1. मॉड्यूल और इसकी संरचना का विवरण

मॉडयूल विस्तार	
विषय का नाम	रसायन विज्ञान
पाठयक्रम का नाम	रसायन विज्ञान 01 (कक्षा XI, सेमेस्टर 01)
मॉडयूल का नाम / शीर्षक	परमाणु की संरचना: भाग 1
मॉडयूल आईडी	kech_10201
आवश्यक पूर्व ज्ञान:	परमाणु की संरचना, आवेश
उद्देश्य	इस मॉडयूल के अध्ययन के बाद आप सक्षम हो जायेंगे: 1. इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन और न्यूट्रॉन की खोज के बारे में जान पाएंगे। 2. इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन और न्यूट्रॉन की विशेषताओं को याद कर पाएंगे। 3. रदरफोर्ड के α कण प्रकीर्णन प्रयोग की व्याख्या कर पाएंगे। 4. परमाणु संख्या और द्रव्यमान को परिभाषित कर पाएंगे। 5. रदरफोर्ड के परमाणु मॉडल की कमियों को समझ पाएंगे।
प्रमुख शब्द (की वर्ड्स)	इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन, α कण, थॉमसन परमाणु मॉडल, रदरफोर्ड परमाणु मॉडल

2. विकास दल

भूमिका	नाम	संबद्धता
राष्ट्रीय एमओओसी समन्वयक (एनएमसी)	प्रो. अमरेन्द्र पी. बेहरा	CIET, NCERT, नई दिल्ली
कार्यक्रम समन्वयक	डॉ. मो. मामूर अली	CIET, NCERT, नई दिल्ली
पाठयक्रम समन्वयक (CC) / पी.आई.	प्रो. आर. के. पराशर	DESM, NCERT, नई दिल्ली
पाठयक्रम समन्वयक / सह-पी.आई.	डॉ. एरुम खान	CIET, NCERT, नई दिल्ली
विषय-वस्तु विशेषज्ञ (SME)	डॉ. के. के. अरोड़ा डॉ. के. के. शर्मा	जाकिर हुसैन दिल्ली कॉलेज (दिल्ली विश्वविद्यालय), दिल्ली राजकीय कॉलेज अजमेर, राजस्थान

समीक्षा टीम	डॉ. नीती मिश्रा डॉ. एरुम खान	आचार्य नरेंद्र देव कॉलेज, नई दिल्ली CIET, NCERT, नई दिल्ली
अनुवादक	डॉ अमर श्रीवास्तव	एसोशिएट प्रोफेसर रसायन विज्ञान विभाग, डी.ए.वी. कॉलेज, कानपुर 208001, उत्तर प्रदेश

विषय सूची:

1.0 परिचय

2.0 अव-परमाणुविक कण

    2.1 इलेक्ट्रॉन की खोज

    2.2 इलेक्ट्रॉन का आवेश-द्रव्यमान अनुपात

    2.3 इलेक्ट्रॉन पर आवेश

    2.4 प्रोटॉन और न्यूट्रॉन की खोज

3.0 परमाणु मॉडल

    3.1 थॉमसन का परमाणु मॉडल

    3.2 रदरफोर्ड का परमाणु मॉडल

    3.3 परमाणु संख्या और द्रव्यमान संख्या

    3.4 समभारिक और समस्थानिक

    3.5 रदरफोर्ड मॉडल के दोष

4.0 सारांश

1. परिचय

इस मॉडचूल में, आप अव-परमाणुविक कणों के बारे में अध्ययन करेंगे- इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन और न्यूट्रॉन। यह विचार डाल्टन के अवधारणा से सर्वथा भिन्न है। आप यह भी अध्ययन करेंगे कि रदरफोर्ड किस प्रकार अपने α कण प्रकीर्णन प्रयोगों के आधार पर परमाणु मॉडल विकसित कर पाने मे सफल रहा।

प्रारंभिक भारतीय और यूनानी दार्शनिकों (400 ई.पू.) के समय से परमाणुओं के अस्तित्व का प्रस्ताव किया गया है जो इस दृष्टिकोण के थे कि परमाणु पदार्थ के मूलभूत निर्माण खंड हैं। उनके अनुसार, पदार्थ के निरंतर विभाजन अंततः उन परमाणुओं को उत्पन्न करेंगे जो आगे विभाजित नहीं हो सकते हैं। परमाणु (atom) शब्द ग्रीक शब्द atomos से लिया गया है, जिसका अर्थ है अकाटच या अविभाज्य। ये पहले के विचार दार्शनिक सोच पर आधारित थे पर इनका परीक्षण करने का कोई प्रायोगिक तरीका नहीं था।

1808 में ब्रिटिश स्कूल के एक शिक्षक जॉन डाल्टन द्वारा पदार्थ के परमाणु सिद्धांत को पहली बार वैज्ञानिक आधार पर प्रस्तावित किया गया था। उनके सिद्धांत, जिसे डाल्टन के परमाणु सिद्धांत कहा जाता है, परमाणु को पदार्थ का मूल कण मानते थे।

