



باب چھ

# برق- مقناطیسی امالہ (ELECTROMAGNETIC INDUCTION)

## 6.1 تعارف (INTRODUCTION)

بہت عرصے تک برق اور مقناطیسیت کو ایک دوسرے سے جدا اور غیر متعلق مضمایں سمجھا جاتا رہا۔ انیسویں صدی کی شروع کی دہائیوں میں، اور سیٹیڈ، اینپیئر اور کچھ دیگر افراد کے ذریعے بر قی کرنٹ پر کیے گئے تجربات سے یہ حقیقت تسلیم ہوئی کہ برق اور مقناطیسیت باہم رشتہ میں مسلک ہیں۔ ان سائنسدانوں نے معلوم کیا کہ متحرک بر قی چارج، مقناطیسی میدان پیدا کرتے ہیں۔ مثلاً، ایک بر قی کرنٹ اپنے نزدیک رکھی ہوئی مقناطیسی سوئی کی منفرج کرتا ہے۔ اس مشاہدہ سے قدرتی طور پر کچھ سوال پیدا ہوتے ہیں۔ جیسے! کیا اس کا برعکس اثر ہونا ممکن ہے؟ کیا متحرک مقناطیس بر قی کرنٹ پیدا کرتے ہیں؟ کیا قدرت برق اور مقناطیسیت کے درمیان ایسے رشتے کی اجازت دیتی ہے؟ جواب، پروزور ”ہاں“ ہے۔ 1830 کے قریب، انگلستان میں ماٹلکل فیراؤڈے اور امریکا میں جوزف ہنری کے ذریعے کیے گئے تجربات نے نقطی طور پر مظاہرہ کر کے ثابت کر دیا کہ جب بند چھوٹوں پر تبدیل ہوتا ہوا مقناطیسی میدان لگایا گیا تو ان میں بر قی کرنٹوں کا امالہ ہوا۔ اس باب میں ہم تبدیل ہوئے مقناطیسی میدان سے مسلک مظاہر کا مطالعہ کریں گے اور ان کے اصول سمجھیں گے۔ وہ مظہر جس میں بر قی کرنٹ، مقناطیسی میدان کے تغیر کے ذریعے پیدا ہوتا ہے، بجا طور پر، برق - مقناطیسی امالہ (Electromagnetic Induction) کہلاتا ہے۔

جب فیراؤڈے نے اپنی اس دریافت کو سب سے پہلے عوام کے سامنے پیش کیا کہ ایک چھڑ مقناطیس اور ایک تار کے لوب



جوزف ہنری (1791 - 1867) امریکی تجرباتی علیعات داں تھے، جو پرنسپن یونورٹی میں پروفیسر تھے اور اس تھہ سیون نین انسٹی ٹیوٹ کے پہلے ڈائریکٹر تھے۔ انہوں نے برقی مقناطیسوں میں اہم مدد حاصل کی۔ آپ نے حاجز کیے ہوئے تاروں کے چھوٹوں کو لوہے کے قطبی ٹکڑوں پر لپیٹا اور ایک برق۔ مقناطیسی موڑ ایجاد کیا۔ آپ نے ایک نیا بہتر کارکردگی والا ٹیل گراف بھی ایجاد کیا۔ آپ نے خود ایجاد کی۔ اس وقت تحقیق کی کہ ایک سرکٹ کے کرنٹ دوسرے سرکٹ میں کس طرح کرنٹ کا امالہ کرتے ہیں۔

کے درمیان اضافی حرکت، آخرالذکر میں ایک خفیف کرنٹ پیدا کرتی ہے تو ان سے پوچھا گیا کہ ”اس کا استعمال کیا ہے؟“ ان کا جواب تھا: ”ایک نومولوڈ بچ کا کیا استعمال ہے؟“ برق۔ مقناطیسی امالہ کا مظہر صرف نظری یا علمی دلچسپی کا باعث ہی نہیں ہے بلکہ اس کے بہت سے عملی استعمال ہیں۔ ایسی دنیا کا قصور کیجیے، جس میں بچلی نہیں ہے، کوئی بچلی سے حاصل ہونے والی روشنی نہیں ہے، ریل گاڑیاں نہیں ہیں، ٹیلی فون نہیں ہیں، اور کوئی ذاتی کمپیوٹر نہیں ہے۔ فیر اڑے اور ہنری کے رہنمایانہ تجربات نے جدید دور کے جزیئر اور ٹرانسفارمر تیار کرنے کی راہ راست راہ دکھائی۔ آج کی جدید تہذیب اپنی ترقی کے لیے بڑی حد تک برق۔ مقناطیسی امالہ کی دریافت کی مرہون منت ہے۔

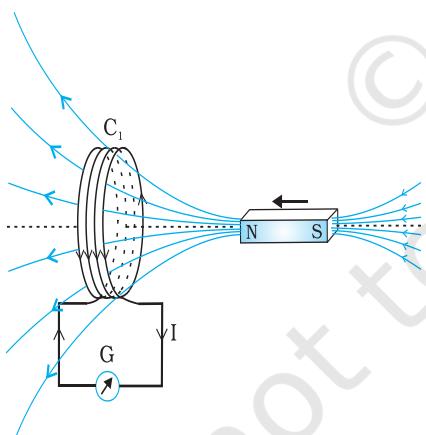
## 6.2 فیراڈے اور ہنری کے تجربات

### THE EXPERIMENTS OF FARADAY AND HENRY

برق۔ مقناطیسی امالہ کی تفہیم اور دریافت، فیراڈے اور ہنری کے ذریعے کیے گئے تجربات کے ایک لمبے سلسلے پرمنی ہے۔ اب ہم، ان میں سے کچھ تجربات بیان کریں گے۔

#### 6.1 تجربہ

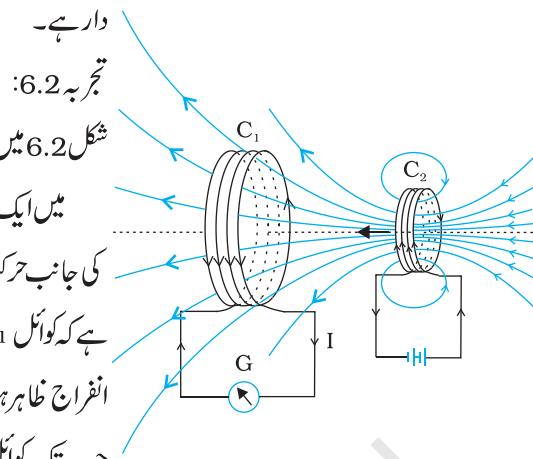
شکل 6.1 میں ایک کواں C دکھایا گیا ہے جو ایک گیلوونو میٹر سے جڑا ہوا ہے۔ جب ایک چھڑ مقناطیس کے شامی قطب کو کواں کی جانب دھکیلا جاتا ہے، تو گیلوونو میٹر کی سوئی منفرج ہو جاتی ہے اور کواں میں برقی کرنٹ کی موجودگی کی نشاندہی کرتی ہے۔ انفراج اس وقت تک ہوتا رہتا ہے جب تک چھڑ مقناطیس حرکت میں رہتا ہے۔ گیلوونو میٹر اس وقت کوئی انفراج نہیں دکھاتا جب چھڑ مقناطیس سا کن رکھا جاتا ہے۔



شکل 6.1 جب چھڑ مقناطیس کو کواں کی جانب دھکیلا جاتا ہے، میں میں برقی کرنٹ پیدا کرنے (اماں نسبتی (اضافی Relative) حرکت، دراصل، کواں میں چھڑ کی سوئی منفرج ہو جاتی ہے۔

\* جہاں کہیں بھی اصطلاح ”کواں“ (Coil)، ”لچھا“ (Loop) استعمال ہوئی ہے، یہ مان لیا گیا ہے کہ وہ ایصالی مادے کے بنے ہوئے

ہیں اور ایسے تار استعمال کر کے تیار کیے گئے ہیں، جن پر حاصلہ مادے کی تہہ چڑھی ہوئی ہے۔

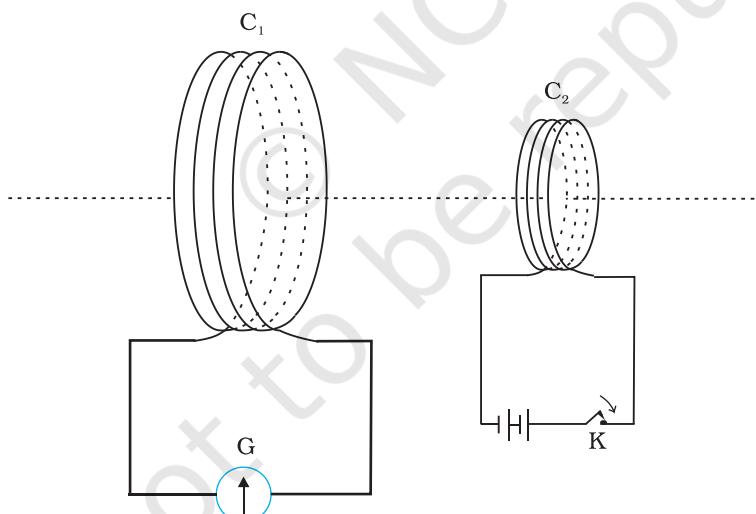


شکل 6.2 میں چھپر مقناطیس کی جگہ ایک دوسرا کوائل  $C_2$  لیا گیا ہے جو ایک بیڑی سے جڑا ہوا ہے۔ کوائل  $C_1$  میں ایک قائم کرنٹ بننے سے ایک قائم مقناطیسی میدان پیدا ہوتا ہے۔ جب کوائل  $C_2$  کو کوائل  $C_1$  کی جانب حرکت دی جاتی ہے، تو گیلوونومیٹر میں انفراج ظاہر ہوتا ہے۔ یہ انفراج اس بات کی نشاندہی کرتا ہے کہ کوائل  $C_1$  میں بر قی کرنٹ کا امالہ ہوا ہے۔ جب  $C_2$  کو دور ہٹایا جاتا ہے تو گیلوونومیٹر میں دوبارہ انفراج ظاہر ہوتا ہے، لیکن اس مرتبہ یہ مختلف سمت میں ہوتا ہے۔ انفراج اس وقت تک جاری رہتا ہے جب تک کوائل  $C_2$  حرکت کرتا رہتا ہے۔ جب کوائل  $C_2$  کو اپنی جگہ قائم رکھا جاتا ہے اور  $C_1$  کو حرکت دی جاتی ہے، تب بھی یہ مشاہدات ہوتے ہیں۔ یعنی کہ یہ کوائلوں کے درمیان نسبتی (اضافی) حرکت ہے جو بر قی کرنٹ کا امالہ کر رہی ہے۔

شکل 6.2 کرنٹ بردار کوائل  $C_2$  کے حرکت کرنے کی وجہ سے کوائل  $C_1$  میں کرنٹ کا امالہ ہوتا ہے۔

### تجربہ 6.3

دونوں، مندرجہ بالا، تجربات میں، بالترتیب، ایک کوائل اور مقناطیس کے درمیان نسبتی حرکت اور دونوں کوائلوں کے درمیان نسبتی حرکت شامل ہیں۔ ایک دوسرے کے ذریعے فیر اڈے نے دکھایا کہ یہ ”نسبتی حرکت“ کوئی لازمی شرط نہیں



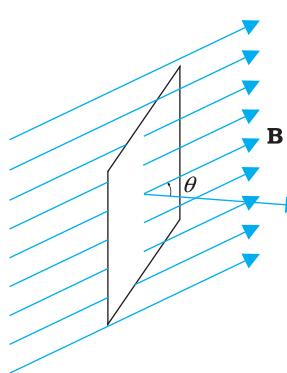
شکل 6.3 کے لیے ترتیب

ہے۔ شکل 6.3 میں دو کوائل  $C_1$  اور  $C_2$  دکھائے گئے ہیں۔ یہ دونوں کوائل حالت سکون میں رکھے گئے ہیں۔ کوائل  $C_1$  کو ایک گیلوونومیٹر  $G$  سے جوڑا جاتا ہے جب کہ کوائل  $C_2$  کو ایک ٹپنگ کی (tapping Key) کے ذریعے ایک بیڑی سے جوڑا گیا ہے۔

## برق - مقناطیسی امالہ

یہ مشاہدہ کیا گیا کہ جب ٹپنگ کی کو دبایا جاتا ہے تو گیلوونومیٹر میں ایک لمحے کے لیے انفراج ہوتا ہے، اور پھر گلوونومیٹر کی سوئی فوراً ہی صفر پر واپس آ جاتی ہے۔ اگر کی کو لگاتار دبائے رکھا جائے، تو گیلوونومیٹر میں کوئی انفراج نہیں ہوتا۔ جب کی کو چھوڑا جاتا ہے، تو پھر ایک لمحے کے لیے انفراج دوبارہ دکھائی دیتا ہے، لیکن اب یہ مختلف سمت میں ہوتا ہے۔ یہ بھی دیکھا گیا کہ اگر کوائلوں کے محور کی سمت میں ایک لوہے کی چھڑکاگدی جائے تو انفراج بہت زیادہ بڑھ جاتا ہے۔

### 6.3 مقناطیسی فلکس (MAGNETIC FLUX)



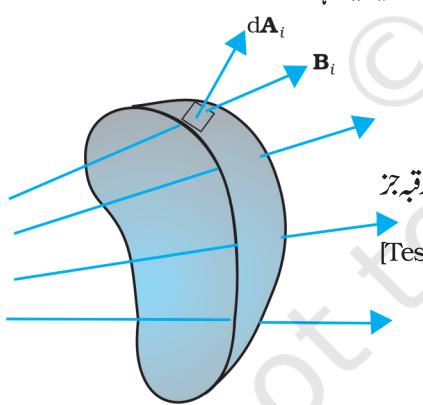
فیراڈے کے ادراک کا اندازہ اس سے ہوتا ہے کہ انہوں نے جو برق - مقناطیسی امالیت پر سلسلہ وار تجربات کیے، ان سب کی وضاحت کرنے کے لیے ایک سادہ ریاضیاتی رشتہ دریافت کیا۔ لیکن اس سے پہلے کہ ہم ان کے قانون بیان کریں اور ان قوانین کی اہمیت سمجھیں، ہمیں مقناطیسی فلکس ' $\Phi_B$ ' کے تصور سے واقعیت ضرور حاصل کر لینا چاہیے۔ مقناطیسی فلکس کی تعریف بھی اسی طرح کی جاتی ہے، جس طرح باب 1 میں برقی فلکس کی تعریف کی گئی تھی۔ ایک رقبہ 'A' کے مستوی سے، جو ہموار مقناطیسی میدان  $\vec{B}$  میں رکھا ہے، گذرنے والا مقناطیسی فلکس (شکل 6.4) لکھا جاسکتا ہے۔

$$\text{شکل 6.4: } \Phi_B = \vec{B} \cdot \vec{A} = BA \cos \theta \quad (6.1)$$

جہاں  $q$ ،  $\vec{B}$  اور  $\vec{A}$  کے درمیان زاویہ ہے۔ رقبہ بطور سمتیہ مقدار کے تصور سے باب 1 میں پہلے ہی بحث کی جا چکنی ہے۔ مساوات 6.1 کی توسعہ کردی سطحوں اور غیر ہموار میدانوں کے لیے کی جاسکتی ہے۔

اگر مقناطیسی میدان کی عددی قدریں اور نمیتیں، سطح کے مختلف حصوں پر مختلف ہیں، جیسا کہ شکل 6.5 میں دکھایا گیا ہے، تو سطح سے گذرنے والا مقناطیسی فلکس ہے:

$$\Phi_B = \vec{B}_1 \cdot d\vec{A}_1 + \vec{B}_2 \cdot d\vec{A}_2 + \dots = \sum_{\text{all}} \vec{B}_i \cdot d\vec{A}_i$$



جہاں 'all' کا مطلب ہے ان تمام رقبہ اجزاء (Area elements) پر جمع، جن پر سطح مشتمل ہے اور  $i$ ، رقبہ جز پر مقناطیسی میدان ہے۔ مقناطیسی فلکس کی SI اکائی ویرا (Wb) یا یٹیسلا مریخ میٹر [Tesla] پر مقناطیسی فلکس ایک عدد یہ مقدار ہے۔ مقناطیسی فلکس  $(Tm^2)$  meter square ہے۔

### 6.4 فیراڈے کا امالہ کا قانون (Faraday's Law of Induction)

تجرباتی مشاہدات کے ذریعے، فیراڈے نے یہ نتیجہ اخذ کیا کہ ایک کوائل میں اس وقت ایک emf کا امالہ ہوتا ہے جب کوائل میں سے گذرنے والا مقناطیسی فلکس، وقت کے ساتھ تبدیل ہوتا ہے۔ حصہ 6.2 میں جو تجرباتی مشاہدات بیان کیے گئے ہیں، یہ تصور ان سب کی وضاحت کر سکتا ہے۔

\* نوٹ کریں کہ ایک برقی - مقناطیس کے نزدیک رکھے ہوئے حساس برقی آئے، برقی مقناطیس کو آن یا آف کرنے سے امالہ ہوئی emf (اور اس کے نتیجے میں پیدا ہوئے کرنٹ) کی وجہ سے، خراب ہو سکتے ہیں۔

