मेस टेलीस्कोप : ब्रह्मांड की खोज में आत्मनिर्भर कदम

संदीप गोदियाल

भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र, मुंबई

ब्रह्मांड अनगिनत रहस्यों से परिपूर्ण है और प्राचीन काल से ही यह मानव जिज्ञासा का प्रमुख केंद्र रहा है। यद्यपि वैज्ञानिकों ने इसके स्वरूप, संरचना और विकास को समझने हेतु निरंतर प्रयास किए हैं, फिर भी अब तक हम केवल इसके लगभग 5% हिस्से को ही जान पाए हैं। शेष 95% भाग, जिसे 'डार्क मैटर' और 'डार्क एनर्जी' के रूप में जाना जाता है, हमारे लिए अज्ञात है।

जिस प्रकार मानव शरीर और पेड़- पौधे अत्यंत सूक्ष्म कोशिकाओं से मिलकर बने होते हैं, उसी प्रकार यह ब्रह्मांड भी असंख्य तारों, ग्रहों और आकाशगंगाओं से मिलकर बना है। जैसे शरीर के विभिन्न अंगों के कार्य-व्यवहार को समझने के लिए कोशिकाओं का अध्ययन आवश्यक होता है, वैसे ही ब्रह्मांड की उत्पत्ति, विकास और संभावित भविष्य को समझने के लिए इसके सूक्ष्म घटकों और ब्रह्मांडीय किरणों का गहन अध्ययन अनिवार्य है।

ब्रह्मांड अपने रहस्यों को हम तक तरंगों और कणों के रूप में संकेतों के माध्यम से पहुंचाता है। ये संकेत मुख्य रूप से विद्युत-चुंबकीय तरंगों (जैसे रेडियो, दृश्य प्रकाश, एक्स-रे, गामा-किरणें), गुरुत्वीय तरंगों और सूक्ष्म कणों (जैसे प्रोटॉन, इलेक्ट्रॉन, न्यूट्रिनो आदि) के रूप में होते हैं। इन संकेतों के अध्ययन और विश्लेषण से ही वैज्ञानिक ब्रह्मांड की गहराइयों में झांकने में सक्षम हो पाते हैं।

विद्युत चुंबकीय तरंगें — जिनमें रेडियो तरंगों से लेकर गामा-किरणों तक का पूरा स्पेक्ट्रम शामिल है — ब्रह्मांड को समझने का प्रमुख साधन है। इनमें गामा-किरणें सर्वाधिक ऊर्जा वाली होती हैं, जिनकी ऊर्जा सीमा बिलियन इलेक्ट्रॉन वोल्ट से लेकर ट्रिलियन इलेक्ट्रॉन वोल्ट तक होती है। इनकी आवेश-रहित (न्यूट्रल) प्रकृति इन्हें आकाशगंगाओं के चुंबकीय क्षेत्रों से अप्रभावित रखती है, जिससे ये अपने स्रोत से सीधी और बिना विक्षेपित हुए हम तक पहुंचती हैं और अपने मूल स्रोत के बारे में सटीक जानकारी देती हैं।

गामा-किरणें ब्रह्मांड में होने वाली अत्यधिक ऊर्जावान और विलक्षण घटनाओं द्वारा उत्पन्न होती हैं - जैसे सुपरनोवा विस्फोट, ब्लैक होल के चारों ओर पदार्थ का संचयन, तेज़ी से घूर्णन करते हुए न्यूट्रॉन तारे और गामा-किरण विस्फोट इत्यादि। इन्हीं घटनाओं को समझने के लिए गामा-किरणों का अध्ययन किया जाता है। परंतु, पृथ्वी का वायुमंडल गामा-किरणों को सतह तक नहीं पहुंचने देता, जिससे उनका प्रत्यक्ष अध्ययन संभव नहीं हो पाता है।

