ইউনিট ঃ ৮

আলোর প্রকৃতি

NATURE OF LIGHT

ভূমিকা

আপনি এই পৃষ্ঠাটি পড়ছেন। ভেবে দেখুনতো অন্ধকার ঘরে পড়া সম্ভব হতো কি? অন্ধকারে দেখা যায় না। দেখার জন্য প্রয়োজন আলো। পৃষ্ঠাটি পড়তে একটি ইলেকট্রিক বাতি বা কেরোসিনের হারিকেন বা মোমবাতি বা যে কোনো ধরণের একটি আলোর উৎস প্রয়োজন। দিনের বেলায় সূর্য আলো দেয়, ফলে অন্য কোন আলোর উৎস প্রয়োজন হয় না। আলো ছাড়া কিছু দেখা যায় না। আলো এমন একটি সত্তা বা কারণ যা না হলে আমরা দেখতে পেতাম না। আলো কি? এ বিষয়ে বিজ্ঞানীদের অনুসন্ধিৎসা চিরকালের। বিভিন্ন সময় বিজ্ঞানীরা ও দার্শনিকেরা আলো সম্পর্কে বিভিন্ন ধারণা বা মতবাদ উপস্থাপন করেছেন।

আলো এবং এর বিভিন্ন ভৌত বৈশিষ্ট্য সম্পর্কে জানতে হলে আগে জানতে হবে, আলো কি? কিভাবে আলো উৎপন্ন হয় ? আলো কিভাবে পরিমাপ করা যায় ?

এ ইউনিটে আলোর প্রকৃতি, আলোর বিভিন্ন তত্ত্ব, দীপ্তিমিতি, দীপন তীব্রতা, আলোর ফ্লাক্স, দীপন তীব্রতার সাথে দীপন মাত্রার সম্পর্ক নিয়ে আলোচনা করা হবে। এ সব আলোক বিজ্ঞান অধ্যয়নে এবং আলোর ব্যবহার সম্পর্কে আপনাকে সুস্পষ্ট ধারণা দেবে।

পাঠ-১ আলো ও আলোর প্রকৃতি সম্পর্কীয় বিভিন্ন তত্ত্ব

Light and different Theories on Nature of Light

উদ্দেশ্য

এই পাঠের শেষে আপনি -

১. আলো কী ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
২. আলোর বিভিন্ন তত্ত্ব বর্ণনা করতে পারবেন।
৩. আলোর দ্বৈত প্রকৃতি ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

৮.১.১ আলো কী (What is Light)

আলো কী? প্রশ্নটি যত সহজ উত্তর তত সহজ নয়। আলো এক প্রকার দৃশ্যমান শক্তি। উদ্ভিদের জন্ম ও বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজন আলোক শক্তি। এই শক্তি আসে সূর্য থেকে। উদ্ভিদপত্র এই সূর্য রশ্মিকে ফটোসিনথিসিস বা সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তর করে উদ্ভিদ দেহে মজুদ করে। পেট্রোলিয়াম, কয়লা, প্রাকৃতিক গ্যাস কোটি কোটি বছরের উদ্ভিদদেহের ধংসাবশেষ মাত্র। ফলে এর মধ্যে সূর্যের আলোক শক্তি রূপান্তরিত হয়ে সঞ্চিত হয়। এসব জ্বালানি দহনে সূর্যের আলো রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। প্রাণী এবং উদ্ভিদ খাদ্য থেকে যে শক্তি পায় তা সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় মজুদ শক্তি।

বিজ্ঞানীরা বিভিন্ন পরীক্ষা নিরীক্ষার মাধ্যমে জেনেছেন গতিশীল চার্জযুক্ত কণিকা দ্বারা আলোর বিকিরণ হয়। আলো কখনও কণিকা এবং কখনও তরঙ্গ। কণিকাগুলোকে বলা হয় ফোটন। কিন্তু বস্তু কণা থেকে এর ভিন্নতা হলো এর কোন ভর নাই। এবং সবসময় শূন্য স্থানে আলোর দ্রুতি 300,000 কিমি/সে। যখন আলো কোনো বস্তুর কিনারায় বাধাগ্রস্থ হয়ে বেঁকে যায় অর্থাৎ বিচ্ছুরণ ঘটে, তখন তরঙ্গের মতো ধর্ম প্রদর্শন বা আচরণ করে।

এখন আমরা জানি, আলো এক প্রকার শক্তি। এই শক্তির কারণেই আমরা সব কিছু দেখতে পাই।

তাই আলোকে এভাবে সংজ্ঞা দেয়া হয়। আলো এক প্রকার শক্তি বা বাহ্যিক কারণ যা চোখে প্রবেশ করে আমাদের দর্শনের অনুভূতি সৃষ্টি করে।

৮.১.২ আলো সম্পর্কিত ধারণা বিকাশের সংক্ষিপ্ত ইতিহাস

Brief History about the development of concept on Light

সৃষ্টির শুরুতেই মানুষ জেনেছে কোনো কিছু দর্শন বা দেখার নিমিত্ত হলো আলো এবং চোখ। কিন্তু আলো কী এবং চোখ দিয়ে কিভাবে দেখা যায় এর উত্তর খুঁজেছে শতশত বছর ধরে। প্রাচীন ভারতীয়, গ্রীক এবং মিশরীয় দার্শনিকেরা আলোর প্রকৃতি সম্পর্কে ধারণা অর্জনের চেষ্টা করেছেন। এসম্পর্কে বিভিন্ন মতবাদ উপস্থাপন করেছেন।

প্রাচীন ভারতীয় তত্ত্ব

খ্রিষ্টপূর্ব ষষ্ঠ থেকে পঞ্চম শতাব্দীর মধ্যে প্রাচীন ভারতীয় সাংখ্য দর্শনে পাওয়া যায়- বিশ্ব গঠনের পাঁচটি মৌলিক উপাদানের একটি আলো। বৈশাশি দর্শনে পাওয়া যায় ভৌত জগতের পারমাণবিক অবস্থার মূল উপাদান ৪টি হলো ক্ষিতি (পৃথিবী), অপ (পানি), তেজ (আগুন) এবং মরুৎ (বায়ু)। আলো হলো উচ্চ মাত্রা বেগ সম্পন্ন তেজ কণিকার প্রবাহ। বেগের বিভিন্নতার জন্য আলোর বিভিন্ন বৈশিষ্ট্য বা বর্ণ প্রতীয়মান হয়। খ্রিষ্টপূর্ব পঞ্চম শতাব্দীর বিষ্ণু পুরাণে সূর্যের আলোর সাত প্রকার বর্ণের রশ্মির উল্লেখ পাওয়া যায়। ঋগ্ বেদে উল্লেখ আছে আলোর মৌলিক বর্ণ ৩টি এদের মিশ্রণে সকল বস্তু দৃশ্যমান হয়।

ভারতীয় বৌদ্ধ গ্রন্থ দ্বিগঙ্গায় খ্রিস্টীয় পঞ্চম শতকে এবং খ্রিস্টীয় সপ্তম শতকে ধর্মকীর্তিতে আলোকে শক্তির সমতুল্য আণবিক সত্তা হিসাবে উল্লেখ করা হয় যা আধুনিক ফোটনের ধারণার অনুরূপ। তাদের মতে সকল বস্তুই আলো ও শক্তির কণা দিয়ে গঠিত ।

প্রাচীন গ্রীক ও হেলেনিক তত্ত্ব

খ্রিষ্ট পূর্ব পঞ্চম শতাব্দীতে গ্রীকরা বিশ্বাস করতেন সব বস্তু ৪টি মূল উপাদানে তৈরি এগুলো হলো আগুন, বায়ু, মাটি ও পানি। দেবী আফ্রেদিতি এই চার উপাদান দিয়ে মানুষের চোখ সৃষ্টি করেছেন। তিনি চোখের মধ্যে আগুন জ্বালান। এটি চোখ থেকে বেরিয়ে আসে এবং বস্তুর উপর পড়লে বস্তু দেখা যায়। এটি সত্য হলে রাতের বেলা দেখতে না পাওয়ার কারণ নাই।

খ্রিষ্টপূর্ব পঞ্চম শতাব্দীতে পিথাগোরাস মনে করতেন দৃশ্যমান বস্তু থেকে আলো উৎপন্ন হয়। আনুমানিক খ্রিষ্টপূর্ব তৃতীয় শতাব্দীতে ইউক্লিড অপটিকা নামে একটি বই লিখেন। তিনি সিদ্ধান্ত দেন আলো সরলরেখায় চলে। তিনি আলোর প্রতিফলনের সূত্র দেন, গাণিতিক ভাবে সূত্রটি প্রমাণ করেন। চোখের থেকে রশ্মি বেরিয়ে দেখতে সহায্য করে এটি তিনি মেনে নিতে পারেন নাই। তিনি প্রশ্ন তোলেন তাহলে বন্ধ চোখ খুললেই আকাশের অসীম দূরের তারা দেখা যায় কিভাবে?

খ্রিষ্টপূর্ব তৃতীয় শতাব্দীতে এরিস্টটল বৃষ্টি কণার মধ্যে আলোর প্রতিসরণের ফলে রঙধনু সৃষ্টি হয় উল্লেখ করেন। ইউক্লিড আলোর প্রতিফলনের সূত্র এবং দর্পণের ধর্ম বর্ণনা করেন। আলোর প্রতিসরণ প্রক্রিয়া পরিমাপ করেন। কিন্তু তিনি এর গাণিতিক সূত্র জানতেন না।

টলেমি খ্রিস্টীয় দ্বিতীয় শতাব্দীতে অপটিকস নামে একটি বই লিখেন। তাতে তিনি আলোর প্রতিসরণ সম্পর্কে বর্ণনা দেন। প্রথম আলোক সম্পর্কীয় পরীক্ষা নিরীক্ষা করে তথ্যাদি সংগ্রহ করেন। কিন্তু তিনি বিশ্বাস করতেন চোখ থেকে আলো এসে বস্তুর উপর পড়ে বলে দেখা যায়।

খ্রিষ্টপূর্ব ৫৫ অব্দে রোমান দার্শনিক লুক্রেটিয়াস উল্লেখ করেন সূর্যের আলো এবং তাপ অতি ক্ষুদ্র পরমাণু দ্বারা গঠিত। এগুলো যখন নির্গত হয় তৎক্ষণাৎ নিমেষে মহাশূন্যের মধ্য দিয়ে ছুটে যায়। এটি কণা তত্ত্বের সদৃশ হলেও এই ধারণা গৃহীত হয় নাই।

