



## চৌম্বক পদার্থ ও ভূ-চুম্বকত্ব

(Magnetic Substance and Terrestrial Magnetism)

### ভূমিকা

বহু প্রাচীনকাল হতেই লৌহ ও অক্সিজেন দ্বারা তৈরি ম্যাগনেটাইট (Magnetite) নামক খনিজ পদার্থের কথা মানুষের জানা ছিল। সম্ভবত পদার্থটি এশিয়া মাইনরের ম্যাগনেশিয়া অঞ্চলে প্রচুর পরিমাণ পাওয়া যেত বলে এর নাম হয়েছে ম্যাগনেটাইট। লৌহ কে আকর্ষণ করার ক্ষমতা এর ছিল। ম্যাগনেটাইটকে 'ম্যাগনেট' বা বাংলায় চুম্বক বলা হয়। যে ধর্মের জন্য এটি অন্য একটি লোহার টুকরাকে আকর্ষণ করে সে ধর্মকে বলা হয় চুম্বকত্ব (Magnetism) লোহাকে আকর্ষণ করা ছাড়াও প্রাকৃতিক চুম্বক সর্বদা উত্তর-দক্ষিণ দিকে মুখ করে থাকে। তবে প্রাকৃতিক চুম্বকের একেতো বিশেষ কোন আকার নেই তার ওপর চুম্বকত্ব খুব শক্তিশালী নয়। ফলে কয়েকটি বিশেষ প্রক্রিয়ার সাহায্যে কিছু ধাতব পদার্থকে চুম্বকে পরিণত করা হয়। এদের বলা হয়। কৃত্রিম চুম্বক। এরা বিভিন্ন আকারের হতে পারে এবং চুম্বকত্ব ও খুব শক্তিশালী হয়ে থাকে।

চুম্বক আবার সকল পদার্থকে আকর্ষণ করে না। যে সকল পদার্থ চুম্বক দ্বারা প্রবলভাবে আকৃষ্ট হয় তাদেরকে চৌম্বক পদার্থ বলা হয়। যেমন- লোহা, নিকেল, কোবাল্ট ইত্যাদি। এ সকল চৌম্বক পদার্থকে সহজে চুম্বকে পরিণত করা যায়। আবার, যে সকল পদার্থ চুম্বক দ্বারা আদৌ প্রভাবিত হয় না বা যাদেরকে চুম্বকে পরিণত করা যায় না তাদেরকে অচৌম্বক পদার্থ বলে। যেমন- কাঁচ, কাঁচ, কাগজ, সোনা, রূপা, তামা পিতল ইত্যাদি। চৌম্বক পদার্থকে আবার ফেরো চৌম্বক, প্যারা চৌম্বক ও ডায়া চৌম্বক পদার্থে ভাগ করা যায়। এই অধ্যায়ে এসব বিষয় নিয়ে আলোচনা করা হবে।



## চৌম্বক পদার্থ (Magnetic Substance)



### উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- চুম্বক সম্পর্কিত কয়েকটি প্রয়োজনীয় সংজ্ঞা বলতে পারবেন।
- চৌম্বক ক্ষেত্র ও কুলম্বের সূত্র বর্ণনা করতে পারবেন।
- চৌম্বক পদার্থের কয়েকটি বিশেষ ধর্ম সম্বন্ধে জানতে পারবেন
- চৌম্বক পদার্থের প্রকারভেদ বলতে পারবেন।
- বিভিন্ন চৌম্বক পদার্থের মধ্যে পার্থক্য বলতে পারবেন।
- চুম্বক চক্র সম্বন্ধে জানতে পারবেন।

### ৫.১.১ : চুম্বক সংক্রান্ত কয়েকটি প্রয়োজনীয় সংজ্ঞা

- (১) চুম্বকত্ব (Magnetism) : কোন চুম্বকের আকর্ষণ ও দিক নির্দেশক ধর্মকে এর চুম্বকত্ব বলে। এটি চুম্বকের একটি ভৌত ধর্ম।
- (২) মেরু (Pole) : কোন চুম্বকের দুই প্রান্তের নিকটে যে সংকীর্ণ অঞ্চলে আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল সর্বাধিক বৈশিষ্ট্য অনুভূত হয় তাদেরকে চুম্বকের মেরু বলে।
- (৩) মেরুশক্তি (Pole strength) : কোন একটি চুম্বক মেরুর আকর্ষণী ও বিকর্ষণী শক্তিকে এর মেরুশক্তি বলে।
- (৪) চৌম্বক অক্ষ (Magnetic axis) : কোন চুম্বকের মেরুদ্বয়ের সংযোজক কাল্পনিক সরল রেখাকে চৌম্বক অক্ষ বলে।
- (৫) চৌম্বক দৈর্ঘ্য (Magnetic length) : কোন চুম্বকের অক্ষ বরাবর মেরুদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্বকে চৌম্বক দৈর্ঘ্য বা কার্যকরী দৈর্ঘ্য বলে।
- (৬) জ্যামিতিক দৈর্ঘ্য (Geometrical length) : কোন চুম্বকের দুই প্রান্তের মধ্যবর্তী দূরত্বকে জ্যামিতিক দৈর্ঘ্য বলে।  

$$\frac{\text{চৌম্বক দৈর্ঘ্য}}{\text{জ্যামিতিক দৈর্ঘ্য}} = 0.85.$$
- (৭) চৌম্বক মধ্যতল (Magnetic Meridian) : পৃথিবীর চৌম্বক ক্ষেত্রে মুক্তভাবে রাখা কোন একটি স্থির চুম্বকের চৌম্বক অক্ষ বরাবর কল্পিত উল্লম্ব তলকে চৌম্বক মধ্যতল বলে।
- (৮) ভৌগোলিক মধ্যতল (Geographical Meridian) : পৃথিবীর কোন স্থানে ভৌগোলিক উত্তর ও দক্ষিণ মেরু বরাবর কল্পিত উল্লম্ব তলকে ভৌগোলিক মধ্যতল বলে।
- (৯) চৌম্বক ভ্রামক (Magnetic moment) : একটি চুম্বকের যে কোন একটি মেরুর মেরু শক্তির মান ও চৌম্বক দৈর্ঘ্যের গুণফলকে ঐ চুম্বকের চৌম্বক ভ্রামক বলে।

### ৫.১.২ : চৌম্বকক্ষেত্র ও কুলম্বের সূত্র (Magnetic field and Coulomb's Law)

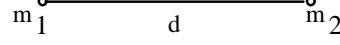
কোন চুম্বকের চারদিকে অথবা একটি তড়িৎবাহী তারের চতুর্দিকে যে অঞ্চল জুড়ে চুম্বকের আকর্ষণ বল অনুভূত হয় সেই অঞ্চলকে ঐ চুম্বকের চৌম্বক ক্ষেত্র বলা হয়। তাত্ত্বিক ভাবে কোন চুম্বকের চৌম্বক ক্ষেত্র তার চারদিকে অসীম পর্যন্ত ধরা হলেও বাস্তবে দেখা যায় চুম্বক থেকে যত দূরে যাওয়া যায় চুম্বকত্ব ততই দুর্বল হতে থাকে। চৌম্বক মেরুর যে ধর্মের জন্য নির্দিষ্ট দূরত্বে আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল বিদ্যমান থাকে তাকে মেরুশক্তি বলে।

চুম্বকের দুটি মেরুর মধ্যে আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল মেরুদ্বয়ের শক্তি, এদের মধ্যকার দূরত্ব এবং মেরুদ্বয় যে মাধ্যমে স্থাপিত তার প্রকৃতির ওপর নির্ভর করে।

১৭৮৫ খৃষ্টাব্দে ফরাসী বিজ্ঞানী কুলম্ব চুম্বকের দুটি মেরুর মধ্যে আকর্ষণ বিকর্ষণ বল সম্পর্কে একটি সূত্র আবিষ্কার করেন। তাঁর নামানুসারে এই সূত্রটিকে কুলম্বের সূত্র বলে।

সূত্র : নির্দিষ্ট মাধ্যমে দুটি পৃথক চুম্বকের মেরুর মধ্যে ক্রিয়াশীল আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বা বলের মান মেরুদ্বয়ের শক্তির গুণফলের সমানুপাতিক, এদের মধ্যকার দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক এবং এই বল মেরুদ্বয়ের সংযোগ সরলরেখা বরাবর ক্রিয়া করে।

ধরা যাক, মেরুদ্বয়ের শক্তি যথাক্রমে  $m_1$  ও  $m_2$  এবং এদের মধ্যবর্তী দূরত্ব (চিত্র : ৫.১)। মেরুদ্বয়ের মধ্যকার ক্রিয়াশীল বল  $F$  হলে,



চিত্র : ৫.১

$$F = \propto m_1 m_2$$

$$F \propto \frac{1}{d^2}$$

$$\text{অর্থাৎ } F = C \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

এখানে  $C$  একটি সমানুপাতিক প্রুবক। এর মান মেরুদুটির মধ্যবর্তী মাধ্যমের প্রকৃতি ও রাশি গুলির পরিমাপের এককের ওপর নির্ভর করে।

$$\text{আন্তর্জাতিক পদ্ধতিতে শূন্যস্থানে } C = \frac{\mu_0}{4\pi}$$

$$\text{ঐ ক্ষেত্রে কুলম্বের সূত্রটি হবে } F = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{m_1 \times m_2}{d^2}$$

এখানে,  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  Weber/Amp-m.

এক আন্তর্জাতিক একক মেরু = 1 Amp-m.

বায়ু বা শূন্যস্থান ভিন্ন অন্য মাধ্যমের ক্ষেত্রে কুলম্বের সূত্রটি হয়,

$$F = \frac{\mu}{4\pi} \frac{m_1 \times m_2}{d^2}$$

এখানে,  $\mu =$  একটি প্রুবক, যার মান মেরু দুটির মধ্যবর্তী মাধ্যমের প্রকৃতির ওপর নির্ভর করে।  $\mu$  কে মাধ্যমের চৌম্বক প্রবেশ্যতা (permeability) বলে।

একই দূরত্বে শূন্য মাধ্যমে কোন মেরুদ্বয়ের মধ্যকার ক্রিয়াশীল বল  $F_0$  এবং অন্যকোন মাধ্যমে উক্ত মেরুদ্বয়ের মধ্যকার ক্রিয়াশীল বল  $F$  হলে প্রবেশ্যতা

$$\mu = \frac{F \times \text{মাধ্যমে বল}}{F_0 \times \text{শূন্য মাধ্যমে বল}}$$

চৌম্বক ক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে একটি একক শক্তি সম্পন্ন বিচ্ছিন্ন উত্তর মেরু (Isolated N- pole) স্থাপন করলে ঐ মেরু যে বল অনুভব করে তাকে চৌম্বক ক্ষেত্রের ঐ বিন্দুতে চৌম্বক প্রাবল্য বলে।

ধরা যাক,  $m$  মেরুশক্তি বিশিষ্ট কোন চুম্বকের চৌম্বক ক্ষেত্রের মধ্যে মেরু হতে  $d$  দূরে কোন বিন্দুতে স্থাপিত একক উত্তর মেরুর ওপর ক্রিয়াশীল বল অর্থাৎ উক্ত বিন্দুর চৌম্বক প্রাবল্য,

$$H = \frac{m \times 1}{\mu d^2} = \frac{m}{\mu d^2}$$

চৌম্বক প্রাবল্যের একক হল Weber/m<sup>2</sup> বা Tesla.

