खंड २, अंक १, फरवरी –२०२६
ई–विज्ञानम
मासिक विज्ञान पत्रिका

Vol. 2, Issue 1, February-2026
e-vigyanam
Monthly Science Journal
सामान्य आलेख (General Article)

DOI: 10.66346/ev.v2i1.2026.3

ब्रह्माण्ड का अदृश्य आधार: डार्क मैटर एवं गुरुत्वाकर्षण के नए आयाम

विवेक मिश्रा* एवं नितेश शुक्ला*
भौतिक विज्ञान विभाग, दिग्विजयनाथ स्नातकोत्तर महाविद्यालय, सिविल लाइन्स, गोरखपुर, उत्तर प्रदेश , भारत-२७३००१
लेखक से संवाद के लिए ईमेल*- vivekm1125@gmail.com, nsniteshshukla@gmail.com*

आलेख प्राप्त: ०२ फरवरी २०२६; अंतिम संशोधित: २५ मार्च २०२६; स्वीकृत: २५ मार्च २०२६
प्रथम ऑनलाइन प्रकाशित: २६ अप्रैल २०२६

सारांश

आधुनिक खगोल भौतिकी के क्षेत्र में सबसे बड़ी पहेली ब्रह्मांड के उस ९५ प्रतिशत हिस्से को समझना है जो अदृश्य है। इस आलेख में हम 'डार्क मैटर' (अदृश्य पदार्थ) की सैद्धांतिक आवश्यकता और 'संशोधित न्यूटनियन गतिकी' (MOND) जैसे वैकल्पिक सिद्धांतों का तुलनात्मक अध्ययन करेंगे। 'बुलेट क्लस्टर' की प्रत्यक्ष अवलोकनों से लेकर 'रेडियल एक्सेलेरेशन रिलेशन' (RAR) की गणितीय शुद्धता तक, यह लेख भौतिकी की उन सीमाओं का अन्वेषण करता है जहाँ वर्तमान मानक मॉडल को नई चुनौतियों का सामना करना पड़ रहा है।

सूचक शब्द: डार्क मैटर, गुरूत्वाकर्षण, बुलेट क्लस्टर

खंड २, अंक १, फरवरी –२०२६
ई–विज्ञानम
मासिक विज्ञान पत्रिका

Vol. 2, Issue 1, February-2026
e-vigyanam
Monthly Science Journal
सामान्य आलेख (General Article)

DOI: 10.66346/ev.v2i1.2026.3

The Invisible Foundation of The Universe: Dark Matter and New Dimensions of Gravity

Vivek Mishra*, Nitesh Shukla*
Department of Physics, Digvijaynath Postgraduate College, Civil Lines, Gorakhpur, Uttar Pradesh, India -273001
Corresponding Author Email*: vivekm1125@gmail.com, nsniteshshukla@gmail.com

Received On: 02 February 2026; Final Revision: 25 March 2026; Accepted On: 25 March 2026
Published Online First: 26 April 2026

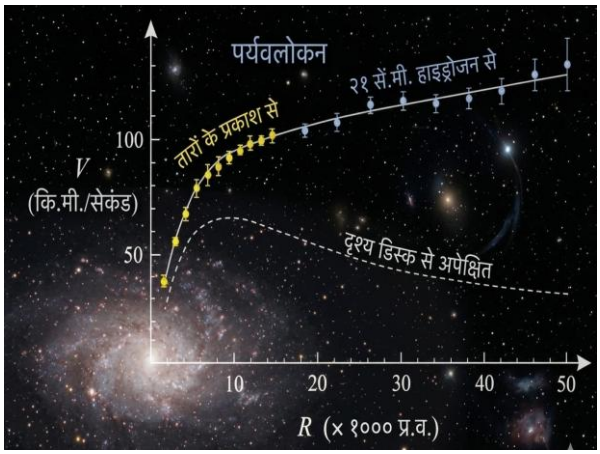
ABSTRACT

The biggest puzzle in the field of modern astrophysics is understanding the 95% of the universe that remains invisible. According to scientific calculations, this invisible portion consists of approximately 27% Dark Matter and 68% Dark Energy. In this article, we will conduct a comparative study of the theoretical necessity of Dark Matter and alternative theories such as Modified Newtonian Dynamics (MOND). From the direct observations of the 'Bullet Cluster' to the mathematical precision of the 'Radial Acceleration Relation' (RAR), this text explores the boundaries of physics where the current Standard Model is facing new challenges.

