1. भारत में नवीकरणीय ऊर्जा (Renewable Energy in India)

- भारत नवीकरणीय ऊर्जा स्थापित क्षमता (बड़े हाइड्रो सहित) में विश्व स्तर पर **चौथे स्थान** पर, पवन ऊर्जा क्षमता में चौथे स्थान पर और सौर ऊर्जा क्षमता में चौथे स्थान पर है (REN21 नवीकरणीय 2022 वैश्विक स्थिति रिपोर्ट के अनुसार)।
- भारत ने COP 26 में 2030 तक 500 गीगावॉट गैर-जीवाश्म ईंधन-आधारित ऊर्जा का एक बढ़ा हुआ लक्ष्य रखा है। यह पंचामृत (भारत द्वारा जलवायु प्रतिबद्धताओं) के तहत एक महत्वपूर्ण प्रतिज्ञा रही है। यह नवीकरणीय ऊर्जा के क्षेत्र में दुनिया की सबसे बड़ी विस्तार योजना है।
- भारत की स्थापित गैर-जीवाश्म ईंधन क्षमता पिछले 8.5 वर्षों में 396% बढ़ी है और 179.322 गीगा वाट (बड़े हाइड्रो और परमाणु सहित) से अधिक है, जो देश की कुल क्षमता का लगभग 43% है (जुलाई 2023 तक)।

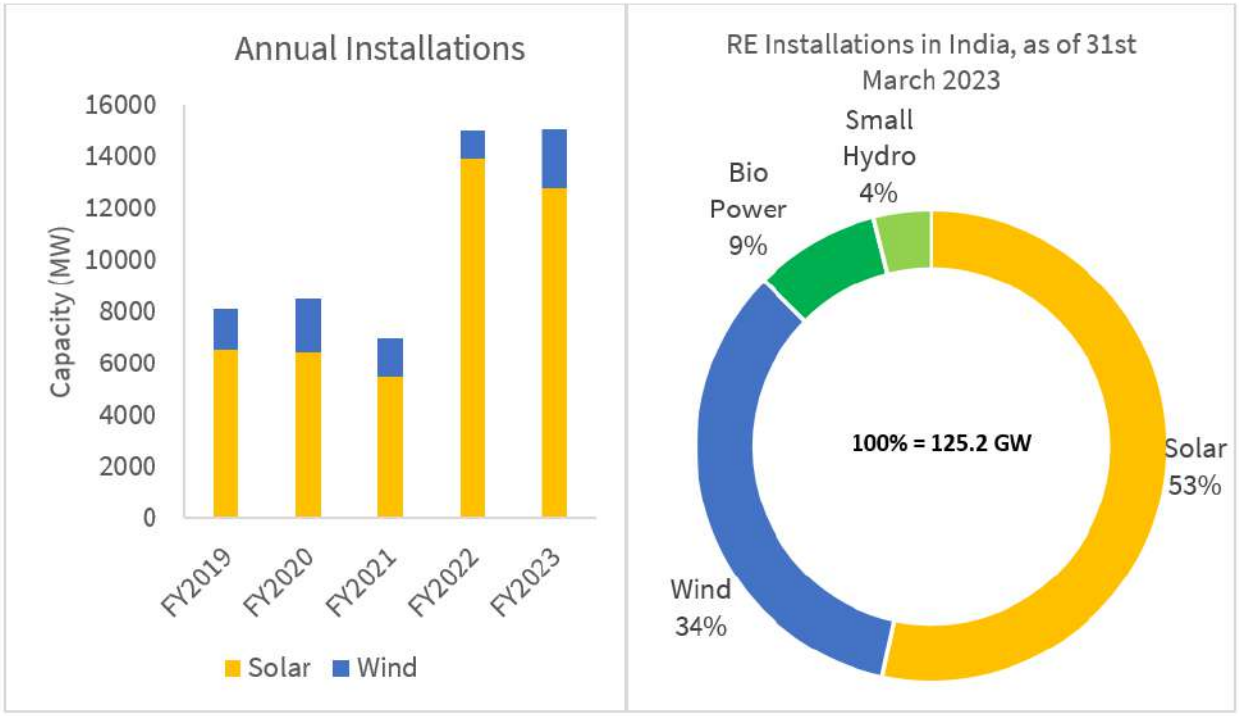

Figure.1. भारत में नवीकरणीय ऊर्जा

- भारत ने 2022 में नवीकरणीय ऊर्जा वृद्धि में 9.83% की साल-दर-साल उच्चतम वृद्धि देखी। स्थापित सौर ऊर्जा क्षमता पिछले 9 वर्षों में 24.4 गुना बढ़ गई है और जुलाई 2023 तक 67.07 गीगावॉट थी।
- **विद्युत अधिनियम 2003** के प्रावधानों के अधीन नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन और वितरण परियोजनाओं के लिए स्वचालित मार्ग के तहत **100% तक FDI** की अनुमति है।
- भारत नवीकरणीय बिजली में सबसे तेज़ वृद्धि वाला बाज़ार है, और 2026 तक नई क्षमता वृद्धि दोगुनी होने की उम्मीद है।

- केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण (Central Electricity Authority-CEA) के अनुमान के अनुसार, 2029-30 तक नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन की हिस्सेदारी 18% से बढ़कर 44% हो जाएगी, जबकि थर्मल पावर की हिस्सेदारी 78% से घटकर 52% होने की उम्मीद है।

1.1. ऊर्जा क्षमता (Energy Capacity)

- भारत की कुल नवीकरणीय ऊर्जा क्षमता **168.96 गीगावॉट** (28 फरवरी 2023 तक) है, जिसमें लगभग 82 गीगावॉट कार्यान्वयन के विभिन्न चरणों में और लगभग 41 गीगावॉट निविदा चरण के तहत है। इसमें 64.38 गीगावॉट सौर ऊर्जा, 51.79 गीगावॉट हाइड्रो ऊर्जा, 42.02 गीगावॉट पवन ऊर्जा और 10.77 गीगावॉट बायो ऊर्जा शामिल है।
- भारत ने दशक के अंत तक देश की अर्थव्यवस्था की कार्बन तीव्रता को 45% से कम करने, 2030 तक नवीकरणीय ऊर्जा से 50 प्रतिशत संचयी विद्युत स्थापित करने और 2070 तक शुद्ध-शून्य कार्बन उत्सर्जन हासिल करने का लक्ष्य रखा है।
- भारत में 39.28 गीगावॉट की कुल क्षमता वाले 57 सौर पार्कों को मंजूरी दी गई है। पवन ऊर्जा का 2030 तक 30 गीगावॉट का अपतटीय लक्ष्य है, इसके लिए संभावित स्थलों की पहचान की गई है।

2. परमाणु ऊर्जा (Nuclear Energy)

- परमाणु ऊर्जा, परमाणुओं के मूल, प्रोटॉन और न्यूट्रॉन से बनी ऊर्जा का एक रूप है।
- ऊर्जा का यह स्रोत दो तरीकों से उत्पन्न किया जा सकता है: विखंडन - जब परमाणुओं के नाभिक कई भागों में विभाजित हो जाते हैं - या संलयन - जब नाभिक एक साथ जुड़ जाते हैं।

2.1. परमाणु प्रतिक्रियाओं के प्रकार: विखंडन और संलयन (Types of Nuclear Reactions: Fission and Fusion)

2.1.1. परमाणु विखंडन (Nuclear Fission)

- **1938 में,** जर्मन वैज्ञानिकों **ओटो हैन और फ्रिट्ज़ स्ट्रैसमैन** ने पाया कि जब यूरेनियम नाभिक पर न्यूट्रॉन की बमबारी की जाती है, तो यह ऊर्जा के विमोचन के साथ तुलनीय द्रव्यमान के दो टुकड़ों में टूट जाता है।
- किसी भारी परमाणु के नाभिक को बड़ी मात्रा में ऊर्जा मुक्त करके दो टुकड़ों में तोड़ने की प्रक्रिया को परमाणु विखंडन कहा जाता है। विखंडन न्यूट्रॉन के विमोचन के साथ होता है। ${}_{92}U^{235}$ के साथ विखंडन प्रतिक्रियाओं को इस प्रकार दर्शाया गया है:
    - $\mathbf{{}_{92}U^{235} + {}_{0}n^{1} \rightarrow {}_{56}Ba^{141} + {}_{36}Kr^{92} + 3\ {}_{0}n^{1} + Energy}$