### ৫.১.৩ : চৌম্বক পদার্থের কয়েকটি বিশেষ ধর্ম (Some special properties of magnetic materials)

#### ক. চৌম্বক আবেশ (Magnetic Induction) :

একটি চৌম্বক পদার্থকে চৌম্বক ক্ষেত্র সৃষ্টিকারী একটি দণ্ড চুম্বকের নিকট আনলে চৌম্বক পদার্থটি চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয়। এর কারণ হল, চুম্বক পদার্থটি দণ্ড চুম্বকের নিকট আনার ফলে নিকটবর্তী প্রান্তে বিপরীত মেরু এবং দূরবর্তী প্রান্তে সমমেরুর সৃষ্টি হয়ে এটি অস্থায়ীভাবে কৃত্রিম চুম্বকে পরিণত হয়। আবার চুম্বক পদার্থটি দূরে সরিয়ে নিলে পদার্থটির চুম্বকত্ব লোপ পায়। এই প্রক্রিয়াকে চৌম্বক আবেশ বলে।

চৌম্বক পদার্থটি চৌম্বক ক্ষেত্রে স্থাপনের ফলে দু'ধরনের বলরেখা পরিলক্ষিত হয়।

চৌম্বক বলরেখা দুয় হল :

ক. আবেশ সৃষ্টিকারী চৌম্বক ক্ষেত্রটির বলরেখা। এদের বলা হয় চৌম্বক বলরেখা।

খ. আবেশের ফলে সৃষ্ট চুম্বকের চৌম্বক ক্ষেত্রের বল রেখা যাদেরকে বলা হয় চুম্বকন রেখা(Lines of magnetisation)

চৌম্বক বলরেখা হল কতগুলো কাল্পনিক রেখা যা চুম্বকের উত্তর মেরু হতে লম্বভাবে বের হয়ে দক্ষিণ মেরুতে লম্বভাবে প্রবেশ করে। চৌম্বক বলরেখার প্রত্যেক বিন্দুতে অংকিত স্পর্শক চৌম্বক ক্ষেত্রের লঙ্ঘিতমান ও দিক নির্দেশ করে।

চৌম্বক পদার্থটির কোন বিন্দুতে চৌম্বক প্রাবল্য, আবেশ সৃষ্টিকারী চৌম্বকক্ষেত্রের প্রাবল্য ও চৌম্বক পদার্থটিতে আবিষ্ট চুম্বক জনিত প্রাবল্যদ্বয়ের লঙ্ঘিত সমান চৌম্বক বলরেখা ও চুম্বকন রেখাগুলোর সমষ্টিতে বলা হয় আবেশ রেখা (Lines of induction)। একটি চৌম্বক ক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রশক্তি বা প্রাবল্য এই আবেশ রেখার ওপরই নির্ভর করে।

চৌম্বক ক্ষেত্রে রক্ষিত একটি চৌম্বক পদার্থের কোন বিন্দুর চতুর্দিকে একক ক্ষেত্রফলের মধ্যদিয়ে লম্বভাবে যতগুলো আবেশ রেখা যায় তাকে ঐ বিন্দুতে চৌম্বক আবেশ (Magnetic induction) বা ফ্লাক্স ঘনত্ব (Flux density) বলা হয়।

ধরা যাক, A ক্ষেত্রফলের চুম্বকের মধ্যদিয়ে  $\phi_B$  সংখ্যক বলরেখা লম্বভাবে অতিক্রম করে। অতএব, চৌম্বক ফ্লাক্স ঘনত্ব,

$$B = \frac{\phi_B}{A}$$

এর একক হল Weber/m<sup>2</sup> বা tesla

খ. চুম্বকনের মাত্রা বা প্রাবল্য (Intensity of magnetisation) : কোন চৌম্বক পদার্থকে সুষম ক্ষেত্রে স্থাপন করলে আবেশের ফলে চুম্বক মেরুর উদ্ভব হয়। ফলে এর একটি চৌম্বক ভ্রামকের সৃষ্টি হয়। চুম্বকের যে কোন একটি মেরুর শক্তি এবং এর চৌম্বক দৈর্ঘ্যের গুণফলকে প্রদত্ত চুম্বকের চৌম্বক ভ্রামক বলে। সুষম ভাবে চুম্বকিত কোন দণ্ড চুম্বকের একক আয়তনের চৌম্বক ভ্রামককে চুম্বকনের মাত্রা বা প্রাবল্য বলা হয়।

ধরা যাক, m মেরুশক্তি, l চৌম্বক দৈর্ঘ্য, A প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল ও V আয়তনের কোন দণ্ড চুম্বকের চৌম্বক ভ্রামক M.

$$\therefore \text{চুম্বকনের মাত্রা, } I = \frac{M}{V} = \frac{m \times l}{A \times l} \\ = \frac{m}{A}$$

A = l হলে I = m

অর্থাৎ কোন দণ্ড চুম্বকের চুম্বকনের মাত্রা ঐ চুম্বকের একক প্রস্থচ্ছেদ বিশিষ্ট ক্ষেত্রফলের মেরু শক্তির সমান।

চৌম্বক ভ্রামক ভেক্টর রাশি বিধায় চৌম্বকনের মাত্রাও ভেক্টর রাশি।

H প্রাবল্যের একটি সুষম চৌম্বক ক্ষেত্রে কোন চুম্বক পদার্থের আবিষ্ট চুম্বকনের মাত্রা যদি I হয় এবং চৌম্বক আবেশ

যদি  $\vec{B}$  হয় তাহলে,

$$\vec{B} = \vec{H} + 4\pi \vec{I}$$

- গ. **চৌম্বক প্রবণতা (Magnetic Susceptibility) :** কোন চৌম্বক ক্ষেত্রের সমান্তরালে কোন একটি চৌম্বক পদার্থের দণ্ড রাখলে এর ওপর চুম্বকত্ব আবিষ্ট হওয়ার ফলে দণ্ডটি চুম্বকে পরিণত হয়। এই চৌম্বকক্ষেত্রে বিভিন্ন চৌম্বক পদার্থ রাখলে এদের চুম্বকণ মাত্রা বিভিন্ন হয়। পদার্থের যে ধর্মের ওপর এর চুম্বকণের মাত্রা নির্ভর করে তাকে চুম্বক প্রবণতা (Magnetic susceptibility) বলে। পদার্থটির চুম্বকণ-মাত্রা I এবং এর মধ্যস্থিত চৌম্বক প্রাবল্য H-এর অণুপাতকে পদার্থটির চৌম্বক প্রবণতা বলা হয়। একে K অক্ষর দ্বারা সূচিত করা হয়।

$$\text{অর্থাৎ, চৌম্বক প্রবণতা, } K = \frac{I}{H}$$

শূন্যস্থান বা বায়ুর চৌম্বক প্রবণতার মান শূন্য। এরমান পদার্থের প্রকৃতি, অবস্থা ও প্রযুক্ত চৌম্বক ক্ষেত্রের মানের ওপর নির্ভর করে। উষ্ণতার সাথেও এর মান পরিবর্তিত হয়। নিকেল বা কোবাল্টের তুলনায় নরম লোহার চৌম্বক প্রবণতা অনেক বেশি। একে অনেক সময় চৌম্বক গ্রাহিতাও বলে থাকে।

- ঘ. **চৌম্বক প্রবেশ্যতা বা চৌম্বক ভেদ্যতা (Magnetic permeability)**

কোন চৌম্বক ক্ষেত্রে একখন্ড নরম লোহা রাখলে দেখা যায় যে, লোহা রাখার পরে বায়ুতে একক ক্ষেত্রফলের মধ্যদিয়া সঞ্চালিত বলরেখা বায়ুতে লোহা রাখার পূর্বের সঞ্চালিত বলরেখা অপেক্ষা অনেকগুণ বৃদ্ধি পেয়েছে।

কোন চৌম্বক ক্ষেত্রে স্থাপিত কোন চৌম্বক পদার্থের একক ক্ষেত্রফলের মধ্যদিয়ে যতগুলি চৌম্বক আবেশ রেখা (B) অতিক্রম করে এবং পদার্থটির অবর্তমানে ঐ একই ক্ষেত্রফলের বায়ুতে মধ্যদিয়ে যতগুলো বল রেখা (H) অতিক্রম করে এদের অনুপাতকে চৌম্বক প্রবেশ্যতা বা চৌম্বক ভেদ্যতা বলে।

অর্থাৎ চৌম্বক ভেদ্যতা বা প্রবেশ্যতা,

$$\mu = \frac{B}{H}$$

ভেদ্যতা একটি সংখ্যামাত্র এর কোন একক নেই।

- ঙ. **চৌম্বক ধারকত্ব (Magnetic Retentivity)**

বিভিন্ন চৌম্বক পদার্থকে চুম্বকিত করে রেখে দিলে এর চুম্বকত্ব আপনা আপনি হ্রাস পেতে থাকে। এই চুম্বকত্ব হ্রাসের পরিমাণ ভিন্ন ভিন্ন পদার্থে ভিন্ন ভিন্ন হতে দেখা যায়। পদার্থ গুলোর একটি বিশেষ ধর্মের বা গুণের তারতম্যের জন্য এরূপ হয়ে থাকে। বস্তুর এই বিশেষ ধর্মকে বলা হয় চৌম্বক ধারকত্ব।

অর্থাৎ, চৌম্বকনকারী বলক্ষেত্র আপসারণ করে নেয়ার পর কোন চৌম্বকে পদার্থ পূর্বে সৃষ্ট, চুম্বকত্ব ধরে রাখার যে ক্ষমতা তাকে চৌম্বক ধারকত্ব বলে।

যার চৌম্বক ধারকত্ব বেশী চুম্বক তৈরিতে সেটিই বেশি উপযোগী। উল্লেখ্য যে, নরম লোহার চৌম্বক ধারকত্ব; কোবাল্ট, নিকেল বা ইস্পাত অপেক্ষা অনেক বেশি, ফলে চুম্বককারী বল অপসারণ করার পরেও নরম লোহার মধ্যে অধিক পরিমাণ চুম্বকত্ব অবশিষ্ট থাকে।

- চৌম্বক ভেদ্যতা ও প্রবণতার মধ্যে সম্পর্ক (Relation between permeability and susceptibility)**

আমরা জানি, চৌম্বক আবেশ B, চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রাবল্য H ও চুম্বকন মাত্রা I এর মধ্যে সম্পর্কটি হল,

$$B = H + 4\pi I$$

$$\text{or } \frac{B}{H} = \frac{H}{H} + 4\pi \frac{I}{H}$$

$$\text{বা, } \mu = 1 + 4\pi K$$

$$\text{কেননা, } \mu = \frac{B}{H} \text{ এবং } K = \frac{I}{H}$$

- চ. **চৌম্বক সহনশীলতা বা নিখহরোধিতা (Coercivity) :** চুম্বকণ বল অপসারণের পর চৌম্বক পদার্থের অবশিষ্ট চুম্বকত্ব নানাভাবে নষ্ট করার বা লোপ পাওয়ার পরিমাণ বিভিন্ন ক্ষেত্রে বিভিন্ন। চুম্বকণ সৃষ্টিকারী বল অপসারণ করার

