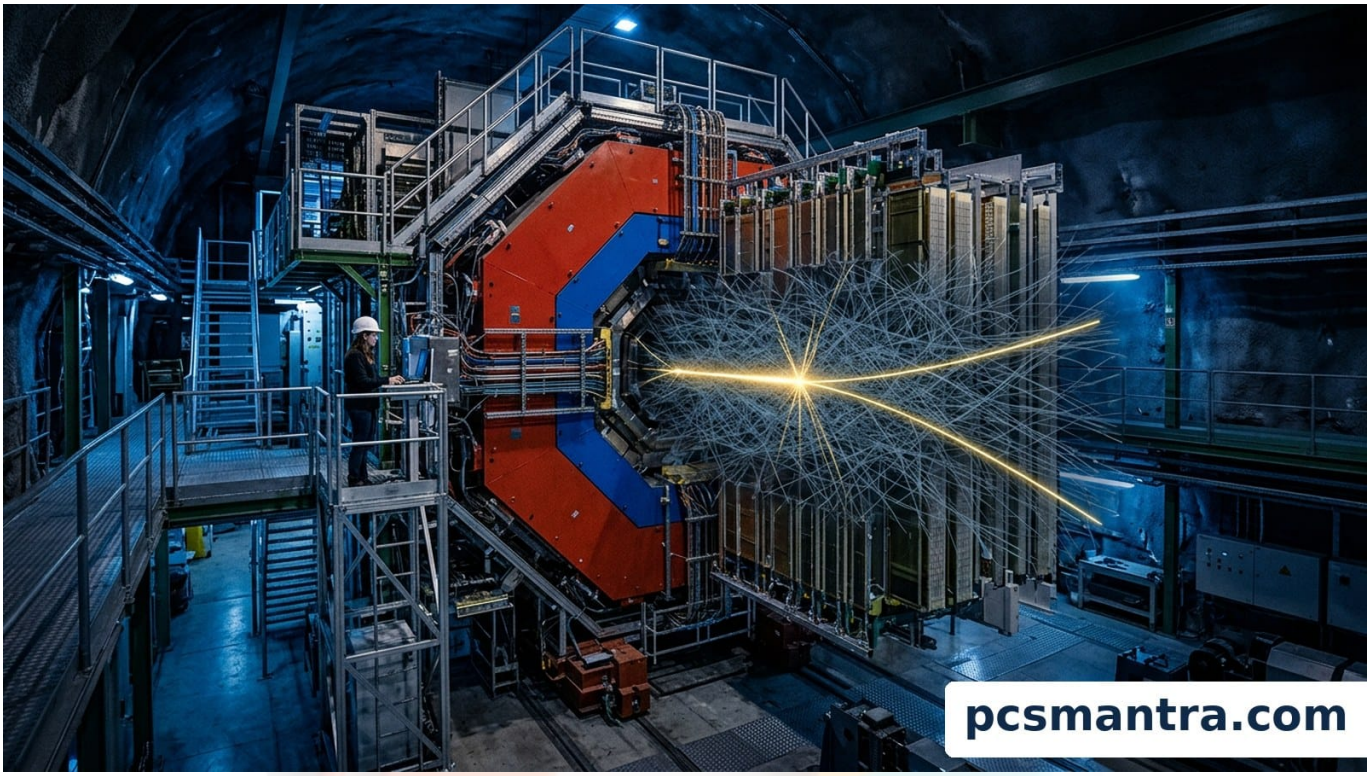
दस अरब में एक क्षय: LHCb के साक्ष्य का अर्थ और सीमा

समाचार-संदर्भ: CERN की 3 नवंबर 2026 की घोषणा; 11 नवंबर का समाचार-विश्लेषण।



मौलिक प्रतीकात्मक चित्र: pcsmantra.com

खबरों में क्यों

CERN के LHCb प्रयोग ने B^0 मीसॉन के म्यूऑन और प्रतिम्यूऑन की जोड़ी में अति-दुर्लभ क्षय का पहला एकल-प्रयोग साक्ष्य प्रस्तुत किया है। मानक मॉडल में इस क्षय की अनुमानित दर लगभग दस अरब क्षयों में एक है। परिणाम मानक मॉडल के अनुरूप है, उसके टूट जाने या नए कण की खोज की घोषणा नहीं।

दुर्लभ क्षय से नई भौतिकी कैसे खोजी जाती है?

