बादलों से ढँका आकाश

आसिफ अख़्तर

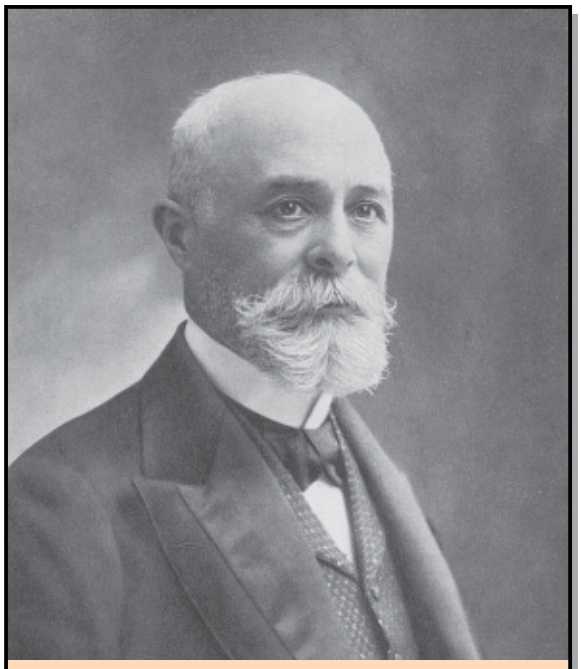
खराब मौसम तथा बहुत सम्भावित रूप से एक विफल प्रयोग के संयोग से हुए अवलोकन के परिणामस्वरूप किस प्रकार नोबेल पुरस्कार जीतने वाली रेडियोधर्मिता की खोज हुई? इस लेख में लेखक ने हैनरी बैक्वरैल के यूरेनियम लवणों के साथ किए गए प्रयोगों की कहानी बयान की है, जिसमें मूल रूप से इस भौतिकशास्त्री के द्वारा किए एक अप्रत्याशित और असामान्य अवलोकन को समझने के लिए किए गए वैज्ञानिक अनुसन्धानों की शृंखला का वर्णन किया गया है।

वह मार्च 1896 की पहली तारीख और पेरिस में सर्दी के मौसम का एक आलस भरा दिन था। पिछले चार दिनों से बादलों के पीछे छिपा सूर्य बाहर नहीं निकला था।

अपनी प्रयोगशाला में काम करते हुए भौतिकशास्त्री हैनरी बैक्वरैल को मालूम था कि ऐसे बादलों वाले दिन, उन्हें अपने चल रहे अध्ययन में कोई परिणाम नहीं मिल पाएँगे। पिछले कुछ महीनों से वे सूर्य के प्रकाश में एक्सपोज की जाने वाली फोटोग्राफिक प्लेटों का इस्तेमाल करते हुए फास्फोरैसेन्ट (स्फुरदीप्ति देने वाले, जो बाद तक दिखती रहती है) यौगिकों का अध्ययन कर रहे थे। पर, ऐसे सूर्य विहीन दिन के दौरान उनकी फोटोग्राफिक प्लेटों पर प्रकाश की क्रिया न हो सकने के कारण वे अप्रभावित बनी रहेंगी।

यह लगभग उसी समय की बात है जब संसार के वैज्ञानिक समुदाय में विल्हैम कोनरैड रोंटजेन द्वारा खोजी गई X–किरणें शोध का लोकप्रिय विषय थीं। सबसे पहले पकड़ में आई X–किरणों के साथ वैक्यूम ट्यूबों (निर्वात नलिकाओं) में फास्फोरैसेन्स का एक रूप भी देखा गया था। हैनरी की दिलचस्पी इसकी जाँच–पड़ताल करने में थी कि क्या स्वाभाविक रूप से घटित होने वाली फास्फोरैसेन्स का किसी तरह से X–किरणों से कोई सम्बन्ध था। उन्होंने एक परिकल्पना प्रस्तावित की थी कि X–किरणों जैसा चीजों के भीतर प्रवेश कर सकने वाला विकिरण पैदा करने के लिए किसी वस्तु को स्वदीप्त होना (लुमिनैस– प्रकाश उत्सर्जित करना) जरूरी था।

इसे सिद्ध करने के लिए हैनरी ने प्रयोगों की एक शृंखला की योजना बनाई थी। इसमें वे पहले एक फास्फोरैसेन्ट यौगिक को अपनी प्रयोगशाला की खिड़की की पट्टी पर आने वाले सूर्य के प्रकाश में रखते। फिर इस यौगिक को एक धातु की वस्तु के साथ प्रकाश में एक्सपोज नहीं की गई फोटोग्राफिक प्लेट पर रख देते थे और फिर पूरे उपकरण को एक अपारदर्शी कागज से ढँक



