2. परमाणु संरचना [ATOMIC STRUCTURE]

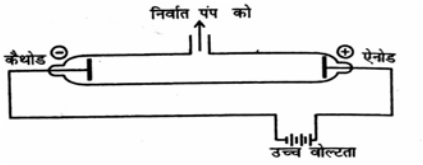
❖ **ATOM** : **A** = non & **tomos** = divisible or **Atomio** = uncutable / non divisible

❖ **परमाणु :** द्रव्य का सूक्ष्मतम, अविभाज्य कण जो पदार्थ की क्रियात्मक व संरचनात्मक रासायनिक इकाई होता है।

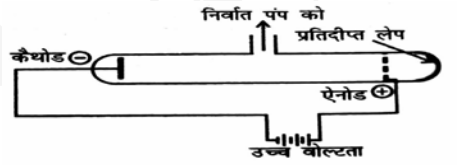
❖ **अवपरमाणुक / मौलिक कण** [sub atomic particals]

1. **इलेक्ट्रॉन** –

- फैराडे ने CRT की सहायता से **विद्युत वित्सर्जन** प्रयोग द्वारा कैथोड किरणो की खोज की थी।
- थॉमसन ने कैथोड किरण में उपस्थित ऋणावेशित सूक्ष्म कणों को इलेक्ट्रॉन नाम दिया।
- **कैथोड किरण नलिका प्रयोग** : निम्न दाब व उच्च विभव द्वारा गैस कणों का आयनन होता है जिससे नलिका में कणों की धारा द्वारा कैथोड से एनोड की ओर विद्युत प्रवाह होने लगता है, इन किरणों को कैथोड किरणे कहते है।



चित्र 2.1 (क) एक कैथोड किरण विसर्जन नलिका



2.1 (ख) सछिद्र एनोडयुक्त एक कैथोड–किरण विसर्जन

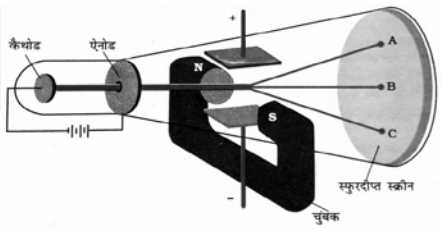
- **कैथोड किरणों की विशेषताएं** :
  1) कैथोड किरणे सीधी रेखा में गमन करती है अतः पथ अवरोधक लगाने पर किरणें रूक जाती है।
  2) ऋणावेशित प्रकृति व उच्च आयनन क्षमता , अतः उच्च विद्युत क्षैत्र लगाने पर इनमें विचलन होता है।
  3) कैथोड किरणे, द्रव्यमान व गतिज उर्जा युक्त सूक्ष्म कणों से बनी है अतः पथ में लगे पहिये में घूर्णन होता है।
  4) कैथोड किरणें उष्मीय प्रभाव दर्शाती है जैसे : धातु पत्र पर आपतन से धातुपत्र का गर्म होना।

- **इलेक्ट्रॉन पर आवेश–द्रव्यमान अनुपात e/m का निर्धारण** :

जे.जे. थॉमसन ने कैथोड किरण नलिका[CRT] में इलेक्ट्रॉन पर विद्युत तथा चुंबकीय क्षैत्र परस्पर लंबवत विन्यासित कर प्रयोग किया एवं इलेक्ट्रॉन विचलन की मात्रा का मापन कर आवेश–द्रव्यमान अनुपात का निर्धारण किया

A = विद्युत क्षेत्र B = विद्युत व चुंबकीय क्षेत्र C = चुंबकीय क्षेत्र

आवेश द्रव्यमान अनुपात : e/m = 1.758820 x 10^{11} C kg^{-1}

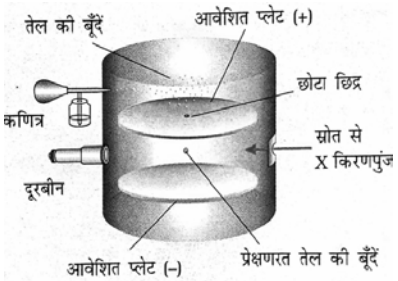


चित्र 2.2 इलेक्ट्रॉन के आवेश और द्रव्यमान के बीच अनुपात का निर्धारण करने का उपकरण

- **इलेक्ट्रॉन पर आवेश :** इलेक्ट्रॉन पर आवेश का निर्धारण रॉबर्ट ए मिलिकन ने तेल–बूंद प्रयोग द्वारा किया था।

मिलिकन तेल बूंद प्रयोग :

- कणित्र द्वारा तेल की बूंदों से कुहासा उत्पन्न कर सूक्ष्म जेटनूमा छिद्र द्वारा कक्ष में भेजा गया
- कक्ष में स्वतंत्र गिरने वाली सूक्ष्म बूंदों पर वि0क्षैत्र लगाया तथा दूरबीन की सहायता से इन बूंदों के गिरने की दर का मापन कर द्रव्यमान का निर्धारण किया।
- कक्ष में एक्स किरण पुंज भेजकर कक्ष की वायु को आयनित किया जाता है।
- तेल बूंदे इन आयनित वायु कणों से टकराकर स्वयं भी आयनित हो जाती है इस प्रकार तेल बूंदों पर उत्पन्न आवेश का निर्धारण इनकी गति पर विद्युत क्षैत्र लगाकर कर लिया जाता है।



चित्र 2.3 आवेश 'e' मापन के लिए मिलिकन का तेल की बूँद उपकरण। कक्षक में गतिमान तेल की बूँद पर कार्यकारी बल: गुरुत्वाकर्षण, विद्युत् क्षेत्र के कारण वैद्युत्स्थैतिक तथा श्यानता तलकर्षण बल

if q = ne द्वारा e = 1.602 x 10^{-19} C

e/m = 1.758820 x 10^{11} C kg^{-1}

अतः इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान (me) = e/me = 9.1094 x 10^{-31} kg

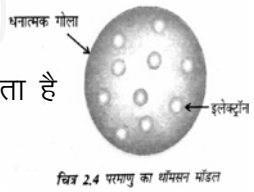
PREPARED & EDITED **BY BR JANGID** LECTURER [CHEMISTRY] jangid2005@gmail.com ☎ 97850-86690

2. **प्रोटॉन** :
   - **गोल्डस्टीन** ने विद्युत वित्सर्जन नलिका प्रयोग द्वारा कैनाल/ऐनोड किरणों की खोज की।
   - कैनाल किरणें धनावेशित कणों से बनी होती है जो अत्यंत हल्के एवं छोटे कण होते है इन्हें प्रोटॉन नाम दिया
   - प्रोटॉन पर परम आवेश = $+1.602 \times 10^{-19}$ C ; प्रोटॉन का द्रव्यमान = 1.67×10^{-27} kg
   - सबसे छोटा व हल्का धनायन हाइड्रोजन से प्राप्त हुआ था, इसे प्रोटॉन कहते है।
3. **न्यूट्रॉन** :
   - जैम्स चैडविक ने बेरिलियम पर अल्फा कणों की बौछार द्वारा न्यूट्रॉन कणों की खोज की
   - प्रकृति : उदासीन, परम आवेश : शून्य , सापेक्ष आवेश : शून्य तथा द्रव्यमान = 1.67×10^{-27} kg (प्रोटॉन के बराबर)