इस चुनौती का समाधान 1936 में डॉ. होमी जहांगीर भाभा और वॉल्टर हिटलर द्वारा प्रतिपादित 'कॉस्मिक-रे एयर-शॉवर' सिद्धांत से मिला। उन्होंने बताया कि जब उच्च-ऊर्जा विकिरण वायुमंडल में प्रवेश करता है, तो वह द्वितीयक कणों और प्रकाश के झरने उत्पन्न करता है। इन झरनों के अध्ययन से हम प्राथमिक गामा-किरणों और कॉस्मिक किरणों के स्रोतों के बारे में जानकारी प्राप्त कर सकते हैं।

भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र (बीएआरसी) के वैज्ञानिकों द्वारा लद्दाख स्थित हानले में वायुमंडलीय इमेजिंग चेरेनकोव प्रयोग पर आधारित मेस (MACE: Major Atmospheric Cherenkov Experiment) टेलीस्कोप की परिकल्पना की गई, जिसे अत्यधिक ऊँचाई पर स्थापित एक आधुनिक गामा-किरण टेलीस्कोप के रूप में विकसित किया गया है, ताकि गामा-किरण खगोलिकी के क्षेत्र में और अधिक संवेदनशील तथा सटीक प्रेक्षण संभव हो सके। मेस स्वदेशी तकनीक पर आधारित एक अत्याधुनिक, पृथ्वी-स्थित गामा-

रे टेलीस्कोप है, जिसका औपचारिक उद्घाटन डॉ. ए. के. मोहांती, अध्यक्ष, परमाणु ऊर्जा आयोग एवं सचिव, परमाणु ऊर्जा विभाग, भारत सरकार के द्वारा 4 अक्टूबर 2024 को किया गया।

मेस का निर्माण, भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र के वैज्ञानिकों और अभियंताओं के संयुक्त प्रयास का परिणाम है। यह प्रोजेक्ट न केवल भारत की वैज्ञानिक क्षमता और तकनीकी कार्यकुशलता का प्रतीक है, बल्कि 'आत्मनिर्भर भारत' की दिशा में एक गौरवपूर्ण उपलब्धि और एक महत्त्वपूर्ण मील का पत्थर भी है। मेस न केवल एशिया का सबसे बड़ा, बल्कि विश्व का सबसे ऊँचाई पर स्थित इमेजिंग चेरेनकोव टेलीस्कोप भी है।

तथ्यों की दृष्टि में मेस :

मेस टेलीस्कोप को 20 बिलियन इलेक्ट्रॉन वोल्ट से अधिक ऊर्जा वाली गामा-किरणों का अध्ययन करने और विश्व की अन्य एकल टेलीस्कोपों की तुलना में बेहतर संवेदनशीलता प्राप्त करने के उद्देश्य से विकसित किया गया है। इसके 21 मीटर व्यास और 25 मीटर फोकस दूरी वाले विशाल परावर्तक में कुल 1424 दर्पण लगाए गए हैं। इन पर सिलिकॉन डाइऑक्साइड की परत चढ़ाई गई है ताकि हानले की कठोर जलवायु में भी इनकी गुणवत्ता और स्थायित्व बना रहे। इस परावर्तक द्वारा एकत्रित चेरेनकोव प्रकाश को फोकस तल पर स्थित इमेजिंग कैमरा संसूचित करता है तथा इन प्रकाशीय संकेतों को अनुरूप इलेक्ट्रॉनिक संकेतों में बदल देता है। यह कैमरा अत्यंत तीव्र एवं संवेदनशील प्रकाश सेंसरों से मिलकर बना है, जो कि अत्यंत मंद प्रकाश को भी संसूचित कर सकता है तथा 0.125° का पिक्सल विभेदन प्रदान करता है । कैमरे के पीछे स्थापित उच्च गति वाली इलेक्ट्रॉनिक्स प्रणाली इन संकेतों का तुरंत प्रक्रमण करती है। इस पूरी इलेक्ट्रॉनिक्स प्रणाली और टेलीस्कोप के संचालन को स्थल पर स्थापित 240 किलोवाट क्षमता वाले सौर ऊर्जा संयंत्र से ऊर्जा प्रदान की जाती है। लगभग 180 टन वज़न वाला यह विशालकाय टेलीस्कोप अपने शक्तिशाली ड्राइव सिस्टम की सहायता से अधिकतम 3° प्रति सेकंड की गति से घूमने में सक्षम है, जिससे यह गामा-किरण विस्फोट जैसी तीव्र और क्षणिक खगोलीय घटनाओं का बेहद सटीक और प्रभावी अध्ययन कर सकता है। इसका ड्राइव सिस्टम न केवल तेज़ और सटीक है, बल्कि 30 कि.मी. प्रति घंटे तक की हवा की गति में भी 1 आर्क-मिनट से बेहतर ट्रैकिंग सुनिश्चित करता है।

