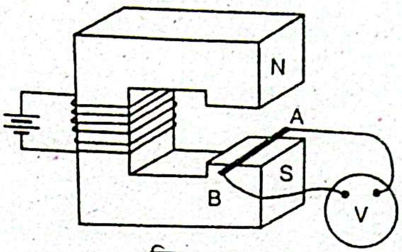
অধ্যায়-১৪
ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ইন্ডাকশন (Electromagnetic Induction)

১৪.০ ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ইন্ডাকশন (Electromagnetic induction) :

এটা পরীক্ষামূলকভাবে দেখানো যেতে পারে যে, একটি পরিবাহীকে একটি চৌম্বক ক্ষেত্রে আলোড়িত করে বিদ্যুচ্চালক বল (Electromotive force) উৎপন্ন করা যায়। ১৮৩১ খ্রিষ্টাব্দে ব্রিটিশ পদার্থ ও রসায়নবিদ মাইকেল ফ্যারাডে এই মূল তত্ত্ব আবিষ্কারের কথা ঘোষণা করেন। এই ঘোষণা বিদ্যুতের ইতিহাসে অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ ঘোষণা। যেহেতু এটা বৈদ্যুতিক জেনারেটর, মোটর, ট্রান্সফরমার এবং অসংখ্য বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতির উন্নয়নে সরাসরি চালিত করে।



চিত্র : ১৪.১

আবেশিত বিদ্যুচ্চালক বল (Induced electromotive force) :

১৪.১ নং চিত্রানুযায়ী যদি একটি পরিবাহীর প্রান্তদ্বয় একটি ভোল্টমিটারের সাথে সংযোগ এবং একটি চৌম্বক ক্ষেত্রে আন্দোলিত করা হয়, তবে ভোল্টমিটারে একটি ক্ষণিক পাঠ দেখা যাবে। যদি পরিবাহীটিকে চৌম্বক ক্ষেত্র হতে সরানো হয়, তবে মিটারটি ক্ষণিকের তরে উল্টা পাঠ দিবে। পরিবাহীটি যখন গতিতে থাকে, তখনই মিটারটির বিক্ষেপ (Deflection) লক্ষ করা যায়। যদি পরিবাহীকে স্থির রাখা হয় এবং চুম্বকটিকে ঘুরানো হয়, যাতে চৌম্বক বলরেখাগুলো পরিবাহী কর্তৃক কর্তিত হয়, তখনও একই ফল লক্ষ করা যায়। আবার, বিক্ষেপ শুধুমাত্র তখনই লক্ষণীয়, যখন পরিবাহী এবং চৌম্বক ক্ষেত্রের মধ্যে আপেক্ষিক গতি (Relative motion) বিদ্যমান থাকে। মোটকথা, *যখন কোনো পরিবাহী চৌম্বক ক্ষেত্রের ভিতর বা চৌম্বক ক্ষেত্র পরিবাহীর আড়াআড়িতে ঘুরানো বা আলোড়িত করা হয়, তখন পরিবাহীতে একটি ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়।* এটাই **আবেশিত বিদ্যুচ্চালক বল বা Induced Electromotive Force (EMF)** *নামে পরিচিত।* এই আবেশিত বা Induced emf-এর কারণে পরিবাহীতে যে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তাকে **আবেশিত** বা **Induced কারেন্ট** বলে এবং যে প্রক্রিয়ার সাহায্যে পরিবাহীতে ইএমএফ আবেশিত বা Induced হয়, তাকে **বিদ্যুচ্চৌম্বক আবেশ** বা **Electromagnetic induction** বলে।

- **বিদ্যুচ্চালক বলের পরিমাণ-বৃদ্ধির কারণসমূহ (Causes of increasing of electromotive force) :**

১। আবেশিত (Induced) ইএমএফ-এর পরিমাণ বৃদ্ধি, তারের প্যাঁচের সংখ্যার সাথে সরাসরি সমানুপাতিক; অর্থাৎ তারের প্যাঁচের সংখ্যা যত বেশি হবে, ইএমএফ -ও তত বেশি আবেশিত হবে।
অর্থাৎ $e \propto z$.

২। আবেশিত ইএমএফ-এর পরিমাণ বৃদ্ধি, তারের ঘূর্ণনের গতির সাথে সরাসরি সমানুপাতিক; অর্থাৎ চৌম্বক ক্ষেত্রে তারের ঘূর্ণনের গতি যত বৃদ্ধি পাবে, ইএমএফ-ও তত বেশি আবেশিত হবে।
অর্থাৎ $e \propto N$.

৩। ইএমএফ-এর পরিমাণ বৃদ্ধি, চৌম্বক ক্ষেত্রের শক্তির সাথে সরাসরি সমানুপাতিক; অর্থাৎ চৌম্বক ক্ষেত্র যত বেশি শক্তিশালী হবে, বলরেখাও তত বেশি হবে। প্রতি সেকেন্ডে বলরেখা দ্বারা যত বেশি তার কর্তৃক কর্তিত হবে, ইএমএফ-ও তত বেশি আবেশিত হবে।
অর্থাৎ $e \propto \phi$.

১৪.১ ফ্যারাডের ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ইন্ডাকশন সূত্র (Faradays laws of electromagnetic induction) :

উপরোক্ত কারণসমূহ লক্ষ করে *মাইকেল ফ্যারাডে* দুটি সূত্র উদ্ভাবন করেন :

প্রথম সূত্র (First Law) : *একটি তার বা কয়েলে ইএমএফ আবেশিত (Induced) হয়, যখন উক্ত তারের সাথে সংযুক্ত ফ্লাক্স বা বলরেখার পরিবর্তন ঘটে।*

দ্বিতীয় সূত্র (Second Law) : *আবেশিত বিদ্যুচ্চালক বল বা Induced EMF সরাসরি ফ্লাক্সের পরিবর্তনের হারের সাথে সমানুপাতিক।*

উপরোক্ত দুটি সূত্রকে একত্রে এভাবে প্রকাশ করা যায়—

"একটি পরিবাহী এবং একটি চৌম্বক ক্ষেত্রে যখন আপেক্ষিক গতি (Relative motion) এরূপভাবে বিদ্যমান থাকে যে পরিবাহীটি চৌম্বক ক্ষেত্রটিকে কর্তন করে; তখন পরিবাহীতে আবেশিত বিদ্যুচ্চালক বল (Induced EMF) সংঘটিত কর্তনের হারের সাথে সমানুপাতিক।"

গাণিতকভাবে,

যদি e = আবেশিত বিদ্যুচ্চালক বল
N = তারের প্যাঁচের সংখ্যা
ϕ_1 = t সেকেন্ড আগে ফ্লাক্সের মান
ϕ_2 = t সেকেন্ড পরে ফ্লাক্সের মান

ফ্যারাডের ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ইন্ডাকশন সূত্রানুযায়ী,

$e \propto \frac{N\phi_2 - N\phi_1}{t}$

বা, $e = KN\frac{(\phi_2 - \phi_1)}{t}$ [K ধ্রুবক]

বা, $e = N\frac{d\phi}{dt}$ Volt. (প্রমাণিত)

এই আবেশিত ইএমএফ যখন মূল ভোল্টেজকে বাধা দেয় তখন এর বাম পাশে (–) চিহ্ন লেখা হয়।

$\therefore e = -N\frac{d\phi}{dt}$ Volt.

