Chapter 2: परमाणु की संरचना

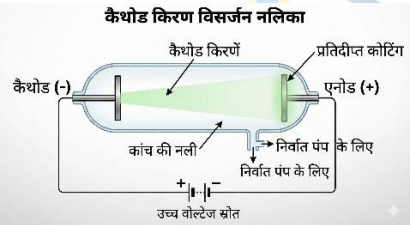
Topic 1: इलेक्ट्रॉन की खोज

डाल्टन ने कहा था कि परमाणु अविभाज्य (Indivisible) है। लेकिन 19वीं सदी के अंत में वैज्ञानिकों ने पाया कि परमाणु के अंदर भी छोटे-छोटे कण होते हैं। सबसे पहले खोजा गया कण 'इलेक्ट्रॉन' था।

Topic 2: विसर्जन नलिका प्रयोग का विवरण

जे.जे. थॉमसन और अन्य वैज्ञानिकों ने कांच की एक नली में बहुत कम दाब पर गैसों में विद्युत धारा प्रवाहित करके यह ऐतिहासिक प्रयोग किया।

1. **उपकरण की बनावट**



इस प्रयोग में उपयोग की गई कांच की नली को **'क्रूक्स नली' (Crookes Tube)** भी कहा जाता है। इसमें मुख्य भाग निम्नलिखित हैं:

- **इलेक्ट्रोड (Electrodes):** दो धातु के टुकड़े।
  - ऋणात्मक सिरा = **कैथोड (Cathode)**
  - धनात्मक सिरा = **एनोड (Anode)**
- **वैक्यूम पंप (Vacuum Pump):** नली के अंदर से हवा निकालने के लिए, ताकि गैस का दाब कम किया जा सके।
- **उच्च वोल्टेज स्रोत:** लगभग 10,000 V की बैटरी या इंडक्शन कॉइल।

2. प्रयोग के चरण

जब सामान्य दाब (Normal Pressure) पर करंट लगाया गया, तो कुछ नहीं हुआ। क्योंकि गैसें बिजली की कुचालक होती हैं। प्रयोग तब सफल हुआ जब दाब कम किया गया:

निष्कर्ष:

10^{-4} atm दाब पर कैथोड से कुछ अदृश्य किरणें निकलती हैं जो एनोड की तरफ जाती हैं और कांच से टकराकर चमक पैदा करती हैं। इन्हें ही **'कैथोड किरणें'** कहा गया।

3. चमक का कारण (ZnS स्क्रीन)

कैथोड किरणें खुद दिखाई नहीं देतीं। उनके व्यवहार को देखने के लिए हम एक विशेष पदार्थ **जिंक सल्फाइड (ZnS)** का लेप (Coating) लगाते हैं। जब कैथोड किरणें ZnS की स्क्रीन से टकराती हैं, तो वहां एक **चमकदार धब्बा (Bright Spot)** बन जाता है।

Topic 3: प्रयोग के निष्कर्ष

जे.जे. थॉमसन और अन्य वैज्ञानिकों ने प्रयोगों के आधार पर कैथोड किरणों के बारे में निम्नलिखित महत्वपूर्ण निष्कर्ष निकाले।

1. मुख्य निष्कर्ष

प्रयोगों से निम्नलिखित बातें सिद्ध हुईं:

- **दिशा (Direction):** कैथोड किरणें **कैथोड (ऋणात्मक)** से शुरू होकर **एनोड (धनात्मक)** की ओर चलती हैं।
- **दृश्यता (Visibility):** ये किरणें स्वयं दिखाई नहीं देतीं, लेकिन गैसों को आयनित (Ionize) करती हैं और कांच या जिंक सल्फाइड (ZnS) पर चमक पैदा करती हैं।
- **सीधी रेखा (Straight Line):** अगर इनके रास्ते में कोई ठोस वस्तु रख दी जाए, तो उसकी

तीखी **परछाई (Shadow)** बनती है। इसका मतलब है कि वे सीधी रेखा में चलती हैं।

- **यांत्रिक प्रभाव (Mechanical Effect):** अगर इनके रास्ते में एक हल्की चरखी (Paddle Wheel) रख दी जाए, तो वह घूमने लगती है। इससे सिद्ध होता है कि ये किरणें **कणों** से मिलकर बनी हैं और इनमें गतिज ऊर्जा होती है।

2. विद्युत और चुंबकीय क्षेत्र का प्रभाव

यह इलेक्ट्रॉन की खोज का सबसे बड़ा सबूत था।

जब कैथोड किरणों को विद्युत क्षेत्र (Electric Field) से गुजारा गया, तो वे **धनात्मक प्लेट (+ Plate)** की ओर मुड़ गईं।

निष्कर्ष: चूंकि विपरीत आवेश एक-दूसरे को आकर्षित करते हैं, और ये किरणें पॉजिटिव की तरफ गईं, इसका मतलब इन कणों पर **ऋणावेश (Negative Charge)** होता है।
इन्हीं ऋणावेशित कणों को **'इलेक्ट्रॉन'** नाम दिया गया।

3. सार्वभौमिक प्रकृति (Most Important)

थॉमसन ने अलग-अलग गैसें भरकर और अलग-अलग धातुओं के इलेक्ट्रोड लगाकर प्रयोग दोहराया।

परिणाम:

हर बार कणों का आवेश और द्रव्यमान (e/m अनुपात) **समान (Same)** निकला।

"कैथोड किरणों के कण नली में भरी गैस या इलेक्ट्रोड के पदार्थ पर निर्भर नहीं करते।"

अंतिम निष्कर्ष: इससे यह सिद्ध हुआ कि इलेक्ट्रॉन किसी एक तत्व का नहीं, बल्कि **सभी परमाणुओं का मूल घटक (Fundamental Constituent)** है।

Topic 4: इलेक्ट्रॉन का आवेश/द्रव्यमान अनुपात (e/m)

जे.जे. थॉमसन (J.J. Thomson) ने 1897 में एक विशेष प्रयोग द्वारा इलेक्ट्रॉन के विद्युत आवेश (e) और द्रव्यमान (m_e) का अनुपात मापा।

1. प्रयोग की व्यवस्था

थॉमसन ने कैथोड किरण विसर्जन नलिका (Discharge Tube) का उपयोग किया, लेकिन एक बदलाव के साथ। उन्होंने इलेक्ट्रॉनों के रास्ते में दो क्षेत्र लगाए:

- **विद्युत क्षेत्र (Electric Field):** धन और ऋण प्लेट।
- **चुंबकीय क्षेत्र (Magnetic Field):** चुंबक के उत्तरी और दक्षिणी ध्रुव।

महत्वपूर्ण शर्त:

विद्युत क्षेत्र और चुंबकीय क्षेत्र एक-दूसरे के **लंबवत (Perpendicular)** रखे गए थे, और ये दोनों इलेक्ट्रॉनों के चलने की दिशा के भी लंबवत थे।

2. विचलन (Deflection) का अवलोकन

फ्लोरोसेंट स्क्रीन पर तीन अलग-अलग स्थितियां देखी गईं:

स्थिति	प्रभाव	परिणाम (बिंदु)
केवल विद्युत क्षेत्र	इलेक्ट्रॉन धनात्मक प्लेट की ओर मुड़ जाते हैं।	बिंदु A पर टकराते हैं।
केवल चुंबकीय क्षेत्र	इलेक्ट्रॉन दूसरी दिशा में मुड़ जाते हैं।	बिंदु C पर टकराते हैं।

स्थिति	प्रभाव	परिणाम (बिंदु)
दोनों संतुलित (Balanced)	जब दोनों क्षेत्रों को संतुलित किया जाता है, तो इलेक्ट्रॉन **सीधे** निकल जाते हैं। (विचलन निरस्त हो जाता है)	बिंदु B पर टकराते हैं।

3. विचलन किन बातों पर निर्भर करता है?

थॉमसन ने बताया कि कण अपने रास्ते से कितना मुड़ेगा, यह तीन चीजों पर निर्भर करता है:

- **कण का आवेश (Charge):** आवेश जितना ज्यादा होगा, मुड़ाव (Deflection) उतना ही ज्यादा होगा।
- **कण का द्रव्यमान (Mass):** कण जितना भारी होगा, मुड़ाव उतना ही कम होगा। (हल्के कण ज्यादा मुड़ते हैं)।
- **क्षेत्र की प्रबलता (Strength):** विद्युत या चुंबकीय क्षेत्र जितना शक्तिशाली होगा, मुड़ाव उतना ही ज्यादा होगा।

4. e/m का मान (Result)

गणना करने पर थॉमसन ने यह मान प्राप्त किया:

$e/m_e = 1.758820 \times 10^{11}$ C kg^{-1}

(C = कूलॉम, kg = किलोग्राम)

निष्कर्ष: यह मान (Ratio) सभी इलेक्ट्रॉनों के लिए स्थिर रहता है, चाहे वे किसी भी स्रोत से निकले हों।

Topic 5: इलेक्ट्रॉन पर आवेश

*जे.जे. थॉमसन ने e/m अनुपात तो बता दिया था, लेकिन इलेक्ट्रॉन पर **सटीक आवेश (Charge)** कितना है, यह आर.ए. मिलिकन ने अपने मशहूर 'तेल बूंद प्रयोग' से बताया।*

1. प्रयोग आसान भाषा में

मिलिकन ने एक बंद डिब्बे में तेल की बहुत बारीक बूंदों को स्प्रे किया।

- **नीचे की ओर:** तेल की बूंद पर गुरुत्वाकर्षण (Gravity) लग रहा था, जिससे वह नीचे गिर रही थी।
- **आवेशित करना:** उन्होंने एक्स-रे (X-rays) डालकर बूंदों को 'नेगेटिव चार्ज' (इलेक्ट्रॉन) दे दिया।
- **ऊपर की ओर:** फिर उन्होंने ऊपर एक पॉजिटिव प्लेट लगाई जो नेगेटिव बूंद को ऊपर खींचने लगी।

परिणाम: उन्होंने बिजली (Electric Field) को इतना सही सेट किया कि तेल की बूंद **हवा में ही लटक गई** (न नीचे गिरी, न ऊपर गई)। इसी स्थिति से उन्होंने आवेश की गणना की।

2. आवेश का क्वांटीकरण (Q = ne)

यह सबसे महत्वपूर्ण हिस्सा है। मिलिकन ने देखा कि अलग-अलग बूंदों पर अलग-अलग आवेश था, लेकिन वे सब एक ही नंबर से कट रहे थे।

बिस्किट पैकेट उदाहरण:

मान लीजिए आप बाज़ार गए और देखा कि लोग बिस्किट खरीद रहे हैं।

- किसी ने 10 रुपये दिए।
- किसी ने 20 रुपये दिए।
- किसी ने 50 रुपये दिए।

आपने देखा कि कोई भी 12 या 17 रुपये नहीं दे रहा। सब 5 के पहाड़े (Multiples) में हैं। इसका मतलब **एक पैकेट की कीमत 5 रुपये** है।

इसी तरह, मिलिकन ने पाया कि हर बूंद पर आवेश हमेशा **1.6×10^{-19}** का गुणज (Multiple) था।

$e = -1.6022 \times 10^{-19}$ C
(यह एक इलेक्ट्रॉन का आवेश है)

निष्कर्ष: किसी भी वस्तु पर कुल आवेश (Q) इसी 'e' का गुणज होता है।
Q = ne (n = 1, 2, 3...)

3. इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान (Mass)

अब हमारे पास दो चीजें थीं। बस भाग (Division) देना था:

1. आवेश (e) = 1.6022×10^{-19} C
2. e/m अनुपात = 1.7588×10^{11} C/kg

Mass (m) = e ÷ (e/m)

$m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg

यह द्रव्यमान इतना कम है कि इसे हम लगभग शून्य (Negligible) मान लेते हैं।

Topic 6: प्रोटॉन और न्यूट्रॉन की खोज

परमाणु विद्युत उदासीन (Neutral) होता है। चूंकि उसमें ऋणावेशित इलेक्ट्रॉन हैं, तो उन्हें संतुलित करने के लिए कुछ धनावेशित कण भी होने चाहिए। इसी सोच ने प्रोटॉन की खोज का रास्ता खोला।

1. प्रोटॉन की खोज (कैनाल किरणें)

ई. गोल्डस्टीन (E. Goldstein) ने 1886 में विसर्जन नलिका में एक बदलाव किया। उन्होंने **छिद्रित कैथोड (Perforated Cathode)** का उपयोग किया।

अवलोकन:

जब उच्च वोल्टेज लगाया गया, तो कैथोड किरणों के विपरीत दिशा में (एनोड से कैथोड की ओर) कुछ नई किरणें निकलती दिखाई दीं।

- चूंकि ये किरणें कैथोड के छेदों (Canals) से होकर गुजरीं, इसलिए इन्हें **'कैनाल किरणें'** कहा गया।
- ये धनावेशित थीं, इसलिए इन्हें **'एनोड किरणें'** भी कहा जाता है।

सबसे बड़ा अंतर (NEET Question):

कैथोड किरणों के विपरीत, एनोड किरणों के कणों का द्रव्यमान और आवेश **नली में भरी गैस की प्रकृति पर निर्भर करता है।**

जब सबसे हल्की गैस 'हाइड्रोजन' ली गई, तो सबसे हल्का धनावेशित कण मिला। इसी कण को रदरफोर्ड ने बाद में **'प्रोटॉन' (p)** नाम दिया।

2. न्यूट्रॉन की खोज (1932)

प्रोटॉन और इलेक्ट्रॉन के द्रव्यमान को जोड़ने के बाद भी परमाणु का कुल द्रव्यमान पूरा नहीं हो रहा था।

जेम्स चैडविक (James Chadwick) ने 1932 में इसकी खोज की।

प्रयोग:

उन्होंने बेरिलियम (Be) की पतली शीट पर अल्फा कणों की बौछार की।

बेरिलियम + अल्फा कण → कार्बन + न्यूट्रॉन

- इस कण पर **कोई आवेश नहीं (Neutral)** था, इसलिए नाम 'न्यूट्रॉन' पड़ा।
- इसका द्रव्यमान प्रोटॉन के द्रव्यमान से **थोड़ा सा ज्यादा** था।

3. तीनों मूल कणों की तुलना (Comparison)

गुण (Property)	इलेक्ट्रॉन (e)	प्रोटॉन (p)	न्यूट्रॉन (n)
खोजकर्ता	J.J. Thomson	Goldstein / Rutherford	James Chadwick
आवेश (Charge)	-1.6×10^{-19} C (Negative)	$+1.6 \times 10^{-19}$ C (Positive)	0 (Neutral)
द्रव्यमान (Mass) kg में	9.1×10^{-31} kg	1.672×10^{-27} kg	1.674×10^{-27} kg
सापेक्ष द्रव्यमान	1/1837 (लगभग 0)	1	1

नोट: न्यूट्रॉन सबसे भारी कण है (प्रोटॉन से बहुत मामूली सा भारी)। इलेक्ट्रॉन सबसे हल्का है।

Topic 7: खोज के बाद की चुनौतियाँ

वैज्ञानिकों ने ईंटें (इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन, न्यूट्रॉन) तो ढूंढ ली थीं, लेकिन उन्हें यह नहीं पता था कि इन ईंटों से 'इमारत' (परमाणु) बनी कैसे है। उनके सामने 4 बड़ी समस्याएं थीं।

1. परमाणु का स्थायित्व (Stability of Atom)

विपरीत आवेश (Opposite Charges) एक-दूसरे को खींचते हैं। अगर ऋणावेशित इलेक्ट्रॉन और धनावेशित प्रोटॉन एक ही परमाणु के अंदर हैं, तो वे आपस में टकराकर परमाणु को नष्ट क्यों नहीं कर देते? परमाणु स्थिर (Stable) कैसे बना रहता है?

2. कणों की व्यवस्था (Arrangement)

वैज्ञानिकों को यह तो पता चल गया था कि परमाणु में ये कण हैं, लेकिन वे कहाँ स्थित हैं?

इसी सवाल का जवाब देने के लिए आगे चलकर अलग-अलग "परमाणु मॉडल" (Atomic Models) प्रस्तुत किए गए।

3. स्पेक्ट्रम की उत्पत्ति (Origin of Spectra)

जब तत्वों को गर्म किया जाता है या उनसे ऊर्जा दी जाती है, तो वे विशेष रंग की रोशनी (Electromagnetic Radiation) छोड़ते हैं। परमाणु के अंदर ऐसा क्या होता है जो वे विशेष वेवलेंथ (Wavelength) की रोशनी छोड़ते हैं? पुराने सिद्धांत इसे समझाने में फेल हो रहे थे।

4. तत्वों के अलग-अलग गुण

अगर सभी तत्व उन्हीं तीन कणों (e, p, n) से बने हैं, तो:

- सोना (Gold) इतना चमकदार और कम क्रियाशील क्यों है?
- जबकि सोडियम (Sodium) पानी में डालते ही आग क्यों पकड़ लेता है?

वैज्ञानिकों को समझना था कि कणों की **संख्या और व्यवस्था** कैसे तत्वों के भौतिक और रासायनिक गुणों को बदल देती है।

इन समस्याओं को हल करने के लिए सबसे पहला प्रयास **जे.जे. थॉमसन** ने किया।

Topic 8: थॉमसन का परमाणु मॉडल

J.J. Thomson's Atomic Model (1898)

जे.जे. थॉमसन (जिन्होंने इलेक्ट्रॉन की खोज की थी) ने 1898 में परमाणु का सबसे पहला मॉडल प्रस्तुत किया।

1. तरबूज मॉडल (Plum Pudding Model)

थॉमसन ने कहा कि परमाणु एक **तरबूज** जैसा दिखता है।

तरबूज का लाल हिस्सा

↓

धनावेश (Positive Charge)

(पूरे परमाणु में फैला हुआ)

काले बीज (Seeds)

↓

इलेक्ट्रॉन (Electrons)

(धनावेश के बीच धंसे हुए)

जैसे तरबूज में लाल गूदे के बीच बीज धंसे रहते हैं, वैसे ही परमाणु में धनावेश के बीच इलेक्ट्रॉन धंसे रहते हैं।

नोट: इसे 'रेज़िन पुडिंग' (Raisin Pudding) मॉडल भी कहा जाता है (जैसे खीर में किशमिश)।

2. मॉडल की मुख्य बातें

थॉमसन ने वैज्ञानिक रूप से इसे ऐसे समझाया:

- **आकार:** परमाणु एक धनावेशित गोला (Positive Sphere) है जिसकी त्रिज्या लगभग **10^{-10} m** होती है।
- **संतुलन:** ऋणावेशित इलेक्ट्रॉन इस धनावेशित गोले में इस तरह धंसे होते हैं कि वे सबसे स्थिर अवस्था में रहें।
- **विद्युत उदासीनता (Imp):** परमाणु का कुल धनावेश और इलेक्ट्रॉनों का कुल ऋणावेश बराबर होता है। इसलिए परमाणु **विद्युत उदासीन** होता है।

3. मॉडल की कमियाँ (Limitations)

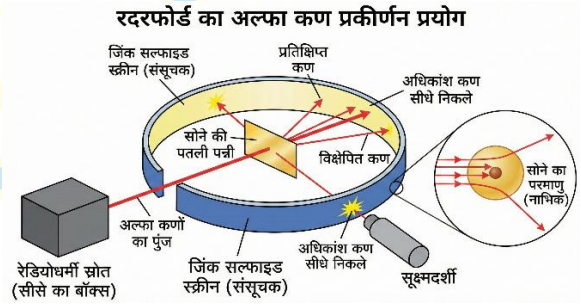
यह मॉडल बहुत दिनों तक नहीं चला। इसे बाद में खारिज (Reject) कर दिया गया क्योंकि:

- यह **रदरफोर्ड के अल्फा कण प्रकीर्णन प्रयोग** (Alpha Scattering Experiment) को नहीं समझा सका। (थॉमसन के अनुसार अल्फा कणों को सीधे निकल जाना चाहिए था, पर वे मुड़ गए)।
- यह परमाणु के स्थायित्व (Stability) को सही से एक्सप्लेन नहीं कर पाया कि इलेक्ट्रॉन और प्रोटॉन एक साथ चिपक क्यों नहीं जाते।

Topic 9: रदरफोर्ड का नाभिकीय मॉडल

*अर्नेस्ट रदरफोर्ड और उनके छात्रों (हंस गीगर और अर्नेस्ट मार्सडेन) ने एक ऐतिहासिक प्रयोग किया जिसने थॉमसन के 'तरबूज मॉडल' को गलत साबित कर दिया और **नाभिक (Nucleus)** की खोज की।*

1. प्रयोग की सजावट (Setup)



रदरफोर्ड ने सोने की बहुत पतली पन्नी पर अल्फा कणों की बमबारी की।

- **अल्फा कण (α-particles):** ये हीलियम के नाभिक (He^{2+}) होते हैं। ये धनावेशित और भारी होते हैं।
- **सोने की पन्नी (Gold Foil):** उन्होंने सोने को चुना क्योंकि इसकी बहुत पतली चादर (लगभग

100 nm या 1000 परमाणुओं जितनी मोटी) बनाई जा सकती है।

- **ZnS स्क्रीन:** पन्नी के चारों ओर जिंक सल्फाइड की स्क्रीन लगाई गई ताकि टकराने वाले कणों की चमक देखी जा सके।

2. अवलोकन और निष्कर्ष

रदरफोर्ड को उम्मीद थी कि कण पन्नी को फाड़कर निकल जाएंगे (जैसे तरबूज में गोली), लेकिन परिणाम चौंकाने वाले थे:

अवलोकन	निष्कर्ष
99.9% कण बिना मुड़े सीधे निकल गए।	परमाणु का अधिकांश भाग **खोखला** है। (थॉमसन का ठोस गोला वाला विचार गलत था।)
कुछ कण छोटे कोणों पर मुड़ गए।	परमाणु के केंद्र में कुछ **धनावेश (Positive Charge)** है जो अल्फा कणों को धक्का दे रहा है।
बहुत कम कण (20,000 में से 1) 180° पर वापस लौट आए।	परमाणु का सारा धनावेश और द्रव्यमान एक **बहुत छोटे और भारी केंद्र** में जमा है। रदरफोर्ड ने इसे **'नाभिक' (Nucleus)** कहा।

3. रदरफोर्ड का परमाणु मॉडल

अपने प्रयोग के आधार पर उन्होंने परमाणु की नई तस्वीर पेश की (इसे **सौर-मंडल मॉडल** भी कहते हैं):

1. **नाभिक:** धनावेश और लगभग सारा द्रव्यमान केंद्र में एक बहुत छोटे क्षेत्र (Nucleus) में होता है।
2. **इलेक्ट्रॉन:** नाभिक के चारों ओर **वृत्ताकार कक्षाओं (Orbits)** में बहुत तेजी से घूमते हैं (जैसे सूर्य के चारों ओर ग्रह)।
3. **आकर्षण बल:** इलेक्ट्रॉन और नाभिक आपस में स्थिर वैद्युत आकर्षण बल (Electrostatic Force) से बंधे रहते हैं।

आकार की तुलना:

अगर परमाणु एक **क्रिकेट स्टेडियम** है, तो नाभिक उसके केंद्र में रखी एक **मक्खी** के बराबर है।
(परमाणु त्रिज्या = 10^{-10} m, नाभिक त्रिज्या = 10^{-15} m)

4. रदरफोर्ड मॉडल की कमियाँ (Drawbacks)

यह मॉडल भी फेल हो गया क्योंकि यह दो चीजों को नहीं समझा पाया:

- **परमाणु का स्थायित्व (Stability):** मैक्सवेल के सिद्धांत के अनुसार, अगर कोई आवेशित कण गोलाकार घूमता है, तो वह लगातार ऊर्जा खोता जाएगा। अंत में उसे नाभिक में गिर जाना चाहिए और परमाणु नष्ट हो जाना चाहिए। पर ऐसा नहीं होता।
- **इलेक्ट्रॉनिक संरचना:** यह मॉडल यह नहीं बता पाया कि इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर कैसे व्यवस्थित हैं और उनकी ऊर्जा क्या है।

Topic 10: स्थिर वैद्युत आकर्षण बल

रदरफोर्ड ने कहा था कि इलेक्ट्रॉन और नाभिक आपस में इसी बल से जुड़े होते हैं।

1. यह क्या है?

