# मुख्य विस्तार को प्रशस्त करता प्रोटॉन त्वरक कार्यक्रम

## लेहिपा से मेहिपा संक्रमण एवं प्रोटॉन लिनॉक आत्मनिर्भरता हेतु एक प्रमुख प्रवर्तक से आगे

उच्च-तीव्रता वाले प्रोटॉन त्वरकों में, नाभिकीय ऊर्जा, पदार्थ विज्ञान एवं प्रगत स्वास्थ्य सेवा अनुप्रयोगों के संबंध में भारत के दीर्घकालिक केंद्रीय दृष्टिकोण बनने की क्षमता है।

मिली एम्पीयर-श्रेणी के प्रोटॉन किरणपुंज के साथ 20 MeV की अपनी अभिकल्पित ऊर्जा हेतु सामान्य प्रचालन निम्न ऊर्जा उच्च तीव्रता प्रोटॉन त्वरक (लेहिपा) का प्रदर्शन इस यात्रा में एक निर्धारित मील का पत्थर है। लेहिपा के विकास, कमीशनन एवं प्रचालन ने न केवल प्रोटॉन त्वरक की उच्च-वर्तमान अग्रांत प्रौद्योगिकियों के विषय में आवश्यक अंतर्दृष्टि विकसित की है, जिसमें आयन स्रोत, निम्न-ऊर्जा किरणपुंज परिवहन, रेडियो आवृत्ति (आरएफ) चतुर्ध्रुव और संवहन-नलिका लीनॉक संरचनाएं, कुशल आरएफ ऊर्जा संचरण, प्रभावी नियंत्रण एवं सुरक्षा के साथ-साथ किरणपुंज की गुणवत्ता एवं निरंतर संचालन की मांग की आवश्यकताएं शामिल हैं, बल्कि समान रूप से महत्वपूर्ण पारिस्थितिकी तंत्र भी है, जहां भारतीय प्रयोगशालाओं ने घरेलु उद्योग तथा एमएसएमई के साथ मिलकर कार्य किया है ताकि जटिल त्वरक उप-प्रणालियों को स्वदेशी रूप से साकार किया जा सके।

अनुभव का यह आधार अब एडीएस एवं समुत्खंडन स्रोतों जैसे अनुप्रयोगों हेतु आवश्यक युक्तियुक्त उपलब्धता और कार्य-निष्पादन लक्ष्यों को बनाए रखते हुए दसियों MeV से सैकड़ों MeV तक स्केलिंग के लिए एक ठोस प्लेटफॉर्म बनाता है। इसके अलावा, संयुक्त राज्य ऊर्जा विभाग के प्रोटॉन सुधार योजना-II कार्यक्रम के एक भाग के रूप में फर्मी राष्ट्रीय त्वरक प्रयोगशाला (एफएनएएल) में उच्च ऊर्जा प्रोटॉन त्वरक स्थापित करने के लिए भारतीय संस्थानों एवं फर्मीलैब सहयोग (आईआईएफसी) में भागीदारी ने अत्याधुनिक अति-चालक(एससी) आरएफ प्रौद्योगिकियों जैसे क्रायो-प्लांट, क्रायो-मॉड्यूल, ठोस अवस्था आरएफ ऊर्जा प्रवर्धक, एससी गुहिकाओं, आरएफ ऊर्जा संचरण घटकों एवं प्रणालियों आदि के संविरचन, प्रसंस्करण एवं परीक्षण हेतु आरएफ कपलर से संबंधित संरचनात्मक ढांचे को विकसित करने में अनुभव प्राप्त करने हेतु सक्षम बनाया है।

