১ম পর্ব ইলেকট্রিক্যাল বিভাগের শিক্ষার্থীদের জন্য নিবেদিত

বিষয়ঃ ইলেকট্রিক্যাল ইন্জিনিয়ারিং ম্যাটেরিয়ালস

বিষয় কোডঃ ২৬৭১২

রেফারেন্সঃ

- Electrical Engineering materials
- - N. T Kumer
- Electrical Engineering materials
- - N. Alagappan
- ইন্টারনেট (গুগল , ইউটিউব, অন্যান্য)

Chapter-1

- পরিবাহী ও অপরিবাহী পদার্থ
- Differentiate the Conducting and Non-conducting Materials

এ অধ্যায়ের শিক্ষনীয় বিষয় গুলি

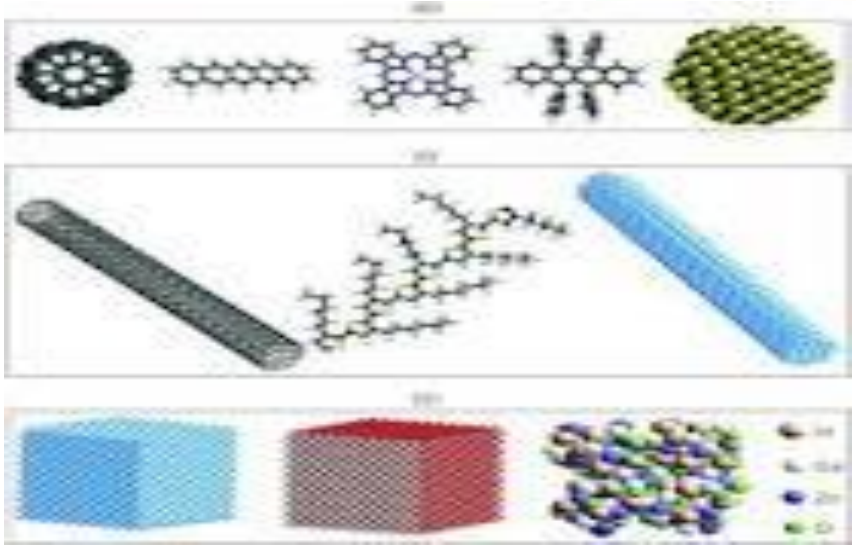
১.১: পরিবাহী, অপরিবাহী ও অর্ধপরিবাহী পদার্থ

১.২: পরিবাহী, অপরিবাহী ও অর্ধপরিবাহী শক্তিস্তরের ব্যাখ্যা

১.৩: পরিবাহী, অর্ধপরিবাহী ও অপরিবাহী এর মধ্যে পার্থক্য

১.৪: পরিবাহী,অর্ধপরিবাহী ও অপরিবাহী পদার্থের তালিকা

১.১: পরিবাহী, অপরিবাহী ও অর্ধপরিবাহী পদার্থ



১.১: পরিবাহী, অপরিবাহী ও অর্ধপরিবাহী পদার্থ

পরিবাহী :

যে সকল পদার্থের মধ্যদিয়ে খুব সহজেই বিদ্যুৎ প্রবাহিত হতে পারে অর্থাৎ খুব কম পরিমান বাধার সম্মুখীন হয়, সেগুলোকে পরিবাহী (Conductor) বলে।

যেমন- রুপা, সোনা, তামা, অ্যালুমিনিয়াম, পারদ ইত্যাদি।

অপরিবাহী (Insulator)

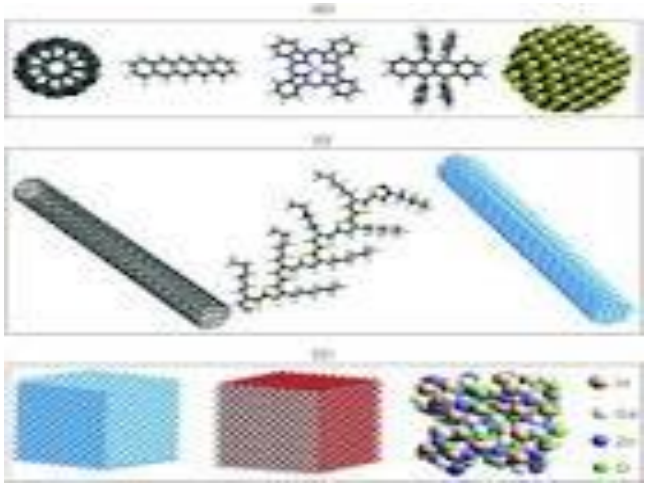
যে সকল পদার্থের মধ্যদিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হতে পারে না অর্থাৎ প্রবাহের সময় প্রচন্ড বাধার সম্মুখীন হয়, সেগুলো কে অপরিবাহী বা অন্তরক (Insulator) বলে।

যেমন- রাবার, কাঁচ, কাগজ, চীনামাটি, প্লাস্টিক, শুষ্ক কাঠ, বাতাস, এবোনাইট ইত্যাদি।

অর্ধপরিবাহী (Semi-conductor)

যে সকল পদার্থ পরিবাহী (Conductor) ও অপরিবাহী (Insulator) এ দু'ধরনের পদার্থের মাঝামাঝি গুন সম্পন্ন সে সকল পদার্থ কে অর্ধ-পরিবাহী বা সেমিকন্ডাক্টর (Semi-conductor) বলে।

যেমন- জার্মেনিয়াম, সিলিকন, কার্বন, ভিজা কাঠ ইত্যাদি।



১.২: পরিবাহী, অপরিবাহী ও অর্ধপরিবাহী শক্তিস্তরের ব্যাখ্যা

➢ এনার্জি ব্যান্ড - পরমানুর ইলেকট্রনসমূহ বিভিন্ন কক্ষপথে একটা নির্দিষ্ট শক্তিস্তরে সারিবদ্ধভাবে অবস্থান করে। এ শক্তিস্তরগুলোকে এনার্জি ব্যান্ড বলে। পদার্থে বিভিন্ন ধরনের এনার্জি ব্যান্ড থাকে।

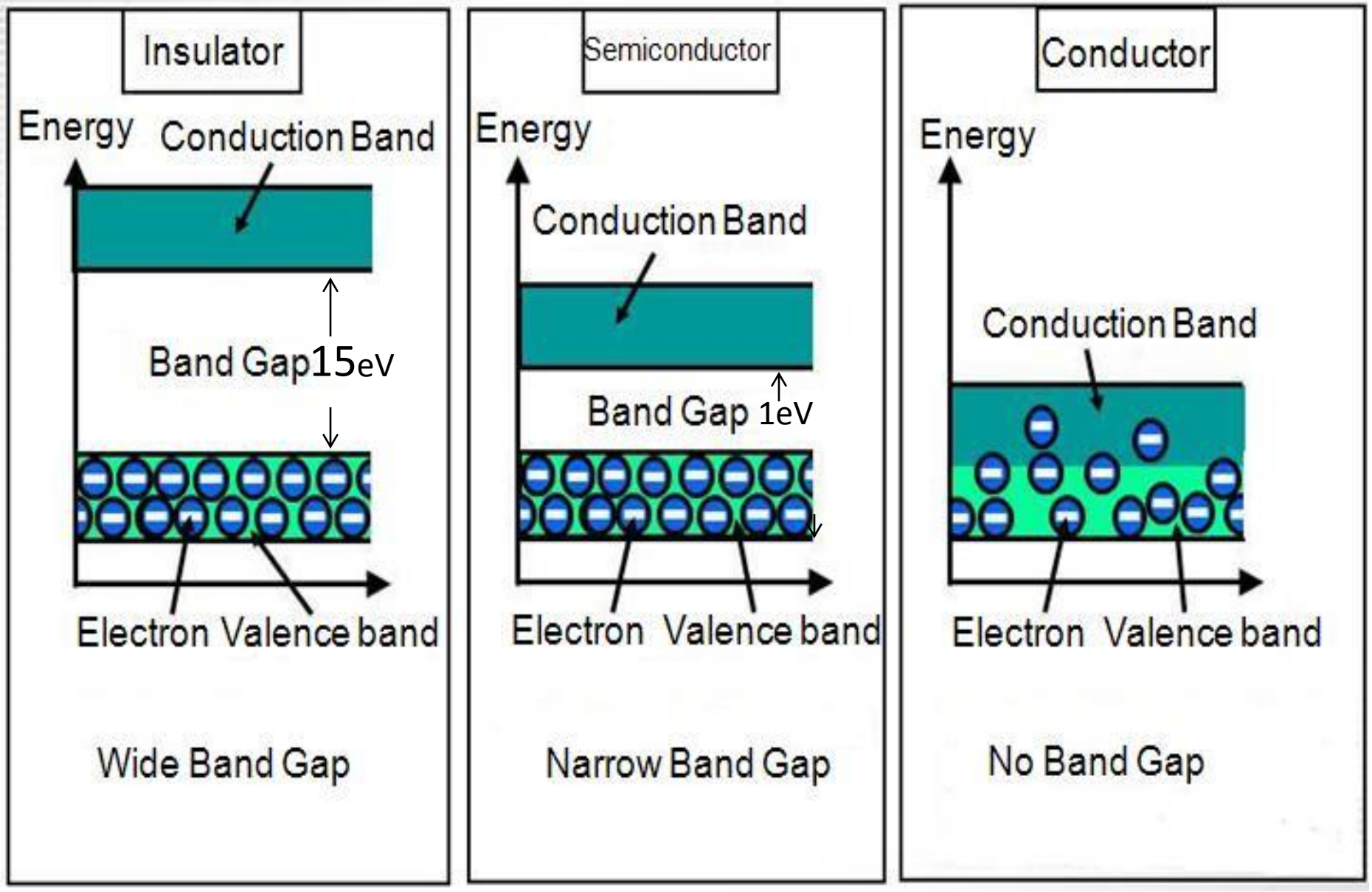
➢ ভ্যালেন্স ব্যান্ড - পদার্থের পরমানুর ভ্যালেন্স ইলেকট্রনগুলো যে শক্তিস্তরে অবস্থান করে তাকে ভ্যালেন্স ব্যান্ড (Valance Band) বলে। এ ব্যান্ডে সর্বোচ্চ শক্তিস্তর থাকে।

১.২: পরিবাহী, অপরিবাহী ও অর্ধপরিবাহী শক্তিস্তরের ব্যাখ্যা

➢ কন্ডাকশন ব্যান্ড - পরমানুর কন্ডাকশন ইলেকট্রনগুলো যে শক্তিস্তরে অবস্থান করে তাকে কন্ডাকশন ব্যান্ড (Conduction Band) বলে।

➢ ফরবিডেন ব্যান্ড - ভ্যালেন্স ব্যান্ড এবং কন্ডাকশন ব্যান্ডের মধ্যবর্তী শূন্যস্থান বা স্তরকে ফরবিডেন এনার্জি ব্যান্ড বা ফরবিডেন এনার্জি গ্যাপ (Eg) বলে।

পরিবাহী অপরিবাহী ও অর্ধপরিবাহী পদার্থের এনার্জি ব্যান্ড ডায়াগ্রাম



পরিবাহী অপরিবাহী ও অর্ধপরিবাহী পদার্থের এনার্জি ব্যান্ড ডায়াগ্রাম

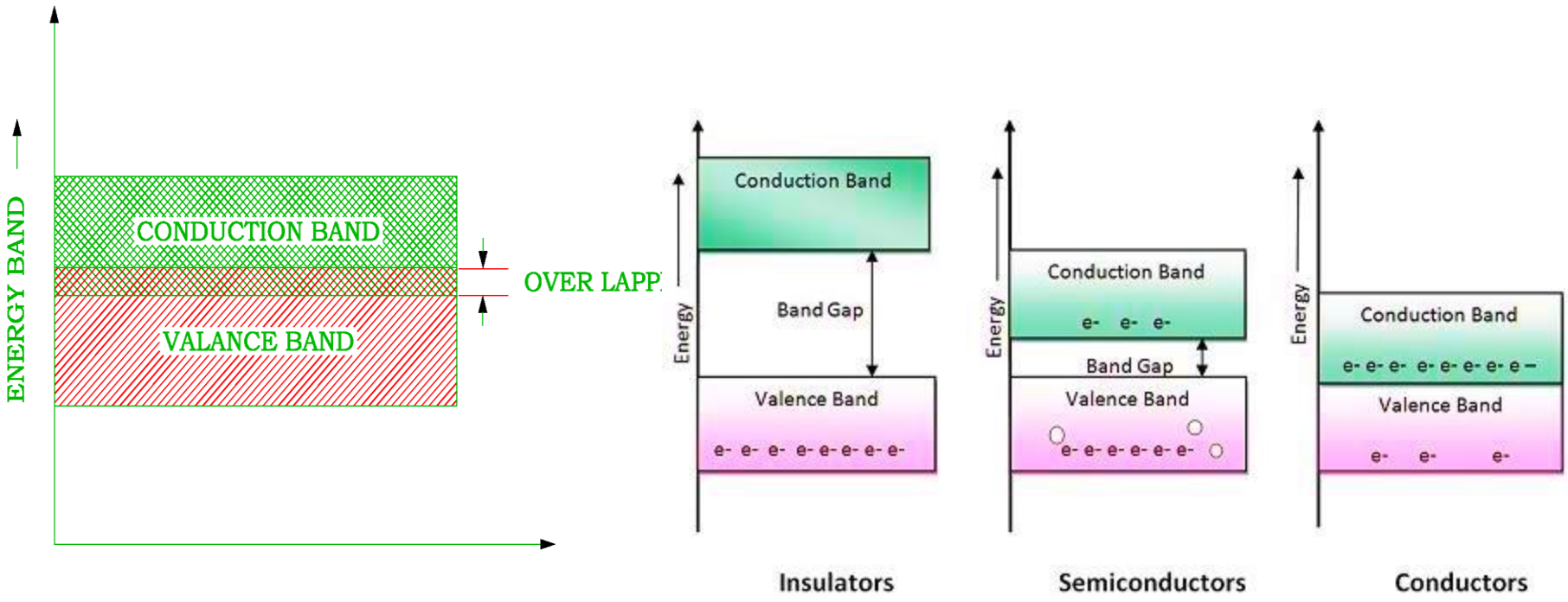
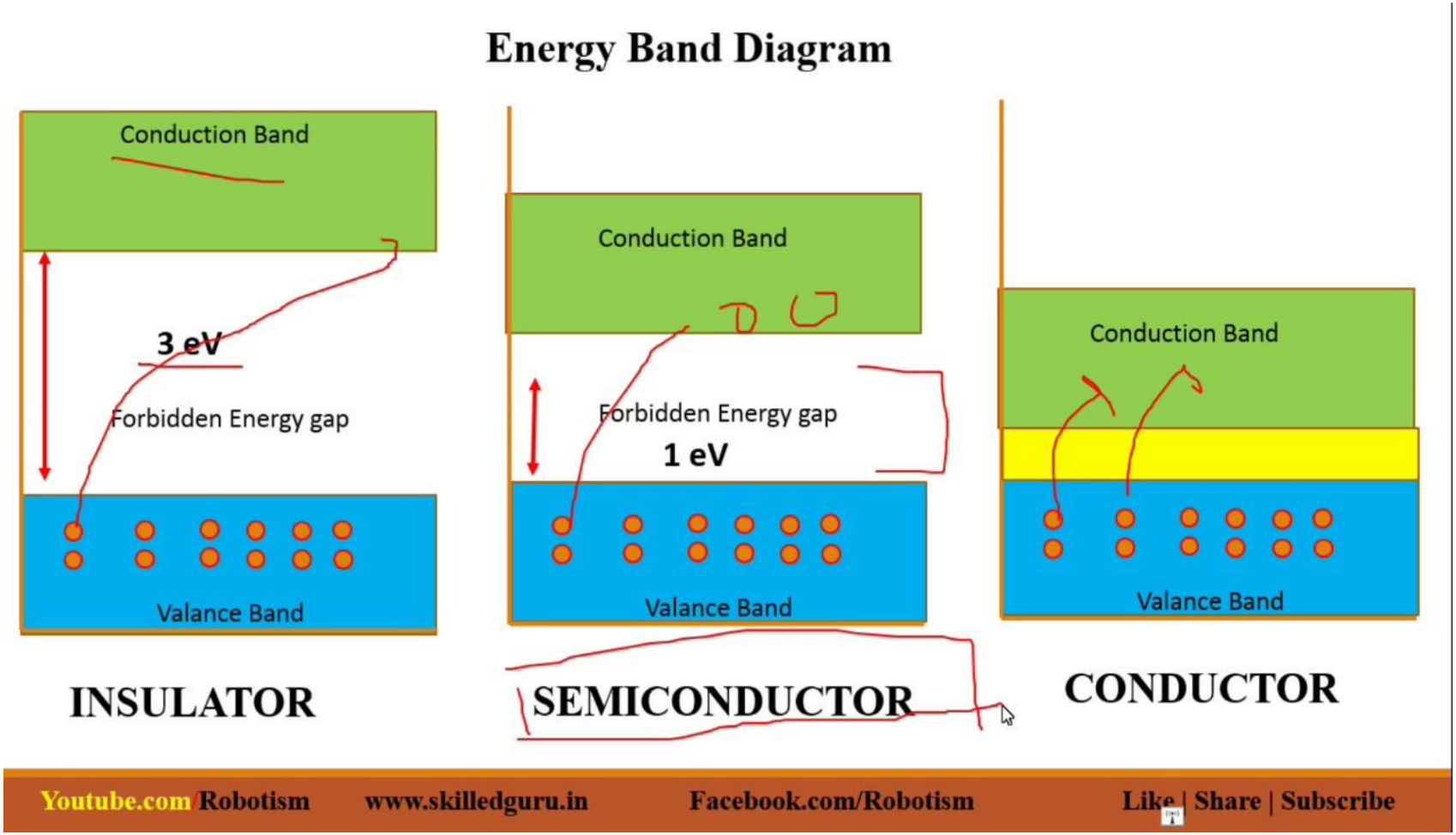


