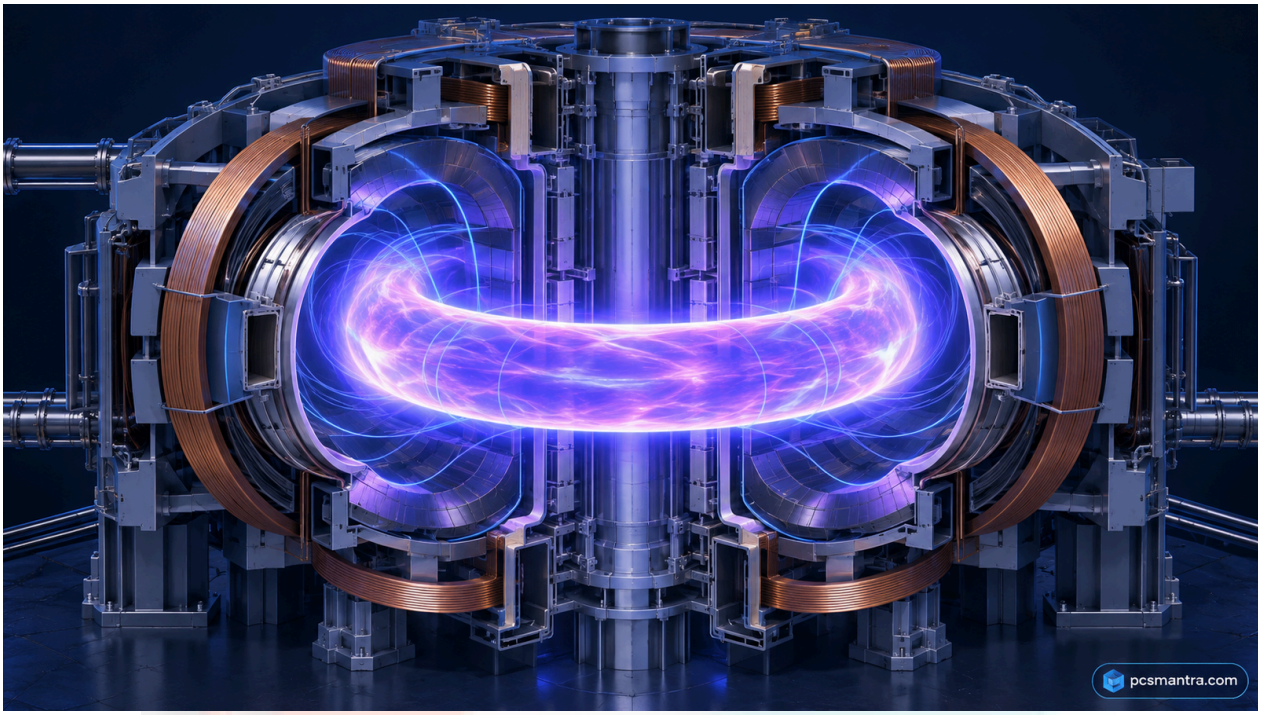
टोकामक कैसे काम करता है: संलयन ऊर्जा के लिए चुंबकीय घेरा

समाचार-संदर्भ: 2026-11-06 | **प्रकाशन:** 7 नवंबर 2026

प्रारंभिक परीक्षा: विज्ञान और ऊर्जा



मौलिक प्रतीकात्मक चित्र: pcsmantra.com

खबरों में क्यों

6 नवंबर 2026 को प्रकाशित विज्ञान-व्याख्या ने **टोकामक** के जरिए नाभिकीय संलयन की प्रक्रिया समझाई। यह किसी नए व्यावसायिक बिजली संयंत्र के चालू होने की खबर नहीं है। विषय का महत्त्व यह है कि प्रयोगशाला में संलयन करना और उससे लगातार उपयोगी बिजली बनाना अलग तकनीकी लक्ष्य हैं।

संलयन और विखंडन

संलयन में हल्के परमाणु नाभिक मिलकर भारी नाभिक बनाते हैं और ऊर्जा निकलती है। **विखंडन** में भारी नाभिक टूटते हैं। मौजूदा परमाणु बिजली संयंत्र मुख्यतः विखंडन पर आधारित हैं। संलयन के लिए नाभिकों के बीच विद्युत प्रतिकर्षण की बाधा पार करने योग्य परिस्थितियाँ बनानी पड़ती हैं।

प्लाज्मा और टोकामक

बहुत ऊँचे तापमान पर इलेक्ट्रॉन नाभिक से अलग हो जाते हैं और पदार्थ **प्लाज्मा** अवस्था में होता है। टोकामक एक प्रायोगिक उपकरण है जिसमें वलयाकार कक्ष के भीतर गरम प्लाज्मा को शक्तिशाली चुंबकीय क्षेत्रों से नियंत्रित रखा जाता है। गरम प्लाज्मा को सीधे ठोस पात्र की दीवार के संपर्क में रखकर पर्याप्त समय तक बनाए रखना संभव नहीं। चुंबकीय परिरोधन इसी समस्या को संबोधित करता है।

तीन आवश्यक शर्तें

- **तापमान:** नाभिकों की पर्याप्त ऊर्जावान टक्करें हों।
- **घनत्व:** पर्याप्त कण हों ताकि संलयन की संभावना बढ़े।
- **परिरोधन-समय:** ऊर्जा और कण पर्याप्त अवधि तक नियंत्रित रहें।

सिर्फ तापमान का नया रिकॉर्ड बन जाना सफल ऊर्जा संयंत्र का प्रमाण नहीं। घनत्व, स्थिरता, समय और पूरे तंत्र की ऊर्जा जरूरत भी देखनी होती है।

