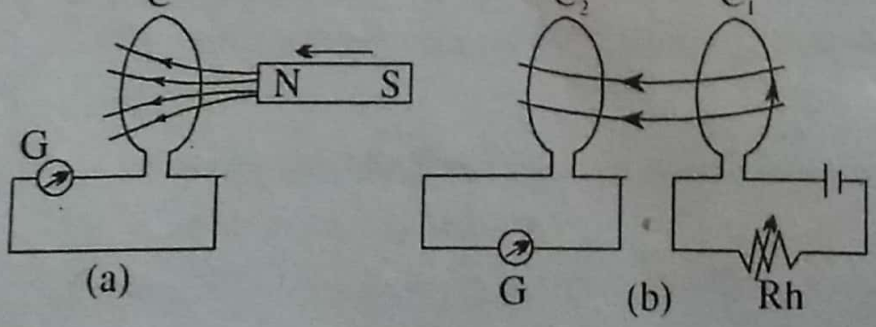
5.2. তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশ সম্পর্কিত পরীক্ষা (Faraday's experiments on electromagnetic induction)

(ক) চুম্বক দ্বারা আবিষ্ট প্রবাহ (কুণ্ডলী-চুম্বক পরীক্ষা) ঃ 5.1 (a) নং চিত্রে C একটি এক বা বহু পাকের অন্তরিত তামার তার নির্মিত একটি বৃত্তাকার কুণ্ডলী যার সঙ্গে একটি সুবেদী গ্যালভানোমিটার যুক্ত। শক্তিশালী NS চুম্বকটিকে কুণ্ডলীর দিকে দ্রুত আনা হলে সঙ্গে সঙ্গে গ্যালভানোমিটারে হঠাৎ বিক্ষেপ হয়।



চিত্র 5.1

এ থেকে প্রমাণিত হয় যে, উক্ত প্রক্রিয়ায় কুণ্ডলীতে ক্ষণস্থায়ী তড়িৎপ্রবাহ আবিষ্ট হয়। এখন চুম্বকটিকে কুণ্ডলী থেকে দূরে সরিয়ে নিয়ে গেলেও গ্যালভানোমিটারে হঠাৎ বিক্ষেপ পরিলক্ষিত হয়। কিন্তু এইবার বিক্ষেপ বিপরীত দিকে হয়। অর্থাৎ আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহ কুণ্ডলীতে বিপরীত দিকে প্রবাহিত হয়। কিন্তু কুণ্ডলী

Scanned with CamScanner

সাপেক্ষে কুণ্ডলীটি স্থির থাকলে গ্যালভানোমিটারে কোনো বিক্ষেপ হয় না। অর্থাৎ কোনো তড়িৎপ্রবাহ আবিষ্ট হয় না।

উপরের পরীক্ষা থেকে দেখা যায় যে, কুণ্ডলী সাপেক্ষে চুম্বকটি গতিশীল হলে তড়িৎচালক বল সৃষ্টি হয়। আপেক্ষিক বেগ বেশি হলে বিক্ষেপ বেশি হয়। এদের মধ্যে আপেক্ষিক বেগ না থাকলে কোনো তড়িৎচালক বল আবিষ্ট হয় না। কারণ ঃ

চুম্বকটিকে কুণ্ডলীর দিকে নিয়ে গেল বা দূরে সরানো হলে কুণ্ডলীর মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত চৌম্বক বলরেখার সংখ্যার পরিবর্তন হয়। অর্থাৎ কুণ্ডলীর সঙ্গে জড়িত চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তন হয়। চুম্বকটি স্থির থাকলে জড়িত ফ্লাক্স ধ্রুবক হয়। চুম্বকটিকে দ্রুত কুণ্ডলীর দিকে বা কুণ্ডলী থেকে দ্রুত দূরে সরানো হলে চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তনের হার দ্রুত হয়। সুতরাং কুণ্ডলীতে তখনই তড়িৎচালক বল আবিষ্ট হয় যখন কুণ্ডলীর সঙ্গে জড়িত চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তন ঘটে। আবার আবিষ্ট তড়িৎচালক বলের মান বলরেখার পরিবর্তনের হারের সঙ্গে বাড়ে।

