

चीन और हरित हाइड्रोजन की दौड़: प्रभुत्व, चुनौतियाँ और वैश्विक निहितार्थ

यूपीएससी प्रासंगिकता-

- **प्रारंभिक तथ्य:** चीन: ~50% वैश्विक हरित हाइड्रोजन, ~85% ALK इलेक्ट्रोलाइजर, भारत का लक्ष्य: 2030 तक 5 मीट्रिक टन हरित हाइड्रोजन।
- **GS II - शासन और IR:** भारत का राष्ट्रीय हरित हाइड्रोजन मिशन (नीति, उद्योग, नवीकरणीय एकीकरण),
- **GS III - विज्ञान और प्रौद्योगिकी, पर्यावरण, अर्थव्यवस्था:** इलेक्ट्रोलाइजर (ALK बनाम PEM), नवीकरणीय ऊर्जा, हरित हाइड्रोजन उत्पादन



चर्चा में क्यों?

सौर और पवन ऊर्जा पर ध्यान केंद्रित करने के बजाय, हरित हाइड्रोजन तेज़ी से स्वच्छ ऊर्जा के अगले क्षेत्र के रूप में उभर रहा है। हाइड्रोजन का उपयोग तेल शोधन, अमोनिया और मेथनॉल उत्पादन जैसे औद्योगिक अनुप्रयोगों में किया जाता है।

चीन, जो पहले से ही सौर पीवी में एक प्रमुख खिलाड़ी है, अब इलेक्ट्रोलाइजर उत्पादन और हरित हाइड्रोजन संयंत्रों का विस्तार कर रहा है। इससे उसके संभावित वैश्विक प्रभुत्व और प्रतिस्पर्धी परिदृश्य पर सवाल उठ रहे हैं।

पृष्ठभूमि

हरित हाइड्रोजन का उदय

- आज अधिकांश हाइड्रोजन जीवाश्म ईंधन (ब्लू हाइड्रोजन) से उत्पन्न होता है, जो कार्बन उत्सर्जन में योगदान देता है।
- हरित हाइड्रोजन का उत्पादन नवीकरणीय बिजली का उपयोग करके पानी के इलेक्ट्रोलिसिस द्वारा किया जाता है, जिससे यह कार्बन-नटस्थ बन जाता है।
- सौर ऊर्जा के लिए फोटोवोल्टिक मॉड्यूल जैसे इलेक्ट्रोलाइजर, हरित हाइड्रोजन उत्पादन के लिए महत्वपूर्ण हैं।
- इलेक्ट्रोलिसिस, भंडारण, परिवहन और अनुप्रयोग में तीव्र तकनीकी प्रगति वैश्विक स्तर पर इसके अपनाने में सहायक हो रही है।

इलेक्ट्रोलाइजर तकनीकें: पानी से हाइड्रोजन बनाना

इलेक्ट्रोलाइजर ऐसे उपकरण होते हैं जो बिजली का उपयोग करके पानी (H_2O) को हाइड्रोजन (H_2) और ऑक्सीजन (O_2) में विभाजित करते हैं। इलेक्ट्रोलाइजर का प्रकार यह निर्धारित करता है कि वह कितना कुशल है, किस प्रकार की बिजली के साथ सबसे अच्छा काम करता है, और उसकी लागत कितनी है।

1. क्षारीय (ALK) इलेक्ट्रोलाइज़र

- **परिपक्व तकनीक:** यह पुराना और सुस्थापित प्रकार है।
- **लागत:** निर्माण और संचालन में अपेक्षाकृत सस्ता।
- **दक्षता:** बिजली स्थिर रहने पर अच्छा काम करता है, लेकिन अगर बिजली की आपूर्ति बदलती रहती है (जैसे सौर या पवन ऊर्जा से) तो दक्षता कम हो जाती है।
- **उपयोग:** पहले से ही हाइड्रोजन का उत्पादन कर रहे उद्योगों में व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है।
- **उदाहरण:** एक ऐसा कारखाना जो 24/7 स्थिर बिजली के साथ चलता हो — ALK इलेक्ट्रोलाइज़र इसके लिए उपयुक्त है।

