Beta- Decay

Introduction: অস্থিতিশীল নিউক্লিয়াস থেকে কোন নিউক্লিয়াস α- particle নি: সরণের মাধ্যমে স্থিতিশীল নিউক্লিয়াসে রূপান্তরিত হয়। আবার কোন কিছু সংখ্যক অস্থিতিশীল নিউক্লিয়াস β- decay process দ্বারা স্থিতিশীল নিউক্লিয়াসে উন্নীত হয়।

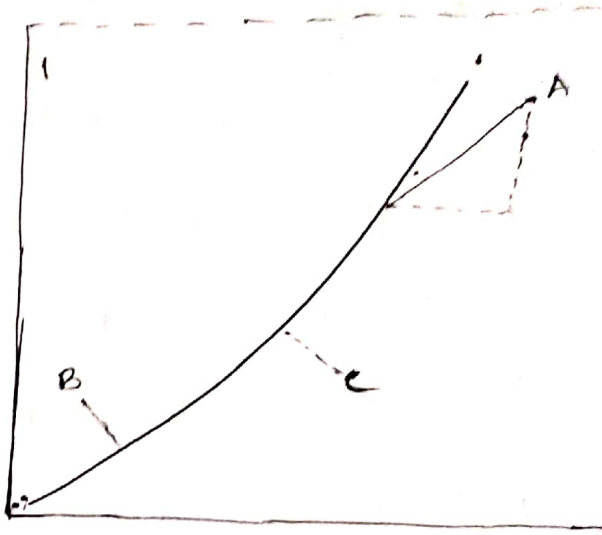

Fig 1.

α, β, γ - decay -এর মাধ্যমে ভরশক্তি সংরক্ষয় সম্ভব এবং পরিলক্ষিত হয়েছে।

- স্থিতিশীলতা রেখার উর্ধ্বে অবস্থিত নিউক্লিয়াস সমূহে স্থিতিশীলতার জন্য প্রয়োজনীয় সংখ্যক নিউট্রনের চাইতে অধিক নিউট্রন বিদ্যমান। তাই এ সব নিউক্লিয়াস তাদের অন্তর্গত একটি নিউট্রনকে একটি প্রোটনে রূপান্তরের প্রক্রিয়ার মাধ্যমে স্থিতিশীলতা অর্জন করে। প্রক্রিয়াটি হল

$$n \longrightarrow p + e^- \qquad (1)$$

- Fig 1 -এ অস্থিতিশীল নিউক্লিয়াসের অবস্থান:

A: α- decay (Z, N ⟶ Z-2, N-4)

B: β^-- decay (Z, N ⟶ Z+1, N-1)

C: β^+- decay (Z, N ⟶ Z-1, N+1)

- স্থিতিশীলতা রেখার নিম্নে অবস্থিত নিউক্লিয়াস সমূহে স্থিতিশীলতার জন্য নির্দিষ্ট নিউট্রন সংখ্যা অপেক্ষা কম সংখ্যক নিউট্রন রয়েছে। নিম্নলিখিত প্রক্রিয়ার মাধ্যমে এ সকল নিউক্লিয়াস স্থিতিশীল হয়।

$$p \rightarrow n + e^+ \qquad (2)$$

Scanned with CamScanner

এর বিকল্প হিসাবে এসব নিউক্লিয়াসের একটি (সাধারণ Atomic orbit এ অবস্থিত) একটি Electron capture করে, নিউক্লিয়াসের নিকটতম কক্ষপথ, সাধারণত K- electron capture করে। Electron capture প্রক্রিয়াটি নিম্নরূপ

$$p + e^- = n \qquad (3)$$

(1), (2) এবং (3) প্রক্রিয়ার তিনটিকে একসাথে বলা হয় β- decay।

- β-decay - তে daughter নিউক্লিয়াসের ও mass number, parent নিউক্লিয়াসের mass number এর সমান থাকে। কিন্তু β⁻ decay তে Atomic number একটু বৃদ্ধি পায় এবং β⁺ decay তে Atomic number একটু হ্রাস পায়।

- β-decay হচ্ছে একটি Nuclear phenomenon। β⁻ decay এবং Atomic orbit থেকে electron নিঃসরণ সম্পূর্ণভাবে ভিন্ন প্রকৃতির প্রক্রিয়া, যদিও β⁻ এবং Electron একই particle।

Conservation laws in beta decay:

(i) Conservation of spin: আমরা জানি যে, n, p, e^- এবং e^+ প্রতিটি particle - এর intrinsic spin হচ্ছে $\frac{1}{2}$ (in unit of $\hbar$)। তাই উপরের equation গুলিতে conservation of spin নীতি মেনে চলছে, কারণ equation গুলিতে এক পাশের spin গুলির half integral এবং অন্য পাশের Integral multiple।

^{14}C একটি β⁻ নিঃসরক নিউক্লিয়াস, যার decay নিম্নরূপ:

$$^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + \beta^- \qquad (4)$$

^{14}C এবং ^{14}N এর J^π (J = total angular momentum, π = parity) হচ্ছে যথাক্রমে 0^+ এবং 1^+। Intrinsic spin ($\pm\frac{1}{2}$) চলকে একটি

Scanned with CamScanner

β- particle, positive integral orbital angular momentum l বহন করতে পারে। (A) নং equation-এর বামপাশের total angular momentum $J = 0$, কিন্তু ডানপাশের angular momentum $\frac{1}{2}\hbar$. অতএব দেখা যাচ্ছে যে, β - decay তে conservation of angular momentum নীতি লঙ্ঘিত হচ্ছে না।

(ii) conservation of energy: উপরের সমীকরণ (A) থেকে মনে হচ্ছে যে, β- decay তে conservation of energy লঙ্ঘিত হচ্ছে কারণ বামপাশের এবং ডানপাশের দু'টি বিউক্লিয়াসের energy level ভিন্ন ভিন্ন।

(iii) conservation of Lepton number: সমীকরণ তিনটি (1), (2) এবং (3) তে conservation of Lepton number নীতিও লঙ্ঘিত হচ্ছে। (1) নং সমীকরণের ডানপাশে একটি Lepton আছে (e^-), কিন্তু বামপাশে কোন Lepton নেই। অন্য সমীকরণগুলির ক্ষেত্রেও অনুরূপ হচ্ছে।

Neutrino theory of β- decay:

পাউলির নিউট্রিনোর hypothesis অনুসারে β- decay-তে β-particle -এর সাথে অন্য একটি particle নির্গত হয়। β^+ - decay এবং electron- capture -এ যে particle নির্গত হয় তাকে বলা হয় নিউট্রিনো (ν), এবং β-decay তে যে particle নির্গত হয় তাকে বলা হয় Anti- neutrino ($\bar{\nu}$).

নিউট্রিনো এবং Anti-neutrino-এর ভর শূন্য। এরা তড়িৎ আধান নিরপেক্ষ (Neutral) spin $\frac{1}{2}$ Relativistic particle, গতিবেগ $\leq c$। Neutrino এবং Anti -neutrino-র সনাক্ত হচ্ছে, Neutrino-র spin linear momentum -এর Anti parallel

Scanned with CamScanner

এবং Anti-neutrino-র ক্ষেত্রে দুটি ভেক্টর parallel.

○ Pauli Neutrino hypothesis এর উপর ভিত্তি করে আমরা তিনটি equation [(1), (2) এবং (3)] বিস্ফোরণ:

$$\beta^- \text{ decay}: \quad n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$$

$$\beta^+ \text{ decay}: \quad p \rightarrow n + e^+ + \nu \qquad (5)$$

$$\text{Electron capture}: \quad p + e^- \rightarrow n + \nu$$

○ β- decay দ্বারা আমরা Neutrino এবং Anti-neutrino দিয়ে না পারার কারণ হচ্ছে পদার্থের সাথে এই particle গুলির weak interaction.

○ (4) নং Equation টি কে বিস্ফোরণ প্রকাশ করা যায়:

$$^{14}C \rightarrow {}^{14}N + \beta^- + \bar{\nu}$$

বর্তমানে যে নিউট্রিনোর কথা বলা হয়েছে, তাকে বলা হয় Electron-neutrino or beta-neutrino. এই neutrino এবং এর Anti-neutrino β- decay-র সাথে জড়িত। পরবর্তীকালে আরও দুই ধরনের neutrino এবং তাদের Anti-neutrino আবিষ্কৃত হয়েছে। এদের একটি হচ্ছে π+-decay-র সাথে জড়িত।

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$$

এবং Anti-particle $\bar{\nu}_\mu$। এদের rest-mass হচ্ছে < 0.5 MeV।

অন্যটি τ^--decay-তে উদ্ভূত, যথা

$$\tau^- \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^+ + \pi^- + \pi^- + \nu_\tau$$

এটি τ-neutrino নামে পরিচিত। এর Anti-particle হচ্ছে $\bar{\nu}_\tau$। এদের rest mass < 70 MeV।

Scanned with CamScanner