[বিঃ দ্রঃ যদি ফ্লাক্সের একক ম্যাক্সওয়েল ধরা হয় তবে প্রতিক্ষেত্রে 10^{-8} হবে।

অর্থাৎ, $e = -N\frac{d\phi}{dt} \times 10^{-8}$ Volt.]

১৪.২ গতিশীল এবং স্থিরভাবে উৎপাদিত ইএমএফ (Magnitude of dynamically induced emf and statically induced emf) :

আবেশিত বিদ্যুচ্চালক বল দু'ভাবে উৎপাদিত হয়, যথা–

১। গতিশীল পদ্ধতি (Dynamical method)

২। স্থির পদ্ধতি (Static method)।

১। গতিশীল পদ্ধতি (Dynamical method) :

সর্বোচ্চ আবেশিত ইএমএফ :

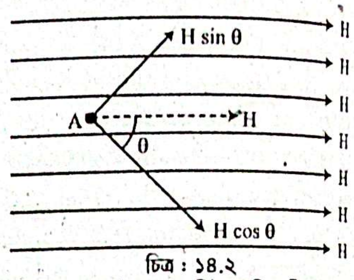
এ পদ্ধতিতে পরিবাহী একটি স্থির চৌম্বক ক্ষেত্রে নড়াচড়া করে। এই নীতি ডিসি মেশিনে ব্যবহৃত হয়।

l সেন্টিমিটার দৈর্ঘ্যের একটি পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদ চিত্রে (চিত্র : ১৪.২) A স্থানে দেখানো হয়েছে, যা B ফ্লাক্স ডেনসিটির H-এর ক্ষেত্রে θ ডিগ্রি কোণে ঘুরছে।

মনে করি, এটা dt সেকেন্ড সময়ে dx সেন্টিমিটার স্থান সরছে।

H-কে দু'ভাগে বিশ্লিষ্ট করা হলো–

পরিবাহীর দৈর্ঘ্য বরাবর H cosθ এবং লম্ব বরাবর H sinθ.



চিত্র : ১৪.২

উপরোক্ত চিত্রে আমরা দেখছি যে, কেবলমাত্র H sinθ উপাদানটি পরিবাহীটিকে কর্তন করছে এবং এই উপাদানটিই পরিবাহীতে বিদ্যুচ্চালক বল (ইএমএফ) সৃষ্টির জন্যে দায়ী।

এখন, $H = \frac{B}{\mu_o \mu_r}$

এবং $\phi = B \times A$

ক্ষেত্র অতিক্রান্ত $= l dx$

ফ্লাক্স কর্তনে পরিবর্তন $= B \sin\theta \times l dx$

ফ্লাক্স কর্তনে পরিবর্তনের হার $= B \sin\theta \times \frac{l dx}{dt}$

ফ্যারাডের সূত্র অনুসারে, $e = B \sin\theta \times \frac{l dx}{dt}$ Volt $= Blv \times \sin\theta$ Volt

যেখানে, $v = \frac{dx}{dt}$ = পরিবাহীর বেগ (Velocity)

যদি পরিবাহীটি চৌম্বক ক্ষেত্রে সমকোণে ঘুরে অর্থাৎ $\theta = 90°$ হয়, তবে সর্বোচ্চ ইএমএফ আবেশিত হবে।

$\therefore$ **e = Blv Volt.** [$\because \sin 90° = 1$]

২। স্থির পদ্ধতি (Static method) : এ পদ্ধতিতে একটি পরিবর্তনশীল চৌম্বক ক্ষেত্রে পরিবাহী স্থির থেকে বিদ্যুচ্চালক বল উৎপন্ন হয়। এই নীতি ট্রান্সফরমারে ব্যবহৃত হয়।

১৪.৩ ইএমএ জেনারেশনের সাথে সম্পর্কিত সমস্যাবলির সমাধান (Solutions to the problems relating to emf generation):

উদাহরণ-১। 600 প্যাঁচের একটি কয়েলে 0.03 ওয়েবার ফ্লাক্স সংযুক্ত আছে। 0.2 সেকেন্ড পর পর ফ্লাক্স পরিবর্তিত হলে, আবেশিত ইএমএফ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১১, ২৩(পরি)]

সমাধান : দেয়া আছে,

N = 600

$d\phi = 0.03 \times 2$ [∵ এক সাইকেলে 2 বার পরিবর্তিত হয়]

dt = 0.2 sec.

e = ?

আমরা জানি, $e = N \times \frac{d\phi}{dt}$

$e = 600 \times \frac{0.03 \times 2}{0.2} = 180$ **V (উত্তর)**

উদাহরণ-৯। 100 প্যাঁচবিশিষ্ট একটি কয়েলে সৃষ্ট ইএমএফ নির্ণয় কর, যখন 10,000 লাইনস-এর ফ্লাক্স 0.005 সেকেন্ডে পরিবর্তন হয়।

সমাধান: দেয়া আছে,

$N = 100$ Turns
$\phi = 10{,}000$ Lines
$dt = 0.005$ sec.
$e = ?$

$d\phi = \phi_2 - \phi_1$

এখানে, $d\phi = 10{,}000 - (-10{,}000)$ Lines
$= 20{,}000$ Lines
$= 2 \times 10^{-4}$ weber [1Lines $= 10^{-8}$ weber]

আমরা জানি, $e = N \times \dfrac{d\phi}{d\phi}$

$\therefore\ e = 100 \times \dfrac{2 \times 10^{-4}}{0.005}$

e = 4 Volts (উত্তর)

উদাহরণ-১০। 25 সেন্টিমিটার লম্বা একটি পরিবাহী 100 A কারেন্ট বহন এবং 5000 লাইনস/বর্গসেন্টিমিটার-এর সমরূপ (Uniform) চৌম্বক ক্ষেত্রে লম্বভাবে অবস্থান করে। নির্ণয় কর:

(ক) পরিবাহীর উপর যান্ত্রিক বল,
(খ) 50 ইঞ্চি/সেকেন্ড-এর দ্রুতিতে বলের বিপরীতে পরিবাহীটিকে চালনার জন্যে প্রয়োজনীয় পাওয়ার,
(গ) পরিবাহীতে উৎপাদিত ইএমএফ

সমাধান: দেয়া আছে,

$l = 25$ cm
$= \dfrac{25}{100} = 0.25$ meter

$B = \dfrac{5000}{cm \times cm} = \dfrac{5000}{100 \times 100} = 0.5$ lines/m²

$I = 100$ Amps.

