आतिशबाज़ी के रंग, दो नए तत्व, एक नई राह

डॉ. सुशील जोशी

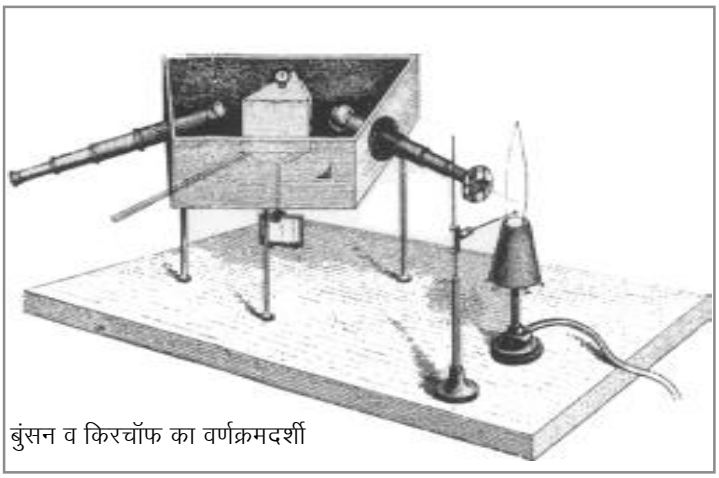
रंग-बिरंगी आतिशबाज़ी से तो हम सभी वाकिफ हैं मगर शायद यह नहीं जानते कि ये रंगभरी फुलझड़ियां बनती कैसे हैं। ये रंग आते हैं उन तरह-तरह के लवणों से जो आतिशबाज़ी बनाने वाले इनमें मिलाते हैं। मगर शायद आपने यह नहीं सोचा होगा कि इन रंगों का अध्ययन विज्ञान की एक प्रमुख शाखा है। जब इन रंगों का व्यवस्थित अध्ययन शुरू हुआ, तो इसने वैज्ञानिक अध्ययन को नई ऊंचाइयां दीं - शब्दशः। उन्नीसवीं सदी में हुए इन अध्ययनों के यान पर सवार होकर रासायनिक विश्लेषण धरती छोड़कर अंतरिक्ष तक फैल गया।

1850 के दशक तक वैज्ञानिकों ने करीब 50 तत्व खोज लिए थे। इनमें से कुछ तत्व तो वे थे जो हमें प्राचीन काल से ही ज्ञात थे। जैसे सोना, चांदी, पारा, लोहा वगैरह। अधिकांश तत्व अट्ठारवीं और उन्नीसवीं सदी में खोजे गए थे। इन तत्वों की खोज रासायनिक विश्लेषण की मदद से हुई थी। मगर 1860 में पदार्थों के विश्लेषण की एक ऐसी विधि खोजी गई जिसने नए तत्वों की खोज व पहचान का एक नया रास्ता खोल दिया।

रसायन विज्ञान के छात्र प्रायः रॉबर्ट बुंसन (1811-1899) को बुंसन बर्नर के लिए जानते हैं। बुंसन बर्नर रसायन प्रयोगशालाओं में पदार्थों को गर्म करने का एक बढ़िया उपकरण है। मगर बुंसन ने इसका निर्माण मात्र पदार्थों को गर्म करने के लिए नहीं किया था। उनके दिमाग में कुछ और ही योजना थी।

यह तो हम सभी जानते हैं कि किसी धातु को गर्म किया जाए तो उसमें से रोशनी निकलने लगती है। साधारण बिजली के बल्बों में यही तो होता है। फिलामेंट गर्म होकर रोशनी देने लगता है। यदि आपने भट्टी में तपता लोहा देखा है, तो आपको याद होगा कि उसमें से भी रोशनी निकलती है। गैस बत्ती में जो मैंटल होता है वह भी गर्म होकर रोशनी देता है। लौ से निकलता प्रकाश और कुछ नहीं गर्म होकर चमकते कार्बन कणों से निकलने वाली रोशनी ही तो होती है।

