



ইলেকট্রন ও ফোটন

ভূমিকা

একটি প্লাস্টিকের সরু দণ্ডকে পশুলোম (fur) দ্বারা ঘষলে দেখা যায় প্লাস্টিকের লাঠি ঋণাত্মক আধানপ্রাপ্ত হয়। উনিশ শতকের আগে এই ঋণাত্মক আধান সম্পর্কে কোন পরিষ্কার ধারণা ছিল না। উনিশ শতকের শেষদিকে জানা যায় যে ঋণাত্মক আধানটি অতি ক্ষুদ্র কণা বিশেষ, এর নাম দেয়া হয় ইলেকট্রন। বিজ্ঞানী জে. জে থমসন (J.J. Thomson) ১৮৯৭ সালে ইলেকট্রন আবিষ্কার করেন। ১৯১৩ সালে ডেনমার্কের বিজ্ঞানী নীলস বোর এই ধারণা দেন যে পরমাণুর কেন্দ্রে নিউক্লিয়াস (Nucleus) যা ধনাত্মক আধানযুক্ত এবং নিউক্লিয়াসের চর্তুদিকে বিভিন্ন কক্ষপথে ইলেকট্রন ঘূর্ণায়মান। ইলেকট্রনের ভর 9.11×10^{-31} কেজি এবং আধান 1.60×10^{-19} কুলম্ব। ইলেকট্রনকে একটি মৌলিক বস্তুকণা ধরা হয়।

ফোটন আরও একটি বস্তুকণা যার কোন ভর বা আধান নেই। সূর্য থেকে সৌরশক্তি ফোটনের মাধ্যমে সঞ্চারিত হয়ে পৃথিবীতে আসে। আলোক ইউনিট ১১ তে তরঙ্গ হিসেবে গণ্য করা হয়েছে। আলোকে বস্তুকণা হিসেবেও গণ্য করা হয় এবং এ বস্তুকণার নাম ফোটন। প্রকৃতপক্ষে আলোকে একটি মুদ্রার সাথে তুলনা করা যায়। মুদ্রার দুটি পিঠ থাকে কিন্তু দুটি পিঠ একসাথে দেখা যায় না। প্রকৃতপক্ষে আলোর বিশেষত্ব হলো এটি একাধারে তরঙ্গ (wave) এবং ক্ষুদ্র বস্তুকণা (Particle) ফোটন। তবে একই প্রক্রিয়ায় (Phenomenon) আলোর উভয় বিশেষত্বকে প্রত্যক্ষ করা যায় না। এ ইউনিটে আমরা আলোকে ফোটন হিসেবে গণ্য করব।



নিম্নচাপে গ্যাসে বিদ্যুত পরিবহন, প্লাজমা অবস্থা, রঞ্জনরশ্মির উপাদান, বৈশিষ্ট্য ও ব্যবহার



উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- নিম্নচাপে গ্যাসে বিদ্যুত পরিবহন প্রক্রিয়া জানতে পারবেন।
- প্লাজমা অবস্থা কাকে বলে জানতে পারবেন।
- ক্যাথোড রশ্মি সম্পর্কে জানতে পারবেন।
- রঞ্জন রশ্মির উপাদানসমূহ জানতে পারবেন।
- রঞ্জন রশ্মির ব্যবহার সম্পর্কে জানতে পারবেন।

১২.১.১ : নিম্নচাপে গ্যাসে বিদ্যুৎ পরিবহন (Flow of electricity in gases under low pressure); স্বাভাবিক চাপ ও তাপমাত্রায় গ্যাস তড়িৎ পরিবাহক নহে। তবে নিম্নচাপে গ্যাসে বিদ্যুৎ পরিবহন একটি জটিল কিন্তু অত্যন্ত পরিচিত ঘটনা। যেমন আমরা বাণিজ্যিক প্রতিষ্ঠানের সাইনবোর্ড রাড্রিবেলা জ্বলজ্বল করতে দেখি। এটি নিম্নচাপে গ্যাসে বিদ্যুৎ পরিবহনের একটি পরিচিত উদাহরণ।

কোন কাঁচনলের দু'প্রান্তে ইলেকট্রোড লাগিয়ে ভেতরে কোন গ্যাস অত্যন্ত নিম্নচাপে (0.1 mm পারদ স্তরের চাপের সমান বা নীচে) রেখে নলের দুই মুখ বন্ধ করে। দুই ইলেকট্রোডের মধ্যে কয়েক হাজার ভোল্ট বিভব পার্থক্য রাখা হলে নলের ভেতর দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়ে থাকে।