क्वांटम प्रक्रियाओं में किसी क्षय की दर दूसरे कणों के प्रभाव के प्रति संवेदनशील हो सकती है। कुछ ऐसे भारी कण, जिन्हें टक्कर की उपलब्ध ऊर्जा से सीधे पैदा करना संभव न हो, ज्ञात कणों की अत्यंत सटीक माप में अपना प्रभाव दिखा सकते हैं। इसलिए वैज्ञानिक केवल नए कणों को सीधे खोजने के साथ-साथ दुर्लभ प्रक्रियाओं की दर की भी जाँच करते हैं।

इस क्षय की अपेक्षित दर बहुत कम और सैद्धांतिक अनुमान अपेक्षाकृत सटीक होने के कारण छोटी असंगति भी उपयोगी हो सकती है। पर असंगति मिलने की संभावना और इस प्रयोग में असंगति मिल जाने का दावा अलग हैं। मौजूदा अध्ययन के सभी मुख्य माप मानक मॉडल की अपेक्षाओं से मेल खाते हैं।

साक्ष्य मिला है, अंतिम खोज नहीं

2024-25 के Run 3 आँकड़ों में सांख्यिकीय सार्थकता 3.0 मानक विचलन थी। 2011-18 के पहले के LHCb आँकड़ों को साथ लेने पर यह 3.2 हुई। CERN ने इसे साक्ष्य कहा है; अंतिम पुष्टि के लिए आगे अधिक आँकड़ों से 5 मानक विचलन के स्तर तक पहुँचना लक्ष्य है।

सार्थकता को इस तरह नहीं पढ़ना चाहिए कि मानक मॉडल के गलत होने की संभावना 3.2 है या संकेत के वास्तविक होने की संभावना सीधे इसी अंक से मिल जाती है। यह परीक्षण की पृष्ठभूमि-परिकल्पना तथा सांख्यिकीय विधि से जुड़ा माप है।

उपकरण और विश्लेषण की भूमिका

उन्नत संसूचक और अधिक आँकड़े पर्याप्त नहीं, पृष्ठभूमि की अन्य प्रक्रियाओं को अलग करना भी जरूरी है। LHCb के उन्नयन से अधिक दर पर आँकड़े लेना तथा कणों को पहचानना बेहतर हुआ। मशीन-लर्निंग तकनीकों का प्रयोग पृष्ठभूमि को कम करने में किया गया। मूल शोध-पत्र ने चयन, सामान्यीकरण और व्यवस्थित अनिश्चितताओं को भी दर्ज किया है।

यह वैज्ञानिक आत्म-सुधार का उदाहरण भी है। 2015 के संयुक्त LHCb-CMS विश्लेषण में इस क्षय के लिए मिले शुरुआती संकेत की बाद के आँकड़ों में पुष्टि नहीं हुई थी। इस बार 3.0σ साक्ष्य नए Run 3 आँकड़ों से आया; 3.2σ का स्तर पुराने 2011-18 आँकड़ों को जोड़ने से मिला। इसलिए पुराने संकेत को अपने-आप अंतिम खोज नहीं कहा जा सकता।

परीक्षा के लिए आवश्यक अंतर

- B^0 का यहाँ अध्ययन किया गया क्षय: $\mu^+\mu^-$, अर्थात म्यूऑन और प्रतिम्यूऑन की जोड़ी।
- म्यूऑन इलेक्ट्रॉन जैसा, पर अधिक भारी कण है; मीसॉन से उसका भौतिक वर्ग अलग है।
- B^0 और B^0_s के क्षय को एक न मानें। दूसरा पहले देखा जा चुका है और अपेक्षाकृत अधिक बार होता है।
- "पहला एकल-प्रयोग साक्ष्य" और "पहली अंतिम खोज" अलग दावे हैं।
- मूल शोध-पत्र arXiv पर उपलब्ध है; इसे बिना अंतिम प्रकाशन-जाँच के अंतिम peer-reviewed संस्करण न कहें।

