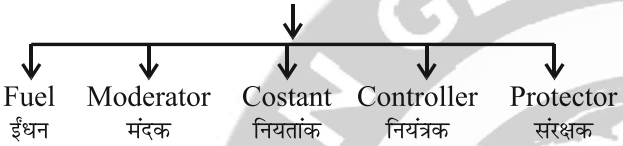
Nuclear Reactor/Atomic File

By: Sumit Shukla

Nuclear Reactor/Atomic file
अभिक्रिया रिएक्टर/परमाणु भट्ठी

नाभिकीय रिएक्टर वह व्यवस्था या संपन्न है जिसमें विभिन्न उद्देशों की पूर्ति के लिए निश्चित विखंडन श्रंखला अभिक्रिया संपादित की जाती है।

रिएक्टर के प्रमुख अवयव अग्रोलिखित हैं-



1. Fuel–

नाभिकीय रिएक्टरों में ईंधन सामाग्री के रूप में सामान्यत: भारी रेडियो समस्थानिकों का प्रयोग किया जाता है।

जैसे-

U^{233}, U^{235}, Th^{232}, Pu^{239}, U^{238}

- **ईंधन सामग्री का वर्गीकरण** -
  - विखण्डनीय सामग्री (Fissile Material)
  - उर्वर सामर्गी (Fertile Material)

विखण्डनीय सामग्री (Fissile Material)—

- ऐसै रेडियों समस्थानिक जो चट्टान प्रहार से अस्थिर होकर तुरंत विखंडित हो जाते हैं। विखंडनीय सामाग्री के अंतर्गत वर्गकृित किये जाते है। जैसे- U^{233}, U^{235}, Pu^{239}

उर्वर सामर्गी (Fertile Material)—

- ऐसे रेडियो समस्थानिक जो न्यूट्रोन अवशोषण के पश्चात विखंडित नहीं होते किंतु रेडियोधर्मी क्षय से गुजर कर विखंडीय सामग्री का उत्पादन करते हैं।

  जैसे- U^{238}, Th^{232}

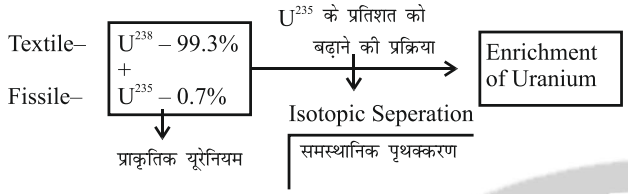
विखंडनीय सामग्री का वर्गीकरण-

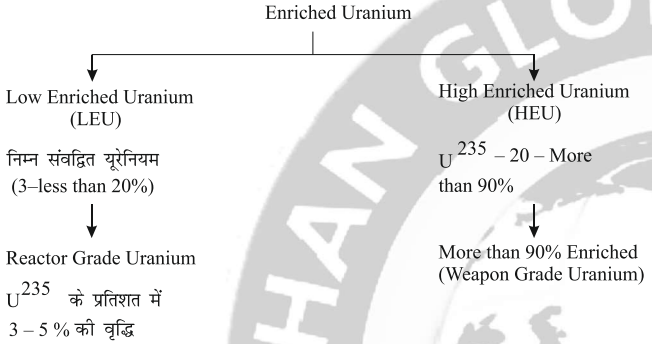
- Uranium – यूरेनियम

  Atomic Number – 92

  Isotopes – U^{233} कृत्रिम
  U^{234}
  U^{235}
  U^{238} प्राकृतिक
- यूरेनियम सर्वाधिक लोकप्रिय नाभिकीय ईधन है और इसे pitch Blend नामक अयस्क से प्राप्त किया जाता है।

- प्रकृति में यूरेनियम के 3 समस्थानिक पाये जाते हैं- U^{234}, U^{235}, U^{238}
- प्रकृति में यूरेनियम समस्थानिकों के मिश्रण के रूप में पाया जाता है, जिसमें-
  U^{234} (नगण्य), U^{235} (0.7%), U^{238} (99.3%)
  यूरेनियम के इसी मिश्रित प्रारूप को प्राकृतिक यूरेनियम कहते हैं।





- **प्राकृति यूरेनियम**- प्रकृति में यूरेनियम सामान्यत: U^{235} और U^{238} के मिश्रण के रूप में पाया जाता है जिसमें U^{235}, 0.7% और U^{238} 99.3% होता है। यूरेनियम के इसी प्रारूप को प्राकृतिक यूरेनियम कहते है।
- **यूरेनियम संवर्द्धन (Enrichment of Uranium)**– प्राकृतिक यूरेनियम में विखण्डनीय
- U^{235} के प्रतिशत को बढ़ाने की प्रक्रिया यूरेनियम संवर्द्धन कहलाती है, इस क्रम में समस्थानिक पृथक्करण विधि का प्रयोग किया जाता है।
- **संवर्द्धित यूरेनियम (enriched Uranium)**– यूरेनियम का वह प्रारूप जिसमें विखंडनीय U^{235} के अनुपात को सफलता पूर्वक बढ़ा दिया गया हो, संवर्द्धित यूरेनियम कहलाता है।

संवर्द्धित यूरेनियम को 2 प्रकारों में वर्गीकृत किया गया है-

- **निम्न संवर्द्धित यूरेनियम (Low Enriched Uranium - LEU)**– यूरेनियम का प्रारूप जिसमें विखंडनीय U^{235} का प्रतिशत लगभग 20% तक बढ़ाया गया हो।
- LEU का वह प्रारूप जिसमें U^{235} 3 – 5% हो, Reactor Grade Uranium कहलाता है।
- **उच्च संवर्द्धित यूरेनियम (HEU)**– यूरेनियम का वह प्रारूप जिसमें विखंडनीय U^{235} का प्रतिशत 20% से लेकर 90% से अधिक तक बढ़ाया गया हो।
- वह HEU जिसमें U^{235} का अनुपात/90% से अधिक हो Weapon Grade Uranium कहलाता है।

Note :– भारत के परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम का प्रथम चरण प्राकृतिक यूरेनियम का प्रयोग करने वाले रिएक्टरों पर आधारित है।

