वैज्ञानिक ग्रेविटॉन की खोज में: क्या गुरुत्वाकर्षण का क्वांटम निर्धारण संभव है?

UPSC प्रासंगिकता

- **प्रारंभिक परीक्षा:** गुरुत्वाकर्षण तरंगें, क्वांटम भौतिकी के मूल सिद्धांत।
- **जीएस पेपर III:** विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी, उभरती प्रौद्योगिकियां।

IAS-PCS Institute

चर्चा में क्यों?

स्टीवंस इंस्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलॉजी और येल यूनिवर्सिटी के वैज्ञानिकों ने एक महत्वाकांक्षी प्रयोग की घोषणा की है। वे दुनिया का पहला ऐसा डिटेक्टर बनाना चाहते हैं जो विशेष रूप से '**ग्रेविटॉन**' (Gravitons) — जो गुरुत्वाकर्षण के काल्पनिक क्वांटम कण हैं — का पता लगा सके। इस प्रस्ताव को फंडिग तो मिल गई है, लेकिन भौतिकी समुदाय के भीतर इसे लेकर काफी संदेह भी व्यक्त किया जा रहा है।

पृष्ठभूमि: मूल मुद्दे को समझना

वैज्ञानिक वर्तमान में जानते हैं कि:

- गुरुत्वाकर्षण का अस्तित्व है (ग्रहों की कक्षा और वस्तुओं का गिरना)।
- गुरुत्वाकर्षण तरंगें मौजूद हैं (LIGO द्वारा खोजी गई)।

@resultmitra www.resultmitra.c

लेकिन वैज्ञानिक यह नहीं जानते कि क्या गुरुत्वाकर्षण भी प्रकाश (फोटॉन) या बिजली (इलेक्ट्रॉन) की तरह छोटे कणों से बना है। यदि ग्रेविटॉन का अस्तित्व सिद्ध हो जाता है, तो गुरुत्वाकर्षण भी अन्य बलों की तरह एक **क्वांटम बल** बन जाएगा।

ग्रेविटॉन क्या है?

- यह एक काल्पनिक कण है जो गुरुत्वाकर्षण बल का वहन करता है।
- जैसे फोटॉन विद्युत चुंबकीय बल के वाहक हैं, वैसे ही ग्रेविटॉन गुरुत्वाकर्षण बल के वाहक होंगे।
- उम्मीद है कि यह द्रव्यमान रहित होगा, पदार्थ के साथ बहुत ही दुर्लभ अंतःक्रिया (Interaction) करेगा और इसका पता लगाना लगभग असंभव होगा।

ग्रेविटॉन का पता लगाना इतना महत्वपूर्ण क्यों है?

1. भौतिकी के दो स्तंभों के बीच का सेतु:

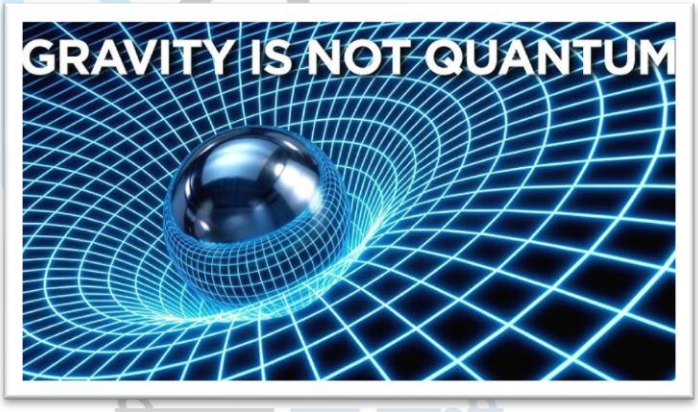
आधुनिक भौतिकी दो मुख्य सिद्धांतों में विभाजित है:

- **सामान्य सापेक्षता (General Relativity):** गुरुत्वाकर्षण और ब्रह्मांड की विशाल वस्तुओं (तारे, ब्लैक होल) की व्याख्या करती है।
- **क्वांटम मैकेनिक्स (Quantum Mechanics):** सूक्ष्म कणों और परमाणुओं की व्याख्या करती है।

गणितीय रूप से ये दोनों सिद्धांत एक साथ काम नहीं करते हैं। ग्रेविटॉन की खोज यह साबित करेगी कि गुरुत्वाकर्षण भी क्वांटम प्रकृति का है, जिससे 'थ्योरी ऑफ एवरीथिंग' (Theory of Everything) बनाने में मदद मिलेगी।

क्वांटम स्तर पर गुरुत्वाकर्षण का पता लगाना इतना कठिन क्यों है?

