सम्पादकीय
Editorial

भारत में मिशन–मोड में हो रहा विज्ञान और प्रौद्योगिकी विकास

दशकों तक, भारतीय विज्ञान और प्रौद्योगिकी के प्रति वैश्विक धारणा छोटे–छोटे "किफायती नवाचार" (frugal innovation) की अवधारणा के रूप में बनी हुई थी, जिसका मतलब है कि न्यूनतम संसाधनों के साथ उच्च–प्रभाव वाले परिणाम प्राप्त करना है। परन्तु पिछले पांच–छः वर्षों में, भारत के वैज्ञानिक परिदृश्य में एक संरचनात्मक परिवर्तन आया है । विखंडित और अन्वेषक–आधारित अनुसंधान से हटकर, केंद्र सरकार ने विज्ञान और प्रौद्योगिकी (S&T) को "मिशन–मोड" में संस्थागत रूप दिया है। यह बदलाव केंद्रीकृत वित्तपोषण, बहु–संस्थागत सहयोग और स्पष्ट सामाजिक–आर्थिक लक्ष्यों द्वारा रेखांकित है। इस समय देश में यह संरचनात्मक परिवर्तन स्पष्ट दिखाई दे रहा है । भारत अब "बिग साइंस" (Big Science) के युग में प्रवेश कर चुका है, जिसकी विशेषता उच्च–पूंजी और मिशन–मोड परियोजनाएं हैं, जो अकादमिक जिज्ञासा के बजाय रणनीतिक स्वायत्तता को प्राथमिकता देती हैं। इसी दिशा में अनुसंधान नेशनल रिसर्च फाउंडेशन (ANRF) की स्थापना के साथ "लैब–टू–मार्केट" की खाई को पाटने के लिए एक विधायी ढांचा तैयार किया जा रहा है, जिसका लक्ष्य अनुसंधान एवं विकास पर सकल व्यय को वर्तमान के 0.7% से बढ़ाकर जीडीपी के 2% तक ले जाने का लक्ष्य रखा गया है। विश्वविद्यालय और विज्ञान प्रयोगशालाओं के विद्वानों के लिए, यह परम्परागत अलग–अलग विषयों पर प्रयोगशाला–स्तर के प्रयोगों से हटकर उन अंतः विषयी और बहु–संस्थागत सहयोगों की ओर एक महत्वपूर्ण पहल है, जिसके द्वारा सामाजिक और सभ्यतागत चुनौतियों का समाधान खोजने के प्रयास किये जा सकते हैं। देश के इस नए वैज्ञानिक क्रम में कई मिशन–मोड आधारित वैज्ञानिक परियोजनाओं की शुरुआत की गई हैं। विज्ञान प्रकाश के इस अंक के सम्पादकीय में ऐसी ही कुछ प्रमुख परियोजनाओं के बारे में चर्चा करना प्रासंगिक होगा ।