মিশরীয় বিজ্ঞানীদের অবদান

আলোক সম্পর্কীয় গবেষণায় আরবীয় এবং মিসরীয় দার্শনিক ও বিজ্ঞানীদের আবির্ভাব ঘটে মধ্য যুগে। একাদশ শতাব্দীর প্রথম দিকে আরবীয় বিজ্ঞানীদের মধ্যে আলো সম্পর্কীয় তত্ত্বের উল্লেখযোগ্য অবদান পরিলক্ষিত হয়। মিশরীয় দার্শনিক ও বিজ্ঞানী আল হাসান যিনি আলহেজেন (Alhazen) নামে অধিক পরিচিত (১০১১-১০২১ খ্রিষ্টাব্দ) 'কিতাব আল মানাজির' নামে আলোর উপর একটি পুস্তক রচনা করেন।

আল্‌হেজেন যুক্তি দেন, চোখ থেকে আলোক নির্গত হয়ে অথবা কোন ভৌত আকৃতি চোখে প্রবেশ করে বলে দেখা যায় এর কোনটিই সঠিক নয়। কারণ, ইউক্লিডের মতো তিনিও বলেন চোখ খুললেই চোখের থেকে কোন রশ্মি বেরিয়ে আকাশের কোটি কোটি মাইল দূরের তারা দেখা যাওয়া সম্ভব নয়। তিনি যে তত্ত্ব উপস্থাপন করেন তা হলো, বস্তুর প্রতিটি বিন্দু থেকে আলোক রশ্মি আমাদের চোখে এসে পড়লে আমরা দেখতে পাই। তিনি তা পরীক্ষা করে প্রমাণ করেন। তিনি প্রমাণ করেন আলো সরলরেখায় গমন করে। আল্‌হেজেন দর্পনের সাহায্যে আলোর প্রতিসরণ ও প্রতিফলনের বিভিন্ন পরীক্ষা নিরীক্ষা করেন। তিনি প্রতিসরণের ধরণ ও নিয়ম সম্পর্কে প্রাথমিক ধারণা দেন। তিনি জ্যামিতিক আলোকবিদ্যা এবং দার্শনিক তত্ত্বের সমন্বয়ে আধুনিক ভৌত আলোক বিজ্ঞানের ভিত্তি তৈরি করেন।

প্রাচীন তথ্যাদি থেকে আলো কণা প্রকৃতির এবং দর্শন বা দেখার কারণ সম্পর্কে দুটি তত্ত্ব পাওয়া যায়। প্রথমটি হলো, চোখ থেকে আলো নির্গত হয়। দ্বিতীয়টি বস্তু থেকে আলো চোখে প্রবেশ করে।

হল্যান্ডের গণিতবিদ ও জ্যোর্তিবিজ্ঞানী উইলিব্রোর্ড স্নেল ১৬২০ সালে প্রতিসরণের সূত্র দেন। তার নামানুসারে এই সূত্রকে স্নেলের সূত্র বলা হয়। ষষ্টদশ শতাব্দীর শেষের দিকে গুরুত্বপূর্ণ প্রশ্ন ওঠে আলো কণা না তরঙ্গ? এভাবে ক্রমশ এগিয়ে চলে মানুষের তথা দার্শনিকদের আলো সম্পর্কীয় চিন্তা চেতনা। ফরাসী দার্শনিক রেনে দেকার্তে (René Descartes) বলেন আলো হচ্ছে দীপ্তমান বা উজ্বল বস্তুর যান্ত্রিক ধর্ম। পূর্ববর্তী সকল দার্শনিকদের মতবাদ বাতিল করে ১৬৩৭ সালে তিনি আলোর নতুন তত্ত্ব প্রকাশ করেন। তা হলো, শব্দ তরঙ্গের মতোই আলো তরঙ্গাকারে সঞ্চালিত হয়। কম ঘন মাধ্যম থেকে বেশি ঘন মাধ্যমে অধিক বেগে চলে। দেকার্তে ছাড়া আরও অনেকেই আলোর যান্ত্রিক বৈশিষ্ট্যের কথা বললেও দেকার্তের এই তত্বই আধুনিক আলোক বিজ্ঞানের নতুন ধারণার ভিত্তি বলে বিবেচিত হয়।

প্রিয় শিক্ষার্থী। আলোর প্রকৃতি সম্পর্কীয় ধারণার অনুচ্ছেদটি কঠিন মনে হতে পারে। পরের অনুচ্ছেদটি– "আলোর প্রকৃতি সম্পর্কীয় বিভিন্ন তত্ত্ব" পাঠটিও অনুরূপভাবে জটিল মনে হতে পারে। মনে রাখবেন এ সব নাম, সাল, তথ্য মুখস্ত করার কিছু নেই। কিভাবে একটি বিজ্ঞানের ধারণা গড়ে ওঠে এবং বিজ্ঞানের বৈশিষ্ট্য সম্পর্কে সুষ্ঠু ধারণা দেয়ার জন্যই ঘটনাগুলো (গল্প নয়) আপনাকে জানানো হচ্ছে।

৮.১.৩ আলোর প্রকৃতি সম্পর্কীয় বিভিন্ন তত্ত্ব (Different theories of Light)

আগের অনুচ্ছেদে আলোর প্রকৃতি সম্পর্কীয় প্রাচীন ধারণাগুলো পাওয়া যায়। এর কোনটিই পর্যাপ্ত বিজ্ঞান ভিত্তিক নয়। ষোড়শ শতাব্দী থেকে মূলত আলোর প্রকৃতি সম্পর্কীয় বিজ্ঞান ভিত্তিক তত্ত্বসমূহের বিকাশ ঘটে। কিভাবে আলো উৎপত্তি হয়, কিভাবে আলো সঞ্চালিত হয় এবং দীপ্তমান বস্তু থেকে কিভাবে আমাদের চোখে আসে সে সম্পর্কে এ পর্যন্ত মোট চারটি তত্ত্ব উদ্ভাবিত হয়েছে। এগুলো হলো ঃ

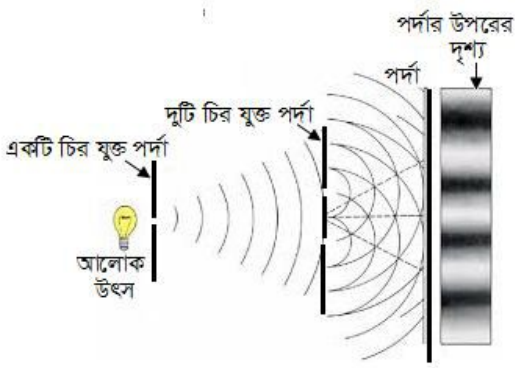
১) কণা তত্ত্ব (Corpuscular Theory)
২) তরঙ্গ তত্ত্ব (Wave Theory)
৩) তাড়িতচৌম্বক তত্ত্ব (Electromagnatic Theory)
৪) কোয়ান্টাম তত্ত্ব (Quantum Theory)

কণা তত্ত্ব ঃ পিয়ের গ্যাসেন্ডি (Pierre Gassendi) ১৬৬০ সালে আলোর কণা তত্ত্বের প্রস্তাবনা করেন। গ্যাসেন্ডি এবং দেকার্তের গবেষণাসমূহ পর্যালোচনা করে আইজাক নিউটন ১৬৭৫ সালে আলোর কণা তত্ত্ব প্রদান করেন। এই তত্ত্বানুসারে আলো কণা বা Corpuscle (বস্তু কণা) দ্বারা গঠিত, উৎস থেকে যা সব দিকে নিঃসৃত হয়। আলো কেবল সরল রেখায়

গমন করে। নিউটনের তত্ত্ব আলোর প্রতিফলনের ব্যাখ্যা দিতে পারে, কিন্তু প্রতিসরণের ভুল ব্যাখ্যা দেয়। আলোর বিচ্ছুরণ ও বর্ণালী গঠনের ব্যাখ্যা দিতে ব্যর্থ হয়। অনুমান করা হয় ঘন মাধ্যমে মহাকর্ষ বল বেশি হওয়ায় তার প্রভাবে আলোর কণার ত্বরণ কমে যায়, ফলে গতি পথ বেঁকে যায়। এটি আলোর তরঙ্গ প্রকৃতি প্রদর্শন করে। ল্যাপলাসও এসম্পর্কে ব্যাখ্যা দেন।

তরঙ্গ তত্ত্ব ঃ ১৯৩৭ সালে রেনে দেকার্তে বলেছিলেন আলো শব্দের মতো তরঙ্গাকারে সঞ্চালিত হয়। ১৬৬০ সালে রবার্ট হুক (Robert Hooke) আলোর তরঙ্গ তত্ত্ব প্রকাশ করেন। ক্রিস্টিয়ান হাইগেনস (Christiaan Huygens) ১৬৭৮ সালে নিজস্ব উপায়ে আলোর তরঙ্গ তত্ত্ব নিয়ে কাজ করেন এবং ১৬৯০ সালে পুস্তক প্রকাশ করেন। তিনি প্রস্তাব দেন, আলোক তরঙ্গ সারিবদ্ধভাবে একটি মাধ্যমের মধ্য দিয়ে সব দিকে নির্গত হয়। এই মাধ্যমকে বলা হয় দিপ্তীবাহী ইথার। যেহেতু তরঙ্গ মধ্যাকর্ষণ দ্বারা প্রভাবিত হয় না এবং ঘন মাধ্যমে বেগ কমে যায়।

১৮৮০ সালে থমাস ইয়াং (Thomas Young) দুই চির বা সংকীর্ণ ফাঁকের মধ্য দিয়ে গমনকারী আলোর ব্যতিচার (interference) পরীক্ষার করে চিত্র অংকন করেন (চিত্র ৮.১)। তিনি বলেন আলোক তরঙ্গ শব্দ তরঙ্গের মতো পরস্পরকে বাধা দেয় ফলে ব্যতিচার ঘটে। তিনি পরীক্ষা করে আলোর অপবর্তন (diffraction) প্রমাণ করেন, যা আলোর তরঙ্গ তত্ত্ব সমর্থন করে। তিনি (ইয়াং) বলেন আলো অনুপ্রস্থ বা আড় তরঙ্গ হলে এতে সমাবর্তন (polarization) হতে পারে। আলো তরঙ্গ ধর্মী।



চিত্র ঃ ৮.১ ব্যতিচারের দৃশ্য

তিনি আরও বলেন বিচ্ছুরণের ফলে বিভিন্ন বর্ণ উৎপন্নের কারণ তরঙ্গ দৈর্ঘের বিভিন্নতা। তিনি চোখের তিন বর্ণের গ্রাহক কণার প্রেক্ষিতে বিভিন্ন বর্ণ দর্শনের ঘটনা ব্যাখ্যা করেন।

শব্দ তরঙ্গের যেমন মাধ্যম প্রয়োজন, আলোক তরঙ্গ সঞ্চালনের জন্য তেমনি একটি মাধ্যম নাই, এটি ছিল তরঙ্গ তত্ত্বের দুর্বল দিক। এজন্য একটি অনুমান নির্ভর মাধ্যম কল্পনা করা হয় যার নাম দেয়া হয় ইথার।