2.1.1.1. श्रृंखला अभिक्रिया (Chain Reaction)

- एक न्यूट्रॉन यूरेनियम नाभिक में विखंडन उत्पन्न कर तीन न्यूट्रॉन उत्पन्न करता है। बदले में तीन न्यूट्रॉन तीन यूरेनियम नाभिकों में विखंडन का कारण बन सकते हैं जिससे नौ न्यूट्रॉन उत्पन्न होते हैं। बदले में ये नौ न्यूट्रॉन सत्ताईस न्यूट्रॉन इत्यादि उत्पन्न कर सकते हैं।
- श्रृंखला अभिक्रिया एक स्व-प्रसार प्रक्रिया है जिसमें न्यूट्रॉन की संख्या लगभग ज्यामितीय क्रम में तेजी से बढ़ती रहती है।
- दो प्रकार की श्रृंखला प्रतिक्रियाएँ संभव हैं:
    - **अनियंत्रित श्रृंखला प्रतिक्रिया** में, न्यूट्रॉन की संख्या अनिश्चित काल तक बढ़ जाती है और ऊर्जा की पूरी मात्रा एक सेकंड के एक अंश के भीतर जारी हो जाती है। इस प्रकार की श्रृंखला प्रतिक्रिया परमाणु बमों में होती है।
    - **नियंत्रित श्रृंखला प्रतिक्रिया** में, विखंडन पैदा करने वाले न्यूट्रॉन की संख्या स्थिर रखी जाती है और हमेशा एक के बराबर होती है। प्रतिक्रिया नियंत्रित तरीके से बनी रहती है। परमाणु रिएक्टर में नियंत्रित श्रृंखला प्रतिक्रिया होती है।
- जब एक थर्मल न्यूट्रॉन U^{235} नाभिक पर बमबारी करता है, तो यह दो विखंडन टुकड़ों और तीन तेज़ न्यूट्रॉन में टूट जाता है।
- उनमें से एक न्यूट्रॉन मुक्त हो जाता है और दूसरा न्यूट्रॉन U^{238} में कैद हो कर Np^{239} (नेप्च्यूनियम-239) और फिर Pu^{239} (प्लूटोनियम-239) में क्षीण हो जाता है।
- अंततः श्रृंखला अभिक्रियाएँ सम्पन्न करने के लिए एक ही न्यूट्रॉन उपलब्ध रहता है।
- श्रृंखला प्रतिक्रिया तभी संभव है, जब न्यूट्रॉन की हानि उत्पादित न्यूट्रॉन से कम हो।

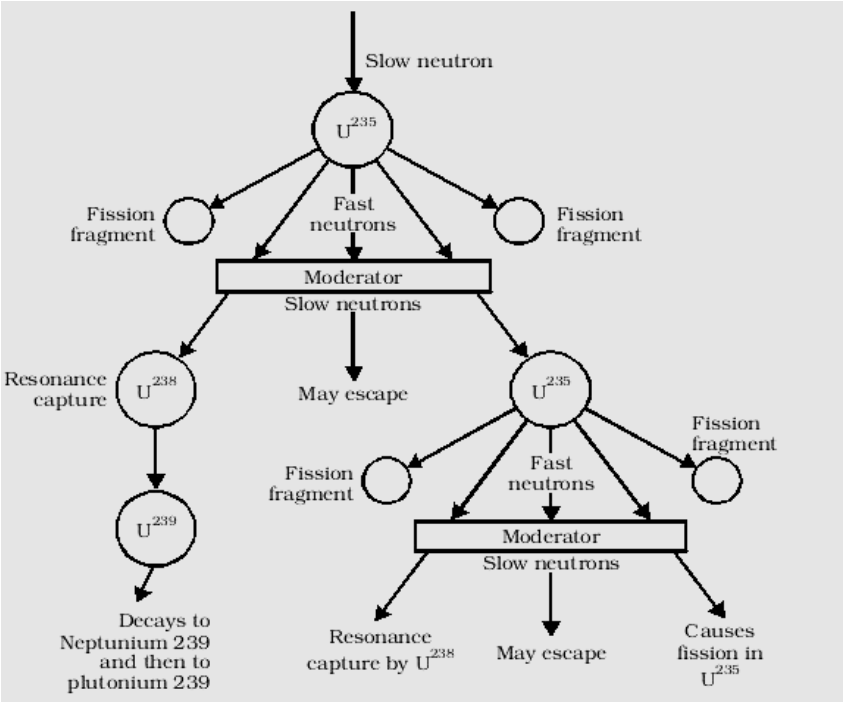

Figure.2. नियंत्रित श्रृंखला प्रतिक्रिया

2.1.1.2. परमाणु रिएक्टर (Nuclear Reactor)

- परमाणु रिएक्टर एक उपकरण है जिसमें परमाणु विखंडन प्रतिक्रिया स्व-निरंतर और नियंत्रित तरीके से होती है। **पहला परमाणु रिएक्टर 1942 में शिकागो,** अमेरिका में बनाया गया था।
- जिस उद्देश्य के लिए रिएक्टरों का उपयोग किया जाता है, उसके आधार पर उन्हें अनुसंधान रिएक्टरों, उत्पादन रिएक्टरों और पावर रिएक्टरों में वर्गीकृत किया जा सकता है।
- अनुसंधान रिएक्टरों का उपयोग मुख्य रूप से अनुसंधान उद्देश्यों के लिए न्यूट्रॉन की आपूर्ति और रेडियो-आइसोटोप के उत्पादन के लिए किया जाता है। उत्पादन रिएक्टरों का उद्देश्य उपजाऊ (गैर-विखंडनीय लेकिन प्रचुर मात्रा में) सामग्री को विखंडनीय सामग्री में परिवर्तित करना है।
- पावर रिएक्टर परमाणु विखंडन ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करते है। पावर रिएक्टरों को मॉडरेटर की पसंद और उपयोग किए गए शीतलक (coolant) के आधार पर उबलते पानी रिएक्टर, दबावयुक्त पानी रिएक्टर, दबावयुक्त भारी पानी रिएक्टर और फास्ट ब्रीडर रिएक्टर में वर्गीकृत किया जा सकता है।
- दुनिया भर में विभिन्न प्रयोजनों के लिए अलग-अलग डिज़ाइन के कई रिएक्टरों का निर्माण किया गया है, लेकिन सभी रिएक्टरों में कई सामान्य विशेषताएं मौजूद हैं।

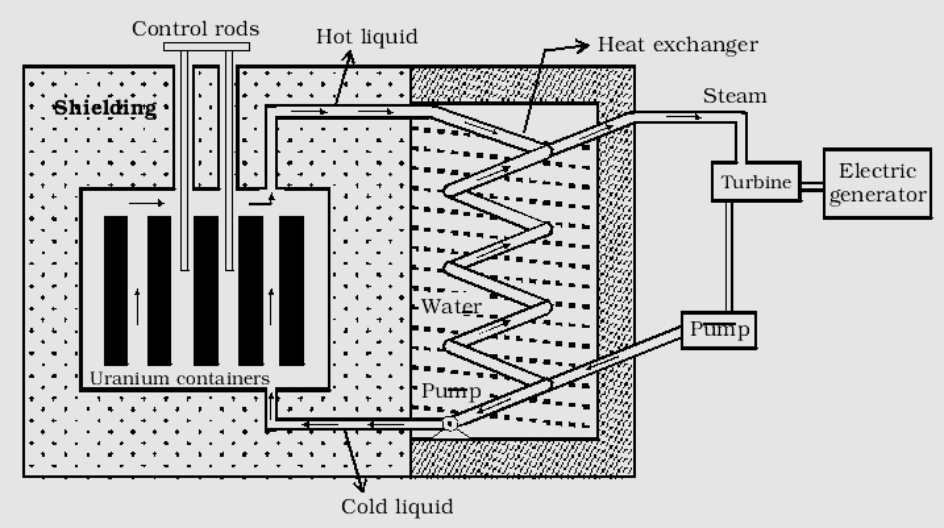

Figure.3. परमाणु रिएक्टर का योजनाबद्ध डिज़ाइन

विखंडनीय सामग्री

- आमतौर पर उपयोग किया जाने वाला विखंडनीय पदार्थ या परमाणु ईंधन $_{92}U^{235}$ है। लेकिन प्राकृतिक यूरेनियम में यह केवल थोड़ी मात्रा (0.7%) में मौजूद होता है।
- प्राकृतिक यूरेनियम $_{92}U^{235}$ (2 - 5%) से अधिक समृद्ध है और इस कम समृद्ध यूरेनियम का उपयोग कुछ रिएक्टरों में ईंधन के रूप में किया जाता है। $_{92}U^{235}$ के अलावा, कुछ रिएक्टरों में विखंडनीय आइसोटोप U^{233} और Pu^{239} का भी ईंधन के रूप में उपयोग किया जाता है।