১। আমরা জানি,
$F = B\,I\,l = 0.5 \times 100 \times 0.25$
F = 12.5 Nw. (উত্তর)

২। W = Force × distance
$= 12.5 \times \dfrac{50 \times 2.54}{100}$ Nw-m/sec.
= 15.88 Joules/sec.
W = 15.88 watts (উত্তর)

৩। $e = B\,lv = 0.5 \times 0.25 \times \dfrac{50 \times 2.54}{100}$
e = 0.1588 Volts. (উত্তর)

উদাহরণ-১১। একটি দণ্ড চুম্বকের মাঝামাঝিতে 300 প্যাঁচের একটি কয়েল আছে, যার ফ্লাক্সের পরিমাণ 100 মাইক্রো-ওয়েবার। যদি কয়েলটি চুম্বকের প্রভাব হতে 0.05 সেকেন্ডের জন্যে সম্পূর্ণরূপে সরানো যায়, তবে আবেশিত বিদ্যুচ্চালক বলের (Induced Emf) গড় মান (Average Value) নির্ণয় কর।

সমাধান: দেয়া আছে,

$N = 300$
$d\phi = 100 \times 10^{-6}$ weber
$dt = 0.05$ sec.
$e = ?$

আমরা জানি, $e = N \times \dfrac{d\phi}{dt} = 300 \times \dfrac{100 \times 10^{-6}}{0.05}$

$e = \dfrac{3 \times 10^4 \times 10^{-6}}{5 \times 10^{-2}} = 0.6V$ (উত্তর)

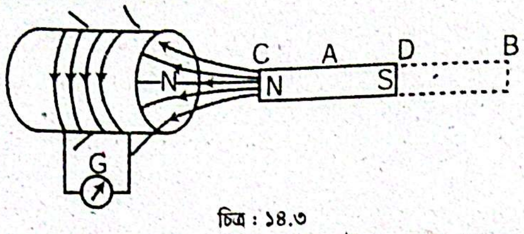
CS CamScanner

১৪.৪ আবেশিত ইএমএফ ও কারেন্টের দিক নির্ণয়ের জন্য লেনজের সূত্র এবং ফ্লেমিং-এর দক্ষিণ হস্ত বিধি (Lenz law and Flemings right hand rules for determining the direction of induced emf and currents) :

● **লেনজের সূত্র (Lenz's law) :** *"আবেশিত বিদ্যুচ্চালক বলের (Emf) কারণে পরিবাহী তারে প্রবাহিত আবেশিত কারেন্ট (Induced current) পরিবাহী তারের চতুর্পার্শে একটি চৌম্বক ক্ষেত্র সৃষ্টি করে, যা দ্বারা আবেশিত কারেন্টের উৎপত্তি, তাকেই (অর্থাৎ পরিবর্তনশীল ফ্লাক্স) (অর্থাৎ সৃষ্ট চৌম্বক ... বাধা প্রদান করে।"*

এই সূত্রটি রাশিয়ান বিজ্ঞানী এইচ. এফ. এমির লেনজ (1808 – 1865) উদ্ভাবন করেন বলে এটি লেনজের সূত্র (Lenz's Law) নামে ... এখানে 'কারণটি' যা কারেন্টকে সৃষ্টি করে তা হলো কয়েলের সাথে সংশ্লিষ্ট ফ্লাক্সের পরিবর্তন। সুতরাং, আবেশিত কারেন্টের অভিমুখ ... হবে যে, এর নিজস্ব চৌম্বক ক্ষেত্র আবেশিত কারেন্টকে যে ফ্লাক্স সৃষ্টি করে, সে মূল ফ্লাক্সের পরিবর্তনে বাধা প্রদান করে।

● **লেনজের সূত্রের প্রয়োগ (Application of Lenz's law) :**



চিত্র : ১৪.৩

১৪.৩ নং চিত্রে লেনজের সূত্রের প্রয়োগ দেখানো হয়েছে। এখানে চুম্বকের উত্তর মেরু (N-pole) কয়েলের দিকে অগ্রসর হচ্ছে। লেনজের সূত্রানুসারে, আবেশিত কারেন্টের অভিমুখ এমন হবে যে, এ কর্তৃক স্থাপিত বা সৃষ্ট ফ্লাক্স মূল ফ্লাক্সের পরিবর্তনে বাধা প্রদান করবে। এটা সম্ভবপর হবে তখনই যখন কয়েলের বামপার্শ্বে উত্তর মেরু (N–pole) হবে। আমরা যদি একবার কয়েল মুখের চৌম্বক মেরু জানতে পারি, তবে কয়েলে আবেশিত কারেন্টের অভিমুখ **দক্ষিণ হস্ত বিধির** (Right hand rule) সাহায্যে সহজেই নির্ণয় করতে পারি।

লেনজের সূত্র সেখানে প্রয়োগ করা হয়, যেখানে পরিবাহী স্থির এবং চৌম্বক ক্ষেত্র গতিতে থাকে।

● **ফ্লেমিং-এর দক্ষিণ হস্ত বিধি (Flemings right hand rule) :**

আবেশিত বিদ্যুচ্চালক বলের (Induced emf) কারণে পরিবাহীতে আবেশিত কারেন্টের অভিমুখ, ফ্লাক্সের অভিমুখ এবং পরিবাহীর গতির অভিমুখের মধ্যে একটি সম্পর্ক বিদ্যমান। এই সম্পর্ক নির্ণয়ের জন্যে **ফ্লেমিং-এর দক্ষিণ হস্ত বিধি (Fleming's Right Hand Rule)** ব্যবহৃত হয় এবং এই বিধির সাহায্যে আবেশিত কারেন্টের অভিমুখ সহজেই নির্ণয় করা যায়।