FIG A : ENERGY BAND DIAGRAM FOR CONDUCTOR

পরিবাহী অপরিবাহী ও অর্ধপরিবাহী পদার্থের এনার্জি ব্যান্ড ডায়াগ্রাম

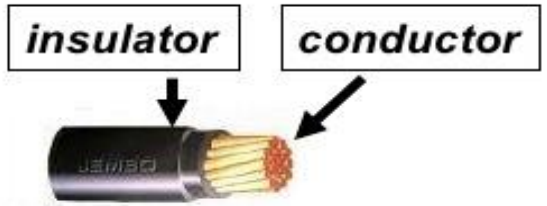


১.৩: পরিবাহী (Conductor), অর্ধপরিবাহী (Semi-conductor) ও অপরিবাহী (Insulator) এর মধ্যে পার্থক্য

পরিবাহী	অপরিবাহী	অর্ধপরিবাহী
১.রেজিস্টিভিটি খুব কম।	১.রেজিস্টিভিটি খুব বেশি।	১.রেজিস্টিভিটি পরিবাহী ও অপরিবাহী পদার্থের মাঝামাঝি।রিবাহী
২.উচ্চ পরিবাহীতা	২. পরিবাহীতা শূন্য।	২. পরিবাহীতা কন্ডাক্টরের কাছাকাছি।
৩. তাপমাত্রা বাড়লে রেজিস্ট্যান্স বাড়ে।	৩. তাপমাত্রা বাড়লে রেজিস্ট্যান্স সামান্য কমে।	৩. তাপমাত্রা বাড়লে রেজিস্ট্যান্স কমে।
৪.ভ্যালেন্স ইলেকট্রনের সংখ্যা ৪ টির কম থাকে।	৪.ভ্যালেন্স ইলেকট্রনের সংখ্যা ৪ টির বেশি থাকে।	৪.ভ্যালেন্স ইলেকট্রনের সংখ্যা ৪ টি থাকে।

Conductor –

Any material that allows electric current to pass through it



- copper
- aluminum
- steel

- any metal

Electrical conductors

Silver

Gold

Copper

Steel

Sea Water

Electrical Insulators

Rubber

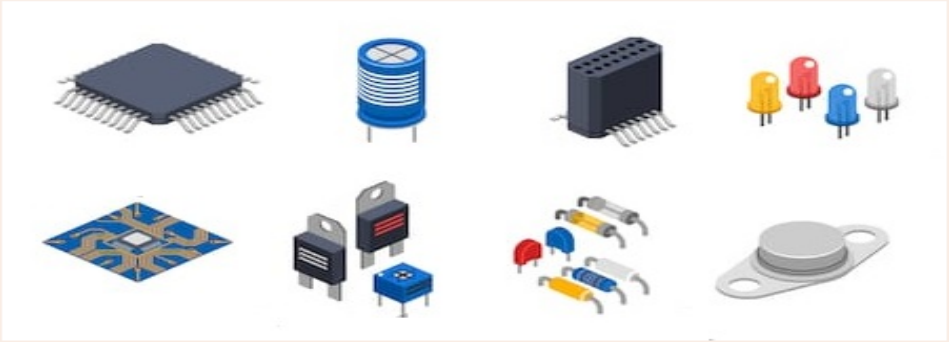
Glass

Oil

Diamond

Dry wood

Semi Conductors



১.৪: পরিবাহী (Conductor), অর্ধপরিবাহী (Semi-conductor) ও অপরিবাহী (Insulator) পদার্থের তালিকা

পরিবাহী পদার্থ :

১. সোনা (Gold),
২. রূপা (Silver),
৩. তামা (Copper),
৪. অ্যালুমিনিয়াম (Aluminium),
৫. পারদ (Mercury),
৬.প্লাটিনাম (Platinum)
ইত্যাদি।

অপরিবাহী পদার্থ :

১. রাবার (Rubber),

২. কাঁচ (Glass),

৩. মাইকা (Mica),

৪. চীনামাটি (Porcelain),

৫. ব্যাকেলাইট (Bakelite),

৬. এবোনাইট (Ebonite)

ইত্যাদি।

অর্ধ-পরিবাহী পদার্থ :

১. জার্মেনিয়াম(Germanium),

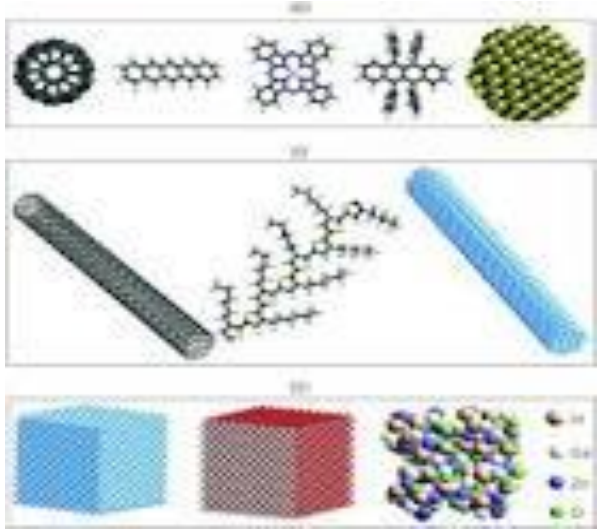
২. সিলিকন (Silicon),

৩. কার্বন (Carbon),

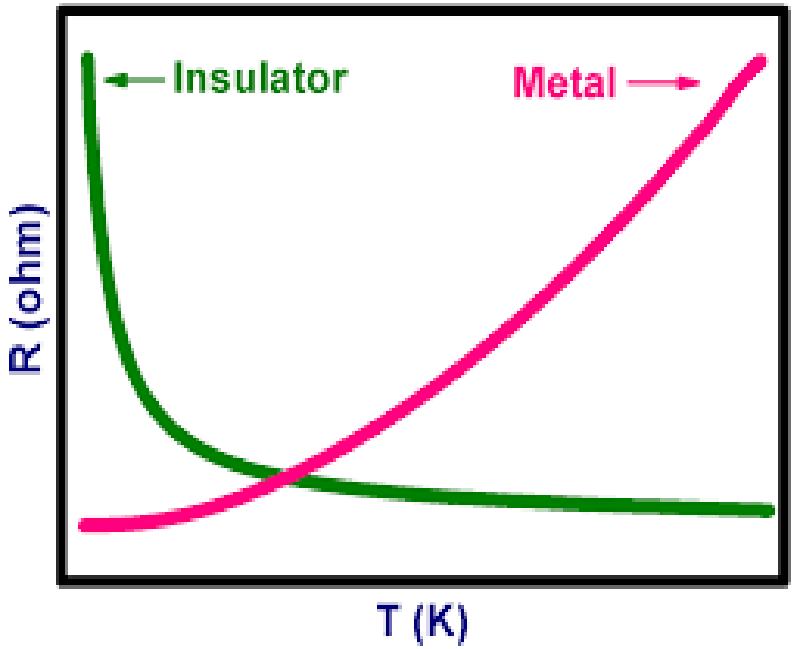
৪. ভিজা কাঠ (Wet Wood),

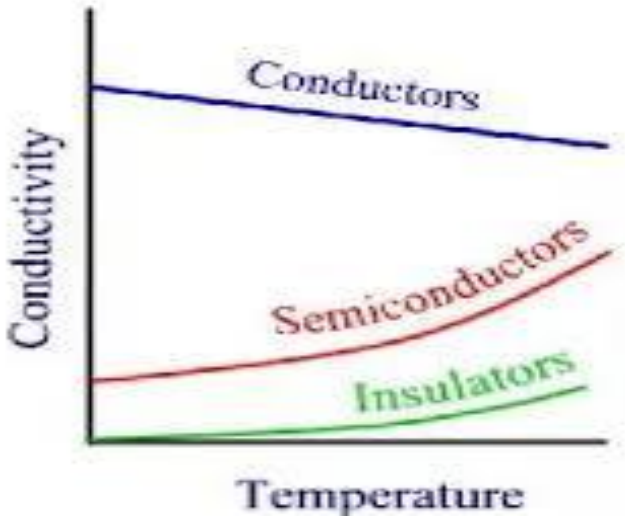
৫. ভিজা মাটি (Wet Earth)

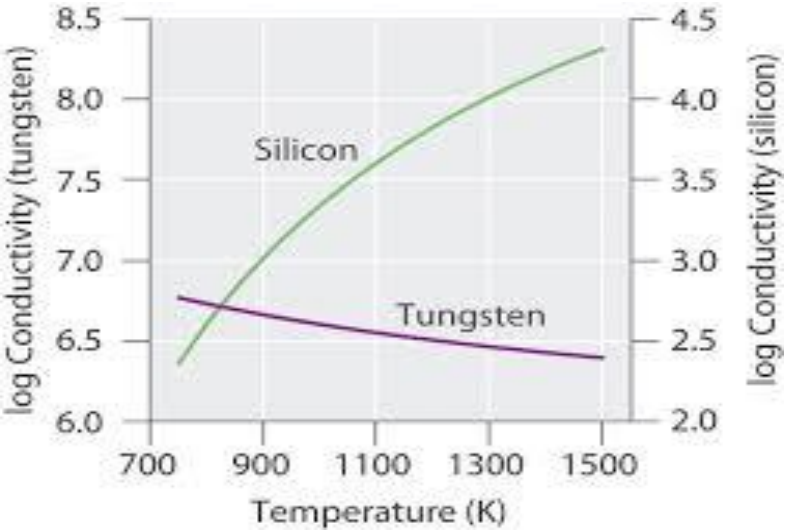
ইত্যাদি।

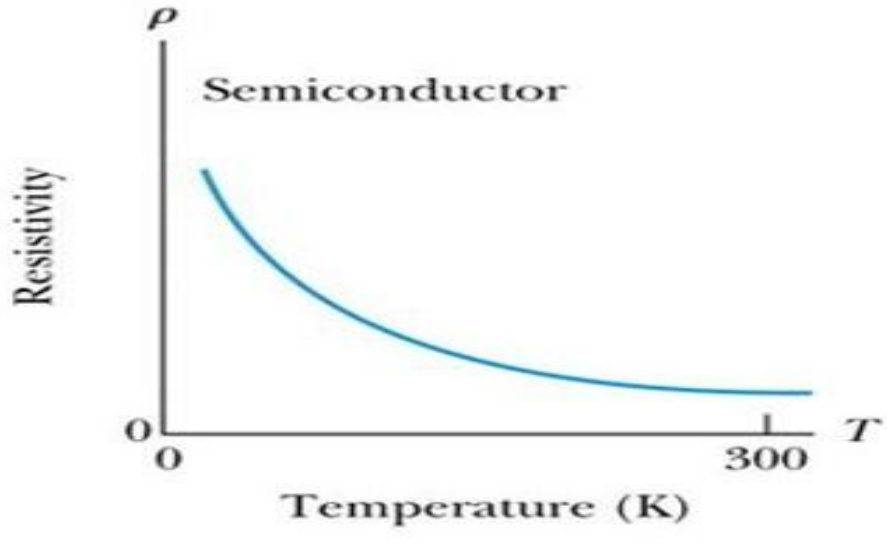


তাপমাত্রায় পরিবাহি অপরিবাহি ও অর্ধ পরিবাহির উপর তাপমাত্রার প্রভাব









Chapter-2

- পরিবাহী পদার্থের রেজিস্টিভিটি এবং মেকানিক্যাল বৈশিষ্ট্য
- Understand the Concept of Resistivity and Mechanical Properties of Conducting Materials

২.১: লো রেজিস্টিভিটি পদার্থ

TABLE 30.2 Resistivity and conductivity of conducting materials

Material	Resistivity ($\Omega\,m$)	Conductivity ($\Omega^{-1}\,m^{-1}$)
Aluminum	2.8×10^{-8}	3.5×10^{7}
Copper	1.7×10^{-8}	6.0×10^{7}
Gold	2.4×10^{-8}	4.1×10^{7}
Iron	9.7×10^{-8}	1.0×10^{7}
Silver	1.6×10^{-8}	6.2×10^{7}
Tungsten	5.6×10^{-8}	1.8×10^{7}
Nichrome*	1.5×10^{-6}	6.7×10^{5}
Carbon	3.5×10^{-5}	2.9×10^{4}

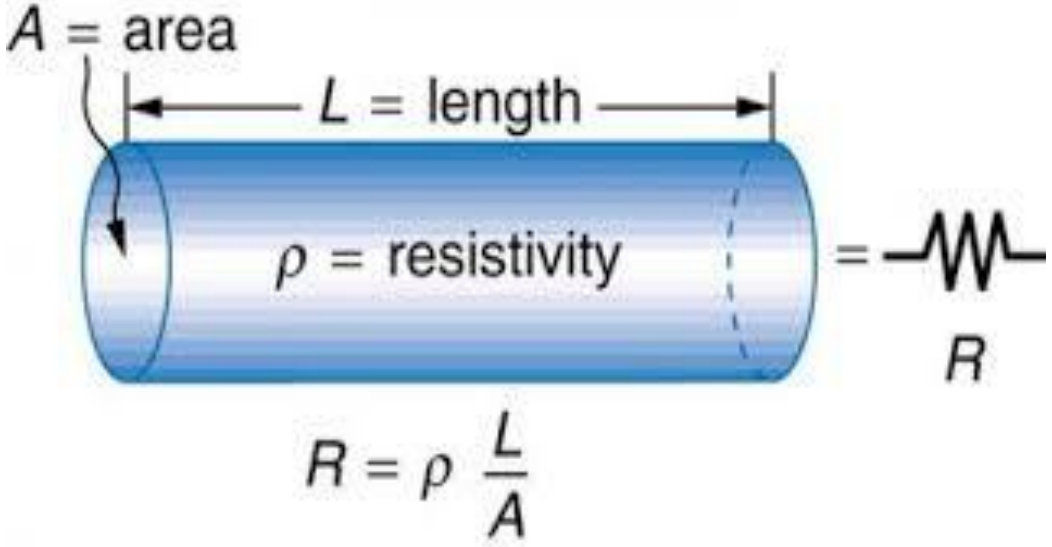
*Nickel-chromium alloy used for heating wires.