तो बुंसन और उनके एक साथी वैज्ञानिक गुस्ताव किरचॉफ (1824-1887) समझना चाहते थे कि अलग-अलग पदार्थों में से गर्म होने पर निकलने वाली रोशनी एक-सी होती है या उनमें कुछ फर्क होता है। इसके लिए यह ज़रूरी था कि जिस लौ में इन पदार्थों को गर्म करके देखा जाए, उसका अपना कोई रंग न हो। बुंसन बर्नर इसी ज़रूरत की पूर्ति के लिए विकसित किया गया था। इसके विकास में बुंसन के प्रयोगशाला सहायक पीटर डेसागा की अत्यंत महत्वपूर्ण भूमिका रही थी मगर समय के साथ यह हो गया बुंसन बर्नर।


बुंसन व किरचॉफ का वर्णक्रमदर्शी

अब बारी आई विभिन्न तत्वों से गर्म होने पर निकलने वाली रोशनी के अध्ययन की। उस समय तक यह भलीभांति ज्ञात था कि सूर्य का प्रकाश कई रंगों से मिलकर बना है। यदि सूर्य के प्रकाश को एक प्रिज़्म में से गुज़ारा जाए तो वह सात रंगों में बंट जाता है।

सूर्य के प्रकाश में मौजूद इन्हीं विविध रंगों के अलग-अलग हो जाने का परिणाम हमें इंद्रधनुष के रूप में नज़र आता है।

तो बुंसन और किरचॉफ ने अपने अध्ययन के लिए एक और उपकरण विकसित किया। इस उपकरण में एक तरफ एक बुंसन बर्नर लगा था जिसके ऊपर किसी पदार्थ को गर्म किया जाता था। इसमें से जो प्रकाश निकलता, उसे एक प्रिज़्म में से गुज़ारा जाता। प्रिज़्म में दूसरी ओर निकलने वाले प्रकाश में रंग अलग-अलग हो जाते थे जिन्हें अलग-अलग देखा जा सकता था।

वैसे तो तत्वों को गर्म करने पर निकले प्रकाश के रंग के अवलोकन पहले भी हो चुके थे मगर कई बार सिर्फ रंग के आधार पर उनमें फर्क कर पाना संभव नहीं होता था। इसलिए बुंसन और किरचॉफ उस प्रकाश को बारीकी से देखना चाहते थे। उन्होंने जो उपकरण बनाया उसे हम वर्णक्रमदर्शी कह सकते हैं (चित्र में बुंसन और किरचॉफ का यही वर्णक्रमदर्शी दिखाया गया है)। इसमें दो दूरबीनें लगी हैं। एक दूरबीन के सामने एक लौ है जिसमें प्लेटिनम के एक तार पर बने छल्ले में इच्छित पदार्थ को गर्म किया जाता था। दूरबीन में से यह प्रकाश एक महीन झिर्री में होता हुआ प्रिज़्म पर पहुंचता था। प्रिज़्म इस प्रकाश को इसके अलग-अलग रंगों में बांटने का काम करता और फिर दूसरी दूरबीन में से उस विच्छेदित प्रकाश को देखा जाता। एक-एक करके सारे रंगों को देखने के लिए प्रिज़्म को घुमाया जाता ताकि किसी भी समय पर दूरबीन के सामने किसी एक रंग की रेखा आए।

इस वर्णक्रमदर्शी की मदद से बुंसन और किरचॉफ ने कई तत्वों के क्लोराइड लवणों की जांच की। जांच करने पर पता चला कि प्रत्येक तत्व का वर्णक्रम सबसे अलग यानी अनूठा होता है। बुंसन इससे पहले कई तत्वों को अत्यंत शुद्ध रूप में प्राप्त करने के लिए विद्युत-रासायनिक विधि विकसित कर चुके थे।

बुंसन और किरचॉफ ने इसे उत्सर्जन वर्णक्रम नाम दिया क्योंकि यह वर्णक्रम किसी तत्व या उसके यौगिक को गर्म करने पर उसमें से उत्सर्जित होता है। उन्होंने यह प्रयोग कई तरह से किया था। जैसे किसी भी धातु के क्लोराइड के अलावा ब्रोमाइड, ऑक्साइड, आयोडाइड व सल्फेट लवणों को लौ में तपाकर देखा। फिर उन्होंने अलग-अलग पदार्थों से बनी लौ (जैसे कार्बन मोनोऑक्साइड, अल्कोहल, हाइड्रोजन वगैरह) में पदार्थों को गर्म करके उनके वर्णक्रम देखे। अंततः प्रयोगों के इस अत्यंत श्रमसाध्य व लंबे सिलसिले के बाद वे इस निष्कर्ष पर पहुंचे कि "किसी धातु की वर्णक्रम रेखाओं पर इस बात का कोई प्रभाव नहीं पड़ता कि धातु का कौन-सा यौगिक लिया गया है, लौ किस पदार्थ के जलने से बनी है या लौ का तापमान कितना है।" किसी भी धातु का उत्सर्जन वर्णक्रम अनोखा ही होता है।

