व्योम

सितंबर 2025

IUCAA

राजभाषा प्रकोष्ठ

हिंदी पखवाड़ा 2025

संपादकीय विभाग

संरक्षक

प्रो. रघुनाथन श्रीआनंद,
निदेशक, आयुका

प्रधान संपादक

प्रो. वैदेही पालिया
(अध्यक्ष, राजभाषा विभाग)

प्रो. दीपांजन मुखर्जी
(अध्यक्ष, प्रकाशन विभाग)

उप संपादक

श्रीमती प्रज्ञा ढेरे
(समन्वयक, राजभाषा कार्यान्वयन समिति)

श्रीमती निरूपमा बावडेकर
(सदस्य, राजभाषा विभाग,
समन्वयक, प्रकाशन विभाग)

(rajbhasha@iucaa.in)

टिप्पणी:
व्योम पत्रिका में प्रकाशित रचनाओं में व्यक्त विचार एवं दृष्टिकोण
संबंधित लेखक के निजी विचार हैं,
सम्पादक अथवा राजभाषा विभाग का उनसे सहमत होना आवश्यक नहीं है।

अनुक्रमणिका

अनु. क्र.	आलेख का नाम	रचनाकार	पृष्ठ संख्या
1	निदेशकीय	प्रो. रघुनाथन श्रीआनंद	
2	खगोल विज्ञान का अध्ययन किसलिए?	प्रो. जयंत नार्लीकर	
3	डीईएसआई से प्राप्त नवीनतम दृश्य में अदीप्त ऊर्जा के अतिरिक्त विस्तार के संकेत	प्रो. वरूण साहनी एवं स्वागत मिश्रा	
4	भारतीय खगोलविदों द्वारा 11.7 अरब वर्षों पुराने ब्रह्मांडीय वेब तंतुओं की खोज	प्रो. सौगात मुजाहिद एवं ईशिता बनर्जी	
5	रेडियो इंटरफेरोमीटर किस प्रकार से कार्य करता है: जाएंट मीटरवेव रेडियो दूरबीन- एक उदाहरण	प्रो. धर्म वीर लाल	
6	अदृश्य सूर्य	प्रो. दिव्य ओबेरॉय	
7	अल्ट्राल्युमिनियस एक्स-किरण स्रोत: जहाँ लगता है कि भौतिकी अपने द्वारा बनाए गए नियमों को तोड़ती है।	तनुमन घोष	
8	द्विआधारी अभिवृद्धि-संचालित एक्स-रे पल्सारों से बीमित उत्सर्जन की जाँच!	परीसी शिर्के	
9	आकाशगंगीय पैमाने पर एजीएन द्वारा प्रेरित प्रवाहों के प्रभावों का अनुकरण करना और उनके प्रेक्षणीय संकेतों की भविष्यवाणी करना।	मीनाक्षी	
10	ग्रैविटेशनल लेन्सिग इन गैलेक्सी क्लस्टर	अमित कुमार	
11	आकाशगंगाओं में तारा निर्माण पर सक्रिय आकाशगंगा केन्द्र (AGN) प्रेरित बहिर्वाहों का प्रभाव	अंकुश मंडल	
12	एस्ट्रोसैट के माध्यम से बहु-तरंगदैर्ध्य प्रेक्षणों का उपयोग करते हुए सक्रिय गांगेय नाभिकों में अभिवृद्धि चक्रिका की गहराई से जांच	श्रावणी कुमार	
13	गुरुत्वाकर्षण तरंग उत्सर्जन के विभिन्न पहलुओं के अध्ययन में बहु-विषयक भौतिकी एवं उसके अनुप्रयोगों का उपयोग करके न्युट्रॉन सितारे की अवस्था समीकरण को बाध्य करना।	सुप्रोवो घोष	
14	ब्रह्मांड में जीवन की तलाश: एक वैज्ञानिक परिप्रेक्ष्य	निखिल कुमार माहेश्वरी	
15	ब्रह्मांड की अदृश्य सरंचनाएँ: वैज्ञानिक शोध एवं परिकल्पनाएँ	डॉ. राजेश कुमार	
16	सौरमंडल में अराजकता	स्वप्नील प्रभुदेसाई	
17	क्या सूरज हमेशा चमकता रहेगा?	आर्या राजर्षी	
18	ब्रह्मांड की वाणी	निखिल कुमार माहेश्वरी	
19	समाधानों का महासागर: उच्च कार्य निष्पादन संगणक (उच्च प्रदर्शन कंप्यूटिंग)	दीपक बनकर	
20	गुरुत्वीय तरंगों की पहली खोज की दशकगांठ पर	रवि केशरवानी	
21	भारत की विज्ञान गाथा	प्रांजल हळदणकर	
22	हिंदी पखवाड़ा समारोह 2025 की झलकियाँ		

निदेशकीय

प्रो. रघुनाथन श्रीआनंद
निदेशक, आयुका

प्रत्येक राष्ट्र, समाज द्वारा अपनाया जाने वाला वैज्ञानिक दृष्टिकोण मनुष्य जीवन के स्थायी एवं समावेशी विकास पर ध्यान केंद्रीत करता है। इसी दृष्टिकोण को प्राथमिकता देते हुए आम जनता तक विज्ञान को पहूंचना प्रत्येक अनुसंधानकर्ता का परम कर्तव्य है, इस पर दृढ़ विश्वास करते हुए आयुका खगोलविज्ञान और खगोलभौतिकी में अध्यापन, अनुसंधान एवं विकास के लिए विश्वविद्यालय-क्षेत्र में उत्कृष्टता का केंद्र प्रदान करने के साथ-साथ कई श्रेष्ठतम सार्वजनिक गतिविधियों के माध्यम से विज्ञान के सार्वजनिकीकरण को अहम् महत्त्व प्रदान करती है।

आयुका द्वारा प्रकाशित की जाने वाली व्योम पत्रिका के माध्यम से रचनात्मक प्रतिभा को प्रोत्साहन तो मिलता ही है साथ ही विज्ञान से संबंधित विविधतापूर्ण विषयों पर उपयोगी जानकारी भी सुगमता से प्राप्त होती है। व्योम पत्रिका के गत अंकों की भाँति इस अंक में भी विज्ञान से संबंधित विषयों पर ज्ञानवर्धक एवं रोचक सामग्री प्रकाशित की गई है। जिसके कारण मुझे पूर्ण विश्वास है यह पत्रिका सुधी पाठकों के लिए, प्रेरणा एवं भावनात्मक जुड़ाव के अनुभव का माध्यम बनते हुए सभी के लिए संग्रहणीय होगी। व्योम पत्रिका को आपके सम्मुख प्रस्तुत करते हुए मुझे हर्ष की अनुभूति हो रही है।

व्योम पत्रिका के पाठकों को अशेष शुभकानाएँ !

सम्माननीय निदेशक महोदय के साथ
आयुका राजभाषा कार्यान्वयन समिति सदस्य एवं आमंत्रिती

वर्तमान समिति

आलेख

खगोल विज्ञान का अध्ययन किसलिए?

- प्रो. जयंत नार्लीकर

मैं पेशे से खगोल विज्ञानी और खगोलभौतिकीविद् हूं। मुझे लगा कि इस अवसर पर मैं आपके साथ इस क्षेत्र में काम करने की उत्तेजना और उत्साह को बांट सकूं और बता सकूं कि कैसे इस क्षेत्र में अप्रत्याशित चुनौतियां आ खड़ी होती हैं और कैसे उनका समाधान किया जाता है। जो लोग इस क्षेत्र में काम नहीं करते और जिन्हें सितारों के अवलोकन और ब्रह्मांड के रहस्यों को समझने के प्रयासों पर आश्चर्य होता है, उन्हें भी यह बताना चाहता हूं कि आम लोगों के लिए अबूझ समझा जाने वाला वह विषय न केवल वैज्ञानिकों बल्कि पूरे समाज के लिए कितना लाभदायक है।

वास्तव में खगोलविज्ञान का प्रारंभ न केवल ब्रह्मांड के रहस्यों के प्रति मानवीय उत्सुकता की वजह से हुआ, बल्कि इस समझ के कारण भी हुआ कि आकाश दर्शन समाज के लिए भी लाभदायक है। समय बीतने के साथ-साथ नक्षत्रों तथा तारामंडलों की आकाश में अलग-अलग स्थिति होती है और इन स्थितियों के क्रम को समझकर पंचांग बनाए जा सकते हैं।

सूर्य और चंद्रमा की स्थिति में परिवर्तन से समय के परिवर्तन का पता चला और यह भी पता चला कि इन परिवर्तनों का एक नियमित चक्र है जो एक वर्ष में पूरा होता है।

किसान के लिए यह जानना महत्त्वपूर्ण था कि साल के दौरान मौसम कैसे बदलते हैं ताकि सही समय पर फसलों की बुआई, निराई और कटाई की जा सके। आज भी किसान नक्षत्र देखकर ये काम करते हैं।

भारतीय समाज में आकाश में ग्रहों-नक्षत्रों की स्थिति देखकर विभिन्न कर्मकांडों-अनुष्ठानों के लिए शुभ मुहूर्त तय किए जाते रहे हैं। प्राचीनकाल में गणित के क्षेत्र में काफी प्रगति इसलिए भी हुई क्योंकि इसका ज्ञान यज्ञों के आयोजनों से जुड़ा था। इन आयोजनों में खगोल विज्ञान का योगदान रहा।

यही नहीं, दूर देशों की समुद्री यात्रा करने वाले नाविक भी सितारों को देखकर महत्त्वपूर्ण दिशा-ज्ञान हासिल करते थे ताकि सही दिशा में अपनी नौकाओं-जहाजों को ले जा सकें। इस तरह वे 'आकाश को पढ़कर अपनी समुद्री यात्राओं से संबंधित समस्याओं का व्यावहारिक समाधान कर लेते थे।

केप्लर से अब तक

आइए, अब आधुनिक काल की ओर बढ़कर ग्रहों की गतियों पर विचार करें। यूनानी लोग 'प्लेनेट' यानी 'ग्रह' शब्द को उसके शाब्दिक अर्थ 'वांडरर' (घुमक्कड़) में लेते थे क्योंकि उन्हें ग्रहों की गति बड़ी बेतरतीब लगती थी। यूनानी लोग अरस्तू के प्राकृतिकता के दर्शन को मानते थे, इसलिए आकाशीय पिंडों की गति को चक्रीय गति समझा। अरस्तू का मानना था कि सभी प्राकृतिक गतियां चक्रीय होती हैं और चक्रीय पथ से कोई भी विचलन किसी गड़बड़ी का संकेतक है। ऐसी अस्वाभाविक गति को उसने अनियंत्रित गति (वायलेंट मोशन) कहा।

सभी सितारों (नक्षत्रों) का पूर्व से पश्चिम का मार्ग पूर्णतः चक्रीय नजर आता था। ये गतियां अरस्तू द्वारा प्रतिपादित स्वाभाविक गतियों की मान्यता के अनुरूप थीं। लेकिन ग्रहों की गतियां इतनी सरल नहीं थीं। सितारों के विपरीत, ग्रह टेढ़े-मेढ़े मार्ग पर चलते तथा सूर्य की तुलना में कभी पीछे, तो कभी ऊपर-नीचे जाते लगते थे। इसीलिए उन्हें 'वांडरर्स' (घुमक्कड़) कहा गया।

संभवतः ग्रहों के ऐसे ही असाधारण मार्गों की वजह से लोगों के मन में यह बात घर कर गई कि ग्रहों में असाधारण शक्तियां होती हैं जिनके जरिए वे पृथ्वी के मानवों के जीवन पर असर डालते हैं। प्राचीनकाल से ही ज्योतिष पर लोगों के विश्वास को इस आधार पर समझा जा सकता है। मैं बाद में इस पहलू की फिर चर्चा करूंगा।

अरस्तू के अनुयायी इसी विश्वास पर टिके नहीं रहे और उन्होंने ग्रहों के

टेढ़े-मेढ़े मार्ग को भी वृत्तीय गति की व्यवस्था में ढालने का प्रयास किया। इसीलिए अधिचक्रों (एपिसाइकिल्स) की धारणा विकसित हुई। इस धारणा के अनुसार, ग्रह एक साधारण वृत्तीय कक्षा में ही नहीं घूमते बल्कि वे ऐसे वृत्त में घूमते हैं जिसका केंद्र किसी अन्य वृत्त में घूमता है; इस नए वृत्त का केंद्र अगले वृत्त में घूमता है और यह सिलसिला जारी रहता है। ज्यामितीय चित्र बनाने वाला प्रेक्षणों को जितनी शुद्धता से मॉडल में ढाल पाने में कुशल और समर्थ हो, उतनी यह प्रक्रिया चलती रहेगी। इन वृत्तों के अधिवृत्त (एपिसाइकिल) और इस सिद्धांत को अधिवृत्तीय सिद्धांत कहा गया।

संक्षेप में, दो हजार वर्ष पहले के यूनानी खगोलविज्ञानियों के लिए ग्रहों की बेतरतीब गति को समझना एक बड़ी चुनौती थी और उन्होंने एपिसाइकिल जैसी जटिल ज्यामितीय रचनाओं से ग्रहों की गति को समझने का प्रयास किया। आज के सैद्धांतिक भौतिक विज्ञानी की शब्दावली में अगर कहा जाए तो उनके सिद्धांत में एपिसाकिल ऐसे मानदंड थे जिनकी संख्या ज्यादा से ज्यादा - बढ़ाने पर ही ग्रहों की गति के बारे में वांछित शुद्धता के परिणाम हासिल हो सकते थे।

वृत्तों के प्रति यूनानियों के मोह के पीछे वृत्तीय गतियों के बारे में अरस्तू की गलत धारणा थी। भूकेंद्रित सिद्धांत ने स्थिति को और भी जटिल बना दिया। इस सिद्धांत के अनुसार पृथ्वी अंतरिक्ष में स्थिर है तथा सभी ग्रह तथा सूर्य इसके चारों ओर घूमते हैं। निकोलस कोपर्निकस ने इस धारणा के दूसरे भाग से मुक्ति दिलाई । लेकिन पहले भाग को मान लिया। उसने यह सिद्धांत प्रस्तुत किया कि पृथ्वी तथा अन्य ग्रह स्थिर सूर्य का चक्कर लगाते हैं लेकिन अधिचक्रों (एपिसाइकिल्स) की बात मान ली। इस तरह, उसकी ज्यामितीय संरचनाएं अपेक्षाकृत सरल तो हो गईं लेकिन अब भी उनमें स्पष्टता नहीं थी। - एपिसाइकिल अब भी बने हुए थे और यह सच्चाई को देखने का गलत तरीका था।

यहाँ हम जोहानेस केप्लर के योगदान की प्रशंसा करते हैं। वह ग्रहों के मार्गों का ऐसे अध्ययन करना चाहता था ताकि उनके मार्ग की संरचना में अंतर्निहित सरलता को प्रस्तुत किया जा सके। उसे लगा कि इसके लिए विस्तृत प्रेक्षणों का अध्ययन जरूरी है। डेनमार्क के खगोलविज्ञानी टाइको ब्राहे ने ऐसे प्रेक्षण किए थे, इसलिए वह टाइको का सहायक बन गया। - टाइको का भी मानना था कि कोपर्निकस का - सूर्यकेंद्रित सिद्धांत गलत था और उसे यकीन था कि एक दिन उसके आंकड़ों से यह सिद्धांत - गलत सिद्ध हो जाएगा। उसे एक सहायक की जरूरत थी और केप्लर को सहायक बनाकर उसे खुशी हुई।

टाइको जैसे सनकी और अपमानजनक व्यवहार करने वाले व्यक्ति का सहायक बनना काफी मुश्किल काम था लेकिन कैप्लर उसके साथ लगा रहा क्योंकि उसके आंकड़े अनमोल थे। कैप्लर की किस्मत थी कि उसके सहायक बनने के बाद टाइको अधिक समय तक जीवित नहीं रहा और मरते समय उसने अपने सहायक को कोपर्निकस की मान्यताओं को गलत साबित करने का दायित्व सौंपा।

टाइको की मृत्यु के बाद जहां उसके रिश्तेदार उसकी संपत्ति के बंटवारे को लेकर झगड़ रहे थे, कैप्लर ने चुपके से उसके बहुमूल्य आंकड़ों पर कब्जा किया और अगले दो दशकों तक उनका विश्लेषण करता रहा। अंततः उन्हीं आंकड़ों के आधार पर उसने ग्रहों की गति के तीन नियम पेश किए जिनके साथ उनका नाम जुड़ गया। एक तरह से उसने टाइको से किया गया वादा निभाया उसने कोपर्निकस को गलत तो साबित किया लेकिन उस मायने में नहीं, जैसा टाइको चाहता था। कैप्लर ने साबित किया कि कोपर्निकस का सूर्यकेंद्रिक सिद्धांत तो सही है लेकिन ग्रहों के एपिसाइकिलों में घूमने वाली उसकी धारणा गलत है।

कैप्लर के ग्रहों की गति के पहले नियम से ही यह बात स्पष्ट हो जाती है। इसमें कहा गया है कि ग्रह दीर्घवृत्तीय मार्ग में सूर्य की परिक्रमा करते हैं। सूर्य दीर्घवृत्त के फोकस बिंदु पर स्थित होता है। इस तरह अधिवृत्तों (एपिसाइकिल) की श्रृंखला के स्थान पर कहीं ज्यादा शुद्ध दीर्घवृत्तों की धारणा सामने आई। कैप्लर के दूसरे नियम में बताया गया है कि ग्रह अपने मार्ग पर कैसे चलते हैं। ग्रह को सूर्य से जोड़ने वाली रेखा उसकी कक्षा को बराबर समय अवधियों के समान क्षेत्रों में बांटती है। कैप्लर के तीसरे नियम में ग्रह द्वारा सूर्य की परिक्रमा के समय का उसके आकार के साथ संबंध बताया गया है।

मैंने ये बातें विस्तार से इसलिए बताई हैं क्योंकि इन सरल लगने वाले नियमों के पीछे कैप्लर के निरंतर प्रयासों का योगदान रहा है। तमाम शोर-शराबे के बीच उसने वह सच्चा संकेत समझ लिया जो उसके पूर्ववर्ती खगोलविज्ञानी नहीं समझ पाए थे। उसने ग्रह गति के सही स्वरूप की खोज कर ली। इससे बड़ी बात यह थी कि अब इस प्रश्न को पूछने का समय आ गया था, 'ग्रह सूर्य के चारों ओर ग्रह इस तरह क्यों' घूमते हैं?'

