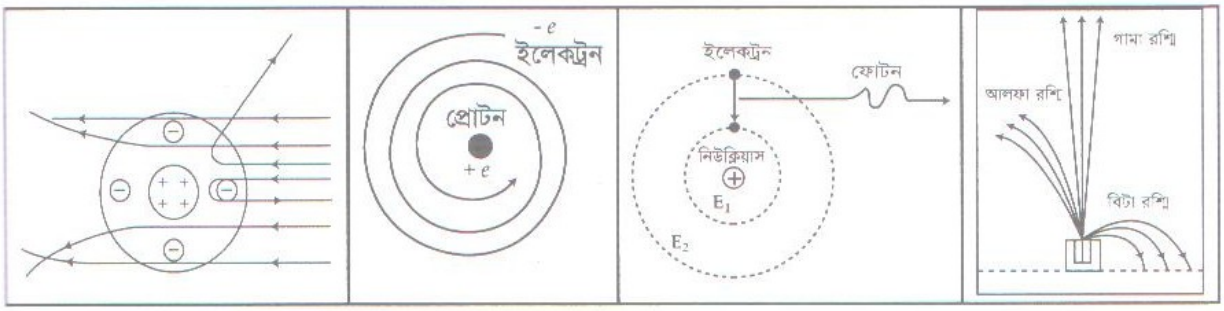
৯

পরমাণুর মডেল এবং নিউক্লিয়ার পদার্থবিজ্ঞান

ATOMIC MODEL AND NUCLEAR PHYSICS

প্রধান শব্দ (Key Words) : পরমাণু, নিউক্লিয়াস, পরমাণু মডেল, নিউক্লিয়ন, নিউক্লিয়াসের গঠন, তেজস্ক্রিয়তা, কুরী, তেজস্ক্রিয়তার ক্ষয়-সূত্র, অর্ধায়ু, ক্ষয় ধ্রুবক, গড় আয়ু, চেইন বিক্রিয়া, ফিশন, ফিউশন, ভর ত্রুটি, বন্ধন শক্তি, নিউক্লিয় বিক্রিয়া।



সূচনা
Introduction

অ্যাটম কথাটি গ্রিক শব্দ অ্যাটোমোস (atomos) হতে এসেছে। অ্যাটোমোসের অর্থ অবিভাজ্য। বিজ্ঞানী ডালটন পরমাণুর অবিভাজ্য সংক্রান্ত ধারণার প্রবর্তক। উনবিংশ শতাব্দিতে এই ধারণার বিকাশ হয়েছিল, কিন্তু ইলেকট্রন, প্রোটন, নিউট্রন ইত্যাদি মৌলিক কণার আবিষ্কারের পর ঐ ধারণা পরিত্যক্ত হয়েছে। এই মৌলিক কণাগুলিই সমস্ত মৌলের পরমাণু গঠন করে। স্বাভাবিক অবস্থায় যে কোনো পরমাণু বিদ্যুৎ নিরপেক্ষ। এ থেকে সিদ্ধান্ত নেওয়া যায় যে, পরমাণুতে সমপরিমাণ ধনচার্জ এবং ঋণচার্জ রয়েছে।

1911 খ্রিস্টাব্দে নিউক্লিয়াস আবিষ্কারের গৌরব এবং কৃতিত্ব অর্জন করেন বিজ্ঞানী **লর্ড রাদারফোর্ড** (Lord Rutherford) এবং এ ব্যাপারে তাঁকে সক্রিয়ভাবে সহায়তা প্রদান করেন বিজ্ঞানী **গাইগার** (Geiger) এবং বিজ্ঞানী **মার্সডেন** (Marsden)। তাছাড়া 1919 খ্রিস্টাব্দে **প্রোটন** (Proton) এবং 1932 খ্রিস্টাব্দে **নিউট্রন** (Neutron) আবিষ্কারের পর পরমাণুর গঠন সম্পর্কে একটি সুস্পষ্ট ধারণা পাওয়া যায়।

এই অধ্যায়ে পরমাণু, পরমাণুর গঠন এবং এতদসংক্রান্ত বিষয়াদি আলোচনা করা হবে।

এ অধ্যায় পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা—

- পরমাণু গঠনের ধারণার ক্রমবিকাশ বর্ণনা করতে পারবে।
- রাদারফোর্ডের আলফা কণা পরীক্ষা বর্ণনা করতে পারবে।
- পরমাণুর গঠন সম্পর্কিত রাদারফোর্ড মডেলের ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- রাদারফোর্ড মডেলের সীমাবদ্ধতা ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- বোরের মডেলের সাহায্যে রাদারফোর্ড মডেলের সীমাবদ্ধতা অতিক্রমণ ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- নিউক্লিয়াসের গঠন ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- নিউক্লিয়ার পদার্থবিজ্ঞানের বিভিন্ন গুরুত্বপূর্ণ প্রতিভাস ব্যাখ্যা করতে পারবে।

৯.১ পরমাণু গঠনের ধারণার ক্রমবিকাশ
Successive Development of Ideas on Atomic Structure

অতি প্রাচীনকাল থেকে বিভিন্ন দার্শনিক পদার্থের গঠন সম্পর্কে বিভিন্ন মতবাদ ব্যক্ত করেন। সর্বপ্রথম ডেমোক্রিটাস নামক একজন গ্রিক দার্শনিক পদার্থের গঠন সম্পর্কে একটি মতবাদ প্রচার করেন। তাঁর মতে পদার্থ কতকগুলো ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অবিভাজ্য নিরেট কণা দ্বারা গঠিত। গ্রিক ভাষায় এর নাম অ্যাটম (Atom)। অ্যাটমগুলো জড় পদার্থে গতিশীল অবস্থায় থাকে এবং এদের বিভিন্ন রকম সংযোগে জড় পদার্থ গঠিত হয়। তবে এ মতবাদের পক্ষে কোনো পরীক্ষালব্ধ প্রমাণ ছিল না।

রবার্ট বয়েল সর্বপ্রথম মৌলিক পদার্থ সম্পর্কে এক ধরনের ধারণা দেন। তিনি বলেন—**যে সমস্ত পদার্থকে আর ক্ষুদ্র অংশে বিভক্ত করার পরও এর নিজের ধর্মের বিলুপ্তি ঘটে না বা তা হতে কোনো নতুন ধর্মের সৃষ্টি হয় না, তাকে মৌলিক পদার্থ বলা হয়।**

পরবর্তী সময়ে বিজ্ঞানী ডালটন পদার্থের গঠন সম্পর্কে তিনটি মতবাদ প্রকাশ করেন যা নিম্নরূপ—

(১) জড় পদার্থ কতকগুলো অবিভাজ্য ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণিকা দ্বারা গঠিত যার নাম অ্যাটম বা পরমাণু।

(২) একই পদার্থের পরমাণুগুলো সদৃশ। কিন্তু বিভিন্ন পদার্থের পরমাণুগুলো বিভিন্ন।

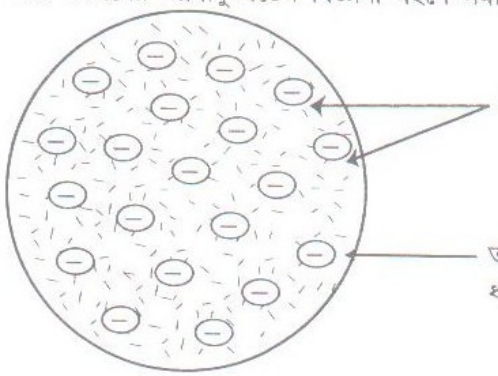
(৩) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় এই পরমাণুগুলো অংশগ্রহণ করে। দুই বা ততোধিক পরমাণুর সংযোজনের ফলে নতুন একটি পদার্থ সৃষ্টি হয়। এর নাম যৌগিক পদার্থ। যেমন—হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরমাণুর দ্বারা পানি উৎপন্ন হয়।

উনবিংশ শতাব্দির শেষে 1897 খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী জে. জে. থমসন ইলেকট্রন আবিষ্কার করেন। ইলেকট্রন আবিষ্কারের পর পরমাণুর গঠন সম্পর্কে তিনি এক নতুন ধারণা দেন। তাঁর মতে, পরমাণু একটি ধনাত্মক তড়িতাহিত গোলক এবং ইলেকট্রনগুলো এর মধ্যে সর্বত্র ছড়ানো ছিটানো থাকে। একটি পরমাণু সামগ্রিকভাবে নিস্তড়িৎ। কাজেই কোনো পরমাণুতে ইলেকট্রন বা ঋণাত্মক তড়িতাহিত কণা উপস্থিত থাকলে উহাতে সমপরিমাণ ধনাত্মক তড়িৎ থাকতে হবে। পরবর্তীকালে ধনাত্মক রশ্মির বা তেজস্ক্রিয় পদার্থের পরমাণু হতে α-কণার নিঃসরণের আবিষ্কার নিশ্চিত রূপে প্রমাণ করল যে, পরমাণুতে ধনাত্মক তড়িতাহিত কণাও রয়েছে।

একটি পরমাণুতে কতসংখ্যক ধনচার্জ এবং কতসংখ্যক ঋণচার্জ থাকবে এবং এরা কীভাবে অবস্থান করবে, তাছাড়া ধনচার্জ, ঋণচার্জ ছাড়া অন্য কোনো পদার্থ পরমাণুতে থাকবে কিনা ইত্যাদি বিষয়ের ব্যাখ্যা দিতে পরমাণুর বিভিন্ন প্রকার গঠন বা চিত্র প্রদান করা হয়েছে। এগুলো পরমাণু মডেল নামে পরিচিত। নিম্নে থমসন, রাদারফোর্ড ও বোরের পরমাণু মডেল আলোচনা করা হলো।

থমসনের পরমাণু মডেল
Thomson's Atom Model

ইংরেজ পদার্থবিজ্ঞানী **জোসেফ জে. থমসন** (J. J. Thomson) 1897 খ্রিস্টাব্দে ইলেকট্রন আবিষ্কারের পর পরমাণুর গঠন সম্বন্ধে একটি চিত্র বা মডেল উপস্থাপন করেন। এটি **থমসন মডেল** নামে পরিচিত। 1911 খ্রিস্টাব্দে নিউজিল্যান্ডবাসী পদার্থবিজ্ঞানী আর্নেস্ট রাদারফোর্ডের আলফা কণার দ্বারা বিক্ষেপণ পরীক্ষার ফলাফল প্রকাশের পূর্ব পর্যন্ত থমসনের পরমাণু মডেল বিজ্ঞানী মহলে সমাদৃত ছিল।



চিত্র ৯·১

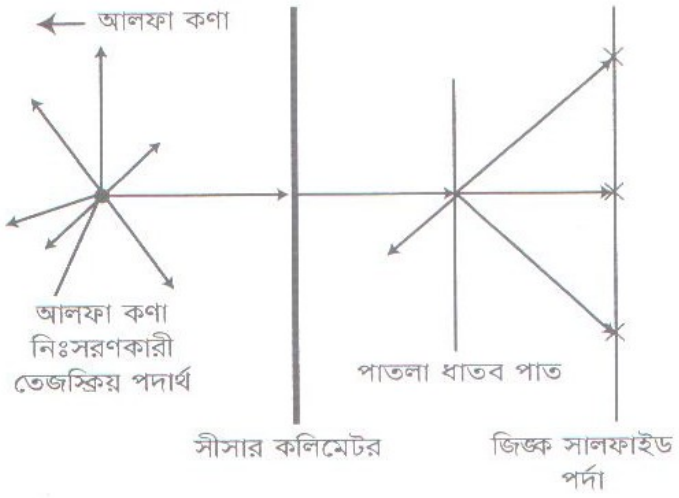
থমসন মডেলের মূল বক্তব্য হলো যে পরমাণু একটি ধনাত্মক তড়িতাহিত গোলক এবং ইলেকট্রনগুলো এর মধ্যে সর্বত্র ছড়ানো ছিটানো রয়েছে [চিত্র ৯·১]। অনেকটা ময়দার লেই বা কেক যার মধ্যে কিসমিস্ যেমন সর্বত্র ছড়ানো-ছিটানো থাকে সেরকম। এখানে লেই বা কেক হলো ধনাত্মক তড়িতাহিত গোলক এবং কিস্‌মিস্‌গুলো হলো ইলেকট্রন। কেকের মধ্যে কিস্‌মিসের ভর যেমন সামান্য তেমনি পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রনের ভর খুবই সামান্য এবং তাঁর মতে গোলকটির ভরই পরমাণুর সম্পূর্ণ ভর; কিন্তু লর্ড রাদারফোর্ড এবং তাঁর সহকারীদের দ্বারা সম্পন্ন বিক্ষেপণ পরীক্ষার ফলাফল (পরের অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য) কোনোভাবেই থমসনের মডেল ব্যাখ্যা করতে সমর্থ না হওয়ায় এর গ্রহণযোগ্যতা আর রইল না।

৯·২ রাদারফোর্ডের আলফা কণা পরীক্ষা
Rutherford's Alpha Particle Experiment

উনবিংশ শতাব্দি পর্যন্ত বিজ্ঞানীদের ধারণা ছিল যে, প্রতিটি পরমাণু ধনাত্মক আধানের বস্তু দ্বারা গঠিত এবং আধান সমস্ত পরমাণু জুড়েই রয়েছে। এই ধনাত্মক আধানযুক্ত বস্তুর মাঝে ইতস্ততভাবে ঋণ আধানযুক্ত ইলেকট্রন ছড়িয়ে রয়েছে। প্রতিটি পরমাণুর মোট ধন আধান ও ঋণ আধানের পরিমাণ সমান।

1909 খ্রিস্টাব্দে রাদারফোর্ডের নির্দেশে বিজ্ঞানী **গাইগার** (Geiger) এবং বিজ্ঞানী **মার্সডেন** (Marsden) একটি 6×10^{-7} m পুরু স্বর্ণপাতের ওপর তেজস্ক্রিয় পলোনিয়াম হতে নির্গত 7·68 MeV গতিশক্তিবিশিষ্ট আলফা কণার বিক্ষেপণ

পরীক্ষা পরিচালনা করেন [চিত্র ৯·২] যা **রাদারফোর্ডের আলফা বিক্ষেপণ পরীক্ষা** নামে পরিচিত। এই পরীক্ষায় তাঁরা প্রত্যক্ষ করেন যে, কিছু সংখ্যক আলফা কণা স্বর্ণপাতের মধ্য দিয়ে সোজাসুজি ভেদ করে, কিছু সংখ্যক কণা সামান্য

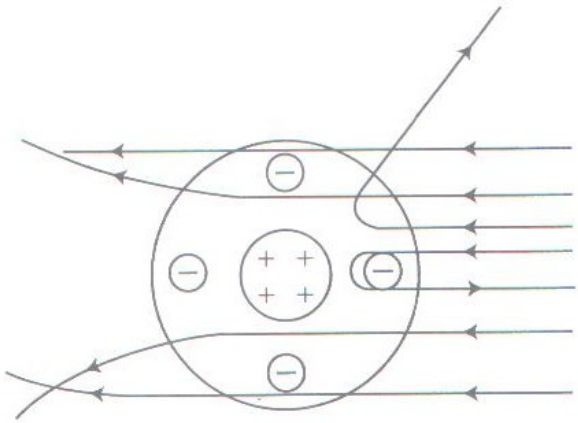


চিত্র ৯·২

কোণে বেঁকে যায়, কিছু সংখ্যক কণা 90° এর অধিক কোণে বেঁকে যায়। আবার কিছু সংখ্যক কণা 180° কোণে ফিরে আসে।

এই পরীক্ষা হতে **লর্ড রাদারফোর্ড** (Lord Rutherford) 1911 খ্রিস্টাব্দে সর্বপ্রথম প্রস্তাব করেন যে অধিক কোণে আলফা কণার বিক্ষেপণ একমাত্র সম্ভব যদি পরমাণুর সমস্ত ধন আধান ও ভর পরমাণুর কেন্দ্রে অতি অল্প পরিসর জায়গায় কেন্দ্রীভূত থাকে। পরে 1913 খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী গাইগার এবং মার্সডেনের পরীক্ষার সঙ্গে এই প্রস্তাবের সম্পূর্ণ মিল পরিলক্ষিত হয়। এই পরীক্ষা হতে রাদারফোর্ড সিদ্ধান্ত গ্রহণ করেন যে, **পরমাণুর সমস্ত ধন আধান এবং ভর এর কেন্দ্রে অতি অল্প পরিসর স্থানে কেন্দ্রীভূত রয়েছে**। বিজ্ঞানী রাদারফোর্ড একে **নিউক্লিয়াস** নামে অভিহিত করেন। অতএব নিউক্লিয়াস আবিষ্কারের কৃতিত্ব অর্জন করেন বিজ্ঞানী রাদারফোর্ড। নিউক্লিয়াসই হলো পরমাণু তথা পদার্থের প্রাণকেন্দ্র বা শক্তির উৎস।

পরীক্ষার ফলাফলের ব্যাখ্যা (Explanation of the results of the experiment) : রাদারফোর্ডের মতে পরমাণুর কেন্দ্রে রয়েছে নিউক্লিয়াস যেখানে পরমাণুর সমস্ত ধন আধান এবং ভর কেন্দ্রীভূত [চিত্র ৯·৩]। এই নিউক্লিয়াসের চারদিকেই বিক্ষিপ্ত অবস্থায় রয়েছে ইলেকট্রনসমূহ। ধন আধানযুক্ত আল্‌ফা কণা স্বর্ণপাতের মধ্য দিয়ে যাওয়ার সময় নিউক্লিয়াসের খুব নিকটে আসার সম্ভাবনা কম। তাই অধিকাংশ আলফা কণাই প্রায় শূন্য জায়গার মধ্য দিয়ে সোজা পথেই বের হয়ে আসবে। আবার যেসব আলফা কণা নিউক্লিয়াসের প্রায় কাছাকাছি আসবে তারা নিউক্লিয়াসের ধন আধান দ্বারা বিকর্ষিত হবে এবং এদের আদি গতিপথ হতে বিচ্যুত হবে। উপরন্তু যেসব আলফা কণিকা নিউক্লিয়াসের দিকে মুখোমুখি অগ্রসর হবে তারাই নিউক্লিয়াসের সর্বাপেক্ষা নিকটবর্তী হবে এবং কুলম্বের বিপরীত বর্গীয় সূত্রানুযায়ী এই সব কণা অধিক বল দ্বারা বিকর্ষিত হয়ে আদি গতিপথের সাথে 180° কোণে ফিরে আসবে।



চিত্র ৯·৩

সিদ্ধান্ত : পরমাণুর অধিকাংশ স্থানই ফাঁকা। যেহেতু অধিক সংখ্যক আলফা কণা বিপরীত দিকে ফিরে আসে তাই ধরা যায় পরমাণুর ভেতরে ক্ষুদ্র আয়তনের ধন চার্জের সংঘর্ষ হয়।

উল্লেখ থাকে যে, আলফা কণা ইলেকট্রন অপেক্ষা প্রায় 7000 গুণ ভারী এবং এরা প্রচন্ড বেগে স্বর্ণপাতে আঘাত করে। সেহেতু স্বর্ণপাতের পরমাণুর অভ্যন্তরস্থ ইলেকট্রনের সঙ্গে ধাক্কা খেয়ে 180° কোণে বা অন্য যে কোনো কোণে ফিরে আসার সম্ভাবনা নেই বলে ধরে নেয়া যেতে পারে। তাই বলা যায় আলফা কণা সোজাসুজি তার চেয়ে ভারী ও

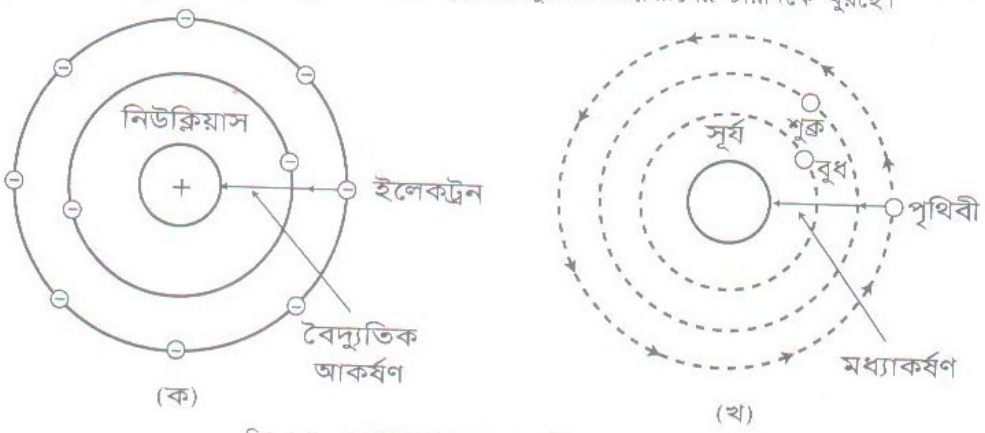
ধনাত্মক চার্জযুক্ত কোনো বিন্দুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয় এবং বিকর্ষিত হয়। তিনি পরমাণুর কেন্দ্রে ভারী ধনাত্মক চার্জযুক্ত বস্তুকে নিউক্লিয়াস নামে অভিহিত করেন।

আলফা কণিকার বিক্ষেপ এবং প্রাপ্ত ফলাফল বিশ্লেষণ করে রাদারফোর্ড পরমাণুর একটি মডেল উপস্থাপন করেন। একে রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেল বলে। এই মডেল অনুসারে বলা হয় সমগ্র পরমাণুর তুলনায় নিউক্লিয়াসের আয়তন অতি নগণ্য। যেখানে হাইড্রোজেন পরমাণুর ব্যাস 10^{-10} m, সেখানে নিউক্লিয়াসের ব্যাস 10^{-15} m থেকে 10^{-14} m। অর্থাৎ পরমাণু নিউক্লিয়াসের তুলনায় 10 হাজার থেকে 1,00,000 গুণ বড়।

৯·৩ রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেল
Rutherford's Atom Model

1911 খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী রাদারফোর্ড পরমাণুর এই মডেলের প্রস্তাব করেন। তিনি ব্যাপক পরীক্ষার সাহায্যে বিভিন্ন ভারী মৌলের পরমাণুর মধ্য দিয়ে তেজস্ক্রিয় পদার্থ হতে নির্গত α-কণিকার বিক্ষেপ বা বিচ্ছুরণ লক্ষ করেন এবং এর ভিত্তিতে তিনি কাঠামোগতভাবে পরমাণুর এই মডেলের প্রস্তাব করেন। তাঁর নাম অনুসারে পরমাণুর এই মডেলকে **রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেল** বলা হয়।

এই মডেল অনুসারে পরমাণুর সমস্ত ধনচার্জ এর কেন্দ্রে অতি স্বল্প পরিসরে পুঞ্জীভূত ধরা হয়। ধন চার্জযুক্ত এই পুঞ্জীভূত ভরকে **কেন্দ্রক** বা **নিউক্লিয়াস** (Nucleus) বলে। নিউক্লিয়াস হলো পরমাণুর শক্তির আধার। এর ব্যাসার্ধ হলো প্রায় 10^{-14} m। আবার পরমাণুর ব্যাসার্ধ হলো প্রায় 10^{-10} m। নিউক্লিয়াস ভিন্ন পরমাণুর অভ্যন্তরের অবশিষ্ট অংশই ফাঁকা বা শূন্য। এই অংশে নির্দিষ্ট সংখ্যক ইলেকট্রন ধনচার্জযুক্ত নিউক্লিয়াসের চারদিকে কতকগুলো বৃত্তাকার কক্ষপথে ঘুরছে। ইলেকট্রনগুলোর ঘূর্ণনজনিত কেন্দ্রবিমুখী বল (centrifugal force) ও নিউক্লিয়াস এবং ইলেকট্রনগুলোর মধ্যে ক্রিয়াশীল কুলম্বীয় বল সমান ও বিপরীতমুখী হওয়ায় ইলেকট্রনগুলো সুস্থিরভাবে নির্দিষ্ট দূরত্বে নিউক্লিয়াসকে প্রদক্ষিণ করে [চিত্র ৯·৪ (ক)]। রাদারফোর্ড বলেন যে, পরমাণুর এই মডেলকে সৌরজগতের সাথে তুলনা করা যায় [চিত্র ৯·৪ (খ)]। গ্রহগুলো যেমন সূর্যের চারদিকে ঘুরছে তেমনি ইলেকট্রনগুলো নিউক্লিয়াসের চারদিকে ঘুরছে।



চিত্র ৯·৪ : রাদারফোর্ড মডেল অনুযায়ী পরমাণুর আকৃতি।

নিউক্লিয়াসে অবস্থিত ধন চার্জ এর চারদিকে ঘূর্ণায়মান ঋণ চার্জযুক্ত ইলেকট্রনের উপর যে কুলম্বীয় আকর্ষণ বল প্রয়োগ করে এই ক্ষেত্রে তা **কেন্দ্রমুখী** (centripetal) বলের কাজ করে।

রাদারফোর্ডের এই কল্পিত মডেলের সাথে সৌর জগতের গঠনের সাদৃশ্য রয়েছে বলে এই মডেলকে সৌর মডেল (Planetary model) বলে।

৯·৪ রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেলের সীমাবদ্ধতা
Limitation of Rutherford's Atom Model

থমসনের পরমাণু মডেল অপেক্ষা রাদারফোর্ডের নিউক্লীয় পরমাণু মডেল অধিকতর যুক্তিসঙ্গত হলেও এর ত্রুটি বা সীমাবদ্ধতা পরিলক্ষিত হয়। নিম্নে এই মডেলের সীমাবদ্ধতা বর্ণনা করা হলো :

১। বিদ্যুৎ চুম্বকীয় তত্ত্ব অনুসারে যখন কোনো চার্জিত কণা ত্বরণ নিয়ে গতিশীল থাকে, তখন তা ক্রমাগত বিদ্যুৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ আকারে শক্তি বিকিরণ করে। এক্ষেত্রে ইলেকট্রনসমূহ নিউক্লিয়াসের আকর্ষণজনিত কেন্দ্রমুখী বলের প্রভাবে নিউক্লিয়াসকে প্রদক্ষিণ করছে। সুতরাং ইলেকট্রনের উপর সর্বদাই অভিলম্ব ত্বরণ থাকবে। ফলে এরা

