# প্যারালাল TEXT

(For HSC & Pre-Admission)

# রসায়ন প্রথম পত্র

## দ্বিতীয় অধ্যায়: গুণগত রসায়ন


**সার্বিক ব্যবস্থাপনায়**
উদ্ভাস কেমিস্ট্রি টিম

**প্রচ্ছদ**
মোঃ রাকিব হোসেন

**অক্ষর বিন্যাস**
রিপন, রাসেল, নিসাদ

**অনুপ্রেরণা ও সহযোগিতায়**
মাহমুদুল হাসান সোহাগ
মুহাম্মদ আবুল হাসান লিটন

**কৃতজ্ঞতা**
উদ্ভাস-উন্মেষ-উত্তরণ
শিক্ষা পরিবারের সকল সদস্য

**প্রকাশনায়**
উদ্ভাস একাডেমিক এন্ড এডমিশন কেয়ার

**প্রকাশকাল**
প্রথম প্রকাশ: জানুয়ারি, ২০২৩ ইং
সর্বশেষ সংস্করণ: আগস্ট, ২০২৩ ইং

**অনলাইন পরিবেশক**
rokomari.com

Fixed Price
২৯৫/-
(দুইশত পঁচানব্বই টাকা মাত্র)



# কপিরাইট © উদ্ভাস

সমস্ত অধিকার সংরক্ষিত। এই বইয়ের কোনো অংশই প্রতিষ্ঠানের লিখিত অনুমতি ব্যতীত ফটোকপি, রেকর্ডিং, বৈদ্যুতিক বা যান্ত্রিক পদ্ধতিসহ কোনও উপায়ে পুনরুৎপাদন বা প্রতিলিপি, বিতরণ বা প্রেরণ করা যাবে না। এই শর্ত লঙ্ঘিত হলে উপযুক্ত আইনি ব্যবস্থা গ্রহণ করা হবে।

প্রিয় শিক্ষার্থী বন্ধুরা,

তোমরা শিক্ষা জীবনের একটি গুরুত্বপূর্ণ ধাপে পদার্পণ করেছো। মাধ্যমিকের পড়াশুনা থেকে উচ্চ-মাধ্যমিকের পড়াশুনার ধাঁচ ভিন্ন এবং ব্যাপক। মাধ্যমিক পর্যন্ত যেখানে 'বোর্ড বই'-ই ছিল সব, সেখানে উচ্চ-মাধ্যমিকে বিষয়ভিত্তিক নির্দিষ্ট কোনো বই নেই। কিন্তু বাজারে বোর্ড অনুমোদিত বিভিন্ন লেখকের অনেক বই পাওয়া যায়। এ কারণেই শিক্ষার্থীরা পাঠ্যবই বাছাইয়ের ক্ষেত্রে দ্বিধায় ভোগে। এছাড়া মাধ্যমিকের তুলনায় উচ্চ-মাধ্যমিকে সিলেবাস বিশাল হওয়া সত্ত্বেও প্রস্তুতির জন্য খুবই কম সময় পাওয়া যায়। জীবনের অন্যতম গুরুত্বপূর্ণ এই ধাপের শুরুতেই দ্বিধা-দ্বন্দ্ব থেকে মুক্তি দিতে আমাদের এই Parallel Text। উচ্চ-মাধ্যমিক পর্যায়ে শিক্ষার্থীদের হতাশার একটি মুখ্য কারণ থাকে পাঠ্যবইয়ের তাত্ত্বিক আলোচনা বুঝতে না পারা। এজন্য শিক্ষার্থীদের মাঝে বুঝে বুঝে পড়ার প্রতি অনীহা তৈরি হয়। তারই ফলস্বরূপ শিক্ষার্থীরা HSC ও বিশ্ববিদ্যালয় ভর্তি পরীক্ষায় ভালো ফলাফল করতে ব্যর্থ হয়।

তোমাদের লেখাপড়াকে আরও সহজ ও প্রাণবন্ত করে তোলার বিষয়টি মাথায় রেখে আমাদের Parallel Text বইগুলো সাজানো হয়েছে সহজ-সাবলীল ভাষায়, অসংখ্য বাস্তব উদাহরণ, গল্প, কার্টুন আর চিত্র দিয়ে। প্রতিটি টপিক নিয়ে আলোচনার পরেই রয়েছে গাণিতিক উদাহরণ; যা টপিকের বাস্তব প্রয়োগ এবং গাণিতিক সমস্যা সমাধান সম্পর্কে ধারণা দেওয়ার পাশাপাশি পরবর্তী টপিকগুলো বুঝতেও সাহায্য করবে। তোমাদের বোঝার সুবিধার জন্য গুরুত্বপূর্ণ সংজ্ঞা, বৈশিষ্ট্য, পার্থক্য ইত্যাদি নির্দেশকের মাধ্যমে আলাদা করা হয়েছে। এছাড়াও যেসব বিষয়ে সাধারণত ভুল হয়, সেসব বিষয় 'সতর্কতার' মাধ্যমে দেখানো হয়েছে।

তবে শুধু বুঝতে পারাটাই কিন্তু যথেষ্ট নয়, তার পাশাপাশি দরকার পর্যাপ্ত অনুশীলন। আর এই বিষয়টি আরও সহজ করতে প্রতিটি অধ্যায়ের কয়েকটি টপিক শেষে যুক্ত করা হয়েছে 'টপিকভিত্তিক বিগত বছরের প্রশ্ন ও সমাধান'। যার মধ্যে রয়েছে বিগত বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নের পাশাপাশি বুয়েট, রুয়েট, কুয়েট, চুয়েট, মেডিকেল ও ঢাকা বিশ্ববিদ্যালয়সহ বিভিন্ন বিশ্ববিদ্যালয়ের ভর্তি পরীক্ষার প্রশ্ন ও সমাধান। এভাবে ধাপে ধাপে অনুশীলন করার ফলে তোমরা বোর্ড পরীক্ষার শতভাগ প্রস্তুতির পাশাপাশি ভর্তি পরীক্ষার প্রস্তুতিও নিতে পারবে এখন থেকেই। এছাড়াও অধ্যায় শেষে রয়েছে 'গুরুত্বপূর্ণ প্র্যাক্টিস প্রবলেম' ও 'গাণিতিক সমস্যাবলি' যা অনুশীলনের মাধ্যমে তোমাদের প্রস্তুতি পূর্ণাঙ্গ হবে।

আশা করছি, আমাদের এই Parallel Text একই সাথে উচ্চ-মাধ্যমিকে তোমাদের বেসিক গঠনে সহায়তা করে, HSC পরীক্ষায় A+ নিশ্চিত করবে এবং ভবিষ্যতে বিশ্ববিদ্যালয় ভর্তিযুদ্ধের জন্য প্রস্তুত রাখবে।

তোমাদের সার্বিক সাফল্য ও উজ্জ্বল ভবিষ্যত কামনায়-

**উদ্ভাস** কেমিস্ট্রি টিম

# সূচিপত্র

# রসায়ন ১ম পত্র

## অধ্যায় ০২: গুণগত রসায়ন


| ক্র.নং | বিষয়বস্তু | পৃষ্ঠা |
|---|---|---|
| ০১ | পরমাণুর পরিচিতি, মূল কণিকা ও পরমাণুর মডেল | ০১-২০ |
| ০২ | পরমাণু মডেলের প্রয়োগ ও কোয়ান্টাম বলবিদ্যা | ২১-৩৪ |
| ০৩ | কোয়ান্টাম সংখ্যা | ৩৫-৫৫ |
| ০৪ | ইলেকট্রন বিন্যাস | ৫৬-৭২ |
| ০৫ | তড়িৎ চুম্বকীয় বর্ণালি | ৭৩-১০৬ |
| ০৬ | দ্রাব্যতা ও দ্রাব্যতা গুণফল | ১০৭-১৪২ |
| ০৭ | গুণগত বিশ্লেষণ (আয়ন শনাক্তকরণ) | ১৪৩-১৫৭ |
| ০৮ | গুণগত রসায়নের প্রয়োগ (আঙ্গিক বিশ্লেষণ) | ১৫৮-১৮১ |
| ০৯ | একত্রে সব গুরুত্বপূর্ণ সূত্রাবলি | ১৮১-১৮১ |
| ১০ | গুরুত্বপূর্ণ প্র্যাক্টিস প্রবলেম | ১৮২-১৯২ |

Gmail

## পারস্পরিক সহযোগিতা-ই পারে পৃথিবীকে আরও সুন্দর করতে...

সুপ্রিয় শিক্ষার্থী,

আশা করি এবারের "HSC Parallel Text" তোমাদের কাছে অনেক বেশি উপকারী হিসেবে বিবেচিত হবে ইনশাআল্লাহ্। বইটি সম্পূর্ণ ত্রুটিমুক্ত রাখতে আমরা চেষ্টার কোনো ত্রুটি করি নাই। তবুও কারো দৃষ্টিতে কোন ভুল ধরা পড়লে নিম্নে উল্লেখিত ই-মেইল এ অবহিত করলে কৃতজ্ঞ থাকবো এবং আমরা তা পরবর্তী সংস্করণে সংশোধন করে নেব ইনশাআল্লাহ্।