পর একটি চুম্বন পদার্থের অবশিষ্ট চুম্বকত্ব যে কোন কারণে কি পরিমাণে বিনষ্ট হবে তা পদার্থটির যে বিশেষ ধর্মের ওপর নির্ভর করে তাকে চৌম্বক সহনশীলতা বা নিম্নহরোধিতা বলে।

### ৫.১.৪ : বিভিন্ন প্রকার চৌম্বক পদার্থ (Different types of magnetic substances)

বিজ্ঞানী মাইকেল ফ্যাড়াডে অতি উচ্চ শক্তিশালী চুম্বকক্ষেত্রে পদার্থ সমূহের আচরণ বিবেচনা করে যাবতীয় পদার্থকে তিনি তিনটি শ্রেণীতে বিভক্ত করেন। যথা -

- ক. প্যারা-চৌম্বক বা পরাচৌম্বক পদার্থ
- খ. ডায়া-চৌম্বক বা তিরশ্চৌম্বক পদার্থ
- গ. ফেরো-চৌম্বক বা অয়শ্চৌম্বক পদার্থ

নিম্নে চৌম্বক প্রবণতার ভিত্তিতে এদের ধর্ম সম্বন্ধে আলোচনা করা হল।

ক. **প্যারা-চৌম্বক বা পরাচৌম্বক পদার্থ (Paramagnetic substances):** যে সকল পদার্থ চৌম্বক ক্ষেত্রে রাখলে পদার্থের মধ্যে দুর্বল চৌম্বকত্বের আবির্ভাব হয় এবং আবেষ্ট চুম্বকের অভিমুখ ও আবেশী চুম্বকের অভিমুখ এক দিকে হয় তাদের প্যারা-চৌম্বক বা পরাচৌম্বক পদার্থ বলে। এদের চৌম্বক ভেদ্যতা  $\mu > 1$  এবং চৌম্বক গ্রাহিতা ধনাত্মক কিন্তু নিম্নমানের। এদের চৌম্বক প্রবণতার মান কম হওয়ায় চুম্বকন মাত্রা কম হবে। ফলে পদার্থ মধ্যে চৌম্বকন রেখার সংখ্যা খুব বেশি হবে না। সেই কারণে পদার্থটির মধ্যে আবেশ রেখার ঘনত্ব বলরেখার ঘনত্ব অপেক্ষা খুব সামান্যই বেশি হয়।

পর্যায়চৌম্বক পদার্থের পরম তাপমাত্রা (T) বৃদ্ধি করলে এর চৌম্বক প্রবনতা (K) ব্যস্তানুপাতে হ্রাস পায় অর্থাৎ,

$$K \propto \frac{1}{T}, \text{ একে কুরী সূত্র বলে।}$$

ম্যাঙ্গানিজ, প্লাটিনাম, অ্যালুমিনিয়াম, সোডিয়াম, বায়ু, অক্সিজেন প্রভৃতি পদার্থগুলো পরাচৌম্বকভুক্ত।

খ. **ডায়া-চৌম্বক বা তিরশ্চৌম্বক পদার্থ (Diamagnetic substances):** যে সকল পদার্থকে চৌম্বক ক্ষেত্রে ব্যাখ্যা পদার্থটিতে দুর্বল চুম্বকত্ব আবিষ্ট হয় এবং আবিষ্ট চৌম্বকত্বের অভিমুখ, আবেশী চুম্বকত্বের অভিমুখের বিপরীত দিকে হয়, তাদেরকে ডায়া চৌম্বক বা তিরশ্চৌম্বক বলে। এদের চৌম্বক ভেদ্যতা  $\mu < 1$ । এবং চৌম্বক প্রবণতার মান ঋণাত্মক। এদের কোন ভুরি বিন্দু নেই। এদের কোন চৌম্বক ধারকত্ব ধর্ম নেই। অসম চৌম্বক ক্ষেত্রে এদের ঝুলিয়ে রাখলে চৌম্বকক্ষেত্রের অধিকতর শক্তিশালী অংশের দিক থেকে কম শক্তিশালী অংশের দিকে যায়।

অ্যান্টিমনি, বিসমাথ, তামা, পারদ, সোনা, পানি, অ্যালকোহল ইত্যাদি ডায়া-চৌম্বক পদার্থ।

গ. **ফেরো-চৌম্বক বা অয়শ্চৌম্বক পদার্থ (Ferromagnetic substances):** যে সকল পদার্থকে চৌম্বক ক্ষেত্রে রাখলে এদের মধ্যে শক্তিশালী চুম্বকত্ব আবিষ্ট হয় এবং উত্তর ও দক্ষিণ মেরুর সৃষ্টি হয়। তাদেরকে ফেরোচৌম্বক বা অয়শ্চৌম্বক পদার্থ বলে। ফেরোচৌম্বক পদার্থের চৌম্বক ভেদ্যতা অনেক বেশী। এদের চৌম্বক প্রবণতাও ধনাত্মক ও উচ্চমানের হয়। চৌম্বক প্রবণতা পদার্থের উষ্ণতা-বৃদ্ধির সাথে হ্রাস পেতে থাকে। ফেরোচৌম্বক পদার্থের যে নির্দিষ্ট উষ্ণতার বেশি উষ্ণতায় ফেরো-চৌম্বকত্ব সম্পূর্ণভাবে বিনষ্ট হয় এবং এটি প্যারা চৌম্বক পদার্থে পরিণত হয়, তাকে কুরী-বিন্দু উষ্ণতা (Curie point temperature) বলা হয়। সাধারণভাবে বলা যায় কুরী উষ্ণতার ওপরে কোন চৌম্বক পদার্থকে নিয়ে গেলে সেটি অচৌম্বক পদার্থের পরিণত হয়।

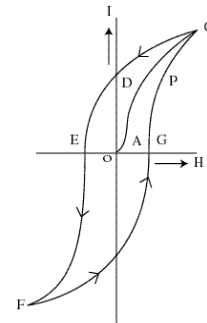
উল্লেখ্য যে, ফেরো-চৌম্বক পদার্থগুলো তড়িৎ সুপরিবাহী। কিন্তু বর্তমানে ফেরাইট নামক এক প্রকার চৌম্বক পদার্থ আবিষ্কৃত হয়েছে যাদের চৌম্বক ভেদ্যতার মান অয়শ্চৌম্বক পদার্থের ন্যায় অতি উচ্চমানের হলেও বাস্তবে এরা তড়িৎ সুপরিবাহী। ফলে এদের মধ্যে তড়িৎ শক্তির অপচয় প্রায় হয়না বললেই চলে। উচ্চ কম্পাংকের তড়িৎ-চুম্বকীয় ক্ষেত্রে চৌম্বক পদার্থ হিসেবে এদের ব্যবহার করা হয়। ট্রানজিস্টার 'রেডিও'র মধ্যস্থিত গ্রাহক কুন্ডলীটি আসলে ফেরাইট নির্মিত দণ্ডের ওপরে তামার তার জড়িয়ে তৈরি কর হয়েছে।

৫.১.৪ : পরাচৌম্বক, তিরচৌম্বক ও অয়চৌম্বক পদার্থের মধ্যে পার্থক্য (Distinction between paramagnetic, diamagnetic, and ferromagnetic substances) :

পরা চৌম্বক পদার্থ	তিরচৌম্বক পদার্থ	অয়চৌম্বক পদার্থ
১। কঠিন, তরল ও বায়বীয় অবস্থায় পাওয়া যায়।	১। কঠিন, তরল, ও বায়বীয় অবস্থা থাকতে পারে।	১। কঠিন ও স্ফটিকা-কার হয়।
২। চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা ক্ষনিকভাবে আকৃষ্ট হয়।	২। চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা ক্ষীণ বিকর্ষণ দেখা যায়।	২। চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা প্রবলভাবে আকৃষ্ট হয়।
৩। প্রবেশ্যতার মান 1 অপেক্ষা সামান্য বেশি।	৩। প্রবেশ্যতার মান 1 অপেক্ষা কম হয়।	৩। প্রবেশ্যতার মান খুব বেশি।
৪। চৌম্বক প্রবণতার মান 1 অপেক্ষা কম কিন্তু ঋণাত্মক।	৪। প্রবণতার মান 1 অপেক্ষা কম কিন্তু ঋণাত্মক।	৪। চৌম্বক প্রবণতার মান ধনাত্মক এবং 1 -এর চেয়ে অনেক বেশী।
৫। চৌম্বক ধারকত্ব ধর্ম নেই।	৫। চৌম্বক ধারকত্ব ধর্ম নেই।	৫। চৌম্বক ধারকত্ব ধর্ম আছে।
৬। উষ্ণতা বৃদ্ধি পেলে চৌম্বক প্রবণতার মান হ্রাস পায়।	৬। উষ্ণতার ওপর চৌম্বক প্রবণতার মান নির্ভর করে।	৬। চৌম্বক প্রবণতার মান উষ্ণতার পরিবর্তনের সাথে জটিল ভাবে পরিবর্তিত হয়।
৭। নির্দিষ্ট কুরীবিन्दু নেই।	৭। নির্দিষ্ট কুরী বিন্দু নেই।	৭। নির্দিষ্ট কুরী বিন্দু আছে।
৮। পরাচৌম্বক পদার্থের কোন দণ্ডকে চৌম্বক ক্ষেত্রের মধ্যে বুলিয়ে রাখলে এটি চৌম্বক ক্ষেত্রের বলরেখার সাথে সমান্তরালে থাকে।	৮। এটি চৌম্বক ক্ষেত্রের বল রেখার লম্বভাবে থাকতে চায়।	৮। এটি চৌম্বক ক্ষেত্রের বলরেখার সমান্তরালে থাকতে চায়।

৫.১.৬ : চুম্বকন চক্র ; হিস্টারিসিস (Cycle of magnetisation; Hysteresis) : অচুম্বকিত অবস্থায় কোন চৌম্বক পদার্থ নিয়ে যদি ধীরে ধীরে চুম্বকণ ক্ষেত্র H এর মান বৃদ্ধি করা হয় এবং উক্ত পদার্থের আণুঘটকচুম্বকণের পরিমাত্রা (I) নির্ণয় করা যায় এবং উভয়ের মধ্যে লেখ অংকন করা যায় তবে এটি ইউ লেখ এর ন্যায় হবে (চিত্র : ৫.২)। যদি চুম্বকণ ক্ষেত্রের মান C বিন্দু অপেক্ষা আরও বৃদ্ধি করা যায়। তবে I-এর মান আর বৃদ্ধি পায় না- স্থির থাকে। অর্থাৎ পরীক্ষাধীন পদার্থটি চৌম্বক সম্পৃক্ততা লাভ করে।

এখন, C বিন্দুতে পৌঁছার পর, চুম্বকের ক্ষেত্র H- এর মান ধীরে ধীরে কমালে এবং প্রতিক্ষেত্রে I-এর মান নির্ণয় করলে দেখা যায় যে, লেখ CAO পথে ফিরে না এসে উ বিন্দুতে পৃথক হয়ে CD পথ অণুসরণ করে। চুম্বকন ক্ষেত্রের মান শূণ্য করলেও চুম্বকণ মাত্রা শূণ্য হয় না। এর কিছু মান OD পরিমাণ থেকে যায়। H=0 হলে I-এর এই মানকে অবশেষ চুম্বকত্ব (Residual magnetism) বলা হয়। এবার H- এর অভিমুখ ওল্টায়ে ধীরে ধীরে এর মান বৃদ্ধি করলে DEএ লেখ পাওয়া যাবে।