Plutonium–प्लूटोनियम

Atomic Number – 94
Atomic Mass – 239

- यह Transuranic Element है, अर्थात् यह प्रकृति में नहीं पाया जाता और इसका उत्पादन U^{238} के तत्वातंरण से किया जाता है।
- ऊर्जा दक्षता की दृष्टि से प्लूटोनियम को सर्वश्रेष्ठ नाभिकीय ईधन माना जाता है।
- प्लूटोनियम का ईंधन के रूप में प्रयोग करने के लिए तीव्र या द्रुत प्रजनक रिएक्टरों (ast Breeder Reactors) का प्रयोग किया जाता है।
- भारतीय परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम का द्वितीय चरण तीव्र प्रण्सक रिएक्टरों पर आधारित है जिनमें विखंडनीय सामाग्री के रूप में प्लूटोनियम U^{239} (PU^{239}) का प्रयोग किया जाएगा।
- भारत का परमाणु बम प्लूटोनियम के प्रयोग पर ही आधारित है।

Tharium – थोरियम

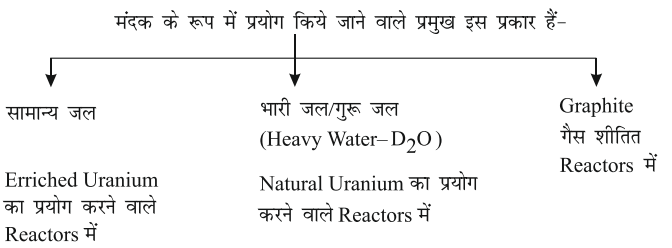
Atomic Number – 90
Atomic Mass – 232

- थोरियम एक उर्वर सामाग्री है जिससे विखंडनीय ईंधन U^{233} का उत्पादन किया जाता है जो U^{235} की तुलना में अधिक कुशल ईंधन माना जाता है।
- अंतर्राष्ट्रीय परमाणु ऊर्जा एजेन्सी (IAEA) के अनुसार कुल वैश्विक थोरियम भंडार का लगभग 25% भारत में पाया जाता है।
- वर्त्तमान में थोरियम की प्राप्ति दक्षिण भारत की नदियों की रेत से प्राप्त Uonozite खनिज से निकर्षित किया जा रहा है जिसमें इसकी मात्रा 2 – 12% तक होती है।
- भारत के परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम का तृतीय चरण थोरियम का प्रयोग करने वाले रिएक्टरों पर आधारित है जिसमें विखंडनीय सामाग्री के रूप में थोरियम से उत्पादित U^{233} का प्रयोग किया जाएगा।
- इंदिरा गांधी परमाणु अनुसंधान केन्द्र कलपक्कम (चेंन्नई, तमिलनाडु) के परिसर में 30 किलोवाट क्षमता वाले एक छोटे अनुसंधान रिएक्टर की स्थापना की गई है। जिसमें KAMINT (kalpakkam MINI) कहते हैं। और जो U^{233} का विखंडनीय सामाग्री के रूप में प्रयोग में सक्ष्म विश्व का पहला रिएक्टर है।
- **थोरियम का महत्व (विशेष रूप से भारत के संदर्भ में)**-
  a. इसकी ऊर्जा दक्षता यूरेनियम से अधिक है।
  b. इसके प्रयोग के क्रम में अपेक्षाकृत कम अर्द्धआयु वाले अपशिष्टों का उत्पादन होता है। (यूरेनियम के प्रयोग के क्रम में लगभग 10000 वर्ष तक सक्रिय रहने वाले रेडियो समस्थानिकों का उत्पादन होता है जबकि थोरियम के प्रयोग से 500 वर्ष तक सक्रिय रहने वाले रेडियो समस्थानिकों का)
  c. कुल वैश्विक थोरियम भंडार का लगभग 25% भारत में पाया जाता है।

Moderator (मंदक)

- नाभिकीय विखंडन की प्रक्रिया में उत्पादित होने वाले न्यूट्रॉन-
  a. अत्यधिक गतिज ऊर्जा वाले होते है और इन्हें Fast Neutron (तीव्र/द्रुत न्यूट्रॉन) कहते हैं।
  b. अभिक्रिया में तुरंत भाग नहीं लेते।
  c. उत्पादित होने वाले सभी न्यूट्रॉन, विखंडन संपादित नहीं करते।
  d. उपरोक्त स्थितियों को देखते हुए ईंधन के रूप में U^{235} का प्रयोग करने वाले रिएक्टरों में श्रृंखला अभिक्रिया को स्थापित और संचालित करने

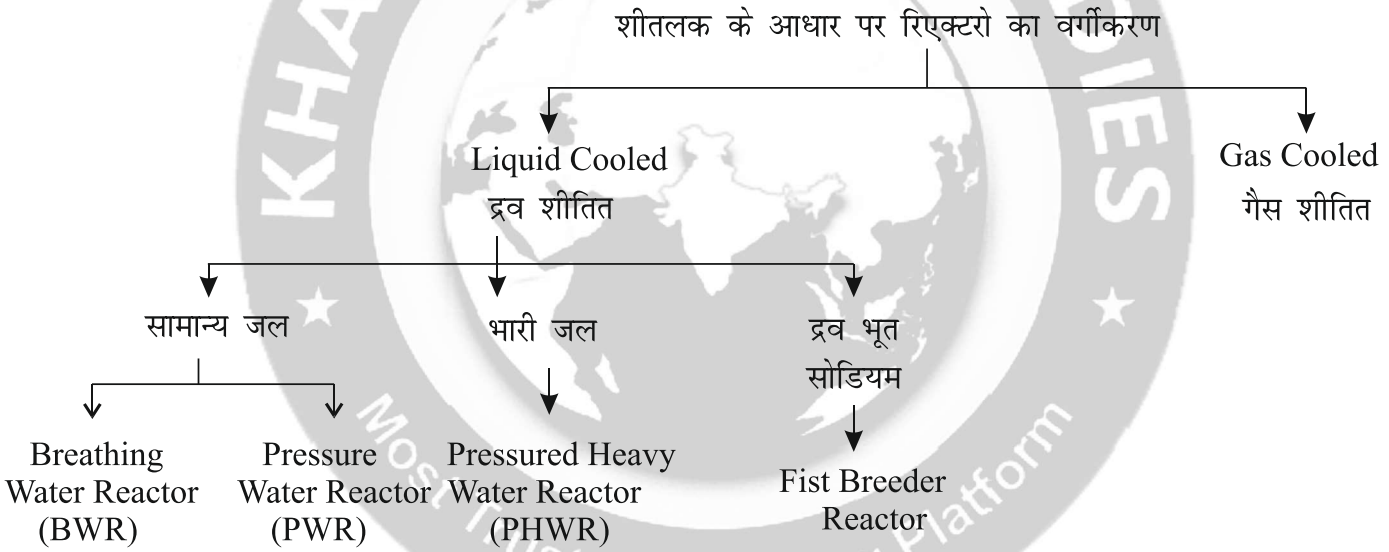
1. कम में न्यूट्रोनों की गति को कम करना आवश्यक होता है क्योंकि U^{235} 1 MeV (मेगाइलक्ट्रोनों) से अधिक ऊर्जा वाले न्यूट्रॉनों को अवशोषित नहीं कर पाता और वे नाभिक के आर-पार निकल जाते हैं। अथवा U^{235} के द्वारा अवशोषित कर लिये जाते हैं, न्यूट्रॉनों की गति को कम करने के लिये जिन पदार्थो का प्रयोग किया जाता है उन्हें मंदक कहते हैं।



