\therefore$ 10 घण्टे में उत्सर्जित फोटोन की संख्या

$= 17.8 \times 10^{19} \times 10 \times 60 \times 60$

$= \mathbf{6.41 \times 10^{24}}$

उदा.15 4.55×10^{-25} J गतिज ऊर्जा वाले गतिशील इलेक्ट्रॉन की तरंग दैर्ध्य की गणना करो

हल. गतिज ऊर्जा = ($\frac{1}{2}mu^2$) = 4.55×10^{-23} J

$$\therefore u^2 = \frac{2 \times 4.255 \times 10^{-25}}{9.108 \times 10^{-31}}$$

$\therefore$ $u = 10^3\ m\ sec^{-1}$

$$\therefore \lambda = \frac{h}{mu} = \frac{6.625 \times 10^{-34}}{9.108 \times 10^{-31} \times 10^3}$$

$= \mathbf{7.27 \times 10^{-7}\ meter}$

उदा.16 Ag धातु सतह तथा इलेक्ट्रॉन के मध्य आकर्षण बल को नष्ट करने के लिये न्यूनतम 7.52×10^{-19} J ऊर्जा की आवश्यकता होती है Ag को λ = 360 Å वाले U.V. प्रकाश में रखने पर उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा होगी –

(A) 36.38×10^{-19} Joule
(B) 6.92×10^{-19} Joule
(C) 57.68×10^{-19} Joule
(D) 67.68×10^{-19} Joule **(उत्तर B)**

हल. अवशोषित ऊर्जा = $\frac{hc}{\lambda}$

$$= \frac{6.625 \times 10^{-27} \times 3.0 \times 10^{10}}{360 \times 10^{-8}}$$

$= 5.52 \times 10^{-11}$ erg
$= 5.52 \times 10^{-18}$ Joule
$= (7.52 \times 10^{-19}) - (.552 \times 10^{-19})$
$= 6.92 \times 10^{-19}$ Joule

उदा.17 हाइड्रोजन परमाणु, आद्य अवस्था में उपस्थित एक इलेक्ट्रॉन को बाहर निकलने के लिये (13.6 eV) से दुगनी ऊर्जा अवशोषित करता है तो उत्सर्जित इलेक्ट्रान की तरंग दैर्ध्य होगी –

(A) 1.34×10^{-10} m (B) 2.34×10^{-10} m
(C) 3.34×10^{-10} m (D) 4.44×10^{-10} m
(उत्तर C)

हल. एक परमाणु द्वारा अवशोषित ऊर्जा
= 2 × 13.6 = 27.2 eV
बाहर निकलने में उपयोग हुई ऊर्जा
= 13.6 eV
गतिज ऊर्जा में परिवर्तित ऊर्जा
$= 13.6 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J

$$v = \sqrt{\frac{2KE}{m}} = \sqrt{\frac{2(13.6 \times 16 \times 10^{-19})}{9.1 \times 10^{-31}}} \ ms^{-1}$$

$= 2.18 \times 10^{6}\ ms^{-1}$

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \times 2.1 \times 10^{6}}$$

= **3.34×10^{-10} m**

उदा.18 150 g रबड़ की बाल 50 m sec^{-1} के वेग से घूम रही है, तो दर्शाइये की इसकी तरंग दैर्ध्य प्रेक्षण के लिये पर्याप्त होगी–

हल. $\because \ \lambda = \frac{h}{mu}$

दिया गया है
u = 50 m sec^{-1} = 50×10^{2} cm sec^{-} ;
m = 150 g

$$\therefore \ \lambda = \frac{6.625 \times 10^{-27}}{150 \times 50 \times 10^{2}} = \mathbf{8.83 \times 10^{-33}\ cm}$$

दृश्य क्षेत्र के 'λ' से इसकी तरंग दैर्ध्य बहुत अधिक है अतः यह नही दिखेगी।

उदा.19 यदि एक इलेक्ट्रॉन n = 6 तल में उपस्थित है तो H परमाणु के स्पेक्ट्रम में कितनी स्पेक्ट्रम रेखाएं दिखेगी–