इस प्रश्न का उत्तर आइजेक न्यूटन ने अपनी प्रतिभा से दिया। हम यह कहानी जानते हैं कि कैसे सन् १६६४-१६६६ के अपने जादुई वर्षों के दौरान वूलस्थौप मेनॉर में जब न्यूटन अपने बगीचे में बैठा था तो एक सेब उसके सिर पर गिरा और उसने गुरुत्वाकर्षण का नियम खोज निकाला। लेकिन, क्या सेब गिरने से विपरीत वर्गानुपात के नियम को खोजने की प्रेरणा मिल सकती है? अगर यह कहानी सही है तो यही कहा जा सकता है कि इस घटना से न्यूटन को महज यही अंदाजा हुआ होगा कि पृथ्वी और सेब के बीच कोई आकर्षण बल है। इससे ज्यादा

कुछ भी नहीं। आधुनिकतम और अत्यंत शुद्ध उपकरणों की गणना से भी इस निष्कर्ष पर नहीं पहुंचा जा सकता कि सेब के गिरने से आकर्षण के विपरीत वर्गानुपात का नियम निकाला जा सकता है। इस परिमाणात्मक गणना के लिए न्यूटन को ज्यादा विस्तृत आंकड़ों की जरूरत थी जो कैप्लर उसके लिए पहले ही जुटा चुका था।

आज गणित का स्नातक स्तर का छात्र भी कैप्लर के तीन नियमों के आधार पर गणना करके गुरुत्वाकर्षण का विपरीत वर्गानुपात का नियम सिद्ध कर सकता है। न्यूटन के समय में यह एक बड़ी प्रतिभा का काम था। उसने इस उद्देश्य के लिए ही विकसित अपने चलन-कलन (कैलकुलस) के जरिए यह नियम सिद्ध किया। बाद में उसने इसका विपरीत सिद्धांत भी प्रस्तुत किया कि गुरुत्वाकर्षण तथा गति के नियम के आधार पर कैप्लर के नियम सिद्ध होते हैं।

इस प्रकार, सत्रहवीं शताब्दी के अंत तक ग्रह कैसे और क्यों घूमते हैं इस पहेली को पूरी तरह सुलझा लिया गया था। यह पता चल गया था कि ग्रह बेतरतीब घुमक्कड़ पिंड नहीं हैं बल्कि वे सूर्य के आकर्षण बल से खिंचकर निश्चित मार्ग पर घूमते निष्क्रिय पिंड हैं। इस तथ्य की जानकारी के बाद ग्रहों का मनुष्यों के जीवन पर कोई असर पड़ने का कतई औचित्य नहीं रह गया था। फिर भी, मानव मन कुछ इतना विचित्र है कि इस जानकारी के तीन सौ साल बाद आज भी लोग इस पर विश्वास करते हैं।

अब मैं ज्ञान के विकास-क्रम के अगले चरण की चर्चा करता हूं। न्यूटन का गुरुत्वाकर्षण का नियम कैप्लर के ग्रहीय गति के नियम से प्रेरित था तथा आने वाले समय में विभिन्न प्रेक्षणों से प्राप्त खगोलीय आंकड़ों से यह नियम और भी पुष्ट हो गया। इनमें हेली धूमकेतु, नेप्च्यून ग्रह की खोज और युग्मक तारों की गतियों के प्रेक्षणों से प्राप्त आंकड़े शामिल थे। हालांकि हेनरी केवेंडिश ने अपने प्रसिद्ध प्रयोग के जरिए प्रयोगशाला में गुरुत्वाकर्षण बल को मापा लेकिन न्यूटन के नियम के प्रति विश्वास पूरी तरह से खगोलीय आंकड़ों के कारण ही बढ़ा।

इस पृष्ठभूमि के बाद अब हम अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के हाल के वर्षों की चर्चा करेंगे। अब हम पृथ्वी के चारों ओर कृत्रिम उपग्रह (सेटेलाइट) छोड़ सकते हैं। पृथ्वी से चंद्रमा तथा बुध, मंगल या बृहस्पति जैसे ग्रहों तक अंतरिक्षयान 'भेज सकते हैं। हम इन यानों को एकदम शुद्ध पूर्व-निर्धारित मार्गों पर भेज सकते हैं और यह न्यूटन के नियम की सच्चाई के कारण ही संभव हुआ है। अतः आज हम अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के जो भी लाभ हासिल कर रहे हैं, चाहे दूर-संवेदन तकनीक के जरिए पृथ्वी के संसाधनों का पता लगाना हो या ई-मेल अथवा फैक्स भेजना हो, या फिर टेलीविजन पर विश्व कप मैच का सीधा प्रसारण देखना हो यह सब गुरुत्वाकर्षण के नियम की समझ से ही संभव हो सका है; और गुरुत्वाकर्षण के नियम का आधार खगोलविज्ञान है।

मैं इस लेख में बताना चाहता हूं कि खगोलविज्ञान रोजमर्रा के जीवन की दृष्टि से चाहे जितना दूर और अबूझ लगे, लेकिन इसके अध्ययन से मानवीय ज्ञान में जो वृद्धि होती है, वह समूची मानव जाति के लिए लाभदायक है।

सौर ऊर्जा का स्रोत

अब मैं एक और उदाहरण देता हूं। प्राचीन काल से ही मानव सोचता आया है कि सूर्य आखिर लगातार कैसे चमकता रहता है? खगोल भौतिकीविदों के लिए यह प्रश्न एक बड़ी चुनौती बना रहा है, जिनका कार्य भौतिक विज्ञान के ज्ञात नियमों के आधार पर आकाशीय पिंडों के व्यवहार को समझना है। अब हम इस पहेली को सुलझा चुके हैं, लेकिन इसके इतिहास को जानना दिलचस्प होगा।

पिछली शताब्दी में दो प्रख्यात भौतिकशास्त्रियों ब्रिटेन के लॉर्ड केल्विन और जर्मनी के बैरन वॉन हेल्महोल्ट्ज ने इस समस्या का एक समाधान प्रस्तुत किया। उन्होंने कहा कि सूर्य की ऊर्जा का स्रोत इसका विशाल गुरुत्वीय ऊर्जा भंडार है। इसका गुरुत्व एक बांध की तरह है जिसमें ऊंचाई से गिरते पानी से बिजली की टर्बाइन चलती है और गुरुत्वीय ऊर्जा विद्युत् ऊर्जा में बदल जाती है। केल्विन तथा होल्महोल्ट्ज ने यह भी दर्शाया कि सूर्य पदार्थ का एक विशाल पिंड है और जब यह धीरे-धीरे सिकुड़ता है तो यह गुरुत्वीय ऊर्जा मुक्त करता है जिसे प्रकाश ऊर्जा में बदला जा सकता है।

सरसरी तौर पर यह गणना बड़ी प्रभावशाली लगी। इसके अनुसार अगर सूर्य आज की ही तरह चमकता रहे तो वह दो करोड़ वर्ष तक ऊर्जा लेता रहेगा। लेकिन, यह विचार सही नहीं निकला क्योंकि शताब्दी का अंत होते-होते यह जानकारी स्पष्ट होती गई कि पृथ्वी और सौरमंडल की उम्र दो करोड़ वर्ष से कहीं बहुत अधिक है। आज हम जानते हैं कि सौरमंडल की उम्र करीब पांच अरब वर्ष है। अतः सूर्य का गुरुत्वीय ऊर्जा भंडार इतने समय तक इसके चमकते रहने के लिए पर्याप्त नहीं है।

बीसवीं सदी के तीसरे दशक में कैंब्रिज के खगोल विज्ञानी आर्थर स्टेनले एडिंगटन ने सूर्य की ऊर्जा के प्रश्न पर नए सिरे से विचार शुरू किया। एडिंगटन ने सूर्य जैसे तारों की आंतरिक संरचना के बारे में समीकरण विकसित किए। इन समीकरणों में सूर्य को गर्म प्लाज्मा का ऐसा पिंड माना गया (यानी गैसीय परमाणुओं का ऐसा समूह, जिनके

परमाणुओं के बाह्य इलेक्ट्रॉन निकल कर अलग हो गए है) जो अपने ही गुरुत्व तथा गैस और विकिरण के दबावों के परस्पर विपरीत बलों के कारण संतुलन में बना हुआ हो। इन समीकरणों के जरिए यह बताया गया कि सूर्य जैसे तारे के आंतरिक हिस्से से बाहरी परतों की ओर किस प्रकार विकिरण फैलता है जो अंततः बाहर निकल कर उस तारे की रोशनी में परिवर्तित हो जाता है।

इन समीकरणों के आधार पर एडिंगटन ने सूर्य जैसे तारे की बाहरी परतों से अंदर की ओर दबाव, घनत्व और ताप के बढ़ते प्रवाह को समझाया। ये सभी बाहरी परत से अंदर की ओर निरंतर तेजी से बढ़ते रहते हैं। उदाहरण के लिए, सूर्य जैसे तारे की बाहरी परत का तापमान ५५०० डिग्री सेल्सियस हो सकता है, जबकि उसके मध्यवर्ती आंतरिक हिस्से का तापमान एक करोड़ डिग्री सेल्सियस से भी अधिक हो सकता है।

सामान्यतः किसी परमाणु का नाभिक एक कसी हुई स्थाई संरचना है। सामान्य रासायनिक अभिक्रिया का नाभिक पर कोई असर नहीं पड़ता। लेकिन सामान्य रासायनिक अभिक्रियाओं के ऊर्जा-स्तर से बहुत अधिक ऊर्जा-स्तर पर, जैसे कि किसी गैस के कणों के एक करोड़ डिग्री सेल्सियस ताप पर, परमाणुओं के नाभिक का भी अस्तित्व खतरे में पड़ जाता है। यह भी संभव हो सकता है कि दो छोटे परमाणु-नाभिक आपस में जुड़ कर एक बड़ा नाभिक बन जाएं। इस प्रक्रिया को *नाभिकीय संलयन* कहते हैं।

एडिंगटन का मानना था कि नाभिकीय संलयन तारे के केंद्रीय भाग यानी कोर में होता होगा और इस प्रक्रिया में, विशेरू रूप से, हाइड्रोजन के नामिकों के संत्यन से हीलियम का नाभिक बनेगा। इससे पहले जे. पेरिन ने भी ऐसी संभावना व्यक्त की थी। जब हाइड्रोजन के चार नामिकों के जुड़ने से हीलियम का एक नाभिक बनेगा तो कुछ द्रव्यमान कम होगा। आइंस्टाइन के प्रसिद्ध समीकरण के जरिए पदार्थ और ऊर्जा के संरक्षण के नियम को लागू करते हुए, एडिंगटन ने बताया कि पदार्थ का यह नुकसान ऊर्जा में बदलेगा और इसी ऊर्जा की वजह से तारा प्रकाश देता है।

लेकिन, इस मान्यता में एक कमी थी। सन् १९२० के दशक में नाभिकीय भौतिकी एकदम प्रारंभिक स्थिति में थी। परमाणु वैज्ञानिकों को लगा कि एडिंगटन की मान्यता इसलिए व्यावहारिक नहीं है क्योंकि हाइड्रोजन के नामिक धनावेशित होंगे, अतः एक-दूसरे को प्रतिकर्षित करेंगे। जब तक ये नाभिक बहुत तेज रफ्तार से एक-दूसरे से न टकराएं, ये जुड़ नहीं पाएंगे। गर्म गैस में नाभिक तीव्र गति से घूमते हैं। लेकिन, परमाणु वैज्ञानिकों के अनुसार एडिंगटन जिस एक करोड़ डिग्री सेल्सियस अथवा इससे अधिक तापमान की बात कर रहे थे, उसमें नाभिकों की रफ्तार इतनी तेज नहीं होगी कि संलयन की प्रक्रिया संपन्न हो सके।

एडिंगटन को विश्वास था कि ये सही हैं। अपनी पुस्तक दि इंटरनल कंस्टीट्यूशन ऑफ दि स्टार्स में उन्होंने लिखा:

....हम आलोचक की इस बात पर बहस नहीं करते कि तारे इतने गर्म नहीं हैं कि यह प्रक्रिया संपन्न हो सके। हम उससे कहेंगे कि वह ज्यादा गर्म स्थान की तलाश करे...'

एक दशक बाद एडिंगटन की बात सच साबित हुई। सन् १९३० के दशक के मध्य तक नाभिकीय भौतिकी में इतनी प्रगति हो गई थी कि वैज्ञानिकों को नाभिकीय संलयन की प्रक्रिया की बेहतर जानकारी हो गई। सन् १९३९ में हँस बेच ने हाइड्रोजन और हीलियम के नाभिकीय संलयन के विचार के आधार पर सूर्य तथा अन्य तारों में ऊर्जा के सृजन का यथार्थपरक मॉडल प्रस्तुत किया।

यहां एक अन्य उदाहरण भी है कि कैसे खगोल विज्ञान ने मूलभूत विज्ञान को रास्ता दिखाया। सूर्य में संलयन की जो प्रक्रिया होती है, हाइड्रोजन बम में भी ठीक वैसी ही ताप-नाभिकीय प्रक्रिया होती है। इस प्रक्रिया का हमारे वैज्ञानिकों ने ११ मई १९९८ को पोखरण में परीक्षण किया। अंतर सिर्फ यह है कि सूर्य में यह प्रक्रिया नियंत्रित रूप में होती है जबकि बम में यह विस्फोटक तरीके से होती है।

इसके साथ ही, अब मैं इसी संदर्भ से संबंधित अंतिम प्रश्न पर आता हूं। क्या हम पृथ्वी पर नियंत्रित रूप से इस प्रक्रिया को अंजाम दे सकते हैं? सूर्य में पिछले पांच अरब वर्षों से नियंत्रित रूप से यह प्रक्रिया चल रही है। अब चुनौती यह है कि खगोलीय परिस्थितियों में हो रही इस प्रक्रिया को पृथ्वी में कैसे दोहराया जाए।

सूर्य के भारी गुरुत्व के कारण वहां इस प्रक्रिया का संपन्न हो पाना सहज है। पृथ्वी पर यह परीक्षण गुरुत्व के आधार पर नहीं किया जा सकता क्योंकि यहां यह बहुत कम है। पृथ्वी पर इस प्रक्रिया को करने के लिए इस समय गर्म प्लाज्मा को एक चुंबकीय बल के दायरे में नियंत्रित रखने के प्रयास किए जा रहे हैं। अगर यह प्रक्रिया सफल हो जाती है तो इससे ऊर्जा प्राप्त करने के सस्ते तरीके उपलब्ध हो सकेंगे क्योंकि ईंधन के लिए हैवी वाटर समुद्रों से प्राप्त हो जाएगा।

मूल भौतिकी से संबंध

अब तक दिए गए उदाहरणों से यह महत्त्वपूर्ण तथ्य स्पष्ट होता है कि खगोल विज्ञान का मूल भौतिकी में बड़ा योगदान है। गुरुत्वाकर्षण का

नियम और नियंत्रित ताप-नाभिकीय संलयन की धारणाएं खगोल विज्ञान से ही मूल भौतिकी में आई। वास्तव में ब्रह्मांड, विज्ञान के लिए इस पृथ्वी की किसी भी प्रयोगशाला की तुलना में अत्यंत विशाल प्रयोगशाला है। विज्ञान के जो नियम पृथ्वी पर खोजे और परखे जाते हैं, उनका ब्रह्मांड की प्रयोगशाला में कहीं अधिक कड़ा परीक्षण होता है। निम्न उदाहरणों से यह बात स्पष्ट होगी :

- ब्रह्मांडीय रेडियो स्रोत १०^{16} अर्ग ऊर्जा मुक्त करते हैं। यह एक मेगाटन के हाइड्रोजन बम द्वारा छोड़ी गई ऊर्जा का सौ अरब अरब अरब अरब गुना अधिक है।

- तेजी से स्पंदित होते पल्सर कहे जाने वाले रेडियो स्रोत कुछ मिली सेकेंड जैसे अत्यल्प अंतराल में इतनी नियमितता से रेडियो संकेत भेजते हैं कि वे स्थायित्व और शुद्धता में मानव-निर्मित किसी भी परमाणुविक घड़ी से भी बेहतर हैं।

- पृथ्वी पर पहुंचने वाली सबसे ज्यादा ऊर्जा की ब्रह्मांडीय किरणों में ऐसे कण होते हैं। जिनमें निहित ऊर्जा पृथ्वी पर बने आधुनिकतम एक्सीलरेटर की तुलना में एक अरब गुना होती है।

- न्यूट्रॉन तारों में पदार्थ का घनत्व पानी के घनत्व से दस लाख अरब गुना ज्यादा होता है। पृथ्वी पर सामान्य आकार में मौजूद किसी भी पदार्थ से यह कई गुना अधिक है।

- इस समय उपलब्ध सबसे बेहतर टेलीस्कोपों से ब्रह्मांड के जिस आकार का पता चलता है, वह इतना विशाल है कि प्रकाश की किरण को उसे पार करने में दस अरब साल लगेंगे। इस विशालता का अंदाजा इस बात से लगाया जा सकता है कि चंद्रमा से प्रकाश को पृथ्वी तक पहुंचने में मात्र सवा सेकेंड लगता है।

ऐसे ही अनेक उदाहरण दिए जा सकते हैं। इनसे क्या पता चलता है? यही कि भौतिक विज्ञानी को खगोलविज्ञान की जरूरत इस बात की पुष्टि के लिए है कि पृथ्वी पर वर्तमान काल में भौतिकी के जिन नियमों को खोजा गया है, वे समूचे ब्रह्मांड में तथा सभी कालों में भी इसी तरह लागू होते हैं।

इस विचार को आधार बना कर ब्रह्मांड के प्रारंभिक अस्तित्व के अध्ययन में काफी खींच-तान कर एक निष्कर्ष निकाला गया है। एक आम मान्यता है (जिसे मैं नहीं मानता) कि ब्रह्मांड एक गर्म पिंड के महाविस्फोट (हॉट बिग बैंग) से जन्मा। यह महाविस्फोट दस अरब साल पहले हुआ होगा। अगर हम महाविस्फोट की कथित घटना पर आज विचार करें तो यह भौतिक विज्ञान के दायरे से बाहर नजर आता है क्योंकि यह ऐसी स्थिति में हुआ जब विभिन्न भौतिक परिमाण, जैसे घनत्व, तापमान आदि अनंत थे। अनंत की स्थिति में सारी गणितीय प्रक्रियाएं अर्थहीन हो जाती हैं। लेकिन, इस प्रथम युग की शुरुआत के साथ ही भौतिक विज्ञानी की घड़ी ने भी टिक टिक करना शुरू कर दिया होगा। उदाहरण के लिए, समय बीतने के साथ ब्रह्मांड ठंडा होने लगता है और तापमान गिरने लगता है।

हम जानते हैं कि गैस का तापमान उसकी गतिज गतिविधियों का संकेतक है। जितना ज्यादा ताप होगा, गैस के प्रत्येक कण में ऊर्जा की मात्रा उतनी ही ज्यादा होगी। अतः महाविस्फोट के बाद के प्रारंभिक दिनों में इन कणों की ऊर्जा बहुत अधिक रही होगी। इस परिस्थिति के आकलन से उत्साहित होकर उच्च ऊर्जा वाले कणों के क्षेत्र में कार्यरत भौतिक विज्ञानियों ने प्रारंभिक ब्रह्मांड की परिस्थितियों को अपने एकीकरण सिद्धांत (थ्योरी ऑफ यूनीफिकेशन) के परीक्षण के लिए बेहद उपयुक्त पाया।

सभी बुनियादी पारस्परिक क्रियाओं की एकरूपता की बात सबसे पहले अल्बर्ट आइंस्टाइन ने रखी। उन्होंने गुरुत्वीय और विद्युत चुंबकीय प्रक्रियाओं को एकीकृत क्षेत्र सिद्धांत यानी यूनीफाइड फील्ड ब्योरी के अंतर्गत लाने का प्रयास किया। उनका लक्ष्य यह सिद्ध करना या कि गुरुत्व, विद्युत तथा चुंबकत्व की अलग-अलग लगने वाली परिघटनाएं एक ही मूलभूत प्राकृतिक नियम को व्यक्त करती हैं। उनके प्रयासों का कोई ठोस नतीजा नहीं निकला और सैद्धांतिक भौतिक विज्ञानियों ने इस सिद्धांत का खास समर्थन नहीं किया। इस संदर्भ में वूल्फगैंग पॉली का कहना था, ईश्वर ने जिन्हें अलग-अलग रखा है, किसी मनुष्य को उन्हें एक साथ नहीं रखना चाहिए।

लेकिन ड्रेस डिजाइनरों की दुनिया की तरह विज्ञान की दुनिया में भी फैशन बदलते हैं। कुछ दशक बाद वैज्ञानिकों ने एक ऐसे एकीकृत ढांचे को तलाशना शुरू कर दिया जिसमें आइंटाइन द्वारा बताई दो पारस्परिक क्रियाएं ही नहीं, बल्कि (कमजोर तथा मजबूत कही जाने वाली पारस्परिक क्रियाएँ) ऐसी सभी बुनियादी प्रक्रियाएं शामिल हों, जो परमाणु के नाभिकों तथा इनके अवपरमाणुओं में होती हैं। इस दिशा में आंशिक सफलता तब मिली जब अब्दुस सलाम और स्टीफेन वीनबर्ग विद्युत चुंबकत्व और कमजोर पारस्परिक क्रियाओं (वीक इंटरएक्संस) को एकरूप करने वाला सिद्धांत प्रस्तुत किया गया। इस सिद्धांत को इसलिए भी सही माना गया क्योंकि जेनेवा के पास सर्न (CERN) के शक्तिशाली पार्टिकल एक्सीलरेटर में इसके पूर्वानुमानों

की पुष्टि भी की गई।

लेकिन, एकीकृत क्षेत्र के इस सिद्धांत के अगले चरण की पुष्टि ज्यादा पेचीदा है। तथाकथित विशाल एकीकृत सिद्धांत (ग्रेंड यूनीफाइड थ्योरी, संक्षेप में GUT) के इस समय स्वीकृत मानक मॉडल के लिए वर्तमान एक्सीलरेटरों में उपलब्ध ऊर्जा से हजार अरब गुना ज्यादा ऊर्जा चाहिए। सन् १९८० तक ऊर्जा संपन्न कण सिद्धांत (पार्टिकल थ्योरी) को मानने वाले भौतिक विज्ञानी ऐसी स्थिति में पहुंच गए कि इस सिद्धांत की प्रायोगिक रूप में पुष्टि नहीं की जा सकती थी। और, विज्ञान में जिस सिद्धांत की प्रायोगिक पुष्टि नहीं की सकती, मात्र अनुमान कहा जा सकता है।

इस पृष्ठभूमि में महाविस्फोट ब्रह्मांड विज्ञान (विग बैंग कॉस्मालॉजी) ने परमाणु वैज्ञानिकों को एक रास्ता दिखाया। जैसा पहले कहा जा चुका है, ब्रह्मांड की उत्पत्ति के प्रारंभिक युगों में इसके घटक कण बहुत अधिक ऊर्जा संपन्न थे। अतः इनका इस्तेमाल विशाल एकीकृत सिद्धांत (GUI) के परीक्षण के लिए किया जा सकता था। ऐसे परीक्षण के लिए वांछित ऊर्जा-स्तर ब्रह्मांड के एकदम प्रारंभिक युगों के समान हो सकता है। लेकिन, कितना प्राचीन होगा वह युग? गणनाओं के अनुसार ब्रह्मांड की उत्पत्ति के एक सेकेंड के अरब-अरब-अरब-अरबवें हिस्से में ही वांछित ऊर्जा वाले कण होंगे। दूसरे शब्दों में, कण सिद्धांतवादियों को ब्रह्मांड में ही ऐसा उच्च ऊर्जा वाला पार्टिकल एक्सीलरेटर मिल गया जिसने एक क्षण के लिए ही सही, उनके विशाल एकीकृत सिद्धांत के परीक्षण के लिए आवश्यक उच्च ऊर्जा-संपन्न कण तैयार किए होंगे।

कण सिद्धांत को मानने वाले भौतिक विज्ञानियों के ब्रह्मांड-विज्ञान के क्षेत्र में दखल का महाविस्फोट (बिग बैंग) सिद्धांत के समर्थकों ने भी स्वागत किया क्योंकि इससे ब्रह्मांड के प्रारंभिक काल में पदार्थ और विकिरण की प्रकृति के बारे में 'भौतिक विज्ञान' की दृष्टि से चर्चा की संभावना बनी। ब्रह्मांड विज्ञानी एक ऐसे सिद्धांत पर काम कर रहे हैं जिसमें ब्रह्मांड के प्रारंभिक चरणों में पड़े 'बीजों' से बाद के चरणों में विशाल संरचनाओं के विकास की व्याख्या की जा सकती है। कण के सिद्धांतों से इन बीजों की जानकारी मिलने की आशा है।

शेल्डन ग्लाशो ने ब्रह्मांड विज्ञान तथा कण भौतिकी (पार्टिकल फिजिक्स) के पारस्परिक संबंध की तुलना मिथकीय सांप (इससे हमें अपने पौराणिक शेषनाग की भी याद आती है) से की जो अपने ही पूंछ को निगल रहा है। इस सांप के सिर की तुलना संपूर्ण ब्रह्मांड से की जबकि सबसे छोटे कणों को इसकी पूंछ माना। निगलने की क्रिया को विशालतम और लघुतम का संश्लेषण माना।

विशालतम और लघुतम को एक ही संयुक्त प्रयास में समझ लेने के उत्साह में थोड़ी समझदारी बरतना जरूरी है। हमारे पास दो अलग-अलग अनुमान हैं। एक अनुमान कण भौतिकी का अर्थात् विशाल एकीकृत क्षेत्र (GUI) की धारणा है। दूसरा अनुमान ब्रह्मांड-विज्ञान से बिग बैंग सिद्धांत का है। दो अनुमानों को मिलाकर एक निश्चित सिद्धांत नहीं बनाया जा सकता। ज्यादा से ज्यादा, इन्हें एक विशिष्ट परिस्थिति में जोड़ा जा सकता है। यह परिस्थिति दोहराई भी नहीं जा सकती। जैसा पहले कहा जा चुका है, विशाल एकीकृत क्षेत्र वाली अवस्था ब्रह्मांड के प्रारंभिक दौर में क्षण मात्र में गुजर गई और ऐसी ही परिस्थितियां दुबारा नहीं बनीं। किसी सिद्धांत के परीक्षण का मानक वैज्ञानिक मानदंड है कि बार-बार उसकी प्रायोगिक पुष्टि हो। यह सिद्धांत इस कसौटी पर खरा नहीं उतरता।

फिर भी, यह उदाहरण बताता है कि खगोल विज्ञान का ज्ञान भौतिक विज्ञानियों के लिए अनिवार्य बनता जा रहा है।

टकराव से बचाव

अब मैं एक सामान्य मुद्दे की चर्चा करूंगा, जिससे पता चलता है कि पृथ्वी पर हमारे अस्तित्व के लिए खगोलविज्ञान का अध्ययन कितना जरूरी है।

हम जुरासिक युग के इतिहास से परिचित हैं जब विशाल डाइनोसॉरों का पृथ्वी पर दबदबा था। उनका क्या हुआ? किस महाविपत्ति के कारण पृथ्वी पर उनका पूरी तरह विनाश हो गया?