تجربہ 6.1 میں ایک مقناطیس کو کوائل  $C_1$  کے نزدیک لے جانے یا اس سے دور لے جانے سے اور تجربہ 6.2 میں ایک کرنٹ بردار کوائل  $C_2$  کو دوسرے کوائل  $C_1$  کے نزدیک یا اس سے دور لے جانے سے، کوائل  $C_1$  سے منسلک مقناطیسی فلکس تبدیل ہوتا ہے۔ مقناطیسی فلکس میں تبدیلی، کوائل  $C_1$  میں emf کا امالہ کرتی ہے۔ اور یہ امالہ ہوئی یہی emf تھی جس کی وجہ سے کوائل  $C_1$  اور گیلوون میٹر میں سے کرنٹ گزرا۔ تجربہ 6.3 میں کیے گئے مشاہدات کی ایک ممکنہ توضیح مندرجہ ذیل ہے۔ جب پینگ کی کوڈ بایا جاتا ہے تو کوائل  $C_2$  میں کرنٹ (اور اس کے نتیجے میں پیدا ہونے والا مقناطیسی میدان) ایک محض وقفے میں، صفر سے بڑھ کر اپنی اعظم قدر (Maximum Value) تک پہنچ جاتا ہے۔ اس کے نتیجے میں، اس کے قریب رکھے ہوئے کوائل  $C_1$  میں سے گزرنے والا مقناطیسی فلکس بھی بڑھتا ہے۔ اور کوائل میں سے گزرنے والے فلکس کی یہ تبدیلی ہی کوائل  $C_1$  میں ایک امالی emf پیدا کرتی ہے۔ جب کی کوڈ بایے رکھا جاتا ہے تو کوائل  $C_2$  میں کرنٹ کی مقدار مستقلہ رہتی ہے۔ اس لیے،  $C_1$  میں کرنٹ صفر پہنچ جاتا ہے۔ جب کی کوچھ ٹوڑا جاتا ہے، تو  $C_2$  میں کرنٹ اور اس سے پیدا ہونے والے مقناطیسی میدان کی قدر، ایک محض وقفے میں، اپنی اعظم قدر سے کم ہو کر صفر ہو جاتی ہے۔ اس کے نتیجے میں کوائل  $C_1$  میں پھر ایک برقی کرنٹ کا امالہ ہوتا ہے۔ ان تمام مشاہدات میں مشترک نکتہ یہ ہے کہ ایک سرکٹ سے گزرنے والے مقناطیسی فلکس کی تبدیلی کی شرح وقت اس سرکٹ میں کرنٹ کا امالہ کرتی ہے۔ فیراڈے نے ان تجرباتی مشاہدات کو ایک قانون کی شکل میں بیان کیا، جو فیراڈے کا برق۔ مقناطیسی امالہ کا قانون کہلاتا ہے۔ اس قانون کا بیان ہے: ایک سرکٹ میں امالہ ہوئی emf کی عددی قدر، اس سرکٹ سے گزر رہے مقناطیسی فلکس کی تبدیلی شرح وقت، کے مساوی ہوتی ہے۔

ریاضیاتی شکل میں، امالیاتی emf دی جاتی ہے:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} \quad (6.3)$$

منفی علامت،  $\varepsilon$  کی سمت اور اس لیے ایک بندلوپ میں کرنٹ کی سمت کی نشاندہی کرتی ہے۔ اگلے حصے میں اس تفصیلی بحث کی جائے گی۔

قریب قریب لپٹے ہوئے  $N$  چکروں کے کوائل کے لیے، ہر چکر سے منسلک فلکس کی تبدیلی یکساں ہے۔ اس لیے، کل امالیاتی emf کے لیے ریاضیاتی عبارت ہوگی:

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (6.4)$$

ایک بندکوائل میں، چکروں کی تعداد  $N$  میں اضافہ کر کے، امالیاتی emf میں اضافہ کیا جاسکتا ہے۔ مساوات (6.1) اور مساوات (6.2) سے ہم دیکھ سکتے ہیں کہ  $\bar{A}$ ،  $\bar{B}$  اور  $q$  میں سے کسی ایک رکن یا ایک سے



مائیکل فیراڈے (1791–1867)

فیراڈے نے سائنس میں کئی اہم ایجادات اور دریافتیں کیں: برقی مقناطیسی امالہ کی دریافت، برقی پاشی کے توانیں، بیزین اور یہ راز دریافت کرنا کہ ایک برقی میدان میں تقطیب کا مستوی گھوم جاتا ہے۔ برقی موڑ برقی جزیرہ اور ٹرانسفارمر کی ایجادات کا سہرا بھی انھیں کے سر ہے۔ انھیں زیادہ تر لوگ انیسویں صدی کا سب سے عظیم سائنسدان مانتے ہیں۔

## برق- مقناطیسی امال

زیادہ رکن میں تبدیلی کرنے سے، تبدیل کیا جاسکتا ہے۔ حصہ 6.2 میں بیان کیے گئے تجربات 6.1 اور 6.2 میں، فلکس،  $\bar{B}$  کو بدل کر، تبدیل کیا گیا ہے۔ ایک مقناطیسی میدان میں ایک کوائل کی شکل (shape) میں تبدیل کر کے (یعنی اسے سیکٹر کریا پھیلا کر) بھی یا ایک کوائل کو مقناطیسی میدان میں اس طرح گھما کر بھی کہ  $\bar{B}$  اور  $\bar{A}$  کا درمیانی زاویہ تبدیل ہو جائے، ہم فلکس کو تبدیل کر سکتے ہیں۔ ان صورتوں میں بھی منابع رکھنے والے کوائلوں میں ایک emf کا امامہ ہوتا ہے۔

**مثال 6.1:** تجربہ 6.2 پر غور کیجیے: (a) آپ گلیونو میٹر میں بڑا انفراج حاصل کرنے کے لیے کیا کریں گے؟ (b) ایک گلیونو میٹر کی غیر موجودگی میں آپ امالياتی کرنٹ کی موجودگی کا مظاہرہ کیسے کریں گے؟

حل:

- (a) مقابلاً زیادہ انفراج حاصل کرنے کے لیے مندرجہ ذیل اقدامات میں سے کوئی ایک قدم یا ایک سے زیادہ اقدامات اٹھائے جاسکتے ہیں: (i) کوائل  $C_2$  کے اندر نرم الوہے سے بنی چھڑ استعمال کیجیے (ii) کوائل کو ایک زیادہ طاقت وربیتی سے جوڑیے (iii) جانچ کوائل  $C_1$  کی جانب دوسرا کوائل کو تیزی سے حرکت دیں۔
- (b) گلیونو میٹر کی جگہ ایک چھوٹا بلب استعمال کریں، جیسا بلب ایک چھوٹی نارچ میں استعمال ہوتا ہے۔ دونوں کوائلوں کے درمیان نسبتی حرکت بلب کو روشن کر دے گی اور اس طرح امالياتی کرنٹ کی موجودگی کا مظاہرہ ہو جائے گا۔

**مثال 6.2:** 10cm<sup>2</sup> مطلع اور  $0.5\Omega$  مزاجمت کا ایک مریخ لوپ، مشرق-مغرب مستوی میں راسی طور پر رکھا گیا ہے۔  $T = 0.10$  کا ایک ہموار مقناطیسی میدان، شمال-مشرق سمت میں مستوی پر لگایا گیا ہے۔ مقناطیسی میدان کو ایک قائم شرح سے،  $s = 0.70$  میں، کم کر کے صفر کر دیا گیا۔ اس وقت کے دوران پیدا ہونے والی امالياتی emf اور اس کے نتیجے میں پیدا ہونے والے امالياتی کرنٹ کی عدی قدری میں معلوم کیجیے۔

حل: لوپ کے رقبہ سمتیہ کے ذریعے مقناطیسی میدان سے بنایا گیا زاویہ  $\theta = 45^\circ$  ہے۔ مساوات (6.1) سے آغازی مقناطیسی فلکس  $\Phi$  ہے:

$$\begin{aligned}\Phi &= BA \cos \theta \\ &= \frac{0.1 \times 10^{-2}}{\sqrt{2}} \text{ Wb} \\ \Phi_{\min} &= 0\end{aligned}$$

فلکس میں یہ تبدیلی  $0.70\text{s}$  میں کی گئی ہے۔ مساوات (6.3) سے، امالياتی emf کی عدی قدر، دی جاتی ہے۔

$$\varepsilon = \frac{|\Delta \Phi_B|}{\Delta t} = \frac{|(\Phi - 0)|}{\Delta t} = \frac{10^{-3}}{\sqrt{2} \times 0.7} = 1.0 \text{ mV}$$

6.1

6.2

اور کرنٹ کی عددی قدر ہے:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{10^{-3} V}{0.5 \Omega} = 2 \text{ mA}$$

نوٹ کریں کہ زمین کے مقناطیسی میدان کی وجہ سے بھی لوپ میں سے ایک فلکس گزرتا ہے۔ لیکن یہ ایک قائم میدان ہے (جو تجربہ میں لگنے والے وقت کے دوران تبدیل نہیں ہوتا)، اس لیے کسی emf کا اماملا نہیں کرتا۔

**مثال 6.3:** نصف قطر cm  $500, 10, 000$  چکروں اور  $\Omega = 2$  مراحت والے ایک دائری کوائل کو اس طرح رکھا گیا ہے کہ اس کا مستوی، زمین کے مقناطیسی میدان کے افقی جز پر، عبور ہے۔ اسے s میں، اس کے راسی قطر کے گرد،  $180^\circ$  سے گھماایا جاتا ہے۔ کوائل میں امالہ ہوئی emf اور اس کے ساتھ امالہ ہوئے کرنٹ کی عددی قدر یہ ہے۔ اس مقام پر زمین کے مقناطیسی میدان کے افقی جز کی قدر T  $3.0 \times 10^{-5}$  ہے۔

حل: کوائل میں سے گزرنے والا آغازی فلکس

$$\begin{aligned} \Phi_B &= BA \cos \theta \\ &= 3.0 \times 10^{-5} \times (\pi \times 10^{-2}) \times \cos 0^\circ \\ &= 3\pi \times 10^{-7} \text{ Wb} \end{aligned}$$

گھمانے کے بعد اختتامی فلکس

$$\begin{aligned} \Phi_B &= 3.0 \times 10^{-5} \times (\pi \times 10^{-2}) \times \cos 180^\circ \\ &= -3\pi \times 10^{-7} \text{ Wb} \end{aligned}$$

اس لیے، امالیاتی emf کی عددی قدر کا تخمینہ ہے:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \\ &= \frac{500 \times (6\pi \times 10^{-7})}{0.25} \\ &= 3.8 \times 10^{-3} \text{ V} \end{aligned}$$

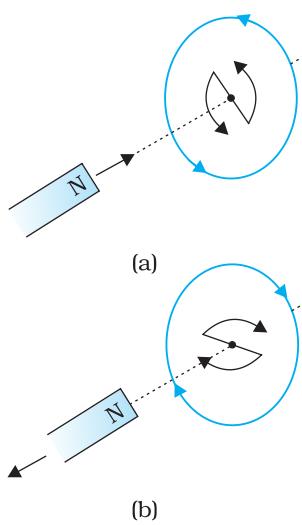
$$I = \frac{\varepsilon}{R} = 1.9 \times 10^{-3} \text{ A}$$

نوٹ کریں، کہ  $\varepsilon$  اور  $I$  کی عددی قدر یہ، قدروں کا تخمینہ ہیں۔ ان کی لمحاتی قدر یہ (Instantaneous Values) مختلف ہیں اور ایک مخصوص لمحہ پر گردش کی رفتار کے تابع ہیں۔

## 6.5 لینز کا قانون اور توانائی کا تحفظ (Lenz's Law and Conservation of Energy)

1834 میں، جرمیں طبیعت داں، ہمیرک فریڈرک لینز (Heinrich Friedrich Lenz) نے ایک قاعدہ اخذ کیا، جو لینز کا قانون (Lenz's Law) کہلاتا ہے۔ یہ قانون امالہ شدہ emf کی قطبیت (Polarity) واضح اور جھوٹیں شکل میں بتاتا ہے۔ قانون کا بیان ہے:

## برق - مقناطیسی امال



شکل 6.6 لینز کے قانون کا  
تصویری اظہار

اماں ہوئی emf کی قطبیت اس طرح ہوتی ہے کہ یہ ایک ایسا کرنٹ پیدا کرنے کی کوشش کرتی ہے جو اس مقناطیسی فلکس میں تبدیلی کی مخالفت کرتا ہے، جس کی تبدیلی کی وجہ سے emf پیدا ہوئی ہے۔

مساوات (6.3) میں دکھائی گئی منفی علامت یہی اثر ظاہر کرتی ہے۔ ہم حصہ 6.2.1 کی جانچ کی مدد سے لینز کے قانون کو سمجھ سکتے ہیں۔ شکل 6.1 میں ہم دیکھتے ہیں کہ ایک چھڑ مقناطیس کا شمالی قطب بند کوائل کی جانب دھکلایا جا رہا ہے۔ جیسے جیسے چھڑ مقناطیس کا شمالی قطب کوائل کی جانب حرکت کرتا ہے، کوائل میں سے گذرنے والا مقناطیسی فلکس بڑھتا جاتا ہے۔ اس لیے کوائل میں کرنٹ کا امالہ ایسی سمت میں ہوتا ہے کہ فلکس میں اضافہ کی مخالفت کرتا ہے۔ یہ اسی وقت ممکن ہے اگر کوائل میں کرنٹ، اس مشاہد کی مناسبت سے جو مقناطیس کی جانب گھرا ہے، گھری مخالف سمت میں ہو۔ نوٹ کریں کہ اس کرنٹ سے نسلک مقناطیسی معیار اثر کی شمالی قطبیت ہے۔ اسی طرح، اگر مقناطیس کے شمالی قطب کوائل سے دور لے جایا جائے تو کوائل سے گذرنے والا مقناطیسی فلکس کم ہو گا۔ مقناطیسی فلکس میں ہونے والی اس کی کوپار کرنے کے لیے، کوائل میں پیدا ہونے والا امالياتی کرنٹ گھری کی سوئیوں کی سمت میں بہتا ہے اور اس کا جنوبی قطب، چھڑ مقناطیسی کے دور ہوتے ہوئے شمالی قطب کے سامنے ہوتا ہے۔ اس کے نتیجے میں ایک کششی قوت پیدا ہو گی جو مقناطیس کی حرکت اور اس کے مطابق فلکس میں ہونے والی کی کی مخالفت کرے گی۔

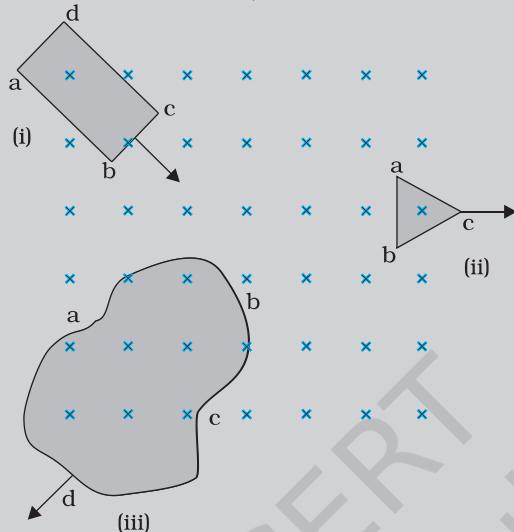
مندرجہ بالا مثال میں ایک بندلوپ کی جگہ اگر ایک کھلا سرکٹ استعمال کیا جائے، تو کیا ہوگا؟ اس صورت میں بھی، سرکٹ کے کھل سروں کے درمیان ایک emf کا امالہ ہوتا ہے۔ اماں ہوئی emf کی سمت، لینز کا قانون استعمال کر کے معلوم کی جاسکتی ہے۔ شکل میں (a) اور (b) 6.6 دیکھیے۔ ان کی مدد سے امالہ ہوئے کرنٹ کی سمت کو زیادہ آسانی سے سمجھا جاسکتا ہے۔ نوٹ کریں کہ لالہ اور چھڑ کے ذریعے امالہ ہوئے کرنٹوں کی شاندیہ کی گئی ہے۔

اگر ہم اس معاملے پر ذرا ساغر کریں تو ہم لینز کے قانون کی درستی صحت سے مطمئن ہو جائیں گے۔ فرض کیجیے کہ امالہ ہوئے کرنٹ کی سمت، شکل (a) میں دکھائی گئی سمت کے مخالف ہے۔ اس صورت میں امالہ ہوئے کرنٹ کی وجہ سے بنا جنوبی قطب، مقناطیس کے نزدیک آتے شمالی قطب کے سامنے ہو گا۔ تب چھڑ مقناطیس، کوائل کی جانب، مستقل بڑھتے ہوئے اسراع کے ساتھ، کشش ہو گا۔ مقناطیس کو اگر ایک ہلکا سادھا دے دیا جائے تو یہ عمل شروع ہو جائے گا اور مقناطیس کی رفتار اور حرکت کی توانائی، بنا کوئی توانائی خرچ کیے، لگاتار بڑھتی جائیں گی۔ اگر ایسا ہونا ممکن ہوتا تو مناسب ترتیب کے ذریعے ایک دوامی حرکت (perpetual motion) مشین بنائی جاسکتی تھی۔ یہ توانائی کی بقا کے قانون کی خلاف ورزی ہے اور اس لیے ایسا ہونا ممکن نہیں ہے۔

