गुरुत्वाकर्षण को नापने के प्रयास

रिचर्ड वेब

हम पिछले 200 वर्षों से गुरुत्वाकर्षण को नापते आए हैं मगर आज भी हम निश्चित तौर पर नहीं कह सकते कि यह कितना सशक्त है। ऐसे ही कुछ ताज़ा प्रयासों पर एक नज़र।

हैरॉल्ड पार्क्स का साज़ो सामान फ्रांस के लिए रवाना होने को था और एक बार फिर उन्हें लगा कि गुरुत्वाकर्षण ने उन्हें गच्चा दे दिया है। एक तरफ उनका सामान पैक होकर तैयार था और दूसरी ओर, वे बेल्टर कोलेरैडो की अपनी जेआईएलए प्रयोगशाला में उस प्रयोग को अंतिम रूप देने की कोशिश कर रहे थे, जिसे तैयार करने में उन्हें पूरे दो साल लगे थे - प्रयोग था गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक को सही-सही नापने का। वे याद करते हैं, "सिग्नल बदलना तो नहीं चाहिए था, मगर बदल गया।"

यह लगभग 10 साल पहले की बात है। नई जगह पहुंचकर पार्क्स गुरुत्वाकर्षण को छोड़ देना चाहते थे मगर जो लोग इसका मापन करते हैं उन्हें इसका आकर्षण छोड़ता नहीं है। कुछ दिन मापन विधा के मंदिर - अंतर्राष्ट्रीय माप-तौल ब्यूरो - में बिताने के बाद पार्क्स वापिस बोल्डर आ गए और अपने पुराने प्रयोग को फिर से बनाने व सुधारने में भिड़ गए।

सितंबर 2010 में जाकर पार्क्स व उनके सुपरवाइज़र जिम फॉलर ने *फिज़िकल रिव्यू लेटर्स* में गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक का अपना मान प्रकाशित किया। बीच के वर्षों में उन्होंने जितनी बारीकी से हर चीज़ की बार-बार जांच की थी, उसके चलते उन्हें अपने परिणामों पर यकीन था। पार्क्स बताते हैं कि सब कुछ "एकदम बढ़िया था" सिवाय इस बात के कि उनके परिणाम किसी और के परिणाम से मेल नहीं खाते थे।

दूसरी ओर, करीब 2000 कि.मी. दूर ओटावा (रनाडा) के अपने दफ्तर में बैठे बैरी वुड्स का काम ही ऐसे परिणामों पर गौर करना था। कनाडा के इंस्टीट्यूट फॉर नेशनल मेज़रमेंट स्टैण्डर्ड्स में मापन विशेषज्ञ बैरी वुड्स उस अंतर्राष्ट्रीय समिति के अध्यक्ष हैं जो सारे भौतिक स्थिरांकों का मान तय करती है - जैसे, प्लांक्स स्थिरांक (जो ऊर्जा के एक क्वांटम का मान बताता है), या एक इलेक्ट्रॉन का आवेश। या न्यूटन का गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक, जो पार्क्स व फॉलर के प्रयोग का लक्ष्य था।

हर चार साल में वुड्स की समिति इन राशियों के मान में संशोधन करती है। इस हिसाब से नवीनतम बदले हुए मान किसी भी दिन प्रकट हो सकते हैं। आम तौर पर तो समिति की ये चार-साला बैठकें सटीकता व सत्यता की दिशा में लगातार आगे बढ़ने का जश्न होती हैं क्योंकि स्थिरांकों के मानों में जो सुधार होते हैं वे 1 अरब भाग में 1 भाग के बराबर होते हैं।

कहने का मतलब एक गुरुत्वाकर्षण को छोड़कर, जो हमेशा से मज़ा किरकिरा करता आया है। न्यूटन के स्थिरांक - जिसे बिग जी कहते हैं - का मापन 200 वर्षों से किया जा रहा है और इतने वर्षों में हमारे पास जो मान है वह 10,000 भाग में 1 भाग तक सटीक है। प्रयोगों के ताज़ा चक्र - जिसमें पार्क्स व फॉलर के प्रयोग भी शामिल हैं - से यह निराशाजनक संभावना दिख रही है कि सटीकता शायद और भी कम हो जाएगी। समिति का फैसला कभी भी आ सकता है। समिति में जो भी सहमति बनेगी, उससे हो

