



পরমাণু

ভূমিকা

অতি প্রাচীনকাল হতেই পদার্থের গঠন সম্পর্কে বিভিন্ন দার্শনিক বিভিন্ন মতবাদ প্রকাশ করেছেন। প্রাচীন গ্রীক দার্শনিকদের মতে পদার্থ অসংখ্য ছোট ছোট কণা দিয়ে গঠিত। এ ছোট ছোট কণাকেই বলা হত পরমাণু। ঊনবিংশ শতাব্দীর শেষভাগ পর্যন্ত মনে করা হত, পরমাণু অভিভাজ্য। কিন্তু এ সময়ে ও পরবর্তীকালে বিভিন্ন পরীক্ষা-নিরীক্ষার ফলে পরমাণুর গঠন সম্পর্কে বহু অজানা কথা জানা যায়। এ ইউনিটে আমরা পরমাণু গঠন সম্পর্কে আলোচনা করবো।



রাদারফোর্ডের পরীক্ষা ও পরমাণুর গঠন



উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- পরমাণুর গঠন সম্পর্কে ডাল্টনের মতবাদ বর্ণনা করতে পারবেন;
- রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেল ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

১৩.১.১ : পরমাণুর গঠন

বিজ্ঞানী জন ডালটন পরমাণুর গঠন সম্পর্কে মতবাদ প্রকাশ করেন। তাঁর মতবাদ অনুসারে-

- ১। পদার্থ অসংখ্য ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণা দিয়ে গঠিত। এ ক্ষুদ্র কণাগুলোকে পরমাণু বলে।
- ২। পরমাণু মাত্রই অবিভাজ্য ও অবিদ্বন্দ্ব।
- ৩। একই মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলো সদৃশ। কিন্তু বিভিন্ন পদার্থের পরমাণুগুলো বিভিন্ন।
- ৪। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় এ পরমাণুগুলো অংশগ্রহণ করে। দুই বা ততোধিক পরমাণুর সংযোজনে নতুন পদার্থ সৃষ্টি হয়।

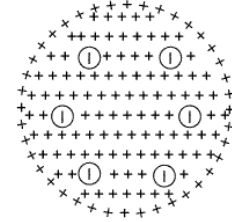
এ মতবাদের জন্য ডালটনকে 'আধুনিক পরমাণুবাদের জনক' বলা হয়।

বিজ্ঞানী প্রতিভ পরবর্তী সময়ে বলেন যে, সমস্ত যৌগিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজনের অখণ্ড গুণিতক, সুতরাং সমস্ত পদার্থই হাইড্রোজেনের পরমাণু দিয়ে গঠিত। কিন্তু পরবর্তীতে তাঁর এ মতবাদ ভুল বলে প্রমাণিত হয়েছে। কারণ ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন ভগ্নাংশ। ফলে ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন কোনমতেই হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজনের অখণ্ড গুণিতক হতে পারে না। ১৮৯৭ খ্রিস্টাব্দে স্যার জে.জে. থমসন (Sir J.J. Thomson) ইলেকট্রনের অস্তিত্ব প্রমাণ করেন।

পরমাণু চার্জ নিরপেক্ষ। ইলেকট্রন ঋণচার্জ বহন করে, সুতরাং পরমাণুর মধ্যে অবশ্যই ধনচার্জ রয়েছে। কিন্তু কি প্রকারে এবং কিভাবে এ ধনচার্জগুলো পরমাণুর মধ্যে বিন্যস্ত রয়েছে?

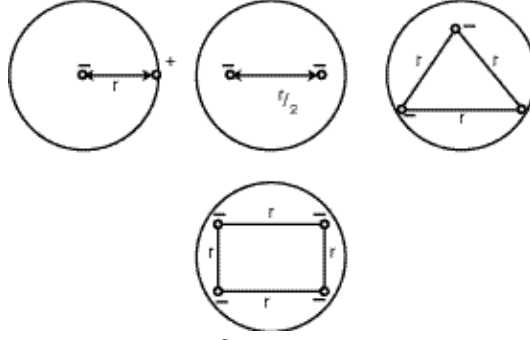
এ সকল প্রশ্নের উত্তর দিতে গিয়ে পরমাণুর বিভিন্ন প্রকার গঠন বর্ণনা করা হয়েছে। এটাই পরমাণু মডেল নামে পরিচিত।

বিজ্ঞানী থমসন ১৯০৭ খ্রিস্টাব্দে একটি পরমাণু মডেল প্রস্তাব করেন। তেজস্ক্রিয়তা হতে প্রমাণ হয় যে, পরমাণুতে দু'প্রকার চার্জ কণা রয়েছে, ধনচার্জ কণা এবং ঋণচার্জ কণা। তাঁর মতে, পরমাণু 10-10 মিটার ব্যাসার্ধের একটি গোলক। ধনচার্জগুলো গোলকের সর্বত্র সমভাবে ছড়ানো থাকে (চিত্র-১৩.১) আর ইলেকট্রনগুলো গোলকের মধ্যে কতগুলো নির্দিষ্ট বৃত্তাকার কক্ষ বিন্যস্ত থাকে।



চিত্র- ১৩.১

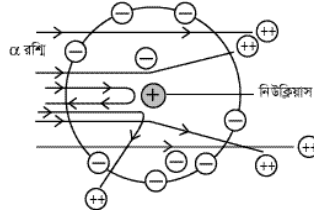
এ মডেল অনুসারে চার্জের বন্টন ইলেকট্রন সংখ্যার ওপর নির্ভর করে। এক ইলেকট্রন বিশিষ্ট পরমাণুর (হাইড্রোজেন) ক্ষেত্রে ইলেকট্রনটি পরমাণুর কেন্দ্রে থাকবে এবং ধনচার্জ চার্জিত প্রোটন এর চারদিকে বিভিন্ন স্থানে অবস্থান করতে পারে। দুই ইলেকট্রন বিশিষ্ট পরমাণুর (হিলিয়াম) ক্ষেত্রে ইলেকট্রন দুটি পরমাণু গোলকের অভ্যন্তরে কেন্দ্রের দু'পাশে থাকে। দুটি ইলেকট্রনের মধ্যবর্তী দূরত্ব হবে পরমাণুর ব্যাসার্ধের অর্ধেক। প্রোটন চারদিকে ছড়ানো থাকে। চিত্র ১৩.২ তিন ইলেকট্রন বিশিষ্ট পরমাণুর (লিথিয়াম) ক্ষেত্রে ইলেকট্রন তিনটি ত্রিভুজের শীর্ষ বিন্দুতে অবস্থান করে। এক্ষেত্রে প্রতিটি বাহুর দৈর্ঘ্য গোলকের ব্যাসার্ধের সমান। তিনটি ধনচার্জ এর চারদিকে ছড়ানো থাকবে। চার ইলেকট্রন বিশিষ্ট পরমাণুর ক্ষেত্রে ইলেকট্রন চারটি চতুর্ভুজের চারটি কৌণিক বিন্দুতে অবস্থান করে। প্রতিটি বাহুর দৈর্ঘ্য গোলকের ব্যাসার্ধের সমান। ধনচার্জগুলো এর চারদিকে ছড়ানো থাকে। এমনভাবে বিজ্ঞানী থমসন এক হতে একশটি ইলেকট্রনের বিন্যাস দেখান।



চিত্র- ১৩.২

১৩.১.২ : রাদারফোর্ডের পরীক্ষা

বিজ্ঞানী রাদারফোর্ড ১৯১১ খ্রিস্টাব্দে একটি পরমাণু মডেল প্রস্তাব করেন। তিনি একটি পাতলা ধাতব পাতের ওপর α কণিকা বিক্ষেপণের মাধ্যমে এ পরীক্ষা সম্পন্ন করেন। পরীক্ষার কাজের জন্য তিনি একটি অতিশয় পাতলা সোনার পাত ব্যবহার করেন। পাতটির ওপর তিনি α রশ্মি বিক্ষেপণ করেন এবং দেখেন যে, বেশির ভাগ α কণা সোনার পাত অতিক্রম করে চলে যায় ও কিছু সংখ্যক এদিক-ওদিক সামান্য বেঁকে যায়। অল্প সংখ্যক α কণা সোনার পাতলে আঘাত করে অত্যন্ত বেঁকে যায়। কোন কোন α কণা একেবারে পুরোপুরি প্রতিফলিত হয়।