◘ **(খ) তড়িৎপ্রবাহ দ্বারা আবিষ্ট প্রবাহ** (কুণ্ডলী-কুণ্ডলী পরীক্ষা) ঃ পরীক্ষা ব্যবস্থা 5.1(b) নং চিত্রে দেখানো হয়েছে। এক্ষেত্রে C_1 এবং C_2 কুণ্ডলী দুটিকে কাছাকাছি সমাক্ষীয়ভাবে রাখা হয়েছে। C_2 কুণ্ডলী গ্যালভানোমিটারের সঙ্গে যুক্ত এবং C_1 কুণ্ডলীর সঙ্গে ব্যাটারি যুক্ত। C_1 কুণ্ডলীকে **মুখ্য** (Primary) **কুণ্ডলী** এবং C_2-কে **গৌণ** (Secondary) **কুণ্ডলী** বলে। মুখ্য কুণ্ডলীর সুইচ্ K বন্ধ করলেই গৌণকুণ্ডলীর গ্যালভানোমিটারে একটি ক্ষণস্থায়ী বিক্ষেপ দেখা যায়। পরীক্ষা থেকে যা জানা যায় তা হল ঃ

(i) মুখ্য কুণ্ডলীতে K সুইচ্ **'অন'** করলে বা **'অফ'** করলে উভয় ক্ষেত্রে গৌণ কুণ্ডলীতে ক্ষণস্থায়ী বিক্ষেপ সৃষ্টি হয়।

(ii) মুখ্য কুণ্ডলীতে প্রবাহমাত্রার পরিবর্তন ঘটালেও গ্যালভানোমিটারে বিক্ষেপ দেখা যায়। বিক্ষেপ প্রবাহমাত্রার পরিবর্তনের হারের উপর নির্ভর করে। প্রবাহমাত্রার মানের উপর নির্ভর করে না।

- **কারণ ঃ** মুখ্য কুণ্ডলীতে K সুইচ্ হঠাৎ বন্ধ করলে বা খুলে নিলে ওই কুণ্ডলীতে প্রবাহমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাস ঘটে অর্থাৎ প্রবাহমাত্রা পরিবর্তনশীল হয়। ফলে উৎপন্ন চৌম্বক বলরেখার সংখ্যারও পরিবর্তন ঘটে। সঙ্গে সঙ্গে এর খুব কাছে রক্ষিত C_2 গৌণ কুণ্ডলীর সঙ্গে জড়িত বলরেখার সংখ্যার পরিবর্তন হয় এবং C_2 কুণ্ডলীতে তড়িৎচালক বলের আবেশ ঘটে। তাই গ্যালভানোমিটারে একটি বিক্ষেপ হয়।

ফ্যারাডের সূত্রাবলি আলোচনা করার আগে আমরা চৌম্বক ফ্লাক্সের সংজ্ঞা বিবেচনা করব।

Scanned with CamScanner

Subhash chandra sen

28/04/2020

Physics(H), sem-2, Paper= DSC1BT

Electromagnetic Induction

(তড়িৎচুম্বকীয় আবেশ)

তড়িৎচুম্বকীয় আবেশ:—

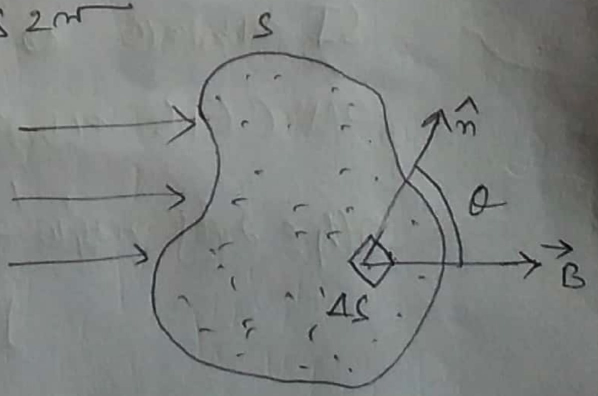
কোনো বদ্ধ কুণ্ডলীর মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত চৌম্বক আবেশ রেখার সংখ্যার বা তড়িৎ চৌম্বক ফ্লাক্স পরিবর্তন হলে কুণ্ডলীতে ক্ষণস্থায়ী তড়িৎচালক বল এবং তড়িৎপ্রবাহ আবিষ্ট হয়। ঐ ঘটনাকে তড়িৎচুম্বকীয় আবেশ বলে।

এর ফলে জেনারেটর, ট্রান্সফর্মার এবং অন্যান্য তড়িৎযন্ত্র আবিষ্কার করা সম্ভব হয়েছে।

চৌম্বক প্রবাহ ও প্রবাহ ঘনত্ব:—

চুম্বকক্ষেত্রে অবস্থিত কোন তলের মধ্য দিয়ে যত সংখ্যক বলরেখা লম্বভাবে গমন করে তাকে চৌম্বক ফ্লাক্স ϕ বলে।

