GOVERNMENT OF TAMIL NADU

పన్నెండవ తరగతి

HIGHER SECONDARY SECOND YEAR

భౌతికశాస్త్రము

PHYSICS

భాగము –I

VOLUME –I

TELUGU MEDIUM

Department of School Education

Untouchability is Inhuman and a Crime

00_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Front_Page.indd 1 21-03-2023 14:38:44

Government of Tamil Nadu

First Edition - 2021

Revised Edition - 2022, 2023

Reprint - 2024

(Published under New Syllabus)

Content Creation

State Council of Educational
Research and Training

© SCERT 2021

Printing & Publishing

Tamil NaduTextbook and Educational
Services Corporation

www.textbooksonline.tn.nic.in

00_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Front_Page.indd 2 21-03-2023 14:38:44

విషయసూచిక

భౌతికశాస్త్రము

అధ్యాయము	పాఠ్యశీర్షిక	పుట సంఖ్య	నెల
1	స్థిర విద్యుత్	01	జూన్
2	ప్రవాహ విద్యుత్	84	జూన్
3	అయస్కాంతత్వం మరియు విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క అయస్కాంత ప్రభావములు	132	జూలై
4	విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ మరియు ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహము	209	జూలై
5	విద్యుత్ అయస్కాంత తరంగాలు	284	ఆగష్టు
	ప్రయోగ దీపిక	307	
	అనుబంధము	340	
	పదకోశము	349	

LS87Y

అంతర్జాల పుస్తకము

TZRYE

మూల్యాంకనము

00_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Front_Page.indd 3 21-03-2023 14:38:44

ముఖ్యమైన అంశములు

భౌతికశాస్త్ర పరిధి	• భౌతికశాస్త్ర రంగములో ఉన్నత అభ్యసనమునకు సంబంధించి అనేక అంశములపై అవగాహన కల్పించుట.
అభ్యసన లక్ష్యాలు	• నిర్దిష్ట అంశమును వివరించుట / అభ్యాసకునిచే పొందబడు నిర్వహణ సామర్థ్యత.
మీకు తెలుసా?	• నిత్య జీవితములో సంబంధిత అంశమునకు చెందిన అదనపు సమాచారమును / ఆ రంగములోని అభివృద్ధి.
ఉదాహరణ సమస్యలు	• అభ్యాసకుడు స్పష్టమైన గ్రాహ్యము కొరకు మాదిరి సమస్యలను సాధించుట.
స్వీయ మూల్యాంకనము	• విద్యార్థులు తమకు విషయం ఎంతవరకు అర్థమైనదో తెలుసుకొనుటకు ఉపయోగపడు నిర్ధారణ.
QR కోడు	• పాఠ్య సంబంధ అంశములు, వీడియోలు, అనుకరణలు మరియు ట్యుటోరియల్‌లను త్వరగా వీక్షించుటకు సహాయపడునది.
అంతర్జాల కృత్యము	• అభ్యసనకు కావలసిన ఆధారములను అందించును. అభ్యాసకుడు పాఠ్య సంబంధ అంశములను తెలుసుకొనుటకు, తనకు తెలిసిన సమాచారమును / చింతనలను పూర్తిగా బదిలీ చేయుటకు ఇది తోడ్పడుతుంది.
సారాంశము	• పాఠ్య అధ్యాయము యొక్క క్లుప్త రూపము.
భావన చిత్ర పటము	• పాఠ్యభాగములోని అంశాలను అంతరంగా సంబంధపరచి వాటిని అభ్యాసకుడు చిత్ర రూపేణ వీక్షించుటకు అవకాశం కల్పిస్తుంది.
మూల్యాంకనము	• అభ్యాసకుని యొక్క అవగాహనా సామర్థ్యమును బహుళైచ్ఛిక ప్రశ్నలు, సమస్యలు మొదలగువాటి ద్వారా నిర్ధారించుట.
పరిశీలనా గ్రంథాలు	• పునర్విమర్శ కొరకు కావలసిన విషయ సంబంధిత పుస్తకాలు
సమాధానములు	• అభ్యాసకుడి యొక్క జవాబు ఖచ్చితత్వాన్ని నిర్ధారించుటకు మరియు అభ్యసనలోని లోటును సరిదిద్దుకొనుటకు తోడ్పడును.
పదకోశము	• ముఖ్యమైన పదజాలములకు తత్సమాన తెలుగు పదాలు జోడించబడినవి.

Back Wrapper: NIKOLA TESLA a Serbian-American Engineer
(10 July 1856 – 7 January 1943)

Nikola Tesla made breakthroughs in the production, transmission and application of electric power. He invented the first alternating current (AC) motor and developed AC generation and transmission technology. In 1884, he was hired by Edison (discoverer of DC dynamos) later on Tesla became his competitor in this field.

Tesla conducted a range of experiments with mechanical oscillators/generators, electrical discharge tubes, and early X – ray imaging. Tesla in 1890 itself conducted research for wireless lighting and worldwide wireless electric power distribution in his high – voltage, high-frequency power experiments in New York. Unfortunately Tesla could not put his ideas in practical use due to lack of funds.

00_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Front_Page.indd 4 21-03-2023 14:38:45

అధ్యాయము

1

స్థిర విద్యుత్

వాస్తవానికి కాంతిని నిర్వహించునది విద్యుచ్ఛక్తి
– జార్జ్ కార్లిన్

అభ్యసన లక్ష్యాలు

ఈ పాఠ్యాంశము నందు విద్యార్థులు నేర్చుకొనునవి.

- విద్యుత్తు మరియు అయస్కాంతత్వం యొక్క చారిత్రాత్మక నేపథ్యము.
- మన నిత్యజీవితములో స్థిర విద్యుత్ పాత్ర.
- కూలూంబ్ నియమము మరియు అధ్యారోపణ తత్వము.
- విద్యుత్ క్షేత్రము దాని భావన.
- వేర్వేరు ఆవేశముల విన్యాసములకు విద్యుత్ క్షేత్రమును లెక్కించుట.
- స్థిర విద్యుత్ శక్మము మరియు స్థిర విద్యుత్ శక్మశక్తి.
- విద్యుత్ ద్విధ్రువము మరియు ద్విధ్రువ భ్రామకము.
- విద్యుత్ ద్విధ్రువము యొక్క విద్యుత్ క్షేత్రము మరియు స్థిర విద్యుత్ శక్మము.
- విద్యుత్ అభివాహము.
- గాస్ నియమము మరియు దాని వేర్వేరు అనువర్తనములు.
- వాహకములు మరియు రోధక పదార్థముల యొక్క స్థిర విద్యుత్ ధర్మములు.
- పోలరైజేషన్ (ధ్రువణం).
- శ్రేణి మరియు సమాంతర సంధానములో రోధక పదార్థము వలన కెపాసిటర్‌లో ఏర్పడు ప్రభావము.
- వాహకములో ఆవేశముల యొక్క పంపిణి మరియు కరోన ఉత్సర్గము.
- వాండిగ్రాఫ్ విద్యుత్‌జనని పనిచేయు విధానము.

PYOZC

1.1 పరిచయము (INTRODUCTION)

విద్యుత్ అయస్కాంతత్వము అనునది భౌతికశాస్త్రము యొక్క చాలా ముఖ్యమైన శాఖలలో ఒకటగును. ఆధునిక 21 వ శతాబ్దపు సాంకేతిక విజ్ఞానం అభివృద్ధి విద్యుదయస్కాంతత్వమును గూర్చి మనము అవగాహన చేసుకొనుట వలన ఏర్పడినది.

నిత్యజీవితములో మనము చూసే బలములలో గురుత్వాకర్షణ బలము తప్ప మిగలిన అన్ని బలములు విద్యుదయస్కాంత స్వభావమును కలిగినవే. 11 వ తరగతిలో గురుత్వాకర్షణ బలము, తన్యత, ఘర్షణ బలము, అభిలంబ బలము మొదలగు బలములు గూర్చి మనము నేర్చుకున్నాము. అవి ఒక్కొక్కటిని స్వతంత్ర స్వభావము కలిగిన బలముగాను, ఒకదానిపై మరొకటి ఆధారపడి యుండదని న్యూటన్ తలచెను. అటులైన ఈ బలములు ఏర్పడుటకు ఆధారము ఏమి? మనము నిత్యజీవితములో అనుభూతి పొందిన బలములలో గురుత్వాకర్షణ బలము తప్ప మిగిలిన బలములు అన్నియు (తీగ యొక్క తన్యత, తలము యొక్క అభిలంబ బలము,

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 1 24-03-2023 08:51:19

ఘర్షణ బలము మొదలగునవి) అణువులలో కనబడు విద్యుదయస్కాంత బలములే అని అర్థమగుచున్నది. కొన్ని ఉదాహరణలు క్రింద ఇవ్వబడినవి.

(i) ఒక వస్తువును నెట్టినపుడు, మన చేతిలోయున్న అణువులతో అ వస్తువులోని అణువులు పరస్పరం చర్య జరుపుతాయి. ఈ పరస్పర చర్య విద్యుదయస్కాంత స్వభావమును కలిగియున్నది.

(ii) భూ ఉపరితలముపై మనము నిలిచియున్నప్పుడు, మనపై గురుత్వాకర్షణ బలము క్రింది దిశలో పనిచేయుచున్నది. తలము యొక్క అభిలంబ బలము పై దిశలో పనిచేసి దానిని సమతుల్యం చేయును. ఈ అభిలంబ బలము ఎలా జనించినది?

భూ ఉపరితలముపై నున్న అణువులకు మన పాదములలోయున్న అణువులకు మధ్యలో ఏర్పడు పరస్పర చర్య కారణముగానే ఈ బలము ఏర్పడుచున్నది. వాస్తవానికి, భూగురుత్వాకర్షణ బలము వలన మనము ఆకర్షించబడినప్పటికీ అణువుల విద్యుదయస్కాంత బలము వలన మాత్రమే భూమిపై మనము నిలుచుటకు వీలగుచున్నది.

(iii) తలముపై ఒక వస్తువు కదలుటకు ప్రయత్నించినపుడు, దాని చలనమును స్థిర ఘర్షణ అడ్డుకొంటుంది. ఈ స్థిరఘర్షణ అనునది తలములోని అణువులకు ఆ వస్తువులోని అణువులకు మధ్యలో ఏర్పడు విద్యుదయస్కాంత పరస్పర చర్య వలన ఏర్పడుచున్నది. గతిజ ఘర్షణ కూడా ఈ విధంగానే జనిస్తుంది.

అందువలన విశ్వమును గూర్చి పూర్తిగా తెలుసుకొనుటకు, విద్యుదయస్కాంతత్వమును గూర్చి తెలుసుకొనుట అత్యంత ఆవశ్యకమని ఈ ఉదాహరణము మూలముగా అర్థమగుచున్నది. విద్యుదయస్కాంతత్వము యొక్క ప్రాథమిక తత్వములు 12 వ తరగతి భౌతిక శాస్త్రములో మొదటి భాగములో తెలుసుకొనవచ్చును. విరామ స్థితిలోయున్న విద్యుత్ ఆవేశముల ప్రవర్తన గూర్చి దాని సంబంధమైన సంఘటనల గూర్చి ఈ విభాగములో చెప్పబడియున్నది. స్థిరముగాయున్న విద్యుత్ ఆవేశములను గూర్చి తెలుసుకొనుటకు సహాయపడు విద్యుత్తు యొక్క ఈ విభాగమును స్థిర విద్యుత్ అంటారు.

1.1.1 విద్యుదావేశముల చారిత్రక నేపథ్యం

జిగురు (amber) అనబడు ఒక రకమైన వస్తువును (ఇది ఒక పారదర్శకగుణము కలిగి పూడ్చబడిన చెట్లనుండి లభించిన ఒక జిగురు లాంటి ఘన పదార్థం) జంతువుల రోమములు లేదా కంబలితో రుద్దినపుడు అది చిన్న ఆకులను మరియు దూళిని ఆకర్షిస్తుందని సుమారు రెండు వేల సంవత్సరములకు మునుపే గ్రీకు దేశస్తులు కనుగొన్నారు. ఇటువంటి గుణము కలిగిన జిగురు విద్యుత్ ఆవేశమును పొందియున్నదని చెప్పవచ్చును. ప్రారంభములో జిగురు మాత్రమే ఈ ప్రత్యేక గుణమును కలిగియున్నట్లుగా అనుకొనబడినది. కాని తరువాత పట్టు వస్త్రముచే రుద్దబడిన గాజుకడ్డీకూడా కాగితపు ముక్కలను ఆకర్షించుట కనుగొనబడినది కావున తగిన వస్తువులను తీసుకొని రుద్దబడు గాజుకడ్డీ కూడా విద్యుత్ ఆవేశమును పొందు గుణమును కలిగియున్నదని తెలియుచున్నది.

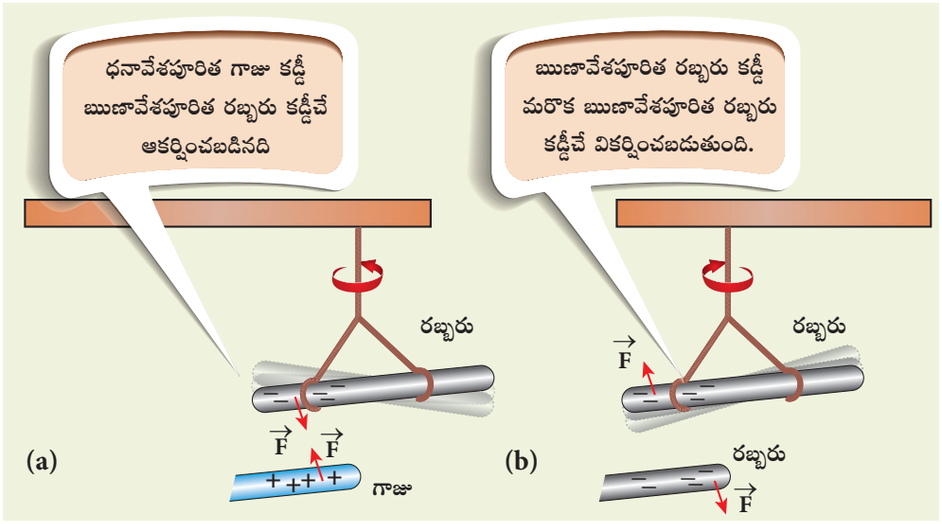
పటము 1.1 లో చూపినట్లు ఒక దారమునకు ఆవేశపూరిత రబ్బరు కడ్డీ వ్రేలాడదీయబడినదని పరిగణిద్దాం. ఇప్పుడు మరొక ఆవేశపూరిత రబ్బరు కడ్డీని మొదటి రబ్బరు కడ్డీకి దగ్గరగా తీసుకొనివచ్చినపుడు అవి ఒకదానినొకటి వికర్షించుకొంటాయి. అదే విధముగా కొన్ని సందర్భములలో ఆవేశపూరిత గాజు కడ్డీని, మరొక ఆవేశపూరిత గాజు కడ్డీ దగ్గరకు తీసుకొచ్చినపుడు అవి ఒకదానినొకటి వికర్షించుకొనుటను చూడవచ్చును.

ఈ పరిశీలనల ఆధారముగా క్రింది అనుమతులను తెలుపవచ్చును.

(i) రబ్బరు కడ్డీ పొందిన ఆవేశము మరియు గాజు కడ్డీపొందిన ఆవేశము ఒకదానికొకటి వేరుగా ఉంటుంది.

(ii) విద్యుత్ ఆవేశపూరిత రబ్బరు కడ్డీ, విద్యుత్ ఆవేశపూరిత మరొక రబ్బరు కడ్డీని వికర్షించును. దీని నుండి సజాతి ఆవేశములు ఒకదానినొకటి వికర్షించుకొనునని తెలియుచున్నది. విద్యుత్ ఆవేశపూరిత గాజు కడ్డీ విద్యుత్ ఆవేశపూరిత మరొక గాజు కడ్డీని వికర్షించుటను, పరిశీలించిన అదే అనుమతిని తెలుపవచ్చును.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 2 24-03-2023 08:51:19



పటము 1.1 (a) విజాతి ఆవేశములు ఒక దానినొకటి ఆకర్షించుకొనును (b) సజాతి ఆవేశములు ఒకదానినొకటి వికర్షించుకొనును.

(iii) విద్యుత్ ఆవేశపూరిత రబ్బరు కడ్డీ, విద్యుత్ ఆవేశపూరిత గాజుకడ్డీని ఆకర్షించును. దీనినుండి గాజుకడ్డీలోని విద్యుత్ ఆవేశము, రబ్బరు కడ్డీలోని విద్యుత్ ఆవేశమునకు సమానము కాదు. కనుక విజాతి ఆవేశములు ఒక దానినొకటి ఆకర్షించుచున్నది అని తెలియుచున్నది.

విశ్వములో రెండు రకముల ఆవేశములు యున్నవి. ఒకటి ధనాత్మక ఆవేశము (+) అని మరొకటి ఋణాత్మక ఆవేశము (–) అని బెంజమిన్ ఫ్రాంక్లిన్ అను విజ్ఞానశాస్త్రవేత్త 18వ శతాబ్దములో వర్గీకరించెను. ఈ విధానమును బట్టి రబ్బరు మరియు జిగురు కడ్డీలు ఋణాత్మక ఆవేశము పొందినవి అని, గాజు కడ్డీ ధనాత్మక ఆవేశము పొందినది అని తెలుసుకొనబడుచున్నది. ఒక వస్తువులోయున్న మొత్తము (net) ఆవేశము శూన్యమైన ఆ వస్తువు తటస్థ ఆవేశములో యున్నదని చెప్పవచ్చును.

19 వ శతాబ్దపు చివరిలో, 20 వ శతాబ్దపు ప్రారంభంలో J. J. థాంసన్, E రూథర్ ఫోర్డ్ వంటి విజ్ఞాన శాస్త్రవేత్తలు చేసిన మునుపటి పరిశోధనల ఆధారంగా పరమాణువు అనునది తటస్థ ఆవేశము కలిగినది అని తెలుసుకొనబడినది. ఇంకనూ, పరమాణువు అనునది ఋణావేశము కలిగిన ఎలక్ట్రానులు, ధనావేశము కలిగిన ప్రోటానులు మరియు తటస్థ ఆవేశము కలిగిన న్యూట్రానులు కలిగియుండునని తెలుసుకున్నాము. సాధారణముగా అన్ని వస్తువులు పరమాణువులతో నిర్మితమై యుండుటవలన అవి తటస్థ ఆవేశమును కలిగివుండును. ఒక వస్తువును మరొక వస్తువుతో రుద్దినప్పుడు (ఉదాహరణకు రబ్బర్‌ని పట్టు వస్త్రంతో రుద్దినప్పుడు) ఘర్షణ వలన కొంత ఆవేశము ఒక వస్తువు నుండి మరొక వస్తువునకు బదిలీ చేయబడును. కావున ఆ వస్తువు ఆవేశపూరితమైనదని చెప్పవచ్చును. ఘర్షణ మూలముగా వస్తువులు ఆవేశము పొందు విధానమును ఘర్షణ విద్యుత్ అంటారు.

1.1.2 ఆవేశము యొక్క ప్రాథమిక ధర్మములు

(i) విద్యుత్ ఆవేశము (Electric charge)

విశ్వములో వస్తువులు అన్నియు పరమాణువులతో నిర్మితమైనవి. పరమాణువులు ప్రోటానులు, న్యూట్రానులు మరియు ఎలక్ట్రానులతో ఏర్పడుతాయి. ఇవన్నియు ద్రవ్యరాశి అను స్వాభావిక (intrinsic) ధర్మమును కలిగినవి. అదేవిధముగా విద్యుత్ ఆవేశము అనునది మరొక స్వాభావిక ప్రాథమిక ధర్మము అగును. 19 వ మరియు 20వ శతాబ్దములో చేయబడిన అనేక పరిశోధనల మూలముగా విద్యుత్ ఆవేశము యొక్క స్వభావమును గూర్చి అర్థము చేసుకొనబడినది. విద్యుత్ ఆవేశము యొక్క SI ప్రమాణము కూలూంబ్ (C) అగును.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 3 24-03-2023 08:51:20

(ii) ఆవేశముల నిత్యత్వము (Conservation of charges):

ఒక వస్తువును మరొక వస్తువుతో రుద్దినప్పుడు ఒకదాని నుండి మరొకదానికి ఆవేశముల బదిలీ జరుగును అని బెంజమిన్ ఫ్రాంక్లిన్ వాదించారు. రుద్దుటకు మునుపు వస్తువులు తటస్థ ఆవేశమును కలిగియున్నవి. రుద్దునప్పుడు ఒకదాని నుండి మరొక వస్తువునకు ఆవేశములు బదిలీ జరుగుచున్నవి. (ఉదా : గాజుకడ్డీని పట్టు వస్త్రముతో రుద్దినప్పుడు ఋణావేశము గాజు కడ్డీ నుండి పట్టు వస్త్రమునకు బదిలీ జరుగుచున్నది. దీని వలన గాజు కడ్డీ ధనావేశమును పట్టు వస్త్రము ఋణావేశమును పొందుచున్నది). ఇటువంటి పరిశీలనలనుండి విద్యుత్ ఆవేశములను సృష్టించుటకో లేక నశింపచేయుటకో వీలుకాదు. వాటిని ఒక వస్తువు నుండి మరొక వస్తువునకు మార్పు చేయుటకు మాత్రమే వీలగును అని అతను తెలియజేసెను. దీనిని నికర ఆవేశ నిత్యత్వము అని అందురు. ఇది భౌతిక శాస్త్రములోని నిత్యత్వనియమములో ఒకటి. ఈ నియమమును సాధారణముగా క్రింది విధముగా చెప్పవచ్చును.

విశ్వమునందు ఆవేశముల మొత్తము స్థిరముగా వుండును. విద్యుత్ ఆవేశములను సృష్టించుటకో లేక నాశనము చేయుటకో వీలుకాదు. ఏ ఒక్క భౌతిక సంఘటనలోని నికర విద్యుత్ ఆవేశమార్పు శూన్యముగానే వుండును.

(iii) ఆవేశముల యొక్క క్వాంటీకరణం (Quantisation of charges)

ప్రకృతిలో లభించు అతితక్కువ ఆవేశముల విలువ ఎంత? ఎలక్ట్రాన్ యొక్క విద్యుత్ ఆవేశ విలువ $-e$ అనియు ప్రోటాన్ యొక్క విద్యుత్ ఆవేశ విలువ $+e$ అనియు ప్రయోగములో తెలియజేయబడుచున్నది. ఇచ్చట e అనునది విద్యుత్ ఆవేశము యొక్క ప్రాథమిక ప్రమాణము. ఒక వస్తువు యొక్క విద్యుత్ ఆవేశము q విలువ ఈ ప్రాథమిక ప్రమాణము యొక్క పూర్ణాంక గుణిజముగా (integral multiple) నుండును.

$$q = ne \qquad (1.1)$$

ఇచ్చట n అనునది పూర్ణ సంఖ్యలు (0, ±1, ±2, ±3, ±4.....) దీనినే విద్యుత్ ఆవేశము యొక్క క్వాంటీకరణము అంటారు. e యొక్క విలువ 1.6×10^{-19} C అని తన పరిశోధన మూలముగా రాబర్ట్ మిల్లికన్ కనుగొన్నారు. ఎలక్ట్రాన్ యొక్క విద్యుత్ ఆవేశ విలువ = -1.6×10^{-19} C మరియు ప్రోటాన్ యొక్క విద్యుత్ ఆవేశ విలువ = $+1.6 \times 10^{-19}$ C.

ఒక గాజు కడ్డీని పట్టు వస్త్రముతో రుద్దినప్పుడు బదిలీ చెందు ఆవేశముల సంఖ్య (n) ఎక్కువగా (macroscopic) వుండును. (సాధారణముగా 10^{10}). కావున ఆవేశము యొక్క క్వాంటీకరణము స్థూలస్థాయిలో గుర్తింపదగిన విధముగా ఉండదు. అందువలన విద్యుత్ ఆవేశములను (విభజించుటకు వీలుకాని) అవిచ్ఛిన్న విలువగా అనుకొనవచ్చును. కానీ సూక్ష్మస్థాయిలో విద్యుత్ ఆవేశము యొక్క క్వాంటీకరణము ముఖ్యపాత్రను వహించుచున్నది.

ఉదాహరణము 1.1

ఒక కూలూంబ్ ఋణావేశంలో యున్న ఎలక్ట్రాన్ల యొక్క సంఖ్యను లెక్కించుము.

సాధన

ఆవేశముల క్వాంటీకరణ ప్రకారము

$$q = ne$$

ఇచ్చట $q = 1$C కావున దీనిలో యున్న ఎలక్ట్రానుల సంఖ్య

$$n = \frac{q}{e} = \frac{1C}{1.6\times10^{-19}} = 6.25\times10^{18} \text{ ఎలక్ట్రానులు}$$

1.2 కూలూంబ్ నియమము (COULOMB'S LAW)

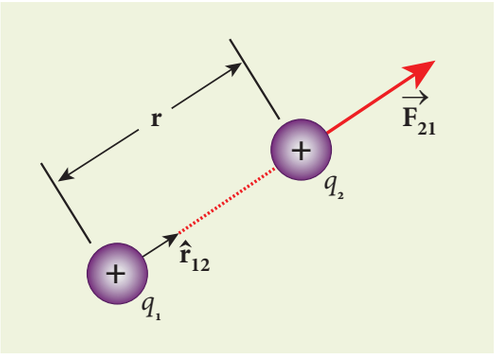
శూన్య ప్రదేశములలో స్థిరముగా యున్న రెండు బిందు ఆవేశముల మధ్య కనబడు బలములకు సమాసమును 1786 వ సంవత్సరములో కూలూంబ్ అను శాస్త్రవేత్త ఉత్పాదించెను. పటము 1.2 లో ఉన్నట్లు శూన్య ప్రదేశములో r దూరములో వుంచబడిన రెండు స్థిరముగాయున్న బిందు

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 4 24-03-2023 08:51:20

ఆవేశములు ఉన్నదనుకొనుము. వాటి విద్యుత్ ఆవేశములు క్రమముగా q_1 మరియు q_2 కూలూంబ్ నియమము ప్రకారము బిందు ఆవేశము q_2 పై q_1 బిందు ఆవేశము పనిచేయు బలమును క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

$$\vec{F}_{21} = k\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r}_{12} \qquad (1.2)$$

ఇచ్చట, $\hat{r}_{12}$ అనునది q_1 నుండి q_2 వైపుగా గల ఒక ప్రమాణ సదిశ మరియు k అనునది అనుపాతస్థిరాంకం.



పటము 1.2 రెండు ధనాత్మక బిందు ఆవేశముల మధ్య కూలూంబ్ బలము

కూలూంబ్ నియమములోని ముఖ్యాంశాలు:

(i) స్థిర విద్యుత్ బలము అనునది రెండు బిందు ఆవేశముల పరిమాణ లబ్ధమునకు అనులోమాను పాతములోను, వాటి మధ్య దూర వర్గమునకు విలోమాను పాతములో వుండును అని కూలూంబ్ నియమము తెలుపుతుంది.

(ii) q_2 విద్యుదావేశము మీద q_1 విద్యుదావేశము పనిచేయు బలము వాటిని కలుపు రేఖ దిశలోనే వుండును. దీనిలో $\hat{r}_{12}$ అను ఒక ప్రమాణ సదిశ (vector) అనునది విద్యుదావేశము q_1 నుండి q_2 దిశలో వుండును (పటము 1.2) అదే విధముగా q_1 పై q_2 పనిచేయు బలము $-\hat{r}_{12}$ దిశలో వుండును. (అనగా $\hat{r}_{12}$ యొక్క దిశకు వ్యతిరేఖ దిశలో వుండును)

(iii) SI ప్రమాణ పద్ధతిలో $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_o}$ మరియు k యొక్క విలువ 9×10^9 N m^2 C^{-2}. ఇచ్చట ϵ_o అనునది శూన్య యానకం యొక్క ప్రవేశ్యశీలత.

$$\epsilon_o = \frac{1}{4\pi k} = 8.85\times10^{-12}\,\mathrm{C^2N^{-1}m^{-2}}.$$

(iv) ఒక కూలూంబ్ విద్యుత్ ఆవేశము విలువ కలిగి ఒక మీటరు దూరములో వుంచబడిన రెండు ఆవేశముల మధ్యలో పనిచేయు బలము యొక్క విలువను క్రింది విధముగా లెక్కించవచ్చును:

$$|F| = \frac{9\times10^9\times1\times1}{1^2} = 9\times10^9\,\mathrm{N}.$$

ఇది చాలా అత్యధిక బలము. ఇది ఇంచుమించుగా ఒక మిలియన్ టన్ ద్రవ్యరాశి కలిగిన వస్తువు బరువుకు సమానమగును. ఆచరణాత్మకముగా 1 కూలూంబ్ విలువ ఆవేశము కలిగిన విద్యుత్ ఆవేశములను మనము ఉత్పత్తి చేయలేము. మన నిత్యజీవితములో జరుగు అనేక విద్యుత్ దృగ్విషయములయందు μC (మైక్రో కూలూంబ్) మరియు nC (నానో కూలూంబ్) కొలతగల విద్యుత్ ఆవేశములు మాత్రమే వినియోగించుచున్నాము.

(v) SI ప్రమాణ పద్ధతిలో శూన్యప్రదేశమునకు కూలూంబ్ నియమ రూపమును $\vec{F}_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon_o}\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r}_{12}$. గా వ్రాయవచ్చును. ప్రవేశ్యశీలత ϵ విలువగల మరొక యానకములో యుంచబడిన బిందు ఆవేశములకు మధ్యలో పనిచేయు బలము $\vec{F}_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon}\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r}_{12}$. కాని $\epsilon > \epsilon_o$ అందువలన, శూన్యప్రదేశములో యున్న బిందు ఆవేశములకు మధ్యగల బలముకన్నా వేరు యానకములతో పనిచేయు బలము తక్కువగా వుండును. ఇంకనూ ఒక యానకము యొక్క సాపేక్ష ప్రవేశ్యశీలతను (relative permittivity) క్రింది విధముగా నిర్వచించవచ్చును. $\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_o}$ శూన్యప్రదేశము మరియు గాలిలో $\epsilon_r = 1$ మిగతా యానకములకు $\epsilon_r > 1$.

(vi) కూలూంబ్ నియమము న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ నియమ నిర్మాణమును కలిగియున్నది. ఈ రెండింటిలోను బలమనునది కణముల మధ్యగల దూర వర్గమునకు విలోమానుపాతంలో యున్నట్లు అమరియున్నది. స్థిర విద్యుత్ బలము, బిందు విద్యుత్ ఆవేశములలో యుండు ఆవేశముల

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 5 24-03-2023 08:51:23

యొక్క లబ్ధమునకు అనులోమానుపాతంలోను, గురుత్వాకర్షణ బలము రెండు బిందు ద్రవ్యరాశుల లబ్ధమునకు అనులోమానుపాతంలో వుండును. కాని వీటికి మధ్యలో కొన్ని ముఖ్య భేదములు కలవు.

- రెండు ద్రవ్యరాశులకు మధ్యగల గురుత్వాకర్షణ బలము ఎల్లప్పుడు ఆకర్షణ బలముగానే వుండును. కూలూంబ్ బలము విద్యుత్ ఆవేశముల స్వభావమును బట్టి ఆకర్షణ బలముగానో లేక వికర్షణ బలముగానో వుండును.
- గురుత్వాకర్షణ స్థిరాంకము విలువ $G = 6.67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\,\text{kg}^{-2}$ కానీ, కూలూంబ్ నియమములో యున్న స్థిరాంకము విలువ $k = 9 \times 10^{9}\ \text{N m}^2\,\text{C}^{-2}$. k యొక్క విలువ G కన్నా చాలా అధికముగా నుండుట వలన ద్రవ్యరాశి తక్కువగానున్న వస్తువుల గురుత్వాకర్షణ బలము కంటే స్థిర విద్యుత్ బలము యొక్క విలువ చాలా అధికముగా వుండును.
- రెండు ద్రవ్యరాశులకు మధ్యలో యున్న గురుత్వాకర్షణ బలము అది యుంచబడిన యానకముపై ఆధారపడియుండదు. ఉదాహరణముగా 1 kg ద్రవ్యరాశి గల రెండు వస్తువులను నీటిలో లేదా గాలిలో యుంచినను వాటి మధ్య పనిచేయు గురుత్వాకర్షణ బలము యొక్క విలువ మారదు. కానీ రెండు విద్యుదావేశముల మధ్యలో పనిచేయు స్థిర విద్యుత్ బలము అవి యుంచబడిన యానకము యొక్క స్వభావముపై ఆధారపడివుండును.

(vii) ఆవేశము q_1 పై ఆవేశము q_2 పనిచేయు బలము

$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_{\circ}} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}_{21}$$

ఇచ్చట $\hat{r}_{21}$ అనునది q_2 నుండి q_1 దిశలో యుండు ఒక ప్రమాణ సదిశ అగును.

అయితే $\hat{r}_{21} = -\hat{r}_{12}$, అని ప్రతిక్షేపించగా,

$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_{\circ}} \frac{q_1 q_2}{r^2} (-\hat{r}_{12}) = -\frac{1}{4\pi\epsilon_{\circ}} \frac{q_1 q_2}{r^2} (\hat{r}_{12})$$

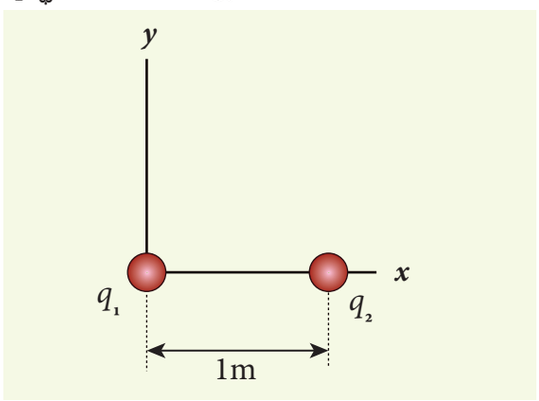
(లేదా) $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$

అందువలన స్థిర విద్యుత్ బలము న్యూటన్ యొక్క మూడవ నియమమును పాటించును.

(viii) కూలూంబ్ నియమము బిందు ఆవేశములకు మాత్రమే వర్తించును. కానీ బిందు ఆవేశములు అనునది ఆదర్శ భావన మాత్రమే. ఆచరణాత్మకంగ ఇది సాధ్యముకాదు. విద్యుదావేశములకు మధ్యయున్న దూరమును పోల్చునప్పుడు వాటి యొక్క పరిమాణము చాలా చిన్నదిగా ఉండిన కూలూంబ్ నియమమును మనము ఉపయోగించవచ్చును. ఇంకనూ చెప్పాలంటే కూలూంబ్ తన పరిశోధనలో పురిసమతులనం (torsion balance) లో ఉంచబడిన విద్యుదావేశము పొందిన రెండు గోళములు బిందు ఆవేశములుగా తలచి అతను తన నియమమును కనుగొన్నారు. ఆ పరిశోధనలో గోళము యొక్క వ్యాసార్ధము కంటే, వాటి మధ్యగల దూరము చాలా ఎక్కువగా ఉంటుంది.

ఉదాహరణము 1.2

పటములో రెండు బిందు ఆవేశములు q_1 మరియు q_2 స్థిరముగా యున్నవి. పటము



అవి 1 మీ దూరములో వేరుచేయబడియున్నవి. క్రింది యున్న వ్యవస్థలయందు వాటి మధ్య పనిచేయు బలమును లెక్కించుము.

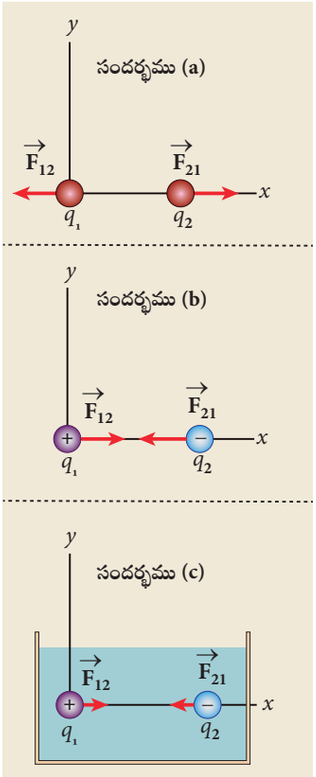
(a) $q_1 = +2\ \mu\text{C}$ మరియు $q_2 = +3\ \mu\text{C}$

(b) $q_1 = +2\ \mu\text{C}$ మరియు $q_2 = -3\ \mu\text{C}$

(c) $q_1 = +2\ \mu\text{C}$ మరియు $q_2 = -3\ \mu\text{C}$ నీటిలో ఉంచినప్పుడు ($\varepsilon_r = 80$)

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 6 24-03-2023 08:51:25

సాధన



(a) $q_1 = +2\,\mu C, q_2 = +3\,\mu C$ మరియు $r = 1m$ ఇచ్చట రెండునూ ధన విద్యుత్ ఆవేశములు. అందువలన వీటి మధ్య వికర్షణ బలము పనిచేయును.

ఆవేశము q_1 చేత ఆవేశము q_2 పొందు బలము.

$$\vec{F}_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r}_{12}$$

ఇచ్చట $\hat{r}_{12}$ అనునది q_1 నుండి q_2 వైపు దిశలో యుండు ఒక ప్రమాణ సదిశ q_1 కుడివైపు q_2 యుండుట వలన

$\hat{r}_{12} = \hat{i}$ మరియు $\frac{1}{4\pi\epsilon_\circ} = 9\times10^9$ కాబట్టి

$$\vec{F}_{21} = \frac{9\times10^9 \times 2\times10^{-6} \times 3\times10^{-6}}{1^2}\hat{i} \quad \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ} = 9\times10^9$$
$$= 54\times10^{-3}\hat{i}\ \text{N}$$

న్యూటన్ యొక్క మూడవ నియమము ప్రకారము ఆవేశము q_2 వలన q_1 పొందు బలము $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$

$$\vec{F}_{12} = -54\times10^{-3}\hat{i}\ \text{N}.$$

$\vec{F}_{21}$ మరియు $\vec{F}_{12}$ వాటి యొక్క దిశలు పటములో సందర్భం(a)లో చూపబడినది.

(b) $q_1 = +2\,\mu C, q_2 = -3\,\mu C$ మరియు $r = 1m$ ఇవి విజాతి విద్యుత్ ఆవేశములు. వీటి మధ్యలో ఆకర్షణ బలము పనిచేయును. ఆవేశములు q_1 చే q_2 పొందు బలము.

$$\vec{F}_{21} = \frac{9\times10^9 \times \left(2\times10^{-6}\right) \times \left(-3\times10^{-6}\right)}{1^2}\hat{r}_{12}$$
$$= -54\times10^{-3}\text{N}\hat{i} \quad (\text{Using } \hat{r}_{12} = \hat{i})$$

అందువలన ఆవేశము q_2 అనునది q_1. దిశలో (అనగా వ్యతిరేఖ దిశలో) ఒక ఆకర్షణ బలమును పొందును.

న్యూటన్ యొక్క మూడవ నియమము ప్రకారము q_2 చే q_1 పొందు బలము $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$.

కాబట్టి $\vec{F}_{12} = 54\times10^{-3}\hat{i}$ N

$\vec{F}_{21}$ మరియు $\vec{F}_{12}$ వంటి బలముల యొక్క దిశ సందర్భము (b) లో చూపబడినవి.

(c) రెండు ఆవేశములను నీటిలో ముంచినచో, q_2 పొందు బలము q_1

$$\vec{F}_{21}^{W} = \frac{1}{4\pi\epsilon}\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r}_{12}$$

నుండి $\varepsilon = \varepsilon_r \varepsilon_o$

$$\vec{F}_{21}^{W} = \frac{1}{4\pi\epsilon_r\epsilon_\circ}\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r}_{12} = \frac{\vec{F}_{21}}{\epsilon_r}$$

కావున,

$$\vec{F}_{21}^{W} = -\frac{54\times10^{-3}\text{N}}{80}\hat{i} = -0.675\times10^{-3}\text{N}\hat{i}$$

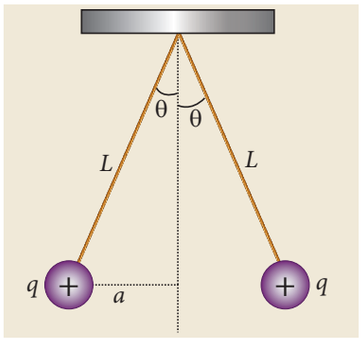
గమనిక

రెండు ఆవేశముల మధ్య శూన్య ప్రదేశములో పనిచేయు బలము కన్నా అవి నీటిలో ఉంచినప్పుడు పనిచేయు బలము 1/80 వ వంతు తగ్గియుండుటను గమనించుము. సాధారణ ఉప్పు(*NaCl*) ను నీటిలో వేసినపుడు, నీరు అధిక సాపేక్ష ప్రవేశశీలత ($\epsilon_r = 80$) కలిగియుండుట వలన సోడియం (*Na*) మరియు క్లోరిన్ (*Cl*) అయానులకు మధ్యలో యుండు స్థిర విద్యుత్ బలము తక్కువగుచున్నది. ఇందువలన నీరు ఒక మంచి ద్రావణిగా ఉన్నది.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 7 24-03-2023 08:51:30

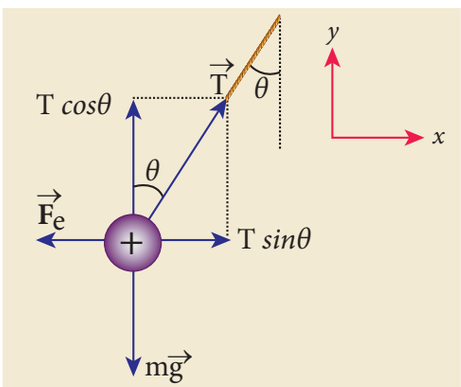
ఉదాహరణము 1.3

ఒక్కొక్కటి 1 g ద్రవ్యరాశి కలిగిన చిన్న పరిమాణం కలిగిన, రెండు ఒకే మాదిరిగా యుండు గోళములు సమతాస్థితిలో యుండునట్లు పటములో చూపబడియున్నది. నూలు యొక్క పొడవు 10 cm మరియు లంబదిశలో నూలు ఏర్పరచు కోణము 30° అయిన గోళము ఒక్కొక్కటిలో యుండు విద్యుదావేశమును లెక్కించుము? (g = 10 ms^{-2} అని తీసుకొనుము)



సాధన

రెండు గోళముల ఆవేశము తటస్థముగా యుండినా, అవి వ్రేలాడదీయునపుడు వాటి మధ్యలో ఏర్పడు కోణము 0° గా వుండును. కానీ అవి ధన విద్యుదావేశము పొందిన గోళములు. అందువలన వాటి మధ్య వికర్షణ బలము పనిచేసి, లంబదిశకు 30° కోణములో అవి సమతాస్థితికి వచ్చును. సమతాస్థితిలో ఒక్కొక్క గోళము పొందు మొత్తము బలము శూన్యమగును. వాటిలో ఏదైన ఒక గోళమునకు గల స్వేచ్ఛా వస్తు బల పటమును మనము గీచిన లంబ మరియు క్షితిజ సమాంతర దిశలలో మనము న్యూటన్ యొక్క రెండవ నియమము ఉపయోగించెదము.



