क्वांटम प्रौद्योगिकी और भारत

यह एडिटोरियल 14/01/2022 को 'हिंदुस्तान टाइम्स' में प्रकाशित "A Four-Point Action Plan For Quantum Technologies" लेख पर आधारित है। इसमें उन कदमों की चर्चा की गई है जिन्हें क्वांटम प्रौद्योगिकी अपनाने की दिशा में आगे बढ़ने के लिये भारत उठा सकता है।

संदर्भ

हाल के वर्षों में वैश्विक क्वांटम उद्योग ने अविश्वसनीय प्रगति की है और सरकारों एवं निजी क्षेत्र दोनों ही द्वारा इसमें भारी निवेश किया गया है। अमेरिका, फ्राँस, जर्मनी, चीन एवं रूस जैसे देश पिछले एक दशक से क्वांटम प्रौद्योगिकी में संसाधनों एवं मानव पूंजी का निवेश कर रहे हैं, लेकिन भारत अब तक पीछे ही रहा है और इस अंतराल को दूर करने तथा इस क्षेत्र में प्रमुखता हासिल करने के लिये उसे विशेष प्रयास और श्रम करना होगा।

यद्यपि क्वांटम प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में भारत ने अधिक प्रगति नहीं की है, इस प्रकार बिना विलंब किये इस दिशा में तेज़ी से आगे बढ़ने की ज़रूरत है। प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में उन्नत देशों से बराबरी कर सकने की भारत की इच्छा 'राष्ट्रीय क्वांटम प्रौद्योगिकी एवं अनुप्रयोग मिशन' (National Mission for Quantum Technologies and Applications- NM-QTA) की घोषणा के रूप में प्रकट हुई है।

क्वांटम प्रौद्योगिकी

- **परिचय:** क्वांटम प्रौद्योगिकी क्वांटम यांत्रिकी (Quantum mechanics) के सिद्धांतों पर आधारित है जिसे 20वीं शताब्दी के आरंभ में परमाणुओं एवं मूल तत्वों के स्तर पर प्रकृति के वर्णन के लिये विकसित किया गया था।
  - इस क्रांतिकारी प्रौद्योगिकी के पहले चरण ने भौतिक जगत की समझ की नींव प्रदान की और लेज़र (lasers) और सेमीकंडक्टर ट्रांजिस्टर जैसे सर्वगत आविष्कारों को जन्म दिया।
  - दूसरी क्रांति वर्तमान में जारी है जो क्वांटम यांत्रिकी के गुणों को कंप्यूटिंग के क्षेत्र में प्रवेश कराने का लक्ष्य रखती है।
- **भारत और चीन के बीच एक तुलना:**
  - **चीन में अनुसंधान एवं विकास:** चीन ने क्वांटम प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में अपना अनुसंधान एवं विकास (R&D) कार्य वर्ष 2008 में शुरू किया था।
    - वर्ष 2022 में परिदृश्य यह है की चीन विश्व का पहला क्वांटम उपग्रह विकसित करने, बीजिंग एवं शंघाई के बीच एक क्वांटम संचार लाइन का निर्माण करने और विश्व के दो सबसे तेज़ क्वांटम कंप्यूटरों का स्वामी होने का दावा रखता है।
    - यह एक दशक लंबे चले अनुसंधान का परिणाम है जिसे महत्त्वपूर्ण उपलब्धियाँ प्राप्त करने की इच्छा और आशा के साथ बल प्रदान किया गया था।
  - **भारत की स्थिति:** दूसरी ओर क्वांटम प्रौद्योगिकी भारत में ऐसा क्षेत्र रहा है जो दीर्घकालिक अनुसंधान एवं विकास पर अत्यधिक केंद्रित है।
    - वर्तमान में अनुसंधानकर्त्ताओं, औद्योगिकी पेशेवरों, शिक्षाविदों और उद्यमियों की एक सीमित संख्या ही इस क्षेत्र में सक्रिय है और अनुसंधान एवं विकास पर निरंतर ध्यान केंद्रित नहीं किया गया है।
- **क्वांटम प्रौद्योगिकी और निजी क्षेत्र:** गूगल, माइक्रोसॉफ्ट और IBM जैसे बड़े प्रौद्योगिकी निगमों के पास क्वांटम कंप्यूटिंग और इसके अनुप्रयोगों के लिये समर्पित कार्यक्रम हैं।
  - इसी तरह, QNu Labs, BosonQ और Qulabs.ai जैसी कई भारतीय स्टार्टअप कंपनियाँ भी क्रिप्टोग्राफी, कंप्यूटिंग तथा साइबर सुरक्षा के लिये क्वांटम-आधारित एप्लिकेशन विकसित करने की दिशा में उल्लेखनीय काम कर रही हैं।
- **भारत की अन्य संबंधित पहलें:**
  - वर्ष 2018 में विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग ने 'क्वांटम-सक्षम विज्ञान और प्रौद्योगिकी' (Quantum-Enabled Science & Technology- QuEST) नामक एक कार्यक्रम का अनावरण किया और अनुसंधान में तेज़ी लाने के लिये अगले तीन वर्षों में 80 करोड़ रुपए के निवेश की प्रतिबद्धता जताई।
  - वर्ष 2020 के बजट संभाषण में भारत की वित्त मंत्री ने देश में क्वांटम उद्योग को सशक्त बनाने के लिये पाँच वर्षों में 8000 करोड़ रुपए के कुल परिव्यय के साथ राष्ट्रीय क्वांटम प्रौद्योगिकी एवं अनुप्रयोग मिशन (NM-QTA) की घोषणा की।
  - अक्तूबर 2021 में सरकार ने सी-डॉट (C-DOT) के क्वांटम कम्युनिकेशन लैब का भी उद्घाटन किया और स्वदेशी रूप से विकसित 'क्वांटम की डिस्ट्रीब्यूशन' (Quantum Key Distribution- QKD) समाधान का अनावरण किया।

