4. विद्युतधारेचे परिणाम

- विद्युत परिपथामध्ये ऊर्जेचे स्थानांतरण
- विद्युतधारेचे औष्णिक परिणाम
- विद्युतधारेचे चुंबकीय परिणाम

थोडे आठवा.

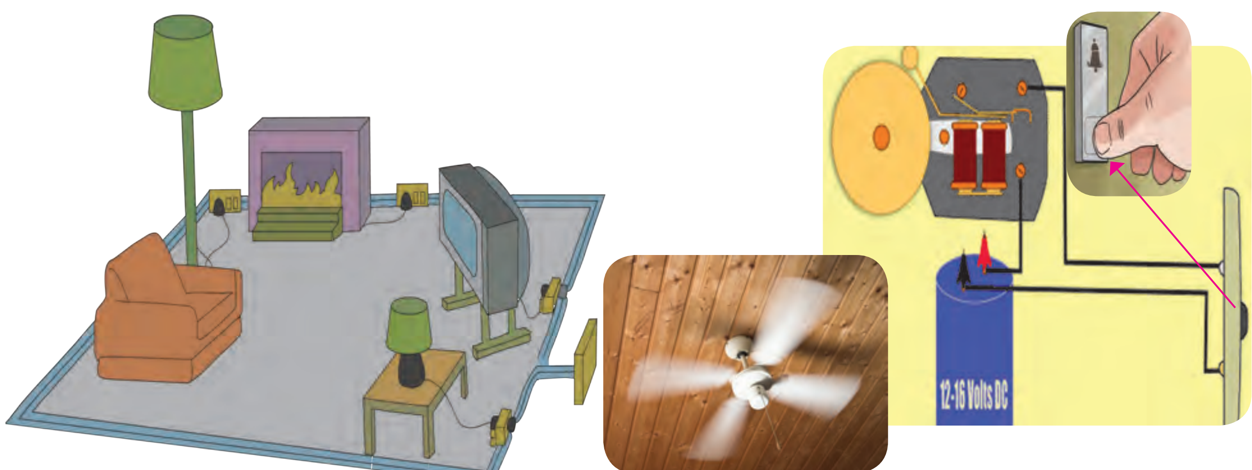
1. पदार्थ विद्युतसुवाहक आहे की दुर्वाहक आहे, हे आपण कशाच्या आधारे ठरवतो?
2. लोखंड हे विद्युत सुवाहक आहे, परंतु खाली पडलेला लोखंडाचा तुकडा हाताने उचलताना आपल्याला विजेचा झटका का लागत नाही?

मागील इयत्तांमध्ये आपण स्थितिक विद्युत म्हणजे काय ते जाणून घेतले. धनप्रभारित व ऋणप्रभारित वस्तूंविषयी विविध प्रयोग केले. वस्तूंचे धनप्रभारित व ऋणप्रभारित होण्यामागे ऋणप्रभारित कण एका वस्तूवरून दुसऱ्या वस्तूवर जाणे असते हेही आपण पाहिले. तसेच मागील इयत्तेत धाराविद्युत विषयी आपण अभ्यास केला.

विद्युतवाहक तारेतून जाणारी विद्युतधारा, विद्युतरोधातून जाणारी विद्युतधारा, विद्युत प्रवर्तन, विद्युत चलित्र व विद्युत जनित्र यांचे कार्य या पाठात आपण अभ्यासणार आहोत.

निरीक्षण करा व चर्चा करा.

खालील चित्रांमध्ये तुम्हाला काय दिसते? विद्युतधारेचे कोणकोणते परिणाम तुम्हाला आढळतात?



अ ब क

4.1 विद्युतधारेचे परिणाम

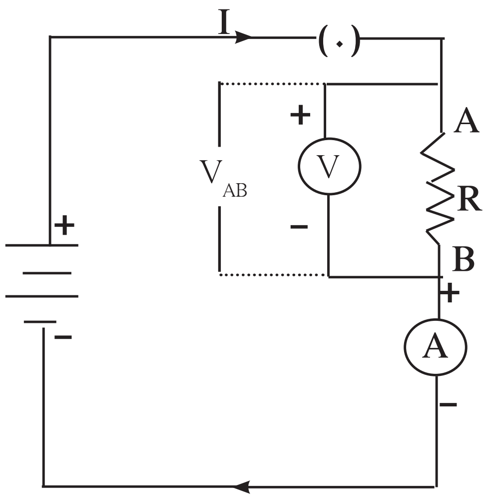
विद्युत परिपथामध्ये ऊर्जेचे स्थानांतरण (Energy transfer in an electric circuit)

करून पहा.

साहित्य : जोडणीच्या तारा, विद्युत घट, विद्युतरोध, व्होल्टमीटर, ॲमीटर, प्लगकळ इत्यादी.

कृती : सोबतच्या आकृती 4.2 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे योग्य त्या मूल्यांचे घटक घेऊन परिपथ जोडा. परिपथातील विद्युतधारा (I) मोजा, विद्युतरोधाच्या दोन टोकांमधील (A व B) विभवांतर (V_{AB}) मोजा.

A येथील विभव B येथील विभवापेक्षा जास्त आहे कारण A हा बिंदू विद्युतघटाच्या धन टोकाला तर B हा बिंदू विद्युतघटाच्या ऋण टोकाला जोडलेला आहे.



4.2 विद्युत परिपथ

जर Q इतका विद्युतप्रभार A पासून B कडे गेला तर, या विद्युतप्रभारावर A पासून B पर्यंत जाताना V_{AB} Q इतके कार्य झाले (पहा इयत्ता 9 वी पाठ 3). हे कार्य करायला ऊर्जा कोठून आली? ऊर्जेचा स्रोत तर घट आहे. घटाने ही ऊर्जा विद्युत प्रभारामार्फत विद्युतरोधाला दिली, जेथे कार्य V_{AB} Q घडले. Q हा विद्युतप्रभार t या वेळेत A पासून B कडे गेला. म्हणजेच हे कार्य जर t या वेळेत घडले असेल तर त्यावेळेत V_{AB} Q इतकी ऊर्जा विद्युतरोधाला दिली गेली. या विद्युतऊर्जेचे काय होते? ही ऊर्जा विद्युतरोधाला मिळते व तिचे रूपांतर उष्णता ऊर्जेत होते आणि विद्युतरोधाचे तापमान वाढते.

जरा डोके चालवा.

विद्युतरोधाचे जागी परिपथामध्ये जर विद्युतचलित्र (Motor) असेल तर घटाने दिलेली ऊर्जा कोणत्या रूपात बदललेली दिसून येईल?

$$\text{विद्युतशक्ती} = P = \frac{\text{ऊर्जा}}{\text{लागलेला वेळ}} = \frac{V_{AB}\,Q}{t} = V_{AB}\,I \;\ldots\ldots\ldots\ldots\ (1) \quad \because \frac{Q}{t} = I$$

ऊर्जास्रोताने (घटाने) t या वेळेत P x t इतकी ऊर्जा विद्युतरोधाला दिली. जर परिपथातून I इतकी विद्युतधारा सतत वाहात असेल तर t या वेळेत विद्युतरोधात

$$H = P \times t = V_{AB} \times I \times t \;\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (2)$$

इतकी उष्णता निर्माण होईल.

ओहमच्या नियमानुसार $V_{AB} = I \times R$ .... (3)

$$H = V^2_{AB} \times \frac{t}{R} \;\ldots\ldots\ldots\ (4)$$

तसेच $H = I \times I \times R \times t = I^2 \times R \times t$ ....(5)

$H = I^2 \times R \times t$ यालाच ज्यूलचा उष्णताविषयक नियम असे म्हणतात.

विद्युतशक्तीचे एकक : समीकरण (1) नुसार

$$P = V_{AB} \times I = \text{Volt} \times \text{Amp} \;\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (6)$$

$$1\ \text{Volt} \times 1\ \text{Amp} = \frac{1J}{1C} \times \frac{1C}{1s} \;\ldots\ldots\ (7)$$

$$\frac{1J}{s} = W\ (\text{watt}) \;\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (8)$$

त्यामुळे विद्युतशक्तीचे एकक 1W (वॅट) हे आहे.

विचार करा.

विद्युतशक्ती ज्या प्रकारे लिहिता आली तशीच यांत्रिक शक्तीही कशी व्यक्त करता येईल?

विद्युतधारेचे औष्णिक परिणाम (Heating effects of electric current)

विद्युत परिपथामध्ये विद्युतरोध जोडल्यास विद्युतधारेने त्यात उष्णता निर्माण होते, यास विद्युतधारेचा औष्णिक परिणाम असे म्हणतात.

4.3 कुंतलाचा उपयोग

शोध घ्या

विद्युत मंडळाकडून दर महिन्याला येणारे वीज वापराचे देयक तपासा. त्यातील विविध बाबींची माहिती करून घ्या. वीज बीलात वीज वापर 'युनिट' मध्ये देतात. हे युनिट काय आहे? 1 kWh इतकी विद्युतऊर्जा वापरल्यास त्याला 1 युनिट असे म्हणतात.

