



क्वांटम सैटेलाइट

प्रलिस के लयः

क्वांटम उपग्रह, क्वांटम भौतकी, एनक्रपशन, क्वांटम एंटगलमेंट, मेक इन इंडया, सकलः इंडया, अंतरराष्ट्रीय दूरसंचार संघ

मेन्स के लयः

राष्ट्रीय क्वांटम मशः, क्वांटम प्रौद्योगकः और उनके नहतारथ

स्रोत: द हद्वः

चरचा में क्यौं?

सुरकषतः संचार को आगे बढाने के लयः क्वांटम भौतकी का उपयोग करके, भारत का राष्ट्रीय क्वांटम मशः (NQM) का लक्ष्य 2-3 वर्षों में एक क्वांटम उपग्रह लॉन्च करना है। यह पहल भारत को अगली पीढ़ी की तकनीक में अग्रणी बनाने हेतु महत्त्वपूर्ण भूमकः नभाएगी।

क्वांटम उपग्रह क्या है?

- **परचयः** क्वांटम उपग्रह एक संचार उपग्रह है जो अपने संकेतों को सुरकषतः करने के लयः क्वांटम भौतकी का उपयोग करता है, जससे यह अवरोधन के प्रति अत्यधिक प्रतिरोधी हो जाता है।
 - यह क्वांटम क्वांटम क्वांटम (एक वधः जो डेटा को एनक्रप्ट और संचारतः करने के लयः क्वांटम यांत्रकः का उपयोग करती है), वशः रूप से क्वांटम की-डःरीबयूशन (QKD) का उपयोग करता है, ताकः संचरण के दौरान छपकर सुनने की कषमता का पता लगाकर डेटा की सुरकषा की जा सके।
- **क्वांटम क्वांटम क्वांटम:**
 - एनक्रपशन बेसकःस: [REDACTED]
 - हालाँकः, ये वधः क्वांटम कंप्यूटरों के लयः असुरकषतः हैं, जो पारंपरकः सुपर कंप्यूटरों की तुलना में कोड को अधिक तेज़ी से क्रैक कर सकते हैं।
- **क्वांटम एनक्रपशन:** यह संदेशों को सुरकषतः करने के लयः क्वांटम की-डःरीबयूशन (QKD) का उपयोग करता है।
 - क्वांटम मापन में, जब कःसी क्वांटम प्रणाली, जैसे कः फोटॉन (प्रकाश का एक छोटा कण) को मापा जाता है, तो उसकी अवस्था बदल जाती है।
 - यदः कोई गुप्तचर कुंजी ले जाने वाले फोटॉन को मापने का प्रयास करता है, तो यह हस्तकषेप फोटॉन की स्थतः को बदल देता है। परणामस्वरूप, संचार करने वाले वैध पक्ष तुरंत पता लगा लेंगे कः कुंजी/की में परिवर्तन कःया गया है।
 - इसके अलावा, क्वांटम एंटगलमेंट के कारण एक फोटॉन में कोई भी परिवर्तन करने से दूसरे पर तुरंत प्रभाव पड़ता है, जससे गुप्त रूप से डेटा में परिवर्तन करना असंभव हो जाता है।
 - कःसी भी अवरोधन की पहचान करके, QKD "बना शर्त सुरकषा (Unconditional Security)" प्रदान करता है और सुरकषतः संचार की गारंटी देता है।
- **QKD में वैश्वकः वकःस:** चीन वर्तमान में वशः का सबसे बड़ा QKD नेटवर्क संचालतः करता है, जसमें तीन क्वांटम उपग्रह और चार ग्राउंड स्टेशन शामिल हैं।
 - भारत उपग्रह-आधारतः QKD नेटवर्क की योजना के साथ अपने क्वांटम संचार प्रयोगों को आगे बढा रहा है। रमन रसःरच इंस्टीट्यूट, बंगलुरु द्वारा कःया गए अधययन से पता चलता है कः हानले, लददाख स्थतः भारतीय खगोलीय वेधशाला ऐसी प्रणाली के लयः आदर्श परस्थतः प्रदान करती है।
 - भारतीय अंतरकषः अनुसंधान संगठन (ISRO) ने 300 मीटर की दूरी पर मुक्त-अंतरकषः क्वांटम संचार का सफलतापूर्वक प्रदर्शन कःया है।
 - संयुक्त राष्ट्र (UN) ने क्वांटम वजःज्ञान और इसके अनुप्रयोगों के महत्त्व के बारे में जन जागरूकता बढाने के लयः 2025 को

क्वांटम कुंजी वितरण की सीमाएँ क्या हैं?