**Email : solutionpt.udvash@gmail.com**

**Email-**এ নিম্নলিখিত বিষয়গুলো উল্লেখ করতে হবে:

(i) "HSC Parallel Text" এর বিষয়ের নাম, ভার্সন (বাংলা/ইংলিশ), (ii) পৃষ্ঠা নম্বর (iii) প্রশ্ন নম্বর (iv) ভুলটা কী (v) কী হওয়া উচিৎ বলে তোমার মনে হয়।

**উদাহরণ:** " HSC Parallel Text" রসায়ন ১ম পত্র, অধ্যায়-০২, বাংলা ভার্সন, পৃষ্ঠা-১৫, প্রশ্ন নং-০৭, দেওয়া আছে, 'ম্যাক্সওয়েল' কিন্তু হবে 'হাইজেনবার্গ'।

ভুল ছাড়াও মান উন্নয়নে যেকোন পরামর্শ আন্তরিকভাবে গ্রহণ করা হবে। পরিশেষে মহান আল্লাহর নিকট তোমাদের সাফল্য কামনা করছি।

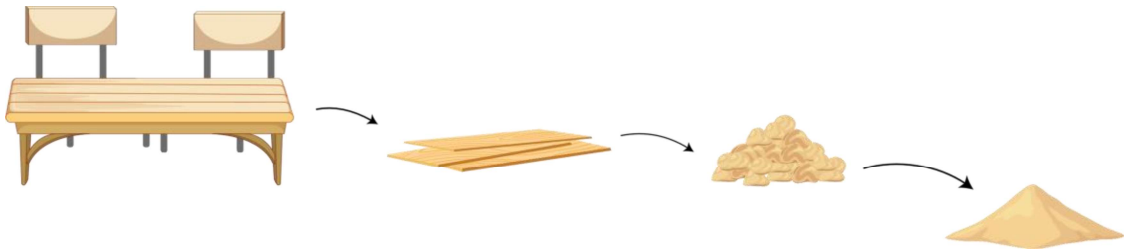
শুভ কামনায়

উদ্ভাস কেমিস্ট্রি টিম

অধ্যায় ০২

# গুনগত রসায়ন

মনে করো, তুমি একটি কাঠের বেঞ্চে বসে আছো। এটিকে তুমি হাতুড়ি দিয়ে ভাঙ্গা শুরু করলে প্রথমে বেঞ্চটি কাঠের ছোট ছোট টুকরোতে পরিণত হবে। এখন তুমি যেকোনো একটি ছোট টুকরো কে আবার ভাঙা শুরু করলে। তাহলে কী দেখতে পাবে? কাঠের টুকরোগুলো ধীরে ধীরে কাঠের গুঁড়োতে পরিণত হচ্ছে। এখন যদি তুমি এই কাঠের গুঁড়োগুলোকে আরো ভাঙতে থাকো, একটা পর্যায়ে তুমি দেখতে পারবে কাঠের গুঁড়োগুলো ছোট হতে হতে বিলীন বা অদৃশ্য হওয়া শুরু করেছে কিন্তু আসলেই কি এটা বিলীন হয়ে যাবে? না। প্রকৃতপক্ষে এরা এতটাই ছোট ছোট টুকরোতে পরিণত হবে যা তুমি আর চোখে দেখতে পাবে না।



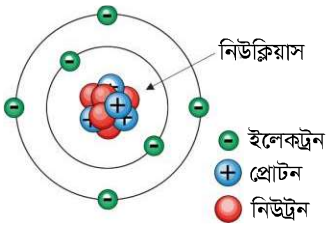
চিত্র: কাঠের টুকরো থেকে কাঠের গুঁড়ায় পরিণত হচ্ছে

তাহলে আমাদের প্রশ্ন হচ্ছে এরা কতটুকু পর্যন্ত ছোট হতে পারে? চলো আমরা আমাদের চারপাশে অবস্থিত বৃহৎ বস্তুগুলোর ক্ষুদ্রতম এককগুলো নিয়ে চিন্তা করি। যেমন একটি বিল্ডিং এর সবচেয়ে ক্ষুদ্রতম একক হচ্ছে ইট, বুকশেলফের সবচেয়ে ক্ষুদ্রতম একক হচ্ছে একটি বই, আবার বইয়ের ক্ষুদ্রতম একক হচ্ছে বইয়ের প্রতিটি পৃষ্ঠা। অনেকগুলো ইট একত্রিত হয়ে একটি বিল্ডিং তৈরি করে। আবার, অনেকগুলো বই একত্রিত হয়ে একটি পরিপূর্ণ বুকশেলফ তৈরি করে, অনেকগুলো পৃষ্ঠা একত্রিত হয়ে একটি বই তৈরি করে। একইভাবে যদি লক্ষ কর তোমার ঐ কাঠের বেঞ্চটিরও একটি ক্ষুদ্রতম একক রয়েছে। সেই অনেকগুলো ক্ষুদ্রতম একক একত্রিত হয়ে একটি কাঠের টুকরো তৈরি করে, তারপর অনেকগুলো কাঠের টুকরো একত্রিত হয়ে বেঞ্চটি তৈরি করে। অর্থাৎ, ঐ যে কাঠের টুকরোটি তুমি ভেঙেছিলে,তা ভাঙতে ভাঙতে সবচেয়ে ছোট যে এককে পরিণত হবে, সেই এককটিই হচ্ছে অণু বা পরমাণু। যা এতটাই ছোট যে তুমি তা খালি চোখে দেখতে পাও না আচ্ছা তাহলে বলো তো এই অণু বা পরমাণু এর গঠন কেমন?

## পরমাণুর পরিচিতি, মূল কণিকা ও পরমাণুর মডেল

### পরমাণুর মূল কণিকা

প্রাচীনকাল থেকেই পরমাণু নিয়ে বিজ্ঞানীদের মধ্যে বিচিত্র ধারণা প্রচলিত ছিল। কেউ কেউ চিন্তা করতো পরমাণু হল অবিভাজ্য কণা আবার কেউ কেউ ভাবত এটি বিভাজ্য। আমরা সকলেই কমবেশি ডাল্টন ও ডেমোক্রিটাসের মতবাদের সাথে পরিচিত। গ্রিক দার্শনিক ডেমোক্রিটাস সর্বপ্রথম তার একটি ধারণা বা চিন্তা প্রকাশ করেন যে, প্রত্যেকটি পদার্থই খুবই ছোট অদৃশ্যমান বস্তুকণা দ্বারা তৈরি যাকে তিনি নামকরণ করেন atomos (অ্যাটোমোস)। যার অর্থ অদৃশ্যমান অথবা অভঙ্গুর। এখানে অদৃশ্যমান বলতে তিনি বুঝিয়েছিলেন এতটাই ছোট যে তা খালি চোখে দেখতে পাওয়া যায় না। ডেমোক্রিটাসের ধারণাটি আমরা আরেকটু সহজভাবে অনুধাবন করার চেষ্টা করি।



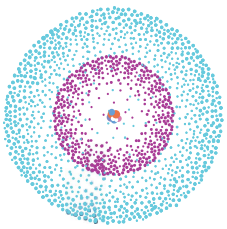

চিত্র: কার্বন পরমাণু

মনে করো, আমাদের কাছে একটি কঠিন পদার্থের টুকরা আছে। এখন আমরা একে অর্ধেক করলাম। অর্ধেককৃত অংশটিকে আমরা পুনরায় অর্ধেক করি। ফলে আমরা আমাদের পদার্থটির চার ভাগের এক ভাগের একটি পদার্থ পেলাম। এভাবে যদি আমরা ভাঙতে থাকি তাহলে কী হবে? টুকরাটি প্রতিটি ভাগ নির্ণয়ের জন্য আমরা নিচের ধারাটি পাবো:

$$1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{16}, \frac{1}{32}, \frac{1}{64}, \ldots\ldots\ldots\ldots, \frac{1}{\infty}$$

তাহলে লক্ষ করো, এক পর্যায়ে কিন্তু ঐ বস্তুটির অসীমতম টুকরা তৈরি হবে অর্থাৎ $1/\text{অসীম} = 0$ হবে। এখানে, 0 দ্বারা পদার্থটি অদৃশ্য হয়ে বিলীন হয়ে যাওয়াকে বোঝানো হচ্ছে যা কখনও সম্ভব নয়। বাস্তবে কিন্তু কোনো পদার্থের বিনাশ সম্ভব নয় অর্থাৎ আমাদের এই ভাঙনটি এক পর্যায়ে থামাতে হবে এবং যে অবস্থায় আমরা এই বিভাজন থামালাম সেই অবস্থায় প্রাপ্ত কণাটিই হলো "পরমাণু"। সুতরাং, পরমাণু হলো মৌলিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা যাকে আর ভাঙা যাবে না। তবে পরবর্তীতে ডাল্টন প্রমাণ করেন পরমাণুকেও পুনরায় ভাঙা যায়। পরমাণুকে ভাঙলে আমরা মূলত ইলেকট্রন (e); প্রোটন (p) ও নিউট্রন (n) পেয়ে থাকি। চলো এই কণিকাগুলো সম্পর্কে একটু বিস্তারিত জানি,