اب وہ درست صورت دیکھیے جو شکل (a) 6.6 میں دکھائی گئی ہے۔ اس صورت میں چھڑ مقناطیس، امالہ ہوئے کرنٹ کی وجہ سے ایک دفاعی قوت محسوس کرتا ہے۔ اس لیے مقناطیس کو حرکت دینے والے شخص کو حرکت دینے کے لیے کام کرنا پڑتا ہے۔ اس شخص کے ذریعے صرف کی گئی توانائی کہاں جاتی ہے؟ یہ توانائی، امالہ ہوئے کرنٹ کی وجہ سے پیدا ہوئی جو حرارت کے ذریعے سرف ہو جاتی ہے۔

### مثال 6.4

شکل 6.7 میں مختلف شکلوں کے مسطح لوپ (Planar Loops)، ایک ایسے میدان کے علاقے میں داخل ہوتے یا اس سے باہر جاتے دکھائے گئے ہیں، جس کی سمت لوپ کے مستوی پر عمود، قاری سے دور کی جانب ہے۔ لینز کا قانون استعمال کرتے ہوئے ہر لوپ میں امالة ہوئے کرنٹ کی سمت معلوم کیجیے۔



شکل (6.7)

حل:

(i) مقناطیسی میدان کے علاقے میں اندر داخل ہونے کی حرکت کی وجہ سے مستطیل نما لوپ abcd میں سے گذرنے والے مقناطیسی فلکس میں اضافہ ہوتا ہے۔ اس لیے امالة ہوئے کرنٹ کو راستہ bedab پر بہنا لازمی ہے تاکہ یہ بڑھتے ہوئے فلکس کی مخالفت کر سکے۔

(ii) باہری سمت میں حرکت کرنے کی وجہ سے، مثلث نما لوپ abc میں سے گذرنے والا فلکس کم ہوتا ہے، جس کی وجہ سے امالة ہوا کرنٹ bacb پر بہتا ہے تاکہ فلکس میں تبدیلی کی مخالفت کر سکے۔

(iii) کیونکہ بے قاعدہ شکل والے لوپ میں سے گذرنے والا فلکس، لوپ abcd کے مقناطیسی میدان کے علاقے سے باہر کی جانب حرکت کرنے کی وجہ سے، کم ہوتا ہے، امالة ہوا کرنٹ edabc کی سمت میں بہتا ہے تاکہ فلکس میں تبدیلی کی مخالفت کر سکے۔

نوت کریں کہ لوپ تک مکمل طور پر مقناطیس میدان کے علاقے کے اندر یا باہر ہیں، اس وقت تک کسی کرنٹ کا امالمہ نہیں ہوگا۔

### مثال 6.4

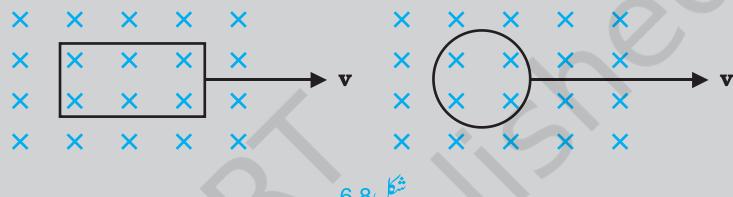
### مثال 6.5

(a) دو اپنی جگہ قائم رکھے گئے مستقل مقناطیسوں کے شمالی اور جنوبی قطبین کے درمیان، مقناطیسی میدان میں ایک بند لوپ کو ساکن رکھا جاتا ہے۔ کیا ہم بہت زیادہ طاقت ور مقناطیس استعمال کر کے لوپ میں کرنٹ

### مثال 6.5

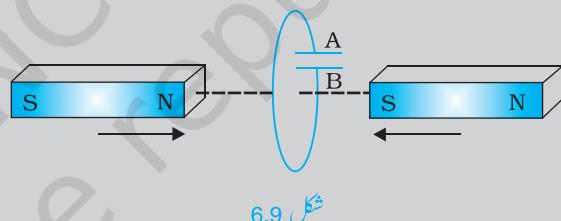
پیدا کر سکنے کی امید کر سکتے ہیں؟

- (b) ایک بڑے کیپیسٹر کی چاروں کے درمیان مستقل برقی میدان کی عمودی سمت میں ایک بندلوپ حرکت کرتا ہے۔ کیا لوپ میں کسی کرنٹ کا امالہ ہوگا (i) جب یہ لوپ مکمل طور پر کیپیسٹر کی چاروں کے درمیانی علاقے میں ہے (ii) جب یہ لوپ جزوی طور پر کیپیسٹر کی چاروں کے باہر ہے؟ برقی میدان، لوپ کے مستوی پر عمود ہے۔
- (c) ایک مستطیل نما لوپ اور ایک دائیٰ لوپ، ایک ہموار مقناطیسی میدان کے علاقے سے (شکل 6.8) ایک میدان۔ آزاد علاقے کی طرف، مستقلہ رفتار  $v$  کے ساتھ حرکت کر رہے ہیں۔ آپ کس لوپ میں امید کرتے ہیں کہ میدان کے علاقے سے گذرنے کے دوران، امالہ ہوئی emf مستقلہ ہوگی؟ میدان لوپ پر عمود ہے۔



شکل 6.8

(d) شکل 6.9 میں دکھائی گئی صورت میں کیپیسٹر کی قطبیت کی پیشین گوئی کیجیے۔



شکل 6.9

حل:

- (a) نہیں۔ مقناطیس چاہے کتنا بھی طاقت ور ہو، کرنٹ صرف لوپ سے گذرنے والے مقناطیسی فلکس کو تبدیل کر کے ہی امالہ کیا جاسکتا ہے۔
- (b) دونوں صورتوں میں سے کسی میں بھی کرنٹ کا امالہ نہیں ہوتا۔ کرنٹ کا امالہ، برقی فلکس تبدیل کر کے نہیں کیا جاسکتا ہے۔
- (c) صرف مستطیل نما لوپ کے لیے امالہ ہوئی emf کے مستقلہ ہونے کی امید کی جاسکتی ہے۔ دائیٰ لوپ کے لیے، میدان کے علاقے سے باہر نکلنے کے دوران، لوپ کے رقبہ کی تبدیلی کی شرح مستقلہ نہیں ہے، اس لیے امالہ شدہ emf بھی اس کے مطابق تبدیل ہوتی رہے گی۔
- (d) کیپیسٹر میں چادر B کی مناسبت سے چادر A کی قطبیت ثابت ہوگی۔

## 6.6 حرکتی برق محرک قوت (Motional Electromotive Force)

ایک مستقیم موصل لیجے جو ایک ہموار اور وقت نیز تابع مقناطیسی میدان میں حرکت کر رہا ہے۔ شکل 6.10 میں ایک مستطیل نما موصل PQRS دکھایا گیا ہے، جس میں موصل PQ حرکت کر سکتا ہے۔ چھپ PQ کو بائیں جانب مستقلہ رفتار  $\bar{v}$  سے حرکت دی جاتی ہے، جیسا کہ شکل میں دکھایا گیا ہے۔ یہ مان لیجے کہ رگڑ کی وجہ سے تو انائی ضائع نہیں ہو رہی ہے۔ ایک بند سرکٹ تشکیل دیتا ہے، جس سے گھر اربقہ PQ کے حرکت کرنے کے ساتھ تبدیل ہوتا رہتا ہے۔ اسے ایک ہموار مقناطیسی میدان میں رکھا گیا ہے، جو کہ اس نظام کے مستوی پر عمود ہے۔ اگر لمبائی:  $X = R - S = l$  اور  $v = l/t$  تو لوپ PQRS سے گھرا مقناطیسی فلکس  $\Phi_B$  ہو گا۔

شکل 6.10 بازو PQ کو بائیں جانب حرکت دی جاتی ہے، جس سے

شکل 6.10: بازو PQ کو بائیں جانب حرکت کر دی جاتی ہے، جس سے مستطیل نما لوپ کا رقبہ کم ہو جاتا ہے۔ اس حرکت سے کرنٹ I کا امالہ ہوتا ہے۔

ہے۔

کیونکہ  $x$ ، وقت کے ساتھ تبدیل ہو رہا ہے، اس لیے فلکس  $\Phi_B$  کی تبدیلی کی شرح ایک emf کا امالہ کرے گی، جو دی

جائے گی:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= -\frac{d\Phi_B}{dt} = -\frac{d}{dt}(Blx) \\ -Bl \frac{dx}{dt} &= Blv \quad (6.5) \end{aligned}$$

جہاں ہم نے  $v = -\frac{dx}{dt}$  استعمال کیا ہے، جو موصل PQ کی چال ہے۔ امالہ شدہ  $Blu$ ، emf حرکتی  $Blu$  کا امالہ کرے گی، جو دی

(Motional emf) کہلاتی ہے۔ اس طرح ہم مقناطیسی میدان کو تبدیل کرنے کے بجائے ایک موصل کو حرکت دے کر بھی امالہ شدہ emf پیدا کر سکتے ہیں، یعنی کہ سرکٹ سے گھرے ہوئے مقناطیسی فلکس کو تبدیل کر کے

مساوات (6.5) میں حرکتی emf کی ریاضیاتی عبارت کو موصل PQ کے آزاد چارج برداروں پر لگ رہی لورینز قوت کا استعمال کر کے بھی سمجھا جاسکتا ہے۔ موصل PQ میں کوئی بھی اختیاری چارج  $q$  لیجے۔ جب چھپ چال  $v$  کے ساتھ حرکت کرتی ہے، تو چارج بھی، مقناطیسی میدان  $\vec{B}$  میں، چال  $\bar{v}$  کے ساتھ حرکت کر رہا ہو گا۔ اس چارج پر لگ رہی لورینز قوت کی عددی قدر  $qvB$  ہو گی اور اس کی سمت Q کی جانب ہو گی۔ تمام چارجوں پر یہ سامنہ قوت لگتی ہے، عددی قدر اور سمت دونوں کے لحاظ سے، چاہے چھپ PQ میں ان کا مقام کوئی بھی ہو۔ اس لیے، چارج کو P سے Q تک حرکت دینے میں کیا گیا کام ہے:

$$W = qvBl$$

کیونکہ  $\text{emf}$  کیا گیا کام فی اکائی چارج ہے،

$$\varepsilon = \frac{W}{q}$$

$$= Blv$$

یہ مساوات چھڑ PQ پر امالہ شدہ  $\text{emf}$  دیتی ہے اور مساوات (6.5) کے مقابل ہے۔ ہم زور دے کر یہ کہنا چاہتے ہیں کہ ہماری پیش کش تکمیل طور پر پختہ نہیں ہے۔ لیکن اس کی مدد سے، جب ایک موصل ایک ہموار اور وقت-غیر تابع مقناطیسی میدان میں حرکت کر رہا ہو تو فیراڑے کے قانون کی بنیاد کو سمجھا جاسکتا ہے۔

دوسری طرف، یہ واضح نہیں ہے کہ جب موصل سا کن ہوتا ہے اور مقناطیسی میدان تبدیل ہو رہا ہوتا ہے تو ایک  $\text{emf}$  کا امالہ کیسے ہوتا ہے، جس حقیقت کی تصدیق فیراڑے نے اپنے کئی تجربات کے ذریعے کی۔ ایک سا کن موصل کے لیے، اس کے چار جوں پر لگ رہی قوت ہے:

$$\vec{F} = q (\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) = q \vec{E} \quad (6.6)$$

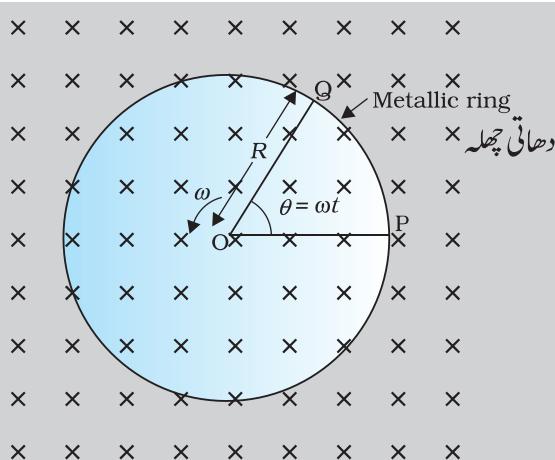
کیونکہ  $0 = \vec{v}$ ، اس لیے چار جوں پر لگ رہی کوئی بھی قوت، صرف بر قی میدان رکن سے ہی پیدا ہوئی چاہیے۔ اس لیے امالہ شدہ emf یا امالہ شدہ کرنٹ کی موجودگی کیوضاحت کرنے کے لیے یہ فرض کرنا لازمی ہو گا کہ وقت کے ساتھ تبدیل ہوا مقناطیسی میدان، ایک بر قی میدان پیدا کرتا ہے۔ لیکن یہاں ہم یہ اضافہ فوراً ہی کرنا چاہیں گے کہ سا کن بر قی چار جوں کے ذریعے پیدا ہوئے بر قی میدانوں کی خاصیتیں، وقت کے ساتھ بدلتے ہوئے مقناطیسی میدانوں کے ذریعے پیدا ہوئے بر قی میدانوں سے مختلف ہوتی ہیں۔ باب 4 میں ہم نے پڑھا تھا کہ متحرک چار ج (کرنٹ) ایک سا کن مقناطیس پر قوت/قوت گردشہ لگا سکتے ہیں۔ اس کے برعکس، ایک حرکت کرتا ہوا چھڑ مقناطیس (یا زیادہ عمومی شکل میں، ایک بدلتا ہوا مقناطیسی میدان) ایک سا کن چار جوں پر قوت لگا سکتا ہے۔ یہ فیراڑے کی دریافت کی بنیادی اہمیت ہے۔ بر قی اور مقناطیسیت میں آپسی رشتہ ہے۔

**مثال 6.6:** 1m لمبی ایک دھاتی چھڑ ہے، جس کا ایک سرا، 1m نصف قطر کے دائیٰ دھاتی چھلے کے مرکز پر اور دوسرا سرا اس چھلے کے محیط پر لگا ہے۔ اس چھڑ کو چھلے کے مرکز سے گزرتے ہوئے اور چھلے کے مستوی پر عمودی محور کے گرد 50 rev/s کے تعداد (Frequency) سے گھما گیا (شکل 6.11)۔ محور کے متوازی، IT کا مقناطیسی میدان ہر جگہ موجود ہے۔ مرکز اور دھاتی چھلے کے درمیان  $\text{emf}$  کیا ہے؟

حل:

طریقہ 1:

جب چھڑ کو گھما یا جاتا ہے، تو چھڑ کے آزاد الکٹران، اور میٹرو قوت کی وجہ سے، باہری سرے کی جانب حرکت کرتے ہیں اور چھلے پر تقسیم ہو جاتے ہیں۔ اس طرح چار جوں میں پیدا ہوئی دوری چھڑ کے سروں کے درمیان



شکل 6.11

ایک emf پیدا کرتی ہے۔ کی ایک مخصوص قدر پر، الیکٹرانوں کا مزید بہاؤ نہیں ہوتا اور ایک قائم حالت (steady state) حاصل ہوتی ہے۔ مساوات (5.6) استعمال کرتے ہوئے، چھڑ کی لمبائی dr پر پیدا ہوئی emf کی عددی قدر، جب کہ چھڑ مقناطیسی میدان سے قائم زاویہ بناتے ہوئے حرکت کرتی ہے، دی جاتی ہے:

$$d\varepsilon = Bv dr$$

اس لیے

$$\varepsilon = \int_0^R d\varepsilon = \int_0^R Bv dr = \int_0^R B\omega r dr = \frac{B\omega R^2}{2}$$

نوٹ کریں کہ  $v = wr$  استعمال کیا ہے۔ اس سے حاصل ہوتا ہے:

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \times 1.0 \times 2\pi \times 50 \times (1^2)$$

$$= 157 \text{ V}$$

طریقہ II

کا حساب لگانے کے لیے ہم ایک بندوپ OPQ تصور کر سکتے ہیں، جس میں نقطہ O اور نقطہ P ایک مزاجمہ R سے جڑے ہوئے ہیں اور Q ایک گھونٹے والی چھڑ ہے۔ پھر مزاجمہ کے سروں کے درمیان مضم فرق، امالہ شدہ emf کے مساوی ہے جو (لوپ کے رقبے کی تبدیلی کی شرح)  $\times \vec{B}$  کے مساوی ہے۔ اگر چھڑ اور وقت t پر دائرة کے نصف قطر کے نقطہ P کے درمیان زاویہ  $\theta$  ہے، تو قطعہ (سیکٹر Sector) OPQ کا رقبہ ہے:

$$\pi R^2 \times \frac{\theta}{2\pi} = \frac{1}{2} R^2 \theta$$

جہاں R، دائرة کا نصف قطر ہے۔ اس لیے امالہ شدہ emf ہے:

$$\varepsilon = B \times \frac{d}{dt} \left[ \frac{1}{2} R^2 \theta \right] = \frac{1}{2} BR^2 \frac{d\theta}{dt} = \frac{B\omega R^2}{2}$$

شکل 6.6

مثال 6.6

$$[\frac{d\theta}{dt} = \omega = 2\pi\nu]$$

یہ ریاضیاتی عبارت، طریقہ 1 سے حاصل کی گئی ریاضیاتی عبارت کے متماثل ہے اور ہمیں  $\omega$  کی یکساں قدر حاصل ہوتی ہے۔