বিশেষ তথ্যঃ

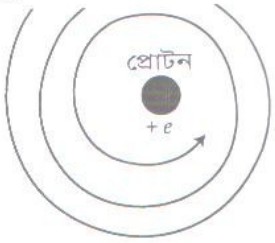
০১. আলফা কণা ইলেক্ট্রন অপেক্ষা 7000 গুণ ভারী ।
০২. প্রোটন সমৃদ্ধ স্থায়ী নিউক্লিয়াস হল বিসমাথ ।
০৩. α, β, γ রশ্মির অস্তিত্ব প্রমাণ করেন বিজ্ঞানী মাদাম কুরী ।
০৪. অর্ধায়ু গড় আয়ুর সমানুপাতিক ।
০৫. প্রতিটি ফিশনে প্রায় 200 MeV শক্তি উৎপন্ন হয় ।
০৬. ব্রিডার চুল্লী প্লুটোনিয়াম তৈরীর কাজে লাগে ।

পরমাণুর মডেল এবং নিউক্লি

বিদ্যুৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ হিসেবে শক্তি বিকিরণ করবে। ফলশ্রুতিতে এদের বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ হ্রাস পাবে। সুতরাং একটি সর্পিল নিকটবর্তী হয়ে পরিশেষে নিউক্লিয়াসের উপর এসে পড়বে ও এ বিলীন হয়ে যাবে এবং পরমাণুর স্থায়িত্ব বিনষ্ট হবে।

২। রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেল অনুসারে ইলেকট্রনসমূহ নিউক্লিয়াসের চারদিকে ঘূর্ণনকালে সব তরঙ্গদৈর্ঘ্যের বিদ্যুৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ বিকিরণ করবে এবং নিরবচ্ছিন্ন বর্ণালী প্রদর্শন করবে কিন্তু হাইড্রোজেনের ক্ষেত্রে নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের রেখা বর্ণালী পাওয়া যায়।

গণনার সাহায্যে দেখা গেছে যে, কক্ষে পরিক্রমণরত একটি ইলেকট্রন 10^{-8} সেকেন্ডের মধ্যে এর সমস্ত শক্তি ব্যয় করে নিউক্লিয়াসের উপর পড়বে। কাজেই এই প্রকার পরমাণুর স্থায়ী অস্তিত্ব থাকতে পারে না।



চিত্র ৯.৫

অতএব, রাদারফোর্ডের কল্পিত পরমাণু মডেলের সাথে পরীক্ষালব্ধ ফলের মিল নেই। সুতরাং রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেল গ্রহণযোগ্য নয়।

৯.৫ বোরের পরমাণু মডেল
Bohr's Atom Model

সূচনা : 1913 খ্রিস্টাব্দে ডেনমার্কের প্রসিদ্ধ বিজ্ঞানী **নীলস বোর** (Niels Bohr) পরমাণুর এই মডেল প্রস্তাব করেন এবং 1922 খ্রিস্টাব্দে এই আবিষ্কারের জন্য তিনি নোবেল পুরস্কার লাভ করেন। বোর প্রস্তাব করেন যে, চিরায়ত বলবিদ্যা (Classical mechanics) এবং বিদ্যুৎ চুম্বকত্ব (Electromagnetism)-এর সূত্রসমূহ পরমাণুতে বিকল হয়ে (break down) পড়ে। তিনি মূলত রাদারফোর্ডের নিউক্লীয় পরমাণু মডেলে কোয়ান্টাম তত্ত্ব প্রয়োগ করেন এবং কোয়ান্টাম তত্ত্বের বৈপ্লবিক প্রসারণ ঘটিয়ে পরমাণুর বর্ণালী ব্যাখ্যা করেন। তাঁর নাম অনুসারে পরমাণুর এই মডেলকে **বোর পরমাণু মডেল** বলা হয়। এই পরমাণু মডেলে তিনি রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেলের প্রধান ত্রুটি পরমাণুর স্থায়ী অস্তিত্বসহ অন্যান্য ত্রুটি দূর করার চেষ্টা করেন। এই পর্যায়ে নীলস্ বোর কোয়ান্টাম তত্ত্ব প্রয়োগ করে সমস্যাটির সমাধান করতে চেষ্টা করেন। তিনি রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেলে নিম্নলিখিত মৌলিক স্বীকার্য প্রস্তাব করেন। এই স্বীকার্যগুলোকে বোর-এর স্বীকার্য বলে।

বোর-এর স্বীকার্য (Bohr's postulat

প্রথম স্বীকার্য : কোনো স্থায়ী কক্ষপথে

গুণিতক হবে, এখানে h হলো প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক

এর অর্থ এই যে r ব্যাসার্ধের স্থায়ী কক্ষ

$mvr = L = \frac{nh}{2\pi}$, এখানে n একটি পূর্ণ সংখ্যা।

সাপেক্ষে ১ম, ২য়, ৩য় ইত্যাদি স্থায়ী কক্ষপ

কোয়ান্টাম সংখ্যা (Principal quantum nun

হিসাব : একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর মধ্যে
$h = 6.6 \times 10^{-34}$ Js

বোরের স্বীকার্য অনুযায়ী ইলেকট্রনের

$$L = \frac{nh}{2\pi} = \frac{3 \times 6.63 \times 10^{-34}}{2\pi}$$
$$= 3.15 \times 10^{-34} \text{ kg m}^2\text{s}^{-1}$$

দ্বিতীয় স্বীকার্য : পরমাণুস্থ ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসের চারদিকে পরিভ্রমণ করতে পারে পরিভ্রমণ করে। এই কক্ষপথগুলোকে স্থায়ী

KOLY PUBLICATIONS • JOYKOLY PUBLICATIONS • JOYKOLY PUBLICATIONS • JOYKOLY PUBLICATIONS • JOYKO

পরমাণুর গঠনঃ

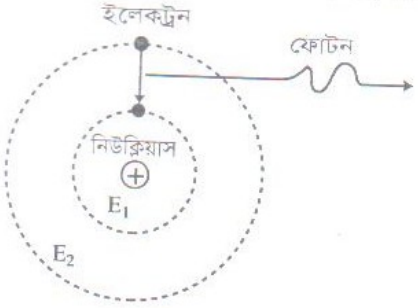
নাম	ব্যাসার্ধ	চার্জ	ভর	আবিষ্কার
পরমাণু	10^{-10} m/10^{-8}m	নিরপেক্ষ	$10^{-27}/10^{-25}$kg	ডেমোক্রিটাস
নিউক্লিয়াস	10^{-14} m/10^{-15}m	ধনাত্মক	প্রায় পরমানুর সমান	লর্ড রাদারফোর্ড ১৯১১
ইলেকট্রন	1.4×10^{-15}m	-4.8×10^{-10} e.s.u	9.1×10^{-31} kg/9.1085×10^{-28}g	জে,জে,থমসন, ১৮৯৭
প্রোটন	1.4×10^{-15}m	$+4.8\times10^{-10}$e.s.u	1.673×10^{-27} kg	গোল্ডস্টাইন, ১৮৮৬
নিউট্রন	1.4×10^{-15}m	নিরপেক্ষ	1.673×10^{-27} kg	চ্যাডউইক, ১৯৩২

পজিট্রনঃ ১৯৩২ সালে অ্যান্ডারসন আবিষ্কার করেন ।
→ ধনচার্জযুক্ত ইলেকট্রন
→ একেক অ্যান্টি ইলেকট্রন বলে ।

□ **ইলেকট্রনঃ**
(ক) অপর নাম নেগাট্রন
(খ) নিউক্লিয়াস ধনচার্জযুক্ত, ইলেকট্রন ঋণচার্জযুক্ত
(গ) কোন সুস্থির পরমাণুতে প্রোটন এবং ইলেকট্রনের সংখ্যা সমান
(ঘ) ইলেকট্রনের ভর হাইড্রোজেনের ভরের 1/1836
(ঙ) কোন কক্ষপথে সর্বাধিক ইলেকট্রনের সংখ্যা হতে পারে $2n^2$
যেখানে n = কক্ষপথের সংখ্যা ।

□ ভারী মৌলিক পদার্থ যাদের পারমাণবিক ওজন 206 এর অধিক তাদের অস্থায়ী নিউক্লিয়াস বলে । যেমন-ইউরেনিয়াম, প্লুটোনিয়াম ইত্যাদি নিউক্লিয়াস ।

ইলেকট্রনসমূহ কখনও শক্তি বিকিরণ করে না এবং ইলেকট্রনের গতিপথ সর্পিল আকারে ক্রমশ নিউক্লিয়াসের দিকে এগিয়ে আসে না। ফলে বোরের পরমাণু মডেল রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেলের সীমাবদ্ধতাকে অতিক্রম করে।



চিত্র ৯·৬

তৃতীয় স্বীকার্য : যখনই কোনো ইলেকট্রন একটি সুবিধাযুক্ত কক্ষপথ হতে অপর একটি সুবিধাযুক্ত কক্ষপথে লাফ দেয়, তখনই শক্তির বিকিরণ বা শোষণ ঘটে। যদি ইলেকট্রন উচ্চতর সুবিধাযুক্ত কক্ষপথ হতে নিম্নতর সুবিধাযুক্ত কক্ষপথে লাফ দেয়, তবে শক্তির বিকিরণ ঘটে [চিত্র ৯·৬]। আর যদি ইলেকট্রন নিম্নতর সুবিধাযুক্ত কক্ষপথ হতে উচ্চতর সুবিধাযুক্ত কক্ষপথে লাফ দেয় তবে শক্তির শোষণ ঘটে। এই বিকিরিত বা শোষিত শক্তির পরিমাণ ঐ দুটি কক্ষপথের শক্তির বিয়োগফলের সমান এবং এর মান এক কোয়ান্টাম অর্থাৎ $h\upsilon$।

$$\therefore \quad E = E_2 \sim E_1 = h\upsilon \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (9.1)$$

এখানে, E = বিকিরিত বা শোষিত শক্তি
E_1 = নিম্নতর কক্ষপথের শক্তি ও
E_2 = উচ্চতর কক্ষপথের শক্তি।

রাদারফোর্ড মডেলের সনাতন তড়িচ্চুম্বকীয় তত্ত্ব অনুযায়ী ত্বরিৎ গতিতে চলমান আহিত কণা সর্বদা তড়িচ্চুম্বকীয় বিকিরণের আকারে শক্তি বিকিরণ করে। ফলে ইলেকট্রনের বেগ তথা কক্ষপথের ব্যাসার্ধ ক্রমশ কমে যাবে। বোরের তৃতীয় স্বীকার্য অনুযায়ী ইলেকট্রনের এক কক্ষপথ থেকে অন্য কক্ষপথে লাফ দেওয়ার ফলে শক্তির যে শোষণ বা বিকিরণ তা পরমাণুর অতিরিক্ত শক্তি তড়িৎ চুম্বকীয় শক্তির আকারে বিকিরণ করে। তরঙ্গদৈর্ঘ্য অনুযায়ী ঐ বিকিরণ দৃশ্যমান আলোক রশ্মি, অতিবেগুনি রশ্মি এমন কি এক্স-রশ্মি হতে পারে। ফলে কক্ষপথের পরিধির উপর কোনো প্রভাব ফেলে না। **তাই বলা যায় বোরের পরমাণু মডেলে উল্লেখিত মতবাদ রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেলের সীমাবদ্ধতাকে অতিক্রম করে।**

সম্প্রসারিত কাজ : রাদারফোর্ড মডেলের যে সীমাবদ্ধতা আছে তা বোর মডেল দ্বারা অতিক্রম করা যায়। তাই বলা যায় বোর মডেল একটি গ্রহণযোগ্য এবং আধুনিক পরমাণু মডেল—তবুও এই মডেলের কিছু সীমাবদ্ধতা লক্ষ করা যায় তা ব্যাখ্যা কর।

বর্ণালী রেখার উৎপত্তি এবং পরমাণুর স্থায়িত্ব ব্যাখ্যার ক্ষেত্রে বোর তত্ত্ব অভূতপূর্ব সাফল্য অর্জন করলেও এর কিছু কিছু সীমাবদ্ধতা বা অসঙ্গতি লক্ষ করা গেছে। প্রথমত উপবৃত্তাকার কক্ষপথের সম্ভাবনা থাকা সত্ত্বেও পরমাণুর ইলেকট্রন কেন বৃত্তাকার কক্ষপথে ঘুরছে তার কোনো কারণ এই তত্ত্বে বলা হয় নাই। এ থেকে প্রতীয়মান হয় যে, বোর তত্ত্ব সর্বসাধারণ বা সম্পূর্ণ নয়। দ্বিতীয়ত, হাইড্রোজেন বর্ণালী রেখাগুলি একক রেখা নয়। পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হয়েছে যে, প্রত্যেকটি রেখা খুব সামান্য শক্তি পার্থক্যের কয়েকটি সূক্ষ্ম রেখার সমষ্টি। হাইড্রোজেন বর্ণালীরেখার এই সূক্ষ্ম গঠন (fine structure) বোর তত্ত্ব ব্যাখ্যা করতে পারে না।

বর্তমানে জানা গেছে যে, সৌরজাগতিক মডেল পারমাণবিক গঠনের পূর্ণ চিত্র প্রকাশ করে না, বোর তত্ত্ব ইলেকট্রনের কক্ষপথগুলিকে যেভাবে সংজ্ঞায়িত করেছে, তাও সঠিক নয়। তাছাড়া ইলেকট্রনের তরঙ্গধর্ম আছে এবং বিভিন্ন কক্ষপথে ইলেকট্রনের আধান বণ্টন বোর তত্ত্ব নির্দেশিত আধান বণ্টন অপেক্ষা ভিন্ন ধরনের। উপরোক্ত সীমাবদ্ধতা সত্ত্বেও একথা বলা যায় যে, বোর তত্ত্ব আধুনিক পদার্থবিজ্ঞানের অগ্রগতির পথ মসৃণ করে দিয়েছে।

হিসাব : যদি একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রনকে তৃতীয় কক্ষপথে তুলে দেওয়া হয় তা হলে বিভিন্ন শক্তিসম্পন্ন কত রকমের কোয়ান্টা বেরিয়ে আসতে পারে ?

তিনটি সম্ভাব্য অবস্থান্তর হলো $n = 3$ থেকে $n = 2$, $n = 3$ থেকে $n = 1$ ও $n = 2$ থেকে $n = 1$। তাই তিনটি বিভিন্ন শক্তিসম্পন্ন কোয়ান্টা বেরিয়ে আসা সম্ভব।

কাজ : ইলেকট্রন কক্ষপথে আবর্তনকালে শক্তির শোষণ ঘটে, না বিকিরণ ঘটে ? ব্যাখ্যা কর।

ইলেকট্রন নিজ নিজ কক্ষপথে আবর্তনকালে কোনো শক্তি বিকিরণ করবে না। আবার শোষণও করবে না। তবে যখনই কোনো ইলেকট্রন একটি সুবিধাযুক্ত কক্ষপথ হতে অপর একটি সুবিধাযুক্ত কক্ষপথে লাফ দেয় তখনই শক্তির বিকিরণ বা শোষণ ঘটে। যদি ইলেকট্রন উচ্চতর সুবিধাযুক্ত কক্ষপথ হতে নিম্নতর সুবিধাযুক্ত কক্ষপথে লাফ দেয়, তখন শক্তির বিকিরণ ঘটে। আর নিম্নতর সুবিধাজনক কক্ষপথ হতে উচ্চতর সুবিধাজনক কক্ষপথে লাফ দেয় তখন শক্তির

শোষণ ঘটে। এই বিকিরণ বা শোষণের শক্তির পরিমাণ, ঐ দুটি কক্ষপথের শক্তির বিয়োগফলের সমান এবং এর মান এক কোয়ান্টা বা $h\upsilon$।

$\therefore$ $E = E \sim E_2 = h\upsilon$

এখানে E = বিকিরিত বা শোষিত শক্তি, E_1 = নিম্নতর কক্ষপথের শক্তি, E_2 = উচ্চতর কক্ষপথের শক্তি।

গাণিতিক উদাহরণ

১। একটি হাইড্রোজেন পরমাণু উত্তেজিত অবস্থা থেকে ভূমি অবস্থায় আসলে যে ফোটন নিঃসরণ করবে তার কম্পাঙ্ক কত হবে ? উত্তেজিত এবং ভূমি অবস্থার শক্তি যথাক্রমে $-3{\cdot}4$ eV এবং $-13{\cdot}6$ eV।

আমরা জানি,

$$h\upsilon = E_2 - E_1$$

$$\upsilon = \frac{E_2 - E_1}{h} = \frac{-3{\cdot}4 - (-13{\cdot}6)}{6{\cdot}63 \times 10^{-34}}$$

$$= 2{\cdot}46 \times 10^{15}\ \text{Hz}$$

এখানে,

নিম্ন শক্তিস্তর, $E_1 = -13{\cdot}6$ eV

উচ্চ শক্তিস্তর, $E_2 = -3{\cdot}4$ eV

কম্পাঙ্ক, $\upsilon = ?$

প্ল্যাঙ্ক ধ্রুবক, $h = 6{\cdot}63 \times 10^{-34}$ J-s

বোর মডেল অনুসারে হাইড্রোজেন পরমাণুর ব্যাসার্ধ ও শক্তির রাশিমালা
Expression for Radius and Energy of the Hydrogen Atom According to Bohr Model

ব্যাসার্ধের রাশিমালা :

হাইড্রোজেন পরমাণুতে একটি প্রোটন নিউক্লিয়াস হিসেবে থাকে এবং একটি ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে ঘোরে। ধরা যাক, ইলেকট্রনের ভর m এবং চার্জ e। মনে করি ইলেকট্রনটি r ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে প্রোটন তথা নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে υ বেগে ঘুরছে। সুতরাং ইলেকট্রনের উপর প্রযুক্ত কেন্দ্রমুখী বল,

$$F_c = \frac{m\upsilon^2}{r} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (9.2)$$

আবার প্রোটনের চার্জ e এবং প্রোটন ও ইলেকট্রনের মধ্যকার স্থির তড়িৎ বল

$$F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{e^2}{r^2} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (9.3)$$

স্থির তড়িৎ বলই কেন্দ্রমুখী বল সরবরাহ করে, সুতরাং

$$F_c = F_e \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (9.4)$$

সমীকরণ (9.2) ও (9.3) থেকে পাই

$$m\upsilon^2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{e^2}{r}$$

বা, $$\upsilon = \frac{e}{\sqrt{4\pi\varepsilon_0 mr}} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (9.5)$$

$\therefore$ n-তম কক্ষপথের জন্য, $$\upsilon_n = \frac{e}{\sqrt{4\pi\varepsilon_0 m r_n}} \quad \ldots \quad \ldots \quad [9.5(a)]$$

বোরের ১ম স্বীকার্য থেকে আমরা জানি,

$m\upsilon_n r_n = \frac{nh}{2\pi}$, 9.5(a) সমীকরণ থেকে υ_n-এর মান বসিয়ে পাই,

বা, $$r_n = \frac{n^2h^2\varepsilon_0}{\pi me^2} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad [9.5(b)]$$

[9.5(b)] সমীকরণ হলো n-তম কক্ষপথের ব্যাসার্ধ। $n = 1$ বসিয়ে হাইড্রোজেন পরমাণুর ১ম কক্ষপথের ব্যাসার্ধ পাওয়া যায় $r_1 = \frac{h^2\varepsilon_0}{\pi me^2}$

শক্তির রাশিমালা :

হাইড্রোজেন পরমাণুতে একটিমাত্র ইলেকট্রন আছে। ধরি ইলেকট্রনের মোট শক্তি

$E = E_k + E_p$; এখানে E_k = গতিশক্তি এবং E_p = বিভব শক্তি

$$= \frac{1}{2}m\upsilon_n^2 + (-eV)$$

$$E = \frac{1}{2}m\upsilon_n^2 - \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{e^2}{r_n} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (9.6)$$

এই সমীকরণে v_n এবং r_n-এর মান বসিয়ে সমাধান করে n-তম কক্ষপথের শক্তি পাওয়া যায়,

$$E_n = -\frac{me^4}{8\epsilon_0^2 n^2 h^2} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (9.7)$$

এখানে $n = 0, 1, 2, \ldots\ldots\ldots\ldots n$

এই সমীকরণ থেকে দেখা যায় মোট শক্তি সর্বদাই ঋণাত্মক, অর্থাৎ অসীমের দিকে ইলেকট্রনকে সরিয়ে নিতে হলে কাজ সম্পাদন করতে হয়। এর অর্থ হলো ইলেকট্রন পরমাণুতে আবদ্ধ।

(9.7) সমীকরণে মান বসিয়ে পাওয়া যায় $E_1 = -13{\cdot}6$ eV। ইহা হাইড্রোজেন পরমাণুর ভূমি অবস্থার শক্তি নির্দেশ করে।

গাণিতিক উদাহরণ

১। হাইড্রোজেন পরমাণুর অনুমোদিত প্রথম বোর কক্ষের ব্যাসার্ধ নির্ণয় কর। ($\epsilon_0 = 8{\cdot}85 \times 10^{-11}\ C^2\ N^{-1}\ m^{-2}$, $h = 6{\cdot}63 \times 10^{-34}$ J s, $m = 9{\cdot}11 \times 10^{-31}$ kg ও $e = 1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ C)।

আমরা জানি,

ব্যাসার্ধ, $r_n = \dfrac{n^2h^2\epsilon_0}{\pi me^2}$

প্রথম অক্ষের ব্যাসার্ধ,

$$r_1 = \frac{h^2\epsilon_0}{\pi^2 me^2}$$

$$\therefore \quad r_1 = \frac{(6{\cdot}63 \times 10^{-34})^2 \times 8{\cdot}85 \times 10^{-11}}{3{\cdot}14 \times 9{\cdot}11 \times 10^{-31} \times (1{\cdot}6 \times 10^{-19})^2}$$

$$= 0{\cdot}532 \times 10^{-10}\ \text{m}$$

$$= 0{\cdot}532\ \text{Å}$$

এখানে,

$n = 1$

$\epsilon_0 = 8{\cdot}85 \times 10^{-11}\ C^2\ N^{-1}\ m^{-2}$

$h = 6{\cdot}63 \times 10^{-34}$ J s

$m = 9{\cdot}11 \times 10^{-31}$ kg

$e = 1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ C

$r = ?$

২। হাইড্রোজেন পরমাণুর দ্বিতীয় কক্ষের ইলেকট্রনের শক্তি নির্ণয় কর।

আমরা জানি,

হাইড্রোজেন পরমাণুর n-তম কক্ষের ইলেকট্রনের শক্তি,

$$E_n = -\frac{me^4}{8\epsilon_0^2 n^2 h^2}$$

$\therefore$ দ্বিতীয় কক্ষের শক্তি,

$$E_2 = \frac{-9{\cdot}1 \times 10^{-31} \times (1{\cdot}6 \times 10^{-19})^4}{8 \times (8{\cdot}85 \times 10^{-12})^2 \times (2)^2 \times (6{\cdot}63 \times 10^{-34})^2}$$

$$= -5{\cdot}41 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

এখানে,

$n = 2$

$m = 9{\cdot}1 \times 10^{-31}$ kg

$e = 1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ C

$\epsilon_0 = 8{\cdot}85 \times 10^{-12}\ C^2\ N^{-1}\ m^{-2}$

$h = 6{\cdot}63 \times 10^{-34}$ J s

৩। একটি হাইড্রোজেন পরমাণু উত্তেজিত অবস্থা থেকে ভূমি অবস্থায় আসলে যে ফোটন নিঃসরণ করে তার কম্পাঙ্ক কত হবে ? উত্তেজিত অবস্থার এবং ভূমি অবস্থার শক্তি যথাক্রমে $-3{\cdot}4$ eV এবং $-13{\cdot}6$ eV।

আমরা জানি,

$$h\upsilon = \frac{E_0 - E_1}{h}$$

$$= \frac{-3{\cdot}4 - (-13{\cdot}6)}{6{\cdot}63 \times 10^{-34}}$$

$$= 2{\cdot}46 \times 10^{15}\ \text{Hz}$$

এখানে,

$E_1 = -13{\cdot}6$ eV

$E_0 = -3{\cdot}4$ eV

$h = 6{\cdot}63 \times 10^{-3}$ Js

কম্পাঙ্ক, $\upsilon = ?$

কাজ : বোর কক্ষপথগুলিকে স্থায়ী কক্ষপথ বলা হয় কেন ?

বোর কক্ষপথগুলিকে 'স্থায়ী কক্ষপথ' বলা হয় কারণ এই কক্ষপথগুলিতে প্রদক্ষিণ করার সময় ইলেকট্রন কোনো শক্তি বিকিরণ করে না। যদিও প্রদক্ষিণ কালে এদের গতিতে ত্বরণ থাকে তথাপি বোরের স্বীকার্য অনুযায়ী ইলেকট্রনগুলি শক্তি ক্ষয় না করে কক্ষপথে আবর্তন করে।

সম্প্রসারিত কাজ : নিউক্লিয়াসের চারদিকে ইলেকট্রনের ঘূর্ণনের জন্য প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বলের উৎস কী ?

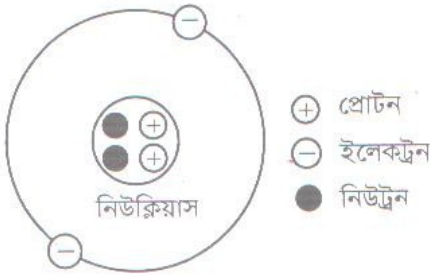
নিউক্লিয়াসের চারদিকে ইলেকট্রনের ঘূর্ণনের জন্য প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বলের উৎস নিউক্লিয়াসে অবস্থিত ধনচার্জ এবং এর চারদিকে ঘূর্ণায়মান ঋণচার্জযুক্ত ইলেকট্রনের ওপর কুলম্বীয় আকর্ষণ বল। অর্থাৎ স্থির তড়িৎ বলই কেন্দ্রমুখী বল সরবরাহ করে।

৯·৬ নিউক্লিয়াসের গঠন
Structure of the Nucleus

1911 খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী রাদারফোর্ড এবং তাঁর সহযোগী **গাইগার** ও **মার্সডেন** আলফা কণার বিক্ষেপণ হতে আবিষ্কার করেন যে পদার্থের পরমাণুর কেন্দ্রে অতি ক্ষুদ্র পরিসরে একটি ঘন জমাট ভারী গোলাকার বস্তু পিণ্ড রয়েছে। এর নাম **নিউক্লিয়াস** (Nucleus)। একে পরমাণুর শক্তির আধার বলে। পরমাণুর প্রায় সমস্ত ভর নিউক্লিয়াসে কেন্দ্রীভূত। এর ব্যাসার্ধ 10^{-10}m পর্যায়ের। নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে থাকে প্রোটন ও নিউট্রন। এদেরকে বলে নিউক্লিয়ন। প্রোটন ধনাত্মক চার্জধর্মী এবং নিউট্রন চার্জহীন। কোনো মৌলের প্রোটনের সংখ্যা ইলেকট্রনের সংখ্যার সমান। পরমাণুর আকারের (ব্যাস প্রায় 10^{-8} cm) তুলনায় নিউক্লিয়াসের আকার (ব্যাস প্রায় 10^{-12}cm) অত্যন্ত ক্ষুদ্র। নিউক্লিয়াসের গঠন অত্যন্ত জটিল। নিউক্লিয়াস হতে ইলেকট্রন নির্গত হয়। আলফা কণা ও গামা রশ্মির বর্ণালী হতে জানা যায় যে, নিউক্লিয়াস হতে আলফা কণা ও গামা রশ্মি নির্গত হয়। বিটা রশ্মির বর্ণালী হতে জানা যায় যে নিউক্লিয়াসে আরও একটি কণার অস্তিত্বের পরিচয় পাওয়া যায়। এর নাম **নিউট্রিনো** (Neutrino), যার কোনো ভর নেই। মহাজাগতিক রশ্মির (Cosmic ray) গবেষণা হতে জানা যায় নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে আরও একটি মৌলিক কণা রয়েছে। এর নাম **মেসন** (Meson)। এই সকল কণার কোন্ কোন্‌টি নিউক্লিয়াস গঠন করে তা নির্ধারণের জন্য বিভিন্ন সময়ে বিভিন্ন তত্ত্ব প্রদান করা হলেও **প্রোটন-নিউট্রন** তত্ত্বই অধিকতর যুক্তিসঙ্গত বলে সাধারণভাবে গৃহীত হয়েছে। নিম্নে প্রোটন-নিউট্রন তত্ত্ব আলোচনা করা হলো।

প্রোটন-নিউট্রন তত্ত্ব : 1932 খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী **চ্যাডউইক** নিউট্রন আবিষ্কার করেন। নিউট্রন হলো একটি চার্জহীন কণা যার ভর প্রায় প্রোটনের ভরের সমান। নিউট্রন আবিষ্কৃত হওয়ার পর বিজ্ঞানিগণ সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে হাইড্রোজেন ব্যতীত সকল পরমাণুর নিউক্লিয়াস প্রোটন-নিউট্রনের সমন্বয়ে গঠিত। এটি হলো প্রোটন-নিউট্রন তত্ত্ব। একটি হিলিয়াম নিউক্লিয়াস ধরা যাক। এর নিউক্লিয়াসে 2টি প্রোটন ও 2টি নিউট্রন রয়েছে। দুটি প্রোটনের ধনচার্জ নিউক্লিয়াসের বাইরে দুটি ইলেকট্রনের ঋণচার্জ দ্বারা প্রশমিত হবে, ফলে হিলিয়াম পরমাণুটি তড়িৎ নিরপেক্ষ হবে। এই মতবাদ অনুযায়ী হিলিয়াম নিউক্লিয়াসের গঠন দেখান হলো [চিত্র ৯·৭]।

কোনো একটি নিউক্লিয়াসকে দুটি সংখ্যা দ্বারা প্রকাশ করা হয়। একটি হলো ভর সংখ্যা A এবং অপরটি হলো পারমাণবিক সংখ্যা Z। সমগ্র পরমাণুর গঠন সম্পর্কে বিজ্ঞানীদের মত এই যে A ভর সংখ্যা এবং Z পারমাণবিক সংখ্যার পরে নিউক্লিয়াসে Z সংখ্যক প্রোটন, $(A - Z) = N$ সংখ্যক নিউট্রন এবং নিউক্লিয়াসের বাইরে Z সংখ্যক ইলেকট্রন থাকবে। যেমন হিলিয়াম নিউক্লিয়াসকে ${}_2He^4$ দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। এখানে $A = 4, Z = 2$। অতএব, এর নিউক্লিয়াসে 2টি প্রোটন $(4 - 2) = 2$টি নিউট্রন এবং নিউক্লিয়াসের বাইরে 2টি ইলেকট্রন থাকবে।



চিত্র ৯·৭ : প্রোটন, নিউট্রন মতবাদ অনুসারে হিলিয়াম নিউক্লিয়াসের গঠন।

প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয়তায় বিটা কণা অর্থাৎ ইলেকট্রন নির্গমন এবং প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয়ায় পজিট্রন (ধনচার্জ যুক্ত ইলেকট্রন বা অ্যান্টি ইলেকট্রন) নির্গমনের নিম্নলিখিত ব্যাখ্যা দেয়া যায়। ইলেকট্রন প্রকৃতপক্ষে নিউক্লিয়াসে অবস্থান করে না, কিন্তু নিউট্রন রূপান্তর হয়ে প্রোটনে পরিণত হওয়ার সময় ইলেকট্রন নির্গত হয়।

$$n \rightarrow p^+ + e^-$$

আবার প্রোটন যদি রূপান্তরিত হয়ে নিউট্রনে পরিণত হয় তখন পজিট্রন নির্গত হয়।

$$p^+ \rightarrow n + e^+$$

নিউক্লিয়াসের গঠন সম্পর্কে প্রোটন-নিউট্রন তত্ত্বের সাহায্যে পরমাণু ও নিউক্লিয়াসের অনেক জটিল সমস্যা ব্যাখ্যা করা সম্ভব হয়েছে।

কাজ : নিউক্লিয়াসের মধ্যে প্রোটন ও নিউট্রন থাকে। যেহেতু নিউট্রনগুলি চার্জহীন প্রোটন ধনাত্মক চার্জধর্মী হওয়া সত্ত্বেও প্রোটন-প্রোটন বিকর্ষণ করে নিউক্লিয়াস থেকে বেরিয়ে আসে না কেন ?

নিউক্লিয়াসে প্রোটন ধনাত্মক চার্জগ্রস্ত এবং নিউট্রন চার্জহীন হওয়ায় এক্ষেত্রে প্রোটন-প্রোটন বিকর্ষণ বল বা কুলম্ব বল ক্রিয়া করে। অপরদিকে নিউক্লিয়াসে নিউক্লিয় উপাদান তথা নিউক্লিয়নগুলোকে একত্রে আবদ্ধ রাখতে নিউক্লিয় বল কার্যকর হয়। এই নিউক্লিয় বলের মান কুলম্ব বলের তুলনায় বেশি হওয়ায় প্রোটন-প্রোটন বিকর্ষণ বলের ক্রিয়াকে নাকচ করে দেয়। তাই নিউক্লিয়াস থেকে প্রোটন বেরিয়ে আসতে পারে না।

নিউক্লিয় বলের বৈশিষ্ট্য : নিউক্লিয় বলের নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্য রয়েছে—

১। এই বল অত্যন্ত তীব্র। অন্য সকল ধরনের বলের চেয়ে এর তীব্রতা অনেক বেশি।

২। এটি শুধুই আকর্ষণ বল।

৩। এই বল আধান নিরপেক্ষ। অর্থাৎ একই দূরত্বে প্রোটন-প্রোটন, প্রোটন-নিউট্রন বা নিউট্রন-নিউট্রন বলগুলির মধ্যে কোনো তফাৎ নেই।

৪। এটি খুবই স্বল্প পাল্লার বল। এই পাল্লা মাত্র 10^{-14} m (প্রায়)। এই বল দ্বারা নিউক্লিয়নগুলি কেবলমাত্র নিকটবর্তী নিউক্লিয়নগুলির সঙ্গেই আবদ্ধ থাকে।

৫। প্রোটন, নিউট্রন এবং অন্য কিছু বিশেষ কণাই কেবল নিউক্লিয় মিথস্ক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। ইলেকট্রন এবং বেশ কিছু মৌলিক কণা আছে, যাদের মধ্যে এই নিউক্লিয় মিথস্ক্রিয়া নেই।

৯·৭ নিউক্লিয়ার পদার্থবিজ্ঞানের গুরুত্বপূর্ণ প্রতিভাস
Important phenomena in Nuclear Physics

তেজস্ক্রিয়তা
Radioactivity

তেজস্ক্রিয়তা আলোচনা করবার পূর্বে **স্থায়ী** (Stable) এবং **অস্থায়ী** (Unstable) নিউক্লিয়াস কী—তা জানা আবশ্যক। আমরা জানি পরমাণুর কেন্দ্রে নিউক্লিয়াস অবস্থিত। নিউক্লিয়াসের মধ্যে ধন চার্জযুক্ত **প্রোটন** এবং নিষ্ক্রিয় **নিউট্রন** থাকে। হাল্কা মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে বেশি সংখ্যক প্রোটন থাকে না। ফলে প্রোটনের সমধর্মী চার্জের মধ্যে বিকর্ষণ বল অধিক না হওয়ায় এরা নিউক্লিয়াস হতে বাইরে আসে না, সুতরাং নিউক্লিয়াস না ভেঙ্গে অক্ষুণ্ণ থাকে। এদেরকে **স্থায়ী নিউক্লিয়াস** বলে। প্রকৃতিতে সর্বোচ্চ সংখ্যক প্রোটনসমৃদ্ধ স্থায়ী নিউক্লিয়াস হলো বিসমাথ। এর পারমাণবিক সংখ্যা 83 এবং ভরসংখ্যা 209। যে সমস্ত মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা 83-এর বেশি সেগুলোর নিউক্লিয়াস স্থায়ী হয় না। সম-ধর্মী ধন চার্জের মধ্যে বিকর্ষণ বল খুবই প্রবল হওয়ায় তারা নিউক্লিয়াস হতে ছিটকে বের হয়ে আসে। ফলে নিউক্লিয়াস ভেঙ্গে গিয়ে অন্য নিউক্লিয়াসে পরিবর্তিত হয়। এদেরকে **অস্থায়ী নিউক্লিয়াস** বলে। এখন তেজস্ক্রিয়তা এবং সংশ্লিষ্ট বিষয়াদি আলোচনা করব।

তেজস্ক্রিয়তা একটি স্বতঃস্ফূর্ত স্বীয় বিচ্ছিন্নকারী (disruptive) প্রক্রিয়া। যেসব মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ভর 206-এর অধিক তাদের ক্ষেত্রে এই প্রক্রিয়া ঘটে থাকে। 1896 খ্রিস্টাব্দে বিখ্যাত ফরাসি বিজ্ঞানী **হেনরী বেকরেল** (Henry Becquerel) সর্বপ্রথম তেজস্ক্রিয়া আবিষ্কার করেন। তিনি লক্ষ করেন যে, ইউরেনিয়াম এবং তাদের যৌগ হতে আপনা-আপনি এক প্রকার রহস্যজনক কণা এবং রশ্মি নির্গত হতে থাকে। এর পর **পিয়ারে কুরী** এবং তাঁর স্ত্রী **মাদাম কুরী** থোরিয়ামের মধ্যে এই একই গুণ আবিষ্কার করেন। পরবর্তীকালে **রেডিয়াম, পলোনিয়াম** এবং **অ্যাকটিনিয়াম** প্রভৃতি ভারী মৌলিক পদার্থের এই গুণ আবিষ্কৃত হয়। **কোনো পদার্থ হতে স্বতঃস্ফূর্তভাবে কণা এবং রশ্মি নির্গত হওয়ার প্রক্রিয়াকে তেজস্ক্রিয়তা (Radioactivity) বলে এবং যে সমস্ত পদার্থ হতে এই কণা এবং রশ্মি নির্গত হয় এদেরকে যথাক্রমে তেজস্ক্রিয় পদার্থ (Radioactive substance) ও তেজস্ক্রিয় রশ্মি (Radioactive rays) বলে।** তেজস্ক্রিয়তা একটি নিউক্লীয় ঘটনা।

চিন্তন কাজ : তেজস্ক্রিয়তা একটি নিউক্লীয় ঘটনা—কীভাবে তা ব্যাখ্যা করবে ?

তেজস্ক্রিয়তার ব্যবহার
Uses of radioactivity

আধুনিক বিজ্ঞান জগতে তেজস্ক্রিয়তার বহুল ব্যবহার দেখা যায়। নিম্নে তা উল্লেখ করা হলো :

(১) এটা তেজস্ক্রিয় প্রদর্শক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

(২) এটা কৃষি বিদ্যায় ব্যবহৃত হয়।

(৩) এটা চিকিৎসা বিদ্যায় ব্যবহৃত হয়।

(৪) এটা রসায়ন বিদ্যায় ব্যবহৃত হয়।

(৫) শিল্প ক্ষেত্রেও এর ব্যবহার সমধিক।

তেজস্ক্রিয়তার বৈশিষ্ট্য
Characteristics of radioactivity

তেজস্ক্রিয়ার নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্যসমূহ দেখা যায় :

১। যে সব মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা 83-এর বেশি সেসব পদার্থই তেজস্ক্রিয় ধর্ম দেখায়।

২। তেজস্ক্রিয়া স্বাভাবিক ও স্বতঃস্ফূর্ত নিউক্লীয় ঘটনা। এটি অবিরাম প্রক্রিয়া, সবিরাম নয়।

৩। তাপমাত্রা বা চাপের পরিবর্তন, পারিপার্শ্বিক যে কোনো বিকিরণ, বিদ্যুৎ বা চৌম্বক ক্ষেত্র, বাহ্যিক কোনো বল ইত্যাদি তেজস্ক্রিয়াকে প্রভাবিত করে না।

৪। তেজস্ক্রিয় পদার্থ থেকে সাধারণত আলফা, বিটা, গামা রশ্মি নিঃসরণ হয়।

তেজস্ক্রিয়তার একক (Unit of radioactivity)

তেজস্ক্রিয়া পরিমাপের জন্য দুটি একক রয়েছে, যথা—

(১) কুরী (Curie) এবং (২) বেকেরেল (Becquerel)।

(১) কুরী : প্রতি সেকেন্ডে $3{\cdot}7 \times 10^{10}$ সংখ্যক পরমাণুর ভাঙ্গনকে 1 কুরী বলা হয়।

অথবা, **কোনো বস্তুর প্রতি সেকেন্ডে** $3{\cdot}7 \times 10^{10}$ পরমাণু বিয়োজিত হলে ঐ বস্তুর তেজস্ক্রিয়া 1 কুরী হবে।

$\therefore$ **1 কুরী,** $C = 3{\cdot}7 \times 10^{10}$ **বিয়োজন/সেকেন্ড।**

এই এককটি খুব বড় হওয়ায় **মিলিকুরী** (Milli Curie) ও **মাইক্রো কুরী** (Micro-Curie) একক ব্যবহার করা হয়।

$\therefore$ 1 মিলি-কুরী (mC) $= 3{\cdot}7 \times 10^{7}$ বিয়োজন/সেকেন্ড

1 মাইক্রো-কুরী (μC) $= 3{\cdot}7 \times 10^{4}$ বিয়োজন/সেকেন্ড

(২) তেজস্ক্রিয়তার এস. আই. একক হলো বেকেরেল (Bq)।

কোনো বস্তুর প্রতি সেকেন্ডে একটি পরমাণুর ভাঙ্গনকে 1 বেকেরেল (Bq) বলে।

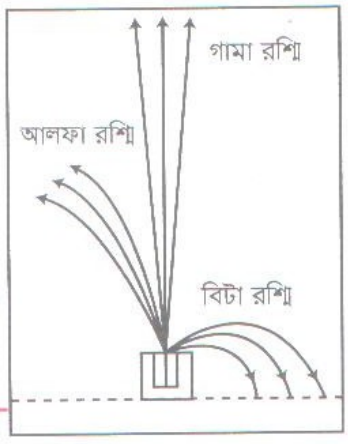
তেজস্ক্রিয় রশ্মি
Radioactive rays

1899 খ্রিস্টাব্দে **রাদারফোর্ড** (Rutherford) এবং 1900 খ্রিস্টাব্দে **উইলার্ড** (Willard) পরীক্ষা-নিরীক্ষার সাহায্যে 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)।

নিম্নলিখিত পরীক্ষার সাহায্যে বিজ্ঞানী **মাদাম কুরী** তিন প্রকার রশ্মির অস্তিত্ব প্রমাণ করেন।

তিনি একটি সীসার ব্লক বা খণ্ড নেন [চিত্র ৯·৮]। সীসার খণ্ডে লম্বা একটি সরু ছিদ্র করে তার মধ্যে এক টুকরা রেডিয়াম স্থাপন করেন। ছিদ্র হতে সামান্য দূরে অনুভূমিকভাবে বা কাগজের তলের অভিলম্বভাবে একটি ফটোগ্রাফিক প্লেট স্থাপন করেন যাতে রেডিয়াম হতে নির্গত রশ্মিসমূহ এতে পতিত হয়। তারপর সম্পূর্ণ ব্যবস্থাকে একটি বায়ুরুদ্ধ বাক্সে স্থাপন করে ভেতরের বায়ু বের করে নেন এবং নির্গত রশ্মির অভিলম্ব বরাবর একটি চৌম্বক ক্ষেত্র প্রয়োগ করেন। এতে ফটোগ্রাফিক প্লেটের **তিনটি** স্থানে **তিনটি** পরিষ্কার দাগ লক্ষ করেন—একটি বাম দিকে, একটি ডান দিকে এবং একটি ঠিক মাঝখানে।



চিত্র ৯·৮

আমরা জানি যে, ধাবমান চার্জিত কণার উপর চৌম্বক ক্ষেত্র প্রয়োগ করলে কণাগুলি বিক্ষিপ্ত হয়। চৌম্বক ক্ষেত্রের অভিমুখ কাগজের তলের অভিলম্বভাবে নিচের দিকে হলে দক্ষিণ হস্ত নিয়ম-১ অনুসারে কণাগুলোর আদি গতি অভিমুখ হতে সিদ্ধান্ত গ্রহণ করা যায় যে, বাম দিকে যে রশ্মিটি অল্প বেঁকে গেছে তা ধন চার্জযুক্ত; একে **আলফা রশ্মি** বা **α-রশ্মি,** ডান দিকে যে রশ্মিটি বেশি বেঁকে গেছে তা ঋণ চার্জযুক্ত; একে **বিটা রশ্মি** বা **β-রশ্মি** এবং মাঝখানে যে রশ্মিটি সোজা চলে গেছে যার উপর চৌম্বক ক্ষেত্রের কোনো প্রভাব নেই তা **গামা রশ্মি** বা **γ-রশ্মি**। γ-রশ্মি বৈদ্যুতিক চৌম্বক তরঙ্গ। সাধারণ আলোর সঙ্গে পার্থক্য শুধুমাত্র তরঙ্গদৈর্ঘ্যের। γ-রশ্মি অতি ক্ষুদ্র তরঙ্গবিশিষ্ট বৈদ্যুতিক চৌম্বক তরঙ্গ।

α, β, γ গ্রিক বর্ণমালার প্রথম তিনটি বর্ণ, তেজস্ক্রিয় পদার্থ থেকে নির্গত রশ্মির ভেদন ক্ষমতার ক্রম অনুসারে α, β, γ নামকরণ করা হয়েছে। α-রশ্মির ভেদন ক্ষমতা β-রশ্মির চেয়ে কম, আবার β-রশ্মির চেয়ে γ-রশ্মির ভেদন ক্ষমতা অনেক বেশি। α-রশ্মি একটি সীসা খণ্ডের মাত্র 1×10^{-5} m ভেদ করতে পারে, β-রশ্মি 1×10^{-4} m এবং γ-রশ্মি 0·1 m।

...ন রশ্মি	আলফা রশ্মি	বিটা রশ্মি	গামা রশ্মি
...ভর নেই।	৩.ভর আছে। এর মান 6.6×10^{-27}kg।	৩. ভর আছে। এর মান 9.1×10^{-31}kg।	৩.ভর নেই।
২. চার্জহীন	৪. ধনচার্জে চার্জিত। এর মান 3.2×10^{-19}C।	৪. ঋণচার্জে চার্জিত। এর মান 1.6×10^{-19}C	৪. চার্জহীন।
৩. বেগ 3×10^{8}ms^{-1}	৬. বেগ 1.4 হতে 2.4ms^{-1}	৬. বেগ 1.10 হতে 2.96×10^{-18}ms^{-1}।	৬. বেগ 3×10^{8}ms^{-1}
৪. তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 10^{-11}m হতে 10^{-13}m	৭. কণা ধর্মী, তরঙ্গ দৈর্ঘ্য নেই।	৭. কণা ধর্মী, তরঙ্গ দৈর্ঘ্য নেই।	৭. 1.37×10^{-10}m হতে 7.1×10^{11}m।
৫.ভেদন ক্ষমতা মানুষের শরীরে 0.2 m এর কম	৮. ভেদন ক্ষমতা .027-.0862m বায়ু।	৮. ভেদন ক্ষমতা 1×10^{-4}m সীসা কিংবা 5×10^{-4}m অ্যালুমিনিয়াম।	৮. ভেদন ক্ষমতা .30m লোহা।

দ্বিতীয় পত্র

হলে যে নতুন মৌল-পরমাণু তৈরি হয় তার ভর সং
ণবিক সংখ্যা অপেক্ষা যথাক্রমে 4 একক ও 2 একক
র সংখ্যা একই থাকে; কিন্তু পারমাণবিক সংখ্যা প্র
বিক সংখ্যার কোনো পরিবর্তন হয় না।

α এবং β-কণা নিঃসৃত হয় বের কর।

আমরা জানি,

α-কণা নিঃসরণের জন্য ভর সংখ্যা ও পারমাণবিক সংখ্যা হ্রাস পায়। কিন্তু β-কণা নিঃসরণের জন্য ভর সংখ্যা একই থাকে, পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধি পায়।

এখানে,

ভর সংখ্যার হ্রাস $= 222 - 210 = 12$

পারমাণবিক সংখ্যার হ্রাস $= 86 - 84 =$

এখন, α-কণার ভর সংখ্যা 4

তাই, α-কণা নিঃসরণের সংখ্যা $= \frac{12}{4} = 3$

3টি α-কণা নিঃসৃত হলে পারমাণবিক সংখ্যা হ্রাস $= 2 \times 3 = 6$

সুতরাং, β-কণা নিঃসরণের জন্য পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধি $= 6 - 2 = 4$

যেহেতু 1 একটি β কণা নিঃসৃত হলে পারমাণবিক সংখ্যা 1 বৃদ্ধি পায়।

সুতরাং নিঃসৃত β-কণার সংখ্যা $= \frac{4}{1} = 4$।

উ: বিক্রিয়ায় 3টি α-কণা ও 4টি β-কণা নিঃসৃত হয়।

কাজ : পরমাণুর নিউক্লিয়াসে কোনো ইলেকট্রন নেই অথচ নিউক্লিয়াস থেকে β–কণার নিঃসরণ কীভাবে হয় ব
কর।

পরমাণুর নিউক্লিয়াসে একটি নিউট্রন যখন একটি প্রোটনে পরিণত হয়, তখনই একটি ইলেকট্রন উৎপন্ন হয়। এ ইলেকট্রনের উপর নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে উপস্থিত তীব্র নিউক্লিয় বলের কোনো প্রভাব থাকে না। তাই ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসের মধ্যে থাকতে পারে না, β-কণা হিসেবে বেরিয়ে আসে।

তেজস্ক্রিয় রশ্মির ধর্ম
Properties of radioactive rays

আমরা জানি—তেজস্ক্রিয় পদার্থ হতে তিন প্রকারের রশ্মি নির্গত হয়। তারা α, β এবং γ রশ্মি। তাদের বিভিন্ন ধ
নিম্নে বর্ণনা করা হলো।

আলফা রশ্মির ধর্ম : (১) এই রশ্মি কতকগুলো ভারী কণার সমষ্টি। প্রত্যেকটি কণার ভর 6.6×10^{-27} kg। এ
ভর হাইড্রোজেন নিউক্লিয়াসের বা প্রোটনের ভরের চার গুণ।

(২) এরা ধন চার্জ বহন করে। চার্জের পরিমাণ $q = +2C = 3.2 \times 10^{-19}$ C

(৩) এরা দ্বি-আয়নিত হিলিয়াম পরমাণু।

(৪) এরা বৈদ্যুতিক ও চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা বিক্ষিপ্ত হয়। এটি প্রমাণ করে যে আলফা রশ্মির কণাগুলো চার্জগ্রস্ত। বিক্ষেপের অভিমুখ হতে আলফা রশ্মির চার্জ ধনাত্মক প্রমাণিত হয়।

(৫) এদের আয়নায়ন (Ionisation) ক্ষমতা বেশি। এই ক্ষমতা β-রশ্মির তুলনায় 100 গুণ এবং γ-রশ্মির তুলনায় 1000 গুণ বেশি।

(৬) এরা ফটোগ্রাফিক প্লেটের উপর বিক্রিয়া করে।

(৭) এরা সহজেই বস্তু দ্বারা শোষিত হয়, অর্থাৎ এদের ভেদন ক্ষমতা (Penetrating power) খুব কম। β এবং γ-রশ্মির তুলনায় এদের ভেদন ক্ষমতা অনেক কম।

(৮) জিঙ্ক সালফাইড বা বেরিয়াম প্লাটিনোসায়ানাইডে আলফা রশ্মি প্রতিপ্রভা সৃষ্টি করে।