मौलिक कण	संकेत	प्रकृति	द्रव्यमान	परम आवेश	सापेक्ष आवेश	खोजकर्ता	विवि
इलेक्ट्रॉन	e^-	-ve	9.1094×10^{-31} kg	-1.602×10^{-19} C	-1	थॉमसन	
प्रोटॉन	P^+	+ve	1.67×10^{-27} kg	$+1.602 \times 10^{-19}$ C	+1	गोल्डस्टीन	
न्यूट्रॉन	n^0	उदासीन	1.67×10^{-27} kg	0	0	जे चैडविक	

परमाणु संरचना के प्रतिरूप या मॉडल

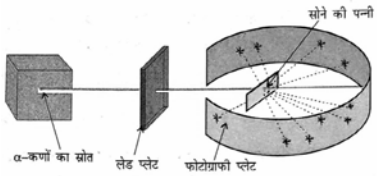
(1) थॉमसन परमाणु प्रतिरूप :



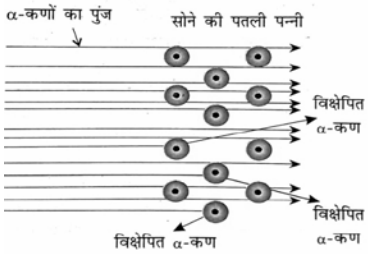
चित्र 2.4 परमाणु का थॉमसन मॉडल

- इसे **प्लम पूर्डिंग या रेजिन पूर्डिंग** या तरबूज मॉडल भी कहा जाता है।
- परमाणु 10^{-10}m त्रिज्या का धनावेशित गोला है जिसमें धनावेश समान रूप से वितरित रहता है
- धनावेशित गोले में ऋणावेशित इलेक्ट्रॉन किसी फल में बीज की भांति धंसे रहते है।
- धनावेश व ऋणावेश का मान बराबर होता है अतः परमाणु विद्युतीय उदासीन होता है।

(2) रदरफोर्ड नाभिकीय परमाणु प्रतिरूप(स्वर्ण पत्र प्रकीर्णन प्रयोग) :



(क) रदरफोर्ड का प्रकीर्णन प्रयोग



(ख) सोने की पन्नी का व्यवस्थात्मक चित्र

- 100 nm स्वर्ण पत्र पर धनावेशित प्रकृति के α कणों की बौछार करवायी
- जिंक सल्फाइड से लेपित स्फुरदीप्त पर्दे की सहायता से प्रेक्षण प्राप्त किये।
- **प्रेक्षण** :
  1) अधिकांश α कण स्वर्ण पत्र से सीधे निकल जाते है।
  2) कुछ α कण विभिन्न छोटे कोणों पर विक्षेपित हो जाते है।
  3) लगभग 20,000 कणों में एक या दो α कण स्वर्ण पत्र से टकराकर पुनः उसी दिशा में 180^0 पर लौट आते है।
- **निष्कर्ष एवं रदरफोर्ड नाभिकीय मॉडल की अवधारणा** :
  1) परमाणु का अधिकांश भाग रिक्त होता है अतः परमाणु एक खोखला गोला है।
  2) परमाणु के केन्द्र में अत्यंत सूक्ष्म व न्यून आयतन वाला धनावेशित भाग होता है जिसे नाभिक कहते है। नाभिक का आयतन, परमाणु के कुल आयतन की तुलना में अत्यंत न्यून या नगण्य होता है नाभिक की त्रिज्या 10^{-15}m होती है।
  3) नाभिक के चारो ओर इलेक्ट्रॉन वृताकार पथों में चक्र लगाते है जिन्हें कक्षा कहा जाता है।
  4) रदरफोर्ड का मॉडल, सौरमंडल की भांति चिरसम्मत यांत्रिकी का पालन करता है।
  5) इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉन के मध्य स्थिर वैद्युत आकर्षण बल पाया जाता है।
- **दोष या कमियां** :
  1. रदरफोर्ड प्रतिरूप सौरमण्डल की भांति चिरसम्मत यांत्रिकी का पालन करता है अतः वृताकार पथ में गतिशील इलेक्ट्रॉन (आवेशित कण) की दिशा परिवर्तन से कण त्वरित हो जाते है अतः
     मैक्सवेल विकिरण सिद्वान्त के अनुसार : जब कोई त्वरित आवेशित कण किसी केन्द्र के चारो ओर लगातार घूमता है तो वह विद्युत चुंबकीय विकिरणों का उत्सर्जन करेगा, इसप्रकार गतिशील इलेक्ट्रॉन की उर्जा में निरंतर कमी होगी और वह नाभिक की ओर आकर्षित होकर अन्ततः नाभिक में समाहित हो जायेगा। अतः यह परमाणु प्रतिरूप अस्थिर व अस्थायी मॉडल है।
  2. यह सिद्वान्त हाइड्रोजन परमाणु से प्राप्त स्पेक्ट्रमी रेखाओं तथा परमाणु की इलेक्ट्रॉनिक संरचना की व्याख्या नही करता।

.....

PREPARED & EDITED **BY BR JANGID** LECTURER [CHEMISTRY] ✉ jangid2005@gmail.com ☎ 97850-86690

❖ **द्रव्यमान संख्या / परमाणु भार [A]** : नाभिक में उपस्थित प्रोटॉनों व न्यूट्रॉनों की कुल संख्या, द्रव्यमान संख्या कहलाती है।

प्रोटॉन + न्यूट्रॉन = द्रव्यमान संख्या [A = P + N = न्यूक्लिऑन]

❖ **परमाणु संख्या / परमाणु क्रमांक[Z]** : उदासीन परमाणु के नाभिक में उपस्थित प्रोटॉनों की संख्या, परमाणु क्रमांक कहलाती है।

प्रोटॉन पर उपस्थित आवेश ही नाभिक का वास्तविक आवेश होता है , उदासीन परमाणु के लिए Z = p = e

❖ **समस्थानिक या आइसोटोपस** :

किसी तत्व के एक से अधिक रूप जिनके परमाणु क्रमांक समान हो परन्तु परमाणु भार भिन्न[2] हो, समस्थानिक कहलाते है।

हाइड्रोजन के समस्थानिक			कार्बन के समस्थानिक			क्लोरिन के समस्थानिक	
प्रोटियम	ड्यूटिरियम	ट्राइटियम	C-12	C-13	C-14	Cl-35	Cl-37
$_1H^1$	$_1D^2$	$_1T^3$	$_6C^{12}$	$_6C^{13}$	$_6C^{14}$	$_{17}Cl^{35}$	$_{17}Cl^{37}$
n = 0	n = 1	n = 2	n = 6	n = 7	n = 8	n = 18	n = 20
p = 1	p = 1	p = 1	p = 6	p = 6	p = 6	p = 17	p = 17
मृदु या हल्का	कठोर या भारी	रेडियोधर्मी	मानक		रेडियोधर्मी		