2. अव-परमाणुविक कण

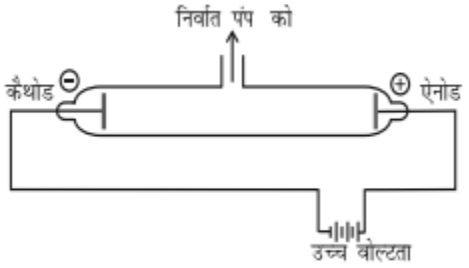
डाल्टन के परमाणु सिद्धांत से द्रव्यमान के संरक्षण के नियम, स्थिर संघटन के नियम और गुणित अनुपात के नियम को बहुत सफलतापूर्वक समझाया जा सका। हालांकि, यह कई प्रयोगों के परिणामों की व्याख्या करने में विफल रहा। उदाहरण के लिए, कांच या ईबोनाइट जैसे पदार्थ, रेशम या फर के साथ घिसने पर, बिजली उत्पन्न करते हैं। बीसवीं शताब्दी में कई प्रकार के अव-परमाणुविक कणों की खोज की गई थी। हालांकि, इस खंड में हम केवल दो कणों के बारे में बात करेंगे, अर्थात् इलेक्ट्रॉन और प्रोटॉन।

2.1 इलेक्ट्रॉन की खोज

1830 में, माइकल फैराडे ने दिखाया कि यदि किसी विद्युत अपघटच के विलयन से बिजली प्रवाहित की गई तो इलेक्ट्रोड पर रासायनिक अभिक्रियाएं हुईं, जिसके परिणामस्वरूप इलेक्ट्रोड पर पदार्थ की मुक्ति और जमाव हुआ। उन्होंने कुछ नियम बनाए जो आप बारहवीं कक्षा में पढ़ेंगे। इन परिणामों ने बिजली के कण प्रकृति का सुझाव दिया। परमाणु की संरचना सम्बंधित एक अंतर्दृष्टि गैसों के माध्यम से विद्युत निर्वहन पर प्रयोगों से प्राप्त की गई थी। इससे पहले कि हम इन परिणामों पर चर्चा करें, हमें आवेशित कणों के व्यवहार के बारे में एक बुनियादी नियम को ध्यान में रखना होगा: समान आवेश एक-दूसरे को प्रतिकर्षित करते हैं और विपरीत आवेश एक-दूसरे को आकर्षित करते हैं।

1850 के मध्य में अनेक वैज्ञानिक, विशेष रूप से फैराडे ने आंशिक रूप से निर्वातित किए गए नलिकाओं (टचूबों) जिन्हें कैथोड किरण नलिकाएं कहा जाता है, में विद्युत विसर्जन का अध्ययन करना शुरू किया। यह चित्र 1 (क) में दर्शाया गया है। एक कैथोड किरण नलिका शीशे से बनी होती है जिसमें धातु के दो पतले टुकड़े होते हैं जो नलिका के दोनों सिरों पर सील होते हैं। धातुओं के इन टुकड़ों को इलेक्ट्रोड कहा

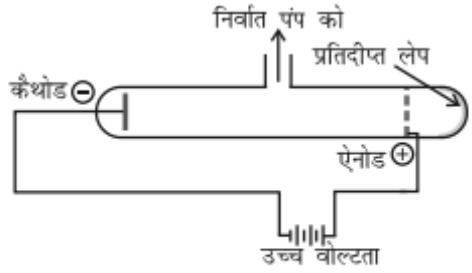
जाता है। इलेक्ट्रोडों में एक उच्च विद्युत विभवांतर लागू की गई। नलिका में मौजूद गैसों के माध्यम से विद्युत विसर्जन को केवल बहुत कम दाब और बहुत अधिक वोल्टेज पर देखा जा सकता है। विभिन्न गैसों के दाब को निर्वातन द्वारा नियंत्रित किया जा सकता है। जब इलेक्ट्रोडों पर पर्याप्त रूप से उच्च वोल्टेज लागू किया गया तो ऋणात्मक इलेक्ट्रोड (कैथोड) से धनात्मक इलेक्ट्रोड (एनोड) तक नलिका में, चलने वाले कणों की एक धारा के माध्यम से विद्युत प्रवाह शुरू हो गया। इन्हें कैथोड किरणें या कैथोड किरण कण कहते हैं।



चित्र 2.1 (क) एक कैथोड किरण विसर्जन नलिका

चित्र 1 (क) एक कैथोड किरण विसर्जन नलिका

एक छिद्रित एनोड का उपयोग करके और नलिका में एनोड के पीछे का भाग स्फुरदीप्त पदार्थ जिंक सल्फाइड के साथ लेपन करके इन किरणों के चाल की जाँच की गई। जब ये किरणें, एनोड से गुजरने के बाद, जिंक सल्फाइड पर्त पर प्रहार करती हैं, तो पर्त पर एक तीव्र चमक उत्पन्न होती है (यही बात टेलीविजन सेट में भी होती है) [चित्र 1(ख)]।



चित्र 2.1 (ख) सछिद्र एनोडयुक्त एक कैथोड–किरण विसर्जन नलिका

चित्र 1(ख) सछिद्र एनोडयुक्त एक कैथोड किरण विसर्जन नलिका

इन प्रयोगों के परिणामों को नीचे संक्षेप में प्रस्तुत किया गया है:

1. कैथोड किरणें कैथोड से शुरू होकर एनोड की ओर बढ़ती हैं।
2. ये किरणें स्वयं दिखाई नहीं देती हैं, लेकिन उनके व्यवहार को कुछ प्रकार की सामग्रियों (प्रतिदीप्त या स्फुरदीप्त) की मदद से देखा जा सकता है, जो उनके टकराने पर चमकते हैं।

