

क्वांटम प्रौद्योगिकी का उपयोग करके अति-सुरक्षित संचार

प्रलिस के लिये:

क्वांटम संचार, [क्वांटम कंप्यूटिंग](#), [राष्ट्रीय क्वांटम मशिन](#), [पोस्ट-क्वांटम क्रिप्टोग्राफी \(PQC\)](#)

मेन्स के लिये:

क्वांटम कुंजी वितरण प्रौद्योगिकी और इसका महत्त्व, क्वांटम प्रौद्योगिकी के अनुप्रयोग, राष्ट्रीय क्वांटम मशिन, क्वांटम कंप्यूटिंग में भारत की अन्य पहल।

[स्रोत: द हट्टि](#)

चर्चा में क्यों?

IIT दिल्ली और DRDO के वैज्ञानिकों ने एंटीगलमेंट आधारित फ्री-स्पेस क्वांटम सिक्योर कम्युनिकेशन का उपयोग करते हुए एक अति-सुरक्षित संचार प्रणाली का सफलतापूर्वक प्रदर्शन किया है।

- यह वधि हवा के माध्यम से सूचना प्रेषित करने के लिये प्रकाश कणों (फोटॉन) और क्वांटम उलझाव के सिद्धांत का उपयोग करती है, जिससे यह सुनिश्चित होता है कि संचार को बाधित करने का कोई भी प्रयास तुरंत पता लगाया जा सके।
- यह [राष्ट्रीय क्वांटम मशिन \(2023-2031\)](#) के तहत क्वांटम-सुरक्षित नेटवर्क बनाने के भारत के प्रयासों में एक महत्त्वपूर्ण कदम है।

क्वांटम संचार में DRDO-IIT-दिल्ली की सफलता की मुख्य विशेषताएँ क्या हैं?

- वैज्ञानिकों ने 1 किलोमीटर फ्री-स्पेस लकि पर उलझाव-आधारित क्वांटम कुंजी वितरण (QKD) का प्रदर्शन किया, हवा के माध्यम से क्वांटम कुंजी संचारित की, 240 BPS (बिट्स प्रति सेकंड) की सुरक्षित कुंजी दर दर्ज की, वायुमंडलीय अशांति, डिटिक्टर शोर और कृत्रिम प्रकाश व्यवस्था के प्रति लचीलापन दिखाया।
 - इससे पहले वर्ष 2022 में वाणिज्यिक-ग्रेड फाइबर का उपयोग करके भारत का पहला इंटरसिटी क्वांटम लकि (वधियाचल-प्रयागराज) स्थापित किया गया था।
 - वर्ष 2023 में QKD को मानक दूरसंचार फाइबर (QBER 1.48%) पर 380 किलोमीटर तक बढ़ाया गया, इसके बाद वर्ष 2024 में 100 किलोमीटर का डेमो किया गया।

क्वांटम संचार और क्वांटम उलझाव क्या है?

- क्वांटम संचार क्वांटम यांत्रिकी विशेष रूप से क्वांटम उलझाव के सिद्धांतों का उपयोग करके सुरक्षित जानकारी का संचरण है।
 - इसमें क्वांटम कुंजी वितरण (QKD), क्वांटम टेलीपोर्टेशन और सघन कोडिंग जैसे प्रोटोकॉल तथा सुरक्षित, लंबी दूरी के प्रसारण को संभव करने के लिये फ्री-स्पेस संचार, क्वांटम रीपीटर्स एवं डिकोहेरेंस-फ्री सबस्पेस जैसी तकनीकें शामिल हैं।
 - यह रक्षा और साइबर सुरक्षा के लिये रणनीतिक महत्त्व रखता है।
- क्वांटम एंटीगलमेंट: क्वांटम भौतिकी में एक ऐसी प्रक्रिया है, जिसमें दो या अधिक कण इस प्रकार एक-दूसरे से जुड़ जाते हैं कि एक कण की स्थिति तुरंत दूसरे कण की स्थिति को निर्धारित कर देती है, चाहे वे कतिनी भी दूरी पर क्यों न हों।
 - यह परंपरागत भौतिकी के नियमों को चुनौती देता है तथा क्वांटम संचार, क्वांटम क्रिप्टोग्राफी और क्वांटम कंप्यूटिंग जैसे अनुप्रयोगों को संभव बनाता है।

