ANOMALIES & TENSIONS IN COSMOLOGY • COSMOVERSE •

CosmoVerse Adventures

हबल-लेमैत्रे नियम

cost
EUROPEAN COOPERATION IN SCIENCE & TECHNOLOGY

Funded by the European Union

कक्षा

परिचय: हबल-लेमैत्रे नियम

शिक्षिका :

सुप्रभात, बच्चों! एक और कॉस्मोवर्स एडवेंचर्स की कक्षा में आपका स्वागत है। बातचीत शुरू करने से पहले, मैं आपको एक तस्वीर दिखाना चाहती हूँ। ध्यान से देखिए इस मंत्रमुग्ध कर देने वाली छवि को। कोई अंदाज़ा है कि हम क्या देख रहे हैं? (आकृति १ देखें)।

आकृति १: यह नासा के हबल दूरदर्शी से ली गई मूल तस्वीर है, जिसमें अलग-अलग उम्र, आकार, आकृति और रंग वाले लगभग १०,००० आकाशगंगाएँ हैं। सबसे छोटी और लाल रंग की आकाशगंगाएँ किसी भी ऑप्टिकल वेधशाला से देखी गई अब तक की सबसे सुदूर आकाशगंगाओं हैं। यह संभवतः महाविस्फोट के कुछ समय बाद ही अस्तित्व में आई थीं।

विद्यार्थी १ :

यह तो किसी सितारों से भरी रात जैसा लग रहा है। क्या ये सब तारे हैं?।

शिक्षिका :

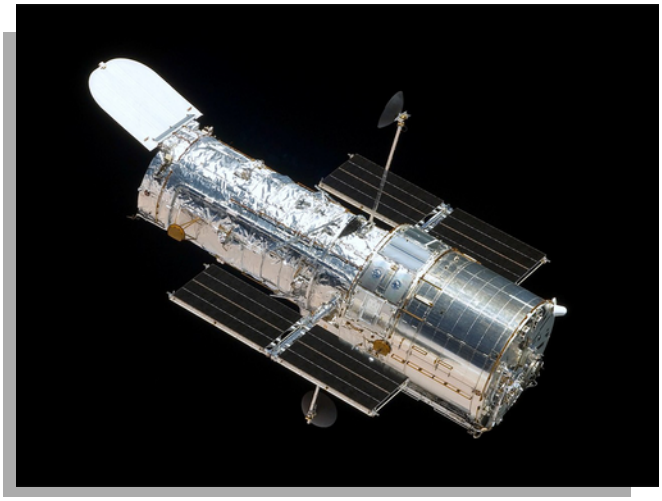
अच्छा अनुमान है। लेकिन बात इससे कहीं आगे की है। इस तस्वीर में केवल कुछ ही तारे हैं। इनके अलावा, हर एक बिंदु एक संपूर्ण आकाशगंगा है — और हर आकाशगंगा में अरबों टिमटिमाते तारे हैं!

विद्यार्थी २ :

यह तो हैरान कर देने वाला है! हम इतनी अद्भुत तस्वीर कैसे ले पाए?

शिक्षिका :

यह एक अद्वितीय कृति है, जिसे 'हबल अल्ट्रा डीप फील्ड' कहा जाता है। सन् १९९५ में वैज्ञानिकों ने हबल दूरदर्शी (आकृति २ देखें) को आकाश में एकदम खाली-से लगने वाले हिस्से की ओर मोड़ दिया। यह हिस्सा हाथ की दूरी पर पकड़े कलम की नोक जितना छोटा था। लगभग १० दिनों तक दूरदर्शी आकाश के इस हिस्से पर केंद्रित रहा। और जो हासिल हुआ, वह किसी चमत्कार से कम नहीं था: ब्रह्मांड के छोटे-से भाग में १५०० से अधिक आकाशगंगाओं की जगमगाती तस्वीर। और इससे भी दिलचस्प बात यह है कि इनमें से कुछ आकाशगंगाएँ बेहद पुरानी हैं — महाविस्फोट के तुरंत बाद बनी हुई आकाशगंगाएँ।



आकृति २: अंतरिक्ष यान अटलांटीस से दिखता हबल अंतरिक्ष दूरदर्शी। छवि श्रेय: नासा

विद्यार्थी ३ :

अगर आकाश का इतना छोटा-सा हिस्सा इतनी सारी आकाशगंगाएँ समेटे हुए है, तो पूरा ब्रह्मांड तो उनसे भरा हुआ होगा!

शिक्षिका :

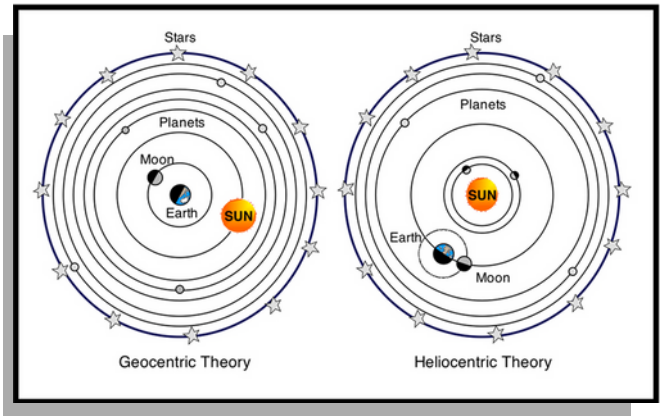
एकदम सही, विद्यार्थी ३। हमारे संदर्श के लिए, वैज्ञानिकों का अनुमान है कि हमारे दृश्य ब्रह्मांड में लगभग २ ख़रब (२०० अरब) आकाशगंगाएँ हैं! और अब ज़रा यह सोचिए: पृथ्वी पर मौजूद रेत के कणों से भी अधिक ब्रह्मांड में तारे हैं। यह हमारे ब्रह्मांड की आश्चर्यजनक विशालता का जीता-जागता प्रमाण है।

विद्यार्थी ४ :

यह तो चौंकाने वाली बात है कि इतनी छोटी-सी पृथ्वी से हम ब्रह्मांड की महानता को समझ पाए। यह संभव कैसे हुआ?

शिक्षिका :

विद्यार्थी ४, यह वर्षों से संजोए हुए ज्ञान के अर्जन का परिणाम है। एक समय था जब हम मानते थे कि सब कुछ पृथ्वी के चारों ओर घूमता है — इसे भू-केंद्रित सिद्धांत कहा जाता था। लेकिन फिर आए विचारकों जैसे समोस के अरिस्तार्कस, जिन्होंने सबसे पहले सूर्य-केंद्रित सिद्धांत का सुझाव दिया। बाद में कोपर्निकस ने इसे और स्पष्ट रूप से समझाया, लेकिन उनके विचारों पर भी उस समय सवाल उठाए गए। असली बदलाव आया गैलीलियो, केपलर, और न्यूटन जैसे वैज्ञानिकों के खोजों से, जिन्होंने सत्रहवीं सदी में ठोस प्रमाणों के साथ सूर्य-केंद्रित सिद्धांत को स्थापित कर दिया। (आकृति ३ देखें)



आकृति ३: भू-केंद्रित और सूर्या-केंद्रित सिद्धांतों में अंतर।

विद्यार्थी ३ :

इस खोज में दूरदर्शियों ने पासा पलट दिया होगा, है ना?