- ऐसे न्यूट्रॉन जिनकी गतिज ऊर्जा मंदकों के माध्यम से कम कर दी जाती है। तापीय न्यूट्रॉन (Thermal Neutron) कहलाते हैं।

Coolant (शीतलक)

- नाभिकीय रिएक्टरों में विखंडन श्रृंखला अभिक्रिया की प्रगति के क्रम में प्रत्येक चरण पर विखंडनीय की संख्या बढ़ती है जिसके कारण उत्पादित तापीय ऊर्जा भी बढ़ती जाती है। अतिरिक्त ताप को रिएक्टरों से हटाने के लिए जिन पदार्थों का प्रयोग किया जाता है उन्हें शीतलक कहते हैं।



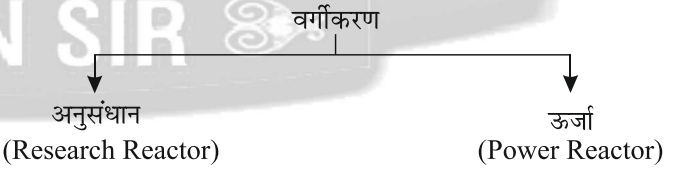
नियंत्रक (Controller)

- नियंत्रकों का प्रयोग विखंडन अभिक्रिया में उत्पादित न्यूट्रॉनों को अवशोषित करके अभिक्रिया की दर को कम करने अथवा अभिक्रिया को रोकने के क्रम में किया जाता है।
- इस संदर्भ में ऐसे पदार्थों का प्रयोग किया जाता है जो न्यूट्रॉन अवशोषण में अत्यंत कुशल होते हैं। जैसे-कैडमियम, और बोरॉन की छड़े।

परिरक्षक (Protector)

परिरक्षक के रूप में रिएक्टर केन्द्र के चारों ओर कंकरीट तथा मिश्रधातुओं के संयोजन से निर्मित मोटी दीवारों का निर्माण किया जाता है जो विकिरणों के समान को रोकती है।

- अनुप्रयोग के आधार पर Reactors का



- **Research Reactor** – अनुसंधान Reactor शून्य ऊर्जा Reactor भी कहलाते हैं क्योंकि इनसें वाणिज्यिक संदर्भो में विद्युत ऊर्जा का उत्पादन नहीं किया जाता है।
- अनुसंधान Reactor उपयोगी रेडियो समस्थानिकों के उत्पादन का केन्द्र होते हैं। साथ ही नाभिकीय की दृष्टि से भी महत्वपूर्ण होते हैं।

- भारत के प्रमुख अनुसंधान रिएक्टर- (Research Reactor)

1. Bhabha Atomic Research Centre (BARC)– Trombay, महाराष्ट्र में

1. APSARA

- यह संपूर्ण एशिया का पहला नाभिकीय रिएक्टर था जो 1956 में क्रांतिंक (critical) हुआ था।
- यह संवर्द्धित यूरेनियम पर आधारित रिएक्टर था, जिसमें मंदक और शीतलक के रूप में सामान्य जल का प्रयोग किया गया था।
- 1 मेगावाट क्षमता वाले इस रिएक्टर को वर्ष 2009 में Decommission किया गया। और 2010 में पूरी तरह से बंद कर दिया गया।

2. APSARA - U (Ugraded)

- यह वर्ष 2018 में क्रांतिक हुआ।
- क्षमता - 2 mw
- ईंधन - संवर्द्धित यूरेनियम
- मंदक
- शीतलक (सामान्य जल)

3. ZERLINA

- क्रांतिक - 1961
- डि-कमीशन - 1987
- क्षमता - 100 mw
- ईंधन-प्राकृतिक यूरेनियम
- मंदक
- शीतलक (भारी जल)

4. Conada India Reactor utility Servic – (CIRUS)

- क्रांतिक - 1960
- डि-कमीशन - 2010
- क्षमता - 40 mw
- ईंधन-प्राकृतिक यूरेनियम
- मंदक
- शीतलक (भारी जल)

5. DHRUV

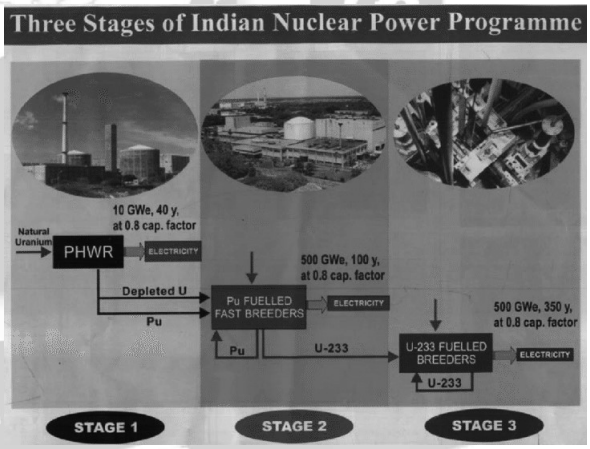
- क्रांतिक - 1985
- क्षमता - 100 मेगावाट
- ईंधन-प्राकृतिक यूरेनियम
- मंदक
- शीतलक (भारी जल)
- यह वर्त्तमान में BARC के अंदर संचालित किया जा रहा सबसे बड़ा अनुसंधान रिएक्टर है और इसी से भारत के परमाणु बम के लिए weapon grade plutonium का उत्पादन किया जा रहा है।

