

## क्वांटम प्रौद्योगिकी और भारत

यह एडिटरियल 14/01/2022 को 'हदुस्तान 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 दृष्टि में आगे बढ़ने के लिये भारत उठा सकता है।

### संदर्भ

हाल के वर्षों में वैश्विक क्वांटम उद्योग ने अवशिवसनीय प्रगतिकी है और सरकारों एवं नज्जि क्क्षेत्र दोनों ही द्वारा इसमें भारी नविश किया गया है। अमेरिका, फ्रांस, जर्मनी, चीन एवं रूस जैसे देश पछिले एक दशक से क्वांटम प्रौद्योगिकी में संसाधनों एवं मानव पूंजी का नविश कर रहे हैं, लेकिन भारत अब तक पीछे ही रहा है और इस अंतराल को दूर करने तथा इस क्क्षेत्र में प्रमुखता हासिल करने के लिये उसे विशेष प्रयास और श्रम करना होगा।

यद्यपि क्वांटम प्रौद्योगिकी के क्क्षेत्र में भारत ने अधिक प्रगतिकी नहीं की है, इस प्रकार बिना वलिंब किये इस दृष्टि में तेज़ी से आगे बढ़ने की ज़रूरत है। प्रौद्योगिकी के क्क्षेत्र में उन्नत देशों से बराबरी कर सकने की भारत की इच्छा 'राष्ट्रीय क्वांटम प्रौद्योगिकी एवं अनुप्रयोग मशिन' (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 जसि 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 क्क्षेत्र में प्रवेश कराने का लक्ष्य रखती है।
- **भारत और चीन के बीच एक तुलना:**
  - **चीन में अनुसंधान एवं विकास:** चीन ने क्वांटम प्रौद्योगिकी के क्क्षेत्र में अपना अनुसंधान एवं विकास (R&D) कार्य वर्ष 2008 में शुरू किया था।
    - वर्ष 2022 में परदृश्य 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 जसि 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 क्क्षेत्र रहा है जो दीर्घकालिक अनुसंधान एवं विकास पर अत्यधिक केंद्रित है।
    - वर्तमान में अनुसंधानकर्त्ताओं, औद्योगिकी पेशेवरों, शक्तिवादिों और उद्यमियों की एक सीमति संख्या ही इस क्क्षेत्र में सक्रिय है और अनुसंधान एवं विकास पर नरितर ध्यान केंद्रित नहीं किया गया है।
- **क्वांटम प्रौद्योगिकी और नज्जि क्क्षेत्र:** गूगल, माइक्रोसॉफ्ट और IBM जैसे बड़े प्रौद्योगिकी नगिनों के पास क्वांटम कंप्यूटिंग और इसके अनुप्रयोगों के लिये समर्पित कार्यक्रम हैं।
  - इसी तरह, QNu Labs, BosonQ और Qulabs.ai जैसी कई भारतीय स्टार्टअप कंपनियों भी क्क्पिटोग्राफी, कंप्यूटिंग तथा साइबर सुरक्षा के लिये क्वांटम-आधारित एप्लिकेशन विकसित करने की दृष्टि में उल्लेखनीय काम कर रही हैं।
- **भारत की अन्य संबंधित पहलें:**
  - वर्ष 2018 में वजिज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग ने 'क्वांटम-सक्षम वजिज्ञान 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 नविश की प्रतबिद्धता 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 परवियय के साथ राष्ट्रीय क्वांटम प्रौद्योगिकी एवं अनुप्रयोग मशिन (NM-QTA) की घोषणा की।
  - अक्टूबर 2021 में सरकार ने सी-डॉट (C-DOT) के क्वांटम कम्युनिकेशन लैब का भी उद्घाटन किया और स्वदेशी रूप से विकसित 'क्वांटम की डिस्ट्रिब्यूशन' (Quantum Key Distribution- QKD) समाधान का अनावरण किया।

## संबद्ध चुनौतियाँ

- **वधायी प्रक्रियाओं में धीमी प्रगति:** NM-QTA की घोषणा वर्ष 2020 के बजट संभाषण में की गई थी, लेकिन मशिन को अभी तक अनुमोदन प्राप्त नहीं हुआ है, न ही वित्त वर्ष 2020-21 के दौरान NM-QTA के तहत किसी धन का आवंटन, वितरण या उपयोग सुनिश्चित किया गया।
- **NM-QTA में नज्दी क्षेत्र की सीमति भागीदारी:** केंद्रीय वज्जिज्ञान एवं प्रौद्योगिकी मंत्रि के अनुसार NM-QTA के लयि अभी तक किसी भी नज्दी क्षेत्र के भागीदार की पहचान नहीं की गई है और राष्ट्रीय मशिन हेतु परामर्श के लयि सरकार के बाहर के किसी भी अभकिर्त्ता को संलग्न नहीं कयिा गया है।
  - सरकार को नज्दी कंपनयिों दवारा प्राप्त की गई उपलब्धयिों को चहिनति करना चाहयि।
- **सुरक्षा संबंधी मुद्दे:** क्वांटम कंप्यूटगि का संचार और कंप्यूटर को सुरक्षति करने वाले क्पिटोग्राफकि एनक्रपिशन पर एक वधितनकारी प्रभाव पड़ सकता है।
  - यह सरकार के लयि एक चुनौती भी उत्पन्न कर सकता है क्योकयि यह प्रौद्योगिकी गलत हाथों में चली जाती है तो सरकार के सभी आधिकारकि एवं गोपनीय डेटा के 'हैक' होने और दुरुपयोग कयि जाने का खतरा उत्पन्न होगा।
- **प्रौद्योगिकी संबंधी मुद्दे:** क्वांटम सुपरपोजिशन के गुणों का अत्यधिक नयित्तरति तरीके से दोहन कर सकने में भी चुनौती नहिति है। 'क्यूबिट्स' अत्यंत संवेदनशील होते हैं और यद टिक से नयित्तरति नहीं कयि जाएँ तो अपना 'क्वांटमनेस' खो देते हैं।
  - इसके साथ ही उनका उपयोग कर सकने के लयि सामग्री, डिज़ाइन और इंजीनयिरगि के सावधानीपूर्वक चयन की आवश्यकता होती है।
  - इसके अतरकिक्त, सैद्धांतकि स्तर पर क्वांटम कंप्यूटरों के लयि एल्गोरदिम और एप्लीकेशन के सृजन की चुनौती मौजूद है।

