

পারমাণবিক শক্তি

সম্পর্কে  
প্রয়োজন



# সূচিপত্র

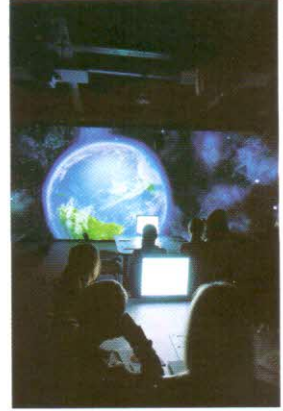
- ১ কি করে পারমাণবিক শক্তি বিদ্যুৎশক্তিতে রূপান্তরিত হয়? ৩
- ২ রিয়াক্টরগুলো কি কি ধরনের হয় আর সেগুলোর নামের অর্থ কি? ৬
- ৩ কেন পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের সবচেয়ে ব্যবহৃত লেআউট নকশাগুলো বর্তমানে দু সার্কিটের? ৯
- ৪ কিসের জন্য কুলিং টাওয়ারের দরকার হয়? সেগুলো কি ধোঁয়ার সাথে তেজস্ক্রিয় পদার্থ পরিবেশে ছাড়ে না? ১১
- ৫ পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রে কি পারমাণবিক বিস্ফোরণ হতে পারে? ১৩
- ৬ পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রে উত্পন্ন বিদ্যুতের তুলনামূলক দাম কিরকম? ১৪
- ৭ কত ঘনঘন পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্র মেরামত করার প্রয়োজন হয়? ১৫
- ৮ নতুন পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্র তৈরীর জন্য কিভাবে জায়গা বাছা হয়ে থাকে? ১৬
- ৯ পারমাণবিক শক্তির জন্য জ্বালানী তৈরীতে কেন শুধু ইউরেনিয়ামই ব্যবহৃত হয়? ১৮
- ১০ পৃথিবীতে কি পরিমাণ ইউরেনিয়াম আছে? কোন কোন ইউরেনিয়ামের খনিকে উন্নত ও কোনগুলোকে অনুন্নত মানের ধরা হয়? ১৯

- ১১ পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের রিয়্যাকটরের জন্য স্থালানী বলতে কি বোঝায় ও কিভাবে তা তৈরী করা হয়? ২১
- ১২ রিয়্যাক্টরে ঢোকান আগে পারমাণবিক স্থালানী থেকে কি বিকিরণজনিত বিপদ হতে পারে? ২৩
- ১৩ পারমাণবিক ও জৈব স্থালানী দহন প্রক্রিয়ায় মূল তফাতগুলো কি? ২৪
- ১৪ জৈব স্থালানীর তুলনায় পারমাণবিক স্থালানীতে কতটা শক্তি খরচ হয়? ২৫
- ১৫ পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের বর্জ্য পদার্থে নিয়ে কি করা হয়? ২৬
- ১৬ পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রে কাজ শেষ হওয়া পারমাণবিক স্থালানী নিয়ে কি করা হয়? ২৮
- ১৭ পারমাণবিক স্থালানীর সঞ্চয় কি অনেকদিন থাকবে? ২৯
- ১৮ আন্তর্জাতিক পারমাণবিক শক্তি নিয়ন্ত্রণ সংস্থা (IAEA) কি আর তার মুখ্য কাজগুলো কি? ৩০
- ১৯ আধুনিক ও সম্ভাব্য পারমাণবিক বিদ্যুৎ শক্তিকেন্দ্রগুলোতে বড় রকমের দুর্ঘটনার সংখ্যাগত মূল্যায়ণ কি করা হয়? ৩২
- ২০ মানুষ কি বিশেষ যন্ত্রের সাহায্য ছাড়া আয়নজনিত তেজস্ক্রিয় বিকিরণ অথবা খাবার জিনিষ বা খাবার জলের স্বাদ থেকে তেজস্ক্রিয় দূষণ টের পেতে পারে? ৩৩
- ২১ তেজস্ক্রিয় বিকিরণ থেকে নিরাপত্তার মূল নীতিগুলো কি? ৩৩

- ২২ শুধু পারমাণবিক ক্ষেত্রের লোকরাই কি তেজস্ক্রিয় বিকিরণের শিকার হয়ে থাকেন? নাকি তা নয়? ৩৪
- ২৩ পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্র ও কয়লাচালিত বিদ্যুৎকেন্দ্রের মধ্যে তফাৎ কিসে? ৩৫
- ২৪ কেন কয়লাচালিত আর পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রগুলোকে পাণ্টে গ্যাসচালিত বিদ্যুৎকেন্দ্র করা যায় না: প্রাকৃতিক গ্যাস তো - কয়লার তুলনায় পরিবেশের দিক থেকে পরিস্কার স্বাভাবিক? ৩৫
- ২৫ স্বাভাবিক ভাবে কাজ করার সময়ে পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্র পরিবেশের জন্য কতটা ক্ষতিকর? ৩৬
- ২৬ কিভাবে বিভিন্ন ধরণের বিদ্যুৎকেন্দ্র পরিবেশের উপরে প্রভাব ফেলে? ৩৭
- ২৭ পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্র আছে এমন এলাকার বাসিন্দারা পারমাণবিক শক্তিকে কি চোখে দেখে? ৩৮
- ২৮ স্বাভাবিক কাজের সময়ে পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্র পার্শ্ববর্তী অঞ্চলের বাসিন্দাদের জন্য কতখানি ক্ষতিকর? ৩৯
- ২৯ পারমাণবিক শক্তির পরিবেশগত কি সুবিধা রয়েছে? ৪১
- ৩০ তেজস্ক্রিয়তা একদিকে ক্যানসার রোগের কারণ, আর অন্যদিকে - তা ব্যবহার করা হয় ওই রোগ সারানোর জন্য। একটা অন্যটার বিরুদ্ধতা করে না কি? ৪৩
- ৩১ কোন উচ্চশিক্ষা প্রতিষ্ঠানগুলো পারমাণবিক শিল্পের জন্য বিশেষজ্ঞ তৈরী করে? পারমাণবিক বিশারদ হওয়ার পেশাগত শিক্ষা কোথায় পাওয়া যেতে পারে? ৪৪



রাশিয়ায় পারমাণবিক শক্তি  
সংক্রান্ত তথ্যকেন্দ্রগুলোর  
পরিদর্শনকারীরা।



তোমরা হাতে যে বুকলেটটা ধরে রেখেছো - এটা পারমাণবিক শক্তি নিয়ে খুবই ছোট একটা হ্যান্ডবুক। তাতে আমরা রাশিয়ার পারমাণবিক শক্তি সংক্রান্ত তথ্যকেন্দ্রগুলো পরিদর্শনকারী স্কুলের ছেলেমেয়ে ও তাদের শিক্ষকদের সঙ্গে কথা বলার অভিজ্ঞতার ভিত্তিতে প্রশ্নগুলোর উত্তর দিতে চেষ্টা করেছি। সেগুলো অনেক রকমের হওয়া স্বত্ত্বেও, মোটামুটিভাবে সবসময়েই দুটো বিষয় প্রাধান্য পেয়েছে, যা শ্রোতাদের কাছে সবচেয়ে বেশী আগ্রহের: পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের কাজের মূল নিয়ম আর তার নিরাপত্তা। শেষ ঘটনাগুলোর পরিপ্রেক্ষিতে (জাপানের ফুকুসিমা-১ পারমাণবিক বিদ্যুৎশক্তি কেন্দ্রের দুর্ঘটনা) আমরা পারমাণবিক বিদ্যুৎশক্তিকেন্দ্রের নিরাপত্তা, তেজস্ক্রিয় বিকিরণ নিরাপত্তা ও তেজস্ক্রিয় বর্জ্য পদার্থ নিয়ে কাজ সংক্রান্ত প্রশ্নগুলোকে বিশেষ জায়গা দিয়েছি। সব মিলিয়ে, যেমন তেজস্ক্রিয় ভীতি, তেমনি পারমাণবিক শক্তি সম্পর্কে ঐদাসীন্যতার সঙ্গে মোকাবিলা করার জন্য একটা ছোট ম্যানুয়াল তৈরী হয়েছে।

### পারমাণবিক শক্তি সম্পর্কে প্রশ্নোত্তর

পারমাণবিক শক্তি উৎপাদনের নিরাপত্তা ও পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের নিরাপদ ব্যবহার সম্পর্কে সবচেয়ে বেশী যে প্রশ্নগুলো লোকে করে থাকে, সেইরকম ৩০টি প্রশ্নের উত্তর এই বুকলেটে রয়েছে। এই ছোট্ট বুকলেট সম্পূর্ণভাৱে দাবী করতে পারে না, কিন্তু পারমাণবিক শক্তি উৎপাদনের ক্ষেত্রে যে পরিস্থিতি বর্তমানে তৈরী হয়েছে তা বুঝতে পাঠককে সুযোগ করে দেবে।

## কি করে পারমাণবিক শক্তি বিদ্যুৎশক্তিতে রূপান্তরিত হয়?

১

জানা আছে যে, ইউরেনিয়াম পরমাণুর বিভাজনের সময়ে প্রচুর পরিমাণ শক্তি নির্গত হয়। সমস্যা এই যে, এই শক্তি - তাপশক্তি, বিদ্যুৎশক্তি নয়। পাওয়া তাপশক্তিকে যাতে বিদ্যুৎশক্তিতে রূপান্তরিত করা যায়, তার জন্য একে অপরের সাথে যুক্ত একটা সম্পূর্ণ ব্যবস্থা তৈরী করার দরকার পড়ে, একসাথে যেগুলোর নাম পারমাণবিক এনাজী রক।

