

क्वांटम प्रौद्योगिकी

प्रलिस के लयः

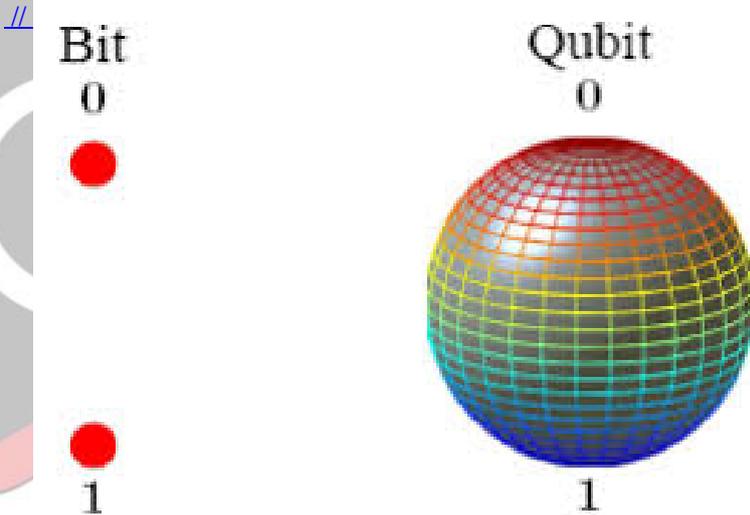
क्वांटम कंप्यूटग, राषट्रीय क्वांटम मशिन, टेलीमैटक्स वकिस केंद्र (C-DOT), आई-हब क्वांटम टेक्नोलॉजी फाउंडेशन, प्रगत संगणन वकिस केंद्र (C-DAC), इंटरनेट ऑफ थगिस, मशीन लरनग

मेन्स के लयः

क्वांटम कंप्यूटग का महत्व, क्वांटम कंप्यूटग संबधी भारत की पहल और संबधति चुनौतयों, अवसर और आगे की राह

क्वांटम टेक्नोलॉजी क्या है?

- परचयः
 - क्वांटम कंप्यूटग/प्रौद्योगिकी का तात्पर्य प्रौद्योगिकियों के ऐसे वर्ग से है जनिसे क्वांटम यांत्रिकी के सद्धातों का उपयोग कर संगणना की जाती है और ऐसी क्षमताएँ प्राप्त होती हैं जो परंपरागत प्रौद्योगिकी से संभव नहीं हैं।
- परंपरागत बनाम क्वांटम कंप्यूटगः
 - परंपरागत कंप्यूटगः
 - इसमें सूचना को 'बटिस' या '1' और '0' में प्रोसेस किया जाता है, यह प्रणाली चरिसम्मत भौतिकी का अनुसरण करती है जिसके तहत हमारे कंप्यूटर एक समय में '1' या '0' को प्रोसेस कर सकते हैं।



- क्वांटम कम्प्यूटगः
 - क्वांटम कंप्यूटर "क्यूबटिस" (क्वांटम बटिस) का उपयोग करके संगणना करते हैं, जो परमाणु स्तर पर पदार्थ के व्यवहार को नरिधारति करते हैं।
 - ये प्रायकित्तात्मक व्यवहार प्रदर्शति करते हैं, जसिसे वे परंपरागत प्रौद्योगिकियों के दायरे से बाहर अन्य कार्यों को पूरा करने में सक्षम होते हैं, जबकि क्लासिकल प्रणालयों नरिधारणात्मक/नश्चयात्मक नयिमों का पालन करती हैं।
- प्रमुख वशिषताएँः
 - सुपरपोज़शिनः क्यूबटिस, क्वांटम सुपरपोज़शिन की स्थति में मौजूद हो सकते हैं, जसिका अर्थ है कवे एक साथ 1 और 0 दोनों का प्रतनिधित्व कर सकते हैं।

