পারমাণবিক গঠন
Atomic Structure

ইউনিট ১

ভূমিকা (Introduction)

ঊনবিংশ শতাব্দীর শেষভাগে পরমাণুর গঠন সম্পর্কে ব্রিটিশ বিজ্ঞানী জন ডাল্টনের বিজ্ঞানভিত্তিক মতবাদকে গ্রহণ করা হয়। ডাল্টনের এ মতবাদ অনুসারে পরমাণু বলতে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী মৌলের অবিভাজ্য ক্ষুদ্রতম কণাকে বোঝায়। ঊনবিংশ শতাব্দীর শেষ দিকে এবং বিংশ শতাব্দীর প্রারম্ভে ক্যাথোড রশ্মি, X-রশ্মি, তেজস্ক্রিয় রশ্মি প্রভৃতির আবিষ্কার থেকে এটি নিঃসন্দেহে প্রমাণিত হয় পরমাণু বিভিন্ন রকমের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণার সমন্বয়ে গঠিত। এ ক্ষুদ্র কণাগুলো পরমাণুর অভ্যন্তরে একটি সাধারণ নিয়মের মধ্যে অথচ জটিল প্রক্রিয়ায় সুবিন্যস্তভাবে সাজানো থাকে। এ ক্ষুদ্র কণাগুলো পরমাণুর কণিকা (Sub-atomic Particles) হিসাবে পরিচিত। বর্তমানকালে প্রায় 38 ধরনের এ জাতীয় কণার সন্ধান পাওয়া গেছে। প্রকৃতপক্ষে মূল কণাগুলোকে তিন ভাগে ভাগ করা হয়। পরমাণু গঠনের মূল কণা হিসাবে ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রনকে বোঝায়।

ইউনিট সমাপ্তির সময়	**ইউনিট সমাপ্তির সর্বোচ্চ সময় ৪ সপ্তাহ**

এই ইউনিটের পাঠসমূহ

পাঠ-১.১ : পরমাণুর গঠন
পাঠ-১.২ : আইসোটোপ ও মৌলের তেজস্ক্রিয়তা
পাঠ-১.৩ : রাদারফোর্ড ও বোর মডেল
পাঠ-১.৪ : তড়িৎ চুম্বকীয় বর্ণালি
পাঠ-১.৫ : হাইড্রোজেন বর্ণালি
পাঠ-১.৬ : কোয়ান্টাম সংখ্যা
পাঠ-১.৭ : অরবিট ও অরবিটাল
পাঠ-১.৮ : পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস
পাঠ-১.৯ : UV ও IR রশ্মির ব্যবহার এবং MRI পরীক্ষা

পাঠ-১.১ পরমাণুর গঠন

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- পরমাণুর মূল কণিকা বর্ণনা করতে পারবেন।
- পারমাণবিক সংখ্যা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- পারমাণবিক ভর বর্ণনা করতে পারবেন।

মুখ্য শব্দ	ইলেকট্রন, প্রোটন, নিউট্রন, পারমাণবিক সংখ্যা, নিউক্লিয়ন সংখ্যা।

মৌলিক ধারণা (Basic Concept)

পরমাণুর গঠনের দীর্ঘ ইতিহাস রয়েছে। বিভিন্ন রসায়নবিদ বিভিন্ন সময়ে পরমাণু সম্পর্কে বিভিন্ন মতবাদ প্রদান করেন। সর্বপ্রথম খ্রিষ্টপূর্ব ৪৬০ অব্দে গ্রিক দার্শনিক **লুসিপাস** (Leucippus) এবং **ডেমোক্রিটাস** (Democritus) **হামান দিস্তার** (Pest and Morter) সাহায্যে পদার্থকে অতি সূক্ষ্ম কণায় পরিণত করেন। তিনি এ সূক্ষ্ম কণার নাম দেন **অ্যাটমা** (Atoma; Greek for indivisible) যার অর্থ অবিভাজ্য অর্থাৎ পদার্থ অতি সূক্ষ্ম অসংখ্য কণার সমন্বয়ে গঠিত। প্রায় একই সময়ে ভারতের বিজ্ঞানী **আচার্য কণাদ** (Acharya Konad) ডেমোক্রিটাসের মতবাদকে সমর্থন করেন। ১৮০৩ সালে ব্রিটিশ স্কুল শিক্ষক জন ডাল্টন (John Dalton) বলেন পরমাণু অবিভাজ্য একে সৃষ্টি বা ধ্বংস করা যায় না। ১৮০৮ সালে **জন ডাল্টন** (John Dalton) প্রস্তাব করেন যে, মৌলিক পদার্থগুলো অবিভাজ্য। যা অতিশয় ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র কণার সমন্বয়ে গঠিত– এ ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র কণাকে পরমাণু বলে। পরবর্তীতে ১৮৯৮ সালে **জোসেফ জন থমসন** (Joseph John Thomson) পরমাণুর গঠন সম্পর্কে প্রস্তাব করেন যে, পরমাণু একটি গোলক বিশেষ যার সবদিকে সমানভাবে ধনাত্মক আধান বিস্তৃত। ইলেকট্রনসমূহ এ গোলকের অভ্যন্তরে এমনভাবে সজ্জিত থাকে যে, গোলকের কেন্দ্রের প্রতি এদের আকর্ষণ এবং বিকর্ষণ পরস্পর সমান।

১৯০৪ সালে থমসন তাঁর প্রস্তাবিত পরমাণুর গঠন সম্পর্কিত ধারণাকে আরও উন্নত করেন এবং বলেন যে, "পরমাণু ইলেকট্রনের সমন্বয়ে গঠিত যা স্থিতিস্থাপক গোলকের স্যুপে (Soup of Positive Charge) অবস্থিত ধনাত্মক চার্জকে প্রশমিত করে, যা **Plum Pudding Model** নামে পরিচিত। ১৯১১ সালে বিজ্ঞানী **আর্নেস্ট রাদারফোর্ড** (Earnest Rutherford) বলেন যে, পরমাণু বিভাজ্য, একে বিভাজিত করলে ইলেকট্রন, প্রোটন, নিউট্রন ইত্যাদি কণিকা পাওয়া যায়। তিনি স্বর্ণপাতের উপর **α-কণার** বিক্ষেপণের মাধ্যমে পরমাণুতে নিউক্লিয়াসের উপস্থিতি প্রমাণ করেন। সর্বশেষ ১৯১৩ সালে **নিল্‌স বোর** (Neils Bohr) রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেলের আরও উৎকর্ষ সাধন করেন।

পরমাণু ও পরমাণুর মূল কণিকা

উনিশ শতকের শেষ দশকে বেশ কতকগুলো উল্লেখযোগ্য আবিষ্কারের ফলে পরমাণু অবিভাজ্য এ ধারণাটির বিলুপ্তি ঘটে এবং পরমাণু কতগুলো অতিসূক্ষ্ম কণিকার সমষ্টি বলে প্রমাণিত হয়। এ সব অতিসূক্ষ্ম কণিকাকে আর বিভাজন করা যায় না এবং এরা মূল উপাদান হিসেবে সব পরমাণুতেই থাকে। এদেরকে পরমাণুর মূল কণিকা বলা হয়।

পরমাণূর মূল কণিকা তিন ধরনের, যথা স্থায়ী মূল কণিকা, অস্থায়ী মূল কণিকা এবং কম্পোজিট কণিকা।

(১) **স্থায়ী মূল কণিকা:** ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রন এই তিনটি মূল কণিকা সব মৌলের পরমাণুতে থাকে বলে এগুলোকে স্থায়ী মূলকণিকা বলা হয়। (শুধুমাত্র হাইড্রোজেন-1 পরমাণুতে শুধু 1টি ইলেকট্রন ও 1টি প্রোটন আছে এতে কোন নিউট্রন নেই)।

(২) **অস্থায়ী মূল কণিকা:** কিছু কিছু মূল কণিকা কোন কোন মৌলের পরমাণুতে অস্থায়ীভাবে খুব স্বল্প সময়ের জন্য বিরাজ করে। এগুলোকে অস্থায়ী মূল কণিকা বলা হয়। অস্থায়ী মূলকনিকার সংখ্যা প্রায় ১০০। নিউট্রিনো, অ্যান্টি নিউট্রিনো, পজিট্রন, মেসন প্রভৃতি উল্লেখযোগ্য অস্থায়ী মূলকণিকা।

(৩) কম্পোজিট কণিকা (Composite particles): স্থায়ী ও অস্থায়ী মূলকণিকা ছাড়াও আরও এক প্রকার কণিকা পরমাণুতে থাকে, যাদেরকে কম্পোজিট কণিকা বলা হয়। আল্‌ফা কণিকা ও ডিউটেরন কণিকা ইত্যাদি কম্পোজিট কণিকার উদাহরণ।

এখানে পরমাণুর স্থায়ী মূলকণিকাগুলোর সম্পর্কে আলোচনা করা হলো।

ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রনের বৈশিষ্ট্য

ইলেকট্রন ($_{-1}^{0}e$) : 1897 খ্রিষ্টাব্দে বিজ্ঞানী স্যার জে. জে. থমসন (Sir J. J. Thomson) ক্যাথোড রশ্মি পরীক্ষার সময় ইলেকট্রনের অস্তিত্ব আবিষ্কার করেন। বিজ্ঞানী জে. স্টোনি এর নাম দেন ইলেকট্রন। পরীক্ষায় প্রমাণিত হয় ক্যাথোড রশ্মি হলো ইলেকট্রনের একটি প্রবাহ মাত্র। কতকগুলো 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।

ইলেকট্রনের ভর, $9{\cdot}1\times10^{-28}$ g বা, $9{\cdot}1\times10^{-31}$ kg এবং এর চার্জ, $-1{\cdot}6\times10^{-19}$ C $= -1{\cdot}6\times10^{-20}$ emu $= -4{\cdot}8\times10^{-10}$ esu

প্রোটন ($_{1}^{1}p$) : 1886 খ্রিষ্টাব্দে জার্মান বিজ্ঞানী গোল্ডস্টাইন ক্যাথোড রশ্মি নলে ধনাত্মক আধান আবিষ্কার করেন। তিনি অতি লঘু চাপে বায়ুপূর্ণ একটি কাচনলের মাঝখানে ছিদ্রযুক্ত একটি ক্যাথোড স্থাপন করে তাতে বিদ্যুৎ প্রবাহ চালনা করে দেখেন যে, ক্যাথোডের ভিতর দিয়ে এক প্রকার রশ্মি নির্গত হয়ে সরলরেখায় বেরিয়ে যাচ্ছে এবং এ রশ্মিগুলো নেগেটিভ বিদ্যুৎক্ষেত্র দ্বারা আকৃষ্ট হয়। এ ধরনের রশ্মিগুলোকে বলা হয় ক্যানাল রশ্মি। এ রশ্মিগুলো কতকগুলো তড়িৎ কণা দ্বারা গঠিত যার ভর ও আধান নির্দিষ্ট। প্রকৃতপক্ষে এরাই প্রোটন। 1907 খ্রিষ্টাব্দে বিজ্ঞানী জে. জে. থমসন এর নাম দেন পজিটিভ রশ্মি।

একটি প্রোটনের ভর H^+ এর ভরের সমান; যার মান $1{\cdot}6725 \times 10^{-27}$ kg $= 1{\cdot}6725 \times 10^{-24}$ g.

1911 খ্রিষ্টাব্দে বিজ্ঞানী রাদারফোর্ড ইলেকট্রনের ন্যায় প্রোটনও সব পরমাণুর একটি অতি সাধারণ কণা এ তথ্য সর্বপ্রথম প্রমাণ করেন। সাধারণভাবে হাইড্রোজেন পরমাণুর কক্ষপথের একটি মাত্র 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।

প্রোটনের চার্জ : একটি প্রোটনের চার্জ একটি ইলেকট্রনের চার্জের সমান কিন্তু বিপরীত চিহ্নযুক্ত।

প্রোটনের চার্জ $= 1{\cdot}6 \times 10^{-19}$C $= 1{\cdot}6 \times 10^{-20}$ emu $= 4{\cdot}8 \times 10^{-10}$ esu

নিউট্রন ($_{0}^{1}n$) : 1920 খ্রিষ্টাব্দে বিজ্ঞানী রাদারফোর্ড পরমাণুর মধ্যে আধানহীন ও এক একক ভরসম্পন্ন এক প্রকার মূল কণার অস্তিত্বের কথা কল্পনা করেন। পরে বিজ্ঞানী বুথ ও বেকার 1930 খ্রিষ্টাব্দে আলফা রশ্মি ব্যবহার করে নিউট্রন আবিষ্কার করেন। বিজ্ঞানীদ্বয় দ্রুত গতিসম্পন্ন আলফা রশ্মিকে বেরিলিয়াম (Be) এর উপর প্রয়োগ করে পর্যবেক্ষণ করেন যে, এ থেকে এক প্রকার নিরপেক্ষ রশ্মি নির্গত হচ্ছে যা ঋণাত্মক বা ধনাত্মক বা আধানযুক্ত নয় এবং চুম্বকক্ষেত্র দ্বারা আকৃষ্ট হয় না। এ রশ্মি কতকগুলো নিরপেক্ষ কণার সমন্বয়ে গঠিত এবং এর ভরও নির্দিষ্ট। 1932 সালে বিজ্ঞানী জেমস চ্যাডউইক এ কণাকে নিউট্রন বলে আখ্যায়িত করেন। এর ভেদন ক্ষমতা প্রোটন ও ইলেকট্রনের চেয়ে কয়েকগুণ অধিক। একে 'n' দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

একটি নিউট্রনের ভর $1{\cdot}675 \times 10^{-24}$ g বা, $1{\cdot}675 \times 10^{-27}$kg বা, 1·008665 amu.

পারমাণবিক সংখ্যা :

পরমাণুর নিউক্লিয়াসে প্রোটনের অবস্থান। কোনো একটি পরমাণুর নিউক্লিয়াসে যত সংখ্যক প্রোটন থাকে, প্রোটনের সেই সর্বমোট সংখ্যাকে ঐ মৌলের **পারমাণবিক সংখ্যা** বলে। একে 'Z' দ্বারা প্রকাশ করা হয়। 1913 খ্রিষ্টাব্দে বিজ্ঞানী **মোসলে** সর্বপ্রথম পারমাণবিক সংখ্যা নির্ণয়ের পদ্ধতি উদ্ভাবন করেন। অক্সিজেনের পারমাণবিক সংখ্যা, Z = 8. সুতরাং অক্সিজেন নিউক্লিয়াসে ৪টি প্রোটন আছে।

পারমাণবিক ভর সংখ্যা :

পারমাণবিক ভর সংখ্যা বলতে পরমাণুর নিউক্লিয়াসে অবস্থিত নিউট্রন এবং প্রোটনের সমষ্টির সংখ্যাকে বোঝানো হয়। একে **নিউক্লিয়ন** সংখ্যাও বলে।

সুতরাং, পারমাণবিক ভর সংখ্যা = (প্রোটন সংখ্যা + নিউট্রন সংখ্যা)। যেমন, কার্বনের পারমাণবিক ভর সংখ্যা 12 বলতে বোঝায় কার্বন পরমাণুর নিউক্লিয়াসে 6 টি প্রোটন এবং 6 টি নিউট্রন আছে।

পারমাণবিক ভর সব সময় পূর্ণ হয় কিন্তু ভর সংখ্যা ভগ্নাংশ হয়–

কোনো মৌলের ভরসংখ্যা বলতে ঐ মৌলের নিউক্লিয়াসে উপস্থিত মোট প্রোটন ও নিউট্রন সংখ্যার যোগফলকে বোঝায়। নিউক্লিয়াসে প্রোটন ও নিউট্রন কখনোই ভগ্নাংশভাবে অবস্থান করে না। এরা পূর্ণ সংখ্যায় বর্তমান থাকে। তাই মৌলের ভর সংখ্যা সব সময় পূর্ণ সংখ্যা হয়।

কোনো মৌলের পারমাণবিক ভর বলতে প্রকৃতিতে প্রাপ্ত বিভিন্ন ভরসংখ্যাবিশিষ্ট আইসোটোপগুলোর গড় ভর C^{12} পরমাণুর $\frac{1}{12}$ অংশের তুলনায় যতগুণ ভারী সে সংখ্যাকেই বোঝায়। প্রকৃতিতে প্রাপ্ত মৌলসমূহ বাস্তব অর্থে একাধিক আইসোটোপ দ্বারা গঠিত। তবে এ আইসোটোপগুলোর পরিমাণ কোনো নির্দিষ্ট মৌলে সব সময় নির্দিষ্ট। এক একটি আইসোটোপের ভর পূর্ণসংখ্যা হলেও যখন ঐ মৌলটির গড় পারমাণবিক ভর নির্ণয় করা হয় তখন তার মান কিন্তু আর পূর্ণসংখ্যা থাকে না। এ মান ভগ্নাংশ হয়ে যায়।
উদাহরণস্বরূপ ক্লোরিনের দুটি আইসোটোপ Cl^{35} ও Cl^{37} এর পরিমাণ যথাক্রমে 75% ও 25%।

$\therefore$ Cl এর পারমাণবিক ভর $= \frac{35 \times 75 + 37 \times 25}{100} = 35{\cdot}5$ g

অর্থাৎ Cl এর পারমাণবিক ভর 35·5 যা একটি ভগ্নাংশ সংখ্যা।

কোনো মৌলের পারমাণবিক ভর হলো বিভিন্ন অনুপাতে উপস্থিত মৌলটির সমস্ত আইসোটোপের পারমাণবিক ভরের গড় মান। নিওন (Ne) পরমাণুর তিনটি আইসোটোপ $^{20}_{10}Ne$, $^{21}_{10}Ne$ ও $^{22}_{10}Ne$ যথাক্রমে 90·92%, 0·25% ও 8·82% হিসাবে পাওয়া যায়। সে হিসাবে Ne এর পারমাণবিক ভর $= \frac{99{\cdot}92 \times 20 + 0{\cdot}25 \times 21 + 8{\cdot}82 \times 22}{100} = 21{\cdot}976 \cong 21{\cdot}98$ g

$\therefore$ Ne এর পারমাণবিক ভর 21·98 g।

পারমাণবিক ভরের সাপেক্ষে আইসোটোপের শতকরা পরিমাণ নির্ণয়–

সাধারণ হাইড্রোজেনের আইসোটোপ দুটি $^{1}_{1}H$ ও $^{2}_{1}H$।

ধরি, সাধারণ হাইড্রোজেন $^{1}_{1}H$ এর শতকরা পরিমাণ x

$\therefore$ $^{2}_{1}H$ এর শতকরা পরিমাণ দাঁড়ায় $(100 - x)$

$\therefore$ মৌলের পারমাণবিক ভর নির্ণয়ের রীতি অনুসারে–

হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ভর $= \frac{x \times 1 + (100 - x) \times 2}{100}$

$\therefore$ প্রশ্নানুসারে, $\frac{x + 2(100 - x)}{100} = 1{\cdot}008$

বা, $x + 200 - 2x = 100 \times 1{\cdot}008$

বা, $200 - x = 100{\cdot}8$

$\therefore$ $x = 99{\cdot}2$

$\therefore$ সাধারণ হাইড্রোজেন, $^{1}_{1}H$ এর পরিমাণ 99·2%

$\therefore$ হাইড্রোজেন $^{2}_{1}H$ এর পরিমাণ $(100 - 99{\cdot}2) = 0.8\%$

উত্তর : হাইড্রোজেন $^{1}_{1}H$ এর পরিমাণ 99·2% এবং হাইড্রোজেন $^{2}_{1}H$ এর পরিমাণ 0·8%।

সার-সংক্ষেপ :

- **ইলেকট্রন ($^{0}_{-1}e$) :** 1897 খ্রিষ্টাব্দে বিজ্ঞানী স্যার জে. জে. থমসন (Sir J. J. Thomson) ক্যাথোড রশ্মি পরীক্ষার সময় ইলেকট্রনের অস্তিত্ব আবিষ্কার করেন। বিজ্ঞানী জে. স্টোনি এর নাম দেন ইলেকট্রন। পরীক্ষায় প্রমাণিত হয় ক্যাথোড রশ্মি হলো ইলেকট্রনের একটি প্রবাহ মাত্র। কতকগুলো ঋণাত্মক আধানবিশিষ্ট কণা দ্বারা এ ক্যাথোড রশ্মি গঠিত। ক্যাথোড রশ্মিতে বিদ্যমান এমন কণাগুলোকে ইলেকট্রন বলে।
- **প্রোটন ($^{1}_{1}P$) :** 1911 খ্রিষ্টাব্দে বিজ্ঞানী রাদারফোর্ড প্রোটন আবিষ্কার করেন। প্রোটন পরমাণুর নিউক্লিয়াসে অবস্থান করে। এটি ধনাত্মক চার্জবাহী কণিকা। একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর একমাত্র ইলেকট্রনকে অপসারণ করলে যে ধনাত্মক আধানযুক্ত কণা পাওয়া যায় তাকেই প্রোটন বলে। প্রোটনের প্রতীক 'P' হলেও এটি H^+ হিসেবেও পরিচিত। একটি প্রোটনের চার্জ

একটি ইলেকট্রনের চার্জের সমান কিন্তু বিপরীত চিহ্নযুক্ত। প্রোটনের চার্জ = $1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ C = $-1{\cdot}6\times10^{-20}$ e.m.u = $4{\cdot}8 \times 10^{-10}$ e.s.u ; প্রোটনের ভর = $1{\cdot}6725 \times 10^{-24}$ g (1 e.m.u = 10 C)

- **নিউট্রন** $\left({}^{1}_{0}n\right)$ **:** 1932 খ্রিষ্টাব্দে জেমস চ্যাডউইক পরমাণুতে চার্জ নিরপেক্ষ কণা নিউট্রন আবিষ্কার করেন। একে 'n' প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়। নিউট্রনের ভেদন ক্ষমতা প্রোটন এবং ইলেকট্রনের চেয়ে অনেক বেশি। নিউট্রনের ভর প্রোটনের ভরের সমান। নিউট্রন পরমাণুর নিউক্লিয়াসে অবস্থান করে। নিউট্রনের কোনো চার্জ নেই। একটি নিউট্রনের ভর = 1.6725×10^{-24} g.
- **পারমাণবিক সংখ্যা :** পরমাণুর নিউক্লিয়াসে প্রোটনের অবস্থান। কোনো একটি পরমাণুর নিউক্লিয়াসে যত সংখ্যক প্রোটন থাকে, প্রোটনের সেই সর্বমোট সংখ্যাকে ঐ মৌলের **পারমাণবিক সংখ্যা** বলে। একে 'Z' দ্বারা প্রকাশ করা হয়। 1913 খ্রিষ্টাব্দে বিজ্ঞানী **মোসলে** সর্বপ্রথম পারমাণবিক সংখ্যা নির্ণয়ের পদ্ধতি উদ্ভাবন করেন। অক্সিজেনের পারমাণবিক সংখ্যা, Z = 8. সুতরাং অক্সিজেন নিউক্লিয়াসে ৪টি প্রোটন আছে।
- **পারমাণবিক ভর সংখ্যা :** পারমাণবিক ভর সংখ্যা বলতে পরমাণুর নিউক্লিয়াসে অবস্থিত নিউট্রন এবং প্রোটনের সমষ্টির সংখ্যাকে বোঝানো হয়। একে **নিউক্লিয়ন** সংখ্যাও বলে। সুতরাং, পারমাণবিক ভর সংখ্যা = (প্রোটন সংখ্যা + নিউট্রন সংখ্যা)। যেমন, কার্বনের পারমাণবিক ভর সংখ্যা 12 বলতে বোঝায় কার্বন পরমাণুর নিউক্লিয়াসে 6 টি প্রোটন এবং 6 টি নিউট্রন আছে। পারমাণবিক ভর সংখ্যাকে A দ্বারা প্রকাশ করা হয় (A = P + n)।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১.১

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। স্থায়ী মূল কণিকা কী কী?
(ক) ইলেকট্রন, প্রোটন, নিউট্রন (খ) ইলেকট্রন, প্রোটন, মেসন
(গ) নিউট্রিনো, অ্যান্টি নিউট্রিনো (ঘ) প্রোটন ও নিউট্রন

২। আলফা ও নিউট্রিনো কণিকা হলো যথাক্রমে–
(ক) কম্পোজিট ও অস্থায়ী কণিকা (খ) অস্থায়ী ও কম্পোজিট কণিকা
(গ) কম্পোজিট ও স্থায়ী কণিকা (ঘ) অস্থায়ী কণিকা

৩। একটি ইলেকট্রনের ভর কত?
(ক) 9.1×10^{-31} kg (খ) 9.1×10^{-28} kg (গ) 1.675×10^{-24} gm (ঘ) 1.673×10^{-34} gm

৪। পারমাণবিক সংখ্যা কোনটির সমান?
(ক) প্রোটন সংখ্যার (খ) ইলেকট্রন সংখ্যার (গ) নিউট্রন সংখ্যার (ঘ) পজিট্রন সংখ্যার

৫। নিউট্রনের প্রকৃত চার্জ কত?
(ক) -1.10×10^{-19} C (খ) 1.60×10^{-19} C (গ) 4.8×10^{-10} e.s.u (ঘ) 0