टेलीविज़न पिक्चर ट्यूब कैथोड किरण नलिका हैं और टेलीविज़न स्क्रीन जो कुछ प्रतिदीप्त या स्फुरदीप्त पदार्थों के लेपन के परिणामस्वरूप टेलीविज़न स्क्रीन पर प्रतिदीप्ति उत्पन्न करती है।

3. विद्युत या चुंबकीय क्षेत्र की अनुपस्थिति में, ये किरणें सीधी रेखाओं में चलती हैं और स्क्रीन पर बिंदु B पर आक्रमण करती हैं (चित्र 2)।

(iv) विद्युत या चुंबकीय क्षेत्र की उपस्थिति में, कैथोड किरणों का व्यवहार ऋणावेशित कणों के समान होता है जो यह सुझाव देता है कि कैथोड किरणें ऋणावेशित कणों से मिलकर बनती हैं, जिन्हें इलेक्ट्रॉन कहा जाता है।

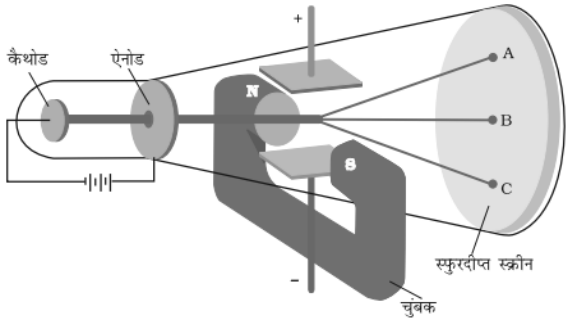
4. कैथोड किरणों (इलेक्ट्रॉनों) की विशेषताएं इलेक्ट्रोड की सामग्री और कैथोड किरण नलिका में मौजूद गैस की प्रकृति पर निर्भर नहीं करती हैं।

इस प्रकार, हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि इलेक्ट्रॉन सभी परमाणुओं के मूल घटक हैं।

2.2 इलेक्ट्रॉन का आवेश-द्रव्यमान अनुपात

ब्रिटिश भौतिक विज्ञानी जे.जे. थॉमसन ने 1897 में, कैथोड किरण नलिका का उपयोग करके और इलेक्ट्रॉनों के पथ पर विद्युत और चुंबकीय क्षेत्र जो एक दूसरे के साथ-साथ मार्ग के लिए लंबवत थे, को लागू करके विद्युत आवेश (e) और द्रव्यमान (me) के बीच अनुपात को मापा (चित्र 2)। थॉमसन ने यह तर्क दिया कि विद्युत या चुंबकीय क्षेत्र की उपस्थिति में उनके मार्ग से कणों के विचलन की मात्रा इन पर निर्भर करती है:

(i) कण पर ऋणात्मक आवेश का परिमाण - कण पर आवेश का परिमाण जितना अधिक होगा, उतना ही विद्युत या चुंबकीय क्षेत्र के साथ अन्योन्य क्रिया अधिक होती है और इस प्रकार विचलन अधिक होता है।



चित्र 2 इलेक्ट्रॉन का आवेश-द्रव्यमान अनुपात को निर्धारित करने वाला उपकरण

(ii) कण का द्रव्यमान - कण के हल्का होने से विचलन अधिक होता है।

(iii) विद्युत या चुंबकीय क्षेत्र की प्रबलता - इलेक्ट्रॉनों का अपने मूल पथ से विचलन इलेक्ट्रोडों में वोल्टेज में वृद्धि या चुंबकीय क्षेत्र की प्रबलता के साथ बढ़ता है।

जब केवल विद्युत क्षेत्र को लागू किया जाता है, तो इलेक्ट्रॉन अपने पथ से विचलित हो जाते हैं और बिंदु A पर कैथोड किरण नलिका से टकराते हैं। इसी प्रकार जब केवल चुंबकीय क्षेत्र को लागू किया जाता है, तो इलेक्ट्रॉन कैथोड किरण नलिका के बिंदु C पर टकराता है। विद्युत और चुंबकीय क्षेत्र की प्रबलताओं को संतुलित करके इलेक्ट्रॉन को, विद्युत और चुंबकीय क्षेत्र की अनुपस्थिति में, उसके मूल पथ पर वापस लाना संभव है तथा वे बिंदु बी पर स्क्रीन से टकराते हैं। थॉमसन ने विद्युत क्षेत्र या चुंबकीय क्षेत्र की प्रबलताओं पर इलेक्ट्रॉनों द्वारा प्रदर्शित विचलनों पर सटीक माप किए। इन मापों के आधार पर, उन्होंने $e/m_e = 1.758820 \times 10^{11}$ C kg^{-1} निर्धारित किया। जहां me इलेक्ट्रान का द्रव्यमान (किलोग्राम में) है और e इलेक्ट्रॉन पर आवेश (कूलाम्ब में) का परिमाण है। चूंकि इलेक्ट्रॉनों को ऋणात्मक आवेश के रूप में लिया जाता है, इसलिए इलेक्ट्रॉन पर आवेश – e है।

2.3 इलेक्ट्रॉन पर आवेश

आर.ए. मिलिकन (1868-1953) ने इलेक्ट्रॉनों पर आवेश निर्धारित करने के लिए एक विधि तैयार की जो तेल-बूंद प्रयोग कहलाता है। उन्होंने इलेक्ट्रॉन पर आवेश -1.6×10^{-19} C पाया। विद्युत आवेश का वर्तमान स्वीकृत मान है -1.6022×10^{-19}C । थॉमसन के e/me अनुपात के मान से इन परिणामों को साथ जोड़कर इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान (me) निर्धारित किया गया।

