



তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ

ভূমিকা

তরঙ্গের সাথে আমরা পরিচিত। যেমন- পানির তরঙ্গ শব্দ, তরঙ্গ, আলোর তরঙ্গ ইত্যাদি। এসব তরঙ্গ ধর্ম ও বৈশিষ্ট্য পৃথক। আলো আমাদের নিত্য দিনের সঙ্গী। আলো তরঙ্গের ন্যায় প্রবাহিত হয়। আলোক তরঙ্গ এক ধরনের তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ। আলোক তরঙ্গের দুটি উপাংশ থাকে একটি হল তড়িৎ উপাংশ অপরটি চৌম্বক উপাংশ। সুতরাং যে তরঙ্গের তড়িৎ ও চৌম্বক উপাংশ থাকে তাকে বলা হয় তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ। এরকম অনেক তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ রয়েছে। এরা হল অবলোহিত রশ্মি, দৃশ্যমান আলো, এক্সরে, গামারশ্মি, অতিবেগুনি রশ্মি ইত্যাদি। এরা সবাই মিলে তৈরি করে তড়িৎ চুম্বক বর্ণালী। আমরা এই ইউনিটে তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের ইতিহাস, উৎস, প্রকৃতি, ধর্ম, বর্ণালী ইত্যাদি নিয়ে আলোচনা করব।

এই ইউনিটে পাঠগুলো হবে

পাঠ-১ : তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ, উদ্ভব, প্রকৃতি, উৎস ও বৈশিষ্ট্য

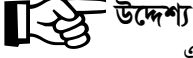
পাঠ-২ : তড়িৎ চৌম্বক বর্ণালী

পাঠ-৩ : আলোর দ্রুতি : মাধ্যমে ও তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের উপর এর নির্ভরশীলতা

পাঠ-৪ : আলোর দ্রুতি নির্ণয়: ফিজোর পদ্ধতি।



তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ উদ্ভব প্রকৃতি উৎস ও বৈশিষ্ট্য



উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ কী তা ব্যাখ্যা করতে পারবেন
- তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের ইতিহাস বর্ণনা করতে পারবেন
- তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের উৎস উল্লেখ করতে পারবেন
- তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য তালিকাভুক্ত করতে পারবেন।

ফ্যারাডের তড়িৎ চৌম্বক আবেশের সূত্র থেকে এই সিদ্ধান্ত নেয়া হয়েছিল যে, স্থানের কোন বিন্দুতে সময়ের সাথে পরিবর্তনশীল চৌম্বক ক্ষেত্র ঐ বিন্দুতে তড়িৎ ক্ষেত্র উৎপন্ন করে। অপরদিকে ম্যাক্সওয়েলের সরণ প্রবাহ (Displacement Current) এর ধারণা আমাদের এই সিদ্ধান্তে নিয়ে যায় যে, কোন বিন্দুতে সময়ের সাথে পরিবর্তনশীল তড়িৎক্ষেত্র ঐ বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্র উৎপন্ন করে। তড়িৎ চৌম্বকত্বের নিয়মের এই প্রতীকসম্য আমাদের এই সিদ্ধান্তে নিয়ে যায় যে, সময়ের সাথে পরিবর্তনশীল তড়িৎক্ষেত্র চৌম্বক ক্ষেত্রের এবং চৌম্বকক্ষেত্র তড়িৎক্ষেত্রের সৃষ্টি করে। ম্যাক্সওয়েল দেখান যে, এরূপ তড়িৎ ও চৌম্বকক্ষেত্র স্থান দিয়ে সঞ্চালিত হয় এবং এর বেগ আলোর বেগের সমান। এ ধরনের তরঙ্গকে বলা হয় তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ। এই তরঙ্গ অনুপ্রস্থ তরঙ্গ।

এবার আমরা তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের ইতিহাস নিয়ে আলোচনা করব। ১৮৬০ সালে জেমস ক্লার্ক ম্যাক্সওয়েল তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ তত্ত্বের অবতারণা করেন। তিনি বলেন যে, তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের অস্তিত্ব রয়েছে। এরা আলোর দ্রুতি নিয়ে স্থানে সঞ্চালিত হয়। ১৮৮৭ সালে হেনরিখ হার্টজ তড়িৎচৌম্বক তরঙ্গ উৎপাদনে সক্ষম হন। তাঁর পরীক্ষণ ব্যবস্থায় তিনি যে তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ উৎপাদন করেন তার তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ছিল প্রায় ৬ মিটার। তাঁর এই আবিষ্কার তাঁকে বিখ্যাত করে তোলে। তার নামানুসারে তাই স্পন্দন হার বা কম্পাংকের (Frequency) আন্তর্জাতিক এককের নামকরণ হয় হার্জ (Hz)। এরপর অনেক বিজ্ঞানী ক্ষুদ্রতর তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের তড়িৎচৌম্বক তরঙ্গ উৎপাদনে সক্ষম হন। এ সব তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পাল্লা মিলিমিটার পর্যন্ত ছিল। হার্জের পরীক্ষণের কয়েক বৎসর পরে বাংলাদেশের বিজ্ঞানী জগদীশ চন্দ্র বসু ৫ মিলিমিটার থেকে ২৫ মিলিমিটার পাল্লায় তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ উৎপাদনে সক্ষম হন।

