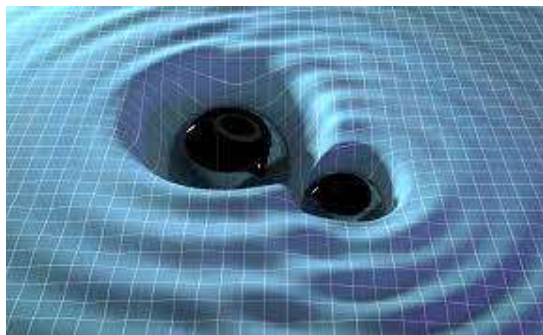


गुरुत्वाकर्षण तरंग क्या है ?

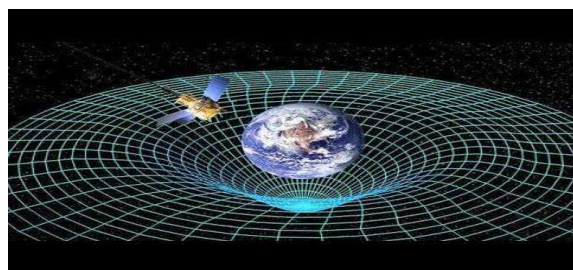
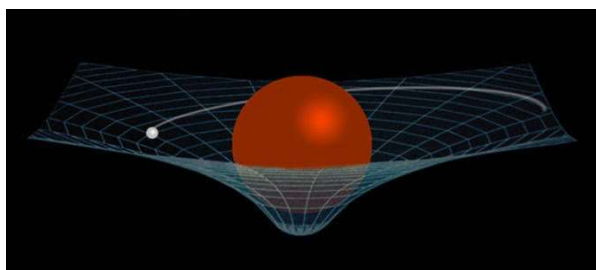
- ◆ गुरुत्वाकर्षण तरंग अंतरिक्ष में एक अदृश्य (अभी तक अविश्वसनीय रूप से तेज़) तरंग है। गुरुत्वाकर्षण तरंगें प्रकाश की गति से यात्रा करती हैं (186,000 मील प्रति सेकंड)। ये तरंगें अपने रास्ते में आने वाली किसी भी चीज को निचोड़ती और खींचती हैं।
- ◆ गुरुत्वाकर्षण तरंग अंतरिक्ष में एक अदृश्य (अभी तक अविश्वसनीय रूप से तेज़) तरंग है।
- ◆ हम लंबे समय से गुरुत्वाकर्षण तरंगों के बारे में जानते हैं। 100 साल से भी पहले, अल्बर्ट आइंस्टीन गुरुत्वाकर्षण और अंतरिक्ष के बारे में कई विचार लेकर आए थे।
- ◆ आइंस्टीन ने भविष्यवाणी की थी कि जब दो पिंड-जैसे ग्रह या तारे-एक दूसरे की परिक्रमा करते हैं तो कुछ खास होता है। उनका मानना था कि इस तरह की हलचल से अंतरिक्ष में लहरें उठ सकती हैं। ये लहरें तालाब में लहरों की तरह फैलती थीं जब एक पत्थर फेंका जाता था। वैज्ञानिक इन तरंगों को अंतरिक्ष गुरुत्वाकर्षण तरंगों के नाम से बुलाते हैं।
- ◆ गुरुत्वाकर्षण तरंगें अदृश्य होती हैं। हालांकि, वे अविश्वसनीय रूप से तेज़ हैं। वे प्रकाश की गति से यात्रा करते हैं (186,000 मील प्रति सेकंड)। गुरुत्वाकर्षण तरंगें अपने रास्ते में आने वाली किसी भी चीज को निचोड़ती और खींचती हैं।



गुरुत्वाकर्षण तरंगों का क्या कारण है ?

