পারমাণবিক শক্তি সম্পর্কিত

প্রশ্নোত্তর

সূচিপত্র

১	কিভাবে পারমাণবিক শক্তি বিদ্যুৎশক্তিতে রূপান্তরিত হয়?	৩
২	পারমাণবিক চুল্লির ধরন কি কি এবং এগুলোর নামের অর্থই বা কি?	৬
৩	বর্তমানে দুই সার্কিট বিশিষ্ট আণুবিক বিদ্যুৎ ব্লকের ব্যবহার সবচেয়ে বেশি কেন?	৯
৪	কুলিং টাওয়ার কেন প্রয়োজন হয়? এগুলো থেকে নির্গত ধোঁয়ার সঙ্গে তেজস্ক্রিয় পদার্থ পরিবেশে ছড়িয়ে পড়ে কি না?	১১
৫	পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে পারমাণবিক বিস্ফোরণ সম্ভব কি না?	১৩
৬	পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে বিদ্যুৎ উৎপাদন খরচ তুলনামূলকভাবে কেমন হয়?	১৪
৭	পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলো কতদিন পরপর মেরামতের প্রয়োজন হয়?	১৫
৮	নতুন পারমাণবিক বিদ্যু কেন্দ্র নির্মাণের স্থান কিভাবে নির্ধারণ করা হয়?	১৬
৯	পারমাণবিক শক্তি জ্বালানি তৈরিতে কেন শুধু ইউরেনিয়ামই ব্যবহৃত হয়?	১৮
১০	পৃথিবীতে কি পরিমাণ ইউরেনিয়াম রয়েছে? কোন ইউরেনিয়াম খনিগুলোকে উন্নত আর কোন খনিগুলোকে অনুন্নত বিবেচনা করা হয়?	১৯

১১ পারমাণবিক বিদ্যুৎ চুল্লি জ্বালানি বলতে কি বোঝায় এবং কিভাবে এটি তৈরি হয়? ২১

১২ চুল্লিতে লোড করা পূর্বে পারমাণবিক জ্বালানি থেকে তেজস্ক্রিয়তাজনিত কোন বিপদ ঘটতে পারে কি না? ২৩

১৩ পারমাণবিক ও জৈব জ্বালানির দহন প্রক্রিয়ার মূল পার্থক্যগুলো কি? ২৪

১৪ জৈব জ্বালানির তুলনায় পারমাণবিক জ্বালানির শক্তি উৎপাদন ক্ষমতা (এনার্জি ইনটেনসিটি) কেমন ? ২৫

১৫ পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের বর্জ্যের ব্যবস্থাপনা কি ভাবে করা হয়? ২৬

১৬ ব্যবহৃত পারমাণবিক জ্বালানি দিয়ে কী করা হয়? ২৮

১৭ পারমাণবিক জ্বালানির সঞ্চয় কি অনেক দিন ব্যবহারের জন্য যথেষ্ট? ২৯

১৮ আন্তর্জাতিক আণবিক শক্তি এজেন্সি (IAEA) কি? এর মূল কাজ কি? ৩০

১৯ বর্তমান ও ভবিষ্যৎ পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে বড় ধরনের দুর্ঘটনার ঝুঁকির কোন সংখ্যাগত মূল্যায়ন করা হয় কি না? ৩২

২০ কোন বিশেষ যন্ত্রের সাহায্য ছাড়া মানুষ কি আয়োনাইজিং রেডিয়েশন অনুভব করতে পারে? কিংবা খাবার পণ্য ও জলের স্বাদ থেকে তেজস্ক্রিয়তাজনিত দূষণ বুঝতে পারে? ৩৩

২১ তেজস্ক্রিয় বিকিরণ থেকে নিরাপত্তার মূল নীতিগুলো কী কী? ৩৩

২২ শুধু কি পারমাণবিক খাতের সঙ্গে জড়িত লোকজনরাই তেজস্ক্রিয় বিকিরণের শিকার হয়ে থাকেন? ৩৪

২৩ পারমাণবিক ও কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের মধ্যে তফাৎ কি? ৩৫

২৪ কয়লাভিত্তিক এবং পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোর পরিবর্তে গ্যাসভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র স্থাপনে সমস্যা কোথায়? প্রকৃতিক গ্যাসতো কয়লার তুলনায় ক্লিন জ্বালানি হিসেবে পরিচিত। ৩৫

২৫ স্বাভাবিক কার্যক্রম চলাকালীন পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ পার্শ্ববর্তী পরিবেশের জন্য কতটুকু ক্ষতিকর? ৩৬

২৬ পরিবেশের ওপর বিভিন্ন ধরনের বিদ্যুৎ কেন্দ্রের প্রভাব কেমন? ৩৭

২৭ পারমাণবিক শক্তির প্রতি পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের পার্শ্ববর্তী জনগণের দৃষ্টিভঙ্গি কেমন? ৩৮

২৮ স্বাভাবিক কার্যক্রম চলাকালীন পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র পার্শ্ববর্তী এলাকার জন্য ক্ষতিকর কি না ? ৩৯

২৯ পারমাণবিক শক্তির পরিবেশগত সুবিধা কী? ৪১

৩০ একদিকে তেজস্ক্রিয়তা ক্যান্সারের একটি কারণ, অন্যদিকে ক্যান্সারের চিকিৎসায় ব্যবহৃত হয় তেজস্ক্রিয়তা ব্যাপারটা এটা কি সাংঘর্ষিক নয়? ৪৩

৩১ কোন উচ্চশিক্ষা প্রতিষ্ঠানগুলো পারমাণবিক শিল্প খাতের জন্য বিশেষজ্ঞ তৈরি করে? পারমাণবিক পেশার জন্য কোথায় শিক্ষা লাভ করা যেতে পারে? ৪৪

নোট করার জন্য

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

মুখবন্ধ

পারমাণবিক শক্তি সম্পর্কিত ছোট এ বুকলেটটি রাশিয়ার পারমাণবিক তথ্য কেন্দ্রগুলো পরিদর্শনকারী স্কুলের শিক্ষার্থী ও শিক্ষকদের সঙ্গে মতবিনিময় অভিজ্ঞতার আলোকে নির্বাচিত কিছু প্রশ্নের উত্তর প্রদানের প্রয়াস মাত্র।

প্রশ্নের ধরনের বৈচিত্র্যতা সত্ত্বেও দুট বিষয়ে পরিদর্শনকারীরা ব্যাপক আগ্রহ প্রদর্শন করেছেন; পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের কাজের মূলনীতি এবং নিরাপত্তায়।

জাপানের ফুকুশিমা-১ পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে সংগঠিত দুর্ঘটনার পরিপ্রেক্ষিতে এ জাতীয় বিদ্যুৎ কেন্দ্রের নিরাপত্তা, রেডিয়েশন নিরাপত্তা ও তেজস্ক্রিয় বর্জ্য সংক্রান্ত প্রশ্নগুলো বিশেষ প্রাধান্য পেয়েছে এই বুকলেটে।

জন মনে তেজস্ক্রিয়তা ভীতি, পারমাণবিক শক্তি সম্পর্কে অজ্ঞানতা ও ভুল ধারণা দূরীকরণের লক্ষ্য নিয়ে প্রশ্নোত্তর আকারে রচিত হয়েছে বর্তমান বুকলেটটি।

পারমাণবিক শক্তি সম্পর্কিত প্রশ্নোত্তর

পারমাণবিক শক্তি উৎপাদনে নিরাপত্তা বিধান এবং এ জাতীয় বিদ্যুৎ কেন্দ্রের নিরাপদ ব্যবহার সম্পর্কে যে সকল প্রশ্ন সবচেয়ে বেশি উত্থাপিত হয় এ রকম ৩০টি প্রশ্নের উত্তর সংকলিত হয়েছে এই বুকলেটে। যদিও বর্তমান বুকলেটটি পরিপূর্ণতার দাবি করতে পারি না; তদুপরি বর্তমান বিশ্বে পারমাণবিক শক্তি উৎপাদন ক্ষেত্রে বিদ্যমান অবস্থা সম্পর্কে মোটামুটি ধারণা পাবেন পাঠকরা।

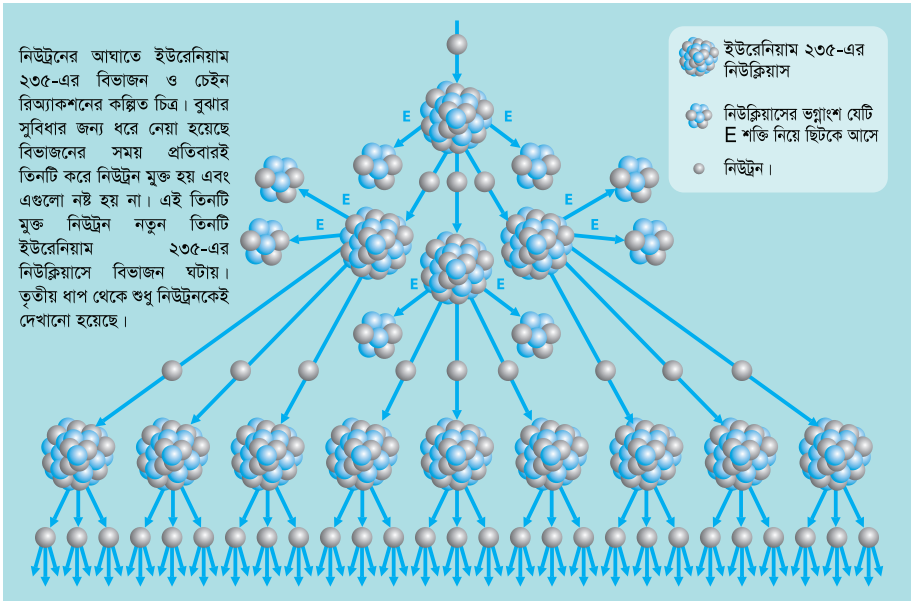
কিভাবে পারমাণবিক শক্তি বিদ্যুৎশক্তিতে রূপান্তরিত হয়?

১

আমরা জানি যে, ইউরেনিয়াম পরমাণুর নিউক্লিয়াস বিভাজনের সময় বিপুল পরিমাণ এনার্জি নির্গত হয়, এটি হলো তাপশক্তি। এই তাপশক্তিকে বিদ্যুৎশক্তিতে রূপান্তরের জন্য প্রয়োজন পারস্পরিক সম্পর্কযুক্ত বিভিন্ন সিস্টেম বা ব্যবস্থা– এ সকল সিস্টেমকে এক সঙ্গে বলা হয় এনার্জি ব্লক বা ইউনিট। পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে বিদ্যুৎশক্তি উৎপাদনের ধাপগুলো নিম্নরূপ : পারমাণবিক চুল্লির সক্রিয় জোনে তাপ বিকিরণকারী উপাদান হিসেবে পারমাণবিক জ্বালানি মজুদ থাকে। পাতলা দেয়ালযুক্ত দীর্ঘ টিউব ইউরেনিয়াম-ডাই-অক্সাইড UO_2 ট্যাবলেট দিয়ে পূর্ণ করে এক একটি তাপ বিকিরণকারী উপাদান তৈরি হয়। এই UO_2 বিভাজন সক্ষম ইউরেনিয়াম ২৩৫ সমৃদ্ধ।

পারমাণবিক চুল্লি চালুর পর পরই এটির সক্রিয় জোনে শুরু হয় চেইন রিঅ্যাকশন। এ প্রক্রিয়ার ইউরেনিয়াম ২৩৫-এর নিউক্লিয়াস নিউট্রনের আঘাতে দুভাগে বিভক্ত হয় এবং বিপুল পরিমাণ তাপশক্তি তৈরি হয়। ইউরেনিয়াম নিউক্লিয়াস বিভাজনের ফলে কয়েকটি (২/৩টি) নিউট্রন মুক্ত হয়ে পার্শ্ববর্তী ইউরেনিয়াম নিউক্লিয়াসে আঘাত করে এবং বিভাজন ঘটায়। এভাবে নিউক্লিয়াস বম্বিংয়ের কাজে একটি নিউট্রন ব্যবহার করে আমরা দু-তিনটি নতুন নিউট্রন পাই, যেগুলো অন্য নিউক্লিয়াস ভেঙ্গে ফেলতে সক্ষম। চেইন রিঅ্যাকশন যাতে নিয়ন্ত্রণের বাইরে না চলে যায় সে জন্য নতুন নিউট্রনগুলোর কিছু অংশকে বোরনসমৃদ্ধ রড যা দণ্ডের মাধ্যমে শোষণ করে নেয়া হয়। এই রডগুলো যদি সক্রিয় জোনে পূর্ণভাবে প্রবেশ করানো হয় তবে চেইন রিঅ্যাকশন শুরু হবে না, কারণ বোরন প্রায় সকল নিউট্রনই শোষণ করে নেবে।

ইউরেনিয়াম ২৩৫-এর বিভাজন ও চেইন রিঅ্যাকশন



নিউট্রনের আঘাতে ইউরেনিয়াম ২৩৫-এর বিভাজন ও চেইন রিঅ্যাকশনের কল্পিত চিত্র। বুঝার সুবিধার জন্য ধরে নেয়া হয়েছে বিভাজনের সময় প্রতিবারই তিনটি করে নিউট্রন মুক্ত হয় এবং এগুলো নষ্ট হয় না। এই তিনটি মুক্ত নিউট্রন নতুন তিনটি ইউরেনিয়াম ২৩৫-এর নিউক্লিয়াসে বিভাজন ঘটায়। তৃতীয় ধাপ থেকে শুধু নিউট্রনকেই দেখানো হয়েছে।

যখন এ রডগুলো আংশিকভাবে সক্রিয় জোন থেকে উপরের দিকে তুলে আনা হয় তখনই শুরু হয় চেন রিঅ্যাকশন। এই দণ্ডগুলো উপরের দিকে তুলে বা নিচে নামানোর মাধ্যমে চুল্লির কার্যক্রম নিয়ন্ত্রণ করা হয়।

পারমাণবিক জ্বালানি থেকে উৎপন্ন তাপশক্তি বাইরে নিয়ে আসার জন্য চুল্লির সক্রিয় জোনের মধ্য দিয়ে শক্তিশালী পাম্পের সাহায্যে পানি প্রবাহিত করা হয়। পানি তাপ শোষণ করে ফুটতে শুরু করে ও বাষ্পে পরিণত হয়। এই বাষ্প স্টিমটারবাইনে প্রবাহিত হয়ে টারবাইনের ব্লেডগুলো ঘুরাতে থাকে। একইসঙ্গে টারবাইনের অক্ষদণ্ড, যেটিতে ব্লেডগুলো বসানো আছে সেটিও ঘুরতে থাকে। টারবাইনের অক্ষদণ্ডটি বিদ্যুৎ জেনারেটরের রোটরের সঙ্গে যুক্ত থাকার ফলে অক্ষদণ্ডটির সঙ্গে রোটরও ঘুরতে শুরু করে। এর ফলে বিদ্যুৎ জেনারেটরের কয়েলে বিদ্যুৎশক্তি উৎপন্ন হয়।

২ পারমাণবিক চুল্লির ধরন কি কি এবং এগুলোর নামের অর্থই বা কি?

বিশ্বে যে সকল পারমাণবিক চুল্লি রয়েছে তাদের একটি বৃহৎ অংশ ব্যবহৃত হচ্ছে বিদ্যুৎশক্তি পাওয়ার জন্য। বিজ্ঞানভিত্তিক পরীক্ষা-নিরীক্ষা ও রেডিও অ্যাকটিভ (তেজস্ক্রিয় পদার্থ) পাওয়ার জন্য ব্যবহৃত হয় গবেষণা চুল্লি। এ ছাড়াও রয়েছে জাহাজে স্থাপিত এবং বিশেষ কাজে ব্যবহৃত চুল্লি। চেইন রিঅ্যাকশনের সাহায্যে বিদ্যুৎশক্তি উৎপাদনের জন্য যে সকল এনার্জি ইউনিট বা ব্লক রয়েছে সেগুলোকে দুটি শ্রেণীতে ভাগ করা যায়; এক সার্কিট ও দুই সার্কিট বিশিষ্ট ব্লক।

এক সার্কিট বিশিষ্ট এনার্জি ব্লকে পানি চুল্লির সক্রিয় জোনের মধ্য দিয়ে নিচ থেকে উপরের দিকে প্রবাহিত হওয়ার সময় ফুটে বাষ্পে পরিণত হয়। এই বাষ্প টারবাইনকে ঘুরায় এবং ঘুরন্ত টারবাইন বিদ্যুৎ জেনারেটরের রোটরকে ঘুরানোর ফলে বিদ্যুৎশক্তি উৎপাদিত হয়। সবচেয়ে প্রচলিত এক সার্কিট বিশিষ্ট এনার্জি ব্লকের মধ্যে অন্যতম হলো BWR (Boiling Water Reactor) সমেত নির্মিত ব্লক।

BWR চুল্লির মধ্যে সবচেয়ে বেশি জনপ্রিয়তা পেয়েছে জেনারেল ইলেকট্রিক নির্মিত চুল্লিগুলো। টমাস আলভা এডিসন ১৮৭৮ সালে কোম্পানিটি প্রতিষ্ঠা করেন। সাবেক সোভিয়েত ইউনিয়নে এক সার্কিট বিশিষ্ট পারমাণবিক এনার্জি ব্লকে ব্যবহৃত হয়েছে নিজস্ব আরএমবিকে চুল্লি। এগুলোর ধরন মোটামুটি একই রকম। পানির বাষ্পে রূপান্তর প্রক্রিয়া ঘটে সরাসরি চুল্লির সক্রিয় জোনে।

রাশিয়ার বেলাইয়ারস্ক পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র।
এটি বিশ্বের প্রথম দ্রুত নিউট্রন রিঅ্যাকটরসহ এনার্জি ব্লক।

দুই সার্কিট বিশিষ্ট ব্যবস্থায় তাপ শোষণের জন্য পুরু ইস্পাতের দেয়ালের মধ্যে আবদ্ধ চুল্লির সক্রিয় জোনের মধ্য দিয়ে পানি পাম্প করা হয়। চুল্লির বডির ভেতরে উচ্চ চাপ বজায় রাখার ফলে পানি সক্রিয় জোনে ফুটতে পারে না। গরম পানি চলে আসে একটি বিশেষ বাষ্প জেনারেটরে, আর এই বাষ্প জেনারেটরের ভেতর দিয়ে প্রবাহিত হয় দ্বিতীয় সার্কিটের পানি। প্রথম সার্কিটের পানি থেকে তাপ শোষণ করে দ্বিতীয় সার্কিটের পানি বাষ্পে পরিণত হয়, যা পরবর্তীতে টারবাইনে প্রবেশ করে।

দুই সার্কিট বিশিষ্ট ব্যবস্থায় (৩য় প্রশ্ন দ্রষ্টব্য) ব্যবহৃত চুল্লির নামকরণ করা হয়েছে PWR (Pressurised Water Reactor) । রুশ চুল্লি WWER এশ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত।

তৃতীয় আরেক ধরনের চুল্লি হলো– দ্রুত নিউট্রন রিঅ্যাকটর যা– ব্রিডার রিঅ্যাকটর হিসেবেও পরিচিত। এগুলোর মূল সুবিধা হলো বিদ্যুৎ উৎপাদন প্রক্রিয়ার যে পরিমাণ পারমাণবিক জ্বালানি প্রাথমিকভাবে চুল্লিতে ভরা হয়, তার চেয়ে বেশি জ্বালানি পাওয়া যায়। বর্তমানে ব্রিডার রিঅ্যাকটরের সফল পরিচালনার ক্ষেত্রে রাশিয়ার অভিজ্ঞতা সবচেয়ে বেশি। রাশিয়ায় গত ৩০ বছর ধরে BN 600 ব্রিডার চুল্লিভিত্তিক বিশাল এনার্জি ব্লক সফলভাবে বিদ্যুৎ উৎপাদন করছে। অধিকতর উন্নত মডেলের BN 800 চুল্লি বর্তমানে নির্মাণের শেষ পর্যায় রয়েছে।

বর্তমানে দুই সার্কিট বিশিষ্ট আণুবিক বিদ্যুৎ ব্লকের ব্যবহার সবচেয়ে বেশি হয় কেন? ৩

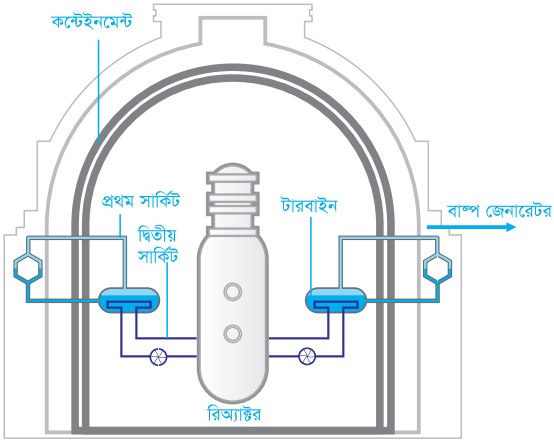
এক সার্কিট বিশিষ্ট পারমাণবিক বিদ্যুৎ ব্লকের মূল দুর্বলতা হলো তেজস্ক্রিয় বাষ্প সরাসরি টারবাইনের সংস্পর্শে আসে, আর এর ফলে পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে কর্মরত লোকজনের তেজস্ক্রিয় নিরাপত্তা বিধান করা কঠিন হয়ে দাঁড়ায়। যাতে তেজস্ক্রিয় পদার্থ পার্শ্ববর্তী পরিবেশে ছড়িয়ে না পড়তে পারে, সে জন্য বিশেষ ব্যবস্থার প্রয়োজন হয়। একইসঙ্গে এক সার্কিট বিশিষ্ট পড়তে পারে। একইসঙ্গে এক সার্কিট বিশিষ্ট বিদ্যুৎ ব্লকের সক্রিয় জোনে পানি থেকে যে হাইড্রোজেন তৈরি হয় তার ব্যবস্থাপনাগত সমস্যাও রয়েছে। এই হাইড্রোজেন বাতাসের সংস্পর্শে এসে একটি অত্যন্ত বিপজ্জনক বিস্ফোরক মিশ্রণ তৈরি করতে সক্ষম। বর্তমানে সংখ্যার দিক থেকে সারাবিশ্বে BWR চুল্লি সমেত পারমাণবিক বিদ্যুৎ ব্লকের স্থান হচ্ছে দ্বিতীয়।

দুই বিশিষ্ট সার্কিট এনার্জি ব্লকে চুল্লির ভেতর দিয়ে প্রবাহিত তেজস্ক্রিয় পানি, দ্বিতীয় সার্কিটের পানির সরাসরি সংস্পর্শে আসতে পারে না। অতএব, দ্বিতীয় সার্কিটের পানি যখন বাষ্পীভূত হয়ে টারবাইনে আসে তাতে কোন তেজস্ক্রিয়া থাকে না। এ ছাড়াও প্রথম সার্কিটের মূল অংশ (চুল্লি ও বাষ্প জেনারেটর) একটি তুলনামূলকভাবে ছোট এয়ারটাইট আধারে আবদ্ধ থাকে এবং যেটিকে ঘিরে রাখে উন্নত নিরাপত্তা বলয়। এর ফলে প্রযুক্তিগত তেজস্ক্রিয়তা থেকে বাইরের পরিবেশকে সর্বাধিক সুরক্ষা প্রদান করা সম্ভব হয়।

দুই সার্কিট বিশিষ্ট এনার্জি ব্লকের ব্যবহার বর্তমানে বিশ্বে সবচেয়ে বেশি এবং মোট উৎপন্ন পারমাণবিক বিদ্যুৎ শক্তির ৬০% আসে এগুলো থেকে।

আগামী বছরগুলোতে বিশ্বে আরো উন্নত দুই সার্কিট বিশিষ্ট এনার্জি ব্লকের ব্যবহার বৃদ্ধি পেতে থাকবে। এর মধ্যে অবশ্যই রয়েছে রুশ নির্মিত নতুন প্রজন্মের WWER চুল্লি সমেত এনার্জি ব্লক।

দুই সার্কিট বিশিষ্ট পারমাণবিক এনার্জি ব্লক, এটি মৌলিকভাবেই এক সার্কিট বিশিষ্ট ব্লকের চেয়ে বেশি নিরাপদ।



কুলিং টাওয়ার কেন প্রয়োজন হয়? এগুলো থেকে নির্গত ধোঁয়ার সঙ্গে তেজস্ক্রিয় পদার্থ পরিবেশে ছড়িয়ে পড়ে কি না?

৪

তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্রের মতো পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের কার্যদক্ষতার একটি পরিমাপ রয়েছে, আর এটি নির্ভর করে উৎপাদিত তাপের কত অংশ বিদ্যুৎশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের ক্ষেত্রে এটি তুলনামূলকভাবে খুব বেশি নয় এবং সর্বোচ্চ ৩০-৩৫ %। অর্থাৎ উৎপাদিত তাপের মাত্র এক তৃতীয়াংশ বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এখন প্রশ্ন হলো বাকি তাপশক্তির ক্ষেত্রে কি ঘটে? একটি পথই খোলা আছে- আর তা হচ্ছে অব্যবহৃত তাপশক্তি পার্শ্ববর্তী পরিবেশে ছড়িয়ে দেয়া। তাপ অপসারণের মূল কৌশল হলো টারবাইনের কনডেনসার শীতলীকরণ। আমরা জানি যে, বাষ্প জেনারেটর থেকে উৎপন্ন বাষ্প টারবাইনে আসে। কনডেনসারে বিদ্যুৎ কেন্দ্রের বাষ্প সার্কিট এবং একটি বিশেষ সার্কিটের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত বাইরের জলাধারের পানির মধ্যে তাপ বিনিময় ঘটে। এই বিশেষ সার্কিটটি পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের শীতলীকরণের জন্য বহিঃস্থ সার্কিট হিসেবে পরিচিত। বিদ্যুৎ কেন্দ্রে কুলিং টাওয়ার স্থাপনের মাধ্যমে জলাধারের ওপর অতিরিক্ত তাপের প্রভাব এড়ানো সম্ভব। কুলিং টাওয়ারের সঙ্গে বিদ্যুৎ কেন্দ্রে শীতলকারী জলাধারও নির্মাণ করা হয়। জলাধারের পানি টারবাইনের কনডেনসারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়ে বাষ্পকে শীতল করে নিজে উত্তপ্ত হয়। উত্তপ্ত এ পানিকে কুলিং টাওয়ারের উপরের অংশে পাম্প করে পৌঁছে দেয়া হয়। সেখান থেকে এই পানি সরু ধারায় নিচের দিকে নামতে থাকে। আর এই জলধারার বিপরীত দিক থেকে অর্থাৎ কুলিং টাওয়ারের নিচের অংশ থেকে উপরের দিকে বাতাস প্রবাহিত করা হয়। বাতাসের সংস্পর্শে পানি শীতল হতে থাকে, তবে পানির কিছু অংশ বাষ্পীভূত হয়ে উবে যায়।

রাশিয়ার নভোভারোনেঝ পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের কুলিং টাওয়ার

কুলিং টাওয়ারের উপরিভাগ থেকে নির্গত যে সাদা ধোঁয়া আমরা দেখতে পাই তা আসলে বাষ্প। এখানে উল্লেখ্য যে, শীতলকারী জলাধারের পানি যা কুলিং টাওয়ারে বাষ্পে পরিণত হয় তা কখনই তেজস্ক্রিয় পানির সংস্পর্শে আসে না। অতএব, কুলিং টাওয়ার থেকে যে বাষ্প বের হয় তাতে কেন তেজস্ক্রিয়া উপাদানের উপস্থিতি সম্ভব নয়।

পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে পারমাণবিক বিস্ফোরণ সম্ভব কি না?

৫

অন্যভাবে বললে, পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের চুল্লি ও পারমাণবিক বোমার মাঝে পার্থক্য কি? পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের চুল্লিতে চেইন রিঅ্যাকশনকে নিয়ন্ত্রণ করা হয়, যার ফলে ধীর গতিতে এবং অবিরামভাবে তাপ নির্গত হয়। অপ্রয়োজনীয় তাপ পানির সাহায্যে শুষে নিয়ে অপসারণ করা হয়। এক্ষেত্রে চুল্লির ক্ষমতা যেমন বাড়ানো সম্ভব তেমনি চেইন বিভাজন রিঅ্যাকশন ও বন্ধ করে দেয়া সম্ভব।

অন্যদিকে পারমাণবিক বোমার ক্ষেত্রে চেইন রিঅ্যাকশন অনিয়ন্ত্রিতভাবে দ্রুত গতিতে ঘটতে থাকে এবং অল্পসময়ের মধ্যে বিপুল পরিমাণ শক্তি নির্গত হয়; আর এটাই হচ্ছে বিস্ফোরণ। পারমাণবিক বিদ্যুৎ চুল্লিতে পারমাণবিক বিস্ফোরণ সম্ভব নয়, কারণ বিস্ফোরণ ঘটার জন্য প্রয়োজন ইউরেনিয়ামের উচ্চ মাত্রায় সমৃদ্ধিকরণ (৮০ % এর অধিক ইউরেনিয়াম ২৩৫)। পারমাণবিক বোমার ক্ষেত্রে নিউট্রন শোষণকারী কোন ব্যবস্থা থাকে না, এবং ইউরোনিয়ামের ক্রিটিক্যাল মাস (বিস্ফোরণের জন্য প্রয়োজনীয় ইউরেনিয়ামে ন্যূনতম পরিমাণ) একটি ছোট আধারে ঠেসে রাখা হয়।

আধুনিক পারমাণবিক বিদ্যুৎ চুল্লিগুলোতে নিম্ন মাত্রায়সমৃদ্ধ (৩-৫%) ইউরেনিয়াম ব্যবহৃত হয়। সক্রিয় জোনে সর্বদা নিয়ন্ত্রণকারী রড উপস্থিত থাকে। এ রড়গুলো নিউট্রন শোষণকারী উপাদান, যেমন বোরনসমৃদ্ধ। এই ক্ষেত্রে পারমাণবিক জ্বালানি পাতলা দেয়ালযুক্ত অসংখ্য টিউবের ভেতর সজানো থাকে, যার ফলে জ্বালানির কম্প্রেশনও সম্ভব নয়।

চেরনোবিল দুর্ঘটনার কারণ ছিল অপারমাণবিক– চুল্লির ভেতরে জমাকৃত অতিরিক্ত বাষ্পের চাপে বিস্ফোরণ ঘটে। ফুকুশিমা-১, পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে হাইড্রোজেন ও বাতাসের মিশ্রণের ফলে বিস্ফোরণ ঘটে। বিস্ফোরণ মাত্রার হিসেবে এগুলোকে কখনোই পারমাণবিক বোমার বিস্ফোরণের সঙ্গে তুলনা করা চলে না।

৬ পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে বিদ্যুৎ উৎপাদন খরচ তুলনামূলকভাবে কেমন হয়?

প্রাথমিক বিনিয়োগ খরচ বাদ দিলে বিদ্যুৎ উৎপাদন খরচের হিসাবে পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোর (কয়লা, গ্যাস, ডিজেল) তুলনায় সাশ্রয়ী এবং বিকল্প শক্তির উৎস (বায়ু, সূর্যরশ্মি, জোয়ার ইত্যাদি) ব্যবহারকারী বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোর তুলনায় অনেক বেশি সাশ্রয়ী।

পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে এক কিলোওয়াট– ঘণ্টা বিদ্যুৎ উৎপাদনে যে ব্যয় হয় তার মাত্র ১৮-২৫% হয় জ্বালানি বাবদ। অন্যদিকে কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে এর পরিমাণ ৪৫% এবং গ্যাসবিদ্যুৎ কেন্দ্রে ৬৫%। কিন্তু তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্রের তুলনায় পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র নির্মাণে খরচ ও সময় দুটোই বেশি লাগে। অতএব, সক্ষমতাসম্পন্ন তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্রের তুলনায় পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের প্রাথমিক বিনিয়োগ উঠে আসতে সময় বেশি লাগে। এ কারণে যত বেশি সময় ধরে পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলো কাজ করবে, তত বেশি লাভজনক হবে এগুলো। তাই রুশ WWER চুল্লিসমৃদ্ধ পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোর নকশা এমনভাবে তৈরি করা হয়। যাতে সেগুলো নির্ভরযোগ্যতা ও নিরাপত্তার সঙ্গে ৬০ বছর ধরে বিদ্যুৎ উৎপাদন করতে পারে।

পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলো কতদিন পরপর মেরামতের প্রয়োজন হয়? ৭

যে কোন পারমাণবিক এনার্জি ব্লক-বিদ্যুৎ উৎপাদনের জন্য একটি জটিল ব্যবস্থা এবং নিয়মিতভাবে এটির প্রতিরোধমূলক সংরক্ষণ প্রয়োজন হয়।

অতএব, প্রতিবছর প্রতিটি এনাজি ব্লক প্ল্যানঅনুযায়ী সতর্কতামূলক মেরামতের জন্য কিছুদিনের জন্য বন্ধ রাখা হয়। সাধারণত এ সময় বিদ্যুৎ কেন্দ্রের পারমাণবিক জ্বালানি ও পরিবর্তন করা হয়ে থাকে। প্রতি তিন বছর বিদ্যুৎ কেন্দ্রের প্ল্যানঅনুযায়ী ক্যাপিটাল সার্ভিসিং করা হয়। এ সময় পুরো জ্বালানি বের করে চুল্লিটির কাঠামো পরীক্ষা করে দেখা হয়। প্রতিটি পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের জন্য মাঝারি ও বড় ধরনের মেরামতের জন্য একটি সময়সূচি নির্ধারণ করা থাকে এবং একইসঙ্গে এ সময় কি কি করা হবে তাও উল্লেখ থাকে। বিভিন্ন ধরনের ছোটখাট মেরামতেরও প্রয়োজন হয় মাঝে মধ্যে। এনার্জি ব্লকের কোন যন্ত্রাংশে ত্রুটি দেখা দিলে ব্লক চালু অবস্থায় বা অনেক সময় ব্লকটির কাজ বন্ধ রেখে মেরামত কাজ সম্পন্ন করা হয়।

৮ নতুন পারমাণবিক বিদ্যু কেন্দ্র নির্মাণের স্থান কিভাবে নির্ধারণ করা হয়?

পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র নির্মাণের জন্য স্থান নির্ধারণ এটি একটি জটিল কাজ। যে সকল বিষয়গুলো বিবেচনা করা হয় তার মধ্যে রয়েছে; অত্র অঞ্চলের বর্তমান ও ভবিষ্যৎ এনার্জি চাহিদা। এমন স্থানে বিদ্যুৎ কেন্দ্র নির্মাণ অর্থহীন, যেখানে উৎপাদিত বিদ্যুতের তেমন চাহিদা নেই। মনে রাখা দরকার যে আধুনিক পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোতে অনবরত বিদ্যুৎ উৎপাদনে চলতে থাকে এবং শুধু প্ল্যানঅনুযায়ী বা বাধ্যতামূলক মেরামতের জন্য মাঝে মাঝে বন্ধ থাকে। তবে এ সংখ্যা ছয় মাসে একবারের বেশি নয়। অতএব, দৈনিক নেটওয়ার্ক লোড গ্রাফের বেজ অংশে (সময়ের সঙ্গে পরিবর্তনীয় নয়) ব্যবহারের জন্য পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র কার্যকরী। এর অর্থ, যে সকল অঞ্চলে অব্যাহতভাবে কাজ করে এবং প্রচুর বিদ্যুৎ ব্যবহার করে এমন বৃহৎ শিল্প-কারখানা রয়েছে বা বড় ধরনের জনবসতি রয়েছে; পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র ওই সকল অঞ্চলের জন্য অধিক উপযোগী।

বিবেচনাধীন স্থানটির মাটির, ভূতাত্ত্বিক ও হাইড্রোলজিক্যাল বৈশিষ্ট্য : পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র নির্মাণকালে বা এটি কর্তৃক বিদ্যুৎ উৎপাদনকালে সাইটের মাটির সম্ভাব্য পরিবর্তন, ভূত্বকের উপরের অংশে গহব্বরের সৃষ্টি, ভূমিক্ষয়, প্লাবিত হওয়ার আশঙ্কা বা ভূমিধস ইত্যাদির ক্ষেত্রে পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র নিরাপদ হবে না।

- প্রাকৃতিক বিপর্যয় যেমন ভূমিকম্প, জলোচ্ছ্বাস, ঝড় ইত্যাদির সম্ভাবনার মাত্রা, ধরন ও তীব্রতার মাত্রা এবং এর সঙ্গে সম্পর্কিত পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের ঝুঁকি।
- অঞ্চলটির শিল্প, পরিবহন ও এনার্জি অবকাঠামোর বর্তমান অবস্থা ও ভবিষ্যৎ সম্ভাবনা
- অত্র অঞ্চলে বিদ্যুৎ কেন্দ্র নির্মাণের ব্যাপারে সামাজিক অবস্থান; ভবিষ্যৎ পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রটি নির্মাণ ও পরিচালনা কার্যক্রমের সঙ্গে স্থানীয় জনগণের খাপ খাইয়ে নেয়ার সম্ভাবনা।

তুরস্কের আক্কুয়ুই পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের সাইট

৯ পারমাণবিক শক্তি জ্বালানি তৈরিতে কেন শুধু ইউরেনিয়ামই ব্যবহৃত হয়?

প্রাকৃতিক ইউরেনিয়ামে তিনটি আইসোটোপ থাকে; ইউরেনিয়াম-২৩৮, ইউরেনিয়াম-২৩৫ এবং ইউরেনিয়াম-২৩৪; এগুলোর মধ্যে ইউরেনিয়াম-২৩৫ পারমাণবিক চুল্লিতে নিউট্রনের আঘাতে দ্রুত বিভাজিত হয় এবং যার ফলে চেইন রিঅ্যাকশন ঘটানো সম্ভব হয়ে থাকে। অধিকন্তু, প্রকৃতিতে সহজে বিভাজনক্ষম আইসোটপ রয়েছে এমন মৌলিক পদার্থের অস্তিত্ব পৃথিবীতে আর নেই। ইউরেনিয়াম-২৩৩, প্লাটানিয়াম-২৩৯ সহ আরো কিছু পারমাণবিক পদার্থ রয়েছে, যেগুলোও বিভাজনসক্ষম। তবে প্রকৃতিতে এগুলোর অস্তিত্ব নেই। কৃত্রিমভাবে পারমাণবিক চুল্লিতে এগুলো পাওয়া সম্ভব। অতএব, এরা হচ্ছে সেকেন্ডারি আইসোটোপ। ইউরেনিয়াম-২৩৫ কে বলা হয় প্রাইমারি আইসোটোপ, পারমাণবিক শক্তি উৎপাদনে যার কোন বিকল্প নেই।

১০ পৃথিবীতে কি পরিমাণ ইউরেনিয়াম রয়েছে? কোন ইউরেনিয়াম খনিগুলোকে উন্নত আর কোন খনিগুলোকে অনুন্নত বিবেচনা করা হয়?

ভূত্বকে ইউরেনিয়ামের গড় ঘনত্ব বেশ অনেক, ৩.১০-৪%, সিলভারের চেয়ে প্রায় ৩০ গুণ ও সোনার চেয়ে প্রায় ১,০০০ গুণ বেশি। গ্র্যানাইটে ইউরেনিয়ামের পরিমাণ যথেষ্ট বেশি, টন প্রতি প্রায় ২৫ গ্রাম। সামুদ্রিক জলেও এর পরিমাণ কম নয়– ৩.৪ মাইক্রোগ্রাম/লিটার।

ভূত্বকের ২০ কিলোমিটারব্যাপী বহিরাবরণে ইউরেনিয়ামের পরিমাণ প্রায় **১০[১৪] টন**। ইউরেনিয়াম হচ্ছে সেই সকল পদার্থের একটি– যা বিক্ষিপ্ত অবস্থায় ছড়িয়ে রয়েছে; এর সামান্য অংশ খনিতে ঘনীভূত অবস্থায় পাওয়া যায়। তবে খনির আকরিকে ইউরেনিয়ামের উপস্থিতি ০.৩% এর বেশি নয়। প্রথম দিকে অতি উন্নত খনিগুলো থেকে ইউরেনিয়াম আহরণ করা হতো। উদাহরণস্বরূপ পারমাণবিক অস্ত্র তৈরির লক্ষ্যে যুক্তরাষ্ট্রের কঙ্গোতে (বর্তমান জাইর) যে পিচব্লেন্ড সংগ্রহ করেছিল তাতে ইউরেনিয়াম ডাইঅক্সাইডের পরিমাণ ছিল ৬৫% (ওজনের অনুপাতে)। বর্তমানে এ জাতীয় উন্নত খনি শুধুই স্বপ্ন। ০.৩% এর বেশি ইউরেনিয়ামসমৃদ্ধ খনিগুলোকে আজকের দিনে উন্নত হিসেবে বিবেচনা করা হয়। আর এর কম হলে সেগুলোকে বলা হয় অনুন্নত।

উদ্দেশ্যমূলকভাবে ইউরেনিয়াম আহরণের ক্ষেত্রে অর্থনৈতিকভাবে লাভজনক (প্রতি কেজি সর্বোচ্চ ১৩০ মার্কিন ডলার) আকরিকে ইউরেনিয়ামের পরিমাণ ধরা হয় ০.০০১% থেকে ০.৫% পর্যন্ত। একইসঙ্গে অর্থনৈতিক যুক্তিযুক্ততা নির্ভর করে ইউরেনিয়াম কি উদ্দেশ্যমূলকভাবে আহরণ করা হচ্ছে নাকি অন্যান্য পদার্থ যেমন ফসফেট, সোনা, মলিবডেনাম, ভ্যানাডিয়াম, বিরল ভূগর্ভস্থ মৌলের সঙ্গে আহরণ করা হচ্ছে। বর্তমান প্রযুক্তি ব্যবহার করে সমুদ্রের পানি থেকে ইউরেনিয়াম আহরণ একটি ব্যয়বহুল প্রক্রিয়া (প্রতি কেজিতে ব্যয় হয় ৭৫০ মার্কিন ডলার) এবং অদূর ভবিষ্যতে এর কোন অর্থনৈতিক যৌক্তিকতা দেখা যাচ্ছে না।

বিশ্বে ইউরেনিয়াম খনির মানচিত্র

পারমাণবিক বিদ্যুৎ চুল্লি জ্বালানি বলতে কি বোঝায় এবং কিভাবে এটি তৈরি হয়?

১১

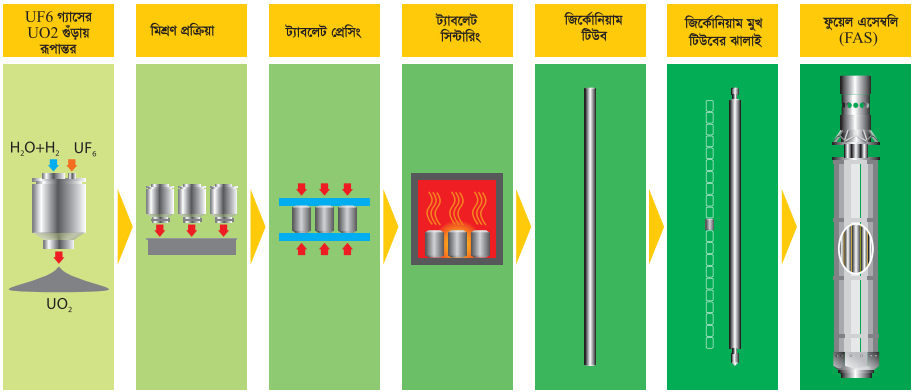
কার্যত সারাবিশ্বে সমৃদ্ধ ইউরেনিয়ামভিত্তিক পারমাণবিক জ্বালানিই ব্যবহৃত হয়। জ্বালানি কতটুকু ইউরেনিয়ামসমৃদ্ধ তা নির্ভর করে বিভাজনসক্ষম ইউ-২৩৫ এর পরিমাণের ওপর।

চুল্লিতে প্রবেশের পূর্বে ইউরেনিয়াম জ্বালানিকে দীর্ঘ পথ পাড়ি দিতে হয়। ইউরেনিয়াম আকরিককে ভেঙ্গে গুঁড়া করে রাসায়নিক দ্রবণে দ্রবীভূত করা হয়। এখানে ইউরেনিয়ামের ঘনীভূত লবণের স্তর জমে। এ লবণকে শুকানো হয়। পরবর্তীতে সূক্ষ্ম রাসায়নিক প্রক্রিয়ার মাধ্যমে অবাঞ্ছিত বিভিন্ন পদার্থ থেকে একে পরিশুদ্ধ করা হয়। ফলস্বরূপ পাওয়া যায় পরিশুদ্ধ ইউরেনিয়াম-ডাই-অক্সাইড, যাকে ফ্লুরিনেশন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে ইউরেনিয়াম হেক্সাফ্লুরাইড (UF_6) গ্যাসে রূপান্তরিত করা হয়। বিশেষ কন্টেইনারে করে এটিকে পাঠানো হয় ইউরেনিয়াম সমৃদ্ধিকরণ প্ল্যান্টে। যেখানে প্রাকৃতিকভাবে প্রাপ্ত ইউরেনিয়াম ২৩৫-এর মাত্রা ০.৭১% থেকে ৩-৫% পর্যন্ত উন্নীত করা হয়। সমৃদ্ধকরণের মাত্রা জ্বালানির ধরনের ওপর নির্ভর করে। শেষ ধাপে সমৃদ্ধ ইউরেনিয়ামকে বিশুদ্ধ ডাই-অক্সাইডে রূপান্তর করা হয়। এটিকে ট্যাবলেট আকৃতি দেয়া বিশেষ পদ্ধতির সাহায্যে। জ্বালানি তৈরির শেষ ধাপে জিরকোনিয়াম ও নিওরিয়াম মিশ্রণে সৃষ্ট তাপ প্রতিরোধী সংকর ধাতু দিয়ে তৈরি পাতলা দেয়ালের টিউবের ভেতর এই ট্যাবলেটগুলোকে একের পর এক সাজানো হয়। টবলেট দ্বারা পূর্ণ টিউবগুলো উভয় দিক থেকে নিচ্ছিদ্রভাবে বন্ধ করে দেয়া হয়। এই টিউবগুলোকে বলা হয় টেভেল (তাপ উৎপাদনকারী এলিমেন্ট)। অনেকগুলো টেভেল একত্রিত করে তৈরি করা হয় FAS (Fuel Assembly)।