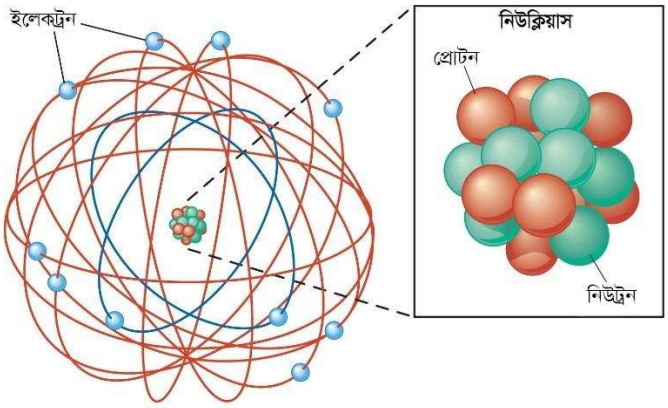
### ➲ ইলেকট্রন ($^{0}_{1}e$):



1897 খ্রিষ্টাব্দে বিজ্ঞানী স্যার জে. জে. থমসন (Sir J. J. Thomson) ক্যাথোড রশ্মি পরীক্ষার সময় ইলেকট্রনের অস্তিত্ব আবিষ্কার করেন। পরীক্ষায় প্রমাণিত হয় ক্যাথোড রশ্মি হলো ইলেকট্রনের একটি প্রবাহ মাত্র। কতগুলো ঋণাত্মক আধানবিশিষ্ট কণা দ্বারা এ ক্যাথোড রশ্মি গঠিত। ক্যাথোড রশ্মিতে বিদ্যমান এমন কণাগুলোকে ইলেকট্রন বলে। ইলেকট্রন নামক এ জাতীয় কণা সকল পরমাণুর একটি অতি সাধারণ উপাদান। পরমাণুর নিউক্লিয়াস হতে বিভিন্ন দূরত্বে বিভিন্ন শক্তিস্তরে ইলেকট্রন কণা অবস্থান করে।

### ➲ প্রোটন ($^{1}_{1}p$) :

1886 খ্রিষ্টাব্দে জার্মান বিজ্ঞানী গোল্ডস্টাইন ধনাত্মক আধান আবিষ্কার করেন। পরবর্তীতে বিজ্ঞানী রাদারফোর্ড আলফা কণা বিচ্ছুরণ পরীক্ষার মাধ্যমে এর সত্যতা প্রমাণ করেন। তিনি পরমাণুর কেন্দ্রে ধনাত্মক চার্জের আধার নিউক্লিয়াস আবিষ্কার করেন। যেহেতু, নিউক্লিয়াসে প্রোটন ও নিউট্রন থাকে এবং নিউট্রন চার্জ নিরপেক্ষ; সেহেতু প্রোটন অবশ্যই ধনাত্মক চার্জবিশিষ্ট। বিজ্ঞানী গোল্ডস্টাইন অতি লঘু চাপে বায়ুপূর্ণ একটি কাচনলের মাঝখানে ছিদ্রযুক্ত ক্যাথোড স্থাপন করে তাতে বিদ্যুৎ চালনা করে দেখেন যে, ক্যাথোডের ভিতর দিয়ে এক প্রকার রশ্মি নির্গত হয়ে সরলরেখায় চলে যায়। এই রশ্মিগুলো ঋণাত্মক চার্জের বিদ্যুৎক্ষেত্র দ্বারা আকৃষ্ট হয় যা ক্যানাল রশ্মি নামে পরিচিত। এ রশ্মিগুলো কতগুলো তড়িৎ কণা দ্বারা গঠিত যার ভর ও আধান নির্দিষ্ট। প্রকৃতপক্ষে এরাই প্রোটন। 1907 খ্রিষ্টাব্দে বিজ্ঞানী জে. জে. থমসন এর নাম দেন পজিটিভ রশ্মি। 1911 খ্রিষ্টাব্দে বিজ্ঞানী রাদারফোর্ড প্রমাণ করেন যে ইলেকট্রনের ন্যায় প্রোটনও সব পরমাণুর একটি অতি সাধারণ কণা। সাধারণভাবে হাইড্রোজেন পরমাণুর কক্ষপথের একটিমাত্র ইলেকট্রনকে অপসারণ করলে যে ধনাত্মক আধানযুক্ত কণা ($H^+$) অবশিষ্ট থাকে তাকেই প্রোটন বলে। তাই প্রোটনের সাধারণ প্রতীক 'p' হলেও একে $H^+$ দ্বারাও প্রকাশ করা হয়ে থাকে। পরমাণু মাত্রই এক বা একাধিক প্রোটন এবং সমসংখ্যক ইলেকট্রনের সমষ্টি।




চিত্র: প্রোটন ও নিউট্রন

➲ **নিউট্রন ($_0^1n$):**

1920 খ্রিষ্টাব্দে বিজ্ঞানী রাদারফোর্ড, পরমাণুর মধ্যে আধানহীন ও একক ভরসম্পন্ন এক প্রকার মূল কণার অস্তিত্বের কথা কল্পনা করে পরে বিজ্ঞানী বুথ ও বেকার 1930 খ্রিষ্টাব্দে আলফা রশ্মি ব্যবহার করে নিউট্রন আবিষ্কার করে তারা দ্রুত গতিসম্পন্ন আলফা রশ্মিকে বেরিলিয়াম (Be) এর উপর প্রয়োগ করে পর্যবেক্ষণ করেন যে, এ থেকে একপ্রকার নিরপেক্ষ রশ্মি নির্গত হচ্ছে যা ঋণাত্মক, ধনাত্মক আধান বা চুম্বকক্ষেত্র দ্বারা আকৃষ্ট হয় না। এ রশ্মি কতগুলো নিরপেক্ষ কণার সমন্বয়ে গঠিত এবং এর ভরও নির্দিষ্ট। 1932 সালে বিজ্ঞানী জেমস চ্যাডউইক এ কণাকে নিউট্রন বলে আখ্যায়িত করে এর ভেদন ক্ষমতা প্রোটন ও ইলেকট্রনের চেয়ে কয়েকগুণ অধি একে 'n' দ্বারা প্রকাশ করা হয়। নিউট্রন পরমাণুর কেন্দ্র নিউক্লিয়াসে অবস্থান করে।

এতক্ষ আমরা যেসব কণিকা (ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রন) নিয়ে আলোচনা করলাম সেগুলো হলো পরমাণুর স্থায়ী কণিকা, এগুলো ব্যতীত পরমাণুতে আরও দুই ধরনের কণিকা উপস্থি

যথা: (i) অস্থায়ী কণিকা (ii) কম্পোজিট কণি

(i) **অস্থায়ী কণিকা:** যেসব কণিকা কোন মৌলের পরমাণুতে অল্প সময়ের জন্য অবস্থান করে তাদেরকে অস্থায়ী কণিকা বলে এদের সংখ্যা প্রায় 100। যেমন-মেসন, পজিট্রন, পাইওন, নিউট্রিনো ইত্যাদি।

(ii) **কম্পোজিট কণিকা:** পরমাণুতে অনেক সময় অস্থায়ী কণিকার পাশাপাশি কিছু ভারী কণিকা পাওয়া যায়, এদেরকে কম্পোজিট কণিকা বলে। যেমন-ডিউটেরন ($_1^2H$), আলফা কণা ($_2^4He^{2+}$) ইত্যাদি।

এই যে আমরা কম্পোজিট কণিকা নিয়ে আলোচনা করলাম তোমাদের মনে প্রশ্ন থাকতে পারে যে এদের ব্যবহার বা উপস্থিতির প্রমা কী? আমরা পরবর্তীতে রাদারফোর্ড পরমাণু মডেল পর্যালোচনা করব। সেখানে আমরা আলফা কণার ব্যবহার দেখ