২.১: রেজিস্টিভিটি

নিদিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্য ও একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট কোন একটি পরিবাহী পদার্থের কোন একটি ঘনক আকৃতির পরিবাহী পদার্থের দুটি বিপরীত তলের মধ্যবর্তী রেজিস্ট্যান্সকে আপেক্ষিক রোধ বা রেজিস্টিভিটি বলে।

রোধের সূত্র

$$\rho = RA/L$$



২.২: তাপমাত্রা গুণাঙ্ক ও গলনাঙ্ক

তাপমাত্রা গুণাঙ্ক:

কোন পদার্থের মূল রেজিস্ট্যান্স প্রতি এক ডিগ্রী সেলসিয়াস তাপমাত্রায় যতটুকু বৃদ্ধি বা হ্রাস পায় তাকে ঐ পদার্থের রেজিস্ট্যান্সের তাপমাত্রা গুণাঙ্ক বা তাপমাত্রা সহগ বলে।

গলনাঙ্ক:

স্থির চাপে কোন একটি কঠিন পদার্থে তাপ প্রয়োগ করতে থাকলে যে নিদিষ্ট তাপমাত্রয় উহা গলতে শুরু করে এবং গলন শেষ না হওয়া পর্যন্ত তাপ প্রয়োগ সত্ত্বেও তাপমাত্রার কোন পরিবর্তন হয় না তাকে ঐ পদার্থের গলনাঙ্ক বলে।

২.৩: ধাতব পদার্থের রেজিস্টিভিটির উপর প্রভাব বিস্তারকারী বিষয়সমূহ

- পরিবাহীর রোধ বা রেজিস্ট্যান্স নিম্নলিখিত বিষয়ের ওপর নির্ভরশীল ।যথা-

১. পদার্থের রেজিস্টিভিটি

২. পদার্থের দৈর্ঘ্য

৩. পদার্থের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল

৪. পদার্থের উপাদান ও

৫. তাপমাত্রা ।

২.৩: ধাতব পদার্থের রেজিস্টিভিটির উপর প্রভাব বিস্তারকারী বিষয়সমূহ

- পরিবাহীর পদার্থের রেজিস্টিভিটি নিম্মলিখিত বিষয়ের ওপর নির্ভরশীল ।যথা-

১. পদার্থের রেজিস্ট্যান্স

২. পদার্থের দৈর্ঘ্য

৩. পদার্থের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল

৪. পদার্থের উপাদান ও

৫. তাপমাত্রা ।

২.৪: ঘাতসহতা, পরিবাহীতা এবং প্রসারণ পীড়ন

ঘাতসহতা :

যে ধর্মের কারনে কোন পদার্থকে পিটিয়ে পাতলা পাতে বা শীটে পরিণত করা যায় তাকে ঐ পদার্থের ঘাতসহতা বলে।

পরিবাহীতা :

কোন পদার্থের কারেন্ট প্রবাহে সাহায্যে করার বৈশিষ্ট্যকে ঐ পদার্থের পরিবাহীতা বলে।

প্রসারণ পীড়ন:

যদি কোন দন্ড উভয় প্রান্তে এর প্রস্থচ্ছেদের অক্ষ বরাবর বহির্মুখী দুটি সমান বল ক্রিয়া কওে তাকে প্রসারণ পীড়ন বলে।

Chapter-3

- কন্টাক্ট ম্যাটেরিয়ালস
- Understand the Concept of Contact Materials

এ অধ্যায়ের শিক্ষনীয় বিষয় গুলি

৩.১: কন্টাক্ট ম্যাটেরিয়ালস

৩.২: বিভিন্ন ধরনের পদার্থের ভৌত ও বৈদ্যুতিক ধর্ম বা গুণাবলী

৩.৩: ব্রাশ হিসাবে তামা, কার্বন ও গ্রাফাইটের ব্যবহার

৩.৪: ব্রাশ হিসাবে তামা, কার্বন ও গ্রাফাইটের ব্যবহারের তুলনামূলক সুবিধা ও অসুবিধাসমূহ

কন্টাক্ট ম্যাটেরিয়্যালস

কন্টাক্ট ম্যাটেরিয়্যালস এর ধারণা
Concept of Contact Materials

- **৩.১**
- **কন্টাক্ট ম্যাটেরিয়্যালস**
- কন্টাক্ট ম্যাটেরিয়্যালস এক ধরনের ইলেকট্রিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং ম্যাটেরিয়্যালস যা বৈদ্যুতিক সংযোগ সৃষ্টির কাজে ব্যবহৃত হয় ।কন্টাক্ট শব্দের অর্থ সংস্পর্শ। সুতরাং সংস্পর্শ দ্বারা বৈদ্যুতিক সংযোগ স্থাপনের কাজে যে সমস্ত পদার্থ বা ম্যাটেরিয়াল ব্রবহৃত হয় তাদেরকে কন্টাক্ট ম্যাটেরিয়্যালস বলা হয়। কন্টাক্ট ম্যাটেরিয়্যালস ধাতু বা সংকর ধাতু উভয় ধরনেরই হয়ে থাকে বৈদ্যুতিক মেশিন এবং বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি ও আসবাবপত্রের স্থির বা চলমান সংযোগ স্থলে ব্যবহার করা হয়।

কন্টাক্ট ম্যাটেরিয়্যালস এর ধারণা

- **ভৌত ধর্ম**
- (১) উজ্জ্বল সাদা বর্ণের ধাতু (২) আপেক্ষিক গুরুত্ব ১০.৫ (৩) গলনাঙ্ক ৯৬০± C এবং স্ফুটনাঙ্ক১৯৫৫±C (৪) সহজে পাতলা পাতে বা সরু তারে পরিণত করা যায়।
- বৈদ্যুতিক ধর্ম
- পরিবাহিতা সবচেয়ে বেশি
- ২০±C তাপমাত্রায় রেজিস্টিভিটি ১.৬৪X১০^{৮} ওহম-মিটার
- ২০±C তাপমাত্রায় তাপমাত্রা গুণাঙ্ক ০.০০৩৮
- ০±C তাপমাত্রায় রেজিস্টিভিটি ১.৪৭X১০^{৮} ওহম-মিটার।

কন্টাক্ট ম্যাটেরিয়্যালস এর ধারণা

- ৩.২. টাংস্টেন (Tungsten)
- **ভৌত ধর্ম**

(১) অত্যন্ত কঠিন পদার্থ। (২) কম ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। (৩) গলনাঙ্ক ৩৪১০±C এবং স্ফুটনাংক ৫৫৩০±C

- **বৈদ্যতিক ধর্ম**
- (১) পরিবাহিতা তুলনামূলকভাবে কম। (২) রেজিস্টিভিটি ৫.৫ x ১০¯৮ ওহম মিটার (২০±C তাপমাত্রায়) (৩) তাপমাত্রা সহগ ০.০০৪৫ (২০±C তাপমাত্রায়)। (৪) ০.±C তাপমাত্রায় রেজিস্টিভিটি ৫.০৬ x ১০$^{-৮}$ ওহম-মিটার।

longsunalloy.ecvv.com

- রূপা
- ভৌত ধর্ম
- (১) উজ্জ্বল সাদা বর্ণের ধাতু (২) আপেক্ষিক গুরুত্ব ১০.৫ (৩) গলনাঙ্ক ৯৬০± C এবং স্ফুটনাঙ্ক১৯৫৫±C
- (৪) এটা খুব ঘাতসহ পদার্থ বলে সহজে পাতলা পাতে বা সরু তারে পরিণত করা যায়।
- বৈদ্যুতিক ধর্ম
- পরিবাহিতা সবচেয়ে বেশি
- ২০±C তাপমাত্রায় রেজিস্টিভিটি ১.৬৪X১০^{৮} ওহম-মিটার। . ২০±C তাপমাত্রায় তাপমাত্রা গুণাঙ্ক ০.০০৩৮
- ০±C তাপমাত্রায় রেজিস্টিভিটি ১.৪৭X১০^{৮} ওহম-মিটার।

কন্টাক্ট ম্যাটেরিয্যালস এর ধারণা

- ***কার্বন***
- **ভৌত ধর্ম**
- দানাদার ও অদানাদার অবস্থায় থাকতে পারে
- তাপ ও ক্ষয়রোধক পদার্থ।
- ঘূর্ণায়মান কন্টাক্ট ম্যাটেরিয়াল হিসেবে ব্যবহার উপযাযোগী
- এর উপরিতল মসৃণ
- **বৈদ্যুতিক ধর্ম**
- পরিবাহিতা মাঝামাঝি
- রেজিস্টিভিটি (৩০০০-৭০০০) $\mathbf{X}$ ১০$^{-৮}$ ওহম-মিটার (২০$\pm$C তাপমাত্রায়)।
- তাপমাত্রা সহগ ঋণাত্মক
- ২০$\pm$C তাপমাত্রায় তাপমাত্রা সহগ – ০.০০০২ হতে – ০.০০০৮

কন্টাক্ট ম্যাটেরিয়্যালস এর ধারণা

- **তামা**
- **ভৌত ধর্ম**
- লালচে বাদামি রংয়ের
- ঘাতসহ ও নমনীয়
- আপেক্ষিক গুরুত্ব ৪.৯৭
- গলনাংক ১০৮৩±C ও স্ফুটনাংক ২৫৬৭±C
- **বৈদ্যুতিক ধর্ম**
- বৈদ্যুতিক পরিবাহিতা বেশি
- রেজিস্টিভিটি ১.৭২X১০$^{-৮}$ ওহম-মিটার (২০±C তাপমাত্রায়)।
- তাপমাত্রা গুণাঙ্ক ০.০০৩৯ (২০±C তাপমাত্রায়)।
- তাপমাত্রা গুণাঙ্ক ধনাত্মক
- কারেন্ট ডেনসিটি বেশি

৩.৩: ব্রাশ হিসাবে তামা, কার্বন ও গ্রাফাইটের ব্যবহার

- তামা

- কম ভোল্টেজের মেশিনে ব্রাশ হিসেবে তামা ব্যবহার করা হয়
- তামায় ভোল্টেজ ড্রপ কম হয়
- পজেটিভ তাপমাত্রা গুণাঙ্কের জন্য ক্যুটেটরের সাথে ব্রাশ ঘর্ষণের ফলে অতিরিক্ত তাপমাত্রায় এর রোধ বৃদ্ধি পায়
- কম্যুটেটরের সাথে ব্রাশের ঘর্ষণের ফলে তামা তাড়াতাড়ি ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। ফলে কম্যুটেটর ও ব্রাশ উভয়েরই ক্ষতি হয়
- ব্রাশ হিসেবে তামার ব্যবহার সীমিত।

৩.৩ ব্রাশ হিসেবে কার্বন ও গ্রাফাইটের ব্যবহার

- *কার্বন*
- কার্বনের রেজিস্টিভিটি বেশি
- এর তাপমাত্রা গুণাঙ্ক ঋণাত্মক
- কার্বন ব্রাশ ক্যুটেটরের সাথে ঘর্ষণের ফলে যে তাপ উৎপন্ন হয়, তার জন্য ব্রাশের রোধের হ্রাস পায়।

এ ছাড়া ঘর্ষণের ফলে তুলনামূলকভাবে কম ক্ষয়প্রাপ্ত হয়

- ডিসি মোটেরে এবং জেনারেটরে ব্রাশ হিসেবে কার্বন যথেষ্ট ব্যবহৃত হয়।

- গ্রাফাইট
- গ্রাফাইটের ওপরিতল খুব মসৃণ তাই ঘর্ষণজনিত রোধ

কমানোরজন্য কার্বনের সাথে সামান্য

গ্রাফাইট মিশ্রিত ব্রাশ বৈদ্যুতিক মোটরে এবং জেনারেটরে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়।

- কার্বন (Carbon) | গ্রাফাইট (Graphite)। | (১) তাপমাত্রা সহগ পজেটিভ হওয়াতে (১) তাপমাত্রা সহগ নেগেটিভ (১) তাপমাত্রা সহগ নেগেটিভ হওয়াতে রাোধ বৃদ্ধি পায়।
- হওয়াতে রাোধ হ্রাস পায়।
- রাোধ হ্রাস পায়। | (২) উপরিতল তুলনামূলকভাবে কম | (২) উপরিতল মসৃণ হওয়াতে (২) উপরিতল অত্যন্ত মসৃণ হওয়াতে মসৃণ হওয়াতে ঘর্ষণজনিত তাপ | ঘর্ষণজনিত তাপ কম হয়।
- ঘর্ষণজনিত তাপ সবচেয়ে কম হয়। বেশি হয়। (৩) তুলনামূলকভাবে ক্ষয় বেশি হয়। | (৩) তুলনামূলকভাবে ক্ষয় কম হয়। | (৩) ক্ষয় সবচেয়ে কম হয়। (৪) রেজিস্টিভিটি কম হওয়াতে ড্রপ | (৪) রেজিস্টিভটি মাঝামাঝি হওয়াতে | (৪) রেজিস্টিভিটি মাঝামাঝি হওয়াতে কম হয়।

Chapter-4

- উচ্চ রেজিস্টিভিটি ম্যাটেরিয়ালস
- Understand the High Resistivity Materials

এ অধ্যায়ের শিক্ষনীয় বিষয় গুলি

৪.১ উষ্ণ রেজিস্টিভিটি
৪.২ নাইক্রোম, ইউরেকা, ম্যাঙ্গানিন এবং জার্মান সিলভারের সাধারণ বৈশিষ্ট্য
৪.৩ নাইক্রোম, ইউরেকা, ম্যাঙ্গানিন এবং জার্মান সিলভারের গঠন বা মিশ্রণ
৪.৪ উষ্ণ রেজিস্টিভিটি উষ্ণ পদার্থের ববব্যবহারের তালিকা

Electrical characteristics of commercial alloys

Furnace heating elements

high electrical resistivity

energy loss by electrons

dissipated as heat energy

Ex: Nichrome, a nickel–chromium alloy

উচ্চ রেজিস্টিভিটি ম্যাটেরিয়ালস

- ৪.১ উচ্চ রেজিস্টিভিটি
- (Define the Term High Resistivity)
- রেজিস্টিভিটি বা রাোধাঙ্ক হলা কন্ডাকটিভিটি বা পরিবাহিতার বিপরীত। যে পদার্থের কন্ডাকটিভিটি নিম্ন বা লাো (Low), সে পদার্থের রেজিস্টিভিটি উচ্চ বা হাই (High)। অর্থাৎ নিম্ন কন্ডাকটিভিটি সম্পন্ন পদার্থকে হাই রেজিস্টিভিটি পদার্থ (Material) বলা হয়। নিম্নে 20°C তাপমাত্রায় রেজিস্টিভিটিসহ কয়েকটি হাই রেজিস্টিভিটি পরিবাহী পদার্থের নাম উল্লেখ করা হলাোপদার্থের নাম
- |20°C তাপমাত্রায় রেজিস্টিভিটি (ওহম-মিটার) (১) নাইক্রোম (Nichrome),
- 108.5 x 10^{-8} |(২) ইউরেকা (Eureka)।
- 49 x 10-8 | (৩) পারদ (Mercury) ।
- 95.8x10^{-8} (৪) মাঙ্গানিন (Manganin)
- 44 X 10^{-8} - 48 x 10^{-8} (৫) জার্মান সিলভার (German Silver) .
- 33 x 10^{-8}

- হাই রেজিস্টিভিটির সংজ্ঞা : যে সকল পরিবাহী পদার্থের রেজিস্টিভিটি তুলনামূলকভাবে অনেক বেশি, সেগুলাকে উচ্চ বা হাই রেজিস্টিভিটি ম্যাটেরিয়াল বলে। উচ্চ রেজিস্টিভিটি পরিবাহী পদার্থ হিসেবে সাধারণত নাইক্রোম, ইউরেকা, ম্যাঙ্গানিন এবং
- জার্মান সিলভার ব্যবহৃত হয়।

৪.২ নাইক্রোম, ইউরেকা, ম্যাঙ্গানিন এবং জার্মান সিলভারের সাধারণ বৈশিষ্ট্য

: (১) রেজিস্টিভিটি অনেক বেশি, 20°C তাপমাত্রায় 10.5×10^{-8} ওহম-মিটার যা তামার তুলনায় প্রায় 60 গুণ। (২) নাইক্রোমের তৈরি কয়েলে সহজে তাপ উৎপন্ন হয়। (৩) 20°C তাপমাত্রায় তাপমাত্রা সহগ 0.004 ওহম/°C. (৪) গলনাংক 1350 থেকে 1400°C.

নাইক্রোম-ভি (Nichrome-v) : (১) নাইক্রোম-ভি-এর আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স p = 40-cm at 20°C (২) তাপমাত্রা সহগ,

0 = 0.0001/°C at 20°C (৩) গলনাংক = 1400°C

- ইউরেকা (Eureka) : ইউরেকাকে কনস্ট্যানট্যান (Constantan) বলা হয়। ইউরেকার সাধারণ বৈশিষ্ট্য হলো— (১) 20°C তাপমাত্রায় রেজিস্টিভিটি 49 x 10^{-8} ওহম মিটার। (২) তাপমাত্রা সহগ নেগেটিভ এবং খুব কম, 20°C তাপমাত্রায়, - 0.000008 ওহম/°C. (৩) গলনাঙ্ক 300°C. ম্যাঙ্গানিন (Manganin) : (১) 20°C তাপমাত্রায় রেজিস্টিভিটি 44 x 10^{-8} - 48x10^{-8} ওহম-মিটার (২) তাপমাত্রা সহগ খুব কম, 20°C তাপমাত্রায় তাপমাত্রা সহগ 0.000006 ওহম /°C. (৩) গলনাঙ্ক 1020°C. জার্মান সিলভার (German Silver) : (১) 20°C তাপমাত্রায় রেজিস্টিভিটি 33 x 10^{-8} ওহম-মিটার। (২) 20°C তাপমাত্রায় তাপমাত্রা সহগ 0.0004/°C (৩) বর্ণ সাদা।

৪.৩ নাইক্রোম, ইউরেকা, ম্যাঙ্গানিন এবং জার্মান সিলভারের গঠন বা মিশ্রণ

- **নাইক্রোম**
- নিকেল – 61% ক্রোমিয়াম – 15% আয়রন – 24%
- **নাইক্রোম-ভি**
- নিকেল = 40% ক্রোমিয়াম = 20% আয়রন = 40%
- **ইউরেকা**
- তামা – 60% নিকেল – 40%
- **ম্যাঙ্গানিন**
- তামা - 84% ম্যাঙ্গানিজ - 12% নিকেল - 4%
- **জার্মান সিলভার**
- তামা – 50% নিকেল = 30% দস্তা -20%

৪.৪ উচ্চ রেজিস্টিভিটি উচ্চ পদার্থের বব্যবহারের তালিকা

- নাইক্রোম
- ইউরেকা
- নাইক্রোম-ভি
- জার্মান সিলভার
- ম্যাঙ্গানিন

পঞ্চম অধ্যায়

ফিউজ ম্যাটেরিয়ালস

এ অধ্যায়ের শিক্ষনীয় বিষয় গুলি

৫.১ ফিউজ, ধাতু এবং সংকর ধাতু

৫.২ ফিউজ ম্যাটারিয়ালসের বৈশিষ্ট্য বা গুন

৫.৩ ফিউজ হিসেবে ব্যবহৃত ধাতু এবং সংকর ধাতুর তালিকা

৫.৪ ফিউজ ম্যাটেরিয়াল হিসেবে ধাতু এবং সংকর ধাতুর তুলনামূলক সুবিধা

৫.১ ফিউজ, ধাতু এবং সংকর ধাতু

- **ফিউজ ঃ-** ফিউজ এমন একটি পরিবাহী ধাতু যা একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহের ফলে গলে গিয়ে বা পুড়ে গিয়ে সার্কিটের তার এবং তদ্‌সংলগ্ন যন্ত্রপাতিকে অতিরিক্ত কারেন্টের হাত থেকে রক্ষা করে।

- **ধাতু ঃ-** সাধারণ তাপমাত্রায় কঠিন অবস্থায় থাকে, তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবাহী এবং যাকে পিটিয়ে পাতলা পাত বা সরু করা যায়, তাকে ধাতু বলে।

রক্ষণ যন্ত্র : ফিউজ এবং সার্কিট ব্রেকার

MCB

MCCB

ACB

রক্ষণ যন্ত্র : ফিউজ

৫.২ ফিউজ ম্যাটারিয়ালসের বৈশিষ্ট্য বা গুন

১) নিম্ন গলনাঙ্ক।
২) উচ্চ কারেন্ট বহন ক্ষমতা।
৩) অক্সিডেশনের প্রভাব মুক্ত।
৪) নিম্ন স্পেসিফিক হিট সম্পন্ন।
৫) দামে সস্তা।

৫.৩ ফিউজ হিসেবে ব্যবহৃত ধাতু এবং সংকর ধাতুর তালিকা

ফিউজ হিসেবে ব্যবহৃত ধাতু :

১. তামা (Copper),
২. টিন (Tin),
৩. রুপা (Silver),
৪. অ্যালুমিনিয়াম (Aluminium),
৫. সীসা (Lead) ইত্যাদি।

৫.৩ ফিউজ হিসেবে ব্যবহৃত ধাতু এবং সংকর ধাতুর তালিকা

ফিউজ হিসেবে ব্যবহৃত সংকর ধাতু :

- ১) সীমা ও টিন মিশ্রিত সংকর ধাতু।
- ২) তামা ও রূপা মিশ্রিত সংকর ধাতু।
- ৩) সীমা, বিসমাথ, টিন মিশ্রিত সংকর ধাতু।
- ৪) সীমা, বিসমাথ, টিন ও ক্যাডমিয়াম মিশ্রিত সংকর ধাতু।

৫.৪ ফিউজ ম্যাটেরিয়াল হিসেবে ধাতু এবং সংকর ধাতুর তুলনামূলক সুবিধা

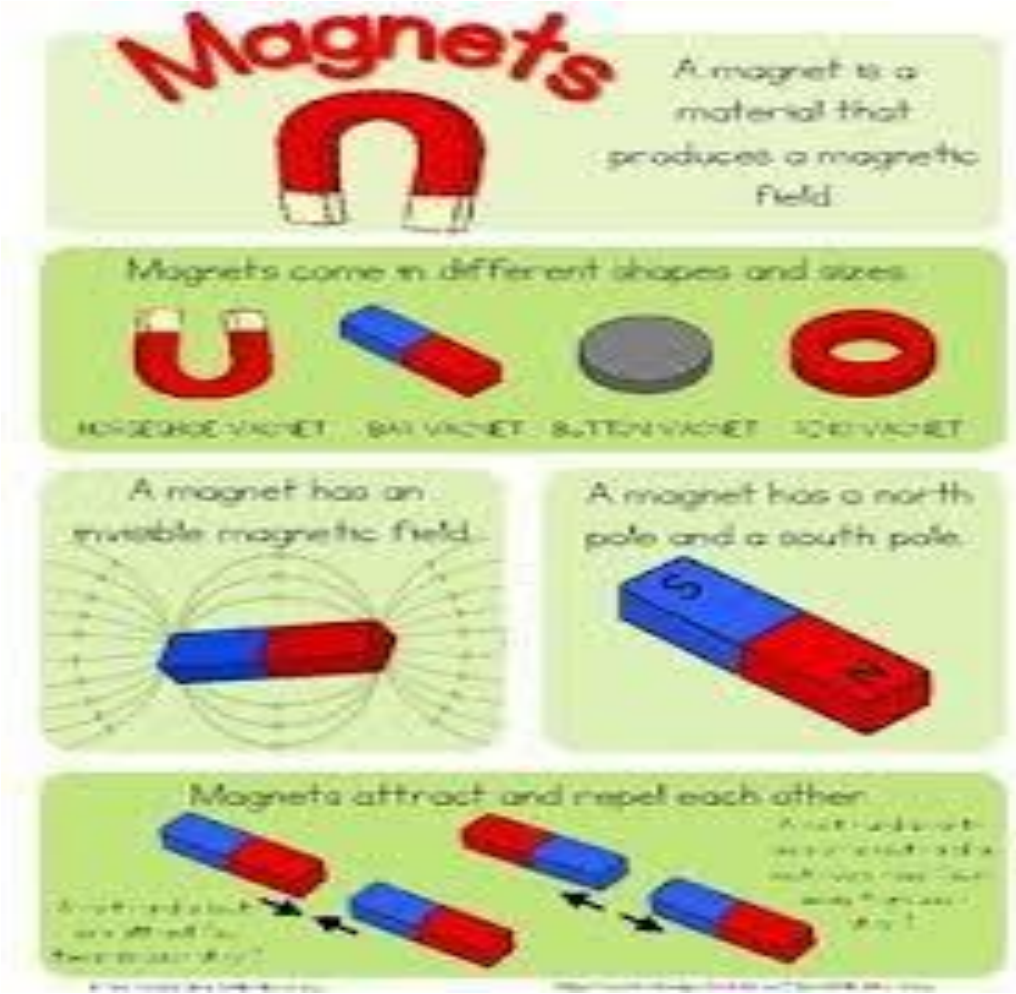
ধাতু	সংকর ধাতু
১) তামার তৈরি ফিউজ তারের গলন কারেন্ট বেশি লাগে।	১) সংকর ধাতুর তৈরি ফিউজ তারের গলন কারেন্ট তুলনামূলক ভাবে কম লাগে
২) ফিউজ তার চিকন হয়।	২) ফিউজ তার তুলনামূলক ভাবে মোটা হতে হয়।
৩) অক্সিডেশন জনিত প্রভাব হতে মুক্ত নয়	৩) অক্সিডেশন জনিত প্রবাব হতে মুক্ত।
৪) ধাতুর মাধ্যে সীমা সর্বোত্তম ফিউজ ম্যাটেরিয়্যাল। কারণ গলন কারেন্ট বা ফিউজিং কারেন্ট কম।	৪) সংকর ধাতুর মধ্যে টিন ও সীসার মিশ্রণ সর্বোত্তম ফিউজ ম্যাটেরিয়্যাল। কারণ গলন কারেন্ট কম।

স্বাগতম

Chapter-6

- ম্যাগনেটিক ম্যাটেরিয়ালস এর বৈশিষ্ট্য
- Understand the Magnetic Properties of Materials

ম্যাগনেট


Magnets
A magnet is a material that produces a magnetic field
Magnets come in different shapes and sizes
A magnet has an invisible magnetic field
A magnet has a north pole and a south pole
S
N
Magnets attract and repel each other

