QUICKY LEARN

CS CamScanner

দ্বাদশ অধ্যায়
বিদ্যুতের চৌম্বক ক্রিয়া
(Magnetic Effects of Current)

Main Topics:

i চুম্বক (Magnet)
ii বিদ্যুতের চৌম্বক ক্রিয়া (Magnetic Effects of Current)
iii সলিনয়েড (Solenoid)
iv সলিনয়েড সৃষ্ট চৌম্বকক্ষেত্রের প্রাবল্য (Solenoid Magnetic Field)
v তড়িৎচুম্বক (Electromagnet)
vi তড়িৎ চৌম্বক আবেশ (Electromagnetic induction)
vii ডিসি মোটর (D.C. Motor)
viii জেনারেটর
ix ট্রান্সফর্মার

CamScanner

চুম্বক (Magnet)

চুম্বক : যেসকল পদার্থের আকর্ষণ ও দিকদর্শী ক্ষমতা রয়েছে, তাদেরকে চুম্বক বলে।

অথবা, যে বস্তু চৌম্বক ক্ষেত্র সৃষ্টি করে থাকে অন্য একটি চুম্বক বা চৌম্বক পদার্থের ওপর বল প্রয়োগ করে, তাকে চুম্বক বলে।

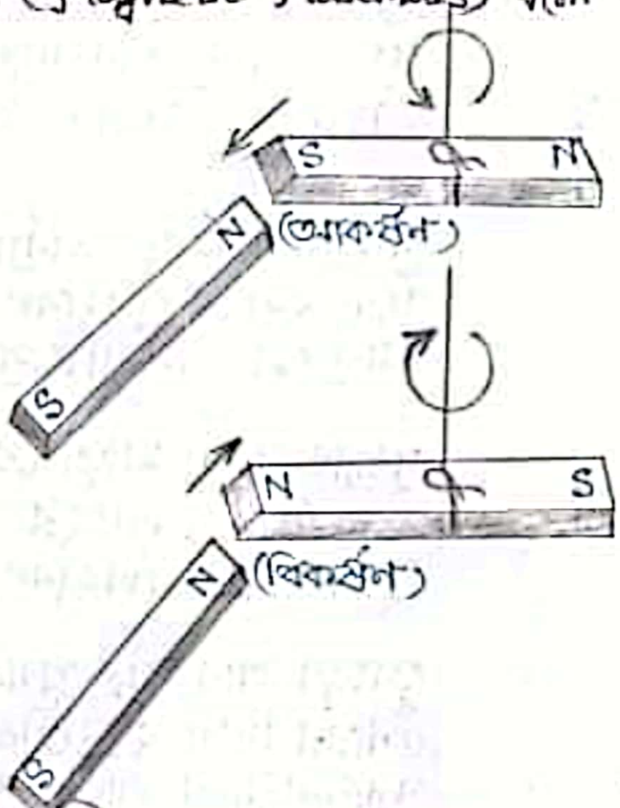
➤ চুম্বকের বিশেষ দুটি ধর্ম হচ্ছে :-
I আকর্ষণী ধর্ম
II দিক নির্দেশক ধর্ম

চুম্বকত্ব : কোনো চুম্বকের আকর্ষণী ও দিক নির্দেশক ধর্মকে এর চুম্বকত্ব বলে।

মেরু :

একটি চুম্বকের দুটি মেরু আছে। উত্তর ও দক্ষিণ মেরু। যদি কোনো চুম্বকের মেরুদুটি এক ধরনের হয়ে থাকে, তাহলে সেটা বিকর্ষণ করে। আর যদি মেরুদুটি ভিন্ন হয়ে থাকে, তাহলে সেটা আকর্ষণ করে। পুরো পৃথিবীর একটা চৌম্বক ক্ষেত্র আছে।

চৌম্বক : যেসকল পদার্থকে চুম্বক আকর্ষণ করে এবং যাদেরকে চুম্বকে পরিণত করা যায়, তাদেরকে চৌম্বক পদার্থ (Magnetic Materials) বলে।



চৌম্বক মেরু : কোনো চুম্বকের দুই প্রান্তের কাছাকাছি যে সংকীর্ণ অঞ্চলে আকর্ষণ ক্ষমতা সবচেয়ে বেশি, তাদেরকে চুম্বকের মেরু বা চৌম্বক মেরু (Magnetic Pole) বলে।

উত্তর মেরু : মুক্তভাবে সাম্যবস্থায় অবস্থিত কোনো চুম্বকের যে মেরু সর্বদা পৃথিবীর উত্তরদিকে মুখ করে থাকে, তাকে উত্তর-সন্ধানী মেরু বা উত্তর মেরু (N-Pole) বলে।

দক্ষিণ মেরু : মুক্তভাবে সাম্যবস্থায় অবস্থিত কোনো চুম্বকের যে মেরু সর্বদা পৃথিবীর দক্ষিণদিকে মুখ করে থাকে, তাকে দক্ষিণ-সন্ধানী মেরু বা দক্ষিণ মেরু (S-Pole) বলে।

CamScanner

✿ চৌম্বকক্ষেত্র : চুম্বকের চারদিকে যে অঞ্চল জুড়ে বল রেখা ক্রিয়াশীল থাকে, তাকে চৌম্বক ক্ষেত্র বলে।

অথবা; এক ধরনের অদৃশ্য বল চুম্বকের চারদিকে বেশ খানিকটা জায়গা জুড়ে বিরাজ করে, যাকে ঐ চুম্বকের চৌম্বকক্ষেত্র বলে।

✿ চৌম্বক বলরেখা : চুম্বককে ঘিরে একটি অদৃশ্য বল লোহার গুঁড়োকে যে বক্ররেখাগুলোর আকারে বিন্যস্ত করে; তাদেরকে চৌম্বক বলরেখা বলে।

➤ চুম্বকের প্রান্ত থেকে যত দূরে যাওয়া যায় বলরেখাগুলোর মধ্যবর্তী দূরত্ব তত বেড়ে যায়।

✿ বিদ্যুতের চৌম্বক ক্রিয়া (Magnetic Effects of Current):

'ওয়েরস্টেড' বিদ্যুতের চৌম্বক ক্রিয়ার আবিষ্কারক।
কোনো তড়িৎবাহী তারের মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহ করলে এর মাধ্যে বা প্রভাবে, চারপাশে চৌম্বকক্ষেত্র সৃষ্টি হবে, একে বিদ্যুতের বা তড়িতের চৌম্বক ক্রিয়া বলে।

কোনো তারের মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহের ফলে উৎপন্ন চৌম্বকক্ষেত্রের দিক হয় সমূ দিকে। প্রকৃতপক্ষে Right Hand Thumb Rule এর মাধ্যমে বিষয়টি ব্যাখ্যা করা খুব সহজ।

বৃদ্ধাঙ্গুলি খাড়া রেখে ডান হাত মুষ্টিবদ্ধ করলে বৃদ্ধাঙ্গুলি যদি তড়িৎ প্রবাহের অভিমুখ নির্দেশ করে, তাহলে অন্য আঙ্গুল গুলি দিয়ে চৌম্বক ক্ষেত্রের অভিমুখ নির্দেশিত হবে। যেমন:

সোজা তারে তড়িৎ প্রবাহ খাড়া উপরের দিকে হলে চৌম্বকক্ষেত্রের বলরেখাগুলো ঘড়ির কাঁটার বিপরীতমুখী হবে।

সোজা তারে তড়িৎ প্রবাহ খাড়া নিচের দিকে হলে চৌম্বকক্ষেত্রের বলরেখাগুলো ঘড়ির কাঁটার দিকমুখী হবে।

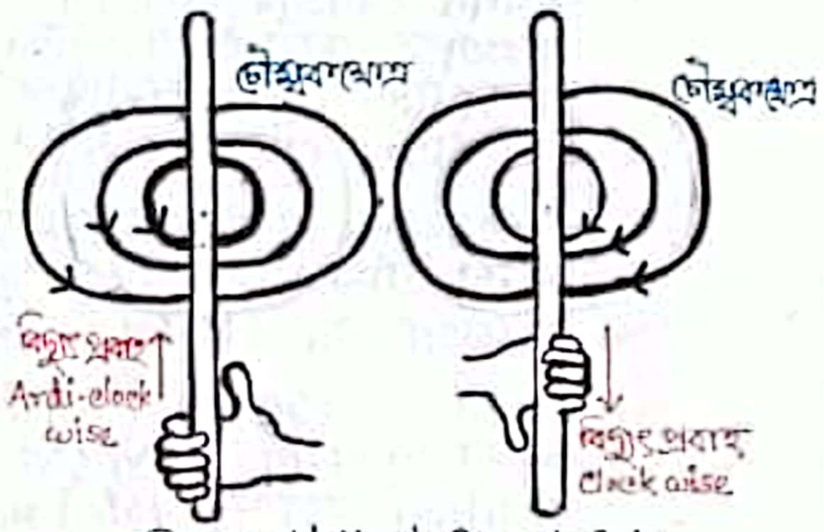


Fig : Right Hand Thumb Rule

CamScanner

চুম্বকের প্রকারভেদ (Classification of Magnet)

চুম্বক
- প্রাকৃতিক চুম্বক
- কৃত্রিম চুম্বক
  - স্থায়ী
    - সংকর
    - সিরামিক
  - অস্থায়ী

প্রাকৃতিক চুম্বক: খনিতে যেসকল চুম্বক পাওয়া যায়, তাদেরকে বলা হয় প্রাকৃতিক চুম্বক (Natural Magnet)।

বৈশিষ্ট্য:

I. সুনির্দিষ্ট আকার থাকে না।
II. চুম্বকত্ব স্থায়ী।
III. শক্তিশালী হয় না।
IV. বর্তমানকালে এর ব্যবহার নেই।
V. প্রাচীনকালে নাবিকরা দিক নির্দেশ করার জন্য ব্যবহার করতেন।
VI. প্রাচীনকালে একে অন্নানি পাথর (Load Stone) বলা হতো।
VII. এশিয়া, আইবেরিয়া, কানাডা, স্ক্যানডিনেভিয়া, উরাল পর্বত ইত্যাদি স্থানে পাওয়া যায়।

কৃত্রিম চুম্বক: পরীক্ষাগারে কোনো চৌম্বক পদার্থকে বিশেষ উপায়ে চুম্বকে পরিণত করা হলে, তাকে কৃত্রিম চুম্বক (Artificial Magnet) বলে।

বৈশিষ্ট্য:

