76 साल तक प्लूटो एक ग्रह क्यों था?

मधुकर पुट्टी और चित्रा रवि

2006 तक, हम प्लूटो को सौर मण्डल का नौवाँ ग्रह मानते थे। हममें से कइयों को अपने स्कूल की पाठ्यपुस्तक से यह तथ्य पता चला था। लेकिन हमारे विद्यार्थी यह सीखते हैं कि सौर मण्डल में केवल आठ ग्रह हैं। वैज्ञानिक इतने लम्बे अरसे तक प्लूटो को एक ग्रह क्यों मानते रहे? क्या ऐसा मानने के पीछे कोई वैज्ञानिक साक्ष्य था?

छठी कक्षा की विज्ञान की पाठ्यपुस्तक (एनसीईआरटी, 2024-2025) का अध्याय 12 (पृथ्वी से परे) विद्यार्थियों को ग्रह की अवधारणा से कुछ इस तरह परिचित कराता है: *"...एक विशाल और लगभग गोलाकार पिण्ड, जो सूर्य की परिक्रमा करता है।"* इसी अध्याय में, विद्यार्थी सौर मण्डल के आठ ग्रहों के बारे में सीखते हैं। वे यह भी सीखते हैं कि एक पिण्ड, जिसे वैज्ञानिक लगभग 76 साल तक सौर मण्डल का नौवाँ ग्रह मानते रहे, अब एक बौने ग्रह (Dwarf Planet) के तौर पर देखा जाता है। पाठ्यपुस्तक के मुताबिक, प्लूटो की हैसियत में यह बदलाव 2006 में हुआ जब *"अन्तर्राष्ट्रीय खगोलीय संघ (International Astronomical Union-IAU)... ने किसी पिण्ड के ग्रह कहलाने की आवश्यक शर्तों को पुनर्परिभाषित किया।"*[1] इस संक्षिप्त विवरण से और अधिक जानने को इच्छुक विद्यार्थियों और शिक्षकों के मन में ये सवाल आ सकते हैं : वैज्ञानिक किन वजहों से प्लूटो को एक ग्रह मानते थे? क्या ऐसा मानने के पीछे कोई साक्ष्य था? इस सवाल का जवाब इसकी खोज की कहानी से जुड़ा हुआ है (**बॉक्स-1** देखें)।

खोज शुरू होती है

उन्नीसवीं सदी की शुरुआत तक, सौर मण्डल के पहले सात ग्रह खोज लिए गए थे।[2] लेकिन खगोलशास्त्रियों ने देखा कि सूरज की परिक्रमा करते समय अरुण (Uranus) ने असल में जो कक्षा (Orbit) अपनाई, वह उनके पूर्वानुमान से अलग थी। इसके पीछे क्या वजह थी? 1841 में, ब्रिटिश खगोलशास्त्री जॉन काउच एडम्स ने प्रस्तावित किया कि ऐसा हो सकता है कि सूर्य के चारों ओर अरुण के अनुमानित रास्ते पर किसी दूसरे ऐसे ग्रह के गुरुत्वाकर्षण बल का असर पड़ रहा हो, जिसे खोजा जाना अभी बाकी है।[3]

बॉक्स-1 : पाठ्यचर्या से सम्बन्ध

इस कहानी के इर्द-गिर्द चर्चा से शिक्षकों को शालेय शिक्षा के लिए राष्ट्रीय पाठ्यचर्या की रूपरेखा (NCF-SE) द्वारा माध्यमिक कक्षा स्तर के लिए सुझाए गए नौ पाठ्यचर्यात्मक लक्ष्यों में से दो को पूरा करने में मदद मिल सकती है (देखें **शिक्षक मार्गदर्शिका : प्लूटो, कक्षा में**) :

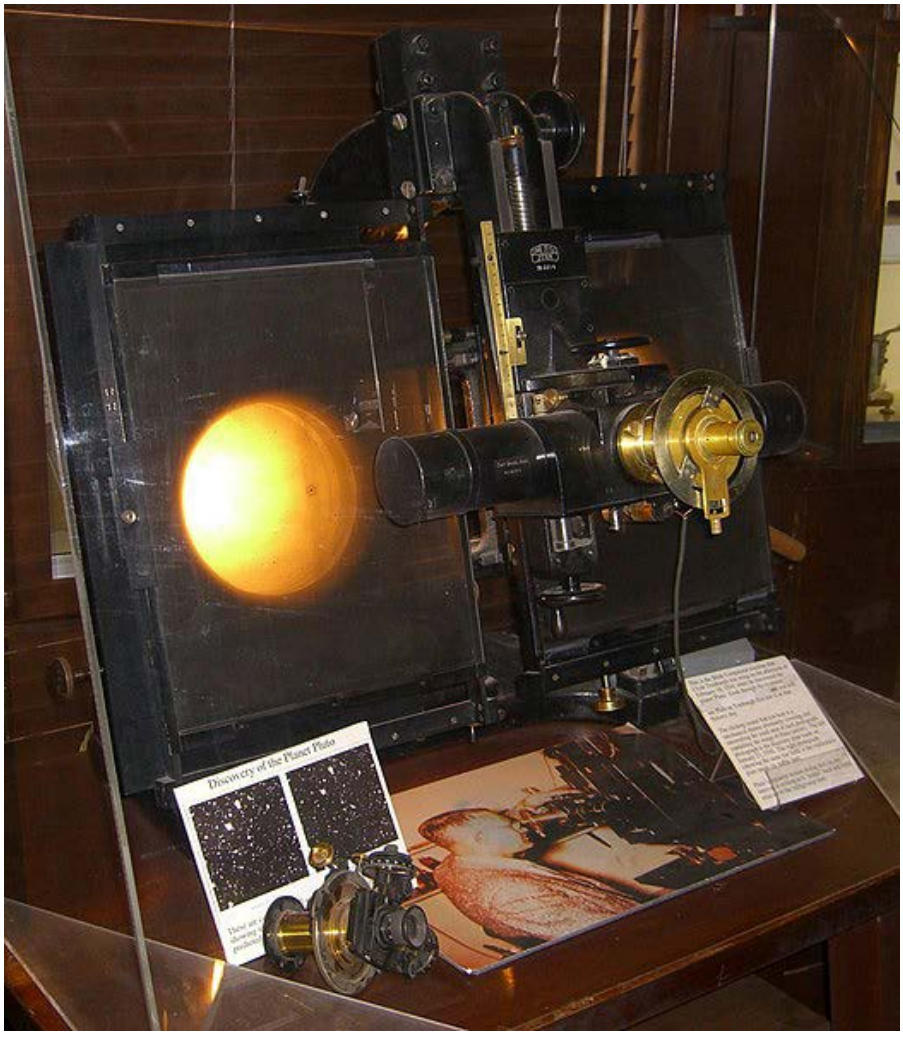
- CG-6 : *"वैज्ञानिक ज्ञान के उद्विकास और वैज्ञानिक जाँच में सक्रियता से सहभागी बनकर विज्ञान की प्रकृति और प्रक्रियाओं की पड़ताल करता है।"* विशेष रूप से, इससे विद्यार्थियों को यह दर्शाने की दक्षता विकसित करने में मदद मिल सकती है कि *"किस तरह से समय के साथ वैज्ञानिक ज्ञान और विचारों (पिण्डों और ग्रहों की गति के विवरण, ग्रहों की संख्या) में बदलाव आया। इसके साथ ही उन्हें उन वैज्ञानिक मूल्यों (वैज्ञानिक दृष्टिकोण, एक सामूहिक प्रयास के तौर पर विज्ञान...) की पहचान करने में भी मदद मिल सकती है, जो आमतौर पर स्वाभाविक रूप से वैज्ञानिक ज्ञान के उद्विकास का हिस्सा रहे हैं।"*
- CG-9 : *"यह समझने के लिए कि विज्ञान निरन्तर विकसित हो रहा है और अभी भी कई सवालों के जवाब ढूँढ़े जाने बाकी हैं, वैज्ञानिक ज्ञान के सभी क्षेत्रों की सबसे हालिया खोजों, विचारों और नए, अज्ञात या उन्नत क्षेत्रों के बारे में जागरूकता विकसित करता है।[4]"*

1846 में, फ़्रांसीसी खगोलशास्त्री उरबैन ली वेरियर ने ऐसे किसी ग्रह की सम्भावित स्थिति का अन्दाज़ा लगाने के लिए गणितीय गणनाओं का इस्तेमाल किया। इसका ब्यौरा उन्होंने जर्मन खगोलशास्त्रीय जोहान गॉटफ्राइड गैल को भेजा। जब यह ब्यौरा गैल और उनके छात्र हेनरिक लुइस डी'अरेस्टको मिला तो उन्होंने उसी रात इसकी अनुमानित स्थिति के एक डिग्री के भीतर ही इस ग्रह को पा लिया। इस ग्रह का नाम वरुण (Neptune) रखा गया।[3]