কিন্তু ১৮৮৭ সালে এলবার্ট মাইকেলসন এবং এডওয়ার্ড মর্লি নামের দুজন বিজ্ঞানীর একটি পরীক্ষা এ বিষয়টিকে বিতর্কিত করে তোলে। পরীক্ষাটি মাইকেলসন-মর্লির পরীক্ষা নামে খ্যাত। এতে প্রমাণিত হয় ইথার বলে কিছু নাই বা ইথারের কোন অস্তিত্ব নাই বা অনুরূপ কোন মাধ্যম নাই। নিউটনের কণা তত্ত্ব অনুযায়ী ঘন মাধ্যমে আলোর গতি দ্রুত হবে। অন্যদিকে হাইগেনসের তরঙ্গ তত্ত্ব অনুসারে এটি বিপরীত হয়। এ সময় সঠিকভাবে আলোর দ্রুতি পরিমাপের কোন পদ্ধতি না থাকায় বিতর্ক থেকেই যায়। সর্ব প্রথম ১৮৫০ সালে লিওন ফুকো (Leon Foucault) অনেকটা সঠিকভাবে আলোর বেগ নির্ণয় করতে সমর্থ হন। তার পরিমাপ তরঙ্গ তত্ত্ব সমর্থন করে। ফলে সমস্ত কণা তত্ত্ব পরিত্যক্ত হয়।

তাড়িতচৌম্বক তত্ত্ব ঃ ১৮৪৫ সালে মাইকেল ফ্যারাডে (Michael Faraday) আবিষ্কার করেন, আলো চুম্বক ক্ষেত্রের মধ্য দিয়ে যাওয়ার সময় সরল রৈখিক ভাবে সমবর্তিত (polarized) হয়। আলোর সমবর্তন তল মাধ্যমের মধ্যে ঘুরে যায়। এ থেকে প্রমাণ হয় আলোর উপর তড়িৎ চুম্বকের প্রভাব আছে। ১৮৪৬ সালে তিনি অনুমান করেন চুম্বক ক্ষেত্রের বল রেখার সঞ্চালনের কোন প্রকার বিশৃঙ্খলার (disturbance) ফলে আলো উৎপন্ন হয়। ১৮৪৭ সালে মাইকেল ফ্যারাডে প্রস্তাব দেন আলো উচ্চ কম্পাঙ্কের তড়িৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গ, যা যেকোনো মাধ্যমের মধ্যে এমনকি মাধ্যম ছাড়াও সঞ্চালিত হতে পারে। এজন্য ইথার বা অনুরূপ কোন মাধ্যমের প্রয়োজন নাই।

১৮৬২ সালে জেমস ক্লার্ক ম্যাক্সওয়েল(James Clerk Maxwel) প্রমাণ করেন তাড়িতচৌম্বকীয় তরঙ্গ মহাশূন্যের মধ্য দিয়ে ধ্রুব দ্রুতিতে গমন করতে পারে। ১৮৬৪ সালে তিনি আলোর তাড়িতচৌম্বক তত্ত্বের অবতারণা করেন। হেনরিক হার্জ

পরীক্ষামূলকভাবে ম্যাক্সওয়েলের তত্ত্বের প্রমাণ করেন। তিনি গবেষণাগারে বেতার তরঙ্গ উৎপাদন করে ছড়িয়ে দেন এবং তা পুনরায় সনাক্ত (detect) করেন। প্রমাণ করেন এই তরঙ্গ ঠিক ঠিক আলোর মত আচরণ করে। এরা আলোর প্রতিফলন, প্রতিসরণ, বিচ্ছুরণ, ব্যতিচার প্রদর্শন করে। অতএব আলো একটি তাড়িতচৌম্বকীয় তরঙ্গ। কারণ এরা পরিবর্তনশীল তড়িৎ এবং চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা গঠিত। গতিশীল তড়িৎ ক্ষেত্র ও চৌম্বক ক্ষেত্রের দ্রুত পর্যাবৃত্ত পরিবর্তনের ফলে আলোক শক্তির সৃষ্টি হয় এবং এবং অনুপ্রস্থ তরঙ্গাকারে চারিদিকে ছড়িয়ে পড়ে।

এই তত্ত্ব সফলভাবে প্রায় সব আলোকীয় এবং তাড়িতচৌম্বকীয় ঘটনার ব্যাখ্যা দিতে সক্ষম হওয়ায় ঊনবিংশ শতাব্দীতে সার্বজনীন স্বীকৃতি পেয়ে যায়। কিন্তু শতাব্দীর শেষ ভাগে গুরুত্বপূর্ণ কয়েকটি আলোকীয় ঘটনার সন্ধান পাওয়া যায়, তাড়িতচৌম্বকীয় তরঙ্গ তত্ত্ব যার ব্যাখ্যা দিতে ব্যর্থ হয়। বরং তরঙ্গ তত্ত্বের সাথে এগুলো বিতর্কিত হয়ে ওঠে। এর একটি হল আলোর দ্রুতি। ম্যাক্সওয়েলের সমীকরণে আলোর দ্রুতি ধ্রুব বলা হলেও মাইকেলসন-মর্লির পরীক্ষায় তা ভুল প্রমাণিত হয়। ১৯০৫ সালে এলবার্ট আইনষ্টাইন (Albert Einstein) সময় এবং কালের পরিবর্তনশীলতার তত্ত্ব অর্থাৎ আপেক্ষিকতার তত্ত্ব দিয়ে এই সমস্যার সমাধান দেন।

আর একটি গড়মিল হলো ফটো ইলেকট্রিক এফেক্ট বা আলোক তড়িৎ ক্রিয়া। আলোক তড়িৎ ক্রিয়া হলো, কোনো ধাতব তলে আলো পড়লে ঐ তল থেকে ইলেক্ট্রন নির্গত হওয়ার ঘটনা। পরীক্ষা নিরীক্ষায় দেখা যায় নির্গত ইলেক্ট্রনের শক্তি আলো কম্পনের উপর নির্ভর করে, উজ্জ্বলতার উপর নয়। তৃতীয় সমস্যাটি

কৃষ্ণ বস্তু থেকে তাপীয় বিকিরণে নির্গত তড়িৎ চৌম্বকীয় বর্ণালীর পরিমাপ সম্পর্কীয়। ম্যাক্স প্লাঙ্ক (Max Planck) তাপীয় বিকিরণ বা কৃষ্ণ বস্তুর বিকিরণ তথা ব্লাক বডি রেডিয়েশন (black body radiation) -এর নতুন তত্ত্ব উদ্ভাবন করেন, যার ব্যখ্যা করতে তরঙ্গ তত্ত্ব ব্যর্থ হয়। ঊনবিংশ শতাব্দীর শেষের দিকে এই বিতর্কগুলো প্রকট হয়ে ওঠে।

কোয়ান্টাম তত্ত্ব ঃ ১৯০০ সালে ম্যাক্স প্লাঙ্ক আলোর কোয়ান্টাম তত্ত্বের প্রস্তাবনা করেন। এই তত্ত্ব অনুসারে শক্তি কোনো উৎস থেকে অবিচ্ছিন্ন তরঙ্গের আকারে না বেরিয়ে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র শক্তি গুচ্ছ বা প্যাকেট আকারে বের হয়। প্রত্যেক প্রকার কম্পাঙ্কের (রঙের আলোর) জন্য এই শক্তি প্যাকেটের একটি সর্ব নিম্ন মান আছে। এই সর্ব নিম্ন শক্তি সম্পন্ন কণিকার নাম কোয়ান্টাম বা ফোটন। প্লাঙ্কের মতে কৃষ্ণ বস্তুর বিকিরণ আলাদা আলাদা বা গুচ্ছ গুচ্ছ বান্ডিল বা প্যাকেট আকারে সংঘটিত হয়। কোয়ান্টম তত্ত্ব ব্যবহার করে ১৯০৫ সালে আইনস্টাইন দীর্ঘ দিনের রহস্যময় আলোক তড়িৎ ক্রিয়ার ব্যাখ্যা দেন। এতে আলোর কণা তত্ত্ব পুনর্জীবিত হয়।

আলোর দ্বৈত প্রকৃতি ঃ তরঙ্গ ও কণা

আলোর ব্যতিচার, সমবর্তন, বিচ্ছুরণ ইত্যাদি ঘটনা আলোর তরঙ্গ ধর্ম প্রকাশ করে। আবার আলোকতড়িৎ ক্রিয়া, কৃষ্ণ বস্তুর বিকিরণের মতো ঘটনা ব্যাখ্যায় আলোর কণিকা ধর্ম প্রকাশ পায়। ফলে আলো কণা না তরঙ্গ এই বিতর্কের অবসান ঘটে নাই। আধুনিক তত্ত্ব অনুসারে, আলোর তরঙ্গ এবং কণিকা উভয় ধর্মই বিদ্যমান। আরও ব্যাপকভাবে বলা যায় সব বস্তুরই কণা এবং তরঙ্গ ধর্ম বিদ্যমান। বিভিন্ন পরীক্ষণ থেকে দেখা যায় আলো ও বস্তু এক অবস্থা থেকে অন্য অবস্থায় রূপান্তরিত করা যায়। বস্তুর ভর বেশি হলে সহজেই তার কণা ধর্ম প্রকাশ পায়।

১৯২৪ সালে লুই দ্য ব্রোগলী (Louis De Broglie) ইলেকট্রনের তরঙ্গ এবং কণিকা ধর্ম ব্যাখ্যার পর বিজ্ঞানী মহলে এটি দ্বিধাহীন ভাবে গৃহীত হয়। ১৯২৭ সালে ডেভিসন এবং গারমার (Davisson & Germer) ইলেকট্রনের তরঙ্গ ধর্মের পরীক্ষামূলক প্রমাণ প্রদর্শন করেন। ১৯২১ সালে আইনষ্টাইন আলোক তড়িৎ ক্রিয়ার ব্যাখ্যা এবং এবং ১৯২৯ সালে দ্য ব্রোগলী অন্যান্য কণার তরঙ্গ ধর্ম আবিষ্কারের জন্য নোবেল পুরস্কারে ভূষিত হন।

তাই প্রথম দিকে পদার্থবিদগণ বিরেধিতা করলেও পরে মেনে নেন। এবং আলোর কণা ও তরঙ্গ দ্বৈত ধর্মের ভিত্তি প্রতিষ্ঠিত হয়, যা কোয়ান্টম তত্ত্ব থেকেও অগ্রগামী।

সার-সংক্ষেপঃ

আলো ঃ আলো এক প্রকার শক্তি বা বাহ্যিক কারণ যা চোখে প্রবেশ করে আমাদের দর্শনের অনুভূতি সৃষ্টি করে। অবস্থা বিশেষে আলো কণা অথবা তরঙ্গরূপে আচরণ করে।