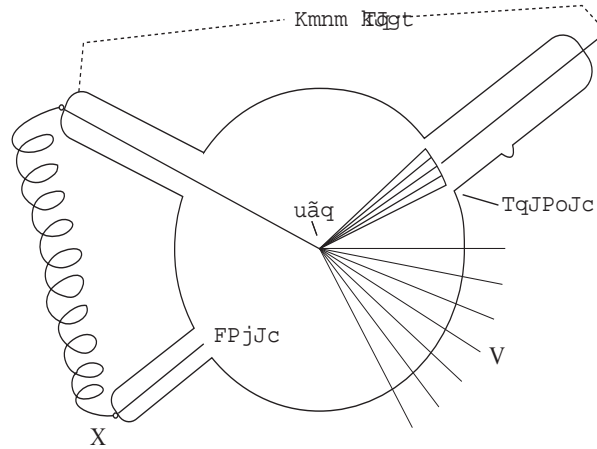
একটি ক্ষারক নল (discharge tube) নেয়া যাক যার ভেতর নিম্নচাপে গ্যাস রেখে দুই প্রান্তে দুটি ইলেকট্রোড বসিয়ে দুই মুখ বন্ধ করে দেয়া হয়। এবার ইলেকট্রোড দ্বয়ে কয়েক হাজার ভোল্ট বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করলে প্রথমে ঋণাত্মক ইলেকট্রোড থেকে স্ক্রলিঙ্গ হিসেবে ইলেকট্রন নিঃসৃত হয়ে ধনাত্মক ইলেকট্রোডের দিকে ধাবিত হয়। পথিমধ্যে গ্যাসের সাথে ইলেকট্রনের সংঘর্ষের কারণে গ্যাসের পরমাণু আয়নিত (ionized) হয় এবং গ্যাসের ঋণাত্মক আয়নগুলিও ধনাত্মক ইলেকট্রোডের দিকে ধাবিত হয় এবং শেষ পর্যন্ত ধনাত্মক ইলেকট্রোডে ইলেকট্রন বা ঋণাত্মক আয়নের আধান স্থানান্তরিত হয়। এভাবে গ্যাসের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়। এখানে বিশেষভাবে উল্লেখ্য যে গ্যাস নিম্নচাপে থাকলে গ্যাসের পরমাণুসমূহ অনেক দূরে দূরে থাকে এবং ইলেকট্রন বা আয়ন পরবর্তী গ্যাস পরমাণুর সঙ্গে সংঘর্ষের (interaction) পূর্বে দুই ইলেকট্রোডের বিভব পার্থক্যের ফলে ত্বরিত (accelerated) হয় এবং যথেষ্ট গতিশক্তি লাভ করে। ফলস্বরূপ অন্যান্য গ্যাস পরমাণুকে আয়নিত করতে পারে। স্বাভাবিক চাপে গ্যাস থাকলে ইলেকট্রন বা আয়ন গ্যাস পরমাণুসমূহকে অত্যন্ত কাছাকাছি পায় এবং পরস্পর সংঘর্ষ এত দ্রুত হয় যে ইলেকট্রন বা আয়ন ত্বরিত হতে পারে না বলেই ধনাত্মক ইলেকট্রোড পর্যন্ত পৌঁছাতে পারে না। আবার ধনাত্মক ইলেকট্রোড থেকে ধনাত্মক আধানসহ কোন কণা বের হতে পারে না তার কারণ, (১) ধনাত্মক আধান প্রোটনে থাকে এবং পরমাণুর প্রোটন কেন্দ্রে নিউক্লিয়াসের মধ্যে থাকে এবং নিউক্লিয়াস থেকে প্রোটন বের হতে পারে না কারণ প্রোটন নিউক্লিয় বল (Nuclear force) অতিক্রম করতে পারে না; (২) প্রোটনের ভর 1.673×10^{-27} কেজি যা ইলেকট্রনের ভরের ১৮০০ গুণ বেশি [ইলেকট্রনের ভর 9.11×10^{-31} kg]। ইলেকট্রন ধাতব ইলেকট্রোডে প্রায় মুক্ত অবস্থায় থাকে।

১২.১.২ : প্লাজমা অবস্থা (Plasma state) সরলতম পরমাণু হচ্ছে হাইড্রোজেন (Hydrogen), হাইড্রোজেন পরমাণুর নিউক্লিয়াসে একটি মাত্র প্রোটন (Proton) এবং কক্ষপথে একটিমাত্র ইলেকট্রন থাকে। ইলেকট্রনকে যদি কোনভাবে যথেষ্ট শক্তি প্রদান করা যায় তবে ইলেকট্রন তার কক্ষপথ থেকে বের হয়ে আসতে পারে। কোন কোন ক্ষেত্রে তার গতিশক্তি এমনও হতে পারে যে তা নিউক্লিয়াস থেকে দূরে চলে যেতে পারে। এ অবস্থায় ফেলে আসা হাইড্রোজেন পরমাণু ধনাত্মক আয়নে পরিণত হয় এবং H^+ চিহ্ন ব্যবহৃত হয়। গ্যাসে চরম অবস্থায় কয়েক হাজার তাপমাত্রায় ইলেকট্রনের শক্তি এত বেড়ে যায় যে সে নিউক্লিয়াস থেকে দূরে মুক্ত ইলেকট্রন এবং নিউক্লিয়াস ধনাত্মক আধানযুক্ত নিউক্লিয়াস হিসেবে থাকে। অর্থাৎ গ্যাস আয়নিত অবস্থায় থাকে। এরূপ আয়নিত গ্যাসকে প্লাজমা (Plasma) বলা হয়। সাধারণত সূর্য বা অন্যান্য তারকার মধ্যে উচ্চ তাপমাত্রার কারণে গ্যাস প্লাজমা অবস্থায় থাকে। প্রায় দশ লক্ষ ডিগ্রী কেলভিন তাপমাত্রায় গ্যাসে আয়নায়ন (ionization) পূর্ণ হয় এবং সকল পদার্থ প্লাজমা অবস্থায় থাকে। সাধারণত বিগলন (fusion) পদ্ধতিতে প্লাজমা সৃষ্টি হয়। কৃত্রিম উপায়ে প্লাজমা বর্তমানে পরীক্ষাগারে সৃষ্টি করা হচ্ছে এবং প্লাজমাকে ধরে রাখার জন্য চুম্বকীয় আঙ্গুরী ব্যবহার করা হয়।

১২.১.৩ : ক্যাথোড রশ্মি (Cathode rays): ১২.১.১ অনুচ্ছেদে ক্ষরণ নলে দুই ইলেকট্রোডে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি করে ইলেকট্রন নিঃসৃত হয় বলে ধারণা দেয়া হয়েছে। ঋণাত্মক ইলেকট্রোডকে ক্যাথোড বলে এবং ধনাত্মক ইলেকট্রোডকে এনোড বলে। সামনে ধাতব বা অনুরূপ বস্তু রাখলে প্রতিপ্রভ পর্দায় ঐ বস্তুর আকৃতি অঙ্ককার ও কম উজ্জ্বল দেখায়। চলমান ইলেকট্রন বীম বিদ্যুৎ কারেন্ট হিসেবে গমন করে বলে তার চতুর্দিকে চুম্বকীয় ক্ষেত্র তৈরি হয়। অতএব চলমান ইলেকট্রন বীমের চতুর্দিকে তড়িৎক্ষেত্র ও চুম্বকীয় ক্ষেত্র ব্যবহার করে ইলেকট্রন বীমের বিসরণ (Deflection) ঘটানো যায়। ফলে প্রতিপ্রভ পর্দায় ইচ্ছামত উজ্জ্বল রেখা তৈরি করা যায়। অস্ফিলোস্কোপ, কম্পিউটার মনিটরে চলমান ইলেকট্রন বীমকে ক্যাথোড রশ্মি (Cathode rays) হিসাবে ব্যবহার করা হয়। ১৮৯৭ সালে বিজ্ঞানী জে. জে. থমসন (J.J. Thomson) ক্যাথোড রশ্মির পরীক্ষা চালিয়ে প্রমাণ করেন ক্যাথোড রশ্মি চলমান কণাসমূহ যা ইলেকট্রন ছাড়া কিছুই নয়।