2. प्रोटॉन एक्सचेंज मेम्ब्रेन (PEM) इलेक्ट्रोलाइज़र

- **नई तकनीक:** आधुनिक और उन्नत डिज़ाइन वाला प्रकार।
- **दक्षता:** ALK की तुलना में अधिक दक्षता, जिसका अर्थ है कि समान बिजली के लिए अधिक हाइड्रोजन उत्पन्न होता है।
- **शुद्धता:** अत्यंत शुद्ध हाइड्रोजन उत्पन्न करता है, जो वाहनों में ईंधन कोशिकाओं के लिए उपयुक्त है।
- **लचीलापन:** नवीकरणीय ऊर्जा (सौर/पवन) से मिलने वाली अस्थिर बिजली को संभाल सकता है।
- **सामग्री:** इरिडियम और प्लैटिनम जैसी कीमती धातुओं की आवश्यकता होती है, जिससे यह महंगा हो जाता है।
- **उदाहरण:** अनियमित रूप से बिजली उत्पन्न करने वाला सौर या पवन फार्म, PEM इलेक्ट्रोलाइज़र का प्रभावी उपयोग कर सकता है क्योंकि यह बदलती बिजली के अनुसार समायोजित हो सकता है।

इलेक्ट्रोलाइज़र तकनीकें: पानी से हाइड्रोजन बनाना

इलेक्ट्रोलाइज़र ऐसे उपकरण हैं जो बिजली का उपयोग करके पानी (H_2O) को हाइड्रोजन (H_2) और ऑक्सीजन (O_2) में विभाजित करते हैं। इलेक्ट्रोलाइज़र का प्रकार यह निर्धारित करता है कि यह कितना कुशल है, किस प्रकार की बिजली के साथ सबसे अच्छा काम करता है, और यह कितना महंगा है।

1. क्षारीय (ALK) इलेक्ट्रोलाइज़र

यह क्या है:

क्षारीय इलेक्ट्रोलाइज़र एक उपकरण है जो तरल क्षारीय घोल (जैसे पोटेशियम हाइड्रॉक्साइड या सोडियम हाइड्रॉक्साइड) में बिजली का उपयोग करके पानी को हाइड्रोजन और ऑक्सीजन में विभाजित करता है।

यह कैसे काम करता है:

- पानी को क्षारीय घोल में मिलाया जाता है।
- पानी में से बिजली प्रवाहित की जाती है।
- कैथोड (ऋणात्मक पक्ष) पर हाइड्रोजन गैस बनती है।
- एनोड (धनात्मक पक्ष) पर ऑक्सीजन गैस बनती है।



मुख्य विशेषताएँ:

- **परिपक्व तकनीक:** यह एक पुराना और सुस्थापित प्रकार है।
- **लागत:** निर्माण और संचालन में अपेक्षाकृत सस्ता।
- **दक्षता:** बिजली स्थिर रहने पर अच्छा काम करती है, लेकिन अगर बिजली की आपूर्ति बदलती रहती है (जैसे सौर या पवन ऊर्जा से) तो दक्षता कम हो जाती है।
- **उपयोग:** हाइड्रोजन का उत्पादन करने वाले उद्योगों में व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है।



उदाहरण:

एक ऐसे कारखाने की कल्पना करें जो 24/7 स्थिर बिजली के साथ चलता हो — ALK इलेक्ट्रोलाइज़र इसके लिए बिल्कुल उपयुक्त हैं।

2. प्रोटॉन एक्सचेंज मेम्ब्रेन (PEM) इलेक्ट्रोलाइज़र

यह क्या है:

PEM इलेक्ट्रोलाइज़र एक उपकरण है जो बिजली का उपयोग करके पानी (H_2O) को हाइड्रोजन (H_2) और ऑक्सीजन (O_2) में विभाजित करता है, लेकिन यह द्रव विलयन के बजाय एक विशेष ठोस झिल्ली का उपयोग करता है, जिसे प्रोटॉन एक्सचेंज मेम्ब्रेन कहा जाता है।