हानले : खगोलीय अनुसंधान की एक तेज़ी से उभरती प्रयोगशाला

उत्तर भारत के ट्रांस-हिमालयी क्षेत्र में स्थित हानले एक शीत

चित्र 1 : हानले, लद्दाख स्थित मेस टेलीस्कोप

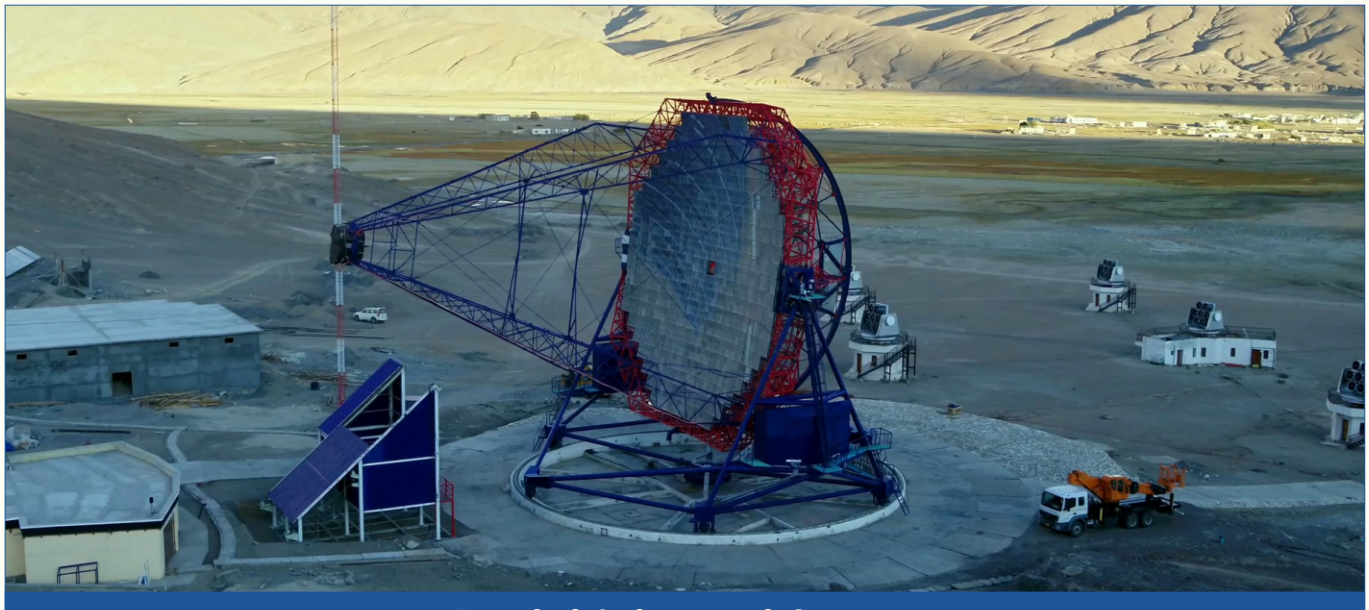
मरुस्थली इलाका है, जिसकी ऊंचाई समुद्र तल से लगभग 4.3 किलोमीटर है। यह क्षेत्र लेह से लगभग 300 कि.मी. की दूरी पर स्थित है और आम-जनजीवन से लगभग कटा हुआ है । इस स्थान का चयन वैज्ञानिक दृष्टि से किया गया है, क्योंकि यहाँ का वातावरण शुष्क, प्रदूषण-मुक्त, एवं स्थिर जलवायु वाला है । जनसंख्या कम होने के कारण यहां पर कृत्रिम प्रकाश- प्रदूषण भी कम है, जो कि खगोलीय अनुसंधान के लिए एक आदर्श स्थल माना जाता है । यहाँ वर्ष भर ज़्यादातर रातें साफ एवं बादलरहित रहती हैं, जिससे गामा-किरण टेलीस्कोपों को लंबे समय तक आकाश का अध्ययन करने का अवसर मिलता है तथा उच्च-ऊर्जा वाली खगोलीय घटनाओं को बेहतर ढंग से समझने में मदद मिलती है।