जब दो वस्तुओं पर **विपरीत आवेश (Opposite Charges)** होता है, तो वे एक-दूसरे को अपनी ओर खींचते हैं। इसी खिंचाव को 'स्थिर वैद्युत आकर्षण बल' कहते हैं।

(+) ← खिंचाव → **(-)**

2. परमाणु में इसका काम

सोचिए, इलेक्ट्रॉन इतनी तेज घूम रहा है, तो वह बाहर क्यों नहीं छिटक जाता?

- **नाभिक (Nucleus):** धनावेशित (+) होता है।
- **इलेक्ट्रॉन (Electron):** ऋणावेशित (-) होता है।

नाभिक इसी **'स्थिर वैद्युत आकर्षण बल'** का उपयोग करके इलेक्ट्रॉन को पकड़ कर रखता है।

3. आम जीवन में उदाहरण

क्या आपने कभी सूखे बालों में कंघी करके उसे कागज के टुकड़ों के पास रखा है?

- कंघी पर आवेश आ जाता है।
- कागज के टुकड़े उस आवेश की तरफ **खिंचे चले आते हैं**।

यह भी स्थिर वैद्युत आकर्षण बल का ही उदाहरण है।

Topic 11: परमाणु संख्या और द्रव्यमान संख्या

Atomic Number (Z) & Mass Number (A)

नाभिक की खोज के बाद मोजले और अन्य वैज्ञानिकों ने तत्वों को पहचानने के लिए दो महत्वपूर्ण संख्याएं दीं।

1. परमाणु संख्या (Z)

किसी तत्व के नाभिक में उपस्थित **प्रोटॉनों की कुल संख्या** को उसकी परमाणु संख्या कहते हैं।

- इसे **'Z'** से दर्शाते हैं।
- **महत्व:** यह तत्व की पहचान है। (जैसे रोल नंबर)। अगर Z बदला, तो तत्व बदल जाएगा।

2. द्रव्यमान संख्या (A)

परमाणु का लगभग सारा भार उसके नाभिक में होता है। नाभिक में प्रोटॉन (p) और न्यूट्रॉन (n) होते हैं।

इन दोनों के योग को **द्रव्यमान संख्या** कहते हैं।

- इसे **'A'** से दर्शाते हैं।
- **न्यूक्लिऑन (Nucleons):** प्रोटॉन और न्यूट्रॉन को सम्मिलित रूप से 'न्यूक्लिऑन' कहा जाता है।

A = p + n
(द्रव्यमान संख्या = प्रोटॉन + न्यूट्रॉन)

न्यूट्रॉन निकालने का सूत्र

n = A - Z

4. उदाहरण: सोडियम

सोडियम (Na) को ऐसे लिखा जाता है: $^{23}_{11}$**Na**

कण	गणना	उत्तर
प्रोटॉन (p)	Z के बराबर	11
इलेक्ट्रॉन (e)	p के बराबर (उदासीन है)	11
न्यूट्रॉन (n)	A - Z (23 - 11)	**12**

Topic 12: समस्थानिक और समभारिक

Isotopes, Isobars & Isotones

1. समस्थानिक (Isotopes)

अर्थ: सम (समान) + स्थानिक (स्थान)। यानी आवर्त सारणी में जिनका स्थान एक ही हो।

"एक ही तत्व के वे परमाणु जिनकी **परमाणु संख्या (Z) समान** होती है, लेकिन **द्रव्यमान संख्या (A) अलग-अलग** होती है।"

उदाहरण: हाइड्रोजन के 3 समस्थानिक

नाम	संकेत	प्रोटॉन (p)	न्यूट्रॉन (n)
प्रोटियम (साधारण)	$_1H^1$	1	**0** (कोई नहीं)
ड्यूटीरियम (भारी)	$_1H^2$ (D)	1	**1**
ट्राइटियम (रेडियोधर्मी)	$_1H^3$ (T)	1	**2**

महत्वपूर्ण बिंदु:

- **रासायनिक गुण** समान होते हैं (क्योंकि इलेक्ट्रॉन समान हैं)।
- **भौतिक गुण (Physical Properties):** अलग होते हैं (क्योंकि द्रव्यमान अलग है)।

2. समभारिक (Isobars)

अर्थ: सम (समान) + भारिक (भार)। यानी जिनका वजन बराबर हो।

"अलग-अलग तत्वों के वे परमाणु जिनकी **द्रव्यमान संख्या (A) समान** होती है, लेकिन **परमाणु संख्या (Z) अलग-अलग** होती है।"

उदाहरण:

- **आर्गन (Ar):** परमाणु संख्या 18, भार 40 → $_{18}Ar^{40}$
- **कैल्शियम (Ca):** परमाणु संख्या 20, भार 40 → $_{20}Ca^{40}$

इनके रासायनिक और भौतिक दोनों गुण **पूरी तरह अलग** होते हैं।

3. समन्यूट्रॉनिक (Isotones)

वे परमाणु जिनमें **न्यूट्रॉनों की संख्या (n) समान** होती है। (सूत्र: A - Z = समान)

उदाहरण:

- $_6C^{14}$ (न्यूट्रॉन = 14 - 6 = **8**)
- $_8O^{16}$ (न्यूट्रॉन = 16 - 8 = **8**)

4. तुलना (Summary)

प्रकार	परमाणु संख्या (Z)	द्रव्यमान संख्या (A)	न्यूट्रॉन
समस्थानिक	समान	अलग	अलग
समभारिक	अलग	समान	अलग
समन्यूट्रॉनिक	अलग	अलग	समान

NCERT हल (Examples)

उदाहरण 2.1 और 2.2

उदाहरण 2.1

प्रश्न: $_{35}Br^{80}$ (ब्रोमीन) में प्रोटॉन, न्यूट्रॉन और इलेक्ट्रॉनों की संख्या की गणना कीजिए।

हल (Solution):

दिए गए संकेत $_{35}\mathbf{Br}^{80}$ से हमें पता चलता है:

- परमाणु संख्या (Z) = 35
- द्रव्यमान संख्या (A) = 80

---

1. प्रोटॉन की संख्या:

हम जानते हैं, प्रोटॉन = Z
⇒ **35**

2. इलेक्ट्रॉन की संख्या:

चूंकि परमाणु उदासीन (Neutral) है, इसलिए इलेक्ट्रॉन = प्रोटॉन
⇒ **35**

3. न्यूट्रॉन की संख्या (n):

सूत्र: n = A - Z
n = 80 - 35
⇒ **45**

उदाहरण 2.2 (महत्वपूर्ण)

प्रश्न: एक स्पीशीज़ में इलेक्ट्रॉनों, प्रोटॉनों और न्यूट्रॉनों की संख्या क्रमशः 18, 16 और 16 है। इसका सही प्रकटीकरण (Symbol) लिखिए।

हल (Solution):

स्टेप 1: तत्व की पहचान

तत्व की पहचान हमेशा **प्रोटॉन (Z)** से होती है।

- यहाँ प्रोटॉन = 16
- आवर्त सारणी में 16 नंबर पर **सल्फर (Sulfur, S)** आता है।

स्टेप 2: द्रव्यमान संख्या (A) निकालना

A = प्रोटॉन + न्यूट्रॉन

A = 16 + 16 = **32**

स्टेप 3: आवेश (Charge) निकालना

यहाँ इलेक्ट्रॉन और प्रोटॉन बराबर नहीं हैं, इसका मतलब इस पर चार्ज है।

- प्रोटॉन (Positive) = +16
- इलेक्ट्रॉन (Negative) = -18
- कुल चार्ज = (+16) + (-18) = **-2**

सही संकेत:

$^{32}_{16}\mathbf{S}^{2-}$

Topic 13: रदरफोर्ड मॉडल की कमियाँ

1. परमाणु का स्थायित्व (Stability of Atom)

यह इस मॉडल की सबसे बड़ी कमी थी। इसे **मैक्सवेल के विद्युत-चुंबकीय सिद्धांत** (Maxwell's Electromagnetic Theory) के आधार पर चुनौती दी गई।

मैक्सवेल का नियम क्या कहता है?

"अगर कोई आवेशित कण (जैसे इलेक्ट्रॉन) त्वरित गति करता है, तो वह लगातार **ऊर्जा का उत्सर्जन** करेगा।"

रदरफोर्ड के मॉडल में क्या होगा?

- इलेक्ट्रॉन लगातार ऊर्जा खोता जाएगा।
- उसकी कक्षा (Orbit) छोटी होती जाएगी।
- अंत में वह **सर्पिल (Spiral)** रास्ता बनाते हुए नाभिक में गिर जाएगा।

गणना के अनुसार, ऐसा होने में केवल **10^{-8} सेकंड** लगने चाहिए।

अर्थात परमाणु नष्ट हो जाना चाहिए। लेकिन परमाणु स्थिर होता है।

2. इलेक्ट्रॉनिक संरचना की व्याख्या नहीं

रदरफोर्ड ने यह तो कह दिया कि इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर घूमते हैं, लेकिन यह नहीं बताया कि:

- इलेक्ट्रॉन किस कक्षा में घूमते हैं?
- नाभिक के चारों ओर इलेक्ट्रॉनों का वितरण कैसा है?
- उन इलेक्ट्रॉनों की ऊर्जा (Energy) क्या है?

3. रेखीय स्पेक्ट्रम (Line Spectrum)

अगर इलेक्ट्रॉन लगातार ऊर्जा खोता (जैसा मैक्सवेल ने कहा), तो परमाणु को **सतत स्पेक्ट्रम** यानी इंद्रधनुष जैसा पैटर्न देना चाहिए था।

लेकिन वास्तव में, परमाणु **रेखीय स्पेक्ट्रम (Line Spectrum)** देते हैं (यानी कुछ निश्चित लाइनें ही दिखती हैं)। रदरफोर्ड का मॉडल इसे समझा नहीं पाया।

Topic 14: रेखीय स्पेक्ट्रम (Line Spectrum)

1. सतत बनाम रेखीय स्पेक्ट्रम

(A) सतत स्पेक्ट्रम (Continuous Spectrum) - "इंद्रधनुष"

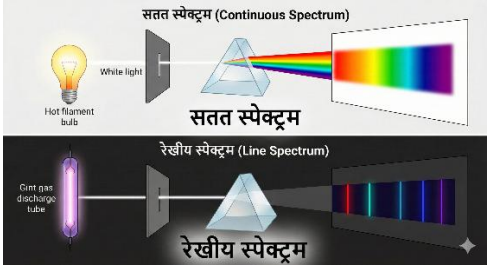
जब हम सूर्य के प्रकाश को प्रिज्म से गुजारते हैं, तो हमें सातों रंग (VIBGYOR) लगातार दिखाई देते हैं। लाल और नीले के बीच कोई खाली जगह (Gap) नहीं होती। इसे 'सतत स्पेक्ट्रम' कहते हैं।

(B) रेखीय स्पेक्ट्रम (Line Spectrum) - "बारकोड"

लेकिन जब हम किसी **परमाणु (जैसे हाइड्रोजन गैस)** को गर्म करते हैं और उससे निकलने वाली रोशनी को प्रिज्म से देखते हैं, तो हमें इंद्रधनुष नहीं दिखता।

हमें केवल **कुछ विशिष्ट चमकीली रेखाएं** (Specific Lines) दिखती हैं और उनके बीच में गहरा अंधेरा (Dark Space) होता है।

- इसे **'परमाणु स्पेक्ट्रम'** भी कहते हैं।



2. तत्वों का 'फिंगरप्रिंट' (Fingerprint)

जिस तरह किन्हीं दो इंसानों के अंगूठे के निशान (Fingerprint) एक जैसे नहीं हो सकते, वैसे ही **किन्हीं दो तत्वों का रेखीय स्पेक्ट्रम एक जैसा नहीं हो सकता।**

उदाहरण:

- सोडियम (Na) हमेशा **दो पीली रेखाएं** देता है।
- हाइड्रोजन हमेशा विशिष्ट लाल, नीली और बैंगनी रेखाएं देता है।

इसी तकनीक से वैज्ञानिक पता लगाते हैं कि दूर तारों या ग्रहों पर कौन सा तत्व मौजूद है।

3. रदरफोर्ड इसे क्यों नहीं समझा पाए?

रदरफोर्ड के मॉडल के अनुसार, इलेक्ट्रॉन धीरे-धीरे ऊर्जा खो रहा है और नाभिक के पास आ रहा है।

रदरफोर्ड का अनुमान	वास्तविकता (Reality)
ऊर्जा लगातार निकल रही है → इसलिए **'सतत**	ऊर्जा टुकड़ों में (विशिष्ट रंगों में) निकल रही है →

रदरफोर्ड का अनुमान	वास्तविकता (Reality)
स्पेक्ट्रम' (इंद्रधनुष जैसा) बनना चाहिए।	इसलिए **'रेखीय स्पेक्ट्रम'** (लाइनों वाला) बनता है।

निष्कर्ष: इसका मतलब इलेक्ट्रॉन अपनी मर्जी से किसी भी ऊर्जा पर नहीं रह सकता। उसकी ऊर्जा **निश्चित** होती है।

Topic 16: विद्युत चुंबकीय विकिरण की तरंग प्रकृति

*मैक्सवेल ने बताया कि प्रकाश (Light) सीधी रेखा में नहीं, बल्कि **लहरों (Waves)** की तरह चलता है। जैसे तालाब में पत्थर फेंकने पर लहरें बनती हैं।*

1. यह किस चीज़ की तरंग है?

तालाब में पानी की लहरें होती हैं, लेकिन प्रकाश में **दो तरह के क्षेत्र (Fields)** हवा में लहरते हुए चलते हैं:

- **विद्युत क्षेत्र (Electric Field):** मान लो यह ऊपर-नीचे (Up-Down) हिल रहा है।
- **चुंबकीय क्षेत्र (Magnetic Field):** तो यह दाएं-बाएं (Left-Right) हिलेगा।

खास बात: ये दोनों एक-दूसरे के **लंबवत (90 डिग्री पर)** होते हैं और प्रकाश की चाल से आगे बढ़ते हैं।

2. तरंग को नापने के तरीके

किसी भी तरंग को हम तीन चीजों से पहचानते हैं।

शब्द	निशान	आसान मतलब
तरंगदैर्ध्य (Wavelength)	λ (लैम्ब्डा)	**लहर की लंबाई।** दो चोटियों (Peaks) के बीच की दूरी। (जैसे आपके दो कदमों के बीच की दूरी)
आवृत्ति (Frequency)	v (न्यू)	**कंपन की स्पीड।** एक सेकंड में कितनी लहरें गुजरीं। (जैसे आप 1 सेकंड में कितनी बार ताली बजा सकते हैं)
चाल (Speed)	c	यह फिक्स है: **3×10^8 m/s**

3. इनका आपस में रिश्ता (Formula)

चाल = आवृत्ति × तरंगदैर्ध्य

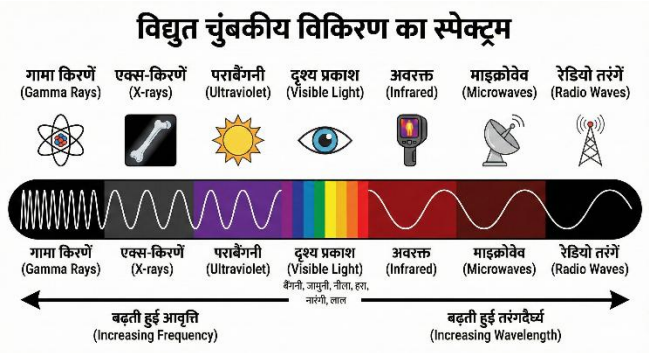
$c = v \times \lambda$

याद रखें (Rule):

आवृत्ति और तरंगदैर्ध्य **दुश्मन** हैं (उल्टे चलते हैं)।
→ अगर तरंग छोटी होगी (λ कम), तो आवृत्ति ज्यादा होगी (v ज्यादा)।
→ अगर तरंग लंबी होगी (λ ज्यादा), तो आवृत्ति कम होगी।

4. विद्युत चुंबकीय स्पेक्ट्रम

प्रकाश सिर्फ वही नहीं है जो हमें दिखता है। एक्स-रे और रेडियो तरंगें भी प्रकाश ही हैं, बस उनकी आवृत्ति अलग है।



क्रम (Order): सबसे कम ऊर्जा से सबसे ज्यादा ऊर्जा

1. रेडियो तरंगें (Radio) - सबसे लंबी तरंग
2. माइक्रोवेव (Microwave)
3. इन्फ्रारेड (Infrared)
4. **दृश्य प्रकाश (Visible Light)** - जो हम देखते हैं (VIBGYOR)
5. अल्ट्रावायलेट (UV)
6. एक्स-रे (X-Ray)
7. गामा किरणें (Gamma) - सबसे खतरनाक/ज्यादा ऊर्जा

Topic 17: विद्युत चुंबकीय तरंगों की विशेषताएं

1. माध्यम की जरूरत नहीं

- **ध्वनि (Sound):** इसे चलने के लिए हवा, पानी या ठोस चीज़ चाहिए। अंतरिक्ष (Space) में हम एक-दूसरे की आवाज़ नहीं सुन सकते।
- **विद्युत चुंबकीय तरंगें (Light):** इन्हें चलने के लिए किसी चीज़ की जरूरत नहीं। ये **निर्वात** में भी चल सकती हैं।

2. प्रकाश की चाल (Speed of Light)

निर्वात (Vacuum) में ये सभी तरंगें एक ही रफ्तार से दौड़ती हैं, चाहे वे एक्स-रे हों या रेडियो तरंगें।

3×10^8 मीटर/सेकंड

(यानी 1 सेकंड में 3 लाख किलोमीटर!)

3. दो चेहरे (Electric + Magnetic)

इनका नाम ही इनका काम बताता है। ये अकेले नहीं चलतीं, बल्कि दो क्षेत्र (Fields) साथ-साथ चलते हैं:

- **विद्युत क्षेत्र (Electric Field)**
- **चुंबकीय क्षेत्र (Magnetic Field)**

महत्वपूर्ण नियम:

ये दोनों क्षेत्र एक-दूसरे के **लंबवत (90 डिग्री पर)** होते हैं। *(सोचो जैसे एक सांप जमीन पर रेंग रहा है और दूसरा सांप हवा में ऊपर-नीचे हो रहा है, और दोनों साथ आगे बढ़ रहे हैं।)*

4. अनुप्रस्थ प्रकृति (Transverse Nature)

ये तरंगें **अनुप्रस्थ (Transverse)** होती हैं।

इसका मतलब है कि तरंग आगे की तरफ जाती है, लेकिन इसके अंदर कंपन (Vibration) ऊपर-नीचे होते हैं। (जैसे रस्सी को झटकने पर होता है)।

NCERT हल (Examples)

उदाहरण 2.3

प्रश्न: विविध भारती स्टेशन **1,368 kHz** की आवृत्ति पर प्रसारण करता है। तरंगदैर्ध्य (λ) ज्ञात कीजिए।

हल:

दिया है:

- आवृत्ति (v) = 1368 kHz
- **Imp Step:** इसे Hz में बदलें। (1 kHz = 1000 Hz)
- $v = 1368 \times 10^3\ s^{-1}$ (या Hz)

- प्रकाश की चाल (c) = 3×10^8 m/s

सूत्र: $\lambda = c / v$

$\lambda = (3 \times 10^8) / (1368 \times 10^3)$

$\lambda = 219.3$ m

निष्कर्ष: यह तरंगदैर्ध्य 'रेडियो तरंग' (Radio Wave) क्षेत्र में आती है।

उदाहरण 2.4

प्रश्न: दृश्य स्पेक्ट्रम का तरंगदैर्ध्य **400 nm (बैंगनी)** से **750 nm (लाल)** तक है। इन दोनों की आवृत्तियाँ (Frequency) ज्ञात कीजिए।

हल:

याद रखें: 1 nm = 10^{-9} m

---

(1) बैंगनी प्रकाश (Violet Light) के लिए:

- $\lambda = 400$ nm = 400×10^{-9} m
- $\lambda = 4.00 \times 10^{-7}$ m

$v = c / \lambda$

$v = (3 \times 10^8) / (4.00 \times 10^{-7})$

$v = 7.50 \times 10^{14}$ Hz

---

(2) लाल प्रकाश (Red Light) के लिए:

- $\lambda = 750$ nm = 7.50×10^{-7} m

$v = c / \lambda$

$v = (3 \times 10^8) / (7.50 \times 10^{-7})$

$v = 4.00 \times 10^{14}$ Hz

उदाहरण 2.5

प्रश्न: पीली रोशनी का तरंगदैर्ध्य **5800 Å** है। गणना करें: (a) तरंग संख्या और (b) आवृत्ति।

हल:

याद रखें: 1 Å = 10^{-10} m

दिया है: $\lambda = 5800 \times 10^{-10}$ m = 5.8×10^{-7} m

(a) तरंग संख्या (Wave Number):

सूत्र: $\bar{v} = 1 / \lambda$

$\bar{v} = 1 / (5.8 \times 10^{-7})$

$\bar{v} = 1.724 \times 10^6$ m^{-1}

(b) आवृत्ति (Frequency):

सूत्र: $v = c / \lambda$

$v = (3 \times 10^8) / (5.8 \times 10^{-7})$

$v = 5.172 \times 10^{14}$ Hz

Topic 18: विद्युत चुंबकीय विकिरण की कणीय प्रकृति

विवर्तन (Diffraction) जैसी घटनाओं को 'तरंग प्रकृति' समझा सकती थी, लेकिन कुछ घटनाएं ऐसी थीं (जैसे काले पिंड का विकिरण और प्रकाश विद्युत प्रभाव) जिन्हें समझाने में तरंग सिद्धांत फेल हो गया।

1. प्लांक का क्वांटम सिद्धांत (1900)

मैक्स प्लांक ने सुझाव दिया कि प्रकाश लगातार (Continuous) नहीं बहता, बल्कि टुकड़ों में चलता है।

मुख्य बिंदु:

- **असतत उत्सर्जन:** परमाणुओं से ऊर्जा का उत्सर्जन या अवशोषण लगातार नहीं होता, बल्कि ऊर्जा के छोटे-छोटे पैकेटों (Packets) के रूप में होता है।

- **क्वांटा (Quanta):** ऊर्जा के इन पैकेटों को 'क्वांटा' कहते हैं।
  (प्रकाश के मामले में इन्हें **'फोटोन'** कहा जाता है।)

2. फोटोन की ऊर्जा (Energy)

प्लांक ने बताया कि हर पैकेट की ऊर्जा उसकी आवृत्ति (v) पर निर्भर करती है।

E = hv

E = ऊर्जा (Energy)

h = प्लांक स्थिरांक (Planck's Constant)

v = आवृत्ति (Frequency)

$h = 6.626 \times 10^{-34}$ J s

3. 'क्वांटीकृत' का मतलब क्या है?