১৮৯৬ সালে ইটালীয় বিজ্ঞানী মার্কনি আবিষ্কার করেন যে, একটি স্প্যান গ্যাপ প্রান্ত (Span gap terminal) কে অ্যানটেনার সাথে সংযুক্ত করা হয় এবং অপর প্রান্ত যদি ভূসংযোগে সংযুক্ত করা হয় তাহলে বিকিরণ তড়িৎচৌম্বক তরঙ্গ কয়েক কিলোমিটার পর্যন্ত সঞ্চালিত হতে পারে। অ্যানটেনা ও ভূসংযোগকারী তার ধারকের এমন দুটি পাত (প্লেট) তৈরি করে যে, যা বেতার কম্পাঙ্কের (radio frequency) তরঙ্গ বিকিরণ করে। অ্যানটেনা ও ভূ-ব্যবস্থা (earth System) ডিটেকটর ব্যবহার করে এই তরঙ্গকে অনেক দূরে পাঠানো যায়। এই ব্যবস্থা ব্যবহার করে বিজ্ঞানী মার্কনি ১৮৯৯ সালে ইংলিশ চ্যানেলের দুপারের মধ্যে বেতার যোগাযোগ স্থাপন করেন। এই দুই পারের মধ্যে দূরত্ব ছিল প্রায় ৫০ কিলোমিটার। ম্যাক্সওয়েলের তত্ত্ব থেকে জানা যায় যে, তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ তড়িৎ ও চৌম্বক ক্ষেত্রের বিস্তার E_0 ও B_0 নিচের সম্পর্ক দ্বারা সম্পর্কিত।

$$E_0 = cB_0$$

$$\text{বা, } \frac{E_0}{B_0} = c \text{ ----- (1)}$$

এখানে c আলোর দ্রুতি। তড়িৎ ও চৌম্বক ক্ষেত্রের কন্মনের ফলে সঞ্চালিত শক্তিকে তড়িৎ চৌম্বক বিকিরণ বা তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ বলে। আমরা জানি যে, পরিবর্তনশীল চৌম্বক ফ্লাক্স তড়িৎ ক্ষেত্র উৎপন্ন করে এবং পরিবর্তনশীল তড়িৎ ফ্লাক্স চৌম্বক ক্ষেত্র সৃষ্টি করে। এ থেকে বোঝা যায় যে, কোন অঞ্চলে যদি তাড়িত বা চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তন ঘটে, তাহলে সে অঞ্চলের বাইরে পারিপার্শ্বিক স্থানে (Space) আলোর দ্রুতিতে তড়িৎ চৌম্বক ক্ষেত্র সঞ্চালিত হবে। এ রকম চলমান তড়িৎ ও চৌম্বক ক্ষেত্রকে বলা হয় তড়িৎ চৌম্বক বিকিরণ বা তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ। সুতরাং তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ হল স্থান (Space) দিয়ে আলোর দ্রুতিতে গতিশীল তড়িৎ ও চৌম্বক আলোড়ন।

আপনারা নবম-দশম শ্রেণীর পদার্থ বিজ্ঞান বইয়ে বিভিন্ন রকম তড়িৎচৌম্বক তরঙ্গের নাম জেনেছেন। এ গুলো হলো অবলোহিত তরঙ্গ (Infrared wave) আলো, অতিবেগুনি বিকিরণ (Ultraviolet radiation), এক্সরে (X-ray) ও গামারশি (Gamma ray)

তড়িৎ চৌম্বক বিকিরণের উৎস

এর আগে আমরা তড়িৎ চৌম্বক বিকিরণের প্রকৃতি সম্পর্কে জেনেছি। এবার আমরা দেখব তড়িৎচৌম্বক তরঙ্গের উৎস কি? অর্থাৎ তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ কোথা থেকে পাওয়া যায়। আমরা জানি যে, স্থির তড়িৎ আধানের চারিদিকে তড়িৎ ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়। আবার সুস্থিত তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি করে চৌম্বক ক্ষেত্রের। কিন্তু ত্বরিত তড়িৎআধান সৃষ্টি করে সময়ের সাথে পবিত্রনশীল চৌম্বকক্ষেত্র, যা স্থানের উপর নির্ভরশীল। তড়িৎচৌম্বকতরঙ্গ চৌম্বক ক্ষেত্রের সাথে জড়িত। এই চৌম্বক ক্ষেত্র আবার নির্ভর করে সময় ও স্থানের উপর সুতরাং এ থেকে বোঝা যায় যে, তড়িৎচৌম্বক তরঙ্গের উৎস হল ত্বরিত (Accelerated) তড়িৎআধান। স্পন্দনশীল তড়িৎআধান থেকে সৃষ্টি হয় তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের।

কোন বিন্দুতে স্পন্দনশীল তড়িৎআধান ঐ বিন্দুতে তড়িৎ ও চৌম্বক ক্ষেত্র উৎপন্ন করে যা সাইনসদৃশ ভাবে নির্দিষ্ট ফ্রিকুয়েন্সিতে পরিবর্তিত হয় এবং এই ফ্রিকুয়েন্সি বা স্পন্দন হার বা কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট তড়িৎচৌম্বক তরঙ্গের সৃষ্টি করে। তড়িৎচৌম্বক তরঙ্গের তড়িৎ ও চৌম্বক ক্ষেত্রের পরিবর্তন সর্বদাই একে অপরের অভিলম্বিক এবং এরা উভয়েই তরঙ্গ সঞ্চালন অভিমুখের সাথে লম্ব। তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ সঞ্চালনের জন্য কোন মাধ্যমে প্রয়োজন হয় না এবং ভ্যাকুয়াম বা মুক্ত স্থানে আলোর বেগ নিয়ে সঞ্চালিত হয়।

তড়িৎ চৌম্বক বিকিরণের ধর্ম

যদিও বিভিন্ন তড়িৎ চৌম্বক বিকিরণের উৎস বিভিন্ন এবং তাদের তরঙ্গ দৈর্ঘ্যে বিরাট পার্থক্য বর্তমান কিন্তু কিছু কিছু ধর্ম বা মৌলিক বৈশিষ্ট্যের দিক দিয়ে এদের মধ্যে মিল আছে। এসব বৈশিষ্ট্য হল :

১. তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ সঞ্চালনের জন্য কোন জড় মাধ্যমের প্রয়োজন নেই।
২. তড়িৎ চৌম্বক বিকিরণ মুক্ত স্থানে (free Space) আলোর দ্রুতিতে ($3 \times 10^8 \text{mS}^{-1}$) অর্থাৎ প্রতি সেকেন্ডে ৩ লক্ষ কিলোমিটার দ্রুতিতে সরন রেখায় গমন করে। মুক্ত স্থান বলতে এখানে ভ্যাকুয়াম বোঝানো হয়েছে।
৩. ত্বরিত তড়িৎআধান দ্বারা তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ উৎপন্ন হয়।
৪. এক স্থান থেকে অন্য স্থানে গমনের সময় এদের তীব্রতা বিপরীত বর্গীয় নিয়ম (Inverse Square law) মেনে চলে। অর্থাৎ দূরত্বের বর্গের ব্যাস্তানুপাতে এদের তীব্রতা হ্রাস পেতে থাকে। দূরত্ব দ্বিগুণ হলে তীব্রতা এক চতুর্থাংশ হয়ে যাবে। গাণিতিক ভাবে।

$$I \propto \frac{1}{r^2}$$

এখানে I তড়িৎ চৌম্বক বিকিরণের তীব্রতা r উৎস থেকে দূরত্ব।

৫. এই তরঙ্গ তড়িৎ চৌম্বক আড় তরঙ্গ। স্পন্দনশীল তড়িৎ ও চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা গতিশীল তরঙ্গ প্রক্রিয়া (effect) উৎপন্ন হয়।
৬. তড়িৎ ও চৌম্বক ক্ষেত্র তরঙ্গ সঞ্চালনের অভিমুখের সাথে সমকোণ করে স্পন্দনশীল হয় এবং পরস্পরের সাথে সমকোণে থাকে।
৭. এই বিকিরণের সকল তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের জন্য $c = \lambda f$ সমীকরণ প্রযোজ্য। এখানে c আলোর দ্রুতি ($3 \times 10^8 \text{mS}^{-1}$) λ তরঙ্গের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, f তরঙ্গের কম্পাঙ্ক বা ফ্রিকুয়েন্সি। এর দ্রুতি c ধ্রুবক বলে, কম্পাঙ্ক যত বাড়তে থাকে, তরঙ্গ দৈর্ঘ্য তত হ্রাস পেতে থাকে।
৮. যথোপযুক্ত শর্তসাপেক্ষে তড়িৎ চৌম্বক বিকিরণের সবধরনের বিকিরণের প্রতিফলন, প্রতিসরন, অপবর্তন (Diffraction) ও ব্যতিচার (Interference) ঘটে।
৯. এদের তল পোলারায়ন (Plane Polarisation) ঘটে। এই ধর্ম থেকে এদের দীঘল তরঙ্গ (Longitudinal wave) থেকে পৃথক করা যায়।
১০. এই তরঙ্গের তড়িৎ ও চৌম্বক ক্ষেত্রের বিস্তারের অনুপাত অর্থাৎ $E/B = c$ হয়।
১১. এই তরঙ্গের শক্তি তড়িৎ ও চৌম্বক ভেক্টরের মধ্যে সমান ভাবে বন্টিত হয়।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন।

১. তড়িৎচৌম্বক তরঙ্গের বেলায় তড়িৎ ক্ষেত্র E এবং চৌম্বক ক্ষেত্র B এর মধ্যবর্তী কোন কত ডিগ্রী ?
(ক) 0° (খ) 90°
(গ) 60° (ঘ) 180°
২. তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের বেগ কত ?
(ক) $3 \times 10^8 \text{mS}^{-1}$ (খ) $3 \times 10^8 \text{kmh}^{-1}$
(গ) $3 \times 10^{-8} \text{mS}^{-1}$ (ঘ) $3 \times 10^8 \text{mh}^{-1}$
৩. তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গে তড়িৎক্ষেত্র ও চৌম্বক ক্ষেত্রে বিস্তারের অনুপাত কোনটির সমান।
(ক) শব্দের বেগ (খ) আলোর বেগ
(গ) তড়িৎ ক্ষেত্র (ঘ) তড়িৎ চৌম্বক ক্ষেত্র
৪. ১৯৬০ সালে তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের অস্তিত্বের কথা কে প্রথম বলেন ?
(ক) হেনরিখ হার্জ (খ) মাইকেল ফ্যারাডে
(গ) জগদীশ বসু (ঘ) ক্লার্ক ম্যাক্সওয়েল
৫. তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের উৎস কোনটি ?
(ক) ত্বরিত তড়িৎধান (খ) স্থির তড়িৎধান
(গ) স্থির চৌম্বক ক্ষেত্র (ঘ) স্থির চৌম্বক মেরু

উ: ১। খ, ২। ক ও খ ৪। ঘ ৫। ক

রচনামূলক প্রশ্ন

১. তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের পাঁচটি বৈশিষ্ট্য লিখুন।



তড়িৎ চৌম্বক বর্ণালী



উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- তড়িৎ চৌম্বক বর্ণালীর সংজ্ঞা দিতে পারবেন
- তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ও ফ্রিকুয়েন্সির পাল্লা হিসাবে বিভিন্ন তড়িৎ চৌম্বক বর্ণালীর শ্রেণী বিভাগ করতে পারবেন।
- তড়িৎ চৌম্বক বর্ণালীর বিভিন্ন উপাংশের বৈশিষ্ট্য উল্লেখ করতে পারবেন।

এর আগের পাঠে আমরা তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের উৎস, প্রকৃতি ও বৈশিষ্ট্য নিয়ে আলোচনা করেছি। এই পাঠে আমরা তড়িৎ চৌম্বক বর্ণালীর বিভিন্ন তরঙ্গ নিয়ে আলোচনা করব। প্রথমেই জেনে নেয়া যাক তড়িৎ চৌম্বক বর্ণালী বলতে কি বোঝায়।

তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের মধ্যে রয়েছে দৃশ্যমান আলো, বেতার তরঙ্গ, মাইক্রোওয়েভ, অবলোহিত রশ্মি, অতি বেগুনি রশ্মি ইত্যাদি। কম্পাঙ্কের পাল্লা হিসেবে এদের বিভিন্ন নাম দেয়া হয়েছে। কিন্তু এরা সবাই তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ। এদের সমন্বয়ে গঠিত হয়েছে তড়িৎ চৌম্বক বর্ণালী। তড়িৎ চৌম্বক বর্ণালীকে নিম্নোক্ত ভাবে সংজ্ঞায়িত করা যায়।

তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বা কম্পাঙ্ক (ফ্রিকুয়েন্সি) অনুসারে তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের পৃথক ক্রম বিশিষ্ট বিভিন্ন গ্রুপ বা দলে ক্রমবন্টনকে বলা হয় তড়িৎ চৌম্বক বর্ণালী।