(৯) বাতাসে এদের গম্যতার (Range) সীমা .027 m হতে প্রায় .09 m।

(১০) বিভিন্ন তেজস্ক্রিয় বস্তু হতে আলফা রশ্মি বিভিন্ন বেগে নির্গত হয়। এই বেগ $1.4 \times 10^7\ ms^{-1}$ হতে $1.9 \times 10^7\ ms^{-1}$ হয়।

(১১) আলফা রশ্মি শরীরের কোনো অংশে পড়লে ক্ষত সৃষ্টি করে। এই ক্ষত সারানো খুবই মুশকিল।

(১২) পাতলা ধাতব বা অভ্রের পাতের ভেতর দিয়ে যাবার কালে আলফা কণাগুলোর চতুর্দিকে বিক্ষেপণ হয়।

বিটা রশ্মির ধর্ম : (১) বিটা রশ্মি খুবই হালকা। এরা ইলেকট্রন প্রবাহ।

(২) এদের ভর $9.1 \times 10^{-31}\ kg$।

(৩) এরা ঋণ চার্জ বহন করে। এই চার্জের মান $1.6 \times 10^{-19}\ C$।

(৪) বিভিন্ন তেজস্ক্রিয় বস্তু হতে বিটা রশ্মি প্রচণ্ড বেগে নির্গত হয়। এই বেগ $0.9 \times 10^8\ ms^{-1}$ হতে $2.9 \times 10^8\ ms^{-1}$ হতে পারে।

(৫) এরা ফটোগ্রাফিক প্লেটের উপর প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি করে।

(৬) এরা গ্যাসকে আয়নিত করে, তবে আয়নিত করার ক্ষমতা আলফা রশ্মি অপেক্ষা কম।

(৭) এদের ভেদন ক্ষমতা আছে। আলফা রশ্মি অপেক্ষা এদের ভেদন ক্ষমতা বেশি।

(৮) এরা বেরিয়াম প্লাটিনোসায়ানাইড, ক্যালসিয়াম-টাংস্টেন ইত্যাদিতে প্রতিপ্রভা সৃষ্টি করে।

(৯) এরা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র দ্বারা বিক্ষিপ্ত হয়।

(১০) এরা চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা বিক্ষিপ্ত হয়। বৈদ্যুতিক বা চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা সৃষ্ট বিক্ষেপের অভিমুখ হতে জানা যায় যে, এরা ঋণ চার্জ বহন করে।

(১১) এরা কোনো পদার্থের মধ্য দিয়ে যাবার সময় বিক্ষিপ্ত হয়। এই বিক্ষেপণ আলফা রশ্মির তুলনায় অনেক বেশি।

(১২) এদের গতিশক্তি আছে।

গামা রশ্মির ধর্ম : (১) গামা রশ্মি অতি ক্ষুদ্র তরঙ্গদৈর্ঘ্যের বিদ্যুৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ।

(২) গামা রশ্মির কোনো ভর নেই।

(৩) গামা রশ্মির কোনো চার্জ নেই।

(৪) গামা রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য দৃশ্যমান আলোকের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের তুলনায় অনেক কম।

(৫) গামা রশ্মি $3 \times 10^8\ ms^{-1}$ বেগে গমন করে।

(৬) গামা রশ্মি বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র দ্বারা বিক্ষিপ্ত হয় না।

(৭) গামা রশ্মি চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা বিক্ষিপ্ত হয় না।

(৮) গামা রশ্মি ফটোগ্রাফিক প্লেটে প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি করে।

(৯) এরা কোনো পদার্থের উপর আপতিত হয়ে প্রতিপ্রভা সৃষ্টি করে।

(১০) গামা রশ্মির আয়নায়ন ক্ষমতা আছে। এই ক্ষমতা আলফা এবং বিটা রশ্মির তুলনায় অনেক কম।

(১১) গামা রশ্মির ভেদন ক্ষমতা আছে। আলফা এবং বিটা রশ্মির তুলনায় এই ভেদন ক্ষমতা অনেক বেশি।

(১২) এটা আলোকের মতো বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গ বলে গামা রশ্মির প্রতিফলন, প্রতিসরণ, ব্যতিচার, অ ইত্যাদি সব আলোকীয় ধর্ম আছে।

রশ্মি বা কণা	আপেক্ষিক চার্জ	আপেক্ষিক ভর	রশ্মি বা কণার প্রকৃতি	ভেদন ক্ষমতা
আলফা-রশ্মি	+2	4একক	দ্বিধনাত্মক	1গুণ ধরে
বিটা-রশ্মি	−1	0	একক ঋণাত্মক	100গুণ
গামা-রশ্মি	0	0	তড়িৎচুম্বকীয় তরঙ্গ	10000গুণ

ক্ষয়
Decay

তেজস্ক্রিয়তা আবিষ্কারের তিন বছর পর দুজন বিজ্ঞানী এলস্টার (Elster) ও গাইটেল (Geitel) লক্ষ করে কোনো তেজস্ক্রিয় বস্তুর তেজস্ক্রিয়তা সময় অতিবাহিত হওয়ার সাথে সাথে কমতে থাকে, এটাই তেজস্ক্রিয়তা ক্ষয় (Decay)। এই ক্ষয় সূচক নিয়ম (Exponential Law) মেনে চলে। কোন মুহূর্তে কোন পরমাণুটি ভেঙ্গে যাবে তা নির্দিষ্ট করে বলা অসম্ভব। **কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের একটি পরমাণুর একক সময়ে ভাঙনের সম্ভাব্যতাকে ঐ পদার্থের অবক্ষয় ধ্রুবক বলে।** তেজস্ক্রিয় পদার্থের ক্ষয় পরিসংখ্যানের নিয়ম মেনে চলে যা ক্ষয় সূত্র নামে পরিচিত।

তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের সূত্র
Radioactive decay law

তেজস্ক্রিয়া একটি স্বতঃস্ফূর্ত এবং আকস্মিক ঘটনা। তেজস্ক্রিয় ধর্মের পরিবর্তনের কারণ পরমাণুর ভাঙন বা অবক্ষয়। এই ভাঙন বা অবক্ষয় অবিরাম চলতে থাকবে যতক্ষণ পর্যন্ত এটি একটি অতেজস্ক্রিয় স্থায়ী মৌল পরমাণুতে

পরিণত না হয়। ভাঙ্গনের সময় আলফা বা বিটা কণা নির্গত হয়। 1902 খ্রিস্টাব্দে রাদারফোর্ড এবং সডি তেজস্ক্রিয় অবক্ষয় সূত্র আবিষ্কার করেন। সূত্রটি নিম্নে বিবৃত হলো—

কোনো মুহূর্তে তেজস্ক্রিয় পরমাণুর ভাঙন বা অবক্ষয়ের হার ঐ সময়ে উপস্থিত অক্ষত পরমাণুর সমানুপাতিক।

যদি তেজস্ক্রিয় পরমাণুর ভাঙনের হার $\frac{dN}{dt}$ এবং t সময়ে অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা N হয়, তবে $-\frac{dN}{dt} \propto N$

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

বা, $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$ বা, $\frac{dN}{N} = -\lambda . dt$ ... ... (9.8)

এখানে, λ একটি ধ্রুবরাশি এবং একে বলা হয় ঐ তেজস্ক্রিয় মৌলের **ক্ষয় ধ্রুবক** (Decay constant)। সময় অতিবাহিত হওয়ার সাথে সাথে তেজস্ক্রিয় বস্তুর পরমাণুর সংখ্যা হ্রাস পায় বলে সমীকরণের পূর্বে একটি ঋণ চিহ্ন দেওয়া হয়।

সমীকরণ (9.8)-কে সমাকলন করে পাই,

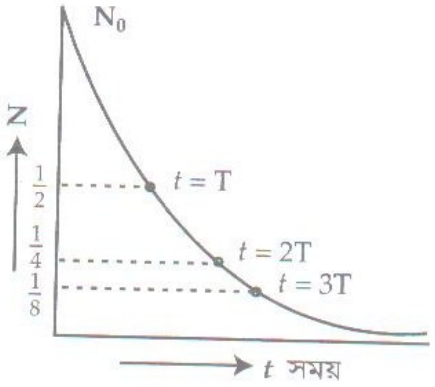
$\log_e N = -\lambda t + C$ ... ... (9.9)

এখানে, C একটি সমাকলন ধ্রুবক। এর মান নির্ণয় করতে হবে।

মনে করি শুরুতে অর্থাৎ যখন, $t = 0$, তখন $N = N_0$

∴ সমীকরণ (9.9) হতে পাই

$\log_e N_0 = C$ ... ... (9.10)



চিত্র ৯·৯

এখন সমীকরণ (9.9) এবং (9.10) হতে আমরা পাই,

$\log_e N = -\lambda t + \log_e N_0$

বা, $\log_e N - \log_e N_0 = -\lambda t$

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

∴ $N = N_0 e^{-\lambda t}$ ... ... (9.11)

এটিই তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের সূত্র।

এ সূত্রটি **সূচকীয় সূত্র** (Exponential law) মেনে চলে [চিত্র ৯·৯]। এর লেখ অর্থাৎ সময় t-এর সাথে অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা N-এর লেখ পার্শ্বের চিত্রের মতো হবে।

চিত্র ৯·৯ হতে দেখা যায় যে, শুরুতে অর্থাৎ ($t = 0$ সময়ে) কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থে নির্দিষ্ট পরিমাণ পরমাণু থাকলে, T সময় পরে ঐ তেজস্ক্রিয় পদার্থের পরিমাণ অর্ধেক হয়ে যায়; 2T সময় পরে ঐ অবশিষ্ট পরিমাণ আবার অর্ধেক হয়ে যায় অর্থাৎ তখন প্রারম্ভিক পরিমাণের $\frac{1}{4}$ অংশ অবশিষ্ট থাকে। $N-t$ লেখচিত্র হতে প্রমাণিত হয় যে, পরমাণু ভাঙার জন্য কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের অসীম সময় লাগে।

ক্ষয় ধ্রুবক বা অবক্ষয় ধ্রুবক বা ভাঙন ধ্রুবক :

সমীকরণ (9.8) হতে পাই,

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

বা, $\lambda = -\frac{dN/dt}{N}$

এখন, $N = 1$ হলে উপরের সমীকরণ থেকে পাই,

$\lambda = -dN/dt$

অর্থাৎ, ক্ষয় ধ্রুবক একটি পরমাণুর একক সময়ে ভাঙনের সম্ভাব্যতা (probability) নির্দেশ করে।

সংজ্ঞা : কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের একটি পরমাণুর একক সময়ে ভাঙনের সম্ভাব্যতাকে ঐ পদার্থের ক্ষয় বা অবক্ষয় বা ভাঙন ধ্রুবক বলে।

এর একক s^{-1} বা, day^{-1} বা, yr^{-1}

গাণিতিক উদাহরণ

১। রেডনের অর্ধায়ু 3·82 দিন। রেডনের তেজস্ক্রিয় ধ্রুবকের মান কত এবং কত দিন পর রেডনের প্রারম্ভিক মানের $\frac{1}{20}$ অংশ অপরিবর্তিত থাকবে ? [কু. বো. ২০১০, ২০০৩, ২০০০; ঢা. বো. ২০০৯; ব. বো. ২০০৮]

আমরা জানি, $T = \frac{0.693}{\lambda}$

$\therefore 3.82 = \frac{0.693}{\lambda}$

$\therefore \lambda = \frac{0.693}{3.82} = 0.181/d$

এখানে,

$T = 3.82\ d$

আবার, মনে করি, রেডনের প্রারম্ভিক পরিমাণ $= N_0$ এবং t দিন পরে এর পরিমাণ $= N$

প্রশ্নানুসারে, $N = \frac{N_0}{20}$

আমরা জানি, $N = N_0 e^{-\lambda t}$

বা, $\frac{N_0}{20} = N_0 e^{-\lambda t}$

বা, $\frac{1}{20} = e^{-\lambda t}$

$\therefore \ln 1 - \ln 20 = -\lambda t$

বা, $0 - \ln 20 = -\lambda t$

বা, $\ln 20 = \lambda t$

বা, $t = \frac{\ln 20}{\lambda} = \frac{\ln 20}{0.181}$ [$\because \lambda = 0.181$]

$\therefore t = 16.55\ d$

২। প্রারম্ভিক অবস্থায় কোনো বস্তু খণ্ডে যদি 10^8 সংখ্যক রেডন পরমাণু থাকে তাহলে একদিনে কত সংখ্যক পরমাণু ভেঙে যাবে? রেডনের অর্ধায়ু 4 দিন। [য. বো. ২০০৫]

$\Delta N = N_0 - N$ ... ... (1)

আবার আমরা জানি, $N = N_0 e^{-\lambda t}$ ... ... (2)

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

$\lambda = \frac{0.693}{T} = \frac{0.693}{4} = 0.17325\ d^{-1}$

এখানে,

প্রাথমিক পরমাণু সংখ্যা $N_0 = 10^8$

সময়, $t = 1$ দিন

$T = 4$ দিন

$\Delta N = ?$

সমীকরণ (2) থেকে পাই,

$N = 10^8 \times e^{-0.17325 \times 1} = 84.09 \times 10^6$

$\therefore \Delta N = 10^8 - 84.09 \times 10^6 = 15.9 \times 10^6$

অর্ধজীবন বা অর্ধায়ু

Half life

কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের প্রারম্ভিক বা উপস্থিত অক্ষত পরমাণুগুলোর অর্ধেক পরিমাণ ক্ষয় হতে যে সময় লাগে তাকে অর্ধায়ু বা অর্ধ-পর্যায় বলে।

অর্ধায়ুর মান তেজস্ক্রিয় পদার্থের একটি নিজস্ব বৈশিষ্ট্য। পদার্থটির ভৌত বা রাসায়নিক পরিবর্তন হলেও অর্ধায়ুর মান অপরিবর্তিত থাকে।

তেজস্ক্রিয় ভাঙনের সূত্র হতে আমরা জানি, $N = N_0 e^{-\lambda t}$

যদি অর্ধায়ুকে T দ্বারা সূচিত করা হয়, তা হলে যখন $t = T$, তখন $N = \frac{N_0}{2}$

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

$\therefore T = \frac{\log_e 2}{\lambda} = \frac{2.303 \times \log_{10} 2}{\lambda}$

$= \frac{0.693}{\lambda}$ ... ... (9.12)

অর্থাৎ তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধায়ু এর ক্ষয় ধ্রুবকের ব্যস্তানুপাতিক ।

1 গ্রাম ইউরেনিয়াম পরমাণু ভেঙে ঠিক অর্ধেক অর্থাৎ $\frac{1}{2}$ গ্রাম হতে 450 কোটি বছর সময় লাগে। আরও 450 কোটি বছরে $\frac{1}{2}$ গ্রাম ভেঙে $\frac{1}{4}$ গ্রাম হবে। সুতরাং ইউরেনিয়ামের অর্ধায়ু 450 কোটি বছর।

গাণিতিক উদাহরণ

১। এক খণ্ড রেডনের 60% ক্ষয় হতে কত সময় লাগবে ? রেডনের অর্ধায়ু 3·82 দিন।

[ঢা. বো. ২০১১; রা. বো. ২০১০, ২০০৬; য. বো. ২০০৭, ২০০০; চ. বো. ২০০৬; সি. বো. ২০০৮, ২০০৪; কু. বো. ২০০৩; ব. বো. ২০০২]

আমরা জানি,

অর্ধায়ু, $T = \frac{0{\cdot}693}{\lambda}$

বা, $3{\cdot}82 = \frac{0{\cdot}693}{\lambda}$

$\therefore \lambda = \frac{0{\cdot}693}{3{\cdot}82} = 0{\cdot}1814$ দিন

এখানে,

$T = 3{\cdot}82$ দিন

রেডনের 60% ক্ষয় হলে অবশিষ্ট থাকে 40% অর্থাৎ 100% প্রাথমিক পরমাণু সংখ্যার 60% ক্ষয় হলে অবশিষ্ট থাকে 40% । সুতরাং $\frac{N}{N_0} = \frac{40}{100}$

যেখানে N_0 = প্রাথমিক পরমাণু সংখ্যা এবং

N = অবশিষ্ট পরমাণু সংখ্যা

আমরা জানি, $N = N_0 e^{-\lambda t}$

$\therefore \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$ বা, $\frac{40}{100} = e^{-0{\cdot}1814t}$

বা, $\frac{2}{5} = e^{-0{\cdot}1814t}$ বা, $\ln\left(\frac{2}{5}\right) = -0{\cdot}1814t$

$\therefore t = \frac{\ln\left(\frac{2}{5}\right)}{-0{\cdot}1814} = \frac{-0{\cdot}9163}{-0{\cdot}1814} = 5{\cdot}05$ দিন

উত্তর : 5·05 দিন।

গড় আয়ু

Mean life or average life

আমরা জানি—তেজস্ক্রিয়তা স্বতঃস্ফূর্ত ঘটনা। এটা সূচকীয় সূত্র মেনে চলে এবং কোনো পরমাণুর আয়ু শূন্য হতে অসীম (∞) হতে পারে। সুতরাং কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের গড় আয়ু নির্ণয় করা সম্ভব ।

প্রত্যেকটি তেজস্ক্রিয় পরমাণুর আয়ুর যোগফলকে পরমাণুর প্রারম্ভিক সংখ্যা দ্বারা ভাগ করলে যে আয়ু পাওয়া যায় তাকে ঐ তেজস্ক্রিয় পদার্থের গড় আয়ু বলে।

গড় আয়ুকে সাধারণত τ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$\therefore \tau = \frac{\text{১ম পরমাণুর আয়ু} + \text{২য় পরমাণুর আয়ু} + \cdots + N_0\text{-তম পরমাণুর আয়ু}}{N_0}$

গাণিতিকভাবে দেখানো যায় যে, গড় আয়ু, $\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{T}{0{\cdot}693}$ ... ... (9.13).

সমীকরণ (9.13) হতে দেখা যায়, গড় আয়ু অর্ধায়ুর সমানুপাতিক।

গাণিতিক উদাহরণ

১। ইউরেনিয়ামের অর্ধায়ু 45×10^8 বছর। এর গড় আয়ু নির্ণয় কর।

[কু. বো. ২০০৭; য. বো. ২০০২; রা. বো. ২০০০]

আমরা জানি,

গড় আয়ু, $\tau = \frac{1}{\lambda}$

আবার, অর্ধায়ু, $T = \frac{0{\cdot}693}{\lambda}$

$\therefore \tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{T}{0{\cdot}693} = \frac{45 \times 10^8}{0{\cdot}693}$ বছর $= 64{\cdot}9 \times 10^8$ বছর

এখানে,

অর্ধায়ু, $T = 45 \times 10^8$ বছর

গড় আয়ু, $\tau = ?$

কতগুলো প্রয়োজনীয় রাশি
Some important terms

নিম্নে কতগুলো প্রয়োজনীয় রাশি আলোচনা করা হলো :

(ক) আইসোটোপ (Isotopes) : যে সব পরমাণুর পারমাণবিক সংখ্যা একই, কিন্তু ভর সংখ্যা বা পারমাণবিক ওজন ভিন্ন তাদেরকে আইসোটোপ বা একস্থানিক বা সমস্থানিক বলে। 'আইসো' অর্থ 'একই' এবং 'টোপ' অর্থ 'স্থান' অর্থাৎ পিরিয়ডিক তালিকায় একই স্থান দখল করে; এদের রাসায়নিক ধর্ম এক, কিন্তু অন্য ধর্ম ভিন্ন। আরও বলা যায়, **যে সমস্ত পরমাণুর প্রোটন বা ইলেকট্রন সংখ্যা সমান কিন্তু নিউট্রন সংখ্যা ভিন্ন, তাদেরকে আইসোটোপ বলে।**

উদাহরণ : অক্সিজেনের তিনটি আইসোটোপ আছে; যথা $^{16}_{8}O$, $^{17}_{8}O$ এবং $^{18}_{8}O$

এই তিনটি পরমাণুতে নিউট্রনের সংখ্যা যথাক্রমে $16-8=8$, $17-8=9$ এবং $18-8=10$

(খ) আইসোবার (Isobars) : যে সমস্ত পরমাণুর ভর সংখ্যা বা পারমাণবিক ওজন একই কিন্তু পারমাণবিক সংখ্যা ভিন্ন তাদেরকে আইসোবার বলে।

উদাহরণ : $^{40}_{18}Ar$ এবং $^{40}_{19}Ca$ অর্থাৎ আর্গন এবং ক্যালসিয়াম উভয়ের ভর সংখ্যা বা পারমাণবিক ওজন 40, কিন্তু পারমাণবিক সংখ্যা যথাক্রমে 18 এবং 19; সুতরাং তারা আইসোবার।

(গ) আইসোমার (Isomers) : যে সমস্ত পরমাণুর পারমাণবিক সংখ্যা এবং ভর সংখ্যা একই কিন্তু তাদের অভ্যন্তরীণ গঠন বিভিন্ন, তাদেরকে আইসোমার বলে।

(ঘ) আইসোটোন (Isotones) : যে সমস্ত পরমাণুতে সমান সংখ্যক নিউট্রন আছে, তাদেরকে আইসোটোন বলে। যেমন $^{40}_{20}Ca$ এবং $^{39}_{19}K$ অর্থাৎ ক্যালসিয়াম এবং পটাসিয়াম উভয়ের নিউট্রন সংখ্যা 20, অতএব এরা আইসোটোন।

(ঙ) নিউক্লাইড (Nuclide) : দুটি নিউক্লিয়াসে যদি প্রোটন সংখ্যা Z এবং নিউট্রন সংখ্যা N অভিন্ন হয়, তাহলে তারা একই নিউক্লীয় প্রজাতির অন্তর্ভুক্ত হয়। একটি নিউক্লীয় প্রজাতিকে বলা হয় নিউক্লাইড। একটি নিউক্লাইডকে তার রাসায়নিক সংকেত এবং রাসায়নিক সংকেত এর শির সংখ্যা $(A = Z + N)$ দ্বারা সনাক্ত করা যায়।

(চ) রেডিও-আইসোটোপ (Radio-Isotopes) : কতকগুলো আইসোটোপে বা একস্থানিকে অল্প সময়ের জন্য কৃত্রিম তেজস্ক্রিয়তা দেখা যায়। এদেরকে রেডিও-আইসোটোপ বা তেজস্ক্রিয় একস্থানিক বলে।

এগুলো সাধারণত নিউক্লিয়ার বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়। পরীক্ষার সাহায্যে দেখা গেছে যে, কোনো নিউক্লিয়ার বিক্রিয়ায় উৎপন্ন নতুন মৌলের প্রকৃতি অত্যন্ত অস্থায়ী। মৌলটি তেজস্ক্রিয় মৌলের মতো ইলেকট্রন, পজিট্রন বা বিটা রশ্মি বিকিরণ করে স্থায়ী অবস্থায় আসে।

নিম্নে একটি উদাহরণ দেওয়া হলো :

$$\left.\begin{aligned} {}^{14}_{7}N + {}^{1}_{0}n &\rightarrow {}^{14}_{6}C + {}^{1}_{1}H \\ {}^{14}_{6}C &\rightarrow {}^{14}_{7}N + \beta^{-} \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (9.14)$$

এখানে $^{14}_{6}C$, β-রশ্মি নির্গত করে স্থায়ী মৌলে পরিণত হয়। তাই $^{14}_{6}C$ কার্বনের একটি তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ।

রেডিও বা তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের ব্যবহার (Uses of radio-isotopes) : বর্তমান বিজ্ঞান জগতে তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ এক বিস্ময়কর ভূমিকা পালন করছে। বিজ্ঞানের প্রায় সমস্ত ক্ষেত্রেই এর ব্যবহার পরিলক্ষিত হচ্ছে। কয়েকটি ব্যবহার নিম্নে উল্লেখ করা হলো—

১। **কৃষিক্ষেত্র :** কৃষিক্ষেত্রে বীজ সংরক্ষণ, কীটমুক্তকরণ, অধিক ফসল ফলানো, একই গাছে বিভিন্ন বর্ণের ফুল ফুটাবার কাজে ব্যবহৃত হয়।

২। **চিকিৎসা শাস্ত্র :** চিকিৎসা শাস্ত্রে ক্যানসার, টিউমার প্রভৃতির চিকিৎসায় ব্যবহৃত হয়।

৩। **গবেষণা বিজ্ঞান :** জীববিদ্যার বিভিন্ন গবেষণায় এবং রসায়নবিজ্ঞানে ব্যবহৃত হয়।

৪। **শিল্প বিজ্ঞান :** বিভিন্ন শিল্প কাজে ও নানা প্রকার প্রত্নতাত্ত্বিক ধ্বংসাবশেষের সময়কাল নির্ণয়ের কাজে ব্যবহৃত হয়।

(ছ) পারমাণবিক শক্তি (Atomic energy) : 1905 খ্রিস্টাব্দে বিখ্যাত বিজ্ঞানী **আল্‌বার্ট আইনস্টাইন** (Albert Einstein) দেখান যে, পদার্থ এবং শক্তি প্রকৃতপক্ষে অভিন্ন। পদার্থকে শক্তিতে রূপান্তরিত করা যায়। m ভরবিশিষ্ট কোনো

পদার্থকে সম্পূর্ণরূপে শক্তিতে রূপান্তরিত করলে প্রাপ্ত শক্তির পরিমাণ হবে, $E = mc^2$, এখানে c হলো আলোকের বেগ $= 3 \times 10^8\ ms^{-1}$।

একেই **আইনস্টাইনের পদার্থ ও শক্তির অভিন্নতা বিষয়ক সূত্র** বলা হয়।

মনে করি একটি পদার্থের ভর 1 kg। এই পদার্থকে শক্তিতে রূপান্তরিত করতে পারলে প্রাপ্ত শক্তির পরিমাণ হবে, $E = 1 \times (3 \times 10^8)^2 = 9 \times 10^{16}$ J। পদার্থের ভর এবং শক্তির এই সহজাত সমানুপাতিকত্ব আছে বলে পদার্থের ভর এবং শক্তি দুটি তুল্য (Equivalent) জিনিস এবং একই পদার্থের দুটি ভিন্ন রূপ।

নিউক্লিয়াসকে ভেঙে বা বিভাজন করে অথবা দুটি হাল্কা নিউক্লিয়াসকে একত্রিত করে শক্তি পাওয়া যায়। তবে এই শক্তির নাম **নিউক্লিয়ার বা নিউক্লীয় শক্তি** (Nuclear energy)। কিন্তু আপাতভাবে একে **পারমাণবিক শক্তি** (Atomic energy) বলা হয়। পরমাণু হতে দুটি পদ্ধতিতে শক্তি উৎপন্ন করা যায়। এরা হলো (১) নিউক্লীয় ফিশন ও (২) নিউক্লীয় ফিউশন।

ভর ত্রুটি
Mass defect

নিউক্লিয়াসের গঠন সম্পর্কিত প্রোটন-নিউট্রন তত্ত্ব হতে আমরা জানি যে, হাইড্রোজেন ব্যতীত সকল মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াস প্রোটন এবং নিউট্রন দ্বারা গঠিত। অতএব, নিউক্লিয়াসের ভর প্রোটন ও নিউট্রনের ভরের সমান হওয়া আবশ্যক।

মনে করি, কোনো নিউক্লিয়াসের প্রোটনের সংখ্যা Z ও নিউট্রনের সংখ্যা N। যদি প্রোটন ও নিউট্রনের ভর যথাক্রমে M_p ও M_n হয়, তবে নিউক্লিয়াসের মোট ভর

M = প্রোটনের ভর + নিউট্রনের ভর

বা, $M = ZM_p + NM_n$

কিন্তু **কোনো স্থায়ী নিউক্লিয়াসের ভর তার গঠনকারী উপাদানসমূহের যুক্তাবস্থার ভরের যোগফল অপেক্ষা কিছুটা কম হতে দেখা যায়। ভরের এই পার্থক্যকে ভর-ত্রুটি বা ভর ঘাটতি বলে।** এটাকে সাধারণত Δm দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$\therefore$ ভর-ত্রুটি, $\Delta m = ZM_p + NM_n - M$

বা, $\Delta m = ZM_p + (A - Z)M_n - M$ ... ... (9.15)

এখানে, A = ভরসংখ্যা এবং $N = (A - Z)$।

এখন প্রশ্ন জাগে এই হারানো ভর যায় কোথায় ? জবাবে বলা যায়, নিউক্লিয়াস গঠিত হবার মুহূর্তে এই ভর শক্তি হিসেবে বিকিরিত হয় এবং এই শক্তি নিউক্লিয়াস গঠনকালে বন্ধন শক্তির পরিমাপের সমান।

অনুসন্ধানমূলক কাজ : ডিউটেরন ($_1H^2$) নিউক্লিয়াসের বিষয় আলোচনা কর। ডিউটেরনে একটি প্রোটন এবং একটি নিউট্রন রয়েছে; এর ভর ত্রুটি এবং নির্গত শক্তি কীরূপ হবে ?