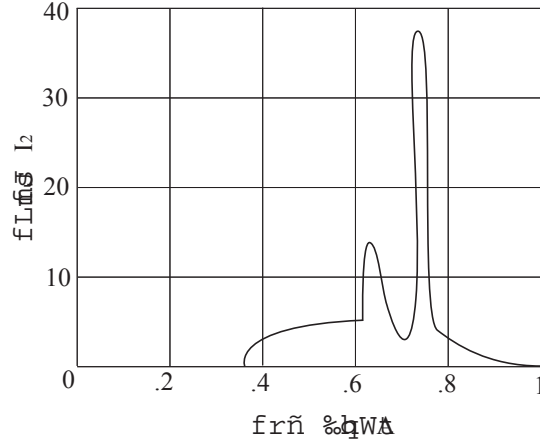
১২.১.৪ : রঞ্জন রশ্মির উপাদান, বৈশিষ্ট্য ও ব্যবহার (Elements of Rontzen rays, characteristics and uses) : জার্মান বিজ্ঞানী ভিলহেল্ম রঞ্জন (Wilhelm Rontzen) লক্ষ করেন যখন উচ্চ গতিশীল ইলেকট্রন ১০৩ বা ১০৬ ভোল্ট বিভব পার্থক্যে ত্বরিত (accelerated) হয়ে কোন ধাতুর ওপর আপতিত হয় তখন ঐ ধাতুর পাশে আলোক চিত্র ফিল্ম থাকলে তা পরিস্ফুটনের পর কালো দাগ পড়ে। রঞ্জন এ সিদ্ধান্তে উপনিত হন যে তার পরীক্ষায় এমন কোন রশ্মি উৎপন্ন হয় যা চোখে দৃশ্যমান নয়। এজন্য এ রশ্মিকে তিনি অচেনা বলে এক্স রশ্মি (X-rays) নাম দেন। রঞ্জন এর আবিষ্কারকে স্মরণ রাখার জন্য এ রশ্মিকে রঞ্জন রশ্মি (Rontzen rays) বলা হয়। পরে রঞ্জন রশ্মিকে তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ (Electromagnetic waves) হিসাবে সনাক্ত করা হয় যার তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 1×10^{-11} meter থেকে 10^{-9} meter এর মধ্যে পড়ে। কেলাস দ্বারা রঞ্জন রশ্মির অপবর্তনের সাহায্যে রঞ্জন রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য সূক্ষ্মভাবে মাপা যায়। রঞ্জন রশ্মিকে এক্স রশ্মি এবং এক্স-রশ্মি ফোটনও বলা হয়।

একটি তাপ-আয়োনিক ক্যাথোড এবং এনোড কাঁচনলের ভেতর রেখে কাঁচ নলকে বায়ুশূন্য করে নলের দুই মুখ বন্ধ করে দেয়া হয়। চিত্রে রঞ্জন রশ্মি নল দেখানো হয়েছে। দুটি পৃথক প্রক্রিয়ায় রঞ্জন রশ্মি উৎপন্ন করা যায়।



চিত্র-১২.১ : রঞ্জন রশ্মি উৎপন্নকারী নল।

- ক. শক্তিশালি ইলেকট্রন স্রোতকে এনোড দ্বারা বাধা প্রদান করা হয়। এতে ইলেকট্রনের গতিশক্তিকে সরাসরি রঞ্জন রশ্মিতে পরিণত করা হয়। এরূপ রঞ্জন রশ্মিকে নিরবিচ্ছিন্ন (continous) রঞ্জন রশ্মি বলে।
- খ. ইলেকট্রন যখন এতই শক্তিশালী হয় যাতে লক্ষ্য এনোড পরমাণুর সর্বঅভ্যন্তরীণ K খোলক (K-shell) এর ইলেকট্রনকে বহিষ্কার করে অধিক শক্তিসহ L খোলক বা M খোলকে পৌঁছে দেয় তখন ঐ বহিস্কৃত ইলেকট্রন আবার K খোলকে ফেরত আসতে বাধ্য হয় কেননা L খোলক বা M খোলকে ইলেকট্রনটি উত্তেজিত অবস্থায় থাকে। K খোলকে ফেরত আসার সময় ইলেকট্রন তার শক্তির বাড়তি অংশ নিঃসরণ করে। K, L, M ইত্যাদি খোলকের মধ্যে অবস্থান করতে ইলেকট্রন নির্দিষ্ট শক্তিতে থাকে। ইলেকট্রনের এ নিঃসৃত শক্তি বৈশিষ্ট্য (characteristics) রঞ্জনরশ্মি নামে পরিচিত। চিত্র ১২.২ তে একটি নিরবিচ্ছিন্ন ও বৈশিষ্ট্য রঞ্জন রশ্মির তীব্রতা তরঙ্গ দৈর্ঘ্য লেখচিত্র দেখানো হল।