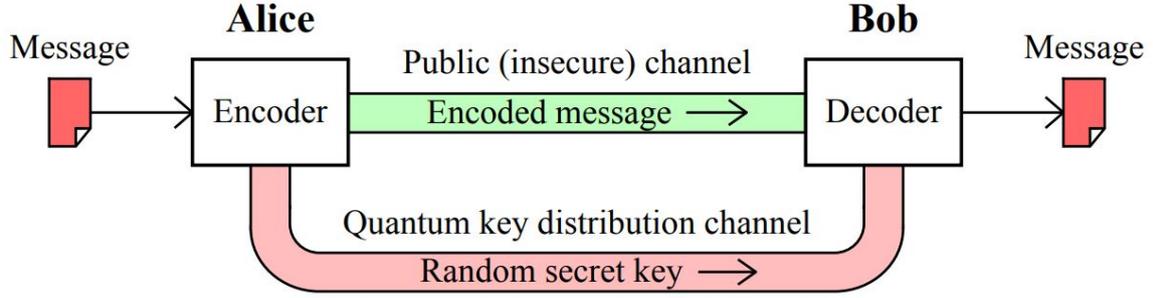
क्वांटम की डिसिट्रीब्यूशन (QKD) क्या है?

- परिचय: क्वांटम की डिसिट्रीब्यूशन (QKD) एक सुरक्षित संचार वधि है, जो क्वांटम यांत्रिकी के सिद्धांतों का उपयोग करके दो पक्षों के

बीच क्वांटम ग्राफिकि कुंजियों (Keys) उत्पन्न करने और साझा करने में सक्षम बनाती है।

कार्यप्रणाली:

- QKD में क्यूबिट का उपयोग किया जाता है, जिन्हें कुल आंतरिक परावर्तन के सिद्धांत पर आधारित ऑप्टिकल फाइबर के माध्यम से प्रेषित किया जाता है। यह कुंजी को दो उपयोगकर्ताओं के बीच सुरक्षित रूप से साझा करने की अनुमति देता है।
 - परंपरागत बट्टिस के विपरीत क्यूबिट को फोटॉनों पर एन्कोड किया जाता है और वे अत्यधिक संवेदनशील होते हैं — किसी भी बाहरी हस्तक्षेप से उनका स्वरूप बदल सकता है।
- QKD उन दो दूरस्थ उपयोगकर्ताओं को एक साझा, यादृच्छिक गुप्त कुंजी उत्पन्न करने में सक्षम बनाता है, जो प्रारंभ में कोई गुप्त कुंजी साझा नहीं करते। इन सभी आदान-प्रदान को पारंपरिक क्वांटम ग्राफिकि वधियों के माध्यम से प्रमाणित करना आवश्यक होता है।
- यदि कोई तृतीय पक्ष (जैसे जासूस) इस संचार को बाधित करने का प्रयास करता है तो वह क्यूबिट को प्रभावित करता है, जिससे ट्रांसमिशन में त्रुटियाँ उत्पन्न होती हैं और वैध उपयोगकर्ताओं को खतरे का संकेत मलि जाता है। इस प्रकार QKD एक प्रमाणित पारंपरिक चैनल को एक सुरक्षित क्वांटम चैनल में बदल देता है, जिससे छेड़छाड़-संवेदनशील एन्क्रिप्शन सुनिश्चित होता है।



QKD के प्रकार:

- तैयारी-और-मापन आधारित QKD (Prepare-and-Measure QKD): इस वधि में एक पक्ष फोटॉन को विशेष क्वांटम अवस्थाओं (Quantum states) में तैयार करता है और दूसरा पक्ष उन्हें मापता है। यदि कोई हस्तक्षेप होता है तो वह क्वांटम अवस्था को बदल देता है, जिससे सेंधमारी का पता चल जाता है।
- उलझन-आधारित QKD (Entanglement-Based QKD): इस वधि में एक स्रोत उलझे हुए फोटॉन की जोड़ियाँ उत्पन्न करता है और एक-एक फोटॉन दोनों पक्षों को भेजता है। इन उलझे हुए फोटॉनों की प्रकृतियह सुनिश्चित करती है कि उनके मापन के परिणाम सहसंबंध और सुरक्षित होते हैं।

राष्ट्रीय क्वांटम मशिन (NQM) क्या है?