৬। পরমাণুর বিভিন্ন কনিকার ক্ষেত্রের উক্তিগুলো হলো–
i. একটি ইলেকট্রনের ভর 9.1×10^{-31} kg
ii. একটি প্রোটনের আধান 4.8×10^{-10} esu
iii. একটি নিউট্রনের ভর 1.675×10^{-27} kg
নিচের কোনটি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৭। পরমাণুর গঠনের ক্ষেত্রে উক্তিগুলো লক্ষ কর :
i. সব মৌলের পরমাণুর অন্যতম প্রধান উপাদান হলো ইলেকট্রন
ii. পরমাণুর ইলেকট্রনের সংখ্যাই উহার পারমাণবিক সংখ্যা
iii. একটি নিউট্রন কণার ভর একটি প্রোটনের ভরের সমান
নিচের কোনটি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

পাঠ-১.২ আইসোটোপ ও মৌলের তেজস্ক্রিয়তা

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- আইসোটোপ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- তেজস্ক্রিয়তা ও তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ বর্ণনা করতে পারবেন।
- সম্পর্কে ধারণা লাভ করতে পারবেন।
- আইসোটোন ও আইসোবারের ব্যাখ্যা দিতে পারবেন।

মুখ্য শব্দ	আইসোটোপ, তেজস্ক্রিয়তা, আইসোটোন, আইসোবার, ভর সংখ্যা।

আইসোটোপ : 1912 সালে সর্বপ্রথম তেজস্ক্রিয় পদার্থে আইসোটোপ থাকার বিষয়ে সন্দেহ প্রকাশ করা হয়। 1916 সালে **জে.জে. থমসন** (J.J.Thomson) নিয়নের একটি নমুনায় **22 amu** ভরের অতি সামান্য পরিমাণে এবং **20 amu** ভরের অধিকাংশ নিয়ন অণু শনাক্ত করেন। তিনি সর্বপ্রথম ধারণা করেন, নিয়ন নমুনায় 22 amu (atomic mass unit) ভরের কোনো নতুন মৌল থাকতে পারে।

"যেসব পরমাণুর প্রোটন সংখ্যা একই কিন্তু ভর সংখ্যা ভিন্ন তাদেরকে পরস্পরের আইসোটোপ বলে।" যেহেতু আইসোটোপগুলোর প্রোটন সংখ্যা বা পারমাণবিক সংখ্যা একই তাই এরা একই মৌলের পরমাণু। নিম্নে উদাহরণ দেওয়া হলো–

নিয়নের দুটি আইসোটোপ : $^{20}_{10}Ne$, $^{22}_{10}Ne$

হাইড্রোজেনের তিনটি আইসোটোপ : $^{1}_{1}H$ $^{2}_{1}H$ $^{3}_{1}H$

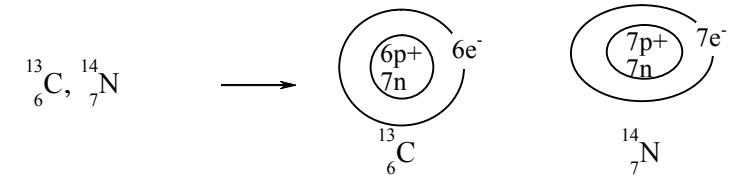
প্রোটিয়াম ডিউটেরিয়াম ট্রিটিয়াম

আইসোটোপসমূহের (গ্রিক শব্দ iso = একই, top = স্থান) প্রোটন সংখ্যা একই হওয়ায় পর্যায় সারণিতে এদের স্থান একই জায়গায় নির্ধারিত।

আইসোবার : প্রকৃতিতে এমন কিছু পরমাণু রয়েছে যাদের পারমাণবিক সংখ্যা ভিন্ন ভিন্ন কিন্তু ভর সংখ্যা অভিন্ন। এ ধরনের পরমাণুকে পরস্পরের আইসোবার বলে। যেমন– $^{14}_{6}C$ ও $^{14}_{7}N$ পরস্পর আইসোবার। কারণ কার্বন ও নাইট্রোজেন প্রত্যেকেরই ভর সংখ্যা 14 করে কিন্তু কার্বনের পারমাণবিক সংখ্যা 6 ও নাইট্রোজেনের পারমাণবিক সংখ্যা 7। একইভাবে, $^{64}_{29}Cu$ ও $^{64}_{30}Zn$ পরস্পর আইসোবার, $^{204}_{80}Hg$ ও $^{204}_{82}Pb$ পরস্পর আইসোবার। $^{40}_{18}Ar$, $^{40}_{19}K$ এবং $^{40}_{20}Ca$ পরস্পর আইসোবার।

আইসোবারসমূহের প্রোটন সংখ্যা ভিন্ন ভিন্ন হওয়ায় পর্যায় সারণিতে এদের অবস্থানও ভিন্ন ভিন্ন জায়গায়। এদের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মও ভিন্ন ভিন্ন।

আইসোটোন : প্রকৃতিতে এমন কতিপয় পরমাণু রয়েছে যাদের নিউট্রন সংখ্যা সমান কিন্তু প্রোটন সংখ্যা এবং ভর সংখ্যা ভিন্ন ভিন্ন, এসব পরমাণুকে পরস্পরের আইসোটোন বলে। আইসোটোনসমূহের প্রোটন সংখ্যা ভিন্ন ভিন্ন হওয়ায় এরা ভিন্ন ভিন্ন পরমাণুর হয়ে থাকে। পর্যায় সারণিতে এদের অবস্থান ভিন্ন ভিন্ন জায়গায়। এদের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মও ভিন্ন ভিন্ন হয়ে থাকে। যেমন– $^{14}_{6}C$ ও $^{14}_{7}N$।



চিত্র-২.১ : কার্বন ও নাইট্রোজেনের আইসোটোন

তেজস্ক্রিয়তা (Radioactivity)

1896 খ্রিস্টাব্দে হেনরি বেকোরেল (H. Becquerel) লক্ষ্য করেন ইউরেনিয়ামের স্থান থেকে সারাক্ষণ এক ধরনের অদৃশ্য রশ্মির বিকিরণ ঘটে। এ রশ্মি কঠিন মাধ্যমের মধ্য দিয়েও চলতে পারে এবং কালো কাগজে মোড়ানো ফটোগ্রাফিক প্লেটের উপর সাধারণ আলোক রশ্মির অনুরূপ কালো দাগ সৃষ্টি করে। বিজ্ঞানী মাদাম কুরি ও তাঁর স্বামী পিয়েরে কুরি পোলোনিয়াম ও রেডিয়াম ধাতুর ক্ষেত্রেও একই ধরনের ঘটনা লক্ষ্য করেন। পরমাণুর নিউক্লিয়াস থেকে এ ধরনের অদৃশ্য রশ্মির বিকিরণ এবং এক মৌলের পরমাণু অন্য মৌলের পরমাণুতে পরিণত হওয়ার ঘটনাকে তেজস্ক্রিয়তা বলে।

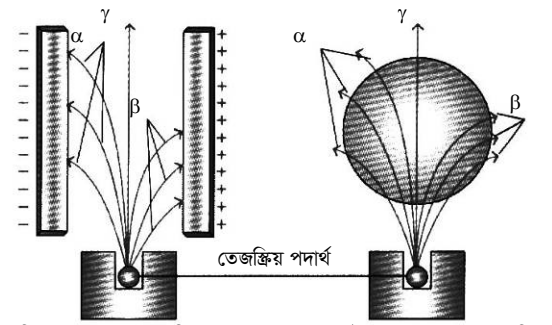
যে ধর্মের প্রভাবে কতোগুলো ভারী মৌলের পরমাণুর অস্থায়ী নিউক্লিয়াস যেকোনো অবস্থায় নিজে থেকেই স্বতঃস্ফূর্তভাবে অবিরাম গতিতে বিভাজিত হয়ে নতুন মৌলের পরমাণুর অপেক্ষাকৃত স্থায়ী নিউক্লিয়াসে পরিণত হয় এবং একই সাথে এক বিশেষ প্রকৃতির অদৃশ্য রশ্মির বিকিরণ ঘটায়, মৌলের এ ধর্মকে তেজস্ক্রিয়তা বলে।

যে মৌলগুলো বিরামহীনভাবে স্বতঃস্ফূর্তভাবে বিভাজিত হয়ে নতুন নতুন মৌল উৎপন্ন করে এবং একই সাথে তেজস্ক্রিয় রশ্মি বিকিরিত করে সেসব মৌলকে তেজস্ক্রিয় মৌল বলে।

ভারী মৌলের অস্থায়ী নিউক্লিয়াস অবিরাম গতিতে স্বতঃস্ফূর্তভাবে বিভাজিত হওয়ার সময় যে অদৃশ্য রশ্মির বিকিরণ ঘটায় তাকে তেজস্ক্রিয় রশ্মি বলে।

তেজস্ক্রিয় রশ্মি (Radioactive radiations)

1904 খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী রাদারফোর্ড লক্ষ্য করেন সীসা খণ্ডে রাখা তেজস্ক্রিয় রেডিয়াম থেকে যে রশ্মি বিকিরিত হয় তার সামনে চৌম্বক ক্ষেত্র অথবা তড়িৎ ক্ষেত্র স্থাপন করলে তেজস্ক্রিয় পদার্থ থেকে বিকিরিত রশ্মি তিন দিকে বিশ্লিষ্ট হয়। বেশ কিছু রশ্মি ঋণাত্মক তড়িৎ ক্ষেত্রের দিকে অপেক্ষাকৃত কম পরিমাণে বিক্ষিপ্ত হয়, এরা α রশ্মি। কিছু রশ্মি ধনাত্মক তড়িৎ ক্ষেত্রের দিকে অপেক্ষাকৃত বেশি পরিমাণে বিক্ষিপ্ত হয়, এরা β রশ্মি। এ ছাড়া কিছু রশ্মি কোনো দিকে বিক্ষিপ্ত না হয়ে সোজাপথে নির্গত হয়, এরা γ রশ্মি।



চিত্র-২.২ : রাদারফোর্ডের পরীক্ষা

এ তেজস্ক্রিয় বিকিরণের মাধ্যমে সিদ্ধান্ত নেওয়া যায় তেজস্ক্রিয় রশ্মি তিন প্রকারের হয়। যথা :

(i) α রশ্মি, (ii) β রশ্মি, (iii) γ রশ্মি

α রশ্মিগুলো ধনাত্মক আধানবিশিষ্ট বিধায় এরা ঋণাত্মক তড়িৎক্ষেত্রের দিকে বিক্ষিপ্ত হয়।

β রশ্মিগুলো ঋণাত্মক আধানবিশিষ্ট বিধায় এরা ধনাত্মক তড়িৎক্ষেত্রের দিকে বিক্ষিপ্ত হয়।

γ রশ্মিগুলো আধান নিরপেক্ষ বিধায় এরা তড়িৎক্ষেত্রের কোনো দিকেই বিক্ষিপ্ত হয় না।

আলফা রশ্মি (α রশ্মি)

আলফা রশ্মি প্রকৃতপক্ষে দুটি ইলেকট্রনবিহীন হিলিয়াম নিউক্লিয়াস যাকে $_2^4He^{2+}$ প্রতীকের মাধ্যমে প্রকাশ করা হয়। প্রতি আলফা রশ্মির ধনাত্মক আধানের পরিমাণ দুই একক বা, $2 \times 1{\cdot}602 \times 10^{-19}$C বা, $3{\cdot}204 \times 10^{-19}$C বা, $9{\cdot}6 \times 10^{-10}$ esu. এবং ভর চার একক বা, $4 \times 1{\cdot}672 \times 10^{-27}$ kg বা, $6{\cdot}69 \times 10^{-27}$ kg বা, 4 amu.

প্রকৃতপক্ষে আলফা রশ্মি ধনাত্মক আধানযুক্ত অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র পদার্থ কণার স্রোতমাত্র। তীব্র গতিবেগ নিয়ে তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে বিকিরিত হওয়ার কারণে এসব পদার্থ কণাকে রশ্মি বলে মনে হয়। এ রশ্মির গতিবেগ $1{\cdot}4 \times 10^9$ cm.s^{-1} থেকে $1{\cdot}7 \times 10^9$ cm.s^{-1} হয়। অর্থাৎ আলোর গতিবেগের এক দশমাংশের সমান। আলফা কণা চার এককবিশিষ্ট হওয়ায় এর গতিশক্তির মান সবচেয়ে বেশি। উচ্চ ধনাত্মক আধানযুক্ত হওয়ায় গ্যাসীয় মাধ্যমের ভেতর দিয়ে যাওয়ার সময় গ্যাসীয় পদার্থের পরমাণু থেকে ইলেকট্রন বিচ্ছিন্ন করে এবং গ্যাস বেশি পরিমাণে আয়নিত হয়। সাধারণ বায়ুর মধ্যদিয়ে 7 cm দূরত্ব অতিক্রমণের পর আলফা কণার আর গতি থাকে না। শরীরের সংস্পর্শে এসে আলফা রশ্মি দগ্ধ ক্ষতের সৃষ্টি করে। এর ভেদন ক্ষমতা কম বিধায় চামড়া ভেদ করে বেশি ভেতরে প্রবেশ করতে পারে না। ফটোগ্রাফিক প্লেটের উপর কালো দাগের সৃষ্টি করে।

বিটা রশ্মি (β রশ্মি)

বিটা রশ্মি এক একক ঋণাত্মক আধানবিশিষ্ট অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র পদার্থ কণার সমষ্টি। তীব্র গতিবেগ নিয়ে তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে বিকিরিত হওয়ার কারণে এদের রশ্মি বলা হয়। প্রতিটি β-কণার ঋণাত্মক আধানের পরিমাণ একটি ইলেকট্রনের আধানের সমান যার মান $1{\cdot}6 \times 10^{-14}$C বা, $4{\cdot}8 \times 10^{-10}$esu. এর ভরও একটি ইলেকট্রনের ভরের সমান যার মান $9{\cdot}1 \times 10^{-31}$kg। β রশ্মির গতিবেগ $1{\cdot}12 \times 10^{10}$cm.s^{-1} থেকে $1{\cdot}5\ 3 \times 10^{10}$cm.s^{-1} অর্থাৎ আলোর গতিবেগের 80–90%। β রশ্মির ভর কম হওয়ায় এর গতিশক্তি কম হয় এবং ভরবেগের মানও α কণার তুলনায় কম হয়। β রশ্মি গ্যাসীয় মাধ্যমের ভেতর দিয়ে গেলে গ্যাসকে আয়নিত করে তবে α রশ্মির তুলনায় কম এবং বিপরীত আধান যুক্ত হয়। এর ভেদন ক্ষমতা α রশ্মির তুলনায় প্রায় 50 গুণ বেশি। β রশ্মি মানবদেহের অভ্যন্তরে অনেক ভেতরে প্রবেশ করতে পারে এবং এর ক্ষতির পরিমাণ যথেষ্ট বেশি। এটি ফটোগ্রাফিক প্লেটকে বেশি মাত্রায় আক্রান্ত করে কালো দাগের সৃষ্টি করে থাকে।

গামা রশ্মি (γ রশ্মি)

গামা রশ্মি আধান নিরপেক্ষ ও এর কোনো ভর নেই। γ রশ্মি কোনো পদার্থ নয়। প্রকৃতপক্ষে এটি ক্ষুদ্র তরঙ্গদৈর্ঘ্য সমন্বিত তড়িচ্চুম্বকীয় তরঙ্গ বিশেষ যার মধ্যে থাকে উচ্চ শক্তিসম্পন্ন ফোটন। এটি X রশ্মির সাথে সাদৃশ্যপূর্ণ। সাধারণভাবে তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াস থেকে α রশ্মির বা β রশ্মি বিকিরণের ফলে যে অতিরিক্ত শক্তির সৃষ্টি হয় সে শক্তি আধান নিরপেক্ষ, ভরহীন, খুব কম তরঙ্গদৈর্ঘ্যবিশিষ্ট তড়িৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ হিসাবে অর্থাৎ γ রশ্মির হিসাবে বিকিরিত হয়। γ রশ্মি ভরবিহীন হওয়ায় এর গতিবেগ আলোর গতিবেগের সমান হয়। এ বেগের মান 3×10^8 m.s^{-1}। এর গতিশক্তির মান ও ভরবেগের মান উভয়ই শূন্য হয়। কারণ এটি ভরহীন। এর ভেদন ক্ষমতা β রশ্মির অপেক্ষাও বেশি। ভেদন ক্ষমতা অত্যধিক বেশি হওয়ায় এ রশ্মি শরীরের অনেক ভেতরে প্রবেশ করতে পারে এবং দেহের ক্ষতিসাধন করে। তবে ফটোগ্রাফি প্লেটের উপর কম মাত্রায় কালোদাগের সৃষ্টি করে।

α ও β কণা দুটি আধানযুক্ত কিন্তু কোনো মৌল থেকে α ও β কণা বিচ্ছুরণের ফলে মৌলের আধান নিরপেক্ষ থেকে যায়–

α কণার পরিপূর্ণ প্রকাশ ${}^4_2He^{2+}$। কোনো মৌলের পরমাণু থেকে 1টি α কণার বিচ্ছুরণ ঘটায় পরমাণুর নিউক্লিয়াসে 2টি প্রোটন ও 2টি নিউট্রন কমে যায় এবং নিউক্লিয়াসের বাইরে অতিরিক্ত দুটি ইলেকট্রন জমা হয়। পরমাণু এই অতিরিক্ত ইলেকট্রন দুটি পরিবেশে ছেড়ে দিয়ে প্রশম অবস্থা প্রাপ্ত হয়। আবার নিউক্লিয়াসের 1টি নিউট্রন কণা ভেঙে প্রোটন ও ইলেকট্রন পরিণত হওয়ার পর, উৎপন্ন ইলেকট্রন β-কণা হিসাবে নির্গত হয়। এ অবস্থায় নিউক্লিয়াসের বাইরের কক্ষের মোট ইলেকট্রন সংখ্যা অপেক্ষা কেন্দ্রে একটি প্রোটন অতিরিক্ত হয়। পরমাণুটি পরিবেশ থেকে একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে প্রশম অবস্থা প্রাপ্ত হয়। এ কারণে তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু থেকে α বা β কণা নির্গত হলেও উৎপন্ন পরমাণু আধান নিরপেক্ষ থেকেই যায়।

মনে রাখবেন : α বা β রশ্মি নির্গমনের পূর্বে মৌল থেকে γ রশ্মি নির্গত হতে পারে না–
α ও β রশ্মি নির্গমনের পরই পরমাণুর নিউক্লিয়াস অস্থায়ী হয়ে পড়ে। এ অস্থায়ী নিউক্লিয়াস সুস্থিত হওয়ার জন্য γ রশ্মি হিসাবে শক্তি নির্গত করে। γ রশ্মি নির্গমনের ফলে নিউক্লিয়াসের শক্তির ক্ষয় হয়। এ জন্য α রশ্মি বা β রশ্মির নির্গমনের পূর্বে কোনো মৌল থেকে γ রশ্মি নির্গত হতে পারে না।

সার-সংক্ষেপ :

- **আইসোটোপ : "যেসব পরমাণুর প্রোটন সংখ্যা একই কিন্তু ভর সংখ্যা ভিন্ন তাদেরকে পরস্পরের আইসোটোপ বলে।"** যেহেতু আইসোটোপগুলোর প্রোটন সংখ্যা বা পারমাণবিক সংখ্যা একই তাই এরা একই মৌলের পরমাণু।
- হাইড্রোজেনের তিনটি আইসোটোপ : ${}^1_1H$ প্রোটিয়াম, ${}^2_1H$ ডিউটেরিয়াম, ${}^3_1H$ ট্রিটিয়াম
- আইসোটোপসমূহের প্রোটন সংখ্যা একই হওয়ায় পর্যায় সারণিতে এদের স্থান একই জায়গায় নির্ধারিত।
- **আইসোবার :** প্রকৃতিতে এমন কিছু পরমাণু রয়েছে যাদের পারমাণবিক সংখ্যা ভিন্ন ভিন্ন কিন্তু ভর সংখ্যা অভিন্ন। এ ধরনের পরমাণুকে পরস্পরের আইসোবার বলে। যেমন– ${}^{14}_6C$ ও ${}^{14}_7N$ পরস্পর আইসোবার।

- **আইসোটোন :** প্রকৃতিতে এমন কতিপয় পরমাণু রয়েছে যাদের নিউট্রন সংখ্যা সমান কিন্তু প্রোটন সংখ্যা এবং ভর সংখ্যা ভিন্ন ভিন্ন, এসব পরমাণুকে পরস্পরের আইসোটোন বলে। আইসোটোনসমূহের প্রোটন সংখ্যা ভিন্ন ভিন্ন হওয়ায় এরা ভিন্ন ভিন্ন পরমাণুর হয়ে থাকে। যেমন, ${}^{13}_{6}C$, ${}^{14}_{7}N$
- **তেজস্ক্রিয়তা :** যে ধর্মের প্রভাবে কতোগুলো ভারী মৌলের পরমাণুর অস্থায়ী নিউক্লিয়াস যে কোনো অবস্থায় নিজে থেকেই স্বতঃস্ফূর্তভাবে অবিরাম গতিতে বিভাজিত হয়ে নতুন মৌলের পরমাণুর অপেক্ষাকৃত স্থায়ী নিউক্লিয়াসে পরিণত হয় এবং একই সাথে এক বিশেষ প্রকৃতির অদৃশ্য রশ্মির বিকিরণ ঘটায়, মৌলের এ ধর্মকে তেজস্ক্রিয়তা বলে।
- **আলফা রশ্মি (α রশ্মি) :** আলফা রশ্মি প্রকৃতপক্ষে দুটি ইলেকট্রনবিহীন হিলিয়াম নিউক্লিয়াস যাকে ${}^{4}_{2}He^{2+}$ প্রতীকের মাধ্যমে প্রকাশ করা হয়।
- **বিটা রশ্মি (β রশ্মি) :** বিটা রশ্মি এক একক ঋণাত্মক আধানবিশিষ্ট অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র পদার্থ কণার সমষ্টি। প্রতিটি β-কণার ঋণাত্মক আধানের পরিমাণ একটি ইলেকট্রনের আধানের সমান যার মান $1{\cdot}6 \times 10^{-14}$C বা, $4{\cdot}8 \times 10^{-10}$esu. এর ভরও একটি ইলেকট্রনের ভরের সমান যার মান $9{\cdot}1 \times 10^{-31}$kg.
- **গামা রশ্মি (γ রশ্মি) :** গামা রশ্মি আধান নিরপেক্ষ ও এর কোনো ভর নেই। γ রশ্মি কোনো পদার্থ নয়। প্রকৃতপক্ষে এটি ক্ষুদ্র তরঙ্গদৈর্ঘ্য সমন্বিত তড়িচ্চুম্বকীয় তরঙ্গ বিশেষ যার মধ্যে থাকে উচ্চ শক্তিসম্পন্ন ফোটন। এটি X রশ্মির সাথে সাদৃশ্যপূর্ণ।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১.২

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। আইসোটোপের ক্ষেত্রে–
(ক) প্রোটন সংখ্যা সমান কিন্তু ভর সংখ্যা ভিন্ন (খ) প্রোটন সংখ্যা ভিন্ন কিন্তু ভর সংখ্যা একই
(গ) নিউট্রন সংখ্যা সমান কিন্তু ভর সংখ্যা ভিন্ন (ঘ) নিউট্রন সংখ্যা ও প্রোটন সংখ্যা ভিন্ন

২। যে সব পরমাণুর ভর সংখ্যা সমান কিন্তু প্রোটন সংখ্যা ভিন্ন তাকে কী বলে?
(ক) আইসোটোপ (খ) আইসোবার (গ) আইসোটোন (ঘ) মেসন

৩। অক্সিজেনের আইসোটোপ ${}^{17}O$-এ নিউট্রন সংখ্যা কয়টি?
(ক) 8 (খ) 9 (গ) 17 (ঘ) 7

৪। ${}^{15}_{7}N$ আইসোটোপে নিউট্রন সংখ্যা কত?
(ক) 7 (খ) 8 (গ) 15 (ঘ) 17

৫। কোন দুটি পরস্পর আইসোবার?
(ক) ${}^{35}_{17}Cl$, ${}^{32}_{14}Si$ (খ) ${}^{204}_{82}Pb$, ${}^{204}_{80}Hg$
(গ) ${}^{12}_{6}C$, ${}^{11}_{11}Na$ (ঘ) ${}^{39}_{19}K$, ${}^{40}_{20}Ca$

৬। পরমাণুর আইসোটোপের ক্ষেত্রে উক্তিগুলো লক্ষ্য করুন :
i. মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা একই হয়
ii. নিউট্রন সংখ্যার ভিন্নতার কারণে আইসোটোপের সৃষ্টি হয়
iii. পারমাণবিক ভরের সাপেক্ষে আইসোটোপের শতকরা পরিমাণ নির্ধারণ করা হয়
নিচের কোনটি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৭। পরমাণুর গঠনের ক্ষেত্রে নিচের উক্তিগুলো লক্ষ্য করুন :
i. আইসোটোনের ক্ষেত্রে প্রোটন সংখ্যা সমান কিন্তু ভর সংখ্যা ও নিউট্রন সংখ্যা ভিন্ন
ii. ${}^{40}_{18}Ar$, ${}^{40}_{19}K$ ও ${}^{40}_{20}Cu$ পরস্পর আইসোবার
iii. তেজস্ক্রিয়তার কারণে এক মৌলের পরমাণু অন্য মৌলের পরমাণুতে পরিণত হয়
নিচের কোনটি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