लेकिन वरुण के अवलोकनों और इसके द्रव्यमान की गणनाओं से इसकी पूरी तरह से व्याख्या नहीं हो पाई कि अरुण अपनी अनुमानित कक्षा से अलग कक्षा में परिक्रमा क्यों करता है। दरअसल सूर्य के चारों ओर परिक्रमा करते समय वरुण का रास्ता भी खगोलशास्त्रियों के अन्दाज़े से थोड़ा अलग था। क्या इन अन्तरों की वजह किसी अन्य पिण्ड की मौजूदगी थी? 1902 में, एक अमीर अमरीकी खगोलशास्त्री पर्सिवाल लोवेल ने प्रस्तावित किया कि यह पिण्ड सौर मण्डल का नौवाँ ग्रह था। उन्होंने इसे 'X ग्रह' का नाम दिया (यहाँ 'X' अँग्रेज़ी का वर्ण है, न कि रोमन अंक)।[5]

लोवेल का X ग्रह

लोवेल का जन्म 1855 में हुआ था और वे एक अमीर व्यवसायी के बेटे थे। 1876 में, गणित में विशेष योग्यता के साथ उन्होंने हार्वर्ड कॉलेज से स्नातक की उपाधि हासिल की। 1893 में, लोवेल ने फ़्रांसीसी खगोलशास्त्री कैमील फ्लैमेरियॉन की लिखी हुई किताब 'La planète Mars' में मंगल की सतह पर मौजूद 'नहरों' के बारे में पढ़ा। इन नहरों के बारे में विस्तार से जानने के उनके दृढ़ निश्चय ने उन्हें खगोलशास्त्र में करियर बनाने के लिए प्रेरित किया।[6,7] एक साल के भीतर ही, अपनी व्यक्तिगत सम्पत्ति और प्रभाव के बलबूते उन्होंने फ़्लैगस्टाफ़,



चित्र-1 : एक ब्लिंक कोमपारेटर । लोवेल और टॉमबॉ लोवेल के ग्रह X की गतियों को देखने के लिए घण्टों इस यंत्र के सामने बैठे रहे और रात्रि के आकाश की तस्वीरों की तुलना करते रहे।

Credits: Pretzelpaws, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Lowell_blink_comparator.jpg. License: CC-BY-SA 3.0 Unported DEED.

बॉक्स-2 : लोवेल क्या ढूँढ़ रहे थे?

लोवेल अलग-अलग दिनों की रात के आसमान की तस्वीरों का परीक्षण कर रहे थे, ताकि ऐसे पिण्डों का पता लगाया जा सके, जिन्होंने अपनी स्थिति बदली थी। आइए मान लेते हैं कि उन्हें ऐसा कोई पिण्ड मिल गया। उन्हें कैसे पता चलता कि वह एक ग्रह था, तारा नहीं? तारे भी स्थिति बदलते हैं। इस सवाल का जवाब यह है कि आसमान में बहुत दूर स्थित पिण्डों का पता लगाने की हमारी क्षमता हमारे द्वारा इस्तेमाल किए जाने वाले उपकरणों पर निर्भर करती है। लोवेल शायद इस बात पर भरोसा कर रहे थे कि X ग्रह को खोजने के लिए वे जिन दूरबीनों का इस्तेमाल कर रहे थे, वे इतनी शक्तिशाली थीं कि हमारे सौर मण्डल में किसी अन्य ग्रह की गति का पता लगा सकें, यहाँ तक कि उन ग्रहों की गति का भी, जो उस समय ज्ञात ग्रहों से काफ़ी दूर स्थित थे। पर वे इतनी शक्तिशाली नहीं थीं कि वे उन तारों की गतियों का पता लगा सकें, जो हमसे कहीं ज़्यादा दूरी पर स्थित हैं।

एरिज़ोना, यूएसए में लोवेल वेधशाला की स्थापना की। इसमें ही 1906 में उन्होंने X ग्रह की खोज शुरू की।

अपनी खोज के पहले चरण में, वेरियर की तरह लोवेल ने भी नए ग्रह की सबसे ज़्यादा सम्भावित स्थिति का पता लगाने के लिए गणित की गणनाओं का इस्तेमाल किया। लोवेल वेधशाला के खगोलशास्त्रियों ने अलग-अलग दिनों को आसमान के इन विशिष्ट क्षेत्रों की तस्वीर लेने के लिए वेधशाला में मौजूद 42 इंच की दूरबीन का इस्तेमाल किया। लोवेल ने इन फोटोग्राफ़िक ग्लास प्लेटों के हरेक इंच की मेहनत के साथ जाँच करने के लिए एक हैंड मैग्निफ़ायर (हाथ में पकड़कर इस्तेमाल किया जाने वाला एक ग्लास, जिसका इस्तेमाल नज़दीकी निरीक्षण के लिए वस्तुओं को बड़ा करने के लिए किया जाता है) का इस्तेमाल किया (देखें **बॉक्स-2**)। 1910 तक, लोवेल की टीम ने लगभग 200 तस्वीरें खींचीं और हज़ारों तारों की स्थितियों को दर्ज़ किया। लेकिन उन्हें X ग्रह का कोई साक्ष्य नहीं मिला।

ऐसे में लोवेल ने अपने तरीक़े को बदलने का निर्णय लिया। सबसे पहले, उन्होंने 'मानव कम्प्यूटरों' की एक टीम को काम पर रखा। मानव कम्प्यूटर वे लोग (ज़्यादातर महिलाएँ) थे, जो गणित की जटिल गणनाओं को करते थे। इस टीम की नेतृत्वकर्ता अमरीकी खगोलशास्त्रीय एलिज़ाबेथ लैंगडन विलियम्स थीं। इस टीम के काम की बदौलत लोवेल आसमान के ऐसे क्षेत्रों का ज़्यादा सटीकता के साथ अन्दाज़ा लगा पाए, जहाँ X ग्रह के मिलने की सम्भावना थी। दूसरा, लोवेल ने स्प्राउल वेधशाला, पेंसिल्वेनिया से 9 इंच की एक दूरबीन उधार ली। उनका मानना था कि रात में आसमान की बारीकियों का अवलोकन करने के लिए छोटी दूरबीन ज़्यादा उपयुक्त रहेगी। अन्ततः, लोवेल ने एक विशेष तरह का स्टीरियो माइक्रोस्कोप खरीदा, जिसे आमतौर पर 'ब्लिंक कोमपारेटर' (blink comparator) कहा जाता था (**चित्र-1** देखें)। इस यंत्र की मदद से वे थोड़े समय के अन्तराल में एक के बाद एक दो फ़ोटोग्राफ़िक प्लेटों की जाँच-पड़ताल और तुलना कर पाते थे। इस प्रक्रिया को लोकप्रिय रूप से 'ब्लिंकिंग' कहा जाता था (देखें **बॉक्स-3**)।

बॉक्स-3 : ब्लिंक कोमपारेटर क्या होता है?

रात के आसमान में मौजूद किसी पिण्ड में कोई हरकत हुई है या नहीं। आप आसमान की तस्वीरों से इस सवाल का जवाब कैसे ढूँढ़ेंगे। ऐसा करने के लिए आप पहली तस्वीर के हरेक पिण्ड को देखकर दूसरी तस्वीर में उनकी स्थिति की जाँच कर सकते हैं। यह प्रक्रिया काफ़ी धीमी हो सकती है। सोचिए अगर आप लगातार, हर दिन और कई महीनों तक, ऐसी तस्वीरों को देख रहे हों जिसमें बहुत-से छोटे-छोटे और मिलते-जुलते पिण्ड हों। ऐसे में आप बहुत जल्द ही थकान महसूस करने लगेंगे। ब्लिंक कोमपारेटर की मदद से आप बहुत ही ज़्यादा तेज़ी से दो तस्वीरें बारी-बारी से देख सकते हैं। उन दो तस्वीरों की हमारी अल्पकालिक स्मृति की बदौलत हम आसानी से उनके बीच के अन्तरों को पहचान पाते हैं।

इस यंत्र के शुरुआती संस्करण में 6-इंच × 7-इंच की प्लेटें आ पाती थीं। लेकिन लोवेल की टीम ने पाया कि 14-इंच × 17-इंच की प्लेटों का अवलोकन करना उनके उद्देश्य के लिए ज़्यादा उपयुक्त था। अमरीकी खगोलशास्त्री कार्ल लैम्पलैंड इस टीम का हिस्सा थे। उन्होंने ब्लिंक कोमपारेटर में ऐसे समायोजन किए कि प्लेटों को खिसकाया जा सके, जिससे लोवेल एक समय पर बड़ी प्लेटों के एक चौथाई हिस्से की तुलना कर सके।[5]