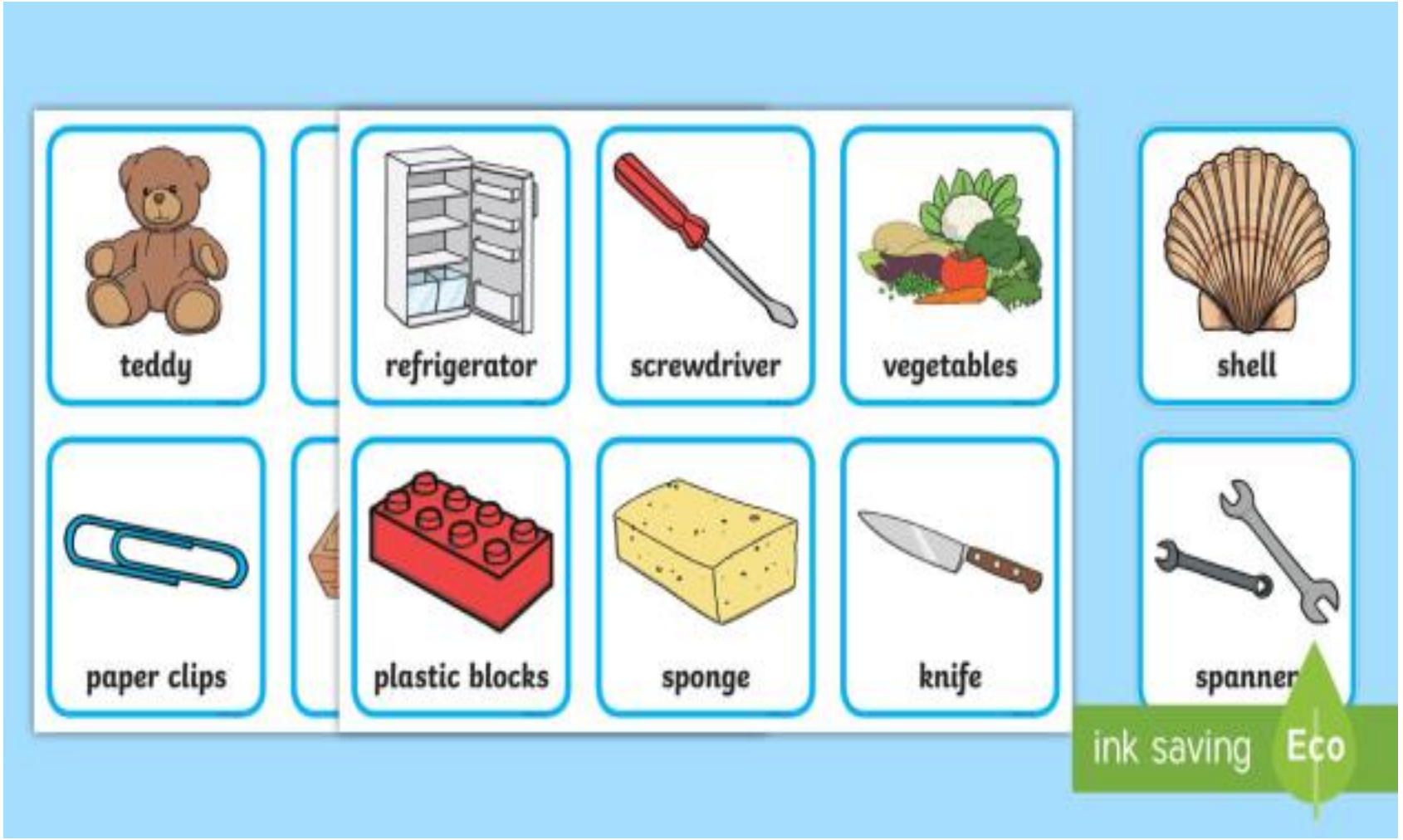
চৌম্বক পদার্থ, নরম চৌম্বক পদার্থ এবং কঠিন চৌম্বক পদার্থ

- চৌম্বক পদার্থ (Magnetic Material) : যে সব পদার্থ চুম্বক দ্বারা আকর্ষিত হয় এবং চুম্বকে পরিণত করা যায় এদেরকে চৌম্বক পদার্থ বা ম্যাগনেটিক ম্যাটেরিয়ালস বলে। যেমন
- ১। বিশুদ্ধ লোহা (Pure Iron)
- ২। ঢালাই লোহা (Cast Iron)
- ৩। কার্বন-ইস্পাত (Carbon steel)
- ৪। সিলিকন ইস্পাত (Silicon Steel) ইত্যাদি।
- ৬। পারম্যালয় (Permalloy)।
- ৭। মুমেটাল (Mumetal)
- ৮। পারমিনভার (Perminvar)

নরম চৌম্বক পদার্থ
Soft Magnetic Material

- নরম চৌম্বক পদার্থ (Soft Magnetic Material) :
- যে সব পদার্থের চুম্বকত্ব খুব সহজে নষ্ট হয়ে যায়, এদেরকে নরম চৌম্বক পদার্থ বলে। এদের পারমিয়্যাবিলিটি বেশি কিন্তু ধারণ ক্ষমতা বা অবশিষ্ট চুম্বকত্ব কম। অস্থায়ী চুম্বক তৈরিতে নরম। চৌম্বক পদার্থ ব্যবহৃত হয়। যেমন-
- ১। বিশুদ্ধ (Pure Iron)
- ২। ঢালাই লোহা (Cast Iron)
- ৩। কার্বন-ইস্পাত (Carbon steel)
- ৪। সিলিলোহাকন ইস্পাত (Silicon Steel)
- ৫। ম্যাংগানিজ এবং নিকেল ইস্পাত (Manganese and Nickel Steel)

ম্যাগনেটিক এবং নন ম্যাগনেটিক পদার্থ



কঠিন চৌম্বক পদার্থ (Hard Magnetic Material

- যে সব পদার্থের চুম্বকত্ব সহজে নষ্ট হয় না, এদেরকে কঠিন চৌম্বক পদার্থ বলে। এদের পারমিয়্যাবিলিটি কম কিন্তু ধারণ ক্ষমতা বা অবশিষ্ট চুম্বকত্ব বেশি। স্থায়ী চুম্বক তৈরিতে কঠিন চৌম্বক পদার্থ ব্যবহৃত হয়। যেমন-
- ১। সংকর ইস্পাত (Ailoy steel) :
- (i) হার্ড-কার্বন ইস্পাত (High Carbon Steel)
- (ii) ' টাংস্টেন ইস্পাত (Tungsten Steel)
- (iii) ক্রোমিয়াম ইস্পাত (Chromium Steel)
- (iv) কোবাল্ট ইস্পাত (Cobalt steel)।

৬.২ চৌম্বক পদার্থের শ্রেণিবিভাগ।

- বৈশিষ্ট্য অনুসারে চৌম্বক পদার্থকে তিন ভাগে ভাগ করা যায়। যথা
- (১) ফেরো-ম্যাগনেটিক পদার্থ (Ferro-magnetic Materials)
- (২) প্যারা-ম্যাগনেটিক পদার্থ (Para-magnetic Materials)
- (৩) ডায়া-ম্যাগনেটিক পদার্থ (Dia-magnetic Materials)
- সংক্ষিপ্ত বর্ণনা নিম্নরূপ
- ফেরো -ম্যাগনেটিক পদার্থ :
- যে সব পদার্থ চুম্বক দ্বারা খুব বেশি আকর্ষিত হয় এদেরকে ফেরো -ম্যাগনেটিক পদার্থ বলে।
- যেমন—,নিকেল, ইস্পাত এবং এদের সংকর ধাতু

৬.২ চৌম্বক পদার্থের শ্রেণিবিভাগ

- **প্যারা-ম্যাগনেটিক পদার্থ** : যে সকল পদার্থ চুম্বক দ্বারা সামান্য আকর্ষিত হয় এদেরকে প্যারা-ম্যাগনেটিক পদার্থ বলে।
- যেমন- এলুমিনিয়াম, প্লাটিনাম, প্যালাডিয়াম ইত্যাদি।

ডায়া-ম্যাগনেটিক পদার্থ : যে সব পদার্থ চুম্বক দ্বারাআকর্ষণের পরিবর্তে সামান্য বিকর্ষিত হয় এদরকে ডায়া-ম্যাগনেটিক পদার্থ বলে।

যেমন—দস্তা, পারদ, স্বর্ণ, সীসা, টিন ইত্যাদি।।

৬.৩ নরম চৌম্বক পদার্থের গঠন ও বৈশিষ্ট্য
Properties of Soft Magnetic Materials

- ১। বিশুদ্ধ লাোহা : এতে কোন ভেজাল বা খাদ নেই। অর্থাৎ এটি কোন পদার্থের মিশ্রণ বিহীন খাটি লাোহা,
- যার ভেদ্যতা অনেক বেশি এবং যা প্রবল চৌম্বক বলের সাথে বৃদ্ধি পায়। এর রেজিস্টিভিটি কম হওয়াতে এতে প্রচুর এডি কারেন্টের সৃষ্টি হয়। তবে একে পাতলা শিট বা পাত আকারে ব্যবহার করা হলে এডি কারেন্ট হ্রাস পায় কিন্তু
- ভেদ্যতা কিছুটা কমে যায়।
- ২। ঢালাই লাোহা : এটি 2.5% কার্বন মিশ্রিত লাোহা। এটি দামে সস্তা, তবে চুম্বকীয়ভাবে বিশুদ্ধ লাোহার
- চেয়ে নিম্নমানের। এটি বৈদ্যুতিক মেশিনের কাঠামাে তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

৬.৩ নরম চৌম্বক পদার্থের গঠন ও বৈশিষ্ট্য

- ৩। কার্বন ইস্পাত (Carbon steel) : এটি 0.5% কার্বন মিশ্রিত লাে কার্বন স্টিল যা বিশুদ্ধ লাোহার অনুরূপ, তবে। সামান্য কম শক্তিশালী। এ ধরনের ইস্পাত ডিসি এর ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।
- ৪। সিলিকন ইস্পাত (Silicon steel) : ইস্পাতের সাথে বিভিন্ন অনুপাতে সিলিকন মিশ্রিত করে সিলিকন ইস্পাত তৈরি
- করা হয়। ইস্পাতের সাথে সিলিকন মিশ্রণের ফলে এর চৌম্বক গুণাবলি এবং কাঠিন্য বৃদ্ধি পায় কিন্তু ভেদ্যতা হ্রাস পায়। এর ফলে হিস্টেরেসিস লস উল্লেখযাোগ্য পরিমাণে হ্রাস পায়। আবার সিলিকনের পরিমাণ বৃদ্ধি করা হলে রেজিস্টিভিটি বৃদ্ধি পায়। ফলে এডি কারেন্ট লস হ্রাস পায়। তাই, এটি এসি ও ডিসি উভয় ক্ষেত্রেই ব্যবহৃত

৬.৩ নরম চৌম্বক পদার্থের গঠন ও বৈশিষ্ট্য

- ব্যবহার বা কাজের ভিন্নতার জন্য ইস্পাতের সাথে মিশ্রিত সিলিকনের পরিমাণ বিভিন্ন হয়। যেন চর্চার স্টার জন্য -3.50 জেনারেটর এবং মাোটর স্টিলের জন্য = 2.5% – 3.5% ,ট্রান্সফরমার কোরের জন্য = 4% - 5% ইত্যাদি
- ৫। পারম্যালয় (Permaloy) ঃ এতে নিকেল 74.5% লাোহা 21% এবং কপার, ম্যাঙ্গানিজ, ক্রোমিয়াম এবং কোবাল্টসামান্য পরিমাণে আছে। কম ফ্লাক্স ডেনসিটিতে এর চৌম্বক ভেদ্যতা অত্যন্ত বেশি। ফলে হিস্টেরেসিস লস কম হয়। ৬। মিউমেটাল (Mumetal) ঃ এতে নিকেল 75%, কপার 4%, ক্রোমিয়াম 2 - 3% এবং বাকিটা লাোহা থাকে। কম ফ্লাক্স ডেনসিটিতে এর চৌম্বক ভেদ্যতা এবং রেজিস্টিভিটি বেশি। ফলে এতে এডি কারেন্ট লস কম হয়।

- ৭।। পারমিনভার (Perminver) ৪ এটি নিকেল, কোবাল্ট এবং আয়রন মিশ্রিত সংকর ধাতু। এতে 50% নিকেল 25% কোবাল্ট এবং 25% আয়রন থাকে। কম ফ্লাক্স ডেনসিটিতে এর ভেদ্যতা স্থির থাকে। ফলে হিস্টেরেসিস লস কম হয়।
- নরম চৌম্বক পদার্থের বৈশিষ্ট্য
- (১) পারমিয়াবিলিটি বেশি।
- (২) ধারণ ক্ষমতা কম।
- (৩) অবশিষ্ট চুম্বকত্ব কম।
- (৪) চুম্বকত্ব সহজেই নষ্ট হয়ে যায়।
- (৫) দমনমূলক ফোর্স বেশি।
- (৬) রেজিস্টিভিটি তুলনামূলকভাবে কম।

৬.৪ কঠিন চৌম্বক পদার্থের গঠন ও বৈশিষ্ট্য Composition and Properties of Hard Magnetic Materials

- নিচে কয়েকটি কঠিন চৌম্বক পদার্থের গঠন ও বৈশিষ্ট্য আলোচনা করা হলো
- **(১) হাই কার্বন ইস্পাত** :
- হাই কার্বন ইস্পাতে কার্বনের পরিমাণ বেশি (1.75%) থাকে। কার্বন বেশি থাকার ফলে এর মেকানিক্যাল স্ট্রেংথ, রেজিস্টিভিটি এবং ধারণ ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়, তবে পারমিয়্যাবিলিটি হ্রাস পায়।
- **(২) কোবাল্ট ইস্পাত** :
- এতে 34% কোবাল্ট, 5% ক্রোমিয়াম, 4.6% টাংস্টেন এবং বাকি অংশ আয়রন থাকে। এর সম্পৃক্ত ফ্লাক্স ডেনসিটি 2.4 ওয়েবার/বর্গমিটার এবং কোয়ারসিভিটি 1000 অ্যাম্পিয়ার-টার্ন/মিটার। এটি অত্যন্ত সন্তে

- **(৩) ক্রোমিয়াম ইস্পাত** : এতে 0.6 হতে 1% কার্বন, 2 হতে 6% ক্রোমিয়াম, 0.5% ম্যাঙ্গানিজ এবং বাকিটা লোহা থাকে। এর সম্পৃক্ত ফ্লাক্স ডেনসিটি 1.2 ওয়েবার/বর্গমিটার এবং কোয়ারসিভিটি 4000 অ্যাম্পিয়ার-টার্ন/মিটার। B-H গুণফল = 2500000। **(৪) অ্যালনি** : এতে 10% থেকে 15% অ্যালুমিনিয়াম, 25% থেকে 30% নিকেল এবং বাকিটা লোহা থাকে। এর B-H.গুণফল অত্যন্ত উচ্চ মানের এবং দমনমূলক ফোর্স অত্যন্ত বেশি। |

- **(৫) অ্যালনিকো** :
- এতে 10% অ্যালুমিনিয়াম, 18% নিকেল, 12% কোবাল্ট, 6% কপার এবং বাকিটা লোহা থাকে। এর চৌম্বক গুণাবলি উৎকৃষ্ট মানের। এটা সর্বোত্তম চৌম্বক পদার্থ হিসেবে পরিচিত। অত্যন্ত কঠিন এবং ভঙ্গুর। এর সর্বোচ্চ ফ্লাক্স ডেনসিটি = 1.2 wb/m2এবং কোয়ারসিভিটি = 100000 AT/m। (৬) নিকেল ইস্পাত : এ ধরনের ইস্পাত 95.5% – 96.5% লোহা, 0.20%. 2.5% কার্বন এবং 2.25% - 3.25% নিকেল থাকে। এটা শক্ত, স্বল্প প্রসারাঙ্ক ও ভারবহন ক্ষমতা সম্পন্ন হয়।
- (৬) নিকেল ইস্পাত : এ ধরনের ইস্পাত 95.5% – 96.5% লোহা, 0.20%. 2.5% কার্বন এবং 2.25% - 3.25% নিকেল থাকে। এটা শক্ত, স্বল্প প্রসারাঙ্ক ও ভারবহন ক্ষমতা সম্পন্ন হয়।
-