- तकनीकी परपिक्वता: भारत में यह तकनीक अभी भी **प्रायोगिक चरण** में है, और बड़े पैमाने पर QKD नेटवर्क का व्यावसायिक कार्यान्वयन अभी तक संभव नहीं है।
- बुनियादी ढाँचे की लागत: QKD को कार्यान्वयित करने के लिये **वर्षि हार्डवेयर और बुनियादी ढाँचे** की आवश्यकता होती है, जिससे पारंपरिक क्रिप्टोग्राफी वधियों की तुलना में लागत बढ़ जाती है।
- एकीकरण: QKD को मौजूदा **संचार नेटवर्क के साथ एकीकृत करना** और पारंपरिक एन्क्रिप्शन प्रणालियों के साथ संगतता सुनिश्चित करना एक महत्त्वपूर्ण तकनीकी चुनौती परस्तुत करता है।
- प्रमाणीकरण का अभाव: QKD संचरण के स्रोत को प्रमाणित करने के लिये एक **वर्षिसनीय साधन** प्रदान नहीं करता है, जिससे यह संभावित खतरों के प्रतिसंवेदनशील हो जाता है, जहाँ एक वर्षिधी एक वैध पक्ष का प्रतरूपण कर सकता है।

राष्ट्रीय क्वांटम मशिन (NQM) क्या है?

- **परचिय:** वर्ष 2023-24 से वर्ष 2030-31 तक 60,000 करोड़ रुपए के नविश के साथ वर्ष 2023 में लॉन्च किये गए NQM का उद्देश्य **भारत में क्वांटम प्रौद्योगिकियों को आगे बढ़ाना** और भारत को **क्वांटम प्रौद्योगिकियों और अनुप्रयोगों (QTA)** में वैश्विक नेतृत्वकर्त्ता के रूप में स्थापित करना है।
- **उद्देश्य:** NQM का लक्ष्य **सुपरकंडक्टिंग और फोटोनिक प्लेटफार्मों** का उपयोग करके क्वांटम कंप्यूटर विकसित करना (8 वर्षों में 50-1000 भौतिक क्यूबिट (क्वांटम बटिस) के साथ मध्यवर्ती-स्तरीय क्वांटम कंप्यूटर का निर्माण करना) है।
 - यह भारत और अंतरराष्ट्रीय स्तर पर 2000 किलोमीटर के भीतर **उपग्रह-आधारित सुरक्षित क्वांटम संचार** स्थापित करेगा।
 - NQM 2000 किलोमीटर से अधिक के इंटर-सटी क्वांटम कुंजी वितरण का समर्थन करेगा और मल्टी-नोड क्वांटम नेटवर्क विकसित करेगा। यह सटीक अनुप्रयोगों के लिये परमाणु घड़ियों के निर्माण पर भी ध्यान केंद्रित करता है।
- **महत्त्व:** NQM का लक्ष्य **भारत को क्वांटम प्रौद्योगिकियों में वैश्विक नेतृत्वकर्त्ता के रूप में स्थापित करना** है, जो वर्तमान प्रणालियों से परे उन्नत क्षमताओं के साथ पारंपरिक भौतिकी की सीमाओं को पार करेगा।
 - **राष्ट्रीय प्राथमिकताएँ:** NQM **डिजिटल इंडिया, मेक इन इंडिया, सकलि इंडिया, स्टार्ट-अप इंडिया** और **आत्मनिर्भर भारत** जैसी राष्ट्रीय प्राथमिकताओं के साथ संरेखित है और उनका सहायक है।
- **कार्यान्वयन:** इस मशिन के अंतर्गत शीर्ष शैक्षणिक और राष्ट्रीय अनुसंधान एवं विकास संस्थानों के सहयोग से चार **वर्षियगत केंद्र** स्थापित किये जाएँगे। इन केंद्रों के कार्यक्षेत्र **क्वांटम कंप्यूटिंग, क्वांटम संचार, क्वांटम सेंसिंग व मेट्रोलाजी** तथा **क्वांटम सामग्री एवं उपकरण** होंगे।
 - क्वांटम प्रौद्योगिकी को अग्रगामी बनाकर ये केंद्र अभिनव ज्ञान और अनुसंधान को बढ़ावा देंगे।
- **क्षेत्रीय प्रभाव:** इस मशिन से संचार, स्वास्थ्य, वित्तीय सेवाएँ, ऊर्जा और अन्य क्षेत्रों को लाभ होगा। इसके वर्षिष्ट अनुप्रयोगों में **औषधि डिजाइन, अंतरिक्ष अन्वेषण और बैंकिंग और सुरक्षा** 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 संवेदनशीलता वाले मेट्रोमीटर विकसित करने में सहायता करना

