باب پانچ

مقناطیسیت اور مادہ

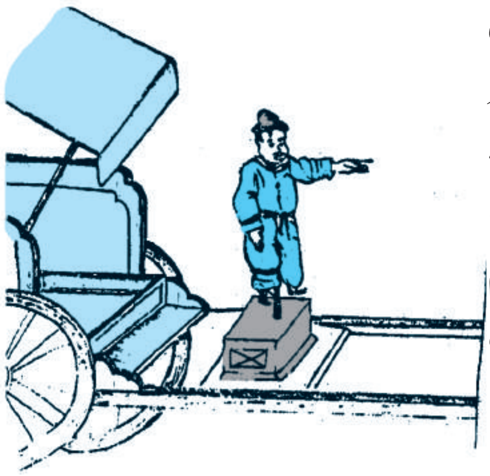
(MAGNETISM AND MATTER)

© NCERT not to be republished

5.1 تعارف (INTRODUCTION)

مقناطیسی مظاہر، اپنی طبع کے لحاظ سے آفاقی ہیں: بے کراں، ہم سے بے حد فاصلے پر پائی جانے والی گیلیکسیاں (Galxies) ہوں یا نہایت مختصر (سائز کے لحاظ سے)، دکھائی نہ دے سکنے والے ایٹم ہوں، انسان ہوں یا حیوان ہوں، سب کے سب مکمل طور پر، مختلف النوع وسیلوں سے پیدا ہونے والے متعدد مقناطیسی میدانوں کے ذریعے مقناطیسی سرایت پذیر ہوتے ہیں۔ زمین کی مقناطیسیت، انسانی ارتقا سے بھی پہلے سے موجود ہے۔ لفظ میگنیٹ (مقناطیس Magnet)، یونان کے ایک جزیرے، جو میگنیشیا (Magnesia) کہلاتا ہے، سے اخذ کیا گیا ہے، جہاں مقناطیسی کچ دھات (Magnetic ore) کے ماخذ عرصہ دراز پہلے، 600 ق م. میں پائے گئے تھے۔ اس جزیرے کے چرواہوں نے شکایت کی کہ کئی مرتبہ ان کے لکڑی کے جوتے، (جن میں لوہے کی کیلیں ٹھکی ہوتی تھیں)، زمین سے چپک جاتے ہیں۔ ان کی لوہے کی نوک والی چھڑیں بھی اسی طرح متاثر ہوتی تھیں۔ مقناطیسوں کی یہ کشش کرنے کی خاصیت ان کے چلنے پھرنے میں رکاوٹ پیدا کرتی تھی۔

مقناطیسوں کی سمتی خاصیت بھی زمانہ قدیم سے معلوم تھی۔ مقناطیس کا ایک پتلا لمبا ٹکڑا، آزادانہ طور پر لٹکائے جانے



شکل 5.1: رتھ پر لگے ہوئے بت کے بازو ہمیشہ جنوب کی طرف اشارہ کرتے تھے۔ یہ ایک مصور کا بنایا ہوا، ہزاروں سال قبل کی ایک قدیم ترین مقناطیسی سوئی کا خاکہ ہے۔

پر شمال۔جنوب سمت کی نشاندہی کرتا ہے۔اسی طرح کے اثر کا مشاہدہ جب بھی کیا گیا، جب اس مقناطیس کے ٹکڑے کو ایک کارک پر رکھ کر ٹھہرے ہوئے پانی میں تیرایا گیا۔نام، چمبک پتھر [لوڈ اسٹون(Lode Stone or Load Stone)]، ایک قدرتی طور پر پائے جانے والے لوہے کی کچ دھات، میگنیٹائٹ(Magnetite) کو اسی لیے دیا گیا، کیونکہ اس کا مطلب ہے راہ نمائی کرنے والا پتھر(Leading Stone)۔اس خاصیت کے تکنیکی استعمال کا اعزاز عام طور سے چینیوں کو دیا جاتا ہے۔400 ق م زمانے کی چینی کتابوں میں جہاز رانی میں مقناطیسی سوئیوں کے استعمال کا ذکر ملتا ہے۔

ایک چینی روایت میں، تقریباً چار ہزار سال پہلے، شہنشاہ ہوانگ تائی(Huang Tai) کی فتح کا ایک قصہ بیان کیا گیا ہے، جس میں بادشاہ کی کامیابی کے اصل ذمہ دار اس کے کاریگر(Craftsman) (جنھیں آپ آج کل کے انجینئر کہہ سکتے ہیں) تھے۔ان کاریگروں نے ایک ایسا رتھ (گاڑی Chariot) بنایا جس پر انھوں نے ایک ہاتھ پھیلائے ہوئے انسانی شکل کے مقناطیسی بت کو رکھ دیا۔شکل 5.1 میں ایک مصور کا اس گاڑی کا تصور پیش کیا گیا ہے۔گاڑی پر لگا ہوا یہ اسٹیچو (بت) ایک چول چھلے پر اس طرح گھومتا رہتا تھا کہ اس کی انگلی ہمیشہ جنوب کی سمت میں اشارہ کرتی تھی، اور اس طرح ہوانگ تائی کی فوجیں، گہرے کہرے کے باوجود دشمن فوجوں پر پیچھے سے حملہ کرکے فتح حاصل کر سکیں۔

پچھلے باب میں ہم سیکھ چکے ہیں کہ متحرک چارج یا برقی کرنٹ، مقناطیسی میدان پیدا کرتے ہیں۔اس دریافت کا سہرا، جو انیسویں صدی کے اوائل میں کی گئی، جن افراد کے سر ہے ان میں اورسٹڈ، ایمپیر، بائٹ اور سیورٹ اور دیگر افراد شامل ہیں۔

اس باب میں ہم مقناطیسیت بہ طور ایک انفرادی مضمون پر نظر ڈالیں گے۔مقناطیسیت سے متعلق کچھ معروف تصورات ہیں:

(i) زمین ایک مقناطیس کے بہ طور برتاؤ کرتی ہے، جس کا مقناطیسی میدان، تقریباً جغرافیائی جنوب سے جغرافیائی شمال کی جانب اشارہ کرتا ہے۔

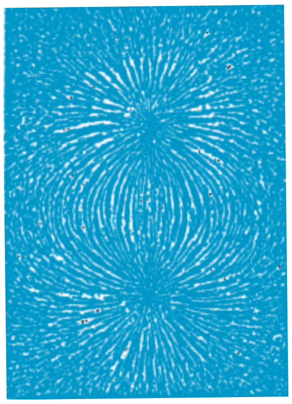
(ii) جب ایک چھڑ مقناطیس آزادانہ طور پر لٹکائی جاتی ہے تو وہ شمال جنوب سمت میں اشارہ کرتی ہے۔وہ سرا جو جغرافیائی شمال کی جانب اشارہ کرتا ہے، مقناطیس کا شمالی قطب(North Pole) کہلاتا ہے اور جو سرا جغرافیائی جنوب کی جانب اشارہ کرتا ہے مقناطیس کا جنوبی قطب(South Pole) کہلاتا ہے۔

(iii) جب دو مقناطیسوں کے شمالی قطبین (یا جنوبی قطبین) کو ایک دوسرے کے نزدیک لایا جاتا ہے تو ایک دفاعی قوت پیدا ہوتی ہے اور اس کے برخلاف ایک مقناطیس کے شمالی قطب اور دوسرے مقناطیس کے جنوبی قطب کے درمیان کششی قوت ہوتی ہے۔

2019-20

(iv) ہم ایک مقناطیس کے شمالی یا جنوبی قطب کو علاحدہ نہیں کر سکتے۔اگر ایک چھڑ مقناطیس کو دو نصف ٹکڑوں میں توڑ دیا جائے،تو ہمیں دو یکساں چھڑ مقناطیس ملتے ہیں،جن کی مقناطیسی قوتیں پہلی چھڑ کے مقابلے میں کچھ کمزور ہوتی ہیں۔برقی چارجوں کے برخلاف،تنہا مقناطیسی شمالی قطب یا جنوبی قطب جو یک قطب کہلاتے ہیں،نہیں پائے جاتے۔

(v) لوہے اور اس کے بھرتوں (alloys) سے مقناطیس بنا سکنا ممکن ہے۔



شکل 5.2:ایک مقناطیسی چھڑ کے اردگرد لوہے کے برادے کی ترتیب۔نمونہ مقناطیسی میدانی خطوط کی نقالی کرتا ہے۔نمونہ تجویز کرتا ہے کہ چھڑ مقناطیس ایک مقناطیسی دوقطبیہ ہے۔

ہم ایک چھڑ مقناطیس اور اس کے ایک باہری مقناطیسی میدان میں برتاؤ کے بیان سے شروع کرتے ہیں۔ہم مقناطیسیت کا گاس کا قانون بیان کریں گے۔اس کے بعد ہم زمین کے مقناطیسی میدان کا تذکرہ کریں گے۔پھر ہم بیان کریں گے کہ مادی اشیا کو ان کی مقناطیسی خاصیتوں کی بنیاد پر کیسے درجہ بند کیا جاسکتا ہے۔ہم پُر – (Para)، عرض-(ڈایا-Dia)اور لوہ-(فیرو-Ferro)مقناطیسیت بیان کریں گے۔ہم برقی-مقناطیس اور مستقل مقناطیس کے ایک حصہ کے ساتھ یہ باب ختم کریں گے۔

5.2 چھڑ مقناطیس (THE BAR MAGNET)

مشہور طبیعات داں،البرٹ آئن سٹائن کی سب سے بچپن کی ایک یاد یہ تھی کہ ان کے ایک رشتہ دار نے انھیں ایک مقناطیس،تحفہ کے طور پر،دیا تھا۔آئن سٹائن اس مقناطیس سے مسحور ہو گئے تھے اور اس سے مستقل کھیلتے رہتے تھے۔انھیں حیرت ہوتی تھی کہ ایک مقناطیس،اس سے دور رکھی ہوئی کیلوں اور سوئیوں کو کیسے متاثر کرتا ہے،جب کہ وہ کسی اسپرنگ یا ڈوری سے اس سے بندھی ہوئی نہیں ہیں۔

ایک چھوٹے چھڑ مقناطیس پر رکھی ہوئی ایک شیشے کی چادر پر چھڑکے ہوئے لوہے کے برادے کے مشاہدے سے ہم اپنے مطالعہ کا آغاز کرتے ہیں۔لوہے کے برادے کی ترتیب شکل 5.2 میں دکھائی گئی ہے۔

لوہے کے برادہ کا نمونہ (ڈیزائن) ظاہر کرتا ہے کہ ایک برقی دوقطبیہ کے مثبت اور منفی چارجوں کی طرح مقناطیس کے بھی دو قطب ہوتے ہیں۔جیسا کہ ہم تعارفی حصہ میں ذکر کر چکے ہیں،ایک قطب کو شمالی قطب اور دوسرے قطب کو جنوبی قطب کہا جاتا ہے۔جب مقناطیس کو آزادانہ طور پر لٹکایا جاتا ہے تو یہ قطب بالترتیب تقریباً جغرافیائی شمال اور جغرافیائی جنوب کی جانب اشارہ کرتے ہیں۔ایک کرنٹ بردار سولی نائڈ کے گرد بھی لوہے کا برادہ کے ایسا ہی نمونہ ملتا ہے۔

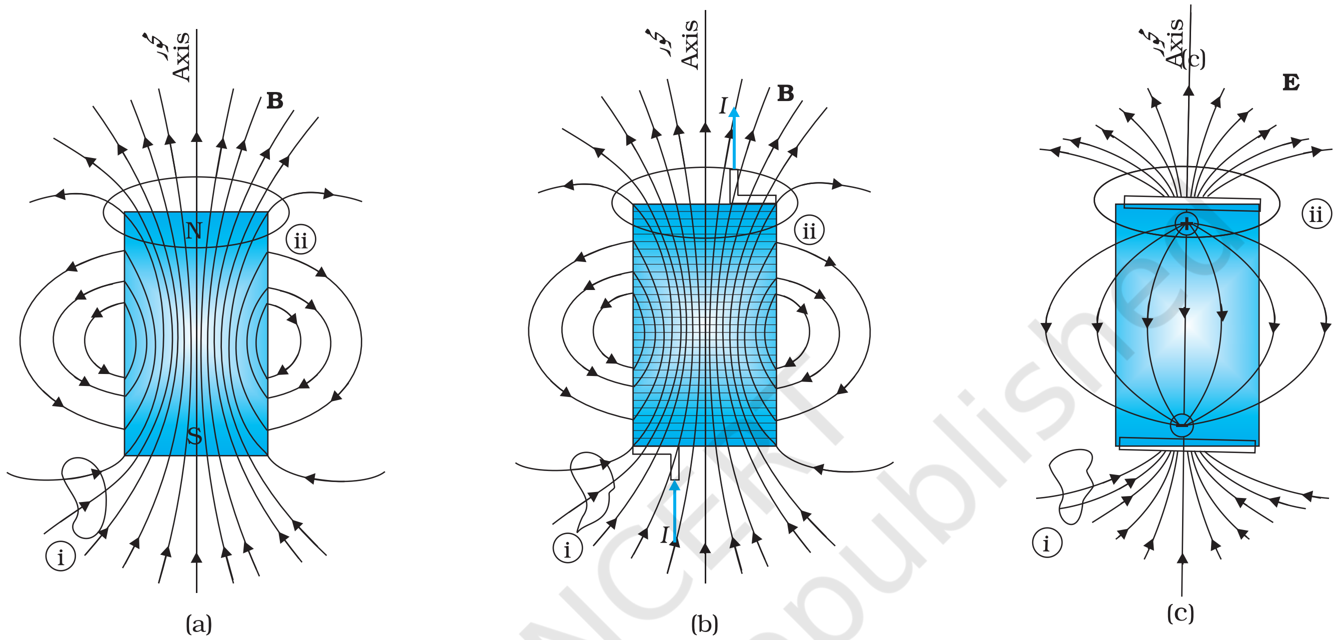
5.2.1 مقناطیسی میدانی خطوط (The Magnetic Field Lines)

لوہے کے برادہ کا نمونہ (ڈیزائن Pattern)،مقناطیسی میدانی خطوط (Magnetic Field Lines) کھینچنے میں ہماری مدد کرتا ہے۔ایک چھڑ مقناطیس اور ایک کرنٹ بردار سولی نائڈ کے لیے یہ شکل 5.3 میں دکھایا گیا ہے۔مقابلہ کے لیے دیکھیے،باب 1،شکل (d) 1.17۔ایک برقی دوقطبیہ کے برقی میدانی خطوط بھی شکل (c)5.3 میں دکھائے گئے ہیں۔مقناطیسی میدانی خطوط،مقناطیسی میدان کے بصری (visual) اور اختراعی (intutive) مظہر ہیں۔ان کی خاصیتیں

© NCERT not to be republished

ہیں:

i) ایک مقناطیس (ایک ایک سولی نائڈ) کے مقناطیسی میدانی خطوط مسلسل بندلوپ تشکیل دیتے ہیں۔ یہ برقی دوقطبیہ کے برخلاف ہے، جہاں یہ میدانی خطوط ایک مثبت چارج سے شروع ہوتے ہیں اور ایک منفی چارج پر ختم ہوتے ہیں یا لاانتہا تک چلے جاتے ہیں۔



شکل 5.3 (a) ایک چھڑ مقناطیس (b) ایک کرنٹ بردار متناہی سولی نائڈ (iii) برقی دوقطبیہ کے میدانی خطوط۔ زیادہ فاصلوں پر میدانی خطوط بہت ملتے جلتے ہیں۔ منحنی، جنھیں (1) اور (2) لیبل کیا گیا ہے، بندگاسی سطحیں ہیں۔

(ii ایک دیے ہوئے نقطے پر ایک میدانی خط پر کھینچا گیا مماس، اس نقطے پر کل مقناطیسی میدان کی سمت ظاہر کرتا ہے۔

(iii) فی اکائی رقبہ سے گذرنے والے میدانی خطوط کی تعداد جتنی زیادہ ہوگی، مقناطیسی میدان $\vec{B}$ کی عددی قدر بھی اتنی زیادہ ہوگی۔ شکل (a) 5.3 میں علاقے (i) کے مقابلے میں علاقہ (ii) میں $\vec{B}$ زیادہ طاقت ور ہے۔

(iv) مقناطیسی میدانی خطوط ایک دوسرے کو قطع نہیں کرتے، اگر وہ ایسا کریں تو نقطہ تقاطع (Point of Intersrction) پر مقناطیسی میدان کی سمت یکسا (uniqui) نہیں ہوگی۔ مقناطیسی میدانی خطوط مختلف طریقوں سے ترسیم (Plot) کیے جاسکتے ہیں۔ ایک طریقہ یہ ہے کہ ایک چھوٹی مقناطیسی سوئی کو مختلف مقامات پر رکھا جائے اور اس کی تشریق (Orientation) نوٹ کی جائے۔ اس سے ہمیں فضا میں مختلف نقاط پر مقناطیسی میدان کی سمت کا اندازہ ہوجاتا ہے۔

* کچھ درسی کتابوں میں مقناطیسی میدانی خطوط کو مقناطیسی خطوط قوت کہا جاتا ہے۔ اس نام سے اس لیے احتراز کیا گیا ہے، کیونکہ اس سے مغالطہ ہوسکتا ہے۔ برق۔سکونیات کے برخلاف، مقناطیسیت میں میدانی خطوط ایک چارج (متحرک) پر لگ رہی قوت کی نشاندہی نہیں کرتے۔

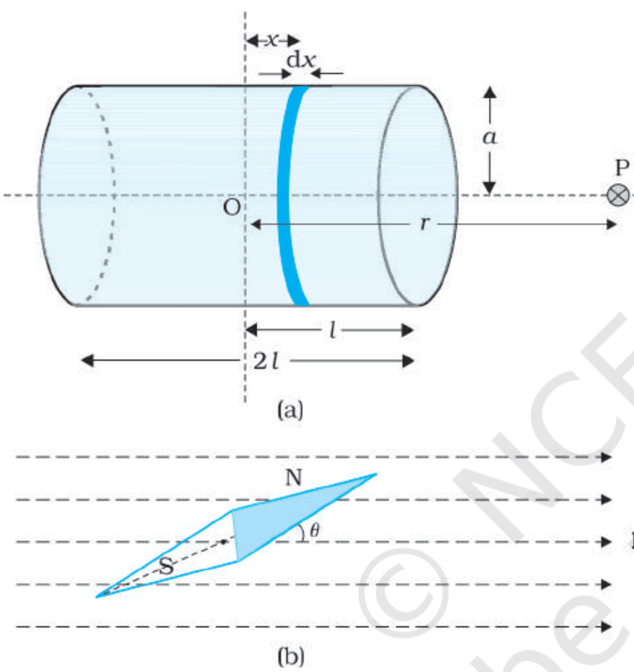
2019-20

5.2.2 چھڑ مقناطیس بطور ایک معادل سولی نائڈ

پچھلے باب (حصہ 4.10) میں ہم وضاحت کر چکے ہیں کہ ایک کرنٹ لوپ کس طرح ایک مقناطیسی دوقطبیہ کے بطور کام کرتا ہے۔ ہم نے ایمپیر کے مفروضے کا بھی ذکر کیا تھا، کہ، تمام مقناطیسی مظاہر کی وضاحت دورانی کرنٹوں کی شکل میں کی جاسکتی ہے۔ یاد کریں کہ ایک کرنٹ لوپ سے منسلک مقناطیسی دو قطبی معیار حرکت   کی تعریف اس طرح کی گئی تھی:

$\vec{m}=NI\vec{A}$ ، جہاں N لوپ میں چکروں کی تعداد ہے، I کرنٹ ہے اور   رقبہ سمتیہ ہے (مساوات 4.30)۔