इस समय देश का सबसे महत्वपूर्ण विज्ञान और प्रौद्योगिकी मिशन 'इंडिया सेमीकंडक्टर मिशन' (ISM) है, जिसकी नींव दिसंबर 2021 में केंद्रीय मंत्रिमंडल द्वारा इंडिया सेमीकंडक्टर मिशन 1.0 के रूप में रखी गई थी। इस मिशन को 76,000 करोड़ रुपये के प्रोत्साहन ढांचे का समर्थन प्राप्त है, जो सिलिकॉन फैब्स, कंपाउंड सेमीकंडक्टर सुविधाओं, असेंबली और परीक्षण इकाइयों और चिप डिजाइन के लिए 50 प्रतिशत तक की वित्तीय सहायता प्रदान करता है। दिसंबर 2025 तक, 6 राज्यों में कुल 1.60 लाख करोड़ रुपये के निवेश वाली 10 परियोजनाओं को मंजूरी दी जा चुकी है। इनमें सिलिकॉन फैब्रिकेशन यूनिट, सिलिकॉन कार्बाइड फैब्स, उन्नत और मेमोरी पैकेजिंग सुविधाएं और विशेष असेंबली और परीक्षण अवसंरचना शामिल हैं। ये सभी मिलकर एक मजबूत घरेलू सेमीकंडक्टर पारिस्थितिकी तंत्र का निर्माण कर रहे हैं। केंद्रीय बजट 2026–27 में भारत की प्रौद्योगिकी संबंधी महत्वाकांक्षाओं के लिए एक निर्णायक मोड़ आया, जब भारत सेमीकंडक्टर मिशन 2.0 की घोषणा की गई। यह नया चरण घरेलू सेमीकंडक्टर क्षमताओं को मजबूत करने के लिए एक स्पष्ट नीतिगत प्रयास का संकेत देता है, ऐसे समय में जब चिप्स हर महत्वपूर्ण डिजिटल और औद्योगिक प्रणाली का आधार हैं। आईएसएम 2.0 का मुख्य उद्देश्य भारत में सेमीकंडक्टर उपकरण और सामग्री का उत्पादन करना, पूर्ण स्टैक भारतीय सेमीकंडक्टर बौद्धिक संपदा का डिजाइन तैयार करना और घरेलू और वैश्विक आपूर्ति श्रृंखलाओं को मजबूत करना है। वित्त वर्ष 2026–27 के लिए आईएसएम 2.0 के लिए 1,000 करोड़ रुपये का प्रावधान किया गया है, जिसमें प्रौद्योगिकी विकास को गति देने और भविष्य के लिए तैयार कुशल कार्यबल बनाने के लिए उद्योग–नेतृत्व वाले अनुसंधान और प्रशिक्षण केंद्रों पर विशेष जोर दिया गया है। 2029 तक, भारत से घरेलू अनुप्रयोगों के लगभग 70–75 प्रतिशत के लिए आवश्यक चिप्स को डिजाइन और निर्माण करने की क्षमता हासिल करने की उम्मीद है। 2035 तक, भारत का लक्ष्य वैश्विक स्तर पर शीर्ष सेमीकंडक्टर देशों में शामिल होना है। माना जा रहा है कि यह भारत के तकनीकी भविष्य का प्रमुख

आधार है। अब केवल चिप डिजाइन के वैश्विक केंद्र के रूप में संतुष्ट न रहकर, इसने भारत ने फैब्रिकेशन (विनिर्माण) के पूंजी–गहन क्षेत्र में महत्वपूर्ण प्रगति की है ।

दूसरा सबसे महत्वपूर्ण मिशन 'इंडियाएआई (IndiaAI) मिशन' है, जिसका उद्देश्य कंप्यूट फ्रंटियर का लोकतंत्रीकरण करना है। मार्च 2024 में, भारत सरकार ने देश में समग्र एआई पारिस्थितिकी तंत्र के विकास के लिए 10,372 करोड़ रुपये के परिव्यय के साथ इंडिया एआई मिशन की शुरुआत की। 24 महीने से भी कम समय में, इंडिया एआई मिशन ने देश में एआई पारिस्थितिकी तंत्र के विकास की नींव रखी है। इस मिशन के अंतर्गत सामान्य कंप्यूटिंग सुविधा के लिए 38 हजार से अधिक जीपीयू को शामिल किया गया है, जिन्हें भारतीय स्टार्टअप और अकादमिक संस्थानों को किफायती दर पर उपलब्ध कराया जा रहा है। मिशन का वर्तमान ध्यान भारतजेन (BharatGen) पहल पर केन्द्रित है, जो भारत की 22 अनुसूचित भाषाओं की भाषाई और सांस्कृतिक बारीकियों पर विशेष रूप से प्रशिक्षित लार्ज मल्टीमॉडल मॉडल (LMMs) विकसित कर रहा है। वर्तमान स्थिति में इन मॉडलों को स्वास्थ्य सेवा और कृषि शासन में लागू किया जा रहा है। भविष्य के अनुसंधान की सीमाएँ "एजेंटिक एआई" (Agentic AI), जो जटिल तर्क और उपकरणों के उपयोग में सक्षम स्वायत्त प्रणालियाँ हैं, और एल्गोरिथम पूर्वाग्रह और डीपफेक के जोखिमों को कम करने के लिए आवश्यक नैतिक ढांचों में निहित हैं। भारत एआई मिशन के तहत सरकार ने एआई कंप्यूटिंग अवसंरचना के लिए एक समग्र और स्थिरता–उन्मुख दृष्टिकोण अपनाया है।

