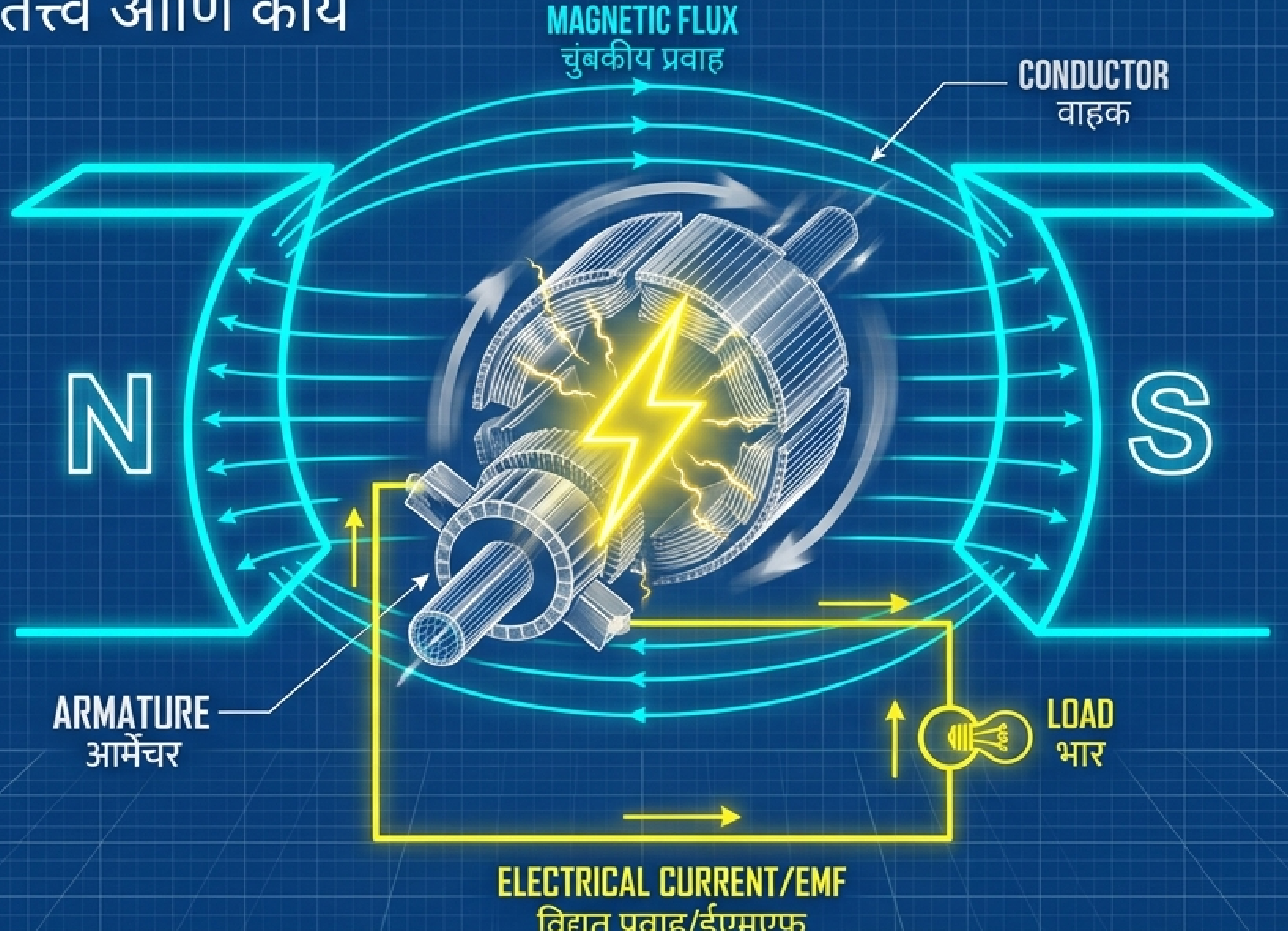
D.C. GENERATOR: PRINCIPLES AND OPERATIONS