ایک چھڑ مقناطیس کے مقناطیسی میدانی خطوط اور ایک سولی نائڈ کے میدانی خطوط میں مشابہت یہ تجویز کرتی ہے کہ ایک چھڑ مقناطیس کو ایک سولی نائیڈ کے متماثل مانتے ہوئے، دورانی کرنٹوں کی ایک بڑی تعداد سمجھا جاسکتا ہے۔ ایک چھڑ مقناطیس کو دو برابر حصوں میں کاٹنا، ایک سولی نائڈ کو کاٹنے جیسا ہی ہے۔ ہمیں دو مقابلتاً چھوٹے سولی نائڈ ملتے ہیں، جن کی مقناطیسی خاصیتیں مقابلتاً کمزور ہوتی ہیں۔ میدانی خطوط اب بھی مسلسل رہتے ہیں، سولی نائڈ کے ایک رخ سے نکلتے ہیں اور دوسرے رخ میں داخل ہوتے ہیں۔ ہم اس مماثلت کی جانچ ایک چھوٹی مقناطیسی سوئی کی مدد سے کر سکتے ہیں۔ اس سوئی کو اگر ایک چھڑ مقناطیس کے آس پاس اور ایک کرنٹ بردار- متناہی- سولی نائڈ کے آس پاس گھمایا جائے اور سوئی کے انفراجات نوٹ کیے جائیں، تو دونوں صورتوں میں سوئی کے یہ انفراجات یکساں ہوتے ہیں۔



شکل 5.4 (a): ایک متناہی سولی نائڈ اور ایک چھڑ مقناطیس میں یکسانیت دکھانے کے لیے، ایک متناہی سولی نائڈ کے محوری میدان کی تحسیب
(b) ہموار مقناطیسی میدان $\vec{B}$ میں ایک مقناطیسی سوئی یہ نظم $\vec{B}$ یا مقناطیسی سوئی کے مقناطیسی معیارِ اثر کو معلوم کرنے کے لیے استعمال کیا جاسکتا ہے۔

اس مماثلت کو مزید مضبوط بنانے کے لیے ہم شکل (a) 5.4 میں دکھائے گئے متناہی سولی نائڈ کا محوری میدان تحسیب کرتے ہیں۔ ہم دکھائیں گے کہ زیادہ فاصلوں پر یہ محوری میدان ایک چھڑ مقناطیس کے میدان جیسا ہوتا ہے۔

فرض کیجیے کہ شکل (a) 5.4 کا سولی نائڈ، n چکر فی اکائی لمبائی پر مشتمل ہے۔ اس کی لمبائی $2l$ اور نصف قطر r ہے۔ ہم ایک نقطہ P پر محوری میدان تحسیب کر سکتے ہیں، جو کہ سولی نائڈ کے مرکز O سے فاصلہ r پر ہے۔ اس تحسیب کے لیے، موٹائی dx کا سولی نائڈ کا ایک دائری جز لیجیے جو اس کے مرکز سے x فاصلے پر ہے۔ یہ ndx چکروں پر مشتمل ہے۔ فرض کیجیے کہ سولی نائڈ میں کرنٹ I ہے۔ پچھلے باب کے حصہ 4.6 میں ہم نے دائری کرنٹ لوپ کے محور پر مقناطیسی میدان تحسیب کیا تھا۔ مساوات (4.13) سے، دائری جز کی وجہ سے نقطہ P پر میدان کی عددی قدر ہے:

2019-20

کل میدان کی عددی قدر تمام جزوں پر جمع کر کے حاصل ہوگی۔ دوسرے لفظوں میں $x = -l$ سے $x = +l$ تک تکملہ کر کے۔ اس لیے

$$B = \frac{\mu_0 n I a^2}{2} \int_{-l}^{l} \frac{dx}{[(r-x)^2 + a^2]^{3/2}}$$

یہ تکملہ، ٹرگنو میٹریائی بدل کے ذریعے، کیا جاسکتا ہے۔ لیکن ہمارے لیے یہ مشق ضروری نہیں ہے۔ نوٹ کریں کہ x کی سعت $-l$ سے $+l$ تک ہے۔ سولی نائڈ کا بہت دور محوری میدان لیجیے، یعنی کہ $r >> a$ اور $r >> l$، اب نسب نما کو نزدیکی طور پر لکھا جاسکتا ہے

$$[(r-x)^2 + a^2]^{3/2} \approx r^3$$

اور

$$B = \frac{\mu_0 n I a^2}{2r^3} \int_{-l}^{l} dx$$

$$= \frac{\mu_0 n I}{2} \frac{2 l a^2}{r^3} \qquad (5.2)$$

یہ ایک چھڑ مقناطیس کا، بہت فاصلے پر، محوری میدان بھی ہے، جو تجربے کے ذریعے حاصل کیا جاسکتا ہے۔ اس لیے ایک چھڑ مقناطیس اور گر ایک سولی نائڈ یکساں مقناطیسی میدان پیدا کرتے ہیں۔ اس لیے ایک چھڑ مقناطیس کا مقناطیسی معیارِ اثر اس معادل سولی نائڈ کے مقناطیسی معیارِ اثر کے مساوی ہے جو یکساں مقناطیسی میدان پیدا کرتا ہے۔

کچھ درسی کتابوں میں شمالی قطب کو ایک مقناطیسی چارج (جسے قطبی طاقت (Pole Strength) بھی کہا جاتا ہے) اور جنوبی قطب کو ایک مقناطیسی چارج $-q_m$ اور مقناطیسی معیارِ اثر کو $q_m(2l)$ تفویض کیا جاتا ہے۔ اس سے r فاصلے پر، q_m کی وجہ سے میدان طاقت $\frac{\mu_0 q_m}{4\pi r^2}$ سے دی جاتی ہے۔ پھر ایک چھڑ مقناطیس کی وجہ سے پیدا ہونے والا برقی میدان، محوری اور استوائی (equatorial) دونوں صورتوں میں، ایک برقی دوقطبیہ کے مماثل طریقے سے، تحسیب کرلیا جاتا ہے۔ (باب 1)۔ یہ طریقہ آسان اور موثر ہے۔ لیکن مقناطیسی یک قطبین (Magnetic monopoles) نہیں پائے جاتے، اس لیے ہم نے یہ طریقہ استعمال نہیں کیا ہے۔

5.2.3 ایک ہموار مقناطیسی میدان میں دوقطبیہ

(The dipole in a uniform magnetic field)

لوہے کے برادے کا نمونہ، یعنی کہ، مقناطیسی میدانی خطوط ہمیں مقناطیسی میدان $\vec{B}$ کا ایک نزدیکی تصور دیتے ہیں۔ اکثر ہمیں $\vec{B}$ کی عددی قدر درستی صحت کے ساتھ معلوم کرنا ہوتی ہے۔ ایسا کرنے کے لیے، ہم ایک معلوم مقناطیسی معیارِ اثر $\vec{m}$ اور جمود گردشہ I کی ایک چھوٹی مقناطیسی سوئی کو اس مقناطیسی میدان میں رکھتے ہیں اور مقناطیسی میدان میں احتزازات کرنے دیتے ہیں۔ یہ نظم شکل (b) 4.5 میں دکھایا گیا ہے۔

© NCERT not to be republished

سوئی پر لگ رہا قوت گردشہ ہے [دیکھیے مساوات (4.29)]

$$\vec{\tau} = \vec{m} \times \vec{B} \qquad (5.3)$$

عددی قدر میں

$$\tau = mB \sin\theta$$

یہاں τ، بحالی قوت گردشہ (restoring torque) ہے اور θ، $\vec{m}$ اور $\vec{B}$ کے درمیان زاویہ ہے۔

اس لیے، حالت توازن میں

$mB \sin\theta$ کے ساتھ منفی علامت کا مطلب ہے کہ بحالی قوت گردشہ، انفراجی قوت گردشہ کے مخالف ہے۔ ریڈین میں θ کی چھوٹی قدروں کے لیے، $\sin\theta \approx \theta$، اور ہمیں حاصل ہوتا ہے:

$$I\frac{d^2\theta}{dt^2} \approx -mB\,\theta$$

یا

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{mB}{I}\theta$$

یہ ایک سادہ ہارمونی حرکت (Simple harmonic motion) ظاہر کرتا ہے۔ زاویائی تعدد کا مربع ہے:

$\omega^2 = \frac{mB}{I}$ اور دوری وقت ہے

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mB}} \qquad (5.4)$$

یا

$$B = \frac{4\pi^2 I}{m T^2} \qquad (5.5)$$

برق-سکونی وضعی توانائی حاصل کرنے کے طریقے کو استعمال کرتے ہوئے مقناطیسی مضمر توانائی کی ریاضیاتی عبارت بھی حاصل کی جا سکتی ہے۔

مقناطیسی وضعی توانائی (Magnetic potential energy) U_m دی جاتی ہے:

$$U_m = \int \tau(\theta)d\theta$$

$$= \int mB \sin\theta \, d\theta = -mB\cos\theta$$

$$= -\vec{m}\cdot\vec{B} \qquad (5.6)$$

ہم نے باب (2) میں اس بات پر زور دیا تھا کہ وضعی توانائی کا صفر ہم اپنی سہولت کے لحاظ سے متعین کر سکتے ہیں۔ تکملہ مستقلہ (Constant of integration) کو صفر منتخب کرنے کا مطلب ہے کہ ہم وضعی توانائی کا صفر $\theta = 90°$ پر متعین کر رہے ہیں، یعنی کہ جب مقناطیسی سوئی میدان پر عمود ہے۔ مساوات (5.6) سے ظاہر ہوتا ہے کہ وضعی توانائی، $\theta = 0°$ پر کم

ترین (اقل ترین minimum) $(=-mB)$ ہے (جو کہ سب سے زیادہ مستحکم مقام ہے) اور $\theta = 180^\circ$ (سب سے زیادہ غیر مستحکم مقام) پر اس کی قدر از حد (اعظم Maximum) ہے $(= +mB)$۔

مثال 5.1: شکل (b) 5.4 میں دکھائی گئی مقناطیسی سوئی کا مقناطیسی معیارِ اثر اگر $6.7 \times 10^{-2}\ Am^2$ ہو اور جمودِ گردشہ: $I = 7.5 \times 10^{-6}\ kg\ m^2$ ہو اور وہ 6.70s میں 10 مکمل احتزازات کرتی ہو تو مقناطیسی میدان کی عددی قدر کیا ہے؟

حل: احتزاز کا دوری وقت ہے:

$$T = \frac{6.70}{10} = 0.67 s$$

مساوات (5.5) سے:

$$B = \frac{4\pi^2 I}{mT^2}$$

$$= \frac{4 \times (3.14)^2 \times 7.5 \times 10^{-6}}{6.7 \times 10^{-2} \times (0.67)^2}$$

$$= 0.01\ T$$

مثال 5.1

مثال 5.2: ایک چھوٹے چھڑ مقناطیس کو جب 800 G کے ایک باہری مقناطیسی میدان میں اس طرح رکھا جاتا ہے کہ اس کا محور اس باہری میدان سے 30° کا زاویہ بناتا ہے، تو چھڑ مقناطیس پر 0.016 Nm کا قوت گردشہ لگتا ہے۔ (a) اس چھڑ مقناطیس کا مقناطیسی معیارِ اثر کیا ہے؟ (b) اس چھڑ مقناطیس کو اس کے از حد مستحکم مقام (most stable position) سے از حد غیر مستحکم مقام (most unstable position) تک لے جانے میں کتنا کام کیا جائے گا؟ (c) چھڑ مقناطیس کو ایک سولی نائڈ سے بدل دیا جاتا ہے، جس کا تراشی رقبہ $2 \times 10^{-4}\ m^2$ ہے اور جس میں چکروں کی تعداد 1000 ہے، لیکن اس کا مقناطیسی معیارِ اثر یکساں ہے۔ سولی نائڈ میں بہنے والا کرنٹ معلوم کیجیے۔

حل:

(a) مساوات (5.3) سے:

$\tau = m B \sin\theta$, $\theta = 30^\circ$ اس لیے $\sin\theta = 1/2$

اس لیے $0.016 = m \times (800 \times 10^{-4}\ T) \times (1/2)$

$$m = \frac{160 \times 2}{800} = 0.40\ A\ m^2$$

(b) مساوات (5.6) سے، از حد مستحکم مقام $\theta = 0^\circ$ اور از حد غیر مستحکم مقام $\theta = 180^\circ$ ہے۔ کیا گیا کام دیا جاتا ہے:

$$W = U_m(\theta = 180^\circ) - U_m(\theta = 0^\circ)$$

مثال 5.2

© NCERT not to be republished

$= 2\ m B = 2 \times 0.40 \times 800 \times 10^{-4} = 0.064\ J$

(c) مساوات(4.30)سے: $m_s = NIA$ حصہ (a) سے: $m_s = 0.40\ A\ m^2$

$0.40 = 1000 \times I \times 2 \times 10^{-4}$

$$I = \frac{0.40 \times 10^4}{1000 \times 2} = 2A$$

مثال 5.2

مثال 5.3

(a) کیا ہوگا اگر ایک چھڑ مقناطیس کو دوحصوں میں کاٹ دیا جائے (i) اس کی لمبائی پر عرضی طرز میں (ii) اس کی لمبائی کی سمت میں۔

(b) ایک مقناطیس بنائی گئی سوئی پر، ایک ہموار مقناطیسی میدان میں ایک قوت گردشہ لگتا ہے، لیکن کوئی کل قوت نہیں لگتی۔ لیکن ایک لوہے کی کیل کو اگر ایک چھڑ مقناطیس کے نزدیک رکھا جائے تو وہ قوت گردشہ کے ساتھ ساتھ ایک قوت کشش بھی محسوس کرتی ہے۔ کیوں؟

(c) کیا ہر مقناطیسی تشکیل میں ایک شمالی قطب اور ایک جنوبی قطب ہونا لازمی ہے؟ ایک ٹورائڈ کے ذریعے پیدا ہوئے میدان کے بارے میں آپ کیا کہیں گے؟

(d) دو بظاہر متماثل نظر آنے والے چھڑ A اور B ہیں، جس میں سے ایک یقینی طور پر مقنایا ہوا (Magnetised) ہے۔ (ہمیں یہ نہیں معلوم کون سا) ہم کیسے یہ معلوم کریں گے کہ دونوں مقنائے ہوئے ہیں یا نہیں؟ اگر صرف ایک ہی مقنایا ہوا ہے تو ہم کیسے پتہ کریں گے کہ وہ کون سا ہے۔ [کوئی اور چیز نہیں، صرف چھڑیں A اور B استعمال کرنی ہیں)۔

حل:

(a) دونوں صورتوں میں، ہمیں دو مقناطیس حاصل ہوتے ہیں، جن میں سے ہر ایک میں ایک شمالی قطب اور ایک جنوبی قطب ہوتا ہے۔

(b) اگر میدان ہموار ہے تو کوئی قوت نہیں لگے گی۔ لوہے کی کیل پر چھڑ مقناطیس کی وجہ سے ایک غیر ہموار میدان پیدا ہوتا ہے۔ کیل میں ایک امالہ کیا ہوا (induced) مقناطیسی معیارِ اثر ہوتا ہے۔ اس لیے اس پر قوت اور قوت گردشہ دونوں لگتے ہیں۔ کل قوت کششی ہے کیونکہ کیل میں امالہ شدہ جنوبی قطب (فرض کیا) مقناطیس کے شمالی قطب سے، امالہ شدہ شمالی قطب کے مقابلے میں، زیادہ نزدیک ہے۔

(c) ضروری نہیں ہے۔ یہ تب ہی درست ہوسکتا ہے، جب میدان کے وسیلہ (source) کا ایک غیر صفر مقناطیسی معیارِ اثر ہو۔ یہ ٹورائڈ میں نہیں ہوتا اور ایک مستقیم لامتناہی موصل میں بھی نہیں ہوتا۔

(d) چھڑوں کے مختلف سروں کو ایک دوسرے کے نزدیک لانے کی کوشش کریں۔ اگر کچھ صورتوں میں ایک دفاعی قوت محسوس ہو تو ثابت ہو جاتا ہے کہ دونوں مقنائے ہوئے ہیں۔ اگر قوت ہمیشہ کششی رہتی ہے، تو ان میں سے ایک ہی مقنایا ہوا ہے۔ ایک چھڑ مقناطیس میں مقناطیسی میدان کی شدت (Intensity)

مثال 5.3

© NCERT not to be republished

مثال 5.3

دونوں کناروں[سروں،(قطبین(Poles]پر سب سے زیادہ طاقتور ہوتی ہے۔اور درمیان میں سب سے زیادہ کمزور ہوتی ہے۔اس حقیقت کو استعمال کر کے ہم پتہ کر سکتے ہیں کہ A مقناطیس ہے یا B مقناطیس ہے۔اس صورت میں یہ دیکھنے (پتہ کرنے) کے لیے کہ دونوں چھڑوں میں سے مقناطیس کون سا ہے،کوئی ایک چھڑ اٹھایئے (فرض کیا A)اور اس کا ایک کنارہ(سرا) نیچے لٹکایئے:پہلے دوسری چھڑ (فرض کیا B) کے ایک سرے پر اور پھر B کے درمیان میں۔اب اگر آپ دیکھتے کہ B کے درمیان میں A پر کوئی قوت نہیں لگتی تو B مقنایا ہوا ہے۔اور اگر آپ کو B کے سرے سے B کے درمیان تک کوئی فرق محسوس نہیں ہوتا تو A مقنایا ہوا ہے۔

5.2.4 برق-سکونی مشابہہ (The electrostatic analog)

مساوات (5.2)،(5.3)اور (5.6) کا ان کی متطابق،برقی دوقطبیہ (باب 1) کی مساواتوں سے مقابلہ تجویز کرتا ہے کہ ایک $\vec{m}$ مقناطیسی معیارِاثر کے چھڑ مقناطیس کی وجہ سے،زیادہ فاصلوں پر،پیدا ہونے والا مقناطیسی میدان،دوقطبی معیارِاثر $\vec{p}$ کے ایک برقی دوقطبیہ کی برقی میدان کی مساوات سے،مندرجہ ذیل آپسی بدل کے ذریعے حاصل کیا جا سکتا ہے:

$$\vec{E} \to \vec{B}\,,\ \vec{p} \to \vec{m}\,,\ \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \to \frac{\mu_0}{4\pi}$$

خاص طور پر،ہم ایک چھڑ مقناطیس کا،فاصلہ r پر،$r >> l$ کے لیے،(جہاں l،مقناطیس کا سائز ہے)،استوائی میدان (equatorial field) لکھ سکتے ہیں:

$$\vec{B}_E = -\frac{\mu_0 \vec{m}}{4\pi r^3} \qquad (5.7)$$

اسی طرح،ایک چھڑ مقناطیس کا محوری میدان $(\vec{B}_A)$، $r >> l$ کے لیے،ہے:

$$\vec{B}_A = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2\vec{m}}{r^3} \qquad (5.8)$$

مساوات (5.8)،مساوات (5.2) کی سمتیہ شکل ہی ہے۔جدول (5.1) میں برقی اور مقناطیسی دوقطبیوں کے درمیان مشابہت کا خلاصہ پیش کیا گیا ہے۔

جدول 5.1 دوقطبیہ مشابہہ

	برق-سکونیات	مقناطیسیت
	$1/\varepsilon_0$	μ_0
دوقطبی معیارِاثر	$\vec{p}$	$\vec{m}$
ایک مختصر دوقطبیے کے لیے استوائی میدان	$-\vec{p}/4\pi\varepsilon_0 r^3$	$-\mu_0\ \vec{m}\ /\ 4\pi\ r^3$
ایک مختصر دوقطبیے کے لیے محوری میدان	$2\vec{p}/4\pi\varepsilon_0 r^3$	$\mu_0\ 2\vec{m}\ /\ 4\pi\ r^3$
باہری میدان:قوت گردشہ	$\vec{p} \times \vec{E}$	$\vec{m} \times \vec{B}$
باہری میدان:توانائی	$-\vec{p}.\vec{E}$	$-\vec{m}.\vec{B}$

© NCERT not to be republished

مثال 5.4 ایک 5.0cm لمبائی کے چھڑ مقناطیس کی وجہ سے اس کے اوسطی نقطے سے 50cm کے فاصلے پر ہونے والے استوائی اور محوری میدانوں کی عددی قدریں کیا ہوں گی؟ چھڑ مقناطیس کا معیارِ اثر $0.40\ Am^2$