तीसरा सबसे महत्वपूर्ण मिशन 'राष्ट्रीय क्वांटम मिशन' (NQM) है, जिसका उद्देश्य उपपरमाणुक स्तर की क्षमताओं का दोहन करना है। 2023 में स्वीकृत यह मिशन अन्य वैज्ञानिक मिशनों में सबसे अधिक बौद्धिक रूप से चुनौतीपूर्ण है। इसका उद्देश्य भारत को उन विशिष्ट देशों के समूह में शामिल करना है जो क्वांटम सिस्टम बनाने और उन्हें बड़े पैमाने पर विकसित करने में सक्षम हैं। मिशन के अंतर्गत IISc बेंगलुरु, IIT मद्रास, IIT बॉम्बे और IIT दिल्ली में चार विषयगत इनोवेशन हब को सफलतापूर्वक संचालित किया जा रहा है, जो क्रमशः कंप्यूटिंग, संचार, सेंसिंग और सामग्री पर ध्यान केंद्रित करते हैं। माना जा रहा है कि 2026 की शुरुआत में, यह मिशन सैद्धांतिक मॉडलिंग से हार्डवेयर प्रोटोटाइप की ओर बढ़ जाएगा। शोधकर्ता वर्तमान में 2027 तक 50–क्यूबिट (qubit) की सीमा तक पहुंचने के लक्ष्य के साथ सुपरकंडक्टिंग क्यूबिट प्लेटफॉर्म और ट्रैप्ड–आयन सिस्टम का परीक्षण कर रहे हैं, इसके अतिरिक्त, सैटेलाइट लिंक के माध्यम से क्वांटम की डिस्ट्रीब्यूशन (QKD) की तैनाती ने भविष्य के अभेद्य राष्ट्रीय संचार की झलक प्रदान की है। अकादमिक समुदाय के लिए, "क्वांटम सेंसिंग" की संभावना मेडिकल इमेजिंग और भूभौतिकीय अन्वेषण में नए क्षितिज प्रदान करती है, जो चुंबकीय क्षेत्रों में सूक्ष्म परिवर्तनों का पता लगाने के लिए क्वांटम अवस्थाओं की अत्यधिक संवेदनशीलता का उपयोग करती है।

पिछले कुछ वर्षों के दौरान, भारत का अंतरिक्ष कार्यक्रम उपग्रह प्रक्षेपण से विकसित होकर मानव अन्वेषण तक पहुँच गया है। इसी कड़ी में भारत का चौथा महत्वपूर्ण विज्ञान और प्रौद्योगिकी मिशन, 'गगनयान मिशन' इस महत्वाकांक्षा का केंद्र बना हुआ है, जिसके लिए लांच व्हीकल मार्क–3 (LVM3) रॉकेट को "ह्यूमन–रेटेड" लॉन्च वाहन में बदलने की आवश्यकता है। वर्तमान में, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (ISRO) मार्च में निर्धारित G1 मानव रहित उड़ान की अंतिम उल्टी गिनती में है, जो व्योममित्र ह्यूमनॉइड को ले जाएगी ताकि क्रू केबिन के पर्यावरण नियंत्रण और जीवन रक्षक प्रणालियों की पुष्टि की जा सके। मिशन की दीर्घकालिक योजना केवल एक उड़ान नहीं, बल्कि 2035 तक भारतीय अंतरिक्ष स्टेशन की स्थापना करना है। यह कक्षीय प्रयोगशाला सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण अनुसंधान के केंद्र के रूप में कार्य करेगी, जो भारतीय वैज्ञानिकों को प्रोटीन क्रिस्टलीकरण, द्रव गतिकी और अंतरिक्ष चिकित्सा में प्रयोगों के लिए एक अनूठा वातावरण प्रदान करेगी। स्वायत्त डॉकिंग और सुरक्षित पुनः प्रवेश के क्षेत्रों में इंजीनियरिंग चुनौतियां बहुत बड़ी हैं, लेकिन उच्च–स्तरीय मटेरियल साइंस की संभावनाएं अद्वितीय हैं ।

इसी तरह, चंद्रयान–3 की ऐतिहासिक सफलता के बाद, 'चंद्रयान–4 मिशन' रोबोटिक जटिलता में एक बड़ी छलांग है। 2024 के अंत में स्वीकृत, इस मिशन का प्राथमिक उद्देश्य उच्च–अक्षांश दक्षिणी ध्रुव से चंद्र रेजोलिथ