डी.सी. जनरेटर: तत्त्व आणि कार्य



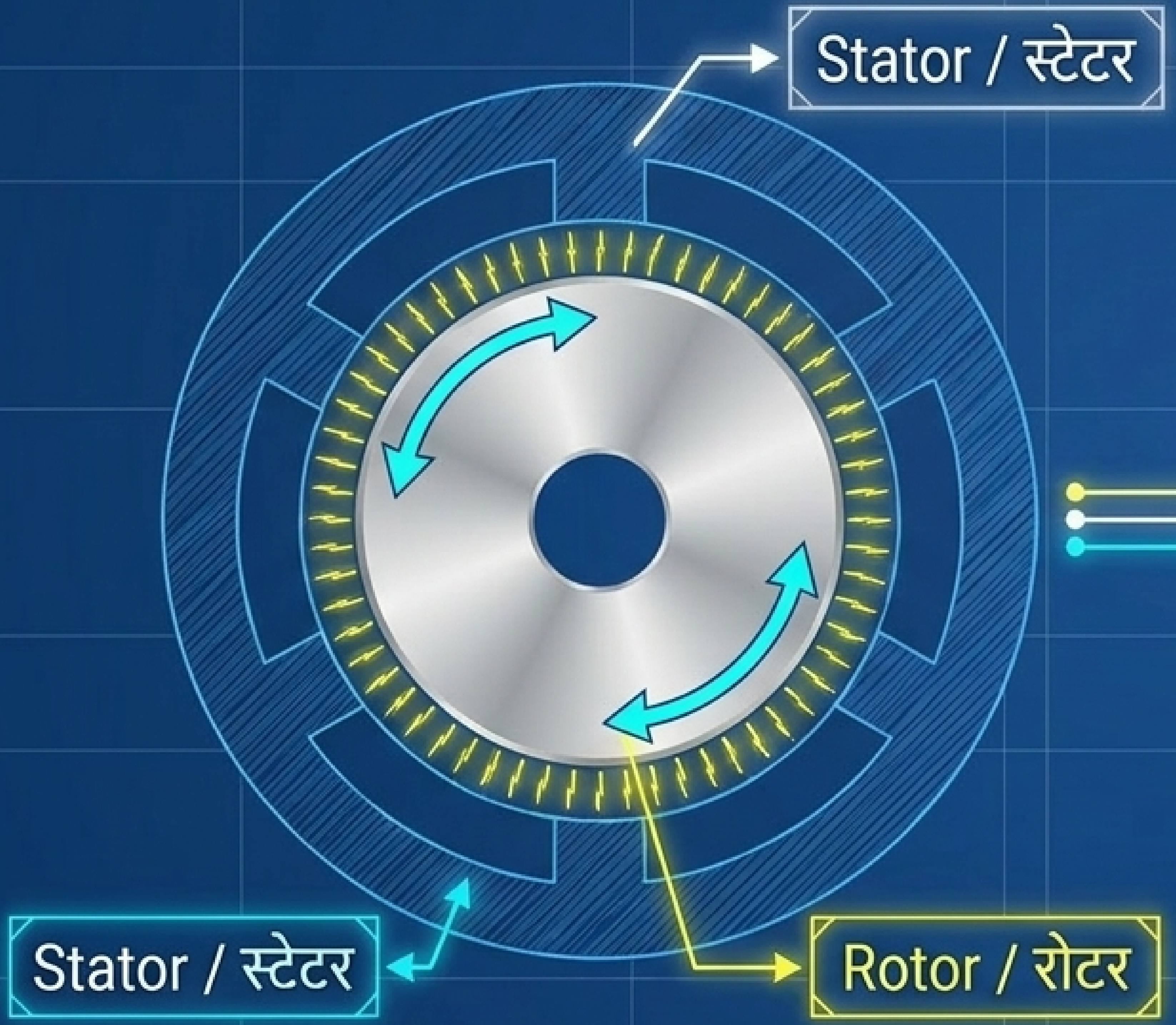
NotebookLM

Objectives
या पाठाची उद्दिष्टे

- फिरणाऱ्या विद्युत यंत्रांच्या (rotating electrical machines) सामान्य संकल्पना समजून घेणे.
- डी.सी. जनरेटरचे (D.C. generator) कार्य तत्त्व स्पष्ट करणे.
- इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक इंडक्शनचे (electromagnetic induction) फॅराडेचे नियम समजणे.
- गतिमान प्रेरित ई.एम.एफ. (dynamically induced e.m.f.), त्याचे परिमाण आणि दिशा यांची निर्मिती समजून घेणे.

NotebookLM

Rotating Electrical Machines
फिरणारी विद्युत यंत्रे



फिरणाऱ्या विद्युत यंत्रांचे दोन मुख्य भाग असतात: स्टेटर (Stator) आणि रोटर (Rotor).

मशीनचे प्रामुख्याने दोन प्रकार आहेत: डी.सी. (D.C.) आणि ए.सी. (A.C.) मशीन्स.

स्टेटर हा यंत्राचा स्थिर (stationary) भाग असतो.

रोटर हा यंत्राचा फिरणारा (rotating) भाग असतो.

NotebookLM

Machine Types: Stator vs Rotor

मशीनचे प्रकार: स्टेटर आणि रोटरची भूमिका

	Stator (स्थिर भाग)	Rotor (फिरणारा भाग)
डी.सी. मशीन्स (D.C. Machines)	'फिल्ड' (Field)	'आर्मेचर' (Armature)
ए.सी. सिंक्रोनस मशीन्स (A.C. Synchronous Machines)	'आर्मेचर' (Armature)	'फिल्ड' (Field)

डी.सी. आणि सिंक्रोनस मशीन्समध्ये फिल्ड नेहमी ‘एक्सायटेड’ (excited) असते.

इंडक्शन मोटरमध्ये फक्त स्टेटरला ए.सी. सप्लाय दिला जातो.

NotebookLM

Principle of the Generator
जनरेटरचे मूळ तत्त्व

Mechanical Energy
यांत्रिक ऊर्जा

Faraday’s Principle

Electrical Energy
विद्युत ऊर्जा

जनरेटर हे एक असे यंत्र आहे जे यांत्रिक ऊर्जेचे (mechanical energy) विद्युत ऊर्जेमध्ये (electrical energy) रूपांतर करते.

हे ऊर्जेचे रूपांतर करण्यासाठी, जनरेटर एका विशिष्ट वैज्ञानिक तत्त्वावर काम करतो.

हे तत्त्व म्हणजे 'फॅराडेचे इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक इंडक्शनचे नियम' (Faraday's Laws of Electromagnetic Induction).

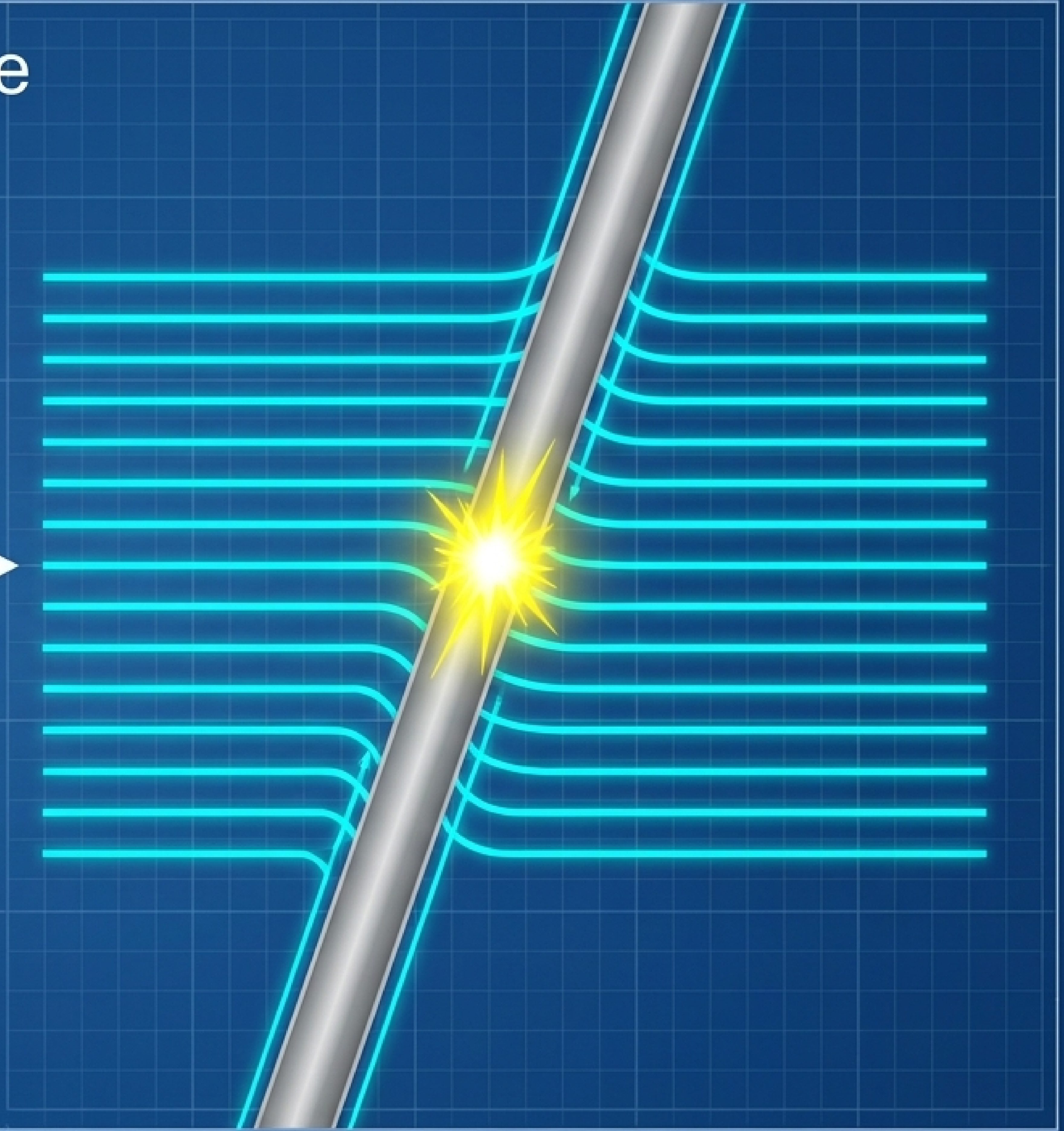
NotebookLM

Faraday’s First Law: The Cause
फॅराडेचा पहिला नियम: कारण

पहिला नियम: जेव्हा जेव्हा एखाद्या वाहकाला (conductor) चुंबकीय फ्लक्स (magnetic flux) लिंक होतो (छेदतो)...