- **गुरुत्वाकर्षण की अत्यधिक कमजोरी:** गुरुत्वाकर्षण विद्युत चुंबकत्व की तुलना में 10^{36} गुना कमजोर है। (उदाहरण के लिए: एक छोटा फ्रिज चुंबक पूरी पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण को मात देकर पेपरक्लिप उठा सकता है)।



- **न्यूनतम अंतःक्रिया:** ग्रेविटॉन पदार्थ के साथ बहुत कम क्रिया करते हैं। एक ग्रेविटॉन बिना अवशोषित हुए ठोस सीसे (Lead) की अरबों प्रकाश-वर्ष लंबी दीवार से भी गुजर सकता है।

IAS-PCS Institute
Result
रिजल्ट का साथी
@resultmitra www.resultmitra.com 9235313184, 9235440806

पिछला वैज्ञानिक निष्कर्ष: "असंभव डिटेक्टर"

2006 में, भौतिकविदों रोथमैन और बॉन ने गणना की थी कि एक प्रभावी डिटेक्टर के लिए:

- बृहस्पति जितना द्रव्यमान चाहिए।
- इसे एक न्यूट्रॉन तारे के पास स्थित होना चाहिए।
- तब भी, यह प्रति दशक केवल एक ग्रेविटॉन पकड़ पाएगा।
- इतना बड़ा होने पर यह खुद एक ब्लैक होल बन जाएगा।

स्टीवंस-येल प्रयोग में नया क्या है?

अभिनव दृष्टिकोण:

वैज्ञानिकों ने ग्रेविटॉन को सीधे रोकने के बजाय 'अनुनाद' (Resonance) का प्रस्ताव दिया है। यह वैसा ही है जैसे एक ओपेरा गायक अपनी आवाज की सही आवृत्ति से शराब के गिलास को तोड़ देता है।

प्रमुख डिजाइन विशेषताएं:

- सुपरफ्लुइड हीलियम से बना एक बेलनाकार गुंजयमान यंत्र (Resonator)।
- इसे पूर्ण शून्य (Absolute Zero) के करीब 'क्वांटम ग्राउंड स्टेट' तक ठंडा किया जाएगा।
- यह बाहरी थर्मल शोर (Thermal Noise) से पूरी तरह मुक्त होगा।

खोज कैसे काम करेगी:

1. एक मजबूत गुरुत्वाकर्षण तरंग गुजरती है।
2. यह ऊर्जा का एक 'क्वांटम' हीलियम को स्थानांतरित करती है।
3. हीलियम एक बार कंपन करता है (जिसे **फोनोन/Phonon** कहते हैं)।
4. लेजर इस सूक्ष्म कंपन का पता लगाते हैं।

वैज्ञानिक बहस और आलोचना

मुख्य आपत्ति: भौतिक विज्ञानी डैनियल कार्नी का तर्क है कि यदि डिटेक्टर "क्लिक" भी करता है, तो यह साबित नहीं होता कि ग्रेविटॉन मौजूद हैं। इस सिग्नल को शास्त्रीय गुरुत्वाकर्षण (Classical Gravity) द्वारा भी समझाया जा सकता है।

घंटी का सादृश्य: हवा चलने पर घंटी एक बार बजती है, लेकिन एक बार बजना यह साबित नहीं करता कि हवा 'कणों' के रूप में आई थी। डिटेक्टर केवल एक प्रतिक्रिया दिखा सकता है, गुरुत्वाकर्षण की सूक्ष्म कण प्रकृति नहीं।

