# कितने दूर हैं टिमटिमाते तारे

**एस. अनंतनारायणन**

अंधेरे में हमारी ओर कोई कार आ रही हो तो हम आसानी से बता सकते हैं कि वह पास ही है या बहुत दूर है। इसके लिए हम उसकी हेडलाइट की चमक का सहारा लेते हैं। हमें यह अंदाज़ होता है कि सामान्यतया कार की हेडलाइट्स कितनी चमकती हैं। यदि सामने से आ रही कार की लाइटें उसके मुकाबले कम चमक रही हैं या बहुत कम चमक रही हैं, तो हम अनुमान लगा सकते हैं कि वह लगभग कितनी दूरी पर है। ऐसे ही तरीके का उपयोग आकाश के तारों की दूरी का अनुमान लगाने के लिए भी किया जाता है।

धरती पर तो वस्तुओं की दूरी का पता लगाने का आम तरीका है ट्रायएंगुलेशन या त्रिभुजन। मनचाही वस्तु को एक दूरबीन से देखेंगे - पहले एक स्थान से और फिर थोड़ा हटकर किसी दूसरे स्थान से। इन दो स्थानों के बीच 100 मीटर की दूरी हो, तो अच्छे नतीजे मिलते हैं। जब दो अलग-अलग स्थानों से एक ही वस्तु को देखेंगे तो आपको दूरबीन की दिशा में थोड़ा परिवर्तन करना होगा। इस परिवर्तन के आधार पर आप दूरस्थ वस्तु की दूरी की गणना कर सकते हैं। इसके लिए चाहें तो गणित के सूत्रों का सहारा लें या ग्राफ का।

इस विधि से पृथ्वी पर दूर-दूर तक दिखने वाली वस्तुओं की दूरी का अंदाज़ लगाया जा सकता है। करना सिर्फ इतना होगा कि दो स्थानों (जहां से वस्तु को देखा जा रहा है) के बीच की दूरी किलोमीटर में रखी जाए।

मगर इस विधि से आप आकाशीय पिंडों की दूरी का अनुमान नहीं लगा सकते। कारण यह है कि पृथ्वी पर दो अवलोकन स्थलों के बीच हम जो अधिकतम दूरी हासिल कर सकते हैं वह है पृथ्वी का व्यास। उसके मुकाबले ये पिंड हमसे बहुत दूर हैं। मगर इन दो स्थानों के बीच की दूरी को बढ़ाने का एक तरीका है - हम जानते ही हैं कि पृथ्वी सूर्य की परिक्रमा कर रही है। यदि हम 6 माह के अंतराल पर किसी पिंड को देखें तो दरअसल हम उसे 30 करोड़ किलोमीटर दूर स्थित स्थानों से देख रहे हैं।

इतना फासला पर्याप्त होता है और इस विधि से हम सौर मंडल के पिंडों के अलावा 100 प्रकाश वर्ष दूर स्थित कई तारों की दूरियां भी पता कर सकते हैं। मगर उससे दूर की वस्तुओं के लिए यह विधि काम नहीं करेगी और हमें किसी परोक्ष विधि की ज़रूरत होगी। यह विधि ऐसी होनी चाहिए जो प्रेक्षण स्थलों के बीच की दूरी पर निर्भर न हो।

इसी मोड़ पर कार की हेडलाइट वाला उदाहरण प्रासंगिक हो जाता है। यदि ब्रह्मांड के तारों की वास्तविक चमक हमें पता हो, तो हम पृथ्वी से दिखने वाली उनकी आभासी चमक के आधार पर यह बता सकते हैं कि कोई तारा हमसे कितनी दूरी पर है। हम जानते हैं कि किसी वस्तु की आभासी चमक दूरी के वर्ग के अनुपात में घटती है। मगर यह कैसे पता चले कि किसी तारे की वास्तविक दीप्ति कितनी है?

सौभाग्यवश, तारों का एक ऐसा वर्ग है, जिनकी वास्तविक दीप्ति का पता लगाया जा सकता है। ये तारे परिवर्तनशील तारे या वेरिएबल स्टार्स कहलाते हैं। पिछली सदी के शुरुआती दशक में हार्वर्ड कॉलेज प्रयोगशाला में एक सहायक हेनरीटा लीविट ने देखा कि आकाश में मेगालिनिक क्लाउड नामक तारा-समूह में तारों की दीप्ति में निश्चित अंतराल पर उतार-चढ़ाव होते हैं। इससे भी अचरज की बात यह थी कि जिन तारों में उतार-चढ़ाव की गति सबसे ज़्यादा थी, वे पृथ्वी से सर्वाधिक दीप्तिमान भी दिखते थे। चूंकि ये सारे तारे पृथ्वी से लगभग बराबर दूरी पर ही थे, लीविट यह गणना करने में सफल रहीं कि दीप्ति में उतार-चढ़ाव की गति किसी तारे की वास्तविक दीप्ति का सटीक द्योतक है।

निकटवर्ती परिवर्तनशील तारों के और अध्ययन ने दीप्ति

में उतार-चढ़ाव की रफ्तार और वास्तविक दीप्ति के बीच के इस सम्बंध को स्थापित करने में मदद की। इन निकटवर्ती तारों की दूरी अन्य विधियों से भी पता की गई थी और इस वजह से हम इनकी वास्तविक दीप्ति की गणना कर सकते थे। ऐसे परिवर्तनशील तारों में सर्वप्रथम थे सेफाइड्स। इनका यह नाम डेल्टा सेफाई तारे के नाम पर रखा गया था। डेल्टा सेफाई की खोज 1784 में की गई थी। इनके विस्तृत अध्ययन के बाद दूरस्थ तारों की दूरी नापने की यह विधि स्थापित हो गई।