- ◆ सबसे शक्तिशाली गुरुत्वाकर्षण तरंगें तब बनती हैं जब वस्तुएं बहुत तेज गति से चलती हैं। घटनाओं के कुछ उदाहरण जो गुरुत्वाकर्षण तरंग पैदा कर सकते हैं वे हैं:
 - ◆ जब कोई तारा विषम रूप से फटता है (जिसे सुपरनोवा कहा जाता है)
 - ◆ जब दो बड़े तारे एक दूसरे की परिक्रमा करते हैं
 - ◆ जब दो ब्लैक होल एक दूसरे की परिक्रमा करते हैं और विलीन हो जाते हैं
- लेकिन इस प्रकार की वस्तुएं जो गुरुत्वाकर्षण तरंगें पैदा करती हैं, वे बहुत दूर हैं। और कभी-कभी, ये घटनाएं केवल छोटी, कमजोर गुरुत्वाकर्षण तरंगों का कारण बनती हैं। जब तक वे पृथ्वी पर पहुंचते हैं तब तक तरंगें बहुत कमजोर होती हैं। इससे गुरुत्वाकर्षण तरंगों का पता लगाना मुश्किल हो जाता है।

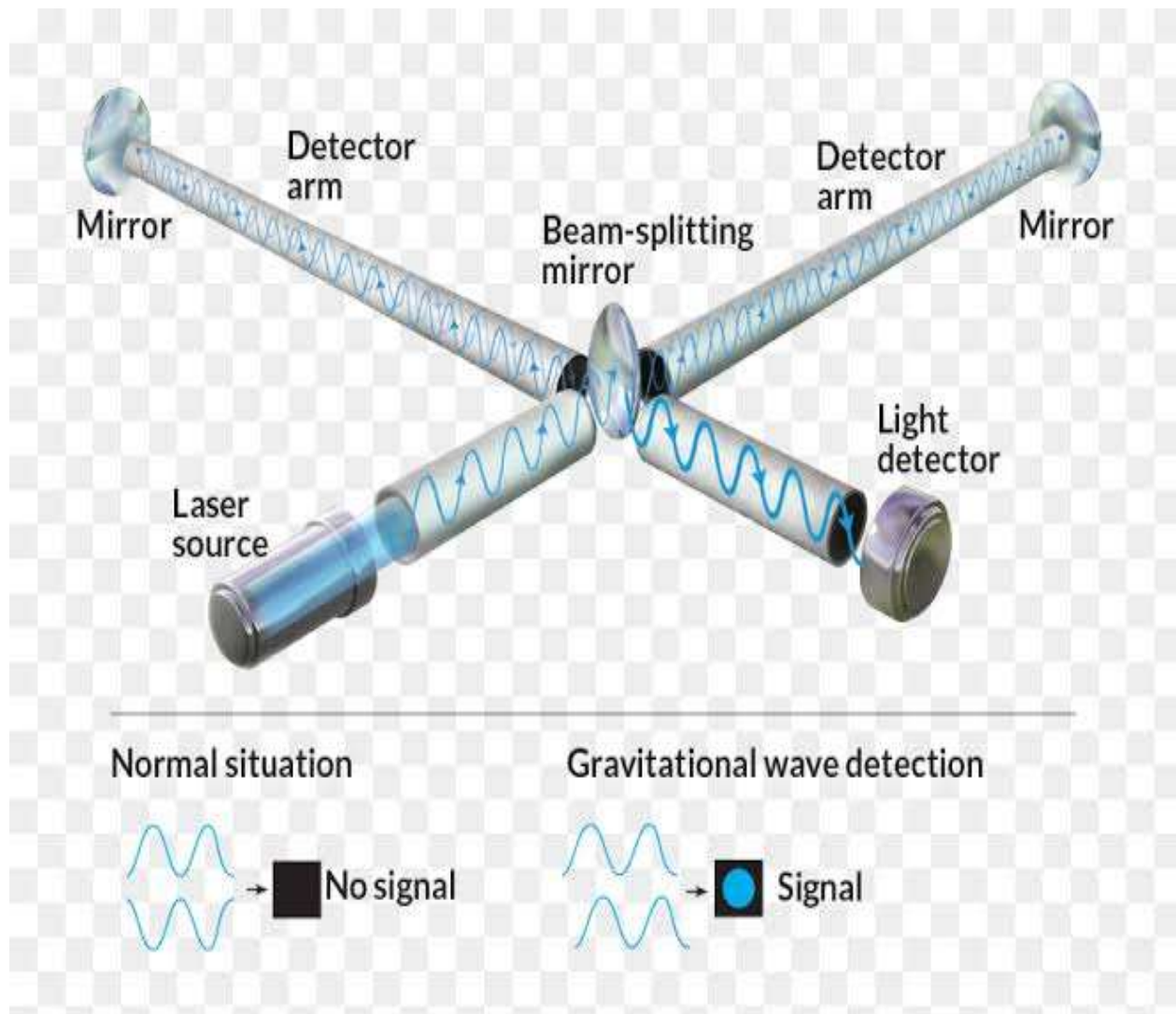
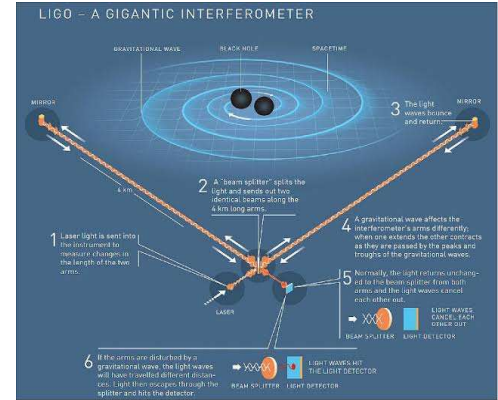
हम कैसे जानते हैं की गुरुत्वाकर्षण तरंगे मौजूद है ?