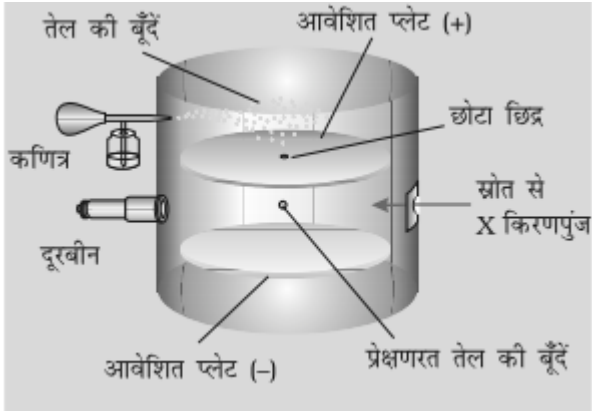
$m_e = e/ e/ m_e$

$= 1.6022 \times 10^{-19}$C/ 1.278820×10^{11} C kg^{-1}

$= 9.1094 \times 10^{-31}$ kg

मिलिकन की तेल की बूंद विधि

इस विधि में, कणित्र (एटमाइजर) द्वारा उत्पादित धुंध के रूप में तेल की बूंदों को विद्युत संघनित्र (कंडेनसर) की ऊपरी प्लेट में एक छोटे छिद्र के माध्यम से प्रवेश कराया जाता है। इन बूंदों के नीचे की ओर गति को माइक्रोमीटर नेत्रिका युक्त दूरबीन के माध्यम से देखा गया। इन बूंदों के गिरने की दर को मापकर, मिलिकन तेल की बूंदों के द्रव्यमान को मापने में सक्षम हुए। कक्ष के अंदर की वायु को एक्स-किरणों के एक पुंज के माध्यम से आयनित किया गया। गैसीय आयनों तथा तेल की बूंदों पर टकराव द्वारा तेल की बूंदों पर विद्युत आवेश उत्पन्न किया गया। इन आवेशित तेल की बूंदों का गिरना मंद, त्वरित या स्थिर किया जा सकता है जो कि बूंदों पर लगे आवेश और प्लेट पर लागू वोल्टेज की ध्रुवता और प्रबलता पर निर्भर करता है। तेल की बूंदों की गति पर विद्युत क्षेत्र की प्रबलता के प्रभावों को सावधानीपूर्वक मापने के बाद, मिलिकन ने निष्कर्ष निकाला कि बूंदों पर विद्युत आवेश की मात्रा, q, हमेशा विद्युत आवेश, e, का एक गुणांक है, अर्थात, q = ne, जहाँ n = 1, 2, 3 ...।



चित्र 3: आवेश e मापने के लिए मिलिकन तेल की बूंद उपकरण। कक्षक में गतिमान तेल की बूंदों पर कार्यकारी बल। गुरुत्वाकर्षण,विद्युत क्षेत्र के कारण विद्युत स्थैतिक तथा श्यानता तलकर्षण बल।

2.4 प्रोटॉन और न्यूट्रॉन की खोज

परिवर्तित कैथोड किरण नलिका में किए गए विद्युत विसर्जन ने धनावेशित कणों की खोज की, जिसे कैनाल किरणों कहा जाता है। इन धनावेशित कणों की विशेषताएं नीचे दी गयी हैं।

1. कैथोड किरणों के विपरीत, धनावेशित कण कैथोड किरण नलिका में मौजूद गैस की प्रकृति पर निर्भर करते हैं। ये केवल धनावेशित गैसीय आयन हैं।
2. कणों का आवेश-द्रव्यमान अनुपात उस गैस पर निर्भर करता है जिससे ये उत्पन्न होते हैं।
3. कुछ धनावेशित कण विद्युत आवेश की मूलभूत इकाई के गुणक होते हैं।
4. चुंबकीय या विद्युत क्षेत्र में इन कणों का व्यवहार इलेक्ट्रॉन या कैथोड किरणों के प्रेक्षित व्यवहार के विपरीत होता है।

सबसे छोटा और सबसे हल्का धनात्मक आयन हाइड्रोजन से प्राप्त किया गया था और इसे प्रोटॉन कहा जाता है। इस धनावेशित कण की विशेषता की पुष्टि 1919 में हुई। बाद में, परमाणु के घटक के रूप में विद्युत उदासीन कण की उपस्थिति के लिए आवश्यकता महसूस की गई। चाडविक ने इन कणों की खोज 1932 में की थी। बेरिलियम की एक पतली शीट पर α- कणों द्वारा प्रहार करने पर, एक विद्युत उदासीन कण प्राप्त हुआ, जिसमें प्रोटॉन से थोड़ा अधिक द्रव्यमान होता है। उन्होंने इन कणों को न्यूट्रॉन का नाम दिया। इन मूलभूत कणों के महत्वपूर्ण गुण तालिका 1 में दिए गए हैं।

3. परमाणु मॉडल

पिछले भागों में वर्णित प्रयोगों से प्राप्त प्रेक्षणों से यह ज्ञात हुआ कि डाल्टन का अविभाज्य परमाणु धनात्मक और ऋणात्मक आवेशित अव-परमाणुविक कणों से बना है।