- (৭) টাংস্টেন ইস্পাত :
- এতে 0.5% – 0.75% কার্বন, 4.5% - 6% টাংস্টেন এবং বাকিটা লোহা থাকে এর সম্পৃক্ত ফ্লাক্স ডেনসিটি = = 1.2 wb/m2 এবং কোয়ারসিভিটি = 8000 AT/m। B-H গুণফল = 3,00,000।
- (৮) কুনিফ (Cunif) :
- এতে 60% কপার, 20% নিকেল এবং 20% লোহা আছে। এটা একটা নমনীয় সংকর ধাতু। একে তার ও পাত আকারে তৈরি করা যায়।
- (৯) অ্যালকোম্যাক্স এবং হাইকোম্যাক্স : এগুলো আয়রন, অ্যালুমিনিয়াম এবং কোবাল্ট মিশ্রিত সংকর ধাতু। এদের
- কোয়ারসিভ কোর্স অত্যন্ত বেশি।
- (১০) কুনিকো (Conico) : এতে 60% কপার, 20% নিকেল এবং 20% কোবাল্ট আছে। এর কোয়ারসিভ ফোর্স সর্বোচ্চ।
- এটা ভঙ্গুর।

কঠিন চৌম্বক পদার্থের বৈশিষ্ট্য

- (১) চুম্বকত্ব সহজে নষ্ট হয় না।
- (২) পারমিয়্যাবিলিটি কম।
- (৩) ধারণ ক্ষমতা বেশি।
- (৪) অবশিষ্ট চুম্বকত্ব বেশি।
- (৫) চুম্বকত্ব স্থায়ী হয়।
- ৬.৫ কঠিন এবং নরম চৌম্বক পদার্থের ব্যবহার

ভোল্টেজ অ্যালুমিনিয়াম ফরমা পারমানেন্ট ম্যাগনেটের দুই পোল ফেসের মধ্যে
বেশি র‍্যাম্প
ভোল্টমিটার টর্ক ওয়েট রেশি ◌প্যাচানো গোলকাকার ব্রোঞ্জ বিক্ষেপনের
মোতাবেক ড্রাইভিং
কারেন্টের মিটারে
ভগ্নাংশ দ্বারা অ্যামিটারে টর্ক পারমনেন্ট ম্যাগনেটের ◌ি ডিফ্লেকটিং গুলির
লোডের লোড রোটর রোটরের ◌ কারেন্টের ভোল্টমিটারের
কোন ইনস্ট্রুমেন্টের মুভিং কয়েলের ,ন্ট
ভোল্টেজ ভোল্টেজের অ্যামিটারের মোমেন্ট কয়েল প্রয়োজনীয় , কোয়ার্টজ , রো
ভোল্টেজ ভোল্টমিটারের
ভোল্টমিটার ভোল্টমিটারকে ভোল্টমিটারের রোধ মোটা কিন্তু রোধের সংযোগ
সংযোগরে মধ্যে
অ্যাপ্রোক্সিমেশন ফেরো লোহা লোডিং

৬.৫ কঠিন এবং নরম চৌম্বক পদার্থের ব্যবহার
Use of Hard and Soft Magnetic Materials

- কঠিন চৌম্বক পদার্থের ব্যবহার
- (১) স্থায়ী চুম্বক তৈরিতে
- (২) টেলিফোনের লোডিং কোর তৈরিতে
- (৩) টেলিগ্রাফ যন্ত্রপাতি তৈরিতে
- (৪) টেলিভিশনের পিকচার টিউবের ফোকাসিং ম্যাগনেট তৈরিতে
- (৫) ইলেকট্রিক্যাল মেশিন এবং মেজারিং ইনস্ট্রমেন্ট ইত্যাদি।

নরম চৌম্বক পদার্থের ব্যবহার

- (১) অস্থায়ী চুম্বক তৈরিতে
- (২) ডায়নামোর পোল এবং আর্মেচার কোর তৈরিতে
- (৩) ট্রান্সফরমার এবং বৈদ্যুতিক চুম্বকের কোর তৈরিতে
- (৪) বৈদ্যুতিক মেশনে ইত্যাদিতে।

৬.৬ চুম্বকায়ন চক্র হিস্টেরেসিস লুপ এবং হিস্টেরেসিস লস

Magnetization Curve Hysteresis Loop and Hysteresis

- **চুম্বকায়ন চক্র (Magnetization Curve**)
- ফ্লাক্স ডেনসিটির (B) এবং ম্যাগনেটাইজিং ফোর্স (H)-এর মধ্যে সম্পর্কসূচক কার্ভকে ম্যাগনেটাইজেশন কার্ভ বা B-H কার্ভ বলে। কার্ভের কয়েকটি প্রয়াোগ বা ব্যবহার উল্লেখ করা হল -
- (১) চৌম্বক ভেদ্যতা বা পারমিয়্যাবিলিটি নির্ণয়ে
- (২) ফ্লাক্স ডেনসিটি নির্ণয়ে।
- (৩) ম্যাগনেটাইজিং ফোর্স নির্ণয়ে
- (৪) হিস্টেরেসিস লস নির্ণয়ে।
- (৫) সম্পৃক্ত বিন্দু (Saturation Point) নির্ণয়ে।

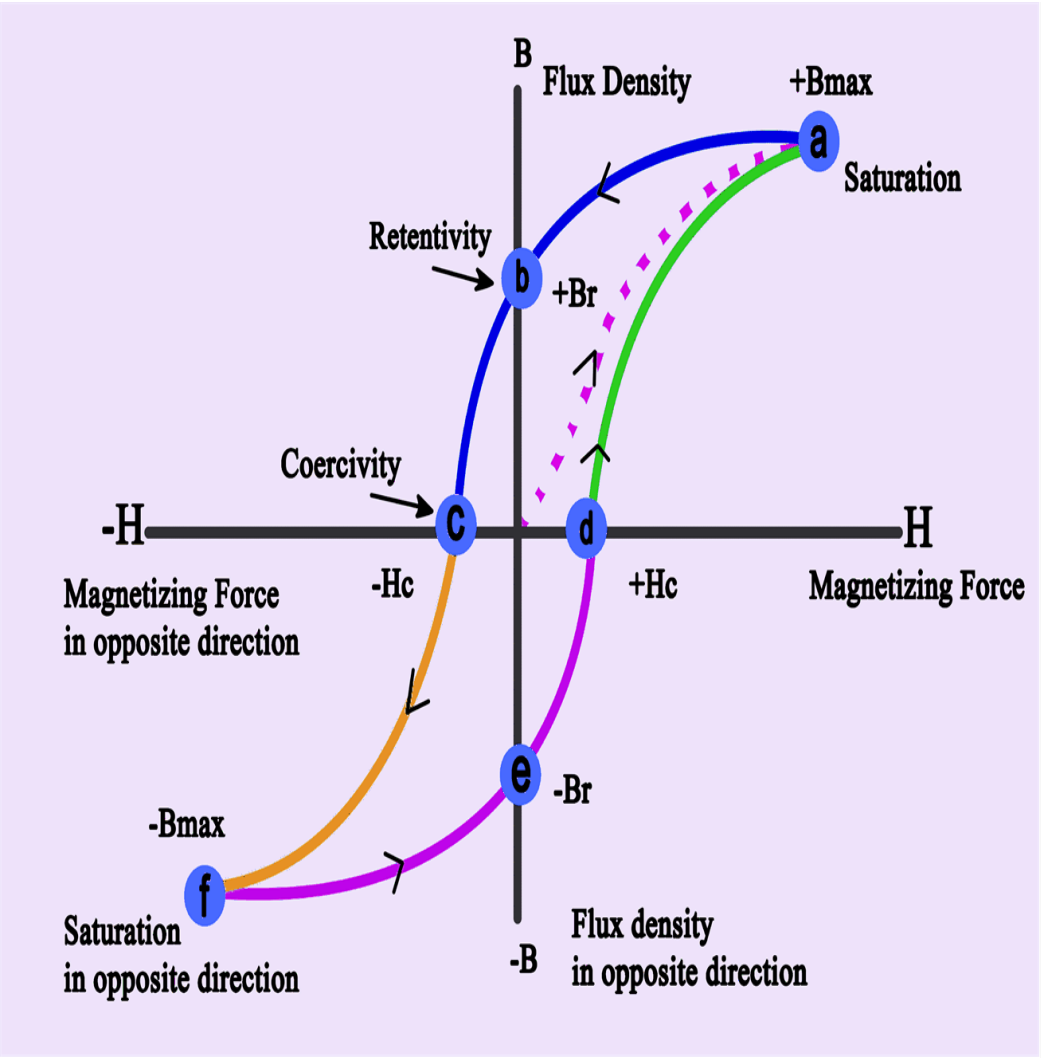
হিস্টেরেসিস লুপ (Hysteresis Loop)

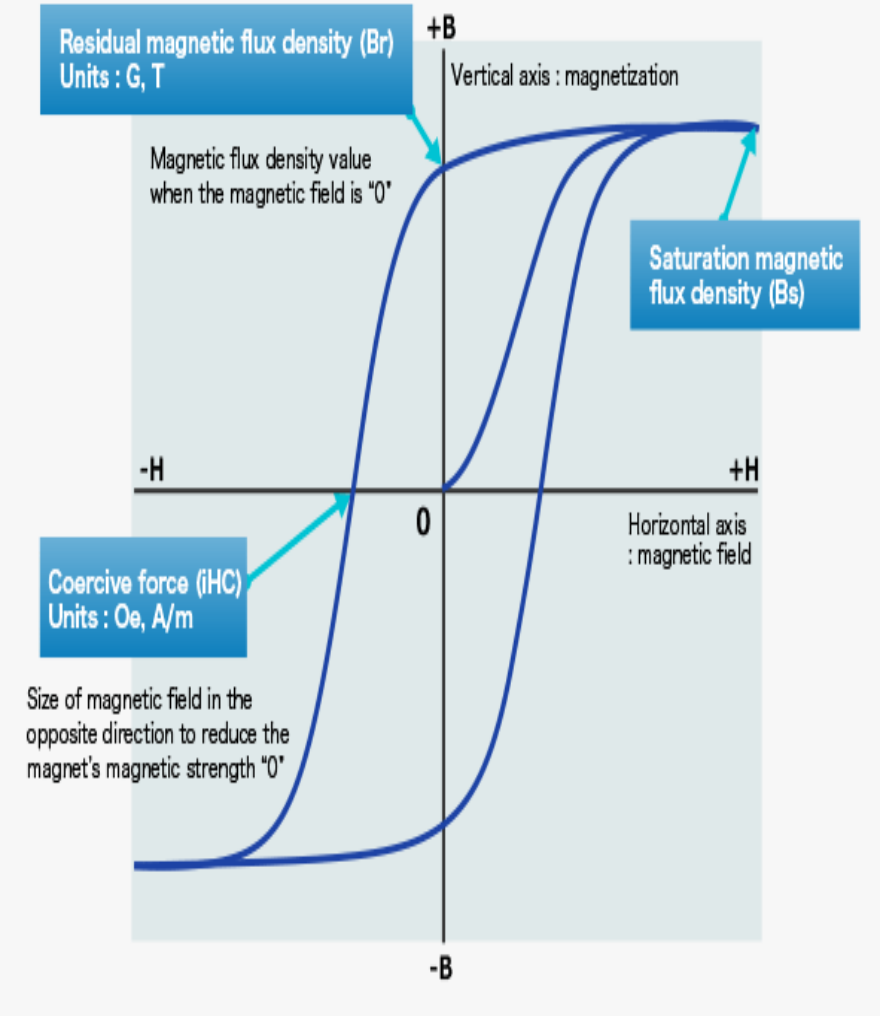
- *একটি সলিনয়েডের কয়েলের কারেন্ট পরিবর্তনের সাথে ম্যাগনেটাইজিং ফোর্স (H) এবং সলিনয়েডের ফ্লাক্স ডেনসিটি (B) পরিবর্তন হতে থাকে। এই ম্যাগনেটাইজিং ফোর্সের সাপেক্ষে সলিনয়েডের ফ্লাক্স ডেনসিটি র সঞ্চার পথ একটি বদ্ধ পথ। এই সঞ্চার পথকে হিস্টেরেসিস লুপ বলে।*

হিস্টেরেসিস লুপ (Hysteresis Loop

- একটি সলিনয়েডের কয়েলের কারেন্ট বৃদ্ধি করতে থাকলে ম্যগনেটাইজিং ফোর্স বৃদ্ধি পেতে থাকে । ম্যগনেটাইজিং ফোর্স বৃদ্ধি র সাথে সাথে সলিনয়েডের ফ্লাক্স ডেনসিটি বৃদ্ধি পেতে থাকে ।এক সময় কারেন্ট বা ম্যগনেটাইজিং ফোর্স বৃদ্ধি র ফ্লাক্স আর ডেনসিটি বৃদ্ধি পায় না। এর পর কারেন্ট বা ম্যগনেটাইজিং ফোর্স হ্রাস করতে থাকলে ফ্লাক্স ডেনসিটিও হ্রাস পেতে থাকে । এক সময় কারেন্ট বা ম্যগনেটাইজিং ফোর্স শূন্য হলেও কিছু ফ্লাক্স ডেনসিটি

হিস্টেরেসিস লুপ


B
Flux Density
+Bmax
a
Saturation
Retentivity
b
+Br
Coercivity
c
d
-H
H
Magnetizing Force
in opposite direction
-Hc
+Hc
Magnetizing Force
e
-Br
-Bmax
f
Saturation
in opposite direction
-B
Flux density
in opposite direction


Residual magnetic flux density (Br)
Units : G, T
+B
Vertical axis : magnetization
Magnetic flux density value
when the magnetic field is "0"
Saturation magnetic
flux density (Bs)
-H
+H
0
Horizontal axis
: magnetic field
Coercive force (iHC)
Units : Oe, A/m
Size of magnetic field in the
opposite direction to reduce the
magnet's magnetic strength "0"
-B

- থেকে যায় – একে ***রেসিডুয়াল ম্যাগনেটিজম বলে*** ।এই রেসিডুয়াল ম্যাগনেটিজম শুন্য করতে হলে - সলিনয়েডের কয়েলের বিপরীত দিকে কারেন্ট বৃদ্ধি করতে হবে। ***সলিনয়েডের কয়েলের বিপরীত দিকে কারেন্ট প্রবাহের ফলে যে পরিমান ম্যগনেটাইজিং ফোর্সের জন্য সলিনয়েডের রেসিডুয়াল ম্যাগনেটিজম শুন্য হয় তাকে ।*** কারেন্ট বিপরীত দিকে আরও বৃদ্ধি করতে থাকলে ফ্লাক্স ডেনসিটি বৃদ্ধি পেতে থাকে এবং পজেটিভ দিকের ন্যায় পথ অনুসমণ করে।