I. নিয়মিত আকারের হয়। যথা– (১) দণ্ড চুম্বক
(২) অশ্বখুরাকৃতি বা U আকৃতির
(৩) শলাকা চুম্বক

II. শিল্প ও বৈজ্ঞানিক কাজে ব্যবহৃত হয়।

অস্থায়ী চুম্বক: চুম্বক পদার্থকে কোনো চৌম্বক ক্ষেত্রের মধ্যে আনলে সেটি চুম্বকে পরিণত হয় ও চৌম্বক ক্ষেত্রটি অপসারিত হওয়ার সাথে সাথে যে কৃত্রিম চুম্বকের চুম্বকত্ব বিলুপ্ত হয়, তাকে অস্থায়ী চুম্বক বা কোমল চুম্বক (Temporary or Soft) বলে।

স্থায়ী চুম্বক: চুম্বক পদার্থকে কোনো চৌম্বক ক্ষেত্রের মধ্যে আনলে সেটি চুম্বকে পরিণত হয় এবং চৌম্বক ক্ষেত্র অপসারিত হলেও যে কৃত্রিম চুম্বকের চুম্বকত্ব সহজে বিলুপ্ত হয় না, তাকে স্থায়ী চুম্বক বা কঠিন চুম্বক (Permanent or Hard magnet) বলে।

সংকর চুম্বক: এলনিকো (Alnico) নামে পরিচিত এক ধরনের সংকর পদার্থ যা লোহা, নিকেল, কোবাল্ট, তামা এবং অ্যালুমিনিয়ামের মিশ্রণে তৈরি শক্তিশালী স্থায়ী চুম্বককে সংকর চুম্বক বলে।
যেমন: নিয়োডিয়াম বোরন আয়রন।

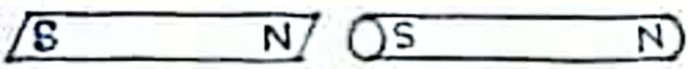
শতকরা 0.৮ ভাগের বেশি কার্বন লোহার সংকরের মধ্যে থাকলে তা স্থায়ী চুম্বক তৈরি করে।

সিরামিক চুম্বক: ফেরাইট (Ferrite) নামে পরিচিত এক ধরনের যৌগিক পদার্থ যা আয়রন অক্সাইড ও বেরিয়াম অক্সাইডের মিশ্রণে তৈরি চুম্বককে সিরামিক চুম্বক বলে।

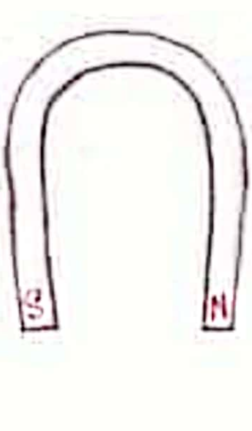
ব্যবহার: টেপরেকর্ডার এবং কম্পিউটারের ফিতায়

কৃত্রিম চুম্বকের নিয়মিত আকৃতি —

দণ্ড চুম্বক: আয়তাকার বা বৃত্তাকার প্রস্থচ্ছেদের সুষম চুম্বকদণ্ড।



অশ্বক্ষুরাকৃতি বা U আকৃতির চুম্বক: আকৃতি ঘোড়ার ক্ষুরের মতো বা ইংরেজি – U এর মতো।

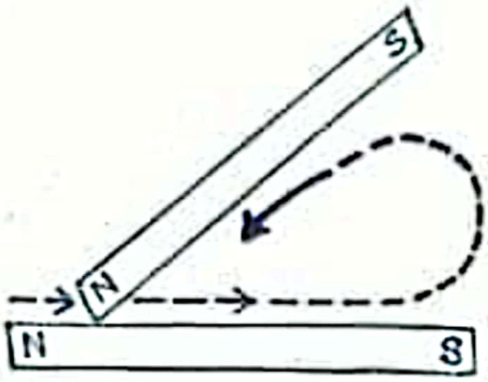


শলাকা চুম্বক বা চুম্বক শলাকা: খুব হালকা চুম্বকিত ইস্পাতের পাত যার দুই মাথা সূচালো এবং মধ্যভাগ মোটা বা ফাঁপা ফোলা সুষম আকৃতির।

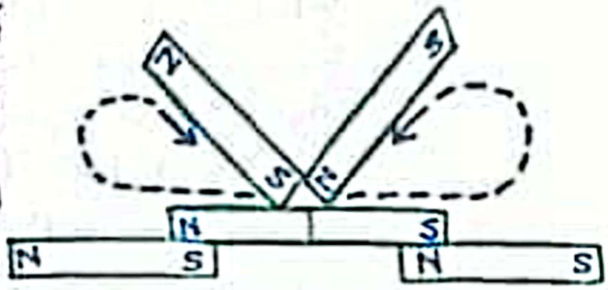
CamScanner

ঘ) কৃত্রিম উপায়ে চুম্বক তৈরি (Artificial Method of Making Magnet) :

এক স্পর্শ পদ্ধতি : যে চৌম্বক পদার্থ, AB-কে চুম্বকিত করতে হবে তাকে টেবিলের উপর স্থাপন করে একটি দণ্ড NS-এর এক প্রান্ত দণ্ডের A প্রান্তে স্থাপন করা হয়। এরপর চুম্বকটিকে আনতভাবে টেনে দণ্ডের অপর প্রান্ত B-তে নেওয়া হয়। এরপর চুম্বকটি উঠিয়ে কয়েকবার এই পদ্ধতির পুনরাবৃত্তি করা হয় কিন্তু প্রতি সময়ই A প্রান্ত থেকে শুরু করে B প্রান্তে শেষ করা হয়। ফলে AB দণ্ডটি চুম্বকে পরিণত হয় এবং চুম্বকের যে মেরু দিয়ে টানা হয়েছে B-তে তার বিপরীত জাতীয় মেরুর সঞ্চার হয়। এই পদ্ধতিতে ঘর্ষণ যে প্রান্তে শেষ হয় সেই প্রান্তে ঘর্ষণকারী মেরুর বিপরীত জাতীয় মেরুর সৃষ্টি হয়।



পৃথক স্পর্শ পদ্ধতি : পরীক্ষণীয় চৌম্বক পদার্থটিকে টেবিলের উপর দুইটি দণ্ড চুম্বক এর বিপরীত মেরুর উপর স্থাপন করা হয়। এরপর দুটি দণ্ড চুম্বকের বিপরীত মেরু তবে যে চুম্বকদ্বয়ের উপর পদার্থটিকে রাখা হয়েছে তার অনুরূপ মেরু পরীক্ষণীয় দণ্ড এর ঠিক মধ্যস্থলে স্থাপন করা হয় এবং চুম্বকগুলোকে আনত অবস্থায় পরীক্ষণীয় দণ্ডের দুই প্রান্তের দিকে টেনে নেওয়া হয়। এরপর চুম্বক দুটিকে উঠিয়ে পুনরায় দণ্ডের মাঝখানে আনা হয় এবং আবার একইভাবে ঘর্ষণ হয়। এইরূপ কয়েকবার করা হয়। এরপর পরীক্ষণীয় দণ্ডটিকে উল্টিয়ে এই পদ্ধতিতে আরো কয়েকবার ঘর্ষণ করা হয়। দণ্ডের যে প্রান্তে ঘর্ষণ শেষ হয় সেই প্রান্তে ঘর্ষণকারী মেরুর বিপরীত মেরু সৃষ্টি হয়।

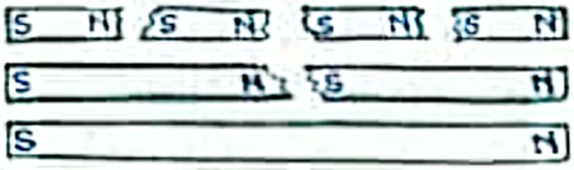


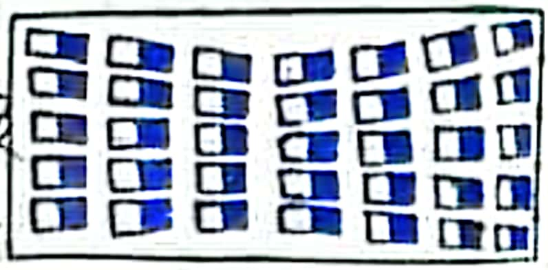
CamScanner

উপমেরু: ভুল বা অনিয়মিত পদ্ধতিতে চুম্বকনের ফলে চৌম্বক পদার্থের দুই প্রান্তে সম-মেরু এবং মাঝখানে বিপরীত মেরু সৃষ্টি হতে দেখা যায়। চুম্বকের দুই প্রান্ত ব্যতীত অন্যত্র সৃষ্ট এই অনিয়মিত মেরুকে উপমেরু বলা হয়। একে অনুবর্তী মেরু ও বলা হয়।

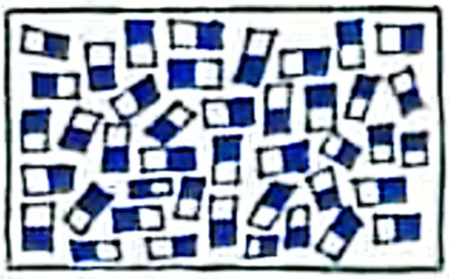
চুম্বকত্বের তত্ত্ব (Theories of Magnetism)

আণবিক মতবাদ (Moleculer theory of magnetism): কোনো চুম্বককে কেটে যদি দুই খন্ড করা হয় তাহলে প্রত্যেক খন্ডই একটি স্বতন্ত্র চুম্বকের গুণাগুণ প্রদর্শন করবে। এদের প্রত্যেকেরই উত্তর মেরু ও দক্ষিণ মেরু থাকবে।





চুম্বককে মোট যত খন্ডই করা হোক না কেন, এই একই ঘটনা ঘটবে অর্থাৎ প্রত্যেকটি খন্ডই একটি স্বতন্ত্র চুম্বক হিসেবে আচরণ করবে। সুতরাং বলা যায়, যেকোনো চুম্বক দন্ডই অসংখ্য ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র চুম্বকের সমন্বয়ে গঠিত।



চৌম্বক পদার্থের প্রত্যেক অণুও এক একটি ক্ষুদ্র চুম্বক। কিন্তু তবুও চৌম্বক পদার্থ চুম্বকের ন্যায় আচরণ করে না। তার কারণ এই অণুচুম্বকগুলো চৌম্বক পদার্থের মধ্যে এলোমেলোভাবে সাজানো থাকে অর্থাৎ ক্ষুদ্র অণুচুম্বকগুলো একই দিকে মুখ না। তবে, চৌম্বক পদার্থকে যখন চুম্বকে পরিণত করা হয় তখন এই অণু চুম্বকগুলো একই দিকে মুখ করে সজ্জিত হয় বলে তখন চুম্বকের ন্যায় আচরণ করে।

