भारत सरकार
परमाणु ऊर्जा विभाग
राज्य सभा
अतारांकित प्रश्न संख्या - 489
उत्तर दिनांक 23/07/2026 को दिया गया

परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम

489. श्री एस. आर. शिवलिंगम

क्या प्रधानमंत्री यह बताने की कृपा करेंगे कि :-

(क) देश के तीन-चरण वाले परमाणु कार्यक्रम को यूरेनियम-आधारित विद्युत उत्पादन से दीर्घकालिक थोरियम-आधारित ऊर्जा इस्तेमाल और बेहतर परमाणु ईंधन संधारणीयता की ओर ले जाने में सरकार द्वारा क्या प्रगति हासिल की गई है;

(ख) हाल ही में हासिल की गई उपलब्धियां क्या हैं, जिनमें कल्पक्कम में प्रोटोटाइप फास्ट ब्रीडर रिएक्टर से जुड़े विकास कार्य शामिल हैं, जो भविष्य की रिएक्टर प्रौद्योगिकियों और उन्नत परमाणु अनुप्रयोगों में प्लूटोनियम-आधारित दूसरे चरण की प्रणाली से थोरियम ईंधन के इस्तेमाल की ओर बढ़ने में मदद करते हैं; और

(ग) देश की दीर्घकालिक स्वच्छ ऊर्जा सुरक्षा, रणनीतिक ईंधन आत्मनिर्भरता और कम-कार्बन वाले विद्युत उत्पादन ढांचे के हिस्से के रूप में थोरियम-केंद्रित परमाणु ऊर्जा विस्तार में तेज़ी लाने के लिए क्या कार्य योजना तैयार की गई है?

उत्तर

राज्य मंत्री, कार्मिक, लोक शिकायत और पेंशन तथा प्रधानमंत्री कार्यालय (डॉ. जितेंद्र सिंह)

(क) आयातित यूरेनियम पर निर्भरता को कम करने और भारतीय नाभिकीय विद्युत कार्यक्रम को भू-राजनीतिक जोखिम से संरक्षित रखने के लिए, परमाणु ऊर्जा विभाग (डीएई) अपने घरेलू यूरेनियम संसाधनों का इष्टतम उपयोग करने और दीर्घ-कालिक संधारणीय ऊर्जा संरक्षा के लिए अपने विशाल थोरियम भंडारों का दोहन करने के लिए त्रि-चरणीय नाभिकीय विद्युत कार्यक्रम का अनुसरण कर रहा है। संपूर्ण ईंधन चक्र के आधार पर, कार्यक्रम का उद्देश्य पहले चरण में दाबित भारी पानी रिएक्टरों (पीएचडब्ल्यूआर) में प्राकृतिक यूरेनियम के उपयोग के माध्यम से घरेलू रूप से उपलब्ध विखंडनीय संसाधन को बढ़ाना है, जिसके बाद दूसरे चरण में द्रुत प्रजनक रिएक्टरों (एफबीआर) में स्वदेशी पीएचडब्ल्यूआर के भुक्तशेष ईंधन के पुनर्संसाधन से प्राप्त विखंड्य सामग्री प्लूटोनियम का उपयोग करना है, और तीसरे चरण में थोरियम-232 से उत्पन्न यूरेनियम-233 के उत्पादन और उपयोग से थोरियम का बड़े-पैमाने पर उपयोग करना है, जिससे संधारणीय तरीके से दीर्घकालिक ऊर्जा संरक्षा प्रदान की जा सके।

नाभिकीय विद्युत कार्यक्रम का पहला चरण सफलतापूर्वक हासिल कर लिया गया है और भारत ने स्वदेशी पीएचडब्ल्यूआर के डिजाइन, निर्माण, कमीशनन प्रचालन एवं अनुरक्षण और ईंधन चक्र गतिविधियों के अग्र भाग एवं पश्च भाग में विशेषज्ञता हासिल कर ली है।