सकता है कि गुरुत्व थोड़ा कमज़ोर होकर उभरे।

जहां गुरुत्व का असर सर्वव्यापी है, वहीं इसके तौर-तरीके रहस्यात्मक हैं। करीब 300 वर्ष पहले जब आइज़ैक न्यूटन ने अपने सिर पर गिरे सेब से जूझते हुए गुरुत्व बल का प्रथम मात्रात्मक विवरण प्रस्तुत किया था, तब से हम यह समझने की जद्दोजहद में लगे हैं कि इसका मतलब क्या है। हालांकि न्यूटन के पास इसका कोई जवाब नहीं था, मगर वे कम से कम एक परिभाषा तो दे पाए थे - यह परिभाषा एक सरल सूत्र के रूप में थी जिसकी बदौलत हम इस बल के प्रभावों की गणना कर पाते हैं। उनके व्युत्क्रम वर्ग नियम के मुताबिक गुरुत्व वह चीज़ है जिसके कारण कोई भी दो चीज़ें एक-दूसरे को आकर्षित करती हैं। आकर्षण का यह बल उनके द्रव्यमानों के गुणफल में उनके बीच की दूरी के वर्ग का भाग देने से प्राप्त राशि के समानुपाती होता है। इस समीकरण में एक राशि है जो यह बताती है कि इस बल का मान कितना होगा और वह राशि है गुरुत्वाकर्षण का स्थिरांक यानी बिग जी।

गुरुत्वाकर्षण के किसी नवीन क्वांटम विवरण के आने तक ऐसा कोई सिद्धांत नहीं है जो हमें यह बता दे कि इसका स्थिरांक मान कितना है। बर्मिंगहैम विश्वविद्यालय के क्लाइव स्पीक कहते हैं कि “बिग जी तो बस है।” स्पीक वे व्यक्ति हैं जो पिछले 30 वर्षों से गुरुत्वाकर्षण के उतार-चढ़ाव की खोजबीन करते रहे हैं। न्यूटन का व्युत्क्रम वर्ग नियम और आइंस्टाइन का सामान्य सापेक्षता का सिद्धांत ही गुरुत्वाकर्षण के हमारे सर्वोत्तम विवरण हैं।

गुरुत्वाकर्षण का सही मूल्य निकालने का एक ही तरीका है कि इसे अत्यंत नियंत्रित परिस्थितियों में नापा जाए। यह कहना आसान है, करना बहुत मुश्किल है। धरती का स्थूल द्रव्यमान हर चीज़ को अपनी ओर खींचता है, जिसके चलते यह मूलभूत सत्य ओझल हो जाता है कि गुरुत्व प्रकृति का सबसे कमज़ोर बल है। और इसका मतलब है कि इसे नापना भी उतना ही कठिन है।

सबसे पहले इसे नापने का प्रयास हेनरी कैवेण्डिश ने करीब 200 साल पहले किया था। उसके बाद गुरुत्वाकर्षण के मापन में प्रगति अत्यंत धीमी रही है। गुरुत्वाकर्षण को नापना कोई ऐसी चीज़ नहीं है कि एक दिन प्रयोगशाला में गए, एक सप्ताह तक प्रयोग वगैरह किए और एक संख्या लेकर निकल गए। वुड बताते हैं कि “अधिकांश प्रयोगों में कम से कम एक दशक लग जाता है।” इतना समय, संसाधन और धैर्य बहुत कम लोगों के पास होता है। सबसे खटकने वाली बात यह है कि बिग जी को अत्यंत सटीकता से नापने का कोई स्पष्ट फायदा भी नज़र नहीं आता। यह सही है कि ज़्यादा सही मान पता होगा, तो हम ग्रहों व तारों की गतियों की भविष्यवाणी ज़्यादा सटीकता से कर पाएंगे, मगर ऐसा कोई काम नहीं है जो इसके मान पर बहुत ज़्यादा निर्भर हो, जैसे कि जीपीएस (ग्लोबल पोज़िशनिंग सिस्टम) के कामकाज के लिए हमें बहुत सटीकता से पता होना ज़रूरी है कि 1 सेकंड कितना लंबा होता है - शायद 100 खरब भाग में 1 भाग की गलती भी वहां क्षम्य नहीं होगी।