लोवेल ने X ग्रह की तलाश के लिए रात के आसमान का बारीकी से निरीक्षण करने के लिए गणितीय और अवलोकनात्मक दृष्टिकोण दोनों का इस्तेमाल किया, लेकिन 1916 में स्ट्रोक की वजह से अचानक उनकी मृत्यु हो गई।[7] उनकी मृत्यु के बाद उनकी पत्नी ने उनकी लाखों डॉलर की सम्पत्ति का अधिकांश हिस्सा वेधशाला को देने के उनके फ़ैसले का विरोध किया। नतीजन एक लम्बी क़ानूनी लड़ाई चली और उस लड़ाई के दौरान लोवेल वेधशाला की X ग्रह की खोज को रोक दिया गया। 1927 में, मुकदमे का फ़ैसला वेधशाला के पक्ष में आया और X ग्रह की खोज फिर से शुरू हुई।[7,9] 1929 में, अमरीकी खगोलशास्त्री डॉक्टर वेस्टो स्लिफ़र, वेधशाला के कार्यवाहक निदेशक, ने X ग्रह की खोज का काम 23 साल के नौजवान क्लाइड टॉमबॉ को सौंपा।

टॉमबॉ की भागीदारी

टॉमबॉ एक किसान के बेटे थे। उनका जन्म उसी साल हुआ जिस साल लोवेल ने X ग्रह की अपनी खोज शुरू की थी। टॉमबॉ ने 1925 में अपनी हाईस्कूल की पढ़ाई पूरी की थी। वे कॉलेज की शिक्षा का खर्च वहन करने में असमर्थ थे। 1924 में टॉमबॉ ने एक पत्रिका में प्रकाशित लेख पढ़ा। उस लेख को एक शौकिया खगोलशास्त्री लैटिमर

चित्र-2 : घर पर बनाए हुई अपनी 9 इंच की दूरबीन के साथ क्लाइड टॉमबॉ। उन्होंने इसके लिए दर्पण खुद ही बनाए। इसके अलावा, उन्होंने अपने पिता की 1910 की ब्यूक (कार का एक मॉडल) के क्रैंकशाफ़्ट के हिस्से से और दूध से क्रीम को अलग करने वाली मशीन (उनके परिवार के फॉर्म पर इस्तेमाल होने वाली) के बेकार हिस्सों से दूरबीन को सहारा देकर खड़ा करने के लिए आधार बनाया। इस दूरबीन की बदौलत वे बृहस्पति और मंगल की सतह के निशानों को देख पाए।

Credits: Popular Science Monthly, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Clyde_W._Tombaugh.jpeg. License: CC-BY.

जे. विल्सन ने लिखा था। उसका शीर्षक था – 'दि ड्रिफ़्ट ऑफ़ जुपिटर्स मार्किंग्स' ('The Drift of Jupiter's Markings')। बृहस्पति की सतह पर दिखाई देने वाले निशानों के विल्सन ने जो चित्र बनाए थे, उन्हें देखकर टॉमबॉ मोहित हो गए, वे इन विशेषताओं को खुद देखना चाहते थे। यही वजह है कि 1926 में 20 साल की उम्र में बेकार पड़ी कार के पुर्जों और कृषि में इस्तेमाल होने वाली मशीनरी का इस्तेमाल करके उन्होंने अपनी पहली दूरबीन बनाई। इस दूरबीन से सन्तुष्ट न होने की वजह से उन्होंने अगले दो साल दूरबीनें बनाने, उनके लिए स्वयं बनाए गए शीशों और लेंसों को घिसकर चिकना करने के कौशलों को निखारने में बिताए। 1928 में, टॉमबॉ ने एक दूरबीन बनाई, जिसकी मदद से वह बृहस्पति और मंगल की सतह के निशानों को देख सके (देखें **चित्र-2**)। तापमान और वायु प्रवाह को नियंत्रित करने के लिए टॉमबॉ ने इस दूरबीन को 24 फ़ीट लम्बे, 8 फ़ीट गहरे और 7 फ़ीट चौड़े गड्ढे से संचालित किया, जिसे उन्होंने ख़ुद ही खोदा था। उन्होंने अपने अवलोकनों के विस्तृत चित्र लोवेल वेधशाला को भेजे।[10,11] टॉमबॉ के अवलोकन के तीक्ष्ण कौशलों से प्रभावित होकर, स्लिफ़र ने उन्हें तीन महीने की परीक्षण अवधि वाले एक पद की पेशकश की।

वेधशाला में, टॉमबॉ ने रात के आसमान का एक व्यवस्थित सर्वेक्षण शुरू किया। लोवेल की कोशिशों से सीखते हुए, टॉमबॉ 14-इंच x 17-इंच की एक फ़ोटोग्राफिक प्लेट को 13-इंच की दूरबीन में लगे एक शक्तिशाली कैमरे में फ़िट करते और आसमान के लम्बे एक्सपोज़र वाली तस्वीरें लेते (देखें **बॉक्स-4**)। उन्होंने उन क्षेत्रों के अवलोकन पर ध्यान केन्द्रित किया, जहाँ लोवेल ने X ग्रह की मौजूदगी का अन्दाज़ा लगाया था। अकसर, एक तस्वीर लेने में उन्हें तीन घण्टे लग जाते। फिर वे कैमरे में एक नई प्लेट लगाते, आसमान में X ग्रह की अनुमानित मौजूदगी वाले क्षेत्र के नज़दीक के किसी क्षेत्र पर ध्यान केन्द्रित करते व

बॉक्स-4 : टॉमबॉ देर रात तक अवलोकन क्यों करते रहे?

क्योंकि वे रात्रि-आकाश की तस्वीरें ले रहे थे। देर रात तक अवलोकन करके, टॉमबॉ यह सुनिश्चित कर रहे थे कि कैमरे का शटर जितना धीरे हो सके, उतनी धीरे बन्द हो।

इससे उस धुँधले से माहौल में कैमरे का लेंस ज़्यादा-से-ज़्यादा लम्बे समय तक खुला रह पाता था और उसमें ज़्यादा-से-ज़्यादा रोशनी प्रवेश कर पाती थी। इस तरह कैमरे के लेंस को रोशनी के प्रवेश के लिए खुला रखना गतिमान वस्तुओं और स्थिर वस्तुओं की तस्वीरों के बीच फ़र्क़ करने लिए भी उपयुक्त रहता होगा, हालाँकि इससे गतिमान वस्तुओं की तस्वीरें धुँधली नज़र आती होंगी।

एक और फोटो लेते। कुछ दिनों बाद वे आसमान के उन्हीं क्षेत्रों की फिर से तस्वीरें लेते। दिन के समय में, वे प्लेटें तैयार करते और उसी क्षेत्र की तस्वीरों की तुलना करने के लिए ब्लिंक कोमपारेटर का इस्तेमाल करते।[5] लोवेल की तरह, वे इन तस्वीरों के हरेक इंच की जाँच करते। ऐसा करने के पीछे उनका उद्देश्य ऐसे किसी छोटे से बिन्दु की तलाश करना था, जिसने अपनी स्थिति बदल दी हो। यह बहुत उबाऊ काम था और इसमें बहुत ज़्यादा ध्यान केन्द्रित करना पड़ता था। टॉमबॉ हरेक आधे घण्टे में कोमपारेटर से दूर हटकर एक छोटा-सा ब्रेक लेते थे। एकाग्रता में किसी भी तरह की चूक विफलता की वजह बन सकती थी और यह स्वीकार्य नहीं था। जनवरी 1930 तक, टॉमबॉ ने ब्लिंक कोमपारेटर पर हज़ारों घण्टे खर्च किए और 15 लाख तारों की स्थिति का सूक्ष्म निरीक्षण किया। उन्होंने ऐसे कई बिन्दु देखे, जिन्होंने अपनी स्थिति बदल ली थी, यानी कि वे गति कर रहे थे। लेकिन उनकी गति से यही संकेत मिलता था कि वे पृथ्वी के इतने नज़दीक थे कि वे X ग्रह नहीं हो सकते थे। आखिरकार, 18 फ़रवरी, 1930 को टॉमबॉ को छोटा-सा एक पिण्ड नज़र आया, जिसकी स्थिति 23 जनवरी और 29 जनवरी को ली गई तस्वीरों में अलग-अलग थी। तस्वीर की स्पष्टता इतनी ज़्यादा थी कि एक धूमकेतु (Comet) के होने की सम्भावना कम थी। इसकी गति इतनी धीमी थी कि इसके क्षुद्रग्रह (Asteroid) या अन्तरिक्ष का मलबा (Space Debris)होने की सम्भावना भी कम थी। पर गति इतनी थी कि उसके पृथ्वी से वरुण की तुलना में ज़्यादा दूरी पर होने की सम्भावना थी।[10,12] यह वैसा ही था जैसा लोवेल ने अनुमान लगाया था।