আলো সম্পর্কে প্রাচীন ধারণা ঃ খ্রিষ্টপূর্ব ষষ্ঠ শতাব্দী থেকে আলো সম্পর্কে ভারতীয়, গ্রীক এবং মিসরীয় দার্শনিক, গণিতবিদ, বিজ্ঞানীগণ বিভিন্ন তত্ত্ব উপস্থাপন করেছেন। কেউ বলেছেন আলো অতি ক্ষুদ্র এক ধরণের কণা, কেউ বলেছেন আলো এক ধরণের তরঙ্গ। কারও ধারণা চোখ থেকে আলোক নির্গত হয়ে বস্তুর উপর পড়লে বস্তু দেখা যায়। অন্যদের ধারণা উদ্দীপ্ত বস্তু থেকে আলো আমাদের চোখে পড়লে আমাদের দর্শন অনুভূতি সৃষ্টি হয়।

কণা তত্ত্ব ঃ এই তত্ত্বানুসারে আলো বস্তু কণা দ্বারা গঠিত, উৎস থেকে যা সব দিকে নি:সৃত হয় এবং সরলরেখায় চলে। এই তত্ত্ব আলোর বিচ্ছুরণ, ব্যতিচার, অপবর্তন ইত্যাদি বৈশিষ্টের ব্যাখ্যা দিতে ব্যর্থ হয়।

তরঙ্গ তত্ত্ব ঃ আলো তরঙ্গাকারে ইথার নামের একটি কাল্পনিক মাধ্যমের মধ্য দিয়ে সব দিকে নির্গত হয়। তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের বিভিন্নতার জন্য আলোর বর্ণ বিভিন্ন হয়। এই তত্ত্ব আলোর বিভিন্ন বৈশিষ্ট্য ব্যাখ্যা দিতে সমর্থ হলেও মাইকেলসন-মর্লির পরীক্ষায় ইথারের অস্তিত্ব নাই প্রমাণিত হওয়ায় এই তত্ত্ব বিতর্কিত হয়।

তাড়িতচৌম্বক তত্ত্ব ঃ এই তত্ত্ব অনুসারে গতিশীল তড়িৎ ক্ষেত্র ও চৌম্বক ক্ষেত্রের দ্রুত পর্যাবৃত্ত পরিবর্তনের ফলে দৃশ্য অদৃশ্য শক্তির বিকিরণ হয় এবং অনুপ্রস্থ তরঙ্গাকারে চারিদিকে ছড়িয়ে পড়ে। এর দৃশ্য তরঙ্গই আলো। এর জন্য কোন মাধ্যম প্রয়োজন হয় না। এই তত্ত্ব ফটো তড়িৎ প্রতিক্রিয়া, কৃষ্ণ বস্তুর বিকিরণ বা ব্ল্যাক বডি রেডিয়েশনের ব্যাখ্যা দিতে ব্যর্থ হয়।

কোয়ান্টাম তত্ত্ব ঃ ১৯০০ সালে ম্যাক্স প্লাঙ্ক কোয়ান্টাম তত্ত্ব প্রস্তাবনা করেন। এই তত্ত্ব অনুসারে শক্তি কোন উৎস থেকে অবিচ্ছিন্ন তরঙ্গের আকারে না বেড়িয়ে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র শক্তি গুচ্ছ বা প্যাকেজ আকারে বের হয়। প্রত্যেক প্রকার কম্পাঙ্কের (রং এর আলোর) জন্য এই শক্তি প্যাকেটের একটি সর্ব নিম্ন মান আছে । এই সর্ব নিম্ন শক্তি সম্পন্ন কণিকার নাম কোয়ান্টাম (quantum) বা ফোটন (photon)। ১৯০৫ সালে আইনস্টাইন কোয়ান্টম তত্ত্ব ব্যবহার করে আলোক তড়িৎ ক্রিয়ার ব্যাখ্যা দেন। এই তত্ত্ব আলোক তড়িৎ ক্রিয়া, ব্লাক বডি রেডিয়েশনের ব্যাখ্যা দিতে পারলেও আলোর বিচ্ছুরণ, অপবর্তন, ব্যতিচার, সমাবর্তনের ব্যাখ্যা দিতে ব্যর্থ হয়।

আলোর দ্বৈত প্রকৃতি ঃ আধুনিক তত্ত্ব অনুসারে, আলোর তরঙ্গ এবং কণিকা উভয় ধর্মই বিদ্যমান। আরও ব্যাপকভাবে বলা যায় সব বস্তুরই কণা এবং তরঙ্গ ধর্ম বিদ্যমান। বিভিন্ন পরীক্ষণ থেকে দেখা যায় আলো ও বস্তু এক অবস্থা থেকে অন্য অবস্থায় রূপান্তরিত করা যায়। বস্তুর ভর বেশি হলে সহজেই তার কণা ধর্ম প্রকাশ পায়।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন -৮.১

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন।

১। আলোর তরঙ্গ তত্ত্বের প্রবক্তা কে?

(ক) নিউটন (খ) হাইগেনস

(গ) ম্যাক্সওয়েল (ঘ) প্লাঙ্ক

২। কোয়ান্টাম তত্ত্বের প্রস্তাবক কে?

(ক) নিউটন (খ) হাইগেনস

(গ) ম্যাক্সওয়েল (ঘ) ম্যাক্স প্লাঙ্ক

৩। কণা তত্ত্ব আলোর কোন বৈশিষ্ট্যটির ব্যাখ্যা দিতে পারে না

(ক) আলোর বিচ্ছুরণ (খ) আলোর প্রতিফলন

(গ) আলোর পতিসরণ (ঘ) আলো সরল রৈখিক গতি

৪। কোন তত্ত্বটি আলোর ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার ব্যাখ্যা দিয়েছে ?

(ক) তরঙ্গ তত্ত্ব (খ) তাড়িতচৌম্বকীয় তত্ত্ব

(গ) কোয়ান্টাম তত্ত্ব (ঘ) আইনষ্টাইনের তত্ত্ব

৫। কণার তরঙ্গ ধর্ম আবিষ্কারের জন্য কে নোবেল পুরষ্কার পান?

(ক) দ্য ব্রোগলী (খ) ম্যাক্সওয়েল

(গ) ম্যাক্স প্লাঙ্ক (ঘ) আইনষ্টাইন

পাঠ-২ তাড়িতচৌম্বক বর্ণালির বৈশিষ্ট্য ও তাড়িতচৌম্বকীয় বর্ণালিতে আলোর অবস্থান

Electromagnatic spectrum and position of Light in electromagnetic spectrum

উদ্দেশ্য

এই পাঠের শেষে আপনি -

১. তাড়িতচৌম্বক বর্ণালি কী তা বলতে পারবেন।

২. তাড়িতচৌম্বক বর্ণালির বৈশিষ্ট্য ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

৩. তাড়িতচৌম্বক বর্ণালিতে আলোর অবস্থান বর্ণনা করতে পারবেন।

৮.২.১ তাড়িতচৌম্বক বর্ণালি ও তার বৈশিষ্ট্য (Electromagnetic spectrum & its properties)

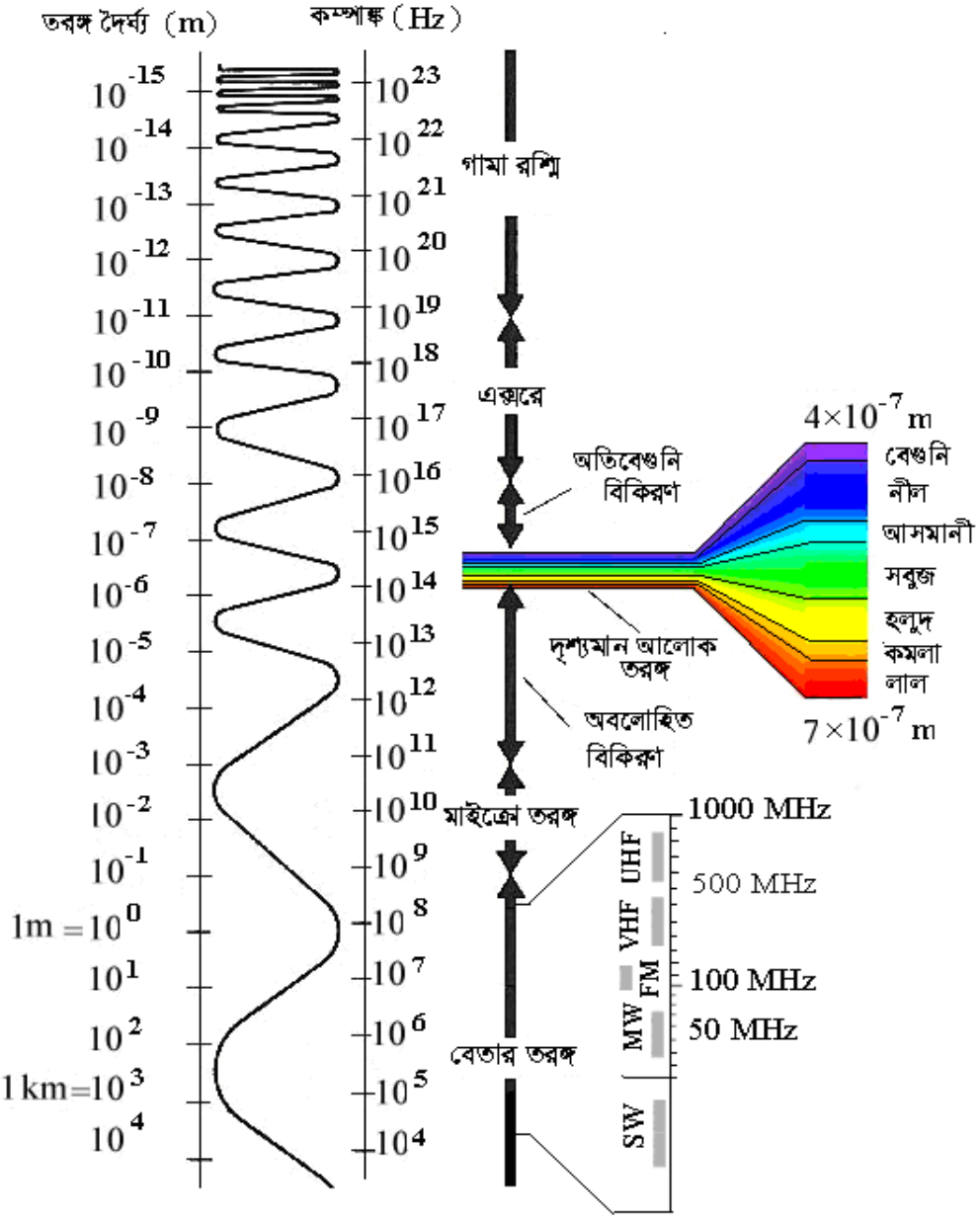
তাড়িতচৌম্বক তত্ত্ব অনুসারে গতিশীল তড়িৎ ক্ষেত্র ও চৌম্বক ক্ষেত্রের দ্রুত পর্যাবৃত্ত পরিবর্তনের ফলে দৃশ্য অদৃশ্য বিকিরণের উদ্ভব হয় যা অনুপ্রস্থ তরঙ্গাকারে 3×10^8 ms^{-1} বেগে চারিদিকে ছড়িয়ে পড়ে।