शिक्षिका :

बिलकुल, विद्यार्थी ३। दूरदर्शियों ने ब्रह्मांड के दरवाज़े हमारे लिए खोल दिये। हालाँकि, १९२० के दशक तक हम ऐसा मानते थे हमारी मंदाकिनी ही ब्रह्मांड है। तब हबल और लेमैत्रे आए, जिन्होंने हमारी सोच को बदल कर रख दिया। उन्होंने साबित कर दिया कि ब्रह्मांड आकाशगंगाओं से भरा हुआ है, और उसका निरंतर विस्तार हो रहा है। इससे पहले की हम इसका गहराई से अध्ययन करें, चलिए छाया के साथ ब्रह्मांड में हमारी वास्तविक जगह का अंदाज़ा लगाते हैं।

कल्पना का अंतरिक्ष यान

हमारे ब्रह्मांडीय पते की यात्रा

<कल्पना के अंतरिक्ष यान का विशाल अवलोकन तल ब्रह्मांड की पूरी महिमा को प्रदर्शित करता है। छाया कमान पकड़, छात्रों को परिचित सितारों के पार एक रोमांचक अभियान पर ले जाने के लिए उत्सुकता से तैयार खड़ी है।>
<आप **स्टेलेरियम** डाउनलोड कर सकते हैं, जो एक मुफ़्त सॉफ्टवेर है और आपको ब्रह्मांड की स्वतंत्र रूप से यात्रा करने में सहायता करता है, अन्यथा आप यह **वीडियो** भी देख सकते हैं >

छाया :

नन्हे अन्वेषकों, यान में आपका स्वागत है! आज हमारा कल्पना का अंतरिक्ष यान ने ब्रह्मांड की सर्वोच्च सीमाओं को भी तोड़ दिया। आप देख सकते हैं कि, प्रकाश — जिसकी गति ब्रह्मांड में सबसे तेज़ है लगभग ३००,००० किलोमीटर प्रति सेकंड — भी इसे इतनी तेजी से इसे पार नहीं कर सकता। उस गति पर भी ब्रह्मांड की यात्रा करने के लिए हमें कई युगों की आवश्यकता होगी!

विद्यार्थी १ :

मैं हमेशा सोचती थी - एक प्रकाश-वर्ष वास्तव में क्या है?

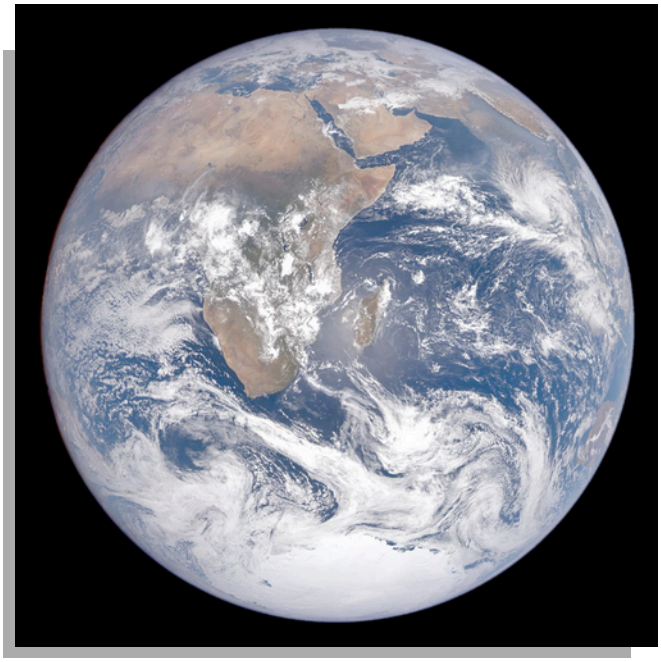
छाया :

प्रकाश-वर्ष का संबंध समय से नहीं, बल्कि दूरी से है। यह उस दूरी को कहते हैं जिसे प्रकाश एक वर्ष में पूरा करता है। आँकड़ों में, ९.४६ ख़रब किलोमीटर अथवा ५.८८ ख़रब मील होता है। मगर इन आँकड़ों को भूल जाओ, और चलो अपनी यात्रा आरंभ करते हैं।

<अंतरिक्ष यान की खिड़की पर विकिरण की अचानक उठी लहर से सारे विद्यार्थी चौंक जाते हैं>

छाया :

हमारी प्यारी पृथ्वी को देखो। यह जीवन का एक अद्भुत दृश्य है, ब्रह्मांड की विशालता में एक सुरक्षित ठिकाना। तुम, इंसानों ने इसके चेहरे को सँवारा, फिर भी यहां से तुम्हारे विशाल शहर, सड़कें, और प्रयास बस एक धुंधली आवाज़ की तरह दिखते हैं। पूरी मानवता की कहानियाँ इसी नीले रत्न से शुरू होती हैं — अनगिनत आत्माओं की जन्मभूमि।



आकृति ४: DSCOVR उपग्रह द्वारा रंग-सुधार के बाद पृथ्वी की छवि, जिसे नीले कंचे नामक सुप्रसिद्ध तस्वीर के ठीक ५० साल बाद दिसंबर ७, २०२२ को लिया गया।

विद्यार्थी २ :

यह सब कितना स्वप्निल लगता है। यहाँ से पृथ्वी कितनी छोटी दिखायी पड़ती है।

छाया :

यह सब नज़रिया है प्यारे! अब हमारे ब्रह्मांडीय पड़ोसी को देखो।

<चंद्रमा, अपने गड्ढों और प्राचीन कहानियों के साथ, प्रकट होता है।>

छाया :

चंद्रमा, पृथ्वी का भरोसेमंद साथी और इकलौता खगोलीय पिंड जिसे मानव के कदमों ने छुआ है। हम जैसे यात्रा में आगे बढ़ेंगे, हम अपने सौर्य-मण्डल के दिग्गज ग्रहों से भेंट करते हुए, अंतर-तारकीय आकाश में विलुप्त हो जाएँगे।

<जगमगाते रत्नों की तरह तारे आकाश के सूनेपन को रोशनी से भर देते हैं।>

छाया :

हमारे सूर्य को देखा? इस तारों के समुद्र में एक बिंदु के समान, जहां से पृथ्वी तक रौशनी पहुँचने में लगभग ८ मिनट लग जाते हैं। दादी-माँ की कहानियों में सुने तारे, अब पृथ्वी के वायुमंडल के बिना, खुलकर चमक रहे हैं। और इन तारों के बीच कई ग्रह हैं, जिनमें से कुछ पर शायद जीवन भी पनप रहा हो।

आकृति ५: टॉर्बेन हैंसन द्वारा ली गई देवयानी आकाशगंगा की दृश्य-प्रकाश छवि।

विद्यार्थी ३ :

और मंदाकिनी? हमारी आकाशगंगा?

छाया :

आह! ब्रह्मांड में हमारा घर। यह तारों का एक महानगर है, जिसमें १,००,००० प्रकाश-वर्ष तक गैस, धूल, तारे और ग्रह फैले हुए हैं। और इसका हृदय? एक अत्यंत विशाल ब्लैक होल, एक ब्रह्मांडीय श्वाहक। हमारी सबसे करीबी पड़ोसी है देवयानी आकाशगंगा, और अगर तुम वहां के निवासियों को एक ख़त भेजो, तो उसे पहुँचने में लगभग २.५ लाख साल लग जाएँगे।

<आकाशगंगाएँ नजर आने लगती हैं, हर एक अपने आप में जैसे एक ब्रह्मांड।>

छाया :

हमारी आकाशगंगा के परे आकाशगंगाओं का एक समंदर है, जिसमें हर एक की कोई कहानी है, अपने ब्लैक होल हैं, अपने रहस्य हैं। गुरुत्वाकर्षण से बंधे हुए यह सभी एक ब्रह्मांडीय नृत्य कर रहें हैं।

विद्यार्थी ४ :

यह एक जाल की तरह लगता है, जिसमें धागे और ख़ाली जगह है!

छाया :

बिलकुल सही! यह विशाल पटचित्र हमारे सदृश ब्रह्मांड के एक अत्यंत छोटे से हिस्से का प्रतिनिधित्व करता है। लेकिन क्या इसका कोई अंत है? कोई सीमा है?

<यान ज्ञात ब्रह्मांड की सीमा के सामने आकर रुक जाता है।>

छाया :

सावधान! यह है हमारे देखने की सीमा। मगर ध्यान रहे, “सदृश” के घेरे में “सब कुछ” नहीं आता। ब्रह्मांड कल्पना के पार फैलता हुआ, नितांत हो सकता है।

विद्यार्थी १ :

इसका मतलब, हम प्राचीन रौशनी को देख रहे हैं?