পাঠ-১.৩ রাদারফোর্ড ও বোর মডেল

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

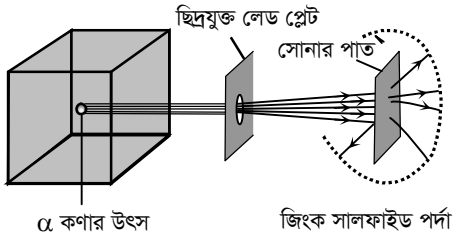
- আলফা কণা সম্পর্কে বলতে পারবেন।
- আলফা কণা বিচ্ছুরণ পরীক্ষা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- রাদারফোর্ডে পরমাণু মডেলের ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- বোর পরমাণু মডেলের ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- রাদারফোর্ড পরমাণু মডেল ও বোরপরমাণু মডেলের পার্থক্য নির্ণয় করতে পারবেন।

মুখ্য শব্দ	আলফা কণা, নিউক্লিয়াস, শক্তিস্তর, ধনাত্মক আধান, ঋণাত্মক আধান।

রাদারফোর্ডের α কণা বিচ্ছুরণ পরীক্ষা

(Rather Ford's α-particles scattering experiment)

পরীক্ষা : রাদারফোর্ড এ পরীক্ষাটি একটি বায়ুশূন্য আবদ্ধ পাত্রের মধ্যে সম্পন্ন করেন। তিনি তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ Ra থেকে নির্গত উচ্চ গতিসম্পন্ন α রশ্মিকে $4{\cdot}0 \times 10^{-4}$mm পুরুত্বের সোনার পাতের উপর নিক্ষেপ করেন। পাতটির পেছনে একটি জিংক সালফাইডের প্রলেপ দেওয়া পর্দা স্থাপন করেন। α-রশ্মি এ পর্দার উপর পড়ে উজ্জ্বল আলোকবিন্দু সৃষ্টি করেছিল।



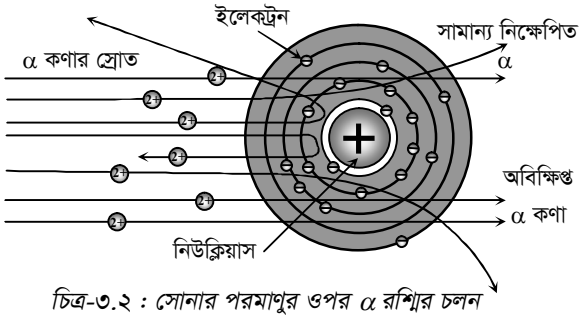
চিত্র-৩.১ : সোনার পাত কর্তৃক α কণার বিচ্ছুরণ

পর্যবেক্ষণ :

(১) প্রায় 99% α কণা, সোনার পাত ভেদ করে সরল পথে জিংক সালফাইড পর্দার উপর পড়ে কিন্তু পাতের পৃষ্ঠে কোনো ধরনের ছিদ্র হয় না।

(২) কিছু α কণা সামান্য কোণে বেঁকে ধাতব পাত ভেদ করে ডানদিকে বা বামদিকে বেঁকে যায়।

(৩) খুবই কমসংখ্যক α কণা 90° বা তার চেয়ে অধিক কোণে বিক্ষিপ্ত হয়।



চিত্র-৩.২ : সোনার পরমাণুর ওপর α রশ্মির চলন

(৪) প্রতি 20,000 এর মধ্যে প্রায় একটি α কণা $180°$ কোণে বিচ্যুত হয়ে যে পথে গমন করেছিল ঠিক সে পথেই আবার ফিরে আসে।

সিদ্ধান্ত : পরীক্ষা সম্পন্ন করার পর পর্যবেক্ষণের আলোকে তিনি সিদ্ধান্তে আসেন যে–

(১) যেহেতু 99% α কণা কোনো দিকে বিক্ষিপ্ত না হয়ে সোজা পথে বেরিয়ে আসে, সেহেতু পরমাণুর বেশির ভাগ স্থানই ফাঁকা। পরমাণু কোনো নিরেট বস্তু নয়।

মনে রাখবেন : পরমাণুর অধিকাংশ স্থান ফাঁকা কারণ–

বিজ্ঞানী রাদারফোর্ড $4{\cdot}0 \times 10^{-4}$ mm পুরুত্বে একটি পাতলা সোনার পাতের উপর তেজস্ক্রিয় পদার্থ হতে নিঃসৃত তীব্রগতিসম্পন্ন আলফা (α) রশ্মি নিক্ষেপ করেন। প্রায় 99% α কণা সোনার পাত ভেদ করে প্রায় সরল রেখায় পাতের পিছনের দিকে এসে ZnS পর্দার উপর উজ্জ্বল ক্ষুদ্র আলোক বিন্দু সৃষ্টি করে। অল্প সংখ্যক α কণার মধ্যে একটি কণা তাদের মূলপথে সরাসরি বিপরীত দিকে ফিরে আসে।

α কণার ভর ইলেকট্রনের ভরের চেয়ে অনেক গুণ বেশি বলে সোনার পরমাণুর এ স্থানের মধ্য দিয়ে α কণা অতিক্রম করার সময় কোনো রূপ বাধার সম্মুখীন হয় না, তাই সহজেই প্রায় সোজা পথে বাধাহীনভাবে চলে যায়। সুতরাং পরমাণুর অভ্যন্তরে এ স্থানটি বেশির ভাগই ফাঁকা।

(২) যে α কণাগুলো তার গতিপথ থেকে সামান্য কোণে বিক্ষিপ্ত হয় সেগুলো পরমাণুর ভেতরের কোনো ধনাত্মক আধানের নিকট দিয়ে যায়। এর ফলে α কণার গতিপথের সামান্য বিচ্যুতি ঘটে।

(৩) ধনাত্মক আধান, ধনাত্মক আধানকে বিকর্ষণ করে। α রশ্মি ধনাত্মক আধানবিশিষ্ট কণা। সুতরাং দ্রুতগতির ভারী ও ধনাত্মক আধানযুক্ত α কণাকে তার গতির বিপরীত দিকে ফিরিয়ে দিতে পারে অপর একটি ভারী ধনাত্মক আধানযুক্ত কণা। প্রতি 20,000 এর মধ্যে একটি α কণা পরমাণুতে আধানপ্রাপ্ত হয়ে বিপরীত দিকে ফিরে আসে। সুতরাং প্রমাণিত হয় যে পরমাণুর সমগ্র আয়তনের সাপেক্ষে অতিক্ষুদ্র এক স্থানে পরমাণুর ধনাত্মক আধান প্রোটন ও পরমাণুর সমগ্র ভর কেন্দ্রীভূত থাকে। এ অবস্থানকে পরমাণুর নিউক্লিয়াস বলা হয়।

(৪) ইলেকট্রনগুলো নিউক্লিয়াসের বাইরে ফাঁকা স্থানে অবস্থান করে। অধিকাংশ α কণা যখন ঐ ফাঁকা স্থানের ভেতর দিয়ে চলে যায়, তখন ইলেকট্রন দ্বারা α কণা আকৃষ্ট হয়। α কণার ভর ইলেকট্রনের ভরের তুলনায় যথেষ্ট বেশি বলে ইলেকট্রনের আকর্ষণ α-কণার গতিপথকে প্রভাবিত করতে পারে না। এ কারণে 99% α কণা সোজা পথে বেরিয়ে যায়।

রাদারফোর্ড পরমাণু মডেল (Atomic Structure of Ruther Ford) :

বিজ্ঞানী রাদারফোর্ড 1911 সালে α কণা বিচ্ছুরণ পরীক্ষা শেষে পরমাণুর গঠন সম্পর্কে একটি মডেল উপস্থাপন করেন। সেটি হলো–

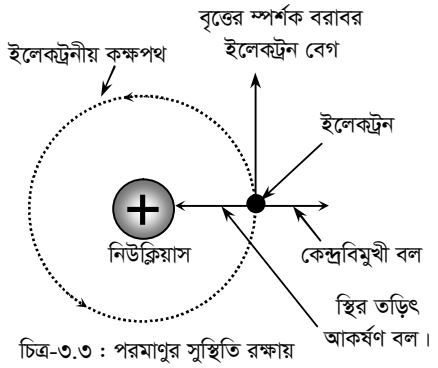
i. পরমাণুর দুটি অংশ : একটি নিউক্লিয়াস এবং অপরটি নিউক্লিয়াসের বাইরের অংশ।

ii. পরমাণু প্রায় সমস্ত ভর পরমাণুর আয়তনের তুলনায় খুব সূক্ষ্ম স্থানে পরমাণুর কেন্দ্রে অবস্থান করে। পরমাণুর কেন্দ্রের এ সূক্ষ্ম অংশকে নিউক্লিয়াস বলে। নিউক্লিয়াসের আকার গোলাকার এবং ব্যাস $10^{-12} - 10^{-13}$ cm এর মধ্যে।

iii. ভারী ধনাত্মক আধান যুক্ত কণা প্রোটন পরমাণুর কেন্দ্রে অবস্থান করে। ইলেকট্রনের ভর অত্যন্ত নগণ্য। পরমাণুর প্রায় সমস্ত ভর নিউক্লিয়াসে কেন্দ্রীভূত থাকে।

iv. পরমাণু আধান নিরপেক্ষ। পরমাণুতে ধনাত্মক আধান যুক্ত প্রোটনের সংখ্যা ও ঋণাত্মক আধান যুক্ত ইলেকট্রনের সংখ্যা সমান থাকে। একটি প্রোটন যে পরিমাণ ধনাত্মক আধান বহন করে, একটি ইলেকট্রন ঠিক ঐ একই পরিমাণ ঋণাত্মক আধান বহন করে।

v. নিউক্লিয়াসের বাইরে ইলেকট্রনগুলো নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে বিভিন্ন বৃত্তাকার পথে সমদ্রুতগতিতে আবর্তন করে।



চিত্র-৩.৩ : পরমাণুর সুস্থিতি রক্ষায় স্থির-তড়িৎ আকর্ষণ বল ও কেন্দ্রবিমুখী বলের সাম্যাবস্থা

মনে রাখবেন : রাদার ফোর্ডের পরমাণু মডেল অনুসারে ইলেকট্রনের আবর্তন–
রাদার ফোর্ডের ধারণা মতে পরমাণুর নিউক্লিয়াসে ধনাত্মক আধানবিশিষ্ট প্রোটন কণা অবস্থান করে। আর পরমাণু সামগ্রিকভাবে আধান নিরপেক্ষ। তাই পরমাণুর নিউক্লিয়াসে যতগুলো ধনাত্মক কণা অবস্থান করবে ঠিক সমসংখ্যক ঋণাত্মক আধানযুক্ত ইলেকট্রন কণাও নিউক্লিয়াসের চারপাশে বিভিন্ন অবস্থানে অবস্থান করবে। সূর্যকে কেন্দ্র করে নিজ নিজ কক্ষপথে গ্রহগুলো যেভাবে পরিভ্রমণ করে ঠিক একইভাবে ইলেকট্রনগুলো নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে নিজ নিজ কক্ষপথে তীব্র বেগে পরিভ্রমণ করে থাকে।

vi. ইলেকট্রনের উপর সবসময় দুটি বল কার্যকরী হয়।
(ক) নিউক্লিয়াসের ধনাত্মক আধান যুক্ত প্রোটন ও নিউক্লিয়াসের বাইরের ঋণাত্মক আধান যুক্ত ইলেকট্রনের মধ্যে একটি স্থির তড়িৎ আকর্ষণ বল। ইলেকট্রনের উপর এ স্থির তড়িৎ আকর্ষণ বলের অভিমুখ বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রনের ক্ষেত্রে নিউক্লিয়াসের অভিমুখে হয়, এটি কেন্দ্রমুখী বল।
(খ) ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে বৃত্তাকার পথে সমদ্রুতিতে পরিভ্রমণের সময় ইলেকট্রনের উপর বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ বরাবর নিউক্লিয়াসের বহির্মুখী একটি কেন্দ্রাতিগ (Centrefugal force) বলের সৃষ্টি হয়। এটি কেন্দ্র বিমুখী বল।

vii. ইলেকট্রনের ঘূর্ণনের সময় ক্রিয়ারত এ আকর্ষণ বল ও নিউক্লিয়াস বহির্মুখী কেন্দ্রাতিগ বল সমান ও বিপরীতমুখী হওয়ায় ইলেকট্রন নিউক্লিয়াস থেকে দূরে যেতে বা নিউক্লিয়াসের নিকটে আসে না। উপরন্তু সমদ্রুতিতে নির্দিষ্ট কক্ষপথে নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে সর্বদা আবর্তন করে।

মনে রাখবেন : রাদারফোর্ড পরমাণুর মডেলকে সৌর মডেলের সাথে তুলনা করা হয় কারণ–
রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেল সাধারণ বলবিদ্যার উপর প্রতিষ্ঠিত। রাদারফোর্ড তাঁর পরমাণু মডেলকে সৌরজগতের সাথে তুলনা করেন। সূর্যকে কেন্দ্র করে নিজ নিজ কক্ষ পথে বিভিন্ন গ্রহগুলো যেভাবে পরিভ্রমণ করে ঠিক একইভাবে ইলেকট্রনগুলো নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে নিজ নিজ কক্ষপথে তীব্র বেগে পরিভ্রমণ করে। তাঁর ধারণা মতে নিউক্লিয়াসের চারদিকে ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রনের মধ্যে বিদ্যমান স্থির বৈদ্যুতিক আকর্ষণজনিত কেন্দ্রমুখী বল এবং অপরটি ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রনের কেন্দ্রবিমুখী বল। এ দুই প্রকার বলের মান পরস্পর সমান কিন্তু বিপরীতমুখী। তাই বিজ্ঞানী রাদারফোর্ড পরমাণু মডেলকে সৌর মডেলের সাথে তুলনা করেন।

রাদারফোর্ড মডেলের সীমাবদ্ধতা:

রাদারফোর্ড মডেলের বেশ কিছু সীমাবদ্ধতা রয়েছে। যেমন-

১। সৌর জগতের তড়িৎ নিরপেক্ষ গ্রহগুলি মহাকর্ষীয় শক্তির জন্য সূর্যের চতুর্দিকে ঘুরে কিন্তু পরমাণুর বিভিন্ন কক্ষপথে আবর্তনকারী ইলেকট্রনসমূহ ঋণাত্মক চার্জ বিশিষ্ট এবং এরা পরস্পরকে বিকর্ষণ করে।

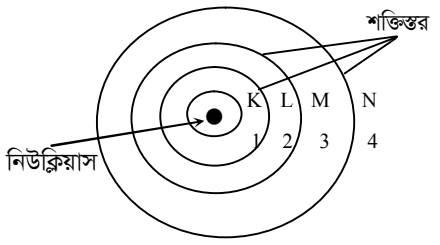
২। ম্যাক্সওয়েলের তত্ত্বানুসারে, যখন কোন আধানযুক্ত কণার ত্বরণ থাকে তখন উহা শক্তি বিকিরণ করে। নিউক্লিয়াসের চারদিকে ঘূর্ণনরত ইলেকট্রন সমূহের কেন্দ্রমুখী ত্বরণ থাকে। সুতরাং কক্ষপথে আবর্তনকারী ইলেকট্রনসমূহের অবিচ্ছিন্নভাবে শক্তি বিকিরণ করার কথা। এভাবে ক্রমাগত শক্তি বিকিরণ করে ধনাত্মক নিউক্লিয়াসের আকর্ষণে ইলেকট্রনের কক্ষপথ সর্পিল আকারে কমতে কমতে অবশেষে নিউক্লিয়াসে এসে ইলেকট্রন পতিত হয়ে পরমাণু ধ্বংশ হওয়ার কথা। অথচ তা হয় না।

৩। রাদারফোর্ড মডেলে আবর্তনরত ইলেকট্রনের কক্ষ পথের কোন আকার ও আকৃতির ধারনা দেয়া হয়নি।

বোর পরমাণু মডেল (Bohr's Atom Model)

রাদারফোর্ডের প্রস্তাবিত পরমাণু মডেলের সীমাবদ্ধতা দূরীকরণের জন্য 1913 খ্রিষ্টাব্দে ড্যানিশ পদার্থবিদ নিলস্ বোর (Niels Bohr) প্ল্যাঙ্কের কোয়ান্টাম তত্ত্বের উপর ভিত্তি করে হাইড্রোজেন পরমাণু মডেল প্রস্তাব করেন। এ মডেলে বোর একই সাথে পরমাণুর গঠন এবং পারমাণবিক বর্ণালি ব্যাখ্যা করেন। বোর মডেলের স্বীকার্যসমূহ হলো :

(১) ইলেকট্রনের শক্তিস্তর সম্পর্কিত প্রস্তাব : পরমাণুর নিউক্লিয়াসের চারদিকে কতকগুলো বৃত্তাকার কক্ষপথ রয়েছে । এ কক্ষপথসমূহ নির্দিষ্ট পরিমাণ শক্তির সাথে সম্পর্কিত। এসব কক্ষপথকে শক্তিস্তর (Energy levels) বলে। নিউক্লিয়াস হতে শুরু করে এ শক্তিস্তরসমূহকে যথাক্রমে 1, 2, 3, ---- অথবা ইংরেজি বড় হাতের অক্ষর K, L, M ----- দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। নিউক্লিয়াস হতে শক্তিস্তরসমূহের দূরত্ব যত বৃদ্ধি পায় ততই এদের শক্তিও বৃদ্ধি পায়। সুতরাং E_1, E_2 এবং E_3 যথাক্রমে K, L এবং M



শক্তিস্তরের শক্তি হলে তাদের শক্তির ক্রম হবে : $E_3 > E_2 > E_1$ ----- চিত্র-৩.৪ : বোর পরমাণু মডেল

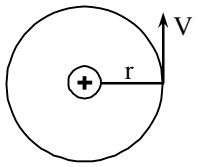
অর্থাৎ, **বহিঃস্থ** শক্তিস্তরের শক্তির পরিমাণ **অন্তঃস্থ** শক্তিস্তরের শক্তি অপেক্ষা বেশি। এসব শক্তিস্তরকে অনুমোদিত কক্ষপথ বা স্থির কক্ষপথ (Stationary orbits) বলে। এসব কক্ষপথে ইলেকট্রনের আবর্তনের সময় কোনো শক্তির বিকিরণ বা শোষণ ঘটে না।

(২) ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ সম্পর্কিত প্রস্তাব : কোনো একটি অনুমোদিত কক্ষপথে বা স্থির কক্ষপথে ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ (Angular momentum) সর্বদাই নির্দিষ্ট এবং তা $\frac{h}{2\pi}$ এর অখণ্ড গুণিতকের সমান।

যদি একটি ইলেকট্রনের ভর m, বেগ v, বৃত্তাকার কক্ষ পথের ব্যাসার্ধ r হয়, তবে ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ হবে mvr।

বোরের মতবাদ অনুসারে $mvr = \frac{h}{2\pi}$ বা, $mvr = \frac{nh}{2\pi}$

এখানে n = 1, 2, 3, 4 -------- পূর্ণসংখ্যা, h = প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক।

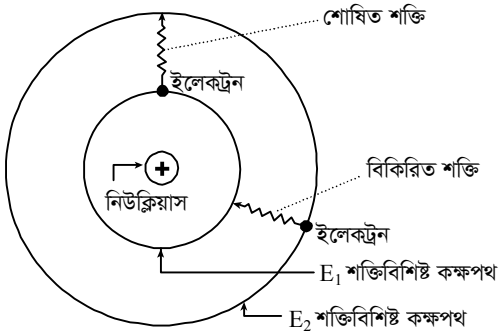


চিত্র- ৩.৫ : ইলেকট্রনের ঘূর্ণন

(৩) শক্তির শোষণ বা বিকিরণ সম্পর্কিত প্রস্তাব : পরমাণু কর্তৃক শক্তির বিকিরণ বা শোষণ ঘটে যখন কোনো ইলেকট্রন একটি শক্তিস্তর হতে অন্য কোনো শক্তিস্তরে লাফিয়ে গমন করে। এ বিকিরিত বা শোষিত শক্তির পরিমাণ প্ল্যাঙ্কের সমীকরণ দ্বারা নির্ণয় করা হয়।

অর্থাৎ $\Delta E = h\nu$ এখানে, ΔE = ইলেকট্রন কর্তৃক বিকিরিত বা শোষিত শক্তির পরিমাণ, ν = শোষিত বা বিকিরিত শক্তির ফ্রিকোয়েন্সি, h = প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক ($6{\cdot}624 \times 10^{-34}$ Joules-second)

একটি ইলেকট্রন উচ্চ শক্তিস্তর হতে নিম্ন শক্তিস্তরে পতিত হলে নির্দিষ্ট কোয়ান্টাম ($h\nu$) পরিমাণে শক্তি বিকিরিত হয় আবার নিম্ন শক্তিস্তর হতে উচ্চ শক্তিস্তরে লাফিয়ে উঠলে একই কোয়ান্টাম ($h\nu$) পরিমাণে শক্তির শোষণ ঘটে। পরমাণুর এই শোষিত বা বিকীর্ণ শক্তি বর্ণালি রূপে প্রদর্শিত হয় যা বিভিন্ন ক্ষেত্রে বিভিন্ন হয়।



চিত্র-৩.৬ : বোরের পরমাণু মডেল ও রেখা বর্ণালির উৎস

বোর মডেলের সীমাবদ্ধতা

১। বোর মডেলের সাহায্যে এক ইলেকট্রন বিশিষ্ট (হাইড্রোজেন) পরমাণুর বর্ণালী সফলভাবে ব্যাখ্যা করা সম্ভব হলেও এর সাহায্যে একাধিক ইলেকট্রন বিশিষ্ট পরমাণুর বর্ণালী ব্যাখ্যা করা যায় না।

২। এক শক্তিস্তর থেকে অন্য শক্তিস্তরে ইলেকট্রনের অবস্থান পরিবর্তনের জন্য বোর মডেল অনুযায়ী বর্ণালীতে একটি মাত্র রেখা দেখা যাওয়ার কথা। কিন্তু সূক্ষ্ম বিশ্লেষণ ক্ষমতা বিশিষ্ট বর্ণালী বীক্ষণের সাহায্যে পরীক্ষা করে দেখা যায়, অনেক ক্ষেত্রেই একটি রেখা কতগুলো সূক্ষ্মতর রেখার সমষ্টি। বর্ণালী রেখার এই আধিক্য বোরের মডেল ব্যাখ্যা করতে পারে না।

সার-সংক্ষেপ :

- **রাদারফোর্ড পরমাণু মডেল :** পরমাণুর গঠন সংক্রান্ত এ মডেলকে ক্ষুদ্র সৌরজগতের সাথে তুলনা করা হয়। পরমাণুর এ মডেলটি নিউক্লিয়াস এবং নিউক্লিয়াস বহির্ভূত ইলেকট্রন নিয়ে গঠিত। সৌরজগতে সূর্যের চারদিকে যেভাবে গ্রহগুলো সর্বদা ঘুরছে ঠিক তেমনিভাবে নিউক্লিয়াসের চারদিকে ইলেকট্রন ঘুরছে।
- **বোর মডেল :** প্ল্যাঙ্কের কোয়ান্টাম তত্ত্বের উপর ভিত্তি করে হাইড্রোজেন পরমাণুর ক্ষেত্রে বোর এ মডেলটি প্রস্তাব করেন। বোর এ মডেলে একই সাথে পরমাণুর গঠন এবং পারমাণবিক বর্ণালির ব্যাখ্যা করেন।
- **নিউক্লিয়াস :** পরমাণুর কেন্দ্রে সমগ্র ধনাত্মক আধান ও ভর অতিক্ষুদ্র একটি পরিসরে ঘনীভূত থাকে। এ স্থানকে নিউক্লিয়াস বলা হয়। নিউক্লিয়াস ঘন, শক্ত, দৃঢ় ও পরমাণুর কেন্দ্রে অবস্থান করে। পরমাণুর সামগ্রিক ভর বলতে নিউক্লিয়াসের ভরকেই বুঝায়।
- **কেন্দ্রমুখী বল :** পরমাণুর নিউক্লিয়াস কর্তৃক ইলেকট্রনের উপর আকর্ষণ বলকে কেন্দ্রমুখী বল বলা হয়। সুনির্দিষ্ট কক্ষপথে ইলেকট্রনকে আবর্তনশীল থাকতে হলে কেন্দ্রমুখী বল কেন্দ্রবিমুখী বলের মান পরস্পর সমান হতে হয়।
- **ইলেকট্রনের স্থায়ী শক্তিস্তর :** পরমাণুতে ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে, কয়েকটি নির্দিষ্ট বৃত্তাকার কক্ষপথে আবর্তন করে। এসব কক্ষপথে আবর্তনশীল ইলেকট্রনের ক্ষেত্রে কোনো রূপ শক্তির বিকিরণ ঘটে না। অর্থাৎ ইলেকট্রনের কোনো শক্তির ক্ষয় হয় না। এ কারণে এ কক্ষপথগুলোকে স্থায়ী শক্তিস্তর বা স্থায়ী কক্ষপথ বলা হয়।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১.৩

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। নিউক্লিয়াসের ব্যাস কত?