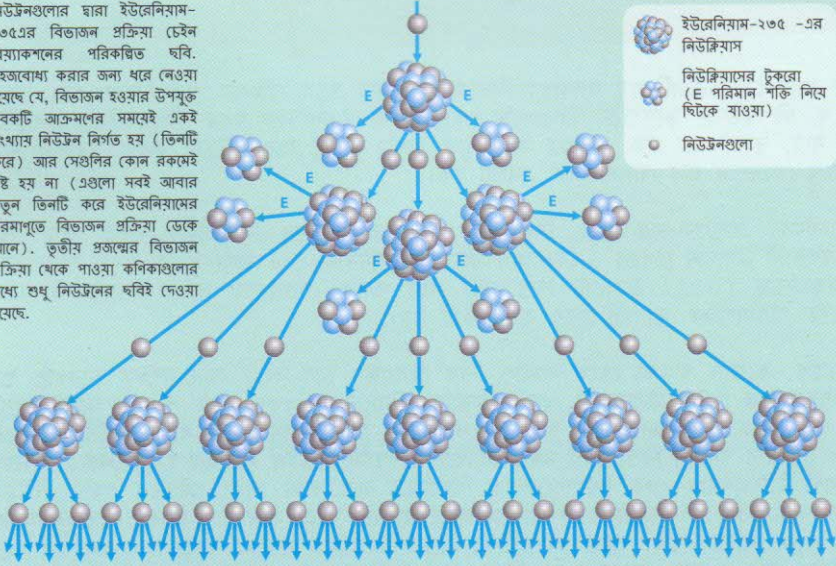
পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের রকে বিদ্যুৎশক্তি পাওয়ার প্রক্রিয়া নিম্নলিখিত ভাবে ঘটে: তাপ বিকিরণকারী উপাদান হিসাবে - বিভাজনে সক্ষম ইউরেনিয়াম-২৩৫ আইসোটোপে সমৃদ্ধ ইউরেনিয়াম ডাইঅক্সাইডের (UO<sub>2</sub>) ট্যাবলেট দিয়ে ভর্তি লম্বা পাতলা দেওয়ালের পাইপ রিয়্যাক্টরের সক্রিয় এলাকায় পারমাণবিক জ্বালানী দিয়ে ভর্তি করা হয়।

অপারেটর, কন্ট্রোল প্যানেল থেকে কম্যাণ্ড দিয়ে রিয়্যাক্টর চালু করে, আর সক্রিয় জায়গায় শুরু হয় বিভাজনের চেইন রিয়্যাকশন, যে প্রক্রিয়াতে ইউরেনিয়াম-২৩৫ -এর পরমাণু নিউট্রনগুলোর সঙ্গে পারস্পরিক ভাবে কাজ করে তাপশক্তি ছড়িয়ে দু টুকরো হয়ে ভেঙে যায়। নিউক্লিয়াস ভেঙে কয়েক টুকরোয় পরমাণু বিভাজনের সময় কয়েকটি ক্ষণস্থায়ী নিউট্রন মুক্ত হয় (দু-তিনটে), যেগুলো প্রতিবেশী ইউরেনিয়াম-২৩৫ পরমাণুগুলোকে বিভাজিত হতে বাধ্য করে। এইভাবে একটা নিউট্রন, ইউরেনিয়াম-২৩৫ এর নিউক্লিয়াসকে ভাঙার কাজে ব্যবহার করে, আমরা দু-তিনটে বিভাজন ঘটাতে সক্ষম নতুন নিউট্রন পাই। যাতে এই প্রক্রিয়া নিয়ন্ত্রণের বাইরে চলে না যায়, তার জন্য এই নতুন নিউট্রনের কিছু অংশকে বোরন সমেত বিশেষ রড ব্যবহার করে শুষে নেওয়ার দরকার পড়ে। যদি



## নিউট্রন দিয়ে ইউরেনিয়াম-২৩৫-এর চেইন রিয়াকশন বিভাজন

নিউট্রনগুলোর দ্বারা ইউরেনিয়াম-২৩৫এর বিভাজন প্রক্রিয়া চেইন রিয়াকশনের পরিকল্পিত ছবি। সহজবোধ্য করার জন্য ধরে নেওয়া হয়েছে যে, বিভাজন হওয়ার উপযুক্ত সবকটি আক্রমণের সময়েই একই সংখ্যায় নিউট্রন নির্গত হয় (তিনটি করে) আর সেগুলির কোল রকমেই নষ্ট হয় না (এগুলো সবই আবার নতুন তিনটি করে ইউরেনিয়ামের পরমাণুতে বিভাজন প্রক্রিয়া ডেকে আনে)। তৃতীয় প্রজন্মের বিভাজন প্রক্রিয়া থেকে পাওয়া কণিকাগুলোর মধ্যে শুধু নিউট্রনের ছবিই দেওয়া হয়েছে।



এই রডগুলোকে সক্রিয় এলাকায় সম্পূর্ণ ভাবে ডুবিয়ে দেওয়া হয়, তাহলে চেইন রিয়াকশন চালু হতে পারে না, কারণ বোরন প্রায় সমস্ত নিউট্রনই শুষে নেয়। যদি সক্রিয় এলাকা থেকে এগুলোকে কিছুটা সরিয়ে দেওয়া হয়, জ্বালানীর ওপরে তুলে দেওয়া হয়, তাহলে প্রক্রিয়া শুরু হয়। ঠিক এই ভাবেই বোরনের রডকে ওপরে অথবা নীচে করে অপারেটর রিয়াক্টরের কাজ নিয়ন্ত্রণ করে। পারমাণবিক জ্বালানীর তাপ নিয়ে নেওয়ার জন্য সক্রিয় এলাকার মধ্যে দিয়ে খুব শক্তিশালী অনেকগুলো পাম্প দিয়ে জল পাঠানো হয়। তা, জল ফুটে ওঠার তাপমাত্রা অবধি গরম হয় ও বাষ্পে পরিণত হয়। বাষ্প এসে পৌঁছয় বাষ্প চালিত টার্বাইনে, আর বাধ্য করে টার্বাইনের র্লেডগুলোকে ঘুরতে, অর্থাৎ সেই রডটাকেও, যার উপরে সেগুলো লাগানো রয়েছে।

টার্বাইনের রড বিদ্যুৎ জেনারেটরের রোটরের সঙ্গে (অর্থাৎ তার ঘুরন্ত অংশের সঙ্গে) একটা গোটা অংশ: এর অর্থ, যখন টার্বাইনের রড ঘোরে, একই সঙ্গে রোটর ঘুরতে থাকে, একই সময়ে আবার বিদ্যুৎ জেনারেটরের কয়েলে বিদ্যুৎশক্তি তৈরী হতে থাকে।

বিশ্বে পারমাণবিক শক্তির ভিত্তি - শক্তিশালী রিয়্যাক্টরগুলো, যেগুলো বিদ্যুৎশক্তি পাওয়ার জন্য ব্যবহার করা হয়। এগুলো ছাড়া, বৈজ্ঞানিক গবেষণার জন্য রিয়্যাক্টর হয়, যেগুলো বৈজ্ঞানিক পরীক্ষা চালানোর জন্য ও সক্রিয় তেজস্ক্রিয় পদার্থ পাওয়ার জন্য ব্যবহার করা হয়, সেইসঙ্গে জাহাজ সংক্রান্ত এবং বিশেষ কাজে ব্যবহারের রিয়্যাক্টরও আছে। যদি পারমাণবিক এনার্জী ব্লকগুলো সম্পর্কে বলতে হয় যেগুলোতে পারমাণবিক চেইন রিয়্যাকশন বিদ্যুৎশক্তি উৎপাদনের জন্য কাজ করে, তাহলে সেগুলোকে মূলতঃ দুটা শ্রেণীতে ভাগ করা যেতে পারে: এক সার্কিটের আর দু সার্কিটের পারমাণবিক এনার্জী ব্লক। বুঝিয়ে বলছি এই শব্দগুলোর কি অর্থ। এক সার্কিটের পারমাণবিক এনার্জী ব্লকগুলোর মধ্যে জল নীচে থেকে ওপরে রিয়্যাক্টরের সক্রিয় এলাকার মধ্যে দিয়ে যেতে গিয়ে ফুটে বাষ্পে পরিণত হয়। বাষ্প টার্বাইনে আসে আর তার রডটাকে ঘোরাতে থাকে, যেটা আবার বিদ্যুৎশক্তি তৈরী করে বিদ্যুৎ জেনারেটরের রোটরকে ঘোরাায়। সবচেয়ে সাধারণ এক সার্কিট ব্যবস্থা হল BWR রিয়্যাক্টরসহ ব্লকগুলো, (boiling water reactor যার আক্ষরিক অনুবাদ «ফুটন্ত জলের রিয়্যাক্টর»)। এইগুলোর মধ্যে আবার সবচেয়ে বেশী জনপ্রিয়তা অর্জন করেছে «জেনারেল ইলেকট্রিক» কোম্পানীর রিয়্যাক্টরগুলো, যে কোম্পানীটি ১৮৭৮ সালে আবিষ্কারক টমাস এডিসন স্থাপন করেছিলেন। সোভিয়েত দেশ নিজের মতো করে এক সার্কিটের আরবিএমকে টাইপের (হাই পাওয়ার চ্যানেল রিয়্যাক্টর) পারমাণবিক রিয়্যাক্টর সমেত এনার্জী ব্লক তৈরী করেছিল। মূলতঃ এগুলো একই রকমের: জল বাষ্পে পরিণত হয় সরাসরি ভাবে রিয়্যাক্টরের সক্রিয় এলাকাতেই।

বেলেইয়ারস্ক পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্র (রাশিয়া) –  
বিশ্বের প্রথম দ্রুত নিউট্রন চালিত রিয়্যাক্টর সমেত এনার্জী ব্লক