6. PURUIMA Reactor Series–

- PURNIMA अनुसंधान रिएक्टर श्रृंखला तीव्र प्रजनक प्रोद्योगिकी (fast Breeeder Technology) तथा U^{233} के विखंडनीय व्यवहार के अध्ययन की दृष्टि से उत्यन्त महत्वपूर्ण है। इसके अंतर्गत 3 रिएक्टरों का संचालन किया गया है-

I. PURNIMA Reactor Series		
PURNIMA – I	PURNIMA – II	PURNIMA - III
का – 1972	1984	1990
डि०क - 1973	1986	1991
ईफ - Plutonium Oxide	U^{233}	2^{233}
क्षमता - 1 watt	100 mw	1 वाट
शीतलक-हवा	सामान्य जल	सामान्य जल

II. IGCAR के परिसर में संचालित अनुसंधान रिएक्टर-		
Fast Breeder Test Reactor (FBTR)	Prototype Fast Breeder Reactor (PFBR)	Kalpakkam MINT (KAMINI)
स्थापना- 1985	2004	क्रांतिक- 2009
ईंधन- pu^{239}	Pu^{239}	U^{233}
क्षमता- 40 mw	500 mw	30 kw
शीलक-द्रवीभूत सोडियम	शी०-द्रवीभूत सोडियम	मंदक-भारी जल शी०-सामान्य जल



Boling water Reator

- Fuel – संवर्द्धित यूरेनियम।
- मंदक तथा शीतलक-सामान्य जल।
- नियंत्रक छड़े- codmium Boran
- सामान्य जल बहुत कुशल मंदक नहीं होता इसलिए इसका मंदक के रूप में प्रयोग सामान्यत: ऐसे रिएक्टरों में किया जाता है जिनमें ईंधन के रूप में संवर्द्धित यूरेनियम का प्रयोग होता है।

Note :– द्रवित सामन्य जल रिएक्टरों तथा द्रवित गुरुत्व जल रिएक्टरों में शीतलक जो कि क्रमश: सामान्य जल एवं भारी जल होता है को अत्याधिक उच्च दाब के अंतर्गत प्रयोग किया जाताा है जिसके कारण इनकी ऊष्मा धारिता उल्लेखिनीय रूप से बढ़ जाती है और वाष्पन नहीं होता।

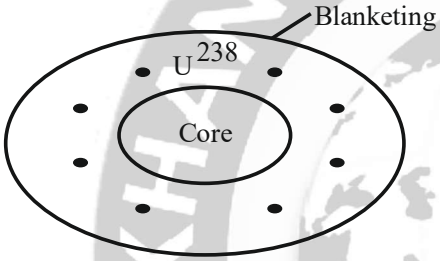
Fast Breeder Reactor (तीव्र/द्रुत प्रजनक रिएक्टर)

- संकल्पना
- अवयव
- भारत तथा FBR (विकास) (महत्व)
- नाभिकीय श्रृंखला अभिक्रिया को प्रारंभ करने और सतत बनाये रखने के क्रम में तीव्र गति के न्यूट्रॉनों (Farst Neutron) का प्रयोग करने वाले तथा प्रयोग की गई विखंडनीय सामग्री से अधिक विखंडनीय सामाग्री का उत्पादन करने वाले रिएक्टर तीव्र प्रजनक रिएक्टर कहलाते हैं।

ईंधन

1. core में - pu^{239} (मुख्य विखंडनीय सामाग्री)
2. core के बाहर आच्छादन (Blanketing) (U^{238} इसके तत्वातंरण से Pu^{239} का निर्माण होता है।)

- मंदक - ×
- शीतलक-द्रवीभूत सोडियम।



भारत में FBP का विकास

- भारतीय परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम का द्वितीय चरण तीव्र प्रजनक प्राद्योगिकी पर आधारित है और इस पर आधारित रिएक्टरों के विकास के क्रम में शोध और अनुसंधान का प्रारंभ 1970 के दशक में हुआ तथा प्रारंभिक अनुसंधान भाभा परमाणु अनुसंधान (RARC) केन्द्र के अंतर्गत PURNIMA - I अनुसंधान रिएक्टर के माध्यम से संचालित किए गये।
- वर्ष 1985 में IGCAR तथा BARC के अंतर्गत विकसित Aomw क्षमता वाले एक fast breedes Reactor (तीव्र प्रजनक परीक्षण रिएक्टर-FBTR) की स्थापना IIGCAR, कलपक्कम, चेन्नई, तमिलनाडु के परिसर में की गई।
- तीव्र प्रजनक रिएक्टरों के संचालन तथा प्रबंधन के संदर्भ में वर्ष 2003 में Bhartiya Nabhikiya vidyat Nigam (BHAVINI) नामक कंपनी की स्थापना की गई।
- BHAVINI के अंतर्गत वर्ष 2004 में 500 mw क्षमता वाले एक Prototype FBR (PFBR) की स्थापना ICAR के परिसर में की गई। जिसके शीघ्र क्रांति होने की संभावना है।
- भारतीय परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम के संदर्भ में FBR का महत्व-
  (i) ऊर्जा आवश्यकता की पूर्ति के संदर्भ में
  (ii) परमाणु ऊर्जा संबंधित लक्ष्यों को प्राप्त करने के संदर्भ में
  (iii) पर्यावरणीय प्रभाव की दृष्टि में
  (iv) परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम की प्राप्ति के संदर्भ में
  (v) नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों से संबंधित सीमाओं के संदर्भ में

I. (a) भारत को GDP की दर लगभग 3% बनाए जाने के क्रम में वर्ष 2004 के स्तर से 5 से 6 गुना वृद्धि की आवश्यकता होगी।
   (b) वर्ष 2030 तक भारत की वार्षिक विद्युत मांग 800 गीगावाट तक हो जाने का अनुमान है।
   उपरोक्त स्थितियों को देखते हुए बढ़ती ऊर्जा आवश्यकताओं की पूर्ति के संदर्भ में FBR का विकास अनिवार्य है।