(ক) $10^{-12} - 10^{-13}$ cm (খ) $10^{-8} - 10^{-9}$ cm

(গ) $10^{-8} - 10^{-10}$ cm (ঘ) $10^{-16} - 10^{-18}$ cm

২। বিজ্ঞানী রাদারফোর্ড α কণা বিচ্ছুরণ পরীক্ষার সময় কোন তেজস্ক্রিয় মৌলটি ব্যবহার করেন?

(ক) রেডিয়াম (খ) অ্যাকটিনিয়াম

(গ) ইউরেনিয়াম (ঘ) পোলোনিয়াম

৩। রাদারফোর্ডের পরীক্ষায় ব্যবহৃত সোনার পাতের পুরুত্ব কত?

(ক) 3.0×10^{-4} cm (খ) 4.0×10^{-4} cm

(গ) 5.0×10^{-4} cm (ঘ) 3.5×10^{-4} cm

৪। কক্ষপথসমূহের আবর্তনরত ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ $\frac{h}{2\pi}$ এর–

(ক) পূর্ণ সংখ্যার গুণিতক (খ) ভগ্নাংশের গুণিতক

(গ) বর্গের গুণিতক (ঘ) বর্গমূলের গুণিতক

৫। বোর মডেলের ইলেকট্রনকে কল্পনা করা হয়–

(ক) তড়িৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গ হিসাবে (খ) ঋণাত্মক চার্জ হিসাবে

(গ) কণা হিসাবে (ঘ) ফোটন হিসাবে

৬। রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেলকে বলা হয়–

i. নিউক্লিয়ার মডেল

ii. সোলার সিস্টেম এটম মডেল

iii. নিউক্লিয়াস আবিষ্কারের মডেল

নিচের কোনটি সঠিক?

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

পাঠ-১.৪ তড়িৎ চুম্বকীয় বর্ণালি (Electromagnetic spectrum)

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- তড়িৎচুম্বকীয় বর্ণালি ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- রেখা বর্ণালি থেকে মৌল সম্পর্কে ধারণা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

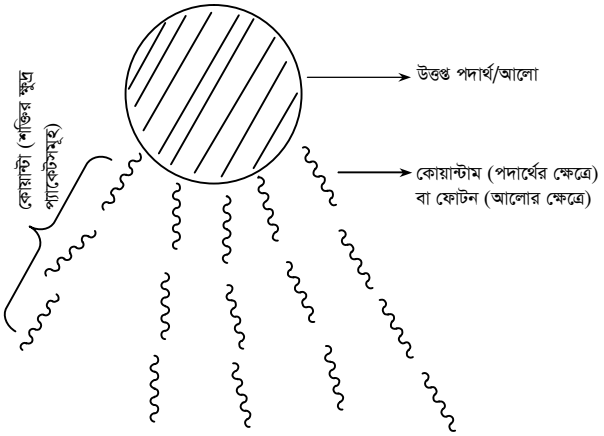
মুখ্য শব্দ	বর্ণালি বিকিরণ, শোষণ, ফোটন, রঞ্জনরশ্মি, মহাজাগতিক রশ্মি।

তড়িচ্চুম্বকীয় বর্ণালি

Electromagnetic Spectrum

1873 খ্রিষ্টাব্দে স্কটিশ বিজ্ঞানী **জেম্‌স ক্লার্ক ম্যাক্সওয়েল** (James Clerk Maxwell) প্রস্তাব করেন যে, আলোক তথা রেডিয়েশনের তড়িৎ চৌম্বক ধর্ম বর্তমান। তিনি প্রমাণ করেন যে, একটি পরিবর্তনশীল তড়িৎ বল চৌম্বক ক্ষেত্র সৃষ্টি করতে পারে অর্থাৎ রেডিয়েশনের সাথে তড়িৎ ও চৌম্বক ক্ষেত্র সম্পৃক্ত। এরা পরস্পর পরস্পরের সাথে সমকোণে শূন্যে বিন্যস্ত (orientation in space) থাকে।

1901 সালে বিজ্ঞানী **ম্যাক্স প্ল্যাঙ্ক** (Max Plank) রেডিয়েশনের ক্ষেত্রে কোয়ান্টাম তত্ত্ব প্রস্তাব করেন। তিনি রেডিয়েশনকে শক্তির এককের অবিচ্ছিন্ন প্রবাহ হিসেবে উল্লেখ করেন। শক্তির এ এককে **কোয়ান্টাম** বলে। ল্যাটিন শব্দ কোয়ান্টাম মানে How much অর্থাৎ কতটুকু। প্ল্যাঙ্ক-এর মতে একটি উত্তপ্ত পদার্থ থেকে আলো বিচ্ছিন্নভাবে (discontinuously) ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র প্যাকেট আকারে নির্গত হয়। প্রতিটি প্যাকেটের শক্তির পরিমাণ E এবং কম্পাঙ্ক υ হলে, শক্তির পরিমাণ $E \propto \upsilon$ বা, $E = h\upsilon$. এখানে $h = 6{\cdot}626 \times 10^{-27}$ erg.sec.



চিত্র ৪.১ : কোয়ান্টাম তত্ত্বের প্রামাণ্য চিত্র

প্ল্যাঙ্ক সমীকরণ ($E = h\upsilon$) কে আলোর ক্ষেত্রে নিম্নোক্তভাবে প্রকাশ করা যায় :

$(E = nh\upsilon)$

$n = 1, 2, 3, 4, \ldots\ldots\ldots\ldots$

এখানে n এর মান সব সময় পূর্ণসংখ্যা হবে, কোনোভাবেই ভগ্নাংশ হবে না।

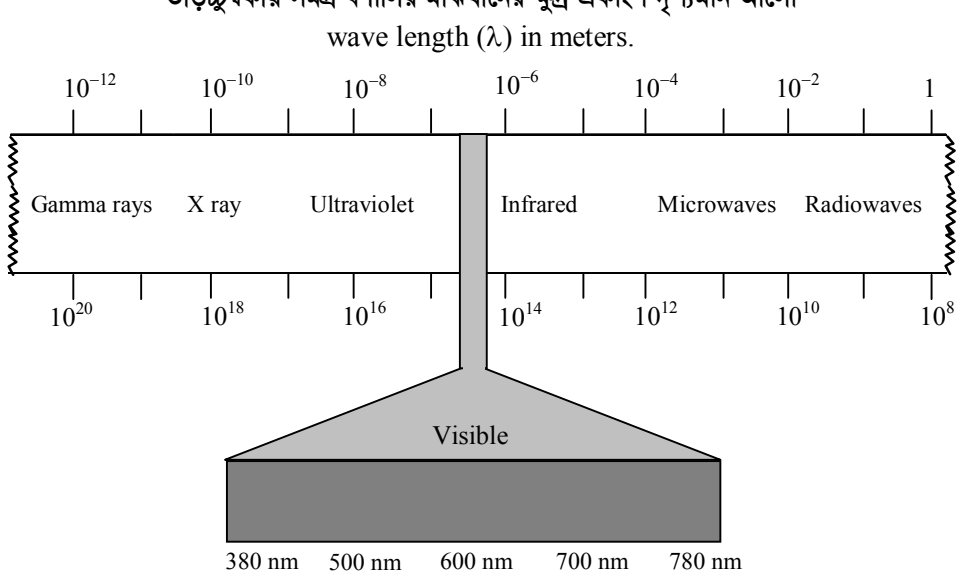
1905 সালে বিজ্ঞানী আইনস্টাইন ফোটন (photon) মতবাদ প্রস্তাব করেন। এ মতবাদ অনুসারে রেডিয়েশন ঝাঁকে ঝাঁকে কণা বা ফোটনের সমষ্টিরূপে প্রবাহিত হয়ে থাকে। বিভিন্ন ধরনের তড়িচ্চুম্বকীয় বিকিরণের তরঙ্গদৈর্ঘ্য নিম্নে দেওয়া হলো :

মহাজাগতিক রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য	: < 0.00005 nm
গামা রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য	: 0.0005–0.15 nm
রঞ্জন রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য	: 0.01 – 10 nm
অতিবেগুনি রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য	: < 380 nm
দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য	: 380 – 780 nm
অবলোহিত রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য	: > 780 nm
রেডিও টেলিভিশনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য	: > 2.2×10^5 nm

দৃশ্যমান আলোর মধ্যে বিভিন্ন ধরনের আলোক তরঙ্গদৈর্ঘ্য (মোটামুটি) নিম্নরূপ :

বেগুনি	: 380 – 424 nm	V
নীল	: 424 – 450 nm	I
আসমানি	: 450 – 500 nm	B
সবুজ	: 500 – 575 nm	G
হলুদ	: 575 – 590 nm	Y
কমলা	: 590 – 647 nm	O
লাল	: 647 – 780 nm	R

তড়িচ্চুম্বকীয় সমগ্র বর্ণালির মাঝখানের ক্ষুদ্র একাংশ দৃশ্যমান আলো



চিত্র-৪.২ : তড়িচ্চুম্বকীয় বিকিরণের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ও কম্পাঙ্ক বা স্পন্দন সংখ্যা

তড়িচ্চুম্বকীয় বর্ণালির অঞ্চলসমূহ

(Different Regions of Electromagnetic Spectrum)

তড়িচ্চুম্বকীয় বিকিরণ রশ্মিসমূহকে তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ক্রম বৃদ্ধি অনুসারে প্রধান সাতটি অঞ্চলে বিভক্ত করা হয়। যথা–

১. **গামা (γ) রশ্মি অঞ্চল :** গামা রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য 0.0005–0.15 nm পর্যন্ত বিস্তৃত। এ অঞ্চলের তরঙ্গদৈর্ঘ্য অতি ক্ষুদ্র হওয়ায় এ তরঙ্গ অধিক শক্তিসম্পন্ন। এ রশ্মি জৈব যৌগের বিশ্লেষণে বর্ণালিমিতিক যন্ত্রে ব্যবহৃত হয়।

২. **রঞ্জন রশ্মি (X-ray) অঞ্চল :** রঞ্জন রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য 0.01–10 nm পর্যন্ত বিস্তৃত থাকে। রঞ্জন রশ্মির ব্যবহার ব্যাপক। যেমন– এক্সরে ক্রিস্টালোগ্রাফি, এক্সরে নিঃসরণ পদ্ধতিতে এ রশ্মি ব্যবহৃত হয়।

৩. **অতিবেগুনি রশ্মি (UV) অঞ্চল :** এ অঞ্চলের তরঙ্গদৈর্ঘ্য 10–380 nm পর্যন্ত বিস্তৃত। এ অঞ্চলের বিভিন্ন তরঙ্গদৈর্ঘ্যের UV রশ্মি বিভিন্ন কাজে ব্যবহার করা হয়। যেমন, 300–320 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের UV-রশ্মি চিকিৎসাক্ষেত্রে লাইট থেরাপি, 270–360 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের রশ্মি প্রোটিন বিশ্লেষণের কাজে, 200–400 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের রশ্মি ড্রাগ শনাক্তকরণে ব্যবহৃত হয়।

৪. **দৃশ্যমান (Visible) অঞ্চল :** এ অঞ্চলটি 380–780 nm পর্যন্ত বিস্তৃত। এ অঞ্চল VIBGYOR অঞ্চলরূপে চিহ্নিত। পরমাণুর সর্ববহিঃস্তরের ইলেকট্রন এ অঞ্চলের রশ্মি শোষণ বা বিকিরণ করে বর্ণালি সৃষ্টি করে।

৫. **অবলোহিত অঞ্চল :** অবলোহিত অঞ্চলটি Near-IR; Middle-IR এবং Far-IR এ তিনটি অংশে বিভক্ত। জৈব যৌগের গঠন নির্ণয়ে এ রশ্মি ব্যবহৃত হয়। এদের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পরিসর নিম্নরূপ :

Near-IR অঞ্চল : 0·8–2·5 μm

Middle-IR অঞ্চল : 2·5–25 μm

Far-IR অঞ্চল : 25–1000 μm

($1\ \mu m = 1 \times 10^{-6}$ m)

৬. **মাইক্রোওয়েভ্স (Microwaves) অঞ্চল :** এ অঞ্চলের রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য 100 μm হতে 1·0 cm পর্যন্ত বিস্তৃত থাকে।

৭. **রেডিওওয়েভ্স (Radiowaves) অঞ্চল :** এ অঞ্চলের রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য 100 cm হতে 5 m পর্যন্ত বিস্তৃত থাকে। রেডিও এন্টেনাতে উচ্চ কম্পাঙ্কের পর্যায়ক্রমিক বিদ্যুৎ (AC) প্রবাহ দ্বারা এসব তরঙ্গের সৃষ্টি করা হয়।

সার-সংক্ষেপ :

- **তড়িৎচুম্বকীয় বিকিরণ :** যেসব ধরনের দৃশ্য ও অদৃশ্য আলোর উৎপত্তি বিদ্যুৎ ও চুম্বক ক্ষেত্রের প্রভাবে হয় তাদের একত্রে তড়িৎ চুম্বকীয় বিকিরণ রশ্মি বলা হয়। দৃশ্যমান আলো হলো বিদ্যুৎ চুম্বকীয় বিকিরণ রশ্মির সামান্য অংশ মাত্র। এ সব তড়িৎ চুম্বকীয় বিকিরণকে একত্রে তড়িৎ চুম্বকীয় স্পেকট্রাম (spectrum) বা বর্ণালি বলা হয়।
- **দৃশ্যমান অঞ্চল :** 380 nm থেকে 780 nm তরঙ্গৈর্ঘ্যের আলোক রশ্মির এ অঞ্চলকে দৃশ্যমান অঞ্চল বলে। এ অঞ্চলের আলোই প্রকৃত অর্থে VIBGYOR অঞ্চলরূপে পরিচিতি লাভ করেছে। এ অঞ্চলের মধ্যে সাতটি বর্ণের সমাহার বর্তমান। মূলত তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের উপরই এ সাতটি রং নির্ভর করে থাকে।
- **অতিবেগুনি রশ্মি (UV রশ্মি) :** 10 nm থেকে 380 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট রশ্মিকে অতিবেগুনি রশ্মি বলা হয়। UV রশ্মির দীর্ঘ পরিসরের কারণে বিজ্ঞানের বিভিন্ন শাখায় ও ব্যবহারিক ক্ষেত্রে এর ব্যবহার খুবই ব্যাপক।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১.৪

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। সবচেয়ে ক্ষুদ্র তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কোনটি?

(ক) মহাজাগতিক রশ্মি (খ) রঞ্জন রশ্মি

(গ) গামা রশ্মি (ঘ) অতি বেগুনি রশ্মি

২। শূন্য মাধ্যমে তড়িৎ চুম্বকীয় রশ্মির গতি কত?

(ক) 0 (খ) 3.0×10^{8} cm

(গ) 3.0×10^{-8} cm (ঘ) 3.0×10^{8} m

৩। দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের ব্যাপ্তি কত?

(ক) 340–740 nm (খ) 380–780 nm

(গ) 350–750 nm (ঘ) 320–780 nm

পাঠ-১.৫ হাইড্রোজেন বর্ণালি

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- শোষণ ও বিকিরণ বর্ণালি ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- হাইড্রোজেন পরমাণুর বর্ণালি রেখা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- বিভিন্ন বর্ণালি রেখা বিশ্লেষণ করতে পারবেন।

মুখ্য শব্দ	পারমাণবিক বর্ণালি, কোয়ান্টাম, অতিবেগুণি রশ্মি, দৃশ্যমান আগুন, মাইক্রোওয়েভ।

বোর পরমাণু মডেল ও হাইড্রোজেন পরমাণুর বর্ণালি
Bohr Atom Model & Atomic Spectrum of Hydrogen

পারমাণবিক বর্ণালি (Atomic Spectrum)

সূর্যরশ্মিকে সরু ছিদ্রপথে একটি প্রিজমের ভিতর দিয়ে চালনা করলে তা প্রিজম দ্বারা বিচ্ছুরিত হয়ে বিভিন্ন বর্ণে বিভক্ত হয়। এরূপ বিভিন্ন বর্ণের সমাবেশকে **বর্ণালি** (spectrum) বলে। প্রকৃতিতেও বর্ণালি সৃষ্টি হতে দেখা যায়। যেমন– রংধনু। ইলেকট্রন এক শক্তিস্তর থেকে অন্য কোনো শক্তিস্তরে গমনের ফলে আলোকরশ্মি হিসেবে শক্তি শোষিত বা বিকিরিত হয়। আলোর এ বিকিরণ বা শোষণের ফলে বর্ণালির সৃষ্টি হয়। যদি ইলেকট্রন উচ্চ শক্তিস্তর হতে নিম্ন শক্তিস্তরে পতিত হয় তবে শক্তির বিকিরণ ঘটে এবং এক্ষেত্রে উজ্জ্বল রেখা পাওয়া যায়। একে **বিকিরণ বর্ণালি** (Emission spectrum) বলে। আবার ইলেকট্রন নিম্ন শক্তিস্তর হতে উচ্চ শক্তিস্তরে গমন করলে শক্তির শোষণ ঘটে। এক্ষেত্রে কালো বর্ণালি রেখা পাওয়া যায়। একে **শোষণ বর্ণালি** (Absorption spectrum) বলে। শোষণ বা বিকিরণ বর্ণালির সাহায্যে কোনো পদার্থকে শনাক্ত করা যায়।

কোনো গ্যাস বা বাষ্পকে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে বা এর মধ্য দিয়ে বৈদ্যুতিক স্ফুলিঙ্গ চালনা করলে যে বর্ণালি উৎপন্ন হয় তাকে **বিকিরণ বর্ণালি** (Emission spectrum) বলে। এ বিচ্ছুরণ বর্ণালিতে কতকগুলো একক রেখা পাওয়া যায়, তাকে **রেখা বর্ণালি** (line spectrum) বলে। রেখা বর্ণালিগুলো পরমাণু হতে উৎপন্ন হয় বলে এদেরকে **পারমাণবিক বর্ণালি** (Atomic spectrum) বলা হয়।

মনে রাখবেন : রেখা বর্ণালি ও পারমাণবিক বর্ণালির মধ্যে কোনো পার্থক্য নেই :

H পরমাণুর পারমাণবিক সংখ্যা 1। তাই H পরমাণুতে একটি মাত্র ইলেকট্রন বর্তমান। বোরের তত্ত্বানুসারে সাধারণ অবস্থায় H পরমাণুর একটি মাত্র ইলেকট্রন আবর্তনশীল অবস্থায় সর্বনিম্ন শক্তিস্তরে বা K কক্ষে (n = 1) অবস্থান করে থাকে। কিন্তু বাইরের থেকে কোনো শক্তি যেমন তাপ বা আলো শোষণ করে হাইড্রোজেন পরমাণুটি তার স্বাভাবিক অবস্থা থেকে উত্তেজিত অবস্থায় এলে ওর K কক্ষের ইলেকট্রনটি উচ্চতর শক্তিবিশিষ্ট যেকোনো কক্ষে যেমন, L(n = 2) বা M (n = 3) বা, N (n = 4) কক্ষে চলে যেতে পারে।

এভাবে কিছু পরিমাণ হাইড্রোজেন গ্যাসে উপস্থিত ভিন্ন ভিন্ন পরমাণু ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণ শক্তি শোষণ করে এবং তাদের ইলেকট্রনগুলো ভিন্ন ভিন্ন শক্তিস্তরে উন্নীত হয়। এবার বাহ্যিক শক্তির উৎস সরিয়ে নিলে ঐ ইলেকট্রনগুলো উচ্চতর শক্তিস্তর থেকে শক্তি বর্জন বা ত্যাগ করে নিম্নতর শক্তিস্তরের যেকোনো স্তরে লাফিয়ে পড়ে। ফলে নির্গত শক্তি বর্ণালিতে রেখা আকারে দেখা দেয়। এক্ষেত্রে বিভিন্ন উচ্চতর শক্তিস্তর থেকে নিম্নতর শক্তি স্তরে ইলেকট্রনের প্রত্যাবর্তনের ফলে বিভিন্ন কম্পাঙ্কের শক্তি বিকিরণ করে থাকে। এ কারণে হাইড্রোজেন পরমাণুতে একটি মাত্র ইলেকট্রন থাকা সত্ত্বেও এর পারমাণবিক বর্ণালিতে অনেকগুলো বিশেষ করে ছয়টি রেখা বর্ণালি দেখা যায়।

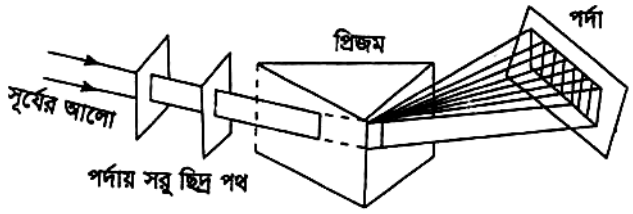
সকল পদার্থই বিদ্যুৎক্ষরণের প্রভাবে বা উচ্চতাপে উত্তেজিত অবস্থায় বিকিরণ বর্ণালি সৃষ্টি করে। মৌলের পারমাণবিক বিকিরণ বর্ণালি দৃশ্যমান ও অতিবেগুনি অঞ্চলে লক্ষ করা যায়। যেমন, সোডিয়াম বা সোডিয়াম লবণ (NaCl) দীপশিখায় ধরলে 590 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো বিকিরণ করে এবং দীপশিখাকে হলুদ বর্ণ প্রদান করে। কাচনলে হাইড্রোজেন গ্যাসকে বিদ্যুৎক্ষরণের সাহায্যে

উত্তেজিত করলে এ গ্যাস লাল আলোয় দীপ্তিময় হয়ে ওঠে। বিদ্যুৎক্ষরণে হাইড্রোজেন অণু ভেঙে হাইড্রোজেন পরমাণুতে পরিণত হয়। হাইড্রোজেন পরমাণু লাল দীপ্তিময় আলো উৎপন্ন করে।

হাইড্রোজেনের পারমাণবিক বর্ণালি

(Atomic spectrum of Hydrogen) :

একটি কাচনলে নিম্নচাপে হাইড্রোজেন গ্যাস রেখে এতে উচ্চ মাত্রার বিদ্যুৎ ক্ষরণ ঘটালে হাইড্রোজেন পরমাণু হতে গোলাপি বর্ণের আলোর বিকিরণ ঘটে। এ বিকিরিত আলোকে স্পেকট্রোস্কোপের প্রিজমের মধ্য দিয়ে ফটোগ্রাফিক প্লেটে ফেললে হাইড্রোজেনের বিকিরণ বর্ণালিতে অনেকগুলো রেখার পৃথক পৃথক সিরিজ বা শ্রেণি পাওয়া যায়। এ বর্ণালি রেখার সমাহারকে হাইড্রোজেনের **রেখা বর্ণালি বা পারমাণবিক বর্ণালি বলে**।



চিত্র-৫.১ : সূর্যের আলোর অবিচ্ছিন্ন বর্ণালি

হাইড্রোজেন বর্ণালির ব্যাখ্যা

(Explanation of Atomic Spectrum of Hydrogen) :

প্ল্যাঙ্কের কোয়ান্টাম তত্ত্বের সাহায্যে বিজ্ঞানী বোর হাইড্রোজেন বর্ণালির ব্যাখ্যা প্রদান করেন। হাইড্রোজেন গ্যাসে নিম্ন চাপে উচ্চমাত্রায় বিদ্যুৎক্ষরণ ঘটলে হাইড্রোজেন অণু (H_2) হাইড্রোজেন পরমাণুতে (H) বিভাজিত হয়ে পড়ে। এ হাইড্রোজেন পরমাণুগুলো বিভিন্ন মাত্রায় শক্তি শোষণ করে উত্তেজিত হয়। উত্তেজিত হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন, শোষিত শক্তির মাত্রার উপর নির্ভর করে ভিন্ন ভিন্ন শক্তিস্তরে গমন করে। শক্তির উৎস সরিয়ে নিলে উত্তেজিত ইলেকট্রনগুলো নিম্ন শক্তিস্তরে ফিরে আসে। উচ্চ শক্তিস্তর হতে যদি ইলেকট্রন ১ম শক্তিস্তরে ফিরে আসে তবে বর্ণালিতে যে রেখাসমূহ পাওয়া যায় তাকে **লাইম্যান সিরিজ** বলে। অনুরূপভাবে ২য়, ৩য়, ৪র্থ ও ৫ম শক্তিস্তরে ইলেকট্রন ফিরে আসা রেখার সারিকে যথাক্রমে **বামার, প্যাশেন, ব্র্যাকেট** ও **ফান্ড** সিরিজ বলে। এই সিরিজগুলো রিডবার্গ সমীকরণের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়। নিম্নে বিডবার্গ সমীকরণটি প্রতিপাদন করা হলো–