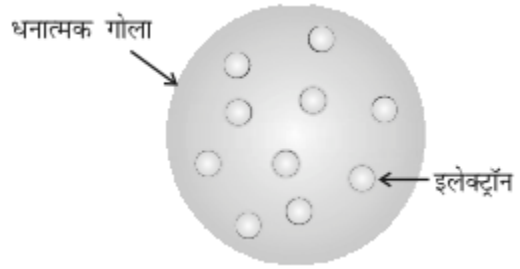
तालिका 1 मौलिक कणों के गुण

नाम	चिह्न	परम आवेश C	सापेक्ष आवेश	द्रव्यमान	द्रव्यमान	लगभग द्रव्यमान/u
इलेक्ट्रॉन	e	-1.6022×10^{-19}	−1	9.10939×10^{-31}	0.00054	0
प्रोटॉन	p	$+1.6022\times10^{-19}$	+1	1.67262×10^{-27}	1.00727	1
न्यूट्रॉन	n	0	0	1.67493×10^{-27}	1.00867	1

किसी परमाणु में इन आवेशित कणों के वितरण की व्याख्या करने के लिए विभिन्न परमाणु मॉडल प्रस्तावित किए गए थे। हालांकि इनमें से कुछ मॉडल परमाणुओं की स्थायित्व की व्याख्या करने में सक्षम नहीं थे, इनमें से दो परमाणु मॉडल- जे. जे. थॉमसन और अर्नेस्ट रदरफोर्ड द्वारा प्रस्तावित हैं जिनकी चर्चा नीचे की गई है।

3.1 थॉमसन का परमाणु मॉडल

जे. जे. थॉमसन ने 1898 में यह प्रस्ताव रखा कि परमाणु एक गोलाकार आकृति (त्रिज्या लगभग 10^{-10} मी) होती है जिसमें धनात्मक आवेश समान रूप से वितरित होता है। इसमें इलेक्ट्रॉन इस प्रकार धसें होते हैं कि उससे सबसे स्थाई स्थिर विद्युत व्यवस्था प्राप्त हो जाती है (चित्र 4) । इस मॉडल को विभिन्न नाम दिए गए हैं, उदाहरण के लिए, प्लम पुडिंग, रेसिन पुडिंग या तरबूज मॉडल। इस मॉडल में परमाणु को धनावेशित प्लम या तरबूज के रूप में कल्पना की गयी है जिसमें इलेक्ट्रॉन प्लम या बीज के सदृश पाये जाते हैं।

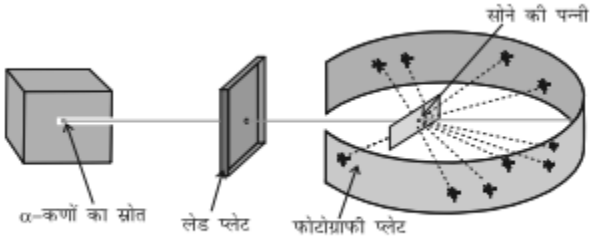


चित्र 4 थॉमसन का परमाणु मॉडल

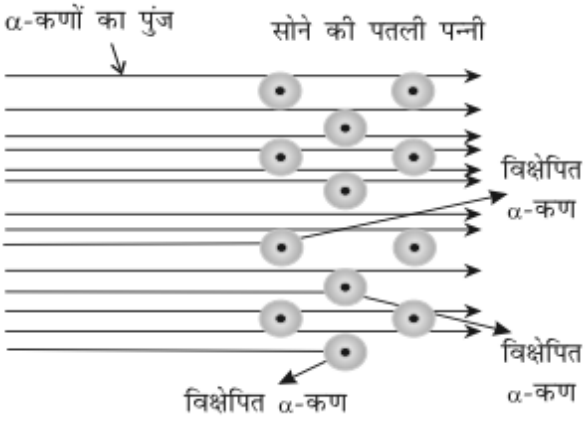
इस मॉडल की एक महत्वपूर्ण विशेषता यह है कि परमाणु के द्रव्यमान को परमाणु के ऊपर समान रूप से वितरित माना गया है। हालांकि यह मॉडल परमाणु की विद्युत उदसीनता की व्याख्या करने में सक्षम था, लेकिन बाद के प्रयोगों के परिणामों के अनुरूप नहीं था। गैसों द्वारा विद्युत सुचालन पर सैद्धांतिक और प्रायोगिक जाँच के लिए थॉमसन को भौतिकी में 1906 में नोबेल पुरस्कार प्रदान किया गया था।

3.2 रदरफोर्ड का नाभिकीय परमाणु मॉडल

रदरफोर्ड और उनके छात्र (हंस गीगर और अर्नेस्ट मार्सडेन) ने सोने की एक बहुत पतली पन्नी पर α- कणों के साथ बौछार की। रदरफोर्ड का प्रसिद्ध α- कण प्रकीर्णन प्रयोग चित्र 5 में दिखाया गया है। एक रेडियोधर्मी स्रोत से उच्च ऊर्जा वाले α- कणों की एक धारा सोने की एक पतली पन्नी (मोटाई ~100 nm) पर निर्देशित की गई थी।



(क) रदरफोर्ड का प्रकीर्णन प्रयोग



(ख) सोने की पन्नी का व्यवस्थात्मक चित्र

चित्र 5: रदरफोर्ड का प्रकीर्णन प्रयोग का रेखांकित चित्र। जब सोने की एक पतली पन्नी पर अल्फा (α) कणों की बौछार की जाती है तो उसमें से अधिकांश कण प्रभावित हुए बिना पन्नी को पार कर जाते हैं जबकि कुछ का विछेपण हो जाता है।