$_1H^2$ হলো হাইড্রোজেনের একটি আইসোটোপ। এর নাম ডিউটেরন। এই আইসোটোপের নিউক্লিয়াসে একটি প্রোটন ও একটি নিউট্রন থাকে।

প্রোটনের ভর = 1·007825 a.m.u.
নিউট্রনের ভর = 1·008665 a.m.u.

$\therefore$ যুক্ত অবস্থায়, প্রোটনের ভর + নিউট্রনের ভর

= 1·007825 + 1·008665 = 2·016490 a.m.u.

কিন্তু ডিউটেরন নিউক্লিয়াসের ভর = 2·014102 a.m.u.

$\therefore$ ভরত্রুটি, Δm = 2·016490 — 2·014102 = 0·002388 a.m.u.

এই বিলুপ্ত ভর শক্তি হিসেবে নির্গত বা বিকরিত হবে এবং নির্গত শক্তি

$\Delta E = \Delta m \times 931$ [$\because$ 1 a.m.u. = 931 MeV]

$= 0·002388 \times 931 = 2·23$ MeV

[**বি.দ্র.** ভর-ত্রুটির অন্য একটি সংজ্ঞাও দেওয়া যেতে পারে। পারমাণবিক ভর এবং ভর সংখ্যার বিয়োগফলকে ভর-ত্রুটি বলা হয়। যদি পারমাণবিক ভর M এবং ভর সংখ্যা A হয়, তবে ভর-ত্রুটি $\Delta m = (M - A)$।]

বন্ধন শক্তি
Binding Energy

আমরা জানি হাইড্রোজেন ব্যতীত সকল পরমাণুর নিউক্লিয়াস এক বা একাধিক প্রোটন এবং নিউট্রন দ্বারা গঠিত। এই প্রোটন এবং নিউট্রনগুলোকে নিউক্লিয়ন বা নিউক্লিয় উপাদান বলা হয়। নিউক্লিয়ন বা নিউক্লিয় উপাদানগুলোকে একত্রিত করে একটি স্থায়ী নিউক্লিয়াস গঠন করতে কিছু পরিমাণ শক্তি নির্গত হয়। এই শক্তি ভর-ত্রুটির সমতুল্য শক্তির সমান। আবার কোনো একটি নিউক্লিয়াসকে ভাঙিয়ে উহার নিউক্লিয়নগুলোকে পরস্পরের প্রভাব হতে মুক্ত করতে নিউক্লিয়াসকে বাহির হতে সমপরিমাণ শক্তি সরবরাহ করতে হয়। এই শক্তিকে বন্ধন শক্তি বা নিউক্লিয় বন্ধন শক্তি বলে। উপরোক্ত আলোচনা হতে নিউক্লিয় বন্ধন শক্তির নিম্নলিখিত সংজ্ঞা দেওয়া যেতে পারে।

(ক) কোনো প্রয়োজনীয় সংখ্যক নিউক্লিয়ন একত্রিত হয়ে একটি স্থায়ী নিউক্লিয়াস গঠন করতে যে পরিমাণ শক্তি নির্গত বা শোষিত হয় তাকে নিউক্লিয় বন্ধন শক্তি বলে। এটাকে B.E. দ্বারা ব্যক্ত করা হয়।

(খ) কোনো নিউক্লিয়াসকে ভেঙে এর নিউক্লিয়নগুলোকে পরস্পরের প্রভাব হতে মুক্ত করতে নিউক্লিয়াসকে বাহির হতে যে পরিমাণ শক্তি সরবরাহ করতে হয় তাকে বন্ধন শক্তি বলে।

উল্লেখ থাকে যে, নিউক্লিয়নগুলোকে একত্রকারী নিউক্লীয় বলের ক্রিয়া হতে নিউক্লিয় বন্ধন শক্তি উদ্ভূত হয় এবং এটা নিউক্লিয়াসের স্থায়িত্বের জন্য দায়ী। বন্ধন শক্তি বেশি হলে নিউক্লিয়াস অধিকতর স্থায়ী হয়।

মনে করি নিউক্লিয়াসের ভর-ত্রুটি $= \Delta m$ এবং আলোকের বেগ $= c$। অতএব আইনস্টাইনের আপেক্ষিকতাবাদ হতে পাই,

বন্ধন শক্তি, $B.E. = \Delta mc^2 =$ ভরত্রুটি $\times$ (আলোকের বেগ)^2

বা, $B.E. = [ZM_p + (A - Z)M_n - M]c^2$ ... ... (9.16)

এটাই হলো নিউক্লিয় বন্ধন শক্তির চূড়ান্ত রাশিমালা।

[বি.দ্র. বন্ধন শক্তির জন্য অন্য একটি সমীকরণও ব্যবহার করা যায়।

$\therefore$ $B.E. = \Delta m.c^2 = (M - A)\,c^2]$

উদাহারণ : ডিউটেরন নিউক্লিয়াসের ভর-ত্রুটি

$\Delta m = 0.002388$ a.m.u.

কিন্তু 1 a.m.u. = 931 MeV

$\therefore$ ডিউটেরনের বন্ধন শক্তি

$B.E. = 0.002388 \times 931 = 2.23$ MeV

প্রতি নিউক্লিয়নে বন্ধন শক্তি
Binding Energy per Nucleon

আমরা জানি হাইড্রোজেন ব্যতীত সকল পরমাণুর নিউক্লিয়াস প্রোটন এবং নিউট্রন দ্বারা গঠিত। একে নিউক্লিয়ন বলে। নিউক্লিয়নের মোট সংখ্যাকে ভরসংখ্যা বলে। একে μ দ্বারা ব্যক্ত করা হয়। এখন প্রতি নিউক্লিয়নে বন্ধন শক্তি কি তাই আলোচনা করি।

কোনো নিউক্লিয়াসের মোট বন্ধন শক্তি এবং ভর সংখ্যার অনুপাতকে প্রতি নিউক্লিয়নে বন্ধন শক্তি বলা হয়। মোট বন্ধন শক্তিকে ভর সংখ্যা দ্বারা ভাগ করে প্রতি নিউক্লিয়নে বন্ধন শক্তি নির্ণয় করা হয়। একে গড় বন্ধন শক্তিও বলা হয়।

$$\therefore \text{গড় বন্ধন শক্তি} = \frac{\text{মোট বন্ধন শক্তি}}{\text{মোট নিউক্লিয়ন সংখ্যা}} = \frac{B.E.}{A} = \frac{\Delta mc^2}{A} \text{ MeV/nucleon.}$$

গড় বন্ধন শক্তি একটি গুরুত্বপূর্ণ রাশি। কোনো নিউক্লিয়াসের গড় বন্ধন শক্তি ভর সংখ্যার উপর নির্ভর করে। ভর সংখ্যার পরিবর্তনে গড় বন্ধন শক্তি পরিবর্তিত হয়।

গাণিতিক উদাহরণ

১। একটি হিলিয়াম ($_2He^4$) নিউক্লিয়াসের (i) ভর ত্রুটি, (ii) বন্ধন শক্তি এবং (iii) কণা প্রতি বন্ধন শক্তি বের কর। [একটি প্রোটনের ভর = 1.00728 a.m.u., একটি নিউট্রনের ভর = 1.00876 a.m.u. এবং 1 a.m.u. = 931 MeV].

আমরা জানি, একটি হিলিয়াম নিউক্লিয়াসে 2টি প্রোটন ও 2টি নিউট্রন রয়েছে। এখন 2টি প্রোটনের ভর

$= 2 \times 1.00728 = 2.014556$ a.m.u.

2টি নিউট্রনের ভর $= 2 \times 1.00867 = 2.01734$ a.m.u.

$\therefore$ এদের মোট ভর $= 2.014556 + 2.01734 = 4.03190$ a.m.u.

কিন্তু একটি হিলিয়াম নিউক্লিয়াসের প্রকৃত ভর = 4·00276 a.m.u.

(i) ভর ত্রুটি Δm = 4·03190 — 4·00276 = 0·02914 a.m.u.

(ii) সুতরাং বন্ধন শক্তি = $\Delta m \times 931$ = 27·129 MeV

(iii) হিলিয়াম নিউক্লিয়াসে কণার সংখ্যা A = 4

সুতরাং প্রতি কণার বন্ধন শক্তি = $\frac{\text{বন্ধন শক্তি}}{A} = \frac{27·127}{4}$ = 6·782 MeV

২। $_3Li^7$ নিউক্লিয়াসের ভরত্রুটি ও বন্ধন শক্তি নির্ণয় কর।

m_n = 1·006665 amu, m_p = 1·007277 amu, লিথিয়াম নিউক্লিয়াসের ভর = 7·016005 amu এবং 1 amu = $1·66 \times 10^{-27}$ kg.

আমরা জানি,

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

বা, Δm = $\{3 \times 1·007277 + (7 - 3) \times 1·006665\} - 7·016005$

= (3·021831 + 4·026660) — 7·016005

= 7·048491 — 7·016006

= 0·032486 amu

= $0·032486 \times 1·66 \times 10^{-27}$ kg

≡ $0·044 \times 10^{-27}$ kg

এখানে,

m_n = 1·006665 amu

m_p = 1·007277 amu

Li-এর ভর, M = 7·016005 amu

1 amu = $1·66 \times 10^{-27}$ kg

C = 3×10^8 ms^{-1}

Δm = ?

বন্ধন শক্তি, E = ?

আবার,

বন্ধন শক্তি, E = $\Delta m + c^2 = 0·044 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2$

= $3·96 \times 10^{-12}$ J

৩। একটি সোডিয়াম নিউক্লিয়াসের সংকেত $_{11}Na^{24}$ হলে এর নিউক্লিয়াসে প্রোটন সংখ্যা, নিউট্রন সংখ্যা, ভর সংখ্যা ও পারমাণবিক সংখ্যা নির্ণয় কর।

আমরা জানি,

মৌলিক নিউক্লিয়াসে ^A_ZX রূপে প্রকাশ করা হয়।

প্রদত্ত সংকেত : $_{11}Na^{24}$

∴ পারমাণবিক সংখ্যা, Z = 11

ভর সংখ্যা, A = 24

নিউট্রন সংখ্যা N = A — Z = 24 — 11 = 13

প্রোটন সংখ্যা = 11

উ: 11, 13, 24, 11

নিউক্লিয় বিক্রিয়া

Nuclear Reaction

তেজস্ক্রিয় পদার্থ থেকে নিঃসৃত আলফা কণিকা (^4He)-এর সাহায্যে রাদারফোর্ড সর্বপ্রথম নাইট্রোজেন নিউক্লিয়াস ভাঙতে সক্ষম হন। কৃত্রিম উপায়ে একটি নিউক্লিয়াস ভেঙে অন্য একটি নিউক্লিয়াস সৃষ্টির এটিই প্রথম ঘটনা। এটিই হচ্ছে প্রথম নিউক্লিয় বিক্রিয়া (Nuclear Reaction)। অর্থাৎ নিউক্লিয় বিক্রিয়া হলো একটি নিউক্লিয় ঘটনা। নাইট্রোজেন নিউক্লিয়াসে যে বিক্রিয়া ঘটে তা নিম্নরূপ :

$$^{14}N + {}^4He \rightarrow {}^{17}O + p$$

বিক্রিয়ার ফলে নির্গত কণিকাকে প্রোটন কণিকা বলে।

পরবর্তীকালে কক্‌রফট (S. D. Cockroft) এবং ওয়ালটন (E.T.S. Walton) কৃত্রিমভাবে ত্বরান্বিত (Accelerated) প্রোটন কণিকার সাহায্যে নিম্নলিখিত বিক্রিয়া ঘটান—

$$^7Li + p \rightarrow He + \alpha$$

পরবর্তী সময়ে আলফা কণিকা, নিউট্রন কণিকা ও অন্যান্য কণিকা ব্যবহার করে অনেক নিউক্লিয় বিক্রিয়া পর্যবেক্ষণ করা হয়েছে এবং নিউক্লিয়াসের গঠন, অভ্যন্তরীণ বিন্যাস, প্রকৃতি ইত্যাদি সম্পর্কে গুরুত্বপূর্ণ তথ্য আহরণ করা সম্ভব হয়েছে।

একটি নিউক্লিয় বিক্রিয়ায় নিম্নলিখিত ভৌত রাশি (Physical Quantities) সংরক্ষিত হয়। যথা—

(ক) নিউক্লিয়ন সংখ্যা (Nucleon number)

(খ) তড়িৎ আধান (Electric charge)

(গ) সামগ্রিক ভরশক্তি (Total mass-energy)
(ঘ) রৈখিক ভরবেগ (Linear momentum)
(ঙ) কৌণিক ভরবেগ (Angular momentum)
(চ) আইসোটোপিক স্পিন (Isotopic spin) এবং
(ছ) সমতা (Parity)

কাজ : রাসায়নিক বিক্রিয়া ও নিউক্লিয় বিক্রিয়ার পার্থক্য কী ?

(ক) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পরমাণুর সবচেয়ে বাইরের কক্ষপথের ইলেকট্রন অংশগ্রহণ করে এবং এর ফলে নতুন কোনো পরমাণু উৎপন্ন হয় না। কিন্তু নিউক্লিয় বিক্রিয়ায় পরমাণুর নিউক্লিয়াস পরিবর্তিত হয়ে নতুন মৌলের পরমাণু সৃষ্টি হয়।

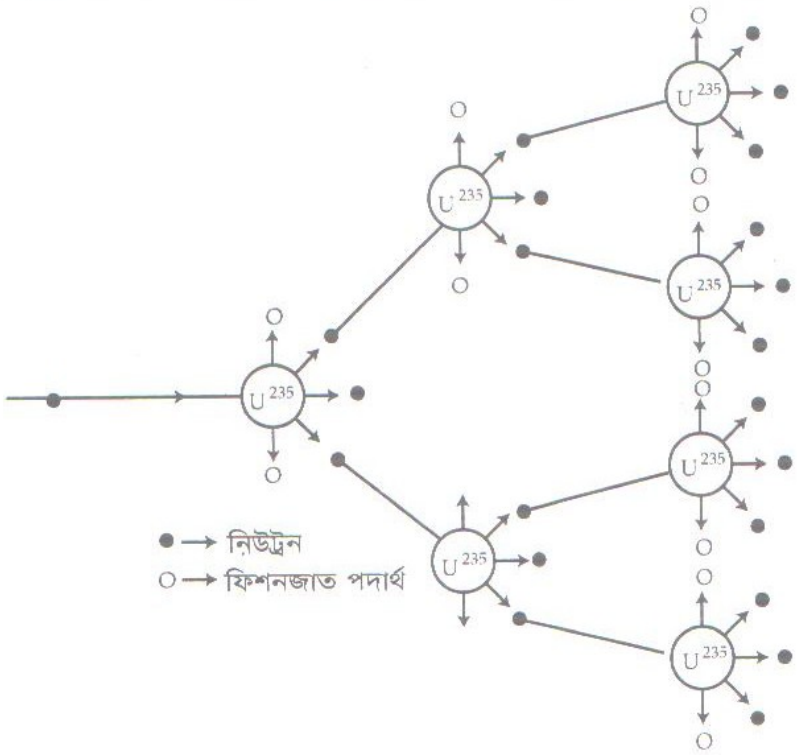
(খ) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সংশ্লিষ্ট শক্তি খুব কম, মাত্র eV ক্রমের। পক্ষান্তরে নিউক্লিয় বিক্রিয়ায় শক্তির পরিমাণ অনেক বেশি, MeV ক্রমের।

চেইন বিক্রিয়া বা শৃঙ্খল বিক্রিয়া

Chain reaction

চেইন বা শৃঙ্খল বিক্রিয়া এমন একটি প্রক্রিয়া যা একবার শুরু হলেই তাকে চালাবার জন্য অন্য কোনো অতিরিক্ত উৎস বা শক্তির প্রয়োজন হয় না।

ব্যাখ্যা : $^{235}_{92}U$ পরমাণুর নিউক্লিয়াসকে উচ্চ শক্তিসম্পন্ন নিউট্রন দ্বারা আঘাত করলে ফিশনের ফলে দুটি নিউক্লিয়াস উৎপন্ন হবে এবং সঙ্গে সঙ্গে তিনটি নিউট্রন সৃষ্টি হবে। এই তিনটি নিউট্রন আরও তিনটি ইউরেনিয়াম নিউক্লিয়াসে ফিশন ঘটাবে; ফলে পাওয়া যাবে নয়টি নিউট্রন। এই নয়টি নিউট্রন আরও নয়টি নিউক্লিয়াসে ফিশন ঘটিয়ে সৃষ্টি করবে সাতাশটি নিউট্রন। ইউরেনিয়াম শেষ না হওয়া পর্যন্ত এই প্রক্রিয়া চলতে থাকবে। এই প্রক্রিয়াকেই বলা হয় শৃঙ্খল বা



চিত্র ৯.১০

চেইন বিক্রিয়া। অনিয়ন্ত্রিত চেইন বিক্রিয়ায় এক সেকেণ্ডের লক্ষ ভাগের এক ভাগ সময়ের মধ্যে ফিশন বিক্রিয়া হাজার গুণ বৃদ্ধি পেতে পারে। অবশ্য প্রতি ফিশনেই প্রচণ্ড শক্তি নির্গত হবে।

নিউক্লিয় ফিউশন
Nuclear fusion

নিউক্লিয় ফিউশন বা নিউক্লিয় সংযোজন : যে প্রক্রিয়ায় একাধিক হালকা নিউক্লিয়াস একত্রিত হয়ে একটি অপেক্ষাকৃত ভারী নিউক্লিয়াস গঠন করে এবং অত্যধিক শক্তি নির্গত হয়, তাকে নিউক্লিয় ফিউশন বা নিউক্লিয় সংযোজন বলে। এ জন্য ফিউশনকে ফিশনের বিপরীত প্রক্রিয়া বলা হয়। **ফিউশন অত্যধিক উচ্চ তাপমাত্রায় সংঘটিত হয় বলে এ বিক্রিয়াকে তাপ-নিউক্লিয় বিক্রিয়া** (Thermo-nuclear Reaction) **বলে।** এই তাপমাত্রার মান প্রায় 10^8 °C

উদাহরণস্বরূপ বলা যেতে পারে যে 4টি হাইড্রোজেন পরমাণুর নিউক্লিয়াসকে সংযোজন করে একটি হিলিয়াম নিউক্লিয়াস গঠন করলে হিলিয়াম নিউক্লিয়াসের ভর 4টি হাইড্রোজেন নিউক্লিয়াসের মোট ভর অপেক্ষা কিছু কম হয়। এই হ্রাসকৃত ভর শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। ফলে প্রচণ্ড শক্তি উৎপন্ন হয়। এজন্য ফিউশনে হাইড্রোজেন আইসোটোপ—**ডিউটেরন** (^2_1H বা ^2_1D), **ট্রাইটিয়াম বা ট্রাইটন** (^3_1H) ব্যবহার করা হয়। যখন 800 kms^{-1} বেগসম্পন্ন ট্রাইটিয়াম নিউক্লিয়াস-এর সঙ্গে ডিউটেরিয়াম নিউক্লিয়াসের সংঘর্ষ ঘটে, তখন ফিউশন প্রক্রিয়ায় হিলিয়াম নিউক্লিয়াস গঠিত হয় এবং এর সঙ্গে প্রচণ্ড শক্তি বিমুক্ত হয়।

$$^3_1H + ^2_1D \longrightarrow ^4_2He + ^1_0n + \text{শক্তি} \qquad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \qquad (9.17)$$

এই ধরনের প্রতিটি ফিউশন বিক্রিয়ায় 17·6 MeV শক্তি বিমুক্ত হয়। সূর্যের ভিতরে ফিউশন বিক্রিয়া সংঘটিত হচ্ছে এবং প্রচুর শক্তি উৎপন্ন হচ্ছে, যার খুবই সামান্য অংশ আমাদের পৃথিবী পৃষ্ঠে আসে।

নিউক্লিয় ফিশন
Nuclear fission

নিউক্লিয় ফিশন বা নিউক্লিয়ার বিভাজন : যে প্রক্রিয়ায় ভারী পরমাণুর নিউক্লিয়াস বিশ্লিষ্ট হয়ে প্রায় সমান ভরের দুটি নিউক্লিয়াস তৈরি হয় এবং বিপুল পরিমাণ শক্তি নির্গত হয়, তাকে নিউক্লিয় ফিশন বা নিউক্লিয়ার বিভাজন বলে।

উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, ইউরেনিয়াম নিউক্লিয়াসকে উচ্চ শক্তিসম্পন্ন নিউট্রন, প্রোটন বা ডিউটেরন দ্বারা আঘাত করলে নিউক্লিয়াসের ফিশন ঘটে।

$$^{235}_{92}U + {_0n^1} \longrightarrow [^{236}_{92}U]^* \longrightarrow ^{141}_{56}Ba + ^{92}_{36}Kr + 3^1_0n + \text{শক্তি} \ (200 \ \text{M}e\text{V}) \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (9.18)$$

অর্থাৎ ইউরেনিয়াম $^{235}_{92}U$-কে তাপীয় নিউট্রন দ্বারা আঘাত করায় এটি নিউট্রনকে আটক করে অস্থায়ী $[^{236}_{92}U]^*$-এ পরিণত হয়। এই অস্থায়ী নিউক্লিয়াস ফিশন প্রক্রিয়ায় বিভাজিত হয়ে বেরিয়াম ও ক্রিপটন নিউক্লিয়াস গঠন করে এবং 1টি হতে 3টি দ্রুতগতিসম্পন্ন নিউট্রন সৃষ্টি হয়। এই নিউট্রনগুলোর আঘাতে আরও ইউরেনিয়াম নিউক্লিয়াসে ফিশন ঘটে। এরূপ ধারাবাহিকভাবে ফিশন প্রক্রিয়া চলতে থাকে। $^{235}_{92}U$ নিউক্লিয়াসকে নিউট্রন দ্বারা আঘাত করলে শুধু সমীকরণ (9.18) বিক্রিয়াই সংঘটিত হয় না। বহু ধরনের বিক্রিয়া ঘটে। যেমন,

$$^{235}_{92}U + {_0n^1} \longrightarrow [^{235}_{92}U]^* \longrightarrow ^{140}_{54}Xe + ^{94}_{38}Sr + 2^1_0n + \text{শক্তি} \qquad \ldots \quad \ldots \qquad (9.19)$$

এক্ষেত্রে 1টি হতে 2টি নিউট্রন সৃষ্টি হয়। কোনো কোনো বিক্রিয়ায় 5টি পর্যন্ত নিউট্রন সৃষ্টি হয়। প্রতি ফিশনে গড়ে 2·5 সংখ্যক নিউট্রন সৃষ্টি হয়।