प्लांक ने कहा कि कुल ऊर्जा हमेशा एक पूर्णांक (Integer) होगी:

E = nhv

(जहाँ n = 1, 2, 3...)

सीढ़ियों का उदाहरण (Stairs Analogy):

आप सीढ़ियों पर खड़े हो सकते हैं (स्टेप 1, स्टेप 2, स्टेप 3)।
लेकिन आप **1.5वीं सीढ़ी** पर नहीं खड़े हो सकते।
इसी तरह, ऊर्जा के पैकेट भी फिक्स होते हैं (1 फोटोन, 2 फोटोन, 100 फोटोन)। कोई भी आधा फोटोन नहीं ले सकता।

4. कृष्णिका विकिरण (Black Body Radiation)

यह वह घटना थी जिसे तरंग सिद्धांत नहीं समझा पाया था।

- **आदर्श कृष्णिका (Ideal Black Body):** वह वस्तु जो सभी प्रकार की आवृत्तियों को सोख ले और उत्सर्जित करे।
- **लोहे की छड़ का उदाहरण:** जब हम लोहे को गर्म करते हैं, तो वह रंग बदलता है:
  हल्का लाल → पीला → नीला (बहुत गर्म)

ताप बढ़ने पर रंग (आवृत्ति) का बदलना केवल **कणीय सिद्धांत (Particle Theory)** से ही समझाया जा सका।

Topic 19: कृष्णिका विकिरण (विस्तार से)

Black Body Radiation: Deep Dive

1. 'कृष्णिका' (Black Body) क्या है?

यह एक **आदर्श (Ideal) वस्तु** है। (असल दुनिया में ऐसी कोई वस्तु 100% नहीं होती, लेकिन 'कार्बन ब्लैक' इसके करीब है)।

इसकी दो खासियतें होती हैं:

- यह अपने ऊपर पड़ने वाली हर तरह की रोशनी (हर आवृत्ति) को पूरी तरह सोख लेती है।
  (इसलिए यह ठंडी होने पर काली दिखती है)।
- जब इसे गर्म किया जाता है, तो यह हर तरह की आवृत्ति (Radiation) का उत्सर्जन भी करती है।

2. लोहे की छड़ का उदाहरण

जब आप लोहे को भट्टी में गर्म करते हैं, तो क्या होता है? ध्यान से देखें:

तापमान (Temp)	रंग (Color)	ऊर्जा/आवृत्ति
कम गर्म	**हल्का लाल (Dull Red)**	कम ऊर्जा
ज्यादा गर्म	**चमकदार लाल/नारंगी**	मध्यम ऊर्जा
बहुत ज्यादा गर्म	**सफेद (White)**	सभी रंग मिक्स
अत्यधिक गर्म	**नीला (Blue)**	सबसे ज्यादा ऊर्जा

निष्कर्ष: तापमान बढ़ने पर रंग बदल रहा है (लाल → नीला)।

3. वैज्ञानिकों की समस्या क्या थी?

पुराने तरंग सिद्धांत (Wave Theory) के अनुसार, ऊर्जा सिर्फ **तीव्रता (Brightness)** पर निर्भर करनी चाहिए, रंग पर नहीं।

पुरानी सोच: अगर हम लोहे को और गर्म करेंगे, तो उसे **और ज्यादा लाल** होना चाहिए, नीला नहीं।

हकीकत: लोहा रंग बदलकर नीला हो गया। इसका मतलब ऊर्जा का संबंध 'रंग' (आवृत्ति) से है। तरंग सिद्धांत इसे समझा नहीं पाया।

4. प्लांक का समाधान

मैक्स प्लांक ने कहा कि ऊर्जा और आवृत्ति (रंग) आपस में जुड़े हुए हैं:

$E \propto v$

(ऊर्जा, आवृत्ति के समानुपाती है)

- **लाल रंग:** कम आवृत्ति (v) → इसलिए कम ऊर्जा चाहिए (कम तापमान)।
- **नीला रंग:** ज्यादा आवृत्ति (v) → इसलिए ज्यादा ऊर्जा चाहिए (ज्यादा तापमान)।

इसीलिए जैसे-जैसे तापमान बढ़ता है, वस्तु कम आवृत्ति (लाल) से उच्च आवृत्ति (नीले) की तरफ बढ़ती है।

Topic 20: प्रकाश विद्युत प्रभाव

Photoelectric Effect

एच. हर्ट्ज (H. Hertz) ने 1887 में कुछ धातुओं (जैसे पोटैशियम, सीज़ियम) पर रोशनी डाली, तो उनमें से इलेक्ट्रॉन बाहर कूदने लगे। इसी घटना को 'प्रकाश विद्युत प्रभाव' कहते हैं।

1. आसान परिभाषा

"जब किसी धातु की सतह पर एक निश्चित आवृत्ति (Frequency) वाला प्रकाश पड़ता है, तो उस सतह से **इलेक्ट्रॉन बाहर निकल जाते हैं।**"

- निकलने वाले इलेक्ट्रॉनों को **'प्रकाश-इलेक्ट्रॉन' (Photo-electrons)** कहते हैं।

2. इस खेल के 3 नियम

हर्ट्ज ने देखा कि यह प्रभाव हर बार काम नहीं करता। इसके कुछ सख्त नियम हैं:

- **(A) कोई देरी नहीं (No Time Lag):**
  जैसे ही लाइट पड़ी, इलेक्ट्रॉन तुरंत बाहर! (दोनों के बीच 10^{-9} सेकंड से भी कम का अंतर होता है)।
- **(B) देहली आवृत्ति (Threshold Frequency - v_0):**
  हर धातु की एक न्यूनतम मांग होती है। अगर प्रकाश की आवृत्ति उस न्यूनतम मान (v_0) से कम

है, तो इलेक्ट्रॉन बाहर **नहीं** आएगा, चाहे आप कितनी भी तेज रोशनी डाल लें।

- **(C) गतिज ऊर्जा (Kinetic Energy):** इलेक्ट्रॉन कितनी तेजी से भागेगा, यह प्रकाश की **आवृत्ति (Frequency)** पर निर्भर करता है, चमक (Intensity) पर नहीं।

3. सिनेमा टिकट का उदाहरण

मान लीजिए एक इलेक्ट्रॉन को घर (धातु) से बाहर निकलने के लिए **100 रुपये** (ऊर्जा) की जरूरत है। इसे हम **'कार्य फलन' (Work Function, W_0)** कहते हैं।

केस 1: पापा ने 80 रुपये दिए।

→ इलेक्ट्रॉन बाहर नहीं आएगा। (आवृत्ति कम है)।

केस 2: पापा ने ठीक 100 रुपये दिए।

→ इलेक्ट्रॉन बस दरवाजे तक आएगा, लेकिन दौड़ नहीं पाएगा। (देहली आवृत्ति)।

केस 3: पापा ने 150 रुपये दिए।

→ 100 रुपये टिकट (Work Function) में गए + 50 रुपये की **गतिज ऊर्जा (Kinetic Energy)** लेकर वह भाग गया।

4. आइंस्टीन का समीकरण

आइंस्टीन ने प्लांक के क्वांटम सिद्धांत का उपयोग करके इसे समझाया

$E = W_0 + K.E.$

$h\nu = h\nu_0 + K.E.$

$h\nu = h\nu_0 + \frac{1}{2}m_e v^2$

- $h\nu$ = आने वाले फोटोन की ऊर्जा
- $h\nu_0$ = कार्य फलन (न्यूनतम ऊर्जा)
- $\frac{1}{2}mv^2$ = इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा

Topic 21: विद्युत चुंबकीय विकिरण का द्वैत व्यवहार

*वैज्ञानिकों के बीच एक लंबी लड़ाई चली। कुछ सबूत कह रहे थे कि प्रकाश 'तरंग' है, और कुछ सबूत (जैसे आइंस्टीन वाले) कह रहे थे कि प्रकाश 'कण' है। अंत में यह माना गया कि प्रकाश के पास **दोहरा चरित्र (Dual Nature)** है।*

1. सिक्के के दो पहलू

प्रकाश बिल्कुल एक सिक्के की तरह है जिसके दो पहलू हैं। स्थिति के अनुसार यह अपना व्यवहार बदल लेता है।

- **तरंग जैसा व्यवहार (Wave Nature):** जब प्रकाश चलता है (Propagation), तो वह तरंगों की तरह फैलता है।
  (सबूत: विवर्तन और व्यतिकरण)
- **कण जैसा व्यवहार (Particle Nature):** जब प्रकाश किसी पदार्थ (Matter) से टकराता है, तो वह कणों (फोटोन) की तरह व्यवहार करता है।
  (सबूत: प्रकाश विद्युत प्रभाव और कृष्णिका विकिरण)

2. कौन सा प्रयोग क्या साबित करता है?

प्रयोग/घटना (Experiment)	सिद्ध करता है (Proves)
विवर्तन (Diffraction)	तरंग प्रकृति (Wave)
व्यतिकरण (Interference)	तरंग प्रकृति (Wave)

प्रयोग/घटना (Experiment)	सिद्ध करता है (Proves)
प्रकाश विद्युत प्रभाव (Photoelectric Effect)	**कणीय प्रकृति (Particle)**
कृष्णिका विकिरण (Black Body Radiation)	**कणीय प्रकृति (Particle)**

NCERT हल (Examples)

उदाहरण 2.6

प्रश्न: गणना करें:

(i) 5×10^{14} Hz आवृत्ति वाले एक फोटोन की ऊर्जा।

(ii) ऐसे एक मोल फोटॉनों की ऊर्जा।

हल:

(i) एक फोटोन की ऊर्जा:

सूत्र: $E = hv$

$E = (6.626 \times 10^{-34}) \times (5 \times 10^{14})$

$\mathbf{E = 3.313 \times 10^{-19}\ J}$

(ii) एक मोल फोटॉनों की ऊर्जा:

बस एक फोटोन की ऊर्जा को अवोगाद्रो संख्या (N_A) से गुणा कर दें।

$E_{total} = (3.313 \times 10^{-19}) \times (6.022 \times 10^{23})$

E = 199.51 kJ/mol

उदाहरण 2.7

प्रश्न: 100 वॉट का एक बल्ब 400 nm वाली रोशनी देता है। प्रति सेकंड निकलने वाले फोटॉनों की संख्या निकालें।

हल:

- शक्ति (P): 100 W = 100 J/s (जूल प्रति सेकंड)
- तरंगदैर्ध्य (λ): 400 nm
- मीटर में बदलने पर: 400×10^{-9} m या 4×10^{-7} m
- प्लांक नियतांक (h): 6.626×10^{-34} J·s
- प्रकाश की गति (Speed of Light, c): 3×10^{8} m/s

एक फोटॉन की ऊर्जा निकालना (Energy of one photon):

एक फोटॉन की ऊर्जा (E) का सूत्र है:

$E = hc / \lambda$

मान रखने पर:

$E = (6.626 \times 10^{-34}) \times (3 \times 10^{8}) / (4 \times 10^{-7})$
$E = 19.878 \times 10^{-26} / (4 \times 10^{-7})$
$E \approx 4.969 \times 10^{-19}$ J

3. प्रति सेकंड फोटॉनों की संख्या निकालना

मान लीजिए प्रति सेकंड n फोटॉन निकलते हैं। तो कुल शक्ति (P) होगी:

$P = n \times E$

इसलिए, फोटॉनों की संख्या (n) होगी:

$n = P / E$

मान रखने पर:

$n = 100 / (4.969 \times 10^{-19})$
$n \approx 20.12 \times 10^{19}$

वैज्ञानिक संकेतन (scientific notation) में:

$n \approx 2.012 \times 10^{20}$

उत्तर:

बल्ब द्वारा प्रति सेकंड लगभग 2.01×10^{20} फोटॉन उत्सर्जित होंगे।

उदाहरण 2.8 (महत्वपूर्ण)

प्रश्न: जब 300 nm की किरण सोडियम पर पड़ती है, तो इलेक्ट्रॉन 1.68×10^5 J/mol की गतिज ऊर्जा से निकलते हैं। सोडियम से एक इलेक्ट्रॉन निकालने के लिए न्यूनतम ऊर्जा (Work Function) ज्ञात करें।

हल: सोडियम धातु का कार्य फलन (Work Function) ज्ञात करना

सोडियम धातु से एक इलेक्ट्रॉन निकालने के लिए आवश्यक न्यूनतम ऊर्जा (Work Function) ज्ञात करने के लिए हम प्रकाश विद्युत प्रभाव (Photoelectric Effect) के समीकरण का उपयोग करेंगे।
यहाँ चरण-दर-चरण समाधान दिया गया है:

1. दिया गया डेटा (Given Data):

- तरंगदैर्ध्य (λ): 300 nm = 300×10^{-9} m
- उत्सर्जित इलेक्ट्रॉनों की गतिज ऊर्जा (KE): 1.68×10^5 J/mol
- प्लैंक स्थिरांक (h): 6.626×10^{-34} J·s
- प्रकाश की गति (c): 3.0×10^8 m/s
- आवोगाद्रों संख्या (N_A): 6.022×10^{23} mol^{-1}

2. फोटॉन की ऊर्जा (Energy of Photon) की गणना:

चूँकि गतिज ऊर्जा J/mol में दी गई है, इसलिए हम पहले फोटॉन की ऊर्जा भी एक मोल के लिए निकालेंगे।

एक फोटॉन की ऊर्जा (E) का सूत्र है:

$E = (h \cdot c) / \lambda$

एक मोल फोटॉन की ऊर्जा (E_{mole}):

$E_{mole} = (N_A \cdot h \cdot c) / \lambda$

मान रखने पर:

$E_{mole} = (6.022 \times 10^{23}) \times (6.626 \times 10^{-34}) \times (3.0 \times 10^8) / (300 \times 10^{-9})$
$E_{mole} = (11.97 \times 10^{-2}) / (3 \times 10^{-7})$
$E_{mole} = 3.99 \times 10^5$ J/mol

3. कार्य फलन (Work Function) की गणना:

प्रकाश विद्युत समीकरण के अनुसार:

फोटॉन की ऊर्जा (E) = कार्य फलन (W_0) + गतिज ऊर्जा (KE)

इसलिए:

$W_0 = E - KE$
$W_0 = (3.99 \times 10^5 \text{ J/mol}) - (1.68 \times 10^5 \text{ J/mol})$
$W_0 = 2.31 \times 10^5$ J/mol

4. एक इलेक्ट्रॉन के लिए न्यूनतम ऊर्जा (Work Function per electron):

अक्सर भौतिकी में कार्य फलन को प्रति इलेक्ट्रॉन (Joule या eV में) व्यक्त किया जाता है।

Joule में:

W_0 (per electron) = $(2.31 \times 10^5) / (6.022 \times 10^{23})$
$W_0 \approx 3.84 \times 10^{-19}$ J

Electron-Volt (eV) में:
(1 eV = 1.602×10^{-19} J)

W_0 (eV) = $(3.84 \times 10^{-19}) / (1.602 \times 10^{-19})$
$W_0 \approx 2.40$ eV

उत्तर:
सोडियम से एक इलेक्ट्रॉन निकालने के लिए न्यूनतम ऊर्जा (Work Function) 2.31×10^5 J/mol या लगभग 2.40 eV है।

उदाहरण 2.9

प्रश्न: एक धातु की देहली आवृत्ति (v_0) $7.0 \times 10^{14}\ s^{-1}$ है। यदि उस पर $1.0 \times 10^{15}\ s^{-1}$ आवृत्ति की किरण पड़े, तो इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा (K.E.) क्या होगी?

हल:

सीधा सूत्र लगाएं: $K.E. = h (v - v_0)$

मान रखें:

$K.E. = (6.626 \times 10^{-34}) [(1.0 \times 10^{15}) - (7.0 \times 10^{14})]$

हिंट: घटाने के लिए घात (Power) बराबर करें।
1.0×10^{15} को 10.0×10^{14} लिख सकते हैं।

ब्रैकेट हल करें: $(10.0 - 7.0) \times 10^{14} = 3.0 \times 10^{14}$

$K.E. = (6.626 \times 10^{-34}) \times (3.0 \times 10^{14})$

$K.E. = 1.988 \times 10^{-19}$ J

Topic 22: परमाण्विक स्पेक्ट्रम

जब किसी परमाणु के इलेक्ट्रॉन ऊर्जा लेकर ऊपर जाते हैं और वापस नीचे आते हैं, तो वे रोशनी छोड़ते हैं। इस रोशनी का पैटर्न ही 'परमाण्विक स्पेक्ट्रम' कहलाता है।

1. स्पेक्ट्रम के प्रकार

स्पेक्ट्रम मुख्य रूप से दो प्रकार के होते हैं। इसे समझना बहुत आसान है:

(A) उत्सर्जन स्पेक्ट्रम (Emission Spectrum)

"अंधेरे कमरे में जलती हुई रंगीन ट्यूबलाइट।"

- **कब बनता है?** जब हम किसी गैस को गर्म करते हैं या करंट देते हैं।
- **कैसा दिखता है?** काली पृष्ठभूमि (Black Background) पर **चमकीली रंगीन रेखाएं**।

(B) अवशोषण स्पेक्ट्रम (Absorption Spectrum)

"इंद्रधनुष में गायब हुए रंग।"

- **कब बनता है?** जब सफेद रोशनी (White Light) को किसी ठंडी गैस से गुजारा जाता है।
- **कैसा दिखता है?** रंगीन पृष्ठभूमि (इंद्रधनुष) पर **काली रेखाएं** (Dark Lines)।
- (क्योंकि गैस ने उन रंगों को सोख लिया/खा लिया।)

2. दोनों में अंतर (Difference)

उत्सर्जन (Emission)	अवशोषण (Absorption)
परमाणु ऊर्जा छोड़ता है।	परमाणु ऊर्जा सोखता है।
चमकीली लाइनें दिखती हैं।	काली लाइनें (Dark Lines) दिखती हैं।
अंधेरे बैकग्राउंड पर बनता है।	चमकीले बैकग्राउंड पर बनता है।

3. इसका उपयोग क्या है?

परमाण्विक स्पेक्ट्रम का अध्ययन **'स्पेक्ट्रोस्कोपी'** कहलाता है।

हीलियम की खोज (Discovery of Helium):

आपको जानकर हैरानी होगी कि हीलियम गैस की खोज पृथ्वी पर नहीं, बल्कि **सूर्य** में हुई थी।
वैज्ञानिकों ने सूर्य के स्पेक्ट्रम में एक नई लाइन देखी जो पृथ्वी के किसी तत्व से मेल नहीं खा रही थी। उसका नाम 'हीलियम' रखा गया।

निष्कर्ष: हर तत्व का अपना एक यूनिक स्पेक्ट्रम होता है, जिससे उसकी पहचान की जाती है।

Topic 23: हाइड्रोजन का रेखीय स्पेक्ट्रम

Line Spectrum of Hydrogen

हाइड्रोजन सबसे साधारण परमाणु है, इसलिए इसका स्पेक्ट्रम भी सबसे साधारण है। जब इसमें करंट दौड़ाया जाता है, तो कई चमकीली रेखाएं दिखाई देती हैं, जिन्हें वैज्ञानिकों ने 5 समूहों (Series) में बांटा है।

1. स्पेक्ट्रमी श्रेणियां (Spectral Series)

वैज्ञानिकों ने देखा कि लाइनें अलग-अलग क्षेत्रों में मिल रही हैं। बामर (Balmer) ने सबसे पहले उन लाइनों को देखा जो हमारी आंखों से दिखती थीं।

श्रेणी (Series)	खोजकर्ता	क्षेत्र (Region)	n_1 (फिक्स)	n_2 (कहाँ से आया)
लाइमन (Lyman)	लाइमन	पराबैंगनी (UV)	**1**	2, 3, 4...
बामर (Balmer)	बामर	दृश्य (Visible)	**2**	3, 4, 5...
पाश्चन (Paschen)	पाश्चन	अवरक्त (IR)	**3**	4, 5, 6...
ब्रैकेट (Brackett)	ब्रैकेट	अवरक्त (IR)	**4**	5, 6, 7...
फुंड (Pfund)	फुंड	दूर अवरक्त (Far IR)	**5**	6, 7, 8...