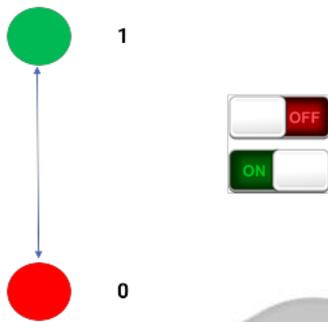
- इस अद्वितीय गुण से क्वांटम कंप्यूटरों को, सदिधांतः, संगणना इस प्रकार करने की क्षमता मिलती है जैसे अनेक परंपरागत कंप्यूटर समानांतर रूप से कार्य कर रहे हों।
- उदाहरण के लिये, हवा में उछाला हुआ सक्किा भूमि पर गरिने से पहले हेड्स या टेल्स दोनों रूपों को दर्शाता है। इसी प्रकार, एक इलेक्ट्रॉन क्वांटम सुपरपोज़िशन में तब तक मौजूद रह सकता है जब तक कि उसकी संगणना न की जाए।
- **एंटीगलमेंट:** एंटीगलमेंट तब होता है जब **दो क्यूबिट एक साझा क्वांटम अवस्था में होते हैं**, जिससे एक क्यूबिट की अवस्था में परिवर्तन दूसरे क्यूबिट को तत्क्षण प्रभावित करता है, चाहे उनके बीच कतिनी भी दूरी कतिनी भी हो।
 - अल्बर्ट आइंस्टीन ने इस घटना को **"स्पूकी एक्शन एट ए डिस्टेंस"** नाम दिया था।
- **डीकोहेरेंस:** असंस्कृति अथवा डीकोहेरेंस वह प्रक्रिया है जिसमें **क्वांटम कणों और प्रणालियों का क्षय, नपितन अथवा उनमें परिवर्तित हो सकता है** तथा चरिसम्मत भौतिकी द्वारा मापन योग्य **एकल अवस्थाओं** में परिवर्तित हो सकती हैं।
- **इंटरफेरेंस:** क्वांटम इंटरफेरेंस से कणों (जैसे किक्यूबिट) को सुपरपोज़िशन के कारण एक साथ कई स्थितियों में रहने की सुविधा मिलती है।
 - एक एकल कण, जैसे कफोटॉन, अपने ही प्रक्षेप पथ में इंटरफेरेंस कर सकता है, जिससे उसका मार्ग पूर्वानुमेय रूप से परिवर्तित हो सकता है।

BITS

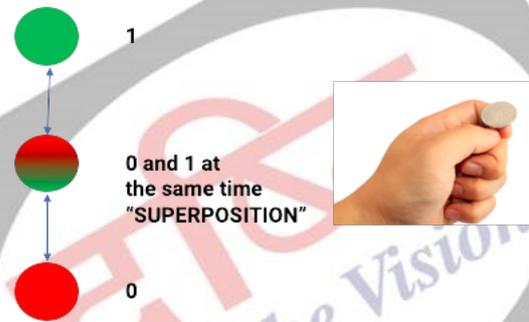
vs

QBITS

Classical Computer – Operations on BITS



Quantum Computer – Operations on Quantum BITS



Qubits can take same value simultaneously. This characteristic expands the possibility of parallel calculations

क्वांटम प्रौद्योगिकी के प्रमुख अनुप्रयोग क्या हैं?

- **फार्मास्यूटिकल्स:**
 - क्वांटम कंप्यूटर आणविक व्यवहार का अनुकरण कर सकते हैं, जिससे जीवनरक्षक औषधियों और उपचारों के विकास को गतिप्रदान की जा सकती है।
 - यह **प्रोटीन फोल्डिंग** के अध्ययन में सहायता करता है तथा **अलज़ाइमर** और **पार्कसिंस** जैसे रोगों के उपचार में इसके संभावित अनुप्रयोग हैं।
- **रसायन विज्ञान:**
 - क्वांटम कणों से रासायनिक अभिक्रियाओं को परिवर्द्धित किया जा सकता है, जैसे **पेट्रोकेमिकल विकल्पों के लिये उत्प्रेरकों में सुधार करना** और **हानिकारक उत्सर्जन को कम करना**।
 - **ये उच्च ताप सुपरकंडक्टर** विकसित करने के लिये भी महत्वपूर्ण हैं।
- **उन्नत प्रौद्योगिकियों में सुधार:**
 - क्वांटम सामग्रियों का उपयोग **उन्नत प्रौद्योगिकियों** जैसे **ऊर्जा-कुशल उपकरणों, सौर सेल, बैटरी और स्वास्थ्य देखभाल नदिान में** किया जाता है।
 - क्वांटम पदार्थ वे पदार्थ होते हैं जो **क्वांटम सूत्र पर अद्वितीय और जटिल गुण प्रदर्शित करते हैं**। इन पदार्थों की विशेषता उनके व्यवहार से होती है, जो **क्वांटम यांत्रिकी** द्वारा नियंत्रित होता है।
 - **उदाहरण:** फ्लोरोसेंट क्वांटम डॉट्स, मल्टीकलर बायोइमेजिंग और सेलुलर प्रोटीन लेबलिंग में सहायता करते हैं।
- **मशीन लर्निंग का परिवर्द्धन:**
 - क्वांटम कंप्यूटिंग, परंपरागत तरीकों की पहुँच से परे **जटिल डेटा पैटर्न का विश्लेषण करने वाले नवीन एल्गोरिदम** विकसित कर **मशीन लर्निंग** को उन्नत बना सकती है।
 - क्वांटम एल्गोरिदम **AI मॉडल को अनुकूलित कर सकते हैं, कार्यों में तेज़ी ला सकते हैं और ऊर्जा की खपत को कम कर सकते हैं**।
- **आपदा प्रबंधन:**
 - क्वांटम अनुप्रयोगों से **सुनामी, सूखा, भूकंप और बाढ़ का पूर्वानुमान** अधिक संभव हो सकता है।
 - **क्वांटम प्रौद्योगिकी के माध्यम से जलवायु परिवर्तन** से संबंधित आँकड़ों के एकत्रीकरण को बेहतर तरीके से सुव्यवस्थित किया जा सकता है।