ధనాత్మక x- అక్ష దిశలో ఆవేశము పొందిన గోళము యొక్క మొత్తం త్వరణము శూన్యము.

న్యూటన్ రెండవ నియమము ప్రకారము $\left(\vec{F}_{tot} = m\vec{a}\right)$,

$$T\sin\theta\hat{i} - F_e\hat{i} = 0$$
$$T\sin\theta = F_e \qquad (1)$$

ఇచ్చట T అనునది నూలు వలన (1) గోళముపై, పనిచేయబడు తన్యత మరియు F_e అనునది రెండు గోళములకు మధ్యగల స్థిర విద్యుత్ బలము.

y-అక్షమునందు కూడా గోళమునందు నికర త్వరణము శూన్యము. కావును,

$$T\cos\theta\hat{j} - mg\hat{j} = 0$$
కాబట్టి, $T\cos\theta = mg$. (2)

సమీకరణము (1) ని (2) చే భాగించుటచే

$$\tan\theta = \frac{F_e}{mg} \qquad (3)$$

రెండు గోళములు సమ ఆవేశము కలిగియుండుటవలన స్థిర విద్యుత్ బలము యొక్క పరిమాణము.

$$F_e = k\frac{q^2}{r^2} \quad \text{ఇక్కడ} \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

ఇంకనూ, $r = 2a = 2L\sin\theta$. సమీకరణము (3) లో ప్రతిక్షేపించగా

$$\tan\theta = k\frac{q^2}{mg\left(2L\sin\theta\right)^2} \qquad (4)$$

సమీకరణము (4) ను మార్పు చేయుగా

$$q = 2L\sin\theta\sqrt{\frac{mg\tan\theta}{k}}$$
$$= 2\times0.1\times\sin30^\circ\times\sqrt{\frac{10^{-3}\times10\times\tan30^\circ}{9\times10^9}}$$
$$q = 8.01\times10^{-8}\ \text{C} = 80.1\ \text{nC}$$

ఉదాహరణము 1.4

హైడ్రోజన్ అణువులో యుండు ప్రోటానుకు ఎలక్ట్రానుకు మధ్యగల స్థిర విద్యుత్ బలము మరియు

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 8 24-03-2023 08:51:33

గురుత్వాకర్షణ బలమును లెక్కించుము. వాటి యొక్క మధ్య దూరం 5.3×10^{-11} m. ఎలక్ట్రాన్ మరియు ప్రోటాన్ రెండింటికి ఆవేశపు విలువ 1.6×10^{-19} C. ఎలక్ట్రాన్ యొక్క ద్రవ్యరాశి $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg, మరియు ప్రోటాన్ యొక్క ద్రవ్యరాశి $m_p = 1.6 \times 10^{-27}$ kg.

సాధన

ప్రోటాన్, ఎలక్ట్రాను ఒకదానినొకటి ఆకర్షించుకొనును, ఈ రెండు ఆవేశములకు మధ్యగల స్థిర విద్యుత్ బలము యొక్క పరిమాణము

$$F_e = \frac{ke^2}{r^2} = \frac{9\times10^9 \times \left(1.6\times10^{-19}\right)^2}{\left(5.3\times10^{-11}\right)^2}$$
$$= \frac{9\times2.56}{28.09}\times10^{-7} = 8.2 \times 10^{-8}\ \text{N}$$

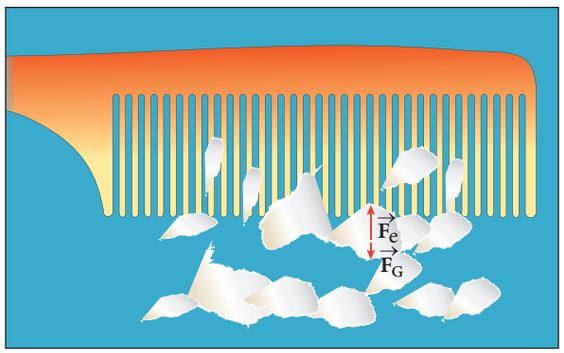
ప్రోటాన్ మరియు ఎలక్ట్రానుకు మధ్యగల గురుత్వబలము ఆకర్షణబలమే. ఈ రెండు కణములకు మధ్యయుండు గురుత్వాకర్షణ బలము యొక్క పరిమాణము.

$$F_G = \frac{Gm_e m_p}{r^2}$$
$$= \frac{6.67\times10^{-11}\times9.1\times10^{-31}\times1.6\times10^{-27}}{\left(5.3\times10^{-11}\right)^2}$$
$$= \frac{97.11}{28.09}\times10^{-47} = 3.4 \times 10^{-47}\ \text{N}$$

ఈ రెండు బలముల మధ్య నిష్పత్తి

$$\frac{F_e}{F_G} = \frac{8.2\times10^{-8}}{3.4\times10^{-47}} = 2.41 \times 10^{39}$$
$$F_e \approx 10^{39} F_G$$

ప్రోటానులకు ఎలక్ట్రానులకు మధ్యగల స్థిర విద్యుత్ బలమునునది వాటి మధ్యయుండు గురుత్వాకర్షణ బలము కంటె పలు రెట్లు ఎక్కువ. కావున, చిన్న ద్రవ్యరాశి కలిగిన వస్తువులు మరియు అణు ప్రభావక్షేత్రం (Atomic Domain) లో యున్నటువంటి పలు సందర్భములలో స్థిర విద్యుత్ బలమును పోల్చినపుడు గురుత్వాకర్షణ బలము ఉపేక్షించదగినది. దీని వలన విద్యుత్ ఆవేశములేని చిన్న కాగితపు ముక్క గురుత్వాకర్షణ వలన ఆకర్షించబడిననూ విద్యుత్ ఆవేశము పొందిన దువ్వెన అధిక బలముతో ఆ కాగితపు ముక్కను ఆకర్షించగలదు.



పటము 1.3 దువ్వెనకు కాగితపు ముక్కలకు మధ్యగల స్థిరవిద్యుత్ ఆకర్షణ బలము.

1.2.1 అధ్యారోపణ తత్వము (Superposition principle)

రెండు బిందు ఆవేశములకు మధ్య ఏర్పడు అంతరచర్య కూలూంబ్ నియమము వివరించును. రెండుకు పైబడిన ఆవేశములు యుండిన, ఒక్కొక్క ఆవేశముపై మిగత అన్ని ఆవేశములు పనిచేయు బలమును లెక్కించవలయును. ఇటువంటి సందర్భములలో కూలూంబ్ నియమము మూలముగా మాత్రమే బలము కనుగొనుటకు సాధ్యముకాదు. పలు ఆవేశముల అమరికలో ఏర్పడు అంతరచర్యలు గూర్చి అధ్యారోపణ తత్వము వివరించును.

అధ్యారోపణ తత్వము ప్రకారము ఒక నిర్ణీత ఆవేశముమీద పనిచేయ మొత్తబలము అనునది మిగతా అన్ని ఆవేశములు దానిపై పనిచేయు బలముల యొక్క సదిశా సంకలనమునకు సమానమగును. q_1, q_2, q_3 ....q_n విలువలు కలిగిన $'n'$ ఆవేశములను కలిగియున్న ఒక వ్యవస్థ అని అనుకొనుము. q_1 మీద q_2 పనిచేయు బలము.

$$\vec{F}_{12} = k\frac{q_1 q_2}{r_{21}^2}\hat{r}_{21}$$

ఇచ్చట $\hat{r}_{21}$ అనునది q_2 మరియు q_1 ని కలుపు రేఖ దిశలో యుండు ఒక ప్రమాణ సదిశా

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 9 24-03-2023 08:51:36

మరియు r_{21} అనునది వాటి రెండింటికి మధ్యగల దూరమగును. ఈ రెండు విద్యుదావేశములకు మధ్యగల బలము, చుట్టూ అమరియున్న మిగతా ఆవేశముల వలన మార్పు జరుగుట లేదు.

q_1 పై q_3 పనిచేయు బలము

$$\vec{F}_{13} = k\frac{q_1 q_3}{r_{31}^2}\hat{r}_{31}$$

ఇదే విధంగా q_1 పైన మిగతా అన్ని ఆవేశముల వలన పనిచేయబడు మొత్తం స్థిర విద్యుత్ బలము

$$\vec{F}_1^{tot} = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{14} + ...\vec{F}_{1n}$$

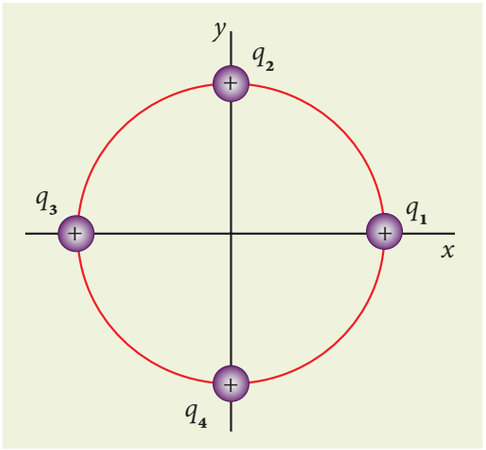
$$\vec{F}_1^{tot} = k\left\{\frac{q_1 q_2}{r_{21}^2}\hat{r}_{21} + \frac{q_1 q_3}{r_{31}^2}\hat{r}_{31} + \frac{q_1 q_4}{r_{41}^2}\hat{r}_{41} + ... \right.$$
$$\left. .... + \frac{q_1 q_n}{r_{n1}^2}\hat{r}_{n1}\right\} \quad (1.3)$$

గమనిక

రెండు ఆవేశముల కంటే అధిక సంఖ్యలో యున్న ఆవేశముల వ్యవస్థలలో అధ్యారోపణ తత్వమును ఉపయోగించుకుంటే కూలుంబ్ నియమము పూర్తి వివరణను ఇవ్వదు. ఆధ్యారోపన తత్వము మరియు కూలూంబ్ నియమము అనునవి ప్రాథమిక స్థిర విద్యుత్ తత్వములగును. స్థిర విద్యుత్‌లో కనబడు అన్ని దృగ్విషయములను ఈ రెండూ తత్వములు వివరించుచున్నది. కానీ ఈ రెండు తత్వములను ఒక దాని నుండి మరియొకటి ఉత్పన్నం చేయుటకు వీలుకాదు.

ఉదాహరణము 1.5

వ్యాసార్ధము 1m కలిగి వృత్తములో నున్న నాలుగు బిందువులలో నాలుగు సమాన ఆవేశము కలిగిన ఆవేశ కణములు q_1, q_2, q_3 మరియు $q_4 = +1\ \mu C$, ఉంచబడినవి. (పటము చూడుము) ఆవేశము q_1 పైన మిగతా అన్ని ఆవేశముల వలన పనిచేయబడు మొత్తం బలమును లెక్కించుము?

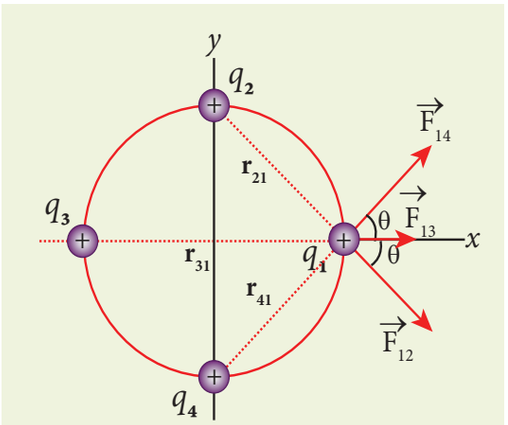


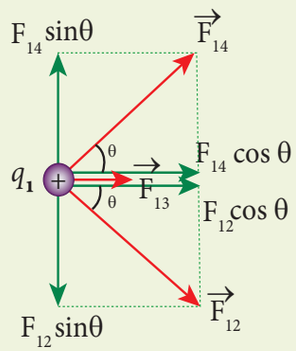
సాధన

అధ్యారోపణ తత్వము ప్రకారము q_1 పైన పనిచేయబడు నికర స్థిర విద్యుత్ బలము అనునది మిగతా ఆవేశముల వలన దానిపై పనిచేయబడు విడివిడి బలముల యొక్క సదిశ సంకలనమునకు సమానము,

$$\vec{F}_1^{tot} = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{14}$$

q_1 మీద పనిచేయబడు బలము యొక్క ఒక్కొక్క దిశను క్రింది యున్న పటములో చూపబడి యున్నది.





01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 10 24-03-2023 08:51:38

q_2 మరియు q_4 అను ఆవేశములు q_1 నుండి (magnitude) సమాన దూరములో యున్నది. కావున దిశలో మార్పు యున్నను $\vec{F}_{12}$ మరియు $\vec{F}_{14}$ బలముల యొక్క పరిమాణము సమానముగా వుండును. దీనివలన వాటిని గుర్తించుటకు ఉపయోగించబడిన సదిశలు సమాన పొడవుతో గీయబడియున్నది. కానీ q_2 మరియు q_4 వాటి కంటే అధిక దూరములో ఆవేశము q_3 గలదు. దూరము అధికమైన స్థిర విద్యుత్ బలము $\vec{F}_{12}$ యొక్క తీవ్రత తక్కువగును. అందువలన బలములు $\vec{F}_{14}$ మరియు $\vec{F}_{13}$ అను వాటి కంటే పరిమాణము తక్కువ. దీని వలన బలములు $\vec{F}_{12}$ మరియు $\vec{F}_{14}$ వీటి యొక్క పొడవు కంటే బలము $\vec{F}_{13}$ యొక్క పొడవు తక్కువగా గీయబడియున్నది.

పటము నుండి, $r_{21} = \sqrt{2}\,\text{m} = r_{41}$ and $r_{31} = 2\,\text{m}$

మరియు బలములు యొక్క పరిమాణములు

$$F_{13} = \frac{kq^2}{r_{31}^2} = \frac{9\times10^9\times10^{-12}}{4}$$

$$F_{13} = 2.25\times10^{-3}\ \text{N}$$

$$F_{12} = \frac{kq^2}{r_{21}^2} = F_{14} = \frac{9\times10^9\times10^{-12}}{2}$$

$$= 4.5\times10^{-3}\ \text{N}$$

పటము నుండి $\theta = 45^\circ$. ఈ బలములు వాటి సదిశ అంశములు ఉపయోగించి క్రింది విధముగా వ్రాయబడుచున్నది.

$$\vec{F}_{12} = F_{12}\cos\theta\,\hat{i} - F_{12}\sin\theta\,\hat{j}$$

$$= 4.5\times10^{-3}\times\frac{1}{\sqrt{2}}\hat{i} - 4.5\times10^{-3}\times\frac{1}{\sqrt{2}}\hat{j}$$

$$\vec{F}_{13} = F_{13}\hat{i} = 2.25\times10^{-3}\,\text{N}\hat{i}$$

$$\vec{F}_{14} = F_{14}\cos\theta\hat{i} + F_{14}\sin\theta\,\hat{j}$$

$$= 4.5\times10^{-3}\times\frac{1}{\sqrt{2}}\hat{i} + 4.5\times10^{-3}\times\frac{1}{\sqrt{2}}\hat{j}$$

అనగా, q_1 మీద పనిచేయు మొత్తం బలము

$$\vec{F}_1^{tot} = \left(F_{12}\cos\theta\hat{i} - F_{12}\sin\theta\,\hat{j}\right) + F_{13}\hat{i} + \left(F_{14}\cos\theta\hat{i} + F_{14}\sin\theta\,\hat{j}\right)$$

$$\vec{F}_1^{tot} = \left(F_{12}\cos\theta + F_{13} + F_{14}\cos\theta\right)\hat{i} + \left(-F_{12}\sin\theta + F_{14}\sin\theta\right)\hat{j}$$

$F_{12} = F_{14}$, ఆందువలన j దిశ అంశము శూన్యమగును. కావున

$$\vec{F}_1^{tot} = \left(F_{12}\cos\theta + F_{13} + F_{14}\cos\theta\right)\hat{i}$$

ఈ సమీకరణములో విలువలను ప్రతిక్షేపించగా

$$= \left(\frac{4.5}{\sqrt{2}} + 2.25 + \frac{4.5}{\sqrt{2}}\right)\times10^{-3}\hat{i}$$

$$= \left(4.5\sqrt{2} + 2.25\right)\times10^{-3}\hat{i}$$

$$\vec{F}_1^{tot} = 8.61\times10^{-3}\hat{i}\ \text{N}$$

ఫలిత బలము అనునది ధనాత్మక x-అక్షదిశలో నుండును.

1.3 విద్యుత్ క్షేత్రము మరియు విద్యుత్ క్షేత్ర రేఖలు (ELECTRIC FIELD AND ELECTRIC FIELD LINES)

1.3.1 విద్యుత్ క్షేత్రము (Electric Field)

రెండు ఆవేశములకు మధ్యలో ఏర్పడు అంతర చర్య కూలూంబ్ నియమము ద్వారా నిర్ణయించవచ్చును. ఈ అంతర చర్య ఏ విధముగా ఏర్పడుచున్నది?

వెలుపలి తలములో ఏదేని బిందువువద్ద ఒక బిందు ఆవేశము వుంచబడినదని అనుకొనుము. దాని నుండి కొంత దూరములో మరొక బిందు ఆవేశమును ఉంచిన అది ఆకర్షణ బలము లేదా వికర్షణ బలమును అనుభవించును, దీనిని దూరములో ఏర్పడు బలము చర్య (action at a distance) అందురు. కాని రెండవ ఆవేశము కొంత దూరములో ఉంచబడిన, మొదటి ఆవేశము యొక్క ఉనికిని ఏ విధముగా తెలుసుకొంటుంది? ఈ ప్రశ్నకు సమాధానమిచ్చుటకు మైఖేల్ ఫారడే విద్యుత్ క్షేత్రము అను భావనను పరిచయము చేసెను.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 11 24-03-2023 08:51:43

ఫారడే యొక్క భావన ప్రకారము విశ్వములో ఒక్కొక్క ఆవేశము దాని చుట్టూ ఒక విద్యుత్ క్షేత్రములో మరొక ఆవేశమును తీసుకొచ్చునపుడు మొదటి విద్యుత్ క్షేత్రముతో అది పరస్పర చర్య పొందుట వలన ఒక బలమును అనుభవించును. ఇదేవిధముగా గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రము అను భావమును పరిచయము చేసినపుడు, అది రెండు ద్రవ్యరాశుల మధ్యలో పనిచేయు పరస్పర చర్య అని వివరణను (XI వ తరగతి భౌతికశాస్త్ర అధ్యాయం 6 లో) విద్యుత్ బలము మరియు గురుత్వకర్షణ బలము అను రెండునూ స్పృశింపని బలరకములు. అందువలన దూరములో వలన జరుగు పనులను వివరించుటకు క్షేత్రం అను భావము అవసరమవుతుంది.

అంతరాళములోని ఒక ప్రదేశములో ఒక బిందువు వద్ద ఉంచబడిన $'q'$ అను బిందు ఆవేశము కలదని అనుకొనుము. దాని నుండి $'r'$ దూరములో యుండు 'P' అను బిందువులో q_0 అను మరొక ఆవేశము పరిశోధక ఆవేశం వుంచబడుచున్నది. $'q'$ వలన పరిశోధక ఆవేశము $'q_0'$ అనుభవించు స్థిర విద్యుత్ బలము కూలూంబ్ నియమము మూలముగా పొందబడుచున్నది.

$$\vec{F} = \frac{kqq_0}{r^2}\hat{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{qq_0}{r^2}\hat{r} \text{ ఇచ్చట } k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

తన చుట్టు ఆవరించియున్న ప్రదేశములో ఆవేశము q అనునది ఒక విద్యుత్ క్షేత్రము ఏర్పరచును. ఈ విధముగా ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రము మరొక ఆవేశముచే అనుభవించును. దీనిని విద్యుత్‌క్షేత్ర తీవ్రత లేదా విద్యుత్ క్షేత్రము $\vec{E}$ అను కొలతతో తెలుసుకొనవచ్చును.

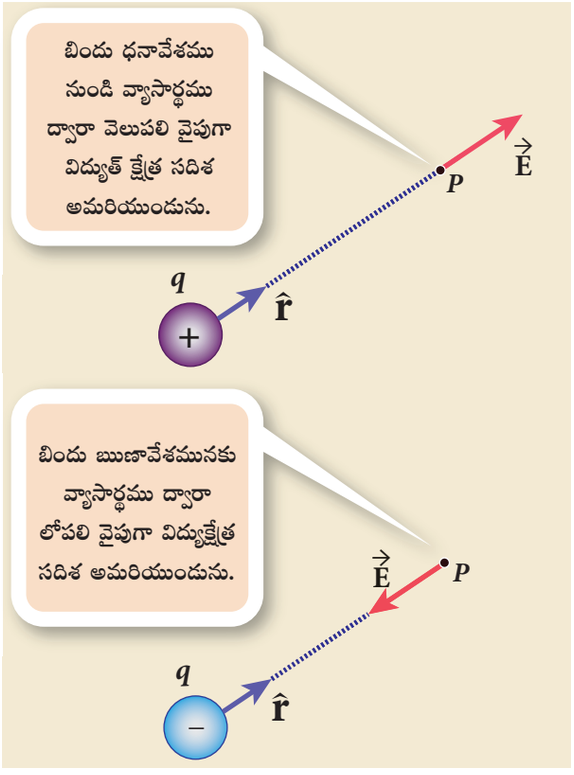
q అను బిందు ఆవేశము నుండి r దూరములో గల బిందువు P లో ఉంచబడు ఒక ప్రమాణ విద్యుత్ ఆవేశము అనుభవించు బలమునే ఆ బిందువులో గల విద్యుత్ క్షేత్ర మగును. దీనినే క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = \frac{kq}{r^2}\hat{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2}\hat{r} \qquad (1.4)$$

ఇచ్చట $\hat{r}$ అనునది q నుండి మనము తీసుకున్న బిందువు P కి గీయబడిన ఒక ప్రమాణ సదిశ అగును. విద్యుత్ క్షేత్రము ఒక సదిశ రాశి, దాని SI ప్రమాణము న్యూటన్ / కూలూంబ్ (NC^{-1}).

విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క ముఖ్యమైన అంశములు

(i) ఆవేశము q ధనావేశముగా (+) కలిగినదిగా యుండిన ఆవేశము నుండి వెలుపలి వైపు దిశలో విద్యుత్ క్షేత్రము వుండును, q ఋణా వేశము (–) కలిగినదిగా యుండిన లోపలి వైపు దిశలో విద్యుత్ క్షేత్రము వుండును. పటము 1.4.



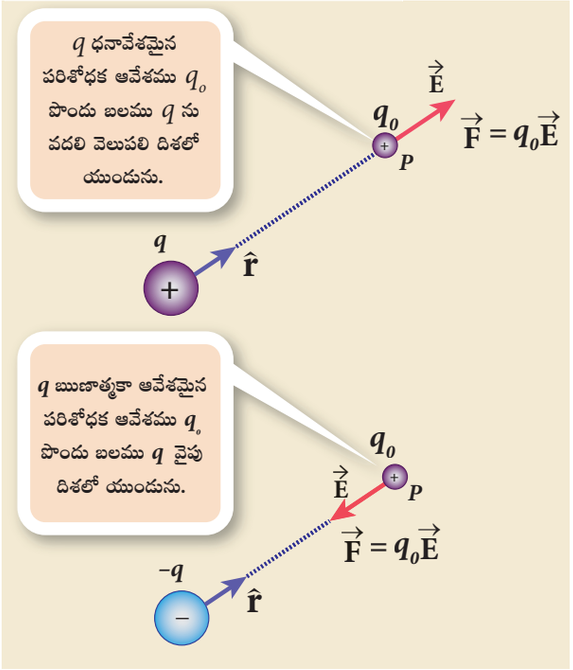
పటము 1.4 ధన మరియు ఋణావేశముల యొక్క విద్యుత్ క్షేత్రము

(ii) P అను ఒక బిందువులో విద్యుత్ క్షేత్రము $\vec{E}$, అయిన ఆ బిందువులో యుంచబడు పరిశోధక ఆవేశము q_0 చే పొందు బలము.

$$\vec{F} = q_0\vec{E} \qquad (1.5)$$

ఇది, విద్యుత్ క్షేత్ర భావన మూలముగా కూలూంబ్ బలమును పొందు పద్ధతి. ఇది పటము 1.5 లో చూపబడియున్నది.

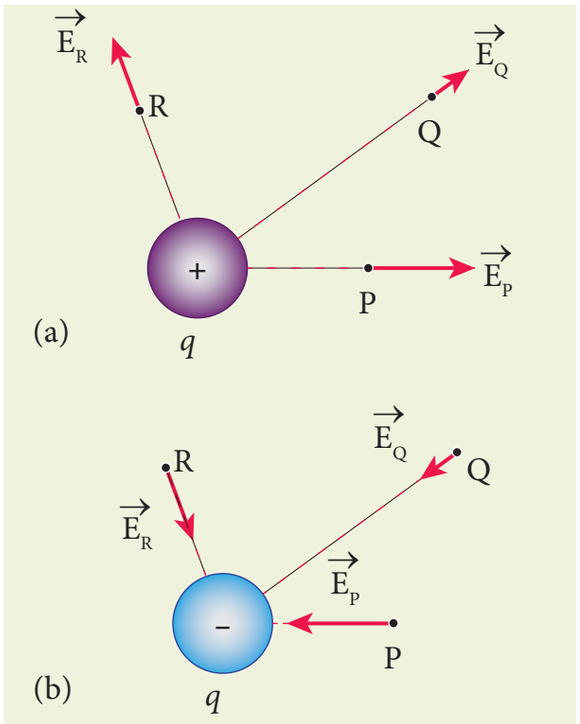
01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 12 24-03-2023 08:51:45



పటము 1.5 విద్యుత్‌క్షేత్రము ఆధారముగా కూలుంబ్ నియమము.

(iii) విద్యుత్ క్షేత్రము అనునది పరిశోధక విద్యుత్ ఆవేశము యొక్క ఆవేశము q_0 పై ఆధారపడదు ఆధార విద్యుత్ ఆవేశము (source charge) విలువ q పై మాత్రమే ఆధారపడివుండును. దీనిని సమీకరణము (1.4) మూలముగా తెలుసుకొనవచ్చును.

(iv) విద్యుత్ క్షేత్రము ఒక సదిశ రాశిగా యుండుట వలన అంతరాళములో ప్రతి బిందువు వద్ద దానికి ఒక రకమైన దిశలో, పరిమాణము వుండును. దీనిని పటములు (1.6(a) మరియు (b)) మూలముగా తెలుసుకొనవచ్చును. ఆవేశమునకు, బిందువునకు మధ్యగల దూరము r పెరిగినప్పుడు విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క పరిమాణము తక్కువగునని సమీకరణము (1.4) మూలముగా తెలుసుకొనవచ్చు. పటము 1.6 (a) మరియు 1.6 (b) అను పటములలో మూడు వేర్వేరు బిందువులలో గీయబడిన విద్యుత్ క్షేత్ర సదిశల యొక్క పొడవులు వేర్వేరుగా యుండుటను గమనించుము. విద్యుత్ అవేశ ఆధారమునకు దగ్గరలో బిందువు P యున్నందు వలన అచ్చట విద్యుత్ బిందువులు Q మరియు R ల కంటే అధికముగా యున్నది.



పటము 1.6 (a) ధనావేశము వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రము (b) ఋణావేశము వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రము

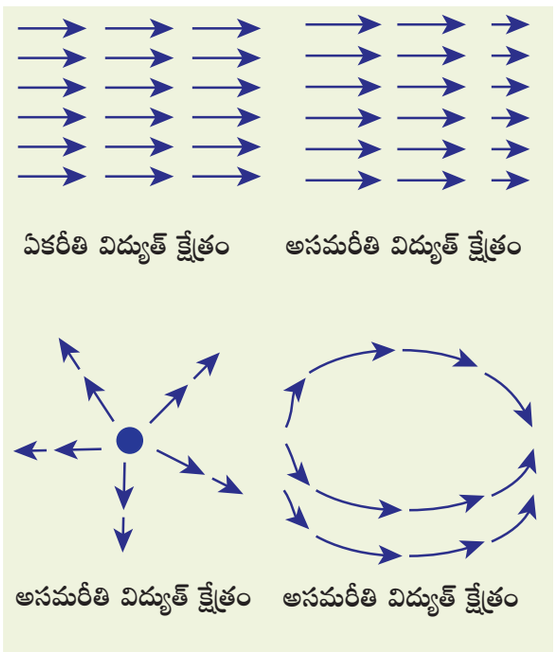
(v) విద్యుత్ క్షేత్రనిర్వచనము ఆధారముగా పరిశోధక ఆవేశము q_0 ఆవేశ జనకమును చలింపజేయకుండుటకు దాని విద్యుత్ ఆవేశము విలువ q_0 చాలా తక్కువగా తీసుకొనబడు చున్నది. లేదా ఆవేశ జనకము యొక్క విద్యుత్‌క్షేత్రమును మార్చకుండా ఉండుటకు పరిశోధక ఆవేశమును చాలా చిన్న ఆవేశపు విలువ కలిగినదిగా తీసుకొనబడుచున్నది.

(vi) సమీకరణము 1.4 బిందు ఆవేశమునకు మాత్రమే సరిపోవును. విద్యుత్ ఆవేశాల యొక్క నిరంతర పంపిణీ పరిమిత విద్యుదావేశ కొలత కలిగిన ఆవేశము సమాకలన పద్ధతులను ఉపయోగించవలయును. వీటిని తర్వాత చూచెదము. అయినను పరిమితికి లోబడిన ఆవేశ కొలత కలిగిన ఆవేశముల నుండి పరిశోధక బిందువు అధిక దూరములో యున్నప్పుడు ఆవేశము వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రమునకు ఇంచుమించు కొలతగా ఈ సమీకరణమును ఉపయోగించవచ్చును. భూమిపై సూర్యుడు ఏర్పరచు గురుత్వక్షేత్రము లెక్కించునపుడు, భూమిని ఒక బిందు ద్రవ్యరాశిగా అనుకొన్నదని

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 13 24-03-2023 08:51:48

గుర్తించుకొనుము (11 వ తరగతి భౌతికశాస్త్రము అధ్యాయం −6)

(vii) విద్యుత్ క్షేత్రములో రెండు రకములు కలవు. అవి ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రము మరియు అసమరీతి విద్యుత్ క్షేత్రము. వెలుపలియున్న అన్ని బిందువులలో ఒకే దిశలో స్థిరమైన పరిమాణము కలిగియుండిన అవి ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రము అనబడును. వెలుపల వేర్వేరు బిందువుల వద్ద వేర్వేరు దిశలలో లేదా వేర్వేరు పరిమాణములను లేదా ఈ రెండింటినీ కలిగి యున్న అది అసమరీతి విద్యుత్ క్షేత్రము అనబడును. బిందు ఆవేశము ఒక దాని వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రము అసమరీతి విద్యుత్ క్షేత్రము. దాని అసమరీతి గుణము దిశలోను పరిమాణములోను యున్నది. దాని దిశ వెలుపలి వైపుగా లేదా లోపలి వైపుగా వుండును. ఇంకనూ దూరము అధికరించునపుడు దాని పరిమాణములో మార్పు జరుగును, ఇవి పటము 1.7 లో చూపబడినది.



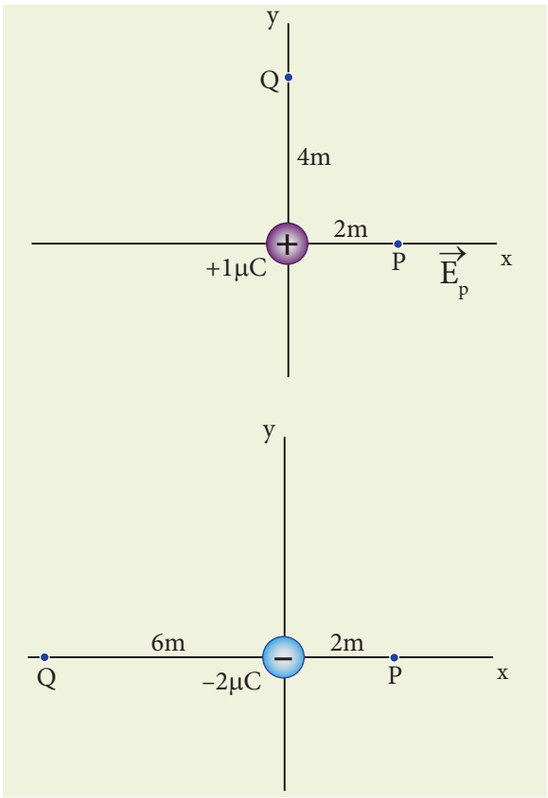
పటము 1.7 ఏకరీతి మరియు అసమరీతి విద్యుత్ క్షేత్రము

ఉదాహరణము 1.6

క్రింది యున్న రెండు వ్యవస్థలకు P మరియు Q బిందువులో విద్యుత్ క్షేత్రము లెక్కించుము.

(a) ఆది బిందువు వద్ద యుంచబడిన +1 μC ఆవేశము కలిగిన బిందు ఆవేశము వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రము.

(b) ఆది బిందువు వద్ద యుంచుబడిన −2 μC ఆవేశము కలిగిన బిందు ఋణావేశము వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రము.



సాధన

సందర్భం (a)

బిందువు P లో విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క పరిమాణము.

$$E_P = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2} = \frac{9\times10^9\times1\times10^{-6}}{4}$$
$$= 2.25\times10^3\,\mathrm{NC}^{-1}$$

ఇచ్చట ఆవేశ జనకము ధనావేశము కలిగియుండుట వలన, దాని నుండి వెలుపలి దిశలో విద్యుత్ క్షేత్రము గుర్తించబడుచున్నది. కావున బిందువు P లో విద్యుత్ క్షేత్రము.

$$\vec{E}_P = 2.25\times10^3\,\hat{i}\,\mathrm{NC}^{-1}$$

బిందువు Q లో

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 14 24-03-2023 08:51:51

$$|\vec{E}_Q| = \frac{9\times10^9\times1\times10^{-6}}{16} = 0.56\times10^3\ \text{NC}^{-1}$$

కావున $\vec{E}_Q = 0.56\times10^3\,\hat{j}\ \text{NC}^{-1}$

సందర్భం (b)

బిందువు P లో విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క పరిమాణము

$$|\vec{E}_P| = \frac{kq}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2} = \frac{9\times10^9\times2\times10^{-6}}{4}$$
$$= 4.5\times10^3\ \text{NC}^{-1}$$

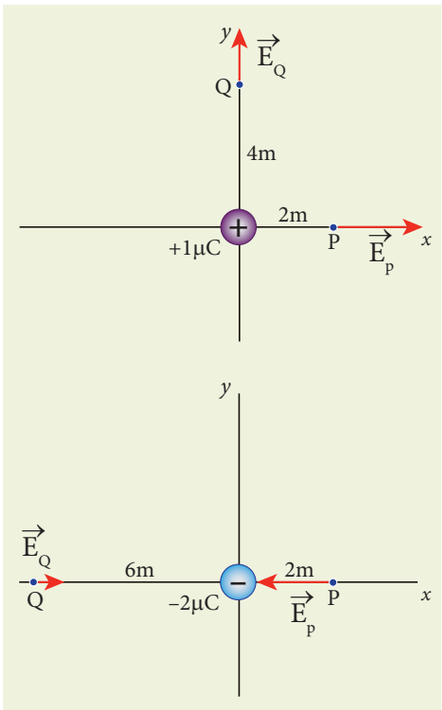
ఇచ్చట ఆవేశ జనకములు ఋణావేశము కలిగియుండుట వలన దాని దిశలోనే విద్యుత్ క్షేత్రము గుర్తించబడుచున్నది. అందువలన బిందువు P లో విద్యుత్ క్షేత్రము

$$\vec{E}_P = -4.5\times10^3\,\hat{i}\ \text{NC}^{-1}$$

బిందువు Q లో, $|\vec{E}_Q| = \frac{9\times10^9\times2\times10^{-6}}{36}$
$= 0.5\times10^3\ \text{NC}^{-1}$

$$\vec{E}_Q = 0.5\times10^3\,\hat{i}\ \text{NC}^{-1}$$

బిందువు Q లో విద్యుత్ క్షేత్రము ధనాత్మక x- అక్షము దిశలో యున్నది.



1.3.2 బిందు ఆవేశముల వ్యవస్థ వల్ల విద్యుత్ క్షేత్రము

అనేక బిందు ఆవేశములు విస్తరించియున్న వ్యవస్థ ఒక దానిని, వెలుపలి ప్రదేశములో అనుకొనుము. ఈ బిందు ఆవేశముల వ్యవస్థ వలన ఒక బిందువులో ఏర్పడు నికర విద్యుత్ క్షేత్రమును లెక్కించుటకు అధ్యారోపణ తత్వమును ఉపయోగించెదము. ఈ వ్యవస్థలో ఏదైనా ఒక బిందువు వద్ద కనబడు ఫలిత విద్యుత్ క్షేత్రము అనునది, ఒక్కొక్క ఆవేశము ఆ బిందువులో ఏర్పరచు విద్యుత్ క్షేత్రముల సదిశ సంకలనమునకు సమానము. ఇది విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క అధ్యారోపణ తత్వము అనబడును.

అంతరాళములో వేర్వేరు బిందువుల వద్ద $q_1, q_2, q_3 \ldots\ldots\ldots q_n$ వంటి బిందు ఆవేశములు ఉన్నవని అనుకొనుము. ఈ అన్ని ఆవేశముల వలన ఏదో ఒక బిందువు P వద్ద ఏర్పడు నికర విద్యుత్ క్షేత్రము.

$$\vec{E}_{tot} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \ldots\ldots + \vec{E}_n \qquad (1.6)$$

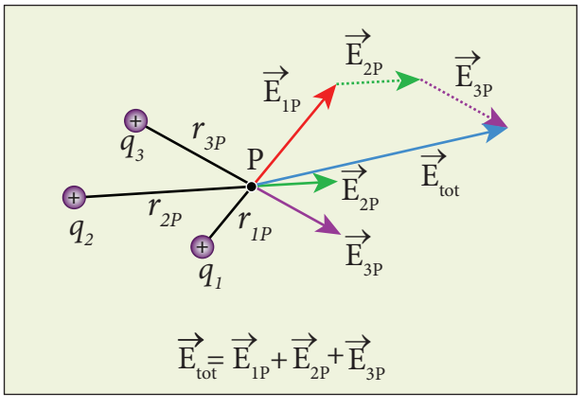
$$\vec{E}_{tot} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left\{\frac{q_1}{r_{1P}^2}\hat{r}_{1P} + \frac{q_2}{r_{2P}^2}\hat{r}_{2P} + \frac{q_3}{r_{3P}^2}\hat{r}_{3P} + \ldots \right.$$
$$\left. \ldots. + \frac{q_n}{r_{nP}^2}\hat{r}_{nP}\right\} \qquad (1.7)$$

ఇచ్చట $q_1, q_2, q_3 \ldots\ldots\ldots q_n$ వంటి ఆవేశములకు బిందువు P కి మధ్య గల దూరమును క్రమముగా $\hat{r}_{1P}, \hat{r}_{2P}, \hat{r}_{3P} \ldots\ldots\ldots \hat{r}_{nP}$ అనుకొందాం. ఇంకనూ $r_{1P}, r_{2P}, r_{3P} \ldots\ldots\ldots r_{nP}$ క్రమముగా $q_1, q_2, q_3 \ldots\ldots\ldots q_n$. ఆవేశముల నుండి ఆ బిందువులకు గీయబడిన ఒక ప్రమాణ సదిశ అయినప్పుడు. సమీకరణము (1.7) ను క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

$$\vec{E}_{tot} = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{q_i}{r_{iP}^2}\hat{r}_{iP}\right) \qquad (1.8)$$

ఉదాహరణముగా, q_1, q_2, q_3 మూడు బిందు ఆవేశముల వలన, ఒక బిందువు P లో ఏర్పడు ఫలిత విద్యుత్ క్షేత్రము పటము (1.8) లో చూపబడియున్నది. నిర్ణీత బిందువు P నుండి ఆవేశపు సాపేక్ష దూరమును బట్టి విద్యుత్ క్షేత్ర సదిశల యొక్క సాపేక్ష పొడవు యుండుట గమనించుము.

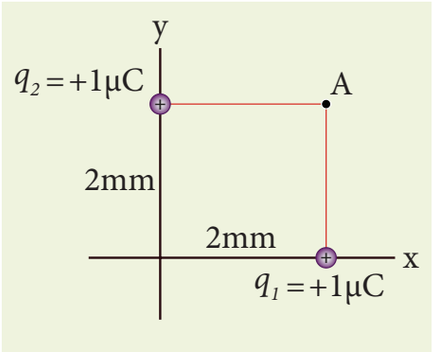
01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 15 24-03-2023 08:51:59



పటము 1.8 విద్యుత్ క్షేత్రముల యొక్క అధ్యారోపణ

ఉదాహరణము 1.7

పటములో ఇవ్వబడినట్లు ఆవేశ విన్యాసమును పరిగణిద్దాం. బిందువు A లో ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రమును లెక్కించుము. ఆ బిందువులో ఒక ఎలక్ట్రానునుంచినపుడు, అది పొందు త్వరణము ఎంత? (ఎలక్ట్రాను యొక్కద్రవ్యరాశి $=9.1\times10^{-31}$kg ఎలక్ట్రాన్ యొక్క ఆవేశము $=-1.6\times10^{-19}$ C)



సాధన

అధ్యారోపణ తత్వము ప్రకారము బిందువు A వద్ద నికర విద్యుత్ క్షేత్రము

$$\vec{E}_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q_1}{r_{1A}^2}\hat{r}_{1A} + \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q_2}{r_{2A}^2}\hat{r}_{2A}$$

ఇచ్చట r_{1A} మరియు r_{2A} అనునవి బిందువు A కి రెండు ఆవేశములకు మధ్య గల దూరములు.