CamScanner

চৌম্বক বলরেখার বৈশিষ্ট্য :

i. আবদ্ধ লুপ আকারে গঠিত হয়।
   - N→S [বাইরের ক্ষেত্রে]
   - S→N [ভিতরের ক্ষেত্রে]

ii. কোনো বিন্দুতে চৌম্বক বলরেখার দিক হবে ঐ বিন্দুতে চৌম্বক বলরেখার সাথে স্পর্শক রেখার দিক।

iii. যত ঘনভাবে চৌম্বক বলরেখাগুলো অবস্থান করবে তত শক্তিশালী চৌম্বক ক্ষেত্র তৈরি হবে।

iv. বলরেখাগুলো পরস্পরকে কখনো ছেদ করে না।

➡ চৌম্বক পদার্থের ধর্ম :

- **চৌম্বক ক্ষেত্র প্রাবল্য :** চৌম্বক ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে একক শক্তির একটি উত্তর মেরু স্থাপন করলে যে বল অনুভব করে, তাকে ঐ চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রাবল্য বলে।

- **চৌম্বক বিভব :** কোনো চুম্বকের একটি উত্তর মেরুকে অসীম দূর হতে চৌম্বক ক্ষেত্রের অভ্যন্তরে কোনো বিন্দুতে আনতে চুম্বক বলের বিরুদ্ধে যে পরিমাণ কাজ করতে হয়, তাকে চৌম্বক বিভব বলে।

- **চৌম্বক পোলারিটি :** কোনো চৌম্বক পদার্থকে কোনো স্থায়ী চৌম্বক ক্ষেত্রে রাখলে তা অস্থায়ীভাবে চুম্বকে পরিণত হয় এবং এর দু'পাশে চৌম্বক দ্বিমেরু বা দ্বি-পোল সৃষ্টি হয়। চুম্বকের এই ধর্মকে চৌম্বক পোলারিটি বলে।

- **চৌম্বক আবেশ :** কোনো চৌম্বক পদার্থকে শক্তিশালী চুম্বকের নিকট আনলে চৌম্বক পদার্থটি অস্থায়ীভাবে চুম্বকে পরিণত হয়, এই ঘটনাকে চৌম্বক আবেশ বলে।

- **চৌম্বক ধারকতা :** চুম্বক বলের প্রভাব সরিয়ে নেওয়ার পর যে ধর্মের জন্য কোনো চৌম্বক পদার্থের মধ্যে কিছু পরিমাণ চুম্বকত্ব ধরে রাখা যায়, তাকে ঐ পদার্থের চৌম্বক ধারকতা বলে।

CS CamScanner

* চৌম্বক সহনশীলতা : চুম্বকত্ব হ্রাসের কারণ থাকা সত্ত্বেও কোনো একটি চৌম্বক পদার্থের মধ্যে উৎপন্ন চুম্বকত্ব ধরে রাখার ক্ষমতাকে ঐ পদার্থের চৌম্বক সহনশীলতা বলে।

* চৌম্বক প্রবেশ্যতা : কোনো একটি মাধ্যমে সৃষ্ট চৌম্বক আবেশ এবং চৌম্বক প্রাবল্যের অনুপাতকে ঐ মাধ্যমের চৌম্বক প্রবেশ্যতা বলে।

* চৌম্বক দ্বিপোল ভ্রামক : চৌম্বক দ্বিপোলের সাথে সংশ্লিষ্ট মোমেন্ট বা ভ্রামককে চৌম্বক দ্বিপোল ভ্রামক বলে।

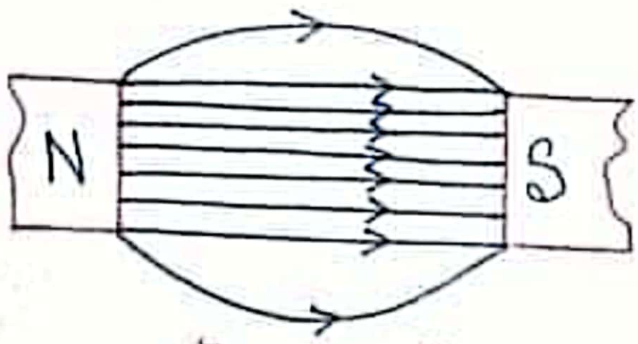
* চুম্বকায়ন মাত্রা : চৌম্বকক্ষেত্রে প্রতি একক আয়তনের চৌম্বক ভ্রামককে এর চুম্বকায়ন মাত্রা বলে।

* চৌম্বক ভ্রামক : কোনো বিদ্যুৎবাহী কুন্ডলীর বিদ্যুৎ প্রবাহ ও কুন্ডলীর ক্ষেত্রফল ভেক্টরের গুণফলকে ঐ কুন্ডলীর চৌম্বক ভ্রামক বলে।

➤ চৌম্বক ফ্লাক্স (Magnetic flux): নির্দিষ্ট ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে মোট যে পরিমাণ বলরেখা লম্বভাবে অতিক্রম করে, তাকে চৌম্বক ফ্লাক্স বলে।

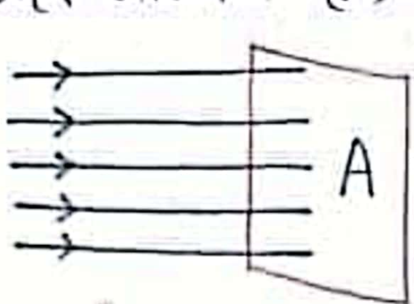
যদি ক্ষেত্রফল A ও বলরেখা B হয় তাহলে,

চৌম্বক ফ্লাক্স, $\phi = AB$



চৌম্বক ফ্লাক্স

➤ চৌম্বক ফ্লাক্স ঘনত্ব (Magnetic flux density): একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে যে পরিমাণ বলরেখা লম্বভাবে অতিক্রম করে, তাকে চৌম্বক ফ্লাক্স ঘনত্ব বলে।



চৌম্বক ফ্লাক্স ঘনত্ব

CS CamScanner

চৌম্বকত্বের আণবিক মতবাদ : পদার্থ অনু-পরমানু দ্বারা গঠিত। পরমানুর কেন্দ্রে প্রোটন ও নিউট্রন থাকে এবং ইলেকট্রনগুলো কেন্দ্রের চতুর্দিকে বিভিন্ন কক্ষপথে পরিভ্রমণ করে। আবার, নিজ নিজ অক্ষের সাপেক্ষে ইলেকট্রনগুলোর ঘূর্ণন বা স্পিন গতি (spin motive) রয়েছে।

ইলেকট্রনের কক্ষীয় গতি এবং স্পিন গতির জন্যে সংশ্লিষ্ট মোমেন্টকে যথাক্রমে কক্ষীয় গতি ভ্রামক (orbital motion moment) এবং স্পিন গতি ভ্রামক (spin motion moment) বলে।

নিউক্লিয়াসের সংশ্লিষ্ট মোমেন্টকে বলা হয় নিউক্লীয় চৌম্বক মোমেন্ট (Nuclear magnetic moment)।

এসকল মোমেন্টের সমষ্টিগত ক্রিয়ার ফলে পদার্থের ভিন্ন ভিন্ন চৌম্বক বৈশিষ্ট্য ও গুনাবলি প্রকাশ পায়। চৌম্বক আচরণের উপর ভিত্তি করে পদার্থসমূহের শ্রেণিবিভাগ :-

I. প্যারাচৌম্বক

II. ডায়াচৌম্বক

III. ফেরোচৌম্বক

✪ এই চৌম্বক আচরণের উপর ভিত্তি করে চুম্বকত্বের ডোমেইন তত্ত্ব (Domain Theory of magnetism) তৈরি করা হয়। এই তত্ত্বের আলোচ্য বিষয় :

I. প্যারাচৌম্বকত্ব (Paramagnetism)

II. ডায়াচৌম্বকত্ব (Diamagnetism)

III. ফেরোচৌম্বকত্ব (Ferromagnetism)

CamScanner

অচৌম্বক পদার্থ : যে সকল পদার্থকে চুম্বক আকর্ষণ করে না এবং যাদেরকে চুম্বকে পরিণত করা যায় না, তাদেরকে অচৌম্বক পদার্থ (Non-Magnetic Materials) বলে।

ক) প্যারাচৌম্বক পদার্থ : চুম্বক যে সকল পদার্থকে আকর্ষণ করে, তাদেরকে বলা হয় প্যারাচৌম্বক পদার্থ।

অথবা, যে সকল পদার্থকে চৌম্বক ক্ষেত্রে স্থাপন করলে চুম্বক ক্ষেত্রের দিকে সামান্য চুম্বকত্ব লাভ করে, তাদেরকে প্যারাচৌম্বক পদার্থ বলে।

ধর্ম বা বৈশিষ্ট্য :

i. চুম্বক দ্বারা ক্ষীণভাবে আকৃষ্ট বা কম আকর্ষিত হয়।
ii. কঠিন, তরল ও বায়বীয় হয়।
iii. চৌম্বক ধারকত্ব ধর্ম নেই।
iv. কুরী বিন্দু নেই।
v. চৌম্বকগ্রাহিতা বা প্রবণতা কম এবং ধনাত্মক।
vi. হিস্টেরেসিস ধর্ম নেই।
vii. চৌম্বক প্রবেশ্যতা, $\mu > 1$।
viii. চৌম্বকগ্রাহিতা তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে। অর্থাৎ, $K \propto \frac{1}{T}$।
ix. চৌম্বক ক্ষেত্র অপসারণ করলে চুম্বকত্ব লোপ পায়।
x. চৌম্বক ক্ষেত্রে স্থাপন করলে এরা দুর্বলতর অংশ হতে প্রবলতর অংশের দিকে গমন করে।

উদাহরণ : লোহা, নিকেল, অ্যালুমিনিয়াম, কোবাল্ট, সোডিয়াম, এন্টিমনি, প্লাটিনাম, ম্যাঙ্গানিজ, তরল অক্সিজেন, ক্রোমিয়াম ইত্যাদি।

ব্যবহার : i. রাডারে ;
ii. ট্রান্সফর্মারে ;