আমরা জানি পদার্থের পরমাণুর মধ্যে নিউক্লিয়াসের চারিদিকে নির্দিষ্ট দূরত্বে বিভিন্ন খোলক বা শক্তি স্তরে ইলেকট্রন অবস্থান করে। পরমাণুতে তাপ বা অনুরূপ কোন শক্তি প্রদান করলে ইলেকট্রনগুলো লাফিয়ে পরবর্তি খোলকে চলে যায়। আবার এই ইলেকট্রনগুলো তাদের মধ্যের সঞ্চিত শক্তি বিকিরণ করে নিজ নিজ খোলকে ফিরে আসে। এই শক্তির বিকিরণ ঘটে তাড়িতচৌম্বকীয় তরঙ্গ আকারে, যা আমাদের চোখে আলো রূপে দৃশ্যমান হয়। কিন্তু কিছু কিছু ক্ষেত্রে বিকীর্ণ তরঙ্গ দৃশ্যমান হয় না। যেমন তেজস্ক্রিয় মৌল রেডিয়াম থেকে নির্গত গামা রশ্মির বিকিরণ। এটিও তাড়িতচৌম্বক বিকিরণ।

আবার বিভিন্ন ধরণের বেতার তরঙ্গ, তাপ তরঙ্গ এগুলোর কোনোটিই দেখা যায় না। কিন্তু এসবই তাড়িতচৌম্বক তরঙ্গ। তা হলে এসব তাড়িতচৌম্বক তরঙ্গ এবং আলোর তরঙ্গের মধ্যে পার্থক্য কোথায় ? পার্থক্য বা বিভিন্নতা হলো এ সব বিকির্ণ শক্তিসমূহের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য এবং কম্পাঙ্কের মধ্যে। দেখা যায় কম্পাঙ্ক বেশি হলে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কম হয়। আবার কম্পাঙ্ক কম হলে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বেশি হয়। কিন্তু কম্পাঙ্ক এবং তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের গুণফল সর্বদা ধ্রুব হয়। এটিই বিকিরণের বেগ অর্থাৎ বেগ, $v = f\lambda = 3\times10^8$ ms^{-1} ।

আমাদের জানা গামা রশ্মির কম্পাঙ্ক সর্বোচ্চ (গড়ে 3×10^{19} Hz) এবং গামা রশ্মির তরঙ্গ দৈর্ঘ্য সবচেয়ে কম (গড়ে 10^{-11}m)। আবার বেতার তরঙ্গের কম্পাঙ্ক অনেক কম (যেমন 3×10^5 Hz) এবং এদের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য অনেক বেশি (যেমন 10^3 m)। আসলে তাড়িতচৌম্বক বিকিরণ বা তরঙ্গের পরিসর অত্যন্ত ব্যাপক। এই ব্যাপক বিকিরণসমূহের সমগ্র পরিসরকে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বা কম্পাঙ্কের ভিত্তিতে কয়েকটি ভাগে ভাগ করা হয়েছে। এই ভাগগুলোকে ক্রমানুসারে সাজালে তাকে বলা হয় তাড়িতচৌম্বক বর্ণালি (electromagnatic spectrum)।

৮.২ নং চিত্রে তাড়িতচৌম্বকীয় বর্ণালি ও তার বিভিন্ন অংশ দেখানো ও ব্যাখ্যা করা হয়েছে।



চিত্র ঃ ৮.২ তাড়িতচৌম্বকীয় বর্ণালি ও তার বিভিন্ন অংশ

চিত্রটি লক্ষ্য করুন এর বাম দিকে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য এবং ডান দিকে কম্পাঙ্কের স্কেল দেখানো হয়েছে। (এটি অন্যভাবেও দেখানো যেতে পারে)।

নিচের দিকে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ক্রমশ বৃদ্ধি পাচ্ছে কিন্তু কম্পাঙ্ক কমছে। বর্ণালিতে তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পরিসর 10^{-15}m থেকে 10^{4}m, অন্য দিকে কম্পাঙ্কের পরিসর 10^{23} Hz থেকে 10^{4} Hz। এই সুদীর্ঘ পরিসরকে কয়েকটি ভাগে ভাগ করা হয়েছে। যেমন- গামা রশ্মি, এক্সরে, অতিবেগুনি বিকিরণ, দৃশ্যমান আলোক তরঙ্গ, অবলোহিত বিকিরণ, মাইক্রো তরঙ্গ এবং বেতার তরঙ্গ। দৃশ্যমান আলোক তরঙ্গ, মাইক্রো তরঙ্গ এবং বেতার তরঙ্গ পরিসরগুলোকে আবার কতগুলো উপস্তরে ভাগ করা হয়েছে।

গামা রশ্মি ঃ 10^{-11}m থেকে ছোট তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের সকল বিকিরণ গামা রশ্মি বা γ-ray । এর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ক্ষুদ্র হওয়ায় কম্পাঙ্ক সবচেয়ে বেশি, তাই শক্তিও বেশি। দৃশ্যমান আলোর চেয়ে এর শক্তি পঞ্চাশ হাজার গুণ বেশি। তেজস্ক্রিয় মৌলসমূহ থেকে স্বতঃস্ফূর্ত ভাবে গামা রশ্মি নির্গত হয়। পারমাণবিক বিস্ফোরণের ফলে যে তেজস্ক্রিয় রশ্মি নির্গত হয় তার বেশির ভাগই গামা রশ্মি। প্রাণী দেহের জন্য এটি অত্যন্ত ক্ষতিকর।

এক্সরে ঃ 10^{-11}m থেকে10^{-8}m পর্যন্ত তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের তাড়িতচৌম্বক তরঙ্গসমূহকে বলা হয় X-ray বা এক্স রশ্মি। বিজ্ঞানী উলহেলম রন্টজেন ১৮৯৫ সালে এই রশ্মি আবিষ্কার করেন। তার নাম অনুসারে এই রশ্মিকে রঞ্জন রশ্মিও বলা হয়। গামা রশ্মি থেকে এর কম্পাঙ্ক কম বলে এর শক্তিও অপেক্ষাকৃত কম। এই রশ্মি মানুষের দেহের নরম অংশের মধ্য দিয়ে ভেদ করে যেতে পারে, কিন্তু হাড় বা টিউমার জাতীয় শক্ত টিস্যুর মধ্য দিয়ে যেতে পারে না। তাই এই রশ্মির সাহায্যে ফটো তুলে দেহের ভেতরের হাড় এবং টিউমার সনাক্ত করা হয়।

অতিবেগুনি রশ্মি ঃ এক্সরের থেকে কম বা ছোট কম্পাঙ্কের বিকিরণ অতিবেগুনি রশ্মি (ultraviolet ray)। এর তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের বিস্তার 10^{-8}m থেকে 4×10^{-7}m , এক্সরে এবং দৃশ্যমান আলোর মাঝামাঝি। সূর্য রশ্মি এই বিকিরণের প্রধান উৎস। এই রশ্মি আমাদের শরীরের ত্বকে ভিটামিন ডি তৈরি করে। তবে বেশিক্ষণ এই রশ্মি শরীরে পড়লে তা ক্ষতিকর হয়। চোখের জন্য এটি বেশ ক্ষতিকর।

৮.২.২ তাড়িতচৌম্বকীয় বর্ণালিতে আলোর অবস্থান
Position of Light in electromagnatic spectrum

দৃশ্যমান আলোক তরঙ্গ ঃ তাড়িতচৌম্বকীয় বর্ণালির অতিবেগুনি রশ্মির পরের একটি অতি ক্ষুদ্র অংশ আমাদের চোখে দৃশ্যমান হয় একে বলা হয় দৃশ্যমান বিকিরণ বা দৃশ্যমান আলোক তরঙ্গ। এই তরঙ্গের তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পরিসর 4×10^{-7} m থেকে 7×10^{-7} m মাত্র।

এই পরিসরের বিভিন্ন তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের জন্য আলোর বিভিন্ন বর্ণ দেখা যায়। এদের বেগুনি, নীল, আসমানী, সবুজ, হলুদ, কমলা ও লাল এই সাতটি ভাগে ভাগ করা হয়। এদের মধ্যে বেগুনি আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য সবচেয়ে কম এবং লাল আলোর সবচেয়ে বেশি। পাশের ছকে দৃশ্যমান আলোর বর্ণ অনুসারে তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের তালিকা দেখানো হয়েছে।

বেগুনি	3.8×10^{-7}m থেকে 4.2×10^{-7}m
নীল	4.2×10^{-7}m থেকে 4.5×10^{-7}m
আসমানী	4.5×10^{-7}m থেকে 4.95×10^{-7}m
সবুজ	4.95×10^{-7}m থেকে 5.7×10^{-7}m
হলুদ	5.7×10^{-7}m থেকে 5.9×10^{-7}m
কমলা	5.9×10^{-7}m থেকে 6.2×10^{-7}m
লাল	6.2×10^{-7}m থেকে 6.5×10^{-7}m

অবলোহিত রশ্মি ঃ দৃশ্যমান আলোক তরঙ্গের চেয়ে বড় তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের বিকিরণ অবলোহিত বিকিরণ বা অবলোহিত রশ্মি (infrared ray)। বর্ণালির 10^{-6}m থেকে 10^{-3}m তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পরিসর অবলোহিত বিকিরণের। সূর্যের আলো থেকে আমারা যে তাপ পাই তা অবলোহিত বিকিরণ। এছাড়া কাঠের আগুন, বৈদ্যুতিক চুলা, গ্যাস বা যে কোন জ্বালানি থেকে উৎপন্ন তাপ মাত্রই অবলোহিত বিকিরণ।

মাইক্রো তরঙ্গ ঃ অবলোহিত বিকিরণের চেয়ে বেশি দৈর্ঘ্যের তরঙ্গ হচ্ছে মাইক্রো-ওয়েভ বা মাইক্রো তরঙ্গ। এর পরিসর 10^{-3}m থেকে 10^{-1}m এর মধ্যে। এটি মূলত বেতার তরঙ্গের উপরের অংশ। অনেকে একে বেতার তরঙ্গের সাথে একীভূত করে দেন। সাধারণত মাইক্রো ওভেনে রান্না এবং খাবার গরম করা হয়। এক্ষেত্রে মাইক্রো-ওয়েভ ব্যবহার করে তাপ উৎপাদন করা হয়।