জ্বালানি তৈরির পুরো প্রক্রিয়ায় প্রতিটি ধাপে কঠোর নিরাপত্তা ব্যবস্থা অনুসরণ এবং পুঙ্খানুপুঙ্খভাবে মান নিয়ন্ত্রণ করা হয়।

পারমাণবিক জ্বালানি প্রস্তুতকারী রুশ প্রতিষ্ঠান টেভেল ২০০৪ সালে আন্তর্জাতিক মানদণ্ডের বিবেচনায় গুণগতমান ব্যবস্থাপনা পদ্ধতির জন্য ISO 9001 সনদ লাভ করে। টেভেলের মূল উৎপাদনকারী কারখানা (নোভোসিবিরস্ক কেমিক্যাল কনসেনট্রেট, চেপেৎসক্ মেকানিক্যাল প্লান ও মেশিন বিল্ডিং ফ্যাক্টরি) ২০০৩-৪ সালে সার্টিফাইট অডিট উত্তীর্ণ হয় এবং গুণগতমানে আন্তর্জাতিক মানদণ্ডের বিচারে ISO 9001:2000 সনদ লাভ করে।

পারমাণবিক জ্বালানির উৎপাদনের ফ্লো শিট



চুল্লিতে লোড করার পূর্বে পারমাণবিক জ্বালানি থেকে তেজস্ক্রিয়তাজনিত কোন বিপদ ঘটতে পারে কি না?

১২

চুল্লিতে লোড করার পূর্বে পারমাণবিক জ্বালানি কোন তেজস্ক্রিয়াজনতি বিপদ ঘটাতে পারে না। ইউরেনিয়ামের উভয় আইসোটপ থেকে যে আলফা রশ্মি এবং জ্বালানি ট্যাবলেটের মধ্যে অবস্থিত তিনটি ক্ষণজীবী সিস্টার নিউক্লিড থেকে যে ক্ষীণ বিটা ও গামা রশ্মি বিকিরিত হয় তা নিজের ভেতরেই বা টেভেলের (জ্বালানি এলিমেন্ট) দেয়ালে সম্পূর্ণভাবে শোষিত হয়। বাইরে এই বিকিরণের কোন প্রভাব পড়ে না। WWER চুল্লিতে ব্যবহৃত ১ কিলোগ্রাম সম্পূর্ণ নতুন জ্বালানি থেকে যে গামা রশ্মি নির্গত হয় ১ মিটার দূরত্বে এর ডোজের পরিমাণ প্রতি ঘণ্টায় ০.২৯ মাইক্রো সিয়েভার্ত। মস্কো শহরে স্বাভাবিক অবস্থায় সর্বোচ্চ যে রেডিয়েশন মাত্রা থাকে এটি তার থেকে বেশি নয়। ফুয়েল এলিমেন্টের দেয়াল এয়ারটাইট থাকার ফলে শরীরের চামড়ায় তেজস্ক্রিয়তা দূষণ ও শরীরে ভেতরে তেজস্ক্রিয় পদার্থের প্রবেশও সম্ভব নয়।

১৩ পারমাণবিক ও জৈব জ্বালানির দহন প্রক্রিয়ার মূল পার্থক্যগুলো কি?

কয়েকটি পার্থক্য রয়েছে, প্রথমত : পারমাণবিক জ্বালানির দহনের জন্য অক্সিজিন বা কোন অক্সিডেন্টের প্রায়োজন হয় না। শক্তি নির্গত হয় ইউরেনিয়ামের নিউক্লিয়াস বিভাজনের ফলে। এক্ষেত্রে কোন রাসায়নিক ক্রিয়ার অস্তিত্ব নেই।

দ্বিতীয়ত : তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্রে লোড করা সম্পূর্ণ জৈব জ্বালানি পুড়ে যায়। না পোড়া কোন জ্বালানি অবশিষ্ট থাকে না। পারমাণবিক চুল্লিতে পুরো জ্বালানির দহন ঘটে না। চুল্লি সক্রিয় জেনে ক্রিটিক্যাল মাসের অতিরিক্ত যে পরিমাণ ইউরেনিয়াম ২৩৫ থাকে সেটুকুরই বিভাজন ঘটে। অবশিষ্ট ইউরোনিয়াম ২৩৫ পুনঃপ্রক্রিয়াজাতকরণের পর জ্বালানি হিসেবে ব্যবহার করা যায়। যা জৈব জ্বালানি থেকে সৃষ্ট ছাই ও গাদ দিয়ে করা সম্ভব নয়। সর্বশেষে, ইউরেনিয়ামের দহনের ফলে পারমাণবিক জ্বালানিতে নতুন বিভাজনসক্ষম পদার্থ তৈরি হয়, যেমন প্লটাসিয়াম, যেটিকে জ্বালানি হিসেবে ব্যবহার করা সম্ভব।

১৪ জৈব জ্বালানির তুলনায় পারমাণবিক জ্বালানির শক্তি উৎপাদন ক্ষমতা (এনার্জি ইনটেনসিটি) কেমন ?

পারমাণবিক জ্বালানিতে ব্যবহৃত এক কিলোগ্রাম কম– সমৃদ্ধ ইউরেনিয়াম (৪% ইউরেনিয়াম ২৩৫)-এর সকল ইউরেনিয়াম ২৩৫ পরমাণুর বিভাজনের ফলে যে পরিমাণ শক্তি উৎপাদিত হয়, সমপরিমাণ শক্তি পেতে হলে প্রায় ১০০ টন ভালোমানের পাথরকয়লা অথবা ৬০ টন খনিজ তেল পোড়ানোর প্রয়োজন হয়। যদি উচ্চ ক্ষমতাসম্পন্ন একটি তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্র বছরে ৬৯ লাখ টন কয়লা ব্যবহার করে তবে সমক্ষমতাসম্পন্ন একটি পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে ব্যবহৃত হয় মাত্র ৬৯ টন জ্বালানি। এর ফলে পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্রের তুলনায় অত্র অঞ্চলের পরিবহন অবকাঠামোর ওপর অনেক কম নির্ভরশীল এবং কিলোওয়াট ঘণ্টা বিদ্যুৎ উৎপাদনে মোট ব্যয়ের অনেক কম অংশ ব্যয় হয় পরিবহন কাজে।

অন্যভাবে বললে একটি শক্তিশালী পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের জন্য বছরে প্রয়োজন হয় পরিমাণে খুব বেশি নয় কম– সমৃদ্ধ ইউরেনিয়াম। সমান ক্ষমতাসম্পন্ন একটি কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের জন্য প্রয়োজন পড়ে পাঁচ টন কয়লা, তবে সেটা বছরে নয় প্রতিদিন।

পারমাণবিক জ্বালানির এনার্জি ইনটেনসিটি

১৫ পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের বর্জ্যের ব্যবস্থাপনা কি ভাবে করা হয়?

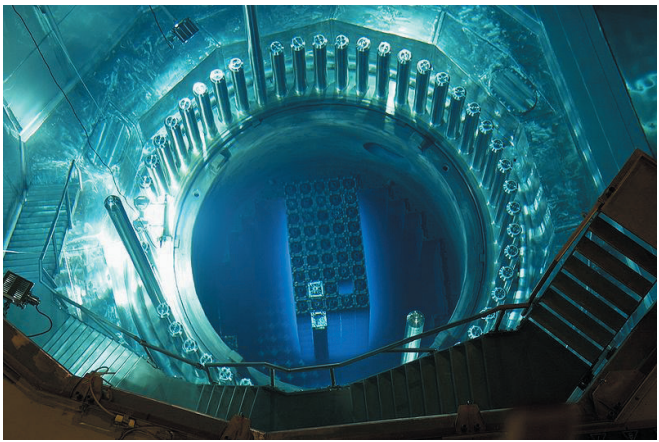
পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের কাজের ফলে সৃষ্ঠ তেজস্ক্রিয় বর্জ্য একটি গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। পারমাণবিক শক্তি সম্পর্কে সমাজে যে সমালোচনামূলক দৃষ্টিভঙ্গি রয়েছে তার একটি মূল কারণ এটি। সত্যিকার অর্থেই এটি স্বীকার্য, যে তেজস্ক্রিয় বর্জ্য বড় ধরনের বিপদের কারণ হতে পারে। তবে এগুলোর বিপদ সম্পর্কে ভালো করেই জানা আছে। বিপদের মাত্রা গ্রহণযোগ্য পর্যায়ে নামিয়ে আনতে বিভিন্ন পদক্ষেপও জানা আছে।

পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের তেজস্ক্রিয়ার বর্জ্য ব্যবস্থাপনা মোটামুটি চারটি ধাপে ভাগ করা যায়। **প্রথম ধাপ :** বর্জ্যের কঠোর হিসাব ও সংরক্ষণ। তেজস্ক্রিয়া পদার্থ যাতে পার্শ্ববর্তী পরিবেশে চলে যেতে না পারে সে জন্যই নিরাপত্তার স্বার্থে কঠোর হিসাব রাখা প্রয়োজন।

দ্বিতীয় ধাপ : কম্প্রেসনের মাধ্যমে বর্জ্যের আয়তন যথাসম্ভব ছোট করে ফেলা হয়। তরল বর্জ্য বাষ্পে পরিণত করা হয়, কঠিন বর্জ্য চেপে আয়তনে ছোট করে জ্বালিয়ে দেয়া হয়। এর ফলে সংরক্ষণ ও আইসোলেশন খরচ কমে যায়। উদাহরণস্বরূপ একটি বড় পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে বছরে প্রায় ১০,০০০ ঘনফুট তরল বর্জ্যের পুরো জলীয় অংশ তেজস্ক্রিয়তা মুক্ত করে বাষ্পীকরণের ফলে বর্জ্যের আয়তন ১০০ ঘনফুট কমিয়ে আনা সম্ভব হয়।

তৃতীয় ধাপ, কন্ডিশনিং : এ পর্যায়ে সকল বর্জ্য রাসায়নিকভাবে স্থিতিশীল ও পরিবেশের জন্য বিপদমুক্ত অবস্থায় রূপান্তর করা হয়। অল্প মাত্রার তেজস্ক্রিয় বস্তুকে ড্রামে ও কন্টেইনারে সংরক্ষণ করা হয়। বেশি মাত্রার তেজস্ক্রিয় বর্জ্য সংরক্ষণের জন্য ব্যবহৃত হয় সিমেন্ট, বিটুমিন ও কাঁচ দিয়ে তৈরি ব্লক।

শীতলীকরণ জলাধারে সংরক্ষণ পর্যায়ে নিঃশেষিত পারমাণবিক জ্বালানি



চূড়ান্ত ধাপ : তেজস্ক্রিয় বর্জ্য বিশেষভাবে তৈরি সংরক্ষণাগারে পাঠানো হয় এবং সর্বশেষে চূড়ান্ত আইসোলেশনের জন্য নির্ধারিত স্থানে সংরক্ষণ করা হয়।

১৬ ব্যবহৃত পারমাণবিক জ্বালানি দিয়ে কি করা হয়?