আমরা আগেই বলেছি যে, তড়িৎ চৌম্বক বিকিরণে অন্তর্ভুক্ত রয়েছে দৃশ্যমান আলো, অবলোহিত বিকিরণ, বেতার তরঙ্গ, অতি বেগুনি বিকিরণ, এক্সরে, গামারশ্মি ইত্যাদি। এসব বিকিরণ যে বর্ণালীর সৃষ্টি করে তাকে তড়িৎ চৌম্বক বর্ণালী বলা হয়।

দৃশ্যমান আলো : এর তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পাল্লা 7×10^{-7} থেকে 4×10^{-7} m এটি বিকিরণের একটি ক্ষুদ্র পট্টি বা ব্যান্ড (band) যার মধ্যে রয়েছে লাল থেকে বেগুনি আলো। দৃশ্যমান আলো কোন অগ্নিশিখা (flame) বা ভাস্কর (Incandescent) বস্তু থেকে উৎপন্ন হয়। ইহা মানব চক্ষু, ফটোগ্রাফিক ফিল্ম ও ফটোইলেকট্রিক সেল দ্বারা উদ্ঘাটিত হয়।

অবলোহিত বিকিরণ: এই বিকিরণ 10^{-3} m থেকে 10^{-7} m তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পাল্লায় একটি বিকিরণ ব্যান্ড। এই ধরনের বিকিরণ উত্তপ্ত বস্তু যেমন সূর্য, তড়িৎ শিখা ও তড়িৎ চুল্লি থেকে উৎপন্ন হয়। এই বিকিরণকে থার্মোপাইন, ফটোট্রানজিস্টর ইত্যাদি দ্বারা উদ্ঘাটন করা যায়।

বেতার তরঙ্গ: তড়িৎ চৌম্বক বিকিরণের মধ্যে যাদের তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পাল্লা 10^{-4} m থেকে 5×10^4 m তাদের বলা হয় বেতার তরঙ্গ। বেতার তরঙ্গ কে আবার কয়েকটি উপবিভাগে ভাগ করা যায়। এরা হল মাইক্রোওয়েভ বা মাইক্রোতরঙ্গ, রাডার তরঙ্গ ও টেলিভিশন তরঙ্গ।

বেতার তরঙ্গ উৎপাদিত হয় তড়িৎ স্পন্দনের মাধ্যমে। সাধারণ কোন এরিয়েল বা এন্টেনা দ্বারা ইলেকট্রনকে স্পন্দিত করে বেতার তরঙ্গ উৎপাদন করা হয়। দূরবর্তী স্থানে শব্দ বা ছবি প্রেরণের জন্য এই বেতার তরঙ্গ ব্যবহার করা হয় অ্যানটেনা দ্বারা বিকীর্ণ (free Space) তড়িৎ চৌম্বক হিসেবে থাকে তাকে বলা হয় বেতার তরঙ্গ।

এই তরঙ্গের শক্তি তড়িৎ ও চৌম্বক এই দুই ক্ষেত্রের মধ্যে সমানভাবে বন্টিত থাকে। মধ্যম ও দীর্ঘ তরঙ্গের পথে বাধা থাকলেও অপবর্তনের মাধ্যমে তাদের পথের বাধা পেরিয়ে যেতে পারে। ফলে রেডিও সিগন্যাল প্রেরক অ্যানটেনা থেকে গ্রাহক যন্ত্রে পৌঁছায়। এছাড়া পৃথিবীর উর্ধ্ব বায়ুমন্ডলের আধানযুক্ত স্তর দ্বারা মধ্য ও দীর্ঘ বেতার তরঙ্গ প্রতিফলিত হয়। ভূ-পৃষ্ঠের বাঁক থাকা সত্ত্বেও দূরবর্তী স্থানে এ ধরনের তরঙ্গ সঞ্চারিত হতে পারে।

টেলিভিশন (VHF ও UHF) তরঙ্গের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ক্ষুদ্রতর। এরা উর্ধ্ব বায়ুমন্ডলের স্তর থেকে প্রতিফলিত হয় না এবং কোন কোন উঁচু বাধা (যেমন-পাহাড়পর্বত) দ্বারা খুব সামান্যই অপরিবর্তিত হয়। গ্রাহকযন্ত্রে উত্তম সিগন্যাল পেতে হলে এই ধরনের তরঙ্গের জন্য প্রেরক অ্যানটেনা থেকে গ্রাহক (টিভি) অ্যারিয়েল পর্যন্ত ভ্রমণ পথ সরলরেখা হওয়া উচিত। এজন্য দূরবর্তী স্থানে টেলিভিশন তরঙ্গ কৃত্রিম উপগ্রহ বা স্যাটেলাইট এর মাধ্যমে রিলে(Relay) করা হয়।

অতি বেগুনি বিকিরণ : নাম থেকেই বোঝা যায় যে, তড়িৎ চৌম্বক বর্ণালীর দৃশ্যমান আলোর বেগুনি প্রান্ত ছাড়িয়ে এই বিকিরণের অবস্থান। এর তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পাল্লা 5×10^{-7} m থেকে 6×10^{-10} m। কার্বন আর্ক ল্যাম্প, উত্তপ্ত বস্তু ও সূর্য

থেকে এই বিকিরণের উৎপত্তি হয়। এই বিকিরণকে ফটোগ্রাফিক প্লেট ও প্রতিপ্রভা (fluorescence) দ্বারা ডিটেক্ট বা উদ্ঘাটন করা যায়।

অতি বেগুনি বিকিরণ চুরি নিরোধক অ্যালার্ম (burglar alarm), স্বয়ংক্রিয় ভাবে দরজা খোলার যন্ত্র (automatic door opener) ও কাউন্টারে ব্যবহৃত হয়। এছাড়া আসল হীরা ও নকল ব্যাংক নোট উদ্ঘাটনে অতি বেগুনি বিকিরণ ব্যবহৃত হয়।

তরঙ্গ	তরঙ্গ দৈর্ঘ্য		
	(cm)	(Å)	(m)
গামা রশ্মি	1×10^{-10}	0.01	1×10^{-12}
	6×10^{-10}	0.06	6×10^{-12}
এক্স-রশ্মি	1.4×10^{-8}	1.4	1.4×10^{-10}
	1.0×10^{-5}	1000	1.0×10^{-7}
অতিবেগুনি	1.4×10^{-5}	1400	1.4×10^{-7}
	4×10^{-5}	4000	4×10^{-7}
দৃশ্যমান	8×10^{-5}	8000	8×10^{-7}
	0.04	—	4×10^{-4}
অবলোহিত	40	—	0.4
ক্রয়	5×10^2	—	5
বেতার	2.5×10^6	—	2.5×10^4