क्वांटम पदार्थों के डिज़ाइन 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, जिसे 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, जिसे इस तरह के प्रयास का पता लगाया जा सकता है।

QUANTUM TECHNOLOGY



आगे की राह

- पोस्ट-क्वांटम क्रिप्टोग्राफी: QKD की सीमाओं के कारण, कुछ विशेषज्ञ पोस्ट-क्वांटम क्रिप्टोग्राफी का उपयोग करने की सलाह देते हैं, जिसमें क्वांटम-प्रतिरोधी एल्गोरिदम का परंपरागत एन्क्रिप्शन तकनीकों से संयोजन होता है, जो QKD की हार्डवेयर सीमाओं के लिये एक विकल्प प्रदान करती है।
- क्वांटम प्रमाणीकरण: क्वांटम प्रमाणीकरण प्रोटोकॉल का निर्माण जिसमें एन्क्रिप्शन और पहचान सत्यापन दोनों को सुनिश्चित किया जाना शामिल हो, अत्यावश्यक होगा। इससे सुरक्षा शृंखला में सुधार होगा और सॉफ्टवेयर प्रतिलिपि एवं डेटा उल्लंघनों के प्रतिरोधी बन जाएगा।
- लघुकरण और सुदृढीकरण: स्केलेबल परिनियोजन के लिये लघु, ऊर्जा-कुशल और लागत प्रभावी क्वांटम उपकरणों का विकास करने से रक्षा और स्वास्थ्य सेवा जैसे उद्योगों में प्रौद्योगिकी सुलभ हो जाएगी।
- अंतरराष्ट्रीय सहयोग: मानकीकृत और अंतर-संचालनीय क्वांटम संचार नेटवर्क के लिये वैश्विक सहयोग महत्वपूर्ण है। भारत को अंतरराष्ट्रीय मानकों को प्रभावित करना चाहिये और अंतरराष्ट्रीय दूरसंचार संघ (ITU) जैसे प्लेटफॉर्म के माध्यम से यह सुनिश्चित करना चाहिये कि उसके क्वांटम सॉफ्टवेयर अंतर-संचालनीय हों और वैश्विक सुरक्षा आवश्यकताओं के अनुरूप हों।

प्रश्न-राष्ट्रीय क्वांटम मिशन के उद्देश्यों और महत्त्व तथा भारत के तकनीकी पारिस्थितिकी तंत्र पर इसके संभावित प्रभाव की विवेचना कीजिये।

UPSC सविलि सेवा परीक्षा, वगित वर्ष के प्रश्न

??????:

प्रश्न. नमिन्लखिति में से कौन-सा वह संदर्भ है जसिमें "क्यूबटि" शब्द का उल्लेख कयिा गया है? (2022)

- (a) क्लाउड सेवाएँ
- (b) क्वांटम कंप्यूटिंग
- (c) दृश्य प्रकाश संचार तकनीक
- (d) बेतार (वायरलेस) संचार तकनीक

उत्तर: (b)

व्याख्या:

क्वांटम सुप्रीमेसी:

- क्वांटम कंप्यूटर 'क्यूबटि' (या क्वांटम बिट्स) में गणना करते हैं। वे क्वांटम यांत्रिकी के गुणों का उपयोग करते हैं, वह वषिय जो परमाणु मापक्रम पर द्रव्य के व्यवहार से संबंधित है।

अतः विकल्प (b) सही है।

??????:

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

PDF Refernece URL: <https://www.drishtias.com/hindi/printpdf/quantum-satellite>