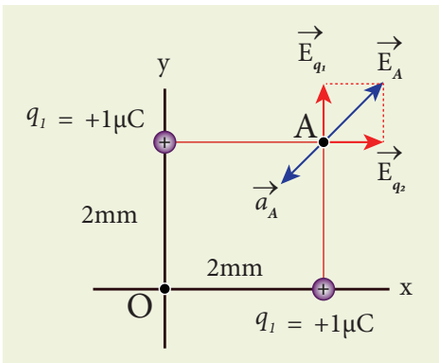
$$\vec{E}_A = \frac{9\times10^9\times1\times10^{-6}}{\left(2\times10^{-3}\right)^2}\left(\hat{j}\right) + \frac{9\times10^9\times1\times10^{-6}}{\left(2\times10^{-3}\right)^2}\left(\hat{i}\right)$$
$$= 2.25\times10^9\ \hat{j} + 2.25\times10^9\hat{i} = 2.25\times10^9\left(\hat{i}+\hat{j}\right)$$

విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క పరిమాణము

$$\left|\vec{E}_A\right| = \sqrt{\left(2.25\times10^9\right)^2 + \left(2.25\times10^9\right)^2}$$
$$= 2.25\times\sqrt{2}\times10^9\ \mathrm{NC}^{-1}$$

$\vec{E}_A$ యొక్క దిశ $\frac{\vec{E}_A}{\left|\vec{E}_A\right|} = \frac{2.25\times10^9\left(\hat{i}+\hat{j}\right)}{2.25\times\sqrt{2}\times10^9} = \frac{\left(\hat{i}+\hat{j}\right)}{\sqrt{2}}$,

ఇది OA యొక్క దిశలో యున్న ఒక ప్రమాణ సదిశ అగును.



బిందువు A లో యుంచబడు ఎలక్ట్రాను పొందు త్వరణము

$$\vec{a}_A = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{q\vec{E}_A}{m}$$
$$= \frac{\left(-1.6\times10^{-19}\right)\times\left(2.25\times10^9\right)\left(\hat{i}+\hat{j}\right)}{9.1\times10^{-31}}$$
$$= -3.95\times10^{20}\left(\hat{i}+\hat{j}\right)\mathrm{N\,kg}^{-1}$$

విద్యుత్ క్షేత్రము $\vec{E}_A$ యొక్క దిశకు ఖచ్చితముగా వ్యతిరేఖదిశలో ఎలక్ట్రానులు త్వరణము చెందును.

1.3.3 విద్యుత్ ఆవేశముల యొక్క అవిచ్ఛిన్న పంపిణీ వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రము

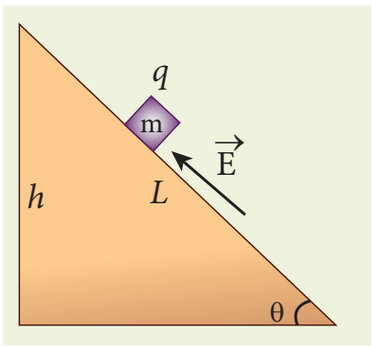
అతి సూక్ష్మ స్థాయిలో విద్యుదావేశము క్వాంటీకరణ గుణమును కలిగివుండును. సమీకరణములో (1.2), (1.3), (1.4) అనునవి బిందు ఆవేశములకు మాత్రమే వర్తించును. విద్యుత్ ఆవేశమును పొందిన గోళము లేదా విద్యుదావేశము పొందిన తీగ వంటి వస్తువుల యొక్క విద్యుత్ క్షేత్రమును లెక్కించునపుడు అచ్చట విడివిడి బిందు ఆవేశములను తీసుకొనుటకు వీలుకాదు.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 16 24-03-2023 08:52:03

అందువలన ఇటువంటి వస్తువుల ఆవేశములు అవిచ్ఛిన్న వ్యాపనము ఉన్నట్లు తలచుకొనవలయును. ఇంకనూ ఆ వస్తువులకు విద్యుదావేశముల యొక్క వివిక్త స్వభావమును పరిగణించుట అవసరంలేదు. అటువంటి ఆవేశములు అవిచ్ఛిన్న వ్యాపనము వలన ఏర్పడును. విద్యుత్ క్షేత్రమును సమాకలన గణిత పద్ధతిని ఉపయోగించి లెక్కించవచ్చును.

ఉదాహరణము 1.8

విద్యుత్ బంధనముతో చేయబడిన ఘర్షణ లేని ఏటవాలు తలము మీద m ద్రవ్యరాశి q ధనావేశము విలువ గలిగిన వస్తువు ఒకటి యుంచబడినది. దానిని విరామములో యుంచుటకు ఏటవాలు తలమునకు సమాంతర దిశలో విద్యుత్ క్షేత్రము E ఇవ్వబడుచున్నది. విద్యుత్ క్షేత్రము E పరిమాణమును లెక్కించుము.



సాధన

గమనిక : 11 వ తరగతి భౌతికశాస్త్రము భాగము – I అధ్యాయము విభాగము 3.3.2. ఇదే విధమైన లెక్క సాధించబడియున్నది.

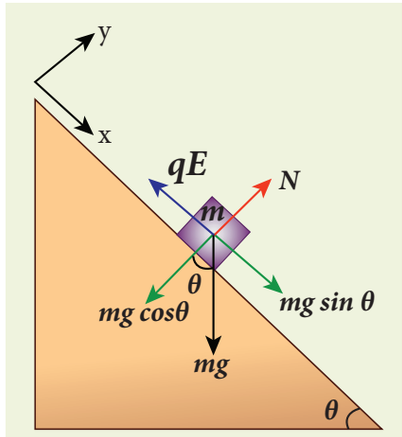
ద్రవ్యరాశి m పై పని చేయు మూడు బలములు

(i) క్రింది వైపు దిశలో భూమి వలన పనిచేయబడు గురుత్వాకర్షణ బలము (mg)

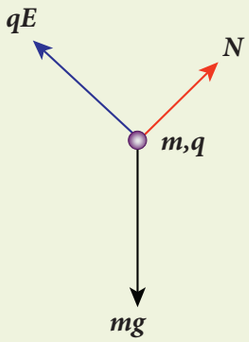
(ii) ఏటవాలు తలము వలన ఇవ్వబడు అభిలంబ బలము (N)

(iii) ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రము వలన ఇవ్వబడు కూలూంబ్ బలము (qE)

ద్రవ్యరాశి m యొక్క స్వేచ్ఛా వస్తు పటము ఇచ్చట ఇవ్వబడియున్నది.



m ద్రవ్యరాశిపై పనిచేస్తున్న బలము



వస్తురహిత చిత్ర పటము

దీనికి తగిన జడత్వ నిరూపక వ్యవస్థ ఏటవాలు తలములో ఉండుటను పటములో చూడవచ్చును x మరియు y అక్షములు అయిన రెండు దిశలలోను ద్రవ్యరాశి m యొక్క త్వరణము శూన్యము.

x దిశలో న్యూటన్ యొక్క రెండవ నియమమును ఉపయోగించుట వలన క్రింది సమీకరణము వస్తుంది.

$$mg\sin\theta\hat{i} - qE\hat{i} = 0$$

$$mg\sin\theta - qE = 0$$

లేదా $$E = \frac{mg\sin\theta}{q}$$

విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క పరిమాణము అనునది ద్రవ్యరాశి m కు అనులోమానుపాతంలోను ఆవేశ విలువ q కు విలోమానుపాతములోను ఉండుట గమనించుము. అనగా ఆవేశమును స్థిరముగా యుంచుకొని ద్రవ్యరాశిని మాత్రము అధికరించిన ఆ వస్తువు కదలకుండా యుండుటకు ఇంకను

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 17 24-03-2023 08:52:04

బలమైన విద్యుత్ క్షేత్రము అవసరమగును. బదులుగా ద్రవ్యరాశిని మార్చుకుండా ఆవేశమును మాత్రము అధికరించిన వస్తువులు కదలికను ఆపుటకు బలహీనమైన విద్యుత్ క్షేత్రమే సరిపోవును.

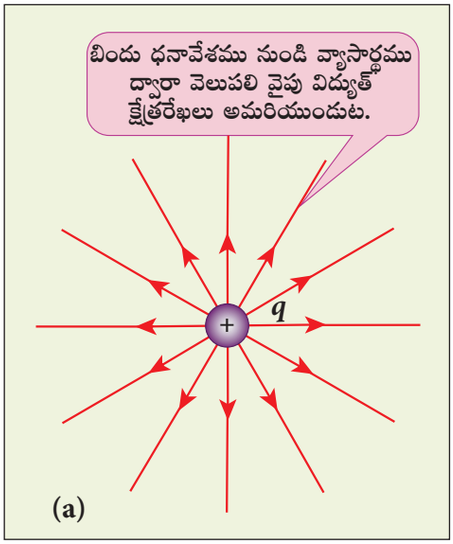
ఏటవాలు తలము ఏత్తు h పొడవు l. వంటి ఆధారముతో విద్యుత్ క్షేత్రము వ్రాయవచ్చును.

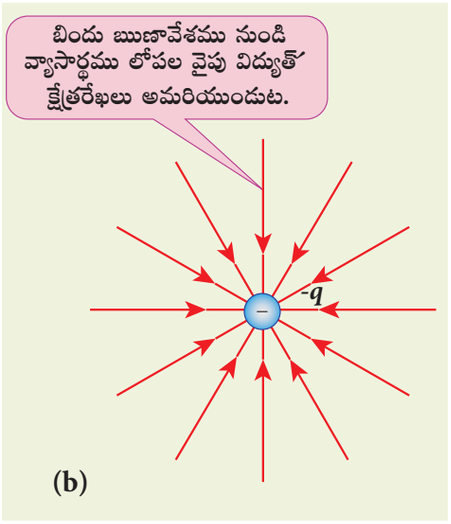
$$E = \frac{mg\,h}{qL}$$

1.3.4 విద్యుత్ క్షేత్ర రేఖలు (Electric field lines)

విద్యుత్ క్షేత్ర రేఖలు అను భావన ఉపయోగించి విద్యుత్ క్షేత్ర సదిశలను సూచించవచ్చును. అంతరాళములోని భాగములో ఉన్నటువంటి విద్యుత్ క్షేత్రమును చూపించు విధంగా గీయబడు అవిచ్ఛిన్న రేఖలు విద్యుత్ క్షేత్ర రేఖలగును. విద్యుత్‌క్షేత్ర రేఖలును గీయునపుడు క్రింది నియమములను పాటించవలయును.

• విద్యుత్ క్షేత్ర రేఖలు ధనావేశం వద్ద ప్రారంభమై ఋణావేశము వద్ద లేదా అనంత దూరములో అంతమగును. ఒక బిందు ధనావేశమునకు గీయబడు విద్యుత్ క్షేత్రరేఖలు వ్యాసార్ధము ద్వారా వెలుపలి వైపు దిశలో, ఒక బిందు ఋణావేశమునకు వ్యాసార్ధము ద్వారా లోపలి వైపు దిశలో అమరివుండును. పటము 1.9 (a) మరియు (b)

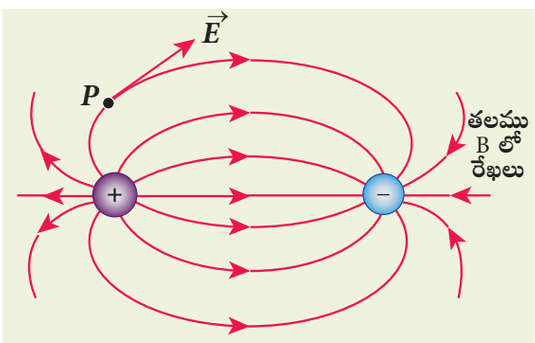




పటము 1.9 ఏకాంక బిందు ధన మరియు ఋణ ఆవేశములకు విద్యుత్ క్షేత్ర రేఖలు.

ఒక ఏకాంక బిందు ధనావేశమును సంబంధించినంత వరకు విద్యుత్ క్షేత్ర రేఖలు ధనావేశము నుండి ప్రారంభించి ఋణావేశము లో అంతమగును. ఒక ఏకాంక బిందు ఋణావేశమునకు సంబంధించినంత వరకు అవి అనంత దూరంలో ప్రారంభమై ఋణావేశములో అంతమగును.

• విద్యుత్ క్షేత్ర రేఖకు ఒక బిందువులో గీయబడు స్పర్శరేఖ దిశలో ఆ బిందువు యొక్క విద్యుత్ క్షేత్రసదిశగా వుండును.

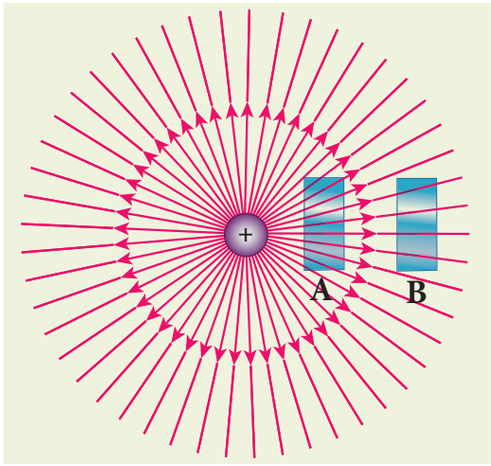


పటము 1.10 బిందువు P లో విద్యుత్ క్షేత్రము

• ఏ ప్రాంతములో విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రత అధికముగా యుండునో అచ్చట విద్యుత్ క్షేత్రరేఖలు దగ్గరగాను, ఎచ్చట విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రత తక్కువగా యుండునో అచ్చట విద్యుత్ క్షేత్ర రేఖల మధ్య దూరము ఎక్కువగా

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 18 24-03-2023 08:52:05

వుండును. అంటే ఒక నిర్ణీత తలమునకు లంబదిశలో. ఆ తలమును దాటు విద్యుత్ క్షేత్ర రేఖలు సంఖ్య ఆ ప్రాంతములోని విద్యుత్ క్షేత్ర పరిమాణమునకు అనులోమానుపాతములో వుండును. (పటము 1.11)

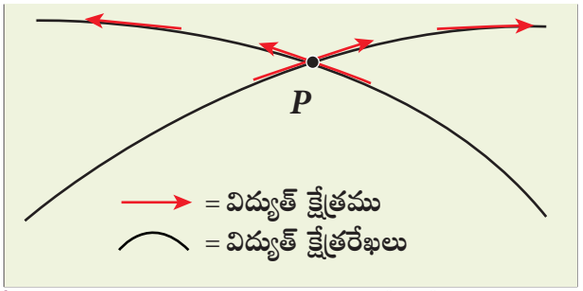


పటము 1.11 తలము B కన్న తలము A లో విద్యుత్ క్షేత్రము అధికము.

ఒక బిందు ధనావేశము నుండి వెలుపలికి పోవు విద్యుత్ క్షేత్ర రేఖలు పటము 1.11 లో చూపించబడినది. విద్యుత్ ఆవేశము నుండి దూరము పెరిగినప్పుడు విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క పరిమాణము తక్కువగును. $\left(|\vec{E}| \propto \frac{1}{r^2}\right)$. కావున తలము B యున్న ప్రాంతము కన్న తలము A యున్న ప్రాంతములో విద్యుత్ క్షేత్రము అధికము అందువలన తలము B ని దాటు రేఖలు సంఖ్యకన్న తలము A ని దాటు రేఖల సంఖ్య అధికముగా నుండును. మధ్య దూరము ఎక్కువగా యుండి తలము A లో అవి దగ్గరగా యుండుట గమనించుము.

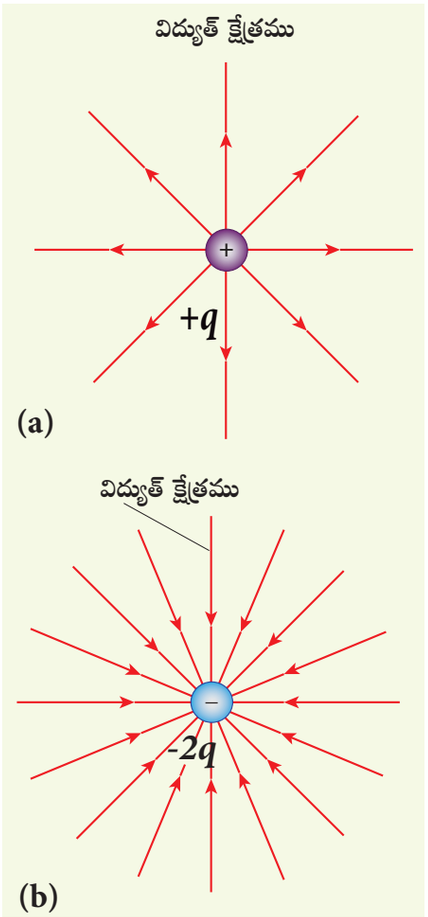
• రెండు విద్యుత్ క్షేత్ర రేఖలు ఒకదానినొకటి ఖండించుకొనుట లేదు. ఒకవేళ ఖండించినట్లయితే ఒకే బిందువులో రెండు వేర్వేరు విద్యుత్ క్షేత్ర దిశలు వుండే స్థితి ఏర్పడును. (పటము 1.12)

ఆ విధముగా ఏర్పడిన, ఆ ఖండించు బిందువులో యుంచబడు ఒక ఆవేశము అనునది ఒకే సమయంలో రెండు వేర్వేరు దిశలలో కదలవలయును. కాని ఇది భౌతికముగా జరగనటువంటిది కావున విద్యుత్ క్షేత్రరేఖలు ఒకదానినొకటి ఖండించుకొనుట లేదు.



పటము 1.12 రెండు విద్యుత్ క్షేత్రరేఖలు ఒకదానినొకటి ఖండించుకొనుటలేదు.

• ఒక ధనావేశము నుండి వెలుపలి వైపు పోవు విద్యుత్ క్షేత్రరేఖల సంఖ్యలేదా ఋణావేశములో అంతమగు రేఖలసంఖ్య అనునది ఆవేశ పరిమాణమునకు అనులోమానుపాతములో వుండును.



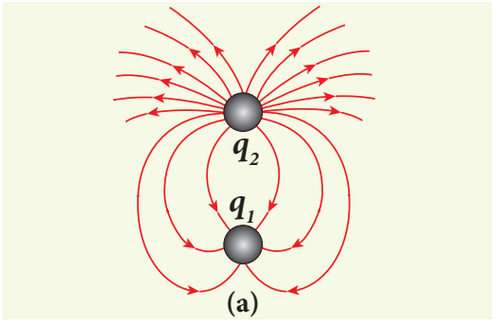
పటము 1.13 విద్యుత్ ఆవేశము యొక్క పరిమాణము విద్యుత్ క్షేత్ర రేఖలు

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 19 24-03-2023 08:52:06

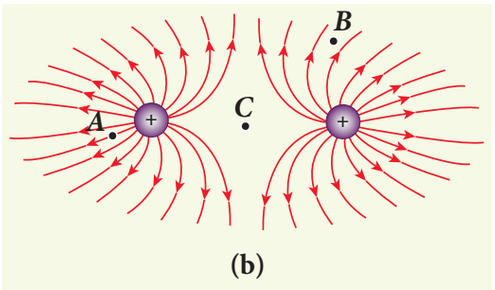
ఉదాహరణమునకు $+q$ మరియు $-2q$ అయిన ఆవేశ విలువ కలిగిన రెండు ఆవేశములకు గీయబడిన విద్యుత్ క్షేత్రరేఖలు పటము 1.3 లో ఇవ్వబడియున్నది. $+q$ ఆవేశమునుండి వెలుపల పోవు క్షేత్ర రేఖల సంఖ్య 8గా $-2q$ ఆవేశము వలన క్షేత్ర రేఖల సంఖ్య 16 గా యుండుటను గమనించుము. రెండవ విద్యుదావేశము కంటే రెండు రెట్లుగా యుండుట వలన విద్యుత్ క్షేత్ర రేఖల సంఖ్య రెండు రెట్లుగా యున్నది.

ఉదాహరణము 1.9

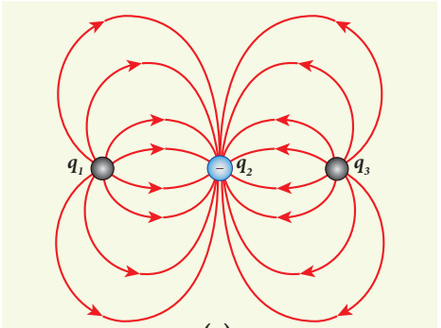
అనేక ఆవేశ వ్యవస్థలకు గల విద్యుత్ క్షేత్ర రేఖలు క్రింది పటములో ఇవ్వబడియున్నవి.



(a)



(b)



(c)

(i) పటము (a) లో యున్న q_1 మరియు q_2 వంటి రెండు ఆవేశముల యొక్క సంకేతమును గుర్తించుకొని $\left|\frac{q_1}{q_2}\right|$ యొక్క నిష్పత్తిని కనుగొనుము.

(ii) పటము (b) లో యున్న రెండు ధనావేశముల యొక్క అవేశ నిష్పత్తిని లెక్కించుము. ఇంకనూ A, B, C వంటి బిందువులలో విద్యుత్ క్షేత్రం బలమును లెక్కించుము.

(iii) పటము (c) లో మూడు ఆవేశముల యొక్క విద్యుత్ క్షేత్ర రేఖలు ఇవ్వబడి యున్నవి. $q_2 = -20\,\text{nC}$ అయిన q_1 మరియు q_3 యొక్క విద్యుదావేశ పరిమాణమును లెక్కించుము.

సాధన

(i) విద్యుత్ క్షేత్ర రేఖలు q_2 లో ప్రారంభమై q_1 లో అంతమగును. అందువలన పటమ (a) లో q_2 ధనావేశము (+) ను కల్గియున్నది, q_1 ఋణావేశము (−) ను కలిగియున్నది. q_2 నుండి వెలుపలి పోవు రేఖల సంఖ్య 18, మరియు q_1 లో అంతమగు రేఖల సంఖ్య 6, అందువలన q_2 యొక్క పరిమాణము అధికము. నిష్పత్తి $\left|\frac{q_1}{q_2}\right| = \frac{N_1}{N_2} = \frac{6}{18} = \frac{1}{3}$. అందువలన $|q_2| = 3|q_1|$.

(ii) పటము (b) లో రెండు ధనావేశముల నుండి వెలుపల పోవు రేఖల సంఖ్య సమానము (N=18) అందువలన వాటి విద్యుదావేశ పరిమాణము సమానముగా యుండవలయును. బిందువు B లో యున్న దానికన్నా బిందువు A లో విద్యుత్ క్షేత్ర రేఖలు దగ్గరగా యున్నవి. అందువలన బిందువు B లో యున్నటువంటి విద్యుత్ క్షేత్ర పరిమాణము కంటే బిందువు B లో అధికము ఇంకనూ C ద్వారా ఎటువంటి విద్యుత్ క్షేత్ర రేఖలు పోలేవు. అందువలన ఈ రెండు ఆవేశముల వలన C లో ఏర్పడు ఫలిత విద్యుత్ క్షేత్రము శూన్యమగును.

(iii) పటము (c) లో q_1 మరియు q_3 నుండి విద్యుత్ క్షేత్ర రేఖలు ప్రారంభమై q_2 లో అంతమగును. q_1 మరియు q_3 అనునవి ధనావేశమని దీని నుండి తెలియుచున్నది. ఇంకనూ రేఖల సంఖ్య యొక్క నిష్పత్తి $\left|\frac{q_1}{q_2}\right| = \frac{8}{16} = \left|\frac{q_3}{q_2}\right| = \frac{1}{2}$, అందువలన q_2 యొక్క పరిమాణములో సగము పరిమాణము మాత్రమే q_1 మరియు q_3 ఉండును.

$q_1 = q_3 = +10\,\text{nC}$.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 20 24-03-2023 08:52:08

1.4 విద్యుత్ ద్విధృవము మరియు దాని ధర్మములు (ELECTRIC DIPOLE AND ITS PROPERTIES)

1.4.1 విద్యుత్ ద్విధృవము (Electric dipole)

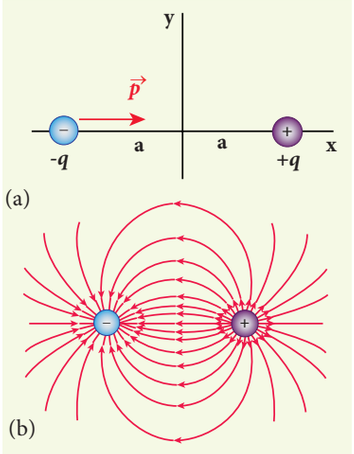
తక్కువ దూరములో విభజించబడియున్న రెండు విజాతి ఆవేశములు విద్యుత్ ద్విధృవమును ఏర్పరచును. అనేక అణువులలో ధనావేశ కేంద్రము మరియు ఋణావేశ కేంద్రము ఏకీభవించదు. అటువంటి అణువులు శాశ్వత ద్విధృవములుగా పనిచేయును. ఉదాహరణము CO, నీరు, అమ్మోనియా, HCl మొదలగునవి.

2a దూరములో వేరుచేయబడియున్న రెండు సమాన ఆవేశములు కలిగిన విజాతి ఆవేశములు $(+q, -q)$ అనుకొనుము. పటము 1.1.4 (a)

విద్యుత్ ద్విధృవభ్రామకము క్రింది విధముగా నిర్వచించబడుచున్నది.

$$\vec{p} = q\vec{r}_{+} + (-q)\vec{r}_{-} \qquad (1.9)$$

ఇచ్చట $\vec{r}_{+}$ అనునది ఆదిబిందువు నుండి $+q$ నకు గీయబడిన స్థాన సదిశ మరియు $\vec{r}_{-}$ అనునది ఆరంభ బిందువు నుండి $-q$ కు గీయబడిన స్థాన సదిశ పటము 1.1.4 (a) నుండి



పటము 1.1.4 (a) విద్యుత్ ద్విధృవము (b) విద్యుత్ ద్విధృవము యొక్క విద్యుత్ క్షేత్రరేఖలు.

$$\vec{p} = qa\hat{i} - qa(-\hat{i}) = 2qa\hat{i} \qquad (1.10)$$

దీని నుండి మనము తెలుసుకొనునది విద్యుత్ ద్విధృవ భ్రామకము యొక్క దిశ అనునది రెండు ఆవేశములను కలుపు రేఖ ద్వారా $-q$ నుండి $+q$ వైపు నుండును. ఈ ద్విధృవ భ్రామకము SI ప్రమాణము కూలూంబ్ మీటరు (Cm) విద్యుత్ ద్విధృవము యొక్క విద్యుత్ క్షేత్రరేఖలు పటము 1.14 (b) లో చూపబడియున్నది.

- సులభముగా వుండుట కొరకు రెండు ఆవేశముల x- అక్షములో y అక్ష దిశలోను z అక్ష దిశలోను ఉంచబడియున్నను $-q$ నుండి $+q$ యున్న దిశలోనే $\vec{p}$ అమరివుండును.

- విద్యుత్ ద్విధృవ భ్రామకము యొక్క పరిమాణము అనునది ఆ విద్యుత్ ఆవేశములో ఏదైన ఒక ఆవేశము పరిమాణమునకు వాటి మధ్య గల దూరలబ్ధమునకు సమానమవుతుంది.

$$|\vec{p}| = 2qa \qquad (1.11)$$

- రెండు సమాన విజాతి ఆవేశముల యొక్క విద్యుత్ ద్విధృవభ్రామకము ఇచ్చట నిర్వచించి యున్నను, అనేక బిందు ఆవేశముల వ్యవస్థకు విద్యుత్ ద్విధృవభ్రామకమును నిర్వచించుటకు వీలగును. n బిందు ఆవేశములు కలిగిన వ్యవస్థకు విద్యుత్ ద్విధృవ భ్రామకము.

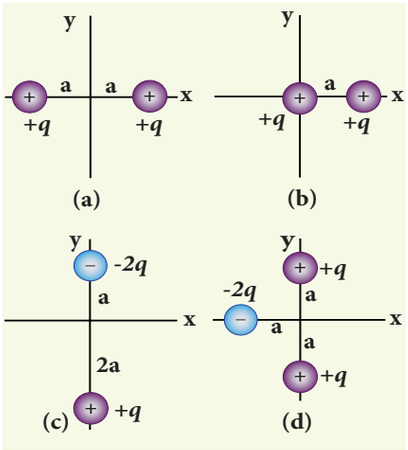
$$\vec{p} = \sum_{i=1}^{n} q_i \vec{r}_i \qquad (1.12)$$

ఇచ్చట $\vec{r}_i$ అనునది ఆద బిందువు నుండి ఆవేశము q_i. కి గీయబడిన స్థాన సదిశ.

ఉదాహరణము 1.10

క్రింది ఆవేశముల అమరికలకు విద్యుత్ ద్విధృవ భ్రామకము లెక్కించుము.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 21 24-03-2023 08:52:10



సాధన

సందర్భం (a) $+q$ ఆవేశము యొక్క స్థాన సదిశ ధన x అక్ష దిశలో అమరియున్న $a\hat{i}$ మరొక $+q$ ఆవేశము యొక్క స్థాన సదిశ ఋణ x అక్ష దిశలో అమరియున్నది, $-a\hat{i}$ అందువలన ద్విధ్రువముల యొక్క భ్రామకము.

$$\vec{p}=(+q)(a\hat{i})+(+q)(-a\hat{i})=0$$

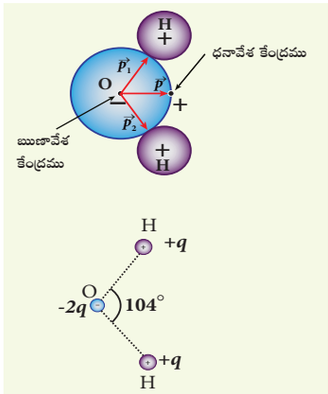
సందర్భం (b) : ఇచ్చట ఒక ఆవేశము ఆది బిందువులో ఉంచబడినది. అందువలన దాని స్థాన సదిశమైన $a\hat{i}$ మాత్రమే ద్విధ్రువ భ్రామకమును ఏర్పరచుచున్నది. $\vec{p}=qa\hat{i}$

సాధారణముగా ఆది బిందువు ఎంపిక మరియు విద్యుత్ ఆవేశము యొక్క అమరికను బట్టి విద్యుత్ ద్విధ్రువ భ్రామకముండును. కాని ఒక ప్రత్యేక వ్యవస్థకు మాత్రమే అది ఆది బిందువు యొక్క ఎంపికపై ఆధారపడి యుండదు. అనగా మొత్తం ఆవేశము శూన్యముగా యున్నపుడు మాత్రము, దీని వలన ఆది బిందువు యొక్క ఎంపిక ఏవిధముగా యున్నను (మొత్తం ఆవేశము శూన్యమగుట వలన) ఒక ద్విధ్రువ యొక్క భ్రామకమునునది $-q$ నుండి $+q$ వైపు దిశలో వుండును.

సందర్భం(c) $\vec{p}=(-2q)a\hat{j}+q(2a)(-\hat{j})=-4qa\hat{j}$. ఈ సందర్భములో $\vec{p}$ యొక్క దిశ $-2q$ నుండి $+q$ వైపుగా వుండును.

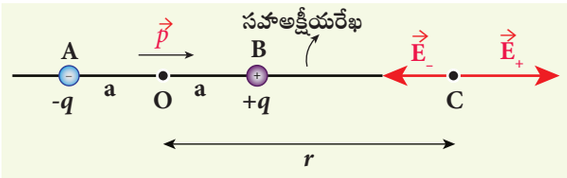
సందర్భం (d)
$$\vec{p}=-2qa(-\hat{i})+qa\hat{j}+qa(-\hat{j})$$
$$=2qa\,\hat{i}$$

నీటి అణువు (H_2O) యొక్క ఆవేశ విన్యాసము ఇదే విధముగా వుండును. నీటి అణువు మూడు పరమాణువులు రెండు H పరమాణువులు ఒక O పరమాణువును కలిగి వుండును. నీటి అణువులో (H) కేంద్రము ఋణావేశము (O) కేంద్రము వేర్వేరు బిందువుల యందు యుండిన అది శాశ్వత ద్విధ్రువ భ్రామకమును (permanent dipole moment) పొందివుండును. ఇచ్చట విద్యుత్ ద్విధ్రువ భ్రామకమునునది ఋణావేశ కేంద్రము నుండి ధనావేశకేంద్రము గల దిశలో ఉండునని. క్రింది పటములో చూపబడియున్నది.



1.4.2 విద్యుత్ ద్విధ్రువము వలన విద్యుత్తు క్షేత్రము

సందర్భం (i) విద్యుత్ ద్విధ్రువము యొక్క అక్షీయరేఖయందు విద్యుత్ ద్విధ్రువము వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రము పటము 1.15 లో చూపినట్లుగా x అక్షములో యుంచబడిన విద్యుత్ ద్విధ్రువమును పరిగణించుము. దాని మధ్య బిందువు O నుండి అక్షీయరేఖలో r దూరములో బిందువు C యున్నది.



పటము 1.15 విద్యుత్ ద్విధ్రువము యొక్క అక్షీయరేఖ వలన విద్యుత్ క్షేత్రము

$+q$ విద్యుత్ ఆవేశము వలన బిందువు C లో ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రము. $\vec{E}_+=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{(r-a)^2}$ BC వైపు

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 22 24-03-2023 08:52:15

విద్యుత్ ద్విధ్రువ భ్రామకము $\vec{p}$ అనునది $-q$ నుండి $+q$ దిశలో, అనగా BC దిశలో యుండుట వలన

$$\vec{E}_{+} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{(r-a)^2}\hat{p} \qquad (1.13)$$

ఇచ్చట $\hat{p}$ అనునది $-q$ నుండి $+q$ వైపు దిశలో గీయబడు ద్విధ్రువ భ్రామకము యొక్క ఒక ప్రమాణ సదిశ యగును.

$-q$ ఆవేశము కలిగిన విద్యుదావేశము వలన బిందువు C వద్ద ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రము.

$$\vec{E}_{-} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{(r+a)^2}\hat{p} \qquad (1.14)$$

$-q$ కన్నా $+q$ ఆవేశము అనునది బిందువు C కి దగ్గరగా యున్నందు వలన $\vec{E}_{-}$ కన్నా $\vec{E}_{+}$ బలమైనది. అందువలన $\vec{E}_{-}$ సదిశ పొడవు కన్నా $\vec{E}_{+}$ సదిశ పొడవు అధికముగా గీయబడియున్నది.

బిందువు C లో ఏర్పడు మొత్తం విద్యుత్ క్షేత్రమును లెక్కించుటకు విద్యుత్ అధ్యారోపణ తత్వము ఉపయోగించబడుచున్నది.

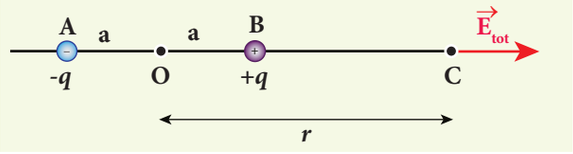
$$\vec{E}_{tot} = \vec{E}_{+} + \vec{E}_{-}$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{(r-a)^2}\hat{p} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{(r+a)^2}\hat{p}$$

$$\vec{E}_{tot} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{1}{(r-a)^2} - \frac{1}{(r+a)^2}\right)\hat{p} \qquad (1.15)$$

$$\vec{E}_{tot} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}q\left(\frac{4ra}{(r^2-a^2)^2}\right)\hat{p} \qquad (1.16)$$

$-q$ కన్నా $+q$ ఆవేశ బిందువు C కు దగ్గరగా యుండుట వలన మొత్తం విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క దిశ $\vec{E}_{+}$ యొక్క దిశలోనే అమరియున్నది. పటము 1.16 లో $\vec{E}_{tot}$ సదిశ దిశ చూపించబడియున్నది.



పటము 1.16 విద్యుత్ ద్విధ్రువము యొక్క అక్షీయ రేఖ మీద మొత్త విద్యుత్ క్షేత్రము.

విద్యుత్ ద్విధ్రువము నుండి బిందువు C ఎక్కువ దూరములో యుండిన $(r >> a)$ ఇంకనూ $\left(r^2 - a^2\right)^2$ అని చెప్పవచ్చును. దీనిని సమీకరణము 1.16 లో ప్రతిక్షేపించగా

$$\vec{E}_{tot} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{4aq}{r^3}\right)\hat{p} \quad (r >> a)$$

$2aq\,\hat{p} = \vec{p}$ అందువలన

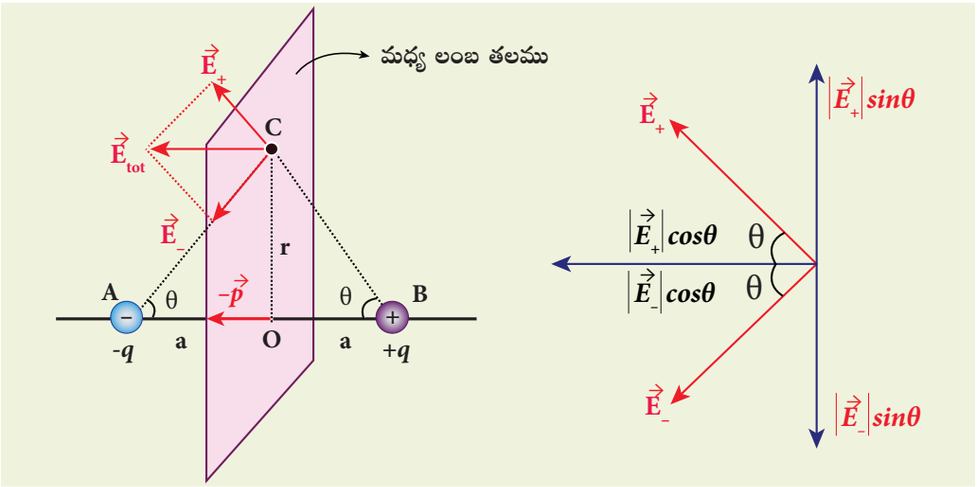
$$\vec{E}_{tot} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{2\vec{p}}{r^3} \quad (r >> a) \qquad (1.17)$$

మనము ఎన్నుకొను బిందువు C విద్యుత్ ద్విధ్రువమునకు ఎడమవైపు వుండినను మొత్తం విద్యుత్ క్షేత్ర దిశ $\vec{p}$ దిశలో మాత్రమే వుండును. పటము 1.14 (b) లో ఇవ్వబడిన విద్యుత్ ద్విధ్రువము యొక్క విద్యుత్ క్షేత్ర రేఖలను పరిశోధించుట మూలముగా దీనిని మనము తెలుసుకొనవచ్చును.

సందర్భము (ii) విద్యుత్ ద్విధ్రువము యొక్క మధ్యలంబ తలములోని బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్రము. విద్యుత్ ద్విధ్రువము యొక్క మధ్య బిందువు 'O' నుండి 'r' దూరములో మధ్య లంబ తలములో యున్న బిందువు 'C' అనుకొనుము. (పటము 1.17) $+q$ మరియు $-q$ రెండింటి నుండి బిందువు 'C' సమాన దూరములో ఉన్నందువలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రముల యొక్క పరిమాణము సమానమగును. $\vec{E}_{+}$ యొక్క దిశ BC యొక్క దిశలోను $\vec{E}_{-}$ యొక్క దిశ CA వైపుగా పనిచేయును. $\vec{E}_{+}$ మరియు $\vec{E}_{-}$ రెండు అంశములుగా విభజింపవచ్చును. ఒక అంశము ద్విధ్రువ అక్షమునకు సమాంతరముగాను మరొక్కటి దానికి లంబముగాను వుండును. లంబ అంశములు $|\vec{E}_{+}|\sin\theta$ మరియు $|\vec{E}_{-}|\sin\theta$ అనునవి ఒకదానికొకటి వ్యతిరేక దిశలో యుండుటవలన అవి ఒకదానికొకటి తుల్యము చేసుకొనును. అందువలన బిందువు C లో ఏర్పడు నికర విద్యుత్ క్షేత్ర పరిమాణమనునది $\vec{E}_{+}$ మరియు $\vec{E}_{-}$ వంటి సమాంతర అంశములు యొక్క మొత్తమునకు సమానమగును. ఇది $-\hat{p}$ యొక్క దిశలో వుండును (పటము 1.17)

$$\vec{E}_{tot} = -|\vec{E}_{+}|\cos\theta\,\hat{p} - |\vec{E}_{-}|\cos\theta\,\hat{p} \qquad (1.18)$$

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 23 24-03-2023 08:52:24



పటము 1.17 మధ్య లంబ తలముపై గల బిందువు వద్ద ఒక ద్విధృవము వలన కలుగు విద్యుత్ క్షేత్రము

$\vec{E}_+$ మరియు $\vec{E}_-$ యొక్క పరిమాణము సమానము అనగా

$$\left|\vec{E}_+\right| = \left|\vec{E}_-\right| = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{\left(r^2+a^2\right)} \qquad (1.19)$$

సమీకరణము (1.18) లో ప్రతిక్షేపించగా

$$\vec{E}_{tot} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{2q\cos\theta}{\left(r^2+a^2\right)}\hat{p}$$

$$= -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{2qa}{\left(r^2+a^2\right)^{\frac{3}{2}}}\hat{p}$$

కావున $\cos\theta = \dfrac{a}{\sqrt{r^2+a^2}}$

$$\vec{E}_{tot} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{\vec{p}}{\left(r^2+a^2\right)^{\frac{3}{2}}}$$

కావున $\vec{p} = 2qa\hat{p}$ (1.20)

చాలా అధిక దూరమునకు $(r >> a)$ సమీకరణము (1.20) ను క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

$$\vec{E}_{tot} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{\vec{p}}{r^3} \qquad (r >> a) \quad (1.21)$$

ముఖ్య అనుమతులు

(i) విద్యుత్ ద్విధృవము నుండి చాలా అధిక దూరములో యున్న బిందువులకు సంబంధించి అక్షీయరేఖలో ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క బలమునునది మధ్య లంబతలములో ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క బలము కంటే రెండు రెట్లుగా వుండును, సమీకరణము (1.17) మరియు (1.21) మూలముగా తెలుసుకొనవచ్చును. విద్యుత్ ద్వి ధృవము యొక్క అక్షీయరేఖలో యున్న బిందువులలో విద్యుత్ ద్విధృవము వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క దిశ ద్విధృవ భ్రామకము $\vec{p}$ సదిశ దిశలోను మధ్య లంబ తలములో నున్న బిందువులకు దాని వ్యతిరేఖ దిశలో అనగా $-\vec{p}$ సదిశ దిశలోనూ ఉండును.

(ii) అత్యంత దూరముల వద్ద, విద్యుత్ ద్విధృవము వలన కలుగు విద్యుత్ క్షేత్రము $\frac{1}{r^3}$ అను కొలతలో మార్పు జరుగును. అదే సమయములో ఒక బిందు ఆవేశము యొక్క విద్యుత్ క్షేత్రము $\frac{1}{r^2}$. అను కొలతలో మార్పు జరుగుటను గుర్తించుకొనుము. బిందు ఆవేశము యొక్క విద్యుత్ క్షేత్రము కంటే ద్విధృవము యొక్క విద్యుత్ క్షేత్రము వేగముగా శూన్య విలువ వైపుగా పోవుటను, ఇది చూపును. ఎందుకనగా చాలా ఎక్కువ దూరము నుండి చూచునపుడు ద్విధృవము యొక్క రెండు ఆవేశములు ఒకదానికొకటి దగ్గరగా వున్నట్లు కనబడుట వలన రెండింటి యొక్క విద్యుత్ క్షేత్రము ఒకదానినొకటి తుల్యము చేసుకొనును.