भारत ने, स्वदेशी रूप से अभिकल्पित और निर्मित प्रोटोटाइप द्रुत प्रजनक रिएक्टर (पीएफबीआर) के अप्रैल, 2026 को अपनी पहली क्रांतिकता प्राप्त करने के साथ ही त्रि-चरणीय नाभिकीय विद्युत कार्यक्रम के दूसरे चरण में प्रवेश कर लिया है। यह परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम के तीसरे चरण का मार्ग प्रशस्त करने वाला एक महत्वपूर्ण मील का पत्थर है।

विभाग ने थोरियम उपयोग के लिए निरंतर अनुसंधान और विकास कार्य भी किए हैं। थोरियम ऑक्साइड (थोरिया) गुटिकाओं का उपयोग प्रचालित पीएचडब्ल्यूआर के प्रारंभिक कोर में किया गया है, और थोरिया-आधारित ईंधन को भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र (बीएआरसी) अनुसंधान रिएक्टरों में किरणित किया गया है। किरणित थोरिया पिनों को यूरेनियम-233 प्राप्त करने के लिए पुन: संसाधित किया गया है, जिसे इंदिरा गांधी परमाणु अनुसंधान केंद्र (आईजीकार), कल्पाक्कम में कामिनी रिएक्टर के लिए ईंधन के रूप में संविरचित किया गया है। ईंधन प्रबंधन, रिएक्टर नियंत्रण और ईंधन उपयोग के संबंध में विभिन्न रिएक्टर प्रणालियों में थोरियम के उपयोग पर अध्ययन किया गया है।

इसके अलावा, बीएआरसी गलित लवण रिएक्टर (एमएसआर) पर अनुसंधान एवं विकास (आर एंड डी) कार्य कर रहा है, जिसे संधारणीय तरीके से थोरियम उपयोग के लिए उपयुक्त प्रौद्योगिकियों में से एक के रूप में परिकल्पित किया गया है।

(ख) आईजीकार द्वारा अभिकल्पित प्रोटोटाइप द्रुत प्रजनक रिएक्टर (पीएफबीआर) एक स्वदेशी रिएक्टर है जिसने 6 अप्रैल, 2026 को रात्रि 08:20 बजे अपनी पहली क्रांतिकता प्राप्त कर ली और यह भारतीय नाभिकीय विद्युत कार्यक्रम के दूसरे चरण के इतिहास में एक महत्वपूर्ण मील का पत्थर है।

इस स्वदेशी रिएक्टर के प्रमुख अभिकल्पकर्ता के रूप में, आईजीकार ने अभिकल्पन, विकास, परीक्षण, नियामक आवश्यकताओं को पूरा करने और कमीशनन के सभी चरणों में संपूर्ण तकनीकी आधार प्रदान किया। पीएफबीआर के लिए आईजीकार के योगदान के कुछ प्रमुख क्षेत्र निम्नानुसार है:

इंजीनियरिंग और परीक्षण : परियोजना के प्रत्येक चरण में कठोर निरीक्षण के साथ-साथ सोडियम प्रणाली, घटक असेंबली और यंत्रीकरण के डिजाइन, विश्लेषण, परीक्षण और सत्यापन के लिए व्यापक सहयोग सफलतापूर्वक प्रदान करना।

पदार्थ और सोडियम प्रौद्योगिकी : विशेष नाभिकीय-ग्रेड पदार्थों को अंतिम रूप देना, उन्नत संरक्षित सोडियम प्रहस्तन, सफाई तकनीक, यंत्रीकरण, नियंत्रण प्रणाली और महत्वपूर्ण घटकों के लिए विनिर्माण प्रक्रियाएं स्थापित करना।

उपकरणों का प्रमाणीकरण : रिएक्टर में उपयोग होने वाले सभी आवश्यक संवेदकों, यंत्रों और उपकरणों का कठोर परीक्षण, परिशोधन और पूर्णतया प्रमाणन किया गया।

डिजाइन और संरक्षा मूल्यांकन : विकिरण परिरक्षण, तापीय द्रवचालित और रिएक्टर भौतिकी के लिए अंतर्गृह कम्प्यूटेशनल कोड विकसित किए गए।