❖ **समभारिक या आइसोबारस** : भिन्न[2] तत्व जिनके परमाणु भार समान हो परन्तु परमाणु क्रमांकों मे भिन्नता होती है।

उदाहरण			उदाहरण			उदाहरण	
$_{18}Ar^{40}$	$_{19}K^{40}$	$_{20}Ca^{40}$	$_6C^{14}$	$_7N^{14}$		$_{82}Pb^{210}$	$_{83}Bi^{210}$
A = 40	A = 40	A = 40	A = 14	A = 14		A = 210	A = 210
Z/p = 18	Z/p = 19	Z/p = 20	Z/p = 6	Z/p = 7		Z/p = 82	Z/p = 83

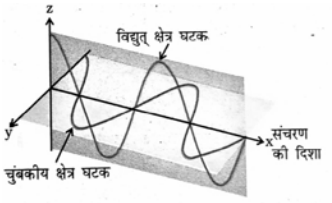
❖ **बोर मॉडल के विकास चरण** –

(अ) विद्युत चुंबकीय विकिरण एवं इसकी प्रकृति :

विद्युत चुंबकीय विकिरण : त्वरित आवेशित कण, विद्युत व चुंबकीय क्षैत्र उत्पन्न करते है जो तरंग रूप में संचरित होता है।

1. **तरंग प्रकृति (मैक्सवेल का विकिरण सिद्वांत)** :

- त्वरित आवेशित कण, विद्युत व चुंबकीय क्षैत्र उत्पन्न करते है जो तरंग रूप में संचरित होता है।
- प्रकाश भी विद्युत चुंबकीय विकिरण का ही एक रूप है।
- विद्युत क्षैत्र, चुंबकीय क्षैत्र तथा तरंग संचरण की दिशा तीनों परस्पर लंबवत होते है।
- विद्युत चुंबकीय विकिरणों का **निर्वात में वेग : 3×10^8 m/s**
- प्रकाश का वेग[C] ,आवृति[ν] तथा तरंग दैर्ध्य[λ] में संबन्ध : $C = \nu \lambda$
- **तरंगों की संख्या** : प्रति इकाई लंबाई में तरंगदैर्ध्य की संख्या, मात्रक : m^{-1} or cm^{-1}
- **विद्युत चुंबकीय विकिरण का विस्तृत स्पेक्ट्रम** –



चित्र 2.6 विद्युत्-चुंबकीय तरंग के विद्युत् तथा चुंबकीय क्षेत्र घटक। ये घटक समान तरंग-दैर्ध्य, आवृत्ति, गति तथा आयाम वाले होते हैं, किंतु वे एक दूसरे के लंबवत तलों में कंपन करते हैं।

γ – rays	X – rays	UV	Visible spectra	IR	Micro wave	FM	AM	Suspended
10^{22} H_Z	10^{18} H_Z	10^{16} H_Z	VIBGYOR 10^{15} H_Z (λ = 400-750 nm)	10^{13} H_Z	10^{10} H_Z	10^6 H_Z	10^6 H_Z	radio waves

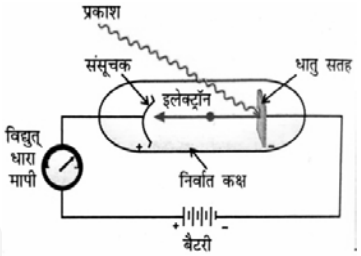
नोट : तरंग प्रकृति विवर्तन व व्यतिकरण की व्याख्या करती है परन्तु कृष्णिका विकिरण, प्रकाश विद्युत प्रभाव, उष्मा धारिता, हाइड्रोजन के रेखीय स्पेक्ट्रम की व्याख्या नही करती है।

2. **कणीय प्रकृति (मेक्स प्लांक का क्वांटम सिद्वान्त) –**

- **कृष्णिका** : ऐसा आदर्श पिण्ड जो सभी आवृति के विकिरणों को उत्सर्जित / अवशोषित करता है।
- कृष्णिका पिण्ड से उत्सर्जित विकिरण को कृष्णिका विकिरण कहते है।
  नोट : वास्तविक रूप से ऐसा कोई पिण्ड नही होता है परंतु कार्बन ब्लैक कुछ मात्रा में कृष्णिका जैसा व्यवहार दर्शाता है।
- **प्लांक अनुसार** : विकरित उर्जा अनवरत या सतत् रूप से उत्सर्जित / अवशोषित ना होकर यह सूक्ष्म उर्जा समूह या बंडल्स के रूप में होती है, जिन्हें उर्जा बंडल्स या **क्वांटा** कहा जाता है।
- प्रकाश विकिरण में उपस्थित उर्जा बंडल्स को फोटॉन या प्रकाश कण कहते है।
- प्रत्येक क्वांटा की उर्जा उसकी आवृति के समानुपाती होती है अतः $E \propto \nu$; $E = h\nu$; if $\nu = C/\lambda$; $E = \frac{hc}{\lambda}$
- प्लांक नियतांक(h) का मान $h = 6.62 \times 10^{-34}$ J sec

PREPARED & EDITED BY BR JANGID LECTURER [CHEMISTRY] ✉ jangid2005@gmail.com ☎ 97850-86690

(ब) **प्रकाश विद्युत प्रभाव** –

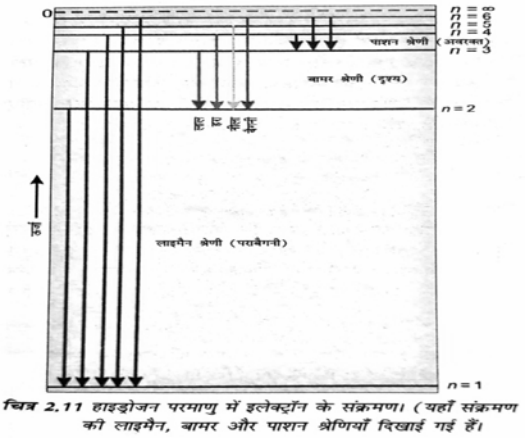


- हेनरिक हर्टज तथा अल्बर्ट आइंस्टीन द्वारा इस सिद्वांत की व्याख्या की गयी।
- कुछ धातुओं जैसे : पौटेशियम, रूबेडियम, सीजियम (K, Ru, Cs) की सतह पर निश्चित आवृति का प्रकाश(फोटॉन) आपतित होने से सतही इलेक्ट्रॉन उतेजित होकर उत्सर्जित होने लगते है।
- निष्कासित इलेक्ट्रॉनों की संख्या सदैव प्रकाश व्रीवता के समानुपाती होती है।
- इलेक्ट्रॉनों की गतिज उर्जा सदैव प्रकाश की आवृति के समानुपाती होती है $\nu \propto \frac{1}{2} m_e v^2$
- देहली आवृति : धातु के लिए वह न्यूनतम व निश्चित आवृति जो इलेक्ट्रॉन निष्कासित करने के लिए आवश्यक हो, जैसे : पौटेशियम की देहली आवृति $V_0 = 5 \times 10^{14} H_Z$
- नोट : विद्युत चुंबकीय विकिरण का द्वैत व्यवहार : 1. कणीय व्यवहार 2. तरंग व्यवहार