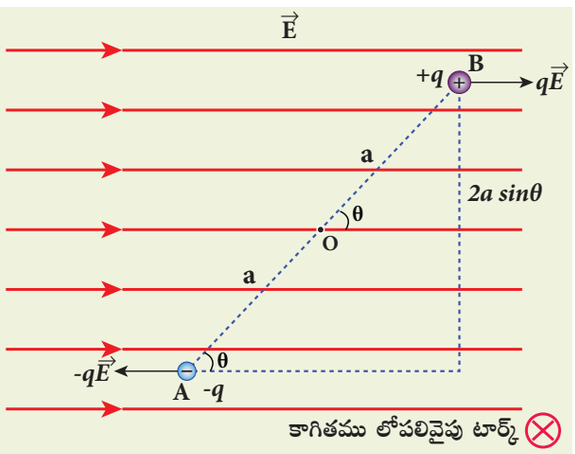
(iii) సమీకరణము (1.17) మరియు (1.21) అనునవి చాలా ఎక్కువ దూరమునకు $(r>>a)$ మాత్రమే సరిపోవును. విద్యుదావేశమునకు మధ్య గల దూరము $2a$ శూన్య విలువను సమీపించిన $(2a \to o)$ ఆవేశము q అనంత విలువను పొందును.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 24 24-03-2023 08:52:27

$(q \to \infty)$ ఫలితలబ్ధము $2aq = p$ అనునది పరిమితమైన విలువను పొందును. అటువంటి ద్విధ్రువము అనునది బిందు ద్విధ్రువము అనబడును. (point dipole) బిందు ద్విధ్రువములు సంబంధించినంత వరకు అన్ని దూరములకు సమీకరణములు (1.17) మరియు (1.21) లు వర్తించును.

1.4.3 ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రములో ఉంచబడిన విద్యుత్ ద్విధ్రువము మీద పనిచేయు బలయుగ్మము

సమ దూరములో ఒకే దిశలో యున్న విద్యుత్ క్షేత్రరేఖలచే గుర్తించబడిన ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రము $\vec{E}$ లో యుంచబడిన ద్విధ్రువ భ్రామకము $\vec{p}$ కలిగిన విద్యుత్ ద్విధ్రువము ఒకదానిని అనుకొనుము. $+q$ ఆవేశమునునది విద్యుత్ క్షేత్ర దిశలో $q\vec{E}$ అను బలమును, $-q$ ఆవేశమునునది విద్యుత్ క్షేత్రమునకు వ్యతిరేక దిశలో $-q\vec{E}$ అను బలమును అనుభవించును. బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రము $\vec{E}$ ఏకరీతీగా యున్నందువలన ద్విధ్రువముపై యున్న మొత్తం బలము శూన్యమగును. ఈ రెండు బలములు వేర్వేరు బిందువుల యందు పనిచేయుటవలన యుగ్మము ఏర్పడును. పటము (1.18) దీనివలన ఏర్పడు బలయుగ్మము రెండు బిందువులపై పనిచేసి భ్రమణము చెందించును. (ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క విద్యుత్ క్షేత్రరేఖలు సమదూరములో ఒకే దిశలో వుండుటను గమనించుము.



పటము 1.18 విద్యుత్ ద్విధ్రువము పై యుగ్మ భ్రామకము

బిందువు O ను బట్టి విద్యుత్ ద్విధ్రువముపై పనిచేయు బలయుగ్మం

$$\vec{\tau} = \overrightarrow{OA} \times \left(-q\vec{E}\right) + \overrightarrow{OB} \times q\vec{E} \qquad (1.22)$$

మొత్తం యుగ్మభ్రామకము అనునది ఆ కాగిత తలమునకు లంబముగాను లోపలి వైపు దిశలోను యుండుట కుడిచేతి కార్క్‌స్క్రూ నియమము ఆధారముగా (గమనిక : XI భౌతిక శాస్త్రమువిభాగము 1 అధ్యాయము 5) తెలుసుకొనవచ్చును.

మొత్తం యుగ్మ భ్రామకము యొక్క పరిమాణము

$$\tau = \left|\overrightarrow{OA}\right|\left|\left(-q\vec{E}\right)\right|\sin\theta + \left|\overrightarrow{OB}\right|\left|q\vec{E}\right|\sin\theta$$

$$\tau = qE \cdot 2a\sin\theta \qquad (1.23)$$

ఇచ్చట θ అనునది $\vec{p}$ మరియు $\vec{E}$ కి మధ్య గల కోణము $p = 2aq$ కావున సదిశ లబ్ధము ఆధారముగా యుగ్మభ్రామకము అనునది క్రింది విధముగా వ్రాయబడుచున్నది.

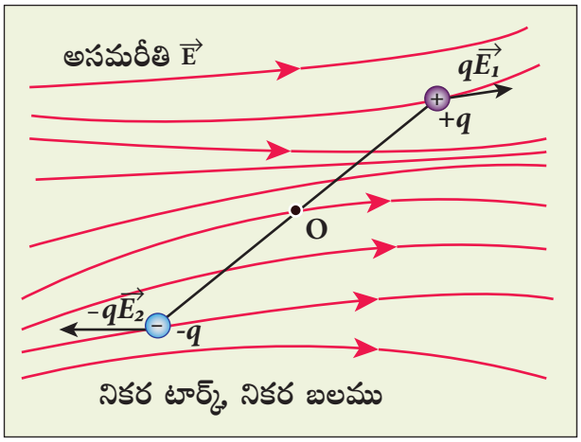
$$\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E} \qquad (1.24)$$

యుగ్మభ్రామకము యొక్క పరిమాణము $\tau = pE\sin\theta$, $\theta = 90^\circ$ అయినపుడు, అది గరిష్ఠ విలువను పొందును.

ఈ యుగ్మ భ్రామకము అనునది విద్యుత్ ద్విధ్రువమును భ్రమణము చెందించి విద్యుత్ క్షేత్రము $\vec{E}$ దిశలో అమర్చుతుంది.

ద్విధ్రువముపై పనిచేయు మొత్తం యుగ్మభ్రామకము (torque) శూన్యమగును. విద్యుత్ క్షేత్రము అసమరీతిగా యుండిన $+q$ పై బలము $-q$ పైన బలము వేర్వేరుగా వుండును. ఈ పరిస్థితులలో యుగ్మభ్రామకముతో పాటు నికర బలము కూడా ద్విధ్రువము పై పనిచేయును.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 25 24-03-2023 08:52:30



పటము 1.19 అసమరీతి విద్యుత్ క్షేత్రములో విద్యుత్ ద్విధ్రువము

ఉదాహరణము 1.11

3×10^4 N C^{-1} బలము కలిగిన ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రములో HCl వాయు, అణువులు ఉంచబడినది. HCl అణువు యొక్క విద్యుత్ ద్విధ్రువ భ్రామకము 3.4×10^{-30} Cm అయిన ఒక HCl అణువు మీద పనిచేయు గరిష్ఠ భ్రామకము లెక్కించుము.

సాధన

బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రమునకు లంబముగా యున్న స్థితిలో ద్విధ్రువముపై గరిష్ఠ యుగ్మభ్రామకము పనిచేయును.

$$\tau_{max} = pE\sin 90^\circ = 3.4\times10^{-30}\times3\times10^4$$
$$\tau_{max} = 10.2\times10^{-26}\,\text{Nm}$$

1.5 స్థిర విద్యుత్ శక్మము (ELECTROSTATIC POTENTIAL) మరియు శక్మశక్తి (POTENTIAL ENERGY)

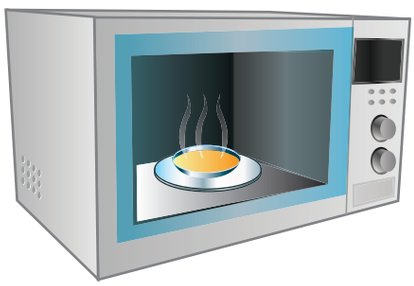
పరిచయం

యాంత్రిక శాస్త్రములో, శక్తి నిత్యత్వ బలములకు స్థితిజ శక్తి నిర్వచింపబడుచున్నది. గురుత్వాకార్షణ బలము ఒక నిత్యత్వ బలముగా యుండుట వలన గురుత్వ స్థితిజ శక్తి 11 వ తరగతి భౌతిక శాస్త్రము అధ్యాయములో నిర్వచింపబడినది. కూలూంబ్ బలము ఒక విలోమ వర్గ నియమము కనుక ఇది కూడా గురుత్వాకర్షణ బలము వలే ఒక శక్తి నిత్యత్వ బలమే అందువలన ఆవేశ విన్యాసములకు శక్మమును నిర్వచించవచ్చును.

1.5.1 స్థిర విద్యుత్ శక్మశక్తి (Electrostatic Potential energy) మరియు స్థిర విద్యుత్ శక్మము (Electrostatic potential)

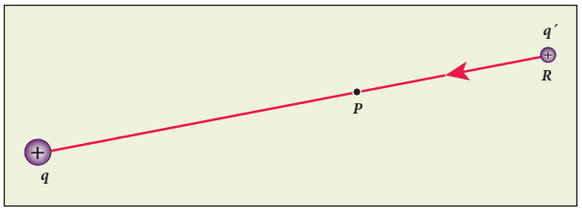
తన చుట్టూ విద్యుత్ క్షేత్రము $\vec{E}$ ని ఏర్పరచు ఆది బిందువు వద్ద ఉంచబడిన ధనావేశమును q అనుకొనుము. దానికి పరిశోధన ఆవేశము q కి మధ్య యుండు వికర్షణ బలమునకు వ్యతిరేఖ బిందువు R నుండి వికర్షణ బలమునకు వ్యతిరేఖంగా q^1 అను పరిశోధక ఆవేశము బిందువు p కు పటము 1.20లో చూపిన విధముగా తీసుకొని రాబడును. ఈ విధముగా తీసుకొని వచ్చుటకు ఈ వికర్షణ బలమునకు వ్యతిరేఖముగా పనిచేయవలెను. ఈ పనియే స్థిర విద్యుత్ శక్మశక్తిగా (Electrostatic potential) నిక్షిప్తమవుతుంది.

మీకు తెలుసా?



విద్యుత్ ద్విధ్రువముపై యుగ్మభ్రామకము పనిచేయును అను నియమము ఆధారముగా అతి సూక్ష్మ తరంగ పొయ్యి (Microwave oven) పని చేయును. మనము తీసుకొను ఆహారములో యున్న నీటి అణువులు శాశ్వత ద్విధ్రువములు అని మనకు తెలుసు. ఈ పొయ్యి అతి సూక్ష్మతరంగములు, విద్యుత్ అయస్కాంత క్షేత్ర డోలనములను ఏర్పరచును. ఈ కారణముగా అవి నీటి అణువులు ఒక్కొక్క దాని మీద యుగ్మభ్రామకమును కలిగిస్తాయి. అందువలన అవి చాలా వేగముగా భ్రమణము చెందును. దాని నుండి ఉష్ణశక్తి ఏర్పడుచున్నది. ఈ విధంగా ఏర్పడు ఉష్ణము వలన ఆహారము తయారు చేయబడుచున్నది.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 26 24-03-2023 08:52:31



పటము 1.20 చేయబడు పని స్థిర విద్యుత్ శక్మశక్తికి సమానము

పరిశోధక ఆవేశము q' అనునది బిందువు R నుండి బిందువు P నకు ఏకరీతి దిశావేగముతో జరుపవలయుననిన దానిపై పనిచేయు బాహ్యబలము అనునది కూలూంబ్ బలమునకు సమానముగాను దానికి వ్యతిరేఖ దిశలోను పనిచేయవలెను. $\left(\vec{F}_{ext} = -\vec{F}_{coulomb}\right)$ కావున చేయబడిన పని

$$W = \int_R^P \vec{F}_{ext} \cdot d\vec{r} \qquad (1.25)$$

కూలూంబ్ బలము ఒక శక్తి నిత్యత్వ బలము అగుట వలన చేయబడు పనియనునది జరుపబడిన మార్గముపై ఆధారపడుకుండా పరిశోధక ఆవేశము యొక్క ప్రారంభ (తొలి) మరియు అంతిమ (తుది) స్థానమును బట్టి వుండును. బిందువు P లో విద్యుదావేశము q' యొక్క స్థిర విద్యుత్ శక్మశక్తి U_P అనియు బిందువు R లో అది U_R అని అనుకొనుము. ఎందుకనగా, స్థిర విద్యుత్ శక్మశక్తి బేధము అనునది బిందువు R నుండి బిందువు P కి పరిశోధక ఆవేశమును జరుపుటకు చేయబడు పనికి సమానము. అనగా $U_P - U_R = W = \Delta U$

$$\Delta U = \int_R^P \vec{F}_{ext} \cdot d\vec{r} \qquad (1.26)$$

కావున $\vec{F}_{ext} = -\vec{F}_{coulomb} = -q'\vec{E}$ (1.27)

$$\Delta U = \int_R^P -\left(q'\vec{E}\right) \cdot d\vec{r} = q' \int_R^P \left(-\vec{E}\right) \cdot d\vec{r} \qquad (1.28)$$

ఒక ప్రమాణ విద్యుత్ ఆవేశమునకు గల స్థిర విద్యుత్ శక్మశక్తి భేదము

$$\frac{\Delta U}{q'} = \frac{q' \int_R^P \left(-\vec{E}\right) \cdot d\vec{r}}{q'} = -\int_R^P \vec{E} \cdot d\vec{r} \qquad (1.29)$$

ఈ సమీకరణ (1.29) q' పై ఆధారపడలేదు. ఈ భౌతికరాశి $\frac{\Delta U}{q'} = -\int_R^P \vec{E} \cdot d\vec{r}$ అనునది P మరియు R నకు మధ్యగల స్థిరవిద్యుత్ శక్మభేదము అని పిలువబడుచున్నది. ఇంకనూ దీనిని $V_P - V_R = \Delta V$ అని గుర్తించెదము.

దీనిని క్రింది విధముగా వివరించవచ్చును. బిందువు R నుండి బిందువు P కి ఒక ప్రమాణ ధనావేశము కలిగిన ఆవేశమును తీసుకొనిరావడానికి బాహ్యబలముచే చేయబడు పని విద్యుత్ శక్మభేదము నిర్వచింపబడుచున్నది.

$$V_P - V_R = \Delta V = \int_R^P -\vec{E} \cdot d\vec{r} \qquad (1.30)$$

స్థిర విద్యుత్ శక్మశక్తి భేదము క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును. $\Delta U = q' \Delta V$ రెండు బిందువులకు మధ్యగల స్థిర విద్యుత్ శక్మభేదము అనునది ఉపయోగించబడు ఒక అర్థవంతమైన ఒక భౌతికరాశి అగును. మరొక విధముగా ఒక బిందువు వద్ద స్థిర విద్యుత్ శక్మ విలువ అనునది అర్థంలేనిది. అందువలన బిందువు R ను అనంత దూరంలో ఉన్నట్లుగా అనుకొనుము. $\left(V_\infty = 0\right)$

ఒక బిందువులో (P) వద్ద స్థిర విద్యుత్ శక్మము అనునది బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్ర ($\vec{E}$) పనిచేయబడు ప్రాంతములో అనంత దూరము నుండి ఆ బిందువుకు (P) ఒక ప్రమాణ ధనావేశమును కలిగిన ఆవేశమును ఏకరీతి దిశావేగముతో తీసుకొని రావడానికి బాహ్యబలముచే చేయబడు పనికి సమానమగును.

దీనిని గణితరూపములో క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

$$V_P = -\int_\infty^P \vec{E} \cdot d\vec{r} \qquad (1.31)$$

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 27 24-03-2023 08:52:34

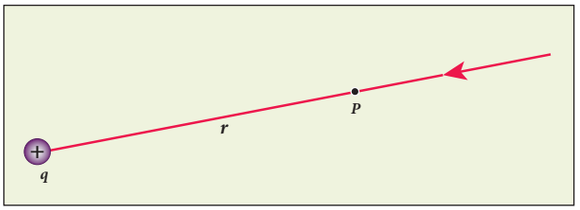
ముఖ్యమైన భావనలు

1. ఒక బిందువు వద్ద యున్న విద్యుత్ శక్మమనునది ఆధార ఆవేశజనకము q వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రముపైన మాత్రమే ఆధారపడి వుండును. ఆ విద్యుత్ క్షేత్రము పరిశోధక ఆవేశము q' వలన ఏర్పడదు. అనంత దూరము నుండి బిందువు P కి ఒక ప్రమాణ విద్యుత్ ఆవేశము కలిగిన ధనావేశమును ఏకరీతి దిశావేగములో తీసుకొని రావలయును. ఎందుకనగా బాహ్యబలము వలన ఆ పరిశోధక ఆవేశమునకు ఎటువంటి గతిజ శక్తిని ఇవ్వకూడదు.
2. సమీకరణము 1.29 ప్రకారము విద్యుత్ శక్మము యొక్క ప్రమాణము, జూల్/కూలూంబ్ (Jc^{-1}) అయినను దాని ప్రయోగాత్మక ప్రమాణము వోల్ట్ (V) , ఇది విద్యుత్ ఘటమును మొట్టమొదటగా నిర్మించిన అలెస్సాండ్రో ఓల్టా (1745–1827) అనునతని గౌరవార్థముగా ఉంచబడిన ప్రమాణమగును. రెండు బిందువులకు మధ్యగల విద్యుత్ శక్మభేదమనునది విద్యుత్ శక్మకొలతలో (Voltage) గుర్తించబడుచున్నది.

గమనిక (ఆవేశము పొందిన) వస్తువుల యొక్క చలనమును వివరించుటకు క్షేత్రము అను భావనను ఉపయోగించుటకన్నా విద్యుత్ శక్మము లేదా విద్యుత్‌శక్మశక్తి అను భావనను ఉపయోగించుట సులభముగా యుండును.

1.5.2 బిందు ఆవేశము వలన ఏర్పడు విద్యుత్ శక్మము

ఆది బిందువులో ఆవేశము స్థిరముగా యుంచబడిన q ఆవేశ విలువ కలిగిన ఒక ధనావేశము యున్నదనుకొనుము. బిందువు P అక్కడ నుండి r దూరములో యున్నది. (పటము 1.21)



పటము 1.21 బిందువు P లో విద్యుత్ శక్మము

బిందువు P లో విద్యుత్ శక్మము

$$V = \int_{\infty}^{r} \left(-\vec{E}\right)\cdot d\vec{r} = -\int_{\infty}^{r} \vec{E}\cdot d\vec{r} \qquad (1.32)$$

బిందు ధనావేశము q వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రము

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2}\hat{r}$$

$$V = \frac{-1}{4\pi\epsilon_0}\int_{\infty}^{r}\frac{q}{r^2}\hat{r}.d\vec{r}$$

సూక్ష్మ స్థానభ్రంశ సదిశ $d\vec{r} = dr\hat{r}$ మరియు $\hat{r}.\hat{r} = 1$,

$$V = -\frac{1}{4\pi\epsilon_{\circ}}\int_{\infty}^{r}\frac{q}{r^2}\hat{r}\cdot dr\hat{r} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_{\circ}}\int_{\infty}^{r}\frac{q}{r^2}dr$$

సమాకలనము తర్వాత,

$$V = -\frac{1}{4\pi\epsilon_{\circ}}q\left\{-\frac{1}{r}\right\}_{\infty}^{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_{\circ}}\frac{q}{r}$$

అందుకే బిందు ఆవేశము వలన r దూరములో ఏర్పడు విద్యుత్ శక్మము.

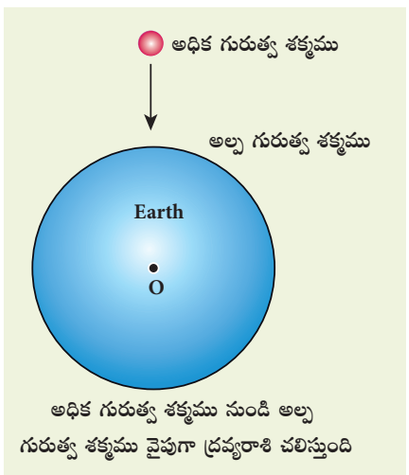
$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r} \qquad (1.33)$$

ముఖ్యమైన గమనికలు

(i) ఆవేశజనకము $'q'$ ధనావేశము కలిగియుండిన, $V > 0$ ఆధారఆవేశజనకము q ఋణావేశము కలిగియుండిన V కూడా ఋణావేశమును కలిగివుండును. $V = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}$

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 28 24-03-2023 08:52:37

(ii) దూరము అధికరించునపుడు ధనావేశము వలన ఏర్పడు విద్యుత్ శక్మము తగ్గుతుంది. అనుటను సమీకరణము (1.33) మూలముగా తెలుసుకొనవచ్చును. అదేసమయములో ఋణావేశమునకు మాత్రము దూరము అధికరించునపుడు విద్యుత్ శక్మము అధికరించును. అనంత దూరములో $(r=\infty)$ స్థిర విద్యుత్ శక్మము శూన్యము (V = 0) అగును.

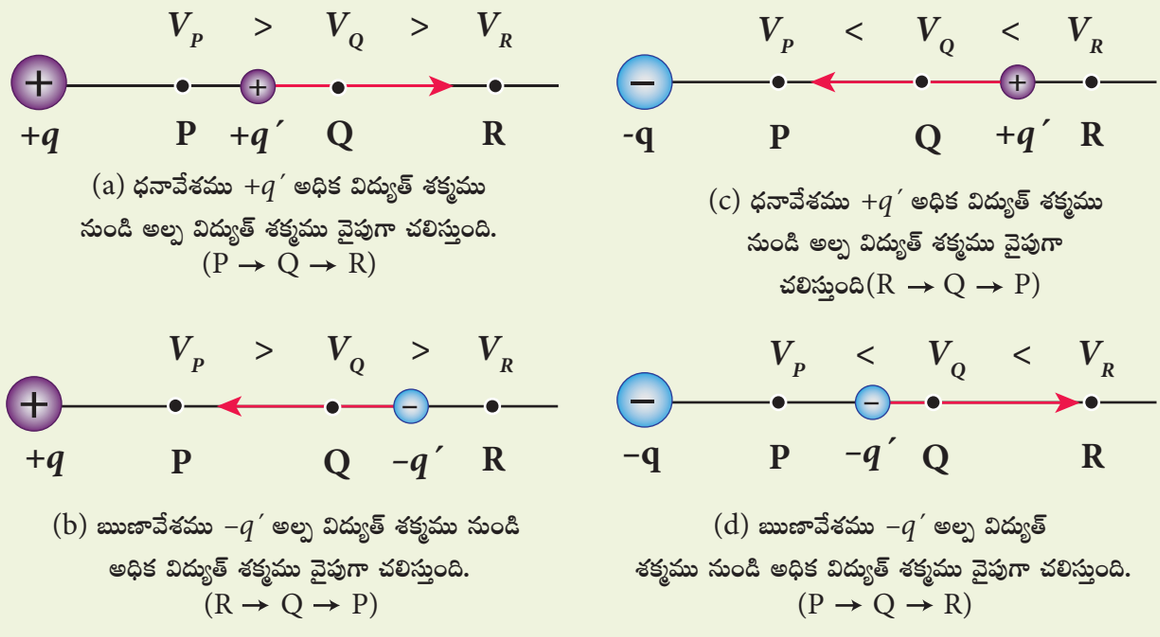


పటము 1.22 గురుత్వ శక్మము పరంగా ద్రవ్యరాశి చలనము

అధిక గురుత్వశక్మం నుండి తక్కువ గురుత్వశక్మంనకు ద్రవ్యరాశి చలించును. గురుత్వ క్షేత్రము ప్రకారము అధిక గురుత్వశక్మ బిందువు నుండి తక్కువ గురుత్వ శక్మం కలిగిన బిందువుకు ద్రవ్యరాశి చలించును. అదే విధముగా అధిక స్థిర విద్యుత్ శక్మము కలిగిన బిందువు నుండి తక్కువ స్థిర విద్యుత్ శక్మము కలిగిన బిందువుకు ఒక ధనావేశము చలించును. కానీ ఋణావేశము తక్కువ స్థిర విద్యుత్ శక్మము నుండి అధిక స్థిర విద్యుత్ శక్మమునకు చలించును. ఈ పోలికలు పటము (1.23) లో చూపించబడినవి.

(iii) $q_1, q_2, q_3 \ldots . q_n$ అను అనేక ఆవేశములు కలిగిన వ్యవస్థ వలన ఒక బిందువులో (P) ఏర్పడు విద్యుత్ శక్మము అనునది విడివిడి విద్యుత్ ఆవేశముల వలన ఏర్పడు విద్యుత్ శక్మముల యొక్క మొత్తమునకు సమానమగును.

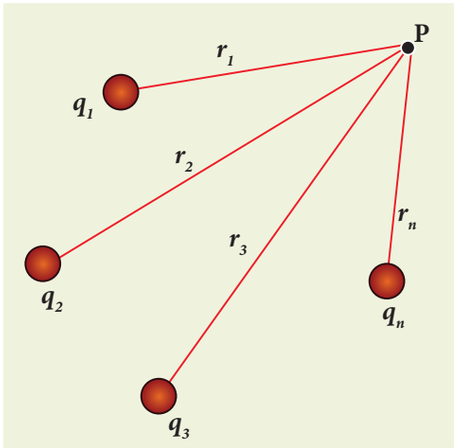
$$V_{tot} = \frac{kq_1}{r_1} + \frac{kq_2}{r_2} + \frac{kq_3}{r_3} + \ldots$$
$$\ldots . + \frac{kq_n}{r_n} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^{n} \frac{q_i}{r_i} \qquad (1.34)$$



పటము 1.23 విద్యుత్ శక్మము పరంగా ఆవేశముల చలనము

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 29 24-03-2023 08:52:38

ఇచ్చట $r_1, r_2, r_3 \ldots\ldots r_n$ అనునవి బిందువు P నుండి విద్యుత్ ఆవేశములు $q_1, q_2, q_3 \ldots\ldots q_n$ నకు గల దూరములు.

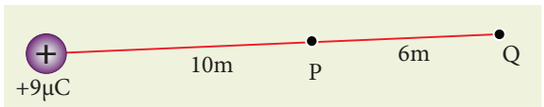


పటము 1.24 అనేక విద్యుత్ ఆవేశముల సేకరణ వలన ఏర్పడు స్థిర విద్యుత్ శక్మము.

ఉదాహరణము 1.12

(a) క్రింది యున్న పటములో P మరియు Q బిందువులలో కనబడు విద్యుత్ శక్మమును లెక్కించుము.

(b) దానిలో యున్న +9 μC ఆవేశమునకు బదులుగా −9 μC ఉంచబడిన P మరియు Q బిందువులలో స్థిర విద్యుత్ శక్మమును లెక్కించుము.



(c) అనంత దూరము నుండి బిందువు Q కు 2 μC విలువ కలిగిన పరిశోధక ఆవేశము ఒకదానిని తీసుకొనిరావడానికి చేయవలసిన పనిని లెక్కించుము. +9 μC ఆది బిందువులో స్థిరముగా యుంచబడినది. మరియు +2 μC ఆవేశము అనంత దూరము నుండి బిందువు P కు జరుపబడుచున్నవి అని అనుకొనుము.

సాధన

(a) బిందువు P లో ఏర్పడు విద్యుత్ శక్మము

$$V_P = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q}{r_P} = \frac{9\times10^9\times9\times10^{-6}}{10} = 8.1\times10^3\ \text{V}$$

బిందువు Q లో ఏర్పడు విద్యుత్ శక్మము

$$V_Q = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q}{r_Q} = \frac{9\times10^9\times9\times10^{-6}}{16} = 5.06\times10^3\ \text{V}$$

ఇచ్చట బిందువు P యొక్క విద్యుత్ శక్మము కంటే బిందువు Q యొక్క విద్యుత్ శక్మము తక్కువగా యుండుట గమనించుము. అందువలన ఒక ధన ఆవేశమును P లో ఉంచిన అది బిందువు Q వైపు చలించును. దానికి బదులుగా ఒక ఋణావేశము బిందువు P లో ఉంచిన అది +9 μC విద్యుత్ అవేశము వైపుగా కదులును.

బిందువు P మరియు Q కు మధ్యగల విద్యుత్ శక్మభేదము.

$$\Delta V = V_P - V_Q = +3.04\times10^3\ \text{V}$$

(b) +9 μC ఆవేశమునకు బదులుగా −9 μC ఆవేశమును యుంచిన P మరియు Q బిందువులలో ఏర్పడు విద్యుత్ శక్మములు క్రమముగా

$$V_P = -8.1\times10^3\ \text{V},\ V_Q = -5.06\times10^3\ \text{V}$$

ఇచ్చట బిందువు P యొక్క విద్యుత్ శక్మము కంటే బిందువు Q యొక్క విద్యుత్ శక్మము అధికముగా యుండుట గమనించుము.

బిందువు P మరియు బిందువు Q కి మధ్యగల విద్యుత్ శక్మ భేదము

$$\Delta V = V_P - V_Q = -3.04\times10^3\ \text{V}$$

(c) ఆవేశము ఒక దాని వలన ఒక బిందువులో ఏర్పడు విద్యుత్ శక్మము అనునది ఒక ప్రమాణ ఆవేశము కలిగిన ధనావేశమును అనంత దూరము నుండి ఆ బిందువుకు తీసుకొని రావడానికి బాహ్యబలము వలన చేయబడిన పనికి సమానమగును. అందువలన Q ఆవేశము కలిగిన కణము అనంత దూరము నుండి ఆ బిందువుకు తీసుకొని రావడానికి చేయబడు పని

$$W = qV$$

$$W_Q = 2\times10^{-6}\times5.06\times10^3 = 10.12\times10^{-3}\ \text{J}.$$

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 30 24-03-2023 08:52:40

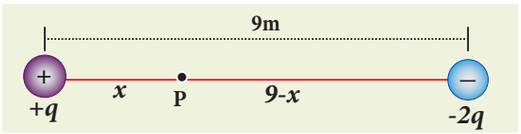
ఉదాహరణము 1.13

$+q$ ఆవేశము కలిగిన ధనావేశము ఆదిబిందువులో యుంచబడినది. దాని నుండి 9 m దూరములో మరొక బిందు ఆవేశము $-2q$ ఉంచబడియున్నది. ఈ విద్యుత్ ఆవేశములకు మధ్యలో విద్యుత్ శక్మము శూన్యముగా యున్న బిందువును కనుగొనుము.

సాధన

ఆధ్యారోపణ తత్వము ప్రకారము ఒక బిందువులో ఏర్పడు నికర విద్యుత్ శక్మమనునది విడివిడి విద్యుత్ ఆవేశముల వలన ఆ బిందువులో ఏర్పడు విద్యుత్ శక్మముల యొక్క మొత్తమునకు సమానము.

మొత్తం విద్యుత్ శక్మ విలువ శూన్యమగు బిందువు $+q$ విద్యుదావేశము నుండి x దూరములో ఉన్నట్లు అనుకొనుము.



బిందువు P లో మొత్తం విద్యుత్ శక్మము శూన్యము దీనిని క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

$$V_{tot} = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\left(\frac{q}{x} - \frac{2q}{(9-x)}\right) = 0$$

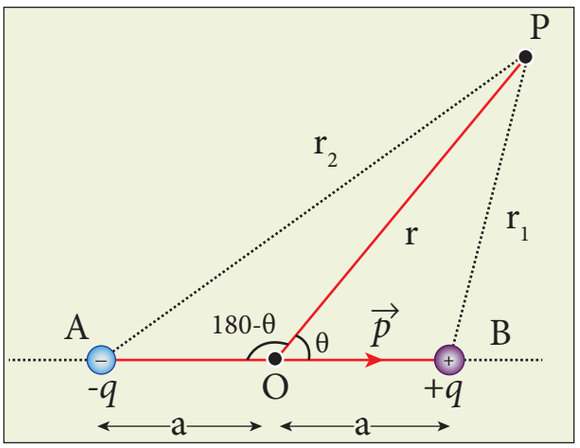
$$\frac{q}{x} = \frac{2q}{(9-x)} \quad \text{(లేదా)}$$

$$\frac{1}{x} = \frac{2}{(9-x)}$$

కావున, $x = 3$ m

1.5.3 విద్యుత్ ద్విధ్రువము వలన ఒక బిందువులో ఏర్పడు స్థిర విద్యుత్ శక్మము (Electrostatic potential at a point due to an electric dipole)

పటము 1.25 లో చూపిన విధముగా $2a$ అను తక్కువ దూరములో వేరుచేయబడియున్న రెండు సమాన, విజాతి ఆవేశములను అనుకొనుము. విద్యుత్ ద్విధ్రువము యొక్క మధ్య బిందువు నుండి 'r' దూరములో 'p' అను బిందువు ఉన్నది. AB అను ద్విధ్రువ అక్షమునకు OP అను రేఖకు మధ్యగల కోణము θ అనుకొనుము.



పటము 1.25 విద్యుత్ ద్విధ్రువము వలన ఏర్పడు విద్యుత్ శక్మం.

$+q$ నుండి బిందువు P యొక్క దూరము r_1 అనియు $-q$ నుండి బిందువు P యొక్క దూరము r_2 అని అనుకొనుము.

$+q$ ఆవేశము వలన బిందువు P లో ఏర్పడు విద్యుత్ శక్మము $= \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q}{r_1}$

$-q$ ఆవేశము వలన బిందువు P లో ఏర్పడు విద్యుత్ శక్మము $= -\frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q}{r_2}$

బిందువు P లో ఏర్పడు మొత్తం విద్యుత్ శక్మము.

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ} q\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \qquad (1.35)$$

విద్యుత్ ద్విద్రువము నుండి అధిక దూరములో బిందువు P యుండిన, $r>>a$, అందువలన సమీకరణము (1.35) ని r తరపున వ్రాయవచ్చును.

BOP త్రిభుజములో cosine నియమమును ఉపయోగించునపుడు

$$r_1^2 = r^2 + a^2 - 2ra\cos\theta$$

$$r_1^2 = r^2\left(1 + \frac{a^2}{r^2} - \frac{2a}{r}\cos\theta\right)$$

బిందువు P విద్యుత్ ద్విధ్రువము నుండి చాలా అధిక దూరములో యుండుట వలన ($r>>a$), ఈ కారణంగా $\frac{a^2}{r^2}$ యొక్క విలువ చాలా తక్కువ. అందువలన దానిని తొలగించవచ్చును.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 31 24-03-2023 08:52:43

$$r_1^2 = r^2\left(1-2a\frac{\cos\theta}{r}\right)$$

(లేక) $r_1 = r\left(1-\frac{2a}{r}\cos\theta\right)^{\frac{1}{2}}$

$$\frac{1}{r_1} = \frac{1}{r}\left(1-\frac{2a}{r}\cos\theta\right)^{-\frac{1}{2}}$$

$\frac{a}{r} << 1$ అందువలన ద్విపద సిద్ధాంతమును ఉపయోగించి అధిక ఘాతములను తొలగించి వ్రాసిన

$$\frac{1}{r_1} = \frac{1}{r}\left(1+\frac{a}{r}\cos\theta\right) \qquad (1.36)$$

అదే విధముగా AOP త్రిభుజములో cosine నియమమును ఉపయోగించునపుడు

$$r_2^2 = r^2 + a^2 - 2ra\cos(180-\theta)$$

since $\cos(180-\theta) = -\cos\theta$ we get

$$r_2^2 = r^2 + a^2 + 2ra\cos\theta$$

$\frac{a^2}{r^2}$ తొలగించగా (because $r>>a$)

$$r_2^2 = r^2\left(1+\frac{2a\cos\theta}{r}\right)$$

$$r_2 = r\left(1+\frac{2a\cos\theta}{r}\right)^{\frac{1}{2}}$$

ద్విపద సిద్ధాంతమును ఉపయోగించి

$$\frac{1}{r_2} = \frac{1}{r}\left(1-a\frac{\cos\theta}{r}\right) \qquad (1.37)$$

సమీకరణము (1.37) మరియు (1.36) ను సమీకరణము (1.35) తో ప్రతిక్షేపించగా,

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}q\left(\frac{1}{r}\left(1+a\frac{\cos\theta}{r}\right)-\frac{1}{r}\left(1-a\frac{\cos\theta}{r}\right)\right)$$

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_\circ}\left(\frac{1}{r}\left(1+a\frac{\cos\theta}{r}-1+a\frac{\cos\theta}{r}\right)\right)$$

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{2aq}{r^2}\cos\theta$$

విద్యుత్ ద్విధృవము యొక్క భ్రామకము $p = 2qa$ కావున

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{p\cos\theta}{r^2}\right)$$

p $\cos\theta = \vec{p}\cdot\hat{r}$ అని వ్రాయవచ్చును. ఇచ్చట $\hat{r}$ అనునది బిందువు O నుండి బిందువు P వైపు గల ఒక ప్రమాణసదిశ అగును. కావున విద్యుత్ ద్విధృవము వలన ఒక బిందువులో ఏర్పడు విద్యుత్ శక్మము.

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{\vec{p}\cdot\hat{r}}{r^2} \quad (r>>a) \qquad (1.38)$$

విద్యుత్ ద్విధృవము యొక్క కొలతను పోల్చునపుడు చాలా అధికము గల దూరమునకు సమీకరణము (1.38) సరిపోవును. బిందు ద్విధృవమునకు ఏ దూరమునకైనను సమీకరణము (1.38) సరిపోవును.

ప్రత్యేక సందర్భములు

సందర్భం (i): ద్విధృవము యొక్క అక్షీయరేఖలో $+q$ఆవేశము నున్న వైపు బిందువు 'P' ఉండిన $\theta = 0^\circ$ అప్పుడు విద్యుత్ శక్మము

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{p}{r^2} \qquad (1.39)$$

సందర్భం (ii): విద్యుత్ ద్విధృవము యొక్క అక్షీయరేఖలో $-q$ ఆవేశము ఉన్నవైపు బిందువు 'P' నుండిన $\theta = 180^\circ$ కావున

$$V = -\frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{p}{r^2} \qquad (1.40)$$

సందర్భం (iii) విద్యుత్ ద్విధృవము యొక్క మధ్యలంబ తలములో బిందువు 'P' ఉండిన $\theta = 90^\circ$. కావున

$$V = 0 \qquad (1.41)$$

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 32 24-03-2023 08:52:50

గమనిక

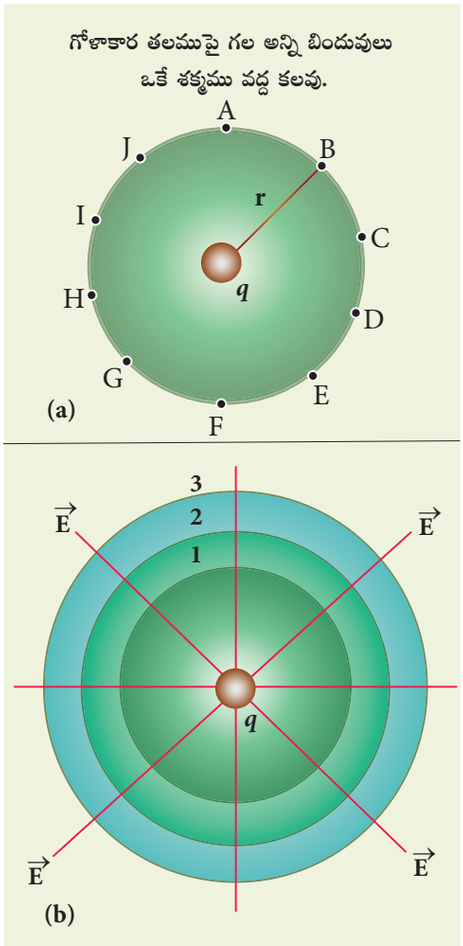
విద్యుత్ ద్విధృవము యొక్క విద్యుత్ శక్మము ఏ విధముగా తగ్గుచున్నదో అదే సమయంలో బిందు ఆవేశములో విద్యుత్‌శక్మము అదే విధముగా తగ్గును అందువలన ఒక బిందువు ఆవేశము కన్నా విద్యుత్ ద్విధృవము యొక్క విద్యుత్ శక్మము వేగముగా తగ్గుచున్నది. ఎందుకనగా విద్యుత్ ద్విధృవముల నుండి దూరము అధికరించునపుడు ధన మరియు ఋణ ఆవేశముల యొక్క సంఘటనలు ఒకదానినొకటి తటస్థము చేసుకొనును.

1.5.4 సమ విద్యుత్ శక్మతలము (Equi-potential Surface)

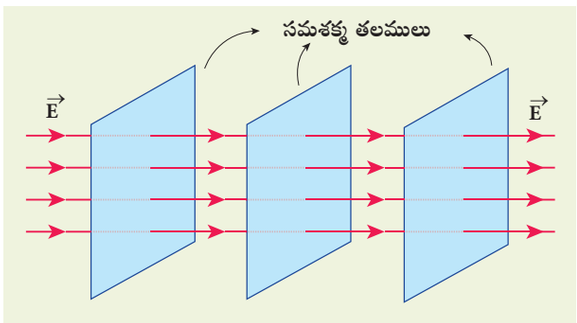
అంతరాళములోని ప్రదేశములో ఒక బిందువు వద్ద ఉంచబడిన బిందు ఆవేశము 'q'ను కేంద్రముగా తీసుకొని 'r' వ్యాసార్ధము కలిగిన ఒక ఊహాగోళమును తలచుకొనుము (పటము 1.26(a)) ఈ గోళము యొక్క తలములో యున్న అన్ని బిందువులు ఒకే విద్యుత్ శక్మమును కలిగియుండును. ఇటువంటి తలమునే సమవిద్యుత్ శక్మము అందురు.

ఒక తలములో యున్న అన్ని బిందువులు ఒకే విద్యుత్ శక్మము కలిగియుండిన ఆ తలమును సమవిద్యుత్ శక్మతలము అంటారు. ఒక బిందు ఆవేశమునకు సమవిద్యుత్ శక్మ తలముగా ఒక కేంద్ర గోళ తలములు యుండుట పటములో (1.26(b)) చూడ వచ్చును. ఒక్కొక్క గోళతలము ఒకసమ విద్యుత్ శక్మ తలము అనినను ఒక్కొక్క దాని యొక్క విద్యుత్ శక్మ విలువ వేర్వేరుగా వుండును.

ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రమును బట్టి. దానికి లంబముగా యున్న తలముల యొక్క కూర్పే సమవిద్యుత్ శక్మ తలముగును. (పటము 1.27).