जैसे भी हो, मगर गुरुत्व के समक्ष हमारी अक्षमता से रोष पैदा होना स्वाभाविक है। स्पीक बताते हैं कि “बैठकों में कई बार मुझे लोगों ने यह कहकर परेशान किया है कि बिग जी इतना अपरिशुद्ध क्यों है?”

गुरुत्व की खामियों की मरम्मत करने के लिए प्रयोगों का जो नया सिलसिला शुरू हुआ है, उसकी प्रेरणा बिग जी के इतिहास के एक उल्लेखनीय एपिसोड से मिली है। 1995 में जर्मनी की राष्ट्रीय मापन प्रयोगशाला (पीटीबी) के एक दल ने गुरुत्व का एक नया मान प्रकाशित किया था। यह नया मान उन्होंने कैवेण्डिश द्वारा 200 वर्ष पूर्व इस्तेमाल किए गए उपकरण के ही एक नवीन स्वरूप का उपयोग करके प्राप्त किया था। अंतर्राष्ट्रीय माप-तौल ब्यूरो के तत्कालीन प्रमुख टेरी क्विन बताते हैं कि इस दल के पास “सही उपकरण था, बढ़िया लोग थे, समय और पैसा था। सब लोग मान रहे थे कि यह प्रयोग सही मान देगा।”

वास्तव में यह एक हादसा ही साबित हुआ। पीटीबी दल ने बिग जी का जो मान उपलब्ध कराया वह उस समय स्वीकार्य मान से 1000 में 6 भाग ज़्यादा था (मतलब 0.6 प्रतिशत ज़्यादा)। मापन विज्ञान के संदर्भ में देखें तो यह बहुत बड़ा अंतर है। यह मानना किसी को भी संभव नहीं लगा कि गुरुत्व यकायक इतना ताकतवर हो गया है या

इससे पहले किए गए सारे प्रयोग गलत थे। गलती ज़रूर पीटीबी के प्रयोग में ही हुई थी।

क्विन बताते हैं कि "सबका विचार था कि हम इससे तो बेहतर कर सकते हैं।" तो दुनिया भर के दल गुरुत्व का अपना-अपना मान पता करने में भिड़ गए। इन सबको जोड़-जाड़कर ही वुड की समिति एक आधिकारिक मान देगी जैसा कि वह 1969 से करती आई है। बहरहाल, उस समय तो समिति ने गुरुत्व के मान में कोई बदलाव न करने का निर्णय लिया था। अलबत्ता, मानों में विविधता के परास को देखते हुए उन्होंने अनिश्चितता की मात्रा को 10 गुना बढ़ा दिया था।

मूलभूत स्थिरांकों के मान की अगली समीक्षा 2002 में प्रस्तावित थी। इस समय तक, पीटीबी के मान को छोड़ दें तो, गुरुत्व के मान को लेकर आम सहमति बन चुकी थी। बिग जी के मान को थोड़ा बढ़ा दिया गया और आधिकारिक त्रुटि को उसी स्तर पर रखा गया जहां वह 1998 में थी।