याद रखें: बामर श्रेणी ही एकमात्र श्रेणी है जिसे हम अपनी नंगी आंखों से देख सकते हैं।

2. रिडबर्ग का सूत्र

इन सभी लाइनों की तरंग संख्या ($\bar{v}$) निकालने के लिए रिडबर्ग ने एक सूत्र दिया:

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

महत्वपूर्ण शर्तें:

- **n_1** = निचली कक्षा (जहाँ इलेक्ट्रॉन गिरेगा, जैसे बामर के लिए 2)।
- **n_2** = ऊपरी कक्षा (जहाँ से इलेक्ट्रॉन कूदेगा, $n_2 > n_1$)।
- **109,677 cm^{-1}** को रिडबर्ग स्थिरांक (R_H) कहते हैं।

"Numerical Tip: गणना आसान करने के लिए आप R_H को लगभग 10^5 या 1.1×10^5 मान सकते हैं अगर सटीक उत्तर न चाहिए हो।"

Topic 23 (विस्तार): हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम की कहानी

स्पेक्ट्रम में इतनी सारी लाइनें क्यों दिखती हैं? और बामर श्रेणी ही क्यों दिखाई देती है? चलिए इसे एक कहानी से समझते हैं।

1. परमाणु एक 'इमारत' है

कल्पना कीजिए कि हाइड्रोजन का परमाणु एक बिल्डिंग है और नाभिक (Nucleus) उसका ग्राउंड फ्लोर है।

- **मंजिलें (Floors):** परमाणु की कक्षाएं (n=1, n=2, n=3...).
- **किरायेदार (Tenant):** इलेक्ट्रॉन। वह हमेशा ग्राउंड फ्लोर (n=1) पर रहना पसंद करता है।
- **लिफ्ट (Energy):** जब हम गैस को गर्म करते हैं या करंट देते हैं, तो इलेक्ट्रॉन को ऊर्जा मिलती है और वह ऊपर की मंजिलों (n=2, 3, 4...) पर कूद जाता है।

2. नीचे कूदना और रोशनी देना

इलेक्ट्रॉन ऊपर की मंजिल पर ज्यादा देर नहीं रह सकता (अस्थिर होता है)। उसे वापस नीचे आना पड़ता है।

नियम:

"जितनी ऊंची छलांग लगाएगा, उतनी ज्यादा चोट लगेगी (यानी उतनी ज्यादा ऊर्जा वाली रोशनी निकलेगी)।"

3. पांच तरह की छलांगें (The 5 Series)

श्रेणी का नाम इस बात पर निर्भर करता है कि इलेक्ट्रॉन **"कहाँ आकर रुका"** (Destination Floor)।

कहाँ गिरा? (Destination)	छलांग कैसी थी?	परिणाम (Result)	श्रेणी (Series)
1st मंजिल (n=1) पर	बहुत लंबी छलांग (Ex: 5 → 1)	बहुत ज्यादा ऊर्जा (UV रेज़)	**लाइमन (Lyman)**
2nd मंजिल (n=2) पर	मध्यम छलांग (Ex: 5 → 2)	मध्यम ऊर्जा (दृश्य प्रकाश/रंग)	**बामर (Balmer)**
3rd मंजिल (n=3) पर	छोटी छलांग (Ex: 5 → 3)	कम ऊर्जा (गर्मी/IR)	**पाश्चन (Paschen)**

मुख्य सवाल: हमें सिर्फ बामर क्यों दिखती है?

उत्तर: क्योंकि जब इलेक्ट्रॉन n=1 पर गिरता है तो निकलने वाली रोशनी (UV) हमारी आंखों के लिए अदृश्य होती है। जब वह n=3 पर गिरता है तो वह गर्मी (IR) होती है। केवल n=2 पर गिरने वाली रोशनी (बामर) ही दृश्य क्षेत्र (VIBGYOR) में आती है।

4. इतनी सारी लाइनें क्यों?

हाइड्रोजन में इलेक्ट्रॉन तो एक ही है, तो लाइनें हजारों क्यों?

क्योंकि हमारे पास हाइड्रोजन का **एक परमाणु नहीं**, बल्कि सिलेंडर में **अरबों परमाणु** हैं।

किसी परमाणु में इलेक्ट्रॉन 3 से 1 पर कूद रहा है, किसी में 5 से 2 पर।
हर संभावना एक साथ घट रही है, इसलिए हमें सारी लाइनें एक साथ दिखाई देती हैं।

Topic 24: बोर का परमाणु मॉडल

नील्स बोर ने रदरफोर्ड के मॉडल की कमियों को दूर किया। उन्होंने कहा कि "इलेक्ट्रॉन अपनी मर्जी से कहीं भी नहीं घूम सकता, उसके लिए रास्ते (Orbits) फिक्स हैं।"

1. बोर की चार मुख्य बातें (Postulates)

(1) स्थिर कक्षाएं (Stationary Orbits):

इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर केवल निश्चित त्रिज्या वाली कक्षाओं में ही घूमते हैं। इन कक्षाओं में घूमते समय इलेक्ट्रॉन **ऊर्जा नहीं खोते**।
(रदरफोर्ड की समस्या हल हो गई!)

(2) ऊर्जा स्तर (Energy Levels):

हर कक्षा की ऊर्जा फिक्स होती है। इन्हें K, L, M, N... या n = 1, 2, 3... कहा जाता है।
नाभिक के सबसे पास वाली कक्षा (n=1) की ऊर्जा सबसे कम होती है।

(3) ऊर्जा का लेना-देना (Transition):

इलेक्ट्रॉन केवल तभी ऊर्जा लेता या देता है जब वह **एक कक्षा से दूसरी कक्षा में कूदता** है।

- नीचे से ऊपर जाने पर → ऊर्जा सोखता है (Absorption)।
- ऊपर से नीचे आने पर → ऊर्जा छोड़ता है (Emission)।

(4) कोणीय संवेग (Angular Momentum):

इलेक्ट्रॉन केवल उन्हीं कक्षाओं में घूम सकता है जिनका कोणीय संवेग (mvr), **h/2π** का पूर्ण गुणज (Integral Multiple) हो।

$$mvr = n \times (h / 2\pi)$$
(जहाँ n = 1, 2, 3...)

2. बोर मॉडल के सूत्र (The Golden Formulas)

हाइड्रोजन जैसे परमाणुओं (जिसमें 1 इलेक्ट्रॉन हो, जैसे He^+, Li^{2+}) के लिए ये सूत्र याद रखने हैं:

(A) कक्षा की त्रिज्या (Radius of Orbit)

$$r_n = 52.9 \times (n^2 / Z) \text{ pm}$$

n = कक्षा की संख्या (1, 2, 3...)
Z = परमाणु संख्या (H के लिए 1, He के लिए 2)

हाइड्रोजन की पहली कक्षा (n=1) की त्रिज्या = **52.9 pm** (इसे 'बोर त्रिज्या' कहते हैं)।

(B) इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा (Energy of Electron)

$$E_n = -2.18 \times 10^{-18} \times (Z^2 / n^2) \text{ J}$$

(नोट: ऊर्जा हमेशा ऋणात्मक (-) होती है।)

3. ऊर्जा ऋणात्मक (-) क्यों होती है?

यह सवाल अक्सर इंटरव्यू या एग्जाम में पूछा जाता है।

- जब इलेक्ट्रॉन नाभिक से बहुत दूर (अनंत पर) होता है, तो उसकी ऊर्जा **शून्य (Zero)** मानी जाती है।
- जब वह नाभिक के पास आता है, तो आकर्षण (Attraction) के कारण वह ऊर्जा छोड़ता है।
- शून्य में से कुछ घटाने पर उत्तर **माइनस (Negative)** ही आएगा।

"नेगेटिव साइन का मतलब है कि इलेक्ट्रॉन नाभिक से बंधा हुआ है और मुक्त नहीं है।"

Topic 24 (Extra): कोणीय संवेग और आवृत्ति नियम

1. कोणीय संवेग (Angular Momentum) क्या है?

सरल परिभाषा:

जब कोई चीज सीधी रेखा में चलती है, तो उसमें 'रेखीय संवेग' (Momentum = mass × velocity) होता है। लेकिन जब कोई चीज **गोल-गोल घूमती** है (जैसे इलेक्ट्रॉन), तो उसके घूमने की ताकत को **'कोणीय संवेग' (mvr)** कहते हैं।

बोर की शर्त (The Condition):

बोर ने कहा कि इलेक्ट्रॉन किसी भी रैंडम कक्षा में नहीं घूम सकता।

mvr = n × (h / 2π)

- इसका मतलब है कि कोणीय संवेग हमेशा **h/2π** का पूरा गुणा (1, 2, 3...) होगा।
- यह 1.5 या 2.5 नहीं हो सकता।

जूते का उदाहरण

जैसे आप बाजार में 6 नंबर या 7 नंबर का जूता खरीद सकते हैं, लेकिन **6.5 नंबर** का जूता नहीं मिलता। वैसे ही इलेक्ट्रॉन के पास घूमने के लिए केवल फिक्स नंबर (n=1, 2, 3) वाली कक्षाएं ही उपलब्ध हैं।

2. बोर का आवृत्ति नियम (Frequency Rule)

यह नियम बताता है कि जब इलेक्ट्रॉन कूदता है, तो जो रोशनी (Light) निकलती है, उसका रंग (आवृत्ति) कैसे तय होता है।

नियम:

"उत्सर्जित विकिरण की ऊर्जा (ΔE) दो कक्षाओं की ऊर्जाओं के **अंतर (Difference)** के बराबर होती है।"

ऊर्जा का अंतर = फोटोन की ऊर्जा

$E_2 - E_1 = hv$

$v = (E_2 - E_1) / h$

दुकानदार का उदाहरण (Analogy):

- मान लीजिए आप **100 रुपये** (E_2) लेकर दुकान गए।
- आपने **80 रुपये** (E_1) का सामान लिया।
- दुकानदार आपको **20 रुपये** वापस देगा।

ठीक वैसे ही, जब इलेक्ट्रॉन 100 J वाली कक्षा से 80 J वाली कक्षा में आता है, तो वह बचा हुआ 20 J **रोशनी (फोटोन)** के रूप में बाहर फेंक देता है।

Topic 25: हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम की व्याख्या

*हमें यह साबित करना है कि बोर का मैथ (Theory) और रिडबर्ग का एक्सपेरिमेंट (Practical) एक ही है। इसके लिए हमें **ΔE (ऊर्जा अंतर)** के दो फार्मूले समझने होंगे।*

रास्ता 1: बोर के नजरिए से (Orbit View)

बोर ने कहा था कि इलेक्ट्रॉन जब **ऊपर (n_2)** से **नीचे (n_1)** गिरता है, तो ऊर्जा का अंतर (ΔE) होता है।

फार्मूला कैसे बना?

1. बाद वाली ऊर्जा (Final): $E_2 = -R_H / n_2^2$
2. पहले वाली ऊर्जा (Initial): $E_1 = -R_H / n_1^2$

अंतर (ΔE) = $E_2 - E_1$

(ध्यान दें: यहाँ माइनस-माइनस प्लस हो जाएगा)

$\Delta E = (-R_H / n_2^2) - (-R_H / n_1^2)$

पहला मुख्य फार्मूला:

$\Delta E = R_H (1/n_1^2 - 1/n_2^2)$

रास्ता 2: प्रकाश के नजरिए से (Photon View)

जब वह ऊर्जा बाहर निकलती है, तो वह **प्रकाश (Photon)** बन जाती है। प्लांक ने हमें बताया था कि प्रकाश की ऊर्जा कैसे नापते हैं।

यह फार्मूला कैसे बना?

- **स्टेप A:** प्लांक ने कहा, $E = h\nu$ (आवृत्ति)
- **स्टेप B:** हमें पता है $\nu = c / \lambda$ (चाल/तरंगदैर्ध्य)
- **स्टेप C:** तो $E = hc / \lambda$
- **स्टेप D:** $1/\lambda$ को तरंग संख्या ($\bar{\nu}$) कहते हैं।

दूसरा मुख्य फार्मूला:

$\Delta E = hc\bar{\nu}$

3. महा-मिलन (Derivation)

चूंकि दोनों ΔE एक ही ऊर्जा की बात कर रहे हैं, तो दोनों बराबर होने चाहिए।

फार्मूला 1 = फार्मूला 2

$hc\bar{\nu} = R_H (1/n_1^2 - 1/n_2^2)$

हमें सिर्फ $\bar{\nu}$ (तरंग संख्या) चाहिए, तो 'hc' को उधर नीचे भेज दो:

$\bar{\nu} = (R_H / hc) \times (1/n_1^2 - 1/n_2^2)$

जब वैज्ञानिकों ने R_H, h और c की वैल्यू रखकर कैलकुलेटर चलाया:
$(2.18\times10^{-18}) / (6.626\times10^{-34} \times 3\times10^{8})$

उत्तर आया: **109677 cm^{-1}**

यही रिडबर्ग का फार्मूला है! बोर सही साबित हुए।

Topic: $E = -R_H/n^2$

बोर ने इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा निकालने के लिए फिजिक्स के दो पुराने नियमों को मिलाया। यह एक बहुत ही सुंदर डेरिवेशन है।

स्टेप 1: दो ताकतों की लड़ाई

इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर घूम रहा है। उस पर दो ताकतें काम कर रही हैं:

- **1. अभिकेंद्रीय बल (Centripetal Force):** जो इलेक्ट्रॉन को बाहर फेंकने की कोशिश करता है। (mv^2/r)
- **2. विद्युत बल (Electrostatic Force):** जो इलेक्ट्रॉन को नाभिक की तरफ खींचता है। (kZe^2/r^2)

घूमते रहने के लिए ये दोनों बराबर होने चाहिए।
$mv^2/r = kZe^2/r^2$

स्टेप 2: कुल ऊर्जा (Total Energy)

किसी भी चीज की कुल ऊर्जा दो चीजों का जोड़ होती है:

कुल E = गतिज ऊर्जा (K.E.) + स्थितिज ऊर्जा (P.E.)

जब वैज्ञानिकों ने ऊपर वाले समीकरणों का उपयोग करके K.E. और P.E. की वैल्यू रखी और जोड़ा, तो एक भयानक फार्मूला बना:

$E_n = - (\mathbf{2\pi^2mk^2e^4 / h^2}) \times (Z^2 / n^2)$

स्टेप 3: R_H का जन्म

वैज्ञानिकों ने देखा कि ब्रैकेट (पीले रंग) के अंदर सब कुछ **कांस्टेंट (Fixed)** है।

- m (इलेक्ट्रॉन का वजन) = फिक्स
- e (इलेक्ट्रॉन का चार्ज) = फिक्स
- h (प्लांक नियतांक) = फिक्स
- k (कूलम्ब नियतांक) = फिक्स

जब इन सबकी वैल्यू रखकर गुणा-भाग किया गया, तो एक नंबर आया:

2.18×10^{-18} J

इतने बड़े फार्मूले को बार-बार लिखने के बजाय, उन्होंने इस वैल्यू को **R_H (रिडबर्ग नियतांक)** नाम दे दिया।

इसलिए फार्मूला बन गया:

$E_n = -R_H (Z^2/n^2)$

Topic: Z कहाँ गायब हो गया?

The Mystery of 'Z' in the Formula

असली फार्मूला है: ***$E = -R_H \times (Z^2 / n^2)$***
लेकिन हाइड्रोजन के लिए Z दिखाई नहीं देता। क्यों?

1. हाइड्रोजन के लिए (Case of Hydrogen)

हम जानते हैं कि हाइड्रोजन (H) का परमाणु क्रमांक (Atomic Number) क्या है?

Z = 1

अब इसे फार्मूले में रखें:

$E = -R_H \times (\mathbf{1}^2 / n^2)$

चूंकि 1 का स्क्वायर 1 ही होता है, इसलिए:

$E = -R_H / n^2$

इसलिए हाइड्रोजन के डेरिवेशन में हम Z को नहीं लिखते, क्योंकि वह 1 है।

2. अगर हीलियम (He^+) होता तो?

अगर हम हाइड्रोजन के अलावा किसी और आयन की बात करें, तो **Z वापस आ जाएगा**।

तत्व (Element)	Z (परमाणु क्रमांक)	फार्मूला (Z^2)
हाइड्रोजन (H)	1	$E = -R_H (1 / n^2)$
हीलियम (He^+)	2	**$E = -R_H (4 / n^2)$**
लिथियम (Li^{2+})	3	**$E = -R_H (9 / n^2)$**

(नोट: हीलियम के लिए Z=2 है, तो $Z^2 = 4$ हो जाएगा।)

Topic: आवृत्ति का शॉर्टकट फार्मूला

न्यूमेरिकल्स में बार-बार बड़े गुणा-भाग करने से बचने के लिए वैज्ञानिकों ने R_H और h को पहले ही हल कर लिया। आइए देखें यह नंबर कैसे बना।

स्टेप 1: सूत्र बनाना

हमें पता है कि आवृत्ति (v) का सूत्र है:

$v = \Delta E / h$

इसमें ΔE का मान रखने पर:

$v = (R_H / h) \times (1/n_1^2 - 1/n_2^2)$

स्टेप 2: स्थिरांकों को हल करना

ब्रैकेट के बाहर वाली चीजों को हल करते हैं:

मूल्य (Values):

- $R_H = 2.18 \times 10^{-18}$ J
- $h = 6.626 \times 10^{-34}$ J s

भाग देने पर (Division):

$(2.18 \times 10^{-18}) \div (6.626 \times 10^{-34})$

$= 0.329 \times 10^{16}$

$= 3.29 \times 10^{15}$ Hz

स्टेप 3: फाइनल फार्मूला

अब हमें बार-बार h से भाग देने की जरूरत नहीं है। हम सीधे इस फार्मूले का उपयोग करेंगे:

$v = 3.29 \times 10^{15} (1/n_1^2 - 1/n_2^2)$ Hz

प्रो टिप (Pro Tip): अगले उदाहरण (2.10) में हम इसी फार्मूले का उपयोग करके समय बचाएंगे।

NCERT हल (Examples)

उदाहरण 2.10 (हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम)

प्रश्न: हाइड्रोजन परमाणु में एक इलेक्ट्रॉन **n=5** से **n=2** वाली कक्षा में कूदता है। निकलने वाले प्रकाश की (i) आवृत्ति और (ii) तरंगदैर्ध्य ज्ञात करें।

हल:

दिया है: $n_1 = 2$ (निचली कक्षा), $n_2 = 5$ (ऊपरी कक्षा)

(i) आवृत्ति (v) निकालना:

सूत्र: $v = 3.29 \times 10^{15} (1/n_1^2 - 1/n_2^2)$ Hz

$v = 3.29 \times 10^{15} (1/2^2 - 1/5^2)$

$v = 3.29 \times 10^{15} (1/4 - 1/25)$

(LCM लेने पर: 21/100)

$v = 6.91 \times 10^{14}$ Hz

(ii) तरंगदैर्ध्य (λ) निकालना:

सूत्र: $\lambda = c / v$

$\lambda = (3 \times 10^8) / (6.91 \times 10^{14})$

$\lambda = 434$ nm

निष्कर्ष: चूंकि इलेक्ट्रॉन n=2 पर गिरा है, यह **बामर श्रेणी** है और यह दृश्य क्षेत्र (Visible Region) में दिखाई देगा।

उदाहरण 2.11 (He^+ आयन)

प्रश्न: He^+ की प्रथम कक्षा (n=1) की (i) ऊर्जा और (ii) त्रिज्या ज्ञात करें।

सावधान!

यह हीलियम है, इसलिए Z = 2 होगा।

(हाइड्रोजन के लिए Z=1 होता था)

(i) ऊर्जा (Energy):

सूत्र: $E = -2.18 \times 10^{-18} (Z^2 / n^2)$ J

$E = -2.18 \times 10^{-18} \times (2^2 / 1^2)$

$E = -2.18 \times 10^{-18} \times 4$

$E = -8.72 \times 10^{-18}$ J

(माइनस साइन का मतलब है आकर्षण बल)

(ii) त्रिज्या (Radius):

सूत्र: $r_n = 52.9 (n^2 / Z)$ pm

$r = 52.9 \times (1^2 / 2)$

$r = 52.9 / 2$

r = 26.45 pm

नोट करें: हाइड्रोजन की त्रिज्या 52.9 pm होती है, लेकिन हीलियम की त्रिज्या कम (26.45 pm) है।
कारण: हीलियम के नाभिक में ज्यादा प्रोटॉन हैं, इसलिए उसने इलेक्ट्रॉन को ज्यादा जोर से अंदर खींच लिया है (त्रिज्या सिकुड़ गई)।

Quick Revision: अब तक के सभी सूत्र

टॉपिक	सूत्र (Formula)	संकेत (इसमें क्या-क्या है?)
1. प्रकाश की तरंग प्रकृति	**$c = v \times \lambda$**	**c** = प्रकाश की चाल (3×10^8 m/s) **v** = आवृत्ति (Frequency) **λ** = तरंगदैर्ध्य (Wavelength)
	$\bar{v} = 1 / \lambda$	**$\bar{v}$** = तरंग संख्या (Wave Number)
2. कणीय प्रकृति & फोटोइलेक्ट्रिक	**$E = hv$**	**E** = एक फोटोन की ऊर्जा **h** = प्लांक स्थिरांक (6.626×10^{-34} Js)
	$hv = W_0 + K.E.$	**W_0** = कार्य फलन (न्यूनतम ऊर्जा) **K.E.** = गतिज ऊर्जा
	$mvr = n(h / 2\pi)$	**n** = कक्षा की संख्या (1, 2, 3...)