উল্লেখ থাকে যে এ পদ্ধতিতে বিভাজিত নিউক্লিয়াস বা জাতক নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা হ্রাস পায় এবং বিজ্ঞানী আইনস্টাইন-এর ভর-শক্তি সমীকরণ অনুসারে এই হ্রাসকৃত ভর [$E = \Delta mc^2$] শক্তিতে রূপান্তরিত হয় এবং ধারাবাহিকভাবে ফিশনের ফলে প্রচণ্ড শক্তি উৎপন্ন হয়। দেখা গেছে যে **প্রতিটি ফিশনে প্রায় 200 MeV শক্তি উৎপন্ন হয়**। এই বিক্রিয়া নিয়ন্ত্রণ না করতে পারলে আণবিক বোমার বিস্ফোরণে রূপ নিবে। আর নিয়ন্ত্রণ করতে পারলে তা হবে আণবিক চুল্লীতে সংঘটিত নিয়ন্ত্রিত ফিশন বিক্রিয়া।

1934 খ্রিস্টাব্দে ফিশন প্রক্রিয়ার আবিষ্কার শুরু করেন বিজ্ঞানী **ফার্মি** (Fermi)। কিন্তু পরবর্তীতে 1939 খ্রিস্টাব্দে এই প্রক্রিয়া আবিষ্কার করেন জার্মান বিজ্ঞানী **অটো হান** (Otto Hann) এবং তাঁর দুজন সহযোগী **স্ট্রাসম্যান** (Strassmann) ও **মাইট্নার** (Meitner)।

জেনে নাও: নিউক্লিয় ফিশান ও নিউক্লিয় ফিউশান এর মধ্যে পার্থক্য:

নিউক্লিয় ফিশান	নিউক্লিয় ফিউশান
ফিশান বিক্রিয়ায় একটি অতি বৃহৎ নিউক্লিয়াস দুটি প্রায় কাছাকাছি ভর বিশিষ্ট নিউক্লিয়াসে বিভক্ত	ফিউশান বিক্রিয়ায় দুটি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র নিউক্লিয়াস একত্রিত হয়ে অপেক্ষা কৃত বড় নিউক্লিয়াস গঠন করে
নিউক্লিয় ফিশান বিক্রিয়া হল চেইন বা শিকল বিক্রিয়া, যা অনবরত চলতে থাকে	নিউক্লিয় ফিউশান বিক্রিয়া চেইন বিক্রিয়া নয়
বৃহৎ নিউক্লিয়াসকে নিউট্রন দ্বারা আঘাত করে বিক্রিয়ার সূচনা ঘটানো হয়	অত্যধিক উচ্চ তাপমাত্রায় (10^8K) ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র নিউক্লিয়াসকে উত্তপ্ত করে ফিউশান বিক্রিয়া ঘটানো হয়
ফিশান বিক্রিয়ায় বিপুল তাপ শক্তি নির্গত হয়	ফিশান বিক্রিয়ার তুলনায় নিউক্লিয় ফিউশানে কম তাপশক্তি নির্গত হয়
পারমাণবিক চুল্লীতে ফিশান বিক্রিয়াকে নিয়ন্ত্রিত করে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপাদন করা সম্ভব	নিউক্লিয় ফিউশান বিক্রিয়া নিয়ন্ত্রণ করা সম্ভব হয় নি
প্রচুর নিউক্লিয় বর্জ্য পদার্থ অবশেষ থাকে	কোন নিউক্লিয় বর্জ্য পদার্থ অবশেষ থাকে না

প্রয়োজনীয় গাণিতিক সূত্রাবলি

$E = h\upsilon$

$L = mvr$

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

$F_c = \frac{mv^2}{r}$

$v_n = \frac{e}{\sqrt{4\pi\varepsilon_0 m r_n}}$

$r_n = \frac{n^2h^2\varepsilon_0}{\pi me^2}$

$E = -\frac{me^4}{8n^2h^2\epsilon_0}$ ... ... (7)

$E = \frac{me^4}{8h^2\epsilon_0^2}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$ ... ... (8)

$\upsilon = \frac{E}{h} = \frac{me^4}{8h^3\epsilon_0^2}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$ ... ... (9)

$\rho = \frac{3m}{4\pi R_0^3}$, ρ = নিউক্লিয়াস এর ঘনত্ব ... ... (10)

$N = N_0 e^{-\lambda t}$ ... ... (11)

$T\frac{1}{2} = \frac{0.693}{\lambda}$ ... ... (12)

$\Delta m = [ZM_p + (A - Z)m_n] - M$ ... ... (13)

[Z = প্রোটন সংখ্যা, m_p = প্রোটন ভর, m_n = নিউট্রনের ভর, M = নিউক্লিয়াসের ভর।]

উচ্চতর দক্ষতাসম্পন্ন নমুনা গাণিতিক উদাহরণ

১। রাশিয়ার বিখ্যাত পারমাণবিক বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্র চেরনোবিলে কোনো এক সময় 226 g রেডিয়াম সংগ্রহ করা হলো। এক বছর পর হিসাব করে দেখা গেল 2.42×10^{20} সংখ্যক রেডিয়াম পরমাণু কমে গেছে।

(ক) কত সময় পর আরো উদ্দীপকে প্রদত্ত সংখ্যক পরমাণু কমে যাবে ?

(খ) রেডিয়ামের গড় আয়ু কি এর অর্ধায়ু অপেক্ষা বেশি ? তোমার মতামতের আলোকে বিশ্লেষণ কর।

সমাধান : (ক) উদ্দীপকে উল্লেখিত রেডিয়ামের পরিমাণ = 226 g

1 বছরে ক্ষয় হয়ে যাওয়া রেডিয়াম পরমাণুর সংখ্যা = 2.42×10^{20}

রেডিয়ামের পারমাণবিক ভর = 226

সুতরাং, 1 মোল রেডিয়াম = 226 g

∴ 226 g রেডিয়াম = 6.023×10^{23} সংখ্যক রেডিয়াম পরমাণু।

এখন তেজস্ক্রিয়তার ক্ষয়সূত্র হতে পাই—

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

বা, $e^{-\lambda t} = \frac{N}{N_0}$

বা, $-\lambda t = \ln\left(\frac{N}{N_0}\right)$

বা, $-\lambda t = -4.02 \times 10^{-4}$

∴ $\lambda = \frac{4.02 \times 10^{-4}}{1} = 4.02 \times 10^{-4}\ y^{-1}$

এখানে,

N = অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা

$= 6.023 \times 10^{23} - 2.42 \times 10^{20}$

$= 6.02058 \times 10^{23}$

$N_0 = 6.023 \times 10^{23}$

$t = 1$ y

λ = ক্ষয় ধ্রুবক

মনে করি সমান সংখ্যক রেডিয়াম আরো ক্ষয় হতে সময় লাগবে = t y

$\therefore \quad N = N_0 e^{-\lambda t}$

$\Rightarrow -\lambda t = \ln \frac{N}{N_0}$

$\Rightarrow -\lambda t = -8{\cdot}04 \times 10^{-4}$

$\therefore \quad t = \frac{8{\cdot}04 \times 10^{-4}}{4{\cdot}02 \times 10^{-4}} = 2\text{y}$

(খ) রেডিয়ামের অবক্ষয় ধ্রুবক $\lambda = 4{\cdot}02 \times 10^{-4}\ \text{y}^{-1}$

রেডিয়ামের অর্ধায়ু যদি $T\frac{1}{2}$ হয় তবে,

$N = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}}$

বা, $-\lambda T\frac{1}{2} = \ln \frac{N}{N_0}$

$\therefore \quad -T\frac{1}{2} = -\ln \frac{N/N_0}{\lambda}$

এখানে, $N = \frac{N_0}{2}$

$\therefore \quad T\frac{1}{2} = \frac{0{\cdot}693}{4{\cdot}02 \times 10^{-4}} = 1724\ \text{y}$

আবার রেডিয়ামের গড় আয়ু $\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{4{\cdot}02 \times 10^{-4}}\ \text{y}$

বা, $\tau = 2487{\cdot}5\ \text{y}$

সুতরাং দেখা যায় যে, রেডিয়ামের গড় আয়ু তার অর্ধায়ু অপেক্ষা বেশি।

২। সৈকত বিভিন্ন কণা বিক্ষেপণ পরীক্ষণের উপর গবেষণা করছিল। এক পর্যায়ে সে দেখল Li^{2+} আয়নের একমাত্র ইলেকট্রনটি এর প্রথম কক্ষপথে অবস্থান করছে। একটি ফোটন কণা এসে একে আঘাত করে ইলেকট্রনটিকে তার শেষ কক্ষপথে নিয়ে গেল।

(ক) ফোটনের কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর।

(খ) উক্ত ফোটন যদি কোনো হাইড্রোজেন পরমাণুকে আঘাত করে তবে কী ঘটবে বলে তুমি মনে কর ?

সমাধান : (ক) Li^{+2} আয়নের প্রোটন সংখ্যা, $Z = 3$

মোট কক্ষ পথ সংখ্যা, $n = 2$

সুতরাং ফোটনটি ইলেকট্রনটিকে $n_1 = 1$ হতে $n_2 = 2$ কক্ষপথে উন্নীত করেছে।

এজন্য ফোটনের প্রয়োজনীয় শক্তি, $E = h\upsilon$

আবার, $\Delta E = E_2 - E_1$

$= \frac{-mZ^2e^4}{8\epsilon_0^2 n_2^2 h^2} + \frac{mZ^2e^4}{8\epsilon_0^2 n_1^2 h^2}$

$= \frac{mZ^2e^4}{8\epsilon_0^2 h^2}\left[-\frac{1}{n_2^2} + \frac{1}{n_1^2}\right]$

$= \frac{9{\cdot}1 \times 10^{-31} \times 3^2 \times (1{\cdot}6 \times 10^{-19})^4}{8 \times (8{\cdot}85 \times 10^{-12})^2 \times (6{\cdot}63 \times 10^{-34})^2} \times \left[\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}\right]$

এখানে,

$e = 1{\cdot}6 \times 10^{-19}\ \text{C}$

$h = 6{\cdot}63 \times 10^{-34}\ \text{Js}$

$\epsilon_0 = 8{\cdot}85 \times 10^{-12}\ \text{C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$

$\therefore \quad \Delta E = 1{\cdot}46 \times 10^{-17}$

বা, $h\upsilon = 1{\cdot}46 \times 10^{-17}$

$\therefore \quad \upsilon = \frac{1{\cdot}46 \times 10^{-17}}{6{\cdot}63 \times 10^{-34}} = 2{\cdot}2 \times 10^{16}\ \text{Hz}$

$\therefore$ ফোটনের কম্পাঙ্ক $2{\cdot}2 \times 10^{16}\ \text{Hz}$

(খ) কোনো ফোটন যদি কোনো পরমাণুর ইলেকট্রনকে আঘাত করে তবে দুটি ঘটনা ঘটতে পারে।

(i) ইলেকট্রনটি উচ্চ শক্তিস্তরে চলে যেতে পারে।
এখানে ফোটনের শক্তি < আঘাত প্রাপ্ত ইলেকট্রনের মোট শক্তি।

(ii) ইলেকট্রনটি পরমাণু থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে যেতে পারে।
এখানে ফোটনের শক্তি > আঘাত প্রাপ্ত ইলেকট্রনের মোট শক্তি।

উদ্দীপকে প্রদত্ত ফোটনের মোট শক্তি

$$E = h\upsilon$$
$$= 6.63 \times 10^{-34} \times 2.2 \times 10^{16}$$
$$= 1.46 \times 10^{-17}\ J$$
$$= \frac{1.46 \times 10^{-17}}{1.6 \times 10^{-19}}\ eV = 91.25\ eV$$

হাইড্রোজেন পরমাণুতে 1টি ইলেকট্রন প্রথম কক্ষপথে আবর্তন করে।

$$\therefore \text{ এর মোট শক্তি } E = -\frac{me^4}{8\epsilon_0^2 n^2 h^2}$$
$$= \frac{-9.1 \times 10^{-31} \times (1.6 \times 10^{-19})^4}{8 \times (8.85 \times 10^{-12})^2 \times (6.63 \times 10^{-34})^2}$$
$$= -2.17 \times 10^{-18}\ J$$
$$= \frac{-2.17 \times 10^{-18}}{1.6 \times 10^{-19}}\ eV = -13.6\ eV$$

যেহেতু ফোটনের শক্তি > আঘাত প্রাপ্ত ইলেকট্রনের মোট শক্তি

সুতরাং ইলেকট্রনটি হাইড্রোজেন পরমাণু হতে মুক্ত হয়ে যাবে এবং H^+ গঠিত হবে।

৩। রাজা দুটি তেজস্ক্রিয় মৌল A এবং B নিয়ে কাজ করছিল। মৌলদ্বয়ের অর্ধায়ুর যোগফল 15 বছর। A এর অর্ধায়ু B-এর দ্বিগুণ। [ঢা. বো. ২০১৫]

(ক) A মৌলের ক্ষয় ধ্রুবক নির্ণয় কর।

(খ) উভয় মৌলের 60% ক্ষয় হতে ভিন্ন সময় লাগে—গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও।

সমাধান : (ক) A ও B মৌলের অর্ধায়ুর যোগফল = 15

A মৌলের অর্ধায়ু B মৌলের অর্ধায়ুর দ্বিগুণ।

B মৌলের অর্ধায়ু = 5 বছর হলে A মৌলের অর্ধায়ু = 10 বছর।

আমরা জানি,

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\lambda}$$

বা, $\lambda = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{10} = 0.0693\ y^{-1}$

এখানে,

$T_{\frac{1}{2}} = 10$ বছর

$\lambda = 0.693$

(খ) A মৌলের ক্ষেত্রে,

আমরা জানি,

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t_A}$$

বা, $\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t_A$

বা, $t_A = \frac{-1}{\lambda} \times \ln \frac{N}{N_0}$

$$= -\frac{1}{0.0693} \ln \frac{3}{5} = 7.37\ y$$

এখানে,

অক্ষত পরমাণু $= \frac{N}{N_0} = 60\% = \frac{60}{100} = \frac{3}{5}$

$\lambda = 0.0693\ y^{-1}$

সময়, $t_A = ?$

আবার, B মৌলের ক্ষেত্রে,
আমরা জানি,

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t_B}$$

বা, $\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t_B$

বা, $t_B = \frac{-1}{\lambda} \times \ln \frac{N}{N_0}$

এখানে,

অক্ষত পরমাণু $= \frac{N}{N_0} = 60\% = \frac{60}{100} = \frac{3}{5}$

$T\frac{1}{2} = 5$ y

সময়, $t_B = ?$

$$= -\frac{T\frac{1}{2}}{0.0693} \ln \frac{N}{N_0} = \frac{5}{0.693} \ln \frac{3}{5}$$

$\therefore \quad t_B = 3.6856 \text{ y} = \frac{t_A}{2}$

সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে, A ও B উভয় মৌলের 40% ক্ষয় হতে সময় ভিন্ন লাগে। এক্ষেত্রে A মৌলের ক্ষয়ের সময় B মৌলের ক্ষয়ের সময়ের দ্বিগুণ।

৪। সুমি একদিন নিউক্লিয়ার ল্যাবে 15 দিন আগে আনা রেডনের দুটি নমুনা নিয়ে কাজ করছিল। নমুনা দুটি যখন কেনা হয় তখন ১ম ও ২য় নমুনায় অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা ছিল যথাক্রমে 10^{12}টি এবং 10^{10}টি। সে জানে রেডনের ক্ষয় ধ্রুবক $0.181\ d^{-1}$। তার ধারণা ছিল গত 15 দিনে দুটি নমুনাতে সমান সংখ্যক পরমাণু ক্ষয়প্রাপ্ত হয়েছে।

(ক) প্রথম নমুনার অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা অর্ধেক হতে কত সময় লাগবে ?

(খ) গাণিতিক যুক্তির মাধ্যমে দেখাও যে, সুমির ধারণা ভুল। [দি. বো. ২০১৫]

সমাধান :

(ক) আমরা জানি,

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

বা, $-\lambda t = \ln \frac{N}{N_0}$

বা, $-\lambda t = \ln \frac{5 \times 10^{11}}{10^{12}} = \ln 0.5 = 0.693$

$\therefore \quad t = \frac{0.693}{0.181} = 3.83 \text{ d}$

এখানে,

$N_0 = 10^{12}$

$N = \frac{N_0}{2} = \frac{10^{12}}{2} = 5 \times 10^{11}$

$\lambda = 0.181\ d^{-1}$

(খ) $t = 15$ d সময় কালে ১ম নমুনাতে ক্ষয়প্রাপ্ত পরমাণুর সংখ্যা

$$N_0 - N_1 = N_0 - N_0 e^{-\lambda t} = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$$

$$= 10^{12} (1 - e^{-0.18 \times 15}) = 9.34 \times 10^{11}$$

আবার, ২য় নমুনাকে ক্ষয়প্রাপ্ত পরমাণুর সংখ্যা,

$$N_0 - N_2 = N_0 - N_0 e^{-\lambda t} = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$$

$$= 10^{10} (1 - e^{-0.18 \times 15}) = 9.34 \times 10^{9}$$

যেহেতু, $9.34 \times 10^{11} \neq 9.34 \times 10^{9}$, তাই গত 15 দিনে নমুনা দুটিতে সমান সংখ্যক পরমাণু ক্ষয়প্রাপ্ত হয়নি, অর্থাৎ সুমির ধারণা ভুল।

৫। হাইড্রোজেন পরমাণুর মধ্যে একটি ইলেকট্রন 2য় কক্ষপথে আছে। ইলেকট্রনটি শক্তি বিকিরণ করে ভূমি অবস্থায় ফিরে আসল। ইলেকট্রনের চার্জ $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C, ভর $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg, প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js এবং $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ C^2N^{-1}m^{-2}$।

(ক) উল্লেখিত পরমাণুর ২য় কক্ষপথের ব্যাসার্ধ নির্ণয় কর।

(খ) ইলেকট্রনটি ভূমি অবস্থায় ফিরে আসলে এক্স-রশ্মি নির্গত হবে কিনা? মতামত দাও।

সমাধান :

(ক) আমরা জানি,

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

$$r_2 = \frac{8.85 \times 10^{-12} \times 2^2 \times (6.63 \times 10^{-34})^2}{3.14 \times 9.1 \times 10^{-31} \times (1.6 \times 10^{-19})^2} = 2.134 \times 10^{-10} \text{ m}$$

এখানে,

$n = 2$

$h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js

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

$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ C^2N^{-1}m^{-2}$

(খ) আমরা জানি,

$$E = -\frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^2}\left[\frac{1}{n_1^2}-\frac{1}{n_2^2}\right]$$

$$= -\frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^2}\left[\frac{1}{1^2}-\frac{1}{3^2}\right]$$

$$= \frac{9{\cdot}1\times10^{-31}\,(1{\cdot}6\times10^{-19})^4\times\frac{3}{4}}{8\times(8{\cdot}85\times10^{-12})^2\times(6{\cdot}63\times10^{-34})^2} = -16{\cdot}2\times10^{-19}\ \text{J}$$

$\therefore \quad |E| = 16{\cdot}2\times10^{-19}\ \text{J}$

আবার, $E = h\upsilon = \frac{hc}{\lambda}$

$\therefore \quad \lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6{\cdot}63\times10^{-34}\times3\times10^8}{16{\cdot}2\times10^{-19}} = 1{\cdot}23\times10^{-7}\ \text{m}$

কিন্তু এক্স রশ্মি এর তরঙ্গদৈর্ঘ্য 10^{-10} m হতে 10^{-7} m এর মধ্যে।

$\therefore \quad 1{\cdot}23\times10^{-7}$ m রাশিটি উক্ত সীমার বাইরে। তাই কোনো এক্স রশ্মি নির্গমন হবে না।

সার-সংক্ষেপ

নিউক্লিয়াস : পরমাণুর সব ধনাত্মক আধান ও ভর তার কেন্দ্রে যে অতি অল্প পরিসর স্থানে কেন্দ্রীভূত তাকে নিউক্লিয়াস বলে। এর ব্যাসার্ধ $r \simeq 10^{-15}$ m।

অণু : প্রত্যেক পদার্থ যে অতীব ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণা দ্বারা গঠিত তাকে অণু বলে।

পরমাণু : পরমাণু পদার্থের ক্ষুদ্রতম অংশ যা মুক্ত অবস্থায় থাকতে পারে না; কিন্তু কোনো রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করতে পারে।

পরমাণু মডেল : বিভিন্ন বিজ্ঞানী বিভিন্ন সময় পরমাণুর গঠন, প্রকৃতি ও আচরণ প্রকাশের জন্য বিভিন্ন চিত্র কল্পনা করেন। এর নাম পরমাণু মডেল।

থমসনের পরমাণু মডেল : থমসন মডেলের মূল বক্তব্য হলো যে পরমাণু একটি ধনাত্মক তড়িতাহিত গোলক এবং ইলেকট্রনগুলো এর মধ্যে সর্বত্র ছড়ানো রয়েছে।

রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেল : রাদারফোর্ড মডেলের মূল বক্তব্য হলো যে পরমাণুর সমস্ত ধন আধান এবং ভর এর কেন্দ্রে অতি অল্প পরিসর স্থানে কেন্দ্রীভূত রয়েছে। এই স্বল্প পরিসর স্থানকে নিউক্লিয়াস বলে। নিউক্লিয়াসের বাইরে ইতস্ততভাবে ইলেকট্রন ছড়িয়ে রয়েছে।

বোরের পরমাণু মডেলের স্বীকার্য—

প্রথম স্বীকার্য : কোনো নির্দিষ্ট কক্ষে আবর্তনকালে ইলেকট্রন-এর কৌণিক ভরবেগ $(h/2\pi)$-এর পূর্ণ সংখ্যার গুণিতক হবে।

দ্বিতীয় স্বীকার্য : পরমাণুর ইলেকট্রনগুলো নির্দিষ্ট বৃত্তাকার কক্ষপথে আবর্তন করে। এই সকল কক্ষে থাকাকালীন ইলেকট্রনগুলো কখনও শক্তি বিকিরণ করে না।

তৃতীয় স্বীকার্য : যখন কোনো ইলেকট্রন একটি নির্দিষ্ট কক্ষ হতে অন্য একটি কক্ষে স্থানান্তরিত হয় তখনই শক্তির বিকিরণ বা শোষণ ঘটে। বিকিরিত বা শোষিত শক্তির পরিমাণ ঐ দুটি কক্ষপথের শক্তির বিয়োগফলের সমান।

প্রোটন : এটি নিউক্লিয়াসে অবস্থিত ধন চার্জযুক্ত কণা। এর চার্জের পরিমাণ $1{\cdot}6\times10^{-19}$ C এবং ভর $1{\cdot}673\times10^{-27}$ kg।

নিউট্রন : এটি নিউক্লিয়াসে অবস্থিত বিদ্যুৎ নিরপেক্ষ কণা। এর ভর $1{\cdot}675\times10^{-27}$ kg।

ইলেকট্রন : এটি ঋণচার্জযুক্ত কণা। এর চার্জের পরিমাণ $1{\cdot}6\times10^{-19}$C এবং ভর $9{\cdot}1\times10^{-31}$kg।

নিউক্লিয়ন : নিউক্লিয়াসের মধ্যে যে সমস্ত কণা থাকে তাদেরকে নিউক্লিয়ন বলে।

পারমাণবিক সংখ্যা : কোনো পরমাণুর প্রোটন বা ইলেকট্রনের সংখ্যাকে পারমাণবিক সংখ্যা বলে।

পারমাণবিক ভর সংখ্যা : কোনো পরমাণুর প্রোটন ও নিউট্রনের সংখ্যাকে পারমাণবিক ভর সংখ্যা বলে।

পারমাণবিক ভর : কোনো পরমাণুর প্রোটন ও নিউট্রনের সম্মিলিত ভরকে এর পরমাণবিক ভর বলে।

পারমাণবিক ভর একক : একটি পরমাণুর ভর খুবই নগণ্য। তাই পারমাণুর প্রকৃত ভর বিবেচনা না করে মৌলকে প্রমাণ মৌল ধরে এর সাপেক্ষে অন্য সকল মৌলের ভর নির্ণয় করা হয়। এক পরমাণবিক ভর (1 amu) বলতে ${}_6C^{12}$ পরমাণুর ভরের $\frac{1}{12}$ অংশ বুঝায়।

তেজস্ক্রিয়তা : যে প্রক্রিয়া দ্বারা অস্থায়ী নিউক্লিয়াসবিশিষ্ট পদার্থ স্বতঃস্ফূর্তভাবে অবিরাম এক রহস্যময় কণা এবং রশ্মি নির্গত করে লঘুতর পারমাণবিক ওজনের মৌলে রূপান্তরিত হয়, তাকে তেজস্ক্রিয়তা বলে।

তেজস্ক্রিয় রশ্মি : তেজস্ক্রিয় রশ্মি তিন প্রকার ; যথা—(১) **আলফা রশ্মি** (α-রশ্মি), (২) **বিটা রশ্মি** (β-রশ্মি) এবং (৩) **গামা রশ্মি** (γ-রশ্মি)।

1 কুরী : কোনো বস্তুর প্রতি সেকেন্ডে 3.7×10^{10} সংখ্যক পরমাণুর ভাঙ্গনকে 1 কুরী বলে।

1 বেকেরেল (Bq) : কোনো বস্তুর প্রতি সেকেন্ডে একটি পরমাণুর ভাঙ্গনকে 1 বেকেরেল (Bq) বলে।

তেজস্ক্রিয়তার ক্ষয়সূত্র : কোনো মুহূর্তে তেজস্ক্রিয় পরমাণুর ভাঙন বা অবক্ষয়ের হার ঐ সময়ে উপস্থিত অক্ষত পরমাণু সংখ্যার সমানুপাতিক।

অর্ধায়ু : কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের প্রারম্ভিক অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা অর্ধেক হয়ে যেতে যে সময় লাগে তাকে অর্ধায়ু বলে।

গড় আয়ু : প্রত্যেকটি তেজস্ক্রিয় পরমাণুর আয়ুর যোগফলকে পরমাণুর প্রারম্ভিক সংখ্যা দ্বারা ভাগ করলে ঐ তেজস্ক্রিয় পদার্থের গড় আয়ু পাওয়া যায়।