চিত্রে S-তলটি চুম্বকক্ষেত্রে অবস্থিত ΔS হল ঐ তলের অত্যন্ত ক্ষুদ্র একটি অংশ। ΔS একটি ক্ষেত্র। ΔS এর মধ্য দিয়ে লম্বভাবে অতিক্রান্ত চৌম্বক ফ্লাক্স $\Delta\phi$ হলে,



$$\Delta\phi = B\Delta S\cos\theta = \vec{B}\cdot\vec{\Delta S}$$

এখন B চৌম্বক আবেশ বা প্রবাহ ঘনত্ব হলে, সুতরাং S তলের মধ্য দিয়ে মোট চৌম্বক প্রবাহ হবে,

$$\phi = \int_S \vec{B}\cdot\vec{dS} \qquad (1)$$

বিশেষ ক্ষেত্র:- (i) যদি ক্ষেত্রটি সমতল ক্ষেত্র A হয় এবং চৌম্বক ক্ষেত্র সুষম হয় তাহলে,

$$\phi = (\vec{B}\cdot\hat{n})A \quad \text{--- (2)}$$

এখানে $\hat{n}$ হল তলের উপর অভিলম্ব একক ভেক্টর।

(ii) যদি চৌম্বক ক্ষেত্র তলের সমান্তরাল হয় তাহলে $\theta = 90^\circ$ এবং $\phi = 0$।

একক:- SI পদ্ধতিতে চৌম্বক ফ্লাক্সের একক ওয়েবার (Wb) এবং CGS পদ্ধতিতে এর একক ম্যাক্সওয়েল (Maxwell)। এদুটির মধ্যে সম্পর্ক হল: $1 Wb = 10^8$ Maxwell.

একক ক্ষেত্রফলে লম্বভাবে অতিক্রমকারী চৌম্বক বলরেখাকে চৌম্বক প্রাবল্য ভেক্টর (B) বলে।

অর্থাৎ $B = \frac{\phi}{A}$

SI পদ্ধতিতে প্রাবল্য ভেক্টরের একক Wb/m^2 or Tesla(T) এবং CGS পদ্ধতিতে এর একক Gauss।

এদের মধ্যে সম্পর্ক—

$$1T = 10^4 G$$

তড়িৎচুম্বকীয় আবেশের সূত্রাবলী—

তড়িৎচুম্বকীয় আবেশ সংক্রান্ত বিভিন্ন পরীক্ষা থেকে তিনটি সূত্র উদ্ভাবন করা হয়েছে। প্রথম দুটি সূত্র ফ্যারাডের সূত্র, তৃতীয় সূত্রটিকে লেঞ্জের সূত্র বলে।

Scanned with CamScanner

ফ্যারাডের সূত্রাবলী:— (Faraday's law)

(i) কোনো কুণ্ডলীর সঙ্গে জড়িত চৌম্বক প্রবাহ পরিবর্তিত হলে কুণ্ডলীতে তড়িচ্চালক বলের আবেশ ঘটে এবং কুণ্ডলীর মধ্যে তড়িৎ প্রবাহ চলে।

(ii) কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের মান কুণ্ডলীর সঙ্গে জড়িত চৌম্বক প্রবাহের পরিবর্তনের হারের সমানুপাতিক।

লেনজের সূত্র (Lenz's Law):-

তড়িৎচুম্বকীয় আবেশের ক্ষেত্রে, আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহের অভিমুখ এমন হবে যে, যে কারণে প্রবাহের সৃষ্টি হয়, প্রবাহ সর্বদা সেই কারণকে বাধা দেয়।

গাণিতিক রূপ:— ধরা যাক যে কোনো সময়ে কোনো কুণ্ডলীর প্রতি পাকের অতিক্রান্ত চৌম্বক ফ্লাক্স = ϕ

এবং কুণ্ডলীর পাক সংখ্যা n।

সুতরাং কুণ্ডলীর সঙ্গে জড়িত চৌম্বক ফ্লাক্স = $n\phi$

∴ ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্র থেকে, আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল e হলে,

$$e \propto n \frac{d\phi}{dt}$$

এবং লেনজের সূত্র ব্যবহার করলে, $e \propto -n \frac{d\phi}{dt}$

$$\therefore e = -kn \frac{d\phi}{dt} \quad [k = \text{একটি ধ্রুবক}]$$

S.I পদ্ধতিতে $k = 1$

$$\therefore e = -n \frac{d\phi}{dt} \quad \text{—(3)}$$

Scanned with CamScanner

আবিষ্ট তড়িৎচালক বল, প্রবাহমাত্রা এবং আধান

ফ্যারাডের সূত্রানুসারে, n পাকবিশিষ্ট কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িৎচালক বল,