ऐन्ट्वान हैनरी बैक्वरैल का एक पोट्रेट
Image Courtesy: Paul Nadar. Repository: Smithsonian Institution Libraries. Accessed on: Wikimedia Commons. License: Public Domain. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Portrait_of_Antoine-Henri_Becquerel.jpg

विल्हैम कोनरैड रोंटजेन

देते थे। उस उपकरण को प्रयोगशाला में उनकी अलमारी की एक अँधेरी दराज में रात भर रखा रहने दिया जाता था।

यदि परीक्षण किया जा रहा यौगिक वाकई में लुमिनेसेन्ट होगा, तो सूर्य के प्रकाश में रखे जाने से वह चमकने वाली आभा देने लगेगा। इस चमक में रखे जाने पर धातु की वस्तु का एक प्रतिबिम्ब फोटोग्राफिक प्लेट पर विकसित हो जाएगा। बैक्वरैल के अनुसार, यह चमक इस बात का संकेत देगी कि वह फास्फोरैसेन्ट यौगिक X–किरणें उत्सर्जित कर रहा था।

हैनरी ने अपने कुछ शुरुआती प्रयोगों के लिए यूरेनियम लवणों के एक संचय को चुना, जो उन्हें अपने पिता एडमण्ड बैक्वरैल से विरासत में मिला था। वे भी हैनरी की तरह एक भौतिकशास्त्री थे और ठोस वस्तुओं में फास्फोरैसेन्स के विषय पर अपने समय के अग्रणी विशेषज्ञ थे। हालाँकि यूरेनियम की खोज 1869 में हो चुकी थी। रसायनशास्त्री दिमित्री मैंडलीव ने आवर्ती तालिका के उनके स्वरूप में (जिसमें उन्होंने तत्वों को उनके परमाणु भारों के बढ़ते हुए क्रम में व्यवस्थित किया था) यूरेनियम को सबसे भारी तत्व के स्थान पर रखा था। एडमण्ड बैक्वरैल ने यूरेनियम के सल्फाइड्स तथा अन्य यौगिकों का उनकी असाधारण रूप से चमकदार फास्फोरैसेन्स के कारण विस्तार से अध्ययन किया था।

जिस दिन हमारी कहानी शुरू होती है, हैनरी बैक्वरैल ने सभी फोटोग्राफिक प्लेटों को उन यूरेनियम क्रिस्टलों के साथ डेवलप करने का निर्णय लिया जिन्हें उन्होंने उसके पिछले सप्ताह तैयार किया था। पेरिस में सर्दियों के बादलों से ढँके आकाश के कारण उन लवणों में से किसी को भी ज्यादा धूप नहीं मिली थी। इसलिए हैनरी को अपनी प्लेटों पर ज्यादा कुछ दिखाई देने की उम्मीद नहीं थी।

फिर भी उन्होंने उन प्लेटों को डेवलप करने का निर्णय क्यों लिया, इसके बारे में तब से ही काफी अनुमान लगाए जाते रहे हैं। सुझाए गए कुछ

सबसे आम कारण हैं : उनमें सर्वोपरि थी हैनरी की जिज्ञासा या उनकी मितव्ययता की स्वाभाविक प्रवृत्ति – उन्हें उन फोटोग्राफिक प्लेटों को यूँ ही फेंकने में हिचकिचाहट हुई होगी जिन्हें उन्होंने अपना प्रयोग जमाने के लिए इतनी सावधानी से इस्तेमाल किया था। अक्सर सुझाया जाने वाला एक अन्य कारण है कि हैनरी को उसके अगले सप्ताह एक महत्त्वपूर्ण मीटिंग में भाग लेना था। उन्होंने आशा की होगी कि दिखाने के लिए कुछ न होने से तो उनके विफल प्रयोगों के परिणाम भी बेहतर होंगे। हैनरी की कार्यवाही का असली कारण तो शायद हमेशा एक रहस्य ही रहेगा।

रेडियोधर्मिता के प्रभाव दर्शाने वाली हैनरी बैक्वरैल के द्वारा बनाई गई फोटोग्राफिक प्लेट

परन्तु, जो बात हमें पता है, वह यह है कि जब हैनरी अपनी प्लेटों को विकसित कर रहे थे तो उन्हें उन पर कुछ बहुत धुँधले, हल्के प्रतिबिम्ब (जैसे कि कभी–कभी फास्फोरैसेन्ट पदार्थों को बहुत कम प्रकाश में रखने पर उनके साथ दिखाई देते हैं) दिखने की ही उम्मीद थी।