II. भारत द्वारा वर्ष 2050 तक कुल विद्युत उत्पादन में नाभिकीय विद्युत का योगदान 25% करने का लक्ष्य निर्धारित किया गया है जिसे FBR के माध्यम से ही प्राप्त किया जा सकता है।

III. (a) Intended Nationally Determined Cordribution (INDC) लक्ष्यों के अंतर्गत भारत वर्ष 2030 तक कार्बन उत्सर्जन में 33–35% की कटौती करने के लिये प्रतिबंद्ध है जिसका आधार वर्ष 2005 होगा।
   (ii) भारत द्वारा वर्ष 2070 तक घरेलू ऊर्जा उत्पादन प्रणाली को Net zero Emission तक ले जाने का लक्ष्य निर्धारित किया गया है जिसे पारंभिक ऊर्जा स्रोतों पर निर्भरता को बनाए रखते हुए प्राप्त कर पाना संभव नहीं है।
   - ❖ वर्ष 2021 में BARC के पूर्व निदेशक तथा परमाणु ऊर्जा विभाग के पूर्व अध्यक्ष निल काकोदकर ने एक वक्तत्व में यह उल्लेख किया था कि नाभिकीय ऊर्जा क्षेत्र के विकास के बिना भारत के लिए Net zero उत्सर्जन के लक्ष्य को प्राप्त कर पाना संभव नहीं है।

IV. भारतीय परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम का तृतीय चरण थोरियम आधारित है जिसमें विखंडनीय सामग्री के रूप में U^{233} का प्रयोग किया जायेगा जिसका प्रारंभिक उत्पादन द्वितीय चरण के तीव्र प्रजनक रिएक्टरों के माध्यम से होगा।

V. वर्त्तमान में भारत नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों विशेष रूप से और तथा पवन ऊर्जा स्रोतों से विद्युत उत्पादन पर विशेष बल दे रहा है किंतु इन स्रोतों की कुछ अंतर्निहित सीमाए है जिसके कारण दीर्घकालिक परिप्रेक्ष्य में इनके माध्यम से सतत रूप से ऊर्जा उपलब्धता सुनिश्चित कर पाना चुनौतिपूर्ण प्रतीत होता है।
सौर तथा पवन ऊर्जा स्थान और मौसम विशिष्ट है साथ ही विशेष रूप से सौर ऊर्जा से संबंधित उपकरणों के परिप्रेक्ष्य में भारत मुख्य रूप से आयात दर निर्भर है जिसके कारण प्रति इकाई ऊर्जा उत्पादन अपेक्षाकृत महंगा है।

- भारत का परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम-

Ist Stage

Reactor – PHWR
Fuel – Natural Uranium

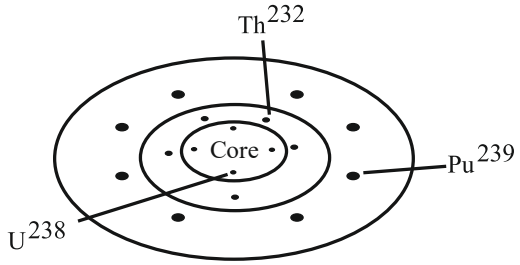
IInd Stage

Reator – FBR

Fuel
- विखण्डनीय सामग्री- Pu^{239}
- प्रथम चक्र आच्छादन- U^{238}
- द्वितीय चक्र आच्छादन- Th^{232}

- मंदक - ×

शीतलक-द्रवीभूत सोडियम



$Pu^{239} \longrightarrow$ Energy

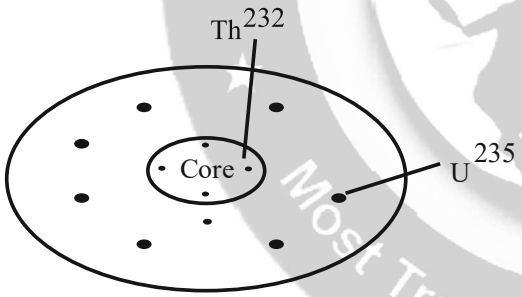
$U^{238} \longrightarrow Pu^{239}$

$Th^{232} \longrightarrow U^{238}$

तृतीय चरण के लिए विखण्डनीय समाग्री

IIIrd Stage

Reator – AHWR (Advanced Heavy water Reactor)



Fuel — विखण्डनीय सामग्री- U^{238} ; आच्छादन- Th^{232}

मन्दक $\longrightarrow D_2O$

शीतलक $\longrightarrow H_2O$

पृष्ठभूमि -

- भारतीय परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम के जनक डॉ. होमी जहाँगीर भाभा के प्रयासों से वर्ष 1945 में टाटा मूलभूत अनुसंधान संस्थान (TATA Institute of Fundamental Research) की स्थापना हुई जिसके अन्तर्गत भारत में परमाणु ऊर्जा के क्षेत्र में शोध और अनुसंधान प्रारम्भ हुए।
- स्वतंत्रता के पश्चात वर्ष 1948 में परमाणु ऊर्जा अधिनियम पारित किया गया जिसके अन्तर्गत परमाणु ऊर्जा आयोग का गठन हुआ। जिसका उद्देश्य भारत को परमाणु ऊर्जा के क्षेत्र में स्वावलम्बी बनाना था।
- वर्ष 1954 में परमाणु ऊर्जा विभाग की स्थापना की गई और डॉक्टर भाभा को इसका सचिव नियुक्त किया गया।
- डॉक्टर भाभा ने भारत में परमाणु ऊर्जा संसाधनों और भारत की तत्कालीन आर्थिक और प्रौद्योगिकीय क्षमता को ध्यान में रखते हुए तीन. चरणों वाले परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम की रूपरेखा प्रस्तुत की जिसका उद्देश्य वैश्विक स्तर पर उपलब्ध परमाणु ऊर्जा प्रौद्योगिकी का प्रयोग करते हुए दीर्घकालिक परिप्रेक्ष्य में ऊर्जा स्वतंत्र प्राप्त करने के लिये रिएक्टरों का विकास करना था।