- भारत में निर्मित दबावयुक्त भारी जल रिएक्टरों (pressurized heavy water reactors-PHWR) में प्राकृतिक यूरेनियम ऑक्साइड का उपयोग ईंधन के रूप में किया जाता है।
- यूरेनियम ऑक्साइड के छोटे-छोटे छर्रों को जिरकोनियम मिश्र धातु की पतली ट्यूबों में पैक किया जाता है और ईंधन रॉड बनाने के लिए सील कर दिया जाता है। ऐसी उन्नीस छड़ों को ईंधन बंडल बनाने के लिए एक साथ बांधा जाता है।
- रिएक्टर पोत (vessel) जिसे 'कैलेंड्रिया' नाम से जाना जाता है, उसमें से लगभग तीन सौ ट्यूब गुजरती हैं। इन ट्यूबों में ईंधन बंडल रखे जाते हैं। रिएक्टर पोत का वह भाग जिसमें ईंधन की छड़ें होती हैं, रिएक्टर कोर के रूप में जाना जाता है।

मॉडरेटर

- मॉडरेटर का कार्य विखंडन प्रक्रिया में उत्पन्न तेज़ न्यूट्रॉन को धीमा करना है। साधारण जल और भारी जल आमतौर पर उपयोग किए जाने वाले मॉडरेटर हैं।
- एक अच्छा मॉडरेटर लोचदार टकरावों द्वारा न्यूट्रॉन को धीमा कर देता है और अवशोषण द्वारा उन्हें हटाता नहीं है। मॉडरेटर एक चैनल में ईंधन छड़ों के बीच की जगह में मौजूद होता है। कुछ देशों में ग्रेफाइट का उपयोग मॉडरेटर के रूप में भी किया जाता है।
- फास्ट ब्रीडर रिएक्टरों में, विखंडन श्रृंखला प्रतिक्रिया तेज़ न्यूट्रॉन द्वारा कायम रहती है और इसलिए किसी मॉडरेटर की आवश्यकता नहीं होती है।

न्यूट्रॉन स्रोत

- पहली बार विखंडन श्रृंखला प्रतिक्रिया शुरू करने के लिए न्यूट्रॉन के स्रोत की आवश्यकता होती है। प्लूटोनियम या रेडियम या पोलोनियम के साथ बेरिलियम का मिश्रण आमतौर पर न्यूट्रॉन के स्रोत के रूप में उपयोग किया जाता है।

नियंत्रक छड़ें

- श्रृंखला प्रतिक्रिया को नियंत्रित करने के लिए नियंत्रण छड़ों का उपयोग किया जाता है। ये न्यूट्रॉन के बहुत अच्छे अवशोषक होते हैं। वे बिना विखंडन के न्यूट्रॉन ग्रहण करते हैं। उन्हें रिएक्टर कोर में कम करने से प्रतिक्रिया धीमी हो जाती है।
- उन्हें विद्युत चुम्बकीय क्लैंप पर रखा जाता है ताकि यदि कोर तापमान में खतरनाक वृद्धि हो तो उन्हें रिएक्टर में गिराया जा सके और इस तरह श्रृंखला प्रतिक्रिया बंद हो जाए।
- आमतौर पर उपयोग की जाने वाली नियंत्रण छड़ें बोरान या कैडमियम जैसे तत्वों से बनी होती हैं। उन्हें अंदर धकेल कर या बाहर खींच कर प्रतिक्रिया दर को नियंत्रित किया जा सकता है।

शीतलन प्रणाली

- शीतलन प्रणाली रिएक्टर कोर में उत्पन्न गर्मी को हटा देती है। साधारण पानी, भारी पानी और तरल सोडियम आमतौर पर उपयोग किए जाने वाले शीतलक हैं। एक अच्छे शीतलक में बड़ी विशिष्ट ताप क्षमता और उच्च क्वथनांक होना चाहिए।

- शीतलक ईंधन बंडल वाली ट्यूबों से होकर गुजरता है और हीट एक्सचेंजर के माध्यम से गर्मी को ईंधन छड़ों से भाप जनरेटर तक ले जाता है। बिजली रिएक्टरों में बिजली पैदा करने के लिए भाप टरबाइन चलाती है।
- PHWR और PWR में शीतलक और मॉडरेटर समान हैं। फास्ट ब्रीडर रिएक्टरों में तरल सोडियम का उपयोग शीतलक के रूप में किया जाता है। फास्ट ब्रीडर रिएक्टरों के रिएक्टर कोर में उच्च तापमान उत्पन्न होता है।
- सोडियम कमरे के तापमान पर ठोस होता है लेकिन 98°C पर द्रवीकृत हो जाता है। इसका कार्य तापमान व्यापक है क्योंकि यह 892°C तक उबलता नहीं है।
- यह रिएक्टर के लिए ऑपरेटिंग तापमान की सीमा को ब्रैकेट करता है ताकि इसे पानी-भाप शीतलक प्रणाली की तरह दबाव डालने की आवश्यकता न हो। इसमें बड़ी विशिष्ट ऊष्मा होती है इसलिए यह एक कुशल ऊष्मा-स्थानांतरण द्रव है।

न्यूट्रॉन रिफ्लेक्टर

- न्यूट्रॉन रिफ्लेक्टर न्यूट्रॉन को वापस परावर्तित करके उनके रिसाव को काफी हद तक रोकते हैं। दबावयुक्त भारी जल रिएक्टरों में मॉडरेटर ही परावर्तक के रूप में कार्य करता है।
- फास्ट ब्रीडर रिएक्टरों में, रिएक्टर कोर घटे हुए यूरेनियम (यूरेनियम जिसमें $_{92}U^{235}$ का 0.7% से कम होता है) या थोरियम ($_{90}Th^{232}$) से घिरा होता है जो न्यूट्रॉन रिफ्लेक्टर के रूप में कार्य करता है। रिएक्टर कोर से निकलने वाले न्यूट्रॉन इन सामग्रियों को क्रमशः Pu^{239} या U^{233} में परिवर्तित कर देते हैं।

परिरक्षण

- हानिकारक विकिरणों से सुरक्षा के लिए, रिएक्टर लगभग 2 से 2.5 मीटर मोटी कंक्रीट की दीवार से घिरा होता है।

2.1.1.3. विभिन्न प्रकार के परमाणु रिएक्टर (Different Types of Nuclear Reactors)

दबावयुक्त जल रिएक्टर (Pressurized Water Reactors-PWRs)

- सबसे सामान्य प्रकार का परमाणु रिएक्टर।
- PWR प्राकृतिक यूरेनियम का उपयोग ईंधन के रूप में करते हैं।
- साधारण पानी का उपयोग न्यूट्रॉन मॉडरेटर और शीतलक दोनों के रूप में किया जाता है। PWR में, मॉडरेटर और प्राथमिक शीतलक के रूप में उपयोग किया जाने वाला पानी भाप उत्पन्न करने और टरबाइन चलाने के लिए उपयोग किए जाने वाले पानी से अलग होता है।
- परमाणु प्रतिक्रिया से उत्पन्न गर्मी को कुशलतापूर्वक बिजली में परिवर्तित करने के लिए, पानी जो न्यूट्रॉन को नियंत्रित करता है और ईंधन तत्वों को ठंडा करता है, उसे वायुमंडलीय दबाव से 150 गुना अधिक दबाव में समाहित किया जाता है।

उबलता पानी रिएक्टर (Boiling Water Reactors)