छाया :

हाँ! जब हम दूर की आकाशगंगाएँ देखते हैं, हम अतीत में झांकते हैं। कॉस्मिक माइक्रोवेव बैकग्राउंड भी ब्रह्मांड का एक अवशेष है, महाविस्फोट की एक गूंज है।

विद्यार्थी २ :

मगर उसके परे क्या है? हमारे सदृश ब्रह्मांड के परे?

छाया :

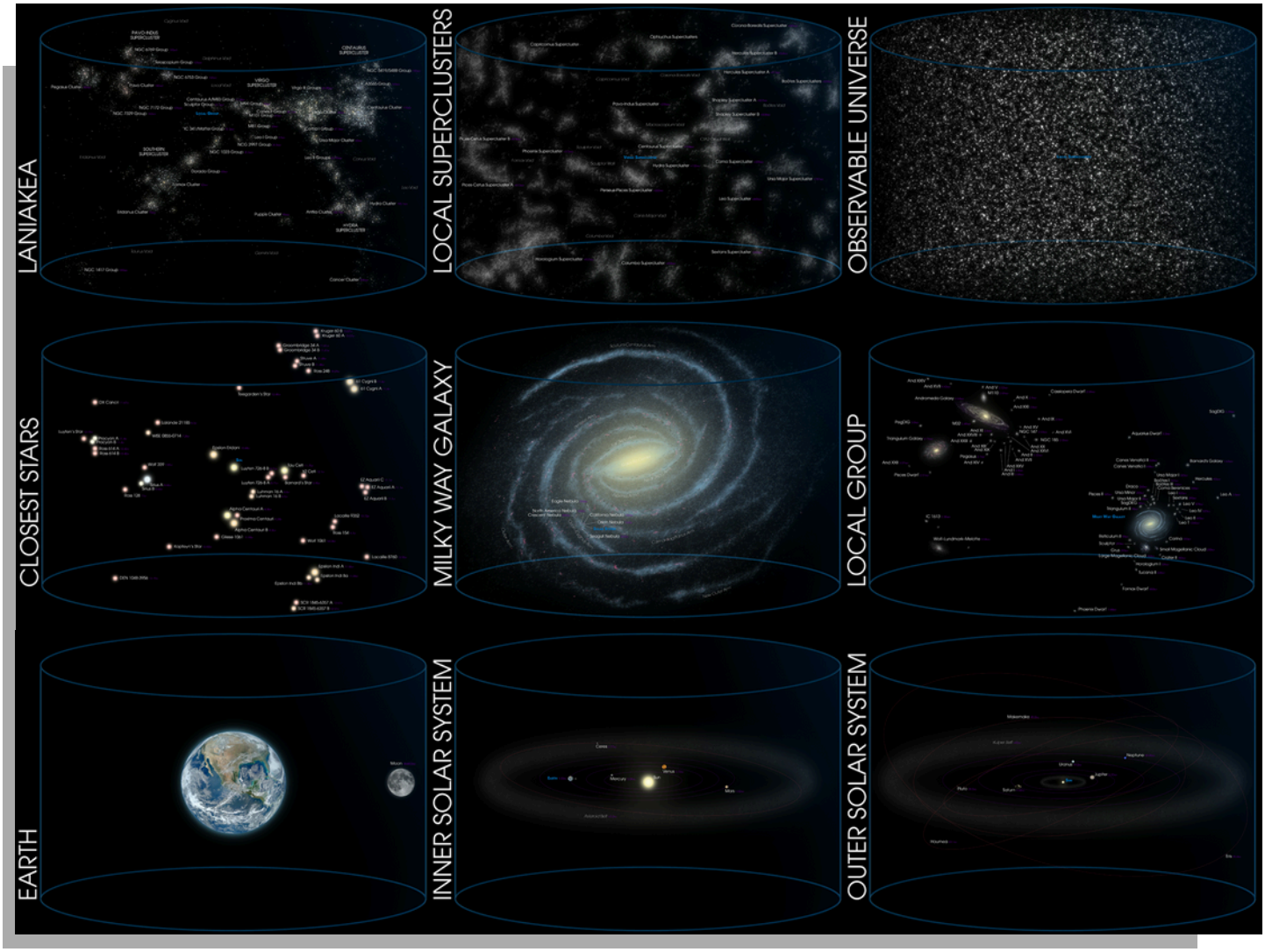
ब्रह्मांड की दिव्य ज्योति बस इतना ही उजागर करती है। इससे परे नितांत आयाम हो सकते हैं जिनपर ब्रह्मांड के नियम समान रूप से लागू होते हों, जो आकाशगंगाओं, तारो और आश्चर्यों से भरे हुए हो।

विद्यार्थी ३ :

फिर क्या हमारा ब्रह्मांड इस भव्य महासागर में एक बूँद की तरह हो सकता है?

छाया :

एकदम सटीक। ब्रह्मांड का वास्तविक स्तर शायद हमारे लिए हमेशा रहस्य ही रहेगा। लेकिन क्या ज्ञान की यह खोज अपने आप में ही सबसे रोमांचक यात्रा नहीं है? अब, आज की हमारी यात्रा को ध्यान में रखते हुए, क्या कोई ब्रह्मांड में हमारे पते को मेरे लिए दोहरा सकता है?



आकृति ६: ब्रह्मांड में हमारी पृथ्वी के पते, जिसमें ९ चित्र हैं, की एक विस्तृत प्रदर्शनी। श्रेय: एंड्रयू ज़ी. कॉल्विन + विस्तारित छवि

विद्यार्थी १ :

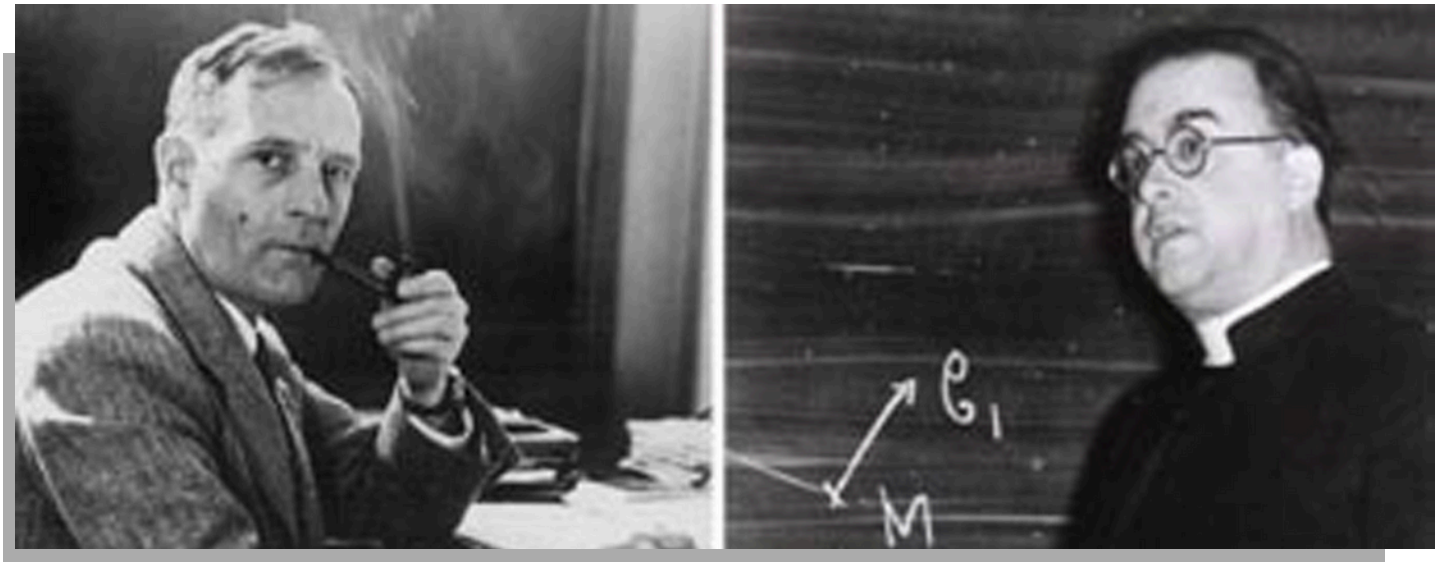
कोशिश करती हूँ... हम पृथ्वी ग्रह से आते हैं, जो सौर्यमंडल में स्थित है, और वह शिकारी-हंस भुजा में है। हम विशाल मंदाकिनी आकाशगंगा का हिस्सा हैं, जो स्थानीय आकाशगंगा-समूह में से एक है। यह समूह भी एक बड़े कन्या आकाशगंगा-महासमूह का हिस्सा है, जो और भी विशाल लानीआकिया समूह में निहित है। और यह सब सदृश ब्रह्मांड की केवल एक कड़ी है। (आकृति ६ देखें)