চিত্র-১৩.৩

এ থেকে বুঝা যায় যে, পরমাণুর মধ্যে এমন কিছু রয়েছে যার জন্য ভারী α কণার বিকর্ষণ ঘটে এবং α রশ্মি ফিরে আসে। সুতরাং পরমাণুর মধ্যে অবশ্যই ধনাত্মক কণা রয়েছে। এ ফলাফল হতে এ সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যায় যে-

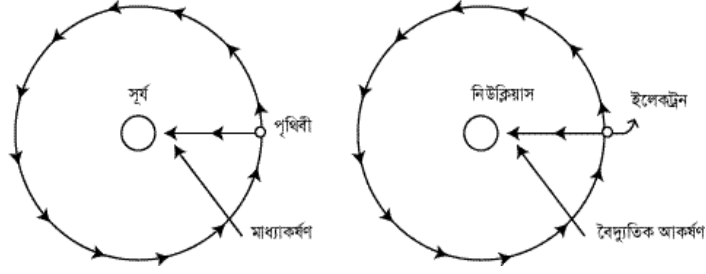
- (১) পরমাণুর অভ্যন্তরে অধিকাংশ স্থান ফাঁকা বলে বেশির ভাগ α -কণা ধাতব পাত ভেদ করে সোজা চলে যায়। ইলেকট্রন α -কণার তুলনায় অত্যন্ত হালকা বলে এরা ইলেকট্রনের প্রভাবে একটুও বেঁকে চলে না।
- (২) অল্প সংখ্যক α কণা অত্যন্ত বেঁকে যায় বা পুরোপুরি প্রতিফলিত হয় (২০,০০০ এর মধ্যে একটি)। সুতরাং এ থেকে বুঝা যায় যে, পরমাণুর ভিতর পরমাণুর সমস্ত ধনাত্মক কণাগুলো তথা পরমাণুর সমস্ত ভর অত্যন্ত ক্ষুদ্র জায়গায় একত্রে জমা থাকে। একে নিউক্লিয়াস বলে।
- (৩) পুরোপুরি ফিরে আসা α -কণার সংখ্যা অত্যন্ত কম বলে বুঝা যায় যে, নিউক্লিয়াসের আয়তন পরমাণুর আয়তনের তুলনায় অত্যন্ত কম।

১৩.১.৩ : রাদারফোর্ডের পরমাণুর গঠন-

রাদারফোর্ড পরমাণুর অভ্যন্তরীণ গঠনকে সৌর জগতের সাথে তুলনা করেন। একে রাদারফোর্ডের সোলার সিস্টেম অ্যাটম মডেল বলা হয়। রাদারফোর্ডের অ্যাটম মডেলকে নিম্নরূপে বর্ণনা করা যায়-

- ১। পরমাণুর কেন্দ্রে অত্যন্ত ক্ষুদ্র নিউক্লিয়াস রয়েছে। নিউক্লিয়াস ধনাত্মক আধানযুক্ত। পরমাণুর সকল ধনাত্মক চার্জই নিউক্লিয়াসে কেন্দ্রীভূত। নিউক্লিয়াসে পরমাণুর সমস্ত ভর পুঞ্জীভূত থাকে।
- ২। নিউক্লিয়াসে কেন্দ্রীভূত সমস্ত ধনাত্মক চার্জের সমান সংখ্যক ঋণাত্মক চার্জযুক্ত ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসকে পরিবেষ্টিত করে রাখে। এ কারণে পরমাণু চার্জ নিরপেক্ষ।

- ৩। সৌর জগতে যেমন সূর্যের চারদিকে গ্রহগুলো অনবরত ঘূর্ণায়মান তেমন নিউক্লিয়াসের চারদিকেও দ্রুতগতিতে ইলেকট্রনগুলো সতত ঘূর্ণায়মান। এদের কেন্দ্রাভিমুখী শক্তি ও কেন্দ্রাতিগ শক্তি পরস্পর সমান।



চিত্র- ১৩.৪

১৩.১.৪ : রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেলের ত্রুটি

- ১। রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেল নিউটনের মাধ্যাকর্ষণ ও গতি সূত্রের ওপর প্রতিষ্ঠিত। নিউটনের মাধ্যাকর্ষণ ও গতিসূত্র শুধুমাত্র তড়িৎ নিরপেক্ষ বস্তুর জন্য প্রযোজ্য কিন্তু ইলেকট্রন ঋণাত্মক চার্জযুক্ত ও নিউক্লিয়াস ধনাত্মক চার্জযুক্ত। আবার আমরা জানি, গ্রহগুলোর মধ্যে আকর্ষণ বল রয়েছে অথচ ইলেকট্রনগুলো একে অপরকে বিকর্ষণ করে।
- ২। জে.সি. ম্যাক্সওয়েলের মতে একটি বিদ্যুৎ চার্জযুক্ত কণা ত্বরণ প্রাপ্ত হলে শক্তি বিকিরণ করে। ফলে শক্তি হারাতে থাকে। এক্ষেত্রে বোর যুক্তি দেখান যে, রাদারফোর্ডের মডেল অনুসারে নিউক্লিয়াসের চারদিকে কক্ষপথে ঘূর্ণায়মান বিদ্যুৎ চার্জযুক্ত ইলেকট্রন ক্রমাগত দিক পরিবর্তন করে বলে ত্বরণ প্রাপ্ত হয়।
- ৩। প্রত্যেক পরমাণুর নিজস্ব বর্ণালী রয়েছে। শক্তি বিকিরণ ক্রমাগত নিরবচ্ছিন্নভাবে ঘটলে বর্ণালীর রেখাগুলো পরস্পর হতে অবচ্ছিন্ন হবে। কিন্তু বাস্তবে বর্ণালীর রেখাগুলো বেশ উজ্জ্বল ও বিচ্ছিন্ন।
- ৪। ইলেকট্রনসমূহের কক্ষপথের আয়তন বা আকৃতি সম্বন্ধে এ মডেলে কিছু বলা হয়নি। আবার বহু ইলেকট্রন সম্বলিত পরমাণুর ইলেকট্রনগুলো কিভাবে নিউক্লিয়াসকে প্রদক্ষিণ করে সে সম্বন্ধেও এ মডেলে কোন কিছু উল্লেখ নেই।



বোরের পরমাণু মডেল



উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- বোরের পরমাণু মডেলের বর্ণনা করতে পারবেন;
- বোরের পরমাণু মডেলের স্বীকার্যগুলো লিখতে পারবেন;
- বোরের হাইড্রোজেন পরমাণু এবং হাইড্রোজেন বর্ণালী তত্ত্বের ব্যাখ্যা লিখতে পারবেন।

১৩.২.১ : বোর পরমাণু মডেল (Bohr Atom Model)

প্রসিদ্ধ বিজ্ঞানী নীলস্ বোর ১৯১৩ খ্রিস্টাব্দে একটি পরমাণু মডেল প্রস্তাব করেন। এ মডেল মূলত রাদারফোর্ডের মডেলের উন্নত সংস্করণ। ১৯২২ খ্রিস্টাব্দে তিনি এ আবিষ্কারের জন্য নোবেল পুরস্কার পান। এ মডেলের প্রধান ভিত্তি হল কোয়ান্টাম থিওরি। এর সাহায্যে তিনি রাদারফোর্ডের মডেলের অসুবিধাগুলোর ব্যাখ্যা খুঁজে পান। তিনি রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেলে নিম্নলিখিত মৌলিক স্বীকার্য প্রয়োগ করেন। এ স্বীকার্যগুলোকে বোর-এর স্বীকার্য (Bohr's Postulates) বলে।

বোর-এর স্বীকার্য (Bohr's Postulates)

প্রথম স্বীকার্য : একটি পরমাণু দুটি অংশে বিভক্ত। নিউক্লিয়াস এবং নিউক্লিয়াস বহির্ভূত অংশ। সমস্ত ধন চার্জ থাকে নিউক্লিয়াসে এবং নিউক্লিয়াসের বহির্ভূত অংশে থাকে ঋণচার্জ অর্থাৎ ইলেকট্রন।