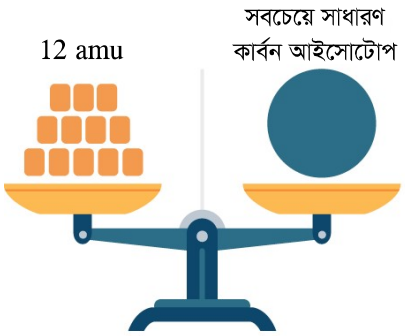
নিচের ছকটি দেখে তোমরা পরমাণুর মূল কণিকা তিনটি সম্পর্কে জানতে পারবে,

| বিষয় | ইলেকট্রন | প্রোটন | নিউট্রন |
|---|---|---|---|
| আবিষ্কার | ১৮৯৭ খ্রিস্টাব্দে স্যার জে. জে. থমসন ক্যাথোড রশ্মির উপর পরীক্ষার সময় ইলেকট্রনের অস্তিত্ব প্রমাণ করেন। স্টোনি ইলেকট্রন নামকরণ করেন। | বিজ্ঞানী গোল্ডস্টাইন প্রোটন আবিষ্কার করেন (১৮৮৬ সালে)। ১৯১৯ খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী রাদারফোর্ড 'ইলেকট্রনের মত প্রোটনও সব পদার্থের পরমাণুর একটি সাধারণ উপাদান'– এ তথ্য সর্বপ্রথম প্রমাণ করেন। | ১৯৩২ খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী জেমস চ্যাডউইক সর্বপ্রথম নিউট্রন সম্বন্ধে ধারণা দেন এবং সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, 'হাইড্রোজেন–1 ব্যতীত অন্য যে কোন পরমাণুর অভ্যন্তরে নিউট্রন বিদ্যমান।' |
| ভর | $9.1085 \times 10^{-28}$ g | $1.673 \times 10^{-24}$ g যা হাইড্রোজেনের পরমাণুর ভরের প্রায় সমান। পারমাণবিক ভর স্কেলে এর পরিমাণ 1.007276 amu (Atomic Mass Unit)। | $1.675 \times 10^{-24}$ g যা ইলেকট্রনের ভরের 1837 গুণ। পারমাণবিক ভর স্কেলে এর পরিমাণ 1.008665 amu (Atomic Mass Unit)। |
| প্রোটনের তুলনায় ভর | $\frac{1}{1837}$ | 1 | 1 |
| চার্জ | $-1.6 \times 10^{-19}$ C বা, $-4.8 \times 10^{-10}$esu | $+1.6 \times 10^{-19}$ C বা, $+4.8 \times 10^{-10}$ esu | 0 |
| প্রোটনের তুলনায় চার্জ | −1 | +1 | 0 |
| প্রতীক | $_{-1}^0e$ বা $e^-$ | $_1^1p$ বা p | $_0^1n$ বা n |
| অবস্থান | নিউক্লিয়াসের বাইরে | পরমাণুর কেন্দ্র নিউক্লিয়াসে | পরমাণুর কেন্দ্র নিউক্লিয়াসে |

এই ছকে তোমরা ভরের ক্ষেত্রে amu এবং চার্জের ক্ষেত্রে esu নামক দুটি নতুন একক এর সাথে পরিচিত হলে amu হলো আপেক্ষিক পারমাণবিক ভর এবং esu হলো ইলেকট্রোস্ট্যাটিক ইউনিট অফ চার্জ (electrostatic unit of charge).

- 1 amu = 1 dalton = $1.6605 \times 10^{-24}$ g
- 1 esu = $3.33 \times 10^{-10}$ C [esu=electro static unit]
- $1C = 3 \times 10^{9}$esu

### ➲ পারমাণবিক ভর একক (Atomic mass unit):




মৌলের পারমাণবিক ভর একটি তুলনামূলক সংখ্যামাত্র এবং এর কোনো একক নেই। মৌলের পারমাণবিক ভর ঐ মৌলের পরমাণুর প্রকৃত ভর নির্দেশ করে না। পরমাণুর প্রকৃত ভর প্রকাশ করার জন্য আন্তর্জাতিকভাবে বিজ্ঞানীগণ অপর একটি এককের প্রচলন করে এ এককটিকে পারমাণবিক ভর একক (amu) বলে একটি প্রোটন ও একটি নিউট্রনের ভর একদম কাছাকাছি এদের ভ্যালুটাকে স্ট্যান্ডার্ড ধরে মৌলের আপেক্ষিক পারমাণবিক ভর হিসাব করা হয়। যে এককের মাধ্যমে কোনো মৌলের একটি পরমাণুর প্রকৃত ভর প্রকাশ করা হয় এবং যার মান $^{12}C$ আইসোটোপের একটি পরমাণুর ভরের $\frac{1}{12}$ অংশের সমান, তাকে পারমাণবিক ভর একক (amu) বলা হয়।

অতএব পারমাণবিক ভর একক (amu) = $\frac{1}{12} \times$ 1টি $^{12}C$ পরমাণুর প্রকৃত ভর।

1টি $^{12}C$ পরমাণুর প্রকৃত ভর = $\frac{12}{6.023 \times 10^{23}}$ g

$\therefore$ 1 amu = $\frac{1}{12} \times \frac{12}{6.023 \times 10^{23}} = 1.6603 \times 10^{-24}$g

কখনো ভেবে দেখেছো কেনো আমরা কার্বন-12 আইসোটোপকে নিলাম? কেন 12g -ই নিলাম? 10g বা 5g নিলাম না। কেন গ্রাম এককে নেয়া হলো?

প্রথমত প্রকৃতিতে সবচেয়ে সহজলভ্য আইসোটোপ হলো কার্বন-12 আইসোটোপ। সহজলভ্য বিধায় এটিকে নিয়ে কাজ করা হয়। দ্বিতীয়ত, 12g ব্যাপারটা কিন্তু পুরোপুরি পারমাণবিক ভরের সাথে জড়িত

আচ্ছা, আমরা তো এতক্ষণ পরমাণুর কণিকাগুলো নিয়ে জানলাম তবে এগুলোর প্রয়োগ সম্পর্কে কী আমরা জানি? পরমাণুর এই কণিকাগুলোর মূল ব্যবহার হলো পরমাণুকে প্রকাশ করতে

## পরমাণুর প্রকাশ

আমরা এতক্ষণে জানলাম একটি পরমাণু ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রনের সমন্বয়ে গঠিত এবং এদের মাধ্যমেই একটি পরমাণুকে প্রকাশ করা হয়। তোমাকে যদি তোমার নাম লিখতে বলা হয় তবে তুমি অবশ্যই তোমার সম্পূর্ণ নামটি লিখবে মনে কর একটি সোডিয়াম পরমাণু কে বলা হল তার নাম লিখতে তাহলে পরমাণুটি কীভাবে নিজের নামটি প্রকাশ করবে? পরমাণুর সবচেয়ে অনন্য বৈশিষ্ট্য হলো এর প্রোটন সংখ্যা দুটি ভিন্ন মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা কখনও একই হতে পারে না (আইসোটোপ ব্যতীত)। পরমাণুর প্রকাশ মূলত হয়ে থাকে এর প্রোটন ও ভরসংখ্যার দ্বারা। নিম্নোক্তভাবে আমরা একটি পরমাণুকে প্রকাশ করতে পারি।

$$ {}^{A}_{Z}X^{m\pm}_{n} $$

এখানে,

X = মৌল/পরমাণু/আয়নের নাম  Z = প্রোটন সংখ্যা

A = ভরসংখ্যা  n = অণুস্থিত পরমাণুর সংখ্যা

m = গ্রহণকৃত/ত্যাগকৃত ইলেকট্রন সংখ্যা [ ইলেকট্রন গ্রহণ করলে (−), ইলেকট্রন ত্যাগ করলে (+)]

আচ্ছা আমরা তো পরমাণু প্রকাশের উপায় দেখলা চলে আমরা কিছু পরমাণুকে তাদের প্রকাশসহ দেখে নেই,

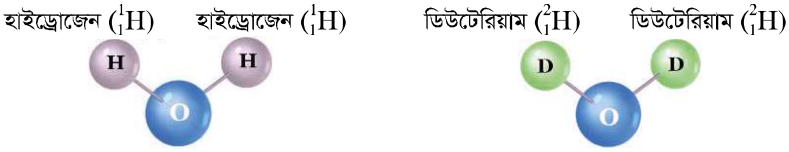
$^{23}_{11}Na^{+}$

X (মৌল/পরমাণুর নাম) = সোডিয়াম (Na)
নিউট্রন সংখ্যা, A − Z = 23 − 11 = 12
Z (প্রোটন সংখ্যা) = 11
A (ভরসংখ্যা) = 23
m (গ্রহণকৃত/ত্যাগকৃত ইলেকট্রন সংখ্যা) = 1টি ইলেকট্রন ত্যাগ করে
ইলেকট্রন সংখ্যা = 11 − 1 = 10

$^{19}_{9}X^{-}$

X (মৌল/পরমাণুর নাম) = ফ্লোরিন (F)
Z (প্রোটন সংখ্যা) = 9
নিউট্রন সংখ্যা, A − Z = 19 − 9 = 10
A (ভরসংখ্যা) = 19
m (গ্রহণকৃত/ত্যাগকৃত ইলেকট্রন সংখ্যা) = 1টি ইলেকট্রন গ্রহণ করে
ইলেকট্রন সংখ্যা = 9 + 1 = 10