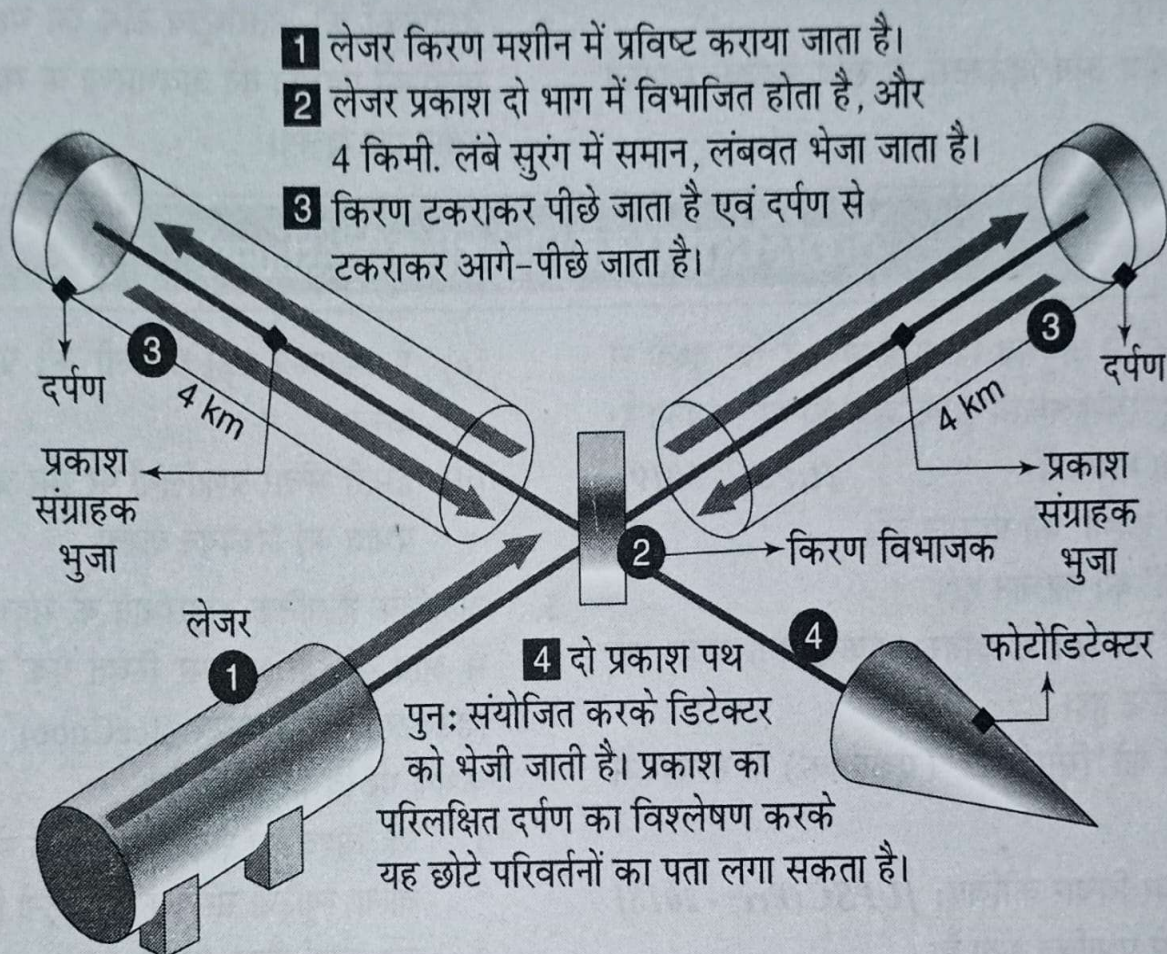
2015 में, वैज्ञानिकों ने पहली बार गुरुत्वाकर्षण तरंगों का पता लगाया। उन्होंने एलआईजीओ (लेजर इंटरफेरोमीटर ग्रेविटेशनल-वेव ऑब्जर्वेटरी) नामक एक बहुत ही संवेदनशील उपकरण का इस्तेमाल किया। ये पहली गुरुत्वाकर्षण तरंगें तब हुईं जब दो ब्लैक होल एक दूसरे से टकरा गए। टक्कर 1.3 अरब साल पहले हुई थी। लेकिन, लहरें 2015 तक पृथ्वी पर नहीं आईं।