- ये रिएक्टरों के दूसरे सबसे अधिक उपयोग किए जाने वाले प्रकार हैं।

- साधारण हल्के पानी का उपयोग PWR की तरह मॉडरेटर और शीतलक दोनों के रूप में किया जाता है।
- हालाँकि, PWR के विपरीत, उबलते पानी रिएक्टर में कोई अलग माध्यमिक भाप चक्र नहीं होता है। रिएक्टर से पानी को भाप में परिवर्तित किया जाता है और जनरेटर टरबाइन को सीधे चलाने के लिए उपयोग किया जाता है।

उच्च तापमान गैस कूल्ड रिएक्टर (High Temperature Gas Cooled Reactors)

- उच्च तापमान वाले गैस कूल्ड रिएक्टर PWR की तुलना में काफी अधिक तापमान पर काम करते हैं।
- वे प्राथमिक शीतलक के रूप में गैस का उपयोग करते हैं।
- परमाणु प्रतिक्रिया अधिकतर कार्बन द्वारा नियंत्रित होती है।
- ये रिएक्टर पीडब्ल्यूआर की तुलना में काफी अधिक दक्षता प्राप्त कर सकते हैं लेकिन प्रति रिएक्टर बिजली उत्पादन गैस की कम कुशल शीतलन शक्ति द्वारा सीमित है।

भारी जल रिएक्टर (Heavy Water Reactors)

- भारी जल रिएक्टर PWR के समान हैं लेकिन मॉडरेटर और शीतलक के रूप में हाइड्रोजन के ड्यूटेरियम आइसोटोप से समृद्ध पानी का उपयोग करते हैं।
- इस प्रकार के पानी को "भारी पानी" कहा जाता है और यह पृथ्वी पर पाए जाने वाले प्रति मिलियन पानी में लगभग 0.022 भाग बनता है।
- भारी पानी को मॉडरेटर के रूप में उपयोग करने का लाभ यह है कि परमाणु रिएक्टर को चलाने के लिए प्राकृतिक, असंवर्धित यूरेनियम का उपयोग किया जा सकता है।

यूरेनियम फास्ट ब्रीडर रिएक्टर (Uranium Fast Breeder Reactors)

- ये रिएक्टर सीधे विखंडन प्रक्रिया के माध्यम से उत्पादित अनियंत्रित "तेज" न्यूट्रॉन का उपयोग करते हैं।
- ये रिएक्टर 238U से 239Pu को "प्रजनन" करते हैं और इस प्रकार खपत से अधिक ईंधन का उत्पादन करते हैं।
- फास्ट-ब्रीडर तकनीक के उपयोग से यूरेनियम के उपयोग की दक्षता को 50 गुना से अधिक बढ़ाना संभव हो जाता है।
- इसके अलावा, अतिरिक्त न्यूट्रॉन का उपयोग वर्तमान परमाणु ऊर्जा रिएक्टरों से लंबे समय तक रहने वाले ट्रांसयूरेनिक कचरे को अत्यधिक भारी आइसोटोप में तब तक परिवर्तित करने के लिए किया जा सकता है जब तक कि वे अंततः विखंडित न हो जाएं। इस प्रकार इन रिएक्टरों का उपयोग परमाणु कचरे के सबसे परेशानी वाले घटक को "जलाने" के लिए किया जा सकता है।
- इस प्रकार के रिएक्टर का निर्माण पारंपरिक दूसरी पीढ़ी के पावर रिएक्टर की तुलना में अधिक महंगा और संचालित करने में अधिक कठिन है।

थोरियम ब्रीडर रिएक्टर (Thorium Breeder Reactors)

- थोरियम एक ऐसा तत्व है जो पृथ्वी पर यूरेनियम से 3 गुना अधिक प्रचुर मात्रा में पाया जाता है। इसमें एक स्थिर आइसोटोप 232Th है।
- एक परमाणु रिएक्टर में यह आइसोटोप न्यूट्रॉन को कैद कर सकता है और 233U में परिवर्तित कर सकता है। 233U, 235U और 239Pu की तरह विखंडन से गुजरता है।
- हालाँकि जब 233U विखंडन होता है तो यह 235U या 239Pu की तुलना में अधिक न्यूट्रॉन छोड़ता है।
- नतीजतन, एक ब्रीडर रिएक्टर का निर्माण संभव है जो ऊर्जा उत्पन्न करने के लिए थर्मल न्यूट्रॉन का उपयोग करता है और 232Th के साथ मिश्रित 233U की पर्याप्त प्रारंभिक मात्रा को देखते हुए थोरियम से 233U उत्पन्न करता है।
- थोरियम प्रजनकों का एक और फायदा यह है कि यूरेनियम या प्लूटोनियम आधारित रिएक्टरों की तुलना में ट्रांसयूरेनिक कचरे (transuranic waste) की मात्रा काफी कम हो जाती है।

2.2.2. परमाणु संलयन (Nuclear Fusion)

- परमाणु संलयन एक ऐसी प्रक्रिया है जिसके द्वारा हल्के तत्वों के बीच परमाणु प्रतिक्रिया से भारी तत्व बनते हैं।
- ऐसे मामलों में जहां परस्पर क्रिया करने वाले नाभिक कम परमाणु संख्या वाले तत्वों से संबंधित होते हैं (उदाहरण के लिए, हाइड्रोजन [परमाणु संख्या 1] या इसके समस्थानिक ड्यूटेरियम और ट्रिटियम), वहां पर्याप्त मात्रा में ऊर्जा जारी होती है।
- संलयन वह प्रक्रिया है जो सक्रिय तारों को ऊर्जा प्रदान करती है। परमाणु संलयन प्रतिक्रियाओं से निकलने वाली ऊर्जा गर्मी और प्रकाश के स्रोत के रूप में सूर्य और अन्य तारों की दीर्घायु के लिए जिम्मेदार है।
- सूर्य में मुख्य ऊर्जा उत्पादक हाइड्रोजन का संलयन है जिससे हीलियम बनता है। प्रत्येक हीलियम परमाणु में संलयन के लिए चार हाइड्रोजन परमाणुओं की आवश्यकता होती है। प्रक्रिया के दौरान कुछ द्रव्यमान ऊर्जा में परिवर्तित हो जाते है।

2.2.2.1. संलयन प्रतिक्रिया (Fusion Reaction)

- व्यावहारिक ऊर्जा उत्पादन के लिए एक महत्वपूर्ण संलयन प्रतिक्रिया ड्यूटेरियम और ट्रिटियम (D-T संलयन प्रतिक्रिया) के बीच है। यह हीलियम (He) और एक न्यूट्रॉन (n) उत्पन्न करता है और इस तरह लिखा गया है:

$$\mathbf{D + T \rightarrow He + n}$$

- हल्के तत्वों के बीच संलयन प्रतिक्रियाओं से ऊर्जा निकलती है, क्योंकि अलग-अलग माने जाने वाले Z प्रोटॉन और N न्यूट्रॉन और द्रव्यमान M के नाभिक में एक साथ बंधे न्यूक्लियॉन (Z + N) के बीच द्रव्यमान अंतर होता है।
- M, (Z + N) से छोटा है। समीकरण ($e=mc^2$) के तहत द्रव्यमान अंतर को ऊर्जा में परिवर्तित किया जाता है।

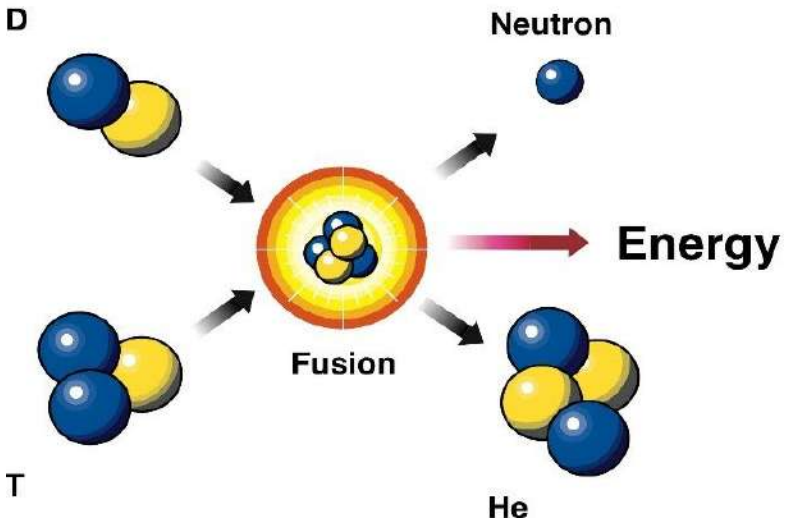

Figure.4. परमाणु संलयन

संलयन प्रतिक्रियाओं के दो मूल प्रकार

- **पहला प्रकार:** जो प्रोटॉन और न्यूट्रॉन की संख्या को संरक्षित करते हैं: व्यावहारिक संलयन ऊर्जा उत्पादन के लिए सबसे महत्वपूर्ण।
- **दूसरा प्रकार:** वे जिनमें प्रोटॉन और न्यूट्रॉन के बीच रूपांतरण शामिल है: तारा जलने (star burning) की शुरुआत के लिए महत्वपूर्ण।