আচ্ছা, তোমরা কি নিউক্লিয়ার পাওয়ার প্লান্টের কথা শুনেছ? এই নিউক্লিয়ার পাওয়ার প্লান্টে তেজস্ক্রিয় মৌলকে ব্যবহার করে শক্তি উৎপাদন করা হয় এক্ষেত্রে ব্যবহৃত দ্রব্যাদি মাঝে মাঝে অত্যাধিক উত্তপ্ত হয়ে গেলে তা শীতল করার জন্য পানি ব্যবহৃত হয়। তবে এই পানি আমাদের দৈনন্দিন জীবনে ব্যবহৃত সাধারণ পানি অপেক্ষা ভিন্ন। এটির ভর ও ঘনত্ব সাধারণ পানির অপেক্ষা বেশি এবং এদের স্ফুটনাঙ্ক ও pH মান দৈনন্দিন জীবনে ব্যবহৃত পানি অপেক্ষা বেশি। এইযে, একই ভৌত বস্তুর দুটি ভিন্ন গুণ এর মূল কারণ হল এদের গঠনে। চল আমরা এই দুটির গঠন পর্যালোচনা করি,

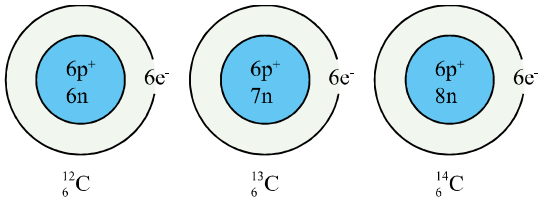



পানি ($H_2O$) ভারি পানি ($D_2O$)

এই যে, একটি পানির গঠনে আমরা H দেখতে পারছি এটি আমাদের চিরপরিচিত হাইড্রোজেন তবে উপরের চিত্রে এই D আবার কী? এটিও হাইড্রোজেন যা ডিউটেরিয়াম (D) নামে পরিচিত। তবে হাইড্রোজেনে যেমন নিউক্লিয়াসে কোন নিউট্রন থাকে না ডিউটেরিয়াম এ কিন্তু এমনটি নয়। এতে একটি প্রোটন এর সাথে একটি নিউট্রন অবস্থান করে। এই অবস্থাটি হল আইসোটোপ। তোমরা কী তাহলে বলতে পারবে আইসোটোপ কী?

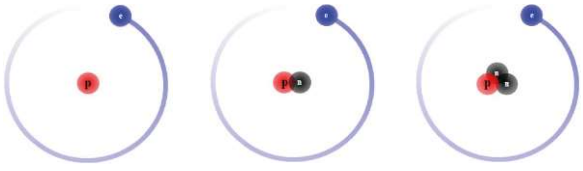
## আইসোটোপ (Isotope)

একই পারমাণবিক সংখ্যাবিশিষ্ট দুটি মৌলের প্রোটন সংখ্যা সমান ও ভরসংখ্যা ভিন্ন হলে তাদেরকে পরস্পরের আইসোটোপ বলে। মূলত নিউট্রন সংখ্যার ভিন্নতার কারণে এমনটি হয়ে থাকে। বিজ্ঞানী এস্টন 1919 খ্রিস্টাব্দে নিয়নের দুইটি ভিন্ন ভরের পরমাণু শনাক্ত করেন $^{20}_{10}Ne$ ও $^{22}_{10}Ne$। তিনি একই মৌলের ভিন্ন ভরবিশিষ্ট পরমাণুসমূহকে ঐ মৌলের আইসোটোপ হিসেবে নামকরণ করেন। পারমাণবিক সংখ্যা অভিন্ন হলেও নিউট্রন সংখ্যার ভিন্নতার কারণে আইসোটোপের সৃষ্টি হয়। প্রোটন সংখ্যা বা পারমাণবিক সংখ্যা একই হওয়ার কারণে আইসোটোপগুলো একই মৌলের পরমাণু। একই মৌলের এসব পরমাণু পর্যায় সারণিতে একই স্থানের জন্য নির্দিষ্ট এবং এদের রাসায়নিক ধর্মও একই। তাই এদের আইসোটোপ (গ্রিক শব্দ Iso = একই, Topos = স্থান) নামকরণ করা হয়েছে। উদাহরণস্বরূপ:




$^{12}_{6}C$ $^{13}_{6}C$ $^{14}_{6}C$

চিত্র: কার্বনের আইসোটোপসমূহ



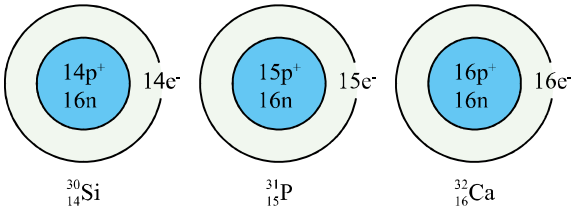
$^{1}_{1}H$ প্রোটিয়াম $^{2}_{1}H$ ডিউটেরিয়াম $^{3}_{1}H$ ট্রিটিয়াম

চিত্র: হাইড্রোজেনের আইসোটোপ

হাইড্রোজোনের তিনটি আইসোটোপ: $^{1}_{1}H, ^{2}_{1}H, ^{3}_{1}H$
কার্বনের তিনটি আইসোটোপ: $^{12}_{6}C, ^{13}_{6}C, ^{14}_{6}C$
অক্সিজেনের তিনটি আইসোটোপ: $^{16}_{8}O, ^{17}_{8}O, ^{18}_{8}O$
ক্লোরিনের দুইটি আইসোটোপ: $^{35}_{17}Cl, ^{37}_{17}Cl$

### ➲ আইসোটোন (Isotone):

যেসব পরমাণুর নিউট্রন সংখ্যা সমান থাকে কিন্তু প্রোটন সংখ্যা ও ভর সংখ্যা উভয়ই ভিন্ন, তাদেরকে পরস্পরের আইসোটোন বলে আইসোবারের মতো আইসোটোনও ভিন্ন ভিন্ন মৌলের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য এবং এদের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম সম্পূর্ণ আলাদা। উদাহরণস্বরূপ:




চিত্র: সিলিকন, ফসফরাস ও সালফারের আইসোটোন

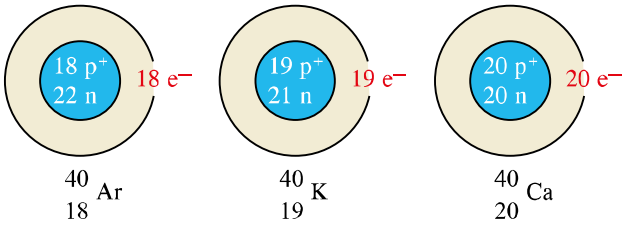
$^{3}_{1}H, ^{4}_{2}He.$
$^{13}_{6}C, ^{14}_{7}N.$
$^{23}_{11}Na, ^{24}_{12}Mg.$
$^{30}_{14}Si, ^{31}_{15}P, ^{32}_{16}S.$
$^{39}_{19}K, ^{40}_{20}Ca, ^{37}_{17}Cl.$

### ➲ আইসোবার (Isobar):

যেসব পরমাণুর নিউক্লিয়াসের পারমাণবিক সংখ্যা ভিন্ন কিন্তু ভর সংখ্যা অভিন্ন বা একই তাদেরকে পরস্পরের আইসোবার বলে। পারমাণবিক সংখ্যা ভিন্ন হওয়ার কারণে ভিন্ন ভিন্ন মৌলের পরমাণুতে আইসোবার পরিলক্ষিত হয় উদাহরণস্বরূপ:

(i) $^{3}_{1}H$ ও $^{3}_{2}He$ পরস্পরের আইসোবার
(ii) $^{14}_{6}C$ ও $^{14}_{7}N$ পরস্পরের আইসোবার
(iii) $^{64}_{29}Cu$ ও $^{64}_{30}Zn$ পরস্পরের আইসোবার
(iv) $^{40}_{18}Ar, ^{40}_{19}K$ ও $^{40}_{20}Ca$ পরস্পরের আইসোবার
(v) $^{204}_{80}Hg$ ও $^{204}_{82}Pb$ পরস্পরের আইসোবার

আইসোবারসমূহে ভৌত ও রাসায়নিক উভয় ধর্মই ভিন্ন হয়।




চিত্র: আর্গন, পটাসিয়াম ও ক্যালসিয়ামের আইসোবার

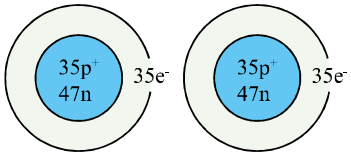
### ➲ আইসোইলেকট্রনিক (Isoelectronic):