X ग्रह की खोज की उद्घोषणा

जब टॉमबॉ ने इस अवलोकन के बारे में स्लिफ़र को बताया, तो लोवेल वेधशाला की पूरी टीम यह जाँच करने में जुट गई कि यह पिण्ड X ग्रह के बारे में लोवेल के पूर्वानुमानों को पूरा कर रहा है या नहीं। लोवेल की गणनाओं के मुताबिक, इस पिण्ड का द्रव्यमान पृथ्वी के द्रव्यमान का सात गुना होगा और यह सूर्य से 43 खगोलीय इकाइयों (Astronomical Units / AU) की औसत दूरी पर स्थित होगा। छठी कक्षा की पाठ्यपुस्तक के अध्याय 12 में कुछ इस तरह से दूरी की इस इकाई का परिचय दिया गया है : *"पृथ्वी से सूरज की दूरी लगभग 150 मिलियन किमी है। सौर मण्डल के भीतर दूरियों को दर्शाने की एक उपयोगी इकाई 'खगोलीय इकाई' है (au), जो लगभग पृथ्वी और सूर्य के बीच की दूरी है।"*[1] टॉमबॉ ने अपनी दो दूरबीनों (13 इंच और 24 इंच) से आसमान के उसी क्षेत्र की ज़्यादा-से-ज़्यादा तस्वीरें लीं। इन्हीं दूरबीनों को लोवेल ने मंगल का अवलोकन करने के लिए इस्तेमाल किया था। अपने अवलोकनों के आधार पर, टॉमबॉ ने अन्दाज़ा लगाया कि इस पिण्ड का द्रव्यमान क़रीब-क़रीब पृथ्वी के द्रव्यमान के बराबर होगा। लोवेल ने जिस 42 इंच की दूरबीन का इस्तेमाल अपनी तलाश के पहले चरण में किया था, लैम्पलैंड ने उसी का इस्तेमाल करके पिण्ड की और ज़्यादा स्पष्ट तस्वीर खींचने की कोशिश की। लेकिन उस पिण्ड की तस्वीरें धुँधली ही रहीं और बाकी ग्रहों की तरह यह दिखने में डिस्क जैसा भी नहीं था।[13] सूर्य के चारों ओर इसकी कक्षा का पता लगाने के लिए टॉमबॉ और लैम्पलैंड ने 26 मई तक हर दिन इसकी स्थिति को दर्ज़ किया। क्योंकि लोवेल वेधशाला में किसी के पास भी ग्रह की कक्षाओं की गणना करने का कोई अनुभव नहीं था, इसलिए स्लिफ़र ने इस काम में दूसरी वेधशालाओं के खगोलशास्त्रियों की मदद माँगी।[5]

आखिरकार, 12 मार्च, 1930 को स्लिफ़र ने इस खोज के विवरण के साथ हार्वर्ड कॉलेज की वेधशाला को एक टेलीग्राम भेजा। लोवेल वेधशाला की टीम द्वारा बहुत ध्यान से इकट्ठा किए गए प्रमाण के आधार पर 13 मार्च को इस खोज की घोषणा की गई। यह लोवेल का पिचहत्तरवाँ जन्मदिन था। जैसे-जैसे इस खोज की ख़बर फैलने लगी, लोवेल वेधशाला को एक हज़ार से भी ज़्यादा नामों के सुझाव मिले। सबसे लोकप्रिय नाम थे मिनर्वा (Minerva), पर्सेफ़ोनी (Persephone) और क्रोनस (Cronus)।[9,10] 'प्लूटो' (रोमन अंडरवर्ल्ड के देवता) नाम का सुझाव 11 साल की वेनेशिया बर्नी ने दिया था। उनके दादा फ़ाल्केनर मदन को यह नाम पसन्द आया और उन्होंने एक खगोलशास्त्री मित्र के ज़रिए इसे लोवेल वेधशाला के साथ साझा किया।[14] जब वोट लिया गया, तो इस नाम को 150 नामांकन प्राप्त हुए। लोवेल वेधशाला ने अमेरिकन एस्ट्रोनॉमिकल सोसायटी और रॉयल एस्ट्रोनॉमिकल सोसायटी दोनों से ही इस नाम को स्वीकृत कराया। 1 मई 1930 तक, X ग्रह आधिकारिक तौर पर प्लूटो के नाम से जाना जाने लगा था।

मुख्य बिन्दु

- सौर मण्डल में नौवें ग्रह की उपस्थिति का प्रस्ताव तब रखा गया जब वरुण के अवलोकनों से अरुण ग्रह की अनुमानित और अवलोकन की गई कक्षाओं में अन्तर स्पष्ट नहीं हो सका।
- खगोलशास्त्री पर्सिवाल लोवेल ने इस ग्रह (जिसे उन्होंने X ग्रह का नाम दिया) की खोज1906 में लोवेल वेधशाला, एरिज़ोना, यूएसए में शुरू की। 1906 और 1916 के बीच लोवेल और उनकी टीम ने रात के आसमान में इस ग्रह की खोज के लिए गणितीय और अवलोकनात्मक तरीकों की एक मिली-जुली पद्धति, विकसित की। उन्होंने इस खोज में इस्तेमाल होने वाले उपकरणों (दूरबीनें और ब्लिंक कोमपारेटर) को भी परिष्कृत किया।
- 1929 में, लोवेल वेधशाला के वेस्टो स्लिफ़र ने इस ग्रह की तलाश फिर से शुरू की और यह काम उन्होंने क्लाइड टॉमबॉ को दिया। क्लाइड टॉमबॉ बढ़िया दूरबीन बनाते थे और एक शौकिया खगोलशास्त्री थे। फरवरी 1930 में, लोवेल की पद्धतियों और उनके उपकरणों का इस्तेमाल करके टॉमबॉ ने एक पिण्ड की खोज की। इस पिण्ड की गतियाँ ग्रह के जैसी थीं और यह पृथ्वी से वरुण की तुलना में अधिक दूरी पर था।
- मार्च 1930 में, इस ग्रह की खोज की उद्घोषणा की गई। इसका नाम 'प्लूटो' ग्यारह साल की एक लड़की वेनेशिया बर्नी ने सुझाया था।

आभार : लेखक हृदय कान्त दीवान को धन्यवाद देते हैं। उन्होंने इस कहानी को ऐतिहासिक तथ्यों के संकलन के तौर पर प्रस्तुत करने की बजाए विज्ञान और वैज्ञानिक सोच की एक प्रक्रिया के रूप में प्रस्तुत करने की ज़रूरत पर ज़ोर दिया। हम राधा गणेशन का भी धन्यवाद देते हैं, जिन्होंने कक्षा-6 की विज्ञान की पाठ्यपुस्तक (एनसीईआरटी, 2024-2025) के 'ग्रह की अवधारणा' और 'अन्तरिक्ष में दूरियों को मापने की एक इकाई के तौर पर AU' से सम्बन्धित अंशों की ओर हमारा ध्यान आकर्षित किया।

टिप्पणियाँ :

1. लेख के शीर्षक की पृष्ठभूमि में इस्तेमाल किए गए चित्र के लिए आभार: Pluto, NASA, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Pluto-01_Stern_03_Pluto_Color_TXT.jpg. License: CC-BY.
2. इस लेख में एक कक्षा संसाधन अलग से दिया गया है : **शिक्षक मार्गदर्शिका : प्लूटो, कक्षा में**।

References:

1. National Council of Educational Research and Training (2006, 2022). 'Chapter 12: Beyond Earth'. Science Textbook for Class VI (Rationalised 2023-24): 231-252. URL: https://ncert.nic.in/textbook.php?fecu1=12-12.
2. Jennifer Whitten (2024). 'The Planets in Our Solar System—A Timeline'. National Air and Space Museum, Smithsonian. URL: https://airandspace.si.edu/stories/editorial/planets-our-solar-system-timeline.
3. Davor Krajnovic (2020). 'Adams: mathematical astronomer, college friend of George Gabriel Stokes and promotor of women in astronomy'. Philosophical Transactions of the Royal Society A. 378: 20190517. URL: https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0517.
4. National Steering Committee for National Curriculum Frameworks. 'National Curriculum Framework for School Education 2023'. National Council of Educational Research and Training. URL: https://ncert.nic.in/pdf/NCFSE-2023-August_2023.pdf.5. Lowell Observatory. 'History of Pluto'. Lowell Observatory. URL: https://lowell.edu/discover/history-of-pluto/. Accessed 22 November 2024.
6. Wikimedia Foundation (2024). 'Percival Lowell'. Wikipedia, The Free Encyclopedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Percival_Lowell. Accessed 22 November 2024.
7. Nola Taylor Tillman (2013). 'Percival Lowell Biography'. Space, Future US, Inc. URL: https://www.space.com/19774-percival-lowell-biography.html. Accessed 22 November 2024.
8. Dr. Erica. (2017). 'Discovering Pluto: Playing with Blink Comparators'. Rosie Research. URL: https://rosieresearch.com/blink-comparator-pluto/. Accessed 22 November 2024.
9. Erik Gregersen (2015). '10 Important Dates in Pluto History'. Encyclopedia Britannica. URL: https://www.britannica.com/list/10-important-dates-in-pluto-history. Accessed 22 November 2024.
10. Academy of Achievement (2022). 'Çlyde Tombaugh: Discoverer of the Planet Pluto'. American Academy of Achievement. URL: https://achievement.org/achiever/clyde-tombaugh/. Accessed 22 November 2024.
11. Wikimedia Foundation (2024). 'Clyde Tombaugh'. Wikipedia, The Free Encyclopedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Clyde_Tombaugh. Accessed 22 November 2024.
12. Gianluigi Filippelli (2015). 'Lovecraft and the discovery of Pluto'. Doc Manhattan, Field of Science. URL: http://docmadhattan.fieldofscience.com/2015/07/lovecraft-and-discovery-of-pluto.html. Accessed 22 November 2024.
13. Rhett Allain (2015). 'Why Is It So Difficult to See Pluto?'. WIRED. URL: https://www.wired.com/2015/06/difficult-see-pluto/. Accessed 22 November 2024.
14. NASA (2006). 'Venetia Burney Phair: The Girl Who Named Pluto'. National Aeronautics and Space Administration. URL: https://science.nasa.gov/people/venetia-burney-phair/. Accessed 22 November 2024.

प्लूटो, कक्षा में

साल 2024-25 की एनसीईआरटी की कक्षा-6 की विज्ञान की पाठ्यपुस्तक का पहला अध्याय (विज्ञान का अनूठा संसार) विद्यार्थियों को विज्ञान को : "...जिस दुनिया में हम रहते हैं उसे समझने के लिए और ब्रह्माण्ड के रहस्यों की परतें खोलने के लिए सोचने, अवलोकन करने, और कार्य करने के एक तरीक़े" के तौर पर देखने के लिए आमंत्रित करता है। प्लूटो की खोज की कहानी इस प्रक्रिया का एक ठोस उदाहरण प्रस्तुत करती है। इस कहानी के इर्द-गिर्द चर्चाएँ करने से शिक्षकों को शालेय शिक्षा के लिए राष्ट्रीय पाठ्यचर्या की रूपरेखा (NCF-SE) 2023 द्वारा माध्यमिक चरण के लिए सुझाए गए पाठ्यचर्या के नौ लक्ष्यों में से दो को पूरा करने में मदद मिल सकती है :

1. *CG-6 : "वैज्ञानिक ज्ञान के उद्विकास और वैज्ञानिक जाँच में सक्रियता से सहभागी बनकर विज्ञान की प्रकृति और प्रक्रियाओं की पड़ताल करना।" विशेष रूप से, इससे विद्यार्थियों को इस दक्षता के विकास में मदद मिल सकती है : "यह समझाना कि किस तरह से समय के साथ वैज्ञानिक ज्ञान और विचारों (पिण्डों और ग्रहों की गति के विवरण, ग्रहों की संख्या) में बदलाव आया। इसके साथ ही उन्हें उन वैज्ञानिक मूल्यों (वैज्ञानिक दृष्टिकोण, एक सामूहिक प्रयास के तौर पर विज्ञान...) की पहचान करने में भी मदद मिल सकती है, जो आमतौर पर स्वाभाविक रूप से वैज्ञानिक ज्ञान के उद्विकास का हिस्सा रहे हैं।"*
2. *CG-9: "यह समझने के लिए कि विज्ञान निरन्तर विकसित हो रहा है और अभी भी कई सवालों के जवाब ढूँढ़े जाने बाक़ी हैं, वैज्ञानिक ज्ञान के सभी क्षेत्रों की सबसे हालिया खोजों, विचारों और नए, अज्ञात या उन्नत क्षेत्रों के बारे में जागरूकता विकसित करना।"*

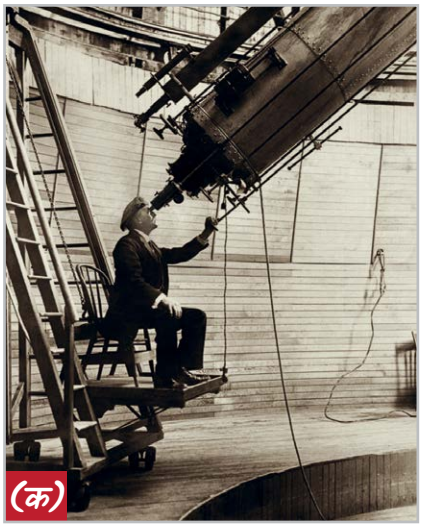
पाठ्यचर्या के इन लक्ष्यों में जिन पहलुओं पर प्रकाश डाला गया है, उनके अलावा मैं दो और पहलुओं पर संक्षेप में बात करना चाहूँगी :

3. *विद्यार्थी अकसर प्रयोगों को प्राकृतिक दुनिया का अन्वेषण करने के लिए वैज्ञानिकों द्वारा इस्तेमाल किया जाने वाला एकमात्र या सबसे महत्त्वपूर्ण तरीक़ा मानते हैं। क्या इस विचार को इस तथ्य से बल मिलता है कि विज्ञान की कई पाठ्यपुस्तकें प्रयोगों पर ही ध्यान केन्द्रित करती हैं? या फिर इसकी एक और वजह यह है कि हममें से कई लोग कक्षा के सभी व्यावहारिक अनुभवों (hands-on experiences) को 'गतिविधियाँ' नाम देने की बजाय 'प्रयोग' कहते हैं। प्लूटो की खोज की कहानी यह दर्शाती है कि किस तरह से खगोलविज्ञान जैसे क्षेत्रों में प्रयोग करना हमेशा सम्भव नहीं होता। यह विद्यार्थियों को वैज्ञानिक ज्ञान विकसित करने में अटकलों, गणितीय गणनाओं, और ध्यानपूर्वक अवलोकन की भूमिका से भी परिचित करा सकती है। **विद्यार्थियों के सोचने-विचारने के लिए सवाल :** अगर आपके विद्यार्थी विज्ञान के इस पहलू में रुचि दिखाते हैं, तो आप उन्हें ऐसे उदाहरणों के बारे में चर्चा करने और सोचने के लिए प्रोत्साहित कर सकते हैं, जहाँ विज्ञान के किसी सवाल का जवाब ढूँढ़ने के लिए प्रयोग का इस्तेमाल करना अनावश्यक, अपर्याप्त या यहाँ तक कि अनैतिक भी हो सकता है।*
4. *प्लूटो की खोज की कहानी यह दर्शाती है कि किस तरह से प्राकृतिक दुनिया के बारे में हमारी धारणा उन उपकरणों से जुड़ी और समर्थित है जिन्हें हम इसकी पड़ताल के लिए उपयोग करते हैं। इस कहानी में इस्तेमाल की गई शक्तिशाली दूरबीनों के बग़ैर हम प्लूटो (साथ-ही-साथ अरुण और वरुण) के बारे में बहुत कम जान पाते। इस बिन्दु की ओर भी विद्यार्थियों का ध्यान आकर्षित करना महत्त्वपूर्ण हो सकता है कि इन उपकरणों की डिज़ाइन, निर्माण और परिष्कृत करने में कई पीढ़ियों के लोगों के प्रयास शामिल थे। **विद्यार्थियों के***

सोचने-विचारने के लिए सवाल : अगर आपके विद्यार्थी विज्ञान के इस पहलू में रुचि दर्शाते हैं, तो आप उन्हें :

(क) कम-से-कम ऐसे एक उपकरण के बारे में सोचने और उस पर चर्चा करने के लिए प्रोत्साहित कर सकते हैं, जिससे उन्हें अपने आस-पास की दुनिया की कुछ घटनाओं का और ज़्यादा विस्तार व सटीकता से अवलोकन करने, मापने व विश्लेषण करने में मदद मिलती है। आप चर्चा के लिए इनमें से कुछ सवालों का इस्तेमाल कर सकते हैं : अगर आपके पास यह उपकरण न होता तो आपकी दुनिया के कौन-से पहलू आपको नज़र न आते, सुनाई न देते या फिर अस्पष्ट होते? क्या ऐसी कुछ बातें हैं जिन्हें आप इस उपकरण के बिना ख़ुद से न जान पाते?