চিত্র-৭.১

চিত্র তড়িৎ চৌম্বক বর্ণালী

এক্সরে (X-ray) : এক্সরের তরঙ্গের দৈর্ঘ্যের পাল্লা $5 \times 10^{-9}m$ থেকে $5 \times 10^{-12}m$ এর মধ্যে সুতরাং এর এক প্রান্ত অতি বেগুনি বিকিরণ ও অপর প্রান্ত গামারশ্মির পাল্লার উপর উপরিলেপিত হয়। অত্যন্ত দ্রুত গতি সম্পন্ন ইলেকট্রনকে কোন ভারি ধাতব বস্তু দ্বারা থামিয়ে দিলে এক্সরে উৎপন্ন হয়। একে ফটোগ্রাফিক প্লেট বা ফিল্ম দ্বারা উদ্ঘাটন করা যায়। ভাঙ্গা হাড় ও দেহের অভ্যন্তরস্থ কোন অঙ্গ-প্রত্যঙ্গের ছবি তুলতে এক্সরে ব্যবহৃত হয়। এছাড়া দেহের ক্ষতিকারক সেল, টিউমার ধ্বংস করতে এক্সরে ব্যবহৃত হয়। কোন ধাতব যন্ত্রের কোথাও কোন ফাটল আছে কিনা তা শনাক্ত করতেও এক্সরে ব্যবহৃত হয়।

গামারশ্মি (Gamma Rays): এর তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পাল্লা $5 \times 10^{-11}m$ থেকে $5 \times 10^{-15}m$ বা এর চেয়েও কম। তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের দিক দিয়ে এটি এক্সরে অঞ্চলে উপরিলেপিত হয়। তেজস্ক্রিয় নিউক্লিয়াস থেকে এই রশ্মি নির্গত হয়। ফটোগ্রাফিক প্লেট ও গাইগার মূলার কাউন্টার দিয়ে এই রশ্মি উদ্ঘাটন করা যায়। মানব দেহে ক্যান্সার আক্রান্ত 'সেল' কে ধ্বংস করতে এই রশ্মি ব্যবহৃত হয়।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন

নিচের প্রশ্নগুলোর সবচেয়ে সঠিক উত্তর টিতে টিক চিহ্ন দিন।

১. বেতার তরঙ্গের তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পাল্লা কত ?
 (ক) 10^4m থেকে 10^8m (খ) $10^{-4}m$ থেকে 5×10^4m
 (গ) $10^{-5}m$ থেকে 5×10^5m (ঘ) $10m$ থেকে 10^4m
২. কোন তরঙ্গের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য $10^{-3}m$ থেকে $10^{-7}m$?
 (ক) বেতার তরঙ্গ (গ) এক্সরে
 (ঘ) গামারশ্মি (ঘ) অবলোহিত বিকিরণ

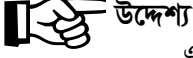
উত্তর : ১। খ ২। ঘ

রচনামূলক প্রশ্ন

১. তড়িৎ চৌম্বক বর্ণালী কাকে বলে। এই বর্ণালীতে কি কি বিকিরণ বা তরঙ্গ অন্তর্ভুক্ত ?
২. এক্সরে ও গামারশ্মির ধর্ম ও প্রয়োগ লিখুন ?



মাধ্যম ও তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের উপর আলোর বেগের নির্ভরশীলতা



উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- আলোর বেগ কি তা বর্ণনা করতে পারবেন
- মাধ্যমের ও তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের উপর আগের বেগের নির্ভরশীলতার প্রমাণ বর্ণনা করতে পারবেন।

কোন মাধ্যমে প্রতি থেকে ও আলোর কি পরিমাণ সরন ঘটে বা কোন নির্দিষ্ট দিকে আলোর কি পরিমাণ দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে বলা হয় আলোর বেগ। কোন মাধ্যমে আলোর বেগ ঐ মাধ্যমে আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ও কম্পাঙ্ক বা ফ্রিকুয়েন্সির গুন ফলের সমান। কোন মাধ্যমে আলোর বেগ v হলে ঐ মাধ্যমের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য λ এবং ফ্রিকুয়েন্সি f এর গুনফলের সমান অর্থাৎ

$$v = f\lambda$$

এবার দুটি মাধ্যমে বিবেচনা করা যাক, মাধ্যম ১ ও মাধ্যম ২ মাধ্যম ১ এর আলোর বেগ v_1 এবং মাধ্যম ২ এ আলোর বেগ v_2 সুতরাং

$$v_1 = f_1 \lambda_1 \text{ এবং}$$

$$v_2 = f_2 \lambda_2$$

এখানে, v_1 মাধ্যম -1 এ আলোর বেগ

v_2 মাধ্যম -2 এ আলোর বেগ

f_1 মাধ্যম -1 এ আলোর কম্পাঙ্ক

f_2 মাধ্যম -2 এ আলোর কম্পাঙ্ক

λ_1 মাধ্যম -1 এ আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য

λ_2 মাধ্যম -2 এ আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য

আমরা জানি, যে, আলো এক মাধ্যম থেকে অন্য মাধ্যমে ভ্রমন করলে এর কম্পাঙ্ক বা ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তিত হয় না।

$$\therefore f_1 = f_2 = f$$

$$\therefore v_1 = f_1 \lambda_1 \text{ এবং } v_2 = f \lambda_2 \text{ -----(2)}$$

এখানে θ ধ্রুব হলে $v_1 \propto \lambda_1$, $v_2 \propto \lambda_2$ অর্থাৎ কোন মাধ্যমে আলোর বেগ ঐ মাধ্যমে আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক।