যেখানে **চৌম্বক ক্ষেত্র স্থির** এবং **পরিবাহী গতিতে থাকে,** শুধুমাত্র সেখানেই ফ্লেমিং-এর দক্ষিণ হস্ত বিধি প্রযোজ্য।

দক্ষিণ হস্তের বৃদ্ধাঙ্গুলি, তর্জনী এবং মধ্যমাকে পরস্পর সমকোণে রেখে বিস্তৃত করলে যদি তর্জনী চৌম্বক বলরেখার অভিমুখ এবং বৃদ্ধাঙ্গুলি পরিবাহী তারের ঘূর্ণনের অভিমুখ নির্দেশ করে, তবে মধ্যমা পরিবাহীতে প্রবাহিত আবেশিত কারেন্টের অভিমুখ নির্দেশ করে।

ফ্লেমিং-এর দক্ষিণ হস্ত বিধি জেনারেটরে উৎপন্ন বিদ্যুচ্চালক বল এবং কারেন্টের অভিমুখ নির্ণয়ের জন্যে ব্যবহৃত হয়।

১৪.৫ সেলফ ইনডিউসড ইএমএফ এবং সেলফ ইন্ডাকট্যান্স (Self induced emf and self inductance) :

● **সেলফ ইনডিউসড ইএমএফ (Self-induced emf) :**

যখন কোনো কয়েলে কারেন্ট পরিবর্তিত হয় অথবা পরিবর্তনশীল ফ্লাক্স একই কয়েলে সম্পর্কিত হয়, তখন উক্ত কয়েলে ইএমএফ আবেশিত (Induced) হয়। এই আবেশিত ইএমএফ-কে সেলফ ইনডিউসড ইএমএফ বলে এবং এই ফেনোমেনা বা ব্যাপারটিকে সেলফ ইন্ডাকশন বলে।

● **সেলফ ইন্ডাকট্যান্স (Self-inductance) :**

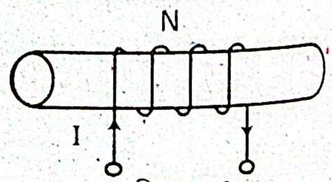
এটা কয়েলের এমন একটি বিশেষ ধর্ম, যা কয়েলে প্রবাহিত কারেন্ট বা কয়েলের চারদিকের ফ্লাক্সের হ্রাস বা বৃদ্ধিতে বাধা দান করে।

সেলফ ইন্ডাকশনের একটি উদাহরণ হলো অটো-ট্রান্সফরমার।

১৪.৬ একটি আয়রন কোরড ইন্ডাক্টরের ইন্ডাকট্যান্স (Inductance of an iron cored inductor) :

পাশে চিত্রে (১৪.৪ নং চিত্র) একটি লোহার দণ্ডের চারদিকে একটি কয়েল প্যাঁচানো হয়েছে এবং এর মধ্য দিয়ে এসি প্রবাহিত হচ্ছে।

যখন কয়েলের মধ্য দিয়ে অলটারনেটিং কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তখন কয়েলের চারদিকে চৌম্বক বলরেখার উৎপত্তি হয়। যেহেতু এসি-র মান এবং দিক প্রতি মুহূর্তে বদলায়, সেহেতু চৌম্বক বলরেখার মান এবং দিক পরিবর্তিত হয়।



চিত্র : ১৪.৪

উক্ত কয়েল দিয়ে প্রবাহিত প্রতি একক অ্যাম্পিয়ারে উৎপন্ন যতগুলো চৌম্বক বলরেখা কয়েলের যতগুলো প্যাঁচের সাথে সংশ্লিষ্ট হয়, এদের গুণফলকে ঐ কয়েলের **ইন্ডাকট্যান্স** বলে।

ইন্ডাকট্যান্সের প্রতীক L এবং একক **হেনরি।**

অতএব ইন্ডাকট্যান্স, $L = \frac{N\phi}{I}$ হেনরি

এখানে, N = কয়েলে প্যাঁচের সংখ্যা,
ϕ = উৎপন্ন চৌম্বক বলরেখার সংখ্যা,
I = কয়েলে প্রবাহিত কারেন্ট, অ্যাম্পিয়ারে।

CS CamScanner

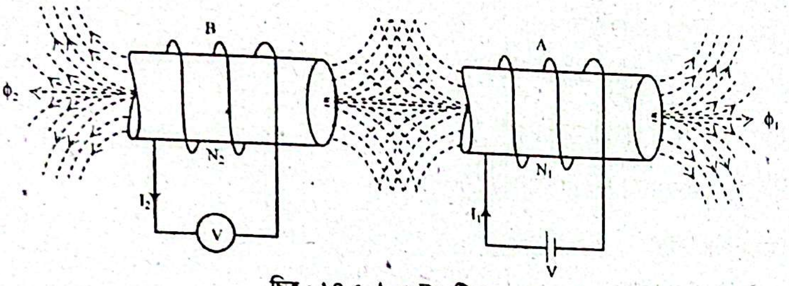
১৪.৭ মিউচুয়াল ইন্ডাকট্যান্স এবং কো-ইফিসিয়েন্ট অব কাপলিং (Mutual inductance and co-efficient of coupling) :

● **মিউচুয়াল ইন্ডাকট্যান্স-এর সংজ্ঞা (Definition of mutual inductance) :**
যে বৈশিষ্ট্য বা ধর্মের কারণে পার্শ্ববর্তী দুটি কয়েলের একটির কারেন্টের পরিবর্তনের ফলে অন্যটিতে ভোল্টেজ আবিষ্ট বা ইনডিউসড হয়, উক্ত ধর্ম বা বৈশিষ্ট্যকে মিউচুয়াল ইন্ডাকট্যান্স বলে।

● **কো-ইফিসিয়েন্ট অব কাপলিং-এর সংজ্ঞা (Definition of co-efficient of coupling) :**
পার্শ্ববর্তী দুটি কয়েলের একটিতে প্রবাহিত কারেন্টের ফলে উৎপন্ন মোট ফ্লাক্সের যে ভগ্নাংশ অন্যটিতে সংশ্লিষ্ট হয়, উক্ত ভগ্নাংশকে কো-ইফিসিয়েন্ট অব কাপলিং বলে। এর প্রতীক k.

∴ অতএব,

$$k = \frac{L_1 \text{ এবং } L_2\text{-এর মধ্যে সংশ্লিষ্ট ফ্লাক্স}}{L_1 \text{ কর্তৃক উৎপাদিত ফ্লাক্স}}$$



চিত্র : ১৪.৫ A ও B দুটি কয়েল

কো-ইফিসিয়েন্ট অব কাপলিং-এর ব্যাখ্যা :

মনে করি,

A কয়েলের কারেন্ট I, সৃষ্ট ফ্লাক্স ϕ_1 ও B কয়েলে সংশ্লিষ্ট ফ্লাক্স ϕ_{12}

∴ কাপলিং-এর সহগ, $k_1 = \frac{\phi_{12}}{\phi_1}$

$\phi_{12} = k_1\phi_1$

∴ A কয়েলের সেলফ ইন্ডাকট্যান্স,

$$L_1 = \frac{N_1\phi_1}{I_1}$$

∴ A ও B কয়েলের মধ্যবর্তী মিউচুয়াল ইন্ডাকট্যান্স,

$$M_{12} = \frac{N_2\phi_{12}}{I_1}$$

$$M_{12} = \frac{N_2k_1\phi_1}{I_1} \text{ -------------- (i)}$$

আবার,

B কয়েলের মধ্যে I_2 কারেন্ট প্রবাহের ফলে উৎপন্ন ফ্লাক্সে ϕ_2 এবং A কয়েলে সংশ্লিষ্ট ফ্লাক্স ϕ_{21}

∴ কাপলিং-এর সহগ, $k_2 = \frac{\phi_{21}}{\phi_2}$

$\phi_{21} = k_2\phi_2$

∴ B কয়েলের সেলফ Inductance,

$$L_2 = \frac{N_2\phi_2}{I_2}$$

∴ B ও A কয়েলের মধ্যবর্তী মিউচুয়াল ইন্ডাকট্যান্স,

$$M_{21} = \frac{N_1\phi_{21}}{I_2}$$

$$M_{21} = \frac{N_1k_2\phi_2}{I_2} \text{ --------------------- (ii)}$$

(i) ও (ii) নং সমীকরণ গুণ করে পাই,

$$M_{12} \times M_{21} = \frac{N_2k_1\phi_1}{I_1} \times \frac{N_1k_2\phi_2}{I_2}$$

যদি $M_{12} = M_{21} = M$ হয়, তবে–

$M^2 = k_1k_2\frac{N_1\phi_1}{I_1} \times \frac{N_2\phi_2}{I_2}$

বা, $M^2 = k_1k_2 L_1L_2$

বা, $M = \sqrt{k_1k_2} \times \sqrt{L_1L_2}$

বা, $M = k\sqrt{L_1L_2}$ [$\because k = \sqrt{k_1k_2}$]

$\therefore k = \frac{M}{\sqrt{L_1L_2}}$

এটাই কাপলিং-এর সহগ।

CamScanner

অনুশীলনী-১৪

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর :

১। **F = BIL নিউটন প্রতীকগুলো দিয়ে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-

উত্তর : F = BIL নিউটন

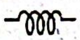
এখানে, F = পরিবাহী তারের উপর ক্রিয়াশীল বল

B = ফ্লাক্স ডেনসিটি

I = পরিবাহীর ভিতর দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট

L = পরিবাহী তারের দৈর্ঘ্য বা তারের প্যাঁচের সংখ্যা।

২। **ইন্ডাকট্যান্সের প্রতীকসহ একক লেখ।** [বাকাশিবো-২০০৬, ১৫(

উত্তর : ইন্ডাকট্যান্সের প্রতীক  এবং এর একক হেনরি।

৩। **এক ওয়েবার সমান কত লাইন?** [বাকাশিবো-২০১২(পরি), ২০১৪(

উত্তর : 1 weber = 10^8 Lines.

৪। **ইনডিউসড ইএমএফ কয়ভাবে উৎপাদিত হয়, নামসহ লেখ।** [বাকাশিবো-২০০৮, ২০

উত্তর : ইনডিউসড ইএমএফ দুভাবে উৎপাদিত হয়; যথা– ১। গতিশীল পদ্ধতি ও ২। স্থির পদ্ধতি।

৫। **বৈদ্যুতিক সার্কিটের কোন সূত্রটি চৌম্বক সার্কিটের ক্ষেত্রেও প্রযোজ্য?** [বাকাশিবো-২০০৯(

উত্তর : ওহমের সূত্র।

৬। **অবশিষ্ট চুম্বকত্ব দূর করার জন্য যে বলের প্রয়োজন হয়, তাকে কী বলে?** [বাকাশিবো-২০০৬(

উত্তর : দমনমূলক বল বা কোয়েরসিভ ফোর্স।

৭। **যখন কোনো পরিবাহী চৌম্বক ক্ষেত্রের ভিতরে ঘুরানো হয়, তখন পরিবাহীতে একটি ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়। এ ভোল্টেজকে কী বলা হ**

উত্তর : আবেশিত বিদ্যুচ্চালক বল বা ইনডিউসড ইএমএফ।

৮। **যে বৈশিষ্ট্য বা ধর্মের কারণে কোনো কয়েলে প্রবাহিত কারেন্ট বা কয়েলের চারদিকের ফ্লাক্সের হ্রাস বা বৃদ্ধিতে বাধা দান কর, বৈশিষ্ট্যের নাম কী?**

উত্তর : সেলফ ইন্ডাকট্যান্স।

৯। **যে বৈশিষ্ট্য বা ধর্মের কারণে পাশাপাশি দুটি কয়েলের একটির কারেন্টের পরিবর্তনের ফলে অন্যটিতে ভোল্টেজ আবিষ্ট হয়, ঐ বৈশি নাম কী?**

উত্তর : মিউচুয়াল ইন্ডাকট্যান্স।

১০। **সেলফ ইন্ডাকশনের একটি উদাহরণ দাও।**

উত্তর : অটো-ট্রান্সফরমার।

১১। **আবেশিত বিদ্যুচ্চালক বল কতভাবে উৎপাদিত হয়?**

উত্তর : দু'ভাবে।

১২। **স্থির পদ্ধতিতে আবেশিত বিদ্যুৎ উৎপন্নের একটি উদাহরণ দাও।**

উত্তর : ট্রান্সফরমার।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর :

১। লেনজের সূত্র কী? [বাকাশিবো-২০১৩, ১৯(পরি)]
অথবা, লেনজের সূত্রটি লেখ। [বাকাশিবো-২০১৩, ২০১৫, ১৯(পরি), ২০(পরি), ২১, ২২(পরি), ২৩(পরি), ২৪(পরি)]