इस बीच पार्क्स बोल्डर में पसीना बहा रहे थे। फॉलर के साथ मिलकर उन्होंने जो उपकरण तैयार किया था वह पहले इस्तेमाल किए गए उपकरण का संशोधित रूप था। इसमें दो स्वतंत्र रूप से लटके हुए दोलक थे। इनके आसपास टंगस्टन के चार भारी-भरकम बेलन थे। टंगस्टन के पिण्डों को अंदर की ओर सरकाने पर दोलक थोड़े पास-पास आते थे - इन्सान के बाल की मोटाई के हज़ारवें भाग के बराबर ही अंतर पड़ता था। यानी दोलक बहुत ही कम हिलते थे मगर इस छोटे-से विचलन को लेज़र इंटरफेरोमीटर से नापा जा सकता था।

दिक्कत यह है कि यह कहना आसान नहीं है कि दोलकों की उक्त गति मात्र गुरुत्व के कारण हो रही है। पार्क्स का कहना है, "आपको हर उस चीज़ के बारे में सोचना होगा, जो आपके प्रयोग का कबाड़ा कर सकती है।" शोधकर्ताओं ने इन दोलकों को निर्वात में रखा था ताकि हवा के प्रतिरोध तथा तापमान में अंतर का असर दोलकों की गति पर न पड़े। टंगस्टन के बेलनों को भी हवा की एक महीन परत पर तैराया गया था ताकि इनमें अनपेक्षित कंपन न होने लगे। प्रयोग के आसपास दबे पांव फटकने की भी पूरी तरह मुमानियत थी क्योंकि एक व्यक्ति का भार फर्श को एक तरफ झुका सकता है और उपकरण को हल्का सा धक्का भी लग सकता है।

मगर समस्याएं प्रयोगशाला की चारदीवारी के अंदर तक सीमित नहीं थीं। यह प्रयोग एक इमारत के तलघर में सेट किया गया था। उसके पास ही एक ऊंची मीनार थी। जब सूरज दिन भर में आसमान में अपनी यात्रा करता, तो पहले मीनार एक ओर से गर्म होती और फिर दूसरी ओर से, जिसकी वजह से उसका फैलाव दिन भर में अलग-अलग दिशा में अलग-अलग होता था। प्रभाव यह होता था कि मीनार और उससे जुड़ी हर चीज़ थोड़ी झुक जाती थी - पहले एक तरफ और फिर दूसरी तरफ। झुकाव पार्क्स के उपकरण में भी होता था।

जिस दिन प्रयोग शुरू हुआ, उस दिन एक और घटना घटी। उस दिन प्राप्त किए गए आंकड़ों में नियमित रूप से एक स्पाइक देखा गया। पता चला कि जब भी उस मीनार में लिफ्ट शुरू होती थी, दोलकों के गोलों के चुंबकीय गुणों में थोड़ा-सा परिवर्तन होता था। इसकी वजह से वे थोड़ा-सा हिल जाते थे और परिणाम बदल जाते थे।

वर्षों तक इस तरह के प्रभावों को देखने, उन्हें हटाने या उनके हिसाब से भरपाई करने के बाद पार्क्स को आत्म-संशय के उन क्षणों के लिए माफ किया जा सकता है जब उन्होंने अंतिम मान प्राप्त किया - यह मान बिग जी के आधिकारिक मान से 0.3 प्रतिशत कम था और पूर्व में स्वीकृत मान से तीन प्रामाणिक विचलन इकाई दूर था।

फॉलर कहते हैं, "भौतिक शास्त्री सही उत्तर पाना चाहते हैं।" पार्क्स की प्रतिक्रिया यह हुई कि वे अपने परिणामों को लेकर बैठ गए और साथ ही साथ त्रुटियों के विभिन्न स्रोतों पर विचार करते रहे। पार्क्स बताते हैं, "मैं मानकर चला था कि मेरे हाथ कोई ऐसी चीज़ लगेगी, जिसे देखकर मैं कह सकूंगा कि ओह, इस इतनी छोटी-सी बात पर मेरा ध्यान क्यों नहीं गया।"

जब वे अपने काम में फिर से जुटे, तब तक एक बात साफ थी कि गड़बड़ परिणाम पाने वाले वे अकेले नहीं थे। जून 2009 में चीन के हुआज़ॉन्ग विज्ञान व टेक्नॉलॉजी