Keywords: Dark Matter, Bullet Cluster, Dragonfly 44, Gravitational lensing, MOND, RAR

सार-संक्षेप

आधुनिक खगोल भौतिकी के क्षेत्र में सबसे बड़ी पहेली ब्रह्मांड के उस ९५ प्रतिशत हिस्से को समझना है जो अदृश्य है। वैज्ञानिक गणनाओं के अनुसार, इस अदृश्य भाग में लगभग २७ प्रतिशत डार्क मैटर (अदृश्य पदार्थ) और ६८ प्रतिशत डार्क एनर्जी (अदृश्य ऊर्जा) सम्मिलित है। इस आलेख में हम डार्क मैटर की सैद्धांतिक आवश्यकता और 'संशोधित न्यूटनियन गतिकी' (MOND) जैसे वैकल्पिक सिद्धांतों का तुलनात्मक अध्ययन करेंगे। इस आलेख में हम 'डार्क मैटर' (अदृश्य पदार्थ) की सैद्धांतिक आवश्यकता और 'संशोधित न्यूटनियन गतिकी' (MOND) जैसे वैकल्पिक सिद्धांतों का तुलनात्मक अध्ययन करेंगे। 'बुलेट क्लस्टर' की प्रत्यक्ष अवलोकनों से लेकर 'रेडियल एक्सेलेरेशन रिलेशन' (RAR) की गणितीय शुद्धता तक, यह लेख भौतिकी की उन सीमाओं का अन्वेषण करता है जहाँ वर्तमान मानक मॉडल को नई चुनौतियों का सामना करना पड़ रहा है।



चित्र १: आकाशगंगा का घूर्णन वक्र (Rotation Curve) - प्रेक्षित बनाम सैद्धांतिक।

आकाशगंगा के भीतर तारों की गति चित्र १, यह दर्शाती है कि बाहरी तारे भी उतनी ही तेजी से घूमते हैं जैसे कि केन्द्र के पास वाले तारे। यह भी संकेत मिलता है कि बिना डार्क मैटर के इन तारो को धीमा हो जाना चाहिए। यह विसंगति सिद्ध करती है कि आकाशगंगा के चारो ओर एक विशाल अदृश्य द्रव्यमान का घेरा मौजूद है।[१]

ऐतिहासिक पृष्ठभूमि: अदृश्य द्रव्यमान की पहली आहट

ब्रह्मांड की दृश्य सीमाओं से परे कुछ होने का पहला संकेत १९३३ में स्विस खगोलशास्त्री फ्रिट्ज़ ज़्विकी ने दिया था। 'कोमा क्लस्टर' का अध्ययन करते समय उन्होंने पाया कि आकाशगंगाएँ इतनी तेज़ी से गति कर रही हैं कि उन्हें क्लस्टर के भीतर रहने के लिए दिखाई देने वाले द्रव्यमान से कहीं अधिक गुरुत्वाकर्षण की आवश्यकता थी। उन्होंने इसे 'डंकल मटेरी' (Dunkle Materie) अर्थात 'कृष्ण पदार्थ' या 'अदृश्य द्रव्यमान' का नाम दिया। हालांकि, इस विचार को व्यापक मान्यता १९७० के दशक में मिली, जब वेरा रुबिन और केंट फोर्ड ने आकाशगंगाओं के घूर्णन वक्र (Rotation Curves) का विश्लेषण किया। उन्होंने देखा कि आकाशगंगा के केंद्र से हजारों प्रकाश वर्ष दूर स्थित तारों का वेग भी केंद्र के पास वाले तारों के समान ही था। न्यूटन के 'व्युत्क्रम वर्ग नियम' के अनुसार, बाहरी तारों की गति कम होनी चाहिए थी। इस विसंगति ने यह स्पष्ट कर दिया कि आकाशगंगाओं के चारों ओर एक विशाल अदृश्य 'हेलो' (Halo) मौजूद है जो अतिरिक्त गुरुत्वाकर्षण प्रदान कर रहा है।[२]

डार्क मैटर के प्रमाण: प्रयोग और प्रेक्षण

1. बुलेट क्लस्टर (The Bullet Cluster - 1E 0657-558):