(A) 10 (B) 15
(C) 20 (D) 25 **(उत्तर B)**

हल. स्पेक्ट्रम रेखाओं की संख्या दी जाती है $\frac{n(n-1)}{2}$ से
जब n = 6 है तब स्पेक्ट्रम रेखाओं की संख्या

$$= \frac{6 \times (6-1)}{2} = \frac{6 \times 5}{2} = 15$$

उदा.20 इलेक्ट्रॉन की पुँज का क्रिस्टल द्वारा विर्वतन होता है इलेक्ट्रान की पुँज को किस विभव से त्वरित किया जाय कि इसकी तरंग दैर्ध्य 1.54 Å के बराबर हो –

हल. हम जानते है कि

$$\frac{1}{2}mu^2 = eV$$

तथा $\lambda = \frac{h}{mu}$ or $u = \frac{h}{m\lambda}$ or $u^2 = \frac{h^2}{m^2\lambda^2}$

$$\therefore \quad \frac{1}{2}m \times \frac{h^2}{m^2\lambda^2} = eV$$

या $$V = \frac{1}{2}m \times \frac{h^2}{m^2\lambda^2 \times e}$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{h^2}{m\lambda^2 \times e}$$

मान रखने पर, हमे प्राप्त होता है –

$$V = \frac{1}{2} \times \frac{(6.62 \times 10^{-34})^2}{9.108 \times 10^{-31} \times (1.54 \times 10^{-10})^2 \times 1.602 \times 10^{-19}}$$

= **63.3 volt**

उदा.21 निम्न क्वांटम संख्याओं के कक्षक को किस प्रकार प्रदर्शित किया जायेगा –

(a) n = 3, ℓ = 1, m = –1
(b) n = 4, ℓ = 2, m = +2
(c) n = 5, ℓ = 0, m = 0
(d) n = 2, ℓ = 1, m = 0

हल. (a) $\ell = 1$ है अर्थात यह p-कक्षक से सम्बन्धित है तथा $m = -1$ या तो x या y अक्ष में विन्यास दर्शाता है अतः कक्षक $3p_x$ या $3p_y$ को निरूपित करता है।

(d) $4d_{xy}$ or $4d_{x^2-y^2}$

(c) 5s

(d) $2p_z$

उदा.22 एक परमाणु में कितने इलेक्ट्रॉन की क्वांटम संख्याएँ निम्न होती है –

(a) $n = 4, \ell = 1$

(b) $n = 2, \ell = 1, m = -1, s = +½$

(c) $n = 3$

(d) $n = 4, \ell = 2, m = 0$

हल. (a) $\ell = 1$, p - उपकोश का दर्शाता है, जिसमें तीन कक्षक (p_x, p_y तथा p_z) है। प्रत्येक में दो इलेक्ट्रॉन हैं अतः कुल इलेक्ट्रॉन की संख्या **6** है

(b) $\ell = 1$, p - उपकोश, $m = -1$ जो p_x या p_y कक्षक के लिये,, $s = +½$ केवल 1 इलेक्ट्रॉन को निर्देशित करता है,

(c) $n = 3$ के लिये $\ell = 0, 1, 2$

$\ell = 0$	$m = 0$	2 इलेक्ट्रॉन
$\ell = 1$	$m = -1$	6 इलेक्ट्रॉन
$\ell = 2$	$m = -2, -1, 0, +1, +2$	10 इलेक्ट्रॉन
	कुल इलेक्ट्रॉन	18 इलेक्ट्रॉन

किसी ऊर्जा स्तर में कुल इलेक्ट्रॉन $= 2n^2$

जो कि $2 \times 3^2 = 18$ इलेक्ट्रॉन

(d) $\ell = 2$ अर्थात d-उपकोश तथा $m = 0$, dz^2 कक्षक

$\therefore$ इलेक्ट्रॉन की संख्या **= 2.**

उदा.23 क्वांटम संख्याओं का कौनसा समुच्चय संभव नहीं है –

(a) $n = 3, \ell = 2, m = -1, s = 0$

(b) $n = 2, \ell = 2, m = +1, s = -½$

(c) $n = 2, \ell = 2, m = +1, s = -½$

(d) $n = 3, \ell = 2. m = -2, s = +½$

हल. (a) यह क्वांटम संख्याओं का समुच्चय सभंव नहीं है, क्योकि ($s \neq o$)