CamScanner

ডায়াচৌম্বক পদার্থ: চুম্বক যে সকল পদার্থকে বিকর্ষণ করে, তাদেরকে বলা হয় ডায়াচৌম্বক পদার্থ।

অথবা, যেসকল পদার্থকে চৌম্বক ক্ষেত্রে স্থাপন করা হলে চুম্বকায়ন-কারী ক্ষেত্রের বিপরীত দিকে সামান্য চুম্বকত্ব লাভ করে, তাদেরকে ডায়াচৌম্বক পদার্থ বলে।

ধর্ম বা বৈশিষ্ট্য:

i. চুম্বক দ্বারা ক্ষীণভাবে বিকর্ষিত হয়।
ii. কঠিন, তরল ও বায়বীয় হয়।
iii. চৌম্বক ধারকত্ব ধর্ম নেই।
iv. কুরী বিন্দু নেই।
v. চৌম্বকগ্রাহিতা বা প্রবণতা ঋণাত্মক।
vi. হিস্টেরেসিস ধর্ম নেই।
vii. চৌম্বক প্রবেশ্যতা $\mu < 1$।
viii. চৌম্বকগ্রাহিতা তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে না।
ix. চৌম্বক ক্ষেত্র অপসারণ করলে চুম্বকত্ব লোপ পায়।
x. চৌম্বক ক্ষেত্রে স্থাপন করলে এরা প্রবলতর অংশ হতে দুর্বলতর অংশের দিকে গমন করে।

উদাহরণ: তামা, রূপা, দস্তা, বিসমাথ, সীসা, কাচ, মার্বেল, হিলিয়াম, পানি, আর্গন, সোডিয়াম ক্লোরাইড ইত্যাদি।

ব্যবহার: i. মাইক্রোফোনে;
ii. লাউড স্পিকারে;
iii. দিক নির্ণয় কম্পাস তৈরিতে;

CS CamScanner

ফেরোচৌম্বক পদার্থ : যে সকল পদার্থকে চৌম্বক ক্ষেত্রে স্থাপন করা হলে চুম্বকায়নকারী ক্ষেত্রের দিকে শক্তিশালী চুম্বকত্ব লাভ করে, তাদেরকে ফেরোচৌম্বক পদার্থ বলে।

ধর্ম বা বৈশিষ্ট্য:

i. চুম্বক দ্বারা খুব বেশি আকর্ষিত হয়।
ii. কঠিন এবং স্ফটিকাকারের হয়।
iii. চৌম্বক ধারকত্ব ধর্ম রয়েছে।
iv. নির্দিষ্ট কুরী বিন্দু আছে।
v. চৌম্বকগ্রাহিতা বা প্রবণতা খুব বেশি এবং ধনাত্মক।
vi. হিস্টেরেসিস ধর্ম রয়েছে।
vii. চৌম্বক প্রবেশ্যতা $\mu >> 1$।
viii. চৌম্বকগ্রাহিতা তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে। অর্থাৎ, $K \propto \frac{1}{T}$
ix. চৌম্বক ক্ষেত্র অপসারণ করলে চুম্বকত্ব খানিকটা থেকে যায়।
x. চৌম্বক ক্ষেত্রে স্থাপন করলে এরা দুর্বলতর অংশ হতে প্রবলতর অংশের দিকে গমন করে।

উদাহরণ: নরম লোহা, ইস্পাত ইত্যাদি।

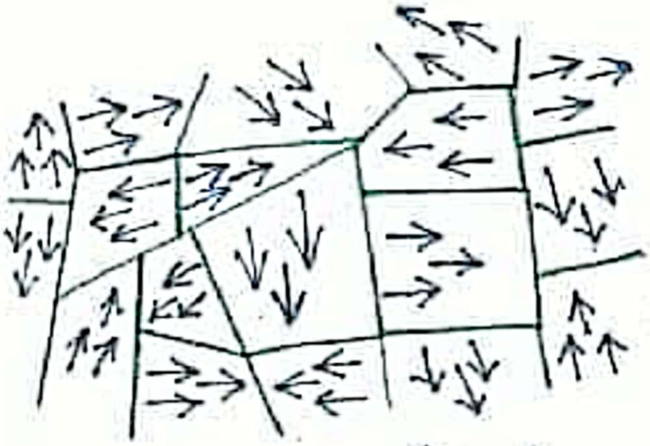
ব্যবহার: i. বৈদ্যুতিক ঘন্টা তৈরিতে;
ii. বৈদ্যুতিক মোটরে;

▶ **কুরী বিন্দু:** যে তাপমাত্রায় একটি চুম্বকের চৌম্বকত্ব সম্পূর্ণরূপে নষ্ট হয়ে যায়, তাকে চুম্বকের কুরী বিন্দু বলে। যেমন: লোহার কুরী বিন্দু- 770°C.

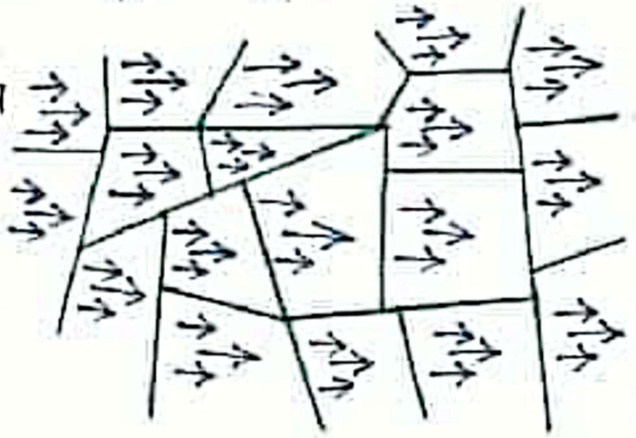
CS CamScanner

চৌম্বক ডোমেইন (Magnetic Domain): ফেরোচৌম্বক পদার্থে $10^{-12} m^3$ থেকে $10^{-18} m^3$ আয়তনের মধ্যে 10^{15} থেকে 10^{17} সংখ্যক পরমাণু সম্বলিত অসংখ্য চৌম্বক অঞ্চল থাকে, যার মধ্যে চৌম্বক দ্বিপোলগুলি একই দিকে সজ্জিত থাকে; ফলে এরা স্বতন্ত্র চুম্বকের ন্যায় আচরণ করে। এরূপ চুম্বক অঞ্চলকে চৌম্বক ডোমেইন বা ফেরোচৌম্বক ডোমেইন বলে।

অচুম্বকায়িত ফেরোচৌম্বক ধাতুখন্ডে ডোমেইনসমূহ সাধারণভাবে অনিয়মিত বা ইতস্তত বিক্ষিপ্তভাবে ছড়ানো থাকে। ফলে এই লৌহ খন্ড চুম্বক হিসেবে আচরণ করে না।



বহিঃচৌম্বক ক্ষেত্রে স্থাপন করলে ডোমেইন সমূহ চৌম্বক ক্ষেত্রে রেখার সাথে সমান্তরালে অবস্থান করে। ফলে লৌহ খন্ডটি স্থায়ীভাবে চুম্বকত্ব লাভ করে। পরবর্তীতে চৌম্বক ক্ষেত্র সরিয়ে নিলেও এরা চুম্বকত্ব থাকে।



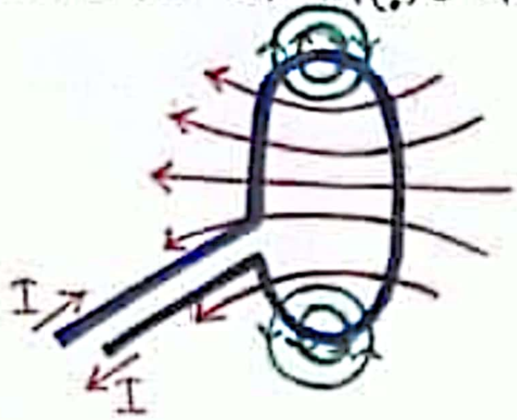
ফেরোচৌম্বক পদার্থের মধ্যে পাশাপাশি বহু সংখ্যক পরমাণু দ্বিপোল মোমেন্টগুলো একদিকে সজ্জিত থাকে। যে অঞ্চলের মধ্যে দ্বিপোল মোমেন্টগুলো একদিকে সজ্জিত থাকে সে অঞ্চলই হলো ডোমেইন। সুতরাং একটি ডোমেইনের নীট মোমেন্ট থাকে। যেকোনো একটি ডোমেইনকে যদি আলাদা করা সম্ভব হতো তবে এটি একটি স্থায়ী চৌম্বক হিসেবে কাজ করত।

চিত্রে: ১ম চিত্রের ক্ষেত্রে, লৌহ দন্ডের আনাবিষ্ট চুম্বকত্ব শূন্য এবং ২য় চিত্রের ক্ষেত্রে, দ্বিপোলসমূহ একই থাকায় এর চুম্বকত্ব থাকে।

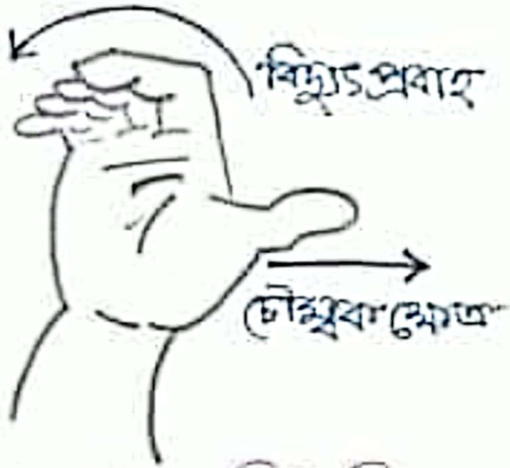
CamScanner

সলিনয়েড (Solenoid)

প্র: সলিনয়েড: কাছাকাছি বা ঘনসন্নিবিষ্ট অনেকগুলো পেঁচযুক্ত লম্বা বেলনাকার কয়েল তারকুণ্ডলী হচ্ছে সলিনয়েড। অর্থাৎ, বেলনাকার অন্তরিত দণ্ডের উপর ঘনসন্নিবিষ্টভাবে অন্তরীত তামার তার পেঁচিয়ে তৈরিকৃত একটি তড়িৎ চৌম্বকীয় ব্যবস্থা যার কুণ্ডলীর দু প্রান্ত দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয়ে দণ্ডচুম্বকের মেরুর ন্যায় চৌম্বকক্ষেত্র সৃষ্টি হলে, তাকে সলিনয়েড বলে।