यह कैसे काम करता है (सरल):

- इलेक्ट्रोलाइज़र में पानी डाला जाता है।
- इलेक्ट्रोड पर बिजली प्रवाहित होती है।
- हाइड्रोजन आयन (प्रोटॉन) झिल्ली से होकर एनोड से कैथोड तक जाते हैं।
- कैथोड पर हाइड्रोजन गैस और एनोड पर ऑक्सीजन गैस बनती है।



@resultmitra



www.resultmitra.com



9235313184, 9235440806

मुख्य विशेषताएँ:

- **नई तकनीक:** अधिक आधुनिक और उन्नत डिज़ाइन।
- **दक्षता:** ALK इलेक्ट्रोलाइज़र की तुलना में अधिक दक्षता, अर्थात् समान मात्रा में बिजली से अधिक हाइड्रोजन उत्पन्न होता है।
- **शुद्धता:** अत्यधिक शुद्ध हाइड्रोजन उत्पन्न करता है, जो ईंधन कोशिकाओं (Fuel Cells) में वाहनों के लिए उपयोगी है।
- **लचीलापन:** नवीकरणीय ऊर्जा (सौर/पवन) से प्राप्त अस्थिर बिजली को संभाल सकता है।
- **सामग्री:** इसके लिए इरिडियम और प्लैटिनम जैसी कीमती धातुओं की आवश्यकता होती है, जिससे यह महंगा होता है।

उदाहरण:

एक सौर या पवन फार्म, जो अनियमित रूप से बिजली उत्पादन करता है, PEM इलेक्ट्रोलाइज़र का प्रभावी ढंग से उपयोग कर सकता है, क्योंकि यह बदलती बिजली के अनुसार समायोजित हो सकता है।

हरित हाइड्रोजन में चीन का प्रभुत्व

उत्पादन नेतृत्व

- 2024 तक, चीन ने 36.5 मिलियन टन हाइड्रोजन का उत्पादन किया, जिसमें 1,20,000 टन हरित हाइड्रोजन (वैश्विक हरित हाइड्रोजन का लगभग 50%) शामिल था।
- इलेक्ट्रोलाइज़र: चीन वैश्विक ALK इलेक्ट्रोलाइज़र निर्माण क्षमता का लगभग 85% नियंत्रित करता है, जो घरेलू और निर्यात दोनों बाजारों को सेवा प्रदान करता है।



चीन ने कैसे स्थापित किया प्रभुत्व

- **लागत लाभ:** चीनी ALK इलेक्ट्रोलाइज़र यूरोपीय हाइड्रोजन संयंत्रों की तुलना में 45% तक सस्ते हैं।
- **उदाहरण:** 2024 में 1,000 Nm³/h (5 MW) ALK इलेक्ट्रोलाइज़र की लागत 6 मिलियन युआन (\$167/kW) थी, जो 2023 की तुलना में 20% कम है।
- **आपूर्ति श्रृंखला एकीकरण:** ALK इलेक्ट्रोलाइज़र में निकल और स्टील का उपयोग होता है, जो चीन में प्रचुर मात्रा में उपलब्ध हैं।
- **तेज़ी से विस्तार और सब्सिडी:** सौर पीवी की तरह, चीन ने सरकारी समर्थन, त्वरित कार्यान्वयन और परिपक्व आपूर्ति श्रृंखलाओं का लाभ उठाया।
- **वैश्विक विस्तार:** गुओफू हाइड्रोजन और एनविज़न एनर्जी जैसी कंपनियाँ विदेशों में इलेक्ट्रोलाइज़र संयंत्र और हरित हाइड्रोजन सुविधाएँ स्थापित कर रही हैं।