विश्वविद्यालय के एक दल ने भी गुरुत्व का मापन किया था - इसके लिए उन्होंने एक दोलक को निर्वात में लटकाया था और एक भारी पिण्ड को इसके आसपास घुमाकर दोलक के दोलन के समय का मापन किया था। यह प्रयोग भी करीब एक दशक के प्रयासों के बाद सम्पन्न हुआ था और इसमें भी जो मान निकला वह स्वीकृत मान से कम था।

उधर ओटावा में वुड की समिति इन आंकड़ों की जुगाली कर रही है कि अगले चार वर्षों के लिए गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक का मान कितना रहे। इतने नटखट बल के लिए कोई स्पष्ट रूप से सही उत्तर नहीं है। अब जबकि दो नवीनतम मान पूर्व के सर्वोत्तम मानों से अलग हैं, तो संभावना यही है कि शायद नया मान पहले से कम सटीक होगा और शायद थोड़ा कम भी हो।

क्या गुरुत्वाकर्षण वाकई बदल रहा है? शायद नहीं। गुरुत्व के कई अजीबोगरीब सिद्धांत हैं, जिनके मुताबिक इसकी प्रबलता में रोज़-ब-रोज़, दिन-ब-दिन और मौसम-दर-मौसम उतार-चढ़ाव हो सकते हैं। मगर हमारे प्रायोगिक कौशल की स्थिति का मतलब यह है कि हम छोटे-मोटे परिवर्तन होने पर भी उन्हें देख ही नहीं पाते हैं। स्पीक कहते हैं, "फिलहाल तो बिग जी न्यूटन के नियमों में विराजमान एक उबाऊ स्थिरांक ही लगता है।" क्विन तो इससे भी आगे जाकर कहते हैं, "हम इन विषयों पर बात ही नहीं करते।" इन सबसे सवाल यह उठता है: यदि इतना ही पेचीदा है, तो बिग जी को इतनी सटीकता से नापने की ज़रूरत ही क्या है? इसका एक पुराना उत्तर है, "क्योंकि बिग जी है (इसलिए उसे नापने की कोशिश करना लाज़मी है)।" पार्क्स कहते हैं कि "कुछ मज़ा तो इसी बात में है कि आप कोई ऐसी चीज़ करने की कोशिश कर रहे हैं, जिसके बार में आप पक्का नहीं कह सकते कि आप कर पाएंगे।" स्पीक कहते हैं, "यह लगभग बगीचे की निंदाई जैसा है। जैसे ही आप खरपतवार पर ध्यान देते हैं, वह आपको परेशान करने लगती है।" स्पीक और क्विन बिग जी के मापन के परिणाम प्रकाशित करने की तैयारी कर रहे हैं। यह काम उन्होंने 2001 में शुरू किया था।

क्विन का कहना है, "यदि आप कैवेण्डिश के समय से इस काम में लगे लोगों को देखें, तो सबके सब थोड़े पागल हैं।" मगर साथ ही वे यह भी कहते हैं कि बिग जी के मापन में कुछ बात तो है। एक तो यह है कि इसके मापन से परिशुद्ध मापन के अन्य क्षेत्रों में प्रगति होने की संभावना है। दूसरी बात है कि बिग जी का मान पता करना आज शायद उतना महत्त्वपूर्ण न हो मगर कल बात अलग होगी। हो सकता है कि गुरुत्व का क्वांटम सिद्धांत किसी दिन यह बताए कि बिग जी का मान कितना होना चाहिए। तब उसकी जांच के लिए आपके पास कोई ज़ोरदार प्रयोग तो होना चाहिए।