চিত্র: ১২.২

১২.২ চিত্রে 0.35 \AA থেকে 0.6 \AA পর্যন্ত নিরবিচ্ছিন্ন রঞ্জন রশ্মি দেখা যাচ্ছে। তার পরেই K_{β} এবং K_{α} রশ্মি দেখা যাচ্ছে। K_{β} রশ্মি হচ্ছে ইলেকট্রন K-খোলক থেকে M-খোলকে গিয়ে আবার K-খোলকে ফেরত আসার কারণে ইলেকট্রনের বাড়তি শক্তি নিঃসৃত হওয়ার উৎপন্ন বৈশিষ্ট্য রঞ্জন রশ্মি। K_{α} হচ্ছে ইলেকট্রন K-খোলক থেকে L-খোলকে গিয়ে আবার K-খোলকে ফেরত আসার কারণে ইলেকট্রনের বাড়তি শক্তি নিঃসৃত হওয়ায় উৎপন্ন বৈশিষ্ট্য রঞ্জন রশ্মি। যেহেতু K-খোলক M-খোলক শক্তি পার্থক্য K-খোলক L-খোলক শক্তি পার্থক্যের চেয়ে অধিক এইজন্য K_{β} রঞ্জন রশ্মির শক্তি K_{α} রঞ্জন রশ্মির শক্তির চেয়ে বেশি। অতএব K_{β} রঞ্জনরশ্মির তরঙ্গ দৈর্ঘ্য K_{α} রঞ্জন রশ্মির তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের চেয়ে ছোট।

রঞ্জন রশ্মির বৈশিষ্ট্য (Properties of Rontzen Rays):

১. রঞ্জন রশ্মি তাড়িত চৌম্বক আড় তরঙ্গ
২. রঞ্জন রশ্মি সরলরেখায় গমন করে
৩. রঞ্জন রশ্মির তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 10^{-11} m হতে 10^{-9} m পর্যন্ত হয়।
৪. রঞ্জন রশ্মির গতিবেগ আলোর গতিবেগের সমান ($3 \times 10^8 \text{ m/sec.}$)
৫. রঞ্জন রশ্মি ভেদন ক্ষমতা (Penetrating Power) সম্পন্ন
৬. রঞ্জন রশ্মির কোন আধান নাই
৭. রঞ্জন রশ্মি গ্যাসের মধ্য দিয়ে যাবার সময় গ্যাসকে আয়নায়িত করতে সক্ষম।

রঞ্জন রশ্মির ব্যবহার (Uses of Rontzen Rays)

১. রঞ্জন রশ্মি চিকিৎসা শাস্ত্রে ব্যবহৃত হয়ে থাকে। রঞ্জন রশ্মি মাংসের ভেতর দিয়ে সহজেই চলে যেতে পারে কিন্তু হাড় বা অনুরূপ কিছু মধ্য দিয়ে যেতে পারে না। একারণে শরীরের হাড় ভেঙে গেলে বা স্থানচ্যুত হলে রঞ্জনরশ্মির সাহায্যে তা সনাক্ত করা যায়। তবে এর সবচেয়ে বেশি ব্যবহার হয় ফুসফুসের মধ্যে কোন জটিলতা আছে কিনা পরীক্ষা করার জন্য। স্বাভাবিক অবস্থায় ফুসফুসের ভেতর দিয়ে রঞ্জন রশ্মি চলে যেতে পারে। কিন্তু ব্যাকটেরিয়া ইত্যাদি ফুসফুসের ক্ষতিসাধন করলে তা রঞ্জন রশ্মিতে ধরা পড়ে।
২. গোয়েন্দা বিভাগে রঞ্জনরশ্মি ব্যবহার করে লুক্কায়িত কোন নিষিদ্ধ বস্তু বা সোনা, রূপা অথবা বন্দুকের বুলেটের উপস্থিতি ধরা হয়।
৩. শিল্পক্ষেত্রে কোন উৎপন্ন বস্তুর মধ্যে ফাটল আছে কিনা তা রঞ্জন রশ্মির সাহায্যে ধরা যায়।
৪. রঞ্জন রশ্মির ব্যবহার গবেষণার কাজে সর্বাধিক। রঞ্জন রশ্মির তরঙ্গ দৈর্ঘ্য পদার্থের পরমাণুর পাশাপাশি অবস্থানের দূরত্বের প্রায় কাছাকাছি।

কেলাস (Crystal) এর মধ্যে পরমাণুসমূহ ত্রিমাত্রিক গ্রেটিং হিসেবে রঞ্জে রশ্মির অপবর্তন ঘটায়। তাই কোন বস্তুকে কেলাসিত (Crystalized) করে রঞ্জন রশ্মির অপবর্তন ঘটিয়ে বস্তুর গঠন জানা যায়।

সারসংক্ষেপ

প্লাজমা অবস্থা : অত্যাধিক তাপমাত্রায় আয়নিত গ্যাসকে প্লাজমা অবস্থা বলে।
 ক্যাথোড রশ্মি: উত্তপ্ত ফিলামেন্ট থেকে ইলেকট্রন নিঃসৃত হয়ে এনোডের দিকে গমন করে প্রতিপ্রভ পর্দায় উজ্জ্বলতা সৃষ্টি করে। প্রকৃত পক্ষে ক্যাথোড রশ্মি ইলেকট্রন কণিকার স্রোত।
 রঞ্জন রশ্মি: শক্তিশালী ইলেকট্রন স্রোত ধাতব লক্ষ্যের উপর পতিত হলে রঞ্জন রশ্মি উৎপন্ন হয়। রঞ্জন রশ্মি তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ। এর ব্যবহার চিকিৎসা, শিল্প, গোয়েন্দা বিভাগ ও গবেষণা কার্যে হয়ে থাকে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন ১২.১

নৈর্ব্যক্তিক প্রশ্ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

১. প্লাজমা অবস্থা বলা হয়-

ক. আয়নিত গ্যাস	খ. প্লাস্টিক দণ্ড
গ. বিশেষ ধরনের কাপড়	ঘ. নিষ্ক্রিয় গ্যাস
২. ক্যাথোড রশ্মি ব্যবহার হয়

ক. রাস্তায় বাতি জ্বালাতে	খ. চিকিৎসা শাস্ত্রে
গ. অসসিলোস্কোপে	ঘ. দোকানে নিয়ন বাতি জ্বালাতে

