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 2
मॉडयूल आईडी	kech_10202
आवश्यक पूर्व ज्ञान:	तरंगों का ज्ञान
उद्देश्य	इस मॉडयूल के अध्ययन के बाद आप सक्षम हो जायेंगे: 1. विद्युत चुम्बकीय विकिरणों के तरंग प्रकृति और कण प्रकृति बारे में जानेंगे। 2. प्रकाश-विद्युत् प्रभाव की व्याख्या कर पाएंगे। 3. उत्सर्जन और अवशोषण स्पेक्ट्रम के बीच अंतर कर पाएंगे। 4. हाइड्रोजन परमाणु के रेखीय स्पेक्ट्रम का कारण समझ पाएंगे।
प्रमुख शब्द (की वर्ड्स)	कृष्णिका विकरण, प्रकाश-विद्युत् प्रभाव, परमाणु का स्पेक्ट्रा, हाइड्रोजन परमाणु का स्पेक्ट्रा

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. परिचय

2. बोर के परमाणु मॉडल के लिये विकास की पृष्ठभूमि

2.1 विद्युत्-चुंबकीय विकिरण की तरंग प्रकृति

2.2 विद्युत्-चुंबकीय विकिरण की कणीय प्रकृति: प्लांक का क्वांटम सिद्धांत

2.3 विद्युत्-चुंबकीय विकिरण का द्वैत व्यवहार

2.4 परमाण्विक स्पेक्ट्रा

3. उत्सर्जन तथा अवशोषण स्पेक्ट्रा

4. हाइड्रोजन का रेखीय स्पेक्ट्रम

5. सारांश

1. परिचय

पिछले मॉड्यूल में, आपने सीखा कि रदरफोर्ड ने α-प्रकीर्णन प्रयोग के आधार पर परमाणु की संरचना के लिए एक मॉडल प्रस्तुत किया। उन्होंने प्रस्तावित किया कि परमाणु में एक केंद्रीय धनावेशित नाभिक होता है और इलेक्ट्रॉन इसके चारों ओर घूमते हैं। वह यह समझाने में सक्षम नहीं था कि ये इलेक्ट्रॉन नाभिक में क्यों नहीं गिरते हैं। इस मॉड्यूल में आप उन दो महत्वपूर्ण विकासों का अध्ययन करेंगे, जो नील बोर द्वारा रदरफोर्ड के मॉडल में किए गए सुधार का आधार बने।

2. बोर के परमाणु माडल के लिये विकास की पृष्ठभूमि

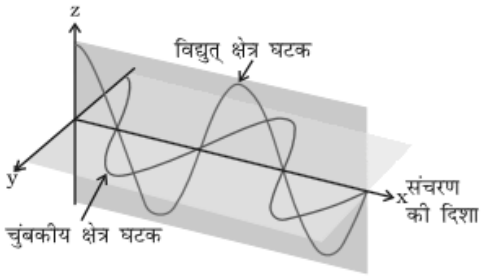
बोर के परमाणु माडल के विकास में दो बिंदुओ की अहम भूमिका रही है। ये हैं (i) विद्युत्-चुंबकीय विकिरण का द्वैत व्यवहार होना, जिसका अर्थ यह है कि विकिरण तरंग तथा कण दोनों के गुण प्रदर्शित करते हैं। (ii) परमाणु स्पेक्ट्रा के बारे में प्रायोगिक परिणाम जो परमाणुओं में इलेक्ट्रॉनिक ऊर्जा के स्तर को क्वान्टीकृत मान करके ही समझाया जा सकता है।

2.1 विद्युत्-चुंबकीय विकिरण की तरंग प्रकृति

उन्नीसवीं सदी के मध्य में भौतिकीविदों ने गरम वस्तुओं से अवशोषित एवं उत्सर्जित होने वाले विकिरणों का गहनता से अध्ययन किया। इन विकिरणों को ऊष्मीय विकिरण कहा जाता है। उन्होंने यह जानने की कोशिश की कि ऊष्मीय विकिरण किससे बने होते हैं। अब यह भली भाँति ज्ञात है कि ऊष्मीय विकिरण विभिन्न आवृतियों अथवा तरंगदैघ्र्यों वाली विद्युत चुंबकीय तरगों से बने होते हैं। यह अनेकों आधुनिक अवधारणाओं पर आधारित है जो कि उन्नीसवीं सदी के मध्य तक ज्ञात नहीं थीं। ऊष्मीय विकिरण के नियमों का गहनता से अध्ययन सर्वप्रथम 1850 में हुआ। 1870 के आरंभ में जेम्स क्लार्क मैक्सवेल ने यह सिद्धांत विकसित किया कि विद्युत् चुंबकीय तरंगें आवेशित कणों द्वारा उत्पन्न होती है। इस सिद्धांत का प्रायोगिक सत्यापन बाद में हेनरी हर्टस् ने किया।

जेम्स मैक्सवेल (1870) ने सबसे पहले आवेशित कणों के बीच अन्योन्य क्रियाओं और स्थूल स्तर पर विद्युत् तथा चुंबकीय क्षेत्रों के व्यवहार की व्याख्या की। उसने यह सुझाव दिया कि विद्युत् आवेशित कणों को जब त्वरित किया जाता है तो एकांतर विद्युत् एवं चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न होते हैं। यह क्षेत्र विद्युत् एवं चुंबकीय तरंगों के रूप में संचारित होते हैं, जिन्हें विद्युत्-चुंबकीय तरंग अथवा विद्युत्-चुंबकीय विकिरण कहते हैं। प्रकाश भी विकिरण का एक रूप है जिसकी जानकारी वर्षों पूर्व से है और पुरातन काल से इसकी प्रकृति के बारे में समझने की कोशिश की गई। पूर्व में (न्यूटन) प्रकाश को कणों (corpuscules) का बना हुआ माना जाता था। 19 वीं शताब्दी में प्रकाश की तरंग-प्रकृति प्रतिपादित हुई। मैक्सवेल ने पहली बार बताया कि प्रकाश तरंगें दोलायमान विद्युत् तथा चुंबकीय व्यवहार से संबंधित होती हैं। (चित्र 1) यद्यपि वैद्युत्-चुंबकीय तरंग की गति की प्रकृति जटिल होती है लेकिन हम यहाँ कुछेक सामान्य गुणों पर विचार करेंगे।

(i) दोलायमान आवेशित कणों द्वारा उत्पन्न विद्युत् तथा चुंबकीय क्षेत्र एक दूसरे के लंबवत होते हैं। ये दोनों तरंग के संचरण की दिशा के भी लंबवत् होते हैं। विद्युत्-चुंबकीय तरंग का एक सरल रूप चित्र 1 में दिखाया गया।