गुरुत्वाकर्षण तरंगों का पता कैसे लगाया जाता है ?

जब कोई गुरुत्वाकर्षण तरंग पृथ्वी के पास से गुजरती है, तो वह अंतरिक्ष को संकुचित और फैला देती है। **LIGO** इस सिकुड़न और खिंचाव का पता लगा सकता है। प्रत्येक **LIGO** वेधशाला में दो "हथियार" होते हैं जो प्रत्येक 2 मील (4 किलोमीटर) से अधिक लंबे होते हैं। एक गुजरती गुरुत्वाकर्षण लहर के कारण भुजाओं की लंबाई थोड़ी बदल जाती है। वेधशाला इन छोटे परिवर्तनों का पता लगाने के लिए लेजर, दर्पण और अत्यंत संवेदनशील उपकरणों का उपयोग करती है।



लिंगो-लेजर इंटरफेरोमीटर ग्रेविटेशनल वेव ऑब्जरवेटरी (LIGO – LASER INTERFEROMETER GRAVITATIONAL WAVE OBSERVATORY)



- ♦ बीम स्प्लिटर के पास रखे दर्पण लेज़र को बाजुओं के भीतर रखते हैं। यह बीम द्वारा तय की गई दूरी को बढ़ाता है, गुरुत्वाकर्षण तरंगों के कारण होने वाले हाथों की लंबाई में परिवर्तन के लिए LIGO की संवेदनशीलता में बहुत सुधार करता है।
- ♦ हाल ही में लीगो वैज्ञानिक सहयोग (LSC) ने न्यूट्रॉन स्टार-ब्लैकहोल (NS-BH) विलय की एक जोड़ी से गुरुत्वाकर्षण तरंगों की खोज की है गुरुत्वाकर्षण तरंग संसूचकों के एक वैश्विक नेटवर्क का उपयोग करके इन दो वस्तुओं से प्रतिध्वनियों को लिया गया, जो अब तक का सबसे संवेदनशील वैज्ञानिक उपकरण है।
- ♦ अब तक लीगो-वर्गो सहयोग (LVC) केवल ब्लैकहोल या न्यूट्रॉन तारों के जोड़े के बीच टकराव का निरीक्षण करने में सक्षम था। NS-BH विलय एक हाइब्रिड संयोग है।

ब्लैकहोल :



- ◆ ब्लैकहोल अंतरिक्ष में एक ऐसी जगह है जहाँ गुरुत्वाकर्षण इतना अधिक होता है कि प्रकाश भी बाहर नहीं निकल पाता है। यहाँ गुरुत्वाकर्षण इतना मज़बूत होता है कि पदार्थ छोटे से स्थान में संपीड़ित हो जाता है।
- ◆ गुरुत्वाकर्षण तरंगें तब बनती हैं जब दो ब्लैकहोल एक-दूसरे की परिक्रमा करते हैं और विलीन हो जाते हैं।

न्यूट्रॉन तारे:

- ◆ न्यूट्रॉन तारों में उच्च द्रव्यमान तारों के संभावित अंत-बिंदुओं में से एक शामिल होता है।
- ◆ एक बार जब तारे का कोर पूरी तरह से लोहे में जल जाता है तो ऊर्जा उत्पादन बंद हो जाता है और कोर तेज़ी से ढह जाता है, इलेक्ट्रॉनों और प्रोटॉन को एक साथ संपीड़ित कर न्यूट्रॉन और न्यूट्रिनो बनाते हैं।
- ◆ न्यूट्रॉन अधोपतन दबाव द्वारा समर्थित एक तारे को न्यूट्रॉन स्टार के रूप में जाना जाता है, जिसे पल्सर के रूप में जाना जाता है यदि इसका चुंबकीय क्षेत्र इसके स्पिन अक्ष के साथ अनुकूल रूप से संरेखित हो।
- ◆ गुरुत्वीय तरंग सिग्नल पृष्ठभूमि (Background) शोर के अंदर गहराई में दबे होते हैं जो सिग्नलों की खोज के लिये वैज्ञानिक मैचड फिल्टरिंग (Matched filtering) नामक एक विधि का उपयोग करते हैं।
- ◆ इस पद्धति में आइंस्टीन के सापेक्षता के सिद्धांत द्वारा भविष्यवाणी की गई विभिन्न अपेक्षित गुरुत्वाकर्षण तरंगों की तुलना डेटा के विभिन्न हिस्सों से की जाती है ताकि एक मात्रा का उत्पादन किया जा सके जो यह दर्शाता है कि डेटा में संकेत (यदि कोई हो) किसी एक तरंग के साथ मेल खाता है।
- ◆ जब भी यह मैच (तकनीकी शब्दों में "सिग्नल-टू-शोर अनुपात" या एसएनआर) महत्वपूर्ण (8 से बड़ा) होता है, तो एक घटना का पता लगाया जाता है।
- ◆ लगभग एक साथ हज़ारों किलोमीटर द्वारा अलग किये गए कई डिटेक्टरों में एक घटना का अवलोकन करने से वैज्ञानिकों का यह विश्वास बढ़ जाता है कि संकेत खगोलीय उत्पत्ति का है।

खोज का महत्व:

एक न्यूट्रॉन तारे की सतह होती है तथा इसमें ब्लैकहोल नहीं होता है। एक न्यूट्रॉन तारा सूर्य के द्रव्यमान के लगभग 1.4 गुना है, जबकि ब्लैकहोल बहुत अधिक विशाल है। व्यापक रूप से असमान विलय के बहुत ही रोचक प्रभाव हैं जिनका पता लगाया जा सकता है।

लीगो वैज्ञानिक सहयोग :

- ★ इसकी स्थापना वर्ष 1997 में हुई थी और वर्तमान में इसमें 100 से अधिक संस्थान तथा पूरे विश्व के 18 देशों के 1000 से अधिक वैज्ञानिक शामिल हैं।
- ★ यह वैज्ञानिकों का एक समूह है जो गुरुत्वाकर्षण तरंगों का प्रत्यक्ष पता लगाने पर ध्यान केंद्रित करता है, उनका उपयोग गुरुत्वाकर्षण के मौलिक भौतिकी का पता लगाने और खगोलीय खोज के उपकरण के रूप में गुरुत्वाकर्षण तरंग विज्ञान के उभरते क्षेत्र को विकसित करने के लिये करता है।
- ★ **लीगो वेधशालाएँ:** लीगो से संबंधित अध्ययन को हनफोर्ड (वाशिंगटन), लिविंगस्टन (लुइसियाना) और हनोवर (जर्मनी) में स्थित वेधशालाओं में अंजाम दिया जाता है।

अन्य वेधशालाएँ :

- ♦ **VIRGO :** यह इटली में पीसा के पास स्थित है। इसका सहयोग वर्तमान में बेल्जियम, फ्रांस, जर्मनी, हंगरी, इटली, नीदरलैंड, पोलैंड और स्पेन सहित 14 विभिन्न देशों में 119 संस्थानों के लगभग 650 सदस्यों से है
- ♦ **कामिओका ग्रेविटेशनल वेव डिटेक्टर (KAGRA) :** यह कामिओका, गिफू, जापान में स्थित है। इसकी मेज़बान संस्थान टोक्यो विश्वविद्यालय में स्थित कॉस्मिक रे रिसर्च संस्थान (ICRR) है।
- ♦ यह व्यतिकरणमापी (Interferometer) भूमिगत है और क्रायोजेनिक दर्पणों (Cryogenic Mirror) का उपयोग करता है। इसकी 3 किमी. भुजाएँ हैं।