इसके अलावा किरचॉफ ने एक प्रयोग और किया।

उन्होंने रक्त तप्त पदार्थ के पीछे प्रकाश का एक चमकदार स्रोत रखा और इस स्रोत से निकलने वाले प्रकाश को उस तत्व की लौ में से गुज़रने दिया। देखा गया कि सामान्य रूप से वह तत्व प्रकाश की जो रेखाएं उत्सर्जित करता है, अब उन्हीं का अवशोषण कर रहा है। यानी उस तत्व के उत्सर्जन वर्णक्रम में जिन रंगों की चमकीली रेखाएं दिखती हैं, अब वही रेखाएं काली रेखाओं में बदल गई हैं। यानी कोई तत्व जिस वर्णक्रम का उत्सर्जन करता है, उसी का अवशोषण भी कर लेता है। इसे उन्होंने अवशोषण वर्णक्रम कहा। जैसा कि हम आगे देखेंगे, यह प्रयोग हमारे क्षितिज को विस्तार देने में मील का पत्थर साबित हुआ था।

अपनी इस वर्णक्रम विधि का उपयोग करते हुए बुंसन

व किरचॉफ ने सोडियम, पोटेशियम व लिथियम के पूरे वर्णक्रमों का अध्ययन किया। और तो और, उन्होंने दो नए तत्वों की खोज भी इस विधि से की। ये दो नए तत्व थे सीज़ियम और रुबिडियम। बुंसन व किरचॉफ ने देखा कि सोडियम व पोटेशियम के कुछ नमूनों में उनकी लाक्षणिक प्रकाश रेखाओं के अलावा एक नीली रेखा और नज़र आ रही है। उनके मुताबिक यह किसी नए तत्व की उपस्थिति का संकेत था। अब वे इस तत्व की खोज में भिड़ गए।

डुर्खाइम नामक स्थान से प्राप्त 40 हज़ार लीटर पानी के आसवन के बाद जो लवण प्राप्त हुआ उसका शुद्धिकरण करते-करते अंततः वे उस तत्व का शुद्ध लवण प्राप्त कर पाए। इसके वर्णक्रम में उक्त नीली रेखा के आधार पर इसे उन्होंने सीज़ियम नाम दिया। इसी विधि से उन्होंने रुबिडियम की खोज भी की।

मगर दो नए तत्व खोजे जाना वर्णक्रम विश्लेषण विधि के उपयोग का उदाहरण मात्र है। इसके साथ रासायनिक विश्लेषण के एक नए युग का आगाज़ होता है जिस पर ध्यान देना ज़रूरी है।

पहली बात तो यह है कि किसी तत्व की उपस्थिति पता करने की रासायनिक विधियों के लिए आपको पदार्थ की काफी अधिक मात्रा की ज़रूरत होती है। बुंसन और किरचॉफ ने *एनालेन डेर फिज़िक उंड डेर केमी* में 1860 में प्रकाशित अपने शोध पत्र में इस तथ्य की ओर ध्यान आकर्षित किया है कि वर्णक्रम विश्लेषण के द्वारा तत्वों की उपस्थिति की जांच अत्यंत कम मात्रा से की जा सकती है। उनके मुताबिक "हमारी 60 वर्ग मीटर की प्रयोगशाला में वर्णक्रमदर्शी से काफी दूर एक कोने में हमने 3 मिलीग्राम सोडियम क्लोरेट को दुग्ध शर्करा के साथ एक लौ में विस्फोटित किया। कुछ मिनटों बाद लौ का रंग धीरे-धीरे पीला हो गया और करीब 10 मिनट बाद वर्णक्रम में सोडियम की पीली रेखाएं प्रकट हुईं। जितना सोडियम हमने लिया था और कमरे में जितनी हवा होती है, उसे देखते हुए हम यह गणना कर सकते हैं कि हवा के कुल वज़न की तुलना में सोडियम का वज़न 2 करोड़वां भाग रहा होगा।...इस स्तर की संवेदनशीलता के आधार पर हम थोड़े से तत्व की उपस्थिति का भी पता लगा सकते हैं।"