इस बारे में कई अनुमान लगाए गए हैं। लेकिन, एक संभावना को काफी गंभीरता से लिया गया है कि कोई विशाल अंतरिक्षीय पिंड पृथ्वी से टकराया होगा और इस टकराव से पृथ्वी पर ऐसी जबरदस्त हलचल मची होगी जिससे इस ग्रह के सभी जीवधारी या ज्यादातर जीवधारी नष्ट हो गए। वह टकराने वाला पिंड क्या रहा होगा?

आज के महानगरों की भीड़-भाड़ से तुलना करें तो पृथ्वी जिस अंतरिक्ष में चक्कर लगाती है, वह खाली-खाली लगता है। किसी पिंड से इसके टकराने की आशंका बहुत कम है। लेकिन, ऐसी आशंका बिल्कुल शून्य भी नहीं कही जा सकती। आइए, कुछ उदाहरणों का जायजा लें।

चंद्रमा की सतह ऊबड़-खाबड़ और गड्ढों (क्रेटर) से भरी है जो इस बात का प्रमाण है कि इस पर अनेक बार बाहरी पिंड टकराए। पृथ्वी पर भी ऐसे विशाल गड्ढे हैं जिनमें से कई गड्ढे पानी भर जाने से झील बन गए हैं। टक्करों से बने कुछ क्रेटरों को गलती से ज्वालामुखी विस्फोट से

बना मान लिया जाता है। अमेरिका के एरिजोना प्रांत में कीटिओर क्रेटर और भारत में महाराष्ट्र के बुलढाना ज़िले में लोणार क्रेटर झील ऐसे गड्ढे या क्रेटर हैं जिनके किसी बाह्य पिंड की टक्कर से बने होने का अनुमान है। जैसा कि अमेरिकी क्रेटर के नाम से स्पष्ट है, ये दोनों क्रेटर संभवतः विशाल उल्का पिंडों (मीटिओराइट) के टकराने से बने होंगे।

उल्का-पिंड सौरमंडल में सूर्य का चक्कर लगाते ऐसे अपेक्षाकृत छोटे-छोटे पिंड हैं जो ग्रहों जैसे विशाल पिंडों में नहीं बदल सके। इनमें से कुछ पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण से खिंच कर पृथ्वी के करीब आ जाते हैं और पृथ्वी पर 'गिर' पड़ते हैं। कुछ सेंटीमीटर या इससे भी छोटे टुकड़े पृथ्वी के वायुमंडल के साथ

घर्षण की गर्मी से जलकर नष्ट हो जाते हैं। इन्हें गलती से 'टूटते सितारे (फॉलिंग स्टार या शूटिंग स्टार) कह दिया जाता है। इनमें से कुछ साबुत घरती पर गिरते हैं और उन्हें पहचान कर संग्रहालयों में रखा जाता है। ये भू-भौतिकीविदों के लिए महत्त्वपूर्ण शोध-सामग्री बन जाते हैं। उल्का पिंड सौरमंडल की आयु का अनुमान लगाने और इसकी रासायनिक विविधता की जानकारी हासिल करने में बड़े उपयोगी होते हैं।

लेकिन, विशाल उल्का पिंड पृथ्वी से टकराकर भारी नुकसान पहुंचा सकते हैं। उदाहरण के लिए लोणार (महाराष्ट्र) में 'गड्ढा' बना देने वाले उल्का पिंड का व्यास लगभग ६० मीटर और वजन करीब दो करोड़ टन रहा होगा। इस टकराव से बने गड्ढे का आज व्यास १८३० मीटर और गहराई १५० मीटर है। इस टकराव से ६ मेगाटन हाइड्रोजन बम विस्फोट के बराबर ऊर्जा मुक्त हुई। अगर हम तुलनात्मक दृष्टि से देखें तो दूसरे विश्व युद्ध में हिरोशिमा में १३ किलोटन क्षमता का परमाणु बम गिराया गया, यानी उसकी क्षमता लोणार में गिरे उल्का पिंड के प्रभाव की तुलना में मात्र दो प्रतिशत थी।

सौरमंडल में इन उल्का पिंडों से बड़े पिंड भी हैं। जुलाई १९९४ में शूमेकर लेवी धूमकेतु बृहस्पति ग्रह से जा टकराया। पृथ्वी पर टेलीस्कोप के जरिए यह घटना देखी गई। बृहस्पति जैसे विशाल ग्रह के साथ धूमकेतु की यह टक्कर अपेक्षाकृत मामूली तथा क्षणिक रही। लेकिन, अगर कोई धूमकेतु पृथ्वी से टकराएगा तो क्या होगा? सन् १९९२ में स्विफ्ट-टटल धूमकेतु के पृथ्वी के पास से गुजरते समय ऐसी ही आशंका व्यक्त की गई। उस समय यह पूर्वानुमान लगाया गया कि अगली बार १४ अगस्त २१२६ को यह धूमकेतु पृथ्वी के बहुत करीब से गुजरेगा। हालांकि निश्चित गणना नहीं की जा सकती, लेकिन पृथ्वी से इस धूमकेतु के टकराने की संभावना से इंकार नहीं किया जा सकता। जब यह घूमकेतु २२वीं शताब्दी में फिर से दिखेगा, तभी इसका बेहतर अनुमान लगाया जा सकेगा।

सन् १९७० के दशक में मैंने एक विज्ञान-कथा लिखी थी जिसमें ऐसे ही एक धूमकेतु के पृथ्वी से टकराने की संभावना दर्शाई गई थी। वैज्ञानिकों ने इस विपत्ति को कैसे टाला? उस कहानी में, इस विपत्ति से निपटने के लिए एक मानव-रहित अंतरिक्षयान धूमकेतु के करीब भेजा गया। ऐसी व्यवस्था की गई कि धूमकेतु के पास पहुंचते ही इस यान में एक परमाणु विस्फोट हो जाए जिससे पैदा हुई तरंगों के झटके से धूमकेतु अपने मूल रास्ते से विचलित हो जाए और पृथ्वी से न टकराए। पृथ्वी को किसी धूमकेतु अथवा उल्का पिंड, बल्कि इस समय इससे भी बड़ा खतरा माने जाने वाले क्षुद्र ग्रह (ऐस्टेरॉइड) के टकराने से बचाने के लिए अब भी ऐसे ही समाधान की बात सोची जा रही है।

क्षुद्र ग्रह (ऐस्टेरॉइड) ऐसे अनेक पिंडों का समूह है जो मंगल और बृहस्पति ग्रहों के बीच पट्टी में सूर्य का चक्कर लगाते हैं। समझा जाता है कि ये ऐसे पिंड हैं जो ग्रह न बन सके ! दूसरे शब्दों में ये 'विफल ग्रह' (फेल्ड प्लेनेट) हैं। ये पृथ्वी जैसे ग्रहों से छोटे पिंड हैं, इनका आकार कुछ सौ मीटर से दस किलोमीटर तक है, लेकिन इनमें से कुछ क्षुद्रग्रह एक हजार किलोमीटर आकार के भी हैं। आमतौर पर ये मंगल के उस पार ही स्थित हैं पर कभी-कभी ये पृथ्वी के करीब भी आ सकते हैं। इसी से इनके टकराने की आशंका पैदा हो जाती है। अनुमान है कि एक किलोमीटर तक आकार के करीब १००० से २००० और १०० मीटर तक आकार के १,००,००० के करीब क्षुद्र ग्रह होंगे। हालांकि छोटे पिंडों के टकराने से कम नुकसान होगा, लेकिन ऐसे छोटे पिंडों के पृथ्वी से टकराने की आशंका कहीं ज्यादा है।

यह टकराव कितना भीषण हो सकता है? महाराष्ट्र में लोणार क्रेटर के उदाहरण से हम इसका अंदाज लगा सकते हैं। मान लीजिए, १० किलोमीटर आकार का कोई पिंड पृथ्वी से टकराता है। तब कितनी ऊर्जा निकलेगी? उत्तर चकरा देने वाला है। उस टक्कर से हिरोशिमा पर गिराए गए परमाणु बम जैसे एक अरब परमाणु बमों के बराबर ऊर्जा मुक्त होगी। इस पिंड के धरती पर टकराने वाला इलाका तो तबाह होगा ही, पृथ्वी के वायुमंडल में भी ऐसे परिवर्तन हो सकते हैं कि पूरी पृथ्वी पर जीवनदायी परिस्थितियां समाप्त हो जाएं।

इन आशंकाओं को देखते हुए, अमेरिका के खगोल वैज्ञानिकों ने स्पेसवाच प्रोग्राम शुरू किया है जिसके अंतर्गत १.८ मीटर के एक टेलीस्कोप से पृथ्वी के आस-पास के सभी बड़े आकार के क्षुद्रग्रहों पर नज़र रखी जा रही है। इन पिंडों के मार्ग का पता चलने से हम पूर्वानुमान लगा सकते हैं कि निकट भविष्य में इनमें से कोई खतरनाक तरीके से पृथ्वी के करीब तो नहीं आ रहा है। ऐसी जानकारी होने पर पहले से ही बचाव के उपाय किए जा सकते हैं।

इस उदाहरण से हमें एक बार फिर पता लगता है कि आकाश का अध्ययन केवल समय बिताने के लिए नहीं किया जाता है। यह मानव जाति के अस्तित्व को बचा सकता है।

क्या ब्रह्मांड में हम अकेले हैं?

खगोल विज्ञान से जुड़ी चुनौतियों और इसके अध्ययन के फायदों का मेरा अगला उदाहरण भविष्य से जुड़ा है और संभवतः मानव इतिहास की सबसे रोचक खोज से जुड़ा है। हो सकता है, इस सदी में हमें इस अक्सर पूछे जाने वाले सवाल का पक्का जवाब मिल जाए कि क्या इस ब्रह्मांड में हम अकेले हैं।

अगर उत्तर मिल जाता है, तो यह खगोल विज्ञान का योगदान होगा। हालांकि यह विज्ञान की विभिन्न शाखाओं से जुड़ा मुद्दा है लेकिन मुख्य रूप से खगोल विज्ञान के क्षेत्र में नवीनतम जानकारियां जुड़ने से ही विज्ञान की अन्य शाखाओं के विशेषज्ञ इस मुद्दे की ओर आकर्षित हुए। इस मुद्दे से जुड़ी कुछ प्रमुख बातें संक्षेप में इस प्रकार हैं:

- ब्रह्मांड की संरचना को उसकी व्यापकता में देखने से लगता है कि एक तारे के गिर्द घूमते ग्रह के रूप में पृथ्वी की स्थिति एकदम सामान्य है और बड़ी संख्या में ऐसे ही ग्रह हो सकते हैं जहां जीवन का अस्तित्व हो।

- मिलीमीटर-वेव खगोलविज्ञान से ऐसे विशाल आणविक बादलों का पता चला है जिनमें अत्यंत जटिल रासायनिक अणु हैं। इनमें ऐसे अणु भी हैं जिनसे मानव शरीर बना है।

- मंगल से आए छोटे आकार के एलन हिल उल्का पिंड से जीवाश्म जीवन के संकेत मिले हैं। हालांकि अभी यह अनुमान मात्र है लेकिन इससे यह संभावना बनी है कि हमारे इस पड़ोसी ग्रह में जीवन है अथवा कभी जीवन था।

- २१ सेंटीमीटर वेव बैंड के जरिए संचार की तकनीक में बहुत अधिक सुधार आने से अंतरतारकीय संचार संभव हो गया है। यह न्यूट्रल हाइड्रोजन की स्वाभाविक आवृत्ति है। यह हाइड्रोजन मंदाकिनी (गैलेक्सी) में सबसे अधिक मात्रा में उपलब्ध तत्व है। पृथ्वी के अलावा किसी अन्य ग्रह पर अगर जीवधारी होंगे तो पूरी संभावना है कि वे इससे सुपरिचित होंगे।

- अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी की प्रगति के साथ-साथ भविष्य में विभिन्न सितारों तक यानी मैंने विज्ञान संचार के लिए अंतरिक्ष में एक विशाल एंटेना लगा पाना संभव हो सकेगा।

मैंने विज्ञान-कथा लेखकों में सबसे ज्यादा लोकप्रिय अंतरिक्षयानों का उल्लेख नहीं किया। इसका कारण यह है कि मंदाकिनी में दूरियां इतनी अधिक हैं कि वर्तमान अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के आधार पर बने अंतरिक्षयानों का इस्तेमाल एकदम अव्यावहारिक होगा। इन अंतरिक्ष यानों की गति इतनी कम है कि हमारे अंतरिक्षयानों में बैठे कर निकटतम तारे प्रोक्सिमा सेंटोरी तक जाना, किसी चींटी की चेन्नई से दिल्ली तक की यात्रा से भी ज्यादा धीमा होगा।

विशेषज्ञ इस बात पर सहमत हैं कि पृथ्वी के अलावा अन्य ग्रहों की तलाश का सबसे बेहतर तरीका न्यूट्रल हाइड्रोजन जैसे तरंगदैर्ध्य (वेव लेंथ) के रेडियो संकेतों का इस्तेमाल है। इन तरंगों का क्षीणन कम होता है और ये उन जीवधारियों द्वारा पहचानी जा सकती हैं जो संभवतः विकास प्रक्रिया से गुजरे हों और वैज्ञानिक समझ रखते हों। हो सकता है कि वे ज्ञान-विज्ञान में हमसे बहुत आगे हों। हमारे वैज्ञानिकों के लिए यह बड़ी दिलचस्प बात होगी। शायद वे अपनी अब तक अनसुलझी अनेक गुत्थियां इन संपर्कों से सुलझा लें और कई गुना तेजी से प्रगति करना संभव हो जाए।

लेकिन, इस उत्साह के साथ धैर्य की भी जरूरत है। अगर हम सामान्य दूरी, अर्थात करीब दस प्रकाश वर्ष दूर स्थित किसी परलोकी प्राणी तक अपना कोई संदेश भेजें तो इसे वहां पहुंचने में दस साल लगेंगे और फिर उनका उत्तर मिलने में भी दस साल लगेंगे। इस तरह, संदेश पहुंचने और उत्तर मिलने में बीस साल लग जाएंगे। फिर भी ऐसे बड़े प्रयास का बड़ा महत्व होगा।

मुझे उम्मीद है कि शायद मैं आपको विनम्रतापूर्वक यह समझाने में सफल रहा हूं कि खगोलविज्ञान पढ़ना और समझना इतना दिलचस्प और लाभदायक क्यों है।

प्रो. जयंत विष्णु नार्लीकर *सुप्रसिद्ध खगोल-भौतिकविद हैं और विज्ञान लोकप्रियकरण के लिए 'कलिंग पुरस्कार' से सम्मानित हो चुके हैं। वे अंतर-विश्वविद्यालय खगोलशास्त्र एवं खगोलभौतिकी केंद्र (आयुका) के पूर्व निदेशक भी हैं।*

(अनुवादः राजेन्द्र भट्ट)

आलेख

डीईएसआई से प्राप्त नवीनतम दृश्य में अदीप्त ऊर्जा के अतिरिक्त विस्तार के संकेत

- प्रो. वरूण साहनी एवं स्वागत मिश्रा

बीसवीं शताब्दी के अधिकांश समय तक, खगोलविदों का यह मानना था कि ब्रह्मांड का विस्तार गुरुत्वाकर्षण के आकर्षक प्रभाव के कारण धीरे-धीरे मंद होता जाएगा। ब्रह्मांड के विस्तार की खोज एडविन हबल ने 1920 के अंत में की थी । सुदूर आकाशगंगाएँ एक-दूसरे से दूर जा रही हैं, किंतु गुरुत्वाकर्षण से यह अपेक्षा की जाती थी कि वो ब्रह्मांडीय ब्रेक की तरह कार्य करें और समय के साथ विस्तार की दर को लगातार कम करता जाए।

यह दृष्टिकोण 1990 के दशक के अंत में तब पूरी तरह से बदल गया, जब टाइप-1a सुपरनोवा कहे जाने वाले सुदूर विस्फोटित तारों का अध्ययन कर रहे दो स्वतंत्र अनुसंधान समूहों ने एक चौंकाने वाली खोज की। ब्रह्मांड का विस्तार धीमा होने के बजाय, यह पाया गया कि वह वास्तव में तेज़ गति से हो रहा है। ऐसा प्रतीत होता है कि स्वयं अंतरिक्ष कुछ अरब साल पहले की तुलना में हाल के दिनों में कहीं अधिक तेज़ी से विस्तार हो रहा है।

इस रहस्यमयी व्यवहार को स्पष्ट करने के लिए, ब्रह्मांड वैज्ञानिकों ने ब्रह्मांड की संरचना में नए और रहस्यमयी घटक को शामिल किया, जिसे अदीप्त ऊर्जा (डार्क एनर्जी) के नाम से जाना जाता है। सामान्य पदार्थ अथवा विकिरण से भिन्न, अदीप्त ऊर्जा तारों अथवा आकाशगंगाओं के रूप में एकत्रित नहीं होती। इसके बजाय, ऐसा प्रतीत होता है कि यह डार्क एनर्जी संयत किंतु लगातार प्रतिकर्षी प्रभाव उत्पन्न करने का प्रयास करती है, जो विशाल ब्रह्मांडीय दूरियों पर ब्रह्मांड को विस्तार का कार्य करती है। आज ऐसा माना जाता है कि डार्क एनर्जी ब्रह्मांड में निहित कुल ऊर्जा का लगभग 70 प्रतिशत भाग बनाती है, जो दृश्य पदार्थ और अदीप्त पदार्थ दोनों को मिलाकर भी कई गुना अधिक है। यह ब्रह्मांड के बड़े पैमाने के भविष्य को प्रभावित करते हुए निर्धारित करती है कि ब्रह्मांड का विस्तार अनंत काल तक जारी रहेगा या उसकी गति धीमी होगी, या अंत में यह किसी पूर्णत: अलग मार्ग से आगे बढ़ेगा। यह अत्यधिक महत्त्वपूर्ण होने के बावजूद भी हम अब तक यह नहीं जानते कि डार्क एनर्जी वास्तविक रूप से है क्या?। यह आधुनिक विज्ञान की सबसे गहरी और चुनौतीपूर्ण रहस्यों में से एक बनी हुई है।

ब्रह्मांडीय त्वरण की आश्चर्यजनक खोज के बाद से पिछले दो दशकों से अधिकांश ब्रह्मांड विज्ञानियों ने डार्क एनर्जी की सबसे आसान परिभाषा के रूप में ब्रह्मांडीय स्थिरांक (कॉस्मोलॉजिकल कॉन्स्टैंट) पर विश्वास किया है, जिसे सर्वप्रथम 1917 में अल्बर्ट आइंस्टीन ने पेश किया था। इस संकल्पना में, डार्क एनर्जी को अंतरिक्ष का आंतरिक गुणधर्म माना जाता है, जो ऊर्जा की घनता को पूरे ब्रह्मांड के इतिहास में अपरिवर्तित रखता है। इस प्रकार के ब्रह्मांडीय स्थिरांक का प्रभुत्व होने वाले ब्रह्मांड में विस्तार की गति अनंत काल तक तेज होती रहेगी। समय के साथ-साथ, आकाशगंगाएँ एक-दूसरे से और अधिक दूर जाती रहेंगी, ब्रह्मांडीय नई संरचनाओं का निर्माण धीरे-धीरे रुक जाएगा, और ब्रह्मांड लगातार अधिक ठंडा, अंधकारमय और निर्वात होता जाएगा। अब से कई सालों बाद, सबसे दूरस्थ आकाशगंगाओं से आने वाला प्रकाश भी हमारी पहुँच से परे होगा और अंततः ब्रह्मांड उदासीन एवं वीरान अवस्था में पहुँच जाएगा। ऐसी स्थिति को अक्सर **'बिग फ्रीज़'** कहा जाता है।