पाणी गरम करण्यासाठी बॉयलर, विजेवर चालणारी शेगडी, विजेचा बल्ब, अशी अनेक उपकरणे विद्युतधारेच्या औष्णिक परिणामाचा उपयोग करतात. ज्या वाहकपदार्थाची रोधकता जास्त आहे अशा वाहकपदार्थाचा उपयोग येथे केला जातो. उदाहरणार्थ, नायक्रोम या मिश्रधातूच्या कुंतलाचा उपयोग विजेच्या शेगडीत विद्युतरोध म्हणून करतात, तर विजेच्या बल्बमध्ये टंगस्टन तारेचा उपयोग करतात. विद्युतधारेमुळे ही तार तापते (सुमारे 3400^0C पर्यंत) व त्यातून प्रकाश बाहेर पडतो. तप्त तारेपासून उष्णतेचेही काही प्रमाणात प्रारण होते.

हे नेहमी लक्षात ठेवा.

विद्युतशक्तीचे 1W हे एकक खूपच लहान आहे, म्हणून 1000 W म्हणजेच 1kW हे एकक विद्युतशक्ती मोजण्यासाठी व्यवहारात वापरले जाते. एक तासभर जर 1kW एवढी विद्युतशक्ती वापरली, तर 1kWh एवढी विद्युतऊर्जा वापरली असे होईल. (पहा समीकरण 1)

$$1\text{kWh} = 1 \text{ kilowatt hour} = 1000 \text{ W} \times 3600 \text{ s}$$
$$= 3.6 \times 10^6 \text{ Ws} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

अनेक वेळा आपण एखाद्या इमारतीला लघुपरिपथनाने (शॉर्ट सर्किट मुळे) आग लागल्याचे ऐकतो, वाचतो. कधी कधी आपल्या घरात एखादे विद्युतउपकरण चालू केल्याबरोबर वितळतार (फ्यूज) वितळून खंडित होते व विद्युतपुरवठा बंद पडतो. याचे कारण थोडक्यात पाहू. घरातील वीज जोडणीत वीजयुक्त (Live) तार, तटस्थ (Neutral) तार व भूसंपर्कन (Earth) तार अशा तीन तारा असतात. वीजयुक्त व तटस्थ तारांमध्ये 220 V इतके विभवांतर असते. भूसंपर्कन तार जमिनीस जोडलेली असते. उपकरणातील दोषामुळे किंवा वीजयुक्त तार व तटस्थ तार यांवरील प्लॅस्टिक आवरण निघून गेल्यामुळे या दोन्ही तारा एकमेकांना चिकटल्यास त्यातून खूप मोठी विद्युतधारा वाहू लागते व त्याठिकाणी उष्णता निर्माण होऊन आजूबाजूला ज्वालाग्राही पदार्थ (उदा. लाकूड, कापड, प्लॅस्टिक इत्यादी) असल्यास आगीचा भडका उडू शकतो. यासाठीच खबरदारी म्हणून वितळतारेचा (fuse चा) उपयोग केलेला असतो. वितळतारे संबंधी आपण मागील इयत्तेत जाणून घेतले आहे. उच्च विद्युतधारा परिपथात वाहताच वितळतार वितळून परिपथ खंडित करते व अनर्थ टळतो.

अनेक वेळा विशेषतः उन्हाळ्याचे दिवसात सायंकाळी घरोघरचे दिवे, पंखे, वातानुकूलन यंत्रे, दुकानांमधील वीज वापर, या सर्वांमुळे मोठ्या प्रमाणात विद्युतशक्ती वापरली जाते, अतिप्रमाणात विद्युतधारा विद्युतपुरवठा करणाऱ्या ट्रान्सफॉर्मरकडून ओढली जाते व त्या ट्रान्सफॉर्मरची तेवढी क्षमता नसल्यास त्याची वितळतार वितळते व पुरवठा बंद होतो. ही घटना अतिभाराने (Overloading) घडते.

4.4 वापरात असलेल्या विविध वितळतारा

माहीत आहे का तुम्हांला?

हल्ली घरामध्ये MCB (Miniature Circuit Breaker) नावाने ओळखली जाणारी एक कळ बसविली जाते. विद्युतधारा अचानक वाढल्यास ही कळ खुली होऊन विद्युतधारा बंद पाडते. यासाठी विविध प्रकारचे MCB वापरले जातात. संपूर्ण घरासाठी मात्र वितळतारच वापरली जाते.

सोडविलेली उदाहरणे

उदाहरण 1 : नायक्रोम या मिश्रधातूपासून तयार केलेली 6 मीटर लांबीची तार तिचे कुंतल करून उष्णता निर्माण करण्यासाठी दिली आहे. तिचा विद्युतरोध 22 Ω इतका आहे. ही तार निम्म्यावर तोडून कुंतल तयार केले तर मिळणारी उष्णता अधिक असेल का? शक्ती मिळविण्यासाठी तारेची/कुंतलाची टोके 220 V विभवांतर असणाऱ्या स्रोताला जोडली आहेत.

दिलेली माहिती : विद्युतरोध = 22 Ω ,
विभवांतर = 220 V

अ : अखंड तारेचे कुंडल

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(220)^2}{22} = 2200 \text{ watts}$$

ब : निम्म्या तारेचे कुंडल

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(220)^2}{11} = 4400 \text{ watts}$$

म्हणजेच तार निम्मी केली तर उष्णता जास्त मिळेल.

उदाहरण 2 : एका 9 Ω विद्युतरोधाला एक घट जोडला असून त्यामुळे त्यातून वाहणाऱ्या विद्युतधारेमुळे विद्युतरोधात प्रति सेकंदास 400 J इतकी उष्णता निर्माण होत आहे. विद्युतरोधास किती विभवांतर लावले आहे ते काढा.

दिलेली माहिती :
प्रतिसेकंद 400 J इतकी उष्णता म्हणजेच

$$P = \frac{400 \text{ J}}{1 \text{ s}}$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$400 = \frac{V^2}{9}$$

$$400 \times 9 = V^2$$

$$\therefore V = \sqrt{(400 \times 9)} = 20 \times 3 = 60 \text{ V}$$

उदाहरण 3 : विजेवर चालणारी इस्त्री उच्च तापमानास निर्धारित केली असताना 1100W विद्युतशक्ती वापरते. तर कमी तापमान निर्धारित केली असताना 330W विद्युतशक्ती वापरते. या दोन्ही निर्धारणांसाठी वाहणारी विद्युतधारा आणि त्यावेळचा विद्युतरोध काढा. इस्त्री 220 V विभवांतराला जोडली आहे.

दिलेली माहिती : विभवांतर = 220 V

विद्युतशक्ती, P = (अ) 1100W; (ब) 330W

अ. P = V x I; P = 1100 W

$$I_1 = \frac{P}{V} = \frac{1100}{220} = 5\text{ A}$$

ब. P = 330W

$$I_2 = \frac{P}{V} = \frac{330}{220} = 1.5\text{ A}$$

विद्युतरोध $R_1 = \frac{V}{I_1} = \frac{220}{5} = 44\ \Omega$

विद्युतरोध $R_2 = \frac{V}{I_2} = \frac{220}{1.5} = 146\ \Omega$

उदाहरण 4 : विजेचा एक टंगस्टन दिवा (Bulb) घरी परिपथात बसविला आहे. घरगुती विद्युतपुरवठा 220V इतक्या विद्युतविभवांतरावर चालतो. चालू केल्यावर जर 0.45 A इतकी विद्युतधारा दिव्यातून वाहात असेल तर दिवा किती W विद्युतशक्तीचा असला पाहिजे? हा दिवा 10 तास चालू ठेवला तर किती युनिट वीज खर्च होईल?

दिलेली माहिती : विभवांतर = 220 V

विद्युतधारा = 0.45 A

विद्युतशक्ती(W)= विभवातर (V) x विद्युतधारा (I)

= 220 x 0.45 W

= 99 W

∴ दिवा 99W चा असला पाहिजे.

10 तासात

99W x 10 h = 990 Wh

= 0.99 kWh

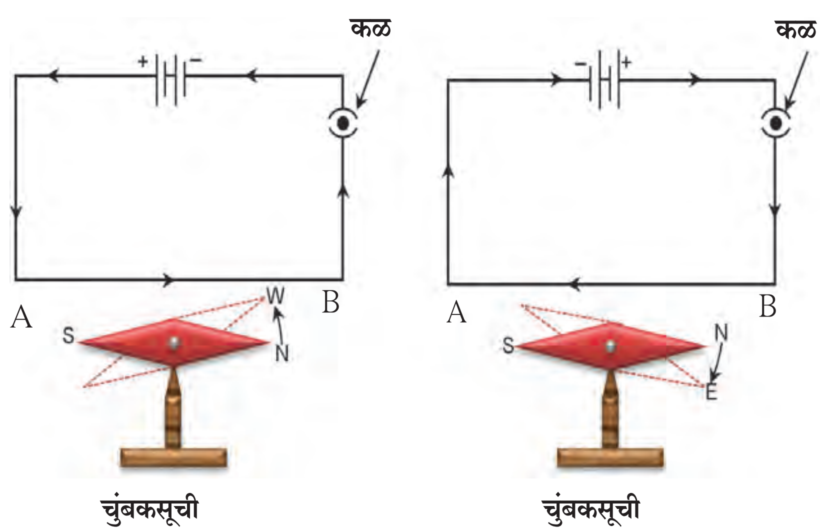
= 0.99 unit इतकी वीज खर्च होईल.

विद्युतधारेचे चुंबकीय परिणाम (Magnetic effect of electric current)

विद्युतधारेचा औष्णिक परिणाम आपण शिकलो. चुंबकाविषयी आपण मागील इयत्तांमध्ये अभ्यास केला. चुंबकीय बलरेषा म्हणजे काय, तेही समजून घेतले. परंतु विद्युतधारा आणि चुंबकीय क्षेत्र यांचा काही संबंध आहे का हे पाहणे सुरस ठरेल.