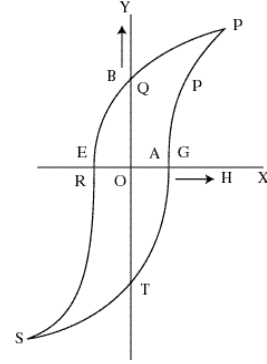
চিত্র-৫.২

F বিন্দুতে পৌঁছার পরে H- এর মান ক্রমান্বয়ে কমিয়ে H=0 করলে এবং পরে H-এর মূল বা প্রাথমিক অভিমুখ বজায় রেখে H-এর মান পূর্ণরায় ধীরে ধীরে বৃদ্ধি করলে FGPC লেখ পাওয়া যায়। লেখ হতে দেখা যাচ্ছে যে, সর্বস্তরে চুম্বকণের পরিমাত্রা চুম্বকণ ক্ষেত্রের পশ্চাত্বর্তী হচ্ছে কিন্তু কখনও সমান বা অধ্বর্তী হয় না। চুম্বকণের পরিমাত্রার এই পশ্চাত্বর্তীতাকে বলা হয় হিস্টারিসিস (Hysteresis এবং CEFGC এই বন্ধ লুপকে বলা হয় হিস্টারিসিস লুপ (hysteresis loop)। এ ছাড়া সমগ্র চক্রকে বলা হয় হিস্টারিসিস চক্র (hysteresis cycle)। পরিশেষে পদার্থের অবশেষে চুম্বকত্ব দূর করার জন্যে

যে চুম্বক ক্ষেত্রের (OE অথবা OG) প্রয়োজন হয় অর্থাৎ যখন I=0 তখন H-এর মানকে বলা হয় প্রদত্ত পদার্থের নিঃস্রবল (Coercive force)।

সাবধানতা : লেখের OEC সহ অন্য CEFGC অংশ পেতে হলে পরীক্ষাধীন পদার্থটিকে সম্পূর্ণ অচৌম্বক অবস্থা হতে শুরু করতে হবে। OEC অংশ পেতে হলে বিশেষ প্রক্রিয়ায় পদার্থটি সম্পূর্ণ রূপে বিম্বকিত (demagnetised) করে নিতে হবে।

একই ভাবে চৌম্বক আবেশ B এবং চৌম্বক ক্ষেত্র H- এর মধ্যেও লুপ অংকন করা যায়। চিত্র ৫.৩) B-H লুপের আকার I-H লুপের পূর্ব অনুরূপ হবে তবে I-H লুপের ন্যায় B-H লুপে C বিন্দুর পর অণুভূমিক অংশ পাওয়া যাবে না। এর কারণ হল H বৃদ্ধির সাথে সাথে B ক্রমাগত বৃদ্ধি পায়।



চিত্র-৫.৩

#### সারসংক্ষেপ

**চৌম্বক আবেশ :** একটি চৌম্বক পদার্থকে একটি শক্তিশালী দৃশ্য চুম্বকের নিকট এনে ক্ষণস্থায়ী চুম্বকে পরিণত করার পদ্ধতিকে চৌম্বক আবেশ বলে।

**চৌম্বক ফ্লাক্স ঘনত্ব :** চৌম্বক ক্ষেত্রে রক্ষিত একটি চৌম্বক পদার্থের কোন বিন্দুর একক ক্ষেত্রফলের মধ্যদিয়ে লম্বভাবে যতগুলো আবেশ রেখা যায় তাকে ঐ বিন্দুতে চৌম্বক ফ্লাক্স ঘনত্ব বলে।

**চৌম্বকণের মাত্রা :** সূক্ষমভাবে চুম্বকিত কোন দৃশ্য চুম্বকের একক আয়তনের চৌম্বক ড্রামককে চুম্বকণের মাত্রা বলে।

**চৌম্বক প্রবণতা :** পদার্থের যে ধর্মের ওপর চৌম্বক পদার্থের চুম্বকণের মাত্রা নির্ভর করে তাকে চৌম্বক প্রবণতা বলে।

**চৌম্বক ভেদ্যতা :** কোন চৌম্বক ক্ষেত্রে স্থাপিত কোন চৌম্বক পদার্থের একক ক্ষেত্রফলের মধ্যদিয়ে যতগুলো চৌম্বক আবেশ রেখা অতিক্রম করে এবং পদার্থটির অবর্তমানে ঐ একই ক্ষেত্রফলের বায়ুর মধ্যদিয়ে যতগুলো বলরেখা অতিক্রম করে - এদের অনুপাতকে চৌম্বক ভেদ্যতা বলে।

**চৌম্বক ধারকত্ব :** চৌম্বকনকারী বলক্ষেত্র অপসারণ করে নেয়ার পর কোন চৌম্বক পদার্থ তার পূর্বে সৃষ্ট চুম্বকত্ব ধরে রাখার যে ক্ষমতা তাকে চৌম্বক ধারকত্ব বলে।

**ফেরো-চৌম্বক বা অয়স্টোচৌম্বক পদার্থ-** যে সকল পদার্থকে চৌম্বক ক্ষেত্রে রাখলে এদের মধ্যে শক্তিশালী চুম্বকত্ব আবিষ্ট হয় এবং উত্তর ও দক্ষিণ মেরুর সৃষ্টি হয়। তাদেরকে ফেরোচৌম্বক বা অয়স্টোচৌম্বক পদার্থ বলে।

#### পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন।

১. সুক্ষম চৌম্বক ক্ষেত্রে চৌম্বক পদার্থ নিলে এটি আকৃষ্ট হয় এ ঘটনাকে বলে (ক) চৌম্বক সহণশীলতা (খ) চৌম্বক সম্পৃক্ততা (গ) চৌম্বক আবেশ ঘ) চৌম্বক প্রবেশ্যতা

২. চুম্বকণের মাত্রা হল-

(ক)  $I = \frac{V}{M}$

(খ)  $I = \frac{M}{V}$

(গ)  $I = \frac{A}{m}$

(ঘ)  $I = \frac{K}{H}$

৩. চৌম্বক ভেদ্যতা একক হল-

(ক) ওয়েবস্টেড

(খ) ওয়েবার/মিটার<sup>২</sup>

(গ) ওয়েবার

(ঘ) কোন একক নেই।



৪. চৌম্বক ক্ষেত্র বিকর্ষণ করে তা হল-
- (ক) পরা চৌম্বক পদার্থ                      (খ) তিরশ্চৌম্বক পদার্থ  
(গ) ফেরোচুম্বক পদার্থ                      (ঘ) ফেরাইট।
৫. উষ্ণতার ওপর চৌম্বক প্রবণতার মান নির্ভর করে না-
- (ক) পরাচৌম্বক পদার্থের                      (খ) তিরশ্চৌম্বক পদার্থের  
(গ) অয়শ্চৌম্বক পদার্থের                      (ঘ) ফেরাইটের।

**সংক্ষিপ্ত উত্তর- প্রশ্ন**

১. চৌম্বক ফ্লাক্স ঘণত্ব কাকে বলে ?
২. চুম্বকের মাত্রা বলতে কি বুঝায় ?
৩. চৌম্বক ভেদ্যতা কি ?
৪. চৌম্বক ধারকত্ব কাকে বলে ?
৫. বিভিন্ন প্রকার চৌম্বক পদার্থের নাম লিখুন।
৬. পরাচৌম্বক পদার্থ কাকে বলে ?
৭. কয়েকটি তিরশ্চৌম্বক পদার্থের উদাহরণ দিন।
৯. কুরী বিন্দু তাপমাত্রা কি ?
১০. প্যারা-চুম্বক, ডায়া-চৌম্বক ও ফেরো-চৌম্বক পদার্থের মধ্যে পার্থক্য লিখুন।



## ভূ-চুম্বকত্ব (Terrestrial Magnetism)



### উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

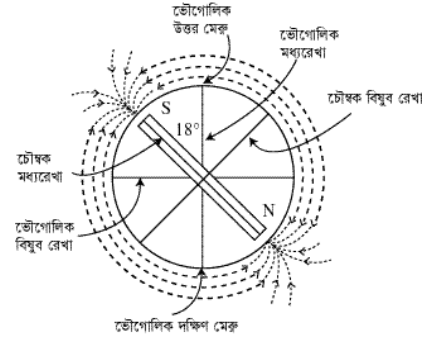
- পৃথিবী যে একটি বিরাট চুম্বক এ সম্বন্ধে জানতে পারবেন।
- ভূ-চুম্বকত্বের উপাদান গুলোর সংজ্ঞা বলতে পারবেন।
- ভূ-চুম্বকত্বের উপাদানগুলোর মধ্যকার পারস্পরিক সম্পর্ক বলতে পারবেন।
- বিনতি চক্রের সাহায্যে বিগতি নির্ণয়ের পদ্ধতি জানতে পারবেন।

### ৫.২.১ : পৃথিবীর চৌম্বক ধর্ম (Magnetic Property of the earth)

যদি একটি চুম্বক ক্ষেত্রে, অবাধে ঘূর্ণনক্ষম অন্য একটি চুম্বককে স্থাপন করা হয় তবে এটি ক্ষেত্রটির বলরেখা বরাবর নিজেকে স্থাপিত করে। আবার উক্ত চৌম্বক ক্ষেত্রে একটি চৌম্বক পদার্থের দণ্ড রাখা হলে দণ্ডটির উভয় প্রান্তে চুম্বকত্ব আবিষ্ট হয়। কোন চৌম্বক শলাকা বা দণ্ড চুম্বককে অনুভূমিকভাবে এর ভারকেন্দ্রে মুক্ত অবস্থায় স্থাপন করলে সাম্যবস্থায় এটি সব সময়ই মোটামুটি উত্তর দক্ষিণ দিক বরাবর অবস্থান করে। এমনকি, পৃথিবীর পৃষ্ঠে একটি নরম লোহর দণ্ড উত্তর-দক্ষিণ দিক বরাবর রাখলে দণ্ডটির উপর চুম্বকত্ব আবিষ্ট হয়। সুতরাং বলা যায়- পৃথিবীর পৃষ্ঠে একটি চৌম্বক ক্ষেত্র বর্তমান ১৬০০ খৃষ্টাব্দে চিকিৎসা বিজ্ঞানী ডা: গিলবার্ট বিভিন্ন পরীক্ষার মাধ্যমে প্রমাণ করেন যে, পৃথিবী একটি চুম্বকের ন্যায় আচরণ করে। তাঁর পরীক্ষায় একটি গোলাকার চুম্বক প্রত্যুত করে কিছু ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র চুম্বককে ঐ গোলাকার চুম্বকটির বিভিন্ন স্থানে স্থাপন করে দেখান যে এরা পৃথিবীর পৃষ্ঠে বিভিন্ন জায়গায় স্থাপিত চুম্বকের ন্যায় আচরণ করে।