పటము 1.26 బిందు ఆవేశము యొక్క సమవిద్యుత్ శక్మతలము.



పటము 1.27 ఏకరీత విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క సమవిద్యుత్ శక్మతలములు

సమ విద్యుత్ శక్మ తలముల యొక్క ధర్మములు :

(i) A మరియు B బిందువులకు మధ్య q విద్యుత్ ఆవేశము కలిగిన ఆవేశమును జరుపుటకు చేయబడు పని $W = q\,(V_B - V_A)$. A, B రెండు బిందువులను ఒకే సమ విద్యుత్ శక్మతలములో

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 33 24-03-2023 08:52:51

యుండిన, చేయబడు పని శూన్యమగును ఎందుకనగా $V_B = V_A$.

(ii) సమ విద్యుత్ శక్మ తలమునకు లంబముగా విద్యుత్ క్షేత్రము వుండును ఆ విధముగా లంబముగా లేకుండినా, క్షేత్రము యొక్క ఒక అంశము తలమునకు సమాంతరముగా వుండును. అందువలన ఆ తలములోనే యున్న రెండు బిందువులకు మధ్య ఒక ఆవేశమును జరుపుటకు పనిచేయవలెను. ఇది విరుద్ధమైనది. ఎందుకనగా సమవిద్యుత్ శక్మతలమునకు లంబముగానే విద్యుత్ క్షేత్రము ఎల్లప్పుడు వుండును.

1.5.5 విద్యుత్ క్షేత్రమునకు మరియు విద్యుత్ శక్మమునకు మధ్యగల సంబంధము (Relation between electric field and potential)

ఆది బిందువు వద్ద యుంచబడియున్న ధనావేశము q ని ఊహించుము E విద్యుత్ క్షేత్రములో ఒక ప్రమాణ విద్యుత్ ఆవేశము కలిగిన ధనావేశము ఒకటిని dx దూరము జరుపుటకు చేయబడు పని $dW = -E\,dx$. ఇచ్చట ఋణాత్మక గుర్తు అనునది విద్యుత్ క్షేత్రమునకు వ్యతిరేఖముగా చేయబడు పనిని తెలుపును. ఈ పని విద్యుత్ శక్మబేధమునకు సమానమగును. అందువలన

$$dW = dV.$$

$$(\text{లేక})\ dV = -E\,dx \qquad (1.42)$$

$$\text{అందువలన}\ E = -\frac{dV}{dx} \qquad (1.43)$$

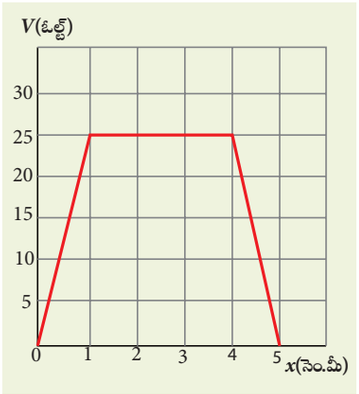
దీని నుండి విద్యుత్ క్షేత్రము అనునది ఋణాత్మకముగా గుర్తించబడిన విద్యుత్ శక్మ తరుగుదలకు కారణమగుచున్నది.

పైనున్న సమీకరణము (1.43) x – అంశమునకు మాత్రము సరిపోవును. విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క మూడు అంశములను సాధారణముగా క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

$$\vec{E} = -\left(\frac{\partial V}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial V}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial V}{\partial z}\hat{k}\right) \qquad (1.44)$$

ఉదాహరణము 1.14

x – నిరూపకాక్షము (కో ఆర్డినేట్) మూలముగా మాత్రము గుర్తించబడు విద్యుత్ శక్మము పటములో చూపబడియున్నది x మూలముగా విద్యుత్ క్షేత్రమును గీచి చూపించుము.



సాధన

ఈ సమస్యలో x ను బట్టి మాత్రమే విద్యుత్ శక్మము యుండుట వలన $\vec{E} = -\frac{dV}{dx}\hat{i}$ అను సమీకరణమును ఉపయోగించవచ్చును. (మిగతా రెండు భాగములైన $\frac{\partial V}{\partial y}$ మరియు $\frac{\partial V}{\partial z}$ శూన్యమగును.

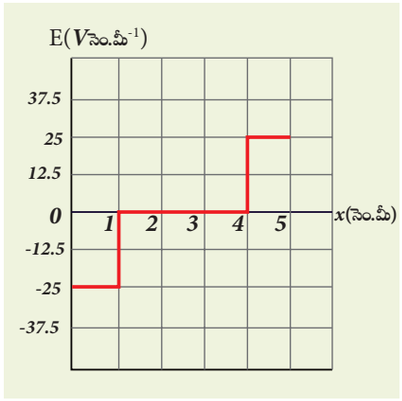
0 నుండి 1 cm వరకు వాలు స్థిరాంకముగా యున్నది ఇంకనూ $\frac{dV}{dx} = 25\,\text{V cm}^{-1}$. అందువలన $\vec{E} = -25\,\hat{i}\ \text{V cm}^{-1}$

1 నుండి 4 cm వరకు విద్యుత్ శక్మము స్థిరముగా యున్నది $V = 25$ V. అనగా $\frac{dV}{dx} = 0$. అందువలన $\vec{E} = 0$ అగును.

4 నుండి 5 cm వరకు వాలు $\frac{dV}{dx} = -25\,\text{V cm}^{-1}$. అందువలన $\vec{E} = +25\,\hat{i}\ \text{V cm}^{-1}$

x అక్షము యొక్క అనేక బిందువులలో విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క రేఖాపటము ఇచ్చట ఇవ్వబడియున్నది.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 34 24-03-2023 08:52:54



1.5.6 అనేక బిందు ఆవేశముల వలన ఏర్పడు స్థిర విద్యుత్ శక్మశక్తి (Electrostatic potential energy for collection of point charges)

q_1 బిందువు విద్యుదావేశము నుండి r దూరములో యున్న ఒక బిందువులో విద్యుత్ శక్మము

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q_1}{r}$$

ఒక ప్రమాణ ఆవేశము కలిగిన ధనావేశమును అనంత దూరము నుండి ఆ బిందువుకు తీసుకొని రావడానికి చేయబడు పనియే విద్యుత్ శక్మమగును. ఇప్పుడు q_2 ఆవేశమును అనంత దూరము నుండి q_1 కు r దూరములో యున్న బిందువుకు తీసుకొని రావడానికి చేయబడు పని అనునది అ బిందువులో విద్యుత్ శక్మము మరియు విద్యుత్ ఆవేశము q_2 యొక్క లబ్ద ఫలితమునకు సమానమగును.

$$W = q_2 V$$

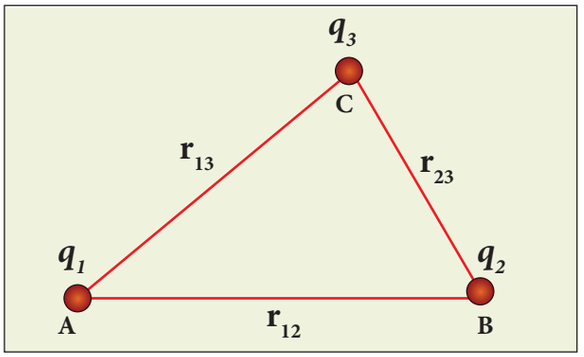
ఈ విధముగా చేయబడిన పని అనునది r దూరములో యున్న 'q_1' మరియు 'q_2' ఆవేశముల వ్యవస్థ యొక్క స్థిర విద్యుత్ శక్మశక్తి U గా నిక్షిప్తమగును.

$$U = q_2 V = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q_1 q_2}{r} \qquad (1.45)$$

రెండు ఆవేశములకు మధ్యగల దూరముపై ఈ స్థిర విద్యుత్ శక్మశక్తి అనునది ఆధారపడి యున్నది. q_1 స్థిరముగాను 'q_2' ను అనంత దూరము నుండి తీసుకొని వచ్చునట్లుగా వుంచి సమీకరణము (1.45) పొందబడినది. 'q_2' ని స్థిరముగా యుంచి 'q_1' ని అనంత దూరము నుండి తీసుకొచ్చినను, లేదా q_1 మరియు q_2 రెండింటిని అనంత దూరము నుండి r దూరములో ఉంచినను సమీకరణము (1.45) సరిపోవును.

మూడు ఆవేశములు క్రింది విధమైన అమరికలో ఉంచబడినది. పటము (1.28)

మొత్తం స్థిర విద్యుత్ శక్మశక్తిని లెక్కించుటకు క్రింది యున్న పద్ధతిని మనము పాటించెదము. ఒకదాని వెనుక ఒకటి ఆవేశములు అన్నియూ తీసుకొనివచ్చి వాటిని పటము 1.28 లో చూపిన విధంగా అమర్చవలయును.



పటము 1.28 అనేక బిందు ఆవేశముల వలన ఏర్పడు స్థిర విద్యుత్ శక్మశక్తి

(i) q_1 ఆవేశమునకు దగ్గరలో వేరే ఆవేశము ప్రారంభములో లేనందువలన అనంత దూరము నుండి దానిని బిందువు A వరకు తీసుకొని రావడానికి ఎటువంటి పనిచేయనవసరం లేదు.

(ii) 'q_2' విలువ కలిగిన రెండవ ఆవేశము బిందువు B కి తీసుకొని రావడానికి 'q_1' ఏర్పరచిన విద్యుత్ క్షేత్రమునకు వ్యతిరేఖముగా పనిచేయవలెను. q_2 పై చేయబడు పని $W = q_2 V_{1B}$. ఇచ్చట V_{1B} అనునది మొదటి ఆవేశము q_1 వలన B లో ఏర్పడు స్థిర విద్యుత్ శక్మం.

$$U_I = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q_1 q_2}{r_{12}} \qquad (1.46)$$

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 35 24-03-2023 08:52:56

q_2 ని మొదట తీసుకొచ్చి తరువాత q_1 తీసుకొచ్చినను ఇదే సమీకరణము లభించుటను, గమనించుము.

(iii) ఇదే విధంగా మూడవ ఆవేశము q_3 ని బిందువు C కి తీసుకొని రావడానికి q_2 మరియు q_3 ఆవేశములో కలిపి ఏర్పరచు మొత్తం విద్యుత్ క్షేత్రమునకు వ్యతి రేఖముగా పని చేయవలయును. అందువలన q_3 ఆవేశమును తీసుకొని రావటానికి చేయబడుపని = q_3 $(V_{1C} + V_{2C})$. ఇచ్చట V_{1C} అనునది మొదటి ఆవేశము 'q_1' చే బిందువు 'C' లో ఏర్పడు స్థిర విద్యుత్ శక్మము మరియు V_{2C} అనునది రెండవ ఆవేశము 'q_2' వలన బిందువు C లో ఏర్పడు స్థిర విద్యుత్ శక్మము అగును.

స్థిరవిద్యుత్ శక్మశక్తి

$$U_{II} = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\left(\frac{q_1q_3}{r_{13}} + \frac{q_2q_3}{r_{23}}\right) \qquad (1.47)$$

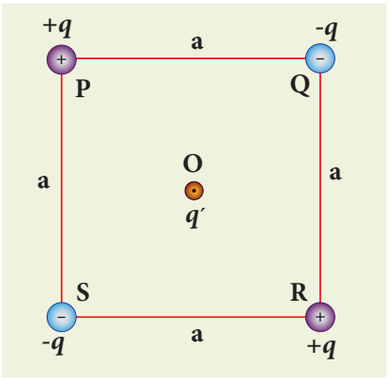
(iv) సమీకరణములు ((1.46) మరియు (1.47) ను కూడినపుడు q_1, q_2 మరియు q_3 ఆవేశముల అమరిక వలన ఏర్పడు మొత్తం స్థిర విద్యుత్ శక్మశక్తి $U = U_I + U_{II}$

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\left(\frac{q_1q_2}{r_{12}} + \frac{q_1q_3}{r_{13}} + \frac{q_2q_3}{r_{23}}\right) \qquad (1.48)$$

నిక్షిప్తమైన స్థిర విద్యుత్ శక్మశక్తి 'U' అనునది అ మూడు ఆవేశములను స్థిర విద్యుత్ బిందువుల వద్దకు తీసుకురావడానికి చేయబడు పనికి సమానమగుటను గమనించుము. ఆవేశములను ఏ వరుసలో తీసుకొచ్చినను ఇదే సమీకరణము (1.48) లభించివుండును. కూలూంబ్ బలము ఒక నిత్యత్వ బలముగా యుండుట వలన, ఆవేశముల యొక్క అమరిక పొందినపుడు ఏర్పడు స్థిర విద్యుత్ శక్మశక్తి అనునది అమరిక ఏర్పరచు విధానముపై ఆధారపడియుండదు.

ఉదాహరణము 1.15

పటములో చూపిన విధముగా భుజము a కలిగిన చతురస్రము $PQRS$ యొక్క శీర్షములలో నాలుగు విద్యుదావేశములు ఉంచబడియున్నవి. (a) ఈ అమరికలో ఆవేశములను ఉంచుటకు కావలసిన పనిని లెక్కించుము. (b) ఈ నాలుగు ఆవేశములు అదే శీర్షములలో యున్నప్పుడు మరొక ఆవేశమును (q') చతురస్రము యొక్క మధ్య బిందువుకు తీసుకొని పోవడానికి ఎంత గరిష్ఠ పని చేయవలయును?



సాధన

(a) చతురస్రము యొక్క శీర్షములలో విద్యుత్ ఆవేశములను యుంచుటకు కావలసిన పని అనునది అవి ఏ వరుసలో యుంచబడుచున్నది? అన్నదానిపై ఆధారపడుట లేదు కావున మనము ఏ వరుసనైననూ ఉపయోగించవచ్చును.

(i) మొదట $+q$ విద్యుత్ ఆవేశము కలిగిన ఆవేశమును ఒక శీర్షమునకు (P) తీసుకొని రమ్ము. వేరు ఆవేశములు ఏదియూ అచ్చట లేనందు వలన దీనికి కావలసిన పని శూన్యము. $W_P = 0$

(ii) $-q$ వలువ కలిగిన విద్యుత్ ఆవేశమును శీర్షము Q నకు తీసుకొని రావడానికి చేయబడుపని = $(-q)$ × బిందువు P లో ఉంచబడిన $+q$ విలువ కలిగిన ఆవేశము వలన బిందువు Q లో ఏర్పడు విద్యుత్ శక్మము.

$$W_Q = -q \times \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q}{a} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q^2}{a}$$

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 36 24-03-2023 08:52:57

(iii) $+q$ విలువ కలిగిన ఆవేశమును శీర్షము R కు తీసుకొని రావడానికి చేయబడు పని = q × (బిందువు P మరియు Q లో ఏర్పడు విద్యుత్ శక్మము).

$$W_R = q \times \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\left(-\frac{q}{a}+\frac{q}{\sqrt{2}a}\right)$$
$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q^2}{a}\left(-1+\frac{1}{\sqrt{2}}\right)$$

(iv) నాల్గవ ఆవేశము $-q$ ని శీర్షము S కు తీసుకొని రావడానికి చేయబడు పని = $-q$ × (బిందువులు P, Q మరియు R లో ఉంచబడిన మూడు ఆవేశముల వలన బిందువు S లో ఏర్పడు విద్యుత్ శక్మము).

$$W_S = -q \times \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\left(\frac{q}{a}+\frac{q}{a}-\frac{q}{\sqrt{2}a}\right)$$

$$W_S = -\frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q^2}{a}\left(2-\frac{1}{\sqrt{2}}\right)$$

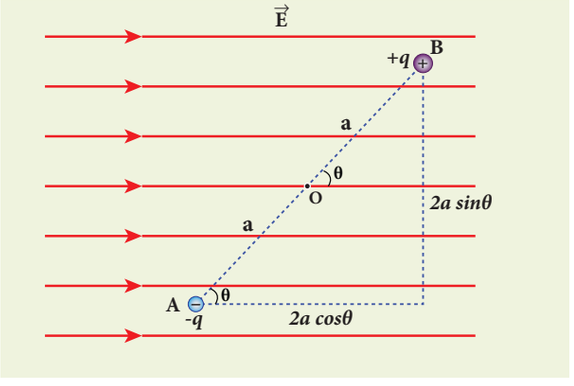
(b) చతురస్రము యొక్క కేంద్రమునకు q' ఆవేశమును తీసుకొని రావడానికి చేయబడు పని = q' × (వాలు శీర్షములలో యున్న ఆవేశముల వలన మధ్య బిందువు 'O' లో ఏర్పడు విద్యుత్ శక్మము)

$+q$ విద్యుత్ ఆవేశము కలిగిన రెండు ఆవేశముల వలన ఏర్పడు విద్యుత్ శక్మము అనునది $-q$ ఆవేశము పొందిన మిగతా రెండు ఆవేశము వలన ఏర్పడు విద్యుత్ శక్మము వలన సమము చేయబడును. అందువలన అన్ని శీర్షములోను ఉన్న ఆవేశముల వలన మధ్య బిందువు 'O' లో ఏర్పడు మొత్తం విద్యుత్ శక్మము శూన్యమగును.

అందువలన ఏ ఆవేశమునైనను బిందువు 'O' వద్దకు తీసుకొని రావడానికి చేయబడు పని శూన్యము. అనగా ఏదైనా ఒక ఆవేశమును (q') బిందువు O కు దగ్గరలో తీసుకొచ్చిన తర్వాత, బాహ్యబలము ఏది లేకుండా, తనంతటతానుగా అది బిందువు O వైపు జరుగును.

1.5.7 ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రములో యున్న ద్విధృవము యొక్క స్థిర విద్యుత్ శక్మశక్తి (Electrostatic potential energy of a dipole in a uniform electric field)

పటము (1.29) లో ఇవ్వబడినట్లుగా ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రము ($\vec{E}$) లో విద్యుత్ ద్విధృవము ఉన్నదనుకొనుము. ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రము వలన ద్విధృవముపై యుగ్మ భ్రామక బలము పనిచేయును. ఈ యుగ్మభ్రామక బలము అనునది ద్విధృవమును విద్యుత్‌క్షేత్ర దిశలో ఉంచును. విద్యుత్ క్షేత్రము వలన కలిగించబడు యుగ్మభ్రామక బలమునకు వ్యతిరేఖముగా ప్రారంభ కోణము θ' నుండి అంతిమ కోణము θ వరకు (స్థిరమైన కోణీయ దిశా వేగముతో) ద్విధృవమును భ్రమణము చేయుటకు విద్యుత్ క్షేత్రముచే ఇవ్వబడు భ్రామక బలమునకు సమానముగాను వ్యతిరేఖ దిశలో యున్నటు వంటి బాహ్య యుగ్మ భ్రామక బలము ఒకటిని ద్విధృవము మీద పని చేయవలయును.



పటము 1.29 ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రములో యున్న విద్యుత్ ద్విధృవము.

θ' కోణము నుండి θ కోణము వరకు (స్థిరమైన కోణీయ దిశా వేగముతో) ద్విధృవము భ్రమణము చేయుటకు బాహ్య భ్రామక బలముచే చేయబడు పని.

$$W = \int_{\theta'}^{\theta} \tau_{ext}\, d\theta \qquad (1.49)$$

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 37 24-03-2023 08:52:59

$\vec{\tau}_E = \vec{p}\times\vec{E}$, కి సమానముగాను వ్యతిరేఖ దిశలో $\vec{\tau}_{ext}$ వుండుట వలన

$$|\vec{\tau}_{ext}| = |\vec{\tau}_E| = |\vec{p}\times\vec{E}| \qquad (1.50)$$

సమీకరణము (1.49) ని సమీకరణము (1.50) లో ప్రతిక్షేపించగా

$$W = \int_{\theta'}^{\theta} pE\sin\theta\, d\theta$$

$$W = pE\left(\cos\theta' - \cos\theta\right)$$

ఈ పని అనునది కోణస్థానములు θ మరియు θ′ కి మధ్యగల స్థిర విద్యుత్ శక్మశక్తి బేధమునకు సమానమగును.

$$U(\theta) - U(\theta') = \Delta U = -pE\cos\theta + pE\cos\theta'$$

ప్రారంభ కోణము $\theta' = 90^\circ$ దీనిని సూచన బిందువుగా (reference point) తీసుకొనిన $U(\theta') = pE\cos 90^\circ = 0$.

ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రములో ఉంచబడిన ద్విధ్రువ వ్యవస్థలో నిక్షిప్తమగు విద్యుత్ శక్మశక్తి

$$U = -pE\cos\theta = -\vec{p}\cdot\vec{E} \qquad (1.51)$$

p మరియు E తప్ప స్థిరవిద్యుత్ శక్మశక్తి అనునది బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రమును బట్టి విద్యుత్ ద్విధ్రువము యొక్క దిశ ఆధారపడి వుండును. బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రమునకు (anti-parallel) సమాంతర వ్యతిరేఖ ($\theta = \pi$) ద్విధ్రువ భ్రామకము అమరియున్నప్పుడు విద్యుత్ శక్మశక్తి గరిష్ఠముగాను, బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రమునకు సమాంతరముగా ($\theta = 0°$) ద్విధ్రువ భ్రామకము అమరియున్నప్పుడు విద్యుత్ శక్మశక్తి కనిష్ఠముగా వుండును.

ఉదాహరణము 1.16

ఒక నీటి అణువు యొక్క ద్విధ్రువ భ్రామకము 6.3×10^{-30} cm. అయితే, 10^{22} నీటి అణువులు కలిగిన నమూనా (sample)లో అన్ని ద్విధ్రువ భ్రామకములకు 3×10^5 NC^{-1} పరిమాణము కలిగిన బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రముతో సమాంతరముగా అమరి వుండును. అన్ని నీటి అణువులను $\theta = 0^o$ నుండి 90° కి భ్రమణము చెందించుటకు కావలసిన పని ఎంత?

సాధన

అన్ని నీటి అణువులు విద్యుత్ క్షేత్ర దిశలో అమరియున్నందువలన అవి కనిష్ట విద్యుత్ శక్మశక్తిని పొందివుండును $\theta = 0^o$ నుండి 90° వరకు ద్విధ్రువమును భ్రమణము చెందించుటకు చేయబడు పని అనునది ఈ రెండు అమరికలకు మధ్యగల విద్యుత్ శక్మశక్తి భేదమునకు సమానమగును.

$$W = \Delta U = U\left(90^\circ\right) - U\left(0^\circ\right)$$

సమీకరణము (1.51) నుండి $U = -pE\cos\theta$ అని వ్రాయవచ్చును. తరువాత ఒక నీటి అణువును $\theta = 0^o$ నుండి 90° వరకు భ్రమణము చేయుటకు పనిని లెక్కించవచ్చును.

ఒక నీటి అణువుకు

$$W = -pE\cos 90^\circ + pE\cos 0^\circ = pE$$

$$W = 6.3\times10^{-30}\times3\times10^5 = 18.9\times10^{-25}\,\text{J}$$

10^{22} నీటి అణువులకు చేయబడు మొత్తము పని

$$W_{tot} = 18.9\times10^{-25}\times10^{22} = 18.9\times10^{-3}\,\text{J}$$

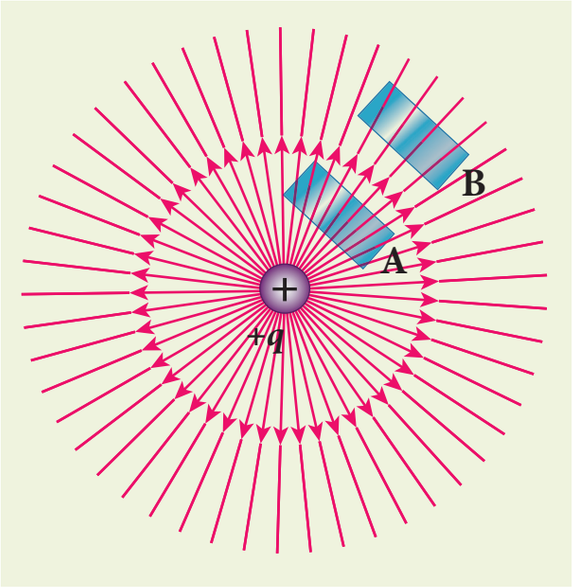
1.6 గాస్ నియమము - అనువర్తనములు (GAUSS LAW AND ITS APPLICATIONS)

1.6.1 విద్యుత్ అభివాహము (Electric Flux)

విద్యుత్ క్షేత్ర రేఖలకు లంబంగా ఒక నిర్ణీత వైశాల్యము ద్వారా ప్రయాణించు విద్యుత్ క్షేత్రరేఖల సంఖ్యను విద్యుత్ అభివాహము అంటారు. దీనిని Φ_E అను గ్రీకు అక్షరముచే గుర్తిస్తారు. దీని

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 38 24-03-2023 08:53:03

ప్రమాణము $N\,m^2\,C^{-1}$ విద్యుత్ అభివాహము ఒక అదిశరాశి. ఇది ధనావేశము లేదా ఋణావేశమును పొందివుండును. విద్యుత్ అభివాహమును సరళముగా అర్థము చేసుకొనుటకు పటము 1.30 ఉపయోగపడును.



పటము 1.30 విద్యుత్ అభివాహము

ఈ పటములో ఒక బిందు ఆవేశము యొక్క విద్యుత్ క్షేత్రము చూపబడియున్నది. A మరియు B వంటి ప్రాంతములలో క్షేత్రమునకు లంబముగా అమరియున్న రెండు చిన్న దీర్ఘచతురస్రాకార తలములు అనుకొనుము. ఈ రెండు తలములు ఒకే వైశాల్యమును కలిగియున్నను తలము A లో నున్న దీర్ఘచతురస్రమును దాటు విద్యుత్‌క్షేత్ర రేఖల సంఖ్య తలము B లో యున్న దీర్ఘచతురస్రమును దాటు విద్యుత్ క్షేత్రరేఖలు కన్నా అధికముగా యున్నది. దూరము అధికరించునపుడు బిందు ఆవేశము యొక్క విద్యుత్‌క్షేత్ర తీవ్రత తగ్గునట్లుగా, దూరము అధికరించునపుడు అభివాహము కూడా తగ్గుచున్నది. ఇంత వరకు మనము చూసిన భావనలు విద్యుత్ అభివాహమును గూర్చి గుణాత్మక ఆలోచనలు ఏర్పడుటకు సహాయపడును. అయినను విద్యుత్ అభివాహము యొక్క ఖచ్చితమైన నిర్వచనము కావలయును.

ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క అభివాహము:

బాహ్య ప్రదేశములో ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రము యున్నట్లు అనుకొనుము. పటము 1.31 (a) లో ఇచ్చినట్లు విద్యుత్ క్షేత్ర రేఖలకు లంబముగా యున్న వైశాల్యము A ని తీసుకొనుము. ఈ వ్యవస్థకు విద్యుత్ అభివాహము

$$\Phi_E = EA \qquad (1.52)$$

ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రమునకు సమాంతరముగా వైశాల్యము A ను ఉంచినపుడు, ఆ వైశాల్యము లోపల ప్రవహించు విద్యుత్ క్షేత్రరేఖలు శూన్యమగును. పటము 1.31(b) ఈ వ్యవస్థలో విద్యుత్ అభివాహము.

$$\Phi_E = 0 \qquad (1.53)$$

వైశాల్యముతో θ కోణమును విద్యుత్ క్షేత్రము ఏర్పరచునపుడు, వైశాల్యమునకు లంబ దిశలోయున్న విద్యుత్ క్షేత్ర అంశము మాత్రమే విద్యుత్ అభివాహమును ఇచ్చును. వైశాల్యమునకు సమాంతరముగా యున్న విద్యుత్ క్షేత్ర అంశము విద్యుత్ అభివాహమును ఇచ్చుట లేదు. పటము 1.31 (c) ఈ వ్యవస్థలో విద్యుత్ అభివాహము

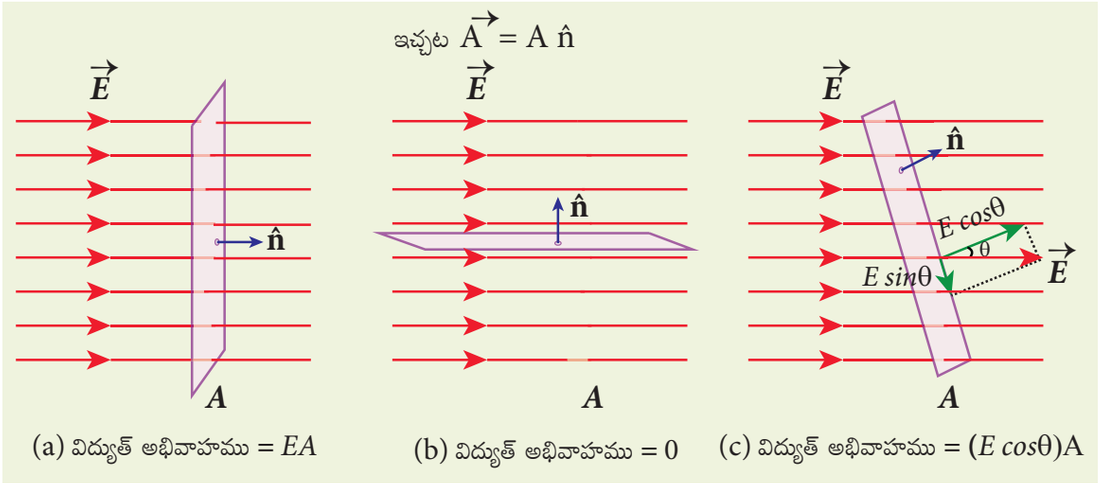
$$\Phi_E = (E\cos\theta)\, A \qquad (1.54)$$

ఇచ్చట విద్యుత్ క్షేత్ర దిశకు, వైశాల్యమునకు గీయబడు లంబ గీత దిశకు మధ్యయున్న కోణము θ అందువలన సాధారణముగా ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క విద్యుత్ అభివాహము క్రింది విధముగా నిర్వచింపబడుచున్నది.

$$\Phi_E = \vec{E}\cdot\vec{A} = EA\cos\theta \qquad (1.55)$$

ఇచ్చట $\vec{A} = A\hat{n}$ అనుటను గమనించుము. దీని పరిమాణము $\vec{A}$ మరియు దీని వైశాల్యమునకు లంబదిశలో యున్న ప్రమాణ సదిశ $\hat{n}$. (పటము 1.31). ఈ నిర్వచనము ప్రకారము $\Phi_E = \vec{E}\cdot\vec{A}$ ఇంకనూ (1.53) మరియు (1.54) వంటి సమీకరణములను దీని ప్రత్యేక వ్యవస్థలుగా పొందవచ్చును. పటము 1.31 (a) లో $\theta = 0^\circ$ కావున

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 39 24-03-2023 08:53:04



పటము 1.31 ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రమునకు విద్యుత్ అభివాహకము.

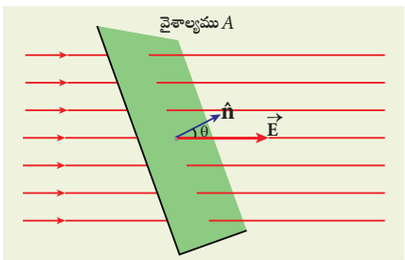
$$\Phi_E = \vec{E}\cdot\vec{A} = EA$$

పటము 1.31 (b) లో $\theta = 90^\circ$ కావున

$$\Phi_E = \vec{E}\cdot\vec{A} = 0$$

ఉదాహరణము 1.17

$100\ \mathrm{NC^{-1}}$ పరిమాణము కలిగిన ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రము యుంచబడిన 5 cm మరియు 10 cm భుజములు కలిగిన దీర్ఘచతురస్రమును దాటు విద్యుత్ అభివాహమును లెక్కించుము. ఇవ్వబడిన కోణము $\theta=60^\circ$. ఒకవేళ θ శూన్యమైన విద్యుత్ అభివాహము ఎంత?



సాధన

విద్యుత్ అభివాహము

$$\Phi_E = \vec{E}\cdot\vec{A} = EA\cos\theta$$
$$= 100\times5\times10\times10^{-4}\times\cos60^\circ$$
$$\Phi_E = 0.25\,\mathrm{Nm^2C^{-1}}$$

$\theta = 0^\circ$ అయిన

$$\Phi_E = \vec{E}\cdot\vec{A} = EA$$
$$= 100\times5\times10\times10^{-4}$$
$$= 0.5\,\mathrm{Nm^2C^{-1}}$$

అసమరీతి విద్యుత్ క్షేత్రము మరియు ఏదైనా ఒక ఆకారము కలిగిన వైశాల్యమునకు విద్యుత్ అవేశము

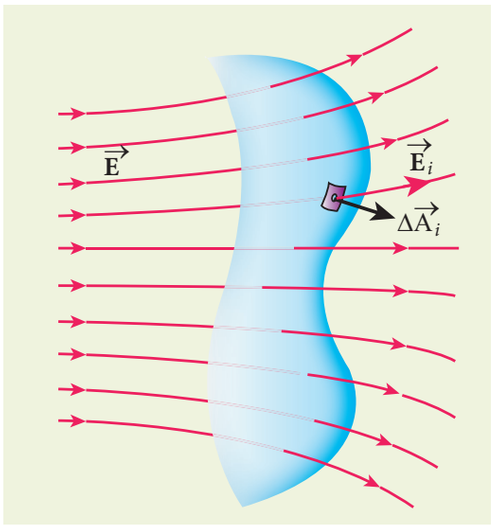
అసమరీతి విద్యుత్ క్షేత్రము మరియు సమతలముగా లేని వక్రతా వైశాల్యము అని అనుకొనుము.

పటము (1.32) దీని మొత్తం వైశాల్యము $\Delta\vec{A}_1, \Delta\vec{A}_2, \Delta\vec{A}_3 ..... \Delta\vec{A}_n$ వంటి n చాలా తక్కువ వైశాల్య అంశములుగా విభజించినట్లయితే ఒక్కొక్క వైశాల్య అంశము చూచుటకు సమతలముగా వుండును. ఒక్కొక్క వైశాల్య అంశము ద్వారా దాటు విద్యుత్‌క్షేత్రము ఏకరీతిగా యుండుట గ్రహించుము.

మొత్తం వైశాల్యము A కు గల విద్యుత్ అభివాహకమును రమారమిగా వ్రాసిన

$$\Phi_E = \vec{E}_1\cdot\Delta\vec{A}_1 + \vec{E}_2\cdot\Delta\vec{A}_2 + \vec{E}_3\cdot\Delta\vec{A}_3 ..... \vec{E}_n\cdot\Delta\vec{A}_n$$
$$= \sum_{i=1}^{n}\vec{E}_i\cdot\Delta\vec{A}_i \qquad (1.56)$$

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 40 24-03-2023 08:53:07



పటము 1.32 అసమరీతి విద్యుత్ క్షేత్రమునకు విద్యుత్ అభివాహము.

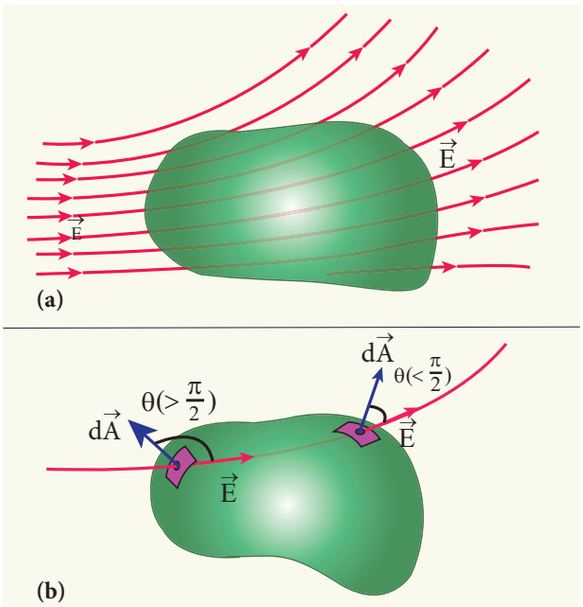
(అన్ని i విలువలు) $\Delta\vec{A}_i \to 0$ అను సరిహద్దును ఉంచినట్లయితే సమీకరణము (1.56) లో యున్న కూడిక అనునది సమాకలనముగా (integration) మారును. ఇప్పుడు మొత్తం వైశాల్యమునకుగల విద్యుత్ అభివాహము

$$\Phi_E = \int \vec{E}\cdot d\vec{A} \qquad (1.57)$$

సమీకరణము (1.57) నుండి ఒక నిర్ణీత తలమునకు విద్యుత్ అభివాహము అనునది దాని బాహ్య తలము ద్వారా పోవు విద్యుత్‌క్షేత్రమును బట్టి తలము యొక్క దిశ అమరికను ఆధారపడియుండునని తెలియుచున్నది.

1.6.2 ఆవృత తలములకు విద్యుత్ అభివాహము (Electric flux for closed surfaces)

ముందు భాగములో, ఏదైన ఒక ఆకారముగల వక్ర ఉపరితలము యొక్క విద్యుత్ అభివాహము గూర్చి తెలుసుకొన్నాము పటము 1.33 (a) లో ఇచ్చినట్లు అసమరీతి విద్యుత్ క్షేత్రము కలిగిన భాగములో ఒక మూసిన తలము యున్నట్లు అనుకొనుము.



పటము 1.33 మూసి ఉంచిన తలమునకు విద్యుత్ అభివాహము.

మూసి ఉంచిన తలమునకు మొత్తం విద్యుత్ అభివాహము

$$\Phi_E = \oint \vec{E}\cdot d\vec{A} \qquad (1.58)$$

సమీకరణము (1.57) మరియు సమీకరణము (1.58) మధ్యగల బేధమును గమనించుము. సమీకరణము (1.58) లో ఉపయోగించబడిన సమాకలనము అనునది ఒక మూసి యుంచిన సమాకలనము (integration) ఇంకనూ దానిలో యున్న ఒక్కొక్క వైశాల్య అంశమునకు గీయబడిన వెలుపలి వైపు లంబరేఖ $d\vec{A}$ యొక్క దిశ అగును. పటము 1.33(b)

ఒక మూసిన తలము యొక్క మొత్తం విద్యుత్ అభివాహము అనునది ధనాత్మకము, ఋణాత్మకము లేదా శూన్య విలువను పొందివుండును.

పటము 1.33(b) ఒక తల అంశ $d\vec{A}$ విద్యుత్ అభివాహము $\vec{E}$ తో ఏర్పడు కోణము 90° కన్నా తక్కువగా యున్నందువలన దాని విద్యుత్ అభివాహము ధనావేశ విలువ కలిగివుండును. మరొక తల అంశము $d\vec{A}$ విద్యుత్ క్షేత్రముతో ఏర్పడు కోణము 90° కన్నా అధికముగా యుండుట వలన దాని విద్యుత్ అభివాహము ఋణావేశ విలువను కలిగివుండును.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 41 24-03-2023 08:53:09

సాధారణముగా మూసిన తలములో విద్యుత్ క్షేత్ర రేఖలు ప్రవేశించిన విద్యుత్ అభివాహము ఋణాత్మకము అనియు, మూసిన తలము వదలి అవి వెలుపలికి వచ్చిన విద్యుత్ అభివాహము ధనాత్మకమని అనుకొనుము.

1.6.3 గాస్ నియమము (Gauss law)

పటము 1.34 లో Q ఆవేశము విలువ కలిగిన ఒక బిందు ఆవేశము చుట్టూ r వ్యాసార్ధము కలిగిన ఊహాగోళము (imaginary sphere) ఒకటి చూపబడియున్నది. దాని మూసిన తలము ద్వారా వెలుపలి దిశలో దాటు మొత్తం విద్యుత్ అభివాహమును సమీకరణము (1.58) మూలముగా మనము లెక్కించవచ్చును.

$$\Phi_E = \oint \vec{E}\cdot d\vec{A} = \oint E\,dA\cos\theta$$

ఈ బిందు ధనావేశము యొక్క విద్యుత్ క్షేత్రము అనునది గోళ తలము యొక్క ఒక్కొక్క బిందువులోనూ వ్యాసార్ధ మార్గములో వెలుపలి వైపు దిశలో అమరియుండును. అందువలన వైశాల్య అంశము $d\vec{A}$ అనునది విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క దిశలోనే యున్నందువలన $\theta = 0°$.

$$\Phi_E = \oint E\,dA \qquad \text{since } \cos 0^0 = 1 \quad (1.59)$$

గోళము యొక్క తలములో E ఏకరీతిగా యున్నందువలన

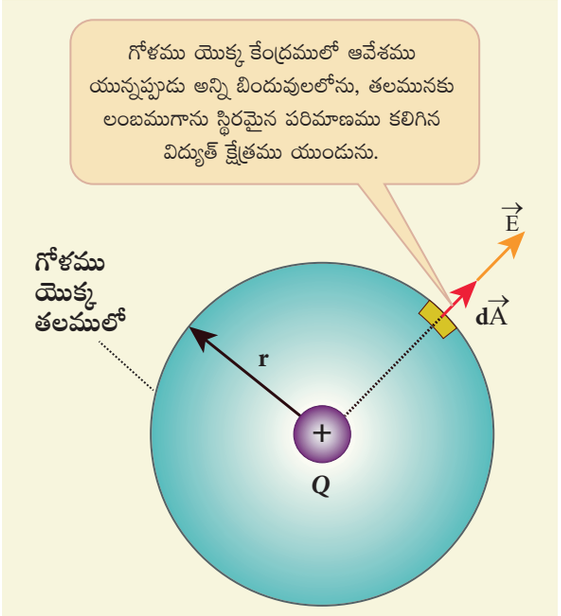
$$\Phi_E = E\oint dA \qquad (1.60)$$

$$\oint dA = 4\pi r^2 \qquad \text{మరియు} \qquad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r^2}$$

సమీకరణము (1.60) లో ప్రతిక్షేపించుగా

$$\Phi_E = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{Q}{r^2}\times 4\pi r^2 = 4\pi\frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}Q$$

$$\Phi_E = \frac{Q}{\epsilon_\circ} \qquad (1.61)$$



పటము 1.34 బిందు ఆవేశము వలన ఏర్పడు మొత్త విద్యుత్ అభివాహము.

సమీకరణము (1.61) గాస్ నియమము అనబడును.