पर उन्होंने पाया कि न केवल उनकी प्लेटें किसी चीज से प्रभावित हो चुकी थीं, बल्कि वे उन पर कुछ बहुत चमकदार प्रतिबिम्ब देख सकते थे। यह बिलकुल ही अप्रत्याशित था। उनकी अँधेरी दराज में प्रकाश का कोई स्रोत नहीं था। पर्याप्त प्रकाश के बगैर उनकी फोटोग्राफिक प्लेटों पर वे स्पष्ट गहरे प्रतिबिम्ब कैसे प्रकट हो गए थे?

जिस लवण के परिणामस्वरूप उनकी फोटोग्राफिक प्लेटों पर ये प्रतिबिम्ब प्रकट हुए थे, वह पोटैशियम यूरानिल सल्फेट K2 U O2 (So4) था। उन क्रिस्टलों के साथ हैनरी ने उस प्रयोग को एक से ज्यादा बार दोहराया और हर बार उन्हें वही परिणाम प्राप्त हुआ। जब उन क्रिस्टलों को बहुत कम प्रकाश दिखाया गया, तब भी फोटोग्राफिक प्लेटों पर स्पष्ट गहरे काले प्रतिबिम्ब दिखाई दिए।

हैनरी ने बिना कोई समय बर्बाद किए इस बारे में एक रिपोर्ट पेरिस की ऐकैडिमी ऑफ साइंसेज को भेज दी। इस रिपोर्ट में हैनरी ने अपना निष्कर्ष व्यक्त किया था कि जो प्रतिबिम्ब उन्हें दिखाई दे रहे थे, वे पोटैशियम यूरानिल सल्फेट विसरित धुँधले प्रकाश और साथ ही परावर्तित (रिफलैक्टैड) तथा अपवर्तित (रिफ्रैक्टैड) प्रकाश के कारण उत्तेजित होने से बन रहे हो सकते हैं। उन्होंने यह भी सुझाव दिया कि इस तरह से उत्तेजित किए जा रहे यूरेनियम क्रिस्टल ऐसे विकिरणों को पैदा करने में सक्षम थे जो, बहुत सम्भव था कि X–किरणों के रूप में थे।

इस खोज का वैज्ञानिक समुदाय द्वारा बहुत दिलचस्पी के साथ स्वागत किया गया। उसे व्यापक रूप से दुनिया भर में दोहराया गया – और हमेशा उसके परिणामस्वरूप धुँधले प्रकाश में रखे गए यूरेनियम के लवणों के द्वारा फोटोग्राफिक प्लेटों पर वैसे ही प्रतिबिम्ब उत्पन्न किए गए। परन्तु यह भी स्पष्ट प्रतीत होता था कि उत्तेजित यूरेनियम क्रिस्टलों के द्वारा उत्पन्न कुछ ऊर्जा X–किरणों जैसी प्रकाश का स्पन्दन थीं। ये X–किरणें फोटोग्राफिक प्लेटों पर बनने वाले प्रतिबिम्बों के गाढ़ेपन को समझा सकने के लिए या इन क्रिस्टलों की गैसों का आयनीकरण करने की क्षमता को समझा सकने के लिए या हैनरी के प्रयोगों को दोहराने का प्रयास कर रहे भौतिकशास्त्रियों को कभी–कभी जला देने के लिए

पर्याप्त नहीं मालूम पड़ती थीं। क्या यह इस बात का संकेत था कि यूरेनियम क्रिस्टलों को कितने शक्तिशाली ढंग से उत्तेजित किया गया था?