দ্বিতীয় স্বীকার্য : পরমাণুর ইলেকট্রনগুলো ইচ্ছামতো সকল সম্ভাব্য কক্ষপথে নিউক্লিয়াসের চারদিকে পরিভ্রমণ করতে পারে না। বরং কতকগুলো নির্দিষ্ট কক্ষপথে শক্তির বিকিরণ ব্যতিরেকে অনবরত নিউক্লিয়াসকে পরিভ্রমণ করে। এ কক্ষপথগুলোকে স্থায়ী ও অবিকিরণযোগ্য কক্ষপথ বলে।

তৃতীয় স্বীকার্য : কক্ষপথগুলো বৃত্তাকার। প্রত্যেক কক্ষপথ নিউক্লিয়াস থেকে ভিন্ন ভিন্ন দূরত্বে অবস্থিত।

চতুর্থ স্বীকার্য : কোন অবিকিরণযোগ্য বা স্থায়ী কক্ষপথে আবর্তনের সময় ইলেকট্রনের মোট কৌণিক ভরবেগ $\frac{h}{2\pi}$ এর সরল

গুণিতক হবে, এখানে h হলো প্লাংকের ধ্রুবক। h এর মান 6.624×10^{-27} আর্গ-সেকেন্ড (erg-sec)।

সুতরাং যদি একটি ইলেকট্রনের ভর m , এর কক্ষ পথের ব্যাসার্ধ r , হয় এবং ইলেকট্রনটি v দ্রুতিতে ঘুরে তবে বোরের চতুর্থ স্বীকার্য অনুযায়ী-

$$mvr = \frac{nh}{2\pi}$$

এখানে n একটি পূর্ণ সংখ্যা। বিভিন্ন কক্ষপথের জন্য n এর মান বিভিন্ন হয়। যেমন- ১ম স্থায়ী কক্ষপথের জন্য $n=1$, ২য় স্থায়ী কক্ষপথের জন্য $n=2$, ৩য় স্থায়ী কক্ষপথের জন্য $n=3$ ইত্যাদি হয়। কিন্তু শূন্য হয় না। n কে কক্ষপথের কোয়ান্টাম সংখ্যা (Quantum number) বলে এবং এর নাম মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যা।

পঞ্চম স্বীকার্য : যখন কোন ইলেকট্রন উচ্চতর কক্ষপথ হতে নিম্নতর কক্ষপথে লাফ দেয় তখন শক্তির বিকিরণ ঘটে। আর যদি ইলেকট্রন নিম্নতর কক্ষপথ থেকে উচ্চতর কক্ষপথে লাফ দেয় তবে শক্তির শোষণ ঘটে। এ বিকিরিত বা শোষিত শক্তির পরিমাণ ঐ দুই কক্ষপথের শক্তির বিয়োগফলের সমান এবং মান $h\nu$

$$\therefore E = E_1 \sim E_2 = h\nu$$

এখানে,

$E =$ বিকিরিত বা শোষিত শক্তি

$E_1 =$ নিম্নতর কক্ষপথের শক্তি

$E_2 =$ উচ্চতর কক্ষপথের শক্তি।

**১৩.২.২ : বোরের হাইড্রোজেনের পরমাণু এবং হাইড্রোজেন বর্ণালী
(Bohr's hydrogen atom and the theory of hydrogen spectrum)**

আমরা জানি, হাইড্রোজেন পরমাণুর নিউক্লিয়াসে একটি প্রোটন থাকে। নিউক্লিয়াসের বাহিরে সুবিধায়ুক্ত কক্ষে একটি ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্রে রেখে ঘুরছে।

মনেকরি, ইলেকট্রনের ভর m এবং চার্জ e এটি r ব্যাসার্ধের কক্ষপথে নিউক্লিয়াসের চারদিকে v বেগে ঘুরছে। এখন হাইড্রোজেনের পারমাণবিক সংখ্যা যদি Z এবং প্রোটনের চার্জ e হয়, তবে নিউক্লিয়াসে Ze পরিমাণ ধনচার্জ রয়েছে।

এখানে, ইলেকট্রনের ওপর কেন্দ্রমুখী বল-

$$F = \frac{mv^2}{r} \text{ ----- (১৩.১)}$$

এবং ধনচার্জে চার্জিত নিউক্লিয়াস ও ঋণচার্জে চার্জিত ইলেকট্রনের মধ্যে কুলম্ব তড়িৎ আকর্ষণ বল-

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Ze \cdot e}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{Ze^2}{r^2} \text{ ----- (১৩.২)}$$

এ দুটি বল সাম্যাবস্থা উৎপন্ন করে বলে পরমাণুটি স্থায়িত্ব অর্জন করে-

∴ (১৩.১) এবং (১৩.২) হতে পাই-

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{Ze^2}{r^2}$$

$$\text{বা, } mv^2 = \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} \text{ ----- (১৩.৩)}$$

ঘূর্ণনরত ইলেকট্রনের জড়তার ভ্রামক

$$I = mr^2$$

কৌণিক বেগ

$$\omega = \frac{v}{r}$$

∴ ঘূর্ণনরত ইলেকট্রনটির কৌণিক ভরবেগ

$$= I\omega$$

$$= mr^2 \times \frac{v}{r}$$

$$= mvr \text{ ----- (১৩.৪)}$$

বোরের চতুর্থ স্বীকার্য হতে আমরা পাই-

$$mvr = \frac{nh}{2\pi}, \text{ এখানে } n=1, 2, 3 \text{ ইত্যাদি}$$

$$\text{বা, } v = \frac{nh}{2\pi mr} \text{ ----- (১৩.৫)}$$

এখন (১৩.৩) সমীকরণে v এর মান বসিয়ে পাই-

$$m \left(\frac{nh}{2\pi mr} \right)^2 = \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

$$\text{বা, } \frac{mn^2h^2}{4\pi^2m^2r^2} = \frac{ze^2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

$$\therefore r = \frac{\epsilon_0 n^2 h^2}{\pi m z e^2} \text{ ----- (১৩.৬)}$$

উপরের সমীকরণের সাহায্যে বিভিন্ন কক্ষপথের (n এর বিভিন্ন মানের জন্য) ব্যাসার্ধ নির্ণয় করা যায়।

হাইড্রোজেনের জন্য $z = 1$

$$\therefore r = \frac{\epsilon_0 n^2 h^2}{\pi m e^2}$$

এখানে, ϵ_0 , e , h এবং m প্রত্যেকেই ধ্রুবক।

$\therefore$ কক্ষপথের ব্যাসার্ধ r কোয়ান্টাম সংখ্যা n এর বর্গের সমানুপাতিক।

$$r \propto n^2$$

আবার, $r_1 : r_2 : r_3 : r_4 = 1 : 4 : 9 : 16$

অর্থাৎ ১ম কক্ষপথের ব্যাসার্ধ (r_1) অপেক্ষা ২য় কক্ষপথের ব্যাসার্ধ (r_2) ৪ গুণ। ৩য় কক্ষপথের ব্যাসার্ধ (r_3) ৯ গুণ ইত্যাদি হবে।

হাইড্রোজেন পরমাণুর ১ম কক্ষপথের ব্যাসার্ধ—

$$\begin{aligned} r_1 &= \frac{\epsilon_0 h^2}{\pi m e^2} \quad [\because n=1 \text{ এবং } z=1] \\ &= \frac{8.854 \times 10^{-12} \times (6.625 \times 10^{-34})^2}{(3.14 \times 9.1 \times 10^{-31})(1.6 \times 10^{-19})^2} \\ &= 5.3 \times 10^{-11} \text{ মিটার।} \end{aligned}$$

এ ব্যাসার্ধকে বোর ব্যাসার্ধ বলে।

ঘূর্ণনরত ইলেকট্রনের বেগ :

$$\text{আমরা জানি, } mvr = \frac{nh}{2\pi}$$

$$\text{বা, } v = \frac{nh}{2\pi mr}$$

r এর মান বসিয়ে পাই—

$$\begin{aligned} v &= \frac{nh}{2\pi m} \times \frac{\pi m e^2 z}{\epsilon_0 h^2 n^2} = \frac{ze^2}{2\epsilon_0 nh} \\ &= \frac{ze^2}{2\epsilon_0 nh} \text{ ----- (১৩.৭)} \end{aligned}$$

এখানে, $\frac{ze^2}{2\epsilon_0 h}$ এর মান ধ্রুবক। সুতরাং $v \propto \frac{1}{n}$