উত্তর : আবেশিত বিদ্যুচ্চালক বলের (Emf) কারণে পরিবাহী তারে প্রবাহিত কারেন্ট, তারের চারদিকে একটি চৌম্বক ক্ষেত্র সৃষ্টি করে, যা দিয়ে এর উৎপত্তি একেই এটা বাধা প্রদান করে।'

২। ফ্যারাডের সূত্র কী কী?
অথবা, ফ্যারাডের সূত্র লেখ। [বাকাশিবো-২০১৯(পরি)]
অথবা, ফ্যারাডের বিদ্যুৎ চুম্বকীয় আবেশের সূত্র লেখ। [বাকাশিবো-২০১৩]
অথবা, ফ্যারাডের বিদ্যুৎ চুম্বকীয় আবেশের সূত্র বিবৃত কর। [বাকাশিবো-২০০৩]
অথবা, ফ্যারাডের সূত্র দুটি লেখ। [বাকাশিবো-২০০৭(পরি)]
অথবা, ফ্যারাডের সূত্রটি ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০১৯(পরি), ২০]
অথবা, ফ্যারাডের সূত্রটি লেখ ও ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০২১]
[বাকাশিবো-২০২৪(পরি)]

উত্তর : **১ম সূত্র :** একটি তার বা কয়েলে ইএমএফ আবেশিত হয়, যখন উক্ত তারের সাথে সংযুক্ত ফ্লাক্স বা বলরেখার পরিবর্তন ঘটে।
২য় সূত্র : আবেশিত বিদ্যুচ্চালক বল বা ইনডিউস্‌ড্ ইএমএফ সরাসরি ফ্লাক্সের পরিবর্তনের হারের সাথে সমানুপাতিক।
উপরোক্ত দুটি সূত্রকে একত্রে নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা যায়,
"একটি পরিবাহী এবং একটি চৌম্বক ক্ষেত্রে যখন আপেক্ষিক গতি এমনভাবে বিদ্যমান থাকে যে, পরিবাহীটি চৌম্বক ক্ষেত্রটিকে কর্তন করে; তখন পরিবাহীতে আবেশিত বিদ্যুচ্চালক বল সংঘটিত কর্তনের হারের সাথে সমানুপাতিক।"

৩। মিউচুয়াল ইন্ডাকট্যান্স কী? [বাকাশিবো-২০১২(পরি), ১৪, ১৫]
অথবা, মিউচুয়াল ইন্ডাকট্যান্স কীভাবে উৎপন্ন হয়? [বাকাশিবো-২০১৪]
অথবা, মিউচুয়াল ইন্ডাকট্যান্স কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৭, ২৩(পরি, অনুষ্ঠিত-২৪)]

উত্তর : যে বৈশিষ্ট্য বা ধর্মের কারণে পাশাপাশি দুটি কয়েলের একটির কারেন্টের পরিবর্তনের ফলে অন্যটিতে ভোল্টেজ আবিষ্ট বা ইনডিউস্‌ড হয়, উক্ত ধর্ম বা বৈশিষ্ট্যকে মিউচুয়াল ইন্ডাকট্যান্স বলে।

৪। Hysteresis loss কী কী বিষয়ের উপর নির্ভরশীল? [বাকাশিবো-২০০৮, ১২(পরি)]
অথবা, হিসটেরেসিস লস কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে? [বাকাশিবো-২০১১]
অথবা, চুম্বকীয় পদার্থের হিসটেরেসিস লস কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে। [বাকাশিবো-২০২২(পরি) (অনুষ্ঠিত-২৩)]

উত্তর : হিসটেরেসিস লস যে-সব বিষয়ের উপর নির্ভরশীল তা নিচে দেয়া হলো–
(i) সরবরাহ ভোল্টেজের উপর
(ii) ফ্রিকুয়েন্সির উপর
(iii) ব্যবহৃত পদার্থের আয়তনের উপর
(iv) পদার্থের গুণাগুণের উপর
(v) পদার্থের ফ্লাক্স ডেনসিটির উপর।

৫। সেলফ ইন্ডাকট্যান্স কী? [বাকাশিবো-২০১৬, ২০]
অথবা, সেলফ ইন্ডাকট্যান্স কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১১, ১৭(পরি)]

উত্তর : এটি কয়েলের এমন একটি বিশেষ ধর্ম, যা কয়েলে প্রবাহিত কারেন্ট বা কয়েলের চারদিকের ফ্লাক্সের হ্রাস বা বৃদ্ধিতে বাধা দান করে।'

৬। তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশ কী? [বাকাশিবো-২০১১, ২০১৩]
অথবা, তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশ বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১৩(পরি), ১৮]

উত্তর : একটি লৌহদণ্ডের চারদিকে তামার তার প্যাঁচিয়ে তার মধ্যে কারেন্ট প্রবাহিত করলে যে চুম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়, তাকে তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশ বলে।

৭। ইনডিউসড ইএমএফ বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]
অথবা, ইএমএফ এর সংজ্ঞা দাও। [বাকাশিবো-২০১৭]

উত্তর : যখন কোনো পরিবাহী কোনো চৌম্বক ক্ষেত্রের ভিতর অথবা কোনো চৌম্বক ক্ষেত্র কোনো পরিবাহীর আড়াআড়িতে ঘুরানো বা আলোড়িত করা হয়, তখন পরিবাহীতে একটি ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়। একে আবেশিত বিদ্যুচ্চালক বল বা ইনডিউস্‌ড্ ইএমএফ বলে।

৮। প্রমাণ কর যে, চুম্বক ক্ষেত্রে সঞ্চিত শক্তি, $W = \frac{1}{2}LI^2$ Joules. প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে। [বাকাশিবো-২০০৯(পরি), ১০, ১৩]
অথবা, চুম্বক ক্ষেত্রে সঞ্চিত শক্তির রাশিমালা প্রতিপাদন কর। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর : মনে করি, কয়েলটির ইন্ডাকট্যান্স L এবং প্রবাহিত কারেন্ট I. যদি dt সময়ে di কারেন্ট পরিবর্তিত হয়, তবে ভোল্টেজ,

$$e = L\frac{di}{dt}$$

বা, $Ldi = edt$

বা, $Lidi = eidt$

বা, $eidt = Lidi$

CamScanner

0 থেকে t সেকেন্ড সময়ে কারেন্ট 0 থেকে I বৃদ্ধি পেলে

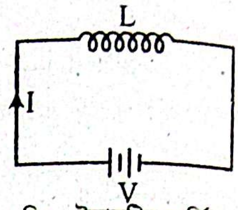
$$\int_0^t eidt = \int_0^I Lidi$$

বা, $\left[eit\right]_0^t = L\left[\frac{i^2}{2}\right]_0^I$

বা, $eit = \frac{1}{2}LI^2$

$\therefore W = \frac{1}{2}LI^2$ জুলস

এটিই সঞ্চিত শক্তি।



চিত্র : ইন্ডাকটিভ সার্কিট

৯। **হিসটেরেসিস লস কী?** [বাকাশিবো-২০১০, ২০

উত্তর : কোনো চৌম্বক কোরের ঘন ঘন চৌম্বকীয় মেরু পরিবর্তনের জন্য যে লস হয়, তাকে হিসটেরেসিস লস বলে।