ITER का लक्ष्य और भारत

ITER में ड्यूटेरियम और ट्रिटियम आधारित संलयन के लिए टोकामक बनाया जा रहा है। ये हाइड्रोजन के समस्थानिक हैं। ITER के सात सदस्य चीन, यूरोपीय संघ, भारत, जापान, कोरिया, रूस और अमेरिका हैं। यह अंतर्राष्ट्रीय प्रायोगिक सहयोग है।

ITER स्वयं बिजली उत्पन्न करने के लिए सुसज्जित नहीं है। उसका उद्देश्य बड़े पैमाने पर संलयन और आवश्यक प्रौद्योगिकियों का परीक्षण करना है। भविष्य के बिजली संयंत्र में संलयन से मिली ऊष्मा को बिजली में बदलने की पूरी व्यवस्था अलग से चाहिए।

कौन-सी चुनौतियाँ बाकी हैं

प्लाज्मा की स्थिरता, उच्च ताप और न्यूट्रॉन प्रभाव सहने वाली सामग्री, ईंधन-चक्र, रखरखाव और लगातार संचालन महत्वपूर्ण चुनौतियाँ हैं। किसी प्रयोग का प्लाज्मा-ऊर्जा लाभ और पूरे संयंत्र की कुल बिजली-खपत एक ही अनुपात नहीं हैं। संलयन को तुरंत उपलब्ध, पूरी तरह जोखिम-मुक्त या अपशिष्ट-रहित तकनीक कहना भी अतिशयोक्ति है।

परीक्षा के लिए महत्त्व

प्रिलिम्स में संलयन-विखंडन, प्लाज्मा, समस्थानिक और चुंबकीय परिरोधन का भेद उपयोगी है। मुख्य परीक्षा में दीर्घकालीन ऊर्जा अनुसंधान, अंतर्राष्ट्रीय सहयोग और प्रायोगिक उपलब्धि से व्यावसायिक उपयोग तक की दूरी समझाई जा सकती है।

ऊर्जा-तंत्र की वर्तमान चुनौती भी पढ़ें: भारत की बिजली क्षमता और दिन-रात संतुलन

प्रिलिम्स परीक्षा अभ्यास प्रश्न

प्रश्न 1. टोकामक (Tokamak) के संदर्भ में, निम्नलिखित कथनों पर विचार कीजिए:

1. टोकामक में उच्च तापमान वाले प्लाज्मा को चुंबकीय क्षेत्र की सहायता से सीमित (Confine) एवं नियंत्रित किया जाता है।

2. टोकामक में ऊर्जा उत्पादन की प्रक्रिया नाभिकीय विखंडन (Nuclear Fission) पर आधारित होती है, जिसमें भारी नाभिक टूटकर हल्के नाभिकों में विभाजित होते हैं।

उपर्युक्त कथनों में से कौन-सा/से सही है/हैं?

(a) केवल 1

(b) केवल 2

(c) 1 और 2 दोनों

(d) न तो 1, न ही 2

▼ उत्तर और व्याख्या
उत्तर: (a) केवल 1।

कथन-1: सही है। टोकामक में उच्च तापमान वाले प्लाज्मा को शक्तिशाली चुंबकीय क्षेत्र की सहायता से सीमित (confine) और नियंत्रित रखा जाता है, क्योंकि गरम प्लाज्मा को ठोस पात्र की दीवार के संपर्क में नहीं रखा जा सकता।

कथन-2: गलत है। टोकामक की ऊर्जा-प्रक्रिया नाभिकीय संलयन (fusion) पर आधारित होती है, जिसमें हल्के नाभिक मिलकर भारी नाभिक बनते हैं; भारी नाभिक के टूटकर हल्के नाभिकों में विभाजित होने की प्रक्रिया नाभिकीय विखंडन है, जो टोकामक में नहीं होती।

प्रश्न 2. ITER के संदर्भ में, निम्नलिखित कथनों पर विचार कीजिए:

1. यह ड्यूटेरियम और ट्रिटियम आधारित नाभिकीय संलयन के लिए टोकामक बनाने वाली अंतरराष्ट्रीय प्रायोगिक परियोजना है।

2. यह स्वयं बिजली उत्पन्न करने के लिए सुसज्जित है और व्यावसायिक रूप से बिजली बेचता है।

3. भारत इसके सात सदस्यों में से एक है।

उपर्युक्त कथनों में से कौन-से सही हैं?

(a) केवल 1 और 2

(b) केवल 1 और 3

(c) केवल 2 और 3

(d) 1, 2 और 3

▼ उत्तर और व्याख्या
उत्तर: (b) केवल 1 और 3।

कथन-1: सही है। ITER ड्यूटेरियम और ट्रिटियम आधारित संलयन के लिए टोकामक बनाने वाली अंतरराष्ट्रीय प्रायोगिक परियोजना है।

कथन-2: गलत है। ITER स्वयं बिजली उत्पन्न करने के लिए सुसज्जित नहीं है; इसका उद्देश्य बड़े पैमाने पर संलयन और आवश्यक प्रौद्योगिकियों का परीक्षण करना है, बिजली बेचना नहीं।

कथन-3: सही है। ITER के सात सदस्य चीन, यूरोपीय संघ, भारत, जापान, कोरिया, रूस और अमेरिका हैं।

स्रोत

- 6 नवंबर:टोकामक की व्याख्या
- ITER:टोकामक क्या है
- ITER:संलयन की आवश्यक परिस्थितियाँ
- ITER:अंतरराष्ट्रीय सदस्य और उद्देश्य