চিত্র: লুপের ভেতর দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহের কারণে তৈরি চৌম্বক ক্ষেত্র।



চিত্র: লুপের ভেতর দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ করালে ডান হাতের নিয়ম ব্যবহার করে।

সলিনয়েড হচ্ছে প্যাঁচানো তারের কুণ্ডলী যার মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হলে কুণ্ডলীতে দণ্ডচুম্বকের ন্যায় শক্তিশালী চৌম্বক ক্ষেত্র তৈরি হয়। কয়েল বা কুণ্ডলীর প্রত্যেকটা লুপই তার ভেতর দিয়ে প্রবাহিত বিদ্যুতের জন্য চৌম্বক ক্ষেত্র তৈরি করবে, তাই সম্মিলিত চৌম্বক ক্ষেত্র হবে অনেক গুন বেশি। বৃত্তাকার তারের ভেতর দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলে তার চৌম্বক ক্ষেত্র কোন দিকে হবে তা ডান হাতের নিয়ম দিয়ে বের করা যায়। বুড়ো আঙুলটি হবে চৌম্বক ক্ষেত্রের দিক। যদি অন্য আঙুলগুলো যদি বিদ্যুতের প্রবাহের দিক নির্দেশ করে। সলিনয়েড মূলত চুম্বক দণ্ডচুম্বকের মতো কাজ করে এবং বুড়ো আঙুলের দিকটাই হবে চুম্বকের উত্তর মেরু।

৪। সলিনয়েড সৃষ্ট চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রাবল্য (Intensity of Magnetic Field due to a Soleniod):

সলিনয়েড এর কোনো বিন্দুর ওপর চৌম্বকক্ষেত্রের প্রাবল্য দুইটি বিষয়ের ওপর নির্ভর করে :-

(I) তড়িৎপ্রবাহের মান।

(II) প্রতি একক দৈর্ঘ্যে পেঁচ বা পাকের সংখ্যা।

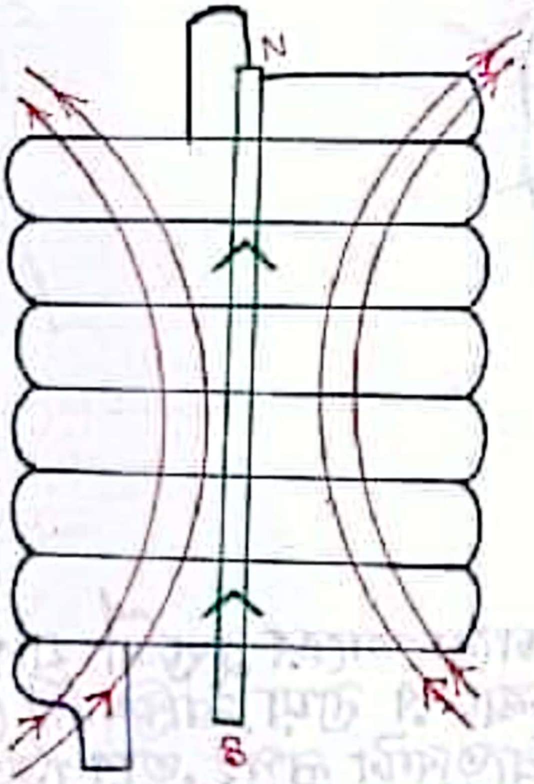


Fig : সলিনয়েড

তড়িৎ চুম্বক (Electromagnet)

তড়িৎ চুম্বক : কাঁচা লোহাতে অন্তরীত তার জড়িয়ে তারের ভেতর দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করলে যে চুম্বক তৈরি হয়, তাকে তড়িৎ চুম্বক বলে।

সলিনয়েডের ভেতর কোনো লোহার দন্ড বা পেরেককে ঢুকালে চৌম্বক ক্ষেত্র তৈরি করে, ফলে সলিনয়েড থেকে বেশ বেশি চৌম্বক ক্ষেত্র পাওয়া যায়। তড়িৎ প্রবাহ চলাকালীন এটি বেশ শক্তিশালী চুম্বকে পরিণত হয়। একে তড়িৎ চুম্বক বলা হয়। একটি লোহাকে অন্তরিত তার দ্বারা পেঁচিয়ে তড়িৎ প্রবাহ করালে লোহাটি চুম্বকে পরিণত হয়।

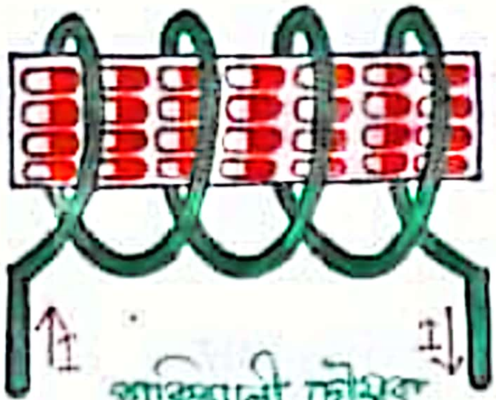


Fig : বিদ্যুৎ প্রবাহের কারণে এলোমেলোভাবে থাকা ছোট ছোট চুম্বক সারিবদ্ধ হয়ে শক্তিশালী চৌম্বক ক্ষেত্র তৈরি করে।

ব্যবহার:
I. ক্লিনিক্যাল এ তড়িৎ চুম্বক ব্যবহার করা হয়।
II. মাইক্রোফোন ও হেডফোনে তড়িৎ চুম্বক ব্যবহার করা হয়।

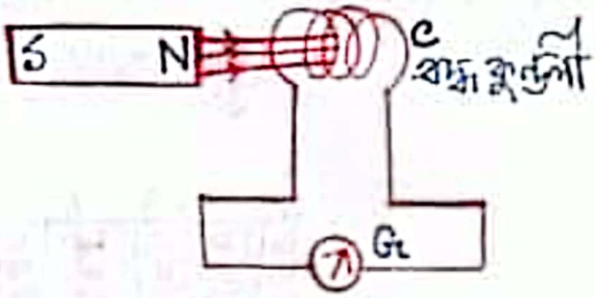
তড়িৎচুম্বক তৈরির জন্য উপযুক্ত পদার্থ:
I. পদার্থটির আপেক্ষিক চুম্বকন উচ্চমানের হওয়া প্রয়োজন;
II. পদার্থটির ধারণক্ষমতা কম হওয়া প্রয়োজন;
III. পদার্থটির সহনশীলতা কম হওয়া প্রয়োজন;
IV. পদার্থটির হিস্টেরিসিস কম হওয়া প্রয়োজন;

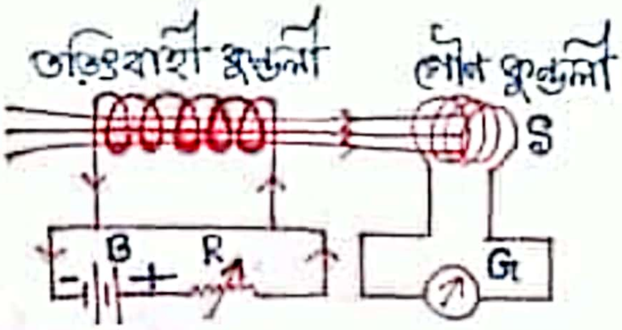
CamScanner

তড়িৎ চৌম্বক আবেশ (Electromagnetic induction)

তড়িৎ চৌম্বক আবেশ : একটি গতিশীল চুম্বক কিংবা তড়িৎবাহী কুন্ডলীর প্রভাবে একটি বদ্ধ তার কুন্ডলীতে ক্ষণস্থায়ী তড়িচ্চালক শক্তি এবং তড়িৎ প্রবাহ উৎপন্ন হওয়ার পদ্ধতিকে তড়িৎ চুম্বকীয় আবেশ বলে।

অথবা, বাহ্যিক পরিবর্তনশীল চৌম্বকক্ষেত্র দ্বারা কোনো আবদ্ধ বর্তনীতে তড়িৎ চালক শক্তি বা তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টির ঘটনাকে বলা হয় তড়িৎ চুম্বক আবেশ।





বদ্ধ তার কুন্ডলীতে বা গৌণ কুন্ডলীতে একটি গ্যালভানোমিটার স্থাপন করলে তড়িৎ প্রবাহের অস্তিত্ব বোঝা যায়। যদি তড়িৎবাহী কুন্ডলী বা চুম্বক NS স্থির থাকে তবে বদ্ধ C বা S এ কোনো তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি হবে না। বদ্ধ কুন্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি করতে হলে চুম্বক বা তড়িৎবাহী কুন্ডলী এবং বদ্ধ কুন্ডলীর মধ্যে আপেক্ষিক গতি বজায় রাখতে হবে। ফলে, বদ্ধ কুন্ডলীতে চৌম্বক বলরেখার হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটবে এবং তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি হবে।

ক্ষণস্থায়ী তড়িচ্চালক শক্তিকে আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি বলে এবং ক্ষণস্থায়ী তড়িৎ প্রবাহকে আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহ বলে।

আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি: কোনো বদ্ধ বর্তনীতে তড়িৎ চৌম্বক আবেশে সৃষ্ট ক্ষণস্থায়ী তড়িচ্চালক শক্তিকে বলা হয় আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি (Induced electromotive force)।

আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহ : কোনো বদ্ধ বর্তনীতে তড়িৎ চৌম্বক আবেশে সৃষ্ট ক্ষণস্থায়ী তড়িৎ প্রবাহকে বলা হয় আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহ (Induced current)।

কুন্ডলী : তড়িৎবাহী কুন্ডলীকে মুখ্য কুন্ডলী এবং যে তারের কুন্ডলীতে আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহ উৎপন্ন হয়, সেই কুন্ডলীকে গৌণ কুন্ডলী বলা হয়।

CamScanner

ফ্যারাডের সূত্র : ১৮৩১ খ্রিষ্টাব্দে বিখ্যাত ইংরেজ বিজ্ঞানী মাইকেল ফ্যারাডে তড়িৎচুম্বকীয় আবেশ বিষয়ে দুটি মৌলিক সূত্র আবিষ্কার করেন। তার নামানুসারে সূত্র দুটিকে ফ্যারাডের আবেশ সূত্র (Faraday's law of induction) বা ফ্যারাডের তড়িৎচুম্বকীয় আবেশের সূত্র বলা হয়।