करून पहा.

आकृतीमध्ये दाखविल्याप्रमाणे एक विद्युतपरिपथ जोडा. A व B दरम्यान जोडणीच्या तारांपेक्षा जाड, सरळ तांब्याची तार जोडा. तिच्या शेजारी चुंबकसुची ठेवा. आता परिपथाची कळ उघडी ठेवून सूचीची दिशा पहा. नंतर कळ बंद करून सूचीची दिशा पहा. काय दिसले? आता घटाला जोडलेल्या जोडणीच्या तारा उलट जोडून चुंबकसूचीची दिशा पहा. विद्युतधारेची दिशा व चुंबकसूचीची स्थिती यांचा काही संबंध आढळतो का?



4.5 विद्युतधारेचा चुंबकीय परिणाम

या प्रयोगावरून आपण काय शिकलो? तारेमधील विद्युतधारेमुळे चुंबकीय परिणाम दिसून येतो. याचाच अर्थ विद्युत आणि चुंबकत्व यांचा निकटचा संबंध आहे! या उलट जर एखादा चुंबक हलता केला व हलत ठेवला तर त्याचा विद्युतपरिणाम आढळेल का? आहे की नाही रोचक? येथे आपण चुंबकीय क्षेत्रे आणि अशा ‘विद्युतचुंबकीय’ परिणामांचा अभ्यास करणार आहोत. शेवटी विद्युतचलित्र आणि विद्युतजनित्र यांचीही तत्त्वे, रचना व कार्य समजून घेणार आहोत.

परिचय शास्त्रज्ञांचा

हान्स ख्रिस्तियन ओरस्टेड
(1777-1851)

एकोणिसाव्या शतकातील एक अग्रगण्य वैज्ञानिक म्हणून हान्स ख्रिस्तियन ओरस्टेड यांनी ‘विद्युतचुंबकत्व’ समजून घेण्यात मोलाची कामगिरी बजावली. सन 1820 मध्ये त्यांना असे दिसून आले की एका धातूच्या तारेतून विद्युतधारा गेली तर तारेजवळची चुंबकसूची काही कोनातून वळते. विद्युत आणि चुंबकत्वाचा संबंध त्यांनीच नजरेस आणून दिला. मग त्यातूनच पुढे आजचे प्रगत तंत्रज्ञान विकसित झाले. त्यांच्या सन्मानार्थ चुंबकीय क्षेत्राच्या तीव्रतेच्या एककाला ‘ओरस्टेड’ (Oersted) संबोधले जाते.

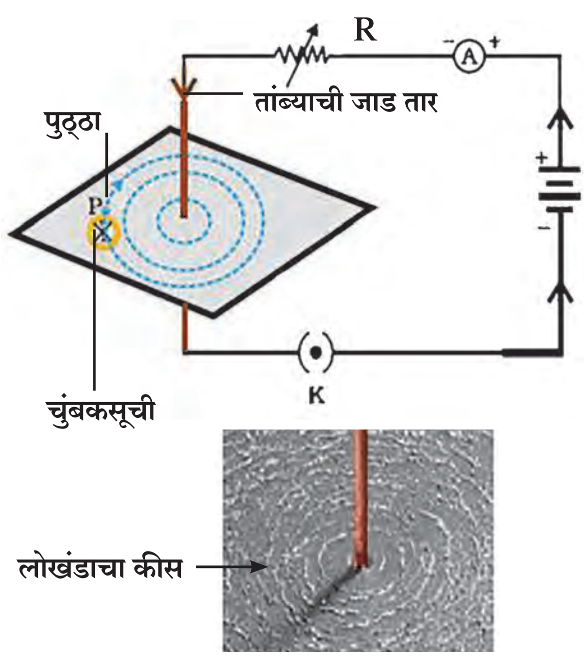
करून पहा.

आकृती 4.6 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे परिपथाची जोडणी करा. पुठ्ठ्यातून आरपार जाणाऱ्या तांब्याच्या जाड तारेतून जेव्हा मोठी (सुमारे 1 ॲम्पिअर किंवा अधिक) विद्युतधारा वाहते, तेव्हा पुठ्ठ्यावर प्रत्येक ठिकाणी तारेभोवती ठिकठिकाणी चुंबकसूची ठेवल्यास प्रत्येक ठिकाणी सूची विशिष्ठ दिशेत स्थिर राहते असे दिसून येते. पुठ्ठ्यावर पेन्सिलीने ती दिशा दर्शवा.

(या प्रयोगात किती विद्युतधारा लागेल, घट किती लागतील, किती विभवांतराचे लागतील, तांब्याची तार किती जाड घ्यावी इत्यादी बाबींवर आपसात व शिक्षकांशी चर्चा करा व त्यानंतर प्रयोग करा.) परिपथात विद्युतधारेची दर्शविलेली दिशा ही संकेतमान्य दिशा आहे.

विद्युतधारा कमी-अधिक करण्याने काय बदल दिसून येतो? चुंबकसूची तारेपासून थोडी दूर ठेवल्यास काय दिसते? आता चुंबकसूची ऐवजी लोखंडाचा कीस पुठ्ठ्यावर पसरवा व पहा. लोखंडाचा कीस तारेभोवती विशिष्ट वर्तुळाकार स्थितीत स्थिरावतो. असे का घडते?

चुंबकत्व आणि चुंबकीय क्षेत्राचा अभ्यास तुम्ही मागील इयत्तेमध्ये केला. लोखंडाचा कीस चुंबकीय बलरेषांना धरून पसरलेला दिसतो.

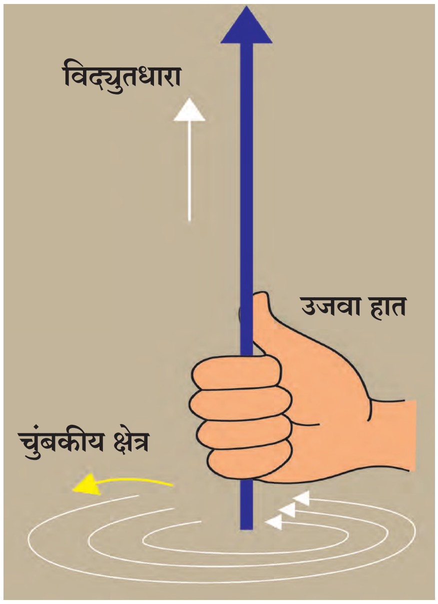


4.6 विद्युतधारेमुळे वाहकाभोवती निर्माण होणारे चुंबकीय क्षेत्र

हे नेहमी लक्षात ठेवा.

एका सरळ विद्युतवाहक तारेतून जाणाऱ्या विद्युतधारेमुळे तारेभोवती चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होते. विद्युतधारेत बदल न केल्यास तारेपासून दूर जाताना हे चुंबकीय क्षेत्र कमी होत जाते. म्हणूनच चुंबकीय बलरेषा दर्शविणारी समकेंद्री वर्तुळे तारेपासून दूर जाताना मोठी व विरळ दर्शविली जातात. तारेतून जाणारी विद्युतधारा वाढविल्यास चुंबकीय क्षेत्राच्या तीव्रतेत वाढ होते.

उजव्या हाताच्या अंगठ्याचा नियम (Right hand thumb rule)



4.7 उजव्या हाताच्या अंगठ्याचा नियम

विद्युतवाहक तारेतील विद्युतधारेमुळे निर्माण होणाऱ्या चुंबकीय क्षेत्राची दिशा शोधण्यासाठी हा एक सोयीचा नियम आहे : अशी कल्पना करा की सरळ विद्युतवाहकाला तुम्ही उजव्या हातात पकडले आहे, ते अशा रीतीने की आंगठा विद्युतधारेच्या दिशेने तारेवर स्थिरावला आहे. तर मग तुमची बोटे विद्युतवाहकाभोवती गुंडाळा, बोटांची दिशा हीच चुंबकीय क्षेत्राच्या बलरेषांची दिशा होय (आकृती 4.7).

माहिती मिळवा.

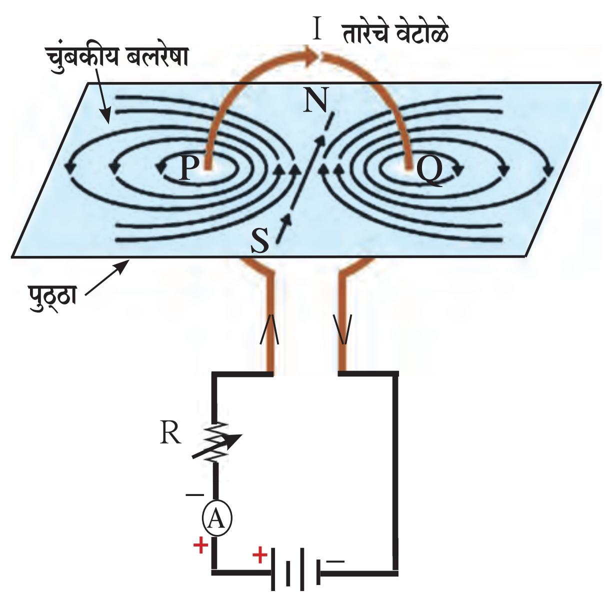
उजव्या हाताच्या अंगठ्याच्या नियमाला मॅक्सवेलचा बूच-स्क्रू नियम (Cork screw rule)असे म्हणतात. काय आहे बूच-स्क्रू नियम ?