यह ब्रह्मांडीय प्रयोगशाला का सबसे महत्वपूर्ण साक्ष्य है। जब दो विशाल आकाशगंगा समूह आपस में टकराते हैं, तो उनके भीतर की गर्म गैस (जो सामान्य पदार्थ है) विद्युत-चुम्बकीय बलों के कारण आपस में रगड़ खाती है और धीमी हो जाती है। इसके विपरीत, डार्क मैटर बिना किसी घर्षण के एक-दूसरे के आर-पार निकल जाता है। 'ग्रेविटेशनल लेंसिंग' के माध्यम से जब कुल द्रव्यमान का मानचित्रण किया गया, तो पाया गया कि द्रव्यमान का केंद्र गैस के केंद्र से बहुत अलग था। यह प्रमाणित करता है कि डार्क मैटर एक वास्तविक भौतिक कण है, न कि केवल गुरुत्वाकर्षण की कोई त्रुटि।[३]

चित्र २: बुलेट क्लस्टर (Bullet Cluster) में डार्क मैटर और गैस का वितरण।

बुलेट क्लस्टर की छवि डार्क मैटर के अस्तित्व का सबसे ठोस प्रमाण है। चित्र २ [४] इसमें गुलाबी रंग गर्म गैस (दृश्य पदार्थ) को दर्शाता है जो टकराने के बाद बीच में रुक गई है। वहीं, नीला हिस्सा उस स्थान को दर्शाता है जहाँ गुरुत्वाकर्षण बल (Mass) सबसे अधिक है। इन दोनों का अलग होना यह स्पष्ट करता है कि डार्क मैटर सामान्य पदार्थ के साथ घर्षण नहीं करता और उससे अलग व्यवहार करता है।

2. ड्रैगनफ्लाई ४४ (Dragonfly 44) और अल्ट्रा-डिफ्यूज़ गैलेक्सी:

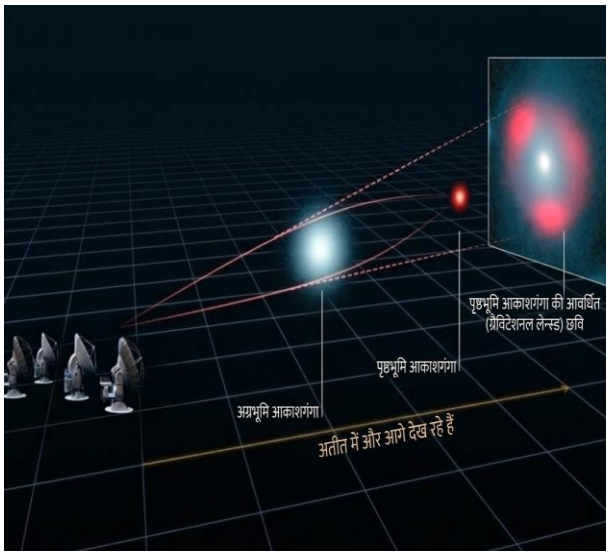
आकाशगंगा 'ड्रैगनफ्लाई ४४' ने वैज्ञानिकों को चौंका दिया क्योंकि इसमें तारों की संख्या हमारी मिल्की-वे की तुलना में १% से भी कम है, लेकिन इसका कुल गुरुत्वाकर्षण प्रभाव मिल्की-वे के बराबर है। इसका अर्थ यह है कि इस आकाशगंगा का ९९.९% द्रव्यमान डार्क मैटर के रूप में है। ऐसी आकाशगंगाएं यह सिद्ध करती हैं कि डार्क मैटर और दृश्य पदार्थ का अनुपात ब्रह्मांड में हर जगह एक समान नहीं होता, जो कण भौतिकी के दृष्टिकोण से अत्यंत महत्वपूर्ण है।[५]

चित्र ३: ड्रैगनफ्लाई ४४ आकाशगंगा, जिसमें सामान्य तारों की तुलना में ९९.९% डार्क मैटर होने का अनुमान है।

चित्र ३ 'ड्रैगनफ्लाई ४४' आकाशगंगा का दृश्य है। [६] यह एक ऐसी अनोखी गैलेक्सी है जिसमें तारे और प्रकाश अत्यंत कम हैं, लेकिन इसका कुल भार हमारी अपनी आकाशगंगा के बराबर है। वैज्ञानिकों के अनुसार, इस गैलेक्सी का ९९.९% हिस्सा केवल डार्क मैटर से बना है, जो यह दर्शाता है कि ब्रह्मांड में दृश्य पदार्थ के बिना भी विशाल संरचनाएं मौजूद हो सकती हैं।