مثال 6.7

ایک پہیہ، جس میں 10 دھاتی کیلیں لگی ہوئی ہیں اور ہر کیل کی لمبائی  $0.5\text{m}$  ہے،  $120\text{rev/min}$  کی چال سے، زمین کے مقناطیسی میدان کے افتنی جز  $H_E$  کی عمودی سمت میں، گھایا جاتا ہے۔ اگر اس مقام پر  $H_E = 0.4\text{ G}$  ہو تو پیسے کے رم اور دھرے کے درمیان امالہ شدہ emf کیا ہے؟ نوٹ کریں:

$$1\text{ G} = 10^{-4}\text{ T}$$

حل:

$$\begin{aligned} \text{emf}_{\text{شده}} &= \left(\frac{1}{2}\right) \omega B R^2 \\ &= \left(\frac{1}{2}\right) \times 4\pi \times 0.4 \times 10^{-4} \times (0.5)^2 \\ &= 6.28 \times 10^{-5} \text{ V} \end{aligned}$$

کیلوں کی تعداد بے معنی ہے، کیونکہ کیلوں پر emfs متوازی ہیں۔

## 6.7 تو انائی کی بقا: ایک مقداری مطالعہ

(Energy Consideration: A Quantitative Study)

حصہ 6.5 میں ہم نے کیفیتی طور پر بحث کی تھی کہ لینز کا قانون، تو انائی کی بقا کے قانون کے ساتھ ہم آہنگ ہے۔ اب ہم ایک ٹھوس مثال کی مدد سے اس پہلو کی مزید تحقیق کریں گے۔

فرض کیجیے شکل 6.10 میں دکھائے گئے حرکت کر سکنے والے مستطیل نما موصل کے بازو  $PQ$  کی مزاجمت 'r' ہے۔ ہم فرض کر لیتے ہیں کہ دیگر بازوؤں:  $QR$ ،  $RS$  اور  $SP$  کی مزاجتیں،  $r_r$  کے مقابلے میں نظر انداز کی جاسکتی ہیں۔ اس لیے مستطیل نما لوپ کی مجموعی مزاجمت  $r$  ہے اور  $Q$  کے حرکت کرنے سے یہ تبدیل نہیں ہوتی۔ لوپ میں بہرہ کرنٹ ہے:

$$\begin{aligned} I &= \frac{\varepsilon}{r} \\ &= \frac{Blv}{r} \quad (6.7) \end{aligned}$$

مقناطیسی میدان کی موجودگی کی وجہ سے، بازو  $PQ$  پر ایک قوت لگے گی۔ یہ قوت  $(\vec{I} \times \vec{B})$  باہر کی جانب، چھڑ کی رفتار کی مخالف سمت میں ہے۔ اس قوت کی عددی قدر ہے:

$$F = I l B = \frac{B^2 l^2 v}{r}$$

جہاں ہم نے مساوات (6.7) استعمال کی ہے۔ نوٹ کریں کہ یہ قوت چھڑ پر چار جوں کی باد آور رفتار (Drift Velocity) کرنٹ کے لیے ذمہ دار اور اس کے نتیجے میں ان پر لگ رہی اور یعنی قوت سے پیدا ہوتی ہے۔ متبادل طور پر، بازو PQ، ایک مستقلہ چال v سے دھکیلی جا رہی ہے۔ ایسا کرنے کے لیے درکار پاؤ رہے:

$$P = F v$$

$$= \frac{B^2 l^2 v^2}{r} \quad (6.8)$$

وہ ایجنت جو یہ کام کرتا ہے، میکانیکی توانائی کہاں چلی جاتی ہے؟ جواب ہے: یہ جول حرارت کے بطور اسراف شدہ توانائی (Dissipated energy) ہے، اور یہ دی جاتی ہے:

$$P_J = I^2 r = \left( \frac{Blv}{r} \right)^2 r = \frac{B^2 l^2 v^2}{r}$$

جو مساوات (6.8) کے متماثل ہے۔

اس لیے، وہ میکانیکی توانائی جو بازو PQ کو حرکت دینے کے لیے درکار تھی، برتنی توانائی (امالہ شدہ emf) میں تبدیل ہو جاتی ہے اور پھر حرارتی توانائی میں تبدیل ہو جاتی ہے۔

سرکٹ میں چارج کے بہاؤ اور مقناطیسی فلکس میں تبدیلی کے ما بین ایک دلچسپ رشتہ ہے۔ فیر اڈے کے قانون سے، ہم سیکھ چکے ہیں کہ امالہ شدہ emf کی عددی قدر ہے:

$$|\varepsilon| = \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$$

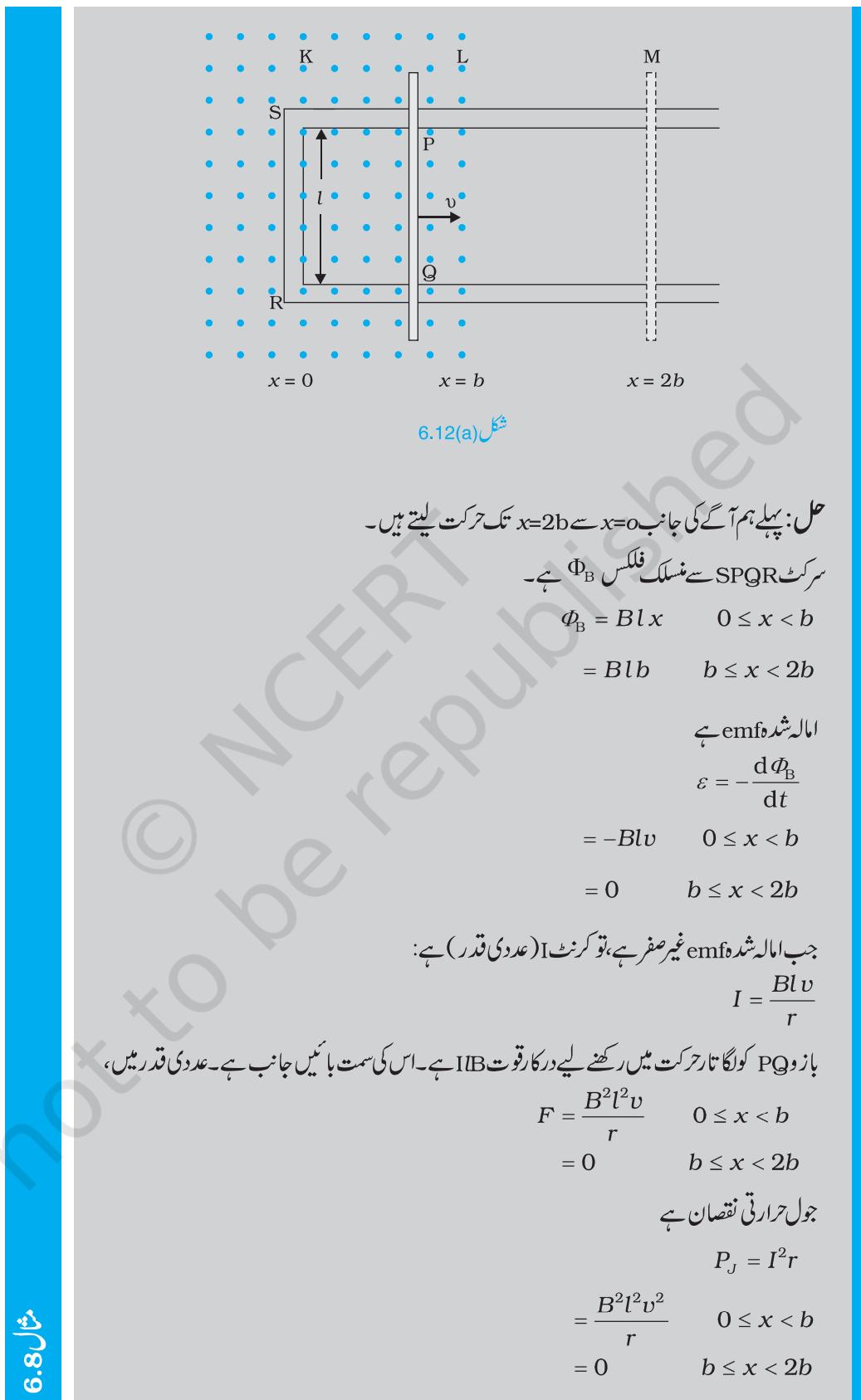
لیکن

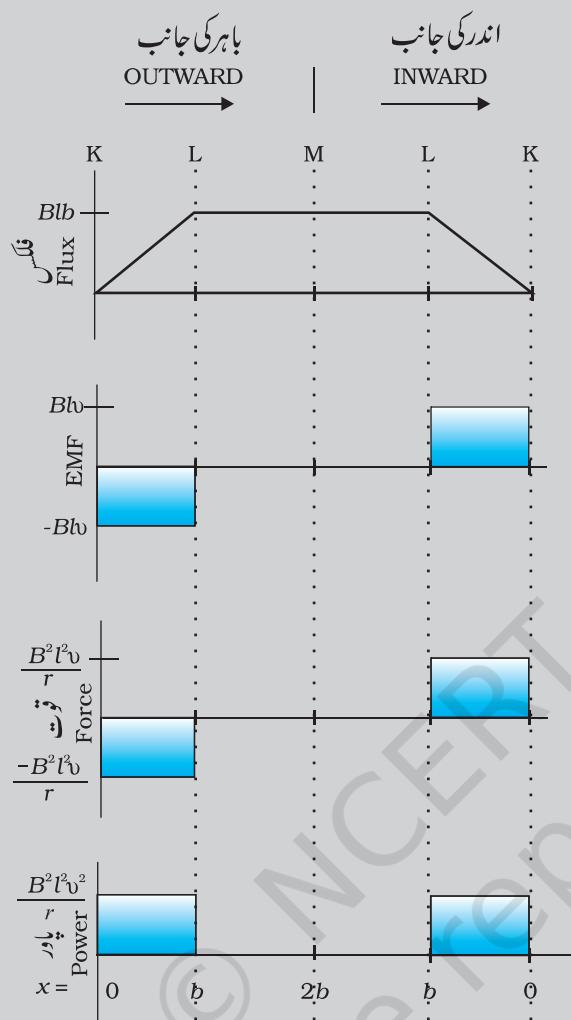
$$|\varepsilon| = Ir = \frac{\Delta Q}{\Delta t} r$$

اس لیے

$$\Delta Q = \frac{\Delta \Phi_B}{r}$$

**مثال 6.8:** شکل (10) 6.12. دیکھیے۔ مستطیل نما موصل کے بازو PQ کو،  $x=0$  سے باہر کی جانب حرکت دی گئی ہے۔ ہموار مقناطیسی میدان، مستوی پر عمود ہے اور  $x=0$  سے  $x=b$  تک پھیلا ہوا ہے اور  $x>b$  کے لیے صفر ہے۔ صرف بازو Q میں قابل لحاظ مزاحمت ہے۔ وہ صورت لیجیے جب بازو P کو چال v سے،  $x=0$  سے  $x=2b$  تک باہر کی جانب کھینچا گیا ہے اور پھر  $x=0$  پر واپس لاایا گیا ہے۔ فلکس، امالہ شدہ emf، بازو کو کھینچنے کے لیے درکار قوت اور جول حرارت کے بطور اسراف شدہ توانائی کے لیے ریاضیاتی عبارتیں حاصل کیجیے۔ فاصلہ کے ساتھ ان مقداروں کی تبدیلی کا نقشہ کھینچئے۔





شکل 6.12

$x=0$  سے  $x=2b$  تک کی اندر کی جانب حرکت کے لیے بھی یہاں ریاضیاتی عبارتیں حاصل کی جاسکتی ہیں۔

شکل 6.12(b) میں دکھائے گئے نتائج کو دیکھ کر پورے عمل کو سمجھا جاسکتا ہے۔

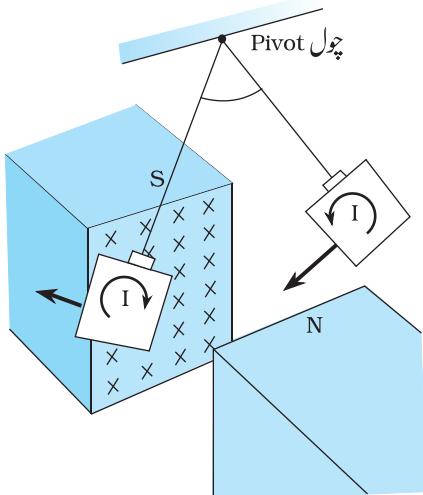
شکل 6.8

## 6.8 ایڈی کرنٹ (Eddy Currents)

اب تک ہم نے ان بر قی کرنٹوں کا مطالعہ کیا ہے جو دائری لوپ جیسے موصلوں میں، بخوبی معروف راستوں میں اماں ہوتے ہیں۔ جب موصلوں کے چمٹنیوں پر بھی تبدیل ہوتے ہوئے مقناطیسی فلکس اثر انداز ہوتے ہیں، تب ان میں بھی امالہ شدہ کرنٹ پیدا ہوتے ہیں۔ لیکن ان کے بہاؤ کا انداز پانی میں چکراتے ہوئے گرداب (eddies) جیسا ہوتا ہے۔ یہ اثر طبیعت داں فوکالٹ (Foucault) نے دریافت کیا اور یہ کرنٹ گردابی کرنٹ (eddy currents) کہلاتے ہیں۔

## برق-مقدانی امال

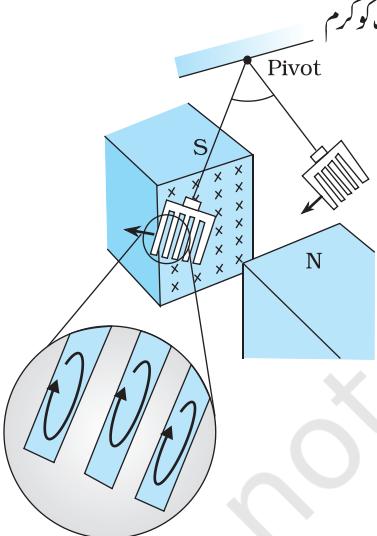
شکل 6.13 میں دکھائے گئے تجرباتی سامان (Apparatus) کو دیکھیے۔ ایک تانبہ کی چادر کو ایک طاقت ور مقدانی طیس کے قطبین کے درمیان ایک سادہ پینڈولم کی طرح جھونلنے دیا جاتا ہے۔ یہ پتہ چلا ہے کہ چادر کی یہ حرکت قعری (Damped) ہوتی ہے اور کچھ ہی دیر میں چادر مقدانی طیس میدان میں رک جاتی ہے۔ ہم اس مظہر کی، برق-مقدانی امال کی بنیاد پر، وضاحت کر سکتے ہیں۔ جیسے جیسے چادر مقدانی طیس قطبین کے درمیانی علاقے میں اندر داخل ہوتی ہے اور اس علاقے سے باہر حرکت کرتی ہے، چادر سے منسلک مقدانی فلکس تبدیل ہوتا رہتا ہے۔ فلکس کی یہ تبدیلی چادر میں ایڈی کرنٹ کا امالہ کرتی ہے۔ جب چادر قطبین کے درمیانی علاقے میں داخل ہوتی ہے اور جب وہ اس علاقے سے باہر نکلتی ہے تو ایڈی کرنٹوں کی سنتیں مخالف ہوتی ہیں۔



شکل 6.13 مقدانی میدان کے علاقے میں داخل ہوتے ہوئے اور اس علاقے سے باہر نکلتے ہوئے، تانبہ کی چادر میں ایڈی کرنٹ پیدا ہوتے ہیں۔

جیسا کہ شکل 6.14 میں دکھایا گیا ہے، اگر تانبہ کی چادر میں مستطیل نما کھانچے (Slots) بنادیے جائیں تو ایڈی کرنٹوں کے بہنے کے لیے موجود رقبہ کم ہو جاتا ہے۔ اس لیے سوراخوں یا کھانچوں والی پینڈولم چادر برق-مقدانی قدر (Electromagnetic damping) کو کم کر دیتی ہے اور چادر زیادہ آزادانہ طور پر جھونلنے لگتی ہے۔ نوٹ کریں کہ امالہ شدہ کرنٹ کے مقدانی طیسی معیار اثر (جو حرکت کی مخالفت کرتے ہیں) کرنٹوں سے گھرے ہوئے رقبے کے تابع ہیں [ایاد کریں، مساوات:  $\bar{m} = I \bar{A}$  (باب 4)]۔

ایسے آلات میں، جن میں ایک دھاتی قالب پر کوائل پیمائجا تا ہے، جیسے برقی موڑ، ٹرانسفارمر وغیرہ، یہ طریقہ ان کے دھاتی قالب میں ایڈی کرنٹوں کو کم کرنے میں مدد گار ہے۔ ایڈی کرنٹ نالپسندیدہ ہیں، کیونکہ وہ قالب کو گرم کر دیتے ہیں اور برقی توانائی کا حرارتی توانائی کی شکل میں اسراف کرتے ہیں۔ ایڈی کرنٹوں کو کم ترین کرنے کے لیے، دھاتی قالب، دھات کے ورقوں کو استعمال کر کے بنایا جاتا ہے۔ ان ورقوں کو ایک حاجز مادے جیسے لیکر (Lacquer) کے ذریعے ایک دوسرے سے علاحدہ کیا جاتا ہے۔ ان ورقوں کے مستوی کو مقدانی میدان کے متوازی رکھنا ضروری ہے تاکہ وہ ایڈی کرنٹوں کے راستوں کو قطع کر سکیں۔ اس طرح کے انتظام سے ایڈی کرنٹوں کی طاقت کم ہو جاتی ہے۔ کیونکہ برقی توانائی کا حرارت میں اسراف، برقی کرنٹ کی شدت کے مرتع کے تابع ہے، حرارتی زیاد قابل لحاظ حد تک کم ہو جاتا ہے۔ کچھ استعمالوں میں ایڈی کرنٹوں سے فائدہ بھی اٹھایا جاتا ہے، جیسے:



شکل 6.14 تانبہ کی چادر میں کاڑی کی حرکت کی مخالفت کرتے ہیں۔ کیونکہ یہاں کوئی میکانیکی واسطہ نہیں ہیں، اس لیے بریک لگنے کا اثر ہموار ہوتا ہے اور جھٹکے نہیں محسوس ہوتے۔

(i) ریل گاڑیوں میں مقدانی طیسی بریک: کچھ بجلی سے چلنے والی ریل گاڑیوں میں پڑیوں کے اوپر طاقت ور برقی مقدانی طیس لگائے جاتے ہیں۔ جب برقی مقدانی طیسوں کو غعال کیا جاتا ہے، تو پڑیوں میں امالہ شدہ ایڈی کرنٹ، ریل کاڑی کی حرکت کی مخالفت کرتے ہیں۔ کیونکہ یہاں کوئی میکانیکی واسطہ نہیں ہیں، اس لیے بریک لگنے کا اثر ہموار ہوتا ہے اور جھٹکے نہیں محسوس ہوتے۔

(ii) برق-مقدانی قدر: بعض گلیوونی میٹروں میں ایک جامد قالب ہوتا ہے جو غیر مقدانی طیسی دھاتی مادی شے کا بنایا ہوتا

ہے۔ جب کوائل احتراز کرتا ہے تو قالب میں پیدا ہوئے ایڈی کرنٹ اس حرکت کی مخالفت کرتے ہیں اور کوائل کو تیزی سے حالت سکون میں لے آتے ہیں۔

(iii) امالہ بھٹی: امالہ بھٹی (Induction furnace) بہت زیادہ درجہ حرارت پیدا کرنے کے لیے استعمال ہو سکتی ہے اور اس میں اجزا ترکیبی دھاتوں کو پگھلا کر بھرت تیار کیے جاتے سکتے ہیں۔ جن دھاتوں کو پگھلانا ہے ان کے گرد لگائے گئے کوائل میں سے اوپنچ تعداد (High Frequency) کا تبادل کرنٹ گذارا جاتا ہے۔ دھاتوں میں پیدا ہوئے ایڈی کرنٹ اتنا زیادہ درجہ حرارت پیدا کر دیتے ہیں، جو انھیں پگھلانے کے لیے کافی ہوتا ہے۔

(iv) برقی پاور میٹر: برقی پاور میٹر میں چمکتی ہوئی دھاتی قرص (Disc) (اینالوگ ٹائپ) ایڈی کرنٹ کی وجہ سے ہی گھومتی ہے۔ ایک کوائل میں سامان خمنا تبدیل ہوتے ہوئے کرنٹوں کے ذریعے پیدا ہوئے مقناطیسی میدان سے قرص میں برقی کرنٹوں کا امالہ ہوتا ہے۔

آپ اپنے گھر کے پاور میٹر میں گھومتی ہوئی چمکدار ڈسک کا مشاہدہ کر سکتے ہیں۔

### برق۔ مقناطیسی قعر

مساوی اندروںی قطر کے دو کھوکھلے پتے استوانی پائپ لبیجے، جن میں ایک الموشیم کا بنا ہوا اور دوسرا PVC کا۔ انھیں ایک اسٹیننڈ پر گلیمپ (Clamp) کی مدد سے لگا دیجیے۔ ایک چھوٹا استوانی مقناطیس لبیجے، جس کا قطر پائپوں کے اندروںی قطر سے ذرا کم ہو اور اسے ہر پائپ میں سے اس طرح گرائیے کہ مقناطیس گرنے کے دوران پائپ کی دیواروں کو نہ چھوئے۔ آپ دیکھیں گے کہ PVC پائپ میں سے گرانے جانے پر پائپ سے باہر آنے میں مقناطیس اتنا ہی وقت لیتا ہے، جتنا وہ اتنی ہی اونچائی سے بغیر پائپ سے گزرے نیچے آنے میں لیتا۔ دونوں پائپوں میں سے گذرنے میں مقناطیس کو جتنا وقت لگتا ہے اسے نوٹ کر لبیجے۔ آپ دیکھیں گے کہ الموشیم پائپ میں سے گذرنے میں مقناطیس کو مقابلتاً کہیں زیادہ وقت لگتا ہے۔ ایسا کیوں ہوتا ہے؟ یہ ان ایڈی کرنٹوں کی وجہ سے ہے، جو الموشیم پائپ میں پیدا ہوتے ہیں اور مقناطیسی فلکس میں تبدیل ہیں، یعنی کہ، مقناطیس کی حرکت، کی مخالفت کرتے ہیں۔ ایڈی کرنٹ کی وجہ سے لگنے والی ابطالی قوت مقناطیس کی حرکت کو روکتی ہے۔ ایسے مظاہر برق۔ مقناطیسی قعر کہلاتے ہیں۔ نوٹ کریں کہ PVC پائپ میں ایڈی کرنٹ نہیں پیدا ہوتے کیونکہ PVC ایک حاجز مادی شے ہے جب کہ الموشیم ایک موصل ہے۔

### 6.9 امالیت (Inductance)

ایک کوائل میں برقی کرنٹ کا امالہ، ایک اس کے قریب رکھے دوسرے کوائل کے ذریعے پیدا کی گئی فلکس تبدیلی سے اور اسی کوائل کے ذریعے پیدا کی گئی فلکس تبدیلی سے، کیا جاسکتا ہے۔ یہ دونوں حالیتیں اگلے دو حصوں میں علاحدہ علاحدہ بیان کی گئی ہیں۔ لیکن، ان دونوں صورتوں میں، ایک کوائل سے گذرنے والا فلکس، کرنٹ کے متناسب ہے۔ یعنی کہ

$$\Phi_B \propto I$$

اگر کوائل کی جیو میٹری وقت کے ساتھ تبدیل نہیں ہو رہی ہے تو

$$\frac{d\Phi_B}{dt} \propto \frac{dI}{dt}$$

ایک قریب قریب لپٹے ہوئے  $N$  چکروں کے کوائل کے لیے، ہر چکر سے یکساں مقناطیسی فلکس مسلک ہوتا ہے۔ جب کوائل سے گذر رہا فلکس  $\Phi_B$  تبدیل ہوتا ہے تو ہر چکر امالہ شدہ emf میں حصہ لیتا ہے۔ اس لیے ایک اصطلاح ”فلکس بندھن“، (Flux Linkage) استعمال کی جاتی ہے جو ایک قریب قریب لپٹوں والے کوائل کے لیے  $N\Phi_B$  کے مساوی ہے، اور ایسی صورت میں:

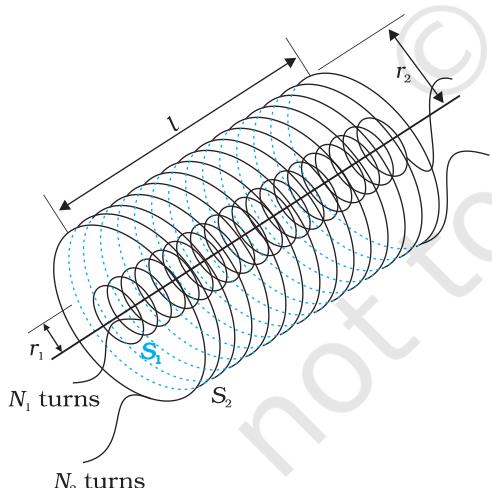
$$N\Phi_B \propto I$$

اس رشتہ میں متناسبیت کا مستقلہ ”امالیت“ کہلاتا ہے۔ ہم پیکھیں گے کہ امالیت صرف کوائل کی جیو میٹری اور ذاتی مادی خصوصیات کے تابع ہے۔ یہ پہلو صلاحیت سے ملتا جاتا ہے جو ایک متوازی چارک پسٹر میں چادر کر کے ارتقے اور چادر وں کے درمیان دوری (جیو میٹری) اور درمیانی واسطے کے ڈائی الیکٹرک مستقلہ K (ذاتی مادی خاصیت) کے تابع ہے۔

امالیت ایک عدد یہ مقدار ہے۔ اس کے ابعاد  $[M^{-2} A^2 T^{-2}]$  ہیں جو فلکس کے ابعاد کو کرنٹ کے ابعاد سے تقسیم کرنے پر حاصل ہوتے ہیں۔ امالیت کی SI اکائی ہنری (henry) ہے اور اسے H سے ظاہر کرتے ہیں۔ یہ نام جوزف ہنری کے اعزاز میں رکھا گیا ہے، جنہوں نے امریکہ میں برق۔ مقناطیسی امالہ دریافت کیا تھا۔ ہنری اور فیرڈے نے یہ دریافت ایک دوسرے سے الگ الگ رہ کر کی۔ فیرڈے نے انگلینڈ میں اور ہنری نے امریکہ میں۔

### 6.9.1 باہمی امالیت (Mutual inductance)

شکل 6.15 دیکھیے، جس میں دو ہم محور لمبے سولی نامٹ دکھائے گئے ہیں۔ ہر سولی نامٹ کی لمبائی ہے۔ ہم اندرونی سولی نامٹ  $S_1$  کے نصف قطر کو  $r_1$  اور چکروں کی تعداد فنی اکائی لمبائی کو  $n_1$  سے ظاہر کرتے ہیں۔ باہری سولی نامٹ  $S_2$  کے لیے مطابق مقداریں  $r_2$  اور  $n_2$  ہیں۔ فرض کیجیے  $N_1$  اور  $N_2$ ، بالترتیب، کوائل  $S_1$  اور کوائل  $S_2$  میں چکروں کی کل تعداد ہے۔



جب  $S_2$  میں سے ایک کرنٹ  $I_2$  گذرا جاتا ہے تو یہ  $S_1$  میں ایک مقناطیسی فلکس پیدا کرتا ہے۔ ہم اسے  $\Phi_1$  سے ظاہر کرتے ہیں۔ سولی نامٹ  $S_1$  کے ساتھ مطابق فلکس بندھن ہے:

$$N_1 \Phi_1 = M_{12} I_2 \quad (6.9)$$

$M_{12}$ ، سولی نامٹ  $S_2$  کی مناسبت سے، سولی نامٹ  $S_1$  کی باہمی امالیت کہلاتی ہے۔ اسے باہمی امالہ کا ضریب بھی کہتے ہیں۔

$$N_1 \text{ turns} \quad N_1 \text{ چکر} \quad N_2 \text{ turns} \quad N_2 \text{ چکر}$$

ان سادہ ہم محور سولی ناکٹوں کے لیے  $M_{12}$  کا حساب لگایا جاسکتا ہے۔  $S_2$  میں کرنٹ  $I_2$  کی وجہ سے مقناطیسی میدان  $\mu_0 n_2 I_2$  ہے۔ اس کے نتیجے میں کوائل  $S_1$  کے ساتھ فلکس بندھن ہے:

$$N_1 \Phi_1 = (n_1 l) (\pi r_1^2) (\mu_0 n_2 I_2)$$

$$= \mu_0 n_1 n_2 \pi r_1^2 l I_2 \quad (6.10)$$

جہاں  $l, n_1, n_2$  سولی ناکٹ  $S_1$  میں چکروں کی کل تعداد ہے۔ اس لیے مساوات (6.9) اور مساوات (6.10) سے

$$M_{12} = \mu_0 n_1 n_2 \pi r_1^2 l \quad (6.11)$$

نوٹ کریں کہ ہم نے کنارہ اثر (edge effect) کو نظر انداز کر دیا ہے اور مقناطیسی میدان  $\mu_0 n_2 I_2$  کو سولی ناکٹ کی پوری لمبائی، چوڑائی پر کیساں مانا ہے۔ یہ تقریبیت (approximation) اس لحاظ سے درست ہے کہ سولی ناکٹ کی لمبائی بہت زیادہ ہے، یعنی کہ،

اب ہم اس کی مخالف صورت لیتے ہیں۔ سولی ناکٹ  $S_1$  میں سے ایک کرنٹ  $I_1$  گزارا جاتا ہے اور کوائل  $S_2$  کے ساتھ فلکس بندھن ہے:

$$N_2 \Phi_2 = M_{21} I_1$$

$M_{21}$ ، سولی ناکٹ  $S_1$  کی مناسبت سے، سولی ناکٹ  $S_2$  کی باہمی امالت کہلاتی ہے۔  $S_1$  میں کرنٹ  $I_1$  کی وجہ سے فلکس کو فرض کیا جاسکتا ہے کہ وہ مکمل طور پر  $S_1$  کے اندر ہی مقید ہے، کیونکہ سولی ناکٹ بہت لمبی ہے۔ اس لیے، سولی ناکٹ  $S_2$  کے ساتھ فلکس بندھن ہے

$$N_2 \Phi_2 = (n_2 l) (\pi r_1^2) (\mu_0 n_1 I_1)$$

جہاں  $l, n_2$  سولی ناکٹ  $S_2$  کے چکروں کی کل تعداد ہے۔ مساوات (6.12) سے

$$M_{21} = \mu_0 n_1 n_2 \pi r_1^2 l \quad (6.13)$$

مساوات (6.11) اور مساوات (6.13) استعمال کرنے پر، ہمیں حاصل ہوتا ہے

$$M_{12} = M_{21} = M \quad (6.14) \text{ (فرض کیا)}$$

ہم نے لمبے ہم محور سولی ناکٹوں کے لیے اس مساوات کا مظاہرہ کیا ہے۔ لیکن یہ رشتہ، اس سے کہیں زیادہ عمومی ہے۔ نوٹ کریں کہ اگر اندر والا سولی ناکٹ باہر والے سولی ناکٹ کے مقابلے میں بہت چھوٹا ہو (اور اسے باہر والے سولی ناکٹ کے بالکل اندر کھاجائے) تو بھی ہم فلکس بندھن  $N_1 \Phi_1$  کا حساب لکھ سکتے ہیں، کیونکہ اندر والا سولی ناکٹ، باہری سولی ناکٹ کی وجہ سے پیدا ہونے والے ہموار مقناطیسی میدان میں ڈوبا ہوا ہے۔ اس صورت میں،  $M_{12}$  کا حساب لگانا آسان ہو گا۔ لیکن، باہری سولی ناکٹ کے فلکس بندھن کا حساب لگانا بہت مشکل ہو گا کیونکہ اندر والی سولی ناکٹ کی وجہ سے پیدا ہونے والا مقناطیسی میدان، باہری سولی ناکٹ کی لمبائی اور ساتھ تراشی رقبے پر تبدیل ہوتا رہے گا۔ اس لیے اس صورت

## برق - مقناطیسی امال

میں  $M_{21}$  کا حساب لگانا بہت مشکل ہو گا۔ مساوات  $M_{12} = M_{21}$  ایسی صورتوں میں بہت کار آمد ہے۔

ہم نے مندرجہ بالامثال کی وضاحت، سولی ناٹڈ میں واسطہ "ہوا" کے لیے کی تھی۔ اس کی جگہ اگر اضافی مقناطیسی سرایت

$$M = \mu_r \mu_0 n_1 n_2 \pi r^2 I$$

یہ جاننا بھی اہم ہے کہ کوائلوں، سولی ناٹڈوں وغیرہ کے ایک جوڑے کی باہمی امالیت ان کی درمیانی دوری اور ان کی نسبتی تشریف کے بھی تابع ہے۔

**مثال 6.9:** دو ہم مرکز دائری کوائل، جن میں سے ایک کم نصف قطر  $r_1$  کا ہے اور دوسرا زیادہ نصف قطر  $r_2$  کا ہے، اس طرح کہ  $r_2 > r_1$ ، ہم محور طور پر رکھے گئے ہیں اور ان کے مرکز پر میدان:  $B_2$  میں۔ اس ترتیب کی باہمی امالیت معلوم کیجیے۔

حل: فرض کیجیے کہ باہری دائری کوائل میں ایک کرنٹ  $I_2$  بہتا ہے۔ کوائل کے مرکز پر میدان:  $B_2$  کو اس کے تراشی رقبہ پر مستقلہ مانا جاسکتا ہے۔ اس لیے

$$\begin{aligned}\Phi_1 &= \pi r_1^2 B_2 \\ &= \frac{\mu_0 \pi r_1^2}{2r_2} I_2 \\ &= M_{12} I_2\end{aligned}$$

اس لیے

$$M_{12} = \frac{\mu_0 \pi r_1^2}{2r_2}$$

مساوات (6.14) سے

$$M_{12} = M_{21} = \frac{\mu_0 \pi r_1^2}{2r_2}$$

نوٹ کریں کہ ہم نے  $M_{12}$  کا حساب،  $\Phi_1$  کی ایک تقریبی قدر کی مدد سے لگایا ہے، جہاں ہم نے مان لیا ہے کہ مقناطیسی میدان  $B_2$ ، رقبہ  $\pi r_1^2$  پر ہموار ہے۔ لیکن ہم اس قدر کو تسلیم کر سکتے ہیں، کیونکہ  $r_2 < r_1$

شان 6.9

اب ہم حصہ 6.2 میں بیان کیے گئے تجربہ 6.3 کو یاد کرتے ہیں۔ اس تجربہ میں جب بھی کوائل  $C_2$  میں سے گزر رہے کرنٹ میں کوئی تبدیلی ہوتی ہے، کوائل  $C_1$  میں ایک  $emf$  کا امالہ ہوتا ہے۔ فرض کیجیے کہ کوائل  $C_1$  میں سے گذر رہا فلکس  $\Phi_1$  ہے (مان لیجیے اس میں چکروں کی تعداد  $N_1$  ہے)، جب کہ کوائل  $C_2$  میں کرنٹ  $I_2$  ہے۔