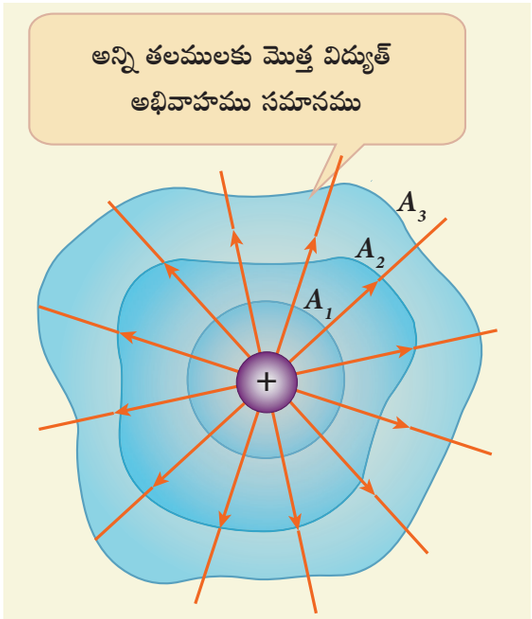
ఈ ఫలితము యొక్క గుర్తించదగ్గ ధర్మము ఏమనగా Q ఆవేశము కలిగిన మూసియుంచిన తలము ఎటువంటి ఆకారము కలిగియున్నను దానికి సమీకరణము (1.61) సరిపోవును. (పటము 1.35 ఈ పటములో చూపబడిన A_1, A_2 మరియు A_3 వంటి మూడు మూసిన తలములకు మొత్తం విద్యుత్ అభివాహము ఒకటిగా ఉండునని గమనించుము.

ఏదైన ఒక ఆకారము కలిగిన(**arbitrary**) మూసిన తలము వలన **Q** విద్యుత్ ఆవేశము కలిగిన ఒక ఆవేశము చుట్టు యుంచబడిన మూసిన తలమునకు గల మొత్తం విద్యుత్ అభివాహము Φ_ϵ అనునది.

$$\Phi_E = \oint \vec{E}\cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\text{మూయబడిన}}}{\epsilon_\circ} \qquad (1.62)$$

ఇదియే గాస్ నియమము యొక్క అంశము ఇచ్చట Q లోపల అనునది మూసిన తలమునకు లోపల అమరియున్న విద్యుత్ ఆవేశముల యొక్క మొత్తం ఆవేశమగును.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 42 24-03-2023 08:53:12



పటము 1.35 క్రమమైన ఆకారము లేని తలమునకు గాస్ నియమము

గాస్ నియమము – ఒక చర్చ (Discussion of Gauss law)

(i) మూసియుంచిన తలమును దాటు మొత్తం విద్యుత్ అభివాహము అనునది ఆ తలమును ఆవరించి యున్న ఆవేశములు పై మాత్రమే ఆధారపడివుండును. బదులుగా ఆ తలమును వెలుపల అమరియున్న ఆవేశములు విద్యుత్ అభివాహమును ఇవ్వదు. ఇంకనూ విద్యుత్ ఆవేశమును మూసియుంచు తలము ఏ ఒక్క ఆకారములో నైనా మనము ఎంచుకొనవచ్చును.

(ii) మొత్తం విద్యుత్ అభివాహ పరిమాణము అనునది మూసియుంచిన తలములో అమరియున్న ఆవేశముల యొక్క స్థలము (location) పై ఆధారపడియుండదు.

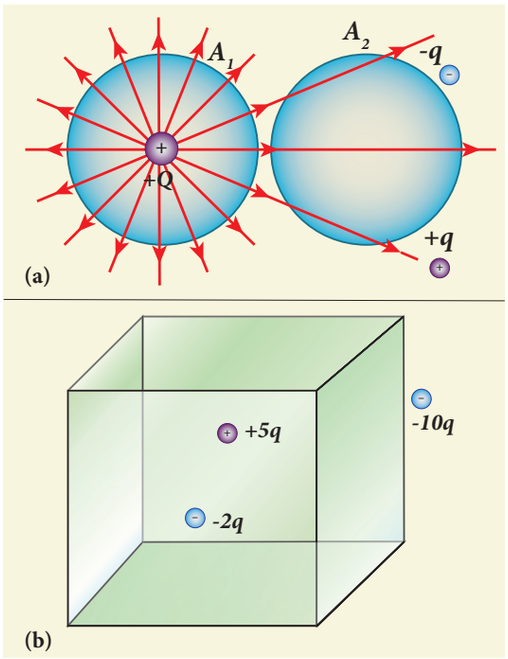
(iii) సమీకరణము 1.62ను పొందుటకు మనము గోళ తలమును ఉపయోగించి యున్నాము. ఈ ఊహాతలమునే గాస్ తలము (Gaussian surface) అంటారు. ఆవేశము యొక్క అమరిక రకము (type of charge configuration) మరియు ఆవేశ అమరిక యొక్క సౌష్ఠవ గుణము (symmetry in configuration) ఆధారముతో మనము ఎన్నుకొను గాస్ తలము యొక్క ఆకారము యుండవలయును. ఒక బిందు ఆవేశము యొక్క విద్యుత్ క్షేత్రము అనునది గోళ సౌష్ఠవ గుణము కలిగి యున్నందున గోళాకార గాసియన్ (Gaussian) తలము ఎన్నుకొన్నాము. మిగిలిన రక ఆవేశముల అమరికలకు స్థూప ఆకార మరియు సమతల ఆకార గాసియన్ తలములను ఎన్నుకొనవచ్చును.

(iv) సమీకరణము 1.62 ఎడమచేతి వైపున ఇవ్వబడియున్న విద్యుత్ క్షేత్రము $\vec{E}$ అనునది గాసియన్ తలమునకు లోపల, వెలుపల అమరియున్న ఆవేశముల వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రమును గుర్తించు విధముగా యుండినను గాసియన్ తలమునకు లోపల యున్న ఆవేశముల యొక్క మొత్తం ఆవేశ విలువ మాత్రమే Q లోపల గుర్తించబడుచున్నది.

ఉదాహరణము 1.18

(i) పటము (a) లో మూసిన వైశాల్యము A_1 మరియు A_2 ను దాటు విద్యుత్ అభివాహమును లెక్కించుము.

(ii) పటము (b) లో ఘన చతురస్రమును దాటు విద్యుత్ అభివాహమును లెక్కించుము.



01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 43 24-03-2023 08:53:13

సాధన

(i) పటము (a) లో వైశాల్యము A_1, Q పరిమాణము కలిగిన విద్యుత్ ఆవేశములోపల యున్నది. ఈ మూసిన తలము ద్వారా పోవు విద్యుత్ అభివాహము $A_1 = \frac{Q}{\epsilon_0}$. కానీ వైశాల్యము A_2 ని దాటు విద్యుత్ అభివాహ శూన్యమగును.

(ii) పటము (b) లో ఘనచతురస్రములో యుండు విద్యుత్ ఆవేశము యొక్క మొత్తం ఆవేశం $3q$ అందువలన దానిని దాటు మొత్తం విద్యుత్ అభివాహము $\Phi_E = \frac{3q}{\epsilon_0}$. -10 qవిలువ కలిగిన విద్యుదావేశము అనునది ఘన చతురస్రమునకు వెలుపల నున్నందు వలన మొత్తం విద్యుత్ అభివాహక పరిమాణములో దాని వంతు ఏమీలేదు.

1.6.4 గాస్ నియమము యొక్క అనువర్తనములు (Applications of Gauss law)

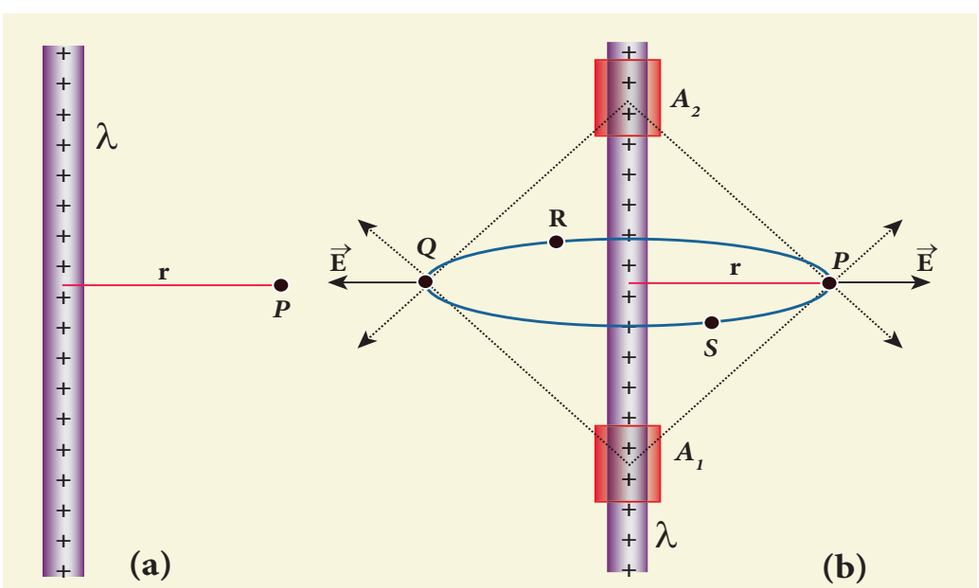
ఏదైనా ఒక క్రమరహిత ఆవేశ అమరికలకు విద్యుత్ క్షేత్రమును లెక్కించుటకు కూలూంబ్ నియమము లేదా గాస్ నియమమును ఉపయోగించ వచ్చును. ఆవేశ అమరిక ఏదైన ఒక సౌష్ఠవ గుణము పొంది యున్నచో విద్యుత్ క్షేత్రమును లెక్కించుటకు గాస్ నియమమే సమర్థ వంతమైన మార్గమగును. క్రింది వచ్చు వ్యవస్థలలో దీనిని చూడవచ్చును.

(i) ఆవేశము పొందిన అనంత పొడవు గల తీగ వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రము.

λ అను ఏకరీతి రేఖీయ ఆవేశ సాంద్రత (ఒక ప్రమాణ పొడవునకు గల ఆవేశ విలువ) కలిగిన అనంత పొడవు గల తీగ అనుకొనుము. తీగ నుండి r లంబ దూరములో బిందువుPయున్నది. పటము (1.36(a)) గాస్ నియమము ఉపయోగించి P లో ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రమును లెక్కించ వచ్చును.

బిందువు Pనుండి సమదూరములో, తీగలో యున్న రెండు చిన్న ఆవేశ మూలకములను తీసుకొనెదము. పటము (1.36(b)) ఈ రెండు ఆవేశ మూలకముల వలన ఏర్పడు ఫలిత విద్యుత్ క్షేత్రమనునది ఆవేశము పొందిన తీగనుండి వ్యాసార్థము ద్వారా వెలుపలి వైపు దిశలో వుండును. ఇంకనూ r వ్యాసార్థము కలిగిన వృత్తములో అన్ని బిందువులలోను దాని పరిమాణము సమానముగా వుండును. ఇది పటము 1.36 (b) లో చూపబడియున్నది.

ఈ ధర్మము ఆధారముగా ఆవేశము పొందిన తీగ స్థూపాకార సౌష్ఠవ గుణము కలిగినదనవచ్చును కావున r వ్యాసార్థము L పొడవు కలిగిన స్థూపాకార గాసియన్ తలము అనుకొనుము.



పటము 1.36 ఆవేశము పొందిన అనంత పొడవు కలిగిన తీగ వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రము.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 44 24-03-2023 08:53:13

ఈ తలమునకు గల మొత్తం విద్యుత్ అభివాహము క్రింది విధముగా లెక్కించ వచ్చును.

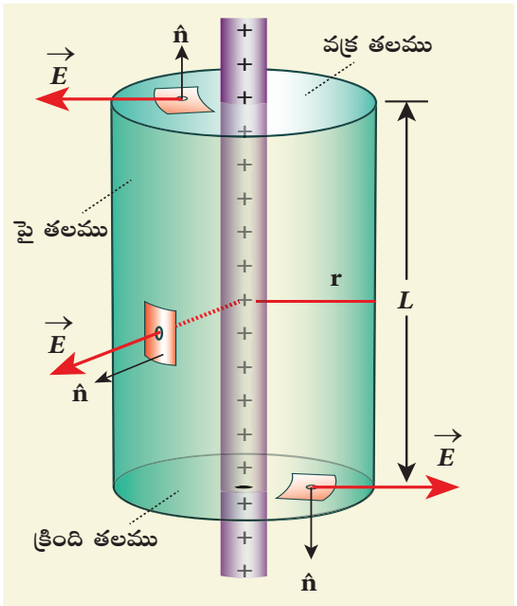
$$\Phi_E = \oint \vec{E}\cdot d\vec{A} = \int_{\text{వక్రతలము}} \vec{E}\cdot d\vec{A} + \int_{\text{పైతలము}} \vec{E}\cdot d\vec{A} + \int_{\text{అడుగు తలము}} \vec{E}\cdot d\vec{A} \quad (1.63)$$

వక్రతలములో $\vec{E}$ అనునది $\vec{A}$ కి సమాంతరముగా యున్నందు వలన (పటము 1.37 చూడుము) $\vec{E}\cdot d\vec{A} = E\,dA$. పై మరియు అడుగు తలములకు $\vec{E}$ అనునది $\vec{A}$ కి లంబముగా యున్నందున $\vec{E}\cdot d\vec{A} = 0$

ఈ విలువలను సమీకరణము (1.63)లో ప్రతిక్షేపించి గాస్ నియమమును స్థూపాకార తలమునకు

$$\Phi_E = \int_{\text{వక్రతలము}} E\,dA = \frac{Q_{\text{మూయబడిన}}}{\epsilon_0} \quad (1.64)$$

మొత్తం వక్ర తలమునకు సంబంధించినంత వరకు విద్యుత్‌క్షేత్రము యొక్క పరిమాణము స్థిరముగా యున్నందు వలన, E అనునది సమాకలనము గుర్తుకు వెలుపల తీసుకొనబడుచున్నది. ఇంకనూ $Q_{\text{మూయబడిన}} = \lambda L$ లోపల అని ప్రతిక్షేపించగా



పటము 1.37 స్థూపాకార గాసియన్ తలము.

$$E\int_{\text{వక్రతలము}} dA = \frac{\lambda L}{\epsilon_0} \quad (1.65)$$

ఇచ్చట $\int_{\text{వక్రతలము}} dA =$ వక్ర తలము యొక్క మొత్తం వైశాల్యము $= 2\pi rL$.

దీనిని సమీకరణము 1.65 లో ప్రతిక్షేపించగా

$$E\cdot 2\pi rL = \frac{\lambda L}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0}\frac{\lambda}{r} \quad (1.66)$$

సదిశ రూపంలో

$$\vec{E} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0}\frac{\lambda}{r}\hat{r} \quad (1.67)$$

ఒక బిందు ఆవేశము యొక్క విద్యుత్ క్షేత్రము $\frac{1}{r^2}$ గా యుండుట మనకు తెలుసును. అటుకాకుండా ఆవేశము పొందిన అనంత పొడవు తీగ యొక్క విద్యుత్ క్షేత్రము $\frac{1}{r}$ యున్నది.

తీగకు లంబ దిశలోనే $(\hat{r})$ విద్యుత్‌క్షేత్రము ఎల్లప్పుడు యుండుటను సమీకరణము (1.67) మూలముగా తెలుసుకొనవచ్చును . ఇంకనూ $\lambda > 0$ అయిన, తీగకు లంబముగా వెలుపలి వైపు దిశలో $\vec{E}$ ఉండును, $\lambda < 0$ అయిన తీగకు లంబముగా లోపల వైపు దిశలో $(-\hat{r})$ $\vec{E}$ ఉండును.

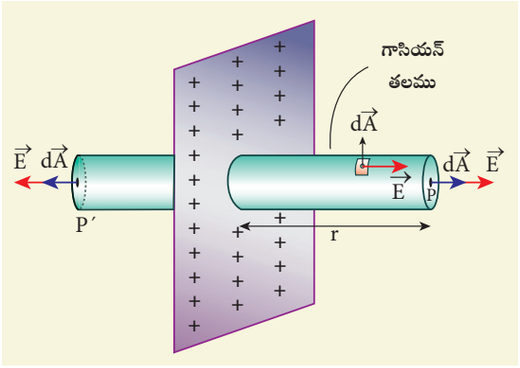
అనంత పొడవు గల ఆవేశము పొందిన తీగకు మాత్రమే సమీకరణము 1.67 సరిపోవును. పరిమిత పొడవు గల ఆవేశము విద్యుత్ క్షేత్రమనునది అన్ని బిందువులలోను వ్యాసార్ధ దిశలో యుండుట లేదు. అయినను తీగయొక్క కేంద్రమునకు దగ్గరలోను, తీగ యొక్క కొనలనుండి చాలా దూరములో యున్న బిందువులకును సమీకరణము (1.67) ని ఉపయోగించవచ్చును.

(ii) ఆవేశము పొందిన అనంత సమతల పలక వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రము.

σ అను ఏకరీతి ఆవేశ సాంద్రత తలము (ఒక ప్రమాణ తలమునకు గల ఆవేశ విలువ) కలిగిన

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 45 24-03-2023 08:53:18

అనంత సమతల పలక ఒకటిని అనుకొనుము. ఆ పలక నుండి r దూరములో P అను బిందువు కలదు. పటము (1.38)



పటము 1.38 ఆవేశము పొందిన అనంత సమతల పలక వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రము.

సమతల పలక అనంతముగా యుండుట వలన, దాని నుండి సమదూరములో యున్న అన్ని బిందువులలో విద్యుత్ క్షేత్ర పరిమాణము సమానముగా ఉంటుంది. అన్ని బిందువులలోను విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క దిశ వ్యాసార్ధ దిశలో వుండును. 2r పొడవు A మధ్యచ్ఛేధ వైశాల్యము కలిగి సమతల పలక మధ్యభాగము ద్వారా పోవు రెండు కొనలు కలిగిన స్థూపాకార గాసియన్ తలమును ఊహించుము. స్థూపాకార తలమునకు గాస్ నియమము ఉపయోగించిన.

$$\Phi_E = \oint \vec{E}.d\vec{A}$$
$$= \int_{\text{వక్రతా తలము}} \vec{E}.d\vec{A} + \int_P \vec{E}.d\vec{A} + \int_{P'} \vec{E}.d\vec{A} = \frac{Q_{\text{మూయబడిన}}}{\epsilon_0} \quad (1.68)$$

వక్ర తలము పైనున్న అన్ని బిందువులలో విద్యుత్ క్షేత్రమనునది వైశాల్య మూలకమునకు లంబముగాను P మరియు P' తలములలో అది సమాంతరము గాను వుండును. పటము (1.38) కావున,

$$\Phi_E = \int_P E\,dA + \int_{P'} E\,dA = \frac{Q_{\text{మూయబడిన}}}{\epsilon_0} \quad (1.69)$$

ఈ రెండు తలములకు విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క పరిమాణము ఏకరీతిగా యుండుట వలన సమాకలనము గుర్తునకు వెలుపల E తీసుకొనబడును ఇంకనూ $Q_{\text{మూయబడిన}} = \sigma A$ కావున

$$2E\int_P dA = \frac{\sigma A}{\epsilon_0}$$

P లేదా P′ తలము యొక్క మొత్తం వైశాల్యము

$$\int_P dA = A$$

$$2EA = \frac{\sigma A}{\epsilon_0} \text{ లేదా } E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \quad (1.70)$$

సదిశ రూపములో, $\vec{E} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}\hat{n}$ (1.71)

ఇచ్చట $\hat{n}$ అనునది సమతలమునకు లంబముగా, వెలుపలివైపు దిశలోనున్న ఒక ప్రమాణ సదిశ అగును. ఆవేశము పొందిన అనంత సమతల పలక వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రమనునది తలము యొక్క ఆవేశ సాంద్రతబట్టివుండును. మరియు దూరము r పై ఆధారపడి ఉండదు.

ఆవేశము పొందిన తలమునుండి తక్కువ దూరము గల ఏ బిందువులోనైను విద్యుత్ క్షేత్రము సమానముగా వుండును. $\sigma > 0$ అయిన ఏ బిందువులోనైను P విద్యుత్‌క్షేత్రమనునది (పలక) తలమునకు లంబముగా వెలుపలి వైపు దిశలోను $\hat{n}$, $\sigma < 0$ అయిన, విద్యుత్ క్షేత్రమనునది తల మనకు లంబముగా లోపలివైపు దిశలోను $(-\hat{n})$ వుండును అనుటను సమీకరణము (1.71) మూలముగా తెలిసికొనవచ్చును.

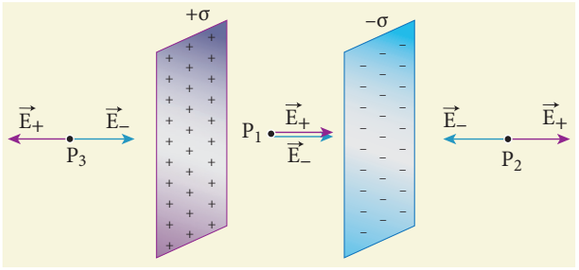
పరిమిత తలము కలిగిన ఆవేశము పొందిన సమతల పలకయందు, పలకయొక్క మధ్యభాగమునకు సమీకరణము (1.71) సరిపోవును. ఇంకను దాని కొనలనుండి చాలాదూరములో యున్న బిందువులకు ఈ సమీకరణము సరిపోవును.

(iii) ఆవేశము పొందిన రెండు సమాంతర అనంత పలకలవలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రము.

+σ మరియు -σ అను ఆవేశ సాంద్రత కలిగిన రెండు అనంత ఆవేశము పొందిన సమతల పలకలను అనుకొనుము పటము (1.39) లో

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 46 24-03-2023 08:53:20

చూపినట్లుగా ఒక దానికొకటి సమాంతరముగా యున్నవి.



పటము 1.39 ఆవేశము పొందిన రెండు సమాంతర అనంత పలకల వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రము

పలకలకు మధ్యలోనూ, పలకలకు వెలుపల ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రము గాస్ నియమమును ఉపయోగించి కనుగొనవచ్చును. ఆవేశము పొందిన అనంత సమతల పలకల యొక్క విద్యుత్ క్షేత్ర విలువ $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ ఇంకనూ $\sigma > 0$ అయిన అది లంబముగా వెలుపలి వైపు దిశలోనూ $\sigma < 0$ అయిన అది లంబముగా లోపలి దిశలోనూ వుండును.

P_2 మరియు P_3 అను బిందువులు రెండు పలకల వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క పరిమాణము సమానముగాను, వ్యతిరేఖ దిశలో వుండును పటము (1.39) దీని ఫలితంగా పలకలకు మధ్య గల ఒక బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్రము శూన్యమవుతుంది. కానీ పలకలకు మధ్యలో యున్న బిందువులలో P_1 వాటి యొక్క విద్యుత్ క్షేత్రముల ఒక దిశలో అనగా కుడివైపు దిశలో యుండుట వలన

$$E_{inside} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \qquad (1.72)$$

పలకలకు మధ్యలో విద్యుత్ క్షేత్రము అనునది ధనావేశము కలిగిన పలక నుండి ఋణావేశము కలిగిన పలక దిశలో వుండును. ఇంకనూ పలకలకు మధ్యలో యున్న అన్ని బిందువులలోను విద్యుత్ క్షేత్రము ఏకరీతిగా వుండును.

(iv) ఆవేశము పొందిన బోలు గోళము వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రము.

R వ్యాసార్ధము Q ఆవేశము కలిగిన ఏకరీతి ఆవేశము కలిగిన ఒక బోలు గోళమును పరిగణిద్దాం. పటము (1.40) గాస్ నియమమును ఉపయోగించి గోళమునకు వెలుపల, లోపల యున్న బిందువులలో విద్యుత్ క్షేత్రమును లెక్కించవచ్చును.

సందర్భము (a): గోళమునకు వెలుపల యున్న బిందువులలో ($r > R$)

పటము (1.40(a)) లో చూపినట్లుగా గోళము యొక్క కేంద్రము నుండి r దూరములో వెలుపల యున్న బిందువు p ని పరిగణిద్దాం. విద్యుదావేశము గోళము యొక్క తలములో ఏకరీతిగా వ్యాపించియున్నది. అందువలన $Q > 0$ అయిన విద్యుత్ క్షేత్రము వ్యాసార్ధము ద్వారా వెలుపలి వైపు దిశలోను $Q < 0$. అయిన వ్యాసార్ధము ద్వారా లోపలి వైపు దిశలో ఉండును. r వ్యాసార్ధము కలిగిన కలిగిన గోళాకార గాస్ తలమును ఎంచుకొనుము.

$$\oint_{\substack{\text{గాసియన్}\\ \text{ఉపరితలము}}} \vec{E}\cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0} \qquad (1.73)$$

ఈ తలము వలన విద్యుదావేశము యొక్క మొత్తం ఆవేశము Q అనుకొనుము. గాస్ నియమమును ఉపయోగించి

గాసియన్ తలము యొక్క అన్ని బిందువులు విద్యుత్ క్షేత్రము $\vec{E}$ వైశాల్యము $d\vec{A}$ ఒకే దిశలో (వెలుపలి వైపు దిశలో లంబముగా) వుండును ఆవేశ అమరిక యొక్క గోళ సౌష్టవ గుణము వలన గాసియన్ తలములో యున్న అన్ని బిందువులు $\vec{E}$ పరిమాణము సమానముగా వుండును.

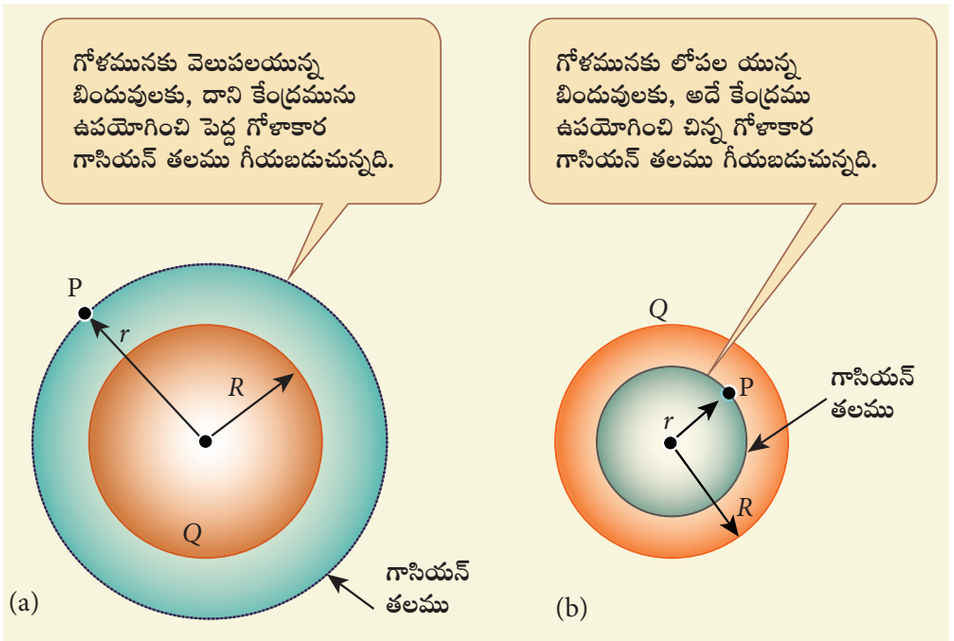
$$\text{అందువలన } E \oint_{\substack{\text{గాసియన్}\\ \text{ఉపరితలము}}} dA = \frac{Q}{\epsilon_0} \qquad (1.74)$$

కానీ $\oint_{\substack{\text{గాసియన్}\\ \text{ఉపరితలము}}} dA =$ గాస్ తలము యొక్క మొత్తం వైశాల్యము $= 4\pi r^2$. దీనిని సమీకరణము (1.74) లో ప్రతిక్షేపించగా

$$E\cdot 4\pi r^2 = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

$$E\cdot 4\pi r^2 = \frac{Q}{\epsilon_0} \quad (\text{లేదా}) \quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r^2}$$

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 47 24-03-2023 08:53:23



పటము 1.40 ఆవేశము పొందిన గోళాకార కక్ష్య వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రము.

సదిశ రూపములో

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_{\circ}} \frac{Q}{r^2}\hat{r} \qquad (1.75)$$

$Q > 0$ అయిన విద్యుత్ క్షేత్రమనునది వ్యాసార్ధము ద్వారా వెలుపలి దిశలోను, $Q < 0$ అయిన వ్యాసార్ధము ద్వారా లోపల దిశలో వుండును. గోళమునకు వెలుపల యున్న బిందువులను బట్టి బోలైన గోళము యొక్క కేంద్రములో Q ఆవేశము కలిగిన ఒక బిందు ఆవేశము యుంచినా ఏ విధముగా విద్యుత్ క్షేత్రము యుండునో ఆ విధముగా గోళము యొక్క విద్యుత్‌క్షేత్రమనునది వుండును (గురుత్వాకర్షణలో ఇదే విధమైన ఫలితమును, M ద్రవ్యరాశి వలన బోలైన లోహపు గోళము వలన ఏర్పడు గురుత్వాకర్షణ బలము పొందినదని గుర్తుకు తెచ్చుకొనుము)

సందర్భము (b): గోళాకార కక్ష్య యొక్క బాహ్య తలములో యున్న బిందువులో ($r = R$)

గోళాకార కక్ష్య యొక్క బాహ్య తలములో యున్న బిందువులకు ($r = R$) విద్యుత్ క్షేత్రము అనునది.

$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_{\circ}R^2}\hat{r} \qquad (1.76)$$

సందర్భము (c): గోళమునకు లోపల ఉన్న బిందువులో ($r < R$)

గోళము యొక్క కేంద్రము నుండి r దూరంలో గోళమునకు లోపలయున్న బిందువు P అనుకొనుము r వ్యాసార్ధము కలిగిన గోళాకార గాసియన్ తలము ఒకటి గీయుము పటము (1.40(b))

$$\oint_{\substack{Gaussian\\surface}} \vec{E}\cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_{\circ}}$$

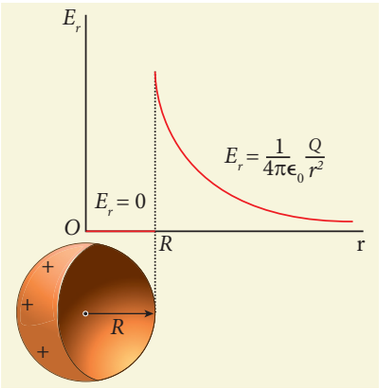
$$E \cdot 4\pi r^2 = \frac{Q}{\epsilon_{\circ}} \qquad (1.77)$$

ఈ గాసియన్ తలము లోపల ఎటువంటి ఆవేశము లేనందు వలన $Q = 0$ అందువలన సమీకరణము (1.77) ప్రకారము.

$$E = 0 \qquad (r < R) \qquad (1.78)$$

పై తలము మీద విద్యుత్ ఆవేశములు ఏకరీతి ఆవేశము కలిగిన గోళము యొక్క లోపల యున్న అన్ని బిందువులకు విద్యుత్ క్షేత్రము శూన్యము. వ్యాసార్ధ దూరమునకు (radial distance) విద్యుదావేశములు ఏకరీతి వ్యాపనం కలిగిన బోలైన గోళము యొక్క విద్యుత్ క్షేత్రమునకు మధ్య గల రేఖ పటము 1.41 లో చూపబడినది.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 48 24-03-2023 08:53:24



పటము 1.41 వ్యాసార్ధము R కలిగిన బోలైన లోహపు గోళమునకు విద్యుత్ క్షేత్రము – దూరము రేఖాపటము.

గమనిక

గుర్తించిన విధముగా ఆవేశ అమరిక అనునది గోళ స్థూపము లేదా సమతల, సౌష్టవ అమరికలలో విద్యుత్ క్షేత్రమును సులభముగా తెలిసికొనుటకు గాస్ నియమము ఒక మంచి విధానమగును. అటువంటి సౌష్టవక గుణము పొందని సమయములో ప్రత్యక్ష పద్ధతిలోని (కూలూంబ్ నియమము మరియు గణన విధానము) పాటించవలయును. ఉదాహరణమునకు విద్యుత్ ద్విధ్రువము యొక్క విద్యుత్ క్షేత్రమును తెలుసుకొనుటకు గాస్ నియమమును ఉపయోగించుట ఏ యొక్క సౌష్టవ గుణము లేదు.

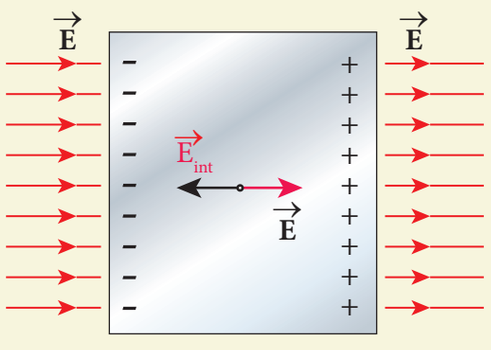
1.7 వాహకములు మరియు విద్యుత్ రోధకము యొక్క స్థిరవిద్యుత్ ధర్మములు (ELECTROSTATICS OF CONDUCTORS AND DIELECTRICS)

1.7.1 స్థిర విద్యుత్ సమతాస్థితిలో గల వాహకములు (Conductors at electrostatic equilibrium)

ఒక విద్యుత్ వాహకములో స్వేచ్ఛగా చలించు ఆవేశములు చాలా ఎక్కువగా యున్నవి. ఒక లోహపు వాహకములో యున్న చలించు ఆవేశములు స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులగును. ఏ ఒక్క పరమాణువుతోను అవి బంధింపబడి యుండలేదు. అందువలన ఇచ్చట చలించుటకు వీలగుచున్నది. బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రము ఇవ్వనపుడు. క్రమ రహితముగా అన్ని దిశలలోను అవి చలించుచున్నవి. ఈ కారణముగా ఏ ఒక్క నిర్ణీత దిశ వైపుగా ఎలక్ట్రానుల యొక్క మొత్తం చలనము లేనందు వలన ఆ వాహకము స్థిర విద్యుత్ సమతాస్థితిలో యున్నది. అందువలన స్థిర విద్యుత్ సమతాస్థితిలో యున్న వాహకములో ఏ విధమైన ఫలిత ప్రవాహము (net current) యుండుట లేదు. ఈ సమతాస్థితిలో యున్న ఒక వాహకమునకు క్రింద యున్న ధర్మములు వుండును.

(i) వాహకము యొక్క లోపల యుండు అన్ని బిందువులలోను విద్యుత్ క్షేత్రము శూన్యమగును. ఈ అంశము ఘన వాహకము మరియు బోలైన వాహకము రెండింటికి సరిపోవును.

ఇది ప్రయోగాత్మక ఆధారముగా మనము తెలుసుకొన్న వాస్తవము. ఒకవేళ వాహకము యొక్క లోపల విద్యుత్ క్షేత్రము శూన్యము లేకుండిన అక్కడ యున్న స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులపై బలము పనిచేయవలెను, కదా? ఈ కారణముగా అవి (స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు లేదా చలన ఆవేశము) ఒక నిర్ణీత దిశ వైపు ఫలిత చలనమును పొందును, ఇది స్థిర విద్యుత్ సమతా స్థితిలో యున్న వాహకము యొక్క లోపల అన్ని బిందువులలోను విద్యుత్ క్షేత్రము శూన్యముగానే యుండవలయును. ఏకరీతి బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రమును వాహకములపై పనిచేయించి ఈ వాస్తవమును అర్థము చేసుకొనవచ్చును. (పటము 1.42)



పటము 1.42 విద్యుత్ వాహకముల యొక్క విద్యుత్ క్షేత్రము

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 49 24-03-2023 08:53:25

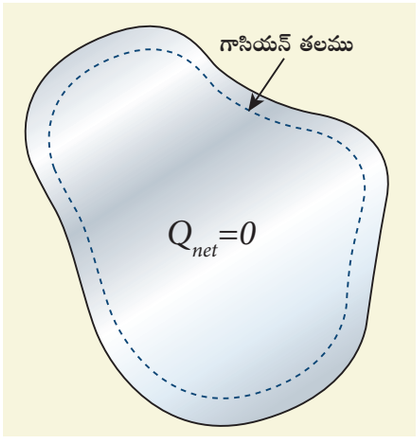
బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రము పనిచేయుటకు ముందు వాహకములో యున్న స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు వాహకము పూర్తిగా ఏకరీతిగా వ్యాపించి వుండును. విద్యుత్ క్షేత్రమును ఇచ్చునప్పుడు ఎడమ చేతి వైపు త్వరణము చెందుట వలన ఎడమవైపు పలక ఋణావేశమును కుడివైపు పలక ధనావేశమును పొందుచున్నది. (పటము 1.42)

స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు ఈ విధముగా ఉండుటకు (realignment) వాహకము యొక్క లోపల అంతర విద్యుత్ క్షేత్రము ఏర్పడు చున్నది. బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రమును సమతాస్థితి చేయువరకు ఇది అధికరించును. బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రము సమానమైన తర్వాత వాహకము స్థిర విద్యుత్ సమతాస్థితిలో యున్నట్లుగా అనుకొనబడును. ఈ సమతాస్థితిని పొందుటకు ఒక వాహకము తీసుకొను సమయము ఇంచుమించుగా 10^{-16}s అందువలన ఇది ఒక తాక్షణిక సంఘటనగానే అనుకొనవచ్చును.

(ii) వాహకము యొక్క లోపల యున్న విద్యుత్ ఆవేశము యొక్క మొత్తము ఆవేశము శూన్యము వాహకము యొక్క బాహ్యతలములో మాత్రమే విద్యుదావేశములు యుండ గలదు.

గాస్ నియమమును ఉపయోగించి ఈ ధర్మమును నిర్వచించవచ్చును. ఏదైన ఒక ఆకారము కలిగిన ఒక వాహకమును అనుకొనుము. పటము (1.43) వాహకము యొక్క బాహ్య తలమునకు చాలా దగ్గరలో లోపలి వైపుగా ఒక గాసియన్ తలమును గీచెదము.

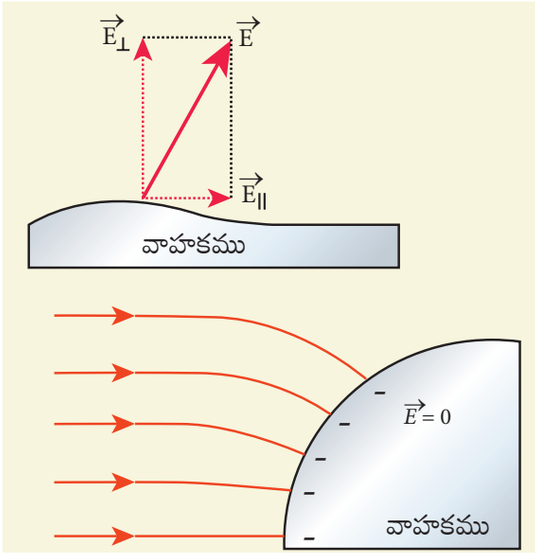
వాహకము యొక్క లోపలి తలంలో అన్ని బిందువులలో విద్యుత్ క్షేత్రము శూన్యముగా యుండుట వలన గాస్ తలమును దాటు మొత్తం విద్యుత్ అభివాహము శూన్యము గానే వుండును. అందువలన గాస్ నియమము ప్రకారము వాహకము యొక్కలోపల యుండు మొత్తం ఆవేశ విలువ శూన్యమగుటను ఇది తెలియజేయుచున్నది. ఒక వేళ కొన్ని విద్యుత్ ఆవేశములు వాహకము యొక్క లోపలి వైపు యుండినను వెంటనే అవి వాహకము యొక్క తలమును వచ్చి చేరును.



పటము 1.43 వాహకము యొక్క లోపల మొత్త ఆవేశము శూన్యము.

(iii) వాహకమునకు వెలుపల విద్యుత్ క్షేత్రమునునది దాని తలమునకు లంబముగాను $\frac{\hat{}}{\epsilon_0}$ పరిమాణము కలిగినదిగా వుండును. ఇచ్చట σ అనునది వాహకము యొక్క నిర్ణీత భాగములో యున్న తలము యొక్క ఆవేశ సాంద్రత అగును.

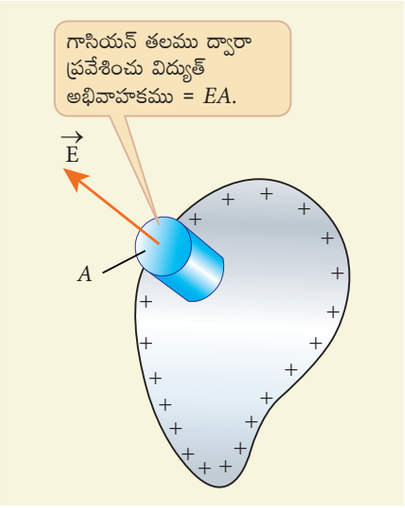
వాహకము యొక్క తలమునకు సమాంతర దిశలలో విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క మూలకములు యుండినా తలములో యున్న స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు త్వరణము చెందును. పటము (1.44(a)) అనగా వాహకము సమాతాస్థితిలో లేదు.



పటము 1.44 (a) తలము యొక్క దిశలో విద్యుత్ క్షేత్రము (b) విద్యుత్ వాహకము తలమునకు లంబముగా విద్యుత్ క్షేత్రము.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 50 24-03-2023 08:53:26

అందువలన స్థిరవిద్యుత్ సమతాస్థితిలో వాహకము యొక్క తలమునకు లంబదిశలో మాత్రమే విద్యుత్ క్షేత్రము యుండుట. పటము (1.44 (b)) వాహకము యొక్క తలమునకు కొంత వెలుపల విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క పరిమాణము $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$ అని నిర్మించెదము. పటము 1.45 లో చూపించిన విధముగా చిన్న స్థూపాకార గాసియన్ తలమును తలచుకొనుము. ఈ స్థూపము యొక్క సగ భాగము వాహకము యొక్క లోపలి వైపుగా పాతుకొని యున్నది.



పటము 1.45 వాహకము యొక్క తలము నందు విద్యుత్ క్షేత్రము

వాహకము యొక్క తలమునకు లంబముగా విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క దిశ యుండుట వలన, స్థూపము యొక్క వక్ర తలమును దాటు విద్యుత్ అభివాహము శూన్యముగా యుండుటవలన వాహకము లోపల విద్యుత్ క్షేత్రము శూన్యమగును. గాసియన్ తలము యొక్క సమతల అడుగు భాగమునకు విద్యుత్ అభివాహము లేదు.

అందువలన పైవైపు చదునైన తలము మాత్రమే విద్యుత్ అభివాహమును ఇచ్చును. దీనిలో విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క దిశయనునది వైశాల్యసదిశ ($\vec{A}$) దిశలోనే వుండును. ఇంకను (పై సగ భాగ స్థూపము) తలమునకు లోపలివైపు యున్న మొత్తం ఆవేశ విలువ σA గాస్ నియమమును ఉపయోగించినపుడు?

$$EA = \frac{\sigma A}{\epsilon_0}$$

సదిశ రూపములో

$$\vec{E} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}\hat{n} \qquad (1.79)$$

ఇచ్చట $\hat{n}$ అనునది వాహకము యొక్క తలమునకు లంబముగా వెలుపలి వైపు దిశలోనున్న ఒక ప్రమాణ సదిశ $\sigma < 0$ అయిన విద్యుత్ క్షేత్రమనునది తలమునకు లంబముగా, లోపలివైపు దిశలో వుండును.

