ত্ৰয়োদশ অধ্যায়

নিউক্লিয়াছ

(Nuclei)

13.1 আৰম্ভণি (Introduction)

আগৰ অধ্যায়ত পোৱা গৈছে যে পৰমাণু একোটাৰ কেন্দ্ৰভাগত ধনাত্মক আধান তথা ভৰখিনি থূপ খাই পৰমাণুটোৰ নিউক্লিয়াছৰ সৃষ্টি কৰে। পৰমাণুৰ তুলনাত নিউক্লিয়াছৰ সামগ্ৰিক আকাৰ বহু সৰু। α-কণিকাৰ বিচ্ছুৰণ অধ্যয়ন সম্পৰ্কীয় পৰীক্ষালানিৰ পৰা জনা গৈছিল যে নিউক্লিয়াছৰ ব্যাসাৰ্ধ পৰমাণুৰ ব্যাসাৰ্ধতকৈ 10^4 গুণে কম। ইয়াৰ অৰ্থ হৈছে, নিউক্লিয়াছৰ আয়তন পৰমাণুৰ আয়তনৰ প্ৰায় 10^{-12} গুণ। তাৰ মানে পৰমাণুৰ ভিতৰখন প্ৰায় শূন্য। এটা পৰমাণু যদি শ্ৰেণী কোঠা এটাৰ মান ডাঙৰ হয়, তেন্তে নিউক্লিয়াছটোৰ আকাৰ হ'ব আলপিন এটাৰ মূৰটোৰ সমান। হ'লেও পৰমাণুৰ প্ৰায় সমস্ত (99.9% শতাংশতকৈও বেছি) ভৰ নিউক্লিয়াছতে থাকে।

পৰমাণুৰ নিচিনাকৈ নিউক্লিয়াছতো একোটা গঠন আছেনে? যদি আছে, নিউক্লিয়াছ কি কি উপাদানেৰে গঠিত। উপাদানবোৰক কিহে একেলগ কৰি ৰাখিছে? এই অধ্যায়ত আমি এনেবোৰ প্ৰশ্নৰে উত্তৰ বিচাৰি চাম। আমি নিউক্লিয়াছৰ আকাৰ, ভৰ, সুস্থিৰতা আদি বিভিন্ন ধৰ্ম আৰু তাৰ লগতে তেজস্ক্ৰিয়তা, বিযোজন আৰু সংযোজন আদি কেতবোৰ আনুষংগিক পৰিঘটনাৰ বিষয়েও আলোচনা কৰিম

13.2 পাৰমাণৱিক ভৰ আৰু নিউক্লিয়াছৰ উপাদান সমূহ (Atomic Masses and Composition of Nucleus)

পৰমাণুৰ ভৰ নিচেই কম -কিল'গ্ৰামৰ প্ৰশ্নই নুঠে। উদাহৰণস্বৰূপে, কাৰ্বন (^{12}C) পৰমাণুৰ ভৰ 1.992647×10^{-26} Kg। ইমান ক্ষুদ্ৰ পৰিমাণ একোটা জুখিবৰ কাৰণে কিল'গ্ৰাম এককটো বৰ সুবিধাজনক নহয়। সেয়ে পৰমাণুৰ ভৰ জুখিবৰ কাৰণে এটা বেলেগ ভৰ একক ব্যৱহাৰ কৰা হয়। এককটো হৈছে পাৰমাণৱিক

ভৰ একক (u.); ই কাৰ্বন পৰমাণুৰ (^{12}C) ভৰৰ $\frac{1}{12}$ অংশ। এই সংজ্ঞা অনুসৰি

$$1u = \frac{\text{এটা কাৰ্বন } (^{12}C) \text{ পৰমাণুৰ ভৰ}}{12}$$

$$= \frac{1.992647 \times 10^{-26}\ \text{kg}}{12}$$

$$= 1.660539 \times 10^{-27}\ \text{kg} \qquad (13.1)$$

পাৰমাণৱিক ভৰ একককত (u) প্ৰকাশ কৰিলে বিভিন্ন মৌলৰ ভৰ হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ভৰৰ অখণ্ড গুণিতকৰ ওচৰ চাপেগৈ। অৱশ্যে এই নিয়মৰ কেবাটাও চকুত লগা ব্যতিক্ৰমো আছে। উদাহৰণ স্বৰূপে, ক্লৰিনৰ পাৰমাণৱিক ভৰ 35.46 u.

পাৰমাণৱিক ভৰৰ যথেষ্ট শুদ্ধ মাপ ভৰ বৰ্ণালীবীক্ষণ (mass spectrometer) যন্ত্ৰৰ দ্বাৰা পাব পাৰি। পাৰমাণৱিক ভৰসমূহৰ মাপৰ পৰা বুজা যায় যে একোটা মৌলৰে ভিন ভিন ধৰণৰ পৰমাণু আছে যিবোৰৰ ৰাসায়নিক ধৰ্ম একে, কিন্তু ভৰ ভিন ভিন। একেবিধ মৌলৰ এনে ভিন ভিন ভৰবিশিষ্ট পৰমাণু সমূহক **আইছ'ট'প (বা সমস্থানিক)** বোলা হয়। [গ্ৰীক ভাষাত আইছ'টপৰ অৰ্থ হৈছে একে ঠাই (সম-স্থান), অৰ্থাৎ মৌলসমূহৰ পৰ্য্যবৃত্ত তালিকাত সেই পৰমাণুবোৰৰ স্থান একেটাই।] দেখা গৈছে যে মোটামুটিভাৱে প্ৰতিটো মৌল কেবাটাও আইছ'টপৰ সংমিশ্ৰণ। বিভিন্ন আইছ'ট'পৰ আপেক্ষিক প্ৰাচুৰ্য্য (Relative abundance) মৌলভেদে ভিন ভিন। উদাহৰণস্বৰূপে, ক্লৰিণৰ দুটা আইছ'টপ আছে; এটাৰ ভৰ 34.98 u আৰু আনটোৰ 36.98 u । দুয়োটাই প্ৰায় হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ভৰৰ অখণ্ড গুণিতকৰ সমান। আইছ'ট'প দুটাৰ আপেক্ষিক প্ৰাচুৰ্য্য যথাক্ৰমে 75.4% আৰু 24.6% । সেয়ে ক্লৰিন পৰমাণুৰ ভৰ নিৰূপণ কৰিবলৈ দুয়োটা আইছ'ট'পৰ ভৰৰ ভাৰিত গড়মান (weighted average) ল'ব লগা হয়। তেনে কৰিলে পোৱা যায়,

$$= \frac{75.4 \times 34.98 + 24.6 \times 36.98}{100}$$

$$= 35.47\ \text{u}$$

ই ক্লৰিণৰ পাৰমাণৱিক ভৰৰ সৈতে মিলি যায়।

আটাইতকৈ পাতল মৌল হাইড্ৰ'জেনৰে তিনিটা আইছ'ট'প আছে; সেইবোৰৰ ভৰ 1.0078 u, 2.0141 u, আৰু 3.0160 u. হাইড্ৰ'জেন মৌলৰ আটাইতকৈ পাতল পৰমাণুটোৰ নিউক্লিয়াছৰ নাম প্ৰ'টন। তাৰ আপেক্ষিক প্ৰাচুৰ্য্য 99.985%, ।প্ৰটনৰ ভৰ হৈছে

$$m_p = 1.00727\ \text{u} = 1.67262 \times 10^{-27}\ \text{kg} \qquad (13.2)$$

হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ভৰৰ পৰা (= 1.00783u), এটা ইলেকট্ৰনৰ ভৰ (m_e = 0.00055 u). বিয়োগ কৰিলে এই জোখটো পোৱা যায়। হাইড্ৰ'জেনৰ আন দুটা আইছ'ট'পৰ নাম ডয়টেৰিয়াম (deuterium) আৰু ট্ৰিটিয়াম (tritium)। ট্ৰিটিয়ামৰ নিউক্লিয়াছটো অস্থিৰ; ইয়াৰ প্ৰকৃতিত পোৱা নাপায়, পৰীক্ষাগাৰতহে কৃত্ৰিমভাৱে প্ৰস্তুত কৰা হয়।

প্ৰ'টন সমূহৰ আধানৰ বাবেই নিউক্লিয়াছ ধনাত্মক। প্ৰ'টনত এক একক পৰিমাণৰ মৌলিক আধান থাকে; ই সুস্থিৰ। পূৰ্বতে ভবা হৈছিল যে নিউক্লিয়াছত ইলেকট্ৰন থাকিব পাৰে; কিন্তু পাছত কোৱাণ্টাম তত্ত্বৰ ওপৰত প্ৰতিষ্ঠিত যুক্তি প্ৰয়োগ কৰি সেই ধাৰণা প্ৰত্যাহাৰ কৰা হৈছে। পৰমাণুৰ আটাইবোৰ ইলেকট্ৰন নিউক্লিয়াছৰ

বাহিৰত থাকে। আমি জানো যে নিউক্লিয়াছৰ বাহিৰত থকা এই ইলেকট্ৰনবোৰৰ সংখ্যাই হৈছে পাৰমাণৱিক সংখ্যা (atomic number) Z. সেয়ে পৰমাণুত থকা ইলেকট্ৰনবোৰৰ মুঠ আধান($-Ze$). আকৌ, পৰমাণু উদাসীন (neutral); গতিকে নিউক্লিয়াছটোৰ আধান হ'ব লাগিব ($+Ze$). সেইকাৰণে নিউক্লিয়াছত থকা প্ৰ'টনৰ সংখ্যাও ঠিক পাৰমাণৱিক সংখ্যা Z, ৰ সমানেই হ'ব লাগিব।

নিউট্ৰনৰ আৱিষ্কাৰ (Discovery of Neutron)

যিহেতু ডয়টেৰিয়াম আৰু ট্ৰিটিয়াম হাইড্ৰ'জেনৰে আইছ'ট'প সেয়ে সিবোৰৰ নিউক্লিয়াছত মাত্ৰ এটাকৈহে প্ৰটন থাকে। কিন্তু হাইড্ৰ'জেন, ডয়টেৰিয়াম আৰু ট্ৰিটিয়ামৰ নিউক্লিয়াছ বিলাকৰ ভৰ 1:2:3. অনুপাতত থাকে। গতিকে ডয়টেৰিয়াম আৰু ট্ৰিটিয়ামৰ নিউক্লিয়াছবোৰত এটা প্ৰ'টনৰ উপৰিও কিবা উদাসীন পদাৰ্থ কণা থাকিব লাগিব। প্ৰ'টনৰ ভৰৰ এককত প্ৰকাশ কৰিলে এই আইছ'ট'প কেইটাৰ নিউক্লিয়াছত থকা উদাসীন পদাৰ্থৰ পৰিমাণ হ'ব যথাক্ৰমে প্ৰায় এক আৰু দুই। এই কথাই বুজায় যে পৰমাণুৰ নিউক্লিয়াছত প্ৰ'টনৰ উপৰিও কিবা উদাসীন পদাৰ্থ থাকে। সেই উদাসীন পদাৰ্থৰ পৰিমাণ এটা মৌলিক এককৰ গুণিতকৰ সমান। 1932 চনত জেইমছ্ ছেডউইকে (James Chadwick) এই পূৰ্বানুমান সত্য বুলি প্ৰমাণ কৰিছিল। তেওঁ লক্ষ্য কৰিছিল যে বেৰিলিয়ামৰ নিউক্লিয়াছক আলফা কণিকাৰে আঘাত কৰিলে তাৰ পৰা আধান বিহীন (উদাসীন) বিকীৰণ নিৰ্গত হয়। (α- কণিকা হৈছে হিলিয়ামৰ নিউক্লিয়াছ। এই সম্পৰ্কে পৰৱৰ্তী এটা অনুচ্ছেদত আলোচনা কৰা হ'ব।) দেখা গৈছিল, এই উদাসীন বিকিৰণে হিলিয়াম, কাৰ্বন আৰু নাইট্ৰ'জেন আদি পাতল নিউক্লিয়াছত আঘাত কৰি সেইবোৰৰ পৰা প্ৰ'টন বাহিৰ কৰিব পাৰিছিল। সেই কালত মানুহে জনা একমাত্ৰ উদাসীন বিকিৰণ আছিল ফ'টন (photon) ই এবিধ বিদ্যুৎ-চুম্বকীয় বিকিৰণ । শক্তি আৰু ভৰবেগৰ সংৰক্ষণৰ নীতি প্ৰয়োগ কৰাত দেখা গৈছিল যে যদি সেই উদাসীন বিকিৰণ ফ'টনেৰে গঠিত হয় তেন্তে ফ'টনৰ শক্তি, a-কণিকাই বেৰিমিয়াম নিউক্লিয়াছক খুন্দামাৰি নিৰ্গত কৰা বিকিৰণৰ শক্তিতকৈ বহুগুণে বেছি হ'ব লাগে। ছেডউইকে সাঁথৰটো সুন্দৰকৈ সমাধান কৰিলে, তেওঁ ধৰি ল'লে যে সেই উদাসীন বিকিৰণ হৈছে 'নিউট্ৰন' নামৰ আন এক নতুন উদাসীন কণিকাৰ সমষ্টি। শক্তি আৰু ভৰবেগৰ সংৰক্ষণৰ পৰা কণিকাটোৰ ভৰ নিৰ্ণয় কৰিবলৈ লৈ দেখিলে যে তাৰ ভৰ 'প্ৰ'টনৰ ভৰৰ প্ৰায় সমানেই।

নিউট্ৰনৰ ভৰ এতিয়া যথেষ্ট শুদ্ধকৈ জানিব পৰা গৈছে। এই ভৰ হৈছে,

$$m_n = 1.00866\,\text{u}$$
$$= 1.6749\times10^{-27}\,\text{kg} \qquad (13.3)$$

নিউট্ৰনৰ আৱিষ্কাৰৰ কৃতিত্বৰ বাবে ছেডউইকক 1935 চনত পদাৰ্থ বিজ্ঞানৰ ন'বেল বঁটা প্ৰদান কৰা হয়।

মুক্ত প্ৰ'টন একোটা সুস্থিৰ; আনহাতে মুক্ত নিউট্ৰন অস্থিৰহে। ইয়াৰ অৱক্ষয় ঘটি এটা প্ৰ'টন, এটা ইলেকট্ৰন আৰু এটা প্ৰতিনিউট্ৰিনত (ই আন এটা মৌলিক কণিকা) পৰিণত হয়। ইয়াৰ গড় আয়ু (mean life) প্ৰায় 1000 ছেকেণ্ড। আনহাতে নিউক্লিয়াছৰ ভিতৰত থকা অৱস্থাত নিউট্ৰনবোৰ সুস্থিৰ হৈ থাকে।

ইয়াৰ পৰিপ্ৰেক্ষিতত তলৰ পদ আৰু প্ৰতীকবোৰ ব্যৱহাৰ কৰি নিউক্লিয়াছৰ গঠন এনেদৰে বুজিব পাৰি ঃ

Z - পাৰমাণৱিক সংখ্যা = প্ৰ'টনৰ সংখ্যা [13.4(a)]

N - নিউট্ৰন সংখ্যা = নিউট্ৰনৰ সংখ্যা [13.4(b)]

A - ভৰ সংখ্যা = $Z + N$

= প্ৰ'টন আৰু নিউট্ৰনৰ মুঠ সংখ্যা [13.4(c)]

প্ৰ'টন বা নিউট্ৰনক **'নিউক্লিয়ন (Nucleon)** বুলিও কোৱা হয়। সেয়ে, পৰমাণুত থকা নিউক্লিয়নৰ সংখ্যা তাৰ ভৰসংখ্যাৰ (A) সৈতে একে।

নিউক্লীয় প্ৰজাতি বা নিউক্লাইড (Nuclides) সমূহক ${}_{Z}^{A}X$ এনেকুৱা সংকেতেৰ বুজোৱা হয়। ইয়াত X যে প্ৰজাতিটোৰ ৰাসায়নিক প্ৰতীক বুজাইছে। উদাহৰণস্বৰূপে, সোণৰ নিউক্লিয়াছ হৈছে ${}_{79}^{197}Au$ সোণৰ নিউক্লিয়াছৰ 197 সংখ্যাক নিউক্লিয়ন থাকে—তাৰ 79 টা প্ৰ'টন আৰু বাকী 118 টা নিউট্ৰন।

এতিয়া, আইছ'ট'পৰ গঠন কেনেকুৱা তাক সহজে ব্যাখ্যা কৰিব পাৰি। কোনো মৌলৰ প্ৰতিটো আইছ'ট'পৰ নিউক্লিয়াছত প্ৰ'টনৰ সংখ্যা একে, কিন্তু নিউট্ৰনৰ সংখ্যা বেলেগ বেলেগ। হাইড্ৰ'জেনৰ আইছ'টপ ডয়টেৰিয়ামৰ (${}_{1}^{2}H$) নিউক্লিয়াছত এটা প্ৰ'টন আৰু এটা নিউট্ৰন থাকে। আনটো আইছ'ট'প ট্ৰিটিয়ামৰ নিউক্লিয়াছত এটা প্ৰ'টন আৰু দুটা নিউট্ৰন থাকে। সোণৰ $A = 173$ ৰ পৰা $A = 204$ লৈকে মুঠতে 32 টা আইছ'ট'প আছে। ইতিমধ্যেই উনুকিওৱা হৈছে যে মৌলবোৰৰ ৰাসায়নিক ধৰ্ম সিবোৰৰ ইলেকট্ৰন সংৰচনাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল। আইছ'ট'পৰ পৰমাণুসমূহৰ ইলেকট্ৰনিক সংৰচনা একে ধৰণৰ; ৰাসায়নিক আচৰণো একে। সেয়েহে পৰ্য্যাবৃত্ত তালিকাত সেই সমূহক একে স্থানতে ৰখা হৈছে।

একে ভৰসংখ্যাৰ (A) সকলো নিউক্লাইডক **আইছ'বাৰ** (isobar) বোলা হয়। উদাহৰণস্বৰূপে, ${}_{1}^{3}H$ আৰু ${}_{2}^{3}He$ নিউক্লাইড দুটা আইছ'বাৰ। যিবোৰ নিউক্লাইডৰ নিউট্ৰন সংখ্যা (N) একে কিন্তু পাৰমাণৱিক সংখ্যা (Z) ভিন ভিন তেনে নিউক্লাইডক **আইছ'ট'ন (isotones)** বোলা হয়। তাৰ উদাহৰণ, ${}_{80}^{198}Hg$ আৰু ${}_{79}^{197}Au$

13.3 নিউক্লিয়াছৰ আকাৰ (Size of the Nucleus)

অধ্যায় 12 ত আমি পাই আহিছোঁ যে ৰাডাৰফ'ৰ্ডেই পৰমাণুত নিউক্লিয়াছৰ অস্তিত্ব সম্পৰ্কে স্বীকাৰ্য্য আগবঢ়াইছিল আৰু তাক সাব্যস্তও কৰিছিল। ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ পৰামৰ্শ অনুসৰি গাইগাৰ আৰু মাৰ্ছডেনে (Geiger and Marsden) এলানি কালজয়ী পৰীক্ষা সম্পন্ন কৰিছিল ঃ পৰীক্ষালানিত পাতল সোণৰ পাতৰ পৰা α - কণিকাৰ বিচ্ছুৰণ অধ্যয়ন কৰিছিল। তেওঁলোকৰ পৰীক্ষাৰ পৰা জনা গৈছিল যে এটা 5.5 MeV গতি শক্তি বিশিষ্ট α - কণিকা সোণৰ নিউক্লিয়াছ এটাৰ ওচৰ চপাৰ নিকটতম দূৰত্ব (distance of closest approach) হৈছে 4.0×10^{-14} m.। সোণৰ পাতৰপৰা α -কণিকাৰ বিচ্ছুৰণৰ প্ৰকৃতি বুজিবলৈ ৰাডাৰফ'ৰ্ডে ধৰি লৈছিল যে a কণিকা আৰু সোণৰ নিউক্লিয়াছৰ মাজত থকা কুলম্ব বিকৰ্ষণ বলৰ বাবেই α-কণিকাৰ বিচ্ছুৰণ ঘটে। যিহেতু পৰমাণুৰ ধনাত্মক আধানখিনি নিউক্লিয়াছতে আৱদ্ধ থাকে, সেয়ে নিউক্লিয়াছৰ প্ৰকৃত আকাৰ 4.0×10^{-14} m .তকৈ কম হ'ব লাগিব।

যদি ক্ৰমে 5.5 MeV তকৈ বেছি শক্তিৰ α - কণিকা ব্যৱহাৰ কৰা হয় তেন্তে সোণৰ নিউক্লিয়াছৰ পৰা α - কণিকাটোৰ নিকটতম দূৰত্ব পূৰ্বতকৈ কম হ'ব আৰু এটা সময় আহিব যেতিয়া বিচ্ছুৰণ প্ৰক্ৰিয়াটোৰ ওপৰত হ্ৰস্ব পৰিসৰ নিউক্লীয় বলৰ প্ৰভাৱ পৰিব। তেতিয়া ই ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ বিচ্ছুৰণ হৈ নাথাকে। ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ বিচ্ছুৰণ সম্পৰ্কীয় হিচাপ-নিকাচবোৰ α - কণিকাৰ ধনাত্মক আধান আৰু সোণৰ-নিউক্লিয়াছৰ ধনাত্মক আধানৰ মাজত ক্ৰিয়া কৰা বিশুদ্ধ কুলম্ব বিকৰ্ষণৰ ওপৰত প্ৰতিষ্ঠিত। যি দূৰত্বৰ পৰাই এই কুলম্ব বিকৰ্ষণ প্ৰক্ৰিয়া অসাৰ হৈ পৰে সেই দূৰত্বই নিউক্লিয়াছটোৰ আকাৰ নিৰ্ধাৰণ কৰে বুলিব পাৰি।

বিভিন্ন মৌলৰ পৰমাণুক লক্ষ্য আৰু α - কণিকাৰ পৰিবৰ্তে বেগী ইলেকট্ৰনক প্ৰক্ষেপ্য হিচাপে লৈও বিচ্ছুৰণ অধ্যয়ন কৰা হৈছে। তেনে পৰীক্ষাৰ পৰা সংশ্লিষ্ট মৌল সমূহৰ পাৰমাণৱিক নিউক্লিয়াছবোৰৰ আকাৰ শুদ্ধকৈ নিৰূপণ কৰা হৈছে।

পোৱা গৈছে যে A ভৰসংখ্যাৰ নিউক্লিয়াছৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ

$$R = R_0 A^{1/3} \tag{13.5}$$

য'ত $R_0 = 1.2 \times 10^{-15}$ m .। ইয়াৰ পৰা বুজা যায়, নিউক্লিয়াছৰ আয়তন R^3 ৰ সমানুপাতী। আৰু সেই হিচাপত ই A ৰো সমানুপাতী। গতিকে নিউক্লিয়াছৰ ঘনত্ব A ৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে, ই ধ্ৰুৱক -- সকলো নিউক্লিয়াছৰ বাবেই একে। সকলো মৌলৰ নিউক্লিয়াছসমূহ একে ঘনত্ববিশিষ্ট তৰল পদাৰ্থৰ টোপালৰ নিচিনা। নিউক্লীয় পদাৰ্থৰ ঘনত্ব প্ৰায় 2.3×10^{17} kg m^{-3}। সাধাৰণ পদাৰ্থৰ তুলনাত এই ঘনত্ব অত্যন্ত বেছি। পানীৰ ঘনত্ব মাত্ৰ 10^3 kg m^{-3}। কথাটো বুজিবলৈ কঠিন হয়; কিয়নো, আমি ইতিমধ্যেইপাইআহিছোঁ যে পৰমাণুৰ ভিতৰত সৰহখিনি অংশই খালী। পৰমাণুৰে গঠিত সাধাৰণ পদাৰ্থৰ ভিতৰ ভাগো অপৰ্য্যাপ্তভাৱে খালী।

উদাহৰণ 13.1

উদাহৰণ 13.1 আইৰণৰ নিউক্লিয়াছৰ ভৰ 55.85u আৰু A=56 হ'লে তাৰ নিউক্লীয় ঘনত্ব কিমান ?