...तेव्हा त्या वाहकामध्ये ई.एम.एफ. (e.m.f. – इलेक्ट्रोमोटिव्ह फोर्स) प्रेरित (induced) होतो.

सोप्या भाषेत: चुंबकीय रेषा आणि तार यांच्यातील संपर्कामुळे वीज निर्माण होते.



NotebookLM

Faraday’s Second Law: The Magnitude
फॅराडेचा दुसरा नियम: परिमाण

$$E \propto \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

दुसरा नियम: प्रेरित झालेल्या ई.एम.एफ.चे **परिमाण** (magnitude) हे **फ्लक्स** लिंकेजच्या बदलाच्या दरावर (rate of change) अवलंबून असते.

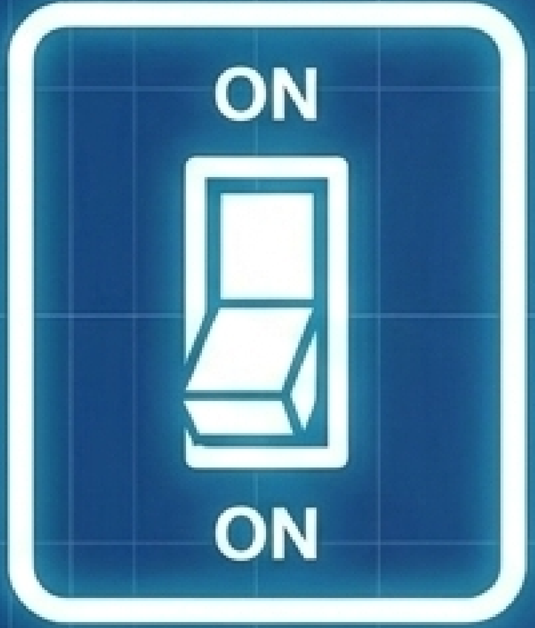
जेवढ्या वेगाने वाहक चुंबकीय रेषा कापेल, तेवढा जास्त ई.एम.एफ. निर्माण होईल.

सूत्र: ई.एम.एफ. (e.m.f.) ∝ $\frac{\text{फ्लक्समधील बदल}}{\text{लागलेला वेळ.}}$

NotebookLM

Understanding Faraday’s Laws
फॅराडेचे नियम समजून घेणे

पहिला नियम (Law 1)



Existence

काय सांगतो? ई.एम.एफ. ‘का’ निर्माण होतो (कारण).

अट: चुंबकीय फ्लक्स वाहकाला छेदणे आवश्यक आहे.

दुसरा नियम (Law 2)

Quantity

काय सांगतो? ई.एम.एफ. ‘किती’ निर्माण होतो (परिमाण/मूल्य).

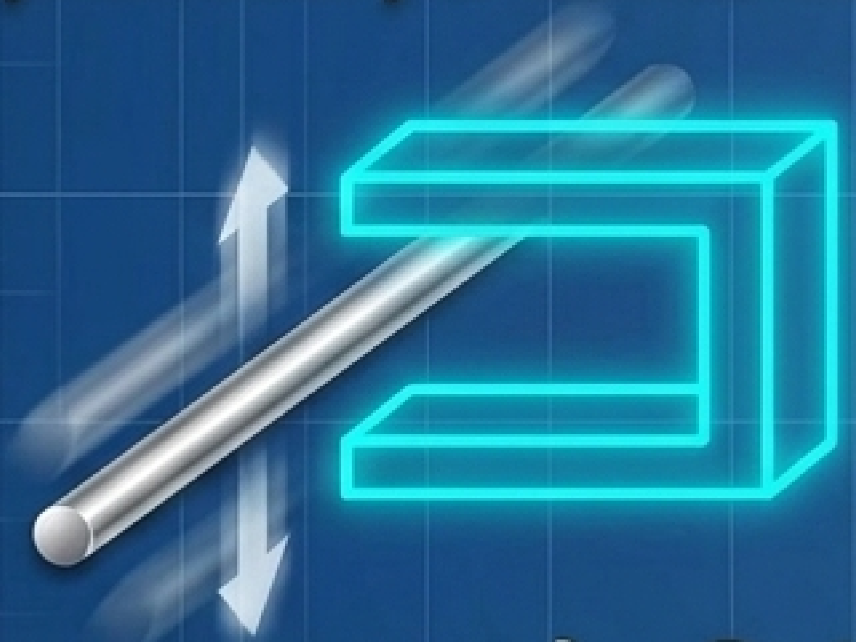
अट: निर्मितीचा वेग हा छेदण्यच्या वेगावर अवलंबून असतो.

NotebookLM

Types of Induced EMF
प्रेरित ई.एम.एफ. चे प्रकार

फॅराडेच्या नियमांनुसार, ई.एम.एफ. दोन प्रकारे प्रेरित केला जाऊ शकतो:

१. गतिमान प्रेरित ई.एम.एफ.
(Dynamically Induced EMF)



वाहक (conductor) हलतो आणि चुंबकीय क्षेत्र स्थिर असते. (उदा. जनरेटर)

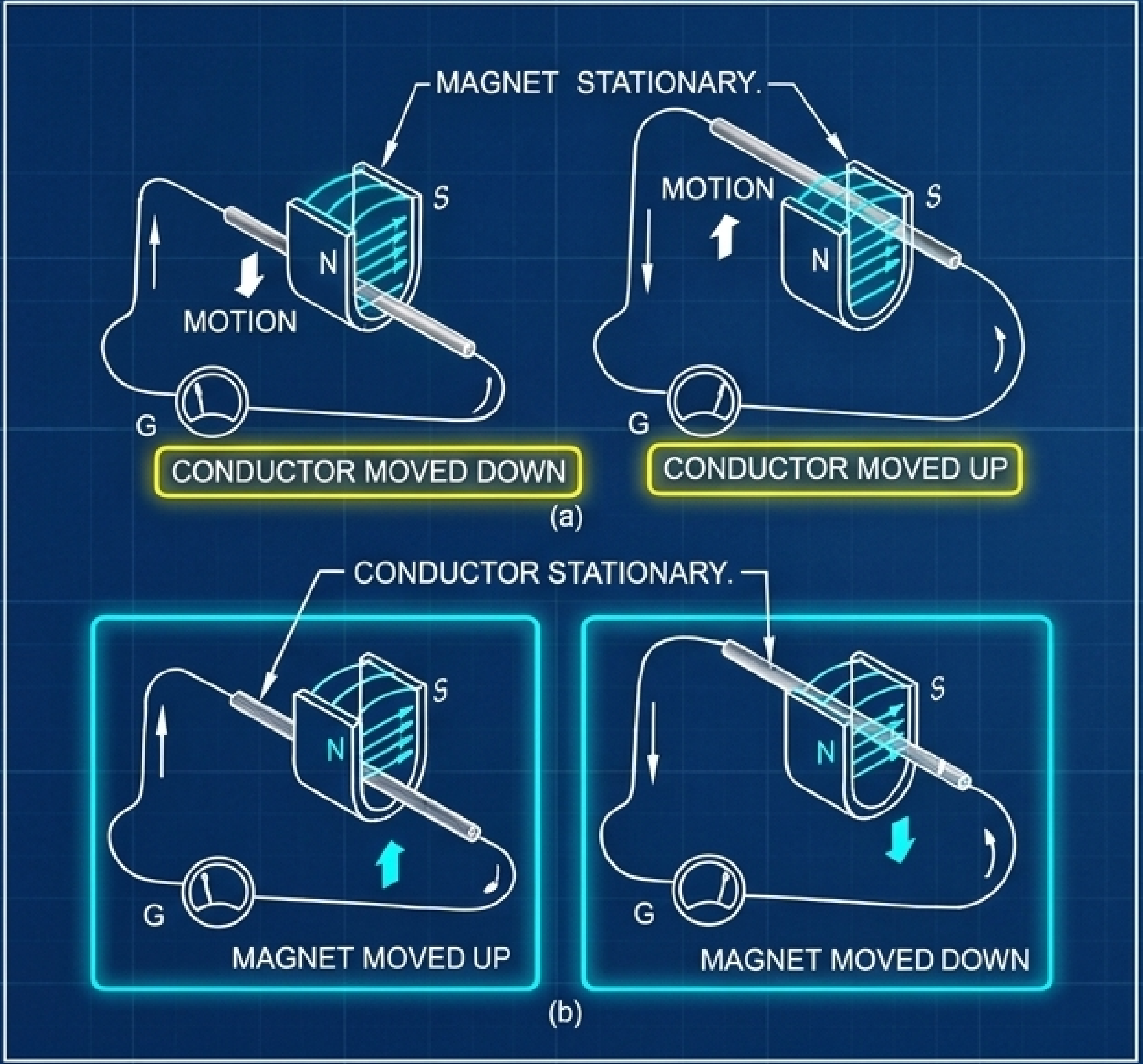
२. स्थिर प्रेरित ई.एम.एफ.
(Statically Induced EMF)