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন : নিচের খালি স্থানে লিখুন

১. নিম্নচাপে বিদ্যুত কিভাবে প্রবাহিত হয় ব্যাখ্যা করুন (১২.১.১ অনুচ্ছেদ দেখুন)
২. ক্যাথোড রশ্মির বর্ণনা দিন (১২.১.৩ অনুচ্ছেদ দেখুন)
৩. প্লাজমা অবস্থা কিভাবে সৃষ্টি হয় ব্যাখ্যা করুন। (১২.১.২ অনুচ্ছেদ দেখুন)
৪. রঞ্জন রশ্মির ব্যবহার বর্ণনা করুন। (১২.১.৪ অনুচ্ছেদ দেখুন)



কৃষ্ণ বস্তু বিকিরণের ব্যাখ্যায় চিরায়ত পদার্থ বিজ্ঞানের ব্যর্থতা, প্ল্যাংকের তত্ত্ব ও ফোটন, ফটো ইলেকট্রিক ক্রিয়া ও আইনস্টাইনের সমীকরণ



উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- কৃষ্ণ বস্তু বিকিরণ ব্যাখ্যায় চিরায়ত পদার্থ বিজ্ঞানের ব্যর্থতার কারণ জানতে পারবেন।
- প্ল্যাংকের তত্ত্ব ও ফোটন সম্পর্কে জানতে পারবেন।
- ফটো ইলেকট্রিক ক্রিয়া সম্পর্কে জানতে পারবেন।
- ফটো ইলেকট্রিক ক্রিয়ার ক্ষেত্রে আইনস্টাইনের সমীকরণ জানতে পারবেন।

১২.২.১ কৃষ্ণ বস্তু বিকিরণ ব্যাখ্যায় চিরায়ত পদার্থ বিজ্ঞানের ব্যর্থতা

(Failure of classical Physics to explain black body radiation)

কোন বস্তু উত্তপ্ত হলে তাপ বিকিরণ করে, আবার বস্তুর পারিপার্শ্বের চাহিতে বস্তু ঠাণ্ডা হলে তাপ গ্রহণ করে। বেশি উত্তপ্ত হলে বস্তু প্রথমে লাল বর্ণ ধারণ করে এবং আরও উত্তপ্ত হলে শ্বেত বর্ণ ধারণ করে আলো বিকিরণ করে। বিকীর্ণ তরঙ্গের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বিভিন্ন হতে পারে। যে সকল বস্তু সকল তরঙ্গ দৈর্ঘ্য সম্পন্ন তরঙ্গসমূহকে শোষণ করতে পারে তাকে বলে কৃষ্ণবস্তু (Black body)। কৃষ্ণবস্তু যেহেতু সকল তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গসমূহকে শোষণ করে নেয়, তাই পরিশেষে আবার বিকিরণ করতে বাধ্য। ক্ষুদ্র বিবর (Cavity) যুক্ত কোন কঠিন পদার্থ দ্বারা বিবর বিকীরক (Cavity radiator) তৈরি করে কোন তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ বিবরের মধ্য দিয়ে ভেতরে প্রবেশ করালে তরঙ্গ আর বের হতে পারে না। অতএব অনুরূপ বিবর বিকীরক (Cavity radiator) কে কৃষ্ণ বস্তু হিসেবে গণ্য করা যায়।

ধরা যাক তিন প্রকার ধাতুনির্মিত তিনটি বিবর বিকীরক তৈরি করা হল। এক্ষেত্রে দেখা যায় ভিন্ন ধাতুর তৈরি বিকীরকের পৃষ্ঠ থেকে বিকিরণ ভিন্ন কিন্তু বিবর (Cavity) থেকে বিকীরণতার বৈশিষ্ট্য তিন ক্ষেত্রেই সমান।

সাধারণত: চিরায়ত পদার্থ বিজ্ঞানে বিবরের বিকীরণতা R_c কে লেখা যায়।

$$R_c = e\sigma T^4 \text{ [এখানে } \sigma = \text{স্টেফান বোল্টজম্যান ধ্রুবক (Stefan Boltzmann constant), } T = \text{কেলভিন স্কেলে তাপমাত্রা এবং } e = \text{ধাতুর উপর নির্ভরশীল নিঃসৃতি]}$$

কিন্তু বিবরের ক্ষেত্রে দেখা যায় সকল ধাতুর ক্ষেত্রে।

$$R_c = e\sigma T^4 \dots \dots \dots (12.1)$$

চিরায়ত পদার্থ বিজ্ঞান দ্বারা এ গরমিল ব্যাখ্যা করা যায় না।

১২.২.২ প্ল্যাংকের তত্ত্ব ও ফোটন : ১৯০০ সালে ম্যাক্স প্ল্যাঙ্ক নিম্নলিখিত ব্যাখ্যা প্রদান করেন: বিবর-বিকীরকের বিবরের দেয়ালে যে পরমাণু রয়েছে তাকে স্পন্দক বিবেচনা করা যায় এবং স্পন্দকের শক্তি $E = nh\nu \dots \dots \dots (12.2)$

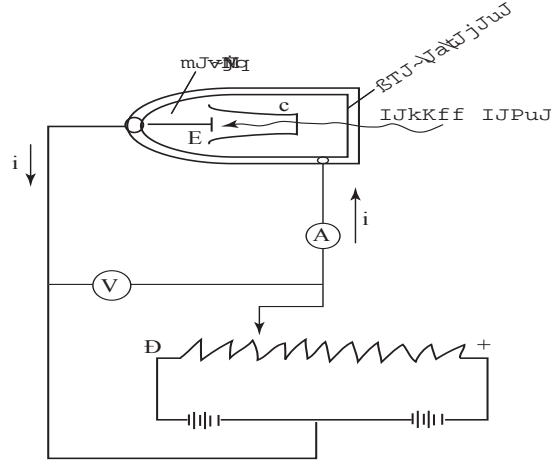
এখানে, $n =$ পূর্ণ সংখ্যা যাকে কোয়ান্টাম সংখ্যা বলে

$$h = \text{প্ল্যাংক ধ্রুবক যার মান } 6.63 \times 10^{-34} \text{ Joule-sec.}$$

$$\nu = \text{স্পন্দকের কম্পাংক}$$

স্পন্দক কোন অবস্থাতেই এমন শক্তি বিকিরণ করতে পারে না যাতে n ভগ্নাংশ হয়। স্পন্দকের শক্তি নিরবিচ্ছিন্ন হতে পারে না এবং $h\nu$ -এর গুণিতক হতে হবে। সমীকরণ ১২.২ কে প্ল্যাংকের সূত্র বলে এবং $h\nu$ পরিমাণ শক্তিকে বলা হয় ফোটন।