সমাধান ঃ $m_{Fe} = 55.85$,

$u = 9.27 \times 10^{-26}$kg

$$\text{নিউক্লীয় ঘনত্ব} = \frac{\text{ভৰ}}{\text{আয়তন}} = \frac{9.27\times10^{-26}}{(4\pi/3)(1.2\times10^{-15})^3} \times \frac{1}{56}$$

$$= 2.29 \times 10^{17} \text{ kg m}^{-3}$$

নিউট্ৰন নক্ষত্ৰত (এটা জ্যোতিঃ পদাৰ্থবৈজ্ঞানিক পিণ্ড) পদাৰ্থৰ ঘনত্ব এই ঘনত্বৰ ওচৰা-ওচৰি। ইয়াৰ পৰা বুজা যায় যে তেনে পিণ্ড সমূহৰ পদাৰ্থ ইমান বেছিকৈ ঘনীভূত হৈ থাকে যে সেইবোৰক একোটাইঁত প্ৰকাণ্ড নিউক্লিয়াছ যেনেই লাগে।

13.4 ভৰ- শক্তি আৰু নিউক্লীয় বন্ধন শক্তি (Mass Energy and Nuclear Binding Energy)

13.4.1 ভৰ-শক্তি

আইনষ্টাইনে তেওঁৰ আপেক্ষিকতা তত্ত্বৰ সহায়ত দেখুৱাইছিল যে ভৰক শক্তিৰে এটা ৰূপ হিচাপে ধৰি লোৱা দৰকাৰ। বিশেষ আপেক্ষিকতা তত্ত্ব উপস্থাপিত হোৱাৰ পূৰ্বে ধৰা হৈছিল যে কোনো বিক্ৰিয়াত ভৰ আৰু শক্তি সুকীয়া সুকীয়াকৈ সংৰক্ষিত হয়। যি নহওঁক, আইনষ্টাইনে দেখুৱায় যে ভৰ হৈছে শক্তিৰ আন এটা ৰূপ; ভৰ-শক্তিক শক্তিৰ অন্যান্য ৰূপলৈ (যেনে, গতিশক্তি) সলনি কৰিব পাৰি। একে দৰে অন্যান্য শক্তিকো ভৰ-শক্তিলৈ ৰূপান্তৰ কৰিব পৰা যায়। আইনষ্টাইনৰ বিখ্যাত ভৰশক্তিৰ সমতুল্যতাৰ সমীকৰণটো হৈছে-

$$E = mc^2 \qquad (13.6)$$

সম্বন্ধটোৰ পৰা স্থাপন কৰিছিল। m ভৰৰ সমতুল্য শক্তি কিমান হ'ব তাক উক্ত সমীকৰণৰ পৰা পোৱা যায়। c হৈছে মহাশূন্যত (Vacuum) পোহৰৰ বেগ যাৰ মান প্ৰায় 3×10^8 ms^{-1}।

উদাহৰণ 13.2

উদাহৰণ 13.2 1 গ্ৰাম পদাৰ্থৰ সমতুল্য শক্তিৰ পৰিমাণ হিচাপ কৰি উলিওৱা।

সমাধান ঃ শক্তি, $E = 10^{-3} \times (3 \times 10^8)^2$ J

$E = 10^{-3} \times 9 \times 10^{16}$ J

$= 9 \times 10^{13}$ J

ইয়াৰ পৰা দেখা যায়, 1 গ্ৰাম পদাৰ্থ শক্তিলৈ ৰূপান্তৰিত হ'লে অপৰ্য্যাপ্ত পৰিমাণৰ শক্তি লাভ কৰিব পাৰি।

বিভিন্ন নিউক্লিয়াছ, নিউক্লিয়ন, ইলেকট্ৰন আৰু অতি শেহতীয়াকৈ আৱিষ্কৃত অন্যান্য কণিকাবোৰৰ মাজত ঘটা নিউক্লীয় বিক্ৰিয়া অধ্যয়নত আইনষ্টাইনৰ ভৰ-শক্তিৰ সম্বন্ধটো পৰীক্ষামূলকভাৱে প্ৰমাণ কৰা হৈছে। বিক্ৰিয়া এটাত যদিহে ভৰশক্তিও বিবেচনা কৰা হয়, তেন্তে শক্তি সংৰক্ষণশীলতাৰ নীতি অনুসৰি বিক্ৰিয়াটো ঘটাৰ আগৰ শক্তি আৰু পাছৰ শক্তিৰ পৰিমাণ সমান হয়। নিউক্লীয় ভৰ আৰু নিউক্লিয়াছসমূহৰ পৰস্পৰৰ মাজত ঘটা অন্তৰা ক্ৰিয়াৰ (interaction) বিষয়ে বুজিবলৈ হ'লে এই ধাৰণাটো গুৰুত্বপূৰ্ণ। ইয়াত পাছৰ কেইটামান অনুচ্ছেদত এইবোৰ বিষয়ে আলোচনা কৰা হৈছে।

13.4.2 নিউক্লীয় বন্ধন-শক্তি (Nuclear binding energy)

অনুচ্ছেদত 13.2 ত আমি পাই আহিছোঁ যে নিউক্লিয়াছৰ ভিতৰত নিউট্ৰন আৰু প্ৰ'টন থাকে। সেয়ে আশা কৰিব পাৰি যে নিউক্লিয়াছৰ ভৰ আটাইবোৰ প্ৰ'টন আৰু নিউট্ৰনৰ মুঠ ভৰৰ সমান। কিন্তু দেখা যায়, নিউক্লিয়াছৰ ভৰ সদায় তাতকৈ কম। উদাহৰণস্বৰূপে, $^{16}_{8}O$ নিউক্লিয়াছটোকে লোৱা যাওক। $^{16}_{8}O$ ৰ নিউক্লিয়াছত 8 টা নিউট্ৰন আৰু 8 টা প্ৰ'টন থাকে। এতিয়া,

8 টা নিউট্ৰনৰ ভৰ $= 8 \times 1.00866$ u

8 টা প্ৰ'টনৰ ভৰ $= 8 \times 1.00727$ u

8 টা ইলেকট্ৰনৰ ভৰ $= 8 \times 0.00055$ u

গতিকে $^{16}_{8}O$ নিউক্লিয়াছৰ প্ৰত্যাশিত ভৰ মুঠ

$= 8 \times 2.01593$ u $= 16.12744$ u.

আনহাতে ভৰবৰ্ণালীবীক্ষণেৰে কৰা পৰীক্ষা সমূহত $^{16}_{8}O$ পৰমাণৱিক ভৰ পোৱা গৈছে 15.99493 u. ইয়াৰ পৰা 8 টা ইলেকট্ৰনৰ ভৰ (8×0.00055 u) বাদ দিলে $^{16}_{8}O$ ৰ নিউক্লিয়াছৰ ভৰ পোৱা যায় 15.99053 u.

এইদৰে $^{16}_{8}O$ নিউক্লিয়াছৰ ভৰ তাৰ উপাদানবোৰৰ (8টা প্ৰ'টন, 8 টা নিউট্ৰন) মুঠ ভৰতকৈ 0.13691 u. পৰিমাণে কম পোৱা যায়। কোনো নিউক্লিয়াছৰ ভৰ আৰু নিউক্লিয়াছটো গঠন কৰা উপাদানসমূহত মুঠ ভৰৰ পাৰ্থক্যক **(ΔM) ভৰঘাঁটি** বোলা হয়। সেই ভৰঘাঁটি এনেদৰে পোৱা যায়ঃ

$$\Delta M = [Zm_p + (A - Z)m_n] - M \qquad (13.7)$$

ভৰঘাঁটিৰ অৰ্থনো কি? এইক্ষেত্ৰতে আইনষ্টাইনৰ ভৰ আৰু শক্তিৰ সমতুল্যতাৰ ভূমিকা আহি পৰে। যিহেতু অক্সিজেনৰ নিউক্লিয়াছৰ ভৰ তাৰ উপাদান বিলাকৰ (মুক্ত অৱস্থাত থকা 8 টা প্ৰ'টন আৰু 8 টা নিউট্ৰন) মুঠ ভৰতকৈ কম, সেয়ে অক্সিজেন নিউক্লিয়াছৰ সমতুল্য শক্তি উপাদান বিলাকৰ মুঠ সমতুল্য শক্তিতকৈ কম। যদি অক্সিজেনৰ নিউক্লিয়াছটো 8 টা প্ৰ'টন আৰু 8 টা নিউট্ৰনলৈ ভাঙি পেলাব বিচৰা হয় তেন্তে এই অতিৰিক্ত $\Delta M c^2$ পৰিমাণৰ শক্তিৰ যোগান ধৰিব লাগিব। এইদৰে প্ৰয়োজন হোৱা শক্তি E_b আৰু ভৰঘাঁটিৰ সম্বন্ধ হৈছে।

$$E_b = \Delta M c^2 \qquad (13.8)$$

উদাহৰণ 13.3

উদাহৰণ 13.3 । পাৰমাণৱিক ভৰ একক পৰিমাণৰ ভৰৰ সমতুল্য শক্তি নিৰ্ণয় কৰা প্ৰথমে জুলত, তাৰ পাছত MeV ত। তাকে ব্যৱহাৰ কৰি ${}^{16}_{8}O$ ৰ ভৰঘাঁটি MeV/c^2 এককত প্ৰকাশ কৰা।

সমাধান ঃ

$1u = 1.6605 \times 10^{-27}$ kg.

ইয়াক শক্তিৰ একক প্ৰকাশ কৰিবলৈ আমি তাক c^2 এৰে পূৰণ কৰোঁহঁক । তেতিয়া

সমতুল্য শক্তি $= 1.6605 \times 10^{-27} \times (2.9979 \times 10^8)^2$ kg m^{2}s^{-2}

$= 1.4924 \times 10^{-10}$ J

$= \dfrac{1.4924 \times 10^{-10}}{1.602 \times 10^{-19}}$ eV

$= 0.9315 \times 10^9$ eV

$= 931.5$ MeV

বা,$1u = 931.5$ MeV/ c^2

${}^{16}_{8}O$ ৰবাৰে, $\Delta M = 0.13691$ u

$= 0.13691 \times 931.5$ MeV / c^2

$= 127.5$ MeV / c^2

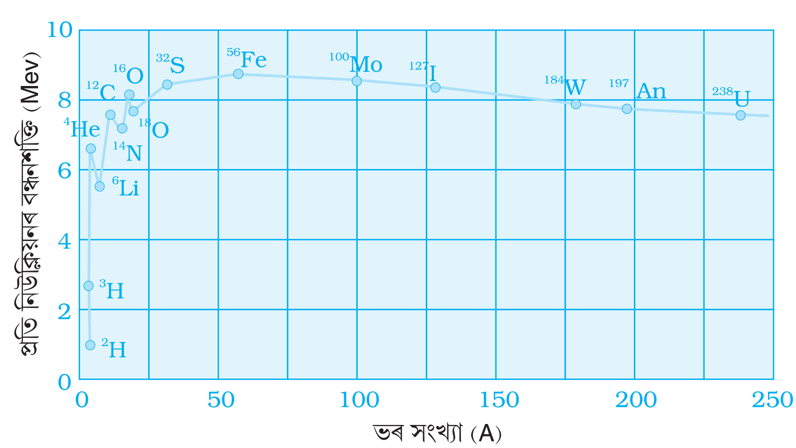
গতিকে ${}^{16}_{8}O$ ক তাৰ উপাদানসমূহলৈ ভাগ ভাগ কৰিবলৈ প্ৰয়োজন হোৱা শক্তিৰ পৰিমাণ 127.5 MeV / c^2

যদি কোনো সংখ্যক নিউট্ৰন আৰু প্ৰ'টনক একেলগ কৰি এক নিৰ্দিষ্ট আধান আৰু ভৰৰ এটা নিউক্লিয়াছ সৃষ্টি কৰিবলৈ বিচৰা হয়, তেন্তে তাকে কৰোঁতে প্ৰক্ৰিয়াটোত E_b পৰিমাণৰ শক্তি নিৰ্গত হ'ব। এই শক্তিক (E_b) নিউক্লিয়াছটোৰ বন্ধনশক্তি (binding energy) বোলা হয়। আমি যদি নিউক্লিয়াছ এটাক ভাঙি তাক তাৰ উপাদান নিউক্লিয়নবোৰত পৰিণত কৰোঁ, তেন্তে কণিকাসমূহক E_b পৰিমাণৰ শক্তিৰ যোগান ধৰিব লাগিব। নিউক্লিয়াছ একোটা যদিও এনেদৰে ভাঙি পেলাব নোৱাৰি তথাপি নিউক্লিয়নবোৰ নিউক্লিয়াছৰ ভিতৰত কিমান আটোমটোকাৰিকৈ আৱদ্ধ হৈ থাকে তাৰ এটা সুচল মাপকাঠী হৈছে নিউক্লীয় বন্ধন শক্তি। নিউক্লিয়াছৰ উপাদানসমূহৰ মাজত বন্ধনৰ অধিক উপযোগী মাপকাঠী হৈছে প্ৰতি **নিউক্লিয়নৰ বন্ধন শক্তি (E_{bn})**। কোনো নিউক্লিয়াছৰ বেলিকা প্ৰতি নিউক্লিয়নৰ বন্ধন শক্তি হ'ল নিউক্লিয়াছ এটাৰ বন্ধন শক্তি (E_b) আৰু নিউক্লিয়াছটোৰ ভৰসংখ্যা A ৰ অনুপাত ঃ

$$E_{bn} = \frac{E_b}{A} \qquad (13.9)$$

প্ৰতি নিউক্লিয়নৰ বন্ধনশক্তিক এনেদৰে বুজিব পাৰি ঃ ই যেন নিউক্লিয়াছ এটাৰ ভিতৰত থকা প্ৰ'টন আৰু নিউট্ৰনবোৰ পৃথক পৃথক কৰি পেলাবৰ বাবে প্ৰয়োজন হোৱা গড়শক্তি।

চিত্ৰ 13.1 ত কিছুমান নিউক্লিয়াছৰ কাৰণে প্ৰতি নিউক্লিয়নৰ বন্ধন শক্তি E_{bn} বনাম ভৰসংখ্যাৰ (A)লেখ দেখুওৱা হৈছে। লেখটোত মনকৰিব লগীয়া বিশেষত্ব বোৰ হৈছে ঃ



চিত্ৰ 13.1 প্ৰতিনিউক্লিয়নৰ বন্ধন শক্তিক ভৰসংখ্যাৰ ফলন হিচাপে দেখুওৱা হৈছে।

(i) প্ৰতি নিউক্লিয়নৰ বন্ধনশক্তি (E_{bn}) মোটামুটিভাৱে নিয়ত অৰ্থাৎ অপৰিবৰ্তিত থাকে। মজলীয়া ভৰ-সংখ্যা বিশিষ্ট ($30 < A < 170$) নিউক্লিয়াছসমূহৰ ক্ষেত্ৰত ই নিউক্লিয়াছৰ

পাৰমাণৱিক সংখ্যাৰ ওপৰত বিশেষ নিৰ্ভৰশীল নহয়। লেখত $A = 56$ নিউক্লিয়াছটোৰ বাবে প্ৰায় 8.75 MeV ত সৰ্বোচ্চ বিন্দু পোৱা যায়।

(ii) পাতল ($A<30$) আৰু গধুৰ ($A>170$) নিউক্লিয়াছবোৰৰ E_{bn} ৰ মান কম।

এই পৰ্য্যবেক্ষণ দুটাৰ পৰা আমি কেইটামান মন্তব্যত উপনীত হ'ব পাৰো ঃ

(i) নিউক্লিয়নসমূহৰ মাজত 'আকৰ্ষণ' বলে ক্ৰিয়া কৰি থাকে। প্ৰতি নিউক্লিয়নত কেই MeV মান বন্ধনশক্তি উৎপন্ন কৰিবলৈ সেই বলেই যথেষ্ট।

(ii) নিউক্লীয় বল হ্ৰস্বপৰিসৰৰ হোৱা হেতুকে $30< A < 170$ পৰিসৰৰ ভিতৰত বন্ধনশক্তি ধ্ৰুৱক। যথেষ্ট ডাঙৰ নিউক্লিয়াছ এটাৰ ভিতৰত থকা কোনো এটা নিৰ্দিষ্ট নিউক্লিয়নৰ কথা বিবেচনা কৰা যাওঁক। তাৰ ঠিক চৌপাশে যিবোৰ নিউক্লিয়ন নিউক্লীয় বলৰ পৰিসৰৰ ভিতৰত আছে অকল সেই নিউক্লিয়নসমূহৰহে প্ৰভাৱ তাৰ ওপৰত পৰিব। এই নিৰ্দিষ্ট নিউক্লিয়নটোৰ পৰা নিউক্লীয় বলৰ পৰিসৰৰ বাহিৰত যদি অন্য কোনো নিউক্লিয়ন থাকে তেন্তে সেই নিউক্লিয়নটোৰ বন্ধন শক্তিৰ ওপৰত সেই সমূহৰ কোনো প্ৰভাৱ নপৰে। যদি কোনো নিউক্লিয়নৰ চৌপাশে নিউক্লীয় বলৰ পৰিসৰৰ ভিতৰত সৰ্বাধিক P সংখ্যাক নিউক্লিয়ন থাকে তেন্তে সেই নিউক্লিয়নটোৰ বন্ধনশক্তি P ৰ সমানুপাতী হ'ব। ধৰা হওক, নিউক্লিয়াছটোৰ বন্ধন শক্তি Pk য'ত k হৈছে শক্তিৰ মাত্ৰা বিশিষ্ট এটা ধ্ৰুৱক। নিউক্লিয়াছটোত নিউক্লিয়ন সংযোগ কৰি কৰি A বৃদ্ধি কৰি গৈ থাকিলেও কিন্তু নিউক্লিয়াছৰ ভিতৰত থকা নিউক্লিয়নৰ বন্ধন শক্তিৰ পৰিবৰ্তন নঘটে। ডাঙৰ নিউক্লিয়াছত সৰহভাগ নিউক্লিয়ন নিউক্লিয়াছটোৰ ভিতৰ ভাগতহে থাকে। পৃষ্ঠ ভাগত নহয়। সেয়ে প্ৰতি নিউক্লিয়নৰ বন্ধন শক্তিৰ পৰিবৰ্তন নিচেই কম হয়। প্ৰতি নিউক্লিয়নৰ বন্ধন শক্তি ধ্ৰুৱক আৰু সি থূলমূলভাৱে Pk ৰ সমান। কোনো নিউক্লিয়নে তাৰ নিকটৱৰ্তী নিউক্লিয়ন বোৰকহে প্ৰভাৱিত কৰা ধৰ্মটোক নিউক্লীয় বলৰ পৰিগৰ্ভন (saturation) ধৰ্ম বুলিও কোৱা হয়।

(iii) $A = 240$ ৰ নিচিনা যথেষ্ট গধুৰ নিউক্লিয়াছৰ প্ৰতি নিউক্লিয়নত বন্ধন শক্তি $A = 120$ ৰ নিচিনা নিউক্লিয়াছবোৰৰ প্ৰতি নিউক্লিয়াছৰ বন্ধন শক্তিতকৈ কম। সেয়ে $A = 240$ ৰ নিউক্লিয়াছ এটা যদি দুটা $A = 120$ সংখ্যক নিউক্লিয়ন থকা নিউক্লিয়াছত ভাগ হৈ পৰে তেন্তে নিউক্লিয়নবোৰ বেছি টানকৈ বান্ধ খাই পৰে। ই বুজায় যে প্ৰক্ৰিয়াটোত শক্তি উৎপন্ন হ'ব। বিযোজন (fission) প্ৰক্ৰিয়াৰে শক্তি উৎপাদন কৰাৰ ক্ষেত্ৰত এই কথাটোৰ যথেষ্ট গুৰুত্ব আছে। বিযোজন প্ৰক্ৰিয়াৰে শক্তি উৎপাদন সম্পৰ্কে অনুচ্ছেদ 13.7.1ত আলোচনা কৰা হ'ব।

(iv) ধৰাহওক, দুটা অতি পাতল ($A \leq 10$) নিউক্লিয়াছ সংযুক্ত হৈ এটা তুলনামূলকভাৱে গধুৰ নিউক্লিয়াছ সৃষ্টি কৰিছে। তেনেদৰে উৎপন্ন হোৱা নিউক্লিয়াছটোৰ প্ৰতি নিউক্লিয়নৰ বন্ধনশক্তি পাতল নিউক্লিয়াছ দুটাৰ প্ৰতি নিউক্লিয়নৰ বন্ধন শক্তিতকৈ বেছি। ইয়াৰ পৰা বুজা যায় যে প্ৰাৰম্ভিক প্ৰণালীটোতকৈ (initial system) অন্তিম প্ৰণালীটো (Final system) অধিক দৃঢ়ভাৱে আৱদ্ধ। এনে **সংযোজন প্ৰক্ৰিয়াত** শক্তিত নিৰ্গত হয়। সূৰ্য্যই এনে সংযোজন প্ৰক্ৰিয়াৰেই শক্তি উৎপাদন কৰে। এই বিষয়ে অনুচ্ছেদ 13.7.3 আলোচনা কৰা হ'ব।

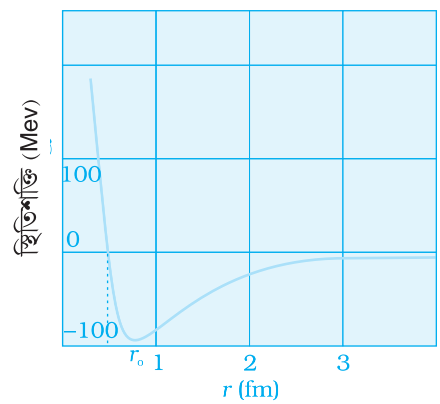
13.5 নিউক্লীয় বল (Nuclear Force)

পৰমাণুত আৱদ্ধ ইলেকট্ৰনবোৰৰ গতিৰ প্ৰকৃতি যি বলে নিৰূপণ কৰে সেয়া আমাৰ পৰিচিত কুলম্ব বল। অনুচ্ছেদ 13.4ত আমি পাই আহিছোঁ যে মজলীয়া ভৰৰ নিউক্লিয়াছসমূহৰ ক্ষেত্ৰত প্ৰতি নিউক্লিয়নৰ বন্ধন শক্তি প্ৰায় 8 MeV। ই পৰমাণুৰ বন্ধন শক্তিতকৈ বহু বেছি। গতিকে নিউক্লিয়নবোৰক নিউক্লিয়াছৰ ভিতৰত আৱদ্ধ কৰি ৰাখিবৰ কাৰণে এটা একেবাৰে বেলেগ ধৰণৰ আকৰ্ষণ বলৰ প্ৰয়োজন হ'বই লাগিব। এই ব'ল প্ৰ'টন সমূহৰ (ধনাত্মক আধানযুক্ত) নিজৰ মাজত থকা বিকৰ্ষণ বল অতিক্ৰম কৰাৰ জোখাৰে শক্তিশালী হ'ব