বেতার তরঙ্গ ঃ 10^{-1}m থেকে 10^{4}m পর্যন্ত বা এর থেকে অধিক দৈর্ঘ্যের তরঙ্গ বেতার তরঙ্গ। বেতার তরঙ্গের কম্পাঙ্ক 10^{11} Hz থেকে কম। এর মধ্যে আবার বিভিন্ন ভাগ আছে। কাজের বা ব্যবহারের সুবিধার জন্য এভাবে ভাগ করা হয়েছে। যেমন মিডিয়াম ওয়েভ (200 m থেকে 500m), শর্ট ওয়েভ
(10m থেকে 100m)। টেলিভিশনের জন্য ব্যবহৃত বেতার তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 0.5 m থেকে 1.5 m এর মধ্যে। আবার কম্পাঙ্কের ভিত্তিতেও বেতার তরঙ্গ বিভাজন করা হয়। যেমন VHF, MHF, FM, LF ইত্যাদি। এসব তরঙ্গ বেতার যোগাযোগ, টেলিভিশন, রেডিও, টেলিফোন, চিকিৎসা ও রোগ নির্ণয় সহ বিভিন্ন কাজে ব্যবহৃত হয়। এগুলো সম্পর্কে জাতে হলে ওয়েব সাইট দেখুন।

Wave link/Video link:
you tube.com/Microwave

সার-সংক্ষেপঃ

তাড়িতচৌম্বক বর্ণালি ঃ তাড়িতচৌম্বক বিকিরণসমূহের সমগ্র পরিসরকে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বা কম্পাঙ্কের ভিত্তিতে কয়েকটি ভাগে ভাগ করা হয়েছে। এই ভাগগুলোকে ক্রমানুসারে সাজালে তাকে বলা হয় তাড়িতচৌম্বক বর্ণালি।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন -৮.২

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন।

১। সবচেয়ে কম তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের বিকিরণ কোন রশ্মির?
(ক) এক্সরে (খ) গামারে
(গ) অবলোহিত রশ্মি (ঘ) অতিবেগুনি রশ্মি

২। কোন রশ্মিটি যে কেনো প্রাণীর জন্য সবচেয়ে ক্ষতি কর?
(ক) α-রশ্মি (খ) β-রশ্মি
(গ) γ-রশ্মি (ঘ) অতিবেগুনি রশ্মি

৩। কোন রশ্মি শরীরের ত্বকে ভিটামিন তৈরিতে সাহায্য করে?
(ক) অবলোহিত রশ্মি (খ) গামা রশ্মি
(গ) অতিবেগুনি রশ্মি (ঘ) দৃশ্যমান আলোক রশ্মি

৪। বৈদ্যুতিক চুলা থেকে যে বিকীর্ণ তাপ আসে তা কোন রশ্মি?
(ক) অবলোহিত রশ্মি (খ) অতিবেগুনি রশ্মি
(গ) গামা রশ্মি (ঘ) রঞ্জন রশ্মি

৫। টেলিভিশনের জন্য ব্যবহৃত তাড়িতচৌম্বকীয় তরঙ্গের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কোনটি ?
(ক) 0.3 cm (খ) 3 cm
(গ) 30 cm (ঘ) 50 cm

পাঠ-৩ দীপ্তিমিতি (Photometry)

উদ্দেশ্য

এই পাঠের শেষে আপনি-

১. দীপ্তিমিতি কী তা বলতে পারবেন।
২. আলোর ফ্লাক্স, দীপন তীব্রতা ও দীপনমাত্রার সংজ্ঞা, প্রতীক ও একক উল্লেখ করতে পারবেন।
৩. দীপন মাত্রা ও দীপন তীব্রতার মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করতে পারবেন।
৪. বিপরীত বর্গীয় সূত্র ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

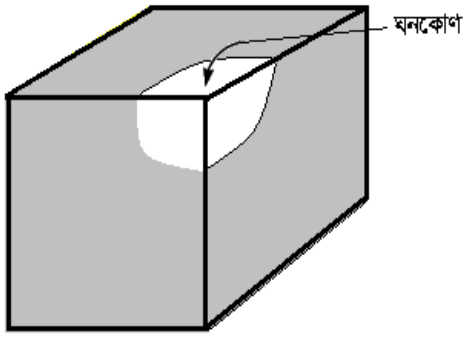
৮.৩.১ দীপ্তিমিতি ও ঘনকোণ (Photometry and Solid angle)

একটি কেরোসিনের লণ্ঠন বা মোমবাতি যে আলো দেয় একটি বৈদ্যুতিক বাতি বা হ্যাচাক লাইট তা থেকে অনেক বেশি আলো দেয়। আবার একটি 40 ওয়াটের বৈদ্যুতিক বাতি যে আলো দেয় একটি 100 ওয়াটের বৈদ্যুতিক বাতি তা থেকে অনেক বেশি এবং উজ্জ্বল আলো দেয়। এই ঔজ্জ্বল্যের বিভিন্নতার কারণ কি? আমরা বলি কোনোটি কম আলো দেয় কোনোটি বেশি আলো দেয়। এক্ষেত্রে আলোর পরিমাপের ব্যাপারটি গুরুত্বপূর্ণ হয়ে ওঠে। বস্তুর পিঠে বেশি আলো পড়লে বস্তুকে বেশি উজ্জ্বল বা স্পষ্ট দেখায়। এসব পরিমাপ অর্থাৎ আলোর পরিমাণ, আলোকিত তলের উজ্জ্বলতার পরিমাপ ও তুলনা নিয়ে যে আলোচনা তাই দীপ্তিমিতি। দীপ্তিমিতির আলোচনায় ঘনকোণের ধারণা প্রয়োজন।

ঘনকোণ ঃ আপনি নিশ্চয়ই জ্যামিতিক এবং ত্রিকোণমিতিক কোণের সাথে পরিচিত। সব কোণ সৃষ্টি হয় সমতলে। কিন্তু সমতলের পরিবর্তে ত্রিমাত্রিক কোণের কথা ভাবুন।

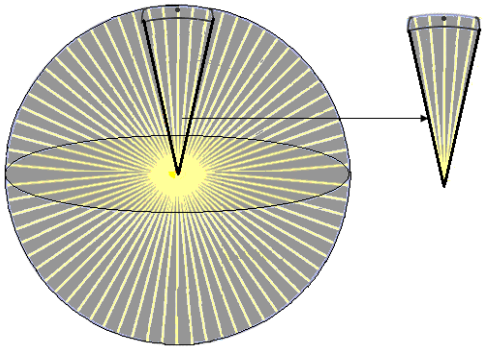
৮.৩ নং চিত্রে একটি ঘনক আকৃতির কার্টুন বাক্সের কোণা দেখান হয়েছে। এর তিনটি সমতল পৃষ্ঠে তিনটি জ্যামিতিক কোণ আছে। কিন্তু তিনটি তল যেখানে মিলেছে সেখানে একটি কোণা সৃষ্টি হয়েছে। এটি ঘনকটির একটি কোণ বা ঘনকোণ।

লক্ষ্য করুন, একটি ঘরের বা কক্ষের ছাদের কোণায় যেখানে ছাদের তল এবং দুটি দেয়াল এসে মিলেছে সেখানে একটি ঘনকোণ সৃষ্টি হয়েছে।



চিত্র ঃ ৮.৩ ঘনকোণের ধারণা

আপনি আপনার চারিদিকে এধরণের অসংখ্য ঘনকোণ সনাক্ত করতে পারেন। প্রত্যেক ত্রিমাত্রিক বস্তুতেই ঘনকোণ আছে । কিন্তু সব ঘনকোণের মান বা আকৃতি সমান নয়। চানাচুর বিক্রেতা এক টুকরো কাগজ মোচার মতো পেঁচিয়ে একটি শঙ্কু তৈরি করেন, এটি একটি ঘনকোণ। কোনো উৎস থেকে আলো যেহেতু সমতল বরাবর নয় বরং সবদিকে বা ঘনকোণে ছড়িয়ে পড়ে (চিত্র ৮.৪), তাই আলোর পরিমাপ বা দীপ্তিমিতি অধ্যয়নে ঘনকোণের একক ও পরিমাপ সম্পর্কে সুস্পষ্ট ধারণা প্রয়োজন।

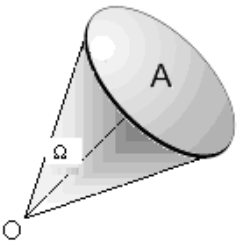


চিত্র ৮.৪ উৎস থেকে আলো ছড়িয়ে পড়া

একটি বিন্দু থেকে বিকির্ণ আলোক রশ্মি যে তলের উপর পড়ে ঐ তলটি মূলত একটি গোলক পৃষ্ঠের অংশ। আর গোলকটি হলো বিন্দু উৎস এবং তলের দূরত্বকে ব্যাসার্ধ ধরে উৎস বিন্দুকে কেন্দ্র করে কল্পিত গোলক। নির্দিষ্ট তলের উপর আলো পড়ে।

কোনো একটি পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল বাইরের কোনো বিন্দুতে যে ঘন কোণ উৎপন্ন করে তা আসলে ঐ বিন্দু থেকে বিকীর্ণ আলোক রশ্মির কত অংশ ঐ পৃষ্ঠে পড়েছে তার পরিমাণ (চিত্র ৮.৪)।

কোন তলের বহি:স্থ কোন বিন্দু থেকে ঐ তলের প্রান্ত বিন্দুগুলোর সংযোগকারী রশ্মিসমূহের দ্বারা যে শঙ্কু তৈরি হয় তাকে ঐ বিন্দুতে ঐ তল দ্বারা আবদ্ধ ঘন কোণ বলে।



চিত্র ঃ ৮.৫ A তল দ্বারা O বিন্দুতে সৃষ্ট ঘনকোণ

একটি পৃষ্ঠ তল A। A এর বাইরে একটি নির্দিষ্ট বিন্দু O। এখন A তলের কিনারার প্রতিটি বিন্দু থেকে O বিন্দু পর্যন্ত রশ্মি টানলে O বিন্দুতে একটি শঙ্কু উৎপন্ন হবে। এটি O বিন্দুতে সৃষ্ট A তল দ্বারা আবদ্ধ ঘনকোণ। ঘনকোণকে Ω (ওমেগা) দ্বারা প্রকাশ করা হয় (চিত্র ৮.৫)।

একটি গোলকের পৃষ্ঠের কোনো অংশ গোলকের কেন্দ্রে যে ঘনকোণ আবদ্ধ করে তার মান পেতে হলে পৃষ্ঠের ঐ অংশের ক্ষেত্রফলকে ঐ গোলকের ব্যাসার্ধের বর্গ দ্বারা ভাগ করতে হয়। r ব্যাসার্ধের কোন গোলক পৃষ্ঠের ΔA ক্ষেত্রফল কর্তৃক গোলকটির কেন্দ্রে আবদ্ধ ঘনকোণের মান,