(b) यह क्वांटम संख्याओं का समुच्चय सभंव नहीं है, क्योकि ($n \neq \ell$)

(c) यह क्वांटम संख्याओं का समुच्चय सभंव नहीं है, क्योकि ($n \neq \ell$)

(d) संभव है

उदा.24 प्राकृतिक रूप से उपस्थित बोरोन के दो समस्थानिको के परमाणु भार क्रमशः 10.01 तथा 11.01 है प्राकृतिक बोरोन का परमाणु भार 10.81 है। प्रत्येक बोरोन समस्थानिक की प्रतिशत मात्रा की गणना करो –

हल. माना 10.01 परमाणु भार वाले समस्थानिक का प्रतिशत = x

$\therefore$ 11.01 परमाणु भार वाले समस्थानिक का प्रतिशत $= 100 - x$

औसत परमाणु भार = $\dfrac{m_1x_1 + m_2x_2}{x_1 + x_2}$

या औसत परमाणु भार = $\dfrac{x \times 10.01 + (100 - x) \times 11.01}{100}$

$$10.81 = \frac{x \times 10.01 + (100 - x) \times 11.01}{100}$$

$$x = 20$$

$\therefore$ 10.01 परमाणु भार वाले समस्थानिक का % = **20**

11.01 परमाणु भार वाले समस्थानिक का %

$= 100 - x =$ **80**

उदा.25 परमाणुओं की निम्न सारणी से समस्थानिक, सम्भारिक तथा समन्यूट्रॉनिक का चयन करो –

$^{16}_{8}O$, $^{39}_{19}K$, $^{235}_{92}U$, $^{40}_{19}K$, $^{14}_{7}N$, $^{18}_{8}O$, $^{14}_{6}C$, $^{40}_{20}Ca$, $^{238}_{92}U$

हल. समस्थानिक : ($^{16}_{8}O$, $^{18}_{8}O$), ($^{39}_{19}K$, $^{40}_{19}K$), ($^{235}_{92}U$, $^{238}_{92}U$)

समभारिक : ($^{40}_{19}K$, $^{40}_{20}Ca$), ($^{14}_{7}N$, $^{14}_{6}C$)

समइलेक्ट्रानिक : ($^{39}_{19}K$, $^{40}_{20}Ca$), ($^{14}_{6}C$, $^{16}_{8}O$)

उदा.26 परमाणु त्रिज्या 10^{-8} cm परास तथा नाभिक त्रिज्या 10^{-13} cm परास की है, तो गणना किजिये कि परमाणु का कितना भाग नाभिक द्वारा भरा है –

हल. नाभिक का आयतन = $(4/3)\pi r^3$

$= (4/3)\pi \times (10^{-13})^3 \text{ cm}^3$

परमाणु का आयतन = $4/3\ \pi r^3$

$= (4/3)\ \pi \times (10^{-8})^3 \text{ cm}^3$

$$\therefore \frac{V_{nucleus}}{V_{atom}} = \frac{10^{-39}}{10^{-24}} = 10^{-15}$$

या $\mathbf{V_{nucleus} = 10^{-15} \times V_{atom}}$

उदा.27 नाइट्रोजन परमाणु का परमाणु क्रमांक 7 तथा ऑक्सीजन का 8 है तो नाइट्रेट आयन मे कुल इलेक्ट्रानों की संख्या की गणना करो –

हल. NO_3^- = में कुल इलेक्ट्रॉन की संख्या

[N में इलेक्ट्रॉन + 3 × O में इलेक्ट्रॉन] + 1

(ऋण आवेश के कारण)

$= 7 + 3 \times 8 + 1 =$ **32**