(स) स्पेक्ट्रा (क्वांटित इलेक्ट्रॉनिक उर्जा स्तरों का प्रमाण)

1) **दृश्य स्पेक्ट्रा** : प्रिज्म द्वारा दृश्य श्वेत प्रकाश से प्राप्त रंगीन पट्टिका को दृश्य स्पेक्ट्रम कहते है।
   - o दृश्य स्पेक्ट्रम को **VIBGYOR** से दर्शाते है, आवृति परास : $7.5 \times 10^{14} H_Z$ ----- $4.5 \times 10^{14} H_Z$
   - o सर्वाधिक तरंगदैर्ध्य : लाल रंग तथा विचलन : न्यूनतम होता है।
   - o सबसे न्यून तरंगदैर्ध्य : बैंगनी रंग तथा विचलन : अधिकतम होता है।
   - o दृश्य स्पेक्ट्रम एक सतत स्पेक्ट्रम है क्योंकि बैंगनी रेखाएं नीले में तथा नीली रेखाएं हरी रेखाओं में मिलती है।
2) **उत्सर्जन स्पेक्ट्रा** : पदार्थ द्वारा उर्जा अवशोषण के बाद उत्सर्जित विकिरण से प्राप्त स्पेक्ट्रम
3) **अवशोषण स्पेक्ट्रा** : जब किसी पदार्थ पर सतत् विकिरण आपतित होती है तो विकिरण की कुछ तरंगदैर्ध्य का भाग पदार्थ द्वारा अवशोषित हो जाता है जिससे लुप्त हुई तरंगदैर्ध्य वाली रेखाएं गहरी चमकदार दिखायी देती है, अवशोषण स्पेक्ट्रा है। नोट : अवशोषण स्पेक्ट्रा, उत्सर्जन स्पेक्ट्रा का फोटोग्राफिक नेगेटिव होता है।
4) **परमाण्वीय या रेखीय स्पेक्ट्रा**

गैसीय पदार्थों का उत्सर्जन स्पेक्ट्रा असतत् होता है एवं विशेष तरंगदैर्ध्य वाली विकिरण उत्सर्जित करता है जिससे काली पट्टिया/रेखाएं बन जाती है, इसे **रेखीय स्पेक्ट्रा** कहते है।



चित्र 2.11 हाइड्रोजन परमाणु में इलेक्ट्रॉन के संक्रमण। (यहाँ संक्रमण की लाइमैन, बामर और पाशन श्रेणियाँ दिखाई गई हैं।

स्पेक्ट्रमी रेखाओं को ज्ञात करने का सूत्र :

$$\bar{\nu} = 109{,}677 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) \text{ cm}^{-1}$$

$n_1 = 1,2,3.....$ $n_2 = n_1+1, n_1+2, n_1+3$ ....

हाइड्रोजन का रिड्बर्ग स्थिरांक : $109{,}677 \text{ cm}^{-1}$

श्रेणी	n_1	n_2	स्पेक्ट्रमी क्षेत्र
लाइमैन	1	2,3....	पराबैंगनी
बामर	2	3,4....	दृश्य
पाशन	3	4,5....	अवरक्त
ब्रेकेट	4	5,6....	अवरक्त
फंड	5	6,7....	अवरक्त

PREPARED & EDITED **BY BR JANGID** LECTURER [CHEMISTRY] ✉ jangid2005@gmail.com ☎ 97850-86690

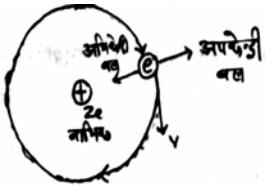
(3) बोर परमाणु परिकल्पना (हाइड्रोजन तथा एकल इलेक्ट्रॉन युक्त परमाणु/आयन मॉडल) :

मुख्य अभिगृहित :

- इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारो ओर निश्चित उर्जा व त्रिज्या के संकेन्द्रीय वृताकार पथों में चक्कर लगाते है जिन्हें कोश/स्थायी अवस्था/अनुमत उर्जा स्तर/बोर कक्षा भी कहते है, उर्जा स्तर को K ,L ,M ,N, O ..... द्वारा दर्शाते है
- बोर कक्षा में निरंतर गतिशील इलेक्ट्रॉन विद्युत चुंबकीय विकिरण का उत्सर्जन नहीं करता है।

बोर कक्षा में गतिशील इलेक्ट्रॉन पर दो बल समान व विपरित दिशा में कार्य करते है

1. अपकेन्द्री बल : गतिशील इलेक्ट्रॉन के संवेग के कारण = mv^2/r
2. अभिकेन्द्री बल : नाभिकीय आकर्षण/स्थिर वै0 आकर्षण बल = Ze^2/r^2



अतः अपकेन्द्री बल = अभिकेन्द्री बल

$m_e v^2/r = Ze^2/r^2$

$m_e v^2 = Ze^2/r$

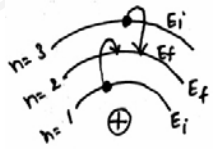
m_e = mass of e^-
Ze = nuclear charge
e = charge on e^-
r = atomic radius

- विभिन्न उर्जा स्तरों के मध्य इलेक्ट्रॉन संक्रमण द्वारा उर्जा विनिमय होता है।
  1. जब इलेक्ट्रॉन निम्न उर्जा स्तर से उच्च उर्जा स्तर में संक्रमित होता है – उर्जा का अवशोषण होगा।
  2. जब इलेक्ट्रॉन उच्च उर्जा स्तर से निम्न उर्जा स्तर में संक्रमित होता है – उर्जा का उत्सर्जन होगा।

  यदि प्रारंभिक कोश की उर्जा E_i तथा अंतिम कोश की उर्जा E_f हो तो

  उर्जा परिवर्तन $\Delta E = E_f - E_i$

  if $E = h\nu$ $\quad \nu = \frac{E - E}{h}$ इसे बोर आवृति नियम कहते है।



- बोर कक्षा में स्थायी रूप से गतिशील इलेक्ट्रॉन का कोणीय संवेग सदैव $\frac{h}{2\Pi}$ का पूर्ण गुणांक (n) होता है।