অতএব, ক্ষুদ্রতম কক্ষে ইলেকট্রনের বেগ সর্বাধিক।

কক্ষীয় কম্পাংক (Orbital frequency) :

ধরি, কক্ষীয় কম্পাংক = f

$$\text{আমরা জানি, } f = \frac{v}{2\pi r} = \frac{mz^2e^4}{4\epsilon_0 n^3 h^3} \text{ ----- (১৩.৮)}$$

$$\therefore f \propto \frac{1}{n^3}$$

ইলেকট্রনের শক্তি (Electron Energy) :

আবর্তনরত ইলেকট্রনের শক্তিকে কক্ষপথের শক্তি বুঝায়। আবর্তনরত ইলেকট্রনের গতিশক্তি ও স্থিতিশক্তি দুই শক্তিই থাকে।

সুতরাং কোন কক্ষপথের শক্তি,

$$E_n = K.E + P.E$$

$$\text{এখানে, } K.E = \frac{1}{2} mv^2$$

$$\text{কিন্তু } mv^2 = \frac{ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} \quad [১৩.৩ \text{ সমীকরণ হতে }]$$

$$\therefore K.E = \frac{1}{2} \times \frac{ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{ze^2}{8\pi\epsilon_0 r}$$

নিউক্লিয়াস হতে r দূরত্বে কোন বিন্দুতে বিভব

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{ze}{4\pi\epsilon_0 r}$$

$\therefore$ e চার্জের জন্য ইলেকট্রনের স্থিতিশক্তি-

$$P.E = V \times (-e) = -\frac{ze^2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

$$\therefore E_n = K.E + P.E.$$

$$= \frac{ze^2}{8\pi\epsilon_0 r} - \frac{ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{ze^2 - 2ze^2}{8\pi\epsilon_0 r} = -\frac{ze^2}{8\pi\epsilon_0 r}$$

$$E_n = -\frac{ze^2}{8\pi\epsilon_0 r}$$

r এর মান বসিয়ে পাই-

$$E_n = -\frac{ze^2}{8\pi\epsilon_0} \times \frac{\pi me^2}{\epsilon_0 n^2 h^2}$$

$$E_n = -\frac{zme^4}{8\epsilon_0^2 n^2 h^2} \text{ ----- (১৩.৯)}$$

হাইড্রোজেনের ক্ষেত্রে $z = 1$

$$\therefore E_n = -\frac{me^4}{8\epsilon_0^2 n^2 h^2} \text{ ----- (১৩.১০)}$$

উদাহরণ-১

হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রথম কক্ষে অবস্থিত ইলেকট্রনের শক্তির মান নির্ণয় করুন।

$$\text{আমরা জানি, } E_n = ab \frac{zme^4}{8\epsilon_0^2 n^2 h^2} \text{ ----- (i)}$$

এখানে,

$$m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$z = 1$$

$$n = 1$$

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ c}$$

$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ একক}$$

$$h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ জুল-সে.}$$

$\therefore$ (i) সমীকরণ হতে পাই-

$$\begin{aligned} E_1 &= -\frac{9.1 \times 10^{-31} \times 1 \times (1.6 \times 10^{-19})^4}{8 \times (8.859 \times 10^{-12})^2 \times (6.625 \times 10^{-34})} \\ &= -21.7 \times 10^{-19} \text{ জুল।} \end{aligned}$$

(১৩.৯) নং সমীকরণের সাহায্যে বিভিন্ন কক্ষপথে আবর্তনরত ইলেকট্রনের শক্তি বের করা যায়।

সমীকরণ (১৩-১০) থেকে হাইড্রোজেন পরমাণুর বিভিন্ন কক্ষপথে আবর্তনরত ইলেকট্রনের শক্তি নির্ণয় করা যায়।

ওপরের সমীকরণটির সামনে ঋণাত্মক চিহ্ন ইলেকট্রন ও নিউক্লিয়াসের মধ্যে আকর্ষণ শক্তি নির্দেশ করে। কোন পরমাণুতে ইলেকট্রনযুক্ত করতে উপরোক্ত পরিমাণ শক্তির প্রয়োজন। এই অর্থে কক্ষীয় শক্তিকে বন্ধন শক্তি হিসেবে গণ্য করা হয়।

আবার উপরোক্ত সমীকরণ থেকে পাওয়া যায় $E_n \propto -\frac{1}{n^2}$ । সেহেতু n বৃদ্ধি পেলে E_n বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ ভিতরের কক্ষপথ অপেক্ষা বাহিরের কক্ষপথের শক্তি অধিক।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন

নৈর্ব্যক্তিক প্রশ্ন

- ক. সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন।
- ১। বোর-এর স্বীকার্য অনুসারে ধনচার্জ থাকে—
 (ক) নিউক্লিয়াসের ভিতরে (খ) নিউক্লিয়াসের বাইরে
 (গ) কক্ষপথে (ঘ) কোনটিই নয়।
- ২। বোর-এর স্বীকার্য অনুসারে কক্ষপথগুলো—
 (ক) উপবৃত্তাকার (খ) বৃত্তাকার
 (গ) অধিবৃত্তাকার (ঘ) সরলরৈখিক।
- ৩। ইলেকট্রন উচ্চতর কক্ষপথ হতে নিম্নতর কক্ষপথে লাফ দিলে শক্তির—
 (ক) শোষণ ঘটে (খ) প্রব থাকে
 (গ) বিকিরণ ঘটে (ঘ) উপরের কোনটিই নয়।
- ৪। কক্ষপথের ব্যাসার্ধের সমীকরণ নিচের কোনটি?
 (ক) $r = \frac{\epsilon_0 h^2}{\pi m z h^2 e^2}$ (খ) $r = \frac{\epsilon_0 n^2 h^2}{\pi m z e^2}$
 (গ) $r = \frac{\epsilon_0 n^2 h^2 e^2}{\pi m z}$ (ঘ) $r = \frac{\epsilon_0 \pi n^2 h^2}{m z e v}$

খ. সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন :

- ১। বোরের পরমাণু মডেলের প্রধান ভিত্তি কি লিখুন। অনুচ্ছেদ ১৩.২.১
- ২। বোরের চতুর্থ স্বীকার্যটি সংক্ষেপে ব্যাখ্যা করে লিখুন। অনুচ্ছেদ ১৩.২.১



তেজস্ক্রিয়তা



উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- তেজস্ক্রিয়তার সংজ্ঞা লিখতে পারবেন;
- তেজস্ক্রিয়তার বৈশিষ্ট্য বলতে পারবেন;
- তেজস্ক্রিয় রশ্মিগুলোর ধর্ম ও প্রকৃতি সম্পর্কে লিখতে পারবেন।

১৩.৩.১ : তেজস্ক্রিয়তা (Radioactivity)

বিজ্ঞানী হেনরী বেকেরেল সর্বপ্রথম লক্ষ করেন যে, ইউরেনিয়াম ও ইউরেনিয়ামের যৌগ হতে অবিরাম স্বতঃস্ফূর্তভাবে এক প্রকার কণা এবং রশ্মি নির্গত হয়। পরবর্তীতে পিয়ারে কুরী এবং তাঁর স্ত্রী মাদাম কুরী থোরিয়ামের মধ্যে এই একই গুণ আবিষ্কার করেন। কোন পদার্থ হতে স্বতঃস্ফূর্তভাবে অবিরাম এরূপ কণা বা রশ্মি নির্গত হওয়াকে তেজস্ক্রিয়তা বলে এবং যে পদার্থ হতে এরূপ কণা বা রশ্মি নির্গত হয় তাকে তেজস্ক্রিয় পদার্থ (Radioactive Substance) বলে।

তেজস্ক্রিয়তার বৈশিষ্ট্য (Characteristics of radioactivity)