লাগিব; লগতে সি নিউক্লীয় আয়তনৰ ভিতৰত প্ৰ'টন আৰু নিউট্ৰন উভয়কে আৱদ্ধ কৰি ৰাখিব পাৰিব লাগিব। আমি ইতিমধ্যেই পাই আহিছোঁ যে প্ৰতি নিউক্লিয়নৰ বন্ধন শক্তি ধ্ৰুৱক হোৱা কথাটো বুজিবলৈ হ'লে নিউক্লীয় বল হ্ৰস্ব-পৰিসৰৰ হ'ব লাগিব। নিউক্লীয় বন্ধন বলৰ কেইবাটাও বিশেষত্ব তলত চমুৱাই উল্লেখ কৰা হৈছে। 1930 চনৰ পৰা 1950 চনৰ ভিতৰৰ কালছোৱাত সম্পন্ন কৰা বিভিন্ন পৰীক্ষা-নিৰীক্ষাৰ পৰা এই বিশেষত্ববোৰ লক্ষ্য কৰা গৈছে।

(i) নিউক্লীয় বল, আধানবোৰৰ মাজত ক্ৰিয়া কৰা কুলম্ব বল নাইবা ভৰবিলাকৰ মাজত ক্ৰিয়া কৰা মহাকৰ্ষণীয় বলৰ তুলনাত বহু গুণে বেছি শক্তিশালী। নিউক্লীয় বন্ধনবল নিউক্লিয়াছৰ ভিতৰত থকা প্ৰ'টন সমূহৰ মাজৰ কুলম্ব বিকৰ্ষণ বলতকৈ বেছি হ'ব লাগিব। ঠিক সেই কাৰণেই কুলম্ব বলতকৈ নিউক্লীয় বল বহু বেছি শক্তিশালী। মহাকৰ্ষণীয় বল আনকি কুলম্ব বলতকৈও বহু দুৰ্বল।

(ii) দুটা নিউক্লিয়নৰ মাজৰ দূৰত্ব কেই ফেমট'মিটাৰতকৈ (f m.) বেছি হ'লেই সিহঁতৰ মাজত নিউক্লীয় বল দ্ৰুতভাৱে কমি শূন্য হৈ পৰে। ই মজলীয়া বা বৃহৎ আকাৰৰ নিউক্লিয়াছৰ বেলিকা বলৰ পৰিগৰ্ভা (saturattion forces) ঘটায় যাৰ ফলত প্ৰতি নিউক্লিয়নৰ বন্ধন শক্তি ধ্ৰুৱক হয়।



চিত্ৰ 13.2 এযোৰ নিউক্লিয়নৰ স্থিতিশক্তিক সিহঁতৰ মাজৰ ব্যৱধানৰ ফলন হিচাপে দেখুওৱা হৈছে। r_0 তকৈ বেছি ব্যৱধানত আকৰ্ষণ হয় আৰু r_0 তকৈ কম ব্যৱধানত প্ৰবল বিকৰ্ষণ হয়।

চিত্ৰ 13.2 ত দুটা নিউক্লিয়নৰ মাজৰ স্থিতিশক্তিক সিহঁতৰ মাজৰ দূৰত্বৰ ফলন হিচাপে মোটামুটিভাৱে দেখুওৱা হৈছে। লেখমতে $r_0 = 0.8$ fm. দূৰত্বত স্থিতি-শক্তিৰ মান সৰ্বনিম্ন হয়। তাৰ মানে 0.8 fm তকৈ বেছি দূৰত্বত দুটা নিউক্লিয়নৰ মাজত আকৰ্ষণ বলে ক্ৰিয়া কৰে, আৰু তাতকৈ কম দূৰত্বত বলটো বিকৰ্ষণীহে হৈ পৰে।

(iii) নিউট্ৰন-নিউট্ৰন, প্ৰ'টন-নিউট্ৰন আৰু প্ৰ'টন-প্ৰ'টনৰ মাজৰ নিউক্লীয় বল প্ৰায় সমানেই। নিউক্লীয় বল বিদ্যুৎ আধানৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে।

কুলম্বৰ সূত্ৰ বা নিউটনৰ মহাকৰ্ষণ সূত্ৰ সৰল গাণিতিক ৰূপত বুজিব পাৰি। আনহাতে নিউক্লীয় বলৰ প্ৰকৃতিৰ সৰল গাণিতিক ৰূপ নাই।

13.6 তেজস্ক্ৰিয়তা (Radioactivity)

1896 চনত হেনৰি বেকিউৰেলে (A.H. Becquerel) তেনেই আকস্মিকভাৱে তেজস্ত্ৰিয়তা আৱিষ্কাৰ কৰিছিল। দৃশ্যমান পোহৰেৰে উদ্ভাসিত কৰা কিছুমান যৌগৰ প্ৰতিপ্ৰভা (fluorescence) আৰু অনুপ্ৰভা (phosphorescence) অধ্যয়ন কৰোঁতে বেকিউৰেল এটা আমোদজনক পৰিঘটনা লক্ষ্য কৰিছিল। কেইটুকুৰা ইউৰেনিয়াম-পটেছিয়াম ছালফেটৰ ওপৰত দৃশ্যমান পোহৰ পেলোৱাৰ পাছত তেওঁ টুকুৰাকেইটা এখন ক'লা কাগজেৰে মেৰিয়াই ৰাখিছিল আৰু তাৰ ওচৰত এখন ফটোগ্ৰাফিক প্লেট ৰাখিছিল। প্লেটখন আৰু মেৰিয়াই ৰখা টুকুৰাকেইটাৰ মাজত এখন ৰূপৰ পাত ৰাখিছিল। কেইবাঘণ্টাও তেনেদৰে উদ্ভেদ (exposure) কৰাৰ পাছত যেতিয়া ফটোগ্ৰাফিক প্লেটখন পৰিস্ফুটিত (developed) কৰা হ'ল তেতিয়া তাক ক'লা দেখা গ'ল। ইয়াৰ কাৰণ হিচাপে অনুমান কৰা হ'ল যে যৌগটোৰ পৰা এনেকুৱা কিবা নিৰ্গত হৈছে যিয়ে ক'লা কাগজ আৰু ৰূপৰ পাত উভয়কে ভেদ কৰি আহি ফটোগ্ৰাফিক প্লেটখনত পৰিছে।

পাছত কৰা পৰীক্ষাসমূহৰ পৰা দেখা গৈছিল যে তেজস্ত্ৰিয়তা এটা নিউক্লীয় পৰিঘটনা--য'ত অস্থিৰ নিউক্লিয়াছ ৰ বিঘটন (decayg/disinte ration) ঘটে। ইয়াক **তেজস্ক্ৰিয় বিঘটন** বোলা হয়।

প্ৰকৃতিত তেজস্ত্ৰিয় বিঘটন তিনি প্ৰকাৰৰ ঃ

(i) α - বিঘটন, ইয়াত হিলিয়াম নিউক্লিয়াছ ($^4_2$He) নিৰ্গত হয়;

(ii) β বিঘটন--ইয়াত ইলেকট্ৰন বা পজিট্ৰন নিৰ্গত হয়; (পজিট্ৰন হৈছে ইলেকট্ৰনৰ সমান ভৰৰ অথচ ইলেকট্ৰনৰ বিপৰীত প্ৰকৃতিৰ আধান বিশিষ্ট কণিকা) ঃ

(iii) γ- বিঘটন--ইয়াত উচ্চশক্তিৰ (কেইবা শ KeV বা অধিক) ফ'টন নিৰ্গত হয়।

পাছৰ অধ্যায়সমূহত প্ৰত্যেক প্ৰকাৰৰ বিঘটন সম্পৰ্কে আলোচনা কৰা হ'ব।

13.6.1 তেজস্ক্ৰিয় বিঘটনৰ সূত্ৰ (Law of radioactive decay)

α, β বা γ বিঘটন ঘটি থকা কোনো তেজস্ক্ৰিয় পদাৰ্থৰ নমুনা এটাৰপৰা প্ৰতি একক সময়ত বিঘটন ঘটা নিউক্লিয়াছৰ সংখ্যা সেই ক্ষণত নমুনাটোত থকা মুঠ নিউক্লিয়াছৰ সংখ্যাৰ সমানুপাতী। ধৰা হ'ল, নমুনাটোত N সংখ্যক নিউক্লিয়াছ আছে আৰু Δt সময়ৰ ভিতৰত তাৰ ΔN সংখ্যক নিউক্লিয়াছৰ বিঘটন ঘটে। তেতিয়া

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} \propto N$$

বা, $\Delta N/\Delta t = \lambda N$, (13.10)

ইয়াত λ **তেজস্ক্ৰিয় বিঘটন ধ্ৰুৱক** (decay constant or disintegration Constant) বোলা হয়।

নমুনাটোত Δt সময়ৰ ভিতৰত পৰিৱৰ্তন ঘটা নিউক্লিয়াছৰ সংখ্যা* হ'ব $dN = -\Delta N$ গতিকে N ৰ পৰিৱৰ্তনৰ হাৰ ($\Delta t \to 0$ সীমাংকত)

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

$$\text{বা, } \frac{dN}{N} = -\lambda dt$$

ওপৰৰ সমীকৰণ উভয় ফালক অনুকলন কৰিলে,

$$\int_{N_0}^{N} \frac{dN}{N} = -\lambda \int_{t_0}^{t} dt \qquad (13.11)$$

বা, $\ln N - \ln N_0 = -l\ (t - t_0)$ (13.12)

N_0 হৈছে কোনো এটা ক্ষণ t_0 ত নমুনাটোত থকা তেজস্ক্ৰিয় নিউক্লিয়াছৰ সংখ্যা আৰু N হৈছে পাছৰ কোনো ক্ষণ t ত থকা তেজস্ক্ৰিয় নিউক্লিয়াছৰ সংখ্যা। $t_0 = 0$ ধৰিলে সমীকৰণ (13.12) ৰ পৰা পোৱা যায়,

$$\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t \qquad (13.13)$$

য'ৰ পৰা, $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ (13.14)

লাইটৰ বাল্ববোৰে এনে সূচকীয় বিঘটন সূত্ৰ মানি নচলে।1000 টা মান বাল্বৰ জীৱন কাল (বাল্বটো জ্বলিব নোৱৰা নোহোৱালৈকে বা ফিউজ নোযোৱালৈকে অতিক্ৰম কৰা সময়) পৰীক্ষা কৰিলে আমি আশাকৰোঁ

*ΔN য়ে বিঘটন ঘটা নিউক্লিয়াছৰ সংখ্যা বুজাইছে, সেয়ে ই সদায় ধনাত্মক। dN য়ে N ৰ পৰিৱৰ্তন বুজাইছে যি ধনাত্মক হ'ব পাৰে, ঋণাত্মকো হ'ব পাৰে। ইয়াত ই ঋণাত্মক, কিয়নো প্ৰাৰম্ভিক N সংখ্যক নিউক্লিয়াছৰ ভিতৰত ΔN সংখ্যকৰ বিঘটন ঘটিছে যাৰ ফলত ($N-\Delta N$) সংখ্যক নিউক্লিয়াছ বিঘটন নঘটাকৈ ৰৈ গৈছে।

যে বালৰবোৰৰ ‘বিঘটন’ মোটামুটিভাৱে সমান সময়তে ঘটিব। আনহাতে তেজস্ক্ৰিয় নিউক্লিয়াছসমূহে এটা সম্পূৰ্ণ বেলেগ সূত্ৰহে মানি চলে। (13.14) সমীকৰণ ৰে বুজোৱা সেই সূত্ৰটো হৈছে **তেজস্ক্ৰিয় বিঘটন সূত্ৰ (radioactive decay law)।**

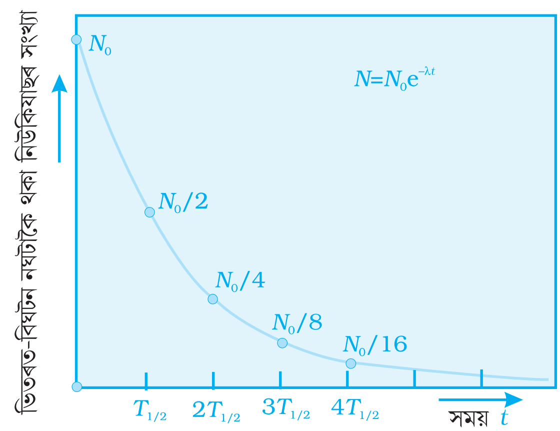
আমাৰ বাবে N তকৈ তেজস্ক্ৰিয় বিঘটনৰ হাৰ ($R=-\frac{dN}{dt}$) বুজোৱা হে অধিক সুবিধাজনক। ইয়াৰপৰা প্ৰতি একক সময়ত কিমান সংখ্য নিউক্লিয়াছৰ বিঘটন ঘটে জানিব পাৰি। উদাহৰণ স্বৰূপে ধৰি লোৱা, আমাৰ হাতত কিবা এটা পৰিমাণৰ তেজস্ক্ৰিয় পদাৰ্থ আছে। তাত কিমান সংখ্যক নিউক্লিয়াছ আছে তাৰ প্ৰয়োজন নাই। কিন্তু 10 s. বা 20 s. সময়ৰ ভিতৰত তাৰ পৰা নিৰ্গত হোৱা α, β বা γ কণিকাৰ সংখ্যা আমি নিৰ্ণয় কৰিব পাৰোঁ। ধৰোঁহঁক, আমি dt সময়ৰ ভিতৰত হোৱা বিঘটনৰ পৰিমাপ উলিয়াব বিচাৰোঁ, আৰু আমাৰ যন্ত্ৰৰ পাতিয়ে $\Delta N(=dN)$ সংখ্যক বিঘটন ধৰা পেলাইছে। তেনেহ’লে বিঘটনৰ হাৰ হ’বগৈ $R=-\frac{dN}{dt}$

সমীকৰণ (13.14) ৰ অৱকলন কৰি পোৱা যায়,

$$R=\lambda N_0\, e^{-\lambda t}$$

বা, $$R=R_0\, e^{-\lambda t} \qquad (13.15)$$

ই তেজস্ক্ৰিয় বিঘটন সূত্ৰৰ [সমী. (13.14)] এটা বিকল্প ৰূপ। সমীকৰণটোত R_0 হৈছে $t=0$ সময়ত নমুনাটোৰ তেজস্ক্ৰিয় বিঘটনৰ হাৰ আৰু R $(=\lambda R_0)$ য়ে পাছৰ $(=\lambda N_0)$ অন্য কোনো সময় t ত বিঘটনৰ হাৰ বুজাইছে।



চিত্ৰ 13.3 তেজস্ক্ৰিয় নমুনা এটাৰ সূচকীয় বিঘটন। $T_{1/2}$ সময়ত পাছত সেই নমুনাটোৰ নিউক্লিয়াছৰ সংখ্যা আধা হয়গৈ।

এতিয়া আমি (13.10) সমীকৰণটোক নমুনাটোৰ বিঘটন হাৰৰ ৰূপত প্ৰকাশ কৰিব পাৰোঁ ঃ

$$R=\lambda N \qquad (13.16)$$

R আৰু লগতে বিঘটন নঘটাকৈ থাকি যোৱা নিউক্লিয়াছৰ সংখ্যা (N) একে মুহূৰ্ততে নিৰূপণ কৰিব লাগিব।

কোনো এটা বা অধিক তেজস্ক্ৰিয় নিউক্লিয়াছৰ নমুনাৰ মুঠ বিঘটন হাৰ R ক নমুনাটোৰ **সক্ৰিয়তা** বোলা হয়। এছ আই পদ্ধতিত সক্ৰিয়তাৰ একক বেকিউৰেল। তেজস্ক্ৰিয়তাৰ আৱিষ্কাৰক হেনৰি বেকিউৰেলৰ নামেৰে একককটো ৰ নাম ৰখা হৈছে। ইয়াৰ সংজ্ঞা হৈছে,

$$1 \text{ বেকিউৰেল} = 1 \text{ Bq} = 1 \text{ বিঘটন ছে}^{-1}$$

সক্ৰিয়তাৰ পুৰণা একক আছিল ক্যুৰি; ইয়াক এতিয়াও ব্যৱহাৰ কৰা হয়।

$$1 \text{ ক্যুৰি} = 1\text{Ci} = 3.7\times10^{10} \text{ (বিঘটন ছেকেণ্ড}^{-1})$$
$$= 3.7\times10^{10}\,\text{Bq}$$

কোনো তেজস্ক্ৰিয় নিউক্লিয়াছ কিমান সময়লৈকে তেজস্ক্ৰিয় হৈ থাকিব তাক জানিব কাৰণে দুটা প্ৰচলিত কালৰ মাপ আছে। এটা হৈছে তেজস্ক্ৰিয় নিউক্লিয়াছৰ **অৰ্ধায়ু (half-life $T_{1/2}$)**, আৰু আনটো **গড়ায়ু (mean life, τ)**। যি সময় চোৱাৰ ভিতৰত N_0 নিজ প্ৰাৰম্ভিক মানৰ আধাত পৰিণত হয়গৈ তাকে তেজস্ক্ৰিয় নমুনাটোৰ অৰ্ধায়ু বুলি কোৱা হয়।

$T_{1/2}$ ক বিঘটন ধ্ৰুৱক λ ৰ ৰূপত প্ৰকাশ কৰিবলৈ আমি $N = \frac{1}{2}N_0$ আৰু $t = T_{1/2}$ বহুৱাব পাৰোঁ। তেতিয়া, (13.14) সমীকৰণৰ পৰা

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda} \qquad (13.17)$$

গড়ায়ু (τ) সমীকৰণ (13.14) ৰ সহায়ত নিৰূপণ কৰিব পাৰি। t আৰু $t+\Delta t$ সময়ৰ অন্তৰালৰ ভিতৰত বিঘটিত হোৱা নিউক্লিয়াছৰ সংখ্যা $R(t)\Delta t$ $(=\lambda N_0 e^{-\lambda t}\Delta t)$. সেই নিউক্লিয়াছবোৰৰ প্ৰত্যেকেই t সময় জুৰি স্থিৰে আছে। গতিকে আটাইবোৰ নিউক্লিয়াছৰ সৰ্বমুঠ জীৱনকাল হ'ব $t \times N_0 e^{-\lambda t}\,\Delta t$. নক'লেও হ'ব যে নমুনাটোৰ কিছুমান নিউক্লিয়াছ কম সময়ৰ বাবে আৰু আন কিছুমান নিউক্লিয়াছ দীঘলীয়া সময়ৰ বাবে স্থিৰে থাকিব পাৰে। সেয়ে গড়ায়ু নিৰ্ণয় কৰিবলৈ হ'লে 0 ৰ পৰা ∞ সময়লৈকে ওপৰৰ ৰাশিটোৰ সমষ্টি (বা অনুকলন) উলিয়াব লাগিব আৰু তাক $t = 0$ সময়ত থকা নিউক্লিয়াছৰ মুঠ সংখ্যা N_0 এৰে হৰণ কৰিব লাগিব।

সেয়ে হ'লে,

$$\tau = \frac{\lambda N_0 \int_0^\infty t e^{-\lambda t} dt}{N_0} = \lambda \int_0^\infty t e^{-\lambda t} dt$$

অনুকলনটো সম্পূৰ্ণ কৰি পোৱা যাব,

$$\tau = 1/\lambda$$

গতিকে আমি পাওঁ,

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \tau \ln 2 \qquad (13.18)$$

মেৰি স্কলড'উস্কা ক্যুৰি (1867-1934)

মেৰি স্কলড'উস্কা ক্যুৰি (1867-1934) পোলেণ্ডত জন্ম গ্ৰহণ কৰে। একেলগে পদাৰ্থ বিজ্ঞানী আৰু ৰসায়ন বিজ্ঞানী। 1896 চনত হেনৰি বেকিউৰেলে তেজস্ক্ৰিয়তা আৱিষ্কাৰ কৰা কাৰ্য্যৰ দ্বাৰা অনুপ্ৰাণিত হৈ মেৰি আৰু তেওঁৰ পতি পিয়েৰ ক্যুৰিয়ে ৰেডিয়াম আৰু প'ল'নিয়াম নামৰ মৌল দুটা আৱিষ্কাৰ কৰে। মেৰিয়েই প্ৰথমগৰাকী ব্যক্তি যেয়ে দুবাৰকৈ ন'বেল বঁটা লাভ কৰিছিল—প্ৰথমবাৰ 1903 চনত পদাৰ্থবিজ্ঞানত, আৰু দ্বিতীয়বাৰ 1911 চনত ৰসায়ন বিজ্ঞানত।

যিবোৰ তেজস্ক্ৰিয় মৌলৰ অৰ্ধায়ু বিশ্বব্ৰহ্মাণ্ডৰ বয়সৰ (13.7 বিলিয়ন বছৰ) তুলনাত কম, সেইবোৰ প্ৰকৃতিৰ বুকুত লক্ষ্যনীয় পৰিমাণে পোৱা নাযায়। অৱশ্যে তেনেকুৱা মৌল পৰীক্ষাগাৰত নিউক্লীয় বিক্ৰিয়াৰ যোগেদি পাব পৰা যায়। ট্ৰিটিয়াম আৰু প্লুট'নিয়াম এই শ্ৰেণীৰ মৌল।

উদাহৰণ 13.4 বিঘটন সংঘটিত হৈ থকা $^{238}_{92}U$ ৰ অৰ্ধায়ু 4.5×10^9 বছৰ। তেন্তে $^{238}_{92}U$ ৰ 1 গ্ৰামৰ সক্ৰিয়তা কিমান ?

সমাধান ঃ

$$T_{1/2} = 4.5 \times 10^9 \text{ y}$$
$$= 4.5 \times 10^9 \text{ y} \times 3.16 \times 10^7 \text{ s/y}$$
$$= 1.42 \times 10^{17} \text{ s}$$

সকলো আইছ'ট'পৰ এক কিল'ম'লত এভ'গেড্ৰ'ৰ সংখ্যাৰ সমান সংখ্যক পৰমাণু থাকে। সেয়ে 1 গ্ৰাম $^{238}_{92}U$ ত থকা পৰমাণুৰ সংখ্যা

$$\frac{1}{238 \times 10^3} \text{ kmol} \times 6.025 \times 10^{26} \text{ পৰমাণু /kmol}$$
$$= 25.3 \times 10^{20} \text{ পৰমাণু}$$

উদাহৰণ 13.4

বিঘটনৰ হাৰ $R = \lambda N$

$$= \frac{0.693}{T_{1/2}} N = \frac{0.693 \times 25.3 \times 10^{20}}{1.42 \times 10^{17}} s^{-1}$$

$$= 1.23 \times 10^4 \ s^{-1}$$

$$= 1.23 \times 10^4 \ Bq$$

উদাহৰণ 13.4

উদাহৰণ 13.5 বিটা ৰশ্মি নিৰ্গত কৰি থকা ট্ৰিটিয়ামৰ অৰ্ধায়ু 12.5 বছৰ। 25 বছৰ পাছত বিশুদ্ধ ট্ৰিটিয়ামৰ কোনো নমুনাৰ (sample) কিমান অংশ বিঘটন নঘটাকৈ ৰৈ যাব?