पतली सोने की पन्नी के चारों ओर एक गोलाकार वृत्राकार वृताकार स्फुर्दीप्तिशील जिंक सल्फाइड स्क्रीन थी। जब भी α- कण स्क्रीन पर टकराते हैं, उस बिंदु पर प्रकाश का एक छोटा सी चमक उत्पन्न होती है। प्रकीर्णन के अनुप्रयोग के परिणाम काफी अप्रत्याशित थे। थॉमसन के परमाणु मॉडल के अनुसार, पन्नी

में प्रत्येक सोने के परमाणु का द्रव्यमान पूरे परमाणु पर समान रूप से फैला होना चाहिए, और α- कणों में परमाणु द्रव्यमान के समान वितरण से सीधे गुजरने के लिए पर्याप्त ऊर्जा थी। यह उम्मीद की गई थी कि पन्नी से गुजरते समय α-कण धीमे हो जाएगें और उनकी दिशा बहुत कम कोण से बदल जायेगी। हालाँकि, यह देखा गया कि:

1. अधिकांश α– कण सोने की पन्नी से बिना विक्षेपित हुए गुजरते हैं।
2. α- कणों का एक छोटा अंश छोटे कोणों द्वारा विक्षेपित किया गया।
3. बहुत कम α– कण (20,000 में ~1 कण) वापस आये, यानी लगभग 180 ° से विक्षेपित हुए।

इन प्रेछणों के आधार पर, रदरफोर्ड ने परमाणु की संरचना के संबंध में निम्नलिखित निष्कर्ष निकाले:

1. परमाणु में अधिकांश स्थान खाली है क्योंकि अधिकांश α– कण पन्नी से बिना विक्षेपित हुए गुजरते हैं।
2. कुछ धनावेशित α- कणों विक्षेपित होते हैं। यह विक्षेपण अवश्य ही अत्यधिक प्रतिकर्षण बल के कारण हुआ होगा। इससे यह पता चलता है कि परमाणु का समस्त धनात्मक आवेश परमाणु में नहीं फैला है जैसा थॉमसन ने अनुमान लगाया था। धनात्मक आवेश को बहुत कम आयतन में संकेन्द्रित होना चाहिये जिससे धनावेशित α- कणों का प्रतिकर्षण और विछेपण हुआ हो।
3. रदरफोर्ड द्वारा की गई गणना से पता चला है कि परमाणु के कुल आयतन की तुलना में नाभिक का आयतन अत्यंत कम है। परमाणु की त्रिज्या लगभग 10^{-10} मीटर है, जबकि नाभिक 10–15 मीटर है। आकार के इस अंतर का अंदाज़ा इस बात से लगाया जा सकता है कि अगर नाभिक को क्रिकेट की गेंद जितना माना जाए तो परमाणु की त्रिज्या लगभग 5 किमी होगी।

उपरोक्त प्रेछणों और निष्कर्षों के आधार पर, रदरफोर्ड ने परमाणु का नाभिकीय मॉडल (प्रोटॉन की खोज के बाद) प्रस्तुत किया। इस मॉडल के अनुसार:

1. परमाणु का धनावेश एवं अधिकांश द्रव्यमान बेहद सूक्ष्म क्षेत्र में केंद्रित होता है। परमाणु के इस बहुत सूक्ष्म क्षेत्र को रदरफोर्ड ने नाभिक कहा।
2. नाभिक के चारों ओर इलेक्ट्रॉन वृताकार पथों, जिन्हें कक्षा कहा जाता है, में बहुत तीव्र गति से घूमते हैं। इस प्रकार, रदरफोर्ड का परमाणु मॉडल सौरमंडल से मिलता-जुलता है जिसमें सूर्य नाभिक के समान और ग्रह गतिमान इलेक्ट्रॉनों के समान होते हैं।
3. इलेक्ट्रॉन और नाभिक आपस में स्थिर वैदुत आकर्षण बलों के द्वारा बंधे रहते हैं।

3.3 परमाणु संख्या और द्रव्यमान संख्या

नाभिक का धनात्मक आवेश उसके प्रोटॉनों के कारण होता है। जैसा कि पहले स्थापित हो चुका है प्रोटॉन पर आवेश इलेक्ट्रॉन के बराबर लेकिन विपरीत चिन्ह का होता है। नाभिक में मौजूद प्रोटॉनों की संख्या परमाणु संख्या (Z) के बराबर होती है। उदाहरण के लिए, हाइड्रोजन नाभिक में प्रोटॉन की संख्या 1 है, सोडियम परमाणु में यह 11 है, इसलिए उनकी परमाणु संख्या क्रमशः 1 और 11 है। विद्युत उदसीनता बनाए रखने के लिए, एक परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की संख्या प्रोटॉन (परमाणु संख्या, Z) की संख्या के बराबर

होती है। उदाहरण के लिए, हाइड्रोजन परमाणु और सोडियम परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की संख्या क्रमशः 1 और 11 है।

परमाणु संख्या (Z) = एक परमाणु के नाभिक में प्रोटॉन की संख्या = एक उदासीन परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की संख्या (1)