प्रथम चरण -

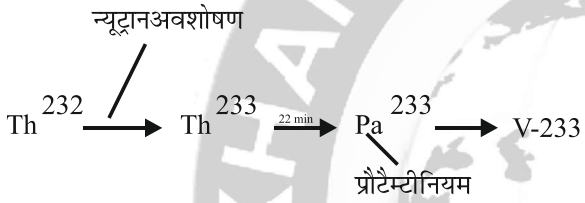
- परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम के प्रथम चरण से मुख्य रूप से PHWP का प्रयोग किया जा रहा है जिसमें ईंधन के रूप में प्राकृतिक, यूरेनियम आक्साइड तथा गन्दक, व शीतलक के रूप में भारी जल का प्रयोग किया जाता है।
- प्रथम चरण में U^{235} के विखण्डन से ऊर्जा का उत्पादन किया जा रहा है और U^{238} के तत्वात्तरण से Pu^{259} का उत्पादन हो रहा है जो दूसरे चरण के लिए विखण्डनीय सामग्री है।
- परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम के प्रथम चरण से राज्य स्तर पर विद्युत ऊर्जा का उत्पादन किया जा है और भारत इस चरण के संचालन के सन्दर्भ में पूरी तरह आत्म निर्भर है।
- प्रथम चरण में रिएक्टरों की स्थापना, संचालन प्रबन्धन और उत्पादित विद्युत ऊर्जा के विपणन के लिए Nuclear Power Corporation India Limited – NPCIL उत्तरदायी है जिसकी स्थापना 1987 में हुई थी और जो वर्तमान में एक नवरत्न कम्पनी है।
- NPCIL के अन्तर्गत वर्तमान में 7 परमाणु शक्ति संयंत्रों (Nuclear Power Plants) में कुल 22 रिएक्टरों का संचालन किया जा रहा है जिनकी कुल स्थापित (Installed) क्षमता 7380 मेगावाट है
- भारत के कुल विद्युत उत्पात में परमाणु विद्युत का योगदान वर्तमान में 3.11% है।

द्वितीय चरण-

- परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम का दूसरा चरण द्रव सोडियम शीतित (Liquid Sodium Coled) तीव्र प्रजनक रिएक्टरों पर आधारित है जिनमें विखण्डनीय सामग्री के रूप में (Plutonium) के आक्साइड का प्रयोग किया जाता है साथ ही रिएक्टर Core के बाहर U^{238} का समाच्छद किया जाता है। जो विखण्डन अभिक्रिया की प्रगति के क्रम में उत्पादित होने वाले अधिशेष (Surplus) न्यूट्रानों को अवशोषित करके तत्वान्तरित होकर प्लूटोनियम (PU^{239}) में रुपान्तरित हो जाता है।
- U^{238} चक्र के बाहर Th^{232} का समाच्छद किया जाता है जिसके तत्वान्तरण से तीसरे चरण के लिए विखण्डनीय सामग्री U^{233} का निर्माण होता है।
- दूसरा चरण अभी वाणिज्यिक नहीं हुआ है, इस चरण के संचालन के क्रम में वर्ष 2003 में BHAVINI नामक कम्पनी का गठन किया गया जिसके अन्तर्गत वर्ष 2004 में IGCAR के परिसर में 500 MW क्षमता वाले PFBA की स्थापना की गई। जिसके शीघ्र क्रात्तिक होने की संभावना है।

तृतीय चरण -

- परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम का तृतीय चरण थोरियम आधारित है जिसमें विखण्डनीय सामग्री के रुप में U^{233} का प्रयोग किया जाएगा।
- रिएक्टर कोर में विखण्डनीय U^{233} की छड़ों को स्थापित किया जाएगा और इसके बाहर Th^{232} का समाच्छद किया जाएगा जिसके प्रचालन से रिएक्टर के अन्दर ही U^{233} का उत्पादन होता रहेगा।
- इस चरण के रिएक्टरों को उन्नत गुरुजल रिएक्टर (AHWR) की संज्ञा दी गई है। जिनमें मंदक के रूप में भारी जल और शीतला के रूप में सामान्य जल का प्रयोग किया जाएगा।
- U^{233} का विखण्डनीय सामग्री के रुप में प्रयोग करने वाले रिएक्टरों के संदर्भ में अनुसंधान के क्रम में BARC के अन्तर्गत (PURNIMA–II तथा PURNIMA–III) अनुसंधान रिएक्टर संचालित किये गये। और वर्तमान में IGCAR के परिसर में 30 KW क्षमता वाले KAMINI रिएक्टर का संचालन किया जा रहा है। जो अपनी तरह का विश्व का पहला रिएक्टर है।



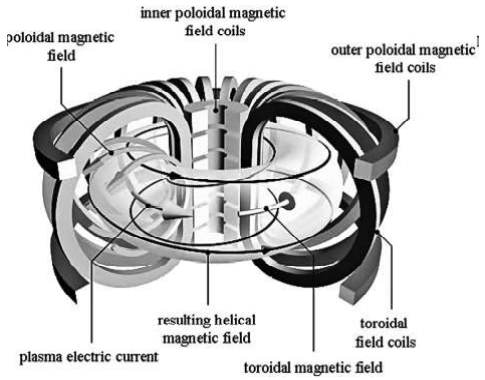
Nuclear Fusion
नाभिकीय संलयन

- वह नाभिकीय अभिक्रिया जिसमें हल्के नाभिक, आपस में जुड़कर अपेक्षाकृत भारी नाभिकों का निर्माण करते हैं नाभिकीय संलयन कहलाती है।
- नामिक के निर्माण के समय होने वाली द्रव्यमान को क्षति ऊर्जा के रूप में मुक्त होती है जिसे नाभिकीय संलयन ऊर्जा कहते हैं।
- नाभिकीय संलयन् अभिक्रिया में मुक्त होने वाली ऊर्जा नाभिकीय विखण्डन में मुक्त होने वाली कर्जा से लगभग 4 गुना अधिक होती है।
- नाभिकीय संलयन धनावेशित नाभिकों के बीच सम्पन्न होने वाली अभिक्रिया है। और नाभिकों के धनावेश के कारण उनके बीच के प्रतिकर्षण को प्रतिसंतुलित (Counter) करने के लिये व्यापक मात्रा में तापीय ऊर्जा की आवश्यकता होती है इसीलिए नाभिकीय संलयन अभिक्रिया को ताप नाभिकीय अभिक्रिया भी कहते हैं।

$${}_1D^2 + {}_1T^3 \xrightarrow{10\text{करोड़}+{}^\circ C\text{ तापमान}} {}_2He^4 + {}_1N + \text{Energy}$$

