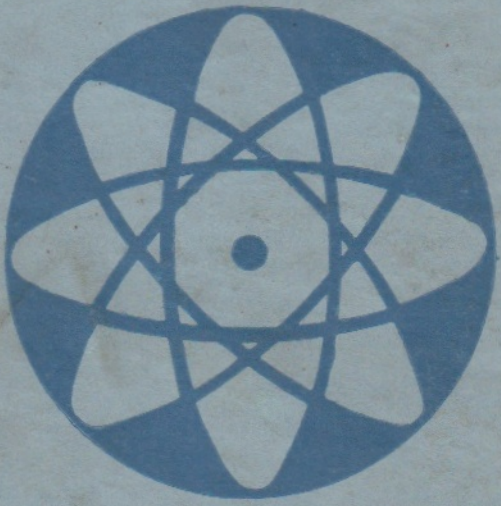
পারমাণবিক বিকিরণের বিপদ

এইচ, ডব্লিউ, হেক্স্টাল স্মিথ



এইচ. ডব্লিউ. হেকস্টাল স্মীথ

পারমাণবিক বিকিরণের বিপদ

মোসলেম আলী
অনূদিত

বাংলা একাডেমী : ঢাকা

www.pathagar.com

প্রথম প্রকাশ
আষাঢ় ১৩৯০
জুন ১৯৮৩

বা এ ১৩৩৮

পাণ্ডুলিপি
অনুবাদ বিভাগ

প্রকাশক
বশীর আলহেলাল
পরিচালক
প্রকাশন ও বিক্রয় বিভাগ
বাংলা একাডেমী, ঢাকা

মুদ্রক
এস. এইচ. খান
ঊষা প্রিন্টার্স
৩১/৩ সৈয়দ আওলাদ হোসেন লেন
ঢাকা ১

প্রচ্ছদ
মোহাম্মদ মহসিন

মূল্য
বাইশ টাকা

PARAMANABIC BIKIRANER BIPAD : Translated by Moslem Ali from original book of Atomic Radiation Dangers by H. W. Heckstall Smith. Published by Bangla Academy, 1st Edition 1983, Price Tk. 22·00 U.S. Dollar 3·00

www.pathagar.com

সূচী

প্রথম অধ্যায়

পরমাণু আর তার বিকিরণ ... ... ১—১২

দ্বিতীয় অধ্যায়

বিকিরণ এবং জীবকুল ... ... ১৩—২৪

তৃতীয় অধ্যায়

প্রাকৃতিক বিকিরণ ... ... ২৫—২৯

[মাটি, পানি এবং বায়ুমণ্ডল থেকে

আমাদের দেহাভ্যন্তর থেকে,

মহাজাগতিক রশ্মি থেকে,

প্রকৃতি থেকে সর্বমোট]

চতুর্থ অধ্যায়

মানুষ যেসব বিকিরণ সৃষ্টি করেছে ... ৩০—৪২

[ঘর বাড়ী

খনি

দীপ্তিমান রং

www.pathagar.com

শিল্প ও বাণিজ্যিক ব্যবহার
চিকিৎসা কাজ
কৃষি ও খাদ্য
পাথুরে কয়লার আগুন আর কুয়াশা]

পঞ্চম অধ্যায়

পারমাণবিক বিস্ফোরণ ... ... ৪৩—৫২
[সাধারণ আলোচনা
পারমাণবিক বোমা অর্থাৎ বিভাজন বোমা
নোংরা হাইড্রোজেন বোমা অর্থাৎ একীভবন বোমা
নির্মল হাইড্রোজেন বোমা
কোবাল্ট বোমা
'এলটি' এক্সারসাইজ]

ষষ্ঠ অধ্যায়

প্রজননিক বিপদ ও সিজিয়াম-১৩৭ ... ৫৩—৫৮

সপ্তম অধ্যায়

ক্যান্সার রোগ ও ষ্ট্রনশিয়াম-৯০ ... ৫৯—৭২

অষ্টম অধ্যায়

শান্তির কাজে নিয়ন্ত্রিত আণবিক শক্তি ... ৭৩—১১৮
[বিভাজন পদ্ধতিতে শক্তি স্ফুরণ
গবেষণা এবং রোগ নিরাময়ে বিভাজন ভস্মের ব্যবহার
সূর্য এবং নক্ষত্রাবলীতে একীভবন পদ্ধতিতে আণবিক
শক্তির স্ফুরণ

www.pathagar.com

একীভবন প্রক্রিয়ায় পৃথিবীতে নিয়ন্ত্রিত আণবিক শক্তি সৃষ্টি

চক্‌নদীর দুর্ঘটনা

উইণ্ডস্কেল দুর্ঘটনা

উইণ্ডস্কেল দুর্ঘটনার বিলম্বিত বিষক্রিয়া

জেটা (শূন্যশক্তি থার্মোনিউক্লিয়ার যন্ত্র)

আইয়োডিন-১৩১ এবং তেজস্ক্রিয় ভস্মপাতের গালফ্‌ স্রোত

সিজিয়াম—১৩৭

দ্বিগুণীকরণ মাত্রা]

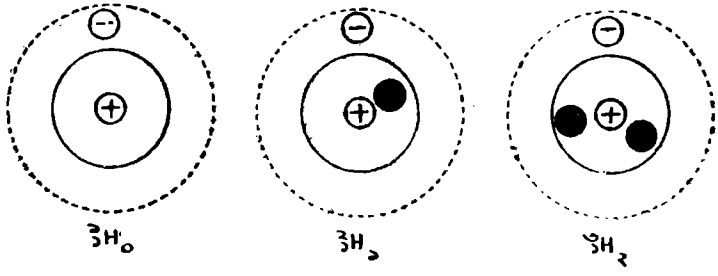
www.pathagar.com

www.pathagar.com

প্রথম অধ্যায়

পরমাণু আর তার বিকিরণ

হাইড্রোজেন সবচেয়ে হালকা পরমাণু। তার পরমাণুগুলি তিন রকমের যথা $^{১}_{১}H_{০}$, $^{২}_{১}H_{১}$, $^{৩}_{১}H_{২}$। নীচের ছবিতে এগুলি বুঝানো হয়েছে।



সাধারণ, স্থায়ী | বিরল, স্থায়ী | খুবই বিরল, ভঙ্গুর

উপরের ছবিগুলিতে + চিহ্ন দ্বারা একটি প্রোটন বুঝানো হয়েছে। আকারের তুলনায় এ খুব ভারী কণিকা এবং তার বিদ্যুৎবিভব সর্বদা একই নির্দিষ্ট পরিমাণ, ধনাত্মক।

(–) চিহ্নতে একটি ইলেকট্রন বুঝায়। এর বিদ্যুৎবিভব প্রোটনের সমান কিন্তু ঋণাত্মক প্রকৃতির। ইলেকট্রন খুব হালকা কণিকা। একটি প্রোটন প্রায় ১৮৩৬টি ইলেকট্রনের সমান ভারী।

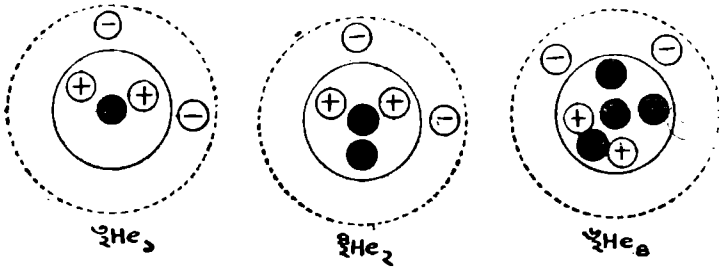
● চিহ্নতে একটি নিউট্রন বুঝায়। এটি বিদ্যুৎহীন কণিকা এবং প্রোটনের চেয়ে সামান্য ভারী। একটি নিউট্রন। ১৮৩৯টি ইলেকট্রনের চেয়ে সামান্য কিছু বেশী ভারী।

মাঝখানের পুরু লাইনে আঁকা বৃত্তটির পরমাণুর কেন্দ্রিন বা নিউক্লিয়াস্ (জীবকোষের নিউক্লিয়াস বা মৌমাছিদের ঝাঁকের নিউক্লিয়াস বলতে যা বুঝায়

www.pathagar.com

তার সাথে এর কোন সম্পর্ক নেই)। ${}_{1}^{1}H_{0}$ পরমাণুর নিউক্লিয়াসে কেবল একটি প্রোটন; ${}_{1}^{1}H_{1}$তে একটি প্রোটন এবং একটি নিউট্রন; আর ${}_{1}^{3}H_{2}$ এ আছে একটি প্রোটন এবং দুইটি নিউট্রন। কেন্দ্রিনের চার পাশে পুরু লাইন কেন্দ্রিন কণিকাদের ঘিরে শূন্যস্থানে এক সীমারেখা নির্দেশ করে। প্রত্যেক কেন্দ্রিন কণিকা হয় প্রোটন না হয় নিউট্রন। বাইরের ভাঙ্গা ভাঙ্গা লাইনে আঁকা বৃত্তটি শূন্যে পরমাণুর পরিসীমা নির্দেশক। এই সীমারেখার ভিতরে কিন্তু কেন্দ্রিন সীমারেখার বাইরে ইলেকট্রন থাকে। কেন্দ্রিনের সাথে বাঁধা এই সমস্ত ইলেকট্রন বিভিন্ন সম্ভাব্য কক্ষপথে ভ্রমণ করে। আমাদের পৃথিবীর মত এই ইলেকট্রনরা কিন্তু সামান্য একটামাত্র কক্ষপথে বন্দী থাকে না। লক্ষ্য করবার বিষয় যে, উল্লিখিত প্রত্যেক প্রকার হাইড্রোজেন পরমাণুতে কেবল একটি করে প্রোটন এবং একটি ইলেকট্রন থাকায় পরমাণুর বিদ্যুৎ বিভব শূন্য হয়। স্বাভাবিক অবস্থায় প্রত্যেক পরমাণুর ক্ষেত্রে এই নিয়ম সত্য। পরমাণুতে সাধারণ অবস্থায় যতগুলি কক্ষশীল ইলেকট্রন থাকে, কেন্দ্রিনে ঠিক ততটি প্রোটন থাকে, সেজন্য পরমাণুটি মোটের উপর বিদ্যুৎহীন হয়।

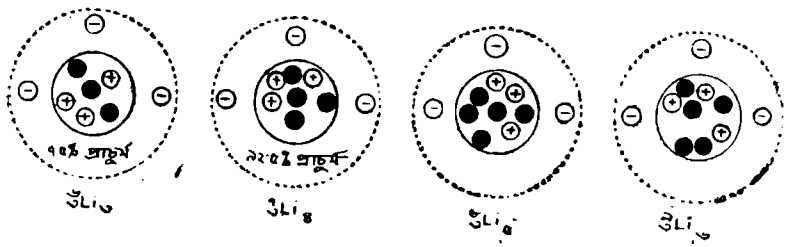
এরপর দ্বিতীয় লঘুতর পরমাণুর হিলিয়াম। আজ পর্যন্ত তিন প্রকারের হিলিয়াম পাওয়া গেছে, যথা ${}_{2}^{3}He_{1}$, ${}_{2}^{4}He_{2}$, ${}_{2}^{6}He_{4}$।



তৃতীয় লঘুতম পরমাণু, লিথিয়াম নামক এক প্রকার হালকা ধাতু, যার ঘনত্ব জলের তুলনায় অর্ধেকের কিছু বেশী। লিথিয়ামের চার প্রকার আইসোটোপ বা সহোদর আছে যথা ${}_{3}^{6}Li_{3}$, ${}_{3}^{7}Li_{4}$, ${}_{3}^{8}Li_{5}$, ${}_{3}^{9}Li_{6}$।

www.pathagar.com

আমরা এ পর্যন্ত হাইড্রোজেন, হিলিয়াম এবং লিথিয়াম নামক তিনটি রাসায়নিক মৌলিক পদার্থের উল্লেখ করেছি। মোট দশ প্রকার বিদ্যুৎহীন



মোটামুটি সাধারণ, স্থায়ী — খুব বিরল, ভঙ্গুর — খুবই বিরল, ভঙ্গুর

পরমাণুর মধ্যে তিনটি হাইড্রোজেনের, তিনটি হিলিয়ামের এবং চারটি লিথিয়ামের গোষ্ঠীভুক্ত। তাই অন্যভাবে বলা হয় যে, $_1^3H_0$, $_1^3H_1$, $_1^3H_2$ এই তিনটি হাইড্রোজেনের আইসোটোপ, $_2^3He_1$, $_2^4He_2$, $_2^6He_4$ এই তিনটি হিলিয়ামের এবং $_3^6Li_3$, $_3^8Li_5$, $_3^9Li_6$, $_3^7Li_4$ এই তিনটি লিথিয়ামের আইসোটোপ। কেন্দ্রিনের এই সমস্ত বিভিন্ন পরিবেশনের এক একটিকে বলা হয় নিউক্লাইড। যেমন আগেই হাইড্রোজেন, হিলিয়াম এবং লিথিয়ামের দশ প্রকার নিউক্লাইডের বর্ণনা দিয়েছি।

১৯২৬ সালে কা'রী এবং লেবি'র দেওয়া তালিকায় বিসমথ (৮৩ নং পদার্থ) পর্যন্ত ১১৯টি সন্দেহাতীত এবং ৬টি সন্দেহপূর্ণ নিউক্লাইডের উল্লেখ আছে। ১৯৪৮ সালের সংস্করণে বিসমথ পর্যন্ত ৪৭৩টি সন্দেহাতীত নিউক্লাইডের সংবাদ দেওয়া হয়। ১৯৫৫ সালে প্রকাশিত কোন এক উচ্চমানের পাঠ্যপুস্তকে বিস্‌মথ পর্যন্ত ১০৮৯টি এবং তদূর্ধে ১০২ নং পদার্থ পর্যন্ত ২১৮টি নিউক্লাইডের উল্লেখ আছে। আমরা নির্বিবাদে বলতে পারি যে, ১৯৫৭ সাল পর্যন্ত ১৩০০ এরও বেশী সংখ্যক নিউক্লাইডের খোঁজ পেয়েছি। এদের অধিকাংশই অপ্রাকৃতিক কিন্তু ভঙ্গুর অর্থাৎ তেজস্ক্রিয় এবং হয় 'পরমাণুবিভাজন'; না হয় 'পরমাণু সংযোগ' নামক কৃত্রিম পদ্ধতিতে তৈরী করা হয়।

প্রথম এই তিন শ্রেণীর দশ প্রকার নিউক্লাইডের বর্ণনা করতে গেলে সকল প্রকার প্রধান প্রধান টেকনিক্যাল শব্দগুলির ব্যবহার দেখানো যায়।

www.pathagar.com

$_1^2H_1$ এই কেন্দ্রিনটিকে বলে ডিউটেরন এবং ডিউটেরন কেন্দ্রিন বিশিষ্ট পরমাণুটিকে অর্থাৎ 'ভারী হাইড্রোজেন'কে সময় সময় ডিউটেরিয়াম বলা হয়ে থাকে। সাধারণ পানি এবং ভারী পানির মধ্যে পার্থক্য এই যে, ভারী পানিতে ভারী হাইড্রোজেন বা ডিউটেরিয়াম থাকে।

হাইড্রোজেন—৩ ($_1^3H_2$) এর কেন্দ্রিনকে বলে ট্রিটন এবং ট্রিটন আর কেন্দ্রিন, সে পরমাণুকে বলে ট্রিটিয়াম। আমাদের এই বায়ুমণ্ডলের ভিতর প্রতি নিযুত নিযুত নিযুত সাধারণ হাইড্রোজেন পরমাণুর সাথে আছে মাত্র একটি ট্রিটিয়াম। আর প্রতি ৭০০০ সাধারণ হাইড্রোজেনের সাথে থাকে একটি করে ডিউটেরিয়াম।

এ পর্যন্ত যে দশটি নিউক্লাইডের বর্ণনা দিয়েছি, তারমধ্যে ৪টি ভঙ্গুর বা তেজস্ক্রিয়। লক্ষ্য করবার বিষয় এই যে, এই চারিটির মধ্যে হাইড্রোজেনের যে একটি, হিলিয়ামের একটি এবং লিথিয়ামের যে দুইটি নিউক্লাইড সর্বাধিক পরিমাণ নিউট্রন ধারণ করেছে। কোন বিশিষ্ট মৌলিক পদার্থের যে নিউক্লাইডটিতে বেশী সংখ্যক নিউট্রন থাকে, সেইটিই সবচেয়ে ক্ষণস্থায়ী হওয়ার সম্ভাবনা।

ধরুন, আপনি ভঙ্গুর ট্রিটিয়ামের ($_1^3H_2$) ১০২৪টি পরমাণু নিয়ে নিরীক্ষা শুরু করলেন। এর প্রত্যেকটির সম্ভাবনা রয়েছে স্বতঃস্ফূর্তভাবে ভেঙ্গে যাওয়ার। ১২½ বছর পরে দেখবেন ১০২৪টির অর্ধেক ভেঙ্গে গেছে আর বাকী আছে ৫১২টি। পুনরায় ১২½ বছর পর, ৫১২টির অর্ধেক ভেঙ্গে যাবে, কাজেই থেকে যাবে মাত্র ২৫৬টি পরমাণু। আরও ১২½ বছর পর দেখবেন অক্ষত আছে মাত্র ১২৮টি পরমাণু। এমনি নিয়মে ক্ষয় কাজ চলতে থাকবে যতদিন না সবগুলি ভেঙ্গে শেষ হয়ে যায়। কাজেই শুরু থেকে ৫০ বছর পরে ১০২৪টি পরমাণুর মধ্যে ৬৪টি এবং শুরু থেকে ১০০ বছর পরে মাত্র ৪টি পরমাণু আপনি আস্ত দেখতে পাবেন। ১২½ বছরের এই সময়কে ট্রিটিয়ামের "অর্ধায়ু" বলা হয়। উল্লিখিত দশটির বাকী তিনটি তেজস্ক্রিয় নিউক্লাইডের একটি হচ্ছে হিলিয়াম—৬ ($_2^6He_4$)। এর অর্ধায়ু ০·৮২ সেকেণ্ড ; তারপর লিথিয়াম-৮ ($_3^8Li_5$) এর ০·৮৩ সেকেণ্ড এবং লিথিয়াম ৯ ($_3^9Li_6$)-এর ০·১৬৮ সেকেণ্ড।

www.pathagar.com

'উইণ্ডস্কেল দুর্ঘটনা' ঘটে ১৯৫৭ সালের ১০ই অক্টোবর, বৃহস্পতিবার সন্ধ্যায়। ঐ সময় ঘোষণা করা হয়েছিল যে, দুধ প্রধানতঃ আয়োডিন—১৩১ দ্বারা দূষিত হচ্ছে। আয়োডিন—১৩১ এর অর্ধায়ু প্রায় ৮দিন। কাজেই এর ক্রিয়া মূল অবস্থা থেকে নেমে ১/৪ অংশে দাঁড়াবে ১৬ দিনে এবং এক অষ্টাংশে ২৪ দিনে ইত্যাদি। প্রথম ঘোষণায় তাই বলা হয়েছিল যে, এর বিষক্রিয়া দশ দিনের মধ্যে কমে এতই নগণ্য হয়ে যাবে যে, তার দুষ্ট-ক্রিয়া আশ্চর্যজনকভাবে কম। অবশিষ্ট অর্ধেক তেজস্ক্রিয়তাও ভয়ানক ক্ষতিকারক। অনুমান করা হয়েছিল যে, অবশিষ্টাংশ ধুয়ে এবং ধ্বংসও হয়ে যাবে। এই দুর্ঘটনায় ৬ সপ্তাহ অর্থাৎ ২৩শে নভেম্বর পর্যন্ত দুধের উপর থেকে নিষেধারোপ তোলা হয় নাই।

একটা হাইড্রোজেন-৩ ($_{1}^{3}H_{2}$) পরমাণুকেন্দ্র যখন ভেঙ্গে যায় তখন কি হয়? এই প্রশ্ন সাধারণ হলেও প্রথম দৃষ্টিতে বেশ শক্ত মনে হয়। আমরা যতদূর জানি, পরমাণু কেন্দ্রে কোন ইলেকট্রন থাকে না অথচ মাঝে মাঝে ইলেকট্রন সেখান থেকে বিকীর্ণ হয়। আমরা ধরে নিতে পারি যে, একটা নিউট্রন একটা ইলেকট্রন ও একটা প্রোটনের সমষ্টি। বহিরাগত (কেন্দ্রে অবস্থানকারী নয়) নিউট্রনকে এ-পর্যন্ত একটা প্রোটন ও একটা ইলেকট্রনে বিভক্ত হওয়ার কথা জানা গেছে। এর অর্ধায়ু প্রায় ১৩ মিনিট। স্পষ্টতঃই তারা কেন্দ্রিনের অভ্যন্তরে বিভক্ত হয় না, কারণ $_{1}^{3}H_{2}$ এর অর্ধায়ু ১২½ বৎসর এবং $_{1}^{3}H_{1}$ অর্থাৎ নিউট্রোনকে মোটামুটি স্থায়ী মনে হয়।

কিন্তু ট্রিটনকর্তৃক একটি ঋণাত্মক ইলেকট্রন পরিহার তখনই আমরা বুঝতে পারি, যখন ধরে নিই যে, তার একটি নিউট্রন একটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে একটি প্রোটনে রূপান্তরিত হয়। অর্থাৎ থেকে ।

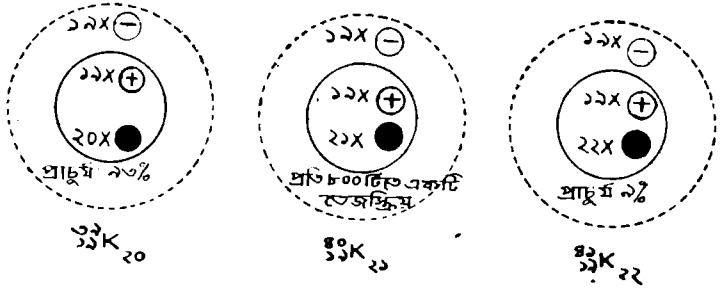
ইহা হিলিয়াম —৩ এর কেন্দ্রিন। সুতরাং ট্রিটিয়াম তেজস্ক্রিয় বিকিরণ করে এক প্রকার হিলিয়ামে পরিণত হয়। বহিরাগত ঋণাত্মক ইলেকট্রনকে বলে বেটা-কণিকা বা বেটা-রশ্মি। ইলেকট্রন ধনাত্মক এবং ঋণাত্মক উভয় প্রকার হতে পারে।

www.pathagar.com

যখনই এদের জন্ম এবং যখন এরা দ্রুতগতিতে চলতে শুরু করেনি সেই অবস্থায় এদের প্রকাশ করা e^+ এবং e^- চিহ্ন দিয়ে; আর যখন তারা বেটা-কণিকা হিসাবে নিক্ষিপ্ত হয়, তখন β^+ এবং β^-। কোন অজানিত কারণ বশতঃ আমাদের এই 'ছায়াপথে' e^- এবং β^- কণিকাদের সংখ্যা e^+ এবং β^+ দের তুলনায় অনেক বেশী পাওয়া যায়।

একটি পরমাণু কোন কারণ বশতঃ যখন তার বহিঃবৃত্ত থেকে কোন ইলেকট্রন হারিয়ে ফেলে অথবা একটি নতুন ইলেকট্রন যোগ করে, তখন সে আর বিদ্যুৎহীন থাকে না; আয়নে পরিণত হয়। পরমাণুর এই অবস্থাকে 'আয়নন্' বলে। উৎক্ষিপ্ত বেটা-কণিকা অন্যান্য পরমাণুর সংঘর্ষের ফলে তাকে আয়নিত করতে পারে। যদি প্রাণীর দেহের অণুতে বাঁধা পরমাণু এমনি-ভাবে আয়নিত হয়, তবে রাসায়নিক বিকৃতি ঘটে। সেই সাথে আণবিক বিন্যাসে ত্রুটি সৃষ্টি করতেও পারে। সেই জন্যেই সহিষ্ণুতার বেশী, বেটা-নিক্ষেপকারী পরমাণু কারুর শরীরে স্থান দেওয়া নিরাপদ নহে। (শুধু অণু বা পরমাণুকেই কেবল আয়ন বা আয়নিত বলা হয় না বরং যে কোন বৈদ্যুতিক কণিকাকেও।)

পটাসিয়াম (যার রাসায়নিক চিহ্ন-K) মানব দেহের এক অতি প্রয়োজনীয় উপাদান। আমাদের দেহস্থিত প্রাকৃতিক পটাশিয়াম নিম্নলিখিত তিন প্রকারের অন্যতম।



প্রথম এবং তৃতীয় আইসোটোপ দু'টি বেশ স্থায়ী। কিন্তু দ্বিতীয়টি তেজস্ক্রিয়। এর অর্ধায়ু ১২০০০ লক্ষ বৎসর। কাজেই আমাদের জীবন

www.pathagar.com

দৈর্ঘ্যে দেহের তেজস্ক্রিয় পটাসিয়ামের পরিমাণ বেশী কিছু কমে না। এর থেকে বেটা এবং গ্যামা (গ্যামা অক্ষরটি গ্রীক বর্ণমালার তৃতীয় অক্ষর) উভয় প্রকার রশ্মিই নির্গত হয়। গ্যামা-রশ্মি আমাদের দৃশ্যমান আলোকের সমপ্রকৃতির। কিন্তু তরঙ্গদৈর্ঘ্য সাতিশয় ক্ষুদ্র এবং তাকে দেখা যায় না

স্থানীয় বেতারের তরঙ্গদৈর্ঘ্য প্রায় ৩০১ মিটার; লাল আলোর তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য প্রায় $\frac{৬}{১০০০০০০}$ সেন্টিমিটার; কিন্তু গ্যামা-রশ্মির প্রায় $\frac{}{১০,০০০,০০০,০০০}$ সেঃ। কাজেই লাল আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যকে ৬০০০০০০ মত সংখ্যা দিয়ে গুণন করলে তবে গ্যামা-রশ্মির দৈর্ঘ্য পাওয়া যায়। আর লণ্ডনের স্থানীয় বেতারের তরঙ্গদৈর্ঘ্য পেতে হলে লাল আলোর দৈর্ঘ্যকে ৫০০০ লক্ষ সংখ্যা দিয়ে গুণন করতে হবে।

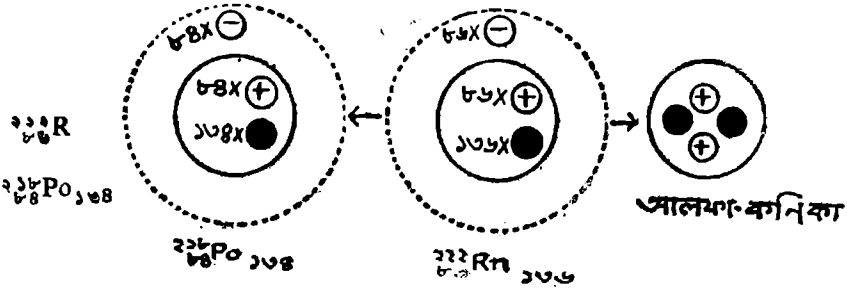
গ্যামা-রশ্মিও আয়নক্রিয়া ঘটায় এবং বেটা-রশ্মির থেকে তা আরও তীক্ষ্ণ। একই তরঙ্গদৈর্ঘ্যের গ্যামা-রশ্মি ও রঞ্জন-রশ্মির প্রকৃতি এবং গুণাবলী এক; কেবল চিনবার সুবিধার জন্য আলাদা নাম। যেমন গতিশীল ইলেকট্রন কোন ধাতব টারগেটে সংঘটিত হয়ে-যা উৎপন্ন করে, তা রঞ্জন-রশ্মি আর উৎপীড়িত পরমাণু কেন্দ্র থেকে যার জন্ম - তাকে বলে গ্যামা-রশ্মি।

বায়ু মণ্ডলে সব সময় র‍্যাডন নামক এক প্রকার ভারী গ্যাস কিয়ৎ পরিমাণে বর্তমান থাকে। এই গ্যাসের উৎপত্তি হয় রেডিয়ামের ক্ষয় ক্রিয়ার সময়। এই র‍্যাডন আলফা রশ্মি বা আলফা-কণিকা নামক তৃতীয় প্রকারের আয়ন্‌ন-কারী তেজ আমাদের ভিতর বিকিরণ করে। আলফা গ্রীক বর্ণমালার প্রথম অক্ষর—তাই এই নামকরণ। এটা নিশ্চিতভাবে জানা গেছে যে, আলফা-কণিকা সাধারণ হিলিয়াম ৪ ($_{২}^{৪}He_{২}$) এর কেন্দ্রিন মাত্র: একে খুব

স্থায়ী বলে মনে হয়। আজ পর্যন্তও মানুষ পৃথিবীর পরে এমন কোন পারমাণবিক সংঘর্ষ ঘটাতে পারেনি - যা দিয়ে আলফা-কণিকা বিদীর্ণ হতে পারে। নীচের ছবিতে দেখানো হয়েছে কিভাবে র‍্যাডন—২২২($_{৮৬}^{২২২}RN_{১৩৬}$) একটা আলফা-

www.pathagar.com

কণিকা (অর্থাৎ ২টি প্রোটন এবং ২টি নিউট্রন) হারিয়ে ২১৮ নিউক্লিয়ন বিশিষ্ট নিউক্লিয়াসে পরিণত হয়।



নতুন নিউক্লাইডটি হচ্ছে পোলোনিয়াম কেন্দ্রিন ($^{২১৮}_{৮৪}Po_{১৩৪}$)। এর সাবেক নাম রেডিয়াম—A। অগ্রণীদের দেওয়া এই নাম আজও বহু-প্রচলিত।

এইখানে বলা দরকার যে, কোন নিউক্লাইড বুঝাতে গিয়ে আমি সমস্ত প্রতীক ব্যবহার করেছি, তাতে বাম পাশের নীচের সংখ্যাটি দ্বারা নিউক্লিয়াসের প্রোটন সংখ্যা এবং ডান পাশের নীচের সংখ্যাটি দ্বারা নিউট্রন সংখ্যা আর বাম পাশের উপরেরটি এই দু'টির যোগফল অর্থাৎ মোট কতটি কণিকা কেন্দ্রিনে আছে তা বুঝায়। $^{২২২}_{৮৬}Rn_{১৩৬}$ কে পুরানো পদ্ধতিতে লেখা হতো $^{২২২}_{৮৬}Rn$ বা $_{৮৬}Rn^{২২২}$। কিন্তু এতে নিউট্রন সংখ্যা জানতে চাইলে পাঠককে ২২২ থেকে ৮৬ বিয়োগ করতে হতো, এটাই হলো অসুবিধা। রেডিয়াম র‍্যাডন, পোলোনিয়াম এবং আরও অনেক নিউক্লাইডের জনক যে ইউরেনিয়াম, তার অর্ধায়ু ৪৫০ কোটি বছর—যা পৃথিবীর বয়স থেকেও দীর্ঘতর। আর সেই জন্যেই এতটা ইউরেনিয়াম আজও পৃথিবীতে অবশিষ্ট আছে। অপরদিকে রেডিয়ামের অর্ধায়ু ১৬১২ বৎসর এবং র‍্যাডনের ৩·৮২৫ দিন। ইউরেনিয়াম—২৩৮($^{২৩৮}_{৯২}U_{১৪৬}$) নিউক্লাইড ক্ষয় শৃঙ্খলের অন্তে এসে সাধারণ এবং খুব স্থায়ী সীসার ($^{২০৬}_{৮২}Pb_{১২৪}$) আইসোটোপে পরিণত হয়। ইহা খুব স্পষ্ট যে, এই পরিবর্তনকালে $^{২৩৮}_{৯২}U_{১৪৬}$ নিজ কেন্দ্রিন থেকে ৪ নিউক্লিয়ন বিশিষ্ট মোট ৮টি (২৩৮—২০৬=৩২=৪×৮) আলফা-কণিকা পরিত্যাগ করে। কিন্তু এই ৮টি আলফা-কণিকাতে ১৬টি প্রোটন থাকে, তবে পরিশেষে কেন ৭৬টি প্রোটন থেকে ৮২টি থাকবে? এর কারণ এই যে, উক্ত ক্ষয়শৃঙ্খল পথে

www.pathagar.com

এক নিউক্লাইড থেকে আরেকটিতে রূপান্তরের সময় ৫টি বেটা-কণিকাও জন্ম নেয়। এগুলির প্রত্যেকটি সৃষ্ট হয় এক একটি নিউট্রন থেকে এক একটি প্রোটন তৈরী হওয়ার সময়। সেকারণে প্রোটনের সংখ্যা দাঁড়াবে শেষ নিউক্লাইডে (৯২—১৬+৬)=৮২টি এবং নিউট্রন (১৪৬—১৬—৬)=১২৪টি।

কোন পরমাণুতে প্রোটনের সংখ্যাকে বলা হয় তার 'পারমাণবিক সংখ্যা' এবং তা প্রকাশ করা হয় Z-অক্ষর দ্বারা। নিউট্রন পরমাণুর বেলায় আবর্তনশীল ইলেকট্রনের সংখ্যা বুঝাতেও Z ব্যবহার করা হয় এবং 'পর্যাবৃত্ত তালিকায়' Periodic table)-এর দ্বারা মৌলিক পদার্থের ক্রমিক স্থান নির্দেশিত হয়। যেমন হাইড্রোজেনের ১, হিলিয়ামের ২, লিথিয়ামের ৩ এবং ইউরেনিয়ামের ৯২। পরমাণুতে মোট নিউক্লিয়ন সংখ্যাকে বলা হয় তার 'ভরসংখ্যা' এবং তা প্রমাণ করা হয় A-অক্ষর দ্বারা। নিউট্রন সংখ্যা যদিও খুব প্রয়োজনীয় তবু তাকে বুঝাবার জন্য কোন প্রতীক ব্যবহার করা হয় নি। তবে কেবল (A-Z) দ্বারা তা প্রকাশ করা যেতে পারে। অথচ আশ্চর্যের বিষয় এই যে, কোন পরাণুর স্থায়িত্ব নির্ভর করে তার নিউট্রন সংখ্যার উপর খুব বেশী পরিমাণে। কার্যতঃ আলফা-কণিকার পাল্লা বেটা-কণিকার অপেক্ষা অনেক কম, আবার বেটা কণিকার পাল্লা গ্যামা-রশ্মি অপেক্ষা আরও অনেক বেশী কম এবং অপেক্ষাকৃত কম ভেদনশীল। কিন্তু আলফা-কণিকা তার ঐ অতটুকু পথে, বেটা এবং গ্যামা-রশ্মির সমপরিমাণ পথে যে পরিমাণ আয়ন সৃষ্টি করে, তার থেকে অনেক বেশী। আলফা-কণিকা এবং আলফা-রশ্মি আসলে একই জিনিস। কিন্তু যখন কেউ বলে আলফা-কণিকা, তখন ভাবতে হবে স্বতন্ত্র কতকগুলি কণিকা। বেটা-কণিকা এবং বেটা-রশ্মির বেলায়ও ঐ একই কথা। যেহেতু গ্যামা কণিকা বলে কিছু নেই, সেহেতু তেমন কোন শব্দ ব্যবহার করা হয় না গ্যামা-রশ্মি ছাড়া।

নানা জাতের যে ছয় প্রকার রশ্মি আমাদের দেহ ভেদ করে থাকে, তারা হচ্ছে—

(১) আলফা-রশ্মি

(২) বেটা রশ্মি

(৩) গ্যামা রশ্মি

www.pathagar.com

(৪) রঞ্জন-রশ্মি

(৫) মহাজাগতিক রশ্মি এবং

(৬) নিউট্রন।

১ম, ২য় এবং ৩য় জাতের রশ্মি সাধারণ তেজস্ক্রিয় পদার্থ থেকে পাওয়া যায়। আবার ১ম, ২য়, ৩য় এবং ৬ষ্ঠ রশ্মি পরমাণু কেন্দ্র থেকে বিকিরিত হতে পারে। যাঁরা পারমাণবিক চুল্লিতে কাজ করে না, তাঁরা ৬ষ্ঠ জাতের রশ্মির কবল থেকে সম্পূর্ণ রেহাই পেতে পারেন সত্য, কিন্তু বাকীগুলির সম্বন্ধে তাঁদের জানা দরকার। ৩য় এবং ৪র্থ রশ্মি যদিও সমপ্রকৃতির এবং মানুষের তৈরী যন্ত্রপাতিতে উৎপন্ন হয়; তথাপি তাদের জন্ম ইতিহাস আলাদা। ৫ম রশ্মি অনেকগুলি তেজের এক জটিল মিশ্রণ এবং মহাশূন্যে তার জন্ম, জাগতিক কোন বস্তুতে নয়। এই মিশ্রণে হয়তো জাগতিক কোন পরমাণু পাওয়া যেতে পারে, কিন্তু আসলে তার উৎপত্তি হয় বিকীরণ সংঘর্ষে। আমরা ৩য় অনুচ্ছেদে মহাজাগতিক সম্পর্কে আলোচনা করবো। তারা খুব ভেদনশালী।

নিউট্রোন বিকিরণ সম্পর্কে সবচেয়ে মজার কথা এই যে পারমাণবিক চুল্লীতে রেডিও আইসোটোপ তৈরীর কাজে এ অন্যতম আবশ্যকীয় বস্তু। নানাবিধ গবেষণা কাজে ব্যবহার্য এই সমস্ত রেডিও আইসোটোপ তৈরীর কাজে কিভাবে নিউট্রনকে কাজে লাগানো হয়—তা বুঝা খুবই সহজ। উদাহরণ স্বরূপ পটাশিয়াম - ৪২ $^{42}_{19}K_{23}$-এর কথা ধরা যাক। আমাদের শরীরে কিন্তু থাকে পটাশিয়াম -৪০ ($^{40}_{19}K_{21}$)। আগের আইটোসোপটি পরেরটির চেয়ে ক্ষণস্থায়ী। অনেক ভাবেই $^{42}_{19}K_{23}$ তৈরী হয়, তবে পদ্ধতি হচ্ছে স্থায়ী ক্যালসিয়াম -৪২ ($^{42}_{20}Ca_{22}$)-কে নিউট্রন দ্বারা আঘাত করে। এই ক্যালসিয়ামে একটি নিউট্রন যোগ করলে অত্যন্ত সাময়িকভাবে বলেও এক অতি ভঙ্গুর ক্যালসিয়াম -৪৩ ($^{42+1}_{20}Ca_{22+1}$) আইসোটোপে পরিণত হয়। এরপর সেখান থেকে একটি প্রোটন বেরিয়ে আসলে ১৯টি প্রোটন অবশিষ্ট থাকবে। ফলে পরিণতিতে পটাশিয়াম ($^{43}_{19}K_{24}$)-এর এক প্রয়োজনীয় আইসোটোপ পাওয়া যায়। এর অর্ধায়ু প্রায় ১২½ ঘণ্টা। যখন কোন টিটেনিয়াম -৪৮ ($^{48}_{22}Ti_{26}$) পরমাণুকেন্দ্র একটি নিউট্রন গ্রাস করে, তখন সে এক অতি ভঙ্গুর টিটেনিয়াম —৪৯ ($^{49}_{22}Ti_{27}$, আইসোটোপো যা স্থায়ী

www.pathagar.com

ভাবেও থাকতে পারে) পরিণত হয়। এর থেকে সত্বর একটি আলফা-কণিকা বহিষ্কারের ফলে ২টি প্রোটন এবং ২টি নিউট্রন অর্থাৎ মোট ৪টি নিউক্লিয়ন হারিয়ে অস্থায়ী ক্যালসিয়াম ($^{42}_{20}Ca_{22}$)-এ রূপান্তরিত হয়। এর অর্ধায়ু প্রায় ৬ মাস। এরপর সে একটি নিউট্রনকে একটি প্রোটনে রূপান্তর ঘটিয়ে একটি বেটা-কণিকা ত্যাগ করে, আর নিজে স্কানডিয়ামের একমাত্র স্থায়ী আইসোটোপ $^{42}_{21}Sc_{21}$-এ পরিণত হয়।

অবশ্য আরও অনেক রকম পারমাণবিক বিকিরণ আছে, কিন্তু তারা খুব বেশী দরকারী নয়। উল্লেখিত চার প্রকারই আলোচনার যোগ্য। বিভিন্ন প্রকারের পারমাণবিক বিকিরণের প্রত্যক্ষ ফল কি কি—সে সম্বন্ধে প্রাসঙ্গিক অধ্যায়ে আলোচনা করা হবে।

এ অধ্যায়ে পারমাণবিক বিকিরণ ও তার প্রতিক্রিয়া মাপবার একক বা মাপকাঠি সম্বন্ধে পরিষ্কার আলোচনা দরকার। এই সমস্ত এককের পূর্বজ্ঞান না থাকলে এর আগে যা কিছু আলোচনা করা হয়েছে—তা সব অর্থহীন হয়।

কুরি এবং রঞ্জন এই দুই প্রকার মাপকাঠিই সাধারণ জ্ঞানের জন্য যথেষ্ট। প্রতি মিনিটে কতটুকু পরমাণু কেন্দ্রিক বিপর্যয় ঘটে কোন তেজস্ক্রিয় পদার্থে তা মাপা হয় কুরি দিয়ে আর রঞ্জন দিয়ে মাপে এই বিকিরণের ফলে উদ্ভূত কি পরিমাণ আয়ন আমাদের প্রতি ঘনফল শরীরে আপতিত হয়। কুরি এবং রঞ্জন উভয়ই অসুবিধাজনকভাবে বড় একক; এজন্য এদের ভগ্নাংশ সুবিধাজনকভাবে ব্যবহার করা হয়। কুরির মিলিয়ন মিলিয়ন ভাগের এক ভাগ অর্থাৎ মাইক্রোকুরি বেশ সুবিধাজনক ভগ্ন একক। এর প্রতিক্রিয়ার পরিমাপ প্রতি মিনিটে ২২২টি বিপর্যয় সংগঠন, যাকে সংক্ষেপে লেখা হয় ২·২২dpm.।

রঞ্জনের হাজার ভাগের এক ভাগকে মিলি-রঞ্জন বলে। ইহাই রঞ্জনের সবচেয়ে সুবিধাজনক ভগ্ন একক। প্রতি ঘনফল শুষ্ক বায়ুতে, শূন্যাঙ্ক তাপমাত্রায় এবং ৩০ ইঞ্চি বায়ুচাপে যত জোড়া আয়ন সৃষ্টি হয়, তাহাই মিলি-রঞ্জন। হিসাব করে দেখা গেছে যে, এক মিলি-রঞ্জন বিকিরণে ২০·৮৩ লক্ষ জোড়া আয়ন সৃষ্ট হয়। প্রতি আয়ন জোড়ার একটি ধনাত্মক এবং অপরটি ঋণাত্মক আয়ন। প্রত্যেকে ইলেকট্রনের সমান বিদ্যুৎ বিভব বহন করে।

www.pathagar.com

মূলতঃ এক্সরে এবং গ্যামা-রের ক্ষেত্রে রঞ্জন এককে ব্যবহার করা হতো। অন্যান্য সকল প্রকারের বিকিরণের ক্ষেত্রে প্রয়োগ করার জন্য র‍্যাড (rad) নামক এককের প্রচলন করা হয়েছিল, কিন্তু আজকাল রঞ্জনই এ সবক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়। এই পুস্তকে র‍্যাড-এর ব্যবহার মোটেই নেই। যে সকল পাঠক rad-এর সম্বন্ধে উৎসুক, তাদের উদ্দেশ্যে বলি, যে HNR-এর মতে শরীরের নরম মাংসে ১.০৭ রঞ্জন বিকিরণ পেলে এক র‍্যাড ধরা হয়।

ভরসংখ্যা পদার্থবিদের ভাষা। কেন্দ্রিনে কতটি কণিকা থাকে, তাহাই সেই পরমাণুর ভরসংখ্যা। রসায়নবিদরা ব্যবহার করেন পারমাণবিক ওজন। এর অর্থ কোন মৌলিক পদার্থের বিভিন্ন প্রকার আইসোটোপের কেন্দ্রিনের কণিকাদের গড়সংখ্যা। উদাহরণস্বরূপ ক্লোরিনের দুই প্রকার আইসোটোপের ভরসংখ্যা যথাক্রমে ৩৫ এবং ৩৭। 'রসায়নবিদের পারমাণবিক ওজন' তাই ক্লোরিনের বেলায় ধরা হয়েছে ৩'৫৫, কারণ ক্লোরিন ৩৫ এর প্রাচুর্য বেশী।

www.pathagar.com

দ্বিতীয় অধ্যায়
বিকিরণ এবং জীবকুল

এই অধ্যায়টি এখানে সন্নিবেশ করা যদিও অসময়োপোযোগী তথাপি এজন্যেই দিয়েছি যেন সকলে পরিষ্কারভাবে বুঝতে পারেন যে, মানুষ জীবজন্তু এবং গাছপালা সদাসর্বদা আণবিক বিকিরণের কবলে এবং তার সম্বন্ধে ওয়াকিবহাল হওয়া কত গুরুত্বপূর্ণ ।

অনেকে মনে করেন যে, আণবিক বিকিরণের বিপদ সেদিন থেকেই শুরু হয়েছে, যেদিন ১৯৪৫ সালে হিরোসিমা এবং নাগসাকিতে নিক্ষিপ্ত আণবিক বোমার পূর্বসুরীকে নেভাদা প্রান্তরে পরীক্ষামূলকভাবে বিস্ফোরিত করানো হয় । তাঁদের ধারণা কিন্তু ভুল । ১৮৯৫ সালের আগে অর্থাৎ রঞ্জন যখনও তাঁর এক্স-রে এবং ১৮৯৬ সালে বেকারেল তাঁর তেজস্ক্রিয়তা আবিষ্কার করেননি, তখনও জীবকুল বিকিরণ প্রপীড়িত হতো । আর এই বিকিরণের সবটুকুই দান করতো প্রকৃতি । উদাহরণ স্বরূপ খনিজ, বায়ুমণ্ডল, মানবদেহ, পানীয়জল এবং মহাজাগতিক রশ্মির তেজস্ক্রিয়তার কথা উল্লেখ করা যেতে পারে। তবে ঠিক কবে থেকে এই তেজস্ক্রিয়তা শুরু হলো ?

এ প্রশ্নের সঠিক জবাব আজও মিলেনি। তবে কিছুকাল থেকে গড়ে উঠছে একটা সঙ্গতিপূর্ণ ব্যাখ্যামূলক এবং মোটের উপর সন্তোষজনক মতবাদ।

আমরা অবশ্য সঠিক জানতে পেরেছি যে, আমাদের এই ছায়াপথে অবস্থিত দৃশ্যমান এবং অদৃশ্যমান অথচ সাধারণ দূরত্বে অবস্থানকারী সব নক্ষত্র একটা চ্যাপ্টা ধরনের খোপায় সাজানো রয়েছে । মনে করা হয়, এই বিরাট খোপায় সূর্যের মত প্রায় ১০০০০ কোটি নক্ষত্র রয়েছে । আর এর ব্যাস প্রায় ৪০০০০ আলোকবর্ষ এবং ৩০০০ আলোকবর্ষ পুরু, অবশ্য মাঝে মাঝে অসংখ্য নক্ষত্রগুচ্ছ বাদে। সূর্য কিন্তু আমাদের ছায়াপথের কেন্দ্রে নেই (হয়তো সে আমাদের সৌভাগ্য), তবে ২/৩ গুণ বাইরের দিকে।

www.pathagar.com

প্রতি সেকেণ্ডে ১,৮৬,০০০ মাইল গতিতে চলে আলো এক বৎসর সময়ে যে দূরত্ব অতিক্রম করে, তাকেই বলে এক আলোকবর্ষ। হিসাব করলে দেখা যাবে যে, প্রায় ৬০,০০০ কোটি মাইলে এক আলোকবর্ষ হয়। পৃথিবী সূর্য থেকে প্রায় ৮ আলোক মিনিট এবং চন্দ্র পৃথিবী থেকে ১¼ আলোক সেকেণ্ড দূরে। সূর্য তার নিকটতম নক্ষত্র থেকে ৪ আলোকবর্ষ দূরে আছে। এই মহা খোঁপটিকে বলা হয়, 'গ্যালাকটিক সিসটেম।' কারণ গ্যালাকটিক অর্থ দুধ। নক্ষত্রখচিত বিরাট খোঁপাটির মাঝখান দিয়ে অসংখ্য তারকারাজির অবস্থান দুধ ছিটানো পথের মত দেখায় কিনা। এই পথ বরাবর এক সমতলে লক্ষ্য করলে আমরা দেখতে পাই বিভিন্ন গভীরতায় সজ্জিত ধারণাতীত অসংখ্য তারকারাজি। আর এই সমতলের লম্বদিকে তাকালে মহাশূণ্যের কাল গভীরতার সামনে তুলে ধরা নগণ্য সংখ্যক নক্ষত্র দেখা যায়।

আমাদের এই ছায়াপথ বহুলক্ষ ছায়াপথের অন্যতম। আগের দিনে এর আকৃতি অকল্পনীয়ভাবে বিরাট মনে করা হতো, কিন্তু বর্তমানে সাধারণ আখ্যা দেওয়া হয়। দুই শত ইঞ্চি দুরবীন যন্ত্র দিয়ে ২০০ কোটি আলোকবর্ষ দূরত্বের আর আর ছায়াপথগুলিকে দেখা যায়। তাদের আকৃতির খাতিরে কতকগুলি ছায়াপথকে পেঁচানো নীহারিকাপুঞ্জও বলে। নিকটতম নীহারিকাপুঞ্জের দূরত্ব আট লক্ষ আলোকবর্ষ। এই দূরত্ব কিন্তু প্রতিবেশী ছায়াপথগুলির দূরত্বের তুলনায় খুবই সাধারণ। ২০০ ইঞ্চি দুরবীন যন্ত্রের দৃষ্টিক্ষমতার $\frac{১}{২৫০০}$ অংশের মধ্যে।

বহু নিরীক্ষার ফলে জানা গেছে যে, ৫০০ বছর কিংবা তার কাছাকাছি সময় বাদে বাদে এইসব সাধারণ ছায়াপথে এক অদ্ভুত ঘটনা ঘটে থাকে। প্রতি দশ হাজার কোটি নক্ষত্রের মধ্যে একটিতে হঠাৎ এই প্রকার বিস্ফোরণ লক্ষ্য করা যায়। এই ঘটনাকে বলে সুপারনোভা বিস্ফোরণ। যাকে অতিকায় হাইড্রোজেন বোমার বিস্ফোরণ বলে ভ্রম হতে পারে। আমাদের ছায়াপথে বিগত দিনে যে তিনটি সুপারনোভা বিস্ফোরণ ঘটেছিল, সেগুলির মধ্যে সবচেয়ে বিশ্বাসযোগ্যটি রেকর্ড করেন চীনা জ্যোতির্বিদরা ১০৫৪ সালে। তাঁদের নিরীক্ষণ থেকে মনে হয় টাইরাস্ নক্ষত্রপুঞ্জে ঐ সময় যে ক্র্যাব নেবুলা বা রিং নেবুলার সৃষ্টি হয়েছিল, তা এই বিস্ফোরণের ধূলি-ঝড় মাত্র।

www.pathagar.com

এই বস্তুটির কেন্দ্রে দেখা যায় একটি নক্ষত্র ; আর তার চারিদিকে প্রতি সেকেণ্ডে হাজার মাইল গতিতে ক্রমবর্ধমানশীল বাষ্পীয় শিখা যা আজও বেড়ে চলেছে। অপর দু'টি সুপারনোভা বিস্ফোরণ ঘটেছিল ষোড়শ শতাব্দীতে। এর একটি দেখেছিলেন 'টাইকোব্রাহ' ১৫৭২ সালে। কন্যারাশির অন্তর্ভুক্ত NGC ৪২৭৩ নম্বর স্পাইর‍্যাল নেবুলাতে ১৯৩৬ সালে যে সুপারনোভা বিস্ফোরণ হয়, তার উজ্জ্বলতা কয়েকদিনের মধ্যে সমগ্র ছায়াপথের উজ্জ্বলতার ½ ভাগে দাঁড়ায়। যদি এই ছায়াপথটির সমান সংখ্যক নক্ষত্র আমাদের ছায়াপথে থাকতো, আর আমাদের সূর্য এর একটি নক্ষত্রের মত হতো, আর কন্যা সুপারনোভা যদি একটি আদর্শ সুপারনোভা হয়, তবে আমাদের ছায়াপথের একটি সুপার-নোভা হাজার কোটি সূর্যের সমান কিরণ দিতে পারতো।

মনে করা হয় যে, হাইড্রোজেন এবং হিলিয়ামের হাল্‌কা এবং সাধারণ নিউক্লাইডের তুলনায় অনেক ভারী এবং জটিল অসংখ্য পরমাণুর জন্ম হয় সুপারনোভা বিস্ফোরণে। আরও অনুমান করা হচ্ছে যে, দীর্ঘ সময় পরে সমস্ত ঘটনা স্থিতি লাভ করে সামঞ্জস্যে পেঁাছালে এই সমস্ত জটিল নিউক্লাইড্ থেকে জীবনের উদ্ভব হয়েছিল।

এ বিষয়টি আমি ভূমিকা থেকে আরম্ভ করে এ পর্যন্ত জোর দিয়ে বলে আসছি যে, কোন সুপারনোভা বিস্ফোরণে আমাদের জানা ১৩০০টি নিউক্লাই-ডের যে কোনটি প্রথম প্রথম থাকা খুবই স্বাভাবিক।

আজকাল অনেকে মনে করেন যে, আমাদের এই পৃথিবী যা ইউরে-নিয়াম পর্যন্ত প্রত্যেকটি মৌলিক পদার্থ বিশিষ্ট অফুরন্ত খনিজ ধারণ করেছে, তারও জন্ম হয়েছিল হয়তো এমনি এক সুপারনোভা বিস্ফোরণে। সম্ভবতঃ ৩০০ কোটি থেকে ৫০০ কোটি বৎসরের মধ্যে কোন সময়ে সূর্যের নিকটতম কোন নক্ষত্রে এই বিস্ফোরণ ঘটে। এর থেকে যে সব নিউক্লাইড স্থিতিলাভ করেছিল তার অধিকাংশই ছিল ভঙ্গুর। তাদের অর্ধায়ু কমপক্ষে ১ সেকেণ্ডের নিযুত ভাগেরও কম (যেমন থোরিয়াম—C' এবং পোলোনিয়াম—২১০) থেকে উর্ধপক্ষে ১৪০০ কোটি বৎসর (যেমন থোরিয়াম—২৩২) কিংবা আরও বেশী।

দীর্ঘায়ুদের কথা বাদদিলে ৩০০ কোটি বছর পরে স্বল্পায়ু সম্পন্ন নিউ-ক্লাইডের পরিমাণ এতই সামান্য হয়ে যাবে যে, তা খুঁজে পাওয়া যাবে না।

www.pathagar.com

যে সমস্ত তেজস্ক্রিয় নিউক্লাইড আজও ক্রীয়াশীল রয়েছে তাদেরকে তিন শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। যেমন—

(ক) তিনটি লম্বা তেজস্ক্রিয় শৃঙ্খলের শীর্ষে যে তিনটি নিউক্লাইড—যাদের পরিণতি সীসার বিশিষ্ট আইসোটোপে

(খ) নয়টি দীর্ঘজীবি নিউক্লাইড যাদের কোন বংশধর নেই এবং

(গ) দু'টি অতি স্বল্পস্থায়ী নিউক্লাইড, যারা অবিরত বায়ু মণ্ডলে মহাজাগতিক রশ্মির প্রভাবে সৃষ্ট হচ্ছে বলে নিজেদের অস্তিত্ব বজায় রাখতে পেরেছে—

প্রথম শ্রেণীভুক্ত নিউক্লাইড তিনটি হচ্ছে ইউরেনিয়াম ($^{238}_{92}U$) যা একটি বিকিরণ শৃঙ্খলের জনক এবং যা পরিণামে সিসায় ($^{206}_{82}P_b$) পরিণত হওয়ার পথে রেডিয়াম এবং র‍্যাডনের জন্ম দেয়, থোরিয়াম ($^{232}_{90}Th$) যা থোরণ শৃঙ্খলের জনক এবং যারও পরিণতি সীসায় ($^{208}_{82}P_b$)।

দীর্ঘায়ু সম্পন্ন সন্তানবিহীন নয়টি নিউক্লাইডের মধ্যে আমাদের আবশ্যকীয় আইসোটোপ হচ্ছে পটাশিয়াম $^{40}_{19}K$, যা আমাদের দেহাভ্যন্তরে তেজস্ক্রিয়তার মূল কারণ।

হাইড্রোজেনের দুষ্প্রাপ্য আইসোটোপ হাইড্রোজেন -৩(^{3}H) এবং কার্বনের দুষ্প্রাপ্য আইসোটোপ কার্বন ১৪($^{14}_{6}C$) এই দুইটি নিউক্লাইড সর্বদা মহাজাগতিক রশ্মির সংঘাতে বায়ু মণ্ডলে জন্ম নিচ্ছে। কার্বন-১৪ এর সাহায্য নিয়ে অতি পুরাতন সব প্রত্নতাত্ত্বিক ধ্বংসাবশেষের আসল অবস্থানকাল বা বয়স নিরূপণ করা হয় অতি সহজেই। কেবল উদ্ভিদ এবং প্রাণীরাই নিশ্বাসের সাথে কার্বন ১৪ গ্রহণ করে। কিন্তু মৃত্যুর পর এই সংগ্রহ বন্ধ হয়ে যায়, তখন কেবল সঞ্চিত কার্বন--১৪ এর ক্ষয় কাজ চলতে শুরু করে। প্রাণী ও উদ্ভিদের দেহের প্রতি নিযুত নিযুত কার্বন পরমাণুর মধ্যে একটি করে কার্বন-১৪ পরমাণু থাকে। কার্বন-১৪ এর অর্ধায়ু ৫৫৩০ বছর থেকে ৫৯০০ বছরের মধ্যে (শেষোক্ত অঙ্কটি ১৯৫৭ সালে গৃহীত এবং সবচেয়ে জনপ্রিয়)। উদাহরণস্বরূপ ১৯৫০ সালে যে মমিটি পাওয়া গিয়েছিল তাতে প্রতি ২ নিযুত নিযুত কার্বন পরমাণুর মধ্যে একটি করে কার্বন-১৪ ছিল। কাজেই মমিটি হতে হবে $\frac{৫৯০০}{২}$ অর্থাৎ ২৯৫০ বছরের পুরানো কিংবা তার কাছাকাছি।

www.pathagar.com

অতএব ঐ ব্যক্তি বাস করতো খৃষ্টের জন্মের প্রায় হাজার বছর আগে। যে মমিটিতে প্রতি ৪ নিযুত নিযুত কার্বন পরমাণুতে একটি কার্বন পরমাণু থাকবে, তার অবস্থানকাল হতে হবে ৩৯৫০ খৃঃ পূর্বাব্দের আগে, ইত্যাদি।

আলফা, বিটা, গ্যামা এবং মহাজাগতিকরশ্মির প্রভাবে চেতন এবং অচেতন সকল প্রকার বস্তুতে দুই প্রকারের বিবর্তন স্পষ্ট লক্ষ্য করা যায়। যথা পরমাণুকেন্দ্রের ভিত্তিগত বিবর্তন এবং কেন্দ্রিন বহির্ভূত কক্ষশীল ইলেকট্রনিক বিবর্তন, যাতে পরমাণুটি অথবা সমগ্র অণুটি আয়নিত হতে পারে।

যে সমস্ত পরমাণু আলফা, বিটা, গ্যামা প্রভৃতি বিভিন্ন প্রকার তেজ বিকিরণ করে তারা পরিশেষে সম্পূর্ণ ভিন্ন ধর্মী নিউক্লাইডে পরিণত হয়। নতুন নিউক্লাইডগুলি তেজস্ক্রিয় হতেও পারে, নাও হতে পারে কিংবা ভিন্ন কোন মৌলিক পদার্থের কোন নিউক্লাইড হতে পারে বা সম্পূর্ণ নতুন কোন মৌলিক পদার্থে রূপ দিতে পারে।

মহাজাগতিক রশ্মির প্রত্যক্ষ আঘাতে আমাদের বায়ুমণ্ডলে বিরাজমান কোন পরমাণুতে বিচ্ছিন্নতা ঘটবেই তা সে অণুর অন্তর্ভুক্ত কিংবা আলাদা পরমাণু হোক। দৈবক্রমে যদি একটি আলফা কণিকা কোন তেজস্ক্রিয় নিউক্লাইড থেকে বেরিয়ে এসে অপর কোন একটি পরমাণুর কেন্দ্রিনে আঘাত করে বলে তখনও বিচ্ছিন্নতা ঘটবে। ১৯১৯ সালে লর্ড রাদারফোর্ড যে ধাতুর রূপান্তর ঘটান তা এই ভাবে। তিনি আলফা কণিকা (${}_{2}^{4}He$) দিয়ে নাইট্রোজেন পরমাণুকে আঘাত করেছিলেন।

যদি আলফা কণিকা সরাসরি নাইট্রোজেন কেন্দ্রিনে (${}_{7}^{14}N$) ঢুকে যায়, তবে মেশামেশি করে ১৪ + ৪ = ১৮ টি নিউক্লিয়ন একত্রিত হবে, অবশ্য তার প্রোটিন সংখ্যা হবে ২ + ৭ = ৯ টি।

কিন্তু সম্ভবতঃ আলফা রশ্মির প্রবল শক্তির কারণে এ ক্ষেত্রে তারা একটি মাত্র যৌগিক কেন্দ্রিনে সমস্ত জমাট বাধতে পারে না (আলফা-কণিকার গতি – সেকেণ্ডে ২০,০০০ মাইল)। কার্যতঃ ৮টি প্রোটন নিয়ে ১৭টি নিউক্লিয়ন বিশিষ্ট একটি অক্সিজেন পরমাণু একটি মাত্র প্রোটন নিয়ে গঠিত একটি

www.pathagar.com

হাইড্রোজেন পরমাণু সৃষ্ট হয়। এই ব্যাপারটি নীচের সমীকরণ থেকে সহজেই বুঝানো যাবে—

$$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H$$

আসলে প্রত্যেক তেজস্ক্রিয় বিভাজনই আলফা, বিটা, গ্যামা প্রভৃতি রশ্মিকে নিয়েই। আর এক প্রকার কেন্দ্রিক বিভাজন আছে যেখানে পদার্থের কোন বস্তুগত বিবর্তন হয় না বটে, তবে কিছু গ্যামা-রশ্মির নির্গমন হয় কেবল সে কারণে নিউক্লিয়াস একই সংখ্যক নিউক্লিয়ন এবং প্রোটন নিয়ে নতুন সংগঠন সৃষ্টি করে- যা অধিকতর স্থায়ী। এ ধরনের রূপান্তরের আলোচনার প্রয়োজন এখানে নেই।

দ্বিতীয় প্রকারের প্রতিক্রিয়া অর্থাৎ আয়নন দ্বারা আমরা প্রতিনিয়ত প্রত্যক্ষভাবে নিপীড়িত হচ্ছি। অণুর বৈদ্যুতিক শক্তি তার রাসায়নিক বন্ধন সূত্রের কারণ। পক্ষান্তরে অণুর প্রত্যেক পরমাণুতে বহির্বৃত্তের ইলেকট্রনরা এই বৈদ্যুতিক শক্তি যোগায়। এর থেকে কেউ যেন মনে না করেন যে, দুর্বিৎহীন অণুগুলি বিদ্যুৎবিহীন পরমাণু দিয়ে তৈরী। মনে করা হয় যে, বহির্বৃত্তের আলগা বাঁধনে বাঁধা ইলেকট্রনগুলো কোন রকমে ভাগা ভাগি করে এই অবস্থার সৃষ্টি করে, অন্তর্বৃত্তের অপেক্ষাকৃত দৃঢ়বন্ধনে বাঁধা ইলেকট্রনরা এতে অংশ নেয় না। উদাহরণস্বরূপ সাধারণ সোডিয়াম ($^{23}_{11}Na$) এর কক্ষে ১১টি ইলেকট্রন আছে, যার ১০টিই শক্তভাবে বাঁধা এব মাত্র একটি আলগা।

এই ইলেকট্রনিক গাঁথুনিতে ইলেকট্রনগুলি তিনটি স্তরে সাজানো। প্রথম কক্ষে দু'টি ইলেকট্রন কেন্দ্রিনের খুব নিকটবর্তী এবং তাদের ছাড়িয়ে নেওয়া দুষ্কর। রাসায়নিক বিবর্তনে অংশ নেয় যে সমস্ত ইলেকট্রন, তাদেরকে সহজেই ছাড়িয়ে নেওয়া যায় পরমাণু থেকে। আমরা খাবারের সাথে যে লবণ খাই, তার অণুতে একটি সোডিয়াম এবং একটি ক্লোরিন পরমাণু থাকে। এই সোডিয়াম পরমাণু থেকে একটি ইলেকট্রন কক্ষত্যাগ করে ক্লোরিন পরমাণুটিতে আশ্রয় নেয়—ফলে সোডিয়াম পরমাণুটি ধনাত্মক বিদ্যুৎ আহিত এবং ক্লোরিন পরমাণুটি ধনাত্মক বিদ্যুৎআহিত হয়। সোডিয়ামের মত ক্লোরিনেরও

www.pathagar.com

২+৮=১০টি মজবুত ইলেকট্রন আছে। কিন্তু আলগা ইলেকট্রন সোডিয়ামের যেখানে একটি—ক্লোরিনের সেখানে আছে ৭টি।

অণুতে পরমাণুর বন্ধনের কারণ হচ্ছে বৈদ্যুতিক বল। সেজন্য যখন আয়নন ক্রিয়ার একদল অণুর মধ্যে বৈদ্যুতিক বন্ধন মোচন করে বৈদ্যুতিক চার্জগুলি মুক্ত হয়ে পারমাণবিক বন্ধন শিথিল হওয়াতে আশ্চর্য হবার কিছু নেই।

আমরা প্রথম অধ্যায়ে দেখেছি যে, 'কুরি' হচ্ছে এক মিনিটে কয়টি ভাঙ্গন ক্রিয়া ঘটে অর্থাৎ disintegration per minute সংক্ষেপে d. p. m.। এক মাইক্রো মাইক্রোকুরিতে বুঝায় এক মিনিটে ২·২২ টি সংঘটনের (disintegration) তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ। কিন্তু 'রনজেন' আয়নক্রিয়ার পরিমাপ করা হয়। * স্বাভাবিক (normal) তাপ ও চাপে প্রতি ঘনসেন্টিমিটার শুষ্ক বায়ুতে ২০৮৩০ লক্ষ আয়নযুগল সৃষ্টি করতে যতটুকু আয়নিক্রিয়া দরকার হয়, তাকে বলে এক 'রনজেন'।

অতএব, মিলি রনজেন তেজস্ক্রিয়তা এক ঘন সেন্টিমিটার শুষ্ক বায়ুতে ২০ লক্ষের উপর আয়নযুগল সৃষ্টি করতে পারে।

কেউ যদি বলতে চায় যে, এক মাইক্রোমাইক্রোকুরি হচ্ছে 'কার্যকারণ' তবে অবশ্যই এক মিলিরনজেনকে তার 'প্রতিফল' বলতে পারে।

তেজস্ক্রিয়তার দরুণ আমাদের দেহাভ্যন্তরে যে আয়নন ঘটে, তা খুবই জটিল এবং সম্পূর্ণভাবে তা আজও বুঝা যায় নি। তবে এটা সঠিকভাবে জানা গেছে যে, আক্রান্ত কোষগুলির রাসায়নিক বিবর্তন হয়।

এই বিবর্তনের প্রতিফল তিন প্রকার ঃ

(১) প্রথমতঃ তারা জীবকোষগুলিকে বিশেষ করে বর্ধনশীল এবং কচি কোষগুলিকে মেরে ফেলে। যেহেতু ক্যানসার রোগের কোষগুলি ক্রমবর্ধমান, সেহেতু তেজস্ক্রিয় বিকিরণ দ্বারা আশেপাশে অপেক্ষাকৃত কম বর্ধনশীল দেহকোষ অপেক্ষা অধিক পরিমাণে মারা পড়ে। কাজেই এমনিভাবে ক্যানসার কোষের সংখ্যা দেহকোষ থেকে মোটের উপর

www.pathagar.com

কমিয়ে দেওয়া যায়, যদি নির্ভুল এবং নির্দিষ্ট পরিমাণ তেজ আক্রান্ত স্থানে প্রয়োগ করা হয়।

(২) বিকিরণের আঘাতে সুস্থ দেহকোষ আহত হয়ে ক্যানসারগ্রস্তও হতে পারে। সুতরাং যে বিকিরণ কোন স্থানের ক্যানসার কোষ ধ্বংস করছে, সে-ই আবার আশেপাশের গ্রন্থিকোষে নতুন করে ক্যান্সার রোগের জন্ম দিতে পারে।

(৩) বিকিরণের ফলে জীবের যৌন কোষগুলির বিবর্তন হতে পারে। সে কারণে উত্তরাধিকারসূত্রে প্রাপ্ত ধর্মাবলী (মেনডিয়াল তত্ত্বে স্বাভাবিক পরিবেশে যাকে অপরিবর্তনীয় বলে মনে করে) বদলে যায়। এর ফলে যে বিপরিণতি ঘটে (যদি না তা মারাত্মক হয় এবং ভ্রূণকে ধ্বংস না করে) তা ভবিষ্যৎ বংশধরদের মধ্যে অনুপ্রেরিত হয়। এই প্রজজন-বিকৃতি শুভ, অশুভ কিংবা দু'য়ের মাঝামাঝি প্রভৃতির যে কোনটি হতে পারে। অধিকাংশক্ষেত্রে প্রাণ নাশক অথবা অশুভ, মৃত কোষগুলি খুব বেশী ক্ষতির কারণ হয় না, যদি না তারা সংখ্যায় অধিক হয়। কারণ মৃতকোষগুলি ভবিষ্যৎ বংশধরদের ভিতর অনুপ্রেরিত হয় না। ক্ষতিগ্রস্ত কোষগুলি কোন না কোন অশোভনতা অথবা কম বেশী অস্বাভাবিকতার কারণ হয়ে দাঁড়ায়।

যেমন কোন অঙ্গের কমতি অথবা বাড়তি, ছয় আঙুল হওয়া, ছোট মাথা হওয়া কিংবা হেমোফিলা বা বিরামহীন রক্তক্ষরণ প্রভৃতি। এই সমস্ত ত্রুটি মেয়েদের দ্বারা পরিবাহিত হয় কিন্তু তাঁদের ভিতর প্রকাশিত হয় না, অন্যপক্ষে পুরুষের দ্বারা পরিবাহিত হয় না বটে কিন্তু তাদের ভিতর প্রকাশিত হয়। উদাহরণ স্বরূপ বলা যেতে পারে যে, মহারাণী ভিক্টোরিয়া অথবা তাঁর মায়ের হয়তো রক্ত ক্ষরণ বিপরিণতি হয়েছিল, সেই প্রতিক্রিয়া মহারাণীর কোন

www.pathagar.com

কন্যার বিবাহসূত্রে হয়তো রাশিয়ান অথবা স্পেনীয় রাজ-পরিবারের কোন একজন পুরুষের মধ্যে পুনঃ প্রকাশিত হতে পারে। যে সমস্ত কারণে প্রাণীর দেহে ক্যানসার রোগ এবং বিপরিণতি হয়, প্রাকৃতিক বিকিরণর তার অন্যতম।

১৮৯৫ সালের পর থেকে চিকিৎসা এবং শিল্প কর্মে রঞ্জনরশ্মি এবং তেজস্ক্রিয় বিকিরণের ব্যবহারের ফলে এই সমস্ত রোগ বৃদ্ধি পেয়েছে।

১৯৪৫ সালের পর থেকে পারমাণবিক বোমা এবং হাইড্রোজেন বোমার বিস্ফোরণের জন্য এর পরিণাম আরও অতি মাত্রায় বৃদ্ধি পেয়েছে।

ক্যানসার, মানসিক বিকার, বিকলাঙ্গতা এবং প্রজজন প্রকৃতির অশুভবিকৃতি প্রভৃতির পরিণাম যদিও উত্তরোত্তর বেড়ে যাচ্ছে তবুও চিকিৎসা, শিল্প ও দেশ রক্ষার কাজে এর ব্যবহারের সুবিধকে ক্রমাগত আমাদের অধিক গুরুত্ব দেওয়া উচিত।

এখানে আমি ক্যানসার এবং বিপরিণতি এ দু'য়ের উৎপত্তিগত পার্থক্যের মাঝে সূক্ষ্মসীমারেখা টানতে চাই। জানা গেছে যে, আলফা, বিটা, গ্যামা অথবা রঞ্জনরশ্মি—এর যে কোনটির দ্বারা শরীরের যে কোন অংশে ক্যানসার হতে পারে। 'ডগলাস লী' ১৯৪৭ সালে, তার মৃত্যুর কিছুদিন আগে জীবকোষে বিকিরণের দ্বারা কিভাবে ক্ষতি সাধিত হয়, তার বিষদ ব্যাখ্য করেন। অবিলম্বে তার সূত্র কতকগুলি জ্ঞান সমস্যার সুষ্ঠু ব্যাখ্যা দিতে পারায় বহুজন স্বীকৃত হয়। এই থিওরী খুব বিশদ ক্যানসার গবেষণা ইনষ্টিটিউটের ডাক্তার পেটার আলেকজাণ্ডার ১৯৫৭ সালের পেলিকান A399 রিপোর্টের ২০২ পৃষ্ঠায় বলেন:

> "বর্তমানে দুঃখের কথা এই যে, আজও পর্যন্ত এমন কোন তত্ত্ব প্রতিষ্ঠিত হয়নি—যা গত দশকে উদ্ভূত নতুন নতুন সমস্যার পুরোপুরি ব্যাখ্যা দিতে পারে। লী'র বিজ্ঞ ব্যাখ্যা শুধু বিভ্রান্তির সৃষ্টি করেছে। (গোলমাল, শুধু কয়েক প্রকার বিকিরণ 'কিভাবে ক্যানসার সৃষ্টি করে, তা নিয়ে; তারা যে ক্যানসার সৃষ্টি করে তা নিয়ে নয়'।)"

www.pathagar.com

বিপরিণতি যথা প্রজননিক, বংশধারা গুণের পরিবর্তন—যা সন্তান সন্ততি এবং তাদের ভবিষ্যৎ পুরুষদের জন্য ক্ষতিকর, আর যে সমস্ত বিবর্তন শুভ অর্থাৎ নির্দোষ, মন্দের কাছাকাছি অথবা মোটের উপর ক্ষতিকর-এর যে কোনটা তখনই ঘটা সম্ভব, যখন বিকিরণ যৌনকোষ বা যৌনঅঙ্গে আপতিত হয়। এগুলির মধ্যে পুরুষের শুক্রাশয় একটা থলিতে শরীরের বাইরে থাকায় তত উত্তমরূপে রক্ষিত হয় না, যতখানি মেয়েদের ডিম্বাধার দেহাভ্যন্তরে তলপেটের ভিতরে থাকায় সুরক্ষিত হয়। অবশ্য কেবল গ্যামা রঞ্জন এবং মহাজাগতিক রশ্মি ছাড়া অন্যান্য বিভিন্ন প্রকার বিকিরণের কবল থেকে পুরুষের যৌন কোষও সুরক্ষিত। শরীরের অভ্যন্তর থেকে বিটারশ্মি (শরীরের টিসুতে যে প্রাকৃতিক পটাশিয়াম আছে তার থেকে উৎপন্ন) সোজাসুজি ঘটনাস্থলে পৌঁছায়।

আমি এই অধ্যায় শেষ করার আগে একজন বিজ্ঞলোকের ধী-সম্পন্ন অথচ মজার এবং ভ্রান্তিকর তত্ত্বের এবং আর একজনের মেধাবী কিন্তু অপরিক্ষণীয় থিওরীর আলোচনা করবো।

১৯৫৭ সালের ১০ অক্টোবরের ঘটনোন্মুখ দুর্ঘটনার পর এক সংবাদদাতা লেখেন যে, লণ্ডনের বায়ুমণ্ডলের 'বাহ্যিক তেজস্ক্রিয়তার' পরিমাণ প্রতি ঘন সেন্টিমিটার বায়ুতে ৩০০টি সংঘটন (d. p.m,)। মেডিক্যাল রিসার্চ কাউন্সিলের ১৯৫৬ সালের রিপোর্টের ১৯৮ সেকসনে "পরমাণুকেন্দ্রিক এবং আনুষঙ্গিক বিকিরণে মানুষের দুর্দশা' শীর্ষক প্রবন্ধে জানান যে, সেখানকার (ইংল্যাণ্ডের) পল্লী অঞ্চলের বায়ুতে র‍্যাডনের পরিমাণ প্রতি মিটারে মাইক্রো মাইক্রোকুরি আর লণ্ডন শহরে এর প্রায় দশগুণ।

শহরের কলকারখানাতে প্রধানতঃ পাথুরে কয়লা পুড়ে র‍্যাডন গ্যাস সৃষ্টি হওয়ায় এত বেশী।

আমরা আগেই দেখেছি যে, এক মাইক্রোমাইক্রোকুরি বিকিরণ পাওয়া যায় ২·২ টি সংঘটন (disintegration) যখন ঘটে প্রতি মিনিটে। সুতরাং লণ্ডন শহরের বায়ুতে প্রতি মিটারে ৬·৬৬টি সংঘটন (d.p.m.) ঘটেছিল; এর মানে প্রতি ঘনসেন্টিমিটারে প্রায় ০·০০৬৬৬ (d.p.m.)।

www.pathagar.com

সুতরাং আমরা দেখতে পাই—

$$\frac{\text{খবরের কাগজের হিসাব}}{\text{মেডিক্যাল কাউন্সিলের হিসাব}} = \frac{৩০০}{০.০০৬৬৬}$$

= প্রায় ৪৫,০০০

(যদি লণ্ডনের তেজস্ক্রিয়তা কেবল র‍্যাডনের কারণে হয় বলে ধরলে তার থেকে ১৫০০ গুণ তেজস্ক্রিয়তা কিকির্ণ হয়েছিল শুধুমাত্র উইণ্ডস্কেল দুর্ঘটনা থেকে, যার পরিমাণ ছিল ১০ মাইক্রোমাইক্রোকুরি প্রতিঘন সেন্টিমিটারে।)

যদি সংবাদদাতার কথা সত্য হতো, তবে লণ্ডনের প্রত্যেকেই অনেক আগেই—পরলোকে যেতে হোতো। মনে হয়, তিনি ভুল করে আয়নন—(Ionizetion) শব্দটার পরিবর্তে সংঘটন (disintegration) শব্দটা লিখে-ছিলেন। কিন্তু এটা ঠিক যে, তিনি উভয়কে বুঝতে চেয়েছেন, কারণ যদি না অতিরিক্ত সংঘটন ছাড়া অতিরিক্ত আয়নন হতে পারতো না।

কি করে এই ভ্রান্তি ঘটেছিল ? যদি আমরা ধরে নিই ঘন সেন্টিমিটারটা আসলে ঘন মিটার হবে, তা হলে এই অঙ্কটা দশলক্ষগুণ কমে আসলের ২২ ভাগের এক ভাগ হয়, যেহেতু $\frac{১০০০০০০}{৪৫০০০} = ২২$।

যদি সংঘটন শব্দটা মাইক্রোমাইক্রোকুরির সাথে এবং লণ্ডনের বায়ুর কথা পল্লীর (লণ্ডনের) বায়ুর সাথে ওলট পালট হয়ে যেয়ে থাকে, তবে যথাক্রমে ২·২২ এবং ১০ গুণকে এসে পড়ে—কাজে কাজেই ২·২২ × ১০ = ২২·২ হয়।

আমি ঠিক জানি না এটাই নির্ভুল সমাধান কি না। তবে সাবধান করা যেতে পারে।

ডক্টর টেলার নামে একজন ফলিত পদার্থবিদ ১৯৫৪ সালে প্রকাশিত নিজস্ব এক প্রবন্ধে বলেন যে, প্রায় ৫০ কোটি বছর আগে পৃথিবীর ইতিহাসে যখন কেব্রিয়ান যুগের শুরু হয় তখন এক প্রকার নতুন এবং জটিল ধরণের জীবনের ভয়াবহ আত্মপ্রকাশ হয়। ক্যামব্রিয়ান পূর্ব যুগের জীবাশ্ম কম পাওয়া যায় এবং সহজ ও প্রাথমিক। ক্যামব্রিয়ানের একেবারে শেষের দিকে খুব জটিল অনেকগুলি জীবের সন্ধান পাই। এগুলির মধ্যে ট্রিলো-বাইটের নাম উল্লেখ করা যেতে পারে। এর উদ্ভব সম্ভবতঃ ছোট ছোট চিংড়ি এবং কাঠ পোকার বর্ণসঙ্কর প্রজননে।

www.pathagar.com

ডক্টর টেলার অনুমান করেন যে, ঐ সময় সূর্যের কাছাকাছি কোথাও একটি 'সুপারনোভা' বিস্ফোরণ হয়তো ঘটেছিল। এর ফলে অফুরন্ত তেজ বিকির্ণ হয়েছিল আর তাতেই তদানীন্তন সমস্ত জীবের বহু পর্যায়ে বিপরিণতি হয় অসংখ্য পরিমাণে। কেউ এতে মারা পড়েনি। তিনি আরও মনে করেন, জীবন বিবর্তনের মূলে এমনতরো ছয়টি—পর্যায়ের বিপরিণতি কাজ করেছিল। এই বিবর্তনে শুধু ট্রিলোবাইটের মত জটিল জীবেরই উদ্ভব হয়নি বরং এমন সব জীব সৃষ্টি হয়েছিল তার থেকে পরবর্তীকালে ব্যাঙ জাতীয় জীব, স্তন্যপায়ী জীব এমনকি মানুষ পর্যন্ত জীবের উদ্ভব হয়েছিল।

তিনি আর এক সূত্রে বলেন যে, আমাদের সৌরজগৎ আমাদের ছায়াপথের কেন্দ্র থেকে দূরে আছে বলেই আমাদের উদ্বর্তন সম্ভব হয়েছে। কেন্দ্রে থাকলে মহাজাগতিকরশ্মির প্রাবল্য এত বেশী হতো যে, যে কোন জীব টিকে থাকতে পারতো না।

www.pathagar.com

তৃতীয় অধ্যায়

প্রাকৃতিক বিকিরণ

১। মাটি, পানি এবং বায়ুমণ্ডল থেকে

সে প্রায় ৩০০ কোটি বছর আগের কথা পৃথিবী যখন তার নিজস্ব অস্তিত্ব লাভ করেছিল। ভূ-ত্বক এত বেশী তেজস্ক্রিয় পদার্থ ধারণ করেছে যে, জন্ম থেকে আরম্ভ করে অদ্যাবধি এই দীর্ঘদিন ধরে সে তার নিজ উদরে এত উচ্চতাপ বানিয়ে রাখতে পেরেছে এবং ভবিষ্যতে আরও অনেক দিন তা রক্ষা করতে পারবে। এই তেজস্ক্রিয়তা প্রধানতঃ ইউরেনিয়াম, থোরিয়াম এবং তাদের বংশধর আরও তেজস্ক্রিয় পটাশিয়াম (যা আমাদের দেহাভ্যন্তরে তেজস্ক্রিয়তার প্রধান উৎস) থেকে আসে। এগুলির আয়ুষ্কাল এতদীর্ঘ যে, মানুষ যখন এ ধরার বুকে প্রথম আবির্ভাব হয়, তখন যতটুকু তেজস্ক্রিয় পদার্থ ছিল আজও ঠিক ততটুকু বিকিরণ দিচ্ছে। এদের অর্ধায়ু যথাক্রমে ৪৫০ কোটি, ১৪০০ কোটি এবং ১২০ কোটি বৎসর।

স্থলভাগের কোন স্থানের তেজস্ক্রিয়তার হার সেখানকার খনিজের সাথে জড়িত। একজন পূর্ণবয়স্ক ব্যক্তি বছরে যে বিকিরণ লাভ করে তার পরিমাণ (অস্বাভাবিক জায়গাগুলি ছাড়া) গ্রানাইট এলাকায় (আর্বেদিনের নিকট অথবা ডার্টমুরে) ৯০ মিলিরনজেন থেকে ধার্নেমাউথে ২৩ মিলিরনজেন পর্যন্ত গ্রানাইট উপত্যকায় (তথা বডমিনমুরের কয়েকটি পার্বত্য খাদে) একমাত্র প্রাকৃতিক খনিজ থেকেই বছরে ঊর্ধপক্ষে ৩০০ মিলি রনজেন কিংবা তার চাইতেও বেশী বিকিরণ সৃষ্টি হয়।

যদিও স্থভাগে প্রাপ্ত সব রকমের তেজস্ক্রিয় পদার্থের কিছু কিছু সমুদ্রের পানিতে থাকলেও তাদের বিকিরণের পরিমাণ বছরে মাথাপিছু শূন্য মিলি রনজেন কিংবা কাছাকাছি।

খাবারের পানিতে অতি সামান্য পরিমাণ রেডিয়াম থাকে। বিভিন্ন প্রকার পানিতে অবশ্য বিভিন্ন পরিমাণ, তা সে যতই সামান্য হোক। তবে গড় পরিমাণে ১০০ গুণের মধ্যেই থাকে সব সময়; আর কখনই আমাদের শরীরের ভিতর যে তেজস্ক্রিয় পটাশিয়াম আছে, তার বিকিরণের দশ ভাগের এক ভাগ

www.pathagar.com

থেকে বেশী নয়। নির্মল বায়ুতেও (নোংরা বায়ু তা সে তেজস্ক্রিয়ভস্ম বিমুক্ততা হউক আর না হউক সম্পূর্ণ আলাদা জিনিস—যার সম্বন্ধে পরবর্তী অধ্যায়ে আলোচনা করা হবে) কিছু কিছু র‍্যাডন গ্যাস থাকে। যেখানেই ইউরেনিয়াম আছে যেমন শিলায়, সেখানে রেডিয়াম পাওয়া যায়, কারণ রেডিয়াম হচ্ছে ইউরেনিয়াম অবশ্যম্ভাবী ক্ষয়প্রাপ্ত পরিণতি। আর যেখানেই কঠিন রেডিয়াম ধাতু আছে, সেখানেই র‍্যাডন গ্যাস মেলে, কারণ র‍্যাডন গ্যাস রেডিয়ামের তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের অন্যতম অবশ্যম্ভাবী ফল। অনুরূপভাবে থোরন গ্যাস থোরিয়াম নামক খনিজের অবশ্যম্ভাবী পরিণতির সময় তৈরী হয়।

ভূমিতলে বিশুদ্ধ বায়ুর তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ নিরূপণ করা খুব কঠিন কাজ, কারণ পৃথিবীর মাটি থেকে বিকিরণ এসে বিভ্রান্তি ঘটায় মাপে। সম্ভবতঃ বিশুদ্ধ বায়ুর তেজস্ক্রিয়তা লোক পিছু ২ মিলি রনজেনের বেশী হবে না বছরে।

২। আমাদের দেহাভ্যন্তর থেকে

আমাদের সমগ্র শরীরে যে ওজন তার পাঁচশ, ভাগের একভাগ কিংবা তার থেকে ও বেশী হচ্ছে পটাশিয়াম। প্রাকৃতিক পটাশিয়ামের তিনটি আইসোটোপের মধ্যে দুইটি স্থায়ী এবং একটি তেজস্ক্রিয়।

প্রতি ৮০০০ পটাশিয়াম পরমাণুর মধ্যে একটি পরমাণু তেজস্ক্রিয় পটাশিয়াম (k40)। এর অর্দ্ধায়ু ১২০ কোটি বছরের মত। বিটা এবং গ্যামা উভয় প্রকার রশ্মিই এর থেকে উৎসারিত হয়, তবে বহির্গত শক্তির ৯/১০ ভাগই বিটা-রশ্মির সাহচর্য নেয়। কিন্তু এই সমস্ত বিটা-রশ্মির পাল্লা মনুষ্যদেহে মাত্র ২ মিলিমিটার, সেজন্য দেহের কোন অংশের তেজস্ক্রিয়তা নির্ভর করে সেখানকার পটাশিয়াম প্রাচুর্যের উপর দেহস্থিত পটাশিয়াম ৪০ থেকে বিকিরণের মাত্রা বছরে প্রায় ২১ মিলি রনজেন, যার থেকে কিছু বেশী বার্নিমাউথের একজন অধিবাসী সেখানকার মাটি থেকে গ্রহণ করে।

আমরা ২য় অধ্যায়ে দেখেছি যে, তেজস্ক্রিয় কার্বন-১৪ এবং হাইড্রোজেন -৩ অবিরত বায়ুমণ্ডলে তৈরী হচ্ছে অন্যান্য সকল নিউক্লিয়নে মহাজাগতিক-রশ্মির প্রচণ্ড আঘাতে। বায়ুমণ্ডলের প্রতি লক্ষ কোটি কার্বন পরমাণু মধ্যে একটি কার্বন—১৪, আর প্রতি দশ হাজার কোটি কোটি হাইড্রোজেন পরমাণুতে একটি হাইড্রোজেন—৩। এই সামান্য পরিমাণ তেজস্ক্রিয় কার্বন থেকে একজন সাধারণ মানুষের দেহে বছরে প্রায় ১ মিলিরনজেন বিকিরণ লাগে। হাইড্রোজেন-থেকে অবশ্য একেবারেই নগণ্য। রেডিয়াম

www.pathagar.com

থেকে উৎপন্ন কিছু পরিমাণ র‍্যাডন গ্যাস মাটি থেকে বায়ুতে মেশে এবং সামান্য রেডিয়াম থেকে উৎপন্ন কিছু পরিমাণ র‍্যাডন গ্যাস মাটি থেকে বায়ুতে কেশে এবং সামান্য রেডিয়াম খাবারের মাধ্যমে সোজাসুজি শরীরে ঢোকে। রেডিয়াম একটি বিশেষ প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় শৃঙ্খলের অংশ, এবং শুধু র‍্যাডনই নয় বরং আরও অনেকগুলি তেজস্ক্রিয় পদার্থের জন্ম দেয়। রেডিয়াম, র‍্যাডন এবং তাদের জ্ঞাতি প্রাকৃতিক পদ্ধতিতে মানবদেহে স্থান নিয়ে বছরে ২ মিলিরনজেন পরিমাণ বিকিরণ দেয়।

সুতরাং একজন জীবন্ত প্রাকৃতিক পদ্ধতিতে শুধু নিজ দেহাভ্যন্তর থেকে বৎসরে (২১+১+২)=২৪ মিলি রনজেন বিকিরণ বিকারগ্রস্ত হয়।

৩। মহাজাগতিক রশ্মি থেকে

এই সমস্ত রহস্যময় রশ্মির অধিকাংশই সৌরজগৎ থেকে দূরে বহুদূরে কোন অজানা অচেনা দেশ থেকে মহাশূন্য ফুঁড়ে আমাদের দিকে পাড়ি জমায় আজও তা সঠিক জানা যায়নি। তবে জানা গেছে যে, তারা সাধারণ পরমাণুগুলির কেন্দ্রিন, প্রধানতঃ হাইড্রোজেন এবং হিলিয়ামের। অবশ্য নানাজাতের অনেক ভারী নিউক্লিয়াসেরও অস্তিত্ব মেলে এতে, যেমন; কার্বন, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, নিওন, ম্যাগনেসিয়াম এবং লৌহার কেন্দ্রিন।

মহাজাগতিক রশ্মি আমাদের দ্বারে যে শক্তি বয়ে আনে, তা সমস্ত নক্ষত্রের কাছ থেকে আমরা যে আলোকশক্তি পাই, তার সমান কিন্তু সূর্যের কাছ থেকে পাওয়া শক্তির তুলনায় খুবই সামান্য।

মহাজাগতিকরশ্মির দ্রুততম কণিকাগুলির শক্তি বিস্ময়কর বিপুল। ১৯৫৭ সাল পর্যন্ত পৃথিবীতে সবচেয়ে শক্তিশালী যে ত্বরণযন্ত্র (Accelarator) তৈরী হয়েছে তার সবচেয়ে উচ্চশক্তিপ্রাপ্ত কণিকার শক্তির চেয়ে এদের শক্তি ১ কোটি গুণেরও বেশী।

মহাজাগতিক রশ্মি এক প্রকার পারমাণবিক বিকিরণ এবং আমরা প্রত্যেকে এর থেকে যে বিকিরণ ভোগ করে থাকি, তা মোটেই নগণ্য নয়। মেডিক্যাল রিসার্চ কাউন্সিলের (MRC) হিসাবে এর পরিমাণ বছরে জনপ্রতি ৩০ মিলি রনজেন। PB ২০ র হিসাবে ৪০ মিলি রনজেন এবং এর মতে বিষুবরেখ। অঞ্চলে সমুদ্রতলে ৩৩ এবং উচ্চ অক্ষাংশের সমুদ্রতলে ৩৭ মিলি রনজেন।

www.pathagar.com

মহাজাগতিক রশ্মির প্রখরতা উচ্চতার সাথে বাড়ে, কারণ পৃথিবীর বায়ুমণ্ডল ভেদ করে আসার সময় তার শক্তি শোষিত হয়। বিভিন্নস্থানে ভূমিপৃষ্ঠ থেকে ১০০০০ ফুট উচ্চে প্রখরতা ৩ কিংবা ৪ কিংবা ৫ গুণ বৃদ্ধি পায়। সে কারণে তিব্বত বা উচ্চআন্দেসের লাপাজের অধিবাসীরা শুধু মহাজাগতিক রশ্মির কবল থেকে বছরে ৯০ থেকে ২০০ মিলি রনজেন পর্যন্ত বিকিরণ ভোগ করে আসছে। আগেই বলেছি হাইড্রোজেন—৩ এবং কাঠন—১৪ মহাজাগতিক রশ্মির সুত। তাদের প্রবল শক্তিসম্পন্ন বিদ্যুতাহিত কেন্দ্রিনরা বায়ুমণ্ডলের অন্যান্য পরমাণুদের কেন্দ্রিনে প্রায়শঃই প্রত্যক্ষ আঘাত করে। বেলুনে চড়িয়ে প্রায় ২০ মাইল উর্ধে ফটোগ্রাফিক প্লেট পাঠিয়ে তার থেকে জানা গেছে যে, কোন কোন মহাজাগতিক রশ্মির শক্তি ১৯৫৭ সাল পর্যন্ত নির্মিত সবচেয়ে শক্তিশালী ত্বরণ যন্ত্রের উচ্চ ত্বরিত কণিকাদের শক্তির চেয়ে এক কোটি গুণেরও বেশী। মহাজাগতিকরশ্মির আঘাতে যে হাইড্রোজেন—৩ এবং কার্বন—১৪ সৃষ্টি হয়, তা সম্ভবতঃ এক রকমভাবে হয় না, সম্পূর্ণ ভিন্ন ও নানা প্রকারে হয়।

৪। প্রকৃতি থেকে সর্বমোট

এখন একটা আলগা হিসেব করে দেখা যাক একজন সাধারণ পূর্ণবয়স্ক মানুষ প্রাকৃতিক উৎস থেকে কি পরিমাণ বিকিরণ ভোগ করে। গ্রানাইট এলাকাসহ বডমিনমুর এবং আর্বেদিন, কিংবা তিব্বতের লাসা এবং আন্দেসের লাপাজের মত উচ্চস্থান কিংবা এমনিতরো আর সব অস্বাভাবিক স্থানের মহাজাগতিকরশ্মির বিকিরণ মাত্রা বাদ দিলে বছরে মিলিরনজেনের এককে আমরা পাই ঃ

খনিজ এবং মাটি থেকে	২৩—৯০
পল্লীর নির্মল বায়ু থেকে	২
খাবারের পানি থেকে	০
মানব দেহের ভিতর থেকে	২৪
মহাজাতিক রশ্মি থেকে	২৮ – ৪০
	মোট=৭৭ থেকে ১৫৬

লক্ষ্য করা উচিত যে, মহাজাগতিকরশ্মির মাত্রা—যা ২৮ থেকে ৪০ ইউনিট নেওয়া হয়েছে, তা কেবল এক বিশেষ মতবাদ মাত্রা, যদিও অক্ষাংশের সাথে এর পরিবর্তন অবধারিত।

www.pathagar.com

উচ্চঅক্ষাংশে বিষুবরেখায় মহাজাগতিক রশ্মির প্রখরতার চেয়ে অধিক ; ব্রিটেনে সে কারণে শতকরা ১০ ভাগ বেশী। খনিজ ও মাটি থেকে বিকিরণ মাত্রার যে পরিবর্তন দেখানো হয়েছে, তা আসলে পরিমাণের একটা মোটামুটি হিসেব ? প্রকৃতপক্ষে গ্রানাইট এলাকার মত জায়গায় ৯০ থেকেও অনেক বেশী বদলায়। অভিজ্ঞ লোকেরা মনে করেন, যদি সমগ্র পৃথিবীতে বাৎসরিক গড়মাত্রা ১০০ মিলি রনজেন ধরা হয়, তবুও খুব বেশী ভুল করা হবে না। যদি ৩০ বছরে এক পুরুষ হয়, তবে এক পুরুষে জন প্রতি গড়মাত্রা পড়ে প্রায় ৩০ × ১০০ = ৩০০০ মিলি রনজেন = ৩ রনজেন। এ খুব মারাত্মক পরিমাণ। এ বিষয়ে পরে আলোচিত হবে।

www.pathagar.com

চতুর্থ অধ্যায়

মানুষ যেসব বিকিরণ সৃষ্টি করেছে

ঘরবাড়ী

ঘরবাড়ী তৈরীর বস্তু যে ইট-পাথর, তাতে কিছু কিছু তেজস্ক্রিয় পদার্থ থাকে, কাজেই যে কেউ ঘরে বসবাস করবে সে চারি দেওয়াল থেকে উত্থিত বিকিরণের হাতে আক্রান্ত হবেই। ঘরের মধ্যে থাকায় অবশ্য মহাজাগতিক রশ্মির প্রকোপ থেকে কিছু আড়াল পাবে, তাতে কোন সন্দেহ নেই। পঞ্চম অধ্যায়ে দেখবো যে, অতীতে যেসব পারমাণবিক বিস্ফোরণ ঘটেছে তাতে কিছু পরিমাণ দীর্ঘস্থায়ী তেজস্ক্রিয় পদার্থ বায়ুমণ্ডলে উৎক্ষিপ্ত হয়ে ঘুরে বেড়াচ্ছে এবং বেড়াতে থাকবে এমনি করে বহুদিন ধরে, তা আর কোন নতুন বিস্ফোরণ সংগঠিত হোক বা না হোক। এই সমস্ত তেজস্ক্রিয় ভস্ম আস্তে আস্তে নেমে আসছে পৃথিবীর দিকে এবং পরিশেষে জমা হয় মাটিতে কিংবা গাছপালার পাতায়। কাজেই ঘরের মধ্যে বাস করলে মহাজাগতিক রশ্মি এবং তেজস্ক্রিয় ভস্মপাতের কবল থেকে রেহাই পাওয়া যায়। ঘরের ভিতরে থাকা লাভজনক কিনা এবং ঘরের দেওয়াল যা দিয়েই তৈরী হোক না কেন (অস্বাভাবিক উদাহরণ গুলি বাদ দিলে) অধিকাংশ ক্ষেত্রে পরিমাপ করে, রেকর্ড করে প্রকাশিত ফলাফল থেকে দেখা গেছে যে, ঘরের ভিতরে বাইরের তুলনায় বিকিরণের মাত্রা অধিক।

ষ্টকহলমের একটি সাধারণ ঘরের ভিতর বছরে বিকিরণ হয় ১০০ মিলিরনজেন আর সেখানে বাইরের রাস্তায় হয় ৯১ মিলিরনজেন। লীড্‌স শহরের এক বাড়ীর একটি ঘরে বছরে ৮২ মিলি রনজেন অথচ সেই বাড়ীর বাগানে ৫১ মিলি রনজেন বিকিরণ পাওয়া গেছে।

এই বিকিরণ মাত্রার মধ্যে অবশ্য রয়েছে গ্যামা রশ্মি ও মহাজাগতিক রশ্মি কিন্তু পরীক্ষকের দেহ থেকে আগত ২৪ মিলি রনজেন এতে নেই। সাধারণ ঘরগুলির সম্বন্ধে একটা মোটামুটি ধারণা করা যায় এই হিসাব থেকে। দৈবক্রমে বিশেষ এক ধরনের ঘর পাওয়া গেছে। সুইডেনেধ কোন কোন অঞ্চলে 'এলামশেল' নামক একরকম জিনিস দিয়ে এই সমস্ত ঘর তৈরী হয়।

www.pathagar.com

এইসব ঘরের মধ্যে বিকিরণ মাত্রা বছরে ৭০০ মিলিরনজেন, আর তা যুগ যুগ ধরে বর্ষিত হয়ে আসছে। কোন আত্মকুচ্ছ পরায়ণ জাতি ক্যানসার বিমুক্ত দেহ নিয়ে যদি লাসা কিংবা লাপাজে গিয়ে এলামশেল্ দিয়ে ঘর তৈরী করে, এবং এক গ্রাম বসতি স্থাপন করে আর বছরের পর বছর যদি তাদের ভিতর ক্যান্সার রোগের আক্রমণ সতর্কতার সাথে লক্ষ্য করে এবং নতুন নতুন বিপরিণতির খবর রাখে; তাহলেই তাঁরা এক প্রকার জনহিতকর কাজ করবে। আরও ভাল হয় যদি তারা গ্রানাইট এলাকা বেছে নিয়ে তার উপর ঘর বাঁধে। এই সমস্ত লোক গ্যামা ও মহাজাগতিক রশ্মির চিরস্থায়ী ও উলঙ্গ বিভীষিকার উপর বাস করতে থাকবে—যাতে করে বাৎসরিক বিকিরণ মাত্রা দাঁড়াবে ৮০০ থেকে ৯০০ মিলি রনজেন, অবশ্য পৃথিবীতে যদি শান্তি বজায় থাকে অর্থাৎ হঠাৎ কোন আণবিক বিস্ফোরণ না ঘটানো হয়। আমরা জানি না, এমন তরো অবস্থায় ব্যাপার কি দাঁড়াবে।

২। খনি

খনিজ উত্তোলন কাজে যে সমস্ত মানুষ তাদের জীবনের দীর্ঘ অংশ মাটির নীচে কাটায়, তাদের পারিপার্শ্বিক বিকিরণের মাত্রা স্বাভাবিক থেকে বড় বেশী দুঃখজনক। পীচব্লেনডীর (এক প্রকার খনিজ) খনিতে বিকিরণের পরিমাণ, যা পরবর্তী কালে সহনীয় মাত্রা বলে বিবেচিত হয়েছে, তার অন্ততঃ ৩০ জন। HNR (৭৩-৭৬) এর ১৮ পৃষ্ঠায় বলা হয়েছে যে, ১৯৩৯ সাল পর্যন্ত যত খনি শ্রমিক মারা গেছে তাদের প্রায় অর্ধেকের ফুস ফুসে ক্যান্সার হয়েছিল।

অন্যদিকে চেষাইয়ারের লবণ খনিটিকে পারিপার্শ্বিক বিকিরণের নিম্নহারের জন্য গবেষণাগার হিসাবে ব্যবহৃত হতো। কারণ অন্যান্য খনির মত উৎকৃষ্ট আবরণ ছাড়াও সেখানকার দেওয়াল থেকে বাস্তবিক কোন তেজ বিকীর্ণ হতো না।

৩। দীপ্তিমান রং

HNR (৭৯) একটি দীপ্তিমান রং শিল্প প্রতিষ্ঠানের ১৯১৬ সাল থেকে ১৯২৪ পর্যন্ত সময়ের এক ভয়াবহ বিবরণ পেশ করে। * সেখানকার কর্মী

*কথিত আছে যে, উল্লিখিত ১১টি মেয়ে কর্মী ঘরের ডায়ালে রং করার কাজ করতো। তারা ক্ষুদ্র ব্রাস দিয়ে একটু একটু করে পেইন্ট বসাতো ডায়ালের অক্ষরে এবং কাটায় আর মাঝে মাঝে ব্রাশটাকে ঠোঁটে চেপে সুঁচালো করে নিত। এর ফলে তারা সকলেই উপরি উক্ত ব্যাধিগ্রস্ত হয়ে মারা যায় ৩ বৎসরের মধ্যে।

www.pathagar.com

মেয়েরা তাদের রংকরার সরু সরু ব্রাশগুলি স্যুঁচালো করতো দুই ঠোঁটের মাঝে চেপে চেপে। দীপ্তিমান পেইন্টে কিছুটা রেডিয়াম থাকে আর কিছু থোরিয়ামও। এগুলি গিলা পড়তো, কাজেই মুখের মধ্যদিয়ে শরীরের অস্থিতে গিয়ে তেজস্ক্রিয় রেডিয়াম সব জমা হোত স্থায়ীভাবে। রিপোর্টে আরও বলা হয়েছে যে, "যদি অধিক পরিমাণে এই পেইন্ট পেটে যায় তবে ভয়াবহ রক্তশূন্যতা, রক্তস্রাব এবং চোয়ালের অস্থির ক্যান্সারের মত মারাত্মক সব রোগ ভোগ করে মৃত্যু পর্যন্ত হতে পারে তিন বৎসরের মধ্যে।

যারা এই পেইন্টের সূক্ষ্মাংশ ও উদরস্থ করেছে তারা প্রায়ই অস্থিতে পুজ কোষ বা অস্থিভঙ্গ রোগে ভুগে কিংবা এমনি সব নিউরোটিক বিবর্তন হয়, যাতে বাতের ব্যথার সূত্রপাত হয়। সময় সময় এই বিবর্তন অস্থি ক্যান্সার সৃষ্টি করে। এমনি সব বিকার বিকিরণ গ্রস্ত হওয়ার ১৫ বছর পরও দেখা দিতে পারে।

NEF এর ৪নং চার্টে হিসাব করে দেখানো হয়েছে যে, একজন ১০০টি যান্ত্রিক ডায়ালবিশিষ্ট বিমানের চালক সাধারণ উড্ডয়ন কাল ধরে কাজ করলে বছরে মোট ১৩০০ মিলি রনজেন বিকিরণ ভোগ করে। এ হচ্ছে সমস্ত প্রাকৃতিক উৎস থেকে আসা তেজস্ক্রিয়তার তের গুণ। যুক্তি দেখানো হয়েছে যে, সমাজের সামান্য জনসংখ্যা এতে আক্রান্ত হয়, কাজেই ভয়ের কিছু নেই এতে। ৬ষ্ঠ অধ্যায়ে আমি এই সিদ্ধান্তের কারণ দেখাবো। একটি হাতঘড়ির দীপ্তিমান ডায়াল থেকে একজন পূর্ণব্যক্তি বছরে প্রায় ৪০ মিলিরনজেন বিকিরণ পায়, যা সমস্ত মহাজাগতিক রশ্মির তেজস্ক্রিয়তার সমান। কিন্তু পার্থক্য এই যে, মহাজাগতিক রশ্মি সমগ্র দেহে এবং বিশেষ করে যৌনকোষে আপতিত হয় আর হাতঘড়ি কেবল হাতে আঘাতে করে এবং যৌনকোষ থেকে অনেক দূরে থাকে। (পাঠক যদি দীপ্তিমান হাতঘড়ি ব্যবহার করে থাকেন, তবে তার উচিত হবে যখন বিছানায় ঘড়ি হাতে শোবেন তখন হাত শরীরাচ্ছাদনের বাইরে রাখা অথবা সীসার আবরণ ঘড়ির জন্য ব্যবহার করা।

৪। শিল্প ও বাণিজ্যিক ব্যবহার

শিল্প ও বাণিজ্যিক ক্ষেত্রে তেজস্ক্রিয়তার ব্যবহার উত্তরোত্তর বেড়ে চলেছে। এখানে তার কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া গেল।)

পেডোস্কোপ নামক যন্ত্র বেশ কিছুকাল থেকে জুতা বিক্রেতারা ব্যবহার করে আসছেন। এই যন্ত্র দিয়ে রঞ্জন রশ্মির প্রভায় পায়ের আকৃতি দেখে

www.pathagar.com

জুতা ফিট্ করান জুতা বিক্রেতারা। ভাগ্যিস, পায়ের পাতা যৌন অঙ্গ থেকে অনেক দূরে, তাই খরিদ্দারের ক্ষতি হওয়ার তত বেশী ভয় নেই; আর আধুনিকতম যন্ত্রগুলিতে ক্যান্সারের ঝুঁকি তো অনেক কম। দোকানের যে কর্মচারী এইরূপ যন্ত্র নিয়ে কাজ করেন সব সময়, অত্যন্ত সতর্কতা তার অবলম্বন করা উচিত।

বহুকাল থেকে শিল্প যন্ত্রপাতিতে চিড় খুঁজে বের করবার কাজে এক্সরের ব্যবহার চলে আসছে। আসলে একজন শ্রমিকই এই কাজ করে থাকে। তাকে অবশ্য কঠোর নিয়মাবলী নিষ্ঠার সাথে মানতে বাধ্য করানো হয় এবং নিজে আপনার গরজে বিশেষ সতর্কতা অবলম্বন করা উচিত।

যদি একটি দীর্ঘ পাইপে একটা সূক্ষ্ম ছিদ্র থাকে আর তাতে কোন তরল পদার্থ বইতে থাকে, তাহলে ছিদ্র অন্বেষণের সহজ উপায় হচ্ছে সামান্য উপযুক্ত তেজস্ক্রিয় পদার্থ চলমান তরল পদার্থে মিশিয়ে দেওয়া। কিছুক্ষণের মধ্যে তেজস্ক্রিয় পদার্থের ছোট্ট একটা স্তূপ জমা হবে ছিদ্রের চারপাশে; আর তখন যদি একটা গাইগার * টিউব পাইপ বরাবর টেনে নেওয়া যায় তবে এই ছিদ্রের কাছে এসে তার ক্লিকধ্বনি দ্রুততর হবে।

টেলিভিশন যন্ত্র থেকে সামান্য এক্সরে বেরিয়ে আসে, কিন্তু দর্শক সাধারণতঃ যে দূরত্ব থেকে দেখেন, তাতে বিকিরণগ্রস্ত হওয়ার আশঙ্কা নেই বলে অভিজ্ঞ লোকেরা একমত হয়েছেন। তবুও নির্দিষ্ট মহল দিবারাত্র সতর্ক দৃষ্টি রাখছেন যাতে কোন নির্মাতা বোকামী করে বিপদজ্জনক কিছু ঢুকিয়ে না দেন নিত্যনতুন মডেলগুলিতে। এই মহল আরও লক্ষ্য রাখেন, কতটুকু দূরত্ব থেকে টেলিভিশন দেখা নিরাপদ এবং শিশু দর্শকরা, যারা স্বতঃই হামাগুড়ি দিয়ে গ্রাহকযন্ত্রের একেবারে কাছে গিয়ে উঁকি দেয়, তারা বিশেষ ক্ষতিগ্রস্ত হয় কিনা। ভয়ের কথা এই যে, শিশুদের কচি তথা বর্দ্ধনশীল দেহকোষ বিকিরণপাতে অত্যধিক আহত হয়; ক্যান্সার রোগের কোষ ও কচি এবং বর্দ্ধনশীল বলেই না তা বিকিরণের সাহায্যে ধ্বংস করা যায়।

* গাইগার-টিউব এক প্রকার তেজমান যন্ত্র। শ্রাব্য এক প্রকার ক্লিক্ ধ্বনি করে এই যন্ত্র কোন বিকিরণের (তেজ) অস্তিত্ব প্রকাশ করে।

www.pathagar.com

৫। চিকিৎসা কাজে

বহুদিন যাবৎ চিকিৎসকরা রোগ নির্ণয় কাজে এক্সরে এবং তেজস্ক্রিয় পদার্থ ব্যবহার করে আসছে। সম্প্রতি তাঁরা পূর্ববর্ণিত পাইপে ক্রটি খোঁজার মত পদ্ধতিতে বিশেষ বিশেষ তেজস্ক্রিয় পদার্থ নিয়ে চিকিৎসা গবেষণা চালাচ্ছেন। অনেকদিন থেকে রোগ নির্ণয় কাজে এক্সরের ব্যবহার এত বেশী চালু হয়ে গেছে যে, আজকাল তাকে অবশ্য প্রযোজ্য বলে মনে করা হয়। এরূপ ধারণা কিন্তু বিপদজনক। HNR এর ১১৬ পৃষ্ঠায় প্রদত্ত 2k তালিকা থেকে রোগনির্ণায়ক এক্সরের সম্বন্ধে অতি অল্প সময়ে স্পষ্ট ধারণা লাভ করা যায়। সর্বদা মনে রাখতে হবে যে, একজন মানুষ বছরে সমগ্র প্রাকৃতিক উৎস থেকে গড়ে ১০০ মিলি রনজেনের যে বিকিরণ ভোগ করে, তা সর্বজন স্বীকৃত। এখানে তালিকার কিছু অংশ উদ্ধৃত করছি ঃ

	যৌন কোষে আপতিত তেজমাত্রা (মিলি রনজেন)		
পরীক্ষার বিষয়	পুরুষ	স্ত্রী	গর্ভবস্থায়, গর্ভস্থিত শিশু
মাথা	০·৮	০·২	০·২
কাঁধ	০·২২	০·০৩	·০৩
বুক, বড় ফিল্মে	০·৩৬	০·০৭	·০৭
বুক, মাস্‌রেডিওগ্রাফি	০·২৫	০·১৫	·১৫
বুক স্পেশাল	৩৭	৫·৪	৫·৪
তলপেট	৬৯	২০১	৫৮০
ব্ল্যাডার	২৭৯	৬৯০	২৬১০
পেলভিস	১১০০	২১০	৮০০
পাছা, ফিমার	৭১০	২১০	৮০০
লুম্বার স্পাইন	১২৯	৭১৩	৭১৩
স্যাক্রোইলিয়াক জয়েন্ট	১২৯	৭১৩	৭০০
পেলভিমেট্রি	—	১২৮০	২৬৮০

www.pathagar.com

এই তালিকায় দেখতে পাচ্ছেন যে, একজন পুরুষ একজন গর্ভবতী স্ত্রীলোককে তাদের স্যাক্রোইলিয়াক জয়েন্টে এক্সরে করা হয় তবে পুরুষটি এক ঝলকে যে বিকিরণ মাত্রা গ্রহণ করে - তা সারা বছরে সমস্ত প্রাকৃতিক উৎস থেকে যতটুকু পায়, তার থেকে কিছু বেশী, কিন্তু স্ত্রীলোকটি পায় প্রায় সাত গুণ আর তার গর্ভস্থিত শিশুটি পায় প্রায় ২৭ গুণ।

ব্যাপারটা আরও পরিষ্কার করে বুঝার জন্যে কয়েকটি প্রকাশিত রিপোর্টের কথা উল্লেখ করা যাক। দুইজন এফ্, আর, এস এবং দুইজন চিকিৎসক সমেত নয়জন বিজ্ঞানীদের লেখা "Fallout., (Mc Gibbon and kee, 1957, 12,6) নামক অতি উত্তম বইখানিতে গর্ভধারণ অবস্থায় এক্সরে দেওয়ার প্রতিফল নিয়ে আলোচনা করা হয়েছে। আলোচ্য কথিকাটি ১৯৫৬ সালের ১৬ই নভেম্বর প্রকাশিত রয়েল সোসাইটি অব প্রসেডিংস—এর পঞ্চাশ-তম খণ্ডের ২৫১ এবং ২৫২ পৃষ্ঠায় বর্ণিত পরীক্ষা কাজের একটি সমালোচনা মাত্র।

মোট ১৭২ জোড়া ছেলেমেয়েকে পরীক্ষা করা হয়। এদের প্রত্যেক জোড়ায় একজন করে শিশু ১০ বছরের মধ্যে হয় ক্যান্সার নয়ত লিউকোমিয়া রোগে মারা যায়, কিন্তু অবশিষ্ট সকলেই বেঁচে ছিল। প্রত্যেক জোড়ার উভয়ের পূর্ব ইতিহাস একই ডাক্তার নিয়েছিলেন। এই সমস্ত ইতিহাস থেকে মোটের উপর একটি মাত্র মহা পার্থক্য দেখা যায়। সেটা হচ্ছে ১০৭২ জন উদ্ববর্তিতের মধ্যে ৭৯ জন অর্থাৎ ৭·৪% মায়েরা গর্ভাবস্থায় এক্স-রে নিয়েছিল। যে ১০৭২ জন ক্যান্সার, লিউকোমিয়া (এক প্রকার ক্যান্সার সময় সময় যাকে রক্ত ক্যান্সার ও বলে) প্রমুখ রোগে মারা গিয়েছিল; তাদের মধ্যে ১৪৩ জন অর্থাৎ শতকরা প্রায় ১৩·৩ জন মায়েরাও গর্ভাবস্থায় এক্স-রে পেয়েছিল। 'Fallout' বইয়ের ৯০ পৃষ্ঠায় উল্লিখিত প্রাথমিক অঙ্গগুলি প্রথম ৫৪৭ জোড়া শিশুদের সম্পর্কে। সেখানে বলা হয়েছে যে, উদ্বর্তিতদের মধ্যে ৪৫ জন অর্থাৎ শতকরা প্রায় ৮·৩ জন মায়ের গর্ভাবস্থায় এক্স-রে করা হয়েছিল। মৃতের সংখ্যা ছিল ৮৬ অর্থাৎ প্রায় ১৫·৫%।

এই হিসাবগুলি ঠিক কি বলতে চায়? এ সম্পর্কে আমাদের সতর্ক হওয়া উচিত। গর্ভাবস্থায় এক্স-রে পাওয়ার ১০ বছর বয়সের মধ্যে ক্যান্সার অথবা লিউকোমিয়া রোগে মারা যাওয়ার সম্ভাবনা এতে দেখায় না।

www.pathagar.com

একমাত্র বিষয় যার প্রতি তারা আলোকপাত করে—তা হচ্ছে, ১০ বছর বয়সের মধ্যে ক্যান্সার ও লিউকোমিয়া রোগে মৃত্যু হওয়ার সম্ভাবনাকে গর্ভাবস্থার এক্স-রে বাড়িয়ে দেয় কিনা ? এ বিষয়ে অবশ্য তারা চূড়ান্ত সিদ্ধান্ত দিয়েছে। জন্মপূর্ব এক্স-রের মাত্রা মোটেই যদি বিপজ্জনক না হয় এবং আমরা যে অঙ্কটা পেয়েছি তা যদি দৈবক্রমে প্রাপ্ত অঙ্ক হয়, তবে সেটা আমাদের হিসাবে হাজির হওয়ার সম্ভাবনা কতটুকু ? এই 'সম্ভাবনা' হিসাব করা খুবই কঠিন। Fallout (তেজ-ক্রিয় ভস্মপাত) গ্রন্থ কেবল বলেছে যে, এই রকম বিরাট ব্যবধান আকস্মিক হতে পারে না। আমি অংক করে দেখেছি যে, এই রকম একটা রাশি দৈবক্রমে আসতে পারে—একবার যদি পরীক্ষাকাজের ৩৩০০ বার পুনরাবৃত্তি করা হয়। কাজেই দেখা যাচ্ছে ক্যান্সার অথবা লিউকোমিয়া প্রভৃতি রোগে মারা যাওয়ার সম্ভাবনাকে মাতৃ এক্স-রে ভোগ বাড়িয়ে দেয় না—এমন সম্ভাবনা ৩৩০০ মধ্যে মাত্র ১। আমার এই হিসাব একজন উপযুক্ত অভিজ্ঞ লোক দিয়ে পরীক্ষা করিয়েছি-লাম তিনি নির্ভুল বলে মন্তব্য করেন।

১০৭২ জোড়ার জন্যে অনুরূপ অঙ্ক করে দেখা গেছে যে, এই 'সম্ভাবনা' ৭৫০০ এর মধ্যে একের চেয়েও কম। উভয় ক্ষেত্রেই এই হিসাবের অর্থ হলো নিশ্চিতের কত কাছে পৌঁছানো যায়। আমি বেশ জোর দিয়ে বলতে চাই যে, এর অর্থ এই দাঁড়ায় না যে, কেউ জন্ম পূর্ব এক্স-রে ভোগ করে নি।

যদিও কোন কোন প্রকার ক্যান্সার গ্রস্ত মৃত্যু হার বেড়েছে তথাপি বর্তমানে ডাক্তাররা শিশুর গর্ভবাস কালীন অবস্থান সম্পর্কে সঠিক অবহিত হওয়ায় গর্ভকালীন এক্স-রে থেকে মৃত্যুর হার অনেক বেশী কমেছে। কিন্তু তবুও ক্যাসারের কথা ভুললে চলবে না।

ক্যান্সার চিকিৎসা সম্পর্কে দ্বিতীয় অধ্যায়ে যা বলেছি, তা সমগ্র ঘটনার সারাংশ মাত্র। এক্স-রে এবং তেজস্ক্রিয় পদার্থ সমূহ (যাদের কাহিনীর আদিতে রয়েছে রেডিয়াম) ক্যান্সার চিকিৎসায় ব্যবহৃত হয়।

বর্তমানে উহণ্ডস্কেল কিংবা আধুনিক কোন আণবিক শক্তিকেন্দ্রে উৎপাদিত কোবাল্ট—৬০ এর মত তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ একাজে নিয়োজিত হচ্ছে ; কারণ তা সহজলভ্য কিন্তু (ব্রিটিশ) স্বাস্থ্য বিভাগ একটি কোবাল্ট—৬০ উৎপাদন যন্ত্র বসাবার জন্য ৩০,০০০ পাউণ্ড যোগাড় করতে পারছেন না। রোগর্ণিনয়,

www.pathagar.com

চিকিৎসা এবং গবেষণা ক্ষেত্রে এক্স-রে এবং তেজস্ক্রিয় পদার্থসমূহের চলতি ব্যবহার আজও (১৯৫৭) অস্পষ্ট। কিন্তু দিন দিন অবস্থা এমনি দাঁড়াচ্ছে যে, কোন কোন ডাক্তার, রোগী এমন কি কোন কোন গবেষকরা বিপদ সম্পর্কে একেবারে স্বচ্ছন্দ ভাব প্রকাশ করে থাকেন।

এই সব ডাক্তার এবং বৈজ্ঞানিকদের খুব বেশী দোষ দেওয়া পাঠকের উচিত হবে না। তাঁরা নিজেরাই আস্তে আস্তে রোগী বনে যান। ডাক্তার, রোগী আর বৈজ্ঞানিক প্রত্যেকেই মানুষ, আর মানুষ মাত্রেই কমবেশী নির্বোধ—তাতে সন্দেহ নেই।

এক্স-রে এবং রেডিয়ামের যারা অগ্রণী, তারা হয়তো বড় বেশী নির্বোধ ছিল। অজানা শক্তিকে ভয় এবং ভক্তির সাথে নাড়াচাড়া করবেন, তা না করে কিনা বিপদকে বুড়ু আঙুল দেখাতেন। ওয়েষ্ট কোটের পকেটে মারাত্মক রেডিয়ামের পুট্‌লি নিয়ে তাঁরা স্বচ্ছেন্দ ঘুরে বেড়াতেন। এরা তাঁদের সবরকমের আগন্তুকের প্রতি তেজস্ক্রিয়তার (এক্স-রে) উৎস হয়ে থাকেন, অবশ্য যারা মাঝে মাঝে কেবল দেখা করতে আসেন, তাদের বিশেষ ক্ষতির সম্ভাবনা নেই। তাঁরা অবিলম্বে নিজেদেরকে বড় যন্ত্রণাদায়ক মৃত্যুর হাতে সঁপে দেন।

প্রায় ১৯২৫ সাল থেকে এক্স-রে এবং তেজস্ক্রিয়তার কর্মীদের জন্যে 'সহন সীমা' নির্ধারণের কাজ শুরু হয়েছে। যতই বছর যাচ্ছে এই 'সহন সীমা' ততই নেমে আসছে নীচের দিকে। বর্তমানে (১৯৫৭) মেডিক্যাল রিসার্চ কাউন্সিল এক সত্য সন্ধানী অভিযান শুরু করেছেন। এর ফলাফল প্রকাশিত হলে তা সকলের মনোযোগ আকর্ষণ করবে। যে সব লোক আইয়নাইজিং বিকিরণের কবলে পড়েছেন তাদের রক্ষার জন্যে সম্প্রতি (১৯৫৭) মহারাণীর ষ্টেশনারী অফিস এক চমৎকার code of Practice বের করেছেন। ৮ শিলিং মূল্যের বিনিময়ে যে কেউ উক্ত পুস্তিকা এই অফিস থেকে সংগ্রহ করতে পারেন। এতে অবশ্য শুধু তেজস্ক্রিয়তার কর্মীদেরই ব্যবস্থা দেওয়া হয়েছে। অভিজ্ঞ লোকদের দিয়ে আরও অনেক গবেষণা কাজ চালানো হচ্ছে এবং তেজস্ক্রিয় ভস্ম সরিয়ে ফেলার সম্বন্ধেও মহারাণীর ষ্টেশনারী অফিসের উচিত যথাশীঘ্র অনুরূপ নোট বের করা।

www.pathagar.com

[পৃথিবীতে আর কোন দিন আণবিকযুদ্ধ যদি নাও
হয় তবুও মানুষের ভবিষ্যৎ নির্ভর করছে এই
শেষোক্ত সমস্যাটির সমাধানের উপর।]

তাঁরা আরও অনুসন্ধান চালাচ্ছেন টেলিভিশন থেকে এক্স-রে, হাতঘড়ির ডায়াল থেকে বিটা ও গ্যামা-রে, পেডোস্কোপ, ডাক্তারদের দুর্দশা এবং রোগনির্ণায়ক ও রোগমুক্তিকারক তেজস্ক্রিয় পদার্থ শরীরে নিয়ে মরে গেছেন অথচ তাদের মৃতদেহ থেকে আজও বিকিরণ আসছে, তাদের সরিয়ে ফেলা নিয়ে ইত্যাদি ইত্যাদি। যত দিন যায় টেক্‌নিক্‌ তত সুন্দর হয়। ১৮৯৮ সালে তলপেটে এক্স-রে করলে চামড়ায় তেজমাত্রা পাওয়া যেত ১৫০০ রনজেন; ১৯৩৮ সালে এই মাত্রা হয় ১·৪২ রনজেন; ১৯৩৯ সালে ০·৮, ১৯৫০ সালে ০·২৫ এবং ১৯৫২ সালে ০·১৩ রনজেন। এই শেষোক্ত মাত্রাটি মনে হয় নারী ও পুরুষের দেহে প্রাপ্ত অঙ্কের গড়, কারণ MRC এর রিপোর্ট-এর ৩৫ পৃষ্ঠার তালিকায় প্রত্যেক পুরুষ ০·০৬৯ রনজেন এবং প্রত্যেক নারী ০·২ রনজেন করে বিকিরণ ভোগের কথা বর্ণিত হয়েছে।

১৯৩১ সালে সপ্তাহে ১·৪ রনজেনকে নিরাপদ মাত্রা মনে করা হোত পেশাদার বিকিরণ ভোগীদের জন্যে। ১৯৩৬ সালে এই মাত্রা ছিল ০·৭ রনজেন, ১৯৫০ সালে ০·৩ এবং ১৯৫৭ সালে (যুক্তরাষ্ট্রে) ছিল ০·১ রনজেনের ঠিক নীচে।

৬। কৃষি ও খাদ্য

এদিকের সমস্যাবলীও চিকিৎসা সমস্যার অনুরূপ। আজকাল ফসলের রোগনির্ণয় কাজে ও তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ প্রচুর ব্যবহার করা হচ্ছে। এই প্রচেষ্টা সমস্তবতঃ খুব প্রয়োজনীয়। এ কাজও মনে হয় মোটামুটি ক্ষতিহীন; কারণ এতে খুব সামান্য পরিমাণ আইসোটোপ ব্যবহার করতে হয়।

কিন্তু পরিস্থিতিটা দুটো প্রত্যক্ষ কারণে বিশেষ মনোযোগের সাথে পর্যবেক্ষণ করা দরকার, যা প্রায়ই উপেক্ষা করা হয়ে থাকে। এক হচ্ছে মানুষ তথা বিশেষ বিশেষ বিজ্ঞানীদের সচ্ছন্দ বোকামী আর পরিসংখ্যান-বিদদের প্রয়োজনীয়তা। কতকগুলি কাজ আপনা থেকেই 'ঠিক' এবং আর

www.pathagar.com

কতকগুলি আপনা থেকে 'বেঠিক' এই ধারণা বদলে ফেলে যদি আমরা ভাবতে শিখি—যে কোন কাজ 'ঠিক' কি 'বেঠিক' তা নির্ভর করে কিভাবে কাজটা করা হচ্ছে তার উপর, তাহলে বোধহয় সব গোলমাল চুকে যায়।

আগেকার দিনে যখন নতুন কোন ধরনের কাজ প্রথম প্রস্তাব করা হতো আমরা তখন ভাবতাম যে, একাজ হতে দেওয়া উচিত নয়, যতদিন না আমরা নিঃসংশয়ে জানতে পারতাম যে, এতে কোন অমঙ্গল লুকিয়ে নেই। (উদাহরণ স্বরূপ, মোটর গাড়ী প্রথম প্রচলনের সময় মানুষ তার সামনে দিয়ে চলবার সময় লাল পতাকা বহন করে নিয়ে যেতো)।

আজকালকার দিনে আমরা মনে করি, কাজটা চলতে থাকুক যতদিন না কাজটা বিপজ্জনক বলে নিশ্চিত প্রমাণিত হয়। এই মনোভাব আমাদের বিপদকে বাড়িয়ে যতই আমাদের সম্পদ ক্ষমতায় বৃদ্ধি পাচ্ছে।

এই মনোভাব পরিসংখ্যানবিদদেরও মানায়, যাদের আমরা দোষ দিতে পারি না এই জন্যে যে, তারা তাদের হিসাব নির্ভুল দেখতে ভালবাসে আর চ্যালেঞ্জ করলে প্রতিরক্ষা করতে জানে।

কোন এক শ্রেণীভুক্ত কতকগুলি পীড়িত এবং অন্য এক শ্রেণীভুক্ত আর কতকগুলি লোক আরও বেশী পীড়িত, এই দুই বিশেষ গ্রুপের মধ্যে প্রার্থক্য নিয়ে মাথা ঘামাতে পরিসংখ্যানবিদরা ইচ্ছুক নয়। যারা এখনও জীবিত আছে আর যারা মরে গেছে এ দুই শ্রেণীর তুলনামূলক হিসাবই তাদের আকাঙ্ক্ষিত বিষয়। তাদের মতে যারা 'পীড়িত' আর যারা 'আরও পীড়িত' এদের মধ্যে লক্ষণীয় কোন পার্থক্য নেই; কিন্তু যারা রোগাক্রান্ত হয়ে মরে গেছে আর যারা বেঁচে আছে এখনও এদের মধ্যেই কেবল পার্থক্য লক্ষণীয়। সুতরাং কীটনাশক নতুন কোন ঔষধ যদি প্রথম চালু করবার দরকার হয়, তবে স্প্রেকারী দু'একজন হতভাগ্য কৃষক তাতে মারাও যেতে পারে। কিন্তু আজকালকার চিন্তাধারা মতে 'তাতে ভাববার কিছু নেই, মরতে দাও যতক্ষণ না মৃতের সংখ্যা বেশ একটা মোটা অঙ্কে না দাঁড়ায়।' তখনই কেবল পারিসংখ্যানাবিদরা অফিসে বসে হিসাব করবার মত বেশ কিছু সুস্বাদু মাংস পেয়ে চর্বণ শুরু করতে পারেন।

www.pathagar.com

কীটনাশক ঔষধ কেউ (এখনও?) ইচ্ছাকৃতভাবে তেজস্ক্রিয় করে বানায় না। কিন্তু দুগ্ধ শুদ্ধিকরণ, খাদ্য সংরক্ষণ এবং বীজনিরোগকরণ প্রভৃতি কাজে তেজস্ক্রিয়তার ব্যবহারের আভাষ পাওয়া গেছে। এসমস্ত ব্যবহারের ফলাফলের প্রতি তীক্ষ্ণ দৃষ্টি রাখাই বোধহয় সবচেয়ে উচিত, আর একজন মানুষও ঘুরতে থাকুক লাল পতাকা নিয়ে এদের সাথে সাথে—বারবার ঘুরুক—যেখানেই তেজস্ক্রিয়তাকে কাজে লাগানো হচ্ছে তার সামনে দিয়ে।

৭। পাথুরে কয়লার আগুন আর কুয়াশা

দীর্ঘজীবী ইউরেনিয়াম ধাতু খুব সচরাচর পাওয়া যায়। তার অর্ধায়ু (ইউরেনিয়াম—২৩৮ এর, যা প্রাকৃতিক রেডিয়ামের শতকরা নব্বই ভাগের জনক) প্রায় ৪৫০ কোটি বছর। এই দীর্ঘ সময় পৃথিবীর বয়স থেকেও লম্বা, সুতরাং বলা যেতে পারে যে, যতখানি ইউরেনিয়াম—২৩৮ ধাতু বুকে নিয়ে পৃথিবী জন্মেছিল তার অর্ধেকেরও বেশী আজও আছে। প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় পদার্থসমূহে যে কয়েকটি ক্ষয় শৃঙ্খল আছে তাদের মধ্যে একটি দীর্ঘ—শৃঙ্খলের শীর্ষে এই ধাতুর স্থান। এই সমস্ত ক্ষয়জাত পদার্থসমূহের কোন কোনটি স্বল্পস্থায়ী হলেও তারা সর্বদা আমাদের চারিদিকে বিরাজমান কারণ সাধারণ কথায় বলতে গেলে গোষ্ঠীর জনক ইউরেনিয়াম চিরজীবী আর সন্তানরা তাই অবিরত জন্ম নিচ্ছে আর মরছে।

এই পরিবারের পঞ্চম সন্তান হলো রেডিয়াম এবং র‍্যাডন গ্যাস হচ্ছে ষষ্ঠ। রেডিয়ামের অর্ধায়ু প্রায় ১৬২২ বছর এবং র‍্যাডনের ৪ দিনের কিছু কম। কাজেই আমাদের পায়ের নীচের এই মৃত্তিকা থেকে ইউরেনিয়াম—রেডিয়াম গোষ্ঠির বিশেষ সন্তান র‍্যাডন গ্যাস অবিরত ভূমিসংলগ্ন বায়ুতে মিশছে, আর আমরা সেই বায়ুতে নিশ্বাস নিয়ে থাকি।

HNR (১৯৮) এর মতে বায়ুতে মিশ্রিত র‍্যাডনের পরিমাণ প্রায় ০·৩ মাইক্রোমাইক্রোকুরি প্রতি লিটারে গ্রামাঞ্চলের বায়ুতে। আমরা নিরত এতে নিশ্বাস নিচ্ছি বলে ভয় পাবার মত খুব বেশী কিছু নেই।

পাথুরে কয়লায় যথেষ্ট পরিমাণ ইউরেনিয়াম ধাতু থাকে। কয়লা পুড়লে তাই র‍্যাডন গ্যাস বায়ুতে গিয়ে মিশে ধোঁয়ার সাথে। HNR হিসাব করে দেখিয়েছে যে, (লণ্ডন) শহরের বায়ুতে গ্রামাঞ্চলের বায়ুর তুলনায় গড়ে

www.pathagar.com

প্রায় দশ গুণ র‍্যাডন (আণবিকবোমা, হাইড্রোজেন বোমা এবং উইণ্ড-স্কেলের মত কোন আণবিক চুল্লীর কারসাজি এতে মোটেই নেই) থাকে।

আমরা যতদূর বলতে পারি বিস্তৃত সীমারেখার মধ্যে বিচার করলে এই গড় হিসাব সত্য কিনা তা বলা বেশ শক্ত, HNR ও অবশ্য এ সম্বন্ধে কোন ইঙ্গিত দেয় নি। সুইডেনবাসী পদার্থবিদ, সিবার্ত ১৯৫১ সাল থেকে সমগ্র সুইডেনের ৬টি কেন্দ্রে তেজস্ক্রিয়তার জরিপ কাজ চালান। তার হিসাব অনুযায়ী বায়ুর তেজস্ক্রিয়তা হাজার গুণ উঠানামা করতে পারে। তিনি হয়তো 'ছেলারে, আবদ্ধ বদ্ধ বায়ুকেও হিসাবের মধ্যে গণ্য করেছিলেন।

আমরা আগেই জেনেছি যে, লণ্ডনের বায়ুতে গ্রামাঞ্চলের বায়ুর চাইতে অনেক বেশী র‍্যাডন থাকে। কুয়াশাচ্ছন্ন আবহাওয়ায় শহরের সব র‍্যাডন গ্যাস বায়ুমণ্ডলে আটকা পড়ে যায়; কুয়াশা মুক্ত দিনে যেমনটি ছড়িয়ে পড়তে পারে, তেমন আর পারে না। আমরা আরও জানি যে, লোকেরা কুয়াশার দিনে আগুন (ঘর গরম করার জন্য) শীতের দেশের লোকেরা যে আগুন জ্বেলে রাখে ঘরের মধ্যে চুল্লীতে) নিবিয়ে দেয় না। সেকারণে আরও বেশী র‍্যাডন জমা হয় কুয়াশাচ্ছন্ন নিম্নস্তরের বায়ু মণ্ডলে। যদি কুয়াশাচ্ছন্ন প্রভাতে লণ্ডনে র‍্যাডন মাপা হয় (আমি যখন এই বই লিখি, তখন এ পরিমাপের ফলাফল জানতে পারি নি) এবং প্রকাশিত হয় তবে নিঃসন্দেহে একটা ভাল কাজ করা হবে।

www.pathagar.com

www.pathagar.com

পঞ্চম অধ্যায়

পারমাণবিক বিস্ফোরণ

১। সাধারণ আলোচনা

বর্তমানে (১৯৫৭ সালে) তিন প্রকারের সম্ভাব্য পারমাণবিক বোমা আছে। এদের কোন একটি কুশলতার দিক থেকে যদিও সম্ভব, তবুও ব্যবহার করা হবে না বলে আমরা যথেষ্ট আশা পোষণ করি। প্রত্যেক প্রকারের বোমা চার রকম জায়গায় বিস্ফোরণ করা যায় : যথা, ঊর্ধে-বায়ুমণ্ডলে, ভূপৃষ্ঠে, সমুদ্রগর্ভে এবং ভূগর্ভে। আবার প্রত্যেক প্রকারের বিস্ফোরণের সাথে চার প্রকারের বাহ্যিক বিপদ শুরু হয় যথা, প্রবল বাত্যা, যার প্রকোপে বাড়িঘর ভূমিস্মাৎ হয়ে যায়; উত্তাপ যা সবকিছুতে আগুন-ধরিয়ে দেয়; পামাণবিক বিকিরণ (প্রধানতঃ গ্যামারশ্মিও নিউট্রন) যা সাথে সাথেই শুরু হয় এবং পারমাণবিক ভস্ম থেকে বিকিরণ (গ্যামারশ্মিও)। প্রথম তিন প্রকারের বিপদ যথা, বাত্যা, উত্তাপ এবং পরমাণুকেন্দ্রিক বিকিরণ, স্থায়ী হয় এক মিনিটকাল আর কয়েক মাইলের মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে। কিন্তু চতুর্থটি তেজস্ক্রিয় অবশেষের বিকিরণ চলে বহু বছর ধরে, বিস্তৃত এলাকা জুড়ে। আর সেই জন্যেই প্রাকৃতিক 'পারিপার্শ্বিক বিকিরণ মাত্রা' বেড়ে যায়।

২। পারমাণবিক বোমা অর্থাৎ 'বিভাজন বোমা'

প্রায় ৫০ বছর আগে প্রখ্যাত বিজ্ঞানী আইনস্টাইন তার আপেক্ষিক তত্ত্বের মধ্য থেকে একটি নতুন সমীকরণ বের করলেন। এই সহজ, সরল সমীকরণটি হচ্ছে, $E=Mc^2$ [অর্থাৎ শক্তি = ভর × (আলোর গতি]^2

উক্ত সমীকরণে c এর অর্থ হচ্ছে 'আলোর গতি' যার মান ৩×১০^{১০} অর্থাৎ ৩০০০ কোটি সেন্টিমিটার সেকেণ্ডে এবং m এর অর্থ কোন বস্তু যাকে শক্তিতে পরিণত করতে চান তার 'ভর'। আলোর গতির একক সেন্টিমিটার প্রতি

www.pathagar.com

সেকেণ্ডে এবং ভর এর একক গ্রাম নিলে, শক্তির একক বের হয় এক প্রকার এককে, যাকে আমরা বলি 'আর্গ'। আর্গ' খুব ছোট ইউনিট তাই কেবল পদার্থবিদরা ছাড়া আর সকলেই বিশেষ পছন্দ করেন না। আপনি যদি এক পাউণ্ড ওজনের একটা জিনিস মেঝে থেকে ২ ফুট ৬ ইঞ্চি উঁচু টেবিলে তোলেন তাহলে প্রায় ৩ কোটি আর্গ' 'কাজ' করলেন। আর যদি সাধারণ এক পিণ্ট কেট্লী ভর্তি পানি ফুটাতে চান, তবে প্রয়োজনীয় উত্তাপ সরবরাহ করতে আপনাকে প্রায় ৩০ লক্ষ কোটি আর্গণ শক্তি ব্যয় করতে হবে। উদাহরণ দু'টির দ্বিতীয়টিতে প্রথমটির চাইতে লক্ষ গুণ বেশী শক্তি লাগছে।

খানিকটা 'ব্যবহারিক কাজ'কে উত্তাপে পরিণত করালে আপনি দেখবেন আপনার বাঞ্ছিত পরিমাণের অনেক কম পেয়েছেন। প্রকৃতির এই নীতি অদ্ভুত; কিন্তু আইনস্টাইনের সমীকরণটি আরো বেশী অদ্ভুত। এর সাহায্যে দেখা যাক এক গ্রাম কঠিন বস্তুকে নিঃশেষে শক্তিতে পরিণত করলে, কত 'আর্গ' মেলে।

শক্তি=ভর $\times$ (আলোর গতি)^২ $=(১ \times ৩ \times ১০^{১০} \times ৩ \times ১০^{১০})$ আর্গ; মানে নব্বই লক্ষ কোটি আর্গ। আমরা আগেই জেনেছি যে, এক কেট্লী পানি ফুটাতে ৩০ লক্ষ কোটি আর্গ উত্তাপ লাগে। সুতরাং এক গ্রাম বস্তু নিঃশেষিত শক্তি দিয়ে প্রায় ৩০ কোটি কেটলী পানি ফুটাতে পারা যায়। কি সাংঘাতিক ব্যাপার, তাই না! এই বিপুল উত্তাপ বিশ হাজার টন অর্থাৎ এক বিশ কিলোটন T-N-T-এর বিস্ফোরণজনিত উত্তাপের সমান। ১৯৪৫ সালের ৬ই আগষ্ট হিরোশিমায় নিক্ষিপ্ত পারমাণবিক বোমাটিতেও তুল্য উত্তাপ সৃষ্ট হয়েছিল।

আইনস্টাইন বুঝতে পেরেছিলেন যে, তার'ই সমীকরণ মানুষের কাছে কি রহস্যের দ্বারউদঘাটন করতে পারে। তাই হিট্লারের যুদ্ধের প্রথমদিকে তিনি বিষয়টি প্রেসিডেণ্ট রুজভেল্টের দৃষ্টিতে আনয়ন করেন। কারণ তিনি ভয় পেয়েছিলেন যে, জার্মানী হয়তো সর্বাগ্রে আণবিক বোমা পেয়ে যেতে পারে। কাজেই ব্যবস্থা করা হলো নরওয়েতে অবস্থিত জার্মান ভারী পানির কারখানা অবরোধ করার। কারণটা এত জটিল যে, এখানে বলা সম্ভব না, তবে এটুকু বলা যায় যে, তা আণবিক বোমা তৈরীর কাজে জার্মানরা নিয়োগ করাতে পারতো বলে।

www.pathagar.com

হিরোশিমার বোমাটি 'বিভাজন বোমা' ছিল। এরূপ নামকরণের অর্থ কি? যারা আইনসটাইনের সমীকরণের সাধারণ তাৎপর্যটুকুও বুঝতে পেরেছেন, তাঁরাও এ প্রশ্নের জবাব নির্বিঘ্নেই বুঝবেন।

পদার্থ ধ্বংস হলে পরিবর্তে শক্তি নিঃসরিত হয়; আর নিঃসরিত শক্তি উত্তাপ আকারে প্রকাশ পায়। অক্সিজেন—১৬ এর পরমাণু কেন্দ্রে ১৬টি কণিকা আছে। তার মধ্যে ৮টি প্রোটন এবং ৮টি নিউট্রন। তার ওজন হচ্ছে ১৬ পারমাণবিক ভর ইউনিট সংক্ষেপে AMU (atomic mass unit)। ইউরোনিয়ামের দুষ্প্রাপ্য (১৪০টি সাধারণ ইউরেনিয়াম পরমাণুর মধ্যে একটি মাত্র $U^{২৩৫}$) আইসোটোপ ইউরেনিয়াম —২৩৫, একটা অতি অদ্ভুত জিনিস। যেহেতু সকল প্রকার ইউরেনিয়ামেই ৯২টি প্রোটন থাকে, সেহেতু ইউরেনিয়াম ২৩৫কে $^{২৩৫}_{৯২}U_{১৪৩}$ —এই প্রতীক দিয়ে আমরা প্রকাশ করি। কারণ এতে ২৩৫টি নিউক্লিয়ন বা কেন্দ্রিন কণিকা আছে, তার মধ্যে ৯২টি প্রোটন এবং বাকী ১৪৩টি নিউট্রন।

যদিও ১৬টি কণিকা বিশিষ্ট অক্সিজেন—১৬ এর ওজন ১৬.০০০ পারমাণবিক ভর ইউনিট, তথাপি ২৩৫ কণিকাবিশিষ্ট ইউরেনিয়াম—২৩৫ ওজন কিন্তু ২৩৫.০০০ ভর ইউনিট নয়। এর প্রকৃত ওজন ২৩৫.১১৭ পারমাণবিক ভর ইউনিট। প্রশ্ন হচ্ছে, কেন? উত্তরে বলতে হয়, অক্সিজেনের নিউক্লিয়ন প্রতি বরাদ্দকৃত শক্তির চেয়ে ইউরেনিয়ামের নিউক্লিয়ন প্রতি শক্তি বেশী।

মনে করুন, ইউরেনিয়ামের ভারী কেন্দ্রটি কোনক্রমে দুইটি প্রায় সমান ভাগে ভেঙ্গে গেল; ধরুন, একটি হলো প্যালাডিয়াম —১১০($^{১১০}_{৪৬}Pd$) এবং অপরটি প্যালাডিয়াম—১০৬ ($^{১০৬}_{৪৬}Pd$) এবং বাকী রইল ১৭টি নিউট্রন (আমি মনে করি না যে ঠিক এই প্রতিক্রিয়াই ঘটবে, তবে আসল ঘটনা অনুরূপ হবে তাতে কোন সন্দেহ নেই; আর উল্লিখিত পরমাণু কেন্দ্র দু'টির ওজন নির্ভুলভাবে জানা আছে বলেই এদের আমি উদাহরণ দেওয়ার জন্য নিয়েছি)।

আমরা জানি যে, প্যালাডিয়াম ১১০ পরমাণু কেন্দ্রের ওজন ১০৯.৯৪১ A.M.U. প্যালাডিয়াম ১০৬ কেন্দ্রের ওজন ১০৭.৯৩৬৯ A.M.U. আর বাকী

www.pathagar.com

১৭টি নিউট্রনের ওজন (এক একটির ওজন ১·০০৮৯৮২) ১৭·১৫২৭ A.M.U. ; সবগুলি যোগ করলে—

১০৯·৯৪১০ A.M.U.
১০৭·৯৩৬৯ A.M.U.
১৭·১৫২৭ A M.U
২৩৫·৫৩০৬ A.M.U.

অতএব, মূল ইউরেনিয়াম নিউক্লিয়াসের ওজন থেকে টুকরোগুলোর সমষ্টিগত ওজন (২৩৫ ১১৭০ − ২৩৫·০৩০৬) = ০·০৮৬৪ A.M.U. কম হয়ে যাচ্ছে। এই ওজনটুকুর সমান বস্তু গেল কোথায়? উত্তর হলো, এটুকু শক্তিতে পরিণত হয়েছে। এসমস্ত ব্যাপারে খুব বেশী কিছু আসতো যেত না যদি না U^{235} এর আর কোন অদ্ভুত ধর্ম না থাকতো ; যেগুলি আমরা এখনও গণ্য করি নাই।

যদি বাইরে থেকে একটি অতিরিক্ত নিউট্রন এসে ইউরেনিয়াম কেন্দ্রে আশ্রয় নেয় তবে তৎক্ষণাৎ তার অস্থায়ীত্ব এত দ্রুত এসে যায় যে, নিউক্লিয়াসটি বিভক্ত হয়ে পড়ে। সাধারণতঃ দুইটি ছোট নিউক্লিয়াস এবং দুই কিংবা তিনটি নিউট্রন উৎপন্ন হয় এই বিপর্যয়ে, এই অবস্থাকে বলে 'বিভাজন'। U^{235} কে বিভাজিত করতে হলে 'মন্থর নিউট্রন' আর U^{238} এর বেলায় 'দ্রুত নিউট্রন ব্যবহার করতে হয়।

এইসব অদ্ভুত বৈশিষ্ট্যের পরিণাম এই যে, এক টুকরো খাঁটি ইউরেনিয়াম ২৩৫ আকারে এমন ছোট হয় যে, কতকগুলো বহিরাগত নিউট্রন শোষণ করে সাথে সাথে বিভাজন ঘটিয়ে সেখানে যে নিউট্রন তৈরী করে, তার সংখ্যা 'বহিরাগতদের' চেয়ে হয়, তখনই কেবল টুকরোটি টিকে থাকবার অধিকার পায়। কিন্তু যদি টুকরোটি নির্দিষ্ট আকারের চেয়ে বড় হয় তখন প্রত্যেক বিভাজন প্রতিক্রিয়ায় শোষিত নিউট্রন সংখ্যার চেয়ে নবজাতদের সংখ্যা বেশী হয়, (অথবা গড়পড়তা কমপক্ষে একটির বদলে একটি নিউট্রন জন্মায়) তবে প্রতিক্রিয়া অতিদ্রুত বেড়েই চলবে যতক্ষণ না সমস্ত ইউরেনিয়াম পরমাণু কেন্দ্রগুলি নিঃশেষ হয়ে যায় ভেঙ্গে। এই দ্রুত ভাঙ্গন ক্রিয়াকে বলে 'শৃঙ্খল প্রতিক্রিয়া'। ইহাই 'বিভাজন বোমার প্রক্রিয়া।'

www.pathagar.com

প্রথমদিকে জানা গিয়েছিল যে, শৃঙ্খল প্রতিক্রিয়া শুধু $U^{২৩৫}$ এ সম্ভব; সেজন্য প্রাকৃতিক ইউরেনিয়ামে, যেখানে শতকরা ৯৯ ভাগ $U^{২৩৮}$ এর সাথে অতি সামান্য $U^{২৩৫}$ থাকে, তা অতি কষ্টে এবং ব্যয় সাপেক্ষে আলাদা করে নেওয়া হোত। প্লুটোনিয়াম—২৩৯, আর একটি বিভাজন প্রবণ পরমাণু। প্রকৃতিতে উল্লেখযোগ্য পরিমাণে পাওয়া যায় তবে কোন কোন আণবিক যন্ত্রে (যেমন উইণ্ডস্কেলের যন্ত্রটি) প্লুটোনিয়াম তৈরী হয়। এখন বিস্ফোরণ ঘটানোর পদ্ধতি হচ্ছে, $U^{২৩৫}$ অথবা $Pu^{২৩৯}$ অথবা এমনি সব পদার্থের দুই বা ততোধিক ছোট ছোট টুকরা, যাদের কোনটিই একাকী বিস্ফোরিত হয় না, দ্রুতগতিতে এক বড় আকারের স্তূপে পরিণত করানো, যা আপনা থেকেই শৃঙ্খল প্রতিক্রিয়ায় বিস্ফোরণ ঘটায়।

১৯৪৫ সালে যে দুইটি বোমা নিক্ষেপ করা হয়েছিল, তাদের মধ্যে হিরোশিমা বোমাটি $U^{২৩৫}$ এবং নাগাসাকিরটি $Pu^{২৩৯}$ দিয়ে তৈরী হয়েছিল। কেউ হয়তো আশঙ্কা করতে পারেন যে, প্রথমটি নিক্ষিপ্ত হওয়ার মাত্র কয়দিন পরে দ্বিতীয়টি ফেলার আসল উদ্দেশ্য হয়তো দুই প্রকার বোমার ধ্বংস ক্ষমতা তুলনা করা।

এই দুই প্রকারের বোমার প্রত্যেকটির বিস্ফোরণ ক্ষমতা ছিল ২০ হাজার টন T·N·T· এর সমান। আশ্চর্যের বিষয় এই যে, এই বিশ হাজার টন বা বিশ কিলোটন ক্ষমতার বোমাকে 'নামমাত্র আণবিক বোমা' এবং এর বিস্ফোরণ ক্ষমতাকে 'সামান্য' বলে অভিহিত করা হয়।

৩। 'নোংরা হাইড্রোজেন বোমা, অর্থাৎ একীভবন বোমা'

'একীভবন বোমা (fusion bomb)' প্রায় সম্পূর্ণ আলাদা এক সূত্রের উপর কাজ করে; কেবল তার ক্রিয়া একইভাবে আইনসটাইনের সমীকরণটি মেনে চলে মাত্র।

আমরা দেখেছি ২৩৫ নিউক্লিওন বিশিষ্ট $U^{২৩৫}$ এর ওজন ২৩৫·১১৭০ AMU অর্থাৎ নিউক্লিয়ন প্রতি ওজন এক পারমাণবিক ভর ইউনিট থেকে বেশী, কিন্তু প্যালাডিয়াম—১১০, যার ওজন ১০৯·৯৪১০ A.M.U. নিউক্লিয়ন প্রতি ওজন

www.pathagar.com

এক ইউনিট থেকে কম। ১৮০ নিউক্লিওনের চেয়ে অধিক সংখ্যক নিউক্লিওন যে সব পরমাণুকেন্দ্রে আছে, তাদের আমরা 'ভারী নিউক্লিয়াস' বলি। এদের বৈশিষ্ট্য হচ্ছে নিউক্লিওন প্রতি ওজন এক ইউনিটের বেশী। কিন্তু আশ্চর্যের বিষয় একই বৈশিষ্ট্য দেখা যায় 'লঘু নিউক্লিয়াস গুলির' যেগুলিতে ২৩ বা ২৪ এর কম সংখ্যক নিউক্লিওন থাকে। 'মাঝারি নিউক্লিয়াস' যথা ২৪ থেকে ১৭৯ নিউক্লিওন বিশিষ্ট নিউক্লিয়াসগুলিতে এক ইউনিটের কম ওজন থাকে।

তাহলে দেখা যাচ্ছে 'ভর' লুপ্ত হবার দুই প্রকার উপায় আছে। এই লুপ্ত ভর পরিশেষে শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। একটি 'ভারী নিউক্লিয়াসকে' বিভাজিত করে দুই কিংবা দুইয়ের বেশী 'মাঝারি নিউক্লিয়াস' পরিণত করা যায়, যেমনটি হয় বিভাজন বোমায়'। আবার কয়েকটি লঘু নিউক্লিয়াসকে একীভূত করে একটি অপেক্ষাকৃত ভারী নিউক্লিয়াস গঠন করা যেতে পারে। উদাহরণস্বরূপ. ডিউটেরিয়ামের (অর্থাৎ ভারী হাইড্রোজেন যার ওজন ২·০১৪৭৩৫ A.M.U.) কথা ধরা যাক। এর দুইটি নিউক্লিয়াসের মধ্যে থাকবে মোট ২টি প্রোটন এবং ২টি নিউট্রন এবং মোট ওজন হওয়া উচিত ৪·০২৯৪৭০ A.M.U.। হিলিয়ামের একটা সাধারণ পরমাণুতেও ($_2He^4$) কেবল দুইটি প্রোটন এবং দুইটি নিউট্রন থাকে, কিন্তু তার ওজন হচ্ছে ৪·০০৩৮৭৩ ইউনিট। অতএব ডিউটোরিয়ামের নিউক্লিওন প্রতি ওজন হয় ১·০১৭৩৬৭৫ আর হিলিয়ামের বেলায় নিউক্লিওন প্রতি ১·০০০৯৬৮২৫ ইউনিট। সুতরাং যদি এমন একটা প্রতিক্রিয়া ঘটানো যায়, যার শুরুতে নেওয়া হবে ডিউটোরিয়াম আর পরিশেষে তৈরী হবে হিলিয়াম, তাহলে শক্তিতে পরিবর্তিত হবার মত বেশ খানিকটা পদার্থ মিলবে। এমনি প্রক্রিয়াকে বলা হয় 'একীভূতকরণ' বা 'একীভবন'। অতি সহজ কথায়, অল্প আলোচনার মাধ্যমে জিনিসটা বুঝাবার জন্য এই উদাহরণ নেওয়া হয়েছে। আসলে এরূপ ঘটে না। তবে হাইড্রোজেন থেকে শুরু করে হিলিয়াম তৈরী হয় এমন প্রতিক্রিয়া সূর্য এবং নক্ষত্ররাজিতে ঘটছে অবিরত। আর তাদের থেকে বিকির্ণ শক্তি আমরা নিত্য ভোগ করছি।

'একীভবন,' 'বিভাজন' থেকে অনেক দিক থেকে সতন্ত্র। যথা :

(ক) এর একটি বোমায়, ঠিক একই ওজনের বিভাজন বোমার চেয়ে অনেক বেশী শক্তি উৎপাদন করে। কাজেই তার ধ্বংসলীলা প্রবলতর।

www.pathagar.com

(খ) একীভবন বোমার বিস্ফোরণের পরিমাণের কোন বাধা নিষেধ নেই, যেমনটি আছে বিভাজন বোমায় সেখানে যতখানি দাহ্য) দেওয়া হয় তার অর্ধেকখান দিলে নিজে থেকে আর বিস্ফোরিত হয় না।

(গ) একীভবন বোমা দৈনন্দিন সাধারণ পদার্থ প্রধানতঃ হাইড্রোজেন, এবং লিথিয়াম দিয়ে হয় অথচ বিভাজন বোমার জন্য $U^{২৩৫}$ অথবা $Pu^{২৩৯}$ এর মত অসাধারণ জিনিস লাগে।

(ঘ) বিভাজনের মত একীভবনের শুরুতে কয়েকটি নিউট্রন লাগে না, কিন্তু কয়েক লক্ষ ডিগ্রি উত্তাপ লাগে, যা সৃষ্টি করা দুরূহ ; সূর্য এবং নক্ষত্র ছাড়া অন্যত্র এত উচ্চতাপের সন্ধান মেলে না।

(ঙ) একীভবনের 'ভস্মপাতে' ষ্ট্রনশিয়াম—৯০ এর মত মারাত্মক জিনিস তেমন অধিক থাকে না. কাজেই যদি 'নিয়ন্ত্রিত একীভবন প্রতিক্রিয়া ঘটানো সম্ভব হয় তবে বিভাজন পদ্ধতিই হয়তো বিলোপ হয়ে যাবে আর পরিণামে আমাদের পৃথিবীটা সেই সাথে অধিকতর সুন্দর বাসস্থানে পরিণত হবে, অবশ্য সে সাথে যদি কোন বিভাজন প্রতিক্রিয়া আর ঘটতে না দেওয়া হয়।

আমরা যতদূর জানি ১৯৫৭ সাল পর্যন্ত প্রত্যেক হাইড্রোজেন বোমার অন্তরে একটা করে আণবিক বোমা স্থাপিত হতো। এর কাজ হচ্ছে হাইড্রোজেন বোমার একীভবন প্রতিক্রিয়ার জন্য অবশ্য প্রয়োজনীয় উচ্চতাপ সৃষ্টি করা।

প্রাথমিক হাইড্রোজেন বোমাগুলি, যেমন যুক্তরাষ্ট্র ১৯৫৪ সালের ১লা মার্চ বিকীনিদ্বীপে পরীক্ষা করেন, তাতে বিভাজন বোমাকেই শুধু দাহ্য হিসাবে তার অভ্যন্তরে বসানো হয়নি বরং বহির্ভাগে একটি স্বতন্ত্র আবরণে $U^{২৩৮}$ ভর্তি করা হোত।

$U^{২৩৮}$ কেবল তখনই বিভাজিত যখন তার অভ্যন্তরে একটি একীভবন বোমা ক্রিয়াশীল থাকে। উল্লিখিত বোমার তিনটি পর্যায় আলাদাভাবে বুঝার জন্য সংক্ষিপ্ত করে বলা হয়, বিভাজন—একীভবন—বিভাজনের পরিবর্তে F F F (অর্থাৎ Fission Fusion Fission) এবং অন্য দুইটি পর্যায় যথা—বিভাজন

www.pathagar.com

একীভবনকে F F (অর্থাৎ Fission Fusion) বোমা। বিকীনি বোমার পরিচয় পূর্বাহ্নে কিছু দেওয়া হয়নি। এর শক্তি ছিল ১৫ মেগাটন (১৫ নিযুত T.N.T. এর সমান); অথচ হিরোশিমা বোমাটি ছিল মাত্র ২০ কিলোটনের (২০ হাজার টন T.N.T. এর সমান)। কাজেই এর একটি বোমা ৭৫০টি হিরোশিমা বোমার সমান। এই রকম একটি বোমাকে 'নামমাত্র উচ্চশক্তিসম্পন্ন অস্ত্র' এবং এর বিস্ফোরণ ক্ষমতাকে 'উচ্চক্ষমতার বিস্ফোরণ' বলে অভিহিত করা হয়। বিকিনী দ্বীপ থেকে ৯০ মাইল দূরে অবস্থানরত জাপানী জেলে-জাহাজ, ফরচুনেট ড্রাগন্‌এর ডেকে এই বোমার টুকরো পাওয়া গিয়েছিল। এই টুকরোয় এমন সব পদার্থ পাওয়া গিয়েছিল, যা কেবল বিভাজন বোমা থেকে আসতে পারে। কিন্তু হিরোশিমা বোমার মত বোমার টুকরো এত দূরে, পৌঁছাতে পারে না।

লণ্ডন সেণ্ট বার্থলোমিউ হাসপাতালের, প্রফেসর রড্‌ব্লাত প্রাপ্ত ধারণাগত তত্ত্বের ভিত্তিতে এই সিদ্ধান্তে পৌঁছান—যা এ্যাটমিক সাইনটিষ্টস জ্যারন্যাল (১৯৫৫)-এর ৪নং সংখ্যার ২২৪ পৃষ্ঠায় প্রকাশিত হয়। এটা ছিল F F F বোমা। বলা হয়েছে যে, এমন একটা মারাত্মক ভুল কেবল অনুমানের উপর ভিত্তি করার জন্যেই সম্ভব হয়েছিল, ভুল হিসাবের জন্য নয়।

যুক্তিটি হচ্ছে $U^{২৩৮}$ যে আবরণটি দেওয়া হয়েছিল এই বোমার বহির্ভাগে তার কার্য ছিল লঘু পদার্থ কণিকাদের ভিতরে আটকে রাখা।

আর ভারপ্রাপ্ত পদার্থবিদরা অবশ্য আশা করেন নি যে, $U_{২৩৮}$ বিস্ফোরিত হবে। তাঁরা একটা পরীক্ষা করছিলেন মাত্র। যদি তা সত্যিই ঘটে থাকে তবে তাকে কেবল একটা আকস্মিক দুর্ঘটনা বলতে পারি না, তা একটা আবিষ্কারও বটে যে, $U_{২৩৮}$ কে থার্মোনিউক্লিয়ার দাহ্যের সাহায্যে বিস্ফোরিত করা যায়। (থার্মোনিউক্লিয়ার শব্দটা ব্যবহার করা হয়েছে 'একীভবন' এবং 'বিভাজনের' মধ্যে পার্থক্য নির্দেশ করবার জন্য। তখন এর অর্থ এই দাঁড়ায় যে, উত্তাপের সাহায্যে পারমাণবিক প্রতিক্রিয়ার সূচনা করা)। এত বড় একটা ভ্রান্তি ভবিষ্যতে পারমাণবিক বিস্ফোরণের পূর্বঘোষণা সম্বন্ধে সকলকে সজাগ করে দেবে, তাতে সন্দেহ নেই।

www.pathagar.com

কোন জাতির কাছ থেকে গোটা মানবজাতি এত বড় দায়িত্বহীন, কাণ্ডজ্ঞান বর্জিত কর্ম কিছুতেই সহ্য করতে পারে না।

৪। 'নির্মল' হাইড্রোজেন বোমা

১৯৫২ সাল থেকে ১৯৫৬ সাল সময়কাল ধরে কেবল নোংরা হাইড্রোজেন বোমা পরীক্ষার ফলে উদ্ভূত ভয়াবহ সব ফলাফল লক্ষ্য করে কোন কোন সরকার অবশেষে পরীক্ষা বন্ধ করে ভাবতে শুরু করেছেন। তিন পর্যায়ের পরিবর্তে দুই পর্যায়বিশিষ্ট—F F প্রকৃতির বোমাকে 'নির্মল' বোমা নাম দিয়ে এক প্রকার হাইড্রোজেন বোমা তারা চালু করেছেন। এর শব্দটা শ্রুতি মধুর। এর অন্তর ভাগটায় একটা সাধারণ বিভাজন পারমাণবিক বোমা আর বহির্ভাগটা একটা একীভবন পর্যায় বলে মনে করা হচ্ছে।

যদি 'নির্মল বলতে এই বুঝানো হয় যে, কষ্ট্রনশিয়ামের মত এমন মারাত্মক পরমাণু এর ভস্মপাতে থাকবে না, তাহলে 'নির্মল হাইড্রোজেন বোমা মোটেই নির্মল নয়। ভিতরের বিভাজন প্রতিক্রিয়া প্রচলিত সব পদার্থই সৃষ্টি করে এবং তা যথারীতি স্ট্রাটোস্‌ফিয়ারে আরোহণ করে। যদি নির্মল মানে এই হয় F F F বোমার মত অত নোংরা নয়, তাহলে নির্মল শব্দটা অবশ্যই এখানে মানাবে। ১৯৫৭ সালের ১৫ই মে ব্রিটিশ সরকার ক্রিস্‌মাস দ্বীপে যে বোমাটি পরীক্ষা করেন, তা এই শ্রেণীর বলে জানা গেছে। কিন্তু ব্রিটিশ পরীক্ষিত ঐ একই সালের ৮ই নভেম্বরের বোমাটিকে প্রথম 'নির্মল' বোমা বলে জানানো হয়। হয়তো সেটা অধিককতর নির্মল ছিল।

৫। কোবাল্ট বোমা

কৌশলের দিক থেকে কোবাল্ট বোমা তৈরী সম্ভব হলেও কোন উন্মাদ নির্মাতা এর কোন ভবিষ্যৎ দেখবেন না। এ বোমা ও F F F বোমার মত। তবে বহিরাবরণটি $U_{২৩৮}$ না হয়ে এখানে হবে কোবাল্টের। আর অন্যতম বিস্ফোরণজাত বস্তুও হবে কোবাল্ট ($CO^{৬০}$) যার অর্ধায়ু ৫·৩ বছর। NR—৩৭৪ এর হিসাব থেকে জানা গেছে যে, এ ধরনের একটি বোমা ৭×১০^{১২} কুরি অর্থাৎ ৭০ হাজার কোটি কুরি কোবাল্ট- ৬০ সৃষ্টি করতে পারে।

www.pathagar.com

এর থেকে যে তেজ বিকিরণ হবে তা সমগ্র পৃথিবীতে ১০ রনজেন করে বিকিরণ দিতে পারে, আর এর ফলে কয়েক বছরের মধ্যেই পৃথিবীর সব মানুষ মারা যাবে।

৬। 'এলটি' এক্সারসাইজ

১৯৫৫ সালের ১৫ই জুন আমেরিকার যুক্তরাষ্ট্র সরকার 'এলটি' নামক এক পারমাণবিক মহড়া দেন। সরকারী হিসাব থেকে জানা যায় একটি ৫ মেগাটন বোমার প্রত্যক্ষ আঘাতে নিউইয়র্ক শহরের ৮০ লক্ষ লোকের মধ্যে ৩০ লক্ষ লোক নিহত হতো আর আনুষঙ্গিক ব্যাতা এবং উত্তাপ প্রবাহে প্রায় ২০ লক্ষ নিহত হতো। এ ছাড়া পরবর্তীকালে তেজস্ক্রিয় ভস্মপাতে আরও অনেক মৃত্যু হতো। এর থেকে মনে হয় ১৯৫৪ সালের (যা নামমাত্র উচ্চশক্তি সম্পন্ন) পহেলা মার্চের বোমাটির মত একটি বোমা নিউইয়র্ক অথবা লণ্ডন শহরের উপর বর্ষিত হলে ৩০ লক্ষের অনেক বেশী মৃত্যু হতো।

বিকিনী দ্বীপের পরীক্ষা থেকে হিসাব করে দেখা গেছে যে, ৭০০০ বর্গ মাইল এলাকায় ৩৬ঘণ্টার মধ্যে তেজমাত্রা ৩০০ রনজেনের কম হবে না, খোলা জায়গায়। শতকরা ১৫ জন লোক এই প্রত্যক্ষ বিকিরণে মারা যাবে। কেন্দ্রস্থল থেকে ৫ মাইল এলাকা জুড়ে সম্পূর্ণ বিধ্বস্ত হবে। দুই মাইল এলাকা জুড়ে অগ্নিগোলক প্রজ্জ্বলিত থাকবে। দশ মাইল এলাকা জুড়ে ক্ষয়ক্ষতি হবে 'ভয়াবহ' আর বিশ মাইল জুড়ে 'আংশিক'। তখন বায়ু প্রবাহ স্তব্ধ ছিল বলেই ৭০০০ বর্গ মাইলে ১৫% হারে মৃত্যুর হার হিসাব করা গেছে। যদি প্রবল বায়ু প্রবাহ থাকতো তাহলে ৭০০০বর্গ মাইলের পরিবর্তে ১লক্ষ বর্গ মাইল স্থান আক্রান্ত হতো।

আর এই বিশাল এলাকা জুড়ে ১০০ রনজেন করে বিকিরণ হতো। এর ফলে, হিরোশিমা এবং নাগশাকিতে যেভাবে বোমা নিক্ষেপের পর বমনেচ্ছা এবং অন্যান্য বিকিরণ রোগ দেখা দিয়েছিল সে রকম দুর্ভোগে আরও অনেক বেশী লোক আক্রান্ত হতো।

www.pathagar.com

ষষ্ঠ অধ্যায়

প্রজননিক বিপদ ও সিজিয়াম-১৩৭

যে সব পারমাণবিক বিকিরণ বীজকোষাবাসে পেঁাছায় তারা সেখানকার জেনিতে বিপরিণতি ঘটায়। সেগুলি আবার সন্তান-সন্ততি তথা অধঃস্তন পুরুষদের মধ্যে অনুপ্রবেশ করতে পারে। অভিজ্ঞ লোকেরা একমত যে বিপুলসংখ্যাধিক ক্ষেত্রে এই বিপরিণতি ক্ষতিকারক। উদাহরণস্বরূপ বলা যায়, যদি মহারাণী ভিক্টোরিয়ার ভিতর এমন কোন বিপরিণতি ঘটে থাকে তাহলে তার কোন দূরবর্তী বংশধরও হ্যামেকিলিয়া রোগে আক্রান্ত হতে পারে। কতকগুলি বিপরিণতি একেবারে অবশ্যম্ভাবী। যদি এটা সত্য হয় যে, অধিকাংশ বিপরিণতিই ক্ষতিকারক, তাহলে তার হার বাড়তে না দেওয়ার জন্য আমাদের সর্বমুখী প্রচেষ্টা চালানো উচিত। একটা নির্দিষ্ট সীমারেখার নীচে থেকে হার বৃদ্ধি পেলে কোন ক্ষতি নেই একথা বলা কিন্তু ভুল। যে কোন পরিমাণের বৃদ্ধি মানুষের প্রজননিক বিকার বাড়িয়ে দেয় যার ফলে উত্তরোত্তর অধিক বিকৃত, বিকলাঙ্গ এবং রোগাক্রান্ত শিশু জন্মের হার বেড়ে যায়। এ ছাড়া আরও অনেক প্রকার ছোট খাটো দোষত্রুটি ভবিষ্যৎ বংশধরদের মধ্যে লক্ষণ পায়। যে সমস্ত কর্মের ফলে এইসব বৃদ্ধি হয় তাঁরা যদি সুস্থভাবে চিন্তা করেন এ বিষয়ে, তাহলে এই তাঁরা স্থির করবেন যে, এই ক্ষতির বিনিময়ে কিছু উপকারও পাবেন।

ইহা সত্য যে, মাঝে মাঝে শুভ বিপরিণতিও ঘটে। এক উচ্চ পর্যায়ের সম্মিলনে বেশ কয়েকজন উঁচুদরের বিজ্ঞানী পরীক্ষাকৃত ঘটনা থেকে জানান যে, এক গাদা F F F বোমার বিস্ফোরণে আমাদের কিছু লাভও হতে পারে। সুখের কথা এই যে, এই যুক্তি বেশী ভাল সমর্থনা পায় নি।

পরে ফল মাছির হিসাব থেকে মানুষের হিসাবে এবং উচ্চহারের তেজমাত্রা থেকে নিম্নহারের তেজমাত্রায় হিসাব বদলে নিয়ে যে সব ফলাফল প্রতীয়মান

www.pathagar.com

হয় তা উপেক্ষা করা যায় না। গোটা এক পুরুষ ধরে অর্থাৎ ৩৩ বছর ধরে বিকিরণ ভোগ করলে যে বেশ কিছু আসে যায় তা সর্বজনস্বীকৃত। ১৯৪৪ সালের পারিপার্শ্বিক বিকিরণের হার ৩ রনজেন এর মধ্যে গণ্য। এ ছাড়া দ্বিগুণীকরণ মাত্রা যা-ই হোক না কেন, সব উত্তরাধিকার সূত্রের জন্য এক নয়।

সেকারণ আমাদের স্থির করা উচিত যে, এই অঙ্ক (যদি অবশ্যকের করা যায়) সবচেয়ে প্রতি ক্রিয়াশীল সূত্রগুলির ক্ষেত্রে, না পারিসংখ্যান গড়ের ক্ষেত্রে ব্যবহার করা যাবে। যার সম্বন্ধে নুন্যতম সিদ্ধান্তেও পৌছানো যায় নি তা হচ্ছে দ্বিগুণীকরণ মাত্রা। সেজন্য এ বিষয়ে প্রচেষ্টা চালানো উচিত। হ্যালডেন কেবল পারিপার্শ্বিক বিকিরণ ক্ষেত্রকে দ্বিগুণ করেই অর্থাৎ ৩ রনজেনকে মনোনীত করেই উতরে যেতে চান। HNR ২৬০ এর মতে এই মাত্রা ৩০ রনজেন থেকে ৮০ রনজেনের মধ্যে এবং ৫০ রনজেন একটা দ্বিভাগও মনোনয়ন মাত্রা। HNR ৩৫৪ এর সারাংশ হচ্ছে 'আমরা বিশ্বাস করি এধরনের কিছু লোক থাকতে পারে যে গর্ভবাস থেকে ৩০ বছর বয়স কাল পর্যন্ত সময়ে ৫০ রনজেনের বেশী বিকিরণ বীজকোষাবাসে ভোগ করতে পারে না (এই মাত্রা অবশ্য 'পারিপার্শ্বিক' মাত্রার বহির্ভূত)। কিন্তু এই ধরনের আত্ম-অচেতন এবং ভাবী বংশধরদের প্রতি নিরাসক্ত ব্যক্তিদের সংখ্যা সমগ্র জনসংখ্যার ১/৫ এর বেশী হওয়া উচিত নয়। 'স্যার জন ককক্রটেরও এ বিষয়ে আকাঙ্খা ছিল। তিনি বলেন 'যেহেতু অধিকাংশ লোকই গৃহাভ্যন্তরে যথেষ্ট সময় কাটায়, সেকারণ বিকিরণ ভোগের মাত্রা অন্ততঃ দশ গুণ কমে আসবে।' কিন্তু পৃথিবীর জনসংখ্যার বহুশত লক্ষ লোক হয় ঘরের বাইরে কাটায় নতুন এমন ঘরে সেখানে বিকিরণের পথে কোন প্রতিবন্ধকতা নেই। HNR ২৬৬ তে ব্যাপারটা বর্ণিত হয়েছে এমন গণ প্রজননতত্ত্বের দৃষ্টিভঙ্গিতে সব অতিরিক্ত বিকিরণই অবস্থিত।'

আরও বলা হয়েছে (প্রফেসর হরলান্দ, নিউষ্টেটস্‌ম্যান, ১৮ই মে, ১৯৫৭) যে, মানুষ কোন ক্ষতির সম্মুখীন না হয়েই বর্ধিত বিকিরণের মধ্যে বাস করতে পারে। কিন্তু এই উক্তির অর্থ এই না যে, এদের যা 'সহনসীমা' তা অন্য যারা কম বিকিরণ ভোগে অভ্যস্ত তাদের 'সহনসীমার' সমান হবে। যে মানুষ

www.pathagar.com

যে বিকিরণ পরিবেশে বাস করতে অভ্যস্ত তার থেকে সে প্রাকৃতিক নিয়মে প্রজননিক বিকৃতি থেকে প্রতিরোধিত হয়ে থাকে। যে সব বিপরিণতি-প্রতিরোধক জেনি বর্তমানে বিপরিণতি ঠেকিয়ে রাখছে, বিকিরণ মাত্রা সামান্য বৃদ্ধি হলেই তা বিপরিণতি ঘটাতে পারে। ফলে এক বিপরিণতিক 'বিপ্লব' শুরু হতে পারে, যার পরিণাম আগে থেকে অনুমান করা শক্ত। রোগ জীবাণু এবং ভাইরাসেও এইসব পরিণতি হতে পারে। অনেকে মনে করেন বিপরিণতিক বিবর্তনে এমন সব নতুন নতুন ভাইরাস জন্ম নিতে পারে যারা মানুষ এবং উদ্ভিদের অস্তিত্বের প্রতি হুমকি স্বরূপ হয়ে দাঁড়াবে। এক্ষেত্রে নতুন এক প্রকার গমের রোগের নাম করা যেতে পারে।

১৯৪৫ সাল থেকে আরম্ভ করে আমরা যে সব বিকিরণ মূলক কাজ করেছি তা সমগ্র পৃথিবীতে সাধারণ বিকিরণ মাত্রা বাড়িয়ে দিয়েছে এবং দিতে থাকবে। আমরা যদি আরও বাড়াতে চাই তবে আগে ঠিক করে নিতে হবে কোথায় গিয়ে সীমারেখা টানতে হবে, কেননা শুরুতেই টানা বড্ড বেশী অগ্রিম হয়ে যায়। এই একটা বিষয়ে অদ্ভুতভাবে সর্বসাধারণের মতের মিল আছে। সকলের মতে এই সীমারেখা দ্বিগুণীকরণ মাত্রার আগেই টানতে হবে। দ্বিগুণীকরণ মাত্রা তাকেই বলে যাতে সাধারণ গড় বিপরিণতির হার দ্বিগুণ বর্ধিত হয়। আরও পরিষ্কার করে বলতে গেলে, ১৯৪৪ সালের প্রাকৃতিক এবং মনুষ্য-সৃষ্ট বিকিরণের সাথে এই মাত্রা যোগ করলে সেই সময়কার বিপরিণতির হার দ্বিগুণ হয়ে যাবে। আমরা কিন্তু বলতে পারি না যে দ্বিগুণীকরণ মাত্রা এক পুরুষে ৩ রনজেন কারণ ১৯৪৫ সালের আগে পারিপার্শ্বিক বিকিরণের-হারই ছিল ৩ রনজেন পুরুষপ্রতি কাজেই দু'টোকে যোগ করলে হয় ৬ রনজেন এক এক পুরুষে। এখানে দু'টি আপত্তি আছে। সাধারণতঃ বিশ্বাস করা হয় যে, এমন অনেক অনেক বিপরিণতি ঘটে যা বিকিরণের দ্বারা উদ্ভূত নয় এবং যৌনকোষে তেজমাত্রা বৃদ্ধি হলে যে বিপরিণতি বেড়ে যায় (HNR ১২৭) তাও কেবল পরোক্ষ প্রমাণ থেকে প্রতিপন্ন হয়। আমরা এটা ধরে নিই এই জন্যে যে, আমরা নিশ্চয় করে জানি না যে এটা মিথ্যা। এর সপক্ষে সমর্থন আসে ফল-মাছির উপর বেশ উঁচুমাত্রা প্রয়োগের ফলাফল থেকে। ফল-মাছি পরীক্ষা কাজের জন্য বেছে নেওয়ার সুবিধা এই যে, মানুষের সাধারণ গড় আয়ুতে এদের হাজার পুরুষ কেটে যায়।

www.pathagar.com

'দুঃসাহসে ভর করে মহাশিখা জ্বেলে দাও
কয়েকদিনের জন্য, যাতে সেই জ্বলন্ত অঙ্গার —
সব পুড়ে ছাই হয়ে পড়ে রবে চিরকাল ?'

প্রকৃতিতে সেই অথচ তেজস্ক্রিয় ভস্মপাতে বর্তমান এমনি একটি তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ এক বিশেষ প্রকার প্রজননিক বিপত্তি ঘটায়। এর নাম তেজস্ক্রিয় সিজিয়াম বা সিজিয়াম-১৩৭ ($^{137}_{55}Cs_{82}$)। বিভাজন প্রতিক্রিয়াই এই পদার্থটি প্রচুর পরিমাণে উৎপন্ন হয়। সকল বিভাজন সংঘটনে এর পরিমাণ শতকরা ৬ ভাগ পাওয়া যায়। বিটা এবং গ্যামা, উভয় প্রকার রশ্মিই এই পদার্থ থেকে উৎসরিত হয়। এর অর্ধায়ু প্রায় ৩৩ বৎসর এবং দুধ, উদ্ভিদ এবং প্রাণীদের মাংসপেশীতে এমনকি মানুষের দেহে আশ্রয় নেয়। উপযুক্ত যন্ত্রপাতি নিয়ে একটি উত্তম জরিপ কাজ চালালে দেখা যেত যে আজ যারা ব্রিটেনে বাস করছে তাদের প্রত্যেকের দেহে এ বস্তুটি কিছু কিছু আছে। এ উক্তির যথার্থতা বর্ণিত হয়েছে ১৯৫৭ সালের ৩রা জানুয়ারীতে প্রকাশিত 'দি নিউ সাইয়েনটিষ্টস্' পত্রিকায়, লণ্ডনের বার্থলেমিউ হাসপাতালের পদার্থ-বিজ্ঞানের অধ্যাপক রতব্লাণ্ডের প্রবন্ধে। এই প্রবন্ধের একটি লেখচিত্রে দু'টি এবং কেবল দু'টিমাত্র একই উচ্চতার 'উন্নতি' আছে। বেশ অনেককাল ধরে প্রফেসর রতব্লাণ্ড নজর রেখেছিলেন সে সমস্ত তেজস্ক্রিয়তার উপর যা নিজেরই দেহে থেকে উৎসরিত হচ্ছে। ১৯৫৪ সাল পর্যন্ত তিনি এতে একটি মাত্র 'উন্নতি' দেখতে পান যা প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় পটাশিয়ামের ($^{40}_{19}K^{21}$) কারণ উদ্ভূত। ১৯৫৪ সালের মাঝামাঝি সময়ে অর্থাৎ ১লা মার্চ—যখন প্রশান্ত মহাসাগরে অবস্থিত এনিওয়েটক দ্বীপে বিরাট হাইড্রোজেন বোমাটি নিক্ষিপ্ত হওয়ার পর থেকে তার নিজ দেহের তেজস্ক্রিয়তার উপরোক্ত দু'টি 'উন্নতি' দেখা যায়। দ্বিতীয় উন্নতিটি তেজস্ক্রিয় সিজিয়ামের জন্য। নিশ্চয়ই এটি তেজস্ক্রিয় ভস্মপাত থেকে উদ্ভূত নইলে আগেও তো দেখা যেতে পারতো। মনে রাখা দরকার যে, প্রফেসর রতব্লাণ্ড কোন বাইরের আলাদা কোন বিকিরণে আক্রান্ত হননি। কাজেই সব মানুষে কিংবা অধিকাংশ মানুষের দেহে যদি এই 'উন্নতি' দেখা যায়, তবে তা মহা উদ্বেগের কারণ।

www.pathagar.com

শিক্ষামূলক প্রয়োজনে তেজস্ক্রিয় সিজিয়ামকে তেজস্ক্রিয় ষ্ট্রনশিয়মের সাথে তুলনা করা যেতে পারে। তেজস্ক্রিয় সিজিয়াম প্রজননিক বিকৃতি এবং ক্যান্সার এই উভয় প্রকার বিপত্তির জন্মদাতা। তেজস্ক্রিয় ষ্ট্রনশিয়াম কিন্তু প্রজননিক বিপত্তির কারণ নয়, কারণ তার থেকে উৎসরিত নিম্নশক্তির বিটা রশ্মি তার আবাসস্থল-অস্থি থেকে এসে বীজকোষাবাসে পেঁাছাতে পারে না। কিন্তু তা হলে কি হবে, অস্থিতে অবস্থান করে বলে তেজস্ক্রিয় ষ্ট্রনশিয়াম তেজস্ক্রিয় সিজিয়াম থেকেও মারাত্মক ক্যান্সার প্রণেতা। তেজস্ক্রিয় সিজিয়াম যে প্রজননিক বিপর্যয়ের হেতু তা তার মাংস দণ্ডতে এবং দেহের সর্বত্র প্রাপ্তির জন্য নয়। অতি ভেদক গ্যামারশ্মি ত্যাগ করে বলেই। একারণে বীজ-কোষাবাসে বিকিরণ দেওয়ার জন্য তাকে এর খুব কাছে অবস্থান করার মোটেই প্রয়োজন হয় না।

আমাদের অনেকে অথবা সকলেই আপন দেহে তেজস্ক্রিয় সিজিয়াম বহন করে। এর অর্থ এই না যে ফলে আমাদের ভিতর অশুভ বিপরিণতির হার বেড়ে গেছে যা আমাদের ভাবী পুরুষদের ক্ষতিগ্রস্ত করতে পারে। কেবল বিপদ একটু বেড়ে গেছে এই যা। বিপদের পরিমাণ এখনও নির্ধারিত হয় নি তবে বেশী হবে না বলে মনে হয়, যদিও একেবারে নগণ্য নয়।

এই সমস্ত প্রজননিক বিকৃতি পরিলক্ষিত হওয়ার অসুবিধা এই যে, এতে যথেষ্ট লম্বা সময় নেয়।

উদাহরণ স্বরূপ, বেশ সুপরিজ্ঞাত ব্যক্তিরাও হিরোশিমা এবং নাগাসাকির বোমাদের কাহিনীকে একটা পুরানো ব্যাপার এবং তা আলোচনার যোগ্যই নয়, বলে মনে করেন।

কিন্তু এই কাহিনীর আসল প্রতিক্রিয়া এখনও (১৯৫৭ সাল) পর্যন্ত শুরুই হয় নি। আমরা এর সম্বন্ধে অনুসন্ধান শুরু করতে পারি ১৯৬২ সালের কাছাকাছি। ১৯৪৫ সালে যে সব শিশুর গর্ভবাস শুরু হয়নি- কিন্তু তাদের ভাবী পিতামাতা বিশেষভাবে বিকিরণ ভোগ করে ও মারাত্মক ক্ষতিগ্রস্ত হয়নি, সেই সব শিশুরা যখন বড় হয়ে ১৯৬২ সালের কাছাকাছি সময়ে নিজেরাই সন্তানের পিতামাতা হতে চলেছে তখনই এর প্রভাব দৃষ্টিগোচর হতে পারবে। তখন আমরা দেখতে পাবো ১৯৪৫ সালে যার বিকিরণ ভোগের

www.pathagar.com

ফলে প্রজননিক বিকার গ্রস্ত হয়ে সন্তান জন্মদান করেছিল তাদের প্রপৌত্র প্রপৌত্রীদের। এভাবেই যেমন বিশুদ্ধ প্রজননিক বিকৃতিগুলি আলাদা করে নেওয়া যাবে তেমনটি সম্ভব হবে না প্রথম পুরুষে। মানুষের উত্তরাধিকার সূত্র সম্বন্ধে সামান্য জ্ঞানলাভ করাও দীর্ঘ ব্যাপার। দীর্ঘজীবী তেজস্ক্রিয় আইসোটোপদের নিয়ে আমরা যে সব বোকামী করি, তার ফল অত্যন্ত মারাত্মক যা অতি দীর্ঘ সময়েও প্রকাশিত নাও হতে পারে।

একজন পেশাদার বৈমানিক যিনি বছরে ১৩০০ মিলি রনজেন করে বিকিরণ ভোগ করেন তার ব্যাপারটা অদ্ভুত। তার এই মাত্রা গড় বিকিরণের চাইতে বেশী, কিন্তু তবুও নিরাপদ বলে মনে করা হয়। নীচে তার সম্বন্ধে আলোচনা করা গেল।

অধিকাংশ বিপরিণতিই প্রচ্ছন্ন। যে সমস্ত হতভাগ্য দম্পতির উভয়ের মধ্যে একই অবাঞ্ছিত জেনি থাকে তাঁদের প্রতি ৪টি সন্তানের মধ্যে একটিতে এ গুলি সক্রিয় হয়।

কাজেই কোন ব্যক্তি বিশেষের কথা না ধরে সমগ্র জন সমাজে এইরূপ প্রচ্ছন্নতার রোগীদের সংখ্যা কত তার উপর ভাবনার কথা। অতএব হঠাৎ দু'একজন লোক যদি অত্যধিক ভোগ করে বসে তাহলে ততখানি যায় আসবে না যতখানি যায় আসবে যদি সমগ্র জনসংখ্যার প্রত্যেকে একটু করে বর্ধিত হারে বিকিরণ ভোগ করে বসে। এই উক্তি সেই পর্যন্ত সত্য যে, পর্যন্ত অত্যধিক বিকিরণ ভোগী সমান। জনসংখ্যার বিকিরণ মাত্রা সমগ্র জনসমাজের উপর গড় করলে মারাত্মকভাবে বেশী না হয়। এইজন্য একজন পুরুষ বৈমানিকের পক্ষে একজন মেয়ে বৈমানিককে বিয়ে করা মূর্খতা, যদি উভয়ের দীর্ঘ উড্ডয়ন অভিজ্ঞতা থেকে থাকে। কিন্তু দু'জনের একজন যদি বেশী মারাত্মকভাবে বিকিরিত না হয়ে থাকে তাহলে এ বিয়েতে দোষ নেই।

www.pathagar.com

সপ্তম অধ্যায়

ক্যান্সার রোগ ও ষ্ট্রনশিয়াম—৯০

ক্যালশিয়াম অস্থি এবং দুগ্ধের প্রধান উপাদান। ষ্ট্রনশিয়াম এবং ক্যালশিয়ামের মধ্যে মিল বহুলাংশে। স্কটল্যাণ্ডের ষ্ট্রনশিয়াম নামক পার্বত্য এলাকার অদূরে এই পদার্থটি প্রথম পাওয়া যায় বলে এর নাম দেওয়া হয়েছে ষ্ট্রনশিয়াম অগ্নিশিখায় নিক্ষিপ্ত হলে যে সুন্দর অস্তমিত সূর্যের লালিমায় শিখাটি ভরে যায় তার জন্যে প্রত্যেক পদার্থ বিজ্ঞানের ছাত্রের কাছে সে পরিচিত।

সাধারণ স্থায়ী ষ্ট্রনশিমের ৪টি আইসোটোপ আছে। এগুলি হচ্ছে, ষ্ট্রনশিয়াম ৮৮, ষ্ট্রনশিয়াম ৮৬, ষ্ট্রনশিয়াম ৮৭, ষ্ট্রনশিয়াম-৮৪। এদের প্রত্যেকেই স্থায়ী। যতদিন না পৃথিবীতে কোন আণবিক বিস্ফোরণ হয়েছিল যতদিন ষ্ট্রনশিয়ামের কোন তেজস্ক্রিয় পরমাণু দেখা যায় নি। বর্তমানে আমরা ষ্ট্রনশিয়ামের বেশ কয়েকটি তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের খবর রাখি। যেমন ৮১, ৮২, ৮৩, ৮৫, ৮৯, ৯০, ৯১, ৯২, ৯৩, ৯৪, নিউক্লিওন বিশিষ্ট ষ্ট্রনশিয়াম পরমাণুগুলি। এগুলির মধ্যে একমাত্র দীর্ঘজীবী আইসোটোপ ষ্ট্রনশিয়াম ৯০ এর অর্ধায়ু ২৮ বছর এবং পরবর্তী দীর্ঘজীবী ষ্ট্রনশিয়াম—৮৯ তার অগ্রজের ২০০ ভাগের একভাগ কাল স্থায়ী হয়।

ক্যালশিয়ামের সাথে মিল থাকায় ষ্ট্রনশিয়াম ৯০ যখনই শরীরে ঢোকে তখনই হাড়ে গিয়ে জমা হয়।

অপেক্ষাকৃত দুর্বল বিটাকণিকা এর থেকে উৎপন্ন হয় বলে এবং যেহেতু তা যৌনকোষের সন্নিকটে পৌঁছায় না। সেহেতু বিশেষ কোনো বিপরিণতি এর দ্বারা ঘটে না। তবে অস্থির ক্যান্সার সৃষ্টি করতে পারে।

প্রশান্ত মহাসাগরের দূরতম অঞ্চলে যদি কোন বোমা বিস্ফোরিত হয় (তা সে পারমাণবিক কি FFF কিংবা FF ধরণের বোমা হোক) তবে তার বিশেষ অংশগুলি কেমনে আমাদের এখানে (ইংল্যাণ্ড) পৌঁছায় তা নীচে বলা হয়েছে।

www.pathagar.com

ক্রিপটন—৯০ (${}^{90}_{36}Kr$) বিভাজন প্রতিক্রিয়ার একটি উৎপাদক। হিলিয়াম এবং নিওনের মত এও একটা 'নিষ্ক্রিয়' গ্যাস। 'নিষ্ক্রিয়' মানে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন যেমন রাসায়নিক সংযোগে পানি তৈয়ার করে এবং তা বায়বীয় অবস্থায় থাকে তেমন সংযোগ এর দ্বারা সম্ভব হয় না। প্রায় শতকরা ৫ ভাগ বিভাজন প্রতিক্রিয়ার কিছু না কিছু ক্রিপটন-৯০ সৃষ্ট হয়, ইহা বায়বীয় অবস্থায় থাকে বলেই মনে হয়—পারমাণবিক বিস্ফোরণের পর প্রথম মিনিটেই ভস্ম কুণ্ডলীর সাথে অনেক উর্ধে উঠে যায়। কিন্তু স্বল্পায়ুর জন্যেই বোধহয় অবিলম্বে রুবিডিয়াম-৯০ (${}^{90}_{37}Rb$)-এ পরিণত হয়। কারণ ক্রিপটন—৯০ একটা বিটাকণিকা ত্যাগ করে একটা প্রোটনকে নিউট্রনে পরিবর্তন করে। ক্রিপটন থেকে জির কোনিয়ামের কোন এক স্থায়ী আইসোটোপে পেঁাছাতে এমনি চারটি বিবর্তন আছে। প্রতীক পদ্ধতিতে প্রকাশিত নীচের ছক থেকে ব্যাপারটা যে কেউ অতি সহজেই বুঝতে পারবেন যদি মনে রাখেন যে, y দিয়ে রিট্রিয়াম নামক এক প্রকার আইসোটোপ এবং প্রত্যেক বন্ধনীর অন্তর্ভুক্ত সংখ্যাটি ঐ আইসোটোপের অর্ধায়ু বুঝায়।

${}^{90}_{36}Kr$ (৩৩ সে)→${}^{90}_{37}Rb$ ২৭ মি)→${}^{90}_{38}Sr$ (২৮ বছর) →${}^{90}_{39}Y$ (৬৪ বছর)→${}^{90}_{40}Zr$

এই প্রবাহ—সমী-করণ থেকে দেখা যাচ্ছে যে, এই শৃঙ্খলের তেজস্ক্রিয় আইসে টোপগুলির মধ্যে কোন ষ্ট্রনশিয়াম—৯০ এবং রিট্রিয়ামই ভাঙ্গন শুরু হওয়ার এক ঘণ্টা পরেও কার্যোপোযোগী পরিমাণে অবশিষ্ট থাকতে পারে। এদের নিয়ে ধূম জাল কুণ্ডলী পাকিয়ে মেঘ হয়ে ট্রপোস্ফিয়ার পেরিয়ে প্রায় ৫০০০০ ফুটের উর্ধে ষ্ট্রাটোস্ফিয়ারে গিয়ে জমা হয়। সেখানে পশ্চিমা বায়ু প্রবাহের ফলে ঘণ্টায় ১৫ থেকে ৩০ মাইল গতিতে এই মেঘ পৃথিবীর চারিদিকে আকাশবৃত্ত পরিভ্রমণ করতে থাকে প্রতি ৪ থেকে ৭ সপ্তাহে একবার করে। অনির্দিষ্টকাল ধরে চলতে থাকে এই ভ্রমণ প্রধানতঃ আমেরিকার উত্তরভাগ, ইউরোপ এবং রাশিয়ার উপর দিয়ে আর ক্রমাগত নীচের দিকে নেমে নেমে। ষ্ট্রনশিয়াম—৯০ এর ক্ষয় বছরে শতকরা ৩ ভাগ এবং পতন বছরে শতকরা ১০ ভাগ। প্রত্যেক নয়া নয়া আণবিক, FFF এবং FF বোমা বিস্ফোরণে বিভাজন প্রতিক্রিয়ার উৎপন্ন Sr-৯০ দিয়ে ট্রপোস্ফিয়ার ভরে উঠে।

বর্তমানের পৃথিবীর সর্বত্রই ষ্ট্রাটোস্ফিয়ার থেকে এই ষ্ট্রনশিয়াম—৯০ একটু একটু করে নেমে আসছে। ১৯৫৮ সালের ১লা জানুয়ারী থেকে ভবিষ্যতে

www.pathagar.com

আর যদি কোনো পারমাণবিক পরীক্ষা নাও ঘটানো হয় তবুও এই 'পতন' চলতে থাকবে তাঁদের জীবনভর যাঁরা এখন (১৯৫৭ সালে) বেঁচে আছে।

কারণ গত বোমাটি বিস্ফোরণের সময় থেকে ১১২ বছর পরেও এর পারমাণবিক ভস্মের ১/৬০ ভাগ বায়ুমণ্ডলে বিরাজ করতে থাকবে। শতকরা ৫ ভাগ Sr—৯০ শুষ্ক এবং ৯৫ ভাগ বৃষ্টির সাথে নামে মটিতে। অতএব, এর অধিকাংশই সেখানে পড়ে যেখানে বারিপাত হয় প্রবল এবং বর্ষণের সময় তেজষ্ক্রিয় মেঘ বৃষ্টি মেঘের নীচে অবস্থান করে যদি।

যদিও ষ্ট্রনশিয়াম ক্যালশিয়ামের সাথে শরীরে গৃহীত হয় তবুও প্রাণীরা যথাসম্ভব বেছে বেছে খায়। খাদ্যে ষ্ট্রনশিয়াম এবং ক্যালশিয়ামের যা অনুপাত তার ১/৬ ভাগ দেখা যায় অস্থিতে।

উদ্ভিদের বেলায় Sr এবং C এর অনুপাত স্থানীয় Topsoil ration এর ৫/৭ ভাগ। নীরিক্ষা করে দেখা গেছে যে, মাটিতে ষ্ট্রনশিয়ামের পরিমাণ ক্যালশিয়ামের সাথে অন্তর্ভুতভাবে অনুপাত রক্ষা করে।

আণবিক শক্তি গবেষণা সংস্থার হেলথ্ ফিজিক্স শাখা নির্দিষ্ট সময় অন্তর অন্তর দেশের (ইংল্যাণ্ডের) বিভিন্ন স্থানে স্থাপিত জরিপ কেন্দ্রে এই পদার্থের পরিমাণ নিয়মিত মেপে চলেছেন।

১৯৫৭ সালের আগষ্ট মাসে হারওয়েলে প্রকাশিত HP/R ২৩৫৩ নং রিপোর্টে এমন তেরটি কেন্দ্রের নামোল্লেখ আছে। মাটিতে দুধে, ঘাসে এবং যে সব মানুষ ক্যান্সার গ্রস্ত না হয়ে মারা গেছে তাদের অস্থিতে Sr—৯০ মেপে দেখা যায় নানা পদ্ধতিতে। তিন প্রকার পদ্ধতিতে কোনো বস্তু পরীক্ষা করলে তাতে ষ্ট্রনশিয়ামের পরিমাণ একটা মোটামুটি যুক্তিযুক্ত সীমারেখার মধ্যেই পাওয়া যায় কিন্তু ঐ পরীক্ষণীয় বস্তু যদি বিভিন্ন অঞ্চলের হয় তবে ফলাফল যথেষ্ট পার্থক্য দেখায়।

গত বার মাস ধরে যে পরিমাণ Sr—৯০ পড়েছে, স্বাভাবিক মৃত্তিকায় Sr—৯০ এর ক্রিয়া তার প্রায় সমানুপাতিক, কিন্তু যখন থেকে 'পতন শুরু হয়েছে তখন থেকে ক্যালশিয়াম বিহীন মৃত্তিকায় প্রাপ্ত এবং মোট পরিমাণের অনুপাত এক নয়। স্বাভাবিক মৃত্তিকায় Sr—৯০ এর প্রধান উৎস হলো উদ্ভিদের পাতা।

www.pathagar.com

এর কারণ হয়তো শিকড় ইচ্ছা যথেষ্ট পরিমাণ ক্যালশিয়াম পায়—চায় বলে। অন্যদিকে ক্যালশিয়াম বিহীন জমিতে Sr—৯০ এর প্রধান উৎস শিকড়, এরও কারণ হয়তো শিকড় বেশী করে ক্যালশিয়াম পেতে চায় কিন্তু না পেয়ে Sr গ্রহণ একই রকম পদার্থ দেখে। ব্রেকনের একটি কেন্দ্রের মাটিতে এবং ওয়েলসের একটিতেও কমিষ্টউইদের যে, কেন্দ্রটিতে ন্যূনতম ক্যালশিয়াম পাওয়া যায় তার চাইতেও ২½ গুণ ক্যালশিয়াম এবং ১/২ ভাগ ষ্ট্রনশিয়াম ছিল। কিন্তু সেখানকার মাটিতে গ্রাম প্রতি ক্যালশিয়ামের সাথে ষ্ট্রনশিয়ামের পরিমাণ উক্ত কেন্দ্রটির ১/১০ ভাগ।

বার্কশায়ারের একটি কেন্দ্রে যেখানে কমিষ্টউইদের ন্যূনতম ক্যালশিয়াম অভাবগ্রস্ত মাটির চেয়ে ১৫০ গুণ ক্যালশিয়াম ধারণ করে, মোট ক্যালশিয়ামের ১/৪ ভাগ ক্যালশিয়াম ছিল, কিন্তু গ্রাম প্রতি ক্যালশিয়ামের সাথে ষ্ট্রনশিয়ামের পরিমাণ ৯০০ ভাগের একভাগ ছিল।

হারওয়েলের গবেষকরা ষ্ট্রনশিয়াম-৯০ এর বিকিরণমাত্রা সম্পর্কে এক সিরিজ হেলথ্ ফিজিক্স রিপোর্ট তৈয়ার করেছেন। এগুলির মধ্যে ১৯৫৬ সালের সেপটেম্বরের HP/R ২০১৭, HP/R ২০৫৬, ১৯৫৭ সালের বসন্তের HP/R ২১৪২ ত্রবং একই বছরের আগষ্টের HP/R ২৩৫৩ রিপোর্টগুলি বিশেষ উল্লেখযোগ্য। রিপোর্টগুলি মহা আকর্ষণীয় তার কারণ এগুলিতে বিভিন্ন স্থানের Sr-৯০ এর আসল পরীক্ষালব্ধ পরিমাপ সংক্ষিপ্ত আকারে দেওয়া হয়েছে। ঐ সব এলাকার মাটিতে, মাটির ক্যালশিয়ামে, ঘাসে, মেষের অস্থিতে, নরকঙ্কালে এবং সোমারসেটের দুগ্ধে প্রাপ্ত Sr-৯০ এর পরিমাণ সেখানে দেখানো হয়েছে।

কাজেই দেখা যাচ্ছে এই অসমতার দু'টি সম্পূর্ণ স্বতন্ত্র কারণ রয়ে গেছে। যে কোনো জায়গায় কেউ হয়তো এক স্তূপ Sr-৯০ পেতে পারেন। মাসিক আবর্তনের অভ্যাসে ষ্ট্রাটোস্ফিয়ারের সেই তেজস্ক্রিয় মেঘকুণ্ডলী যখনই উক্ত স্থান দিয়ে পার হচ্ছিল অমনি প্রবল বারিপাত তা নেমে এসেছে পৃথিবীর বুকে। কার্ডিগ্যান শায়ারের কমিষ্টউইদের সন্নিকটে এই রকম তিনটি কেন্দ্র ছিল। এদের দু'টিতে তৃতীয়টির চাইতে অন্ততঃ ৬ গুণ; এবং ডুবহাম জেলার কেন্দ্র থেকে ৩½ গুণ Sr-৯০ মাপা গিয়েছিল। এগুলি ছিল উপরি স্তরের ৪ ইঞ্চি মাটিতে

www.pathagar.com

প্রতি গ্রাম ক্যালশিয়ামের সাথে প্রাপ্ত পরিমাণ। আসল পরিমাণ অবশ্য সম্পূর্ণ ভিন্ন। ডার্টমুর কেন্দ্র এ বিষয়ে সর্বোচ্চ এবং কমিষ্টউইদের তৃতীয়টি বেশ উচ্চ দ্বিতীয়স্থান অধিকার করে। প্রতি গ্রাম ক্যালশিয়ামের মাত্র ১/৬ ভাগ ষ্ট্রনশিয়াম-৯০ হওয়া সত্তেও এই কেন্দ্রের Sr-৯০ এর 'আসল পরিমাণ প্রায় দ্বিগুণ ছিল। এখানকার মাটিতে ৬ গুণ ক্যালশিয়াম ছিল, কাজে কাজেই কমিষ্টউইদের একটি কেন্দ্রের সমান এবং অন্যগুলির ৭ গুণ। কিন্তু পাছে পাঠক হন্তদন্ত খেয়ে খুব তাড়াতাড়ি সিদ্ধান্ত করে বসেন সে ভয়ে আমি আরও কিছু বলছি।

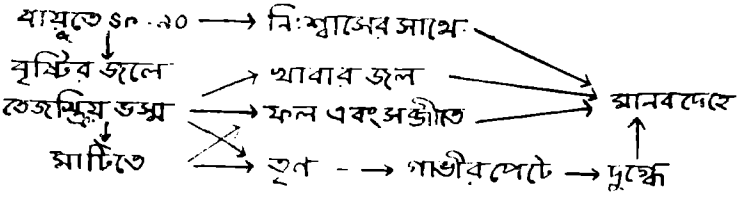
সাধারণ মৃত্তিকা লেভেল এবং মৃত্তিকাস্থিত ক্যালশিয়ামের সাথে Sr-৯০ এর মাত্রার জরিপকৃত ফলাফল সম্পর্কে আমি আগেই আলোচনা করেছি আর এদের ফলাফল কিভাবে স্থান থেকে স্থানান্তরে আলাদা হয় তা পরিষ্কার বুঝানো হয়েছে। ঘাসেও মেষের হাড়ে পরীক্ষার ফলে অনুরূপ মিল দেখা গেছে কিন্তু মানুষের হাড়ে এবং দুগ্ধে পরিবর্তনের ধারা আরও স্পষ্টতর। একটা সুখবর কেননা এই সমস্ত ধারা আমাদের আক্রান্ত করে সবচেয়ে গভীরভাবে।

১৯৫৪ সালের প্রথম থেকে ১৯৫৬ সালের শরৎকাল পর্যন্ত সময়ে Sr-৯০ পতনের ফলে সোমারসেটের দুগ্ধে Sr-৯০ এর ক্রমপুঞ্জিত পরিমাণ দিয়ে একটি লেখ চিত্র আঁকা হয়েছে। এতে ১৯৫৭ সালের শুরুতে যখন প্রায় এক মাইক্রোমাইক্রোকুরি থেকে আরম্ভ হয়ে ক্রমাগত বাড়তে বাড়তে ১৯৫৬ সালের শেষাশেষি ৭ মাইক্রো-মাইক্রোকুরি উর্ধে চলে যায়।

সাধারণ বৃদ্ধির হার এ সমস্ত গ্রাফের বেলায় যেমনটি আশা করা যায় ঠিক তেমনই ছিল, আর তার 'ঢল' (স্লোপ্) উন্নত বা অবনত হওয়ার তেমন কোন লক্ষণ দেখায় না। যদি না কোনো অপ্রত্যাশিত বৃদ্ধি ঘটে, তবে ১৯৫৭ সালের শেষে এর পরিমাণ হবে প্রায় ৯ ইউনিট যা ১৯৫৪ সালে প্রাপ্ত মাত্রার ৯ গুণ। কোন কোন পথ দিয়ে Sr-৯০ আমাদের দেহে

www.pathagar.com

প্রবেশ করে নীচের ছবিতে তা স্পষ্ট বুঝা যাবে। HP/R ২৩৫৩ নং রিপোর্টের একটি অনুরূপ চিত্র থেকে এটি সফল করা হয়েছে।



চিত্রে নির্দেশিত ছয়টি পথ হচ্ছে :—

(১) নিঃশ্বাস→ফুসফুস→হাড়

(২) বৃষ্টি→খাবার পানি পাকস্থলী—হাড়

(৩) বৃষ্টি—ফল ও সব্জী (শিকড় দিয়ে)—পাকস্থলী—হাড়

(৪) বৃষ্টি—ফল ও সব্জী (পাতার বহিরাবরণে)—পাকস্থলী—হাড়

(৫) বৃষ্টি - ঘাস—(পাতায়)—গরু—দুধ—পাকস্থলী—হাড়

(৬) বৃষ্টি—মাটি—ঘাস (শিকড় দিয়ে) গরু—দুধ—পাকস্থলী—হাড়

ঘাস ও সব্জীর পাতা সবসময় শেষ চারিটি চেইনের মধ্যে সংযোগ সাধন করে। (৩) এবং (৫) নম্বরে ভস্মপাত হয় পাতার খোলা গায়ে, সেখান থেকে কিছুটা অবশ্য ধুয়ে, মুছে যায়; অথবা (৪) এবং (৬) নম্বরে ভস্ম মাটি থেকে পাতায় পেঁছায় শিকড় দিয়ে কাজেই ধুয়ে যাবার কোন সম্ভাবনাই নেই।

মানুষের হাড়ে ষ্ট্রনশিয়াম-৯০এর ঠিকানা নিতে গেলে, দু'টি সম্পূর্ণ স্বতন্ত্র পরিবর্তনের কথা ধরতে হবে। প্রথমটি হচ্ছে বয়সের সাথে পরিবর্তন। যে কেউ এই গ্রাফ দেখে পরিষ্কার বুঝতে পারে যে, ৫ বছর বয়সের মধ্যে যে, সব শিশুরা (তেজস্ক্রিয়তা ছাড়া অন্য যে কোন কারণে) মারা গেছে তাদের হাড়ে Sr-৯০ এর পরিমাণ অনেক বেশী,—বয়স্কদের থেকে প্রায় ৪ গুণ। ৫ বছর বয়স থেকে পূর্ণ বয়স পর্যন্ত ক্রমে ক্রমে এই পরিমাণ কমে গেছে, বৃদ্ধ বয়সে আরও বেশী হ্রাস হয়। যেহেতু ইহা সকলের বিশ্বাস যে, Sr-৯০

www.pathagar.com

কিংবা অন্য যে কোন ক্যান্সার সৃষ্টিকারী পদার্থ বয়স্কদের তুলনায় শিশুদের দেহে তিন গুণ সক্রিয়, অতএব, এটাই মনে হচ্ছে যে, Sr-৯০ এর ভস্ম পতন বয়স্কদের থেকে শিশুদের প্রতি অন্ততঃ দশগুণ ক্ষতিকারক।

হারওয়েলের দু'টি মাত্র রিপোর্টে মানুষের অস্থিতে মধ্যম রেঞ্জের একটি ভিটি লিপিবদ্ধ করা হয়েছে। এ রিপোর্ট দুইটি হচ্ছে HP/R ২১৮২ এর ৭ পৃষ্ঠায় ২নং তালিকায় এবং HP/R ২৩৫৩ এর ১৩ পৃষ্ঠায় ৬নং তালিকায়।

দুইটি তালিকারই শিরোনামা ছিল "১৯৫৬ সালে জীবতাত্ত্বিক পদার্থে ষ্ট্রনশিয়াম ৯০"। কাজেই অনুমান করা যেতে পারে যে, দ্বিতীয় রিপোর্টটি প্রথমটির চেয়ে আধুনিকতর বা পরবর্তী কালের।

অস্থিতে Sr-৯০ মাপবার ইউনিট হচ্ছে SU। মনে হয়, SU মানে 'ষ্ট্রনশিয়াম ইউনিট' (অর্থাৎ অস্থিতে প্রতিগ্রাম ক্যালশিয়ামে ষ্ট্রনশিয়ামের পরিমাণ)। কিন্তু অধিলম্বে তাকে 'সান্‌শাইন' ইউনিট বলে সরকারীভাবে ঘোষণা করা হয়। এর কারণ হয়তো আর কিছু নয়, কেবল ভীতিজনক জিনিসকে মাঝে মাঝে আদুরে কোন নামে সম্বোধন করার যে রীতি আছে, তাই; যেমন ব্রিটিশ সৈনিকরা 'মরে যাওয়াকে' বলে আদর করে 'পশ্চিমে চলে যাওয়া' আর প্রাচীন গ্রীকরা 'কিউরি' নামক দুষ্টামির প্রতিশোধ গ্রহণকারীকে অভিহিত করে 'ইউমেনাইড' যার আক্ষরিক অর্থ 'দয়ালু ব্যক্তি'।

নীচের তালিকাটিতে ১৯৫৬ সালের গোড়ার এবং শেষের দিকের নীরিক্ষিত ফলাফলগুলি দেওয়া হলো—,

	১৯৫৬ সালের প্রথমভাগ (২১৮ নং রিপোর্ট	১৯৫৬ সালের শেষ ভাগ (২৩৫৩ নং রিপোর্ট
শিশুর অস্থি, মধ্যম	০·৫৫ SU	০·৭০ SU
শিশুর অস্থি, সর্বোচ্চ	১·২ SU লণ্ডন ১·১ SU ল্যাকাশায়ার	২·৪ SU লিভারপুল ২·৩ SU কেস উইক
বয়স্কদের অস্থি, মধ্যম	০·২০ SU (পূর্ণবয়স্ক)	০·২৬ SU (৫ থেকে ২০ বছর বয়স)
বয়স্কদের অস্থি, সর্বোচ্চ	০·২৭ ,, ৮ বছর বয়সে ০·২০ ,, ১৪ ,, ,,	০·৩৭ SU তের বছর বয়সে

www.pathagar.com

আমরা নির্বিঘ্নে কত SU ষ্ট্রনশিয়াম আমাদের দেহের অস্থিতে আশ্রয় দিতে পারি? এ প্রশ্নের আলোচনা শেষে যা পাওয়া গেছে, তা খুব শিক্ষামূলক। এ প্রসঙ্গে একটি টেক্‌নিক্যাল শব্দ জানা দরকার, সেটি হচ্ছে M.P.B.B. মানে Maximum Permissible Body Burden অর্থাৎ 'শরীরে নির্বিঘ্ন আশ্রয় দেওয়ার মাত্রা'।

আরও পরিষ্কার করে বলতে গেলে এর তাৎপর্য হচ্ছে, কোন তেজস্ক্রিয় পদার্থ সর্বোচ্চ কতটুকু (সরকারী হিসাব মোতাবেক) শরীরে আশ্রয় দিলে বিশেষ কোন ক্ষতি হবে না, বা হলেও সরকারী নজরে পড়বে না। সরকারী তৎপরতায় ১০৩টি তেজস্ক্রিয় নিউক্লাইডের M.P.B.B. তালিকা প্রণয়ন করা হয়েছে, যাদের মধ্যে (Sr ৯০+y৯০) হচ্ছে একটি। ১৯০ যে Sr৯০ এর সাথে থাকবেই তা অবশ্যম্ভাবী। সেকারণ যখনই Sr৯০ নিয়ে নাড়াচাড়া করা হবে তখন মনে করতে হবে অপরটি এতে উহ্য আছে। উপরি উক্ত কোড্‌ অনুযায়ী Sr ৯০ এর M.P.B.B. হচ্ছে ১ মাইক্রোকুরি। এক মাইক্রো-কুরিতে ১মিলিয়ন মাইক্রোমাইক্রোকুরি হয়। একজন সাধারণ পূর্ণবয়স্কের ১০০০ গ্রাম ক্যালশিয়ামে উক্ত পরিমাণ থাকে বলে তার M.P.B.B. বলা হয় ১০০০ SU। ১৯৫৬ সালের মেডিক্যাল রিসার্চ কাউন্সিলের রিপোর্ট যাকে আমি HNR বলে উল্লেখ করেছি) পেশাগত কারণে বিকিরণ ভোগী কিন্তু নিরত উপযুক্ত পর্যবেক্ষণে আছে যারা, তাদের M.P.B.B. হিসাব দিয়েছে। এই অঙ্ক অবশ্য সমগ্র জনসমাজের জন্য দু'টি স্বতন্ত্র কারণে ১০ গুণক করে দু'বার কমবে। প্রথমতঃ যে সব মানুষের দু'একজনকে বেছে বেছে নিয়ে ভালভাবে পরীক্ষা করার ফলে উচ্চ মাত্রা পাওয়া গেছে তা অন্যান্য সাধারণ মানুষের বেলায় অনেক উচ্চ মাত্রা। দ্বিতীয়তঃ ছোট শিশুদের বেলায় অন্যান্যদের তুলনায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ Sr-৯০ অন্ততঃ দশগুণ বেশী সক্রিয়ভাবে ক্যান্সার সৃষ্টি করে।

এই সমস্ত কারণেই শেষ পর্যন্ত HNR সরকারীভাবে ১০ SU কে M.P.B.B. ঘোষণা করেছে সাধারণ মানুষের জন্য। এই সমস্ত তত্ত্বের বৈজ্ঞানিক গুরুত্ব এবং উৎসাহ বিপুল তো বটেই, তাছাড়া সামাজিক উৎসাহ যে কম নয় তা মিঃ রীচিক্যালডারের একখানি চিঠি থেকে সুস্পষ্ট বুঝা যায়। মিঃ ক্যালডার

www.pathagar.com

১৯৫৭ সালের ৩০শে মে 'দি টাইমস্' পত্রিকায় এই চিঠি খানি লেখেন ; নিয়ে তা উদ্ধৃত করা হলো—

মহাশয়,

লর্ড শেরওয়েল, আজ এই সংবাদদাতার 'মুভ্‌ড্‌ দি ক্লোজার' পেয়েই যে বক্তৃতা দেন তা অপ্রতিহত হতে পারে না। প্রত্যেকের মত (আমি নিজেও) তিনি মেডিক্যাল রিসার্চ কাউন্সিল রিপোর্ট থেকে সেই সমস্ত ঘটনা বেছে নেন সেগুলি তার যুক্তি সমর্থন করে আর যেগুলি করে না, সেগুলি নেন নাই। তিনি বলেন 'হিসাব করে দেখানো হয়েছে যে, পূর্ববর্তী সবগুলি পারমাণবিক পরীক্ষা থেকে উৎসারিত Sr-৯০ আমাদের অস্থিতে প্রবেশ করছে তা রেডিও লোজিক্যাল প্রটেকশন কমিশনের শিল্পী শ্রমিকদের পক্ষে সহনীয় মাত্রার বলে নির্ধারিত পরিমাণের হাজার ভাগের একভাগ প্রায়।

....অধিকংশ বিচারবুদ্ধি সম্পন্ন ব্যক্তি একে পর্যাপ্ত কারণ বলে বিবেচনা করতেন।' উক্ত রিপোর্টের ৩৪৬ অনুচ্ছেদের উপর ভিত্তি করে দেওয়া এই বিবৃতি. ৩৬১ অনুচ্ছেদের দ্বারা মারাত্মকভাবে পরিবর্তিত হয়ে এমনটি হয়েছে, :

'আমরা বিশ্বাস করি যে, ব্যক্তি বিশেষের জন্য ও জরুরী ব্যবস্থা গ্রহণ করা যেতে পারে। তবে তখনই যখন তেজস্ক্রিয় ভস্মপাত তার অস্থিতে Sr-৯০ এর পরিমাণ এত বেশী বেড়ে যায় যে, পেশাদারদের সর্বোচ্চ সহনীয় মাত্রাও ছেড়ে যাচ্ছে এমন লক্ষণ প্রকাশ পায়।' কাজেই গুরুত্বপূর্ণ লেভেল ১০০০ ইউনিট নয়, ১০ ইউনিট। উক্ত রিপোর্টের ১২৫ পৃষ্ঠায় দেখানো হয়েছে যে, ১ বছর বয়স্ক শিশুদের কঙ্কালে ১·২ ইউনিট এবং অনুরূপ মেষের অস্থিতে ১৪ ইউনিট Sr-৯০ পাওয়া গিয়েছিল ; কিন্তু কোন কোন উচ্চ পার্বত্য অঞ্চলের মেষে অন্ততঃ এর দশগুণ বেশী পরিমাণ পরিললিক্ষত হয়। মনে রাখতে হবে যে, MRC রিপোর্ট ১৯৫৫ সালের শেষাংশ পর্যন্ত নীরিক্ষা করে প্রাপ্ত ফলাফলের উপর ভিত্তি করে তৈরী হয়েছিল এবং এর পরে অনেকগুলি 'মেগাটন বোমা পরীক্ষা করা হয়েছে। এই সমস্ত বিতর্কের সারকথা প্রকাশ করা হয়েছে

www.pathagar.com

MRC রিপোর্টের ৩ পৃষ্ঠায়। এই রিপোর্টের ফলে যে কোন পাঠকের কাছে ধরা পড়বে যে, বর্তমানে আয়নাইজিং বিকিরণের সংঘাতের ফলে ঘটিত মেডিক্যাল এবং জীবতাত্ত্বিক বিকৃতির জ্ঞানে বিরাট এবং মারাত্মক শূন্যতা রয়ে গেছে। লর্ড শেরওয়েলের কথা মানিয়া লইলে, এই সমস্ত অজ্ঞতার মিতালি মোটের আশার কথা নয়। বিজ্ঞানীদের জ্ঞান মানবজাতির পক্ষে বিপদের ঝুঁকি নয়, বিপদ শুধু তাতে যা তারা জানে না। ক্লাউডি বার্নার্ড একশত' বছর আগে যেমন বলেছিলেন, 'সত্যিকারের বিজ্ঞান আমাদের সন্দেহ প্রবণতা জাগিয়ে তোলে, যে কোন কিছুতে আর অজ্ঞতায় অগ্রসর হতে বিরত রাখো'।

ইতি

বিনীত রীচি ক্যালডার

লর্ড শেরওয়েল ছিলেন একজন জাঁদরেল পদার্থবিদ একজন F. R. S এবং অক্সফোর্ড বিশ্ববিদ্যালয়ের পদার্থবিজ্ঞানের ভূতপূর্ব অধ্যাপক। অপূর্ব মেধা এবং অগাধ পাণ্ডিত্যের অধিকারী এই মনীষীর রাজনৈতিক অভিজ্ঞতাও কম ছিল না।

তথাপি ১৯৫৭ সালের ৮ই মে 'হাউস্ অব লর্ডসে প্রদত্ত তাঁর ভাষণে তিনি নানাভাবে সেই সব মত প্রকাশ করেছিলেন, যার উত্তর মিঃ ক্যালডার দিয়েছেন। তার এইসব অভিমত প্রকাশিত হয় ৯ই মের 'দি টাইমস্' পত্রিকায় 'দি নিউজ অব দি ওয়ার্ল্ড' পত্রিকার ১৯শে মের সংখ্যার প্রথম পৃষ্ঠায়, এবং টাইমস্ পত্রিকার ২৮শে মে সংখ্যার দীর্ঘ চিঠিতে। অত্যন্ত দুঃখের কথা এই যে, লর্ড শেরওয়েল ১৯৫৭ সালের জুন মাসে হঠাৎ মারা যান। তাই আর কখনই সময় হলো না ফিরিয়ে নেবার এমন একটা স্পষ্ট ভুলের যার রাজনৈতিক গুরুত্ব সে সময় ছিল অসীম। এটা সুস্পষ্ট যে, তিনি মেডিক্যাল রিপোর্টের ৩৪৬ অনুচ্ছেদ থেকে উদাহরণ দিয়েছেন, কিন্তু এর মাত্র দুই পৃষ্ঠা বাদে ৩৬০ অনুচ্ছেদটি তিনি একবারও উল্টিয়ে দেখেন নি। ৩৪৬ অনুচ্ছেদে যা বলা হয়েছে তাই যদি সবটুকু সত্য হতো, তাহলে তিনি যাকে রাজনৈতিক বাসনা বলে মনে করতেন তার সাথে মিলতো। যখন তিনি এ দেখতেন, তখন তার পক্ষে যথেষ্ট দেখা হতো। তার মত এমন ব্যক্তিত্বসম্পন্ন লোকের

www.pathagar.com

পক্ষে এটা একটা নিছক ভুল ছাড়া কিছু নয়। তিনি হয়তো সাময়িক ভাবে ভুলে গিয়েছিলেন প্রত্যেক বৈজ্ঞানিকের মূলনীতিটি "তোমার পরীক্ষার ফল আর একবার মিলাইয়া দেখো।"

এই ধরণের ভুল কিন্তু সব একই দিকে হয় না। ইচ্ছা করলে অনুরূপ চমকপ্রদ একটা উদাহরণ আমি পরিবেশন করতে পারি। ভ্রান্তিপূর্ণ হলেও এর সমর্থক জুটবে অনেক আর ক্রিয়া চলবে উল্টো দিকে। এই বইয়ের প্রারম্ভিক অনুচ্ছেদটি এক তরফা করে লেখা হয় নি। যে সমস্ত গুরুত্বপূর্ণ বিষয়ে প্রবল আবেগ থাকে সে সব ক্ষেত্রে সত্যকে চেপে রাখার জন্য বিশেষ যত্নবান হতে হয়।

এখন আমরা Sr-৯০ এর সম্পর্কে সংগৃহীত তথ্যাবলী সামগ্রিকভাবে আলোচনা করতে পারি। 'এ্যাটোমিক, সাইন্‌টিষ্টস্‌ এ্যাসোসিয়েশনের' 'দি নিউ সাইনটিষ্ট' পত্রিকার ১৯৫৭ সালের ২৫শে এপ্রিল সংখ্যায় প্রকাশিত বিবৃতির সারাংশ এখানে দেওয়া গেল।

ষ্ট্রনশিয়াম ৯০ ই কেবল একমাত্র বিভাজন উৎপাদক যার মধ্যে প্রত্যেক প্রকারের আপদ আছে। এর উৎপত্তি হয় প্রচুর পরিমাণে। অর্ধায়ু দীর্ঘ, প্রায় ২৮ বছর। কাজেই অনেকদিন ধরে দেহে অবস্থান করতে পারে (জীবতাত্ত্বিক অর্ধায়ু ৭½ বছর)।

দেহ নীত হয় অতি সহজেই। প্রধান প্রধান অঙ্গে (অস্থিতে) জমা হয় তবে অস্থির বর্ধনশীল অঞ্চলেই বেশী ক্ষতি করতে সক্ষম হয়। সেকারণ শিশুদেহের জন্য অতি মারাত্মক ক্ষতিকারক।

১৯৫৬ সালের শেষ নাগাদ যে সব আণবিক এবং হাইড্রোজেন বোমা বিস্ফোরিত হয়েছে তার বিবক্রিয়ায় আশঙ্কিত ক্যান্সার রোগীর সংখ্যা হিসাব করা সম্ভব।

আজ (১৯৫৭) যে সব Sr-৯০ ষ্ট্রাটোস্ফিয়ারে বিরাজ করছে তার প্রায় সবটুকুই যখন পরবর্তীকালে নেমে আসবে পৃথিবীতে তখনকার সেই পৃথিবীর জনসংখ্যাকে এই হিসাবে গণ্য করতে হবে।

www.pathagar.com

নীচের যুক্তিগুলি লক্ষ্য করুন ঃ

(১) ১৯৫৬ সালের শরৎকাল পর্যন্ত বিস্ফোরিত সমস্ত বিভাজন এবং বিভাজন সম্বলিত বোমা থেকে উৎসারিত শক্তির মোট পরিমাণ ৫০ মেগাটন (রেফারেন্সের জন্য দেখুন Kulp, Eckelmann and Schulert, Science, 125, 219, 1957 সংক্ষেপে KES)।

(২) হারওয়েলের A. E. R. E (২৫৫৬) এর হিসাবে শুধু Sr-৯০ থেকে প্রাপ্ত বিস্ফোরণের মাত্রা কেবল ১০ বছরের অধিক বয়স্ক মানুষের জন্যে গড়পড়তা ০·২ S.U.।

(৩) এই অঙ্ক নিয়ে এবং K E S এর হিসাবে মিলে আর তার সাথে তেজষ্ক্রিয়তার ক্ষয় এবং ভস্মপতনের হার এ সব কিছুর হিসাব একত্র করে দেখা যাবে যে, ১৯৭০ সালে উক্ত মাত্রা দাঁড়াবে ৪ S U তে। লিবির হিসাব মতে ১৯৭০ সালে ৪ থেকে ১০ S U হতে পারে। কাজেই লিবির হিসাবের সাথে তা ঐক্য রাখে। এ সব হিসাব কিন্তু শুধু ১৯৫৬ সাল পর্যন্ত ঘটিত বিস্ফোরণের ফলাফল হিসাবে ধরা হয়েছে। আশাবাদী হয়ে আমরা 8 S U কে সর্বনিম্ন মাত্রা বলে অভিহিত করতে পারি।

(৪) হিসাব করে দেখা গেছে 'দৈহিক চাপ' ·১ কুরি হলে অস্থি ক্যান্সারের সম্ভাবনা হয় ০·০০৫ (Ref ঃ R. J. Hasterlik, Geneva Conference, Vol II. P. 149)।

(৫) Sr-৯০ এর চাইতে রেডিয়াম ১০ গুণ ক্রিয়াশালী। কাজেই রেডিয়ামের ০·১ কুরি ষ্ট্রনশিয়ামের ১ কুরি অর্থাৎ ১০০০ S U এর সমান।

(৬) সেকারণ ১ S U তে অস্থি-ক্যান্সারের সম্ভাবনা ০·০০০০০৫ এবং ৪ S U তে হবে ০·০০০০২।

(৭) পৃথিবীর মোট জনসংখ্যা ২৫০ কোটি। অতএব শুধুমাত্র ১৯৫৬ সালের শরৎকাল পর্যন্ত নিক্ষিপ্ত বোমা ক'টি থেকে উদ্ভূত পরিস্থিতিতে ১৯৭০ সাল নাগাদ অতিরিক্ত অস্থি-ক্যান্সার রোগীর সংখ্যা হবে $২·৫ \times ১০^{৯} \times ২ \times ১০^{-৫}$ অর্থাৎ ৫০,০০০। অন্যান্য প্রাকৃতিক তেজষ্ক্রিয়তা থেকে

www.pathagar.com

ক্যান্সারগ্রস্ত রোগীর সংখ্যা এই হিসাবের বহির্ভূত। আরও হিসাব করে দেখা গেছে (F. W. Spjeis, Brit, Radiol., 2,9, 409, 1956) যে Sr-৯০ এর এই তেজমাত্রার হার প্রাকৃতিক পারিপার্শ্বিক বিকিরণের মাত্র ০·১—০·৪৫ ভাগ।

কোনো কোনো মহলের মতে ১৯৭০ সাল নাগাদ পৃথিবী জুড়ে অতিরিক্ত ৫০০০০ ক্যান্সার উদ্বর্তকদের জন্য ইস্পিত কল্যাণের তুলনায় খুব সামান্য মূল্য। অন্যান্য মহলরা কিন্তু এ মত স্বীকার করেন না। সব বৈজ্ঞানিক অবশ্য এ যুক্তি গ্রহণ করেন না, তবে যে সব বিজ্ঞানী এর সপক্ষে তাঁরা অতি উচ্চমানের বিজ্ঞানী। অত্যন্ত নীরস বৈজ্ঞানিক পরিভাষায় এ কথা এখানে বর্ণিত হয়েছে, যার অমসৃণ হওয়ার অসুবিধা আবার মসৃণ হওয়ার সুবিধও আছে।

www.pathagar.com

www.pathagar.com

অষ্টম অধ্যায়

শান্তির কাজে নিয়ন্ত্রিত আণবিক শক্তি

১। বিভাজন পদ্ধতিতে শক্তিস্ফুরণ

১৯৫৭ সালের শেষ নাগদ (ব্রিটেনে) অনেকগুলি আণবিক শক্তি কেন্দ্র গড়ে উঠেছে। এদের সবগুলোই বিভাজন পদ্ধতিকে কাজে লাগায়। বিভাজন যন্ত্রগুলি বিভাজন বোমার (আণবিক বোমা) মতই ইউরেনিয়াম এবং প্লুটোনিয়ামকে জ্বালানী হিসাবে ব্যবহার করে। অবশ্য স্ফুরিত শক্তিকে নিয়ন্ত্রিত করার নানা প্রকার প্রণালী আছে সেগুলি এ বইয়ে আলোচনা করা সম্ভব নয়।

বিভাজন প্রতিক্রিয়ায় অনেক জাতের মারাত্মক আইসোটোপ জন্ম নেয়। এদের অর্ধায়ু দীর্ঘ হওয়াতে তাদের সম্বন্ধে জ্ঞান লাভ করা প্রয়োজন। উদাহরণ স্বরূপ. তেজস্ক্রিয় ষ্ট্রনশিয়াম (যার অর্ধায়ু ২৮ বছর এবং ৫৩ দিন). তেজস্ক্রিয় ফস্‌ফরাস্‌ (১৪ দিন এবং ২৫ দিন); সিজিয়াম (৩৩ বছর) আইয়োডিন (৮ দিন); কোবাল্ট (৫ বছর); টেক্‌নিশিয়াম (২ লক্ষ বছরেরও অধিক); প্রভৃতি আইসোটোপের নাম করা যেতে পারে। এই সমস্ত পদার্থের ভস্মের হাত থেকে রেহাই পাওয়ার অনেক রকম প্রচেষ্টা আমরা চালিয়েছি। সমুদ্রে ডুবানো হয়েছে; ইচ্ছাকৃতভাবে অথবা দৈবক্রমে নদীর পানিতে ছেড়ে দেওয়া হয়েছে; নদীর তলায় জমতে দেওয়া হয়েছে (পরে চক্‌নদী দেখুন) এমনকি দীর্ঘদিন আটক রেখে ক্ষয়ে অগ্রাহ্যনীয় পরিমাণে নিষ্ক্রিয় হওয়ার সুযোগ দেওয়া হয়েছে (উইন্ডস্কেল রিপোর্ট দেখুন)।

এইসব আশাবাদী পদ্ধতিগুলির দুর্বল অংশটি হচ্ছে এই যে, এর ফলে কতকগুলি অনিষ্টকর অপ্রীতিকর ঘটনা ঘটতে দেখা গেছে।

যুক্তরাষ্ট্রের নৌবাহিনী এক প্রকাশিত বিবৃতিতে বলেন (fallout, ১৪৩পৃঃ) যে প্রশান্ত মহাসাগরে পরীক্ষামূলক বিস্ফোরণের পর বিরাট বিরাট যে সব ক্ল্যাম মাছ ধরা পড়েছে. তাদের দেহে তেজস্ক্রিয়তা সেখানকার পানির তুলনায়

www.pathagar.com

২০০০ গুণ। আর এই বিক্রিয়া কোবাল্ট-৬০ এর জন্যে। কোবাল্ট ৬০ এর আগে কোনদিন ভস্মপাত কিংবা সমুদ্রে পাওয়া যায় নি।

লবণাক্ত এবং স্বচ্ছ উভয় প্রকার পানিতেই অবস্থানকারী প্ল্যাঙ্কটন নামক এক প্রকার ভাসমান জীব পানি থেকে তেজস্ক্রিয় ফস্‌ফরাস সংগ্রহ করে দেহে জমা করে। সব মাছই এমনকি কোনো কোনো তিমিও এদের খেয়ে থাকে।

যখনও পানিতে তেজস্ক্রিয়তার শতকরা ১ ভাগেরও কম তেজস্ক্রিয় থাকে ফস্‌ফরাস্‌ এর কারণে তখনও প্ল্যাঙ্কটন এবং তাদের ভক্ষণকারী মাছের সবটুকু তেজস্ক্রিয়তা তেজস্ক্রিয় ফসফরাসের। ঐ সব মাছ এবং প্ল্যাঙ্কটন যেসব জায়গায় বাস করে সেখানকার পানির তেজস্ক্রিয়তার চাইতে ১৫০০০০ গুণ তেজস্ক্রিয়তা তাদের দেহে পাওয়া গেছে। কলম্বিয়া নদীর পানির তেজস্ক্রিয়তা যদি এমন মাত্রায় উঠতো যে তা মানুষের পানের উপযোগী, তাহলে ঐ পানিতে অবস্থানকারী প্ল্যাঙ্কটনে (Fallout, ১৪পৃঃ) ঘণ্টায় ৭০ রনজেন এবং মাছে ঘণ্টায় ৫০ রনজেন বিকীরণ ভোগ করতো। আর যে ব্যক্তি এই মাছের ১ পাউণ্ড ভক্ষণ করবে সে পাবে ৩০ রনজেন। ১৯৫৫ সালে জেনেভায় 'শান্তির কাজে আণবিক শক্তির ব্যবহার শীর্ষক সম্মেলনে প্রস্তাব করা হয়েছিল যে, তেজস্ক্রিয় ফসফরাসের সর্বোচ্চ গ্রহণযোগ্য মাত্রা কমিয়ে হাজার ভাগে নামানো উচিত।

Fallout বইয়ের ১৪৬ পৃষ্ঠায় প্রদত্ত সবচেয়ে মজার একটি তালিকা দেওয়া হয়েছে। ইহাতে দেখানো হয় যে পাখি/পানির তেজস্ক্রিয়তার অনুপাত বয়স্ক চড়ুই পাখীতে ৭৫,০০০ কিন্তু শিশু চড়ুইয়ে ৫০০,০০০; পানিহাঁসে ৭,৫০০ কিন্তু তাদের ডিমের পীতাংশে ১৫০০,০০০।

১৯৫৪ সালের পহেলা মার্চের বিকীনি বোমাটি পরীক্ষার পর গ্রীষ্মের গোড়াতে সেখান থেকে প্রায় ২০০০ মাইল দূরে যে সব মাছ ধরা হয়েছিল তাতে এত বেশী তেজস্ক্রিয়তা ছিল যে খাওয়া যেত না। ঐ একই সময়ে জাপানের অদূরে সমুদ্রের পানিতে সামান্য তেজস্ক্রিয়তা মাত্র থাকা সত্ত্বেও টানি মাছে প্রচুর তেজস্ক্রিয়তা ছিল।

অদ্ভুত এই সব ঘটনা কাহিনী বহুদিন ধরে চলতে পারে; আজ পর্যন্ত যদিচ এমনি অনেকগুলি ব্যাপার আমরা ঘটতে দেখেছি তবু মনে হয় সবগুলি ঘটনার একটা কিনার মাত্র আমরা স্পর্শ করতে পেরেছি। অনেক জাতের

www.pathagar.com

খাদ্য-প্রাণী এবং খাদ্য-উদ্ভিদ আছে যারা এমন সব স্থল-খাদ্য এবং সমুদ্র-খাদ্য খেয়ে থাকে যা অতি অল্প অসাবধানতায় কিঞ্চিৎ তেজস্ক্রিয় হয়ে পড়ে।

কোন প্রাণী প্রাপ্ত তেজস্ক্রিয় নিউক্লাইডগুলির কোন একটিকে উদরস্থ করলে যে, যে দুর্দশা ঘটতে পারে তার অল্পই আমরা খবর রাখি। আমরা শুধু জানি যে, (সামুদ্রিক জীবের বেলায়) আশে পাশের পানির তুলনায় কোনো কোনো জলচর প্রাণীর দেহে বহুলক্ষ গুণ তেজস্ক্রিয়তা জমা হয়। মোটের উপর আমাদের অজ্ঞতা বহুদিনের জন্য সর্বব্যাপী হতে চলছে।

ঐ দীর্ঘদিনে বিভাজনের ধ্বংসাবশেষ জমতে দেওয়া হোক স্থলে অথবা সমুদ্রে যার ফল খুব মারাত্মক হওয়া সত্ত্বেও আমরা সময়মত জানতে পারবো না।

ভস্মাদি গভীর সমুদ্রের অতলে সমাধিস্থ করা বেশ দুরূহ ব্যাপার কারণ আণবিক কেন্দ্রগুলো থেকে গভীর সমুদ্র অনেক দূরে আর তা ছাড়া উপায়টিকে সম্পূর্ণ নিরাপদও মনে করা যায় না। অজানিত মহাসামুদ্রিক স্রোত, মন্থর পরিব্যাপ্তি, কোন কোন মাছের রাসায়নিক পদার্থ জমা করবার এবং অতিদূরে প্রস্থান প্রভৃতি অনন্য ক্ষমতাবলী আমাদের উদ্বেগের কারণ হয়ে রইবে।

তেজস্ক্রিয় ভস্ম সরিয়ে ফেলার যে সব পন্থা আমরা বের করেছি তার মধ্যে একমাত্র সন্তোষজনক উপায় হচ্ছে দ্রুতগামী রকেটে করে পৃথিবীর আওতার বাইরে, মহাশূন্যে এতদূরে নিক্ষেপ করা যাতে করে কোনদিন তারা আর ফিরে আসবে না পৃথিবীতে। অবশ্য একাজে যে রকেট ব্যবহার করা হবে তা নিরঙ্কুশভাবে কাজ করা চাই। ১৯৫৭ সালের যুক্তরাষ্ট্র নিম্নগতি রকেটে করে অনেক তেজস্ক্রিয় পদার্থ নিক্ষেপ করেছিল মহাশূন্যে, কিন্তু তারা পৃথিবীর সীমানার বাইরে যেতে পারে নি। যে দু'টি রকেট এলুমিনিয়ামের পুটলিতে তেজস্ক্রিয় পদার্থ নিয়ে সর্বপ্রথম পৃথিবীর মহাশূন্য পাড়ি দেয় তা নিক্ষিপ্ত হয় ১৯৫৭ সালের নভেম্বরে।

২। গবেষণা এবং রোগ নিরাময়ে বিভাজন ভস্মের ব্যবহার

মারাত্মক তেজস্ক্রিয় ভস্মহীন একীভবন পদ্ধতি যদি কোনদিন শক্তির কাজে আণবিক শক্তি দিতে শুরু করেও, তখনও নানাজাতের তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ তৈরীর জন্য কিছু সংখ্যক বিভাজন কেন্দ্র আমাদের রাখতেই হবে।

www.pathagar.com

অতি প্রয়োজনীয় এইরূপ শতাধিক তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের তালিকা আছে মিনিষ্ট্রি অব হেলথ পরিবেশিত 'কোড্ অব প্রাক্‌টিসে'। .....গবেষণা, শিল্প গবেষণা, রোগ নির্ণায়ন এবং নিরাময় অথবা অসুস্থতা থেকে সাময়িক উন্নতির প্রভৃতি নানা কাজে এগুলির ব্যবহার হয়। পরিচিত কোনো পরমাণু কোন পথ দিয়ে চলার সময় তার গমন পথ এবং তাদের সংখ্যা জানবার উপায় আমরা জানি।

কোন আইসোটোপ তেজস্ক্রিয় কি নির্ণয় তাতে তার রাসায়নিক গুণের কিছু এসে যায় না। কোন মৌলিক পদার্থের সবগুলি আইসোটপেই ঐ পদার্থের সাধারণ স্বাভাবিক রাসায়নিক ধর্ম মেনে চলে। এই কারণেই সাধারণ আইসোটোপের স্রোতে ঐ পদার্থের কোন তেজস্ক্রিয়া আইসোটোপের দু'একটি ছেড়ে দিলে পুলিশী কুকুরের মত তা স্রোতের গতি পথ অনুসরণ করে চলতে থাকবে। কাজেই অজানা স্রোতের গতিপথ এভাবে জানা গেল। এ পদ্ধতি অবলম্বন করে স্রোতে প্রবাহিত সাধারণ আইসোটোপ পরমাণুর সংখ্যাধিক্যও নির্ণয় করা যায় তখন তাহা নতুন কোন জায়গায় এসে জমা হয়। এর থেকে আরও হিসাব করা যায় যে, স্রোতটি দুইটি বিন্দুর মধ্যে প্রবাহিত হতে কতটুকু সময় নেবে। এই পন্থারই অনুসরণ করে জানা গেছে যে, কোন উদ্ভিদ মাটি থেকে মূল দিয়ে কোনো রসায়ন গ্রহণ করার কয়েক মিনিটের মধ্যে তাকে পাতায় পৌছে দেয়। প্রথম প্রথম এ অভিজ্ঞতা আমাদের চমক লাগিয়ে দিত। (থিরাপিউটিক মেডিসিনে)—নিরাময়ক ঔষধে কোন পরীক্ষণীয় লক্ষ্য স্থলে যে রাসায়নিক পদার্থ সাধারণতঃ চলাচল করে তার সাথে নির্দিষ্ট পরিমাণ তেজস্ক্রিয় পদার্থ মিশিয়ে পাঠানো হয়।

এর একটা উদাহরণ দিই এখানে। জানা গেছে যে, আইয়োডিন থাইরাইডে চলাচল করে কাজেই থিরাপিউটিক মাত্রা তেজস্ক্রিয় আইয়োডিনকে সাধারণ আইয়োডিনের স্রোতে মিশিয়ে থাইরাইডে পাঠানো যায়। কেবলমাত্র অনুসরণ কারী পদার্থ উৎপাদনের জন্য যে সব বিভাজন যন্ত্র প্রয়োজন হবে তার আকার শক্তি উৎপাদক বিভাজন যন্ত্র সমূহের তুলনায় এত ছোট হবে যে, তার ভস্মাবশেষ খুবই নগণ্য পরিমাণ হবে যা আমাদের মোটেই মাথা ব্যথার কারণ হবে না। যে সমস্ত জাতির বড় বড় বিভাজন কেন্দ্র আছে তাদের

www.pathagar.com

এতটুকু ক্ষুদ্র বিভাজন যন্ত্র আজও দরকার পড়ে নি কিন্তু সেদিন লাগবে যে দিন শক্তি উৎপাদনের জন্য নিয়ন্ত্রিত একীভবন কেন্দ্র গড়ে উঠবে মারাত্মক বিভাজন শক্তি কেন্দ্রের পরিবর্তে। এতেই কিন্তু সমস্যার সম্পূর্ণ বিলোপ হবে না, যতদিন না প্রকাশ্যে অথবা আড়ালে ইচ্ছাকৃত বিভাজন ঘটানো বন্ধ না করা হয়।

১৯৫৭ সালের ১৩ই সেপ্টেম্বরের 'নিউজ ক্রনিকলে' আমষ্টার্ডাম পারমাণবিক গবেষণা ইন্‌ষ্টিটিউটে ডঃ ডি, হিলেনিয়াসের এক রিপোর্ট থেকে উদ্ধৃতি জানায় যে তাঁরা নাকি তাদের তেজস্ক্রিয় ভস্মাবশেষ একটা ডোবায় জমা করতে থাকেন। রিপোর্টে আরও বলা হয় যে, কিছুদিন পরে তিনি নাকি সেই ডোবায় এমন ব্যাঙ দেখতে পান যার পায়ের সন্ধিস্থল থেকে অতিরিক্ত পা গজিয়েছে। তিনটি স্বাভাবিক এবং একটিতে পনেরোর অধিক পদাঙ্গুলি গুচ্ছ বেরিয়েছে একটি পায়ের চামড়া ভেদ করে আর পিছনের পা দু'টি প্রত্যেকটির পায়ের পাতা পিছনের দিকে ঘোরানো।

৩। সূর্য এবং নক্ষত্রাবলীতে একীভবন পদ্ধতিতে আণবিক শক্তির স্ফুরণ

পৃথিবীতে যদি নিরাপদে নিয়ন্ত্রিত গতিতে আবদ্ধ করে লঘু মৌলিক পদার্থ সমূহের (প্রধানতঃ হাইড্রোজেন) পরমাণু কেন্দ্রিক একীভবন প্রতিক্রিয়া ঘটানো সম্ভব হয় আর তাতে যদি প্রতিক্রিয়া শুরু করার জন্যে কোনো প্রকার বিভাজন ফিউজ দরকার না পড়ে তবেই আমরা মানব জাতির মহাশত্রু তেজস্ক্রিয় বিকীরণের' হাত থেকে রেহাই পেতে পারি। এতে কোন মারাত্মক ভস্ম অবশিষ্ট থাকবে না। শান্তির কাজে আপদহীন একীভবন শক্তিই সুন্দরতম লক্ষ্যস্থল বলে মনে হয়। এর বাস্তবায়নে পদার্থবিদদের সকল প্রচেষ্টাকে কেন্দ্রিভূত করা উচিত। সত্যিকারের যে সব বিপুলাকায় একীভবন যন্ত্র বর্তমানে সক্রিয়, চলুন, তাদের নিয়ে এখন আলোচনা করি। এগুলি আর কোথায়ও নয়, সূর্যে এবং তারকগুলিতে। সঠিকভাবে জানা গেছে যে, সূর্যে এবং নক্ষত্ররাজিতে একীভবন প্রক্রিয়ায় শক্তি উৎপন্ন হয়। তিনটি ভিন্ন ভিন্ন উপায়ে

www.pathagar.com

একাজ সম্ভব হতে পারে বলে গৃহীত হয়েছে। একটা নির্দিষ্ট মান পর্যন্ত এরা এত সহজ এবং সুন্দর যে তাদের একটা সংক্ষিপ্ত আলোচনা না করে এড়িয়ে যাওয়া সম্ভব নয়—তা সে কৌতুকবশেই হোক না কেন। যে সব পাঠক কেবল বিভাজন বোমার (আণবিক বোমা) বিভীষিকা নিয়েই উৎসুক তাঁরা ইচ্ছা করলে এ অধ্যায়ের বাকী অংশটুকু বাদ দিতে পারেন। কারণ যে পদ্ধতিতে উৎসরিত শক্তি পেয়ে আমরা, উদ্ভিদ এবং প্রাণীজগৎ বেঁচে আছি এ বইয়ের মত একখানা সাধারণ বইয়ে সে প্রচেষ্টা নিছক বিষয়টির সাথে যোগাযোগ করা মাত্র।

প্রক্রিয়া তিনটি হচ্ছে

সূর্যের চেয়ে অপেক্ষাকৃত শীতল যে সব নক্ষত্র সেগুলি 'প্রটোন' প্রটোন' চেইন্ প্রতিক্রিয়া ; সূর্যের চেয়ে গরম অর্থাৎ প্রায় দেড় কোটি সেণ্টিগ্রেড্ উত্তাপ বিশিষ্ট নক্ষত্রগুলিতে 'কার্বন-নাইট্রোজেন প্রতিক্রিয়া চক্র' ; আর সাতিশায় উত্তপ্ত অর্থাৎ ২০কোটি ডিগ্রি সেন্টিগেড্ উত্তাপবিশিষ্ট নক্ষত্রগুলিতে 'হিলিয়াম—বেরিলিয়াম—কার্বন চেইন প্রতিক্রিয়া। শেষোক্ত প্রতিক্রিয়াটি ঘটে সেই সব নক্ষত্রে যেখানে প্রথম এবং দ্বিতীয় প্রক্রিয়ায় সেখানকার সমস্ত হাইড্রোজেন পরমাণু নিঃশেষ হয়ে গেছে। যখন হিলিয়াম শেষ হয়ে যায় তখন অন্য কিছু ঘটে বলে মনে হয়। এ সম্পর্কে আমরা পরে আলোচনা করবো।

(ক) প্রটোন-প্রটোন চেইন, শীতল নক্ষত্র :

${}^{১}_{১}H_{০} + {}^{১}_{১}H_{০} \rightarrow {}^{২}_{১}H_{১} + e^{+} + \nu$ .... (১)

${}^{১}_{১}H_{০} + {}^{২}_{১}H_{১} \rightarrow {}^{৩}_{২}He_{১} + \nu$ .... (২)

তারপর হয়

${}^{৩}_{২}He_{১} + {}^{১}_{১}H_{০} \rightarrow {}^{৪}_{৩}Li_{১} + e^{+}$ .... (৩)

অথবা

${}^{৩}_{২}He_{১} + {}^{৩}_{২}He_{১} \rightarrow {}^{৬}_{৪}Be_{২} \rightarrow {}^{৪}_{২}He_{২} + {}^{১}_{১}H_{০} + {}^{১}_{১}H_{০}$ ...(৪)

www.pathagar.com

রেখাচিত্রের অর্থ সবশেষে দেওয়া হবে। এই প্রতিক্রিয়াগুলির কোনটিকে আলাদা করে না দেখে, কয়েকটিকে তুলনামূলকভাবে বুঝা সহজ।

(খ) কার্বন—নাইট্রোজেন চক্র ; উত্তপ্ত নক্ষত্র :

$^{১২}_{৬}C_{৬}+^{১}_{১}H_{০}\rightarrow^{১৩}_{৭}+\gamma$... ... ... (৫)

$^{১৩}_{৭}N_{৬}\rightarrow^{১৩}_{৬}C_{৭}+e^{+}+\nu$ ... ... (৬)

$^{১}_{১}H_{০}+^{১৩}_{৬}C_{৭}\rightarrow^{১৪}_{৭}N+\gamma$ ... ...(৭)

$^{১}_{১}H_{০}+^{১৪}_{৭}N_{৭}\rightarrow^{১৫}_{৮}O_{৭}+\gamma$ ... ...(৮)

$^{১৫}_{৮}O_{৭}\rightarrow^{১৫}_{৭}N_{৮}+e^{+}+\nu$ ... ... (৯)

$^{১}_{১}H_{০}+^{১৫}_{৭}N_{৮}\rightarrow^{১২}_{৬}C_{৬}+^{৪}_{২}He_{২}$ ... . (১০)

(গ) হিলিয়াম বেরিলিয়াম-কার্বন চক্র; অত্যন্ত উষ্ণ-নক্ষত্র :

$^{৪}_{২}He_{২}+^{৪}_{২}He_{২}\rightarrow^{৮}_{৪}Be_{৪}+\gamma$ ... ...(১১)

$^{৪}_{২}He_{২}+^{৮}_{৪}Be_{৪}\rightarrow^{১২}_{৬}C_{৬}+\gamma$ ... ... (১২)

উপরের সবগুলি প্রবাহসমীকরণে প্রথম অধ্যায়ে দেওয়া প্রতীকচিহ্ন ব্যবহার করা হয়েছে। আবার বলছি, অক্ষরের বা প্রতীকের নীচে বাম পার্শ্বের সংখ্যাটি বুঝায় তার কেন্দ্রিনে প্রটোন সংখ্যা। প্রত্যেক মৌলিক পদার্থকে পরস্পর থেকে আলাদা করে চেনা যায় তার প্রটোন সংখ্যা দিয়ে। উদাহরণ স্বরূপ, ১H, এর একটি প্রটোন ; হিলিয়ামের (₂He) লিথিয়ামের Li দুইটি, তিনটি বেরিলিয়ামের (৪Be) চারটি, কার্বনের (৬C) ছয়টি, নাইট্রোজেনের (৭N) সাতটি এবং অক্সিজেনের (৮°) আটটি প্রটোন আছে কেন্দ্রিনে। ডানদিকের নীচের সংখ্যাটিতে কেন্দ্রিনে নিউট্রন সংখ্যা বুঝায় আর বাম দিকের উপরের সংখ্যাটি নিউট্রন এবং প্রটোনের সমষ্টি (নিউট্রোন+প্রটোন) বুঝায়।

উদাহরণ স্বরূপ, $^{১৩}_{৭}N_{৬}$ প্রতীকটি নাইট্রোজেনের একটি আইসোটোপ বুঝায় যাতে ৭টি প্রটোন এবং ৬টি নিউট্রন কাজেই মোট (৭+৬)=১৩টি কেন্দ্রিন কণিকা আছে।

www.pathagar.com

(১), (৩), (৬) এবং (৯) নম্বর সমীকরণে e^+—প্রতীক দিয়ে একটি ধনাত্মক (পজিটিভ) ইলেকট্রন বুঝায়। সে প্রটোনের মত একটি ধনাত্মক বিদ্যুৎ বিভবের অধিকারী কিন্তু সে প্রটোন অথবা নিউট্রনের (যারা সমভর প্রায়) তুলনায় প্রায় শূন্যভর।

ν (নিয়ু) তে নিউট্রিনো নামক একটা বিদ্যুৎ বিহীন এবং শূন্যভর প্রায় কণিকা বুঝানো হয়েছে। কোনো নিউক্লিয়াস থেকে এর স্ফুরণ হলে তার বিদ্যুৎ বিভব এবং ভরের কোন পরিবর্তন সাধিত হয় না। (১), (৬) এবং (৯) নম্বর সমীকরণে ঘটনাটা লক্ষ্য করা যেতে পারে।

γ (গ্যামা) - স্ফুরিত শক্তির প্রতীক। তরঙ্গ প্রবাহের আকারের এই শক্তি নির্গত হয় ঝাঁকে ঝাঁকে। (২), (৫), (৭), (৮) এবং (১২) নম্বর সমীকরণে গ্যামা রশ্মির এই স্ফুরণ দেখে থাকবেন।

উৎসাহী পাঠক আরও লক্ষ্য করতে পারবেন যে, প্রত্যেক সমীকরণের উভয় পক্ষের মোট বিদ্যুৎ বিভব এবং মোট ভর অপরিবর্তনীয়। শুধুমাত্র পুনর-বিন্যাস ঘটেছে সর্বত্র। বারটি সমীকরণের পর পর দেখলে তাদের বিদ্যুৎ বিভব যথাক্রমে ২, ২, ৩, ৪, ৭, ৭, ৭, ৮, ৮, ৮, ৪ এবং ৬ ইউনিট আর নিউক্লিওন সংখ্যা যথাক্রমে ২, ৩, ৪, ৬, ১৩, ১৩, ১৪, ১৫, ১৫, ১৬, ৮ এবং ১২। প্রটোন প্রটোন শৃঙ্খলে আর কার্বন-নাইট্রোজেন চক্রে শুরু থেকে সমাপ্তিতে যা ঘটেছে তা হচ্ছে ৪টি প্রটোন একীভূত হয়ে একটি হিলিয়াম কেন্দ্রিন (যাকে বলে আলফা কণিকা) সৃষ্টি করেছে আর সেই সাথে বেরিয়ে গেছে ২টি ধনাত্মক ইলেকট্রন। অর্থাৎ—

$$_1H_1 + {}_1H_1 + {}_1H_1 + {}_1H_1 \rightarrow {}_2^4He_2 + e^+ + e^+$$

$_1H_1$ কেন্দ্রিনটির ভর ১·০০৭৫৯৩ *আণবিক ভর ইউনিট। কাজেই এমনি চারটির ভর ৪·০৩০৩৭২ ইউনিট, অথচ একটি হিলিয়াম নিউক্লিয়াসের ভর ৪·০০২৭৭৬ ইউনিট। সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে, (৪·০৩০৩৭২—৪·০০২৭৭৬) =০·০২৭৫৯৬ ইউনিট ভর উধাও হয়ে গেছে। আসলে এই ভরটুকুই শক্তিতে রূপান্তরিত হয়ে মহাবিশ্বে ছড়িয়ে পড়ে তারই কিছু কিছু এসে আমাদেরকে উত্তপ্ত করছে। দেখতে অবশ্য এই ভরটুকু বেশী মনে হবে না, কিন্তু মূল

---

১ আণবিক ভর ইউনিট = $১·৬ \times ১০^{-২৪}$ গ্রাম অর্থাৎ ১৬ এর সংখ্যার বামে ২৩টি শূন্য বসিয়ে দশমিক দিলে যা হয় তত গ্রাম।

www.pathagar.com

প্রতিক্রিয়াশীল পদার্থ সমূহের ভরের শতকরা প্রায় ০·৬৯ ভাগ। হিসাব করে দেখা গেছে যে, সূর্যের যদি উক্ত দু'টি প্রক্রিয়া চালু থেকে থাকে এবং ক্রমশঃ তাপ বৃদ্ধি পাওয়ায় দ্বিতীয়টিই প্রাধান্য লাভ করছে তবে তার সমস্ত সঞ্চিত প্রটোন নিঃশেষ হতে ৩ হাজার কোটি বৎসর সময় লাগবে। এই সময় পৃথিবীর বর্তমান বয়সের প্রায় ১০ গুণ।

এক মতবাদ অনুসারে আশা পোষণ করা যায় যে, যতদিন না সমস্ত হিলিয়ামই ফুরিয়ে যায় ততদিন হিলিয়াম—বেরিলিয়াম—কার্বন শৃঙ্খল আরম্ভ হতে এবং চলতে থাকবে না।

আর এক মতবাদ অনুসারে এই সময়ে যখন তত বেশী উত্তাপ সৃষ্টি হয়নি তৃতীয় প্রক্রিয়া আরম্ভ হওয়ার উপযোগী, তখন প্রতিক্রিয়া আরম্ভ হয় ঠিকই কিন্তু মাধ্যাষনিক আকর্ষণে তা অচীরেই ভেঙ্গে পড়ে। উভয় পথ অবলম্বন করে আরও যা হতে পারে তা হচ্ছে একটি 'সুপার নোভা বিস্ফোরণ'। এই সুপারনোভা বিস্ফোরণ কোন এক অনন্ত জ্ঞানের দৃষ্টি ভঙ্গিতে জীবনের দরকার রাখে এ বিশ্বে, যারা পরিবর্তে নতুন এক গাদা জটিল পরমাণুকেন্দ্রের সৃষ্টি করবে তথা পুনরায় আরেক নতুন জাতের জীবনের সূচনা করবে। এ সমস্ত কল্পনাপ্রবণতা যে আনন্দদায়ক তাতে কোন সন্দেহ নেই। তাদের মাধুর্য এমন একটা ধারনা দিতে পারে যে পদার্থবিদরা তাদের আপন আপন চোখের সামনে দেখতে পেয়েও এক নির্বোধ আনন্দকে আশ্রয় করে আদিম রাজনৈতিক মানব সমাজকে দৈবক্রমে এমন সব অস্ত্রে সজ্জিত করেছে, শক্তির অধিকারী করেছে যা তারা নৈতিকগুণে আজও নিয়ন্ত্রণ করতে সক্ষম হয় নি।

৪। একী ভবন প্রক্রিয়ায় পৃথিবীতে নিয়ন্ত্রিত আণবিক শক্তি সৃষ্টি

সকলের বিশ্বাস যে এ বিষয়ে তুমুল অভিযানমূলক কাজ চলছে ব্রিটেন, রাশিয়া, আমেরিকা এবং হয়ত আরও দু'একটি দেশে। কিন্তু ১৯৫৭ সালের সমাপ্তি পর্যন্ত প্রত্যেকেই এ বিষয়ে বিচক্ষণ ছিল। বাধা হচ্ছে এই যে, বিভাজন ছাড়াই কি করে ধাতব আধারে এত উচ্চ তাপ সৃষ্টি করা যায়।

www.pathagar.com

কয়েক বছর আগে মুনরো জেট নামে একটি যন্ত্র উদ্ভাবিত হয়েছিল। এর সাহায্যে সামান্য জায়গায় অতি উচ্চতাপ সৃষ্টি সম্ভব হয়েছিল (রেফারেন্স : W. S. Kosky and Others, Journal of Applied Physics, No 23, 1300, 1952)।

অতি উচ্চতাপ এবং তার অনুগামী উচ্চচাপ কোন পাত্রে সীমাবদ্ধ করা বেশ অসুবিধার ব্যাপার। অতি উচ্চতাপে গ্যাস অণুগুলির গতিবেগ এত উচ্চ হয় যে তাদের আঘাতে ধাতব আধারের দেওয়াল বাষ্পীভূত হয়ে যেতে পারে। আর যদি তা নাও হয় তবুও অণুগুলি অনবরত, আধারের দেওয়ালে আঘাত করায় তাপের অনেক অপব্যয় হবে ফলে অপ্রয়োজনীয়ভাবে কেন্দ্রস্থ তাপ কমে যায়, উচ্চতাপে সব গ্যাস অণুই নির্বিশেষে আয়নিত হয়ে যায়। সে কারণ তাদেরকে প্রবল চুম্বক ক্ষেত্র দিয়ে আটকানো এমন কি দ্রুতগতিতে যখন তারা দেওয়ালের কাছে পেঁছায় তখন তাদের উল্টোদিকে পরিবর্তিত করে দেওয়া যায় চুম্বকক্ষেত্রের দিক পরিবর্তন করে।

ইংল্যাণ্ডের হারওয়েলে 'জেটা' নামক এক প্রকার যন্ত্র দিয়ে এ বিষয়ে কাজ চলছে। মনে করা হয় যে, পৃথিবী পৃষ্ঠে আমরা যে একীভবন প্রতিক্রিয়া করছি তা সূর্যের ঐ নিম্নতাপ প্রোটন প্রোটনও নয়। হয়ত আরও নিম্ন তাপে ঘটিত হাইড্রোজেনের সবচেয়ে ভারী আইসোটোপ অর্থাৎ ট্রিটিয়ামের কোনো একীভবন প্রতিক্রিয়াই আমরা করতে পেরেছি।

এই প্রতিক্রিয়া সাধারণ হাইড্রোজেনের (${}_{1}^{1}H_{1}$) সাথেও হতে পারে। যেমন,

$$ {}_{1}^{1}H_{1} + {}_{1}^{3}H_{1} \rightarrow {}_{2}^{4}He_{2} + n $$

এখানে অক্ষরটি একটি অতিরিক্ত নিউট্রন বুঝাচ্ছে যা ফুটিয়ে বার করা হয়েছে।

এই প্রতিক্রিয়ার দুই পার্শ্বের ভর হিসাব করলে আমরা পাব ${}_{1}^{1}H_{1} + {}_{1}^{3}H_{2}$ এর জন্য ২·০১৪১৮৬ + ৩·০১৬৪৪৮ = ৫·০৩০৬৩৪, এবং ${}_{2}^{4}He_{2} + n$ এর জন্যে ৪·০০২৭৭৬ + ১·০০৮৯৮২ = ৫·০১১৭৫৮ ইউনিট। কাজেই লুপ্ত ভরের পরিমাণ

www.pathagar.com

হচ্ছে, (৫'০৩০৬৩৪—৫'১১৭৫৮)=০'০১৮৮৭৬ আণবিক ভর ইউনিট। এই ভরটুকু মূল ভরের শতকরা ০'৩৮ ভাগ যা সূর্যের প্রতিক্রিয়ার 'লুপ্ত ভরের' (০'৬৯%) সাথে তুল্য। তবুও সূর্যের প্রতিক্রিয়ার অর্ধেক ফলপ্রদতায়ই যদি আমরা পৌঁছাতে পারি সফলতার সাথে তাহলে বলতে হবে আমরা যথেষ্ট করতে পেরেছি।

জানা গেছে যে, ১৯৫৭ সাল নাগাদ জেটা যন্ত্রে ৫০ লক্ষ ডিগ্রি সেন্টিগ্রেড অর্থাৎ ৯০ লক্ষ ফারেনহাইট উত্তাপ সৃষ্টি করেছে। অবশ্য 'জেটা' সস্তা হতে নাকি ১৫ বছর সময় লাগবে বলে হিসাব করা হয়েছে।

যখন এ পদ্ধতিতে পূর্ণ সাফল্য অর্জিত হবে তখন আমরা অনেক বেশী সুখী হবো। সুখী হওয়ার কারণ শুধু তেজষ্ক্রিয় ভস্ম এবং আণবিক বিকীরণের ঝুঁকি থাকবে না বলে নয়; বরং অফুরন্ত জ্বালানী পাবো শক্তি উৎসরূপে বলে। নইলে অদূর ভবিষ্যতে ইউরেনিয়াম আর থোরিয়ামের খনি খুঁজে ফিরতে হবে কয়লার খনি খোঁজার মত। তখন সেগুলী কয়লার মত দুর্মূল্য আর দুষ্প্রাপ্য হয়ে উঠবে। অপরদিকে একীভবনের জ্বালানী হচ্ছে সমুদ্রে। সমুদ্রের পানিতে হাইড্রোজেনের শতকরা ০'০১৫ ভাগই প্রায় 'ভারী হাইড্রোজেন' ($^{2}_{1}H_{1}$)। অন্য কথায় সাগরের পানিতে প্রতি ৭০০০ হাইড্রোজেন পরমাণুতে একটি ভারী হাইড্রোজেন' (ডিউটেরন) থাকে। প্রস্তাবিত প্রতিক্রিয়ার অপর সদস্য ট্রিটন ($^{3}_{1}H_{1}$) ও সমুদ্রের পানিতে মেলে। কিন্তু তার পরিমাণ প্রতি হাজার কোটি কোটি সাধারণ হাইড্রোজেন পরমাণুতে একটি মাত্র। কাজেই ট্রিটন, ট্রিটিয়াম বিশিষ্ট হাইড্রোজেন পরমাণু তৈরী করতে হবে। $^{6}_{3}Li_{3}+n \rightarrow ^{4}_{2}He_{2}+^{3}_{1}H_{2}$ প্রতিক্রিয়াটি চলতে পারে শুধু নিউট্রন সরবাহ করলেই। জানা গেছে যে, এক গ্যালন সাধারণ সামুদ্রিক পানি থেকে ১ শত গ্যালন পেট্রোল সমতুল শক্তি পাওয়া যেতে পারে। কিন্তু আমাদের মোটর গাড়ীতে এক গ্যালন সামুদ্রিক পানি পুরে 'ল্যাণ্ডস্‌স এণ্ড' থেকে 'জন ও গ্রোট' পর্যন্ত এবং ফিরতি রাস্তা সচ্ছন্দে চালিয়ে যাবার পথে এখনও অনেক পিছনে আছি।

www.pathagar.com

৫। 'চক্‌নদীর' দুর্ঘটনা ঃ

যদি প্রত্যেক সন্তান প্রসবা নারী গড়পড়তা একটি মেয়ে প্রসব করে তাহলে মানবগোষ্ঠী কেবলই রক্ষিত হবে মাত্র। অর্থাৎ কমবেও না, বাড়বেও না; কিন্তু প্রত্যেক নারী যদি গড়ে একজনের কম সন্তান প্রসবা মেয়ে জন্ম দেয়, তাহলে মানবগোষ্ঠী নির্মূল হওয়ার পথে এগিয়ে চলবে যদি না গতি বিপরীত মুখী করানো হয়।

বিভাজন যন্ত্রগুলির বৈশিষ্ট্য এই যে, সেখানে K এর মান একের চেয়ে সবসময় কিছু বেশী—ধরুন ১,০০৬ হয় যদি—তবে বিরাট নিউট্রন সমাবেশ গড়ে উঠবে অতি দ্রুত গতিতে।

সাধারণ ভাবে K কে তথা প্রতিক্রিয়ার গতিকে নিয়ন্ত্রণ করা হয় নিউট্রন শোষক দণ্ড চুল্লীতে ঢুকিয়ে দিয়ে। এইসব নিয়ন্ত্রণ দণ্ড যখন আরও একটু ভিতরে ঢুকিয়ে দেওয়া হয়, তখন পূর্বাপেক্ষা আরও কিছু বেশী সংখ্যক নিউট্রন শোষিত হয়, ফলে নিউট্রন সংখ্যা কমে এবং সে জন্যেই K-এর মান কমে যায়। আবার যখন কোনো চুল্লী কার্য আরম্ভ করে, তখন দণ্ডগুলি আস্তে আস্তে বাইরে টেনে নেওয়া হয়, এতদূর পর্যন্ত যাতে K তার প্রয়োজনীয় 'চরম মানে' পৌঁছায়।

এমনি এক কার্যারম্ভের সময় চক্‌নদীর দুর্ঘটনাটি ঘটেছিল। চুল্লীটিতে ইচ্ছাকৃতভাবে নিয়মিত সংখ্যার চেয়ে কিছু কম সংখ্যক নিয়ন্ত্রণ দণ্ড ব্যবহার করেই কাজ শুরু করা হয়েছিল, আর যে দণ্ডগুলি ব্যবহার করা হয়েছিল তার অনেক কাজ করতে করতে হঠাৎ নিষ্ক্রিয় হয়ে পড়েছিল ঠিক সেই মুহূর্তে। হঠাৎ প্রায় এক লক্ষ কিলোওয়াট হারে তাপ সৃষ্টি শুরু হয়। এর ফলে কয়েকটি ইউরেনিয়ামের দণ্ড গলে একত্রিত হয়ে গেলো মুহূর্তে আর সেই সাথে শুধু বায়ুই নয় বরং তাপহরণকারী পানিও অতিরিক্ত মাত্রায় তেজস্ক্রিয় পদার্থের সাথে মিশে বিষাক্ত হয়ে গেল। এই দূষিত পানি তখন চক্‌নদী বেয়ে বইতে শুরু করলো, কারণ তাপ-হরণকারী পানি সেখান থেকেই সরবরাহ করা হত। কেবলমাত্র বিশটি ইউরেনিয়াম দণ্ডই নষ্ট হয়েছিল আর তাতেই এতখানি। জানা গেছে, চুল্লীর পরিচালক বলেছেন, 'আমরা একটা হিসেব মাফিক ঝুঁকি

www.pathagar.com

নিয়েছিলাম; কিন্তু আমাদের হিসাব নির্ভুল ছিল না। সাত সাতটি আলাদা জিনিস একই সাথে বিগড়ে যায়—এদের কয়েকটি ছিল মনুষ্যগত, আর কয়েকটি যান্ত্রিক। সেই অবস্থায় এমনি দুর্ঘটনা ঘটার 'সম্ভাবনা' ছিল দশ লক্ষে এক। কিন্তু এমন কম সম্ভাবনার ঘটনাও ঘটলো। সাথে সাথে চুল্লীর ১৭০০ শ্রমিকদের অধিকাংশকে বাড়ীতে পাঠিয়ে দেওয়া হোল, শুধুমাত্র, জরুরী অবস্থার খাতিরে, রয়ে গেলেন কর্মকর্তারা, বিজ্ঞানীরা আর পরিচালন কর্মীরা। তৎক্ষণাৎ ৫০০০ গ্যালন 'ভারী পানি' কেন্দ্রস্থিত আধারে ঢেলে দেওয়ায় এক মিনিটেই চেইন্ প্রতিক্রিয়া থেমে যায়। অতিরিক্ত তেজস্ক্রিয় এই পানি কিন্তু নদীতে যেতে দেওয়া হল না. পাছে নদীর নিম্নদিকের দুইতীরের শহর এবং পল্লীর সমূহ ক্ষতি সাধন করে। এই রকম একট দুর্ঘটনাস্থলে কাজ করার সবচেয়ে বড় অসুবিধা হচ্ছে যথেষ্ট সংখ্যক কর্মীদেহের রনজেন পরিমাপক যন্ত্রের অভাব। সেখানে পরিস্কারকার্যে নিরত কোন কর্মী পাঁচ রনজেন বিকীরণ পাওয়া মাত্র কাজ থেকে ছাড়িয়ে দেওয়া হত। (অবশ্য এই অধিদেহের সমান বিকিরণ ভোগ করে। একজন মানুষ প্রাকৃতিক উৎস থেকে ৫০ বছরে গড়ে।) প্রত্যেকেই একটি 'ফিল্ম ব্যাজ' এবং একটি 'ডসিমিটার' ব্যবহার করতে হয়েছিল কাজ করবার সময় আর কাজ শেষে প্রত্যেক দলের বিকীরণ সম্পাত পরীক্ষা করে দেখা হতো। এ ছাড়া প্রত্যেকের গায়ে যে রেকর্ড কার্ডটি ঝুলানো থাকতো তাতে লিখে দেওয়া হতো তার 'নিরাপদ সময়ের' কতখানি ব্যয়িত হয়ে গেল। এক সময় ৮০ জন কর্মীকে কাজ থেকে ফেরৎ পাঠাতে হয়েছিল, কারণ তারা ত্রুটিপূর্ণ ম্যাস্কের ভিতর দিয়ে কিছুক্ষণ শ্বাস নিয়েছিল মাত্র। যারা মারাত্মক জায়গাগুলিতে কাজ করতো তাদের দেহ বায়ুনিরোধক প্লাষ্টিকের পোষাকে আবৃত করা হতো আর তাদের জন্য ভিতরের বায়ুর চেয়ে অনেক কম তেজস্ক্রিয় বেশ বাইরের দূরের বায়ু ম্যাস্কের ভিতর দিয়ে সরবরাহ করা হতো। কয়েক মিনিট বাদে বাদে এ সব কর্মিদের বের করে এনে বিশেষভাবে তৈরী পোষাক খোলার যন্ত্র দিয়ে সম্পূর্ণ উলঙ্গ করে বার বার ঝরণা-গোছল করানো হতো ততক্ষণ পর্যন্ত যতক্ষণ মনিটারিং যন্ত্রে লেশ মাত্র তেজস্ক্রিয়তা, পেত তার দেহে।

www.pathagar.com

চুল্লীর তলায় বিরাট গর্তে সেই দূষিত পানি আরো অনেক ঠাণ্ডা বিশুদ্ধ পানির সাথে মিশিয়ে আবদ্ধ করে রাখা হোল, বেশ কিছুদিন ধরে। এ ছাড়া চুল্লীর অন্যান্য তেজস্ক্রিয় দ্রব্যাদিও তলায় জমতে দেওয়া হয়। জানা গেছে যে, এ সব ভস্মাদির মোট তেজস্ক্রিয়তা ছিল প্রায় দশ হাজার কুরি। ৫০ বছর আগে কুরিদের দ্বারা আবিষ্কৃত হওয়ার পর যত রেডিয়াম তৈরী হয়েছে আজ পর্যন্ত, তার মোট তেজস্ক্রিয়তার চাইতে উক্ত তেজস্ক্রিয়তা ছিল প্রায় সাত গুণ। নয়দিন পর যদিচ জমিন জমে শক্ত হয়ে গিয়েছিল, তবু ৪ ইঞ্চি ব্যাস বিশিষ্ট এক মাইল লম্বা একটা পাইপ বসিয়ে এক মাইল দূরে এক জনবিরল এলাকায় আবদ্ধ তেজস্ক্রিয় পানিকে নিয়ে পুনরায় আবদ্ধ করে রাখবার ব্যবস্থা করা হয়। এক হিসাবে চুল্লীর বাইরের লোকদের জন্য তখন জরুরী অবস্থা কেটে গেছে। ভিতরে খালি ভারী পানির ট্যাঙ্কটি তখনও সরানো হয় নি। ট্যাঙ্কটির ওজন ছিল আড়াই টন আর আজ পর্যন্ত তেজস্ক্রিয়তম যে বস্তু নিয়ে মানুষ নাড়া চাড়া করছে তার চাইতে বহু বহু গুণ বেশী। এর তেজস্ক্রিয়তা ছিল প্রায় ৫ হাজার কুরি। কয়েক সেকেণ্ডের বেশী কোন মানুষই এর কাছে বাঁচতে পারে না। কেউ যদি এর ৫০ ফুটের ভিতরে আসতো তাহলে সে পশ্চাদাপসরণ করার আগেই মাত্রাতিরিক্ত বিকিরণ পীড়িত হয়ে যেতো। ১৯৫২ সালের ১২ই ডিসেম্বর শুক্রবার, কানাডার ওণ্টারিও প্রদেশের চকনদী তীরে অবস্থিত সুবৃহৎ আণবিক চুল্লীটি কোন প্রকার বিপদ সঙ্কেত প্রকাশ না করেই ক্ষিপ্তবৎ ভেঙ্গে পড়ে। চকনদী তেজস্ক্রিয় পদার্থে ভরপুর হয়ে যায় বিস্তৃতভাবে ; অবশ্য কেউ আহত হয়নি এ দুর্ঘটনায়।

প্রয়োজনের অতিরিক্ত 'নিয়ন্ত্রণ দণ্ড' ব্যবহার করে অত্যন্ত অধিক খরচে যন্ত্রটি চালানো হচ্ছিল কিনা তা পর্যবেক্ষণ করার জন্য এক তদন্ত কার্য চালানো হয়। দেখা গেল যে, কিছুসংখ্যক নিয়ন্ত্রণ দণ্ড নিষ্ক্রিয় করে রাখা হয়েছিল, আর সঞ্চালিত ঠাণ্ডা পানির পরিমাণ কমিয়ে দেওয়াও হয়েছিল।

ইউরেনিয়াম বিভাজনে মারাত্মক জিনিস হচ্ছে নিউট্রন উৎপাদনের হার। একটি নিউট্রন যখন একটি ইউরেনিয়ামের নিউক্লিয়াসকে ভেদ করে তখন

www.pathagar.com

তা বিদীর্ণ হয়ে যায় আর সেই সাথে কিছুসংখ্যক অতিরিক্ত নিউট্রনও বেরিয়ে আসে। যদি সমস্ত নিউট্রন খরচ বাদ দিয়ে প্রতিক্রিয়া শেষে গড় পড়তা একটির অতিরিক্ত নিউট্রন অবশিষ্ট থাকে তাহলে তা পুনঃ শোষিত হয়ে আর একবার এবং তারপরে আরও একবার এমনি করে বার বার প্রতিক্রিয়ার একটি চেইন সৃষ্টি করে। 'নিউট্রন উর্ধতন রাশি' K যদি মাত্র ১ হয় তাহলে প্রতি প্রতিক্রিয়া শেষে গড় পড়তা একটি নিউট্রনই উৎপন্ন হয় আর চক্রান্তরে তা আবার একটি প্রতিক্রিয়া ঘটিয়ে মাত্র একটিই নিউট্রন তৈরী করে। এভাবেই তারা পুনঃ পুনঃ ব্যবহৃত হয় ঘুরে ঘুরে। জনসংখ্যার বেলায়ও ঐ একই ব্যাপার ঘটে।

পরিদর্শকরা, অতি উচ্চ দক্ষ কর্মীরা এবং যাদের যুক্তি যুক্ত সময়ের মধ্যে বদলানো সম্ভব হয় না তাঁরা একবার ব্যয়িত হয়ে গেলেই এক একটা সঙ্কট দেখা দিত। এ সময় দূর থেকে নিয়ন্ত্রিত টেলিভিশন ক্যামেরার সাহায্যে তাদের কার্যকলাপ দেখা হোত আর হুকুমাদি দেওয়া হোত দূর থেকে যাতে করে নির্দেশকারী বিকিরণ পীড়িত না হয়। ভারী সীসার দেওয়ালের আড়াল থেকে দূর নিয়ন্ত্রণ পদ্ধতিতে কেন্দ্রস্থ ট্যাঙ্কের নিকটবর্তী জিনিসপত্রসমূহ অনেক কষ্ট করে সরাতে হয়েছিল। নল্‌স্ ল্যাব্রটরী থেকে প্রেরিত বিশেষ ধরণের যন্ত্রপাতি দিয়ে এক অভিনব ছলাকলাহীন উপায়ে বিশেষ বিশেষ 'গরম' জায়গাগুলি খুঁজে বার করতে হয়েছিল। এই যন্ত্রে ছিল একটি যুগল ক্যামেরা (অবশ্য যতদূর সম্ভব মোটা সীসার আবরণে ঢাকা)। এর একদিকটা একটা সাধারণ লেনসের সাহায্যে একটা সাধারণ ছবি নেয় আর অপর দিকটাতে ছিল একটা পুরানো দিনের পিনহোল ক্যামেরা। 'গরম' জায়গাগুলো থেকে গ্যামারশ্মি পিনহোলের ভিতর দিয়ে সোজাসুজি গিয়ে একটা ফটোগ্রাফিক ফিল্মের উপর পড়ে বিশেষ ধরণের অলোক সম্পাত করে। এখন পিনহোল প্লেটটি লেনসের প্লেটের উপরে বসিয়ে অতি সহজেই 'গরম' জায়গাগুলি খুঁজে বের করা যায়। এই অভিনব যন্ত্রটি প্রচুর সময় এবং মানুষদেহে রনজেন পরিমাপক যন্ত্রের ব্যবহার বাচিয়ে দিয়েছিল; নইলে গাইগার যন্ত্র দিয়ে এ কাজ করতে হলে অশেষ পরিশ্রম এবং দীর্ঘ সময় লাগতো। অবশেষে ট্যাঙ্কটি যখন পরিষ্কার করা হল তখন তাকে তুলে নেওয়ার জন্য সবচেয়ে জটিল এক খনন-পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়। একটা ক্রেনের সাহায্যে সেটাকে তুলে নিয়ে একটা

www.pathagar.com

ট্রাকটরের পিছনে বেঁধে টেনে নেওয়া হয়। টেনে নেওয়ার সময় এমন সাবধানতা অবলম্বন করা—যাতে করে কোন লোক সীসার শক্ত আবরণ ছাড়া এর কাছে গিয়ে না পড়ে। গড়াতে শুরু করার আগের মুহূর্ত ক'টি ভীষণ ভয়ে ভয়ে কাটে। ইস্পাতের তারের মাথায় বাঁধা একটি ইস্পাতের পিন প্রথম প্রথম মুক্ত করা যায়নি। স্বভাবত-ই অত্যধিক তেজস্ক্রিয়তার ভয়ে কেউই সেকাজে ট্যাঙ্কের যথেষ্ট নিকটবর্তী হয়নি। যা হোক শেষ পর্যন্ত সঙ্কটময় মুহূর্তে, কিছুটা ভাগ্যের গুণে পিনটা মুক্ত করা গেল। তখন ট্রাকটরটির উপরে বসানো ভারী সীসার আবরণের অন্তরালে থেকে ট্রাকটর চালক আড়াই টন ওজনের এই বিরাট আধারটিকে চুল্লী থেকে দূরে টেনে নিয়ে যায়।

১৯৫৫ সালের ১৫ই জানুয়ারীর ক্যানাডিয়ান ম্যাকলীনস পত্রিকা থেকে আমি চকনদী দুর্ঘটনা সম্পর্কে তথ্য সংগ্রহ করেছি। নিউইয়র্কের ডড, মিড্ এণ্ড কোম্পানী' কর্তৃক প্রকাশিত Atoms for Peace এর লেখক, মিঃ ডোভিড ও উডবারি এই প্রবন্ধ লেখেন।

৬। উইণ্ডস্কেল 'দুর্ঘটনা'

নিউট্রন শোষণ করে শক্তি উৎপাদনের গতি নিয়ন্ত্রণ করতে সক্ষম হওয়ায় গ্রাফাইটকে কোনো কোনো আণবিক পাইলে মডারেটর হিসাবে ব্যবহার করা হয়। এ কাজে গ্রাফাইটের আভ্যন্তরীন অবস্থা ধীরে ধীরে বদলে যায়। সে সঞ্চয় করে চলে 'সুপ্ত শক্তি'—অবঞ্চানিক শক্তি, গতির শক্তি নয়। এর ফলে তার অভ্যন্তরে, যাকে বলে এক প্রকার 'উৎপীড়ক' অবস্থার উদ্ভব হয় যা দীর্ঘকাল ধরে চলতে পারে না।

এই শক্তি নিঃসরনের যদি না কোন স্বাভাবিক পথ ইচ্ছাকৃতভাবে দেওয়া হয়, তবে আস্তে হোক আর দেরীতে হোক স্বতঃই পর্বতগাত্র থেকে হিমবাহ পতনের মত শক্তি নিঃসরণ হয়ে পাইলকে মাত্রাতিরিক্ত গরম করে তুলে। ই, উইগনারের নামানুসারে একে 'উইগ্নার নিঃসরণ বলা হয়। 'চক্ নদীর দুর্ঘটনা' ঘটার তিন মাস আগে অর্থাৎ ১৯৫২ সালের সেপ্টেম্বর মাসে এমনি এক দুর্ঘটনা ঘটেছিল উইণ্ডস্কেলের এক নম্বর পাইল্টিতে।

www.pathagar.com

এর পর থেকে নিয়মিত সময় অন্তর অন্তর, আনুমানিক প্রায় ৬ মাস পর পর, ইচ্ছাকৃত নিয়ন্ত্রিত উইগনার নিঃসরণ ঘটানোর প্রচেষ্টা শুরু হয়। কারণ, উইণ্ডস্কেলের ১নং পাইল্‌টিতে তখন থেকে ১৯৫৬ সালের শেষ নাগাদ এমনি ৮টি নিঃসরণ ঘটানো হয়েছিল। কিন্তু দেখা গেছে যে, সব সময়ই একটি মাত্র নিঃসরণে সবটুকু উইগনার শক্তি নিঃসরিত করা বেশ কঠিন কাজ। তিনটি উপলক্ষে প্রথমটির পর পরই দ্বিতীয়বার উত্তপ্ত করার দরকার হোত যাতে করে নিঃসরণ কাজ সম্পূর্ণ হয়।

১৯৫৭ সালের ৭ই অক্টোবর রাত্রি ১.১৩ মিনিটের সময় (১৯৫৭ সালের ৮ই নভেম্বরের ব্রিটিশ গভর্নমেণ্ট কর্তৃক 'হুয়াইট্‌ পেপার কমাণ্ডের ৩০২ নং সংখ্যায় উইণ্ডস্কেল রিপোর্টটি বর্ণনা করা হয়। বহুজন বর্ণিত এবং যথেষ্ট বৈজ্ঞানিক স্থৈর্য নিয়ে বলা চমৎকার ও স্পষ্ট কথিত এই উইণ্ডস্কেল রিপোর্টটিই আমি শুধু পুনঃ বর্ণনা করছি এখানে সোজাসুজি।) উইণ্ডস্কেলের ১ নম্বর পাইলটিকে একটা উইগনার নিঃসরণের জন্য বন্ধ করে দেওয়া হয়। উত্তপ্তীকরণ প্রক্রিয়া আরম্ভ করতে দেওয়া হয় ঐ দিন সন্ধ্যা ৭টা ২৫ মিনিটের সময়। এর কয়েক ঘণ্টা বাদে দেখা গেল যে, কিছু সংখ্যক গ্রাফাইট দণ্ডের উত্তাপ না বেড়ে কমতে শুরু করেছে।

সবগুলি তাপমানযন্ত্রে যদি তাপ কমতে দেখা যেত তাহলে বুঝা যেত যে উইগনার নিঃসরণ অকালেই বন্ধ হয়ে গেছে। (কিন্তু তদন্ত কমিটি রেকর্ড পরীক্ষা করে যে রিপোর্ট দেন, তার থেকে জানা যায় যে, তখনও 'কিছু কিছু তাপমান যন্ত্রে উত্তাপ বৃদ্ধি হচ্ছিল।)

ভারপ্রাপ্ত পদার্থবিদ স্থির করলেন, ইতিপূর্বের তিনবারের মত এবারও দ্বিতীয় উত্তপ্তীকরণ শুরু করা যাক। যদিও সেবারের নির্দেশটি ত্রুটি ব্যঞ্জক বলে প্রমাণিত হয়েছে তথাপি পদার্থবিদটিকে দোষ দেওয়া যায় না। ভার প্রাপ্ত ব্যক্তির উচিত তৎক্ষণাৎ স্থির করা, অথচ তার কাছে পাইল্‌ চালাবার কোনো নির্দেশপত্রও ছিল না, (এমনি কোনো ম্যানুয়েলে উইগনার নিঃসরণ সম্বন্ধে নির্দেশাবলী থাকা উচিত ছিল) কিংবা অন্য কোনো 'যথেষ্ট বিশদ ব্যাখায়িত নির্দেশাবলী'ও ছিল না।

www.pathagar.com

পরদিন, ৮ই অক্টোবর, মঙ্গলবার বেলা ১১টা ৫ মিনিটের সময় আবার উত্তাপ আরম্ভ করা হয়। ১৫ মিনিট পর তাপমাত্রা খুব বেশী উচ্চে উঠেনি বটে, তবে তাপমাত্রা বৃদ্ধির হার ছিল উচ্চ। এই দ্রুত বৃদ্ধির হার লক্ষ্য করেই নিয়ন্ত্রণ দণ্ডগুলি ঢুকিয়ে দেওয়া হয় গতি কমাবার মানসে। যদিও অপারেশনটি সফল মনে হয়েছিল, তবু কমিটি মনে করেন যে, সর্বনাশ যা হবার তা আগেই উক্ত ১৫ মিনিটেই হয়ে গিয়েছিল।

এই সময় থেকেই গ্রাফাইটের তাপমাত্রা ক্রমাগত বেড়েই চললো। হয়তো প্রথম বিস্ফোরিত ইউরেনিয়ামের দণ্ডটি অন্যগুলিকে আক্রান্ত করছিল বলে এই বৃদ্ধি। সেই দিন এবং তার পরের দিন ইউরোনিয়াম গনগন করে জ্বলতে লাগলো আর ১০ই অক্টোবর, বৃহস্পতিবার সন্ধ্যায় ১৫০টি চ্যানেলকে আক্রান্ত করে সত্যি সত্যি আগুন জ্বলে উঠলো।

বুধবার রাত্রি ১০টা নাগাদ তাপমাত্রা এত উচ্চে উঠেছিল যে সমগ্র ঘটনাটা একটা লিখিত নির্দেশাবলীর আয়ত্বে এনে দেয় যদিও তেমন কোনো কিছু ছিল না তখন। সেই সময় থেকে বৃহস্পতিবার ভোর ৫টা ৪০ মিনিট পর্যন্ত, এই প্রায় ৮ ঘণ্টা সময়ের মধ্যে ডাম্পার (অগ্নি নিয়ন্ত্রণকারী লোহার পাত) গুলি চারবার খুলতে হয়েছিল।

মোট (১৫+১০+১৩+৩০)=৬৮ মিনিটের জন্য ঠাণ্ডা বাতাস ভিতরে প্রবেশ করে। ফলে শুধু একটি জায়গা ছাড়া আর সব খানের গ্রাফাইটকে ঠাণ্ডা করেছিল। কিন্তু উষ্ণতম জায়গাটির উত্তাপ অপরিবর্তনীয় ছিল।

বৃহস্পতিবার ভোর ৫টা ৪০ মিনিটে ইউরেনিয়ামের স্তূপের ঠিক উপরে ফিল্টারে বসানো একটি তেজস্ক্রিয়তা মানযন্ত্রে 'একটা স্পষ্ট উন্নতি' দেখা গিয়েছিল। ভারপ্রাপ্ত পদার্থবিদ স্বভাবতঃই ভেবেছিলেন ডাম্পারের মুখ দিয়ে বেরিয়ে আসা এক দমক বাতাস ইউরেনিয়ামের গাদা থেকে কিছু তেজস্ক্রিয় ভস্ম বয়ে আনায় শুধু মাত্র এর কারণ। (পরে ভেবে দেখা গেছে যে, যে ফিলটারটি সকলের উপরে ছিল তা খুব বিশ্রীভাবে তৈরী হয়েছিল; আদৌ আসল নক্সা মাফিক ছিল না তবু এমনি দুর্ঘটনা যা আসলে ঘটেছিল তার আশঙ্কায় স্যার জন ককক্রফটের দৃঢ় হস্তক্ষেপের ফলেই আনন্দের

www.pathagar.com

সাথে তা যোগ করা হয়েছিল। কিন্তু এর অভাবে পার্শ্ববর্তী সমগ্র এলাকা অপেক্ষাকৃত মৃদুভাবে আক্রান্ত হওয়ার পরিবর্তে ভয়ানকভাবে তেজস্ক্রিয় ভস্ম-পাতে ডুবে যেত।)

বৃহস্পতিবার সকাল ৮টা ১০ মিনিটে তেজস্ক্রিয়তা বাড়তে আরম্ভ করে, আর দুপুর নাগাদ সর্বোচ্চমাত্রায় দাড়ায়। রাত্রি ১২টা ১০ মিনিটের এবং ১টা ৪০ মিনিটের মধ্যে ডাম্পারগুলিকে আরো দুইবার খোলা হয় মোট (১৫+৫)=২০ মিনিটের জন্যে আর তাতে প্রত্যেকবারই তেজস্ক্রিয়তা বেড়ে যায় স্পষ্টভাবে।

ইউরেনিয়াম একবার জ্বলতে শুরু করলে পর যদি বায়ু প্রবেশ করতে দেওয়া হয় তাহলে জ্বলন্ত আগুনের নীচে অবস্থিত এক টুকরা নিষ্প্রভ গন্‌গনে কয়লাকে নিভাতে চাইলে যেমনটি হয় তেমনি এক শাকের করাতের মত কাজ করে। যদি এই কয়লার টুকরাটিকে নিভাবার উদ্দেশ্যে ফুঁ দেওয়া হয় এবং তার তাপমাত্রা যদি দহনাঙ্কের নীচে থাকে তাহলেই তাকে নিভানো যাবে; কিন্তু দহনাঙ্কের উপরে থাকলে, খুব রক্তিম না দেখালেও অগ্নি পুনঃ প্রজ্জলিত হবে। জ্বলন্ত ইউরেনিয়াম বাতাস দিয়ে ঠাণ্ডা করতে চাইলে শুধুমাত্র তার মরিচায়ক ক্রিয়াটাই ত্বরান্বিত হবে এবং সেটাই ইউরেনিয়ামের জ্বলন বলতে যা বুঝায় তাই।

বৃহস্পতিবার রাত্রি ১টা ৪৫ মিনিট থেকে ২টা ৩০ মিনিট পর্যন্ত পাইলটিকে ঠাণ্ডা করার ইচ্ছায় বায়ু প্রবেশ করান হয়। পরে সেই বাতাসকে নিষ্কাশন করে নেওয়া হয় স্ক্যানিং করার উপযোগী করে তোলার জন্যে। কিন্তু কাজের সময় স্ক্যানিং গিয়ারকে আটকিয়ে যেতে দেখা গেল, যদিও আগের দিন ইহা ঠিক মতই কাজ করছিল। খুব সম্ভব তা আটকাবার কারণ হয়তো তাপ। কিন্তু (এ অবশ্য ভয়ের কথা) ইতিপূর্বের উচ্চ নিঃসরণের বেলায়ও তাপের জন্য স্ক্যানিং গিয়ার এমনি আটকিয়ে যেত তবুও এই ত্রুটি সংশোধনের কিছুই করা হয় নি। সেই মুহূর্তে একটা মারাত্মক বিদীরণ যে ঘটেছিল তা সঠিকভাবে জানা গেছে।

www.pathagar.com

উচ্চে দেওয়ালের বসানো একটি চার্জপ্লাগ্ অনেক কষ্ট করে সরিয়ে দেখা গেল ইউরে নিয়ামের দণ্ডগুলি গনগন করে জ্বল্‌ছে ভিতরে। এভাবে পরীক্ষা করা বেশ বিপদজনক কাজ. কারণ নিউট্রনরা চোখের পক্ষে বিশেষ করে ক্ষতি-কারক। দেখা যায় যে লাল উত্তপ্ত ইউরেনিয়ামের দণ্ডগুলি গলে বর্ধিত হয়ে একত্রে মিশে গিয়েছিল বলে বেরিয়ে আসতে পারছে না। আক্রান্ত স্থান বিছিন্ন করার আশায় আশে পাশের অপেক্ষাকৃত ঠাণ্ডা দণ্ডগুলি সরিয়ে আনা হয়েছিল। সেদিন রাত্রিতে নিকটবর্তী ক্যালডার হল থেকে পাইল ঠাণ্ডা করার জন্য অগ্নিনির্বাপক কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস আনা হয়, কিন্তু এ প্রচেষ্টায় এত দেরী হয়ে গিয়েছিল যে তাতে তেমন কিছু ফল হয়নি।

বৃহস্পতিবার—শুক্রবার মধ্য রাত্রির ঠিক পর পরই ক্যাম্বারল্যাণ্ডের প্রধান কনষ্টেবলকে জরুরী অবস্থার সংকেত জানানো হয়। মধ্যরাত্রি থেকে পরদিন শুক্রবার সকাল ৯টা পর্যন্ত এই ৯ ঘণ্টা ধরে সকলের মনে গভীর উত্তেজনা বিরাজ করছিল। রিপোর্টে সংক্ষিপ্ত ভাবে বলা হয় (আপাত দৃষ্টিতে সুন্দর শান্ত রেখে প্রকৃত পক্ষে গল্পের নাটক অসহ্য মাত্রায় উন্নিতে পৌঁছালে) যে :

'মধ্যরাত্রির অল্পক্ষণ পরেই প্রধান কনষ্টেবলকে সতর্ক করা হয়। রাত্রি ৩—৪৪ মিনিটে মাত্র ১৫ মিনিটের নোটিশেই পানি নিষ্কাশক হৌজ পাইপগুলি কর্ম প্রস্তুতি নিল। ভোর আটটায় শ্রমিকদল পালটানো হল। ৮টা ৫৫ মিনিটে পানি প্রবেশ করতে দেওয়া হল কিন্তু সাথে সাথে তেমন সুফল ফলেনি।

'প্রায় এক ঘণ্টা বাদে' পাখাগুলি বন্ধ করে দেওয়া হয় আর তখন থেকেই আগুন মিলিয়ে যেতে শুরু করে।

'প্রায় ২৪ ঘণ্টা ধরে' পানি ঢালা অব্যাহত রইল সেখানে। 'শনিবার সন্ধ্যে নাগাদ' পাইল্‌টি ঠাণ্ডা হয়ে যায়। উপরের লাইন কটি পড়ে সেই ভয়ানক রজনীতে কয়েকজন দায়িত্বশীল পদার্থবিদের যে অবস্থা আমি কল্পনা করতে পারি তা নীচে লিপিবদ্ধ করলাম।

গন্‌গনে ইউরেনিয়ামের পরে পানি ঢাললে কি হবে তা আগে জানা ছিল না, কিন্তু বিষয়টি সম্পর্কে অনেক তাত্ত্বিক জ্ঞান আগেই লাভ করা হয়েছিল।

www.pathagar.com

সে কারণ পরিনতিটা হিসাবের গণ্ডীর মধ্যে থাকা উচিত ছিল, তবে দীর্ঘ অঙ্ক করার প্রয়োজন হত। আমার মনে হয় যে, কয়েকজন অভিজ্ঞ ব্যক্তি সেদিন মধ্যরাত্রি থেকে ভোর ৭টা পর্যন্ত অতি উত্তেজিত মস্তিকে অবিরত অঙ্ক কষে ছিলেন দুর্ঘটনা সম্পর্কে একটা সমাধান পাবার আশায়। কিন্তু ভোর ৭টায় স্থির সিদ্ধান্তে পৌছিলেন যে, দুর্ঘটনা চরমে পৌছাবার আগে এ হিসাব শেষ করা যাবে না। তাই তাঁরা ভাবলেন পানি ঢালা যাক্ আর সুফল আশায় অপেক্ষা করা যাক (সেই সময় অবশ্য এইরূপই হয়েছিল, কিন্তু প্রত্যেকবার তেমন নাও হতে পারে)। সে কারণ তাঁরা ১১ই অক্টোবর, শুক্রবার বেলা ৯টা বাজতে ৫ মিনিটের সময় পাইল্‌টিকে স্বাধীনতা দিয়ে সমস্ত শ্রমিক দল নিয়ে বেরিয়ে দম নিয়ে বাঁচলেন। রিপোর্ট থেকে জানা যায় যে তদন্ত কমিটির চোখে নিম্নলিখিত ত্রুটিগুলি স্পষ্টভাবে ধরা পড়ে।

(১) পাইল্‌চালাবার কোনো 'সারগ্রন্থ' সেখানে ছিল না।

(২) ভারপ্রাপ্ত পদার্থবিদের হাতে তেমন কোনো সুবিবৃত নির্দেশলিপিও ছিল না।

(৩) যদিচ স্বাভাবিক কার্যক্রমের সময় সর্বোচ্চ তাপমাত্রার স্থানগুলিতে তাপমানযন্ত্রগুলি বসানো, কিন্তু উচ্চ নিঃসরণের সময় সর্বোচ্চ উত্তপ্ত স্থানগুলিতে কোনো তাপমান যন্ত্র ছিল না। কাজেই কোনো উইগনার নিঃসরণের সময়ে এই সমস্যামূলক বিষয়টি সম্পর্কে পরিবেশিত কোনো অপারেটরের তত্ত্ব নিশ্চয়ই ভুল ছিল।

(৪) পাইলটির পাওয়ার মিটারে গোলযোগ ছিল। সে জন্য দুর্ঘটনা চলাকালীন অবস্থায় তাতে যে সঙ্কেত দিয়েছিল তা আসল মানের চেয়ে কম। অথচ স্বাভাবিক অবস্থায় কিন্তু এতে নির্ভুল সঙ্কেত দিত। সুতরাং অপারেটর আর একটি ভুল তত্ত্বের সম্মুখীন হয়েছিলেন বিপদের মুহূর্তে।

www.pathagar.com

(৫) স্ক্যানিং গিয়ার আগের সবগুলি উইগ্‌নার নিঃসরণের সময়ও জমে যেত, কাজেই ব্যাপারটা অজানা ছিল না। কিন্তু তথাপি এ অসুবিধা দূর করার কেউ কোনো চেষ্টাই করে নি।

দুর্ঘটনার পরে বুদ্ধিমান সাজা এবং জ্ঞানী কর্মকর্তাদের অতীত ত্রুটিবলী যা পরিনামে স্পষ্ট হয়ে প্রকাশিত হয়েছে তার নিন্দা করা সহজ।

আমার নিজস্ব সংবাদ সংগ্রহ প্রচেষ্টায় আমি জেনেছি যে উইণ্ডস্কেল থেকে প্রায় ৫০০ মাইল দূরে স্কটল্যাণ্ডের উত্তরাঞ্চলের নানা স্থান থেকে ভেড়া সংগ্রহ করে তাদের থাইয়োরাইডের নির্ভরযোগ্য পরীক্ষা থেকে দেখা গেছে যে, উইণ্ডস্কেল দুর্ঘটনার অব্যবহিত পরেই ১০০ থেকে ১৫০ মাইক্রোমাইক্রোকুরি পরিমাণ আইয়োডিন—১৩১ সঠিকভাবে তাতে রয়েছে। ইহা যে উইণ্ডস্কেল থেকে উৎসরিত তা তার অর্ধায়ু থেকে অনুমান করা।

মেসার্স কোডাক লিমিটেড ফটোগ্রাফিক প্লেট তৈরী করে। এর কিছু কিছু এক্স-রে ফটোগ্রাফিতেও ব্যবহার করা হয়। এ সব প্লেট বায়ুস্থিত ইতস্ততঃ ভ্রমণকারী তেজস্ক্রিয়তার দ্বারা আক্রান্ত হতে দেওয়া যায় না। সে কারণ প্রতিষ্ঠানটি উইণ্ডস্কেল থেকে ৩০০ মাইল দূরে অথচ তার নিকটবর্তী ওল্ডেস্টোন, হ্যারোতে অবিরাম বায়ুর তেজস্ক্রিয়তা মাপবার এক ব্যবস্থা গ্রহণ করে। সেখানকার যন্ত্রে ১৯৫৭ সালের ১০ই অক্টোবরের পর গৃহীত পরীক্ষার ফলগুলি আমাকে জানান সেখানকার রিসার্চ অফিসার, মিঃ ই,ডব্লু, এইচ, সেলুইন। আমি যাতে তার নিকট থেকে প্রাপ্ত পত্র থেকে নিম্নোক্ত উদ্ধৃতিটি দিতে পারি সেজন্য মেসার্স কোডাক লিমিটেডের কাছ থেকে তিনি আমার জন্য অনুমতি আদায় করেন।

আমাদের পরিমাপের বিষয় হচ্ছে ছোট ছোট ভস্মকণিকাদের দ্বারা বায়ুর দুষিতকরণ সম্পর্কে।

একই জাতের ত্রুটি যে আবার ঘটবে না তা মনে করা মারাত্মক ভুল হবে। এই সমস্ত ভুলের কারণ খুঁজতে গেলে দেখতে পাব, কর্মকর্তারা

www.pathagar.com

লঘুচিত্তে আশাবাদী হয়ে এমন একটা জিনিসের দিকে চেয়ে ছিলেন যার চেয়ে বড় বিপদের শিক্ষা ইতিহাসের দীর্ঘ পদক্ষেপে কোথায়ও মানুষকে শিখতে হয়নি। রিপোর্টটি থেকে আমরা এই শিক্ষায় পাই যে, তেজস্ক্রিয়তা নিয়ে কাজ করতে গেলে আশাবাদিতা বর্জন করতে হয়।

৭। উইণ্ডস্কেল দুর্ঘটনার বিলম্বিত বিষক্রিয়া

স্যার জন ককক্রফটের দুঃখবাদিতার জন্যেই উইণ্ডস্কেল চুল্লীর চিমনির মাথায় ফিল্টারটি বসানো হয়েছিল। এতে ষ্ট্রনশিয়াম, সিজিয়াম প্রমুখ দীর্ঘ মেয়েদী বিপজ্জনক তেজস্ক্রিয় ভস্ম এমন নিখুঁত ভাবে ধরা পড়ে যে, কার্যতঃ এদের এতটুকুও বাইরে আসতে পারেনি। তবে আইয়োডিন-১৩১ ($_{53}I^{131}_{78}$) কি করে বেরিয়ে এল। এই নিউক্লাইডটি প্রশান্ত মহাসাগরে, সাইবেরিয়া, নেভাদা এবং মণ্টিবেল্লোতে পরীক্ষিত আণবিক পরীক্ষাগুলিতে পাওয়া যায়নি। আইয়োডিন—১৩১ এর অর্ধায়ু ৮দিন আর সে জন্যেই হয়তো এই সব বিস্ফোরণের ভস্ম ব্রিটেনে পৌঁছাতো তখন আইয়োডিন—১৩১ তাতে খুঁজে পাওয়া যেত না।

অতএব ১০ই অক্টোবরের অব্যবহিত পরে ব্রিটেনের কোনখানে আইয়োডিন—১৩১ পাওয়া গিয়ে থাকলে নিশ্চয় করে বলা যায় যে, তা উইণ্ডস্কেল থেকে এসেছিল।

বিরাট বিরাট আয়তন মুক্ত বাতাসকে ফিল্টারের সাহায্যে ছেঁকে নিয়ে পরে সেই ছাকন পত্রকে (ফিল্টার) গাইগার যন্ত্র দিয়ে পরীক্ষা করে তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ নির্ধারণ করা হয়। প্রাথমিক কাউণ্টগুলি আসে ফিল্টারে বন্দী সকল প্রকারের তেজস্ক্রিয় পদার্থ থেকে। কিন্তু কয়েক ঘণ্টার মধ্যে প্রকৃতি দত্ত আইসোটোপগুলি ক্ষয়ে অত্যন্ত ক্ষীণ হয়ে যায় তখন কাউণ্টার যন্ত্র অনেকটা সচ্ছন্দে অবশিষ্ট তেজস্ক্রিয়তা মাপতে থাকে। স্বাভাবিক অবস্থায় এগুলিই পারমাণবিক বিস্ফোরণ থেকে উৎসারিত।

'উইণ্ডস্কেল দুর্ঘটনা থেকে উদ্ভূত তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ আমি আপনাকে দিতে পারছি না। আমি কেবল বলতে পারি যে ১১ই—১২ই অক্টোবর (১৯৫৭ সাল)

www.pathagar.com

রাত্রিতে এর পরিমাণ ছিল কয়েক মাস আগের কোনো এক অচেনা বোমার ভস্ম থেকে প্রাপ্ত অতীতের সর্বোচ্চ তেজস্ক্রিয়তার প্রায় বিশগুণ।' পরবর্তী এক পত্রে মিঃ সেলুইন ব্যাখ্যা করেন যে, বায়ুর প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয়তার প্রধান যে কারণ র‍্যাডন এবং বোরন গ্যাস, ফিল্টারে ধরা পড়ে না। ৪০ মিনিট যুগ্ম অর্ধায়ু সম্পন্ন (B+C) এবং ১০·৬ ঘণ্টা অর্ধায়ু সম্পন্ন থোরিয়াম Bই কেবল সেখানে ধরা পড়ে। তেজস্ক্রিয় ভস্মের উৎপাদক হচ্ছে তেজস্ক্রিয় ষ্ট্রনশিয়াম এবং তেজস্ক্রিয় সিজিয়াম। প্রথমটি দু'টি আইসোটোপের অর্ধায়ু যথাক্রমে ৫৩ দিন এবং ২৮ বছর আর শেষেরটির অর্ধায়ু ৩৩ বছর।

অতএব দেখা যাচ্ছে যে, কেবল একটু থোরিয়াম B ছাড়া জমায়িত সকল প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় উৎপাদক কয়েক ঘণ্টার মধ্যেই ফিল্টারের ভিতর হয়ে নিঃশেষ হয়ে যাবে। কেবল দীর্ঘায়ু সম্পন্ন বোমাধূলিই প্রকৃতপক্ষে অবশিষ্ট রইবে। সেকারণ এগুলি খুব আস্তা সহকারে মাপা যায়।

১১ই—১২ই অক্টোবরের রাত্রিতে যে ২০ গুণ তেজস্ক্রিয়তা বৃদ্ধি পরিমিত হয় তাতে আইয়োডিনের দান আছে বলে জানা যায়নি যেমন জানা গিয়েছিল স্কটিশ ভেড়ায় থাইয়োরাইড রস বিশ্লেষণে; কিন্তু এ ছাড়া তাতে আর কিইবা থাকতে পারে। আমি নিজেও অবশ্য এতে অন্য কোনো কিছু দেখি না।

অতএব মনে হয় যে, ১১ই—১২ই অক্টোবরের রাত্রিকে কেন্দ্র করে ৪ দিনের মধ্যে উইণ্ডস্কেলের ১নং পাইল থেকে উত্থিত হয়ে বেশ বিবেচ্য পরিমাণ তেজস্ক্রিয় আইয়োডিন উত্তরে ৫০০ মাইল এবং দক্ষিণে ৩০০ মাইল দূরে পৌঁছেছিল। আরো স্থানীয় ভাবে দেখলে, রিপোর্টটিতে দেখা যায় যে, স্থানীয় দুগ্ধে তেজস্ক্রিয় আইয়োডিন বিভিন্নহারে বৃদ্ধি পেয়েছিল। এদের মধ্যে শুক্রবার দিন বিকালে সর্বোচ্চ অর্থাৎ প্রতি লিটারে ০·৮ মাইক্রোকুরি ছিল। আইয়োডিনের এই মাত্রায় দুধ নিষিদ্ধ ঘোষনা করা হয়েছিল যা ৬ সপ্তাহ কাল অর্থাৎ ২৩ শে নভেম্বর পর্যন্ত বলবৎ ছিল। তেজস্ক্রিয় আইয়োডিনের অর্ধায়ু ৮ দিন এবং ৬ সপ্তাহে পাঁচ পাঁচটি ৮ দিন থাকায় এই সময় শেষে তেজস্ক্রিয় আয়োডিন তার প্রারম্ভিক পরিমাণের $\frac{১}{২\times২\times২\times২\times২}$ বা $\frac{১}{৩২}$ ভাগের ও কম অবশিষ্ট থাকবে

www.pathagar.com

যে মাত্রা আইয়োডিন দুধে থাকলে দুধ নিষিদ্ধ ঘোষণা করা হয় তার ৮ গুণ হলে লিটার প্রতি ৮ মাইক্রোকুরি হয়। দুর্ঘটনাটির পর বয়স্কদের কিংবা শিশুদের থাইয়োরাইডে তেজস্ক্রিয় আইয়োডিনের সর্বাধিক তেজস্ক্রিয়তা ০.২৮ মাইক্রোকুরি পর্যন্ত পাওয়া গেছে। একটি শিশুর গ্রন্থিরসে এই মাত্রার আইয়োডিন দেখা গিয়েছিল। বেশ উচ্চমাত্রা ইহা; কারণ সরকারী ঘোষণায় বয়স্কদের নিরাপদ সীমা হচ্ছে ০.১ মাইক্রোকুরি আর শিশুরা বয়স্কদের চাইতে বিকিরণে অধিকতর আক্রান্ত হয়।

শনিবার রাত্রি ৯টা থেকে উইণ্ডস্কেলকে কেন্দ্র ২ মাইল এলাকার মধ্যে দুধ বিক্রি নিষিদ্ধ ঘোষণা করা হয়। কিন্তু বিশ্লেষণে যতই উন্নত হতে লাগল নিষিদ্ধ এলাকার গণ্ডি ততই বেড়ে যেতে লাগলো। ১৪ই অক্টোবর, সোমবার সকালে এর আয়তন দাঁড়ায় ২০০ বর্গমাইলে। কিন্তু মোটের উপর আমরা উইণ্ডস্কেল দুর্ঘটনার ব্যাপারে খুব ভাগ্যবান ছিলাম।

এতক্ষণ পর্যন্ত আমরা প্রতিষ্ঠিত সত্যই দেখলাম। কিছু কিছু সন্দেহেরও উদ্রেকও হয়েছিল, সেগুলি ধরা উচিত। লিউকোমিয়া নামক মারাত্মক রক্ত ক্যান্সার রোগের অন্ততঃ একটি কারণ যে বিকিরণ তা জানা গেছে।

ব্যাঙ্কিলোজিং স্পনডিলিটিস বা (পোকার ব্যাক) নামে এক্‌প্রকার ব্যাধি আছে। এই রোগ যন্ত্রণাদায়ক বটে; তবে আয়ুক্ষয়ী নয়।

সমগ্র জনসংখ্যার মধ্যে এক্স-রে চিকিৎসা না পাওয়া রোগীদের মধ্যে রক্ত ক্যান্সার রোগের হার মাঝামাঝি। কিন্তু এক্স-রে এর হাত থেকে মুক্তি দিতে পারে, সেজন্যেই সময় সময় তা প্রয়োগ করার উপদেশ দেওয়া হয়। কিন্তু সমগ্র মেরুদণ্ড বরাবর এক্স-রে দিলে রক্ত উৎপাদনকারী কোষগুলি ধ্বংশ হয়ে রক্ত ক্যান্সার সৃষ্টি করতে পারে। ১৯৩৫ সাল থেকে ১৯৫৪ সালের মধ্যে য়্যাঙ্কিলোজিং স্পনডিলিটিস রোগের তল্লাসী চালানো হয়। এক্স-রে কৃত ১৩০০০ থেকে ১৪০০০ ব্যাঙ্কিলোজিং রোগীর মধ্যে মাত্র ৩৮ জন পরবর্তীকালে রক্ত-ক্যান্সার রোগে মারা যায়।

www.pathagar.com

এই অঙ্ক খুব বেশী নয়, তবে এক্স-রে মুক্ত এমনি একদল রোগীর বিশ্লেষণ করে রক্ত ক্যান্সার মৃত্যের সংখ্যা উক্ত অঙ্কের এক দশমাংশ। এই পার্থক্যকে দৈবক্রম মনে করার 'সম্ভাবনা' এতই নগণ্য যে, তা বাতুলতা মাত্র। অতএব দেখা গেল যে, স্পন্ডিলিটিস রোগে লিউকেমিয়া হওয়ার যে সামান্য 'সম্ভাবনা' আছে তা এক্স রে চিকিৎসায় বহুগুণ বর্দ্ধিত হয়।

উইণ্ডস্কেলের নিকটবর্তী সীস্কেলের ২০০০ অদ্ভুত অধিবাসীদের মধ্যে ১৯৫৬ সালে রক্ত ক্যান্সার রোগে ৪টি শিশু মারা যাওয়ার খবর পাওয়া গেছে সমগ্র ব্রিটিশ জনসংখ্যায় ১৯৪৭ সালে রক্ত ক্যান্সারে মৃত্যুর হার ছিল প্রতি লাখে ৪.৭ জন এবং ১৯৫৪ সালে ৫.৬ জন। ১৯৫৬ সালে উইণ্ডস্কেলের ৪টি শিশু মৃত্যু নিতান্তই দুর্ভাগ্যজনক, কিন্তু $\frac{৪}{২০০০}$ ভগ্নাংশটি $\frac{৫৬}{১০০০০০০}$ ভগ্নাংশটির ৩৬ গুণ। অবস্থার পরিপ্রেক্ষিতে রাশিগুলি পূর্বলক্ষিত মনে হয়। জানা যায় যে, তেজস্ক্রিয় পানি যেখানে সমুদ্রে পাম্প করে ফেলা হয়েছিল, সেখানকার বালুকাময় বেলাভূমিতে সামান্য তেজস্ক্রিয় অশুদ্ধি ঘটে।

কিন্তু এই অধ্যায়ের প্রথম দিকে বর্ণিত মাছে তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ দেখে কোন ক্রমেই আমরা আশাঙ্কিত চিত্তে তেজস্ক্রিয় অবশেষ গুলানো পানি সমুদ্রে পাম্প করে দিতে পারি না, তা সে যতদূর সমুদ্রই হোক। বিভাজন যন্ত্রের তেজস্ক্রিয় ভস্মাদি দূরীকরণ সমস্যা কোনখানে আজও সন্তোষজনক ভাবে সমাধান করা যায় নি।

যাহোক, ইহা সুনিশ্চিত যে, আমরা অনেকদিন যাবৎ নিয়ন্ত্রিত বিভাজন পদ্ধতিতে শক্তি উৎপাদনের কাজ চালিয়ে যাবো। আর সেজন্যেই এর সমস্ত অসুবিধাকে এবং বিপদকে গ্রহণ করে নিয়ে তার তেজস্ক্রিয় ভস্মাদি দূরীকরণের প্রচেষ্টাকে পূর্বাপেক্ষা আরও জোরদার করা উচিত। অন্যথায়, আমরা দীর্ঘক্রমিক বহু ভয়াবহ এবং অপ্রয়োজনীয় বিপদের মধ্যে থাকবো যে।

৮। আমাদের কোন্ পথ ধরা উচিত?

এক সময় আমি একজন বেসরকারী লোকের সাথে কাজ করেছিলাম। আমি তাঁকে (বেসরকারী মানুষ হিসাবে) খুব পছন্দ করতাম। শীঘ্রই দেখতে

www.pathagar.com

পেলাম তাঁর একটা গভীরতম ধারণা যে সত্যকে সবসময় অন্ধকারে রাখা উচিত; কেবল বিশেষ বিশেষ ক্ষেত্রেই নয়, সর্বক্ষেত্রেই। তিনি অবশ্য উপলব্ধি করেছিলেন যে, সত্যকে মোটেই প্রকাশিত না করলে এর উদ্দেশ্যকে বানচাল করে। সেইজন্যেই তিনি সবসময় কিছু কিছু 'নির্দোষ সত্যকে' পক্ষপাতিও ছিলেন। সেই সময় আমি তাকে অনুপম মনে করতাম। এখন আমি বুঝি যে, তিনি ছিলেন একজন আদর্শ 'সাধারণ লোক'।

আমরা যখন কোনো সরকারী মুখপাত্র কিংবা কোনো পাবলিক রিলেশন্স অফিসারের ভাষণ পড়ি অথবা বেতারে শুনি তখন আমাদের কি ভাবতে হবে তার মোটামুটি একটা ধারণা আগেই জানা থাকে: যা ঘটছে তার বাছাই করা বিষয়ের কিছুটা অংশই কেবল আমাদের বলা হয়; কিছুটা বাছাই করা এই কারণে যে, সামগ্রিকভাবে জিনিসটা যেন বিভ্রান্তিকর হয় যদিও প্রদত্ত খুঁটিনাটি নির্ভুল হয়।

উদ্দেশ্য হোলো বিভ্রান্তি করা এমনভাবে যাতে করে প্রয়োজন হলে নিজেদেরকে তারা প্রতিরোধ করতে পারেন। আসলে কি ঘটছে তা সরকারী ভাবে বলার রীতি বর্তমানে নেই। (আমি কিন্তু সংবাদ পত্রের সংবাদ-দাতাদের সমালোচনা করছি না। আমার মতে তাঁরা যথেষ্ট সৎ এবং সত্য-বাদি হতে পারেন।) মনে হয় আমাদের অবস্থার একমাত্র পরিবর্তন হচ্ছে যে, আজকের এই আণবিক শক্তির বিবিধ উন্নতির কালে মিথ্যাভ্যাস অত্যধিক বিপজ্জনক। আমি অনুভব করি যে, সাধারণের সম্মুখ থেকে এভাবে সত্যকে লুকানোর এই যে অভ্যাস তা ভেঙ্গে ফেলা যায় যদি ক্ষমতাসীনদের মাত্র কয়েকজন নতুন পদ্ধতি আরম্ভ করেন। এদের কিছু কিছু লোককে বলতে শুনা যাচ্ছে যে, কিছুদিন থেকে তাঁরা সচেষ্ট হয়েছেন কিন্তু অভ্যাসের অভাবে পেরে উঠছেন না আর কি। মহাকবি দান্তে কোন এক জায়গায় যারা সত্য অনু-সন্ধানে ফেরেন অথচ খেই হারিয়ে ফেলেছেন, তাদের জন্যে সহানুভূতি প্রকাশ করেছেন।

কিন্তু তিনি তাঁর মনোনীত এক পূর্ব পুরুষের মুখ দিয়ে বলাচ্ছেন, যেন দান্তেকে বলছে 'তোমাদের সব মিথ্যাকে জলাঞ্জলি দাও; সব অন্তর্দৃষ্টিকে স্বচ্ছ করো আর যেখানে চুলকানি সেখানেই চুলকাও'।

www.pathagar.com

নতুন অসুবিধা হলো যে আপনি যখন তেজস্ক্রিয়তা নিয়ে কারবার করছেন, তখন অদম্য কিছু করছেন। আপনি যা করেছেন তা পণ্ড করা যায় না। পাবলিক রিলেশন্স অফিসারের কাছে এ সম্পূর্ণ নতুন এক সমস্যা।

আগের দিনে যদি কোনো ভয়াবহ সত্য অবস্থার পরিপ্রেক্ষিতে দীর্ঘ-দিনেও মিলিয়ে না গিয়ে ইতিহাসের পাতায় ঠাঁই নিতে চায় তার থেকে সাধারণের দৃষ্টিকে প্রতিহত করতে পারতো পাবলিক রিলেশন্স অফিসার। এরূপ আর এখন ঘটে না। কোনো রিলেশন্স অফিসারই তেজস্ক্রিয় ষ্ট্রনশিয়ামের কোনো রদবদল করতে পারেন না। এ নিয়ে কারবার করার সবচেয়ে ভাল সুযোগ এই যে, একে স্বীকার করে নেওয়া। তেজস্ক্রিয় ভস্মাবশেষের সমস্যা নিয়ে কোনো কিছু করবার সঠিক সুযোগ পাবার আগে তার প্রধান বৈশিষ্ট্যগুলি সাধারণের জানা উচিত।

তারপর আণবিক যন্ত্রে দুর্ঘটনার সমস্যাও রয়েছে। উইণ্ডস্কেল রিপোর্টের ২১ পৃষ্ঠায় লিখিত প্রধান মন্ত্রীর কাছে স্যার এড্‌উইন প্লোডনের প্রদত্ত স্মারকলিপিটি জ্ঞান গর্ভমূলক।

'.....উইণ্ডস্কেলের দুর্ঘটনার জন্য অপর্যাপ্ত যন্ত্রপাতি আংশিক.....এবং অপারেটিং স্টাফদের ভ্রান্ত সিদ্ধান্তই দায়ী আংশিকভাবে। এই সব বিচার-বুদ্ধির ত্রুটি সংস্থাটির দুর্বলতার কথাই প্রকাশ করে। দায়িত্বটা যেহেতু যৌথ ছিল সেহেতু কর্তৃপক্ষ ব্যক্তি বিশেষের বিরুদ্ধে ব্যবস্থা গ্রহণ করেননি।' এই উদ্ধৃতিটাকে আমাদের সমগ্র শিক্ষা ব্যবস্থার চরম এবং বক্র সমালোচনা বলা যায়। বহুদিন আগে থেকে আজ পর্যন্ত ধারাবাহিক সরকারগুলি যে উত্তরোত্তর অধিক সংখ্যক বিজ্ঞানী বিশ্ববিদ্যালয়গুলিতে পাঠাচ্ছেন তার জন্য স্যার এড্‌উইনের মনে নিঃসন্দেহে হতাশাপূর্ণ আবেদন ছিল। এই সমস্ত আবেদনে বর্তমানে আমরা যেমন বৈজ্ঞানিক পাচ্ছি তার চেয়ে অধিক সংখ্যক প্রথম এবং দ্বিতীয় শ্রেণীর অনার্স মানের বৈজ্ঞানিক পাওয়ার জন্য জোর দেওয়া হয়। যদি স্কুল কলেজগুলি যথেষ্ট সংখ্যক উত্তম শিক্ষক না পায়, তাহলে বৈজ্ঞানিক সরবরাহ প্রণালী অচিরেই শুকিয়ে যাবে; শিল্প-বিজ্ঞান সংস্থাগুলি যদি যথেষ্ট না পায়, তবে আমরা দেউলিয়া

www.pathagar.com

হয়ে যাব; বিশুদ্ধ বৈজ্ঞানিক সংস্থা যদি যথেষ্ট সংখ্যক না পায় তবে আমরা নিশ্চিত তলিয়ে যাব অধিক নিম্নে আর আণবিক প্রতিষ্ঠানগুলি যদি যথেষ্ট না পায় তাহলে সেখানে 'দুর্ঘটনা' বেড়েই চলবে। কাজেই উত্তম কিছু করা দরকার এ বিষয়ে।

স্যার এডউইন দুর্ঘটনার কারণ সম্পর্কে 'কর্মচারীদের ভ্রান্ত বিচার বুদ্ধিই যে আংশিক' বলে ইঙ্গিত করেছিলেন রিপোর্টের নিজস্ব বক্তব্যে তাকে অসুন্দর মনে করা হয়েছে।

স্পষ্টতঃ 'সংস্থার ত্রুটিসমূহের' প্রথম চারিটি অভিযোগ থেকে অপারেটিং স্টাফদের সম্পূর্ণ মুক্তি দেয়। (৩) এবং (৪) নম্বর অভিযোগ থেকে ইহাই প্রতীয়মান হয় যে, যন্ত্রের গঠন বিবরণ থেকেই শুধু যথেষ্ট খবর পাওয়া যায় না।

(১) এবং (২) নম্বর অভিযোগ থেকে বুঝা যায় যে, সম্পূর্ণ তথ্য পাওয়া গেলেও এ দিয়ে বিস্তৃতভাবে কি করতে হবে সে সম্বন্ধে কর্তৃপক্ষের অভিমত নাও পেতে পারে।

কিন্তু আপনি যদি কোনো জরুরী অবস্থার সময়ে ভারপ্রাপ্ত হন, তাহলে একটা জিনিস আপনার করা উচিত নয়, তা হচ্ছে 'কিছুই না'। একটা চূড়ান্ত সিদ্ধান্ত আপনাকে নিতেই হবে। যদি আপনার তথ্য এবং নির্দেশ ভুল অথবা অসম্পূর্ণও হয়, কিন্তু আপনি আপনার যথাসাধ্য করেছেন, তাহলেই আপনি সম্পূর্ণ দোষমুক্ত হবেন।

জানা গেছে যে সেখানকার ভারপ্রাপ্ত পদার্থবিদ দুর্ঘটনার সময় অনুপস্থিত ছিলেন। যদি তাই হয়, তবে প্রথম অধ্যায়ে উল্লিখিত পদার্থবিদ নিশ্চয়ই তার সহকারী হবেন। ঘটনাস্থলে যেই থাকুন রিপোর্টে স্পষ্ট দেখা গেছে তিনি অবিলম্বে ব্যবস্থা গ্রহণ করেছিলেন এবং সে ব্যবস্থা চালিয়ে যাচ্ছিলেন অবিরত।

কিন্তু প্রচুর উঁচু দরের বৈজ্ঞানিক কর্মচারী যে পাওয়া যায় না বলে সর্বসাধারণের যে অভিমত, রিপোর্ট তার সত্যতা ব্যক্ত করেছে। (ঘটনা-ক্রমে, ধরুন আপনি কতকগুলি সিংহ নিয়ে সার্কাস আরম্ভ করেছেন।

www.pathagar.com

আপনারই গাফিলতিতে একটি সিংহের ঘরের দরজায় ত্রুটিপূর্ণ তালা লাগানো হতো। সেই সুযোগ নিয়ে একদিন রাতে সিংহটি পালিয়ে গেল। এই ঘটনার পর সিংহ বশকারীকে সমালোচনা করা আপনার পক্ষে শুধু অন্যায়ই নয় বরং নির্বুদ্ধিতা হবে। পৃথিবীতে যদি সিংহ বশকারী ব্যক্তির অপর্যাপ্তি থাকে তাহলে আরো বিশেষ করে নির্বুদ্ধিতার পরিচায়ক।) সত্যিই যদি মেধাবী বিজ্ঞানীর ঘাটতি থেকে থাকে তাহলেই বা এমন ঘটবে কেন? আমার মনে হয় এমন প্রশ্নের জবাব ব্যাপক এবং গভীর।

পাবলিক রিলেশন্স অফিসার শিক্ষায় কাজ করছেন, সম্ভবতঃ সকলের চাইতে অধিক শ্রম সহকারে। পরীক্ষাতে সফলতা স্মরণ শক্তির উপর এত বেশী এবং (বিজ্ঞানের বেলায়) ল্যাব্রটরী কাজের উপর এত কম নির্ভর করে যে, যে সব ছাত্র গায়ের ঘাম ছুটিয়ে, স্মরণ শক্তির সাহায্যে সব কিছু বুঝে ফেলেছে এমনি একটা P.R.O. অভিব্যক্তি ফুটিয়ে তুলতে পারে তারাই লাভবান হয়।

উচ্চশ্রেণীর বিজ্ঞান পরীক্ষাগুলিতে তত্ত্বীয় বিষয়ে নম্বর থাকে শতকরা ৮০ ভাগ যা কঠোর শ্রমসহকারে বহুদিন আগে থেকে শিখতে হয় অথচ বিভাজনের সবচেয়ে প্রয়োজনীয় ব্যবহারিক বিষয়তে মাত্র শতকরা ২০ ভাগ নম্বর নির্ধারিত থাকে।

শিক্ষায় এই দুরাবস্থার জন্য বিজ্ঞানীদেরকে প্রধানতঃ দোষারোপ করা যায়-না (যদিও প্রায়ই তাদেরকে অনেকটা বাধ্য ভাল ছেলের মত মনে হয় ঠিকই), বরং পুরানো গতানুগতিকতাই এর জন্য দায়ী অধিক। শিক্ষা সম্বন্ধে প্লেটোর বিখ্যাত বই, দি রিপাবলিক অর্থাৎ পাবলিক রিলেশন্স অফিসারের অবস্থা থেকে ইহা গৃহীত হয়েছে। সেখানে সত্য কেবল পদস্থ গুটি কয়েক জনের জন্য উন্মুক্ত আর ঐ কয়েক জনে যা তাদের ভাবা উচিত বলে ভাবেন সংখ্যাগুরুদের জন্যে তাই তাদের বলা হয় কেবল। প্লেটোর শিক্ষা হচ্ছে এ রকম অবস্থার জন্য প্রস্তুতি, পাবলিক রিলেশন্স অফিসারদের ট্রেনিং ক্ষেত্র বিশেষ। হিটলারের যুদ্ধের সমাপ্তির দিক থেকে প্লেটোর শিক্ষা সম্বন্ধীয় মতবাদগুলিকে পুনরুজ্জীবীত আগ্রহ নিয়ে আকর্ষণ করা হচ্ছে।

www.pathagar.com

যদি আমরা আমাদের অবস্থাকে সাধারণভাবে, বুঝতে চাই এবং বিশেষ করে যদি আমরা ধারাবাহিক বিপদ এড়িয়ে শান্তিপূর্ণ আণবিক শক্তি লাভ করতে চাই, তাহলে পাবলিক রিলেশন্স অফিসার আর তার শিক্ষা ব্যবস্থাকে বাদ দেওয়াই আমাদের উচিত।

এরপর আমাদের সামনের সত্যকে আকড়ে ধরা এবং অধিকাংশ সাধারণ লোক ইচ্ছকৃতভাবে এগুলির সম্বন্ধে ভ্রান্ত পথ যেন প্রদর্শিত না হয়, সে বিষয়ে লক্ষ্য রাখাই আমাদের উচিত হবে।

কোনো কোনো বিশেষ সময়ে জাতীয় দৃষ্টি ভঙ্গীমূলক ধারণাবলী বদলানো এতই বেশী কঠিন যেন আসলে মরীচিকা মনে হবে। কিন্তু তা হলেও জাতীয় দৃষ্টিভঙ্গী বদলায়। আমরা, ব্রিটেনবাসীরা এক সময় প্রচলিত ধর্ম মতের বিরুদ্ধ মত পোষণ করার দায়ে মানুষকে পুড়িয়ে মারতাম আর ৫ শিলিং চুরি করার দায়ে শিশুদের ফাঁসি দিতাম। কিন্তু এখন আর তা আমরা করি না।

অনাগত দিনের ঐতিহাসিকরা হয়তো বিংশ শতাব্দীকে বলবেন পাবলিক রিলেশন্স অফিসারদের যুগ অথবা মুখপাত্রদের অথবা এমন অন্য কিছুর যার অর্থ ১৯৫৭ সালের অনেকের কাছে সুস্পষ্ট। আরো হয়তো বলবেন এ যুদ্ধের শিক্ষা ব্যবস্থার লক্ষ্য ছিল আসল জিনিসকে না বুঝে শুধু বুঝবার ভান করার দিকে।

যতদিন না আমরা বর্তমান গোধূলির মায়া কাটিয়ে আসতে পারি ততদিন আমরা উপযুক্ত নিরাপত্তা লাভ করতে পারবো না। আর সাধারণের সামনে সত্য প্রকাশ করার অভ্যাসই আমাদের এই অবস্থা থেকে মুক্তি দিতে পারে।

যদি আমরা এর থেকে বের হই তাহলে অতিরিক্ত করুণা হিসাবে প্রকৃতির ভাণ্ডারের নিরাপদতম শক্তি উৎপাদন কেন্দ্র আমরা পেতে পারি। যদি তা না পারি তাহলে পাবো না।

www.pathagar.com

দান্তে তার প্যারাডিসো বইয়ে এ বিষয় সম্পর্কে শেষ কথা বলেছেন। ইহা খুব মজার কথা তবেউৎসাহজনক নয় যে তাঁর ১৩০০ সালের সমস্যা একই। তিনি বলেছেন, 'প্রত্যেক মিথ্যাকে দূর করে দাও; তোমাদের সমগ্র দৃষ্টিকে সুস্পষ্ট করো; আর যেখানে চুলকানি সেখানেই চুলকাও। প্রথম আস্বাদনে যদি তোমার স্বর তিক্ত হয় তবে পরিপাক হওয়ার পর তা পুষ্টিকর সারাংশ রেখে যাবে। বাতাস যেমন উচ্চ শিখরেই সবচেয়ে জোরে আঘাত করে তোমাদের স্বরকে তেমনই করতে দাও।'

www.pathagar.com

যে সমস্ত শব্দ এড়িয়ে যাওয়া যায় না

আণবিক সংখ্যা··· ··· ···

কুরি ··· ··· ···

ডিউটেরিয়াম ··· ··· ···

ডিউটেরন ··· ··· —

ইলেকট্রন ··· ··· ···

মৌলিক পদার্থ ··· ··· ···

অর্ধায়ু ··· ··· ···

আয়ন্ ··· ··· ···

আয়নিত ··· ··· ···

আইসোটোপ ··· ··· ···

ভর সংখ্যা ··· ··· ···

বিপরিণতি ··· ··· ···

বিদ্যুৎহীন ··· ··· ···

নিউট্রন ··· ··· ···

নিউক্লিওন ··· ··· ···

নিউক্লিয়াস (পরমাণু কেন্দ্র, কেন্দ্রীন)

নিউক্লাইড্ ··· ··· ···

প্রোটন ··· ··· ···

তেজস্ক্রিয় ··· ··· ···

রন্‌জেন — ··· ···

ট্রিটিয়াম ··· ··· ···

ট্রিটন — ··· ···

www.pathagar.com

www.pathagar.com

বিলম্বিত তথ্য

হাইড্রোজেন বোমা নিক্ষেপকারী বিমান বিধ্বস্ত

১৯৫৮ সালের ৪ঠা জানুয়ারী রাত্রি ৯টা ১৫ মিনিটের সময় জাতির উদ্দেশ্যে (ব্রিটেনের) প্রধান মন্ত্রী এক বেতার ভাষণ দেন। ভাষণে তিনি বলেন, (রেফারেন্স: লিসনার, জানুয়ারী ৯, পৃঃ ৩৬ দেখুন) হাইড্রোজেন বোমা বহনকারী কোনো বিমান যদি বিধ্বস্ত হয় আর বোমাটি ফিউজ বিহীন হওয়াতে বিস্ফোরণ এড়াতে পারে তাহলে 'কম—খুব কম—বাস্তব পক্ষে একেবারে নগণ্য বিকিরণের ঝুকি নিতে হবে।' তার এই অভিমত পরে ৪ঠা ফেব্রুয়ারী মঙ্গলবার কমন্স সভায় এক প্রশ্নোত্তর কালে স্থলাভিষিক্ত প্রধান মন্ত্রী দৃঢ়তর ভাবে প্রতিপন্ন করেন।

ফিউজ বিহীন হাইড্রোজেন বোমা বহনকারী কোনো বিমান যদি বিধ্বস্ত হয়ে আগুনে দাউ দাউ করে জ্বলতে থাকে তাহলে সম্ভাব্য কি কি ঘটতে পারে তার একটা বিবরণ দিই। এসব বোমারু বিমান ১০ কিলোগ্রাম (২২ পাঃ) প্লুটোনিয়াম—২·৩৯ সাথে রাখে। যদি অঙ্ক কষার জন্য ২০ পা ধরে নিই তাহলেও বিশেষ ভুল হবে না।

প্লুটোনিয়ামকে যদি দেওয়া হয় তাহলে দ্রুত অক্সিজেনীভূত হতে আরম্ভ করে। এভাবে এক প্রকার রষ্টিং এর ফলে মন্থর অগ্নিকুণ্ডের সৃষ্টি হয় যেমনটি হয়েছিল উইণ্ডস্কেলের ইউরেনিয়াম কার্তুজ 'দুর্ঘটনায়'।

www.pathagar.com

কোনো কিছু করার আগে তার উচিত পুলিশকে ডেকে গাইগার কাউন্টার যন্ত্র—আনিয়ে সন্নিবিষ্ট এলাকাকে সতর্ক করে দিয়ে তারকাঁটার বেড়া ঘিরে ফেলানো যতদিন না মাথায় প্রচুর কাচের টুকরা বসানো পাকা উঁচু দেওয়াল তোলা সম্ভব হয়। যদি সম্ভব হয় উদ্ধার বাহিনীকে রক্ষামূলক পোষাক এবং ম্যাস্ক পরে নেওয়া উচিত আর কারু গায়ে কোনো ক্ষত থাকতে নেই। বেসরকারী রিপোর্টে জানা গেছে $Pu^{২৩৯}$ দেহের ক্ষতের জন্য বিপদ জনক অথচ এই রিপোর্টে $Ra^{২২৬}$, $Sr^{৯০}$ এবং $I^{১৩১}$ সম্পর্কে তেমন বিশেষ কিছু বলা হয় নি।

জেটা (শূন্য শক্তি থার্মোনিউক্লিয়ার যন্ত্র)

হারওয়েলের এই যন্ত্রের কথা আমরা সর্ব প্রথম সরকারী ভাবে জানতে পারি ১৯৫৮ সালের ২৪ শে জানুয়ারী, যদিও যন্ত্রটি ১৯৫৭ সলের ১২ই আগস্ট কাজ শুরু করেছিল। ইচ্ছা করেই সংবাদ পরিবেশনে দেরী করানো হয়েছিল। উদ্দেশ্যে ছিল, একীভবন প্রক্রিয়ায় শান্তির কাজে ব্যবহৃত শক্তি উৎপানের আর কোনো অগ্রগতির খবর হারওয়েলের য়্যালডার মাসটনের অবস্থিত য়্যাসোসিয়েটেড ইলেকট্রিক্যাল ইণ্ডাষ্ট্রিজের ল্যাবরেটরী এবং ক্যালিফোর্নিয়া বিশ্ববিদ্যালয়ের লস্ আলামোস্ ল্যাবরেটরী থেকে একই যোগে আসে কিনা তা দেখা। এই সমস্ত কাজের প্রারম্ভিক রিপোর্ট প্রকাশিত হয় ১৯৫৮ সালের ২৫শে জানুয়ারী সংখ্যার 'নেচার' পত্রিকার ৪৬০৪ নং রিপোর্ট।

'জিরোর' (শূন্য) মত অদ্ভুদ শব্দ ব্যবহার এজন্যেই করা হয়েছে যে জেটা এ পর্যন্ত……কোনো শক্তি উৎপন্ন করতে সমর্থ হয় নি। যতটুকু উৎপন্ন হয় তার অনেক অনেক গুণ বেশী শক্তি যন্ত্রে প্রয়োগ করতে হয়। জেটার সাফল্য নিহিত আছে একটি মাত্র সত্যের মধ্যে। সত্যটি হচ্ছে যে ডিউটোরিয়ামের একীভবনে কয়েক নিযুত তাপ হয়তো সৃষ্ঠ হয় এবং সত্যিইতা হতে পারে। পাঠক যদি জেটার সম্পর্কে প্রধান তত্ত্ব জানতে চান তো তাঁকে ডিউটেরিয়াম এবং ডিউটেরন সম্পর্কীয় আলোচনা এবং একীভবন থেকে শক্তির আলোচনায় ফিরে যেতে হবে। ডিউটেরিয়াম, এক জাতের হাইড্রোজেনই তবে এতে একটা অতিরিক্ত

www.pathagar.com

নিউট্রন আছে। যদি এই গ্যাসটি দারুন উত্তপ্ত করা হয় তাহলে এই নিউট্রনটি প্রবল ধাক্কায় ছুটে যেতে পারে কেন্দ্রিন হতে। এই ভাবে অনেকগুলি গ্যাস অনু থেকে অনেকগুলি নিউট্রন স্ফুরিত হলে শেষে একটা নিউট্রন 'প্রবাহ' তৈরী হয়ে যেতে পারে। ৬৯নং পৃষ্ঠায় ২নং প্রতিক্রিয়ার মত আরো একটা প্রতিক্রিয়া শুরু হতে পারে ভিন্ন পন্থা অবলম্বন করে। এর ফলে এক জাতের হিলায়াম তৈরী হয় এবং এর সাথে কিছু সত্যিকারের একীভবন শক্তি ও। সুতরাং আপনি যদি উত্তপ্ত ডিউটেরিয়াম থেকে নিউট্রন পান তাহলে বুঝতে হবে যে কিছু ডিউট্রন ভেঙ্গে যাচ্ছে, কিন্তু এর অর্থ এই না যে সেখানে সত্যকারের কোনো 'একীভবন' ঘটেছে।

১৯৫৭ সালের জেটা পরিস্থিতি সম্পর্কে জানা গেছে যে সেখানে নিউট্রন 'নিউট্রন স্রোত' এবং ৫০ লক্ষ ডিগ্রির উত্তাপ সৃষ্টি হওয়া সত্ত্বেও একীভবন প্রতিক্রিয়ার তেমন কোনো লক্ষণই পাওয়া যায় নি (হয়তো সামান্য কিছু হয়ে থাকবে)।

২৩শে জানুয়ারী স্যার জন ককক্রফট এই অবস্থাকে 'প্রথম পর্দায়' বলে অবিহিত করেন। যখন প্রয়োগিক পরিমানের সমান খাটি একীভবন শক্তি লাভ করে আমরা ··· ··· ··· তাকে তিনি সম্ভাব্য দ্বিতীয় পর্যায় বলে বর্ণনা করেন।

এই সময় নির্ভেজাল ডিউটোরিয়ামের জন্য ৩০ কোটি ডিগ্রির (অথচ ১৯৫৭ সালের মাত্র ৫০ লক্ষ ডিগ্রি উত্তাপ সৃষ্টি হয়েছিল) মত উত্তাপ লাগে কিন্তু ডিউটোরিয়াম আর ট্রিটিরিয়ামের মিশ্রণের জন্যে লাগবে ৪ কোটি ডিগ্রি উত্তাপ। তবে ট্রিটিয়ামের যথেষ্ট পরিমাণে পাওয়া বেশ শক্ত।

প্রয়োগিত শক্তির চাইতে মেশিনে যখন অতিরিক্ত একীভবন শক্তি উৎপন্ন হয় অর্থাৎ মেশিনটি বর্দ্ধিত শক্তির ভিত্তিতে কাজ করতে থাকে, স্যার জনের সেটি হোলো 'তৃতীয় পর্যায়'। বলতে গেলে এমনি একটি মেশিন ক্যালডার ফিউশান কাহিনীর আদিরূপ হবে। মনুষ জাতির কল্যাণজনক (অবশ্য তত-

www.pathagar.com

দিন বেঁচে থাকবার মত সুবুদ্ধি যদি আমাদের যোগায়) যথেষ্ট সহজলভ্য) শক্তি উৎপাদন কেন্দ্ররূপে এই যন্ত্র যখন সত্যই কাজ করতে থাকবে, সে হবে 'চতুর্থ পর্যায়'। এসব শক্তিকেন্দ্র সমুদ্র থেকে জালানি নিয়ে কোনো তেজস্ক্রিয় ভস্ম না রেখেই অফুরন্ত শক্তি এবং উত্তাপ প্রদান করতে পারবে (আমরা আশা রাখি)। নিউট্রন বর্ষণের ফলে কোনো কোনো ব্যোমকৃত নিউক্লাইড অবাঞ্ছিত নিউক্লিয়াসে রূপান্তর লাভ করতে পারে। আমি মনে করি যে ক্যালভার হলের মত বিভাজন যন্ত্রসমূহে উৎপন্ন মারাত্মক বস্তুসমূহের পরিমাণের তুলনায়, অর্থহীন গোলমেলে নামামুসারেও যদি (যখন আমরা বর্জনযোগ্য ভ্রাম্যমান তেজস্ক্রিয়তা নিয়ে কাজ করি এইরকম অর্থহীন গোলমেলে মান দরকার হয়।) মাপা হয় তবু তা অতি নগণ্য হবে।

নির্মান কৌশলের দিক থেকে যেটাকে একটা বিরাট ট্রান্সফরমার মনে করা যেতে পারে। একটা জাহাজের নোঙ্গর করবার চেইনটির কথা ভাবুন। চেইনটির বৃত্তাকার বন্ধনীগুলির অন্তর্ব্যাস প্রায় ৮ ফুট (কাজেই ধাতব বেড় হচ্ছে ৩ ফুট চওড়া বৃত্ত)। চেইনের অংশ নয় এমনি একটা ফাঁপা অথচ পূর্ণ-গোলক, এলুমিনিয়ামের পাইপের মত, কল্পনা করুন। এর নাম 'টোরাস'।

টোরাসের দ্বিতীয় কুণ্ডলী টোরাসের আকার বিশিষ্ট। এর মধ্যে যাকে স্বাভাবিক বায়ুচাপের কোটি ভাগের ৩/৪০ ভাগ চাপবিশিষ্ট ডিউটেরিয়াম। এই ডিউটেরিয়ামকে প্রবাহপ্রবন করে তোলা হয় রেডিও ফ্রিকুবেবরী ডিস্‌চার্জ দিয়ে। টোরাস্‌রিংয়ের চারিদিক জড়ানো প্রাথমিক কুণ্ডলীটা অনেকগুলি ধারাবাহিক লুপ আর তা উচ্চ ধারণক্ষমতাসম্পন্ন একসারি বৈদ্যুতিক কনডেন্সারের সাথে সংযুক্ত।

এই কন্‌ডেনন্সার গুলি তরিতাধিত হয় একটি জেনারেটার যন্ত্রের সাহায্যে। আর প্রতি দশ সেকেণ্ড কিংবা এমনি সময়ান্তর বাদে বাদে প্রাথমিক কুণ্ডলীর মধ্য দিয়ে চার্জ বিযুক্ত হয়। এই বিদ্যুৎবিযুক্তির কালে ৪০০ ভাগের ১ ভাগের মত অত্যল্প সময়ের জন্য ২ লক্ষ্য য়্যাম্পিয়ারের মত অতি উচ্চ তড়িৎ প্রবাহ প্রবাহিত হয়। এইসব প্রত্যেকটি স্পন্দনের কালে দ্বিতীয়

www.pathagar.com

কুণ্ডলীতে অতি অল্প সময়ের জন্য অতি উচ্চ বিদ্যুৎ চাপ (ভোল্টেজ) এবং তজ্জন্য উচ্চ বিদ্যুৎ স্রোতের ধাক্কা ডিউটেরিয়ামের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়।

প্রতি দশ সেকেণ্ড কেবলমাত্র কয়েকহাজার ভাগের একভাগকাল হিসাবে কোন নির্দিষ্ট সময় ধরে মেশিন তখন সক্রিয় থাকে তার বিশ লক্ষ ভাগের একভাগ সময়ের জন্য উল্লেখযোগ্য শক্তি উৎপন্নকাল. পূর্বের অন্যান্য যন্ত্রগুলির উৎপাদনকালের চেয়ে দীর্ঘ হলেও নিতান্ত স্বল্প। 'দ্বিতীয় পর্যায়' এ পৌছিবার আগে আমাদেয় সবচেয়ে বড় যে বাধা দূরীভূত করা দরকার তা হচ্ছে চার্জ্জবিযুক্তিকালের এই স্বল্পতা।

ডিজাইনারদের সামনে অন্যান্য সমসা হচ্ছে কি করে চাজর্জবিযুক্তিকে একত্রে কোনঠাসা করা যায় স্বল্প পরিসরে তাইলেই মধ্যস্থলে সর্ব্বোচ্চ উপযুক্ত তাপ-মাত্রা সৃষ্টি হবে), কি করে তাকে দেওয়ালে আঘাত করা থেকে বিরত করা যায় (যার ফলে পরিবহণ উপায়ে তাপ নষ্ট হতে পারে এবং আধারের দেওয়াল ও উরে যেতে পারে) এবং যে সব জায়গায় এত উচ্চ তাপ সৃষ্টি হয় যে কোনো ধাতুই বাষ্পীভূত না হয়ে পারে না, সেখানকার উত্তাপ মাপার উপায় উদ্ভাবন কর।

সৌভাগ্যক্রমে, এ তিনটি সমস্যারই এমন সুন্দর সমাধান হয়েছে যে তা বুঝা বেশী শক্ত নয়।

তড়িৎবাহী তারের চারিদিকে চোঙ্গাকৃতিক চুম্বকক্ষেত্রের সৃষ্টি হয় তারকে কেন্দ্র করে। একই দিকে বিদ্যুৎ বহনকারী দুইটি সামান্তরাল প্রায় তার কাছাকাছি আনলে পরস্পর পপরস্পরকে আকর্ষণ করার মধ্যেই এ সত্য নিহিত আছে।

পদার্থ বিজ্ঞান সম্বন্ধে খুব কম জানা লোক যেমন ধরুন G. C. F-মান যারা সাধারণ শ্রেণীতে পাশ করেছেন, তাদের পক্ষে এ সত্য উপলব্ধি করা সহজ ব্যাপার। ধরে নেওয়া যাক যে এমনি পরস্পরকে আকর্ষণকারী এক-গোছা সামন্তরাল গ্যাসের মধ্যে দিয়ে বিদ্যুৎপ্রবাহ চালিয়ে নিচ্ছে। তাহলে

www.pathagar.com

আপনা আপনিই তারা 'পিঞ্চ ক্রিয়ার' ফলে একসাথে জোট বাঁধবে। প্রথম সমস্যাটির তাহলে কেউ কিছু করার পূর্ব্বেই আপনা থেকে সমাধান হয়ে গেল।

ডিসচার্জকে আধারের দেওয়ালে আঘাত করা থেকে বিরত করানো নামক দ্বিতীয় সমস্যাটির সমাধান করা যায় পূর্বে বিদ্যুৎবাহিত হয়েছিল তেমনিভাবে। প্রত্যেক বেগবান বিদ্যুৎ কনিকা চুম্বক ক্ষেত্রের প্রভাবে নিজ গতিপথ এইং চুম্বকক্ষেত্রের দিক এই উভয়ের ঠিক লম্ব দিকে এক চলক্রিয়া অনুভব করে, এবং সেজন্যেই সে বৃত্তাকার পথে ঘুরতে বাধ্য হয়।

সেজন্যেই বিদ্যুৎ কণিকারা দেওয়ালের নিকট অগ্রসর হলেই চুম্বকক্ষেত্রের দিক উল্টিয়ে দেওয়া হয়। [এই ব্যপারটা ঠিকমত বুঝতে পারার জন্যে আবার শূন্যস্তর কিংবা সম্ভবতঃ A স্তরের পদার্থবিদ্যার কিছুটা জ্ঞান থাকা প্রয়োজন হয়]

তৃতীয় সমস্যাটির সমাধান করা বেশ শক্ত। কারণ—অগ্রসরকারী অথবা পশ্চাদাপসরণকারী পরমাণুদের (কিংবা তাবকাদের) গতি মাপতে স্পেট্রোস্কোপ (আলোক বিশ্লেষণ যন্ত্র) যন্ত্রের সাহায্যে তার চেনা স্কেকট্রল লাইনের বিস্তৃতি লক্ষ্য করতে হয়।

পরমাণুর বহির্বৃত্তর থেকে বিতাড়িত ইলেকট্রনদের দ্বারা এইসব স্পেকট্রাল লাইন সৃষ্টি হয়। জেটাযন্ত্রের ডিসচার্জের অবদ্ধ ডিউটোরিয়াম গ্যাসের একমাত্র ইলেকট্রনটি স্খলিত হয়ে যাওয়ায় স্পেকট্রাল লাইন দেবার মত আর কোনো ইলেকট্রন সেখানে থাকে না। এই অসুবিধা দূর করার জন্য অন্যান্য গ্যাসের যেমন বিশেষ করে—অক্সিজেনের দু' একটা পরমাণু ডিউটোরিয়াম গ্যাসের সাথে মিশিয়ে দেওয়া হয়। এই অক্সিজেন পরমাণুরা টোরাসের উত্তাপের নির্দেশক সঠিক (অক্সিজেনের পক্ষে) গতিতে উপনীত হয় ডিসচার্জের ধাক্কায় ধাক্কায়। অক্সিজেনের বহির্কক্ষে ৮টি ইলেকট্রন আছে, তন্মধ্যে ২টি অতি দৃঢ়ভাবে বাঁধা তবে আরো কয়েকটি ধরে রাখতে পারে সেকারণ

www.pathagar.com

স্পেকট্রাল লাইন পাওয়া যায়। কাজেই অক্সিজেনের উত্তাপ তথা টোরাসের উত্তাপ মাপা যায়; কেবল তাপমাপা ছাড়া এমনি সব ভেজাল গ্যাস কিন্তু অবাঞ্ছিত। আমি আশা রাখি যে এ কাজের উপযোগী নবতর উপায় ভবিষ্যতে কেউ বের করতে সক্ষম হবেন। স্টেশনে দাঁড়িয়ে যে কেউ দ্রুতগামী এক্সপ্রেস ট্রেনের বিরামহীন বাঁশী বাজিয়ে অতিক্রম করে যেতে দেখেছেন তিনি সহজেই বুঝবেন যে, কি করে স্পেকট্রাল লাইনের বিস্তৃতি দেখে আগত এবং প্রত্যাগতের গতি নির্ণয় করা যায়। তিনি প্ল্যাটফরমে দাঁড়িয়ে শুনতে পান কেমন স্পষ্টভাবে বাঁশীর আওয়াজ মিলিয়ে গেল। ঐ ব্যক্তির কাছে অগ্রসরকারী ট্রেনের বাঁশীর কম্পন সংখ্যা (ফ্রিকুয়েন্সী) বর্ধিত হারে এবং প্রত্যাগতের বেলায় স্খলিত হারে শ্রবণিত হয়। 'পিচের এই পার্থক্য যদি শুদ্ধভাবে মাপা যায় তাহলে ট্রেনের গতি নির্ণয় করা সহজ।

আইয়োডিন-১৩১ এবং তেজস্ক্রিয় ভস্মপাতের গালফ্ স্রোত

নেচার পত্রিকার ২৫৬ পৃষ্ঠায় ৪৬০৪ নম্বর রিপোর্টে টিনেস বিশ্ববিদ্যালয়ের অধ্যাপক এল ভান মিওলস্ওয়ার্থ জানান যে, গত তিন বছর ধরে তার গবেষণাগারে যুক্তরাষ্ট্র, লণ্ডন, মিউনিক এবং জাপানের বিভিন্ন স্থানে যে সব গো-মেষাদি জবাই করা হয় তাদের থাইয়োরাইডে আইয়োডিন—১৩১ এর পরিমাণ নির্ধারণের কাজ চলেছে। ১৯৫৭ সালের সেপ্টেম্বর পর্যন্ত তাঁর মোটামুটি ধারণা ছিল যে ঐ সব জায়গায় I^{131} যা পাওয়া গেছে তা প্রধানতঃ পারমাণবিক পরীক্ষা থেকে উদ্ভূত।

টিনেসের ১৫০০ মাইল দূরে (হয়তো নেভাদা প্রান্তরে) পরীক্ষিত আণবিক বোমার ফল বলে তিনি অনুমান করেন। লণ্ডনের মেষের থাইয়োরাইডে টিনেসের মেষের চাইতে দশগুণ আইয়োডিন পাওয়া গিয়েছিল। কিন্তু উইণ্ডস্কেল দুর্ঘটনার ১১ দিন পরে অর্থাৎ ২১শে অক্টোবর তারিখে ব্রিটিশ এবং আমেরিকান উভয় দেশের মেষে সম পরিমান আইয়োডিন—১৩১ পাওয়া যায়। ঐ দিনের আইয়োডিনের পরিমাণ ছিল টিনেসের, নাশভাইলের ৯ই অক্টোবরের শতকরা ২৫ ভাগ এবং লণ্ডনের জন্য প্রায় ১৫ গুণ। কিন্তু ৯ই অক্টোবরের নাশভাইলি

www.pathagar.com

মাত্রা ছিল সর্বোচ্চ, যা ৬ই সেপ্টেম্বরের মাত্রার প্রায় ৫ গুণ (৪৭/১২ গুণ) ছিল। এই কারণেই ৬ই সেপ্টেম্বর থেকে ২১ অক্টোবরের মধ্যে লণ্ডনের এই বৃদ্ধি উইণ্ডস্কেল কারসাজি ছাড়া 'দূরতর কোনো অস্ত্র পরীক্ষাকে' উক্ত অধ্যাপক দায়ী করতে চান না। আমার মনে হচ্ছে— —পৃষ্ঠায় বর্ণিত আমারই পরিবেশিত যুক্তির উপর এই সিদ্ধান্ত কিছুটা সন্দেহ পোষণ করেছে, অথচ সম্পূর্ণ নাকচ্ করে দিচ্ছে না। পূর্ব বর্ণিত উত্তর স্কটল্যাণ্ডের মেষের থাইয়োরাইডে I^{131} কোথেকে আসছে তা অবশ্য জানা নেই। সমস্ত ব্যাপারটা বেশ মজার। 'সায়েন্স' পত্রিকার ১৯৫৭ সালের ১২৬নং ভলুমে পরিবেশিত এক অতীব বিস্ময়কর রিপোর্টের সাথে এই রিপোর্ট খাপ খায়।

এখন মনে হচ্ছে গালফ্ স্রোতের মতই একটা নিয়মিত ধারা মেনে চলে এই ভস্মপতন সর্বত্রই সম বর্ষণ মোটেই হয় না। এই ভস্মপতন প্রবাহ মোটামুটি উত্তর যুক্তরাষ্ট্র অতিক্রম করে ব্রিটেন, উত্তর ইউরোপ এবং সাধারণ ভাবে উত্তর গোলার্ধের নাতিশীতোষ্ণ মণ্ডলের উপর দিয়ে বয়ে গেছে। আরো কয়েক বছর ধরে যদি সমান হারে আণবিক অস্ত্র পরীক্ষার কাজ চলতে থাকে তাহলে এই বেষ্টনীর ফলে মানুষের দেহস্থিতে ষ্ট্রনশিয়ামের মাত্রা বৃদ্ধি পেয়ে ১০ থেকে ২৫ SU তে উঠবে। মেডিক্যাল রিসার্চ কাউন্সিল রিপোর্ট অনুসারে নিরাপদ মাত্রা হচ্ছে ১০ SU। ১৯৫৭ সালের ২৮শে ডিসেম্বরের ৭০০৯ নম্বর ল্যান্চেটে ১৩২৫ পৃষ্ঠায় এই নোট যেখানে দেওয়া আছে সেখানে ব্রিটেনের উল্লেখ নেই। সন্দেহ নেই যে, আমরা (আমেরিকান এবং রাশিয়ানদের মতই) এই বেষ্টনীর কাছে থেকে স্থূল বিচার পাচ্ছি: তবুও আশা করা যাক যে আমরা তেমন বেশী বিকিরণ-প্রপীড়িত হচ্ছি না।

সিজিয়াম – ১৩৭

এই গুরুত্বপূর্ণ (আমাদের জন্য) আইসোটোপটির সম্পর্কে এক মজার মতানৈক্যের উদ্ভব হয়েছে। ১৯৫৭ সালের সায়েন্স পত্রিকার ১২৫ নম্বর ভলুমে একটা রিপোর্টে ইহাকে 'অস্ত্র পরীক্ষা এবং চুল্লীজাত তেজস্ক্রিয় ভস্ম থেকে

www.pathagar.com

আগত দীর্ঘ মেয়াদী আণবিক বিকিরণের চূড়ান্ত সত্য হিসাবে ধরা সম্ভব নয়' বলে দাবী করা হয়।

অতএব ২০ পাউণ্ড প্লুটোনিয়াম নিয়ে একখানি বোমারু বিমান যদি বিধ্বস্ত হয়, তবে এক লক্ষ বছর পরে সেখানে ১ পাউণ্ডেরও বেশী প্লুটোনিয়াম পাওয়া যাবে; কারণ $\frac{১০০০০০}{২৪০০০}$ = প্রায় ৪ এবং $\frac{২০}{২\times২\times২\times২}$ = ১১/৪।

সে কারণ বাস্তবপক্ষে বিমান ধ্বংশ স্থানটিকে কেন্দ্র করে বেশ কিছু এলাকা জুড়ে স্থায়ীভাবে মানুষ বাসের অযোগ্য হয়ে যায়। যদিও মানুষ সেখানে বাস করতে পারে না তবে রক্ষণশীল পোষাক এবং সুবিধাজনক ম্যাস্ক পরে বিশেজ্ঞরা সেখানে যেয়ে পরীক্ষা কাজ চালাতে পারে মাঝে মাঝে।

নিষিদ্ধ এলাকার বাইরে বিকিরণের তেমন ভয় অবশ্য নেই, কারণ এতে বিপজ্জনক গ্যামা রশ্মি থাকবে না। তবে দেহে কোনো ক্ষত নিয়ে অথবা বিনা মাস্কে সীমানার বাইরে অনুকূল বায়ুতেও দাঁড়াতে নেই।

একজন ডাক্তারকে আমি জিজ্ঞাসা করতে শুনেছি যে যদি তাকে কোনো হাইড্রোজেন বোমা বহনকারী বোমারু বিমান বিধ্বস্ত স্থলে ডাকা হয় তো তার কি করা উচিত হবে।

বিমান বিধ্বস্ত হলে পর যদি জোরালো বাতাস বইতে থাকে তবে এই ক্রতরাষ্টিং থেকে টুকরা যত জোরে বাতাস বইবে ততদুরে নীত হবে।

১৯৪৫ সালে নাগাশাকিতে যে প্রলয়ঙ্করী আণবিক বোমা নিক্ষিপ্ত হয় তাতে সম্ভবতঃ হাইড্রোজেন বোমার ফিউজ হিসাবে ব্যবহৃত এই প্লুটোনিয়াম—২৩৯ আইসোটোপই ব্যবহার করা হয়েছিল।

রেডিয়াম এবং ষ্ট্রনশিয়ামের মত প্লুটোনিয়ামও অস্থিলোভী। এর অনুমোদনীয় সর্বোচ্চ শারিরীক গুরুভার (Maximum Permissible body burden) সংক্ষেপে M.P.B.B) 'কোড অব প্রাকটিসে বর্ণিত হয়েছে ০·০৪ মাইক্রোকুরি বলে। অথচ

www.pathagar.com

রেডিয়াম এবং ষ্ট্রনশিয়ামের M P B B হচ্ছে যথাক্রমে ০·১ এবং১ মাইক্রোকুরি কাজেই প্লুটোনিয়াম, রেডিয়ামের চেয়ে ২½ গুণ এবং ষ্ট্রনশিয়ামের চেয়ে ২৫ গুণ অহিতকর।

এই আইসোটোপে শুধু বিপজ্জনক আলফা কণিকাই থাকে। কোনো বিটা কণিকা স্ফুরিত হয় না, তবে অতি ক্ষীণ গ্যামা রশ্মি আসে কিছু কিছু সুতরাং ইহা উদরস্থ কিংবা নিশ্বাসের সাথে গ্রহণ করলেই কেবল ক্ষতি করে। তার অধ্যায় বেশ পুঙ্খানুপুঙ্খ রূপে স্থির করা হয়েছে। প্রত্যেকটি মানই ২৪০০০ বৎসরের কিছু বেশী; তবে সর্বজন গৃহীত মান হচ্ছে ২৪,৪০০ বৎসর।

মোট ভস্মপতনের নির্দেশক হিসাবে এর কেবল প্রয়োজনীয়তা (৫১পৃষ্ঠায় দেখুন) আছে। কিন্তু মেডিক্যাল রিসার্চ কাউন্সিলের বিকিরণ বিপর্যয় সম্পর্কিত কমিটির চেয়ারম্যান এবং M R C এর সেক্রেটারী, স্যার হ্যারল্ড হিমসওয়ার্থ ১৯৫৭ সালের ৮ই নবেম্বর ওয়েষ্টমিনিষ্টার চার্জ হাউজে উইণ্ডস্কেল রিপোর্ট সম্পর্কে এক সাংবাদিক সম্মেলনে বলেন: 'আমরা শুধু সিজিয়াম—১৩৭ এর প্রতিই লক্ষ্য রেখেছিলাম, কারণ সমস্ত পানিতেই দ্রবীভূত হয়ে যৌনকোষ সমেত শরীরের প্রত্যেককোষে উপনীত হয়। প্রজননিক দিক থেকে এ একটা আসল বিপদ।' (সুখের বিষয় উইণ্ডস্কেল দুর্ঘটনায় স্যার জন ককক্রফটের অনুপচিন্তিত ফিল্টারগুলি সিজিয়ামকে ১৩৭কে বেশী পরিমাণ বাড়িয়ে আসতে দেয় নি। আইয়োডিন ১৩১ই কেবলমাত্র বেরিয়ে আসতে পেরে ছিল রীতিমত।)

দ্বিগুণীকরণ মাত্রা

ল্যাঞ্চেটের একই সংখ্যায় ৭০০৯ নম্বর রিপোর্টে আরো জানান হয় যে, বিশ্বস্বাস্থ্য সংস্থা তাঁদের ১৯৫৭ সালের রিপোর্টে নাকি 'মানব প্রজননিক প্রকৃতি সমূহ গবেষণা করার জন্য দেশে দেশে বড় বড় গবেষণাগার গড়ে

www.pathagar.com

তোলবার সুপারিশ করেছেন। যাঁরা বিকিরণ প্রভাব ঘটিত প্রজননিক বিকৃতি সমূহের হিসাব এবং প্রতিপদে প্রয়োগিত বহু স্বীকার— —লক্ষ্য করেছেন তারা সকলেই এই সুপারিশের প্রতিধ্বনি করবেন।'

(এই ক্ষুদ্র পুস্তিকাটি লেখার অব্যবহিত পরেই দেখি যে আমি আর বেশী স্বীকার করতে পারছি না।) ১৯৫৭ সালের সায়েন্স পত্রিকার ১২৬ নং ভল্যুমে বি, গ্র্যাসকে জে, বি, এস হ্যালডেনের অতি সতর্ক অভিমতে সমর্থন করতে দেখা গেছে যে, বিপরিণতির হার দ্বিগুণ করার জন্যে ৩০ বছরে ৩ রনজেন পারিপার্শ্বিক বিকিরণই যথেষ্ট। এমনি অতি বিলম্বিত সাবধানতা তুমি পাচ্ছে দেখে, আমি আবার খুশী হচ্ছি।

www.pathagar.com

www.pathagar.com

পারমাণবিক বিকিরণের বিপদ

এইচ, ডব্লিউ, হেক্স্টাল স্মিথ