अलबत्ता, यह स्थिति अभी कई बरस बाद ही आने की संभावना है। मगर यदि इतिहास पर नज़र डालें तो हमें गुरुत्व पर पकड़ बनाने में इतने साल तो लग ही जाएंगे। पार्क्स 1998 में कैवेण्डिश के प्रयोग की द्विशताब्दी के जश्न में शामिल हुए थे। किसी ने टिप्पणी की कि कितना अच्छा लगता है कि ये युवा भौतिक शास्त्री उस काम को आगे बढ़ा रहे हैं। इस पर टेरी क्विन्स ने कहा था, "बेशक, मगर काम पूरा होने तक ये सब बुज़ुर्ग भौतिक शास्त्री होंगे।"

आप शायद सोच रहे होंगे कि पृथ्वी का विशाल गुरुत्वाकर्षण उन लोगों के लिए एक वरदान है जो बिग जी यानी न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक को नापने का प्रयास करते हैं। बात एकदम उल्टी है। कारण यह है कि पृथ्वी का द्रव्यमान सही-सही ज्ञात करना बहुत मुश्किल है। और इस राशि के बगैर न्यूटन के व्युत्क्रम वर्ग के नियम से बिग जी के मान की गणना करना असंभव है। दरअसल बिग जी एक परीक्षण पिण्ड के द्रव्यमान, पृथ्वी के द्रव्यमान और उनके बीच के दूरी के बीच सम्बंध स्थापित करता है।

पृथ्वी के विशाल द्रव्यमान के चलते यह पता करना तो आसान है कि किसी वस्तु पर कितना गुरुत्व बल लग रहा है। आपको सिर्फ इतना पता करना है कि कोई गेंद किस गति से पृथ्वी पर गिरती है और आप गुरुत्वजनित त्वरण यानी लिटिल जी की गणना कर सकते हैं - यह करीब 9.8 मीटर प्रति सेकंड^2 आता है।

यह संख्या वैसे तो बहुत उपयोगी है, मगर इससे इतना ही पता चलता है कि पृथ्वी के द्रव्यमान के केंद्र से 6400

किलोमीटर दूर स्थित कोई वस्तु कितना आकर्षण बल महसूस करती है। मगर पृथ्वी का द्रव्यमान पता करने की कोई स्वतंत्र विधि न होने के कारण हम यह पता करने में असमर्थ रहते हैं कि इस त्वरण को पैदा करने वाले बिग जी का मान कितना है।

इस अवरोध को पार करने का एकमात्र तरीका यह है कि पृथ्वी की उपेक्षा की जाए। इस विचार के पीछे का सिद्धांत 18वीं सदी में एक अंग्रेज़ भूगर्भ वैज्ञानिक जॉन मेशेल ने विकसित किया था। उन्होंने ही एक उपकरण तैयार किया था जिसे ऐंठन तुला (टॉर्शन बेलेंस) कहते हैं। इसकी मूल डिज़ाइन यह है कि एक लंबे क्षैतिज दण्ड को एक तार से लटका दिया जाता है। यह तार ऐंठने के लिए स्वतंत्र होता है। इस दण्ड के दोनों सिरों पर सीसा या ऐसी ही किसी अन्य भारी धातु का एक-एक गोला लटका दिया जाता है।

गुरुत्व की शक्ति को नापने के लिए दो अन्य भारी गोलों को दण्ड पर लटके गोलों के पास सरकाया जाता है और यह देखा जाता है कि इन पिण्डों के बीच आकर्षण बल की वजह से तार कितना ऐंठता है। इस तरह से करने पर इस बात की कतई चिंता नहीं करनी पड़ती कि पृथ्वी इस पूरे उपकरण को कितने बल से खींच रही हैं। यह प्रयोग लिटिल जी से निजात पाने का सुंदर तरीका है।

1797 में सबसे पहले भौतिक शास्त्री हेनरी कैवेण्डिश ने ऐंठन तुला का उपयोग करके बिग जी का जो मान निकाला था वह 1000 भाग में 5 भाग सटीक माना जाता है। इसके बाद किए गए प्रयोगों में ऐंठन तुला के ही परिष्कृत रूपों का इस्तेमाल किया गया है और सटीकता में थोड़ा ही सुधार हुआ है। ***(स्रोत फीचर्स)***