सीमाएँ

- PEM इलेक्ट्रोलाइज़र दुर्लभ धातुओं पर निर्भर करते हैं, जिससे लागत में कमी सीमित होती है।
- हरित हाइड्रोजन के लिए हाइड्रोजन की शुद्धता और प्रणाली एकीकरण आवश्यक है, जिससे मूल्य प्रतिस्पर्धा अकेले पर्याप्त नहीं रहती।



mitra.com



9235313184, 9235440806

वैश्विक प्रतिस्पर्धा और चुनौतियाँ

उभरते प्रतिस्पर्धी:

- जर्मनी, जापान, दक्षिण कोरिया और यूरोपीय संघ के सदस्य देश स्थानीय इलेक्ट्रोलाइज़र उत्पादन और हाइड्रोजन परियोजनाओं को सक्रिय रूप से विकसित कर रहे हैं।
- राष्ट्रीय रणनीतियाँ घरेलू उद्योगों की रक्षा, प्रौद्योगिकी हस्तांतरण और आपूर्ति श्रृंखला सुरक्षा सुनिश्चित करने पर केंद्रित हैं।

चीन के लिए बाधाएँ:

- **नियामक जाँच और व्यापार प्रतिबंध:** सौर पीवी की तुलना में बाजार में प्रवेश कठिन बनाते हैं।
- **आपूर्ति श्रृंखला सुरक्षा:** हाइड्रोजन की रणनीतिक प्रकृति के कारण चिंताएँ बढ़ती हैं।
- **तकनीकी बाधाएँ:** PEM इलेक्ट्रोलाइज़र और एकीकृत प्रणालियाँ उच्च-तकनीकी क्षेत्र हैं, जिन पर आसानी से प्रभुत्व नहीं जमाया जा सकता।

मुख्य बातें

- चीन वर्तमान में ALK इलेक्ट्रोलाइज़र और हरित हाइड्रोजन उत्पादन में प्रमुख खिलाड़ी है।
- इसकी सफलता सौर पीवी प्रभुत्व को प्रतिबिंबित करती है, लेकिन इसके सामने चुनौतियाँ भी हैं: उच्च तकनीक आवश्यकताएँ, कीमती सामग्री की कमी और वैश्विक नियामक बाधाएँ।
- राष्ट्रीय नीतियों के समर्थन से अन्य देश प्रतिस्पर्धा में प्रवेश कर रहे हैं, जिससे अधिक प्रतिस्पर्धी वैश्विक बाजार बन रहा है।
- वैश्विक हरित हाइड्रोजन अपनाना केवल कम लागत पर निर्भर नहीं करता, बल्कि तकनीकी नवाचार, एकीकृत प्रणालियाँ और नीतिगत समर्थन पर भी निर्भर करता है।

IAS-PCS Institute

निष्कर्ष

हरित हाइड्रोजन क्षेत्र में चीन का उदय प्रौद्योगिकी, औद्योगिक नीति और वैश्विक ऊर्जा परिवर्तन के अंतर्संबंध को उजागर करता है।

- चीन पैमाने, आपूर्ति श्रृंखला नियंत्रण और लागत लाभ का लाभ उठा रहा है।
- अन्य देश अपने बाजारों की रक्षा कर रहे हैं और स्थानीय क्षमताओं में निवेश कर रहे हैं।

हरित हाइड्रोजन का भविष्य निम्न पर निर्भर करेगा:

1. PEM प्रौद्योगिकी में नवाचार
2. एकीकृत प्रणाली समाधान
3. आपूर्ति श्रृंखला सुरक्षा सुनिश्चित करने वाली रणनीतिक नीतियाँ

चीन आज ALK उत्पादन में हावी है, लेकिन प्रतिस्पर्धा, विनियमन और नवाचार से युक्त संतुलित वैश्विक पारिस्थितिकी तंत्र ही यह तय करेगा कि हरित हाइड्रोजन युग में कौन अग्रणी होगा।