হিস্টেরেসিস লুপ (Hysteresis Loop)

- এর পর বিপরীত দিকে কারেন্ট বা ম্যগনেটাইজিং ফোর্স হ্রাস করতে থাকলে ফ্লাক্স ডেনসিটিও হ্রাস পেতে থাকে । এক সময় কারেন্ট বা ম্যগনেটাইজিং ফোর্স শূন্য হলেও বিপরীত দিকে কিছু ফ্লাক্স ডেনসিটি বা ***রেসিডুয়াল ম্যাগনেটিজম রয়ে যায়। এটা শূন্য করার জন্য*** পজেটিভ দিকে ***কোরসিভ ফোর্স প্রয়োগ করতে হয় । এর পর*** কারেন্ট বা ম্যগনেটাইজিং ফোর্স পজেটিভ দিকে বৃদ্ধি করতে থাকলে ফ্লাক্স ডেনসিটি বৃদ্ধি পেতে থাকে ***সঞ্চার পথ একটি বদ্ধ পথ। তৈরী করে ।এই সঞ্চার পথকে হিস্টেরেসিস লুপ বলে।***

- **ম্যাগনেটিক হিস্টেরেসিস (Magnetic Hysteresis)** হিস্টেরেসিস শব্দের অর্থ হচ্ছে পশ্চাদবর্তী হওয়া (To Lag Behind)। চুম্বকায়ন চক্র বা হিস্টেরেসিস লুপে দেখা যায় ফ্লাক্স ডেনসিটি (B) সর্বদাই ম্যাগনেটাইজিং ফোর্স (H) -এর পশ্চাদ্বর্তী হয়, কখনও সমান বাঅগ্রবর্তী হতে পারে না। চুম্বকায়ন। চক্রে ম্যাগনেটাইজিং ফোর্স (H)-এর সাথে ফ্লাক্স ডেনসিটি (B)-এর পশ্চাদ্বর্তীতাকেই ম্যাগনেটিক হিস্টেরেসিস বলা হয়।
- **হিস্টেরেসিস লস (Hysteresis Loss) :** চৌম্বক পদার্থকে চুম্বকায়ন করার সময় ম্যাগনেটাইজিং ফোর্স (H)-এর সাথে ফ্লাক্স ডেনসিটি (B)-এর পশ্চাদবর্তীতার কারণে যে লস বা অপচয় হয়, তাকে হিস্টেরেসিস লস (Hysteresis Loss) বলে ।
- কাচা ●jvnv অথবা সিলিকন স্টিল কোর ব্যবহার করে হিস্টেরেসিস লস কমানো যায়।।

Chapter-7

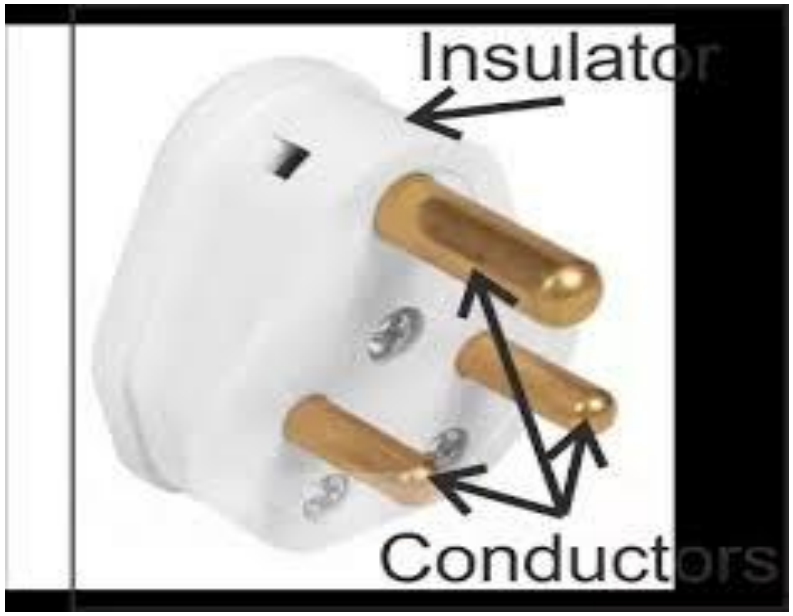
- ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়ালস
- Understand the of Insulating Materials

ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়ালসের ধারণা
Concepts of Insulating Materials

- ৭.১ ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়ালস (Insulating Materials).
- যে সকল পদার্থ বা ম্যাটেরিয়ালের মধ্য দিয়ে একেবারেই বিদ্যুৎ প্রবাহ হতে পারে না, সেগুলাকেই ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস বা ইনসুলেটর বলে। এদের ইলেকট্রিক্যাল কন্ডাকটিভিটি নগণ্য, 10®8 মাইক্রো মোহ/সে.মি.। এগুলা এক পরিবাহী থেকে অন্য পরিবাহীতে আর্থের সাপেক্ষে বিভিন্ন ভাল্টেজে লিকেজ কারেন্ট প্রবাহে বাধা দেয়। ফলে কারেন্ট নির্দিষ্ট পথেই প্রবাহিত হতে থাকে।

সলিড ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়াল

- ইনসুলেটের বা ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়াল প্রধানত তিন প্রকার।-
- (১) সলিড ইনসুলেটর (Solid Insulator)
- (২) লিকুইড ইনসুলেটর (Liquid Insulator)
- (৩) গ্যাসিয়াস ইনসুলেটর (Gaseous Insulator)
- **সলিড ইনসুলেটরের তালিকা-**
- (১) ব্যাকেলাইট (Bakelite),
- (২) অ্যাম্বার (Amber)
- (৩) কাচ (Glass)
- (৪) অভ্র (Mica)
- (৫) অ্যাবোনাইট (Ebonite)

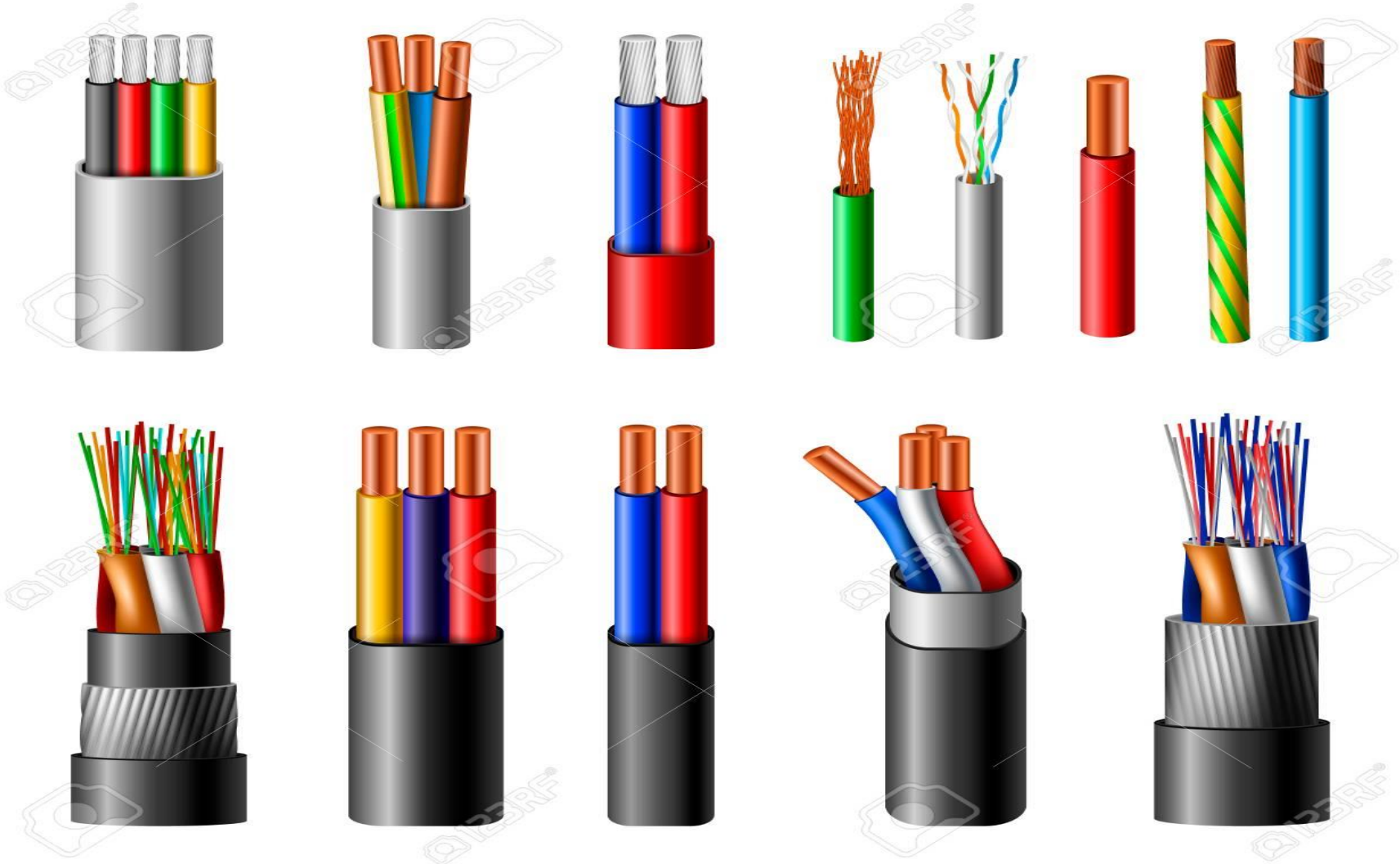

Insulator
Conductors

ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়াল

- **লিকুইড ইনসুলেটরের তালিকা**
- (১) পাইরাল (Pyranol)
- (২) ইনারটিন (Inerteen)
- (৩) মিনারেল তেল (Minarel oil)

- **গ্যাসিয়াস ইনসুলেটরের তালিকা**
- (১) নাইট্রোজেন (Nitrogen)
- (২) ফ্রেয়ন (Freon)।
- (৩) সালফার হেক্সাফ্লোরাইড গ্যাস (Sulphar hexaphloride gas),
- (৪) বাতাস (Air)।

9
7
13
18
17
20
22
34
35
37
162



Mica Paper / Tubes & Pipes

© Chhaperia International Company, All Rights Reserved

৭.২ ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালের প্রয়োজনীয়তা

- বৈদ্যুতিক কাজে ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর প্রয়োজনীয়তা অপরিসীম। ভাল কারেন্টবাহী তার বা বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতিতে স্পর্শ করা হলে বৈদ্যুতিক শক লেগে বিপদ হওয়ার সম্ভাবনা থাকে। এছাড়া পাশাপাশি অবস্থিত একাধিক কারেন্টবাহী তারকে পরস্পর থেকে অথবা আর্থ থেকে পৃথক রাখা না হলে শর্ট সার্কিট বা আর্থ ফল্ট হওয়ার সম্ভাবনা থাকে। বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি ব মেশিনের অভ্যন্তরীণ ওয়াইন্ডিং থেকে বডিকে পৃথক রাখা না হলে এগুলাের বডিতে স্পর্শ করলে বৈদ্যুতিক শক লাগার সম্ভাবনা থাকে। উপরাক্ত কারণে কন্ডাকটরের ওপরিভাগে ইনসুলেশন হিসেবে এবং বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদির বডি বা কভ। তৈরিতে ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস এর প্রয়োজনীয়তাপ্রয়েছে। এছাড়া ওভার হেড লাইনের খোলা পরিবাহী তারকে পোল বা ক্রস- আর্ম থেকে দূরে রাখার কাজেও ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস এর তৈরি বিভিন্ন ধরনের ইনসুলেটরের প্রয়োজন পড়ে।

৭.৩ ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর শ্রেণি বিভাগের ভিত্তি

Basic of Classifying Insulating Materials

- ব্যবহারিক ক্ষেত্রে কতগুলো বিষয় বা ফ্যাক্টর (Factor) ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর বৈশিষ্ট্যের ওপর প্রভাব বিস্তার করে। এ বিষয়গুলোর ওপর ভিত্তি করেই ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর শ্রেণি বিন্যাস করা হয়।
- বিষয়গুলো নিম্নরূপ
- (১) যান্ত্রিক বোঝা বহন (Mechanical Load) ক্ষমতা
- (২) রেজিস্টিভিটি (Resistivity)
- (৩) তাপমাত্রা (Temperature)
- (৪) আর্দ্রতা (wet)।

৭.৪ তাপমাত্রার ভিত্তিতে ইসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস এর শ্রেণিবিভাগ Classification of Insulating Materials on the Basic of Temperature

- তাপমাত্রার ভিত্তিতে ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়ালকে সাত ভাগে ভাগ করা যায়, যা'বৃটিশ স্ট্রান্ডার্ড অনুযায়ী নিম্নরূপ-
- **ক্লাশ Y**: এ ধরনের ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর সর্বোচ্চ তাপমাত্রা 90°C। এ ধরনের পদার্থের আর্দ্রতা শোষণ
- প্রবণতা আছে এবং আর্দ্রতা শোষণ করে এগুলো তাড়াতাড়ি নষ্ট হয়ে যায়। তাই এগুলো বৈদ্যুতিক মেশিনে তেমন। একটা ব্যবহৃত হয় না। কাগজ, তুলা, রেশম, কাঠ এবং ফাইবার সেলুলস ইত্যাদি তেল দ্বারা সিক্ত অথবা তেল বিহীন
- অবস্থায় এ শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত।

Basic of Classifying Insulating Materials

Table 5.1 *Classes of insulating materials and permissible temperatures*

Class	Materials	Temperatures
Y	Cotton yarn, fabrics, fibrous materials of cellulose or silk, neither impregnated with nor immersed in a dielectric paper	90°C
A	The above materials but impregnated or immersed in a liquid dielectric	105°C
E	Certain synthetic organic films and other materials having the same thermal stability	120°C
B	Mica, asbestos, or glass fibre base materials with an organic binding agent	130°C
F	The above materials combined with suitable synthetic binding agent as well as impregnating one	155°C
H	Mica, asbestos or glass fibre combined with silicon binding and impregnating agents	180°C
C	Mica, ceramic materials, glass or quartz used without or with inorganic binding agents	exceeds 180° but is limited by the properties of the materials (physical, chemical or electrical)