विद्युतवाहक तारेच्या एका वेटोळ्यातून (कुंडलातून) विद्युतधारेमुळे निर्माण होणारे चुंबकीय क्षेत्र

सरळ विद्युतवाहकातून जाणाऱ्या विद्युतधारेमुळे निर्माण झालेल्या चुंबकीय क्षेत्राच्या बलरेषांविषयी आपण पाहिले. हाच विद्युतवाहक एका वेटोळ्याच्या (कुंडलाच्या) आकारात वाकविल्यास विद्युतधारेमुळे निर्माण होणाऱ्या चुंबकीय क्षेत्राच्या चुंबकीय बलरेषा कशा असतील ?

आकृती 4.8 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे वेगवेगळे घटक घेऊन परिपथ पूर्ण करण्यात आला आहे. वेटोळ्यातून विद्युतधारा सुरू केल्यास वेटोळ्याच्या प्रत्येक बिंदूपाशी चुंबकीय बलरेषा निर्माण होऊन जसे आपण त्यापासून दूर जाऊ तशी चुंबकीय बलरेषांची समकेंद्री वर्तुळे मोठी होत जातील.

जसे आपण वेटोळ्याच्या मध्यभागी येऊ तसे वर्तुळ इतके मोठे झालेले असेल की त्याचा कंस सरळ रेषेने दाखविता येईल.



4.8 तारेच्या वेटोळ्यातून विद्युतधारेमुळे निर्माण होणारे चुंबकीय क्षेत्र

चुंबकीय बलरेषा आकृती 4.8 मध्ये केवळ P आणि Q या बिंदूपाशी दाखविल्या आहेत, तशा त्या वेटोळ्याच्या प्रत्येक बिंदूशी निर्माण होतील याप्रमाणे प्रत्येक बिंदू वेटोळ्याच्या केंद्रस्थानी चुंबकीय क्षेत्र निर्माण करेल.

उजव्या हाताच्या अंगठ्याच्या नियमाचा वापर करून हे तपासा की तारेच्या वेटोळ्यावरील प्रत्येक बिंदू वेटोळ्याच्या मध्यभागी असलेल्या चुंबकीय बलरेषा निर्माण करण्यात सहभागी असतो आणि या बलरेषा वेटोळ्याच्या मध्यभागी एकाच दिशेने कार्यरत असतात.

तारेतून जाणाऱ्या विद्युतधारेमुळे कोणत्याही बिंदूवर निर्माण होणाऱ्या चुंबकीय क्षेत्राची तीव्रता ही त्या विद्युतधारेवरच अवलंबून असते हे आपण प्रयोगांती पाहिले (आकृती 4.6 : करून पहा). याचा अर्थ जर वेटोळ्यात तारेचे n इतके वेढे असतील तर एका वेटोळ्यामुळे जितके चुंबकीय क्षेत्र तयार होईल, त्याच्या n पट चुंबकीय क्षेत्र तयार होईल.

वरील प्रयोग (शिक्षकांच्या मार्गदर्शनाने) साहित्य जमवून करता येईल का याविषयी चर्चा करा. चुंबकसूचीचा वापर करून चुंबकीय बलरेषांची दिशा ठरविता येईल.

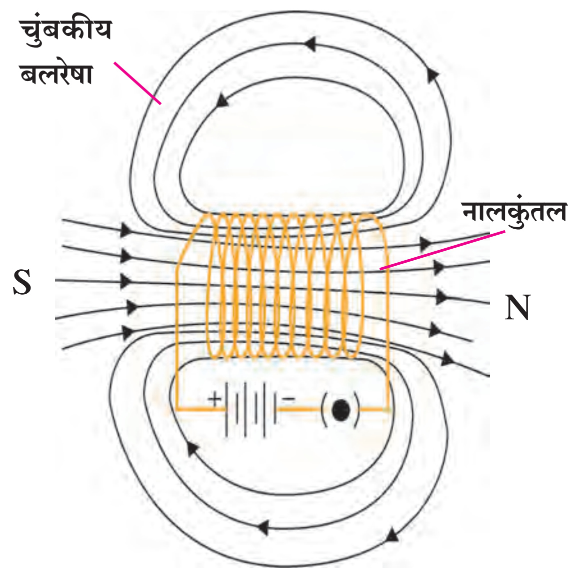
नालकुंतलातून जाणाऱ्या विद्युतधारेमुळे निर्माण होणारे चुंबकीय क्षेत्र (Magnetic field due to a current in a solenoid)

विद्युतरोधक आवरण असलेली तांब्याची तार घेऊन कुंडलांची मालिका तयार केल्यास त्या रचनेस नालकुंतल (Solenoid) असे म्हणतात.

नालकुंतलातून विद्युतधारा गेल्यास निर्माण होणाऱ्या चुंबकीय बलरेषांची संरचना आकृती 4.9 मध्ये दर्शविली आहे. चुंबकपट्टीच्या चुंबकीय बलरेषांशी तुम्ही परिचित आहात. नालकुंतलामुळे निर्माण होणाऱ्या चुंबकीय क्षेत्राचे सर्व गुणधर्म हे चुंबकपट्टीमुळे तयार होणाऱ्या चुंबकीय क्षेत्राच्या गुणधर्मांप्रमाणेच असतात.

नालकुंतलाचे एक उघडे टोक चुंबकीय उत्तर ध्रुव म्हणून तर दुसरे चुंबकीय दक्षिण ध्रुवाप्रमाणे कार्य करते. नालकुंतलातील चुंबकीय बलरेषा एकमेकांना समांतर रेषांच्या स्वरूपात असतात. याचा काय अर्थ होतो?

हेच, की चुंबकीय क्षेत्राची तीव्रता नालकुंतलाच्या आतील पोकळीत सर्वत्र सारखीच असते, म्हणजेच नालकुंतलातील चुंबकीय क्षेत्र एकसमान असते.



4.9 नालकुंतलातून विद्युतधारा गेल्यामुळे निर्माण झालेल्या चुंबकीय क्षेत्राच्या चुंबकीय बलरेषा

चुंबकीय क्षेत्रात विद्युतधारा वाहून नेणाऱ्या विद्युतवाहकावरील बल (Force acting on a current carrying conductor in a magnetic field)

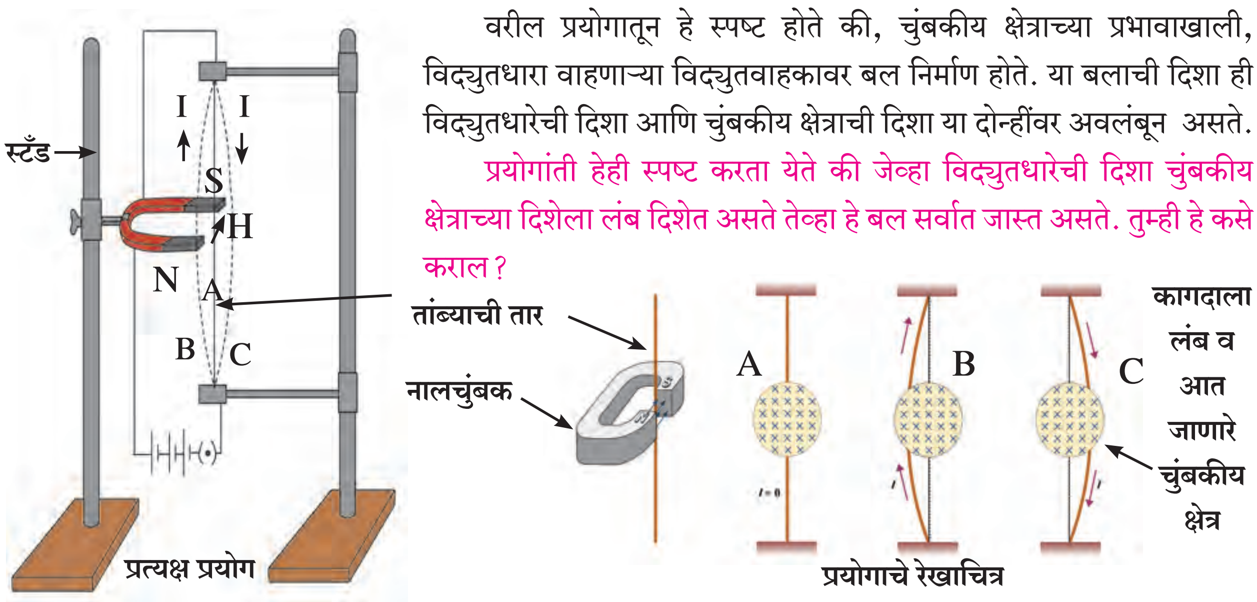
करून पहा.

साहित्य : तांब्याची लवचिक तार, स्टँड, विद्युतघट, प्रबळ चुंबकीय क्षेत्र असणारा नालचुंबक इत्यादी.

कृती : आकृती 4.10 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे स्टँडचा वापर करून लवचिक तार नालचुंबकाच्या ध्रुवांमधून जाईल अशा प्रकारची व्यवस्था करा. परिपथाचीही जोडणी करा. काय आढळते?

जेव्हा तारेतून विद्युतधारा वाहात नाही, तेव्हा तार सरळ राहते (स्थिती A). जेव्हा वरून खाली अशी विद्युतधारा वाहते तेव्हा तार वाकते आणि C या स्थितीत येते.