ধরি, হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন E_1 শক্তিস্তর থেকে শক্তি শোষণ করে উচ্চতর শক্তিস্তর E_2-তে গমন করে। শক্তির উৎস সরিয়ে নিলে শক্তি বিকিরণ করে নিম্নতর শক্তিস্তরে প্রত্যাবর্তন করে এবং নির্দিষ্ট তরঙ্গ (λ) এর আলো বিকিরণ করে। ফলে দুই শক্তিস্তরের পার্থক্য থেকে তা বের করা যায়–

$$\Delta E = E_2 - E_1 = h\upsilon \cdots\cdots\cdots\cdots (i)$$

এখানে, $E_n = -\frac{2\pi^2 me^4}{n^2h^2}$

$$\therefore E_1 = \frac{2\pi^2 me^4}{n_1^2h^2}$$

$$E_2 = -\frac{2\pi^2 me^4}{n_2^2h^2}$$

E_1 ও E_2 এর মান 1 নং সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$$h\upsilon = -\frac{2\pi^2 me^4}{n_2^2h^2} - \left(\frac{2\pi^2 me^4}{n_1^2h^2}\right)$$

$$= \frac{-2\pi^2 me^4}{n_2^2h^2} + \frac{2\pi^2 me^4}{n_1^2h^2}$$

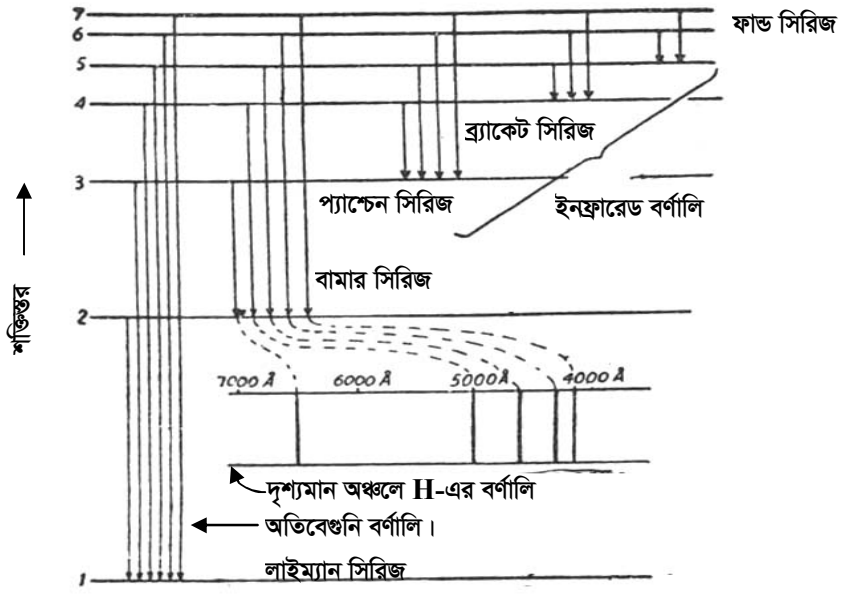
বা, $$h\upsilon = \frac{2\pi^2 me^4}{h^2}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$

বা, $\frac{hc}{\lambda} = \frac{2\pi^2 me^4}{h^2}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$ $\left[\because \upsilon = \frac{c}{\lambda}\right]$

বা, $\frac{1}{\lambda} = \frac{2\pi^2 me^4}{ch^3}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$

বা, $\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$

এটিই নির্ণেয় রিডবার্গ সমীকরণ। $[R_H = \frac{2\pi^2 me^4}{ch^3} = 109678\ cm^{-1}]$



চিত্র-৫.২ : হাইড্রোজেন পরমাণুর বর্ণালির শক্তিস্তরের চিত্র

প্রতিটি সিরিজেই ফ্রিকোয়েন্সি বৃদ্ধির সাথে রেখাগুলো ক্রমশ নিকটবর্তী হতে থাকে। এ সিরিজগুলোর বর্ণালি রেখার তরঙ্গদৈর্ঘ্য নিম্নের সমীকরণ হতে গণনা করা যায়–

$\frac{1}{\lambda} = \bar{\upsilon} = R_H\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$ এ সমীকরণকে **বামার** সমীকরণ বলে।

এখানে λ = তরঙ্গদৈর্ঘ্য; $\bar{\upsilon}$ = তরঙ্গ সংখ্যা/সে. মি.; R_H = রিডবার্গ ধ্রুবক।

এই সমীকরণ ব্যবহার করে হাইড্রোজেন বর্ণালির বিভিন্ন সিরিজের বর্ণালি রেখার তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করা যায়।

হাইড্রোজেন বর্ণালির দৃশ্যমান অঞ্চলের জন্য $n_1 = 2$ এবং $R_H = 109678\ cm^{-1}$ এবং $n_2 = 3, 4, 5$ ধরে ১ম, ২য় এবং ৩য় বর্ণালি রেখার তরঙ্গদৈর্ঘ্য নিম্নরূপে নির্ণয় করা হয়।

১ম রেখার ক্ষেত্রে,

$$\frac{1}{\lambda} = 109678\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right)\ cm^{-1}$$

$$= 109678\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9}\right)\ cm^{-1}$$

$$= 15233{\cdot}05\ cm^{-1}$$

$$\therefore \lambda = \frac{1}{15233{\cdot}05}\ cm$$

$= 0{\cdot}0000656$ cm

$= 0{\cdot}0000656 \times 10^7$ nm

$= 656$ nm $\quad [\because 1\text{ cm} = 10^7\text{ nm}]$

এভাবে ২য়, ৩য় ইত্যাদি বর্ণালি রেখার তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করা যায়।

(ক) লাইম্যান সিরিজ (Lyman Series) : বিজ্ঞানী লাইম্যান 1916 খ্রিষ্টাব্দে এ সিরিজ আবিষ্কার করেন। এক্ষেত্রে উত্তেজিত অবস্থায় হাইড্রোজেন পরমাণুর উচ্চতর শক্তিস্তর হতে ইলেকট্রন প্রথম শক্তিস্তরে গমন করে। হাইড্রোজেন বর্ণালির অতিবেগুনি (UV) অঞ্চলে এ সিরিজ উদ্ভব হয়।

আমরা জানি, $\bar{\upsilon} = R_H\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$ এখানে $n_1 = 1$ এবং $n_2 = 2, 3, 4, \ldots\ldots\ldots\ldots$

$\therefore \bar{\upsilon}_1 = R_H\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}\right) = \frac{3}{4}R_H$

অনুরূপভাবে, $\bar{\upsilon}_2 = R_H\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{3^2}\right) = \frac{8}{9}R_H$

(খ) বামার সিরিজ (Balmer Series) : বিজ্ঞানী বামার 1885 খ্রিষ্টাব্দে এ সিরিজ আবিষ্কার করেন। হাইড্রোজেন পরমাণুর দৃশ্যমান (Visible) অঞ্চলে এ সিরিজের উদ্ভব হয়। এক্ষেত্রে হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন উত্তেজিত অবস্থায় যেকোনো উচ্চতর শক্তিস্তর হতে দ্বিতীয় শক্তিস্তরে গমন করে।

আমরা জানি, $\bar{\upsilon} = R_H\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$ এখানে $n_1 = 2$ এবং $n_2 = 3, 4, 5, \ldots\ldots\ldots\ldots$

$\therefore \bar{\upsilon}_1 = R_H\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right) = \frac{5}{36}R_H$

অনুরূপে, $\bar{\upsilon}_2 = R_H\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2}\right) = \frac{3}{16}R_H$

(গ) প্যাশ্চেন সিরিজ (Paschen Series) : বিজ্ঞানী প্যাশ্চেন 1908 খ্রিষ্টাব্দে এ সিরিজ আবিষ্কার করেন। হাইড্রোজেন বর্ণালির অবলোহিত অঞ্চলে এ সিরিজের উদ্ভব ঘটে। এক্ষেত্রে হাইড্রোজেন পরমাণুর উত্তেজিত ইলেকট্রন উচ্চতর যেকোনো শক্তিস্তর হতে তৃতীয় শক্তিস্তরে গমন করে।

আমরা জানি, $\bar{\upsilon} = R_H\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$ এখানে $n_1 = 3$ এবং $n_2 = 4, 5, 6, \ldots\ldots\ldots\ldots$

$\therefore \bar{\upsilon}_1 = R_H\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2}\right) = \frac{7}{144}R_H$

অনুরূপভাবে, $\bar{\upsilon}_2 = R_H\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{5^2}\right) = \frac{16}{225}R_H$

(ঘ) ব্র্যাকেট সিরিজ (Bracket Series) : বিজ্ঞানী ব্র্যাকেট ১৯২২ খ্রিষ্টাব্দে এ সিরিজ আবিষ্কার করেন। অবলোহিত অঞ্চলে এ সিরিজের উদ্ভব হয়। এক্ষেত্রে উত্তেজিত অবস্থায় হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন উচ্চতর যেকোনো শক্তিস্তর হতে চতুর্থ শক্তিস্তরে গমন করে।

আমরা জানি, $\bar{\upsilon} = R_H\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$ এখানে $n_1 = 4$ এবং $n_2 = 5, 6, 7, \ldots\ldots\ldots\ldots$

$\therefore \bar{\upsilon}_1 = R_H\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{5^2}\right) = \frac{9}{400}R_H$

অনুরূপভাবে, $\bar{\upsilon}_2 = R_H\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{6^2}\right) = \frac{5}{144}R_H$

(ঙ) ফান্ড সিরিজ (Fund Series) : বিজ্ঞানী ফান্ড 1929 খ্রিষ্টাব্দে এ সিরিজ আবিষ্কার করেন। হাইড্রোজেন বর্ণালির অবলোহিত অঞ্চলে এ সিরিজের উদ্ভব হয়। এক্ষেত্রে উত্তেজিত অবস্থায় হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন উচ্চতর যেকোনো শক্তিস্তর হতে পঞ্চম শক্তিস্তরে গমন করে।

আমরা জানি, $\bar{\upsilon} = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$ এখানে $n_1 = 5$ এবং $n_2 = 6, 7, 8, ...$

$$\therefore \bar{\upsilon}_1 = R_H \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{6^2}\right) = R_H \left(\frac{1}{25} - \frac{1}{36}\right)$$

$$= \frac{11}{900} R_H$$

অনুরূপভাবে, $\bar{\upsilon}_2 = R_H \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{7^2}\right) = R_H \left(\frac{1}{25} - \frac{5}{49}\right)$

$$= \frac{24}{1225} R_H$$

সার-সংক্ষেপ :

- **হাইড্রোজেন বর্ণালি :** একটি কাঁচনলে নিম্নচাপে রাখা হাইড্রোজেন গ্যাসের ভিতর উচ্চ শক্তির বিদ্যুৎ চালনা করলে ঐ গ্যাস থেকে গোলাপী বর্ণের বিকিরণ ঘটে। উল্লিখিত বিকিরিত আলোকে স্পেকট্রোস্কোপের প্রিজমের মধ্য দিয়ে পর্দার ফটোগ্রাফীয় প্লেটে ফেললে কতিপয় সুস্পষ্ট রঙিন আলোক রেখা পাওয়া যায়। এ উজ্জ্বল আলোক রেখাগুলোর সমাহারকে হাইড্রোজেন বর্ণালি বলে।
- **বিকিরণ বর্ণালি :** সূর্যের আলো একটি সরু ছিদ্রপথে একটি কাচের প্রিজমের ভিতর দিয়ে চালনা করলে প্রিজম দ্বারা আলো বিচ্ছুরিত হয়ে বিভিন্ন উপাদপান বর্ণে বিচ্ছুরিত হয়ে যায়। বিচ্ছুরিত হওয়ার পর এ আলো রংধনুর ন্যায় সাত বর্ণের বেনীআসহকলা বা VIBGYOR এর প্রশস্ত অবিচ্ছিন্ন ব্যান্ড সৃষ্টি করে। আলোক বিচ্ছুরণের ফলে সৃষ্ট উপাদান বর্ণগুলোর এ সমাবেশকে বিকিরণ বর্ণালি বলা হয়।
- **পারমাণবিক রেখা বর্ণালি :** কোনো গ্যাস বা বাষ্পকে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে বা তার মধ্য দিয়ে নিয়ন্ত্রিত মাত্রায় বিদ্যুৎ প্রবাহ চালনা করলে আলো নির্গত হয়। এ আলোকে একটি প্রিজমের মধ্য দিয়ে চালনা করলে সৃষ্ট বর্ণালিতে বেশ কিছু একক ও যৌগ লাইন পাওয়া যায় যাদের অবস্থান সুনির্দিষ্ট বর্ণালির এ একক লাইনগুলো পরমাণু হতে উৎপন্ন হয় বিধায় এদেরকে পারমাণবিক রেখা বর্ণালি বলা হয়।
- **লাইম্যান সিরিজ :** এক্ষেত্রে উত্তেজিত অবস্থায় হাইড্রোজেন পরমাণুর উচ্চতর শক্তিস্তর হতে ইলেকট্রন প্রথম শক্তিস্তরে গমন করে। হাইড্রোজেন বর্ণালির অতিবেগুনি (UV) অঞ্চলে এ সিরিজ উদ্ভব হয়।
- **বামার সিরিজ :** হাইড্রোজেন পরমাণুর দৃশ্যমান (Visible) অঞ্চলে এ সিরিজের উদ্ভব হয়। এক্ষেত্রে হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন উত্তেজিত অবস্থায় উচ্চতর শক্তিস্তরসমূহ হতে দ্বিতীয় শক্তিস্তরে গমন করে।
- **প্যাশ্চেন সিরিজ (Paschen Series) :** হাইড্রোজেন বর্ণালির অবলোহিত অঞ্চলে এ সিরিজের উদ্ভব ঘটে। এক্ষেত্রে হাইড্রোজেন পরমাণুর উত্তেজিত ইলেকট্রন উচ্চতর শক্তিস্তরসমূহ হতে তৃতীয় শক্তিস্তরে গমন করে।
- **ব্র্যাকেট সিরিজ (Brackett Series) :** অবলোহিত অঞ্চলে এ সিরিজের উদ্ভব হয়। এক্ষেত্রে উত্তেজিত অবস্থায় হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন উচ্চতর শক্তিস্তরসমূহ হতে চতুর্থ শক্তিস্তরে গমন করে।
- **ফান্ড সিরিজ (Pfund Series) :** হাইড্রোজেন বর্ণালির অবলোহিত অঞ্চলে এ সিরিজের উদ্ভব হয়। এক্ষেত্রে উত্তেজিত অবস্থায় হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন উচ্চতর শক্তিস্তরসমূহ হতে পঞ্চম শক্তিস্তরে গমন করে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১.৫

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। দৃশ্যমান বর্ণালির প্রান্তীয় বর্ণ দুটি কী?
(ক) বেগুনি ও সবুজ (খ) নীল ও কমলা
(গ) সবুজ ও লাল (ঘ) বেগুনি ও লাল

২। সূর্যের আলোর বিচ্ছুরণের ফলে সৃষ্ট বিচ্ছিন্ন বর্ণের সমাবেশকে কী বলে?
(ক) পারমাণবিক বর্ণালি (খ) বর্ণালি
(গ) কোয়ান্টাম (ঘ) পজিট্রন বিন্যাস

৩। তরঙ্গ দৈর্ঘ্য এবং কম্পাঙ্কের সম্পর্কসূচক সমীকরণ হলো–
(ক) $v = \frac{c}{\lambda}$ (খ) $c = v\lambda$
(গ) $\lambda = \frac{c}{v}$ (ঘ) সবগুলো

৪। মৌলিক পদার্থ শনাক্তকরণের একটি উৎকৃষ্ট পদ্ধতি হলো–
(ক) ব্যান্ড বর্ণালি (খ) রেখা বর্ণালি
(গ) আণবিক বর্ণালি (ঘ) ফ্রনহপার বর্ণালি

৫। কোন অঞ্চলে ফান্ড সিরিজ উৎপত্তি লাভ করে?
(ক) অতিবেগুনি অঞ্চলে (খ) বেগুনি অঞ্চলে
(গ) অবলোহিত অঞ্চলে (ঘ) দৃশ্যমান অঞ্চলে

৬। বামার সিরিজের ক্ষেত্রে–
i. 1885 সালে বিজ্ঞানী বামার আবিষ্কার করেন
ii. আলোর দৃশ্যমান অঞ্চল
iii. $\bar{v} = R_H\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$ এখানে, $n_1 = 2$ এবং $n_2 = 3, 4, 5, 6$ .....
নিচের কোনটি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

পাঠ-১.৬ কোয়ান্টাম সংখ্যা

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- কোয়ান্টাম সংখ্যা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- বিভিন্ন উপস্তর সম্পর্কে ধারণা উপস্থাপন করতে পারবেন।
- বিভিন্ন উপস্তরে ইলেকট্রনের ধারণ ক্ষমতা বর্ণনা করতে পারবেন।
- কোয়ান্টাম সংখ্যার তাৎপর্য্য ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

মুখ্য শব্দ	কোয়ান্টাম সংখ্যা, কৌণিক ভরবেগ, অরবিটাল, আবর্তন।

কোয়ান্টাম সংখ্যা

আমরা ইতঃপূর্বে জেনেছি যে, হাইড্রোজেন পরমাণুর অতি সূক্ষ্ম বর্ণালির অস্তিত্বের উপস্থিতি বোর পরমাণু মডেল ব্যাখ্যা করতে পারে না। হাইড্রোজেন পরমাণুর বর্ণালির এ সূক্ষ্ম গঠন একটি মাত্র কোয়ান্টাম সংখ্যা n দ্বারা ব্যাখ্যা করা যায় না। এ সূক্ষ্ম রেখা ব্যাখ্যার জন্য চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যা প্রয়োজন হয়।

"কোনো পরমাণুতে একটি ইলেকট্রনের অবস্থান অর্থাৎ ইলেকট্রন কক্ষপথের আকার-আকৃতি তথা নিউক্লিয়াস হতে কক্ষপথটির দূরত্ব, কক্ষপথটি বৃত্তাকার না উপবৃত্তাকার, কক্ষপথের ত্রিমাত্রিক দিক বিন্যাস, কক্ষপথে ইলেকট্রনের ঘূর্ণন ইত্যাদি জানার জন্য যে চারটি রাশি ব্যবহার করা হয়, সেই রাশিগুলোকে কোয়ান্টাম সংখ্যা বলে।" পরমাণুতে কোনো ইলেকট্রনকে সম্পূর্ণভাবে বর্ণনা করার জন্য যে চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার প্রয়োজন তা হলো :

১. প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা (Principal Quantum Number)
২. সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা (Subsidiary Quantum Number)
৩. চৌম্বকীয় কোয়ান্টাম সংখ্যা (Magnetic Quantum Number)
৪. ঘূর্ণন কোয়ান্টাম সংখ্যা (Spin Quantum Number)

(ক) প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা (n) **:** বোর পরমাণু মডেল অনুসারে ইলেকট্রনসমূহ নিউক্লিয়াসের চারদিকে কতগুলো অনুমোদিত বৃত্তাকার কক্ষপথে আবর্তন করে। ইলেকট্রনের এ আবর্তনশীল কক্ষপথকে প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা বলে । একে n দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

n এর মান 1 থেকে ∞ , কিন্তু এখন পর্যন্ত 1 থেকে 7 পর্যন্ত প্রতিষ্ঠিত হয়েছে। অবশ্য n এর মান দ্বারা K, L, M, N ইত্যাদি অক্ষরকেও চিহ্নিত করা হয়। যেমন, n = 1 হলে ১ম শক্তিস্তর বা K শেল; n = 2 হলে ২য় শক্তিস্তর বা L শেল; n = 3 হলে তৃতীয় শক্তিস্তর বা M শেল বোঝায়। যেকোনো প্রধান শক্তিস্তরের সর্বোচ্চ ইলেকট্রন ধারণ ক্ষমতা হলো $2n^2$। (বর্তমানে, n = 4 পর্যন্ত $2n^2$ ফরমুলাটি প্রযোজ্য)।

(খ) সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা (l) **:** বোর মডেল পরমাণুর সূক্ষ্ম বর্ণালি রেখার গঠন ব্যাখ্যা করতে পারে না। বর্ণালির এ সূক্ষ্ম গঠন ব্যাখ্যা করার জন্য 1916 খ্রিষ্টাব্দে বিজ্ঞানী **সোমার ফিল্ড** প্রস্তাব করেন যে, ইলেকট্রনগুলো শুধু বৃত্তাকার কক্ষেই (Circular orbits) আবর্তন করে না বরং উপবৃত্তাকার কক্ষেও (elliptical orbits) আবর্তিত হয়। সুতরাং উপবৃত্তাকার কক্ষপথে ইলেকট্রনের আবর্তনকে প্রকাশের জন্য যে কোয়ান্টাম সংখ্যা প্রয়োজন হয় তাকে সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা বলে। একে l দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

উপবৃত্তাকার কক্ষপথে ঘূর্ণায়মান একটি ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ, $mvr = \frac{h\sqrt{l(l+1)}}{2\pi}$.

এখানে l সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা। l এর মান 0 হতে (n – 1) পর্যন্ত হয়। l এর মান 0, 1, 2, 3 হলে উপশক্তিস্তরকে যথাক্রমে s, p, d, f দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। sharp থেকে s, principal থেকে p, diffused থেকে d এবং fundamental থেকে f নেওয়া হয়েছে।

প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা (n)	সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা (l)	উপশক্তিস্তরের সংখ্যা
1	0	১ম শক্তিস্তরে উপশক্তিস্তর 1টি, 1s.
2	0.1	২য় শক্তিস্তরে উপশক্তিস্তর 2টি 2s, 2p.
3	0,1, 2	৩য় শক্তিস্তরে উপশক্তিস্তর 3টি 3s, 3p, 3d.
4	0, 1, 2, 3	৪র্থ শক্তিস্তরে উপশক্তিস্তর 4টি 4s, 4p, 4d, 4f

যেকোনো উপশক্তিস্তরে সর্বোচ্চ ইলেকট্রন ধারণ ক্ষমতা হলো $2(2l + 1)$,

এখানে $l = 0, 1, 2, 3$ --- ইত্যাদি।

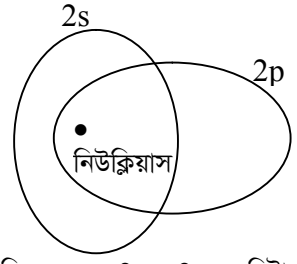
$l = 0$ হলে s অরবিটাল বোঝায়; এতে সর্বোচ্চ ইলেকট্রন থাকবে 2টি

$l = 1$ হলে p অরবিটাল বোঝায়; এতে সর্বোচ্চ ইলেকট্রন থাকবে 6টি

$l = 2$ হলে d অরবিটাল বোঝায়; এতে সর্বোচ্চ ইলেকট্রন থাকবে 10টি

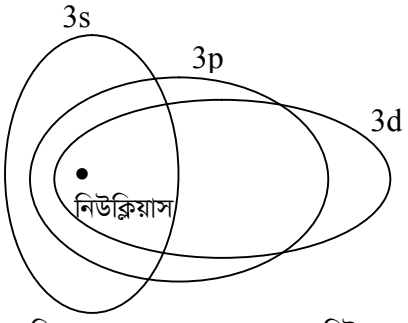
$l = 3$ হলে f অরবিটাল বোঝায়; এতে সর্বোচ্চ ইলেকট্রন থাকবে 14টি

যখন প্রধান শক্তিস্তর n = 2 তখন $l = 0, 1$ অতএব, এ প্রধান কোয়ান্টাম বা প্রধান শক্তিস্তরে একটি s ও একটি p উপশক্তিস্তর রয়েছে। এ উপশক্তিস্তরগুলোকে 2s ও 2p রূপে প্রকাশ করা যায়। এ উপশক্তিস্তরকেই **'অরবিটাল'** বলা হয়।



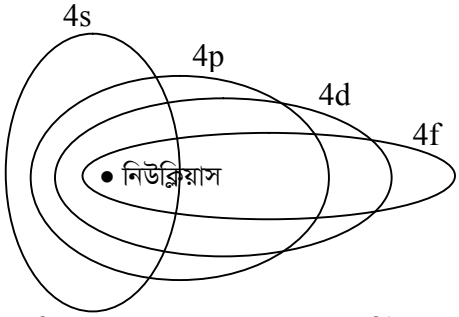
চিত্র-৬.১ : 2s ও 2p অরবিটাল

যখন, প্রধান শক্তিস্তর n = 3 তখন $l = 0, 1, 2$। অতএব এ প্রধান শক্তিস্তরের তিনটি উপশক্তিস্তর রয়েছে এবং এগুলোকে 3s, 3p, 3d রূপে প্রকাশ করা যায়।



চিত্র-৬.২ : 3s, 3p ও 2d অরবিটাল

যখন, n = 4 তখন $l = 0, 1, 2, 3$। অতএব চতুর্থ প্রধান শক্তিস্তরে 4s, 4p, 4d ও 4f উপশক্তিস্তর বিদ্যমান

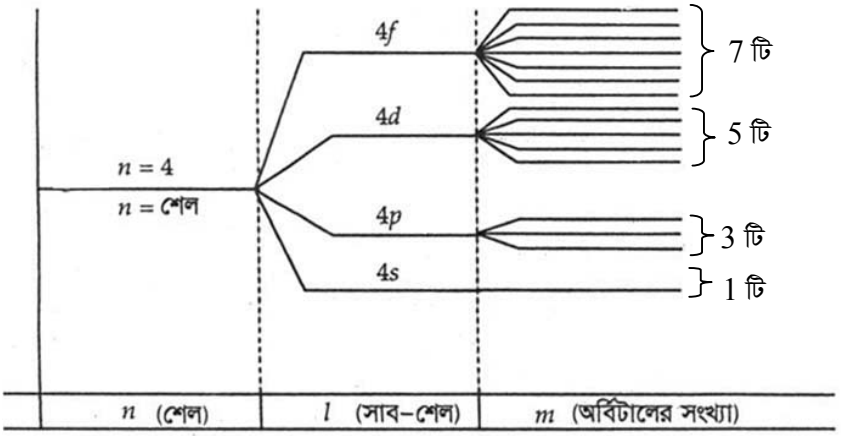


চিত্র-৬.৩ : 4s, 4p, 4d ও 4f অরবিটাল

সারণি-৬.১ : সহকারী ও প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যাসহ উপশক্তিস্তর ও উপশক্তিস্তরে ইলেকট্রন সংখ্যা

