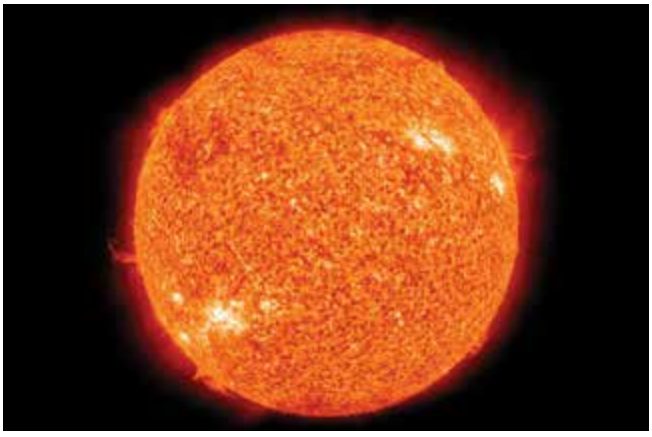
हम कैसे जानते हैं कि तारें किन चीज़ों से बने हैं?

राजाराम नित्यानन्द

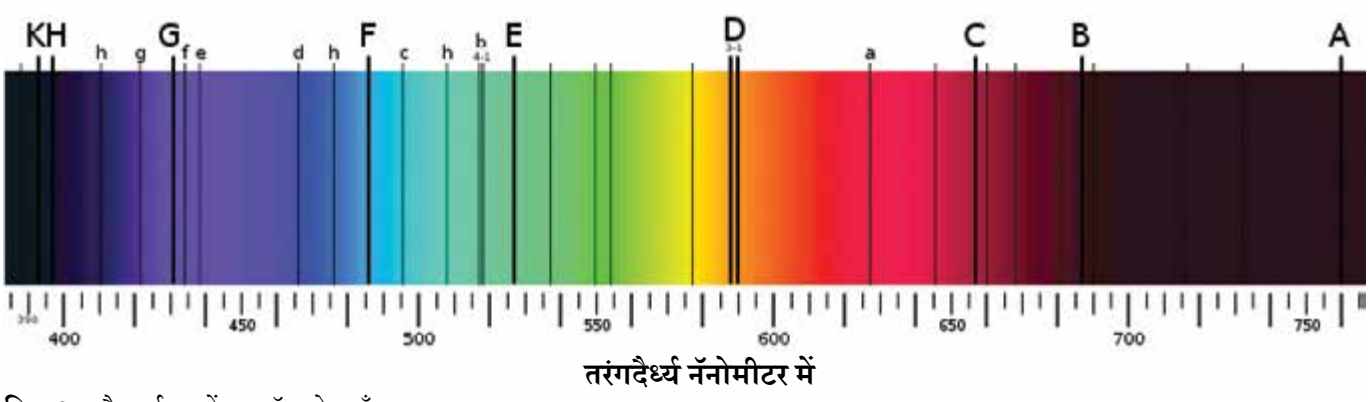
वैज्ञानिक किसी वस्तु, यहाँ तक कि बहुत दूर किसी तारे, से निकलने वाले विकिरण के वर्णक्रम का अध्ययन करके उनमें उपस्थित अलग-अलग तत्वों की पहचान करते हैं। वर्णक्रम का मतलब होता है कि ऊर्जा अलग-अलग तरंगदैर्ध्य में किस तरह वितरित होती है। दृश्य प्रकाश सन्दर्भ में ये अलग-अलग रंगों का प्रतिनिधित्व करती है।

आइए इसे और बेहतर तरीक़े से समझते हैं। हम जानते हैं कि परमाणु में नाभिक के आस-पास चक्कर लगाते इलेक्ट्रॉन निश्चित ऊर्जा स्तर पर होते हैं। जब कोई इलेक्ट्रान उच्च ऊर्जा स्तर से निम्न ऊर्जा स्तर पर आता है तब परमाणु उन दोनों ऊर्जा स्तरों के बीच अन्तर के बराबर ऊर्जा उत्सर्जित करता है। यह ऊर्जा प्रकाश के कण के रूप में उत्सर्जित होती है, जिसे हम फोटॉन कहते हैं। इसके विपरीत, जब किसी इलेक्ट्रान को कम ऊर्जा स्तर से अधिक ऊर्जा स्तर पर जाना होता है तो परमाणु को बाहर से आने वाले फोटॉन के रूप में फोटॉन ऊर्जा की ज़रूरत होती है, जिसकी ऊर्जा उन दो स्तरों के बीच के अन्तर के बराबर हो। इस फोटॉन को अवशोषित कर लिया जाता है। फोटॉन का प्रस्ताव आइंस्टाइन ने 20वीं शताब्दी के शुरू में दिया था और भौतिकशास्त्री स्वीकार करते हैं कि फोटॉन का व्यवहार तरंग जैसा भी हो सकता है। उच्चतर ऊर्जा वाले फोटॉन कमतर तरंगदैर्ध्य वाली तरंगों की तरह व्यवहार करते हैं। इसीलिए, उदाहरण के तौर पर, नीले रंग के फोटॉन जिनकी ऊर्जा लाल रंग के फोटॉन से अधिक है, उसकी तरंगदैर्ध्य लाल रंग से कम है। अन्त में हम यह भी जानते हैं कि प्रत्येक तत्व में अलग-अलग स्तर की ऊर्जा निश्चित होती है। इसलिए किसी एक तत्व से निकलने वाली और अवशोषित होने वाली ऊर्जा निश्चित तरंगदैर्ध्य की होती है। ये तरंगदैर्ध्य, किसी परमाणु में ऊर्जा स्तरों में अन्तर से परिभाषित की जाती है। हम इस ज्ञान का उपयोग किसी वस्तु से निकलने वाले विकिरण के वर्णक्रम के विश्लेषण में करते हैं। यदि किसी वस्तु से मिलने वाले विकिरण में कोई आवृत्ति कमज़ोर या अनुपस्थित होती है तो हम अनुमान लगा सकते हैं कि यह विकिरण ऐसे तत्वों से होकर गुज़र रहा है जो इस विशेष तरंगदैर्ध्य को अवशोषित करते हैं।



चित्र-1 : हमारे सूर्य की तस्वीर

Credits: NASA/SDO (AIA), Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:The_Sun_by_the_Atmospheric_Imaging_Assembly_of_NASA%27s_Solar_Dynamics_Observatory_-_20100819.jpg. License: CC-BY.