विद्युतधारेची दिशा उलट म्हणजे खालून वर अशी केली तर तार वाकते, पण B या स्थितीत येते. म्हणजेच तारेवरील बलाची दिशा चुंबकीय क्षेत्राच्या आणि विद्युतधारेच्या दिशांच्या लंब दिशेने आहे. येथे चुंबकीय क्षेत्राची दिशा N कडून S कडे अशी आहे, (H). या प्रयोगात दिसून येते की जेव्हा चुंबकीय क्षेत्रामध्ये विद्युतधारा विद्युतवाहकातून जाते, तेव्हा त्या वाहकावर बल निर्माण होते. विद्युतधारेची दिशा उलट केली तर बलाची दिशाही उलट होते. चुंबक जर बरोबर उलट केला म्हणजे उत्तर ध्रुवाचे जागी दक्षिण ध्रुव आणला आणि दक्षिण ध्रुवाचे जागी उत्तर ध्रुव आणला, तर काय होईल?



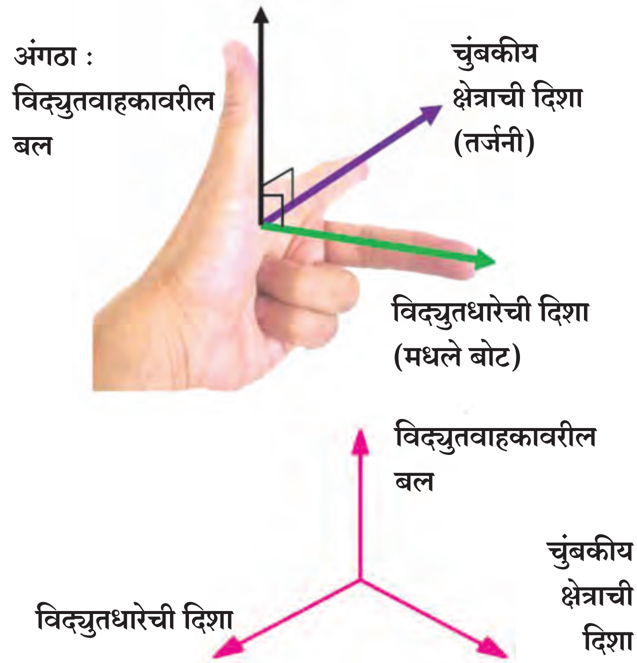
वरील प्रयोगातून हे स्पष्ट होते की, चुंबकीय क्षेत्राच्या प्रभावाखाली, विद्युतधारा वाहणाऱ्या विद्युतवाहकावर बल निर्माण होते. या बलाची दिशा ही विद्युतधारेची दिशा आणि चुंबकीय क्षेत्राची दिशा या दोन्हींवर अवलंबून असते.

प्रयोगांती हेही स्पष्ट करता येते की जेव्हा विद्युतधारेची दिशा चुंबकीय क्षेत्राच्या दिशेला लंब दिशेत असते तेव्हा हे बल सर्वात जास्त असते. तुम्ही हे कसे कराल?

4.10 चुंबकीय क्षेत्रात विद्युतधारा वाहून नेणाऱ्या विद्युतवाहकावरील बल

फ्लेमिंगचा डाव्या हाताचा नियम (Fleming's left hand rule)

वरील प्रयोगात आपण विद्युतधारेची दिशा आणि चुंबकीय क्षेत्राची दिशा विचारात घेतली आणि असे आढळले की बलाची दिशा या दोन्हींच्या लंब दिशेस आहे. या तिन्हींच्या दिशा एका साध्या नियमात सुबद्ध करता येतात. त्या नियमालाच फ्लेमिंगचा डाव्या हाताचा नियम असे म्हणतात. या नियमान्वये डाव्या हाताचा अंगठा, तर्जनी व मधले बोट एकमेकांना लंब राहतील अशी ताठ धरावीत. तर्जनी जर चुंबकीय क्षेत्राच्या दिशेत असेल व मधले बोट विद्युत धारेच्या दिशेत असेल तर आंगठ्याची दिशा ही विद्युतवाहकावरील बलाची दिशादर्शक असते.



4.11 फ्लेमिंगचा डाव्या हाताचा नियम

करून पहा.

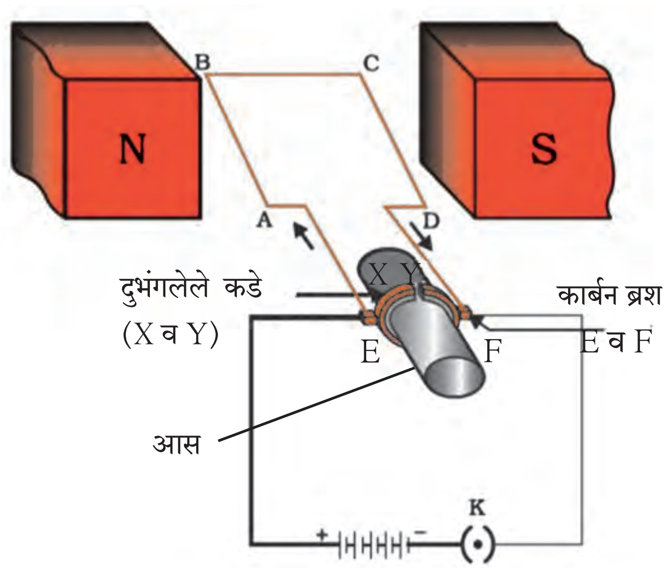
फ्लेमिंगचा डाव्या हाताचा नियम वापरून वरील प्रयोगात तारेवरील बलाची दिशा ठरवा व निष्कर्ष पडताळून पहा.

विद्युतचलित्र (Electric Motor)

ऊर्जेची विविध रूपे तुम्हाला माहीत आहेत. ऊर्जेचे रूपांतर होऊ शकते हेही तुम्हाला ठाऊक आहे. विद्युतऊर्जेचे यांत्रिक ऊर्जेत रूपांतर करणारे यंत्र म्हणजे विद्युतचलित्र. आपल्या अवतीभोवती दैनंदिन जीवनात हे विद्युतचलित्र म्हणजे वरदानच म्हटले पाहिजे. याचा वापर पंखे, शीतकपाटे, मिक्सर्स, धुलाई यंत्रे, संगणक, पंप, यामध्ये केलेला दिसतो. हे विद्युतचलित्र कसे कार्य करते?

4.12 दैनंदिन वापरातील विद्युत चलित्र

विद्युतचलित्रामध्ये विद्युतरोधक आवरण असलेल्या तांब्याच्या तारेचे एक आयताकृती कुंडल असते. हे कुंडल चुंबकाच्या (उदा. नालाकृती चुंबकाच्या) उत्तर व दक्षिण ध्रुवांच्यामध्ये आकृतीत दर्शविल्याप्रमाणे अशा रीतीने ठेवलेले असते की त्याच्या AB आणि CD या शाखा चुंबकीय क्षेत्राच्या दिशेला लंब दिशेत असतील. कुंडलाची दोन टोके X व Y या दुभंगलेल्या कड्याला जोडलेली असतात. कड्याच्या या दोन अर्ध भागांच्या आतील पृष्ठभागावर विद्युतरोधक आवरण असते आणि ते चलित्राच्या आसाला पकडून बसविलेले असतात. X व Y अर्धकड्यांचा बाहेरील विद्युतवाहक पृष्ठभाग हा दोन स्थिर कार्बन ब्रशना (E व F) स्पर्श करतो.



4.13 विद्युतचलित्र : तत्व व कार्य

आकृतीमध्ये दाखविलेला विद्युत परिपथ पूर्ण केल्यानंतर विद्युतधारा E व F या कार्बन ब्रशमार्फत कुंडलातून वाहू लागते. कुंडलाच्या AB या शाखेमधून विद्युतधारा A पासून B कडे या दिशेने जाते. चुंबकीय क्षेत्राची दिशा N ध्रुवाकडून S ध्रुवाकडे असे असल्याने त्याचा परिणाम AB या शाखेवर होऊन फ्लेमिंगच्या डाव्या हाताच्या नियमानुसार AB या शाखेवर निर्माण झालेले बल त्याला खालील दिशेने ढकलते. CD या शाखेतील विद्युतधारा AB च्या उलट दिशेने असल्याने निर्माण झालेले बल त्या शाखेला वरील दिशेला ढकलते. अशा रीतीने कुंडल व आस घड्याळाच्या काट्यांच्या विरूद्ध दिशेने फिरू लागतात. अर्धे परिवलन होताच कड्याचे दुभंगलेले भाग X व Y अनुक्रमे F आणि E या कार्बनब्रशच्या संपर्कात येतात व विद्युतधारा DCBA अशी वाहू लागते. त्यामुळे DC या शाखेवर खालील दिशेने व BA या शाखेवर वरील दिशेने बल क्रिया करते आणि कुंडल पुढील अर्धे परिवलन आधीच्या दिशेनेच पूर्ण करते. अशा तऱ्हेने प्रत्येक अर्धपरिवलनानंतर कुंडलातील विद्युतधारेची दिशा उलट होते आणि कुंडल व आस एकाच म्हणजे घड्याळाच्या काट्यांच्या विरूद्ध् दिशेने फिरत राहतात.

व्यावसायिक चलित्रे याच तत्वावर चालतात, मात्र त्यांच्या रचनेत व्यावहारिक बदल केलेले असतात ते तुम्ही पुढे शिकाल.