हाल ही में ***डार्क एनर्जी स्पेक्ट्रोस्कोपिक इंस्ट्रूमेंट (DESI)*** नामक प्रमुख अंतरराष्ट्रीय मिशन ने डार्क एनर्जी की प्रकृति से संबंधित नई जानकारी प्रदान की है। DESI को अमेरिका के एरिज़ोना स्थित किट पीक नेशनल ऑब्ज़र्वेटरी में 4-मीटर मेयॉल टेलीस्कोप पर स्थापित किया गया है, और यह 2021 से कार्यरत है। इसका मुख्य उद्देश्य चार करोड़ से भी अधिक आकाशगंगाओं की स्थिति एवं दूरी का मापन

पाँच वर्षों की अवधि में करना है, ताकि अब तक का सबसे विस्तृत त्रि-आयामी ब्रह्मांडीय मानचित्र तैयार किया जा सके (जैसे कि नीचे दिए गए चित्र के बाएँ पैनल में दिखाया गया है)। इसका प्रेक्षणों के पहले दो वर्षों पर आधारित जारी किया गया दूसरा सार्वजनिक डेटा **(DESI DR2)**, लगभग **एक करोड चालीस लाख आकाशगंगाओं** की जानकारी प्रदान करता है, ये आकाशगंगाएँ **पंद्रह अरब प्रकाश-वर्ष से अधिक की ब्रह्मांडीय दूरी** तक विस्तारित हैं।

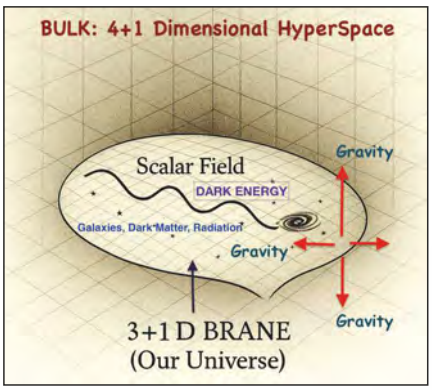
बहुत विशाल दूरीयों पर किस तरह आकाशगंगाएँ समूहबद्ध होती हैं, इस बात का अध्ययन करके वैज्ञानिक अतीत के अलग-अलग कालखंडों में ब्रह्मांड कितनी तेज़ी से विस्तार कर रहा था, इसका पुनर्निर्माण कर सकते हैं। जब DESI टीम ने अपने नवीनतम डेटा का विश्लेषण किया, तो उन्हें पहेलीनुमा संकेत मिला कि डार्क एनर्जी संभवतः साधारण स्थिरांक की तरह व्यवहार नहीं करती। इसके बजाय, प्रेक्षण यह संकेत देते हैं कि ***बहुत पहले अतीत में डार्क एनर्जी का घनत्व बढ़ रहा था***, वो लगभग 5 अरब वर्ष पहले अपने अधिकतम स्तर पर पहुँची, और ***उसके बाद धीरे-धीरे कम होता जा रहा है***। यह सर्वत्र प्रचलित संकल्पना को चुनौती देता है, जिसमें ब्रह्मांडीय स्थिरांक को ही डार्क एनर्जी माना जाता है। वास्तव में, यदि भविष्य में भी डार्क एनर्जी इसी तरह क्षीण होती रही, तो ब्रह्मांड की अंतिम अवस्था वैसी नहीं होगी जैसी अब तक के अधिकांश ब्रह्मांड-वैज्ञानिकों ने कल्पना की है, बल्कि वह पूरी तरह से अलग और अप्रत्याशित हो सकती है।

हालाँकि, अतीत में अपना घनत्व बढ़ाने वाले (जिसे अक्सर **फैंटम-जैसा** कहा जाता है) और भविष्य में धीरे-धीरे क्षीण होने वाले (तब **क्विंटेसेंस-जैसा** व्यवहार करता है) अदीप्त ऊर्जा के ऐसे गतिशील रूप को किसी सुसंगत भौतिक सिद्धांत के भीतर साकार करना अत्यंत जटिल और चुनौतीपूर्ण है। इसी कारण, DESI के परिणामों को सार्वजनिक रूप से जारी करने के बाद, अंतरराष्ट्रीय स्तर पर वैज्ञानिकों ने मिलकर ऐसे सैद्धांतिक ढाँचों के विकास का प्रयास तेज़ कर दिया है, जो प्रकृति के मूलभूत सिद्धांतों पर आधारित होकर इन प्रेक्षणों की व्याख्या कर सकें।

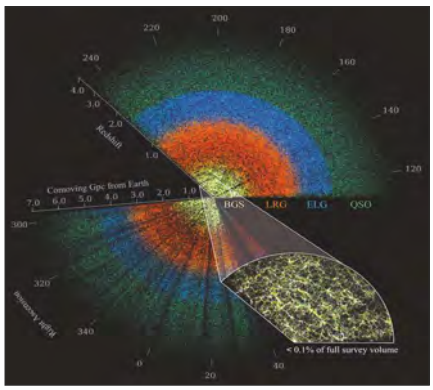
हाल ही में प्रकाशित महत्त्वपूर्ण शोध कार्य में शामिल लेखक डॉ. स्वागत एस. मिश्रा (CTPU-CGA, डेज़ॉन, कोरिया) एवं प्रो. वरुण साहनी (आयुका, पुणे, भारत) ने डॉ. विलियम मैथ्यूज़न और प्रो. अरमान शफीलू (दोनों KASI, डेज़ॉन, कोरिया से), तथा प्रो. यूरी श्टानोव (BITP, कीव, यूक्रेन) के साथ मिलकर इन चौंकाने वाले संकेतों के लिए सरल भौतिक व्याख्या प्रस्तुत की है, जिसके प्रभाव अत्यंत दूरगामी हो सकते हैं। इसकी मुख्य संकल्पना आधुनिक सिद्धांत से प्रेरित है (इसे प्रो. साहनी और प्रो. श्टानोव ने 2000 के दशक की शुरुआत में विकसित किया था) जिसे **ब्रेनवर्ल्ड परिदृश्य (Braneworld Scenario)** कहा जाता है। यह सिद्धांत दर्शाता है कि हमारा ब्रह्मांड संपूर्ण अंतरिक्ष नहीं है, बल्कि यह त्रि-आयामी सतह है, जिसे **ब्रेन (brane)** कहा जाता है (मेम्ब्रेन का संक्षिप्त रूप)। यह उच्च-आयामी **बल्क** (Bulk) में निहित है, एक ऐसा हाइपरस्पेस जिसमें अंतरिक्ष का अतिरिक्त आयाम मौजूद होता है, जो अनंत विस्तार वाला हो सकता है।

स्ट्रिंग सिद्धांत से प्रेरित इस चित्र में सभी प्रचलित पदार्थ और विकिरण ब्रेन पर सीमित हैं, लेकिन गुरुत्वाकर्षण विशेष है, जो अतिरिक्त आयाम में धीरे-धीरे "रिसाव(leak)" हो सकता है। लगातार होने वाला यह रिसाव काफी क्षीण होता है और जिसका आकाशगंगा-स्तरीय गुरुत्वाकर्षण पर प्रभाव बहुत ही नगण्य है। किंतु बहुत बड़े ब्रह्मांडीय पैमानों पर अरबों वर्षों के दौरान यह ब्रह्मांड के विस्तार को सूक्ष्म रूप से प्रभावित करता है। प्रारंभिक समय में, जब ब्रह्मांड की ऊर्जा घनता मुख्यतः आकाशगंगाओं, अदीप्त पदार्थ और विकिरण के रूप में होती है, तब यह रिसाव महत्त्वहीन होता है, किंतु जैसे-जैसे ब्रह्मांड का अधिक विस्तार होता जाता है, इसका बढ़ता हुआ प्रभाव महत्त्वपूर्ण हो जाता है।

ऊपर उल्लिखित अनुसंधान कार्य के लेखकों ने यह साबित किया है कि जब ब्रह्मांड में **विगलन स्केलर फील्ड** नाम से पहचाने जाने वाले विशिष्ट प्रकार का डार्क एनर्जी क्षेत्र व्याप्त होता है, तब गुरुत्वाकर्षण का यह निरंतर और धीमा रिसाव स्वाभाविक रूप से डार्क एनर्जी को अतीत में अधिक शक्तिशाली प्रतीत कराता है। यह प्रभाव **फैंटम अदीप्त ऊर्जा** के रूप में प्रकट होता है। बाद में, जैसे-जैसे यह स्केलर फील्ड विकसित होता है, डार्क एनर्जी कमज़ोर होने लगती है और धीरे-धीरे उसका क्षय होने लगता है, जिसके कारण ठीक वही स्वरूप उत्पन्न होता है जिसे DESI ने अपने प्रेक्षणों में देखा है। सबसे महत्त्वपूर्ण बात यह है कि डार्क एनर्जी घनत्व में इस प्रकार के क्षय के लिए किसी भी तरह के कृत्रिम समायोजन की आवश्यकता नहीं पड़ती। यह तब अपने-आप स्वाभाविक रूप से उभर आता है जब हम यह मान लेते हैं कि गुरुत्वाकर्षण एक अतिरिक्त आयाम में भी फैल सकता है और ब्रह्मांड एक सरल विगलन स्केलर फील्ड से भरा हुआ है।



ब्रेनवर्ल्ड परिदृश्य (Braneworld Scenario): हमारा त्रि-आयामी (3-D) ब्रह्मांड (ब्रेन) एक चार-आयामी (4-D) हाइपरस्पेस (बल्क) के भीतर स्थित है। सामान्य पदार्थ और ऊर्जा के सभी घटक ब्रेन तक ही सीमित रहते हैं, जबकि गुरुत्वाकर्षण पूरे चार-आयामी बल्क में स्वतंत्र रूप से फैल सकता है।



DESI मिशन द्वारा जारी किए गए दूसरे डेटा (DESI DR2) में लगभग 1.4 करोड़ (14 मिलियन) आकाशगंगाओं का सर्वेक्षण किया गया। इस मानचित्र में हर बिंदु एक आकाशगंगा को दर्शाता है। इन आकाशगंगाओं की गुच्छ बनाने की क्रिया डार्क एनर्जी के बारे में महत्त्वपूर्ण जानकारी को सूक्ष्म रूप से सांकेतिक शब्दों में बदलती है।

हमारा ब्रह्मांडीय मॉडल कई अन्य उच्च-परिशुद्धता वाले ब्रह्मांड विज्ञान डेटा सेटों के साथ बहुत अच्छी तरह मेल खाता है। इनमें टाइप-Ia सुपरनोवा से प्राप्त डेटा और कॉस्मिक माइक्रोवेव बैकग्राउंड विकिरण के मापन शामिल हैं, जो ब्रह्मांड के तप्त बिग बैंग चरण से प्राप्त अवशिष्ट दीप्ति है। यह मॉडल डार्क एनर्जी के विकास एवं ब्रह्मांड के हाल के अतीत में बड़े-पैमाने की संरचनाओं की वृद्धि के लिए भी स्पष्ट रूप से भविष्यवाणी करता है। इनकी जाँच आगामी DESI से जारी किए जाने वाले डेटा तथा Euclid, Vera Rubin Observatory (LSST), Square Kilometre Array (SKA) और Roman Space Telescope जैसी नई अंतरिक्ष और ज़मीनी वेधशालाओं के माध्यम से की जाएगी।

यदि भविष्य के प्रेक्षण इस व्यवहार की पुष्टि करते हैं, तो यह इस बात का ***पहला प्रेक्षणात्मक प्रमाण होगा कि अंतरिक्ष में एक अतिरिक्त आयाम मौजूद हो सकता है***। इस प्रकार की खोज अंतरिक्ष, समय और गुरुत्वाकर्षण के बारे में हमारी समझ को काफी हद तक बदलने की क्षमता रखती है, और साथ ही हमारे ब्रह्मांड की अंतिम अवस्था के बारे में हमारी धारणाओं को भी पूरी तरह नया रूप दे सकती है।

प्रकाशन विवरण:

शीर्षक: DESI DR2 के प्रकाश में ब्रेनवर्ल्ड अदीप्त ऊर्जा

[1]**स्वागत एस. मिश्रा**, 2 विलियम एल. मैथ्यूसन, 3 **वरुण साहनी**, 4 अरमान शफ़ीलू, और 5 यूरी श्टानोव

[1] वरिष्ठ अनुसंधानकर्ता, सेंटर फॉर थियोरेटिकल फिजिक्स ऑफ द यूनिवर्स (CTPU-CGA), डेजॉन]

[2] अनुसंधान अध्येता, कोरिया एस्ट्रोनॉमी एंड स्पेस साइंस इंस्टीट्यूट (KASI), जॉन]

[3] आयुका, पुणे में एमेरिटस प्रोफेसर और नेशनल साइंस चेयर (ANRF, NSC)]

[4] प्रोफेसर, कोरिया एस्ट्रोनॉमी एंड स्पेस साइंस इंस्टीट्यूट (KASI), डेजॉन]

[5] प्रोफेसर, बोगोलीबुव इंस्टीट्यूट फॉर थियोरेटिकल फिजिक्स (BITP),कीव]

प्रकाशन: **JCAP 11 (2025) 018** [DOI: 10.1088/1475-7516/2025/11/018]

- **iNSPIRE HEP:** https://inspirehep.net/literature/2944579
- **arXiv:** https://arxiv.org/abs/2507.07193

IUCAA Press release (November 2025): https://web.iucaa.in/news/HED-DE/

Find the earlier **Hindi** translation of IUCAA Press Release here: Click Here

प्रमुख बाहरी संदर्भ:

- **DESI DR2 Cosmological Constraints:** https://inspirehep.net/literature/2902314
- **DESI DR2 Extended DE Analysis:** https://inspirehep.net/literature/2902297
- **DESI DR2 Results Explained, March 2025:** https://www.desi.lbl.gov/2025/03/19/desi-dr2-results-march-19-guide

आलेख

भारतीय खगोलविदों द्वारा 11.7 अरब वर्षों पुराने ब्रह्मांडीय वेब तंतुओं की खोज

- प्रो. सौगात मुजाहिद एवं ईशिता बनर्जी

आकाशगंगाएँ हमारे ब्रह्मांड के मूलभूत संघटक होती हैं। आकाशगंगा निर्माण के समकालीन सिद्धांतों का यह पूर्वानुमान है कि आकाशगंगाएँ गैस एवं अदीप्त पदार्थ के असीम, अदृश्य प्रवाहों द्वारा परस्पर संबंद्ध होती हैं, जिन्हें सामूहिक रूप से कॉस्मिक वेब कहा जाता है। ये कॉस्मिक वेब तंतू संवर्धन स्थान (नर्सरी) के रूप में कार्य करते हैं जहाँ आकाशगंगाएँ विकसित होती हैं और शुद्ध गैस इकट्ठा करती हैं, जो उनके तारा निर्माण को ईंधन प्रदान करती है। हालाँकि, इन तंतुओं का प्रेक्षण करना अत्यधिक चुनौतीपूर्ण है, क्योंकि ये असामान्य ढंग से बहुत विरल होते हैं—इनका घनत्व हमारे वायुमंडल की तुलना में लगभग 100 अरब-खरब गुना कम होता है।

हाल ही में सुश्री ईशिता बनर्जी, पीएचडी छात्रा, अंतर-विश्वविद्यालय केंद्र: खगोलविज्ञान और खगोलभौतिकी (आयुका के नेतृत्व में अंतराष्ट्रीय वैज्ञानिकों का दल एवं ईशिता बनर्जी के पर्यवेक्षक डॉ. सौगात मुजाहिद ने लगभग 850,000 प्रकाश वर्षों तक फैले महाकाय कॉस्मिक वेब तंतु की खोज की। इस संरचना की खोज प्रकाश का अध्ययन करके की गई जिसने हमारे तक पहुंचने के लिए लगभग 11.7 अरब वर्षों की यात्रा की है। आकार की दृष्टि से तंतु का फैलाव आकाशगंगाओं की तारकीय चक्रिका की तुलना में लगभग दस गुना बड़ा है और मिल्की वे तथा उसकी निकटतम पड़ोसी आकाशगंगा एंड्रोमेडा के बीच की दूरी का लगभग एक-तिहाई है। यह खोज युरोपियन साउर्थन ऑब्जर्वटोरी (EOS) द्वारा संचालित चिली में स्थित वेरी लार्ज टेलिस्कोप (VLT) का उपयोग करके संभव हो पाई।

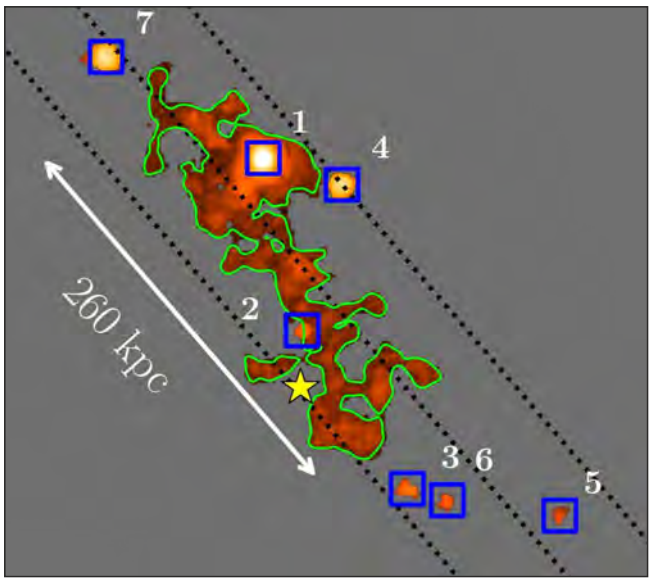
इस दुर्लभ्य संरचना की खोज करने के लिए, अनुसंधानकर्ताओं ने अपनी दूरबीन की दिशा सुदूर क्वासार Q1317–0507 की ओर संचालित की। क्वासार के उच्च-विभेदन स्पेक्ट्रा का विश्लेषण करके, उन्होंने z ~3.6 की दूरी पर स्थित न्युट्रल हाइड्रोजन से युक्त क्षेत्र की खोज की, जिसे पार्शन लाइमैन लिमिट सिस्टम (pLLS) नाम से जाना जाता है। इस क्षेत्र ने सौर क्षेत्र से 10,000 गुना कम धात्विकता के साथ असाधारण रूप से दीर्घ/भारी घटकों के न्यून समानुपात को ठीक उसी तरह प्रदर्शित किया जैसे सैद्धांतिक प्रतिमान ब्रह्मांडीय वेब के तंतुओं के साथ बहने वाले आदिम पदार्थ के लिए पूर्वानुमानों के अनुरूप थी। VLT पर मल्टी-युनिट स्पेक्ट्रोस्कोपिक एक्सप्लोरर (MUSE) के साथ पूरक प्रेक्षणों में टीम ने समान दूरी पर सात लाइमैन-अल्फा उत्सर्जन आकाशगंगओं को पाया। ईशिता बनर्जी ने कहा कि " ब्रह्मांड के इस प्रकार के लघु आयतन में खोजी गई आकाशगंगाओं की संख्या इस युग में आम तौर पर हमारे द्वारा किए जा रहे सर्वेक्षणों में प्रेक्षित संख्या की तुलना में दस गुना अधिक है। " उन्होंने आगे कहा, इसके अलावा संपूर्ण आकाश भर में इन आकाशगंगाओं का आकाशीय वितरण दुर्लभ सरेखण पर प्रकाश डालता है जो प्रभावशाली रूप से बड़ी, आधारभूत तंतुमय संरचना की मौजूदगी को प्रस्तावित करता है। MUSE के साथ किए गए 10 घंटों के गहन प्रेक्षण ने जो कि अत्यधिक वांछित है, हमें तंतुमय संरचना के साथ विस्तृत लाइमैन-अल्फा उत्सर्जन की खोज करने के लिए सक्षम बनाया है।

डॉ. सौगात मुजाहिद, सहयोगी प्रोफेसर, अंतर-विश्वविद्यालय खगोलभौतिकी एवं खगोलविज्ञान केंद्र (आयुका) के मतानुसार, "आम तौर पर ऐसी नीहारिकाएँ दीप्त क्वासारों के आसपास देखी जाती हैं, जहाँ शक्तिशाली विकिरण आसपास की गैस को प्रदीप्त करता है," लेकिन इस मामले में, जिन आकाशगंगाओं का हमने प्रेक्षण किया, उनमें से किसी में भी क्वासार-जैसी गतिविधि नहीं दिखाई देती, जो इस खोज को विशेष रूप से उल्लेखनीय बनाता है।" उन्होंने आगे कहा कि यद्यपि विस्तृत लाइमन-अल्फा चमक के लिए जिम्मेदार सटीक भौतिक प्रक्रिया की अभी जाँच की जा रही है, फिर भी टीम का सुझाव है कि यह चमक मुख्यतः पुनर्संयोजन विकिरण से उत्पन्न होती है, जिसे स्वयं आकाशगंगाओं के सामूहिक विकिरण क्षेत्रों द्वारा ऊर्जा प्राप्त है।