चुंबकीय क्षेत्र बदलते/हलते आणि वाहक स्थिर असतो. (उदा. ट्रान्सफॉर्मर)

जनरेटरमध्ये आपण 'गतिमान प्रेरित ई.एम.एफ.' चा वापर करतो.

NotebookLM

Dynamically Induced EMF
गतिमान प्रेरित ई.एम.एफ.



आकृती (a) मध्ये: चुंबक स्थिर आहे, पण वाहक (conductor) वर-खाली हलत आहे. गॅल्व्हानोमीटरची सुई हलते.

आकृती (b) मध्ये: वाहक स्थिर आहे, पण चुंबक वर-खाली हलत आहे. तरीही गॅल्व्हानोमीटरची सुई हलते.

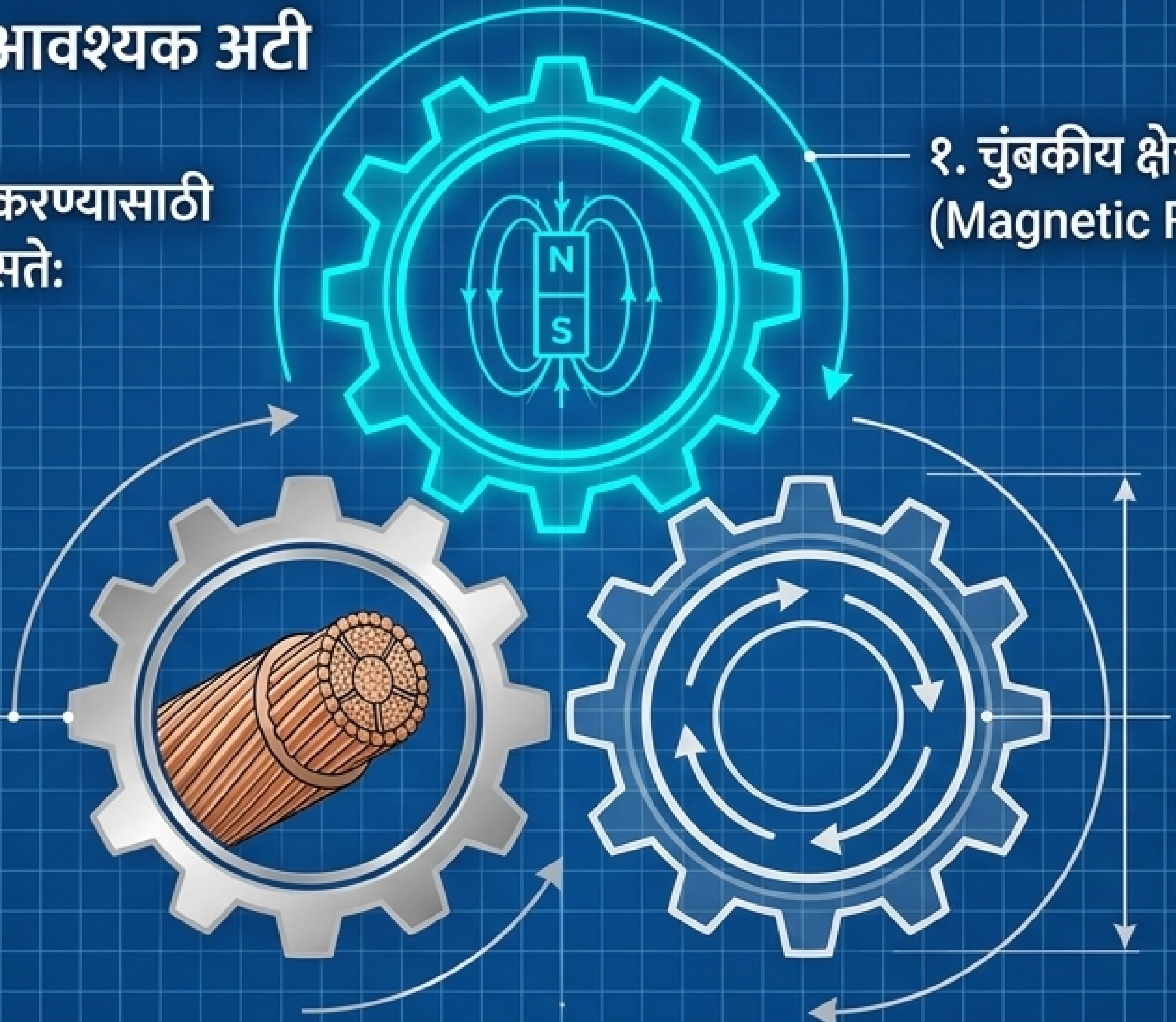
दोन्ही प्रकरणांमध्ये, वाहक चुंबकीय रेषा कापतो.

डी.सी. आणि ए.सी. जनरेटरमध्ये वीज निर्मितीसाठी हेच तत्त्व वापरले जाते.

NotebookLM

Ingredients for Dynamic EMF
गतिमान ई.एम.एफ. साठी आवश्यक अटी

गतिमान प्रेरित ई.एम.एफ. निर्माण करण्यासाठी मुख्य तीन गोष्टींची आवश्यकता असते:



१. चुंबकीय क्षेत्र (Magnetic Field)

२. वाहक (Conductor - तांब्याची तार)

३. वाहक आणि चुंबकीय क्षेत्र यामधील सापेक्ष गती (Relative Motion)

जर परिपथ (circuit) बंद असेल, तर या ई.एम.एफ. मुळे **विद्युत प्रवाह (current)** वाहू लागतो.