১২.২.৩ ফটো ইলেকট্রিক ক্রিয়া ও আইনস্টাইনের সমীকরণ : Photoelectric effect and Einsteins equation :
 ফটো ইলেকট্রিক ক্রিয়া হল পদার্থ-বিকিরণ (Matter radiation) এর মিথক্রিয়া (Interaction) সমূহের মধ্যে একটি চিত্র
 ১২.৩-এ ফটো ইলেকট্রিক ক্রিয়া দেখানো হয়েছে।

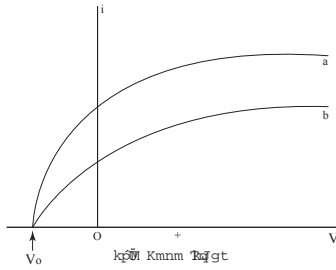


চিত্র- ১২.৩

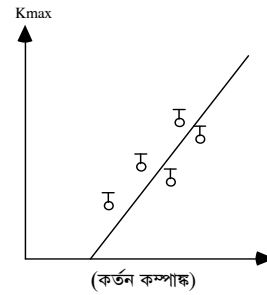
δ কম্পাংক বিশিষ্ট একবর্ণী আলো ধাতব পৃষ্ঠে (emitter E) আপতিত করা হল। যদি কম্পাংক δ যথেষ্ট বেশি হয় তাহলে আলো ধাতব পৃষ্ঠ থেকে ইলেকট্রন বহিষ্কার করবে এবং E সংগ্রাহক C-এর মধ্যে বিভব পার্থক্য V-এর ব্যবস্থা করলে ফটোইলেকট্রন সংগ্রহ করা যাবে এবং ফটোইলেকট্রিক কারেন্ট (Photoelectric current) i পরিমাপ করা যাবে।

তবে নিঃসরক E এবং সংগ্রাহক C ভিন্ন ধাতুর তৈরি হওয়াতে একটি সুপ্ত তড়িৎ চালক বল (Electro motive force) থাকে।

$$\therefore v = V_{\text{ext}} + V_{\text{cpd}} [V_{\text{cpd}} = E \text{ ও } C \text{ এর সংস্পর্শ বিভব (contact potential)}]$$



চিত্র ১২.৪(ক)



চিত্র ১২.৪ (খ)

চিত্র ১২.৪(ক) এ $i - v$ লেখচিত্র দেখানো হল। চিত্র ১২.৪ (খ) তে দেখা যাচ্ছে কম্পাংক নির্দিষ্ট মান γ_0 এর কম হলে ফটো ইলেকট্রন উৎপন্ন হয়না এবং কারেন্ট i পাওয়া যায় না। γ_0 কে কর্তন কম্পাংক (cut off frequency) বলা হয়। (চিত্র ১২.৪ (খ) দ্রষ্টব্য)

আইনস্টাইনের ফোটন তত্ত্ব ও সমীকরণ : ১৯০৫ সালে আইনস্টাইন একটি ফোটন কণিকার শক্তিকে এরূপে প্রকাশ করেন
 $E=h\nu \dots \dots \dots (১২.৫)$ ।

ফটোইলেকট্রনিক ক্রিয়াতে ফোটন কণিকার ধারণা দিয়ে আইনস্টাইনের ফটোইলেকট্রনিক সমীকরণ এভাবে লেখা যায়,
 $h\nu = \phi + K_{\max} \dots \dots \dots (১২.৬)$ ।

একটি ইলেকট্রন একক ফোটনের শক্তি $h\nu$ কে শোষণ করে এবং এর এক অংশ ϕ কে কার্যাপেক্ষক (work function) বলে যা ধাতব পৃষ্ঠ থেকে ইলেকট্রনকে নিষ্করণ করতে প্রয়োজন হয় এবং অন্য অংশ K_{\max} হল ধাতব পৃষ্ঠের বাইরে ফটোইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি।

সমীকরণ ১২.৬ কে আইনস্টাইনের ফটোইলেকট্রনিক সমীকরণ (Einstein's Photoelectric equation) বলা হয়।

উদাহরণ ১. পরীক্ষা হতে পাওয়া গেল সোডিয়ামের কর্তন কম্পাংক (cut off frequency) হল $\delta_0 = 4.59 \times 10^{14}$ Hz। সোডিয়ামের কার্যাপেক্ষক (work function) কত?

সমাধান: সূত্র মতে কার্যাপেক্ষক $\phi = h\nu$
 $= 6.63 \times 10^{-34} \text{ Joule-sec.} \times 4.59 \times 10^{14} \text{ Hz}$
 $= 2.91 \times 10^{-19} \text{ J}$
 $= 1.82 \text{ e.V}$

সারসংক্ষেপ
<p>কৃষ্ণ বস্তু : যে বস্তু সকল তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গসমূহকে শোষণ করে তা কৃষ্ণ বস্তু বলে।</p> <p>ফটোইলেকট্রিক ক্রিয়া: নির্দিষ্ট কম্পাঙ্ক δ_0-এর উর্ধ্বে কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট আলো কোন ধাতুর মধ্যে পতিত হলে ধাতু থেকে ইলেকট্রন বহিস্কৃত হয় এবং ইলেকট্রিক কারেন্ট উৎপন্ন হয়। এই প্রক্রিয়াকে ফটোইলেকট্রিক ক্রিয়া বলা হয়।</p>