सिद्धांत

- संलयन प्रतिक्रियाएं विद्युत प्रतिकारक बल द्वारा बाधित होती हैं, जिसे **कूलम्ब बल** कहा जाता है, जो दो सकारात्मक रूप से चार्ज किए गए नाभिकों के बीच कार्य करता है।
- संलयन होने के लिए, दो नाभिकों को अपने विद्युत प्रतिकर्षण को दूर करने और पर्याप्त रूप से छोटा पृथक्करण (एक सेंटीमीटर के एक-खरबवें से भी कम) प्राप्त करने के लिए उच्च गति से एक-दूसरे के पास आना चाहिए ताकि कम दूरी का मजबूत बल हावी हो सके।
- उपयोगी मात्रा में ऊर्जा के उत्पादन के लिए, बड़ी संख्या में नाभिकों का संलयन होना आवश्यक है; कहने का तात्पर्य यह है कि संलयन नाभिक की एक गैस का उत्पादन किया जाना चाहिए।
- अत्यधिक उच्च तापमान पर गैस में, औसत नाभिक में संलयन से गुजरने के लिए पर्याप्त गतिज ऊर्जा होती है।
- ऐसा माध्यम किसी साधारण गैस को उस तापमान से अधिक गर्म करके तैयार किया जा सकता है जिस पर इलेक्ट्रॉन अपने परमाणुओं से बाहर निकल जाते हैं। परिणाम एक आयनित गैस है जिसमें मुक्त नकारात्मक इलेक्ट्रॉन और सकारात्मक नाभिक होते हैं।
- यह आयनित गैस **प्लाज्मा अवस्था** में है, जो पदार्थ की चौथी अवस्था है। ब्रह्माण्ड में अधिकांश पदार्थ प्लाज्मा अवस्था में है।

2.2.2.2. ITER (अंतर्राष्ट्रीय थर्मोन्यूक्लियर प्रायोगिक रिएक्टर-International Thermonuclear Experimental Reactor)

- ITER (लैटिन में जिसका अर्थ है "रास्ता") एक **अंतरराष्ट्रीय परमाणु संलयन अनुसंधान** और इंजीनियरिंग मेगाप्रोजेक्ट है जिसका उद्देश्य सूर्य के समान संलयन प्रक्रिया के माध्यम से ऊर्जा बनाना है।
- इसे **दक्षिणी फ्रांस** में कैडराचे सुविधा के बगल में बनाया जा रहा है।
- यह **विश्व का सबसे बड़ा टोकामक** है, एक चुंबकीय संलयन उपकरण जिसे बड़े पैमाने पर और कार्बन-मुक्त ऊर्जा स्रोत के रूप में संलयन की व्यवहार्यता साबित करने के लिए डिज़ाइन किया गया है।
- ITER का प्राथमिक उद्देश्य जलते प्लाज़्मा की जांच और प्रदर्शन है। यह वह प्लाज्मा है जिसमें संलयन प्रतिक्रियाओं द्वारा उत्पादित हीलियम नाभिक की ऊर्जा प्लाज्मा के तापमान को बनाए रखने के लिए पर्याप्त है, जिससे बाहरी हीटिंग की आवश्यकता कम हो जाती है या समाप्त हो जाती है।
- ITER एक संलयन रिएक्टर (जैसे सुपरकंडक्टिंग मैग्नेट, रिमोट रखरखाव और प्लाज्मा से बिजली निकालने के लिए सिस्टम) के लिए आवश्यक प्रौद्योगिकियों की उपलब्धता और एकीकरण और ट्रिटियम प्रजनन मॉड्यूल अवधारणाओं की वैधता का भी परीक्षण करेगा जो भविष्य के रिएक्टर को ट्रिटियम आत्मनिर्भरता की तरफ ले जाएगा।
- संलयन में एक अंतरराष्ट्रीय संयुक्त प्रयोग का विचार **पहली बार 1985 में लॉन्च** होने के बाद से हजारों इंजीनियरों और वैज्ञानिकों ने ITER के डिजाइन में योगदान दिया है।

ITER संगठन

- ITER संगठन एक अंतरसरकारी संगठन है जिसे **2006 में हस्ताक्षरित** एक अंतरराष्ट्रीय समझौते द्वारा बनाया गया था, और सभी पक्षों द्वारा इसके अनुसमर्थन के बाद 24 अक्टूबर 2007 को औपचारिक रूप से स्थापित किया गया था।
- ITER समझौते की पार्टियां (ITER सदस्य) चीन, यूरोपीय संघ (यूरेटॉम के माध्यम से), भारत, जापान, कोरिया, रूस और संयुक्त राज्य अमेरिका (**कुल 35 देश**) हैं।
- ITER संगठन का उद्देश्य ITER परियोजना के लाभ के लिए अपने सदस्यों के बीच सहयोग प्रदान करना और बढ़ावा देना है, जो शांतिपूर्ण उद्देश्यों के लिए संलयन ऊर्जा की वैज्ञानिक और तकनीकी व्यवहार्यता को प्रदर्शित करने के लिए एक अंतरराष्ट्रीय सहयोग है।
- यह परियोजना के समग्र एकीकरणकर्ता और ITER सुविधा के परमाणु ऑपरेटर के रूप में कार्य करता है।

टोकामक क्या है?

- फ्रांस में ITER कॉम्प्लेक्स का निर्माण 2013 में शुरू हुआ और टोकामक की असेंबली 2020 में शुरू हुई।
- टोकामक **एक प्रायोगिक मशीन** है जिसे **संलयन की ऊर्जा का उपयोग** करने के लिए डिज़ाइन किया गया है।

- टोकामक के अंदर, परमाणुओं के संलयन से उत्पन्न ऊर्जा पोत (vessel) की दीवारों में गर्मी के रूप में अवशोषित हो जाती है। एक पारंपरिक बिजली संयंत्र की तरह, एक संलयन बिजली संयंत्र इस गर्मी का उपयोग टर्बाइन और जनरेटर के माध्यम से भाप और फिर बिजली का उत्पादन करने के लिए करेगा।
- टोकामक का केन्द्र उसका डोनट के आकार का निर्वात कक्ष है। अंदर, अत्यधिक गर्मी और दबाव के प्रभाव में, गैसीय हाइड्रोजन ईंधन एक प्लाज्मा बन जाता है - वही वातावरण जिसमें हाइड्रोजन परमाणुओं को फ्यूज करने और ऊर्जा उत्पन्न करने के लिए लाया जा सकता है।
- प्लाज्मा के आवेशित कणों को पोत के चारों ओर रखे गए विशाल चुंबकीय कॉइल (coil) द्वारा आकार और नियंत्रित किया जा सकता है; भौतिक विज्ञानी इस महत्वपूर्ण गुण का उपयोग गर्म प्लाज्मा को पोत की दीवारों से दूर रखने के लिए करते हैं।
- शब्द "टोकामक" एक रूसी संक्षिप्त नाम से आया है जिसका अर्थ है "**चुंबकीय कॉइल के साथ टोरॉयडल कक्ष**- toroidal chamber with magnetic coils।"
- पहली बार 1960 के दशक के अंत में सोवियत अनुसंधान द्वारा विकसित टोकामक को चुंबकीय संलयन उपकरण के सबसे आशाजनक विन्यास के रूप में दुनिया भर में अपनाया गया है।

3. भारत में परमाणु ऊर्जा (Nuclear Energy in India)