अनुसंधान दल ने पहली बार प्रभावशाली रूप से उत्सर्जन एवं अवशोषण रेखा दोनों के अध्ययनों के माध्यम से ब्रह्मांडीय वेब तंतुओं पर पूरक जानकारी के संयोजन की अद्वितीय शक्ति को प्रदर्शित किया। अवशोषण रेखा अध्ययन, उत्सर्जन में खोजे गए तंतुओं की आद्य

प्रकृति में महत्त्वपूर्ण दृष्टिकोण प्रस्तुत करता है। यह सहक्रियाशील दृष्टिकोण इस अध्ययन को विशेषता प्रदान करता है। दीर्घकाल में, ऐसे शुद्ध (प्रिस्टीन) गैस के इन तंतुओं के साथ स्थित आकाशगंगाओं में प्रवाहित होने की अपेक्षा है, जिससे तारा निर्माण के लिए नया पदार्थ उपलब्ध होगा और अंततः यह निर्धारित करेगा कि ये आकाशगंगाएँ किस प्रकार बढ़ती और विकसित होती हैं।

डॉ. मुज़ाहिद के मतानुसार "यह खोज केवल आज की प्रेक्षणीय सुविधाओं की असाधारण क्षमताओं को ही चिन्हांकित नहीं करती, बल्कि ईएसओ (ESO) के विश्व-स्तरीय उपकरणों का पूर्ण रूप से उपयोग करने में अंतरराष्ट्रीय सहयोग की महत्वपूर्ण भूमिका को भी उजागर करती है।" यह अनुसंधान लीडेन यूनिवर्सिटी (नीदरलैंड्स), यूनिवर्सिटी ऑफ़ मिलान-बिकोका (इटली) तथा यूनिवर्सिटी ऑफ़ मिशिगन (अमेरिका) के वैज्ञानिकों के साथ सहकार्यता में किया गया। यह अध्ययन 1 फ़रवरी 2025 को प्रतिष्ठित वैज्ञानिक पत्रिका Astrophysical Journal Letters (https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2025ApJ...979L..32B/abstract) में प्रकाशित हुआ।



नीले रंग के बक्सों में चिन्हांकित की गई सात आकाशगंगाएँ, जिनकी खोज MUSE द्वारा की गई, ये असाधारण रैखिक सरेखण को प्रदर्शित करती हैं, जो आधारभूत तंतुमय संरचना का संकेत देती हैं। यह सरेखण उल्लेखनीय रूप से विशालकाय तंतु से उत्सर्जन होने वाले 260-kpc- लॉन्ग लाइमैन-अल्फा निहारिका द्वारा प्रतिबिंबित है। पीला सितारा पृष्ठभूमिक क्वासार के स्थान को दर्शाता है जिसका प्रकाश तंतु के आद्य स्वरूप/की आद्य प्रकृति की पुष्टि करते हुए उसके धात्विकता का मापन करने के लिए अन्वेषण के रूप में कार्य करता है।

वैज्ञानिक व्याख्यान सारांश

रेडियो इंटरफेरोमीटर किस प्रकार से कार्य करता है: जाएंट मीटरवेव रेडियो दूरबीन- एक उदाहरण

- प्रो. धर्म वीर लाल

रेडियो इंटरफेरोमीटर ने रेडियो तरंगदैर्ध्य में खगोलीय स्रोतों के उच्च विभेदन प्रतिबिंबन को सक्षम बनाकर खगोलविज्ञान में क्रांतिकारी परिवर्तन लाया है।

एक बड़ी चक्रिका पर निर्भर रहने की अपेक्षा इंटरफेरोमीटर बड़ी-बड़ी दूरियों पर स्थित कई एंटेनाओं से प्राप्त संकेतों को एकसाथ जोड़ता है, जिसके कारण प्रभावात्मक रूप से ऐसी दूरबीन का निर्माण होता है जिसका आकार एंटेनाओं के बीच की सबसे बड़ी दूरी के बराबर होता है।

पुणे (भारत) के पास स्थित जाएंट मीटरवेव रेडियो टेलीस्कोप, इसी पद्धति को प्रदर्शित करता है।

यह व्याख्यान रेडियो इंटरफेरोमीटर की मूलभूत कार्यप्रणाली से परिचित करवाता है, उसके ऐतिहासिक क्रम-विकास को उजागर करता है एवं रेडियो इंटरफेरोमीटर की अभिकल्पना एवं संचालन को प्रस्तुत करता है अथवा संक्षेप में कहें तो यह व्याख्यान इंटरफेरोमेट्री के उन मूलतत्वों को प्रस्तुत करता है जो ब्रह्मांड के नए द्वार निरंतर रूप से खोलता जा रहा है।

वैज्ञानिक व्याख्यान सारांश

अदृश्य सूर्य

- प्रो. दिव्य ओबेरॉय

सूर्य को देखना हम सबकी आदत बन चुकी हैं, हालाँकि अक्सर ऐसा कहा जाता है कि'- जो दिखता है, उस पर ही विश्वास होता है', किंतु सूर्य के संदर्भ में हमारी आँखों से हम जो कुछ भी देख पाते हैं वे उसकी कहानी का एक छोटा-सा हिस्सा मात्र है। सूर्य संपूर्ण विद्युतचुंबकीय स्पेक्ट्रम में प्रकाशमान है। परंतु हमारी आँखें मात्र उतना ही देख पाती हैं जो सामान्य, प्रकाशीय प्रकाश में विदित होता है। विद्युतचुंबकीय स्पेक्ट्रम के उन हिस्सों में जो हमारी आँखें देख नहीं पाती हैं, सूर्य का अध्ययन करने से ऐसे कई आयाम, घटनाएँ एवं विशेषताएँ देख पाते हैं जो सामान्य, प्रकाशीय प्रकाश में दृष्टिगोचर नहीं होती। इससे हमें न केवल सूर्य को बेहतर समझने में सहायता प्राप्त होती है, बल्कि कोरोना जैसे उसके बाहरी गैसीय आवरण के अत्यधिक तप्त होने जैसे लंबे समय से चले आ रहे वैज्ञानिक रहस्य को सुलझाने के प्रयास में भी मदद मिलती है। यह व्याख्यान सूर्य एवं कोरोना के उन पहलुओं को प्रस्तुत करेगा जिन्हें हम प्रकाशीय प्रकाश में नहीं देख सकते और यह बताएगा कि हम प्रकाशीय प्रकाश से परे स्पेक्ट्रम में किए गए सौर एवं कोरोनल अध्ययन से क्या-क्या सीख सकते हैं।

आलेख

अल्ट्राल्युमिनियस एक्स-किरण स्रोत: जहाँ लगता है कि भौतिकी अपने द्वारा बनाए गए नियमों को तोड़ती है।

- तनुमन घोष

अल्ट्राल्युमिनियस एक्स-किरण स्रोत (ULXs) समीप के ब्रह्मांड में स्थित द्युतिमान एक्स-किरण उत्सर्जकों में से एक हैं। उनके पहेलीनुमा होने का कारण है उनके द्वारा प्रेक्षित X-किरण निर्गम जो कि एडिंगटन सीमा से परे हो सकता है।एडिंगटन सीमा वह अधिकतम ज्योति है जो कि संहत पिंड जैसे न्यूट्रॉन तारे या कृष्ण विवर, उत्पन्न कर सकते हैं जब विकिरण का बाह्य दाब गुरुत्वाकर्षण के आंतरिक दाब को संतुलित करता है। यदि स्रोत इस सीमा को पार कर देता है, तो विकिरण को सैद्धांतिक रूप से भीतर गिरने वाले पदार्थ को बाहर की ओर उड़ा देना चाहिए, अभिवृद्धि बंद करना चाहिए। फिर भी ऐसा लगता है कि ULXs इस चिरसम्मत सीमा को चुनौती देते हैं, और हमें यह संकेत देते हैं कि अत्यधिक गुरुत्वीय पर्यावरणों में पदार्थ किस प्रकार व्यवहार करते हैं इसके बारे में हमारी समझ संभवत: अपूर्ण है।

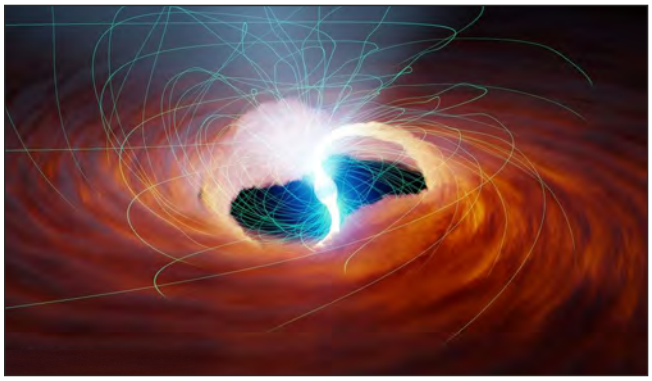
लंबे समय तक, ऐसा माना जाता था कि ULXs मध्यवर्ती-द्रव्यमान कृष्ण विवरों (IMBHs);तारकीय-द्रव्यमान (कुछ से लेकर दसियों सौर द्रव्यमान) एवं विशालकाय कृष्णविवरों (लाखों सौर द्रव्यमान) के बीच, पिंडों की मेज़बानी करते हैं। ऐसे I M B H s , Eddingtonसीमा के नीचे प्रेक्षित ज्योति रखने की अनुमति देंगे। हालाँकि, हाल ही में XMM- न्युटन, चंद्रा एवं NuSTAR जैसे अंतरिक्ष दूरबीनों से लिए गए उच्च-संवेदनशनील प्रेक्षणों ने नाटकीय

ढंग से इस चित्र को परिवर्तित किया है। अब हमें यह पता है कि IMBHs द्वारा प्राप्त अधिकतर ULXs को ऊर्जा नहीं होती बल्कि तारकीय-द्रव्यमान कृष्ण विवरों और यहाँ तक कि न्युट्रॉन सितारों द्वारा भी। कई ULXs से प्राप्त होने वाले एक्स-किरण स्पंदनों की खोज घूमते, चुंबकित न्युट्रॉन सितारे का पुख्ता सबुत है, जिसने बाजी पलट दी है। ये संहत पिंड पारंपारिक सिद्धांतों की अपेक्षा कई अधिक दर से पदार्थ को अपनी ओर खींचते हैं और प्रचुर मात्रा में ज्योति उत्पन्न करते हैं। इस "सुपर-एडिंगटन" अभिवृद्धि के पीछे का तंत्र सक्रिय अनुसंधान का विषय है।

पारंपारिक मानक अभिवृद्धि चक्रिका प्रतिमान, 1970 में विकसित किया गया, जिसमें यह कल्पना की गई कि चक्रिका ज्यामितिय रूप से दुबली, दृष्टिगत रूप से मोटी होती है जहाँ ऊर्जा, पदार्थ सर्पिलाकार गिरने से अच्छे से विकिरित होती है। यह प्रतिमान अधिकतर कृष्ण विवर एक्स-रे द्विआधारी एवं सक्रिय गांगेय नाभिकों के लिए अच्छा कार्य करता है किंतु यह ULX क्षेत्र में कार्य करने में असफल होता है। इस प्रकार के उच्च अभिवृद्धि दरों पर, विकिरण दबाव- जो कि बाहर जाने वाले फोटोन्स द्वारा लगाया गया बल है प्रभावशाली हो जाता है और चक्रिका ज्यामितिय रूप से मोटी संरचना में फूलती है। इन परिस्थितियों के भीतर फोटोन्स फंस सकते हैं और प्रवाह के साथ अंदर की ओर स्थानांतरित हो सकते हैं और उसका नेतृत्व कर सकते हैं जिसे विचारक दुबली चक्रिका के रूप में संदर्भित करते हैं। इसके अलावा, प्रबल विकिरण-संचालित पवनों को चक्रिका की सतह से प्रक्षेपित किया जा सकता है, जो विकिरण को दिप्तिमान कर सकती है, जिससे स्रोत वास्तविकता से अधिक चमकीला दिखाई देता है। किस प्रकार से ULXs अपनी अत्यधिक ज्योति को बनाए रखते हैं, इसके प्रतिमान के लिए विकिरण दबाव, फोटोन ट्रैपिंग एवं द्रव्यमान बहिर्वाह के बीच की अन्योन्यक्रिया को समझना महत्त्वपूर्ण है।

स्पेक्ट्रोस्कोपिक रूप से, ULXs एक और रहस्यमयी विशेषता दर्शाते हैं और वो है उनके एक्स-किरण स्पेक्ट्रा में लगभग 10 keV पर विशिष्ट स्पेक्ट्रल वक्रता अथवा कटऑफ, ये मानक अभिवृद्धि कृष्ण विवरों में देखे जाने वाले साधारण पावर-लॉ सातत्य से भिन्न होती है। कई व्याख्याएँ प्रस्तुत की गई है। यह वक्रता संभवतः सघन, शीतल कोरोना में ऊष्मीय/तापीय कॉम्पटनाइज़ेशन के कारण उत्पन्न होती है, जो चक्रिका को आच्छादित करती है अथवा दृष्टिगत रूप से मोटी पवनों में विकिरण की पुर्नप्रकिया से उत्पन्न होती है। वैकल्पिक रूप से, यह एक पतली चक्रिका की आंतरिक संरचना को भी दर्शा सकती है, जहाँ जटिल विकिरणी स्थानांतरण प्रभावों के कारण स्थानीय उत्सर्जन स्पेक्ट्रम साधारण कृष्णिका से विचलित हो जाता है। जिन स्रोतों में स्पंदनों की खोज की गई हैं, उनमें यह वक्रता संभवतः न्यूट्रॉन सितारे की सतह के पास चुंबकीय क्षेत्र की संरचना के निशान भी दिखा सकती है। शायद गैर-तापीय उत्सर्जनों से उत्पन्न होने वाले निशान जैसे कि सिंक्रोट्रॉन विकिरण।

विगत शतक से हो रही उल्लेखनीय प्रगति के बावजूद भी, ULXs निरंतर रूप से जितने प्रश्नों का उत्तर दे रहे हैं, उनसे कई ज्यादा प्रश्नों का निर्माण कर रही हैं। ये रहस्यमय पिंड सामान्य रूप से तारों का निर्माण करने वाली आकाशगंगाओं में पाए जाते हैं, जिससे यह संकेत मिलता है कि सक्रिय तारकीय विशाल आण्विक बादल (नर्सरी) एवं ULXs के जन्म के बीच कोई गहरा संबंध हो सकता है। परंतु इस संबंध का निश्चित स्वरूप अब तक अस्पष्ट है। क्या ऐसे पर्यावरणों में स्थित विशालकाय एवं अल्पजीवी तारे स्वाभाविक रूप से उन संहत इंजनों में विकसित हो जाते हैं जो ULXs को बल प्रदान करते हैं, या फिर धात्विकता एव द्विआधारी विकास जैसे कारक अधिक महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं? इसी प्रकार, सब (sub) एडिंगटन एवं सुपर (Super) एडिंगटन अभिवृद्धि अवस्थाओं के बीच परिवर्तन, प्रवाही पदार्थों को आकार देने एवं बीम करने में प्रबध चुंबकीय क्षेत्रों का प्रभाव, तथा बहिर्वाहों और उत्सर्जन क्षेत्रों की वास्तविक ज्यामिति भी उतनी ही रहस्यमय बनी हुई हैं। क्षितिज पर **NewAthena**, जैसी आगामी पीढ़ी के एक्स-रे वेधशालाओं के साथ खगोलविज्ञानी ULX के स्पेक्ट्रा और परिवर्तनशीलता के सूक्ष्म विवरण उजागर करने के लिए तैयार हैं — ऐसी अंतर्दृष्टि जो अंततः यह बता सकती है कि कैसे ये ब्रह्मांडीय शक्तियां पारंपरिक अभिवृद्धि भौतिकी की सीमाओं को खिंचने एवं शायद उन्हें फिर से लिखने में कामयाब होती हैं।



चित्र 1 : कलाकार द्वारा बनाया गया अल्ट्राल्युमिनियस एक्स-किरण स्रोत (ULX) का चित्र ,जहाँ तप्त गैस की धाराएँ शक्तिशाली चुंबकीय क्षेत्रों द्वारा न्यूट्रॉन तारे की सतह पर निर्देशित होती हैं। तीव्र चुंबकीय क्षेत्रों एवं अत्यधिक उच्च अभिवृद्धि दरों का संयोजन इन प्रणालियों को चिरसम्मत एडिंगटन सीमा की चमक से भी अधिक प्रतीत होने वाली चमक प्राप्त करने में सहायता करता है। श्रेय: NASA/JPL-Caltech

शोध प्रबंध सारांश

द्विआधारी अभिवृद्धि-संचालित एक्स-रे पल्सारों से बीमित उत्सर्जन की जाँच

- परीसी शिर्के

अभिवृद्धि-संचालित चुंबकीय न्यूट्रॉन सितारे यानी, एक्स-रे पल्सार तारों के मॉडल स्पंदन-आकृतियों के संख्यात्मक सिम्युलेशन की जांच, थीसिस दृढ़ता से प्रस्तुत करता है। एक नया, पूरी तरह से व्यापक, कस्टम संख्यात्मक सिम्युलेटर विकसित किया गया है, जो सभी असमदैशिक, थर्मल, वैक्यूम, विस्तारित ज्यामितीय उत्सर्जन और सामान्य सापेक्ष प्रभावों का अभ्यास करता है। पल्सार तारों के मॉडल उत्सर्जन किरणों का उपयोग करते हुए, अध्ययन में शामिल हैं (i) बीमिंग कोणों की पूरी श्रृंखला, (ii) बिंदु हॉटस्पॉट के लिए एक अद्यतन सामान्य सापेक्ष प्रकाशों का मुड़ना और गुरुत्वीय लाल-विस्थापन, (iii) पल्सार के ध्रुवीय भागों पर विस्तारित गोलाकार उत्सर्जन का समग्र सतह एकीकरण, (iv) आंशिक संक्षिप्त तारकीय सतह के पूरे अवधि का विस्तार तक नापन। सैद्धांतिक पूर्णता और संदर्भ आधार के लिए, इस उपचार को समदैशिक, समान उत्सर्जकों पर भी लागू किया गया है। सिम्युलेशन की तुलना एस्ट्रोसैट अंतरिक्ष अभियान के साथ उपलब्ध हुए, सेंटॉरस एक्स-३ नामक एक मॉडल पल्सार के मौजूदा एक्स-रे सामयिक अवलोकनों के साथ की गयी है। इस अभ्यास को प्रणालीगत निष्कर्ष निकालने के लिए भी उलट दिया गया है, जो पल्सार सिम्युलेशन में प्रकाशों के मुड़ने के प्रभाव का समावेश के महत्व को दर्शाता है। वर्तमान में एक्स-रे किरणों के ध्रुवीय अनुसंधान रुझानों को देखते हुए, ध्रुवीकरण-विघटित अध्ययनों के लिए इस काम के संभावित विस्तार को अवधारणा-के-प्रमाण के रूप में विस्तार से रेखांकित किया गया है। समृद्ध खगोलभौतिकी प्रयोगशालाओं के रूप में पल्सार तारों के वादे का लाभ उठाते हुए, गैर-स्थानीय थर्मोडायनामिक संतुलन स्थितियों में एक गर्म, चुंबकीय प्लाज्मा के लिए मुक्त-मुक्त गौंट कारकों की गणना की गयी है, जिसमें मॉडल पल्सार वायुमंडल में पाए जाने वाले असमदैशिक प्रभाव भी शामिल हैं। उपरोक्त गणना परिणामों को स्रोत पल्सार विन्यास की एक व्यापक श्रृंखला के लिए थीसिस में प्रदान किया है। इस तरह के शोध का उद्देश्य, मौजूदा पेंसिल और पंखा आकारों के तेजकिरणों के पतन को संबोधित करने की दिशा में एक कदम उठाना है और अंततः तीव्रता के संपूर्ण क्रमों पर विविध दोहरे अभिवृद्धि-संचालित एक्स-रे पल्सार तारों में स्पंदन-आकृतियों का गठन, स्पेक्ट्रा और ध्रुवीकरण के लिए एक एकीकृत सिद्धांत की ओर है।

शोध प्रबंध सारांश

आकाशगंगीय पैमाने पर एजीएन द्वारा प्रेरित प्रवाहों के प्रभावों का अनुकरण करना और उनके प्रेक्षणीय संकेतों की भविष्यवाणी करना।

- मीनाक्षी

सक्रिय गांगेय नाभिक (AGN) द्वारा संचालित जेट और पवन विशाल आकाशगंगाओं में सामान्य रूप से देखी जाती हैं, किंतु इनकी मेजबान आकाशगंगा के अंततारकीय माध्यम (Interstellar Medium – ISM) के साथ परस्पर क्रिया को अभी तक स्पष्ट रूप से

समझा नहीं जा सका है। युवा और सघन स्रोतों में, रेडियो उत्सर्जन के प्रमुख तंत्र की पहचान करना विशेष रूप से चुनौतीपूर्ण होता है। यह शोधप्रबंध AGN-प्रेरित जेट और पवनों का एक व्यापक अध्ययन प्रस्तुत करता है, जिसमें अनुकरणों और प्रेक्षणों को जोड़कर उनके प्रभाव को बेहतर ढंग से समझने का प्रयास किया गया है।