कार्बन ब्रश का वापरले जातात? त्यांचे कार्य काय? या व अशा प्रश्नांचे उत्तर शोधण्यासाठी जवळच्या एखाद्या वर्कशॉपला भेट द्या व विद्युत चलित्राची रचना समजून घ्या.

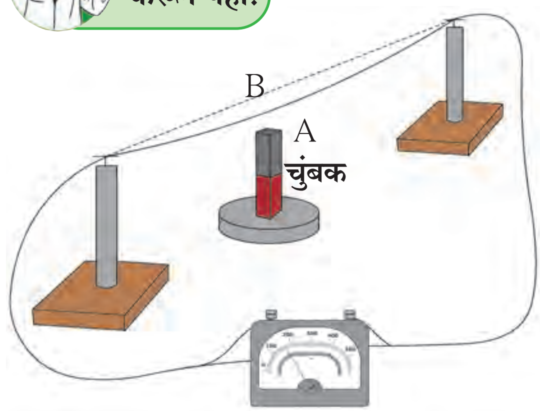
विद्युतचुंबकीय प्रवर्तन (Electromagnetic Induction)

आपण मागील भागात पाहिले की एखादा विद्युतवाहक चुंबकीय क्षेत्रात अशा तऱ्हेने ठेवला की त्यातून जाणाऱ्या विद्युतधारेची दिशा चुंबकीय क्षेत्राच्या दिशेला लंब असेल, तर त्या विद्युतवाहकावर बल कार्यरत होते. त्यामुळे विद्युतवाहकाची हालचाल घडून येते. परंतु जर असे झाले की एखादा विद्युतवाहक चुंबकीय क्षेत्रात हलत आहे किंवा स्थिर विद्युतवाहकाभोवतीचे चुंबकीय क्षेत्र बदलते आहे, तर मग काय होईल? या प्रश्नाचे उत्तर शोधण्यासाठी मायकेल फॅरेडे या महान शास्त्रज्ञाने संशोधन केले, अभ्यास केला. सन 1831 मध्ये फॅरेडेने दाखवून दिले की हलत्या चुंबकाच्या सहाय्याने विद्युतवाहकात विद्युतधारा निर्माण करता येते.

गॅल्व्हॅनोमीटर : आपण अभ्यासलेल्या विद्युतचलित्र (electrical motor) या यंत्राचे जे तत्व आहे, त्याच तत्वावर आधारित एक संवेदनशील उपकरण आहे, गॅल्व्हॅनोमीटर. याच्या मदतीने काही विद्युतीय मापन करता येते. चुंबकाच्या ध्रुवांमध्ये असलेले कुंडल अशा प्रकारे बसवितात की पुढे त्याला गॅल्व्हॅनोमीटरच्या तबकडीवर असलेला काटा जोडला जाईल. जेव्हा अतिशय थोडी (उदा. 1 मिली अँपिअर किंवा त्याहून कमी) विद्युतधारा कुंडलातून वाहील तेव्हा कुंडलाचे परिवलन होईल व त्याचे परिवलन विद्युतधारेच्या प्रमाणात राहील. व्होल्टमीटर व ॲमीटरसुद्‌धा याच तत्वावर चालतात. गॅल्व्हॅनोमीटरवरील तबकडीवर शून्य विद्युतधारा मध्यावर दर्शवलेली असते. विद्युतधारेच्या दिशेनुसार काटा शून्याच्या दोन बाजूंकडे विचलित होतो.

4.14 गॅल्व्हॅनोमीटर

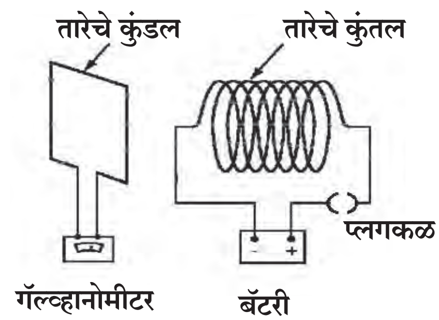
करून पहा.



4.15 चुंबकीय क्षेत्रात तार हलती ठेवल्यास विद्युतधारा निर्माण होते.

आकृती 4.15 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे साहित्य गोळा करा. गॅल्व्हॅनोमीटर लावून परिपथ पूर्ण करा. तांब्याच्या तारेजवळच खाली चुंबकपट्टीचा उत्तर किंवा दक्षिण ध्रुव असेल अशा प्रकारे चुंबकपट्टी उभी ठेवा. आता जर तार A⟶B अशी हलती ठेवली तर गॅल्व्हॅनोमीटरचा काटा विचलित झालेला दिसतो. हेच फॅरेडेचे विद्युतचुंबकीय प्रवर्तन.

आता तार स्थिर ठेवून चुंबक हलवून पहा. गॅल्व्हॅनोमीटरचा काटा आताही विचलित होतो.

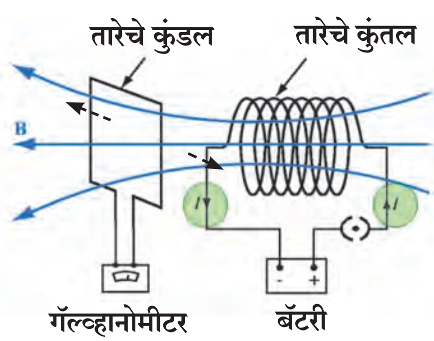


4.16 (अ) कुंतलातून विद्युतधारा प्रवाहित अथवा खंडीत केल्यास

करून पहा.

आकृती 4.16 (अ) मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे परिपथ पूर्ण करा. त्यासाठी लागणारे घटक चर्चा करून ठरवा व घ्या. या प्रयोगात आपण जर कुंतलातील विद्युतधारा कळ खुली करून शून्य केली तर तत्क्षणी कुंडलाच्या परिपथातील गॅल्व्हॅनोमीटरचा काटा एका बाजूला झटकन विचलित होऊन पुन्हा शून्याकडे येतो. कुंतलातील विद्युतधारा पुन्हा सुरू केल्यास गॅल्व्हॅनोमीटरचा काटा दुसऱ्या बाजूला झटकन विचलित होऊन पुन्हा शून्यावर येतो.

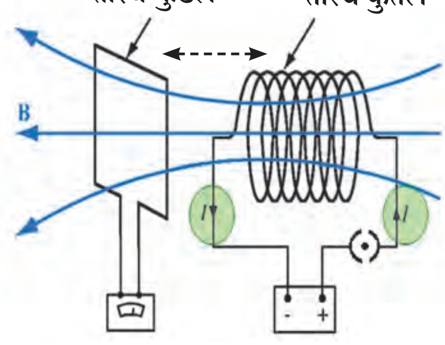
आता जर विद्युतधारा वाहात असताना कुंडल कुंतलाच्या अक्षाला लंबरेषेत (आकृती 4.16 ब) तसेच अक्षावर कुंतलापासून जवळ व दूर हलविल्यास (आकृती 4.16 क) गॅल्व्हॅनोमीटरचा काटा विचलित होतो, म्हणजेच कुंडलात विद्युतधारा निर्माण होते.



4.16 (ब) कुंतलातून विद्युतधारा प्रवाहित होत असताना कुंडल कुंतलाच्या अक्षाला लंबरेषेत हलविल्यास

मागील प्रयोगांवरून काय दिसते?

कुंतल स्थिर ठेवूनही कुंतलातील विद्युतधारेत बदल केला तरीही कुंडलात विद्युतधारा निर्माण होते. तसेच जितक्या जलद कुंतल कुंडलासमोरून बाजूला नेले जाईल, तितके गॅल्व्हॅनोमीटरच्या काट्याचे विचलन जास्त होते. कुंतलातील विद्युतधारेमध्ये बदल केल्यास कुंडलात विद्युतधारा निर्माण होते किंवा कुंडलाकडे कुंतल सरकविले तरीही कुंडलात विद्युतधारा निर्माण होते.



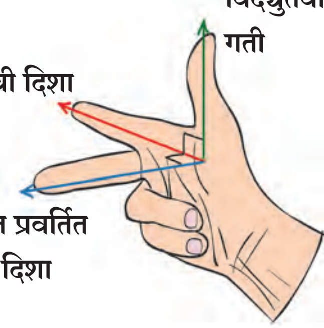
4.16 (क) कुंतलातून विद्युतधारा प्रवाहित होत असताना कुंडल कुंतलाच्या अक्षावर कुंतलापासून जवळ व दूर हलविल्यास

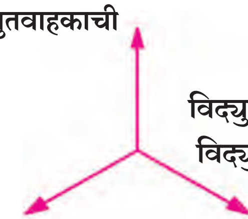
फॅरेडेचा विद्युत प्रवर्तनाचा नियम

कुंतलातून विद्युतधारा चालू करताच किंवा बंद करताच कुंडलात विद्युतधारा प्रवर्तित होते. विद्युतधारा कमी अधिक केल्यासही असे प्रवर्तन दिसून येते. कुंतल कुंडलासमोरून बाजूला सरकवितानाही कुंडलात विद्युतधारा प्रवर्तनाने निर्माण होते. वरील प्रयोगांवरून हे समजते की कुंडलातून जाणाऱ्या चुंबकीय बलरेषांच्या संख्येत बदल झाला की कुंडलामध्ये विद्युतधारा प्रवर्तित होते. ह्याला फॅरेडेचा प्रवर्तनाचा नियम असे म्हणतात. कुंडलामध्ये निर्माण झालेल्या विद्युतधारेला प्रवर्तित विद्युतधारा म्हणतात.