যে সকল পরমাণুর বা আয়নের বা অণুর বা মূলকের ইলেকট্রন সংখ্যা সমান তাদের আইসোইলেকট্রনিক বলা হয় যেমন: $Na^+, Mg^{2+}$ ও $Al^{3+}$। তোমরা ইতোমধ্যে ইলেকট্রন আদান প্রদানের মাধ্যমে অন্যান্য মৌল কর্তৃক নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন বিন্যাস কাঠামো সম্পর্কে জেনে থাকবে $Na^+$ এর ক্ষেত্রে এটি একটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে নিষ্ক্রিয় গ্যাস নিয়নের ইলেকট্রন কাঠামো অর্জন করে। একইভাবে ম্যাগনেসিয়াম এবং অ্যালুমিনিয়াম তাদের শেষ কক্ষপথের দুটি এবং তিনটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে নিয়নের কাঠামো অর্জন করে। গণনা করলে দেখতে পাবে যে, এই তিন আয়নের প্রত্যেকটির ইলেকট্র সংখ্যা দশটি। অর্থাৎ এদের ইলেকট্রন সংখ্যা সমান। তাই এদেরকে পরস্পরের আইসোইলেকট্রনিক বলা হয়।

### ➲ আইসোমার (Isomer):

যেসব পরমাণুর নিউক্লিয়াসের পারমাণবিক সংখ্যা ও ভর সংখ্যা পরস্পর সমান কিন্তু তাদের অভ্যন্তরীণ গঠন ও তেজস্ক্রিয় ধর্মের মধ্যে বৈসাদৃশ্য রয়েছে তাদেরকে পরস্পরের আইসোমার বলে। পারমাণবিক সংখ্যা একই হওয়ার কারণে একই মৌলের মধ্যে আইসোমার পরিলক্ষিত হয়।

যেমন: $^{82}_{35}Br, ^{82}_{35}Br^*; \ ^{99}_{43}Tc, ^{99m}_{43}Tc$




চিত্র: ব্রোমিনের আইসোমার

### ➲ আইসোস্টার (Isosteres):

যে সব অণুতে মোট পরমাণুর সংখ্যা সমান এবং মোট ইলেকট্রন সংখ্যা সমান তাদেরকে আইসোস্টার বলে। যেমন,

- $CO_2$ ও $N_2O$ প্রত্যেকের মধ্যে তিনটি পরমাণুর এবং মোট ইলেকট্রন সংখ্যা 22 টি।
- $C_6H_6$ ও $B_3N_3H_6$; প্রত্যেকের মধ্যে তিনটি পরমাণু এবং মোট ইলেকট্রন সংখ্যা 42 টি

চলো আমরা একইসাথে এই সকল আইসো উপাদানগুলোকে ছক থেকে জেনে নিই:

| রাশি | প্রোটন সংখ্যা (Z) | নিউট্রন সংখ্যা (A −Z) | ভর সংখ্যা (A) | পর্যায় সারণিতে অবস্থান | পরমাণুর ধরণ | ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম | উদাহরণ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| আইসোটোপ | সমান | ভিন্ন | ভিন্ন | একই | একই | ভিন্ন | ${}^{1}_{1}H, {}^{2}_{1}H, {}^{3}_{1}H$ |
| আইসোটোন | ভিন্ন | সমান | ভিন্ন | ভিন্ন | ভিন্ন | ভিন্ন | ${}^{30}_{14}Si, {}^{31}_{15}P$ |
| আইসোবার | ভিন্ন | ভিন্ন | সমান | ভিন্ন | ভিন্ন | ভিন্ন | ${}^{64}_{29}Cu, {}^{64}_{30}Zn$ |
| আইসো-ইলেকট্রনিক | ভিন্ন | ভিন্ন | ভিন্ন | ভিন্ন | ভিন্ন | ভিন্ন | $Na^{+}, Mg^{2+}, Al^{3+}$ |
| আইসোমার | একই | একই | একই | একই | একই | ভিন্ন | ${}^{82}_{35}Br, {}^{82}_{35}Br$ |

চলো আমরা কিছু গাণিতিক সমস্যা সমাধান করি-

উদাহরণ-০১: ${}^{13}_{6}X, {}^{14}_{a}Y, {}^{c}_{7}Z$

**(i) X এবং Y পরস্পরের আইসোটোপ হলে a এর মান কত?**

**(ii) X ও Z আইসোটোন হলে c এর মান কত?**

**(iii) কোন দুইটি পরস্পরের আইসোবোর?**

সমাধান:

**(i)** আইসোটোপের ক্ষেত্রে প্রোটন সংখ্যা সমান হয় এবং নিউট্রন সংখ্যা ভিন্ন হয়।
${}^{13}_{6}X$ এবং ${}^{14}_{a}Y$ পরস্পরে আইসোটোপ, তাই এখানে X এর প্রোটন সংখ্যা 6। ∴ Y এর প্রোটন সংখ্যা 6 হবে। সুতরাং a এর মান = 6

**(ii)** আইসোটোনের ক্ষেত্রে শুধুমাত্র নিউট্রন সংখ্যা সমান হবে। বাকি সবকিছু ভিন্ন।
${}^{13}_{6}X$ এর ক্ষেত্রে নিউট্রন সংখ্যা $= (13 - 6) = 7$ টি
তাই Z পরমাণুরও নিউট্রন সংখ্যা 7 টি হবে।
এখানে, নিউট্রন সংখ্যা = ভর সংখ্যা − প্রোটন সংখ্যা
$\Rightarrow 7 = c - 7$
$c = 7 + 7 = 14$
∴ নির্ণেয় $c = 14$

**(iii)** আইসোবারসমূহের ভরসংখ্যা সমান হয়। $b = 6, c = 14$ হওয়ায় এখানে, ${}^{14}_{6}Y$ এবং ${}^{14}_{7}Z$ পরমাণু দুইটির উভয়ের ভরসংখ্যা সমান। তাই, এখানে Y ও Z পরস্পর আইসোবার।

পর্যায় সারণির ১১৮টি মৌলের অনেকগুলো মৌলেরই আইসোটোপ উপস্থিত। তবে আমরা সকলেই জানি পর্যায় সারণির অধিক ভরবিশিষ্ট মৌলগুলোর তেজস্ক্রিয় অবস্থা থাকে। আর এই তেজস্ক্রিয় মৌলগুলোরও আইসোটোপ বিদ্যমান। তেজস্ক্রিয় মৌলের এই আইসোটোপগুলোই হলো তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ  তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ প্রধানত ২ প্রকার। যথা:

(i) প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ
(ii) কৃত্রিম তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ

প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ সাধারণত প্রকৃতিতে মুক্তভাবে পাওয়া যায় যেমন: Rn(86), Fr(87), Ra(88), U(92) এগুলো প্রকৃতিতে সাধারণত পাওয়া যায়। আর কৃত্রিম তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ সাধারণত ল্যাবরেটরিতে তৈরি করা হয়। আবার, Te(43), Np(93), Og(118) এগুলোর আইসোটোপ সাধারণত প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না। তেজস্ক্রিয় আইসোটোপগুলো বিভিন্ন ধরনে  রশ্মি বিকিরণ করে থাকে। যেমন: আলফা (α) রশ্মি, বিটা (β) রশ্মি, গামা (γ) রশ্মি । তোমরা ইতোমধ্যে  আলফা (α) রশ্মি সম্পর্কে জেনেছ যা একটি কম্পোজিট কণিকা কোন মৌল হতে α-কণা নিঃসরণ হলে তার পারমাণবিক সংখ্যা ও ভরে পরিবর্তন পরিলক্ষিত হয়

- তেজস্ক্রিয় মৌলের α-রশ্মি বিকিরণে সৃষ্ট নতুন পরমাণুতে প্রোটন সংখ্যা 2 একক এবং ভর সংখ্যা 4 একক হ্রাস পায়। যেমন,
$${}^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}R + {}^{4}_{2}He(\alpha - particle)$$
- তেজস্ক্রিয় মৌলের β-রশ্মির বিকিরণে সৃষ্ট নতুন পরমাণুতে প্রোটন সংখ্যা 1 একক বৃদ্ধি পায়, কিন্তু ভর সংখ্যা ঠিক থাকে। এক্ষেত্রে একটি নিউট্রন থেকে β-রশ্মি বিকিরিত হয়ে একটি প্রোটন সৃষ্টি হয়। যেমন,
$${}^{232}_{89}Ac \rightarrow {}^{232}_{90}Th + {}^{0}_{-1}e\ (\beta - Particle)$$

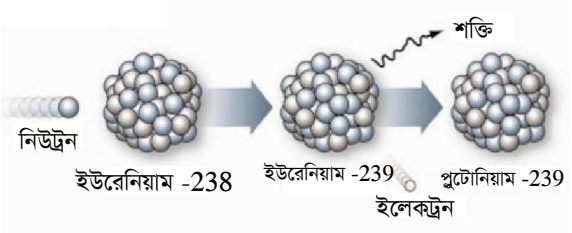
➤ গামা রশ্মির ভর ও তড়িৎ চার্জ থাকে না; গামা রশ্মি হলো তড়িৎ চুম্বকীয় রশ্মি।

$$^{99}_{43}Tc \rightarrow ^{99}_{43}Tc + : \gamma \ (\gamma\text{ - ray})$$

তিনটি তেজস্ক্রিয় রশ্মির বৈশিষ্ট্য হলো: (১) এর অস্বচ্ছ পদার্থের মধ্যদিয়ে যেতে পারে; (২) যে গ্যাসের মধ্য দিয়ে যায় তাকে আয়নিত করে; (৩) অন্ধকারে রাখা ফটোগ্রাফিক প্লেটে দাগ সৃষ্টি করে।