تب، مساوات (6.9) سے ہمارے پاس ہے:

$$N_1 \Phi_1 = M I_2$$

وقت کے ساتھ تبدیل ہوتے ہوئے کرنٹوں کے لیے

$$\frac{d}{dt}(N_1 \Phi_1) = \frac{d}{dt}(M I_2)$$

کیونکہ کوائل  $C_1$  میں امالہ ہوئی emf دی جاتی ہے:

$$\varepsilon_1 = -\frac{d}{dt}(N_1 \Phi_1)$$

ہمیں حاصل ہوتا ہے:

$$\varepsilon_1 = -M \frac{dI_2}{dt}$$

اس سے ظاہر ہوتا ہے کہ ایک کوائل میں کرنٹ تبدیل کرنے سے، اس کے نزدیکی کوائل میں emf کا امالہ ہو سکتا ہے۔ امالہ شدہ emf کی عدید قدر، کرنٹ کی تبدیلی کی شرح اور دونوں کوائلوں کی باہمی امالیت کے تابع ہے۔

### 6.9.2 خودامالیت (Self-inductance)

بچھتے تخت حصے میں ہم نے ایک سولی ناگزٹ میں فلکس، دوسرے سولی ناگزٹ میں کرنٹ کی وجہ سے دیکھا تھا۔ یہ بھی ممکن ہے کہ ایک واحد جدا کیے ہوئے کوائل میں emf کا امالہ ہو، جس کی وجہ اسی کوائل میں سے گذر رہے کرنٹ کی تبدیلی کے ذریعے اس کوائل میں فلکس کی تبدیلی ہو۔ یہ مظہر خود امالہ کھلاتا ہے۔ اس صورت میں ایک N-چکروں کے کوائل سے فلکس۔ بندھن، کوائل میں سے گذر رہے ہے کرنٹ کے مقابلہ ہے اور ظاہر کیا جاتا ہے:

$$N\Phi_B \propto I$$

$$N\Phi_B = L I \quad (6.15)$$

جہاں تناسبیت کا مستقلہ 'L'، کوائل کی خود-امالیت کہلاتی ہے۔ اسے کوائل کے خود امالہ کا ضریب بھی کہتے ہیں۔ جب کرنٹ کو تبدیل کیا جاتا ہے تو کوائل سے نسلک (بندھا ہوا) فلکس بھی تبدیل ہوتا ہے اور کوائل میں ایک emf کا امالہ ہوتا ہے۔ مساوات (6.15) استعمال کرتے ہوئے، امالہ ہوئی emf دی جاتی ہے:

$$\varepsilon = -\frac{d(N\Phi_B)}{dt}$$

$$\varepsilon = -L \frac{dI}{dt} \quad (6.16)$$

اس لیے خود-امالہ شدہ emf، ہمیشہ کوائل میں سے گذر رہے ہے کرنٹ کی کسی بھی تبدیلی (اضافہ یا کمی) کی مخالفت کرتی ہے۔ سادہ جیو میٹر پوں والے سرکٹوں کی خود-امالیت کا حساب لگایا جاسکتا ہے۔ ہم ایک ایسے لمبے سولی ناگزٹ میں بھر رہے ہیں، جس کا تراشی رقبہ A ہے، لمبائی l ہے اور جس میں n چکر فی اکائی لمبائی ہیں۔ سولی ناگزٹ میں بھر رہے ہے کرنٹ I کی وجہ سے پیدا ہونے والا مقناطیسی میدان ہے:  $B = \mu_0 n I$  (پہلے کی طرح کنارہ۔ اثرات نظر انداز کرتے ہوئے)۔ سولی ناگزٹ سے بندھا ہوا کل فلکس ہے:

$$N\Phi_B = (nl)(\mu_0 n I) (A) \\ = \mu_0 n^2 A l \quad I$$

جہاں  $nl$ ، چکروں کی کل تعداد ہے۔ اس لیے، خود امالت ہے:

$$L = \frac{N\Phi_B}{I} \quad (6.17) \\ = \mu_0 n^2 A l$$

اگر ہم سوی ناکٹ کے اندر ورنی حصے کو اضافی مقناطیسی سرایت پذیری  $m$  کی ایک مادی شے (مثلاً نرم لوہا، جس کی اضافی مقناطیسی سرایت پذیری کی قدر اوپنچی ہے) سے بھروسیں، تو

$$L = \mu_r \mu_0 n^2 A l \quad (6.18)$$

کوائل کی خود امالت، اس کی جیو میٹری اور واسطے کی مقناطیسی سرایت پذیری کے تابع ہے۔

خود امالة - شدہ emf، الٹی emf، (back emf) بھی کہلاتی ہے، کیونکہ یہ سرکٹ میں کرنٹ کی کسی بھی تبدیلی کی مخالفت کرتی ہے۔ طبعی طور پر سے، خود امالت، جمود (Inertia) کا کردار ادا کرتی ہے۔ یہ میکانیات میں کمیت کا برق - مقناطیسی مشابہ ہے۔ اس لیے، ایک سرکٹ میں کرنٹ قائم کرنے کے لیے الٹی (emf) ( $\epsilon$ ) کے خلاف کام کرنا پڑے گا۔ یہ کیا گیا کام، مقناطیسی وضعی تو انائی کے بطور ذخیرہ ہو جاتا ہے۔ کسی لمحے پر سرکٹ میں کرنٹ  $I$  کے لیے، یہ گئے کام کی

شرح ہے:

$$\frac{dW}{dt} = |\epsilon| I$$

اگر ہم مزاحمتی نقصانوں (Resistive Losses) کو نظر انداز کر دیں اور صرف امالي اثر دیکھیں، تو

مساوات (6.16) استعمال کرنے پر

$$\frac{dW}{dt} = L I \frac{dI}{dt}$$

کرنٹ  $I$  قائم کرنے میں، یہ گئے کام کی کل مقدار ہے:

$$W = \int dW = \int_0^I L I dI$$

اس لیے کرنٹ  $I$  قائم کرنے کے لیے درکار تو انائی ہے:

$$W = \frac{1}{2} L I^2 \quad (6.19)$$

یہ ریاضیاتی عبارت ہمیں ایک  $m$  کمیت کے ذرے کی (میکانیکی) حرکتی تو انائی  $\frac{mv^2}{2}$  کی یاد دلاتی ہے، اور اس سے ظاہر ہوتا ہے کہ  $L$ ،  $m$  کے مشابہ ہے (یعنی کہ  $L$ ، برتنی جمود ہے اور سرکٹ میں کرنٹ کے برھنے یا کم ہونے کی مخالفت کرتا ہے)۔

وہ عمومی صورت لجیے، جس میں قریب قریب رکھے دو کوائلوں میں ہم وقت کرنٹ بہہ رہا ہے۔ ایک کوائل سے منک فلکس، دو فلکسوں کا حاصل جمع ہوگا، جو ایک دوسرے سے آزادانہ طور پر پائے جاتے ہیں۔ مساوات (6.9) کی تبدیل شدہ شکل ہوگی:

$$N_1 \Phi_1 = M_{11} I_1 + M_{12} I_2$$

جہاں ، اسی کوائل کی وجہ سے امالیت کو ظاہر کرتی ہے۔

اس لیے، فیر اڈے کا قانون استعمال کرتے ہوئے:

$$\varepsilon_1 = -M_{11} \frac{dI_1}{dt} - M_{12} \frac{dI_2}{dt}$$

خود امالیت ہے اور اسے  $L_1$  لکھا جاتا ہے۔ اس لیے:

$$\varepsilon_1 = -L_1 \frac{dI_1}{dt} - M_{12} \frac{dI_2}{dt}$$

**مثال 6.10** (a) ایک سولی ناہڈ میں ذخیرہ ہوئی تو انائی کی ریاضیاتی عبارت، مقناطیسی میدان  $\vec{B}$ ، رقبہ A اور سولی ناہڈ کی لمبائی l کی شکل میں حاصل کیجیے۔ (b) اس مقناطیسی تو انائی کا مقابلہ ایک کپسٹر میں ذخیرہ ہوئی برق سکونی تو انائی سے کیجیے۔

حل:

(a) مساوات (6.19) سے، مقناطیسی تو انائی ہے:

$$U_B = \frac{1}{2} LI^2$$

$$= \frac{1}{2} L \left( \frac{B}{\mu_0 n} \right)^2 [ B = \mu_0 n I ] \quad [ \text{ایک سولی ناہڈ کے لیے} ]$$

$$= \frac{1}{2} (\mu_0 n^2 A l) \left( \frac{B}{\mu_0 n} \right)^2 [ \text{مساوات 6.17 سے} ]$$

$$= \frac{1}{2 \mu_0} B^2 A l$$

(b) مقناطیسی تو انائی نی اکائی جنم ہے

$$u_B = \frac{U_B}{V} \quad (جہاں V وہ جنم ہے جس میں سے فلکس گز رہا ہے)$$

$$= \frac{U_B}{A l}$$

$$= \frac{B^2}{2 \mu_0} \quad (6.20)$$

ہم ایک متوازی چادر کپسٹر میں ذخیرہ ہوئی برق۔ سکونی تو انائی نی اکائی جنم کے لیے رشہ پہلے ہی حاصل کر چکے

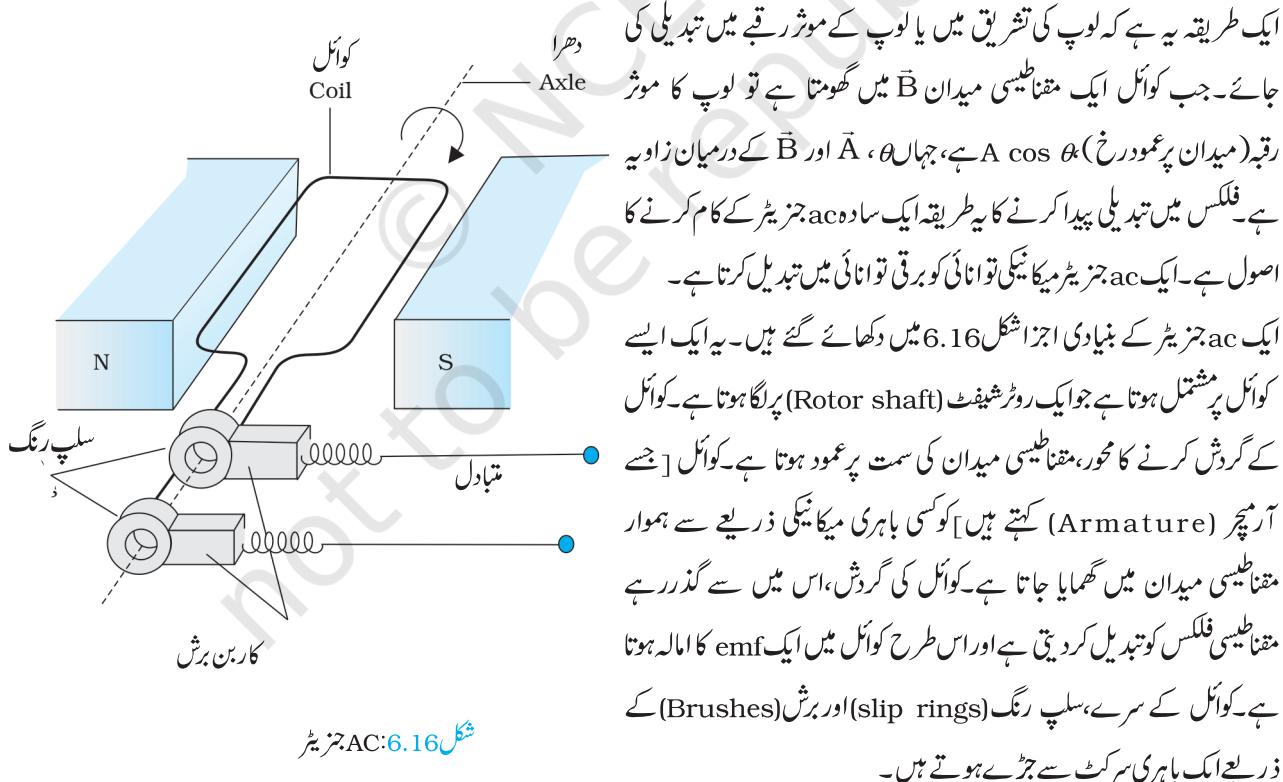
ہیں (دیکھیے باب 2، مساوات 2.77)

$$u_E = \frac{1}{2} \varepsilon_0 E^2 \quad (2.77)$$

دونوں صورتوں میں، تو انہی، میدان کی طاقت کے مرتع کے متناسب ہے۔ مساوات (2.0 . 6) اور مساوات (2.77) مخصوص صورتوں کے لیے مشتق کی گئی ہیں؛ با ترتیب، ایک سولی ناکٹ اور ایک متوازی چادر کپسٹر کے لیے۔ لیکن یہ عمومی ہیں اور فضائی ہر اس علاقے کے لیے درست ہیں جس میں ایک مقناطیسی میدان یا اور برقی میدان موجود ہیں۔

### 6.10 اے سی جزیئر (AC Generator)

برق - مقناطیسی امالہ کے مظہر کا تکنیکی استعمال کئی طریقوں سے کیا گیا ہے۔ ایک مخصوص اہمیت کا حامل استعمال ac کرنٹ پیدا کرنا ہے۔ جدید ac جزیئر، جس کی مخصوص برآمدہ گنجائش 100MW ہوتی ہے، ایک بہت ترقی یافتہ مشین ہے۔ اس حصے میں، ہم اس مشین کی کارگردگی کے پیچھے کا فرمانیادی اصول بیان کریں گے۔ یو گولاٹیسلا کو اس مشین کو تیار کرنے کا اعزاز حاصل ہے۔ جیسا کہ حصہ 6.3 میں بیان کیا جا چکا ہے کہ ایک لوپ میں emf یا کرنٹ امالہ کرنے کا ایک طریقہ یہ ہے کہ لوپ کی تشریق میں یا لوپ کے موثر رقبے میں تبدیلی کی جائے۔ جب کوائل ایک مقناطیسی میدان  $\vec{B}$  میں گھومتا ہے تو لوپ کا موثر رقبہ (میدان پر عمود رخ)  $A \cos \theta$  ہے، جہاں  $\theta$  اور  $\vec{B}$  کے درمیان زاویہ ہے۔ فلکس میں تبدیلی پیدا کرنے کا یہ طریقہ ایک سادہ ac جزیئر کے کام کرنے کا اصول ہے۔ ایک ac جزیئر میکانیکی تو انہی کو ترقی تو انہی میں تبدیل کرتا ہے۔



شکل 6.16: AC جزیئر

جب کوائل کو ایک مستقلہ زاویائی چال  $\omega t$  کے ساتھ گھما جاتا ہے، تو ایک لمحہ وقت  $t$  پر، مقناطیسی میدان سمیتیہ  $\vec{B}$  اور کوائل

کے رقبہ سمیتیہ  $\vec{A}$  کے درمیان زاویہ  $\theta = \omega t$  ہے (یہ فرض کرتے ہوئے کہ  $t = 0$  پر  $\theta = 0^\circ$ )۔ اس کے نتیجے میں کوائل کا

وہ موثر رقبہ جس میں سے مقناطیسی میدان خطوط گزر سکتے ہیں، وقت کے ساتھ تبدیل ہو جاتا ہے، اور مساوات (6.1) سے، ایک وقت پر، فلکس ہے:

$$\Phi_B = BA \cos \theta = BA \cos \omega t$$

فیراڈے کے قانون کے مطابق،  $N$  چکروں والے، گردش کرتے ہوئے کوائل کے لیے، امالہ شدہ emf ہے:

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt} = -NBA \frac{d}{dt}(\cos \omega t)$$

اس لیے، emf کی لمحاتی قدر (Instantaneous Value) ہے:

$$\varepsilon = NBA \omega \sin \omega t \quad (6.21)$$

جہاں  $(NBA\omega)$  کی عظمی قدر (Maximum Value) ہے، جو اس وقت حاصل ہوتی ہے جب  $(\sin \omega t = \pm 1)$ ۔ اگر  $\varepsilon_0$  کو ظاہر کریں تو

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \sin \omega t \quad (6.22)$$

کیونکہ سائنس ناقابل کی قدر 1+ اور 1- کے درمیان تبدیل ہوتی ہے، اس لیے emf کی علامت یا قطبیت، وقت کے ساتھ تبدیل ہوتی رہتی ہے۔ شکل 6.17 سے نوٹ کریں کہ emf اپنی انتہائی قدر (extreme value) اس وقت حاصل کرتی ہے جب  $\theta = 90^\circ$  یا  $\theta = 270^\circ$ ، کیونکہ ان نقاط پر فلکس کی تبدیلی سب سے زیاد ہوتی ہے۔

کیونکہ کرنٹ کی سمت دوری طور (Periodically) پر تبدیل ہوتی ہے، اس لیے یہ کرنٹ، متبادل کرنٹ (ac) کہلاتا ہے۔ کیونکہ  $2\pi\nu$ ، مساوات (6.22) کا لکھی جاسکتی ہے:

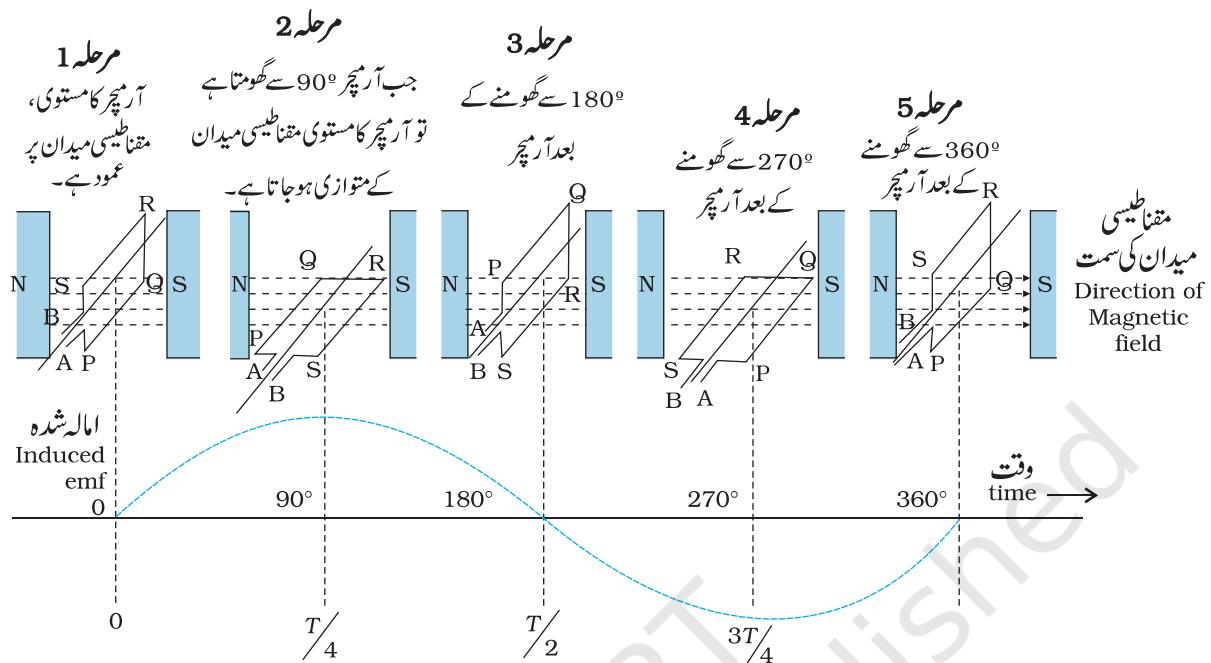
$$\varepsilon = \varepsilon_0 \sin 2\pi \nu t \quad (6.23)$$

جہاں، جزیئر کے کوائل کے طواف کا تعدد (Frequency of revolution) ہے۔

نوٹ کریں کہ مساوات (6.22) اور مساوات (6.23) emf کی لمحاتی قدر دیتی ہیں اور  $\varepsilon_0$  اور  $\varepsilon$ - کے درمیان دوری طور پر تبدیل ہوتی رہتی ہے۔ ہم متبادل و لٹچ اور متبادل کرنٹ کی وقت پر اوسط کی گئی (Time averaged) قدر معلوم کرنے کا طریقہ اگلے باب میں سیکھیں گے۔

کاروباری/تجارتی جزیئروں میں آر پیچ کو گردش دینے کے لیے مطلوبہ توانائی، اونچائی سے گرتے ہوئے پانی کے ذریعے مہیا کی جاتی ہے مثلاً بندھ (Dam)-یا آبی-برتنی جزیئر (Hydro-electric generator) کہلاتے ہیں۔ متبادل طریقے کے باطور، پانی کو کوئلے یا دوسرا سیلوں کے ذریعے گرم کر کے بھاپ بنائی جاتی ہے۔ زیادہ دباؤ پر یہ بھاپ آر پیچ میں گردش پیدا کرتی ہے۔ یہ حرارتی جزیئر کہلاتے ہیں۔ اگر کوئلے کی جگہ نیوکلیئی ایندھن استعمال کیا جائے تو نیوکلیئی پاور جزیئر حاصل ہوتے ہیں۔ جدید دور کے جزیئر 500MW تک کی برتنی پاور پیدا کرتے ہیں، یعنی کہ اتنی پاور جس سے 100W کے 50 لاکھ بلب روشن کیے جاسکتے ہیں۔ زیادہ تر جزیئروں میں کوائل کو ساکن رکھا جاتا ہے اور برتنی مقناطیسوں کو گردش دی جاتی ہے۔ ہندوستان میں گردش کا تعدد (frequency of rotation) 50Hz، بعض ملکوں، جیسے امریکہ، میں یہ 60Hz ہے۔

## برق - مقناطیسی امالہ



شکل 6.17: ایک مقناطیسی میدان میں تار کے ایک لوپ کے گردش کرنے سے تبادل emf پیدا ہوتی ہے۔

**مثال 6.11:** کملا ایک سائیکل کے پیڈل گھماتی ہے۔ سائیکل کے پیڈل،  $0.10 \text{ m}^2$  رقبہ اور 100 چکروں والے ایک کوائل سے جڑے ہوئے ہیں۔ کوائل، آدھا طواف فی سینٹ سے چکر لگاتا ہے اور  $0.01 \text{ T}$  کے ہمار مقناطیسی میدان میں رکھا ہوا ہے۔ میدان کی سمت، کوائل کے گردشی محور پر عمود ہے۔ کوائل میں پیدا ہوئی اعظم ولٹیج کیا ہے؟

$$\text{حل: بہاں: } B = 0.01 \text{ T}, N = 100, A = 0.1 \text{ m}^2 \text{ اور } T = 0.5 \text{ Hz}; A = 0.1 \text{ m}^2$$

مساویات (6.21) استعمال کرتے ہوئے

$$\varepsilon_0 = NBA (2 \pi v)$$

$$= 100 \times 0.01 \times 0.1 \times 2 \times 3.14 \times 0.5$$

$$= 0.314 \text{ V}$$

اعظم ولٹیج  $0.314 \text{ V}$  ہے۔

ہم پاور پیدا کرنے کی ایسی تبادل صورتیں تلاش کرنے کے لیے آپ کی ہمت افزائی کرتے ہیں۔

6.11

## پرندوں کی ہجرت

پرندوں کی ہجرت کا طریقہ آج بھی حیاتی علم، بلکہ تمام سائنسی علوم کے لیے ایک معمد ہے۔ مثلاً، ہر جاڑے میں، بلا ناخ سائنسیوں سے پرندے بر صفائی ہند کے آبی مقامات کی طرف پرواز کرتے ہیں۔ ایک تجویز یہ بھی پیش کی گئی ہے کہ برق۔ مقناطیسی امالہ شاید اس ہجرت کے راستے پر دہ اٹھانے میں مدد کر سکتا ہے۔ زمین کا مقناطیسی میدان، ارتقائی تاریخ کے ہر دور میں موجود ہا ہے۔ مہا جر پرندوں کے لیے اس میدان کو سمیت معلوم کرنے کے لیے استعمال کرنا بہت مفید ہو گا۔ جہاں تک ہماری معلومات کا تعلق ہے، پرندوں میں کوئی لوہ مقناطیسی مادی شے نہیں ہوتی۔ اس لیے برق۔ مقناطیسی امالہ ہی، سمیت معلوم کرنے کے لیے واحد قابل فہم میکانزم معلوم ہوتا ہے۔ وہ مناسب ترین صورت یہی ہے جب مقناطیسی میدان  $\vec{B}$ ، پرندے کی رفتار  $\vec{v}$  اور اس کے جسم کے کوئی دونقلے جو ایک دوسرے سے افاضلے پر ہیں، تینوں باہم عمود ہیں۔ حرکتی emf کے فارمولے، مساوات (6.5) سے

$$\begin{aligned} \epsilon &= Blv \\ l = 10\text{m}, v = 10\text{m/s}, B = 4 \times 10^{-5} \text{ T} & \text{لینے پر، ہمیں حاصل ہوتا ہے} \\ \epsilon &= 4 \times 10^{-5} \times 2 \times 10^{-2} \times 10 \text{ V} = 8 \times 10^{-6} \text{ V} \\ &= 8 \mu\text{V} \end{aligned}$$

اس بے حدیل مضر فرق سے یہ اندازہ ہوتا ہے کہ ہمارا مفرضہ درستگی صحت کے لحاظ سے مشکوک ہے۔ کچھ مچھلیوں کی قسموں میں قلیل مضر فرق کو محسوس کرنے کی صلاحیت ہوتی ہے۔ اس مچھلیوں میں کچھ مخصوص سیل شناخت کیے گئے ہیں جو اتنے قلیل مضر فرق کو شناس (Detect) کر سکتے ہیں۔ پرندوں میں ایسے کوئی سیل شناخت نہیں کیے جاسکے ہیں۔ اس لیے، پرندوں کی ہجرت کا طریقہ ابھی بھی ایک معمد ہے۔

## خلاصہ

1۔ ایک ہموار مقناطیسی میدان  $\vec{B}$  میں رکھی ہوئی، رقبہ  $\vec{A}$  کی ایک سطح سے گذرنے والے مقناطیسی فلکس کی تعریف ہے:

$$\Phi_B = \vec{B} \cdot \vec{A} = BA \cos \theta$$

جہاں  $\theta$  اور  $\vec{A}$  کے مابین زاویہ ہے۔

2۔ فیروڈے کے امالہ کے قوانین سے اخذ کیا جا سکتا ہے کہ  $N$  چکروں کے ایک کوائل میں امالہ ہوئی emf، اس کوائل سے گذر رہے فلکس کی تبدیلی کی شرح سے راستہ رشتہ رکھتی ہے

$$\epsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$$

یہاں  $\Phi_B$  کوائل کے ایک چکر سے مسلک فلکس ہے۔ اگر سرکٹ بند (پورا) ہو تو اس میں ایک کرنٹ:

$$I = \frac{\epsilon}{R} \quad \text{قائم ہو جاتا ہے، جہاں } R \text{، سرکٹ کی مزاجمت ہے۔}$$

3۔ لینز کے قانون کا بیان ہے کہ امالہ شدہ emf کی قطبیت اس طور پر ہوتی ہے کہ وہ اس سمت میں کرنٹ پیدا

کرنے کی کوشش کرے جو اس مقناطیسی فلکس کی تبدیلی کی مخالفت کرے، جس نے emf کا مالہ کیا ہے۔ فیر اڑے کے قانون کی ریاضیاتی عبارت میں منفی علامت اسی حقیقت کی نشاندہی کرتی ہے۔

- 4 جب لمبائی A کی ایک دھاتی چھپڑ کو ایک ہموار مقناطیسی میدان  $\bar{B}$  کی عمودی سمت میں رکھا جاتا ہے اور اسے میدان پر عمودی رفتار سے حرکت دی جاتی ہے، تو اس کے سروں کے درمیان امالہ ہوئی emf (جو حرکتی کھلاڑی ہے) ہے:

$$\varepsilon = Blv$$

- 5 بدلتے ہوئے مقناطیسی میدان، قریب رکھے ہوئے دھاتی اجسام (کسی موصل) میں کرنٹ لوپ قائم کر سکتے ہیں۔ یہ بر قی تو انائی کا بطور حرارت اسراف کرتے ہیں۔ یہ کرنٹ ایڈی کرنٹ ہیں۔

- 6 امالت، فلکس تبدیلی کی کرنٹ سے نسبت ہے۔ یہ  $\frac{N\Phi}{I}$  کے مساوی ہے۔

- 7 ایک کوائل (کوائل 2) میں تبدیل ہوتا ہوا کرنٹ، ایک نزدیک رکھے ہوئے کوائل (کوائل 1) میں ایک emf کا مالہ کر سکتا ہے۔ یہ رشتہ دیا جاتا ہے:

$$\varepsilon_1 = -M_{12} \frac{dI_2}{dt}$$

مقدار  $M_{12}$  کوائل 2 کی مناسبت سے کوائل 1 کی باہمی امالت کھلاڑی ہے۔ ایک عمومی مساوات

$$M_{12} = M_{21}$$

- 8 جب ایک کوائل میں کرنٹ تبدیل ہوتا ہے، تو وہ اسی کوائل میں ایک الٹی emf کا مالہ کرتا ہے۔ یہ خود-مالہ شدہ emf دی جاتی ہے:

$$\varepsilon = -L \frac{dI}{dt}$$

L، کوائل کی خود-امالت ہے۔ یہ اس میں سے گذر رہے کرنٹ کی تبدیلی کے خلاف کوائل کے جمود کا ناپ ہے۔

- 9 ایک لمبے سولی نائٹ کی خود-امالت، جس کا قابض، مقناطیسی سراپیت پذیری  $\mu_r$  کے مقناطیسی مادے سے بنایا ہے، دی جاتی ہے:

$$L = \mu_r \mu_0 n^2 Al$$

جہاں A، سولی نائٹ کا تراشی رقبہ ہے، اس کی لمبائی ہے اور  $n$  چکروں کی تعداد فی اکائی لمبائی ہے۔

- 10 ایک ac جزیرہ میں، برق- مقناطیسی امالہ کے ذریعے، میکانیکی تو انائی، بر قی تو انائی میں تبدیل کی جاتی ہے۔ اگر N چکروں اور رقبہ A کے ایک کوائل کو ایک ہموار مقناطیسی میدان  $\bar{B}$  میں اس طوف فی سینٹر کے ساتھ گھمایا جاتا ہے، تو پیدا ہوئی حرکتی emf ہے:  $\varepsilon = NBA (2\pi v) \sin (2\pi vt)$ ، جہاں  $\varepsilon$  میں نے مان لیا ہے کہ  $s = 0$  t پر کوائل، میدان پر عمود ہے۔

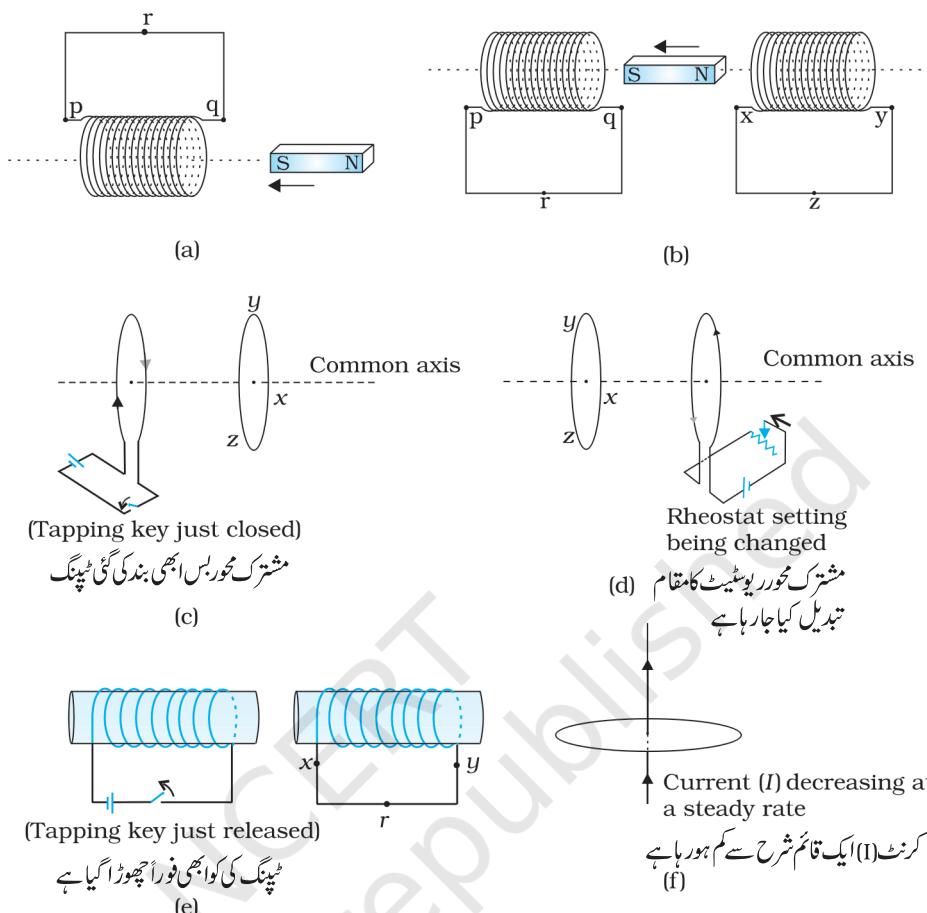
مقدار	علمات	اکائیاں	ابعاد	مساویں
مagnaٹیسی فلکس	$\Phi_B$	WB	[M L <sup>2</sup> T <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup> ]	$\vec{B} \cdot \vec{A}$
EMF	$\varepsilon$	Volt	[M L <sup>2</sup> T <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup> ]	$d(N\Phi_B)/dt$
باءی امالت	M	(ہنری) H	[M L <sup>2</sup> T <sup>-2</sup> A <sup>-2</sup> ]	$-M_{12}(dI_2/dt)\chi$
خودامالت	L	(ہنری) H	[M L <sup>2</sup> T <sup>-2</sup> A <sup>-2</sup> ]	$\varepsilon = -L(dI/dt)$