अपने प्रयोगों की अगली शृंखला में हैनरी ने यह पता करने की कोशिश की कि यूरेनियम क्रिस्टलों को उत्तेजित करने के लिए किसी भी प्रकाश की जरूरत थी भी या नहीं। उन्होंने यह पहले जैसी ही विधि का इस्तेमाल करते हुए किया, सिवाय इसके कि नई शृंखला में उपयोग किए गए क्रिस्टलों को बिलकुल भी धूप नहीं दिखाई गई। क्रिस्टलों को एक अपारदर्शी कार्डबोर्ड के बक्सों में फोटोग्राफिक प्लेटों पर रखा गया। इनमें से कुछ प्रयोगों में एल्यूमिनियम तथा काँच की तख्तियों का उपयोग करते हुए, क्रिस्टलों को ऐमल्सन (प्लेटों पर लगे रासायनिक लेप) से भी अलग रखा गया। हर प्रयोग में एक से परिणाम प्राप्त हुए, जिसने यह दिखाया कि फोटोग्राफिक प्लेटों को विकसित करने के लिए उपयोग किए जाने से ठीक पहले यूरेनियम क्रिस्टलों को प्रकाश दिखाए जाने की कोई जरूरत नहीं थी। और यह भी कि फोटोग्राफिक प्लेटों पर देखे जा रहे प्रतिबिम्ब क्रिस्टलों तथा प्लेट के ऐमल्शन के बीच किसी रासायनिक अभिक्रिया का भी परिणाम नहीं थे। इससे हैनरी ने निष्कर्ष निकाला कि यूरेनियम क्रिस्टलों को प्रयोग के एकदम पहले उत्तेजित किए जाने की भी जरूरत नहीं थी। और यह कि वे क्रिस्टल ऐसे अदृश्य विकिरणों को पैदा करने में समर्थ थे जो इन यौगिकों द्वारा उत्सर्जित चमकदार किरणों से ज्यादा लम्बे समय तक बने रह सकते थे। परन्तु फिर भी वे यह समझने की गलती करते रहे कि यह गुण यूरेनियम लवणों की फास्फोरैसेन्स विशेषता से सम्बन्धित था।

इसलिए वे यह समझा सकने में असमर्थ थे कि उतने ही गहरे प्रतिबिम्ब यूरेनस सल्फेट जैसे गैर–फास्फोरैसेन्ट यूरेनियम लवणों के द्वारा उत्पन्न किए जाते हुए क्यों देखे गए। क्या यह सम्भव था कि तीव्र, अदृश्य विकिरणों को पैदा करने की इस क्षमता का फास्फोरैसेन्स से कोई सम्बन्ध नहीं था, बल्कि उसका पूरा सम्बन्ध उन पोटैशियम यूरानिल सल्फेट क्रिस्टलों की प्रकृति से था जिन्हें हैनरी अपने प्रयोगों में इस्तेमाल करते रहे थे? इस सम्भावना की छानबीन करने के लिए, हैनरी ने अपने प्रयोगों की अगली शृंखला में यूरेनियम नाइट्रेट के क्रिस्टलों की जाँच–पड़ताल करने का निर्णय लिया। यह विदित है कि यूरेनियम नाइट्रेट को जब घोला जाता है या पिघलाकर अपने क्रिस्टलीकरण का पानी जैसा द्रव बना दिया जाता है तब वह अपनी लुमिनैसेन्स (दीप्ति) खो देता है। इसलिए हैनरी ने यूरेनियम नाइट्रेट क्रिस्टल को अँधेरे में गर्म किया और एक काँच की नली का इस्तेमाल करते हुए उसे गर्म करने वाली अल्कोहल की लौ के प्रकाश से भी बचाए रखा। पिघले हुए इस यौगिक का तब फिर से अँधेरे में क्रिस्टलीकरण होने दिया गया। गर्म करने की प्रक्रिया ने इस लवण की फास्फोरैसेन्स को नष्ट कर दिया था।

यदि हैनरी का यह मानना सही था कि केवल फास्फोरैसेन्ट यौगिक ही उन अदृश्य विकिरणों को पैदा कर सकते थे, तो फिर नए सिरे से बनाए गए यूरेनियम नाइट्रेट लवण के इन क्रिस्टलों के लिए वैसे प्रतिबिम्ब बनाना सम्भव नहीं होना चाहिए था जैसे कि यूरेनियम सल्फेट क्रिस्टलों के द्वारा फोटोग्राफिक प्लेटों पर बनाए जाते देखे गए थे। परन्तु जब यह प्रयोग किया गया, तो उत्पन्न हुए प्रतिबिम्बों की स्पष्टता पर कोई प्रभाव नहीं पड़ा, वे वैसे ही गहरे थे।

अपने इन प्रयोगों के परिणामस्वरूप, हैनरी ने यह निष्कर्ष निकाला कि जिन अदृश्य विकिरणों ने

फोटोग्राफिक प्लेटों को डेवलप करने में मदद की थी, वे सभी फास्फोरैसेन्ट यौगिकों का सामान्य गुण नहीं थे, बल्कि वे यूरेनियम के लवणों का ही विशिष्ट गुण थे। यह तथ्य कि वे विकिरण यूरेनियम के परमाणुओं द्वारा उत्पन्न किए गए थे, अन्ततः मई 1896 में सिद्ध हो गया जब हैनरी ने दिखाया कि विशुद्ध यूरेनियम धातु का उपयोग करने पर प्राप्त होने वाले प्रतिबिम्ब, यूरानिल सल्फेट से पैदा हुए प्रतिबिम्बों की तुलना में 3 से 4 गुना अधिक गहरे थे।