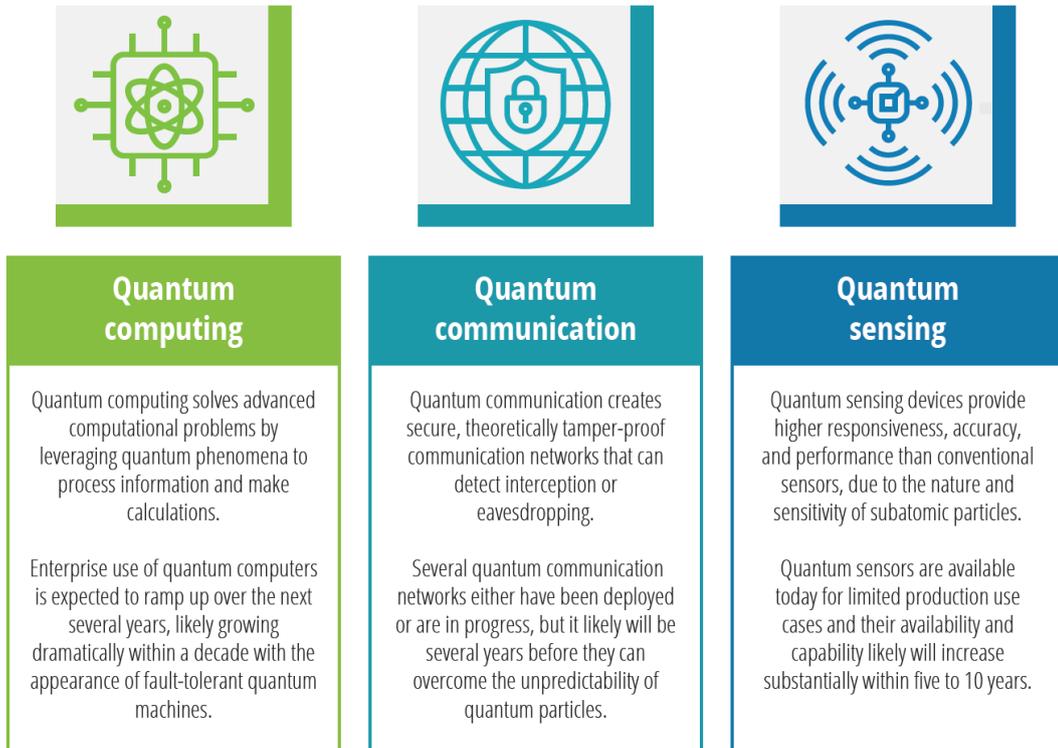
■ सुरक्षा संचार:

- वर्ष 2016 में प्रकृषेपति चीन का क्वांटम संचार उपग्रह, मसियिस, भू केंद्रों और उपग्रहों के बीच सुरक्षा क्वांटम संचार लकि प्रदर्शति करने वाला वशिव का पहला उपग्रह बना ।
- यह उन्नत उपग्रहों, सैन्य और साइबर सुरक्षा के लयि महत्वपूर्ण है, जो अल्ट्रा-फासट कंप्यूटगि और अनहैकेबल संचार की कषमता प्रदान करती है तथा उपयोगकर्ताओं के लयि उच्च स्तर की सुरक्षा सुनश्चिति करती है ।