चित्र 1: विद्युत्-चुंबकीय तरंग के विद्युत् तथा चुंबकीय क्षेत्र घटक। ये घटक समान तरंग-दैघ्र्य, आवृत्ति, गति तथा आयाम वाले होते हैं, किंतु वे एक दूसरे के लंबवत तलों में कंपन करते हैं।

(ii) ध्वनि तरंगों या जल तरंगों के विपरीत, विद्युत चुम्बकीय तरंगों को माध्यम की आवश्यकता नहीं होती है और वे निर्वात में जा सकती हैं।

(iii) यह अब अच्छी तरह से स्थापित है कि कई प्रकार के विद्युत चुम्बकीय विकिरण हैं, जो तरंगदैर्ध्य या आवृत्ति में एक दूसरे से भिन्न होते हैं। ये विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम (चित्र 2) कहलाते हैं। स्पेक्ट्रम के विभिन्न क्षेत्रों को अलग-अलग नामों से पहचाना जाता है। कुछ उदाहरण हैं: प्रसारण के लिए उपयोग किए जाने वाले 106 हर्ट्ज के आसपास रेडियो आवृत्ति क्षेत्र; रडार के लिए 1010 हर्ट्ज के आसपास माइक्रोवेव क्षेत्र; 1013 हर्ट्ज के आसपास अवरक्त क्षेत्र गरम करने के लिए इस्तेमाल किया; 1016Hz के आसपास पराबैंगनी क्षेत्र सूर्य के विकिरण का एक घटक है। 1015 हर्ट्ज के आसपास के छोटे हिस्से को दृश्य प्रकाश कहा जाता है क्योंकि यह केवल विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम का हिस्सा है जिसे हमारी आंखें देख सकती हैं। गैर-दृश्य विकिरण का पता लगाने के लिए विशेष उपकरणों की आवश्यकता होती है।

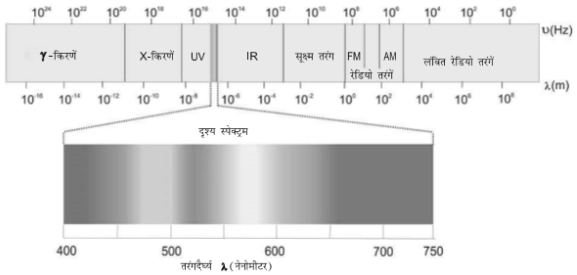
(iv) विद्युत्-चुंबकीय विकिरण को दर्शाने के लिए उसके विभिन्न गुणों के आधार पर विभिन्न प्रकार के मात्रकों का उपयोग किया जाता है जैसे आवृत्ति (ν) और तरंग दैर्ध्य (λ) । आवृत्ति (ν) के लिए SI इकाई हर्ट्ज़ (Hz) है जो हेनरिक हर्ट्ज़ के नाम पर है। इसे, एक सेकंड में दिए गए बिंदु से गुजरने वाली तरंगों की संख्या, के रूप में परिभाषित किया गया है।

$1\ Hz = 1\ s^{-1}$

तरंग दैर्ध्य की मात्रक लंबाई की मात्रक होती है और लंबाई की SI मात्रक मीटर (m) होती हैं। चूंकि विद्युत्-चुंबकीय विकिरण में विभिन्न प्रकार की तरंगें होती हैं, जिनमें बहुत छोटी तरंगदैर्ध्य होती हैं, इसलिए आमतौर पर लंबाई की छोटी इकाइयों का उपयोग किया जाता है। चित्र 2 विभिन्न प्रकार के विद्युत्-चुंबकीय विकिरणों को दर्शाता है जो तरंग दैर्ध्य और आवृत्तियों में एक दूसरे से भिन्न होते हैं।

निर्वात में सभी प्रकार के विद्युत्-चुंबकीय विकिरण, चाहे उनकी तरंगदैर्घ्य कुछ भी हो, एक समान हो गति से, अर्थात $3.0 \times 10^8\ ms^{-1}$ ($2.997925 \times 10^8\ ms^{-1}$, सटीक होने के लिए) चलते हैं। इसे प्रकाश की गति कहा जाता है और इसे प्रतीक 'c' दिया जाता है। आवृत्ति (ν), तरंग दैर्ध्य (λ) और प्रकाश का वेग (c) समीकरण $c = \nu \lambda$ से संबंधित हैं। (1)

स्पेक्ट्रोस्कोपी में आमतौर पर उपयोग की जाने वाली अन्य मात्रा, तरंग संख्या (wavenumber ($\bar{\nu}$)) है। इसे प्रति इकाई लंबाई में तरंग दैर्ध्य की संख्या के रूप में परिभाषित किया गया है। इसका मात्रक तरंगदैर्ध्य के मात्रक का व्युत्क्रम, अर्थात m^{-1} है। हालाँकि, आमतौर पर उपयोग की जाने वाली एक गैर SI इकाई cm^{-1} है।



चित्र 2 (क) विद्युत चुम्बकीय विकिरण का स्पेक्ट्रम। (ख) दृश्यमान स्पेक्ट्रम। दृश्य क्षेत्र पूरे स्पेक्ट्रम का केवल एक छोटा सा हिस्सा है।

प्रश्न 1:

ऑल इंडिया रेडियो, दिल्ली का विविध भारती स्टेशन, 1,368 किलोहर्ट्ज़ (किलो हर्ट्ज़) की आवृत्ति पर प्रसारित होता है। ट्रांसमीटर द्वारा उत्सर्जित विद्युत चुम्बकीय विकिरण की तरंग दैर्ध्य की गणना करें। यह विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम के किस क्षेत्र से सम्बंधित है?

हल:

तरंग दैर्ध्य, $\lambda = c / \nu$ के बराबर है, जहां c निर्वात में विद्युत चुम्बकीय विकिरण की गति है और ν आवृत्ति है। दिए गए मूल्यों को समीकरण में प्रतिस्थापित करते हुए, हमारे पास $\lambda = c/\nu = 3.00 \times 108 \text{ m s}-1/ 1368\text{kHz} = 3.00 \times 108\text{m s}-1/ 1368 \times 103 \text{ s}-1 = 219.3 \text{ m}$

यह रेडियो तरंग की अभिलाछणिक तरंग दैर्ध्य है।

प्रश्न 2: दृश्य स्पेक्ट्रम की तरंग दैर्ध्य परास बैंगनी (400 nm) से लाल (750 nm) तक फैली हुई है। इन तरंगदैर्ध्य को आवृत्तियों (Hz) में व्यक्त करें। (1 nm = 10–9 मीटर)

हल:

समीकरण 1 का उपयोग करने पर

बैंगनी प्रकाश की आवृत्ति

$\nu = c/\lambda$

$= 3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} / 400 \times 10^{-9} \text{ m}$

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

लाल प्रकाश की आवृत्ति

$\nu = c/\lambda$

$= 3.00 \times 10^{8}$ m s^{-1}/ 750×10^{-9} m

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

दृश्य स्पेक्ट्रम की सीमा, आवृत्ति इकाइयों के संदर्भ में, 4.0×10^{14} Hz से 7.5×10^{14} Hz तक है।

प्रश्न 3:

5800 Å तरंग दैर्ध्य वाले पीले विकिरण की (क) तरंग संख्या और (ख) आवृत्ति की गणना कीजिये।

हल:

1. तरंग संख्या की गणना ($\bar{\upsilon}$)

$\lambda = 5800$ Å $= 5800 \times 10^{-8}$ cm $= 5800 \times 10^{-10}$ m

$\bar{\upsilon} = 1/\lambda = 1/ 5800 \times 10^{-10}$ m $= 1.724 \times 10^{6}$ m^{-1} $= 1.724 \times 10^{4}$ cm^{-1}

(बी) आवृत्ति की गणना (ν)

$\nu = c/\lambda$

$= 3.00 \times 10^{8}$ m s^{-1}/ 5800×10^{-10} m

$= 5.172 \times 10^{14}$ s^{-1}

2.2 विद्युत्-चुंबकीय विकिरण की कणीय प्रकृति: प्लांक का क्वांटम सिद्धांत सिद्धांत

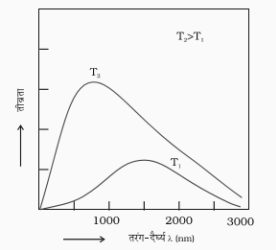
विद्युत्-चुंबकीय विकिरण विवर्तन' (diffraction) तथा व्यतिकरण (interference) जैसी घटनाएं प्रदर्शित करती ह। विवर्तन किसी बाधा के चारों ओर तरंग का झुकना है। व्यतिकरण एक ही या अलग-अलग आवृत्तियों की दो तरंगों का संयोजन होता है जिससे एक नई तरंग प्राप्त होती है जिसका त्रिविम में प्रत्येक बिंदु पर विछोभ प्रत्येक तरंग के उस बिंदु के विछोभ का बीजगणितीय या सदिश योग होता है। चूंकि विवर्तन और हस्तक्षेप तरंगों के गुण हैं, इसलिए विद्युत चुम्बकीय विकिरणों को तरंगें माना जाता था।

हालाँकि, निम्नलिखित कुछ प्रेक्षण हैं जिन्हें 19 वीं शताब्दी के भौतिकी (जिसे शास्त्रीय भौतिकी के रूप में जाना जाता है) के विद्युत चुम्बकीय सिद्धांत की मदद से नहीं समझाया जा सकता है, जो विकिरणों को तरंगों के रूप में मानते हैं: (i) गर्म पिंडों से विकिरण के उत्सर्जन की प्रकृति (कृष्णिका विकरण या ब्लैक-बॉडी रेडिएशन) (ii) धातु की सतह पर विकिरण के टकराने से इलेक्ट्रॉनों की निष्कासन (प्रकाश वैदुत प्रभाव) (iii) विशेषकर हाइड्रोजन के संदर्भ में परमाणुओं के साथ देखे गये रेखीय स्पेक्ट्रम (iv) ठोस पदार्थों के तापमान के फलन के रूप में उषमाधारिता का परिवर्तन। इन घटनाओं से संकेत मिलता है कि निकाय केवल असतत मात्रा में ऊर्जा ले सकती है। सभी संभावित ऊर्जाएँ ग्रहण अथवा उत्सर्जित नहीं की जा सकतीं।

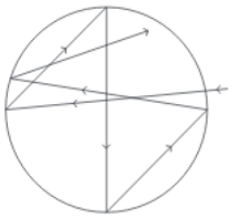
यह ध्यान देने वाली बात है कि सन् 1900 में मैक्स प्लांक द्वारा सबसे पहले उपरोक्त उल्लेखित कृष्णिका विकरण की कोई ठोस व्याख्या की गई। इस व्याख्या ने प्लांक के क्वांटम सिद्धांत को विकसित किया।

गर्म वस्तुएँ विस्तृत परास में विद्युत् चुंबकीय तरंग-दैघ्र्यों के विकिरण उत्सर्जित करती हैं। उच्च ताप पर विकिरण का बड़ा भाग स्पेक्ट्रम के दृश्य भाग में होता है। जब ताप बढ़ाया जाता है तो लघु तरंग-दैघ्र्य (नीला प्रकाश) अधिक मात्रा में उत्पन्न होता है। उदाहरण के लिए, जब किसी लोहे की छड़ को भट्टी में गर्म किया जाता है, तो वह पहले लाल रंग की हो जाती है और फिर तापमान बढ़ने पर उत्तरोत्तर अधिक से अधिक लाल होती जाती है। जैसे ही इसे और गर्म किया जाता है, उत्सर्जित विकिरण सफेद हो जाता है और फिर बहुत अधिक तापमान पर नीला हो जाता है। इसका अर्थ यह है कि लाल विकिरण किसी विशेष तापमान पर सबसे अधिक तीव्र होता है और नीला विकिरण दूसरे तापमान पर अधिक तीव्र होता है। अर्थात् गर्म वस्तुओं द्वारा उत्सर्जित विभिन्न तरंग दैघ्र्यों के विकिरणों की तीव्रता वस्तुओं के ताप पर निर्भर करती है। 1850 के अंत तक यह ज्ञात हो चुका था कि विभिन्न द्रव्यों से निर्मित वस्तुएँ यदि विभिन्न तापों पर रखी हों तो वो विभिन्न मात्रा में विकिरण उत्सर्जित करती हैं। इसके अतिरिक्त, यह भी कि जब किसी वस्तु की सतह पर प्रकाश (विद्युत् चुंबकीय विकिरण) विकिरित किया जाता है तो विकिरित ऊर्जा का कुछ भाग परावर्तित होता है, कुछ भाग अवशोषित होता है तथा कुछ भाग प्रेषित हो जाता है। अपूर्ण अवशोषण का कारण यह है कि नियमानुसार साधारण वस्तुएँ विकिरण की अपूर्ण अवशोषक होती हैं। एक ऐसा आदर्श पिंड जो हर प्रकार की आवृत्ति के विकिरणों को एक समान उत्सर्जित तथा अवशोषित करता है, कृष्णिका (Black body) कहलाता है तथा इस पिंड से उत्सर्जित विकिरण को कृष्णिका विकिरण (Black body radiation) कहते हैं। वास्तव में ऐसा कोई पिंड नहीं होता। कार्बन ब्लैक लगभग कृष्णिका के बहुत समान होता है। कृष्णिका का एक अच्छा भौतिक सन्निकटन सूक्ष्म छिद्र युक्त एक गुहा होती है (चित्र 3), जिसमें एक छिद्र के अलावा अन्य कोई द्वार नहीं होता। गुहा में छिद्र से प्रवेश करने वाली कोई भी किरण गुहा की भीतरी दीवारों से परावर्तित होती रहती है और अन्त में गुहा की दीवार द्वारा अवशोषित हो जाती है। कृष्णिका, विकिरणी उर्जा की आदर्श उत्सर्जक (रेडिएटर) भी होती है। इसके अतिरिक्त कृष्णिका अपने परिवेश के साथ तापीय साम्य में होती है। यह दिए गए समय में प्रति इकाई क्षेत्रफल में उतनी उर्जा विसरित करती है जितनी उसने परिवेश से अवशोषित की थी। कृष्णिका से उत्सर्जित प्रकाश की मात्रा; विकिरण की तीव्रता तथा उसका स्पेक्ट्रम में वितरण केवल उसके ताप पर निर्भर करता है। दिए गए तापमान पर, उत्सर्जित विकिरण की तीव्रता तरंग-दैघ्र्य के बढ़ने के साथ बढ़ती है, किसी दिए गए तरंगदैर्ध्य पर अधिकतम मान तक पहुँच जाती है और फिर जैसा कि चित्र 3 में दिखाया गया है, तरंगदैर्ध्य के और बढ़ने के साथ घटने लगती है। इसके अलावा, जैसे-जैसे तापमान बढ़ता है, वक्र का उच्चिष्ठ