(मिट्टी) एकत्र करना और उसे सुरक्षित रूप से पृथ्वी पर वापस लाना है। यह मिशन पांच अलग–अलग अंतरिक्ष यान मॉड्यूल को शामिल करते हुए एक मॉड्यूलर आर्किटेक्चर का उपयोग करता है, जिसके लिए चंद्र कक्षा में परिष्कृत स्पेस डॉकिंग (SPADEX) युद्धाभ्यास की आवश्यकता होती है। भविष्य की योजना में 2027 के अंत में प्रक्षेपण शामिल है। वैज्ञानिक समुदाय के लिए, चंद्र नमूनों की वापसी से वाष्पशील पदार्थों– विशेष रूप से जल–बर्फ का अध्ययन करने का अवसर मिलेगा, जो चंद्रमा पर भविष्य के संसाधनों के उपयोग के लिए महत्वपूर्ण हैं। हालाँकि चंद्र दक्षिण के दुर्गम भूभाग में सटीक लैंडिंग और पृथ्वी पर पुनः प्रवेश के दौरान उच्च–वेग थर्मल सुरक्षा की चुनौती बनी हुई है।

भारत का एक और महत्वपूर्ण विज्ञान और प्रौद्योगिकी मिशन है 'गहरा महासागर मिशन' (Deep Ocean Mission), जिसे अक्सर 'समुद्रयान' कहा जाता है, 6,000 मीटर की गहराई पर "ब्लू फ्रंटियर" का पता लगाने की भारत की खोज है। इस मिशन का मुख्य आकर्षण मत्स्य–6000 है, जो एक मानवयुक्त पनडुब्बी है जिसमें 600 bar के दबाव को सहने के लिए डिजाइन किया गया एक टाइटेनियम गोला है। यह मिशन भारत की ऊर्जा सुरक्षा के लिए महत्वपूर्ण है, क्योंकि इसका लक्ष्य मध्य हिंद महासागर से निकिल, कोबाल्ट और मैंगनीज युक्त पॉलीमेटलिक नोड्यूल्स का निष्कर्षण करना है। वर्तमान में, चेन्नई के राष्ट्रीय महासागर प्रौद्योगिकी संस्थान (NIOT) में पनडुब्बी का एकीकरण पूरा हो चुका है। 2026 के मध्य में 500 मीटर की उथले पानी की डाइव (गोता) निर्धारित है, जो 2027 के पूर्ण–गहराई मिशन के अग्रदूत के रूप में कार्य करेगी। खनन के अलावा, यह मिशन जैव–पूर्वेक्षण (bio-prospecting) के लिए एक नया क्षेत्र खोलता है। शोधकर्ता वर्तमान में नई पीढ़ी के एंटीबायोटिक्स और औद्योगिक एंजाइम विकसित करने के लिए गहरे समुद्र के चरमपंथियों (extremophiles) का विश्लेषण कर रहे हैं ।

भारत का सातवाँ विज्ञान और प्रौद्योगिकी मिशन है राष्ट्रीय हरित हाइड्रोजन मिशन जो भविष्य को कार्बन मुक्त करने के उद्देश्य से भारत के नेट जीरो अर्थव्यवस्था की ओर संक्रमण का एक और सबसे महत्वपूर्ण आधार है। 2023 में शुरू किये गए इस मिशन का लक्ष्य भारत की विशाल अक्षय ऊर्जा क्षमता का लाभ उठाते हुए 2030 तक सालाना 5 MMT (Million Metric Tonne) हरित हाइड्रोजन का उत्पादन करना है। सम्भावनाएं अपार हैं, परन्तु चुनोतियाँ भी अनेक हैं। प्राथमिक अनुसंधान चुनौती इलेक्ट्रोलाइजर की उच्च लागत है। मिशन वर्तमान में प्रोटॉन एक्सचेंज मेम्ब्रेन (PEM) और आयन एक्सचेंज मेम्ब्रेन (AEM) इलेक्ट्रोलाइजर के स्वदेशी विनिर्माण को प्रोत्साहित कर रहा है। इस मिशन की भविष्य की योजनाओं में स्टील निर्माण, सीमेंट और लम्बी दूरी के भारी परिवहन जैसे "हार्ड–टू–एबेट" (hard-to-abate) क्षेत्रों को यानि ऐसे क्षेत्र जहाँ से ग्रीनहाउस गैसों के उत्सर्जन को घटाना मुश्किल है, उन क्षेत्रों को कार्बन मुक्त करना शामिल है। इस मिशन के अंतर्गत शोधकर्ताओं के लिए, हाइड्रोजन गैस की अस्थिरता को दूर करने के लिए हाइड्रोजन भंडारण प्रौद्योगिकियों, विशेष रूप से रासायनिक भंडारण और ठोस–अवस्था धातु हाइड्राइड्स, को उन्नत करने पर ध्यान केंद्रित किया गया है।