छाया :

अद्भुत! ब्रह्मांड में हमारे स्थान की तुम्हारी समझ सराहनीय है। अब तैयार हो जाओ। अगली यात्रा में हम अतीत में एक छलांग लगायेंगे। हम मिलने वाले हैं उन दूरदर्शी महानुभावों से जिन्होंने ब्रह्मांड की हमारी समझ की नींव रखी — हमारे आज के सफर के निर्माता, डॉ. एडविन हबल और डॉ. जॉर्ज लेमैत्रे।

वैज्ञानिक से मुलाक़ात

हबल-लेमैत्रे नियम



आकृति ७: १९२० के दशक में दो खगोलशास्त्री, एडविन हबल (बायें) और जॉर्ज लेमैत्रे (दायें), दोनों को यह बोध हुआ कि ब्रह्मांड का विस्तार हो रहा है। कार्नेगी इंस्टिट्यूट ऑफ़ वाशिंगटन/ कैथोलिक विश्वविद्यालय लौवेन

छाया :

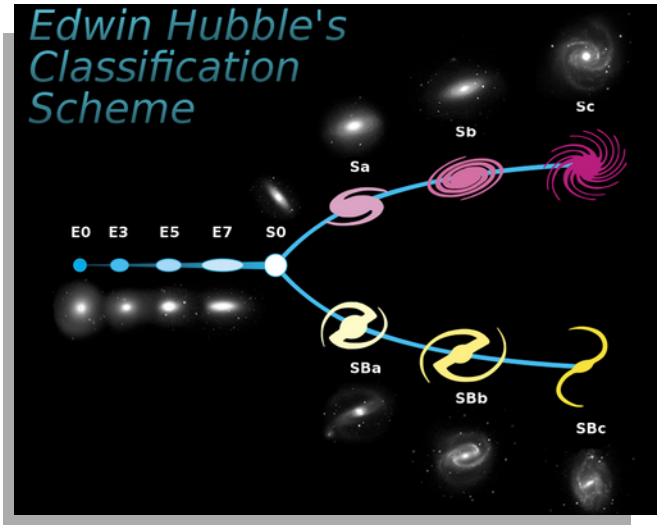
विद्यार्थियों, कृपया स्वागत कीजिए एडविन हबल और जॉर्ज लेमैत्रे का, जो ब्रह्मांड की हमारी आज की समझ में क्रांति लेन वाले अग्रदूत हैं।

विद्यार्थी २ :

क्या यह एक बादलों से घिरे आकाश की तरह है, जब हम बादलों के पार नहीं देख पाते?

हबल :

खुशी हुई! पहले कई लोग सोचते थे कि हमारी मंदाकिनी ही पूरा ब्रह्मांड है। लेकिन जब मैंने अपने १००-इंच परावर्तक दूरदर्शी से देवयानी का निरीक्षण किया, और पृथ्वी से उसकी दूरी मापी, तो एक चौंकाने वाला सच पता चला: देवयानी मंदाकिनी के किसी भी तारे से कहीं अधिक दूर थी। यह खोज इस बात की पुष्टि थी कि यह केवल एक निहारिका नहीं, बल्कि बेहद दूरी पर एक पूरी आकाशगंगा है। सोचिए इसका परिणाम कितना क्रांतिकारी था: हमारा ब्रह्मांड उस समय की हमारी कल्पना से कहीं अधिक विशाल था, जो अनगिनत आकाशगंगाओं से भरा हुआ था।



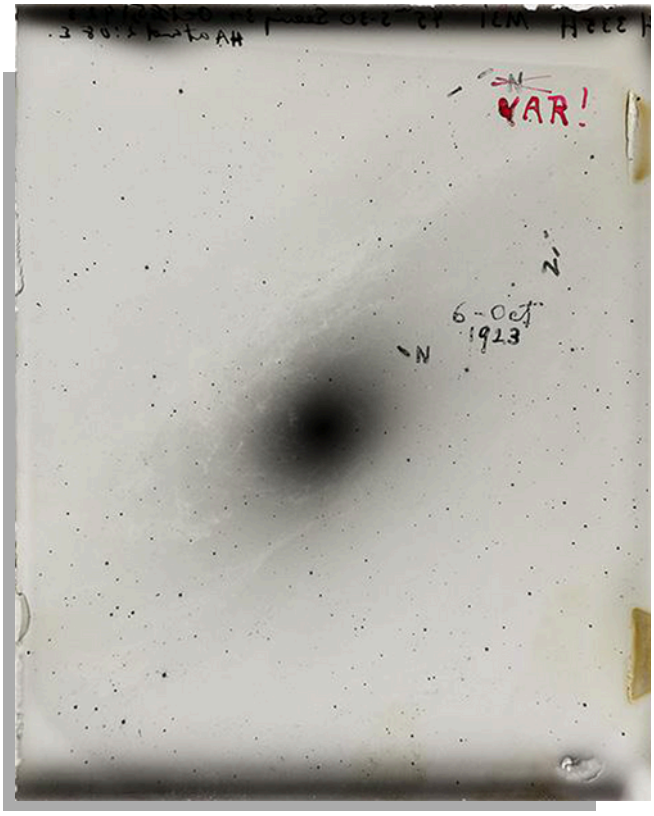
आकृति ८: १९२६ में अमरीकी खगोलशास्त्री एडविन हबल ने आकाशगंगाओं के वर्गीकरण की प्रणाली का विकास किया। हालाँकि यह प्रणाली, जिसे हबल स्वरित्र आरेख भी कहते हैं, आज बहुत साधारण मानी जाती है, परंतु इसका मूल विचार आज भी क़ायम है। असल छवि को यहाँ देखें: HubbleTuningFork.jpg

विद्यार्थी २ :

और इन आकाशगंगाओं का अध्ययन करते हुए, क्या आपने कुछ विशेष उभर कर आया?

हबल :

बिलकुल। मेरे अवलोकनों ने एक चौंकाने वाला साक्ष्य प्रस्तुत किया: आकाशगंगाएँ एक दूसरे से दूर जाती हुई नज़र आ रही थी।



आकृति ९: माउंट विल्सन वेधशाला पर बने १००-इंच हुकर दूरदर्शी का उपयोग कर सन् १९२३ में एडविन हबल द्वारा लिया गया देवयानी "निहारिका" का चित्रपट। चित्रपट पर दर्शाये देवयानी (एम ३१) एक अलग आकाशगंगा होनी चाहिए। श्रेय: कार्नेगी वेधशालाएँ

विद्यार्थी ३ :

परंतु आपने यह कैसे सुनिश्चित किया कि आकाशगंगाएँ एक दूसरे से दूर जा रहीं थीं?