(अधिकतम बिंदु, maxima) लघु तरंग दैर्ध्य की तरफ स्थानांतरित हो जाती है। विकिरण की तीव्रता की पूर्वानुमान लगाने के लिए विकिरण की तीव्रता को तरंग-दैघ्र्य के फलन के रूप में प्रस्तुत करने के अनेक प्रयास हुए।



चित्र 3: तरंग दैर्ध्य-तीव्रता संबंध



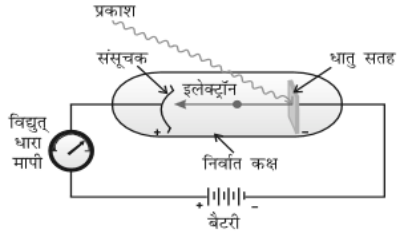
चित्र 4: कृष्णिका

प्रकाश के तरंग सिद्धांत के आधार पर उपरोक्त परिणामों की संतोषजनक व्याख्या नहीं की जा सकी। मैक्स प्लांक ने इस मान्यता के आधार पर संतोषजनक परिणाम प्राप्त किया कि विकिरण का अवशोषण और उत्सर्जन दोलित्रों (कृष्णिका की दीवारों के परमाणु) से उत्पन्न होता है। यह लगातार विद्युत् चुंबकीय विकिरणों के दोलित्रों के साथ ऊर्जा का आदान-प्रदान करते रहते हैं। प्लांक ने यह माना कि विकिरण को ऊर्जा के विविक्त (discrete) भागों में बाँटा जा सकता है। मैक्स प्लांक ने मान्यता दी कि परमाणु और अणु केवल विविक्त (discrete) मात्राओं में ऊर्जा उत्सर्जित या अवशोषित करते हैं, न कि अनवरत रूप में। विद्युत्-चुंबकीय विकिरण के रूप में ऊर्जा की जिस न्यूनतम मात्रा का उत्सर्जन या अवशोषण होता है, उसे प्लांक द्वारा क्वांटम (quantum) नाम दिया गया। विकिरण के एक क्वांटम की ऊर्जा (E) उसकी आवृत्ति (ν) के समानुपाती होती है। इसे समीकरण (2) $E = h \nu$ द्वारा व्यक्त किया जाता है। आनुपातिकता स्थिरांक, 'h' को प्लांक के स्थिरांक के रूप में जाना जाता है और इसका मान $6.626 \times 10_{34}$ Js होता है। इस सिद्धांत के साथ, प्लांक विभिन्न तापमानों पर आवृत्ति या तरंग दैर्ध्य के फलन के रूप में कृष्णिका से विकिरण में तीव्रता के वितरण की व्याख्या करने में सक्षम थे।

क्वान्टीकरण की तुलना एक सीढ़ी पर खड़े होने से की गई है। एक व्यक्ति सीढ़ी के किसी भी कदम पर खड़ा हो सकता है, लेकिन उसके लिए दो चरणों के बीच में खड़ा होना संभव नहीं है। ऊर्जा का मान निम्नलिखित समुच्चय (सेट) में से कोई भी हो सकता है, लेकिन इन मानों के बीच में कोई मान नहीं हो सकता।

प्रकाश-विद्युत् प्रभाव

सन् 1887 में एच. हट्र्स ने एक बहुत ही रोचक प्रयोग किया, जिसमें कुछ धातुओं (जैसे पोटैशियम, रूबीडियम, सीजियम, इत्यादि) की सतह पर उपयुक्त आवृत्ति वाला प्रकाश डालने पर इलेक्ट्रॉन निकलते हैं, जैसा चित्र 5 में दिखाया गया है।



चित्र 5: प्रकाश-विद्युत् प्रभाव का अध्ययन करने के लिए उपकरण

एक निर्वात कक्ष में एक धातु की साफ सतह पर एक निश्चित आवृत्ति वाली प्रकाश की किरण टकराती है। धातु से इलेक्ट्रॉन निष्काशित होते हैं और एक संसूचक (डिटेक्टर) द्वारा गिने जाते हैं जो उनकी गतिज ऊर्जा का मापन करता है।