  अतः कोणीय संवेग = n x $\frac{h}{2\Pi}$, $mvr = \frac{n\,h}{2\Pi}$

  n = 1,2,3,4..... ; h = plank constant
- परमाणु में इलेक्ट्रॉन की स्थायी अवस्थाओं को n =1,2,3,4.... द्वारा व्यक्त करते है इसे मुख्य क्वांटम संख्या कहते है।
- **बोर कक्षा में गतिशील इलेक्ट्रॉन की नाभिक से दुरी/त्रिज्या तथा उर्जा के सूत्र :**

$$r_n = \frac{52.9(n^2)}{Z}\,pm \qquad E_n = -2.18\times10^{-18}\left(\frac{Z^2}{n^2}\right)J$$

नोट : यदि n = ∞ तो इलेक्ट्रॉन नाभिक के प्रभाव से मुक्त एवं उसकी उर्जा अनंत पर शून्य होगी ऐसा परमाणु आयनित होगा।
निर्धारित कक्षा में स्थित इलेक्ट्रॉन नाभिक द्वारा आकर्षित होकर उर्जा त्यागता है अतः इलेक्ट्रॉन की उर्जा न्यून व ऋणात्मक प्राप्त होता है।

❖ **हाइड्रोजन परमाणु के रेखीय स्पेक्ट्रम की व्याख्या** –

हाइड्रोजन परमाणु के अवशोषण व उत्सर्जन स्पेक्ट्रमी रेखाओं की त्रीवता, अवशोषित/उत्सर्जित फोटॉन की सं0 पर निर्भर करती है।

यदि प्रारंभिक कोश की उर्जा E_i अंतिम कोश की उर्जा E_f

उर्जा परिवर्तन या अंतराल $\Delta E = E_f - E_i$ $\quad E_n = -2.18\times10^{-18}\left(\frac{Z^2}{n^2}\right)J$

$E_n = -R_H\left(\frac{1}{n^2}\right)$ If $-2.18 \times 10^{-18} = R_H$

$\Delta E = \left(-\frac{R_H}{n_f^2}\right) - \left(-\frac{R_H}{n_i^2}\right)$

$\nu = \frac{\Delta E}{h} = \frac{R_H}{h}\left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2}\right)$

$= \frac{2.18\times10^{-18}\,J}{6.626\times10^{-34}\,J\,s}\left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2}\right)$

$= 3.29\times10^{15}\left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2}\right)Hz$

संगत तरंग-संख्या ($\bar{\nu}$) यह

$\bar{\nu} = \frac{\nu}{c} = \frac{R_H}{hc}\left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2}\right)$

$= \frac{3.29\times10^{15}\,s^{-1}}{3\times10^{n}\,m\,s^{-n}}\left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2}\right)$

$\bar{\nu} = 109{,}677\ \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)\ cm^{-1}$

❖ **बोर मॉडल के दोष या सीमाएं** –

1) H तथा एकल इलेक्ट्रॉन युक्त परमाणु अणु/आयनों हेतु सफल
2) एक से अधिक इलेक्ट्रॉन युक्त तत्वों के स्पेक्ट्रम की व्याख्या असंभव
3) हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम से प्राप्त द्विक, सूक्ष्म रेखाओं की व्याख्या असंभव
4) स्पेक्ट्रमी रेखाओं पर स्टॉर्क तथा जीमॉन प्रभाव की व्याख्या नहीं
5) अणुओं की ज्यामिति व इलेक्ट्रॉन के निश्चित पथ की व्याख्या असंभव

स्टॉर्क प्रभाव : स्पेक्ट्रमी रेखाओं का विद्युत क्षैत्र के प्रभाव द्वारा अनेक सूक्ष्म रेखाओं में विभक्त होना, स्टॉर्क प्रभाव है।

जीमॉन प्रभाव : स्पेक्ट्रमी रेखाओं का चुंबकीय क्षैत्र के प्रभाव द्वारा अनेक सूक्ष्म रेखाओं में विभक्त होना, जीमॉन प्रभाव है।

PREPARED & EDITED BY BR JANGID LECTURER [CHEMISTRY] jangid2005@gmail.com 97850-86690

परमाणु के क्वांटम यांत्रिकीय मॉडल का विकास

1. द्रव्य का द्वैत व्यवहार : दी ब्रोग्ली सिद्वान्त :

- द्रव्य भी विकिरण की भांति द्वैत प्रकृति(कणीय व तरंग) दर्शाता है।
- विकिरण के प्रकाश कण या फोटॉन की तरह इलेक्ट्रॉन का भी संवेग व तरंगदैर्ध्य होता है।
- द्रव्य के सूक्ष्म कण तरंग रूप में प्रवाहित होते है अतः तरंगदैर्ध्य λ, कणों के संवेग के व्यूत्क्रमानुपाती होता है।
  $\lambda \propto \frac{1}{p}$, $\lambda = \frac{h}{p}$, if $p = mv$; $\lambda = \frac{h}{mv}$ इसे दी ब्रोग्ली तरंग समीकरण कहते है।
- महत्व : इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी की रचना इसी सिद्वान्त के आधार पर की गयी है।

आंकिक प्रश्न : 3.6 A^0 तरंगदैर्ध्य वाले फोटॉन का द्रव्यमान ज्ञात करो।

$\lambda = 3.6\ A^0 = 3.6 \times 10^{-10}$ m ; $C = 3 \times 10^8$ m/sec

$\lambda = \frac{h}{mv}$, $m = \frac{h}{\lambda v}$ $= 6.626 \times 10^{-34} / (3.6 \times 10^{-10})(3 \times 10^8)$; $m = 6.135 \times 10^{-29}$ kg Ans

2. हाइजैनबर्ग की अनिश्चितता का सिद्वांत –

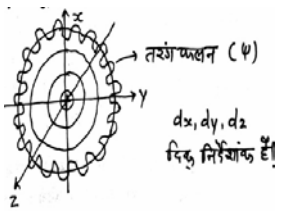
- क्वाटंम यांत्रिकी का प्रथम आधारभूत सिद्वांत है।
- अत्यंत सूक्ष्म द्रव्य कण जैसे इलेक्ट्रॉन की वास्तविक स्थिति एवं संवेग दोनो का एक साथ निर्धारण करना संभव नहीं अर्थात किसी क्षण इलेक्ट्रॉन की स्थिति परिशुद्ध तो उसके संवेग में अनिश्चितता होगी।
- सूक्ष्म कण इलेक्ट्रॉन की स्थिति निर्धारित करने हेतू उच्च आवृति की विकिरण(उच्च उर्जा युक्त फोटॉन) का उपयोग किया जाता है जिससे इलेक्ट्रॉन की उर्जा तो बदलती है परन्तु ठीक उसी समय वेग निर्धारण असंभव होता है।
- गणितीय व्यंजक : इलेक्ट्रॉन या सूक्ष्म कण की स्थिति में अनिश्चितता = ΔX
  इलेक्ट्रॉन या सूक्ष्म कण के संवेग में अनिश्चितता = ΔP_x
  $\Delta X \times \Delta P_x \geq \frac{h}{4\pi}$; if $p = mv_x$; $\Delta X \times \Delta(mv_x) \geq \frac{h}{4\pi}$; $\mathbf{\Delta X \times \Delta V_x \geq \frac{h}{4\pi m}}$