## आगे की राह

- **बेहतर नीतनरिमाण और वनियमन:** अगले 10-15 वर्षों के लयि एक व्यापक रणनीत वकिसति करने पर ध्यान केंद्रति कयिा जाना चाहयि। इस रणनीत को यह सुनिश्चित 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 अतरकिक्त, क्वांटम प्रौद्योगिकी के वकिस 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 वनियामक ढाँचे का वकिस कर लेना भी वविकपूर्ण होगा जहाँ राष्ट्रीय और अंतरराष्ट्रीय स्तर पर इसके वैध उपयोग की सीमाओं को सुपरभिषति रखा जाए।
- **उत्कृष्टता केंद्र की स्थापना:** अकादमकि संस्थानों के साथ-साथ सरकारी अनुसंधान संस्थानों में क्वांटम वज्जिज्ञान और प्रौद्योगिकी पर समर्पति 'उत्कृष्टता केंद्र' की स्थापना पर प्राथमकि ध्यान दयिा जाना चाहयि।
  - भारत सरकार के अधकिांश परविय को क्वांटम R&D में वशिषज्जता रखने वाले ऐसे संस्थानों को दयिा जाना चाहयि। यह दो तरह से लाभांश का भुगतान कर सकता है:
    - यह महत्त्वपूर्ण बौद्धकि संपदा (IP) अवसरचना के नरिमाण में मदद करेगा जसिका उपयोग देश के लाभ के लयि कयिा जा सकता है।
    - अनुसंधान एवं शकिषा पर ध्यान केंद्रति करने से प्रतभि पूल में भी सुधार होगा और यह घरेलू क्वांटम प्रौद्योगिकी कार्यबल को सबल करेगा।
- **केंद्र-राज्य समनवय:** राज्य सरकारें नकिट भवषिय में 'सेमीकंडक्टर फैब्स' (Semiconductor Fabs) सथापति करने में अभनिन्न भूमकि नभिा सकती हैं; क्वांटम प्रौद्योगिकी इन घरेलू वनरिमाण सुवधिओं और इकायिों से अत्यधिक लाभानवति हो सकती है।
  - केंद्र और राज्यों दवारा 'क्वांटम इनोवेशन हब' की संयुक्त स्थापना से कुशलतापूर्वक प्रत्यक्ष नविश पाने और देश में सुसंबद्ध क्वांटम अनुसंधान नेटवर्क का नरिमाण करने में मदद मलि सकती है।
  - केंद्र और राज्य सरकारों को स्थानीय प्रतभिओं को शामिल करते हुए नवाचार को बढ़ावा देने और अंतरराष्ट्रीय फर्मों को आकर्षति करने के लयि एक अनुकूल वतितीय तथा कानूनी वातावरण का नरिमाण करना चाहयि।
- **नज्दी क्षेत्र की भागीदारी:** क्वांटम प्रौद्योगिकी और अनुप्रयोगों को वकिसति करने में संलग्न स्टार्टअप्स तथा बगि टेक नगिमों की शक्ति का उपयोग कयिा जाना चाहयि।
  - जबकि अकादमकि 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 दवारा सुगम कयिा जाना चाहयि ताकि अनुसंधान को वास्तवकि आवश्यकताओं के अनुप्रयोगों में रूपांतरति कयिा जा सके।
- **अंतरराष्ट्रीय सहयोग:** क्वांटम मूल्य शृंखला अत्यधिक जटलि बनी हुई है और भारत के लयि एक सफल क्वांटम पारसिथितिकी तंत्र के नरिमाण के लयि आत्मनरिभर बने रहना कठनि होगा।
  - क्वांटम प्रौद्योगिकी संबंधी परयिोजनाओं पर संयुक्त प्रयास के लयि अमेरिका, ऑस्ट्रेलया, कनाडा, UK एवं अन्य देशों के साथ क्वांटम प्रौद्योगिकी समझौते भारत के लयि आधार का कार्य कर सकते हैं।
  - भारत क्वाड (Quad) और ब्रकिस् (BRICS) जैसे प्रमुख समूहों में अपने सहयोगयिों के साथ भी संलग्नता बढ़ा सकता है।

## नषिकर्ष

भारत सरकार ने देश में एक राष्ट्रीय मशिन आरंभ करने की अपनी योजना के माध्यम से क्वांटम प्रौद्योगिकयिों के महत्त्व को स्वीकार करते हुए पहला कदम आगे बढ़ा दयिा है। हालाँकि, अनुसंधान एवं वकिस के क्षेत्र में और नज्दी क्षेत्र एवं अकादमकि क्षेत्र से सक्रयि भागीदारी सुनिश्चित 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.drishtias.com/hindi/printpdf/quantum-technology-and-india>