नाभिक का धनावेश उसके प्रोटॉनों के कारण होता है जबकि नाभिक का द्रव्यमान प्रोटॉन और न्यूट्रॉन के कारण होता है। नाभिक में मौजूद प्रोटॉन और न्यूट्रॉन को सामूहिक रूप से न्यूक्लिआंस कहते हैं। न्यूक्लिआंस की कुल संख्या को परमाणु की द्रव्यमान संख्या (A) कहा जाता है।

द्रव्यमान संख्या (A) = प्रोटॉन की संख्या (Z) + न्यूट्रॉन की संख्या (n) (2)

3.4 समभारिक और समस्थानिक

किसी भी परमाणु के संघटन को परमाणु तत्व के प्रतीक (X) के रूप में दर्शाया जा सकता है जिसमें द्रव्यमान संख्या (A) को बाएं तरफ सुपर स्क्रिप्ट के रूप में लिखा जाता है तथा परमाणु संख्या (Z) को बाएं तरफ ही सबस्क्रिप्ट के रूप में दर्शाया जाता है अर्थात (X ? ?)।

समभारिक समान द्रव्यमान संख्या परंतु विभिन्न परमाणु संख्या वाले परमाणु होते हैं, उदाहरण के लिए, C 6 14 और N 7 14 । दूसरी ओर, समान परमाणु संख्या परंतु विभिन्न परमाणु द्रव्यमान संख्या वाले परमाणुओं को समस्थानिक के रूप में जाना जाता है। समीकरण 2 के अनुसार, यह स्पष्ट है कि समस्थानिक के बीच का अंतर नाभिक में मौजूद विभिन्न न्यूट्रॉनों की संख्या के कारण होता है। उदाहरण के लिए, फिर से हाइड्रोजन परमाणु पर विचार करें, 99.985% हाइड्रोजन परमाणुओं में केवल एक प्रोटॉन होता है। इस समस्थानिक को प्रोटियम (H 1 1) कहा जाता है। हाइड्रोजन परमाणु के शेष प्रतिशत में दो अन्य समस्थानिक होते हैं। 1 प्रोटॉन और 1 न्यूट्रॉन वाले समस्थानिक को ड्यूटेरियम (D 1 2, 0.015%) कहा जाता है और दूसरे को 1 प्रोटॉन और 2 न्यूट्रॉन को ट्रिटियम (T 1 3) कहा जाता है। बाद का समस्थानिक पृथ्वी पर लेश मात्रा में पाया जाता है। समस्थानिकों के कुछ अन्य उदाहरण भी हैं: जैसे कार्बन परमाणु जिसमें 6 प्रोटॉन के अलावा 6, 7 और 8 न्यूट्रॉन होते हैं (C 6 12, C 6 13, C 6 14); क्लोरीन परमाणुओं में 17 प्रोटॉन के अलावा 18 और 20 न्यूट्रॉन होते हैं इस (Cl 17 35, Cl 17 37)।

अंत में, समस्थानिकों के बारे में एक महत्वपूर्ण बिंदु यह है कि परमाणुओं के रासायनिक गुणों को इलेक्ट्रॉनों की संख्या द्वारा नियंत्रित किया जाता है, जो नाभिक में प्रोटॉन की संख्या से निर्धारित होते हैं। नाभिक में मौजूद न्यूट्रॉन की संख्या किसी तत्व के रासायनिक गुणों पर बहुत कम प्रभाव डालती है। इसलिए, किसी दिए गए तत्व के सभी समस्थानिक समान रासायनिक व्यवहार दिखाते हैं।

प्रश्न 1: Br 35 80 में प्रोटॉन, न्यूट्रॉन और इलेक्ट्रॉनों की संख्या की गणना करें।

हल: इस मामले में, Br 35 80, Z = 35, A = 80,

स्पीशीज उदासीन है, अत: प्रोटॉन की संख्या = इलेक्ट्रॉनों की संख्या = Z = 35

न्यूट्रॉन की संख्या = 80 - 35 = 45, (समीकरण 2)

प्रश्न 2: एक स्पीशीज में इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन और न्यूट्रॉनों की संख्या क्रमश: 18, 16 और 16 है। स्पीशीज को उचित प्रतीक प्रदान करें।

हल:

परमाणु संख्या = प्रोटॉनों की संख्या = 16

तत्व सल्फर (S) है। परमाणु द्रव्यमान संख्या = प्रोटॉनों की संख्या + न्यूट्रॉन की संख्या = 16 + 16 = 32

स्पीशीज उदासीन नहीं है क्योंकि प्रोटॉन की संख्या इलेक्ट्रॉनों के बराबर नहीं है। यह आयन (ऋणावेशित) है जो अतिरिक्त इलेक्ट्रॉनों के बराबर आवेश = 18 - 16 = 2.