दीप्ति में उतार-चढ़ाव तारों के वातावरण में हीलियम की उपस्थिति की वजह से होता है। हीलियम के परमाणु या हीलियम के ऐसे परमाणु जिनमें से एक इलेक्ट्रॉन बाहर निकल गया हो, तारों के इर्द गिर्द एक पारदर्शी गैस आवरण बनाते हैं। मगर यदि तारों के अंदर चल रही क्रियाओं की वजह से उसका तापमान बढ़े और बढ़े हुए तापमान की वजह से हीलियम के परमाणु में से एक और इलेक्ट्रॉन निकल जाए, तो हीलियम गैस अपारदर्शी हो जाती है। तारे के अंदर की गर्मी बाहर नहीं निकल पाती, तारा गर्म हो जाता है मगर साथ ही अपेक्षाकृत मद्धिम भी पड़ जाता है।

जब तारा गर्म होता है, तो फैलता है और फैलने की वजह से उसका तापमान कम होने लगता है। तापमान कम होने पर तारे के आसपास की गैस का संघटन बदल जाता है क्योंकि दो इलेक्ट्रॉन-विहीन हीलियम के परमाणु फिर से एक इलेक्ट्रॉन पकड़ लेते हैं। तब वातावरण एक बार फिर पारदर्शी हो जाता है और तारे की दीप्ति बढ़ जाती है। अब गर्मी बाहर निकलने लगती है और तारा ठंडा मगर चमकीला होने लगता है। मगर एक हद तक ठंडा होने के बाद यह फिर से सिकुड़ने लगता है और वही चक्र फिर से शुरू हो जाता है। दीप्ति में उतार-चढ़ाव का क्रम चलता रहता है।

इस तरह के परिवर्तनशील तारे कई किस्म के होते हैं। इनमें उतार-चढ़ाव की दर और दीप्ति के बीच सम्बंध अलग-अलग हो सकते हैं। परिवर्तनशील तारों का एक महत्त्वपूर्ण समूह टाइप 1 सुपरनोवा है। ये तारे इस स्थिति में किसी श्वेत वामन (व्हाइट ड्वार्फ) में विस्फोट की वजह से पहुंचते हैं। श्वेत वामन ऐसे तारे को कहते हैं जो किसी ऐसे छोटे तारे का अवशेष हो जिसका ईंधन चुक गया है। यदि किसी बड़े तारे का ईंधन चुक जाए तो वह भी सिकुड़ता है और ब्लैक होल या न्यूट्रॉन तारे में बदल जाता है। मगर यदि तारा बहुत बड़ा न रहा हो, तो वह इतना नहीं सिकुड़ता और श्वेत वामन में तबदील होता है।

अलबत्ता, श्वेत वामन तारे भी आसपास उपस्थित पदार्थ को अपने में समाकर या किसी दूसरे वामन तारे में विलीन होकर अपना द्रव्यमान बढ़ा सकते हैं। ऐसा होने पर नए सिरे से विस्फोट होता है जिसे सुपरनोवा कहते हैं। इनमें जो अधिकतम दीप्ति उत्पन्न होती है उसमें काफी एकरूपता होती है। इन तारों को टाइप 1 सुपरनोवा कहते हैं। इनकी अधिकतम दीप्ति में एकरूपता की वजह से ये ब्रह्मांडीय सर्वेक्षणों में मानक मोमबत्ती की भूमिका अदा करते हैं। ये सेफाइड्स के मुकाबले कहीं अधिक दीप्तिमान होते हैं और काफी बड़ी दूरी के लिए मानक का काम कर सकते हैं।

ऐसी परोक्ष मापन विधियों का उपयोग करने में एक दिक्कत यह है कि हम पक्का नहीं कह सकते कि उतार-चढ़ाव की रफ्तार और दीप्ति के बीच का सम्बंध बहुत बड़ी दूरियों पर भी लागू होता है और क्या यही सम्बंध काफी सुदूर अतीत में भी लागू होता था। इसलिए सेफाइड्स के निर्माण की क्रियाविधि को समझने में काफी रुचि रही है। टाइप 1 सुपरनोवा में तो रुचि और भी गहरी रही है।

जर्मनी के मैक्स प्लांक इंस्टीट्यूट के रुडिजर पाकमोर व उनके साथियों ने बताया है कि वे श्वेत वामन तारों के विलीनीकरण के ज़रिए सुपरनोवा निर्माण की प्रक्रिया के मॉडल की दिक्कतों को दूर कर पाए हैं। ***(स्रोत फीचर्स)***

हेनरीटा स्वान लीविट ने 1893 में हार्वर्ड कॉलेज प्रयोगशाला में काम करना शुरू किया था। उन्हें दूरबीन से प्राप्त फोटोग्राफ्स पर छवियां गिननी होती थीं। महिलाओं को दूरबीन पर काम करने की इज़ाज़त नहीं थी।
मगर लीविट प्रतिबिंबों गिनते-गिनते उन्हीं प्रतिबिंबों में अमर हो गईं। उन्होंने परिवर्तनशील तारों की दीप्ति में उतार-चढ़ाव की रफ्तार और उनकी वास्तविक दीप्ति के बीच वह सम्बंध खोज निकाला, जिसकी बदौलत ब्रह्मांड की दूरियों के अनुमान लगाना संभव हो गया। इसी की बदौलत यह खोज हो पाई कि ब्रह्मांड फैल रहा है।