जेट-अंतरतारकीय माध्यम (I S M) अंतःक्रियाओं के विस्तृत अनुकरणों का उपयोग करते हुए, सक्रिय गांगेय नाभिक (AGN) द्वारा प्रेरित आयनीकरण, उत्सर्जन, और प्रघात तप्त गैस की गतिशीलता का अध्ययन किया। हमने पाया कि जेट घनी गैस को व्यापक रूप से प्रघात आयनित कर सकते हैं, विशेषकर जब वे गांगेय चक्र की ओर झुके हों, और साथ ही विकिरण के प्रसार हेतु केंद्रीय क्षेत्रों को साफ कर देते हैं। जेट आगे चलकर बड़े पैमाने पर गैसीय बहिर्वाह और नाभिकीय क्षेत्र में उच्च वेग विक्षेपण उत्पन्न करते हैं, हालांकि यह प्रभाव तब कमजोर पड़ जाता है जब जेट मेजबान आकाशगंगा से बाहर निकल जाते हैं और गैस पुनः गुरुत्वाकर्षणीय साम्यावस्था में स्थिर हो जाती है।

हमने RMHD अनुकरणों का उपयोग करके प्रक्षुब्ध चुंबकीय क्षेत्रों में सापेक्षिक जेट्स एवं विस्तृत-कोणीय पवनों का अन्वेषण किया। जेट्स एवं पवनों ने भिन्न गतिशील एवं उत्सर्जन विशेषताओं को दर्शाया: जेट्स सघन, दिप्त, धुव्रित तप्त बिंदुओं को उत्पन्न करते हैं जबकि पवन दिप्त चापों के साथ विस्तृत धुव्रित स्तंभों को दर्शाते हैं। निम्न विभेदन पर, जेट एवं हल्की पवनों का उत्सर्जन समान प्रतीत हो सकता है, यद्यपि ध्रुवीकरण वितरण अपेक्षाकृत सशक्त रहता है। हमने ब्रह्मांडीय किरण इलेक्ट्रॉनों (CRE) के गतिशील और स्पेक्ट्रल विकास का भी अध्ययन किया। जेट में, ये (CRE) इलेक्ट्रॉन तप्त बिंदुओं (हॉटस्पॉट) तक पहुँचने से पहले बार-बार प्रघात त्वरण से गुजरते हैं, जिसके परिणामस्वरूप अग्रभाग के पास समतल स्पेक्ट्रा और लोब्स में अधिक तीव्र सूचकांक उत्पन्न होते हैं। पवनों में, CRE मुख्यतः माख डिस्क पर प्रघात पार करते हैं, जिससे दूरी बढ़ने के साथ-साथ, विशेषकर उच्च आवृत्तियों पर, क्रमिक रूप से तीव्र होते स्पेक्ट्रा दिखाई देते हैं।

समग्र रूप से, यह शोधप्रबंध AGN के बहिर्वाह और ISM के बीच की अंतःक्रियाओं का विस्तृत अन्वेषण प्रस्तुत करता है। यह जेट और पवनों के बीच गतिशीलता, उत्सर्जन, तथा रेडियो स्पेक्ट्रा में प्रमुख भिन्नताओं को उजागर करता है और भविष्य के उच्च- विभेदन प्रेक्षणों के लिए संभावित निहितार्थों को रेखांकित करता है।

शोध प्रबंध सारांश

ग्रैविटेशनल लेन्सिंग इन गैलेक्सी क्लस्टर

- अमित कुमार

सघन पर्यावरणों में उपग्रह आकाशगंगाओं का विकास किस प्रकार से होता है और वे क्षेत्र में वियोजन में विकसित हो रहे केंद्रीय आकाशगंगाओं से किस प्रकार से अलग होती हैं, यह आकाशगंगा विकास के मुख्य प्रश्नों में से एक है। केंद्रीय आकाशगंगाओं के लिए, आकाशगंगा का द्रव्यमान प्राथमिक गुणधर्म है जिसका सहसंबंध उसकी गुणविशेषताओं से होता है और जो उसके विकास का संचालन करता है। इसलिए क्षेत्र में पृथक्कृत विकसित होने वाली समान आकाशगंगाओं के साथ उपग्रह आकाशगंगाओं की चारों ओर होने वाले द्रव्य वितरण की तुलना करने से हमें उपग्रह आकाशगंगाओं के पर्यावरणीय पोषण एवं उनके विकास पर होने वाले इसके प्रभाव का पता चलता है।

गुरुत्वीय लेंसिंग द्रवस्थैतिकी संतुलन का आरंभ किए बिना अथवा तारकीय वेग विक्षेपण विषमदैशिकता के बिना आकाशगंगाओं के चारों ओर के द्रव्यमान वितरण का प्रत्यक्ष मापन प्रदान करता है। इस शोध प्रबंध में, मैंने सुबारु हाइपर सुप्रिम कैम सर्वे से क्षीण लेन्सिग तालिका का उपयोग निम्नलिखित कार्यों के लिए किया है: क) उपग्रहों के (उप) हैलो द्रव्यमानों का अनुमान करने एवं उनकी तुलना क्षेत्रीय

आकाशगंगाओं के नियंत्रित नमूने से करना, ख) इन उप प्रभामंडल द्रव्यमानों के विकास पर आकाशगंगा तारा पुंजों में सघन पर्यावरण के प्रभाव को निर्धारित करना, ग) उपग्रहों के लिए उनके प्रेक्षणीय आकाशगंगा गुणधर्मों के साथ उप प्रभामंडल द्रव्यमानों के बीच संबंध स्थापित करना जैसे कि मेजबान तारापुंजों की प्रचुरता पर उनकी निर्भरता के अलावा उनकी ज्योति एवं तारकीय द्रव्यमान, घ) पहली बार, उन आकाशगंगाओं की समष्टि पर मजबूत प्रेक्षणात्मक ऊपरी सीमा रखना जिन्होंने अपना संपूर्ण अदीप्त द्रव्यमान खोया है। मैंने इसकी भी खोज की कि किस प्रकार अनुरुपणों में विकास एवं आकाशगंगा निर्माण के अग्रणी आनुभविक प्रतिमान से ये निष्कर्ष पूवर्नानुमानों के साथ सरेखित होते हैं, जिससे सफलताओं एवं सुधार की आवश्यकता होने वाले दोनों क्षेत्रों को चिन्हांकित किया जा सके।

शोध प्रबंध सारांश

आकाशगंगाओं में तारा निर्माण पर सक्रिय आकाशगंगा केन्द्र (AGN) प्रेरित बहिर्वाहों का प्रभाव

- अंकुश मंडल

आकाशगंगाओं के केंद्र में होने वाले विशालकाय कृष्ण विवर (एसएमबीएचएस) केवल निष्क्रिय बृहत् नहीं होते बल्कि शक्तिशाली इंजन होते हैं जो उनकी मेजबान आकाशगंगाओं के जीवन चक्र को आकार देते हैं। जैसे जैसे वे आसपास के पदार्थों को खींच लेने के कारण अपरिमित ऊर्जा छोड़ते हैं वैसे-वैसे वे अक्सर जेट्स के रूप में नाटकीय बहिर्वाह का संचालन कर सकते हैं। यह ऊर्जा आसपास की गैस को तप्त बनाती हैं और नवीन पदार्थों के प्रवाह को धीमा बनाती हैं। यह प्रक्रिया आकाशगंगा द्वारा निर्माण किए जाने वाले नए सितारों की संख्या को नियंत्रित करती है।

आकाशगंगा के भीतर लघु पैमानों पर सक्रिय कृष्ण विवरों से निकलने वाले पवन एवं जेट्स गैस को विलोड़ित एवं विछिन्न कर सकते हैं, उन स्थितियों में परिवर्तन करते हैं जिनके अंतर्गत सितारों का निर्माण होता है। क्योंकि तारों का निर्माण यह प्रक्षोभ तथा स्थानीय गैस गुणधर्मों के प्रति अत्यधिक संवेदनशील होता है, इसलिए उसे उन प्रतिमानों की आवश्यकता होती हैं जो सामान्य अनुमानों से परे हो।

इस कार्य में, मैंने गुरुत्व एवं सितारों के निर्माण को अत्यधिक वास्तविकता से प्रग्रहण करने के लिए PLUTO अनुरुपण कोड में नए साधनों के साथ प्रक्षोभ के लिए कारक होने वाले तारों के निर्माण के लिए सुधारित प्रतिमान विकसित किया है। ये नवीनतम मार्ग कृष्ण विवर-संचालित बहिर्वाह किस प्रकार आकाशगंगाओं को प्रभावित करते हैं इसका विस्तृत रूप से अध्ययन करना संभव बनाते हैं।

हमारे अनुरुपण दर्शाते हैं कि इन बहिर्वाहों का प्रभाव जटिल और अक्सर विपरित होता है। बड़े पैमानों पर वे गैस को तप्त कर सकते हैं एवं उनमें विक्षोभ निर्माण सकते हैं, सितारों के निर्माण को घटा सकते हैं (नकारात्मक पुनर्भर)। उसी समय, बहिर्वाह से उत्पन्न प्रघात कुछ विशेष क्षेत्रों में गैस को संपीड़ित कर सकते हैं, ऐसी परिस्थितियों का निर्माण कर सकते हैं जिससे नए सितारों के निर्माण की प्रक्रिया शुरु होती है (सकारात्मक पुनर्भर)।

इसका यह अर्थ है कि एकल आकाशगंगा एक ही समय पर सितारों के निर्माण का अवरोध एवं संवर्धन दोनों का अनुभव कर सकती है, जो स्थान एवं पैमानें पर आधारित होता है।

कुल मिलाकर निष्कर्ष यह उद्घटित करते हैं कि कृष्ण विवर आकाशगंगाओं को रहस्यपूर्ण एवं बहुआयामी तरीकों से आकार देते हैं, जिसके लिए ब्रह्मांडीय विकास में उनकी भूमिका को वास्तविक रूप से समझने के लिए सावधानता से प्रतिमान की आवश्यकता होती हैं।

शोध प्रबंध सारांश

एस्ट्रोसैट के माध्यम से बहु-तरंगदैर्ध्य प्रेक्षणों का उपयोग करते हुए सक्रिय गांगेय नाभिकों में अभिवृद्धि चक्रिका की गहराई से जांच

- श्रावणी कुमार

सक्रिय गांगेय नाभिक ब्रह्मांड की सबसे दीप्तिमान वस्तुओं में से एक हैं। इनकी उत्सर्जन सीमा रेडियो तरंगों से लेकर γ-किरणों तक के विद्युतचुंबकीय स्पेक्ट्रम के लगभग पूरे क्षेत्र में फैली होती है। रेडियो-शांत (radio-quiet) AGN के स्पेक्ट्रल ऊर्जा वितरण (SED) में प्रमुख उत्सर्जन घटक हैं — बड़ा नीला उभार,/ककुद (लगभग 1000 Å से 1 μm तक), अवरक्त उभार,/ककुद प्राथमिक एक्स-रे सातत्यक (लगभग 100 keV पर कटऑफ), और एक्स-रे परावर्तन (कॉम्पटन हंप और लौह उत्सर्जन रेखाएँ)।

कई सैफर्ट-1 (Seyfert 1) आकाशगंगाओं में 2 keV से नीचे पावर-लॉ उत्सर्जन से अधिक एक अतिरिक्त उत्सर्जन देखा गया है, जिसे "सॉफ्ट एक्स-रे एक्सेस" (Soft X-ray Excess) कहा जाता है। हालांकि, उत्सर्जन क्षेत्रों की ज्यामिति और वहाँ घटित होने वाली भौतिक प्रक्रियाओं के संदर्भ में SED को अभी तक पूरी तरह समझा नहीं जा सका है। इस शोधप्रबंध में, हमने AstroSat/UVIT की सहायता से आठ सैफर्ट-1 आकाशगंगाओं के आंतरिक पराबैंगनी सातत्यक स्पेक्ट्रम का अध्ययन किया।

हमने बाह्य और आंतरिक विलोपन, मेजबान आकाशगंगा के योगदान, तथा विस्तृत और संकीर्ण रेखा क्षेत्रों के लिए प्रेक्षित स्पेक्ट्रम को संशोधित किया। हमने आंतरिक UV सातत्यक की तुलना में मानक अभिवृद्धि चक्रिका प्रतिमान का परीक्षण किया और पाया कि स्पेक्ट्रा मानक चक्रिका प्रतिमान के अनुरूप हैं।

इसके अतिरिक्त, हमने चार AGN के व्यापक-बैंड SED का प्रतिमान तैयार किया, जिसमें UVIT और SXT के एक साथ लिए गए स्पेक्ट्रल डेटा का उपयोग किया गया, ताकि SED घटकों के बीच संबंधन की जांच की जा सके। हमने पाया कि NGC 7469 में "सॉफ्ट एक्स-रे एक्सेस" का संभावित स्रोत के रूप में उष्ण कॉम्पटनाइजेशन हो सकता है।

SWIFT J1835.0+3240 में, हमने उच्च-मृदु अवस्था से मंद-कठोर अवस्था में स्पेक्ट्रल अवस्था संक्रमण देखा। हमने आवरणहीन सेफर्ट 1 फेयरॉल 9 के ब्रॉडबैंड एसईडी का अध्ययन भी किया। हमने कृष्ण विवर स्पिन > 0.87 पाया।

हमने ऐस्ट्रोसैट पर स्थित सभी चार सह-संरेखित उपकरणों का उपयोग करते हुए सैफर्ट-1.5 आकाशगंगा NGC 4151 के व्यापक-बैंड SED (कठोर एक्स-रे से पराबैंगनी तक) का अध्ययन किया। हमने पाया कि पराबैंगनी (UV) में विलोपन से संबंधित स्तंभ घनत्व एक्स-रे में अवशोषण से संबंधित घनत्व की तुलना में 100 गुना छोटा है। यह असंगति दृष्टि रेखा के साथ या तो भारी एवं भद्दी अस्पष्ट भौतिक संरचना या द्वि-प्रावस्था अस्पष्ट भौतिक संरचना की उपस्थिति से समझी जा सकती है। सातत्यक में परिवर्तन आंतरिक सातत्यक और आंतरिक विलोपन में होने वाले परिवर्तनों के संयुक्त प्रभाव का परिणाम प्रतीत होता है।

शोध प्रबंध सारांश

गुरुत्वाकर्षण तरंग उत्सर्जन के विभिन्न पहलुओं के अध्ययन में बहु-विषयक भौतिकी एवं उसके अनुप्रयोगों का उपयोग करके न्युट्रॉन सितारे की अवस्था समीकरण को बाध्य करना।

- सुप्रोवो घोष

न्युट्रॉन सितारे हमारे ब्रह्मांड के सर्वाधिक सघन खगोलभौतिकी पिंडों में से एक हैं, जो सुपरनोवा के कोर निपात के बाद विशालकाय सितारों के तारकीय विकास के अंत-बिंदु पर उत्पन्न होते हैं। इन संहत पिंडों के कोर में, द्रव्यमान की घनता कई बार नाभिकीय संतृप्ति घनता से अधिक हो सकती है, जो किसी भी वर्तमानीय स्थलीय प्रयोगों की पहुंच से परे है। इसलिए, सैद्धांतिकी प्रतिमानों को सहारा इस प्रकार के उच्च घनता पर नाभिकीय द्रव्यमान का व्यवहार समझने के लिए लेना अत्यावश्यक है। इस प्रकार की उच्च घनता को अक्सर अवस्था समीकरण के रूप में वर्णित किया जाता है। इस शोध प्रबंध का मुख्य उद्देश्य विभिन्न घनता क्षेत्रों के बहु-विषयक भौतिकी से अंर्तदृष्टियों को मिलाकर इस दुर्लभ्य अवस्था समीकरण को सीमित करना है- न्युनतम घनताओं पर काइरल प्रभाव क्षेत्र सिद्धांत, मध्यवर्ती घनताओं पर नाभिकीय प्रयोग एवं दीर्घ-आयन संघट्ट एवं उच्च घनताओं पर न्युट्रॉन सितारों के बहु-संदेशवाहक खगोलभौतिकीय प्रेक्षण। सापेक्षिक माध्य क्षेत्र प्रतिमान का उपयोग करके, नाभिकीय भौतिकी एवं हाइपरसोनिक अवस्था समीकरण दोनों बैसियन योजना के साथ व्यवरुद्ध होते हैं, एनएस प्रेक्षणों के साथ नाभिकीय संतृप्ति मापदंडों को जोड़ा गया है।

Gw170817 जैसे द्विआधारी न्युट्रॉन सितारे विलयन में ज्वारीय विरुप्यता मापदंडों से व्यवरुद्ध अवस्था समीकरण से परे यह शोध प्रबंध न्युट्रॉन सितारे भीतर के अतिरिक्त गुरुत्वाकर्षण-तरंग संकेतों का अन्वेषण करता है। विशेष रूप से,यह संभावित नियमित गुरुत्वाकर्षण तरंग स्रोतों के रूप में r-मोड दोलन , चंद्रशेखर-फ्रीडमैन-शुट्ज़ तंत्र के कारण सभी घूर्णन करने वाले न्युट्रॉन सितारों में स्थित अस्थिरता का विश्लेषण करता है। यह कार्य श्यानता जैसे परिवहन गुणधर्मों के माध्यम से सघन द्रव्यमान व्यवहार व्यवरुद्ध करने पर विचार करता है, जो दोलन तरीकों एवं ज्वारीय ऊर्जा क्षय के अवमंदन को प्रभावित करता है। हम इन्स्पायरल के दौरान न्यूट्रॉन तारे के कोर में स्थित अनोखे द्रव्य की पहचान के लिए ज्वारीय तापन उपयोग करते हुए एक नवीन जांच विधि प्रस्तावित करते हैं। हमें उम्मीद है कि लाइगो-इंडिया, आइंस्टिन टेलीस्कोप, और कॉस्मिक एक्सप्लोरर जैसे वर्तमान और आगामी पीढ़ी के गुरुत्वीय तरंग संसूचक ऐसे संकेतों का पता लगाने में सक्षम होंगे, जिससे अवस्था समीकरण पर अत्यधिक कठोर व्यवरोध लगाए जा सकेंगे तथा न्यूट्रॉन तारों की संरचना एवं विकास के बारे में गहन अंतदृष्टि प्राप्त होंगी।

हिंदी प्रतियोगिता विजेती रचना

ब्रह्मांड में जीवन की तलाश: एक वैज्ञानिक परिप्रेक्ष्य

- निखिल कुमार माहेश्वरी

प्रस्तावना :

मनुष्य सभ्यता के आरंभ से ही आकाश की ओर देखती रही है और यह प्रश्न करती रही है कि—**"क्या हम ब्रह्मांड में अकेले हैं?"**

यह प्रश्न केवल दार्शनिक नहीं, बल्कि वैज्ञानिक दृष्टि से भी अत्यंत महत्वपूर्ण है। यदि जीवन केवल पृथ्वी तक सीमित नहीं है, तो यह हमारे ब्रह्मांड की समझ, हमारी सभ्यता और भविष्य की दिशा को बदल सकता है। आधुनिक खगोल विज्ञान और खगोल भौतिकी ने इस प्रश्न

को केवल कल्पना के स्तर से निकालकर ठोस शोध और प्रयोगों के स्तर पर ला खड़ा किया है।

ब्रह्मांड जितना विशाल, प्रश्न उतना ही गहरा:
क्या जीवन केवल पृथ्वी का विशेषाधिकार है?