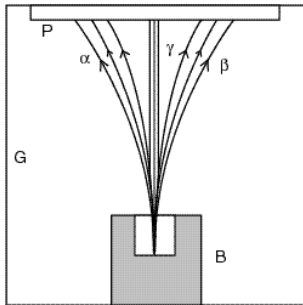
- ১। যে সকল মৌলের পারমাণবিক ওজন ২০৬ এর অধিক, সে সকল পদার্থ তেজস্ক্রিয়তা প্রদর্শন করে।
- ২। তেজস্ক্রিয়তা একটি স্বতঃস্ফূর্ত ঘটনা।
- ৩। তেজস্ক্রিয়তা একটি অবিরাম প্রক্রিয়া।
- ৪। তেজস্ক্রিয় রশ্মি বা কণা ধনচার্জ যুক্ত, ঋণচার্জ যুক্ত এবং চার্জ নিরপেক্ষ হতে পারে।
- ৫। তেজস্ক্রিয়তা একটি নিউক্লিয়ার ঘটনা।
- ৬। তেজস্ক্রিয়তার ফলে নতুন মৌলের সৃষ্টি হয়। যেমন- রেডিয়াম হতে হিলিয়াম ও র্যাডন সৃষ্টি হয়।

১৩.৩.২ : তেজস্ক্রিয় রশ্মি (Radioactive Rays)

১৯০০ খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী রাদারফোর্ড এবং ভিলার্ড পরীক্ষার মাধ্যমে দেখান যে, তেজস্ক্রিয় পদার্থ হতে তিন প্রকার রশ্মি নির্গত হয়; যথা-

- ১। আলফা রশ্মি (α -rays)
- ২। বিটা রশ্মি (β -rays) এবং
- ৩। গামা রশ্মি (γ -rays)

নিম্নের পরীক্ষার সাহায্যে বিজ্ঞানী মাদামকুরী আলফা, বিটা ও গামা রশ্মির অস্তিত্ব প্রমাণ করেন।



চিত্র : ১৩-৫

এ পরীক্ষার জন্য প্রথমে একটি পুরু সীসার ব্লক নেওয়া হয়। এখন সীসার ব্লকের মধ্যে একটি গর্ত করে সামান্য রেডিয়াম রাখা হয়। ছিদ্র হতে সামান্য দূরে অনুভূমিকভাবে বা কাগজের তলের অভিলম্বভাবে একটি ফটোগ্রাফিক প্লেট রাখা হয় (চিত্রঃ ১৩-৫)। সমস্ত ব্যবস্থাটিকে একটি বায়ু নিরুদ্ধ প্রকোষ্ঠে রেখে পাম্পের সাহায্যে বাতাস বের করে নেয়া হয়। এখন চৌম্বক ক্ষেত্র প্রয়োগ করলে ফটোগ্রাফিক প্লেটের উপর তিনটি ভিন্ন ভিন্ন দাগ দেখা যাবে।

চৌম্বক ক্ষেত্রের অভিমুখ কাগজের তলের অভিলম্বভাবে নিচের দিকে হলে ফ্লেমিং-এর বাম হস্ত নিয়মানুসারে বাম দিকে যে রশ্মিটি বেঁকে গেছে তা আলফা রশ্মি, ডানদিকে যে রশ্মিটি বেঁকে গেছে তা বিটা রশ্মি এবং যে রশ্মিটি সোজা উপরের দিকে গিয়ে প্লেটের উপরে পড়েছে অর্থাৎ যার ওপর চৌম্বক ক্ষেত্রের কোন প্রভাব নাই তা গামা রশ্মি।

১৩.৩.৩ : তেজস্ক্রিয় রশ্মির প্রকৃতি ও ধর্ম

(ক) আলফা রশ্মি

- ১। আলফা রশ্মি ধন চার্জযুক্ত। চার্জের পরিমাণ 9.56×10^{-10} ই.এস.ইউ।
- ২। রশ্মির প্রত্যেকটি কণার ভর হাইড্রোজেন পরমাণুর ভরের চারগুণের সমান।
- ৩। এ রশ্মি বৈদ্যুতিক ও চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা বিক্ষিপ্ত হয়। সুতরাং আলফা রশ্মির কণাগুলো চার্জযুক্ত।
- ৪। এ রশ্মির আয়নায়ন ক্ষমতা খুব বেশি। এ ক্ষমতা β রশ্মির তুলনায় 100 গুণ এবং γ রশ্মির তুলনায় 1000 গুণ।
- ৫। এ রশ্মি ফটোথ্রাফিক প্লেটের ওপর ক্রিয়া করে।
- ৬। এ রশ্মির ভেদন ক্ষমতা খুব কম। β এবং γ রশ্মির তুলনায় এর ভেদন ক্ষমতা অনেক কম।
- ৭। এ রশ্মি জিঙ্ক সালফাইড ও বেরিয়াম প্লাটিনোসালফাইডের ওপর পড়লে প্রতিপ্রভা সৃষ্টি হয়।
- ৮। আলফা রশ্মি শরীরের কোন স্থানে পড়লে ক্ষত সৃষ্টি করে। এ ক্ষত সারান খুব কষ্টকর।
- ৯। আলফা রশ্মির কণার বেগ 1.4×10^9 সে.মি./সে. হতে 1.9×10^9 সে.মি./সে. হয়।
- ১০। পাতলা ধাতব পাতের ভেতর দিয়ে যাবার সময় আলফা রশ্মির কণাগুলোর বিক্ষেপণ ঘটে।

(খ) বিটা রশ্মি

- ১। বিটা রশ্মি ঋণ চার্জযুক্ত। চার্জের পরিমাণ 4.77×10^{-10} ই.এস.ইউ।
- ২। এ রশ্মির প্রত্যেকটি কণার ভর একটি ইলেকট্রনের ভরের সমান (9.1×10^{-31} কি:গ্রাম)।
- ৩। এ রশ্মি বৈদ্যুতিক ও চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা বিক্ষিপ্ত হয়। সুতরাং বিটা রশ্মির কণাগুলো চার্জযুক্ত।
- ৪। এ রশ্মি গ্যাসকে আয়নিত করতে পারে।
- ৫। এ রশ্মি ফটোথ্রাফিক প্লেটের ওপর ক্রিয়া করে।
- ৬। এ রশ্মির ভেদন ক্ষমতা আছে। আলফা রশ্মি অপেক্ষা এদের ভেদন ক্ষমতা বেশি।
- ৭। এ রশ্মি বেরিয়াম প্লাটিনোসালফাইড, ক্যালসিয়াম-টাংস্টেন ইত্যাদিতে প্রতিপ্রভা সৃষ্টি করে।
- ৮। বিটা রশ্মির কণার বেগ 0.9×10^{10} সে.মি./সে. হতে 2.9×10^{10} সে.মি./সে. হতে পারে।
- ৯। এ রশ্মি কোন পদার্থের মধ্যদিয়ে যাবার সময় বিক্ষিপ্ত হয়। এ বিক্ষেপণ আলফা রশ্মির তুলনায় অনেক বেশি।
- ১০। এ রশ্মির গতিশক্তি আছে।

(গ) গামা রশ্মি

- ১। গামা রশ্মি অতি ক্ষুদ্র তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের বিদ্যুৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ।
- ২। গামা রশ্মির কোন চার্জ নেই।
- ৩। গামা রশ্মির কোন ভর নেই।
- ৪। এ রশ্মি বৈদ্যুতিক ও চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা বিক্ষিপ্ত হয় না। সুতরাং গামা রশ্মির কণাগুলো চার্জহীন।
- ৫। এ রশ্মি গ্যাসকে আয়নায়িত করতে পারে। এর আয়নায়ন ক্ষমতা আলফা এবং বিটা রশ্মির তুলনায় অনেক কম।
- ৬। এ রশ্মি ফটোথ্রাফিক প্লেটের ওপর ক্রিয়া করে।
- ৭। এ রশ্মির ভেদন ক্ষমতা আলফা ও বিটা রশ্মির তুলনায় অনেক বেশি।
- ৮। এ রশ্মি প্রতিপ্রভা সৃষ্টি করতে পারে।
- ৯। গামা রশ্মি 3×10^{10} সে.মি./সে. বেগে গমন করে।
- ১০। গামা রশ্মির প্রতিফলন, প্রতিসরণ, ব্যতিচার, অপবর্তন ইত্যাদি আলোকীয় ধর্ম আছে।

সারসংক্ষেপ

তেজস্ক্রিয়তা : কোন পদার্থ হতে স্বতঃস্ফূর্তভাবে অবিরাম কণা বা রশ্মি নির্গত হওয়াকে তেজস্ক্রিয়তা বলে।