### قابل غور نکات

- برق اور مagnaٹیسیت میں نزد کی آپسی رشتہ ہے۔ انسیویر صدی کے شروعاتی دور میں، اور سینیڈ، ایمپر اور دیگر افراد کے ذریعے کیے گئے تجربات نے یہ ثابت کر دیا کہ متحرک چارج (کرنٹ) ایک مagnaٹیسی میدان پیدا کرتے ہیں۔ کچھ عرصہ بعد، 1830 کے قریب، فیراؤے اور ہنری کے تجربات نے ظاہر کر دیا کہ ایک متحرک مagnaٹیس، برقی کرنٹ کا امالہ کر سکتا ہے۔
- ایک بندسر کرنٹ میں، برقی کرنٹ کا امالہ اس طور پر ہوتا ہے کہ بدلتے ہوئے مagnaٹیسی فلکس کی خلافت کی جاسکے۔ یہ تو انائی کی بقا کے قانون کے مطابق ہے۔ لیکن، ایک کھلے ہوئے سرکٹ میں، اس کے سروں کے درمیان ایک emf کا امالہ ہوتا ہے۔ یہ فلکس تبدیلی سے کیسے متعلق ہے؟
- حصہ 6.5 میں بیان کی گئی حرکتی emf کی وضاحت متحرک چارجوں پر لگنے والی اور یونٹ قوت استعمال کر کے، فیراؤے کے قانون کے ذریعے بھی کی جاسکتی ہے۔ لیکن اگر چارج ساکن بھی ہوں [اور لوویٹز قوت کا  $(\vec{B} \times \vec{V})q$  رکن لا گونہ بھی ہو]، وقت کے ساتھ تبدیل ہوتے ہوئے مagnaٹیسی میدان کی موجودگی میں، پھر بھی ایک emf کا امالہ ہوتا ہے۔ اس لیے فیراؤے کے قانون کے لیے، ایک ساکن میدان میں متحرک چارج، اور وقت کے ساتھ تبدیل ہوتے ہوئے میدان میں ساکن چارج، متشاکل صورتیں علوم ہوتی ہیں۔ اس سے فیراؤے کے قانون کے لیے نظریہ اضافیت کے اصول کی اہمیت کا صرتنگ اشارہ ملتا ہے۔
- جب ایک تانبہ کی چادر کو magnaٹیسی قطبین کے درمیان احترازات کرنے دئے جاتے ہیں تو اس کی حرکت قعری ہوتی ہے۔ ایڈی کرنٹوں کے ذریعے قعری قوت کیسے پیدا ہوتی ہے؟

### مشق

- 6.1 شکلوں (a) 6.18(f) سے 6.18(f) تک میں دھائی گئی حالتوں میں امالہ شدہ کرنٹ کی سمت کی پیشین گوئی کیجیے۔

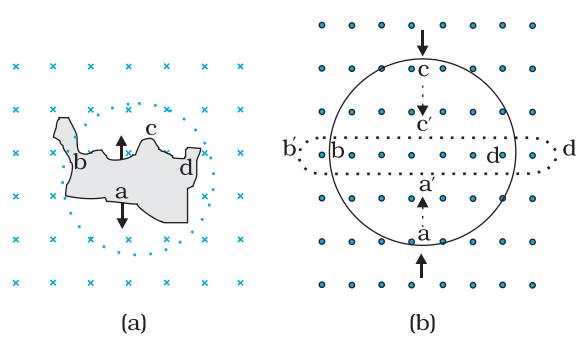


شکل 6.18

شکل 6.19 میں دکھائی گئی حالتوں میں، لینز کا قانون استعمال کر کے امالہ شدہ کرنٹ کی سمت معلوم کیجیے۔ **6.2**

(a) ایک بے ترتیب شکل کا تار ایک دائیٰ شکل اختیار کر رہا ہے۔

(b) ایک دائیٰ لوپ کی ایک پلے مستقیم تار میں تحریک کی جا رہی ہے۔



6.3 15 چکرنی سینٹی میٹروالے لمبے سولی نائڈ کے اندر،  $2.0 \text{ cm}^2$  رقبہ کا ایک چھوٹا لوپ، اس کے محور کے عمودی رکھا گیا ہے اگر سولی نائڈ میں بہرہ کرنٹ  $0.1 \text{ s}$  میں، قائم طور پر تبدیل ہوتے ہوئے،  $2.0 \text{ A}$  سے  $4.0 \text{ A}$  ہو جاتا

ہے، تو کرنٹ کے تبدیل ہونے کے دوران لوپ میں امالہ شدہ emf کیا ہے؟

6.4 اضلاع  $2 \text{ cm}$  اور  $8 \text{ cm}$  کا ایک مستطیل نما لوپ، جس میں ایک چھوٹا سا تراشہ لگا ہے،  $0.3 \text{ T}$  عددی قدر کے ہموار مقناطیسی میدان کے علاقو سے باہر لکل رہا ہے۔ مقناطیسی میدان کی سمت لوپ پر عواد ہے۔ اس تراشہ کے سروں کے درمیان پیدا ہوئی emf کیا ہوگی، اگر لوپ کی رفتار کی عددی قدر  $1 \text{ cm s}^{-1}$  ہے، اور سمت (a) لوپ کے مقابلہا بڑے ضلع کی عمودی سمت میں ہے (b) لوپ کے مقابلہا چھوٹے ضلع کی عمودی سمت میں ہے؟ ہر صورت میں، امالہ شدہ وہیکیتی دیر برقرار ہتی ہے؟

6.5 لمبی دھاتی چھڑ کو  $\text{rad s}^{-1}$   $400 \text{ rad}$  کے زاویائی تعداد کے ساتھ، اس کے ایک سرے سے گذرتے ہوئے اور چھڑ پر عواد، محور کے گرد گھمایا جاتا ہے۔ چھڑ کا دوسرا سرا ایک دائیٰ دھاتی چھلے کے ساتھ تماس میں ہے۔  $0.5 \text{ T}$  کا ایک مستقلہ، ہموار مقناطیسی میدان، محور کے متوازی ہے، ہر جگہ موجود ہے۔ مرکز اور چھلے کے درمیان پیدا ہوئی emf کا حساب لگائیے۔

6.6 نصف قطر اور  $20 \text{ چکروں}$  کے ایک دائیٰ کوائل کو اس کے راسی قطر (Vertical diameter) کے گرد،  $50 \text{ rad s}^{-1}$  کی زاویائی چال کے ساتھ،  $T = 3.0 \times 10^{-2} \text{ s}$  عددی قدر کے ہموار افقی مقناطیسی میدان میں گھمایا گیا۔ کوائل میں امالہ ہوئی اعظم اور او سطھ emf معلوم کیجیے۔ اگر کوائل  $10\Omega$  مزاجمت کا ایک بندلوپ تشكیل دیتا ہے، تو کوائل میں کرنٹ کی اعظم قدر معلوم کیجیے۔ جوں حرارت کی شکل میں ہونے والے او سط پاور فیصلان کا حساب لگائیے۔ یہ پاور کہاں سے آتی ہے؟

6.7 ایک  $10 \text{ m}$  لمبا افقی مستقیم تار، جو مشرق سے مغرب کی جانب لختا ہوا ہے،  $5.0 \text{ ms}^{-1}$  کی رفتار سے نیچے گر رہا ہے۔ اس کے گرنے کی سمت زمین کے مقناطیسی میدان کے افقی جز سے زاویہ قائمہ بناتی ہے۔ اس افقی جز کی عددی قدر  $30 \times 10^{-4} \text{ Wb m}^{-2}$  ہے۔

(a) تار میں امالہ ہوئی emf کی لمبائی قدر کیا ہے؟

(b) اس emf کی سمت کیا ہے؟

(c) تار کا کون سا سر ا مقابلہ زیادہ مضمیر پر ہے؟

6.8 ایک سرکٹ میں کرنٹ،  $0.1 \text{ s}$  میں  $5.0 \text{ A}$  سے کم ہو کر  $0.0 \text{ A}$  ہو جاتا ہے۔ اگر  $200 \text{ V}$  کی او سطھ emf کا امالہ ہوتا ہے تو سرکٹ کی خود۔ امالیت کا تخمینہ لگائیے۔

6.9 متصلہ کوائلوں کے ایک جوڑے کی بآہی۔ امالیت  $1.5 \text{ H}$  ہے۔ اگر ایک کوائل میں کرنٹ  $0.1 \text{ s}$  میں  $0$  سے

تبدیل ہو کر  $A=20$  ہو جاتا ہے، تو دوسرے کوائل کے ساتھ فلکس بندھن میں کیا تبدیلی ہو گی؟

- 6.10** ایک جیٹ ہوائی جہاز  $h=1800 \text{ KM}$  کی چال سے مغرب کی جانب پرواز کر رہا ہے۔ اس کے پروں کے سروں کے درمیان پیدا ہوا ویچ لٹج فرق کیا ہو گا؟ پرکی لمبائی  $25\text{m}$  ہے۔ اس مقام پر زمین کے مقناطیسی میدان کی عددی قدر  $T = 10^{-4} \times 5$  ہے اور زاویہ میلان  $30^\circ$  ہے۔

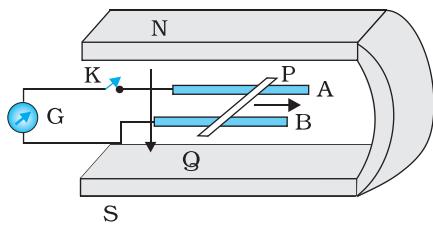
### اضافی مشق

- 6.11** فرض کیجیے کہ مشتق  $6.4$  میں لوپ ساکن ہے لیکن مقناطیسی میدان پیدا کرنے والے برقی۔ مقناطیس کو دیے جا رہے کرنٹ میں اس طرح بتدریج کی جاتی ہے کہ میدان اپنی آغازی قدر  $0.3 \text{ T s}^{-1}$  سے  $0.02 \text{ T s}^{-1}$  کی شرح سے کم ہوتا ہے۔ اگر تراش کو جوڑ دیا جائے اور لوپ کی مزاحمت  $\Omega = 1.6$  ہو تو لوپ کے ذریعے حرارت کی شکل میں کتنی پاور کا اسرا ف ہو گا؟ اس پاور کا وسیلہ کیا ہے؟

- 6.12** ضلع کے ایک مریع لوپ کو، جس کے اضلاع  $x$  اور  $y$  محوروں کے متوازی ہیں،  $s = 8 \text{ cm s}^{-1}$  کی رفتار سے ثابت  $x$ -سمت میں ایسے ماحول میں حرکت دی گئی، جس میں مقناطیسی میدان، ثابت  $z$ -سمت میں ہے۔ یہ میدان نہ تو فضائیں کیساں ہے اور نہ ہی وقت کے ساتھ مستقل ہے۔ منفی  $x$ -سمت میں اس کا ڈھلان بڑھتا ہے (یعنی کہ جب منفی  $x$ -سمت میں حرکت کرتے ہیں تو  $y = 10^{-3} \text{ T cm}^{-1}$  سے بڑھتا ہے) اور یہ وقت کے ساتھ  $T = 10^{-3} \text{ s}^{-1}$  کی شرح سے کم ہو رہا ہے۔ تو لوپ میں امالہ ہوئے کرنٹ کی عددی قدر اور سمت معلوم کیجیے۔ لوپ کی مزاحمت  $\Omega = 4.50 \text{ m}\Omega$  ہے۔

- 6.13** ایک طاقتو را ڈاسپلیکر کے مقناطیس کے قطبین کے درمیان میدان کی عددی قدر کی پیمائش کرنا ہے۔ ایک چھوٹا چھپا کوائل جس کا رقبہ  $2 \text{ cm}^2$  ہے اور جس میں قریب تریب لپٹے ہوئے 25 چکر ہیں، میدان کی سمت کے عمودی رکھا گیا اور پھر فوراً ہی اسے تیزی سے میدان کے علاقے سے باہر کھینچ لیا گیا۔ (تبادل طور پر، اسے جلدی سے  $90^\circ$  کے زاویہ سے گھمایا جاستا ہے تاکہ اس کا مستوی میدان کی سمت کے متوازی ہو جائے)۔ کوائل میں بننے والا کل چارچ (کوائل سے نسلک بیلاشک گیلوونومیٹر کے ذریعے ناپا گیا)  $7.5 \text{ mC}$  ہے۔ کوائل اور گیلوونومیٹر کی مجموعی مزاحمت  $\Omega = 0.50$  ہے۔ مقناطیس کی میدانی طاقت معلوم کیجیے۔

- 6.14** شکل 6.20 میں ایک چھپر PQ دکھائی گئی ہے جو ہموار پٹریوں AB پر رکھی ہے اور ایک مستقل مقناطیس کے قطبین کے درمیان ہے۔ پٹریاں، چھپر اور مقناطیسی میدان، تین باہم عمودی سمتیں میں ہیں۔ ایک گیلوونومیٹر G ایک سونچ K سے ہوتا ہوا پٹریوں کو جوڑتا ہے۔ چھپر کی لمبائی  $15\text{cm}$  ہے،  $T = 0.50 \text{ s}$  ہے،  $B = 0.50 \text{ T}$  ہے اور جس بندلوپ میں چھپر ہے اس کی مزاحمت  $\Omega = 9.0 \text{ m}\Omega$  ہے۔ میدان کو ہموار مان لیجیے۔



شکل 5.20

(a) فرض کیجیے K کھلی ہوئی ہے اور چھڑ کو دکھائی گئی سمت میں  $12 \text{ cm s}^{-1}$  کی چال سے حرکت دی جاتی ہے۔ امالہ شدہ emf کی قطبیت اور عددی قدر بتائیے۔

(b) جب K کھلی ہے تو کیا اس وقت چھڑوں کے سروں پر کچھ اضافی چارج جمع ہوگا؟ کیا ہوگا، اگر K بند ہو؟  
(c) اگر K کھلی ہو اور چھڑ ہموار طور پر حرکت کر رہی ہو تو چھڑ PQ کے ایکٹر انوں پر کوئی کل قوت نہیں لگے گی حالانکہ وہ چھڑ کی حرکت کی وجہ سے مقناطیسی قوت محسوس کریں گے۔ وضاحت کیجیے۔

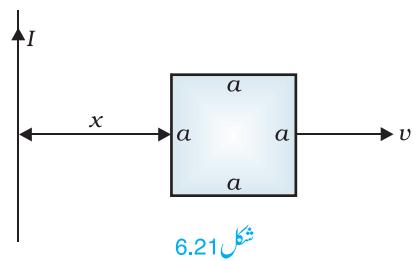
(d) جب K بند ہے تو چھڑ پر اباطانی قوت کیا ہے؟  
(e) جب K بند ہے تو ایک باہری ایجنت کو چھڑ کو اسی چال ( $= 12 \text{ cm s}^{-1}$ ) سے حرکت کرتا رکھنے کے لیے کتنی پاور چاہیے ہوگی؟ کتنی پاور چاہیے ہوگی، اگر K کھلی ہو؟

(f) بند سرکٹ میں کتنی پاور کا اسراف حرارت کی شکل میں ہوگا؟ اس پاور کا وسیلہ کیا ہے؟  
(g) حرکت کرتی ہوئی چھڑ میں امالہ شدہ emf کیا ہوگی، اگر مقناطیسی میدان پڑیوں پر عمودی ہونے کے بجائے، پڑیوں کے متوازی ہو۔

**6.15** ایک سولی ناڈ کا قالب ہوا ہے، لمبائی  $30 \text{ cm}$  اور تراشی رقبہ  $25 \text{ cm}^2$  ہے، چکروں کی تعداد  $500$  ہے اور اس میں  $2.5 \text{ A}$  کرنٹ بہرہ رہا ہے۔ کرنٹ کو  $\text{s}^{-3}$  کے قلیل عرصے میں اچاک سوچ آف کر دیا جاتا ہے۔ سرکٹ میں اوپن سوچ کے سروں کے درمیان امالہ ہوئی اوس طالی emf کیا ہوگی؟ سولی ناڈ کے سروں کے نزدیک مقناطیسی میدان کی تبدیلی نظر انداز کر دیجیے۔

**6.16** (a) شکل 6.21 میں دکھائے گئے ایک لمبے مستقیم تار اور ضلع a کے مربع لوپ کے درمیان باہمی امالت کے لیے ریاضیاتی عبارت حاصل کیجیے۔

(b) اب فرض کیجیے کہ مستقیم تار میں  $50 \text{ A}$  کرنٹ ہے اور لوپ کو مستقل رفتار  $v = 10 \text{ m/s}$  کے ساتھ دائیں جانب حرکت دی جاتی ہے۔ جس لمحے  $x = 0.2 \text{ m}$  ہے، اس وقت لوپ میں امالہ ہوئی emf کا حساب لگائیے۔  $a = 0.1 \text{ m}$  لجیے اور مان لجیے کہ لوپ کی مراحت بہت زیادہ ہے۔



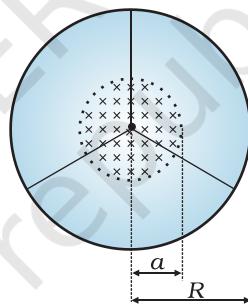
شکل 6.21

**6.17** ایک خطی چارج لفی اکائی لمبائی کو نصف قطر  $R$  اور کیت  $M$  کے پہنے کے یم پر ہموار طور پر پھیلا یا جاتا ہے۔ پہنے میں ہلکی غیر موصل کیلیں ہیں اور وہ اپنے محور کے گرد بغیر رگڑ کے حرکت کر سکتا ہے (شکل 6.22)۔ ایک ہموار مقناطیسی میدان یم کے اندر دائری علاقے میں پھیلا ہوا ہے۔ یہ دیا جاتا ہے:

$$\vec{B} = -B_0 \hat{k} \quad (r \leq a; a < R)$$

(اس کے علاوہ)  $= 0$

اگر میدان کو اچانک سوچ آف کر دیا جائے تو پہنے کی زاویائی رفتار کیا ہو گی؟



شکل 6.22