দু সার্কিট ব্যবস্থায় পুরু দেওয়ালের ইস্পাতের আধারে আবদ্ধ জল (তাপ পরিবাহক) সক্রিয় এলাকার মধ্যে দিয়ে পাম্প করানো হয় ও তা তাপ শোষণ করে। রিয়্যাক্টরের বডি'র ভেতর উচ্চ চাপ ধরে রাখা হয়, তাই সক্রিয় এলাকায় জল ফুটতে পারে না। গরম হওয়া জল রিয়্যাক্টর থেকে একটা বিশেষ যান্ত্রিক আধারের (ডিভাইস) মধ্যে এসে পড়ে - ভেপার জেনারেটরে, আর অন্য দিকে ভেপার জেনারেটরে দ্বিতীয় সার্কিট থেকে জল পড়তে থাকে। রিয়্যাক্টরের জল থেকে তাপ পেয়ে দ্বিতীয় সার্কিটের জল বাষ্পে পরিণত হয়, যেটা টার্বাইনে যায়। দু সার্কিটের ব্যবস্থা সমেত রিয়্যাক্টরগুলোকে (৩নং প্রবন্ধ দেখো) বলা হয় PWR (pressurized water reactor - উচ্চ চাপযুক্ত জলের রিয়্যাক্টর)। এই ধরনের রিয়্যাক্টর হল রাশিয়ায় তৈরী রিয়্যাক্টর - ভেভেএএর (water-cooled power reactor)।

তৃতীয় ধরনের রিয়্যাক্টরও রয়েছে - দ্রুত গতি সম্পন্ন নিউট্রন সমেত রিয়্যাক্টর অথবা ব্রিডার। ব্রিডার ধরনের রিয়্যাক্টরের প্রধান সুবিধে এই যে, বিদ্যুৎশক্তি উৎপাদনের সময়ে শুরুতে যতটা পারমাণবিক জ্বালানী ভরা হয়, তার চেয়ে বেশী পরিমাণ পারমাণবিক জ্বালানী পাওয়ার সম্ভবনা। আজকের দিনে ব্রিডার ব্যবহার করার সবচেয়ে সাফল্যময় অভিজ্ঞতা রয়েছে রাশিয়ার - এই দেশে ৩০ বছরেরও বেশী সময় ধরে এক বিশাল এনার্জী ব্লক বিএন-৬০০ রিয়্যাক্টরের সাথে কাজ করছে, আরও “উন্নত” এক মডেল বিএন-৮০০ এখন তৈরীর শেষ পর্যায়ে রয়েছে।

## কেন পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের সবচেয়ে ব্যবহৃত লেআউট নকশাগুলো বর্তমানে দু সার্কিটের?

৩

এক সার্কিটের পারমাণবিক এনার্জী ব্লকের সবচেয়ে দুর্বল জায়গা হল এই যে, টার্বাইনে তেজস্ক্রিয় বাষ্প যায়। এটা একদিকে পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রে কর্মরত লোকদের নিরাপত্তা বজায় রাখার ক্ষেত্রে জটিলতার সৃষ্টি করে, আর অন্য দিকে – বিশেষ ব্যবস্থা রাখতে বাধ্য করে, যাতে বাষ্প থেকে তেজস্ক্রিয় পদার্থ পরিবেশে ছড়িয়ে না পড়ে।

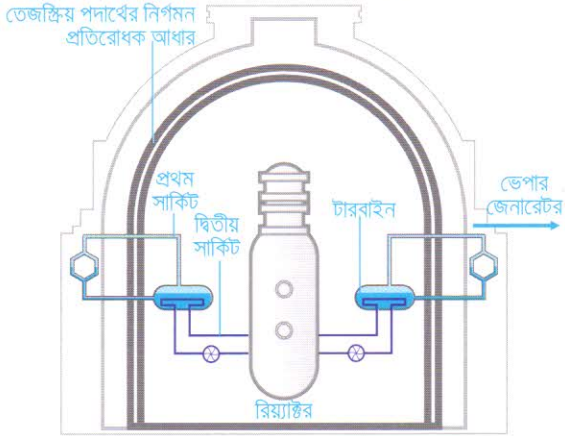
এর সঙ্গে আবার এক সার্কিটের পারমাণবিক বিদ্যুৎ প্রকল্পে হাইড্রোজেন নিয়ে সমস্যা রয়েছে, যা সক্রিয় এলাকায় জল থেকে তৈরী হয়, হওয়ার সঙ্গে মিশে যা বিস্ফোরণ ঘটানোর মতো একটা ভয়ঙ্কর মিশ্রণ তৈরী করতে পারে।

বর্তমানে ফুটন্ত রিয়াক্টর সমেত এনার্জী ব্লকগুলো ব্যবহারের দিক থেকে বিশ্বে দ্বিতীয় স্থানে রয়েছে। দু সার্কিটের যন্ত্র সম্বন্ধে যা বলা যেতে পারে, তা হল এই যে, তাতে তেজস্ক্রিয় জল, যা রিয়াক্টরের মধ্যে দিয়ে যায়, তা সরাসরি ভাবে দ্বিতীয় সার্কিটের বাষ্প হওয়া জলের সংস্পর্শে আসে না, তাই টার্বাইনে এসে পড়ে তেজস্ক্রিয়তাহীন বাষ্প। তাছাড়া, প্রথম সার্কিটের প্রধান অংশগুলো, (যেমন রিয়াক্টর ও ভেপার জেনারেটর) তুলনামূলক ভাবে ছোট ও বায়ু নিরোধক জায়গায় বন্ধ থাকে, যা খুবই উন্নত নিরাপত্তা বলয় দিয়ে ঘেরা থাকে। এটা আবার বাইরের পরিবেশকে সবচেয়ে বেশী ভাবে প্রযুক্তিগত কারণে উচ্চ তেজস্ক্রিয়তা থেকে রক্ষা করে।

পারমাণবিক এনার্জী ব্লকগুলোর মধ্যে দু সার্কিট ব্যবস্থা প্রায় শতকরা ৬০ ভাগ পারমাণবিক বিদ্যুৎ উৎপাদন করে এখন শীর্ষস্থানীয় জায়গা দখল করে রেখেছে।

বিশ্বে পারমাণবিক শক্তি উৎপাদনের ভবিষ্যত উন্নতি সম্বন্ধে যদি বলা হয়, তবে আগামী বছরগুলোতে তা করা হবে প্রাথমিক ভাবে আরও ভাল মানের ও নতুন ধরনের দু সার্কিটের এনাজী ব্লকের প্রকল্প দিয়ে - এই সারিতে অবশ্যই রয়েছে নতুন করে তৈরী করা রাশিয়ার water-cooled power reactor বা ভেভেএএর।

দু সার্কিটের নকশা এক সার্কিটের নকশার চেয়ে মূলগতভাবেই বেশী নিরাপদ



কিসের জন্য কুলিং টাওয়ারের দরকার হয়? সেগুলো কি ধোঁয়ার  
সাথে তেজস্ক্রিয় পদার্থ পরিবেশে ছাড়ে না?

8

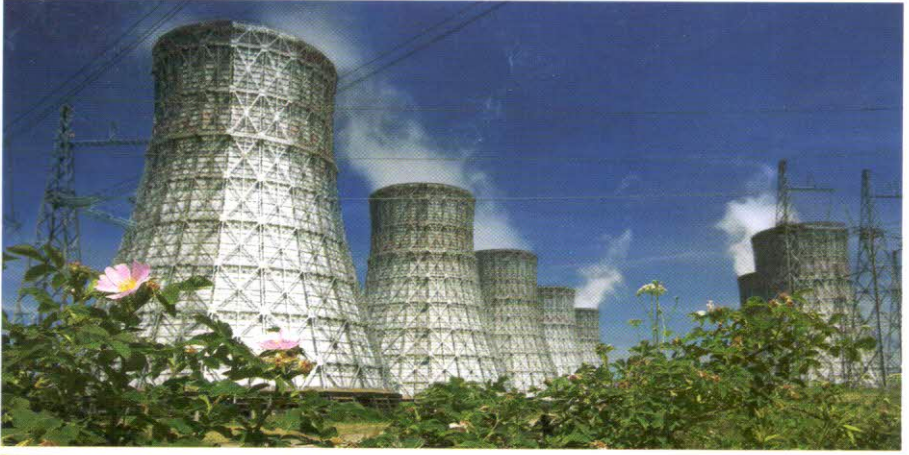
তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্রের মত পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রেরও উপকারী কাজের নির্দিষ্ট গুণক রয়েছে, যা বিদ্যুৎশক্তিতে পরিণত হওয়া তাপ শক্তির অংশ। পারমাণবিক এনার্জী ব্লকের দক্ষতা তুলামূলক ভাবে খুব একটা বেশী নয় আর তা ৩০-৩৫ শতাংশের বেশী হয় না। এর মানে হল যে, শুধুমাত্র উৎপাদিত তাপ শক্তির একের তৃতীয়াংশই বিদ্যুৎশক্তিতে পরিণত হয়। প্রশ্ন হল, বাকী শক্তি কোথায় যায়? যেহেতু তা উড়ে যেতে পারে না, তাই শুধু একটাই বিকল্প থাকছে: পরিবেশে তাপ বিকিরণ। তাপ বের করে দেওয়ার প্রধান প্রক্রিয়া এই ক্ষেত্রে টার্বাইনের কনডেনসারের ঠাণ্ডা করার ব্যবস্থা, যেখানে টার্বাইন যন্ত্র থেকে বাষ্প এসে পৌঁছয়। কনডেনসারে পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের বাষ্প বয়ে নিয়ে যাওয়ার পাইপলাইন ও আউটার লুপ কুলিং প্ল্যান্ট নামক বাইরের জলাধারের বিশেষ জল যাওয়ার ব্যবস্থার মধ্যে তাপ বিনিময় হয়।

পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রে কুলিং টাওয়ারের সঙ্গে বিশেষ ধরনের জলাধার ও ঠাণ্ডা করার জায়গা তৈরী করা হয়, এই জলাধারগুলো থেকে জল কনডেনসারগুলোতে বাষ্প ঠাণ্ডা করার জন্য আসে, আর তারপরে বাষ্প থেকে তাপ সংগ্রহ করে তা কুলিং টাওয়ারে ওপরে পাম্প করে তোলা হয়, সেখান থেকে সরু ধারায় তা নীচে নামে, আর সেই ধারার মুখোমুখি নীচ থেকে ওপরে হাওয়ার স্রোত বহতে থাকে। হাওয়ার সংস্পর্শে এসে জল ঠাণ্ডা হয় যদিও তার একাংশ বাষ্পও হয়ে যায়।

একই ভাবে সাদা ধোঁয়া, যা কুলিং টাওয়ারের ওপর থেকে বেরোতে থাকে, তা স্রেফ বাষ্প ছাড়া আর কিছুই নয়। এখানে বিশেষ করে উল্লেখ করার দরকার: ঠাণ্ডা করার জলাধারগুলো থেকে আসা



নোভোভরোনেব পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের (রাশিয়া) কুলিং টাওয়ার



জল, যা পরে কুলিং টাওয়ারে বাষ্প হয়ে যায়, তাও তেজস্ক্রিয় জলের সঙ্গে কোন ভাবেই সংস্পর্শে আসে না, তাই কুলিং টাওয়ারের ওপরের বাষ্পে কোন রকম তেজস্ক্রিয় পদার্থ স্বাভাবিকভাবেই থাকতে পারে না।

## পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রে কি পারমাণবিক বিস্ফোরণ হতে পারে?

৫

অন্য ভাবে বললে, পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের রিয়্যাক্টর আর পারমাণবিক বোমার মধ্যে তফাত কিসে? তফাত এখানেই যে, পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রে চেইন রিয়্যাকশন নিয়ন্ত্রণের মধ্যে থাকে, তাই তাপ ধীরেধীরে বের হতে থাকে ও তা অবিরত তাপপরিবহনকারী জল দিয়ে বেরিয়ে যায়। রিয়্যাক্টর “দ্রুত গতিতে” চালানো যায়, অর্থাৎ তার ক্ষমতা বাড়ানো যায় আবার তা “বন্ধ করে” দেওয়া যায় বিভাজনের চেইন রিয়্যাকশনকে থামিয়ে দিয়ে। বিপরীতভাবে পারমাণবিক বোমাতে চেইন রিয়্যাকশন হয় অত্যন্ত দ্রুত আর বিপুল পরিমাণে শক্তি খুবই কম সময়ের মধ্যে বের হয় – এটাকেই বলা হয়ে থাকে বিস্ফোরণ। পারমাণবিক রিয়্যাক্টরে বিস্ফোরণ স্বাভাবিক কারণেই সম্ভব নয়, যেহেতু তা হওয়ার জন্য দরকার ইউরেনিয়াম-২৩৫ এর অতিমাত্রায় সমৃদ্ধিকরণ (শতকরা ৬০ ভাগের বেশী), নিউট্রন শুষে ফেলার মতো উপাদানের অনুপস্থিতি আর খুব অল্প পরিমাণে সামান্য ভরের ইউরেনিয়ামের বিস্ফোরক সঞ্চারন। বর্তমানের রিয়্যাক্টরগুলোর মধ্যে জ্বালানী খুবই কম সমৃদ্ধ শতকরা ৩-৫ শতাংশ, সক্রিয় এলাকায় সবসময়েই থাকে নিয়ন্ত্রণ করা যায় এমন রড, যা নিউট্রন শোষণ করে নিতে পারে, যেমন, বোরন। আর হ্যাঁ, পারমাণবিক জ্বালানী, যা রিয়্যাক্টরে বহুসংখ্যক পাতলা ধাতব পাইপে করে ছড়ানো থাকে, তার বিস্ফোরক সঞ্চারন, তাও বাস্তবায়িত হওয়া সম্ভব নয়।

চেরনোবিল পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের বিস্ফোরণ আদতে পারমাণবিক নয়: রিয়্যাক্টর ভেতর থেকে ফেটে গিয়েছিল হঠাৎ বেড়ে যাওয়া বাষ্পের চাপে। “ফুকুসিমা-১” পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রেও হাইড্রোজেনের সঙ্গে হওয়ার মিশ্রণ বিস্ফোরণ ঘটিয়েছিল। বোঝাই যাচ্ছে যে, যে সমস্ত বিস্ফোরণের উল্লেখ করা হল সেগুলো শক্তির দিক থেকে পারমাণবিক বোমা বিস্ফোরণের শক্তির সঙ্গে কোন ভাবেই তুলনীয় নয়।

৬

## পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রে উৎপন্ন বিদ্যুতের তুলনামূলক দাম কিরকম?

পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রে বিদ্যুৎশক্তি উৎপাদনের আনুমানিক খরচ (প্রাথমিক বিনিয়োগের খরচ না ধরলে) তাপবিদ্যুৎকেন্দ্রের (কয়লা, গ্যাস, জ্বালানী তেল) থেকে কম, আর তা আরো অনেক কম বিকল্প শক্তির উৎস কাজে লাগিয়ে উৎপাদনের চেয়ে (হাওয়া, সৌরশক্তি, জোয়ার ইত্যাদি)। উল্লেখ করা প্রয়োজন যে, পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রে তুলনামূলকভাবে তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্রের চেয়ে প্রতি কিলোওয়াট-ঘন্টা দামের হিসাবে জ্বালানী উপাদানের অনুপাত অনেক কম (১৮-২৫%, যখন ৪৫% কয়লা ও ৬৫% গ্যাস চালিত তাপবিদ্যুৎকেন্দ্রে)।

কিন্তু তা সত্ত্বেও পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের যন্ত্রপাতির দাম বেশী আর তা একই শক্তির তাপবিদ্যুৎকেন্দ্রের চেয়ে অনেক বেশী দিন ধরে তৈরী করতে হয়, তাই পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের প্রাথমিক খরচ তুলে নেওয়ার সময়ও একই ক্ষমতার তাপবিদ্যুৎকেন্দ্রের চেয়ে অনেক বেশী। কাজেই পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের জন্য করা প্রাথমিক খরচ ফেরত পাওয়ার সময়কালও বেশী বলে সেগুলো সাধারণভাবে লাভজনক হয়, যদি বেশীসংখ্যক দিন সেগুলো কাজ করে। তাই রাশিয়ার নতুন water-cooled power reactor তৈরী করা হয়েছে ৬০ বছর ভরসাময়োগ্য ও নিরাপদ ব্যবহারের জন্য।

## কত ঘনঘন পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্র মেরামত করার প্রয়োজন হয়?

৭

যেকোনো পারমাণবিক কেন্দ্রের এনার্জী ব্লক- এটা বিদ্যুৎ উৎপাদনের জন্য যন্ত্রপাতি আর ব্যবস্থার এক জটিল গঠন, যেটার প্রতিরোধক পরিষেবার প্রয়োজন রয়েছে নিয়মিত। তাই বছরে একবার প্রতিটি এনার্জী ব্লক কাজ থামায় প্ল্যানমাফিক সতর্কতামূলক মেরামতের কাজকর্মের জন্য। সাধারণতঃ ব্লকের কাজের এই বিরতি পারমাণবিক জ্বালানী ভরার কাজেও লাগানো হয় (ব্যবহৃত জ্বালানী ঢেলে ফেলা হয় ও নতুন জ্বালানী ভরা হয়)। প্রতি তিন বছরে প্ল্যানমাফিক বড় মেরামত করা হয়, যেটা চলার সময় পুরো জ্বালানী বের করে রিয়াক্টরের বডি পরীক্ষা করে দেখা হয়। প্রত্যেক পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের জন্যই মেরামতির সময়ে কি কি কাজ করা হবে, তার উল্লেখ সমেত প্ল্যানমাফিক মাঝারি ও বড় মাপের মেরামতের রুটিন থাকে। প্ল্যানমাফিক মেরামত ছাড়াও থাকে প্রয়োজনমাফিক মেরামতির কাজ, তা করা হয় কাজ চালু রয়েছে এমন যন্ত্রপাতিতে অথবা কোন যন্ত্র খারাপ হয়ে গেলে ব্লক থামিয়ে।

৮

## নতুন পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্র তৈরীর জন্য কিভাবে জায়গা বাছা হয়ে থাকে?

পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্র স্থাপনের জন্য জায়গা নির্বাচন – এটা একসাথে অনেকগুলো জটিল কাজ। তা সমাধান করার সময়ে একই সঙ্গে বিবেচনা করা হয়:

- এলাকার বর্তমান ও ভবিষ্যত সম্ভাব্য শক্তির চাহিদার পরিমাণের কথা। পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্র সেই এলাকায় বানানোর কোন অর্থ হয় না যেখানে সেই কেন্দ্রে তৈরী বিদ্যুতের চাহিদা কারো নেই। একই সঙ্গে মাথায় রাখা দরকার যে, আধুনিক পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রে কাজ চলাকালীন সময়ে খুব ঘনঘন খামার ব্যবস্থা রাখা হয় না – সেগুলো খামানো হয় শুধু প্ল্যানম্যাফিক অথবা বাধ্য হয়ে মেরামতি ও প্রতিরোধক কাজকর্মের জন্য, যা প্রতি ছমাসে একবারের বেশী নয়। তাই পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্র ব্যবহারের জন্য ভাল সাধারণত: দৈনিক নেটওয়ার্ক লোডের গ্রাফের মূল অংশে (সময়বিশেষে যার তারতম্য হয় না), অর্থাৎ সেই সব জায়গায়, যেখানে উপভোক্তাকারীদের মধ্যে অবিরত কাজ করার মতো প্রচুর শক্তির প্রয়োজন এমন কল কারখানা অথবা বড় জনপদ রয়েছে;
- নির্বাচিত জায়গার ভূতাত্ত্বিক, ভূমির গঠন ও হাইড্রোলজি সংক্রান্ত বিশেষত্ব। ভবিষ্যত পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের নিরাপত্তা থাকতে পারে না যদি একইসাথে বিদ্যুৎকেন্দ্র তৈরী করার সময় জমির গঠনের পরিবর্তন হওয়া, আর, বিশেষ করে, পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্র কাজ করার সময় ভূমিপৃষ্ঠের কাছে গহ্বর তৈরী হওয়া, জমির উপরের অংশ জলে ধুয়ে যাওয়া, বন্যায় ডুবে যাওয়া অথবা ধ্বংস নামা ইত্যাদির সম্ভাবনা থাকে;

- প্রাকৃতিক বিপর্যয়ের (ভূমিকম্প, বন্যা, ঝড়) সম্ভবনার মাত্রা, আকার, মাপ ও ভবিষ্যত পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের জন্য সেগুলোর সাথে জড়িত ঝুঁকি;
- এলাকার কল কারখানা, পরিবহন ও শক্তি সংক্রান্ত পরিকাঠামো বিকাশের অবস্থা ও ভবিষ্যতে তার সম্ভাবনা;
- পারমাণবিক কেন্দ্রে প্রয়োজনীয় কর্মীর কথা মাথায় রেখে এলাকার সামাজিক পরিস্থিতি ও আসন্ন পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্র নির্মাণের কাজ ও ব্যবহারের সাথে তাদের মানিয়ে নেওয়ার সম্ভাবনা।

### আকুয়ু পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্র তৈরীর জায়গা, তুরস্ক



৯

## পারমাণবিক শক্তির জন্য স্থালানী তৈরীতে কেন শুধু ইউরেনিয়ামই ব্যবহৃত হয়?

প্রাকৃতিক ইউরেনিয়াম তিনটি আইসোটোপের মিশ্রণ: ইউরেনিয়াম-২৩৮, ইউরেনিয়াম-২৩৫ আর ইউরেনিয়াম-২৩৮। এই আইসোটোপগুলোর মধ্যে একটাই, আর সেটা ইউরেনিয়াম-২৩৫, পারমাণবিক রিয়াক্টরে নিউট্রনের সঙ্গে প্রক্রিয়ার ফলে ভাল করে বিভাজিত হয়, অর্থাৎ চেইন রিয়াকশন প্রক্রিয়া শুরু হতে দেয়। বিশ্বে আর কোনও মৌল পদার্থ পাওয়া যায় না, যার প্রকৃতিতে বিভাজনের উপযুক্ত আইসোটোপ রয়েছে। এই ধরনের বৈশিষ্ট্য কয়েকটা অন্য পারমাণবিক পদার্থেরও রয়েছে (ইউরেনিয়াম-২৩৩, প্লুটোনিয়াম-২৩৯), কিন্তু প্রকৃতিতে সেগুলো পাওয়া যায় না আর শুধু কৃত্রিম উপায়ে পারমাণবিক রিয়াক্টরেই সেগুলো পাওয়া যেতে পারে। তাই এই ধরনের পরমাণবিক পদার্থকে, ইউরেনিয়াম-২৩৫, পারমাণবিক শক্তি উৎপাদনের কাজে যার বিকল্প নেই, তার থেকে স্বতন্ত্র, দ্বিতীয় ক্যাটাগোরির বলা হয়ে থাকে।

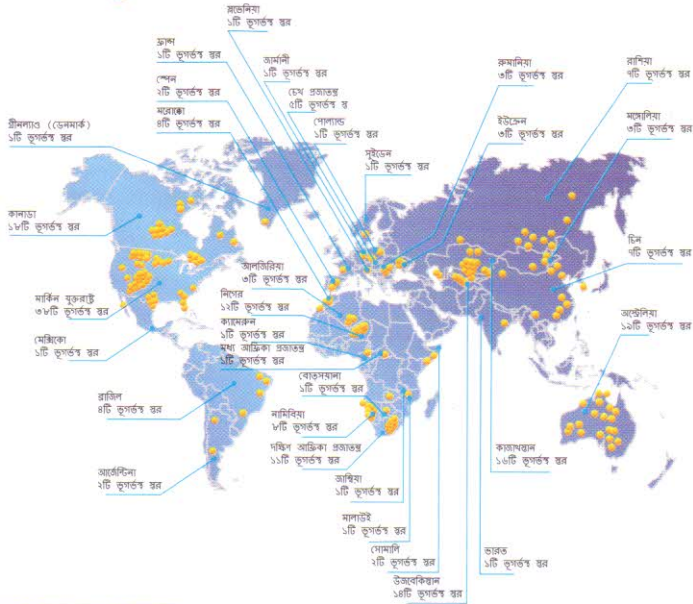
## পৃথিবীতে কি পরিমাণ ইউরেনিয়াম আছে? কোন কোন ইউরেনিয়ামের খনিকে উন্নত ও কোনগুলোকে অনুন্নত মানের ধরা হয়?

১০

পৃথিবীর ভূপৃষ্ঠের উপরিভাগেই ইউরেনিয়ামের গড় ঘনত্ব যথেষ্ট বেশী - ৩x১০-৪ %। এটা যেমন, রূপো (প্রায় ৩০ গুণ) অথবা সোনা (১০০০ গুণের কাছাকাছি) থেকে বেশী। এটা সবসময়ই বেশী, যেমন, গ্রানাইটে- এক টনে প্রায় ২৫ গ্রাম। সমুদ্রের জলেও তা কম নয় - ৩.৪ মাইক্রোগ্রাম/লিটার। তুলনামূলকভাবে পাতলা, পৃথিবীর উপরিভাগের ২০ কিলোমিটারের স্তরে রয়েছে প্রায় ১০১৪ টন ইউরেনিয়াম। অবশ্য ইউরেনিয়াম বিক্ষিপ্ত উপাদানের মধ্যে পড়ে - শুধু এর কম অংশই ভূগর্ভস্থেরে সঞ্চিত আছে যা ০.৩%-র বেশী ইউরেনিয়ামে সমৃদ্ধ। তা সত্ত্বেও প্রথমদিকে ইউরেনিয়াম উত্তোলন করা হতো উন্নত মানের খনি থেকে। এইরকম কঙ্গোর (বর্তমানে রিপাব্লিক অফ জাইর) পিচব্লেন্ডে (pitchblende), যা পারমাণবিক অস্ত্র বানাতে মার্কিন যুক্তরাষ্ট্রের দ্বারা ব্যবহৃত হয়েছে, তাতে ৬৫% (ওজনের দিক থেকে) পর্যন্ত পরিশুদ্ধ ইউরেনিয়াম ডাই অক্সাইড থাকতো। বর্তমানে শুধু সেইরকম আকরের স্বল্পই দেখা যেতে পারে ও সমৃদ্ধ ক্যাটাগোরিতে পড়ে সেই আকরগুলো যেগুলোয় ০.৩%-এর বেশী ইউরেনিয়াম আছে। এর চেয়ে কম ইউরেনিয়াম ধারণকারী আকরকে অনুন্নত ধরা হয়। ০.০০১% থেকে ০.৫% পর্যন্ত ইউরেনিয়াম আহরণকে অর্থনৈতিক দিক থেকে কার্যকারিতার (কেজি প্রতি ১৩০ মার্কিন ডলার পর্যন্ত দামে) বর্তমান লক্ষ্য ধরা হয়। একই সময়ে অর্থনৈতিক কার্যকারিতা, ইউরেনিয়াম নিষ্কাশন লক্ষ্য পণ্য নাকি এককালীন, অথবা আকরের জটিল প্রক্রিয়াজাতকরণের পরোক্ষ ফল কিনা তার ওপর (যেমন, উদাহরণস্বরূপ, ফসফেট, সোনা, মলিবডেনাম, ভ্যানাডিয়াম এবং বিরল মৃত্তিকাজাত মৌল উপাদান আহরণের ক্ষেত্রে) উল্লেখযোগ্যভাবে নির্ভর করে। বর্তমান প্রযুক্তি ব্যবহার করে সমুদ্রের জল থেকে ইউরেনিয়াম আহরণে ৭৫০ মার্কিন ডলার/কেজি খরচ পড়বে, এবং অদূর ভবিষ্যতে এর কোন অর্থনৈতিক সাফল্যের সম্ভাবনা নেই।



## ভূগর্ভে সঞ্চিত ইউরেনিয়াম স্তরগুলোর বিশ্বমানচিত্র



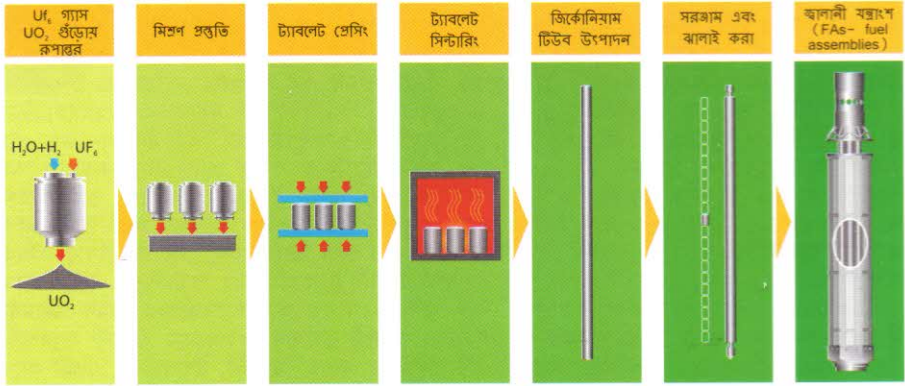
## পারমানবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের রিয়্যাক্টর জন্য স্থালানী বলতে কি বোঝায় ও কিভাবে তা তৈরী করা হয়?