NotebookLM

The EMF Equation: E = BLV sinθ

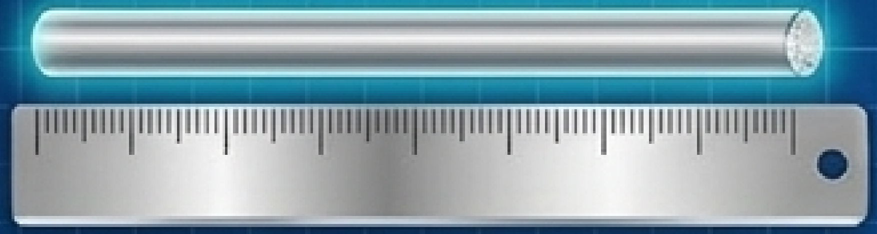
ई.एम.एफ. चे सूत्र

सूत्र: E = BLV sinθ व्होल्ट्स.

B = चुंबकीय प्रवाह घनता (Magnetic flux density) - टेस्ला मध्ये मोजतात.

V = वाहक आणि क्षेत्रातील सापेक्ष वेग (Velocity) - मीटर/सेकंद.

$$E = BLV\sin\theta$$



L = वाहकाची प्रभावी लांबी (Length of conductor) - मीटर मध्ये.

θ = तो कोन ज्यावर वाहक चुंबकीय क्षेत्राला कापतो.

NotebookLM

Rotation and the Cutting Angle
परिभ्रमण आणि छेदनाचा कोन

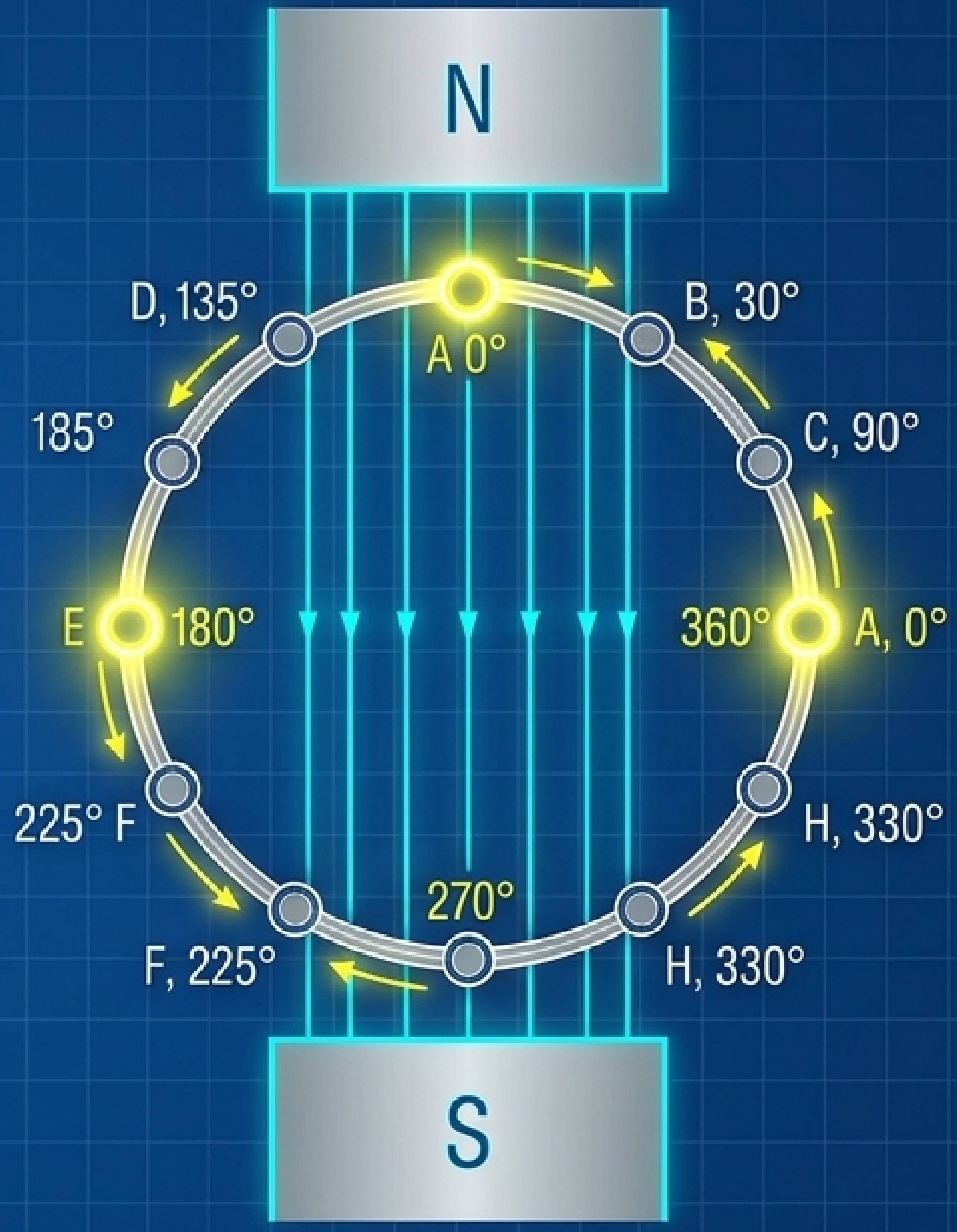
वाहक गोल फिरत असताना तो प्रत्येक क्षणी वेगवेगळ्या कोनातून (angle) चुंबकीय रेषा कापतो.

उदा. समजा BLV = 100V आहे.

जेव्हा वाहक 'A' स्थानावर (0°) असतो, तेव्हा तो रेषा कापत नाही.

सूत्रानुसार: $100 \times \sin(0) = 0$ व्होल्ट.

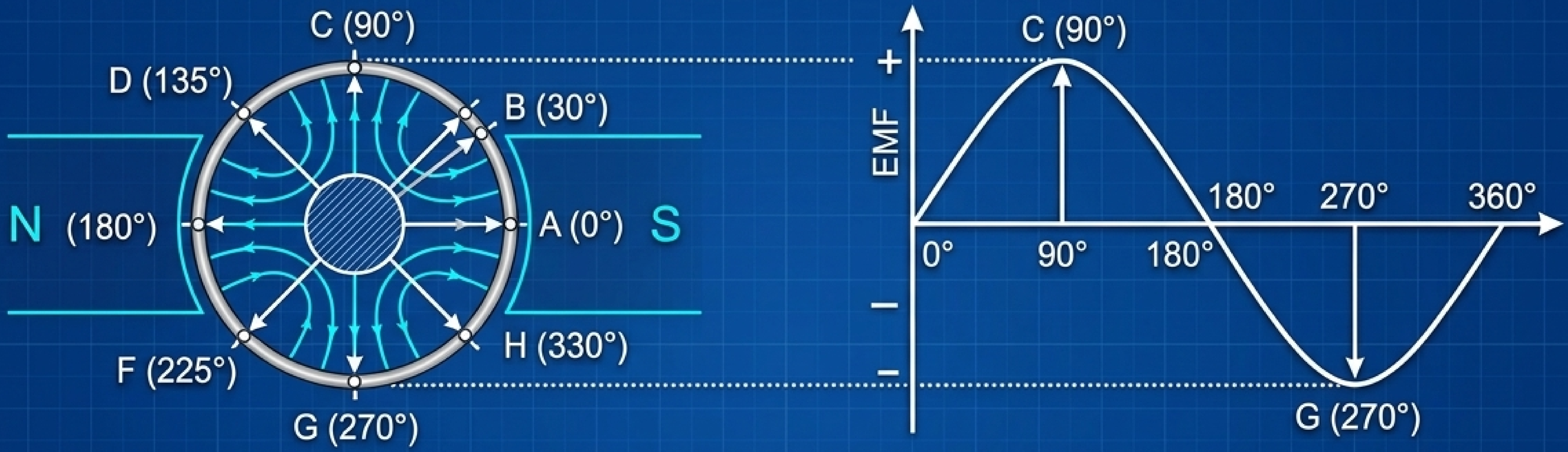
प्रत्येक स्थानावर (A ते I) कोनानुसार ई.एम.एफ. बदलतो.