महत्व एवं निष्कर्ष :

1) नाभिक के चारों ओर इलेक्ट्रॉन का कोई निश्चित मार्ग या प्रेक्षप पथ नहीं होता है।
2) यह सिद्वान्त केवल सूक्ष्म कणों पर कार्य करता है स्थूल पिण्डों पर नहीं।
3) इलेक्ट्रॉन की स्थिति व संवेग की अनिश्चितता के कारण यह सिद्वान्त बोर कक्षा का खण्डन करता है।

(4) परमाणु का क्वाटंम यांत्रिकी मॉडल या प्रायिकता मॉडल :–

- यह सैद्वांतिक विज्ञान है जो अतिसूक्ष्म कण जैसे इलेक्ट्रॉन की गति, स्थिति तथा द्वैत व्यवहार की व्याख्या करता है।
- श्रोडिंजर के अनुसार किसी निकाय जैसे एक परमाणु/अणु जिसकी उर्जा साम्यावस्था पर समय के साथ अपरिवर्तित रहती है। अतः निकाय की उर्जा व इलेक्ट्रॉन तरंग फलन में संबन्ध : $\hat{H}\psi = E\psi$
  $\hat{H}$ = हेमिल्टोनियन ऑपरेटर(गणीतीय संकारक), E = निकाय की कुल उर्जा, ψ = तरंग फलन



- किसी निकाय की कुल उर्जा उसके मौलिक कणों की गतिज उर्जा तथा इलेक्ट्रॉन व नाभिक के मध्य आकर्षण/प्रतिकर्षण विभव पर निर्भर करती है।

नोट : तरंग फलन : साम्यावस्था पर तरंग का अधिकतम विस्थापन या तरंग आयाम होता है।

- **क्वांटम यांत्रिकी मॉडल के निष्कर्ष** :–

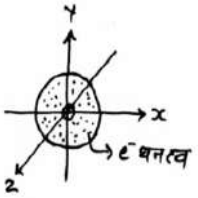
1) परमाणु में इलेक्ट्रॉन की उर्जा के निश्चित मान ही संभव है अतः इलेक्ट्रॉन की उर्जा क्वांटीकृत होती है।
2) क्वांटिकृत उर्जा स्तर के अनुमत मान श्रोडिंजर समीकरण के हल से प्राप्त होते है।
3) परमाणु में e^- के किसी सुनिश्चित पथ की अपेक्षा अनेक बिन्दुओं पर पाये जाने के संभावना(प्रायिकता) व्यक्त होती है
4) तरंग फलन, निश्चित उर्जा के कक्षकों का अभिलक्षण है, इलेक्ट्रॉन के तरंग फलन ψ को **परमाण्वीय कक्षक** कहते है।
5) परमाणु में किसी बिन्दु पर e^- के उपस्थित होने की प्रायिकता उस बिंदु पर कक्षक तरंग फलन ψ^2 के समानुपाती होती है।
6) $|\psi^2|$ को प्रायिकता घनत्व कहते है जो परमाणु में नाभिक के चारो ओर इलेक्ट्रॉन की संभावना व्यक्त करता है।
   $|\psi^2| = 0$ अर्थात इलेक्ट्रॉन के पाये जाने की संभावना (प्रायिकता) न्यून अतः परमाणु के ऐसे क्षैत्र नाभिक कहलाते है
   $|\psi^2| > 0$ अर्थात इलेक्ट्रॉन के पाये जाने की संभावना (प्रायिकता) उच्च अतः परमाणु के ऐसे क्षैत्र कक्षक कहलाते है

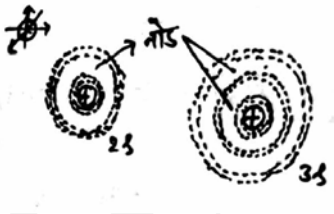
PREPARED & EDITED **BY BR JANGID** LECTURER [CHEMISTRY] ✉ jangid2005@gmail.com ☎ 97850-86690

कक्षक [ORBITALS]

परमाणु संरचना में ऐसे क्षेत्र जहां इलेक्ट्रॉन के पाये जाने की संभावना या प्रायिकता घनत्व $|\psi^2|$ उच्च हो, कक्षक कहते है। प्रायिकता घनत्व के आधार पर ही कक्षकों के अनुमानित परिसीमा सतह आरेख प्राप्त किये गये जो निम्न प्रकार के है।

1)	sharp	=	s - orbital	=	rouded
2)	principal	=	p- orbital	=	dumbled
3)	diffused	=	d- orbital	=	double dumbled
4)	fundamental	=	f - orbital	=	complex shaped



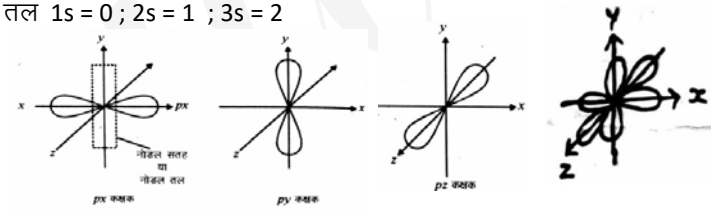


s - कक्षक

- परिसीमा सतह आरेख : गोलाकार
- संभावित अभिविन्यास : एक
- दिगंशी क्वांटम संख्या(ℓ) : 0
- कोश में वृद्वि होने पर इनका आकार बढेगा
- 1s का प्रायिकता घनत्व सर्वाधिक होता है।

- **नोड/नोडिय पृष्ठ** : नाभिक से दूर ऐसे क्षैत्र जहां प्रायिकता घनत्व का मान शून्य हो अर्थात इलेक्ट्रॉन के पाये जाने की संभावना शून्य हो, ऐसे रिक्त स्थान नोड कहलाते है।