टॉपिक	सूत्र (Formula)	संकेत (इसमें क्या-क्या है?)
3. बोर मॉडल (कक्षा के गुण)		**m** = इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान
	$r_n = 52.9 \times (n^2/Z)$ pm	**r_n** = त्रिज्या **Z** = परमाणु क्रमांक (H=1, He=2)
	$E_n = -2.18\times10^{-18}(Z^2/n^2)$ J	**E_n** = किसी एक कक्षा की ऊर्जा (यह हमेशा माइनस में होगी)
4. ऊर्जा परिवर्तन (ΔE & Spectrum)	**$\Delta E = E_2 - E_1$**	**ΔE** = ऊर्जा का अंतर (ऊपर की कक्षा - नीचे की कक्षा)
	$\Delta E = 2.18\times10^{-18}(1/n_1^2 - 1/n_2^2)$ J	यह फॉर्मूला तब लगाएं जब जूल (J) में ऊर्जा का अंतर पूछा हो।
	$\Delta E = hv = hc\bar{v}$	यह फॉर्मूला तब लगाएं जब ऊर्जा से आवृत्ति (ν) या तरंग

टॉपिक	सूत्र (Formula)	संकेत (इसमें क्या-क्या है?)
		संख्या ($\bar{v}$) निकालनी हो।
	$\bar{v} = 109677 (1/n_1^2 - 1/n_2^2)\ cm^{-1}$	**रिडबर्ग सूत्र:** सीधे तरंग संख्या निकालने के लिए।

Topic 27: बोर मॉडल की कमियां (सीमाएं)

बोर का मॉडल हाइड्रोजन के लिए तो बहुत शानदार था, लेकिन जैसे ही वैज्ञानिकों ने इसे बड़े परमाणुओं पर लगाया, यह फेल हो गया।

1. एक से ज्यादा इलेक्ट्रॉन (Multi-Electron) की समस्या

यह बोर मॉडल की सबसे बड़ी कमी थी।

- यह मॉडल केवल उन परमाणुओं के लिए काम करता है जिनमें **सिर्फ 1 इलेक्ट्रॉन** हो (जैसे H, He^+, Li^{2+})।
- जैसे ही इलेक्ट्रॉन 2 या उससे ज्यादा होते हैं (जैसे हीलियम परमाणु), यह मॉडल उनके स्पेक्ट्रम को समझाने में फेल हो जाता है।

कारण: बोर ने इलेक्ट्रॉन-इलेक्ट्रॉन के बीच होने वाले 'प्रतिकर्षण' (Repulsion) को नजरअंदाज कर दिया था।

2. स्पेक्ट्रम की 'सूक्ष्म संरचना' (Fine Structure)

जब वैज्ञानिकों ने हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम को बहुत शक्तिशाली माइक्रोस्कोप (Spectroscope) से देखा, तो उन्हें कुछ अजीब दिखा।

जिसे बोर **"एक मोटी लाइन"** समझ रहे थे, वह असल में पास-पास स्थित **"कई पतली लाइनों"** का समूह थी।

इसे **Fine Structure** कहते हैं। बोर यह नहीं बता पाए कि एक लाइन, दो-तीन लाइनों में क्यों बंट जाती है।

3. जीमान और श्टार्क प्रभाव (Zeeman & Stark Effect)

प्रभाव का नाम	क्या होता है?
जीमान प्रभाव (Zeeman Effect)	जब स्पेक्ट्रम को **चुंबकीय क्षेत्र (Magnetic Field)** में रखा जाता है, तो लाइनें टुकड़ों में बंट जाती हैं।
श्टार्क प्रभाव (Stark Effect)	जब स्पेक्ट्रम को **विद्युत क्षेत्र (Electric Field)** में रखा जाता है, तो लाइनें टुकड़ों में बंट जाती हैं।

बोर का मॉडल यह समझाने में असमर्थ था कि चुंबकीय या विद्युत क्षेत्र में लाइनें क्यों टूटती हैं।

4. आकृति और हाइजेनबर्ग का विरोध

- **अणुओं की आकृति:** बोर का मॉडल यह नहीं बता सका कि परमाणु मिलकर अणु (Molecules) कैसे बनाते हैं और उनकी 3D शेप (जैसे पानी की V-शेप) कैसी होती है।
- **हाइजेनबर्ग का सिद्धांत:** बाद में हाइजेनबर्ग ने कहा कि इलेक्ट्रॉन का रास्ता फिक्स नहीं हो सकता। बोर का "फिक्स ऑर्बिट" वाला आईडिया गलत साबित हो गया।

Topic 28: द्रव्य की द्वैत प्रकृति

"अगर प्रकाश (Light) दो रूप (कण और तरंग) दिखा सकता है, तो पदार्थ (Matter) क्यों नहीं?"

1. डी-ब्रोग्ली का सिद्धांत

डी-ब्रोग्ली ने कहा कि दुनिया की हर चलती हुई चीज (चाहे वह इलेक्ट्रॉन हो या क्रिकेट की बॉल) में दो गुण होते हैं:

कण (Particle)

(वजन होता है, टकराता है)

+

तरंग (Wave)

(लहरों की तरह चलती है)

"हर गतिशील कण के साथ एक तरंग जुड़ी होती है, जिसे **द्रव्य तरंग (Matter Wave)** कहते हैं।"

2. सूत्र की उत्पत्ति (Derivation)

डी-ब्रोग्ली ने आइंस्टीन और प्लांक के समीकरणों को मिला दिया।

- **आइंस्टीन:** $E = mc^2$
- **प्लांक:** $E = h\nu = hc/\lambda$

दोनों ऊर्जा (E) बराबर हैं, तो:

$$mc^2 = hc / \lambda$$

'c' से 'c' कट गया और λ को इधर ले आए:

$$\lambda = h / mc$$

सामान्यीकरण (Generalization):

चूंकि हर चीज प्रकाश की चाल (c) से नहीं चलती, इसलिए हम 'c' की जगह 'v' (वेग) रख देंगे।

$$\lambda = h / mv$$

या

$$\lambda = h / p$$

(क्योंकि संवेग p = mass × velocity)

3. हमें अपनी दुनिया में तरंगें क्यों नहीं दिखतीं?

यह बहुत महत्वपूर्ण सवाल है। अगर हर चीज तरंग है, तो फेंकी हुई बॉल लहरों की तरह क्यों नहीं जाती?

सूत्र देखिए: $\lambda = h / mv$

यहाँ तरंगदैर्ध्य (λ) और द्रव्यमान (m) एक-दूसरे के **उल्टे (Inverse)** हैं।

वस्तु (Object)	द्रव्यमान (m)	तरंगदैर्ध्य (λ)	निष्कर्ष
क्रिकेट बॉल	बहुत ज्यादा (Heavy)	**बहुत कम** (10^{-34} m)	दिखाई नहीं देती (नगण्य)
इलेक्ट्रॉन	बहुत कम (Light)	**काफी ज्यादा** (X-ray के बराबर)	साफ दिखाई देती है

"भारी चीजों का तरंग गुण छिप जाता है, लेकिन हल्की चीजों (इलेक्ट्रॉन) में यह प्रमुख होता है।"

NCERT हल (Examples)

उदाहरण 2.12 (गेंद की तरंग)

प्रश्न: 0.1 kg द्रव्यमान की एक गेंद 10 m/s के वेग से चल रही है। इसकी तरंगदैर्ध्य (λ) ज्ञात करें।

हल:

सूत्र: $\lambda = h / mv$

मान रखें:

- $m = 0.1$ kg
- $v = 10$ m/s
- $h = 6.626 \times 10^{-34}$ Js

$\lambda = (6.626 \times 10^{-34}) / (0.1 \times 10)$

$\lambda = 6.626 \times 10^{-34} / 1$

$\lambda = 6.626 \times 10^{-34}$ m

निष्कर्ष: यह तरंगदैर्ध्य बहुत ही छोटी (10^{-34}) है, इसलिए साधारण गेंद में हमें कोई तरंग नहीं दिखाई देती।

उदाहरण 2.13 (इलेक्ट्रॉन की तरंग)

प्रश्न: एक इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान 9.1×10^{-31} kg है। यदि इसकी गतिज ऊर्जा (K.E.) 3.0×10^{-25} J है, तो इसकी तरंगदैर्ध्य ज्ञात करें।

हल:

हमें पहले वेग (v) निकालना होगा, क्योंकि सूत्र (h/mv) में v चाहिए।

स्टेप 1: वेग (v) निकालें

K.E. = $\frac{1}{2} mv^2 \rightarrow v = \sqrt{(2 \times K.E. / m)}$

$v = \sqrt{(2 \times 3.0 \times 10^{-25} / 9.1 \times 10^{-31})}$

$v = 812$ m/s

स्टेप 2: तरंगदैर्ध्य (λ) निकालें

$\lambda = h / mv$

$\lambda = (6.626 \times 10^{-34}) / (9.1 \times 10^{-31} \times 812)$

$\lambda = 8.967 \times 10^{-7}$ m (या 896.7 nm)

नोट: यह तरंगदैर्ध्य मापी जा सकती है (यह X-ray क्षेत्र के पास है)। इसीलिए इलेक्ट्रॉन तरंग गुण दिखाता है।

Topic 29: हाइजेनबर्ग का अनिश्चितता सिद्धांत

बोर ने कहा था कि इलेक्ट्रॉन एक फिक्स रास्ते पर चलता है। हाइजेनबर्ग ने कहा- "यह नामुमकिन है! हम कभी बता ही नहीं सकते कि इलेक्ट्रॉन ठीक-ठीक कहाँ है और किस स्पीड से चल रहा है।"

1. सिद्धांत क्या है?

किसी अति-सूक्ष्म कण (जैसे इलेक्ट्रॉन) की **सही स्थिति (Position)** और **सही संवेग (Momentum)** का एक साथ पता लगाना असंभव है।

गणितीय सूत्र:

$\Delta x \times \Delta p \geq h / 4\pi$

या

$\Delta x \times (m \times \Delta v) \geq h / 4\pi$

- **Δx:** स्थिति में अनिश्चितता (Position Uncertainty)
- **Δv:** वेग में अनिश्चितता (Velocity Uncertainty)
- **m:** कण का द्रव्यमान

2. ऐसा क्यों होता है? (कारण)

इसे समझने के लिए एक अंधेरे कमरे का उदाहरण लें।

समस्या: इलेक्ट्रॉन इतना छोटा है कि उसे देखने के लिए हमें उस पर प्रकाश (फोटोन) डालना पड़ता है।

- जैसे ही फोटोन इलेक्ट्रॉन से टकराता है, वह इलेक्ट्रॉन को **धक्का** दे देता है।
- धक्का लगते ही इलेक्ट्रॉन की **स्पीड (Velocity) बदल जाती है**।
- अगर हम स्पीड नापने की कोशिश करें, तो उसकी जगह (Position) बदल जाती है।

"हम उसे बिना छेड़े देख ही नहीं सकते।"

3. यह हमारी दुनिया में लागू क्यों नहीं होता?

जब हम सड़क पर चलती कार को देखते हैं, तो हम उसकी जगह और स्पीड दोनों सही बता सकते हैं। क्यों?

क्योंकि कार (या क्रिकेट बॉल) का वजन (Mass) बहुत ज्यादा होता है।
प्रकाश के टकराने से कार की स्पीड नहीं बदलती।

लेकिन इलेक्ट्रॉन का वजन इतना कम (10^{-31} kg) है कि एक छोटा सा फोटोन भी उसे फुटबॉल की तरह उड़ा देता है।

4. बोर मॉडल का अंत

हाइजेनबर्ग के सिद्धांत ने बोर के मॉडल को गलत साबित कर दिया।

बोर ने कहा था: इलेक्ट्रॉन एक फिक्स लाइन (Orbit) पर चलता है।

हाइजेनबर्ग ने कहा: जब हमें पता ही नहीं कि इलेक्ट्रॉन कहाँ है, तो हम लाइन कैसे खींच सकते हैं? हम केवल **संभावना (Probability)** बता सकते हैं।

Topic 30: अनिश्चितता सिद्धांत का महत्व

1. बोर के 'फिक्स रास्तों' का अंत

बोर ने कहा था कि इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर एक **तय रास्ते (Orbit)** पर चलता है, जैसे पटरी पर ट्रेन।

अनिश्चितता सिद्धांत ने कहा:

अगर हम रास्ता (Trajectory) बनाना चाहते हैं, तो हमें उस कण की 'स्थिति' और 'वेग' दोनों एक साथ पता होने चाहिए।
चूंकि इलेक्ट्रॉन के लिए यह असंभव है, इसलिए **"परमाणु में बोर के ऑर्बिट जैसा कोई रास्ता नहीं होता।"**

2. बड़े और छोटे का फर्क (Macro vs Micro)

यह सिद्धांत बताता है कि न्यूटन के नियम केवल भारी चीजों (Macro) पर लगते हैं, इलेक्ट्रॉन (Micro) पर नहीं।

वस्तु (Object)	द्रव्यमान (m)	अनिश्चितता (Δv)	परिणाम
बड़ी चीजें (कार, गेंद)	बहुत ज्यादा	**नगण्य (Zero के बराबर)** (~10^{-30})	रास्ता फिक्स होता है। हम बता सकते हैं कि कार 1 घंटे बाद कहाँ होगी।
सूक्ष्म चीजें (इलेक्ट्रॉन)	बहुत कम	**बहुत ज्यादा** (~10^{5} m/s)	रास्ता फिक्स नहीं होता। हम नहीं बता सकते कि इलेक्ट्रॉन अगले पल

वस्तु (Object)	द्रव्यमान (m)	अनिश्चितता (Δv)	परिणाम
			कहाँ होगा।

3. संभावना (Probability) का जन्म

चूंकि हम इलेक्ट्रॉन की सही जगह नहीं बता सकते, इसलिए वैज्ञानिकों ने एक नया शब्द इस्तेमाल करना शुरू किया: **"प्रायिकता" (Probability)**।

कक्षक (Orbital) की परिभाषा:

"हम यह नहीं कह सकते कि इलेक्ट्रॉन 'यहाँ' है। हम सिर्फ यह कह सकते हैं कि नाभिक के चारों ओर इस क्षेत्र में इलेक्ट्रॉन के पाए जाने की **संभावना 90% से ज्यादा** है।"

इसी 3D क्षेत्र को 'कक्षक' (Orbital) या 'इलेक्ट्रॉन क्लाउड' कहते हैं।

NCERT हल (Examples)

उदाहरण 2.15 (सूक्ष्मदर्शी और इलेक्ट्रॉन)

प्रश्न: एक सूक्ष्मदर्शी उपयुक्त फोटॉनों का उपयोग करके किसी परमाणु में इलेक्ट्रॉन को **0.1 Å** की दूरी के अंदर खोज सकता है। इसके वेग मापन में अनिश्चितता (Δv) क्या होगी?

हल:

स्टेप 1: दिया है (Given)

- Δx (स्थिति में अनिश्चितता) = 0.1 Å = **0.1×10^{-10} m**
- m (इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान) = 9.11×10^{-31} kg
- h = 6.626×10^{-34} Js

स्टेप 2: सूत्र लगाएं

हाइजेनबर्ग समीकरण: $\Delta x \times (m \times \Delta v) = h / 4\pi$

$\Delta v = h / (4\pi \times m \times \Delta x)$

मान रखने पर:
$\Delta v = (6.626 \times 10^{-34}) / (4 \times 3.14 \times 9.11 \times 10^{-31} \times 0.1 \times 10^{-10})$

गणना (Calculation):

नीचे का गुणा: $4 \times 3.14 \times 9.11 \times 0.1 \approx 11.45$

घात (Powers): 10^{-31} और 10^{-10} मिलकर 10^{-41} हो गए।

$\Delta v = 5.79 \times 10^{6}$ m/s

महत्वपूर्ण: वेग में अनिश्चितता 57 लाख मीटर/सेकंड है! इसका मतलब है कि हम इलेक्ट्रॉन की स्पीड का सही अंदाजा लगा ही नहीं सकते।

उदाहरण 2.16 (गोल्फ की गेंद)

प्रश्न: एक गोल्फ की गेंद का द्रव्यमान 40 g है और गति 45 m/s है। यदि गति को **2% यथार्थता (Accuracy)** तक मापा जा सकता है, तो स्थिति में अनिश्चितता (Δx) ज्ञात करें।

हल:

स्टेप 1: मात्रक सही करें

द्रव्यमान (m) = 40 g = **0.04 kg**

स्टेप 2: वेग में अनिश्चितता (Δv) निकालें

Δv = 45 का 2%

$\Delta v = (45 \times 2) / 100 = 0.9$ m/s

स्टेप 3: गणना

$\Delta x = h / (4\pi \times m \times \Delta v)$

$\Delta x = (6.626 \times 10^{-34}) / (4 \times 3.14 \times 0.04 \times 0.9)$

$\Delta x = 1.46 \times 10^{-33}$ m

निष्कर्ष: यह अनिश्चितता (10^{-33}) इतनी कम है कि हमारी दुनिया में इसका कोई अस्तित्व नहीं है। इसलिए गोल्फ की गेंद हमेशा हमें फिक्स जगह पर दिखती है।

Topic 31: परमाणु का क्वांटम यांत्रिकी मॉडल

*जब बोर का मॉडल फेल हो गया (हाइजेनबर्ग और डी-ब्रोग्ली के कारण), तो 1926 में **इरविन श्रोडिंगर (Erwin Schrödinger)** ने विज्ञान की दुनिया हिला दी। उन्होंने इलेक्ट्रॉन को एक "कण" नहीं, बल्कि एक "तरंग" मानकर नया मॉडल दिया।*

1. यह मॉडल क्यों आया?

क्लासिकल फिजिक्स (न्यूटन के नियम) सिर्फ गिरते हुए सेब या चलती हुई कारों पर लगते हैं।

लेकिन अति-सूक्ष्म कणों (जैसे इलेक्ट्रॉन) के लिए हमें एक ऐसे विज्ञान की जरूरत थी जो दो बातों का ध्यान रखे:

- **द्रव्य की द्वैत प्रकृति** (कण + तरंग)
- **हाइजेनबर्ग का अनिश्चितता सिद्धांत** (रास्ता फिक्स नहीं है)

इसी विज्ञान को **क्वांटम यांत्रिकी (Quantum Mechanics)** कहते हैं।

2. श्रोडिंगर समीकरण (The Heart of Quantum)

श्रोडिंगर ने इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा और स्थिति निकालने के लिए एक बहुत जटिल समीकरण दिया। हमें इसका डेरिवेशन नहीं करना, बस इसका छोटा रूप याद रखना है:

$\hat{H}\Psi = E\Psi$

- **$\hat{H}$ (हैमिल्टोनियन):** यह एक ऑपरेटर है (जैसे प्लस या माइनस होता है)।
- **E:** इलेक्ट्रॉन की कुल ऊर्जा।
- **Ψ (साई / Psi):** इसे **तरंग फलन (Wave Function)** कहते हैं।

Ψ का मतलब क्या है?

अकेले Ψ का कोई भौतिक अर्थ नहीं है। यह बस इलेक्ट्रॉन तरंग का "आयाम" (Amplitude) बताता है।
लेकिन... **$|\Psi|^2$** (साई स्क्वायर) बहुत काम की चीज है।

3. प्रायिकता घनत्व (Probability Density)

यही इस मॉडल का सबसे मुख्य बिंदु है।

$|\Psi|^2$ (Probability)

यह हमें बताता है कि नाभिक के चारों ओर किस जगह पर **इलेक्ट्रॉन के पाए जाने की संभावना सबसे ज्यादा है**।

जहां $|\Psi|^2$ ज्यादा होगा, वहां इलेक्ट्रॉन मिलने के चांस ज्यादा हैं। (इसी जगह को हम **कक्षक/Orbital** कहते हैं)।

4. कक्षा (Orbit) और कक्षक (Orbital) में अंतर

यह एग्जाम का फेवरिट प्रश्न है। बोर "Orbit" की बात करते थे, मॉडर्न मॉडल "Orbital" की बात करता है।

कक्षा (Orbit) - बोर मॉडल	कक्षक (Orbital) - क्वांटम मॉडल
यह एक **फिक्स वृत्ताकार रास्ता** है (जैसे ग्रहों का रास्ता)।	यह नाभिक के चारों ओर का **3D क्षेत्र (बादल)** है जहाँ इलेक्ट्रॉन मिल सकता है।
यह बताता है कि इलेक्ट्रॉन **कहाँ है** (Exact Position)।	यह बताता है कि इलेक्ट्रॉन के **होने की संभावना** कहाँ है (Probability)।

कक्षा (Orbit) - बोर मॉडल	कक्षक (Orbital) - क्वांटम मॉडल
यह हाइजेनबर्ग के सिद्धांत को **नहीं मानता**।	यह हाइजेनबर्ग के सिद्धांत का **पालन करता है**।
सभी ऑर्बिट गोल (Circular) होते हैं।	इनकी आकृति अलग-अलग होती है (s-गोल, p-डंबल)।

Topic 32: क्वांटम मॉडल की मुख्य विशेषताएं

श्रोडिंगर समीकरण को हल करने पर हमें परमाणु के बारे में कुछ बहुत ही मजेदार और नई बातें पता चलीं। ये 4 मुख्य बिंदु हैं:

1. ऊर्जा क्वांटीकृत है (Energy is Quantized)

बोर की तरह इस मॉडल ने भी माना कि इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा 'फिक्स' होती है।

परमाणु में इलेक्ट्रॉन अपनी मर्जी से किसी भी ऊर्जा के साथ नहीं रह सकता। उसे केवल कुछ **निश्चित ऊर्जा स्तरों (Energy Levels)** में ही रहने की अनुमति है।

(जैसे सीढ़ी पर आप केवल पायदान पर पैर रख सकते हैं, हवा में बीच में नहीं।)

2. तरंग जैसे गुण (Wave Nature)

यह मॉडल मानता है कि इलेक्ट्रॉन केवल एक कण (Particle) नहीं है, बल्कि वह एक **तरंग (Wave)** की तरह व्यवहार करता है।

इलेक्ट्रॉन की सही जानकारी हमें उसके तरंग फलन **Ψ (Wave Function)** से मिलती है।

3. कक्षक और प्रायिकता (Orbital & Probability)

हम इलेक्ट्रॉन का सही रास्ता (Path) कभी नहीं बता सकते (हाइजेनबर्ग का नियम)। हम केवल **संभावना** बता सकते हैं।

परमाणु कक्षक (Atomic Orbital):

नाभिक के चारों ओर वह 3D क्षेत्र जहां इलेक्ट्रॉन के पाए जाने की संभावना सबसे ज्यादा (90% से अधिक) होती है, उसे **कक्षक** कहते हैं।

इसे $|\Psi|^2$ (प्रायिकता घनत्व) द्वारा मापा जाता है।

4. इलेक्ट्रॉन का पता (Quantum Numbers)

जैसे हर इंसान का एक पता (Address) होता है, वैसे ही हर इलेक्ट्रॉन को पहचानने के लिए **3 संख्याओं** की जरूरत होती है।

नाम	क्या बताता है?
मुख्य क्वांटम संख्या (n)	इलेक्ट्रॉन नाभिक से कितना दूर है (Size)।
द्विगंशी क्वांटम संख्या (l)	कक्षक का आकार (Shape) कैसा है।
चुंबकीय क्वांटम संख्या (m_l)	कक्षक की दिशा (Orientation) कैसी है।

Topic 33: हाइड्रोजन परमाणु के लिए श्रोडिंगर समीकरण

1. समीकरण का हल

जब हम हाइड्रोजन के लिए इस जटिल समीकरण को हल करते हैं, तो यह तभी हल होती है जब हम 3 विशेष संख्याओं (Integers) का उपयोग करते हैं।

इन्हीं संख्याओं को हम **क्वांटम संख्याएं (Quantum Numbers)** कहते हैं:

- **n** (मुख्य क्वांटम संख्या)
- **l** (द्विगंशी क्वांटम संख्या)
- **m_l** (चुंबकीय क्वांटम संख्या)

(नोट: चौथी संख्या 'स्पिन' (m_s) श्रोडिंगर समीकरण से नहीं आई थी, वह बाद में जोड़ी गई।)

2. ऊर्जा का मान (Energy Levels)

श्रोडिंगर समीकरण से जो ऊर्जा (E) के मान निकले, वे **बोर के मॉडल से बिल्कुल मेल खाते थे**।

$E_n = -R_H (1 / n^2)$

इससे साबित हुआ कि बोर का रास्ता (Orbit) वाला आइडिया भले ही गलत था, लेकिन उनकी ऊर्जा की गणना (Calculation) बिल्कुल सही थी।

3. तरंग फलन (Ψ) और कक्षक

हाइड्रोजन के लिए हल करने पर हमें अलग-अलग **Ψ (Wave Functions)** मिलते हैं।

- हर Ψ एक विशेष ऊर्जा स्तर और एक विशेष क्षेत्र को दर्शाता है।
- इन्हीं Ψ को हम **परमाणु कक्षक (Atomic Orbital)** कहते हैं।
- उदाहरण: 1s, 2s, 2p, 3d आदि सब गणितीय रूप से अलग-अलग Ψ हैं।

4. एक से ज्यादा इलेक्ट्रॉन वाली समस्या

क्या हम इस समीकरण को हीलियम या कार्बन के लिए पूरी तरह हल कर सकते हैं?