প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা, n	**সহকারী কোয়ান্টম সংখ্যা, *l***	**উপশক্তিস্তর**	**উপস্তরে ইলেকট্রন সংখ্যা, 2 (2*l* + 1)**
K shell, n = 1	0	ls	2 (2 × 0 + 1) = 2
L shell, n = 2	0 1	2s 2p	2 (2 × 0 + 1) = 2 2 (2 × 1 + 1) = 6

(গ) চৌম্বকীয় কোয়ান্টাম সংখ্যা (m) **:** পরমাণুর বর্ণালি রেখাগুলো চৌম্বক ক্ষেত্রের ভিতর দিয়ে চালনা করলে দেখা যায় যে, চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রভাবে বর্ণালি রেখাগুলো ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বর্ণালি রেখায় বিভক্ত হয়ে পড়ে। বিজ্ঞানী জীম্যান এ প্রভাব লক্ষ করেন বলে এ প্রভাবকে **জীম্যান প্রভাব** বলে।



চিত্র-৬.৪ : তিনটি কোয়ান্টাম সংখ্যার প্রয়োগে শেল ও অরবিটাল

পরমাণু মডেল বর্ণালির এ ধরনের বিভক্তি ব্যাখ্যা করতে পারেনি। চুম্বক ক্ষেত্রের প্রভাবে পরমাণুর বর্ণালি রেখার বিভক্তির উপস্থিতি প্রমাণ করে যে, উপশক্তিস্তর পুনরায় চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রভাবে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ভাগে বিভক্ত হয়ে পড়ে। এ ভাগগুলোর প্রত্যেকটিকে **অরবিটাল (orbital) বলে**। চৌম্বক কোয়ান্টাম সংখ্যাকে m দ্বারা প্রকাশ করা হয়। m এর মান পূর্ণ সংখ্যা এবং এটা *l* এর মানের উপর নির্ভর করে। *l*-এর যেকোনো মানের জন্য m এর মান শূন্য (0) সহ (2 *l* + 1) সংখ্যক হবে। (–*l* থেকে + *l* পর্যন্ত শূন্যসহ)

m এর মোট মান দ্বারা উপশক্তিস্তরে মোট অরবিটাল সংখ্যা বোঝায়। যেমন-

l এর মান 0 হলে m = 0 অর্থাৎ s উপশক্তিস্তরে 1 টি অরবিটাল আছে।

l এর মান 1 হলে m = + 1, 0, – 1অর্থাৎ p উপশক্তিস্তরে 3 টি অরবিটাল আছে।

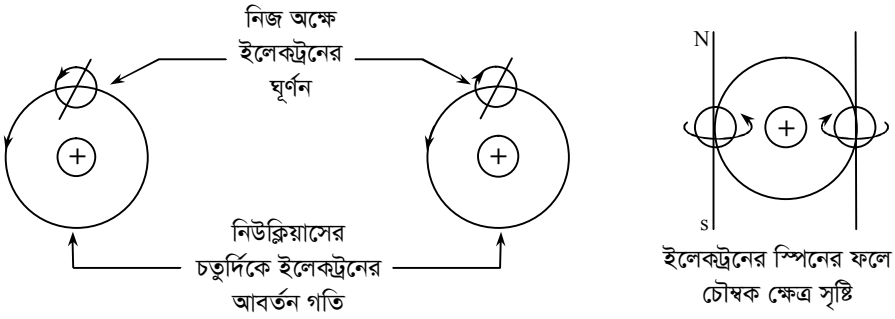
l এর মান 2 হলে m = + 2, + 1, 0, – 1, – 2 অর্থাৎ d উপশক্তিস্তরে 5 টি অরবিটাল আছে।

l এর মান 3 হলে m = + 3, + 2, + 1, 0, – 1, – 2, – 3 অর্থাৎ f উপশক্তিস্তরে 7 টি অরবিটাল আছে।

প্রতিটি অরবিটালে সর্বাধিক 2টি করে ইলেকট্রন থাকতে পারে। সুতরাং s উপস্তরে সর্বাধিক 2টি; p উপস্তরে 6টি; d উপস্তরে 10টি এবং f উপস্তরে 14টি ইলেকট্রন থাকতে পারবে।

(ঘ) ঘূর্ণন কোয়ান্টাম সংখ্যা (s) **:** যখন হাইড্রোজেন বা লিথিয়াম অথবা সোডিয়ামের বর্ণালি রেখা অতি উচ্চ বর্ণালিবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে বিশ্লেষণ করা হয় তখন প্রতিটি বর্ণালি রেখাকে এক জোড়া বর্ণালি রেখা হিসেবে (a pair of lines) দেখা যায় যা দ্বিপদী (doublets) নামে পরিচিত। এ দ্বিপদী বর্ণালি রেখার গঠন সম্পর্কে 1925 খ্রিষ্টাব্দে **গোউড স্মিথ** (Goud-Smith) যে ব্যাখ্যা প্রদান তা নিম্নরূপ :

ইলেকট্রন যখন নিউক্লিয়াসের চারদিকে কক্ষপথে আবর্তন করে তখন এটি নিজ অক্ষের চারদিকেও আবর্তন করে। নিজ অক্ষে ইলেকট্রনের এরূপ আবর্তন ঘড়ির কাঁটার ঘূর্ণনের দিকে (clock-wise) ও ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে (anti clock-wise) হতে পারে।



চিত্র-৬.৫ : ইলেকট্রনের স্পিন

পরমাণুতে ইলেকট্রনের ঘূর্ণনের জন্য যে কোয়ান্টাম সংখ্যা ব্যবহার করা হয় তাকে **ঘূর্ণন কোয়ান্টাম** সংখ্যা বলে। একে 's' দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ইলেকট্রনের ঘূর্ণনের জন্য 's'এর দুটি মান প্রযোজ্য যা $+\frac{1}{2}$ এবং $-\frac{1}{2}$।

সারণি-২.৩ : বিভিন্ন শক্তিস্তরে কোয়ান্টাম সংখ্যার ভিত্তিতে ইলেকট্রন বিন্যাস

স্তর	n	l	উপস্তরের নাম	m	s	অরবিটালের সংখ্যা $(2l+1)$	অরবিটালের মোট সংখ্যা n^2	ইলেকট্রনের মোট সংখ্যা $(2n^2)$
K	1		s	0	$\pm\frac{1}{2}$	1	1	2
L	2	0	s	0	$\pm\frac{1}{2}$	1	4	8
		1	p	+1, 0, -1	$3\left(\pm\frac{1}{2}\right)$	3		
M	3	0	s	0	$\pm\frac{1}{2}$	1	9	18
		1	p	+ 1, 0, – 1	$3\left(\pm\frac{1}{2}\right)$	3		
		2	d	+ 2, + 1, 0, – 1, – 2	$5\left(\pm\frac{1}{2}\right)$	5		
N	4	0	s	0	$\pm\frac{1}{2}$	1	16	32
		1	p	+ 1, 0, – 1	$3\left(\pm\frac{1}{2}\right)$	3		
		2	d	+2, + 1, 0, – 1, – 2	$5\left(\pm\frac{1}{2}\right)$	5		
		3	f	+3, + 2,+ 1, 0, – 1,– 2, – 3	$7\left(\pm\frac{1}{2}\right)$	7		

কোয়ান্টাম সংখ্যার তাৎপর্য

(Significance of quantum numbers) :

পরমাণুতে একটি ইলেকট্রন সম্পর্কে জানতে হলে চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার প্রয়োজন হয়। পরমাণুতে প্রত্যেকটি কোয়ান্টাম সংখ্যা ইলেকট্রন সম্পর্কে যে তথ্য প্রদান করে তা নিম্নরূপ :

১. প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা (n) হতে ইলেকট্রন কক্ষপথের আকার এবং ইলেকট্রনটি নিউক্লিয়াস হতে কত দূরে অবস্থিত তা জানা যায়।
২. সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা দ্বারা ইলেকট্রনটি যে অরবিটালে অবস্থান করে তার আকৃতি সম্পর্কে ধারণা প্রদান করে।
৩. চৌম্বক কোয়ান্টাম সংখ্যা দ্বারা ইলেকট্রনটি যে অরবিটালে অবস্থান করে তার ত্রিমাত্রিক অবস্থান জানা যায়।
৪. ঘূর্ণন কোয়ান্টাম সংখ্যা দ্বারা ইলেকট্রনের ঘূর্ণন সম্পর্কে জানা যায়।

শিক্ষার্থীর কাজ	(i) Li(3) পরমাণুর ৩য় ইলেকট্রনের ক্ষেত্রে চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার মান লিখুন। (ii) He(2) পরমাণুর দুটি ইলেকট্রনের ক্ষেত্রে চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার মান লিখুন। (iii) O(8) পরমাণুর ৮ম ইলেকট্রনের ক্ষেত্রে চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার মান লিখুন।

সার-সংক্ষেপ :

- **কোয়ান্টাম সংখ্যা :** যেসব সংখ্যা দ্বারা পরমাণুর মধ্যে বিভিন্ন শক্তিস্তর ও উপশক্তিস্তরে কোথায় কিভাবে ইলেকট্রনগুলো অবস্থান করবে, পারমাণবিক বর্ণালির সূক্ষ্ম গঠন বিশ্লেষণের জন্য ইলেকট্রনের অক্ষ বরাবর ঘূর্ণন– এসবের সঠিক এবং পূর্ণাঙ্গ বর্ণনা দেওয়া যায় তাদেরকে কোয়ান্টাম সংখ্যা বলে।
- **প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা (n) :** নিউক্লিয়াস থেকে বিভিন্ন দূরত্ব ইলেকট্রনগুলো কতগুলো নির্দিষ্ট ব্যাসার্ধের কক্ষপথে আবর্তন করে। এ কক্ষপথগুলোকে K, L, M, N ..... ইত্যাদি প্রতীক দিয়ে বা, 1, 2, 3, 4 ..... ইত্যাদি সংখ্যা দিয়ে প্রকাশ করা হয়। প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা (n) যতো বাড়ে ইলেকট্রনের শক্তিও ততো বাড়ে। প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা, n এর মান থেকে প্রধান শক্তিস্তরে মোট অরবিটালের সংখ্যা নির্ণয় করা যায়। প্রধান শক্তিস্তরে মোট অরবিটালের সংখ্যা = n^2।
- **সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা (*l*):** পরমাণুর নিউক্লিয়াস হতে বিভিন্ন শক্তিস্তরে ইলেকট্রন আবর্তনের জন্য প্রতিটি প্রধান শক্তিস্তরে নির্দিষ্ট সংখ্যক উপশক্তিস্তরেও বিভক্ত থাকে। কোনো একটি ইলেকট্রন প্রধান শক্তিস্তরের যে উপশক্তিস্তরে উপস্থিত থাকে তা প্রকাশের জন্য যে কোয়ান্টাম সংখ্যা ব্যবহার করা হয়, তাকে সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা বলা হয়। সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যার সাহায্যে উপশক্তিস্তরের আকৃতি সম্পর্কে ধারণা লাভ করা যায়। একে ***l*** দ্বারা প্রকাশ করা হয়।
- **চৌম্বক কোয়ান্টাম সংখ্যা (m):** চৌম্বক কোয়ান্টাম সংখ্যা (m) থেকে একই প্রধান কক্ষের অর্ন্তভূক্ত কোনো উপকক্ষের অরবিটালগুলোর ত্রিমাত্রিক বিন্যাস সম্পর্কে জানা যায়। কোনো উপকক্ষের চৌম্বক কোয়ান্টাম সংখ্যার মান $m = (2l + 1)$। এখানে l সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা। m-এর মানগুলোকে প্রকাশের ক্ষেত্রে $-l$ থেকে 0 সহ $+l$ এ রীতি অবশ্যই মেনে চলতে হয়।
- **স্পিন কোয়ান্টাম সংখ্যা (s):** স্পিন কোয়ান্টাম সংখ্যা s এর সাহায্যে নিজ অক্ষের সাপেক্ষে ইলেকট্রনের ঘূর্ণনের অভিমুখ ঘড়ির কাঁটার দিকে না তার বিপরীত দিকে তা জানা যায়। ইলেকট্রন নিজ অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণনের ক্ষেত্রে ঘূর্ণন কৌণিক ভরবেগের মান প্রকাশ করে থাকে। ইলেকট্রনের ঘূর্ণন কৌণিক ভরবেগের মান = $\sqrt{l(l+1)} \times \left(\frac{h}{2\pi}\right)$।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১.৬

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যার মান কত?
(ক) 0 থেকে n (খ) 0 থেকে (n + 1)
(গ) 0 থেকে (n – 1) (ঘ) 0 থেকে ($n^2 - 1$)

২। যেকোনো উপশক্তিস্তরের সর্বোচ্চ ইলেকট্রন ধারণ ক্ষমতা কত?
(ক) $2n^2$ (খ) $2l + 1$
(গ) $2(l + 1)$ (ঘ) $2(2l + 1)$

৩। চৌম্বকীয় কোয়ান্টাম সংখ্যা কী নির্দেশ করে?
(ক) অরবিটালের মান (খ) অরবিটালের অবস্থান
(গ) অরবিটালের দিক (ঘ) অরবিটালের গতি

৪। উপশক্তি স্তর d এর জন্য m এর মান কয়টি?
(ক) 2টি (খ) 3টি
(গ) 4টি (ঘ) 5টি

৫। প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা n = 1 ও n = 2 হলে অরবিটাল চিহ্নিত হয় কী দ্বারা?
(ক) K ও L দ্বারা (খ) L ও M দ্বারা
(গ) M ও দ্বারা (ঘ) K ও M দ্বারা

৬। সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যার মান যদি $l = 2$ হয় তাহলে ম্যাগনেটিক কোয়ান্টাম সংখ্যার মান কত হবে?
(ক) 0, ± 1 (খ) 0, ±1, ±2
(গ) 0, 1, 2 (ঘ) 0, ±1, ±2, ±3

৭। প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা n = 3 হলে–
i. সর্বাধিক ইলেকট্রন সংখ্যা 18
ii. $l = 0, 1, 2$
iii. m = 0, ±1, ±2
নিচের কোনটি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

পাঠ-১.৭ অরবিট ও অরবিটাল

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- অরবিট সম্পর্কে বর্ণনা করতে পারবেন।
- অরবিটাল ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- অরবিট ও অরবিটালের মধ্যে পার্থক্য নির্ধারণ করতে পারবেন।
- বিভিন্ন ধরনের অরবিটালের গঠন ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

মুখ্য শব্দ	অরবিট, অরবিটাল, উপকক্ষ, উপস্তর।

বিভিন্ন উপস্তর (Different Sub-Shells)

অরবিট : বোর পরমাণু মডেল অনুসারে পরমাণুর নিউক্লিয়াসের চারিদিকে কতকগুলো বৃত্তাকার কক্ষপথ আছে। এসব কক্ষপথকে 1, 2, 3, 4 ---- ইত্যাদি বা K, L, M, N দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে। এসব কক্ষপথে ইলেকট্রন আবর্তনের সময় শক্তি বর্জন বা গ্রহণ করে না। এ কক্ষপথগুলোকে **অরবিট** (orbit) বলে। প্রতিটি অরবিটে সর্বোচ্চ $2n^2$ সংখ্যক ইলেকট্রন থাকতে পারে।

অরবিটাল : বিজ্ঞানী সোমার ফিল্ডের মতে নিউক্লিয়াসের চারদিকে বৃত্তাকার কক্ষপথ বা অরবিটগুলো প্রকৃত অর্থে বৃত্তাকার না হয়ে উপবৃত্তাকার হয়ে থাকে। এ উপবৃত্তাকার কক্ষপথগুলো আবার দুই বা ততোধিক ভাগে বিভক্ত। এদেরকে **উপকক্ষপথ** (Sub-orbit) বলে। উপকক্ষপথগুলোকে সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা l দ্বারা সূচিত করা হয়।

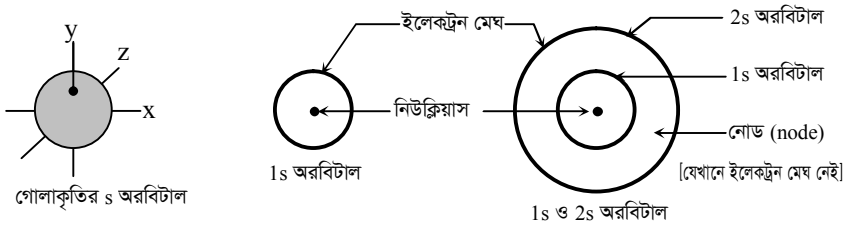
$l = 0$ হলে 's' অরবিটাল; $l = 1$ হলে 'p' অরবিটাল; $l = 2$ হলে 'd' অরবিটাল; $l = 3$ হলে 'f' অরবিটাল বোঝায়। উপকক্ষপথ বা সাব-অরবিটকে প্রকৃতপক্ষে অরবিটাল বলে। **অরবিটাল হলো নিউক্লিয়াসের চারদিকে ইলেকট্রন আবর্তনের সম্ভাব্য অঞ্চল অর্থাৎ যেখানে ইলেকট্রন প্রাপ্তির সম্ভাবনা 90–95%**। কোনো নির্দিষ্ট শক্তিস্তরের যে স্থানে ইলেকট্রন পাওয়ার সম্ভাবনা বেশি তা তরঙ্গ ফাংশন ψ^2 এর সাথে আনুপাতিক।

s উপস্তর বা অরবিটাল :

নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে কোনো নির্দিষ্ট দূরত্বের সর্বদিকেই যেকোনো প্রধান স্তরের, s অরবিটালে ইলেকট্রন থাকার সম্ভাবনা সর্বাধিক। এ কারণে s অরবিটালের আকৃতি গোলকের ন্যায়। ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব গোলকের পৃষ্ঠভাগে সর্বাধিক। আবার s অরবিটালের ক্ষেত্রে সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা $l = 0$, চৌম্বক কোয়ান্টাম সংখ্যা $m = 0$, তাই প্রতিটি s অরবিটাল একই আকৃতির হয়।

বিভিন্ন কক্ষে s অরবিটালের আকৃতি সুষম গোলাকার হলেও কিছু কিছু বিষয়ে তাদের মধ্যে বৈষম্য দেখা যায়–

(i) s অরবিটালের আকার ও আয়তন প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা n এর উপর নির্ভর করে। n এর মান যত বৃদ্ধি পায় S অরবিটালের আকার ও আয়তন তত বৃদ্ধি পায়।

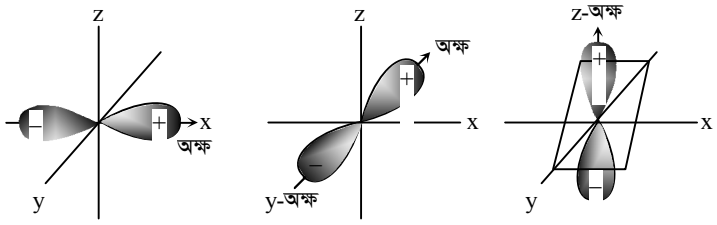


চিত্র-৭.১ : s অরবিটালের আকৃতি

(ii) প্রতিটি s অরবিটালে ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব, গোলকের মধ্যে নিউক্লিয়াসের নিকটে একইভাবে বিস্তৃত নয়। নিউক্লিয়াসের সবচেয়ে কাছের 1s অরবিটালে ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব সর্বাধিক। নিউক্লিয়াস থেকে দূরত্ব বাড়ার সাথে সাথে এ সম্ভাবনা ক্রমান্বয়ে কমতে থাকে। 2s অরবিটালের ক্ষেত্রে নিউক্লিয়াস থেকে কিছুটা দূরে ইলেকট্রন ঘনত্ব বৃদ্ধি পায়, পুনরায় যথেষ্ট পরিমাণে হ্রাস পায় এবং পুনরায় গোলকের পৃষ্ঠভাগে বৃদ্ধি পায়। যে মধ্যবর্তী স্থানে ইলেকট্রন ঘনত্ব সর্বাধিক হ্রাস পায় তাকে নোড (NODE) বলে। তাহলে 1s অরবিটালে কোনো নোড না থাকলেও 2s অরবিটালে একটি নোড বর্তমান। একইভাবে 3s অরবিটাল দুটি নোড বর্তমান। সাধারণত ns অরবিটালে $(n - 1)$ সংখ্যক নোড বর্তমান।

p উপস্তর :

দ্বিতীয় শক্তিস্তরে প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা $n = 2$, সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা $l = 0, 1$. যখন $l = 0$, তখন 2s উপস্তর এবং যখন $l = 1$ তখন 2p উপস্তর। p উপস্তর তিনটি p অরবিটাল নিয়ে গঠিত। p অরবিটাল সমশক্তি সম্পন্ন ডাম্বেল আকারের হয়। ডাম্বেলের দুই প্রান্তে পৃষ্ঠভাগেই ইলেকট্রনের ঘনত্ব সর্বাধিক। ডাম্বেলের দুটি অংশ যে বিন্দুতে এসে মিশেছে প্রকৃতপক্ষে সেখানেই নিউক্লিয়াসের অবস্থান। নিউক্লিয়াসের ভিতর দিয়ে একটি কল্পিত তল থাকে যেখানে p অরবিটালের ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব শূন্য। তাই এ অবস্থানে ইলেকট্রন থাকার সম্ভাবনা একেবারেই শূন্য। এ তলকে নোডাল তল (Nodal Plane) বলে। প্রকৃত অর্থে প্রতিটি p অরবিটালেই একটি করে নোডাল তল থাকে।

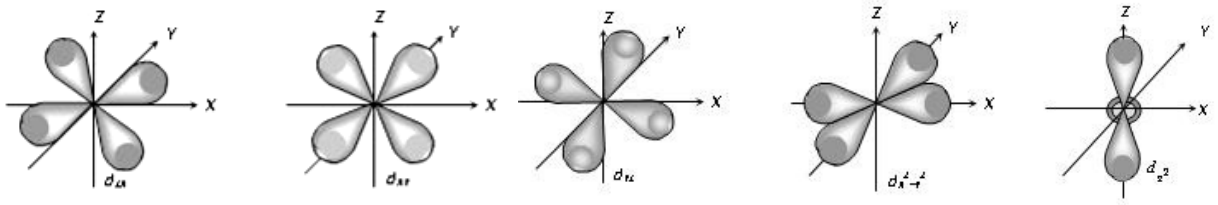


চিত্র-৭.২ : p অরবিটালের আকৃতি (ডাম্বেল আকৃতির)

p অরবিটালের ক্ষেত্রে সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা $l = 1$, চৌম্বক কোয়ান্টাম সংখ্যা $m = -1, 0, +1$. এ মান থেকে দেখা যায় p অরবিটাল তিন প্রকার যা সমশক্তিসম্পন্ন তিনটি উপস্তরে বিভক্ত। একে p_x, p_y ও p_z অরবিটাল বলে। এ p_x, p_y ও p_z অরবিটালগুলো ডাম্বেল আকারে পরমাণুর নিউক্লিয়াস থেকে x, y, z অক্ষ বরাবর নিউক্লিয়াসের উভয় পার্শ্বে প্রতিসমভাবে (Symmetrically) অবস্থান করে। p_x, p_y ও p_z অরবিটালের প্রত্যেকটি অন্য দুটির উপর লম্বভাবে অবস্থান করে। এ কারণে যেকোনো দুটি p অরবিটালের মধ্যে কৌণিক দূরত্ব 90°.

d উপস্তর :

যখন প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা $n = 3$, সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা $l = 0, 1, 2$ তখন শুধু $l = 2$ এ মানের জন্য $m = -2, -1, 0, +1, +2$ মান নির্দেশ করে যা d উপস্তর। প্রকৃত অর্থে M স্তর থেকেই সর্বপ্রথম d উপস্তর শুরু হয়। m এর মান থেকে দেখা যায় d উপস্তর পাঁচ প্রকার যা সমশক্তিসম্পন্ন পাঁচটি অরবিটালে বিভক্ত। এগুলো হলো d_{xy}, d_{yz}, d_{zx}, d_{z^2} ও $d_{x^2-y^2}$। নিচে চিত্রের মাধ্যমে d উপস্তরগুলো দেখানো হলো। d -অরবিটালের আকৃতি চারটি লোব বিশিষ্ট ডাবল ডাম্বেলের মতো।



চিত্র-৭.৩ : d_{xy}, d_{yz}, d_{zx}, d_{z^2} এবং $d_{x^2-y^2}$ অরবিটালসমূহ

১। অরবিট ও অরবিটালের মধ্যে সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্য–

সাদৃশ্য :