■ क्वांटम क्ुरपिटोग्राफी:

- क्वांटम क्ुरपिटोग्राफी सैद्धांतिक रूप से अभाजनीय एन्क्रिप्शन बनाकर साइबर सुरक्षा को सुदृढ़ बनाती है , तथा संवेदनशील डेटा को भवषिय के क्वांटम कंप्यूटरों की डकिरिप्शन कषमताओं से सुरक्षा रखती है ।

Three key quantum use cases: Computing, communication, and sensing



Source: Deloitte analysis.

क्वांटम यांत्रिकी क्या है?

■ परिचय:

- क्वांटम यांत्रिकी भौतिकी में एक मौलिक सिद्धांत है जो बहुत छोटे पैमाने, जैसे परमाण्विक और अवपरमाण्विक कण, पर पदार्थ और ऊर्जा के व्यवहार का वर्णन करता है ।
- यह चरिसम्मत भौतिकी से काफी भिन्न है, जो मैक्रोस्कोपिक पैमाने पर वस्तुओं के व्यवहार को नियंत्रित करता है ।
- क्वांटम यांत्रिकी उन घटनाओं को समझने की रूपरेखा प्रदान करती है जिन्हें चरिसम्मत भौतिकी द्वारा समझाया नहीं जा सकता ।

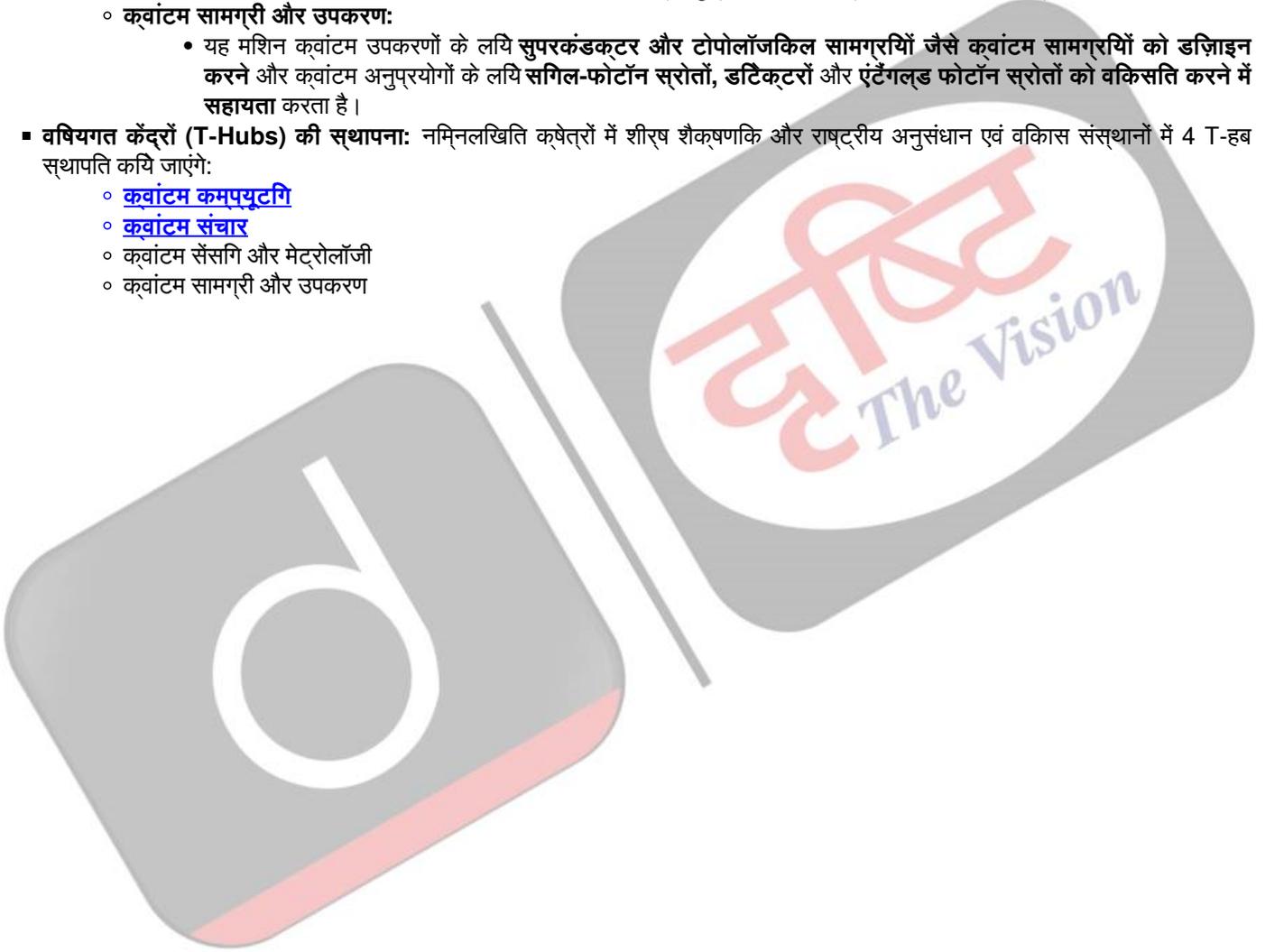
■ अनुप्रयोग:

- क्वांटम कंप्यूटगि: सुपरपोजिशन और एन्टेंगलमेंट का उपयोग करके क्लासिकल कंप्यूटरों की अपेक्षा अकल्पनीय गति से संगणना करना ।
- क्वांटम क्ुरपिटोग्राफी: क्वांटम यांत्रिकी के सिद्धांतों का उपयोग कर सैद्धांतिक रूप से अभाजनीय एन्क्रिप्शन वधियों प्रदान करना ।
- क्वांटम सेंसर: चकितिसा इमेजगि, नेवगिशन और पर्यावरण नगिरानी में अनुप्रयोगों के साथ, क्लासिकल कंप्यूटरों की सीमाओं से परे माप परिशुद्धता का परिवर्द्धन करना ।
- क्वांटम समिलेशन: रासायनिक अभकिरयिओं, भौतिक गुणों और जैविक प्रक्रयिओं का अध्ययन करने के लयि जटलि क्वांटम प्रणालयिों के समिलेशन की सुवधि प्रदान करना ।

राष्ट्रीय क्वांटम मशिन क्या है?

■ परिचय:

- **राष्ट्रीय क्वांटम मशिन (NQM)** भारत सरकार की एक पहल है जिसका उद्देश्य क्वांटम प्रौद्योगिकी (QT) में वैज्ञानिक और औद्योगिक अनुसंधान को उन्नत बनाना, आर्थिक विकास को बढ़ावा देना और भारत को क्वांटम प्रौद्योगिकियों और अनुप्रयोगों (QTA) में अग्रणी देश के रूप में स्थापित करना है।
- इसका वनियमन **वजिज्ञान एवं प्रौद्योगिकी मंत्रालय** के अधीन है तथा इसे वर्ष **2023** से **2031** तक क्रियान्वित किया जाना है।
- इस मशिन के शुभारंभ के साथ, भारत, अमेरिका, ऑस्ट्रेलिया, फिनलैंड, फ्रांस, कनाडा और चीन के बाद समर्पित क्वांटम मशिन वाला सातवाँ देश बन जाएगा।
- **मुख्य उद्देश्य:**
 - क्वांटम कंप्यूटर का विकास: सुपरकंडक्टिंग और फोटोनिक प्रौद्योगिकियों जैसे प्लेटफॉर्मों का उपयोग कर, 8 वर्षों में 50 से 1000 भौतिक क्यूबिट के साथ मध्यवर्ती-स्तरीय क्वांटम कंप्यूटर विकसित करना।
 - सुरक्षा संचार:
 - भारत में 2000 कमी. से अधिक दूरी पर स्थिति ग्राउंड स्टेशनों के बीच उपग्रह आधारित सुरक्षा क्वांटम संचार।
 - अन्य देशों के साथ लंबी दूरी का सुरक्षा क्वांटम संचार।
 - 2000 कमी. से अधिक अन्तर-शहर क्वांटम की डिसट्रीब्यूशन।
 - क्वांटम मेमोरी के साथ बहु-नोड क्वांटम नेटवर्क की स्थापना।
 - क्वांटम सेंसिंग और मेट्रोलॉजी:
 - सटीक समय निर्धारण, संचार और नेविगेशन के लिये उच्च सुग्राहता वाले मैग्नेटोमीटर और **परमाणविक घड़ियों** का विकास।
 - क्वांटम सामग्री और उपकरण:
 - यह मशिन क्वांटम उपकरणों के लिये सुपरकंडक्टर और टोपोलॉजिकल सामग्रियों जैसे क्वांटम सामग्रियों को डिज़ाइन करने और क्वांटम अनुप्रयोगों के लिये सिल-फोटॉन स्रोतों, डिटिक्टरों और एंटेंगल्ड फोटॉन स्रोतों को विकसित करने में सहायता करता है।
- **वर्षियगत केंद्रों (T-Hubs) की स्थापना:** नमिनलखित क्षेत्रों में शीर्ष शैक्षणिक और राष्ट्रीय अनुसंधान एवं विकास संस्थानों में 4 T-हब स्थापित किये जाएंगे:
 - **क्वांटम कंप्यूटिंग**
 - **क्वांटम संचार**
 - क्वांटम सेंसिंग और मेट्रोलॉजी
 - क्वांटम सामग्री और उपकरण