स्वदेशीकरण : विकिरण परिरक्षण, तापीय द्रवचालित और रिएक्टर भौतिकी के लिए अंतर्गृह कम्प्यूटेशनल कोड विकसित करना। भारतीय उद्योगों के साथ व्यापक सहयोग द्वारा पीएफबीआर के उपकरणों और प्रणालियों के लिए लगभग 90% घरेलू विनिर्माण प्राप्त करना और द्रुत रिएक्टर पारिस्थितिकी तंत्र के लिए आवश्यक सख्त गुणवत्ता मानक तैयार करने के लिए उद्योगों के साथ सहयोग किया गया।

एकीकृत कमीशनन : एकीकृत कमीशनन के विभिन्न चरणों के दौरान तकनीकी सहायता और जनशक्ति प्रदान की गई और तालमेल और टीम वर्क के साथ चुनौतियों को दूर किया गया।

सुरक्षित प्रारंभिक ईंधन भरण और क्रांतिकता तक पहली पहुंच सुनिश्चित करने के लिए, आईजीकार ने निहित विभिन्न एजेंसियों के साथ सुचारू रूप से समन्वय करते हुए कई अत्यधिक विशिष्ट कार्यों को निष्पादित किया:

- **अनुकूलित ईंधन-प्रहस्तन प्रणाली** : नाभिकीय ईंधन की सुरक्षित प्रारंभिक लोडिंग के लिए आवश्यक लम्बवत् डायरेक्ट ईंधन-प्रहस्तन मशीनों को डिजाइन, परीक्षण और कमीशन करना, साथ ही कमीशनन कर्मियों को विशेष प्रशिक्षण प्रदान करना।
- **सोडियम-अधीन पराश्रव्य प्रतिबिंबन (अल्ट्रासोनिक इमेजिंग)** : सुरक्षित रूप से अपारदर्शी तरल सोडियम के माध्यम से "देखने" के लिए निर्मित किए गए एक उन्नत पराश्रव्य प्रतिबिंबन उपकरण को तैनात करना, जिससे प्रचालक आंतरिक रिएक्टर तंत्र को दृष्टिगत कर पाए और ईंधन भरण आसानी से किया जा सके।
- **उच्च-तापमान रोबोटिक निरीक्षण** : डीआईएसएचए, एक रिमोट-नियंत्रित रोबोटिक वाहन का विकास और तैनाती जो विशेष रूप से उच्च तापमान पर रिएक्टर पात्रों के अंतराल के बीच महत्वपूर्ण वेल्डों का निरीक्षण करने के लिए डिज़ाइन किया गया है और नियामक आवश्यकताओं को पूरा करता है।
- **नियामक और भौतिकी समर्थन** : नियामक अनुमति में सहायता के लिए महत्वपूर्ण रिएक्टर भौतिकी समर्थन प्रदान करना और व्यापक सत्यापन रिपोर्ट प्रस्तुत करना। अनुमानित सैद्धांतिक रिएक्टर भौतिकी मापदंड पीएफबीआर की प्रथम क्रांतिकता के दौरान रिएक्टर के वास्तविक प्रदर्शन से लगभग अनुकूल थे।

द्रुत प्रजनक परीक्षण रिएक्टर (एफबीटीआर), आईजीकार में नाभिकीय ऊष्मा का उपयोग करके स्वच्छ हाइड्रोजन उत्पादन का प्रदर्शन

आईजीकार ने दिनांक 26 जून, 2026 को नाभिकीय ऊष्मा का उपयोग करके स्वच्छ हाइड्रोजन के सफल उत्पादन का प्रदर्शन करके वैश्विक स्तर पर पहला स्थान हासिल किया। बीएआरसी द्वारा विकसित कॉपर-क्लोरीन ताप-रसायन चक्र को एकीकृत करके; द्रुत प्रजनक परीक्षण रिएक्टर (एफबीटीआर) के द्वितीयक सोडियम तापीय लूप के साथ, इस नवीन सुविधा ने कार्बन-मुक्त हाइड्रोजन का उत्पादन किया। यह उपलब्धि एक अग्रणी प्रौद्योगिकीय सफलता का प्रतीक है और प्रगत नाभिकीय रिएक्टरों का उपयोग करके बड़े-पैमाने पर, कार्बन-मुक्त हाइड्रोजन उत्पादन के लिए एक आश्वस्त मार्ग प्रशस्त करती है।