(iv) వాహకము యొక్క బాహ్య తలములో మరియు లోపలివైపు స్థిర విద్యుత్ శక్మము ఒకే విలువను కలిగి వుండును.

వాహక తలములో బాహ్య తలమునకు సమాంతర దిశలో విద్యుత్ క్షేత్ర అంశము యుండనందువలన తలములో విద్యుత్ ఆవేశములు జరుపుటకు పని చేయనవసరము లేదు. దీనికి తలములో నున్న అన్ని బిందువుల విద్యుత్ శక్మము సమానముగా ఉండవలయును లేదా తలములో నున్న ఏదైనా రెండు బిందువులకు మధ్యగల విద్యుత్ శక్మభేధము శూన్యముగా ఉండవలయును. వాహకము యొక్క లోపలివైపు విద్యుత్ క్షేత్రము శూన్యముగా యుండుట వలన, వాహకము యొక్క బాహ్యతలములో యున్న విద్యుత్ శక్మము లోపల యున్న విద్యుత్ శక్మము సమానముగా యుండవలయును. అందువలన స్థిర విద్యుత్ సమతాస్థితిలో ఒక వాహకము ఎల్లప్పుడు సమవిద్యుత్ శక్మముతో ఉండును.

1.7.2 స్థిర విద్యుత్ కవచము (Electrostatic shielding)

గాస్ నియమమును ఉపయోగించి ఆవేశపూరిత గోళాకార కక్ష్య లోపల విద్యుత్‌క్షేత్రము శూన్యమగుటను నిరూపించినాము. బోలైన మరియు ఘన వాహకముల యొక్క లోపలి భాగములో విద్యుత్ క్షేత్రము శూన్యమగుటను తెలుసుకొన్నాము. ఇది ఒక ఆసక్తికరమైన ధర్మమగును. ఇది ఒక ముఖ్యమైన పరిమాణములను ఇచ్చునట్లుగా యున్నది.

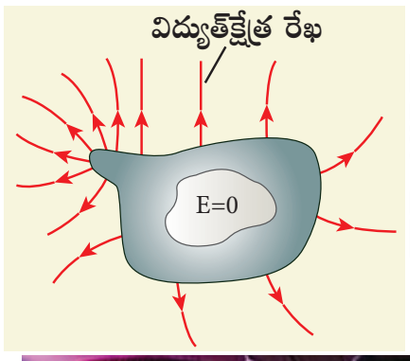
పటము 1.46 (అ)లో చూపిన విధముగా ఒక కుహర భాగమును ఊహిద్దాం. వాహకము యొక్క బాహ్య తలములో విద్యుదావేశములు ఏదియున్నను వాహకమునకు వెలుపల ఏర్పడు విద్యుత్ ఆటంకములు ఏదైననూ ఆ కుహర భాగము యొక్క లోపల విద్యుత్

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 51 24-03-2023 08:53:26

క్షేత్రము శూన్యముగానే వుండును. బాహ్యములో ఏర్పడు విద్యుత్ ఆటంకముల నుండి సున్నితమైన విద్యుత్ పరికరము ఒకటి సురక్షితముగా ఉంచవలయునన్న ఇటువంటి కుహర భాగములో ఉంచవలయును. దీనినే స్థిర విద్యుత్ కవచము అని అంటారు.

ఈ ఫలితమును చేసి చూపుటకు ఫారడే బోను (Faraday's cage) అను ఒక అమరిక ఉన్నది. లోహపు కమ్మీలతో చేయబడిన ఈ బోను పటము 1.46 (ఆ)లో చూపబడియున్నది. వెలుపల ఏర్పరచబడు కృత్రిమ మెరుపులు తాకునప్పుడు బోనులోపల ఉన్న వ్యక్తి ఎటువంటి ప్రభావమునకు లోనగుట లేదు.

మెరుపులు, ఉరుములతో కూడిన వర్ష సమయములో ఆరు బయట ప్రదేశములో లేదా చెట్టు క్రింద నిలుచుట కంటే బస్సు లోపల ఉండుట సురక్షితమైనది. బస్సు యొక్క లోహపు తలము స్థిర విద్యుత్ కవచముగా పనిచేయుచున్నది. ఎందుకనగా దానిలోపల తలములో విద్యుత్ క్షేత్ర పరిమాణం శూన్యము మెరుపు సమయములో వాహకము యొక్క బాహ్య తలము ద్వారా ఆవేశములు భూమిలోనికి ప్రవహించుట వలన బస్సులోపల యుండునతనికి ఎటువంటి ప్రభావము యుండదు.



GTH19



పటము 1.46 (అ) గది లోపల విద్యుత్‌క్షేత్రము ఆ) ఫారడే బోను

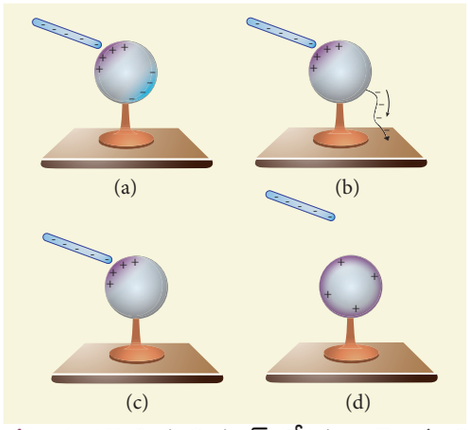
1.7.3 స్థిర విద్యుత్ ప్రేరణ (Electrostatic induction)

తగిన వస్తువు ఒక దానిని మరొక దానితో రాపిడికి గురిచేయుట వలన విద్యుత్ ఆవేశము పొందవచ్చునని భాగము 1.1 లో చూసినాము. ఈ విధముగా ఆవేశము పొందిన వస్తువును మరొక వాహకముతో స్పర్శించునపుడు ఆవేశములు వాహకమును చేరును. కాని స్పర్శ లేకుండానే ఒక వాహకమును ఆవేశము పొందునట్లు చేయుట వీలగునా? వీలగును. స్పర్శ లేకుండానే ఒక వస్తువును ఆవేశము పొందునట్లు చేయు సంఘటననే స్థిర విద్యుత్ ప్రేరణ అని అందురు.

(i) విద్యుత్ బంధనము గల ఒక స్టాండుపై యుంచబడిన ఆవేశము లేని (తటస్థ ఆవేశము) గోళాకార వాహకమును ఊహిద్దాం. ఋణావేశము కలిగిన కడ్డీ ఒకటి గోళమునకు దగ్గరగా స్పర్శించనట్టుగా, తీసుకొను రాబడుచున్నది. పటము 1.47(a).

కడ్డీలోని ఋణావేశములు వాహకములో యున్న ఎలక్ట్రానులను వ్యతిరేక దిశ వైపు వికర్షించును. ఈ కారణముగా ఆవేశము పొందిన కడ్డీ యందు ఒక ప్రక్కన ధనావేశము, దానికి వ్యతిరేకదిశలో ఋణావేశము ప్రేరేపించబడుచున్నది.

ఆవేశము పొందిన కడ్డీ తీసుకొచ్చుటకు మునుపు, వాహకము యొక్క (గోళము) తలము పూర్తిగా స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు సమానముగా వ్యాపించియున్నది. ఇంకనూ దాని మొత్తం ఆవేశము శూన్యముగా యుండును. కానీ కడ్డీని వాహకమునకు దగ్గరలో తీసుకొచ్చినప్పుడు, ఎలక్ట్రానులు అవతలి



పటము 1.47 స్థిర విద్యుత్ ప్రేరణ యొక్క వివిధ దశలు

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 52 24-03-2023 08:53:27

వైపు నందును ధనావేశము కడ్డీ వైపుగా ఉండును, ఆవేశముల వ్యాపన అసమరీతిగా ఉండుట వలన మొత్తం ఆవేశము శూన్యము.

(ii) ఇప్పుడు గోళ వాహకమును ఒక వాహకపు తీగ మూలముగా భూమికి సంధానము చేయబడుచున్నది. దీనికి .భూసంధానం (Grounding) అని పేరు. ఎన్ని ఎలక్ట్రాన్లు అయినను భూమిచే గ్రహించగలదు. అందువలన గోళాకార వాహకములో ఎలక్ట్రానులు భూ సంధానము మూలముగా భూమిలోనికి పోవుచున్నవి. కానీ గోళములోని ధనావేశములు కడ్డీలోని ఋణావేశముల ఆకర్షణ బలము యుండుట వలన ఈ ధనావేశములు భూమిలోపలికి పోవుటకు వీలుకాదు. (పటము 1.47(b)).

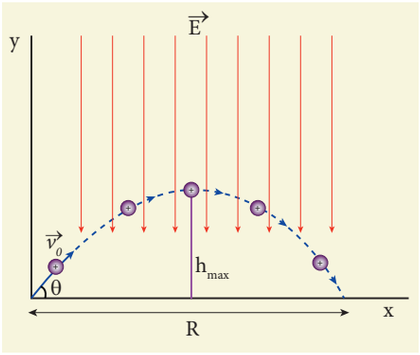
(iii) ఇప్పుడు భూమిని సంధానించిన తీగను తొలగించినపుడు గోళములో నున్న ధనావేశము ఆవేశము పొందిన కడ్డీకి సమీపములోనే యున్నది. పటము 1.47(c)

(iv) ఆవేశ పూరిత కడ్డీని ఇప్పుడు గోళాకార వాహకము దగ్గరనుండి తొలగించునపుడు గోళములోని ధనావేశములు తలములో సమానముగా వ్యాపించుటమూలముగా విద్యుత్ తటస్థ గుణము కలిగిన ఒక గోళాకార వాహకము ధనావేశము పొందినదిగా మార్పు జరుగును. (పటము 1.47 (d)).

ఒక నిర్ణీత ఆకారము లేకుండా అసమ ఆకారము కలిగిన వాహకమునకు ఈ ప్రయోగములో నడుమ యుండే దశలు ఫలితము ఒకే విధముగా యుండినను ఆఖరిదశ వేరుగా వుండును. అనగా ధనావేశము యొక్క వ్యాపనము ఏకరీతిగా యుండదు. ఇది ఎందులకు? దీనికి గల కారణము భాగము 1.9 లో చర్చించబడి యున్నది.

ఉదాహరణము 1.19

ఉదాహరణము 1.19 పటములో ఇచ్చిన విధముగా $+q$ ఆవేశ విలువ M ద్రవ్యరాశి కలిగిన వాహకత గుణముగల చిన్న బంతి ఒకటి క్షితిజ సమాంతర తలమునకు θ కోణముతో v_0 అను తొలి దిశావేగముతో పైదిశలో ప్రక్షేపణము చేయబడుచున్నది. g పరిమాణము గల E అను విద్యుత్ క్షేత్రము అచ్చట పని చేసినట్లయితే ఆవేశము పొందిన ఆ బంతి యొక్క క్రింది వైపు త్వరణము గరిష్ట ఎత్తు మరియు పలాయన కాలము (Time of flight) మొదలగునవి లెక్కించుము. గాలి వలన ఏర్పడు ఫలితమును తొలగించుము. ఇంకనూ బంతిని ఒక బిందు ద్రవ్యరాశిగా అనుకొనుము.



సాధన

వాహకము యొక్క మొత్తం ఆవేశము శూన్యమైన దాని చలనము, మనము గతిజ శాస్త్రము (+1 భౌతిక శాస్త్రము వడుత – 1, అధ్యాయము – 2) తెలిసిన m ద్రవ్యరాశి కలిగిన ఒక ప్రక్షేపక వస్తువు యొక్క చలనమువలె వుండును. కానీ ఈ సమస్యలో క్రింది వైపు దిశలో పనిచేయు గురుత్వ ఆకర్షణ బలముతో చేరి ఏకరీతి స్థిర విద్యుత్ బలమును ఆ బంతి అనుభవించును.

గురుత్వాకర్షణ బలము వలన ఆ బంతికి ఇవ్వబడు త్వరణము $= -g\,\hat{j}$

ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రము వలన ఆ బంతికి ఇవ్వబడు త్వరణము $= -\frac{qE}{m}\hat{j}$

ఆవేశము పొందిన బంతి క్రింది వైపు దిశలో పొందు నికర త్వరణము. $\vec{a} = -\left(g + \frac{qE}{m}\right)\hat{j}$

ఇచ్చట బంతి యొక్క త్వరణము దాని ద్రవ్యరాశిపై ఆధారపడియుండుటను గమనించుము. అన్ని వస్తువులు భూమి వైపు ఒకే త్వరణములో పడుచున్నవి అను గెలిలీయో యొక్క అభిప్రాయము ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రమునకు మాత్రమే సరిపోవును. ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రమును చేర్చునపుడు ఆవేశము పొందిన వస్తువు యొక్క

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 53 24-03-2023 08:53:28

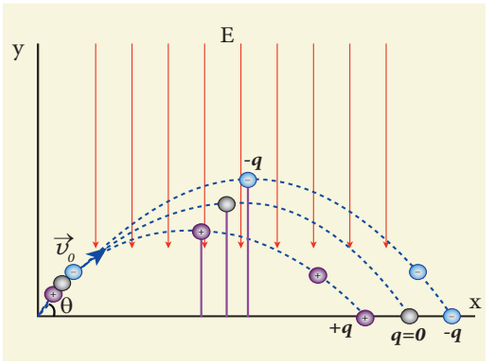
త్వరణము దాని ద్రవ్యరాశిని, ఆవేశమును ఆధారపడి వుండును.

అయినను దాని త్వరణము అనునది $a=\left(g+\frac{qE}{m}\right)$ చలనము పూర్తిగా స్థిరముగానే వుండును. అందువలన గతిజ శాస్త్ర సమీకరణమును ఉపయోగించి క్షితిజ సమాంతర వ్యాప్తి, గరిష్ట ఎత్తు మరియు పలాయన కాలము వంటివి లెక్కించవచ్చును. ప్రక్షేపక వస్తువు యొక్క కొలతల సమీకరణములలో g కు బదులుగా $g+\frac{qE}{m}$ అని ప్రతిక్షేపించి పైన తెలిపిన మూడు కొలతలను తెలుపవచ్చును.

	ఆవేశము లేని ప్రక్షేపక వస్తువు	+q ఆవేశము పొందిన ప్రక్షేపక వస్తువు
పలాయన కాలము T	$\frac{2v_0\sin\theta}{g}$	$\frac{2v_0\sin\theta}{\left(g+\frac{qE}{m}\right)}$
గరిష్ట ఎత్తు h_{max}	$\frac{v_0^2\sin^2\theta}{2g}$	$\frac{v_0^2\sin^2\theta}{2\left(g+\frac{qE}{m}\right)}$
వ్యాప్తి R	$\frac{v_0^2\sin 2\theta}{g}$	$\frac{v_0^2\sin 2\theta}{\left(g+\frac{qE}{m}\right)}$

పలాయన కాలము, గరిష్ట ఎత్తు, వ్యాప్తి అయిన ఈ మూడును వస్తువు యొక్క త్వరణమునకు విలోమాన పాతములో యుండుటను గమనించుము. ఇంకనూ $\left(g+\frac{qE}{m}\right)>g$ అందువలన, T, h_{max} గరిష్ట, R

ఈ మూడు కొలతలను ఆవేశము లేని స్థితిలో యున్న కొలతల కన్నా తక్కువ పరిమాణమును కలిగివుండును. విద్యుదావేశము అనునది $-q$, $\left(g-\frac{qE}{m}\right)<g$ అధిక పరిమాణమును కలిగి వుండును అయినను వస్తువు యొక్క మార్గము ఇంకనూ పరావలయము గానే నున్నది. పటము చూడుము.



1.7.4 రోధక పదార్థములు (Dielectrics) లేదా విద్యుత్ బంధకములు (insulators)

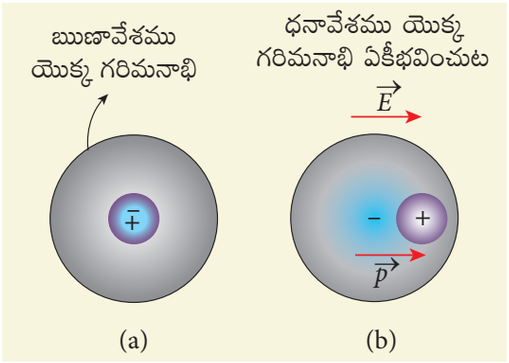
రోధక పదార్థమనునది విద్యుత్ ప్రవహింపచేయని ఒక వస్తువు. దీనిలో స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు యుండవు. రోధక పదార్థములో ఎలక్ట్రానులు పరమాణువులచే బందింపబడి వుండును. రోధక పదార్థములకు కొన్ని ఉదాహరణములు. ఎబోనైటు, గాజు, మైకా మొదలగునవి. బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రములో యుంచునపుడు (రోధక పదార్థములలో) ఎలక్ట్రానులు స్వేచ్ఛగా చలించుటకు వీలుకాదు. కాని నిర్ణీత దిశలో అవి అమర్చబడుచున్నవి, రోధక పదార్థములు ధృవ అణువులు (Polar) లేదా అధృవ అణువులలో కూడినవి.

అధృవ అణువులు (Non-polar molecules)

అధృవ అణువులలో ధనావేశము యొక్క గరిమనాభి ఋణావేశము యొక్క గరిమనాభి ఒకే బిందువులో ఏకీభవిస్తాయి. ఇది శాశ్వతమైన ద్విధృవ భ్రామకమును పొందియుండదు. ఉదాహరణములు హైడ్రోజన్ (H_2), ఆక్సిజన్ (O_2) కార్బన్‌డయాక్సైడు (CO_2) మొదలగునవి.

ఈ వస్తువులను బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రములో యుంచినపుడు ధనావేశము యొక్క గరిమనాభి, ఋణావేశము యొక్కగరిమనాభి కొంత వేరుచేయబడి వుండును. దీనివలన బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్ర దిశలో ద్విధృవ భ్రామకము ప్రేరేపించబడును. ఇప్పుడు బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రమువలన రోధక పదార్థము విద్యుత్ ద్విధృవమును (Electrically Polarized) పొందును. (పటము 1.48).

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 54 24-03-2023 08:53:31

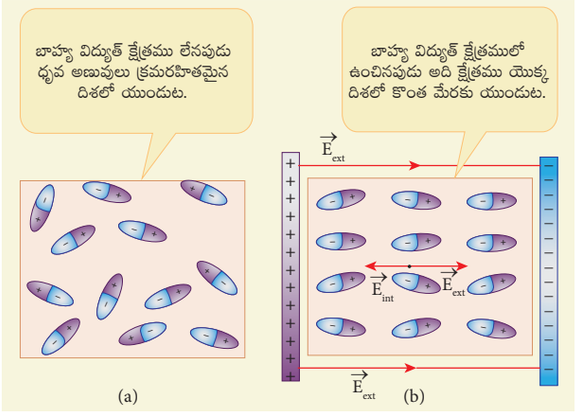


పటము 1.48 అధృవత అణువులు (a) బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రము లేని స్థితిలో (b) బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రములో

ధృవ అణువులు (Polar molecules)

బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రము లేనప్పుడు ధన మరియు ఋణావేశము యొక్క గరిమనాభిచే వేరుచేయబడిన అణువులను ధృవ అణువులు అంటారు. ఇది శాశ్వత ద్విధృవ భ్రామకమును కలిగివుండును. తాపచలన ఫలితముగా వస్తువులో యున్న ఒక్కొక్క ద్విధృవ భ్రామకము క్రమరహితముగా వేరువేరు దిశల వైపు అమరివుండును. (పటము 1.49(a)) అందువలన బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రము లేని సందర్భములలో మొత్తం ద్విధృవ భ్రామకము శూన్యమగును. ధృవ అణువులకు ఉదాహరణములు H_2O, N_2O, HCl, NH_3.

కానీ బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రము పనిచేయునపుడు పదార్థ అణువులలోని ద్విధృవములు విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క దిశలో అమరివుండును. అందువలన నికర ద్విధృవ భ్రామకము దానిలో ప్రేరేపించబడుచున్నది.



పటము 1.49 (a) క్రమరహితమైన ధృవ అణువులు (b) బాహ్య విద్యుత క్షేత్ర దిశలో యుండుట.

ఇప్పుడు బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రము వలన రోధక పదార్థము ధృవణము చేయబడినదని చెప్పవచ్చును పటము 1.49(b).

విద్యుత్ ధృవణము (Polarisation)

బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రము పనిచేయునపుడు ఒక రోధక పదార్థములో ద్విధృవభ్రామకము ప్రేరేపించబడుచున్నది. రోధక పదార్థములో ఒక ప్రమాణ ఘనపరిమాణములో ప్రేరేపించబడు మొత్తం ద్విధృవ భ్రామకమును ధృవణము ($\vec{P}$) అందురు. అనేకమైన రోధక పదార్థములలో ధృవణము అనునది బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రతకు అనులోమానుపాతములో వుండును. దీనినే

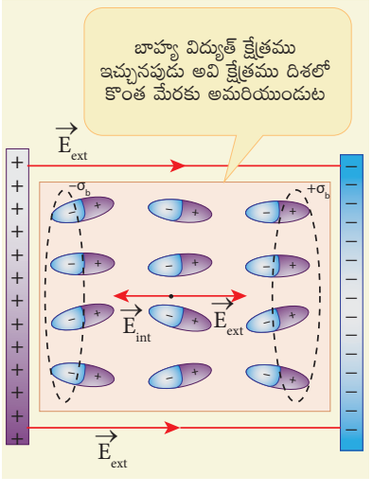
$$\vec{P} = \chi_e \vec{E}_{ext} \qquad (1.80)$$

ఇచ్చట χ_e అను స్థిరాంకం, విద్యుత్ గ్రాహ్య శీలత (Susceptibility) అనబడును. ఇది ఒక్కొక్క రోధక పదార్థములోను వేరువేరు విలువలను కలిగివుండును.

1.7.5 రోధక పదార్థము లోపల విద్యుత్ క్షేత్రమును ప్రేరేపించుట (Induced Electric field inside the dielectric)

ఒక వాహకమును బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రములో ఉంచినపుడు దానిలోని ఆవేశమును ఒక నిర్ణీత దిశలో అమర్చబడి, దాని వలన ఏర్పడు అంతర విద్యుత్ క్షేత్రము అనునది బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రమును రద్దు చేయును. కానీ రోధక పదార్థము నందు మాత్రము స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు లేనందువలన బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రము అనునది దానిలోని ఆవేశములను ఒక నిర్ణీత దిశలో అమర్చినను దాని వలన ఏర్పడు అంతర విద్యుత్ క్షేత్రము బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రము కన్నా తక్కువగా వుండును. అందువలన రోధక పదార్థము యొక్క లోపల మొత్తం విద్యుత్ క్షేత్రము శూన్యమగుట లేదు. ఇంకనూ బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క దిశలోనే ఫలిత విద్యుత్ క్షేత్రము వుండును. కానీ దాని పరిమాణము బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రము కన్నా తక్కువగానే వుండును. ఉదాహరణముగా (పటము 1.50) లో ఇవ్వబడినట్లుగా (సంక్షేపి) వ్యతిరేఖ ఆవేశములు పొందిన సంక్షేపి పలకల మధ్య

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 55 24-03-2023 08:53:32



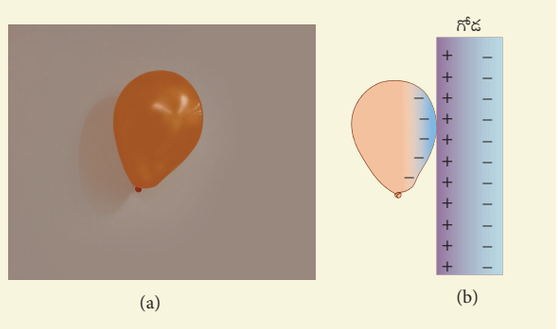
పటము 1.50 రోధక పదార్థము లోపల ప్రేరేపించబడు విద్యుత్ క్షేత్రము.

ఒక దీర్ఘ చతురస్రాకార రోధక పదార్థము ఉంచబడుచున్నది.

పలకలు మధ్యలో యుండు ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రము, రోధక పదార్థమునకు ఒక బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రముగా ($\vec{E}_{ext}$ బాహ్య) పని చేసి దానిని ధ్రువణము చెందించును. దానిలో ఒక ప్రక్కన ధనావేశము మరొక ప్రక్కన ఋణావేశము ప్రేరేపించబడును.

కానీ రోధక పదార్థము యొక్క లోపల ఒక చిన్న ఘనపరిమాణములో కూడా మొత్తం ఆవేశము శూన్యమగును. బాహ్య క్షేత్రములోని ఒక రోధక పదార్థము అనునది ఆవేశ సాంద్రత $+\sigma_b$ మరియు $-\sigma_b$ కలిగిన వ్యతిరేఖ ఆవేశములు పొందిన రెండు పలకలకు సమానమగును. ఈ ఆవేశములును నిర్బంద ఆవేశములు (Bound Charges) అంటారు. ఇవి వాహకముల యందు స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానుల వలె స్వేచ్ఛగా చలనము చేయుటకు వీలుకాదు. (పటము 1.50 లో చూపబడినది)

ఉదాహరణముగా, ఘర్షణ వలన ఆవేశము పొందిన బెలూన్ ఒకటి గోడలో అతుక్కొనుచున్నది. ఋణావేశము పొందిన బెలూన్‌ను గోడ దగ్గరకి తీసుకొని వచ్చునపుడు అది గోడకు వ్యతిరేఖ ఆవేశములను ప్రేరేపించుట వలన ధ్రువణము ఏర్పరచుచున్నది. ఈ కారణము గానే గోడకు బెలూన్ అతుక్కొనుచున్నది. (పటము 1.51).



పటము 1.51(a) గోడలో బెలూన్ అతుక్కొనుట (b) బెలూన్ ఏర్పరచిన విద్యుత్ క్షేత్రము వలన గోడలో ధ్రువణము ఏర్పడుట.

1.7.6 రోధక పదార్థ తీవ్రత (Dielectric strength)

రోధక పదార్థమునకు ఇవ్వబడు బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రము అధికముగా యుండిన అది అణువులలో యున్న ఎలక్ట్రాన్ అమరికను విడగొట్టి బంధింపబడిన ఆవేశములను స్వేచ్ఛా ఆవేశములుగా మార్చును. ఈ స్థితిలో రోధక పదార్థము విద్యుదావేశమును ప్రవహింపజేయుటకు ప్రారంభించును. దీనిని రోధక విచ్ఛిన్నం (Dielectric Breakdown) **అని అందురు**. ఈ విచ్ఛిన్నం ఏర్పడుటకు మునుపు ఒక రోధక పదార్థము తట్టుకోగలిగిన గరిష్ట విద్యుత్ క్షేత్రమును రోధక పదార్థ తీవ్రత అనబడును. ఉదాహరణముగా, గాలి యొక్క రోధక పదార్థ తీవ్రత 3×10^6 V m^{-1} దీనికి అధికమైన విద్యుత్ క్షేత్రమును ఇచ్చినట్లయితే, దానిలో నిప్పు రవ్వలు ఏర్పడును. కొన్ని రోధక పదార్థముల యొక్క రోధక తీవ్రత పట్టికలో ఇవ్వబడినది. పట్టిక 1.1 రోధక పదార్థ తీవ్రత

పట్టిక 1.1 రోధక పదార్థ తీవ్రత

వస్తువు	రోధక పదార్థ తీవ్రత (Vm^{-1})
మైకా	100×10^6
టెఫ్లాన్	60×10^6
కాగితము	16×10^6
గాలి	3×10^6
పైరెక్స్ గ్లాస్	14×10^6

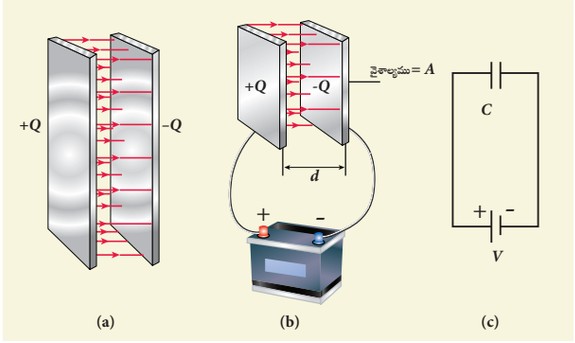
01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 56 24-03-2023 08:53:33

1.8 సంక్షేపిలు మరియు క్షమశీలత (CAPACITORS AND CAPACITANCE)

1.8.1 సంక్షేపిలు (Capacitors)

విద్యుత్ ఆవేశమును మరియు విద్యుత్ శక్తినిసేకరించుటకు ఉపయోగపడు పరికరమునే సంక్షేపి అందురు. ఇది తక్కువ దూరములో వేరుచేయబడిన రెండు విద్యుత్ వాహకములతో (సాధారణముగా పలకలు లేదా రేకలు) కూడినది పలు ఎలక్ట్రానిక్ వలయములలో వైజ్ఞానిక మరియు సాంకేతిక రంగములలో సంక్షేపిలు విస్తృతంగా ఉపయోగించబడుచున్నది.

ఒక సాదారణ సంక్షేపిలో రెండు సమాంతర లోహపు పలకలు తక్కువ దూరములో వేరుచేయబడి యుండుటను పటము 1.52 (a) లో చూడవచ్చును.



పటము 1.52 (a) సమాంతర పలక సంక్షేపి (b) విద్యుద్ఘటముల సంధానింపబడిన స్థితిలో సంక్షేపి (c) సంక్షేపి యొక్క గుర్తు

సంక్షేపిని V విద్యుత్ శక్మ భేదము కలిగిన విద్యుద్ఘటముతో కలిపిన తరువాత, విద్యుద్ఘటము నుండి ఒక పలకకు మరోక పలక నుండి విద్యుద్ఘటమునకు ఎలక్ట్రానులు బదిలీ చెందుట వలన, ఒక పలక −Q ఋణావేశమును మరొక పలక +Q ధనావేశమును పొందుచున్నది. పలకలకు మధ్యగల విద్యుత్ శక్మభేధము సమానముగా వుండును. ఇది పటము 1.52 (b) లో చూపబడియున్నది. విద్యుత్ఘటము యొక్క శక్మభేదము అధికరించినపుడు పలకలో సేకరించబడు ఆవేశముల యొక్క పరిమాణము అధికరించును. సాధారణముగా సంక్షేపిలో సేకరించబడిన ఆవేశముల యొక్క పరిమాణము, ఆ పలకల మధ్యగల విద్యుత్ శక్మ భేదమునకు అనులోమానుపాతంలో వుండును.

$$Q \propto V$$

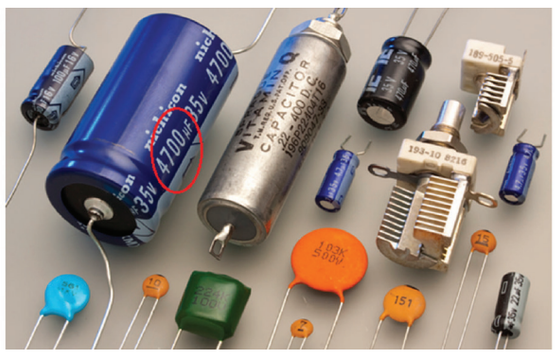
కావున $Q = CV$

ఇచ్చట అనుపాత స్థిరాంకము C ను క్షమశీలత (Capacitance) అంటారు. సంక్షేపి యొక్కక్షమశీలత C అనునది దాని ఏదైన ఒక వాహక పలకలోయున్న ఆవేశ పరిమాణమునకు వాహకములకు (పలకలకు) మధ్య యుండు విద్యుత్ శక్మ భేదమునకు మధ్య నిష్పత్తి అని నిర్వచింపబడుచున్నది.

$$C = \frac{Q}{V} \qquad (1.81)$$

క్షమశీలత యొక్క SI ప్రమాణము కూలూంబ్/వోల్టు (CV^{-1}) లేదా మైకల్ ఫారడే జ్ఞాపకముగా ఫారడ్ (F) అని గుర్తించబడుచున్నది. ఫారడ్ అనునది క్షమశీలత యొక్క అతి పెద్ద ప్రమాణము. ఆచరణలో మైక్రోఫారడ్ ($1\mu F = 10^{-6}$ F) నుండి పైకోఫారడ్ ($1pF = 10^{-12}$ F) వరకుగల పరిమాణములలో సంక్షేపిలు లభించును. సంక్షేపి ⊣⊢ లేదా ⊣(అను గుర్తులతో చూపించబడుచున్నది. సంక్షేపి యొక్క రెండు పలకలలో సేకరించబడు మొత్తం ఆవేశము శూన్యము ($Q - Q = 0$) అనుటను గమనించుము. ఒక సంక్షేపిలో ఆవేశములు సేకరించబడి యున్నవి అని మనము చెప్పునపుడు. ఆ సంక్షేపిలోని ఒక పలకలో సేకరించబడిన ఆవేశమును మాత్రమే తెలిపెదము.

ఈ రోజుల్లో సంక్షేపిలు పలు ఆకారములలో (స్థూపము, గుండ్రని) మరియు టాంటలమ్, పింగాణి, విద్యుత్ విశ్లేషణ రకములలో లభించుచున్నవి. (పటము 1.53)



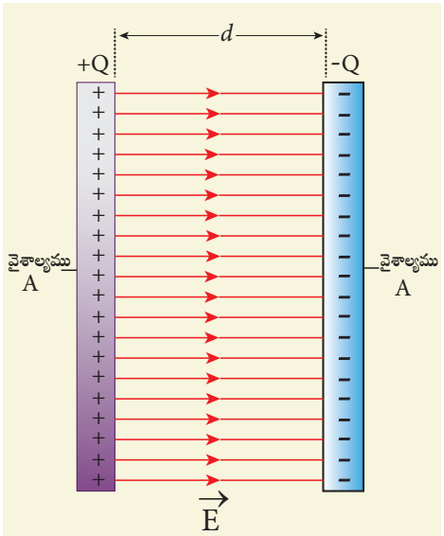
పటము 1.53 సంక్షేపి యొక్క రకములు

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 57 24-03-2023 08:53:34

సమాంతర పలకల సంక్షేపి యొక్క క్షమశీలత (Capacitance of a parallel plate capacitor)

మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యము A మరియు d మధ్యదూరముచే వేరుచేయబడియుండు రెండు సమాంతర పలకలు కలిగిన సంక్షేపిని ఊహిద్దాము (పటము 1.54).

రెండు అనంత సమాంతర పలకల మధ్యలో విద్యుత్ క్షేత్రము ఏకరీతిగా $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ పరిమాణము కలిగివుండును. ఇచ్చట $\left(\sigma = \frac{Q}{A}\right)$ అనునది పలకల యొక్క వైశాల్యము కన్నా మధ్యదూరము d చాలా తక్కువగా యుండిన ($d^2 << A$) పరిమిత విలువ కలిగిన (finite-sized) సమాంతర పలక సంక్షేపికి కూడ పైన చెప్పిన సమీకరణము సరిపోవును.



పటము 1.54 సమాంతర పలకల సంక్షేపి యొక్క క్షమశీలత

అందువలన పలకల మధ్యగల విద్యుత్ క్షేత్రము

$$E = \frac{Q}{A\epsilon_0} \qquad (1.82)$$

విద్యుత్ క్షేత్రము ఏకరీతిగా యుండుట వలన, పలకలకు మధ్యగల విద్యుత్ శక్మభేదము.

$$V = Ed = \frac{Qd}{A\epsilon_0} \qquad (1.83)$$

అందువలన సంక్షేపి యొక్క క్షమశీలత

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\left(\frac{Qd}{A\epsilon_0}\right)} = \frac{\epsilon_0 A}{d} \qquad (1.84)$$

సమీకరణము (1.84) ప్రకారము క్షమశీలత పలకల యొక్క మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యమునకు అనులోమానుపాతములో వుండును. పలకల మధ్యగల దూరమునకు విలోమాను పాతంలో యుండుటను తెలిసికొనవచ్చును. క్రింది వచ్చు విశ్లేషణ మూలముగా దీనిని తెలుసుకొనవచ్చును.

(i) సంక్షేపి పలకల యొక్క వైశాల్యమును అధికరించినపుడు అదే విద్యుత్ శక్మ భేదముతో ఇంకను అధిక ఆవేశమును వ్యాపింపచేయవచ్చును. అందువలన క్షమశీలత అధికమగును.

(ii) పలకలకు మధ్యగల దూరము d ను తగ్గించినపుడు E స్థిరరాశితో వాటికి మధ్యగల శక్మభేదము (V) తక్కువగును ($V = Ed$) ఇప్పుడు విద్యుత్ఘటము యొక్క రెండుకొనలు మధ్యగల విద్యుత్ శక్మభేదము అధికముగా యుండుటవలన, కొనల మధ్య విద్యుత్ శక్మభేదము పలకలకు మధ్యగల విద్యుత్ శక్మభేదము సమానమగునంతవరకు విద్యుద్ఘటము నుండి పలకలకు ఆవేశము ప్రవహించును. మరొక విధంగా పలకల మధ్య దూరము అధికరించునపుడు సంక్షేపి యొక్క విద్యుత్ శక్మభేదము అధికరించుటవలన ఇప్పుడు అది విద్యుద్ఘటము యొక్క విద్యుత్ శక్మము కన్నా అధికముగా వుండును రెండు విద్యుత్ శక్మములకు సమానమగునంతవరకు సంక్షేపి పలకల నుండి విద్యుద్ఘటమునకు ఆవేశములు ప్రవహించును.

ఉదాహరణము 1.20

ఒక సమాంరత పలక సంక్షేపి 5 cm భుజము కలిగిన రెండు చతురస్ర పలకలు 1 mm దూరములో యున్నది. (a) సంక్షేపి యొక్క క్షమశీలత లెక్కించుము (b) 10 V విద్యుద్ఘటము ఒకటి దానితో కలిపినపుడు, ఒక పలకలో సేకరించబడు ఆవేశము యొక్క పరిమాణము లెక్కించుము. ($\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ N^{-1}m^{-2}\ C^2$).

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 58 24-03-2023 08:53:35

సాధన

(a) సంక్షేపి యొక్క క్షమశీలత

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} = \frac{8.85\times10^{-12}\times25\times10^{-4}}{1\times10^{-3}}$$
$$= 221.2\times10^{-13}\,\text{F}$$
$$C = 22.12\times10^{-12}\,\text{F} = 22.12\,\text{pF}$$

(b) ఏదైన ఒక పలకలో సేకరించబడు ఆవేశము
$Q = CV$

$$Q = 22.12\times10^{-12}\times10 = 221.2\times10^{-12}\,\text{C} = 221.2\,\text{pC}$$



కొన్ని సందర్భములలో విద్యుత్ సంధానము చేసినను విద్యుత్ ఫంకా (విద్యుత్ ఫంకా) తిరగకపోవడాన్ని మనము చూడగలము. కానిదాని రెక్కలను కొంత చుట్టిన తరువాత ఫంకా సాధారణముగా తిరుగుటను గమనించెదము ఎందువలన? ఒక వస్తువును భ్రమణము చెందించుటకు దానిపై భ్రామకము పనిచేయవలయును. విద్యుత్ ఫంకాకు ఈ ప్రారంభ భ్రామకమును సంక్షేపి ఇచ్చును. సంక్షేపి క్షమశీలి (condenser) అను పేరుతో కూడా తెలుపబడును. సంక్షేపి మరమ్మత్తు అయిన, కావలసిన ప్రారంభ భ్రామక బలమును దానివలన ఇచ్చుటకు వీలుకాదు.

1.8.2 సంక్షేపిలో నిక్షిప్తమగు శక్తి (Energy stored in the capacitor)

సంక్షేపియనునది ఆవేశములను మాత్రము కాదు. విద్యుత్ శక్తినికూడా సేకరించు ఒక పరికరమగును ఒక సంక్షేపిని విద్యుద్ఘటముతో కలుపునపుడు $-Q$ ఆవేశము కలిగిన ఎలక్ట్రానులు దాని ఒక పలక నుండి మరోక పలకకు స్థానభ్రంశము చెందును. ఈ ఆవేశముల పంపిణీకి కావలసిన పనిని విద్యుద్ఘటము చేయుచున్నది. ఈ చేయబడిన పనియే సంక్షేపిలో స్థిర విద్యుత్ శక్మశక్తిగా నిక్షిప్తమైయున్నది.

V విద్యుత్ శక్మ భేదముతో dQ కొలత గల (infinitesimal) ఆవేశమును చలింపచేయుటకు చేయబడు పని.

$$dW = V\,dQ \qquad (1.85)$$

ఇచ్చట $V = \frac{Q}{C}$ అందువలన

సంక్షేపిని ఆవేశ పరచుటకు (charging) చేయవలసిన మొత్తము పని

$$W = \int_0^Q \frac{Q}{C}dQ = \frac{Q^2}{2C} \qquad (1.86)$$

ఈ పని స్థిర విద్యుత్ శక్మశక్తి (U_E) సంక్షేపిలో సేకరించబడుచున్నది.

$$U_E = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2}CV^2 \quad (\because Q = CV) \qquad (1.87)$$

ఈ విధముగా సేకరించబడిన శక్తి అనునది క్షమశీలత మరియు పలకల మధ్యగల ఓల్టేజి భేద వర్గమునకు అనులోమానుపాతములో వుండును. ఈ సేకరించబడు శక్తి ఎచ్చట యున్నది? దీనిని తెలుసుకొనుటకు సమీకరణము (1.87) క్రింది విధముగా మార్చి వ్రాయవచ్చును. ఇచ్చట $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$ మరియు $V = Ed$

$$U_E = \frac{1}{2}\left(\frac{\epsilon_0 A}{d}\right)(Ed)^2 = \frac{1}{2}\epsilon_0 (Ad)E^2 \qquad (1.88)$$

ఇచ్చట Ad = అనునది సంక్షేపి పలకల మధ్యనున్న భాగము యొక్క ఘనపరిమాణము. ఈ మధ్యభాగములో ఒక ప్రమాణ ఘనపరిమాణములో సేకరించబడియున్న శక్తిని, స్థిర విద్యుత్‌శక్మ శక్తి సాంద్రత (U_E) అని నిర్వచించవచ్చును.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 59 24-03-2023 08:53:37

అందువలన $u_E = \frac{U}{Volume}$. సమీకరణము (1.88) ని ప్రతిక్షేపించగా

$$u_E = \frac{1}{2}\epsilon_0 E^2 \qquad (1.89)$$

సమీకరణము 1.89 నుండి, సంక్షేపి పలకల మధ్య గల ప్రాంతములో ఉండు విద్యుత్ క్షేత్రములో శక్తి సేకరించబడుచున్నది అనుటను తెలుసుకొనవచ్చును. ఒకసారి సంక్షేపిణిని ఉత్సర్గము (discharge) చేసిన అది శక్తిని మళ్ళీ పొందును.