हबल :

बढ़िया प्रश्न! मैंने एक प्रकाश की रौशनी जिसे वर्णक्रमीय रेखाएँ कहते हैं, का उपयोग कर आकाशगंगाओं की गति को माप लिया। जब मैंने इन आकाशगंगाओं की वर्णक्रमीय रेखाओं का अवलोकन किया, मैंने पाया कि यह रेखाओं विद्युतचुंबकीय वर्णक्रम में लाल रंग की और स्थानांतरित हो गई थीं। इस घटना को हम "लालविचलन" कहते हैं। इससे निर्धारित हुआ कि प्रकाश तरंगों का खिंचाव हो गया था, जो संकेत था की साथ आकाशगंगाएँ हमसे दूर जा रही हैं।

छाया :

आपका धन्यवाद महोदय हबल। वास्तव में, हमारी अगली कॉस्मोवर्स यात्रा का लक्ष्य वर्णक्रमीय रेखाएँ और लालविचलन होने वाला है। तो अपनी जिज्ञासा बनाये रखें!

विद्यार्थी १ :

महोदय लेमैत्रे, यदि आकाशगंगाएँ हमसे दूर जा रही हैं, क्या इसका मतलब यह है कि हमारे ब्रह्मांड का विस्तार हो रहा है?

लेमैत्रे :

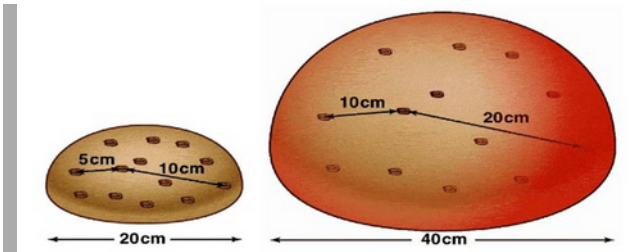
एकदम सटीक! कल्पना करो कि ब्रह्मांड एक आटे की लोई है, जिसमें किशमिश की तरह आकाशगंगाएँ हैं। जैसे-जैसे आटा फूलता है, किशमिश एक-दूसरे से दूर हो जाती हैं। तो, आकाशगंगाएँ अंतरिक्ष में नहीं चल रही हैं, बल्कि उनके बीच का दिक् फैल रहा है, इसलिए वे दूर जाती दिखती हैं। आकाशगंगाएँ दिक् के साथ चलती हैं, उनके अंदर नहीं! और ध्यान रहे, यह दूर की आकाशगंगाओं पर लागू होता है, क्योंकि हमारी पड़ोसी आकाशगंगाएँ अपवाद हैं क्योंकि गुरुत्वाकर्षण की वजह से वह हमारी मंदाकिनी से दूर नहीं जा रही हैं।

विद्यार्थी २ :

यदि हम अतीत में जायें, तब क्या हम ऐसा ब्रह्मांड देखेंगे जो सिकुड़ता चला जाए जब तक कि सारा पदार्थ एक साथ एक ही जगह न जमा हो जाए?

हबल :

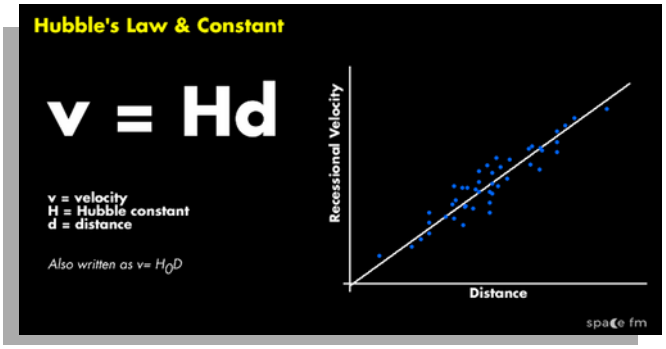
बिलकुल सटीक! ब्रह्मांड के विस्तार का विचार पहला ऐसा प्रमाण था जिसने यह सुझाव दिया कि ब्रह्मांड अतीत के एक निश्चित समय पर एक बिंदु से जन्मा था। लेकिन जैसे कि यह चौंकाने वाला खोज काफी नहीं था, मैंने यह भी पाया कि आकाशगंगाओं की दूर जाने की गति दूरी के साथ बढ़ती है। दूसरे शब्दों में, कोई आकाशगंगा जितनी दूर होती है, वह हमसे उतनी ही तेज़ी से दूर जा रही होती है।



आकृति १०: आकाशगंगाएँ ब्रह्मांड में एक दूसरे से दूर जाती हैं, यह समझने के लिए किशमिश और आटे की लोई का नमूना। श्रेय: नासा

लेमैत्रे :

सही कहा, और यह संबंध हबल-लेमैत्रे नियम में व्यक्त किया गया है। यह नियम कहता है कि किसी आकाशगंगा के पर्यवेक्षक (जैसे पृथ्वी पर हम) से दूर जाने की गति, सीधे उस आकाशगंगा की दूरी के समानुपाती होती है। इसका समीकरण बहुत सरल है ($v = H_0 D$) जो इस आलेख में दर्शाया गया है। (आकृति ११ देखें)



आकृति ११: हबल द्वारा प्रस्तावित आकाशगंगाओं की दूरी और लालविचलन (अथवा गति) का संबंध। दूसरे शब्दों में, आकाशगंगा की गति उसकी दूरी के समानुपाति होती है। श्रेय: Space.fm

विद्यार्थी १ :

यहाँ v किसी आकाशगंगा की गति है, D उसकी दूरी। लेकिन H_0 क्या है?

हबल :

यह H_0 हबल स्थिरांक है, जो दूरी और गति के आलेख के ढलान को दर्शाता है। यह ब्रह्मांड के विस्तार के वर्तमान दर का भी प्रतीक है, जो कि लगभग ७० किलोमीटर प्रति सेकंड प्रति मेगापारसेक हैं, जहां एक मेगापारसेक लगभग ३३ लाख प्रकाश-वर्ष होता है। वास्तव में, हबल स्थिरांक H_0 का सटीक मान पता करने में हमें दशकों लग गये। यह ब्रह्मांड की आयु, संरचना और भविष्य को समझने की कुंजी है। इससे पता चलता है कि दो आकाशगंगाएँ एक दूसरे से किस गति से दूर जा रहीं हैं।

उदाहरण: यदि कोई आकाशगंगा १ मेगापारसेक की दूरी पर हो, तब उसके दूर जाने की गति ७० किलोमीटर प्रति सेकंड होगी। और यदि कोई आकाशगंगा २ मेगापारसेक की दूरी पर हो, तब उसकी गति कितनी होगी?

विद्यार्थी २ :

यह तो आसान है, उसकी गति ७० * २ = १४० किलोमीटर प्रति सेकंड होगी।

विद्यार्थी ३ :

ब्रह्मांड की हमारी दृष्टिकोण में नाटकीय परिवर्तन आया है, है ना? पहले हम स्वयं को ब्रह्मांड का केंद्र मानते थे, अब समझते हैं कि हम इस विशालता में केवल एक छोटा सा हिस्सा हैं।

लेमैत्रे :

बिलकुल। विज्ञान ब्रह्मांड की विशालता और जटिलता पर से पर्दा उठाता है, और हमें हमारी छोटी पर अनोखी जगह की याद दिलाता है।

छाया :

आप दोनों का धन्यवाद। अब समय हो गया है कि हम वापस अपने विद्यालय जाकर “एक्शन लैब” भाग की आनंद लें। एक्शन लैब में आपकी शिक्षिका ने कुछ प्रयोग तैयार किए हैं जिनसे आपको हबल-लेमैत्रे नियम को समझने में सहायता करेगा।

एक्शन लैब

गतिविधि: लचीली पट्टी का नमूना-एक आयामी नमूना

उद्देश्य :

यह समझना कि कैसे ब्रह्मांड का विस्तार दूर की आकाशगंगाओं की गति को बढ़ाता है और यह भ्रम पैदा करता है कि पृथ्वी ब्रह्मांड का केंद्र है।