हानले, चांगथांग वन्यजीव अभयारण्य का हिस्सा है और 01 दिसंबर, 2022 को लद्दाख प्रशासन ने इसे देश का पहला 'डार्क स्काई रिज़र्व ' घोषित किया। इसका उद्देश्य न केवल खगोल-पर्यटन को बढ़ावा देना है, बल्कि स्थानीय ग्रामीणों को अंधेरे आकाश के वैज्ञानिक महत्व के प्रति जागरूक करना भी है। अपनी अनोखी भौगोलिक और प्राकृतिक विशेषताओं के कारण हानले अब कई राष्ट्रीय और अंतरराष्ट्रीय वैज्ञानिक संस्थानों के लिए एक पसंदीदा शोध स्थल के रूप में उभर रहा है।

मेस : ब्रह्मांड से भारत का संवाद

अक्टूबर, 2020 में लद्दाख के हानले में मेस टेलीस्कोप की सफल स्थापना के साथ भारत ने उच्च- ऊर्जा गामा-किरण खगोलिकी के क्षेत्र में एक महत्वपूर्ण कदम बढ़ाया है। अप्रैल, 2021 में इस टेलीस्कोप ने अपनी प्रायोगिक क्षमताओं का प्रदर्शन करते हुए खगोल भौतिकी के मानक स्रोत 'क्रैब नेबुला' से उत्सर्जित उच्च-ऊर्जा गामा फोटॉनों का सफलतापूर्वक पता लगाया। यह उपलब्धि न केवल तकनीकी दृष्टि से उल्लेखनीय थी, बल्कि इससे भारत की गामा-किरण अन्वेषण यात्रा को एक नई दिशा और वैश्विक पहचान प्राप्त हुई।

इसके बाद, दिसंबर, 2022 से जनवरी, 2023 के बीच, मेस टेलीस्कोप ने रेडियो गैलेक्सी NGC1275 में हुई दो पृथक फ्लेयरिंग घटनाओं का सफलतापूर्वक अवलोकन किया। यह अवलोकन न केवल वैज्ञानिक दृष्टि से महत्त्वपूर्ण था, बल्कि इसके परिणाम एक प्रतिष्ठित अंतरराष्ट्रीय शोध पत्रिका में प्रकाशित भी हुए, जो मेस की विश्वसनीयता और



चित्र 2 : मेस टेलीस्कोप स्थल-हानले की स्थलाकृति

वैज्ञानिक योगदान का प्रमाण है।

इस शोध यात्रा को आगे बढ़ाते हुए, 26 जनवरी, 2025 को मेस ने लगभग 8 अरब प्रकाश वर्ष दूर स्थित एक अत्यंत सुदूर आकाशगंगा - OP313 से प्राप्त गामा-किरण संकेतों का सफलतापूर्वक पता लगाकर एक और ऐतिहासिक उपलब्धि अपने नाम की । यह खोज भारत के लिए एक बड़ी वैज्ञानिक उपलब्धि मानी गई। इसके अतिरिक्त, मेस टेलीस्कोप डार्क मैटर जैसे रहस्यमय और विरल खगोलीय स्रोतों के अध्ययन हेतु भी निरंतर सक्रिय है।