दरअसल, आजकल वर्णक्रम विश्लेषण काफी उन्नत हो चुका है, हम इसके तहत न सिर्फ दृश्य प्रकाश का बल्कि अवरक्त, पराबैंगनी तथा अन्य विकिरण का भी विश्लेषण कर सकते हैं। कुल मिलाकर आज पदार्थों की संरचना पता करने में वर्णक्रम विश्लेषण सबसे महत्वपूर्ण तकनीक है, जिसका अंदाज़ बुंसन व किरचॉफ को 1860 में हो चुका था।

इस तकनीक का दूसरा महत्वपूर्ण आयाम उजागर करते हुए बुंसन और किरचॉफ ने अपने उसी शोध पत्र में लिखा थाः "वर्णकर्म विश्लेषण धरती पर पाए जाने वाले पदार्थों में किसी तत्व की अत्यंत कम मात्रा में उपस्थिति पता करने की एक अद्‌भुत सरल तकनीक तो है ही, यह पृथ्वी की सरहदों से पार, शायद सौर मंडल तक में रासायनिक अनुसंधान का मार्ग प्रशस्त करेगी। चूंकि विश्लेषण की इस विधि में आपको सिर्फ किसी चमकती गैस का अवलोकन करना होता है, इसलिए इसे सूरज तथा अन्य चमकीले तारों के वायुमंडल पर भी लागू किया जा सकता है। हां थोड़ा-सा परिवर्तन ज़रूरी होगा। हम यह तो दर्शा ही चुके हैं कि किसी वस्तु में से प्रकाश के उत्सर्जन और अवशोषण के बीच सीधा सम्बंध है। कहने का मतलब यह है कि सूरज के प्रकाश के वर्णक्रम में जो काली रेखाएं दिखती हैं वे उसके वायुमंडल में उपस्थित तत्वों के कारण पैदा हुई हैं। यानी सूरज के वायुमंडल के विश्लेषण के लिए आपको सिर्फ इतना करना होगा कि उन तत्वों से तुलना करेंगे जो उन्हीं स्थानों पर चमकीली रेखाएं पैदा करते हैं।" इसका सीधा-सा मतलब यह है कि सूरज के अंदर रोशनी का एक स्रोत है। यह स्रोत लगभग हर रंग का प्रकाश पैदा करता है। जब यह प्रकाश सूरज के बाहरी वायुमंडल में से गुज़रता है तो वहां मौजूद तत्व कुछ प्रकाश को सोख लेते हैं। यदि हम सूर्य के प्रकाश के वर्णक्रम का विश्लेषण करें तो पता कर सकते हैं कि सूर्य के वायुमंडल में कौन-से तत्व है।

कल्पना कीजिए, यह संभावना पहली बार व्यक्त की जा रही थी कि हम सूरज का रासायनिक विश्लेषण भी कर सकते हैं। उसके वर्णक्रम में विभिन्न रेखाओं के अध्ययन से हम घर बैठे (पृथ्वी पर बैठे) सूरज के बाहरी वायुमंडल के रासायनिक संगठन का पता लगा सकते हैं।

यह सुझाव इसलिए और भी अहमियत अख्तियार कर लेता है क्योंकि इससे बीस-पच्चीस वर्ष पहले (1835 में) ही मशहूर दार्शनिक ऑगस्ट कॉम्ट (1794-1859) ने कहा था, 'हम (ग्रहों की) दूरियां, उनका आकार, और उनकी गतियां पता कर सकते हैं, मगर उन पर रहने वाले जीवों की बात तो दूर, हम उनकी रासायनिक या खनिज संरचना का पता भी कभी नहीं लगा सकेंगे।' कॉम्ट का मत था कि तारों के बारे में जानना तो और भी नामुमकिन होगा। 25 साल में ही उन्हें अपने शब्द वापिस लेने पड़ते। मगर अपने शब्द वापिस लेने के लिए कॉम्ट इस दुनिया में नहीं थे। ***(स्रोत फीचर्स)***