(a)

NotebookLM

Production of the Sine Wave
साईन वेव्हची निर्मिती

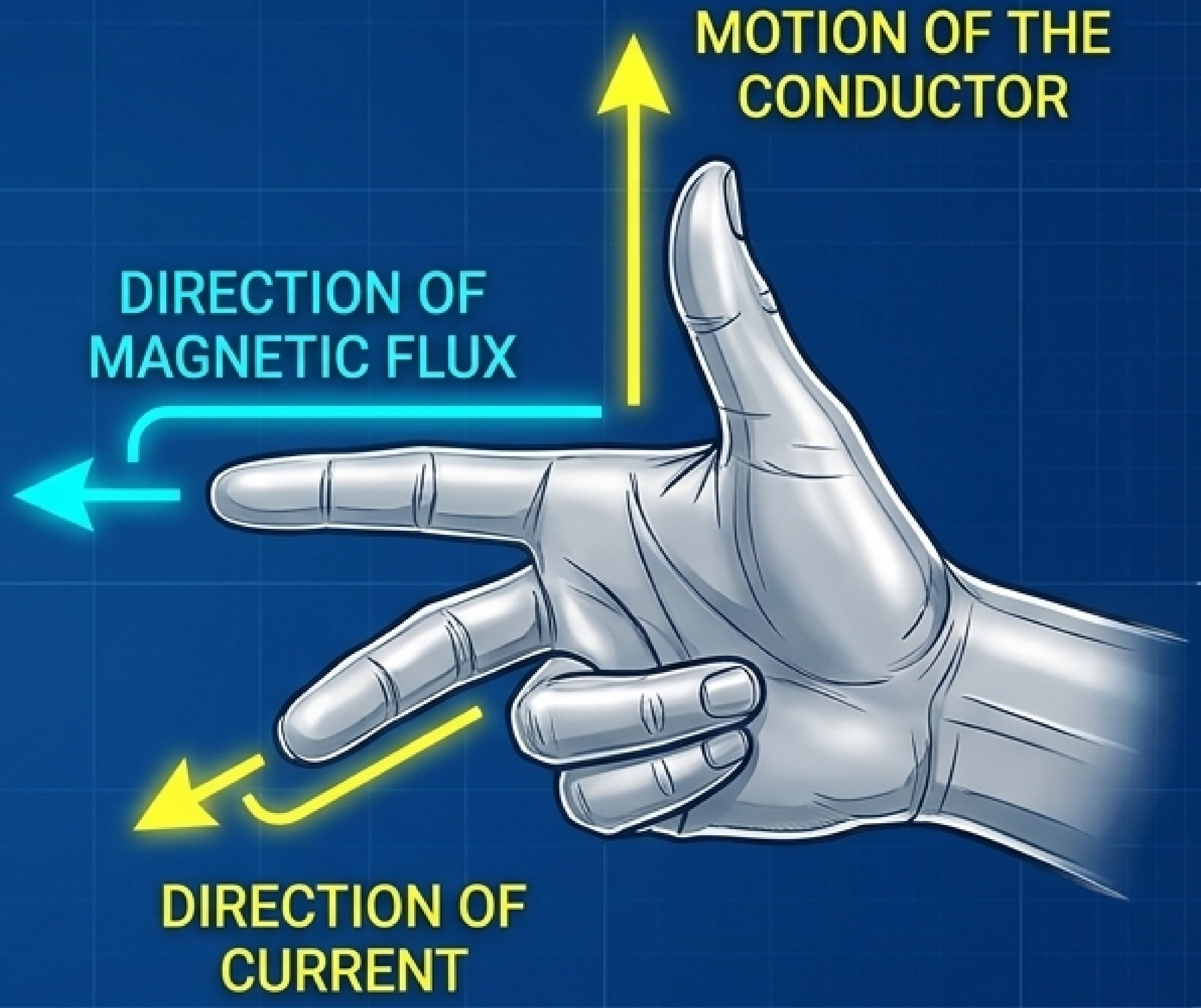


1	या सर्व स्थानांच्या (A ते I) ई.एम.एफ. मूल्यांचा ग्राफ काढल्यास, एक साईन वेव्ह (Sine wave) तयार होते.	2	90° (C) आणि 270° (G) या स्थानांवर ई.एम.एफ. सर्वात जास्त (Maximum) असतो.
3	0° (A), 180° (E), आणि 360° (I) या स्थानांवर ई.एम.एफ. शून्य (Zero) असतो.	4	हा निर्माण झालेला प्रवाह मूळतः ए.सी. (A.C.) असतो, जो ‘कम्युटेटर’ (Commutator) द्वारे डी.सी. (D.C.) मध्ये बदलला जातो.