3. ग्रेविटेशनल लेंसिंग: (डार्क मैटर को तौलने का तराजू)

डार्क मैटर को प्रत्यक्ष रूप से देखना असंभव है क्योंकि यह प्रकाश को परावर्तित नहीं करता। लेकिन आइंस्टीन के सामान्य सापेक्षता सिद्धांत (General Relativity) के अनुसार, द्रव्यमान अंतरिक्ष के कपड़े को मोड़ देता है। जब दूर स्थित किसी आकाशगंगा का प्रकाश डार्क मैटर के विशाल ढेर से होकर गुजरता है, तो वह प्रकाश मुड़ जाता है।[७]



चित्र ४: डार्क मैटर के भारी द्रव्यमान के कारण पीछे से आने वाली आकाशगंगाओं के प्रकाश का मुड़ना।

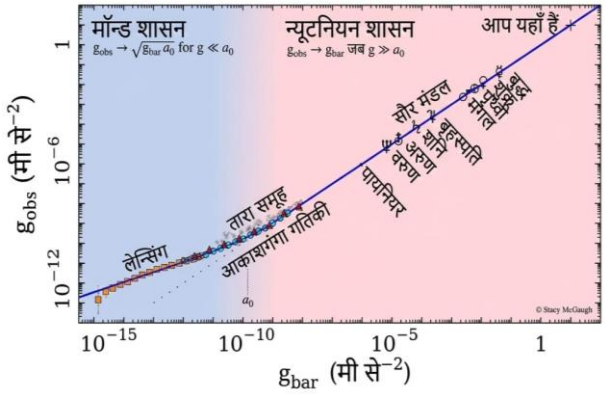
डार्क मैटर अंतरिक्ष में एक विशाल लेंस की तरह कार्य करता है। जब पीछे स्थित किसी आकाशगंगा से प्रकाश आता है, तो बीच में मौजूद डार्क मैटर का गुरुत्वाकर्षण उस प्रकाश को मोड़ देता है (Lensed image)। इसी मुड़े हुए प्रकाश का विश्लेषण करके हम उस पदार्थ का सटीक वजन माप सकते हैं जिसे हम देख नहीं सकते। चित्र ४ [८]

4. संशोधित गुरुत्वाकर्षण (MOND): एक क्रांतिकारी विकल्प

डार्क मैटर के कणों (जैसे WIMPs) की प्रत्यक्ष खोज में मिल रही विफलताओं ने 'संशोधित न्यूटनियन गतिकी' (MOND) को बल दिया है। १९८३ में मोर्दहाई मिलग्रोम द्वारा प्रस्तावित यह सिद्धांत कहता है कि गुरुत्वाकर्षण का नियम 'त्वरण' के एक निश्चित स्तर (1.2×10^{-10} m/s^2) के नीचे बदल जाता है। हालांकि, MOND सिद्धांत आकाशगंगाओं के घूर्णन वक्र की सफल व्याख्या तो करता है, परंतु 'आकाशगंगा समूहों' के स्तर पर यह पूर्णतः सटीक नहीं बैठता। क्लस्टर्स के भीतर गुरुत्वाकर्षण की विसंगति को पूरी तरह समझाने के लिए MOND को अभी भी कुछ अतिरिक्त द्रव्यमान (जैसे कि न्यूट्रिनो) की आवश्यकता पड़ती है।[९]

रेडियल एक्सेलेरेशन रिलेशन (RAR):

हाल के वर्षों में १५३ आकाशगंगाओं के अध्ययन से एक अत्यंत सटीक संबंध 'रेडियल एक्सेलेरेशन रिलेशन' सामने आया है। यह दर्शाता है कि आकाशगंगाओं में पाया जाने वाला कुल त्वरण और दृश्य पदार्थ के कारण होने वाला त्वरण एक-दूसरे से गणितीय रूप से जुड़े हुए हैं। यदि डार्क मैटर एक स्वतंत्र पदार्थ होता, तो हर आकाशगंगा में यह संबंध अलग होना चाहिए था। RAR की यह सटीकता इंगित करती है कि शायद हमें डार्क मैटर जैसे किसी 'भूतिया कण' की आवश्यकता नहीं है, बल्कि हमें गुरुत्वाकर्षण के नियमों को संशोधित करने की आवश्यकता है।[१०]