তেজস্ক্রিয় রশ্মি : তেজস্ক্রিয় পদার্থ হতে তিন প্রকার রশ্মি নির্গত হয়।

যথা—

- ১। আলফা রশ্মি (α -rays)
- ২। বিটা রশ্মি (β -rays) এবং
- ৩। গামা রশ্মি (γ -rays)

পাঠোত্তর মূল্যায়ন

নৈর্ব্যক্তিক প্রশ্ন :

ক. সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন।

১। আলফা রশ্মির চার্জের পরিমাণ—

- | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| (ক) 9.40×10^{-10} ই.এস.ইউ | (খ) 9.50×10^{-10} ই.এস.ইউ |
| (গ) 9.56×10^{-10} ই.এস.ইউ | (ঘ) 9.46×10^{-10} ই.এস.ইউ। |

২। বিটা রশ্মির চার্জের পরিমাণ—

- | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| (ক) 4.77×10^{-10} ই.এস.ইউ | (খ) 4.70×10^{-10} ই.এস.ইউ |
| (গ) 4.74×10^{-10} ই.এস.ইউ | (ঘ) 4.57×10^{-10} ই.এস.ইউ। |

৩। বিটা রশ্মির প্রত্যেকটি কণার ভর—

- | | |
|---------------------------|---------------------|
| (ক) হিলিয়াম পরমাণুর সমান | (খ) ইলেকট্রনের সমান |
| (গ) প্রোটনের সমান | (ঘ) নিউট্রনের সমান। |

৪। গামা রশ্মির ভর—

- | | |
|-----------------------------|--------------------|
| (ক) হাইড্রোজেন পরমাণুর সমান | (খ) নেই |
| (গ) ইলেকট্রনের সমান | (ঘ) প্রোটনের সমান। |

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন :

১। তেজস্ক্রিয়তার সংজ্ঞা লিখুন। অনুচ্ছেদ ১৩.৩.১

২। তেজস্ক্রিয় রশ্মিগুলোর নাম লিখুন। অনুচ্ছেদ ১৩.৩.২।



তেজস্ক্রিয়তার ক্ষয়সূত্র ও অর্ধায়ু শৃঙ্খল বিক্রিয়া, ফিশন ও ফিউশন



উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয়তা ও কৃত্রিম তেজস্ক্রিয়তা কাকে বলে লিখতে পারবেন;
- তেজস্ক্রিয়তার ক্ষয়সূত্র বর্ণনা করতে পারবেন;
- অর্ধায়ু কাকে বলে লিখতে ও বর্ণনা করতে পারবেন;
- গড় আয়ুর ব্যাখ্যা লিখতে পারবেন;
- গড় আয়ু ও অর্ধায়ুর মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করতে পারবেন;
- ফিশন, ফিউশন ও শৃঙ্খল বিক্রিয়ার বর্ণনা করতে পারবেন।

১৩.৪.১ : তেজস্ক্রিয়তার প্রকারভেদ (Kinds of radioactivity)

তেজস্ক্রিয়তা দুই প্রকার : যথা-

(১) প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয়তা (Natural radioactivity) এবং

(২) কৃত্রিম তেজস্ক্রিয়তা (Artificial radioactivity)।

কোন পদার্থ হতে স্বতঃস্ফূর্তভাবে যে তেজস্ক্রিয়তা ঘটে, তাকে প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয়তা বলে। যেমন- ইউরেনিয়াম, রেডিয়াম, থোরিয়াম প্রভৃতি মৌলিক পদার্থ হতে যে তেজস্ক্রিয়তা ঘটে তা প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয়তা।

কৃত্রিম উপায়ে কোন মৌলকে তেজস্ক্রিয় মৌলে পরিণত করলে যে তেজস্ক্রিয়তা ঘটে, তাকে কৃত্রিম তেজস্ক্রিয়তা বলে। কোন পরমাণুর নিউক্লিয়াসে দ্রুত গতিসম্পন্ন চার্জিত কণা দিয়ে আঘাত করলে উহাকে তেজস্ক্রিয় মৌলে পরিণত করা যায়।

১৩.৪.২ : তেজস্ক্রিয়তার একক (Units of Radioactivity)

তেজস্ক্রিয়তা পরিমাপের জন্য যে একক ব্যবহার করা হয় তাকে তেজস্ক্রিয়তার একক বলা হয়, তেজস্ক্রিয়তার দুইটি একক আছে।

কুরী : প্রতি সেকেন্ডে 3.7×10^{10} আলফা কণার বিকিরণকে এক কুরী বলে। এ এককটি অত্যন্ত বড় বলে মিলি কুরী বা মাইক্রো কুরী একক সাধারণত ব্যবহার করা হয়।

রাদারফোর্ড : প্রতি সেকেন্ডে 10^6 আলফা কণার বিকিরণকে এক রাদারফোর্ড বলে।

১৩.৪.৩ : তেজস্ক্রিয়ার ক্ষয়সূত্র (Radioactive Decay Law)

১৯০২ খ্রিস্টাব্দে রাদারফোর্ড এবং সডি তেজস্ক্রিয়ার ক্ষয়সূত্র আবিষ্কার করেন। সূত্রটি নিম্নে দেওয়া হলো-

সূত্র : কোন মুহূর্তে তেজস্ক্রিয় পরমাণুর ভাঙ্গন বা অবক্ষয়ের হার ঐ মুহূর্তে উপস্থিত অক্ষত পরমাণুর সমানুপাতিক।

ব্যাখ্যা : মনে করি, কোন সময় t তে কোন তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণুর সংখ্যা হলো N এবং অতি ক্ষুদ্র অবকাশ dt তে dN সংখ্যক পরমাণু ভেঙ্গে যায়।

$$\therefore \text{ভাঙ্গনের হার } I = \frac{dN}{dt}$$

সূত্রানুসারে-

$$- \frac{dN}{dt} \propto N$$

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

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

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

$$\therefore \frac{dN}{N} = -\lambda dt \text{ ---- (১৩.৭)}$$

এখানে λ একটি ধ্রুবক, এর নাম তেজস্ক্রিয় ক্ষয় ধ্রুবক। সময় পরিবর্তনের সাথে সাথে তেজস্ক্রিয় বস্তুর পরমাণুর সংখ্যা হ্রাস পায়, সুতরাং সমীকরণের পূর্বে ঋণচিহ্ন দেয়া হল।

$$\text{সমীকরণ } \frac{dN}{N} = -\lambda dt \text{ সমাকলন করে পাই}$$

$$\text{Log}_e N = -\lambda t + C \text{ ---- (১৩.৮)}$$

এখানে C প্রতিটি সমাকলন ধ্রুবক, একে ভাগ্ন ধ্রুবক বলে।

যখন $t = 0$, তখন $N = N_0$ = তেজস্ক্রিয় পদার্থে উপস্থিত পরমাণুর প্রারম্ভিক সংখ্যা।

$\therefore$ সমীকরণ (১৩-৮) হতে পাই

$$\text{Log}_e N_0 = C \text{ ---- (১৩.৯)}$$

এখন সমীকরণ (১৩-৮) এবং (১৩-৯) হতে পাই

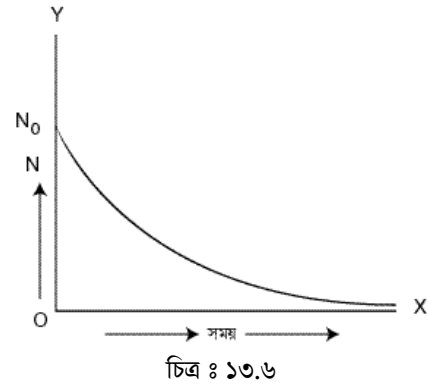
$$\text{Log}_e N = -\lambda t + \text{Log}_e N_0$$

$$\text{বা, } \text{Log}_e N - \text{Log}_e N_0 = -\lambda t$$

$$\text{বা, } \text{Log}_e \frac{N}{N_0} = -\lambda t$$

$$\text{বা, } \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$$

$$\therefore N = N_0 e^{-\lambda t} \text{ ---- (১৩.১০)}$$



ইহা তেজস্ক্রিয়তার ক্ষয়সূত্র। এখন এ সমীকরণের সময় t কে x অক্ষ বরাবর এবং অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা N কে y অক্ষ বরাবর অঙ্কন করলে (১৩.৬) এর ন্যায় লেখ চিত্র পাওয়া যায়।

উদাহরণ-১

র্যাডনের অর্ধায়ু ৪ দিন। কতদিন পরে র্যাডনের $\frac{1}{20}$ অংশ অবশিষ্ট থাকবে?