সুতরাং পৃথিবী একটি বিরাট চুম্বক এবং চুম্বকের ন্যায় দুটি মেরু আছে। পরবর্তীকালে বিজ্ঞানীগণ আরো দেখান যে- পৃথিবীর দক্ষিণ মেরু কানাডার বোথিয়া ফেলিক্স অঞ্চলে এবং অন্যটি অস্ট্রেলিয়ার দক্ষিণ ভিক্টোরিয়া অঞ্চলে।

ভূগোলক হিসাবে পৃথিবীর উত্তর প্রান্তের মেরুর নাম ভৌগলিক উত্তর মেরু এবং দক্ষিণ প্রান্তের মেরুর নাম ভৌগলিক দক্ষিণ মেরু। যেহেতু বিপরীত মেরুতে আকর্ষণ ঘটে, সুতরাং মুক্তভাবে ঝুলন্ত চৌম্বকশলাকা বা সাধারণ চুম্বকের উত্তর এবং দক্ষিণ মেরু যথাক্রমে ভূচুম্বকের দক্ষিণ এবং উত্তর মেরুর দিকে অবস্থান করে। এজন্য বল হয়, ভূচুম্বকের দক্ষিণ মেরু ভৌগলিক উত্তর মেরুর দিকে এবং ভূচুম্বকের উত্তর মেরু ভৌগলিক দক্ষিণ দিকে থাকে চিত্র (৫.৪)।



চিত্র-৫.৪

প্রকৃত পক্ষে ভূচুম্বকের দক্ষিণ মেরু ভৌগলিক উত্তর মেরু হতে প্রায় ২৪০০ কিলোমিটার পশ্চিমে এবং ভূচুম্বকের উত্তর মেরু ভৌগলিক দক্ষিণ মেরু হতে ২৫০০ কি:মি: পূর্বে অবস্থিত। এ চুম্বক রেখা পৃথিবীর কেন্দ্র হতে প্রায় ১২০০ কি.মি. পূর্বে অবস্থিত। ভূ-চুম্বকের উত্তর মেরুকে নীল মেরু এবং দক্ষিণ মেরুকে লাল মেরু বলে। উমেরুর সংযোজিত রেখাকে চৌম্বক মধ্যরেখা বা চৌম্বক অক্ষ-এবং এ রেখার মধ্যবর্তী উলম্ব তলকে পৃথিবীর ভৌগলিক তলকে পৃথিবীর চৌম্বক মধ্যতল বলে। উপরন্তু, পৃথিবীর ভৌগলিক মেরুদ্বয় সংযোগজন কারী সরল রেখাকে ভৌগলিক মধ্যরেখা এবং এর মধ্যগামী উলম্ব তলকে ভৌগোলিক মধ্যতল বলে। ভৌগোলিক মধ্যতলের সাথে চৌম্বক মধ্যতল প্রায় ১৮° কোণ করে থাকে। চুম্বকের ন্যায় ভূ চুম্বকের বায়ুমন্ডলের মধ্যদিয়া দণ্ড চুম্বকের দক্ষিণ মেরুতে পৌছে। উত্তর মেরু হতে নির্গত হবার সময় বা সাথে আনত অবস্থায় থাকে। যেহেতু কোন স্থানের বল রেখার উপর অবস্থিত স্পর্শক ঐ স্থানের চৌম্বক প্রাবল্যের অভিমুখ নির্দেশ করে, সুতরাং পৃথিবীর দক্ষিণ গোলার্ধের কোন স্থানে চৌম্বক প্রাবল্যের অভিমুখ পৃথিবীর পৃষ্ঠ হতে উপরের দিকে হবে। চৌম্বক প্রাবল্যের অভিমুখ মেরুতে উলম্ব বা খাড়া এবং চৌম্বক বিম্ববরেখার উপরে অনুভূমিক হবে যেহেতু কোন ছোট চৌম্বক একটি চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রাবল্যের দিকে নিজেকে স্থাপিত করে, সেহেতু কোন একটি চৌম্বক শলাকাকে ক্রমাগত ভৌগলিক উত্তর মেরুর দিকে নিয়ে গেলে তার উত্তর মেরু ক্রমশ: ভূপৃষ্ঠের দিকে ঝুঁকে যায় এবং ভূ-চুম্বকের উত্তর মেরুতে এর চৌম্বক অক্ষ উত্তর মেরু নীচে রেখে স্থির ভাবে খাড়া অবস্থায় অবস্থান করে।

কিন্তু বিষুবরেখা এবং পান্থবর্তী এলাকায় মুক্তভাবে ঝুলন্ত চুম্বক শলাকার চৌম্বক অক্ষ প্রায় অনুভূমিক অবস্থায় অবস্থান করবে।

পার্শ্ব চুম্বকত্বের সঠিক ধারণা এখনও অজানা এবং পৃথিবীর আভ্যন্তরে কোন চুম্বকের অস্তিত্ব আছে কিনা তাও অজ্ঞাত। তবে পৃথিবী একটা বিরাট চুম্বকের ন্যায় আচরণ করে এবং এর চৌম্বকক্ষেত্র পৃথিবীর পৃষ্ঠ হতে প্রায় ১০৭০০০ কি.মি. পর্যন্ত বিস্তৃত। তবে চুম্বকও চৌম্বক পদার্থের উপর ভূ-চুম্বকের আচরণ কেবল দিকদর্শী, আকর্ষণী নহে।

### ৫.২.২ : ভূ-চুম্বকত্বের চৌম্বক উপাদান সমূহ (Magnetic elements of earth's magnetism) :

কোন স্থানে পৃথিবীর চৌম্বক ক্ষেত্র সঠিক ভাবে জানার জন্যে যে সকল রাশি জানার প্রয়োজন হয় তাদেরকে ভূ-চুম্বকত্বের মৌলিক উপাদান বলা হয়। ভূ-চুম্বকত্বের মৌলিক উপাদান তিনটি-

১. বিচ্যুতি (Declination) ২. বিনতি (Dip or inclination) এবং ৩. ভূ-চৌম্বক প্রাবল্যের অনুভূমিক উপাংশ (horizontal component of earth's magnetic intensity)।

#### ১. বিচ্যুতি (Declination)

মুক্ত ভাবে সাম্যাবস্থায় ঝুলানো কোন চুম্বকের চৌম্বক অক্ষের ওপর কল্পিত উল্লম্ব তলকে চৌম্বক মধ্যতল (Magnetic meridian) বলা হয়। আবার, পৃথিবীর কোন স্থানে ভৌগলিক উত্তর ও দক্ষিণ মেরু বরাবর উল্লম্ব কাঙ্ক্ষিত তলকে ভৌগলিক মধ্যতল (Geographical meridian) বলে।

পৃথিবী পৃষ্ঠের ওপর কোন স্থানে চৌম্বক মধ্যতল ও ভৌগলিক মধ্যতলের অন্তর্গত কোণকে ঐ স্থানের বিচ্যুতি বলা হয়। সুতরাং পৃথিবীর কোন স্থানের ভৌগলিক মধ্যতল ও চৌম্বক মধ্যতল নির্ণয় করতে পারলেই বিচ্যুতি জানা যায়।

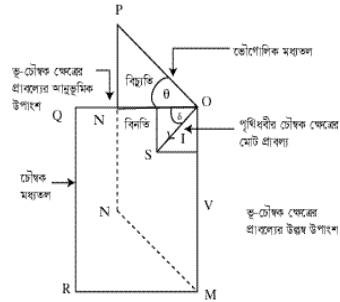
ব্যাখ্য : কোন স্থানের বিচ্যুতিকে সাধারণত  $\theta$  দ্বারা প্রকাশ করা হয়। কোন স্থানে যদি চৌম্বক মধ্যতল ভৌগলিক মধ্যতলের পূর্বপাশে থাকে তবে বিচ্যুতিকে  $\theta$  পূর্ব বা  $\theta^\circ E$  বা  $\theta^\circ W$  এবং যদি পশ্চিম পাশে থাকে তবে  $\theta^\circ$  পশ্চিম বা  $\theta^\circ W$  বলা হয়।

৫.৫ নং চিত্রে O পৃথিবী পৃষ্ঠে একটি স্থান। উক্ত স্থানে OPNM ভৌগলিক মধ্যতল এবং OQRM চৌম্বক মধ্যতল প্রকাশ করলে দুই তলের মধ্যবর্তী কোণ  $\angle POQ = \theta$  কে বিচ্যুতি বলে।

তাৎপর্য : ঢাকার বিচ্যুতি  $\frac{1}{2}^\circ$  পূর্ব বা  $\frac{1}{2}^\circ E$  বলতে বুঝায়

ঢাকায় চৌম্বক মধ্যতল ভৌগলিক মধ্যতলের সাথে  $\frac{1}{2}^\circ$

কোণ করে পূর্ব দিকে অবস্থান করে।



চিত্র : ৫.৫

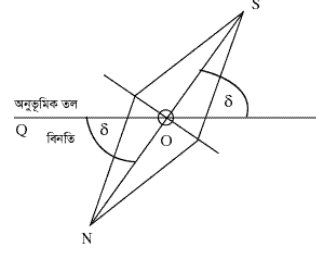
#### ২. বিনতি (Dip or inclination)

ভারকেন্দ্র দিয়ে মুক্তভাবে ঝুলন্ত কোন চুম্বকের চৌম্বক অক্ষ অনুভূমিক তলে না থেকে কিছুটা ঝুকে পড়ে (চিত্র ৫.৬)। পৃথিবীর উত্তর গোলার্ধে এরূপ একটি চুম্বকের উত্তর মেরুটি নিচের দিকে এবং গোলার্ধে তার দক্ষিণ মেরুটি নিচের দিকে ঝুকে পড়ে। এ ঝুকে পড়ার পরিমাণও বিভিন্ন স্থানে বিভিন্ন। পৃথিবীর উভয় মেরুতে এ ঝুকে পড়ার পরিমাণ  $90^\circ$ । অর্থাৎ উক্ত দুই মেরুতে মুক্তভাবে ঝুলন্ত একটি চুম্বক উল্লম্বভাবে অবস্থান করে। বিষুব অঞ্চলে সাম্যাবস্থায় মুক্তভাবে ঝুলন্ত চুম্বকের ঝুকে পড়ার পরিমাণ  $0^\circ$ । অর্থাৎ বিষুব অঞ্চলে মুক্তভাবে ঝুলানো একটি চুম্বক অনুভূমিকভাবে অবস্থান করে।

পৃথিবীর কোন স্থানে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের মোট প্রাবল্য অনুভূমিক তলের সাথে যে কোন উৎপন্ন করে তাকে ঐ স্থানের বিণতি বলে। ৫.৬ নং চিত্রে  $\delta$  বিনতি নির্দেশ করে।

কোন স্থানে ভারকেন্দ্রে মুক্তভাবে ঝুলন্ত চুম্বকের উত্তর মেরুটি নিচের দিকে ঝুকে পড়লে ঐ স্থানের বিনতি ধনাত্মক বলে গণ্য হয়। ধনাত্মক বিণতি N দ্বারা ও ঋণাত্মক বিনতি S দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

তাৎপর্য : ঢাকায় বিনতি  $28^\circ$  N বলতে বুঝায় ঢাকায় ভারকেন্দ্র থেকে মুক্তভাবে ঝুলানো একটি চুম্বক শলাকার অক্ষ স্থির অবস্থায় অনুভূমিক তলে সাথে  $28^\circ$  কোণ করে আণত থাকবে এবং শলাকার উত্তর মেরু নিচের দিকে ঝুঁকে থাকবে।