- **২। ক্লাশ A** : এ ধরনের ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়ালস এর সর্বোচ্চ তাপমাত্রা 105°C। Y ক্লাশের সকল পদার্থ যখন
- প্রাকৃতিক রেজিন, সেলুলস ইস্টার ইত্যাদি দ্বারা আবৃত থাকে অথবা তরল ডাই-ইলেকট্রিক বা তেলে ডুবানাে থাকে তখন এ শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত হয়। অ্যানামেন্ড ওয়্যার, ভার্নিশড পেপার, ল্যামিনেটেড উড ইত্যাদি এ শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত এবং
- এগুলাে প্রধানত বৈদ্যুতিক মেশিনে ব্যবহৃত হয়।
- **৩। ক্লাশ E** : এদের সর্বোচ্চ তাপমাত্রা 120°C। অ্যানামেন্ড ওয়্যার ইনসুলেশন, ফরমাল ডিহাইড বন্ডিংসহ কটন এবং পেপার,
- লেমিনেটেড ইপাে ক্সি এবং পলিইউরিথেন (Polyurethane) রেজিন ইত্যাদি এ শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত।
- **৪। ক্লাশ B** : এদের সর্বোচ্চ তাপমাত্রা 130°C। মাইকা, অ্যাসবেসটস, গ্লাস ফাইবার এবং অনুরূপ অজৈব পদার্থসমূহ যা বার্নিশ অথবা কম্পাউন্ড দ্বারা আবৃত অবস্থায় এ শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত। এ সকল বার্নিশ বা কম্পাউন্ড সাধারণত তাপরাে ধক হয়

- **৫। ক্লাশ** : এদের সর্বোচ্চ তাপমাত্রা 155°C1 মাইকা, অ্যাসবেসটস, গ্লাস ফাইবার এবং অনুরূপ অজৈব পদার্থসমূহ
- যখন ইপাোক্সাইড এবং পলিইউরিথেন ইত্যাদি তাপরাোধক বার্নিশ দ্বারা আবৃত করা হয় তখন এ শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত হয়।
- **৬। ক্লাশ H** : এ শ্রেণীর ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস এর সর্বোচ্চ তাপমাত্রা 180°C। সিলিকন দ্বারা আবৃত মাইকা, ফাইবার গ্লাস এবং
- এ্যাসবেসটস এ শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত। এগুলাে সাধারণত শুষ্ক ট্রান্সফরমার এবং ট্রাকশন মাোটরে ব্যবহৃত হয়।
- **৭। ক্লাশ C**: এদের সর্বোচ্চ তাপমাত্রা 180°C এরও অধিক। সিরামিকস, অ্যাসবেসটস, কোর্টজ, গ্লাস, মাইকা এ শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত।
- দ্যুতিক যন্ত্রপাতিতে কারেন্টবাহী তারকে দ্যুতিক যন্ত্রপাতি বা শক লাগার সম্ভাবনা দির বডি বা কভার হী তারকে পাোল বা [পড়ে।

৭.৫ সঠিক ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়ালস বাছাই পদ্ধতি Criteria for Selection of Proper Insulating Materials

- বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি বা মেশিনের ডিজাইন অনুযায়ী উপযুক্ত ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস বাছাই এর ক্ষেত্রে যে বিষয়গুলো বিবেচনা করতে হয় তা নিম্নরূপ-
- (১) ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স বা রেজিস্টিভিটি
- (২) ডাই-ইলেকট্রিক স্ট্রেংথ ।
- (৩). ডাই-ইলেকট্রিক লস অ্যাঙ্গেল
- (৪) ডাই-ইলেকট্রিক হিস্টেরেসিস
- (৫)থার্মাল কন্ডাকটিভিটি
- (৬) যান্ত্রিক শক্তি
- (৭) বাতাসের আর্দ্রতা।

৭.৬ আদর্শ ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর গুণাবলি
Properties of Ideal Insulating Materials

- একটি আদর্শ ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর নিম্নে উল্লেখিত গুণাবলি অবশ্যই থাকা উচিত
- (১) উচ্চ রেজিস্টিভিটি (107 ওহম-মিটার বা তার বেশি)
- (২) উচ্চ ডাই-ইলেকট্রিক স্ট্রেংথ (৩) নিম্ন ডাই-ইলেকট্রিক হিস্টেরেসিস
- (৪)উন্নতমানের থার্মাল কন্ডাকটিভিটি
- (৫) হাই থার্মাল স্ট্যাবিলিটি।
- (৬) উচ্চ আর্দ্রতা রোধক ক্ষমতা
- (৭)কম ডাই-ইলেকট্রিক লস
- (৮)যান্ত্রিক সামর্থ্য
- (৯) কঠিন পদার্থের ক্ষেত্রে উচ্চ গলনাঙ্ক
- (১০) তরল পদার্থের ক্ষেত্রে বাষ্পীভূত না হওয়া।

৭.৭ ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়ালস এর বৈদ্যুতিক গুণাবলি
Electrical Properties of Insulating Materials

- ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর নিম্নে উল্লেখিত বৈদ্যুতিক গুণাবলি থাকা আবশ্যক।
- (১) উচ্চ রেজিস্টিভিটি (107 ওহম-মিটার বা তার বেশি)
- (২)উচ্চ ডাই-ইলেকট্রিক স্ট্রেংথ।
- (৩)নিম্ন ডাই-ইলেকট্রিক হিস্টেরেসিস (
- ৪) নিম্ন ডাই-ইলেকট্রিক লস অ্যাঙ্গেল।

৭.৮ লো, মেডিয়াম এবং হাই গ্রেড ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর রেজিস্টিভিটির স্বাভাবিক রেঞ্জ

Normal Range for the Resistivity of a Low , Medium and High Grade Insulating Materials

- ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর রেজিস্ট্যান্স তথা রেজিস্টিভিটির মান অসীম হওয়া উচিত। কিন্তু বাস্তবে তা সম্ভব নয়। কাজেই ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর মধ্যে দিয়ে সামান্য হলেও লিকেজ কারেন্ট প্রবাহিত হয়। এ লিকেজ কারেন্টের পরিমাণ আবার ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর রেজিস্ট্যান্স তথা রেজিস্টিভিটির মানের ওপর নির্ভর করে।
- নিচে বিভিন্ন গ্রেডের ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর রেজিস্টিভিটির স্বাভাবিক রেঞ্জ উল্লেখ করা হলো
- ১। লো গ্রেড ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস ও এদের রেজিস্টিভিটির মান তুলনামূলকভাবে কম।

- লো গ্রেড ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস এর রেজিস্টিভিটি রেঞ্জ 107 হতে 109 ওহম-সেন্টিমিটার পর্যন্ত হয়। অ্যাসবেসটস, সিমেন্ট, মার্বেল, কাঠ এগুলো লো গ্রেডের ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস
- (২) হাই গ্রেড ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়ালস - এ ধরনের ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস এর রেজিস্টিভিটির মান অত্যন্ত উচ্চ এবং এর রেঞ্জ 1016 হতে 1018 ওহম-সেন্টিমিটার পর্যন্ত হয়। দুর্বল বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রে গ্যাসের রেজিস্টিভিটি 1018 ওহম-সেন্টিমিটারএর চেয়ে বেশিও হয়ে থাকে। মাইকা, পলিস্টাইরিন, পলিথিন ইত্যাদি হাই গ্রেড ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর অন্তর্গত
- ৩। মেডিয়াম গ্রেড ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস ও এ ধরনের ইসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস এর রেজিস্টিভিটির মান লো গ্রেড এবংহাই গ্রেড ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস এর রেজিস্টিভিটির মানের মাঝামাঝি।

৭.৯ ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর ওপর তাপমাত্রা এবং আর্দ্রতার প্রভাব

Effect of Temperature Wet on Insulating Materials

- ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস একটি অপরিবাহী পদার্থ। কাজেই এদের তাপমাত্রা সহগ ঋণাত্মক। অর্থাৎ তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে । এদের রেজিস্টিভিটি হ্রাস পায় এবং কন্ডাকটিভিটি বৃদ্ধি পায়। বৈদ্যুতিক ব্যবস্থায় তাপমাত্রা বৃদ্ধি একটি ক্ষতিকর বিষয় যা ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর বৈদ্যুতিক গুণাবলির ওপর সরাসরি প্রভাব বিস্তার করে। কিছু কিছু ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস আছে যাদের রেজিস্টিভিটি স্বাভাবিক তাপমাত্রায় খুব বেশি

- বৈদ্যুতিক মেশিন এবং যন্ত্রপাতি চালু অবস্থায় যদি তাপমাত্রা উল্লেখযোগ্যভাবে বৃদ্ধি পায় তবে এদের রেজিস্টিভিটি এতই কমে যায় যে এগুলো ব্যবহারের অযোগ্য হয়ে পড়ে। আর্দ্রতার প্রভাব (Effect of wet) আর্দ্রতা ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস এর ওপর মারাত্মক ক্ষতিকর প্রভাব বিস্তার করে। আর্দ্রতার উপস্থিতিতে ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর রেজিস্টিভিটি হ্রাস পায় কিন্তু কন্ডাকটিভিটি বৃদ্ধি পায়, যা ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস এর জন্য একটি ক্ষতিকর দিক। এছাড়া আর্দ্রতা ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর ডাই-ইলেকট্রিক গুণাবলিও নষ্ট করে দেয়। ফলে ইনসুলেশনব্রেক ডাউন ঘটার সম্ভাবনা থাকে।

৭.১০ ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর ইলেকট্রিক ব্রেক ডাউন শক্তির উপাত্তসমূহ

- ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর আড়াআড়িতে প্রয়াোগকৃত ভাোল্টেজ ধীরে ধীরে বৃদ্ধি করা হলে একটি নির্দিষ্ট ভাোল্টেজে ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স একেবারেই কমে যায় অর্থাৎ এতে ইলেকট্রিক ব্রেক ডাউন ঘটে। যে ভাোল্টেজে ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর ইলেকট্রিক ব্রেক ডাউন ঘটে, তাকে ব্রেক ডাউন ভাোল্টেজ বলে। আবার কোন কারণে যদি তাপমাত্রা ও আর্দ্রতা অতিরিক্ত বৃদ্ধি পায়, তাহলেও এতে ব্রেক ডাউন ঘটতে পারে।

- একটি ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর ইলেকট্রিক ব্রেক ডাউন শক্তি যে সকল বিষয় বা উপাত্তসমূহ (Factor) এর ওপর নির্ভর করে তা নিম্নরূপ
- (১) পদার্থের গঠন ও ধরন
- (২) তাপমাত্রা
- (৩) আর্দ্রতা
- (৪)পদার্থের পুরুত্ব
- (৫)প্রযুক্ত ভাোল্টেজ
- (৬) ফ্রিকোয়েন্সি
- ৭) প্রযুক্ত ভাোল্টেজের ওয়েভ ফরমের আকার
- (৮) ইলেকট্রোডের (যাতে ভাোল্টেজ প্রয়াোগ করা হয়) আকার
- (৯) ভাোল্টেজকে শূন্য মান হতে ব্রেক-ডাউন মান পর্যন্ত আনতে যে সময়ের প্রয়াোজন হয়।

৭.১১ ক্লাশ-c এবং ক্লাশ- P ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর তাপমাত্রা সীমা

Table 5.1 *Classes of insulating materials and permissible temperatures*

Class	Materials	Temperatures
Y	Cotton yarn, fabrics, fibrous materials of cellulose or silk, neither impregnated with nor immersed in a diclectric paper	90°C
A	The above materials but impregnated or immersed in a liquid dielectric	105°C
E	Certain synthetic organic films and other materials having the same thermal stability	120°C
B	Mica, asbestos, or glass fibre base materials with an organic binding agent	130°C
F	The above materials combined with suitable synthetic binding agent as well as impregnating one	155°C
H	Mica, asbestos or glass fibre combined with silicon binding and impregnating agents	180°C
C	Mica, ceramic materials, glass or quartz used without or with inorganic binding agents	exceeds 180° but is limited by the properties of the materials (physical, chemical or electrical)

৭.১২ 180°C এর উর্ধ্বে তাপমাত্রা রাোধে সক্ষম ইনসুলেটিং ম্যাটেলিয়্যালস,

- নিম্নলিখিত পদার্থসমূহ 180°C এর উর্ধ্বে তাপমাত্রা রোধ করতে সক্ষম। যখন এগুলো নিম্নলিখিত পদার্থসমূহ 180°C এর উর্ধ্বে তাপমাত্রা রাোধ করতে সক্ষম। যখন এগুলো কোন জৈব পদার্থ দ্বারা আবৃত বা বাধনযুক্ত না থাকে। যথা
- (১) সিরামিকস (Ceramics)
- (২) অ্যাসবেসটস (Asbests) (৩) কোটস (Coats)
- (৪) গ্লাস (Glass)
- (৫) মাইকা (Mica)

৭.১৩ ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর ওপর জলীয় বাষ্পের প্রভাব

Effect of Moisture on Insulating Materials

- জলীয় বাষ্পের উপস্থিতি ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস এর ওপর মারাত্মক ক্ষতিকর প্রভাব বিস্তার করে। যেমন- কার্বন ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর ক্ষেত্রে বাষ্পের উপস্থিতিতে উক্ত ম্যাটেরিয়্যাল ক্ষয়, অক্সাইড, মরিচা ইত্যাদি ক্ষয়নাশক দ্বারা আক্রান্ত হয় এবং অচিরেই নষ্ট হয়ে যায়। তরল ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর ক্ষেত্রে বাষ্পের উপস্থাতি উক্ত তরলের ডাই-ইলেকট্রিক গুণাগুণ নষ্ট করে দেয়।

৭.১৪ ইনসুলেটিং ম্যাটারিয়ালের সাপেক্ষে লস অ্যাঙ্গেল
Loss Angel with Respect to Insulating Materials

- যখন কোন অপরিবাহী পদার্থ বা ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর আড়াআড়িতে অল্টারনেটিং ভাোল্টেজ প্রয়াোগ করা হয় তখন এরা কিছু পাওয়ার গ্রহণ করে, যা এক ধরনের অপচয় বা লস (Loss)। এ পাওয়ার অপচয় বা লসকেই ডাই-ইলেকট্রিক লস বলে। ডাই-ইলেকট্রিক লস না হলে ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস-এর ক্ষেত্রে পাওয়ার ফ্যাক্টর শূন্য হতাো কিন্তু বাস্তবে তা হয় না। নিচের চিত্রের মাধ্যমে একটি ক্যাপাসিটরের ক্ষেত্রে সৃষ্ট ডাই-ইলেকট্রিক লস আলাোচনা করা হলাো। আমরা জানি দুটি সমান্তরাল পরিবাহীকে একটি অপরিবাহী মাধ্যম (ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়্যালস) দ্বারা পৃথক করে ক্যাপাসিটর তৈরি করা হয়। যখন একটি বিশুদ্ধ ক্যাপাসিটরের আড়াআড়িতে অল্টারনেটিং ভাোল্টেজ প্রয়াোগ করা হয় তখন এর কারেন্ট প্রয়াোগকৃত ভাোল্টেজের সাথে 90° তে অবস্থান করে। কিন্তু বাস্তবে বিশুদ্ধ ক্যাপাসিটর বলে কিছু পাওয়া যায় না। ফলে ক্যাপাসিটরের কারেন্ট প্রয়াোগকৃত ভাোল্টেজের সাথে প্রকৃতপক্ষে 90° তে না থেকে সামান্য কম