$e = -n\frac{d\phi}{dt}$. এখানে $\frac{d\phi}{dt}$ = চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তনের হার।

যদি t সময়ে চৌম্বক ফ্লাক্স ϕ_1 থেকে ϕ_2 হয় তাহলে প্রবাহমাত্রা হবে,

$$i = \frac{e}{R} = \frac{-n}{R}\frac{d\phi}{dt} \quad [R = \text{বর্তনীর রোধ}]$$

∴ $i\,dt = -\frac{n}{R}d\phi$ বা, $\int_0^t i\,dt = -\frac{n}{R}\int_{\phi_1}^{\phi_2} d\phi$

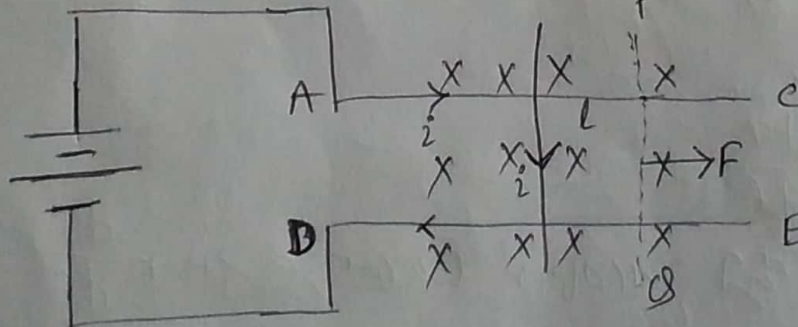
বা, $q = \frac{n}{R}(\phi_1 - \phi_2)$ — (5)

∴ সুতরাং বর্তনীতে প্রবাহিত আধান ফ্লাক্সের পরিবর্তনের উপর নির্ভর করে।—

ফ্যারাডে সূত্রের প্রমাণঃ— (Proof of Faraday's law)

হেলমহোলৎজ (Helmholtz) এবং পরে কেলভিন (Kelvin) দেখান যে, ফ্যারাডের সূত্র শক্তির সংরক্ষণ নীতির সাহায্যে প্রতিষ্ঠা করা যায়।

চিত্রে PQ পরিবাহী তারটি, AC এবং DE দুটি সরু এবং সমান্তরাল পরিবাহী রেলের উপর দিয়ে মসৃণ ভাবে এবং ঘর্ষণহীন ভাবে রেল দুটির সংস্পর্শে সরতে পারে,



চৌম্বক ক্ষেত্র PQ পরিবাহী এবং i প্রবাহ মাত্রার সমকোণে ক্রিয়া করে, চৌম্বকক্ষেত্রের প্রাবল্য B।

তড়িৎবাহী PQ পরিবাহী B চৌম্বকক্ষেত্রে অবস্থিত, তাই এর উপর ক্রিয়াশীল বল, $F = Bil$ [l = PQ পরিবাহীর দৈর্ঘ্য]

Scanned with CamScanner

যে কোনো মুহূর্তে পরিবাহীর বেগ v হলে প্রতি সেকেন্ডে কৃতকার্যের

হার $= Fv = Bilv$

ব্যাটারি থেকে উৎপন্ন ক্ষমতা $= Ei$

পরিবাহীর রোধ R হলে, উৎপন্ন তাপ শক্তির হার $= i^2R$

এখন শক্তির সংরক্ষণ নীতি অনুসারে,—

$$Ei = i^2R + Bilv \quad \therefore i = \frac{E - Blv}{R} = \frac{E + e}{R}$$

এখানে $e = -Blv$ হল চুম্বকক্ষেত্রে পরিবাহীর গতির জন্য উৎপন্ন তড়িৎচালক বল,—

$$\therefore e = -Blv = -Bl\frac{dx}{dt} \quad \therefore e = -B\frac{dA}{dt} = -\frac{d\phi}{dt}$$

Solve it (H/W)

0.1 m × 0.05 m মাপের একটি আয়তাকার কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা 100। একটিকে 0.1 wb/m² প্রাবল্যের চুম্বকক্ষেত্রে লম্বভাবে রেখে ক্ষেত্র প্রাবল্য 0.05 sec-এ সমভাবে 0.05 wb/m² করা হলে কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িৎচালক বল কত? (Ans:— 0.5 volt)

Scanned with CamScanner