১০। **হিসটেরেসিস লস কমানোর উপায়সমূহ লেখ।** [বাকাশিবো-২০১০, ২০

উত্তর : হিসটেরেসিস লস কমানোর উপায়সমূহ–

(i) সিলিকনযুক্ত ইস্পাত ব্যবহার করে।

(ii) উচ্চ পারমিয়্যাবিলিটি সম্পূর্ণ পদার্থ ব্যবহার করে।

১১। **কী কী উপায়ে এডি কারেন্ট লস কমানো যায়?** [বাকাশিবো-২০

অথবা, এডি কারেন্ট লস কমানোর উপায় লেখ। [বাকাশিবো-২০০৬, ২০১৪(প

উত্তর : এডি কারেন্ট লস কমানোর উপায়সমূহ–

(i) পাতলা পাতলা শিট ব্যবহার করে।

(ii) উচ্চ রোধবিশিষ্ট শিট ব্যবহার করে।

১২। **কী কী কারণে আবেশিত ইএমএফ-এর পরিমাণ বৃদ্ধি পায়?** [বাকাশিবো-০৮, ১৩(প

অথবা, আবেশিত ইএমএফ-এর পরিমাণ কী কী কারণে বাড়ে? [বাকাশিবো-২০

উত্তর : নিম্নলিখিত কারণে আবেশিত ইএমএফ-এর পরিমাণ বৃদ্ধি পায় :

১। যদি তারের প্যাঁচের সংখ্যা বৃদ্ধি পায়, যেহেতু $e \propto Z$

২। যদি তারের ঘূর্ণনের গতি বৃদ্ধি পায়, যেহেতু $e \propto N$

৩। যদি চৌম্বক ক্ষেত্রের শক্তি বৃদ্ধি পায়, যেহেতু $e \propto Q$.

১৩। **ফ্যারাডের সূত্র নির্ণয়ের ফর্মুলা কী?** [LGRD-20

উত্তর : $e \propto \frac{N\phi_2 - N\phi_1}{t}$

এখানে, e = আবেশিত বিদ্যুচ্চালক বল

N = তারের প্যাঁচের সংখ্যা

ϕ_1 = t সেকেন্ড আগে ফ্লাক্সের মান

ϕ_2 = t সেকেন্ড পরে ফ্লাক্সের মান

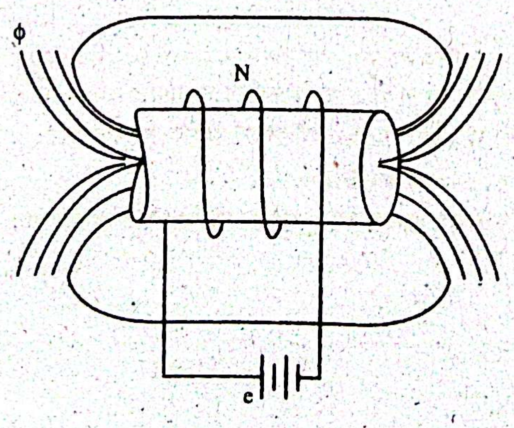
$e = KN\frac{\phi_2 - \phi_1}{t}$ e. m. u. [Constant K = 1]

$e = N\frac{d\phi}{t}$ e. m. u

$e = N\frac{d\phi}{dt} \times 10^{-8}$ Volt.

১৪। **প্রমাণ কর যে, $e = L\frac{dI}{dt}$ Volts. যেখানে প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে।** [বাকাশিবো-২০০

উত্তর :



আমরা জানি,
ফ্যারাডের সূত্রানুসারে,

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

$e = \frac{d}{dt}(N\phi)$ .... (i)

এবং $N\phi \propto I$

$N\phi = LI$ [L একটি স্থির সংখ্যা]

(i) নং হতে পাই

$e = \frac{d}{dt}(LI) = L\frac{dI}{dt}$ (প্রমাণিত)

এখানে,
N = কয়েলের প্যাঁচ সংখ্যা
I = কারেন্ট
ϕ = ফ্লাক্স
L = ইন্ডাকট্যান্স
e = আবেশিত emf

১৫। **এডি কারেন্ট কী?** [বাকাশিবো-২০০৯(পরি)]

উত্তর: কোনো চৌম্বক কোরের উৎপন্ন ফ্লাক্স, উক্ত কোরের কয়েলকে কাট করলে তাতে emf আবিষ্ট হয় এবং কারেন্ট প্রবাহিত হয়, একেই এডি কারেন্ট বলে।

১৬। **এডি কারেন্ট লস কী?** [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর: কোনো চৌম্বক কোরের উৎপন্ন ফ্লাক্স উক্ত কোরের কয়েলকে কাট করলে তাতে emf আবিষ্ট হয় এবং কারেন্ট প্রবাহিত হয়, ফলে বৈদ্যুতিক শক্তির অপচয় ঘটে, তাকে এডি কারেন্ট লস বলে।

১৭। **এডি কারেন্ট লস কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে?** [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর: এডি কারেন্ট লস নিম্নলিখিত বিষয়ের উপর নির্ভর করে—

(ক) সরবরাহ ভোল্টেজের উপর
(খ) ফ্রিকুয়েন্সির উপর
(গ) পদার্থের গুণাগুণের উপর
(ঘ) ব্যবহৃত পদার্থের আয়তনের উপর।

১৮। **500 প্যাকের কয়েলের একটি সলিনয়েডের মাঝে দিয়ে 500mA কারেন্ট প্রবাহিত হলে, মোট 5 ওয়েবার ফ্লাক্স উৎপন্ন হয়। চৌম্বক ক্ষেত্রের সঞ্চিত শক্তি কত?** [বাকাশিবো-২০০৩]

উত্তর: আমরা জানি,

$L = \frac{N\phi}{I}$

এবং $W = \frac{1}{2}LI^2$

$= \frac{1}{2}\frac{N\phi}{I}I^2$

$= \frac{1}{2}N\phi I$

$= \frac{1}{2} \times 500 \times 500 \times 10^{-3} \times 5$

= 625 জুলস (উত্তর)

দেয়া আছে,
N = 500
I = 500mA
= 500×10^{-3}A
ϕ = 5wb
W = ?