আইসোটোপ : যে সব পরমাণুর পারমাণবিক সংখ্যা একই, কিন্তু ভর সংখ্যা বা পারমাণবিক ওজন ভিন্ন, তাদেরকে আইসোটোপ বলে।

আইসোবার : যে সমস্ত পরমাণুর ভর সংখ্যা বা পারমাণবিক ওজন একই কিন্তু পারমাণবিক সংখ্যা ভিন্ন তাদেরকে আইসোবার বলে।

আইসোমার : যে সমস্ত পরমাণুর পারমাণবিক সংখ্যা এবং ভর সংখ্যা একই কিন্তু তাদের অভ্যন্তরীণ গঠন ভিন্ন, তাদেরকে আইসোমার বলে।

আইসোটোন : যে সমস্ত পরমাণুতে সমান সংখ্যক নিউট্রন আছে, তাদেরকে আইসোটোন বলে।

নিউক্লিয় বিক্রিয়া : কৃত্রিম উপায়ে পরমাণুর নিউক্লিয়াসের পরিবর্তন ঘটিয়ে নতুন মৌল গঠন করার প্রক্রিয়াকে নিউক্লিয় বিক্রিয়া বলে।

রেডিও বা তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ : কতকগুলো আইসোটোপে অল্প সময়ের জন্য কৃত্রিম তেজস্ক্রিয়তা দেখা যায়। এদেরকে রেডিও বা তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ বলে।

পারমাণবিক শক্তি : নিউক্লিয়াসের ভাঙন হতে প্রাপ্ত শক্তিকে পারমাণবিক শক্তি বলে।

ফিশন : ভারী পরমাণুর নিউক্লিয়াসকে বিশ্লিষ্ট করে একাধিক নিউক্লিয়াস তৈরি করার পদ্ধতিকে ফিশন বলে। এই পদ্ধতিতে প্রচন্ড শক্তি উৎপন্ন হয়।

ফিউশন : যে প্রক্রিয়ায় দুই বা ততোধিক হালকা নিউক্লিয়াস একত্রিত হয়ে একটি ভারী নিউক্লিয়াস গঠন করে এবং অত্যধিক শক্তি নির্গত হয় তাকে ফিউশন বলে।

চেইন বিক্রিয়া : চেইন বিক্রিয়া এমন একটি নিউক্লীয় প্রক্রিয়া যা একবার শুরু হলে তাকে চালাবার জন্য অন্য কোনো অতিরিক্ত শক্তি বা উৎসের প্রয়োজন হয় না।

ভর ত্রুটি : নিউক্লিয়াসের ভর ও তার উপাদানিক কণাগুলোর মুক্ত অবস্থায় মিলিত ভরের পার্থক্যকে ভর ত্রুটি বলে।

বন্ধন শক্তি : কোনো প্রয়োজনীয় সংখ্যক নিউক্লিয় উপাদানগুলোকে একত্রিত করে একটি নিউক্লিয়াস গঠনের জন্য যে পরিমাণ শক্তির প্রয়োজন হয় তাকে নিউক্লিয় বন্ধন শক্তি বলে।

বহুনির্বাচনি প্রশ্নের উত্তরের জন্য প্রয়োজনীয় বিষয়াবলির সার-সংক্ষেপ

১। 1897 সালে বিজ্ঞানী থমসন কিসমিস পুডিং মডেল বা ইলেকট্রনের ধারণা আবিষ্কার করেন। একে তরমুজ মডেলও বলে।

২। রাদারফোর্ড তার আলফা কণিকা বিক্ষেপণ পরীক্ষা সম্পাদন করেন 1911 সালে।

৩। তেজস্ক্রিয় পদার্থ থেকে নির্গত ধনাত্মক চার্জযুক্ত এক প্রকার ভারী কণাই হলো আলফা কণা। এর ভর 6.694×10^{-27} kg। ইহা ইলেকট্রন অপেক্ষা প্রায় 7000 গুণ ভারী। রাদারফোর্ডের পরীক্ষায় তেজস্ক্রিয় পলোনিয়াম হতে নির্গত আলফা কণার গতিশক্তি 7.68 MeV। এই পরীক্ষায় ব্যবহৃত স্বর্ণপাতের পুরুত্ব ছিল 6×10^{-7} m। আলফা কণার ভর হিলিয়ামের ভরের সমান।

৪। 1913 সালে বিজ্ঞানী বোর তার পরমাণু মডেলের প্রস্তাব করেন। বোরের প্রথম কক্ষপথে আবর্তনশীল ইলেকট্রনের মোট শক্তির মান $-13{\cdot}6$ eV।

৫। হাইড্রোজেনের পরমাণুর ব্যাসার্ধ $0{\cdot}53 \times 10^{-10}$ m।

৬। গামা রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের তুলনায় কম। ইহা সীসার পাতে কয়েক সেন্টিমিটার ভেদ করে যেতে পারে। এর অপবর্তন, ব্যতিচার ও প্রতিফলন ঘটে। ইহা তড়িৎক্ষেত্র দ্বারা বিচ্যুত হয় না। চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা বিচ্যুত হয় না।

৭। বিটা রশ্মি অতি উচ্চ দ্রুতিসম্পন্ন ইলেকট্রনের প্রবাহ। নিউক্লিয় ফিশন বিক্রিয়া একটি চেইন বিক্রিয়া।

৮। ক্যাথোড রশ্মি তেজস্ক্রিয় পদার্থ থেকে নির্গত হয় না।

৯। ইউরেনিয়ামের অর্ধায়ু 450 কোটি বছর। তেজস্ক্রিয়তার একক বেকেরেল।

১০। আলফা রশ্মির চার্জের পরিমাণ একটি প্রোটনের চার্জের 2 গুণ। এর আয়নায়ন ক্ষমতা ঐ রশ্মির 1000 গুণ। ইহা তড়িৎ ক্ষেত্র দ্বারা বিচ্যুত হয়।

১১। তেজস্ক্রিয়তার সৃষ্টি হয় নিউক্লিয়াসের ভাঙনের ফলেই। এটি চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা প্রভাবিত হয় না।

১২। গড় আয়ু এবং ক্ষয় ধ্রুবকের মধ্যে সম্পর্ক হলো $T = 1/\lambda$।

১৩। নিউক্লিয়াসের ব্যাস 10^{-15} cm — 10^{-14} cm। বোর পরমাণু মডেলের কৌণিক ভরবেগ $L = \frac{nh}{2\pi}$, ১ম বোর কক্ষপথের ব্যাসার্ধ $0{\cdot}53$ Å। ইউরেনিয়াম ও উচ্চ শক্তির নিউট্রনের বিক্রিয়ায় 200 MeV শক্তি নির্গত হয়।

১৪। 1 কুরী সমান $3{\cdot}6 \times 10^{10}$ বেকেরেল।

১৫। বোর পরমাণু মডেল অনুসারে H-পরমাণুর ২য় কক্ষপথের ব্যাসার্ধ ১ম কক্ষপথের ব্যাসার্ধের চারগুণ।

১৬। পরমাণুগুলোর ভর সংখ্যা সমান কিন্তু প্রোটন সংখ্যা ভিন্ন হলে, তাকে আইসোবার বলে। ${}_1H^2$ এর নাম ডিউটেরিয়াম।

১৭। ইলেকট্রন উচ্চ শক্তিস্তর থেকে নিম্ন শক্তিস্তরে গেলে—(i) শক্তির বিকিরণ ঘটে। (ii) শক্তির পরিবর্তন ঘটে।

১৮। নিউক্লিয় বলের বৈশিষ্ট্য হলো—আকর্ষণ ধর্মী, চার্জ নিরপেক্ষ, স্বল্প পাল্লা।

১৯। বিটা রশ্মির ধর্ম হলো কণাধর্মী।

২০। 1 amu ভরের সমতুল্য শক্তি = 934 MeV।

২১। আলফা কণা বিক্ষেপণ পরীক্ষায় ব্যবহৃত প্রতিপ্রভ পর্দা হলো জিঙ্ক সালফাইডের পর্দা।

২২। বিভিন্ন কক্ষপথের জন্য মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যা বিভিন্ন।

২৩। ${}_1^2H + {}_1^2H \longrightarrow {}_2^3H + {}_0^1X +$ শক্তি $\longrightarrow X$ কণাটি হলো নিউট্রন।

২৪। দুটি up এবং একটি down কোয়ার্ক মিলে তৈরি হয় প্রোটন।

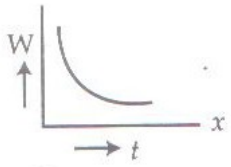
২৫। ফিশান বিক্রিয়ায় ভর শক্তির নিত্যতার সূত্র মেনে চলে না।

২৬। প্রতি ফিউশনে E_1 এবং প্রতি ফিশানে E_2 শক্তি নির্গত হলে, E_1 এবং E_2 এর মধ্যে সম্পর্ক হলো $E_1 > E_2$।

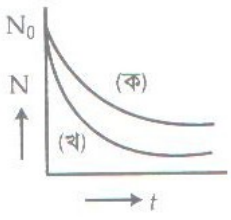
২৭। নিউক্লিয়াসের ভর সংখ্যার সাথে ব্যাসার্ধের সম্পর্ক হলো $R = R_0A^{1/3}$।

২৮। ক্ষয় ধ্রুবক-এ এর মাত্রা অর্ধ জীবনের মাত্রার সমতুল্য নয়।

২৯। তেজস্ক্রিয়তার ভাঙনের সমীকরণ $N = N_0 e^{-\lambda t}$ এবং এর লেখচিত্র হলো—



৩০। পাশের (ক) লেখচিত্রটি অধিক আয়ুসম্পন্ন তেজস্ক্রিয় পদার্থ নির্দেশ করছে।



অনুশীলনী

(ক) বহুনির্বাচনি প্রশ্ন

১। পরমাণুর রাদারফোর্ড মডেল থেকে জানা যায়—
(i) পরমাণুর ধনাত্মক আধান ও অধিকাংশ ভর খুবই স্বল্প পরিসরে সীমাবদ্ধ
(ii) পরমাণুর ইলেকট্রনগুলির মধ্যে অনেকটা অংশই শূন্যস্থান
(iii) নির্দিষ্ট কয়েকটি কক্ষপথে আবর্তনশীল ইলেকট্রন কোনো শক্তি বিকিরণ করে না
নিচের কোনটি সঠিক ?
ⓚ i ও ii
ⓛ i ও iii
ⓜ ii ও iii
ⓝ i, ii ও iii

২। বোরের স্বীকার্য অনুযায়ী পারমাণবিক ইলেকট্রনের কোয়ান্টায়িত (Quantized) রাশি হলো—
ⓚ রৈখিক বেগ
ⓛ কৌণিক বেগ
ⓜ রৈখিক ভরবেগ
ⓝ কৌণিক ভরবেগ

৩। বোরের স্বীকার্য অনুসারে অনুমোদিত কক্ষপথে ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ কত?
[সি. বো. ২০১৫; দি. বো. ২০১৫]
ⓚ $L=\frac{nh}{2\pi}$
ⓛ $L=\frac{2\pi n}{h}$
ⓜ $L=\frac{2\pi}{hn}$
ⓝ $L=\frac{2h}{\pi}$

৪। পরমাণু মডেলের ক্ষেত্রে বোরের স্বীকার্যগুলো হলো—
(i) কোনো স্থায়ী কক্ষপথে আবর্তনকালে ইলেকট্রনের মোট কৌণিক ভরবেগ $\frac{h}{2\pi}$ এর গুণিতক
(ii) পরমাণুস্থ ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসের চারদিকে যে কোনো কক্ষপথে ঘুরতে পারে
(iii) যখনই কোনো ইলেকট্রন একটি অনুমোদিত কক্ষপথ হতে অপর একটি অনুমোদিত কক্ষপথে লাফ দেয়, তখনই শক্তির বিকিরণ বা শোষণ ঘটে।
নিচের কোনটি সঠিক ?
ⓚ i ও ii
ⓛ i ও iii
ⓜ ii ও iii
ⓝ i, ii ও iii

৫। আলফা কণা বিক্ষেপণ পরীক্ষা কে করেন ?
ⓚ থমসন
ⓛ বোর
ⓜ রাদারফোর্ড
ⓝ কুরী

৬। হাইড্রোজেন পরমাণুর ভূমি স্তরের শক্তি কত ?
ⓚ $-13.6\ eV$
ⓛ $-13.6\ J$
ⓜ $-13.6\ N$
ⓝ $13.6\ J$

৭। হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রথম বোর কক্ষে ইলেকট্রনের মোট শক্তি -13.6 eV হলে, তৃতীয় বোর কক্ষে মোট শক্তি কত হবে ?
ⓚ -1.5 eV
ⓛ -3.4 eV
ⓜ -4.5 eV
ⓝ -40.8 eV

৮। নিচের কোন স্থানান্তরের জন্য হাইড্রোজেন পরমাণু হতে নির্গত ফোটনের কম্পাঙ্ক কম মানের হবে ?
ⓚ $n=2$ হতে $n=1$
ⓛ $n=4$ হতে $n=3$
ⓜ $n=3$ হতে $n=1$
ⓝ $n=4$ হতে $n=2$

৯। যখন একটি পরমাণুর নিউক্লিয়াস থেকে একটি বিটা কণা নির্গত হয় তখন—
ⓚ পারমাণবিক সংখ্যা এক কমে যায়
ⓛ ভর সংখ্যা এক কমে যায়
ⓜ পরমাণবিক সংখ্যা এক বেড়ে যায়
ⓝ পারমাণবিক সংখ্যা দুই কমে যায়

১০। তেজস্ক্রিয় পরমাণুর—
(i) অর্ধায়ু এর ক্ষয় ধ্রুবকের ব্যস্তানুপাতিক
(ii) গড় আয়ু এর ক্ষয় ধ্রুবকের ব্যস্তানুপাতিক
(iii) গড় আয়ু এর ক্ষয় ধ্রুবকের সমানুপাতিক
নিচের কোনটি সঠিক ?
ⓚ i ও ii
ⓛ i ও iii
ⓜ ii ও iii
ⓝ i, ii ও iii

১১। তেজস্ক্রিয়তার বৈশিষ্ট্য—
(i) এটি একটি স্বতঃস্ফূর্ত এবং আকস্মিক ঘটনা
(ii) তেজস্ক্রিয় পরমাণুর অবক্ষয়ের হার ঐ সময়ে উপস্থিত অক্ষত পরমাণুর ব্যস্তানুপাতিক
(iii) তেজস্ক্রিয় অবক্ষয় অবিরাম চলতে থাকবে যতক্ষণ পর্যন্ত এটি একটি স্থায়ী মৌলে পরিণত না হয়

নিচের কোনটি সঠিক ?

ক i ও ii
খ ii ও iii
গ i ও iii
ঘ i, ii ও iii

১২। কোনো তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ু ও গড় আয়ুর মধ্যে সম্পর্ক হলো—

ক এরা সমানুপাতিক
খ এরা ব্যস্তানুপাতিক
গ এরা বর্গের সমানুপাতিক
ঘ সমান

১৩। ভেদন ক্ষমতার ক্রম অনুসারে α-কণা, β-কণা ও γ-রশ্মির বিকিরণগুলোকে সাজানো যায়—

ক α, β, γ
খ γ, α, β
গ γ, β, α
ঘ α, γ, β

১৪। γ-রশ্মির বৈশিষ্ট্য হচ্ছে—

(i) মানব দেহে ক্যান্সার আক্রান্ত কোষ ধ্বংস করতে ব্যবহার করা হয়
(ii) তেজস্ক্রিয় নিউক্লিয়াস থেকে নির্গত হয়
(iii) জি এম কাউন্টার দ্বারা উদঘাটন করা হয়

নিচের কোনটি সঠিক ?

ক i ও ii
খ i ও iii
গ ii ও iii
ঘ i, ii ও iii

১৫। কোন উক্তিটি সঠিক ?

ক β-রশ্মি ও ক্যাথোড রশ্মি সদৃশ
খ γ-রশ্মি হলো উচ্চ শক্তিসম্পন্ন নিউট্রনের স্রোত
গ α-কণাগুলি একক আয়নিত হিলিয়াম পরমাণু
ঘ প্রোটন ও নিট্রনের ভর হুবহু এক

১৬। নিচের কোনটি তেজস্ক্রিয় রশ্মি নয় ?

ক আলফা রশ্মি
খ বিটা রশ্মি
গ গামা রশ্মি
ঘ এক্স রশ্মি

১৭। তেজস্ক্রিয় ক্ষয় সূত্র হলো—

ক $N = N_0 e^{-\lambda t}$
খ $N = N_0 e^{-\lambda T}$
গ $N_0 = Ne^{-\lambda T}$
ঘ ক ও খ উভয়ই

১৮। 1 amu ভরের সমতুল্য শক্তি কত ?

ক 934 MeV
খ 93·4 MeV
গ 943 MeV
ঘ 980 MeV

১৯। রেডনের অর্ধায়ু 3·82 দিন। এর ক্ষয় ধ্রুবকের মান কত ?

ক 5·05/d
খ 0·181/d
গ 0·581/d
ঘ 0·284/d

২০। নিচের বিক্রিয়ায় X কণাটি কী ?

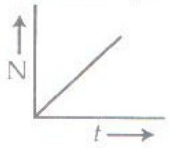
$^{14}N + {}^{4}He \rightarrow {}^{17}O + X$

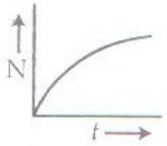
ক ইলেকট্রন
খ প্রোটন
গ নিউট্রন
ঘ ফোটন

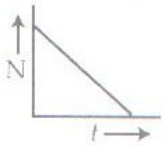
২১। কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধায়ু 3·82 দিন। কতদিন পর উক্ত মৌলের 60% অংশ ক্ষয় হবে ?

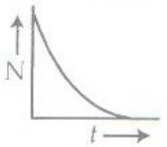
ক 8·05 d
খ 5·05 d
গ 7·50 d
ঘ 12·05 d

২২। নিচের কোন লেখটি সময়ের প্রেক্ষিতে তেজস্ক্রিয় পরমাণুর অবক্ষয়ের হার নির্দেশ করে ?

ক 

খ 

গ 

ঘ 

২৩। নিচের কোন রাশি 1 কুরী নির্দেশ করে ?

ক $3·7 \times 10^{7}$ decay s^{-1}
খ $3·7 \times 10^{8}$ decay s^{-1}
গ $3·7 \times 10^{9}$ decay s^{-1}
ঘ $3·7 \times 10^{10}$ decay s^{-1}

২৪। রেডনের অর্ধায়ু 3·82 দিন। রেডনের—
(i) তেজস্ক্রিয় ধ্রুবকের মান $0{\cdot}000002\ s^{-1}$
(ii) $\frac{1}{20}$ অংশ অপরিবর্তিত থাকবে 16·54 দিন পর
(iii) তেজস্ক্রিয় ধ্রুবকের মান $0{\cdot}1812\ s^{-1}$
নিচের কোনটি সঠিক ?
ⓚ i ও ii
ⓚ i ও iii
ⓖ ii ও iii
ⓖ i, ii ও iii

২৫। একটি তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ু হলো—
(i) $T = \frac{0{\cdot}693}{\lambda}$
(ii) $T = 0{\cdot}693\ s$
(iii) $T = 0{\cdot}693\ \tau$
নিচের কোনটি সঠিক ?
ⓚ i ও ii
ⓚ i ও iii
ⓖ ii ও iii
ⓖ i, ii ও iii

২৬। নিউক্লিয় ফিউশন—
(i) একাধিক হাল্কা নিউক্লিয়াস একত্রিত হয়ে ভারি নিউক্লিয়াস গঠন করে
(ii) অত্যধিক উচ্চ তাপমাত্রায় সংঘটিত হয়
(iii) আণবিক চুল্লীতে এই প্রক্রিয়া সংঘটিত হয়
নিচের কোনটি সঠিক ?
ⓚ i ও ii
ⓚ i ও iii
ⓖ ii ও iii
ⓖ i, ii ও iii

২৭। নিউক্লিয় চুল্লীতে যে বিক্রিয়াগুলি সম্পন্ন হয় তা হলো—
(i) ফিশন
(ii) ফিউশন
(iii) প্রতি ফিশনে প্রায় 200 MeV শক্তি নির্গত হয়
নিচের কোনটি সঠিক ?
ⓚ i ও ii
ⓚ ii ও iii
ⓖ i ও iii
ⓖ i, ii ও iii

২৮। পরমাণু নিউক্লিয়াসে অবস্থিত প্রোটন ও নিউট্রনকে একত্রে বলা হয়—
ⓚ পায়ন
ⓚ গ্রাভিটন
ⓖ নিউক্লিয়ন
ⓖ আয়ন

২৯। নিউক্লিয় ফিউশন—
(i) এটি ফিশনের বিপরীত ক্রিয়া
(ii) অত্যধিক উচ্চ তাপমাত্রায় সংঘটিত হয়
(iii) নিম্ন তাপমাত্রায় সংঘটিত হয়
নিচের কোনটি সঠিক ?
ⓚ i ও ii
ⓚ ii ও iii
ⓖ i ও iii
ⓖ i, ii ও iii

৩০। পারমাণবিক সংখ্যা হলো—
ⓚ নিউক্লিয়াসের নিউট্রন সংখ্যা
ⓚ নিউক্লিয়াসের নিউক্লিয়ন সংখ্যা
ⓖ নিউক্লিয়াসের প্রোটন সংখ্যা
ⓖ পরমাণুর ইলেকট্রন সংখ্যা

৩১। ইলেকট্রনের এন্টি পার্টিকেল হলো—
ⓚ প্রোটন
ⓚ নিউট্রন
ⓖ পজিট্রন
ⓖ এন্টি প্রোটন

৩২। α-রশ্মি ও β-রশ্মির তুলনা করলে দেখা যায়—
(i) β-রশ্মির ভেদন ক্ষমতা অপেক্ষাকৃত বেশি
(ii) β-রশ্মির আয়নায়ন ক্ষমতা অপেক্ষাকৃত বেশি
(iii) β-কণার গতিবেগ অপেক্ষাকৃত বেশি
নিচের কোনটি সঠিক ?
ⓚ i ও ii
ⓚ i ও iii
ⓖ ii ও iii
ⓖ i, ii ও iii

৩৩। নিউক্লিয় ফিউশন বিক্রিয়ার সময়—
ⓚ একটি ভারী নিউক্লিয়াস নিজ থেকে ভেঙে দুই টুকরা হয়
ⓚ একটি হাল্কা নিউক্লিয়াস তাপীয় নিউট্রনের আঘাতে ভেঙে যায়
ⓖ একটি ভারী নিউক্লিয়াস তাপীয় নিউট্রনের আঘাতে ভেঙে যায়
ⓖ দুটি হাল্কা নিউক্লিয়াস সংযুক্ত হয়ে একটি ভারী নিউক্লিয়াস গঠন করে

৩৪। আলফা রশ্মির ধর্ম হলো—
(i) এরা ধনচার্জ বহন করে
(ii) এরা তড়িৎ ও চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা বিক্ষিপ্ত হয়
(iii) এরা দ্বি-আয়নিত হিলিয়াম পরমাণু
নিচের কোনটি সঠিক ?
ⓚ i ও ii
ⓚ i ও iii
ⓖ ii ও iii
ⓖ i, ii ও iii

৩৫। বিটা রশ্মির ধর্ম হলো—
(i) এরা ঋণচার্জ বহন করে
(ii) এদের ভেদন ক্ষমতা আলফা রশ্মি অপেক্ষা বেশি
(iii) এরা তড়িৎ ক্ষেত্র দ্বারা বিক্ষিপ্ত হয় না
নিচের কোনটি সঠিক ?
ক i ও ii
খ i ও iii
গ ii ও iii
ঘ i, ii ও iii

৩৬। গামা রশ্মির ধর্ম হলো—
(i) গামা রশ্মির কোনো চার্জ নেই
(ii) গামা রশ্মি চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা বিক্ষিপ্ত হয়
(iii) গামা রশ্মির ভেদন ক্ষমতা আলফা ও বিটা রশ্মির চেয়ে অনেক বেশি
নিচের কোনটি সঠিক ?
ক i ও ii
খ i ও iii
গ ii ও iii
ঘ i, ii ও iii

৩৭। নিচের কোন নিউক্লিয়াসে প্রোটন ও নিউট্রনের সংখ্যা সমান— [য. বো. ২০১৫]
ক $_1H^1$
খ $_3Li^7$
গ $_6C^{12}$
ঘ $_{11}Na^{23}$

৩৮। সবচেয়ে দুর্বল বল কোনটি— [য. বো. ২০১৫]
ক দুর্বল নিউক্লিয় বল
খ তড়িৎচৌম্বক বল
গ সবল নিউক্লিয় বল
ঘ মহাকর্ষ বল

৩৯। দুই ঘণ্টা পর কোনো তেজস্ক্রিয় বস্তুর প্রাথমিক পরিমাণের $\frac{1}{16}$ অংশ অক্ষত থাকে। উক্ত তেজস্ক্রিয় বস্তুর অর্ধায়ু হলো— [সি. বো. ২০১৫]
ক 15 মি.
খ 30 মি.
গ 45 মি.
ঘ 60 মি.