Tokama
(Toroidal Magnetic Continement)

- TOKAMAK वह व्यवस्था या संयंत्र है जिसमें प्रबल चुम्बकीय खेल की उपस्थिति में महान प्लाज्मा के माध्यम से नाभिकीय संलयन सम्पन्न कराया जाता है।



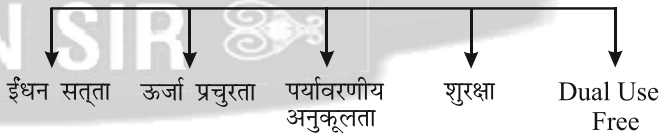
- Tokamak की संकल्पना 1950 के दशक में Igor Tamm, तथा Andrei Sakharov के आरा प्रस्तुत की गई थी।
- Tokamak में संलयन के लिए श्रावश्यक तापमान को प्राप्त करने के लिए प्लाज्मा को गर्म करने के क्रम में कई विधियों का प्रयोग किया जाता है।
  1. Magnetic Compression– (चुम्बकीय सम्पीडन)
  2. Ohmic heating - (विद्युत धारा प्रवाह)
  3. Neutral Beam Injection - तीव्र गति वाले उदासीन कणों के माध्यम से
  4. Radio Frequency heating.

Note– सूर्य तथा अन्य तारों में ऊर्जा का स्रोत नाभिकीय संलयन अभिक्रिया है यहीं कारण है कि नाभिकीय संलयन अभिक्रिया संपादित करने के लिए डिजानइ किये गये संयंत्रों या रिएक्टरों (Tokamaks) टोकामैको को कृत्रिम सूर्य की संज्ञा दी जाती है। पिछले कुछ समय से चर्चित चीन का कृतिम सूर्य वस्तुत: चीन के Huvei प्रान्त में संचालित किया जा रहा Tokamak ही है।

नाभिकीय संलयन से विद्युत ऊर्जा–

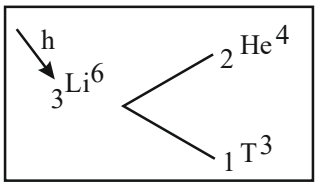
- नाभिकीय संलयन अभिक्रिया को विद्युत उत्पादन की दृष्टि से विखण्डन अभिक्रिया की तुलना में अधिक उपयुक्त माना जाता है किन्तु अभी नाभिकीय संलयन से विद्युत उत्पादन अनुसंधान के स्तर पर ही है।

संलयन अभिक्रिया से विद्युत उत्पादन के लाभ इस प्रकार हैं–



1. ईंधन सततता -

- नाभिकीय संलयन अभिक्रिया में प्रयोग किये जाने वाले ईंधन पृथ्वी पर पर्याप्त रुप में जाने उपलब्ध है–
  - (a) Deuterium (ड्यूटेरियम) सभी जल प्रकारों में उपलब्ध होता है।
  - (b) Tritium (ट्रीटियम) को लीथियम के साथ न्यूद्रान संलयन। से प्राप्त किया जाता है।



लाथियम के स्थलीग भण्डार 1000 वर्ष, से अधिक ऊर्जा उत्पादन के लिये पर्याप्त हैं। जबकि इसके अलीय भण्डार लाखों वर्षों के लिए पर्याप्त हैं।

2. **ऊर्जा प्रचुरता**-

➢ नाभिकीय संलयन अभिक्रिया से प्राप्त होने वाली ऊर्जा समान द्रव्यमान के विखण्डनीय ईंधन की तुलना में 4 गुना अधिक है। और समान द्रव्यमान के कोयला, गैस, की तुलना में लगभग 40 लाख गुना अधिक है।

3. **पर्यावरणीय अनुकूलता** -

➢ नाभिकीय संलयन से विद्युत उत्पादन की प्रक्रियां में किसी भी हरित गृह (Green Hour), जैस का उत्सर्जन नहीं होता। साथ ही इस क्रम में किसी रेडियो धर्मी अपशिष्ट का उत्पादन नहीं होता। इसीलिये मानव स्वास्थ्य और जैव विविधता की दृष्टि से नाभिकीय संलयन ऊर्जा विखण्डन ऊर्जा की तुलना में अधिक सुरक्षित है।

4. **सुरक्षा**-

➢ संलयन रिएक्टर के क्षतिग्रस्त होने की स्थिति में संलयन के लिए प्रयोग किये जाने वाले प्लाज्मा का तापमान गिर जाता है जिससे अभिक्रिया स्वत: बन्द हो जाती है।

नाभिकीय संलयन में कोई स्वसंगलिय श्रृंखला अभिक्रिया नहीं होती इसीलिए उसे नाभिकीय विखण्डन से विद्युत उत्पादन की तुलना में अधिक निरापद माना जाता

5. **दोहरे उपयोग की आशंका से मुक्ति**-

➢ किसी प्रौद्योगिकी, सामग्री या उपकरण का शान्तिपूर्ण उपयोग करने के साथ-साथ यदि उसका विध्वंसात्मक उपयोग भी सम्भव हो तो उसे दोहरा उपयोग कहते हैं।

➢ Tokamak तकनीकी का प्रयोग केवल ऊर्जा उत्पादन में ही किया जा सकता है हथियारों के विकास में उसका उपयोग सम्भव नहीं है।

नाभिकीय प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में भारत की उपलब्धियां-