उत्तर: नहीं!

श्रोडिंगर समीकरण को **बिल्कुल सटीक (Exactly)** केवल 1 इलेक्ट्रॉन वाले सिस्टम (H, He^+, Li^{2+}) के लिए हल किया जा सकता है।

कारण: जब इलेक्ट्रॉन ज्यादा होते हैं, तो वे एक-दूसरे को धक्का (Repulsion) देते हैं, जिससे गणित बहुत जटिल हो जाता है। बहु-इलेक्ट्रॉन परमाणुओं के लिए हम 'अनुमानित' (Approximate) विधियों का उपयोग करते हैं।

Topic 34: क्वांटम संख्याएं (Quantum Numbers)

*क्वांटम संख्याएं इलेक्ट्रॉन का "आधार कार्ड" या "पता" हैं। जैसे किसी इंसान को खोजने के लिए **देश> शहर> गली> घर** चाहिए, वैसे ही इलेक्ट्रॉन को खोजने के लिए 4 क्वांटम संख्याएं चाहिए।*

1. मुख्य क्वांटम संख्या (n)

संकेत: n (Principal Quantum Number)

- **क्या बताती है?** यह इलेक्ट्रॉन की **मुख्य कक्षा (Shell)** या आकार (Size) बताती है।
- **वैल्यू:** 1, 2, 3, 4... (या K, L, M, N)
- **ऊर्जा:** n का मान जितना ज्यादा होगा, इलेक्ट्रॉन नाभिक से उतना दूर होगा और उसकी ऊर्जा उतनी ज्यादा होगी।

अधिकतम इलेक्ट्रॉन = **$2n^2$**

2. दिगंशी क्वांटम संख्या (l)

संकेत: l (Azimuthal Quantum Number)

- **क्या बताती है?** यह कक्षा के अंदर **उपकक्षा (Subshell)** और उसकी **आकृति (Shape)** बताती है।
- **वैल्यू:** 0 से लेकर **(n - 1)** तक।

l का मान	उपकक्षा (नाम)	आकृति (Shape)
0	**s**	गोलाकार (Spherical)
1	**p**	डंबल (Dumb-bell)
2	**d**	डबल डंबल (Double Dumb-bell)
3	**f**	जटिल (Complex)

3. चुंबकीय क्वांटम संख्या (m_l)

संकेत: m_l (Magnetic Quantum Number)

- **क्या बताती है?** यह कक्षक का **अभिविन्यास (Orientation)** बताती है (यानी कक्षक x, y या z अक्ष पर कहाँ है)।
- **वैल्यू:** -l से लेकर +l तक (शून्य सहित)।
- **कुल कक्षक:** (2l + 1)

उदाहरण: यदि l = 1 (p-उपकक्षा), तो m = -1, 0, +1 (कुल 3 कक्षक: p_x, p_y, p_z)

4. चक्रण क्वांटम संख्या (m_s)

संकेत: m_s (Spin Quantum Number)

- **क्या बताती है?** इलेक्ट्रॉन अपनी धुरी पर किस दिशा में घूम रहा है।
- **वैल्यू:** केवल दो मान संभव हैं।

+½
(Clockwise / ऊपर की ओर)

-½
(Anti-clockwise / नीचे की ओर)

एक नज़र में (Summary)

संख्या	नाम	क्या बताती है?	सूत्र/मान
n	मुख्य	कोश (Shell) / आकार	1, 2, 3...
l	दिगंशी	उपकोश (Subshell) / आकृति	0 से (n-1)
m_l	चुंबकीय	कक्षक (Orbital) / दिशा	-l से +l
m_s	चक्रण	स्पिन (Spin)	+½, -½

Topic 35: क्वांटम संख्याओं का संबंध और गणना

क्वांटम संख्याओं को रटने की जरूरत नहीं है। ये एक-दूसरे से जुड़ी हुई हैं। अगर आपको 'n' पता है, तो आप बाकी सब निकाल सकते हैं।

1. 'n' से 'l' कैसे निकालें? (Shell to Subshell)

नियम: **l का मान 0 से शुरू होकर (n - 1) तक जाता है।**

n (मुख्य कोश)	l के संभव मान (0 से n-1)	उपकोश के नाम
n = 1 (K)	0	1s
n = 2 (L)	0, 1	2s, 2p

n (मुख्य कोश)	l के संभव मान (0 से n-1)	उपकोश के नाम
n = 3 (M)	0, 1, 2	3s, 3p, 3d
n = 4 (N)	0, 1, 2, 3	4s, 4p, 4d, 4f

महत्वपूर्ण प्रश्न:

"2d कक्षक क्यों नहीं होता?"
उत्तर: n=2 के लिए l का अधिकतम मान 1 (p) हो सकता है। d के लिए l=2 चाहिए, जो यहाँ संभव नहीं है।

2. 'l' से 'm_l' कैसे निकालें? (Subshell to Orbital)

नियम: **m_l का मान -l से +l तक होता है।**

(कुल कक्षकों की संख्या = 2l + 1)

उपकोश (l)	m_l के मान (-l से +l)	कक्षकों की संख्या (Boxes)
s (l=0)	0	1 (एक बॉक्स)
p (l=1)	-1, 0, +1	3 (तीन बॉक्स)
d (l=2)	-2, -1, 0, +1, +2	5 (पाँच बॉक्स)
f (l=3)	-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3	7 (सात बॉक्स)

3. किसमें कितने इलेक्ट्रॉन? (Maximum Electrons)

- एक कक्षक (Box) में अधिकतम इलेक्ट्रॉन = **2** (विपरीत स्पिन)
- उपकोश (s, p, d, f) में अधिकतम इलेक्ट्रॉन:

s = 2p = 6d = 10f = 14

- मुख्य कोश (Shell) में अधिकतम इलेक्ट्रॉन = **$2n^2$**

उदाहरण: n = 3 की पूरी कहानी

अगर मुख्य क्वांटम संख्या **n = 3** है, तो:

- **l के मान:** 0, 1, 2 (यानी 3s, 3p, 3d)
- **कुल कक्षक (Orbitals):** $n^2 = 3^2$ = **9 कक्षक** (s का 1 + p के 3 + d के 5 = 9)
- **कुल इलेक्ट्रॉन:** $2n^2 = 2(3)^2$ = **18 इलेक्ट्रॉन**

NCERT हल (Examples)

उदाहरण 2.17 (कक्षकों की संख्या)

प्रश्न: मुख्य क्वांटम संख्या **n = 3** से जुड़े कुल कक्षकों (Orbitals) की संख्या ज्ञात कीजिए।

हल:

तरीका 1: फॉर्मूला (Short Trick)

किसी मुख्य कोश (n) में कुल कक्षक = **n^2**

कुल कक्षक = 3^2 = **9**

तरीका 2: विस्तार से (Detailed)

n = 3 का मतलब है तीसरा कोश (M)। इसमें 3 उपकोश होते हैं (3s, 3p, 3d)।

- **3s:** 1 कक्षक
- **3p:** 3 कक्षक (p_x, p_y, p_z)
- **3d:** 5 कक्षक

कुल जोड़ = 1 + 3 + 5 = **9 कक्षक**

उदाहरण 2.18 (कक्षक का नामकरण)

प्रश्न: s, p, d, f संकेतन का प्रयोग करके निम्नलिखित क्वांटम संख्याओं वाले कक्षक बताएं:

याद रखने वाली कुंजी (Key):

l = 0 (s) | l = 1 (p) | l = 2 (d) | l = 3 (f)

प्रश्न (Quantum Numbers)	सोचने का तरीका	उत्तर (Orbital)
(a) n=2, l=1	n=2 और l=1 का मतलब 'p'	**2p**
(b) n=4, l=0	n=4 और l=0 का मतलब 's'	**4s**
(c) n=5, l=3	n=5 और l=3 का मतलब 'f'	**5f**
(d) n=3, l=2	n=3 और l=2 का मतलब 'd'	**3d**

टिप (Tip):

पहले नंबर (n) को वैसे ही लिखो, और दूसरे नंबर (l) को अक्षर (s/p/d/f) में बदल दो। बस इतना ही करना है!

Important MCQs for Practice

Q1. मुख्य क्वांटम संख्या (n) मुख्य रूप से क्या निर्धारित करती है?

- (A) कक्षक की आकृति (Shape)
- (B) कक्षक का अभिविन्यास (Orientation)
- (C) कक्षक का आकार और ऊर्जा (Size & Energy)
- (D) इलेक्ट्रॉन का स्पिन

उत्तर देखें

सही उत्तर: (C)

व्याख्या: 'n' कोश (Shell) बताता है। n जितना बड़ा होगा, आकार उतना बड़ा होगा और ऊर्जा उतनी ज्यादा होगी। आकृति 'l' बताता है और दिशा 'm_l' बताता है।

Q2. निम्नलिखित में से क्वांटम संख्याओं का कौन सा सेट संभव नहीं (Impossible) है?

- (A) n = 3, l = 2, m_l = 0
- (B) n = 2, l = 2, m_l = +1
- (C) n = 4, l = 0, m_l = 0
- (D) n = 5, l = 3, m_l = -2

उत्तर देखें

सही उत्तर: (B)

व्याख्या: 'l' का मान कभी भी 'n' के बराबर नहीं हो सकता। l हमेशा (n-1) तक ही होता है।
यहाँ n=2 है, तो l का अधिकतम मान 1 हो सकता है। इसलिए l=2 गलत है।

Q3. एक d-उपकोश (d-subshell) में अधिकतम कितने इलेक्ट्रॉन आ सकते हैं?

- (A) 2
- (B) 6
- (C) 10

- (D) 14

उत्तर देखें

सही उत्तर: (C)

व्याख्या: d-उपकोश के लिए l = 2 होता है। कक्षकों की संख्या = 2l+1 = 5 कक्षक।
1 कक्षक में 2 इलेक्ट्रॉन, तो 5 में: 5 × 2 = 10 इलेक्ट्रॉन।

Q4. '3p' कक्षक के लिए n और l के मान क्या होंगे?

- (A) n = 3, l = 0
- (B) n = 3, l = 1
- (C) n = 3, l = 2
- (D) n = 2, l = 1

उत्तर देखें

सही उत्तर: (B)

व्याख्या: संख्या '3' मुख्य कोश (n=3) बताती है। अक्षर 'p' का मतलब है l = 1.

Q5. किसी भी एक कक्षक (Orbital) में अधिकतम इलेक्ट्रॉनों की संख्या कितनी हो सकती है?

- (A) $2n^2$
- (B) 2l + 1
- (C) 2
- (D) 6

उत्तर देखें

सही उत्तर: (C)

व्याख्या: सवाल को ध्यान से पढ़ें। यहाँ "उपकोश" या "कोश" नहीं, बल्कि **"कक्षक" (एक बॉक्स)** पूछा है।
पाउली के नियम के अनुसार, एक कक्षक में अधिकतम 2 इलेक्ट्रॉन (विपरीत स्पिन वाले) ही आ सकते हैं, चाहे वह s का हो या f का।

Topic 36: कक्षकों की आकृतियां (Shapes of Orbitals)

What does the electron cloud look like?

*हमने पढ़ा था कि इलेक्ट्रॉन एक 'बादल' (Cloud) की तरह है। वैज्ञानिक इस बादल का चित्र बनाने के लिए एक लाइन खींचते हैं जिसके अंदर इलेक्ट्रॉन मिलने की संभावना 90% हो। इसे **सीमा सतह आरेख (Boundary Surface Diagram)** कहते हैं।*

1. s-कक्षक की आकृति (Spherical)

आकृति: गोलाकार (Spherical)

- यह एक फुटबॉल या गेंद जैसा होता है।
- **अदिशात्मक (Non-directional):** इसमें इलेक्ट्रॉन मिलने की संभावना हर दिशा में बराबर होती है।
- **आकार:** जैसे-जैसे 'n' बढ़ता है, गोला बड़ा होता जाता है (1s < 2s < 3s)।

नोड (Node):

1s में कोई खाली जगह नहीं होती। लेकिन 2s में, 1s और 2s के बीच एक खाली जगह होती है जहाँ इलेक्ट्रॉन नहीं मिलता। इसे नोड कहते हैं।

2. p-कक्षक की आकृति (Dumb-bell)

आकृति: डमरू जैसी (Dumb-bell)

- इसमें दो पालियाँ (Lobes) होती हैं जो एक बिंदु पर मिलती हैं।
- जिस बिंदु पर ये मिलती हैं (नाभिक), वहाँ इलेक्ट्रॉन घनत्व **शून्य** होता है।
- **दिशात्मक (Directional):** ये तीन दिशाओं में होते हैं: x, y, और z अक्ष।

कक्षक	अक्ष (Axis)	नोडल तल (Nodal Plane)
p_x	X-अक्ष पर लेटा हुआ	YZ तल
p_y	Y-अक्ष पर खड़ा	XZ तल
p_z	Z-अक्ष पर	XY तल

3. d-कक्षक की आकृति (Double Dumb-bell)

आकृति: द्विक-डमरू (Double Dumb-bell)

(अपवाद: d_{z^2} अलग दिखता है)

d-कक्षक 5 प्रकार के होते हैं:

- **अक्षों के बीच में (Between Axes):** d_{xy}, d_{yz}, d_{zx} (इनकी पालियाँ अक्षों के बीच 45° पर होती हैं)।
- **अक्षों के ऊपर (On Axes):** $d_{x^2-y^2}$ (इसकी पालियाँ X और Y अक्ष के ठीक ऊपर होती हैं)।
- **अनोखा (Unique):** d_{z^2} - यह एक डंबल और उसके बीच में एक छल्ले (Ring/Doughnut) जैसा दिखता है। इसे "Baby Soother" शेप भी कहते हैं।

4. f-कक्षक की आकृति

इनकी आकृति बहुत **जटिल (Complex)** होती है। इसे कागज पर बनाना मुश्किल है।

(एग्जाम में f-कक्षक का चित्र नहीं पूछा जाता, बस यह याद रखें कि ये 7 प्रकार के होते हैं।)

बोनस: नोड कैसे गिनें? (Important Formulas)

नोड वह जगह है जहाँ इलेक्ट्रॉन मिलने की संभावना **शून्य** होती है।

- **कुल नोड (Total Nodes) = n - 1**
- **कोणीय नोड (Angular Nodes) = l** (कक्षक की शेप की वजह से)
- **त्रिज्य नोड (Radial Nodes) = n - l - 1** (गोले के अंदर खाली जगह)

उदाहरण (3p कक्षक के लिए):
n=3, l=1
कुल नोड = 3 - 1 = **2**
(इसमें 1 कोणीय और 1 त्रिज्य नोड होगा।)

Topic 37: महत्वपूर्ण शब्दावली

1. इलेक्ट्रॉन घनत्व (Electron Density)

आसान परिभाषा: इलेक्ट्रॉन के पाए जाने की भीड़ या संभावना।

इलेक्ट्रॉन एक "धुंध" (Mist) या "बादल" की तरह है।

- जहां बादल **गहरा (Dark)** है, वहां इलेक्ट्रॉन घनत्व ज्यादा है (मतलब इलेक्ट्रॉन वहां ज्यादा समय बिताता है)।
- जहां बादल **हल्का (Light)** है, वहां घनत्व कम है।

वैज्ञानिक भाषा में: यह $|\Psi|^2$ के समानुपाती होता है।

2. पालियां (Lobes)

आसान परिभाषा: गुब्बारे जैसा फूला हुआ हिस्सा।

s-कक्षक गोल होता है, इसलिए उसमें अलग से पालियां नहीं होतीं। लेकिन p और d कक्षक "पिचके हुए गुब्बारों" जैसे दिखते हैं।

- **p-कक्षक:** इसमें **2 पालियां** होती हैं (डंबल के दोनों तरफ)।

- **d-कक्षक:** इसमें **4 पालियां** होती हैं (डबल डंबल)।

पालियां वो जगह हैं जहां इलेक्ट्रॉन घनत्व सबसे ज्यादा होता है।

3. नोडल तल (Nodal Plane)

आसान परिभाषा: "नो एंट्री ज़ोन" (No Entry Zone)।

यह नाभिक से गुजरने वाला एक ऐसा चपटा तल (Flat Plane) है जहां इलेक्ट्रॉन के पाए जाने की संभावना **बिल्कुल शून्य** होती है।

कक्षक	नोडल तल कहाँ है?	समझाने का तरीका
p_x	yz तल	अगर डंबल x-अक्ष पर है, तो yz दीवार उसे बीच से काटेगी जहां इलेक्ट्रॉन नहीं होगा।
p_y	xz तल	y-अक्ष वाले डंबल के लिए xz दीवार नोडल तल है।
p_z	xy तल	z-अक्ष वाले डंबल के लिए xy जमीन नोडल तल है।
s	कोई नहीं	गोले को किसी भी तल से काटोगे तो इलेक्ट्रॉन मिल ही जाएगा। (s में नोडल तल नहीं होता)।

याद रखें:

नोडल तलों की संख्या = **l** (दिगंशी क्वांटम संख्या)।
(जैसे p के लिए l=1 है, तो 1 नोडल तल होगा।)

Topic 38: कक्षकों की ऊर्जा (Energies of Orbitals)

कौन सा कक्षक पहले भरेगा?

*इलेक्ट्रॉन उस कक्षक में जाना चाहते हैं जहाँ ऊर्जा **सबसे कम** हो (ताकि वे स्टेबल रह सकें)। लेकिन हमें कैसे पता चलेगा कि किस कक्षक की ऊर्जा कम है?*

1. हाइड्रोजन परमाणु के लिए (केवल 1 इलेक्ट्रॉन)

हाइड्रोजन (या जिसमें सिर्फ 1 इलेक्ट्रॉन हो) के लिए नियम बहुत आसान है।

- ऊर्जा केवल **मुख्य क्वांटम संख्या (n)** पर निर्भर करती है।
- 'l' के मान (s, p, d) से कोई फर्क नहीं पड़ता।

1s < 2s = 2p < 3s = 3p = 3d < 4s...

समभ्रंश कक्षक (Degenerate Orbitals): एक ही कोश के सभी कक्षक (जैसे 2s और 2p) की ऊर्जा बराबर होती है। इन्हें 'समभ्रंश' कहते हैं।

2. बहु-इलेक्ट्रॉन परमाणुओं के लिए (Golden Rule)

बाकी सभी परमाणुओं (He, Li, C, N...) में इलेक्ट्रॉनों के बीच 'धक्का-मुक्की' (Repulsion) होती है। इसलिए ऊर्जा निकालने के लिए हमें **(n + l) नियम** का पालन करना पड़ता है।

(n + l) का नियम:

- **नियम 1:** जिस कक्षक के लिए **(n + l)** का मान कम होगा, उसकी ऊर्जा कम होगी (और वह पहले भरेगा)।
- **नियम 2:** यदि (n + l) का मान दो कक्षकों के लिए **बराबर** हो, तो जिसका **'n' छोटा** होगा, उसकी ऊर्जा कम होगी।

3. उदाहरण और तुलना (Must Watch)

आइए देखते हैं कि इलेक्ट्रॉन **3d** में पहले जाएगा या **4s** में?

कक्षक	n	l (s=0, p=1, d=2)	(n + l) योग	ऊर्जा का स्तर
4s	4	0	4 + 0 = **4**	कम (पहले भरेगा)
3d	3	2	3 + 2 = **5**	ज्यादा (बाद में भरेगा)

एक और उदाहरण: 3p बनाम 4s (टाई ब्रेकर)

कक्षक	n + l गणना	नियम	परिणाम
3p	3 + 1 = **4**	दोनों का जोड़ 4 है। इसलिए जिसका **n छोटा**, उसकी ऊर्जा कम।	3p की ऊर्जा कम है
4s	4 + 0 = **4**		4s की ऊर्जा ज्यादा है

4. ऊर्जा का सही क्रम (Final Order)

इस नियम को लगाने के बाद, कक्षकों का सही क्रम यह बनता है:

1s < 2s < 2p < 3s < 3p < **4s** < **3d** < 4p < 5s < 4d...

Topic 39: मूल अवस्था vs उत्तेजित अवस्था & Z_{eff}

इलेक्ट्रॉन हमेशा अपनी मर्जी से नहीं घूमते। उन पर नाभिक का 'खिंचाव' और ऊर्जा का 'दबाव' काम करता है। आइए इन दोनों को समझते हैं।

1. मूल अवस्था और उत्तेजित अवस्था

मूल अवस्था (Ground State)	उत्तेजित अवस्था (Excited State)
स्थायी (Stable)	**अस्थायी (Unstable)**
यह इलेक्ट्रॉन का **असली घर** है। यहाँ ऊर्जा सबसे **कम** होती है।	यह इलेक्ट्रॉन की **छुट्टियां (Vacation)** हैं। यहाँ ऊर्जा **ज्यादा** होती है।
इलेक्ट्रॉन यहाँ हमेशा रहना चाहता है।	इलेक्ट्रॉन यहाँ केवल कुछ पल (10^{-8} sec) रुकता है और वापस नीचे कूद जाता है।
उदाहरण: H ($1s^1$)	**उदाहरण:** H ($1s^0\ 2s^1$) (ऊर्जा लेकर ऊपर चला गया)

2. प्रभावी नाभिकीय आवेश (Z_{eff})

समस्या क्या है?