আমরা জানি যে,

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\mu_2}{\mu_1} = \frac{f \lambda_1}{f \lambda_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

$$\text{বা, } \mu_1 \lambda_1 = \mu_2 \lambda_2$$

মাধ্যম ১ ভ্যাকুয়াম হলে $\mu_1 = 1$

$$\mu = \frac{\lambda_0}{\lambda_n} = \frac{v_0}{v_n} \text{ ----- (3)}$$

যেখানে, λ_0 ভ্যাকুয়ামে আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, λ_n প্রতিসরাংক বিশিষ্ট মাধ্যমে আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য। v_0 ভ্যাকুয়ামে আলোর বেগ, v_n প্রতিসরাংক বিশিষ্ট মাধ্যমে আলোর বেগ সুতরাং, দেখা যাচ্ছে যে, আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য মাধ্যমের প্রতিসরাংকের উপর নির্ভরশীল। সুতরাং এটা বলা যায় যে, আলোর বেগ মাধ্যমের প্রতিসরাংকের উপর নির্ভরশীল।

গাণিতিক উদাহরণ :

পানি প্রতিসরাংক ১.৩৩ এবং শূন্যস্থানে আলোর বেগ $3 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$ হলে পানিতে আলোর বেগ বের করুন।

আমরা জানি, $\mu = \frac{v_0}{v_n}$ এখানে, পানির প্রতিসরাঙ্ক $\mu = 1.33$

$$v_n = \frac{v_0}{\mu} = \frac{3 \times 10^8 \text{ms}^{-1}}{1.33} \text{ শূন্যস্থানে আলোর বেগ } v_0 = 3 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$$

$$= 2.256 \times 10^8 \text{ms}^{-1} \text{ পানিতে আলোর বেগ, } v_n = ?$$

$$\text{উত্তর : } 2.256 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$$

পাঠোত্তর মূল্যায়ন

১. আলো যখন এক মাধ্যম থেকে অন্য মাধ্যমে গমন করে তখন আলোর কোনটি পরিবর্তিত হয় না?

(ক) ফ্রিকুয়েন্সি

(খ) বেগ

(গ) তরঙ্গ দৈর্ঘ্য

(ঘ) দ্রুতি

২. $v_1 = f\lambda_1$ এবং $v_2 = f\lambda_2$ প্রকাশ দুটি দ্বারা মাধ্যম ১ ও মাধ্যম ২ এ আলোর বেগ বোঝায়? এই দুটি প্রকাশ থেকে কোন মাধ্যমে আলোর বেগ সম্পর্কে কি মন্তব্য করা যায়?

(ক) আলোর বেগ এর তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের উপর নির্ভরশীল নয়

(খ) আলোর বেগ এর তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক

(গ) আলোর ফ্রিকুয়েন্সি বিভিন্ন মাধ্যমে বিভিন্ন

(ঘ) আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য একটি প্রব রাশি

উত্তর: ১। ক ২। খ

রচনামূলক প্রশ্ন

১. দেখান যে, আলোর বেগ মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্কের উপর নির্ভরশীল।



আলোর দ্রুতি নির্ণয়



উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- আলোর দ্রুতি নির্ণয়ের বিভিন্ন পদ্ধতির উল্লেখ করতে পারবেন
- আলোর দ্রুতি নির্ণয়ের ফিজোর পদ্ধতি বর্ণনা করতে পারবেন।

প্রাচীনকালে বিজ্ঞানীদের ধারণা ছিল আলোর বেগ অসীম। ১৬৪২ সালে আলোর দ্রুতি নির্ণয়ে গ্যালিলিও ব্যর্থ হন। তার এই ব্যর্থতার পর বিজ্ঞানীদের মনে এই ধারণা আরো বদ্ধমূল হয়।

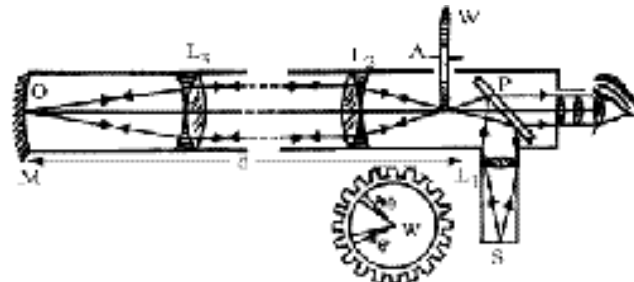
১৬৪২ সালে গ্যালিলিও শব্দের দ্রুতি নির্ণয়ের পদ্ধতি অবলম্বন করে আলোর দ্রুতি নির্ণয়ের চেষ্টা করেন। দু'জন পর্যবেক্ষককে প্রত্যেককে একটি ঢাকনা ওয়ালা বাতি সহ একমাইল দূরবর্তী দুই পাহাড়ের উপর দাঁড় করানো হয়। প্রথম পর্যবেক্ষক বাতির ঢাকনা খুললে দ্বিতীয় পর্যবেক্ষক ঐ বাতি দেখতে পান। তিনিও সঙ্গে সঙ্গে তার বাতির ঢাকনা খোলেন। দ্বিতীয় পর্যবেক্ষকের বাতি দেখার সাথে সাথে প্রথম পর্যবেক্ষক তাঁর বাতি ঢেকে ফেলেন। প্রথম পর্যবেক্ষকের ঢাকনা খোলা ও বন্ধ করার মধ্যবর্তী আলোক পর্যবেক্ষকদ্বয়ের মধ্যবর্তী দিগন্ত দূরত্ব অতিক্রম করে। এই সময় ও দূরত্ব মেপে গ্যালিলিও আলোর দ্রুতি নির্ণয় করার চেষ্টা করেন। কিন্তু আলোর দ্রুতির তুলনায় ঐ দ্রুতি অত্যন্ত নগণ্য হওয়ায় এই পরীক্ষা থেকে আলোর দ্রুতি পরিমাপ করা সম্ভব হয় না। এরপর ১৬৭৫ সাল পর্যন্ত সকলে এই ধারণা পোষণ করেন যে, আলোর বেগ অসীম। ১৬৭৫ সালে ডেনমার্কের জ্যোতির্বিদ রোমার সর্বপ্রথম পরীক্ষার সাহায্যে আলোর দ্রুতি নির্ণয় করেন এবং প্রমাণ করেন যে, আলোর দ্রুতি অসীম নয়। আলোর নির্দিষ্ট দ্রুতি আছে। পরবর্তীকালে আরো অনেক বিজ্ঞানী আলোর দ্রুতি নির্ণয়ের বিভিন্ন পদ্ধতি আবিষ্কার করেন।