जीवन के रहस्यमयी सूत्र

पृथ्वी पर जीवन के अध्ययन से हमें यह समझ मिलती है कि जीवन उत्पन्न होने और पनपने के लिए कुछ बुनियादी परिस्थितियाँ अनिवार्य हैं। इनमें प्रमुख हैं:

पानी: अस्तित्व की साँस

जीवन का सबसे महत्वपूर्ण घटक है पानी। तरल अवस्था में पानी जैव-रासायनिक प्रतिक्रियाओं का माध्यम बनता है। इसलिए वैज्ञानिक उन ग्रहों और उपग्रहों पर विशेष ध्यान देते हैं जहाँ पानी मौजूद हो सकता है।

ऊर्जा का स्रोत

जीवित प्रणाली को अपनी संरचना बनाए रखने और बढ़ने के लिए ऊर्जा चाहिए। यह ऊर्जा सूर्य जैसे तारे से विकिरण रूप में या ग्रह के भीतर रासायनिक क्रियाओं से मिल सकती है।

कार्बनिक अणु

कार्बन-आधारित अणु जैसे अमीनो एसिड और न्यूक्लियोटाइड्स जीवन के निर्माण खंड हैं। यदि ग्रहों पर इन अणुओं का पता चलता है, तो यह जीवन की संभावना को बढ़ा देता है।

ड्रेक समीकरण और फर्मी विरोधाभास:

- **ड्रेक समीकरण:** यह समीकरण हमारी आकाशगंगा में संचार योग्य सभ्यताओं की संभावित संख्या का अनुमान लगाने का प्रयास करता है। यह कई चर पर आधारित है, जैसे कि तारे बनने की दर और जीवन को विकसित होने में लगने वाला समय।
- **फर्मी विरोधाभास:** यह विरोधाभास पूछता है, **"यदि ब्रह्मांड में जीवन इतना आम है, तो फिर वे कहाँ हैं?"** यह हमें यह सोचने पर मजबूर करता है कि जीवन की उत्पत्ति या उसका विकास शायद उतना आसान नहीं है जितना हम मानते हैं।

एक्सोप्लानेट्स: अनदेखी दुनिया की खोज

पिछले दो दशकों में खगोल विज्ञान की सबसे बड़ी उपलब्धियों में से एक रही है—**हज़ारों एक्सोप्लानेट्स (हमारे सौरमंडल से बाहर के ग्रहों) की खोज।**

हैबिटेबल ज़ोन

हर तारे के चारों ओर एक ऐसा क्षेत्र होता है जिसे **"हैबिटेबल ज़ोन"** कहते हैं। यहाँ तापमान ऐसा होता है कि पानी तरल रूप में रह सकता है। TRAPPIST-1, Kepler-452b और Proxima Centauri b जैसे ग्रह इस दृष्टि से अत्यंत महत्वपूर्ण माने जाते हैं।

वायुमंडलीय अध्ययन

नए टेलीस्कोप जैसे **जेम्स वेब स्पेस टेलीस्कोप (JWST)** ने ग्रहों के वायुमंडल में गैसों की संरचना देखने की क्षमता प्रदान की है। यदि वहाँ ऑक्सीजन, मीथेन या ओज़ोन जैसी गैसें पाई जाती हैं, तो यह जीवन का संभावित संकेत हो सकता है।

प्रमाण का अगला कण—
मानव समझ के अगले क्षितिज का द्वार।

सौर मंडल में जीवन की संभावना

सिर्फ़ दूरस्थ ग्रह ही नहीं, हमारे अपने सौर मंडल में भी कई ऐसे खगोलीय पिंड हैं जहाँ जीवन की संभावना पर वैज्ञानिक गंभीरता से शोध कर रहे हैं।

मंगल ग्रह

मंगल पर प्राचीन नदियों और झीलों के प्रमाण मिले हैं। नासा का *Perseverance Rover* वहाँ मिट्टी और पत्थरों के नमूने इकट्ठे कर रहा है ताकि सूक्ष्मजीवों के fossil traces ढूँढे जा सकें।

यूरोपा और एन्सेलाडस

बृहस्पति का उपग्रह **यूरोपा** और शनि का उपग्रह **एन्सेलाडस** अपनी मोटी बर्फीली परत के नीचे तरल महासागर छिपाए हुए हैं। वैज्ञानिक मानते हैं कि वहाँ हाइड्रोथर्मल वेंट्स हो सकते हैं, जो पृथ्वी पर जीवन की उत्पत्ति में महत्वपूर्ण माने जाते हैं।

खोज तकनीकें

- ट्रांज़िट
- रैडियल-वेलोसिटी
- डायरेक्ट इमेजिंग
- माइक्रोलेंसिंग

हैबिटेबल ज़ोन: परिभाषा, सीमाएँ और गलतफ़हमियाँ
वातावरणीय स्पेक्ट्रोस्कोपी

बायोसिग्नेचर गैसें: O_2/O_3, CH_4, CO_2, N_2O

फॉल्स-पॉजिटिव/फॉल्स-नेगेटिव परिदृश्य
प्रमुख प्रणालियाँ (उदाहरणात्मक, बिना दावे): TRAPPIST-1, K2-18, Proxima b

एस्ट्रोबायोलॉजी: जीवन के रहस्यों की अंतरिक्ष-यात्रा

एस्ट्रोबायोलॉजी एक बहु-विषयक क्षेत्र है जो जीवविज्ञान, रसायन विज्ञान, भूविज्ञान और खगोल विज्ञान को जोड़ता है। इसका उद्देश्य है—**जीवन के उद्भव, विकास और ब्रह्मांड में उसकी व्यापकता को समझना।**

चरम परिस्थितियों में जीवन

पृथ्वी पर पाए गए *extremophiles* (वे जीव जो अत्यंत कठोर परिस्थितियों में जीवित रहते हैं) यह दिखाते हैं कि जीवन के लिए परिस्थितियाँ हमारी सोच से कहीं अधिक लचीली हो सकती हैं। उदाहरण के लिए, गहरे समुद्र के ज्वालामुखीय वेंट्स, अम्लीय झीलें या बर्फीले ग्लेशियरों में भी सूक्ष्मजीव पाए गए हैं।

पैनस्पर्मिया सिद्धांत

कुछ वैज्ञानिक मानते हैं कि जीवन की उत्पत्ति पृथ्वी पर नहीं हुई, बल्कि यह उल्काओं या धूमकेतुओं के जरिए यहाँ आया हो सकता है। इस विचार को **पैनस्पर्मिया** कहा जाता है। हालाँकि इस सिद्धांत पर बहस जारी है, परंतु यह परग्रही जीवन की खोज से गहराई से जुड़ा हुआ है।

परग्रही सभ्यताओं की खोज

जीवन की खोज केवल सूक्ष्मजीवों तक सीमित नहीं है। प्रश्न यह भी है कि—क्या कहीं और बुद्धिमान सभ्यता भी हो सकती है?

रेडियो सिग्नल्स और SETI

SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) परियोजना दशकों से ब्रह्मांड से आने वाले रेडियो सिग्नल्स को स्कैन कर रही है। उद्देश्य है किसी कृत्रिम स्रोत का पता लगाना जो परग्रही सभ्यता का प्रमाण हो सकता है।

तकनीकी संकेत (Technosignatures)

हाल के शोध केवल रेडियो तरंगों तक सीमित नहीं हैं। वैज्ञानिक अब ऐसी किसी भी तकनीकी गतिविधि के संकेत खोजने की कोशिश कर रहे हैं, जैसे विशाल ऊर्जा संरचनाएँ (Dyson Spheres) या ग्रहों के वायुमंडल में कृत्रिम रसायन।

नवीनतम तकनीक और भविष्य की दिशा

वर्तमान समय में खगोल विज्ञान और तकनीक का संगम इस खोज को और गति दे रहा है।

"दूर सितारों के सामने से गुज़रती छोटी छाया भी जीवन की कहानी कह सकती है।"

जेम्स वेब स्पेस टेलीस्कोप (JWST)

यह दूरबीन अब तक की सबसे संवेदनशील है। यह न केवल अरबों प्रकाश-वर्ष दूर स्थित आकाशगंगाओं का अध्ययन कर रही है, बल्कि एक्सोप्लानेट्स के वायुमंडल में जीवन से जुड़े संकेत भी ढूँढ रही है।

भविष्य के मिशन

- **Europa Clipper Mission** (NASA, 2024 के बाद) यूरोपा पर बर्फ के नीचे महासागरों का अध्ययन करेगा।
- **LUVOIR और HabEx टेलीस्कोप** भविष्य में सीधे एक्सोप्लानेट्स की तस्वीर खींच सकेंगे।
- **Mars Sample Return Mission** मंगल की मिट्टी को पृथ्वी पर लाकर प्रयोगशालाओं में विश्लेषण करेगा।

दार्शनिक और सामाजिक प्रभाव

यदि हमें परग्रही जीवन का प्रमाण मिलता है, तो इसका प्रभाव केवल विज्ञान तक सीमित नहीं रहेगा। यह मानवता के धार्मिक, दार्शनिक और सामाजिक दृष्टिकोण को भी गहराई से प्रभावित करेगा।

- **धार्मिक दृष्टिकोण:** अनेक परंपराएँ जीवन को पृथ्वी-विशेष मानती हैं; नई खोजें इन धारणाओं को चुनौती देंगी।
- **मानव सभ्यता की स्थिति:** यदि अन्य बुद्धिमान सभ्यताएँ हैं, तो हमें ब्रह्मांड में अपने स्थान का पुनर्मूल्यांकन करना होगा।
- **तकनीकी सहयोग:** परग्रही सभ्यताओं से संपर्क (यदि संभव हो) मानव सभ्यता को नई ऊर्जा और विज्ञान की क्रांतियाँ दे सकता है।

निष्कर्ष : अंतहीन यात्रा की शुरुआत

परग्रही जीवन की खोज केवल एक वैज्ञानिक प्रयास नहीं, बल्कि मानव जिज्ञासा की सबसे बड़ी यात्रा है। आज हम मंगल पर सूक्ष्मजीवों के निशान, यूरोपा के महासागरों की गहराई, एक्सोप्लानेट्स के वायुमंडल और दूरस्थ रेडियो संकेतों में जीवन की संभावनाएँ खोज रहे हैं।

संभव है कि आने वाले दशकों में हमें यह पता चल जाए कि जीवन केवल पृथ्वी तक सीमित नहीं है। और यदि ऐसा हुआ, तो यह खोज मानव इतिहास की सबसे बड़ी वैज्ञानिक उपलब्धि होगी।

खोज केवल वैज्ञानिक घटना नहीं—
सभ्यता का दर्पण भी है।

बेहतर दूरबीनें नहीं, बेहतर प्रश्न—
दोनों साथ हों तो खोज जन्म लेती है।

हिंदी प्रतियोगिता विजेती रचना

ब्रह्मांड की अदृश्य सरंचनाएँ: वैज्ञानिक शोध एवं परिकल्पनाएँ

- डॉ. राजेश कुमार

हमारे चारों ओर जो कुछ भी मौजूद है—जिसे हम महसूस कर सकते हैं या किसी प्रकार से परख सकते हैं— साधारण शब्दों में कहें तो – हमारे अस्तित्व की पृष्ठभूमि, जिसमें समस्त आकाशगंगाएँ , तारे , ग्रहे, पेड़-पौधें, पहाड़ और हम सब शामिल हैं- **ब्रह्मांड या अंतरिक्ष या समष्टि** कहलाता है, अर्थात ये अनंत विस्तारित प्रकृति जिसमे सब कुछ समाहित है|

प्रारम्भ से ही वैज्ञानिक समुदाय यह मानता आया है कि हमारा **ब्रह्मांड (प्रकृति)** "दृश्य" तथा "अदृश्य" पदार्थ से बना है। भारतीय वेदों और ऋषि - मुनियों ने भी ब्रह्मांड की अदृश्यता का उल्लेख किया है और इसे विभिन्न दृष्टिकोणों से समझाया है।

ब्रह्मांड क्या है? यह किससे बना है? इसकी संरचनाएँ क्या हैं? **ब्रह्मांड** का माध्यम (medium) क्या है? और भी अनेक जिज्ञासाएँ एवं प्रश्न है?

प्राचीन काल से लेकर आधुनिक विज्ञान तक, ऐसे प्रश्नों को समझाने के लिए अनेक सिद्धांत दिए गए हैं, जैसे-**ईथर- परिकल्पना:** ईथर को एक अदृश्य, सर्वव्यापी तत्व के रूप में कल्पित किया गया था, जो पूरे ब्रह्मांड में, यहाँ तक कि निर्वात में भी व्याप्त है और संचरण माध्यम के रूप में कार्य करता है|,

उच्च-आयामी सिद्धांत: इस सिद्धांत के अनुसार- हमारे ब्रह्मांड में उच्च-आयामी पदार्थ (तीन से अधिक आयामों वाले) भी हो सकती है, जिन्हें मनुष्य प्रत्यक्ष रूप से देख या अनुभव तो नहीं कर सकते है लेकिन उसके प्रभाव को गुरुत्वाकर्षण, ऊर्जा या अन्य भौतिक घटनाओं में महसूस कर सकते हैं। ये उच्च-आयामी कण या वस्तुएँ हमारी आँखों, इंद्रियों या सामान्य यंत्रों से अदृश्य रूप में ब्रह्मांड मौजूद हैं।

अंतरिक्ष-काल संरचना: अल्बर्ट आइंस्टीन के सापेक्षता सिद्धांत के अनुसार हमारा पूरा ब्रह्मांड अंतरिक्ष-काल (स्पेस-टाइम) की गणितीय संरचना है जिसे घटना (event) कहते है । वैज्ञानिक मानते हैं कि ब्रह्मांड केवल पदार्थ, ऊर्जा और कणों का समूह नहीं है, बल्कि यह पूरा का पूरा एक गणितीय संरचना है। इस संरचना में प्रत्येक घटना की स्थिति स्थान और समय के निर्देशांकों से तय होती है।

फिर भी, ऐसे प्रश्न आज तक स्पष्ट रूप से अनुत्तरित हैं और ब्रह्मांड और उसकी संरचना हमारे लिए अब भी एक रहस्य बना हुआ है।

यदि हम पिछले दशक की दो महत्वपूर्ण वैज्ञानिक शोधों को देखें-

(i) दूरस्थ सुपरनोवा के अवलोकनों द्वारा ब्रह्मांड के तीव्र गति से विस्तार की खोज (for the discovery of the accelerating expansion of the universe through observations of distant supernovae.)

(ii) ब्रह्मांड के विकास और उसमें पृथ्वी की स्थिति को समझने में योगदान (for the contributions to our understanding of the evolution of the universe and Earth's place in the cosmos.)

इन दोनों वैज्ञानिकअनुसंधानों को **भौतिकी का नोबेल पुरस्कार** क्रमशः **2011 और 2019** में प्रदान किया गया है। इन शोधों के निष्कर्ष ने हमारे ब्रह्मांड की वास्तविक संरचना के अनसुलझे पहलुओं के सम्बन्ध में वैज्ञानिक समाधान प्रदान किए है कि- हमारे ब्रह्मांड में **अदृश्य पदार्थ** या **अदृश्य ऊर्जा** बहुताय मात्रा मौजूद है|

हाल के ब्रह्मांडीय -विज्ञान शोध से यह निष्कर्ष निकला है कि:

- केवल लगभग **4-5%** ब्रह्मांड की संरचना उस दृश्य रूप में है जिसे हम देख सकते हैं—जैसे आकाशगंगाएँ, तारे, ग्रह, पेड़-पौधे, पहाड़ और हम सब। ऐसे दृश्य पदार्थ को वैज्ञानिक शब्दों में बेरियोनिक पदार्थ (**Baryonic Matter**) कहते हैं, क्योंकि यह

सामान्य परमाणुओं (इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन और न्यूट्रॉन) से बना होता है। ये वही पदार्थ है जिससे हमारा दैनिक जीवन जुड़ा है और जिसे हम देख सकते है, छू सकते है या महसूस कर सकते है|

- जबकि ब्रह्मांड का लगभग **95-96%** हिस्सा अदृश्य पदार्थ और अदृश्य ऊर्जा के रूप में है, जिसे गैर-बैरियोनिक पदार्थ **(Non-Baryonic Matter)** कहा जाता है। यह एक रहस्यमय और अभी तक पूरी तरह से अज्ञात प्रकृति का पदार्थ/ऊर्जा है। वैज्ञानिक इसे डार्क मैटर एवं डार्क एनर्जी कहते है।

डार्क मैटर ऐसा अदृश्य पदार्थ है जिसे हम सीधे देख या छू नहीं सकते। यह प्रकाश को न तो परावर्तित, न अवशोषित और न ही उत्सर्जित करता है। इसी कारण यह "डार्क" कहलाता है। यह गुरुत्वाकर्षण के माध्यम से तो परस्पर क्रिया करता है, लेकिन प्रकाश के साथ नहीं करता, इसी कारण इसका प्रत्यक्ष अवलोकन नहीं किया जा सकता है। जब खगोलशास्त्रियों ने आकाशगंगाओं की गति देखी तो पाया कि सितारों की घूमने की गति, केवल दृश्य पदार्थ से समझाई नहीं जा सकती, जिसका तात्पर्य है कि वहाँ काफी मात्रा में कोई छिपा हुआ अदृश्य पदार्थ मौजूद है, जो गुरुत्वाकर्षण बल से सबको बांधकर रखता है| वैज्ञानिकों के अनुसार ब्रह्मांड के कुल द्रव्य (Mass) का लगभग 27% हिस्सा डार्क मैटर है।

डार्क एनर्जी एक ऐसी अदृश्य ऊर्जा या एक अज्ञात शक्ति है, जो पूरे ब्रह्मांड में फैली हुई है और उसके लगातार तेज़ी से फैलने कारण है। गुरुत्वाकर्षण, जो वस्तुओं को एक-दूसरे की ओर खींचता है, के विपरीत, डार्क एनर्जी को एक गुरुत्वाकर्षण प्रतिरोधी या "ऋणात्मक दाब" माना जाता है, जो ब्रह्मांड के विस्तार को सबसे बड़े पैमाने पर त्वरित कर रही है। इसकी प्रकृति को वैज्ञानिक अभी पूरी तरह नहीं समझ पाए हैं और न ही इसे प्रत्यक्ष रूप से खोजा जा सका है। खगोलशास्त्री अपने अध्ययन में इसे प्रायः एक 'कॉस्मोलॉजिकल नियतांक ' या एक गतिशील ऊर्जा क्षेत्र जैसे फैंटम (phantom), क्विंटसेंस (quintessence), k-एसेंस (k-essence), टेक्यान (tachyon) आदि के रूप में परिभाषित करते है। हाल के खगोल भौतिकी शोध आंकड़े के अनुसार ब्रह्मांड की कुल ऊर्जा का लगभग 68% हिस्सा डार्क एनर्जी है। **डार्क एनर्जी स्पेक्ट्रोस्कोपिक इंस्ट्रूमेंट (DESI)** हाल ही में वर्ष 2021 में शुरू हुई एक प्रेक्षणात्मक शोध परियोजना है, जिसका उद्देश्य ब्रह्मांड के प्रसार पर डार्क एनर्जी के प्रभाव को मापना है। इसका उद्देश्य ब्रम्हाण्ड में लाखों आकाशगंगाओं और क्वासारों (quasars) के ऑप्टिकल स्पेक्ट्रा का अवलोकन कर लगभग 11 अरब प्रकाश वर्ष तक फैला हुआ एक त्रिआयामी नक्शा तैयार करना है, जिसमें हमारे निकटवर्ती ब्रह्मांड से लेकर दूरस्थ क्षेत्रों तक की संरचनाएँ सम्मिलित होती हैं।

ब्रह्मांड विज्ञान अभी अपने शुरुआती चरणों में है और वैज्ञानिक हर नए सिद्धांत/खोज के साथ और गहराई में उतरते जा रहे है | विभिन्न शोधों, सिद्धांतों और परिकल्पनाओं के बावजूद, आज भी ब्रह्मांड की वास्तविक संरचना और उसमे मौजूद पदार्थ, वैज्ञानिक समुदाय के लिए एक गहरा रहस्य बना हुआ है। विज्ञान की इस अनंत यात्रा में वैज्ञानिक लगातार ब्रह्मांड की अदृश्य संरचनाओं को विभिन्न दृष्टिकोणों से जानने का प्रयास कर रहे हैं।

हिंदी प्रतियोगिता विजेती रचना

सौरमंडल में अराजकता

- स्वप्नील प्रभुदेसाई

पहली नज़र में सौरमंडल सुसंगठित/अनुशासित और पूर्वानुमेय प्रतीत होता है। ग्रह, सूर्य के चारों ओर, लगभग दीर्घवृत्ताकार (Elliptical) कक्षाओं में, केपलर के नियमों के अनुसार चक्कर लगाते हैं | न्यूटन के गति और गुरुत्वाकर्षण के नियमों ने इस निर्धारित दृष्टिकोण को और मज़बूत किया।

सदियों तक खगोलविदों ने सौरमंडल को एक यांत्रिक घड़ी की तरह समझा। लेकिन आधुनिक शोधों ने इस ब्रह्मांडीय प्रणाली में एक आश्चर्यजनक पहलू उजागर किया — अव्यवस्थित गतिकी/अराजक गतिकी (Chaotic Dynamics) | अराजकता (Chaos), गणितीय भौतिकी की एक शाखा है जो अत्यधिक संवेदनशील प्रणालियों का

अध्ययन करती है। इन प्रणालियों में प्रारंभिक स्थितियों में थोड़े से अंतर से, बड़े पैमाने पर बदलाव आ सकते हैं। इसे ही "बटरफ्लाई इफेक्ट" के नाम से जाना जाता है। सौरमंडल, हालांकि निर्धारित नियमों से नियंत्रित है, लेकिन अराजक (Chaotic) व्यवहार दर्शाता है।

अराजकता का स्रोत खगोलीय पिंडों के बीच गुरुत्वाकर्षणीय प्रभावों में छिपा है। एक ग्रह का सूर्य के चारों ओर भ्रमण करना स्थिर और पूर्वानुमेय होता है। लेकिन जब दो से अधिक पिंड आपस में गुरुत्वीय रूप से प्रभाव डालते हैं, तो प्रणाली जटिल हो जाती है। इसे खगोल भौतिकी में N-बॉडी समस्या कहा जाता है। N>2 के लिए कोई सामान्य विश्लेषणात्मक हल (General Analytical Solution) उपलब्ध नहीं है। अनेक पिंडों की प्रणाली में समय के साथ छोटे-छोटे व्यवधान जमा होते रहते हैं। ये व्यवधान दीर्घकालीन अनिश्चितता को जन्म देते हैं।

उदाहरण के लिए, बृहस्पति और शनि के बीच 5:2 कक्षीय अनुनाद (Orbital Resonance), सौरमंडल की अराजकता का एक स्रोत है। कक्षीय अनुनाद तब होता है जब दो ग्रहों की कक्षाएँ ऐसी हों कि वे नियमित समयांतराल पर एक दुसरे पर गुरुत्वीय प्रभाव डालें, आमतौर पर जब उनके कक्षीय काल (Orbital periods) का अनुपात (Ratio) छोटे पूर्णांकों में हो। ऐसे अनुनाद ग्रहों की कक्षाओं को स्थिर भी कर सकते हैं और अस्थिर भी; यह इस पर निर्भर करता है कि ग्रह कैसे आपस में प्रभावित हो रहे हैं।

बृहस्पति और शनि लगभग 5:2 माध्य गति अनुनाद (Mean Motion Resonance) में हैं, यानी: जब बृहस्पति सूर्य की 5 परिक्रमाएँ पूरी करता है, तब शनि लगभग 2 करता है। यह पूर्ण अनुनाद नहीं है (जैसे प्लूटो और नेपच्यून के बीच 3:2 अनुनाद है), लेकिन यह पूर्ण अनुनाद से इतना निकट है कि इन दो ग्रहोंके दीर्घकालिक गुरुत्वीय प्रभावों को महत्वपूर्ण बना देता है। बृहस्पति का कक्षीय काल 11.86 पृथ्वी-वर्ष है, और शनि का 29.46 पृथ्वी-वर्ष | अतः अनुपात होगा 2.48, जो 2.5 (या 5:2) के बहुत करीब है।