- परिचय: राष्ट्रीय क्वांटम मशिन (National Quantum Mission - NQM) एक रणनीतिक राष्ट्रीय पहल है, जिसका उद्देश्य भारत की क्वांटम प्रौद्योगिकियों में क्षमताओं को विकसित और सुदृढ़ करना है।
 - यह प्रधानमंत्री विज्ञान, प्रौद्योगिकी और नवाचार सलाहकार परिषद (PM-STIAC) के तहत चलाए जा रहे 9 प्रमुख मशिनों में से एक है।
 - इस मशिन का लक्ष्य क्वांटम संचार, क्वांटम कंप्यूटिंग और सटीक संवेदन के क्षेत्र में नवाचार को प्रोत्साहित कर भारत को क्वांटम विज्ञान में वैश्विक नेतृत्व प्रदान करना है।
 - इसे वर्ष 2023 में केंद्रीय मंत्रिमंडल द्वारा वर्ष 2023-24 से 2030-31 की अवधि के लिये अनुमोदित किया गया था।
- महत्त्व: वैश्विक क्वांटम प्रतस्पर्द्धा में भारत की स्थिति को मजबूत बनाने के लिये अत्यंत महत्त्वपूर्ण है, जिसके अनुप्रयोग रक्षा, साइबर सुरक्षा, अंतरिक्ष, बैंकिंग एवं दूर संचार जैसे विभिन्न क्षेत्रों में हैं।
- मुख्य उद्देश्य:
 - क्वांटम कंप्यूटिंग: अगले आठ वर्षों में सुपरकंडक्टिंग और फोटॉनिक तकनीकों जैसे प्लेटफार्मों का उपयोग करते हुए 50 से 1000 भौतिक क्यूबिट्स वाले मध्यवर्ती क्वांटम कंप्यूटर विकसित किये जाएंगे।
 - सुरक्षित क्वांटम संचार:
 - भारतीय ग्राउंड स्टेशनों के बीच 2000 किलोमीटर से अधिक दूरी पर उपग्रह-आधारित क्वांटम संचार को सक्षम बनाया जाएगा।
 - अंतरराष्ट्रीय साझेदारों के साथ लंबी दूरी के सुरक्षित क्वांटम लकि की सुविधा प्रदान की जाएगी।
 - क्वांटम सेंसिंग और मेट्रोलाजी: नेविगेशन, संचार और समय निर्धारण अनुप्रयोगों में उच्च सटीकता सुनिश्चित करने के लिये उच्च-संवेदनशीलता वाले मैग्नेटोमीटर और एटॉमिक क्लॉक्स विकसित किये जाएंगे।
 - थीमेटिक हब्स (T-हब्स): प्रमुख शैक्षणिक संस्थानों और राष्ट्रीय अनुसंधान एवं विकास (R&D) संस्थानों में चार T-हब्स की स्थापना की जाएगी, जिनका ध्यान नमिनलखित वधियों पर केंद्रित होगा:
 - क्वांटम कमप्यूटेशन
 - क्वांटम संचार
 - क्वांटम सेंसिंग और मेट्रोलाजी

- क्वांटम सामग्री और उपकरण

■ NQM के अंतर्गत प्रमुख पहल:

- **DRDO की पहल:** DRDO रक्षा और रणनीतिक संचार की सुरक्षा के लिये क्वांटम-प्रतिरोधी सुरक्षा प्रोटोकॉल तथा क्वांटम-सुरक्षा सममति और असममति क्रिप्टोग्राफिक एल्गोरिदम विकास और परीक्षण कर रहा है।
- **SETS (सोसाइटी फॉर इलेक्ट्रॉनिक ट्रांज़ेक्शन एंड सिक्योरिटी):** प्रधान वैज्ञानिक सलाहकार (PSA) के अंतर्गत, SETS पोस्ट-क्वांटम क्रिप्टोग्राफी (PQC) अनुसंधान को आगे बढ़ा रहा है और इसने FIDO प्रमाणीकरण तथा IoT सुरक्षा अनुप्रयोगों के लिये PQC का कार्यान्वयन किया है।
- **C-DoT (सेंटर फॉर डेवलपमेंट ऑफ टेलीमैटकिस):** दूरसंचार विभाग (DoT) के अंतर्गत C-DoT ने अत्याधुनिक समाधान विकसित किये हैं, जिनमें क्वांटम की डिसिस्ट्रीब्यूशन (QKD), पोस्ट-क्वांटम क्रिप्टोग्राफी और क्वांटम-सुरक्षा वीडियो IP फोन शामिल हैं।

राष्ट्रीय क्वांटम मिशन (National Quantum Mission)

उद्देश्य-क्वांटम प्रौद्योगिकियों में अनुसंधान एवं विकास में शामिल शीर्ष छह अग्रणी देशों में भारत को शामिल करना

■ वर्तमान में क्वांटम प्रौद्योगिकियों अनुसंधान एवं विकास कार्य अमेरिका, कनाडा, फ्रांस, फिनलैंड, चैन और ऑस्ट्रिया में जारी ■

■ अवधि: 2023-24 से 2030-31

■ नोडल मंत्रालय: विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी मंत्रालय

■ मिशन की प्रमुख बातें:

■ देश भर में विभिन्न डोमेन में चार थीम आधारित हब (T-Hubs)