  नोड तल की संख्या = n -1 s – orbital के लिए नोड तल 1s = 0 ; 2s = 1 ; 3s = 2



p - कक्षक

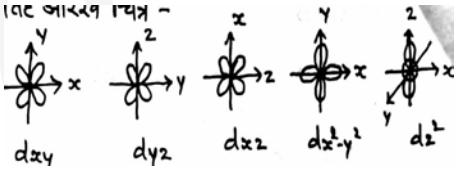
- परिसीमा सतह आरेख : द्विपालित या डंबलाकार
- संभावित अभिविन्यास : 3 [P_x P_y P_z]
- दिगंशी क्वांटम संख्या(ℓ) : 1
- कक्षकों में दिशात्मक गुण तथा इनकी उर्जा व आकृति समान होती है
- **नोड/नोडिय पृष्ठ** : नोड तल की संख्या = n -2

p – orbital के लिए नोड तल 2p = 0 ; 3p = 1 ; 4p = 2

Nodal plane for p_x = yz ; p_y = xz ; p_z = xy

नोट : त्रिज्या नोडो की सं0 = (n – ℓ - 1) **तथा कोणीय नोडो की सं0** = ℓ **तो कुल नोडो की सं0** = (n – ℓ – 1) + ℓ

d - कक्षक



- परिसीमा सतह आरेख : चतुःपालित या द्विडंबलाकार
- संभावित अभिविन्यास : 5 [d_{xy} d_{yz} d_{xz} dx^2-y^2 dz^2]
- दिगंशी क्वांटम संख्या(ℓ) : 2
- सभी **d - कक्षके** समान उर्जा की होती है परन्तु चार **d - कक्षकों** का आकार समान व dz^2 का आकार भिन्न
- तीन **d - कक्षकों** में इलेक्ट्रॉन घनत्व अक्षों के मध्य, जबकि दो **d - कक्षकों** में इलेक्ट्रॉन घनत्व अक्षों पर विन्यासित
- **नोड/नोडिय पृष्ठ** : नोड तल की संख्या = n -3 **कोणीय नोडो की सं0** = ℓ = 2

  Nodal plane for d_{xy} = yz,zx ; d_{yz} = xz,xy ; dxz = xy,yz ; dx^2-y^2 = z^2 ; dz^2 = x^2 , y^2

f - कक्षक

- परिसीमा सतह आरेख : बहुपालित या जटिल आकार
- संभावित अभिविन्यास : 7 [fx^3 , fy^3 , fz^3 , $fz(x^2-y^2)$, $fx(x^2-z^2)$, $fy(z^2-x^2)$, fxyz]
- दिगंशी क्वांटम संख्या(ℓ) : 3

कोश व कक्षक में विभेद

कोश	कक्षक
▪ कोश, बोर अवधारणा पर आधारित	▪ कक्षक, क्वाटंम यांत्रिकी पर आधारित
▪ इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारो ओर द्विवीमिय वृताकार एवं निश्चित कक्षा में गति करते है।	▪ इलेक्ट्रॉन का कोई निश्चित पथ नहीं अतः इलेक्ट्रॉन परमाणु के त्रिविम में गतिशील है।
▪ कोश में दिशात्मक गुण नहीं होते है।	▪ S-कक्षक के अतिरिक्त सभी कक्षकें दिशात्मक होती है
▪ किसी कक्ष में अधिकतम इलेक्ट्रॉन $2n^2$	▪ किसी कक्षक में अधिकतम इलेक्ट्रॉन 2 हो सकते है

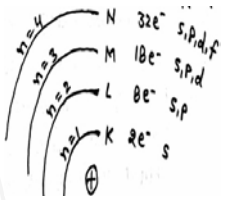
PREPARED & EDITED BY **BR JANGID** LECTURER [CHEMISTRY] ✉ jangid2005@gmail.com ☎ 97850-86690

❖ क्वांटम संख्याएं :

परमाणु में उपस्थित इलेक्ट्रॉन की वास्तविक स्थिति, उर्जा, चुंबकीय क्षैत्र में प्रकृति, कक्षकों का आकार, अभिविन्यास, चक्रण आदि के अध्ययन हेतु आवश्यक इन्डेक्स नंबर को क्वाटंम संख्याएं कहते है।

1. मुख्य क्वाटंम संख्या [Principal Quantum (n)]
2. दिगंशी क्वाटंम संख्या [Azimthaml Quantum (ℓ)]
3. चुंबकीय क्वाटंम संख्या [Magnetic Quantum (m)]
4. प्रचक्रण क्वाटंम संख्या [Spin Quantum(s)]

1. मुख्य क्वाटंम संख्या [Principal Quantum No]



- बोर अवधारणा द्वारा प्रतिपादित एवं नाभिक से इलेक्ट्रॉन की दूरी दर्शाती है।
- कोश/उर्जा स्तर की जानकारी देती है कोश : K, L, M, N, O, ... [n = 1,2,3,4,5,.....∞]
- मुख्य क्वांटम संख्या का मान सदैव पूर्णांक में ही संभव परन्तु शून्य नहीं होता है।
- किसी कोश में अधिकतम इलेक्ट्रॉनों की संख्या **$2n^2$** होती है। [n = 1,2,3,4,5,.....∞]
- मुख्य क्वांटम संख्या की सहायता से परमाणु त्रिज्या, आकार एवं उर्जा ज्ञात की जा सकती है।
- कोशों का उर्जा क्रम : K < L < M < N < O .....

2. दिगंशी क्वाटंम संख्या [Azimthaml Quantum No]

- सोमरफिल्ड अवधारणा द्वारा प्रतिपादित , अन्य नाम : कोणीय कक्षक क्वांटम तथा भौम क्वांटम संख्या
- मुख्य उर्जा स्तर(कोशों) में उपकोशों की संख्या, कक्षकों के त्रिविम आकार तथा इले0 घनत्व को दर्शाती है।
- इलेक्ट्रॉन का कोणीय संवेग = $\frac{h}{2\pi}\ell\sqrt{(l+1)}$ को व्यक्त करती है
- ℓ के मान 0 से n-1 तक हो सकते है तथा किसी कोश में उपकोशों की संख्या n होती है।
- उपकोशों में कुल इलेक्ट्रॉनों की संख्या का सूत्र : $2(2\ell+1)$ = s(2) p(6) d(10) f(14) g(16) .....
- एक ही कोश के विभिन्न उपकोशों की उर्जा का क्रम : 4s < 4p < 4d < 4f

n =	1	2	3	4	5
ℓ =	0	0,1	0,1,2	0,1,2,3	0,1,2,3,4
उपकोश	s	s,p	s,p,d	s,p,d,f	s,p,d,f,g

3. चुंबकीय क्वाटंम संख्या [Magnetic Quantum No] = m

- वैज्ञानिक लेन्दे द्वारा प्रतिपादित, इलेक्ट्रॉन की प्रचक्रण गति से चुंबकीय प्रकृति का निर्धारण होता है।
- उपकोशों में कक्षको की संख्या, आकार, त्रिविम अभिविन्यास, चुंबकीय क्षैत्र में इलेक्ट्रॉन के व्यवहार को दर्शाती है।
- m के मान = $(2\ell+1)$ तथा अभिविन्यास = $(-\ell \ldots\ldots 0 \ldots\ldots +\ell)$

उपकोश	कक्षकों की सं0	ℓ के मान	m के मान	अभिविन्यास	कुल e^-
s	1	0	1	0	2
P	3	1	3	-1 0 +1	6
d	5	2	5	-2 -1 0 +1 +2	10
f	7	3	7	-3 -2 -1 0 +1 +2 +3	14