সমাধান ঃ

অৰ্ধায়ুৰ সংজ্ঞা অনুসৰি 12.5 বছৰৰ মূৰত প্ৰাৰম্ভিক নমুনাটোৰ আধা সংখ্যক নিউক্লিয়াছ বিঘটন নঘটাকৈ ৰৈ যাব। তাৰ পাছত 12.5 বছৰৰ মূৰত পুনৰ সেই ৰৈ যোৱা নিউক্লিয়াছৰ আধা সংখ্যকৰ বিঘটন ঘটিব। গতিকে প্ৰাৰম্ভিক অৱস্থাত বিশুদ্ধ ট্ৰিটিয়াম নমুনাটোৰ এক চতুৰ্থাংশ বিঘটন নঘটাকৈ ৰ'ব।

উদাহৰণ 13.5

13.6.2 আলফা বিঘটন (Alpha Decay)

আলফা বিঘটনত নিউক্লিয়াছৰ পৰা এটা আলফা কণিকা (হিলিয়াম নিউক্লিয়াছ, ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$) নিৰ্গত হৈ নিউক্লিয়াছটো অন্য এটা নিউক্লিয়াছত পৰিণত হয়। উদাহৰণ স্বৰূপে, যেতিয়া ${}^{238}_{92}\mathrm{U}$ ৰ আলফা বিঘটন হয়, তেতিয়া ই ${}^{234}_{90}\mathrm{Th}$ লৈ ৰূপান্তৰিত হয়।

$${}^{238}_{92}\mathrm{U} \rightarrow {}^{234}_{90}\mathrm{Th} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \qquad (13.19)$$

দেখা যায়, প্ৰক্ৰিয়াটোত ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$ ত যিহেতু দুটা প্ৰ'টন আৰু দুটা নিউট্ৰন থাকে, সেয়েহে দুহিতা (daughter) নিউক্লিয়াছটোৰ ভৰসংখ্যা চাৰি আৰু পাৰমাণৱিক সংখ্যা দুই পৰিমাণে কমে। গতিকে ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$ নিউক্লিয়াছৰ ${}^{A-4}_{Z-2}\mathrm{Y}$ লৈ হোৱা ৰূপান্তৰণ এনেদৰে বুজিব পাৰিঃ

$${}^{A}_{Z}\mathrm{X} \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}\mathrm{Y} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \qquad (13.20)$$

ইয়াত ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$ হৈছে মাতৃ নিউক্লিয়াছ আৰু ${}^{A-4}_{Z-2}\mathrm{Y}$ দুহিতা নিউক্লিয়াছ।

${}^{238}_{92}\mathrm{U}$ ৰ আলফা বিঘটন স্বতঃস্ফূৰ্তভাৱে (কোনো বাহ্যিক শক্তিৰ সহায় নোহোৱাকৈ) ঘটিব পাৰে; কিয়নো, বিঘটনজাত ${}^{234}_{90}\mathrm{Th}$ আৰু ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$ ৰ মুঠ ভৰ মূল মাতৃ নিউক্লিয়াছ ${}^{238}_{92}\mathrm{U}$ ৰ ভৰতকৈ কম। গতিকে বিঘটনজাত নিউক্লিয়াছ দুটাৰ মুঠ ভৰ মূল নিউক্লিয়াছটোৰ ভৰতকৈ কম। ভৰৰ এই পাৰ্থক্য বিঘটনজাত (product) নিউক্লিয়াছৰ গতিশক্তি ৰূপে প্ৰকাশ পায়। এই যে প্ৰাৰম্ভিক প্ৰণালীটোৰ ভৰশক্তি আৰু অন্তিম প্ৰণালীটোৰ ভৰশক্তিৰ পাৰ্থক্য, তাক প্ৰক্ৰিয়াটোৰ ***Q* মান বা বিঘটন শক্তি** (*Q* - Value or disintgration energy) বোলা হয়। সেইমতে আলফা বিঘটনৰ মানক এনেদৰে প্ৰকাশ কৰিব পৰা যায় ঃ

$$\mathbf{Q = (m_X - m_Y - m_{He})\, c^2} \qquad \mathbf{(13.21)}$$

এই শক্তিৰ এভাগ সন্ততি নিউক্লিয়াছ ${}^{A-4}_{Z-2}\mathrm{Y}$ য়ে আৰু আন ভাগ আলফা কণিকা ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$ য়ে গতিশক্তি ৰূপে লাভ কৰে। আলফা বিঘটন প্ৰক্ৰিয়াই সমীকৰণ (13.14) আৰু (13.15) ত থকা তেজস্ক্ৰিয়তাৰ সূত্ৰ মানি চলে। আলফা বিঘটন প্ৰক্ৰিয়াত $\mathbf{Q > 0}$।

উদাহৰণ 13.6 তলত কেইটামান পাৰমাণৱিক ভৰ দিয়া আছেঃ

$^{238}_{92}U = 238.05079\ u \qquad ^{4}_{2}He = 4.00260\ u$

$^{234}_{90}Th = 234.04363\ u \qquad ^{1}_{1}H = 1.00783\ u$

$^{237}_{91}Pa = 237.05121\ u$

প্ৰতীক Pa হৈছেপ্ৰটেকটিনিয়াম ($Z = 91$) মৌল।

(ক) $^{238}_{92}U$ ৰ বিঘটন প্ৰক্ৰিয়াত উৎপন্ন হোৱা শক্তিৰ পৰিমাণ নিৰ্ণয় কৰা।

(খ) দেখুওৱা যে $^{238}_{92}U$ ৰ পৰা স্বতঃস্ফূৰ্তভাৱে প্ৰ'টন নিৰ্গত হ'ব নোৱাৰে।

সমাধান ঃ

(ক) $^{238}_{92}U$ ৰ পৰা আলফা-বিঘটন হয় সমীকৰণ (13.20) অনুযায়ী। প্ৰক্ৰিয়াটোৰ শক্তিৰ উৎপাদন ইয়াৰ যোগেদি পোৱা যায়-

$$Q = (M_U - M_{Th} - M_{He})\, c^2$$

ওপৰৰ দিয়াৰ পৰা পাৰমাণৱিক ভৰৰ তথ্যবোৰ বহুৱালে পোৱা যায়,

$$Q = (238.05079 - 234.04363 - 4.00260)\text{u} \times c^2$$
$$= (0.00456\ \text{u})\, c^2$$
$$= (0.00456\ \text{u})\,(931.5\ \text{MeV/u})$$
$$= 4.25\ \text{MeV}.$$

(খ) যদি $^{238}_{92}U$ যে স্বতঃস্ফূৰ্তভাৱে এটা প্ৰ'টন নিৰ্গত কৰে তেন্তে বিঘটন প্ৰক্ৰিয়াটো এনে ধৰণৰ হ'ব পাৰে ঃ

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{237}_{91}Pa + {}^{1}_{1}H$$

তেতিয়া প্ৰক্ৰিয়াটোৰ Q ৰ মান হ'ব

$$Q = (M_U - M_{Pa} - M_H)\, c^2$$
$$= (238.05079 - 237.05121 - 1.00783)\ \text{u} \times c^2$$
$$= (-0.00825\ \text{u})\, c^2$$
$$= -(0.00825\ \text{u})(931.5\ \text{MeV/u})$$
$$= -7.68\ \text{MeV}$$

বুজা গ'ল যে প্ৰক্ৰিয়াটোৰ Q ঋণাত্মক। সেয়ে স্বতঃস্ফূৰ্ত ভাৱে প্ৰ'টন নিৰ্গমন সম্ভৱ নহয়। যদি $^{238}_{92}U$ নিউক্লিয়াছৰ 7.68 MeV পৰিণামৰ শক্তিৰ যোগান ধৰা হয় তেতিয়াহে তাৰ পৰা এটা প্ৰ'টন নিৰ্গত হ'ব।

উদাহৰণ 13.6

13.6.3 বিটা বিঘটন (Beta decay)

যি বিঘটন প্ৰক্ৰিয়াত কোনো নিউক্লিয়াছৰ পৰা স্বতঃস্ফূৰ্তভাৱে এটা ইলেকট্ৰন বা প'জিট্ৰন নিৰ্গত হয় তেনে বিঘটনক নিউক্লিয়াছটোৰ বিটা বিঘটন বোলা হয়। আলফা বিঘটনৰ নিচিনাকৈ ইও এটা স্বাভাৱিক প্ৰক্ৰিয়া; ইয়াৰো এটা নিৰ্দিষ্ট বিঘটন শক্তি আৰু অৰ্ধায়ু আছে। লগতে আলফা বিঘটনৰ নিচিনাকৈ বিটা বিঘটনো এটা পাৰিসাংখিক প্ৰক্ৰিয়া যিয়ে সমীকৰণ (13.4) আৰু (13.5) মানি চলে। ঋণাত্মক বিটা (β^-) বিঘটনত নিউক্লিয়াছৰ পৰা এটা ইলেকট্ৰন নিৰ্গত হয়। যেনে, $^{32}_{15}P$ ৰ বিটা বিঘটন এনে ধৰণৰ ঃ

$$^{32}_{15}P \rightarrow {}^{32}_{16}S + e^- + \bar{\nu}\ (T_{1/2} = 14.3\ \text{দিন}) \qquad (13.22)$$

ধনাত্মক বিটা (β^+) বিঘটনত নিউক্লিয়াছৰ পৰা এটা প'জিট্ৰন নিৰ্গত হয়। $^{22}_{11}Na$ ৰ β^+ বিঘটন এনেধৰণৰঃ

$$^{22}_{11}\text{Na} \rightarrow ^{22}_{10}\text{Ne} + e^{+} + \nu \ (\text{T}_{1/2}\ 2.6\text{বছৰ}) \qquad (13.23)$$

সমীকৰণ (13.22) আৰু (13.23) ত ν আৰু ν চিহ্ন দুটাই যথাক্ৰমে প্ৰতি নিউট্ৰিন' (antineutrino) আৰু নিউট্ৰিন' বুজাইছে। উভয়েই আধানশূন্য আৰু ভৰহীন বা তেনেই নগণ্য ভৰবিশিষ্ট কণিকা। বিটা বিঘটনত নিউক্লিয়াছৰ পৰা ইলেকট্ৰন বা প'জিট্ৰনৰ লগতে এই কণিকা দুটাও নিৰ্গত হয়। নিউট্ৰিন'ৱে পদাৰ্থৰ সৈতে অত্যন্ত দুৰ্বলভাৱেহে অন্তঃক্ৰিয়া (interaction) সংঘটিত কৰিব পাৰে। নিউট্ৰিন'বোৰে শোষিত নোহোৱাকৈ (অৰ্থাৎ কোনো অন্তঃক্ৰিয়া নকৰা কৈয়ে) বৃহৎ ভৰৰ পদাৰ্থৰ (আনকি পৃথিৱীৰ) এফালেদি সোমাই আনটো ফালেদি ওলাই যাব পাৰে। সেয়ে এই কণিকাবোৰ ধৰা পেলোৱাটো অতিশয় কঠিন। এই কাৰণতে ইবোৰৰ অস্তিত্ব বহু দিনলৈকে ধৰা পৰাই নাছিল।

ঋণাত্মক বিটা বিঘটনত নিউক্লিয়াছৰ ভিতৰৰ এটা নিউট্ৰন এটা প্ৰ'টনলৈ ৰূপান্তৰিত হয়

$$n \rightarrow p + e^{-} + \bar{\nu} \qquad (13.24)$$

আনহাতে ধনাত্মক বিটা বিঘটনত নিউক্লিয়াছৰ ভিতৰৰ এটা প্ৰ'টন এটা নিউট্ৰনলৈ ৰূপান্তৰিত হয়

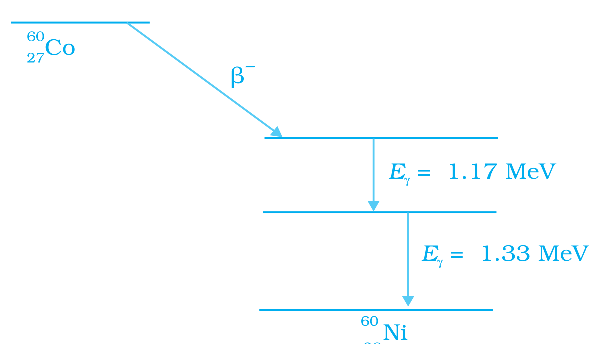
$$p \rightarrow n + e^{+} + n \qquad (13.25)$$

বিটা বিঘটনত নিউক্লিয়াছৰ ভৰসংখ্যা A কিয় সলনি নহয় তাক এই প্ৰক্ৰিয়া দুটাৰ পৰাই বুজিব পাৰি। প্ৰক্ৰিয়া দুটাত, সমীকৰণ (13.24) বা (13.25) অনুসৰি, নিউক্লিয়াছৰ ভিতৰত মাথোন এটা নিউক্লিয়নৰ প্ৰকৃতিহে সলনি হয়।

13.6.4 গামা বিঘটন (Gamma decay)

পৰমাণুত যেনেদৰে শক্তিস্তৰ আছে, নিউক্লিয়াছতো তেনেদৰে শক্তিস্তৰ আছে। উত্তেজিত অৱস্থাত থকা নিউক্লিয়াছ এটা নিম্ন শক্তিস্তৰলৈ সংক্ৰমিত হ'ব পাৰে; তাকে কৰোঁতে ইয়াৰপৰা বিদ্যুৎ চুম্বকীয় বিকিৰণ নিৰ্গত হয়। নিউক্লিয়াছৰ শক্তিস্তৰ সমূহৰ মাজত শক্তিৰ ব্যৱধান MeV পৰিমাণত থাকে; গতিকে নিউক্লিয়াছে নিৰ্গত কৰা ফ'টনৰ শক্তিও MeV ত থাকে। সেই ফ'টন বোৰক গামা ৰশ্মি বোলা হয়।

প্ৰায়ভাগ তেজস্ক্ৰিয় নিউক্লিয়াছৰপৰা আলফা বা বিটা ৰশ্মি ওলাই যোৱাৰ পাছত সন্ততি নিউক্লিয়াছটো উত্তেজিত অৱস্থাত থাকে। তেতিয়া সন্ততি নিউক্লিয়াছটোৰপৰা কেতিয়াবা এবাৰ, আৰু কেতিয়াবা অনুক্ৰমিকভাৱে (successively) সংক্ৰমণ ঘটে; আৰু তেনেদৰে গামা ৰশ্মি নিৰ্গত কৰি সন্ততি নিউক্লিয়াছটো ভূমিস্তৰ লৈ আহে। ইয়াৰ সুন্দৰ উদাহৰণ হৈছে $^{60}_{27}\text{Co}$ ৰ তেনে প্ৰক্ৰিয়া। $^{60}_{27}\text{Co}$ ৰ পৰা বিটা নিৰ্গত হৈ তাক $^{60}_{28}\text{Ni}$ লৈ ৰূপান্তৰ কৰে; সেই $^{60}_{28}\text{Ni}$ উত্তেজিত অৱস্থাত থাকে। তাৰ পাছত উত্তেজিত $^{60}_{28}\text{Ni}$ নিউক্লিয়াছটোৱে আনুক্ৰমিকভাৱে 1.17 MeV আৰু 1.33 MeV শক্তিৰ গামা ৰশ্মি ফ'টন এৰি দি ভূমিস্তৰলৈ যায়। চিত্ৰ 13.4 ত শক্তিস্তৰ চিত্ৰৰ সহায়ত এই প্ৰক্ৰিয়াটো দেখুওৱা হৈছে।



চিত্ৰ 13.4 $^{60}_{27}$ **Co** নিউক্লিয়াছৰ বিটা বিঘটনৰ পাছত হোৱা g ৰশ্মি নিৰ্গমণৰ শক্তিস্তৰ চিত্ৰ।

13.7 নিউক্লীয় শক্তি (Nuclear Energy)

চিত্ৰ 13.1 ত দেখুওৱাৰ দৰে প্ৰতি নিউক্লিয়নৰ বন্ধন শক্তি E_{bn} ৰ বক্ৰডালত মাজৰ অংশ, অৰ্থাৎ $A = 30$ ৰ

পৰা $A = 170$ লৈকে বিস্তৃত অংশটো দীঘলীয়া আৰু প্ৰায় পোন। এই অঞ্চলটোত প্ৰতি নিউক্লিয়নৰ বন্ধনশক্তি মোটামোটি ধ্ৰুৱক (8.0 MeV)। পাতল ($A < 30$) আৰু গধুৰ ($A > 170$) নিউক্লীয় অঞ্চল দুটাত প্ৰতি নিউক্লিয়নৰ বন্ধনশক্তি 8.0 MeV তকৈ কম; এই কথা আমি পূৰ্বতে উল্লেখ কৰি আহিছোঁ। বন্ধন-শক্তি বক্ৰৰ এই বৈশিষ্ট্যৰ পৰা স্পষ্ট যে $A < 30$ আৰু $A > 170$ নিউক্লিয়াছ সমূহৰ প্ৰতি নিউক্লিয়নৰ বন্ধন শক্তিৰ তুলনাত মাজৰ $30 \le A \le 170$ অঞ্চলত থকা নিউক্লিয়াছবোৰ অধিক দৃঢ়ভাৱে আৱদ্ধ। গতিকে, কমদৃঢ়ভাৱে আৱদ্ধ নিউক্লিয়াছ সমূহৰ যদি অধিক দৃঢ়ভাৱে আৱদ্ধ নিউক্লিয়াছলৈ ৰূপান্তৰ কৰিব পৰা যায়, তেন্তে সেই প্ৰক্ৰিয়াৰ পৰা শক্তি লাভ কৰিব পাৰি। আমি দুটা এনে ধৰণৰ প্ৰক্ৰিয়াৰ বিষয়ে উল্লেখ কৰি আহিছোঁ-- সেইদুটা হৈছে নিউক্লীয় বিযোজন আৰু সংযোজন (Fission and Fusion)।

কয়লা বা প্ৰেট্ৰ'লিয়াম দৰে পৰম্পৰাগত শক্তিৰ উৎসসমূহে ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াৰ যোগেদি শক্তি উৎপাদন কৰে। তেনেদৰে উৎপাদিত শক্তিকেই eV মানহে। আনহাতে নিউক্লীয় প্ৰক্ৰিয়াসমূহত ই কেইবা নিযুত গুণ বেছি। ইয়াৰ অৰ্থ এই যে একে সমান পৰিমাণৰ পদাৰ্থৰ বাবে নিউক্লীয় উৎসই পৰম্পৰাগত উৎসৰ তুলনাত নিযুত গুণ বেছি শক্তি উৎপাদন কৰিব পাৰে। এক কিল'গ্ৰাম কয়লাৰ দহনৰ পৰা 10^7 J শক্তি পোৱা যায়; আনহাতে 1 কিল'গ্ৰাম ইউৰেনিয়ামৰ বিযোজনৰ পৰা শক্তি পোৱা যায় 10^{14} J।

13.7.1 বিযোজন (Fission)

ছেডউইকে নিউট্ৰন আৱিষ্কাৰ কৰাৰ কিছুদিন পাছতে এনৰিক' ফাৰ্মিয়ে দেখিবলৈ পালে যে বিভিন্ন মৌলৰ সৈতে নিউট্ৰনৰ অভিঘাতে (bombarding) ন ন তেজস্ক্ৰিয় মৌল উৎপন্ন কৰে। অৱশ্যে লক্ষ্য হিচাপে যদি ইউৰেনিয়াম থাকে তেন্তে ইউৰেনিয়াম নিউক্লিয়াছটো কম-বেছি পৰিমাণে সমান দুটা খণ্ডত বিভক্ত হৈ পৰে। আৰু বিক্ৰিয়াটোত প্ৰচুৰ পৰিমাণে শক্তি উৎপাদন হয়। এনে বিক্ৰিয়াৰ এটা উদাহৰণ হৈছেঃ

$${}^{1}_{0}\text{n} + {}^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{236}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{144}_{56}\text{Ba} + {}^{89}_{36}\text{Kr} + 3\,{}^{1}_{0}\text{n} \qquad (13.26)$$

ইউৰেনিয়ামৰ পৰা সদায় যে বেৰিয়াম আৰু ক্ৰিপ্টনহে উৎপন্ন হ'ব তেনে নহয়, আন এযোৰ নিউক্লিয়াছো উৎপন্ন হ'ব পাৰে। যেনে,

$${}^{1}_{0}\text{n} + {}^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{236}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{133}_{51}\text{Sb} + {}^{99}_{41}\text{Nb} + 4\,{}^{1}_{0}\text{n} \qquad (13.27)$$

আৰু এটা উদাহৰণঃ

$${}^{1}_{0}\text{n} + {}^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{140}_{54}\text{Xe} + {}^{94}_{38}\text{Sr} + 2\,{}^{1}_{0}\text{n} \qquad (13.28)$$

বিযোজনত উৎপন্ন হোৱা খণ্ডবোৰ যথেষ্ট নিউট্ৰনসমৃদ্ধ আৰু অস্থিৰ। সেইবোৰ তেজস্ক্ৰিয় আৰু সেইবোৰৰ পৰা আনুক্ৰমিকভাৱে (in succession) বিটা কণিকা নিৰ্গত হৈ গৈ থাকিহে এটা সময়ত সুস্থিৰ অৱস্থালৈ আহে।

ইউৰেনিয়াম জাতীয় বিযোজনক্ষম মৌলৰ প্ৰতিটো নিউক্লিয়াছৰ বিযোজন শক্তি নিৰ্গমণৰ পৰিমাণ (অৰ্থাৎ Q মান) প্ৰায় 200 MeV। তাক তলত দেখুওৱা দৰে হিচাপ কৰি উলিয়াব পাৰিঃ

ধৰাহ'ল $A = 240$ ৰ এটা নিউক্লিয়াছ $A = 120$ ৰ দুটা নিউক্লিয়াছলৈ দ্বিখণ্ডিত হ'ল। তেতিয়া,

$A = 240$ ৰ প্ৰতি নিউক্লিয়নৰ বন্ধনশক্তি (E_{bn}) প্ৰায় 7.6 MeV

$A = 120$ ৰ প্ৰতি নিউক্লিয়নৰ বন্ধনশক্তি (E_{bn}) প্ৰায় 8.5 MeV

$\therefore$ প্ৰতি নিউক্লিয়নত বন্ধন শক্তিৰ লাভ প্ৰায় 0.9 MeV

সেয়ে বন্ধন শক্তিৰ মুঠ লাভ হ'ব 240×0.9

ৰা216 MeV।

বিযোজন পৰিঘটনাত উৎপন্ন হোৱা বিঘটন শক্তিখিনি পোনতে খণ্ডসমূহ আৰু নিউট্ৰনবোৰৰ গতিশক্তিৰ ৰূপত পোৱা যায়। পাছত সেই শক্তিয়ে পাৰিপাৰ্শ্বিক পদাৰ্থ মাধ্যমত প্ৰৱেশ কৰি তাপশক্তিৰ ৰূপত আত্মপ্ৰকাশ কৰে। নিউক্লীয় ৰিক্টেৰত নিউক্লীয় বিযোজন প্ৰক্ৰিয়াৰে শক্তি উৎপাদন হয়; সেই শক্তিৰপৰাই বিদ্যুৎ শক্তি পোৱা যায়। পৰমাণু বোমাই উৎপন্ন কৰা অভাৱনীয় পৰিমাণৰ শক্তি অনিয়ন্ত্রিত নিউক্লীয় বিযোজনৰপৰাই লাভ কৰা হয়। ইয়াৰ পাছৰ অনুচ্ছেদত আমি নিউক্লীয় ৰিএক্টৰ এটাৰ কাৰ্য্যনীতি কেনেকুৱা তাক কিছু বিশদভাৱে আলোচনা কৰিমহঁক।

13.7.2 নিউক্লীয় ৰিএক্টৰ (Nuclear Reactor)

এটা নিউট্ৰনে এটা $^{238}_{92}U$ নিউক্লিয়াছৰ সৈতে অভিঘাত (bombardment) কৰিলে নিউক্লিয়াছটোৰ যি বিযোজন ঘটে তাত অতিৰিক্ত নিউট্ৰনো বাহিৰ হয়। অতিৰিক্ত নিউট্ৰনে তাৰ পাছত অন্য $^{238}_{92}U$ নিউক্লিয়াছৰ বিযোজন ঘটাব পাৰে। ইউৰেনিয়াম নিউক্লিয়াছৰ প্ৰতিটো বিযোজনত দৰাচলতে গড়ে 2 ½ টা নিউট্ৰন উৎপন্ন হয়। বিক্ৰিয়াটো সংঘটিত কৰাত নিয়োজিত হোৱাতকৈ বিক্ৰিয়াজাত নিউট্ৰনৰ সংখ্যা অধিক হয়। এনৰিক' ফাৰ্মিয়ে দেখুওৱা মতে বিক্ৰিয়াটো এনেদৰে ক্ৰমে বৃদ্ধি হৈ গৈ থাকে। এই কথাই শৃংখল বিক্ৰিয়াৰ সম্ভাৱনীয়তাৰ উদ্ৰেক কৰে। শৃংখল বিক্ৰিয়াটো উপযুক্তভাৱে নিয়ন্ত্রণ কৰিলে সুস্থিৰ শক্তি লাভ কৰিব পাৰি। নিউক্লীয় ৰিএক্টৰত ঠিক সেইটোৰেই ঘটে। আনহাতে যদি শৃংখল বিক্ৰিয়াটো নিয়ন্ত্রণ কৰা নাযায়, ইয়াৰ পৰা বিস্ফোৰক শক্তি উৎপন্ন হয়, অৰ্থাৎ নিউক্লীয় বোমা সৃষ্টি হয়।

ভাৰতৰ পৰমাণু শক্তি কাৰ্য্যসূচী

স্বাধীনতা লাভৰ কালছোৱাতে হোমি জাহাংগীৰ ভাবাৰ (1909-1966) নেতৃত্বত ভাৰতৰ পৰমাণু শক্তি পৰিক্ৰমাৰ শুভাৰম্ভ হৈছিল। 1956 চনৰ 4 আগষ্ট তাৰিখে ক্ৰান্তিকতা (Critical) লাভ কৰা প্ৰথমটো ভাৰতীয় নিউক্লীয় ৰিএক্টৰৰ (নাম, অপ্সৰা) আৰ্হি তথা নিৰ্মাণেৰে এই পৰিক্ৰমাই ঐতিহাসিক কৃতিত্ব অৰ্জন কৰিছিল। ৰিএক্টৰটোত ইন্ধন হিচাপে সমৃদ্ধ ইউৰেনিয়াম আৰু মন্দক(moderator) হিচাপে পানী ব্যৱহাৰ কৰা হৈছিল। ইয়াৰ পাছতে আন এটা উল্লেখনীয় কৃতিত্ব হৈছে 1960 চনত নিৰ্মাণ কৰা **ছাইৰাছ** (CIRUS - Canada India Research U.S) নামৰ ৰিএক্টৰটো। 40মেগাৱাট ক্ষমতাৰ এই ৰিএক্টৰটোৰে ইন্ধন হিচাপে প্ৰাকৃতিক ইউৰেনিয়াম আৰু মন্দক হিচাপে গধুৰপানী ব্যৱহাৰ কৰিছিল। অপ্সৰা আৰু ছাইৰাছে মৌলিক আৰু প্ৰায়োগিক নিউক্লীয় বিজ্ঞানৰ বিস্তৃত গৱেষণাক সুন্দৰ গতি প্ৰদান কৰিছিল। এই পৰিক্ৰমাৰ এটা গুৰুত্বপূৰ্ণ পদক্ষেপ আছিল আৰম্ভণিৰ প্ৰথম দুটা দশকৰ ভিতৰতে দেশীয়ভাৱে আৰ্হি প্ৰস্তুত কৰি ট্ৰম্বেত এটা প্লুট'নিয়াম উৎপাদন কেন্দ্ৰ স্থাপন কৰা। কেন্দ্ৰটোৱে ভাৰতত ইন্ধনৰ পুনঃপ্ৰণালীগত কৰণ (reprocessing) প্ৰযুক্তিবিদ্যাৰ পথ প্ৰদৰ্শন কৰিছিল। (ইন্ধন পুনঃ প্ৰণালীগতকৰণ হৈছে ৰিএক্টৰত ব্যৱহাৰ কৰা ইন্ধনৰ পৰা বিযোজনক্ষম আৰু উৰ্বৰ নিউক্লীয় পদাৰ্থ পৃথকাই উলিওৱা প্ৰক্ৰিয়া)। পাছলৈ কাৰ্য্যক্ষম কৰি তোলা গৱেষণা ৰিএক্টৰসমূহ হৈছে **জাৰ্লিণা (zerlina), পূৰ্ণিমা** (I, II আৰু III), **ধ্ৰুৱ** আৰু **কামিনী**। কামিনী হৈছে U-233 ক ইন্ধনৰূপে ব্যৱহাৰ কৰা প্ৰথমটো বৃহৎ ভাৰতীয় গৱেষণা ৰিএক্টৰ। নামটোৱে নিৰ্দেশ কৰাৰ লেখিয়াকৈ গৱেষণা ৰিএক্টৰৰ প্ৰাথমিক উদ্দেশ্য ক্ষমতা উৎপাদন কৰা নহয়, নিউক্লীয় বিজ্ঞান আৰু প্ৰযুক্তিৰ

বিভিন্ন বিষয়ৰ গৱেষণাৰ বাবে সুবিধাৰ যোগান ধৰাটোহে । গৱেষণা ৰিএক্টৰসমূহ নানাবিধ তেজস্ক্রিয় আইছ'ট'প উৎপাদনৰ এটা উৎকৃষ্ট উৎসও; তেজস্ক্রিয় আইছ'ট'পবোৰ শিল্পোদ্যোগ, দৰৱ প্রস্তুত কৰণ, কৃষি আদি এনেক ক্ষেত্রত ব্যৱহাৰ হয়।

ভাৰতীয় পৰমাণু শক্তি পৰিক্রমাৰ প্রধান লক্ষ্য হৈছে দেশখনৰ সামাজিক আৰু অর্থনৈতিক উন্নতিৰ অর্থে নিৰাপদ তথা নির্ভৰযোগ্য বিদ্যুৎশক্তিৰ যোগান ধৰা, আৰু লগতে নিউক্লীয় প্রযুক্তিবিদ্যাৰ সকলো দিশত আত্মনির্ভৰশীল হোৱা। পঞ্চাশৰ দশকৰ আদিভাগৰ পৰা ভাৰতত পাৰমাণৱিক মণিক সন্দৰ্ভত চলোৱা অভিযানবোৰৰ পৰা বুজিব পৰা গৈছে যে দেশখনৰ ইউৰেনিয়াম ভাণ্ডাৰ তেনেই সীমিত, আনহাতে থ'ৰিয়াম পর্য্যাপ্ত পৰিমাণে মজুত আছে। সেই বাবে আমাৰ দেশে নিউক্লীয় শক্তি আহৰণৰ ক্ষেত্রত এটা তিনিপর্য্যায়যুক্ত কৌশল অৱলম্বন কৰিছে। প্রথম পর্য্যায়ত প্রাকৃতিক ইউৰেনিয়ামক ইন্ধন হিচাপে আৰু গধুৰ পানীক মন্দক হিচাপে কামত লগোৱা হয়। ৰিএক্টৰৰ বৰ্জিত ইন্ধন পুনঃ প্রণালীগত কৰি যি প্লুট'নিয়াম - 239 পোৱা যায় দ্বিতীয় পর্য্যায়ত সি ইন্ধন ৰূপে কাম কৰে; সেয়া দ্রুত প্রজনক ৰিএক্টৰ (fast breeder reactor)। দ্রুত প্রজনক ৰিএক্টৰত শৃংখল বিক্রিয়া চলি থাকিবৰ বাবে দ্রুত নিউট্রনহে ব্যৱহাৰ কৰা হয় (সেয়ে তাত মন্দকৰ প্রয়োজন নাই)। সেই ৰিএক্টৰ সমূহে শক্তি উৎপাদন কৰাৰ উপৰিও কোনো প্রজন্মৰ যিমান সংখ্যক নিউক্লিয়াছৰ বিযোজন ঘটায় তাতকৈ অধিক পৰিমাণে বিযোজনক্ষম নিউক্লিয়াছ (প্লুট'নিয়াম) উৎপন্ন কৰে। তৃতীয় পর্য্যায়টো আটাইতকৈ বৈশিষ্ট্যপূর্ণ; কিয়নো, এই পর্য্যায়ত প্রজনক ৰিএক্টৰ ব্যৱহাৰ কৰি থ'ৰিয়াম - 232 ৰ পৰা বিযোজনক্ষম ইউৰেনিয়াম - 233 নিউক্লিয়াছ উৎপন্ন কৰা হয় আৰু ইউৰেনিয়াম - 233 ৰ ওপৰত ভিত্তি কৰি শক্তি উৎপাদনকাৰী ৰিএক্টৰ স্থাপন কৰা হয়।

ভাৰতে বৰ্তমান পৰিক্রমাটোৰ দ্বিতীয় পর্য্যায়ত ভৰি দিছেহি। লগতে তৃতীয় পর্য্যায়তো (থ'ৰিয়াম ব্যৱহাৰৰ কাম) ভালেখিনি অগ্রগতি লাভ কৰিছে। দেশখনে মণিক আহৰণ তথা উদঘাটন, ইন্ধন প্রস্তুতকৰণ, গধুৰ পানী উৎপাদন, ৰিএক্টৰৰ আৰ্হি প্রস্তুতকৰণ, নির্মাণ তথা চালন (operation), ইন্ধন পুনঃপ্রণালীগতকৰণ আদি জটিল প্রযুক্তিসমূহত পাৰদর্শিতা অর্জন কৰিছে। দেশৰ বিভিন্ন ঠাইত নির্মাণ কৰা চাপযুক্ত (pressurised) গধুৰ পানী ৰিএক্টৰসমূহে পৰিক্রমাটোৰ প্রথম পর্য্যায়ৰ সফলতা প্রতিপন্ন কৰে। বৰ্তমান গধুৰপানী উৎপাদনত ভাৰত অকল আত্মনির্ভৰশীল হোৱাই নহয়, তাতোকৈ চহকী। ৰিএক্টৰসমূহৰ আৰ্হি প্রস্তুতকৰণ, সেইবোৰ কাৰ্য্যক্ষম কৰি তোলাৰ ক্ষেত্রত পুংখানুপুংখ নিৰাপত্তা ব্যৱস্থা কৰা আৰু লগতে বিকিৰণৰ পৰা সুৰক্ষাৰ ব্যৱস্থা নিশ্চিতকৰণ কৰা ভাৰতীয় পৰমাণু শক্তি পৰিক্রমাৰ সবাতোকৈ উল্লেখযোগ্য পদক্ষেপ।

শৃংখল বিক্রিয়া চলি থকাৰ পথত এটা অন্তৰায় আছে ঃ পৰীক্ষাৰ পৰা জনা গৈছে যে বেগী নিউট্রনতকৈ মন্থৰ নিউট্রনহে (তাপীয় নিউট্রন) $^{235}_{92}U$ ৰ বিযোজন ঘটোৱাত বহু বেছি সক্রিয়। তদুপৰি বিক্রিয়াজাত বেগী নিউট্রনসমূহ আন বিযোজন ঘটোৱাৰ পৰিবৰ্তে আঁতৰিহে যাব বিচাৰে।

$^{235}_{92}U$ ৰ বিযোজনত উৎপন্ন হোৱা নিউট্রন এটাৰ গড়শক্তি 2 MeV । যদি সেই নিউট্রনবোৰ মন্থৰিত কৰা নহয়, তেন্তে ইউৰেনিয়াম নিউক্লিয়াছৰ সৈতে কোনো আন্তঃক্রিয়া নকৰাকৈয়ে ৰিএক্টৰটোৰ পৰা সেইবোৰ কেনিবা আঁতৰি পৰিব। অৱশ্যে ৰিএক্টৰটোত শৃংখল বিক্রিয়া চলাই ৰাখিবৰ উদ্দেশ্যে যথেষ্ট পৰিমাণে বিযোজনক্ষম পদার্থ ৰাখিলে কথাটো সুকীয়া হ'ব। কোনো পাতল নিউক্লিয়াছৰ সৈতে বেগী নিউট্রনবোৰক স্থিতিস্থাপক সংঘাত ঘটাই সেইবোৰৰ বেগ কমাই পেলাব লগা হয়। আচলতে, ছেডউইকৰ পৰীক্ষাসমূহত দেখা গৈছিল যে হাইড্র'জেনৰ সৈতে স্থিতিস্থাপক সংঘাত ঘটিলে নিউট্রন একোটা প্রায় স্থিৰ অৱস্থাপ্রাপ্ত হয় আৰু প্র'টনটোৱে নিউট্রনৰ শক্তিখিনি কঢ়িয়াই নিয়ে। ই স্থিৰ অৱস্থাত থকা মাৰ্বল এটাৰ

সৈতে আন এটা মাৰ্বলৰ মুখামুখি সংঘাত ঘটাৰ নিচিনা। সেয়ে, ৰিএক্টৰত বিযোজনক্ষম পদাৰ্থৰ লগতে পাতল মৌলৰ নিউক্লিয়াছো ৰখা হয়। তেনেবোৰ নিউক্লিয়াছক ***মন্দক বা নিয়ামক* (moderators)** বোলা হয়। মন্দকে বেগী নিউট্ৰনবোৰৰ দ্ৰুতি কমাই পেলায়। মন্দক হিচাপে সাধাৰণতে পানী, গধুৰ পানী (D_2O) আৰু গ্ৰেফাইট ব্যৱহাৰ কৰে। মুম্বাইস্থিত ভাবা পাৰমাণৱিক গৱেষণা কেন্দ্ৰত (BARC) থকা অপ্সৰা ৰিএক্টৰত মন্দক হিচাপে পানী ব্যৱহাৰ কৰা হয়। শক্তি উৎপাদনৰ উদ্দেশ্যে স্থাপন কৰা অন্যান্য ভাৰতীয় ৰিএক্টৰ সমূহে মন্দক হিচাপে গধুৰপানী ব্যৱহাৰ কৰে।

মন্দক ব্যৱহাৰ কৰা কাৰণে কোনো এটা প্ৰজন্মৰ নিউট্ৰন সমূহে সৃষ্টি কৰা বিযোজন আৰু তাৰ ঠিক আগৰ প্ৰজন্মৰ নিউট্ৰনসমূহে সৃষ্টি কৰা বিযোজনৰ সংখ্যাৰ অনুপাতৰ (K) মান একতকৈ ডাঙৰ হয়। এই অনুপাতটোক ***বৰ্ধন উৎপাদক* (multiplication factor)** বোলা হয়। অনুপাতটোৱে ৰিএক্টৰত নিউট্ৰনৰ সংখ্যাবৃদ্ধিৰ হাৰ বুজায়। K=1 হ'লে ৰিএক্টৰটো **ক্ৰান্তিক (critical)** অৱস্থাপ্ৰাপ্ত হোৱা বুলি কোৱা হয়। সুস্থিৰবাৰে ক্ষমতা উৎপাদন কৰি থাকিবলৈ হ'লে সেইটোৱেই হ'ব লাগে। K ৰ মান একতকৈ বেছি হ'লে বিক্ৰিয়াৰ হাৰ আৰু লগতে ৰিএক্টৰটোৱে উৎপাদন কৰা ক্ষমতা সূচকীয়ভাৱে (**exponentially**) বৃদ্ধি হয়। তেতিয়া যদি K ৰ মান একৰ নিচেই ওচৰ চপাকৈ কমাই অনা নাযায় তেন্তে ৰিএক্টৰটো অতিক্ৰান্তীয় হৈ উঠিব, ফলত তাৰ বিস্ফোৰণো ঘটিব পাৰে। 1986 চনত ইউক্ৰেইনৰ ছাৰ্নবিল ৰিএক্টৰত এটা প্ৰচণ্ড বিস্ফোৰণ ঘটিছিল। নিউক্লীয় ৰিএক্টৰত ঘটা দুৰ্ঘটনা কিমান বিধ্বংসী হ'ব পাৰে ই তাৰ এক দুঃখজনক স্মৃতি।

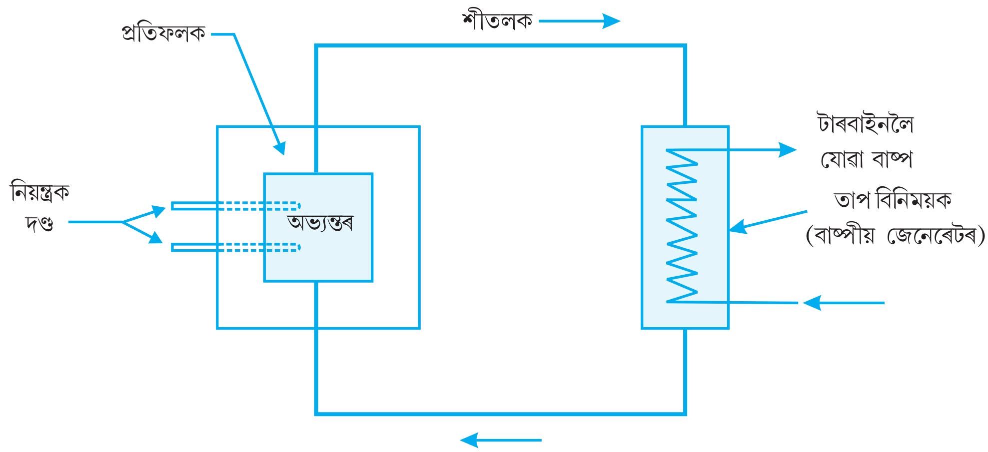
নিউক্লীয় ৰিএক্টৰত নিউট্ৰন শোষণ কৰিব পৰা পদাৰ্থৰ নিয়ন্ত্ৰক দণ্ড ৰখা হয়; তাৰ দ্বাৰা বিক্ৰিয়াৰ হাৰ নিয়ন্ত্ৰণ কৰিব পাৰি। তেনেকুৱা এবিধ পদাৰ্থ হৈছে কেডমিয়াম। নিয়ন্ত্ৰক দণ্ডৰ উপৰিও ৰিএক্টৰত কেতবোৰ ***নিৰাপত্তা দণ্ড* (safety rods)** ৰখা হয়; প্ৰয়োজন হ'লেই সেই দণ্ডবোৰ ৰিএক্টৰৰ ভিতৰলৈ সুমুৱাই দিব পাৰি যাতে K ৰ মান পলকতে হ্ৰাস কৰি একৰ তললৈ নমাই পেলাব পৰা যায়।

প্ৰাকৃতিকভাৱে সুলভ ইউৰেনিয়ামত বেছি পৰিমাণে থকা $^{238}_{92}U$ বিযোজনক্ষম নহয়। যেতিয়া $^{238}_{92}U$ য়ে এটা নিউট্ৰন গ্ৰহণ (capture) কৰে তেতিয়া ই তলৰ বিক্ৰিয়া অনুসাৰে এটা অতি তেজস্ক্ৰিয় প্লুট'নিয়াম উৎপন্ন কৰে ঃ

$$^{238}_{92}U + n \rightarrow {}^{239}_{92}U \rightarrow {}^{239}_{93}Np + e^- + \bar{\nu}$$

$$^{239}_{93}Np \rightarrow {}^{239}_{94}Pu + e^- + \bar{\nu} \qquad (13.29)$$

প্লুট'নিয়াম মন্থৰ নিউট্ৰনৰ সহায়ত বিযোজিত হয়। চিত্ৰ 13.5 ত এটা তাপীয় নিউট্ৰন বিযোজন ভিত্তিক নিউক্লীয় ৰিএক্টৰৰ আঁচনি মূলৰ চিত্ৰ দেখুওৱা হৈছে। ৰিএক্টৰৰ *অভ্যন্তৰতে* (core) নিউক্লীয় বিযোজন বিক্ৰিয়া সংঘটিত হয়। তাতে উপযুক্তভাৱে বিন্যস্তৰূপত ইন্ধন উপাদানবোৰ ৰখা হয়। এবিধ ইন্ধন হ'ব পাৰে **সমৃদ্ধ ইউৰেনিয়াম**। সমৃদ্ধ ইউৰেনিয়ামনো কি ?-- প্ৰকৃতি লব্ধ ইউৰেনিয়ামৰ তুলনাত য'ত $^{235}_{92}U$ ৰ পৰিমাণ বেছি থাকে সেয়াই সমৃদ্ধ ইউৰেনিয়াম। নিউট্ৰনৰ দ্ৰুতি কমাই পেলাবলৈ ৰিএক্টৰৰ অভ্যন্তৰ ভাগত এবিধ নিয়ামক (moderator) থাকে। ৰিএক্টৰৰ পৰা যাতে উৰুখনি (leakage) কম পৰিমাণেহে হয় সেই উদ্দেশ্যে অভ্যন্তৰৰ চৌপিনে *প্ৰতিফলক* (reflector) ৰখা হয়। বিযোজনত উৎপন্ন হোৱা শক্তিখিনি (তাপ) নিৰৱচ্ছিন্নভাৱে এবিধ উপযুক্ত *শীতলকৰ* (coolant) সহায়ত আঁতৰাই নি থকা হয়। এটা মজবুত ধাৰক পাত্ৰই (containment vessel) বিযোজন-উদ্ভূত তেজস্ক্ৰিয় পদাৰ্থবোৰ বাহিৰ ওলাই যোৱাত বাধা দিয়ে। গোটেই সমষ্টিটো (assembly) এটা সুদৃঢ় বেষ্টনীৰ ভিতৰত ৰখা হয় যাতে তাৰ



চিত্ৰ 13.5 তাপীয় নিউট্ৰনৰ দ্বাৰা সংঘটিত বিয়োজন ভিত্তিক নিউক্লীয় ৰিএক্টৰৰ আঁচনি চিত্ৰ।

পৰা কোনো অনিষ্টকাৰী বিকিৰণ বাহিৰলৈ ওলাই আহিব নোৱাৰে। নিউক্লীয় ৰিএক্টৰ একোটা নিষ্ক্ৰিয় কৰি পেলাব পাৰি; তাকে কৰিবলৈ হ'লে যথেষ্ট পৰিমাণে নিউট্ৰন শোষণ কৰিব পৰা দণ্ডৰ (উদাহৰণস্বৰূপে কেডমিয়াম) সহায় ল'ব লাগে। শীতলকে এবিধ কাৰ্য্য সম্পাদনকাৰী তৰললৈ (working fluid) তাপখিনি স্থানান্তৰ কৰে; সেই তৰল বাষ্পলৈ ৰূপান্তৰিত হয়। বাষ্পই টাৰবাইন ঘূৰাই বিদ্যুৎশক্তি উৎপন্ন কৰে।