আলফা ($\alpha$), বিটা ($\beta$) ও গামা ($\gamma$) রশ্মির তুলনা

| রশ্মি বা কণা | আপেক্ষিক চার্জ | আপেক্ষিক ভর | রশ্মি বা কণার প্রকৃতি | আপেক্ষিক ভেদন ক্ষমতা |
|---|---|---|---|---|
| $\alpha$-রশ্মি | +2 | 4 একক | দ্বিধনাত্মক চার্জ ‍যুক্ত ($He^{2+}$) | 1 গুণ |
| $\beta$-রশ্মি | −1 | 0 | একক ঋণাত্মক চার্জ ($e^-$) | 1,000 গুণ |
| $\gamma$-রশ্মি | 0 | 0 | তড়িৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ | 10,000 গুণ |



এইসব কণাসমূহের ব্যবহার আমরা বিভিন্ন নিউক্লিয়ার বিক্রিয়ায় দেখে থাকি  যেমন: ট্রান্সম্যুটেশন বিক্রিয়া, নিউক্লিয়ার ফিউশান এবং নিউক্লিয়ার ফিশন বিক্রিয়া ইত্যাদি। চলো আমরা এইসব বিক্রিয়া সম্পর্কে কিছু আলোচনা করি,

**(i) ট্রান্সম্যুটেশন বিক্রিয়া:** কোনো মৌলের স্থায়ী নিউক্লিয়াসকে উচ্চ গতিশীল নিউট্রন, প্রোটন অথবা আলফা কণা অথবা অপর পরমাণুর নিউক্লিয়াস দ্বারা আঘাত করে নতুন মৌলে পরিণত করাকে ট্রান্সম্যুটেশন বিক্রিয়া বলে । যেমন–

$$^{27}_{13}Al + \underset{\text{(আলফা কণা)}}{^{4}_{2}He^{2+}} \rightarrow ^{30}_{15}P + \underset{\text{(নিউট্রন)}}{^{1}_{0}n}$$

$$^{45}_{21}Sc + \underset{\text{(নিউট্রন)}}{^{1}_{0}n} \rightarrow ^{45}_{20}Ca + \underset{\text{(প্রোটন)}}{^{1}_{1}H^{+}}$$

$$^{58}_{28}Ni + \underset{\text{(প্রোটন)}}{^{1}_{1}H^{+}} \rightarrow ^{58}_{29}Cu + \underset{\text{(নিউট্রন)}}{^{1}_{0}n}$$

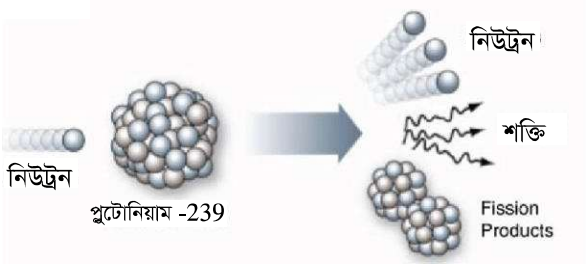



একইভাবে 243 পারমাণবিক ভরের অ্যামেরিসিয়াম ($^{243}_{95}Am$) পরমাণুকে Ca-48 এর নিউক্লিয়াস দিয়ে আঘাত করে 288 পারমাণবিক ভরের মস্কোভিয়াম ($^{288}_{115}Mc$) পরমাণু সৃষ্টি এবং এটির $\alpha$-কণা বিকিরণে নিহোনিয়াম পরমাণু উৎপন্ন হয়

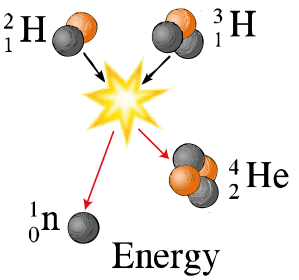
$$\underset{\text{অ্যামেরিসিয়াম}}{^{243}_{95}Am} + ^{48}_{20}Ca \rightarrow \underset{\text{মস্কোভিয়াম}}{^{288}_{115}Mc} + 3\,^{1}_{0}n \rightarrow ^{284}_{113}Nh + ^{4}_{2}He + 3\,^{1}_{0}n$$

**(ii) নিউক্লীয় ফিশান (Nuclear Fission):** অতি বৃহৎ নিউক্লিয়াস বিশিষ্ট পরমাণুকে (যেমন, $^{235}_{92}U$ এবং $^{239}_{94}Pu$ ইত্যাদি) উচ্চ গতিসম্পন্ন নিউট্রন দ্বারা (প্রায় 8 MeV শক্তিতে) আঘাত করে কাছাকাছি পারমাণবিক ভরবিশিষ্ট দুটি ভিন্ন মৌল উৎপন্ন করাকে নিউক্লীয় বিভাজন বা নিউক্লীয় ফিশান বলে । নিউক্লীয় ফিশান বিক্রিয়ায় উৎপন্ন বিপুল তাপশক্তি থেকে পারমাণবিক চুল্লিতে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন করা হয় ।

[ MeV = মেগা ইলেকট্রন ভোল্ট; [1MeV = $1.602176 \times 10^{-13}$ J]



**(iii) নিউক্লীয় ফিউশান (Nuclear Fusion):** দুটি ক্ষুদ্র নিউক্লিয়াসকে অত্যধিক উচ্চ তাপমাত্রায় ($10^8$K) উত্তপ্ত করে অপেক্ষাকৃত বড় নিউক্লিয়াসবিশিষ্ট নতুন মৌলে পরিণত করার বিক্রিয়াকে নিউক্লীয় সংযোজন বা থার্মোনিউক্লিয়ার ফিউশান বিক্রিয়া বলে । সূর্যের শক্তির উৎস হলো নিউক্লীয় ফিউশান বিক্রিয়া। হাইড্রোজেন বোমার শক্তির উৎসও এ ফিউশান বিক্রিয়া যেমন–

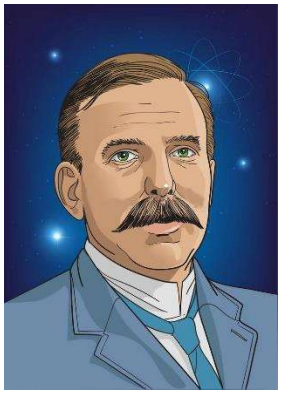



$$^2_1H + ^1_1H \xrightarrow{10^8K} ^3_2He + \gamma + Energy;$$

$$^2_1H + ^3_1H \xrightarrow{10^8K} ^4_2He + ^1_0n + Energy$$

আমরা পূর্বালোচিত আলোচনা থেকে পরমাণু সম্পর্কে একটি সম্যক ধারণা লাভ করেছি। তবে তোমাদের কারও মনে কি একবারও এই প্রশ্নটি আসেনি যে এই নিউক্লিয়াস, ইলেকট্রন, প্রোটন আবিষ্কার কীভাবে হল এবং কীভাবে এরা পরমাণুতে বিন্যস্ত থাকে? ইলেকট্রনে প্রোটনের অবস্থান নিয়ে কৌতুহল বহুকাল আগে থেকে বিজ্ঞানীদের মাথায় ছিল। তাই বিভিন্ন সময়ে বিভিন্ন বিজ্ঞানীরা এই চিন্তা হতে গবেষণার ভিত্তিতে বিভিন্ন মতবাদ প্রবর্তন করেন চলো আমরা এরকম দুজন বিজ্ঞানীর মতবাদ সম্পর্কে জেনে নিই,

## রাদারফোর্ড পরমাণু মডেল



জার্মান বিজ্ঞানী গোল্ডস্টাইন (1886) কর্তৃক প্রোটন আবিষ্কার এবং পরবর্তীতে জে. জে. থমসন (1897) কর্তৃক ইলেকট্রন আবিষ্কার পরমাণু বিজ্ঞানের ইতিহাসে নব দিগন্তের সূচনা করে। ইলেকট্রন আবিষ্কারের পরেই বিজ্ঞানীদের ধারণা হলো পরমাণুর অভ্যন্তরে ধনাত্মক চার্জধর্মী কণা বিদ্যমান। জে.জে. থমসনের পরমাণু মডেল অনুসারেই জানা গেল পরমাণু ইলেকট্রন ও প্রোটনের সমন্বয়ে গঠিত। বিজ্ঞানী থমসনের পরমাণুর গঠন সম্পর্কিত মতবাদটি প্লাম পুডিং মডেল (Plum Pudding model) নামে পরিচিত। 1898 সালে তিনি প্রস্তাব করেন, পরমাণু ধনাত্মক আধানবিশিষ্ট একটি গোলক যার মধ্যে সমান সংখ্যক ঋণাত্মক আধানবিশিষ্ট ইলেকট্রন নির্দিষ্ট দূরত্বে সজ্জিত থাকে এবং ধনাত্মক আধান ও ইলেকট্রনের সংখ্যা বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর ক্ষেত্রে বিভিন্ন হয় থমসনের পরমাণু মডেলের নিশ্চিত প্রমাণের উদ্দেশ্যে তাঁরই ছাত্র বিজ্ঞানী রাদারফোর্ড 1911 খ্রিস্টাব্দে আলফা কণা বিক্ষেপণ পরীক্ষাটি করেন।