चित्र ५: रेडियल एक्सेलेरेशन रिलेशन (RAR) का ग्राफ और MOND की सटीकता।

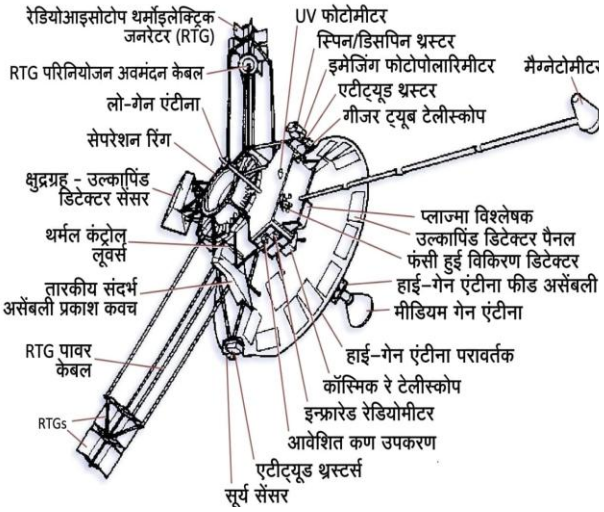
रेडियल एक्सेलेरेशन रिलेशन (RAR) का ग्राफ चित्र ५ डार्क मैटर की अवधारणा को चुनौती देता है। [११] यह दिखाता है कि तारों का त्वरण (Acceleration) उनके दृश्य द्रव्यमान के साथ एक अत्यंत सटीक गणितीय संबंध रखता है। यह ग्राफ 'MOND Regime' की ओर इशारा करता है, जहाँ गुरुत्वाकर्षण के नियम न्यूटन के सिद्धांतों से अलग होकर एक नई दिशा में काम करते दिखाई देते हैं।

पायनियर विसंगति (Pioneer Anomaly):

डार्क मैटर की पहेली केवल दूर स्थित आकाशगंगाओं तक ही सीमित नहीं है, बल्कि हमारे अपने सौर मंडल के छोर पर भी कुछ असामान्य

संकेत मिले हैं। १९७० के दशक में पायनियर १० और ११ की गति में जो सूक्ष्म बदलाव देखे गए थे, उन्हें लंबे समय तक एक पहेली माना गया और इसे 'पायनियर विसंगति' का नाम दिया गया। हालांकि, आधुनिक डेटा विश्लेषण (२०१२) से यह सिद्ध हो चुका है कि यह विसंगति गुरुत्वाकर्षण के किसी नए नियम के कारण नहीं, बल्कि 'तापीय विकिरण बल के कारण थी। यान के भीतर मौजूद बिजली उपकरणों और रेडियोआइसोटोप थर्मोइलेक्ट्रिक जनरेटर (RTG) से निकलने वाली गर्मी एक विशिष्ट दिशा में दबाव पैदा कर रही थी, जिससे उनकी गति में सूक्ष्म कमी आई

वैज्ञानिकों ने पाया कि ये यान अपनी गणना की गई स्थिति से थोड़ा पीछे रह रहे थे, जैसे कि कोई अज्ञात बल उन्हें सूर्य की ओर खींच रहा हो. इसे ही 'पायनियर विसंगति' कहा जाता है।[१२]



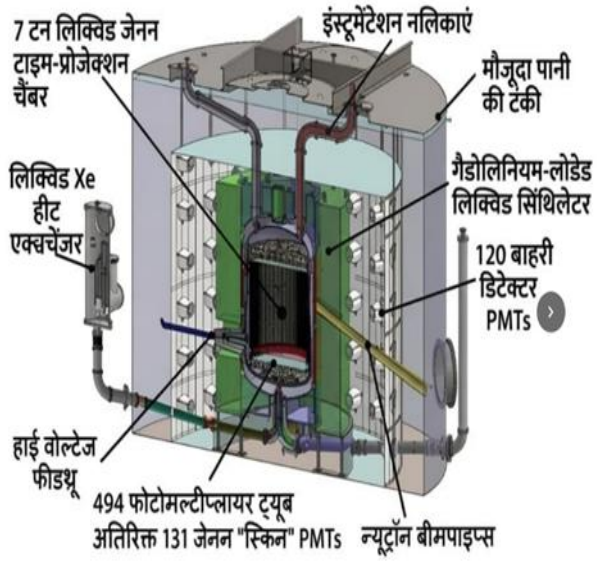
चित्र ६: पायनियर अंतरिक्ष यान और उसकी गति में देखी गई सूक्ष्म विसंगति। [१४] [१५]