যিকোনো ক্ষমতা উৎপাদনকাৰী ৰিএক্টৰৰ লেখিয়াকৈ নিউক্লীয় ৰিএক্টৰেও বুজন পৰিমাণে আৱৰ্জনা অৰ্থাৎ বৰ্জিত পদাৰ্থ সৃষ্টি কৰে। পিছে নিউক্লীয় বৰ্জিত পদাৰ্থবোৰৰ উপচাৰ (treatment) কৰাৰ ক্ষেত্ৰত বিশেষ সতৰ্কতা অৱলম্বন কৰিব লগা হয়; কিয়নো, সেইবিলাক তেজস্ক্ৰিয় আৰু সেয়ে বিপদজনক। ৰিএক্টৰ চলোৱা আৰু বৰ্জিত ইন্ধন লৰ-চৰ কৰা তথা তাৰ পুনৰ-সংসাধন (reprocessing) কৰা উভয়ক্ষেত্ৰতে সুচিন্তিত নিৰাপত্তামূলক ব্যৱস্থাৰ প্ৰয়োজন। এনে নিৰাপত্তামূলক ব্যৱস্থা ভাৰতীয় পাৰমাণৱিক শক্তি পৰিকল্পনাৰ এটা বিশেষভাৱে মন কৰিবলগীয়া বৈশিষ্ট্য। তেজস্ক্ৰিয় আৱৰ্জনাবোৰ তুলনামূলক কম সক্ৰিয় আৰু হ্ৰস্বস্থায়ী পদাৰ্থত পৰিণত কৰিব পৰাৰ সম্ভাৱনীয়তা কেনেকুৱা তাক অধ্যয়ন কৰিবলৈ এটা উপযুক্ত আঁচনি যুগুত কৰি থকা হৈছে।

PHYSICS

13.7.3 নিউক্লীয় সংযোজন-নক্ষত্ৰৰ শক্তি উৎপাদন (Nuclear Fusion-energy generation in stars)

দুটা পাতল নিউক্লিয়াছ সংযোজিত হৈ এটা তুলনামূলক ভাৱে গধুৰ (বা ডাঙৰ) নিউক্লিয়াছ গঠন কৰিলে শক্তি উৎপন্ন হয়; কিয়নো, গধুৰ নিউক্লিয়াছ অধিক কটকটীয়াকৈ বান্ধ খাই থাকে। এই কথা চিত্ৰ 13.1 ত দেখুওৱা বন্ধন শক্তি বক্ৰৰ পৰা বুজিব পাৰি। এনে ধৰণৰ শক্তি উৎপাদনকাৰী সংযোজন বিক্ৰিয়াৰ কেইটামান উদাহৰণ হৈছেঃ

$$ {}_1^1\text{H} + {}_1^1\text{H} \rightarrow {}_1^2\text{H} + e^+ + n + 0.42\ \text{MeV} \qquad [13.29(ক)]$$

$$ {}_1^2\text{H} + {}_1^2\text{H} \rightarrow {}_2^3\text{He} + n + 3.27\ \text{MeV} \qquad [13.29(খ)]$$

$${}_{1}^{2}H + {}_{1}^{2}H \rightarrow {}_{1}^{3}H + {}_{1}^{1}H + 4.03\,MeV \qquad [13.29(গ)]$$

প্ৰথমটো বিক্ৰিয়াত দুটা প্ৰ'টন সংযোজিত হৈ এটা ডয়টেৰন আৰু এটা প'জিট্ৰন সৃষ্টি কৰিছে; তাত 0.42 MeV পৰিমাণৰ শক্তি উৎপন্ন হৈছে। 13.29 (খ) বিক্ৰিয়াটোত দুটা ডয়টেৰন পৰস্পৰ সংযোজিত হৈছে আৰু হিলিয়ামৰ পাতল আইছ'ট'পটো সৃষ্টি কৰিছে। আকৌ 13.29 (গ) বিক্ৰিয়াত দুটা ডয়টেৰন সংযোজিত হৈ এটা ট্ৰাইটন আৰু এটা প্ৰ'টন সৃষ্টি কৰিছে। সংযোজন বিক্ৰিয়া সংঘটিত হ'বলৈ হ'লে দুটা নিউক্লিয়াছ পৰস্পৰ ইমান ওচৰ চাপিব লাগে যাতে সিহঁত হ্ৰস্ব পৰিসৰৰ নিউক্লীয় আকৰ্ষণৰ দ্বাৰা প্ৰভাৱিত হয়। তাতে আকৌ নিউক্লিয়াছবোৰ ধনাত্মক আধানযুক্ত কাৰণে সিহঁতৰ মাজত কুলম্ব বিকৰ্ষণে ক্ৰিয়া কৰে। গতিকে সিহঁতে এনে কুলম্ব প্ৰাচীৰ ভেদ কৰিব পৰাৰ জোখাৰে পৰ্য্যাপ্ত শক্তি লাভ কৰিব লাগিব। কুলম্ব প্ৰাচীৰৰ উচ্চতা বিক্ৰিয়াত অংশ গ্ৰহণ কৰা নিউক্লিয়াছ দুটাৰ আধানৰ পৰিমাণ আৰু সিহঁতৰ ব্যাসাৰ্ধৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। উদাহৰণস্বৰূপে দেখুৱাব পাৰি যে দুটা প্ৰ'টনৰ প্ৰাচীৰৰ উচ্চতা ~ 400 keV। অধিক আধানযুক্ত নিউক্লিয়াছৰ ক্ষেত্ৰত ই আৰু বেছি। প্ৰ'টন গেছ এটাৰ উষ্ণতা কিমান হ'লে দুটা প্ৰ'টনে কুলম্ব প্ৰাচীৰ ভেদ কৰিবলৈ লগা শক্তিখিনি(গড় হিচাপত) লাভ কৰিবলৈ সক্ষম হ'ব তাক হিচাপ কৰি উলিয়াব পাৰি।

$$\frac{3}{2}kT = \; k \cong 400\,keV,$$

য'ৰ পৰা পোৱা যায়, $T \sim 3 \times 10^{9}\,K$

যি প্ৰক্ৰিয়াত কণিকাসমূহে কুলম্ব বিকৰ্ষণ অতিক্ৰম কৰিব পৰাৰ জোখাৰে গতিশক্তি লাভ কৰিব পৰাকৈ কণিকা প্ৰণালীটোৰ উষ্ণতা বৃদ্ধি কৰি সংযোজন ঘটোৱা হয় তাক ***তাপ নিউক্লীয় সংযোজন*** **(thermonuclear fusion)** বোলা হয়।

নক্ষত্ৰসমূহৰ অন্তৰ্ভাগত উৎপন্ন হোৱা শক্তিৰ উৎস হৈছে এই তাপ নিউক্লীয় সংযোজন। সূৰ্য্যৰ অন্তৰ্ভাগৰ উষ্ণতা $1.5 \times 10^{7}\,K$। ই মধ্যমীয়া শক্তিবিশিষ্ট কণিকাৰ সংযোজন ঘটাব পৰা উষ্ণতাৰ তুলনাত ভালেখিনি কম। সূৰ্য্যৰ অন্তৰ্ভাগত থকা প্ৰ'টনসমূহৰ শক্তি মধ্যমীয়া শক্তিতকৈ বহু বেছি-- সেয়ে সূৰ্য্যত প্ৰ'টনসমূহৰ সংযোজন ঘটাটো অনিবাৰ্য্য।

সূৰ্য্যত সংঘটিত সংযোজন এটা বহুখলপীয়া প্ৰক্ৰিয়া; প্ৰক্ৰিয়াটোত সূৰ্য্যৰ অন্তৰ্ভাগত থকা হাইড্ৰ'জেন হিলিয়ামলৈ ৰূপান্তিৰত হয়। সেয়া ঘটে এটা প্ৰ'টন-প্ৰ'টন (p,p) চক্ৰৰ যোগেদি। চক্ৰটো তলৰ বিক্ৰিয়াসমূহৰ দ্বাৰা সংঘটিত হয়ঃ

$${}_{1}^{1}H + {}_{1}^{1}H \rightarrow {}_{1}^{2}H + e^{+} + \nu + 0.42\,MeV \qquad (i)$$

$$e^{+} + e^{-} \rightarrow \gamma + \gamma + 1.02\,MeV \qquad (ii)$$

$${}_{1}^{2}H + {}_{1}^{1}H \rightarrow {}_{2}^{3}He + \gamma + 5.49\,MeV \qquad (iii)$$

$${}_{2}^{3}He + {}_{2}^{3}He \rightarrow {}_{2}^{4}He + {}_{1}^{1}H + {}_{1}^{1}H + 12.86\,MeV \qquad (iv) \qquad (13.30)$$

চতুৰ্থ বিক্ৰিয়াটো ঘটিবলৈ হ'লে প্ৰথমৰ তিনিওটা বিক্ৰিয়া দুবাৰকৈ সংঘটিত হ'ব লাগিব। তেতিয়া দুটা পাতল হিলিয়াম নিউক্লিয়াছ সৃষ্টি হ'ব আৰু পাতল হিলিয়াম নিউক্লিয়াছ দুটা লগ হৈ এটা সাধাৰণ হিলিয়াম নিউক্লিয়াছ গঠন কৰিব।। যদি আমি 2(i) + 2(ii) + 2(iii) +(iv), এই সমূহটো বিবেচনা কৰোঁ, তেন্তে লব্ধ ফলটো হ'ব--

$$4_1^1H + 2e^- \rightarrow _2^4He + 2\nu + 6\gamma + 26.7 MeV$$

নাইবা $(4_1^1H + 4e^-) \rightarrow (_2^4He + 2e^-) + 2\nu + 6\gamma + 26.7$ MeV (13.31)

দেখা গ'ল, সংযোজনত চাৰিটা হাইড্ৰ'জেন পৰমাণু লগ-লাগি এটা $_2^4He$ পৰমাণু সৃষ্টি কৰে আৰু প্ৰক্ৰিয়াটোত 26.7 MeV শক্তি উৎপন্ন হয়।

নক্ষত্ৰ এটাৰ অভ্যন্তৰত একমাত্ৰ যে হিলিয়ামহে সংশ্লেষিত হয় তেনে নহয়। অভ্যন্তৰভাগত ক্ৰমে হিলিয়ামলৈ ৰূপান্তৰ হৈ হাইড্ৰ'জেনৰ পৰিমাণ কমি আহিলে অভ্যন্তৰৰ উষ্ণতাও কমি আহিবলৈ ধৰে। তেতিয়া নিজৰ মাধ্যকৰ্ষণৰ ফলত নক্ষত্ৰটো সংকুচিত হৈ আহে। ফলত অভ্যন্তৰৰ উষ্ণতা বাঢ়িবলৈ লয়। তেনেদৰে উষ্ণতা বৃদ্ধিহৈ যেতিয়া প্ৰায় 10^8K হয়গৈ তেতিয়া তাত পুনৰ সংযোজন বিক্ৰিয়া ঘটিবলৈ ধৰে। অৱশ্যে এইবাৰ সংযোজনত হিলিয়াম নিউক্লিয়াছ কাৰ্বনৰ নিউক্লিয়াছলৈহে ৰূপান্তৰিত হয়। এনে ধৰণৰ প্ৰক্ৰিয়াই সংযোজনৰ যোগেদি উচ্চৰপৰা ক্ৰমে উচ্চতৰ ভৰ সংখ্যাৰ মৌল উৎপন্ন কৰিব পাৰে। পিছে বন্ধন শক্তি বক্ৰৰ (চিত্ৰৰ 13.1) সৰ্বোচ্চ বিন্দুৰ ওচৰে-পাজৰে থকা মৌলবোৰতকৈ অধিক ভৰবিশিষ্ট মৌল এনে প্ৰক্ৰিয়াৰে উৎপন্ন হ'ব নোৱাৰে।

সূৰ্য্যৰ বয়স প্ৰায় 5×10^9 বছৰ; হিচাপ কৰি পোৱা মতে এতিয়াৰ পৰা আৰু 5 বিলিয়ন বছৰ ধৰি সংযোজন বিক্ৰিয়া চলাই থাকিব পৰাকৈ সূৰ্য্যত হাইড্ৰ'জেন মজুত আছে। তাৰ পাছত হাইড্ৰ'জেন ৰূপান্তৰ প্ৰক্ৰিয়া বন্ধ হৈ যাব আৰু সূৰ্য্যটো চেঁচা হ'বলৈ আৰম্ভ কৰিব; লগতে নিজৰ মাধ্যাকৰ্ষণৰ গুণত ই সংকুচিত হ'বলৈ ল'ব আৰু ফলত অভ্যন্তৰ ভাগৰ উষ্ণতা বাঢ়িব। তেতিয়া সূৰ্য্যৰ বহিঃ আৱৰণ ভাগৰ প্ৰসাৰণ ঘটিব আৰু তেনেদৰে ই এটা ***ৰঙাদানৱ*** **(red giant)** অৱস্থাপ্ৰাপ্ত হ'ব।

নিউক্লীয় প্ৰলয় (Nuclear Holocaust)

মাত্ৰ এটা ইউৰেনিয়াম নিউক্লিয়াছৰ বিয়োজনত প্ৰায় 0.9×235 MeV (≈200 MeV) পৰিমাণৰ শক্তি নিৰ্গত হয়। যদি 50 kg ভৰৰ ^{235}U ৰ প্ৰত্যেকটো নিউক্লিয়াছৰ বিয়োজন ঘটে তেন্তেপ্ৰায় 4×10^{15} J পৰিমাণৰ শক্তি উৎপন্ন হ'ব। এই শক্তি প্ৰায় 20,000 টন টি-এন-টিৰ (T.N.T) পৰা লাভ কৰিব পৰা শক্তিৰ সমান — এটা অতি বিস্ফোৰণ (super explosion) ঘটাবলৈ যথেষ্ট। অনিয়ন্ত্ৰিত ভাৱে প্ৰচুৰ নিউক্লীয় শক্তি উদ্ভৱ হ'বলৈ দিয়াটোকে এটা পাৰমাণৱিক বিস্ফোৰণ বোলা হয়। 1945 চনৰ 6 আগষ্ট তাৰিখে পোন প্ৰথমবাৰৰ বাবে যুদ্ধক্ষেত্ৰত পাৰমাণৱিক অস্ত্ৰ ব্যৱহাৰ কৰা হৈছিল। সিদিনা জাপানৰ হিৰোশ্বিমা নগৰৰ ওপৰত আমেৰিকা যুক্তৰাষ্ট্ৰই এটা পৰমাণু বোমা নিক্ষেপ কৰিছিল। বিস্ফোৰণটো 20,000 টন টি-এন-টিয়ে দিব পৰা পৰিমাণৰ শক্তিসম্পন্ন আছিল। বিস্ফোৰণটোৰ পৰা উদ্ভুত তেজস্ক্ৰিয়তাই 3,43,000 বাসিন্দাৰে পৰিপূৰ্ণ নগৰখনৰ 10 বৰ্গকিমি. জোৰা অঞ্চল নিমিষতে ছাৰখাৰ কৰি পেলাইছিল। বাসিন্দাসকলৰ ভিতৰত 66,000 মৃত্যুমুখত পৰিছিল আৰু 69,000 আহত হৈছিল। নগৰখন 67% তকৈও অধিক ঘৰ-বাৰী আৰু অন্যান্য নিৰ্মাণ ধ্বংসীভূত পৰিণত হৈছিল।

বিয়োজন বোমাই সংযোজন বোমা সৃষ্টিৰ বাবে প্ৰয়োজন হোৱা মানৰ অতি উচ্চ উষ্ণতা উদ্ভৱ কৰিব পাৰে। 1954 চনত 10 মেগাটন টি-এন টি ৰ বিস্ফোৰণ ক্ষমতাৰ সমান ক্ষমতা সৃষ্টি কৰিব পৰা অতি-বিস্ফোৰণ পৰীক্ষামূলকভাৱে ঘটাই চোৱা হৈছিল। হাইড্ৰ'জেন আইছ'ট'প ডয়টেৰিয়াম আৰু ট্ৰিটিয়ামৰ সংযোজন জড়িত হৈ থকা এনে বোমাক হাইড্ৰ'জেন বোমা নাম দিয়া হৈছে। অনুমান কৰা হৈছে যে মাত্ৰ

এটা বুটাম টিপিয়েই পৃথিৱী নামৰ এই গ্ৰহটোত বিভিন্ন জাতি-প্ৰজাতিৰ যিমান প্ৰাণী আছে তাৰ কেবাগুণো বেছি প্ৰাণী ধূলিসাৎ কৰি পেলাব পৰাৰ জোখাৰে পৃথিৱীত নিউক্লীয় অস্ত্ৰৰ ভাণ্ডাৰ মজুত কৰি ৰখা আছে। এনেকুৱা এটা নিউক্লীয় প্ৰলয়ে বৰ্তমানে থকা জীৱ সম্প্ৰদায়কে নিশ্চিহ্ন কৰি পেলাব তেনে নহয়, লগতে বিস্ফোৰণত নিৰ্গত হোৱা তেজস্ক্ৰিয় বিকিৰণৰ সোঁতে চিৰকালৰ বাবে এই পৃথিৱীখনত জীৱৰ অস্তিত্বকে অসম্ভৱ কৰি তুলিব। তাত্ত্বিক হিচাপ নিকাচে পৃথিৱীত এটা দীৰ্ঘকালীন *নিউক্লীয় শীত* উদ্ভৱ (Nuclear Winter) হ'ব পাৰে বুলি ভৱিষ্যদ্বাণী কৰে। কিয়নো, ওপৰত কোৱাৰ দৰে নিউক্লীয় বিস্ফোৰণ ঘটিলে তেজস্ক্ৰিয় আৱৰ্জনাবোৰ পৃথিৱীৰ বায়ুমণ্ডলত ডাৱৰৰ নিচিনাকৈ ওপঙি থাকিব আৰু তেনে ডাৱৰে সূৰ্য্যৰ ৰশ্মিবোৰ শোষণ কৰি পেলাব।

13.7.4 নিয়ন্ত্ৰিত তাপনিউক্লীয় সংযোজন (Controlled Thermonuclear Fusion)

নক্ষত্ৰৰ অন্তৰ্ভাগত সংঘটিত হোৱা প্ৰাকৃতিক তাপনিউক্লীয় সংযোজন প্ৰক্ৰিয়াটো এটা তাপনিউক্লীয় সংযোজন আহিলাৰ ভিতৰত অনুৰূপভাৱে, কৰি চোৱা হৈছে। নিউক্লীয় ইন্ধনক 10^8 K পৰিসৰৰ উষ্ণতাত ৰাখি তাৰপৰা সুস্থিৰ ভাৱে শক্তি উৎপাদন কৰাটো নিয়ন্ত্ৰিত সংযোজন ৰিএক্টৰৰ লক্ষ্য। সিমান বেছি উষ্ণতাত ইন্ধন হিচাপে থাকে ধনাত্মক আয়ন আৰু ইলেকট্ৰনৰ এটা মিশ্ৰণ (প্লাজমা)। তেনে প্ৰচণ্ড উষ্ণতাত কোনো পাত্ৰই পুৰি নোযোৱাকৈ নাথাকে। গতিকে স্বাভাৱিকতে প্লাজমা কোনো এঠাইত আৱদ্ধ কৰি ৰখাটো এক ডাঙৰ প্ৰত্যাহ্বান। ভাৰতকে ধৰি পৃথিৱীৰ ভালেমান দেশে এই বিষয়ত উপযুক্ত কাৰিকৰী কৌশল উদ্ভাৱন কৰিবলৈ প্ৰচেষ্টা চলাই আছে। যদি কৃতকাৰ্য্য হয়, তেন্তে সংযোজন ৰিএক্টৰে মানৱজাতিলৈ অফুৰন্ত শক্তিৰ যোগান ধৰি থাকিব বুলি আশা কৰিব পাৰি।

উদাহৰণ 13.7 তলৰ প্ৰশ্নসমূহৰ উত্তৰ দিয়া ঃ

(ক) নিউক্লীয় বিক্ৰিয়াৰ সমীকৰণসমূহ (অনুচ্ছেদ 13.7 ত দেখুওৱাৰ দৰে) ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াৰ সমীকৰণৰ (উদাহৰণ, $2H_2 + O_2 \rightarrow 2\,H_2O$) নিচিনাকৈ সন্তুলিত কৰা হয়নে? যদি নহয়, সেইবোৰৰ দুয়োফাল কিহৰ ভিত্তিত সন্তুলিত কৰা হয়?

(খ) যদি প্ৰত্যেক নিউক্লীয় বিক্ৰিয়াত প্ৰ'টন আৰু নিউট্ৰন উভয়ৰে সংখ্যা সংৰক্ষিত হয় তেন্তে নিউক্লীয় বিক্ৰিয়াত কিদৰে ভৰ শক্তিলৈ ৰূপান্তৰিত হয়?