NotebookLM

Fleming's Right-Hand Rule
फ्लेमिंगचा उजव्या हाताचा नियम

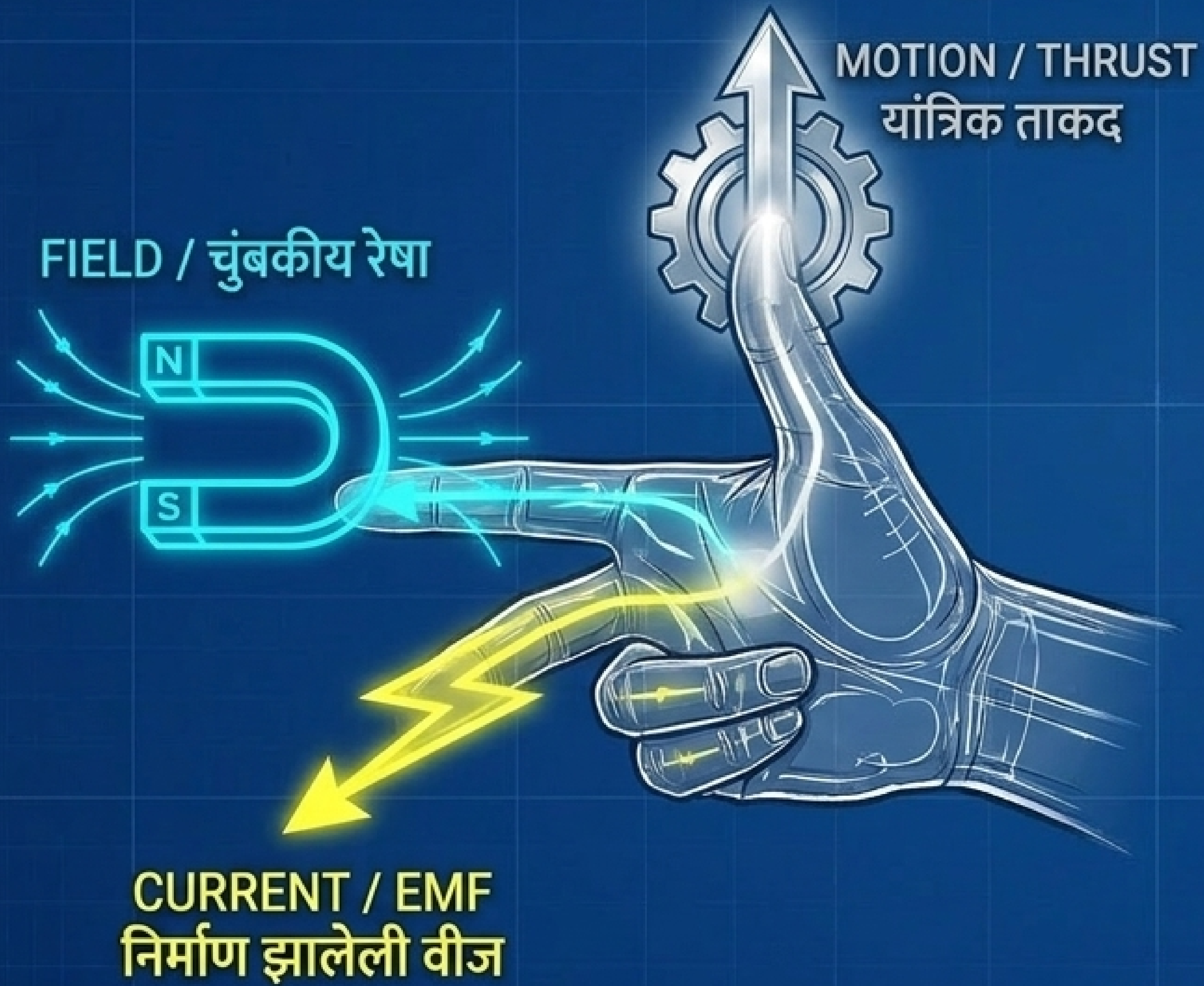
- गतिमान प्रेरित ई.एम.एफ. ची दिशा (direction) ठरवण्यासाठी या नियमाचा वापर करतात.
- उजव्या हाताचा अंगठा (Thumb), तर्जनी (Forefinger) आणि मधले बोट (Middle finger) एकमेकांशी काटकोनात (right angles) धरा.
  - तर्जनी: चुंबकीय फ्लक्सची दिशा दर्शवते.
  - अंगठा: वाहकाच्या गतीची दिशा (Motion) दर्शवतो.
  - मधले बोट: प्रेरित ई.एम.एफ. किंवा प्रवाहाची दिशा (Current) दर्शवते.



FLEMINGS RIGHT HAND RULE

NotebookLM

Memorizing Fleming's Rule
नियम लक्षात ठेवण्याची सोपी पद्धत

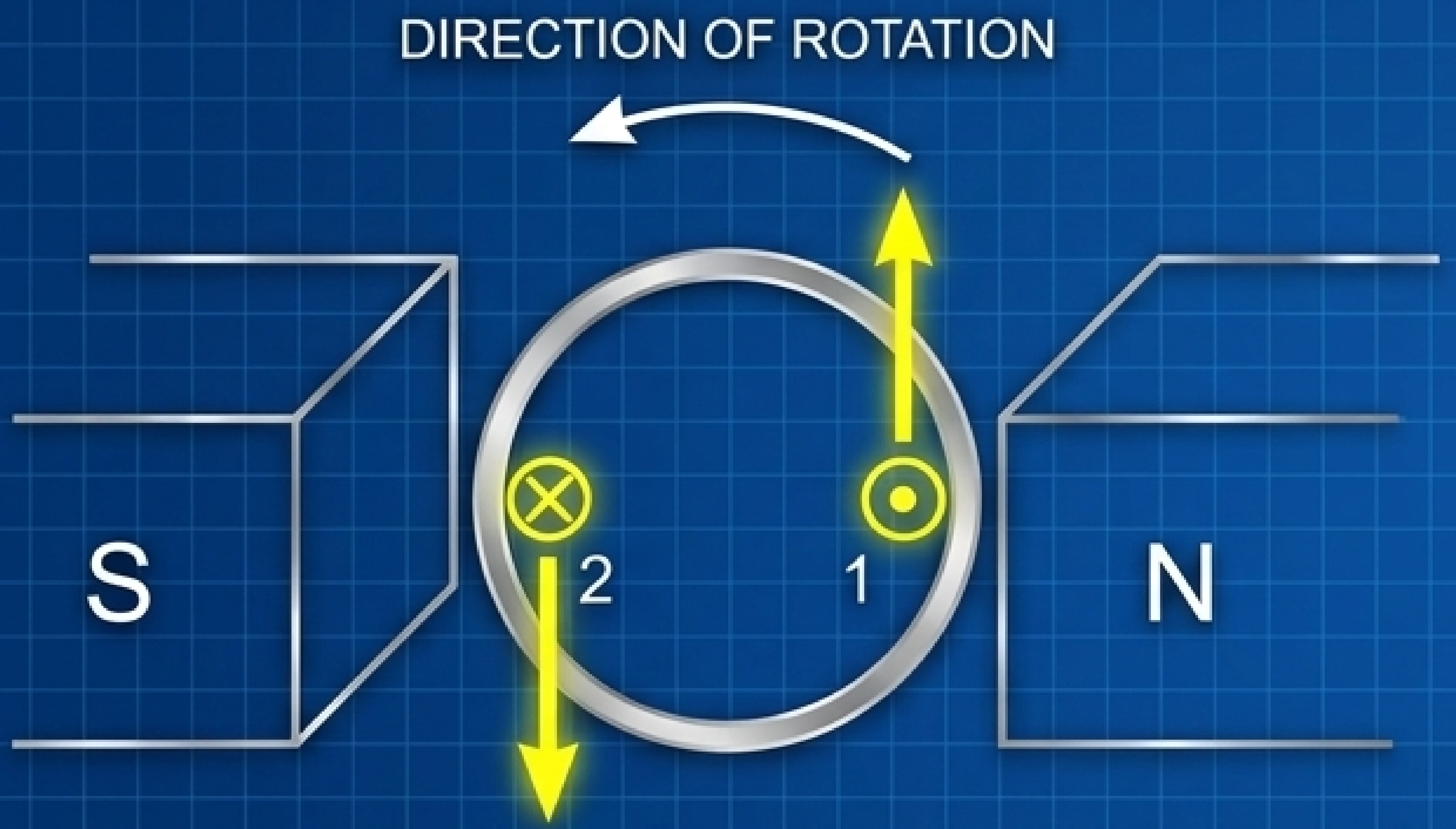


1	अंगठा (Thumb) = गती (Motion / Thrust) - यांत्रिक ताकद.
2	तर्जनी (Forefinger) = क्षेत्र (Field) - चुंबकीय रेषा.
3	मधले बोट (Middle finger) = प्रवाह (Current / EMF) - निर्माण झालेली वीज.

लक्षात ठेवा: हे तीनही घटक एकाच वेळी घडत असतात.

NotebookLM

Direction of the Induced Current
प्रेरित प्रवाहाची दिशा



आकृतीत वाहक घड्याळाच्या विरुद्ध दिशेने (anticlockwise) फिरत आहे.

नॉर्थ पोल (N) खालील वाहक १ वरच्या दिशेने हलत आहे.

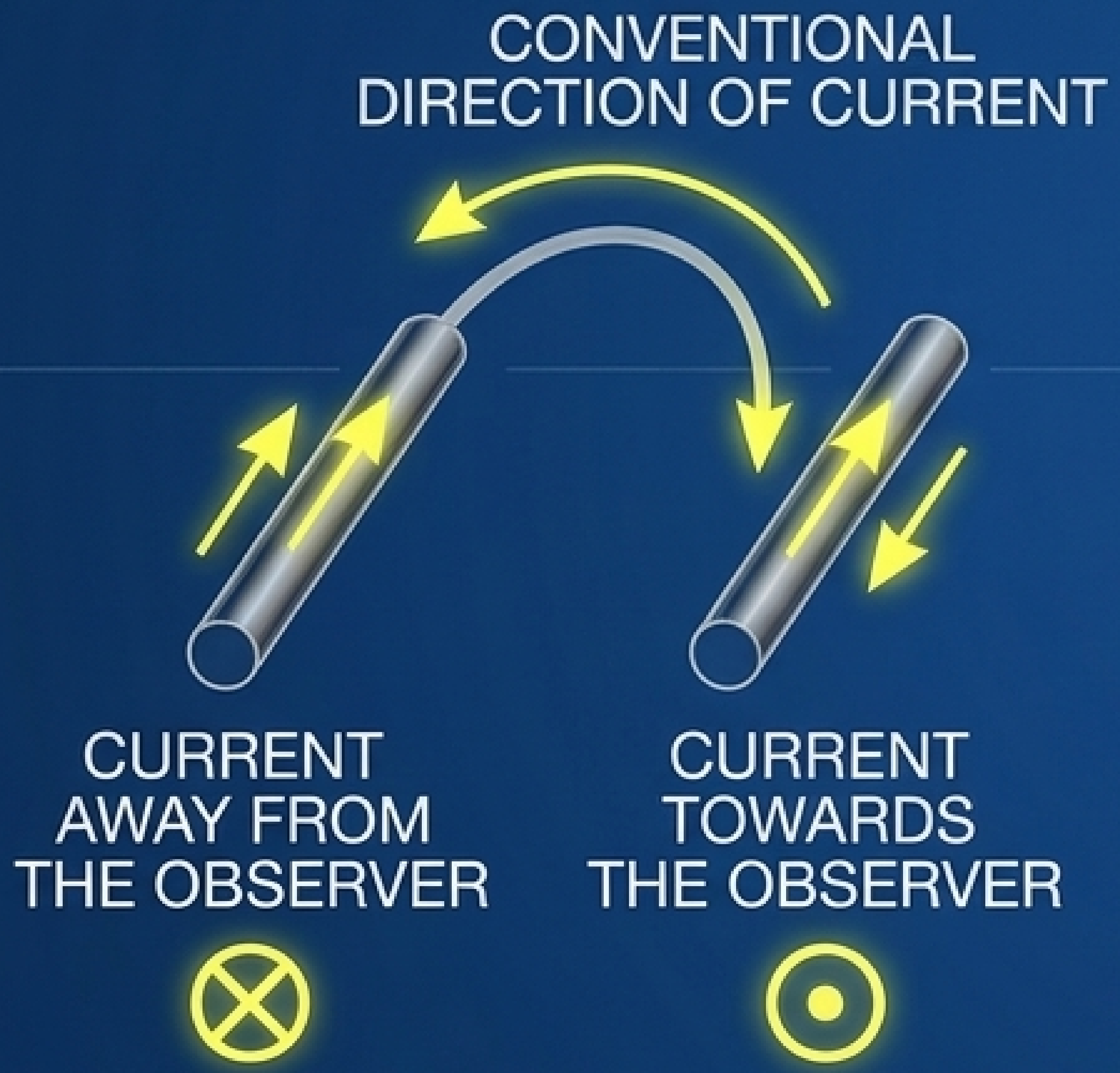
फ्लेमिंगचा नियम वापरल्यास: वाहक १ मधील प्रवाह निरीक्षकाकडे (Towards observer) येतो.

साऊथ पोल (S) खालील वाहक २ खालच्या दिशेने हलत आहे.

वाहक २ मधील प्रवाह निरीक्षकापासून दूर (Away from observer) जातो.

NotebookLM

The Dot and Cross Convention
डॉट आणि क्रॉस पद्धत



प्रवाहाची दिशा कागदावर दाखवण्यासाठी बाणाचा (arrow) विचार करा.

डॉट (⊙): बाणाचे टोक (Pointed head). प्रवाह तुमच्याकडे (निरीक्षकाकडे) येत आहे.

क्रॉस (⊗): बाणाची पिसे (Cross-feather). प्रवाह तुमच्यापासून दूर जात आहे.

जनरेटरच्या आर्मेचरमध्ये एका बाजूला नेहमी **क्रॉस** आणि दुसऱ्या बाजूला **डॉट** असतो.

NotebookLM

Synthesis: Putting It All Together
संपूर्ण प्रक्रियेचा सारांश

३. फ्लेमिंगचा उजव्या हाताचा नियम: गती आणि क्षेत्राच्या दिशेवरून प्रवाहाची दिशा (डॉट/क्रॉस) ठरते.

१. फॅराडेचे नियम: चुंबकीय रेषा कापल्यामुळे वीज निर्माण होते (फ्लक्स आणि वाहक).

२. ई.एम.एफ. चे सूत्र ($E = BLV \sin\theta$): कोनानुसार व्होल्टेज कमी-जास्त होते (साईन वेव्ह).

हे तीनही सिद्धांत जनरेटरमध्ये एकाच वेळी काम करतात!

NotebookLM

Assessment and Practice
मूल्यमापन आणि सराव

चर्चा करण्यासाठी प्रश्न (Discussion):

१. डी.सी. जनरेटर आणि ए.सी. जनरेटरच्या स्टेटरमध्ये काय फरक आहे?

२. फॅराडेच्या पहिल्या आणि दुसऱ्या नियमातील मुख्य फरक सांगा.

३. जनरेटरमध्ये गतिमान प्रेरित ई.एम.एफ. च्या तीन अटी कोणत्या?

४. डॉट (⊙) आणि क्रॉस (⊗) चिन्हांचा अर्थ काय?

सराव करण्यासाठी प्रश्न (Practice/Numerical):

१. जर $B = 2T$, $L = 0.5m$, $V = 10m/s$ आणि $\theta = 90°$ असेल, तर E काढा.

२. जर वाहक चुंबकीय क्षेत्राला समांतर (0°) फिरत असेल ($BLV = 50V$), तर निर्माण होणारा ई.एम.एफ. किती असेल?

NotebookLM