প্রথম সূত্র : যখনই কোনো বদ্ধ তার কুন্ডলীতে সংবদ্ধ চৌম্বক আবেশ রেখার সংখ্যা বা চৌম্বক ফ্লাক্স-এর পরিবর্তন ঘটে তখনই উক্ত কুন্ডলীতে একটি তড়িৎ চালক শক্তি তথা ক্ষণস্থায়ী তড়িৎ প্রবাহ আবিষ্ট হয়।

ব্যাখ্যা : একটি দন্ড চুম্বক বা একটি তড়িৎবাহী তার কুন্ডলী এবং একটি বদ্ধ গৌণ তার কুন্ডলীর মধ্যে আপেক্ষিক গতি থাকলে বা একটি গৌণ কুন্ডলীর মধ্যে একটি তড়িৎবাহী তার কুন্ডলী রেখে তড়িৎ প্রবাহমাত্রার পরিবর্তন করলে গৌণ কুন্ডলীর সাথে জড়িত চৌম্বক বলরেখার সংখ্যার পরিবর্তন ঘটে এবং এর ফলে গৌণ কুন্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি বা তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়। সময়ের সাথে তার কুন্ডলীতে সংযুক্ত চৌম্বক বলরেখার সংখ্যা পরিবর্তন না হলে, আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহও উৎপন্ন হয় না।

দ্বিতীয় সূত্র : তার কুন্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তির মান সময়ের সাথে কুন্ডলী দিয়ে অতিক্রান্ত চৌম্বক বলরেখার সংখ্যা বা চৌম্বক ফ্লাক্স-এর পরিবর্তনের হারের ঋণাত্মক মানের সমানুপাতিক।

ব্যাখ্যা : মনে করি,

ϕ_1 = কোনো নির্দিষ্ট মুহূর্তে কোনো বদ্ধ কুন্ডলী বা বর্তনী দিয়ে অতিক্রমকারী চৌম্বক ফ্লাক্স।

ϕ_2 = t সময় পর ঐ কুন্ডলীর বা বর্তনীর অতিক্রান্ত চৌম্বক ফ্লাক্স।

$\therefore$ t সময়ে চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তন, $\phi = \phi_2 - \phi_1$

CamScanner

ফ্যারাডের ২য় সূত্র অনুসারে —

আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি, $E \propto -\frac{\phi_2-\phi_1}{t}$

$$\Rightarrow E = -k\frac{\phi}{t} \text{ ———— (i)}$$

এখানে, k একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক যার মান পরিমাপের এককের উপর নির্ভর করে। যদি,

$\phi = 1$ web

$t = 1$ sec

$E = 1$ volt

অর্থাৎ, প্রাকৃতিক রাশিগুলো এস.আই. একক এ প্রকাশ করা হলে, K এর মান +1 হবে।

আবার, dt সময়ে এক পাক বিশিষ্ট চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তন $d\phi$ হলে,

$$E = -\frac{d\phi}{dt} \text{ ———— (ii)}$$

যদি কুন্ডলীতে N সংখ্যক পাক থাকে, তবে—

$$E = -\frac{d(N\phi)}{dt}$$

$$= -N\frac{d\phi}{dt}$$

অতএব, $E = -N\frac{d\phi}{dt}$

ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রের গাণিতিক রূপ দেন নিউম্যান। তাই এই সূত্রটি নিউম্যান-এর সূত্র (Neumann's law) নামেও পরিচিত।

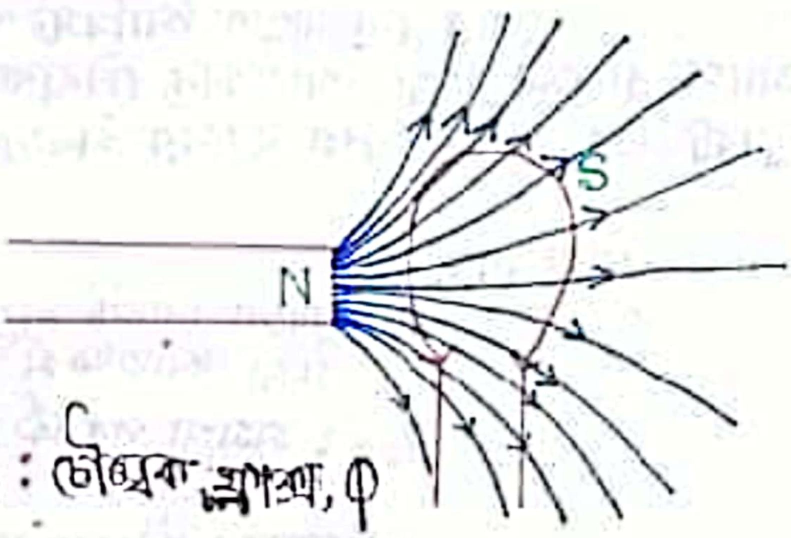


Fig : চৌম্বক ফ্লাক্স, φ

গাণিতিক উদাহরণ

প্র: একটি কুন্ডলীর পাক সংখ্যা 100। এর একটি চুম্বকের নিকট হতে 0.04s-এ সরিয়ে প্রতিটি পাকের চৌম্বক ফ্লাক্স 30×10^{-5} Wb হতে 2×10^{-5} Wb-এ পরিণত করা হয়। কুন্ডলীটিতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি নির্ণয় কর।

সমাধান

আমরা জানি,

$$\varepsilon = -N\frac{d\phi}{dt}$$

$$= -100\times\frac{28\times10^{-5}\,Wb}{0.04}$$

$$= -0.7\ Volt$$

এখানে,

$N = 100$ পাক

$d\phi = (30\times10^{-5} - 2\times10^{-5})$ Wb

$dt = 0.04s$

$\varepsilon = ?$

$\therefore$ তড়িচ্চালক শক্তির মান 0.7 volt.

প্র: 100 পাক সংখ্যা এবং 20cm ব্যাসবিশিষ্ট একটি তার কুন্ডলীকে একটি চৌম্বক ক্ষেত্রে এমনভাবে রাখা হলো যে, কুন্ডলীর তল চৌম্বক ক্ষেত্রের অভিলম্ব। চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রাবল্য 5×10^{-2}s-এ সুষমভাবে 0.1 T হতে 0.3 T তে পরিবর্তিত হলো। এতে তার কুন্ডলীতে কত তড়িচ্চালক বলের উদ্ভব হবে?

সমাধান

কুন্ডলী তলের ক্ষেত্রফল, $A = \pi r^2$

$$= \pi(0.1)^2\,m^2$$

মোট ফ্লাক্সের পরিবর্তন, $d\phi = nA(B_2 - B_1)$

$\therefore$ আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল $= \frac{d\phi}{dt}$

$$= \frac{nA(B_2-B_1)}{5\times10^{-2}}$$

$$= \frac{100\times\pi\times(0.1)^2\times(0.3-0.1)}{5\times10^{-2}}$$

$$= 12.57\ V.$$

এখানে,

পাক সংখ্যা, $n = 100$

ব্যাসার্ধ, $r = \frac{ব্যাস}{2}$

$= \frac{20}{2}$

$= 0.1m$

আবার, $dt = 5\times10^{-2}s$

$B_1 = 0.1T$

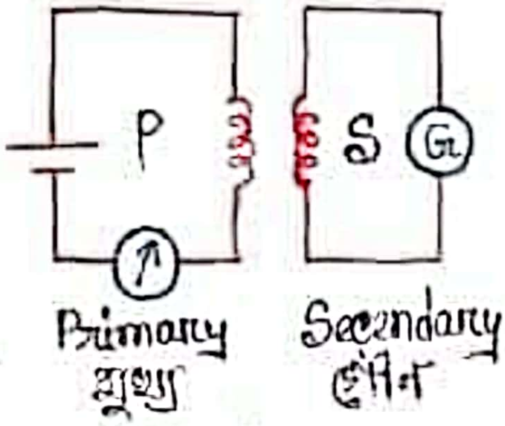
$B_2 = 0.3T$

CS CamScanner

ফ্লেমিংয়ের বাম হস্তের সূত্র : বাম হাতের তর্জনী, মধ্যমা, বৃদ্ধাঙ্গুলি পরস্পর সমকোণে প্রসারিত করে তর্জনীকে চৌম্বক ক্ষেত্রের অভিমুখে এবং মধ্যমাকে প্রবাহের অভিমুখে স্থাপন করলে বৃদ্ধাঙ্গুলি পরিবাহীর উপর প্রযুক্ত বলের অভিমুখে অর্থাৎ পরিবাহী গতি বা বিক্ষেপের দিক নির্দেশ করে।

মনে রাখার উপায় – Father → Force
Mother → Magnetic
Child → Current

পারস্পরিক আবেশ : যেকোনো একটি কুণ্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহ পরিবর্তন করলে নিকটবর্তী অন্য একটি কুণ্ডলীতে যে তড়িৎ চৌম্বক আবেশ সৃষ্টি হয়, তাকে পারস্পরিক আবেশ (Mutual Induction) বলে।



মুখ্য কুণ্ডলী : যে কুণ্ডলীতে তড়িৎ সংযোগ করা থাকে এবং বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়, তাকে মুখ্য কুণ্ডলী বলে।

গৌণ কুণ্ডলী : মুখ্য কুণ্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহ পরিবর্তন করলে যে কুণ্ডলীতে তড়িৎ চুম্বক আবেশ সৃষ্টি হয়, তাকে গৌণ কুণ্ডলী বলে।

CamScanner

■ পারস্পারিক আবেশ গুনাঙ্ক : কোনো মুখ্য কুন্ডলী তড়িৎ প্রবাহ একক হারে পরিবর্তিত হলে গৌণ কুন্ডলীতে যে আবিষ্ট তড়িৎ চালক শক্তি উৎপন্ন হয়, তাকে পারস্পারিক আবেশ গুনাঙ্ক বলে।

একক : হেনরি (H)

কোনো মুখ্য কুন্ডলীতে 1 তড়িৎ প্রবাহের জন্য গৌণ কুন্ডলীতে সংযুক্ত চৌম্বক ফ্লাক্স φ হলে,

$$\phi \propto I$$

$$\therefore \phi = MI$$

এখানে, M একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। একে পারস্পারিক আবেশ গুনাঙ্ক বলা হয়।

পারস্পারিক আবেশ গুনাঙ্ক, $M = \frac{\phi}{I}$

আবার, ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রানুসারে;

