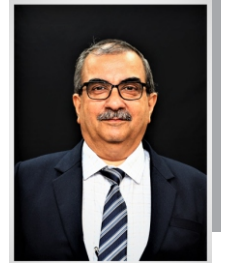


नाभिकीय विज्ञान का राष्ट्रीय हाइड्रोजन मिशन के साथ एकीकरण

जीवाश्म ईंधन और विकारबनीकरण क्षेत्रों जैसे शोधन, उर्वरकों एवं अन्य पर निर्भरता को कम करने के लिए हाइड्रोजन इस लीग में, एक महत्वपूर्ण स्वच्छ ऊर्जा वाहक के रूप में उभर रहा है। इस उल्लेखनीय कायान्तरण (परिवर्तन) के आलोक में, भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र (भा.प.अ. केंद्र) ने हाइड्रोजन उत्पादन, नाभिकीय एकीकरण और भंडारण को शामिल करते हुए अनुसंधान एवं प्रौद्योगिकीय विकास कार्य का एक व्यापक दायरा शुरू किया है। न्यूज़लेटर का यह अंक इस क्षेत्र में जारी विकास कार्यों को प्रदर्शित करने हेतु समर्पित है।



हमारा प्रमुखता से ध्यान स्वदेशी जल-अपघटन प्रौद्योगिकियों के विकास पर है। भा.प.अ. केंद्र ने प्रयोगशाला-स्तरीय प्रणालियों से लेकर औद्योगिक-स्तरीय इकाइयों तक क्षारीय जल वैद्युत-अपघटक (एडब्ल्यूई) उन्नत किए हैं, जिसमें हाइड्रोजन उत्पादन हेतु $10 \text{ Nm}^3/\text{h}$ प्रौद्योगिकी पहले से ही उद्योग भागीदारों को हस्तांतरित की गई है। प्रगत केशिका और संकर प्राकृतिक-परिसंचरण वैद्युत-अपघटक के साथ-साथ स्वदेशी प्रोटॉन एक्सचेंज मेम्ब्रेन (पीईएम) प्रौद्योगिकी पर कार्य जारी है, जो इस क्षमता को अधिक सुदृढ़ बना रहा है। इसकी एक अन्य आशाजनक विधि उच्च तापमान वाला वाष्प विद्युत अपघटन है, जिसमें भा.प.अ. केंद्र नाभिकीय ठोस-ऑक्साइड विद्युत अपघटन सेलों का विकास कर रहा है और 800°C पर स्थिर प्रचालन का प्रदर्शन कर रहा है।

ऊष्मा-रासायनिक चक्र उच्च तापमान ऊष्मा का उपयोग करके बड़े पैमाने पर हाइड्रोजन उत्पादन के लिए एक और मार्ग प्रशस्त करता है। आयोडीन-सल्फर (आई-एस) चक्र को इसके बंसेन, सल्फ्यूरिक-अम्ल अपघटन और हाइड्रोजन-आयोडाइड अपघटन खंडों में व्यवस्थित प्रगति के साथ विकसित किया जा रहा है, जिसका उद्देश्य एक एकीकृत बंद-लूप प्रक्रिया प्राप्त करना है। कल्पाकृम में, कॉपर-क्लोरीन (Cu-Cl) चक्र निरंतर बेंच-स्केल प्रचालन से 150 NL/h प्रायोगिक सुविधा तक आगे बढ़ा है। भा.प.अ. केंद्र, विशाखापट्टणम में प्रस्तावित 5 MWth उच्च-तापमान गैस-शीतित उच्च तापमान रिएक्टर के साथ इसका नियोजित एकीकरण नाभिकीय-सहायता प्राप्त हाइड्रोजन उत्पादन का प्रदर्शन करने की दिशा में एक महत्वपूर्ण कदम है।

लेखों में, हाइड्रोजन मान श्रृंखला अर्थात् भंडारण के एक महत्वपूर्ण हिस्से को भी दर्शाया गया है। 2-डी नैनो-पदार्थों पर शोध यह रहस्योद्घाटित करता है कि किस प्रकार डोपिंग और तनाव प्रतिवर्ती हाइड्रोजन भंडारण को बढ़ा सकते हैं, जबकि ठोस-अवस्था पदार्थ धातु हाइड्राइड, उच्च-सतह-क्षेत्र पदार्थ और रासायनिक हाइड्राइड पर सुरक्षित, उच्च-घनत्व भंडारण विकल्पों के रूप में कार्य करते हैं।