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 मैग्रेटोमीटर 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 चाले और शून्य) के रूप में संग्रहीत 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।

यद्यपि डिजिटल कंप्यूटर डेटा को बिट्स (बाइनरी को एका और शून्य) के रूप में संग्रहीत 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 सकेगा।



भारत में क्वांटम प्रौद्योगिकी से संबंधित पहल

- क्वांटम लैब:** भारतीय सेना ने क्वांटम प्रौद्योगिकियों में अनुसंधान और प्रशिक्षण का नेतृत्व करने के लिये मध्य प्रदेश में सैन्य दूरसंचार इंजीनियरिंग कॉलेज में क्वांटम लैब की स्थापना की।
- QuEST पहल:** वजिज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग ने क्वांटम प्रौद्योगिकी के लिये अनुसंधान सुविधाएँ विकसित करने हेतु **क्वांटम-सक्षम वजिज्ञान और प्रौद्योगिकी (QuEST) पहल शुरू की।**
- QSim टूलकटि:** देशज रूप से विकसित टूलकटि, QSim टूलकटि, शोधकर्तताओं और छात्रों को **क्वांटम कंप्यूटिंग सीखने और समझने** में सक्षम बनाता है, जिससे क्वांटम कोडिंग और हार्डवेयर डिजाइन में कौशल विकास में मदद मिलती है।
- टेलीमेट्रिक्स विकास केंद्र (C-DOT):** C-DOT ने **क्वांटम की डिसिस्ट्रीब्यूशन (QKD)** उत्पाद विकसित किये हैं और क्वांटम संचार में अनुसंधान जारी रखा है।
- नजी क्षेत्र की भागीदारी:** प्रौद्योगिकी क्षेत्र की कंपनियों जैसे **गूगल और इंटरनेशनल बजिनेस मशीन (IBM)** ने भारत में क्वांटम कंप्यूटिंग के लिये समर्थन कार्यक्रम शुरू किये हैं, जबकि **BosonQ, QRDLab और QpiAI** जैसी भारतीय **स्टार्टअप कंपनियाँ** क्वांटम आधारित अनुप्रयोगों पर कार्य कर रही हैं।
- I-हब क्वांटम टेक्नोलॉजी फाउंडेशन:** वजिज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग ने IISER पुणे के 13 अनुसंधान समूहों के साथ मिलकर क्वांटम प्रौद्योगिकियों के विकास को बढ़ावा देने के लिये **I-हब क्वांटम टेक्नोलॉजी फाउंडेशन** की शुरुआत की।

नोट:

- संयुक्त राष्ट्र (UN)** ने वर्ष 2025 को **क्वांटम वजिज्ञान और प्रौद्योगिकी (IQ) के अंतरराष्ट्रीय वर्ष** के रूप में मनाने का निर्णय लिया है।

भारत में क्वांटम प्रौद्योगिकी के स्वीकरण संबंधी कौन-सी चुनौतियाँ हैं?