(ख) आप रोज़ी रिसर्च से डॉक्टर एरिका द्वारा ब्लिंक कोमपारेटर पर डिज़ाइन की गई **ग्रहों के खोज की गतिविधि** इस लिंक से https://bit.ly/3VJgm2S डाउनलोड कर सकते हैं। अपने विद्यार्थियों को इसे आज़माने के लिए आमंत्रित करें। इस गतिविधि का पृष्ठ 4 उन वास्तविक स्लाइड्स के चित्र दर्शाता है, जिनकी तुलना टॉमबॉ ने प्लूटो की खोज के लिए की थी। अगर आपके विद्यार्थी इन स्लाइड्स पर प्लूटो को नहीं देख पा रहे हैं, तो उन्हें ये चित्र अपने मोबाइल फोन पर प्रदर्शित करके दिखाएँ कि टॉमबॉ को क्या नज़र आया था : https://www.planetary.org/space-images/the-pluto-discovery-plates। आप चर्चा के लिए इस सवाल का इस्तेमाल कर सकते हैं : ऐसे उपकरण होना कितना ज़रूरी है, जिनसे कोई अन्वेषण कम समय में किया जा सके? किस प्रकार की छानबीन के लिए ऐसे उपकरणों की ज़रूरत पड़ेगी?


(क)

प्लूटो को अब ग्रह न माना जाना विज्ञान की प्रकृति के इन सभी पहलुओं से जुड़ा हुआ है। क्योंकि यह हमसे बहुत दूर है (हमारे और सूरज के बीच की दूरी का 34 गुना), इसका अवलोकन करना बहुत मुश्किल है। हमने देखा कि किस तरह से टॉमबॉ और लैम्पलैंड ने इसकी स्पष्ट तस्वीर लेने के लिए उन्नत क़िस्म और उच्च आवर्धन क्षमता वाली दूरबीनों का इस्तेमाल किया। इसके बावजूद भी उनके द्वारा ली गई तस्वीरें धुँधली और अस्पष्ट ही रहीं। जैसे-जैसे प्लूटो का अवलोकन करने के हमारे उपकरण ज़्यादा बेहतर होते गए, इसके बारे में हमारी जानकारी बढ़ती गई और ग्रह की हमारी परिभाषा और ज़्यादा स्पष्ट होती गई। उदाहरण के लिए, प्लूटो की पहली ग्रह जैसी तस्वीर 1990 में हबल स्पेस टेलीस्कोप के लॉन्च होने के बाद सामने आई। खगोलशास्त्रियों ने इस पिण्ड का जितना बारीकी से अवलोकन किया, यह उतना ही छोटा नज़र आया। 2006 तक, यह अन्दाज़ा लगाया गया कि इसका द्रव्यमान पृथ्वी के द्रव्यमान का 0.2% है। इसके बारे में हमारी समझ में इन बदलावों का नतीजा यह हुआ कि इसका फिर से वर्गीकरण करते हुए इसे बौना ग्रह कहा गया। कक्षा छठवीं की विज्ञान की पाठ्यपुस्तक के पहले अध्याय की ओर लौटते हुए, कहानी के इस पहलू को इसके एक उदाहरण के तौर पर इस्तेमाल किया जा सकता है कि किस तरह से : "विज्ञान एक बहुत बड़ी और कभी न ख़त्म होने वाली जिग्सॉ पहेली की तरह है... कभी-कभी, हम पाते हैं कि इस पहेली का एक टुकड़ा ग़लत जगह पर रख दिया गया है और उसे वहाँ से हटाकर कहीं और रखने की ज़रूरत है। नई खोजें अकसर दुनिया के बारे में हमारी समझ को बदल देती हैं।" **विद्यार्थियों के सोचने-विचारने के लिए सवाल :** अगर आपके विद्यार्थी विज्ञान के इस पहलू में रुचि दिखाते हैं, तो आप उन्हें उनकी अपनी ख़ुद की दुनिया के किन्हीं पहलुओं के बारे में ऐसे कोई 1-2 कथन सोचने के बारे में प्रोत्साहित कर सकते हैं, जो साक्ष्य

द्वारा अच्छी तरह समर्थित हैं। ये कथन बहुत सरल से हो सकते हैं। उदाहरण के लिए, विद्यार्थी कह सकते हैं कि उनके लंच ब्रेक की घण्टी हमेशा दोपहर 12 बजे बजती है। या फिर यह कि उनके पड़ोस में मौजूद एक तरह के पेड़ में साल के एक निश्चित महीने में ही फूल आने शुरू होते हैं। इन कथनों को बोर्ड पर लिखें। उनसे इन कथनों के समर्थन में साक्ष्य साझा करने को कहें। इसके बाद आप पूछ सकते हैं : अगर आपको नया साक्ष्य मिल जाए तो? उदाहरण के लिए, बुरांश या उत्तराखण्ड के राज्य वृक्ष रोडोडेंड्रोन के बारे में यह जाना जाता है कि इसमें मार्च और अप्रैल के महीने में फूल खिलते हैं। लेकिन इसे इस साल जनवरी में खिलते हुए देखा गया। आप इस तरह के नए साक्ष्य पर क्या प्रतिक्रिया देंगे? क्या आप इसे खारिज कर देंगे? या फिर आप अपने पहले के कथन में दोबारा संशोधन करने के लिए तैयार रहेंगे? कौन-से कारक आपकी प्रतिक्रिया को चुनने में आपकी मदद करेंगे? इस चर्चा का इस्तेमाल यह साझा करने के लिए करें कि विज्ञान में 'तथ्य' विश्वसनीय तो होते हैं, लेकिन फिर भी उन्हें दोबारा संशोधित करने की गुंजाइश रहती है।

(ख)

विज्ञान की कक्षा में इस कहानी को सुनाया जाना ज़रूरी होने की एक और वजह विद्यार्थियों से दो सवाल पूछना है। ये ऐसे प्रश्न हैं जिन्हें हो सकता है वे ख़ुद से आपसे न पूछें, लेकिन हो सकता है कि वे इनके बारे में बहुत सोचें। ख़ासकर तब जब उन्हें बहुत सारा होमवर्क पूरा करना हो, परीक्षाओं की तैयारी करनी हो या फिर उनकी पाठ्यपुस्तक की किसी विशेष रूप से अमूर्त या जटिल अवधारणा को समझने के लिए जूझना पड़ रहा हो। ये दो सवाल हैं : विज्ञान महत्त्वपूर्ण क्यों है? हम इसे क्यों पढ़ते हैं? इन सवालों पर कक्षा छठवीं की विज्ञान की पाठ्यपुस्तक का पहला अध्याय कुछ इस तरह से प्रतिक्रिया देता है : "इन्सानों के तौर पर हम हमेशा अपने आस-पास के परिवेश को लेकर जिज्ञासु रहे हैं। बचपन से ही हम अपने आस-पास के परिवेश की खोजबीन करने लगते हैं और सवाल पूछने लगते हैं... विज्ञान का मतलब ही आनन्दपूर्ण खोजबीन है। विज्ञान के अपने सफ़र के मज़े लें और ब्रह्माण्ड के अद्भुत रहस्यों के बारे में सोचना और सवाल पूछना कभी न बन्द करें।" लेकिन बहुत से विद्यार्थियों को अपनी इस जिज्ञासा और आनन्द की भावना को उनकी पाठ्यपुस्तकों में दी गई बातों से जोड़ने के अवसर खोजने में कठिनाई का सामना करना पड़ सकता है। विज्ञान पढ़ाने के हमारे कुछ तरीक़े भी इस अलगाव की वजह बन सकते हैं। इसके विपरीत, खोज की कहानियाँ, जैसे प्लूटो की कहानी, विद्यार्थियों को विज्ञान को एक रूखे-सूखे से अरुचिकर विषय के तौर पर पढ़ने के बजाए एक रोचक और रचनात्मक खोज के रूप में इससे जुड़ने के अवसर प्रदान कर सकती हैं। इस कहानी के कुछ पहलू, जिन्होंने हमारी दिलचस्पी जगाई, कुछ इस प्रकार हैं :

- वेरियर ने वरुण की स्थिति को लेकर जो भविष्यवाणी की थी, वह उससे एक डिग्री से भी कम दूरी पर खोजा गया। और गैले को जब वेरियर की भविष्यवाणी के बारे में पता चला, उन्होंने तभी (उसी रात) इसे खोज लिया। **विद्यार्थियों के सोचने-विचारने के लिए सवाल :** अगर आपके विद्यार्थी कहानी के इस पहलू में रुचि दिखाते हैं, तो उन्हें यह कल्पना करने के लिए आमंत्रित करें कि इस खोज में लगे समय का X ग्रह की खोज के लोवेल के संकल्प पर क्या असर पड़ा होगा। उन्हें याद दिलाएँ कि लोवेल ने 1906 में प्लूटो की अपनी खोज शुरू की थी और 1916 में अपनी मृत्यु तक वे इसकी खोज में जुटे रहे थे। उन्होंने एक ऐसा तरीक़ा अपनाया जिसमें वेरियर की तरह गणितीय गणनाएँ करना और गैले की तरह रात्रि-आकाश का अवलोकन दोनों शामिल थे। फिर भी, लोवेल अपने जीते जी प्लूटो का कोई सुराग़ नहीं ढूँढ़ सके। आप चर्चा के लिए इनमें से कुछ सवालों का इस्तेमाल कर सकते हैं : इससे हमें विज्ञान में सवालों के जवाब ढूँढ़ने की प्रक्रिया के बारे में क्या पता चलता है? आपको क्या

लगता है गॅले और वेरियर को किस बात से मदद मिली होगी? क्या प्लूटो की खोज अपने आप में ही अधिक मुश्किल थी?