विज्ञान और प्रौद्योगिकी के लिए व्यापक महत्व

- **तकनीकी लाभ:** अत्यधिक संवेदनशील क्वांटम सेंसर, क्रायोजेनिक्स में प्रगति और सटीक माप तकनीकें।
- **वैज्ञानिक मूल्य:** यह क्वांटम माप की सीमाओं को आगे बढ़ाता है। एक "विफल" प्रयोग भी हमारी वैज्ञानिक समझ को परिष्कृत करता है।

आगे की राह

प्रयोगात्मक सुधार और स्वतंत्र प्रयोगों की आवश्यकता है। ऐसे डिटेक्टर विकसित करने होंगे जो केवल क्वांटम गुरुत्वाकर्षण द्वारा उत्पन्न विशिष्ट पैटर्न को दिखा सकें।

IAS-PCS Institute
Result Mitra
रिजल्ट का साथी
9235440806

निष्कर्ष

ग्रेविटॉन की खोज विज्ञान की प्रगति का प्रतीक है — जो साहसिक विचारों, संदेह और क्रमिक साक्ष्यों के माध्यम से आगे बढ़ती है। यह प्रयास हमें ब्रह्मांड को नियंत्रित करने वाले नियमों के एकीकरण के करीब ले जाता है।

UPSC प्रारंभिक परीक्षा अभ्यास प्रश्न

Q1. ग्रेविटॉन के संदर्भ में, निम्नलिखित कथनों पर विचार कीजिए:

IAS-PCS Institute

1. ग्रेविटॉन काल्पनिक क्वांटम कण हैं जो गुरुत्वाकर्षण बल का वहन करते हैं।
2. ग्रेविटॉन की खोज गुरुत्वाकर्षण को क्वांटम बल के रूप में स्थापित करने में मदद करेगी।
3. LIGO प्रयोग द्वारा ग्रेविटॉन का प्रत्यक्ष रूप से पता लगाया जा चुका है।
4. ग्रेविटॉन के सामान्य पदार्थ के साथ मजबूती से क्रिया करने की उम्मीद है।

उपरोक्त में से कौन से कथन सही हैं?

A. केवल 1 और 2

B. केवल 1, 2 और 3

C. केवल 2 और 4

D. 1, 2, 3 और 4

Result Mitra
रिजल्ट का साथी
@resultmitra www.resultmitra.com 9235313184, 9235440806

सही उत्तर: A

Q2. निम्नलिखित युग्मों पर विचार कीजिए:

घटना — संबद्ध अवधारणा

1. गुरुत्वाकर्षण तरंगें — अंतरिक्ष-समय में लहरें
2. ग्रेविटॉन — गुरुत्वाकर्षण अंतःक्रिया का क्वांटा
3. फोनोन — जाली कंपन (Lattice vibration) का क्वांटम
4. प्रकाश विद्युत प्रभाव — सामान्य सापेक्षता का प्रमाण

उपरोक्त में से कौन से युग्म सही सुमेलित हैं?

A. केवल 1, 2 और 3

B. केवल 1 और 3

C. केवल 2 और 4

D. 1, 2, 3 और 4

सही उत्तर: A

IAS-PCS Institute

UPSC मुख्य परीक्षा अभ्यास प्रश्न (जीएस-III)

प्रश्न: "ग्रेविटॉन की खोज न केवल एक प्रयोगात्मक चुनौती है, बल्कि शास्त्रीय और क्वांटम भौतिकी के बीच एक वैचारिक सेतु भी है।" ग्रेविटॉन की खोज के वैज्ञानिक महत्व, इसमें शामिल तकनीकी और सैद्धांतिक चुनौतियों की चर्चा कीजिए, और यह भी स्पष्ट कीजिए कि एक सफल खोज भी गुरुत्वाकर्षण की क्वांटम प्रकृति को निर्णायक रूप से सिद्ध क्यों नहीं कर सकती है? (250 शब्द)

Result Mitra
रिजल्ट का साथी
@resultmitra www.resultmitra.com 9235313184, 9235440806