चित्र ६ पायनियर अंतरिक्ष यान की तकनीकी संरचना को दिखाया गया है।[१३] इन यानों की गति में जो सूक्ष्म बदलाव (Anomaly) देखे गए, वे वैज्ञानिकों के लिए एक पहेली बन गए थे। इसने यह सोचने पर मजबूर किया कि क्या हमारे गुरुत्वाकर्षण के नियम सौर मंडल की सीमाओं के बाहर भी वैसे ही काम करते हैं या उनमें कोई सूक्ष्म संशोधन आवश्यक है।

5. आधुनिक पहचान तकनीकें और वैश्विक प्रयोग

ब्रह्मांड के इस रहस्य को सुलझाने के लिए पृथ्वी पर और अंतरिक्ष में कई जटिल प्रयोग किए जा रहे हैं:

डार्क मैटर के कणों को सीधे पकड़ने के लिए पृथ्वी की गहराई में बने डिटेक्टर को चित्र ७ में दिया गया है। चित्र ७ में ऊपर की ओर इसके आंतरिक भागों का नक्शा (Schematic) है, जिसमें ७ टन तरल क्सीनन का उपयोग किया जाता है। यह प्रयोग दुनिया भर के वैज्ञानिकों की उस कोशिश का हिस्सा



LUX-ZEPLIN डार्क मैटर डिटेक्टर (दाएं) और निर्माणाधीन (बाएं) के आंतरिक भागों का योजनाबद्ध

चित्र ७: लक्स-ज़ेपलिन (LUX-ZEPLIN): अमेरिका के दक्षिण डकोटा में एक मील गहरी खदान के भीतर स्थित यह प्रयोग ७ टन तरल क्सीनन का उपयोग करता है।

है जिससे हम इस अदृश्य पदार्थ के रहस्यमयी कणों की पहचान कर सकें। इन रहस्यमयी कणों के मुख्य उम्मीदवारों में WIMPs के अलावा अब 'एक्सियॉन्स' (Axions) और 'स्टाइल न्यूट्रिनो' (Sterile Neutrinos) को भी शामिल किया गया है। ये कण विद्युत-चुंबकीय बल से कोई क्रिया नहीं करते, जिससे इन्हें पहचानना एक बड़ी वैज्ञानिक चुनौती है। **[१४,१५]**

a. लक्स-ज़ेपलिन (LUX-ZEPLIN): अमेरिका के दक्षिण डकोटा में एक मील गहरी खदान के भीतर स्थित यह प्रयोग ७ टन तरल क्सीनन का उपयोग करता है। इसका उद्देश्य डार्क मैटर के उन अत्यंत दुर्लभ कणों को पकड़ना है जो पृथ्वी से बिना किसी बाधा के गुजर जाते हैं।
b. लार्ज हैड्रॉन कोलाइडर (LHC): सर्न में वैज्ञानिक उच्च ऊर्जा पर प्रोटॉन की टक्करों से 'सुपरसिमिट्री' जैसे सिद्धांतों के आधार पर नए कणों को उत्पन्न करने का प्रयास कर रहे हैं, जो डार्क मैटर के उम्मीदवार हो सकते हैं।
c. अंतरिक्ष मिशन: जेम्स वेब स्पेस टेलिस्कोप (JWST) और यूरोपीय अंतरिक्ष एजेंसी का 'यूक्लिड' (Euclid) मिशन डार्क

मैटर के वितरण का त्रि-आयामी (3D) नक्शा तैयार कर रहे हैं, जिससे इसके स्वभाव को समझने में मदद मिलेगी।[१६]

6. निष्कर्ष

ब्रह्मांड का ९५ प्रतिशत हिस्सा आज भी हमारी समझ से परे है, जिसमें डार्क मैटर एक सबसे बड़ी पहेली बना हुआ है। जहाँ एक ओर WIMPs, एक्सियॉन्स (Axions) और स्टाइल न्यूट्रिनो जैसे कणों की खोज डार्क मैटर के अस्तित्व को सिद्ध करने में लगी है, वहीं MOND (Modified Newtonian Dynamics) जैसे सिद्धांत हमें गुरुत्वाकर्षण के मूलभूत नियमों पर पुनर्विचार करने के लिए प्रेरित करते हैं।