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt}$$

$$= -\frac{d(MI)}{dt}$$

$$= -M\frac{dI}{dt}$$

অতএব, $\varepsilon = -M\frac{dI}{dt}$

CamScanner

প্র. লেনজ-এর সূত্র : বিজ্ঞানী লেনজ তড়িচ্চালক বলের কারণে সৃষ্ট তড়িৎ প্রবাহের অভিমুখ কোন দিকে হবে সে সম্পর্কে সূত্র প্রদান করেন এবং যথাযথ ব্যাখ্যা দেন। এ সূত্রকে তড়িৎ চুম্বকীয় আবেশের দিকের ক্ষেত্রে লেনজ-এর সূত্র (Lenz's law) বলে।

সূত্র : তড়িৎ চুম্বকীয় আবেশের সময় আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহের জন্য সৃষ্ট চৌম্বক ক্ষেত্রের দিক এমন হয় যে চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তনের জন্য আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহ উৎপন্ন হয় সেই চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তন সেই বাধা প্রদান করে।

আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি বা তড়িৎ প্রবাহের দিক এমন হয় যে এটি উৎপন্ন হওয়ার মূল কারণের বিরুদ্ধে ক্রিয়া করে।

প্র. ওয়েরস্টেডের সূত্র : ডেনিশ পদার্থবিজ্ঞানী হ্যান্স ক্রিশ্চিয়ান ওয়েরস্টেড ১৮২০ সালের ২১শে এপ্রিল একটি সূত্র প্রদান করেন। তার নামানুসারে এই সূত্রকে ওয়েরস্টেডের সূত্র বলে।

সূত্র : বিদ্যুৎ প্রবাহের চারিদিকে একটি চৌম্বকীয় ক্ষেত্র সৃষ্টি হয় যা তড়িচ্চুম্বক বিজ্ঞানের একটি মৌল সূত্র।

এই চৌম্বকক্ষেত্রের চৌম্বকীয় আবেশ বা চৌম্বক প্রাবল্য নির্ণয়ের জন্য বিজ্ঞানী ল্যাপ্লাস একটি উপপাদ্য বা সূত্র প্রদান করেন। একে বলা হয় ল্যাপ্লাসের উপপাদ্য বা ল্যাপ্লাসের সূত্র। পরবর্তীতে ১৮২০ খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী বায়োট এবং স্যাভার্ট সূত্রটির একটি পরীক্ষামূলক প্রমাণ দেন। তাই এ সূত্রটিকে বায়োট-স্যাভার্ট এর সূত্র (Biot-Savart Law) বলে।

প্র. বায়োট-স্যাভার্ট-এর সূত্র : নির্দিষ্ট মাধ্যমে কোনো পরিবাহীর ক্ষুদ্র দৈর্ঘ্যের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলে এর যে চৌম্বক ক্ষেত্র সৃষ্টি হয় তার কোনো বিন্দুতে চৌম্বকীয় আবেশের মান —

(i) তড়িৎ প্রবাহমাত্রার সমানুপাতিক;
(ii) পরিবাহীর দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক;
(iii) পরিবাহীর মধ্যবিন্দু হতে ঐ বিন্দুর সংযোগ রেখা এবং পরিবাহীর অন্তর্ভুক্ত কোণের sin- এর সমানুপাতিক;
(iv) পরিবাহীর মধ্যবিন্দু হতে ঐ বিন্দুর দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক।

ব্যাখ্যা : কোনো পরিবাহীর ক্ষুদ্র দৈর্ঘ্য, dl এর মধ্যদিয়ে I, তড়িৎ প্রবাহ চললে, তাহলে পরিবাহীর ঐ অংশের মধ্যবিন্দু থেকে θ কোণে r দূরত্বে অবস্থিত কোনো বিন্দু P হলে, চৌম্বক ক্ষেত্র, dB এর মান —

$$dB \propto \frac{I \cdot dl \cdot \sin\theta}{(r)^2}$$

$$dB = K \frac{I \cdot dl \cdot \sin\theta}{(r)^2}$$

এখানে K একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক যার মান নির্ভর করে মাধ্যমের প্রকৃতি এবং রাশিগুলোর একক এর উপর।

S.I. পদ্ধতিতে বায়ু বা শূন্য মাধ্যমের জন্য —

$K = \frac{\mu_0}{4\pi}$; μ_0 হচ্ছে শূন্য স্থানের চৌম্বক প্রবেশ্যতা।

$\therefore \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ Wb\,m^{-1}A^{-1}$ বা $T\,m\,A^{-1}$

অতএব,

বায়ু বা শূন্য মাধ্যমে বায়োট-স্যাভার্ট-এর সূত্র :-

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \times \frac{I \cdot dl \cdot \sin\theta}{r^2}$$

অন্য মাধ্যমে বায়োট-স্যাভার্টের সূত্র :—

$$dB = \frac{\mu}{4\pi} \times \frac{I \cdot dl \cdot \sin\theta}{r^2}.$$

CS CamScanner

লরেঞ্জ বল : কোনো তড়িতাধান (চার্জ) একই সাথে তড়িৎ ক্ষেত্র এবং চৌম্বক ক্ষেত্রের ভেতর দিয়ে গেলে মোট যে বল অনুভব করে, তাকে লরেঞ্জ বল (Lorentz) বলে।

ধরি, $+q$ আধানবিশিষ্ট কোনো কণা সুষম চৌম্বক ক্ষেত্র B তে v বেগে গতিশীল। চৌম্বক ক্ষেত্র কর্তৃক এর উপর প্রযুক্ত চৌম্বক বল —

$$F_m = qvB$$

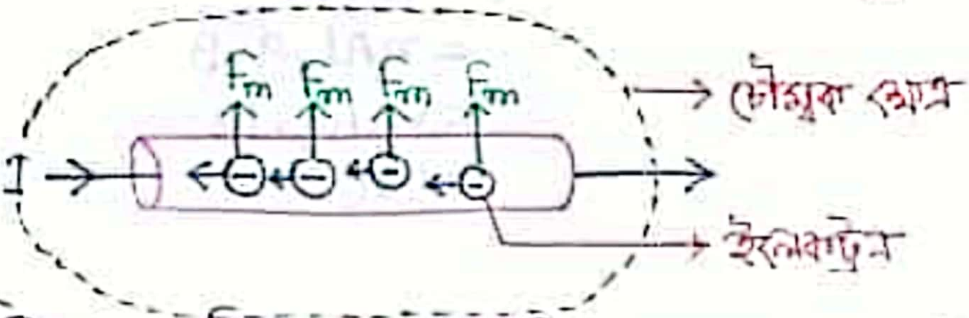
চৌম্বক ক্ষেত্রে তড়িৎবাহী পরিবাহীর উপর বল :

আমরা জানি,

যেহেতু, চৌম্বক ক্ষেত্র গতিশীল আধানের উপর বল প্রয়োগ করে সেহেতু, চৌম্বকক্ষেত্র তড়িৎবাহী পরিবাহীর গতিশীল আধান সমূহের উপর অবশ্যই বল প্রয়োগ করে।

এখন,

তড়িৎবাহী পরিবাহীর উপর চৌম্বকক্ষেত্রের প্রযুক্ত বল —



চিত্রে একটি সুষম চৌম্বক ক্ষেত্রের দিকের সাথে লম্বভাবে স্থাপন করা হয়েছে। চিত্রে, 'x' চিহ্নগুলো থেকে বোঝা যাচ্ছে চৌম্বক ক্ষেত্র, B এর অভিমুখে কাগজের তলের লম্ব বরাবর ভেতরের দিকে।

যেহেতু, পরিবাহীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ, I বাম থেকে ডান দিকে গতিশীল সেহেতু, আধান বাহক ইলেকট্রন ডান থেকে বাম দিকে গতিশীল হবে।

ধরি,

l = পরিবাহীর দৈর্ঘ্য;
A = প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল;
n = প্রতি একক আয়তনে ইলেকট্রন সংখ্যা;
q = প্রতিটি ইলেকট্রনের আধান;
v = তাড়নবেগ;
B = চৌম্বক ক্ষেত্র;
I = তড়িৎ প্রবাহ;

যেহেতু, তড়িৎ পরিবাহীটি চৌম্বকক্ষেত্রের সাথে লম্বভাবে স্থাপন করা হয়েছে সেহেতু, পরিবাহীর প্রতিটি ইলেকট্রনের উপর চৌম্বক বল,

$$F_m = qvB \quad \text{——(i)}$$

এখন, পরিবাহীতে মোট ইলেকট্রন সংখ্যা N হলে, পরিবাহীর সকল ইলেকট্রনের উপর ক্রিয়াশীল বল,

$$F = N.F_m \quad \text{——(ii)}$$

কিন্তু,

$$N = n \times \text{পরিবাহীর আয়তন}$$
$$= n \times A \times l$$
$$= nAl$$

প্রশমতে,

(ii) নং সমীকরণে F_m এবং N এর মান বসাইয়া;

$$F = N.F_m$$
$$= nAl.qvB$$
$$= VnAq.lB \quad [\because I = VnAq]$$
$$= IlB$$

অতএব, $F = IlB$

আবার, তড়িৎ পরিবাহী যদি সমকোণে না থেকে θ কোণ উৎপন্ন করে, তাহলে প্রতি ইলেকট্রন এর উপর প্রযুক্ত বল,

$$F = qvB.\sin\theta$$

এবং সমগ্র পরিবাহীর প্রযুক্ত বল,

$$F = IlB.\sin\theta$$

অতএব, $F = IlB.\sin\theta$

⊞ সূত্রটির ভেক্টর রূপ :- $\vec{F} = I\,\vec{l} \times \vec{B}$ □

বৈদ্যুতিক মোটর (Electric Motor)

প্র। বৈদ্যুতিক মোটর: যে তড়িৎ যন্ত্র তড়িৎ শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করে, তাকে বৈদ্যুতিক মোটর বা তড়িৎ মোটর বলে।

বৈদ্যুতিক মোটর

- এ.সি. (AC)
- ডি.সি. (DC)

প্র। ডিসি মোটর: যে মোটর ডিসি সোর্স গ্রহণ করে এবং তা যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করে, তাকে ডিসি মোটর বলে।

কাজ: যখন ডিসি মোটরে বৈদ্যুতিক সাপ্লাই দেওয়া হয় তখন এর মধ্যকার ফ্লাক্স প্রবাহ নর্থ (North pole) থেকে সাউথ (South pole) এর দিকে যেতে থাকে এবং এর মধ্যকার গ্রস কারেন্ট North Pole এর দিকে যেতে থাকে। ফ্লেমিং এর বাম-হাত অনুযায়ী বিপরীত (anti clock-wise) ঘুরতে থাকে।