नाभिक (Nucleus) पॉजिटिव है और वह बाहरी इलेक्ट्रॉन को अपनी ओर खींचता है।
लेकिन... **अंदर वाले इलेक्ट्रॉन (Inner Electrons)** उस बाहरी इलेक्ट्रॉन को बाहर की तरफ **धक्का** देते हैं।

"अलाव" (Bonfire) का उदाहरण:

मान लीजिए नाभिक एक **आग** है और इलेक्ट्रॉन उसके चारों ओर खड़े लोग हैं।

- जो लोग आग के पास खड़े हैं (अंदर वाले इलेक्ट्रॉन), उन्हें पूरी गर्मी मिलेगी।
- लेकिन वे लोग पीछे खड़े इंसान (बाहरी इलेक्ट्रॉन) के लिए **रुकावट (Shield)** बन जाएंगे।
- पीछे वाले को आग की गर्मी (आवेश) कम महसूस होगी।

इसी "महसूस होने वाली कम गर्मी" को प्रभावी नाभिकीय आवेश (Z_{eff}) कहते हैं।

3. परिरक्षण प्रभाव (Shielding/Screening Effect)

अंदर के इलेक्ट्रॉनों द्वारा बाहर के इलेक्ट्रॉन को धक्का देकर बचाने की प्रक्रिया को 'परिरक्षण प्रभाव' कहते हैं।

$Z_{eff} = Z - \sigma$

Z = कुल प्रोटॉन (परमाणु क्रमांक)
σ (सिग्मा) = स्क्रीनिंग स्थिरांक (रुकावट की ताकत)
Z_{eff} = जो असल में महसूस हुआ

रुकावट डालने की शक्ति (Screening Power Order):

s > p > d > f

- **s-कक्षक:** नाभिक के सबसे पास होते हैं, इसलिए ये सबसे तगड़ी दीवार (Screen) बनाते हैं।
- **d और f कक्षक:** इनका आकार फैला हुआ (Diffuse) होता है, इसलिए ये बाहरी इलेक्ट्रॉन को अच्छे से नहीं बचा पाते (Poor Shielding)।

Topic 40: ऑफबाऊ नियम (Aufbau Principle)

इलेक्ट्रॉन भरने का सही क्रम

*सबसे पहले एक भ्रम दूर कर लें: **"ऑफबाऊ" किसी वैज्ञानिक का नाम नहीं है!***

*यह एक जर्मन (German) शब्द है जिसका अर्थ है **"निर्माण करना" (Building up)**।*

1. नियम क्या है?

नियम बहुत सीधा है:

"परमाणु की मूल अवस्था में, इलेक्ट्रॉन सबसे पहले 'कम ऊर्जा' वाले कक्षक में भरते हैं और उसके बाद 'उच्च ऊर्जा' वाले कक्षक में जाते हैं।"

(यह पिछले टॉपिक के (n + l) नियम पर ही आधारित है।)

2. याद करने का तरीका (तीर वाला चित्र)

क्रम को रटने की जरूरत नहीं है, बस इस पैटर्न को फॉलो करें। इसे **"साँप की चाल"** या **"बारिश की बूंदें"** कह सकते हैं।

ऊर्जा का बढ़ता हुआ क्रम:

1s → 2s → 2p → 3s → 3p → 4s → 3d → 4p → 5s...

सावधान! (Warning):

ध्यान दें कि **3p** के बाद इलेक्ट्रॉन **3d** में नहीं जाता, बल्कि **4s** में जाता है।
(कारण: 4s की ऊर्जा 3d से कम होती है।)

3. विन्यास लिखने का सूत्र

जब भी आपको किसी तत्व का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखना हो, तो इलेक्ट्रॉन इसी लाइन में भरते जाएं:

क्रम (Order)	अधिकतम इलेक्ट्रॉन
1s	2
2s, 2p	2, 6

क्रम (Order)	अधिकतम इलेक्ट्रॉन
3s, 3p	2, 6
4s, 3d, 4p	2, 10, 6

Topic 41: पाउली का अपवर्जन सिद्धांत

1. सिद्धांत क्या है?

इस नियम को याद रखने की दो परिभाषाएं हैं:

परिभाषा 1 (तकनीकी):

"किसी भी परमाणु में किन्हीं दो इलेक्ट्रॉनों की **चारों क्वांटम संख्याएं (n, l, m_l, m_s)** एक समान नहीं हो सकतीं।"

परिभाषा 2 (आसान):

"एक कक्षक (Orbital) में ज्यादा से ज्यादा **2 इलेक्ट्रॉन** रह सकते हैं और उन दोनों का स्पिन (Spin) हमेशा **विपरीत (Opposite)** होना चाहिए।"

2. आधार कार्ड जैसा नियम

इसे समझने के लिए मान लें कि क्वांटम संख्याएं इलेक्ट्रॉन का 'आधार कार्ड' या पता हैं।

मान लीजिए हीलियम (He) के 1s कक्षक में 2 इलेक्ट्रॉन हैं।

इलेक्ट्रॉन	n (कोश)	l (उपकोश)	m_l (कक्षक)	m_s (स्पिन)
पहला इलेक्ट्रॉन	1	0 (s)	0	**+½ (↑)**
दूसरा इलेक्ट्रॉन	1	0 (s)	0	**-½ (↓)**

निष्कर्ष: तीन नंबर (n, l, m) समान हो सकते हैं, लेकिन चौथा नंबर (स्पिन) अलग होना ही पड़ेगा।

3. कक्षक भरने का सही तरीका

सही (Correct)

[↑↓]

विपरीत स्पिन
(Opposite Spin)

गलत (Wrong)

[↑↑]

समान स्पिन
(Same Spin)

4. इस नियम का परिणाम

पाउली के नियम के कारण ही हमें पता चलता है कि किस उपकोश में कितने इलेक्ट्रॉन आ सकते हैं।

- **s-उपकोश:** 1 कक्षक × 2 इलेक्ट्रॉन = **2 e^-**
- **p-उपकोश:** 3 कक्षक × 2 इलेक्ट्रॉन = **6 e^-**
- **d-उपकोश:** 5 कक्षक × 2 इलेक्ट्रॉन = **10 e^-**
- **f-उपकोश:** 7 कक्षक × 2 इलेक्ट्रॉन = **14 e^-**

SUNSHINE EDUCATION BADORA

Topic 42: हुंड का नियम (Hund's Rule)

1. नियम: "बस की सीट" वाला नियम

इस नियम को याद रखने का सबसे अच्छा तरीका है ट्रेन की सीट।

नियम:

*"समान ऊर्जा वाले कक्षकों (p, d, f) में इलेक्ट्रॉन तब तक जोड़ा (Pair) नहीं बनाते, जब तक कि हर कक्षक में **एक-एक इलेक्ट्रॉन** न भर जाए।"*

उदाहरण (Analogy):

जब आप खाली बस में चढ़ते हैं, तो आप खाली सीट पर अकेले बैठना पसंद करते हैं। कोई भी अजनबी के साथ तब तक नहीं बैठता जब तक सारी सीटें भर न जाएं। **इलेक्ट्रॉन भी यही करते हैं!** वे एक-दूसरे को रिपेल (Repel) करते हैं, इसलिए वे दूर-दूर रहना पसंद करते हैं।

2. सही और गलत तरीका (नाइट्रोजन - N)

नाइट्रोजन (Z=7) का विन्यास है: $1s^2\ 2s^2\ 2p^3$।

हमें p-उपकोश में **3 इलेक्ट्रॉन** भरने हैं। सही तरीका क्या है?

सही तरीका (Correct)(सबको एक-एक सीट मिली)

↑ ↑ ↑

तीनों का स्पिन सीधा (Parallel) है।

गलत तरीका (Wrong)(जबरदस्ती जोड़ा बनाया)

↑↓ ↑

तीसरा कमरा खाली छोड़ दिया, जो गलत है।

3. इसे "अधिकतम बहुलता" क्यों कहते हैं?

क्योंकि जब इलेक्ट्रॉन अकेले-अकेले और एक ही दिशा (Same Spin) में होते हैं, तो परमाणु सबसे ज्यादा स्थिर (Stable) होता है।

स्थिरता के दो कारण:

- **सममिति (Symmetry):** आधा भरा हुआ (Half-filled) उपकोश ज्यादा सिमेट्रिकल और संतुलित होता है।
- **विनिमय ऊर्जा (Exchange Energy):** जब इलेक्ट्रॉन एक ही दिशा में होते हैं (Parallel Spin), तो वे अपनी पोजीशन बदल सकते हैं। इससे ऊर्जा बाहर निकलती है और सिस्टम स्टेबल हो जाता है।

पेयरिंग (Pairing) कब शुरू होगी?

उपकोश	कक्षकों की संख्या	पेयरिंग किस इलेक्ट्रॉन से शुरू होगी?
p	3	**चौथे (4th)** इलेक्ट्रॉन से (पहले 3 में एक-एक, फिर चौथा पेयर बनाएगा)
d	5	**छठे (6th)** इलेक्ट्रॉन से
f	7	**आठवें (8th)** इलेक्ट्रॉन से

Topic 43: परमाणुओं का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास

इलेक्ट्रॉनिक विन्यास का मतलब है- "परमाणु के अंदर कक्षकों में इलेक्ट्रॉनों का बंटवारा (Distribution)।" यह बिल्कुल किसी होटल में कमरे बुक करने जैसा है।

1. लिखने का तरीका (Notation)

हम इसे nl^x के रूप में लिखते हैं।

$2p^4$

n = 2
मुख्य कोश (Shell)

l = p
उपकोश (Subshell)

x = 4
इलेक्ट्रॉनों की संख्या

2. पहले 10 तत्वों का विन्यास

क्रम याद रखें: **1s → 2s → 2p → 3s...**

तत्व (Element)	Z (e^-)	विन्यास (Configuration)	कक्षीय आरेख (Orbital Diagram)
H	1	$1s^1$	[↑]
He	2	$1s^2$	[↑↓]
Li	3	$1s^2\ 2s^1$	[↑↓] [↑]
C	6	$1s^2\ 2s^2\ 2p^2$	[↑↓] [↑↓] [↑|↑|]
Ne (Noble Gas)	10	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6$	[↑↓] [↑↓] [↑↓|↑↓| ↑↓]

3. शॉर्टकट तरीका (Noble Gas Core)

बार-बार $1s^2\ 2s^2$... लिखना बोरिंग है। इसलिए हम पिछली 'अक्रिय गैस' का नाम बड़े ब्रैकेट में लिख देते हैं।

सोडियम (Na, Z=11):

लंबा तरीका: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$

चूंकि ($1s^2\ 2s^2\ 2p^6$) नियॉन (Ne) है, तो हम लिख सकते हैं:

[Ne] $3s^1$

4. अपवाद (Exceptions): Cr और Cu

ये दोनों ऑफबाऊ नियम को तोड़ देते हैं। (एग्जाम में यही पूछे जाते हैं!)

क्रोमियम (Cr, Z=24)

अपेक्षित (Wrong): [Ar] $4s^2\ 3d^4$

वास्तविक (Correct): [Ar] $4s^1\ 3d^5$

कारण: d-कक्षक में 5 इलेक्ट्रॉन होने पर वह **"अर्ध-पूरित" (Half-filled)** हो जाता है, जो ज्यादा स्टेबल है। इसलिए वह s से एक इलेक्ट्रॉन उधार ले लेता है।

कॉपर (Cu, Z=29)

अपेक्षित (Wrong): [Ar] $4s^2\ 3d^9$

वास्तविक (Correct): [Ar] $4s^1\ 3d^{10}$

कारण: d-कक्षक में 10 इलेक्ट्रॉन होने पर वह **"पूर्ण-पूरित" (Fully-filled)** हो जाता है, जो सबसे ज्यादा स्टेबल है।

याद रखें: अर्ध-पूरित (Half) और पूर्ण-पूरित (Full) कक्षक अन्य कक्षकों से ज्यादा स्थायी होते हैं।

5. आयनों (Ions) का विन्यास कैसे लिखें?

जब इलेक्ट्रॉन निकालने हों (धनायन बनाने के लिए), तो हमेशा **सबसे बाहरी कोश (Highest n)** से निकालें।

उदाहरण: आयरन (Fe, Z=26)

Fe: [Ar] $4s^2\ 3d^6$

Fe^{2+} (2 इलेक्ट्रॉन निकालें):

बहुत से बच्चे 3d से निकालते हैं जो गलत है। 4s सबसे बाहर है (n=4), इसलिए पहले वहीं से निकलेंगे।

Fe^{2+}: [Ar] $3d^6$ $4s^2$

Topic 44: अर्ध-पूरित और पूर्ण-पूरित कक्षकों का स्थायित्व

1. सममिति (Symmetry)

सिद्धांत: जो चीज सिमेट्रिकल (एक जैसी) होती है, वह ज्यादा टिकती है।

नीचे दिए गए दो उदाहरण देखें:

d^4 (असममित / Unsymmetrical)

↑ ↑ ↑ ↑

इलेक्ट्रॉन का वितरण एक जैसा नहीं है (एक खाली है)।

d^5 (सममित / Symmetrical)

↑ ↑ ↑ ↑ ↑

सभी कमरों में एक-एक इलेक्ट्रॉन है। यह संतुलन (Balance) बनाता है, जिससे स्थायित्व बढ़ता है।

2. विनिमय ऊर्जा (Exchange Energy)

यह सबसे महत्वपूर्ण कारण है।

सिद्धांत:

"समान स्पिन (Parallel Spin) वाले इलेक्ट्रॉन आपस में अपनी Positions बदल सकते हैं।
जितनी बार वे जगह बदलेंगे, उतनी ज्यादा **ऊर्जा बाहर निकलेगी (Release)**।
ऊर्जा कम होने से सिस्टम **स्टेबल (Stable)** हो जाएगा।"

विन्यास (Configuration)	संभव विनिमय (Exchanges)	परिणाम
d^4 (Cr अपेक्षित)	1st e^-: 3 जगह बदल सकता है 2nd e^-: 2 जगह बदल सकता है 3rd e^-: 1 जगह बदल सकता है **कुल = 6 विनिमय**	कम ऊर्जा निकली → **कम स्थाई**
d^5 (Cr वास्तविक)	1st e^-: 4 जगह बदल सकता है 2nd e^-: 3 जगह बदल सकता है 3rd e^-: 2 जगह बदल सकता है 4th e^-: 1 जगह बदल सकता है **कुल = 10 विनिमय**	ज्यादा ऊर्जा निकली → **ज्यादा स्थाई**

(नोट: विनिमय केवल **समान स्पिन (Same Spin)** वाले इलेक्ट्रॉनों के बीच होता है।)

निष्कर्ष (Conclusion)

क्रोमियम (Cr) और कॉपर (Cu) में इलेक्ट्रॉन s-कक्षक से d-कक्षक में इसलिए कूद जाते हैं ताकि वे:

- **सममिति (Symmetry)** प्राप्त कर सकें।
- **विनिमय ऊर्जा (Exchange Energy)** को अधिकतम कर सकें।

पूर्ण पूरित (d^{10}) > अर्ध पूरित (d^5) > आंशिक पूरित (d^1-d^4, d^6-d^9)

Topic 45: तत्वों का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास

नीचे दी गई टेबल में अक्रिय गैस (Noble Gas) कोर का उपयोग किया गया है ताकि विन्यास छोटा और पढ़ने में आसान हो।
[He]=2, [Ne]=10, [Ar]=18, [Kr]=36, [Xe]=54, [Rn]=86

* का मतलब है: अपवाद (Exception)

Z	तत्व	विन्यास (Configuration)
1	H (Hydrogen)	$1s^1$
2	He (Helium)	$1s^2$
Period 2		
3	Li (Lithium)	[He] $2s^1$
4	Be (Beryllium)	[He] $2s^2$
5	B (Boron)	[He] $2s^2$ $2p^1$
6	C (Carbon)	[He] $2s^2$ $2p^2$
7	N (Nitrogen)	[He] $2s^2$ $2p^3$
8	O (Oxygen)	[He] $2s^2$ $2p^4$
9	F (Fluorine)	[He] $2s^2$ $2p^5$
10	Ne (Neon)	[He] $2s^2$ $2p^6$
Period 3		
11	Na (Sodium)	[Ne] $3s^1$
12	Mg (Magnesium)	[Ne] $3s^2$
13	Al (Aluminium)	[Ne] $3s^2$ $3p^1$
14	Si (Silicon)	[Ne] $3s^2$ $3p^2$
15	P (Phosphorus)	[Ne] $3s^2$ $3p^3$
16	S (Sulfur)	[Ne] $3s^2$ $3p^4$
17	Cl (Chlorine)	[Ne] $3s^2$ $3p^5$
18	Ar (Argon)	[Ne] $3s^2$ $3p^6$

Z	तत्व	विन्यास (Configuration)
Period 4 (d-block begins)		
19	K (Potassium)	[Ar] $4s^1$
20	Ca (Calcium)	[Ar] $4s^2$
21	Sc (Scandium)	[Ar] $3d^1$ $4s^2$
22	Ti (Titanium)	[Ar] $3d^2$ $4s^2$
23	V (Vanadium)	[Ar] $3d^3$ $4s^2$
24	**Cr (Chromium)***	**[Ar] $3d^5$ $4s^1$**
25	Mn (Manganese)	[Ar] $3d^5$ $4s^2$
26	Fe (Iron)	[Ar] $3d^6$ $4s^2$
27	Co (Cobalt)	[Ar] $3d^7$ $4s^2$
28	Ni (Nickel)	[Ar] $3d^8$ $4s^2$
29	**Cu (Copper)***	**[Ar] $3d^{10}$ $4s^1$**
30	Zn (Zinc)	[Ar] $3d^{10}$ $4s^2$

Z	तत्व	विन्यास (Configuration)
31-36	Ga - Kr	(नियम अनुसार p-block भरें)
अन्य महत्वपूर्ण अपवाद (Exam Special)		
46	Pd (Palladium)*	[Kr] $4d^{10}$ $5s^0$ (s पूरा खाली!)
47	Ag (Silver)*	[Kr] $4d^{10}$ $5s^1$
57	La (Lanthanum)*	[Xe] $5d^1$ $6s^2$ (f में नहीं जाता)
74	W (Tungsten)	[Xe] $4f^{14}$ $5d^4$ $6s^2$
78	Pt (Platinum)*	[Xe] $4f^{14}$ $5d^9$ $6s^1$
79	Au (Gold)*	[Xe] $4f^{14}$ $5d^{10}$ $6s^1$
सुपर-हैवी तत्व (Z > 100)		
101	Md (Mendelevium)	[Rn] $5f^{13}$ $7s^2$
110	Ds (Darmstadtium)	[Rn] $5f^{14}$ $6d^9$ $7s^1$

Z	तत्व	विन्यास (Configuration)
111	**Rg (Roentgenium)**	**[Rn] $5f^{14}$ $6d^{10}$ $7s^{1}$**
112	Cn (Copernicium)	[Rn] $5f^{14}$ $6d^{10}$ $7s^{2}$
118	Og (Oganesson)	[Rn] $5f^{14}$ $6d^{10}$ $7s^{2}$ $7p^{6}$

NEET Level Practice Test: Chapter 2

Q1. निम्नलिखित में से कौन सा जोड़ा "समइलेक्ट्रॉनिक" (Isoelectronic) आयनों का है?

- (A) Na^{+}, Mg^{2+}
- (B) Al^{3+}, O^{-}
- (C) Na^{+}, O^{2-}
- (D) (A) और (C) दोनों

उत्तर देखें

सही उत्तर: (D)

व्याख्या: समइलेक्ट्रॉनिक = समान इलेक्ट्रॉनों की संख्या।
Na^{+} (11-1 = 10 e^{-})
Mg^{2+} (12-2 = 10 e^{-})
O^{2-} (8+2 = 10 e^{-})
अतः तीनों में 10-10 इलेक्ट्रॉन हैं। इसलिए A और C दोनों सही जोड़े हैं।

Q2. '3p' कक्षक (Orbital) के लिए त्रिज्य नोड्स (Radial Nodes) की संख्या क्या है?

- (A) 0
- (B) 1
- (C) 2
- (D) 3

उत्तर देखें

सही उत्तर: (B)

व्याख्या:
त्रिज्य नोड्स = n - l - 1
3p के लिए: n = 3, l = 1 (p के लिए)
नोड्स = 3 - 1 - 1 = **1**

Q3. निम्न में से कौन सा क्वांटम संख्याओं का सेट असंभव है?

- (A) n=3, l=2, m=-2, s=+½
- (B) n=4, l=0, m=0, s=-½
- (C) n=3, l=2, m=-3, s=+½
- (D) n=5, l=3, m=0, s=+½

उत्तर देखें

सही उत्तर: (C)

व्याख्या:
नियम: m का मान -l से +l के बीच होना चाहिए।
विकल्प (C) में l=2 है, लेकिन m=-3 दिया है। l=2 के लिए m सिर्फ -2, -1, 0, +1, +2 हो सकता है। -3 संभव नहीं है।

Q4. एक d-इलेक्ट्रॉन के लिए कक्षीय कोणीय संवेग (Orbital Angular Momentum) का मान क्या होगा?

(सूत्र: $\sqrt{[l(l+1)]}\ h/2\pi$)

- (A) $\sqrt{6}\ (h/2\pi)$
- (B) $\sqrt{2}\ (h/2\pi)$
- (C) 0

- (D) $\sqrt{12}$ (h/2π)

उत्तर देखें

सही उत्तर: (A)

व्याख्या:

d-कक्षक के लिए l = 2 होता है।

मान रखने पर: $\sqrt{[2(2+1)]} = \sqrt{[2\times3]} = \mathbf{\sqrt{6}}$

Q5. Cr (Z=24) का 'स्पिन मात्र' चुंबकीय आघूर्ण (Magnetic Moment) क्या है?

- (A) 2.84 BM
- (B) 4.90 BM
- (C) 5.92 BM
- (D) 3.87 BM

उत्तर देखें

सही उत्तर: (C)

व्याख्या:

Cr का सही विन्यास: [Ar] $3d^5$ $4s^1$ (अपवाद!)

अयुग्मित इलेक्ट्रॉन (Unpaired Electrons) n = 5 + 1 = 6.

सूत्र: $\mu = \sqrt{[n(n+2)]} = \sqrt{[6(8)]} = \sqrt{48} \approx 6.9$ BM.