রোমার নভো পদ্ধতিতে আলোর দ্রুতি নির্ণয় করেন। তার পরীক্ষা থেকে প্রাপ্ত আলোর দ্রুতি হল $3 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$ আলোর প্রকৃত বেগ $2.997924 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$ যা রোমার এর পর্যবেক্ষণ থেকে প্রাপ্ত বেগের চেয়ে সামান্য কম। এই পদ্ধতিতে আলোর বেগ বেশি হওয়ার কারণ হল :

১. পৃথিবী বা বৃহস্পতির কক্ষপথ বৃত্তাকার ধরা হয়েছে কিন্তু প্রকৃতপক্ষে তা উপবৃত্তাকার।
২. পৃথিবীর কক্ষপথের ব্যাস খুব নির্ভুল ভাবে জানা যায় না।
৩. এ রোমার এর সময় নির্ভুল ভাবে সময় পরিমাপের খুব সূক্ষ্ম যন্ত্র ছিল না।

এরপর ফিজো ভূপদ্ধতি (ভূপৃষ্ঠে অবস্থিত যান্ত্রিক ব্যবস্থা) ব্যবহার করে, ফুকো ল্যাবরেটরি পদ্ধতিতে এবং মাইকেলসন অষ্টদর্পন পদ্ধতিতে আলোর দ্রুতি নির্ণয় করেন। ফিজো আলোর দ্রুতি নির্ণয় করেন $3.1 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$ । ফুকো নির্ণয় করেন $2.98 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$ এবং মাইকেলসন নির্ণয় করেন $2.98 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$ ।

আমরা এখানে ফিজোর ভূ-পদ্ধতি নিয়ে আলোচনা করবো। ফিজোর এই পদ্ধতির নাম ভূপদ্ধতি। তিনি ভূপৃষ্ঠে অবস্থিত যান্ত্রিক পদ্ধতির সাহায্যে আলোর বেগ নির্ণয় করেন, ফলে এর নাম ভূ-পদ্ধতি। ফিজো ১৮৪৯ সালে এই পরীক্ষা চালান।



চিত্র: ফিজোর পদ্ধতি

একটি উজ্জ্বল আলোক উৎস S থেকে আলোক রশ্মি L_1 উত্তল লেন্সের মধ্য দিয়ে হালকা প্রলেপ লাগানো কাচপ্লেট P এর উপর পড়ে। এর ফলে কাচ প্লেটের মধ্য দিয়ে কিছু আলো প্রতিসৃত হয় এবং কিছু আলো প্রতিফলিত হয়। প্লেটটিকে আপতিত রশ্মির সাপেক্ষে 45° কোণে রাখা হয়। ফলে প্রতিফলিত রশ্মি গুচ্ছ F বিন্দুতে মিলিত হয়ে L_2 লেন্সে আপতিত হয়। F, L_2 লেন্সের ফোকাসে থাকায় L_2 লেন্সে প্রতিসরণের পর আলোক রশ্মি সমান্তরাল ভাবে কয়েক কিমি দূরে স্থাপিত L_3 লেন্সের উপর আপতিত হয় এবং অবতল দর্পন M এর উপর একটি বিন্দুতে একত্রিত হয়। M দর্পনের বক্রতার কেন্দ্রে L_3 লেন্সের আলোককেন্দ্র এবং L_3 লেন্সের প্রধান ফোকাস M দর্পনের মেরু বিন্দুতে অবস্থিত। ফলে L_3 থেকে প্রতিসৃত অভিসারী আলোক রশ্মি গুচ্ছ M দর্পণে প্রতিফলিত হয়ে পুনরায় একই পথে L_3 ও L_2 লেন্সের মধ্য দিয়ে যেয়ে F বিন্দুতে মিলিত হয়। P প্লেটের পেছনে চোখ রাখলে F বিন্দুতে S এর উজ্জ্বল প্রতিবিম্ব দেখা যায়।

L_2 লেন্সের ফোকাস তলে রাখা একটি দাঁত ওয়ালা চাকা w এই যন্ত্রের সবচেয়ে প্রয়োজনীয় অংশ। চাকাটির পর পর দুই দাঁতের মধ্যবর্তী অংশ ফাঁকা। চাকাটিতে সমান সংখ্যক দাঁত ও ফাঁক আছে এবং প্রত্যেক দাঁত ও ফাঁকের বিস্তৃতি সমান। ফলে এরা চাকার কেন্দ্রে সমান কোণ θ উৎপন্ন করে। চাকাটি একটি অণুভূমিক অক্ষের চারদিকে ঘুরতে পারে। ফলে L_2 এর ফোকাস F পর্যায়ক্রমে একবার দাঁত ও একবার ফাঁকের উপর পড়ে। আলোক রশ্মি যখন দাঁতে বাধা পায় না তখন তা ফাঁকের মধ্য দিয়ে গিয়ে দর্পণ হতে প্রতিফলিত হয়ে পুনরায় F এ এসে মিলিত হয়। তখন T দূরবীক্ষণ যন্ত্রের মধ্যে দিয়ে দেখলে S এর উজ্জ্বল প্রতিবিম্ব দেখা যাবে। কিন্তু আলোক রশ্মিগুচ্ছ চাকার দাঁতের উপর যখন পড়ে তখন রশ্মি গুলো বাঁধা পায় ফলে আর S প্রতিবিম্ব দেখা যায় না। চাকাটিকে ধীরে ধীরে ঘুরাতে থাকলে দূরবীক্ষণ যন্ত্রেও এর প্রতিবিম্ব পর্যায়ক্রমে দৃশ্য ও অদৃশ্য হবে এবং সব মিলে একটি কম্পমান আলো দেখা যাবে। এখন চাকার আবর্তন বেগ বাড়িয়ে যদি এমন করা হয় যেন আলোকরশ্মি F থেকে চাকার ফাঁকের মধ্য দিয়ে যাত্রা করে M দর্পণে প্রতিফলিত হয়ে পুনরায় F এ ফিরে এসে চাকার দাঁতে বাঁধা পায়। তাহলে দূরবীক্ষণে আর S এর প্রতিবিম্ব দেখা যাবেন। এই অবস্থায় চাকার যে কোন একটি দাঁত পরবর্তী ফাঁকা স্থানে আসতে যে সময় লাগে সেই সময়ে আলোক F থেকে M পর্যন্ত গিয়ে পুনরায় F এ ফিরে আসে। এর জন্য চাকাকে ঐ সময়ে θ কোণে ঘুরতে হয়।