১১

কার্যত সারা পৃথিবী জুড়ে ইউরেনিয়াম ভিত্তিক পারমানবিক স্থালানী ব্যবহার করা হয়, যেটা তথাকথিত বিভাজিত আইসোটোপ নামক-ইউরেনিয়াম-২৩৫-এ সমৃদ্ধ। তবে রিয়্যাক্টরে পড়ার আগে ইউরেনিয়ামকে যথেষ্ট লম্বা পথ পেরিয়ে আসতে হয়। প্রথমে ইউরেনিয়াম আকরকে বাছাই করা ও ভাঙা হয়। তারপরে গুঁড়ো করা ইউরেনিয়াম আকরকে রাসায়নিক মিশ্রণে দ্রবীভূত করা হয়, যেটায় ইউরেনিয়ামের ঘনীভূত লবণের স্তর জন্মে। এরপর শুকনো ঘন ইউরেনিয়াম পাওয়া পর্যন্ত লবণ শুকানো হয়। টেকনোলজি চেইনের পরের ধাপ হলো পরিশুদ্ধকরণ (ক্ষতিকারক মিশ্রণ থেকে সূক্ষ্ম রাসায়নিক পদ্ধতিতে পরিষ্কার করা)। এর ফলস্বরূপ ইউরেনিয়ামের শুদ্ধ অক্সাইড বেরোয় যা রূপান্তরিত (ফ্লুআরিডেইট) করার জন্য পাঠানো হয়। এর ফলে যে গ্যাস পাওয়া যায় - ইউরেনিয়াম হেক্সাফ্লুরাইড ( $UF_6$ ) - বিশেষ কনটেইনারে পরিবহন করা হয় সমৃদ্ধিকরণের কারখানায়, ইউরেনিয়াম-২৩৫ এর আইসোটোপের প্রাকৃতিক উপাদান ০.৭১% থেকে ৩-৫% পর্যন্ত সমৃদ্ধ করার জন্য। সমৃদ্ধিকরণের শেষ ধাপ নির্ভর করে স্থালানীর ধরনের ওপর। একদম শেষ ধাপে সমৃদ্ধ ইউরেনিয়ামকে শুদ্ধ ডাইঅক্সাইড বা সিলিকার রূপ দেওয়া হয় আর তারপর পাউডার মেটালার্জি টেকনিক ব্যবহার করে তার থেকে স্থালানী ট্যাবলেট পাওয়া যায়। স্থালানী উৎপাদনের শেষ ধাপ হলো জিরোনিয়াম এবং নিওবিয়াম গলিয়ে বানানো তাত্র প্রতিরোধী পাতলা দেওয়ালের পাইপের মধ্যে স্থালানী ট্যাবলেটগুলোর প্যাকেজিং। ইউরেনিয়াম ডাইঅক্সাইডের ট্যাবলেট দিয়ে ভরা আর দুদিক থেকে নিশ্চিহ্নভাবে বন্ধ করা পাইপগুলোকে ফুয়েল এলিমেন্ট হিসাবে উল্লেখ করা হয়েছে (হিট জেনারেটিং এলিমেন্ট)। স্থালানী উপাদান, পর্যায়েক্রমে, স্থালানী যন্ত্রাংশকে (FAs- fuel assemblies) একত্রিত করে। প্রতিটি প্রযুক্তিগত কাজে, স্থালানী উৎপাদনের প্রতিটি ধাপে কঠোরভাবে নিরাপত্তার নিয়ম মেনে চলা হয় এবং পুঙ্খানুপুঙ্খভাবে গুণগত মান নিয়ন্ত্রণ করা হয়।

রাশিয়ার পারমানবিক জ্বালানী উৎপাদক সংস্থা রসঅ্যাটমের ওপেন জয়েন্ট স্টক কোম্পানী “টেভল” ২০০৪ সালে কোয়ালিটি ম্যানেজমেন্ট সিস্টেম এর নিয়ম অনুসারী আন্তর্জাতিক মানের ISO-9001 সার্টিফিকেট পেয়েছে। এই “টেভল” কোম্পানীর জ্বালানী উৎপাদনের প্রধান কারখানাগুলো (নোভোসিবিরস্ক রাসায়নিক কারখানা, চেপেতস্ক কলকন্ডার কারখানা ও যন্ত্র নির্মাণ কারখানা) ২০০৩-২০০৪ সালেও সার্টিফিকেশন অডিট পাস ও আন্তর্জাতিক মানের ISO 9001:2000 সার্টিফিকেট পেয়েছে।

### পরমানবিক জ্বালানী উৎপাদনের ফ্লো শীট



## রিস্যাক্টরে ঢোকান আগে পারমাণবিক জ্বালানী থেকে কি বিকিরণজনিত বিপদ হতে পারে?

১২

পারমাণবিক জ্বালানী রিস্যাক্টরে ঢোকান আগে কোন রকম বিকিরণজনিত বিপদের কারণ হয় না। জ্বালানী ট্যাবলেটে থাকা ইউরেনিয়ামের দুটো আইসোটোপ থেকে আলফা রশ্মির নিগমণ, সেই সঙ্গে খুবই ক্ষণজীবী তিনটি বিভাজিত নিউক্লিড থেকে ক্ষীণ বেটা ও গামা রশ্মির নিগমণ প্রায় সম্পূর্ণ ভাবেই সেই জ্বালানী ট্যাবলেটের মধ্যেই ও জ্বালানী যন্ত্রাংশের খোলসে শোষিত হয়ে যায় যা, বাইরে বিকিরণের প্রভাব পড়তে দেয় না। ভেভেএএর-১০০০ রিস্যাক্টরের এক কিলোগ্রাম নতুন পারমাণবিক জ্বালানী থেকে বাইরে এক মিটার দূরত্বে গামা বিকিরণের শক্তির মাত্রা হয় ঘন্টায় ০.২৯ মাইক্রোসিয়েভেৰ্ট, যা মস্কোয় বিকিরণের যে সর্বোচ্চ মান বাইরের পরিবেশে থাকে তা অতিক্রম করে না। খোলসের এয়ারটাইট অবস্থা গায়ের চামড়ায় বিকিরণ থেকে কোন ক্ষতির সম্ভবনা, আর সেই সঙ্গে শরীরের ভেতরে তেজস্ক্রিয় পদার্থ ঢুকে পড়াও রোধ করে।



১৩

## পারমাণবিক ও জৈব জ্বালানী দহন প্রক্রিয়ায় মূল তফাৎ গুলো কি?

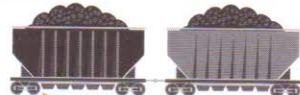
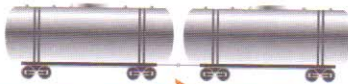
তফাৎ বেশ কয়েকটা। প্রথমতঃ, পারমাণবিক জ্বালানী দহনের জন্য অক্সিজেন অথবা অন্য কোন অক্সিডেন্টের দরকার পড়ে না - তাতে শক্তি নির্গমণের প্রক্রিয়া (ইউরেনিয়ামের নিউক্লিয়াস বিভাজন) পরমাণুর পারস্পরিক ক্রিয়ার কারণে ঘটে, কোন রাসায়নিক প্রক্রিয়ার কারণে নয়। দ্বিতীয়তঃ, তাপ বিদ্যুৎকেন্দ্রে সমস্ত রকম জৈব জ্বালানী পোড়ে যা চুল্লীতে দেওয়া হয় - এক্ষেত্রে কোনো “পুড়ে না যাওয়া জিনিস” জমা হয় না। পারমাণবিক রিয়াক্টরে হতে থাকা বিভাজনের চেইন রিয়াকশনে, ভেঙে যেতে পারে এমন সমস্ত পদার্থ (ইউরেনিয়াম-২৩৫) পুড়ে যায় না, শুধু নির্দিষ্ট সক্রিয় এলাকার জন্য নির্দিষ্ট পরিমাণ অতিরিক্ত অংশই পোড়ে। জৈব জ্বালানীর ছাই ও গাদ থেকে তফাৎ এই যে, তবু না জ্বলা ইউরেনিয়াম পুনঃনবীকরণের পর আবার জ্বালানী হিসাবে ব্যবহৃত হতে পারে। অবশেষে, পারমাণবিক জ্বালানীতে ইউরেনিয়াম তেজস্ক্রিয় বিকিরণে নতুন বিভাজনের উপযুক্ত পদার্থ তৈরী হয় - প্লুটোনিয়াম, যেটাও আবার পারমাণবিক জ্বালানী হিসাবে ব্যবহৃত হতে পারে।