नाभिकीय-साहाय्यितित कॉपर-क्लोरीन (Cu-Cl) ताप-रसायन चक्र-आधारित हाइड्रोजन उत्पादन नवीकरणीय-संचालित विद्युत-अपघटन के लिए एक स्थिर मूल-भार विकल्प प्रदान करता है और नाभिकीय बुनियादी ढांचे के भीतर बिजली और हाइड्रोजन के सह-उत्पादन का समर्थन करता है। यह प्रौद्योगिकी उर्वरकों, रिफाइनरियों, परिवहन और इस्पात उत्पादन जैसे क्षेत्रों के विकार्बनीकरण के लिए उपयुक्त है, साथ ही भारत के राष्ट्रीय हरित हाइड्रोजन मिशन और शुद्ध शून्य लक्ष्यों का समर्थन करती है।

यह कार्यक्रम स्वदेशी प्रौद्योगिकीय क्षमता को भी मजबूत करता है और प्रगत स्वच्छ ऊर्जा प्रणालियों के विकास के माध्यम से "आत्मनिर्भर भारत" के दृष्टिकोण के अनुरूप है। कल्पाक्कम में नियोजित एफबीटीआर-2 सहित भावी सोडियम-शीतित द्रुत प्रजनक रिएक्टरों में हाइड्रोजन के सह-उत्पादन की सुविधा प्रस्तावित है।

इसके अलावा, डिजाइन मापदंडों और टरबाइन जनरेटर ओवरहालिंग के सत्यापन के लिए निम्न क्षमता भौतिकी प्रयोग (एलपीपीई) किए जा रहे हैं। एलपीपीई के पूरा होने पर, चरणवार नियामक अनुमति प्राप्त की जाएगी और ग्रिड के साथ सिंक्रनाइज़ेशन करने और पूर्ण विद्युत क्षमता प्रचालन की ओर क्षमता को बढ़ाया जाएगा।

(ग) थोरियम-केंद्रित नाभिकीय ऊर्जा को गति देने की सरकार की कार्य योजना भारत के थोरियम संसाधनों के इष्टतम उपयोग के लिए त्रि-चरणीय नाभिकीय कार्यक्रम के निरंतर कार्यान्वयन पर आधारित है। थोरियम-232, एक उर्वर पदार्थ है जिसके कारण इसे सीधे ईंधन के रूप में उपयोग नहीं किया जा सकता है, इसे प्लूटोनियम का उपयोग करके एक प्रजनक रिएक्टर ईंधन में विखंड्य U-233 में परिवर्तित करने की आवश्यकता होती है और परिवर्तित U-233 को ईंधन के रूप में उपयोग किया जाता है। चालक ईंधन के रूप में पर्याप्त प्लूटोनियम उपलब्ध होने पर थोरियम के बड़े पैमाने पर उपयोग की संभावना है।

थोरियम उपयोग के लिए प्रौद्योगिकियों के विकास के लिए अनुसंधान और विकास (आर एंड डी) प्रयास जारी हैं ताकि थोरियम आधारित रिएक्टर के बड़े पैमाने पर परिनियोजन की शुरुआत से पहले एक परिपक्व तकनीक उपलब्ध हो सके।

गलित लवण रिएक्टर (एमएसआर) को थोरियम के उपयोग के लिए उपयुक्त प्रौद्योगिकियों में से एक के रूप में माना जाता है। डीएई थोरियम के कुशल उपयोग के लिए आवश्यक प्रौद्योगिकियों को प्रदर्शित करने के उद्देश्य से गलित लवण रिएक्टर के विकास के लिए प्रयासरत है। गलित लवण प्रदर्शन रिएक्टर के लिए विशेष पदार्थों के विकास और योग्यता, गलित फ्लोराइड लवण रसायन विज्ञान, घटक विकास पर अनुसंधान एवं विकास कार्य प्रगति पर है।

*****