भारत सरकार के इन सातों मिशनों में एक समान सूत्र भी है जिसके अनुसार प्रत्येक मिशन में अंतःविषय विशेषज्ञता (interdisciplinary expertise) की आवश्यकता है। जैसे कि सेमीकंडक्टर मिशन को रासायनिक इंजीनियरों की आवश्यकता है; गहरे महासागर मिशन को सामग्री वैज्ञानिकों की आवश्यकता है; और इंडियाएआई मिशन को भाषाविदों और नीतिशास्त्रियों की आवश्यकता है। निस्संदेह, इन सभी विज्ञान और प्रौद्योगिकी मिशनों में हमारे देश को अग्रणी बनाने की महान क्षमता और गुंजाइश है, लेकिन इनको पूरा करने के लिए कई चुनौतियां भी हैं। सबसे बड़ी चुनौतियों में से एक वित्तपोषण का अंतर (funding Gap) है। जहाँ एक तरफ सरकारी बीज वित्तपोषण मजबूत है, वहीं डीप–टेक अनुसंधान एवं विकास में निजी क्षेत्र की भागीदारी कम (जीडीपी का 0.3%) बनी हुई है। एक अन्य बड़ी चुनौती टैलेंट पाइपलाइन (talent Pipeline) की है। इस चुनौती का सामना करने के लिए, शोध विद्वानों, पीएचडी करने वालों की संख्या और तकनीशियनों की निरंतर आपूर्ति सुनिश्चित करने की आवश्यकता है। इसके लिए विश्वविद्यालय के पाठ्यक्रमों को जल्दी से जल्दी इन मिशन–मोड परियोजनाओं के साथ जोड़ने की आवश्यकता है। इन चुनौतियों के अलावा, आयातित विशिष्ट घटकों जैसे कि GPU या गहरे समुद्र

के सेंसर पर निर्भरता भी एक बड़ी चिंता का विषय बनी हुई है जो कि वैश्विक आपूर्ति श्रृंखला को प्रभावित कर सकती है ।

स्पष्टतया वर्तमान में, हम एक ऐसे दौर के साक्षी बन रहे हैं जहाँ विज्ञान और प्रौद्योगिकी केवल एक अकादमिक खोज नहीं है, बल्कि राष्ट्रीय सुरक्षा और आर्थिक लचीलेपन का प्राथमिक इंजन है। हमारे शोध विद्वानों और शिक्षकों के लिए संदेश स्पष्ट है: मौलिक विज्ञान (जैसे क्वांटम भौतिकी) और रणनीतिक इंजीनियरिंग (जैसे क्रिप्टोग्राफी) के बीच की सीमाएँ समाप्त हो गई हैं। देश में विज्ञान और तकनीकी विकास के इस मिशन मोड दृष्टिकोण में, हमारी भूमिका पाठ्यपुस्तकों से आगे बढ़ने और इन राष्ट्रीय मिशनों को अपने शोध एजेंडा में एकीकृत करने की है। सच तो यह है कि अब "सीमित दायरे में अकेले काम करने वाले शोधकर्ता" (siloed scholar) का युग समाप्त हो गया हैय भविष्य मिशन–मोड में काम करने वाले वैज्ञानिकों का है। देश को विकसित राष्ट्र बनाने के लिए हमें मिशन–मोड में अंत–विषयी शोध करने की आवश्यकता है।

– डॉ ओउम प्रकाश शर्मा
मुख्य संपादक, विज्ञान प्रकाश