इन गतिविधियों का यह संकलित रूप, राष्ट्रीय हाइड्रोजन मिशन में भा.प.अ. केंद्र के योगदान को दर्शाता है, जिसमें मूलभूत पदार्थ अनुसंधान और विद्युत रासायनिक प्रौद्योगिकियों से लेकर ऊष्मागतिकीय प्रक्रमों, नाभिकीय-ताप एकीकरण, अभियांत्रिकी प्रदर्शन और प्रौद्योगिकी हस्तांतरण तक शामिल हैं। यह प.ऊ.वि. अमृत काल विज्ञान 2047 के साथ संरेखित है, जो भारत के दीर्घकालिक ऊर्जा संक्रमण और प्रौद्योगिकीय आत्मनिर्भरता के महत्वपूर्ण घटकों के रूप में स्वच्छ हाइड्रोजन, प्रगत रिएक्टरों और स्वदेशी प्रौद्योगिकी विकास को रेखांकित करता है। यह कार्यक्रम प्रयोगशाला अनुसंधान से प्रदर्शन तक और अंत में, नाभिकीय-समर्थित हाइड्रोजन प्रौद्योगिकियों के बड़े पैमाने पर परिनियोजन की स्पष्ट प्रगति को दर्शाता है।

विवेक भसीन

श्री विवेक भसीन

निदेशक

भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र (भा.प.अ. केंद्र)

Integrating Nuclear with National Hydrogen Mission

Hydrogen is emerging as an important clean energy carrier for reducing dependence on fossil fuels and decarbonising sectors such as refining, fertilisers, and others in this league. In light of this remarkable transformation, Bhabha Atomic Research Centre (BARC) has undertaken a broad spectrum of research and technology development work encompassing hydrogen production, nuclear integration and storage. This issue of Newsletter is dedicated to showcasing the ongoing developmental work in this domain.



A major focus is the development of indigenous water-splitting technologies. BARC has advanced alkaline water electrolyzers (AWEs) from laboratory-scale systems to industrial-scale units, with technology for 10 Nm³/h hydrogen production already transferred to industry partners. Work on advanced capillary and hybrid natural-circulation electrolyzers, as well as indigenous Proton Exchange Membrane (PEM) technology is underway, further strengthening this capability. High-temperature steam electrolysis is another promising route, with BARC developing tubular solid-oxide electrolysis cells and demonstrating stable operation at 800°C.

Thermochemical cycles provide another pathway for large-scale hydrogen production using high temperature heat. The Iodine-Sulfur (I-S) cycle is being developed through systematic advances in its Bunsen, sulfuric-acid decomposition and hydrogen-iodide decomposition sections, with the objective of achieving an integrated closed-loop process. The Copper-Chlorine (Cu-Cl) cycle has progressed further, from sustained bench-scale operation to a 150 NL/h pilot facility at Kalpakkam. Its planned integration with the proposed 5 MWth high-temperature gas-cooled high temperature reactor at BARC, Visakhapatnam represents an important step towards demonstrating nuclear-assisted hydrogen production.

The articles also address a critical part of the hydrogen value chain i.e., storage. Research on 2-D nanomaterials explores how doping and strain can enhance reversible hydrogen storage, while work on solid-state materials probes metal hydrides, high-surface-area materials and chemical hydrides as safer, high-density storage options.

Taken together, these activities reflect BARC's contribution to National Hydrogen Mission cutting across fundamental materials research and electrochemical technologies to thermochemical processes, nuclear-heat integration, engineering demonstration and technology transfer. This aligns with the DAE Amrit Kaal Vision 2047, which identifies clean hydrogen, advanced reactors and indigenous technology development as important constituents of India's long-term energy transition and technological self-reliance (Aatmanirbharta). The programme demonstrates a clear progression from laboratory research to demonstration and, finally, large-scale deployment of nuclear-assisted hydrogen technologies.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Vivek Bhasin'.

Vivek Bhasin
Director

Bhabha Atomic Research Centre (BARC)