हरित हाइड्रोजन बाज़ार पर भारत का दृष्टिकोण

1. बढ़ता घरेलू महत्व

भारत के राष्ट्रीय हरित हाइड्रोजन मिशन (2023 में शुरू) का लक्ष्य 2030 तक सालाना 50 लाख टन हरित हाइड्रोजन का उत्पादन करना है।

हरित हाइड्रोजन को रणनीतिक रूप से निम्नलिखित के लिए महत्वपूर्ण माना जाता है: 235440806

- उद्योगों (उर्वरक, इस्पात, रिफाइनरियाँ) का कार्बन-मुक्तिकरण
- ऊर्जा भंडारण और नवीकरणीय ऊर्जा के साथ एकीकरण
- जीवाश्म ईंधन पर निर्भरता कम करना और शुद्ध-शून्य लक्ष्यों को प्राप्त करना

2. भारत के लिए अवसर

- प्रचुर मात्रा में नवीकरणीय ऊर्जा क्षमता: सौर और पवन संसाधन लागत-प्रभावी इलेक्ट्रोलाइज़र संचालन की अनुमति देते हैं, जिससे भारत हरित हाइड्रोजन उत्पादन का एक स्वाभाविक केंद्र बन जाता है।
- वैश्विक मांग: यूरोप और जापान के निर्यात बाजार भारत के लिए हरित हाइड्रोजन आपूर्तिकर्ता बनने के अवसर प्रदान करते हैं।
- चीन से सीखना: भारत निम्नलिखित रणनीतियाँ अपना सकता है:
 - एकीकृत आपूर्ति श्रृंखलाएँ
 - उत्पादन का तेज़ी से विस्तार

○ सब्सिडी और प्रोत्साहनों के साथ घरेलू इलेक्ट्रोलाइज़र निर्माण का समर्थन

3. भारत के सामने चुनौतियाँ

- **प्रौद्योगिकी की कमी:** भारत में बड़े पैमाने पर घरेलू इलेक्ट्रोलाइज़र निर्माण का अभाव है, विशेषकर PEM इलेक्ट्रोलाइज़र के लिए, जिसमें उन्नत सामग्री और तकनीकी जानकारी की आवश्यकता होती है।
- **उच्च पूंजीगत लागत:** ALK इलेक्ट्रोलाइज़र सस्ते हैं, लेकिन नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन में दक्षता के लिए PEM की आवश्यकता होती है, जिससे निवेश की आवश्यकता बढ़ जाती है।
- **नीतिगत और नियामक बाधाएँ:** हाइड्रोजन मिश्रण, भंडारण, परिवहन और निर्यात के लिए स्पष्ट ढाँचे अभी विकसित हो रहे हैं।
- **चीन से प्रतिस्पर्धा:** चीन के कम लागत वाले ALK इलेक्ट्रोलाइज़र वैश्विक निर्यात बाजार पर हावी हो सकते हैं, जिससे भारत की महत्वाकांक्षाओं को चुनौती मिल सकती है।

4. भारत के लिए आगे का रास्ता

- **घरेलू विनिर्माण को बढ़ावा:** स्थानीय इलेक्ट्रोलाइज़र उत्पादन और PEM तकनीक में अनुसंधान एवं विकास को प्रोत्साहित करें।
- **रणनीतिक साझेदारियाँ:** प्रौद्योगिकी हस्तांतरण और संयुक्त परियोजनाओं के लिए जर्मनी, जापान और यूरोपीय संघ की कंपनियों के साथ सहयोग करें।
- **एकीकृत हरित हाइड्रोजन केंद्र:** नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन, इलेक्ट्रोलिसिस, भंडारण और औद्योगिक अनुप्रयोगों को क्लस्टरों में एकीकृत करें।
- **नीतिगत समर्थन और निर्यात रणनीति:** वैश्विक बाजारों में प्रवेश के लिए प्रतिस्पर्धी मूल्य निर्धारण, गुणवत्ता मानक और निर्यात प्रोत्साहन पर ध्यान दें।