ব্যবহৃত পারমাণবিক জ্বালানি চুল্লি থেকে বের করে আনার পর এর ব্যবস্থাপনার জন্য বিশেষ পদ্ধতি অনুসরণ করা হয়।

প্রথমে এগুলোকে একটি বিশেষ জলাধারে শীতল করার জন্য নিয়ে যাওয়া যায়, যেখানে কয়েক বছর সংরক্ষিত থাকে। অতঃপর বিশেষ পরিবহন কন্টেইনারের সাহায্যে কেন্দ্রীয় সংরক্ষণাগারে পাঠানো হয়।

ব্যবহৃত জ্বালানি পরিবহনে সাধারণত রেলপথ, মোটরযান বা বিশেষভাবে তৈরি জাহাজ ব্যবহৃত হয়। পঞ্চাশ বছরের অধিক সময় ধরে ব্যবহৃত পারমাণবিক জ্বালানি পরিবহনে কোন দুর্ঘটনার প্রমাণ নেই।

নিঃশেষিত পারমাণবিক জ্বালানির পরিবহনে ব্যবহৃত ওয়াগন

পারমাণবিক জ্বালানির সঞ্চয় কি অনেক দিন ব্যবহারের জন্য যথেষ্ট?

১৭

এ প্রশ্নের স্পষ্ট উত্তর দেয়া সম্ভব নয়। আবিষ্কৃত খনিগুলোতে যে পরিমাণ ইউরেনিয়াম জমা আছে তা দিয়ে বর্তমানে যে সকল পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র রয়েছে সেগুলোর চাহিদা পরবর্তী ১০০ বছর ধরে মেটানো সম্ভব হবে। কিন্তু পারমাণবিক শক্তির যে বিস্তার আমরা লক্ষ্য করছি, তাও বিবেচনা করা প্রয়োজন। যদি ধরে নেই যে, প্ল্যান অনুযায়ী নতুন নতুন পারমাণবিক বিদ্যুৎ ব্লক তৈরি হবে, তাহলে এ ইউরেনিয়াম দিয়ে ৪০-৫০ বছর চলবে। এখানে কিছুই করার নেই, ইউরেনিয়াম তেল, গ্যাস ও কয়লার মতোই অনবায়নযোগ্য জ্বালানি সম্পদ।

কিন্তু ভাবার কোন কারণ নেই যে, বিশেষজ্ঞরা হাত-পা গুটিয়ে অপেক্ষা করছেন কবে পৃথিবীর ইউরেনিয়াম ২৩৫ মজুদ শেষ হয়ে যাবে। পারমাণবিক শক্তির জন্য বিকল্প জ্বালানির অন্বেষণ চলছে বেশ জোরে সোরেই। যেমন প্লোটোনিয়াম ২৩৮ থেকে উৎপন্ন ২৩৯ ব্যবহারের চিন্তা করা হচ্ছে। থোরিয়াম ২৩২ জ্বালানি চক্র নিয়েও ভাবা হচ্ছে। এর প্রাকৃতিক মজুদ ইউরেনিয়ামের তুলনায় অনেক বেশি। থোরিয়াম ২৩২ বিভাজনসক্ষম ইউরেনিয়াম ২৩৩ পাওয়ার জন্য কাঁচামাল হিসেবে ব্যবহৃত হতে পারে। অতএব, ইউরেনিয়াম ২৩৫-এর বদলে প্লোটোনিয়াম ২৩৯ এবং (অথবা) ইউরেনিয়াম ২৩৩ ব্যবহার করা সম্ভব হলে আগামী সহস্র বছর পারমাণবিক জ্বালানির কোন ঘাটতি হবে না। অন্য আরেকটি সম্ভাবনাও রয়েছে; হাইড্রোজেন-হিলিয়াম জ্বালানিভিত্তিক থার্মোনিউক্লিয়ার রিঅ্যাকটর।

১৮ আন্তর্জাতিক আণবিক শক্তি এজেন্সি (IAEA) কি? এর মূল কাজ কি?

আন্তর্জাতিক আণবিক শক্তি সংস্থা IAEA একটি আন্তঃসরকারি প্রতিষ্ঠান, যেটি পারমাণবিক শক্তির শান্তিপূর্ণ ও নিরাপদ ব্যবহারে সহায়তা করে থাকে। ১৯৫৭ সালে জাতিসংঘের কাঠামো ব্যবস্থার মধ্যেই একটি স্বাধীন প্রতিষ্ঠান হিসেবে এর আবির্ভাব। সংস্থাটির সদর দপ্তর অট্রিয়ার ভিয়েনায় অবস্থিত। ২০১১ সালের পরিসংখ্যান অনুযায়ী এটির সদস্য সংখ্যা ছিল ১৫২।

সংস্থাটির মূল অংশ হচ্ছে জেনারেল কনফারেন্স, বোর্ড অব গভর্নরস এবং মহাপরিচালকের নেতৃত্বাধীন সেক্রেটারিয়েট। ২০০৯ সালে ১ ডিসেম্বর থেকে মহাপরিচালকের দায়িত্ব পালন করে আসছেন ইউকিয়া আমানো।

জেনারেল কনফারেন্স প্রতি বছর সপ্তাহব্যাপী নীতি- নির্ধারণী সভায় মিলিত হলেও বোর্ড অব গভর্নরস প্রতি বছর কয়েকবার মিটিংয়ে বসে এবং প্রতিষ্ঠানের সনদ অনুসারে কার্যত IAEA-এর সকল কার্যক্রমে নেতৃত্ব দিয়ে থাকে। আন্তর্জাতিক আণবিক শক্তি এজেন্সির মূল কার্যক্রম হলো :

গ্যারান্টি ও যাচাই : রাষ্ট্রগুলোর সঙ্গে স্বাক্ষরিত আইনগত মতৈক্যের ভিত্তিতে পারমাণবিক উপাদানের ব্যবহার ও পারমাণবিক কার্যক্রম শুধু শান্তিপূর্ণ লক্ষ্যে পরিচালিত হচ্ছে কি না তা যাচাই ও নিশ্চিত করার জন্য প্রয়োজনীয় পরিদর্শন।

নিরাপত্তা : নিরাপত্তার বিভিন্ন মানদণ্ড নির্ধারণ, বিভিন্ন নিয়ম, নির্দেশাবলী তৈরি এবং এগুলোর প্রয়োগে রাষ্ট্রসমূহকে সহায়তা প্রদান।

বিজ্ঞান ও প্রযুক্তি : এনার্জি, কৃষি, পরিবেশ সংরক্ষণ, স্বাস্থ্য সুরক্ষাসহ বিভিন্ন ক্ষেত্রে পারমাণবিক পদ্ধতি প্রয়োগে প্রযুক্তি ও বিজ্ঞানগত সহায়তা প্রদান।

আন্তর্জাতিক আণবিক শক্তি এজেন্সি জাতিসংঘের একটি সবচেয়ে কার্যকরী আন্তঃসরকারি সার্বজনীন সংস্থা। শুধু শান্তিপূর্ণ লক্ষ্যে পারমাণবিক শক্তির ব্যবহারের স্বার্থে পারমাণবিক শক্তিধর দেশগুলোর মধ্যে এবং আইএইএ-এর সদস্যভুক্ত অন্যদেশগুলোর মধ্যে বহু বছর ধরে চলমান বাস্তবধর্মী পারস্পরিক ক্রিয়ার ফলেই এ সংস্থাটি কার্যকর ভূমিকা রাখতে সক্ষম হয়েছে।

IAEA
International Atomic Energy Agency

আন্তর্জাতিক পারমাণবিক শক্তি এজেন্সির মহাপরিচালক ইউকিও আমানো

১৯ বর্তমান ও ভবিষ্যৎ পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে বড় ধরনের দুর্ঘটনার ঝুঁকির কোন সংখ্যাগত মূল্যায়ন করা হয় কি না?

অবশ্যই করা হয়। এ জন্য আন্তর্জাতিক এটেস্টেশন প্রক্রিয়ায়, পদ্ধতিগত ইউনিফিকেশন নিশ্চিত করতে বিশেষ কম্পিউটার কোডসমূহ প্রবর্তন করা হয়েছে। এগুলো হচ্ছে তথাকথিত সম্ভাব্য নিরাপত্তা বিশ্লেষণের (PSA) ভিত্তি। PSA-এর ফলাফলের ওপর ভিত্তি করে এক বছরে বর্তমানে যে সকল পারমাণবিক চুল্লি চালু রয়েছে সেগুলোর যে কোন একটির সক্রিয় জোনের আংশিক কিংবা পূর্ণ মেল্টডাউনসহ ভয়াবহ পারমাণবিক দুর্ঘটনার সম্ভাবনা মূল্যায়ন করা হয় $১০^{-৫}$ সংখ্যা দ্বারা। অর্থাৎ এ জাতীয় দুর্ঘটনার সম্ভাবনা ১০০,০০০ বছরে একটি।

পৃথিবীতে আণবিক শক্তি উৎপাদনের বর্তমান অবস্থা বিবেচনা করলে বড় ধরনের দুর্ঘটনার সম্ভাবনা ২,০০০ বছরে একটি। আণবিক শক্তি উৎপাদনের ইতিহাসে এমন তিনটি দুর্ঘটনা ঘটেছে, ১৯৭৯ সালে থ্রি মাইল আইল্যান্ড পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে, ১৯৮৬ সালে চেরনোবিল পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে এবং ২০১১ সালে ফুকুশিমা-১ পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে। এখানে উল্লেখ করা প্রয়োজন যে ওই সময় পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের নিরাপত্তা মান ছিল বর্তমানের তুলনায় অনেক দুর্বল। স্মরণ করা যেতে পারে যে, ফুকুশিমা-১ বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এনার্জি ব্লকগুলো ছিল পুরনো ডিজাইনের, যেগুলোর দুর্বলতা জানা সত্ত্বেও সময়মত প্রয়োজনীয় আধুনিকায়ন করা হয়নি।

এতদসত্ত্বেও নির্মীয়মাণ ও নির্মিতব্য পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের জন্য এ নিরাপত্তা মান অনেক উন্নত করা হয়েছে। বর্তমানে সর্বশেষ প্রযুক্তি ব্যবহার করার ফলে রুশ নির্মিত আধুনিক পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোতে বড় ধরনের বিপর্যয় ঘটার সম্ভাবনা দশগুণ কমে গেছে ($১০^{-৬}$ অথবা ১০ লাখ বছরে একটি দুর্ঘটনা)। এভাবে দুর্ঘটনার সম্ভাবনা এতটাই কমে এসেছে যে, এখন এটিকে দৈনন্দিন ঝুঁকির পর্যায়ে ফেলা যায়, যেগুলো মানুষ বাস্তবিক কাজকর্মে ধর্তব্যের মধ্যে আনে না।

কোন বিশেষ যন্ত্রের সাহায্য ছাড়া মানুষ কি আয়োনাইজিং রেডিয়েশন অনুভব করতে পারে? কিংবা খাবার পণ্য ও জলের স্বাদ থেকে তেজস্ক্রিয়তাজনিত দূষণ বুঝতে পারে? ২০

না, দুর্ভাগ্যজনক হলেও সত্য, সাধারণভাবে মানুষের ইন্দ্রিয় আইয়োনাইজিং রেডিয়েশনের উচ্চ মাত্রা এমনকি জীবন ও স্বাস্থ্যের জন্য বিপজ্জনক মাত্রাও অনুভব করতে অক্ষম। একইসঙ্গে কোন যন্ত্রের সাহায্য ছাড়া খাদ্য দ্রব্যের তেজস্ক্রিয়তাজনিত দূষণ ও বুঝার ক্ষমতা নেই মানুষে।

তেজস্ক্রিয় বিকিরণ থেকে নিরাপত্তার মূল নীতিগুলো কি কি? ২১

স্বাভাবিক কার্যক্রম চলাকালীন নিরাপত্তার মূল নীতিগুলো হচ্ছে নিম্নরূপ :

মাত্রা নির্ধারণ : আইয়োনাইজিং রেডিয়েশনের সকল উৎস থেকে যে পরিমাণ রেডিয়েশন ডোজ লাভ করবে তা যেন অনুমোদনযোগ্য ব্যক্তিগত ডোজের সীমা অতিক্রম না করে।

যৌক্তিকতা : আয়োনাইজিং রেডিয়েশনের উৎস নিয়ে সকল কার্যক্রম নিষিদ্ধ করা। এ সকল কার্যক্রমের ফলে প্রাকৃতিকভাবে প্রাপ্ত ডোজের অতিরিক্ত রেডিয়েশন ডোজ লাভ করার কারণে যে ক্ষতির সম্ভাবনা থাকে তা মানুষ ও সমাজ কর্তৃক প্রাপ্ত লাভের চেয়ে বেশি।

২২ শুধু কি পারমাণবিক খাতের সঙ্গে জড়িত লোকজনরাই তেজস্ক্রিয় বিকিরণের শিকার হয়ে থাকেন?