চিত্র : ৫.৬

### ৩. ভূ-চুম্বক প্রাবল্যের অনুভূমিক উপাংশ (Horizontal Components of earth's magnetic intensity)

স্থানে চৌম্বক মধ্যতলে ভূ-চুম্বক ক্ষেত্রের মোট প্রাবল্যের অনুভূমিক উপাংশকে ঐ স্থানের ভূ-চুম্বক প্রাবল্যের অনুভূমিক উপাংশ বলে।

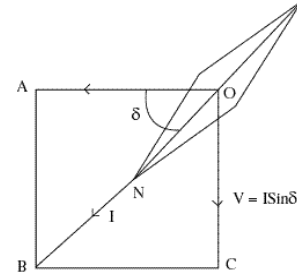
পৃথিবীর কোন স্থানে একটি বিচ্ছিন্ন একক শক্তির উত্তর মেরু ভূ-চুম্বকত্বের জন্য যে বল লাভ করে তাকে ঐ স্থানের মোট প্রাবল্য বলে। যেহেতু কোন স্থানে পৃথিবীর চৌম্বক ক্ষেত্রের মোট প্রাবল্য অনুভূমিক তলে ক্রিয়া করে না, অনুভূমিক তলের সাথে একটি নির্দিষ্ট কোণ করে ক্রিয়া করে। এ নির্দিষ্ট কোণের নামই বিণতি। চৌম্বক প্রাবল্য একটি ভেক্টর রাশি। সূত্রাং মোট প্রাবল্যকে দুটি উপাংশে বিভক্ত করা যায়। চৌম্বক মধ্যতলে অনুভূমিক বরাবর মোট প্রাবল্যের যে উপাংশ পাওয়া যায় তাকে ভূ-চুম্বকের প্রাবল্যের অনুভূমিক উপাংশ বলে। একে H দ্বারা প্রকাশ করা হয়। আবার উল্লম্ব রেখা বরাবর প্রাবল্যের যে উপাংশ পাওয়া যায় তাই উল্লম্ব উপাংশ। একে V দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

ধরাযাক, পৃথিবী পৃষ্ঠে O অবস্থানের OABC চৌম্বক মধ্যতল। উক্তস্থানে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের মোট প্রাবল্য I, OB রেখা বরাবর ক্রিয়া করে। OA এবং OC বরাবর যথাক্রমে অনুভূমিক ও উল্লম্ব উপাংশ ক্রিয়া করে। (চিত্র : ৫-৭)। মোট প্রাবল্য ও অনুভূমিক প্রাবল্যের মধ্যবর্তী  $\angle BOA = \delta$  উক্ত স্থানে বিনতি নির্দেশ করলে, আমরা পাই।

$$H = I \cos \delta \text{ -----(1)}$$

$$\text{এবং } V = I \sin \delta \text{ -----(2)}$$

তাৎপর্য : খুলনায় ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রাবল্যের অনুভূমিক উপাংশ  $0.36 \mu\text{T}$  বলতে বুঝায় খুলনায় চৌম্বক মধ্যতলে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের মোট প্রাবল্যের অনুভূমিক উপাংশের মান  $0.36 \mu\text{T}$ ।



চিত্র : ৫.৭

৫.২.৩ মোট প্রাবল্য, অনুভূমিক প্রাবল্য, উল্লম্ব প্রাবল্য ও বিনতির মধ্যে পারস্পরিক সম্পর্ক : (Relation among total intensity, Horizontal intensity, Vertical intensity and Dip) আমরা জানি,

$$H = I \cos \delta$$

$$\text{এবং } V = I \sin \delta$$

সমীকরণ : (১) ও (২) কে বর্গ করে এবং যোগ করে পাই,

$$H^2 = I^2 \cos^2 \delta$$

$$V^2 = I^2 \sin^2 \delta$$

$$\text{or, } H^2 + V^2 = I^2 \cos^2 \delta + I^2 \sin^2 \delta$$

$$\text{or } H^2 + V^2 = I^2 (\cos^2 \delta + \sin^2 \delta)$$

$$\text{or } H^2 + V^2 = I^2 \cdot 1 = I^2$$

$$\therefore I = \sqrt{H^2 + V^2}$$

আবার, সমীকরণ (২) কে (১) দ্বারা ভাগ করে পাই

$$\frac{V}{H} = \frac{I \sin \delta}{I \cos \delta} = \tan \delta$$

or  $V = H \tan \delta$

or  $H = V \cot \delta$

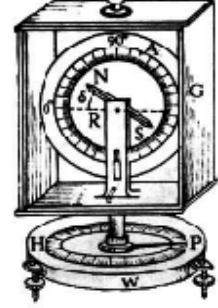
### ৫.২.৪ বিনতি নির্ণয় (Determination of dip or inclination)

**বিনতি বৃত্ত বা চক্র (Dip circle) :** যে যন্ত্রের সাহায্যে পৃথিবী পৃষ্ঠের কোন স্থানের বিনতি সুক্ষভাবে নির্ণয় করা যায় তাকে বিনতি বৃত্ত বলে। নিম্নে একটি বিনতি বৃত্তের বিভিন্ন অংশের বর্ণনা দেয়া হল।

**বর্ণনা :-** (১) এই যন্ত্রে একটি চুম্বক শলাকা NS থাকে যার ভারকেন্দ্র দিয়ে একটি দণ্ড পরস্পরের অক্ষের সহিত সমকোণে আবদ্ধ থাকে। দণ্ডটি একটি উলম্ব ফ্রেম R এর উপর রাখা দুটি ত্রিশির টুকরার উপর অনুভূমিক ভাবে রাখা হয়। ফলে শলাকাটি বিনা বাধায় অনুভূমিক অক্ষের চারিদিকে উলম্ব তলে ঘুরতে পারে [চিত্র : ৫.৮]।

(২) একটি বৃত্তাকার পাত S কে এমনভাবে যুক্ত করা হয় যেন পাতটির কেন্দ্র শলাকাটির কেন্দ্র দিয়ে যায় এবং চুম্বক শলাকাটির দুপ্রান্ত পাত বরাবর ঘুরতে পারে। পাতটির পরিধি চারটি সমানভাগে বিভক্ত। প্রত্যেকভাগে  $0^\circ$ - $90^\circ$  পর্যন্ত দাগ কাঁটা থাকে। একই স্কেলের  $0^\circ$ - $0^\circ$  রেখা অনুভূমিক এবং  $90^\circ$ - $90^\circ$  রেখা উলম্ব।

(৩) বৃত্তাকার স্কেলসহ চুম্বক শলাকাটি একটি কাঁচ নির্মিত বাক্স G এর মধ্যে বসানো থাকে। যন্ত্রসহ বাক্সটিকে চুম্বক শলাকার কেন্দ্রগত উলম্ব অক্ষের চারদিকে ঘুরানো যায়। এর ঘূর্ণনের পরিমাণ সূচক P এর সাহায্যে অপর একটি অনুভূমিক বৃত্তাকার স্কেল H হতে জানা যায়। এ স্কেল  $0^\circ$  হতে  $360^\circ$  পর্যন্ত দাগ কাটা থাকে।



চিত্র : ৫.৮

(৪) একটি অনুভূমিক পাঠাতন W এর উপর সমগ্র যন্ত্রটি খাড়াভাবে স্থাপিত এবং H স্কেল অঙ্কিত। বাক্সটি বহনকারী উলম্ব অক্ষের সাথে একটি সূচকদণ্ড P লাগানো থাকে। পাঠাতনের নীচে তিনটি স্ক্রু থাকে যাদের উপর ভর করে বাক্সটি বসানো থাকে। প্রয়োজনবোধে স্ক্রু তিনটির সাহায্যে পাঠাতনকে অনুভূমিক করা যায়।

#### কার্যপ্রণালী :

প্রথমে যন্ত্রটির নিকট হতে সবধরণের চুম্বক ও চৌম্বক পদার্থ সরিয়ে নেয়া হয়। অতঃপর যন্ত্রটিকে লেভেলিং স্ক্রুর সাহায্যে অণুভূমিক করা হয়।

কোন স্থানে সর্ব বাধামুক্ত চুম্বক শলাকা চৌম্বক মধ্যতলে ভূ-চুম্বকের মোট প্রাবল্য বরাবর অবস্থান করে। বিণতি নির্ণয় করতে হলে চুম্বক শলাকাকে প্রথমে চৌম্বক মধ্যতলে আনতে হয়। চৌম্বক মধ্যতলে অবস্থিত চুম্বক শলাকা অনুভূমিকের সাথে যে কোন উৎপন্ন করে তাই ঐ স্থানের বিণতি।

অনুভূমিক অক্ষের চারিদিকে উলম্ব তলে ঘূর্ণনক্ষম কোন চুম্বক শলাকা যদি চৌম্বক মধ্যতলের সাথে লম্বভাবে স্থাপন করা হয় তখন এর উপর ভূ-চুম্বকের প্রাবল্যের অণুভূমিক উপাংশের প্রভাব থাকে না- প্রভাব থাকে শুধু উলম্ব উপাংশের ওপর। তাই চৌম্বক মধ্যতলের সাথে সমকোণে স্থাপিত চুম্বক শলাকা সম্পূর্ণ উলম্ব থাকে।

কাঁচের বাক্সটিকে উলম্ব অক্ষের চারদিকে ততক্ষন পর্যন্ত ঘুড়ানো হয় যতক্ষন না চুম্বক শলাকা সম্পূর্ণ উলম্ব হয়। অর্থাৎ চুম্বক শলাকার দুই প্রান্ত বৃত্তাকার স্কেলের  $90^\circ$ - $90^\circ$  বরাবর অবস্থান করে। ফলে চুম্বক শলাকার অক্ষ চৌম্বক মধ্যতলের উপর লম্বভাবে অবস্থান করে। এ অবস্থায় অণুভূমিক বৃত্তাকার স্কেল H-এর উপর সূচক P এর পাঠ নেয়া হয়। এরপর বাক্সটিকে অনুভূমিক স্কেলের সূচক P-এর অবস্থান থেকে আরো  $90^\circ$  কোণে ঘুড়ানো হয়। এতে চুম্বক শলাকাটির ঘূর্ণনতল চৌম্বক মধ্যতলের অবস্থান করে। চুম্বক শলাকাটির অক্ষ তখন ভূচৌম্বক ক্ষেত্রের মোট প্রাবল্য বরাবর অবস্থান করে।

এই অবস্থায় চুম্বক শলাকা এবং A বৃত্তের  $0^\circ$ - $0^\circ$  রেখার অন্তর্ভুক্ত কোণই বিণতি। এই কোণের মান A স্কেলের উপর শলাকার অবস্থানের পাঠ থেকে নেয়া হয়।