फ्लेमिंगच्या उजव्या हाताचा नियम (Fleming's right hand rule)

विद्युतवाहकामधील (कुंडलातील) प्रवर्तित विद्युतधारा जास्तीजास्त केव्हा असेल? तर जेव्हा विद्युतवाहकाच्या गतीची दिशा ही चुंबकीय क्षेत्राच्या दिशेला लंब असते तेव्हा. प्रवर्तित विद्युतधारेची दिशा दर्शविण्यासाठी फ्लेमिंगच्या उजव्या हाताच्या नियमाचा उपयोग होतो. उजव्या हाताचा अंगठा, तर्जनी आणि मधले बोट असे ताणा की ते एकमेकांना लंब दिशेत असतील (आकृती 4.17). अशा स्थितीत अंगठा विद्युतवाहकाच्या गतीची दिशा, तर्जनी चुंबकीय क्षेत्राची दिशा दर्शवितात तर मधले बोट प्रवर्तित विद्युतधारेची दिशा दर्शविते. या नियमाला फ्लेमिंगचा उजव्या हाताचा नियम असे म्हणतात.





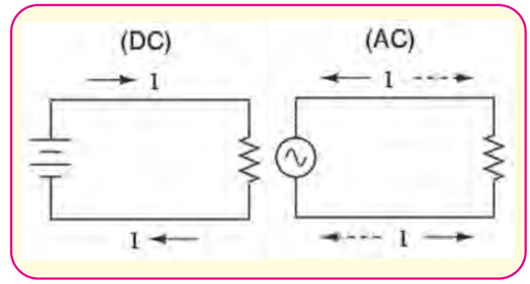
4.17 फ्लेमिंगच्या उजव्या हाताचा नियम

परिचय शास्त्रज्ञांचा

मायकेल फॅरेडे (1791-1867) प्रयोगशील वैज्ञानिक होते. त्यांचे अधिकृत शिक्षण झाले नव्हते. एका बुकबाईंडिंगच्या दुकानात लहानसा मायकेल कामाला लागला. तेथील पुस्तके वाचता वाचता त्याला विज्ञानाची गोडी लागली. लंडनच्या रॉयल इन्स्टिट्यूट मधील हंफ्रे डेव्ही यांनी त्याला प्रयोगशाळा सहाय्यक म्हणून नेमले. तेथेच त्यांनी विद्युतचुंबकीय प्रवर्तनाचे नियम शोधून काढले. तसेच विद्युतअपघटनाचेही नियम शोधून काढले. कित्येक विद्यापीठांनी त्यांना मानद पदवी देऊ केली, परंतु फॅरेडे यांनी असे सन्मान नाकारले.

प्रत्यावर्ती धारा व दिष्ट धारा (Alternating Current (AC) and Direct Current (DC))

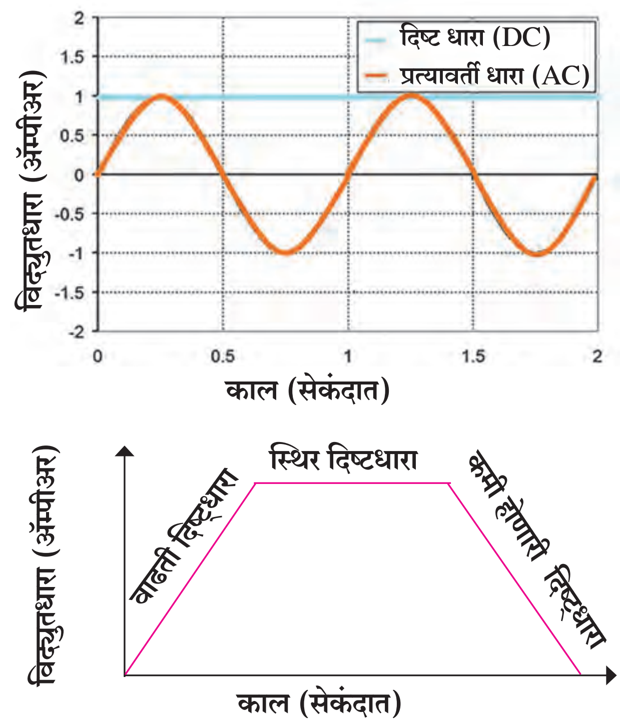
आतापर्यंत आपण विद्युतघटाकडून येणाऱ्या परिपथातून वाहणाऱ्या व पुन्हा घटाकडे जाणाऱ्या अशा एका दिशेने वाहणाऱ्या अदोलायमान विद्युतधारेशी परिचित झालो. अशा विद्युतधारेस दिष्ट धारा (Direct Current : DC) व याउलट ज्या विद्युतधारेचे परिमाण आणि दिशा ठराविक समान कालावधीनंतर बदलते त्यास प्रत्यावर्ती धारा (Alternating Current : AC) असे म्हणतात.



4.18 दिष्ट धारा व प्रत्यावर्ती धारा परिपथ

दिष्ट धारा ही वाढू शकते, स्थिर असू शकते किंवा कमीही होऊ शकते, परंतु ती दोलायमान (Oscillatory) नसते. आकृती 4.19 मध्ये आलेखाच्या स्वरूपात हे दर्शविले आहे.

प्रत्यावर्ती धारा ही दोलायमान धारा आहे. आलेखात दर्शविल्याप्रमाणे ती एका दिशेने कमाल मर्यादेपर्यंत वाढते, त्यानंतर कमी होत शून्य होते व पुन्हा उलट दिशेने कमाल मर्यादेपर्यंत वाढून पुन्हा शून्य होते. (आकृतीमध्ये उलट दिशा दर्शविण्यासाठी विद्युतधारेला −1, −2 असे परिमाण वापरले आहे.) प्रत्यावर्ती विद्युतधारेचे दोलन वेळेनुसार वक्रीय (Sinusoidal) पद्धतीने होत असते म्हणून ते ∿ या चिन्हाने दर्शवितात. दिष्ट धारा एकाच दिशेने वाहते, परंतु प्रत्यावर्ती धारा आवर्ती पद्धतीने एका चक्रात सुलट व उलट दिशेने वाहते.



4.19 प्रत्यावर्ती धारा व दिष्ट धारा यांचे आलेख

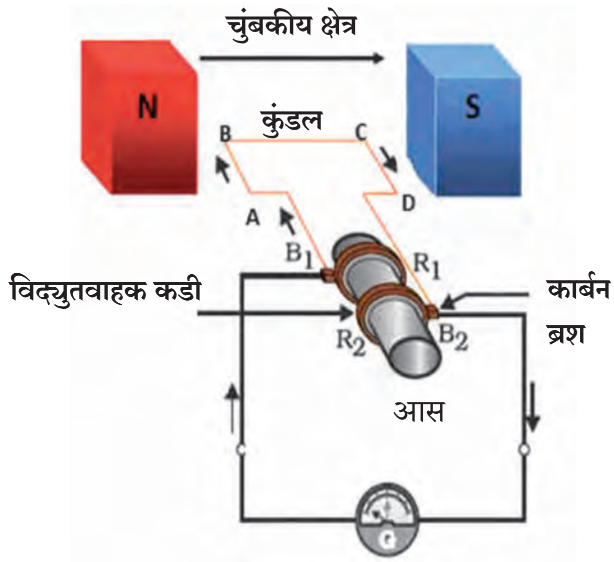
भारतात विद्युत केंद्रात होणाऱ्या विजनिर्मितीमध्ये असे एक चक्र $\frac{1}{50}$ सेकंदात म्हणजेच 0.02 सेकंदात पूर्ण होते. या प्रत्यावर्ती धारेची वारंवारिता 50 Hz इतकी असते. विद्युतशक्ती लांबवर नेताना ती प्रत्यावर्ती रूपात वाहून नेणे फायदेशीर ठरते. याचे कारण म्हणजे दिष्ट विद्युतधारेपेक्षा प्रत्यावर्ती धारेमुळे शक्तीत कमीत कमी घट होऊन पारेषण (Transmision) करता येते. घरगुती वापरासाठीचा विद्युतपुरवठा हा प्रत्यावर्ती धारेचा (AC) असतो. वीज वापरताना घ्यावयाच्या खबरदारीविषयी आपण मागील इयत्तेत शिकलो आहोत.

विद्युत जनित्र (Electric Generator)

विद्युतचुंबकीय प्रवर्तनावर आधारित असे प्रयोग आपण पाहिले. त्यात निर्माण होणाऱ्या विद्युतधारेचे परिमाण अल्प होते. परंतु हेच तत्त्व मानवाच्या वापरासाठी मोठी विद्युतधारा निर्माण करण्यासाठी वापरता येते. येथे यांत्रिक ऊर्जेचा वापर विद्युतवाहक कुंडल त्याच्या आसाभोवती चुंबकीय क्षेत्रात फिरविण्यासाठी व त्याद्वारे वीजनिर्मितीसाठी केला जातो.