- परमाणु ऊर्जा भारत के लिए **बिजली का पांचवां सबसे बड़ा स्रोत** है जो देश में कुल बिजली उत्पादन में लगभग 3% योगदान देता है।
- भारत ने 4 अगस्त 1956 को परमाणु युग में प्रवेश किया, जब **भारत का पहला परमाणु रिएक्टर अप्सरा** परिचालन में आया। इस रिएक्टर को भारत द्वारा एक लीज समझौते के तहत यूनाइटेड किंगडम से आपूर्ति किए गए परमाणु ईंधन से डिजाइन और निर्मित किया गया था।
- अनुसंधान उद्देश्यों के लिए भारत का दूसरा रिएक्टर, CIRUS, कनाडा के सहयोग से बनाया गया था और 1960 के दशक की शुरूआत में परिचालन में आया था।
- भारत ने ईंधन के रूप में समृद्ध यूरेनियम का उपयोग करके 1000 मेगावाट की दो रिएक्टर बिजली इकाइयाँ बनाने के लिए 1988 में पूर्व सोवियत संघ के साथ सहयोग किया।
- 1998 में, भारत और रूस ने इस परियोजना को शुरू करने का फैसला किया, और साइट पर काम 2003 में शुरू हुआ। **कुडनकुलम में पहली इकाई 2014** में और दूसरी 2016 में परिचालन में आई।
- भारत में अब (2021 तक) 22 रिएक्टर परिचालन में हैं, जिनकी कुल क्षमता 6780 मेगावाट है। इसके अलावा बारह और रिएक्टर बनाए जा रहे हैं।
- 2021 में, सरकार ने संसद में कहा कि 2031 तक परमाणु ऊर्जा उत्पादन क्षमता बढ़कर 22,480 मेगावाट हो जाएगी। यह आंकड़ा 2022 में संसद में फिर से दोहराया गया था।

- **न्यूक्लियर पावर कॉरपोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड**, या NPCIL, एक भारत सरकार के स्वामित्व वाला निगम है जिसका मुख्यालय मुंबई में है जो परमाणु ऊर्जा का उपयोग करके बिजली उत्पादन का प्रभारी है।
- परमाणु ऊर्जा विभाग (Department of Atomic Energy-DEA) NPCIL को चलाने के लिए जिम्मेदार है।

3.1. भारत में परिचालन परमाणु ऊर्जा संयंत्रों की सूची (List of Operational Nuclear Power Plants in India)

नाम	परिचालन वर्ष	जगह	क्षमता (मेगावाट)
काकरापार परमाणु ऊर्जा स्टेशन	1993	गुजरात	440
(कलपक्कम) मद्रास परमाणु ऊर्जा स्टेशन	1984	तमिलनाडु	440
नरौरा परमाणु ऊर्जा स्टेशन	1991	उतार प्रदेश	440
कैगा परमाणु ऊर्जा संयंत्र	2000	कर्नाटक	880
राजस्थान परमाणु ऊर्जा स्टेशन	1973	राजस्थान	1180
तारापुर परमाणु ऊर्जा स्टेशन (सबसे पुरानी परमाणु सुविधा)	1969	महाराष्ट्र	1400
कुडनकुलम परमाणु ऊर्जा संयंत्र (सबसे बड़ा)	2013	तमिलनाडु	2000

3.2. भारत का परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम (India's Nuclear Energy Programme)

- भारत का **3 चरण का परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम 1954** में भारत के परमाणु कार्यक्रम के जनक डॉ. होमी जे भाबा द्वारा तैयार किया गया था।
- मुख्य उद्देश्य भारत के कम यूरेनियम भंडार को ध्यान में रखते हुए उसके थोरियम भंडार का लाभ उठाना था।
- भारत के पास वैश्विक यूरेनियम भंडार का केवल 2% है, लेकिन दुनिया के थोरियम भंडार का 25% है।
- इसके तीन चरण हैं:
    - प्राकृतिक यूरेनियम ईंधन वाले दबावयुक्त भारी जल रिएक्टर (PWHR)

- प्लूटोनियम आधारित ईंधन के उपयोग के लिए फास्ट ब्रीडर रिएक्टर (Fast Breeder Reactors-FBRs)
- थोरियम के उपयोग के लिए उन्नत परमाणु ऊर्जा प्रणालियाँ

प्रथम चरण

- पहले चरण में बिजली उत्पादन के लिए दबावयुक्त भारी पानी रिएक्टरों को ईंधन देने के लिए प्राकृतिक यूरेनियम का उपयोग करना और उपोत्पाद के रूप में प्लूटोनियम-239 का उत्पादन करना शामिल है।
  - **U-238 → Plutonium-239 + Heat**
- भारत के बुनियादी ढांचे को देखते हुए हल्के पानी रिएक्टरों (Light Water Reactors-LWRs) के बजाय दबावयुक्त भारी पानी रिएक्टरों का उपयोग करना सबसे अच्छा विकल्प था। जबकि दबावयुक्त भारी जल रिएक्टरों में असंवर्धित यूरेनियम का उपयोग किया जाता है, हल्के जल रिएक्टरों के लिए संवर्धित यूरेनियम की आवश्यकता होती है।
- इसके अलावा, LWRs के विपरीत, PWHR के घटकों को भारत में घरेलू स्तर पर निर्मित किया जा सकता है, जिसके लिए कुछ घटकों को आयात करने की आवश्यकता होती है। इसके अलावा दूसरे चरण में उपोत्पाद प्लूटोनियम-293 का उपयोग किया जा सकता है।

चरण 2

- दूसरे चरण में मिश्रित-ऑक्साइड ईंधन का उत्पादन करने के लिए **प्लूटोनियम-239 का उपयोग** करना शामिल है, जिसका उपयोग फास्ट ब्रीडर रिएक्टरों में किया जाएगा।
- इन रिएक्टरों में दो प्रक्रियाएँ होती हैं। सबसे पहले प्लूटोनियम 293 ऊर्जा उत्पन्न करने के लिए विखंडन से गुजरता है, और धातु ऑक्साइड को समृद्ध यूरेनियम के साथ प्रतिक्रिया करके मिश्रित-ऑक्साइड ईंधन के साथ प्रतिक्रिया करके अधिक प्लूटोनियम-239 का उत्पादन किया जाता है।
- इसके अलावा एक बार पर्याप्त मात्रा में प्लूटोनियम-239 तैयार हो जाने पर, यूरेनियम-233 का उत्पादन करने के लिए रिएक्टर में थोरियम का उपयोग किया जाता है। यह यूरेनियम तीसरे चरण के लिए महत्वपूर्ण है।

चरण 3

- चरण-3 का मुख्य उद्देश्य एक स्थायी परमाणु ईंधन चक्र प्राप्त करना है। उन्नत परमाणु प्रणाली यूरेनियम-233 और थोरियम के संयोजन का उपयोग करेगी। इस प्रकार थर्मल ब्रीडर रिएक्टर का उपयोग करके भारत के विशाल थोरियम का दोहन किया जाएगा।
- फिलहाल यह चरण अभी शोध चरण में है। इस प्रकार भारत अपने थोरियम का उपयोग अन्य प्रौद्योगिकियों में भी करना चाहता है।
- विकल्पों में एक्सेलेरेटर संचालित सिस्टम (Accelerator Driven Systems-ADS), उन्नत भारी पानी रिएक्टर (Advanced Heavy Water Reactor-AHWR) और कॉम्पैक्ट उच्च तापमान रिएक्टर (Compact High Temperature Reactor-CHTR) शामिल हैं।

4. सौर ऊर्जा (Solar Energy)

- सौर ऊर्जा पृथ्वी पर सबसे प्रचुर और स्वच्छ ऊर्जा संसाधन है। एक घंटे में पृथ्वी की सतह पर आने वाली सौर ऊर्जा की मात्रा लगभग एक वर्ष में सभी मानवीय गतिविधियों के लिए आवश्यक मात्रा के बराबर होती है।
- सौर ऊर्जा का उपयोग मुख्य रूप से तीन तरीकों से किया जा सकता है, एक है फोटोवोल्टिक (PV) सेल के माध्यम से सूर्य के प्रकाश को सीधे बिजली में परिवर्तित करना, दूसरा है सौर ऊर्जा को केंद्रित करना और तिसरा है हीटिंग और कूलिंग के लिए सौर थर्मल कलेक्टरों को केंद्रित करना।