आज मेस न केवल भारत की वैज्ञानिक उत्कृष्टता का प्रतीक बन चुका है, बल्कि यह ब्रह्मांडीय रहस्यों को उजागर करने की दिशा में एक महत्वपूर्ण प्रयास भी है। इन उल्लेखनीय उपलब्धियों से प्रेरित होकर, भविष्य में 'स्टीरियो- मेस सिस्टम' की परिकल्पना को मूर्त रूप देने की योजना बनाई जा रही है। इस योजना के अंतर्गत मेस जैसे दो और टेलीस्कोप स्थापित किए जाएंगे, जिससे अति उच्च ऊर्जा वाले गामा-किरण स्रोतों का अधिक संवेदनशील, सटीक और विस्तृत अध्ययन संभव हो सकेगा।

मेस आज भारत की एक अग्रणी खगोल- भौतिकी प्रयोगशाला के रूप में स्थापित हो चुका है, जो कि केवल एक वैज्ञानिक उपकरण ही नहीं है, बल्कि यह ब्रह्मांड की अदृश्य किरणों द्वारा ब्रह्मांड से संवाद का एक सशक्त माध्यम भी है।

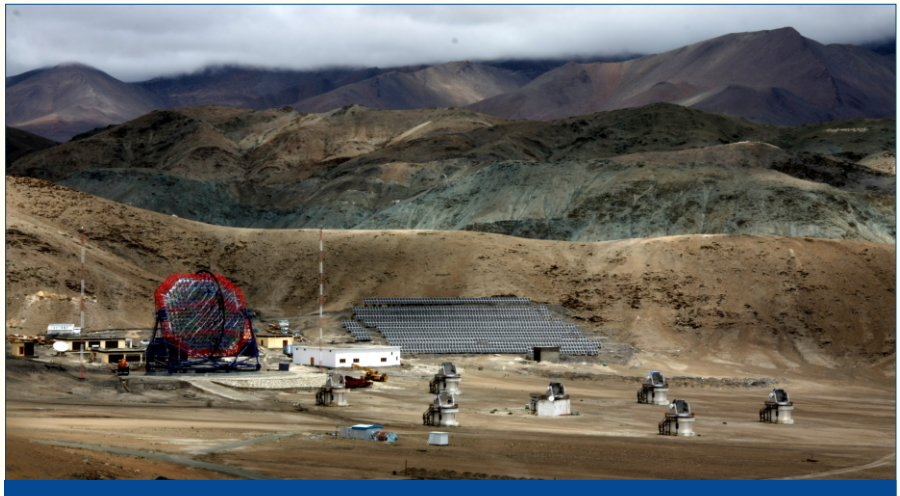
अभिस्वीकृति:

लेखक अपने प्रभागीय सहयोगियों श्री प्रद्युम्न पांडेय, श्री अतुल पठानिया और श्री स्टेंजिन नोरला के प्रति हार्दिक आभार व्यक्त करता है, जिनसे की गई सारगर्भित चर्चा एवं सुझावों द्वारा इस लेख के प्रारूप में महत्वपूर्ण योगदान प्राप्त हुआ।

लेखक का परिचय

संदीप गोदियाल

श्री संदीप गोदियाल, भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र, मुंबई के खगोल भौतिकी विज्ञान प्रभाग (ApSD) में वैज्ञानिक सहायक - ई के पद पर कार्यरत हैं।



हानले, लद्दाख स्थित मेस टेलीस्कोप एवं संबद्ध सुविधाओं का विहंगम दृश्य