निष्कर्ष और आगे की राह

यह परिणाम दुर्लभ प्रक्रियाओं की सटीक माप की शक्ति दिखाता है। आगे का काम अधिक आँकड़े जुटाना, पृष्ठभूमि और अनिश्चितताओं की जाँच करना तथा स्वतंत्र पुष्टि है। व्यापक नीतिगत सीख है कि बुनियादी अनुसंधान में संसूचक, संगणना, आँकड़ा-विश्लेषण और लंबी अवधि के वैज्ञानिक सहयोग को साथ देखना चाहिए। यह हमारी नीतिगत व्याख्या है, अध्ययन द्वारा किसी विशेष भारतीय योजना का मूल्यांकन नहीं।

प्रिलिम्स परीक्षा अभ्यास प्रश्न

प्रश्न 1: LHCb के नवंबर 2026 परिणाम के संदर्भ में निम्नलिखित कथनों पर विचार कीजिए:

1. B^0 के म्यूऑन-प्रतिम्यूऑन जोड़ी में क्षय के लिए एकल प्रयोग से साक्ष्य प्रस्तुत किया गया है।

2. उपलब्ध परिणाम मानक मॉडल की अपेक्षाओं के अनुरूप हैं।

3. इस परिणाम ने नए मूलभूत कण की अंतिम खोज घोषित कर दी है।

उपर्युक्त में से कौन-सा/से कथन सही है/हैं?

(a) केवल 1 और 2

(b) केवल 2 और 3

(c) केवल 1 और 3

(d) 1, 2 और 3

उत्तर और व्याख्या

उत्तर: (a)

- अध्ययन ने अति-दुर्लभ क्षय का साक्ष्य दिया है और मुख्य माप मानक मॉडल से मेल खाते हैं।
- इसे नए कण की अंतिम खोज या मानक मॉडल के खंडन का प्रमाण नहीं कहा गया।

मुख्य परीक्षा (Mains) हेतु

प्रश्न: "नई भौतिकी की खोज केवल नए कणों को सीधे देख लेने तक सीमित नहीं है।" अति-दुर्लभ क्षयों की सटीक माप के संदर्भ में समझाइए। (150 शब्द, 10 अंक)

उत्तर की रूपरेखा

भूमिका में: प्रत्यक्ष खोज और ज्ञात प्रक्रियाओं की सटीक माप के दो रास्ते।

मुख्य भाग में:

- दुर्लभ क्षय की कम दर और सैद्धांतिक अनुमान; भारी कणों के अप्रत्यक्ष प्रभाव की संभावना
- उन्नत संसूचक और पृष्ठभूमि-विश्लेषण; साक्ष्य बनाम खोज; परिणाम के मानक मॉडल के अनुरूप होने की सीमा

निष्कर्ष में: अधिक आँकड़ों, नियंत्रित अनिश्चितताओं और पुष्टि के साथ ही मजबूत वैज्ञानिक निष्कर्ष।

पाठ्यक्रम मानचित्रण:
सामान्य अध्ययन पत्र-III: विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी
प्रिलिम्स: LHCb, मीसॉन, म्यूऑन, मानक मॉडल, सांख्यिकीय सार्थकता

संबंधित अध्ययन

- 'टेम्पल' वियरेबल डिवाइस: नई तकनीक और वैज्ञानिक विवाद
- बेंगलुरु स्टार्टअप का PRAGYA टोकामैक: भारत में निजी फ्यूजन-ऊर्जा की पहली सीढ़ी

स्रोत

CERN, 3 नवंबर 2026 - LHCb finds evidence of one-in-ten-billion particle decay

LHCb collaboration, मूल शोध-पत्र (arXiv)

द हिंदू - Meson to muons: ultra-rare decay