सुधार: कई बार छात्र 4s के इलेक्ट्रॉन को भूल जाते हैं। यदि केवल $3d^5$ मानें तो 5.92 BM आएगा। (NEET में अक्सर आयन पूछता है, लेकिन न्यूट्रल Cr में 6 अयुग्मित इलेक्ट्रॉन होते हैं, $\sqrt{48}$ सही है। यदि Cr^{3+} होता तो 3.87 BM होता)।

नोट: अगर विकल्प (C) 6.92 होता तो वो सही होता। दिए गए विकल्पों में सबसे पास 5.92 (5 इलेक्ट्रॉनों के लिए) है, जो अक्सर किताबों में $3d^5$ के आधार पर दिया जाता है।

Q6. हाइड्रोजन परमाणु (H-atom) के लिए ऊर्जा का सही क्रम कौन सा है?

- (A) 1s < 2s < 2p < 3s
- (B) 1s < 2s = 2p < 3s = 3p
- (C) 1s < 2p < 2s < 3p
- (D) 1s = 2s = 2p

उत्तर देखें

सही उत्तर: (B)

व्याख्या:

बहु-इलेक्ट्रॉन परमाणुओं के लिए (n+l) नियम लगता है (2s < 2p)।

लेकिन **हाइड्रोजन (1 इलेक्ट्रॉन)** के लिए ऊर्जा केवल 'n' पर निर्भर करती है।

इसलिए n=2 वाले सभी कक्षक (2s, 2p) बराबर ऊर्जा के होंगे।

Q7. यदि स्थिति (Δx) और संवेग (Δp) में अनिश्चितता बराबर हो, तो वेग में अनिश्चितता (Δv) क्या होगी?

- (A) $\sqrt{(h/\pi)}$
- (B) $(1/2m)\sqrt{(h/\pi)}$
- (C) $\sqrt{(h/4\pi m)}$
- (D) $(1/2m)\sqrt{(h/2\pi)}$

उत्तर देखें

सही उत्तर: (B)

हल:

$\Delta x \times \Delta p = h/4\pi$

दिया है $\Delta x = \Delta p$, तो $(\Delta p)^2 = h/4\pi$

$\Delta p = \sqrt{(h/4\pi)} = (1/2)\sqrt{(h/\pi)}$

चूंकि $\Delta p = m\Delta v$, तो $\Delta v = (\Delta p)/m$

$\Delta v = (1/2m)\sqrt{(h/\pi)}$

Q8. एक परमाणु में n = 4 और m_s = -1/2 वाले अधिकतम कितने इलेक्ट्रॉन हो सकते हैं?

- (A) 32
- (B) 16
- (C) 8

- (D) 4

उत्तर देखें

सही उत्तर: (B)

व्याख्या:

n = 4 कोश में कुल इलेक्ट्रॉन = $2n^2 = 2(16) = 32$.

इनमें से आधे इलेक्ट्रॉन (+1/2) स्पिन के होंगे और आधे (-1/2) स्पिन के।

इसलिए, -1/2 वाले कुल इलेक्ट्रॉन = 32 / 2 = **16**.

Q9. यदि किसी कण की गतिज ऊर्जा (K.E.) को 4 गुना कर दिया जाए, तो उसकी डी-ब्रोग्ली तरंगदैर्ध्य (λ) कितनी हो जाएगी?

- (A) 2 गुनी
- (B) 4 गुनी
- (C) आधी (½)
- (D) एक-चौथाई (¼)

उत्तर देखें

सही उत्तर: (C)

व्याख्या:

सूत्र: $\lambda = h / \sqrt{(2mK)}$

अतः $\lambda \propto 1 / \sqrt{K}$

यदि K को 4 गुना करेंगे, तो $\lambda = 1 / \sqrt{4} = 1/2$ गुना हो जाएगा।

Q10. Fe^{2+} (Z=26) में 'd-इलेक्ट्रॉनों' की संख्या, निम्नलिखित में से किसके 'p-इलेक्ट्रॉनों' की संख्या के बराबर नहीं है?

- (A) Ne (Z=10)
- (B) Mg (Z=12)
- (C) Cl (Z=17)
- (D) Fe (Z=26)

उत्तर देखें

सही उत्तर: (C)

व्याख्या (Analysis):

1. **Fe^{2+}:** [Ar] $3d^6$ (4s से 2 निकल गए)। d-इलेक्ट्रॉन = **6**.

अब देखते हैं किसमें p-इलेक्ट्रॉन 6 नहीं हैं:

(A) Ne: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$ (6 हैं)

(B) Mg: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2$ (6 हैं)

(C) Cl: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$ (कुल p = 6+5 = 11 हैं)

अतः Cl के p-इलेक्ट्रॉन (11) और Fe^{2+} के d-इलेक्ट्रॉन (6) बराबर नहीं हैं।

Practice Test Set-2: Chapter 2

Q11. d^7 विन्यास वाले परमाणु के लिए 'कुल चक्रण' (Total Spin) का मान क्या होगा?

- (A) 1/2
- (B) 3/2
- (C) 5/2
- (D) 7/2

उत्तर देखें

सही उत्तर: (B)

हल:

d^7 विन्यास: [↑↓][↑↓][↑][↑][↑]

अयुग्मित इलेक्ट्रॉन (n) = 3

कुल स्पिन = ± n × (1/2) = 3 × 1/2 = **3/2**

Q12. हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम की कौन सी श्रेणी 'दृश्य क्षेत्र' (Visible Region) में आती है?

- (A) लाइमन (Lyman)
- (B) बामर (Balmer)
- (C) पाश्चन (Paschen)

- (D) ब्रैकेट (Brackett)

उत्तर देखें

सही उत्तर: (B)

व्याख्या:

लाहमन = पराबैंगनी (UV)

बामर = दृश्य (Visible) (यही हमें दिखाई देती है)

पाश्चन/ब्रैकेट/फंड = अवरक्त (Infrared)

Q13. 4d कक्षक में 'कोणीय नोड्स' (Angular Nodes) की संख्या कितनी है?

- (A) 4
- (B) 3
- (C) 2
- (D) 1

उत्तर देखें

सही उत्तर: (C)

व्याख्या:

कोणीय नोड्स की संख्या सीधे 'l' (द्विगंशी क्वांटम संख्या) के बराबर होती है।

d-कक्षक के लिए l = 2 होता है। अतः कोणीय नोड्स = **2**.

Q14. हाइड्रोजन की दूसरी (n=2) और तीसरी (n=3) बोहर कक्षा की त्रिज्या का अनुपात (Ratio) क्या होगा?

- (A) 2:3
- (B) 4:9
- (C) 9:4
- (D) 3:2

उत्तर देखें

सही उत्तर: (B)

हल:

त्रिज्या $r \propto n^2/Z$

हाइड्रोजन के लिए Z=1 फिक्स है, तो $r \propto n^2$

$r_2 / r_3 = (2)^2 / (3)^2 =$ **4/9**

Q15. यदि किसी धातु का कार्य फलन (Work Function) शून्य (0) हो जाए, तो उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा (K.E.) क्या होगी?

- (A) आपतित फोटॉन की ऊर्जा के बराबर
- (B) शून्य
- (C) अनंत
- (D) ऋणात्मक

उत्तर देखें

सही उत्तर: (A)

व्याख्या:

समीकरण: E = K.E. + W (कार्य फलन)

यदि W = 0, तो E = K.E.

यानी फोटॉन की सारी ऊर्जा इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा बन जाएगी।

Q16. लाइमन श्रेणी में 'अधिकतम तरंगदैर्ध्य' (Maximum Wavelength) किस संक्रमण (Transition) के संगत होती है?

- (A) n = ∞ → n = 1
- (B) n = 2 → n = 1
- (C) n = 5 → n = 1
- (D) n = 3 → n = 2

उत्तर देखें

सही उत्तर: (B)

व्याख्या (Tricky):

$E \propto 1/\lambda$ (ऊर्जा और तरंगदैर्ध्य उल्टे होते हैं)।

अधिकतम λ मतलब **न्यूनतम ऊर्जा (Minimum**

Energy)।

सबसे कम ऊर्जा का गैप पास वाली कक्षाओं में होता है।

लाइमन (n=1) के लिए सबसे पास n=2 है।

अतः 2 → 1 संक्रमण में सबसे कम ऊर्जा निकलेगी और तरंगदैर्ध्य सबसे ज्यादा होगी।

Q17. एक इलेक्ट्रॉन n=5 से n=1 (Ground state) में कूदता है। स्पेक्ट्रम में कुल कितनी रेखाएं (Lines) प्राप्त होंगी?

- (A) 5
- (B) 4
- (C) 10
- (D) 15

उत्तर देखें

सही उत्तर: (C)

सूत्र: Lines = $\Sigma(n_2 - n_1) = n(n-1)/2$ (जब ग्राउंड स्टेट में आए)

यहाँ n=5 है।

Lines = 5(5-1)/2 = 5 × 4 / 2 = 20/2 = **10**

Q18. परमाणु क्रमांक (Z) बढ़ने पर, इलेक्ट्रॉन का वेग (Velocity) बोहर की पहली कक्षा में कैसे बदलता है?

- (A) बढ़ता है (Increases)
- (B) घटता है (Decreases)
- (C) समान रहता है
- (D) पहले बढ़ता है फिर घटता है

उत्तर देखें

सही उत्तर: (A)

व्याख्या:

सूत्र: $v = 2.18 \times 10^6 \times (Z/n)$ m/s

$v \propto Z$ (वेग, Z के समानुपाती है)।

नाभिक का आवेश (Z) जितना ज्यादा होगा, वह इलेक्ट्रॉन को उतनी ही जोर से खींचेगा और इलेक्ट्रॉन को गिरने से बचने के लिए उतना ही तेज दौड़ना पड़ेगा।

Q19. एक परमाणु में क्वांटम संख्या n=3, l=1 और m_l=0 वाले कुल कितने कक्षक (Orbitals) हो सकते हैं?

- (A) 1
- (B) 3
- (C) 5
- (D) 2

उत्तर देखें

सही उत्तर: (A)

व्याख्या:

n=3, l=1 का मतलब 3p उपकोश है।

3p में तीन कक्षक होते हैं (m = -1, 0, +1)।

प्रश्न में विशिष्ट रूप से $m_l = 0$ पूछा है।

m=0 वाला **केवल एक** ही कक्षक होता है (जिसे हम आमतौर पर $3p_z$ मानते हैं)।

Q20. सल्फाइड आयन (S^{2-}) का बाह्यतम विन्यास किसके समान है?

- (A) क्लोरीन (Cl)
- (B) नियॉन (Ne)
- (C) आर्गन (Ar)
- (D) ऑक्सीजन (O)

उत्तर देखें

सही उत्तर: (C)

हल:

सल्फर (S) का Z = 16 (2, 8, 6)।

S^{2-} मतलब 2 इलेक्ट्रॉन और आ गए → (2, 8, 8) = 18 इलेक्ट्रॉन।

18 इलेक्ट्रॉन **आर्गन (Ar)** के होते हैं।

Practice Test Set-3: Chapter 2

Q21. एक इलेक्ट्रॉन द्वारा 'n-वें' बोहर कक्षक में एक चक्कर लगाने में बनाई गई तरंगों (Waves) की संख्या कितनी होती है?

- (A) n^2
- (B) n
- (C) 1/n
- (D) 2n

उत्तर देखें

सही उत्तर: (B)

व्याख्या:

परिधि = n × तरंगदैर्ध्य

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

इसका सीधा मतलब है कि कक्षा संख्या (n) ही तरंगों की संख्या होती है।

तीसरी कक्षा में 3 तरंगें, चौथी में 4 तरंगें।

Q22. हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम में किस संक्रमण (Transition) के लिए तरंगदैर्ध्य (λ) न्यूनतम (Shortest) होगी?

- (A) n = 2 → n = 1
- (B) n = ∞ → n = 1
- (C) n = 3 → n = 2
- (D) n = 4 → n = 3

उत्तर देखें

सही उत्तर: (B)

ट्रिक: $E \propto 1/\lambda$.

न्यूनतम तरंगदैर्ध्य = अधिकतम ऊर्जा।

ऊर्जा का गैप सबसे ज्यादा तब होता है जब इलेक्ट्रॉन **अनंत (∞)** से पहली कक्षा (n=1) में गिरता है।

Q23. '4s' कक्षक के इलेक्ट्रॉन का कक्षीय कोणीय संवेग (Orbital Angular Momentum) क्या है?

- (A) 4 (h/2π)
- (B) 1 (h/2π)
- (C) शून्य (Zero)
- (D) 2 (h/2π)

उत्तर देखें

सही उत्तर: (C)

व्याख्या:

सूत्र: $\sqrt{[l(l+1)]}\ h/2\pi$

s-कक्षक के लिए l = 0 होता है।

अतः कोणीय संवेग भी **0** होगा। (चाहे वह 1s हो, 4s हो या 7s)।

Q24. सोडियम (Z=11) के अंतिम इलेक्ट्रॉन के लिए चारों क्वांटम संख्याओं का सही सेट क्या है?

- (A) n=3, l=1, m=0, s=+1/2
- (B) n=3, l=0, m=0, s=+1/2
- (C) n=3, l=2, m=1, s=-1/2
- (D) n=2, l=0, m=0, s=+1/2

उत्तर देखें

सही उत्तर: (B)

हल:

Na (Z=11) का विन्यास: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ \mathbf{3s^1}$

अंतिम इलेक्ट्रॉन $\mathbf{3s^1}$ में है।

n = 3 (तीसरी कक्षा)

l = 0 (s के लिए)

m = 0 (l=0 तो m भी 0)

s = +1/2 या -1/2

Q25. प्रकाश विद्युत प्रभाव (Photoelectric Effect) में, यदि आपतित प्रकाश की आवृत्ति, देहली आवृत्ति (v_0) से कम है, तो क्या होगा?

- (A) इलेक्ट्रॉन धीरे निकलेंगे
- (B) इलेक्ट्रॉन उत्सर्जन नहीं होगा
- (C) तीव्रता बढ़ाने पर उत्सर्जन होगा
- (D) इलेक्ट्रॉन निकलेंगे लेकिन गतिज ऊर्जा 0 होगी

उत्तर देखें

सही उत्तर: (B)

व्याख्या:
यह एक सख्त नियम है। यदि $v < v_0$ है, तो चाहे आप कितनी भी तेज रोशनी (Intensity) डाल लें, **एक भी इलेक्ट्रॉन बाहर नहीं निकलेगा।**

Q26. आर्गन ($_{18}Ar^{40}$) और कैल्शियम ($_{20}Ca^{40}$) एक दूसरे के क्या हैं?

- (A) समस्थानिक (Isotopes)
- (B) समभारिक (Isobars)
- (C) समइलेक्ट्रॉनिक (Isoelectronic)
- (D) आइसोटोन (Isotones)

उत्तर देखें

सही उत्तर: (B)

व्याख्या:
समभारिक (Isobars) = जिनका परमाणु भार (Mass Number) समान हो लेकिन परमाणु क्रमांक अलग हो। यहाँ दोनों का भार **40** है।

Q27. किसी उपकोश (Subshell) में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या ज्ञात करने का सूत्र क्या है?

- (A) $2n^2$
- (B) $2l + 1$
- (C) $4l + 2$
- (D) $n + l$

उत्तर देखें

सही उत्तर: (C)

व्याख्या:
कक्षकों की संख्या = $2l + 1$
इलेक्ट्रॉनों की संख्या = 2 × (कक्षकों की संख्या)
$= 2(2l + 1) =$ **$4l + 2$**

Q28. परिरक्षण प्रभाव (Shielding Effect) का सही क्रम क्या है?

- (A) s > p > d > f
- (B) s < p < d < f
- (C) f > d > p > s
- (D) s = p = d = f

उत्तर देखें

सही उत्तर: (A)

व्याख्या:
s-कक्षक नाभिक के सबसे करीब और गोलाकार होते हैं, इसलिए वे सबसे ज्यादा बचाते (Shield) हैं।
f-कक्षक बहुत बिखरे (Diffuse) होते हैं, इसलिए उनकी शील्डिंग सबसे कमजोर होती है।

Q29. नाइट्रोजन (N) की प्रथम आयनन ऊर्जा, ऑक्सीजन (O) से ज्यादा क्यों होती है?

- (A) N का आकार छोटा है
- (B) N का नाभिकीय आवेश ज्यादा है
- (C) N में अर्ध-पूरित (Half-filled) p-कक्षक है
- (D) N अधिक विद्युत ऋणात्मक है

उत्तर देखें

सही उत्तर: (C)

व्याख्या:

N ($2p^3$) - आधा भरा हुआ (स्थिर)।

O ($2p^4$) - आंशिक भरा हुआ (कम स्थिर)।

स्थिर विन्यास से इलेक्ट्रॉन निकालना मुश्किल होता है, इसलिए N की आयनन ऊर्जा ज्यादा होती है।

Q30. श्रोडिंगर समीकरण के हल से कौन सी क्वांटम संख्या प्राप्त नहीं होती?

- (A) n (मुख्य)
- (B) l (द्विगंशी)
- (C) m_l (चुंबकीय)
- (D) m_s (चक्रण/Spin)

उत्तर देखें

सही उत्तर: (D)

व्याख्या:

श्रोडिंगर समीकरण केवल 3 निर्देशांकों (x, y, z) पर काम करती है जिससे n, l, और m_l मिलते हैं।

स्पिन (m_s) बाद में प्रयोगों द्वारा जोड़ा गया था, यह समीकरण से नहीं निकला।

Practice Test Set-4: Chapter 2

Q31. चौथे ऊर्जा स्तर (n=4) में कुल कक्षकों (Total Orbitals) की संख्या कितनी होगी?

- (A) 4
- (B) 8
- (C) 16
- (D) 32

उत्तर देखें

सही उत्तर: (C)

सूत्र: किसी भी कोश (Shell) में कुल कक्षक = n^2

यहाँ n=4 है, तो $4^2 = 16$.

(नोट: अगर इलेक्ट्रॉन पूछता तो $2n^2 = 32$ होते।)

Q32. यदि किसी इलेक्ट्रॉन की स्थिति बिल्कुल सटीक माप ली जाए ($\Delta x = 0$), तो उसके संवेग में अनिश्चितता (Δp) क्या होगी?

- (A) शून्य (Zero)
- (B) अनंत (Infinite)
- (C) $h/4\pi$
- (D) 1

उत्तर देखें

सही उत्तर: (B)

व्याख्या:

$\Delta x \times \Delta p \geq h/4\pi$

$\Delta p \geq h / (4\pi \times \Delta x)$

यदि $\Delta x = 0$ रख दें, तो किसी भी संख्या को 0 से भाग देने पर उत्तर **अनंत (∞)** आता है।

Q33. कक्षक की 'आकृति' (Shape) किस क्वांटम संख्या द्वारा निर्धारित होती है?

- (A) मुख्य (n)
- (B) दिगंशी (l)
- (C) चुंबकीय (m_l)
- (D) चक्रण (m_s)

उत्तर देखें

सही उत्तर: (B)

याद रखें:

n → आकार (Size) और ऊर्जा

l → आकृति (Shape) (s=गोल, p=डंबल)

m → दिशा (Orientation)

Q34. निम्नलिखित में से कौन सी स्पीशीज CO के साथ समइलेक्ट्रॉनिक (Isoelectronic) है?

- (A) CN^-
- (B) N_2^+
- (C) O_2^-
- (D) N_2^-

उत्तर देखें

सही उत्तर: (A)

हल:

CO में इलेक्ट्रॉन = C(6) + O(8) = 14 e^-

(A) CN^- = C(6) + N(7) + 1 (माइनस चार्ज) = 14 e^-

अतः दोनों बराबर हैं। (नोट: N_2 भी 14 होता है)।

Q35. Fe^{3+} (Z=26) में अयुग्मित इलेक्ट्रॉनों (Unpaired Electrons) की संख्या कितनी है?

- (A) 4
- (B) 5
- (C) 3
- (D) 6

उत्तर देखें

सही उत्तर: (B)

हल:

Fe = [Ar] $3d^6$ $4s^2$

Fe^{3+} (3 निकालें): 2 निकलेंगे 4s से और 1 निकलेगा 3d से।

बचा = $3d^5$ (पाँचों इलेक्ट्रॉन अलग-अलग बॉक्स में होंगे)।

उत्तर = 5

Q36. निम्नलिखित में से किस कक्षक (Orbital) का कोई अस्तित्व नहीं है?

- (A) 2s
- (B) 3f
- (C) 4d
- (D) 5g

उत्तर देखें

सही उत्तर: (B)

व्याख्या:

f-कक्षक n=4 से शुरू होते हैं (4f)।

n=3 के लिए l का मान 0, 1, 2 (s, p, d) हो सकता है, लेकिन 3 (f) नहीं हो सकता।

इसलिए 1p, 2d और 3f संभव नहीं हैं।

Q37. एक फोटॉन की ऊर्जा क्या होगी जिसकी तरंगदैर्ध्य 4000 Å है? ($h = 6.6 \times 10^{-34}$)

- (A) 3.1 eV
- (B) 1.5 eV
- (C) 1240 eV
- (D) 4.5 eV

उत्तर देखें

सही उत्तर: (A)

शॉर्टकट फॉर्मूला: E (eV) = 12400 / λ (Å में)

E = 12400 / 4000

E = 12.4 / 4 = **3.1 eV**

Q38. निम्नलिखित में से किसका वेग निर्वात (Vacuum) में हमेशा समान रहता है?

- (A) इलेक्ट्रॉन पुंज
- (B) प्रोटॉन
- (C) एक्स-किरणें (X-Rays)
- (D) अल्फा कण

उत्तर देखें

सही उत्तर: (C)

व्याख्या:

X-Rays विद्युत चुम्बकीय तरंगें (EM Waves) हैं। सभी EM तरंगें (जैसे प्रकाश, UV, रेडियो) प्रकाश की चाल (c) से चलती हैं।

बाकी सभी (इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन) कण हैं जिनका वेग ऊर्जा पर निर्भर करता है।

Q39. d-उपकोश (Subshell) में 'समान चक्रण' (Same Spin) वाले इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या कितनी हो सकती है?

- (A) 10
- (B) 5
- (C) 2
- (D) 14

उत्तर देखें

सही उत्तर: (B)

व्याख्या:

d-उपकोश में कुल इलेक्ट्रॉन = 10.

आधे ऊपर की ओर स्पिन (+1/2) वाले और आधे नीचे की ओर (-1/2) वाले होते हैं।

अतः एक दिशा वाले अधिकतम = 10 / 2 = **5**.

Q40. "द्रव्य (Matter) में कण और तरंग दोनों के गुण होते हैं" - यह सिद्धांत किसने दिया?

- (A) हाइजेनबर्ग
- (B) डी-ब्रोग्ली (de Broglie)
- (C) श्रोडिंगर
- (D) प्लैंक

उत्तर देखें

सही उत्तर: (B)

SUNSHINE EDUCATION BADORA