तैयारी का समय : ५ मिनट

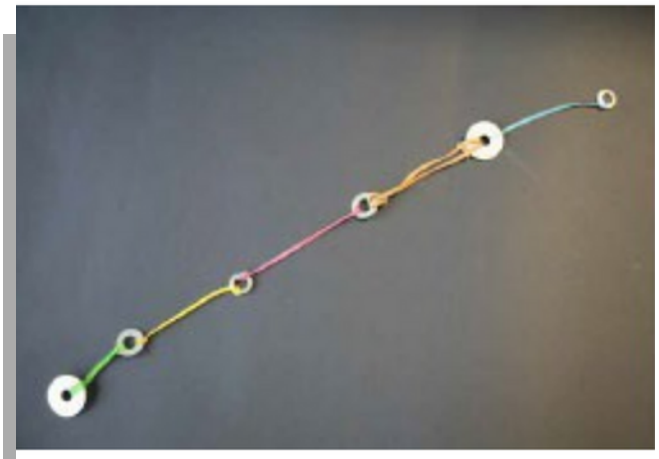
गतिविधि का समय : २० मिनट

आवश्यक सामग्री :

- विभिन्न लंबाइयों की लचीली पट्टियाँ
- विभिन्न आकार के धातु के छल्ले
- आलपीन
- मोटा गत्ता
- आकाशगंगाएँ दर्शाने के लिये रंगीन छोटे स्टिकर्स
- पैमाना अथवा मापने की पट्टी
- वर्गांकित काग़ज़
- कलम अथवा तूलिकाएँ

प्रक्रिया :

- अपनी कक्षा को जोड़ों या छोटे समूहों में बाँट दें। हर समूह को कुछ लचीली पट्टियाँ और छल्ले दें। उन्हें मिलकर अपना 'ब्रह्मांड' बनाने के लिए कहें, जिसमें विभिन्न आकार की आकाशगंगाएँ (छल्ले) अलग-अलग दूरी पर लचीली पट्टियों से जुड़ी हों। जैसा कि आकृति में दिखाया गया है, पट्टियों को बिना खींचे तान कर रखना है।



आकृति १२: ब्रह्मांड का लचीली पट्टी वाला नमूना। श्रेय: ब्रिटिश काउंसिल

- प्रत्येक समूह से कहें कि वे एक धातु के छल्ले को हमारी आकाशगंगा – मंदाकिनी के रूप में चुनें और उसे कलाम अथवा स्टीकर से चिन्हित करें ताकि उसे याद रख सकें। बाकी सभी आकाशगंगाओं को नाम या अंक दें और उन्हें दिखाए गए तालिका के प्रथम क्रम में दर्ज करें।
- प्रत्येक समूह से कहें कि वे अपने लचीली पट्टी रूपी ब्रह्मांड को एक रेखा में फैला कर उसे स्थिर कर लें, और मंदाकिनी से प्रत्येक अन्य 'आकाशगंगा' तक की दूरी मापें। आप उन्हें उपयुक्त पैमाना उपयोग करने के लिए कह सकते हैं, जैसे १ सेंटीमीटर = १० करोड़ किलोमीटर। इस दूरी को तालिका के दूसरे क्रम में दर्ज करें।
- अपने विद्यार्थियों से कहें कि वे अपने लचीली पट्टी रूपी ब्रह्मांड को उसकी मूल लंबाई से दोगुना फैलाएँ और इसे नई स्थिति में स्थिर करें। उन्हें बताएं कि यह विस्तार एक अरब साल में हुआ (और उन्हें इसे सेकंड में बदलना होगा)।
- फिर प्रत्येक समूह को मंदाकिनी से अन्य आकाशगंगाओं तक की नई दूरी मापने के लिए कहें और नई दूरी को दर्ज करें। इसके बाद दूरी में बदलाव को घटा कर निकालें और इसे अपने तालिका के तीसरे और चौथे क्रम में दर्ज करें।

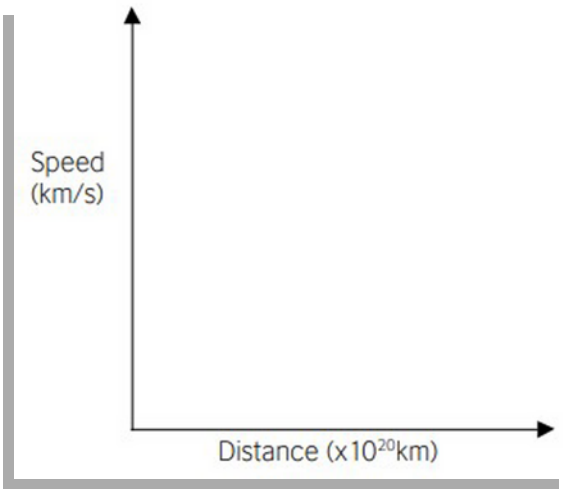
आकाशगंगा का नाम	मंदाकिनी से शुरुआती दूरी	मंदाकिनी से अंतिम दूरी	दूरी में बदलाव km	गति km/s

- फिर उन्हें यह चुनौती दें कि वे प्रत्येक आकाशगंगा की पृथ्वी से दूर जाने की गति इस सूत्र से निकालें: गति = दूरी में बदलाव/समय। इन गति के उत्तरों को तालिका के अंतिम क्रम में लिखें।

- इन मापनों को दर्शाने के लिए एक आलेख बनाएं, जिसमें दूरी क्षैतिज अक्ष पर हो और गति ऊर्ध्वाधर अक्ष पर।

- अब, एक दूसरी आकाशगंगा को देखें। मंदाकिनी छल्ले के अलावा किसी अन्य छल्ले को चुनें और पूरी प्रक्रिया दोहराएं। हम अब यह सवाल पूछ रहे हैं — "एक दूसरी आकाशगंगा में रहने वाले खगोलविद के लिए ब्रह्मांड का विस्तार कैसा दिखेगा?"

- अंततः मंदाकिनी छल्ले और "दूसरी आकाशगंगा" छल्ले को एक ही आलेख पर अंकित और तुलना करें।

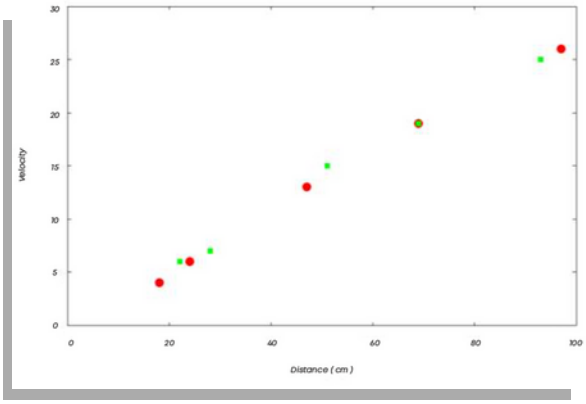


आकृति १३: बिंदुओं को दर्शाने वाली सबसे उत्तम रेखा खींचें और इस गतिविधि को दूसरी आकाशगंगाओं के लिए दोहराएँ।

अवलोकन :

- नीचे दर्शाये आलेख (आकृति १४ देखें) मंदाकिनी छल्ले और दूसरी आकाशगंगा छल्ले के अवलोकनों को दर्शाने का एक उदाहरण हैं।

- मंदाकिनी और दूसरी आकाशगंगा छल्ले के अवलोकनों एक सीधी रेखा पर पड़ते हैं। और विचार करने पर यह सही भी लगता है। इस रेखा की ढलान पूरे ब्रह्मांड के विस्तार के दर का माप है। क्योंकि मंदाकिनी और "दूसरी" आकाशगंगा दोनों एक ही ब्रह्मांड में हैं, इसलिए दोनों को एक ही विस्तार दर नापना चाहिए।



आकृति १४: मंदाकिनी छल्ले और दूसरी आकाशगंगा छल्ले के अवलोकनों को दर्शाने का एक उदाहरण।

चर्चा और निष्कर्ष :

शिक्षिका :
बहुत खूब, बच्चों! अब जब हमने अपना प्रयोग कर लिया है, तो आपके बनाए आलेख में आपने क्या-क्या बातें देखीं?