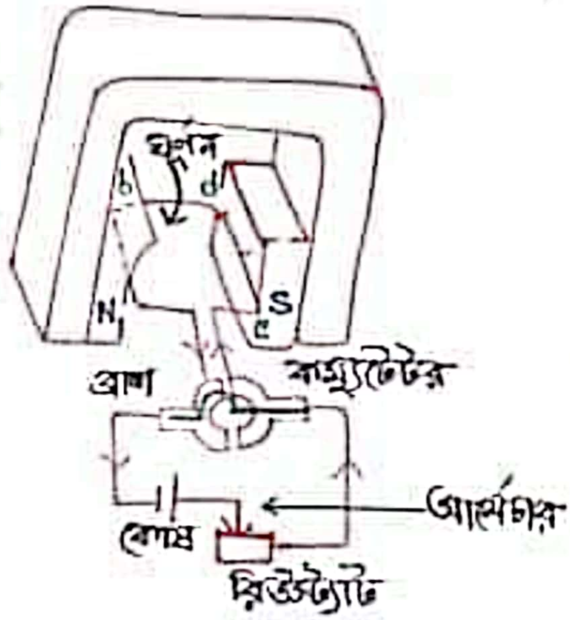


Fig : DC Motor

গঠন বর্ণনা:

ক্ষেত্র চুম্বক: U-আকৃতির একটি স্থায়ী বা তাড়িতচুম্বক এই যন্ত্রের ক্ষেত্র চুম্বকের কাজ করে।

আর্মেচার: কাঁচা-লোহার মজ্জার উপর অন্তরিত তামার তার জড়িয়ে আর্মেচার তৈরি করা হয়। আর্মেচার মূলত একটি আয়তকার কুণ্ডলী বা কয়েল।

কম্যুটেটর: কতকগুলো তামার খণ্ডকে অভ্রের পাতের দ্বারা পরস্পর থেকে অন্তরিত করে কম্যুটেটর তৈরি করা হয়।

ব্রাশ: কার্বন বা তামা দ্বারা ব্রাশ তৈরি করা হয়।

CS CamScanner

☐ **জেনারেটর :** যে তড়িৎযন্ত্রে যান্ত্রিক শক্তিকে তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয়, তাকে জেনারেটর (Generator) বলে।

মূলনীতি – তড়িৎচৌম্বক আবেশের নীতির উপর ভিত্তি করে জেনারেটর তৈরি করা হয়। জেনারেটরে চৌম্বক ক্ষেত্রের মাঝে বদ্ধ তার কুণ্ডলী কে গতিশীল করে তড়িৎ চৌম্বক আবেশ ঘটানো হয় এবং তড়িৎ শক্তি উৎপন্ন হয়। এটি মূলত মোটরের বিপরীত।

জেনারেটর বা ডায়নামো

- এ.সি. (AC)
- ডি.সি. (DC)

☐ **ডিসি জেনারেটর :** যে মোটর ডিসি ভোল্ট গ্রহণ করে এবং তা তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত করে, তাকে ডিসি জেনারেটর বলে।

কাজ : যখন আর্মেচারটিকে ঘুরানো হয় তখনই আর্মেচার কুণ্ডলী চৌম্বকক্ষেত্রের বল রেখাগুলোকে ছেদ করে এবং তড়িৎচৌম্বক আবেশের নিয়মানুযায়ী কুণ্ডলীতে তড়িচ্চালক শক্তি আবিষ্ট হয়। এখন কুণ্ডলীটির দুই প্রান্ত বহিঃবর্তনীর সাথে সংযুক্ত থাকায় বর্তনীতে পর্যাবৃত্ত তড়িৎপ্রবাহের উৎপত্তি হয়। আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহের মান প্রধানত চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রাবল্য ও ঘূর্ণন বেগের উপর নির্ভর করে। কুণ্ডলী একবার ঘূর্ণনের মধ্যে আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখও একবার পরিবর্তিত হয়।

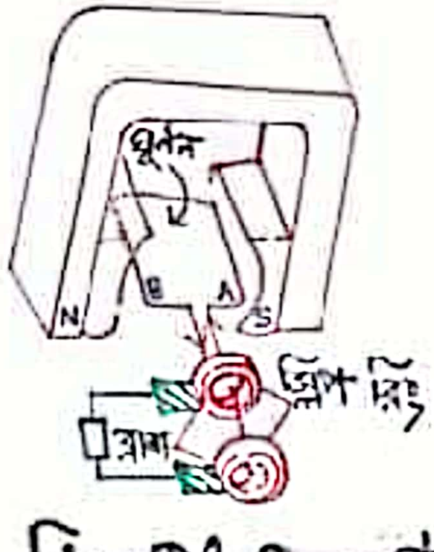


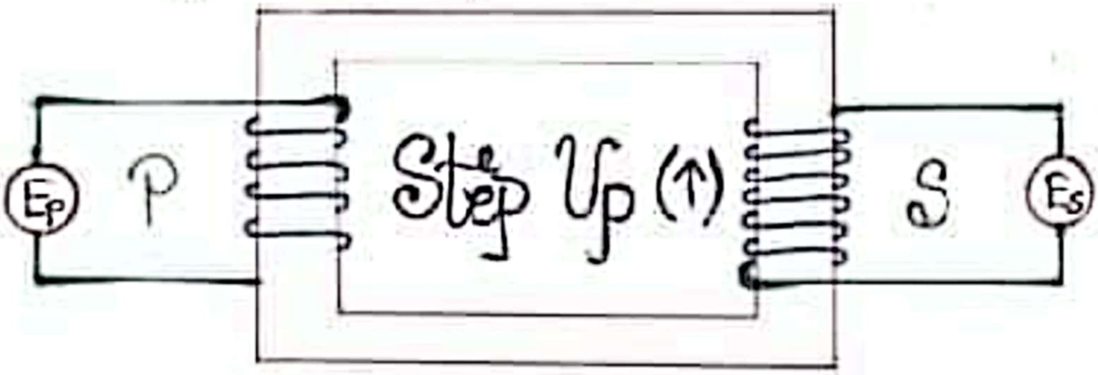
Fig : DC Generator

প্র রূপান্তরক (Transformer) : যে যন্ত্রের সাহায্যে পর্যায়বৃত্ত বা দিক পরিবর্তী উচ্চ বিভবকে নিম্ন বিভবে এবং নিম্ন বিভবকে উচ্চ বিভবে রূপান্তরিত করা হয়, তাকে রূপান্তরক বা ট্রান্সফরমার (Transformer) বলে।

ট্রান্সফর্মার

- আরোহী বা ঊর্ধ্বগামী (Step up)
- অবরোহী বা নিম্নগামী (Step down)

➤ আরোহী ট্রান্সফর্মার : যে ট্রান্সফর্মার অল্প বিভবের অধিক তড়িৎ প্রবাহকে অধিক বিভবের অল্প তড়িৎ প্রবাহে রূপান্তরিত করে, তাকে আরোহী ট্রান্সফর্মার বলে।



➤ অবরোহী ট্রান্সফর্মার : যে ট্রান্সফর্মার অধিক বিভবের অল্প তড়িৎ প্রবাহকে অল্প বিভবের অধিক তড়িৎ প্রবাহে রূপান্তরিত করে, তাকে অবরোহী ট্রান্সফর্মার বলে।

CS CamScanner

ক) একটি মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা,

$$\varepsilon_p = -N_p \frac{d\phi}{dt} \text{ -------- (i)}$$

একটি গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা,

$$\varepsilon_s = -N_s \frac{d\phi}{dt} \text{ -------- (ii)}$$

(i) নং সমীকরণকে (ii) দ্বারা ভাগ করে পাই ;

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

আবার, জানা আছে,

$$P_p = P_s$$

$$\Rightarrow E_p I_p = E_s I_s$$

$$\therefore \frac{E_p}{E_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

প্রাপ্ত রাশিসমূহের সমন্বয়ে,

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$ ∎

CamScanner

গানিতিক উদাহরণ

প্র একটি ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুন্ডলীতে ভোল্টেজ 5V এবং প্রবাহ 3A। গৌণ কুন্ডলীর ভোল্টেজ 10V হলে, গৌণ কুন্ডলীর প্রবাহ নির্ণয় কর।

সমাধান

আমরা জানি,

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

$$\Rightarrow I_s = \frac{E_p I_p}{E_s}$$

$$= \frac{5 \times 3}{10}$$

$$= 1.5A$$

এখানে,
মুখ্য কুন্ডলীর-
ভোল্টেজ, $E_p = 5V$
প্রবাহ, $I_p = 3A$
গৌণ কুন্ডলীর-
ভোল্টেজ, $E_s = 10V$
প্রবাহ, $I = ?$

∴ গৌণ কুন্ডলীর প্রবাহ 1.5 A.

প্র একটি ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুন্ডলীর পাকসংখ্যা 30, ভোল্টেজ 210V। এর গৌণ কুন্ডলীর পাকসংখ্যা 100 হলে ভোল্টেজ কত?

সমাধান

আমরা জানি,

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$\Rightarrow E_s = \frac{N_s E_p}{N_p}$$

$$= \frac{100 \times 210}{30}$$

$$= 700V$$

এখানে,
মুখ্য কুন্ডলীর —
পাকসংখ্যা, $N_p = 30$
ভোল্টেজ, $E_p = 210V$
গৌণ কুন্ডলীর —
পাকসংখ্যা, $N_s = 100$
ভোল্টেজ, $E_s = ?$

∴ গৌণ কুন্ডলীর ভোল্টেজ 700 Volt.

CamScanner

প্র একটি ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুণ্ডলীর তড়িৎ প্রবাহ ৫A এবং গৌণ কুণ্ডলীর তড়িৎ প্রবাহ 0.833A। মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা কত হলে গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা ৯০ হবে।

সমাধান

আমরা জানি,

$$\frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$\Rightarrow N_p = \frac{I_s N_s}{I_p}$$

$$= \frac{0.833 \times ৯০}{৫}$$

$$= ১৪.৯৯৪$$

$$\approx ১৫$$

এখানে,
গৌণ কুণ্ডলীর—
তড়িৎ প্রবাহ, I_s = 0.833A
পাকসংখ্যা, N_s = ৯০

মুখ্য কুণ্ডলীর—
তড়িৎ প্রবাহ, I_p = ৫
পাকসংখ্যা, N_p = ?

∴ মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা ১৫।

CS CamScanner