- *X ग्रह की अपनी खोज को और बेहतर करने के लिए लोवेल को दो सवालों के जवाब की ज़रूरत थी : रात्रि-आकाश में उन्हें ऐसे किसी पिण्ड के मिलने की सबसे ज़्यादा सम्भावना कहाँ होगी? और रात्रि-आकाश की तस्वीरों में उन्हें कितने बड़े पिण्ड को ढूँढ़ने की कोशिश करनी होगी? इस तरह के अनुमान लगाने के लिए कुछ बहुत जटिल गणितीय गणनाओं की ज़रूरत थी। आज के खगोलशास्त्री ऐसा करने के लिए कुछ बहुत उन्नत कम्प्यूटरों का इस्तेमाल कर सकते हैं। लेकिन यह उस समय की बात है जब कैलकुलेटर भी (अरिथमोमीटर की तरह) बहुत सरल गणनाएँ ही कर पाते थे। इसलिए, लोवेल ने 'मानव' कम्प्यूटरों की एक टीम को काम पर रखा। ये वे लोग थे, जो हाथ से जटिल, लम्बी और अकसर उबाऊ गणनाएँ करते थे। ये गणनाएँ खगोलविज्ञान और आकाशीय पिण्डों का इस्तेमाल करके दिशा-निर्धारण में ख़ास महत्त्व रखती थीं। मानव कम्प्यूटरों में लगभग आधी महिलाएँ थीं। बहुत से पुरुषों को यह काम उबाऊ और अनाकर्षक लगता था। इसमें कई-कई घण्टों तक सटीक ढंग से काम करना पड़ता था, जिसकी शायद ही कभी सराहना होती थी। बहुत-से खगोलविज्ञानी महिला कम्प्यूटरों को पुरुष कम्प्यूटरों की तुलना में आधा भुगतान करते थे। लोवेल की मानव कम्प्यूटरों की टीम का नेतृत्व एलिज़ाबेथ लैंगडन विलियम्स कर रही थीं। वे अमरीका के मैसाचुसेट्स इंस्टीट्यूट ऑफ़ टेक्नॉलाजी से (भौतिकविज्ञान में डिग्री के साथ) स्नातक करने वाली पहली महिलाओं में से एक थीं। लोवेल और टॉमबॉ दोनों ने प्लूटो की अपनी खोज में विलियम्स की गणनाओं का इस्तेमाल किया। **विद्यार्थियों के सोचने-विचारने के लिए सवाल :** अगर आपके विद्यार्थी इस पहलू में रुचि दिखाते हैं, तो आप उनसे विलियम्स के बारे में और ज़्यादा जानकारी ढूँढ़ने को कह सकते हैं या फिर ऐसी और महिलाओं की सूची बनाने को कह सकते हैं, जिनकी गणनाओं ने विज्ञान की महत्त्वपूर्ण खोजों में योगदान दिया। उनकी रुचि और आपके पास उपलब्ध संसाधनों के आधार पर, यह एक साल भर तक चलने वाला प्रोजेक्ट बन सकता है। यह ध्यान रखना मददगार होगा कि इस अवधि के दौरान विज्ञान में महिलाओं के योगदान के बारे में बहुत कम दस्तावेज़ उपलब्ध हैं। सामग्री को खोजने और यहाँ तक कि महिला वैज्ञानिकों का नाम खोजने में ख़ासी कठिनाई का सामना करना पड़ सकता है। अगर आपके परिवेश के मद्देनज़र इनमें से किसी भी मुद्दे की छानबीन मुश्किल हो,तो आप कक्षा में चर्चा के लिए इनमें से कुछ सवालों को इस्तेमाल कर सकते हैं : प्लूटो की खोज में विलियम्स का योगदान वरुण की खोज में वेरियर के योगदान से कैसे अलग था? आपके मुताबिक इस कहानी में विलियम्स की भूमिका के बारे में बहुत ही कम बात क्यों की जाती है? क्या आपको लगता है कि विलियम्स की तुलना में आपकी कक्षा की लड़कियों के पास वैज्ञानिक बनने और वैज्ञानिक के तौर पर अपनी पहचान बनाने के ज़्यादा बेहतर मौक़े हैं? विज्ञान के शिक्षकों के तौर पर हममें से कइयों के लिए भी ऐसी चर्चा में शामिल होने का या इसे संचालित करने का यह पहला मौक़ा हो सकता है। आप आई वंडर... के फरवरी 2024 के वेबिनार 'Dorothy Andersen: An Unsung Hero' की रिकॉर्डिंग आगे दी गई लिंक पर मुफ़्त में देख सकते हैं -https://www.youtube.com/watch?v=GkKhdz8Wbe8। यह वेबिनार इस चर्चा में भूमिका की तैयारी करने में मददगार साबित हो सकता है।*
- *लोवेल वेधशाला बनाने के लिए लोवेल ने अपनी निजी सम्पत्ति का इस्तेमाल किया था और अपनी अधिकांश ज़ायदाद इसके नाम कर दी थी। यह उस समय की अद्वितीय वेधशालाओं में शुमार थी। यह पहलू कितना अहम है इसका अन्दाज़ा हम इस बात से लगा सकते हैं कि जब लोवेल की सम्पत्ति वेधशाला की पहुँच से दूर हो गई थी, तो 11 साल तक प्लूटो की खोज को रोक दिया गया था। **विद्यार्थियों के सोचने-विचारने के लिए सवाल :** अगर आपके विद्यार्थी इस पहलू में रुचि दिखाते हैं, तो आप उनसे पूछ सकते हैं कि इस बात का लोवेल के शोध की प्रकृति से क्या ताल्लुक हो सकता है। आप चर्चा के लिए इनमें से कुछ सवालों का इस्तेमाल कर सकते हैं : ऐसे सवाल का जवाब देने के लिए किसी खगोलशास्त्री को किस तरह की चीज़ों की ज़रूरत पड़ेगी? क्या विज्ञान के*

सभी सवालों के जवाब ढूँढ़ने के लिए इस तरह के वित्तीय समर्थन की ही ज़रूरत होती है? क्या आप ऐसे एक-दो सवाल सोच सकते हैं, जिनके जवाब साधारण, कम लागत की और आसानी से उपलब्ध सामग्रियों का इस्तेमाल करके ढूँढ़ा जा सकता है?आप इसे इस सूची में शामिल अगले पहलू से भी जोड़ सकते हैं!

- *बृहस्पति की सतह पर निशानों का अवलोकन करने के लिए टॉमबॉ इतने दृढ़निश्चयी थे कि उन्होंने अपनी ख़ुद की दूरबीनें बनाईं। उन्होंने इसके लिए शीशों और लेंसों को ख़ुद से घिसा, पॉलिश किया और आकार दिया। और इसे सहारा देने के लिए ऑटोमोबाइल के बेकार पड़े हिस्सों और कृषि के उपकरणों का इस्तेमाल किया। उनके पास इनमें से किसी भी काम को करने का कोई औपचारिक प्रशिक्षण नहीं था!* ***विद्यार्थियों के सोचने-विचारने के लिए सवाल :*** *अगर आपके विद्यार्थियों को अपने आप से एक वैज्ञानिक मॉडल या उपकरण 'बनाने' का मौक़ा मिला हो, तो आप उन्हें उनका अनुभव साझा करने के लिए आमंत्रित कर सकते हैं। इस चर्चा के लिए आप इनमें से कुछ सवालों का इस्तेमाल कर सकते हैं : आपने क्या बनाया? आपको अपने सहपाठियों/शिक्षक से किस क़िस्म की सहायता की ज़रूरत पड़ी?आपने इस उपकरण को किस काम में लिया? इस अनुभव से आपने क्या सीखा? क्या आपको इसमें मज़ा आया? विद्यार्थियों को ऐसे और अवसर प्रदान करने के लिए, आप नीचे दिए गए शीर्षक वाले लेखों को सन्दर्भ के तौर पर इस्तेमाल कर सकते हैं :*

  (1) आई वंडर... के इसी अंक (दिसम्बर 2024) में प्रकाशित लेख "मॉडल निर्माण का शिक्षणशास्त्र : पिनहोल कैमरा'। इस लेख में शिव पाण्डे (एक शिक्षक) ने विद्यार्थियों को उनके ख़ुद के पिनहोल कैमरे बनाने के लिए आमंत्रित करने का अपना अनुभव साझा किया है।