[প্রয়োজনীয় সমীকরণ]
বিবরের বিকীর্ণতা $R_c = \sigma T^4$
প্লাংকের তত্ত্ব $E = nh\nu$
আইনস্টাইনের সমীকরণ $h\nu = \phi + K_{\max}$

পাঠোত্তর মূল্যায়ন

নৈর্ব্যক্তিক প্রশ্ন

সঠিক উত্তরের পাশে (✓) চিহ্ন দিন

১. কৃষ্ণ বস্তু বলা হয়
 - ক. কালো রং-এর আলো প্রদানকারী বস্তুকে
 - খ. যে বস্তু সকল তরঙ্গ দৈর্ঘ্য সম্পন্ন রশ্মিকে শোষণ করে
 - গ. যে বস্তু সকল তরঙ্গ দৈর্ঘ্য সম্পন্ন রশ্মিকে শোষণ করতে পারে না।
 - ঘ. যে বস্তু এতই উজ্জ্বল যে চোখে বাঁধা লাগিয়ে দেয়।
২. $h\nu$ পরিমাণ শক্তি থাকে
 - ক. ফোটন কণিকার
 - খ. ইলেকট্রন কণিকার
 - গ. চলমান সকল প্রকার কণিকার
 - ঘ. প্রোটনের

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১. ক্ষুদ্র বিবরযুক্ত কঠিন পদার্থ দ্বারা তৈরি বস্তুকে কৃষ্ণ বস্তু হিসেবে গণ্য করা হয় কেন? (অনুচ্ছেদ ১২.২.১ দেখুন)
২. ফটোইলেকট্রিক ক্রিয়া ব্যাখ্যা করুন (অনুচ্ছেদ ১২.২.৩ দেখুন)



লেজার ও তার প্রয়োগ



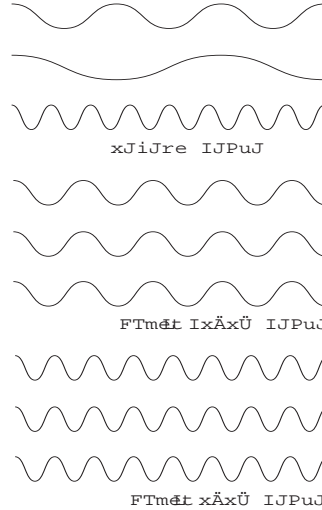
উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- লেজার কি তা জানতে পারবেন
- লেজার কিভাবে উৎপন্ন করা যায় তা জানতে পারবেন
- লেজারের প্রয়োগ সম্বন্ধে জানতে পারবেন।

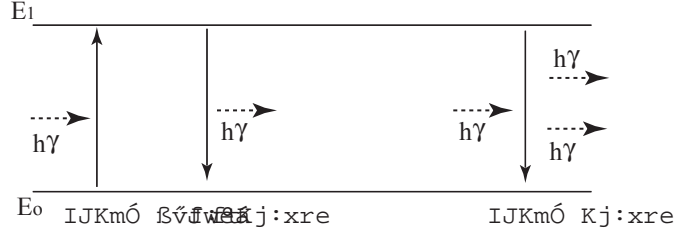
১২.৩.১ লেজার (Laser) : লেজার হচ্ছে একটি সংক্ষিপ্ত নাম যথা Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation এর প্রথম অক্ষর দ্বারা গঠিত LASER। এর অর্থ হল বিকিরণের উদ্দীপিত নিঃসরণে আলোক বিবর্ধন। আইনস্টাইন সর্বপ্রথম উদ্দীপিত বিকিরণ (Stimulated Radiation) কথাটি ১৯১৭ সালে উপস্থাপন করেন। যদিও কার্যকর লেজার ১৯৬০ সালের পূর্ব পর্যন্ত উৎপন্ন করা সম্ভব হয়নি। লেজার উৎপন্নকারী যন্ত্র এমন যা আলোক বীম (Light beam) তৈরি করে কিছু বিশেষ ধর্মসহ। ধর্মগুলো হল:

১. আলো হয় সংসজ্জ (coherent) যখন সকল তরঙ্গ সমান দশায় থাকে।
২. আলো প্রায় একবর্ণী (monochromatic)
৩. লেজার বীমের অপসারিতা (Divergence) নেই বললেই চলে।
৪. লেজার বীম অত্যন্ত তীব্র। সাধারণ আলোর এরূপ তীব্রতা আনতে ১০৩০ কেলভিন তাপমাত্রা প্রয়োগ করতে হবে।



চিত্র- ১২.৫

ধরা যাক একটি পরমাণু স্বাভাবিক অবস্থায় E_0 শক্তি সম্পন্ন, অতিরিক্ত এক কোয়ান্টাম শক্তি (one quantum energy) $h\nu$ শোষণ করল। এ প্রক্রিয়াকে বলে আবিষ্ট শোষণ (induced absorption)। এ অবস্থায় পরমাণুটি $h\nu$ শক্তি নিঃসরণ করে আবার E_0 শক্তি অবস্থায় ফেরত যায়। এ প্রক্রিয়াকে বলে স্বতঃস্ফূর্ত নিঃসরণ (spontaneous emission)। আটনস্টাইনের ১৯১৭ সালের উপস্থাপনায় তৃতীয় একটি সম্ভাবনা ছিল যাকে আবিষ্ট নিঃসরণ (induced emission) বলা হয়েছে। চিত্র ১২.৬ এ এই তিন অবস্থা দেখানো হয়েছে।



চিত্র- ১২.৬

আবিষ্টি নিঃসরককে একটি ছন্দিত স্পন্দক এর সাথে তুলনা করা যায়। এ পদ্ধতিতে আরও অধিক সংখ্যক পরমাণুকে আবিষ্টি নিঃসরণ করানো যায় এবং শেষপর্যন্ত সকল পরমাণুসমূহ থেকে $h\gamma$ শক্তি সম্পন্ন তরঙ্গ এমনভাবে উৎপন্ন করা যায় যাতে সকল তরঙ্গসমূহ যুগপৎভাবে একই তরঙ্গদৈর্ঘ্য বা কম্পাংক বিশিষ্ট ও সংস্কৃত (coherent) হয় বা একই দশায় (in phase) থাকে।