(১) নিউক্লিয়াসের চারদিকে আবর্তনশীল ইলেকট্রনের অবস্থানের সম্ভাবনাময় স্থান।

(২) উভয়ের মধ্যেই শক্তির ভিন্নতা থাকে।

(৩) উভয়েই নিউক্লিয়াসকে ঘিরে ইলেকট্রনের ঘূর্ণনরত অবস্থা, অবস্থান, শক্তি ও গতি প্রকাশ করে।

(৪) উভয় ক্ষেত্রেই গতিশীল ইলেকট্রনের পথের সুনির্দিষ্ট আকার বর্তমান।

বৈসাদৃশ্য :

অরবিট	অরবিটাল
(১) ইলেকট্রনকে কণা হিসাবে ধরে নিয়ে যে একমাত্রিক বা দ্বিমাত্রিক বৃত্তাকার বা উপবৃত্তাকার পথে উহা নিউক্লিয়াসের চারদিকে আবর্তন করে, সে পথই অরবিট।	(১) ইলেকট্রনকে তরঙ্গ হিসাবে ধরে নিয়ে নিউক্লিয়াসের চারিদিকে খুবই সামান্য বিস্তৃত ত্রিমাত্রিক অঞ্চলে কোনো বিশেষ মুহূর্তে এর অবস্থান ও প্রাপ্তির সম্ভাবনাময় স্থানকে অরবিটাল বলে।
(২) কোয়ান্টাম মতবাদের উপর ভিত্তি করে অরবিটের ধারণা প্রতিষ্ঠিত।	(২) তরঙ্গ বলবিদ্যা মডেলের উপর ভিত্তি করে অরবিটালের ধারণা প্রতিষ্ঠিত।
(৩) অরবিট কোনো শক্তিস্তরের ইলেকট্রনের দ্বিমাত্রিক অঞ্চলের অবস্থা নির্দেশ করে।	(৩) অরবিটাল কোনো শক্তিস্তরের ইলেকট্রনের ত্রিমাত্রিক অঞ্চলের অবস্থা নির্দেশ করে।
(৪) প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা n = 1, 2, 3, 4, 5 ইত্যাদি মান অনুযায়ী অরবিটগুলোকে যথাক্রমে K, L, M, N, O ইত্যাদি দিয়ে প্রকাশ করা হয়।	(৪) সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা l এর মান 0, 1, 2, 3 অনুযায়ী অরবিটালগুলোকে যথাক্রমে s, p, d, f দ্বারা প্রকাশ করা হয়।
(৫) K, L, M, N ইত্যাদি অরবিটালগুলোতে নির্দিষ্ট সংখ্যক ইলেকট্রন বর্তমান থাকে। এ সংখ্যা মান $2n^2$, এখানে n প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা।	(৫) প্রতিটি অরবিটালে সর্বাধিক দুটো ইলেকট্রন ধারণ করতে পারে।
(৬) অরবিট এর ধারণা অনুযায়ী নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে ইলেকট্রনের আবর্তন সুনির্দিষ্ট বৃত্তাকার পথে ঘটে। অর্থাৎ অরবিট বৃত্তাকার বা উপবৃত্তাকার।	(৬) অরবিটালের আকৃতি বিভিন্ন। যেমন– s অরবিটাল সুষম গোলাকার, p অরবিটাল অক্ষ বরাবর ডাম্বেলাকার, d অরবিটাল চারটি লোব বিশিষ্ট ডাবল ডাম্বেলের মতো।
(৭) অরবিট এর ধারণা হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তা নীতির পরিপন্থী।	(৭) অরবিটালের ধারণা হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তা নীতির সাথে সামঞ্জস্যপূর্ণ।
(৮) অরবিটে ইলেকট্রনের অবস্থান ও ভরবেগ নির্দিষ্ট।	(৮) অরবিটালে ইলেকট্রনের অবস্থান নির্দিষ্ট নয়। অরবিটাল নিউক্লিয়াসের চারদিকে স্বল্প বিস্তৃত ত্রিমাত্রিক অঞ্চলে ইলেকট্রনের অবস্থানের সম্ভাবনার সর্বাধিক অঞ্চলকে নির্দেশ করে।
(৯) একটি অরবিটে ইলেকট্রন ধারণ ক্ষমতা $2n^2$। এখানে n প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা।	(৯) একটি অরবিটালে দুটির বেশি ইলেকট্রন থাকতে পারে না।
(১০) অরবিটের কোনো দিক ধর্ম নেই।	(১০) s-অরবিটাল ভিন্ন অন্যান্য অরবিটালের দিক ধর্ম বর্তমান।
(১১) অরবিটের ধারণায় ইলেকট্রনকে কণা হিসেবে ধরা হয়।	(১১) অরবিটালের ধারণা ইলেকট্রনকে একই সাথে কণা ও তরঙ্গ হিসেবে গণনা করা হয়।

শিক্ষার্থীর কাজ

(i) N(7) পরমাণুর ৫ম, ৬ষ্ঠ ও ৭ম ইলেকট্রন যে অরবিটালে প্রবেশ করে তার চিত্র একে দেখান।

(ii) H(1), Li(3) ও Na(11) পরমাণুর ক্ষেত্রে সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরের অরবিটালটি একে দেখান।

(iii) s ও p-অরবিটালের মধ্যে তিনটি পার্থক্য নির্ধারণ করুন।

সার-সংক্ষেপ :

- **অরবিট :** এসব কক্ষপথে ইলেকট্রন আবর্তনের সময় শক্তি বর্জন বা গ্রহণ করে না। এ কক্ষপথগুলোকে **অরবিট** (orbit) বলে। প্রতিটি অরবিটে সর্বোচ্চ $2n^2$ সংখ্যক ইলেকট্রন থাকতে পারে।
- **অরবিটাল:** অরবিটাল হলো নিউক্লিয়াসের চারদিকে ইলেকট্রন আবর্তনের সম্ভাব্য অঞ্চল অর্থাৎ যেখানে ইলেকট্রন প্রাপ্তির সম্ভাবনা 90–95%।
- **s-অরবিটাল :** s-অরবিটালের আকৃতি গোলকের ন্যায়; যার কেন্দ্রে নিউক্লিয়াস অবস্থিত। s-অরবিটাল ত্রিমাত্রিকভাবে x-অক্ষ, y-অক্ষ ও z-অক্ষ বরাবর সমভাবে বিস্তৃত থাকে। প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা 'n' এর মান যত বড় হবে, s-অরবিটালের গোলকাকৃতিও তত বড় হয়।
- **p-অরবিটাল :** p অরবিটালসমূহের আকৃতি অনেকটা ডাম্বেলের (dumbel) ন্যায়। এরা একই আকৃতির এবং X, Y, Z অক্ষে পরস্পরের উপর লম্বভাবে অবস্থিত। p অরবিটালের উভয় লোবেই (lobe) ইলেকট্রন প্রাপ্তির সম্ভাবনা সমান। যেকোনো দুটি p-অরবিটালের মধ্যবর্তী কোণ 90°।
- **d অরবিটাল :** d অরবিটালের পাঁচটি সমশক্তিসম্পন্ন d-অরবিটাল আছে। এগুলো হলো d_{xy}, d_{yz}, d_{zx}, $d_{x^2-y^2}$ এবং d_{z^2}. d-অরবিটালের আকৃতি চারটি লোববিশিষ্ট ডাবল-ডাম্বেলের মতো। সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা $l = 2$ হলে $m = 0, \pm 1, \pm 2$ হবে। অর্থাৎ m এর পাঁচটি মানের জন্য 'd' অরবিটালের পাঁচ প্রকার ত্রিমাত্রিক বিন্যাস সম্ভব।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১.৭

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। কোন মতবাদের উপর ভিত্তি করে অরবিটের ধারণা প্রতিষ্ঠিত?
(ক) কণা তত্ত্ব (খ) তরঙ্গ তত্ত্ব
(গ) কোয়ান্টাম তত্ত্ব (ঘ) সবগুলোই

২। কোন অরবিটালের ইলেকট্রনের ঘনত্ব সর্বাধিক?
(ক) 1s (খ) 2s
(গ) 3s (ঘ) 2p

৩। পরমাণুর অরবিটালের ক্ষেত্রে উক্তিগুলো লক্ষ করুন :
i. সকল s-অরবিটালের ক্ষেত্রে $d = 0$ হয়
ii. যখন $l = 1$ তখন $m = -1, 0, +1$
iii. m এর প্রতিটি মানের ক্ষেত্রে $s = +\frac{1}{2}$ ও $-\frac{1}{2}$ হয়

নিচের কোনটি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

পাঠ-১.৮ পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস (Electron Configuration of Atoms)

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- আউফবাউনীতি ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- হুন্ডের নীতি প্রয়োগ করতে পারবেন।
- পাউলির বর্জন নীতি ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস করতে পারবেন।

মুখ্য শব্দ	আউফবাউনীতি, হুন্ডের নীতি, পাউলির বর্জন নীতি।

পাউলির বর্জন নীতি

Exclusion Principle of Pauli

কোয়ান্টাম বলবিদ্যা অনুসারে পরমাণুর বিভিন্ন অরবিটালে ইলেকট্রনসমূহ নির্দিষ্ট নিয়মে সজ্জিত থাকে। পরমাণুর বিভিন্ন অরবিটালে ইলেকট্রনের এরূপ সজ্জাকে পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস বলে। যেসব নিয়মে পরমাণুতে ইলেকট্রন সজ্জিত থাকে তা নিম্নরূপ :

১. পাউলির বর্জন নীতি (Pauli Exclusion Principle)
২. আউফবাউ নীতি (Aufbau Principle)
৩. হুন্ডের নিয়ম (Hund's Rule)

পাউলির বর্জন নীতি

(Pauli Exclusion Principle)

পরমাণুর বিভিন্ন অরবিটালে যখন ইলেকট্রন প্রবেশ করে তখন একটি অরবিটালে একই স্পিনবিশিষ্ট দুটি ইলেকট্রন প্রবেশ করতে পারে না। কারণ সমস্পিন বিশিষ্ট ইলেকট্রন পরস্পরকে বিকর্ষণ করে। তবে একই অরবিটালে দুটি ইলেকট্রন প্রবেশ করলে তাদের স্পিন অবশ্যই বিপরীত হবে। এটি পাউলির বর্জন নীতির ফলাফল যা বিজ্ঞানী পাউলি (W.Pauli) 1925 সালে প্রকাশ করেন।

পাউলির বর্জন নীতি নিম্নরূপ :

"একটি পরমাণুতে দুটি ইলেকট্রনের জন্য চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার মান কখনোই একই রূপ হতে পারে না।" (No two electrons can have the same set of four quantum numbers.)

দুটি ইলেকট্রনের জন্য n, l, m এর মান একই হলেও স্পিন কোয়ান্টাম সংখ্যার মান ভিন্ন ভিন্ন হবে। যেমন, হিলিয়াম (He) পরমাণুর 2টি ইলেকট্রনের 4টি কোয়ান্টাম সংখ্যার মান নিম্নরূপ :

১ম ইলেকট্রনের জন্য $n = 1,\quad l = 0,\quad m = 0,\quad s = +\frac{1}{2}$

২য় ইলেকট্রনের জন্য $n = 1,\quad l = 0,\quad m = 0,\quad s = -\frac{1}{2}$

অতএব, হিলিয়াম পরমাণুর ২টি ইলেকট্রন 1 নং কক্ষপথের 's' অরবিটালে অবস্থান করলেও দুটি $\bar{e}$ এর জন্য প্রথম তিনটি কোয়ান্টাম সংখ্যার মান একই হলেও ৪র্থ কোয়ান্টাম সংখ্যার মান ভিন্ন অর্থাৎ ১ম ইলেকট্রনের ঘূর্ণন ঘড়ির কাঁটার দিকে হলে ২য় ইলেকট্রনের ঘূর্ণনের দিক ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে হবে।

সারণি-৮.১ : পাউলির বর্জন নীতির প্রয়োগ

উপস্তর	n	l	m	s	e সংখ্যা
1s	1	0	0	$\pm\frac{1}{2}$	2
2p	2	1	–1, 0, +1	$3\left(\pm\frac{1}{2}\right)$	6
3d	3	2	– 2, – 1, 0, + 1, + 2	$5\left(\pm\frac{1}{2}\right)$	10
4f	4	3	– 3, – 2, – 1, 0, + 1, + 2, + 3	$7\left(\pm\frac{1}{2}\right)$	14

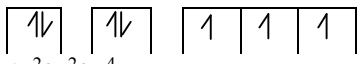
আউফবাউ নীতি
(Aufbau Principle)

'aufbau' হলো জার্মান শব্দ। এর অর্থ হলো উপরের দিকে তৈরি করা (building up)। সহজ ভাষায়, একটি ইটের উপর ইট যোগ করে ক্রমান্বয়ে নিচ থেকে উপরের দিকে যেভাবে একটি দেয়াল গঠিত হয় ঠিক একইভাবে পরমাণুতে নিউক্লিয়াসের সবচেয়ে কাছের অরবিটাল প্রথমে ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হবে এবং ইলেকট্রনের প্রাপ্যতা সাপেক্ষে পরবর্তীতে ২য় শক্তিস্তর, এরপর তৃতীয় শক্তিস্তর ইত্যাদি ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হবে। অর্থাৎ **"পরমাণুর নিম্নশক্তিস্তর প্রথমে এবং পর্যায়ক্রমে উচ্চশক্তিস্তর পরে ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ করার নিয়মকে আউফবাউ নীতি বলে"**। এটাকে $(n + l)$ নীতিও বলা হয়। হুন্ডের নিয়ম আলোচনার পর এটা ব্যাখ্যা করা হয়েছে।

হুন্ডের নিয়ম (Hund's Rule)
সমশক্তিসম্পন্ন অরবিটালে ইলেকট্রন প্রবেশ করার সময় প্রথমে একটি একটি করে প্রবেশ করবে এবং এদের স্পিন হবে একইমুখী। এভাবে সকল অরবিটালে একটি করে ইলেকট্রন প্রবেশ করার পর ইলেকট্রনের প্রাপ্যতা সাপেক্ষে পুনরায় আরও একটি করে অরবিটালে ইলেকট্রন প্রবেশ করবে। অবশ্য এ ক্ষেত্রে ইলেকট্রনের স্পিন হবে বিপরীতমুখী। সমশক্তিসম্পন্ন অরবিটাল বলতে তিনটি 'p' অরবিটাল, পাঁচটি 'd' অরবিটাল ও সাতটি 'f' অরবিটালকে বোঝানো হয়েছে। s-উপস্তরে একটি মাত্র orbital থাকায় এটি হুন্ডের নীতির জন্য প্রযোজ্য নয়।

হুন্ডের নিয়মানুযায়ী নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নে দেখানো হলো :

N(7) $\longrightarrow$ $1s^2 2s^2 2p^3$

$\longrightarrow$ 

O(8) $\longrightarrow$ $1s^2 2s^2 2p^4$

$\longrightarrow$

ইলেকট্রন যদি একমুখী স্পিন করে প্রবেশ করে তা হলে স্পিন যোগফল সর্বাধিক হয়। তখন একে হুন্ডের বহুত্ব বিধি বলে।

কোয়ান্টাম উপস্তরের শক্তিক্রম
দুটি অরবিটালের মধ্যে কোনোটির শক্তি কম আর কোনোটির শক্তি বেশি তা $(n + l)$ এর মান হিসাব করে নির্ণয় করা যায়। দুটি অরবিটালের মধ্যে $(n + l)$ এর মান যে অরবিটালের কম সে অরবিটাল নিম্নশক্তির এবং বেশি স্থিতিশীল। নিম্নশক্তির অরবিটালে প্রথমে ইলেকট্রন প্রবেশ করবে। উদাহরণস্বরূপ, 3d এবং 4s অরবিটালের শক্তি গণনা নিম্নরূপ :

4s অরবিটালের ক্ষেত্রে $n = 4; l = 0$

$\therefore (n + l) = 4 + 0 = 4$

আবার, 3d অরবিটালের ক্ষেত্রে, $n = 3, l = 2$

$\therefore (n + l) = 3 + 2 = 5$

যেহেতু 3d অরবিটালের শক্তি 4s অপেক্ষা বেশি সেহেতু ইলেকট্রন প্রথমে 4s অরবিটালে প্রবেশ করবে এবং 4s অরবিটাল পূর্ণ হলে 3d অরবিটালে প্রবেশ করবে। যেমন, K(19) এবং Ca(20) এর ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ :

K(19) $\longrightarrow$ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$

Ca(20) $\longrightarrow$ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$

আবার 2টি অরবিটালের $(n + l)$ এর মান সমান হলে, যে অরবিটালে 'n' এর মান কম সে অরবিটাল বেশি স্থিতিশীল এবং ইলেকট্রন সে অরবিটাল আগে পূরণ করবে। যেমন, 3d এবং 4p অরবিটাল। এদের শক্তির হিসাব নিম্নরূপ :

3d এর ক্ষেত্রে, $n = 3; d = 2$

$\therefore (n + l) = 3 + 2 = 5$

4p এর ক্ষেত্রে, $n = 4; p = 1$

$(n + l) = 4 + 1 = 5$

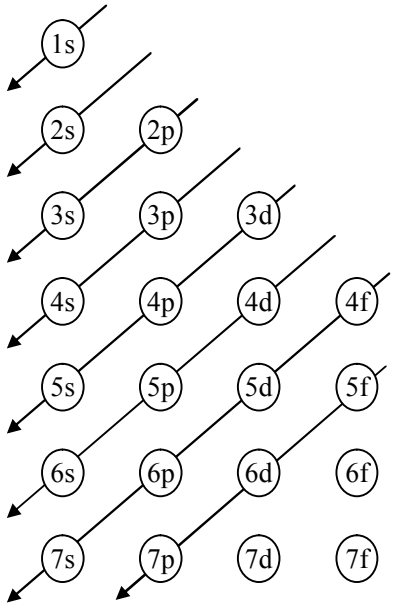
যেহেতু 3d অরবিটালের n এর মান $(n = 3)$ 4p অরবিটালের n এর মান $(n = 4)$ অপেক্ষা কম সেহেতু প্রথমে ইলেকট্রন কর্তৃক 3d অরবিটাল পূর্ণ হওয়ার পর 4p অরবিটাল পূর্ণ হবে। যেমন, Sc(21) এর 21-তম ইলেকট্রনটি 4p তে না গিয়ে 3d-তে প্রবেশ করে।

$Sc(21) \longrightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2$

বিভিন্ন অরবিটালের আপেক্ষিক শক্তির ক্রম নিম্নে দেখানো হলো :

$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s < 4d < 5p < 6s < 4f < 5d < 6p < 7s < 5f < 6d < 7p$

কোয়ান্টাম বলবিদ্যা এবং পারমাণবিক বর্ণালি বিশ্লেষণ করে গাণিতিকভাবে প্রাপ্ত বিভিন্ন অরবিটালের আপেক্ষিক শক্তির উচ্চ ক্রম চিত্রে প্রদর্শিত হলো :



চিত্র-৮.১ : শক্তিস্তরে ইলেকট্রন বিন্যাসের ধারাক্রম

সারণি-৮.২ : পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস

মৌল	পারমাণবিক সংখ্যা	ইলেকট্রন বিন্যাস	বক্স পদ্ধতিতে ইলেকট্রন বিন্যাস
Si	14	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$	↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑ ↑
P	15	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$	↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑ ↑ ↑
S	16	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$	↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑ ↑
Cl	17	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$	↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑
Ar	18	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$	↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓
Cr	24	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$	[Ar] ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑
Mn	25	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^2$	[Ar] ↑↓ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑
Fe	26	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$	[Ar] ↑↓ ↑↓ ↑ ↑ ↑
Co	27	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7 4s^2$	[Ar] ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑ ↑
Ni	28	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2$	[Ar] ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑
Cu	29	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$	[Ar] ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑

মৌল	পারমাণবিক সংখ্যা	ইলেকট্রন বিন্যাস	বক্স পদ্ধতিতে ইলেকট্রন বিন্যাস
Zn	30	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$	[Ar] ↿⇂ ↿⇂ ↿⇂ ↿⇂ ↿⇂

ইলেকট্রন বিন্যাস লেখার সময় অবশ্যই প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা n এর মান অনুসারে সাজাতে হয়। যেমন–

$_{33}As$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^3$ এভাবে নয়

$_{33}As$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^3$ এভাবে

পড়ার সময়- ওয়ান এস টু, 2s টু, 2p সিক্স ..... এভাবে উচ্চারণ করবে।

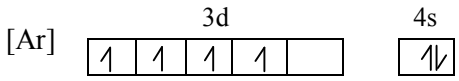
সাধারণ নিয়মের ব্যতিক্রম :

কিছু মৌলের ব্যতিক্রমধর্মী ইলেকট্রন বিন্যাস দেখা যায়। যেমন,

Cr (24) : [Ar] $4s^2 3d^4$ নয় [Ar] $3d^5 4s^1$

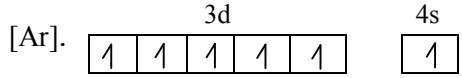
Cu(29) : [Ar] $4s^2 3d^9$ নয় [Ar] $3d^{10} 4s^1$

$_{24}Cr$ এর প্রত্যাশিত ইলেকট্রন বিন্যাস [Ar] $3d^4 4s^2$

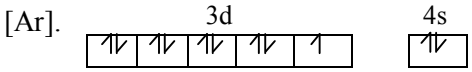


ক্রোমিয়ামের d-orbital সমশক্তির না হওয়ায় ক্রোমিয়ামের [Ar] $3d^4 4s^2$ ইলেকট্রন বিন্যাস টি স্থায়িত্ব পায় না। সেক্ষেত্রে 4s থেকে একটি ইলেকট্রন d-তে প্রবেশ করলে **d-orbital Half fill** হয় এবং স্থায়িত্ব পায়। অর্থাৎ

$_{24}Cr$ এর প্রকৃত ইলেকট্রন বিন্যাস [Ar] $3d^5 4s^1$

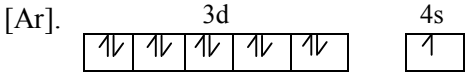


একইভাবে, $_{29}Cu$ এর প্রত্যাশিত ইলেকট্রন বিন্যাস [Ar] $3d^9 4s^2$



এখানে Cu-এ **d-orbital full fill** হতে একটি ইলেকট্রন কম হওয়ায় সমশক্তির হতে পারেনি। অর্থাৎ degeneracy হতে পারেনি। Degeneracy হওয়ার জন্য **full fill** হওয়া দরকার। এমতাবস্থায় 4s থেকে একটি ইলেকট্রন 3d-তে প্রবেশ করে **full fill** হয় এবং স্থায়িত্ব অর্জন করে। তাই–

$_{29}Cu$ এর প্রকৃত ইলেকট্রন বিন্যাস হবে [Ar] $3d^{10} 4s^1$



শিক্ষার্থীর কাজ	(i) O(8) পরমাণুর ক্ষেত্রে হুন্ডের নীতির প্রয়োগ দেখান। (ii) P(15) পরমাণুর ক্ষেত্রে হুন্ডের নীতির প্রয়োগ দেখান। (iii) K(19) পরমাণুর ১৯তম ইলেকট্রনটি 3d উপস্তরে প্রবেশ না করে 4s উপস্তরে প্রবেশ করে কেন ব্যাখ্যা করুন।

সার-সংক্ষেপ :

- **আউফবাউ নীতি :** পরমাণুতে ইলেকট্রন কীভাবে প্রবেশ করবে সে সম্পর্কে যে নীতি রয়েছে তাকে আউফবাউ নীতি বলে। এ নীতি অনুযায়ী ইলেকট্রনসমূহ বিভিন্ন শক্তিস্তর দখল করার সময় প্রথমে সবচেয়ে কম শক্তিসম্পন্ন স্তর পূর্ণ করবে। এর পর পরবর্তী উচ্চতর শক্তিস্তরে ইলেকট্রন ক্রমান্বয়ে প্রবেশ করবে।
- **পাউলির বর্জন নীতি :** এ নীতিটি হলো "একটি পরমাণুতে দুটি ইলেকট্রনের জন্য চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার মান কখনোই এক রূপ হতে পারে না।"
- **হুন্ডের নীতি :** সমশক্তিসম্পন্ন অরবিটালে ইলেকট্রন প্রবেশের ক্ষেত্রে বিজ্ঞানী হুন্ডের (Hund) নীতিটি হলো "একই শক্তিসম্পন্ন অরবিটালে ইলেকট্রনসমূহ এমনভাবে প্রবেশ করবে যেন ইলেকট্রনগুলো সর্বাধিক পরিমাণে অযুগ্ম অবস্থায় একমুখী স্পিনে থাকতে পারে।"

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১.৮

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। K(19) এর 19-তম ইলেকট্রন 3d অরবিটালে না গিয়ে অরবিটালে গমন করে কোন নীতি অনুযায়ী?
(ক) হুন্ডের নীতি (খ) আউফবাউ নীতি
(গ) পলির বর্জন নীতি (ঘ) সাইজেফ নীতি

২। Fe^{2+} আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস কোনটি হবে?
(ক) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6$ (খ) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$
(গ) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$ (ঘ) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^0$

৩। হুণ্ডের নিয়মে একই শক্তিসম্পন্ন বিভিন্ন অরবিটাল বলতে বুঝায়–
(ক) p অরবিটাল ও d অরবিটাল (খ) d অরবিটাল ও f অরবিটাল
(গ) 7টি ও f অরবিটাল (ঘ) s, p, d অরবিটাল