इस परिघटना को प्रकाश विद्युत् प्रभाव (Photoelectric effect) कहते हैं। इस प्रयोग से प्राप्त परिणाम इस प्रकार हैं (i) धातु की सतह से प्रकाशपुंज के टकराते ही उस सतह से इलेक्ट्रॉन निकलते हैं, अर्थात् धातु की सतह से इलेक्ट्रॉन निष्कासन तथा सतह पर प्रकाशपुंज के टकराने के बीच कोई समय-अंतराल (time lag) नहीं होता। (ii) निष्कासित इलेक्ट्रॉनों की संख्या प्रकाश की तीव्रता के समानुपाती होती है। (iii) प्रत्येक धातु के लिए एक अभिलाक्षणिक न्यूनतम आवृत्ति (ν_0) होती है (जिसे देहली आवृत्ति (threshold frequency) भी कहते हैं) और जिससे कम आवृत्ति पर प्रकाश-विद्युत् प्रभाव प्रदर्शित नहीं होता है। $\nu > \nu_0$ आवृत्ति पर निष्कासित इलेक्ट्रॉनों की कुछ गतिज ऊर्जा होती है। गतिज ऊर्जा प्रयुक्त प्रकाश की आवृत्ति पर निर्भर करती है। दूसरे शब्दों में, निष्कासित इलेक्ट्रॉनों की संख्या और उनसे संबंधित गतिज ऊर्जा की व्याख्या प्रकाश की तीव्रता से की जा सकती है। यद्यपि ऐसा देखा गया है कि निष्कासित इलेक्ट्रॉनों की संख्या प्रकाश की तीव्रता पर निर्भर करती है, लेकिन इन इलेक्ट्रॉनों की गतिज ऊर्जा तीव्रता पर निर्भर नहीं करती है। उदाहरण के लिए, पोटैशियम के टुकड़े पर यदि किसी भी तीव्रता का लाल रंग का प्रकाश (ν = (4.3 to 4.6) × 10^{14} Hz), कई घंटों तक डाला जाए, तो भी प्रकाशिक इलेक्ट्रॉनों का निष्कासन नहीं होता है, परंतु जैसे ही पीले रंग का कम तीव्रता का प्रकाश (ν = 5.1–5.2 × 10^{14} Hz) पोटैशियम पर डाला जाता है, तो प्रकाश-विद्युत् प्रभाव दिखाई देता है। पोटैशियम धातु के लिए देहली आवृत्ति 5.0×1014 Hz है। विद्युत्-चुंबकीय विकिरण के प्लांक के क्वांटम सिद्धांत का उपयोग करते हुए आइंस्टीन (1905) प्रकाश-विद्युत् प्रभाव को समझने में सफल हुए। तदनुसार आइंस्टीन ने प्रकाश के किरण को फोटॉन नामक ऊर्जा कणों के संग्रह के रूप में माना। फोटॉन की ऊर्जा, संबंध $E = h\nu$ द्वारा दी गई है। यहाँ ν प्रकाश की आवृत्ति है। धातु की सतह पर प्रकाश पुंज के टकराने को ऊर्जा कणों (फोटॉन) के पुंज का टकराना समझा जा सकता है। जब कोई पर्याप्त ऊर्जा वाला फोटॉन धातु के परमाणु के इलेक्ट्रॉन से टकराता है, तो वह इलेक्ट्रॉन को परमाणु से तुरंत, बिना किसी

समय अंतराल के, बाहर निकाल देता है। फोटॉन की ऊर्जा जितनी अधिक होगी, उतनी ही ऊर्जा वह इलेक्ट्रॉन को स्थानांतरित करेगा और निष्कासित इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा उतनी ही अधिक होगी। दूसरे शब्दों में, निष्कासित इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा विद्युत्-चुंबकीय विकिरण की आवृत्ति के समानुपाती होगी। चूँकि टकराने वाले फोटॉन की ऊर्जा hν है और इलेक्ट्रॉन को निष्कासित करने के लिए आवश्यक न्यूनतम ऊर्जा $h\nu_0$, जिसे कार्यफलन,(work function, W_o) भी कहते हैं, ऊर्जा में अंतर ($h\nu - h\nu_0$) फोटोइलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा में स्थानांतरित हो जाती है। ऊर्जा के संरक्षण (conservation of energy) के नियम का अनुसरण करते हुए निष्कासित इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा समीकरण $h\nu = h\nu_0 + 1/2\ m_e v^2$

(3) द्वारा दी जाती है। जहाँ m_e इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान है और ν इसका वेग है। अंत में, अधिक तीव्रता वाले प्रकाश में फोटॉनों की संख्या अधिक होगी और परिणामस्वरूप निष्कासित इलेक्ट्रॉनों की संख्या भी उस प्रयोग की तुलना में अधिक होगी, जिसमें कम तीव्रता के प्रकाश का उपयोग किया गया है।

विद्युत्-चुंबकीय विकिरण का द्वैत व्यवहार

प्रकाश की कण प्रकृति ने वैज्ञानिकों के सामने असमंजस की स्थिति पैदा कर दी। एक तरफ तो इसने कृष्णिका विकिरण और प्रकाश-विद्युत् प्रभाव की संतोषजनक व्याख्या की, परंतु दूसरी तरफ यह प्रकाश के तरंग व्यवहार, जिससे विवर्तन, व्यतिकरण आदि परिघटनाओं की व्याख्या की जा सकती थी, के साथ युक्तिसंगत नहीं था।

तालिका 1. कुछ धातुओं के लिए कार्य फलन (W_0) का मान

धातु	Li	Na	K	Mg	Cu	Ag
W_0 /eV	2.42	2.3	2.25	3.7	4.8	4.3

इस दुविधा को हल करने का एक ही उपाय था कि यह मान लिया जाए कि प्रकाश कण और तरंग-जैसा दोनों गुण रखता है, अर्थात् प्रकाश का द्वैत व्यवहार होता है। प्रयोगों के आधार पर हम पाते हैं कि प्रकाश तरंग या कण के समान व्यवहार करता है। जब द्रव्य के साथ विकिरण की अन्योन्य क्रिया होती है, तब यह कण जैसे गुण प्रदर्शित करता है। जब विकिरण का संचरण होता है, तब यह तरंग जैसे गुण, व्यतिकरण और विवर्तन, दर्शाता है। द्रव्य और विकिरण की प्रचलित धाराओं को देखते हुए यह संकल्पना एकदम नई थी। लोगों को इसे स्वीकार करने में बहुत समय लगा। जैसा आप आगे देखेंगे, कुछ सूक्ष्म कण, जैसे इलेक्ट्रॉन भी तरंग-कण वाला द्वैत व्यवहार प्रदर्शित करते हैं।

प्रश्न 4:

विकिरण के एक मोल फोटॉनों की ऊर्जा की गणना करें जिसकी आवृत्ति 5×10^{14} Hz है।

हल:

एक फोटॉन के उर्जा(E) की गणना के लिये समीकरण है, $E = h\nu$

$h = 6.626 \times 10^{-34}$ J s, $\nu = 5 \times 10^{14}$ s^{-1} (दिया गया है)

$E = (6.626 \times 10^{-34}$ J s) × $(5 \times 10^{14}$ s–1)

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

फोटॉन के एक मोल की उर्जा = $(3.313 \times 10^{-19}$ J) × $(6.022 \times 10^{23}$ $mol^{-1})$

= 199.51 kJ mol^{-1}

समस्या 5:

एक 100 वाट का बल्ब तरंग दैर्ध्य 400 nm के मोनोक्रोमैटिक प्रकाश का उत्सर्जन करता है। बल्ब द्वारा प्रति सेकंड उत्सर्जित फोटॉनों की संख्या की गणना करें।

हल:

बल्ब की शक्ति = 100 वाट = 100 J s-1

एक फोटॉन E की ऊर्जा = $h\nu = hc / \lambda$

$= 6.626 \times 10^{-34}$ J s × 3×10^{8} m s^{-1} /400×10^{-9} m $= 4.969 \times 10^{-19}$ J

उत्सर्जित फोटॉनों की संख्या

= 100 J s^{-1} /4.968×10^{-19} J

$= 2.012 \times 1020$ s^{-1}

समस्या 6:

जब तरंग दैर्ध्य 300 nm का विद्युत चुम्बकीय विकिरण सोडियम की सतह पर गिरता है, तो इलेक्ट्रॉनों को 1.68 × 105 J मोल-1 की गतिज ऊर्जा से उत्सर्जित किया जाता है। सोडियम से एक इलेक्ट्रॉन को निकालने के लिए आवश्यक न्यूनतम ऊर्जा क्या है? अधिकतम तरंग दैर्ध्य क्या है जिससे एक प्रकाश-उत्सर्जक उत्सर्जित होगा?

हल: 300 nm फोटॉन की ऊर्जा (E) $h\nu = hc / \lambda$ द्वारा दी जाती है

$= 6.626 \times 10^{-34}\ J\ s \times 3 \times 10^{8}\ m\ s^{-1}\ 300 \times 10^{-9}\ m$

$= 6.626 \times 10^{-19}\ J$

फोटॉनों के एक मोल की ऊर्जा = $6.626 \times 10^{-19}\ J \times 6.022 \times 10^{23}\ mol^{-1} = 3.99 \times 10^{5}\ J\ mol^{-1}$

सोडियम से इलेक्ट्रॉनों के एक मोल को निकालने के लिए आवश्यक न्यूनतम ऊर्जा = (3.99 –1.68) 105 J $mol^{-1} = 2.31 \times 10^{5}\ J\ mol^{-1}$

एक इलेक्ट्रॉन के लिए न्यूनतम ऊर्जा

$= 2.31 \times 10^{5}\ J\ mol^{-1} \times 6.022 \times 10^{23}$ electrons mol^{-1}

$= 3.84 \times 10^{-19}\ J$

यह तरंग दैर्ध्य से मेल खाती है

$\lambda = hc\ /E$

$= 6.626 \times 10^{-34}\ J\ s \times 3 \times 10^{8}\ m\ s^{-1} / 3.84 \times 10^{-19}\ J$

= 517 nm (यह हरे रंग की रोशनी से मेल खाती है)

समस्या 7:

एक धातु के लिए दहलीज आवृत्ति $\nu_0 = 7.0 \times 10^{14}\ s^{-1}$ है। आवृत्ति के $\nu = 1.0 \times 10^{15}\ s^{-1}$ के विकिरण के धातु के साथ टकराने पर उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा की गणना करें।

हल:

आइंस्टीन के समीकरण के अनुसार

गतिज ऊर्जा = $\frac{1}{2} m_e v^2 = h(\nu - \nu_0) = (6.626 \times 10^{-34}\ J\ s)\ (1.0 \times 10^{15}\ s^{-1} - 7.0 \times 10^{14}\ s^{-1}) = (6.626 \times 10^{-34}\ J\ s)\ (10.0 \times 10^{14}\ s^{-1} - 7.0 \times 10^{14}\ s^{-1}) = (6.626 \times 10^{-34}\ J\ s) \times (3.0 \times 10^{14}\ s^{-1}) = 1.988 \times 10^{-19}\ J$

2.4 परमाण्विक स्पेक्ट्रा

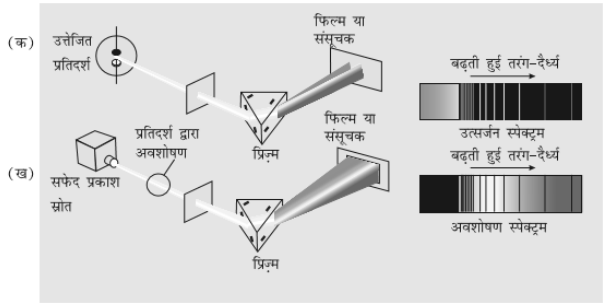
प्रकाश की गति उस माध्यम की प्रकृति पर निर्भर करती है जिससे यह गुजरती है। एक माध्यम से दूसरे

तक जाने पर प्रकाश की किरण अपने मूल पथ से मुड़ जाती है अथवा अपवर्तित (refract) हो जाती है। प्रिज़्म में से सफेद प्रकाश की किरण को गुजारने से यह देखा गया कि कम तरंग-दैघ्र्य की तरंग लंबी तरंग-दैघ्र्य की तरंग की तुलना में अधिक झुक जाती है, क्योंकि साधारण सफेद प्रकाश में दृश्य परास में सभी तरंग-दैघ्र्यों वाली तरंगें होती हैं। सफेद प्रकाश की किरण रंगीन पट्टिðयों की एक श्रंखला में फैल जाती है, जिसे स्पेक्ट्रम (spectrum) कहते हैं। लाल रंग, जिसकी तरंग-दैघ्र्य सबसे अधिक होती है, का विचलन सबसे कम और सबसे कम तरंग-दैघ्र्य वाले बैगनी रंग का विचलन सबसे अधिक होता है। सफेद रंग का प्रकाश, जो हमें दिखाई देता है, के स्पेक्ट्रम का परास 7.50×10^{14} Hz के बैगनी रंग से लेकर 4×10^{14} Hz के लाल रंग तक होता है। इस स्पेक्ट्रम को सतत स्पेक्ट्रम (continuous spectrum) कहते हैं, सतत इसलिए, क्योंकि बैगनी रंग नीले रंग में और नीला रंग हरे रंग में मिलता है। अन्य रंगों के साथ भी ऐसा ही होता है। जब आकाश में इंद्रधनुष बनता है, तब भी ऐसा ही स्पेक्ट्रम दिखाई देता है। याद रखिए कि दृश्य प्रकाश विद्युत्-चुंबकीय विकिरण का एक बहुत छोटा भाग होता है (चित्र 2)। वैज्ञानिकों ने सूर्य, तारा और ज्योति जैसे सफेद प्रकाश के विभिन्न स्रोतों के स्पेक्ट्रम का अध्ययन किया। सूर्य से स्पेक्ट्रम ने कुछ अंधेरे क्षेत्रों को दिखाया। जब विद्युत्-चुंबकीय विकिरण द्रव्य के साथ अन्योन्य क्रिया (परस्पर क्रिया) करता है, तो परमाणु और अणु इस ऊर्जा का अवशोषण कर सकते हैं एवं उच्च ऊर्जा स्तर पर पहुंच जाते हैं। उच्च ऊर्जा स्तर पर ये अस्थायी अवस्था में होते हैं। ये जब कम ऊर्जा वाली अधिक स्थायी तलस्थ अवस्था (ground state) में लौटते हैं, तो वे विद्युत्-चुंबकीय स्पेक्ट्रम के विभिन्न क्षेत्रों में विकिरण उत्सर्जित करते हैं। उन्नीसवीं शताब्दी में, विभिन्न तत्वों द्वारा उत्सर्जित प्रकाश के स्पेक्ट्रम का अध्ययन किया गया था। ये बीच में अंधेरे स्थानों के साथ रंगीन रेखाओं की एक श्रृंखला के रूप में देखे गए थे। तत्वों से प्राप्त लाइनों और अंधेरे स्थानों के पैटर्न को परमाणु स्पेक्ट्रा कहा जाता है। परमाणु स्पेक्ट्रा की उत्पत्ति को निरंतर इलेक्ट्रॉनिक ऊर्जा मानकर नहीं समझाया जा सकता है।