উৎপত্তির দিক থেকে বিবেচনা করলে লেজারকে প্রধানত: পাঁচ ভাগে ভাগ করা যায়। যথা:

১. রুবী লেজার (Ruby Laser): এটি সর্বপ্রথম উৎপন্ন লেজার যা রুবী কেলাস (Ruby Crystal) ব্যবহার করে উৎপন্ন করা হয়েছিল।
২. হিলিয়াম-নিয়ন-গ্যাস লেজার (Helium-Neon-Gas Laser)
৩. কার্বন ডাই অক্সাইড লেজার (Carbon dioxide Laser)
৪. অর্ধপরিবাহী লেজার (Semiconductor Laser)
৫. রাসায়নিক লেজার (Chemical Laser)

১৫.৩.২- লেজার এর প্রয়োগ (Application of Laser) :

১. শক্তির তীব্রতা প্রয়োগ: লেজারের সাহায্যে ক্ষমতা উৎপাদ (Power output) দিন দিন বৃদ্ধি পাচ্ছে। সূক্ষ্ম মেশিন তৈরি, বালাই এর কাজ ইত্যাদিতে লেজার ব্যবহৃত হয়।
২. রাসায়নিক, ফটো রাসায়নিক এবং জৈব প্রয়োগ: লেজার রাসায়নিক ও ফটোরাসায়নিক প্রক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয়। যেহেতু লেজারকে একটি বিন্দুতে ফোকাস করা যায় তাই রক্তপাত বিহীন শল্য চিকিৎসা (surgery) বিশেষ করে ক্যানসার বা সূক্ষ্ম শিরা যেমন চোখের ভেতর এ জাতীয় শল্য চিকিৎসায় লেজার ব্যবহৃত হয়ে থাকে, এছাড়াও দন্তরোগ চিকিৎসায় লেজার ব্যবহৃত হয়।
৩. বর্ণালীতে প্রয়োগ: আলোকচিত্র এবং আনুবীক্ষণিক প্রয়োগে লেজার ব্যবহৃত হয়। এছাড়া বিশেষ কোন পর্দা ছাড়াই ত্রিমাত্রিক ছবি বা হলোগ্রাম সৃষ্টি করতে লেজার বিশেষভাবে ব্যবহৃত হয়ে থাকে। রামান নিঃসরণ (Raman emission) ও প্লাজমা গবেষণাতেও লেজার ব্যবহৃত হয়ে থাকে।
৪. দূরত্ব বিষয়ে প্রয়োগ: লেজার বীম অত্যন্ত সরু হওয়ায় কোন বস্তুর দূরত্ব ও অবস্থান নির্ণয় করতে রাডার (Radar) এ লেজার ব্যবহৃত হয়। উল্লেখ্য, পৃথিবী থেকে এপোলো-১১ কর্তৃক চন্দ্রে স্থাপিত দর্পনে লেজার বীম প্রতিফলিত করে আবার পৃথিবীতে বীম ধরা সম্ভব হয়েছে এবং পৃথিবী থেকে চন্দ্রের দূরত্ব সূক্ষ্মভাবে পরিমাপ সম্ভব হয়েছে। সাধারণ আলো দ্বারা কোন অবস্থাতেই এত দূর থেকে প্রতিফলন ঘটিয়ে পরিমাপ সম্ভব হত না।
৫. অপবর্তন প্রয়োগ: লেজার রশ্মি অত্যন্ত তীব্র সমান্তরাল ও সরু অপসারিতা বিহীন (Non-divergent) হওয়ার কারণে ফ্রেটিং এর সাহায্যে অপবর্তন ঘটিয়ে গবেষণা করা যায়।

সারসংক্ষেপ

লেজার (LASER) হচ্ছে অত্যন্ত তীব্র, সংযুক্ত, সকলরশ্মি সমদশা সম্পন্ন, অপসারিতা বিহীন একবর্ণী আলো।
লেজারের প্রয়োগ হয় সূক্ষ্ম মেশিন তৈরি, বালাই কাজ, রাসায়নিক ও ফটোরাসায়নিক ক্রিয়া, রাডারের ব্যবহারে এবং দূরত্ব নির্ণয়ে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন

নৈব্যক্তিক প্রশ্ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

১. লেজার রশ্মি সমূহ
 - ক. একই দশায় থাকে এবং সংস্কৃত
 - খ. বিভিন্ন দশায় থাকতে পারে কিন্তু সংস্কৃত
 - গ. তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ নয়
 - ঘ. ভিন্ন কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট

রচনামূলক প্রশ্ন

১. প্লাজমা অবস্থা ও ক্যাথোড রশ্মি ব্যাখ্যা করুন। রঞ্জন রশ্মি কি ভাবে উৎপন্ন করা যায় বর্ণনা দিন।
২. কৃষ্ণবস্তুর বিকিরণের ব্যাখ্যায় চিরায়ত পদার্থ বিজ্ঞান ব্যর্থ হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা করুন। পরীক্ষণের সাহায্যে ফটোইলেকট্রিক ক্রিয়ার বর্ণনা দিন।
৩. লেজার রশ্মি কাকে বলে? লেজার রশ্মির প্রয়োগ কি কি?

গাণিতিক সমস্যা

১. ফটোইলেকট্রিক ক্রিয়া পরীক্ষণ থেকে দেখা গেল কর্তন কম্পাঙ্ক $\gamma_0 = 4.4 \times 10^{14}$ Hz, কার্যপেক্ষক $\phi = 4.4 \times 10^{19}$ J; ধাতব পৃষ্ঠে পতিত আলোর কম্পাঙ্ক 6×10^{16} Hz। K_{\max} কত?

উত্তর: .০২৫

উত্তরমালা

নৈব্যক্তিক প্রশ্ন

- | | | |
|-------|------|------|
| ১২.১. | ১. ক | ২. ঘ |
| ১২.২ | ১. খ | ২. ক |
| ১২.৩ | ১. ক | |