হিসেব:

ধরা যাক, আলোর দ্রুতি = c

F ও M এর মধ্যবর্তী দূরত্ব = d

আলোক রশ্মি F থেকে M পর্যন্ত

যেয়ে পুনরায় F এ ফিরে আসতে প্রয়োজনীয় সময় = t

চাকার মোট দাঁত সংখ্যা = ফাঁক সংখ্যা = m

প্রতি সেকেন্ডে চাকাটির ঘূর্ণন সংখ্যা = n

চাকার কৌণিক বেগ = w

ফাঁক ও দাঁত দ্বারা চাকার কেন্দ্রে উৎপন্ন কোণ = θ

যেহেতু আলোক রশ্মি F থেকে M পর্যন্ত যেয়ে পুনরায় F এ ফিরে আসতে 2d দূরত্ব অতিক্রম করে সুতরাং $t = \frac{2d}{c}$ ----- (4)

আবার t সময়ে চাকাটি θ কোণে ঘুরলে $\theta = wt$

বা, $t = \frac{\theta}{\omega} = \frac{\theta}{2\pi n}$ $\therefore (\omega = 2\pi n)$

কিন্তু m সংখ্যক দাঁত ও ফাঁক দ্বারা কেন্দ্রে উৎপন্ন কোণ $2m\theta = 2\pi$

$$\theta = \frac{\pi}{m}$$

আবার $t = \frac{\theta}{2\pi n} = \frac{\pi}{2\pi n \times m} = \frac{1}{2mn}$ ----- (5)

সমীকরণ (8) ও (5) থেকে

$$\frac{2d}{c} = \frac{1}{2mn}$$

$$\therefore c = 4mnd$$

ফিজোর পরীক্ষায় চাঁকার দাঁত সংখ্যা $m = 720$

প্রতি সেকেন্ডে ঘূর্ণন সংখ্যা $n = 12.6$

এবং F ও M এর মধ্যবর্তী দূরত্ব $d = 8633$ মিটার

$$\therefore \text{আলোর দ্রুতি } c = 4 \times 720 \times 12.6 \times 8633 \text{ ms}^{-1} = 3.1 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

গাণিতিক সমস্যা

১. ফিজোর একটি পরীক্ষায় চাঁকার দাঁতের সংখ্যা ছিল ৭৭০ এবং প্রতি সেকেন্ডে ঘূর্ণন সংখ্যা ছিল ১০; চাকা এবং অবতল দর্পণের মধ্যবর্তী দূরত্ব ১০ k.m হলে আলোর বেগ নির্ণয় করুন।

আমরা জানি,

$$C = 4 mnd$$

$$= 4 \times 770 \times 10s^{-1} \times 10,000m$$

$$= 3.080 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

এখানে,

$$\text{দাঁতের সংখ্যা } m = 770$$

$$\text{প্রতি সেকেন্ডে ঘূর্ণন সংখ্যা, } n = 10s^{-1}$$

$$\text{চাকা ও দর্পণের দূরত্ব, } d = 10 \text{ km} = 10,000 \text{ m}$$

$$\text{আলোর বেগ, } c = ?$$

২. ফিজোর একটি পরীক্ষায় আলোর বেগ, $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ পাওয়া গেল। চাঁকার দাঁত সংখ্যা ছিল ৭৮০ এবং প্রতি সেকেন্ডে ১০ বার ঘুরছিল। চাকা ও দর্পণের দূরত্ব নির্ণয় করুন।

আমরা জানি,

$$c = 4 mnd$$

$$d = \frac{c}{4mn}$$

$$= \frac{3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}}{4 \times 780 \times 10s^{-1}}$$

$$= \frac{3 \times 10^8}{3.12 \times 10^4} \text{ m দূরত্ব } d = ?$$

$$= 9.62 \times 10^3$$

$$= 9.62 \text{ km}$$

এখানে,

$$\text{আলোর বেগ, } c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{দাঁতের সংখ্যা, } m = 780$$

$$n = 10s^{-1}$$

পাঠোত্তর মূল্যায়ন

এবার নিচের প্রশ্নগুলোর জবাব দিন।

১. আমরা জানি যে, ফিজোর পদ্ধতিতে আলোর দ্রুতি নির্ণয়ের সূত্রটি হল : $c = 4mnd$. এখানে m দ্বারা কোনটি বোঝায়? চাকায়

(ক) দাঁত সংখ্যা

(খ) ঘূর্ণন সংখ্যা

(গ) দুই দাঁতের মধ্যে ফাঁক

(ঘ) মোট সংখ্যা

২. আলোর দ্রুতি নির্ণয় করতে গিয়ে একজন বিজ্ঞানী ব্যর্থ হয়েছিলেন বলে ধারণা করা হত, আলোর বেগ অসীম। এই বিজ্ঞানী কে ছিলেন?

(ক) গ্যালিলীও

(খ) নিউটন

(গ) কেপলার

(ঘ) রোমার

উত্তর: ১। ক

২। ক

রচনামূলক প্রশ্ন

১. যারা আলোর দ্রুতি নির্ণয় করেন এমন তিনজন বিজ্ঞানীর নাম লিখুন। তারা আলোর দ্রুতি কত পরিমাপ করেন?
২. আলোর বেগ নির্ণয়ে ফিজের পদ্ধতি বর্ণনা করুন।

চূড়ান্ত মূল্যায়ন

রচনামূলক প্রশ্ন

১. তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ কি? এর উৎস কি?
২. তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের কথা প্রথম কে বলেন? এই তরঙ্গ পর্যবেক্ষণের সংক্ষিপ্ত ইতিহাস বর্ণনা করুন।
৩. তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের পাঁচটি ধর্ম লিখুন।
৪. দেখান যে, আলোর বেগ মাধ্যম ও তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের উপর নির্ভরশীল।
৫. আলোর দ্রুতি নির্ণয়ের জন্য সেসব বিজ্ঞানী পরীক্ষা নিরীক্ষা করেন তাদের তিন জনের নাম লিখুন।