■ स्वास्थ्य देखभाल एवं निदान, रक्षा ऊर्जा और डेटा सुरक्षा तक व्यापक पैमाने पर अनुप्रयोग

■ स्वदेश निर्मित क्वांटम आधारित कंप्यूटर का सुदृढीकरण

■ परमाणु प्रणालियों और परमाणु घड़ियों में उच्च सवेदनशीलता वाले मेट्रोमीटर विकसित करने में सहायता करना

■ क्वांटम पदार्थों के डिजाइन तथा संश्लेषण का समर्थन

डिजिटल इंडिया, मेक इन इंडिया, स्किल इंडिया, स्टैंड-अप इंडिया, स्टार्ट-अप इंडिया, आत्मनिर्भर भारत और SDG जैसी राष्ट्रीय प्राथमिकताओं को भारी बढ़ावा

क्वांटम प्रौद्योगिकी

■ क्वांटम एनटैंगलमेंट तथा क्वांटम सुपरपोजिशन सहित क्वांटम यांत्रिकी (उप-परमाणु कणों की भौतिकी) के सिद्धांतों की सहायता से काम करती है। ■

क्वांटम सुपरपोजिशन

किसी क्वांटम प्रणाली की एक साथ कई अवस्थाओं में होने की क्षमता

जबकि डिजिटल कंप्यूटर डेटा को बिट्स (बाइनरी के वाले और शून्य) के रूप में संग्रहित करते हैं, कंप्यूटर उन क्वाबिट्स का उपयोग करते हैं जो एक ही समय में एक शून्य या दोनों के रूप में मौजूद होते हैं।

यद्यपि डिजिटल कंप्यूटर डेटा को बिट्स (बाइनरी को एका और शून्य) के रूप में संग्रहित करते हैं, क्वांटम कंप्यूटर उन क्वाबिट्स का उपयोग करते हैं जो एक ही समय में एक शून्य या दोनों के रूप में मौजूद होते हैं।

यह सुपरपोजिशन स्थिति संभावनाओं की एक व्यावहारिक रूप से अनंत सीमा का निर्माण करती है, जिससे तेजी से एक साथ और समानांतर गणना की अनुमति मिलती है।

क्वांटम एनटैंगलमेंट

■ इसका मतलब है कि एक जोड़ी (क्वाबिट्स) के दो सदस्य एक ही क्वांटम अवस्था में मौजूद हैं।

■ यदि आप उनमें से एक के गुणों को बदलते हैं, तो दूसरा भी तुरंत बदल जाता है।

■ इसका उपयोग क्वांटम क्रिप्टोग्राफी में एक सुरक्षित एन्क्रिप्शन कुंजी बनाने के लिये किया जा सकता है।

■ यदि प्रच्छन्नश्रावी (eavesdropper) संचरण को रोकने का प्रयास करता है, तो कणों की उलझी हुई स्थिति अशांत जाएगी, जिससे इस तरह के प्रयास का पता लगाया जा सकता है।



क्वांटम प्रौद्योगिकी से संबंधित सरकारी पहल

- [क्वांटम-सकषम विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी \(QuEST\)](#)
- [क्वांटम प्रौद्योगिकियों एवं अनुप्रयोगों हेतु राष्ट्रीय मिशन \(NM-QTA\)](#)
- [क्वांटम का डिसिस्ट्रीब्यूशन \(QKD\) समाधान](#) ।

दृष्टिभेन्स प्रश्न:

प्रश्न. राष्ट्रीय क्वांटम मिशन (NQM) के प्रमुख उद्देश्यों और पहलों की समीक्षा कीजिये तथा भारत के लिये उनके रणनीतिक महत्त्व का विश्लेषण

UPSC सविलि सेवा हौकषा के वगित वर्ष के प्रश्न

????????

प्रश्न: नमिनलखिति में से कौन-सा वह संदर्भ है, जसिमें "क्यूबिटि" शब्द का उल्लेख कथिा गया है?

- (a) क्लाउड सेवाएँ
- (b) क्वांटम कंप्यूटिंग
- (c) दृश्यमान प्रकाश संचार प्रौद्योगिकी
- (d) वायरलेस संचार प्रौद्योगिकी

उत्तर: (b)

??????

प्रश्न. "चौथी औद्योगिक क्रांति (डजिटल क्रांति) के प्रादुर्भाव ने ई-गवर्नेंस को सरकार का अवभाज्य अंग बनाने में पहल की है"। वविचना कीजिये। (2020)

PDF Refernece URL: <https://www.drishtiiias.com/hindi/printpdf/ultra-secure-communication-using-quantum-technology>