➲ **পরীক্ষার উপকরণ:** (i) 0.0004 cm পুরুত্বের সোনার পাত; (ii) জিঙ্ক সালফাইড (ZnS) এর প্রলেপযুক্ত পর্দা; (iii) তেজস্ক্রিয় রেডিয়াম (Ra); (iv) লেড ব্লক।

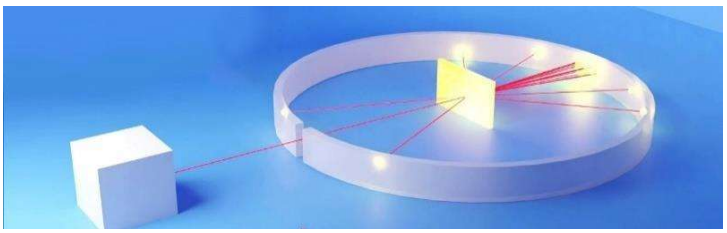
➲ **পরীক্ষা:**

(i) 1911 খ্রিষ্টাব্দে রাদারফোর্ড একটি বায়ুশূন্য আবদ্ধ নলে খুব পাতলা সোনার পাতের (0.0004cm পুরু) উপর তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ $^{314}_{83}Bi$ থেকে নির্গত তীব্র গতিসম্পন্ন α-রশ্মি চালনা করেন

(ii) সোনার পাতের পিছন দিকে একটি বৃত্তাকার জিংক সালফাইড (ZnS) এর আবরণ যুক্ত পর্দা রাখা হয়। ZnS প্রতিপ্রভা সৃষ্টিকারী পদার্থ হওয়ায় α-কণা এর উপর আলোকছটা সৃষ্টি করে।

(iii) কোনো α- কণা ঐ পর্দায় আঘাত করলে এক একটি উজ্জ্বল বিন্দু বা স্ফূলিঙ্গ উৎপন্ন হয়।

(iv) বৃত্তাকার পর্দায় অবস্থান পরিবর্তন করে উৎপন্ন উজ্জ্বল বিন্দু (স্ফূলিঙ্গের) অবস্থান থেকে α- কণার গতিপথ জানা যায়।



➲ পর্যবেক্ষণ:

(i) অধিকাংশ α-কণা ধাতব পাত ভেদ করে সোজা বেরিয়ে গিয়ে জিংক সালফাইড পর্দায় আঘাত করে।

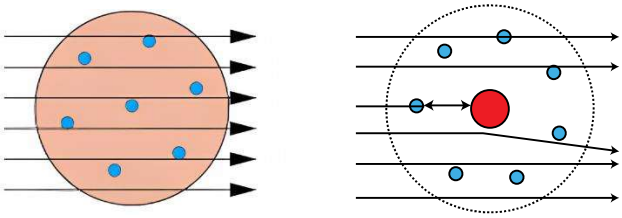
(ii) সামান্য কিছু α-কণা অল্প কোণে বিক্ষিপ্ত হয়ে ধাতব পাত ভেদ করে বেরিয়ে যায়।

(iii) অতি অল্প সংখ্যক α- কণা (প্রায় 20,000 এর মধ্যে একটি) 90° বা তার বেশি কোণে, এমন কি 180° কোণে বিক্ষিপ্ত হয়ে ধাতব পাত ভেদ না করে ফিরে আসে

➲ সিদ্ধান্ত:

(i) যেহেতু, অধিকাংশ α-কণা পরমাণুগুলোকে ভেদ করে চলে যায় সুতরাং,পরমাণুর বেশির ভাগ স্থানই ফাঁকা

(ii) যে দু-একটি α-কণা নিউক্লিয়াসকে সরাসরি আঘাত করে সেগুলো 90° বা তার বেশি কোণে, এমনকি 180° কোণেও বিক্ষিপ্ত হয়। যেহেতু, α-কণা ধণাত্মক চার্জযুক্ত সেহেতু ধনাত্মক চার্জই ধনাত্মক চার্জকে বিকর্ষণ করে। সুতরাং ধনাত্মক আধানযুক্ত α-কণার বিক্ষেপণের ঘটনা দ্বারা প্রমাণিত হয় যে, পরমাণুর সমগ্র আয়তনের তুলনায় একটি অতি ক্ষুদ্র স্থানে পরমাণুর সম্পূর্ণ ধনাত্মক চার্জ এবং সমগ্র ভর কেন্দ্রীভূত থাকে  একে নিউক্লিয়াস বলে ।



থম্পসন  রাদারফোর্ড

(iii) ঋণাত্মক চার্জযুক্ত ইলেকট্রনগুলো নিউক্লিয়াসের বাইরে থাকে। কিন্তু, α- কণার ভর ইলকট্রনের ভরের চেয়ে অনেক বেশি (প্রায়, 7500 গুণ) হওয়ায় পরমাণুর ভেতর দিয়ে যাওয়ার সময় ভারী α-কণার গতি নগন্য ভরযুক্ত ইলেকট্রন কণা দ্বারা মোটেই প্রভাবিত হয় না।

রাদারফোর্ডের আলফা কণা বিচ্ছুরণ পরীক্ষার মাধ্যমে বহুকাল ধরে প্রতিষ্ঠিত থমসন কর্তৃক প্রবর্তিত প্লাম পুডিং মডেলের অবসান ঘটে। মূলত রাদারফোর্ডের সমস্ত ধনাত্মক চার্জ একটি নির্দিষ্ট স্থানে কেন্দ্রীভূত, এই ধারণাটির মাধ্যমেই রাদারফোর্ড থমসন মডেলের সমস্যা সমাধানে সফল হয়।

**জেনে রাখো**

রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেল প্রবর্তনের সময় নিউট্রন আবিষ্কৃত হয়নি  1932 খ্রিষ্টাব্দে প্রোটনের প্রায় সমান ভরযুক্ত তড়িৎ নিরপেক্ষ মৌলিক কণা নিউট্রন আবিষ্কারের পর প্রমাণিত হয় যে, পরমাণুর নিউক্লিয়াসে প্রোটনের সাথে অতি নিবিড়ভাবে নিউট্রন অবস্থান করে। প্রোটন ও নিউট্রনের মিলিত ভরই হলো পারমাণবিক ভর  তাছাড়া নিউক্লিয়াসে যতগুলো প্রোটন উপস্থিত থাকে, নিউক্লিয়াসের ধনাত্মক আধান ঠিক ততো একক হয়।

## রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেলের স্বীকার্য

১৯১১ খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী রাদারফোর্ড তাঁর বিখ্যাত আলফা কণা বিচ্ছুরণ পরীক্ষার ফলাফল থেকে প্রাপ্ত সিদ্ধান্তের ভিত্তিতে, পরমাণুর গঠন সম্বন্ধে যে মতবাদ দেন তা রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেল নামে পরিচিত। সৌরজগতের গঠনের সাথে তার এই মডেলের অনেক সাদৃশ্য রয়েছে বলে এ মতবাদটি রাদারফোর্ডের সোলার সিস্টেম এটমিক মডেল নামেও পরিচিত। রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেলটি নিম্নরূপ–

(i) প্রতিটি পরমাণুর কেন্দ্রস্থলে ধনাত্মক আধানযুক্ত একটি ভারি নিউক্লিয়াস থাকে।

(ii) পরমাণুর ভেতরের অংশকে কেন্দ্রীয় অংশ (নিউক্লিয়াস) এবং বাইরের অংশকে নিউক্লিয়াস বহির্ভূত অংশ বলে। পরমাণুর অভ্যন্তরস্থ বেশির ভাগ স্থানই ফাঁকা

(iii) নিউক্লিয়াসের আকার সমগ্র পরমাণুর তুলনায় খুবই ক্ষুদ্র যেখানে পরমাণুর ব্যাস $10^{-8}$ cm এবং নিউক্লিয়াসের ব্যাস $10^{-13}$ cm।

(iv) পরমাণুর প্রায় সমস্ত ভর নিউক্লিয়াসে পুঞ্জীভূত থাকে । এই নিউক্লিয়াসের ভরই প্রায় সমস্ত পরমাণুর ভরের সমান হয় ।