## জেব স্থালানীর তুলনায় পারমাণবিক স্থালানীতে কতটা শক্তি খরচ হয়?

১৪

পারমাণবিক স্থালানীতে ব্যবহৃত এক কিলোগ্রাম কম সমৃদ্ধ ইউরেনিয়াম (ইউরেনিয়াম-২৩৫ এর ৪%), ইউরেনিয়াম-২৩৫ পরমাণু সম্পূর্ণ ভেঙে যত শক্তি দেয়, তা প্রায় ১০০ টন উচ্চ মানের পাথুরে কয়লা অথবা ৬০ টন খনিজ তেল পোড়ানোর সমান। যদি শক্তিশালী তাপ বিদ্যুৎকেন্দ্র বছরে ব্যবহার করে ৬৯ লক্ষ টন কয়লা, তাে সমক্ষমতাসম্পন্ন একটা পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের লাগে মাত্র ৬৯ টন পারমাণবিক স্থালানী। এর ফলে পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের, একই পরিমাণ শক্তি উৎপাদনে সক্ষম তাপ বিদ্যুৎকেন্দ্রের চেয়ে যথেষ্ট কম নির্ভরশীলতা সেই জায়গার পরিবহন ব্যবস্থার পরিকাঠামোে উন্নত কিনা তার ওপর, আর প্রতি কিলোওয়াট ঘন্টা বিদ্যুৎ শক্তির দামেও অনেক গুণ কম অংশ থাকবে পরিবহন সংক্রান্ত খরচ। অন্য কথায় বলতে হলে একটা বড় পারমাণবিক রিয়াক্টরের এক বছর কাজ করার জন্য প্রয়োজন হয় মাত্র কয়েক টন স্বল্প সমৃদ্ধ ইউরেনিয়াম। তুলনার জন্য, কয়লায় চালিত কেন্দ্র, যা একই পরিমাণ বিদ্যুৎশক্তি উৎপাদন করে, তা ব্যবহার করে পাঁচ ট্রেন কয়লা, তবে সেটা বছরে নয়, বরং ... ২৪ ঘন্টায়।

### পারমাণবিক স্থালানীর শক্তি খরচের পরিমাণ



১ কিলোগ্রাম ইউরেনিয়াম শক্তি (৪% সমৃদ্ধকরণ করা ইউরেনিয়াম-২৩৫) তিনটি০.৫৫৫-১০০০ রিব্বাটের জলা।

৬০ টন (২ টাঙ্ক) খনিজ তেল

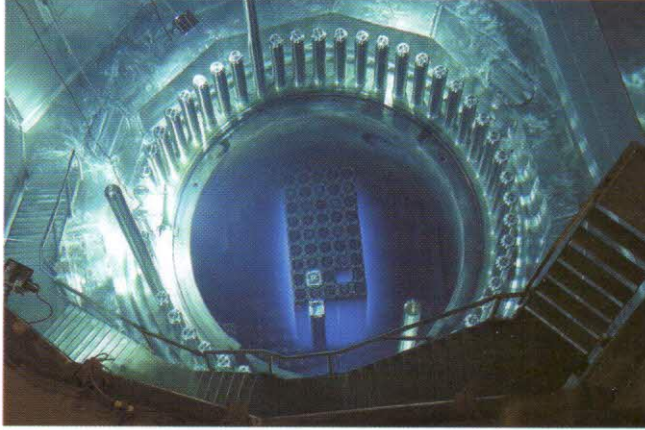
৬৯ টন (২ ওয়াগন) পাথুরে কয়লা

পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের কাজের ফলে তৈরী তেজস্ক্রিয় বর্জ্য পদার্থ একটি গুরুত্বপূর্ণ বিষয়, যা সামগ্রিকভাবে পারমাণবিক শক্তি সম্পর্কে সমাজের সমালোচনার কারণ। আর, সত্যিই স্বীকার করা উচিত যে তেজস্ক্রিয় বর্জ্য পদার্থ উল্লেখযোগ্য বিপদের কারণ হতেই পারে। যাইহোক সেই বিপদগুলো ভালো করেই জানা, আর বিশেষজ্ঞদের দ্বারা সমস্ত ব্যবস্থাই নেওয়া হয়েছে, যাতে তা গ্রহণযোগ্য মাত্রা অবধি কমে। পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রে তেজস্ক্রিয় বর্জ্য পদার্থ নিয়ে কাজকে চারটি পর্যায়ে ভাগ করা যেতে পারে। প্রথম পর্যায় – ওগুলোর কঠোর হিসাব ও জমা করা। পরিবেশে তেজস্ক্রিয় পদার্থ ছড়িয়ে পড়তে দেওয়া যায় না বিবেচনা করে নিরাপত্তার জন্য হিসেবের অবশ্য প্রয়োজন।

দ্বিতীয় পর্যায় – ছোট করে ফেলা, যতটা বেশী সম্ভব বর্জ্য পদার্থের পরিমাণ হ্রাস করা। তরল বর্জ্য পদার্থকে বাষ্প করে ফেলা হয়, কঠিনকে চাপ দিয়ে ছোট করে জ্বালিয়ে দেওয়া হয়। এতে সেগুলোর সংরক্ষণ ও অন্যান্য জিনিষ থেকে আলাদা রাখার খরচ কমে। যেমন, একটা বড় পারমাণবিক এনার্জী ব্লক এক বছর কাজ করলে দশ হাজার কিউবিক মিটার তরল বর্জ্য পদার্থ তৈরী হয়, কিন্তু প্রায় পুরো জলটাই তেজস্ক্রিয় পদার্থ থেকে পরিশ্রুত অবস্থায় বাষ্পীভূত করে ১০০ কিউবিক মিটার বানিয়ে ফেলা যায়।

তৃতীয় পর্যায় – বাতানুকূল করা, এই পর্যায়ে বর্জ্য পদার্থকে রাসায়নিক ভাবে স্থিতিশীল ও পরিবেশের জন্য নিরাপদ পরিস্থিতিতে নিয়ে আসা হয়। সামান্য তেজস্ক্রিয়তা সমেত বর্জ্য পদার্থ ব্যারেল ও

ঠাণ্ডা করার জলাধারে রাখা কাজ শেষ হয়ে যাওয়া পারমাণবিক স্রাবালনী



কন্টেনারে রাখা অনুমতিযোগ্য, বেশী বিপজ্জনক পদার্থের জন্য আরো ভরসাযোগ্য ছাঁচ বা আধার ব্যবহারের নিয়ম: সিমেন্ট, পিচ, অথবা কাঁচ দিয়ে তৈরী ব্লক।

শেষ পর্যায় - তেজস্ক্রিয় বর্জ্য পদার্থকে বিশেষ ধরনের সংরক্ষণের জায়গায় পাঠানো হয় আর তারপর - সম্পূর্ণ বিচ্ছিন্ন অবস্থায় থাকার জায়গায়।



১৬

পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে কাজ শেষ হওয়া পারমাণবিক  
স্ফালনী নিয়ে কি করা হয়?

এনার্জী ব্লকের রিয়াক্টর থেকে বার করে আনা কাজ শেষ হয়ে যাওয়া পারমাণবিক স্ফালনীর ক্ষেত্রেও বিশেষ পদ্ধতি নেওয়া হয়। প্রথমে তাকে একটা বিশেষ জলাধারে ঠাণ্ডা করতে নিয়ে যাওয়া হয়, যেখানে সেটা বেশ কয়েক বছর থাকে, তারপরে পরিবহনযোগ্য কন্টেইনারে ভর্তি করা হয় ও তা কেন্দ্রীয় সংরক্ষণশালায় নিয়ে যাওয়া হয়। কাজ শেষ হয়ে যাওয়া পারমাণবিক স্ফালনীর পরিবহন প্রধানতঃ রেল ও মোটর গাড়ীতে করা হয়ে থাকে, বিশেষ গঠনের জাহাজও ব্যবহার করা হয়। প্রায় পঞ্চাশ বছরেরও বেশী সময় ব্যবহৃত পারমাণবিক স্ফালনী পরিবহনে বিশ্ব অভিজ্ঞতায় একটাও দুর্ঘটনার কথা নেই।

কাজ শেষ হয়ে যাওয়া পারমাণবিক স্ফালনী  
বয়ে নিয়ে যাওয়ার ওয়াগন



## পারমাণবিক স্থালানীর সক্ষম কি অনেকদিন থাকবে?

১৭

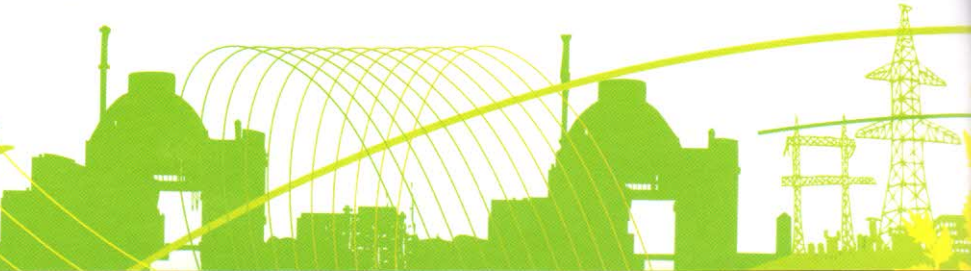
এই প্রশ্নের স্পষ্ট উত্তর দেওয়া সম্ভব নয়। ইউরেনিয়াম যা তোলা হয় মজুদ আছে এমন জানা খনি থেকে, তা কয়েকশো বছরের জন্য যথেষ্ট হতে পারে বর্তমানে যত সংখ্যক পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্র আছে সেগুলোর জন্য। কিন্তু পারমাণবিক শক্তির দ্রুত বিকাশ গণ্য করা উচিত, যার সাক্ষী আজ আমরা সকলেই। আর যদি ধরে নেওয়া হয় যে, বিশ্বে নতুন এনার্জী ব্লক তৈরীর যে পরিকল্পনা রয়েছে, তা তেমনই হবে যেমন ভাবা হয়েছে, তাহলে ৪৫-৫০ বছরের জন্য ইউরেনিয়াম যথেষ্ট থাকবে এবং এখানে কিছুই করার নেই - ইউরেনিয়াম (যেমন খনিজ তেল ও গ্যাস আর কয়লা) পুনর্নবীকরণযোগ্য সম্পদ নয়। কিন্তু বলা যায় না যে, পারমাণবিক বিজ্ঞানীরা “হাত গুটিয়ে” সেই দিনের অপেক্ষায় বসে রয়েছেন, যখন প্রাকৃতিতে ইউরেনিয়াম-২৩৫ এর ভাঙার ফুরিয়ে যাবে: পারমাণবিক শক্তির জন্য বিকল্প সম্পদের নির্বিড় অনুসন্ধান চলছে। অংশতঃ, শক্তি উপাদানে ইউরেনিয়াম-২৩৮ থেকে নির্গত প্লুটোনিয়াম-২৩৯ ব্যবহার করার পরিকল্পনা করা হচ্ছে। থোরিয়াম স্থালানী শৃঙ্খলের বিকাশও করা যেতে পারে থোরিয়াম-২৩২ ব্যবহার করে, ইউরেনিয়ামের তুলনায় এই মৌলের প্রাকৃতিক সক্ষয়ও অনেক বেশী, ইউরেনিয়াম - ২৩৩ পাওয়ার জন্য চাঁচামাল হিসাবে ব্যবহার করা হয়ে থাকে - বিদীর্ণকারী উপাদান।