(গ) এটা সাধাৰণ ধাৰণা আছে যে ভৰ শক্তি আন্তঃ ৰূপান্তৰণ অকল নিউক্লীয় বিক্ৰিয়াতহে সম্ভৱ হয়, ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াত কেতিয়াও নহয়। সূক্ষ্মভাৱে চালে সেয়া শুদ্ধ নহয়। ব্যাখ্যা কৰা।

সমাধান ঃ

(ক) ৰাসায়নিক সমীকৰণ সন্তুলিত কৰোঁতে সমীকৰণটোৰ দুয়ো ফালে প্ৰতিবিধ মৌলৰ পৰমাণুৰ সংখ্যা সমান কৰা হয়। ৰাসায়নিক সমীকৰণত মাত্ৰ প্ৰথমতে থকা পৰমাণুৰ যোৰ (combination) সলনি হয়। নিউক্লীয় বিক্ৰিয়াত মৌলৰ ৰূপান্তৰ ঘটিব পাৰে। সেয়ে নিউক্লীয় বিক্ৰিয়াত প্ৰত্যেক মৌলৰ পৰমাণুৰ সংখ্যা সংৰক্ষিত হ'বই বুলি কথা নাই। অৱশ্যে নিউক্লীয় বিক্ৰিয়াত প্ৰ'টন আৰু নিউট্ৰন উভয়ৰে সংখ্যা সুকীয়া সুকীয়াকৈ সংৰক্ষিত হয়। [দৰাচলতে অতি উচ্চশক্তিৰ বিক্ৰিয়াত আনকি এই কথাটোও সত্য নহয়-- শুদ্ধভাৱে মুঠ আধান আৰু মুঠ 'বেৰিয়ান সংখ্যা' হে সংৰক্ষিত হয়। ইয়াত আমাৰ সেই কথাৰ প্ৰয়োজন নাই।]

উদাহৰণ 13.7

উদাহৰণ 13.7

নিউক্লীয় বিক্ৰিয়াত (উদাহৰণ, সমীকৰণ 13.26) প্ৰ'টনৰ সংখ্যা আৰু নিউট্ৰনৰ সংখ্যা সমীকৰণটোৰ দুয়োফালে সমান।

(খ) আমি জানো যে নিউক্লীয় বন্ধনশক্তিয়ে নিউক্লীয়াছৰ ভৰ কমাই পেলায় (ভৰ ঘাঁটি)। যিহেতু নিউক্লীয় বিক্ৰিয়াত প্ৰ'টন আৰু নিউট্ৰনৰ সংখ্যা সংৰক্ষিত হয়, নিউট্ৰন আৰু প্ৰ'টনৰ মুঠ স্থিৰ ভৰ বা বিৰাম ভৰ (rest mass) বিক্ৰিয়াটোৰ দুয়োফালে সমান।কিন্তু বাওঁ ফালৰ মুঠ বন্ধনশক্তি সোঁফালৰ মুঠ বন্ধনশক্তিৰ সমান হোৱাৰ আৱশ্যক নাই। এই বন্ধনশক্তি দুটাৰ মাজৰ যি ব্যৱধান সি নিউক্লীয় বিক্ৰিয়াটোত উৎপাদিত শক্তি শোষিত শক্তি হিচাপে আত্মপ্ৰকাশ কৰে। বন্ধনশক্তিৰ পৰা যিহেতু ভৰ পাব পাৰি, আমি কওঁ যে সমীকৰণটোৰ বাওঁফালে থকা নিউক্লিয়াছসমূহৰ মুঠ ভৰ আৰু সোঁফালে থকা নিউক্লিয়াছসমূহৰ মুঠভৰৰ মাজত যিখিনি ব্যৱধান হয় সেয়া শক্তিলৈ ৰূপান্তিৰত হয়। লগতে তাৰ বিপৰীত প্ৰক্ৰিয়াটোও ঘটিব পাৰে। সেই দৃষ্টিত নিউক্লীয় বিক্ৰিয়া ভৰ আৰু শক্তিৰ আন্তঃ ৰূপান্তৰণ প্ৰক্ৰিয়া।

(গ) ভৰ আৰু শক্তিৰ আন্তঃৰূপান্তৰণৰ দৃষ্টিকোণৰ পৰা নীতিনিষ্ঠভাৱে ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াও নিউক্লীয় বিক্ৰিয়াৰ নিচিনাই। ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াত শক্তিৰ উদ্ভৱ বা শোষণ হোৱাটোক বিক্ৰিয়াটোৰ দুয়োফালৰ অণু আৰু পৰমাণুবোৰৰ ৰাসায়নিক (নিউক্লীয় নহয়) বন্ধনশক্তিৰ ব্যৱধানৰ সৈতে জড়িত কৰিব পাৰি। বেছি শুদ্ধকৈ ক'বলৈ গ'লে ৰাসায়নিক বন্ধন শক্তিয়েও অণু বা পৰমাণুৰ মুঠ ভৰ হ্ৰাস কৰে। (ভৰ ক্ৰুটি)। সেয়ে আমি সমানে স্পষ্টকৈ কব পাৰোঁ যে ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াৰ দুয়োফালৰ অণু বা পৰমাণুৰ মুঠভৰৰ ব্যৱধানখিনি শক্তিলৈ ৰূপান্তৰিত হয়। লগতে তাৰ বিপৰীত ঘটনাও সত্য। হ'লেও নিউক্লীয় বিক্ৰিয়াৰ তুলনাত ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াত ভৰঘাঁটিৰ পৰিমাণ প্ৰায় এক নিযুত গুণ কম। সেয়েহে এইটোৰে সাধাৰণ ধাৰণা অনুসৰি (যিটো অশুদ্ধ) ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াত ভৰ-শক্তিৰ আন্তঃৰূপান্তৰ নঘটাৰ কাৰণ।

সাৰাংশ

1. পৰমাণুৰ একোটা নিউক্লিয়াছ থাকে। নিউক্লিয়াছ ধনাত্মক আধানযুক্ত। নিউক্লিয়াছৰ ব্যাসাৰ্ধ পৰমাণুৰ ব্যাসাৰ্ধতকৈ 10^4 গুণ কম। পৰমাণুত 99.9% তকৈও বেছি পৰিমাণৰ ভৰ নিউক্লিয়াছতে কেন্দ্ৰীভূত হৈ থাকে।

2. পাৰমাণৱিক মানদণ্ডত ভৰ জুখিবলৈ পাৰমাণৱিক ভৰ একক (u) ব্যৱহাৰ কৰা হয়। সংজ্ঞা অনুসৰি পাৰমাণৱিক ভৰ একক (1 u) হৈছে এটা ^{12}C পৰমাণুৰ ভৰৰ $\frac{1}{12}$ অংশ;

$$1u = 1.660563 \times 10^{-27} \text{ Kg}.$$

3. নিউক্লিয়াছত নিউট্ৰন নামেৰে এক জাতীয় আধানশূন্য কণিকা থাকে। ইয়াৰ ভৰ প্ৰ'টনৰ ভৰৰ সৈতে প্ৰায় সমান।

4. কোনো মৌলৰ পৰমাণুৰ নিউক্লিয়াছত যিমান সংখ্যক প্ৰ'টন থাকে সেয়াই মৌলবিধৰ পাৰমাণৱিক সংখ্যা (Z)। পাৰমাণৱিক নিউক্লিয়াছত থকা প্ৰ'টন আৰু নিউট্ৰনৰ মুঠ সংখ্যাক ভৰসংখ্যা (A) বোলা হয়; A = Z+N য়ে নিউক্লিয়াছত থকা নিউট্ৰনৰ সংখ্যা বুজাইছে।

একোটা নিউক্লিয়াছৰ প্ৰজাতিক (বা নিউক্লাইডক) $^{A}_{Z}X$ -- এনে সংকেতেৰে চিহ্নিত কৰা হয়। ইয়াত X এ কোনো মৌলৰ ৰাসায়নিক প্ৰতীক সূচায়।

যিবোৰ নিউক্লিয়াছৰ পাৰমাণৱিক সংখ্যা (Z) একে, কিন্তু নিউট্ৰন সংখ্যা (N) ভিন ভিন সেইবোৰৰ *আইছ'ট'প*(isotope) নাম দিয়া হৈছে। একে A বিশিষ্ট নিউক্লিয়াছসমূহক *আইছ'বাৰ* (isobar) আৰু একে N বিশিষ্ট নিউক্লিয়াছবোৰক *আইছ'ট'ন*(isotone) বোলা হয়।

সৰহভাগ মৌলই দুটা বা ততোধিক আইছ'ট'পৰ মিশ্ৰণ। কোনো মৌলৰ পাৰমাণৱিক ভৰ তাৰ আটাইবোৰ আইছ'ট'পৰ ভৰৰ ভাৰিত গড়মান (weighted average)। ভৰবোৰে আইছ'ট'প সমূহৰ আপেক্ষিকপ্ৰাচুৰ্য্য (relative abundance) নিৰ্দ্দেশ কৰে।

5. নিউক্লিয়াছ একোটাক গোলাকাৰ বুলি ধৰিব পাৰি; সেয়ে তাৰ একোটা ব্যাসাৰ্ধ থাকিব। ইলেকট্ৰন বিচ্ছুৰণৰ পৰীক্ষাৰ সহায়ত নিউক্লিয়াছৰ ব্যাসাৰ্ধ নিৰ্ণয় কৰা হয়; দেখা যায়, তলৰ সূত্ৰ (formu1a) টোৰ সহায়ত নিউক্লিয়াছসমূহৰ ব্যাসাৰ্ধ নিৰূপণ কৰিব পাৰি ঃ

$$R=R_0 A^{1/3}$$

য'ত R_0 এটা ধ্ৰুৱক যাৰ মান 1.2 ফাৰ্মি (fm) ইয়াৰপৰা বুজা যায় যে নিউক্লিয়াছৰ ঘনত্ব **A** ৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে; ই মোটামুটিভাৱে 10^{17} kg/m^3 ।

6. হ্ৰস্ব পৰিসৰৰ প্ৰবল বল এটাই নিউট্ৰন আৰু প্ৰ'টনসমূহক নিউক্লিয়াছৰ ভিতৰত আৱদ্ধ কৰি ৰাখে। নিউক্লীয় বলৰ বাবে নিউট্ৰন আৰু প্ৰ'টনৰ মাজত কোনো প্ৰভেদ নাই।

7. নিউক্লিয়াছৰ ভৰ (m) নিউক্লিয়াছটো গঠনকাৰী উপাদানসমূহৰ মুঠ ভৰতকৈ সদায় কম। নিউক্লিয়াছৰ ভৰ আৰু উপাদানসমূহৰ ভৰৰ মাজত যি ব্যৱধান থাকে তাৰ নিউক্লিয়াছটোৰ ভৰক্ৰুটি বা ভৰঘাঁটি (mass defect, ΔM) বোলা হয়।

$$\Delta M=(Z m_p+(A-Z)m_n)-M$$

আইনষ্টাইনৰ ভৰ আৰু শক্তিৰ সম্বন্ধ ব্যৱহাৰ কৰি ভৰৰ এই পাৰ্থক্যক শক্তিৰ ৰূপত প্ৰকাশ কৰিব পাৰি ঃ

$$\Delta E_b=\Delta M c^2$$

শক্তি ΔE_b য়ে নিউক্লিয়াছটোৰ *বন্ধনশক্তি* (*binding energy*) বুজায়। ভৰসংখ্যা পৰিসৰ $A = 30$ ৰ পৰা $A = 170$ ৰ ভিতৰত প্ৰতি নিউক্লিয়নৰ বন্ধন শক্তি মোটামুটিভাৱে ধ্ৰুৱক আৰু ই প্ৰায় 8 MeV প্ৰতি নিউক্লিয়ন।

8. নিউক্লীয় প্ৰক্ৰিয়াসমূহৰ সৈতে জড়িত শক্তিৰ পৰিমান ৰাসায়নিক প্ৰক্ৰিয়াসমূহৰ সৈতে জড়িত শক্তিৰ তুলনাত প্ৰায় এক নিযুত গুণে বেছি।

9. নিউক্লীয় প্ৰক্ৰিয়াৰ Q মান হৈছে

Q = অন্তিম গতিশক্তি - প্ৰাৰম্ভিক গতিশক্তি

ভৰ-শক্তিৰ সংৰক্ষণ নীতি অনুসাৰে ই আকৌ

Q =(প্ৰাৰম্ভিক ভৰবোৰৰ সমষ্টি-অন্তিম ভৰবোৰৰ সমষ্টি) c^2

10. তেজস্ক্ৰিয়তা এনেকুৱা এটা পৰিঘটনা য'ত কোনো এক জাতীয় নিউক্লিয়াছে α বা β নাইবা γ ৰশ্মি এৰি দি অন্য নিউক্লিয়াছলৈ ৰূপান্তৰিত হয়। α- ৰশ্মি হিলিয়াম নিউক্লিয়াছৰ সৈতে একে; β- ৰশ্মি হৈছে ইলেকট্ৰন। γ- ৰশ্মি X- ৰশ্মিতকৈ চুটি তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ বিদ্যুৎ চুম্বকীয় তৰংগ।

11. তেজস্ক্ৰিয় বিঘটনৰ সূত্ৰ ঃ $N(t) = N(0)\, e^{-\lambda t}$ য'ত λ হৈছে বিঘটন ধ্ৰুৱক।

কোনো তেজস্ক্ৰিয় নিউক্লিয়ীছৰ অৰ্ধায়ু ($T_{1/2}$)হৈছে এনে পৰিমাণৰ সময় যি সময়ত N ৰ মান তাৰ প্ৰাৰম্ভিক মানৰ আধা হয়গৈ। গড়ায়ু τ হৈছে যি সময়ত N ৰ মান তাৰ প্ৰাৰম্ভিক মানৰ e^{-1} পৰিমাণ হয়গৈ।

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \tau \ln 2$$

12. এটা কম আটিলকৈ আৱদ্ধ নিউক্লিয়াছ অধিক আটিলকৈ আৱদ্ধ এটা নিউক্লিয়াছলৈ উৎপৰিৱৰ্তিত (transmuted) হ'লে শক্তি নিৰ্গত হয়। বিযোজনত $^{235}_{92}U$ ৰ দৰে এটা গধুৰ নিউক্লিয়াছ দুটা তুলনামূলকভাৱে সৰু খণ্ডলৈ ভাঙি যায়। যেনে,

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{133}_{51}Sb + ^{99}_{41}Nb + 4\,^{1}_{0}n$$

13. বিযোজনত প্ৰক্ৰিয়াটো সূচনা কৰা নিউট্ৰনতকৈ প্ৰক্ৰিয়াটোত উৎপন্ন হোৱা নিউট্ৰনৰ সংখ্যা বেছি। উৎপাদিত প্ৰতিটো নিউট্ৰনে পুনৰ একোটাকৈ বিযোজন ঘটাব পাৰে। এই কথাই এটা শৃংখল বিক্ৰিয়াৰ সম্ভাৱনীতা থকাৰ কথা দেখুৱায়। নিউক্লীয় বোমাৰ বিস্ফোৰণৰ বেলিকা এনে শৃংখল বিক্ৰিয়া অনিয়ন্ত্ৰিত আৰু দ্ৰুত। আনহাতে নিউক্লীয় ৰিএক্টৰত ই নিয়ন্ত্ৰিত আৰু স্থিৰ। নিউক্লীয় ৰিএক্টৰত নিউট্ৰন বৰ্ধন উৎপাদক k ৰ মান 1 কৰি ৰখা হয়।

14. সংযোজনত পাতল নিউক্লিয়াছবোৰ লগ-লাগি এটা তুলনামূলকভাৱে ডাঙৰ নিউক্লিয়াছ সৃষ্টি হয়। আমাৰ সূৰ্য্যকে ধৰি সকলো নক্ষত্ৰৰে অন্তৰ্ভাগত থকা হাইড্ৰ'জেন নিউক্লিয়াছবোৰ সংযোজিত হৈ হিলিয়ামলৈ ৰূপান্তিৰত হৈ আছে। সেইসমূহে এনেদৰে সংযোজন প্ৰক্ৰিয়াৰে শক্তি উৎপাদন কৰে।

তালিকা

ভৌতিক ৰাশি	প্ৰতীক	মাত্ৰা	একক	মন্তব্য
পাৰমাণৱিক ভৰ একক		[M]	u	পাৰমাণৱিক বা নিউক্লীয় ভৰ প্ৰকাশ কৰাৱ একক। এক পাৰমাণৱিক ভৰ একক হৈছে ^{12}C ৰ পৰমাণুৰ $\frac{1}{12}$ অংশৰ সমান।
বিঘটন ধ্ৰুৱক	λ	$[T^{-1}]$	s^{-1}	
অৰ্ধায়ু	$T_{1/2}$	[T]	s	কোনো তেজস্ক্ৰিয় পদাৰ্থৰ নমুনাত আৰম্ভণিতে যিমান সংখ্যক নিউক্লিয়াছ থাকে বিঘটনৰ ফলত তাৰ পৰা আধা সংখ্যক হ'বলৈ লগা সময়।
গড়ায়ু	τ	[T]	s	নমুনাটোত আৰম্ভণিৰ নিউক্লিয়াছৰ সংখ্যা বিঘটনৰ ফলত e^{-1} পৰিমাণৰ হ'বলৈ লগা সময়।
তেজস্ক্ৰিয় নমুনাৰ সক্ৰিয়তা	R	$[T^{-1}]$	Bq	তেজস্ক্ৰিয় পদাৰ্থৰ উৎসৰ সক্ৰিয়তাৰ মাপ।

মন কৰিবলগীয়া

1. নিউক্লীয় পদাৰ্থৰ ঘনত্ব নিউক্লিয়াছৰ আকাৰৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে। পৰমাণুৰ ভৰ ঘনত্বই এই নিয়ম মানি নচলে।

2. নিউক্লিয়াছৰ ব্যাসাৰ্ধ ইলেকট্ৰন বিচ্ছুৰণ পৰীক্ষাৰে নিৰূপণ কৰিলে যিমান পোৱা যায় আলফা কণিকা বিচ্ছুৰণ পৰীক্ষাৰে কৰিলে তাতকৈ সামান্য বেলেগ পোৱা যায়। কিয়নো, ইলেকট্ৰন বিচ্ছুৰণৰ ওপৰত নিউক্লিয়াছৰ আধান-বণ্টনৰ প্ৰভাৱ পৰে; আনহাতে আলফা আৰু তেনেজাতীয় কণিকাৰ বিচ্ছুৰণ নিউক্লীয় পদাৰ্থৰ দ্বাৰাহে প্ৰভাৱিত হয়।

3. আইনষ্টাইনে ভৰ আৰু শক্তিৰ সমতুল্যতা ($E = mc^2$) প্ৰদৰ্শন কৰাৰ পাছত আমি ভৰ সংৰক্ষণ আৰু শক্তি সংৰক্ষণৰ বাবে ভিন ভিন নীতিৰ কথা ক'ব নোৱাৰোঁ। তাৰ পৰিবৰ্তে ভৰ আৰু শক্তিৰ সংৰক্ষণৰ এটা উমৈহতীয়া নীতিৰ কথাহে ক'ব পাৰোঁ। এই নীতিয়ে প্ৰকৃতিত প্ৰযোজ্য হয় তাৰ সবাতোকৈ বিশ্বাসযোগ্য সাক্ষ্য নিউক্লীয় পদাৰ্থ বিজ্ঞানত পোৱা যায়। নিউক্লীয় শক্তিৰ বিষয়ে বুজিব পৰা আৰু তেনে উৎসৰপৰা শক্তি আহৰণ কৰাৰ মূলতে হৈছে এই নীতিটো। নীতিটো ব্যৱহাৰ কৰি নিউক্লীয় প্ৰক্ৰিয়াৰ (বিঘটন বা বিক্ৰিয়া) Q - মান প্ৰাৰম্ভিক আৰু অন্তিম ভৰৰ ৰূপতো প্ৰকাশ কৰিব পাৰি।

4. প্ৰতি নিউক্লিয়নৰ বন্ধন-শক্তি লেখৰ পৰা দেখা যায় যে দুটা পাতল নিউক্লিয়াছ সংযুক্ত হ'লে নতুবা এটা গধুৰ নিউক্লিয়াছ বিযোজন ঘটি একাধিক মজলীয়া ভৰৰ নিউক্লিয়াছ সৃষ্টি হ'লেহে তাপবৰ্জী নিউক্লীয় বিক্ৰিয়া সম্ভৱ হয়।

5. সংযোজন ঘটিবলৈ হ'লে পাতল নিউক্লিয়াছবোৰৰ প্ৰাৰম্ভিক শক্তি এনেকুৱা হ'ব লাগিব যে যিবোৰে কুলম্ব বিভৱ প্ৰাচীৰ ভেদ কৰিব পাৰে। এইবাবে সংযোজন ঘটিবৰ কাৰণে অত্যন্ত উচ্চ উষ্ণতাৰ প্ৰয়োজন হয়।

6. প্ৰতি নিউক্লিয়নৰ বন্ধন-শক্তি লেখ মসৃণ, আৰু লেখটোত পৰিবৰ্তন লাহে লাহে ঘটে যদিও ^{4}He, ^{16}O আদি নিউক্লিয়াছৰ স্থানবোৰত লেখটোত শীৰ্ষ দেখা যায়। ইয়াৰ পৰা অনুমান কৰা হয় যে নিউক্লিয়াছ সমূহতো পৰমাণুত থকাৰ নিচিনাকৈ শক্তিৰ খোলীয় গঠন (shell structure) আছে।

7. ইলেকট্ৰন আৰু প'জিট্ৰন এযোৰ কণিকা-প্ৰতি কণিকা। সিহঁতৰ ভৰ সমান; আধানৰ মান সমান, কিন্তু প্ৰকৃতি পৰস্পৰ বিপৰীত। (দেখা যায় যে যেতিয়া ইলেকট্ৰন আৰু প'জিট্ৰন লগ লাগে তেতিয়া ইটোৱে সিটোক বিনাশ কৰে (annihilation), আৰু বিনাশত উদ্ভৱ হোৱা শক্তিখিনি গামাৰশ্মিৰ ফ'টনৰূপে পোৱা যায়।

8. β^- - বিঘটন প্ৰক্ৰিয়াত (ইলেকট্ৰন নিৰ্গমন) ইলেকট্ৰনৰ সৈতে একেলগে নিৰ্গত হোৱা কণিকাটো হৈছে প্ৰতিনিউট্ৰিন' ($\bar{\nu}$)। আনহাতে β^+- বিঘটনত (প'জিট্ৰন নিৰ্গমণ) নিৰ্গত হোৱা কণিকাটো নিউট্ৰিন' (ν)। নিউট্ৰিন' আৰু প্ৰতিনিউট্ৰিন' এযোৰ কণিকা-প্ৰতিকণিকা। প্ৰতিটো কণিকাৰে একোটা প্ৰতিকণিকা থাকে। প্ৰ'টনৰ প্ৰতিকণিকা প্ৰতিপ্ৰ'টন কেনেকুৱা হ'ব লাগে?

9. মুক্ত নিউট্ৰন অস্থিৰ ($n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$)। কিন্তু একেধৰণৰ মুক্ত প্ৰ'টনৰ বিঘটন নঘটে। কিয়নো, নিউট্ৰনতকৈ প্ৰ'টন সামান্য পাতল।

10. গামা নিৰ্গমণ সাধাৰণতে আলফা আৰু বিটা নিৰ্গমণৰ পাছতে ঘটে। উত্তেজিত অৱস্থাত (উচ্চ শক্তিস্তৰত) থকা একোটা নিউক্লিয়াছে এটা গামাৰশ্মি ফ'টন নিৰ্গত কৰি নিম্ন শক্তিস্তৰলৈ যায়। আলফা বা বিটা নিৰ্গমণৰ

নিউক্লিয়াছ

পাছতে একোটা নিউক্লিয়াছ উত্তেজিত অৱস্থাত থাকি যাব পাৰে। একেটা নিউক্লিয়াছৰ পৰা ক্ৰমাগতভাৱে গামাৰশ্মি নিৰ্গত হোৱাটোৱে (^{60}N ৰ ক্ষেত্ৰত হোৱাৰ দৰে, চিত্ৰ13.4) স্পষ্ট কৰি দিয়ে যে পৰমাণুসমূহত থকাৰ নিচিনাকৈ নিউক্লিয়াছসমূহতো বিচ্ছিন্ন (discrete) শক্তিস্তৰ আছে।

11. তেজস্ক্ৰিয়তাই নিউক্লিয়াছৰ অস্থিৰতা সূচায়। সুস্থিৰ হ'বলৈ হ'লে পাতল নিউক্লিয়াছবোৰত নিউট্ৰন আৰু প্ৰ'টনৰ অনুপাত প্ৰায় 1:1 হ'ব লাগে। গধুৰ নিউক্লিয়াছসমূহৰ বেলিকা এই অনুপাত বাঢ়িগৈ প্ৰায় 3:2 হয়গৈ। (প্ৰ'টনবোৰৰ নিজৰ মাজত থকা বিকৰ্ষণৰ প্ৰভাৱ আঁতৰ কৰিবৰ কাৰণে অধিক সংখ্যক নিউট্ৰনৰ আৱশ্যক হয়) সুস্থিৰতা অনুপাতৰ পৰা দূৰৈত থকা নিউক্লিয়াছসমূহ, অৰ্থাৎ প্ৰ'টন বা নিউট্ৰন অতিৰিক্ত পৰিমাণে থকা নিউক্লিয়াছ সমূহ অস্থিৰ। দৰাচলতে, সকলোবোৰ মৌলৰ আইছ'টপ'সমূহৰ ভিতৰত মাত্ৰ 10% মানহে সুস্থিৰ। বাকীবোৰ α, p, d, n বা অন্য কণিকাৰে সুস্থিৰ নিউক্লীয় প্ৰজাতিৰ ওপৰত অভিঘাত ঘটাই কৃত্ৰিমভাৱে সৃষ্টি কৰা হয়। বিশ্বব্ৰহ্মাণ্ডৰ জ্যোতিৰ্বৈজ্ঞানিক পৰ্য্যবেক্ষণতো কিছুমান ধৰা পৰে।

অনুশীলনী

প্ৰশ্নবোৰ সমাধান কৰোঁতে তলত দিয়া তথ্য সমূহৰ ব্যৱহাৰ কৰিব পাৰিবা ঃ

$e = 1.6\times10^{-19}$C   N = 6.023×10^{23}permol

$1/(4pe_0)$	$= 9 \times 10^9$ N m^2/C^2	k	$= 1.381\times10^{-23}$J ^{0}K^{-1}
1 MeV	$= 1.6\times10^{-13}$J	1 u	= 931.5 MeV/c^2
1 year	$= 3.154\times10^7$ s		
m_H	= 1.007825 u	m_n	= 1.008665 um($^4_2$He)
	= 4.002603 u	m_e	= 0.000548 u