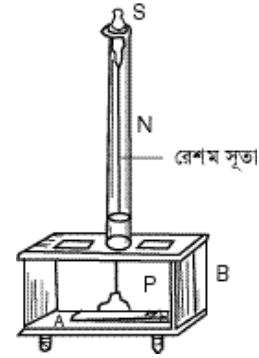
পরীক্ষার ত্রুটি সমূহ ও তাদের সংশোধন:-

১. উৎকেন্দ্রতা ত্রুটি : বিণতি বৃত্তের চৌম্বক শলাকার ঘূর্ণন অক্ষ উলম্ব বৃত্তাকার স্কেলের কেন্দ্র দিয়ে নাও যেতে পারে। এর ফলে যে ত্রুটি লক্ষ্য করা যায় তাই উৎকেন্দ্রতা ত্রুটি। এই ত্রুটির জন্য শলাকার এক প্রান্ত প্রকৃত পাঠ অপেক্ষা যতটুকু বেশী পাঠ দেয় অপর প্রান্ত ঠিক ততটুকু কম পাঠ দেয়। এ ত্রুটি সংশোধন করতে হলে শলাকার উভয় প্রান্তের পাঠ নিয়ে গড় করতে হয়।
২. শূন্যরেখা ত্রুটি : বৃত্তাকার স্কেলের  $0^\circ-0^\circ$  রেখা অণুভূমিক না হলে যে ত্রুটি হয় তাকে শূন্য রেখা ত্রুটি বলে। এই ত্রুটি থাকলে শলাকার দুই প্রান্তের পাঠ প্রকৃত পাঠের চেয়ে হয় বেশি না হয় কম হয়। এ ত্রুটি পরিহার করার জন্য উলম্ব বৃত্তটিকে  $180^\circ$  ঘূড়িয়ে পুনরায় পাঠ নেয়া হয়। এই চারটি পাঠের গড় নিলে প্রকৃত পাঠ পাওয়া যায়।
৩. অক্ষত্রুটি : চুম্বক শলাকার চৌম্বক অক্ষ ও জ্যামিতিক অক্ষ একই রেখা নাও থাকতে পারে। এ ত্রুটির দরুন শলাকার দুই প্রান্তের পাঠ প্রকৃত পাঠের চেয়ে কম বা বেশি হবে। চুম্বক শলাকার পাঠ একবার নেওয়ার পর চুম্বক শলাকা দিক পুনরায় উল্টা হয়। শলাকার দুই প্রান্তের পাঠ নেয়া হয়। এই পাঠ গুলির গড় নিলে এ ধরনের ত্রুটি সংশোধিত হয়।
৪. ভারকেন্দ্র ত্রুটি : চুম্বক শলাকার ঘূর্ণন অক্ষ ভার কেন্দ্র দিয়ে নাও যেতে পারে। এই ধরনের ত্রুটিকে ভারকেন্দ্র ত্রুটি বলে। এর ফলে চুম্বক শলাকার উভয় প্রান্তই প্রকৃত পাঠের চেয়ে বেশী বা কম পাঠ দেয়। এ ধরনের ভুল সংশোধন করতে হলে চুম্বক শলাকাকে বিচুম্বকিত করে আবার বিপরীত দিকে চুম্বকিত করতে হয়। ফলে দুই প্রান্তে মেরু পালায়। এ চারটি পাঠের গড় নিলে প্রকৃত পাঠ পাওয়া যায়।

### ৫.২.৫ কম্পন ম্যাগনেটোমিটার বা কম্পন চুম্বকমান যন্ত্র (Vibration Magnetometer)

গঠন : এই যন্ত্রে একটি আয়তাকার কাঠের বাস B -এর মধ্যে একটি দন্ড চুম্বক ঝুলানোর ব্যবস্থা থাকে (চিত্র : ৫.৯)। বাসের দুই পাশে কাঁচ লাগানো থাকে যাতে বাইরে থেকে চুম্বকের দোলনকাল লক্ষ্য করা যায় এদের একটি খোলা যায়।

ওপরের ঢাকনার ঠিক মাঝখানে একটি সরু চোঙ্গাকৃতি নল N থাকে যার মাথায় একটি খাড়া স্ক্রু S বসানো থাকে। এই স্ক্রুর সাথে একটি হুক থাকে যা হতে একটি পাকহীন রেশম সূতা P -এর এক প্রান্ত আটকে অপর প্রান্তে একটি অচৌম্বক পদার্থের দোলনা থাকে। এ দোলনার মাঝে দন্ড চুম্বক অনুভূমিক ভাবে স্থাপন করা হলে এটি মুক্তভাবে অনুভূমিকতলে দুলতে পারে।



চিত্র : ৫.৯

দোলনার নীচে বাসের তলদেশে একটি সরল রেখা আঁকা থাকে। যন্ত্রের উপরের তলে দুইটি আয়তাকার ছিদ্র থাকে যার মধ্য দিয়ে নীচের রেখাটিকে দেখা যায়। বাসটির নীচে তিনটি লেভেলিং স্ক্রু থাকে যাদের সাহায্যে যন্ত্রটিকে লেভেলিং করা যায়। বাসটিকে চৌম্বক মধ্যতল বরাবর রেখে লেভেলিং স্ক্রুর সাহায্যে এটি অনুভূমিক করা হয়।

**ব্যবহার :**

কম্পন ম্যাগনেটোমিটারের সাহায্যে MH নির্ণয়।

**উদ্দেশ্য:-**

এই পাঠ ও পরীক্ষণ সমাপ্তির পর আপনি-

১. কম্পন - ম্যাগনেটোমিটারের সাহায্যে MH নির্ণয় তত্ত্ব জানতে পারবেন।
২.  $MH = 4\pi^2 \frac{I}{T^2}$  সূত্রের প্রয়োগ দেখাতে পারবেন।
৩. পরীক্ষণে ব্যবহৃত প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতির নাম জানতে পারবেন।
৪. পরীক্ষণে কি কি সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে তা জানতে পারবেন।
৫. যন্ত্রের বর্ণনা, তত্ত্ব ও কার্য প্রণালী হতে পরীক্ষা সংক্রান্ত বিভিন্ন প্রশ্নের উত্তর জানতে পারবেন।

তত্ত্ব : কোন চুম্বককে একক ক্ষেত্র প্রাবল্য বিশিষ্ট সূক্ষ্ম চৌম্বক ক্ষেত্রে এর বল রেখার সাথে লম্বভাবে রাখতে বা স্থাপন করতে যে যান্ত্রিক দন্ডের মোমেন্টের প্রয়োজন হয় তাকে এর চৌম্বক মোমেন্ট বলা হয়। একে M প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

আবার কোন স্থানে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের লব্ধি প্রাবল্যের অনুভূমিক উপাংশকে G স্থানের অনুভূমিক প্রাবল্য বলে। একে H প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

কম্পন ম্যাগনেটোমিটারের দোলনের ওপর চুম্বকটিকে আণুভূমিক ভাবে রেখে চুম্বকটিকে স্থিরাবস্থান হতে অতি অল্প পরিমাণে বিচ্যুত করে দুলতে দিলে এটি ভূচুম্বক ক্ষেত্রের অনুভূমিক প্রাবল্যের প্রভাবে সরল দোলন গতিতে দুলতে থাকবে। এই দোলনকাল স্টপ ওয়াচের সাহায্যে নির্ণয় করা হয়।

যদি দোলন কাল  $T$  হয় তবে,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{MH}} \text{----- (1)}$$

এখানে,  $I$  = ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে দণ্ড চুম্বকের জড়তার মোমেন্ট

$M$  = ব্যবহৃত দণ্ড চুম্বকের চৌম্বক মোমেন্ট

$H$  = পর্যবেক্ষন স্থানে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের অনুভূমিক প্রাবল্য

যদি দণ্ড চুম্বকটি আয়ত ক্ষেত্রিক বস্তু হয় তবে, জড়তার মোমেন্ট

$$I = \left\{ \frac{L^2 + b^2}{12} \right\} \infty m'$$

এখানে,  $L$  = দণ্ড চুম্বকের জ্যামিতিক দৈর্ঘ্য

$b$  = দণ্ড চুম্বকের প্রস্থ

$m'$  = দণ্ড চুম্বকের ভর।

এখন সমীকরণ (১) এর উভয় পক্ষকে বর্গ করে পাই,

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{I}{MH}$$

$$MH = 4\pi^2 \frac{I}{T^2} \text{----- (2)}$$

কার্যপ্রণালী :

- প্রথমত: দণ্ড চুম্বকের দৈর্ঘ্য এবং প্রস্থ নির্ণয় করুন। তারপর নিজের সাহায্যে এর ভর পরিমাপ করুন। দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও ভর নির্ণয় করার পর এদের সাহায্যে দণ্ড চুম্বকটির জড়তার মোমেন্ট বের করুন।
- পরীক্ষণীয় দণ্ড চুম্বকটি কম্পন ম্যাগনেটোমিটারের দোলনার উপর অনুভূমিক ভাবে স্থাপন করুন। (চিত্র ৫.৯)। যাতে এটি স্থির অবস্থানে অর্থাৎ চৌম্বক মধ্যতলে অবস্থান করে।
- অন্য একটি দণ্ড চুম্বকের সাহায্যে পরীক্ষণীয় দণ্ড চুম্বকটিকে এর স্থিরাবস্থান বা মধ্যতল হতে অতি অল্প পরিমাণে বিচ্যুত করে ছেড়ে দিলে এটি দুলতে থাকবে। স্টপ ওয়াচের সাহায্যে এর দোলনকাল  $T$  নির্ণয় করুন।

প্রাপ্ত মানগুলো ২নং সমীকরণে বসান এবং  $MH$  নির্ণয় করুন।

সতর্কতা :-

- পরীক্ষা শুরুর পূর্বে সকল চুম্বক ও চৌম্বক পদার্থ ম্যাগনেটোমিটার হতে দূরে রাখুন।
- চুম্বক দণ্ড স্থিরাবস্থানে অর্থাৎ পৃথিবীর চৌম্বক মধ্যতলে রাখুন।
- পরীক্ষণীয় চুম্বকের দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও ভর সঠিকভাবে পরিমাপ করুন।
- ম্যাগনেটোমিটারের দোলনার ওপর দণ্ড চুম্বকটিকে অনুভূমিক ভাবে বসান।
- চুম্বকটিকে স্থিরাবস্থান হতে অল্প বিস্তারে দোল দিন।

**উদাহরণ ৫.২.১ :** কোন স্থানে ভূ-চুম্বকত্বের অনুভূমিক প্রাবল্য  $0.06 \mu T$  এবং বিনতি  $85^\circ$  হলে ঐ স্থানে ভূ-চুম্বক ক্ষেত্রের মোট প্রাবল্যের মান নির্ণয় করুন।

ধরা যাক, ভূ-চুম্বক ক্ষেত্রের মোট প্রাবল্যের মান =  $I$

আমরা জানি,  $H = I \cos\delta$

এখানে ভূ-চুম্বক ক্ষেত্রের অনুভূমিক প্রাবল্য,

$$H = 0.35 \mu T, \text{ বিনতি } \delta = 45^\circ$$

$$\therefore I = \frac{H}{\cos \delta} = \frac{0.36}{\cos 45^\circ}$$

$$= 0.509$$

নির্ণেয় ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের মোট প্রাবল্য  $0.509 \mu T$

**উদাহরণ ৫.২.২:** কোন স্থানে বিনতি ও ভূ-চুম্বক ক্ষেত্রের মোট তীব্রতার মান যথাক্রমে  $60^\circ$  ও  $0.30 \mu T$  হলে ভূ-চুম্বক ক্ষেত্রের অনুভূমিক তীব্রতার মান কত।