लेहिपा के विकास और आईआईएफसी में भागीदारी से प्राप्त अनुभव के आधार पर, अब चरणबद्ध तरीके से दसियों MeV से सैकड़ों MeV तक वृद्धि हेतु एक ठोस प्लेटफॉर्म बनाता है-मध्यम ऊर्जा उच्च तीव्रता प्रोटॉन त्वरक (मेहिपा) के प्रथम चरण की स्थापना के रूप में पहला कदम 40 MeV, 10 mA प्रोटॉन रैखिक त्वरक के रूप में परिकल्पित है। मेहिपा के चरण-1 का साकार होना रिएक्टरों हेतु त्वरक संचालित प्रणालियों (एडीएस) के लिए उच्च ऊर्जा उच्च तीव्रता वाले प्रोटॉन त्वरक के विकास, नाभिकीय पदार्थ के रूपांतरण और अपशिष्ट भस्मीकरण की दिशा में अगले महत्वपूर्ण उपलब्धियों को प्राप्त करने में सहायक होगा। पूर्ण होने पर, मेहिपा में एक प्रमुख राष्ट्रीय संपदा बनने की क्षमता है, जो समुत्खंडन न्यूट्रॉन विज्ञान, एडीएस-आधारित नाभिकीय अपशिष्ट भस्मीकरण, नाभिकीय पदार्थ के तत्वांतरण एवं उच्च-परिशुद्धता वाले प्रोटॉन किरणपुंज अनुप्रयोगों में अनुसंधान को समर्थ बनाता है।

उच्च-तीव्रता वाले प्रोटॉन त्वरकों हेतु प्रणालियों के विकास के लिए समर्पित इस समाचार पत्र का उद्देश्य लेहिपा से मेहिपा चरण-1 तक की निरंतरता का रेखांकन और भारतीय त्वरक समुदाय के लिए आगे की प्रगति, चुनौतियों एवं अवसरों को साझा करना है।

**श्री. यू. डी. मालशे**
प्रतिष्ठित वैज्ञानिक एवं निदेशक
बहु-विषयक अनुसंधान वर्ग
भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र

# Proton Accelerator Programme enroute Major Expansion

*LEHIPA to MEHIPA transition and beyond a key enabler for Aatmanirbharta in Proton Linac*

A High-intensity proton accelerators has a potential to be central to India's long-term vision with respect to nuclear energy, materials science and advanced healthcare applications.

The demonstration of the Normal conducting Low Energy High Intensity Proton Accelerator (LEHIPA) to its design energy of 20 MeV with milli ampere-class proton beams marks a defining milestone on this journey. The development, commissioning and operation of LEHIPA have evolved not only necessary insight about high-current front-end technologies of proton accelerator, including Ion sources, low-energy beam transport, Radio Frequency (RF) Quadupole and drift-tube linac structures, efficient RF power transmission, effective control and protection as along with the demanding requirements of beam quality and continuous operation, but also equally important ecosystem, where Indian laboratories worked closely with domestic industry and MSMEs to realise complex accelerator subsystems indigenously.

This experience base now forms a solid platform for scaling from tens of MeV to hundreds of MeV while maintaining stringent availability and performance targets needed for applications such as ADS and spallation sources. In addition, participation in the Indian Institutions and Fermilab Collaboration (IIFC) for establishing high energy proton accelerator at Fermi National Accelerator Laboratory (FNAL) as a part of Proton Improvement Plan-II programme of United States Department of Energy has enabled to gain experience in developing the state-of-the-art superconducting (SC) RF technologies viz. cryo-plant, cryo-modules, solid state RF power amplifiers, RF couplers associated infrastructure for fabrication, processing and testing of SC cavities, RF power transmission components and systems etc.

The experience base, generated from LEHIPA development and participation in IIFC, now forms a solid platform for scaling from tens of MeV to hundreds of MeV in a phased manner - with the first step in the form of establishing first phase of Medium Energy High Intensity Proton Accelerator (MEHIPA) envisaged as a 40 MeV, 10 mA proton linear accelerator. The realization of Phase-1 of MEHIPA would represents the next significant milestone towards development of High Energy High Intensity Proton accelerator for Accelerator Driven Systems (ADS) for reactors, transmutation of nuclear materials and waste incineration. When completed, MEHIPA has potential of becoming a key national asset, enabling research in spallation neutron science, ADS-based nuclear waste incineration, nuclear material transmutation and high-precision proton beam applications.

This newsletter, dedicated to development of systems for high-intensity proton accelerators, aims to capture that continuum from LEHIPA to MEHIPA Phase-1 and to share the progress, challenges and opportunities that lie ahead for the Indian accelerator community.

**Mr. U. D. Malshe**
Distinguished Scientist and Director
Multidisciplinary Research Group
Bhabha Atomic Research Centre