विद्यार्थी १ :
हमने देखा कि चाहे हम किसी भी आकाशगंगा से देख रहे हों — मंदाकिनी अथवा "दूसरी" आकाशगंगा — दूर की आकाशगंगाएँ तेज़ गति से दूर जाती दिख रहीं थीं। यह प्रवृत्ति दोनों स्थितियों में समान थी।

शिक्षिका :
यह बहुत अच्छा अवलोकन है। क्या कोई बता सकता है कि ऐसा क्यों होता है?

विद्यार्थी २ :
क्योंकि ब्रह्मांड समान रूप से फैल रहा है, इसका मतलब है कि दो आकाशगंगाओं के बीच जितनी ज्यादा दूरी होगी, वे उतनी ही तेजी से एक-दूसरे से दूर जा रही होंगी। यह उसी लचीली पट्टी की तरह है। जब आप इसे खींचते हो, तो आपकी उंगलियों से दूर वाले हिस्से, नज़दीकी हिस्सों की तुलना में ज्यादा खिंचते हैं।

शिक्षिका :
प्रभावशाली तुलना! और यह अवलोकन कि मंदाकिनी और "दूसरी" आकाशगंगा के माप एक ही रेखा पर आए — इससे ब्रह्मांड में हमारी स्थिति के बारे में क्या पता चलता है?

विद्यार्थी ३ :
इसका मतलब यह है कि ब्रह्मांड का कोई अनोखा केंद्र नहीं है। चाहे हम किसी भी आकाशगंगा से देखें, विस्तार समान दिखता है। हर आकाशगंगा को ऐसा लगता है कि वह ब्रह्मांड का केंद्र है।

विद्यार्थी ४ :
तो, वास्तव में हम ब्रह्मांड के केंद्र में नहीं हैं?

शिक्षिका :
बिलकुल सही! हम ब्रह्मांड का केंद्र हैं, यह भ्रम ब्रह्मांड के फैलने के तरीक़े से उत्पन्न होता है। प्रत्येक आकाशगंगा को लगता है कि वह ब्रह्मांड का केंद्र है, परंतु वास्तव में कोई केंद्र नहीं है। ब्रह्मांड किसी एक बिंदु से नहीं फैल रहा, बल्कि पूरा अंतरिक्ष एकसाथ फैल रहा है।

विद्यार्थी २ :
इस प्रयोग ने स्पष्ट कर दिया कि ब्रह्मांड का विस्तार केवल आकाशगंगाओं के किसी एक बिंदु से दूर जाने जैसा नहीं है, बल्कि अंतरिक्ष खुद खिंच रहा है।

शिक्षिका :

बिलकुल! और यह विचार हमारे ब्रह्मांड की प्रकृति को समझने के लिए मौलिक है। लचीली पट्टी के नमूने इसे समझने का एक आसान तरीका है, लेकिन याद रखें, हमारा ब्रह्मांड इससे कहीं अधिक जटिल है। यह गतिविधि इस विचार को पकड़ने का केवल एक सरल रूप है।

एक पल ठहरकर आज की हमारी कॉस्मोवर्स यात्रा पर विचार करें। हमने आज बहुत लंबा सफर तय किया है, है ना? आज हमने जाना कि हमारा ब्रह्मांड कितना विशाल और अद्भुत है। हमने हबल-लेमैत्रे नियम को भी सीखा, सरल शब्दों में: जो आकाशगंगा हमसे जितनी दूर होती है, वह उतनी तेज़ गति से दूर जाती दिखती है। हमारा आज का सफर केवल तथ्यों और आंकड़ों तक सीमित नहीं था, बल्कि इसने हमें नम्रता और आश्चर्य की भावना भी दी। पहले हम सोचते थे कि हम ब्रह्मांड का केंद्र हैं, लेकिन अब हम समझते हैं कि हम इस विशाल, लगातार फैलते ब्रह्मांड में एक छोटा, लेकिन विशेष हिस्सा हैं। जो भी इस विशाल ब्रह्मांड की गहराइयों में और अधिक जानने के लिए उत्सुक हैं, उनके लिए कॉस्मिक लाइब्रेरी अनुभाग ज्ञान का एक खजाना है, जो आपकी खोज का इंतजार कर रहा है।

कॉस्मिक लाइब्रेरी

वीडियो :

ब्रह्मांड के स्तर पर हम कितने छोटे हैं?
विशालता का स्तर - ख़ान अकैडमी
पृथ्वी से ब्रह्मांड के छोर तक की महायात्रा
ब्रह्मांड में हमारा पता क्या है?
हबल का नियम | ब्रह्मांड का स्तर
हबल का सिद्धांत
हबल का सिद्धांत
ब्रह्मांड कितना विशाल है और हबल का नियम
ब्रह्मांड का विस्तार

संवादात्मक :

ब्रह्मांड का स्तर

वेबसाइट :

नासा - हबल अंतरिक्ष दूरदर्शी
अध्यापकों के लिए संसाधन
नासा स्तर और दूरी
महान इतिहास परियोजना
महाविस्फोट के संदर्भ में नवीनतम खोजों पर नासा की टिप्पणी

प्रलेख :

ब्रह्मांड के छोर की यात्रा
सबकुछ और कुछ नहीं

पुस्तक :

जब हमने ब्रह्मांड को ढूँढा

लेख :

ब्रह्मांड का विस्तार श्रेय हबल-लेमैत्रे
हमारा फैलता ब्रह्मांड: आयु, इतिहास और अन्य तथ्य
हबल का नियम और स्थिरांक

प्रश्नोत्तरी :

ब्रह्मांड की आयु
हबल-लेमैत्रे का नियम
हबल का नियम और हबल स्थिरांक

खेल :

फैलता ब्रह्मांड

शब्दावली

आकाशगंगा (Galaxy): एक विशाल, गुरुत्वाकर्षण से बंधा हुआ समूह जिसमें तारे, तारकीय अवशेष, अंतरतारकीय गैस तथा धूल, और डार्क मैटर शामिल होते हैं।

महाविस्फोट (Big Bang): ब्रह्मांड के जन्म के बारे में प्रमुख सिद्धांत, जिसमें कहा गया है कि ब्रह्मांड अतीत में एक अत्यंत सघन बिंदु था, जो फटा और फैलकर आज का ब्रह्मांड बना।

हबल अल्ट्रा डीप क्षेत्र (Hubble Ultra Deep Field (HUDF)): हबल अंतरिक्ष दूरदर्शी द्वारा लिए गए भट्टी तारामंडल के एक छोटे क्षेत्र की तस्वीर जिसमें लगभग १०,००० आकाशगंगाएँ हैं।

हबल अंतरिक्ष दूरदर्शी (Hubble Space Telescope): एक अंतरिक्ष दूरदर्शी जिसे १९९० में डिस्कवरी अंतरिक्ष यान से कक्षा में भेजा गया था। इसका नाम खगोल विज्ञानी एडविन हबल के नाम पर रखा गया है।

सदृश ब्रह्मांड (Observable Universe): ब्रह्मांड का वह भाग जिसे हम देख सकते हैं या देखने में सक्षम हैं। सदृश ब्रह्मांड पर्यवेक्षक के स्थान पर निर्भर करता है।

भू-केंद्रित सिद्धांत (Geocentric Model): एक पुराना सिद्धांत जिसमें पृथ्वी को ब्रह्मांड का केंद्र माना गया है।

समोस के अरिस्तार्कस (Aristarchus of Samos): एक प्राचीन ग्रीक खगोलशास्त्री और गणितज्ञ, जिन्होंने पहला ज्ञात सूर्य-केंद्रित सौर्यमंडल सिद्धांत को प्रस्तुत किया, जिसने पृथ्वी को हटाकर सूर्य को केंद्र पर स्थापित कर दिया।