ধরা যাক, ভূ-চুম্বক ক্ষেত্রের অনুভূমিক

তীব্রতারমান = H এখানে,  
আমরা জানি, I =  $0.30 \mu T$   
H = I Cos  $\delta$   $\delta = 60^\circ$

$$\text{or, } I = \frac{H}{\cos \delta} = \frac{.30}{\cos 60^\circ} = \frac{.30}{.5} = 0.6$$

নির্ণেয় ভূ-চুম্বক ক্ষেত্রের মোট প্রাবল্য  $0.6 \mu T$ ।

**উদাহরণ ৫.২.৩ :** কোন স্থানে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের মোট প্রাবল্যের মান  $0.36 \mu T$  ও এর অনুভূমিক উপাংশের মান  $0.18 \mu T$ । ঐ স্থানে বিনতি ও উল্লম্ব উপাংশ নির্ণয় করুন।

ধরা যাক, বিনতি =  $\delta$  এবং উল্লম্ব উপাংশ = V

আমরা জানি,  
H = I Cos  $\delta$  এখানে,

$$\text{or, } \cos \delta = \frac{H}{I} = \frac{0.18}{0.36} = \frac{1}{2} = \cos 60^\circ \Rightarrow I = 0.36 \mu T$$

$$\text{or, } \delta = 60^\circ \quad H = 0.18 \mu T$$

আবার,  $H^2 + V^2 = I^2$

বা,  $V^2 = I^2 - H^2$

বা,  $V = \sqrt{I^2 - H^2}$   
 $= \sqrt{(0.36)^2 - (0.18)^2} = 0.311 \mu T$

উল্লম্ব প্রাবল্য  $0.311 \mu T$

**উদাহরণ ৫.২.৪ :** কোন স্থানে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের অনুভূমিক প্রাবল্য  $0.25 \mu T$  এবং বিনতি  $60^\circ$ । ঐ স্থানের ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের উল্লম্ব প্রাবল্যের মান নির্ণয় করুন।

ধরা যাক, ভূচৌম্বক ক্ষেত্রের উল্লম্ব প্রাবল্য = V

আমরা জানি,  
 $\frac{V}{H} = \tan \delta$  এখানে,  
H =  $0.253 \mu T$

বা, V = H tan  $\delta$   $\delta = 60^\circ$   
 $= 0.25 \tan 60^\circ = 0.25 \times 1.732 = 0.433$

নির্ণেয় উল্লম্ব প্রাবল্যের মান  $0.433 \mu T$



**উদাহরণ ৫.২.৫ :** দুটি ভিন্ন স্থানে একটি অনুভূমিক কম্পন চুম্বক মান যন্ত্রের একটি দণ্ড চুম্বক প্রতিমিনিটে যথাক্রমে 27 ও 18 টি পূর্ণ কম্পন সম্পন্ন করে। প্রথম স্থানে H -এর মান 0.36  $\mu\text{T}$  হলে দ্বিতীয় স্থানে এর মান কত হবে বের করুন।

ধরা যাক, দ্বিতীয় স্থানে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের অনুভূমিক প্রাবল্য = H

$$\text{প্রথম স্থানে, } T = \frac{60}{27} = 2\pi\sqrt{\frac{I}{M \times 0.36}}$$

$$\text{এবং দ্বিতীয় স্থানে; } \frac{60}{18} = 2\pi\sqrt{\frac{I}{MH}}$$

$$\therefore \frac{60}{27} \propto \frac{18}{60} = \sqrt{\frac{H}{0.36}}$$

$$\text{or, } H = \left(\frac{60}{27} \times \frac{18}{60}\right)^2 \times 0.36$$

$$= 0.16 \mu\text{T}$$

নির্ণয় দ্বিতীয় স্থানে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের অণুভূমিক প্রাবল্য 0.16  $\mu\text{T}$ ।

#### সারসংক্ষেপ

**বিচ্যুতি:** পৃথিবী পৃষ্ঠের ওপর কোন স্থানে চৌম্বক মধ্যতল ও ভৌগোলিক মধ্যতলের অর্ন্তগত কোণকে ঐ স্থানের বিচ্যুতি বলে।

**বিনতি :** পৃথিবীর কোন স্থানে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের মোট প্রাবল্য অণুভূমিক তলের সাথে যে কোন উৎপন্ন করে তাকে ঐ স্থানের বিনতি বলে।

**ভূ-চুম্বক প্রাবল্যের অনুভূমিক উপাংশ :** কোন স্থানে চৌম্বক মধ্যতল ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের মোট প্রাবল্যের অনুভূমিক উপাংশকে ঐ স্থানের ভূ-চুম্বক প্রাবল্যের অনুভূমিক উপাংশ বলে।

**বিনতি বৃত্ত :** যে যন্ত্রের সাহায্যে পৃথিবী পৃষ্ঠের কোন স্থানের বিনতি সুক্ষভাবে নির্ণয় করা যায় তাকে বিনতি বৃত্ত বলে।

#### পাঠোত্তর মূল্যায়ন-২

সঠিক উত্তরের পাশে টিক চিহ্ন ( $\checkmark$ ) দাও

১. পৃথিবী পৃষ্ঠের ওপর কোন স্থানের ভৌগোলিক মধ্যতল ও চৌম্বক মধ্যতলের মধ্যবর্তী কোন কে বলে-

- (ক) বিনতি (খ) বিচ্যুতি  
(গ) ন্যূনতম বিচ্যুতি (ঘ) আপত বিনতি

২. নিম্নের কোনটি চৌম্বক উপাদান নয়-

- (ক) বিনতি (খ) বিচ্যুতি  
(গ) ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের অনুভূমিক প্রাবল্য (ঘ) লোহা

৩. পৃথিবীর উভয় চৌম্বক মেরুতে বিণতির মান-

- (ক)  $0^\circ$  (খ)  $45^\circ$   
(গ)  $90^\circ$  (ঘ) কোনটি নয়

৪. চুম্বকের জড়তার ভ্রামক নির্ণয়ের সঠিক সূত্র-

- (ক)  $I = M' \left( \frac{L}{12} + \frac{r}{4} \right)$  (গ)  $I = M' \left( \frac{L^2}{12} + \frac{r^2}{12} \right)$   
(খ)  $I = M' \left( \frac{L^2}{4} + \frac{r^2}{12} \right)$  (ঘ)  $I = M' \left( \frac{L}{4} + \frac{r}{12} \right)$

৫. কম্পন চুম্বক মান যন্ত্রের একটি চুম্বকের দোলন কাল যেটির ওপর নির্ভর করে না-
- (ক) চুম্বকের জড়তার ভ্রামক (খ) দোলনার ক্ষেত্রফল  
(গ) ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের অনুভূমিক প্রাবল্য- (ঘ) চুম্বকের চৌম্বক ভ্রামক

**সংক্ষিপ্ত উত্তর প্রশ্ন:**

১. বিচ্যুতি কাকে বলে ?
২. বিনতি বলতে কি বুঝায় ?
৩. ঢাকার বিচ্যুতি  $\frac{1}{2}^\circ$  পূর্ব বলতে কি বুঝায় ?
৪. ঢাকার বিনতি  $24^\circ$  N বলতে কি বুঝায় ?
৫. ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের অনুভূমিক প্রাবল্য কাকে বলে।
৬. দোলন চুম্বকমান যন্ত্রের দোলন কালের সমীকরণটি লিখুন।

**চূড়ান্ত মূল্যায়ন**

**বিশদ-উত্তর প্রশ্ন**

১. হিসট্রোসিস চক্র বুঝিয়ে লিখুন।
২. ভূ-চুম্বকত্বের উপাদানগুলো ব্যাখ্যা করুন।
৩. চৌম্বক আবেশ বলতে কি বুঝায় ? চৌম্বক বলরেখা ও চৌম্বক আবেশ রেখার মধ্যকার পার্থক্য কি ?
৪. পদার্থের চৌম্বক ভেদ্যতা ও চৌম্বক প্রবণতা বলতে কি বুঝায় ? কিভাবে এদের পরিমাপ করা হয় ? কোন পদার্থের চৌম্বক ভেদ্যতা ও চৌম্বক প্রবণতার মধ্যে সম্পর্ক কি ?
৫. পৃথিবী নিজে একটি বিরাট চুম্বক এরূপ সিদ্ধান্ত করার কারণ কি ? পৃথিবীর চুম্বকত্ব সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা করুন।
৬. একটি বিণতি বৃত্তের বর্ণনা করুন ? এর সাহায্যে কিভাবে কোন স্থানের বিনতি নির্ণয় করা যায় বর্ণনা করুন।
৭. একটি দোলন চুম্বকমান যন্ত্রের বর্ণনা করুন এবং এর সাহায্যে কিভাবে MH -এর মান নির্ণয় করা যায় আলোচনা করুন।

**গাণিতিক সমস্যা :**

১. কোন স্থানে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের মোট প্রাবল্য  $0.5 \mu T^2$  এবং প্রাবল্যের অনুভূমিক উপাংশের  $0.4 \mu T$ ।  
(ক) ঐ স্থানের বিনতি কত? (খ) ঐ স্থানে ভূ-চুম্বক ক্ষেত্রের উল্লম্ব প্রাবল্য কত?  
উত্তর : (ক)  $36^\circ 52'$  (খ)  $0.3 \mu T$
২. কোন স্থানে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের অনুভূমিক প্রাবল্যের মান  $0.35 \mu T$  এবং বিনতি  $45^\circ$  ঐ স্থানে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রাবল্যের মান কত ?  
উত্তর  $0.495 \mu T$ ।
৩. কোন স্থানে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের উল্লম্ব ও অনুভূমিক প্রাবল্য যথাক্রমে  $0.4$  ও  $0.3 \mu T$  বিনতি ও ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের মোট প্রাবল্যের মান নির্ণয় করুন।  
উত্তর:  $53^\circ 8'$  ও  $30.5 \mu T$
৪. কোন স্থানে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের অনুভূমিক প্রাবল্য  $0.25 \mu T$  এবং বিনতি  $60^\circ$ । ঐ স্থানে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের উল্লম্ব প্রাবল্যের মান নির্ণয় করুন।  
উত্তর:  $0.433 \mu T$
৫. A স্থানে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রাবল্য  $0.54 \mu T$  এবং বিনতি  $60^\circ$ । B স্থানে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রাবল্য  $0.27 \mu T$  এবং বিনতি  $30^\circ$ । ঐ দুই স্থানে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রাবল্যের অনুভূমিক উপাংশের অনুপাত নির্ণয় করুন। উত্তর:  $2:\sqrt{3}$
৬. কোন কম্পন চুম্বকমান যন্ত্রে অনুভূমিকভাবে ঝুলন্ত একটি চুম্বক প্রতি মিনিটে 30 টি পূর্ণ দোলন দেয়। যদি ঐ চুম্বকের মোমেন্ট 1200 একক হয় এবং ঐ স্থানে চুম্বকটির অনুভূমিক প্রাবল্য  $0.4 \mu T$  হয় তবে চুম্বকটির জড়তার মোমেন্ট নির্ণয় করুন।  
উত্তর :  $48.63$  গ্রাম-সেমি<sup>2</sup>