চিত্র ঃ ৮.৬ ঘনকোণের পরিমাণ

$$\Omega = \frac{\Delta A}{r^2} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \ (৮.১)$$

ঘনকোণের একক স্টেরেডিয়ান, সংক্ষেপে sr। 1 মিটার ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট গোলকের 1 বর্গমিটার ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট পৃষ্ঠ গোলক কেন্দ্রে যে কোণ উৎপন্ন করে তাকে 1 স্টেরেডিয়ান (1sr) বলা হয় (চিত্র ৮.৬)।

একটি r ব্যাসার্ধের গোলক পৃষ্ঠের মোট ক্ষেত্রফল $A = 4\pi r^2$। সুতরাং সম্পূর্ণ গোলক পৃষ্ঠ দ্বারা কেন্দ্রে আবদ্ধ মোট ঘনকোণ $\Omega = \frac{\Delta A}{r^2} = \frac{4\pi r^2}{r^2} = 4\pi$

অর্থাৎ একটি গোলক তার কেন্দ্রে 4π স্টেরেডিয়ান ঘনকোণ আবদ্ধ করে।

৮.৩.২ আলোর ফ্লাক্স, দীপন তীব্রতা ও দীপন মাত্রা (Luminous Flux, Luminous Intensity and Illumination)

আলোর ফ্লাক্স (Luminous Flux)

কোনো আলোর উৎস থেকে নির্দিষ্ট ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে, যে পরিমাণ আলোক শক্তি নির্গত হয় বা প্রবেশ করে, তাকে দীপ্তি প্রবাহ বা আলোর প্রবাহ বা আলোর ফ্লাক্স বলে। আলোর ফ্লাক্সকে গ্রীক অক্ষর φ (ফাই) দ্বারা প্রকাশ করা হয়। আলোর ফ্লাক্স পরিমাপের একক লুমেন (lm)।

এক ক্যান্ডেলা দীপন তীব্রতার কোনো আলোক উৎস থেকে এক স্টেরেডিয়ান ঘনকোণে প্রতি সেকেন্ডে যে পরিমাণ আলোক ফ্লাক্স নির্গত হয় তার পরিমাণ এক লুমেন (1 lm)।

$1\ \text{lm} = 1\ \text{cd.sr}$

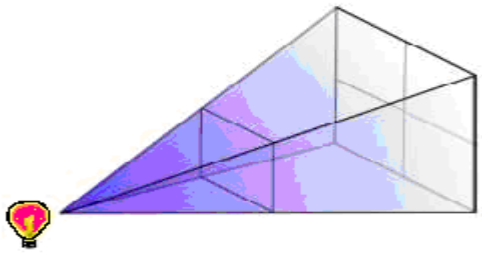
দীপন তীব্রতা (Luminous intensity)

আমরা বিভিন্ন কাজে বিভিন্ন প্রকার আলোক উৎস ব্যবহার করি। কোনোটি বেশি আলো দেয়, আবার কোনোটি কম আলো দেয়। একটি উৎস কি পরিমাণ আলো দেয় তার পরিমাণকে বলা হয় দীপন উৎসের তীব্রতা। অর্থাৎ উৎসের দীপন তীব্রতা বলতে বুঝায় এটি প্রতি সেকেন্ডে কি পরিমাণ আলো দেয় বা এ থেকে কি পরিমাণ আলোক শক্তি নির্গত হয়। একটি বিন্দু উৎস থেকে নির্দিষ্ট দিকে, প্রতি সেকেন্ডে একক ঘনকোণে যে পরিমাণ আলোক নির্গত হয় তাকে ঐ উৎসের দীপন তীব্রতা বলে। এর সংকেত I। আন্তর্জাতিক পদ্ধতিতে দীপন তীব্রতার একক ক্যান্ডেলা (cd)। আন্তর্জাতিক পদ্ধতিতে ১৯৮৯ সালে ক্যান্ডেলার নিম্নরূপ সংজ্ঞা নির্ধারিত হয়েছে।

এক ক্যান্ডেলা হচ্ছে সেই পরিমাণ দীপন তীব্রতা যা কোনো আলোক উৎস একটি নির্দিষ্ট দিকে 540×10^{12} হার্জ কম্পাঙ্কের এক বর্ণী বিকিরণ নিঃসরণ করে এবং ঐ নির্দিষ্ট দিকে তার বিকিরণ তীব্রতা হচ্ছে প্রতি স্টেরেডিয়ান ঘনকোণে $\frac{1}{683}$ ওয়াট।

দীপনমাত্রা (Illumination): বিভিন্ন উৎস যেমন বিভিন্ন পরিমাণ আলো দেয় তেমনি আবার একই উৎস থেকে নির্গত আলো সব জায়গায় সমান আলোকিত করে না। বিভিন্ন পৃষ্ঠ বিভিন্ন মাত্রায় আলোকজ্জ্বল হয়।

এভাবে বিভিন্ন পৃষ্ঠের আলোকিত হওয়ার মাত্রার পরিমাপ হলো ঐ পৃষ্ঠের উজ্জ্বলতা বা দীপনমাত্রা।



চিত্র ঃ ৮.৭ উৎসের দূরত্বভেদে ঔজ্জ্বল্যের পার্থক্য

কোন পৃষ্ঠের এক বর্গমিটার ক্ষেত্রফলে আপতিত আলোক ফ্লাক্সের পরিমাণকে ঐ তলের দীপন মাত্রা বলা হয়। দীপন মাত্রাকে E দ্বারা সূচিত করা হয়। কোন পৃষ্ঠের ΔA ক্ষেত্রফলের উপর আপতিত আলোর ফ্লাক্সের পরিমাণ φ হলে, ঐ পৃষ্ঠের দীপন মাত্রা,

$$E = \frac{\varphi}{\Delta A} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots(৮.২)$$

দীপন মাত্রা পরিমাপের একক লাক্স (lux)। কোন পৃষ্ঠের প্রতি বর্গ মিটার ক্ষেত্রে এক লুমেন আলোক ফ্লাক্স যে দীপন মাত্রা সৃষ্টি করে তাকে এক লাক্স (1lux) বলে। অতএব,

$$1\,\text{lx} = \frac{1\text{lm}}{1\text{m}^2} = 1\,\text{lm m}^{-2}$$

কাজঃ নিচের ছকে আলোক বিষয়ক তিনটি পরিমাপ উল্লেখ করা হয়েছে দ্বিতীয় কলামে ঐ পরিমাপের এককের নাম ও প্রতীক এবং তৃতীয় কলামে ঐ এককের সংজ্ঞা লিখুন।

পরিমাপ	পরিমাপের এককের		এককের সংজ্ঞা
	নাম	প্রতীক	
দীপন তীব্রতা			
আলোর ফ্লাক্স			
দীপন মাত্রা			

৮.৩.৩ দীপন মাত্রা ও দীপন তীব্রতার সম্পর্ক
(Relation between Illumination & Luminous Intensity)

r ব্যাসার্ধের একটি গোলকের কেন্দ্রে I দীপন তীব্রতা বিশিষ্ট একটি বিন্দু আলোক উৎস S কল্পনা করা যাক (চিত্র ৮.৮)। উৎস S থেকে গোলক পৃষ্ঠের অংশ বিশেষ ΔA ক্ষেত্রের মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত আলোর ফ্লাক্সের পরিমাণ φ এবং ΔA ক্ষেত্র দ্বারা গোলকের কেন্দ্রে উৎপন্ন ঘনকোণ Ω হলে,

চিত্র ৮.৮ একটি গোলকের কেন্দ্রে I দীপন তীব্রতা বিশিষ্ট একটি বিন্দু আলোক উৎস

$$\varphi = I\,\Omega \quad .... \quad .... \quad (৮.৩)$$

$$\text{বা, } I = \frac{\varphi}{\Omega} \quad .... \quad .... \quad (৮.৪)$$

আবার ΔA পৃষ্ঠের দীপন তীব্রতা E হলে,

$$E = \frac{\varphi}{\Delta A} \quad ... \quad .... \quad .... \quad (৮.৫)$$

এখন সমীকরণ ৮.৫ কে ৮.৪ দিয়ে ভাগ করে পাওয়া যায়, $\frac{E}{I} = \frac{\Omega}{\Delta A}$

$$\text{বা, } \frac{E}{I} = \frac{\Omega}{\Omega r^2} \quad [\text{ যেহেতু, } \Omega = \frac{\Delta A}{r^2} \text{ বা, } \Delta A = \Omega.r^2\ ]$$

$$\therefore E = \frac{I}{r^2} \quad ..... \quad ..... \quad ... \quad ... \quad ... \quad ... \quad (৮.৬)$$

অর্থাৎ, দীপন মাত্রা $= \frac{\text{দীপন তীব্রতা}}{(\text{দূরত্ব})^২}$

কাজ ঃ একটি টর্চ থেকে 3 মিটার দূরের একটি সাদা দেয়ালের উপর লম্বভাবে আলো ফেলা হলো। দেয়ালের পৃষ্ঠতলটির দীপন মাত্রা 18 lux হলে টর্চটির দীপন তীব্রতা কত হবে? [উঃ 162 lm]

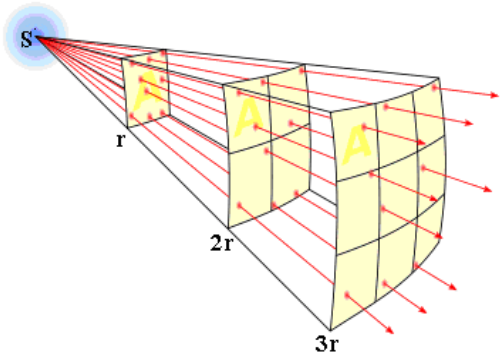
৮.৩.৪ দীপন মাত্রার বিপরীত বর্গীয় সূত্র (Inverse square Law of Illumination)

কোন উৎস দ্বারা কোন তল বা পৃষ্ঠের দীপন মাত্রা ঐ উৎস থেকে তলের দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়। এটি আলোর বিপরীত বর্গীয় সূত্র। গাণিতিকভাবে বলা যায়, আলোর উৎসের দূরত্ব r এবং তলের দীপন মাত্রা E হলে,

$E \propto \frac{1}{r^2}$ অর্থাৎ, $E.r^2 =$ একটি ধ্রুব।

সূত্রের ব্যাখ্যা ঃ

ধরা যাক, S বিন্দুতে একটি আলোক উৎস রয়েছে। S কে কেন্দ্র করে যথাক্রমে r, $2r$ ও $3r$ দূরত্বে তিনটি তল কল্পনা করা হলো। পৃষ্ঠ তলগুলোর দীপন তীব্রতা যথাক্রমে E_1, E_2 এবং E_3 হলে, $E_1 r^2 = E_2\ (2r)^2 = E_3 (3r)^2 =$ একটি ধ্রুব।