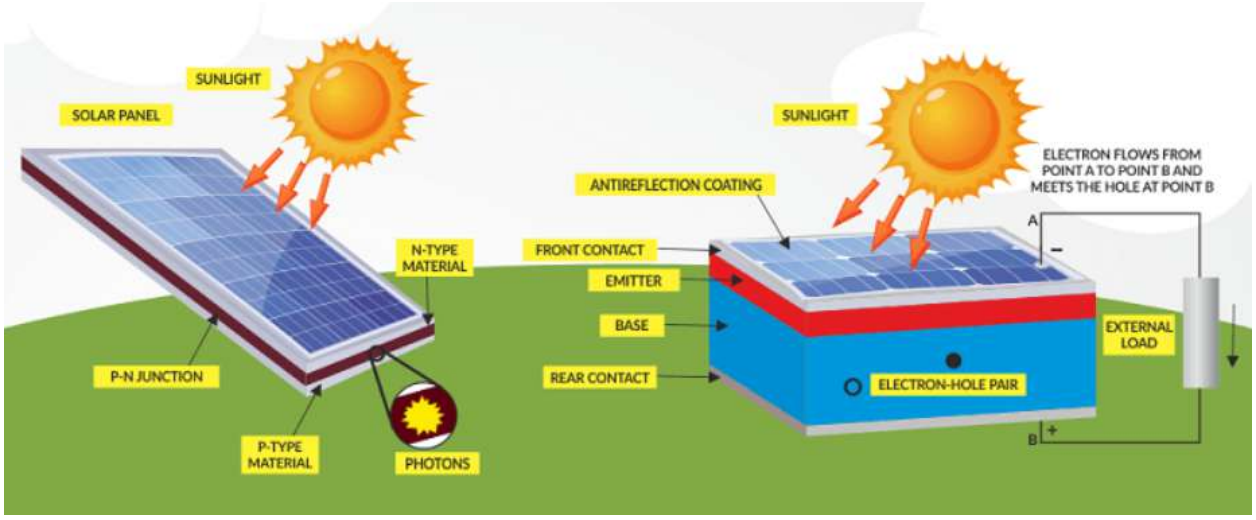

Figure.5. सौर पैनलों का कार्य

4.1. सौर पैनलों की भूमिका (Role of Solar Panels)

- सौर पैनल बिजली पैदा करने के लिए जिम्मेदार होते हैं और ज्यादातर मामलों में वे किसी भी इमारत की छत पर स्थित होते हैं।
- ये सौर पैनल जिन्हें मॉड्यूल के रूप में भी जाना जाता है, अधिकतम क्षमता और बिजली उत्पादन के लिए आमतौर पर दक्षिणी मुखी होते हैं।
- इनमें से प्रत्येक सौर पैनल सिलिकॉन सेल की एक विशेष परत, एक धातु फ्रेम, एक कांच के आवरण से बना है जो विशेष फिल्म और तारों (wiring) से घिरा हुआ है।
- अधिकतम बिजली उत्पादन के लिए, सौर पैनलों को एक साथ "सरणी (array)" में व्यवस्थित किया जाता है। इन सौर सेल के माध्यम से जिन्हें फोटोवोल्टिक सेल के रूप में भी जाना जाता है, दिन के उजाले के दौरान सूर्य का प्रकाश अवशोषित होता है।

4.2. अवशोषित सौर ऊर्जा का विद्युत ऊर्जा में रूपांतरण (Conversion of Absorbed Solar Energy into Electrical Energy)

- सौर ऊर्जा को परिवर्तित करने के लिए सौर सेल या फोटोवोल्टिक सेल स्थापित करना पहला प्रारंभिक कदम है।

- प्रत्येक सौर सेल में एक पतला **सेमीकंडक्टर वेफर** होता है जो **सिलिकॉन** की दो परतों से बना होता है। सिलिकॉन सेमीकंडक्टर कंडक्टर और इंसुलेटर दोनों के रूप में कार्य कर सकते हैं।
- एक सिलिकॉन परत सकारात्मक रूप से चार्ज होती है जिसे **N-प्रकार** के रूप में जाना जाता है और दूसरी सिलिकॉन परत नकारात्मक रूप से चार्ज होती है जिसे **P-प्रकार** के रूप में जाना जाता है।
- N-प्रकार इलेक्ट्रॉनों को आसानी से छोड़ देता है जबकि दूसरी तरफ पी-साइड सेमीकंडक्टर विद्युत क्षेत्र में अतिरिक्त इलेक्ट्रॉनों को प्राप्त करता है। इसलिए यह सकारात्मक और नकारात्मक परत सौर पैनल पर विद्युत क्षेत्र के निर्माण में सहायक होती है।
- सूर्य से ऊर्जा पृथ्वी पर छोटे-छोटे पैकेटों के रूप में आती है जिन्हें फोटॉन कहा जाता है। जब सूर्य का प्रकाश पहले से ही एक विद्युत क्षेत्र बनाने वाले इन फोटोवोल्टिक सेल पर पड़ता है, तो सूर्य के प्रकाश के फोटॉन इन कोशिकाओं के अंदर इलेक्ट्रॉनों को चौंका देते हैं और उन्हें प्रवाहित करने के लिए सक्रिय कर देते हैं।
- ये ढीले इलेक्ट्रॉन जो विद्युत क्षेत्र पर प्रवाहित होने लगते हैं, आगे चलकर विद्युत धारा का निर्माण करते हैं।
- वह विद्युत ऊर्जा जो हमें सौर ऊर्जा से फोटोवोल्टिक सेल के माध्यम से प्राप्त होती है, सामान्यतः प्रत्यक्ष धारा (Direct current-DC) विद्युत के रूप में जानी जाती है।
- DC को प्रत्यावर्ती धारा (alternating current-AC) में बदलने के लिए विशेष सौर इनवर्टर स्थापित करने की आवश्यकता होती है। इन्वर्टर DC बिजली को 120 वोल्ट AC में बदल देता है जिसे घरेलू उपकरणों के लिए तत्काल उपयोग में लाया जा सकता है।

5. भारत में सौर ऊर्जा (Solar Energy in India)

- भारत उन उष्णकटिबंधीय देशों में से है जहां पूरे वर्ष पर्याप्त सौर सूर्यातप प्राप्त होता है। भारत के भूमि क्षेत्र में प्रति वर्ष लगभग 5,000 ट्रिलियन kWh ऊर्जा प्रवाहित होती है और अधिकांश भागों में प्रति दिन 4-7 kWh प्रति वर्ग मीटर ऊर्जा प्राप्त होती है।
- सौर ऊर्जा उत्पादन के मामले में भारत विश्व स्तर पर चौथे स्थान पर है। 30 जून, 2023 तक देश में स्थापित कुल सौर ऊर्जा क्षमता **70.10 गीगावॉट** है और इसके अलावा, 55.90 गीगावॉट स्थापना के अधीन है।
- उच्चतम स्थापित क्षमता के मामले में शीर्ष सात राज्यों में **राजस्थान** (17.83 गीगावॉट), गुजरात (10.13 गीगावॉट), कर्नाटक (9.05 गीगावॉट), तमिलनाडु (6.89 गीगावॉट), महाराष्ट्र (4.87 गीगावॉट), तेलंगाना (4.69 गीगावॉट) और आंध्र प्रदेश (4.55 गीगावाट) शामिल हैं।
- **राष्ट्रीय सौर ऊर्जा संस्थान**, नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय का एक स्वायत्त संस्थान, सौर ऊर्जा के क्षेत्र में अनुसंधान और विकास के लिए शीर्ष संस्थान है।

5.1. भारत में सबसे बड़े सौर ऊर्जा संयंत्रों की सूची (List of Largest Solar Power Plants In India)

क्रमांक	नाम	स्थापित क्षमता (मेगावाट)
1.	भड़ला सोलर पार्क, राजस्थान (विश्व का सबसे बड़ा सोलर पार्क)	2,245
2.	पावागाडा सोलर पार्क, कर्नाटक	2,050
3.	एनपी कुंटा अल्ट्रा मेगा सोलर पार्क, आंध्र प्रदेश	1500
4.	कुरनूल अल्ट्रा मेगा सोलर पार्क, आंध्र प्रदेश	1,000
5.	रीवा अल्ट्रा मेगा सोलर, मध्य प्रदेश	750