संबद्ध चुनौतियाँ

- **वधिायी प्रक्रयिाओं में धीमी प्रगत:ि** NM-QTA की घोषणा वर्ष 2020 के बजट संभाषण में की गई थी, लेकनि मशिन को अभी तक अनुमोदन प्राप्त नहीं हुआ है, न ही वत्ति वर्ष 2020-21 के दौरान NM-QTA के तहत कसिी धन का आवंटन, वतिरण या उपयोग सुनश्चिति कयिा गया।
- **NM-QTA में नजिी क्षेत्र की सीमति भागीदारी:** केंद्रीय वज्ञिान एवं प्रौद्योगकिी मंत्री के अनुसार NM-QTA के लयि अभी तक कसिी भी नजिी क्षेत्र के भागीदार की पहचान नहीं की गई है और राष्ट्रीय मशिन हेतु परामर्श के लयि सरकार के बाहर के कसिी भी अभकिर्ता को संलग्न नहीं कयिा गया है।
  - सरकार को नजिी कंपनयिों द्वारा प्राप्त की गई उपलब्धयिों को चह्निति करना चाहयि।
- **सुरक्षा संबंधी मुद्दे:** क्वांटम कंप्यूटगि का संचार और कंप्यूटर को सुरक्षति करने वाले क्रप्टिोग्राफकि एन्क्रप्शिन पर एक वघिटनकारी प्रभाव पड़ सकता है।
  - यह सरकार के लयि एक चुनौती भी उत्पन्न कर सकता है क्योंकयिदयि यह प्रौद्योगकिी गलत हाथों में चली जाती है तो सरकार के सभी आधकिारकि एवं गोपनीय डेटा के 'हैक' होने और दुरुपयोग कयि जाने का खतरा उत्पन्न होगा।
- **प्रौद्योगकिी संबंधी मुद्दे:** क्वांटम सुपरपोजशिन के गुणों का अत्यधकि नयिंत्रति तरीके से दोहन कर सकने में भी चुनौती नहिति है। 'क्यूबट्सि' अत्यंत संवेदनशील होते हैं और यदठिीक से नयिंत्रति नहीं कयि जाएँ तो अपना 'क्वांटमनेस' खो देते हैं।
  - इसके साथ ही उनका उपयोग कर सकने के लयि सामग्री, डज़िाइन और इंजीनयिरगि के सावधानीपूर्वक चयन की आवश्यकता होती है।
  - इसके अतरिक्ति, सैद्धांतकि स्तर पर क्वांटम कंप्यूटरों के लयि एल्गोरदिम और एप्लीकेशन के सृजन की चुनौती मौजूद है।