3. उत्सर्जन तथा अवशोषण स्पेक्ट्रा

किसी पदार्थ से ऊर्जा अवशोषण के बाद उत्सर्जित विकिरण का स्पेक्ट्रम 'उत्सर्जन स्पेक्ट्रा' कहलाता है। परमाणु अणु या आयन विकिरण के अवशोषण पर उत्तेजित हो जाते हैं। उत्सर्जन स्पेक्ट्रम प्राप्त करने के लिए किसी प्रतिदर्श को गरम कर के अथवा विकिरणित कर के ऊर्जा दी जाती है और जब प्रतिदर्श अवशोषित ऊर्जा को निष्कासित करता है, तो उत्सर्जित विकिरण की तरंग-दैघ्र्य, या आवृत्ति को रिकार्ड कर लिया जाता है। अवशोषण स्पेक्ट्रम उत्सर्जन स्पेक्ट्रम के फोटोग्राफीय निगेटिव की तरह होता है। जब एक सतत विकिरण को प्रतिदर्श पर डाला जाता है, तो वह विकिरण की कुछ तरंग-दैघ्र्य का अवशोषण कर लेता है। द्रव्य द्वारा अवशोषित विकिरण की संगत लुप्त तरंग-दैघ्र्य चमकीले सतत स्पेक्ट्रम में गहरे रंग की रेखाओं के रूप में प्रदर्शित होती है। उत्सर्जन या अवशोषण स्पेक्ट्रम के अध्ययन को स्पेक्ट्रोमिती (spectroscopy) कहते हैं। जैसा ऊपर बताया गया है, दृश्य प्रकाश का स्पेक्ट्रम सतत होता है, क्योंकि उसमें दृश्य प्रकाश की लाल से बैगनी तक सभी तरंग-दैघ्र्य उपस्थित होती हैं। इस के विपरीत गैस अवस्था में परमाणुओं का उत्सर्जन स्पेक्ट्रम लाल से बैगनी तरंग-दैघ्र्यों में सतत् रूप से प्रदर्शित नहीं करता है, परंतु उनसे केवल विशेष तरंग-दैघ्र्यों वाला प्रकाश उत्सर्जित होता है, जिनके बीच में काले स्थान रहते हैं। ऐसे स्पेक्ट्रम को रेखा स्पेक्ट्रम अथवा परमाण्वीय स्पेक्ट्रम कहते हैं, क्योंकि उत्सर्जित विकिरण स्पेक्ट्रम में चमकीली रेखाओं के रूप में प्रदर्शित होता है (चित्र 6)। इलेक्ट्रॉनिक संरचना के अध्ययन में रेखा-उत्सर्जन स्पेक्ट्रम का विशेष महत्त्व होता है। प्रत्येक तत्त्व का अपना एक विशेष रेखा-उत्सर्जन

स्पेक्ट्रम होता है। रासायनिक विश्लेषणों में परमाणु स्पेक्ट्रम की अभिलाक्षणिक रेखाएँ अज्ञात परमाणुओं को पहचानने के लिए उसी प्रकार उपयोग में लाई जाती हैं, जिस प्रकार अंगुलियों के निशान मनुष्यों को पहचानने के लिए उपयोग में लाए जाते हैं। ज्ञात तत्त्व के अणुओं के उत्सर्जन स्पेक्ट्रम की रेखाओं का यथार्थ मिलान अज्ञात प्रतिदर्श की रेखाओं से तत्त्वों को पहचानने के लिए रॉबर्ट बुन्सेन (1811-1899) ने सर्वप्रथम किया।



चित्रा 6 (अ) परमाण्वीय उत्सर्जन: हाइड्रोजन परमाणुओं या किसी और तत्त्व के उत्तेजित प्रतिदर्श द्वारा उत्सर्जित प्रकाश को एक प्रिज्म से गुजार कर विविक्त तरंग-दैघ्र्यों की रेखाओं में पृथक किया जाता है। अतः उत्सर्जन स्पेक्ट्रम, जो पृथक तरंग-दैघ्र्यों का फोटोग्राफीय ससंचून हाता है, का रेखीय स्पेक्ट्रम कहा जाता है। किसी निश्चित आकार के प्रतिदर्श में बहतु अधिक सखं्या में परमाणु होते हैं। हालाँकि कोई एक परमाणु किसी एक समय पर एक ही उत्तेजित अवस्था में हो सकता है, ¯कतु परमाणुओं के समूह में सभी सम्भव उत्तेजित अवस्थाएं हार्ती हैं, जब ये परमाणु निम्न उर्जा-स्तर पर जाते हैं, तो उत्सर्जित प्रकाश से स्पेक्ट्रम प्राप्त होता है। (ख) परमाण्वीय अवशोषण: जब सफेद प्रकाश को अनुत्तेजित हाइड्रोजन परमाणु से किसी रेखाछिद्र (slit) और फिर प्रिज्म से गुजारा जाता है, तो प्राप्त प्रकाश में कुछ तरंग-दैघ्र्यों (जो चित्र 6 (क) में उत्सर्जित हुई थीं) की तीव्रता का अभाव हो जाता है। यह संसूचित स्पेक्ट्रम भी एक रेखा स्पेक्ट्रम होता है और उत्सर्जन स्पेक्ट्रम का फोटोग्राफीय निगेटिव होता