حل: مساوات 5 . 7 سے جو وہی،

$$= \frac{10^{-7} \times 0.4}{(0.5)^3} = \frac{10^{-7} \times 0.4}{0.125} = 3.2 \times 10^{-7}\ T$$

$$B_E = \frac{\mu_0 m}{4\pi r^3}$$

مساوات 5.8 سے

$$B_A = \frac{\mu_0 2m}{4\pi r^3} = 6.4 \times 10^{-7}\ T$$

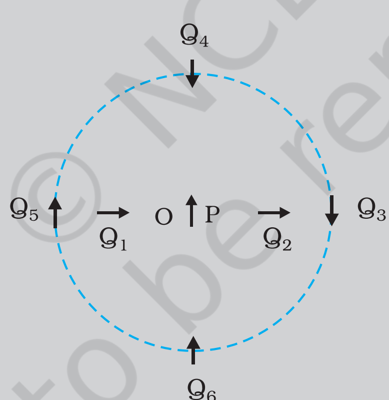
مثال 5.4

مثال 5.5: شکل 5.5 میں ایک چھوٹی مقناطیسی ہوئی سوئی P دکھائی گئی ہے، جو نقطہ O پر رکھی ہے۔ تیر کا نشان، اس کے مقناطیسی معیارِ اثر کی سمت ظاہر کرتا ہے۔ دوسرے تیروں کے نشان، ایک دوسری متماثل مقناطی ہوئی سوئی Q کے مختلف مقامات (اور مقناطیسی معیارِ اثر کی تشریق) دکھاتے ہیں۔

(a) کس تشکیل میں نظام، توازن میں نہیں ہے؟

(b) کس تشکیل میں نظام ہے (i) مستحکم توازن میں (ii) غیر مستحکم توازن میں

(c) دکھائی گئی تشکیلوں میں سے کون سی تشکیل اقل ترین وضع توانائی سے مطابقت رکھتی ہے؟



شکل 5.5

حل:

تشکیل کی وضع توانائی، ایک دوقطبیہ (P فرض کیا) کی وجہ سے پیدا ہونے والے مقناطیسی میدان میں دوسرے دو قطبیہ (Q) کی وضع توانائی کی وجہ سے پیدا ہوتی ہے، وہ نتائج استعمال کیجیے کہ P کی وجہ سے پیدا ہونے والا میدان، ریاضیاتی عبارتوں [مساوات (5.7) اور مساوات (5.8) سے دیا جاتا ہے:

(عمودی ناصف پر)

$$\vec{B}_P = -\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{\vec{m}_P}{r^3}$$

(محور پر)

$$\vec{B}_P = \frac{\mu_0 2}{4\pi}\frac{\vec{m}_P}{r^3}$$

جہاں $\vec{m}_P$، دوقطبیہ P کا مقناطیسی معیارِ اثر ہے۔

مثال 5.5

© NCERT not to be republished

مثال 5.5

توازن اس وقت مستحکم ہوگا جب $\vec{m}_Q$ ، $\vec{B}_P$ کے متوازی ہے اور غیر مستحکم ہوگا جب یہ $\vec{B}_P$ کے مخالف متوازی ہوگا۔ مثلاً، تشکیل Q_3 میں Q دوقطبیہ P کے عمودی ناصف پر ہے، Q کا مقناطیسی معیارِ اثر مقام 3 پر مقناطیسی میدان کے متوازی ہے۔ اس لیے Q_3 مستحکم ہے۔

لہٰذا:

(a) PQ_1 اور PQ_2

(b) (i) PQ_3 ، PQ_6 (مستحکم) (ii) PQ_5 ، PQ_4 (غیر مستحکم)

(c) PQ_6

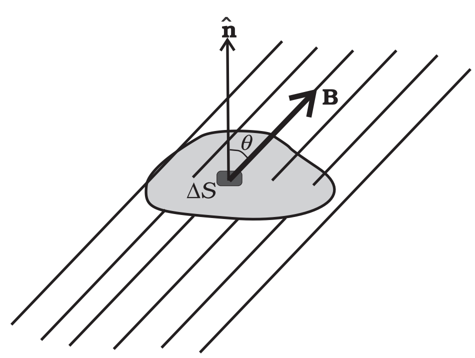
5.3 مقناطیسیت اور گاس کا قانون
(Magnetism and Gauss's Law)

باب 1 میں، ہم نے برق سکونیات کے لیے گاس کے قانون کا مطالعہ کیا تھا۔ شکل (c) 5.3 میں ہم دیکھ سکتے ہیں کہ (i) کے ذریعے ظاہر کی گئی ایک بند سطح کے لیے، سطح سے باہر نکلنے والے خطوط کی تعداد، سطح میں داخل ہونے والے خطوط کی تعداد کے مساوی ہے۔ یہ اس حقیقت سے سازگار ہے کہ سطح کے ذریعے کوئی کل چارج نہیں گھیرا گیا ہے۔ لیکن، اسی شکل میں، بند سطح (ii) کے لیے ایک کل باہری فلکس ہے کیونکہ اس میں ایک کل (مثبت) چارج شامل ہے۔

مقناطیسی میدان کے لیے صورت بہت زیادہ مختلف ہے، کیونکہ یہ مسلسل ہوتے ہیں اور بند لوپ تشکیل دیتے ہیں۔ (i) یا (ii) کے ذریعے شکل (a) 5.3 یا (b) 5.3 میں ظاہر کی گئی گاسی سطحوں کو دیکھیے۔ دونوں صورتوں میں یہ بخوبی دیکھا جاسکتا ہے کہ سطح سے باہر نکلتے ہوئے مقناطیسی میدانی خطوط کی تعداد، اس میں داخل ہونے والے خطوط کی تعداد سے متوازن ہوجاتی ہے۔ دونوں سطحوں کے لیے کل مقناطیسی فلکس صفر ہے۔

کارل فریڈرک گاس (1777-1855)

بچپن سے ہی غیر معمولی ذہین تھے اور کئی علوم میں خاص طور سے خداداد صلاحیت کے مالک تھے۔ جیسے: ریاضی، طبیعات، انجینئرنگ، علم فلکیات اور سروے کے علم میں بھی۔ انھیں اعداد کی خاصیتیں متحیر کرتی تھیں اور اپنے کام میں بعد میں ہونے والی ریاضی کی ترقی کا اندازہ لگالیا تھا۔ ولہیم ویلبر کے ساتھ مل کر انھوں نے 1833 میں پہلا برقی ٹیلی گراف بنایا۔ ان کے انحنائی سطحوں کے نظریے نے بعد میں ریمن کے ذریعے کیے گئے کام کے لیے بنیاد فراہم کی۔



شکل 5.6

ایک بند سطح S کا ایک مختصر سمتیہ رقبہ جز $\Delta\vec{S}$ لیجیے، جیسا کہ شکل 5.6 میں دکھایا گیا ہے۔ $\Delta\vec{S}$ سے گزرتے ہوئے مقناطیسی فلکس کی تعریف کی جاتی ہے۔ $\Delta\phi_B = \vec{B}.\Delta\vec{S}$ ، جہاں $\vec{B}$ ، $\Delta\vec{S}$ پر میدان ہے۔ ہم S کو

بہت سارے مختصر جزوں میں تقسیم کرتے ہیں اور ہر جز میں سے گذر رہے انفرادی فلکس کی تحسیب کرتے ہیں۔تب کل فلکس ϕ_B ہے:

$$\phi_B = \sum_{'all'} \Delta\phi_B = \sum_{'all'} \vec{B}\cdot\Delta\vec{S} = 0 \qquad (5.9)$$

جہاں 'all' کا مطلب ہے تمام ''رقبہ اجزا ΔS''۔اس کا مقابلہ برق سکونیات کے لیے گاس کے قانون سے کیجیے۔اس صورت میں ایک بند سطح سے گذرنے والا فلکس دیا جاتا ہے:

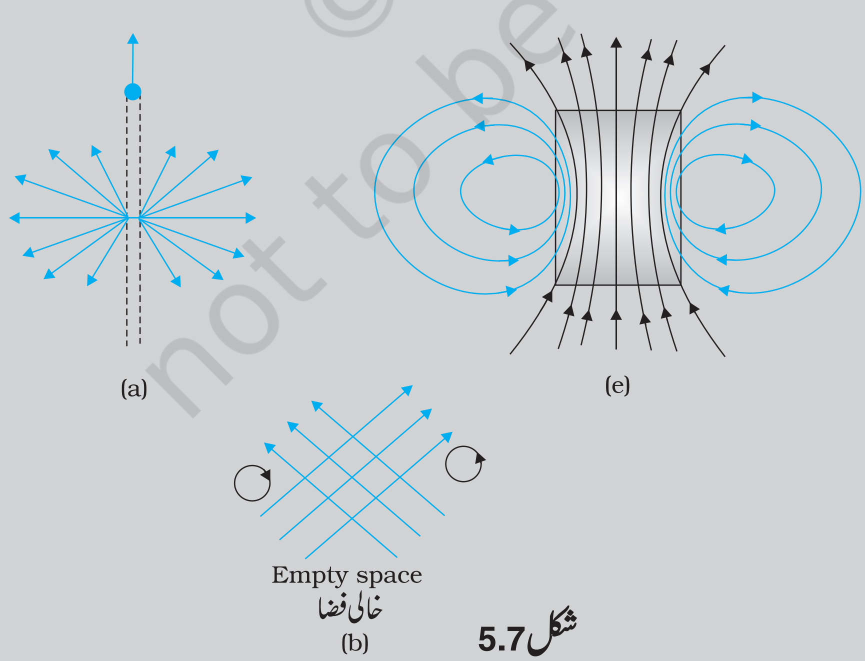
$$\sum \vec{E}\cdot\Delta\vec{S} = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

جہاں q، سطح سے گھرا ہوا چارج ہے۔

گاس کے مقناطیسیت کے قانون اور برق۔سکونیات کے قانون میں پایا جانے والا فرق، اس حقیقت کا عکس ہے کہ جدا کیے ہوئے مقناطیسی قطبین (جو یک قطبین بھی کہلاتے ہیں) نہیں پائے گئے ہیں۔ $\vec{B}$ کے کوئی وسیلے (ماخذ sources) یا سنک (sink) نہیں ہیں، سادہ ترین مقناطیسی جز ایک دوقطبیہ یا ایک کرنٹ لوپ ہے۔تمام مقناطیسی مظاہر کی وضاحت دو قطبیوں یا/اور کرنٹ لوپوں کے نظم کی شکل میں کی جاسکتی ہے۔اس لیے، مقناطیسیت کے لیے، گاس کا قانون ہے:

کسی بھی بند سطح سے گذرنے والا کل مقناطیسی فلکس صفر ہے۔

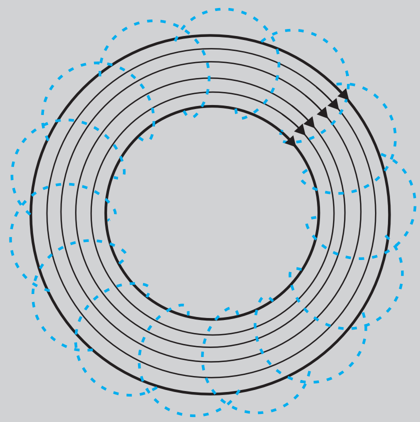
مثال 5.6: شکل 5.7 میں دکھائی گئی کئی ڈائیگراموں میں مقناطیسی میدانی خطوط غلط طور پر دکھائے گئے ہیں (شکل میں موٹے خطوط سے ظاہر کیے گئے ہیں)۔نشاندہی کیجیے کہ ان میں کیا غلطی ہے۔ان میں سے کچھ برق۔سکونی میدانی خطوط کو درست طور پر بیان کرسکتی ہیں۔ان ڈائیگراموں کی نشاندہی کیجیے۔



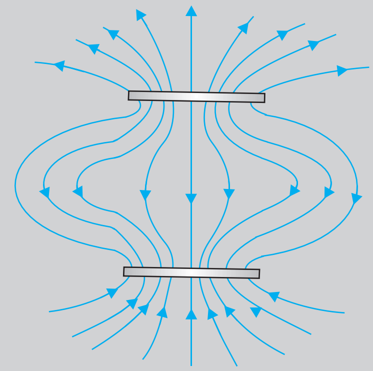
شکل 5.7

مثال 5.6

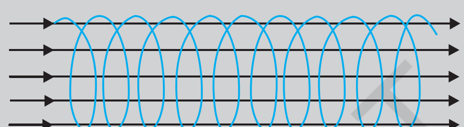
© NCERT not to be republished



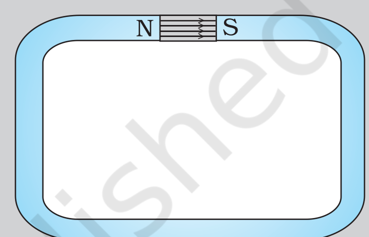
(c)



(f)



(d)



(g)

حل:

(a) غلط۔مقناطیسی میدانی خطوط کبھی بھی ایک نقطے سے نہیں نکل سکتے ہیں، جیسا کہ شکل میں دکھایا گیا ہے۔کسی بھی بند سطح پر، $\vec{B}$ کا کل فلکس صفر ہونا لازمی ہے،یعنی کہ،ڈائیگرام میں سطح میں اتنے ہی میدانی خطوط داخل ہوتے ہوئے دکھائے جانے چاہئیں، جتنے باہر نکلتے ہوئے دکھائے گئے ہیں۔دکھائے گئے میدانی خطوط،دراصل ایک لمبے مثبت چارج شدہ تار کے برقی میدان کو ظاہر کرتے ہیں۔درست مقناطیسی میدانی خطوط مستقیم موصل کے گرد دائرہ بناتے ہیں، جیسا کہ باب 4 میں بیان کیا گیا ہے۔

(b) غلط۔مقناطیسی میدانی خطوط (برقی میدانی خطوط کی طرح ہی،کبھی ایک دوسرے کو قطع نہیں کر سکتے، کیونکہ اگر ایسا ہو تو نقطہ تقاطع پر میدان کی سمت غیر واضح ہوگی۔اس ڈائیگرام میں ایک اور غلطی ہے۔مقناطیس۔سکونی میدانی خطوط کبھی خالی فضا کے گرد بند لوپ نہیں بنا سکتے۔ایک مقناطیس۔سکونی میدانی خطوط کے بند لوپ سے ایک ایسا علاقہ گھرا ہونا لازمی ہے، جس میں سے کرنٹ گذر رہا ہو۔اس کے برخلاف، برق۔سکونی میدانی خطوط کبھی بند لوپ نہیں تشکیل دے سکتے، نہ ہی خالی فضا میں اور نہ ہی جب لوپ سے ایک چارج گھرا ہو۔

(c) درست۔مقناطیسی خطوط ایک ٹورائڈ کے اندر مکمل طور پر محدود ہوتے ہیں۔یہاں میدانی خطوط اگر بند لوپ بنا رہے ہیں تو کچھ غلط نہیں ہے کیونکہ ہر لوپ سے ایک ایسا علاقہ گھرا ہوا ہے جس میں سے کرنٹ گذر رہا ہے۔نوٹ کریں کہ شکل کو واضح کرنے کے لیے، ٹورائڈ کے اندر چند میدانی خطوط ہی دکھائے گئے ہیں۔اصل میں لپیٹوں سے گھرے ہوئے پورے علاقے میں مقناطیسی میدان ہوتا ہے۔

مثال 5.6

© NCERT not to be republished

(d) غلط۔ ایک سولی نائڈ کی وجہ سے پیدا ہونے والے میدان کے میدانی خطوط، اس کے کناروں پر اور اس سے باہر اتنے مکمل طور پر سیدھے (مستقیم خط) نہیں ہو سکتے اور نہ ہی محدود ہو سکتے ہیں۔ یہ بات ایمپیر کے قانون کی خلاف ورزی کرتی ہے۔ خطوط کو دونوں کناروں (سروں) پر باہر کی طرف مڑنا (انحنائی ہونا) چاہیے اور آخر کار اس طرح ملنا چاہیے کہ بند لوپ تشکیل ہو سکیں۔

(e) درست – یہ میدانی خطوط، ایک چھڑ مقناطیس کے باہر اور اس کے اندر کے ہیں۔ مقناطیس کے اندر میدانی خطوط کی سمت بغور نوٹ کریں۔ تمام مقناطیسی خطوط ایک شمالی قطب سے ہی نہیں نکل رہے ہیں (اور نہ ایک ہی جنوبی قطب پر مرکوز (Converge) ہو رہے ہیں)۔ N–قطب اور S–قطب دونوں کے گرد، میدان کا کل فلکس صفر ہے۔

(f) غلط – زیادہ امکان یہ ہے کہ یہ میدانی خطوط اور یک مقناطیسی میدان کو نہیں ظاہر کرتے۔ اوپری علاقہ دیکھیں تمام میدانی خطوط، سیاہ کی ہوئی چادر سے نکلتے ہوئے معلوم ہوتے ہیں۔ اس لیے سیاہ کی ہوئی چادر کو گھیرنے والی سطح سے گذرنے والا کل فلکس صفر نہیں ہے۔ یہ ایک مقناطیسی میدان کے لیے ناممکن ہے۔ دراصل، دکھائے گئے میدانی خطوط، ایک مثبت چارج شدہ اوپری چادر اور ایک منفی چارج شدہ نچلی چادر کے برق سکونی میدان کے خطوط ہیں۔ شکل (e) 5.7 اور شکل (f) 5.7 کے فرق کو اچھی طرح سمجھنا چاہیے۔

(g) غلط – دو قطبی ٹکڑوں کے درمیان مقناطیسی میدانی خطوط، سروں پر اتنے درست طور پر مستقیم (سیدھے) نہیں ہو سکتے۔ خطوط کا کچھ جھالر کی شکل میں لٹکنا (fringing) لازمی ہے۔ ورنہ، ایمپیر کے قانون کی خلاف ورزی ہوتی ہے۔ یہ برقی میدانی خطوط کے لیے بھی درست ہے۔

مثال 5.6

مثال 5.7

(a) مقناطیسی میدانی خطوط وہ سمت دکھاتے ہیں (ہر نقطے پر)، جس میں ایک چھوٹی مقناطی ہوئی سوئی اپنے آپ کو تشریق دیتی ہے (اس نقطے پر)۔ کیا مقناطیسی میدانی خطوط ایک متحرک چارج شدہ ذرہ پر، ہر نقطہ پر، خطوطِ قوت بھی ظاہر کرتے ہیں؟

(b) مقناطیسی میدانی خطوط کو مکمل طور پر ایک ٹورائڈ کے قالب کے اندر محدود کیا جا سکتا ہے، لیکن ایک مستقیم سولی نائڈ کے اندر نہیں – کیوں؟

(c) اگر مقناطیسی یک قطبین موجود ہوتے، تو مقناطیسیت کے گاس کے قانون میں کیا ترمیم کی جاتی؟

(d) کیا ایک چھڑ مقناطیس خود اپنے میدان کی وجہ سے، خود پر ایک قوت گردشہ لگاتا ہے؟ کیا ایک کرنٹ بردار تار کا ایک جز اسی تار کے دوسرے جز پر قوت لگاتا ہے؟

(e) مقناطیسی میدان، متحرک چارجوں کی وجہ سے پیدا ہوتا ہے۔ کیا ایک نظام کا مقناطیسی معیارِ اثر ہو سکتا ہے، جب کہ اس کا کل چارج صفر ہو؟

مثال 5.7

© NCERT not to be republished

حل:

(a) نہیں۔ مقناطیسی قوت ہمیشہ $\vec{B}$ پر عمودی ہوتی ہے۔[یاد کریں: $\vec{B} \times q\vec{v}$ = مقناطیسی قوت]۔ اس لیے مقناطیسی میدانی خطوط کو خطوط قوت کہنا درست نہیں ہے۔

(b) اگر میدانی خطوط ایک مستقیم سولی نائڈ کے دونوں کناروں کے درمیان مکمل طور پر محدود ہوں تو ہر کنارے پر ایک تراشی رقبے سے گذرنے والا فلکس غیر صفر ہوگا۔ لیکن $\vec{B}$ میدان کا، کسی بھی بند سطح سے گذرنے والا، فلکس ہمیشہ صفر ہونا چاہیے۔ ایک ٹورائڈ میں یہ دشواری اس لیے نہیں ہوتی، کیونکہ اس کا کوئی سرا (کنارہ) نہیں ہوتا۔

(c) مقناطیسیت کے گاس کے قانون کا بیان ہے کہ کسی بھی بند سطح سے گذرنے والا، $\vec{B}$ کا فلکس ہمیشہ صفر ہوتا ہے:

$$\oint_S \vec{B}\cdot d\vec{s} = 0$$

اگر یک قطبین موجود ہوتے، تو دائیں سمت، S سے گھرے ہوئے یک قطب (مقناطیسی چارج) q_m کے مساوی ہوتی۔[برق۔سکونیت کے گاس کے قانون کے مشابہ، $\int_S \vec{B}\cdot d\vec{s} = \mu_0 q_m$، جہاں q_m، S سے گھرا ہوا (یک قطب) مقناطیسی چارج ہے]

(d) نہیں۔ خود جز سے پیدا ہوئے میدان کی وجہ سے جز پر کوئی قوت یا قوت گردشہ نہیں لگتا۔ لیکن ایک جز کی وجہ سے اسی تار کے دوسرے جز پر ایک قوت (یا قوت گردشہ) لگتی ہے۔[ایک مستقیم تار کی خصوصی صورت میں یہ قوت صفر ہے)۔

(e) ہاں، ایک نظام میں اوسط چارج صفر ہوسکتا ہے۔ لیکن مختلف کرنٹ لوپوں کی وجہ سے پیدا ہونے والے مقناطیسی معیارِ اثر کا اوسط پھر بھی ہوسکتا ہے صفر نہ ہو۔ پارا مقناطیسی مادوں کے سلسلے میں ایسی مثالیں ہمارے سامنے آئیں گی جہاں ایٹموں کا کل دوقطبی معیارِ اثر ہوتا ہے، جب کہ ان کا کل چارج صفر ہوتا ہے۔

مثال 5.7

© NCERT not to be republished

5.4 زمین کی مقناطیسیت (THE EARTH'S MAGNETISM)

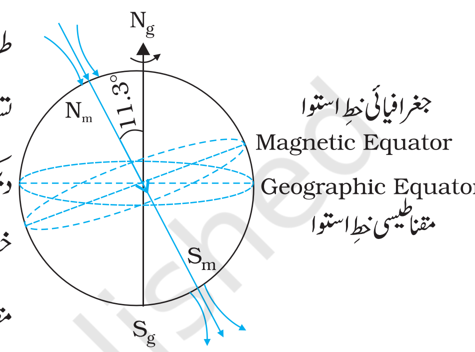
ہم نے پہلے زمین کے مقناطیسی میدان کا ذکر کیا تھا۔ زمین کے مقناطیسی میدان کی طاقت، سطح زمین پر ایک مقام سے دوسرے مقام پر تبدیل ہوتی رہتی ہے، اس کی قدر 10^{-5} T کے درجے کی ہوتی ہے۔

زمین کے مقناطیسی میدان کے ہونے کی وجہ واضح نہیں ہے۔ شروع میں یہ سمجھا جاتا تھا کہ زمین کا مقناطیسی میدان ایک بہت بڑے چھڑ مقناطیس کی وجہ سے پیدا ہوتا ہے جو زمین کی گردش کے محور پر (تقریباً)، زمین میں بہت گہرائی پر رکھا ہوا ہے۔ لیکن یہ سادہ تصویر، ظاہر ہے کہ درست نہیں ہے۔ اب ہم یہ سمجھتے ہیں کہ مقناطیسی میدان ان برقی کرنٹوں کی وجہ سے پیدا ہوتا ہے جو زمین کے باہری قالب، دھاتی سیال (metallic fusid)[جو زیادہ تر پگھلے ہوئے لوہے اور نکل پر مشتمل ہوتا ہے] کی حملی اور (convective current) سے بنتے ہیں۔ یہ ڈائی نمواثر (Dynamo effect) کہلاتا ہے۔

زمین کے مقناطیسی میدانی خطوط، زمین کے مرکز پر رکھے ہوئے (فرضی hypothetical) مقناطیسی دوقطبیہ کے

میدانی خطوط سے ملتے جلتے ہوتے ہیں۔اس دوقطبیہ کا محور، زمین کی گردش کے محور پر منطبق نہیں ہے بلکہ اس محور سے تقریباً 11.3º کے زاویہ پر جھکا ہوا ہے۔اگر ہم اس طرح سے زمین کی مقناطیسیت کو سمجھنے کی کوشش کرتے ہیں تو ہم کہہ سکتے ہیں کہ مقناطیسی قطبین ان مقامات پر ہیں جہاں دوقطبیہ کے مقناطیسی میدانی خطوط زمین میں داخل ہوتے ہیں یا زمین سے باہر نکلتے ہیں۔شمالی مقناطیسی قطب کا مقام، 79.74º N عرض البلد اور 71.8º W طول البلد ہے، جو شمالی کناڈا میں ایک جگہ ہے۔مقناطیسی جنوبی قطب، 79.74º S اور 108.22ºE، انٹارکٹیکا میں ہے۔

زمین کے جغرافیائی شمالی قطب کے نزدیک والا قطب، شمالی مقناطیسی قطب کہلاتا ہے۔اور اسی طرح جغرافیائی جنوبی قطب کے نزدیک والا قطب، جنوبی مقناطیس قطب کہلاتا ہے۔قطبین کے اس تسمیہ (nomen clature) میں کچھ مغالطہ ہوسکتا ہے۔اگر ہم زمین کے مقناطیسی میدانی خطوط دیکھیں (شکل 5.8)، تو ایک چھڑ مقناطیس کے میدانی خطوط کے برخلاف، یہاں، میدانی خطوط، شمالی مقناطیسی قطب (N_m) پر زمین میں جاتے ہوئے دکھائی دیتے ہیں، جب کہ جنوبی مقناطیسی قطب (S_m) سے باہر نکلتے ہوئے معلوم ہوتے ہیں۔یہ قرارداد اس لیے منظور کی گئی کیونکہ مقناطیسی شمال اس سمت کو مانا گیا، جس جانب ایک مقناطیسی سوئی کا شمالی قطب نشاندہی کرتا تھا، اور ایک مقناطیس کے شمالی قطب کو یہ نام اس لیے دیا گیا کیونکہ یہ وہ قطب تھا جو شمال کی طرف جانا چاہتا تھا۔اس لیے، دراصل، ایک شمالی مقناطیسی قطب اس طرح برتاؤ کرتا ہے۔جیسے کہ ایک زمین کے اندر رکھے ہوئے چھڑ مقناطیس کا جنوبی قطب ہو، اور اس کے برخلاف بھی۔



شکل 5.8 زمین بطور ایک ضخیم مقناطیسی دوقطبیہ

مثال 5.8: خط استوا پر زمین کا مقناطیسی میدان، تقریباً، 0.49G ہے۔زمین کے دوقطبی معیار اثر کا تخمینہ لگائیے۔

حل: مساوات (5.7) سے، استوائی مقناطیسی میدان ہے:

$$B_E = \frac{\mu_0 m}{4\pi r^3}$$

ہمیں دیا ہوا ہے: $B_E \sim 0.4\ G = 4 \times 10^{-5}\ T$، r کے لیے، ہم زمین کا نصف قطر لیتے ہیں: $6.4 \times 10^6\ m$ اس لیے:

$$= 4 \times 10^2 \times (6.4 \times 10^6)^3 \quad (\mu_0/4\pi = 10^{-7})$$

$$m = \frac{4 \times 10^{-5} \times (6.4 \times 10^6)^3}{\mu_0 / 4\pi}$$

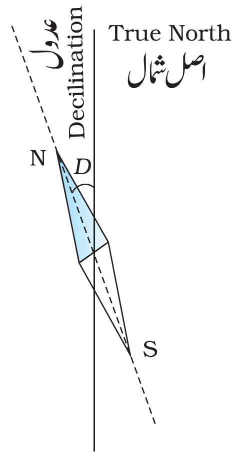
$$= 1.05 \times 10^{23}\ A\ m^2$$

یہ ارض مقناطیسی درسیات میں دی گئی قدر: $8 \times 10^{22}\ A\ m^2$، کے نزدیک ہے۔

مثال 5.8

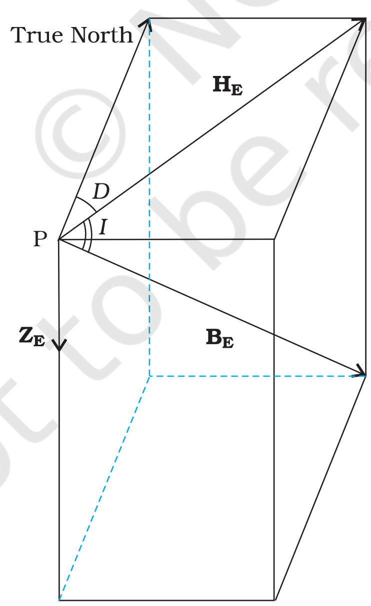
© NCERT not to be republished

5.4.1 مقناطیسی عدول اور میلان (Magnetic declination and dip)

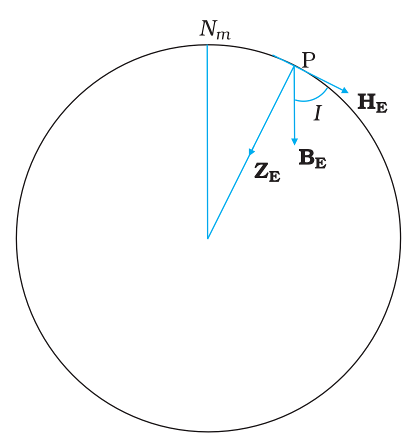


شکل 5.9: افقی مستوی میں آزادنہ حرکت کر سکنے والی ایک مقناطیسی سوئی، مقناطیسی شمال-جنوب کی سمت میں اشارہ کرتی ہے۔

سطح زمین پر ایک نقطہ لیجیے۔ایک ایسے نقطے پر، طول البلد (longitude) دائرہ کی سمت جغرافیائی شمال-جنوب سمت کا تعین کرتی ہے، شمالی قطب کی جانب، طول البلد کا خط، اصل شمال کی سمت ہے۔طول البلد دائرہ اور زمین کے گردشی محور دونوں جس راسی مستوی میں ہوتے ہیں وہ جغرافیائی میریڈین (نصف النہار Meridian) کہلاتا ہے۔اسی طرح ہم ایک مقام کے مقناطیسی میریڈین کی تعریف کر سکتے ہیں: مقناطیسی میریڈین وہ راسی مستوی ہے جو مقناطیسی شمال اور مقناطیسی جنوب کو ملانے والے خیالی (فرضی) خط سے گذرتا ہے۔یہ مستوی، زمین کی سطح کو ایک طول البلد جیسے دائرہ میں قطع کرے گا۔ایسی مقناطیسی سوئی جو افقی طور پر احتزازات کرنے کے لیے آزاد ہو، ایک مقناطیسی میریڈین میں ہوگی اور مقناطیسی سوئی کا شمالی قطب، مقناطیسی شمالی قطب کی جانب نشاندہی کرے گا۔کیونکہ مقناطیسی قطبین کو آپس میں ملانے والا خط زمین کے جغرافیائی محور کی مناسبت سے جھکا ہوا ہوتا ہے، اس لیے ایک نقطہ پر، مقناطیسی میریڈین، جغرافیائی میریڈین سے ایک زاویہ بناتا ہے۔یہ، پھر، اصل جغرافیائی شمال اور ایک قطب نما سوئی (Compass nedle) کے ذریعے ظاہر کیے گئے شمال کے درمیان زاویہ ہے۔یہ زاویہ مقناطیسی عدول (Magnetic Declination) یا صرف عدول (Declination) کہلاتا ہے (شکل 5.9)۔زیادہ عرض البلد (Latitude) پر عدول زیادہ ہوتا ہے اور خط استوا کے قریب مقابلتاً کم ہوتا ہے۔ہندوستان میں عدول کی قدر کم ہے، یہ دہلی پر 0°41′ E اور بمبئی پر 0°58′ W ہے۔اس لیے، ان دونوں مقامات پر مقناطیسی سوئی، اصل شمال کی نشاندہی خاصی درستگی صحت کے ساتھ کرتی ہے۔



شکل 5.11: زمین کا مقناطیسی میدان $\vec{B}_E$، اس کا افقی جز $\vec{H}_E$ اور راسی جز $\vec{Z}_E$۔ عدول D اور جھکاؤ یا زاویہ میلان، I، بھی دکھائے گئے ہیں۔



شکل 5.10: یہ دائرہ زمین سے گذرتا ہوا وہ قطعہ (تراشہ) ہے، جس میں مقناطیسی میریڈین ہے۔ $\vec{H}_E$ اور افقی جز $\vec{B}_E$ کے درمیان زاویہ، زاویہ میلان ہے۔

اصل شمال true North

© NCERT not to be republished

ہماری دلچسپی کی ایک مقداراور ہے۔اگر ایک مقناطیسی سوئی ایک افقی محور کے گرد مثالی توازن (Perfect Balance) میں ہو،اور اس لیے مقناطیسی عدول کے ایک مستوی میں احتزاز کرسکتی ہو،تو یہ سوئی افقی خط (horizontal) کے ساتھ ایک زاویہ بنائے گی (شکل 5.10)—اسے زاویہ میلان (angle of dip) [اسے جھکاؤ (Inclination) بھی کہتے ہیں] کہتے ہیں۔اس لیے میلان، وہ زاویہ ہے جو زمین کا کل مقناطیسی میدان $\vec{B}_E$، سطح زمین کے ساتھ بناتا ہے۔شکل 5.11 میں سطح زمین کے ایک نقطہ P پر مقناطیسی میریڈین مستوی دکھایا گیا ہے۔یہ مستوی زمین سے گذر رہا ایک قطعہ (تراشہ Section) ہے۔P پر کل مقناطیسی میدانی کو ایک افقی جز $\vec{H}_E$ اور ایک راسی جز میں تحلیل کیا جاسکتا ہے۔ $\vec{B}_E$ جو زاویہ $\vec{H}_E$ کے ساتھ بناتا ہے، وہی زاویۂ میلان، I، ہے۔

شمالی نصف کرہ کے زیادہ تر حصے میں، میلان سوئی کا شمالی قطب نیچے کی جانب جھکا ہوتا ہے اور اسی طرح جنوبی نصف کرہ کے زیادہ تر حصے میں، میلان سوئی کا جنوبی قطب نیچے کی جانب جھکا ہوتا ہے۔سطح زمین کے ایک نقطہ پر زمین کے مقناطیسی میدان کو بیان کرنے کے لیے، ہمیں تین مقداروں کو معین کرنا ہوتا ہے۔یہ ہیں: عدول D، زاویہ میلان یا جھکاؤ I، اور زمین کے میدان کا افقی جز $\vec{H}_E$ ۔یہ زمین کے مقناطیسی میدان کے اجز کہلاتے ہیں۔

راسی جز کو $\vec{Z}_E$ سے ظاہر کرنے پر، ہمارے پاس ہے:

$$Z_E = B_E \sin I \qquad [5.10(a)]$$

$$H_E = B_E \cos I \qquad [5.10(b)]$$

جن سے حاصل ہوتا ہے

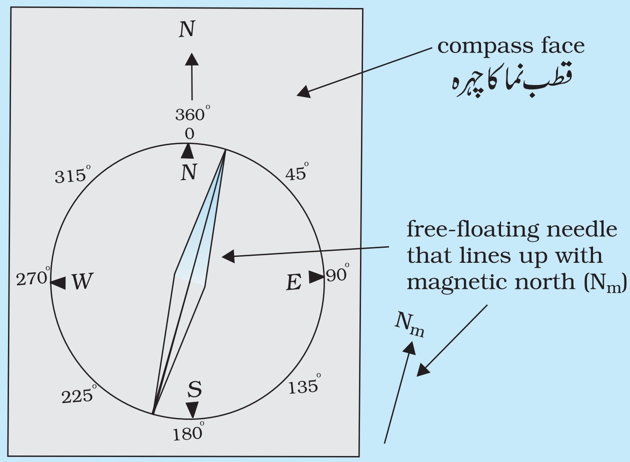
$$\tan I = \frac{Z_E}{H_E} \qquad [5.10(c)]$$

قطبین پر میری قطب نما سوئی کے ساتھ کیا ہوتا ہے؟

ایک قطب نما سوئی، ایک مقناطیسی سوئی پر مشتمل ہوتی ہے جو ایک چولی نقطہ (pivotal point) پر گھومتی ہے۔جب قطب نما کو ہموار رکھا جاتا ہے، تو وہ اس مقام پر زمین کے مقناطیسی میدان کے افقی جز کی سمت میں اشارہ کرتا ہے۔اس لیے، قطب نما سوئی، اس مقام کے مقناطیسی میریڈین کی جانب رہے گی۔زمین کے کچھ مقامات پر مقناطیسی معدنیات کے ذخیرے ہیں، جو قطب نما سوئی کو مقناطیسی میریڈین سے منحرف کرنے کا سبب بنتے ہیں۔ایک مقام پر اگر ہمیں مقناطیسی عدول معلوم ہو، تو ہم قطب نما کی اس طور پر تصحیح کرسکتے ہیں کہ اصل شمال کی سمت معلوم ہو سکے۔

پھر کیا ہوگا، اگر ہم اپنا قطب نما، مقناطیسی قطب پر لے جائیں؟ قطبین پر، مقناطیسی میدانی خطوط راسی طور پر مرکوز (convergent) ہوتے ہیں یا غیر مرکوز (Divergent) ہوتے ہیں اور اس لیے افقی جز قابل نظر انداز ہوتا ہے۔اگر سوئی صرف ایک افقی مستوی میں ہی حرکت کرسکتی ہو، تو یہ کسی بھی سمت کی جانب اشارہ کرسکتی ہے، اور پھر یہ سوئی ایک سمت نشان گر کی حیثیت سے بے کار ہو جائے گی۔ایسی صورت میں ہمیں دراصل ایک میلان سوئی (Dip needle) درکار رہوتی ہے جو ایک ایسا قطب نما ہوتا ہے، جس کی چول اس طرح بٹھائی جاتی ہے کہ وہ اس راسی مستوی میں حرکت کرسکے

آزادانہ گھومتی ہوئی سوئی جو مقناطیسی شمال (N_m) کی سیدھ میں اشارہ کرتی ہے۔



جس میں زمین کا مقناطیسی میدان ہو۔تب قطب نما کی سوئی وہ زاویہ ظاہر کرتی ہے جو مقناطیسی میدان، راسی خط کے ساتھ بناتا ہے۔قطبین پر ایسی سوئی سیدھے نیچے کی جانب اشارہ کرے گی۔

مثال 5.9: کسی مقام کے مقناطیسی عدول میں، زمین کے مقناطیسی میدان کا افقی جز 0.26G ہے اور زاویۂ میلان 60° ہے۔اس مقام پر زمین کا مقناطیسی میدان کیا ہے؟

حل: یہ دیا ہوا ہے کہ: $H_E = 0.26$ G، شکل 5.11 سے ہمارے پاس ہے۔

$$\cos 60^0 = \frac{H_E}{B_E}$$

$$B_E = \frac{H_E}{\cos 60^0}$$

$$= \frac{0.26}{(1/2)} = 0.52\,\text{G}$$

زمین کا مقناطیسی میدان

یہ بالکل نہیں مان لینا چاہیے کہ زمین کے اندر بہت گہرائی پر کوئی اتنا ضخیم مقناطیس دفن ہے جو زمین کا مقناطیسی میدان پیدا کر رہا ہے۔حالانکہ زمین میں بہت سے لوہے کے ذخیرے ہیں لیکن ایسا ہونا قرین قیاس نہیں ہے کہ لوہے کا ایک اتنا بڑا ٹھوس ٹکڑا ہو جو مقناطیسی شمالی قطب سے مقناطیسی جنوبی قطب تک پھیلا ہوا ہو۔زمین کا قالب (Core) بہت زیادہ گرم اور پگھلی ہوئی شکل میں ہے اور لوہے اور نکل کے آئن زمین کی مقناطیسیت کے لیے ذمہ دار ہیں۔یہ مفروضہ بڑی حد تک درست معلوم ہوتا ہے۔چاند، جس میں کوئی پگھلا ہوا قالب نہیں ہے، اس کا کوئی مقناطیسی میدان بھی نہیں ہے، زہرہ (Venus) کی گردشی رفتار مقابلتاً کم ہے اور اس کا مقناطیسی میدان بھی مقابلتاً کمزور ہے، جب کہ مشتری (Jupiter) جس کی شرح گردش، تمام سیاروں میں سب سے زیادہ ہے، اس کا مقناطیسی میدان بھی خاصا طاقت ور ہے۔لیکن ان دورانی کرنٹوں کی درست وضع اور اور انھیں

برقرار رکھنے کے لیے درکار توانائی، ابھی بھی اچھی طرح سے نہیں سمجھی جاسکی ہیں۔ کئی سوال ایسے ہیں، جن کے جواب معلوم نہیں ہیں اور وہ ابھی بھی تحقیق کے اہم موضوعات ہیں۔

زمین کے مقناطیسی میدان میں مقام کے ساتھ تبدیلی بھی مطالعہ کا ایک دلچسپ موضوع ہے۔ سورج کے ذریعے خارج کیے گئے چارج شدہ ذرات، زمین کی طرف اور زمین سے آگے، بھی ایک چشمے کی شکل میں سفر کرتے ہیں جو شمسی باد (Solar wind) کہلاتی ہے۔ ان ذرات کی حرکت، زمین کے مقناطیسی میدان سے متاثر ہوتی ہے اور یہ خود زمین کے مقناطیسی میدان کے نمونے پر اثر انداز ہوتے ہیں قطبین کے قریب، زمین کے مقناطیسی میدان کا نمونہ، زمین کے دوسرے علاقوں میں مقناطیسی میدان کے نمونے سے کافی مختلف ہوتا ہے۔

وقت کے ساتھ، زمین کے مقناطیسی میدان کی تبدیلی بھی کچھ کم تعجب خیز نہیں ہے۔ کم مدت میں ہونے والی تبدیلیاں ہیں، جو صدیوں میں ہوجاتی ہیں اور کچھ وسیع مدتی تبدیلیاں ہیں، جن میں کئی دس لاکھ سالوں کا عرصہ لگتا ہے۔ 1580 سے 1820 عیسوی تک، 240 برس کے عرصے میں، جن برسوں کے ریکارڈ دستیاب ہیں، لندن کے مقناطیسی عدول میں $3.5°$ کی تبدیلی معلوم کی گئی ہے، جس سے یہ تجویز ہوتا ہے کہ زمین کے اندر مقناطیسی قطبین، وقت کے ساتھ اپنا مقام تبدیل کرلیتے ہیں۔ ایک دس لاکھ سال کے پیمانے پر، زمین کا مقناطیسی میدان اپنی سمت مخالف سمت میں تبدیل کرلیتا ہے۔ بسالٹ (Basalt) میں لوہا ہوتا ہے اور آتش فشاں پھٹنے کے دوران بسالٹ خارج ہوتا ہے۔ جب یہ بسالٹ ٹھنڈا ہوکر ٹھوس شکل اختیار کرلیتا ہے تو اس میں شامل چھوٹے چھوٹے لوہے کے مقناطیس اپنے آپ کو اس مقام پر پائے جانیوالے مقناطیسی میدان کی سمت کی متوازی سمت میں کرلیتے ہیں۔ مقنایائے ہوئے علاقوں کے ایسے بسالٹ کے ٹکڑوں کے ارضیاتی مطالعے سے اس بات کا ثبوت ملتا ہے کہ ماضی میں زمین کے مقناطیسی میدان کی سمت کئی بار تبدیل ہوچکی ہے۔

5.5 مقناؤ اور مقناطیسی شدت
(Magnetisation and Magnetic Intensity)

زمین میں انواع واقسام کے عناصر اور مرکبات کی بہتات ہے۔ اس کے علاوہ ہم نئے بھرت اور نئے مرکبات اور یہاں تک کہ نئے عناصر بھی تالیف کررہے ہیں۔ ہم ان مادی اشیا کی مقناطیسی خاصیتوں کی درجہ بندی کرنا چاہیں گے۔ اس حصہ میں ہم کچھ ایسی اصطلاحات کی تعریف اور وضاحت کریں گے جو اس کام میں مددگار ثابت ہوں گی۔

ہم دیکھ چکے ہیں کہ ایک ایٹم میں دوران کررہے الیکٹران کا ایک مقناطیسی معیارِ اثر ہوتا ہے۔ ایک حجمی مادہ میں یہ معیارِ اثر سمتی طور پر جمع ہوتے ہیں اور اس طرح حاصل ہونے والا کل مقناطیسی معیارِ اثر غیر صفر بھی ہوسکتا ہے۔ ہم ایک نمونے (Sample) کے مقناؤ (Magnetisation) کی تعریف اس طرح کرتے ہیں کہ یہ کل مقناطیسی معیارِ اثر فی اکائی حجم کے مساوی ہے۔

$$\vec{M} = \frac{\vec{m}_{net}}{V} \qquad (5.11)$$

$\vec{M}$ ایک سمتیہ ہے، جس کے ابعاد $L^{-1} A$ ہیں اور جو $A\ m^{-1}$ کی اکائیوں میں ناپا جاتا ہے۔

ایک لمبا سولی نائڈ لیجیے، جس میں n چکر فی اکائی لمبائی ہیں اور کرنٹ I ہے۔ سولی نائڈ کے اندرونی حصے میں مقناطیسی

© NCERT not to be republished

میدان، ہم دکھا چکے ہیں، ہوتا ہے:

$$\vec{B}_0 = \mu_0 \, n\vec{I} \qquad (5.12)$$

اگر سولی نائڈ کا اندرونی حصہ ایسے مادے سے بھر دیا جائے، جس کا مقناؤ غیر صفر ہو، تو سولی نائڈ کے اندر مقناطیسی میدان کی قدر سے زیادہ ہوگی۔ سولی نائڈ کے اندرونی حصے میں کل مقناطیسی میدان $\vec{B}$، دیا جا سکتا ہے:

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}_m \qquad (5.13)$$

جہاں میدان کا وہ حصہ ہے جو مادی قالب کی وجہ سے ہے۔ یہ پتہ چلا ہے کہ یہ اضافی میدان $\vec{B}_m$، مادہ کے مقناؤ کے راست متناسب ہے اور ظاہر کیا جا سکتا ہے:

$$\vec{B}_m = \mu_0 \vec{M} \qquad (5.14)$$

جہاں وہی مستقلہ ہے (خلاء کی مقناطیسی سرایت پذیری) جو بائٹ–سیورٹ قانون میں شامل تھا۔ ایک دوسرے سمتیہ میدان کو متعارف کرانے سے سہولت رہتی ہے، جو مقناطیسی شدت (Magnetic Intensity) کہلاتی ہے، اور جس کی تعریف کی جاتی ہے:

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M} \qquad (5.15)$$

جہاں کے وہی ابعاد ہیں جو $\vec{M}$ کے ہیں اور $\vec{H}$ بھی $A\,m^{-1}$ کی اکائیوں میں ناپی جاتی ہے۔ اس لیے، کل مقناطیسی میدان $\vec{B}$ لکھا جاتا ہے۔

$$\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + M) \qquad (5.16)$$

ہم اپنے معرف کرنے کے طریقے کو دہراتے ہیں۔ ہم نے ایک نمونے کے اندر کل مقناطیسی میدان کو دو حصوں میں تقسیم کیا ہے: پہلا، باہری عوامل، جیسے سولی نائڈ میں سے گذر رہے کرنٹ کی وجہ سے پیدا ہونے والا میدان۔ اسے $\vec{H}$ سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ دوسرا، مقناطیسی مادے کی مخصوص طبع کی وجہ سے پیدا ہونے والا میدان، یعنی ۔ آخر الذکر مقدار باہری عوامل کے ذریعے متاثر ہو سکتی ہے۔ اس اثر کو ریاضیاتی شکل میں ایسے ظاہر کیا جا سکتا ہے:

$$\vec{M} = \chi \vec{H} \qquad (5.17)$$

جہاں χ، ایک غیر ابعادی مقدار، بجا طور پر مقناطیسی میلانیت (magnetic susceptibility) کہلاتی ہے۔ یہ اس چیز کا ناپ ہے کہ ایک مقناطیسی مادہ ایک باہری میدان سے کیسے متاثر ہوتا ہے۔ جدول 5.2 میں کچھ عناصر کی χ کی قدریں درج فہرست کی گئی ہیں۔ کچھ مادی اشیا کے لیے اس کی قدر چھوٹی اور مثبت ہے، جو پر مقناطیسی (پارا مقناطیسی Para magnetic) کہلاتی ہیں۔ جن مادی اشیا کے لیے اس کی قدر چھوٹی اور منفی ہے وہ عرض مقناطیسی (ڈایا مقناطیسی Diamagnetic) کہلاتی ہیں۔ آخر الذکر صورت میں $\vec{M}$ اور $\vec{H}$ سمت کے لحاظ سے ایک دوسرے کے مخالف ہوتے ہیں۔ مساوات (5.16) اور مساوات (5.17) سے ہمیں حاصل ہوتا ہے:

© NCERT not to be republished

$$\vec{B} = \mu_0(1+\chi)\vec{H} \quad (5.18)$$
$$= \mu_0 \mu_r \vec{H}$$
$$= \mu H \quad (5.19)$$

جہاں $\mu_r = 1 + \chi$، ایک غیر ابعادی مقدار ہے جو مادی شے کی اضافی مقناطیسی سرایت پذیری کہلاتی ہے۔یہ برق-سکونیات کے دو برقی مستقلہ (dielectric constant) کا مشابہ ہے۔مادی شے کی مقناطیسی سرایت پذیری (magnetic permeability) μ ہے اور اس کے وہی ابعاد ہیں اور وہی اکائیاں ہیں جو μ_0 کے ہیں۔

$$\mu = \mu_0 \mu_r = \mu_0 (1+\chi)$$

تینوں مقداریں χ، μ_r اور μ آپس میں ایک دوسرے سے رشتہ رکھتی ہیں اور ان میں سے صرف ایک ہی غیر تابع ہے۔اگر تینوں میں سے ایک مقدار دی ہوئی ہو تو باقی دو با آسانی معلوم کی جا سکتی ہیں۔

جدول 5.2: 300K پر کچھ عناصر کی مقناطیسی میلانیت

ڈایا مقناطیسی مادی اشیا	χ	پارا مقناطیسی مادی اشیا	χ
بسمتھ (Bismuth)	-1.66×10^{-5}	المونیم (Aluminium)	2.3×10^{-5}
تانبہ (Copper)	-9.8×10^{-6}	کیلشیم (Calcium)	1.9×10^{-5}
ہیرا (Diamond)	-2.2×10^{-5}	کرومیم (Chromium)	2.7×10^{-4}
سونا (Gold)	-3.6×10^{-5}	لیتھیم (Lithium)	2.1×10^{-5}
سیسہ (Lead)	-1.7×10^{-5}	میگنیشیم (Magnesium)	1.2×10^{-5}
پارہ (Mercury)	-2.9×10^{-5}	نیوبیم (Niobium)	2.6×10^{-5}
نائٹروجن (Nitrogen) (STP)	-5.0×10^{-9}	آکسیجن (Oxygen) (STP)	2.1×10^{-6}
چاندی (Silver)	-2.6×10^{-5}	پلیٹینم (Platinum)	2.9×10^{-4}
سلی کون (Silicon)	-4.2×10^{-6}	ٹنگسٹن (Tungsten)	6.8×10^{-5}

مثال 5.10

مثال 5.10: ایک سولی نائڈ کا قالب ایسے مادے کا ہے جس کی اضافی سرایت پذیری 400 ہے۔سولی نائڈ کی لپیٹیں قالب سے حاجز کر دی گئی ہیں اور ان میں 2A کرنٹ ہے۔اگر چکروں کی تعداد 1000 فی میٹر ہے تو حساب لگائیے: (a) H (b) M (c) B اور (d) مقناطیسی کرنٹ I_m

حل: (a) میدان $\vec{H}$، قالب کے مادے کے تابع نہیں ہے، اور دیا جاتا ہے:

$$H = nI = 1000 \times 2.0 = 2 \times 10^3 \ (\mathrm{A/M})$$

2019-20

© NCERT not to be republished

(b) مقناطیسی میدان $\vec{B}$ دیا جاتا ہے:

$$B = \mu_r \mu_0 H$$

$$= 400 \times 4\pi \times 10^{-7} \text{ (N/A}^2) \times 2 \times 10^3 \text{ (A/m)}$$

$$= 1.0 \text{ T}$$

(c) مقناؤ دیا جاتا ہے:

$$M = (B - \mu_0 H)/\mu_0$$

$$= (\mu_r \mu_0 H - \mu_0 H)/\mu_0 = (\mu_r - 1)H = 399 \times H$$

$$\cong 8 \times 10^5 \text{ A/m}$$

(d) مقنائی کرنٹ (magnetising current) I_M وہ اضافی (additional) کرنٹ ہے جو قالب کی غیر موجودگی میں، سولی نائڈ سے گذارا جانا چاہیے تا کہ B کی وہ قدر حاصل ہو سکے جو قالب کی موجودگی میں حاصل ہوتی۔ اس لیے: $B = \mu_r n_0 (I + I_M)$ I = 2A, B = 1 T استعمال کرنے پر، ہمیں حاصل ہوتا ہے

$$I_M = 794 \text{ A}$$

5.6 مادی اشیا کی مقناطیسی خاصیتیں

(Magnetic Properties of Materials)

پچھلے حصے میں دی گئی بحث کی مدد سے ہم مادی اشیا کو بطور ڈایا مقناطیسی، پیرا مقناطیسی یا لوہ مقناطیسی (ferromagnetic) درجہ بند کر سکتے ہیں۔ میلانیت χ کی شکل میں، ایک مادی شے ڈایا مقناطیسی ہوگی اگر χ منفی ہے، پارا، اگر χ مثبت اور چھوٹی ہے، اور لوہ اگر χ بڑی اور مثبت ہے۔

جدول 5.3 پر ایک نظر ڈالنے سے ہم ان مادی اشیا کا بہتر احساس کر سکتے ہیں۔ یہاں ε ایک خفیف مثبت عدد ہے، جسے پارامقناطیسی مادوں کی مقدار کا تعین کرنے کے لیے شامل کیا گیا ہے۔ آگے، ہم ان مادوں کو کچھ تفصیل کے ساتھ بیان کریں گے۔

جدول 5.3

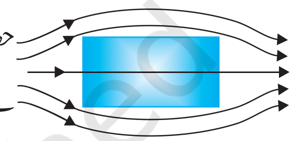
ڈایامقناطیسی	پارامقناطیسی	لوہ مقناطیسی
$-1 \le \chi < 0$	$0 \le \chi < \varepsilon$	$\chi >> 1$
$0 \le \mu_r < 1$	$1 < \mu_r < 1 + \varepsilon$	$\mu_r >> 1$
$\mu < \mu_0$	$\mu > \mu_0$	$\mu >> \mu_0$

© NCERT not to be republished

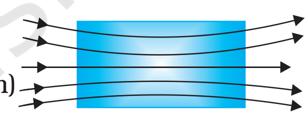
5.6.1 ڈایا مقناطیسیت (Diamagnetism)

ڈایا مقناطیسی مادی اشیا وہ ہیں جن میں باہری مقناطیسی میدان کے طاقت ور علاقے سے مقابلتاً کمزور علاقے کی جانب حرکت کرنے کا رجحان پایا جاتا ہے۔ دوسرے لفظوں میں، ایک مقناطیس کی یہ خاصیت ہوتی ہے کہ وہ دھاتوں، جیسے لوہا، کو کشش کرتا ہے، لیکن اس کے برخلاف ایک مقناطیس ڈایا مقناطیسی مادی اشیا کو دفع کرتا ہے۔

شکل (a) 5.12 میں ایک باہری مقناطیسی میدان میں رکھی ہوئی، ڈایا مقناطیسی مادے کی بنی چھڑ دکھائی گئی ہے۔ میدانی خطوط دفع کردیے یا باہر نکال دیے جاتے ہیں اور مادی شے کے اندر مقناطیسی میدان پہلے سے کمزور ہوجاتا ہے۔ زیادہ تر صورتوں میں، جیسا کہ جدول 5.2 سے ظاہر ہوتا ہے، یہ کمی خفیف (بہت کم) ہوتی ہے، 10^5 میں ایک حصہ۔ اگر ایک ڈایا مقناطیسی مادے کی بنی چھڑ کو ایک غیر ہموار مقناطیسی میدان میں رکھا جائے، تو چھڑ میں طاقت ور میدان سے مقابلتاً کمزور میدان کی جانب حرکت کرنے کا رجحان پایا جائے گا۔



(a)



(b)

شکل 5.12: مقناطیسی میدانی خطوط کا برتاؤ

(a) ایک ڈایا مقناطیسی مادے کی بنی شے کے نزدیک

(b) ایک پارا مقناطیسی مادے کی بنی شے کے نزدیک

ڈایا مقناطیسیت کی سب سے زیادہ سادہ وضاحت اس طور پر کی جاسکتی ہے:

ایٹم میں نیوکلیس کے گرد مداری حرکت ہوئے الیکٹرانوں میں مداری زاویائی معیارِ حرکت (orbital angular momentum) ہوتا ہے۔ یہ مداری حرکت کرتے ہوئے الیکٹران اس لوپ کے معادل ہیں، جس میں سے کرنٹ گذر رہا ہو اور اس لیے ان میں مداری مقناطیسی معیارِ اثر ہوتا ہے۔ ڈایا مقناطیسی مادے وہ ہیں جن میں ایک ایٹم کا ماحصل مقناطیسی معیارِ اثر (Resultant magnetic moment) صفر ہوتا ہے۔ جب مقناطیسی میدان لگایا جاتا ہے، تو وہ الیکٹران جن کے مداری مقناطیسی معیارِ اثر کی سمت اور لگائے ہوئے میدان کی سمت یکساں ہوتی ہے، ان کی رفتار کم ہوجاتی ہے اور جن الیکٹرانوں کے مداری مقناطیسی معیارِ اثر کی سمت، لگائے ہوئے میدان کی سمت کے مخالف ہوتی ہے، ان کی رفتار بڑھ جاتی ہے۔ ایسا لینز کے قانون (Lenz's Law) کے مطابق، امالہ شدہ کرنٹ کی وجہ سے ہوتا ہے، جس کا مطالعہ آپ باب 6 میں کریں گے۔ اس لیے مادی شے میں لگائے ہوئے میدان کی مخالف سمت میں ایک کل مقناطیسی معیارِ اثر پیدا ہوجاتا ہے اور اس لیے دفع ہوتا ہے۔ کچھ ڈایا مقناطیسی مادی اشیا ہیں: بسمتھ (Bismuth)، تانبہ، سیسہ، سلی کون، نائٹروجن [STP پر]، پانی اور سوڈیم کلورائڈ لیکن، زیادہ تر صورتوں میں یہ اثر اتنا کم (کمزور) ہوتا ہے کہ دوسرے اثرات جیسے پارا مقناطیسیت یا لوہ مقناطیسیت اس پر حاوی آجاتے ہیں۔

سب سے زیادہ تعجب خیز ڈایا مقناطیسی مادی اشیا اعلیٰ موصل (Super Conductors) ہیں۔ یہ وہ دھاتیں ہیں جنھیں بہت نچلے درجہ حرارت تک ٹھنڈا کیا جاتا ہے تو یہ مکمل ایصالیت (Perfect Conductivity) اور مکمل ڈایا مقناطیسیت، دونوں، کا اظہار کرتی ہیں۔ یہاں میدانی خطوط مادے سے بالکل باہر نکال دیے جاتے ہیں! c = –1 اور $\mu_r = 0$۔ ایک اعلیٰ موصل ایک مقناطیس کو دفع کرتا ہے (نیوٹن کے تیسرے قانون کے مطابق) اور مقناطیس سے دفع ہوتا ہے۔ اعلیٰ موصلوں میں مکمل ڈایا مقناطیسیت کا مظہر، اسے دریافت کرنے والے سائنس داں کے نام پر، میزنر

© NCERT not to be republished

اثر (Meissner Effect) کہلاتا ہے۔مکمل ایصالی مقناطیس سے،کئی مختلف حالات میں،بخوبی فائدہ اٹھایا جاسکتا ہے،مثال کے طور پر اعلیٰ رفتار سے چلنے والی مقناطیسی ہوائی رفتار ریل گاڑیوں میں۔

5.6.2 پارامقناطیسیت (Paramagnetism)

پارامقناطیسی مادی اشیا وہ ہیں جو ایک باہری مقناطیسی میدان میں رکھے جانے پر ہلکی سی مقناجاتی ہیں۔ان میں مقابلتاً کمزور مقناطیسی میدان کے علاقے سے مقابلتاً طاقت ور مقناطیسی میدان کی جانب حرکت کرنے کا رجحان پایا جاتا ہے،یعنی کہ وہ مقناطیس سے،کمزور طور پر،کشش ہوتی ہیں۔

ایک پارا مقناطیسی مادے سے بنی شے کے انفرادی ایٹموں (آئنوں یا مالیکیولوں) میں ان کا اپنا ذاتی مستقل مقناطیسی دو قطبی معیارِ اثر (permanent dipole moment) ہوتا ہے۔ایٹموں کی مستقل جاری رہنے والی،بے ترتیب حرارتی حرکت کی وجہ سے،کوئی کل مقناطیسیت نہیں دکھائی دیتی۔ایک باہری میدان $\vec{B}_0$ کی موجودگی میں،جو کافی طاقت ور ہوتا ہے،اور کم درجات حرارت پر،انفرادی ایٹمی دو قطبی معیارات اثر کو اس طور پر ترتیب دیا جاسکتا ہے کہ ان سب کی سمت ایک ہی ہوجائے اور وہ سب اسی سمت کی نشاندہی کریں جس کی $\vec{B}_0$ کرتا ہے۔شکل (b) 5.12 میں ایک پارا مقناطیسی مادے سے بنی چھڑ کو ایک باہری میدان میں رکھا دکھایا گیا ہے۔میدانی خطوط مادے شے کے اندر مرتکز ہوجاتے ہیں اور شے کے اندر میدان میں اضافہ ہوجاتا ہے۔زیادہ تر صورتوں میں،جیسا کہ جدول 5.2 سے ظاہر ہوتا ہے،یہ اضافہ معمولی ہوتا ہے، 10^5 میں ایک حصہ۔اگر پارا مقناطیسی مادے سے بنی چھڑ کو ایک غیر ہموار میدان میں رکھا جائے تو چھڑ میں مقابلتاً کمزور میدان سے مقابلتاً طاقت ور میدان کی جانب حرکت کرنے کا رجحان پایا جاتا ہے۔

کچھ پارا مقناطیسی مادی اشیا ہیں:المونیم،سوڈیم،کیلشیم،آکسیجن (STP پر) اور کوپر کلورائڈ۔تجربہ سے ہم یہ معلوم کرسکتے ہیں کہ ایک پارا مقناطیسی مادے شے کا مقناؤ،مطلق درجہ حرارت T کے مقلوب کے معکوس متناسب ہوتا ہے۔

$$M = C\frac{B_0}{T} \qquad [5.20\ (a)]$$

یا معادل شکل میں،مساوات (5.12) اور مساوات (5.17) استعمال کرتے ہوئے:

$$\chi = C\frac{\mu_0}{T} \qquad [5.20\ (b)]$$

(b) (a)

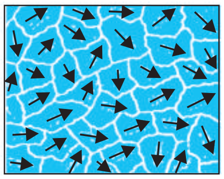
یہ اس قانون کو دریافت کرنے والے پیری کیوری (1859—1906) کے نام پر کیوری کا قانون کہلاتا ہے۔مستقلہ C کیوری کا مستقلہ کہلاتا ہے۔اس لیے ایک پارا مقناطیسی مادی شے کے لیے χ اور μ_r دونوں صرف شے کے مادے پر ہی نہیں، بلکہ (سادہ طور پر) نمونے کے درجہ حرارت کے بھی تابع ہیں۔جیسے جیسے میدان میں اضافہ کیا جاتا ہے یا درجہ حرارت کو کم کیا جاتا ہے،مقناؤ بڑھتا جاتا ہے،یہاں تک کہ وہ اپنی سیر شدگی قدر (Saturation Value) پر پہنچ جاتا ہے،جس نقطہ پر تمام دو قطبیے میدان کے ساتھ مکمل طور پر صف بند (aligned) ہوتے ہیں۔اس کے

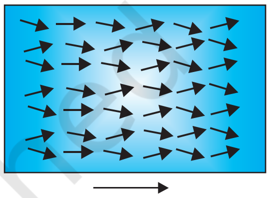
© NCERT not to be republished

بعد (آگے)، کیوری کے قانون کا اطلاق نہیں ہوتا۔

5.6.3 لوہ مقناطیسیت (Ferromagnetism)

لوہ مقناطیسی (فیرومقناطیسی (Ferromagnetic)) مادی اشیا وہ ہیں جو ایک باہری مقناطیسی میدان میں رکھے جانے پر طاقت ور طور پر مقناجاتی ہیں۔ان میں مقابلتاً کمزور مقناطیسی میدان کے علاقے سے مقابلتاً طاقت ور مقناطیسی میدان کی جانب حرکت کرنے کا بہت زیادہ رجحان پایا جاتا ہے، یعنی کہ، وہ ایک مقناطیسی سے بہت زیادہ کشش ہوتی ہیں۔ایک لوہ مقناطیسی مادی شے کے انفرادی ایٹموں (یا آئنوں یا مالیکیولوں) میں، ایک پارا مقناطیسی مادی شے کی طرح ہی، دو قطبی معیارِ اثر ہوتا ہے۔لیکن وہ ایک دوسرے سے اس طور پر باہم عمل کرتے ہیں کہ ایک کلاں بینی حجم کے تمام ایٹم فوراً (ایک دم) ہی اپنے آپ کو ایک مشترک سمت میں صف بند کر لیتے ہیں۔ یہ کلاں بینی حجم ''ڈومین'' (علاقہ Doman) کہلاتا ہے۔اس آپسی مدد کی وضاحت کے لیے کوانٹم میکانیات درکار ہے، جو اس کتاب کی وسعت سے باہر ہے۔ہر ڈومین کا ایک کل مقناؤ ہوتا ہے۔ایک ڈومین کا خصوصی سائز 1mm ہے اور ایک ڈومین میں تقریباً 10^{11} ایٹم ہوتے ہیں۔شروعاتی لمحوں میں، مقناؤ ہر ڈومین میں بے ترتیب انداز میں مختلف ہوتا ہے اور کوئی حجمی مقناؤ نہیں ہوتا۔یہ شکل (a).5.13 میں دکھایا گیا ہے۔جب ہم ایک باہری مقناطیسی میدان $\vec{B}_0$ ہے کی جانب کر لیتی لگاتے ہیں، تو ہر ڈومین اپنی تشریق B_0 اور اسی کے ساتھ $\vec{B}_0$ کی سمت میں تشریق شدہ ڈومین کے سائز میں اضافہ ہو جاتا ہے۔ڈومینوں کی موجودگی اور $\vec{B}_0$ کی وجہ سے ان کا حرکت کرنا محض تصور نہیں ہیں۔اگر ہم لوہ مقناطیسی مادی شے کے نمونے کو پاؤڈر کی شکل میں اور اسے پانی میں گھول کر اس طرح چھڑک دیں کہ وہ اوپر تیرتا رہے اور پھر خوردبین کی مدد سے دیکھیں تو ہم اس کا براہِ راست مشاہدہ کر سکتے ہیں۔شکل (b).5.12 میں وہ حالت دکھائی گئی ہے، جب ڈومین صف بند ہو چکی ہیں اور ان کے آپس میں ملنے سے کر ایک واحد بڑی ڈومین تشکیل ہو گئی ہے۔


(a)



(b)

شکل 5.13: (a) بے ترتیب تشریق شدہ ڈومین (علاقے) (b) صف بند ڈومین (Aligned Domains)

اس لیے، ایک لوہ مقناطیسی مادی شے میں میدانی خطوط بہت زیادہ مرتکز ہوتے ہیں۔ایک غیر ہموار مقناطیسی میدان میں یہ نمونہ مقابلتاً طاقت ور میدان کی جانب حرکت کرنے کی کوشش کرتا ہے۔ہم شاید سوچ رہے ہوں کہ اگر باہری مقناطیسی میدان ہٹا لیا جائے تو کیا ہوگا۔کچھ لوہ مقناطیسی مادی اشیا میں مقناؤ برقرار رہتا ہے۔اسی مادی اشیا سخت مقناطیسی مادی اشیا یا سخت لوہ مقناطیس کہلاتی ہیں۔آل نکو (Alnico)، جو لوہے، المونیم، نکل اور کوبالٹ اور کوپر کا بھرت ہے، ایسی ہی ایک مادی شے ہے۔قدرتی طور پر پایا جانے والی چمبک پتھر (Loadstone) اس کی دوسری مثال ہے۔ایسی مادی اشیا مستقل مقناطیس تشکیل دیتی ہیں، جنھیں دوسرے کاموں کے علاوہ بطور قطب نما سوئی استعمال کیا جا سکتا ہے۔دوسری طرف، کچھ لوہ مقناطیسی مادی اشیا کی ایک قسم اور ہے، جن میں، باہری مقناطیسی میدان ہٹا دینے سے، مقناؤ بھی ختم ہو جاتا ہے۔نرم لوہا ایسی ہی ایک شے ہے۔اسی مناسبت سے ایسی مادی شیا، بجا طور پر، نرم لوہ مقناطیسی مادی اشیا کہلاتی ہیں۔کئی ایسے عناصر ہیں جو لوہ مقناطیسی ہیں: لوہا، کوبالٹ، نکل، گیڈولینیم وغیرہ۔اضافی مقناطیسی اثر پذیری 1000 سے زیادہ ہے۔

لوہ مقناطیسی خاصیت درجہ حرارت کے تابع ہے۔ ایک کافی زیادہ درجہ حرارت پر ایک لوہ مقناطیس ایک پارا مقناطیس بن جاتا ہے۔ درجہ حرارت کے بڑھنے کے ساتھ ڈومین ساخت بگڑ جاتی ہے۔ درجہ حرارت میں اضافہ کے ساتھ مقناؤ کا کم ہوتے جانا بتدریج عمل ہے۔ یہ ایک ہیئت عبور (Phase Transition) ہے جو ایک ٹھوس کرسٹل کے پگھلاؤ کی طرح ہوتا ہے۔ لوہ مقناطیسی سے پارا مقناطیسی میں تبدیلی کا درجہ حرارت، کیوری درجہ حرارت 'T_c' کہلاتا ہے۔ جدول 5.4 میں کچھ لوہ مقناطیسوں کے کیوری درجاتِ حرارت کی فہرست دی گئی ہے۔ کیوری درجہ حرارت سے اوپر، یعنی کہ، پارا مقناطیسی ہیئت میں، میلانیت بیان کی جاتی ہے:

$$\chi = \frac{C}{T - T_c} \quad (T > T_c) \qquad 5.21$$

جدول 5.4 کچھ لوہ مقناطیسی مادی اشیا کے کیوری درجہ حرارت T_c

مادی شے	T(K)
کوبالٹ	1394
لوہا	1043
Fe_2O_3	893
نکل	631
گیڈولینیم	317

مثال 5.11

مثال 5.11: ایک لوہ مقناطیسی لوہے میں ڈومین، 1μm ضلع کے مکعب کی شکل کی ہے۔ ڈومین میں لوہے کے ایٹموں کی تعداد کا تخمینہ لگائیے اور ڈومین کے از حد ممکن دوقطبی معیارِ اثر اور مقناؤ کا تخمینہ لگائیے۔ لوہے کی مالیکیولیائی کمیت 55g/mole ہے اور اس کی کثافت 7.9 g/cm^3 ہے۔ مان لیجیے کہ لوہے کے ہر ایٹم کا دوقطبی معیارِ اثر $9.27 \times 10^{-24} \text{ A m}^2$ ہے۔

حل: مکعبی ڈومین کا حجم ہے:

$$V = (10^{-6} \text{ m})^3 = 10^{-18} \text{ m}^3 = 10^{-12} \text{ cm}^3$$

اس کی کمیت ہے:

کمیت = حجم × کثافت $= 7.9 \text{ g cm}^{-3} \times 10^{-12} \text{ cm}^3 = 7.9 \times 10^{-12} \text{ g}$

یہ دیا ہوا ہے کہ ایووگیڈرو عدد (6.023×10^{23}) کے برابر، لوہے کے ایٹموں کی تعداد کی کمیت 55g ہے۔ اس لیے ڈومین میں ایٹموں کی تعداد:

© NCERT not to be republished

مثال 5.11

$$N = \frac{7.9\times10^{-12}\times6.023\times10^{23}}{55}$$

$$= 8.65 \times 10^{10} \text{ (ایٹم)}$$

ازحد ممکنہ دو قطبی معیارِ اثر m_{max} تب حاصل ہوتا ہے جب تمام ایٹمی معیارات اثر کامل طور پر صف بند ہوں (جو حقیقی صورت نہیں ہے)۔ اس لیے:

$$m_{max} = (8.65 \times 10^{10}) \times (9.27 \times 10^{-24})$$

$$= 8.0 \times 10^{-13} \text{ A m}^2$$

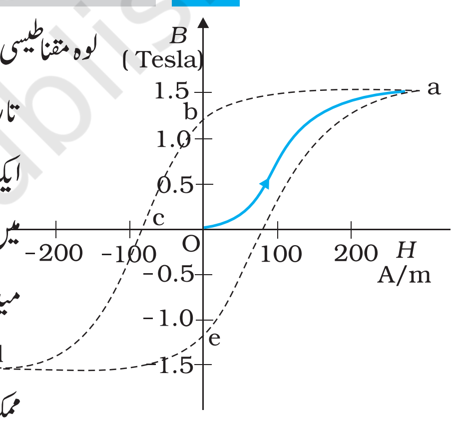
اس لیے نتیجے میں حاصل ہونے والا مقناؤ ہے:

$$M_{max} = m_{max} / \text{ڈومین کا حجم}$$

$$= 8.0 \times 10^{-13} \text{ Am}^2/10^{-18} \text{ m}^3$$

$$= 8.0 \times 10^{5} \text{ Am}^{-1}$$

لوہ مقناطیسی مادوں میں $\vec{B}$ اور $\vec{H}$ کے درمیان رشتہ، پیچیدہ ہے۔ یہ اکثر خطی نہیں ہوتا اور یہ نمونے کی مقناطیسی تاریخ کے تابع ہے۔ شکل 5.14 میں لوہ مقناطیسی مادی شے کا برتاؤ دکھایا گیا ہے، جب کہ اسے مقناؤ کے ایک سائیکل سے گذارا گیا ہے۔ فرض کیجیے شروع میں مادی شے غیر مقناطیسی ہے۔ ہم اسے ایک سولی نائڈ میں رکھ دیتے ہیں اور سولی نائڈ سے گذر رہے کرنٹ میں اضافہ کرتے ہیں۔ مادی شے میں مقناطیسی میدان $\vec{B}$ بڑھنے لگتا ہے اور پھر سیر شدہ حالت پر پہنچ جاتا ہے، جیسا کہ منحنی Oa سے دکھایا گیا ہے۔



شکل 5.14 مقناطیسی پسماندگی لوپ، لوہ مقناطیسی اشیا کے لیے B–H منحنی ہے۔

یہ برتاؤ ڈومینوں کی ایسی صف بندی اور آپس میں ضم ہونے کو ظاہر کرتا ہے، جس کے بعد کوئی اضافہ ممکن نہیں ہے۔ اس لیے اس کے بعد کرنٹ (اور اس لیے مقناطیسی شدت H) میں اضافہ کرنا بے معنی ہے۔ اس کے بعد، ہم H کو کم کرنا شروع کرتے ہیں اور صفر تک لے آتے ہیں۔ H=O پر، $B \neq 0$، اسے منحنی a b سے ظاہر کیا گیا ہے۔ H = O پر B کی قدر انتساک (remanence) یا ضبط (retentivity) کہلاتی ہے۔ شکل 5.14 میں، $B_R \sim 1.2$ T ہے، جہاں تحت علامت R، ضبط کو ظاہر کرتی ہے۔ حالانکہ باہری مقناطیسی میدان پورے طور پر ہٹا لیا گیا ہے، پھر بھی ڈومین مکمل طور پر بے ترتیب نہیں ہیں۔ اس کے بعد سولی نائڈ میں کرنٹ کی سمت مخالف کر دی جاتی ہے اور مقدار آہستہ آہستہ بڑھائی جاتی ہے۔ کچھ ڈومین متاثر ہوتی ہیں، یہاں تک کہ اندر کی طرف کل میدان معدوم ہو جاتا ہے۔ اسے منحنی bc سے دکھایا گیا ہے۔ C پر H کی قدر جبریت (coercivity) کہلاتی ہے۔ شکل 5.14 میں، $H_c \sim -90$ A m^{-1}، جیسے جیسے مخالف سمت میں کرنٹ کی عددی قدر میں اضافہ کیا جاتا ہے، ہم ایک بار پھر سیر شدگی حاصل کر لیتے ہیں۔ منحنی cd اسے ظاہر کرتا ہے۔ سیر شدہ مقناطیسی میدان: $B_s \sim 1.5$ T

© NCERT not to be republished

،اس کے بعد کرنٹ پھر کم کیا جاتا ہے (منحنی de) اور پھر اس کی سمت مخالف کی جاتی ہے (منحنی ea)۔ یہ سائیکل اپنے آپ کو دہراتا ہے۔نوٹ کریں کہ H کو کم کرنے پر منحنی Oa اپنی راہ پر واپس نہیں لوٹتا۔H کی ایک دی ہوئی قدر B کی کوئی یکتا(unique) قدر نہیں ہے، بلکہ یہ نمونے کی گذشتہ تاریخ کے تابع ہے۔ یہ مظہر پسماندی(Hysterisis) کہلاتا ہے۔اس لفظ(hysterisis) کے لغوی معنی ہیں''پیچھے رہ جانا''(Lagging behind) (''تاریخ''نہیں)۔

5.7 مستقل مقناطیس اور برقی مقناطیس

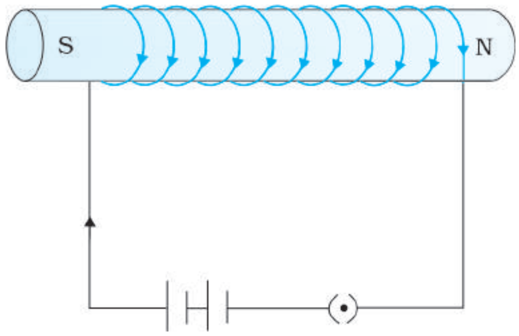
(Permanent Magnets and Electromagnets)

وہ مادی اشیا جو کمرہ درجہ حرارت پر اپنی لوہ مقناطیسی خاصیت لمبے عرصے تک برقرار رکھتی ہیں، مستقل مقناطیس کہلاتی ہیں۔ مستقل مقناطیس مختلف طریقوں سے بنائے جاسکتے ہیں۔ہم ایک لوہے کی چھڑ کو شمال- جنوب سمت میں رکھ کر ہتھوڑے سے بار بار ٹھونک سکتے ہیں۔ یہ طریقہ شکل 5.15 میں دکھایا گیا ہے۔ یہ تصویر ایک 400 سال پرانی کتاب سے لی گئی ہے، جس سے ظاہر ہوجاتا ہے کہ مستقل مقناطیس بنانا ایک قدیم فن ہے۔ایک مستقل مقناطیس بنانے کے لیے ہم یہ بھی کرسکتے ہیں کہ ایک فولاد کی چھڑ لیں اسے چھڑ مقناطیس کے کسی ایک سرے سے بار بار رگڑیں۔ یہ خیال رکھیں کہ رگڑنے کی سمت ہمیشہ یکساں رہے۔

شکل 5.15:ایک لوہار، شمال- جنوب سمت میں رکھی ہوئی، سرخ- گرم، لوہے کی چھڑ کو ہتھوڑے سے پیٹ کر، مستقل مقناطیس بنا رہا ہے۔ یہ خاکہ، انگلستان کی ملکہ وکٹوریہ کے درباری ڈاکٹر، ولیم گلبرٹ کی لکھی ہوئی کتاب ڈی میگنیٹے (De Magnete) میں چھپی تصویر کو دیکھ کر بنایا گیا ہے۔

مستقل مقناطیس بنانے کا ایک موثر طریقہ یہ بھی ہے کہ ایک لوہ مقناطیسی چھڑ کو سولی نائڈ میں رکھا جائے اور کرنٹ گذارا جائے۔ سولی نائڈ کا برقی میدان، چھڑ کو مقناد دیتا ہے۔

پس ماندگی منحنی (شکل 5.14) کی مدد سے ہم مستقل مقناطیس بنانے کے لیے مناسب مادی اشیا کا انتخاب کرسکتے ہیں۔اس مادی شے کا ضبط(retentivity) زیادہ ہونا چاہیے تاکہ مقناطیس طاقت ور ہو اور جبریت(coercivity) بھی زیادہ ہونی چاہیے تاکہ دیگر مقناطیسی میدانوں، درجہ حرارت کے معمولی تغیرات یا معمولی میکانیکی نقص، اس کے مقناؤ کو ختم نہ کرسکیں۔مزید یہ کہ مادی شے کی مقناطیسی سرایت پذیری بھی زیادہ ہونا چاہیے۔فولاد ایک ترجیحی انتخاب ہے۔اس کا ضبط نرم لوہے کے مقابلے میں تھوڑا کم ہوتا ہے، لیکن نرم لوہے کی جبریت، فولاد سے بہت کم ہوتی ہے۔مستقل مقناطیس بنانے کے لیے دیگر مناسب مادی



شکل 5.16:ایک سولی نائڈ میں نرم لوہے کا بنا قالب بطور برقی مقناطیس کام کرتا ہے۔

اشیا ہیں: آل نکو، کوبالٹ فولاد، اورٹکونال۔

برقی مقناطیسوں کے قالب لوہ مقناطیسی مادی اشیا سے بنائے جاتے ہیں، جن کی مقناطیسی سرایت پذیری زیادہ ہوتی ہے اور ضبط کم ہوتا ہے۔ برقی مقناطیس بنانے کے لیے نرم لوہا ایک مناسب مادی شے ہے۔ ایک سولی نائڈ میں نرم لوہے کے چھڑ رکھ کر کرنٹ گذارنے سے، ہم سولی نائڈ کی مقناطیسیت میں ہزار گنا اضافہ کردیتے ہیں۔ جب ہم سولی نائڈ میں کرنٹ گذارنا بند (سوئچ آف) کرتے ہیں تو عملی طور پر مقناطیسیت بھی ختم (سوئچ آف) ہو جاتی ہے، کیونکہ نرم لوہے کے بنے قالب کا ضبط کم درجہ کا ہوتا ہے۔ یہ ترتیب شکل 5.16 میں دکھائی گئی ہے۔

بعض استعمالات کے دوران، مادی شے، طویل مدت کے لیے مقناؤ کے ایک a.c. سائیکل سے گذرتی ہے۔ ایسی صورت ٹرانسفارمروں کے قالب اور ٹیلی فون ڈایفرام (telephone diaphragms) میں پائی جاتی ہے۔ ایسی مادی اشیا کا پس ماندگی منحنی (hysteresis curve) پتلا (narrow) ہونا لازمی ہے۔ اس کے نتیجے میں اسراف شدہ توانائی (dissipated energy) اور پیدا ہوئی حرارت کم ہوگی۔ مادی شے کی نوعی مزاحمت (resistivity) زیادہ ہونی چاہیے تاکہ بھنور کرنٹ خسارہ (eddy current loss) کم ہو سکے۔ آپ بھنور کرنٹ (ایڈی کرنٹ) کے بارے میں باب 6 میں پڑھیں گے۔

برقی مقناطیس، برقی گھنٹیوں، لاؤڈ اسپیکروں اور ٹیلی فونوں کے ڈائی فراموں میں استعمال ہوتے ہیں۔ بہت بڑے سائز کے برقی مقناطیس، مشینوں اور لوہے اور فولاد کی وزنی مقداروں کو اٹھانے کے لیے استعمال ہونے والے کرینوں (Cranes) میں استعمال ہوتے ہیں۔

ہندوستانی کے مقناطیسی میدان کی نقشہ کشی

معدنی تفتیش، خبر رسانی اور جہاز رانی میں عملی استعمال کی وجہ سے، زیادہ تر ممالک زمین کے مقناطیسی میدان کی نقشہ کشی اتنی ہی درستی صحت کے ساتھ کرتے ہیں، جتنی درستی صحت کے ساتھ جغرافیائی نقشہ کشی کرتے ہیں۔ ہندوستان میں اس کام کے لیے تقریباً ایک درجن سے زیادہ مشاہدہ گاہیں ہیں جو جنوب میں تریوندرم (Trivandrum) [جواب تھری وونتھاپورم (Thrivuvnnathapuram) کہلاتا ہے] سے شمال میں گلمرگ تک پھیلی ہوئی ہیں۔ یہ مشاہدہ گاہیں، 'انڈین انسٹیٹیوٹ آف جیومیگنیٹزم (IIG) کی سرپرستی میں کام کرتی ہیں جو کولابا، بمبئی میں واقع ہے۔ IIG، کوبالا اور علی باغ کی مشاہدہ گاہوں کی ترقی یافتہ شکل ہے اور اسے 1971 میں قائم کیا گیا۔ IIG، ارض مقناطیسی میدانوں (Geomagnetic Fields) اور زمین پر، سمندر کے اندر اور فضا میں ہونے والے اتار چڑھاؤ کی نگرانی کرتا ہے (پورے ملک میں پھیلی ہوئی اپنی مشاہدہ گاہوں کے ذریعے)۔ اس کی خدمات، ''آئل اینڈ نیچرل گیس کارپوریشن لمیٹڈ'' (ONGC)، ''نیشنل انسٹیٹیوٹ آف اوشنیوگرافی'' (NIO) اور ''انڈین اسپیس ریسرچ آرگنائزیشن'' (ISRO) کے ذریعے استعمال کی جاتی ہیں۔ یہ پورے عالم میں پھیلے ہوئے اس نیٹ ورک کا حصہ ہے جو لگاتار ارض مقناطیسی آنکڑوں میں وقت کے ساتھ ہونے والی تبدیلی کے مطابق سدھار کرتا رہتا ہے۔ اب ہندوستان میں ایک مستقل اسٹیشن ہے جو گنگوتری کہلاتا ہے۔

© NCERT not to be republished

خلاصہ (SUMMARY)

1۔ مقناطیسیت کی سائنس بہت قدیم ہے۔زمانہ قدیم سے یہ معلوم ہے کہ مقناطیسی مادی اشیا میں،شمال۔جنوب کی سمت کی جانب نشاندہی کرنے کا رجحان پایا جاتا ہے، یکساں مقناطیسی قطب ایک دوسرے کو دفاع کرتے ہیں اور غیر یکساں کشش کرتے ہیں،اور ایک مقناطیسی چھڑ کو دو حصوں میں کاٹ دینے سے دو چھوٹے مقناطیس حاصل ہوتے ہیں۔مقناطیسی قطبین کو علاحدہ نہیں کیا جا سکتا۔

2۔ جب ایک دو قطبی معیار اثر m کے چھڑ مقناطیس کو ایک ہموار مقناطیسی میدان $\vec{B}$ میں رکھا جاتا ہے،تو:

(a) اس پر لگ رہی قت صفر ہوتی ہے (b) اس پر لگ رہا قوت گردشہ $\vec{m} \times \vec{B}$ ہے۔(c) اس کی وضعی توانائی $-\vec{m} \cdot \vec{B}$ ہے۔جہاں ہم نے توانائی کا صفر اس تشریق پر منتخب کیا ہے جب $\vec{m}$، $\vec{B}$ پر عمود ہے۔

3۔ ایک سائز l اور مقناطیسی معیار اثر $\vec{m}$ کا ایک چھڑ مقناطیس لیجیے۔اس کے وسطی نقطہ سے r فاصلے پر، جہاں r >>l، اس چھڑ کی وجہ سے مقناطیسی میدان $\vec{B}$ ہے:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 \vec{m}}{2\pi r^3} \quad \text{(محور پر)}$$

$$= -\frac{\mu_0 \vec{m}}{4\pi r^3} \quad \text{(خط استوا پر)}$$

4۔ مقناطیسیت کے لیے گاس کے قانون کا بیان ہے کہ کسی بھی بند سطح سے گذرنے والا کل مقناطیسی فلکس صفر ہے۔

$$\phi_B = \sum_{\substack{\text{all area} \\ \text{elements } \Delta \mathbf{S}}} \vec{\mathbf{B}} . \Delta \vec{\mathbf{S}} = 0$$

5۔ زمین کا مقناطیسی میدان اس مقناطیسی دو قطبیہ (فرضی) کے مشابہ ہے جو زمین کے مرکز پر رکھا ہے۔زمین کے جغرافیائی شمالی قطب کے نزدیک والا قطب،شمالی مقناطیسی قطب کہلاتا ہے۔اسی طرح جغرافیائی جنوبی قطب کے نزدیک والا قطب،جنوبی مقناطیسی قطب کہلاتا ہے۔اس دو قطبیہ کی صف بندی اس طرح ہے کہ یہ زمین کے گردشی محور سے ایک چھوٹا زاویہ بناتا ہے۔زمین کی سطح پر میدان کی قدر تقریباً $\approx 4 \times 10^{-5}$ T ہے۔

6۔ سطح زمین پر زمین کے مقناطیسی میدان کی عددی قدر کا تعین کرنے کے لیے تین مقداریں درکار ہوتی ہیں: افقی جز،مقناطیسی عدول اور مقناطیسی میلان۔یہ زمین کے مقناطیسی میدان کے اجزا (عناصر) کہلاتے ہیں۔

7۔ ایک باہری مقناطیسی میدان $\vec{B}_0$ میں رکھی ہوئی ایک مادی شے لیجیے۔مقناطیسی شدت کی تعریف کی جاتی ہے:

© NCERT not to be republished

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}_0}{\mu_0}$$

مادی شے کا مقناؤ $\vec{M}$، دوقطبی معیارِاثر فی اکائی حجم ہے۔ مادی شے کے اندر مقناطیسی میدان $\vec{B}$ ہے:

$$\vec{B} = \mu_0 \ (\vec{H} + \vec{M})$$

8۔ ایک خطی مادی شے کے لیے: $\vec{M} = \chi \ \vec{H}$، اس طرح: $\vec{B} = \mu \ \vec{H}$ اور χ مادی شے کی مقناطیسی میلانیت کہلاتی ہے۔ تینوں مقداروں: χ، اضافی مقناطیسی سرایت پذیری μ_r اور مقناطیسی سرایت پذیری μ، میں مندرجہ ذیل رشتے ہیں:

$$\mu = \mu_0 \ \mu_r$$

$$\mu_r = 1 + \chi$$

9۔ مقناطیسی مادی اشیا کو، موٹے طور پر، اس طرح درجہ بند کیا جاتا ہے: ڈایا مقناطیسی، پارا مقناطیسی اور لوہ مقناطیسی۔ ڈایا مقناطیسی مادی اشیا کے لیے χ کی قدر منفی اور چھوٹی ہوتی ہے، پارا مقناطیسی مادی اشیا کے لیے اس کی قدر مثبت اور چھوٹی ہوتی ہے۔ لوہ مقناطیسی مادی اشیا کے لیے χ کی قدر بڑی ہوتی ہے اور ان کی خاصیت یہ ہے کہ ان کے لیے، $\vec{B}$ اور $\vec{H}$ کے درمیان رشتہ غیر خطی ہوتا ہے۔

10۔ وہ اشیا جو، کمرہ درجہ حرارت پر، اپنی لوہ مقناطیسی خاصیت کو لمبے عرصے تک برقرار رکھتی ہیں، مستقل مقناطیس کہلاتی ہیں۔

طبی مقدار	علامت	طبع	ابعاد	اکائیاں	ریمارک
خلاء (آواز فضا) کی سرایت پذیری	μ_0	عددیہ	$[MLT^{-2}\ A^{-2}]$	$T\,m\,A^{-1}$	$\frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7}$
مقناطیسی میدان، مقناطیسی امالہ، مقناطیسی فلکس کثافت	$\vec{B}$	سمتیہ	$[MT^{-2}\ A^{-1}]$	T (tesla)	10^4 G (گاس) $= 1$ T
مقناطیسی معیارِ اثر	$\vec{m}$	سمتیہ	$[L^{-2}\ A]$	$A\,m^2$	
مقناطیسی فلکس	ϕ_B	عددیہ	$[ML^2T^{-2}\ A^{-1}]$	W (weber)	$W = T\,m^2$
مقناؤ	$\vec{M}$	سمتیہ	$[L^{-1}\ A]$	$A\,m^{-1}$	مقناطیسی معیارِ اثر / حجم
مقناطیسی شدت، مقناطیسی میدان کی طاقت	$\vec{H}$	سمتیہ	$[L^{-1}\ A]$	$A\,m^{-1}$	$\vec{B} = \mu_0\ (\vec{H} + \vec{M})$
مقناطیسی میلانیت	χ	عددیہ	—	—	$\vec{M} = \chi \vec{H}$
اضافی مقناطیسی سرایت پذیری	μ_r	عددیہ	—	—	$\vec{B} = \mu_0\ \mu_r\ \vec{H}$
مقناطیسی سرایت پذیری	μ	عددیہ	$[MLT^{-2}\ A^{-2}]$	$T\,m\,A^{-1}$ $N\,A^{-2}$	$\mu = \mu_0\ \mu_r$ $\vec{B} = \mu\ \vec{H}$

© NCERT not to be republished

قابلِ غور نکات

1۔ مقناطیسی مظاہر کی ایک اطمینان بخش تفہیم، 1800 عیسوی کے بعد، متحرک چارجوں/کرنٹ کی شکل میں حاصل ہوسکی۔لیکن مقناطیسوں کی سمتی خاصیت کا استعمال اس تفہیم سے دوہزار سال قبل سے ہورہا ہے۔اس لیے سائنسی تفہیم، تکنیکی استعمالات کے لیے کوئی لازمی شرط نہیں ہے۔مثالی صورت میں، سائنس اور انجینئرنگ ایک دوسرے کے شانہ بہ شانہ چلتے ہیں۔ ہرایک دوسرے کو راہ دکھاتا ہے اور اس کی مدد کرتا ہے۔

2۔ مقناطیسی یک قطبیے نہیں پائے جاتے۔اگر آپ ایک مقناطیس کے دوٹکڑے کردیں تو آپ کو دوچھوٹے مقناطیس ملیں گے۔دوسری طرف، مثبت اور منفی برقی چارج علاحدہ علاحدہ ملتے ہیں۔ برقی چارج کی ایک اقل ترین اکائی (Smallest unit) پائی جاتی ہے، مثلاً الیکٹران کا چارج، جس کی قدر ہے: $|e| = 1.6 \times 10^{-19}$ C، باقی تمام چارج اس اقل ترین اکائی چارج کے صحیح اضعاف (integral multiples) ہیں۔دوسرے الفاظ میں، چارج کی کوانٹم سازی ہوتی ہے۔ہم یہ نہیں جانتے کہ مقناطیسی یک قطبین کیوں نہیں پائے جاتے اور برقی چارج کیوں کوانٹم شدہ ہے۔

3۔ مقناطیسی یک قطبین کے نہ پائے جانے کا ایک نتیجہ یہ ہے کہ مقناطیسی میدانی خطوط مسلسل ہوتے ہیں اور بندلوپ تشکیل دیتے ہیں۔اس کے برخلاف، برق۔سکونی خطوط قوت ایک مثبت چارج سے شروع ہوتے ہیں اور منفی چارج پر ختم ہوتے ہیں [یالاانتہا پر]۔

4۔ زمین کے مقناطیسی میدان کی وجہ، اس کے مرکز پر رکھا ہوا کوئی بہت بڑا چھڑ مقناطیس نہیں ہے۔زمین کا قالب گرم اور پگھلا ہوا ہے۔شاید قالب میں بہنے والے انتقالی کرنٹ، زمین کا مقناطیسی میدان پیدا کرنے کے ذمہ دار ہیں۔کون سا ''ڈائی نیمواثر'' اس کرنٹ کو برقرار رکھتا ہے اور زمین تقریباً ہر دس لاکھ برس کے بعد اپنی قطبیت کیوں تبدیل کرلیتی ہے، ہم نہیں جانتے۔

5۔ مقناطیسی میلانیت χ میں ایک معمولی سافرق بالکل مختلف برتاؤ پیدا کردیتا ہے: ڈایامقناطیسی برخلاف پارامقناطیسی ڈایامقناطیسی مادی اشیا کے لیے: $\chi = -10^{-5}$، جب کہ پارامقناطیسی مادی اشیا کے لیے، $\chi = -10^{-5}$

6۔ ایک کامل ڈایامقناطیس پایا جاتا ہے، جس کا نام ہے اعلیٰ موصل (Super Conductor)۔ یہ ایک دھات ہوتی ہے، جس کا درجہ حرارت بہت ہی کم ہوتا ہے۔اس صورت میں: $\chi = -1, \mu_r = 0, \mu = 0$ باہری مقناطیسی میدان مکمل طور پر باہر دھکیل دیا جاتا ہے، ایسی مادی اشیا کامل موصل بھی ہوتی ہیں۔لیکن ایسا کوئی کلاسیکی نظریہ نہیں ہے جو ان دونوں خاصیتوں کو ایک ساتھ

© NCERT not to be republished

منسلک کر سکے۔ بارڈین (Bardeen)، کوپر (Cooper) اورشری فر (Schrieffer) کا کوانٹم میکانیاتی نظریہ (BCS نظریہ) ان اثرات کی وضاحت کرتا ہے۔ BCS نظریہ 1957 میں پیش کیا گیا اور آخر کار 1970 میں اس نظریہ کی اہمیت تسلیم کرتے ہوئے ان تینوں افراد کو نوبل انعام سے نوازا گیا۔

7۔ مقناطیسی پس ماندگی کا مظہر، مادی اشیا کی لچکیلی خاصیتوں کے ملتے جلتے برتاؤ کی طرح ہے۔ ہوسکتا ہے، بگاڑ (Strain) ذرر (Stress) کے متناسب نہ ہو، یہاں $\vec{H}$ اور $\vec{B}$ (یا $\vec{M}$) خطی رشتے میں منسلک نہیں ہیں۔ ذرر۔بگاڑ منحنی، پس ماندگی ظاہر کرتا ہے اور اس کے ذریعے گھیرا گیا رقبہ، اسراف شدہ توانائی فی اکائی حجم ظاہر کرتا ہے۔ اسی طرح B–H مقناطیسی پس ماندگی منحنی کی توضیح کی جاسکتی ہے۔

8۔ ڈایا مقناطیسیت آفاقی ہے۔ یہ ہر مادی شے میں پائی جاتی ہے۔ لیکن اگر شے پارا یا لوہ مقناطیسی ہو تو یہ بہت کمزور ہوتی ہے اور بہت مشکل سے پتہ کی جاسکتی ہے۔

9۔ ہم نے مادی اشیا کی درجہ بندی، بطور ڈایا مقناطیسی، پارا مقناطیسی اور لوہ مقناطیسی کی ہے۔ لیکن مقناطیسی مادی اشیا کی دیگر قسمیں بھی پائی جاتی ہیں، جیسے فیری مقناطیسی، اینٹی لوہ مقناطیسی، اسپن گلاس وغیرہ جن کی خاصیتیں عجیب وغریب اور ناقابل فہم ہیں۔

مشقیں

5.1 زمین کی مقناطیسیت سے متعلق مندرجہ ذیل سوالات کے جواب دیجیے:

(a) ایک سمتیہ کو متعین کرنے کے لیے تین مقداریں درکار ہوتی ہیں۔ ان تین غیر تابع مقداروں کے نام بتایئے جو زمین کے مقناطیسی میدان کا تعین کرنے کے لیے عام طور سے استعمال کی جاتی ہیں۔

(b) جنوبی ہند کے ایک مقام پر زاویہ میلان (angle of dip) تقریباً 18° ہے۔ آپ کے خیال میں برطانیہ میں زاویہ میلان اس سے زیادہ ہوگا یا کم۔

(c) اگر آپ ملبورن (آسٹریلیا) کے مقناطیسی میدانی خطوط کا نقشہ بنائیں تو میدانی خطوط زمین میں اندر جاتے ہوتے معلوم ہوں گے یا زمین سے باہر آتے ہوئے؟

(d) ایسا قطب نما جو ایک راسی مستوی میں حرکت کرنے کے لیے آزاد ہو، کس سمت کی نشاندہی کرے گا، اگر وہ ٹھیک ارض مقناطیسی شمالی یا جنوبی قطب پر ہو۔

(e) یہ دعویٰ کیا جاتا ہے کہ زمین کا مقناطیسی میدان، تقریباً اس دوقطبیہ کے مقناطیسی میدان کے برابر ہے، جس کا مقناطیسی معیارِ اثر $8 \times 10^{22}\ J\ T^{-1}$ ہے اور جو زمین کے مرکز پر واقع ہے۔ کسی طور پر اس عدد کے عددی قدر کے درجے کی جانچ کیجیے۔

(f) ماہرین ارضیات کا دعویٰ ہے کہ مخصوص مقناطیسی N–S قطبین کے علاوہ سطح زمین پر کئی مقامی قطبین ہیں جن کی

© NCERT not to be republished

تشریق مختلف سمتوں میں ہے۔ایسی کوئی بات کس طرح ممکن ہے؟

5.2 مندرجہ ذیل سوالات کے جواب دیجیے:

(a) زمین کا مقناطیسی میدان فضا میں ایک نقطے سے دوسرے نقطے پر تبدیل ہوتا رہتا ہے۔کیا یہ وقت کے ساتھ بھی تبدیل ہوتا ہے؟ اگر ہاں تو یہ قابل لحاظ حد تک وقت کے کس پیمانے پر تبدیل ہوتا ہے؟

(b) یہ معلوم ہے کہ زمین کے قالب میں لوہا پایا جاتا ہے۔لیکن پھر بھی ماہرین ارضیات اسے زمین کی مقناطیسیت کا وسیلہ تسلیم نہیں کرتے۔کیوں؟

نوٹ: مشق 5.2 آپ کے تجسس کو ابھارنے کے لیے دی گئی ہے۔کچھ مندرجہ بالا سوالوں کے جواب آزمائشی یا نامعلوم ہیں۔ جہاں ممکن ہو سکا ہے، آخر میں مختصر جواب فراہم کیے گئے ہیں۔ تفصیل کے لیے آپ ارضی مقناطیسیت کی کسی اچھی کتاب کا مطالعہ کریں۔

(c) یہ سمجھا جاتا ہے کہ زمین کے قالب کے باہری ایصالی علاقوں میں چارج کرنٹ زمین کی مقناطیسیت کے لیے ذمہ دار ہیں۔ان کرنٹوں کو برقرار رکھنے کے لیے بیٹری (توانائی کا وسیلہ) کیا ہوسکتی ہے؟

(d) پچھلے 4 سے 5 ارب (billion) سالوں کی اپنی تاریخ میں زمین اپنے مقناطیسی میدان کی سمت کئی مرتبہ تبدیل (مخالف سمت میں) کر چکی ہے۔ماہرین ارضیات کو اتنا عرصہ پہلے کے زمین کے مقناطیسی میدان کے بارے میں کیسے معلوم ہوا؟

(e) زمین کا مقناطیسی میدان، بڑے فاصلوں پر (30,000km سے زیادہ) اپنی دو قطبی شکل سے کافی مختلف ہوتا ہے۔اس خرابی کی ذمہ دار کون سی ایجنسیاں ہیں؟

(f) بین انجمی فضا میں، 10^{-12} T کے درجہ کا بہت ہی کمزور مقناطیسی میدان پایا جاتا ہے۔کیا اتنے کمزور میدان کا بھی کوئی قابل لحاظ اثر پڑ سکتا ہے؟ وضاحت کیجیے۔

[نوٹ: مشق 5.2 خاص طور سے آپ کی جاننے کی خواہش کو بڑھاوا دینے کے لیے دی گئی ہے۔اوپر دیے ہوئے کچھ سوالوں کے جواب غیر واضح ہیں یا معلوم نہیں ہیں۔ جہاں ممکن ہے، مختصر جوابات کتاب کے آخر میں دیے گئے ہیں۔تفصیلات معلوم کرنے کے لیے آپ ارض مقناطیسیت کی کسی اچھی کتاب کا مطالعہ کریں]

5.3 ایک مختصر چھڑ مقناطیس کو ایک 0.25T کے یکساں باہری مقناطیسی میدان میں اس طرح رکھا گیا کہ اس کا محور میدان کی سمت سے 30° کا زاویہ بناتا ہے تو اس پر 4.5×10^{-2} J قدر کا قوت گردشہ لگتا ہے۔مقناطیس کے مقناطیسی معیارِ اثر کی عددی قدر کیا ہے؟

5.4 ایک مختصر چھڑ مقناطیس، جس کا مقناطیسی معیارِ اثر $m = 0.32\ JT^{-1}$ ہے، 0.15T کے یکساں مقناطیسی میدان میں رکھا گیا ہے۔اگر چھڑ میدان کے مستوی میں گردش کرنے کے لیے آزاد ہے، تو کون سی تشریق مطابق ہوگی؟

(a) اس کے مستحکم توازن سے (b) اس کے غیر مستحکم توازن سے (c) ان میں سے ہر صورت میں مقناطیس کی وضعی توانائی کیا ہوگی؟

© NCERT not to be republished

5.5 80 چکروں اور $2.5 \times 10^{-4}\ m^2$ تراشی رقبہ کے نزدیکی لپیٹوں والے سولی نائڈ میں 3.0A کرنٹ بہہ رہا ہے۔ اس دائری سمت کی وضاحت کیجیے، جس میں سولی نائڈ بطور چھڑ مقناطیس کام کرے گا۔ اس سے منسلک مقناطیسی معیارِ اثر کیا ہے؟

5.6 اگر مشق 5.5 میں بیان کیا گیا سولی نائڈ اپنی راسی سمت کے گرد گھوم سکتا ہے اور 0.25T کا ایک ہموار افقی مقناطیسی میدان لگایا جاتا ہے۔ جب سولی نائڈ کا محور، لگائے گئے میدان کی سمت سے 30º کا زاویہ بناتا ہے تو سولی نائڈ پر لگ رہے قوت گردشہ کی عددی قدر کیا ہوگی؟

5.7 $1.5\ J\ T^{-1}$ مقناطیسی معیارِ اثر کا ایک چھڑ مقناطیس، 0.22T کے ہموار مقناطیسی میدان کی سمت سے صف بند ہے۔

(a) ایک باہری قوت گردشہ کے ذریعے مقناطیس کو اس طرح گھمانے میں، کہ اس کا مقناطیسی معیارِ اثر صف بند ہو جائے

(i) میدان کے عمودی سمت میں (b) میدان کی سمت کے مخالف سمت میں، کیا گیا کام کتنا ہوگا؟

(b) صورت (i) اور (ii) میں مقناطیس پر لگ رہا قوت گردشہ کتنا ہوگا؟

5.8 2000 چکروں اور $1.6 \times 10^{-4}\ m^2$ تراشی رقبہ کے نزدیکی لپیٹوں والے سولی نائڈ میں 4.0A کرنٹ بہہ رہا ہے۔ اسے اس کے مرکز سے اس طرح لٹکایا گیا ہے کہ وہ ایک افقی مستوی میں گھوم سکتا ہے۔

(a) سولی نائڈ سے منسلک مقناطیسی معیارِ اثر کیا ہے؟

(b) اگر $7.5 \times 10^{-2}\ T$ کا، سولی نائڈ کی محور سے 30° کا زاویہ بناتا ہوا ایک ہموار افقی مقناطیسی میدان لگایا جائے تو سولی نائڈ پر لگ رہی قوت اور کام کر رہا قوت گردشہ کیا ہوں گے؟

5.9 ایک 16 چکروں اور 10 cm نصف قطر کے دائری لچھے میں 0.75 A کرنٹ بہہ رہا ہے۔ وہ $5.0 \times 10^{-2}\ T$ عددی قدر کے باہری میدان میں اس طرح رکھا ہوا ہے کہ اس کا مستوی میدان پر عمود ہے۔ لچھا اپنے مستوی میں میدان کی سمت کی عمودی سمت میں ایک محور کے گرد گھوم سکتا ہے۔ جب لچھے کو ہلکا سا گھما کر چھوڑ دیا جاتا ہے تو وہ $2.0\ s^{-1}$ کے تعدد (Frequency) کے ساتھ اپنے مستحکم توازن کے گرد احتزاز کرتا ہے۔ اپنے گردشی محور کے گرد لچھے کا جمود معیارِ اثر کیا ہے؟

5.10 ایک مقناطیسی سوئی، جو مقناطیسی میریڈین کے متوازی راسی مستوی میں گردش کرنے کے لیے آزاد ہے، اس کی شمالی نوک افقی خط کے ساتھ 22° کا زاویہ بناتے ہوئے نیچے کی جانب نشاندہی کرتی ہے۔ اس مقام پر زمین کے مقناطیسی میدان کا افقی جز 0.35G ہے۔ اس مقام پر زمین کے مقناطیسی میدان کی عددی قدر معلوم کیجیے۔

© NCERT not to be republished

5.11 افریقہ میں ایک مقام پر، ایک قطب نما، جغرافیائی شمال سے 12° مغرب کی جانب اشارہ کرتی ہے۔ایک میلان دائرہ (Dip Circle) کی مقناطیسی سوئی کی شمالی نوک، مقناطیسی میریڈین کے مستوی میں رکھے جانے پر، افقی خط سے 60° اوپر کی جانب اشارہ کرتی ہے۔زمین کے مقناطیسی میدان کے افقی جز کی قدر 0.16G ہے۔اس مقام پر زمین کے میدان کی سمت اور عددی قدر بتائیے۔

5.12 ایک مختصر مقناطیسی چھڑ کا مقناطیسی معیارِ اثر $0.48\ J\ T^{-1}$ ہے۔مقناطیس سے (a) محور پر (b) مقناطیس کے استوائی خطوط (عمودی ناصف) پر، 10cm کے فاصلے پر پیدا ہونے والے مقناطیسی میدان کی سمت اور عددی قدر بتائیے۔

5.13 ایک افقی مستوی میں رکھی ہوئی مختصر مقناطیسی چھڑ کا محور، مقناطیسی شمال - جنوب سمت میں ہے۔نل نقطے، مقناطیس کے محور پر، مقناطیس کے مرکز سے 14cm کے فاصلے پر ملتے ہیں۔اس مقام پر زمین کا مقناطیسی میدان 0.36G ہے اور زاویہ میلان صفر ہے۔مقناطیس کے مرکز سے جتنے فاصلے پر نل نقطے ہیں (14cm)، مرکز سے اتنے ہی فاصلے پر عمودی ناصف پر کل مقناطیسی میدان کیا ہوگا؟ (نل نقطوں پر، ایک مقناطیس کی وجہ سے پیدا ہونے والا مقناطیسی میدان، زمین کے مقناطیسی میدان کے افقی جز کے مساوی اور مخالف ہوتا ہے)

5.14 اگر مشق 5.13 کے چھڑ مقناطیس کو 180° سے گھما دیا جائے تو نئے نل نقطے کس مقام پر ہوں گے؟

5.15 ایک مختصر مقناطیسی چھڑ کو اس طرح رکھا گیا ہے کہ اس کا محور زمین کے مقناطیسی میدان کی سمت پر عمود ہے۔چھڑ کا مقناطیسی معیارِ اثر $5.25 \times 10^{-2}\ J\ T^{-1}$ ہے۔مقناطیس کے مرکز سے کس فاصلے پر، ماحصل میدان زمین کے میدان کے ساتھ 45° کے زاویے پر جھکا ہوا ہے (a) اس کے عمودی ناصف پر (b) اس کے محور پر۔اس مقام پر زمین کے میدان کی عددی قدر 0.42G ہے۔شامل فاصلوں کے مقابلے میں مقناطیس کی لمبائی نظر انداز کر دیجیے۔

اضافی مشقیں

5.16 مندرجہ ذیل سوالات کے جواب دیجیے۔

(a) ایک پارا مقناطیسی نمونہ مقابلتاً زیادہ متناؤ کیوں ظاہر کرتا ہے، جب اسے ٹھنڈا کیا جاتا ہے؟ (اسی مقناطیسی میدان کے لیے)۔

(b) اس کے برخلاف، ڈایا مقناطیسیت، درجہ حرارت کے تقریباً غیر تابع ہے۔کیوں؟

(c) اگر ایک ٹوائڈ میں بسمتھ بطور قالب استعمال کیا جاتا ہے تو قالب خالی ہونے کے مقابلے میں، قالب میں میدان زیادہ ہوگا (معمولی سا) یا کم ہوگا (معمولی سا)۔

(d) کیا ایک لوہ مقناطیسی مادی شے کی مقناطیسی سرایت پذیری، مقناطیسی میدان کے غیر تابع ہے؟ اگر نہیں، تو، مقابلتاً میدان کی زیادہ، قدر کے لیے یہ زیادہ ہوگی یا کم۔

(e) مقناطیسی میدانی خطوط، ہمیشہ لوہ مقناطیس کی سطح کے ہر نقطے پر، تقریباً عمودی ہوتے ہیں۔ (یہ حقیقت اس کے مشابہ ہے کہ برق۔سکونی میدانی خطوط ایک موصل کی سطح کے ہر نقطے پر عمودی ہوتے ہیں) کیوں؟

(f) ایک پارا مقناطیسی نمونے کا ازحد ممکنہ (Maximmum Possible) مقناؤ اسی درجہ کا ہوسکتا ہے، جس درجہ کا ایک لوہ مقناطیسی نمونے کا مقناؤ ہوتا ہے؟

5.17 مندرجہ ذیل سوالات کے جواب دیجیے۔

(a) ایک لوہ مقناطیس کے مقناؤ منحنی کی غیر رجعت پذیری (irreversibility) کی کیفیتی وضاحت، ڈومین تصویر کی بنیاد پر کیجیے۔

(b) ایک نرم لوہے کے ٹکڑے کے پس ماندگی منحنی کا رقبہ، ایک کاربن۔اسٹیل کے ٹکڑے کے پس ماندگی منحنی کے رقبے کے مقابلے میں بہت کم ہوتا ہے۔ اگر مادی شے کو بار بار مقناؤ سائیکلوں سے گذارا جائے تو کون سا ٹکڑا حرارت کا اسراف زیادہ کرے گا؟

(c) ''ایک نظام جو ایک پس ماندگی لوپ ظاہر کرتا ہے، جیسے کہ ایک لوہ مقناطیس، یادداشت محفوظ کرنے کا ایک آلہ ہے۔'' اس بیان کے مطلب کی وضاحت کیجیے۔

(d) ایک کیسٹ پلیئر میں مقناطیسی ٹیپوں پر پرت چڑھانے کے لیے یا ایک کمپیوٹر میں ''یادداشت اسٹور (Memory Store) بنانے کے لیے، کس قسم کا لوہ مقناطیسی مادہ استعمال کیا جاتا ہے؟

(e) فضا کے کسی خاص علاقے کو مقناطیسی میدان سے سپر شدہ کرنا ہے۔ ایک طریقہ تجویز کیجیے۔

5.18 ایک لمبے مستقیم افقی کیبل میں 2.5A کرنٹ ہے، جس کی سمت 10º، مغرب کے جنوب سے 10º مشرق کے شمال کی جانب ہے۔ اس مقام کا مقناطیسی میریڈین، جغرافیائی میریڈین کے 10º مغرب میں ہے۔ اس مقام پر زمین کا مقناطیسی میدان 0.33G ہے اور زاویہ میلان صفر ہے۔ تعدیلی نقطوں کے خط کا مقام بتائیے۔ (کیبل کی موٹائی نظر انداز کردیجیے)۔ [تعدیلی نقطوں پر، ایک کرنٹ بردار کیبل کی وجہ سے پیدا ہونے والا مقناطیسی میدان، زمین کے مقناطیسی میدان کے افقی جز کے مساوی اور مخالف ہوتا ہے]

5.19 ایک مقام پر، ایک ٹیلی فون کیبل میں چار لمبے مستقیم افقی تار ہیں، جن میں 1.0 کرنٹ، یکساں سمت، مشرق سے مغرب، میں بہہ رہا ہے۔ اس مقام پر زمین کا مقناطیسی میدان 0.39G ہے اور زاویہ میلان 35º ہے مقناطیسی عدول تقریباً صفر ہے۔ کیبل سے 4cm نیچے نقاط پر ماحصل مقناطیسی میدان کیا ہیں؟

5.20 ایک قطب نما سوئی جو ایک افقی مستوی میں آزادانہ گھوم سکتی ہے، ایک 30 چکروں اور 12cm نصف قطر کے دائری لچھے کے مرکز پر رکھی گئی ہے۔ لچھا ایک راسی مستوی میں ہے جو مقناطیسی میریڈین سے 45º کا زاویہ بناتا ہے۔ جب لچھے میں 0.35A کرنٹ ہے تو سوئی مغرب سے مشرق کی جانب اشارہ کرتی ہے۔

© NCERT not to be republished

(a) اس مقام پر زمین کے مقناطیسی میدان کا افقی جز معلوم کیجیے۔

(b) لچھے میں کرنٹ کی سمت مخالف کر دی جاتی ہے اور لچھے کو اپنے راسی محور کے گرد، اوپر سے دیکھنے پر گھڑی مخالف سمت میں، 90º کے زاویہ سے گھمایا جاتا ہے۔ سوئی کی سمت کی پیشین گوئی کیجیے۔ اس مقام پر مقناطیسی عدول صفر مان لیجیے۔

5.21 ایک مقناطیسی دوقطبیہ پر دو مقناطیسی میدان لگ رہے ہیں۔ میدانوں کی سمتوں کے مابین زاویہ 60º ہے اور ان میں سے ایک میدان کی عددی قدر 1.2×10^{-2} T ہے۔ اگر دوقطبیہ اس میدان کے ساتھ 15º زاویہ پر مستحکم توازن میں آجاتا ہے تو دوسرے میدان کی عددی قدر کیا ہے؟

5.22 ایک یک توانائی والی (monoenergetic) الیکٹران بیم (18kev) پر، جو شروع میں افقی سمت میں ہے، 0.04G کا افقی مقناطیسی میدان، اس کی آغازی سمت پر عمود سمت میں لگایا جاتا ہے۔ 30cm فاصلے کے درمیان، بیم کے اوپر یا نیچے کی جانب انفراج کا تخمینہ لگایئے۔

[نوٹ: اس مشق میں آنکڑے اس طرح منتخب کیے گئے ہیں کہ جواب سے آپ کو ایک الیکٹران گن سے ٹی.وی. سیٹ تک، الیکٹران بیم کے حرکت کرنے میں زمین کے مقناطیسی میدان کے اثر کا اندازہ ہو سکے۔]

5.23 ایک پارا مقناطیسی نمک کے نمونے میں 2.0×10^{24} ایٹمی دوقطبیے ہیں، جن میں سے ہر ایک کا دوقطبی معیارِ اثر 1.5×10^{-23} J T^{-1} ہے۔ نمونے کو ایک 0.64T کے متجانس (یکساں) مقناطیسی میدان میں رکھا جاتا ہے اور 0·42K درجہ حرارت تک ٹھنڈا کیا جاتا ہے۔ حاصل ہوئی مقناطیسی سیر شدگی کا درجہ 15% ہے۔ 0.98T کے مقناطیسی میدان اور 2.8K درجہ حرارت پر، نمونے کا کل دوقطبی معیارِ اثر کیا ہوگا؟ (کیوری کا قانون مان لیجیے)۔

5.24 اوسط نصف قطر 15cm کے رولینڈ رنگ (Rwoland ring) میں ایک لوہ مقناطیسی قالب پر لپٹے ہوئے تار کے 3500 چکر ہیں۔ لوہ مقناطیسی مادے کی اضافی مقناطیسی سرایت پذیری 800 ہے۔ 1.2A کے کرنٹ کے لیے قالب میں مقناطیسی میدان کیا ہے؟

5.25 ایک الیکٹران کے مقناطیسی معیارِ اثر سمتیوں، μ_l اور μ_s، جو بالترتیب، اسپن زاویائی معیارِ حرکت $\vec{S}$ اور مداری زاویائی معیارِ حرکت $\vec{l}$ سے منسلک ہیں، کی پیشین گوئی کوانٹم نظریہ نے کی [اور تجربات سے ان کی تصدیق، بہت زیادہ درستگیٔ صحت کے ساتھ، ہوئی]۔ یہ دیے جاتے ہیں:

$$\mu_s = -\left(\frac{e}{m}\right)\vec{S}$$

$$\mu_l = -\left(\frac{e}{2m}\right)\vec{l}$$

ان میں سے کون سا رشتہ، کلاسیکی نظریہ سے جس نتیجے کی امید کی جاسکتی ہے، اس سے مطابقت رکھتا ہے؟ کلاسیکی نتیجے کو مشتق کرنے کے لیے خاکہ پیش کیجیے۔

2019-20