सूर्य-केंद्रित (Heliocentric Model): ऐसा सिद्धांत जिसमें पृथ्वी और अन्य ग्रह सूर्य के चारों ओर घूमते हैं।

कॉपर्निकस (Copernicus): पुनर्जागरण काल के खगोलशास्त्री जिन्होंने सूर्य-केंद्रीय मॉडल प्रस्तावित किया।

गैलीलियो (Galileo): इटली के खगोलशास्त्री, भौतिक विज्ञानी और विद्वान, जिन्होंने दूरदर्शी में सुधार किया और कोपरनिकस के सूर्य-केंद्रित सिद्धांत के समर्थन-हेतु कई अवलोकन किए।

केपलर (Kepler): जर्मन खगोलशास्त्री जो ग्रहों की गति के नियमों के लिए प्रसिद्ध हैं।

न्यूटन (Newton): अंग्रेज़ गणितज्ञ, भौतिकशास्त्री, खगोलशास्त्री और लेखक। यह गति और गुरुत्वाकर्षण के नियमों के जनक हैं।

मंदाकिनी (Milky Way): आकाशगंगा जिसमें हमारी सौर्यमंडल है, जो एक सर्पिल आकाशगंगा है। इसका सदृश व्यास १,००,००० से २,००,००० प्रकाश-वर्ष के बीच है।

हबल (Hubble): एडविन हबल, अमेरिकी खगोलशास्त्री जिन्होंने ब्रह्मांडीय विस्तार को स्थापित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई।

लेमैत्रे (Lemaître): जॉर्ज लेमैत्रे, बेल्जियम के एक कैथोलिक पादरी, खगोलशास्त्री और भौतिकी के प्राध्यापक, जिन्होंने ब्रह्मांड के विस्तार का सिद्धांत प्रस्तावित किया।

स्टेलेरियम (Stellarium): एक मुफ्त सॉफ्टवेयर जो तीन-आयामी आकाश को दिखाता है।

प्रकाश की गति (Speed of light): प्रकाश की निर्वात में गति, २९,९७,९२,४५८ मीटर प्रति सेकंड या लगभग ३,००,०० किलोमीटर प्रति सेकंड।

प्रकाश-वर्ष (Light-year): दूरी की एक खगोलीय इकाई, जो प्रकाश द्वारा एक वर्ष में तय की जाने वाली दूरी होती है, लगभग ९.४६ ख़रब किलोमीटर अथवा ५.८८ ख़रब मील।

अंतर-तारकीय स्थल (Interstellar space): आकाशगंगा के भीतर वह स्थान जहाँ तारे अथवा उनकी प्रणालियाँ नहीं होतीं।

बहिरग्रह (Exoplanets): ऐसे ग्रह जो हमारे सौरमंडल के बाहर किसी अन्य तारे के चारों ओर घूमते हैं।

महाविशाल ब्लैक होल (Supermassive black hole): सबसे बड़े प्रकार का ब्लैक होल, जिसका द्रव्यमान अरबों सूर्यों के बराबर होता है।

देवयानी आकाशगंगा (Andromeda galaxy): मंदाकिनी से लगभग २५.३७ लाख प्रकाश-वर्ष दूर एक सर्पिल आकाशगंगा, जो ब्रह्मांड में हमारा पड़ोसी है।

कॉस्मिक माइक्रोवेव बैकग्राउंड विकिरण (Cosmic microwave background radiation): महाविस्फोट से बचा हुआ विकिरण जो ब्रह्मांड के जन्म और विकास का प्रमाण है।

शिकारी-हंस भुजा (Orion Spur): मंदाकिनी की एक छोटी सर्पिल शाखा, जो धनु और पर्सियस भुजाओं के स्थित है।

स्थानीय समूह (Local Group): ५० से अधिक आकाशगंगाओं का समूह जिसमें मंदाकिनी और देवयानी शामिल हैं।

कन्या महासमूह (Virgo Supercluster): आकाशगंगाओं का विशाल समूह जिसमें स्थानीय समूह शामिल है और हमारी मंदाकिनी भी सम्मिलित है।

लानीआकिया समूह (Laniakea Supercluster): आकाशगंगाओं का एक महासमूह, जो मंदाकिनी समेत लगभग १,००,००० आकाशगंगाओं का घर है।

हबल-लेमैत्रे नियम (Hubble-Lemaître Law): ब्रह्मांड के विस्तार को दर्शाने वाला नियम, जो बताता है कि सुदूर आकाशगंगाएँ उनकी दूरी के अनुपात हमसे दूर जा रही हैं।

१००-इंच परावर्तक दूरदर्शी (100-inch reflector telescope): एक प्रकार का दूरदर्शी जो दर्पण का उपयोग प्रकाश को संजोने के लिए करता है और जिसका मुख्य दर्पण १०० इंच व्यास का होता है।

निहारिका (Nebula): गैस और धूल के बादल, जहाँ नए तारे बनते हैं।

लालविचालन (Redshift): प्रकाश अथवा विद्युतचुंबकीय विकिरणों की तरंगदैर्ध्य का बढ़ना, जिससे प्रकाश वर्णक्रम के लाल रंग की ओर स्थानांतरित होता है।

वर्णक्रमीय रेखाएँ (Spectral lines): किसी सतत वर्णक्रम में विशिष्ट काली अथवा उज्ज्वल रेखाएँ जो तत्वों की पहचान और गति को दर्शाती हैं।

विद्युतचुंबकीय वर्णक्रम (Electromagnetic spectrum): सभी प्रकार के ज्ञात विद्युतचुंबकीय विकिरण की पूरी श्रेणी।

ब्रह्मांड का विस्तार (Expansion of the universe): समय के साथ किसी भी दो आकाशगंगाओं के बीच दूरी बढ़ना, जो दर्शाता है कि ब्रह्मांड का विस्तार हो रहा है।

वर्णक्रमीय रेखाएँ (Spectral lines): किसी सतत वर्णक्रम में विशिष्ट काली अथवा उज्ज्वल रेखाएँ जो तत्वों की पहचान और गति को दर्शाती हैं।

विद्युतचुंबकीय वर्णक्रम (Electromagnetic spectrum): सभी प्रकार के ज्ञात विद्युतचुंबकीय विकिरण की पूरी श्रेणी।

ब्रह्मांड का विस्तार (Expansion of the universe): समय के साथ किसी भी दो आकाशगंगाओं के बीच दूरी बढ़ना, जो दर्शाता है कि ब्रह्मांड का विस्तार हो रहा है।

हबल स्थिरांक (Hubble Constant H0): ब्रह्मांड के विस्तार की दर को दर्शाने वाला मान।

मेगापारसेक (Megaparsec): खगोलीय दूरी की इकाई, लगभग ३३ लाख प्रकाश वर्ष के बराबर।

निकासित गति (Recessional velocity): वस्तु की गति जिससे वह ब्रह्मांड के विस्तार के कारण हमसे दूर जा रही हो।

उचित दूरी (Proper distance): ब्रह्मांड विज्ञान में दूरी का माप जो वस्तु के वर्तमान स्थान को दर्शाता है, और ना की वह स्थान जहां वस्तु प्रकाश के उत्सर्जन के समय था।

समान विस्तार (Uniform expansion): अवधारणा कि ब्रह्मांड हर दिशा में बराबर रूप से फैल रहा है, जिससे आकाशगंगाएँ दूरी के समानुपात अधिक गति से एक दूसरे से दूर जा रहीं हैं।

This article/publication is based upon work from COST Action CA21136 – “Addressing observational tensions in cosmology with systematics and fundamental physics (CosmoVerse)”, supported by COST (European Cooperation in Science and Technology)

COST (European Cooperation in Science and Technology) is a funding agency for research and innovation networks. Our Actions help connect research initiatives across Europe and enable scientists to grow their ideas by sharing them with their peers. This boosts their research, career and innovation.

www.cost.eu

ANOMALIES & TENSIONS IN COSMOLOGY
COSMOVERSE