- **वनिियमन और मानक:** वर्तमान में, क्वांटम हार्डवेयर, सॉफ्टवेयर और संचार इंटरफेस के लिये संगतता और अंतर-संचालन सुनिश्चित करने हेतु मानकों का अभाव है।
 - इसके अतिरिक्त, किसी प्रकार के स्पष्ट **बौद्धिक संपदा** स्वामित्व और लाइसेंसिंग ढाँचे का भी अभाव है।
- **बुनियादी ढाँचे संबंधी मुद्दे:** उन्नत प्रयोगशालाओं, विशेष उपकरणों और उच्च नष्टिपादन कंप्यूटिंग सुविधाओं के निर्माण और अनुरक्षण के लिये पर्याप्त संसाधनों की आवश्यकता होती है।
 - प्रगतिके लिये बुनियादी ढाँचे का नरितर उन्नयन कया जाना आवश्यक है।
- **वसितार कषमता और तकनीकी चुनौतियाँ:** सुसंगतता बनाए रखते हुए और त्रुटिदर को न्यूनतम रखते हुए क्वांटम प्रणालियों को सैकड़ों या हज़ारों क्यूबिट में वसितारति करना एक महत्त्वपूर्ण चुनौती बनी हुई है।
 - क्वांटम कम्प्यूटरों को क्यूबिट की क्वांटम अवस्था को संरक्षति करने के लिये अत्यंत नमिन तापमान की आवश्यकता होती है, क्योंकि उच्च तापमान के कारण परमाण्विक गतिबिद्ध जाती है, जिसके परिणामस्वरूप वसिबद्धता उत्पन्न होती है और क्वांटम के गुणधर्मों की हानि होती है।
- **सीमति अनुसंधान एवं वकिस नविश:** **अनुसंधान एवं वकिस पर भारत का सकल वयय (GERD)** उसके **सकल घरेलू उत्पाद (GDP)** का **0.64% (2020-21 तक)** है, जो अमेरिका, दक्षिण कोरिया और चीन जैसी वकिसति अर्थव्यवस्थाओं की अपेक्षा कम है।
 - इसके अतिरिक्त, नजि क्षेत्र का अनुसंधान एवं वकिस में लगभग 36% का योगदान है, जो अमेरिका और चीन जैसे उन्नत देशों से कम है, जहाँ नजि नविश 70% से अधिक है।

आगे की राह

- **नजि नविश को प्रोत्साहन:** अनुसंधान एवं वकिस में नविश को बढ़ावा देने के लयिकर प्रोत्साहन, अनुदान और सार्वजनिक-नजि भागीदारी के माध्यम से नजि क्षेत्र की भागीदारी को प्रोत्साहति कया जाना चाहयि।
- **क्षेत्रीय अवसंरचना वकिस को बढ़ावा:** समग्र भारत में क्वांटम अनुसंधान सुविधाओं को वकिसति करने के लिये संसाधन आवंटति कया जाना, जिससे व्यापक क्षेत्रीय भागीदारी और प्रतभि वतिरण सुनिश्चित होगा।
- **समरपति नयामक नकियाय की स्थापना:** क्वांटम प्रौद्योगिकियों को वनियमति करने, प्रासंगिक नीतियों का मसौदा तैयार करने और उनके प्रभावी कार्यान्वयन को सुनिश्चित करने हेतु एक केंद्रीय नकियाय की स्थापना की जानी चाहयि।
- **प्रौद्योगिकी अंतरण को सुविधाजनक बनाना:** शैक्षणिक अनुसंधान और व्यावसायीकरण के बीच के अंतराल को पाटने के लयि तंत्र का सुदृढीकरण कया जाना चाहयि, जिससे नजि कंपनियों उन्नत क्वांटम प्रौद्योगिकियों का लाभ उठाने में सक्षम होंगी।
- **IPR ढाँचे का सुदृढीकरण:** नवाचार और सहयोग को बढ़ावा देते हुए क्वांटम-संबंधति बौद्धिक संपदा के स्वामित्व, लाइसेंसिंग और अंतरण के लयि स्पष्ट और कुशल ढाँचे का वकिस कया जाना चाहयि।

UPSC सविलि सेवा परीक्षा, वगित वर्ष के प्रश्न

??????:

प्रश्न. "क्यूबिट (Qubit)" शब्द का उल्लेख नमिनलखिति में से कौन-से एक प्रसंग में होता है? (2022)

- क्लाउड सेवाएँ
- क्वांटम संगणन
- दृश्य प्रकाश संचार प्रौद्योगिकियाँ
- बेतार संचार प्रौद्योगिकियाँ

उत्तर: (b)

??????:

प्रश्न. "चौथी औद्योगिक क्रांति (डजिटिल क्रांति) के उदभव ने सरकार के अभन्नि अंग के रूप में ई-गवर्नेंस की शुरुआत की है"। चर्चा कीजयि। (2020)