आगे की राह

- **बेहतर नीतनिर्िमाण और वनियिमन:** अगले 10-15 वर्षों के लयि एक व्यापक रणनीतविकिसति करने पर ध्यान केंद्रति कयिा जाना चाहयि। इस रणनीतकिो यह सुनश्चिति करना होगा कसिंसाधनों का गलत आवंटन न हो और जो प्रयास कयि जाएँ वे उन प्रमुख क्षेत्रों में केंद्रति हों जो आर्थकि एवं रणनीतकि दोनों लाभ प्रदान करें।
  - इसके अतरिक्ति, क्वांटम प्रौद्योगकिी के वकिास में योगदान कर सकने वाले लोगों/समूहों/संस्थाओं पर उपयुक्त ध्यान देना सरकार की सर्वोच्च प्राथमकिता होनी चाहयि।
  - क्वांटम कंप्यूटगि को व्यापक रूप से उपलब्ध कराने से पहले इसके लयि एक वनियिामक ढाँचे का वकिास कर लेना भी ववि्कपूर्ण होगा जहाँ राष्ट्रीय और अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर इसके वैध उपयोग की सीमाओं को सुपरभिाषति रखा जाए।
- **उत्कृष्टता केंद्र की स्थापना:** अकादमकि संस्थानों के साथ-साथ सरकारी अनुसंधान संस्थानों में क्वांटम वज्ञिान और प्रौद्योगकिी पर समर्पति 'उत्कृष्टता केंद्र' की स्थापना पर प्राथमकि ध्यान दयिा जाना चाहयि।
  - भारत सरकार के अधकिांश परव्यिय को क्वांटम R&D में वशिषज्ञता रखने वाले ऐसे संस्थानों को दयिा जाना चाहयि। यह दो तरह से लाभांश का भुगतान कर सकता है:
    - यह महत्त्वपूर्ण बौद्धकि संपदा (IP) अवसंरचना के नरि्माण में मदद करेगा जसिका उपयोग देश के लाभ के लयि कयिा जा सकता है।
    - अनुसंधान एवं शक्षिा पर ध्यान केंद्रति करने से प्रतभिा पूल में भी सुधार होगा और यह घरेलू क्वांटम प्रौद्योगकिी कार्यबल को सबल करेगा।
- **केंद्र-राज्य समन्वय:** राज्य सरकारें नकिट भवषि्य में 'सेमीकंडक्टर फैब्स' (Semiconductor Fabs) स्थापति करने में अभन्िन भूमकिा नभिा सकती हैं; क्वांटम प्रौद्योगकिी इन घरेलू वनिर्िमाण सुवधिाओं और इकाइयों से अत्यधकि लाभान्वति हो सकती है।
  - केंद्र और राज्यों द्वारा 'क्वांटम इनोवेशन हब' की संयुक्त स्थापना से कुशलतापूर्वक प्रत्यक्ष नवशि पाने और देश में सुसंबद्ध क्वांटम अनुसंधान नेटवर्क का नरि्माण करने में मदद मलि सकती है।
  - केंद्र और राज्य सरकारों को स्थानीय प्रतभिाओं को शामलि करते हुए नवाचार को बढ़ावा देने और अंतर्राष्ट्रीय फर्मों को आकर्षति करने के लयि एक अनुकूल वत्तिीय तथा कानूनी वातावरण का नरि्माण करना चाहयि।
- **नजिी क्षेत्र की भागीदारी:** क्वांटम प्रौद्योगकिी और अनुप्रयोगों को वकिसति करने में संलग्न स्टार्टअप्स तथा बगि टेक नगिमों की शक्तकिा उपयोग कयिा जाना चाहयि।
  - जबकअिकादमकि संस्थान मुख्यतः अनुसंधान पक्ष से संलग्न हैं, क्वांटम टेक कॉर्पोरेशन और स्टार्टअप इस अनुसंधान का ऐसे अनुप्रयोगों या उत्पादों में रूपांतरण और व्यावसायीकरण करने के लयि महत्त्वपूर्ण हैं जो उपयोग कयि जा सकते हैं।
  - अकादमकि संस्थानों और उद्योग के परस्पर संपर्क को सरकार द्वारा सुगम कयिा जाना चाहयि ताकअिनुसंधान को वास्तवकि आवश्यकताओं के अनुप्रयोगों में रूपांतरति कयिा जा सके।
- **अंतर्राष्ट्रीय सहयोग:** क्वांटम मूल्य शृंखला अत्यधकि जटलि बनी हुई है और भारत के लयि एक सफल क्वांटम पारस्थितिकिी तंत्र के नरि्माण के लयि आत्मनर्िभर बने रहना कठनि होगा।
  - क्वांटम प्रौद्योगकिी संबंधी परयिोजनाओं पर संयुक्त प्रयास के लयि अमेरकिा, ऑस्ट्रेलयिा, कनाडा, UK एवं अन्य देशों के साथ क्वांटम प्रौद्योगकिी समझौते भारत के लयि आधार का कार्य कर सकते हैं।
  - भारत क्वाड (Quad) और ब्रकि्स (BRICS) जैसे प्रमुख समूहों में अपने सहयोगयिों के साथ भी संलग्नता बढ़ा सकता है।

नष्किर्ष

भारत सरकार ने देश में एक राष्ट्रीय मशिन आरंभ करने की अपनी योजना के माध्यम से क्वांटम प्रौद्योगकियिों के महत्त्व को स्वीकार करते हुए पहला कदम आगे बढ़ा दयिा है। हालाँक,ि अनुसंधान एवं वकिास के क्षेत्र में और नजिी क्षेत्र एवं अकादमकि क्षेत्र से सक्रयि भागीदारी सुनश्चिति करने के लयि अभी बहुत कुछ कयि जाने की आवश्यकता है, जसिके लयि द्वपिक्षीय एवं बहुपक्षीय भागीदारी का लाभ उठाया जा सकता है।

अभ्यास प्रश्न: क्वांटम प्रौद्योगिकी को अपनाने और देश के भीतर इसके अनुप्रयोगों हेतु एक उपयुक्त पारिस्थितिकी तंत्र स्थापति करने के लिये भारत कौन-से कदम उठा सकता है। चर्चा कीजिये।

PDF Refernece URL: https://www.drishtiias.com/hindi/printpdf/quantum-technology-and-india