4. प्रचक्रण क्वाटंम संख्या [Spin Quantum No] = s

- बेक तथा स्मिट द्वारा प्रतिपादित, इलेक्ट्रॉन में आवेश व द्रव्यमान के साथ कोणीय संवेग होता है
- नाभिक के चारों ओर इलेक्ट्रॉन दो प्रकार की गति करता है – 1. कक्षीय गति 2. अक्षीय गति
- इलेक्ट्रॉन स्वयं के अक्ष पर प्रचक्रण द्वारा दुर्बल चुंबकीय क्षैत्र उत्पन्न करता है एवं प्रचक्रण कोणीय संवेग = $\frac{h}{2\pi}\sqrt{s(s+l)}$ s = ½ होता है, अतः प्रत्येक इलेक्ट्रॉन एक सूक्ष्म चुंबक की भांति व्यवहार करता है
- एक ही कक्षक या किसी निश्चित अक्ष के सापेक्ष इलेक्ट्रॉन के दो अभिविन्यास संभव है जो परस्पर विपरित होते है।
- प्रत्येक कक्षक में विपरित चक्रण वाले अधिकतम दो ही इलेक्ट्रॉन उपस्थित हो सकते है
  1. दक्षिणावर्त अभिविन्यास (Clockwise) = + ½ [↑] spin up
  2. वामावर्त अभिविन्यास (Anti clockwise) = - ½ [↓] spin down

PREPARED & EDITED **BY BR JANGID** LECTURER [CHEMISTRY] ✉ jangid2005@gmail.com ☎ 97850-86690

❖ **तत्वों का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास :**

परमाण्वीय कक्षकों में उनकी उर्जा के आरोही क्रम में इलेक्ट्रॉन का वितरण या भरने की प्रक्रिया इले0 विन्यास है।

कक्षकों की उर्जा का आरोही क्रम : $1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s < 4d < 5p < 6s < 4f$

कक्षकों में इलेक्ट्रॉन वितरण या भरने के ऑफबौ सिद्वान्त : (ऑफ बौ = कक्षकों का निर्माण/बनना)

(1) पाउली का अपवर्जन नियम (2) हुण्ड का अधिकतम बहुलकता का नियम

(3) बोर–बरी नियम या $(n+\ell)$ का नियम (4) अर्धपूरित व पूर्णपूरित कक्षकों के स्थायीत्व का नियम

1. पाउली का अपवर्जन नियम :

- एक ही कक्षक में उपस्थित दोनो इलेक्ट्रॉनों की चारो क्वांटम संख्याएं समान नहीं होती है।
- एक ही कक्षक में दो इलेक्ट्रॉन एक साथ तब ही संभव है जब उनकी चुंबकीय क्वांटम का मान $+½$ & $-½$ हो।
- किसी कक्षक में विपरित चक्रण वाले अधिकतम दो इलेक्ट्रॉन भरे जा सकते है।

2. हुण्ड का अधिकतम बहुलकता का नियम :

- एक ही उपकोश की सभी कक्षके समान उर्जा की होती है
- जब तक समान उर्जा की रिक्त कक्षके उपलब्ध हो तब तक इलेक्ट्रॉन का युग्मन नही किया जाता है।
- कक्षकों में इलेक्ट्रॉन इस प्रकार भरे जावे कि अधिकतम अयुग्मित इलेक्ट्रॉन प्राप्त हो।

उदाहरण | ↑↓ | ↑↓ | | : $2p^4$ (गलत) | ↑↓ | ↑ | ↑ | $2p^4$ (सही)

3. बोर–बरी नियम या $(n+\ell)$ का नियम :

- कक्षकों में इलेक्ट्रॉन की उर्जा **n** व ℓ दोनो पर निर्भर करती है
- कक्षकों में इलेक्ट्रॉन $(n+\ell)$ के आरोही क्रम में भरे जाते है अर्थात जिन कक्षकों के लिए $(n+\ell)$ का मान उच्च होगा उनकी उर्जा भी उच्च होती है।
- यदि दो कक्षकों का $(n+\ell)$ मान समान हो तो न्यूनतम **n** वाले कक्षक को प्राथमिकता देते है

उदाहरण : 5s [$n+\ell = 5+0 = 5$] & 4d [$n+\ell = 4+2 = 6$] hence $5s < 4d$

4f [$n+\ell = 4+3 = 7$] & 5d [$n+\ell = 5+2 = 7$] hence $4f < 5d$

4. अर्धपूरित व पूर्णपूरित कक्षकों का स्थायीत्व का नियम :

संक्रमण तत्वों में 4s व 3d उपकोशों की उर्जा में न्यून अंतर होने से इलेक्ट्रॉन 4s से 3d में आसानी से संक्रमित हो जाते है अर्धपूरित व पूर्णपूरित कक्षकों का स्थायीत्व निम्न कारकों पर निर्भर करता है –

1. **इलेक्ट्रॉनों का सममित वितरण** :

पूर्णपूरित व अर्धपूरित कक्षकों में इलेक्टॉनों का वितरण सममित रूप से होता है अतः इनका स्थायीत्व भी उच्च होगा।

2. **विनिमय उर्जा** :

समान उर्जा की कक्षकों में उपस्थित समान प्रचक्रण वाले इलेक्ट्रॉनों के परस्पर विनिमय द्वारा मुक्त उर्जा, विनिमय उर्जा कहलाती है। कक्षकों का स्थायीत्व उनकी विनिमय उर्जा के समानुपाती होता है।

पूर्णपूरित व अर्धपूरित कक्षकों के लिए विनिमय उर्जा का मान अधिकतम होता है अतः इनका स्थायीत्व भी उच्च होगा।

जैसे : अर्धपूरित कक्षके : $p^3\ d^5\ f^7$ पूर्णपूरित कक्षके : $p^6\ d^{10}\ f^{14}$

Cr = 24 [Ar] $3d^4\ 4s^2$ [unstabe] = [Ar] $3d^5\ 4s^1$ [more stabe]

Cu = 29 [Ar] $3d^9\ 4s^2$ [unstabe] = [Ar] $3d^{10}\ 4s^1$ [more stabe]

.....

नोट :

- ✓ क्रोडीय इलेक्ट्रॉनिक विन्यास : पूर्ण भरे कोशों युक्त विन्यास अर्थात अक्रिय गैसीय विन्यास जैसे –
  $1s^2$ = [He] ; $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$ = [Ne] ; $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$ = [Ar] ; 36 e = [Kr] ; 54 e = [Xe] ; 86 e = [Rn]
- ✓ संयोजी इलेक्ट्रॉन : परमाणु के बाह्यतम कोश में उपस्थित इलेक्ट्रॉन
- ✓ उपकोशों में नाभिक के निकट रहने या नाभिक की ओर आकर्षित होने की प्रवृति : भेदन क्षमता $s > p > d > f$
- ✓ 1pm = 0.01 aungastrom ; $1A^0 = 100pm$ or 10^2 pm ; $1m = 10^{12}$ pm

❖ ----------

PREPARED & EDITED **BY BR JANGID** LECTURER [CHEMISTRY] ✉ jangid2005@gmail.com ☎ 97850-86690