১৯। **কখন পরিবাহীতে সর্বোচ্চ ইএমএফ আবেশিত হয়?**

উত্তর: ফ্যারাডের সূত্র অনুসারে,

$e = Blv \sin\theta$ Volt

যদি পরিবাহী চৌম্বক ক্ষেত্রে সমকোণে ঘুরে; অর্থাৎ
$\theta = 90°$ হয়, তবে সর্বোচ্চ ইএমএফ আবেশিত হবে

$\therefore e = Blv$ Volt [$\because \sin 90° = 1$]

২০। **সেল্ফ ইনডিউসড ইএমএফ কী?**

উত্তর: যখন কোনো কয়েলে কারেন্ট পরিবর্তিত হয় অথবা পরিবর্তনশীল ফ্লাক্স একই কয়েলে সম্পর্কিত হয়, তখন উক্ত কয়েলে একটি ইএমএফ আবেশিত হয়। এ আবেশিত ইএমএফ কে সেলফ ইনডিউসড ইএমএফ বলে।

২১। **কো-ইফিসিয়েন্ট অব কাপলিং কী?**

উত্তর: পাশাপাশি দুটি কয়েলের একটিতে প্রবাহিত কারেন্টের ফলে উৎপন্ন মোট ফ্লাক্সের যে ভগ্নাংশ অন্যটিতে সংশ্লিষ্ট হয়, উক্ত ভগ্নাংশকে কো-ইফিসিয়েন্ট অব কাপলিং বলে।

CamScanner

HP রচনামূলক প্রশ্নাবলি :

১। ফ্যারাডের সূত্র দুটি লিখ এবং গানিতিকভাবে প্রমাণ কর যে, $e = -N\frac{d\phi}{dt} \times 10^{-8}$ ভোল্ট। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি), ২...

অথবা, গানিতিকভাবে প্রমাণ কর যে, $e = -N\frac{d\phi}{dt}$, (সংকেতগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে)। [বাকাশিবো-২০১৫, ১৬ (পরি), ১৭(প...

অথবা, ফ্যারাডের সূত্রের সাহায্যে প্রমাণ কর যে, $e = \frac{Nd\phi}{dt}$ ভোল্ট (অক্ষরগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে)। [বাকাশিবো-২০২০(প...

অথবা, ফ্যারাডের সূত্র হতে দেখাও যে, আবেশিত বিদ্যুচ্চালক বল, $e = -N\frac{d\phi}{dt}$ Volts. (প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে।)

[বাকাশিবো-২০০৮, ২২(অনুষ্ঠি...

অথবা, ফ্যারাডের সূত্রটি বিবৃত করে গাণিতিক ব্যাখ্যা দেখাও। [বাকাশিবো-২০...

অথবা, ফ্যারাডের সূত্র হতে প্রমাণ কর যে, $e = N\frac{d\phi}{dt}$ (অক্ষরগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে) [বাকাশিবো-০৬, ০৯, ১১, ১৩, ১৪, ১৬(প...

অথবা, তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশের ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, $e = -N\frac{d\phi}{dt}$ volt. [বাকাশিবো-২০০৯, ২২(অনুষ্ঠি...

অথবা, দেখাও যে, $e = -\frac{Nd\phi}{dt}$ Volt [যেখানে প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে] [বাকাশিবো-২০...

অথবা, ফ্যারাডের বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় আবেশের সূত্র লিখে গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০১৮(প...

অথবা, ফ্যারাডের বিদ্যুৎ চুম্বকীয় আবেশের সূত্র লেখে গাণিতিকভাবে প্রমাণ কর যে, $e = -N\frac{d\phi}{dt} \times 10^{-8}$ Volt, যেখানে অক্ষর... প্রচলিত অর্থ বহন করে। [বাকাশিবো-২০...

অথবা, গাণিতিকভাবে প্রমান কর যে, $e = -n\frac{d\phi}{dt} \times 10^{-8}$ Volt [যেখানে প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে]

[বাকাশিবো-২০২৩(অনুষ্ঠিত-২৪), ...

অথবা, ফ্যারাডের সূত্রের সাহায্যে দেখাও যে, আরোপিত বিদ্যুৎ চালক বল, $e = n\frac{d\phi}{dt}$ (যেখানে প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে)।

[বাকাশিবো-২০২২(প...

উত্তর সংকেত : অনুচ্ছেদ ১৪.১ নং দ্রষ্টব্য।

২। ফ্যারাডের ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ইন্ডাকশন সূত্র দুটি ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০১০, ২০(প...

উত্তর সংকেত : অনুচ্ছেদ ১৪.১ নং দ্রষ্টব্য।

৩। কো-ইফিসিয়েন্ট অব কাপলিং-এর মান নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০...

অথবা, মিউচুয়্যাল ইন্ডাকট্যান্স ও কো-ইফিসিয়েন্ট অব কাপলিং-এর মাঝে সম্পর্ক দেখাও। [বাকাশিবো-২০১৭(প...

উত্তর সংকেত : অনুচ্ছেদ ১৪.৭ নং দ্রষ্টব্য।

৪। আবেশিত বিদ্যুচ্চালক বল বলতে কী বুঝ? কী কী কারণে বিদ্যুচ্চালক বলের পরিমাণ বৃদ্ধি পায় লিখ।

উত্তর সংকেত : অনুচ্ছেদ ১৪.০ নং দ্রষ্টব্য।

৫। আবেশিত বিদ্যুচ্চালক বল উৎপাদনের পদ্ধতি কী কী? প্রমাণ কর যে, $e = Blv$ ভোল্ট।

উত্তর সংকেত : অনুচ্ছেদ ১৪.২ নং দ্রষ্টব্য।

৬। লেনজের সূত্রটি কী? নিম্নের সংজ্ঞাগুলো লেখ :

(ক) সেলফ ইনডিউসড ইএমএফ (খ) সেলফ ইন্ডাকট্যান্স

(গ) মিউচুয়াল ইন্ডাকট্যান্স (ঘ) কো-ইফিসিয়েন্ট অব কাপলিং।

উত্তর সংকেত : অনুচ্ছেদ ১৪.৫ এবং ১৪.৭ নং দ্রষ্টব্য।

CamScanner