চিত্র ঃ ৮.৯ বিপরীত বর্গীয় সূত্রের ব্যাখ্যা

সার-সংক্ষেপ:

স্টেরেডিয়ান ঃ ঘনকোণের একক স্টেরেডিয়ান, সংক্ষেপে sr। 1 m ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট গোলকের পৃষ্ঠ 1m^2 ক্ষেত্রফল কেন্দ্রে যে কোণ উৎপন্ন করে তাকে এক স্টেরেডিয়ান (1sr) বলা হয়। একটি গোলক তার কেন্দ্রে 4π স্টেরেডিয়ান ঘনকোণ আবদ্ধ করে।

আলোর ফ্লাক্স ঃ কোন আলোর উৎস থেকে নির্দিষ্ট ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে, যে পরিমাণ আলোক শক্তি নির্গত হয় বা প্রবেশ করে, তাকে আলোর প্রবাহ বা আলোর ফ্লাক্স বলে।

লুমেন ঃ আলোর ফ্লাক্স পরিমাপের একক লুমেন। এক ক্যান্ডেলা দীপন ক্ষমতার কোন আলোক উৎস থেকে এক স্টেরেডিয়ান ঘনকোণে যে পরিমাণ আলোক ফ্লাক্স নির্গত হয় তাকে এক লুমেন (1 lm) বলে।

লাক্স ঃ দীপন মাত্রা পরিমাপের একক লাক্স। কোন পৃষ্ঠের প্রতি বর্গ মিটার ক্ষেত্রে এক লুমেন আলোক ফ্লাক্স যে দীপন মাত্রা সৃষ্টি করে তাকে এক লাক্স (1 lux) বলে।

আলোর বিপরীত বর্গীয় সূত্র ঃ কোন উৎস দ্বারা আলোকিত কোন তল বা পৃষ্ঠের দীপন মাত্রা ঐ উৎস থেকে তলের দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন - ৮.৩

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন।

১। ঘনকোণের একক কি?

(ক) রেডিয়ান (খ) গ্রেড
(গ) ডিগ্রি (ঘ) স্টেরেডিয়ান

২। r ব্যাসার্ধের কোন গোলক তার কেন্দ্রে কি পরিমাণ ঘনকোণ আবদ্ধ করে?

(ক) $4\pi r^2$ স্টেরেডিয়ান (খ) $4\pi r$ স্টেরেডিয়ান
(গ) 4π স্টেরেডিয়ান (ঘ) πr^2 স্টেরেডিয়ান

৩। দীপন তীব্রতা কোন ধরনের রাশি?

(ক) লব্ধ (খ) মৌলিক
(গ) মিশ্র (ঘ) কোন রাশি নয়

৪। লাক্স কী?
(ক) দীপন তীব্রতার একক (খ) দীপন মাত্রার একক
(গ) আলোক প্রবাহের একক (ঘ) ঘনকোণের একক

৫। আলোর ফ্লাক্সের একক কী?
(ক) স্টেরেডিয়ান (খ) ক্যান্ডেলা
(গ) লুমেন (ঘ) লাক্স

চূড়ান্ত মূল্যায়ন-৮

ক. সাধারণ বহুনির্বাচনী প্রশড়ব ঃ

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন।

১। আলোর কণা তত্ত্বের সাহায্যে কোন ঘটনা ব্যাখ্যা করা যায় না?
(ক) বিচ্ছুরণ (খ) প্রতিফলন
(গ) প্রতিসরণ (ঘ) আলোর গতি

২। ফটো তড়িৎ μয়ার ব্যাখ্যা দেয়ার জন্য কোন বিজ্ঞানী নোবেল পুরস্ · ·ার পান?
(ক) নিউটন (খ) দ্য- ব্রোগলী
(গ) আইনস্টাইন (ঘ) প্লাঙ্ক

৩। কে সর্ব প্রথম কোয়ান্টম তত্ত্ব প্রদান করেন?
(ক) হাইগেন (খ) প্লাঙ্ক
(গ) ম্যাক্সওয়েল (ঘ) দ্য- ব্রোগলী

৪। দৃশ্যমান আলোর মধ্যে কোন রঙের আলোর তরঙ্গ জর্ঘ্য সবচেয়ে বেশি?
(ক) বেগুনি (খ) কমলা
(গ) হলুদ (ঘ) লাল

৫। দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গ জর্ঘ্য কত?
(ক) 4×10^{-7}m থেকে 7×10^{-7}m (খ) 2×10^{-7}m থেকে 7×10^{7}m
(গ) 5×10^{-15}m থেকে 5×10^{-8}m (ঘ) 6×10^{-11}m থেকে 7×10^{-7}m

খ. বহুপদী সমাপ্তিসূচক বহুনির্বাচনী প্রশ্ন ঃ

১। বেতার তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য হলো-
i. এটি তাড়িতচৌম্বক তরঙ্গ।
ii. এটি এক ধরনের অনুপ্রস্থ তরঙ্গ।
iii. এই তরঙ্গের কম্পাঙ্ক বেশি হলে বেগও বেশি হয়।

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

২। চৌম্বক ক্ষেত্র ও গতিশীল তড়িৎ ক্ষেত্রের দ্রুত পর্যাবৃত্ত পরিবর্তনের ফলে যে শক্তির বিকিরণ হয়
i. তার বেগ 3×10^{8} ms^{-1} ।
ii. বিকিরিত তরঙ্গের কম্পাঙ্ক ও তরঙ্গ দৈর্ঘের গুণফল ধ্রুব।
iii. তাকে তাড়িতচৌম্বক তরঙ্গ বলে।

কোনটি সঠিক?

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

গ. অভিন্ন তথ্য ভিত্তিক বহু নির্বাচনী প্রশ্ন ঃ

নিচের বক্সের তথ্যগুলি পড়ুন এবং ১-৪ নম্বর প্রশ্নের সঠিক উত্তরটিতে টিক দিন।

একটি ঘরের ঠিক মাঝখানে ছাদ থেকে আধামিটার নিচে একটি বৈদ্যুতিক বাতি ঝুলানো আছে। বাতিটি বরাবর থেকে দেয়ালের উপর একই উচ্চতায় একটি ছবি টানানো আছে। বাতিটির দীপন তীব্রতা 100 ক্যান্ডেলা।

১। বাতিটি থেকে সেকেন্ডে কি পরিমাণ আলো নির্গত হবে?

(ক) 4π লুমেন (খ) 400π লুমেন

(গ) $4\pi r$ লুমেন (ঘ) $4\pi p$ লুমেন

২। বাতি থেকে দেয়ালে টানানো ছবিটির দূরত্ব 2 মিটার হলে ছবির পিঠের দীপন মাত্রা কত হবে?

(ক) 400 লাক্স (খ) 100 লাক্স

(গ) 50 লাক্স (ঘ) 25 লাক্স

৩। ছবিটির দৈর্ঘ্য 30 সেমি এবং প্রস্থ 20 সেমি হলে ছবির ওপর প্রতি সেকেন্ডে কতটুকু আলো পতিত হবে?

(ক) 6 লুমেন (খ) 6 লাক্স

(গ) 6 ক্যান্ডেলা (ঘ) কোনটিই নয়

৪। দেয়ালটি বাতি থেকে দ্বিগুণ দূরত্বে হলে ছবিটির পিঠের দীপন মাত্রা কত হবে?

(ক) আগের থেকে চার গুণ কমবে (খ) আগের থেকে দুই গুণ কমবে

(গ) আগের থেকে সামান্য কমবে (ঘ) অপরিবর্তিত থাকবে

ঘ. সৃজনশীল প্রশ্ন ঃ

নিচের ছকটি তাড়িতচৌম্বক বর্ণালির তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের ক্রম অনুযায়ী সাজানো হয়েছে। ছকটি দেখুন এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দিন।

γ-ray	x-ray	A	Visible ray	B	Radio

(১) A বিকিরণটির নাম ও তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের সীমা লিখুন।

(২) x-ray এর ব্যবহার গুরুত্বপূর্ণ কেন ব্যাখ্যা করুন।

(৩) শব্দ তরঙ্গাকারে সঞ্চালিত হয়, দৃশ্যমান আলোও তরঙ্গাকারে সঞ্চালিত হয়- এদের মধ্যে পার্থক্য কোথায় বুঝিয়ে লিখুন।

(৪) আপনি কি উপায়ে B বিকিরণটি সনাক্ত করবেন। A এবং B বিকিরণ দুটির মধ্যে কোনটি আমাদের জন্য বেশি প্রয়োজনীয়? আপনার উত্তরের স্বপক্ষে যুক্তি দিন।

বহুনির্বাচনী প্রশ্নসমূহের উত্তরমালা

পাঠোত্তর মূল্যায়ন ৮.১ ঃ	১। (খ)	২। (ঘ)	৩। (ক)	৪। (গ)	৫। (ক)
পাঠোত্তর মূল্যায়ন ৮.২ ঃ	১। (খ)	২। (গ)	৩। (গ)	৪। (ক)	৫। (ঘ)
পাঠোত্তর মূল্যায়ন ৮.৩ ঃ	১। (ঘ)	২। (গ)	৩। (ক)	৪। (খ)	৫। (গ)

চূড়ান্ত মূল্যায়ন ৮

ক. সাধারণ বহুনির্বাচনী প্রশ্ন ঃ	১। (ক)	২। (গ)	৩। (খ)	৪। (ঘ)
	৫। (ক)			
খ. বহুপদী সমাপ্তিসূচক বহুনির্বাচনী প্রশ্ন ঃ	১। (ক)	২। (ঘ)		
গ. অভিন্ন তথ্য ভিত্তিক বহু নির্বাচনী প্রশ্ন ঃ	১। (খ)	২। (ঘ)	৩।(ক)	৪।(ক)

ঘ. সৃজনশীল প্রশ্ন ঃ (ক) অতিবেগুনি রশ্মি , এর তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের সীমা 4×10^{-7}m থেকে 10^{-8}m

(খ) ৮.২.১ পাঠ্যাংশে দেখুন

(গ) ৭.৩.৪ এবং ৮.২.১ পাঠ্যাংশের সাহায্য নিন

(ঘ) B বিকিরণটি অবলোহিত এবং A বিকিরণটি অতিবেগুনি রশ্মি কিভাবে B কে সনাক্ত করবেন এবং কোনটি বেশি প্রয়োজনীয় তা যুক্তি দিয়ে নিজে ব্যাখ্যা করুন, টিউটোরিয়াল ক্লাসে শিক্ষককে দেখান।