একইভাবে, ইউরেনিয়াম ২৩৫ থেকে প্লুটোনিয়াম-২৩৯ আর (অথবা) ইউরেনিয়াম-২৩৩ -এ রূপান্তর মানব সমাজকে আগামী হাজার বছর “পারমাণবিক” শক্তির যোগান দিতে পারবে। অন্য সম্ভাব্য একটা শাখাও রয়েছে, যেখানে হাইড্রোজেন-হিলিয়াম স্থালানী ব্যবহার করে তাপ-পারমাণবিক রিয়াক্টরের বিকাশের কথা ভাবা হচ্ছে।

আন্তর্জাতিক পারমাণবিক শক্তি নিয়ন্ত্রণ সংস্থা (International atomic energy agency) – এটা একটা আন্তর্প্রশাসনিক সংস্থা, যা পারমাণবিক শক্তির শান্তিপূর্ণ ও নিরাপদ ব্যবহারের ক্ষেত্রে সহায়তা করে। ১৯৫৭ সালের ২৯শে জুলাই রাষ্ট্রসঙ্ঘের ব্যবস্থা কাঠামোর মধ্যেই স্বাধীন প্রতিষ্ঠান হিসাবে তৈরী হয়েছে এই সংস্থা। ভিয়েনা(অস্ট্রিয়া) শহরে এর সদর দপ্তর। ২০১১ সালের নভেম্বর মাসের পরিসংখ্যান অনুযায়ী আন্তর্জাতিক পারমাণবিক শক্তি নিয়ন্ত্রণ সংস্থার সদস্য ছিল ১৫২টি রাষ্ট্র।

এই সংস্থার প্রধান অঙ্গ হচ্ছে সাধারণ সম্মেলন, নিয়ন্ত্রক সভা ও জেনারেল ডিরেক্টরের নেতৃত্বে সচিবালয় (২০০৯ সালের ১লা ডিসেম্বর থেকে – ইউকিও আমানো এই পদে রয়েছেন)। যদি সাধারণ সম্মেলন বছরে একবার এক সপ্তাহের জন্য নীতি নির্ধারণের কাজে মিলিত হয়, তবে নিয়ন্ত্রক সভা সারা বছর ধরে একাধিকবার নিজেদের অধিবেশনে মিলিত হয়ে প্রতিষ্ঠানের সনদ অনুযায়ী বাস্তবে প্রায় সমস্ত রকম কাজকর্মের ক্ষেত্রেই নিয়মিত নেতৃত্ব দিয়ে থাকে। আন্তর্জাতিক পারমাণবিক শক্তি নিয়ন্ত্রণ সংস্থার প্রধান কার্যক্রম হল:

- গ্যারান্টি ও যাচাই: পারমাণবিক উপাদান ব্যবহার ও কার্যকলাপ শুধুমাত্র শান্তিপূর্ণ উদ্দেশ্যে কিনা তা যাচাইয়ের উদ্দেশ্যে রাষ্ট্রগুলোর সঙ্গে সংস্থার আইনসম্মত চুক্তির ভিত্তিতে গ্যারান্টি অনুযায়ী পরিদর্শন;
- নিরাপত্তা: নিরাপত্তার মান নির্ধারণ, নিয়ম ও নির্দেশাবলী তৈরী করা ও সেগুলোর প্রয়োগে রাষ্ট্রগুলোকে সহায়তা করা;



- বিজ্ঞান ও প্রযুক্তি: শক্তি, কৃষি, পরিবেশ সুরক্ষা, স্বাস্থ্য সংরক্ষণ ও অন্যান্য ক্ষেত্রে পারমাণবিক পদ্ধতি ব্যবহারের জন্য বৈজ্ঞানিক ও প্রযুক্তিগত সহায়তা দেওয়া।

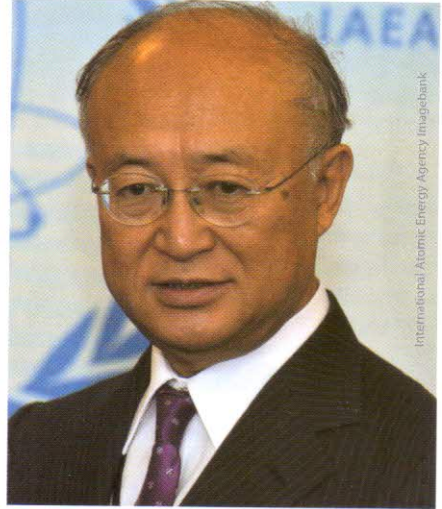
আন্তর্জাতিক পারমাণবিক শক্তি নিয়ন্ত্রণ সংস্থা - রাষ্ট্রসমূহের ব্যবস্থায় সবচেয়ে কার্যকরী সর্বজনীন আন্তর্প্রশাসনিক সংস্থাগুলোর মধ্যে একটা। এটা অনেক বছরের যুক্তিসম্মত পারস্পরিক কাজের অবদান, যা শুধুমাত্র শান্তিপূর্ণ উদ্দেশ্যে যেমন মুখ্য পারমাণবিক শক্তিতে বলশালী রাষ্ট্রগুলো, তেমনই অন্যান্য রাষ্ট্রগুলোর দ্বারাও পারমাণবিক শক্তির ব্যবহার, যারা আন্তর্জাতিক পারমাণবিক শক্তি নিয়ন্ত্রণ সংস্থার সদস্য।



**IAEA**

International Atomic Energy Agency

আন্তর্জাতিক পারমাণবিক শক্তি নিয়ন্ত্রণ সংস্থার  
জেনারেল ডিরেক্টর ইউকিও আমানো



International Atomic Energy Agency (Inage)bank

## আধুনিক ও সম্ভাব্য পারমাণবিক বিদ্যুৎ শক্তিকেन्द्रগুলোতে বড় রকমের দুর্ঘটনার সংখ্যাগত মূল্যায়ণ কি করা হয়?

অবশ্যই, করা হয়। এই কাজের জন্য আন্তর্জাতিক সার্টিফিকেশনের পদ্ধতিগত একীকরণ প্রক্রিয়ার গ্যারান্টি হিসাবে একটি বিশেষ কম্পিউটার কোড তৈরী করা হয়েছে। এগুলো তথাকথিত সম্ভাব্য নিরাপত্তা বিশ্লেষণের ভিত্তি (PSA)। এই সম্ভাব্য নিরাপত্তা বিশ্লেষণের ফলাফলের ওপর পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রে তখন চালু রিয়াক্টরগুলোর সক্রিয় এলাকার আংশিক বা সম্পূর্ণ গলে যাওয়ায় এক বছরে কোন বড় দুর্ঘটনার সম্ভাবনা মূল্যায়িত হওয়ার মান 10-5 (প্রতি ১ লক্ষ বছরে ১টা দুর্ঘটনা)। বর্তমানে বিশ্বে পারমাণবিক শক্তি উৎপাদনের পরিমাণে এটা প্রতি ২০০০ বছরে একটা দুর্ঘটনা হওয়ার সমান। বাস্তবে এই ধরনের দুর্ঘটনা পারমাণবিক শক্তিকেন্দ্রে ঘটেছে আন্তর্জাতিক পারমাণবিক শক্তি শিল্পের ইতিহাসে তিনবার: ১৯৭৯ সালে পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রে “শ্রি-মাইল আইল্যান্ড”-এ, ১৯৮৬ সালে চেরনোবিলের পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রে আর ২০১১ সালে “ফুকুসিমা-১” পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রে। সত্যিই উল্লেখযোগ্য, সেই সময় নিরাপত্তার মান আমাদের আজকের দিনের তুলনায় অনেক কম ছিল। মনে করিয়ে দেবো যে, “ফুকুসিমা-১” পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রে পুরনো প্রকল্পের রক ছিল, যেগুলোর দুর্বলতা জানা থাকা সত্ত্বেও পুরো মাত্রায় আধুনিকীকরণ হয়নি। তবু, নতুন করে তৈরী হওয়া পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রগুলোর জন্য এই মান অনাবশ্যক উঁচু ধরা হয়েছে আর আধুনিক রক প্রকল্পগুলোতে সর্বাধুনিক প্রযুক্তিগত সমাধান হিসেবে করে এই ধরনের দুর্ঘটনার সম্ভাবনা দশ ভাগ কম দেওয়া থাকে (10-6 অর্থাৎ প্রতি দশ লক্ষ বছরে একটি দুর্ঘটনার সম্ভাবনা)। এই ভাবে, এই সম্ভাবনাকে তথাকথিত দৈনন্দিন ঝুঁকির পর্যায়ে নামিয়ে আনা হয়েছে, যা বাস্তবিক কাজকর্মে মানুষ ধর্তব্যের মধ্যে রাখে না।