- परमाणु ऊर्जा उत्पादन
  - 7 NPP पर 22 रिएक्टर का संचालन किया जा रहा है।
  - PFBR के शीघ्र क्रांतिक होने की संभावना
  - KAMINI Reactor U^{233} का ईंधन के रूप में प्रयोग करने में सक्षम विश्व का पहला रिएक्टर
- उपयोगी Radioiostopes के उत्पादन में आत्मनिर्भर
  - कृषि
  - चिकित्सा
  - उद्योग में Radio isotopes का प्रयोग
- नाभिकीय संलयन अनुसंधान
  - 1986 - IPR
  - 1989 - आदित्य
  - SST - 1 - साहा नाभिकीय भौतिकी संस्थान कोलकाता में जापान की Tashiba कम्पनी से आयातित एक लघु टोका गैस का संचालन किया जा रहा है।
  - ITER में भागीदारी
- कण त्वरकों का संचालन
- प्रतिरक्षा क्षेत्र
  - Atom तथा Hydrogen Bomb की क्षमता
- नाभिकीय शक्ति/ निर्माण की क्षमता Ex. INS, Arihant
- Nuclear Triad नाभिकीय (स्थल, जल व वायु से नाभिकीय हथियारों के प्रयोग की क्षमता
- INO

KHAN GLOBAL STUDIES
Most Trusted Learning Platform
KHAN SIR

भारत में नाभिकीय ऊर्जा के विकास में सम्बधित चुनौतियां व समस्याएं-

➢ भारत पिहले लगभग 50 से अधिक वर्षों से नाभिकीय रिएक्टरों का संचालन कर रहा है किन्तु अभी भी कुल विद्युत उत्पादन में नाभिकीय विद्युत का योगदान लगभग 3% ही है इस क्षेत्र में अपेक्षित प्रगति न हो पाने के प्रमुख कारण उस प्रकार हैं-

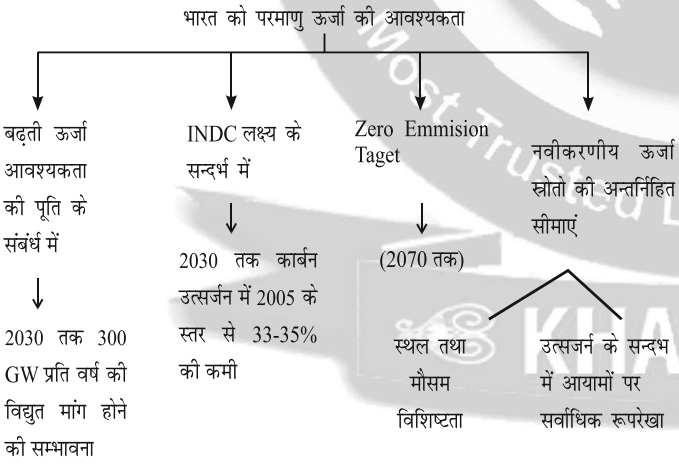
I. अन्तर्राष्ट्रीय प्रकृति वाले कारण-

1. NSG का सदस्य न होना / NPT का हस्ताक्षर कर्ता न होना ↓ जिसका कारण है। → प्रभाव → नाभिकीय ईंधन सामग्री तथा प्रौद्योगिकी तक अवधि पहुंच नहीं।
2. Civil Nuclear Damage Liability Act 2010
   इस अधिनियम के क्षतिपूरक प्रावधान विदेशी कम्पनियों के लिये अनूकूल नहीं है इसीजिए समझोते होने के बाद भी भारत को निाभिकीय ईंधन सामग्री और प्रौद्योंगिकी अभी तक प्राप्त नहीं हो सकी है।

II. राष्ट्रीय प्रकृति के कारण-

1. PHWR का प्रयोग- जिसकी ऊर्जा दक्षता निम्न है (Natural Uranium पर आधारित होने के कारण)
2. Uranium के अत्यत सीमित भण्डार- 1– 2%
3. तीव्र प्रजनक रिउक्टरों के कार्यशील होने मे विलम्ब
4. Thorium का प्रयोग करने में सक्षम रिएक्टरों का अभाव
5. रिएक्टरो की स्थापना का विरोध — दुर्घटना की आशंका के कारण
6. Reactor स्थापना के क्रम में भूमि अधिग्रहण तय जनसंख्या विस्थापन सम्बधी जटिलताएं

भारत को परमाणु ऊर्जा की आवश्यकता:-



परमाणु ऊर्जा के सकारात्मक तथा नकारात्मक पक्ष

सकरात्मक पक्ष

1. कम द्रव्यमान से अधिक ऊर्जा
2. पर्यावरणीय अनुकूलता:- ग्रीन हाउस के संदर्भ में
3. परम्परागत ऊर्जा स्रोतों के सीमित भण्डार
4. प्रति इकाई विद्युत उत्पादन की लागत कोयला, तेल, गैस आदि की तुलना में कम है।

नकारात्मक पक्ष-

1. हानिकारक, रेडियों अपशिष्टों का उत्पादन
2. दुर्घटना संबन्धी आशंकाएं जो व्यापक स्तर पर जन-जीवन की क्षति का कारण बन सकती हैं-
   जैसे- चेर्नोबिल, फुकुशिमा की दुर्घटना।
3. रिएक्टरों में गल का अत्यधिक उपयोग जिसका समुचित निस्तारण न होने घर पेय जल स्रोत रेडियोधर्मिता से प्रभावित हो सकते है।
4. नाभिकीय प्रौद्योगिकी की दोहरे उपयोग की प्रकृति।

Notes:

1. नाभिकीय अपशिष्ट प्रबन्धन चुनौतियों तथा प्रयास
2. रेडियो समस्थानिको के कृषि स्वास्थ: तथा औद्योगिक सेल में अनुपयोग

1. Nucler Waste Management:–

❖ परिभाषा

❖ स्रोत

❖ प्रकार / वगीकरण
- रेडियोधर्मिता के आधार पर → LLW MLW HLW
- भौतिक अवस्था के आधार पर → ठोस द्रव गैस

2. कृषि क्षेत्र में Radio Isotopes के अनुप्रयोग
↓

Radio Isotopes—?

❖ उच्च उत्पादकता वाले बीजों के निकास में उपयोग

❖ बीट कृषि प्रबंधन

❖ फसल प्रबंधन → उर्वरक/पोषक तत्व उपभोग आकलन

❖ खाद्य प्रसंक्रण क्षेत्र में खाद्य पदार्थो को लम्बे समय तक सुरक्षित रखने में

→ औद्योगिक क्षेत्र में

→ चिकित्सा क्षेत्र में

❍❍❍