পারমাণবিক ছাড়া অন্যান্য খাতের সঙ্গে জড়িত লোকজনও তেজস্ক্রিয় বিকিরণের শিকার হতে পারেন, উদাহরণস্বরূপ তেল ও গ্যাস কমপ্লেক্সে কর্মরত লোকজন। খনিজ, তেল ও গ্যাসের সঙ্গে ভূগর্ভ থেকে বিভিন্ন প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় পদার্থ বের হয়ে আসে যেমন রেডিয়াম। এই আইসোটোপগুলো পাইপের দেয়ালে, পাম্পের মধ্যে, বিভিন্ন সংরক্ষণ আধারের জমা হতে থাকে এবং তেজস্ক্রিয়তা ছড়ায়। গবেষণায় দেখা যাচ্ছে, খনিজ তেল নিষ্কাশন কারখানায় কর্মরত লোকজন যে পরিমাণ তেজস্ক্রিয় বিকিরণ ডোজ পেয়ে থাকেন তা অনেক ক্ষেত্রে পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের লোকজনের জন্য নির্ধারিত সর্বোচ্চ ডোজের মাত্রা অতিক্রম করে। যে লাখ লাখ টন খনিজ তেল বর্জ্য প্রতি বছর জমা হয়, রুশ আইন অনুসারে এগুলো তেজস্ক্রিয় বর্জ্য হিসেবে বিবেচিত।

পারমাণবিক ও কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের মধ্যে তফাৎ কি? ২৩

নীতিগতভাবে খুব একটা তফাৎ নেই। উভয়ক্ষেত্রেই বাষ্প উৎপাদিত হয়, যা টারবাইনের ব্লেড ও এক্সিস রড ঘুরায়। এক্সিস রডটি বিদ্যুৎ জেনারেটরের রোটরের সঙ্গে যুক্ত থাকায় সেটিও ঘুরতে থাকে, ফলে বিদ্যুৎ উৎপন্ন হয়। বাষ্প, টারবাইন থেকে কনডেনসারে আসে, ঠাণ্ডা হয়ে জলে রূপান্তরিত হয়। জল কয়েক দফা পরিশোধনের পর আগের জায়গায় ফিরে আসে। লক্ষণীয় যে, জল বাইরে কোথাও নির্গত হয় না, বরং একটি আবদ্ধ চক্রে আবর্তিত হয়।

পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র এবং কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের মূল তফাত এগুলোর তাপশক্তি উৎপাদনের উৎস- যে তাপশক্তি বাষ্প তৈরিতে অপরিহার্য। প্রথম ক্ষেত্রে এটি পারমাণবিক চুল্লির সক্রিয় জোন এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে এটির বাষ্প বয়লারের চুল্লি।

কয়লাভিত্তিক এবং পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোর পরিবর্তে গ্যাসভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র স্থাপনে সমস্যা কোথায়? প্রকৃতিক গ্যাসতো কয়লার তুলনায় ক্লিন জ্বালানি হিসেবে পরিচিত। ২৪

সত্যিকার অর্থেই প্রাকৃতিক গ্যাস CH_4 তেমন কোন পরিবেশগত সমস্যা সৃষ্টি করে না, যা কিনা কয়লার বেলায় প্রযোজ্য। প্রাকৃতিক গ্যাস পরিবেশে CO_2 ছাড়া তেমন কোন ক্ষতিকারক বস্তু ছড়ায় না, এর দহনের ফলে কোন কঠিন বর্জ্যও তেরি হয় না। গ্যাসভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের কার্যদক্ষতা (এনার্জি ইনটেনসিটি) কয়লাভিত্তিক ও পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের চেয়ে অনেক বেশি। পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের তুলনায় গ্যাসভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের নির্মাণ ব্যয় কম এবং দ্রুত এ ব্যয় উঠে আসে।

কিন্তু কয়লা ও ইউরেনিয়াম হচ্ছে এমন বস্তু যাদের ব্যবহারের ক্ষেত্র অনেক সীমিত; শক্তি উৎপাদন ও তাপ সরবরাহ ছাড়া এদের ব্যবহার খুব একটা দেখা যায় না। প্রাকৃতিক গ্যাস বিদ্যুৎ উৎপাদন ছাড়াও বিভিন্ন পণ্য উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়, যেগুলো ছাড়া আজকের শিল্প কারখানাগুলো বলতে গেলে অচল- যেমন মিথেন থেকে উৎপাদিত পণ্যের মধ্যে রয়েছে এসিটিলিন, ইথিলিন, হাইড্রোজেন, প্লাস্টিক, রং, ওষুধপত্র ইত্যাদি। সুস্থ মস্তিষ্কসম্পন্ন একজন লোক কখনোই মূল্যবান ওক ও মেহগিনি কাঠ দিয়ে চুলা জ্বালাবে না। এ কাঠ দিয়ে মূল্যবান অনেক কিছু বানানো সম্ভব, তাই একে পুড়িয়ে ভস্ম করা কোনভাবেই যুক্তি সঙ্গত নয়। প্রাকৃতিক গ্যাসের বেলায়ও একই কথা প্রযোজ্য।

২৫ স্বাভাবিক কার্যক্রম চলাকালীন পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র পার্শ্ববর্তী পরিবেশের জন্য কতটুকু ক্ষতিকর?

পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র তার স্বাভাবিক কার্যক্রমের সময় পার্শ্ববর্তী পরিবেশের জন্য মোটেও ক্ষতিকারক নয়। যে কোন পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের আশপাশে গেলেই এর সত্যতা বুঝা যাবে। প্রসঙ্গত, উদাহারণস্বরূপ চেরনোবিল পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে ঘটে যাওয়া দুঃখজনক দুর্ঘটনা উল্লেখ করা যেতে পারে। সবচেয়ে মারাত্মক পারমাণবিক দুর্ঘটনাও পরিবেশের ওপর তেমন কোন লক্ষণীয় নেতিবাচক প্রভাব ফেলতে পারেনি, কারণ রেডিয়েশন হজম করে নেয়ার মতো ক্ষমতা রয়েছে প্রকৃতির। চেরনোবিল এলাকাটি এর প্রকৃষ্ঠ উদাহরণ। ওখানে গেলে সবুজ গাছপালা, নদীতে প্রচুর মাছ, বনে-জঙ্গলে জীবজন্তুর বিচরণসহ দূষণমুক্ত পরিবেশের অসংখ্য প্রমাণ পাওয়া যাবে। তিন লেজ বিশিষ্ট মাছ, ছয় পা বিশিষ্ট বুনো শূকরের মতো আজগুবি জীব-জন্তুর উপস্থিতি সম্পর্কে কোন বিশ্বাসযোগ্য তথ্য অদ্যাবধি পাওয়া যায়নি।

পরিবেশের ওপর বিভিন্ন ধরনের বিদ্যুৎ কেন্দ্রের প্রভাব কেমন?

২৬

সমপরিমাণ বিদ্যুৎ উৎপাদনকালে পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের তুলনায় কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র থেকে পরিবেশে ৫-১০ গুণ বেশি পদার্থ নির্গত হয়। কয়লায় সর্বদাই কিছু প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় পদার্থ থাকে যেমন- থোরিয়াম, ইউরেনিয়ামের দীর্ঘজীবী দুটি আইসোটোপ এবং এগুলোর ক্ষয় থেকে প্রাপ্ত বিভিন্ন পদার্থ (রেডিওটক্সিক রেডিয়াম, রেডন এবং পোলোনিয়াম), আরো থাকে পটাসিয়ামের দীর্ঘজীবী আইসোটোপ-পটাসিয়াম ৪০। কয়লার দহনের ফলে এসকল পদার্থ পরিবেশে ছড়িয়ে পড়ে। পারমাণবিক জ্বালানিতে যে সকল তেজস্ক্রিয় পদার্থ ও উপকরণ রয়েছে বা পারমাণবিক চুল্লিতে যে সকল তেজস্ক্রিয় পদার্থ ও উপকরণ তৈরি হয় তা পরিবেশে নির্গত হতে পারে না। পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের নিরাপত্তা ব্যবস্থায় প্রতিরক্ষা বুহ্যের কারণে এটা সম্ভব হয় না। শুধু কিছুসংখ্যক ক্ষণজীবী তেজস্ক্রিয় গ্যাস খুবই অল্প পরিমাণে পরিবেশে নির্গত হয়। এগুলোর তেজস্ক্রিয়তাও অনেক কম।

এছাড়াও, কয়লায় যে প্রাকৃতিক রেডিওনিউক্লিড রয়েছে তার একটি উল্লেখযোগ্য অংশ তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রের বর্জ্যের স্তূপে জমা হয় এবং এগুলো জলধারায় ধৌত হয়ে ফুড চেইনের মাধ্যমে মানুষের শরীরে প্রবেশ করে।

তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্র থেকে প্রাপ্ত ১ টন ভস্মে প্রায় ১০০ গ্রাম পর্যন্ত রেডিওনিউক্লিড থাকে। পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে এ জাতীয় পদার্থের পরিবেশে ছড়িয়ে পড়ার কোন চ্যানেল নেই। নিঃশেষিত পারমাণবিক জ্বালানি ব্যবস্থাপনায় যে প্রযুক্তি ব্যবহৃত হয় তাতে পরিবেশের সঙ্গে এটির সরাসরি কোন সংস্পর্শ ঘটে না। সব মিলিয়ে জনগণের ওপর তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্রের তেজস্ক্রিতার প্রভাব পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের চাইতে ২০ গুণ বেশি।

২৭ পারমাণবিক শক্তির প্রতি পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের পার্শ্ববর্তী জনগণের দৃষ্টিভঙ্গি কেমন?