अंततः, यह संघर्ष केवल दो सिद्धांतों के बीच नहीं, बल्कि ब्रह्मांड के परम सत्य को जानने की हमारी जिज्ञासा का प्रतीक है। आने वाले समय में LUX-ZEPLIN जैसे संवेदनशील प्रयोग और जेम्स वेब (JWST) जैसे शक्तिशाली टेलीस्कोप शायद यह स्पष्ट कर पाएंगे कि हम एक 'अदृश्य पदार्थ' की दुनिया में रह रहे हैं या हमें गुरुत्वाकर्षण के अपने ज्ञान को ही बदलने की आवश्यकता है।

संदर्भ ग्रंथ सूची (Bibliography/References)

1. E. Corbelli; P. Salucci (2000). "The extended rotation curve and the dark matter halo of M33". Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 311 (2): 441-447. arXiv:astro-ph/9909252. doi:10.1046/j.1365-8711.2000.03075.x
2. Zwicky, F. (1933). Die Rotverschiebung von extragalaktischen Nebeln. Helvetica Physica Acta, 6, 110–127.
3. Clowe, D., et al. (2006). A Direct Empirical Proof of the Existence of Dark Matter. The Astrophysical Journal Letters, 648(2), L109–L113. DOI: 10.1086/508162
4. Markevitch, M., et al. (2004). Direct Constraints on the Dark Matter Self-Interaction Cross Section from the Merging Galaxy Cluster 1E 0657–56. The Astrophysical Journal, 606(2), 819–824. DOI: 10.1086/383178
5. van Dokkum, P., et al. (2016). A High-mass Stellar System with a Low Stellar Surface Brightness and a Massive Dark Matter Halo: Dragonfly 44. The Astrophysical Journal Letters, 828(1), L6. DOI:10.3847/2041-8205/828/1/L6
6. Van Dokkum, P., et al. (2017). Extensive Globular Cluster Systems as Tracers of Dark Matter Haloes in Ultra Diffuse Galaxies. The Astrophysical Journal Letters, 844(1), L11. DOI: 10.3847/2041-8213/aa7ca2
7. Einstein, A. (1916). Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie. Annalen der Physik, 354(7), 769–822. DOI: 10.1002/andp.19163540702
8. Postman, M., et al. (2012). Cluster Lensing and Supernova survey with Hubble (CLASH). The Astrophysical Journal Supplement Series, 199(2), 25. DOI: 10.1088/0067-0049/199/2/25
9. Milgrom, M. (1983). A modification of the Newtonian dynamics as a possible alternative to the hidden mass hypothesis. The Astrophysical Journal, 270, 365–370. DOI: 10.1086/161130
10. Lelli, F., McGaugh, S. S., & Schombert, J. M. (2016). Radial Acceleration Relation in Rotationally Supported Galaxies. Physical Review Letters, 117(20), 201101. DOI: 10.1103/PhysRevLett.117.201101
11. McGaugh, S. S., et al. (2016). The Radial Acceleration Relation (RAR) Database (SPARC). Physical Review Letters, 117. DOI: 10.1103/PhysRevLett.117.201101
12. Turyshev, S. G., et al. (2012). Support for the Thermal Origin of the Pioneer Anomaly. Physical Review Letters, 108(24), 241101. DOI:10.1103/PhysRevLett.108.241101
13. Nieto, M. M., & Turyshev, S. G. (2004). The Pioneer Anomaly. Contemporary Physics, 45(5), 387-407. DOI: 10.1080/00107510410001708081
14. Aalbers, J., et al. (LUX-ZEPLIN Collaboration). (2023). First Dark Matter Search Results from the LUX-ZEPLIN Experiment. Physical Review Letters, 131(4), 041002. DOI: 10.1103/PhysRevLett.131.041002
15. Preskill, J., Wise, M. B., & Wilczek, F. (1983). Cosmology of the invisible axion. Physics Letters B, 120(1-3), 127–132. DOI: 10.1016/0370-2693(83)90637-8
16. Euclid Collaboration, et al. (2024). Euclid preparation. I. The Euclid mission. Astronomy & Astrophysics, 683, A1. DOI: 10.1051/0004-6361/202347144