इस घटना को मैरी क्यूरी द्वारा रेडियोधर्मिता (रेडियोएक्टिविटी) का नाम दिया गया। अपने पति पियरे क्यूरी के साथ मैरी ने इन अदृश्य किरणों पर अपना सघन शोध करना जारी रखा। हैनरी, मैरी एवं पियरे को संयुक्त रूप से 1903 में भौतिकशास्त्र का नोबेल पुरस्कार प्रदान किया गया।

उस प्रारम्भिक अवलोकन को, जो हैनरी को इस खोजयात्रा के मार्ग पर ले गया, आज संयोग या आकस्मिक खोज के एक उदाहरण की तरह सराहा जाता है। पर किसी भी ऐसी अन्य आकस्मिक खोज की ही तरह, इस तथ्य को पहचानने की काबिलियत –कि उनकी प्लेटों पर दिखाई देने वाले गहरे प्रतिबिम्ब बनना तभी सम्भव था जब उन प्लेटों को निरन्तर प्रकाश के किसी तीव्र स्रोत का सामना करना पड़ा हो और उनके प्रयोग में प्रकाश के किसी ऐसे ज्ञात स्रोत के न होने के कारण यह परिणाम असाधारण था – यह दर्शाती है कि यह खोज हैनरी की वैज्ञानिक प्रतिभा पर भी निर्भर थी। इतना ही नहीं, उनके प्रारम्भिक अवलोकन के बाद, हैनरी के अनगिनत प्रयोगों (जिनमें से कई झूठी पगडण्डियों पर भी ले गए) के परिणामस्वरूप आखिरकार रेडियोधर्मिता की जो बेहतर और सही समझ हासिल हुई, वह इस खोज में निहित परिश्रम और लगन का एक साक्षी दस्तावेज है।

पिछले 120 वर्षों में इन अदृश्य विकिरणों को वरदान तथा अभिशाप दोनों रूपों में जाना गया है। एक ओर इस घटना के परिणामस्वरूप विद्युत के रूप में ऊर्जा के एक बड़े स्रोत का जन्म हुआ है। दूसरी ओर इन विकिरणों का उपयोग सैकड़ों–हजारों कैंसर रोगियों का जीवन बचाने के लिए भी किया गया है। लेकिन इसने ऐसे आणविक शस्त्रों के उत्पादन में भी सहायता की है जो पृथ्वी ग्रह से समूची मानव जाति का अस्तित्व मिटा देने में समर्थ हैं।

References

1. Discovery of radio-activity. Kamble, V. B. (2015, March 22). Retrieved from www.vigyanprasar.gov.in http://www.vigyanprasar.gov.in/dream/apr2001/radioactivity.htm

2. Benchmarks: Henri Becquerel discovers radioactivity on February 26, 1896. Carolyn Gramling. Earth Magazine, February 28, 2011. URL: http://www.earthmagazine.org/article/benchmarks-henri-becquerel-discovers-radioactivity-february-26-1896.

3. "Henri Becquerel - Biographical". Nobelprize.org. Nobel Media AB 2014. Web. 27 Jun 2015. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1903/becquerel-bio.html

4. Henri Becquerel. (2015, June 27). In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 14:55, June 27, 2015, from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Henri_Becquerel&oldid=668908867

आसिफ अख्तर *अज़ीम प्रेमजी फाउण्डेशन के जिला संस्थान, अल्मोड़ा की विज्ञान टीम के एक सदस्य और स्रोत व्यक्ति हैं। वे दो दशकों से हाईस्कूल तथा इण्टर कालेज स्तर पर जीवविज्ञान तथा रसायनशास्त्र पढ़ाते रहे हैं। आसिफ को विज्ञान कथाएँ पढ़ना तथा विज्ञान और सामाजिक मुद्दों पर व्यंग्यचित्र बनाने में आनन्द आता है। वे विज्ञान पत्रिका, विज्ञान प्रगति, में नियमित रूप से लिखते रहे हैं। वे बायो–थिंकर्स, पटना के संस्थापक अध्यक्ष हैं जो विज्ञान को लोकप्रिय बनाने वाला एक संगठन है।* ***अनुवाद :*** *सत्येन्द्र त्रिपाठी*