জোর দিয়েই বলা যায় যে, পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রভিত্তিক স্যাটেলাইট সিটিগুলোর বাসিন্দারা পারমাণবিক শক্তি সম্পর্কে ইতিবাচক ধারণা পোষণ করেন। এ শহরগুলোতে বাস করেন বিশেষজ্ঞরা, যাদের পারমাণবিক শক্তি ও রেডিয়েশন সম্পর্কে রয়েছে পেশাগত জ্ঞান। পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র তাদের জীবনভর কাজের স্থান। স্থানীয় জনগণের সঙ্গে পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রিক তথ্য কেন্দ্রগুলোর সক্রিয় যোগাযোগ, গৃহীত অসংখ্য সামাজিক প্রকল্প, জ্যেষ্ঠ নাগরিকদের উদাহরণ এ স্যাটেলাইট শহরগুলোর যুবসমাজের মধ্যে পারমাণবিক শক্তি সম্পর্কে বিশেষ আগ্রহের সৃষ্টি করে থাকে। এর ফলে স্কুল পাস করে পারমাণবিক শক্তি বিষয় উচ্চ শিক্ষা লাভের পর তারা নিজস্ব শহরে ফিরে আসে কর্ম সংস্থানের লক্ষ্যে। পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলো এদের সাদরে গ্রহণ করে।

কারণ এ সকল বিশেষজ্ঞদের দায়িত্ববোধ ও নিরাপত্তা সংস্কৃতি অনেক উচ্চমানের- তাদের পরিবার ও বন্ধু-বান্ধব বিদ্যুৎ কেন্দ্রের কাছেই বসবাস করে। আরেকটি ইতিবাচক দিক হলো এই পেশার সম্মান, উচ্চ সামাজিক অবস্থান, ভালো পারিতোষিক, বিভিন্ন সামাজিক সুযোগ-সুবিধা, যেমন বিশেষ খাবারের ব্যবস্থা, স্বাস্থ্য পরীক্ষা, সমুদ্রতীরবর্তী স্বাস্থকেন্দ্রে চিকিৎসা, খেলাধুলায় সুযোগ ইত্যাদি। পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে কর্মরত লোকদের সম্বন্ধে এটুকু বলাই যথেষ্ট যে, এরা ঐক্যবদ্ধ একটি দল, যার প্রতিটি সদস্য অন্যদের

দায়িত্ব বহন করে, যার ফলে সে গুরুত্বপূর্ণ। নিজস্ব ভূমিকা অনুধাবন- অবস্তুগত মোটিভেশনের একটি কারণ। স্যাটেলাইট শহরের বাসিন্দারা অন্যদের তুলনায় বিশেষ কিছু সুবিধা ভোগ করেন যেমন- উন্নত অবকাঠামো, এটা শুধু পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের কারণেই নয়, এর পেছনে রয়েছে এতদঞ্চলের বাজেটে উল্লেখযোগ্য পরিমাণ করের প্রবাহ। এছাড়াও বড় শহর থেকে দূরে থাকার কারণে এখানকার পরিবেশগত অবস্থা অনেক ভালো, বিষাক্ত পদার্থের নির্গমন এখানে প্রায় অনুপস্থিত। সর্বশেষে আগামী দিনের ওপর ভরসা রয়েছে এখানকার বাসিন্দাদের, যেটির অভাব রয়েছে বর্তমানের মানুষের মধ্যে।

২৮ স্বাভাবিক কার্যক্রম চলাকালীন পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র পার্শ্ববর্তী এলাকার জন্য ক্ষতিকর কি না ?

পারমাণবিক বিদ্যুকেন্দ্রের পার্শ্ববর্তী এলাকার লোকজনের জন্য যে ব্যাপারটি গুরুত্বপূর্ণ তা হলো তেজস্ক্রিয়তার প্রভাব। বাস্তব পরিস্থিতি সম্পর্কে জ্ঞানের অভাব এবং সবচেয়ে খারাপ পরিণতি নিয়ে চিন্তার ফলে মানুষের মনে উদ্ভট সব ধারণার সৃষ্টি হয়। এমনকি শত কিলোমিটার দূরে অবস্থিত এলাকায় ক্যান্সারের প্রাদুর্ভাবের সঙ্গে অনেক সময় পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রকে জড়িয়ে ফেলা হয়। যদি তেজস্ক্রিয়তাজনিত বিপদের কথা বিবেচনা করা হয় তবে কয়লা ও তেলভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলো পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের চাইতে অপেক্ষকৃত বেশি বিপজ্জনক।

এর কারণ হলো : ইট জ্বালানিতে রয়েছে বিভিন্ন প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় আইয়োটোপ এবং এ জ্বালানির দহনের ফলে এগুলো কোন পরিশোধন ছাড়াই পার্শ্ববর্তী এলাকার ছড়িয়ে পাড়ে। কিন্তু প্রতিটি পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে সুচিন্তিত কিছু ব্যবস্থা রয়েছে যেগুলোর সাহায্যে পরিবেশ নির্গত জল ও বায়ুকে পরিশোধন করে তেজস্ক্রিয়া মুক্ত করা হয়।

রাশিয়ার নভোভারনেঝ পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের শীতলীকরণ জলাধারে
জাতীয় মৎস শিকার প্রতিযোগিতা, ২০০৯

পারমাণবিক শক্তির পরিবেশগত সুবিধা কি?

২৯

সুবিধা অনেক, তবে মুখ্য সুবিধা হলো পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে বিদ্যুৎ শক্তি তৈরিতে অক্সিজেন ব্যবহার হয় না এবং একই সঙ্গে এটি থেকে কোন পরিবেশ দূষণকারী টক্সিন ও ক্যান্সারোজেনিক পদার্থ ও গ্রিন হাউস গ্যাস নির্গত হয় না। অন্যদিকে তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্র থেকে উল্লেখযোগ্য পরিমাণ বর্জ্য নির্গত হয় এবং তাকে ঠেকানোর কোন উপায় নেই। এছাড়াও প্রথাগত তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোর জন্য অপরিহার্য জ্বালানি সরবরাহ লাইন (তেল ও গ্যাস পাইপ) স্থাপন ও ব্যবহারকালীন পরিবেশ উল্লেখযোগ্যভাবে ক্ষতিগ্রস্ত হয়। পারমাণবিক বিদ্যুৎ শক্তির বেলায় এমনটি ঘটে না।

কোন প্রযুক্তি ব্যবহারের ফলে চিকিৎসা, স্বাস্থ্য ও পরিবেশ সম্পর্কিত যে সকল নেতিবাচক প্রভাব পরিলক্ষিত হয় সেগুলোকে এক কথায় 'বাহ্যিক মূল্য' নামে অবিহিত করা হয়। আর এর পরিমাণ নির্ধারণ করা হয় নেতিবাচক নিরসনে যে অর্থ ব্যয় হবে তার দ্বারা। রুশ বিশেষজ্ঞরা বিভিন্ন ধরনের জ্বালানি ব্যবহারকারী বিদ্যুৎ কেন্দ্রের 'বাহ্যিক মূল্য' নির্ধারণ করেছেন এবং তা প্রকাশ করা হয়েছে ইউরোসেন্ট/কিলোওয়াট. ঘণ্টা একক দ্বারা; কয়লা ১৫, জ্বালানি তেল ৪.৫, গ্যাস ৩ এবং পারমাণবিক শক্তি-০.২।

১০০০ মেগাওয়াট বিদ্যুৎ উৎপাদনে বিভিন্ন ধরনের জ্বালানি ব্যবহারের ফলে পরিবেশগত প্রভাবের তুলনামূলক চিত্র

তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্র			পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র	তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্র			পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র
কয়লা	জ্বালানি তেল	গ্যাস		কয়লা	জ্বালানি তেল	গ্যাস	
অক্সিজেনের ব্যবহার, বিলিয়ন কিউবিক মিটার				কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গমন, মিলিয়ন টন			
5,5	3,4	4,4	—	10	6	2	—
স্যালফার ডাই-অক্সাইডের নির্গমন, হাজার টন				নাইট্রোজেন নির্গমন, হাজার টন			
124,4	84	—	—	34,2	21,9	23,6	—
ছাই ও ভূষা নির্গমন, হাজার টন				বেঞ্জোপাইরিন (সর্বাধিক বিপজ্জনক কার্সিনোজেন) নির্গমন, কেজি			
7,3	1,3	—	—	12	13	—	—

একদিকে তেজস্ক্রিয়তা ক্যান্সারের একটি কারণ, অন্যদিকে ক্যান্সারের চিকিৎসায় ব্যবহৃত হয় তেজস্ক্রিয়তা- ব্যাপারটা এটা কি সাংঘর্ষিক নয়?

৩০

তেজস্ক্রিয়তা কেন ক্যান্সার সারাতে সক্ষম তা বুঝতে হলে জানতে হবে সাধারণ কোষের সঙ্গে ক্যান্সার কোষের পার্থক্য। রেডিও থেরাপির দৃষ্টিকোণ থেকে গুরুত্বপূর্ণ পার্থক্য হলো যে, ক্যান্সার কোষগুলো অতি দ্রুত বিভাজিত হয়। যেহেতু রেডিয়েশন বিভাজনের সময় কোষের সর্বাধিক ক্ষতি করে, ফলে এটি সাধারণ কোষের চেয়ে ক্যান্সার কোষের জন্য বেশি বিপজ্জনক। রেডিয়েশন থেরাপির সময় আক্রান্ত অঙ্গ অনেক উচ্চমাত্রার রেডিয়েশন ডোজ (৩০-৪০ সিয়েভার্ট পর্যন্ত) পেতে পারে, যেখানে মরণ ডোড হচ্ছে ৬-৭ সিয়েভার্ট। অর্থাৎ একজন রোগী চিকিৎসার সময় ৫-৭টি মরণ ডোজ পেয়ে থাকেন। এটা সাংঘর্ষিক মনে হতে পারে, যদিও বাস্তবে তা নয়। ডোজ হচ্ছে একক মাস (ভর) দ্বারা শোষিত রেডিয়েশন এনার্জি। চিকিৎসাকালীন ৩০-৪০ সিয়েভার্ট ডোজ পেয়ে থাকে শুধু ক্যান্সার ও টিউমার, শরীরের অন্য অংশ নয়। ৬-৭ সিয়েভার্ট তখনই মরণ ডোজ যখন পুরো শরীর এ ডোজ পাবে। মরণ ডোজের ক্ষেত্রে পুরো শরীরে রেডিয়েশনের কথা বুঝায়। রেডিয়েশন থেরাপির সময় শরীরে বাড়তি রেডিয়েশনের একটা চাপ পড়ে, যা পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে কর্মরত লোকদের জন্য নির্ধারিত সর্বোচ্চ অনুমোদনযোগ্য ডোজের কয়েকগুণ পর্যন্ত হতে পারে । কিন্তু উচ্চ রেডিয়েশনের প্রভাব নিয়ে ভয়ের কোন স্থান থাকা উচিত নয়, কেননা, অত্যন্ত বিপজ্জনক রোগের চিকিৎসায়ই রেডিও থেরাপি দেয়া হয়, যখন জীবন ও মৃত্যুর প্রশ্ন মুখোমুখি এবং এটি মোটেই রূপকার্থে নয়।

কোন উচ্চশিক্ষা প্রতিষ্ঠানগুলো পারমাণবিক শিল্প খাতের জন্য বিশেষজ্ঞ তৈরি করে? পারমাণবিক পেশার জন্য কোথায় শিক্ষা লাভ করা যেতে পারে?

রাশিয়া পারমাণবিক বিষয়ে শিক্ষার জন্য প্রধান উচ্চ শিক্ষা প্রতিষ্ঠান হলো জাতীয় পারমাণবিক গবেষণা বিশ্ববিদ্যালয় (MEPHI)। এটির অধীনে রাশিয়ার ৫টি অঞ্চলে ছড়িয়ে থাকা ২২টি শিক্ষা প্রতিষ্ঠান নিয়ে গঠন করা হয়েছে শিক্ষা- বিজ্ঞান নেটওয়ার্ক কমপ্লেক্স।

NIIC

www.myatom.ru/en

ROSATOM

Ministry of Science and Technology