प्रतीक है: S 16 32 ऋणावेश = 2

नोट: प्रतीक X *A A* का उपयोग करने से पहले, पता करें कि क्या स्पीशीज एक उदासीन परमाणु, एक धनायन या एक ऋणायन है। यदि यह एक उदासीन परमाणु है, तो समीकरण (1) वैध है, अर्थात्, प्रोटॉन की संख्या = इलेक्ट्रॉनों की संख्या = परमाणु संख्या। यदि स्पीशीज एक आयन है, तो निर्धारित करें कि इलेक्ट्रॉनों की संख्या की तुलना में प्रोटॉन की संख्या बड़ी (धनायन) या छोटी (ऋणायन) है। न्यूट्रॉन की संख्या हमेशा A–Z द्वारा दी जाती है, चाहे वह स्पीशीज उदासीन हो या आयन।

3.5 रदरफोर्ड मॉडल के दोष

रदरफोर्ड का परमाणु मॉडल एक छोटे पैमाने पर सौर प्रणाली की तरह माना गया है, जिसमें नाभिक विशाल सूर्य की तरह भूमिका निभाते हैं और इलेक्ट्रॉन हल्के ग्रहों के समान होते हैं। इसके अलावा, इलेक्ट्रॉन और नाभिक के बीच कूलाम्ब बल (kq_1q_2/ r_2) जहां $q1$ और q_2 आवेश होते हैं, r उन आवेशों के मध्य की दूरी और k आनुपातिकता स्थिरांक है। कूलाम्ब बल गणितीय रूप से गुरुत्वाकर्षण बल ($Gq_1q_2 / r2$ जहां m_1 और m_2 द्रव्यमान, r इन द्रव्यमानों के मध्य की दूरी है तथा G गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक है) के समान है। जब चिरसम्मत यांत्रिकी (classical mechanics) (न्यूटन के गति के नियमों पर आधारित एक सैद्धांतिक विज्ञान) को सौर प्रणाली पर लागू किया जाता है, तो यह पता चलता है कि ग्रह सूर्य के चारों ओर निश्चित कक्षाओं में घूमते हैं। यह सिद्धांत ग्रह की कक्षाओं की सटीक गणना भी कर सकता है जो प्रायोगिक मापन के साथ मेल खाते हैं। सौर प्रणाली और परमाणु मॉडल के बीच समानता बताती है कि इलेक्ट्रॉनों को अच्छी तरह से निश्चित कक्षाओं में नाभिक के चारों ओर घूमना चाहिए। हालाँकि, जब

कोई पिंड किसी कक्षा में गति कर रहा होता है, तो वह त्वरण से गुज़रता है (भले ही शरीर किसी कक्षा में स्थिर गति के साथ गति कर रहा हो, लेकिन दिशा बदलने के कारण उसे तेज होना चाहिए) तो निश्चित कक्षा में घूमते ग्रह के समान ही एक इलेक्ट्रॉन का भी त्वरण होना चाहिए। मैक्सवेल के विद्युत चुम्बकीय सिद्धांत के अनुसार, त्वरित कणों को विद्युत चुम्बकीय विकिरण का उत्सर्जन करना चाहिए। (ग्रहों के साथ ऐसा इसलिए नहीं है क्योंकि वे आवेशित नही होते)। इस विकिरण के लिये ऊर्जा इलेक्ट्रॉनिक गति से प्राप्त होती है। परिणामस्वरूप, इलेक्ट्रॉनविकिरण के रूप में ऊर्जा खोता जायेगा और कक्षा इस प्रकार सिकुड़ती जायेगी। गणना से पता चलता है कि इलेक्ट्रॉन को सर्पिल पथ से नाभिक में पहुचनें के लिए केवल 10^{-8} s लगेगें। लेकिन ऐसा होता नहीं है। इस प्रकार, रदरफोर्ड मॉडल परमाणु के स्थायित्व की व्याख्या नहीं कर पाता है। यदि इलेक्ट्रॉन की गति को चिरसम्मत यांत्रिकी और विद्युत-चुम्बकीय सिद्धांत के आधार पर वर्णित किया जाए तो आप पूछ सकते हैं कि यदि कक्षाओं में इलेक्ट्रॉनों की गति परमाणु की अस्थिरता के लिए जिम्मेवार है तो क्यों इलेक्ट्रॉनों को, नाभिक के चारों ओर स्थिर नहीं माना जाता है। यदि इलेक्ट्रॉनों को स्थिर माना जाता है, तो अत्यधिक घनत्व वाले नाभिक और इलेक्ट्रॉनों के बीच वैदुत आकर्षण इन इलेक्ट्रॉनों को नाभिक की ओर खींच लेगा, जिससे थामसन के परमाणु मॉडल का लघु रुप प्राप्त होगा।

रदरफोर्ड मॉडल का एक अन्य गंभीर दोष यह भी है कि यह परमाणुओं की इलेक्ट्रॉनिक संरचना के बारे में कुछ भी नहीं कहता है, अर्थात नाभिक के चारों ओर इलेक्ट्रॉनों को कैसे व्यवस्थित किया जाता है और इन इलेक्ट्रॉनों की ऊर्जा क्या है।

4. सारांश

● परमाणु तत्वों के निर्माण खंड हैं।

● वे एक तत्व के सबसे छोटे हिस्से हैं जो रासायनिक रूप से प्रतिक्रिया करते हैं।

● डाल्टन ने परमाणु को अदृश्य माना।

● बाद में यह पाया गया कि परमाणु विभाज्य हैं और इसमें तीन मूलभूत कण शामिल हैं: इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन और न्यूट्रॉन।

● थॉमसन ने प्रस्तावित किया कि परमाणु में धनात्मक आवेश का एक समान क्षेत्र होता है तथा उसमें इलेक्ट्रॉन धंसे होते हैं।

● रदरफोर्ड ने प्रस्तावित किया कि परमाणु अपने केंद्र में एक छोटे से धनावेशित नाभिक से बना होता है, जिसके चारों ओर वृताकार कक्षाओं में इलेक्ट्रॉन परिक्रमा करते हैं।