5. मुख्य निष्कर्ष

- भारत में नवीकरणीय ऊर्जा क्षमता और वैश्विक हरित हाइड्रोजन क्षेत्र में अग्रणी बनने की—
रणनीतिक मंशा है।  www.resultmitra.com  9235313184, 9235440806
- चीन की सफलताओं और सीमाओं से सीखकर, भारत प्रौद्योगिकी-प्रधान एवं एकीकृत समाधानों पर ध्यान केंद्रित कर सकता है।
- नीतिगत स्पष्टता, घरेलू विनिर्माण और अंतर्राष्ट्रीय सहयोग घरेलू डीकार्बोनाइजेशन लक्ष्यों को आगे बढ़ाते हुए वैश्विक प्रतिस्पर्धा के लिए महत्वपूर्ण होंगे।
- जबकि ALK इलेक्ट्रोलाइज़र उत्पादन में चीन अग्रणी है, भारत की नवीकरणीय ऊर्जा क्षमता, रणनीतिक नीतियाँ और अंतर्राष्ट्रीय सहयोग उसे वैश्विक हरित हाइड्रोजन क्षेत्र में प्रतिस्पर्धी बना सकते हैं।

वैश्विक स्वच्छ ऊर्जा केंद्र के रूप में उभरने के लिए भारत का ध्यान PEM तकनीक, एकीकृत उत्पादन केंद्र और निर्यात-तैयार गुणवत्ता मानकों पर होना चाहिए।



यूपीएससी प्रारंभिक-शैली अभ्यास प्रश्न

प्रश्न 1: हरित हाइड्रोजन के बारे में निम्नलिखित में से कौन से कथन सही हैं?

1. हरित हाइड्रोजन का उत्पादन नवीकरणीय विद्युत का उपयोग करके विद्युत अपघटन द्वारा किया जाता है।
2. क्षारीय (ALK) इलेक्ट्रोलाइजर, परिवर्तनशील नवीकरणीय ऊर्जा के अंतर्गत प्रोटॉन एक्सचेंज मेम्ब्रेन (PEM) इलेक्ट्रोलाइजर की तुलना में अधिक कुशल होते हैं।
3. PEM इलेक्ट्रोलाइजर, ALK इलेक्ट्रोलाइजर की तुलना में अधिक शुद्धता वाला हाइड्रोजन उत्पन्न करते हैं।
4. दूसरा हाइड्रोजन जीवाश्म ईंधन से उत्पन्न होता है और कार्बन डाइऑक्साइड उत्सर्जित करता है।

नीचे दिए गए कूट का प्रयोग करके सही उत्तर चुनिए:

- (A) 1, 2, 3, 4
(B) केवल 1, 3, 4
(C) केवल 2 और 3
(D) केवल 1 और 4

सही उत्तर: (B) केवल 1, 3, 4

स्पष्टीकरण:

कथन 2 गलत है क्योंकि ALK इलेक्ट्रोलाइजर परिवर्तनशील नवीकरणीय विद्युत के अंतर्गत कम कुशल होते हैं, जबकि PEM इलेक्ट्रोलाइजर आंतरायिक भार (intermittent load) को बेहतर ढंग से संभाल सकते हैं। बाकी सभी कथन सही हैं।



मुख्य परीक्षा अभ्यास प्रश्न

प्रश्न: “वैश्विक हरित हाइड्रोजन बाजार में चीन का प्रभुत्व भारत के लिए अवसर और चुनौतियाँ दोनों प्रस्तुत करता है।” व्याख्या कीजिए। (150 शब्द)

@resultmitra 9235313184, 9235440806

(वैकल्पिक विषय)
OPTIONAL SUBJECT
GEOGRAPHY
OPTIONAL
Fee - मात्र 6499 ₹
केवल 21 से 26 जून
39 ऑन क्वेज 31 अ

OPTIONAL SUBJECT
वैकल्पिक विषय
PSIR
Fee - मात्र 6999 ₹
केवल 01 से 06 जुलाई
09 ऑन क्वेज 01 अ
Dr. Faiz Sir