5.2. सरकारी योजनाएँ, नीतियाँ और पहल (Government Schemes, Policies and Initiatives)

सौर पार्क योजना (Solar Parks Scheme)

- बड़े पैमाने पर ग्रिड से जुड़ी सौर ऊर्जा परियोजनाओं को सुविधाजनक बनाने के लिए, **मार्च 2024 तक 40 गीगावॉट क्षमता** की लक्ष्य क्षमता के साथ "सौर पार्क और अल्ट्रा मेगा सौर ऊर्जा परियोजनाओं के विकास" की एक योजना लागू की जा रही है।
- यह योजना **दिसंबर 2014 में** नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय (Ministry of New and Renewable Energy-MNRE) द्वारा शुरू की गई थी।
- सोलर पार्क सौर ऊर्जा डेवलपर्स को सभी वैधानिक मंजूरी के साथ-साथ भूमि, बिजली निकासी सुविधाएं, सड़क कनेक्टिविटी, पानी की सुविधा आदि जैसे आवश्यक बुनियादी ढांचे की सुविधा प्रदान करके प्लग एंड प्ले मॉडल प्रदान करते हैं।
- 31-10-2022 तक, 14 राज्यों में 39.28 गीगावॉट की संचयी क्षमता के साथ **56 सौर पार्क** स्वीकृत किए गए हैं।
- 17 पार्कों में 10 गीगावॉट से अधिक की कुल क्षमता की सौर ऊर्जा परियोजनाएं पहले ही चालू की जा चुकी हैं और शेष पार्क कार्यान्वयन के विभिन्न चरणों में हैं।

PM-कुसुम योजना (PM-KUSUM Scheme)

- प्रधान मंत्री किसान ऊर्जा सुरक्षा एवं उत्थान महाअभियान (PM-कुसुम) को MNRE द्वारा **2019 में** ऊर्जा और जल सुरक्षा प्रदान करने, कृषि क्षेत्र को डीजल मुक्त करने और सौर ऊर्जा का उत्पादन करके किसानों के लिए अतिरिक्त आय उत्पन्न करने के लिए शुरू किया गया था।
- योजना में तीन घटक शामिल हैं:

    - **घटक ए:** 10,000 मेगावाट के विकेंद्रीकृत ग्रिड से जुड़े सौर ऊर्जा संयंत्रों की स्थापना, जिनमें से प्रत्येक की क्षमता 2 मेगावाट तक है।
    - **घटक बी:** 20 लाख स्टैंडअलोन सौर ऊर्जा संचालित कृषि पंपों की स्थापना
    - **घटक सी:** 15 लाख मौजूदा ग्रिड से जुड़े कृषि पंपों का सौर्यीकरण
- इस योजना का लक्ष्य 34,000 करोड़ रुपये से अधिक की केंद्रीय वित्तीय सहायता के साथ 30.8 गीगावॉट सौर क्षमता जोड़ना है।

रूफटॉप सोलर योजना (Rooftop Solar Scheme)

- घरों की छत पर सोलर पैनल लगाकर सौर ऊर्जा पैदा करने के लिए नवीन एवं नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय ने ग्रिड-कनेक्टेड रूफटॉप सोलर योजना लागू कर रखा है।
- इसका लक्ष्य वर्ष **2022 तक रूफटॉप सौर परियोजनाओं से 40,000 मेगावाट** की संचयी क्षमता हासिल करना है।
- यह योजना राज्य में वितरण कंपनियों (DISCOMs) द्वारा क्रियान्वित की जा रही है।
- कार्यक्रम के प्रमुख उद्देश्य में शामिल हैं:
    - आवासीय, सामुदायिक, संस्थागत, औद्योगिक और वाणिज्यिक प्रतिष्ठानों के बीच ग्रिड से जुड़े SPV (सोलर फोटोवोल्टेइक सेल) छत और छोटे SPV बिजली उत्पादन संयंत्रों को बढ़ावा देना।
    - जीवाश्म ईंधन आधारित बिजली उत्पादन पर निर्भरता को कम करना और पर्यावरण-अनुकूल सौर बिजली उत्पादन को प्रोत्साहित करना।
    - निजी क्षेत्र, राज्य सरकार और व्यक्तियों द्वारा सौर ऊर्जा क्षेत्र में निवेश के लिए एक सक्षम वातावरण बनाना।
    - छत और छोटे संयंत्रों से ग्रिड तक सौर ऊर्जा की आपूर्ति के लिए एक सक्षम वातावरण बनाना।
- कार्यक्रम को 31.03.2026 तक बढ़ा दिया गया है और इसलिए, कार्यक्रम के तहत सब्सिडी तब तक उपलब्ध रहेगी जब तक कि कार्यक्रम के तहत लक्ष्य प्राप्त नहीं हो जाता।

अंतर्राष्ट्रीय सौर गठबंधन (International Solar Alliance-ISA)

- अंतर्राष्ट्रीय सौर गठबंधन कर्क और मकर रेखा के बीच पूर्ण या आंशिक रूप से स्थित सूर्य-समृद्ध देशों के बीच सहयोग के लिए एक आम मंच है, जो सौर ऊर्जा को बढ़ाने की मांग कर रहे हैं, जिससे स्वच्छ और सस्ती ऊर्जा प्रदान करते हुए वैश्विक ग्रीनहाउस उत्सर्जन वक्र को मोड़ने में मदद मिलेगी।
- ISA की कल्पना सौर ऊर्जा समाधानों की तैनाती के माध्यम से जलवायु परिवर्तन के खिलाफ प्रयास जुटाने के लिए भारत और फ्रांस के संयुक्त प्रयास के रूप में की गई थी।
- इसकी संकल्पना **2015 में पेरिस में** आयोजित UNFCCC के **COP21** के मौके पर की गई थी।
- 2020 में इसके फ्रेमवर्क समझौते में संशोधन के साथ, संयुक्त राष्ट्र के सभी सदस्य देश अब ISA में शामिल होने के लिए पात्र हैं।

- वर्तमान में (सितंबर 2023), **116 देश** ISA फ्रेमवर्क समझौते पर हस्ताक्षरकर्ता हैं, जिनमें से 92 देशों ने ISA के पूर्ण सदस्य बनने के लिए अनुसमर्थन के आवश्यक दस्तावेज जमा कर दिए हैं।
- ISA का मुख्यालय गुरुग्राम, हरियाणा, भारत में है।
- मुख्य फोकस क्षेत्रों में शामिल हैं:
    - समृद्धि बढ़ाने के लिए सौर प्रौद्योगिकियों, नए व्यापार मॉडल और सौर क्षेत्र में निवेश को बढ़ावा देना।
    - सौर अनुप्रयोगों को बढ़ावा देने के लिए परियोजनाएं और कार्यक्रम तैयार करना।
    - पूंजी की लागत कम करने के लिए नवीन वित्तीय तंत्र विकसित करना।
    - एक सामान्य ज्ञान ई-पोर्टल बनाना।
    - सदस्य देशों के बीच सौर प्रौद्योगिकियों और अनुसंधान एवं विकास के प्रचार और अवशोषण के लिए क्षमता निर्माण की सुविधा प्रदान करना।

राष्ट्रीय सौर मिशन (National Solar Mission-NSM)

- इसे जनवरी **2010 में** लॉन्च किया गया था।
- NSM का प्रारंभिक लक्ष्य 2022 तक 20 गीगावॉट सौर ऊर्जा स्थापित करना था। 2015 की शुरुआत में इसे बढ़ाकर **100 गीगावॉट** कर दिया गया था।
- राष्ट्रीय सौर मिशन का उद्देश्य भारत को सौर ऊर्जा के क्षेत्र में वैश्विक लीडर के रूप में स्थापित करना है।
- मिशन **तीन चरण** का दृष्टिकोण अपनाता है, चरण 1 (2012 -13 तक), चरण 2 (2013 - 17) और चरण 3 (2017 - 22)।
- मिशन का तात्कालिक उद्देश्य देश में केंद्रीकृत और विकेंद्रीकृत दोनों स्तरों पर सौर प्रौद्योगिकी के प्रवेश के लिए एक सक्षम वातावरण स्थापित करने पर ध्यान केंद्रित करना है।