इस अनुपात के कारण ये दोनों ग्रह नियमित रूप से एक-दूसरे को गुरुत्वाकर्षण खिंचाव देते हैं, जिससे उनके बीच की क्रिया-प्रतिक्रिया दीर्घकाल में प्रभावशाली हो जाती है। बृहस्पति और शनि के बीच का यह अनुनाद सौरमंडल में कई प्रभाव डालता है; कुछ स्थायित्वकारी और कुछ अराजक। बृहस्पति और शनि की कक्षाओं में छोटे परिवर्तन भी अन्य ग्रहों (जैसे पृथ्वी या मंगल) को प्रभावित कर सकते हैं। इन प्रभावों से लंबी अवधि की अराजकता उत्पन्न होती है, जो करोड़ों वर्षों में ग्रहों की गति को अनिश्चित बना सकती है।

19 वीं सदी में हेनरी प्वांकारे (Henri Poincare) ने पहली बार खगोलीय अराजकता की संभावना को दर्शाया। उन्होंने तीन-पिंड समस्या (Three-Body Problem) पर कार्य करते हुए अराजकता सिद्धांत की नींव रखी। लेकिन आधुनिक संगणक के बिना, सौरमंडल की अरबों वर्षों की अनुकृति (Simulation) संभव नहीं थी।

1980 और 1990 के दशकों में जैक्स लास्कार (Jacques Laskar) जैसे वैज्ञानिकों ने अराजक (Chaotic) गति का विश्लेषण किया। लास्कार की अनुकृति से पता चला कि, सौरमंडल पूरी तरह स्थिर नहीं है, और दूसरी बात कि - सौरमंडल की दीर्घकालिक स्थिरता बृहस्पति और शनि की आपसी क्रिया पर निर्भर करती है।

मनुष्यों के जीवनकाल में ग्रहों की गति काफी नियमित रहती है। परंतु करोड़ों या अरबों वर्षों में अराजकता प्रमुख भूमिका निभाती है। प्रारंभिक स्थितियों में थोड़े से बदलाव से परिणाम पूरी तरह बदल सकते हैं। इसे गणितीय रूप से लिआपुनोव गुणांक (Lyapunov Exponent) द्वारा व्यक्त किया जाता है। सकारात्मक (Positive) लिआपुनोव गुणांक निकटवर्ती कक्षाओं के तीव्र विचलन को दर्शाता है। सौरमंडल का लिआपुनोव समय लगभग 50 लाख वर्ष है। इसका अर्थ है कि, 50 लाख वर्षों के बाद कक्षीय स्थितियाँ अनिश्चित हो जाती हैं।

अराजकता, ग्रहों का अक्षीय झुकाव (Axial Tilt) और घूर्णन (Spin) पर भी प्रभाव डालती है। संख्यात्मक अनुकृति (Numerical simulation) से पता चला है कि, मंगल का अक्षीय झुकाव, बहुत लम्बे समय के अंतराल में, 10° से 60° के बीच अराजक रूप से बदलता रहता है, क्योंकि, मंगल के पास पृथ्वी के चंद्रमा जैसा उपग्रह नहीं है। यदि चंद्रमा न होता, तो पृथ्वी का अक्षीय झुकाव भी अराजक रूप से बदल सकता था। चंद्रमा पृथ्वी की घूर्णन स्थिरता (Spinning/Rotational Stability) बनाए रखता है।

अराजकता दर्शाती है कि ब्रह्मांड एक सरल घड़ी जैसा नहीं है। तथा, वह हमारे पूर्वानुमानों की सीमाएँ भी दर्शाती है। सौरमंडल एक अद्भुत नृत्य है — व्यवस्थित फिर भी अराजक, स्थिर फिर भी अप्रत्याशित।

हिंदी प्रतियोगिता विजेती रचना

क्या सूरज हमेशा चमकता रहेगा?

- आर्या राजर्षी

सूरज हर दिन चमकता है,
धरती को रोशनी देता है।
सब कहते हैं वो अमर है,
पर सच ये है – एक सफ़र है।

अब से अरबों साल बाद
वो भी लेगा लंबी साँस।
धीरे–धीरे बुझ जाएगा,
नींद में फिर खो जाएगा।

सूर्य, जिसे हम प्रकाश और ऊर्जा का स्रोत मानते हैं, वास्तव में यह एक तारा है। यह हाइड्रोजन को हीलियम में बदलकर ऊर्जा प्राप्त करता है। यह ऊर्जा पृथ्वी के लिए आवश्यक है। लेकिन, एक समय ऐसा आएगा जब सूर्य के केंद्र में हाइड्रोजन समाप्त हो जाएगा। आज से लगभग ५ अरबों सालों के बाद सूर्य नष्ट हो जाएगा।

हम सूर्य के बारे में क्या जानते है?

सूर्य पृथ्वी से ३,३३,००० गुना अधिक भारी है। सूर्य इतना बड़ा है कि उसमें १३ लाख पृथ्वियाँ समा सकती हैं। सूर्य आकाशगंगा के केंद्र के चारों ओर लगभग २२० किलोमीटर प्रति सेकंड की गति से घूमता है। सूर्य को हमारी आकाशगंगा का एक चक्कर काटने में लगभग २२ करोड़ वर्ष लगते हैं। (जी हाँ, आपने बिल्कुल सही सुना – २२ करोड़ वर्ष लगते हैं।) सूर्य की ६ परतें होती हैं: १. कोर २. विकिरण क्षेत्र ३. संवहन मंडल ४. प्रकाश मंडल ५. वर्णमंडल ६. कोरोना

लेकिन हमें सूर्य के कई रहस्य पता नहीं है - जैसे की उसके कोरोना का तापमान उसकी सतह से कई गुना ज़्यादा क्यों है? सूर्य पे हर ११ वर्षों में चुंबकीय शक्ती के कारण काले धब्बे क्यों आते हैं? इस तरह के कई प्रश्न है जो अनुत्तरित है।

नासा और यूरोपीय अंतरिक्ष एजेंसी जैसी संस्थाएँ सूर्य का अध्ययन का काम कर रही हैं। भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन, इसरो ने भी २ सितम्बर २०२३ में आदित्य–L1 को अंतरिक्ष में भेजा था। दुनियाभर के वैज्ञानिक सूर्य का अध्ययन करने में जुटे हुए है। एक उदाहरण है - **हैंस बेथे**

हैंस बेथे (१९०६–२००५) एक प्रसिद्ध परमाणु भौतिक विज्ञानी थे। सन १९३८ में उन्होंने यह समझाया कि सूर्य और अन्य तारे अपनी ऊर्जा कैसे प्राप्त करते हैं। उन्होंने दो प्रमुख प्रक्रियाओं का वर्णन किया –

१. प्रोटॉन–प्रोटॉन श्रृंखला (Proton–Proton Chain)

२. सी.एन.ओ. चक्र (Carbon–Nitrogen–Oxygen Cycle)

इन प्रक्रियाओं में हाइड्रोजन परमाणु आपस में जुड़कर हीलियम बनाते हैं और उसी से प्रकाश तथा ऊष्मा के रूप में ऊर्जा निकलती है। उनके शोध से यह रहस्य सुलझा कि सूर्य अरबों वर्षों तक निरंतर क्यों चमकता है। इसी खोज के लिए उन्हें १९६७ में भौतिकी का नोबेल पुरस्कार दिया गया।

संक्षेप में:

- सूर्य हमेशा नहीं चमकेगा, लेकिन यह प्रक्रिया इतनी लंबी है कि हम इसे "हमेशा" कह सकते हैं।
- सूर्य एक दिन लाल दानव बनेगा और फिर श्वेत बौना।

हमेशा याद रखे - हमें सूर्य को कभी भी सीधे नहीं देखना चाहिए, क्योंकि इससे आँखों की गंभीर और स्थायी क्षति अथवा अंधापन हो सकता है।

सूरज हर दिन बिना रुके चमकता है और सबके लिए समान रूप से प्रकाश फैलाता है। यह हमें सिखाता है कि हमें भी मेहनत और निष्ठा से अपने कर्तव्य निभाने चाहिए। सूरज बिना किसी स्वार्थ के दूसरों को ऊर्जा देता है। हमें भी उसी तरह बनना चाहिए। इससे प्रेरणा लेकर हमें भी दुनिया को रोशन करना चाहिए।

हिंदी प्रतियोगिता विजेती रचना

ब्रह्मांड की वाणी

तारों की झिलमिल में छुपा है संदेश,
अनंत गगन जैसे लिखता परिवेश।
हर एक किरण है ज्ञान का दीप,
हर एक लय में ब्रह्म का नसीब।

सूरज की आग है जीवन का गीत,
ग्रहों की चाल में छुपा है संगीत।
चाँद की चाँदनी, सपनों की बात,
रात के आँचल में अनगिन सौगात।

आकाशगंगा बहती जैसे नदी,
रहस्यों से भरी, फिर भी अनोखी।
निहारिकाएँ रंग बिखेरें गगन में,
चित्र बनें जैसे प्रभात के वचन में।

ब्लैक होल की नीरवता पुकारे,
समय और स्थान को अपने में उतारे।
ध्रुव तारा राह दिखाए सदा,
आशा जगाए अंधियारे में दवा।

खगोल कहे — देखो, तुम हो छोटे,
पर ज्ञान तुम्हारा कर दे बड़े होते।
ब्रह्मांड के हर तंतु में छिपा है विज्ञान,
जीवन है उसका सबसे सुंदर प्रमाण।

ओ अनंत गगन! तेरा उपकार,
तू ही है सच और तू ही विचार।
तेरी ही गहराई से हम जान पाएँ,
कण से गगन तक सबको अपनाएँ।

- निखिल कुमार माहेश्वरी

हिंदी प्रतियोगिता विजेती रचना

समाधानों का महासागर: उच्च कार्य निष्पादन संगणक (उच्च प्रदर्शन कंप्यूटिंग)

विज्ञान की राह में, हम कदम बढ़ा रहे हैं,
उच्च कार्य निष्पादन संगणक से, नए रास्ते बना रहे हैं।
परमाणु के छोटे से कण से, ब्रह्मांड के विशाल फैलाव तक,
हर एक पहेली को, हम मिलकर सुलझा रहे हैं।

यह सिर्फ यंत्र / मशीन नहीं, यह हमारा साथी बन गया है,
गणित की उलझनों को, यह आसान कर गया है।
मौसम के बदलते मिज़ाज को, यह पहले ही बता देता है,
जलवायु, अंतरिक्ष, औषधि की खोज, सबमें अमूल्य योगदान देता है।

डेटा के सागर में, जब हम खोने लगते हैं,
यह एक नाविक की तरह, हमें राह दिखाता है।
न गणना रुके, न शक्ति घटे, हर पल नए आयाम गढ़े,
और हमारे ज्ञान की ज्योति को, यह और भी चमकाता है।

वैज्ञानिकों के लिए, यह सिर्फ एक उपकरण नहीं,
यह उनकी सोच को उड़ान देता है, सपनों को सच करता है।
उच्च कार्य निष्पादन संगणक की इस शक्ति से,
मानव की जिज्ञासा का, अब हर सपना पूरा होता है।

- दीपक बनकर

हिंदी प्रतियोगिता विजेती रचना

गुरुत्वीय तरंगों की पहली खोज की दशकगांठ पर

दस साल पहले, ब्रह्मांड में कुछ खास हुआ,
न प्रकाश थी, न ध्वनि थी।
आकाश नहीं, पर गहराई बोली,
शून्य की चुप्पी में लहरें डोलीं।

दो ब्लैक होल, एक चक्कर में नाचे ,
धीरे-धीरे गहराई में एक-दूसरे को खींचे ।
अरबों वर्ष पहले शुरू हुआ जो नृत्य,
मानव तक अब आ पहुँचा उसका सत्य ।

पृथ्वी स्थिर खड़ी थी, अंतरिक्ष डगमगा रहा था,
समय स्वयं मुड़ा, और खुद को दोहरा रहा था ।
लाइगो सुन रहा था वो मौन पुकार,
जिस तरह अंतरिक्ष-समय रात भर फुसफुसा रहा था।

एक हल्का कंपन, लेकिन सत्य है गहरा,
हमने बिना किसी ध्वनि के तारों को दिया पहरा।
कोई दूरबीन नहीं, न कोई फोटॉन की रेखा,
विश्व ने देखा गुरुत्वाकर्षण की पहली अभिव्याख्या।

तब से अब तक ब्रह्मांड को बोलते सुना है,
हर लहर में रहस्य को खोलते सुना है।
न्यूट्रॉन तारे सर्पिल अनुग्रह में गीत गुनगुनाये जा रहे हैं,
स्थान और समय की लहरों में कथा सुनाएँ जा रहे हैं।

अब दस वर्षों के अवलोकन के बाद,
सुनते हैं हम अंतरिक्ष की दूरी।
जो आकाश था पहले मौन,
आज वह बना संगीत सुनैना जरुरी।

- रवि केशरवानी

हिंदी प्रतियोगिता विजेती रचना

भारत की विज्ञान-गाथा

भारत की अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी अद्वितीय है महान,
खोजों की यात्रा अभी है प्रारम्भिक अभियान।
सूक्ष्म परमाणुओं से लेकर उपग्रहों तक का सफर,
दुनिया ने देखा है हमारा संकल्प अटल और अमर।

जो कभी लगे असंभव, जिन्हें पाना था कठिन,
अब सजे हैं उपलब्धियों में, बने इतिहास के रत्न।
असंभव को जीता, अकल्पनीय को साधा,
साहस और विज्ञान ने हर स्वप्न को बांधा।

हमारी प्रगति का न कोई अंत, न ही कोई किनारा,
वैज्ञानिक संस्थानों की शक्ति है इसका सबसे बड़ा सहारा।
इ.स.रो है प्रकाशस्तंभ, अद्वितीय जिसकी तकनीक,
जिसकी उड़ानों से चकित हुआ पूरा विश्व-विकासित।

आदित्य–L1 ने खोला सूर्य का द्वार,
चंद्रयान ने सिद्ध किया—चाँद भी अब है साकार।
हर मिशन है गाथा, हर प्रयास है गौरव,
वैज्ञानिकों के साहस से जुड़ता है इतिहास का अमरत्व।

इ.स.रो की नींव हैं अटूट विचार,
डॉ. विक्रम साराभाई का है इसमें आधार।
उनकी दृष्टि, नवाचार और समर्पण हैं अपार,
आज भी करती है हर कदम पर मार्गदर्शन साकार।

रक्षा और मिसाइल प्रणालियाँ बनी ढाल मज़बूत,
राष्ट्र की सुरक्षा में दिखा रहीं अपनी सम्पूर्ण शक्ति और रूप।
अग्नि, आकाश, नाग और अस्त्र हैं महान,
भारत की रक्षा में सदैव तत्पर और बढ़ाते हैं देश की शान।

यह सपना गढ़ा था डॉ. कलाम के हाथों से,
"मिसाइल मैन" ने जगाई प्रेरणा हौसलों के तरानों से।
डी.आर.डी.ओ की शक्ति ने दिया हमें बल,
रक्षा में अडिग है भारत का संकल्प सफल।

आई.यू.सी.ए.ए. खोलता है ब्रह्मांड के द्वार,
गुरुत्वीय तरंगों से क्वांटम तक—अन्वेषण अपार।
कॉस्मोलॉजी और विज्ञान की नई रोशनी,
दे रहा है भविष्य को नई दृष्टि की अनमोल ज्योति।

बार्क है ऊर्जा के स्रोत का आधार,
विश्व में मान्य, है इसका अपार सम्मान।
डॉ. होमी भाभा की दृष्टि से चला अभियान,
परमाणु विज्ञान में रच गया नया गगन।

एच.ए.ल ने दिया है वायुसेना को परवाज़,
तेजस की उड़ान से बढ़ा है भारत का सम्मान।
एयरोस्पेस में निवेश से बढ़ा राष्ट्र का मान,
दुनिया की अग्रिम पंक्ति में हुआ अब स्थान।

आई.आई.ए, टी.आई.एफ.आर और आर.आर.आई
तारों का नक्शा, आकाश का रहस्य खोलते,
और नव विज्ञान की लौ में योगदान जोड़ते।
यही है भारत की विज्ञान-गाथा महान,
जहाँ बहती है प्रगति की असीमित धार।

जब तक तारों की ज्योति रहेगी प्रखर,
विज्ञान करेगा मानवता के सपनों को अमर।

- प्रांजल हळदणकर

हिंदी पखवाड़ा समारोह 2025 का सिंहावलोकन

हिंदी पखवाड़ा समारोह 2025 के उपलक्ष्य में अंतर-विश्वविद्यालय केंद्रः खगोलविज्ञान और खगोलभौतिकी (आयुका) पुणे, में 19 सितंबर एवं 22 सितंबर 2025 को विभिन्न कार्यक्रमों का आयोजन करके हिंदी पखवाड़ा समारोह बड़े ही हर्षोल्लास के साथ मनाया गया। कार्यक्रमों की श्रृंखला में सर्वप्रथम 19 सितंबर 2025 को मध्याह्न 4.00 बजे आयोजित किए गए समारोह में सर्वप्रथम राजभाषा समिति के अध्यक्ष प्रो. वैदेही पालिया द्वारा उपस्थितों का स्वागत किया गया। तदोपरांत निदेशक महोदय द्वारा उद्घाटन भाषण के पश्चात आयोजित किए गए वैज्ञानिक विशेष व्याख्यात्मक सत्र में प्रो. धर्म वीर लाल द्वारा **"रेडियो इंटरफेरोमीटर किस प्रकार से कार्य करता है: जाएंट मीटरवेव रेडिया दूरबीन एक उदाहरण"** एवं प्रो. दिव्य ओबेरॉय द्वारा **"अदृश्य सूर्य"** विषयो पर हुए ज्ञानवर्धक व्याख्यानों से दर्शक लाभान्वित हुए, जिसके बाद समारोह में राजभाषा विभाग की श्रीमती प्रज्ञा ढेरे द्वारा **"राजभाषा विभागीय कार्यों की चित्रात्मक झलकियाँ"**, साइंसपॉप टीम के श्रीयुत समीर धुर्डे द्वारा **"आयुका विज्ञान प्रसार -कुछ नवीन उपलब्धियां"** विषयों पर विभागीय कार्यों के अत्यधिक रोचक प्रस्तुतीकरण दिए गए।

कार्यक्रमों की श्रृखला को जारी रखते हुए 22 सितंबर 2025 को मध्याह्न 2.30 बजे आयोजित **हिंदी श्रुतलेखन** गतिविधि में सम्मिलित प्रतिभागियों ने बड़ी उत्साह एवं रुचि के साथ के साथ भाग लिया। तद्पश्चात मध्याह्न 4.00 बजे प्रारंभ हुए मनोरंजन गतिविधियों की सभा में विविध प्रस्तुतियों ने सभी को मंत्रमुग्ध कर दिया। अस्मि मोरे ने कविता **'तुम चलो तो सही'** ,अन्विता सुकाळे ने कविता **'कोशिश करने वालों की कभी हार नहीं होती'**), शरण्या सुकाळे ने कविता पाठ प्रस्तुत किया। नीलिमा मगदुम ने अपनी स्वरचित कविता **'योगदान'** के साथ-साथ **मिमिक्री** से दर्शकों का मनोरंजन किया। हेमंत कुमार साहू ने **'आयुका पुस्तकालय में मेरी यात्रा'** विषय पर भाषण दिया। राणी भंडारे ने **'विज्ञान में नारी की उड़ान'**, राहुल गायकवाड ने अपनी स्वरचित कविता **'बीवी',** कल्पेश चिल्लाळ ने **'तेरे पास बाबा थे ना मेरे पास तो बेटा है ना'**, शंकर कुर्मी ने स्वरचित कविता **'चंद्रयान-3'**, और राकेश यादव ने अपनी स्वरचित कविता **'हिंदी बनाम अंग्रेजी'** प्रस्तुत की। चैतन्य राजर्षी, राणी भंडारे और कल्पेश चिल्लाळ ने सामूहिक रूप से **'कुरुक्षेत्र - महाभारत से आधुनिक संदर्भ तक'** प्रस्तुत कर सभी को प्रभावित किया। इन विविधतापूर्ण प्रस्तुतियों से उपस्थित दर्शकों के हृदय हर्षोल्लास से भर उठे। समापन सत्र में निदेशक महोदय ने हिंदी निबंध एवं कविता प्रतियोगिताओं के विजेताओं के साथ-साथ 19 एवं 22 सितंबर 2025 को प्रस्तुति देने वाले समस्त प्रतिभागियों को पुरस्कृत एवं सम्मानित किया। कार्यक्रमों की इन श्रृंखलाओं में आयुका सदस्यों के साथ-साथ उनके परिवार के सदस्यों की भी सक्रिय सहभागिता संपूर्ण समारोह के आकर्षण का केंद्रबिंदू रहा।

राजभाषा समिति के अध्यक्ष प्रो. वैदेही पालिया के सक्रिय नेतृत्व एवं उत्साहवर्धक मार्गदर्शन में हिंदी पखवाड़ा समारोह 2025 सफलतापूर्वक संपन्न हुआ।

फोटो सहयोग- श्री. शशांक तर्फे

हिंदी पखवाड़ा समारोह 2025 की झलकियाँ

विशेष व्याख्यानात्मक सत्र

2025

IUCAA

अंतर-विश्वविद्यालय केंद्र : खगोलविज्ञान और खगोलभौतिकी

(विश्वविद्यालय अनुदान आयोग का स्वायत्त संस्थान)

पोस्ट बॅग 4, गणेशखिंड, एस.पी. पुणे विश्वविद्यालय परिसर, पुणे 411 007, भारत.

फोन : +91 2560 4100 **फैक्स :** +91 2560 4699

यूनिवर्सल रिसोर्स लोकेटर (URL) : **http://www.iucaa.in**

matchstickds@gmail.com