18 అయస్కాంతత్వం మరియు విద్యుత్ ప్రవాహం వల్ల అయస్కాంత ఫలితం

ఆవేశిత కడ్డీలు ఒకదానికొకటి లేదా చిన్న కాగితపు ముక్కలను ఏ విధంగా ఆకర్షించుకుంటాయో పాఠం 15లో తెలుసుకున్నారు. బహుశా మీరు అయస్కాంతంతో ఆడుకొనే వుంటారు – ఇనుప ముక్కలను ఆకర్షించే ధర్మాన్ని కలిగి ఉన్న పదార్థం. కాని మీరు ఎపుడయినా విద్యుచ్ఛక్తికి, అయస్కాంతత్వానికి గల సంబంధం గురించి ఆలోచించారా? 1820 సంవత్సరంలో ఆయర్‌స్టెడ్ అనే శాస్త్రవేత్త వీటి మధ్య గల సంబంధాన్ని కనుగొన్నారు. ప్రస్తుతం అయస్కాంతత్వం, విద్యుచ్ఛక్తి ఒకదానికొకటి ఎంత సన్నిహితంగా సంబంధించి ఉన్నాయో మనకు తెలుసు.

ఈ పాఠంలో అయస్కాంతాల ప్రవర్తన, వాటి ఉపయోగాలను, విద్యుత్ ప్రవాహం వల్ల ఏర్పడే అయస్కాంత క్షేత్రాల గురించి తెలుసుకుంటారు. అయస్కాంత క్షేత్రంలో చలించే ఆవేశాల మరియు విద్యుత్ ప్రవాహం కలిగిన వాహకాల ప్రవర్తన గురించి కూడ వివరించాం. ఈ సూత్రాల ఆధారంగా మోటారు (Motor) వంటి విద్యుత్ పరికరాలు, అమ్మీటరు, వోల్టు మీటరు, గాల్వనామీటరు వంటి కొలిచే సాధనాలు పని చేయు విధానం ను వివరించాం.

లక్ష్యాలు

ఈ పాఠం చదివిన తరువాత మీరు కింది విషయాలు తెలుసుకుంటారు

- అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని నిర్వచించి, SI ప్రమాణాలు తెలుపుట
- భూ అయస్కాంత క్షేత్రం యొక్క మూలరాశులను తెలిపి, వాటి మధ్య గల సంబంధాన్ని రాయడం
- విద్యుత్ ప్రవాహం వల్ల ఏర్పడే అయస్కాంత క్షేత్రాలు – ఆయర్‌స్టెడ్ ప్రయోగం ను వివరించడం
- బయోట్ – సవర్ట్ సూత్రం లేదా నియమం ను నిర్వచించి, దాని అనువర్తనాలను తెలపడం

- ఆంపియర్ వలయ నియమంను, దాని అనువర్తనాన్ని వివరించడం
- ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రంలో, ఆవేశిత కణం యొక్క చలనాన్ని వివరించడం
- ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఉంచిన విద్యుత్ ప్రవహించే వాహకం మీద పనిచేసే బలంకు సమాసాన్ని రాబట్టడం
- విద్యుత్ ప్రవహించే రెండు తిన్నని సమాంతర వాహకాల మధ్య పని చేసే బలంకు సమాసాన్ని రాబట్టడం
- గాల్వనామీటరు, అమ్మీటరు, వోల్టుమీటరు – ఏ సూత్రం పై ఆధారపడి పని చేస్తాయో వివరించడం

18.1 అయస్కాంతాలు, వాటి ధర్మాలు

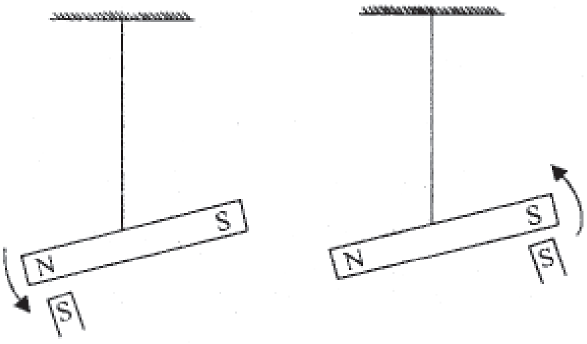
క్రీ.పూ. 600 లోనే గ్రీకు తత్త్వవేత్తలకు అయస్కాంతత్వం అనే దృగ్విషయం గురించి తెలుసు. మాగ్నటైట్ (Fe_3O_4) అనబడే కొన్ని రాళ్ళు ఇనుప ముక్కలను ఆకర్షిస్తాయని వారు గమనించారు. ప్రకృతి సిద్ధంగా లభ్యమవుతున్న మాగ్నటైట్ ముక్కలను సహజ అయస్కాంతాలని అంటారు. సహజ అయస్కాంతాలు బలహీనంగా ఉంటాయి. కాని ఇనుము, ఉక్కు, కోబాల్టు వంటి పదార్థాలను కృత్రిమ అయస్కాంతాలుగా మార్చవచ్చు. ఇవి బలమయిన, శాశ్వత అయస్కాంతాలు. సహజ లేదా కృత్రిమ అయస్కాంతాలన్ని కొన్ని ధర్మాలను కలిగి ఉంటాయి. అయస్కాంతాల మూల ధర్మాల గురించి మీకు తెలిసి ఉండవచ్చు, కాని ఇక్కడ వాటిని మరొకసారి గుర్తు చేసుకుందాం.

(i) **దిశా ధర్మం :** ఒక చిన్న దండాయస్కాంతంను స్వేచ్ఛగా ద్రవ్యరాశి కేంద్రం గుండా పోయే అక్షం వెంబడి భ్రమణం చేసేట్లు వేలాడదీసినపుడు, అది ఎప్పుడూ భూమి ఉత్తర – దక్షిణ దిశలలోనే విరామ స్థితికి వస్తుంది.

(ii) **ఆకర్షించే ధర్మం :** అయస్కాంత పదార్థాలయిన ఇనుము, ఉక్కు, కోబాల్టు ముక్కలను అయస్కాంతం ఆకర్షిస్తుంది. ఈ ముక్కలు అయస్కాంతం చివరలకే ఎక్కువగా అంటుకొని ఉంటాయి. అనగా అయస్కాంతం చివరల వద్ద, చివర్లకు దగ్గరగా ఉన్న బిందువుల వద్ద ఆకర్షణ బలం ఎక్కువగా ఉంటుంది. ఈ బిందువులనే అయస్కాంత **ధ్రువాలని** అంటారు. స్వేచ్ఛగా వేలాడదీసిన అయస్కాంతంలో భూ ఉత్తర దిక్కు వైపు చూపే అయస్కాంత చివరను ఉత్తర ధ్రువమని, భూ దక్షిణ దిక్కు వైపు చూపే అయస్కాంత చివరను దక్షిణ ధ్రువమని అంటారు. మన భూమి కూడ ఒక అయస్కాంతం లాగా పనిచేస్తుందని దిశా, ఆకర్షణ ధర్మాలు చెపుతాయా ? ఔను, భూమి అయస్కాంతం లాగా పని చేస్తుంది.

(iii) రెండు అయస్కాంతాల విజాతి ధ్రువాలు ఒకదానినొకటి ఆకర్షించుకుంటాయి, సజాతి ధ్రువాలు ఒకదానినొకటి వికర్షించుకుంటాయి (పటం 18.1)

(iv) అయస్కాంత ధ్రువాలు ఎప్పుడూ జతగూడి ఉంటాయి. ఆ ధ్రువాలు వేరు చేయబడవు. అనగా అయస్కాంత ద్విధ్రువం అనే అతి చిన్న నమూనా అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఏర్పరుస్తుంది.



పటం 18.1 : రెండు అయస్కాంతాల విజాతి ధ్రువాలు ఒకదానినొకటి ఆకర్షించుకుంటాయి, సజాతి ధ్రువాలు వికర్షించుకుంటాయి.

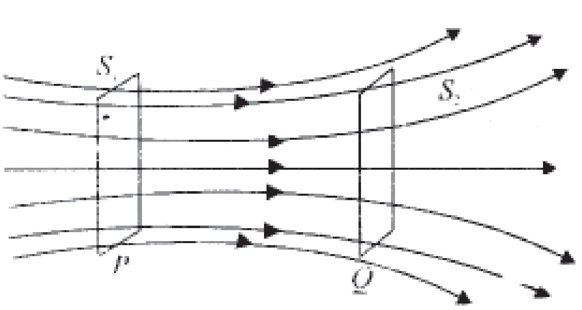
(v) అయస్కాంతం దానికి దగ్గరగా ఉంచిన పదార్థంలో అయస్కాంతత్వంను ప్రేరణ చేస్తుంది. ఒక అయస్కాంతాన్ని, ఇనుప ముక్క దగ్గరకు తెచ్చినపుడు, అది అయస్కాంతానికి దగ్గరగా ఉన్న చివరలో వ్యతిరేక ధ్రువం, దూరంగా ఉన్న చివరలో సజాతి ధ్రువంను పొందుతుంది. ఈ దృగ్విషయాన్నే **అయస్కాంత ప్రేరణ** (magnetic induction) అంటారు.

18.1.1 అయస్కాంత క్షేత్ర బలరేఖలు

అయస్కాంతాలు లేదా అయస్కాంతం, ఇనుప ముక్కల మధ్య గల అన్యోన్య చర్యలు, వాటి ప్రభావం కొంత దూరం వరకు ఉంటుందని సూచిస్తాయి. అయస్కాంత క్షేత్రం ద్వారా దీనిని అర్థం చేసుకోవచ్చు. అయస్కాంత క్షేత్రం దిశ, పరిమాణాలు దృశాత్మకంగా తెలపడానికి క్షేత్ర బలరేఖలను చిత్రీకరించడం సరి అయిన పద్ధతి.

- అయస్కాంత క్షేత్రం **B** లో ఏదైనా ఒక బిందువు వద్ద క్షేత్ర దిశ ఆ బిందువు గుండా గీసిన అయస్కాంత బలరేఖకు స్పర్శ రేఖ దిశలో ఉంటుంది.

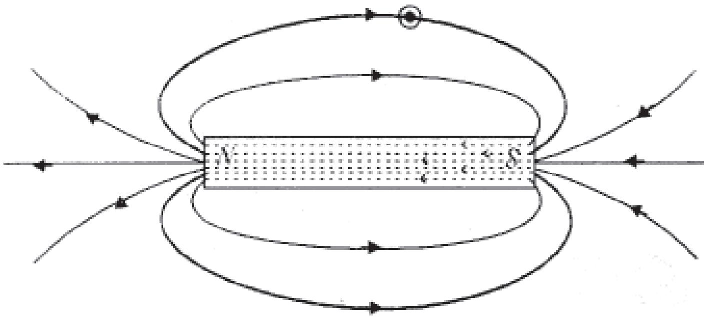
- బలరేఖలకు లంబంగా ఉన్న ప్రమాణ వైశాల్య తలం గుండా వెళ్ళే బలరేఖల సంఖ్య క్షేత్ర తీవ్రతకు అనులోమానుపాతంలో ఉంటాయి. క్షేత్రం **B** అధికంగా ఉన్న ప్రదేశంలో బలరేఖలు దగ్గర దగ్గరగా ఉంటాయి; క్షేత్రం తక్కువగా ఉన్న ప్రదేశంలో బలరేఖలు దూర దూరంగా ఉంటాయి.



పటం 18.2 :రెండు సమాంతర తలాల గుండా వెళ్ళే అయస్కాంత బలరేఖలు

రెండు సమాంతర తలాలు S_1, S_2 ల గుండా వెళ్ళే కొన్ని బలరేఖలను పటం 18.2 చూపిస్తుంది. S_1, S_2 తలాల వైశాల్యాలు సమానం, కాని S_1 గుండా వెళ్ళే బలరేఖల సంఖ్య S_2 గుండా వెళ్ళే బలరేఖల సంఖ్య కంటే ఎక్కువ. కాబట్టి ప్రమాణ వైశాల్యానికి, S_1 గుండా వెళ్ళే బలరేఖల సంఖ్య, S_2 గుండా వెళ్ళే బలరేఖల సంఖ్య కంటే ఎక్కువ. అందువల్ల P ప్రాంతం చుట్టూ ఉన్న అయస్కాంత క్షేత్రం, Q ప్రాంతం చుట్టూ ఉన్న క్షేత్రం కంటే బలమయినది అని మనం చెప్పవచ్చు.

- ప్రతి అయస్కాంత బలరేఖ ఒక సంవృత వక్రం (Closed curve). అయస్కాంతం వెలుపల బలరేఖలు, ఉత్తర ధ్రువం నుండి దక్షిణ ధ్రువానికి, అయస్కాంతం లోపల ఇవి దక్షిణ ధ్రువం నుండి ఉత్తర ధ్రువానికి పోతాయి (పటం 18.3).
- రెండు అయస్కాంత బలరేఖలు ఎపుడూ ఖండించుకోవు.



పటం 18.3 : దండాయస్కాంతం యొక్క అయస్కాంత క్షేత్ర బలరేఖలు.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 18.1

1. మీకు ఒక అయస్కాంతంను ఇచ్చారు. దాని ఉత్తర ధ్రువాన్ని ఏ విధంగా గుర్తిస్తారు.

....

2. మీకు రెండు సర్వసమానంగా కనిపించే ఇనుప దండాలు ఇచ్చారు. అందులో ఒకటి అయస్కాంతం. ఈ రెండింటిని మాత్రమే ఉపయోగించి, రెండింటిలో ఏది అయస్కాంతం అని మీరు ఎలా గుర్తిస్తారు.

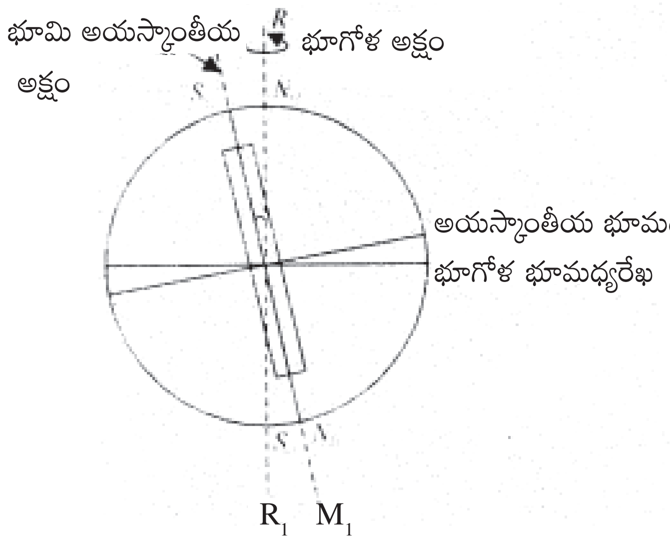
....

3. మీకు ఒక దారం, రెండు దండాయస్కాంతాలు ఇచ్చారు. రెండు అయస్కాంతాల ధ్రువాలను మీరు గుర్తించడానికి ఉపయోగించిన పద్ధతిని వివరించండి.

....

భూమి అయస్కాంత క్షేత్రం లేదా భూ అయస్కాంత క్షేత్రం

అయస్కాంతాల దిశా ధర్మాన్ని వివరించడానికి భూమి ఒక పెద్ద అయస్కాంతం వలే పనిచేస్తుందనుకుంటాం. అనగా భూమి లోపల ఒక పెద్ద దండాయస్కాంతం ఉందని అనుకుంటాం. ఈ అయస్కాంత దక్షిణ ధ్రువం భూగోళ ఉత్తర ధ్రువానికి దగ్గరగా ఉందనీ, అయస్కాంత ఉత్తర ధ్రువం భూగోళ దక్షిణ ధ్రువానికి దగ్గరగా ఉందనీ భావించాం. భూమి భ్రమణ అక్షం RR_1, భూమి అయస్కాంతీయ అక్షం MM_1.



పటం 18.4 భూ అయస్కాంత క్షేత్రం

కృత్యము 18.1

అయస్కాంత సూచికతో ఒక చిన్న ప్రయోగం చేద్దాం. (ఈ ప్రయోగాన్ని గ్లోబ్ భ్రమణ అక్షం వెంబడి గల ఒక దండాయస్కాంతం తో చేయవచ్చు. దండాయస్కాంత ఉత్తర ధ్రువం గ్లోబ్ దక్షిణ ధ్రువం వైపు వుండేట్లు అమర్చాలి). క్షితిజ సమాంతర, నిలువు తలాలలో తిరిగేట్లుగా, అయస్కాంత సూచికను స్వేచ్ఛగా వేలాడదీయాలి. భూమి ఉపరితలం పై భూమధ్య రేఖకు దగ్గరగా ఈ సూచిక వుంటే, అది క్షితిజ సమాంతర తలంలో విరామ స్థితికి వస్తుంది. ఉత్తరార్ధగోళం లోని ప్రదేశాలకు ఈ సూచికను తీసుకొని వెళ్ళాం అనుకుందాం. అయస్కాంత సూచిక నిలువు తలంలో భ్రమణం చెంది, మనం భూగోళ ఉత్తర ధ్రువం వైపు వెళ్ళిన కొద్దీ, అయస్కాంత సూచిక ఉత్తర ధ్రువం భూమి వైపు కిందికి దిగుతుంది. చివరగా కెనడా లోని హడ్‌సన్ బే దగ్గర, అయస్కాంత సూచిక ఉత్తర ధ్రువం నిట్టనిలువుగా కిందికి ఉంటుంది. ఉత్తరానికి 6^0 తో తూర్పు వైపు గల ఈ ప్రదేశాన్ని భూ అయస్కాంతం యొక్క దక్షిణ ధ్రువంగా తీసుకుంటాం. భూ ఉత్తర ధ్రువం నుంచి ఈ ప్రదేశం 650 కి.మీ. దూరంలో ఉంటుంది. ఇదే అయస్కాంత సూచికను దక్షిణార్ధగోళంలోకి తీసుకొని వెళ్ళితే, సూచిక దక్షిణ ధ్రువం కిందికి దిగుతుంది. భూగోళ దక్షిణ ధ్రువానికి పడమరగా 650 కి.మీ. దూరంలో సూచిక నిట్టనిలువుగా కింది వైపు ఉంటుంది. దీనిని భూ అయస్కాంతం యొక్క ఉత్తర ధ్రువంగా అనుకుంటాం. **దీని నుంచి భూమి అయస్కాంతీయ అక్షం ఖచ్చితంగా భూగోళ అక్షంతో ఏకీభవించదు అని మనం నిర్ధారించవచ్చు.**

భూ అయస్కాంత క్షేత్రం గురించి ఒక ముఖ్యమయిన విషయం ఏమిటంటే, అది స్థిరంగా ఉండదు, కాలంతో పాటు దాని దిశ, పరిమాణం మారుతూ ఉంటాయి.

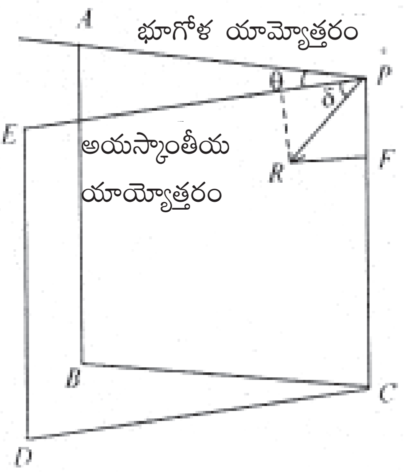
భూ అయస్కాంత క్షేత్ర మూల రాశులు

ఒక ప్రదేశంలో భూ అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని నిర్ణయించే రాశులను భూ అయస్కాంత మూల రాశులు అంటారు. అవి (a) డిప్ (dip) లేదా ఇన్‌క్లినేషన్ (δ) (b) డెక్లినేషన్ θ (declination) మరియు (c) భూ అయస్కాంత క్షేత్రం యొక్క క్షితిజ సమాంతర అంశం ($\mathbf{B}_M$)

(a) **ఇన్‌క్లినేషన్ లేదా డిప్ :**

ఒక ప్రదేశంలో అయస్కాంత సూచికను స్వేచ్ఛగా వేలాడదీసిన, అది క్షితిజ సమాంతర తలంలో విరామ స్థితికి రాదని మీరు గమనిస్తారు. అది, భూమి యొక్క క్షేత్ర ఫలిత తీవ్రత దిశ వైపు ఉంటుంది. తలం PCDE ని పటం 18.5 చూపిస్తుంది. ఇది భూమి ఉపరితలం పై P బిందువు వద్ద అయస్కాంత యామ్యోత్తరం (magnetic meridian) (భూ అయస్కాంత ఉత్తర, దక్షిణ ధ్రువాల గుండా వెళ్ళే నిలువు తలం), PABC అనేది భూగోళ యామ్యోత్తరం (geographic meridian) (భూగోళ ఉత్తర, దక్షిణ ధ్రువాల గుండా వెళ్ళే నిలువు తలం). P బిందువు వద్ద భూ అయస్కాంత క్షేత్ర దిశ, పరిమాణం ను PR సూచిస్తుంది అనుకుందాం. క్షితిజ సమాంతరం తో PR, δ కోణం చేస్తుందని గమనించండి. ఈ కోణాన్ని భూమి ఉపరితలం పై P వద్ద ఇన్‌క్లినేషన్ లేదా డిప్ అంటారు.

భూ అయస్కాంత క్షేత్రం యొక్క ఫలిత తీవ్రత దిశకు, అక్కడ క్షితిజ సమాంతర దిశకు మధ్య గల కోణాన్ని ఆ ప్రదేశంలో **డిప్** లేదా **ఇన్‌క్లినేషన్** అంటారు.



పటం 18.5 : భూ అయస్కాంత క్షేత్రం యొక్క మూల రాశులు

(b) **డెక్లినేషన్ :**

పటం 18.5 ను మళ్ళీ గమనించండి. PCDE తలం భూ అయస్కాంత క్షేత్ర సదిశ **PR** ను కలిగి వుంది. P బిందువు వద్ద PCDE, PABC తలాల మధ్య గల కోణాన్ని డెక్లినేషన్ అంటారు. దీనిని θ కోణంతో చూపించాం.

ఒక ప్రదేశంలో భూగోళ మరియు అయస్కాంత యామ్యోత్తరాల మధ్య కోణాన్ని డెక్లినేషన్ అంటారు.

(c) **క్షితిజ సమాంతర అంశం :**

ఫలిత అయస్కాంత క్షేత్రం **PR** ను P బిందువు వద్ద పటం 18.5 చూపిస్తుంది. పరిమాణం, దిశలలో, భూ అయస్కాంత క్షేత్రం యొక్క క్షితిజ సమాంతర అంశం PH, నిలువు అంశం PF లు సూచిస్తాయి. P బిందువు వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రం **B** అనుకుందాం. క్షితిజ సమాంతర అంశం $B_H = B\cos\delta$ ...... (18.1)

క్షితిజ లంబ అంశం $B_V = B\sin\delta$ .... (18.2)

సమీకరణాలు (18.1), (18.2) ల వర్గాలను కలపగా

$$B_H{}^2 + B_V{}^2 = B^2\cos^2\delta + B^2\sin^2\delta = B^2 \quad .... (18.3)$$

సమీకరణం (18.2) ను (18.1) తో భాగించగా

$$\frac{B_V}{B_H} = \tan\delta \quad .... (18.4)$$

18.2 విద్యుచ్ఛక్తి మరియు అయస్కాంతత్వం : మూల భావనలు

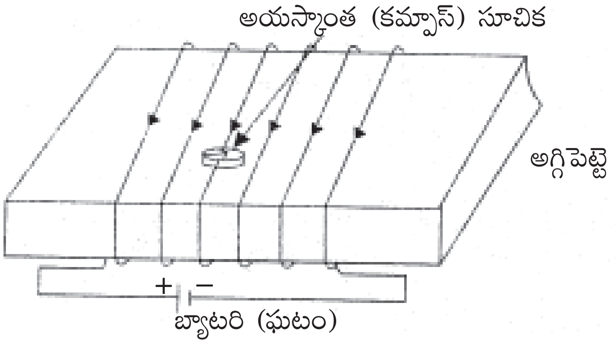
వాహకం కొనల మధ్య గల పొటెన్షియల్ తేడా వల్ల వాహకాలలో ఎలక్ట్రానులు ప్రవహించినపుడు, విద్యుత్ ప్రవాహం జనిస్తుందని మీకు తెలుసు. విద్యుత్ ప్రవహించే ఒక వాహకం, దగ్గరలో స్వేచ్ఛగా ఉన్న అయస్కాంత సూచిక మీద బలాన్ని ప్రదర్శిస్తుంది. అయస్కాంత సూచిక ఒక అయస్కాంతం చేత కూడ ప్రభావితం అవుతుంది. కాబట్టి విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్న ఒక వాహకం చుట్టూ అయస్కాంత క్షేత్రం ఏర్పడి ఉంటుందని మనం చెప్పవచ్చు. అయస్కాంత క్షేత్రం B ని దృశాత్మకంగా తెలపటం కోసం అయస్కాంత బలరేఖలు అనే భావనను వాడతాం. ఈ పాఠంలో వీటన్నింటి గురించి మరియు అయస్కాంత ప్రవేశ్య శీలత (అయస్కాంత పెర్మియబిలిటి) గురించి తెలుసుకుంటారు.

18.2.1 విద్యుత్ ప్రవాహం చుట్టూ ఉన్న అయస్కాంత క్షేత్రం

మనం ఒక చిన్న ప్రయోగాన్ని చేద్దాం.

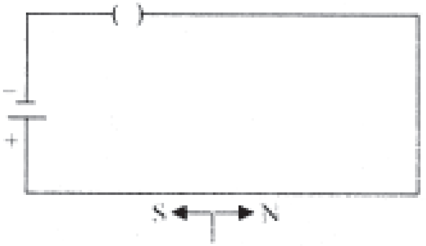
కృత్యము 18.2

1.5 వోల్టు బ్యాటరీని, 1 మీ పొడవు గల తీగను, అయస్కాంత సూచికను, ఒక అగ్గిపెట్టెను తీసుకుందాం. అగ్గిపెట్టె చుట్టూ విద్యుత్ తీగను 10 – 15 చుట్లు తిప్పాలి. ఈ చుట్ల కింద అయస్కాంత సూచికను పటం 18.6 లో చూపిన విధంగా ఉంచాలి. ఉత్తర – దక్షిణ దిశల వెంబడి తీగ ఉండేటట్లుగా ఈ అగ్గిపెట్టెను ఒక బల్ల పై ఉంచాలి. స్వేచ్ఛగా ఉన్న తీగ చివరలను బ్యాటరీకి కలపాలి.



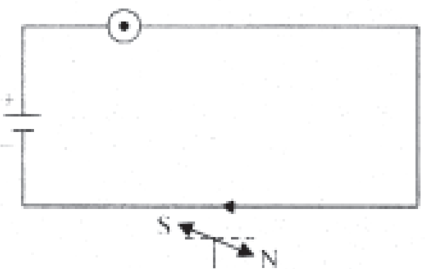
పటం 18.6 : విద్యుత్ ప్రవాహం వల్ల అయస్కాంత క్షేత్రం ఏర్పడిందని నిరూపించుట

అయస్కాంత సూచికకు ఏమవుతుంది ? అయస్కాంత సూచిక అపవర్తనం చెందుతుందని మీరు గమనిస్తారు. అనగా తీగ చుట్ల చుట్టూ, లోపల అయస్కాంత క్షేత్రం ఏర్పడిందని తెలుస్తుంది. బ్యాటరీ ధ్రువాలను మార్చి విద్యుత్తును వ్యతిరేక దిశలో ప్రవహింపచేస్తే, అయస్కాంత సూచిక కూడ వ్యతిరేక దిశలో అపవర్తనం చెందుతుంది. తీగ గుండా విద్యుత్ ప్రవాహం లేనపుడు, ఉత్తర – దక్షిణ దిశలో అయస్కాంత సూచిక స్థిరత్వాన్ని పొందుతుంది (పటం 18.7 a, b, c). ఒక అయస్కాంత సూచికను విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్న నిలువు తీగ దగ్గరకు తీసుకొని వెళ్ళినపుడు, అయస్కాంత బలరేఖలు తీగ చుట్టూ ఏక కేంద్ర వృత్తాలుగా పటం 18.7 (d) లో చూపినట్లు ఉంటాయి.

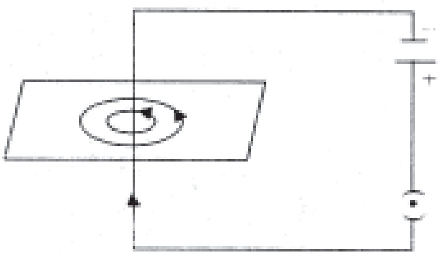


(ఎ) విద్యుత్ ప్రవాహం లేదు, అపవర్తనం లేదు.

(బి) ఉత్తరం వైపు విద్యుత్ ప్రవాహం, పడమర వైపు, ఉత్తర ధ్రువం యొక్క అపవర్తనం.



(సి) విద్యుత్ ప్రవాహం వ్యతిరేక దిశలో ఉంటే, అపవర్తనం దిశ కూడ వ్యతిరేక దిశలో ఉంటుంది.



(డి) తిన్నని వాహకం గుండా విద్యుత్ ప్రవాహం వల్ల వాహకం చుట్టూ ఏర్పడిన వృత్తాకార బలరేఖలు.

పటం 18.7 : విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్న వాహకం చుట్టూ ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రం.

డెన్‌మార్క్ లోని కొఫోన్‌హాగెన్ లో భౌతికశాస్త్రం ఆచార్యులు గా ఉండే హన్స్ క్రిష్టియన్ ఆయర్‌స్టెడ్, 1820 సంవత్సరంలో ఇటువంటి ప్రయోగాలు చేసి, విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్న వాహకం చుట్టూ అయస్కాంత క్షేత్రం ఏర్పడుతుందని గమనించారు.

18.3 బయోట్ - సవర్ట్ సూత్రం (Biot - Savart Law)

బయోట్ – సవర్ట్ సూత్రం, వాహకంలో ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహం కి, దాని చుట్టూ ఏర్పడే అయస్కాంత క్షేత్రానికి మధ్య నుండే పరిమాణాత్మక సంబంధాన్ని ఇస్తుంది. విద్యుత్ ప్రవాహమున్న వాహకం ప్రతి భాగం కూడ వాహకం చుట్టూ అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఏర్పరచడానికి తోడ్పడుతుంది. అందువల్ల వాహకం అన్ని భాగాల యొక్క ప్రభావాలను కలిపితే ఒక బిందువు వద్ద **B** నికర విలువ వస్తుంది. పటం 18.8 లో చూపినట్లుగా విద్యుత్ ప్రవాహమున్న వాహకం వల్ల ఏర్పడే నికర అయస్కాంత క్షేత్రం, విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్న Δl పొడవు గల అల్పాంశాల వల్ల ఏర్పడిన క్షేత్రాల సదిశల మొత్తానికి సమానం.

ప్రయోగాల ప్రకారం, Δl అల్పాంశం వల్ల ఏర్పడిన క్షేత్రం B ఈ కింది వాటి పై ఆధారపడి ఉంటుంది.

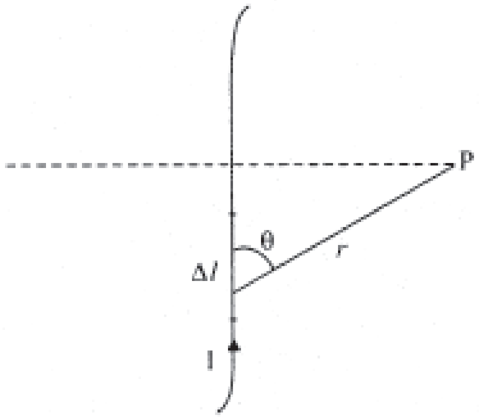
- వాహకం గుండా ప్రవహించే విద్యుత్తు I ;
- అల్పాంశం పొడవు Δl ;
- ప్రవాహ అల్పాంశం నుంచి P బిందువుకి గల దూరం యొక్క వర్గానికి విలోమానుపాతంలో ఉంటుంది.
- అల్పాంశంకి, అల్పాంశంను, P బిందువును కలిపే రేఖ మధ్య గల కోణం యొక్క సైన్ విలువ.

వీటన్నింటిని జతపరచడం ద్వారా ఈ కింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$\left|\Delta B_o\right| \; \alpha \; \frac{I \Delta l \sin\theta}{r^2}$$

$$= \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I dl \sin\theta}{r^2} \qquad \ldots (18.5)$$

μ_0 అనునది శూన్య యానకం యొక్క ప్రవేశ్య శీలత. దీని విలువ $4\pi \times 10^{-7}$ $WA^{-1}m^{-1}$. గాలి యొక్క ప్రవేశ్య శీలత విలువ కూడ సుమారుగా μ_0 కు సమానంగా ఉంటుంది.



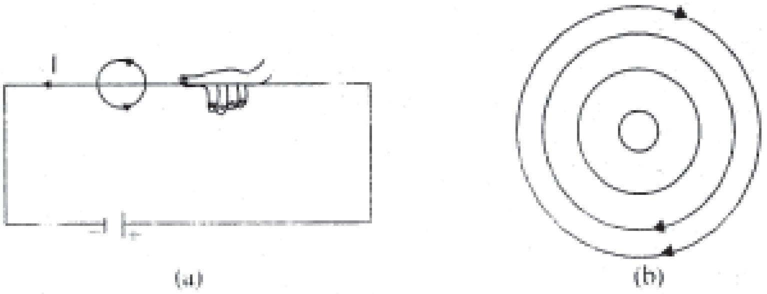
పటం 18.8 : విద్యుత్ ప్రవాహమున్న అల్పాంశం Δl వల్ల P వద్ద ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రం

వాహకంను, గాలి కాక వేరే ఏదైనా ఇతర యానకంలో ఉంచినపుడు, అయస్కాంత క్షేత్ర విలువ మారుతుంది. అపుడు క్షేత్ర విలువను ఈ కింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$\left|\mathbf{B}\right| = \mu\left|\mathbf{B}_0\right|$$

ఇక్కడ μ అనునది యానకం యొక్క ప్రవేశ్య శీలత.

B యొక్క దిశ : ఒక బిందువు వద్ద గల అయస్కాంత క్షేత్రం సదిశ రాశి. **B** యొక్క దిశను కుడిచేతి నియమం ను అనువర్తించి కనుక్కోవచ్చు. ఈ నియమాన్ని అనువర్తించడానికి, కొన్ని సందర్భాలలో ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రాల దిశలను తీసుకుందాం. పటం 18.9(a) లో చూపినట్లుగా కుడిచేతి లో ఒక విద్యుత్ ప్రవాహమున్న వాహకాన్ని చేయి బొటనవేలు ప్రవాహ దిశను సూచిస్తున్నట్లుగా పట్టుకున్నారనుకోండి. అప్పుడు మూసి ఉన్న మిగతా వేళ్ళు వాహకం చుట్టూ ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్ర దిశను సూచిస్తాయి. కాగితం మీద అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని సూచించడానికి, కాగితం తలం లోపలికి విద్యుత్ ప్రవహిస్తుందని అనుకుందాం. అపుడు కుడి చేతి నియమం ప్రకారం, అయస్కాంత క్షేత్ర బలరేఖలు కాగితం తలం లో ఉంటాయి (పటం 18.96(b)).



పటం 18.9 : అయస్కాంత క్షేత్ర దిశ : (a) కుడిచేతి నియమం : విద్యుత్ ప్రవాహ దిశలో బొటన వేలు, మూసి ఉన్న మిగతా వేళ్ళ దిశలో అయస్కాంత క్షేత్ర బల రేఖలు. (b) కుడి చేతి నియమం ప్రకారం, విద్యుత్ ప్రవాహం కాగితం తలం లోపలికి ఉన్నపుడు, అయస్కాంత క్షేత్ర బలరేఖలు కాగితం తలంలో ఉంటాయి.

18.3.1 బయోట్ - సవర్ట్ సూత్రం అనువర్తనాలు

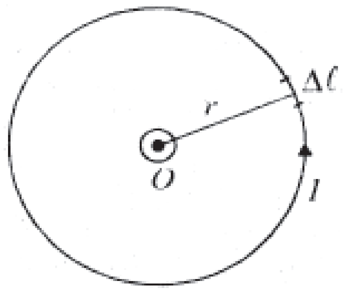
అయస్కాంత క్షేత్రం యొక్క పరిమాణాన్ని బయోట్ - సవర్ట్ సూత్రం ఇస్తుందని మీకు తెలుసు. ఇప్పుడు దీన్ని అనువర్తించి, మనం వేరు వేరు ఆకారాలు గల వాహకాల చుట్టూ ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రాలను కనుక్కుందాం. వాహకం అల్పాంశాల సముదాయం కాబట్టి ప్రతి అల్పాంశం వల్ల ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రాలను కలపడం వల్ల వాహకం వల్ల ఏర్పడిన నికర అయస్కాంత క్షేత్రం ను కనుక్కోవచ్చు. మొదట విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్న తీగ చుట్టను తీసుకుని, దాని కేంద్రం వద్ద ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని కనుక్కుందాం.

(a) విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్న తీగచుట్ట కేంద్రం వద్ద ఏర్పడే అయస్కాంత క్షేత్రం : పటం 18.10ను గమనించండి. అది r వ్యాసార్థం గల, విద్యుత్తు I ప్రవహిస్తున్న తీగ చుట్టను చూపుతుంది. తీగ చుట్ట కేంద్రం O వద్ద ఏర్పడే అయస్కాంత క్షేత్రం కనుక్కోవడానికి, చుట్టపైన Δl అనే విద్యుత్తు ప్రవాహమున్న అల్పాంశంను తీసుకోవాలి. విద్యుత్ ప్రవాహమున్న అల్పాంశం Δl, r ల మధ్య కోణం 90^0 అని గమనించండి. Δl వల్ల కేంద్రం O వద్ద ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రం,

సమీకరణం (18.5) నుంచి ఈ కింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$|\Delta \mathbf{B}| = \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{\Delta l}{r^2} \sin 90^0$$

$$= \frac{\mu_0}{4\pi} \; I \; \frac{\Delta l}{r^2} \quad (\sin 90^0 = 1 \text{ కాబట్టి})$$



పటం 18.10 : విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్న వృత్తాకార తీగచుట్ట.

$\Delta \mathbf{B}$ దిశ తీగచుట్ట తలానికి లంబంగా ఉంటుంది. తీగచుట్టలోని ప్రతి అల్పాంశం వల్ల ఏర్పడిన క్షేత్రాలు అన్నీ ఒకే దిశలో ఉంటాయి కాబట్టి, వాటన్నింటినీ కలిపితే కేంద్రం వద్ద ఫలిత క్షేత్రం వస్తుంది.

$$|\mathbf{B}| = \sum |\Delta \mathbf{B}| = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2} \sum \Delta l = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2} . 2\pi r$$

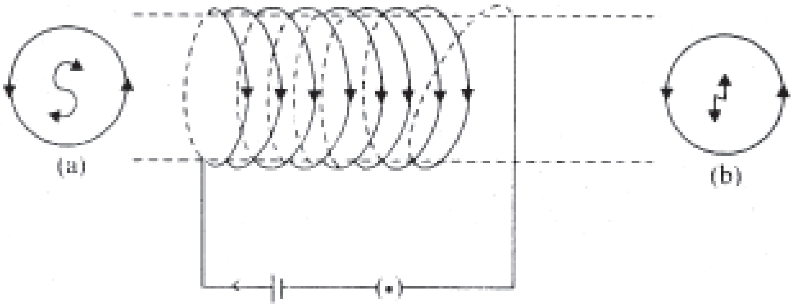
విద్యుత్ I ప్రవహిస్తున్న, r వ్యాసార్ధం గల తీగ చుట్ట కేంద్రం వద్ద ఏర్పడే అయస్కాంత క్షేత్రంను ఈ విధంగా రాయవచ్చు.

$$|\mathbf{B}| = \frac{\mu_0}{2r} I \qquad \text{.......} \quad (18.6)$$

తీసుకున్న తీగచుట్టలో ఒకటి కంటే ఎక్కువ చుట్లు ఉన్నపుడు (n చుట్లు ఉన్నట్లయితే), అయస్కాంత క్షేత్రం విలువ

$$|\mathbf{B}| = \frac{\mu_0 n I}{2r}$$

పటం 18.7 లో ఇచ్చిన నియమం ను ఉపయోగించి, నికర క్షేత్ర దిశను మీరు పరిశీలించుకోవచ్చు. తీగచుట్ట ఏ భాగంలోనయినా కుడిచేతి నియమం ను ఉపయోగించి, మీరు అదే ఫలితాన్ని పొందుతారు. (విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్న తీగచుట్ట వల్ల ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్ర దిశను గుర్తించడానికి మరొక సులభమయిన నియమం ఉంది, దానిని చివరి నియమం (End rule) అంటారు. పటం (18.11(ఎ, బి)) లో దీనిని చూపించాం.



పటం 18.11 : అయస్కాంత క్షేత్ర దిశ : చివరి నియమం (End - rule)

తీగచుట్ట ఏదైనా ఒక చివరను ఒక పరిశీలకుడు గమనించినపుడు, సవ్య దిశలో విద్యుత్ ప్రవాహం ఉంటే, తీగచుట్ట ముఖం (తలం) తుల్యాంకన అయస్కాంత దక్షిణ ధ్రువంగా ప్రవర్తిస్తుంది, అనగా B యొక్క దిశ లోపలి వైపు ఉంటుంది. అపసవ్య దిశలో విద్యుత్ ప్రవాహం ఉంటే, తీగచుట్ట ముఖం, తుల్యాంకన అయస్కాంత ఉత్తర ధ్రువంగా ప్రవర్తిస్తుంది లేదా క్షేత్ర దిశ ఆ చివర నుండి బయటి వైపుకు ఉంటుంది.

పాఠం లోని ప్రశ్నలు 18.2

1. (i) ఒక స్థిర ఎలక్ట్రాను (ii) ఒక కదిలే ఎలక్ట్రాను వల్ల ఏర్పడే క్షేత్రం గురించి మీరు ఏమి చెప్పగలరు ?

   ....

2. ఉష్ణశక్తి వల్ల వాహకం లోని ఎలక్ట్రాన్లు స్థిరమైన చలనంలో ఉంటాయి. వాహకం కొనల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా అనువర్తించే వరకు, అవి ఎందుకు అయస్కాంతత్వంను చూపించవు.

   ....

3. పొడవయిన తీగలో విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్నది. దీనిని మొదట ఒక చుట్టు గల తీగచుట్టగా, తరువాత తక్కువ వ్యాసార్ధం గల రెండు చుట్ల తీగచుట్టగా చేశారు. తీగచుట్ట కేంద్రం వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రం మారుతుందా ? మారితే ఎందుకు, ఎంత మారుతుంది.

   ....

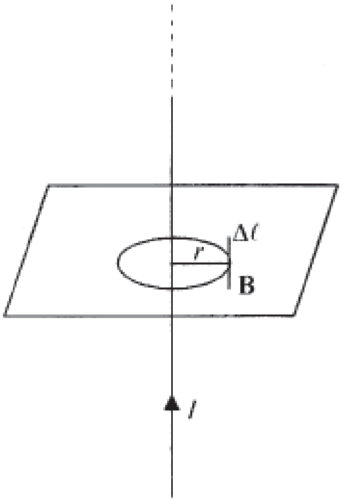
18.4 ఆంపియర్ వలయ నియమం

విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్న వాహకం చుట్టూ ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రంను మరొక పద్ధతిలో లెక్కించడానికి ఆంపియర్ వలయ నియమం ను ఉపయోగిస్తారు.

ఆంపియర్ వలయ నియమం ఒక సంవృత వలయం చుట్టూ గల అయస్కాంత క్షేత్రం **B** యొక్క రేఖీయ సమాకలనం, మొత్తం విద్యుత్తు I కి μ_0 రెట్లు ఉంటుందని చెపుతుంది. గణితశాస్త్రంలో దీనిని మనం ఈ కింది విధంగా రాస్తాం.

$$\oint \mathbf{B}.\mathbf{dl} = \mu_0 I \qquad \ldots (18.7)$$

సంవృత వలయం ఆకారం లేదా పరిమాణం పైన ఇది ఆధారపడదని గమనించండి.



పటం 18.12 : ఆంపియర్ వలయ నియమం.

ఆండ్రీ మేరి ఆంపియర్

(1775 - 1836)

సైద్ధాంతిక పరిజ్ఞానం, ప్రయోగాత్మక నైపుణ్యం కలిపి, ఆంపియర్ ఎన్నో కష్టతరమైన ప్రయోగాలు చేసి వాటి ఫలితాలను విద్యుత్ గతిశాస్త్రం సిద్ధాంతాలుగా ప్రచురించారు. ఇవి విద్యుత్, దాని అయస్కాంత ఫలితాలకు గణిత శాస్త్ర రుజువులను ఇస్తాయి. విద్యుత్ ప్రవాహం ప్రమాణాన్ని అతని పేరు మీద పిలుస్తారు. అతను పనిలో పడిపోయి పురస్కారాలను, గౌరవాలను పట్టించుకునే వారు కాదు. చక్రవర్తి నెపోలియన్, తనతో విందు చేయవలసిందిగా పంపిన ఆహ్వానాన్ని కూడ ఒకసారి అతను మరచిపోయారు. అతని సమాధి పై ఆఖరుకు సంతోషం (Happy at end) అనే వాక్యం రాయబడింది. దీని వల్ల అతని జీవితమంతా బాధతో, కష్టాలతో గడిచిందని తెలుస్తుంది. కాని అతని సృజనాత్మకతను ఇది ఏ మాత్రం తగ్గించలేదు.

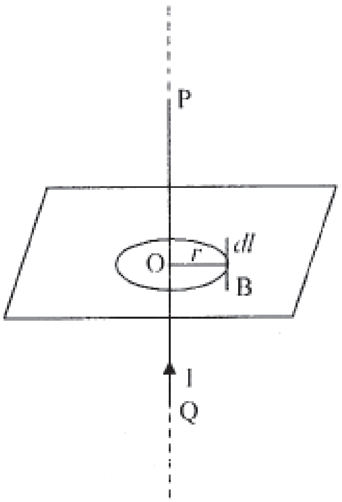
18.4.1 ఆంపియర్ వలయ నియమం యొక్క అనువర్తనాలు

మనం ఇపుడు ఆంపియర్ వలయ నియమం ను అనువర్తించి, రెండు సరళమైన పరిస్థితులలో అయస్కాంత క్షేత్రంను కనుక్కుందాం.

(ఎ) విద్యుత్ ప్రవాహం ఉన్న తిన్నని పొడవైన వాహకం వల్ల అయస్కాంత క్షేత్రం.

పటం 18.13 లో చూపినట్లు పొడవైన తీన్నని వాహకం POQ లో I విద్యుత్ ప్రవహిస్తోంది. వాహకాన్ని కేంద్రంగా తీసుకుని, r వ్యాసార్థం ఉన్న ఒక వృత్తాన్ని పటం లో చూపినట్లు నిర్మించారనుకోండి. అపుడు

$$\sum \mathbf{B}.dl = B\,2\pi r$$



పటం 18.13 : విద్యుత్ ప్రవాహమున్న తిన్నని పొడవైన వాహకం

ఆంపియర్ వలయ నియమం ను అనువర్తించి, మనం ఈ విదంగా రాయవచ్చు.

$$|\mathbf{B}|2\pi r = \mu_0 I$$

లేదా
$$|\mathbf{B}| = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \qquad ..... (18.8)$$

పై సమీకరణం, విద్యుత్ ప్రవాహమున్న అనంతమైన పొడవు గల వాహకం చుట్టూ ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రం ను ఇస్తుంది.

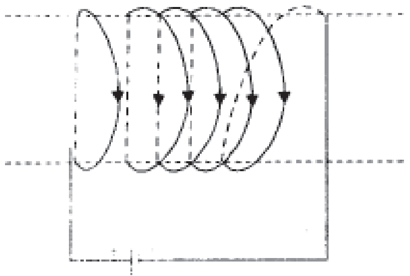
సోలెనాయిడ్, టొరాయిడ్ లను ఎక్కువగా మోటారులు, జనరేటర్‌లు, ఆట వస్తువులు, ఫ్యాన్ – చుట్లు, విద్యుదయస్కాంతాలు. ట్రాన్స్‌ఫార్మర్‌లు మొదలగు వాటిలో వాడతారు. వీటిని ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రంను ఏర్పరచడానికి వాడతారు. హెచ్చు అయస్కాంత క్షేత్రాలు మనకు అవసరమైనపుడు, మెత్తని (soft) ఇనుమును తీగచుట్టలో ఉంచుతారు.

(బి) ఒక సోలెనాయిడ్ వల్ల ఏర్పడే అయస్కాంత క్షేత్రం: పొడవైన, అతి దగ్గరగా చుట్టబడిన సర్పిలాకారపు తీగచుట్టనే సోలెనాయిడ్ అంటారు. దీనిని పటం 18.14 లో చూపించాం. I విద్యుత్ ప్రవాహమున్న తీగ చుట్టూ అయస్కాంత క్షేత్రం ఏర్పడుతుందని మనకు తెలుసు. సొలెనాయిడ్ పొడవు l , దానిలో గల చుట్ల సంఖ్య N అనుకుందాం. ఈ సొలెనాయిడ్ లో అక్షం వెంబడి ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రం ను కనుక్కోవడానికి, దీనిని అతి హెచ్చు వ్యాసార్థం కలిగిన టొరాయిడల్ సొలెనాయిడ్ యొక్క ఛేదముగా తీసుకుంటాం. కాబట్టి

$$|\mathbf{B}| = \mu_0 n I$$

సొలెనాయిడ్ అక్షం వెంబడి, అయస్కాంత క్షేత్ర దిశ ఉంటుంది. ఒక తిన్నని సొలెనాయిడ్ అనంతం కాదు. కాబట్టి సొలెనాయిడ్‌లో, దాని కేంద్రం దగ్గర $|\mathbf{B}| = \mu_0 n I$ సరి అయినది.

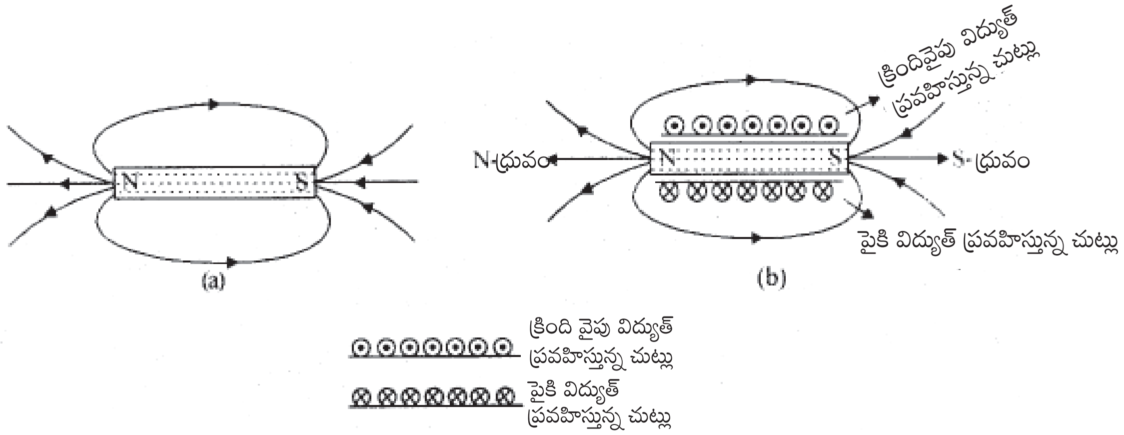
తక్కువ వ్యాసార్ధం కలిగిన సొలెనాయిడ్‌లకు, దాని చివరల వద్ద గల B పరిమాణం ఈ విధంగా రాయవచ్చు.



పటం 18.14 : ఒక సొలెనాయిడ్

$$|\mathbf{B}| = \frac{\mu_0 n I}{2} \qquad ..... (18.9)$$

సొలెనాయిడ్, దండయస్కాంతం వలే ప్రవర్తిస్తుంది, మరియు అయస్కాంత క్షేత్రం పటం 18.15 లో చూపించిన విధంగా ఉంటుంది.



పటం 18.15 : దండాయస్కాంతం వలే సొలెనాయిడ్ : (ఎ) దండాయస్కాంతం వల్ల ఏర్పడే అయస్కాంత క్షేత్రం (బి) విద్యుత్ ప్రవాహమున్న సొలెనాయిడ్ వల్ల ఏర్పడే అయస్కాంత క్షేత్రం.

ఉదాహరణ 18.1 : 50 సెం.మీ. పొడవు ఉన్న సొలెనాయిడ్, ప్రతీ దానిలో 250 చుట్లు ఉన్న 3 పొరల చుట్లను కలిగి ఉంది. అన్నింటికంటే కింద వున్న పొర వ్యాసార్ధం 2 సెం.మీ. దాని గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ 40 A అయితే a) సొలెనాయిడ్ కేంద్రం దగ్గర, అక్షం మీద మరియు అక్షం గుండా b) దాని అక్షం చివరల దగ్గర c) సొలెనాయిడ్ బయట దాని మధ్యలో గల **B** పరిమాణాన్ని లెక్కించండి.

సాధన : a) కేంద్రం వద్ద లేదా సొలెనాయిడ్ కి దగ్గరగా

$$B = \mu_0 n I$$

$$= 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{3 \times 250}{0.5} \times 4$$

$= 16\pi \times 1500 \times 10^{-7}$ T

$= 24\pi \times 10^{-4}$ T

b) చివరల వద్ద

$$B_{\text{చివర}} = \frac{1}{2} B_{\text{కేంద్రం}} = 12\pi \times 10^{-4} \text{T}$$

c) సొలెనాయిడ్ బయట, అయస్కాంత క్షేత్రం సున్నా లేదా శూన్యం.

ఉదాహరణ 18.2 : ఒక తిన్నని పొడవైన తీగలో 12 A విద్యుత్ ప్రవాహం ప్రవహిస్తోంది. తీగ నుంచి ఎంత దూరంలో అయస్కాంత క్షేత్రం 3×10^{-5} T ఏర్పడుతుందో, కనుక్కోండి.

సాధన : $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \Rightarrow r = \frac{\mu_0 I}{2\pi B}$

$$\therefore r = \frac{2 \times 10^{-7} \times 12}{3 \times 10^{-5}} = 0.25\text{m}$$

పాఠం లోని ప్రశ్నలు 18.3

1. అయస్కాంత క్షేత్ర బలరేఖల చిత్రీకరణ ఇచ్చే సమాచారం

   ఎ) క్షేత్ర దిశ మాత్రమే

   బి) క్షేత్ర పరిమాణం మాత్రమే

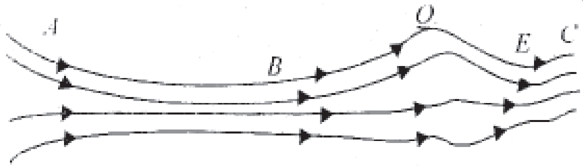
   సి) క్షేత్ర దిశ, పరిమాణం రెండింటినీ

   డి) క్షేత్రం యొక్క బలం

2. బయోట్ – సవర్ట్ సూత్రం, ఆంపియర్ వలయ నియమంల నుండి తెలుసుకునే ఉమ్మడి విషయం ఏమిటి ?

   ....

3. ఈ కింది ఏకరీతి గాని అయస్కాంత క్షేత్రం యొక్క బలరేఖల చిత్రం లో ఏ బిందువు వద్ద క్షేత్రం (i) ఏకరీతిగా ఉంది (ii) బలహీనంగా ఉంది (iii) బలం గా ఉంది.



పటం 18.16 : ఒక విలక్షణ అయస్కాంత క్షేత్రం

....

4. 3 A విద్యుత్, 10 cm. పొడవు ఉన్న సొలెనాయిడ్ గుండా ప్రవహించినపుడు, దాని లోపల గల అయస్కాంత క్షేత్రం 0.002 T. దానిలో ఉన్న చుట్ల సంఖ్యను కనుక్కోండి.

....

18.5 అయస్కాంత క్షేత్రంలో చలనం లో ఉండే ఆవేశం పై పనిచేసే బలం

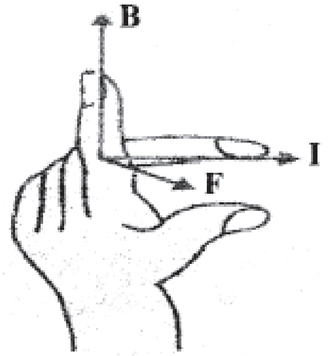
అయస్కాంత క్షేత్రంలో, ఆవేశిత వస్తువు చలనంలో ఉంటే, దాని పై బలం పనిచేస్తుంది. ఆవేశిత వస్తువు పై పనిచేసే ఈ బలాన్నే లోరెంట్జ్ బలం (Lorentz force) అంటారు. $+q$ ఆవేశం కలిగి, **B** అయస్కాంత క్షేత్రంలో, v వేగం తో కదిలే కణం పై గల లోరెంట్జ్ బలం.

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

$$|\mathbf{F}| = q\,v\,B\sin\theta \qquad \text{...... (18.10)}$$

ఇక్కడ $\mathbf{v}, \mathbf{B}$ దిశల మధ్య కోణం θ. **F** దిశను ఫ్లెమింగ్ ఎడమ చేయి నిబంధన ద్వారా పొందవచ్చు.

ఫ్లెమింగ్ ఎడమ చేతి నిబంధన, ఈ విధంగా చెబుతుంది. ఎడమ చేతి బొటనవేలు, చూపుడు వేలు, మధ్య వేలు పరస్పరం లంబంగా ఉండేట్లు, మన ఎడమ చేతిని చాచినప్పుడు, చూపుడు వేలు అయస్కాంత క్షేత్రం దిశను, మధ్య వేలు క్షేత్రం లోని ధనావేశ వేగం దిశను సూచిస్తే, లోరెంట్జ్ బలం దిశను బొటనవేలు సూచిస్తుంది. (పటం 18.17).



పటం 18.17 : ఫ్లెమింగ్ ఎడమ చేతి నిబంధన

గుర్తుంచుకోవలసిన కొన్ని ముఖ్యమయిన విషయాలు.

- **F** అనేది ఒక యాంత్రిక బలం.
- బలం దిశను, ఫ్లెమింగ్ ఎడమ చేతి నిబంధన ద్వారా పొందవచ్చు.
- రుణావేశాలకు, మధ్యవేలు ఆవేశ చలనం యొక్క వ్యతిరేక దిశను సూచిస్తుంది.
- ఆవేశం నిశ్చలనమైతే, తక్షణమే బలం శూన్యమవుతుంది.
- అయస్కాంత క్షేత్రం **B** వెంబడి ఆవేశాలు చలిస్తే, బలం సున్నా అవుతుంది.
- ఆవేశాలు, క్షేత్రానికి లంబంగా చలించినపుడు, బలం గరిష్టంగా ఉంటుంది, $F = q\,v\,B$.

18.5.1 ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రంలోని విద్యుత్ ప్రవాహం కలిగిన వాహకం మీద బలం

లోరెంట్జ్ బలం భావనను సులభంగా ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రం **B** లో ఉంచిన విద్యుత్ ప్రవాహమున్న వాహకాలకు పొడిగించవచ్చు. అయస్కాంత క్షేత్రం, కాగితం తలానికి సమాంతరంగా ఉందనుకుందాం. Δl పొడవు, I విద్యుత్ ప్రవాహం ఉన్న వాహకాన్ని క్షేత్రానికి లంబంగా ఉంచారు. విద్యుత్ ప్రవాహం, $\mathbf{v_d}$ డ్రిఫ్ట్ వేగం తో కింది వైపు ప్రవహిస్తోందని అనుకుందాం. కాబట్టి విద్యుత్ ప్రవాహం కలగచేసే ప్రతి ఎలక్ట్రాను పై గల లోరెంట్జ్ బలం, $\mathbf{F} = e\mathbf{v_d} \cdot \mathbf{B}$

వాహకం లో N ఎలక్ట్రానులు ఉంటే, దాని పై గల నికర బలం,

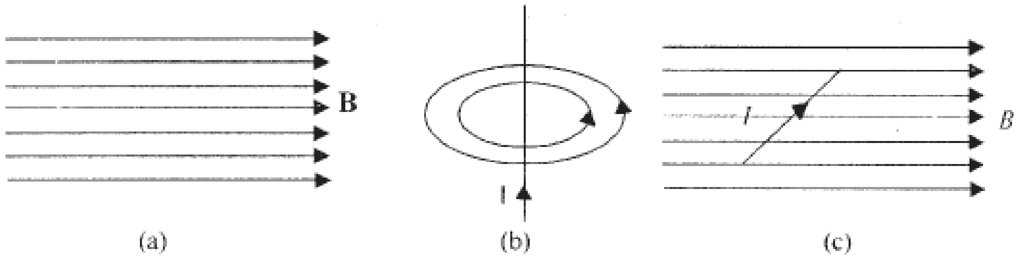
$$F = Nev_d B = nA\,\Delta l\, e\, v_d\, B \qquad .... (18.11)$$

ఇక్కడ n అనేది ఏకాంక లేదా ప్రమాణ ఘనపరిమాణంకు గల స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానుల సంఖ్య.

కాని $neAv_d = I$.

$$\therefore F = I\Delta l\, B \qquad .... (18.12)$$

వాహకం, **B** తో θ కోణం చేసినట్లయితే, అపుడు $|\mathbf{F}| = I\Delta l\, B \sin\theta$



పటం 18.18 : a) ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రం b) విద్యుత్ ప్రవాహమున్న వాహకం వల్ల ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రం c) విద్యుత్ ప్రవాహమున్న వాహకం పై పనిచేసే బలం

బలం దిశను ఫ్లెమింగ్ ఎడమ చేతి నిబంధన ద్వారా పొందవచ్చు.

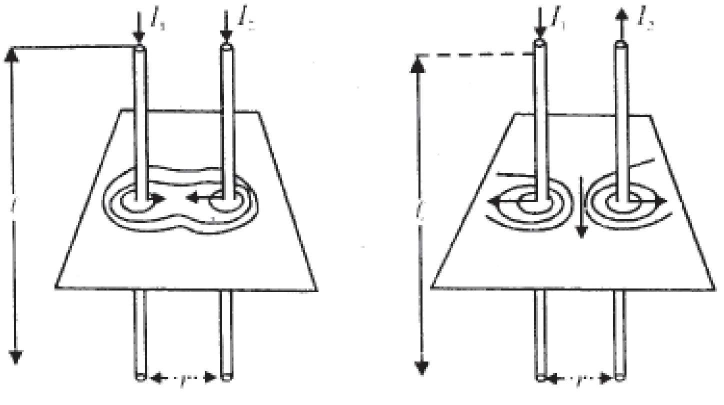
అయస్కాంత క్షేత్ర ప్రమాణాన్ని, విద్యుత్ ప్రవాహమున్న వాహకం పై పనిచేసే బలం పదాలతో నిర్వచించటానికి, సమీకరణం (18.12) ను ఉపయోగిస్తాం. పదాలను సరిచేసి, సమీకరణాన్ని ఈ విధంగా రాయవచ్చు.

$$B = \frac{F}{I\Delta l}$$

F ను న్యూటన్‌లో, I ను ఆంపియర్‌లో, Δl ను మీటరు లో తీసుకుంటాం కాబట్టి B ప్రమాణం $NA^{-1}m^{-1}$. దీనిని టెస్లా (T) అంటారు.

18.5.2. విద్యుత్ ప్రవహించే రెండు తిన్నని సమాంతర తీగల మధ్య పనిచేసే బలం

ప్రతి విద్యుత్ ప్రవాహం ఉన్న వాహకం చుట్టూ అయస్కాంత క్షేత్రం ఉంటుందని మీకు తెలుసు. అనగా ఇది దగ్గరగా ఉన్న విద్యుత్ ప్రవాహం గల మరొక వాహకం పై బలాన్ని ప్రదర్శిస్తుంది. విద్యుత్ ప్రవహించే రెండు తిన్నని సమాంతర వాహకాల మధ్య పని చేసే బలం అన్యోన్యమయినది మరియు అయస్కాంతం నుంచి ఉత్పత్తి అయినది. విద్యుత్ ప్రవాహం కల తీగ నికర ఆవేశం ను కలిగి ఉండదు. కావున విద్యుత్ పరంగా దాని మాదిరిగా ఉండే మరొక తీగ తో అన్యోన్య చర్య జరపదు.



పటం 18.19 : విద్యుత్ ప్రవాహమున్న రెండు సమాంతర తీగల మధ్య పని చేసే బలాన్ని ప్రయోగ పూర్వకంగా నిరూపణ చేయుట

రెండు సమాంతర తీగలు (పటం 18.19) లో చూపినట్లు r దూరంలో ఎడంగా ఉన్నాయి. వీటిలో వరసగా I_1, I_2 విద్యుత్ ప్రవాహాలు ప్రవహిస్తున్నాయి అనుకుందాం. మొదటి తీగ వల్ల, r దూరంలో గల అయస్కాంత క్షేత్రం, $B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}$. అదే విధంగా రెండవ తీగ వల్ల, దాని నుంచి r దూరంలో గల అయస్కాంత క్షేత్రం, $B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r}$. ఈ క్షేత్రాలు, తీగల పొడవుకు లంబంగా ఉంటాయి. పొడవు l కలిగిన వేరొక విద్యుత్ ప్రవాహమున్న వాహకం పై పనిచేసే బలం.

$$F = BIl = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r} I_2 l$$

లేదా ఏకాంక పొడవు పై పనిచేసే బలం

$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r} \quad \text{........ (18.13)}$$

విద్యుత్ ప్రవాహాలు ఒకే దిశలో ఉంటే బలాలు. ఆకర్షిత బలాలు మరియు విద్యుత్ ప్రవాహాలు వ్యతిరేక దిశలో ఉంటే అవి వికర్షిత బలాలు. సమీకరణం (18.13) ను, విద్యుత్ ప్రవాహం ప్రమాణాన్ని నిర్వచించటానికి ఉపయోగిస్తాం.

$I_1 = I_2 = 1A, l = 1m, r = 1m$ అయితే, అపుడు

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi} = 2\times10^{-7}\,N.$$

తిన్నగా ఉన్న రెండు సమాంతర తీగలు తమ గుండా ఒకే విలువ గల విద్యుత్ ప్రవాహాలను కొనిపోతూ శూన్యంలో 1 m. ఎడంగా ఉన్నప్పుడు వాటి మధ్య ప్రతి మీటరు పొడవుకు $2\times10^{-7}Nm^{-1}$ బలం ఉత్పాదించడానికి ఆ రెండు తీగలలో ఒక్కొక్క దానిలో ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహ విలువను ఒక ఆంపియర్ అంటారు.

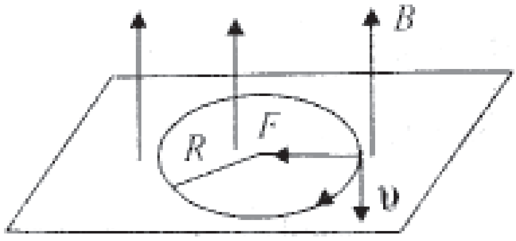
18.5.3 ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రం లో కదిలే ఆవేశం

ఇపుడు మనం వివిధ సందర్భాలలో అయస్కాంత క్షేత్రంలో కదిలే ఆవేశం పై, విద్యుత్ ప్రవాహం ఉన్న వాహకం పై పనిచేసే లోరెంట్జ్ బలం గురించి ఆలోచించగలం. వస్తువు పై బలం చేసే పని, వస్తువు చలన దిశలో గల దాని అంశం పై ఆధారపడుతుంది. అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఆవేశిత కణం పై పనిచేసే బలం, కణం చలన దిశకు లంబంగా ఉంటే, ఏ పని జరగదు. కాబట్టి కణం అదే వేగం v ని, గతి శక్తిని కలిగి ఉంటుంది. మరొక వైపు విద్యుత్ క్షేత్రంలో ఆవేశిత కణం యొక్క వేగం, శక్తి, కణం పై పనిచేసే క్షేత్ర బలం వల్ల ప్రభావితం అవుతాయి. ఆవేశిత కణం పై ప్రతి స్థానంలో దాని చలనానికి లంబంగా బలం పనిచేయడం వల్ల అయస్కాంత క్షేత్రానికి లంబంగా చలించే ఆవేశం వృత్తాకార పథం ను అనుసరిస్తుంది (పటం 18.20). ఆవేశిత కణం చలించే వృత్తాకార పథం వ్యాసార్థం R ను తెలుసుకోవడానికి, అయస్కాంత బలం qvB, కణం కు అవసరమైన అభికేంద్ర బలాన్ని (mv^2/R) ఇచ్చి, వృత్తం లో చలించే విధంగా చేస్తుందని మనం గమనించాం. అందువల్ల మనం కింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$qvB = \left(\frac{mv^2}{R}\right)$$

$$R = \frac{mv}{qB} \qquad \text{... (18.14)}$$

ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రం లో కదిలే ఆవేశిత కణం అనుసరించిన వృత్తాకార పథం వ్యాసార్థం, దాని ద్రవ్యవేం (mv) కు అనులోమానుపాతం లోను, కణం ఆవేశానికి మరియు అయస్కాంత క్షేత్రానికి విలోమానుపాతం లోను ఉంటుంది. అంటే ద్రవ్యవేగం ఎక్కువగా ఉంటే, వృత్తం పెద్దగా ఉంటుంది.



పటం 18.20 : ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఆవేశిత కణం యొక్క పథం.

క్షేత్రం బలంగా ఉంటే, వృత్తం చిన్నదిగా ఉంటుంది. కణం భ్రమణ ఆవర్తన కాలం

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{Bq} \qquad \text{... (18.14 a)}$$

పై సమీకరణం నుంచి భ్రమణ ఆవర్తన కాలం వేగం మీద, వ్యాసార్ధం మీద ఆధారపడదని తెలుస్తుంది. అనగా ఒకసారి కణం, అయస్కాంత క్షేత్రం లో ఉన్నదంటే అది ఒకే వ్యాసార్ధం గల వృత్తం గుండా అనేక సార్లు తిరుగుతూ ఉంటుంది. m, B, q లు స్థిరంగా ఉంటే ఆవర్తన కాలం v మరియు R లు మారిన కూడా మారదు.

ఇపుడు a) క్షేత్రం B బలంగా ఉన్నపుడు b) క్షేత్రం B బలహీనంగా ఉన్నపుడు c) క్షేత్రం లేనపుడు d) B దిశ మారినపుడు e) కణం ఎక్కువ వేగంతో అయస్కాంత క్షేత్రం లోకి ప్రవేశించినపుడు f) కణం, B తో కోణం చేస్తూ ప్రవేశించినపుడు g) ఆవేశిత కణం, ఆవేశాన్ని కోల్పోయినపుడు, R మరియు T లకు ఏమవుతుందో ఆలోచించండి.

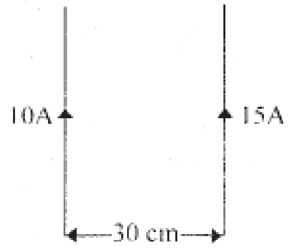
ఉదాహరణ 18.3 : పటం 18.21 ను గమనించండి. 5m పొడవు, 10 A, 15 A విద్యుత్ ప్రవాహాలు కలిగిన రెండు సమాంతర తీగల మధ్య గల బలాన్ని కనుక్కోండి. ఈ బల స్వభావం ఏ విధంగా ఉంది.

సాధన :- రెండు పొడవైన సమాంతర తీగలలో విద్యుత్ ప్రవాహాలు ఒకే దిశలో ప్రవహిస్తే, ఆ తీగలు ఒకదానినొకటి ఆకర్షించుకుంటాయి.

ఆకర్షణ బలం, $\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$

$$= \frac{2\times10^{-7}\times10\times15}{3} = 10^{-4}\,Nm^{-1}$$

$\therefore F = 5\times10^{-4}\,N$



పటం 16.21

బలం స్వభావం ఆకర్షించేదిగా ఉంటుంది.

ఉదాహరణ 18.4 : ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రం 0.2 T లో $3\times10^7\,ms^{-1}$ వేగం తో ఒక ఎలక్ట్రాను వృత్తాకార పథంను క్షేత్రంకు లంబంగా అనుసరిస్తే, ఆ పథం వ్యాసార్ధం ను లెక్కించండి.

సాధన : $R = \frac{m\vartheta}{Bq}$ అని మనకు తెలుసు.

ఇక్కడ $m_e = 9\times10^{-31}kg,\ e = 1.6\times10^{-19}C,\ v = 3\times10^7\,ms^{-1}$

$B = 0.2T$

$$\therefore R = \frac{9\times10^{-31}\times3\times10^7}{0.2\times1.6\times10^{-19}}$$

$$= 0.85\times10^{-3}\,m$$

$$= 8.5\times10^{-4}\,m$$

పాఠం లోని ప్రశ్నలు 18.4

1. ఒక ప్రోటానుల ప్రవాహం, ఎలక్ట్రానుల ప్రవాహం కు సమాంతరంగా వ్యతిరేక దిశలో కదిలితే, వాటి మధ్య గల బల స్వభావం ఏ విధంగా ఉంటుంది.

   ....

2. అయస్కాంత మరియు విద్యుత్ క్షేత్రాలు రెండూ ఎలక్ట్రానుని అపవర్తనం చెందిస్తాయి. వాటి మధ్య తేడా ఏమిటి?

   ....

3. ఒక వస్తువును నిలువుగా ఉన్న స్ప్రింగుకు వేలాడదీశారు. స్ప్రింగు గుండా విద్యుత్‌ను ప్రవహింపచేసిన, వస్తు స్థానం పై దాని ప్రభావం ఎలా ఉంటుంది.

   ....

18.6 విద్యుత్ వలయం ఒక ద్విధ్రువం వలె పనిచేయడం

సమీకరణం (18.6) నుంచి, తీగచుట్ట కేంద్రం వద్ద గల అయస్కాంత క్షేత్రం

$$B = \frac{\mu_0 I}{2r}$$

పై సమీకరణం లవంను, హారం ను $2\pi r^2$ తో గుణించగా,

$$B = \frac{\mu_0 2I \cdot \pi r^2}{4\pi r^3} = \frac{\mu_0 2IA}{4\pi r^3}$$

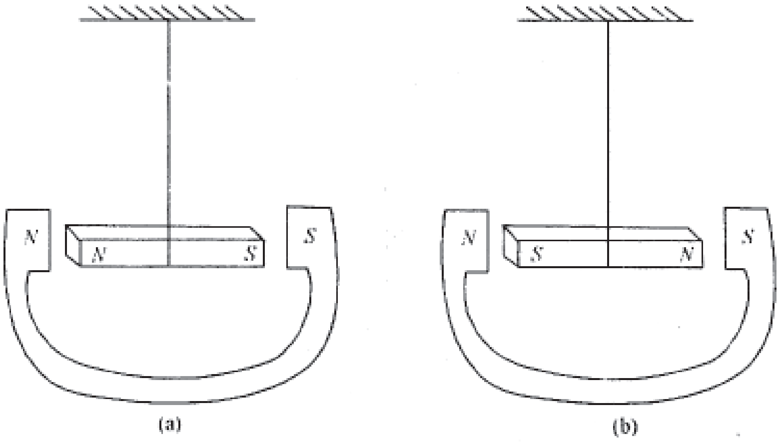
$$= \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2M}{r^3}$$

ఇక్కడ A అనేది వలయ వైశాల్యం, M అనేది అయస్కాంత భ్రామకం. విద్యుత్ ప్రవాహమున్న వలయం, అయస్కాంత ద్విధ్రువంగా ప్రవర్తిస్తుంది అని ఇది చూపిస్తుంది. వలయం ఒక ముఖం ఉత్తర ధ్రువం వలె, మరొకటి దక్షిణ దక్షిణ ధ్రువం వలె ప్రవర్తిస్తాయి.

ఇపుడు ఒక చిన్న ప్రయోగాన్ని పరిశీలిద్దాం.

కృత్యము 18.3

పటం 18.22 లో చూపినట్లుగా, ఒక దండాయస్కాంతాన్ని దారం తో గుఱ్ఱపు నాడా అయస్కాంతం ధ్రువాల మధ్య వేలాడదీయాలి.



పటం 18.22 : గుఱ్ఱపు నాడా అయస్కాంతం మధ్య లో వేలాడదీసిన దండాయస్కాంతం

పటం 18.22 (ఎ) లో చూపిన దండాయస్కాంతంను కొద్దిగా ప్రక్క వైపుకు స్థానభ్రంశం చెందించిన ఏమవుతుంది? సజాతి ధ్రువాలు వికర్షించుకుంటాయి కాబట్టి, దండాయస్కాంతం పై టార్క్ పనిచేసి, దానిని 180^0 గుండా తిప్పడానికి ప్రయత్నిస్తుంది. పటం 18.22 (బి) లో చూపినట్లుగా అది విరామ స్థితికి వస్తుంది. విద్యుత్ వలయం, అయస్కాంతం వలె ప్రవర్తిస్తుంది కాబట్టి, అది బాహ్య క్షేత్రంలో అదే విధంగా విరామ స్థితికి వస్తుంది. స్థిర విద్యుత్తు పాఠం లో మీరు ఈ కింది సమీకరణాలు చదివారు.

విద్యుత్ డైపోల్ (ద్విధ్రువం) అక్షం పై గల బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్రం,

$$\mathbf{E} = \frac{1}{4\pi\mu_0}\frac{2\mathbf{P}}{x^3} \qquad \text{... (18. 15 b)}$$

విద్యుత్ ప్రవాహమున్న తీగచుట్ట వల్ల ఏర్పడే అయస్కాంత క్షేత్రం,

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2\,NIA}{x^3} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2\mathbf{M}}{x^3} \qquad \text{... (18.15 c)}$$

ఇక్కడ **M** అనేది అయస్కాంత డైపోల్ భ్రామకం.

ఈ సమాసాలను పోల్చినపుడు మనకు ఈ కింది సాదృశ్యములు తెలుస్తాయి.

- విద్యుత్ వలయం ఒక అయస్కాంత ద్విధ్రువం వలె పనిచేస్తుంది. ఆ ద్విధ్రువం యొక్క అయస్కాంత భ్రామకం,

$$\mathbf{M} = NIA \qquad \text{... (18.15 d)}$$

- విద్యుత్ వలయం రెండు ముఖాలు, అయస్కాంత ద్విధ్రువం, ధ్రువాల మాదిరిగానే వేరుచేయబడవు.
- ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రంలో విద్యుత్ డైపోల్ ప్రవర్తించినట్లు గానే, ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రంలో అయస్కాంత డైపోల్ ప్రవర్తిస్తుంది.

- విద్యుత్ డైపోల్ చుట్టూ విద్యుత్ క్షేత్రం ఉంటుంది. అదే విధంగా అయస్కాంత డైపోల్ చుట్టూ అయస్కాంత క్షేత్రం ఉంటుంది.

అయస్కాంత డైపోల్ అక్షం పై గల బిందువు వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రం ను ఈ కింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2\mathbf{M}}{x^3} \qquad \text{.......} \quad (18.16)$$

అయస్కాంత డైపోల్ మధ్యలంబ రేఖ పై గల బిందువు వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రం.

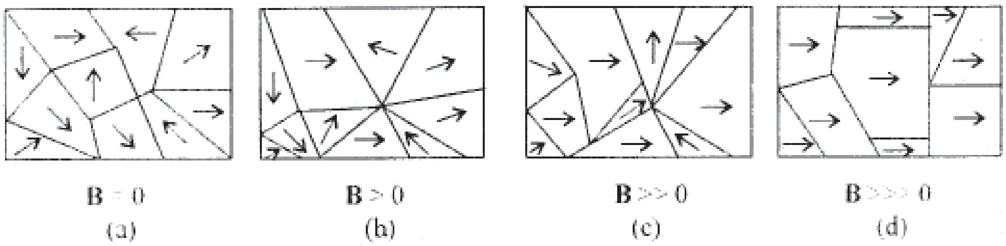
$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{\mathbf{M}}{x^3} \qquad \text{.......} \quad (18.17)$$

పదార్థముల అయస్కాంతత్వం

అయస్కాంత క్షేత్రం లో పదార్థముల ప్రవర్తనను బట్టి, వాటిని మూడు సమూహాలుగా విభజించారు. (i) దయా అయస్కాంత పదార్థాలు, అయస్కాంతం చేత బలహీనంగా వికర్షించబడతాయి. (ii) పారా అయస్కాంత పదార్థాలు, అయస్కాంతం చేత బలహీనంగా ఆకర్షించబడతాయి. (iii) ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థాలు. అయస్కాంతం చేత బలంగా ఆకర్షించబడతాయి. ఇనుము, కోబాల్టు, నికెల్ వంటి పదార్థాలు ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థాలు పదార్థాల ఫెర్రో అయస్కాంత ప్రవర్తన గురించి వివరంగా మనం ఇపుడు తెలుసుకుందాం. ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థాలను, బలహీన అయస్కాంత క్షేత్రంలోఉంచినా కూడా, వాటి పరమాణువులు శాశ్వత అయస్కాంతాలుగా పనిచేయడం వల్ల అవి అయస్కాంతాలుగా తయారవుతాయి. బాహ్య క్షేత్రంలో పరమాణువు ద్విధ్రువాలన్నీ ఒకదానికొకటి సమాంతరంగా అమరుతాయి. ఈ ద్విధ్రువాలన్నీ ఒకదాని పై మరొకటి ఆధారపడకుండా ఉండవు. ప్రతి పరమాణువు ద్విధ్రువం దాని పరిసరాలలో ఉండే ఇతర పరమాణువు ద్విధ్రువాల ప్రభావానికి లోనవుతుంది. క్వాంటమ్ యాంత్రిక శాస్త్రం ఆధారంగా ఈ అన్యోన్య చర్యకు సరి అయిన వివరణను ఇవ్వవచ్చు. ఫెర్రో అయస్కాంతత్వంను గుణాత్మకంగా కింది విధంగా అర్థం చేసుకోవచ్చు.

పరమాణువుల ద్విధ్రువాల అంతర్ చర్య వల్ల ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థంలో డోమైన్‌లు (domains) ఏర్పడతాయి. అట్టి ప్రదేశాలలో పరమాణువు ద్విధ్రువాలన్నీ ఒకే నిర్దిష్టమైన దిశలో అమరి ఉంటాయి. డోమైన్‌ల అయస్కాంతీకరణం గరిష్టంగా ఉంటుంది. కానీ పదార్థం లోని అనేక డోమైన్లు అస్తవ్యస్తంగా వితరణ చెంది ఉంటాయి. ఫలితంగా పదార్థ మొత్తం అయస్కాంత భ్రామకం శూన్యమవుతుంది. బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని అనువర్తించినపుడు, పదార్థం లో డోమైన్లు అయస్కాంత క్షేత్ర దిశ వైపు భ్రమణం చేస్తాయి. అందువల్ల అయస్కాంత భ్రామకం ప్రేరేపించబడుతుంది.

ఈ ప్రక్రియనంతా కింది పటం 18.23 నుంచి సులభంగా అర్థం చేసుకోవచ్చు.



పటం 18.23 : ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థంలోని డోమైన్లు

పటం 18.23 (ఎ) పది డోమైన్లను చూపిస్తుంది. సులభత్వం కొరకు ద్విమితీయ ఉదాహరణను తీసుకుందాం. పదార్థం లో అన్ని డోమైనులు కూడ అయస్కాంతీకరణం శూన్యమగునట్లు వితరణ చెంది ఉన్నాయి. బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రంను అనువర్తించిన తరువాత స్థితి ని పటం 18.23(బి) చూపిస్తుంది. క్షేత్ర దిశలో అయస్కాంత భ్రామకం కలిగిన డోమైనుల పరిమాణాలన్ని ఎక్కువగా ఉండేట్లు డోమైన్ల గోడలు లేదా హద్దులు అమరుతాయి. బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రంను పెంచినపుడు డోమైన్ల పరిమాణాలు పెరిగి, వాటి దిగ్విన్యాసం అతి తక్కువగా మారుతుంది. ఫలితంగా అయస్కాంతీకరణం ఎక్కువౌతుంది (పటం 18.23 (సి)). అనువర్తించిన అయస్కాంత క్షేత్రం అధికంగా ఉంటే పదార్థం మొత్తం ఒకే డోమైను లాగా ప్రవర్తించి సంతృప్త అయస్కాంతీకరణాన్ని ఇస్తుంది. బాహ్య క్షేత్రాన్ని ఉపసంహరించినప్పుడు డోమైన్‌ల అమరిక పూర్తిగా నష్టం కాకుండా కొంత మేరకు అలాగే ఉంటుంది. అందువల్ల పదార్థం కొంత వరకు శాశ్వతంగా అయస్కాంతీకరించబడి ఉంటుంది. ఎక్కువ సామర్థ్యం గల మైక్రోస్కోప్‌ను ఉపయోగించి ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థంలోని డోమైన్లను సులభంగా చూడవచ్చు.

ఉష్ణోగ్రతను పెంచినపుడు ఆ పదార్థంలోని ఫెర్రో అయస్కాంతత్వం నష్టమైపోయి, ఒక నిర్ధిష్టమైన ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థం పారా అయస్కాంత పదార్థంగా పరివర్తన చెందుతుంది. ఈ నిర్ధిష్టమైన ఉష్ణోగ్రతను క్యూరీ ఉష్ణోగ్రత (Curie temperature) T_C అంటారు.

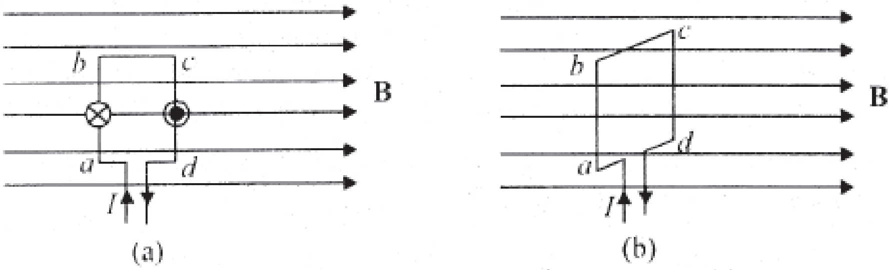
ఉదాహరణ 18.5: అయస్కాంత భ్రామకం అతి చిన్న విలువను బోర్ మాగ్నటాన్ (Born Magneton) అంటారు. $\mu_B = \dfrac{eh}{4\pi m}$. ఇది ఒక ప్రాథమిక స్థిరాంకం. దాని విలువను కనుక్కోండి.

సాధన : $$\mu_B = \frac{eh}{4\pi m} = \frac{(1.6\times10^{-19}\,C)\times(6.6\times10^{-34}\,Js)}{4\times3.14\times(9\times10^{-31}\,kg)}$$
$$= 9.34\times10^{-24}\,J\,T^{-1}$$

18.6.1 తీగచుట్ట పై పనిచేసే టార్క్

ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రం **B** లో ఉంచిన విద్యుత్ ప్రవాహమున్న తీగచుట్ట పై నికర బలం కాకుండా, టార్క్ పనిచేస్తుంది. ఈ టార్క్ తీగచుట్టను తిప్పి క్షేత్రదిశకు లంబంగా తీగ తలాన్ని తీసుకురావడానికి ప్రయత్నిస్తుంది. ఈ సూత్రం ఆధారంగానే విద్యుత్ మోటారులు, మీటరులు మొదలగునవి పని చేస్తాయి. ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రం **B** కి సమాంతర తలంలో గల దీర్ఘ చతురస్రాకార తీగచుట్టలో ప్రతి భుజం పై పనిచేసే బలాన్ని కనుక్కుందాం (పటం 18.24 a)

వలయం భుజాలు ad, bc **B** కి సమాంతరంగా ఉన్నాయి. కాబట్టి వాటిపై బలం పనిచేయదు. కాని ab, cd భుజాలు **B** కి లంబంగా ఉన్నాయి. కాబట్టి వాటి పై బలం గరిష్టంగా ఉంటుంది. ab, cd లపై పనిచేసే బలదిశను మనం సులభంగా కనుక్కోవచ్చు.



పటం 18.24 : దీర్ఘచతురస్రాకార తీగచుట్టలో భుజాలపై పనిచేసే బలం

a) క్షేత్రానికి సమాంతరంగా తీగచుట్ట ఉన్నపుడు b) క్షేత్రానికి లంబంగా తీగచుట్ట ఉన్నపుడు.

బలాలకు $|\mathbf{F}_{ab}| = |\mathbf{F}_{cd}|$ మరియు అవి వ్యతిరేక దిశలలో ఉన్నాయి. కాబట్టి తీగచుట్ట పై నికర బలం ఏదీ ఉండదు $\mathbf{F}_{ab}, \mathbf{F}_{cd}$ లు ఒకే సరళరేఖలో పనిచేయడం లేదు. ఇవి బలయుగ్మంగా మారి టార్క్‌ను కలుగచేసి, తీగచుట్టను తిప్పడానికి ప్రయత్నిస్తుంది. అయస్కాంత క్షేత్రంలో తీగచుట్ట ఏ ఆకారంలో ఉన్నా ఇది వర్తిస్తుంది.

ఒక వేళ తీగచుట్ట తలం అయస్కాంత క్షేత్రానికి లంబంగా ఉంటే, అప్పుడు నికర బలం లేదా టార్క్ ఏదీ ఉండదు. (పటం 18.26 (b) చూడండి).

టార్క్ = బలం × రెండు బలాల మధ్య లంబదూరం $= \text{BIL} \cdot \text{b} \sin\theta$

పటం 18.25 PQRS అను దీర్ఘ చతురస్రాకార తీగచుట్టను చూపిస్తుంది. దీనిలో I విద్యుత్ ప్రవహిస్తుందని అనుకుందాం. అయస్కాంత క్షేత్రం **B** కి, తీగచుట్ట n తలానికి గీసిన లంబానికి మధ్యకోణం θ. అప్పుడు టార్క్ $\tau = \text{NBILb} \sin\theta$

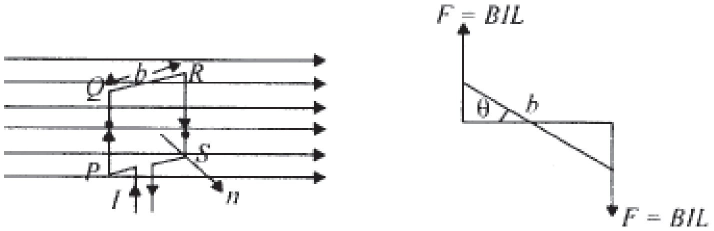
ఇక్కడ N అనేది తీగచుట్టలోని చుట్ల సంఖ్య. పై సమీకరణాన్ని ఈ విధంగా కూడ రాయవచ్చు.

$$|\tau| = \text{NBI A} \sin\theta \qquad \text{...... (18.18)}$$

A అనేది తీగచుట్ట వైశాల్యం $= \text{L} \times \text{b}$

$$|\tau| = |\mathbf{B}||\mathbf{M}| \sin\theta \qquad \text{...... (18.19)}$$

ఇక్కడ $\mathbf{M} = \text{NIA}$ ను విద్యుత్ ప్రవాహమున్న తీగచుట్ట అయస్కాంత భ్రామకం అంటారు.

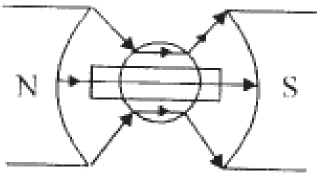


పటం 18.25 : విద్యుత్ ప్రవాహమున్న తీగచుట్ట పై పనిచేసే టార్క్

కాబట్టి టార్క్, B, A, I, N, θ లపై ఆధారపడుతుందని తెలుస్తుంది.

అయస్కాంత క్షేత్రంలో తీగచుట్ట ఏకరీతిగా భ్రమణం చెందాలంటే స్థిర బలభ్రామకం లేదా టార్క్ అవసరం. తీగచుట్ట తలం అయస్కాంత క్షేత్రం వెంబడి లేదా సమాంతరంగా ఉన్నపుడు బలయుగ్మం దాదాపు స్థిరంగా ఉంటుంది. అయస్కాంత ధ్రువ చివరలను వక్రంగా చేసి మరియు కేంద్రం వద్ద మెత్తని ఇనుము అంతర్భాగాన్ని ఉంచడం ద్వారా దీనిని పొందవచ్చును. ఈ విధంగా చేసినపుడు రేడియల్ క్షేత్రం ఇస్తుంది.

తీగచుట్ట లోపల ఉంచిన మెత్తని ఇనుము అంతర్భాగం అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని బలంగా, ఏకరీతిగా కూడ చేస్తుంది. ఫలితంగా హెచ్చు టార్క్ వస్తుంది (పటం 18.26)

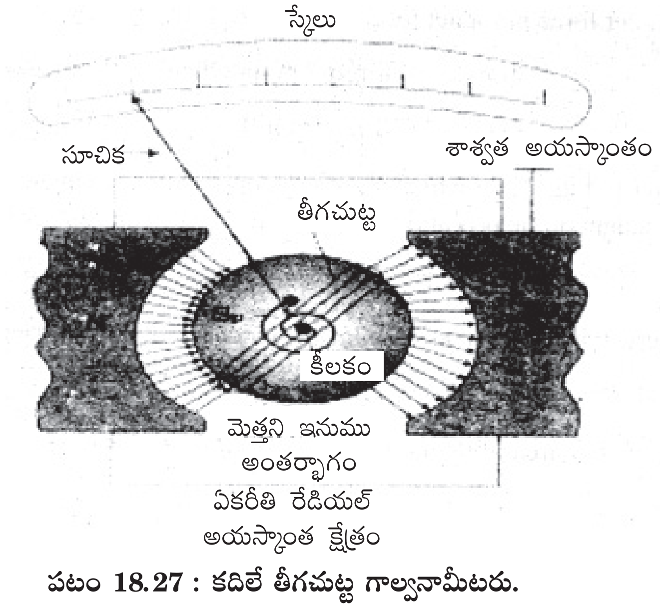


పటం 18.26 : రేడియల్ క్షేత్రంలో తీగచుట్టపై పనిచేసే స్థిర టార్క్

18.6.2 గాల్వనామీటరు

ఇంతవరకు మీరు నేర్చుకున్న దాని నుండి ఏదైనా వలయంలోని విద్యుత్ ప్రవాహన్ని శోధించే పరికరం గురించి ఆలోచించవచ్చు. ఇటువంటి పరికరాన్ని గాల్వనామీటరు అంటారు. విద్యుత్ ప్రవాహమున్న తీగచుట్టను అయస్కాంత క్షేత్రం లో ఉంచినప్పుడు, తీగచుట్ట పై టార్క్ పనిచేస్తుంది అనే సూత్రం పై గాల్వనామీటరు పనిచేస్తుంది.

గాల్వనామీటరు, అనయస్కాంత ఫ్రేము పై (frame) చుట్టిన తీగచుట్టను కలిగి ఉంటుంది. తీగచుట్ట లోపల ఒక మెత్తటి ఇనుప స్తూపం ఉంటుంది. స్ప్రింగ్‌లకు కలిపిన రెండు కీలకాల పై, సూచిక తో ఈ అమరిక ఆధారపడి ఉంటుంది. దీనిని గుర్రపు నాడా ఆకారపు అయస్కాంత ధ్రువాల మధ్య ఉంచాలి. ఈ ధ్రువాలు రేడియల్ క్షేత్రాన్ని ఇస్తాయి (పటం 18.27 ను చూడండి)



పటం 18.27 : కదిలే తీగచుట్ట గాల్వనామీటరు.

కదిలే తీగచుట్ట గాల్వనామీటరు పనిచేసే విధానంను అర్ధం చేసుకోవడానికి, విద్యుత్ ప్రవాహమున్న తీగచుట్టను అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఉంచినపుడు, తీగచుట్ట పై టార్క్ పనిచేయడం వల్ల తీగ చుట్ట భ్రమణం చెందుతుంది అని మనం గుర్తు చేసుకుందాం. స్ప్రింగ్‌లో పునఃస్థాపక బలం ఏర్పడుతుంది. ఫలితంగా పునఃస్థాపక టార్క్ కలుగుతుంది. తీగచుట్టలో అపవర్తనం α, ప్రమాణ అపవర్తనానికి తీగకు కావలసిన టార్క్ (భ్రామకం) లేదా వియోటన స్థిరాంకం k అయితే, మనం

$\mathrm{NBIA} \sin\theta = \mathrm{k}\alpha$ గ రాయవచ్చు.

$\theta = 90^0$ కు, $\sin\theta = 1$ కాబట్టి

$$\mathrm{NBIA} = \mathrm{k}\alpha$$

లేదా $$\frac{\mathrm{INBA}}{\mathrm{k}} = \alpha$$

అనగా $$\mathrm{I} = \frac{\mathrm{k}\alpha}{\mathrm{NBA}} \qquad ...(18.20)$$

ఇక్కడ $\frac{k}{\mathrm{NBA}}$ ను గాల్వనామీటరు స్థిరాంకం అంటారు.

దీని నుంచి మనం

$\alpha \propto \mathrm{I}$ అని చెప్పవచ్చు.

అనగా N, B, A, k లు స్థిరంగా ఉన్నప్పుడు గాల్వనామీటరులో వచ్చిన అపవర్తనం, దాని గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహానికి అనులోమానుపాతం లో ఉంటుంది. $\frac{\alpha}{\mathrm{I}}$ నిష్పత్తిని గాల్వనామీటరు యొక్క విద్యుత్ సూక్ష్మ గ్రాహ్యత (sensitivity) అంటారు. దీనిని ప్రమాణ విద్యుత్ ప్రవాహానికి గల తీగచుట్ట అపవర్తనంగా నిర్వచిస్తారు. విద్యుత్ ప్రవాహం ఎక్కువగా ఉంటే, టార్క్ బలంగా ఉండి, తీగచుట్ట ఎక్కువగా తిరుగుతుంది. అతిచిన్న విద్యుత్ ప్రవాహాలను $(0.1\mu\mathrm{A})$ దీనిని ఉపయోగించి కొలవవచ్చు.

గాల్వనా మీటరు సూక్ష్మగ్రాహ్యత : ఎక్కువ సూక్ష్మగ్రాహ్యత కలిగిన గాల్వనామీటరు కొరకు,

- N ఎక్కువగా ఉండాలి.
- B ఎక్కువగా, ఏకరీతిగా, రేడియల్ గా ఉండాలి.
- తీగచుట్ట వైశాల్యం ఎక్కువగా ఉండాలి.
- వియోటన స్థిరాంకం తక్కువగా ఉండాలి.

N, A విలువలను కొంత అవధి తరువాత పెంచలేము. N, A హెచ్చు విలువలు, గాల్వనామీటరు పరిమాణం ను, విద్యుత్ మరియు జడత్వ నిరోధంను పెంచుతాయి. బలమైన గుర్రపునాడా అయస్కాంతంను ఉపయోగించడం ద్వారా, మెత్తటి ఇనుము తో చేసిన స్తూపాన్ని తీగచుట్ట లోపల ఉంచడం ద్వారా **B** ని పెంచవచ్చు. క్వార్ట్జ్, ఫాస్ఫర్ – బ్రాంజ్ వంటి పదార్థాలను ఉపయోగించి, k విలువను తగ్గించవచ్చు.

18.6.3 అమ్మీటరు మరియు వోల్టుమీటరు :

(a) అమ్మీటరు : తగినట్లు షంట్ చేయబడిన గాల్వనామీటరే, అమ్మీటరు. వలయంలో ప్రవహించే విద్యుత్‌ను ఇవ్వడానికి దాని స్కేలు క్రమాంకనం చేయబడింది. గాల్వనామీటరును అమ్మీటరుగా మార్చడానికి, తక్కువ నిరోధం కల తీగను గాల్వనామీటరుకు సమాంతరంగా కలపాలి. షంట్ నిరోధం, అమ్మీటరు వ్యాప్తి (range) మీద ఆధారపడుతుంది. ఈ కింది విధంగా దానిని కనుక్కోవచ్చు.

గాల్వనామీటరు నిరోధం G, గాల్వనామీటరు లో స్కేలు విభాగాల సంఖ్య N అని అనుకుందాం. k అనేది దక్షతాంకం లేదా గాల్వనామీటరు లోని స్కేలులో ఒక విభాగం అపవర్తనానికి కావలసిన విద్యుత్ ప్రవాహం. గాల్వనామీటరు లో పూర్తి అపవర్తనం రావడానికి ప్రవహించాల్సిన విద్యుత్ $I_g = Nk$.

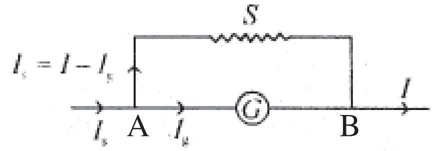
గాల్వానామీటరు కొలవాల్సిన గరిష్ట విద్యుత్ ప్రవాహం I అనుకుందాం.

పటం 18.28 ను చూడండి. A, B బిందువుల మధ్య వోల్టేజి,

$$V_{AB} = I_g G = (I - I_g) S$$

$$\therefore S = \frac{I_g G}{I - I_g} \qquad \text{...... (18.21)}$$

ఇక్కడ S అనేది షంట్ నిరోధం.



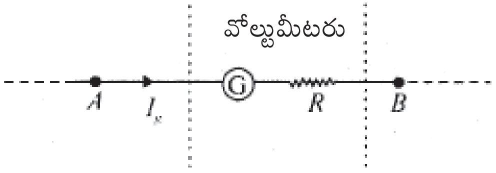
పటం 18.28 : షంట్ చేయబడిన గాల్వనామీటరు, అమ్మీటరుగా పనిచేస్తుంది.

G, S లు సమాంతరంగా ఉండడం వల్ల, అమ్మీటరు ఫలిత నిరోధం R ను కింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$R = \frac{GS}{G + S}$$

షంట్ నిరోధం తక్కువగా ఉండడం వల్ల, గాల్వనామీటరు, షంట్ ల ఫలిత నిరోధం అతి తక్కువగా ఉంటుంది. ఫలితంగా అమ్మీటరు నిరోధం గాల్వనామీటరు నిరోధం కంటే తక్కువగా ఉంటుంది. ఆదర్శ అమ్మీటరు నిరోధం శూన్యం. అందువల్ల వలయంలో అమ్మీటరును శ్రేణిలో కలిపినపుడు, విద్యుత్ ప్రవాహం విలువ మారదు.

(b) వోల్టుమీటరు : ఒక వలయంలో రెండు బిందువుల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడాను కొలవడానికి ఉపయోగించే సాధనం వోల్టుమీటరు. పటం 18.29 లో చూపినట్లు గాల్వనామీటరును వోల్టుమీటరుగా మార్చుడానికి అధిక విలువ ఉన్న నిరోధం ను, గాల్వనామీటరుకు శ్రేణిలో కలపాలి. నిరోధం విలువ, వోల్టుమీటరు వ్యాప్తి (Range) పై ఆధారపడుతుంది. దీనిని ఈ విధంగా కనుక్కోవచ్చు.



పటం 18.29 : గాల్వనామీటరు ను వోల్టుమీటరుగా మార్చటం.

అధిక విలువ వున్న నిరోధాన్ని R అనుకుందాం. ఈ నిరోధాన్ని గాల్వనామీటరు కు శ్రేణిలో కలపాలి. A, B బిందువుల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా V వోల్టు అయితే, అపుడు వోల్టు మీటరు మొత్తం నిరోధం G + R అవుతుంది. ఓమ్ నియమం నుంచి,

$$I_g (G+R) = V$$

లేదా $$G + R = \frac{V}{I_g}$$

$$\Rightarrow R = \frac{V}{I_g} - G \qquad .... (18.22)$$

అనగా, R నిరోధం ను, గాల్వనామీటరుకు శ్రేణిలో కలపడం వల్ల, అది, O - V వోల్టు వ్యాప్తి లేదా రేంజి గల వోల్టు మీటరుగా పనిచేస్తుంది. గాల్వనామీటరును మార్చక ముందు, గరిష్ఠ పొటెన్షియల్‌ను $(I_g \times G)$ నమోదు చేసిన స్కేలు, దాన్ని వోల్టుమీటరుగా మార్చిన తరువాత అదే స్కేలు పొటెన్షియల్ V ను నమోదు చేస్తుంది. దాని ప్రకారంగా స్కేలు క్రమాంకనం చేయబడుతుంది. వోల్టుమీటరు నిరోధం, గాల్వనామీటరు నిరోధం కన్నా ఎక్కువగా ఉంటుంది. వోల్టుమీటరు ఫలిత నిరోధం.

$$R_V = R + G$$

ఆదర్శ వోల్టుమీటరు నిరోధం అనంతంగా ఉంటుంది. వలయంలో పొటెన్షియల్ తేడాను కొలవవలసిన బిందువులకు సమాంతరంగా వోల్టుమీటరును కలుపుతారు. వలయం నుంచి వోల్టుమీటరు విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని గ్రహించదు. కాని గాల్వనామీటరు తీగచుట్ట అపవర్తనం చెందుతుంది. ఇది అసాధ్యం అనిపిస్తుంది. కాని దీని గురించి ఆలోచించండి.

ఉదాహరణ 18.6 : ఒక వృత్తాకార తీగచుట్ట వ్యాసార్ధం 8.0 cm. చుట్ల సంఖ్య 30. 6.0 A విద్యుత్ ప్రవాహమున్న ఈ తీగచుట్టను 1.0 T పరిమాణం గల ఏకరీతి క్షితిజ సమాంతర అయస్కాంత క్షేత్రంలో నిలువుగా వేలాడదీశారు. క్షేత్ర బలరేఖలు, తీగచుట్టకు గీసిన లంబంతో 90^0 కోణం చేస్తాయి. తీగచుట్టను తిరగకుండా ఆపడానికి, అనువర్తించవలసిన ప్రతి టార్క్ పరిమాణం ను కనుక్కోండి.

సాధన : $N = 30,\ I = 6.0\,A,\ B = 1.0\,T,\ \theta = 90^0,\ r = 8.0\,cm\ = 8\times10^{-2}\,m$

తీగచుట్టు వైశాల్యం, $A = \pi r^2 = \frac{22}{7}\times(8\times10^{-2})^2 = 2.01\times10^{-2}\,m^2$

$\therefore$ టార్క్ $= NIBA\sin\theta$

$$= 30\times6\times1.0\times(2.01\times10^{-2})\times\sin 90^0$$

$$= 30\times6\times(2.01\times10^{-2})$$

$$= 3.61\,Nm$$

ఉదాహరణ 18.7 : ఒక తీగచుట్ట గాల్వనామీటరు నిరోధం $12.0\,\Omega$. 2.5 mA విద్యుత్ ప్రవాహం ఉన్నపుడు, అది పూర్తి అపవర్తనం చూపిస్తుంది. అయితే దానిని (a) 0 - 2 A వ్యాప్తిగల అమ్మీటరు గాను (b) 0 – 10 వోల్టు వ్యాప్తిగల వోల్టుమీటరు గాను మీరు ఎలా మార్చగలరు.

సాధన : (a) ఇక్కడ, $G = 12.0\,\Omega,\ I_g = 2.5mA = 2.5\times10^{-3}\,A,\ I = 2A$

సమీకరణం (18.21) నుంచి,

$$S = \frac{I_g G}{I - I_g}$$

$$= \frac{2.5\times10^{-3}\times12}{2 - 2.5\times10^{-3}}$$

$$= 15\times10^{-3}\,\Omega$$

0 – 2 A వ్యాప్తిగల అమ్మీటరుగా గాల్వనామీటరును మార్చడానికి, $15\times10^{-3}\,\Omega$ షంట్ నిరోధాన్ని, గాల్వనామీటరు తీగచుట్టకు సమాంతరంగా కలపాలి.

(b) వోల్టుమీటరుగా మార్చడానికి, నిరోధం R ను శ్రేణిలో కలిపామనుకుందాం.

$$R = \frac{V}{I_g} - G$$

$$= \frac{10}{2.5\times10^{-3}} - 12 = 4000 - 12$$

$$= 3988\,\Omega$$

గాల్వనామీటరును, వోల్టుమీటరుగా మార్చడానికి, $3988\,\Omega$ నిరోధం ను శ్రేణిలో కలపాలి.

పాఠం లోని ప్రశ్నలు 18.5

1. రేడియల్ అయస్కాంత క్షేత్రం అనగా నేమి?

....

2. కదిలే తీగచుట్ట గాల్వనామీటరులో మెత్తని ఇనుము అంతర్భాగం యొక్క ముఖ్య విధి ఏమిటి ?

....

3. అమ్మీటరు, వోల్టుమీటరు, గాల్వనామీటరు – వీటిలో దేనికి అతి తక్కువ నిరోధం ఉంటుంది. వివరణ ఇవ్వండి.

....

4. $20\,\Omega$ నిరోధం గల తీగచుట్ట కలిగిన గాల్వనామీటరులో $20\,mA$ విద్యుత్ ప్రవాహం ఉన్నపుడు స్కేలులో పూర్తి అపవర్తనం వస్తుంది. గాల్వనామీటరు గుండా గరిష్ట విద్యుత్ ప్రవాహం $3\ A$ పంపాలంటే ఎంత నిరోధాన్ని కలపాలి, ఎలా కలపాలి.

....

మీరు ఏమి నేర్చుకున్నారు

- ప్రతి అయస్కాంతం రెండు ధ్రువాలను కలిగి ఉంటుంది. వాటిని వేరు చేయలేము.
- అయస్కాంత ద్విధ్రువం లేదా డైపోల్ అనే పదం (i) డైపోల్ భ్రామకం $\mathbf{M} = ml$ కలిగిన అయస్కాంతను (ii) డైపోల్ భ్రామకం $\mathbf{M} = N\,I\,\mathbf{A}$ కలిగిన విద్యుత్ ప్రవాహమున్న తీగచుట్టను సూచిస్తుంది.
- అయస్కాంత డైపోల్ అక్షం మీద అయస్కాంత క్షేత్రం $\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2\mathbf{M}}{x^3}$ మరియు మధ్య లంబరేఖ పై అయస్కాంత క్షేత్రం $\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{\mathbf{M}}{x^3}$
- ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రంలో, విద్యుత్ డైపోల్ మాదిరిగానే ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రం లో అయస్కాంత డైపోల్ ప్రవర్తిస్తుంది. అనగా దాని మీద ఫలిత బలం శూన్యం, కాని టార్క్ $\tau = \mathbf{M} \times \mathbf{B}$ పని చేస్తుంది.
- భూమి అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని కలిగి ఉంటుంది. భూ అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని నిర్ణయించే రాశులను భూ అయస్కాంత మూలరాశులని అంటారు. అవి
- ఇన్‌క్లినేషన్
- డెక్లినేషన్
- భూ అయస్కాంత క్షేత్రం యొక్క క్షితిజ సమాంతర అంశం

- విద్యుత్ ప్రవాహమున్న ప్రతి వాహకం చుట్టూ అయస్కాంత క్షేత్రం ఏర్పడుతుంది. బయోట్ – సవర్ట్ సూత్రం ఈ అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఇస్తుంది.

$$|dB| = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dl \sin\theta}{r^2}$$

- అయస్కాంత క్షేత్రం పరిమాణం టెస్లా (T).
- విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్న తీగచుట్ట కేంద్రం వద్ద ఏర్పడే అయస్కాంత క్షేత్రం. $|\mathbf{B}| = \frac{\mu_0 I}{2r}$
- ఆంపియర్ వలయ నియమం, వాహకం చుట్టూ ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్ర పరిమాణం ను ఇస్తుంది.

$$\oint \mathbf{B}\cdot\mathbf{dl} = \mu_0 I$$

- కదిలే ఆవేశం q పై పనిచేసే లొరెంట్జ్ బలం, $\mathbf{F} = q(\mathbf{v}\times\mathbf{B})$ మరియు ఈ బలం దిశను ఫ్లెమింగ్ ఎడమ చేతి నియమం ఇస్తుంది.
- అయస్కాంత క్షేత్రం **B** లోని పొడవు L, విద్యుత్ ప్రవాహం I ఉన్న తీగ పై పనిచేసే యాంత్రిక బలం,

$$\mathbf{F} = \mathbf{B}\, I\, L.$$

- I_1, I_2 విద్యుత్ ప్రవాహాలు కల తిన్నని సమాంతర వాహకాల మధ్య ప్రమాణ పొడవుకు పనిచేసే అన్యోన్య బలం

$$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$$

- ఆవేశిత కణం అనుసరించే వృత్తాకార పథం వ్యాసార్థం $R = \frac{mv}{Bq}$
- విద్యుత్ ప్రవాహమున్న వలయం అయస్కాంత డైపోల్ వలె ప్రవర్తిస్తుంది.
- విద్యుత్ ప్రవాహం ఉన్న తీగచుట్టను అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఉంచినట్లైతే తీగచుట్ట పై పనిచేసే టార్క్ $\tau = BNIA \sin\theta$

$= NBIA$, ($\theta = 90^0$ అయితే)

- వలయం లోని విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని శోధించడానికి గాల్వనామీటరును ఉపయోగిస్తాం.
- షంట్ చేయబడిన గాల్వనా మీటరునే అమ్మీటరు అంటాం. అధిక నిరోధాన్ని శ్రేణిలో కలుపబడిన గాల్వనామీటరునే వోల్టుమీటరు అంటాం. అమ్మీటరుతో విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని కొలుస్తాం, వోల్టుమీటరుతో పొటెన్షియల్ తేడాను కొలుస్తాం.

ముగింపు అభ్యాసం

1. అయస్కాంతం దగ్గరికి ఒక చిన్న పదార్థం ముక్కను తెచ్చారు. ఈ కింది ఖాళీలను ఔను లేదా కాదు అనే పదాలతో పూరించండి.

పదార్థం	వికర్షణ		ఆకర్షణ	
	బలహీనం	బలం	బలహీనం	బలం
డయా అయస్కాంతత్వం				
పారా అయస్కాంతత్వం				
ఫెర్రో అయస్కాంతత్వం				

2. ఒక పెట్టెలో సర్వసమానమైన రెండు అయస్కాంతాలను కలిపి మీరు పెట్టాలి. వాటిని ఏ విధంగా పెడతారు మరియు ఎందుకు అలా పెడతారు.

N S లేదా N S

N S S N

3. రెండు ధ్రువాల మధ్య అయస్కాంత బలం 80 యూనిట్లు. ధ్రువాల మధ్య దూరాన్ని రెట్టింపు చేసినపుడు వాటి మధ్య బలం ఎంత ?

4. దండాయస్కాంత పొడవు 10 cm., అడ్డుకోత వైశాల్యం 1.0 cm^2. అయస్కాంతత్వం $I = 10^2$ A/m. ధ్రువసత్వంను కనుక్కోండి.

5. సర్వసమానమైన రెండు అయస్కాంతాలను ఒకే సరళరేఖ లో ఒకదాని ఉత్తర ధ్రువం మరొకదాని ఉత్తర ధ్రువంకు అభిముఖంగా ఉంచారు. వేరే ఇతర క్షేత్రం ఏదీ లేనపుడు, బలరేఖలను గీయండి.

6. దండాయస్కాంత క్షేత్రం, భూ అయస్కాంత క్షితిజ సమాంతర అంశానికి పరిమాణంలో సమానంగానూ, దిశలో వ్యతిరేకంగానూ ఉన్న బిందువులను తటస్థ బిందువులు లేదా శూన్య బిందువులు అంటారు.

   (a) దండాయస్కాంతాన్ని భూ అయస్కాంతయమ్యోత్తర రేఖాతలంలో దాని ఉత్తర ధ్రువం ఉత్తరం వైపు ఉంచినపుడు, తటస్థ బిందువులను గుర్తించండి.

   (b) దండాయస్కాంతాన్ని భూ అయస్కాంతయమ్యోత్తర రేఖాతలంలో దాని ఉత్తర ధ్రువం దక్షిణం వైపు ఉంచినపుడు, తటస్థ బిందువులను గుర్తించండి.

7. 10 సెం.మీ. పొడవు వున్న దండాయస్కాంతాన్ని, 5 సెం.మీ. పొడవు గల రెండు సమాన ముక్కలుగా చేశారు. కొత్త దండాయస్కాంత ధ్రువ సత్వంను, పాత దండాయస్కాంత ధ్రువసత్వం తో పోల్చినపుడు ఎంత ?

8. 10 సెం.మీ. పొడవు గల దండాయస్కాంత ధ్రువ సత్వం 10 Am. దాని కేంద్రం నుంచి 30 సెం.మీ. దూరంలో ఉన్న దండాయస్కాంత అక్షంపై గల బిందువు వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రం ఎంత?

9. విద్యుత్ ప్రవాహమున్న వాహకం చుట్టూ అయస్కాంత క్షేత్రం ఏర్పడుతుందని మీరు ఏ విధంగా చూపుతారు ? ఒక నిర్ధిష్టమైన ప్రదేశంలో దాని పరిమాణం, దిశలను ఏ విధంగా కనుక్కుంటారు.

10. అయస్కాంత క్షేత్రంలో కదిలే ఆవేశం పై ఒక బలం పనిచేస్తుంది, కాని ఈ బలం దాని వడిని మార్చదు. ఎందువల్ల?

11. పొడవైన తిన్నని విద్యుత్ ప్రవాహమున్న తీగకు ఏదేని క్షణం లోనయినా ఆవేశిత కణం సమాంతరంగా కదులుతుంది. కణం మీద ఏదైనా బలం పనిచేస్తుందా ?

12. ఒక తీగ గుండా 10 ఆంపియర్ల విద్యుత్ ప్రవహిస్తోంది. ఈ తీగను అయస్కాంత క్షేత్రం 5T కు లంబంగా ఉంచారు. తీగ $\frac{1}{10}$m పొడవు పై పనిచేసే బలం కనుక్కోండి.

13. పొడవైన తిన్నని తీగలో 12 ఆంపియర్ల విద్యుత్ ప్రవహిస్తోంది. దాని నుంచి 48 సెం.మీ. దూరంలో అయస్కాంత క్షేత్ర తీవ్రతను కనుక్కోండి.

14. 3 సెం.మీ. పొడవు కల రెండు సమాంతర తీగలు ఒకదాని నుంచి మరొకటి 0.05 మీ. దూరంలో ఉన్నాయి. ప్రతీ తీగలో ఒకే దిశలో 5 A విద్యుత్ ప్రవాహముంది. వాటి మీద పనిచేసే బలాన్ని కనుక్కోండి. దాని స్వభావం మీద మీ అభిప్రాయం తెలపండి.

15. 50 సెం.మీ. పొడవు గల సోలినాయిడ్ గుండా 8.0 A విద్యుత్ ప్రవాహమున్నపుడు, కేంద్రం వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రం $4.0\times10^{-2}\,NA^{-1}m^{-1}$ సోలినాయిడ్ లో గల చుట్ల సంఖ్యను కనుక్కోండి.

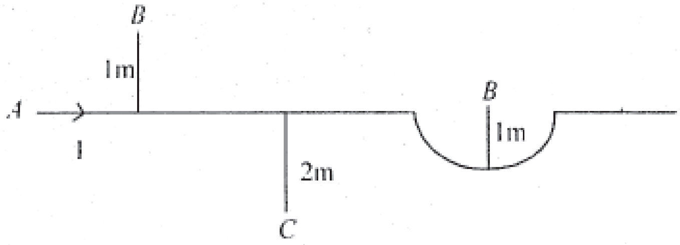
16. రెండు సర్వసమాన గాల్వనా మీటర్లు ఉన్నాయి. అందులో ఒకటి అమ్మీటరు, మరొకటి మిల్లీ అమ్మీటరుగా మార్చాలి. ఏ షంట్లు ఎక్కువ నిరోధాన్ని కలిగి ఉంటాయి.

17. 20 Ω నిరోధం గల గాల్వనా మీటరు, 0.005 A విద్యుత్ కు పూర్తి అపవర్తనాన్ని ఇస్తుంది. 1 A విద్యుత్తును కొలిచే అమ్మీటరుగా దానిని మార్చడానికి కావలసిన షంటు విలువను కనుక్కోండి. అమ్మీటరు నిరోధం ఎంత ?

18. 5×10^{-11}m వ్యాసార్థం కల వృత్తాకార కక్ష్యలో ఒక ఎలక్ట్రాను సెకండుకు 7.0×10^{15} పరిభ్రమణాల రేటుతో కదులుతుంది. కక్ష్య కేంద్రం వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రం **B** ను కనుక్కోండి.

19. 0.16 మీ. వ్యాసార్థం కలిగి 200 చుట్లు గల వృత్తాకార తీగచుట్టలో 4.8 ఆంపియర్ల విద్యుత్ ప్రవాహమున్న, దాని కేంద్రం వద్ద గల అయస్కాంత క్షేత్రంను కనుక్కోండి.

20. పటం 18.30 ను చూడండి. A, B, C ల వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రం ను కనుక్కోండి.



పటం 18.30

పాఠంలోని ప్రశ్నలకు సమాధానాలు

18.1

1. ఒక అయస్కాంతాన్ని దాని ద్రవ్యరాశి కేంద్రం వద్ద దారం తో వేలాడదీసి, నిశ్చలస్థితికి రానివ్వాలి. ఉత్తర దిశ వైపు ఉండే అయస్కాంత చివరను దాని ఉత్తర ధ్రువంగా చెపుతాము.
2. రెండు దండాయస్కాంతాల చివరలను దగ్గరగా తేవాలి. వాటి మధ్య ఆకర్షణ ఉంటే, దండాలలో ఒకటి అయస్కాంతం మరొకటి ఇనుప దండం అని చెపుతాం. ఇపుడు ఈ దండాలలో ఒకదానిని బల్ల పై పరిచి దాని పొడవు గుండా మరొక దానితో తాకించాలి. ఏకరీతిగా బలం పనిచేస్తే, చేతిలో ఉన్న దండం అయస్కాంతం అని బల్ల పై ఉన్నది ఇనుప దండం అని చెపుతాం. ఏకరీతి కాకుండా, అసమాన బలం పనిచేస్తే పై దానికి వ్యతిరేకంగా చెపుతాం.
3. ఒక అయస్కాంతాన్ని దారం తో వేలాడదీసి దాని దక్షిణ ధ్రువంను కనుక్కోవాలి. మొదటి దానితో వికర్షింపబడిన రెండవ అయస్కాంత చివర దాని దక్షిణ ధ్రువంగా చెపుతాం.

18.2

1. (i) విద్యుత్ (ii) అయస్కాంత మరియు విద్యుత్
2. సమతాస్థితి లో వాహకం తటస్థంగా ఉంటుంది. అనగా నికర విద్యుత్ ప్రవాహం ఏదీ అది కలిగి ఉండదు. ఉష్ణ ఎలక్ట్రానులు తమ అనియత చలనం కారణంగా వాటి వల్ల ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రాలను కొట్టివేస్తాయి.
3. మొదటి సందర్భంలో తీగ పొడవు $l_1 = 2\pi r$

   రెండవ సందర్భంలో తీగ పొడవు $l_2 = (2\pi r_2)2$

   కాని $l_1 = l_2$

$\therefore 2\pi r = 4\pi r_2 \quad \Rightarrow r_2 = \frac{r}{2}$

$|\mathbf{B}| = \frac{\mu_0 nI}{2r}$ ను ఉపయోగించి

$|\mathbf{B}_1| = \frac{\mu_0 I}{2r}, \quad |\mathbf{B}_2| = \frac{\mu_0 2I}{2\times\frac{r}{2}} = \frac{2\mu_0 I}{r} = 4\mathbf{B}_1$

అనగా 2 చుట్లు గల తీగచుట్ట కేంద్రం వద్ద గల అయస్కాంత క్షేత్రం **B**, మొదటి సందర్భంలో గల దానికంటే నాలుగు రెట్లు బలంగా ఉంటుంది.

18.3

1. C
2. రెండు సూత్రాలు, విద్యుత్ ప్రవాహం ఉన్న వాహకాల వల్ల ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని సూచిస్తాయి.
3. (i) B (ii) A (iii) C
4. $B = \mu_0 \frac{n}{l} I \Rightarrow 4\pi \times \frac{10^{-7}\times n}{0.1m} \times 3A = 0.002$

లేదా $n = \frac{0.0002\times 10^{7}}{12\pi} = 50$ చుట్లు

18.4

1. ప్రోటానుల ప్రవాహం ఎలక్ట్రానుల ప్రవాహంకు సమానంగా, వ్యతిరేక దిశలో ఉండడం వల్ల, బలం ఆకర్షిత బలమై ఉంటుంది.
2. అయస్కాంత క్షేత్రం లో చలనం లో ఉండే ఆవేశం పై పనిచేసే బలం, ఆవేశ చలనానికి లంబంగా ఉండడం వల్ల, ఆవేశం మీద ఉన్న బలం చేసే పని శూన్యం. అందువల్ల ఆవేశం గతిజ శక్తిలో మార్పురాదు. విద్యుత్ క్షేత్రం లో ఆవేశం క్షేత్ర దిశలో అపవర్తనం చెందుతుంది. కాబట్టి క్షేత్రం ఆవేశానికి బలరేఖల దిశలో త్వరణాన్ని కలిగిస్తుంది.
3. స్ప్రింగ్ ప్రతి చుట్టులో విద్యుత్ ప్రవాహం దిశ ఒకే విధంగా ఉంటుంది. ఒకే దిశ లో ఉన్న సమాంతర విద్యుత్ ప్రవాహాలు ఆకర్షణ బలాన్ని కలగచేస్తాయి. కాబట్టి అన్ని చుట్లు దగ్గరగా వస్తాయి మరియు స్ప్రింగ్ లోని విద్యుత్ ప్రవాహం ఏ దిశలో ఉన్నా వస్తువు పైకి జరుపబడుతుంది.

18.5

1. తీగచుట్ట తలం సమాంతరంగా గల క్షేత్ర తలాన్ని రేడియల్ అయస్కాంత క్షేత్రం అంటారు.
2. మెత్తటి ఇనుము అంతర్భాగం గుండా అయస్కాంత క్షేత్ర బలరేఖలు గుమికూడడం వల్ల అయస్కాంత క్షేత్ర తీవ్రత పెరిగి, గాల్వనామీటరు సూక్ష్మ గ్రాహ్యతను (Sensitivity) పెంచుతుంది.
3. అమ్మీటరు తక్కువ నిరోధాన్ని కలిగి ఉంటుంది. వోల్టుమీటరు ఎక్కువ నిరోధాన్ని కలిగి ఉంటుంది. అమ్మీటరు లో, గాల్వనామీటరు తీగచుట్టకు తక్కువ నిరోధాన్ని సమాంతరంగా కలుపుతారు. అదే వోల్టుమీటరులో అయితే గాల్వనామీటరుకు ఎక్కువ నిరోధాన్ని శ్రేణిలో కలుపుతారు.
4. తీగచుట్టకు సమాంతరంగా తక్కువ నిరోధం R_S ను కలపాలి.

$$R_S = \frac{GI_g}{I - I_g} = \frac{20 \times 20 \times 10^{-3}}{3 - 20 \times 10^{-3}} = 0.13\Omega.$$

ముగింపు అభ్యాసం లోని లెక్కలకు జవాబులు

1. $10^{-2}\ Tm^{-1}$
7. సమానం
8. $2.3 \times 10^{-6}\ T$
12. 5 N
13. $5\mu N$
14. ఆకర్షిత బలం $10^{-4}\ Nm^{-1}$
15. $\frac{625}{\pi}$ చుట్లు
17. 0.1Ω
18. $4.48\pi\ T$
19. $1.2\pi mT$
20. $B_A = 2 \times 10^{-7}\ T, B_B = \pi \times 10^{-7}\ T, B_c = 10^{-7}\ T$