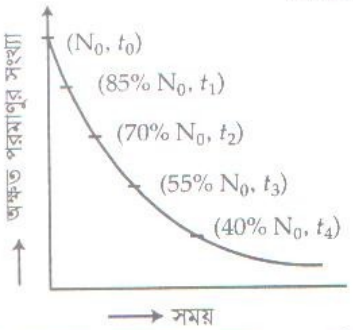
৪০। α-কণা হলো—
ক $_2^4He$
খ $_1^3H$
গ $_2^3He$
ঘ $_1^2H$

৪১। m_p = 1·00728 amu, m_0 = 1·00876 amu, M $\left(_2^4He\right)$ = 4·00276 amu এবং 1 amu = 931 MeV হলে α-কণার বন্ধন শক্তি— [দি. বো. ২০১৫]
ক 27·287 MeV
খ 37·78 MeV
গ 39·16 MeV
ঘ 72·52 MeV

৪২। $_{20}^{40}Ca$ এবং $_{19}^{39}K$ হচ্ছে— [কু. বো. ২০১৫]
ক আইসোটোপ
খ আইসোবার
গ আইসোমার
ঘ আইসোটোন

৪৩। একটি ইলেকট্রন যদি E_2 হতে E_1 শক্তিস্তরে গমন করে তাহলে বিকীর্ণ শক্তির তরঙ্গদৈর্ঘ্য জানা যাবে নিচের কোন সমীকরণের সাহায্যে— [চ. বো. ২০১৫]
ক $\lambda = \frac{E_2 - E}{h}$
খ $\lambda = \frac{hc}{E_2} - \frac{hc}{E_1}$
গ $\lambda = \frac{c}{h(E_2 - E_1)}$
ঘ $\lambda = \frac{hc}{E_2 - E_1}$

উদ্দীপকের আলোকে ৪৪ এবং ৪৫নং প্রশ্নের উত্তর দাও: [ঢা. বো. ২০১৫]



চিত্রে রেডনের তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের লেখ নির্দেশ করা হচ্ছে। যার অর্ধায়ু 3·8 days.

৪৪। রেডনের তেজস্ক্রিয় ক্ষয় ধ্রুবক নির্দেশ করে—
ক 0·118 d^{-1}
খ 0·182 d^{-1}
গ 0·369 d^{-1}
ঘ 0·693 d^{-1}

৪৫। উদ্দীপক অনুসারে কোন সময় ব্যবধানে ক্ষয়ের হার সর্বাধিক হবে ?
ক $t_4 - t_3$
খ $t_0 - t_1$
গ $t_2 - t_1$
ঘ $t_3 - t_2$

৪৬। পরমাণু হতে শক্তি উৎপন্ন করা যায়—
(i) নিউক্লিয় ফিশন বিক্রিয়ায়
(ii) নিউক্লিয় ফিউশন বিক্রিয়ায়
(iii) চেইন বিক্রিয়ায়
নিচের কোনটি সঠিক ?
ক i ও ii
খ ii ও iii
গ i ও iii
ঘ i, ii ও iii

৪৭। তেজস্ক্রিয়া—

(i) একটি নিউক্লিয় ঘটনা

(ii) একটি সবিরাম ঘটনা

(iii) বাহ্যিক কোনো ক্ষেত্র দ্বারা প্রভাবিত হয় না

নিচের কোনটি সঠিক ?

ⓚ i ও ii

ⓚ ii ও iii

ⓖ i ও iii

ⓖ i, ii ও iii

৪৮। বোরের স্বীকার্য অনুসারে হাইড্রোজেন পরমাণুর দ্বিতীয় কক্ষপথে ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ—

ⓚ $\frac{h}{2}$

ⓚ $\frac{h}{\pi}$

ⓖ $\frac{h}{4\pi}$

ⓖ $\frac{2h}{\pi}$

৪৯। বোরের হাইড্রোজেন মডেল অনুযায়ী তৃতীয় বোর কক্ষের ব্যাসার্ধ প্রথম বোর কক্ষের ব্যাসার্ধের কত গুণ—

ⓚ $\frac{1}{9}$ গুণ

ⓚ 9 গুণ

ⓖ $\frac{1}{3}$ গুণ

ⓖ 3 গুণ

৫০। একটি তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধজীবন 10 দিন 1 kg পরিমাণ উক্ত পদার্থের কতটুকু এক মাস পরে অবশিষ্ট থাকবে ?

ⓚ $\frac{1}{2}$ kg

ⓚ $\frac{1}{4}$ kg

ⓖ $\frac{1}{8}$ kg

ⓖ $\frac{1}{16}$ kg

উত্তর :

১। ক	২। ঘ	৩। ক	৪। খ	৫। গ	৬। ক	৭। ক	৮। খ	৯। গ	১০। ক
১১। গ	১২। ক	১৩। গ	১৪। ঘ	১৫। ক	১৬। ঘ	১৭। ক	১৮। ক	১৯। খ	২০। খ
২১। খ	২২। ঘ	২৩। ঘ	২৪। গ	২৫। খ	২৬। ক	২৭। গ	২৮। গ	২৯। ক	৩০। গ
৩১। গ	৩২। খ	৩৩। ঘ	৩৪। ঘ	৩৫। ক	৩৬। খ	৩৭। গ	৩৮। ঘ	৩৯। খ	৪০। ক
৪১। ক	৪২। ঘ	৪৩। ঘ	৪৪। খ	৪৫। খ	৪৬। ক	৪৭। ক	৪৮। খ	৪৯। খ	৫০। গ

(খ) সৃজনশীল প্রশ্ন

১। পাশের চিত্রে রাদারফোর্ড মডেল অনুযায়ী পরমাণুর আকৃতি দেখানো হয়েছে।

(ক) নিউক্লিয়ন কী ?

(খ) নিউক্লিয়াসের চারদিকে ইলেকট্রনের ঘূর্ণনের জন্য প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বলের উৎস কী?

(গ) হাইড্রোজেন পরমাণুর দ্বিতীয় কক্ষের ইলেকট্রনের শক্তি নির্ণয় কর। (শক্তির মান)

(ঘ) মনে কর নিউক্লিয়াসটি $_{93}U^{235}$। একে একটি নিউট্রন দ্বারা আঘাত করলে $_{56}Ba^{141}$, $_{36}Kr^{92}$ এবং $_{30}n^{1}$ পাওয়া যায়। যাদের ভর যথাক্রমে 235·0439 amu, 140·9139 amu এবং $_{0}n^{1}$-এর ভর 1·0087 emu। যেখানে 1 amu = 931 MeV, দেখাও যে বিক্রিয়ায় নির্গত শক্তি 200 MeV।

২। $_{88}Ra^{226}$ এর অর্ধজীবন 1600 yrs।

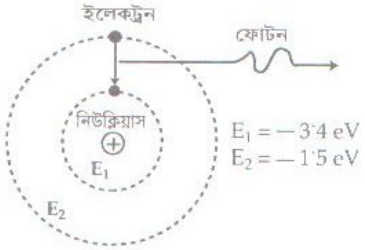
(ক) নিউক্লিয়ন বলতে কি বুঝায় ?

(খ) অর্ধায়ু ও ক্ষয় ধ্রুবক এর মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর।

(গ) Ra^{226} এর ক্ষয় ধ্রুবক ও গড় জীবন নির্ণয় কর।

(ঘ) $_{88}Ra^{226}$ এর তেজস্ক্রিয় ভাঙনের লেখচিত্র অঙ্কন কর এবং এর $\frac{1}{8}$ অংশ রূপান্তরের সময় নির্ণয় কর।

৩। নিচের চিত্রে একটি ইলেকট্রনের ২য় কক্ষপথ হতে ১ম কক্ষপথে লাফ দেওয়ার ফলে ফোটনের নিঃসরণ দেখানো হয়েছে।



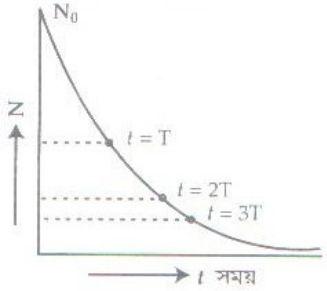
(ক) বোর মডেলের স্বীকার্য কয়টি ? প্রথম স্বীকার্য বিবৃত কর।

(খ) উদ্দীপকের ইলেকট্রন ২য় কক্ষ হতে ১ম কক্ষে লাফ দেওয়ায় বিকিরিত শক্তির পরিমাণ কত ? কক্ষপথের মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যা বলতে কী বুঝ ?

(গ) হাইড্রোজেন পরমাণুর দ্বিতীয় ইলেকট্রনীয় কক্ষের ব্যাসার্ধ নির্ণয় কর।
(ধর $h = 6{\cdot}63 \times 10^{-34}$ Js, $m = 9{\cdot}11 \times 10^{-31}$ kg ও
$e = 1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ C)

(ঘ) ইলেকট্রন ২য় কক্ষপথ হতে ১ম কক্ষপথে লাফ দেওয়ার ফলে নির্গত ফোটনের কম্পাঙ্ক কত হবে ? ইলেকট্রন কক্ষপথে আবর্তনে শক্তির শোষণ না হয়ে বিকিরণ ঘটে এর যৌক্তিকতা ব্যাখ্যা কর।

৪। নিচের চিত্রে সময়ের সাথে তেজস্ক্রিয় পদার্থের অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা N-এর লেখ দেখানো হয়েছে।



(ক) তেজস্ক্রিয় পদার্থ কী ?

(খ) পারমাণবিক ভর নয়—পারমাণবিক সংখ্যাই একটি মৌলিক পদার্থের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ ও গুরুত্বপূর্ণ ধর্ম—ব্যাখ্যা কর।

(গ) তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধায়ু 1590 বছর হলে এর গড় আয়ু ও অবক্ষয় ধ্রুবকের মান বের কর।

(ঘ) দেখাও যে, উদ্দীপকের লেখটি তেজস্ক্রিয় ক্ষয় সূত্র মেনে চলে।

৫। দুটি তেজস্ক্রিয় মৌল A ও B এর ক্ষয় ধ্রুবক যথাক্রমে $0{\cdot}18\ d^{-1}$ এবং $0{\cdot}257\ d^{-1}$।

(ক) রেডিও আইসোটোপ কী ?

(খ) চেইন বিক্রিয়ার বৈশিষ্ট্যগুলি লিখ।

(গ) B তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ু 10 দিন। কত দিনে ঐ মৌলের 75% ক্ষয় প্রাপ্ত হবে ?

(ঘ) A মৌলটি যদি 75% ক্ষয়প্রাপ্ত হয় তাহলে উভয় ক্ষেত্রে একই সময় লাগবে কী ? —গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

(গ) সাধারণ প্রশ্ন

১। মৌলিক পদার্থ কাকে বলে ?
২। যৌগিক পদার্থ বলতে কী বোঝ ?
৩। থমসন মডেলের মূল বক্তব্য কী ?
৪। থমসন মডেলের সীমাবদ্ধতা আলোচনা কর।
৫। রাদারফোর্ড মডেলের সঙ্গে সৌর জগতের গঠনের কী সাদৃশ্য আছে ?
৬। রাদারফোর্ড মডেলের ত্রুটি কী ছিল ?
৭। রাদারফোর্ডের আলফা কণিকা পরীক্ষার ফলাফল বর্ণনা কর।
৮। বোরের পরমাণু মডেলের স্বীকার্যগুলো লিখ।
৯। বোরের পরমাণু মডেলের সাহায্যে রাদারফোর্ড মডেলের সীমাবদ্ধতা কীভাবে অতিক্রম করা যায় ?
১০। হাইড্রোজেন পরমাণুর কক্ষপথ কয়টি? পরমাণুর মোট শক্তি ঋণাত্মক—এ থেকে কী বোঝা যায় ?
১১। বোর মডেল অনুসারে হাইড্রোজেন পরমাণুর কক্ষপথের ব্যাসার্ধের রাশিমালা লিখ।
১২। বোর মডেল অনুসারে হাইড্রোজেন পরমাণুর শক্তির রাশিমালা লিখ।
১৩। বোর কক্ষপথকে স্থায়ী কক্ষপথ বলা হয় কেন ?
১৪। নিউক্লিয়াস গঠন সম্পর্কীয় প্রোটন-নিউট্রন তত্ত্ব বর্ণনা কর।
১৫। হাইড্রোজেন পরমাণুতে ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ সংক্রান্ত বোরের কোয়ান্টাম শর্তটি কী ?
১৬। প্রথম বোর কক্ষপথের ব্যাসার্ধ r হলে দ্বিতীয় বোর কক্ষপথের ব্যাসার্ধ কত ?
১৭। পারমাণবিক নিউক্লিয়াস কী কী দিয়ে গঠিত ?
১৮ বোর মডেলের দুটি ত্রুটি উল্লেখ কর।
১৯। তেজস্ক্রিয়তা কী ? এর এককের নাম লিখ ও সংজ্ঞা দাও।

২০। তেজস্ক্রিয় রশ্মি কী ?
২১। তেজস্ক্রিয়তার বৈশিষ্ট্যগুলি লিখ।
২২। তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধায়ু কাকে বলে ?
২৩। ক্ষয় ধ্রুবকের সাথে অর্ধায়ুর সম্পর্ক নির্ণয় কর।
২৪। তেজস্ক্রিয় পদার্থের গড় আয়ু কাকে বলে ? অর্ধায়ুর সাথে এর সম্পর্ক নির্ণয় কর।
২৫। তেজস্ক্রিয়তার ব্যবহার উল্লেখ কর।
২৬। 1 বেকেরেল-এর সংজ্ঞা দাও।
২৭। α, β ও γ নিঃসরণের ফলে মৌলের পারমাণবিক ভর ও পারমাণবিক সংখ্যার কী পরিবর্তন ঘটে ?
২৮। পরমাণুর নিউক্লিয়াসে কোনো ইলেকট্রন নেই অথচ, নিউক্লিয়াস থেকে β কণা নিঃসরণ কীভাবে ঘটে ?
২৯। ক্ষয় ধ্রুবক কী ?
৩০। একটি নিউক্লিয় বিক্রিয়ায় কী কী ভৌত রাশি সংরক্ষিত হয় ?
৩১। α, β, γ রশ্মির ধর্মগুলি লিখ।
৩২। তেজস্ক্রিয়তার ক্ষয় সূত্রটি লিখ। ক্ষয় ধ্রুবক, অর্ধায়ু, গড় আয়ুর সংজ্ঞা দাও।
৩৩। তেজস্ক্রিয়তার রূপান্তর সূত্রটি লিখ।
৩৪। আইসোটোপ, আইসোবার, নিউক্লিয়নের সংজ্ঞা দাও।
৩৫। নিউক্লিয়াসের গঠন বর্ণনা কর।
৩৬। চেইন বিক্রিয়া বলতে কী বোঝ ?
৩৭। নিউক্লিয় ফিশন ও ফিউশন বলতে কী বোঝ ?
৩৮। নিউক্লিয় ফিশন ও নিউক্লিয় ফিউশন বর্ণনা কর।
৩৯। ভর ত্রুটি ও বন্ধন শক্তির সংজ্ঞা দাও।
৪০। পারমাণবিক ওজন ও পারমাণবিক সংখ্যার মধ্যে কোনটি মৌলের রাসায়নিক প্রকৃতি নির্ণয় করে ?

(ঘ) ক্রিয়াকর্ম

প্রতিবেদন রচনা : পারমাণবিক গঠনশৈলী সম্পর্কে বিভিন্ন ধারণার বিকাশ—বিষয়টির উপর একট প্রতিবেদন রচনা কর। শ্রেণি শিক্ষকের নিকট তা উপস্থাপন কর।

(ঙ) কাজ (গাণিতিক সমস্যা)

১। হাইড্রোজেন পরমাণুর দ্বিতীয় ইলেকট্রনীয় কক্ষের ব্যাসার্ধ নির্ণয় কর। [ধর $h = 6{\cdot}63 \times 10^{-34}$ Js. $m = 9{\cdot}11 \times 10^{-31}$ kg ও $e = 1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ C একক] [সি. বো. ২০০৭] [উত্তর : $2{\cdot}1128 \times 10^{-10}$ m]

২। হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রথম বোর কক্ষের ব্যাসার্ধ 0·53 Å হলে, দ্বিতীয় কোয়ান্টাম স্তরে ইলেকট্রনটির গতিবেগ কত? [উত্তর : $1{\cdot}1 \times 10^{6}$ ms^{-1}]

৩। হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রথম বোর কক্ষপথে আবর্তনরত ইলেকট্রনের শক্তি —13·6 eV। এর দ্বিতীয় কক্ষপথ থেকে প্রথম কক্ষপথে ইলেকট্রন পতনের ফলে নিঃসৃত ফোটনের শক্তি কত হবে ? [উত্তর : 10·2 eV]

৪। উত্তেজিত অবস্থায় হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রনের শক্তি — 0·54 eV। বোরের তত্ত্ব থেকে ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ নির্ণয় কর। [উত্তর : $5{\cdot}29 \times 10^{-34}$ Js]

৫। অ্যালুমিনিয়াম নিউক্লিয়াসের সংকেত $_{13}Al^{27}$। এই নিউক্লিয়াসে প্রোটন সংখ্যা, নিউট্রন সংখ্যা, ভর সংখ্যা ও পারমাণবিক সংখ্যা কত ? [সি. বো. ২০০৯] [উত্তর : 13, 14, 27, 13]

৬। হাইড্রোজেন পরমাণুর ৩য় কক্ষপথের ব্যাসার্ধ নির্ণয় কর। এখানে $h = 6{\cdot}63 \times 10^{-34}$ Js, $m_e = 9{\cdot}1 \times 10^{-31}$ kg এবং $e = 1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ C। [উত্তর : $4{\cdot}7862 \times 10^{-10}$ m]

৭। হাইড্রোজেন পরমাণুর ভূমিস্তরের (প্রথম কক্ষপথের) ইলেকট্রনের শক্তি নির্ণয় কর। [উত্তর : — 13·6 eV]

৮। হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রথম ও দ্বিতীয় বোর কক্ষপথের ব্যাসার্ধ নির্ণয় কর। ভূমিস্তরে হাইড্রোজেন পরমাণুর ব্যাস কত ? এখানে, $h = 6{\cdot}63 \times 10^{-34}$ Js, $e = 1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ C, $m_e = 9{\cdot}1 \times 10^{-31}$ kg, $\epsilon_0 = 2{\cdot}13 \times 10^{-10}$ m।
[উত্তর : $r_1 = 0{\cdot}532 \times 10^{-10}$ m, $r_2 = 2{\cdot}13 \times 10^{-10}$ m, $2r_1 = 1{\cdot}064 \times 10^{-10}$ m]

৯। একটি হাইড্রোজেন পরমাণু — 1·5 eV শক্তি অবস্থা থেকে — 3·4eV অবস্থায় আসলে যে ফোটন নিঃসরণ করবে তার কম্পাঙ্ক ও তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত হবে ? এ বিক্রিয়া কি দৃশ্যমান হবে ? [$h = 6{\cdot}63 \times 10^{-34}$ Js]
[উত্তর : $\nu = 4{\cdot}59 \times 10^{14}$ Hz : $\lambda = 6536 \times 10^{-10}$m; দৃশ্যমান হবে]]

১০। ^{232}Th (Z = 90) তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ পরপর ছয়টি α–কণা ও চারটি β–কণা নিঃসরণ করে। এর ফলে উৎপন্ন আইসোটোপের ভর সংখ্যা ও পারমাণবিক সংখ্যা নির্ণয় কর। উৎপন্ন আইসোটোপটি কী ? [উত্তর : 208, 82; Pb]

১১। Au^{198} এর অর্ধায়ু 2·70 দিন। Au^{198} এর অবক্ষয় ধ্রুবক বের কর। [উত্তর : 0·257 d^{-1}]

১২। একটি তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধায়ু 5 ঘণ্টা। এর ক্ষয়ধ্রুবকের মান কত ? [রা. বো. ২০০৫] [উত্তর : 0·1386/ঘণ্টা]

১৩। Au^{198} এর অর্ধায়ু 2·7 দিন। একখন্ড Au^{198} এর 25% ক্ষয় হতে কত সময় লাগবে ?
[সি. বো. ২০১০] [উত্তর : 1·12 দিন]

১৪। একখন্ড রেডনের 40% ক্ষয় হতে কত সময় লাগবে ? রেডনের অর্ধায়ু 3·82 দিন। [উত্তর : 2·82 দিন]

১৫। প্রতি ফিশনে 200 MeV শক্তি নির্গত হলে 10 MW ক্ষমতা উৎপাদনে প্রতি সেকেন্ডে কতটি ফিশন হতে হবে?
[উত্তর : $3·125 \times 10^{17}$]

১৬। α কণার বন্ধন শক্তি নির্ণয় কর। [$m_p = 1·00758$ a.m.u., $m_n = 1·00894$ a.m.u., M ($^4_2$He) = 4·00389 a.m.u. ও 1 a.m.u. = $1·66038 \times 10^{-27}$ kg] [উত্তর : 27·218 MeV]

১৭। রেডনের অর্ধায়ু 3·82 দিন হলে একখন্ড রেডনের 75% ক্ষয় হতে কত সময় লাগে ? [উত্তর : 7·66 দিন]

১৮। একটি তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধায়ু 15 দিন। কতদিনে ঐ পদার্থের 65% ক্ষয়প্রাপ্ত হবে ? [উত্তর : 22·72 দিন]

১৯। ট্রিটিয়ামের অর্ধায়ু 12·5 বছর। 25 বছর পর একটি নির্দিষ্ট ট্রিটিয়াম বস্তুখন্ডের কত অংশ অবশিষ্ট থাকবে ?
[উত্তর : $\frac{1}{4}$ অংশ]

২০। Po^{210}-এর অর্ধায়ু 140 d। 1 g Po^{210}-এ প্রতি সেকেন্ডে কতগুলো পরমাণুর ক্ষয় ঘটবে ? (অ্যাভোগ্যাড্রোর সংখ্যা, $N = 6·023 \times 10^{23}$) [উত্তর : $1·64 \times 10^{14}$ সংখ্যা]

২১। কোনো একটি তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধায়ু 3·8 দিন। আট দিন পর এই পদার্থের শতকরা কত অংশ অবশিষ্ট থাকবে? [বুয়েট ভর্তি পরীক্ষা, ২০০৭-০৮] [উত্তর : 23·2%]

২২। প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু 50 সেকেন্ড। 75% বিক্রিয়া শেষ করতে কত সময় লাগবে ?
[বুয়েট ভর্তি পরীক্ষা, ২০১১-১২] [উত্তর : 100 সেকেন্ড]

২৩। 1 kg ভরের তেজস্ক্রিয় মৌলের একটি বস্তুর মধ্যে 48 দিন পর ঐ মৌলের মাত্র 0·25 kg পাওয়া যায়। মৌলটির অর্ধায়ু কত ? [ঢা. বি. ভর্তি পরীক্ষা, ২০০৭-০৮] [উত্তর : 24 দিন]

২৪। তেজস্ক্রিয় রেডনের অর্ধায়ু 3·8 দিন। আদি পরমাণুর সংখ্যার 30% ক্ষয় হতে কত সময় লাগবে ?
[ঢা. বি. ভর্তি পরীক্ষা, ২০০৭-০৮] [উত্তর : 19·5 দিন]

২৫। প্রোটন ও নিউট্রনের ভর যথাক্রমে 1·007285 amu ও 1·004665 amu হলে $_6C^{12}$-এর ভরত্রুটি ও মোট বন্ধন শক্তি নির্ণয় কর। [উত্তর : 0·0957 amu, 89·3 MeV]

২৬। প্রোটনের ভর 1·00728 amu এবং নিউট্রনের ভর 1·00865 amu হলে $_{17}Cl^{35}$-এর ভরত্রুটি ও বন্ধন শক্তি নির্ণয় কর। [উত্তর : 0·31095 amu, 290MeV]

২৭। 1 kg ভরের $_{92}U^{235}$ নিচের বিক্রিয়ার মাধ্যমে কত শক্তি নির্গত করবে ?

$$_{92}U^{235} + {}_0n^1 \rightarrow [{}_{92}U^{236}]^* \rightarrow {}_{56}Ba^{141} + {}_{36}Kr^{92} + 3{}_0n^1$$

[$_{92}U^{235}$-এর ভর = 235·04 amu, $_{56}Ba^{141}$ এর ভর = 140·31 amu, $_{36}Kr^{92}$ = 91·91 amu, $_0n^1$ = 1·01 amu, 1 amu = 932 MeV, $N_A = 6·02 \times 10^{23}$ mol^{-1}] [উত্তর : $4·5 \times 10^{26}$ MeV]

২৮। $_{28}Ni^{62}$-এর নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি নির্ণয় কর। [উত্তর : 8·79 MeV]

২৯। রেডনের অর্ধায়ু 3·8 দিন। কতদিন পর মূল অংশের $\frac{1}{10}$ ভাগ অবশিষ্ট থাকবে ? [উত্তর : 12·63 d]

৩০। Ra^{226}-এর অর্ধায়ু 1622 বছর। প্রতি সেকেন্ডে 5 গ্রাম Ra^{226} হতে কতগুলো পরমাণু ভাঙ্গতে থাকবে ?
[উত্তর : $18·05 \times 10^{10}$ s^{-1}]

৩১। একখন্ড রেডিয়াম 5000 বছর তেজস্ক্রিয় বিকিরণ নিঃসরণ করে এক-পঞ্চমাংশে পরিণত হয়। রেডিয়ামের অবক্ষয় ধ্রুবক নির্ণয় কর। [উত্তর : $3·22 \times 10^{-4}$ y^{-1}]

৩২। $_{82}Pb^{224}$ এর অর্ধায়ু 23·4 মিনিট। এর কী পরিমাণ ভর থেকে এক কুরী তেজস্ক্রিয়তা পাওয়া যাবে ?
[উত্তর : $2·78 \times 10^{-8}$ gm]

৩৩। নিম্নলিখিত নিউক্লিয় সমীকরণগুলো সম্পূর্ণ কর :

(i) $^{19}_9F + {}^1_1H \rightarrow {}^{16}_8O + ?$

(ii) $^{25}_{12}Mg + ? \rightarrow {}^{22}_{11}Na + {}^4_2He$ [উত্তর : $^4_2$He, $^1_1$H]

৩৪। নিম্নলিখিত নিউক্লিয় বিক্রিয়ায় X নিউক্লিয়াসটিকে সনাক্ত কর ?

$${}^A_Z X + {}^1_0n \rightarrow {}^4_2He(\alpha) + {}^7_3Li$$ [উত্তর : $^{10}_4$B]

৩৫। নিচের নিউক্লিয় বিক্রিয়াটি পূর্ণ কর :

(i) $^2_1H + {}^3_1H \rightarrow {}^4_2He + ...$ [উত্তর : ^1_0n]

(ii) $^6_3Li + {}^1_0n \rightarrow {}^4_2He + ...$ [উত্তর : $^3_1$H]