13.1 (ক) লিথিয়ামৰ দুটা সুস্থিৰ আইছ'ট'প $^6_3$Li আৰু $^7_3$Li ৰ প্ৰাচুৰ্য্য ক্ৰমে 7.5% আৰু 92.5% আইছ'ট'প দুটাৰ ভৰ যথাক্ৰমে 6.01512 u আৰু 7.01600 u লিথিয়ামৰ পাৰমাণৱিক ভৰ নিৰ্ণয় কৰা।

(খ) ব'ৰণৰ দুটা সুস্থিৰ আইছ'ট'প আছে-- $^{10}_5$B আৰু $^{11}_5$B; সিহঁতৰ ভৰ যথাক্ৰমে 10.01294 u আৰু 11.00931 u; ব'ৰণৰ পাৰমাণৱিক ভৰ 10.811 u হ'লে $^{10}_5$B আৰু $^{11}_5$B ৰ প্ৰাচুৰ্য্য নিৰূপণ কৰা।

13.2 $^{20}_{10}$Ne, $^{20}_{10}$1Ne আৰু $^{22}_{10}$Ne -নিয়নৰ এই তিনিটা সুস্থিৰ আইছ'ট'পৰ প্ৰাচুৰ্য্য ক্ৰমে 90.51%, 0.27% আৰু 9.22% আইছ'ট'প তিনিটাৰ পাৰমাণৱিক ভৰ যথাক্ৰমে 19.99 u, 20.99 আৰু 21.99 u নিয়নৰ গড় পাৰমাণৱিক ভৰ নিৰ্ণয় কৰা।

13.3 নাইট্ৰ'জেন নিউক্লিয়াছৰ $\left(^{14}_7N\right)$ বন্ধন শক্তি (MeV এককত) নিৰ্ণয় কৰা। দিয়া আছে,

$m\left(^{14}_7N\right)$=14.00307 u

13.4 তলত দিয়া তথ্যৰ সহায় লৈ $^{56}_{26}$Fe আৰু $^{209}_{83}$Bi নিউক্লিয়াছৰ বন্ধন শক্তি MeV নিৰ্ণয় কৰা ঃ

$m(^{56}_{26}Fe) = 55.934939$ u $m(^{209}_{83}Bi) = 208.980388$ u

13.5 এটা মুদ্ৰাৰ ভৰ **3.0 g** মুদ্ৰাটোত থকা আটাইবোৰ প্ৰ'টন আৰু নিউট্ৰনৰ পৰস্পৰ পৃথক কৰি পেলাবলৈ হ'লে কিমান পৰিমাণৰ নিউক্লীয় শক্তিৰ প্ৰয়োজন হ'ব? সৰলতাৰ খাতিৰত ধৰি লোৱা যে মুদ্ৰাটো অকল $^{63}_{29}$Cu পৰমাণুৰে নিৰ্মিত (ভৰ 62.92960 u)।

13.6 তলত দিয়াবোৰৰ কাৰণে নিউক্লীয় বিক্ৰিয়াৰ সমীকৰণটো লিখা ঃ

(i) $^{226}_{88}Ra$ ৰ α- বিঘটন
(ii) $^{242}_{94}Pu$ ৰ α- বিঘটন
(iii) $^{32}_{15}P$ ৰ β^-- বিঘটন
(iv) $^{210}_{83}Bi$ β^--ৰ বিঘটন
(v) $^{11}_{6}C$ ৰ β^+- বিঘটন
(vi) $^{97}_{43}Tc$ ৰ β^+-বিঘটন
(vii) $^{120}_{54}Xe$ ৰ ইলেকট্ৰন প্ৰগ্ৰহণ

13.7 কোনো এটা তেজস্ক্ৰিয় আইছ'ট'পৰ অৰ্ধায়ু T বছৰ। ইয়াৰ সক্ৰিয়তা প্ৰাৰম্ভিক সক্ৰিয়তাৰ (ক) 3.125%, (খ)1 % হ'বলৈ কিমান সময় লাগিব?

13.8 কাৰ্বন থকা জীৱিত পদাৰ্থৰ স্বাভাৱিক সক্ৰিয়তা প্ৰতিগ্ৰাম কাৰ্বনত প্ৰতিমিনিটত প্ৰায় 15 টা বিঘটন পোৱা যায়। এই সক্ৰিয়তাৰ উৎপত্তি হয় সুস্থিৰ কাৰ্বন আইছ'ট'প $^{14}_{6}C$ ৰ সৈতে থকা সামান্য অংশ তেজস্ক্ৰিয় $^{14}_{6}C$ আইছ'টপৰ পৰা। জীৱবিধ যেতিয়া মৰে, তেতিয়া বায়ুমণ্ডলৰ সৈতে ইয়াৰ অন্তৰাক্ৰিয়া (interaction) বন্ধ হৈ যায়। (তেনে অন্তৰা ক্ৰিয়াই ওপৰত কোৱা সাম্য সক্ৰিয়তা বজাই ৰাখে) আৰু তাৰ সক্ৰিয়তা কমিবলৈ ধৰে। $^{14}_{6}C$ ৰ জ্ঞাত অৰ্ধায়ু (5730 বছৰ) আৰু নিৰ্ণয় কৰি উলিওৱা সক্ৰিয়তাৰ সহায়ত নিৰ্দেশটোৰ (specimen) মোটামুটি বয়স নিৰূপণ কৰিব পাৰি। এয়া প্ৰত্নতত্ত্বত প্ৰয়োগ কৰা $^{14}_{6}C$ ডেটিঙৰ মূলনীতি। ধৰি লোৱা , মহেঞ্জোদাৰোত পোৱা কোনো এটা নিৰ্দশৰ সক্ৰিয়তা প্ৰতি গ্ৰাম কাৰ্বনত প্ৰতি মিনিটত 9 টা বিঘটন। তেনেহ'লে সিন্ধু উপত্যকাৰ সভ্যতাৰ কাল নিৰ্ণয় কৰা।

13.9 8.0 mCi প্ৰবলতাৰ তেজস্ক্ৰিয় উৎস এটা পাবলৈ হ'লে কি পৰিমাণৰ $^{60}_{27}Co$ ৰ প্ৰয়োজনৰ হ'ব? দিয়া আছে, $^{60}_{27}Co$ ৰ অৰ্ধায়ু 5.3 বছৰ।

13.10 $^{90}_{38}Sr$ ৰ অৰ্ধায়ু 24 বছৰ। এই আইছ'ট'পৰ 15mg ৰ বিঘটনৰ হাৰ কিমান?

13.11 গল্ডৰ আইছ'ট'প $^{197}_{79}Au$ আৰু ছিলভাৰৰ আইছ'ট'প $^{107}_{47}Ag$ ৰ নিউক্লীয় ব্যাসাৰ্ধৰ অনুপাত মোটামুটিভাৱে উলিওৱা।

13.12 (ক) $^{226}_{88}Ra$ আৰু (খ) $^{220}_{86}Rn$ ৰ α-বিঘটনৰ Q- মান আৰু লগতে তেনেদৰে নিৰ্গত কণিকাবোৰৰ গতিশক্তি নিৰ্ণয় কৰা। দিয়া আছে,

$m\,(^{226}_{88}Ra) = 226.02540$ u,
$m\,(^{222}_{86}Rn) = 222.01750$ u,
$m\,(^{222}_{86}Rn) = 220.01137$ u,
$m\,(^{216}_{84}Po) = 216.00189$ u.

13.13 ^{11}C তেজস্ক্ৰিয় নিউক্লিয়াছটোৰ বিঘটন প্ৰক্ৰিয়াটো হৈছে এনে ধৰণৰ ঃ

$^{11}_{6}C \rightarrow ^{11}_{5}B + e^{+} + \nu$: $T_{1/2}$=20.3 min

নিৰ্গত প'জিট্ৰনটোৰ সৰ্বাধিক শক্তি হৈছে 0.960 MeV. দিয়া আছে,

$m\,(^{11}_{6}C) = 11.011434\ u$

$m\,(^{11}_{6}B) = 11.009305\ u,$

প্ৰক্ৰিয়াটোৰ Q - মান নিৰ্ণয় কৰা। এই মানক নিৰ্গত প'জিট্ৰনৰ সৰ্বাধিক শক্তিৰ লগত তুলনা কৰা।

13.14 $^{23}_{10}Ne$ নিউক্লিয়াছটোৱে বিঘটনত β^- কণিকা নিৰ্গত কৰে। β^- বিঘটন সমীকৰণটো লিখা। লগতে নিৰ্গত ইলেকট্ৰনৰ সৰ্বোচ্চ গতিশক্তি নিৰ্ণয় কৰা। দিয়া আছেঃ

$m\,(^{23}_{10}Ne) = 22.994466\ u$

$m\,(^{23}_{11}Na) = 22.089770\ u.$

13.15 $A + b \rightarrow C + d$, এই নিউক্লীয় সমীকৰণটোৰ Q - মানৰ সংজ্ঞা এনেধৰণৰঃ

$Q = [m_A + m_b - m_C - m_d]c^2;$

প্ৰদত্ত তথ্যবোৰৰ সহায়ত তলত দিয়া বিক্ৰিয়াসমূহৰ Q - মান নিৰ্ণয় কৰা আৰু বিক্ৰিয়াবোৰ তাপবৰ্জী নে তাপগ্ৰাহী উল্লেখ কৰাঃ

(i) $^{1}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{2}_{1}H + ^{2}_{1}H$

(ii) $^{12}_{6}C + ^{12}_{6}C \rightarrow ^{20}_{10}Ne + ^{4}_{2}He$

পাৰমাণৱিক ভৰসমূহ--

$m\,(^{2}_{1}H) = 2.014102\ u$

$m\,(^{3}_{1}H) = 3.016049\ u$

$m\,(^{12}_{6}C) = 12.000000\ u$

$m\,(^{20}_{10}Ne) = 19.992439\ u$

13.16 ধৰিলোৱা যাওক, $^{56}_{26}Fe$ নিউক্লিয়াছটোৰ বিয়োজন ঘটি $^{28}_{13}Al$ ৰ দুটা সমান খণ্ডত বিভক্ত হ'ল। এই বিয়োজনটো শক্তিৰ দৃষ্টিকোণৰ পৰা সম্ভৱপৰ হয়নে? প্ৰক্ৰিয়াটোৰ Q - মান উলিয়াই তাৰ দ্বাৰা প্ৰতিপন্ন কৰা। দিয়া আছে, $m\,(^{56}_{26}Fe) = 55.93494\ u$ আৰু $m\,(^{28}_{13}Al) = 27.98191\ u$

13.17 $^{239}_{94}Pu$ ৰ বিয়োজন আৰু $^{235}_{92}U$ ৰ বিয়োজনত মাজত যথেষ্ট সাদৃশ্য আছে। প্ৰতিটো বিয়োজনত উৎপন্ন হোৱা শক্তিৰ গড় পৰিমাণ 180 MeV. 1kg বিশুদ্ধ $^{239}_{94}Pu$ ৰ আটাইবোৰ নিউক্লিয়াছৰ বিয়োজন ঘটিলে কিমান শক্তি উৎপন্ন হ'ব (MeVত) নিৰ্ণয় কৰা।

13.18 এটা 1000 মেগাৱাট ক্ষমতাৰ বিয়োজন ৰিএক্টৰে 5 বছৰত তাৰ ইন্ধনৰ আধা অংশ ব্যয় কৰে। ৰিএক্টৰটোত আৰম্ভণিতে কি পৰিমাণৰ $^{235}_{92}U$ আছিল? ধৰি লোৱা যে (ক) ৰিএক্টৰটো 80% সময়হে সক্ৰিয় হৈ থাকে, (খ) উৎপন্ন হোৱা সমস্ত শক্তি $^{235}_{92}U$ ৰ বিয়োজনৰ পৰাহে পোৱা যায়, আৰু (গ) এই নিউক্লিয়াছবোৰ একমাত্ৰ বিয়োজন প্ৰক্ৰিয়াতহে ব্যয় হয়।

13.19 2.0 kg ডয়টেৰিয়ামৰ সংযোজনৰ পৰা পোৱা শক্তিৰে 100W ক্ষমতাৰ এটা বৈদ্যুতিক লেম্প কিমান সময় জ্বলাই ৰাখিব পৰা যায়? সংযোজন বিক্ৰিয়াটো এনে বুলি ধৰি লোৱাঃ

$$^{2}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{3}_{2}He + n + 3.27\ MeV$$

13.20 দুটা ডয়টেৰনৰ মুখামুখি সংঘাতৰ বিভৱ প্ৰাচীৰৰ উচ্চতা গণনা কৰি উলিওৱা। (ইংগিত ঃ দুটা ডয়টেৰনৰ ইটোৱে সিটোক ঠিক স্পৰ্শ কৰোঁতে সিহঁতৰ মাজত যি কুলম্ব বিকৰ্ষণ হ'ব বিভৱ প্ৰাচীৰৰ উচ্চতা

সিমানেই হ'ব। ধৰি লোৱা যে ডয়টেৰণ দুটা 2.0 fm ব্যাসাৰ্ধৰ টান গোলক।)

13.21 R_0 এটা ধ্ৰুৱক আৰু A নিউক্লিয়াছৰ ভৰসংখ্যা হ'লে $R = R_0 A^{1/3}$ সম্বন্ধটোৰ আলমত দেখুওৱা যে নিউক্লীয় পদাৰ্থৰ ঘনত্ব মোটামুটি ধ্ৰুৱক (অৰ্থাৎ A ৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে)

13.22 তেজস্ক্ৰিয় নিউক্লিয়াছবোৰৰ ক্ষেত্ৰত β^+(প'জিট্ৰন) নিৰ্গমণৰ প্ৰায় সমানে সম্ভাব্য এটা প্ৰক্ৰিয়া আছে যাৰ নাম ইলেকট্ৰন প্ৰগ্ৰহণ (Capturre) (নিউক্লিয়াছ এটা কক্ষৰ পৰা, ধৰি লোৱা K–খোলৰ পৰা, এটা ইলেকট্ৰন, প্ৰগ্ৰহণ কৰি এটা নিউট্ৰন' নিৰ্গত কৰে।)

$$e^+ + {}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z-1} Y + \nu$$

দেখুওৱা যে যদি শক্তিৰ বিবেচনাৰ পৰা β^+ নিৰ্গমণ সম্ভৱ হয়, তেন্তে ইলেকট্ৰন প্ৰগ্ৰহণ প্ৰক্ৰিয়াটো সম্ভৱ হ'বই, কিন্তু তাৰ বিপৰীত কথাটো সম্ভৱ নহয়।

অতিৰিক্ত অনুশীলনী

13.23 এখন পৰ্য্যাবৃত্ত তালিকাত মেগনেছিয়ামৰ গড় পাৰমাণৱিক ভৰ দিয়া আছে 24.312 u. পৃথিৱীত তাৰ আপেক্ষিক প্ৰাকৃতিক প্ৰাচুৰ্য্যৰ ওপৰত ভিত্তি কৰি এই গড়মান গ্ৰহণ কৰা হৈছে। মেগনেছিয়ামৰ তিনিটা আইছ'ট'প আৰু সিহঁতৰ ভৰ হৈছে এনে ঃ

${}^{24}_{12}$Mg (23.98504u), ${}^{25}_{12}$Mg (24.98584u) আৰু ${}^{26}_{12}$Mg (25.98259u) ${}^{26}_{12}$Mg (25.98259u). ${}^{24}_{12}$Mg ৰ প্ৰাকৃতিক প্ৰাচুৰ্য্য 78.99% (ভৰ হিচাপত)। আন দুটা আইছ'ট'পৰ প্ৰাচুৰ্য্য হিচাপ কৰি উলিওৱা।

13.24 নিউক্লিয়াছৰ পৰা নিউট্ৰন এটা মুক্ত কৰি উলিয়াই নিবলৈ যি পৰিমাণৰ শক্তি লাগে তাক নিউট্ৰন পৃথিকীকৰণ শক্তি বোলা হয়। তলৰ তথ্যসমূহৰ আলমত ${}^{41}_{20}$Ca আৰু ${}^{27}_{13}$Al ৰ নিউট্ৰন পৃথিৱীকৰণ শক্তি নিৰ্ণয় কৰা ঃ

$$m({}^{40}_{20}\text{Ca}) = 39.962591 \text{ u}$$
$$m({}^{41}_{20}\text{Ca}) = 40.962278 \text{ u}$$
$$m({}^{26}_{13}\text{Al}) = 25.986895 \text{ u}$$
$$m({}^{27}_{13}\text{Al}) = 26.981541 \text{ u}$$

13.25 এটা উৎসত ফছফৰাছৰ দুটা তেজস্ক্ৰিয় নিউক্লিয়াছ আছে– ${}^{32}_{15}$P ($T_{1/2}$ = 14.3d) আৰু ${}^{33}_{15}$P($T_{1/2}$ = 25.3d)। আৰম্ভণিতে ${}^{33}_{15}$P ৰ 10% বিঘটন ঘটে। 90% বিঘটন ঘটিবলৈ হ'লে কিমান সময় লাগিব ?

13.26 বিশেষ পৰিস্থিতি সাপেক্ষে এটা নিউক্লিয়াছে Q- কণিকাতকৈও গধুৰ কণিকা এটা নিৰ্গত কৰি বিঘটিত হ'ব পাৰে। তলৰ বিঘটন প্ৰক্ৰিয়াবোৰ লক্ষ্য কৰা-

$${}^{223}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{209}_{82}\text{Pb} + {}^{14}_{6}\text{C}$$
$${}^{223}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{219}_{86}\text{Rn} + {}^{4}_{2}\text{He}$$

এই বিঘটন প্ৰক্ৰিয়া দুটাৰ Q- মান নিৰ্ণয় কৰা। লগতে দেখুওৱা যে শক্তিৰ বিবেচনাৰে দুয়োটাই সম্ভৱ হয়।

13.27 দ্ৰুত নিউট্ৰনৰ দ্বাৰা ${}^{238}_{92}$U ৰ বিযোজনৰ কথা বিবেচনা কৰা। কোনো এটা বিযোজনত নিউট্ৰন নিৰ্গত হোৱা নাই; আৰু প্ৰাথমিক খণ্ড বোৰৰ বিটা বিঘটনৰ পাছত অন্তিম খণ্ড হিচাপে ${}^{140}_{58}$Ce আৰু ${}^{99}_{44}$Ru পোৱা গ'ল। এই বিযোজন প্ৰক্ৰিয়াটোৰ Q- মান উলিওৱা। প্ৰযোজনীয় পৰমাণু আৰু কণিকাবোৰৰ ভৰ--

$m(^{238}_{92}U)$ =238.05079 u

$m(^{140}_{58}Ce)$ =139.90543 u

$m(^{99}_{44}Ru)$ = 98.90594 u

13.28 তলৰ D–T বিক্রিয়াটোলৈ (ডয়টেৰিয়াম-ট্রিটিয়াম সংযোজন) মন কৰা ঃ

$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + n$$

(ক) তলৰ তথ্যবোৰ ব্যৱহাৰ কৰি বিক্রিয়াটোত উদ্ভূত শক্তিৰ পৰিমাণ MeV এককত উলিওৱা ঃ

$m(^{2}_{1}H)$=2.014102 u

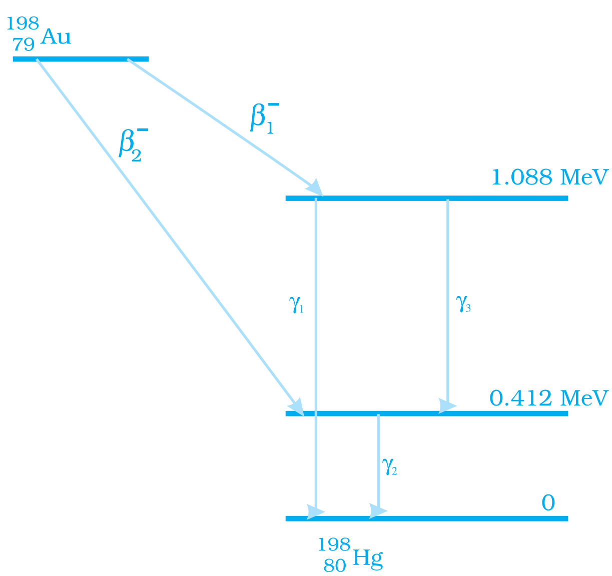
$m(^{3}_{1}H)$ =3.016049 u

(খ) ধৰিলোৱা, ডয়টেৰিয়াম আৰু ট্রিটিয়াম উভয়ৰে ব্যাসার্ধ প্রায় 2.0 fm.এই নিউক্লিয়াছ দুটাৰ মাজত থকা কুলম্ব বিকর্ষণ ভেদ কৰিবলৈ কিমান গতিশক্তিৰ প্রয়োজন হ'ব? বিক্রিয়াটো আৰম্ভ কৰিবলৈ হ'লে গেছটো কিমান উষ্ণতালৈ তপতাব লাগিব? [[ইংগিত ঃ এটা বিয়োজনৰ বাবে লগা গতিশক্তি--অন্তৰাক্রিয়া সংঘটিত হৈ থকা কণিকাসমূহৰ গড় তাপীয় গতি-শক্তি = $2(3kT/2)$; k = ব'ল্ট্জমেনৰ ধ্রুৱক, T =কেলভিন উষ্ণতা।]

13.29 চিত্র**13.6** ত দেখুওৱা বিঘটন আঁচনিটোত β- কণিকাবোৰৰ সর্বোচ্চ গতিশক্তি, আৰু γ বিঘটনৰ বিকিৰণ কম্পনাংক নিৰূপণ কৰা। দিয়া আছে ঃ

$m(^{198}Au)$ = 197.968233 u

$m(^{198}Hg)$ =197.966760 u



চিত্র 13.6

13.30 নিম্নোক্ত দুই ক্ষেত্রত উদ্ভৱ হোৱা শক্তিৰ পৰিমাণ নির্ণয় কৰা আৰু লগতে তুলনাও কৰা ঃ

(ক) সূর্য্যৰ গভীৰ ভাগত থকা **1 kg** হাইড্র'জেনৰ সংযোজন, আৰু (খ) বিয়োজন ৰিএক্টৰত ঘটা **1 kg** ^{235}U ৰ বিয়োজন।

13.31 ধৰিলোৱা **2020** চনত ভাৰতে **200,000MW** পৰিমাণৰ বৈদ্যুতিক ক্ষমতা উৎপাদন কৰাৰ লক্ষ্য স্থিৰ কৰিছে; ইয়াৰ দহ শতাংশ নিউক্লীয় শক্তিকেন্দ্রৰ পৰা লাভ কৰিব। আমাক এই বুলি দিয়া আছে যে ৰিএক্টৰত সৃষ্টি হোৱা তাপীয় শক্তিৰ গড় ব্যৱহাৰিক দক্ষতা (average efficiency of utilization) 25% । তেনেহ'লে 2020 চনত ভাৰতক বছৰি কি পৰিমাণে বিয়োজনক্ষম ইউৰেনিয়াম প্রয়োজন হ'ব? ধৰি ল'বা যে ^{235}U ৰ প্রতিটো বিয়োজনত প্রায় 200 Mev পৰিমাণৰ তাপ শক্তি উৎপন্ন হয়।