लीगो-इंडिया प्रोजेक्ट

- ★ लीगो इंडिया वेधशाला (LIGO India Observatory) का कार्य वर्ष 2024 में पूरा होना निर्धारित है और इसे महाराष्ट्र के हिंगोली ज़िले में बनाया जाएगा।
- ★ यह विश्वव्यापी नेटवर्क के हिस्से के रूप में भारत में स्थित एक नियोजित उन्नत गुरुत्वीय लहर (Gravitational Wave) वेधशाला है।
- ★ लीगो परियोजना तीन गुरुत्वीय लहर डिटेक्टरों को संचालित करती है।
- ★ दो वाशिंगटन राज्य (उत्तर-पश्चिमी संयुक्त राज्य अमेरिका) के हनफोर्ड में स्थित हैं और एक लुइसियाना (दक्षिण-पूर्वी संयुक्त राज्य अमेरिका) के लिविंगस्टन में स्थित है।
- ★ लीगो इंडिया प्रोजेक्ट, लीगो प्रयोगशाला (LIGO = Laboratory) और लीगो इंडिया कंसोर्टियम (LIGO-India Consortium) में तीन प्रमुख संस्थानों (प्लाज़्मा अनुसंधान संस्थान, गांधीनगर आईयूसीएए, पुणे और राजा रमन्ना सेंटर फॉर एडवांस्ड टेक्नोलॉजी, इंदौर) के बीच एक अंतर्राष्ट्रीय सहयोग है।

- ★ इससे आकाशीय स्थानीयकरण (Localisation) में उल्लेखनीय सुधार होगा।
- ★ इससे विद्युत चुंबकीय दूरबीनों का उपयोग करके दूर के स्रोतों के अवलोकन की संभावना बढ़ जाती है जो बदले में हमें अधिक सटीक माप देगा कि ब्रह्मांड कितनी तेज़ी से विस्तार कर रहा है।
- ★ 1916 में अल्बर्ट आइंस्टीन ने कहा था कि अंतरिक्ष में किसी भी वस्तु को आकर्षित करने वाले गुरुत्वाकर्षण का असली कारण उसका द्रव्यमान और आकार होता है जो उसके आसपास के पिंडों में गति पैदा कर देता है। वैज्ञानिकों का कहना है कि हमारे सूर्य से करोड़ों गुना भारी विशालकाय ब्लैक होल के टकराने को ऐसी गुरुत्वीय तरंगों का जन्म का कारण माना जाता है। इनके टकराने से पैदा हुई लहरों को खगोल शास्त्री नैनो हॉट्स ग्रेविटेशनल वेब कहते हैं क्योंकि इनकी wavelength लाखों-करोड़ों किलोमीटर तक होती है। ऐसे अनेक विशालकाय ब्लैक होल जोड़ों का एक शोर हमारे ब्रह्मांड में निरंतर गूंजता रहता है। इन्हीं गुरुत्वीय तरंगों को अब दर्ज कर लिया गया है इस डेटा का 8 वर्ष तक गहन अध्ययन करने से आइंस्टीन की थ्योरी सिद्ध हुई है। इस शोध के परिणामों ने गुरुत्वीय लहरों के वर्ण क्रम में एक नया रास्ता खोल दिया है। इस शोध के लिए विश्व के 6 संवेदनशील रेडियो टेलीस्कोप का प्रयोग किया गया है। इसमें भारत का सबसे बड़ा रेडियो टेलीस्कोप जीएमआरटी भी शामिल है।
- ★ वैज्ञानिकों के अनुसार अभी हम ब्रह्मांड के 2% हिस्से को जान सके हैं। माना जाता है कि ब्रह्मांड का 23% हिस्सा डार्क मैटर के रूप में है। 75% हिस्सा डार्क एनर्जी के रूप में है जिसके बारे में कुछ पता नहीं है।