रूबीडियम (Rb), सीशियम (Cs), थैलियम (Tl), इंडियम (In), गैलियम (Ga), और स्कैनडियम (Sc) आदि तत्त्वों की खोज तब हुई थी, जब उनके खनिजों का स्पेक्ट्रमी विश्लेषण किया गया था। सूर्य में हीलियम (helium) तत्त्व की उपस्थिति भी स्पेक्ट्रमी विधि द्वारा ज्ञात की गई थी।

4. हाइड्रोजन का रेखीय स्पेक्ट्रम

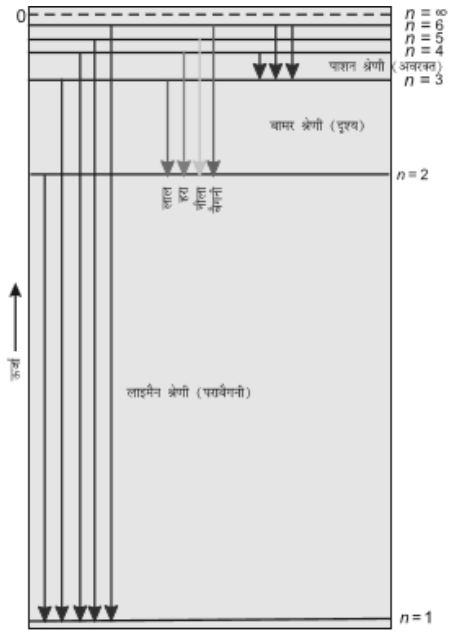
जब हाइड्रोजन गैस में विद्युत् विसर्जन प्रवाहित किया जाता है, तब H2 अणु वियोजित होकर उच्च ऊर्जा वाले हाइड्रोजन परमाणु देते हैं, जो विविक्त आवृत्तियों वाला विद्युत्-चुंबकीय विकिरण उत्सर्जित करते हैं। हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम में रेखाओं की कई श्रेणियाँ होती हैं, जिन्हें उनके आविष्कारकों के नाम से जाना जाता है। बामर ने सन् 1885 में प्रायोगिक प्रेक्षणों के आधार पर बताया कि यदि स्पेक्ट्रमी रेखाओं को तरंग-संख्या (ῡ) के रूप में में व्यक्त किया जाए, तो हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम की दृश्य-क्षेत्र की रेखाओं को निम्नलिखित सूत्र द्वारा दर्शाया जा सकता है, $? = 109,677\ (1/\ 2^2 - 1/\ n^2)\ cm^{-1}$ (4)

जहाँ n एक पूर्णांक है, जिसका मान 3 या 3 से अधिक (अर्थात् n = 3, 4, 5,....) होता है। इस सूत्र द्वारा वर्णित रेखाओं को 'बामर श्रेणी' (Balmer series) कहा जाता है। हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम में केवल इसी श्रेणी की रेखाएँ विद्युत्-चुंबकीय स्पेक्ट्रम के दृश्य क्षेत्र में प्राप्त होती है। स्वीडन के एक स्पेक्ट्रमी वैज्ञानिक जोहान्स रिड्बर्ग ने बताया कि हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम की सभी श्रेणियों की रेखांए निम्नलिखित सूत्र द्वारा दर्शायी जा सकती है, $? = 109{,}677 \times (1/ n_1^2 - 1/ n_2^2) \text{ cm}^{-1}$ (5) जहाँ $n_1 = 1, 2.....$ $n_2 = n_1 + 1, n_1 + 2.....$ । 109,677 cm^{-1} के मान को हाइड्रोजन का रिड्बर्ग स्थिरांक (Rydberg's constant) कहते हैं। $n_1 = 1, 2, 3, 4, 5$ वाली रेखाओं की पाँच श्रेणियाँ क्रमशः लाइमैन (Lyman) बामर (Balmer) पाशन (Paschen) ब्रेकेट (Brackett) तथा फंड (Pfund) श्रेणियाँ कहलाती हैं। सारणी 2 में हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम की ये श्रेणियाँ दिखाई गई हैं। चित्र 7 में हाइड्रोजन परमाणु की लाइमैन, बामर और पाशन श्रेणियों के संक्रमणों को दिखाया गया है।

सारणी 2 परमाणु हाइड्रोजन की स्पेक्ट्रमी रेखाएँ

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

हाइड्रोजन का रेखीय स्पेक्ट्रम सभी तत्त्वों के रेखीय स्पेक्ट्रम की तुलना में सबसे सरल होता है। भारी परमाणुओं का रेखीय स्पेक्ट्रम अधिक जटिल होता है, परंतु सभी रेखीय स्पेक्ट्रमों के कुछ लक्षण समान होते हैं। जैसे (i) प्रत्येक तत्त्व का रेखीय स्पेक्ट्रम विशेष प्रकार का होता है। (ii) प्रत्येक तत्त्व के रेखीय स्पेक्ट्रम में नियमितता होती है। अब यह प्रश्न उठता है कि एक जैसे इन लक्षणों का क्या कारण हो सकता है? क्या इनका संबंध इन तत्त्वों के परमाणुओं की इलेक्ट्रॉनिक संरचना से होता है? इस प्रकार के प्रश्नों के उत्तर जानना जरुरी है। हम आगे देखेंगे कि इन प्रश्नों के उत्तरों से हमें इन तत्त्वों के परमाणुओं की इलेक्ट्रॉनिक संरचना को समझने में सुविधा हुई।



चित्र 7 हाइड्रोजन परमाणु में इलेक्ट्रॉन के संक्रमण। यहाँ संक्रमण की लाइमैन, बामर और पाशन श्रेणियाँ दिखाई गई हैं।

5. सारांश

● विद्युत चुम्बकीय विकिरण कई प्रकार होते हैं जो तरंगदैर्ध्य में एक दूसरे से भिन्न होते हैं और विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम का गठन करते हैं।

● विवर्तन और व्यतिकरण की परिघटनाओं को विद्युत चुम्बकीय विकिरण की तरंग प्रकृति के द्वारा समझाया जा सकता है।

● वह आदर्श पिंड जो सभी आवृत्तियों के विकिरणों को उत्सर्जित और अवशोषित करता है, कृष्णिका

कहलाता है।

●ऊर्जा की सबसे छोटी मात्रा क्वांटम है जिसे विद्युत चुम्बकीय विकिरणों के रूप में उत्सर्जित या अवशोषित किया जा सकता है।

●जब किसी विशेष आवृत्ति के प्रकाश की किरण किसी धातु की सतह से टकराती है तो धातु की सतह से इलेक्ट्रॉनों का उत्सर्जन होता है। इसे प्रकाश-विद्युत् प्रभाव कहा जाता है।

●विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रा उत्सर्जित या अवशोषित ऊर्जा के आधार पर उत्सर्जन या अवशोषण स्पेक्ट्रम हो सकता है।