৪। পলির বর্জন নীতি অনুসারে, s ও p উপশক্তি স্তরে সর্বাধিক ইলেকট্রন সংখ্যা–
(ক) 2, 4 (খ) 4, 6 (গ) 2, 6 (ঘ) 2, 8

৫। পলির বর্জন নীতি কয়টি কোয়ান্টাম সংখ্যার উপর ভিত্তি করে প্রতিষ্ঠিত?
(ক) 1টি (খ) 2টি (গ) 3টি (ঘ) 4টি

৬। সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা $l = 3$ হলে $m = ?$
(ক) $0, \pm1, \pm2, \pm3$ (খ) $0, \pm1, \pm2$
(গ) $\pm1, \pm2, \pm3$ (ঘ) 0, 1, 2, 3

৭। দুই বা ততোধিক অরবিটালের মধ্যে শক্তির তারতম্য পরিমাণ করা হয়–
(ক) $(n + l)$ দ্বারা (খ) $(n - l)$ দ্বারা
(গ) $(m + l)$ দ্বারা (ঘ) $(l + m)$ দ্বারা

পাঠ-১.৯ UV ও IR রশ্মির ব্যবহার এবং MRI পরীক্ষা

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- UV রশ্মি ও রশ্মির ব্যবহার বর্ণনা করতে পারবেন।
- IR রশ্মি ও রশ্মির ব্যবহার বর্ণনা করতে পারবেন।
- জালটাকা, নকল পাসপোর্ট শনাক্ত করতে পারবেন।
- রোগ নির্ণয়ে MRI পরীক্ষার গুরুত্ব ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

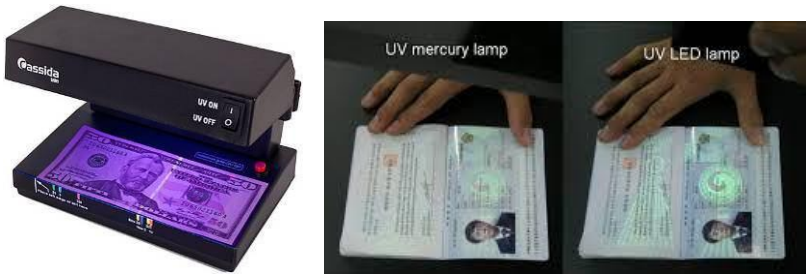
মুখ্য শব্দ	UV রশ্মি, IR রশ্মি, MRI

জাল পাসপোর্ট/টাকা শনাক্তকরণে UV রশ্মির ব্যবহার

Use of UV radiation to detect false Passport and Money

বিগত শতাব্দী ধরে প্রযুক্তির উন্নয়নের ফলে টাকা তৈরির নিরাপত্তা অপেক্ষাকৃত সুনিশ্চিত হওয়ার ফলে জাল নোট তৈরিকারকদের জন্য টাকা তৈরি করা ক্রমেই দুরূহ হয়ে পড়ছে। জাল নোট তৈরিতে বাধা প্রদান করার একটা পদ্ধতি হচ্ছে UV ফ্লুরোসেন্ট বস্তু টাকা প্রস্তুতকারী কাগজে সংযোজন করা। জাল নোট শনাক্তকারী UV মেশিনে সাধারণত টাকার কাগজের বিশেষ কালি নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যে দৃষ্টিগোচর হয়।

একটি জাতির প্রচলিত মুদ্রা UV নিরাপত্তা বৈশিষ্ট্য কৃতকার্যতার সাথে প্রয়োগ একটি দুই স্তরবিশিষ্ট পদ্ধতি। প্রথম ধাপ হচ্ছে কাগজের নোটে অতিবেগুনি (ultraviolet) কালি প্রয়োগ। UV ফ্লুরোসেন্ট ফসফরাসযুক্ত নোট যখন UV রশ্মিতে স্থাপন করা হয় তখন এটি বিক্রিয়া দেখায় যা সাধারণ আলোয় দেখা যায় না। যখন UV রশ্মিতে অনাবৃত করা হয় তখন UV কালির পরিবর্তন সংঘটিত করে এবং বিশেষ নিরাপত্তা চিহ্নগুলো মানুষের চোখে দৃশ্যমান হয়। এর অর্থ হচ্ছে সাধারণ আলোতে UV কালি দ্বারা ছাপাকৃত নিরাপত্তা নকশা প্রতীয়মান হয় না। UV আলো প্রয়োগ করলে এ পরিবর্তন পরিষ্কারভাবে দৃশ্যমান হয়, যা ফ্লুরোসেন্ট আলো সৃষ্টি করে।



(ক) (খ)

চিত্র ৯.১: UV রশ্মির ব্যবহার

উল্লেখ্য যে, কাগজের মুদ্রা ছাড়া এই UV কালি পাসপোর্ট, ক্রেডিট কার্ড, ট্রাভেলারস চেক, সোসাল সিকিউরিটি কার্ড ইত্যাদিতে ব্যবহার করে একইভাবে জাল প্রতিরোধ করা যায়।

চিকিৎসা ক্ষেত্রে IR রশ্মির ব্যবহার

Use of IR radiation in The Field of Medical Science

অবলোহিত প্রযুক্তি (infrared technology) চিকিৎসা ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়। অবলোহিত আলোর কারণে যে তাপ তৈরি হয় তা আলসারের চিকিৎসায় ব্যবহৃত হয়। অবলোহিত ডিভাইসের সাহায্যে ক্ষতপূরণে এবং মাংসপেশিতে গরমজনিত ক্ষতের চিকিৎসাতেও ব্যবহার করা হয়। অধিকন্তু, থারমোগ্রাফির জন্য যে যন্ত্রের নকশা করা হয়েছে তার সাহায্যে মানুষের শরীরে অনাচ্ছাদিত অভ্যন্তরীণ টিস্যু যা জীবনের জন্য হুমকিস্বরূপ সেখানে অবলোহিত রশ্মি পাঠানো সম্ভব।

বৈশিষ্ট্য : অবলোহিত রশ্মি একটি তড়িচ্চুম্বকীয় বিকিরণ যার তরঙ্গদৈর্ঘ্য দৃশ্যমান আলোর তুলনায় দীর্ঘ, কিন্তু রেডিও তরঙ্গের তুলনায় ছোট। খালি চোখে এটি দৃশ্যমান নয় কিন্তু এর তাপের প্রভাব অনুভব করা যায়। যেকোনো ধরনের বিকিরণ আমরা তাপ হিসেবে অনুধাবন করি এবং এ তাপ সূর্য, আগুন অথবা বাল্বের আলো হতে অবলোহিত রশ্মির সাহায্যে বিচ্ছুরিত হয়। মানব শরীরে চামড়ার পৃষ্ঠতলে ২–৩ সেন্টিমিটার গভীর করে ভেদ করতে পারে। এ রশ্মির একটি বিশেষ পার্থক্যের লক্ষণ হচ্ছে যে, সৌর বিকিরণের ক্ষতিকর প্রভাব ব্যতিরেকে সূর্যের সাধারণ রশ্মির সব সুবিধা রয়েছে।

ব্যবহার : অবলোহিত রশ্মি ছোটখাটো সমস্যা যেমন– ব্রণ এবং মারাত্মক অসুখ, যেমন– ক্রোনিক আর্থারাইটিক ব্যথা বা উচ্চ রক্তচাপের চিকিৎসায় ব্যবহার করা হয়। কিছু গুরুত্বপূর্ণ ব্যবহার নিম্নে প্রদত্ত হলো :

(১) ব্রণ হতে আরোগ্য লাভ : যখন অবলোহিত রশ্মি ব্রণের চিকিৎসায় ব্যবহার করা হয়, ত্বকের কোষের ATP (এডিনোসাইন ট্রাইফসফেট, একটি অণু যা রাসায়নিক শক্তি পরিপাক প্রক্রিয়াকরণে কোষের মধ্যে স্থানান্তরিত হয়) ত্বকের ছিদ্রের মধ্যে উপস্থিত জীবাণুগুলোকে নষ্ট করার জন্য ত্বরান্বিত হয় এবং ব্রণ ভালো হয়ে যায়।

(২) স্থায়ী ব্যথা লাঘব : আর্থারাইটিসের ফলে প্রাপ্ত ব্যথা, ঘাড়ে ব্যথা অথবা মাংসপেশি শক্ত হয়ে যাওয়ার চিকিৎসা এই থেরাপির সাহায্যে করা হয়। ব্যথার জায়গায় যখন এটি প্রবেশ করানো হয় তখন শক্ত পেশি নরম হয়ে যায় এবং সেই সাথে ব্যথা উপশম হয়।

(৩) খেলাধুলার ফলে প্রাপ্ত ক্ষতের উপশম : ক্রীড়াবিদদের শিরার কোষে ক্ষত বা মোচড়ানোর ফলে বিরামহীন ব্যথা হয়, আঘাতপ্রাপ্ত স্থানে ক্ষত হয় বা ফুলে যায়। এই রশ্মি শিরার নিকটবর্তী অংশে ব্যথা উপশম করে এবং পিটুইটারি গ্লান্ডকে (gland) উত্তেজিত করে যা শরীর হতে এনডরফিন (endorphins) নির্গত করে। এনডরফিন সাধারণভাবে প্রাকৃতিক ব্যথা নিরাময়ে কাজ করে। এনডরফিন নির্গমনের ফলে স্বাভাবিকভাবে ব্যথা দূর করে।

(৪) ডায়াবেটিক ক্ষত পূরণ : ডায়াবেটিক রোগীর রক্তে নাইট্রিক অক্সাইডের মাত্রা কম থাকে। এর কারণ তাদের ইনসুলিন নির্ভরশীল রক্ত পাত্র (blood vessel) নাইট্রিক অক্সাইডে অপেক্ষাকৃত কম সংবেদনশীল হয়। এজন্য বাইরের আঘাতের কারণে তাদের ক্ষত পূরণ হতে দীর্ঘ সময় লাগে। অবলোহিত রশ্মি নাইট্রিক অক্সাইডের নির্গমন ত্বরান্বিত করে। ফলে রক্ত প্রবাহের উন্নতি ঘটে। রক্ত সঞ্চালন বৃদ্ধির কারণে ক্ষত তাড়াতাড়ি পূরণ হয় বা ভালো হয়ে যায়।

(৫) উচ্চ রক্তচাপ কমিয়ে আনা : উচ্চ রক্তচাপের ফলে হার্ট অ্যাটাক এবং স্ট্রোক হতে পারে এবং মানুষের জীবন মৃত্যু ঝুঁকির দিকে যায়। যখন কোনো ব্যক্তি উচ্চ রক্তচাপে ভোগে তখন সমস্ত শরীরে ঠিকভাবে রক্ত সরবরাহের জন্য হার্টকে অতিরিক্ত কাজ করতে হয়। অবলোহিত রশ্মি প্রয়োগের ফলে শরীরে রক্ত সঞ্চালন বৃদ্ধি পায়। ফলে রক্তকে পাম্প করার জন্য হার্টকে অতিরিক্ত চাপ নিতে হয় না। ফলে রক্তচাপ কমে যায়।

চিত্র : ৯.২: IR থার্মোগ্রাফী

পার্শ্ব প্রতিক্রিয়া : একজন অভিজ্ঞ ডাক্তারের তত্ত্বাবধানে চিকিৎসা করলে এই থেরাপিকে সবচেয়ে নিরাপদ বিবেচনা করা হয়। এ পর্যন্ত গবেষকরা এই চিকিৎসায় বড় ধরনের কোনো পার্শ্ব প্রতিক্রিয়া দেখতে পাননি। এই রশ্মির সাহায্যে চিকিৎসাধীন রোগীর কিছু কিছু পার্শ্ব প্রতিক্রিয়া দেখা যায়। যেমন– দুশ্চিন্তা, অবসাদ, উন্মত্ততা ইত্যাদি। এ ধরনের মেজাজের পরিবর্তন সহজেই নিয়ন্ত্রণযোগ্য।
সতর্কতা : ইতোমধ্যে আমরা জেনেছি যে, এ চিকিৎসায় বড় ধরনের কোনো পার্শ্ব প্রতিক্রিয়া নেই। যাহোক অবলোহিত রশ্মি কোনো রোগীকে দেওয়ার পূর্বে তার শারীরিক অবস্থা পরীক্ষা করা দরকার। কিছু কিছু শারীরিক অবস্থায় এ চিকিৎসা করা কঠোরভাবে নিষেধ আছে।

(১) যদি রোগীর চক্ষু ফটো বিষক্রিয়ায় (photo toxicity) সংবেদনশীল হয়।

(২) যদি কোনো রোগীর অতীত ইতিহাসে মেজাজের বিশৃঙ্খলতা থাকে, যেমন– উন্মত্ততা (mania)।
(৩) রোগীর ত্বক যদি ফটো সংবেদনশীল হয়।
(৪) রোগী যদি ফটো সংবেদনশীল ঔষধ গ্রহণ করে।
(৫) রোগী যদি জন্মসূত্রে কোনো ধরনের বিশৃঙ্খলা (disorder), যেমন– পরফিরিয়ায় আক্রান্ত হয়।

রোগ নির্ণয়ে MRI পরীক্ষার মূলনীতি

Principle of MRI to detect diseases

মানব শরীরের নরম কলার (soft tissue) উন্নত মানের প্রতিচ্ছবি (image) গঠন করে রোগ নির্ণয়ের জন্য মূলত চৌম্বক অনুরণন প্রতিচ্ছবি ম্যাগনেটিক রেজোন্যান্স ইমেজিং (Magnetic Resonance Imaging-MRI) কৌশলটি ব্যবহার করা হয়। কৌশলটি NMR, বিশেষ করে প্রোটন (^1H) NMR, এর মূলনীতির উপর ভিত্তি করে প্রতিষ্ঠিত। হাইড্রোজেন নিউক্লিয়াস বা প্রোটন নরম কলার অন্যতম উপাদান যা NMR সংকেত প্রদান করে। প্রথমত, মানব শরীরকে শায়িত অবস্থায় একটি শক্তিশালী চৌম্বক ক্ষেত্রের (১-৩ টেসলা) মধ্যে প্রবিষ্ট করানো হয়। বাহ্যিক চৌম্বক ক্ষেত্রের অনুপস্থিতিতে প্রোটনগুলোর স্পিন এলোমেলোভাবে (randomly) বিন্যস্ত থাকে। বাহ্যিক চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রভাবে স্পিনগুলো দুটি শক্তিস্তরে বিভক্ত হয়। স্পিনগুলোর এই বিভাজনকে চৌম্বকীকরণ (magnetization) বলে। চৌম্বক ক্ষেত্রের দিকের সাথে সমান্তরালভাবে অবস্থিত স্পিনগুলো নিম্ন শক্তিস্তরে, অপরপক্ষে চৌম্বক ক্ষেত্রের বিপরীতমুখী অবস্থিত স্পিনগুলো উচ্চ শক্তিস্তরে অবস্থান করে। স্পিন শক্তিস্তরদ্বয়ের মধ্যে পার্থক্য প্রয়োগকৃত চৌম্বক ক্ষেত্রের মানের সাথে সরাসরি সম্পর্কিত। স্পিনগুলোর শক্তিস্তরে বিভাজন ছাড়াও তারা প্রয়োগকৃত চৌম্বক ক্ষেত্রের মানের সাথে সামঞ্জস্য রেখে একটি নির্দিষ্ট ফ্রিকোয়েন্সিতে স্পিন অক্ষের সাপেক্ষে আবর্তিত হতে থাকে যাকে **লারমোর (Larmour) ফ্রিকোয়েন্সি বলে**। এখন রোগীর যে অংশের প্রতিচ্ছবি উৎপন্ন করতে হবে সেটিকে কতকগুলো ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অংশে বিভক্ত (Slice) করা হয়। এমতাবস্থায়, উক্ত খণ্ডিতাংশের উপর বিভিন্ন দিক হতে চৌম্বক ক্ষেত্রের দিকের সাথে লম্বালম্বিভাবে (perpendicularly) লারমোর ফ্রিকোয়েন্সির সমান রেডিও ফ্রিকোয়েন্সির (radio frequency-RF) বিকিরণ প্রয়োগ করা হয়। ফলে নিম্ন শক্তিস্তরের স্পিনগুলো RF হতে শক্তি শোষণ করে উচ্চ শক্তিস্তরে উন্নীত হয়। এ অবস্থাকে স্পিন অনুরণন (resonance) বলে। উচ্চ শক্তিস্তরে অবস্থিত স্পিনগুলো বিভিন্নভাবে RF বিকিরণ নির্গত করে নিম্ন শক্তিস্তরে গমন করে বা সাম্যাবস্থায় ফিরে আসে। এ অবস্থাকে **স্পিন রিল্যাক্সেশন (relaxation) বলে** এবং যে সময়ের মধ্যে এ ঘটনা ঘটে তাকে **রিল্যাক্সেশন সময় (relaxation time)** বলে।

চিত্র-৯.৩

যেহেতু বিভিন্ন পরিবেশে বা অবস্থায় প্রোটনগুলো বিভিন্ন পরিসরের RF বিকিরণ নির্গত করে, কাজেই কম্পিউটার ও ফোরিয়ার রূপান্তর (Fourier Transform) এর সাহায্যে প্রতিটি ফ্রিকোয়েন্সিকে আলাদাভাবে শনাক্ত করা হয় ও সংকেতরূপে রেকর্ড করা হয়। এভাবে একটি নমুনার অসংখ্য খণ্ডিতাংশের সংকেত এর সমন্বয় ঘটিয়ে নমুনার 2D বা 3D প্রতিচ্ছবি উৎপন্ন করা সম্ভব। রিল্যাক্সেশন সময় ও স্পিন ঘনত্ব (spin density) এর মান কোনো নির্দিষ্ট টিস্যুর একটি বৈশিষ্ট্যপূর্ণ ধর্ম যা সংকেত রূপে গ্রহণ করে নমুনার প্রকৃত প্রতিচ্ছবি উৎপন্ন করা হয়। সাধারণত টিউমারের ক্ষেত্রে উক্ত মানগুলো সাধারণ টিস্যুর তুলনায় অনেক বেশি পর্যবেক্ষিত হয়।

সার-সংক্ষেপ :

- **অতিবেগুনি রশ্মি (UV) :** অতিবেগুনি রিশ্মি অঞ্চলটি 10 nm থেকে 380 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্য পর্যন্ত বিস্তৃত। এ দীর্ঘ পরিসরের তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের কারণে বিজ্ঞানের বিভিন্ন শাখায় ও ব্যবহারিক ক্ষেত্রে এর ব্যবহারও ব্যাপক।
- **অবলোহিত রশ্মি (IR) :** 780 nm থেকে 2×10^6 nm তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের রশ্মিই অবলোহিত রশ্মি। এর শক্তি দৃশ্যমান বিকিরণের চেয়ে কম এবং এ মান $1.72 \times 10^5 - 2.0 \times 10^2$ J.mol^{-1}। IR রশ্মির শক্তি দৃশ্যমান লাল আলোর চেয়ে কম কিন্তু তরঙ্গ দৈর্ঘ্য লাল আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের চেয়ে বেশি।
- **UV-fluorescent ink : UV**-রশ্মি শনাক্তযোগ্য যে অদৃশ্য বিশেষ কালি ব্যবহৃত হয়, তাকে **UV**-ফ্লোরেসেন্ট কালি বলা হয়। ঐ অদৃশ্য কালিটি **UV**-রশ্মির সংস্পর্শে নির্দিষ্ট বর্ণের দৃশ্যমান আলো ফুটিয়ে তোলে।
- **MRI পরীক্ষা :** MRI মেশিনে চুম্বক ক্ষেত্র ও রেডিও তরঙ্গ শক্তির প্রভাবে মানব দেহের MRI পরমাণু (^{1}H) বিভিন্ন অর্গানের ডিজিটাল ছবি কম্পিউটারের পর্দায় ফুটিয়ে তোলে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১.৯

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। UV রশ্মির তীব্রতা শতকরা কত ভাগ?
(ক) 100 ভাগ (খ) 98 ভাগ
(গ) 99.98 ভাগ (ঘ) 99 ভাগ

২। কত দৈর্ঘ্যের তরঙ্গ ফিজিও থেরাপীতে ব্যবহৃত হয়?
(ক) 750 – 1400 nm (খ) 8000 – 12000 nm
(গ) 3000 – 8000 nm (ঘ) 1400 nm

৩। মাংস পেশির টিউমার নির্ণয়ে কোন রশ্মি ব্যবহার করা হয়?
(ক) মহাজাগতিক রশ্মি (খ) রঞ্জন রশ্মি
(গ) IR রশ্মি (ঘ) অতিবেগুনি রশ্মি

৪। সূর্যের কড়া রোদে কোনটির পরিমাণ বেশি থাকে?
(ক) UV (খ) NIR
(গ) FIR (ঘ) MIR

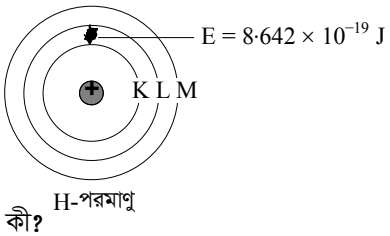
৫। আবেগপ্রবণ টিসু ও সাধারণ টিস্যুর মধ্যে পার্থক্য নির্ণয় করতে পারে–
(ক) FIR (খ) NIR
(গ) MRI (ঘ) MIR

৬। IR রশ্মির ক্ষেত্রে–
i. মানুষের শরীর 3–50 মাইক্রন IR শোষণ করে
ii. 9.4 মাইক্রো IR সকল জীবের জন্য স্বাস্থ্যকর
iii. মানুষের শরীর থেকে প্রতিনিয়ত FIR নিঃসরিত হচ্ছে
নিচের কোনটি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৭। MRI এর ক্ষেত্রে–
i. মানুষ MRI করাতে ভয় পায়
ii. আগের নাম NMR
iii. MRI এ পারমাণবিক বিকিরণ শক্তির কোনো প্রয়োগ নেই
নিচের কোনটি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

চূড়ান্ত মূল্যায়ন

সৃজনশীল প্রশ্ন-১



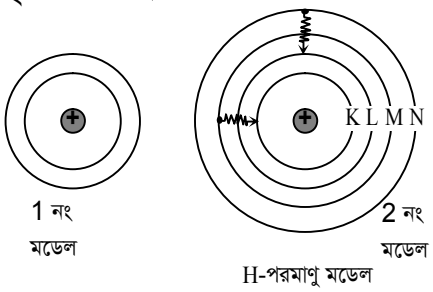
ক. কোয়ান্টাম সংখ্যা কী? ১

খ. p উপস্তরে সর্বোচ্চ ছয়টি ইলেকট্রন থাকা সম্ভব কেন? ২

গ. ঘূর্ণায়মান e এর শক্তিস্তর সম্পূর্ণ বর্ণনা করতে যতগুলো রাশির প্রয়োজন হয়, তাদের তাৎপর্য ব্যাখ্যা করুন। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বিকিরণটির তরঙ্গদৈর্ঘ্য বের করে জাল টাকা শনাক্তকরণে বিকিরণটির ভূমিকা বিশ্লেষণ করুন। ৪

সৃজনশীল প্রশ্ন-২



ক. হুন্ডের নিয়ম কী? ১

খ. 2d এবং 3f উপস্তরের অস্তিত্ব নেই কেন? ২

গ. উদ্দীপকের ১ নং মডেলটি যে পরমাণু মডেল নির্দেশ করে তার স্বীকার্য ব্যাখ্যা করুন। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ২ নং মডেলের H পরমাণুর ২টি বর্ণালির তুলনামূলক বিশ্লেষণ করুন। ৪

সৃজনশীল প্রশ্ন-৩

ক. অরবিটাল কী? ১

খ. স্থির কক্ষপথে থাকা অবস্থায় ইলেকট্রন স্থির অবস্থায় থাকে কি? ২

গ. M স্তরে বিভিন্ন কোয়ান্টাম সংখ্যার মান নির্ণয় করে উপস্তরগুলোকে চিহ্নিত কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ইলেকট্রনটি L স্তরে ধাপান্তরিত হলে দৃশ্যমান তরঙ্গদৈর্ঘ্যের বর্ণালি সৃষ্টি হয়– বিশ্লেষণ কর। ৪

উত্তরমালা

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১.১ :	১। ক	২। ক	৩। ক	৪। ক	৫। ঘ	৬। ঘ	৭। খ
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১.২ :	১। ক	২। খ	৩। খ	৪। খ	৫। খ	৬। ঘ	৭। গ
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১.৩ :	১। ক	২। ক	৩। খ	৪। ক	৫। গ	৬। ক	
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১.৪ :	১। ক	২। ঘ	৩। খ				
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১.৫ :	১। ঘ	২। খ	৩। ঘ	৪। খ	৫। গ	৬। ঘ	
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১.৬ :	১। গ	২। ঘ	৩। গ	৪। ঘ	৫। ক	৬। ঘ	৭। ঘ
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১.৭ :	১। গ	২। ক	৩। ঘ				
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১.৮ :	১। খ	২। ক	৩। গ	৪। গ	৫। ঘ	৬। ক	৭। খ
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১.৯ :	১। ক	২। খ	৩। গ	৪। ক	৫। গ	৬। ঘ	৭। ঘ