आकृती 4.20 मध्ये आसाभोवती फिरणारे तांब्याच्या तारेचे कुंडल ABCD दर्शविले आहे, ते चुंबकाच्या दोन ध्रुवांमध्ये ठेवलेले असते. कुंडलाची दोन टोके R_1 व R_2 या दोन विद्युतवाहक कड्यांना कार्बन ब्रशांमार्फत जोडलेली असतात. ही दोन्ही कडी अक्षाला धरून बसविलेली असतात, परंतु कडे व आसाच्यामध्ये विद्युतरोधी आवरण असते. आस बाहेरील यंत्राच्या मदतीने फिरवला जातो. त्यामुळे कुंडल ABCD ही फिरू लागते. B_1, B_2 या स्थिर कार्बन ब्रशांची टोके गॅल्व्हनोमीटरला जोडलेली असतात, त्यामुळे विद्युतधारेची परिपथातील वहन दिशा कळून येते.

आस फिरवल्यावर AB शाखा वर जाते व CD खाली येते (म्हणजेच ABCD हे कुंडल घड्याळाच्या काट्यांच्या दिशेत फिरू लागते). फ्लेमिंगच्या उजव्या हाताच्या नियमाप्रमाणे AB व CD या शाखांमध्ये प्रवर्तनाने विद्युतधारा निर्माण होते, ती A → B व C → D अशा दिशेने जाते. अशा रीतीने A→B→C→D अशी विद्युतधारा वाहू लागते. (आकृती 4.20 मध्ये बाणांच्या दिशेने). पुढील परिपथात B_2 कडून गॅल्व्हॅनोमीटरमधून B_1 कडे अशी विद्युतधारा वाहते. जर ABCD या एका कुंडलाऐवजी अनेक वेढे असलेले कुंडल वापरले तर अनेक पटींनी विद्युतधारा वाहते व मोठी विद्युतधारा निर्माण होते. अर्ध्या परिवलनानंतर AB ही शाखा CD च्या जागी व CD ही शाखा AB च्या जागी येते. त्यामुळे प्रवर्तित विद्युतधारा D→C→B→A अशी जाते. मात्र BA ही शाखा कड्यामार्फत सतत B_1 या ब्रशच्या संपर्कात असते, व DC ही शाखा B_2 या ब्रशच्या संपर्कात असते. त्यामुळे बाहेरील परिपथात विद्युतधारा B_1 कडून B_2 कडे म्हणजेच आधीच्या अर्धपरिवलनाच्या उलट दिशेने वाहते. प्रत्येक अर्धपरिवलनानंतर हे घडते व प्रत्यावर्ती धारा निर्माण होते. हेच प्रत्यावर्ती विद्युतधारा जनित्र (AC Generator) होय.



4.20 विद्युत जनित्र

दिष्ट जनित्र (DC Generator) तयार करण्यासाठी काय करावे लागेल? दिष्ट विद्युतधारा बाहेरील परिपथात दिशा बदलत नाही. त्यासाठी विद्युत चलित्रासाठी जसे दुभंगलेले कडे वापरले, तसेच एक दुभंगलेले कडे आसावर बसवलेले असते. त्या व्यवस्थेमुळे कुंडलाची वर जाणारी एक शाखा सतत एका ब्रशच्या संपर्कात तर खाली जाणारी शाखा सतत दुसऱ्या ब्रशच्या संपर्कात राहते. त्यामुळे बाहेरील परिपथात एकाच दिशेने विद्युतधारा वाहते. या जनित्राला म्हणूनच दिष्ट जनित्र (DC Generator) असे म्हणतात.

जरा डोके चालवा. वर वर्णन केलेल्या दिष्ट जनित्राची आकृती काढा. त्यानंतर आस फिरवल्यावर दिष्ट धारा कशी मिळते ते स्पष्ट करा.

स्वाध्याय

1. **गटात न बसणारा शब्द ठरवा. त्याचे स्पष्टीकरण लिहा.**
   अ. वितळतार, विसंवाहक पदार्थ, रबरी मोजे, जनित्र
   आ. व्होल्ट्मीटर, ॲमीटर, गॅल्व्हानोमीटर, थर्मामीटर
   इ. ध्वनीवर्धक, सूक्ष्मश्रवणी, विद्युतचलित्र, चुंबक
2. **रचना व कार्य सांगा, व्यवस्थित आकृती काढून भागांना नावे द्या.**
   अ. विद्युतचलित्र ब. विद्युतजनित्र (प्रत्यावर्ती)
3. **विद्युतचुंबकीय प्रवर्तन म्हणजे –**
   अ. विद्युतवाहकाचे प्रभारित होणे.
   आ. कुंडलातून विद्युतप्रवाह गेल्यामुळे चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होणे.
   इ. चुंबक आणि कुंडल यांच्यातील सापेक्ष गतीमुळे कुंडलामध्ये विद्युतधारा निर्माण होणे.
   ई. विद्युतचलित्रातील कुंडलाचे आसाभोवती फिरणे.
4. **फरक लिहा – प्रत्यावर्ती जनित्र आणि दिष्ट जनित्र**
5. **विद्युतप्रवाह निर्माण करण्यासाठी कोणते उपकरण वापरतात? आकृतीसह वर्णन करा.**
   अ. विद्युतचलित्र ब. गॅल्व्हॅनोमीटर
   क. विद्युतजनित्र (दिष्ट) ड. व्होल्टमीटर
6. **लघुपरिपथ कशाने निर्माण होतो? त्याचा काय परिणाम होतो?**

7. **शास्त्रीय कारणे लिहा.**

अ. विजेच्या बल्बमध्ये कुंतल बनविण्यासाठी टंगस्टन धातूचा उपयोग करतात.

आ. उष्णता निर्माण करणाऱ्या विजेच्या उपकरणांमध्ये, उदा. इस्त्री, विजेची शेगडी, बॉयलरमध्ये नायक्रोम सारख्या मिश्रधातूचा उपयोग करतात, शुद्ध धातूंचा करत नाहीत.

इ. विद्युत पारेषणासाठी तांब्याच्या किंवा ॲल्युमिनिअमच्या तारांचा उपयोग करतात.

ई. व्यवहारात विद्युत ऊर्जा मोजण्यासाठी Joule ऐवजी kWh हे एकक वापरले जाते.

8. **खालील विधानांपैकी कोणते विधान लांब, सरळ विद्युतवाहक तारेजवळच्या चुंबकीय क्षेत्राचे बरोबर वर्णन करते? स्पष्टीकरण लिहा.**

अ. तारेला लंब सरळ रेषांमध्ये चुंबकीय बलरेषा एका प्रतलातून जातात.

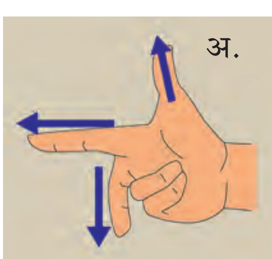
आ. तारेला समांतर, तारेच्या सर्व बाजूंनी चुंबकीय बलरेषा जातात.

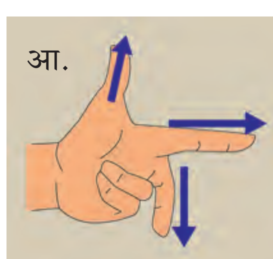
इ. तारेला लंब व तारेपासून दूर (radially outward) अशा चुंबकीय बलरेषा जातात.

ई. समकेंद्री वर्तुळाकार, तारेला केंद्रस्थानी ठेवून तारेला लंब प्रतलात चुंबकीय बलरेषा जातात.

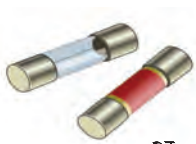
9. **नालकुंतल म्हणजे काय? त्याच्या चुंबकीय क्षेत्राची तुलना चुंबकपट्टीच्या चुंबकीय क्षेत्राशी करून आकृत्या काढा व भागांना नावे द्या.**

10. **आकृत्यांना नावे देऊन संकल्पना स्पष्ट करा.**





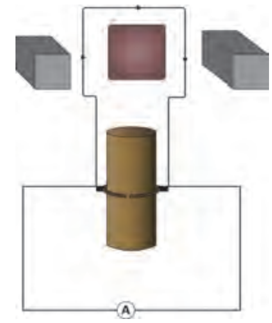
11. **आकृत्या ओळखून त्यांचे उपयोग स्पष्ट करा.**



अ.

आ.

इ.



12. **उदाहरणे सोडवा.**

अ. विद्युत परिपथातील एका विद्युतरोधामध्ये उष्णता ऊर्जा 100W इतक्या दराने निर्माण होत आहे. विद्युतधारा 3A इतकी वाहात आहे. विद्युतरोध किती Ω असेल?

उत्तर : 11 Ω

आ. दोन टंगस्टन बल्ब 220V इतक्या विभवांतरावर चालतात, ते प्रत्येकी 100W व 60W विद्युतशक्तीचे आहेत. जर ते समांतर जोडणीत जोडलेले असतील तर मुख्य विद्युतवाहकातील विद्युतधारा किती असेल?

उत्तर : 0.72A

इ. कोण अधिक विद्युतऊर्जा खर्च करील? 500W चा टीव्ही संच 30 मिनिटात, की 600W ची शेगडी 20 मिनिटात?

उत्तर : टीव्ही संच

ई. 1100W विद्युतशक्तीची इस्त्री रोज 2 तास वापरली गेल्यास एप्रिल महिन्यात त्यासाठी विजेचा खर्च किती येईल? (वीज कंपनी एका युनिट ऊर्जेसाठी 5/- रु. आकारते.)

उत्तर : रु. 330

उपक्रम :

शिक्षकांच्या मार्गदर्शनाखाली मुक्त ऊर्जा जनित्र तयार करा.

H79C3Y