মনেকরি, সময় t , আমরা পাই $N = N_0 e^{-\lambda t}$

$$\text{বা, } \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$$

$$\text{এখানে } \frac{N}{N_0} = \frac{1}{20}$$

$$\therefore \frac{1}{20} = e^{-\lambda t} = \frac{1}{e^{\lambda t}}$$

$$\text{বা, } e^{\lambda t} = 20 \text{ বা, } \lambda t = \log_e 20 = 2.3026 \times \log_{10} 20$$

ইউনিট তের

$$\text{বা } t = \frac{2.3026 \cdot 1.3010}{\lambda} \therefore \lambda = \frac{0.693}{\text{litJ} \sim \text{M}} = \frac{0.693}{4}$$

$$\text{বা } t = \frac{2.3026 \cdot 1.3010 \cdot 4}{0.693}$$

$$= 17.29 \text{ দিন।}$$

১৩.৪.৪ : অর্ধায়ু (Half life)

যে সময়ে কোন তেজস্ক্রিয় পদার্থের প্রারম্ভিক মোট পরমাণুর সংখ্যা ভেঙ্গে অর্ধেক হয়, সে সময়কে ঐ পদার্থের অর্ধায়ু বলে।

আমরা জানি, যে কোন সময় তেজস্ক্রিয় পদার্থের পরমাণুর সংখ্যা $N = N_0 e^{-\lambda t}$

এখানে, N_0 = প্রারম্ভিক মোট পরমাণুর সংখ্যা

λ = ভাঙ্গন ধ্রুবক এবং

N = t সময় পর পরমাণুর সংখ্যা।

যদি পদার্থের অর্ধায়ু T হয়, তাহা হলে যখন $t=T$, তখন $N = \frac{N_0}{2}$

$$\therefore \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} = e^{-\lambda T}$$

$$\text{বা, } \log_e 2 = \lambda T$$

$$\therefore T = \frac{\log_e 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$

$$\text{অর্থাৎ অর্ধায়ু} = \frac{0.693}{nJ\dot{n}j \text{ is} \Delta m T} \text{ ----- (১৩.১১)}$$

$$\therefore T \propto \frac{1}{\lambda}$$

অর্ধায়ু ভাঙ্গন ধ্রুবকের ব্যস্তানুপাতিক।

উদাহরণ-২

একটি তেজস্ক্রিয় পদার্থের পরমাণু সংখ্যা 10 বৎসরে হ্রাস পেয়ে অর্ধেক হয়। 20 বৎসর পর পরমাণুর সংখ্যা কত হবে?

10 বৎসরে পরমাণুর সংখ্যা অর্ধেক হয় বলে ইহার অর্ধায়ু = 10 বৎসর।

$$\therefore T = \frac{0.693}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{0.693}{T} = \frac{0.693}{10}$$

$$= 0.0693 \text{ বৎসর।}$$

$$\text{আমরা জানি, } \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$$

এখানে, $t = 20$ বৎসর

অতএব, 20 বৎসর পর পরমাণুর সংখ্যা হবে

$$N = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 e^{-0.0693 \times 20}$$

$$\text{বা, } N = N_0 \times \frac{1}{4}$$

অর্থাৎ 20 বৎসর পরে পরমাণুর সংখ্যা প্রাথমিক পরমাণুর সংখ্যার চারভাগের একভাগ হবে।

১৩.৪.৫ : গড় আয়ু (Mean life or Average life)

তেজস্ক্রিয়তা একটি স্বতঃস্ফূর্ত ঘটনা। তেজস্ক্রিয় মৌলের সকল পরমাণু এক সঙ্গে ভাঙে না। এদের আয়ু শূন্য হতে অসীম পর্যন্ত হয়। এ কারণে কোন তেজস্ক্রিয় মৌলের আয়ু বলতে পরমাণুগুলোর গড় আয়ু বুঝায়।

সংজ্ঞা : কোন তেজস্ক্রিয় পদার্থে উপস্থিত সমস্ত পরমাণুর মোট আয়ু ও ঐ পরমাণুর সংখ্যার অনুপাতকে বুঝায়। একে τ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

মনেকরি, পদার্থের প্রারম্ভিক অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা N_0 এবং t সময় পরে মোট পরমাণুর সংখ্যা $= N$ । এখন ধরি, খুব অল্প অবকাশ dt তে dN সংখ্যক পরমাণু বিয়োজিত হয়। dt অতি ক্ষুদ্র বলে আমরা ধরতে পারি, dN সংখ্যক পরমাণুর প্রত্যেকের আয়ু t ।

$\therefore$ সমস্ত পরমাণুর মোট আয়ু—

$$= \int_{t=0}^{\infty} -t \cdot dN$$

$$\text{আবার, } N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\therefore dN = -N_0 \lambda \cdot e^{-\lambda t} \cdot dt$$

$\therefore$ সমস্ত পরমাণুর মোট আয়ু

$$\begin{aligned} &= N_0 \lambda \int_{t=0}^{\infty} t \cdot e^{-\lambda t} \cdot dt \\ &= \frac{N_0}{\lambda} \end{aligned}$$

$\therefore$ পরমাণুর গড় আয়ু

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{1}{N_0} \cdot \frac{N_0}{\lambda} \\ &= \frac{1}{\lambda} \text{----- (13.12)} \end{aligned}$$

$\therefore$ কোন তেজস্ক্রিয় পদার্থের গড় আয়ু এর ভাঙ্গন ধ্রুবকের বিপরীত রাশির সমান।

১৩.৪.৬ : গড় আয়ু এবং অর্ধায়ুর মধ্যে সম্পর্ক (Relation between mean life and half life)

আমরা জানি,

$$\text{অর্ধায়ু, } T = \frac{0.693}{\lambda}$$

$$\text{এবং গড় আয়ু } \tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{T}{0.693}$$

$$\text{অর্থাৎ গড় আয়ু} = \frac{\text{অর্ধায়ু}}{0.693}$$

$$\therefore T = 0.693 \times \tau \text{----- (১৩.১৩)}$$

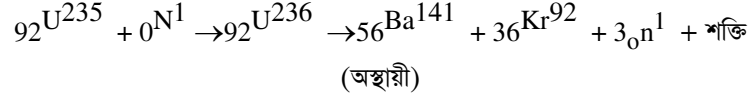
১৩.৪.৭ : ফিশন ও ফিউশন বিক্রিয়া (Fission and Fusion Method)

বর্তমানে পরমাণু হতে দুটি পদ্ধতিতে শক্তি উৎপন্ন হয়। যথা—

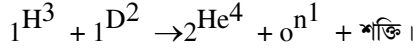
১। ফিশন (Fission) এবং

২। ফিউশন (Fusion)।

ফিশন : যখন ভারী পরমাণুর নিউক্লিয়াস বিশ্লিষ্ট হয়ে প্রায় সমান ভরের দুটি নিউক্লিয়াসে পরিণত হয় এবং বিপুল পরিমাণ শক্তি নির্গত করে, তখন তাকে ফিশন বলে। যেমন— ইউরেনিয়ামকে (${}_{92}\text{U}^{235}$) নিউট্রন দ্বারা আঘাত করলে, ইউরেনিয়াম নিউট্রনকে শোষণ করে প্রথমে অস্থায়ী ইউরেনিয়ামে (${}_{92}\text{U}^{236}$) পরিণত হয় এবং পরে বিশ্লিষ্ট হয়ে বেরিয়াম ও ক্রিপটন নিউক্লিয়াসে পরিণত হয়। এ পদ্ধতিতে প্রচুর শক্তি নির্গত হয়।