  (2) आई वंडर...के इसी अंक (दिसम्बर 2024) में प्रकाशित लेख 'बिना प्रयोगशाला विज्ञान करना'। इस लेख में सतीश भास्कर (एक शिक्षक-प्रशिक्षक) अपने अवलोकन साझा करते हैं कि किस तरह से विद्यार्थियों को 'कबाड़ से जुगाड़' का मौक़ा देने पर उन्हें बेकार पड़ी चीज़ों से नई चीज़ें बनाने का प्रयोग करने का प्रोत्साहन मिलता है।

  (3) आई वंडर... के जून 2023 के अंक में प्रकाशित लेख 'स्व-निर्मित उपकरणों के साथ दिन के समय खगोलविज्ञान'। इस लेख में, प्रज्वल शास्त्री (एक खगोलशास्त्री) बताती हैं कि किस तरह से विद्यार्थी दिन के आकाश में खगोलीय पिण्डों का अवलोकन करने के लिए अपने ख़ुद के जादुई दर्पण और बाहर लगाए जा सकने वाले सोलर बॉल प्रोजेक्टर बना सकते हैं।

- *डॉक्टर स्लिफर ने टॉमबॉ के बनाए हुए बृहस्पति के कुछ चित्र देखे और उन्हें लोवेल वेधशाला में एक खगोलशास्त्री के रूप में काम करने का मौक़ा दिया। टॉमबॉ ने उस समय केवल हाई स्कूल की डिग्री पूरी की थी!* ***विद्यार्थियों के सोचने-विचारने के लिए सवाल :*** *अगर आपके विद्यार्थी इस पहलू में रुचि दिखाते हैं, तो उन्हें उनकी आस-पास की दुनिया की किसी वस्तु या विशेषता का चित्र बनाकर उनके अवलोकनों को दर्ज करने के लिए प्रोत्साहित करें। उन्हें कोई ऐसा विषय चुनने के लिए आमंत्रित करें, जो विज्ञान में उनके अध्ययन से सम्बन्धित हो। आप उन्हें सोचने के लिए प्रेरित करने के लिए इस सवाल का इस्तेमाल कर सकते हैं : इस वस्तु या विशेषता में ऐसा क्या है जिसके बारे में विज्ञान की कक्षा में चर्चा करना दिलचस्प होगा? उनके चित्रों को कक्षा में प्रदर्शित करें। हरेक चित्र को एक संख्या दें। प्रदर्शित चित्रों को देखने के लिए विद्यार्थियों को पर्याप्त समय दें। हरेक चित्र में कौन-सी वस्तु या विशेषता को दिखाया गया है, उनसे यह अन्दाज़ा लगाने के लिए कहें। इसके बाद हरेक विद्यार्थी को कक्षा के सामने उनके चित्र के विषय के बारे में बोलने के लिए आमंत्रित करें। प्रत्येक प्रस्तुतीकरण के बाद, विद्यार्थियों से पूछें कि उनमें से कितनों ने चित्र के विषय का सही अन्दाज़ा लगाया था। आप चर्चा के लिए इनमें से कुछ सवालों का इस्तेमाल कर सकते हैं : किसी चित्र के विषय का ज़्यादा सटीक अन्दाज़ा लगाने के लिए आपको चित्र में कौन-सी चीज़ें नज़र आनी चाहिए? क्या किसी भी चित्र ने ऐसा कुछ देखने में आपकी मदद की, जिस पर आपने पहले ध्यान नहीं दिया था? अपने अवलोकनों को चित्रों के रूप में बनाने की*

प्रक्रिया में आपको कितना आसान लगा या कितना कठिन लगा? क्या आपने जो देखा और जिस तरह से देखा उस पर इसका कोई असर पड़ा? आपके अनुसार विज्ञान में चित्रों का क्या महत्त्व है? टॉमबॉ के चित्रों में स्लिफ़र को कौन-से वैज्ञानिक जैसे कौशल नज़र आए होंगे?

- *टॉमबॉ ने प्लूटो का पहला अवलोकन फरवरी, 1930 में किया। लोवेल वेधशाला लगभग 24 साल से इसी प्रमाण की तलाश कर रही थी। इसका सबसे तत्काल प्रभाव यह पड़ा कि वेधशाला में काम करने वाले सभी कर्मचारी इस अवलोकन की सत्यता की जाँच में जुट गए। उन्होंने इस खोज की घोषणा एक महीने के बाद ही की थी।* ***विद्यार्थियों के सोचने-विचारने के लिए सवाल :*** *अगर आपके विद्यार्थी इस पहलू में रुचि दिखाते हैं, तो उनसे कल्पना करने को कहें : अगर आप टॉमबॉ की जगह पर होते या फिर उस टीम में शामिल रहे होते, तो आपको वह महीना कैसा लगता? इस अवलोकन की सत्यता की जाँच किया जाना इतना ज़रूरी क्यों था? आपके अनुसार सत्यापन की इस प्रक्रिया में क्या-क्या शामिल रहा होगा? क्या होता अगर लोवेल वेधशाला की टीम टॉमबॉ द्वारा यह अवलोकन करते ही इसे सार्वजनिक कर देती और यह अवलोकन ग़लत साबित होता? हमने देखा है कि वैज्ञानिक खोजें पत्थर की लकीर नहीं होतीं और उनमें संशोधन होते रहे हैं। हमने जिस तरह के संशोधन की बात की थी, यह उससे कैसे अलग है?*

हमने यह कहानी ख़ासकर के स्कूल के उन शिक्षकों के लिए लिखी है, जो अपने विद्यार्थियों को सौर मण्डल के बारे में बताने की तैयारी कर रहे हैं। प्लूटो ने उन 76 सालों के दौरान जब उसे एक ग्रह माना जाता था, हममें से कइयों पर छाप छोड़ी है। ऐसा हो सकता है कि आपके विद्यार्थी आपसे यह सवाल करें कि उनकी पाठ्यपुस्तक में इस 'अवनति' के बारे में इतने भावहीन तरीक़े से केवल तथ्यात्मक ढंग से क्यों बताया गया है। हम आशा करते हैं कि यह कहानी उनके सवालों का जवाब इस तरह से देने में आपकी मदद करेगी कि वह इन्सानी प्रयास के तौर पर विज्ञान के प्रति कौतूहल भी पैदा करे। हम चाहेंगे कि आप इस कहानी के उन हिस्सों को चुनें और उन्हें उन तरीक़ों से अपने विद्यार्थियों को सुनाएँ, जो उनके लिए सबसे ज़्यादा दिलचस्प हों।

अगर आप इस मार्गदर्शिका में दिए गए चित्रों के बारे में जानने को उत्सुक हैं, तो उनके विवरण कुछ इस प्रकार हैं :

चित्र (क) : लोवेल वेधशाला में आसमान का अवलोकन करने के लिए लोवेल 24 इंच की दूरबीन का इस्तेमाल करते हुए। टॉमबॉ ने भी प्लूटो की तस्वीर लेने के लिए इसी दूरबीन का इस्तेमाल किया। दोनों घण्टों शायद इसी तरह से बैठे रहते थे।
Credits: Lowell Observatory, Wikimedia Commons. URL:https://en.wikipedia.org/wiki/File:Percival_Lowell observing_Venus_from_the_Lowell_Observatory_in_1914.jpg. License: Public Domain.
चित्र (ख) : एलिज़ाबेथ लैंगडन विलियम्स की हमारे पास उपलब्ध शायद इकलौती तस्वीर। उनकी टीम की अन्य महिलाएँ कौन थीं?
Credits- Lowell Observatory, Wikimedia Commons.URL:https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Elizabeth_Langdon_Williams.jpg. License: Public Domain.

i wonder... Rediscovering school science

रचनाकार :
चित्रा रवि अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय, बेंगलूरु में कार्यरत हैं।
अनुवाद : शहनाज़ **पुनरीक्षण :** उमा सुधीर **कॉपी एडिटर :** प्रतिका गुप्ता

मधुकर पुट्टी अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय, बेंगलूरु में कार्यरत हैं। उन्होंने मैसूर विश्वविद्यालय से भौतिकी में और यूके के नॉटिंघम विश्वविद्यालय से कम्प्यूटेशनल फ्लूइड डायनेमिक्स में स्नातकोत्तर किया है। वे भारतीय विज्ञान संस्थान (IISc), बेंगलूरु में साइंस मीडिया सेंटर का हिस्सा रहे हैं। उनसे madhukara.putty@apu.edu.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।

चित्रा रवि अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय, बेंगलूरु में कार्यरत हैं। उनसे chitra.ravi@apu.edu.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : शहनाज़ **पुनरीक्षण :** उमा सुधीर **कॉपी एडिटर :** प्रतिका गुप्ता