चित्र-2 : सौर वर्णक्रम में फ्रानहॉफ़र रेखाएँ।

Credits: Uploaded by nl:Gebruiker:MaureenV & modified by Cepheiden, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Fraunhofer_lines.svg. License: Public Domain.

चलिए, अपने सूर्य का उदाहरण लेकर यह समझने की कोशिश करते हैं कि हम इसे तारों के अध्ययन के लिए कैसे उपयोग करते हैं (**चित्र-1** देखें)। सूर्य की सतह से निकलने वाला प्रकाश लगभग एक सतत वर्णक्रम बनाता है, जिसमें तरंगदैर्ध्यों की शृंखला होती है। अलबत्ता, जब यह प्रकाश सूर्य के बाहरी वातावरण से गुज़रता है तो प्रकाश की विशेष तरंगदैर्ध्य अवशोषित हो जाती हैं। इसके परिणामस्वरूप हमें एक ऐसा वर्णक्रम मिलता है जिसमें स्पष्ट अवशोषण रेखाएँ होती हैं (**चित्र-2** देखें)।

प्रयोगशाला में किए गए प्रयोग भी सोडियम, कैल्शियम, मैग्नीशियम, लौह और अन्य तत्वों के ऐसे ही अवशोषण हस्ताक्षर दिखाते हैं। हम जानते हैं कि ये तत्व ज्यादा गर्म आन्तरिक परत से आने वाले सतत वर्णक्रम से बहुत विशिष्ट तरंगदैर्ध्य को फ़िल्टर करते हैं।

खगोलविद इन रेखाओं का मिलान तत्वों के ज्ञात स्पेक्ट्रम से करते हैं और इस तरह वे सूर्य के वातावरण में उपस्थित गैसों का पता लगा पाते हैं।

यदि ऐसा हो कि सूर्य के वर्णक्रम में कोई अवशोषण रेखा किसी भी ज्ञात तत्व से मेल नहीं खाती हो, तो? इसका एक उदाहरण फ्रेंच खगोलविद जेस जैन्सेन द्वारा 18 अगस्त 1868 को गुन्टूर (आजकल के आन्ध्र प्रदेश में) में पूर्ण सूर्यग्रहण के दौरान लिए गए सूर्य के वर्णक्रम में देखने को मिलता है। सूर्यग्रहण सूर्य की बाहरी परत से विकिरित उत्सर्जन को देखने का एक बिरला अवसर प्रदान करता है जब मुख्य चकती की चकाचौंध उसे धुँधला नहीं कर पाती।

प्रकाश की इन पट्टियों के विश्लेषण से जैन्सन ने एक बहुत ही तेज़ पीली उत्सर्जन रेखा देखी जो 588 नेनोमीटर से कम पर थी। यह रेखा धरती पर उस समय मिलने वाले तत्वों में से किसी से भी मेल नहीं खाती थी। 20 अक्टूबर 1868 को अँग्रेज़ खगोलशास्त्री नार्मन लॉकेयर ने इसी असामान्य पीली रेखा को एक अलग प्रयोग में देखा। लॉकेयर ने इसे पृथ्वी के बाहर पाए जाने वाले नए तत्व के रूप में पहचाना और इसका नाम हीलियम रखा जो helios यानी सूर्य पर आधारित था। हेलिऑस सूर्य का साकार यूनानी रूप है। 1882 में जाकर इसी वर्णक्रम रेखा को इटली के भौतिकशास्त्री ल्यूगी पामिएरी ने इटली के माउंट वेसुविऊस के लावा के विश्लेषण के दौरान देखा, लगभग अक्रियाशील आणविक गैस के रूप में। यह पहला संकेत था कि हीलियम पृथ्वी पर भी पाई जाती है। इसकी पुष्टि 1894 में तब हुई जब स्कॉटिश रसानज्ञ विलियम रैमसे ने क्लेवाइट खनिज को अम्ल से उपचारित करके पृथक किया। हीलियम एकमात्र तत्व है जिसे खगोलशास्त्रियों ने खोजा। जेन्सन और लॉकेयर को इसका संयुक्त श्रेय मिला।

राजाराम नित्यानन्द अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय, बेंगलूरु में पढ़ाते हैं। इससे पहले वे पुणे में नेशनल सेंटर फ़ॉर रेडियो ऐस्ट्रोफिज़िक्स (NCRA) में थे और उससे भी पहले रमन रिसर्च इंस्टिट्यूट (आरआरआई), बेंगलूरु में। वे तीन साल तक विज्ञान शिक्षा पत्रिका रेज़ोनन्स के सम्पादक रहे हैं। उनका अधिकतर काम सैद्धान्तिक रहा है — प्रकाश और खगोलशास्त्र से सम्बन्धित भौतिकी में। इसलिए इसमें गणनाएँ भी शामिल हैं। उन्हें विद्यार्थियों और सहकर्मियों की मदद करने में आनन्द आता है — इनमें से कई प्रयोगकर्ता हैं और कई तो उनके अपने संस्थान से बाहर के हैं। **अनुवाद :** अर्पिता व्यास **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय