



Title/Intro

Page 1

- 1) विद्युतधारेचे परिणाम व उपयोग
- 2) रोध आणि रोधकता
- 3) विद्युत ऊर्जेचे रूपांतर :
प्रकाश ऊर्जेत
उष्णता ऊर्जेत
- 4) ओरस्टेडचा नियम
- 5) फॅरडेचा नियम
- 6) विद्युत ऊर्जेचे रूपांतर :
यांत्रिकी ऊर्जेत

Page 2

विद्युतधारेचे परिणाम व उपयोग (Effects and uses of Electricity)

तुम्ही आमचा यापूर्वीचा “विद्युत-काही संकल्पना” हा लेख वाचला असेलच. तसेच तुम्ही ओहमच्या नियमाचा Video सुद्धा बघितला असेल. त्यामध्ये आपण विद्युतभार, विद्युतप्रवाह (विद्युतधारा) इत्यादी संकल्पना बघितल्या होत्या. विद्युतधारा म्हणजे वाहकातून (परिपथातून) खो खो देत वाहणारे इलेक्ट्रॉन्स, जे जास्त विभवाकडून कमी विभवाकडे वाहतात. हा विद्युतप्रवाह म्हणजेच Current (I) आणि त्याचे एकक अँपीयर असते. विभवांतर म्हणजे व्होल्टेज (V) हे आपण बघितले आहे. त्याचबरोबर ओहमच्या नियमानुसार $V = IR$, ह्यात R हा विद्युतप्रवाहाला विरोध करणारा अडथळा असतो. अशा अडथळ्याला रोध (Resistance) म्हणतात. हा अडथळा करणाऱ्या वस्तूला रोधक (Resistor) म्हणतात. **मात्र रोधकाला नेहमीच्या व्यवहारात रोध असेही म्हणले जाते.**

परिपथामधे रोधाला जास्त विभवांतर दिल्यास विद्युतप्रवाह विभवांतराच्या समप्रमाणात वाढतो हेही आपण बघितलेले आहे. आज आपण त्याच विद्युतधारेचे (विजेचे) परिणाम आणि त्याचा आपण कसा व कुठे उपयोग करतो हे बघणार आहोत.

आपण विजेचा वापर कुठे करतो तुम्ही सांगू शकाल का? बरोबर. बल्ब, पंखा, मिक्सर, इस्त्री, फोन चार्जिंग, फॅक्टरी, इस्पितळ इत्यादी. अशी तुमची सगळी उत्तरं अगदी बरोबर आहेत. हेच उपयोग आम्ही खालील तक्त्यात लिहिले आहेत.

बल्ब, ट्यूबलाईट, विजेच्या माळा, प्रोजेक्टर	हीटर, इस्त्री, पाण्याचा गीझर, टोस्टर, वेल्डिंग	पंप, मोटर, मिक्सर, पंखा, फॅक्टरीमधील यंत्रे	इस्पितळ, प्रयोगशाळा इत्यादी
प्रकाश	उष्णता	यांत्रिक	सरमिसळ



वरील तक्ता आणि तुम्ही दिलेले उपयोग बघून तुमच्या लक्षात येईल की आपण विद्युत ऊर्जेचे प्रकाश, उष्णता, यांत्रिकी किंवा यांची सरमिसळ अशा वेगवेगळ्या ऊर्जेत रूपांतर केले. त्याच विद्युत ऊर्जेचे रूपांतर कधी प्रकाश ऊर्जेत, तर कधी उष्णतेमध्ये किंवा यांत्रिकी ऊर्जेत रूपांतर कसे होते? यापूर्वीच्या लिखाणात आपण रोध ह्याबद्दल बघितले होते. विद्युतप्रवाहाला जो विरोध करतो तो रोध, आणि रोध ओहम (Ohm Ω) मध्ये मोजतात.



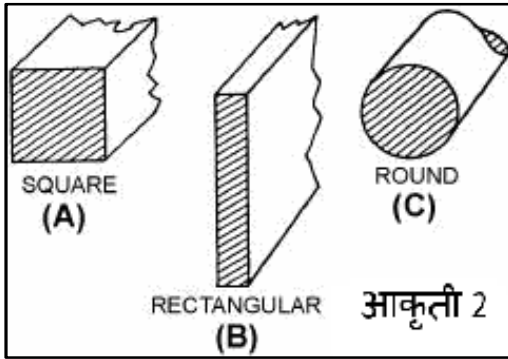
ओहमच्या प्रयोगामध्ये आपण आकृती 1 मध्ये दाखवल्याप्रमाणे रोध वापरले होते, पण ते प्रयोगासाठी वापरायचे रोध. असेच रोध वेगळ्या स्वरूपात आपल्या बल्ब, पंखा अशा सगळ्याच उपकरणांमध्ये असतात. पण मग ते विद्युत ऊर्जेचे रूपांतर कसे करतात? आणि तेही वेगवेगळ्या ऊर्जांमध्ये! यासाठी आपल्याला या रोधांबद्दल थोडे बघायला हवे.

तुम्ही जर ओहमचा नियम नीट वाचाल तर त्या नियमाची एक अट (Condition) आहे. “रोधाची भौतिक अवस्था” बदलली नाही तरच ओहमचा नियम लागू होतो. आता रोधाची (रोधकाची) भौतिक अवस्था म्हणजे काय ते बघूया. भौतिक स्थिती म्हणजे,

- रोधाच्या काटछेदाचे क्षेत्रफळ (Cross-sectional Area)
- रोधाची लांबी
- रोधाचे तापमान.

या गोष्टींमुळे रोधावर काय परिणाम होतो ते आपण बघूया.

- रोधाचे काटछेदाचे क्षेत्रफळ (Cross-sectional Area)** - काटछेद क्षेत्रफळ म्हणजे रोधाला काटछेद दिल्यास त्याचे क्षेत्रफळ. (आकृती 2 पहा) रोध चौकोनी असेल तर उंची x रुंदी, गोल असेल तर πr^2



इत्यादी. आणि हे क्षेत्रफळ जास्त तर रोध कमी म्हणजेच $R \propto \frac{1}{Area}$. हे कळले का? अरे जसे मोठ्या पाईपमधून जास्त पाणी वाहणार तसेच जाड तारेतून जास्त विद्युतप्रवाह वाहू शकेल म्हणजेच त्याचा रोध कमी असेल.

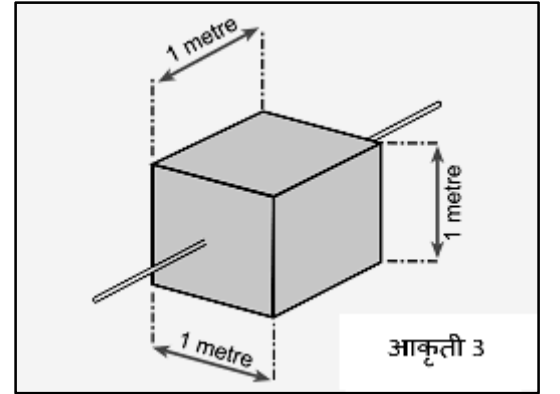
- रोधाची लांबी** - लांबी जास्त तर रोध जास्त $R \propto L$. कारण Electrons ना जास्त अंतर ढकलावे लागेल.
- रोधाचे तापमान** - $R \propto Temp$ म्हणजेच तापमान वाढले तर रोध वाढतो.

रोधकता (Resistivity) - विद्युतप्रवाह सुवाहकातून वाहतो हे आपण बघितले. पण सगळेच धातू एकसारखेच वाहक असतात का? नाही. प्रत्येक धातूमध्ये किती इलेक्ट्रॉन्स आहेत? ते वाहू शकतात का? इत्यादींवर त्याची वाहकता किंवा रोधकता अवलंबून असते. काही धातूंची रोधकता खाली दिली आहे.

धातू	चिन्ह	रोधकता
Silver	Ag	1.57×10^{-8} Ohm mtr
Copper	Cu	1.67×10^{-8} Ohm mtr
Aluminium	Al	2.80×10^{-8} Ohm mtr
Iron	Fe	10.00×10^{-8} Ohm mtr
Nichrome	NiCr	100.00×10^{-8} Ohm mtr
Tungsten	W	4.90×10^{-8} Ohm mtr

रोधकता (Resistivity) म्हणजे काय? रोधकता म्हणजे वेगवेगळ्या धातूंची विजप्रवाहाला विरोध करण्याची शक्ती (Power). ही वेगवेगळ्या धातूंची तक्त्यात दिल्याप्रमाणे वेगवेगळी असते. आणि त्यांची तुलना (Comparison) करण्यासाठी वेगवेगळ्या धातूंचा आकार सारखा असायला हवा. (आकृती 3 पहा) म्हणून 1 मीटर x 1 मीटर x 1 मीटर धातूच्या रोधाला त्या धातूची रोधकता म्हणतात. रोधकतेचे एकक 'ओहम-मीटर' असे आहे. असो. पण वरील धातू आणि रोधकता मधून काय कळले?

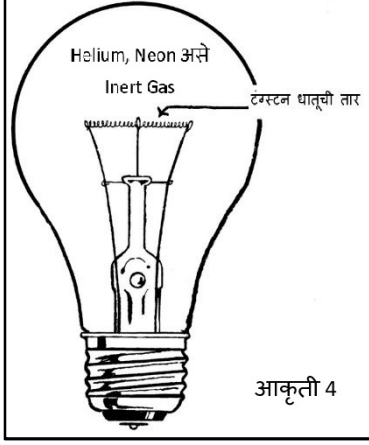
चांदी हा सगळ्यात उत्तम सुवाहक आहे कारण त्याची रोधकता सगळ्यात कमी आहे त्यानंतर तांबे (Cu) इत्यादी. याबद्दल पुढे अजून बघू



रोधांच्या अशा भौतिक गुणांवरून आपल्याला कोणत्या धातूंचा उपयोग करून विद्युत ऊर्जेचे रूपांतर कसे होईल ते कळते. आता आपण हे उपयोग बघूया. एक मजेशीर गोष्ट म्हणजे जो रोध विद्युतप्रवाहाला विरोध करतो त्याचाच उपयोग करून आपण विद्युत ऊर्जेचा वापर करणार आहोत.

पुढे जाण्यापूर्वी लक्षात घ्या की, आपण घराच्या वायरिंग साठी तांबे (Cu) किंवा अॅल्युमिनियम (Al) च्या तारा वापरतो कारण त्यांची रोधकता कमी, किंमत कमी व उष्णता ही फार नाही. तसेच हीटर किंवा इस्त्री सारख्या उपकरणांसाठी जाड तार वापरतो.

विद्युत ऊर्जेचे प्रकाश ऊर्जेत रूपांतर - आपण प्रकाशासाठी बल्ब, ट्यूबलाईट इत्यादींचा वापर करतो. या बल्बमध्ये टंग्स्टन धातूची तार वापरतात (आकृती 4 पहा). टंग्स्टन का? कारण त्याची रोधकता जास्त,



म्हणून इलेक्ट्रॉन्सच्या वहनाला अडथळा जास्त, त्यामुळे घर्षण व उष्णता निर्मिती जास्त आणि तापमान वाढले की, इलेक्ट्रॉनचे परिणामी रूपांतर फोटॉन्स (Photons) मिळण्यामध्ये होऊन आपल्याला प्रकाश मिळतो. पण मग टंग्स्टनच का? कारण त्याचा वितळणबिंदू 3000°C इतका जास्त असल्यामुळे ही तार वितळत नाही. (गंमत म्हणून तांब्याचा (Cu) वितळणबिंदू 1085°C सेंटिग्रेड एवढाच आहे). शिवाय उत्पन्न झालेल्या उष्णतेला शोषण्यासाठी Helium, Neon असे Inert Gas बल्बमध्ये वापरतात. आजकाल आपण वीज वाचवण्यासाठी CFL

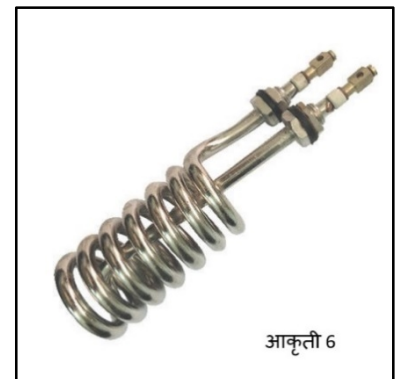
(Compact Fluorescent Lamp), LED (Light-Emitting Diode) असेही दिवे, ट्यूबलाईट वापरतो पण त्याबद्दल पुढे पाहू.

विद्युत ऊर्जेचे उष्णतेमध्ये रूपांतर - आपल्याला इस्त्री, हीटर, टोस्टर अशा उपकरणांमध्ये विजेचे रूपांतर उष्णतेमध्ये करायचे असते. अशासाठी नायक्रोम (निकेल + क्रोमियम) या मिश्रधातूंचा रोध



वापरतात. त्याची रोधकता जास्त असल्यामुळे उष्णता लवकर व जास्त वाढते. तसेच कमी जागेत जास्त लांबीचा रोध वापरायचा असल्याने त्यांचे वेटोळे (Coil) करून वापरले जाते (आकृती 5 पहा). वेटोळ्यामुळे कमी जागेत जास्त लांबीची तार म्हणून रोध जास्त.

नायक्रोमची रोधकता जास्त व वितळणबिंदू 1400°C असल्याने त्याचा उपयोग विजेचे उष्णतेत रूपांतर करण्यासाठी उपयुक्त आहे. हीटरमध्ये वेटोळ्याचे वेटोळे वापरतात (Coil ची Coil, आकृती 6 पहा). यामुळे रोधाची लांबी कमी जागेत बसू शकते. इस्त्री, टोस्टर इत्यादींमध्ये कॉईलच्या मध्ये अभ्रकाचा (Mica) चा उपयोग दुर्वाहक (Insulator) म्हणून करतात.

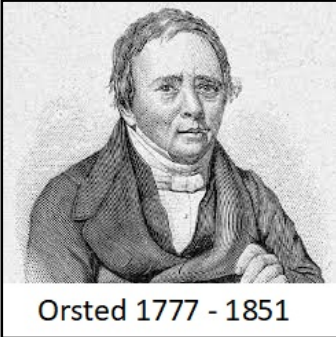




थोडे विषयांतर - याच विजेच्या उष्णतेमध्ये रूपांतर होण्याच्या परिणामाचा उपयोग वितळणतार (Fuse आकृती 7) मधे करतात. परिपथात Fuse म्हणून Tin, Zinc इत्यादींच्या तारा वापरतात, ह्यांचा वितळणबिंदू कमी (300 - 400 °C) असल्याने तारेतील विद्युतप्रवाह क्षमतेहून जास्त झाल्यावर ही तार वितळते, परिपथ तुटतो व दुर्घटना टळू शकते.

विजेच्या उपकरणांच्या बाबतीत एक गोष्ट लक्षात ठेवा की, त्यांचा उपयोग करा पण त्यांच्याशी खेळू नका. तसेच नेहमी चांगल्या प्रतीच्या तारा, प्लग, फ्यूज इत्यादी वापरा व सुरक्षित रहा.

विद्युत् ऊर्जेचे यांत्रिक ऊर्जेमध्ये रूपांतर - आता आपण विद्युत ऊर्जेचे यांत्रिकी ऊर्जेमध्ये रूपांतर बघू याचाच उपयोग करून पंखा, मिक्सर, पाण्याचा पंप, फॅक्टरी मधील यंत्रे इत्यादी चालतात. पण हे बघण्यापूर्वी आपल्याला विद्युत आणि चुंबकत्व यांचा परस्पर संबंध बघणे आवश्यक आहे. कारण याचाच उपयोग करून विजेपासून यांत्रिकी ऊर्जा मिळू शकते.

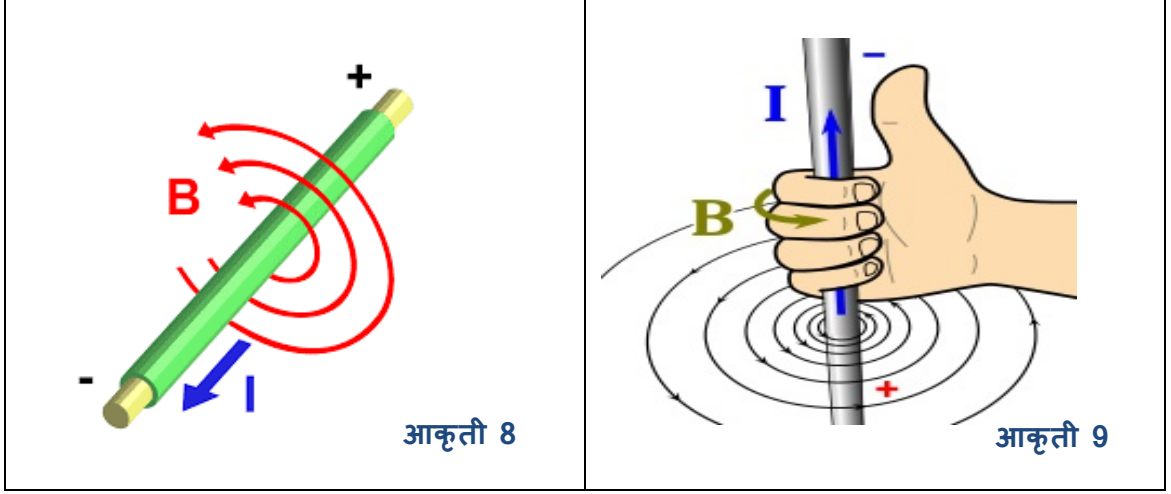


विद्युत, चुंबक आणि विद्युत चुंबक - विजेचा शोध 17 व्या शतकात लागला. चुंबकत्व त्याच्या बरेच आधीपासून (1540) माहित होते. पण विद्युत आणि चुंबकत्व या दोघांमध्ये असलेला संबंध ओरस्टेड (Orsted 1777 - 1851) या शास्त्रज्ञाने 1820 च्या सुमारास शोधून काढला. काय आहे हा संबंध?

ओरस्टेडचा नियम - ओरस्टेडच्या नियमाप्रमाणे एखाद्या वाहकातून विद्युतप्रवाह वहात असेल तर त्या वाहकासभोवती चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होते.

याच नियमांबद्दल आणखी थोडे,

- १) विद्युतप्रवाह असला तर चुंबकत्व असते विद्युत प्रवाह थांबला की चुंबकीय क्षेत्र नाहीसे होते.
- २) विद्युतप्रवाह वाढला तर चुंबकीय क्षेत्राची शक्ति वाढते.
- ३) विद्युतप्रवाहाची दिशा बदलल्यास चुंबकीय क्षेत्राचीही दिशा बदलते.
- ४) चुंबकीय क्षेत्राची दिशा आणि विद्युतधारेची दिशाबाजूच्या आकृतीत दाखवल्याप्रमाणे उजव्या हाताच्या नियमानुसार असते. म्हणजे जर विद्युतधारा उजव्या हाताच्या वळलेल्या मुठीच्या अंगठ्याच्या दिशेने असेल तर वळलेली बोटे चुंबकीय क्षेत्राची दिशा दाखवतात(आकृती 8 व 9 पहा).

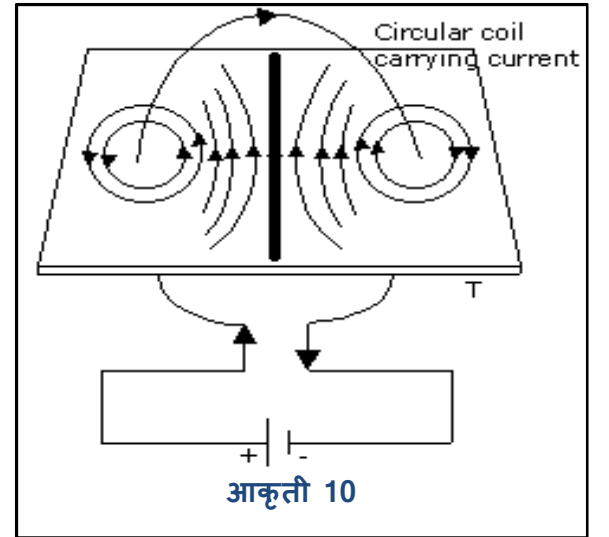


आकृती 8

आकृती 9

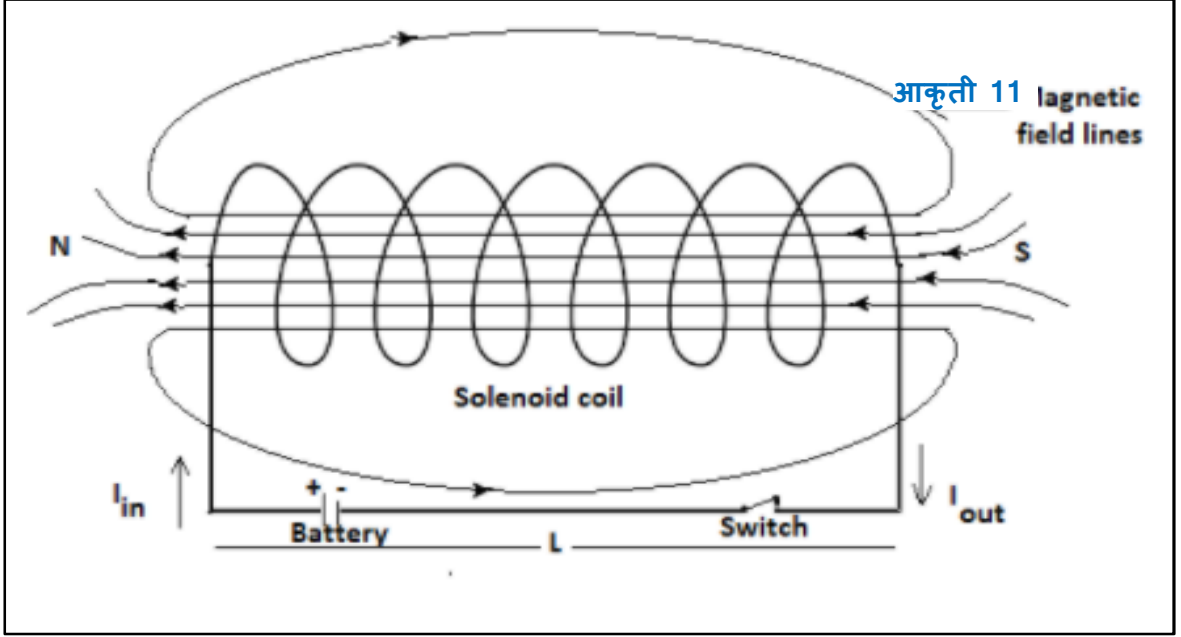
अरेच्या, म्हणजे आपल्या घरात जेवढ्या तारा आहेत, त्या सगळ्यांभोवती चुंबकीय क्षेत्र असेल का? जर वीज वहात असेल तर तारांभोवती चुंबकीय क्षेत्र नक्कीच असेल. पण इतके कमी असेल की आपल्याला ते जाणवणार देखील नाही.

तारेच्या वेढ्यातून विद्युत प्रवाह - समजा आपण एका पुढ्याला दोन छिद्रे पाडली. त्यातून वाहकाची तार घातली आणि आकृती 10 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे त्या तारेचे वेढे (Circular coil) बनवून त्यातून विद्युतप्रवाह चालू केला तर काय होईल? आपण बघितलेल्या उजव्या हाताच्या नियमाप्रमाणे करंट डावीकडे तारेतून वर जातो आणि हाच करंट उजवीकडे तारेतून खाली येतो. म्हणून तारेभोवतीची चुंबकीय क्षेत्रे आकृतीत दाखवलेल्या दिशांनी असतील. वेढ्याच्या मध्यभागातही मोठी चुंबकीय बलवर्तुळे असल्याने, जणू उत्तर व दक्षिण ध्रुव असणारा चुंबकच तयार झाला.

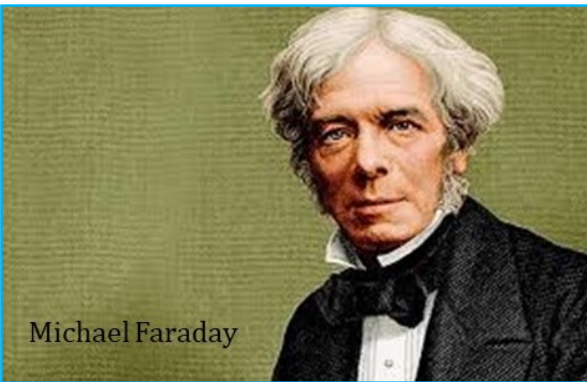


आकृती 10

नाल कुंतल (Solenoid) - आपण वेढ्यासभोवतीचे चुंबकीय क्षेत्र बघितले. जर आपण एकाऐवजी अनेक वेढे घेतली. म्हणजेच वेढ्यांचे वेढे. (कुंतलांची मालिका) तर खाली दाखवल्याप्रमाणे (आकृती 11) आपला चुंबक तयार होईल, आणि हा सुद्धा चुंबकाचे सर्व नियम पाळेल.



विद्युत चुंबक - विजेचा वापर करून हा जो चुंबक तयार झाला तोच “विद्युत चुंबक”. वीज वहात असेल तर चुंबक, नाहीतर नाही. वेटोळी वाढवली किंवा विद्युतप्रवाह वाढवला तर जास्त शक्तिशाली चुंबक आणि फक्त विद्युत प्रवाहाची दिशा बदलली तर उत्तर दक्षिण ध्रुवांची अदलाबदल. हे सर्व आपल्या साध्या कायम चुंबकात (Permanent Magnet) शक्य नसते. असे विद्युत चुंबक फॅक्टरीमध्ये, यारीमध्ये (Crane), लोखंडाचे कण किंवा तुकडे वेगळे करायला, स्पीकरमध्ये ध्वनिलहरी उत्पन्न करायला, जुन्या डोअरबेल मध्ये इत्यादी अनेक ठिकाणी वापरले जातात. आता जर आपण असा एक विद्युत चुंबक दुसऱ्या चुंबकीय क्षेत्राजवळ आणला तर काय होईल? बरोबर, या दोघांमध्ये आकर्षण किंवा प्रतिकर्षण निर्माण होईल म्हणजेच यांत्रिकी ऊर्जा निर्माण होईल. हे थोडे नंतर पुन्हा पाहू या.



Michael Faraday

विद्युत चुंबकीय प्रवर्तन (Electro Magnetic Induction)

- विद्युत चुंबकाच्या शोधानंतर (1820) मायकेल फॅरडे (1791 – 1867) या शास्त्रज्ञाने 1830 मध्ये विद्युत चुंबकीय प्रवर्तनाचा शोध लावला. म्हणजे ओरस्टेडने विद्युतप्रवाह ते चुंबकीय क्षेत्र ह्याचा मार्ग दाखवला, तर फॅरडेने त्याच्या उलट्या दिशेचा म्हणजे चुंबकीय क्षेत्र ते विद्युतप्रवाह हा मार्ग दाखवला. ह्या दोघांच्या शोधांमुळे यांत्रिकी युगाच्या प्रगतीला खरा वेग मिळाला.

फॅरडेचा नियम - फॅरडेच्या नियमानुसार एका वाहकाच्या भोवती असलेल्या चुंबकीय क्षेत्रात जर काही बदल झाला तर त्या वाहकात विद्युत प्रवाह निर्माण होतो. म्हणजेच वाहक चुंबकीय क्षेत्रात असला पाहिजे आणि त्या चुंबकीय क्षेत्रात वाहकाच्या दृष्टीने काहीतरी बदल झाला पाहिजे. वाहकाच्या दृष्टीने चुंबकीय

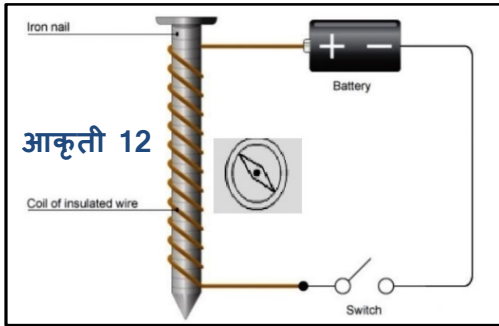
क्षेत्रात बदल म्हणजे काय तर चुंबकीय क्षेत्र असणे/ नसणे (On / Off), चुंबकीय क्षेत्रात दिशाबदल (North / South), बल रेषांमध्ये बदल म्हणजेच चुंबकाचे किंवा वाहकाचे स्थानबदल अथवा फिरणे इत्यादी. अशा विद्युत निर्मितीला विद्युत चुंबकीय प्रवर्तन म्हणतात.

लक्षात घ्या,

ओरस्टेडचा नियम	फॅरडेचा नियम
विद्युत धारेमुळे चुंबकत्व	चुंबकीय क्षेत्रातील बदलांमुळे वीजनिर्मिती

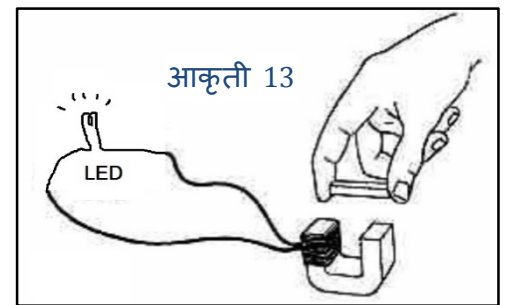
वरील नियम पडताळून पाहण्यासाठी दोन सोपे प्रयोग तुम्ही करून पाहू शकता

ओरस्टेडचा नियम - (आकृती 12) एका धातूच्या स्क्रू भोवती एक इन्सुलेटेड वायर गुंडाळा व त्याला वीजप्रवाह द्या. बाजूला एक चुंबक सुई ठेवा वीजप्रवाहामुळे सुई हालेल. सुईचे हालणे चुंबकीय क्षेत्र निर्माण झाल्याचे दर्शवते. आता विद्युत घट (Battery) उलटा जोडा आणि बघा. आता सुई उलट दिशेने वळेल.

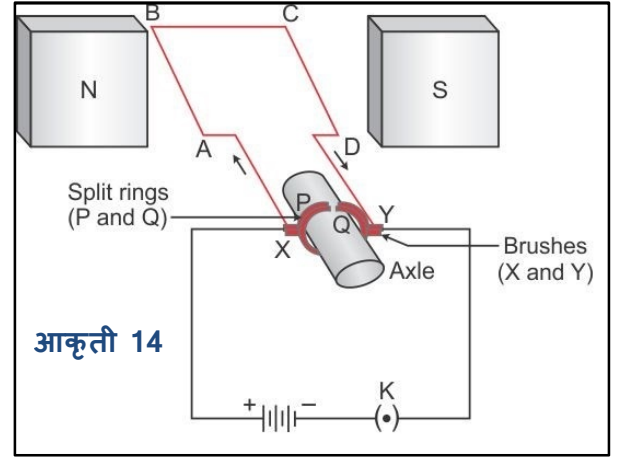


फॅरडेचा नियम - (आकृती 13) एका कॉईलला एक एलईडी जोडा. आता एक चुंबक या कॉईलजवळ पुढेमागे सरकवा. एलईडी लागेल कारण विद्युत निर्मिती. (चुंबक स्थिर ठेवून कॉईल हलवली तरी चालेल) आता त्याच कॉईल जवळ चुंबक गोल फिरवा आणि पुन्हा वीज निर्माण होऊन एलईडी लागेल.

वरील फॅरडेच्या प्रयोगात आपण चुंबका ऐवजी विद्युत चुंबक पण वापरू शकतो. तोही एक चुंबकच, होय ना! खरं म्हणजे विद्युत चुंबकाचे चुंबकीय क्षेत्र बदलण्यास ते आणखी सोपे. विद्युत प्रवाह उलटा /सुलटा, किंवा कमी जास्त करून सुद्धा हे होऊ शकते.



विद्युत ऊर्जेचे यांत्रिकी ऊर्जेत रूपांतर - आधी बघितल्यानुसार आपल्याला विद्युत ऊर्जेचे यांत्रिकी ऊर्जेमध्ये रूपांतर करायचे आहे. त्यानेच पंखा, पंप, यंत्र इत्यादी उपकरणे चालतात. वर बघितल्याप्रमाणे ओरस्टेड आणि फॅरडे यांच्या नियमाचे उपयोग करून हे शक्य होऊ शकेल. शेजारील आकृतीत (14) दाखविल्याप्रमाणे उत्तर ध्रुव व दक्षिण ध्रुव ह्यांच्या मध्ये चुंबकीय बल क्षेत्र आहे. त्याच्या मध्यावर एक कॉइल ठेवली आणि त्यातून वीज पाठवली तर काय होईल? कॉइल मधून वीज गेल्यास ओरस्टेडच्या नियमानुसार चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होईल. आता ह्या दोन चुंबकीय क्षेत्रामध्ये आकर्षण / प्रतिकर्षण होणार म्हणजे त्या कॉइलची हालचाल होणार. म्हणजेच आपण विद्युत ऊर्जेचे यांत्रिकी ऊर्जेत रूपांतर केले. याचाच उपयोग करून आपण मोटर तयार करू शकतो. या ऐवजी जर आपण वरील कॉइल सतत फिरवू शकलो. तर त्या कॉइलच्या चुंबकीय क्षेत्रात सतत बदल होईल व फॅरडेच्या नियमानुसार विद्युत प्रवाह वाहू लागेल म्हणजेच आपले जनित्र (जनरेटर) तयार होईल.



आपण विद्युत मोटर आणि जनित्राच्या संकल्पना

बघितल्या. पण मोटर फिरण्याची दिशा आणि जनित्र कॉइल सतत कशी फिरणार? ह्याविषयी आणि फ्लेमिंगचे नियम, वीजनिर्मितीचे प्रकार, हरित ऊर्जा इत्यादी बदल पुढील लेखात बघू