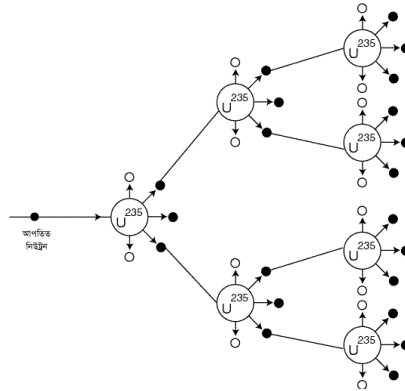
ফিউশন : যখন এক বা একাধিক হালকা নিউক্লিয়াস একত্রিত হয়ে একটি অপেক্ষাকৃত ভারী নিউক্লিয়াস গঠন করে এবং অত্যধিক শক্তি নির্গত হয় তখন তাকে ফিউশন বলে। যেমন— ট্রাইটিয়ামের (${}^3\text{H}^1$) সাথে ডিউটেরিয়াম (${}^2\text{D}^1$) যুক্ত হয়ে হিলিয়াম উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে প্রচণ্ড শক্তি নির্গত হয়।



১৩.৪.৮ : শৃঙ্খল বিক্রিয়া (Chain Reaction)

শৃঙ্খল বিক্রিয়া এমন একটি প্রক্রিয়া যা একবার শুরু হলে তাকে চালানোর জন্য বাহির হতে কোন উৎস বা শক্তির প্রয়োজন হয় না। এ বিক্রিয়া একাকী চলতে থাকে। যেমন— ইউরেনিয়াম (${}_{92}\text{U}^{235}$) পরমাণুর নিউক্লিয়াসকে একটি উচ্চ শক্তিসম্পন্ন নিউট্রন দিয়ে আঘাত করলে ফিশনের জন্য নিউক্লিয়াসটি প্রথমে দুইটি নিউক্লিয়াস বেরিয়াম এবং ক্রিপটনে পরিণত হবে। এবং সঙ্গে সঙ্গে তিনটি নিউট্রন উৎপন্ন হবে।

এ তিনটি নিউট্রন আরও তিনটি নিউক্লিয়াসের ফিশন ঘটাবে। ফলে আবারও পাওয়া যাবে নয়টি নিউট্রন। এ নয়টি নিউট্রন নয়টি নিউক্লিয়াসে ফিশনে ঘটিয়ে সাতাশটি নিউট্রন উৎপন্ন করবে। এভাবে ইউরেনিয়ামের নিউক্লিয়াস শেষ না হওয়া পর্যন্ত প্রক্রিয়াটি চলতে থাকবে। এ প্রক্রিয়াকে শৃঙ্খল বিক্রিয়া বলে।



চিত্র : ১৩.৭

সারসংক্ষেপ

প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয়তা : কোন পদার্থ হতে স্বতঃস্ফূর্তভাবে যে তেজস্ক্রিয়তা ঘটে, তাকে প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয়তা বলে। কৃত্রিম তেজস্ক্রিয়তা : কৃত্রিম উপায়ে কোন মৌলকে তেজস্ক্রিয় মৌলে পরিণত করলে যে তেজস্ক্রিয়তা ঘটে, তাকে কৃত্রিম তেজস্ক্রিয়তা বলে। কুরী : প্রতি সেকেন্ডে 3.7×10^{10} আলফা কণার বিকিরণকে এক কুরী বলে। রাদারফোর্ড : প্রতি সেকেন্ডে 10^6 আলফা কণার বিকিরণকে এক রাদারফোর্ড বলে। তেজস্ক্রিয়তার ক্ষয়সূত্র : কোন মুহূর্তে তেজস্ক্রিয় পরমাণুর ভাঙ্গন বা অবক্ষয়ের হার ঐ মুহূর্তে উপস্থিত অক্ষত পরমাণুর সমানুপাতিক। অর্ধায়ু : যে সময়ে কোন তেজস্ক্রিয় পদার্থের প্রারম্ভিক মোট পরমাণুর সংখ্যা ভেঙ্গে অর্ধেক হয়, সে সময়কে ঐ পদার্থের অর্ধায়ু বলে। ফিশন : যখন ভারী পরমাণুর নিউক্লিয়াস বিশিষ্ট হয়ে প্রায় সমান ভরের দুটি নিউক্লিয়াসে পরিণত হয় এবং বিপুল পরিমাণ শক্তি নির্গত করে, তখন তাকে ফিশন বলে। ফিউশন : যখন এক বা একাধিক হালকা নিউক্লিয়াস একত্রিত হয়ে একটি অপেক্ষাকৃত ভারী নিউক্লিয়াস গঠন করে এবং অত্যাধিক শক্তি নির্গত হয়, তখন তাকে ফিউশন বলে। শৃঙ্খল বিক্রিয়া : শৃঙ্খল বিক্রিয়া এমন একটি প্রক্রিয়া যা একবার শুরু হলে তাকে চালানোর জন্য বাহির হতে কোন উৎস বা শক্তির প্রয়োজন হয় না।
--

প্রয়োজনীয় সমীকরণ :

$$\text{তেজস্ক্রিয়তার ক্ষয়সূত্র } N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\text{অর্ধায়ু : } T = \frac{0.693}{\lambda}$$

$$\text{গড় আয়ু : } \tau = \frac{1}{\lambda}$$

পাঠোত্তর মূল্যায়ন

নৈর্ব্যক্তিক প্রশ্ন :

ক. সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন।

১। এক কুরী অর্থ প্রতি সেকেন্ডে—

- (ক) 3.7×10^{11} আলফা কণার বিকিরণ
- (খ) 3.5×10^{11} আলফা কণার বিকিরণ।
- (গ) 3.7×10^{10} আলফা কণার বিকিরণ।
- (ঘ) 3.8×10^{10} আলফা কণার বিকিরণ।

২। অর্ধায়ুর সমীকরণ নিচের কোনটি?

- (ক) $T = \frac{0.693}{\lambda}$
- (খ) $T = \frac{0.673}{\lambda}$
- (গ) $T = \frac{1.693}{\lambda}$

$$(ঘ) T = \frac{0.603}{\lambda}$$

৩। গড় আয়ু ও অর্ধায়ুর মধ্যে সম্পর্ক-

$$(ক) \tau = \frac{T}{0.693}$$

$$(খ) \tau = \frac{0.693}{T}$$

$$(গ) \tau = \frac{0.603}{T}$$

$$(ঘ) \tau = \frac{0.793}{T}$$

খ. সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন :

- ১। প্রাকৃতিক ও কৃত্রিম তেজস্ক্রিয়তার সংজ্ঞা লিখুন। অনুচ্ছেদ ১৩.৪.১
- ২। কুরী কাকে বলে লিখুন। অনুচ্ছেদ ১৩.৪.২
- ৩। তেজস্ক্রিয়তার ক্ষয়সূত্রটি লিখুন। অনুচ্ছেদ ১৩.৪.৩
- ৪। অর্ধায়ুর সংজ্ঞা লিখুন। অনুচ্ছেদ ১৩.৪.৪
- ৫। ফিশন, ফিউশন ও শৃঙ্খল বিক্রিয়ার সংজ্ঞা লিখুন। অনুচ্ছেদ ১৩.৪.৭ ও ১৩.৪.৮।

রচনামূলক প্রশ্ন :

- ১। রাদারফোর্ডের পরমাণুর পরীক্ষালব্ধ ফলাফল বর্ণনা করুন। অনুচ্ছেদ ১৩.১.২, ১৩.১.৩
- ২। রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেলের ত্রুটিগুলো লিখুন। অনুচ্ছেদ ১৩.১.৪
- ৩। বোরের পরমাণু মডেলের ব্যাখ্যা দিন। অনুচ্ছেদ ১৩.২.১
- ৪। বোরের হাইড্রোজেনের পরমাণু এবং হাইড্রোজেনের বর্ণালী তত্ত্ব ব্যাখ্যা করুন। অনুচ্ছেদ ১৩.২.২
- ৫। তেজস্ক্রিয় রশ্মিগুলোর নাম, প্রকৃতি ও ধর্ম লিখুন। অনুচ্ছেদ ১৩.৩.৩
- ৬। তেজস্ক্রিয়তার ক্ষয়সূত্রটি ব্যাখ্যা করুন। অনুচ্ছেদ ১৩.৪.৩
- ৭। অর্ধায়ুর সমীকরণটি ব্যাখ্যা করুন। অনুচ্ছেদ ১৩.৪.৪
- ৮। গড় আয়ুর সূত্রটি ব্যাখ্যা করুন। অনুচ্ছেদ ১৩.৪.৫
- ৯। ফিশন, ফিউশন ও শৃঙ্খল বিক্রিয়ার বর্ণনা করুন। অনুচ্ছেদ ১৩.৪.৭, ১৩.৪.৮