శక్తి సాంద్రత అనునది విద్యుత్ క్షేత్రమును బట్టి మాత్రమే ఉండును. పలకల యొక్క కొలతను బట్టి యుండుట లేదు అనుటను గమనించుము. ఇంకనూ సమీకరణము (1.89) ఏ రకమైనటువంటి ఆవేశ అమరికకైనను వాస్తవముగా ఉండును.

1.8.3 సంక్షేపిల యొక్క అనువర్తనములు (Applications of capacitors)

అనేక రకమైన ఎలక్ట్రానిక్ వలయములలో సంక్షేపిలు ఉపయోగించబడు చున్నవి. వాటిలో కొన్నింటిని ఇచ్చట చూచెదము.

(a) మన అందరికి తెలిసిన డిజిటల్ కెమరా, మనము చిత్రములు తీయునపుడు దాని నుండి మెరుపు (flash) వెలువడుటకు మెరుపు సంక్షేపి అనబడు ఒక రకమైన సంక్షేపి నుండి వెలువడు శక్తియే కారణమగును. పటము (1.55 (a))

(b) గుండె పోటు (cardiacarrest) ఏర్పడునపుడు గుండె defibrillator అను ఒక పరికరమును ఉపయోగించి హఠాత్తుగా అధిక విలువగల విద్యుత్‌శక్తిని రోగి యొక్క గుండె భాగములో ప్రయోగించుట మూలముగా హృదయస్పందనను సహజ స్థితికి తీసుకొచ్చెదరు. పటము 1.55 (b)

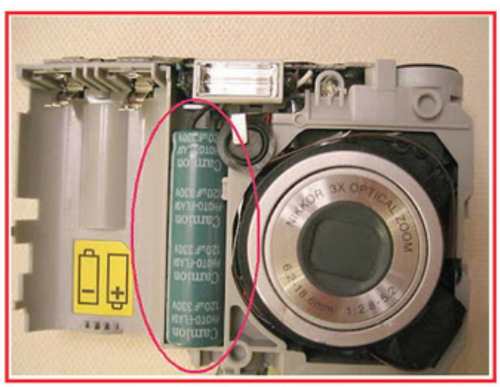
(c) స్వీయప్రారంభ (selfstart) యంత్రములలోని జ్వలన వ్యవస్థలలో నిప్పు రవ్వలు ఏర్పడకుండుటకు సంక్షేపిలు ఉపయోగపడుచున్నవి.

(d) విద్యుత్ సరఫరాలో (power supply) విద్యుత్ సామర్థ్యము యొక్క ఎగుడుదిగుడులకు తగ్గించుటకు, విద్యుత్‌సామర్థ్య సరఫరా యొక్క నాణ్యత అధికరించుటకు సంక్షేపిలు ఉపయోగపడుచున్నవి.

అయినను కొన్నిలోటుపాటులు సంక్షేపిలకు కలదు. విద్యుత్ ఘటములలోను విద్యుత్ సరఫరాను ఆపిన తరువాత కూడా సంక్షేపిలో సేకరించబడియున్న విద్యుత్ ఆవేశము, విద్యుత్ శక్తి కొంత సమయము ఉండును. ఉదాహరణముగా దూరదర్శిని పెట్టెను ఆపుచేసిన తరువాత కొంత సమయము వరకు దానిని వెనుక వైపు తాకకుండుట చాలా ముఖ్యము.

1.8.4 సంక్షేపిలలో రోధక పదార్థము యొక్క ప్రభావము (Effect of dielectrics in capacitors)

ఇంతవరకు మనము చూసిన వివరణలలో ఒక సంక్షేపి యొక్క సమాంతర పలకలకు మధ్యయున్న



(a)



(b)

పటము 1.55 (a) డిజిటల్ కెమెరాలో మెరుపు సంక్షేపి (b) హృదయ తంతు వికంపనము

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 60 24-03-2023 08:53:38

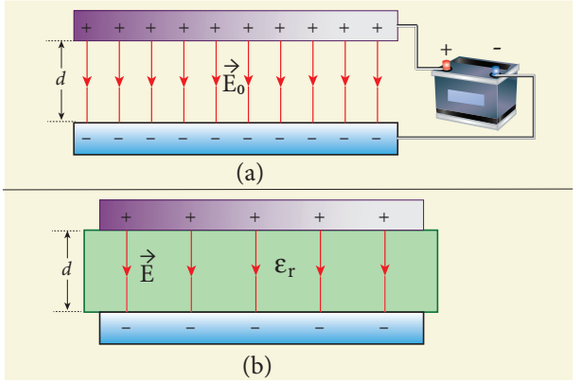
వెలుపలి భాగము ఖాళీ యున్నట్లుగా లేదా గాలిచే నింపబడినట్లుగా తీసుకొన్నాము. రోధక పదార్థములైన మైకా, గాజు లేదా కాగితము వంటి వాటిని పలకలకు మధ్యలో యుంచినచో సంక్షేపి యొక్క క్షమశీలతలో మార్పు జరుగును. పలకల మధ్యలో రోధకపదార్థములను రెండు రకములుగా ప్రవేశ పెట్టవచ్చును. (i) విద్యుత్ ఘటము యొక్కసంధానము ఖండింపడిన స్థితిలో సంక్షేపియున్నప్పుడు, (ii) విద్యుత్ ఘటముతో సంధానింపబడిన స్థితిలో సంక్షేపి యున్నప్పుడు

(i) విద్యుత్ ఘటము యొక్క సంధానము ఖండింపబడిన స్థితిలో సంక్షేపి యున్నప్పుడు:

A మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యము కలిగిన రెండు సమాంతర పలకలు మధ్య d దూరములో వేరుచేయబడి యున్న ఒక సంక్షేపిని పరిగణించండి. V_0 విద్యుత్ శక్మము కలిగిన విద్యుత్ ఘటము వలన సంక్షేపి అనునది Q_0 విద్యుత్ ఆవేశము కలిగిన ఆవేశమును నిక్షేపం చేయుటకు ఆవేశపూరితం (charging) చేయబడుచున్నది. ఇటువంటి సందర్భములో సంక్షేపి యొక్క క్షమశీలత.

$$C_0 = \frac{Q_0}{V_0} \qquad (1.90)$$

విద్యుత్ ఘటము యొక్క సంధానమును ఖండించిన పిదప పలకల మధ్యలో రోధక పదార్థము ప్రవేశపెట్టబడినది. (పటము 1.56).



పటము 1.56 (a) విద్యుత్ఘటము వలన ఒక సంక్షేపి ఆవేశ పూరితం చేయబడుట (b) విద్యుత్ ఘటము యొక్క సంధానము ఖండించిన తరువాత రోధక పదార్థము ప్రవేశపెట్టబడును.

రోధక పదార్థమును ప్రవేశ పెట్టిన తరువాత పలకల మధ్యగల విద్యుత్ క్షేత్రము తక్కువగును. పరిశోధనమూలముగా, మార్పు జరిగిన విద్యుత్ క్షేత్రము (E) క్రింద వచ్చు సమీకరణము మూలముగా తెలుసుకొనవచ్చును.

$$E = \frac{E_0}{\epsilon_r} \qquad (1.91)$$

ఇచ్చట E_0 అనునది రోధక పదార్థము లేని సందర్భములో సంక్షేపి పలకల మధ్య యున్న విద్యుత్ క్షేత్రము మరియు ε_r అనునది రోధక పదార్థము యొక్క సాపేక్ష ప్రవేశ శీలత (relative permitivity) లేదా రోధక పదార్థ స్థిరాంకము అనబడును. ఇచ్చట $\epsilon_r > 1$ అగుటవలన $E < E_0$ అగును.

ఈ కారణముగా పలకలకు మధ్యలో యున్న విద్యుత్ శక్మభేదము $(V = Ed)$ తక్కువగును. అదే సమయములో విద్యుత్ ఘటముతో సంధానము లేనందువలన నిక్షిప్తమైన ఆవేశ పరిమాణము Q_0 మార్పు లేకుండా వుండును. (స్థిరముగా ఉండును)

అందువలన క్రొత్త విద్యుత్‌శక్మ భేదము

$$V = Ed = \frac{E_0}{\epsilon_r} d = \frac{V_0}{\epsilon_r} \qquad (1.92)$$

విద్యుత్ శక్మ భేదమునకు విలోమానుపాతములో క్షమశీలత యుండుటవలన, V తగ్గినపుడు C అధికరించును.

రోధక పదార్థ సమక్షములో క్షమశీలత

$$C = \frac{Q_0}{V} = \epsilon_r \frac{Q_0}{V_0} = \epsilon_r C_0 \qquad (1.93)$$

$\epsilon_r > 1$ అయినచో $C > C_0$ అందువలన ε_r స్థిరాంకము కలిగిన రోధక పదార్థమును ప్రవేశపెట్టిన తర్వాత క్షమశీలత అధికరించబడుచున్నది.

సమీకరణము (1.84) ప్రకారము

$$C = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{d} = \frac{\epsilon A}{d} \qquad (1.94)$$

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 61 24-03-2023 08:53:39

ϵ

ఇచ్చట $\epsilon = \epsilon_r \epsilon_o$ అనునది రోధక పదార్థయానకము యొక్క ప్రవేశశీలత (permitivity) అనబడును.

రోధక పదార్థమును ప్రవేశపెట్టక మునుపు సంక్షేపిలో నిక్షిప్తమైన శక్తి

$$U_0 = \frac{1}{2}\frac{Q_0^2}{C_0} \qquad (1.95)$$

రోధక పదార్థమును ప్రవేశపెట్టిన తర్వాత, ఆవేశము Q_0 స్థిరముగాను, క్షమశీలత C' అధికరించి కనబడుట వలన సేకరించబడిన శక్తి యొక్క కొలత తక్కువగును.

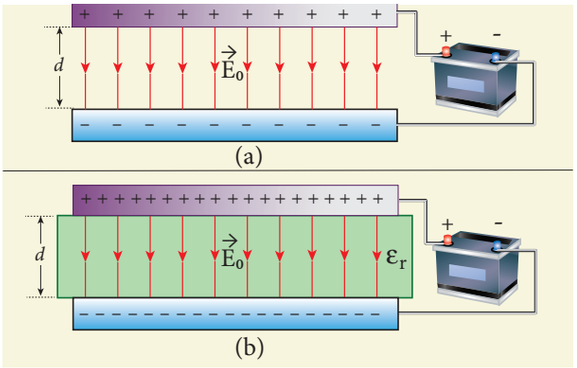
$$U = \frac{1}{2}\frac{Q_0^2}{C} = \frac{1}{2}\frac{Q_0^2}{\epsilon_r C_0} = \frac{U_0}{\epsilon_r} \qquad (1.96)$$

$\epsilon_r > 1$ అందువలన $U < U_o$ రోధక పదార్థమును ప్రవేశపెట్టినప్పుడు దానిని సంక్షేపి లోపలికి లాగును. ఈ కారణముగా కొంత శక్తి ఖర్చుగుచున్నందువలన సంక్షేపి యొక్క శక్తి తక్కువగు చున్నది.

(ii) విద్యుత్ ఘటముతో సంధానింపబడిన స్థితిలో సంక్షేపి యున్నప్పుడు.

విద్యుత్ శక్మము V_0 కలిగిన విద్యుత్ ఘటముతో సంక్షేపిని సంధానించిన స్థితిలోనే రోధక పదార్థమును ప్రవేశ పెట్టిన ఏమి జరుగును అనుటను ఇప్పుడు చూచెదము. ఇది పటము 1.57లో చూపబడియున్నది.

పలకలకు మధ్యగల విద్యుత్ శక్మ భేదము V_0 మార్పులేకుండా వుండును. కాని ఈ స్థితిలో రోధక పదార్థమును ప్రవేశపెట్టిన సంక్షేపిలో సేకరించబడు ఆవేశము యొక్క విలువ ε_r రెట్లుగా అధికరించబడుటను పరిశోధన మూలముగా (దీనిని మొట్టమొదట ఫారడే అనునతడు చేసిచూపెను) తెలుసుకొన్నాము.



పటము 1.57 (a) విద్యుత్ఘటము వలన ఒక సంక్షేపి ఆవేశ పూరితం చేయబడుట (b) విద్యుత్ ఘటముతో సంధానించిన స్థితిలో రోధక పదార్థము ప్రవేశపెట్టుట.

$$Q = \epsilon_r Q_o \qquad (1.97)$$

ఆవేశముల యొక్క విలువ అధికరించుట వలన క్షమశీలత అధికరించును. క్రొత్త క్షమశీలత

$$C = \frac{Q}{V_0} = \epsilon_r \frac{Q_0}{V_0} = \epsilon_r C_0 \qquad (1.98)$$

అయినను, విద్యుత్ ఘటముతో సంధానింపబడిన స్థితిలో యున్న సంక్షేపి యొక్క క్షమశీలత అధికరించుటకుగల కారణము విద్యుత్ ఘటముతో సంధానమును ఖండించబడిన స్థితిలో సంక్షేపి యొక్క క్షమశీలత అధికరించుటకు గల కారణము వేరువేరుగా వుండును.

ఇప్పుడు, $C_0 = \dfrac{\epsilon_0 A}{d}$

మరియు $C = \dfrac{\epsilon A}{d}$ (1.99)

రోధక పదార్థమును ప్రవేశపెట్టుటకు మునుపు సేకరించబడిన శక్తి

$$U_0 = \frac{1}{2} C_0 V_0^2 \qquad (1.100)$$

ఇచ్చట $U_0 = \frac{1}{2}\frac{Q_0^2}{C_0}$ అను సమీకరణమును (1.100) మనము ఉపయోగించకుండా యుండుటనూ గమనించుము. ఎందుకనగా ఆవేశము విలువ

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 62 24-03-2023 08:53:42

క్షమశీలత మార్పు జరుగు సమయములో V_o మాత్రమే స్థిరముగా వుండును. రోధక పదార్థమును ప్రవేశపెట్టిన తరువాత క్షమశీలత అధికరించబడును. ఈ కారణముగా సేకరించబడిన శక్తి కూడా అధికరించును.

$$U = \frac{1}{2}CV_0^2 = \frac{1}{2}\epsilon_r C_0 V_0^2 = \epsilon_r U_0 \qquad (1.101)$$

$\epsilon_r > 1$ అందువలన $U > U_o$.

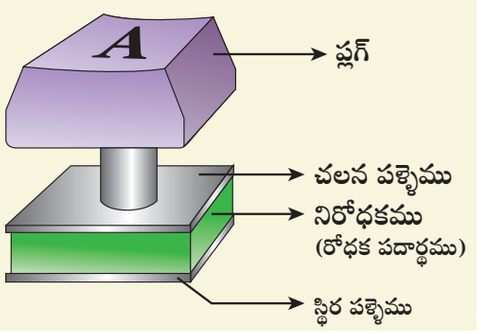
సంక్షేపి యొక్క విద్యుత్ శక్మభేదము V_0 స్థిరముగా యుండుట వలన పలకల మధ్యలో యుండు విద్యుత్ క్షేత్రము స్థిరముగా యుండుటను గమనించుము.

$$\text{శక్తి సాంద్రత } u = \frac{1}{2}\epsilon E_0^2 \qquad (1.102)$$

ఇచ్చట ϵ అనునది రోధక పదార్థ యానకము యొక్క ప్రవేశ్య శీలత. ఈ ఫలితములు పట్టిక 1.2 లో చూపబడియున్నది.

మీకు తెలుసా?

కంప్యూటర్ కీ బోర్డులో యున్న బటన్స్ (keys) రోధక పదార్థము కలిగిన సంక్షేపిలతో కూడినది.



బటన్‌ను నొక్కినపుడు పలకలకు మధ్యయున్న దూరము తగ్గుట వలన క్షమశీలత అధికరించును. ఈకారణముగాకంప్యూటర్‌లోని ఎలక్ట్రానిక్ వలయములు ప్రేరేపింపబడి, ఏ బటన్ నొక్కబడినదో గుర్తించును.

ఉదాహరణము 1.21

$\epsilon_r = 5$ కలిగిన మైకాచే నింపబడిన ఒక సమాంతర పలక సంక్షేపి 10 V విద్యుత్ ఘటముతో సంధానించబడియున్నది. సమాంతర పలకల వైశాల్యము 6 cm^2 మరియు మధ్య దూరము 6 mm అయిన

(a) క్షమశీలత, సేకరించబడు విద్యుదావేశము యొక్క పరిమాణము మరియు శక్తిని కనుగొనుము?

(b) పూర్తిగా ఆవేశపూరితం చేయబడిన తర్వాత విద్యుత్ ఘటము యొక్క సంధానము ఖండింపబడి ఆ తర్వాత రోధక పదార్థము తొలగించబడుచున్నది. క్రొత్తగా ఏర్పడిన క్షమశీలత, సేకరించబడిన శక్తి మరియు ఆవేశమును లెక్కించుము.

సాధన

(a) రోధక పదార్థముతో కూడిన సంక్షేపి యొక్క క్షమశీలత

$$C = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{d} = \frac{5 \times 8.85 \times 10^{-12} \times 6 \times 10^{-4}}{6 \times 10^{-3}}$$
$$= 44.25 \times 10^{-13}\,\text{F} = 4.425\,\text{pF}$$

సేకరించబడిన ఆవేశము

$$Q = CV = 44.25 \times 10^{-13} \times 10$$
$$= 442.5 \times 10^{-13}\,\text{C} = 44.25\,\text{pC}$$

సేకరించబడిన శక్తి

$$U = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2} \times 44.25C \times 10^{-13} \times 100$$
$$= 2.21 \times 10^{-10}\,\text{J}$$

(b) విద్యుత్ ఘటము యొక్క సంధానము లేనందు వలన రోధక పదార్థము తొలగించునపుడు ఆవేశములో మార్పు లేకుండా వుండును. అందువలన మొత్తం ఆవేశము స్థిరముగా వుండును. కానీ (పలకలకు) మధ్యయున్న విద్యుత్ శక్మభేదము అధికరించును. ఈ కారణముగా క్షమశీలత తక్కువగును.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 63 24-03-2023 08:53:44

పట్టిక 1.2 సంక్షేపిలలో రోధక పదార్థముల యొక్క ప్రభావము

వరుస సంఖ్య	రోధక పదార్థం ప్రవేశపెటినప్పుడు	ఆవేశం Q	విద్యుత్ శక్మభేదం V	విద్యుత్ క్షేత్రము E	క్షమశీలత C	శక్తి U
1	విద్యుత్ ఘటముతో సంధానము ఖండింపబడియుండిన	స్థిరాంకం	తక్కువగును	తక్కువగును	అధికరించును	తక్కువగును
2	విద్యుత్ ఘటమును సంధానింపబడియుండిన	అధికరించును	స్థిరము	స్థిరము	అధికరించును	అధికరించును

క్రొత్త క్షమశీలత

$$C_0 = \frac{C}{\epsilon_r} = \frac{4.425\times10^{-12}}{5}$$
$$= 0.885\times10^{-12}\,\text{F} = 0.885\,\text{pF}$$

సేకరించబడిన ఆవేశము స్థిరముగా వుండును. అనగా 44.25 pC అందుకే కొత్తగా సేకరించబడిన శక్తి.

$$U_0 = \frac{Q^2}{2C_0} = \frac{Q^2\epsilon_r}{2C} = \epsilon_r U$$
$$= 5\times2.21\times10^{-10}\,\text{J} = 11.05\times10^{-10}\,\text{J}$$

అధికరించబడిన శక్తి

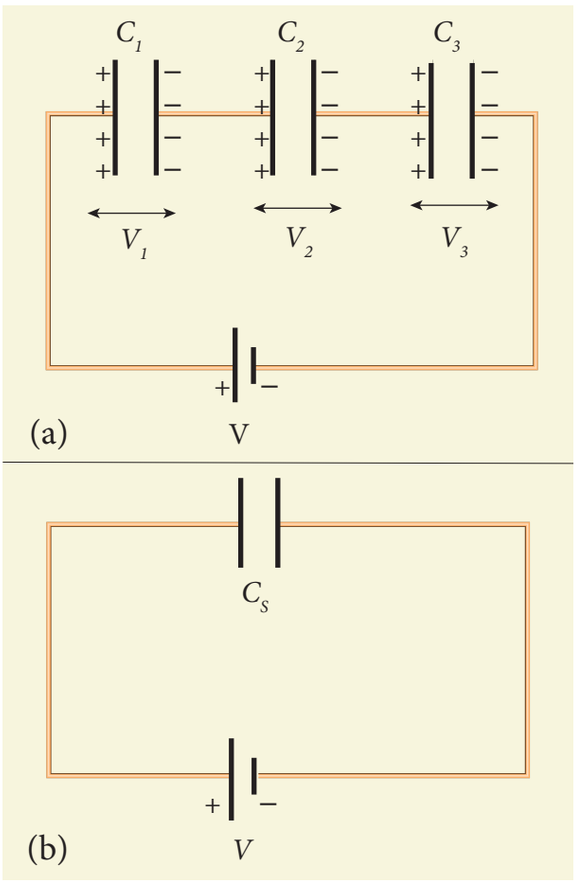
$$\Delta U = (11.05-2.21)\times10^{-10}\,\text{J} = 8.84\times10^{-10}\,\text{J}$$

రోధక పదార్థమును తొలగించునపుడు, ఫలకలలో యున్న ఆవేశముల వలన లోపలవైపు లాగు బలము దానిపై పనిచేయును. దీన్తికి వ్యతిరేకముగా బాహ్య వ్యవస్థచే చేయబడు పనియే అదనపు శక్తిగా సేకరించబడుచున్నది. ఈ 8.84×10^{-10} J. కొలతగల శక్తికిగల ఆధారము ఇదియే.

1.8.5 సంక్షేపిల శ్రేణి సంధానము మరియు సమాంతర సంధానము (Capacitor in series and parallel)

(i) శ్రేణి సంధానములో సంక్షేపిలు Capacitor in series

విద్యుత్ శక్మ భేదము V కలిగిన విద్యుత్ ఘటముతో మూడు సంక్షేపిలు శ్రేణి సంధానములో యున్నవి. వాటి



పటము 1.58 (అ) శ్రేణిలో సంధానించబడిన సంక్షేపిలు, (ఆ) తుల్య సంక్షేపిలు (C_s)

క్షమశీలతలు C_1, C_2 మరియు C_3 (పటము 1.58 (a)) విద్యుత్ ఘటమును సంధానము చేసిన తరువాత C_3 సంక్షేపి యొక్క కుడిప్రక్క పలకవైపు $-Q$ ఆవేశము కలిగిన ఎలక్ట్రానులు ఋణాత్మక కొననుండి స్థానభ్రంశము చెందును. ఈ ఆవేశము అదే కొలతగల ఎలక్ట్రానులను ($-Q$ ఆవేశము) C_3 సంక్షేపియొక్క ఎడమవైపు పలక నుండి C_2 యొక్క కుడిప్రక్క పలకవైపు త్రోయబడును.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 64 24-03-2023 08:53:45

ఇది స్థిరవిద్యుత్ ప్రేరణ వలన జరుగును. ఇదే విధముగా C_2 యొక్క ఎడమవైపు పలక $-Q$ ఆవేశకొలత గల ఎలక్ట్రానులను C_1 యొక్క కుడిప్రక్క పలక వైపు పంపించబడును. స్థిర విద్యుత్ ప్రేరణ కారణముగా C_1 యొక్క ఎడమవైపు పలక నుండి $+Q$, $-Q$ కొలతగల ఎలక్ట్రానులు విద్యుత్ ఘటము యొక్క ధనాత్మక కొనవైపు స్థాన భ్రంశము చెందును.

ఈ సంఘటనల వలన ఒక్కొక్క సంక్షేపిలలోను సమానకొలత గల ఆవేశము Q నిక్షిప్తమగుచున్నది. సంక్షేపిల యొక్క విద్యుత్ శక్మములు వేర్వేరుగా వుండును. అని క్రమముగా V_1, V_2 మరియు V_3 అగును.

సంక్షేపిల యందు కనబడు మొత్తం విద్యుత్ శక్మభేదము విద్యుత్ ఘటము యొక్క విద్యుత్ శక్మబేధమునకు సమానముగా యుండవలయును.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \qquad (1.103)$$

కాబట్టి, $Q = CV$, $V = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$

$$= Q\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}\right) \qquad (1.104)$$

శ్రేణి సంధానములో యున్న మూడు సంక్షేపిలను ఒకే సంక్షేపినిగా ఏర్పరచినట్లు ఊహించిన పటము (1.58(b)) $V = \frac{Q}{C_S}$. సమీకరణము (1.104) లో

ప్రతిక్షేపించగా

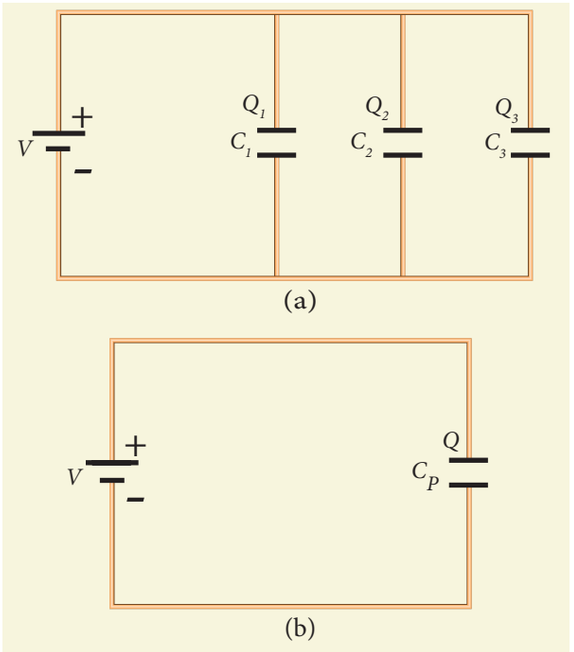
$$\frac{Q}{C_S} = Q\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}\right)$$

$$\frac{1}{C_S} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \qquad (1.105)$$

కావున, సంక్షేపిలు శ్రేణి సంధానములో యున్నప్పుడు ఫలిత క్షమశీలత C_S యొక్క విలోమ విలువ అనునది ఒక్కొక్క క్షమశీలత యొక్క విలోమ విలువల కూడికకు సమానమగును. ఫలిత క్షమశీలత విలువC_S అనునది శ్రేణి సంధానములో యున్న చాలా తక్కువ క్షమశీలత కన్నా ఎల్లప్పుడు తక్కువగానే వుండును.

(ii) సమాంతర సంధానములో సంక్షేపిలు

విద్యుత్ శక్మబేధము V కలిగిన విద్యుత్ ఘటముతో మూడు సంక్షేపిలు సమాంతర సంధానములో యున్నవి. వాటి క్షమశీలతలు C_1, C_2 మరియు C_3 (పటము 1.59 (a))



పటము 1.59 (అ) సమాంతర సంధానములో సంక్షేపిలు, (ఆ) ఫలిత క్షమశీలత (C_P)

సంక్షేపిల యొక్క ఆసన్న భుజములు బ్యాటరీ యొక్క ఒకే ధనావేశపు కొన మరియు ఒకే ఋణావేశములో కలుపబడియుండుట వలన ఒక్కొక్క సంక్షేపికి అడ్డముగా ఏర్పడు విద్యుత్ శక్మభేదము సమానముగాను అది విద్యుత్ ఘటము యొక్క విద్యుత్ శక్మభేదమునకు సమానముగాను వుండును, ఒక్కొక్క సంక్షేపి యొక్క క్షమశీలత వేర్వేరుగా యుండుట వలన వాటిలో సేకరించబడు ఆవేశముల విలువ వేర్వేరుగా వుండును. సంక్షేపిలలో సేకరించబడు ఆవేశముల విలువలు క్రమముగా Q_1, Q_2 మరియు Q_3 అవుతుంది. నికర ఆవేశ నిత్యత్వ నియమము ప్రకారము ఈ మూడు ఆవేశముల యొక్క కూడిక అనునది విద్యుత్ ఘటము నుండి పొందబడిన ఆవేశము 'Q' కి సమానమనవచ్చును.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \qquad (1.106)$$

$Q = CV$, అనుటవలన

$$Q = C_1V + C_2V + C_3V \qquad (1.107)$$

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 65 24-03-2023 08:53:47

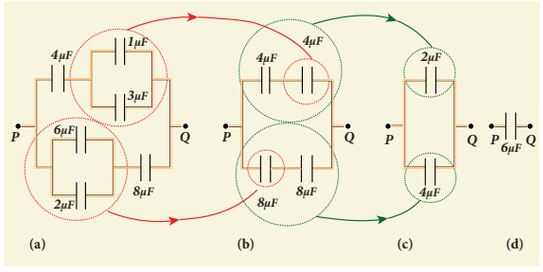
ఈ మూడు సంక్షేపిల కలయిక వలన కలుగు ఫలిత సంక్షేపి C_P అనుకొనిన పటము (1.59(ఆ)) దానిలో సేకరించబడు ఆవేశం $Q = C_P V$ అనవచ్చును. సమీకరణము 1.107లో ప్రతిక్షేపించగా

$$C_P V = C_1 V + C_2 V + C_3 V$$
$$C_P = C_1 + C_2 + C_3 \qquad (1.108)$$

సంక్షేపిలు సమాంతర సంధానములో యున్నప్పుడు వాటి యొక్క ఫలిత క్షమశీలత C_P అనునది విడివిడి సంక్షేపిల యొక్క క్షమశీలత మొత్తమునకు సమానము. ఫలిత క్షమశీలత విలువ సమాంతర సంధానములో గరిష్ట విడి క్షమశీలత కన్నా ఎల్లప్పుడూ అధికముగానే వుండును. సమాంతర సంధానములో యున్న సంక్షేపి ఒక్కొక్కదాని వైశాల్యము అధికరించునపుడు లభించు ఫలితము, వైశాల్యము అధికముగా యుండుట వలన దాని ఫలిత క్షమశీలత అధికముగా యున్నది.

ఉదాహరణము 1.22

పటములో చూపించిన అమరికలో P మరియు Q బిందువులకు మధ్యగల ఫలిత క్షమశీలత కనుగొనుము.



సాధన

1 μF మరియు 3 μF సంక్షేపిలు సమాంతర సంధానములో అదే విధముగా 6 μF మరియు 2 μF మరోక చోట సమాంతర సంధానములో యున్నది. వాటి యొక్క విడివిడి ఫలిత క్షమశీలతలు అదే చోట గుర్తించబడి పటము (b) లో చూపించబడియున్నది.

$$C_{\text{ఫలితము}} = 1 + 3 = 4\ \mu F$$
$$C_{\text{ఫలితము}} = 6 + 2 = 8\ \mu F$$

పటము (b) లో రెండు 4 μF సంక్షేపిలు శ్రేణి సంధానములోను మరియు రెండు 8 μF సంక్షేపిలు శ్రేణి సంధానములో కలిపి వాటి ఫలిత క్షమశీలతను కనుగొని పటము (c) లో వాటి సమాంతరముగా వలయము గీయబడియున్నది.

$$\frac{1}{C_{\text{ఫలితము}}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2} \quad \Rightarrow C = 2\ \mu F$$

ఇంకనూ

$$\frac{1}{C_{\text{ఫలితము}}} = \frac{1}{8} + \frac{1}{8} = \frac{1}{4} \quad \Rightarrow C = 4\ \mu F$$

పటములో (c), 2 μF మరియు 4 μF సమాంతర సంధానములో యున్నది. ఫలిత క్షమశీలత పటము (d) లో ఇవ్వబడినది. అందువలన

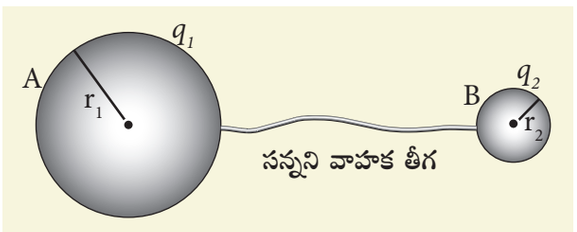
$$C_{\text{ఫలితము}} = 2 + 4 = 6\ \mu F \qquad (1.109)$$

పటము (a) లో ఇవ్వబడిన సంక్షేపిల కలయిక ఫలిత క్షమశీలత 6 μF గల ఒకేఒక క్షమశీలిచే మార్చవచ్చును.

1.9 విద్యుత్ వాహకములో ఆవేశముల యొక్క వ్యాపనము మొనదేలిన బిందువుల చర్య (DISTRIBUTION OF CHARGES IN A CONDUCTOR AND ACTION AT POINTS)

1.9.1 విద్యుత్ వాహకములో ఆవేశముల వ్యాపనం Distribution of charges in a conductor

వ్యాసార్ధములు క్రమముగా r_1 , r_2 కలిగిన A, B అను రెండు వాహక గోళములు ఒక సన్నని వాహక తీగ ద్వారా ఒక దానినొకటి కలుపబడియున్నది. (పటము 1.60) గోళములకు మధ్యగల దూరము వాటి వ్యాసార్ధముల కన్నా చాలా అధికమని అనుకొనుము.



పటము 1.60 విద్యుత్ వాహకతీగచే రెండు వాహకములు కలుపబడుట.

ఏదైనా ఒక గోళమునకు Q పరిమాణముగల ఆవేశమును ఇచ్చునపుడు, రెండు గోళముల యొక్క విద్యుత్ శక్మము సమానమగు వరకు ఈ విద్యుత్

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 66 24-03-2023 08:53:48

ఆవేశములు రెండు గోళములలోను వ్యాపించును. ఇప్పుడు గోళములు ఏకరీతి ఆవేశ వ్యాపనము పొందుట వలన స్థిర విద్యుత్ సమతాస్థితి పొందుచున్నది. గోళము A యొక్క వైశాల్యములో యుండు ఆవేశము q_1 అనియు, గోళము B యొక్క వైశాల్యములోయుండు ఆవేశము q_2 అనియు అనుకొనిన, $Q = q_1 + q_2$. వాహకముల యొక్క బాహ్యతలములో ఆవేశములు వ్యాపించి యున్నవి. ఇంకనూ వాహకము యొక్క లోపల ఎటువంటి ఫలిత ఆవేశము ఉండదు.

గోళము A తలములో స్థిర విద్యుత్ శక్మము

$$V_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q_1}{r_1} \qquad (1.10)$$

గోళము B తలములో స్థిర విద్యుత్ శక్మము

$$V_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q_2}{r_2} \qquad (1.111)$$

వాహకము యొక్క తలము సమ విద్యుత్ శక్మముతో వుండును. ఇంకనూ గోళములు వాహక తీగలతో సంధానించు యుండుట వలన వాటియొక్క తలములు కలిసి ఒకే సమ విద్యుత్ శక్మతలము ఏర్పడుచున్నది.

$$V_A = V_B$$

లేదా $$\frac{q_1}{r_1} = \frac{q_2}{r_2} \qquad (1.112)$$

గోళము A తలము యొక్క ఆవేశ సాంద్రత σ_1 అనియు గోళము B తలము యొక్క ఆవేశ సాంద్రత σ_2 అని యుంచెదము.

దీని నుండు $q_1 = 4\pi r_1^2\sigma_1$ మరియు $q_2 = 4\pi r_2^2\sigma_2$

సమీకరణము 1.112లో ప్రతిక్షేపించగా,

$$\sigma_1 r_1 = \sigma_2 r_2 \qquad (1.113)$$

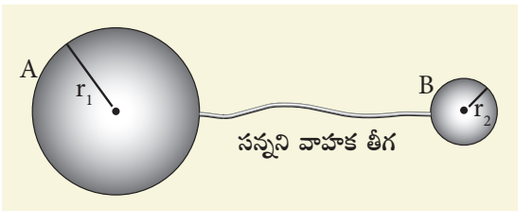
దీని మూలముగా మనము తెలుసుకొనునది

$$\sigma r = \text{స్థిరాంకము} \qquad (1.114)$$

అనగా, గోళము యొక్క తల ఆవేశ సాంద్రత σ దాని వ్యాసార్ధమునకు విలోమాను పాతములో యున్నది. వ్యాసార్ధము తక్కువగా యుండిన తలము యొక్క ఆవేశ సాంద్రత అధికముగా యుండును. లేదా వ్యాసార్ధము అధికముగా యుండిన తలము యొక్క ఆవేశ సాంద్రత తక్కువగా వుండును.

ఉదాహరణము 1.23

r_1 = 8cm మరియు r_2 = 2cm వ్యాసార్ధములు కలిగిన రెండు వాహక గోళములు 8cm పొడవుకన్నా చాలా అధికమైన పొడవు గల సన్నని వాహకపు తీగచే కలుపబడి యున్నది. (పటము) వాటిలో ఒక గోళములో $Q = +100$ nC కొలత గల ఆవేశము యుంచబడియున్నది. ఒక సెకెను తర్వాత ఈ ఆవేశ వ్యాపనము వలన రెండు గోళములు స్థిర విద్యుత్ సమతాస్థితిని పొందుచున్నది.



(a) ఒక్కొక్క గోళములోను యుండు ఆవేశమును, వాటి ఆవేశ సాంద్రతను లెక్కించుము.

(b) ఒక్కొక్క గోళము యొక్క తలములోను కనబడు విద్యుత్ శక్మమును లెక్కించుము.

సాధన

(a) గోళము A యొక్క తలములో కనబడు స్థిర విద్యుత్ శక్మము $V_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q_1}{r_1}$

గోళము B యొక్క తలములో కనబడు స్థిర విద్యుత్ శక్మము $V_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q_2}{r_2}$

$V_A = V_B$. అందువలన

$$\frac{q_1}{r_1} = \frac{q_2}{r_2} \Rightarrow q_1 = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)q_2$$

నికర ఆవేశ నిత్యత్వము ప్రకారము $Q = q_1 + q_2$, $q_1 = Q - q_2$. ను పైనున్న సమీకరణములో ప్రతిక్షేపించగా

$$Q - q_2 = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)q_2$$

అందువలన $q_2 = Q\left(\frac{r_2}{r_1 + r_2}\right)$

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 67 24-03-2023 08:53:51

ఇంకను,

$$q_2 = 100\times10^{-9}\times\left(\frac{2}{10}\right) = 20\ \text{nC}$$

మరియు $q_1 = Q - q_2 = 80\text{nC}$

గోళము A యొక్క ఆవేశ సాంద్రత $\sigma_1 = \frac{q_1}{4\pi r_1^2}$

గోళము B యొక్క ఆవేశ సాంద్రత $\sigma_2 = \frac{q_2}{4\pi r_2^2}$

అందువలన,

$$\sigma_1 = \frac{80\times10^{-9}}{4\pi\times64\times10^{-4}} = 0.99\times10^{-6}\,\text{C m}^{-2}$$

మరియు

$$\sigma_2 = \frac{20\times10^{-9}}{4\pi\times4\times10^{-4}} = 3.9\times10^{-6}\,\text{C m}^{-2}$$

పెద్ద గోళము కన్నా చిన్న గోళము యొక్క ఆవేశ సాంద్రత అధికముగా యుండుట గమనించుము ($\sigma_2 \approx 4\sigma_1$) దీనినుండి $\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{r_2}{r_1}$ అనుట నిర్ధారణ అగుచున్నది.

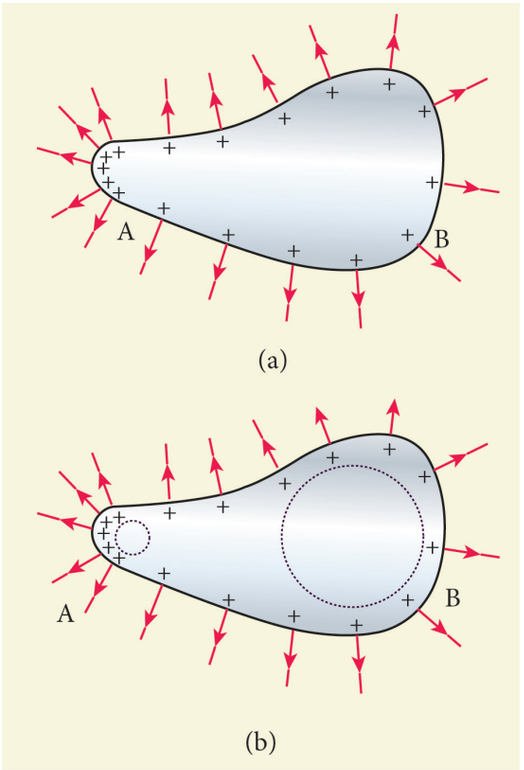
రెండు గోళముల యొక్క విద్యుత్ శక్మము సమానము అందువలన ఏదైన ఒక గోళము యొక్క విద్యుత్ శక్మమును లెక్కించవచ్చును.

$$V_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q_1}{r_1} = \frac{9\times10^9\times80\times10^{-9}}{8\times10^{-2}} = 9\text{kV}$$

1.9.2 మొనదేలిన బిందువుల చర్య (**Action of points**) లేదా కరోనా ఉత్సర్గము (**Corona discharge**)

ఏదైన ఒక ఆకారముగల ఆవేశము పొందిన వాహకము అనుకొనుము (పటము 1.61 (a))

వక్ర వ్యాసార్ధము తక్కువగా యున్న భాగములో విద్యుత్ ఆవేశ సాంద్రత అధికముగా యుండునని మనకు తెలుసును. వాహకములో వక్రతలము అధికము (తక్కువ వ్యాసార్ధము) గల కొనలలో ఆవేశములు అధికముగా ప్రోగవుతాయి. (పటము 1.61 (b))



పటము 1.61 మొనదేలిన బిందువుల చర్య (లేదా) కరోనా ఉత్సర్గము.

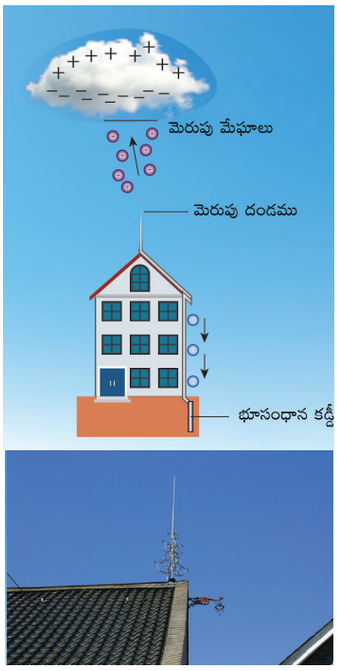
అందువలన ఆ కొనకు దగ్గరలో విద్యుత్‌క్షేత్రము చాలా అధికముగా వుండును. ఇది ఆ భాగములోని గాలిని అయనీకరణము చేయును. ఇప్పుడు మొనదేలిన బిందువులకు దగ్గరలో యున్న ధనావేశములు వికర్షింపబడును. ఋణావేశములు మొనదేలని బిందువుల వైపు ఆకర్షించబడును. ఈ కారణంగా వాహకము యొక్క కొనలలో మొత్త ఆవేశవిలువ తక్కువగును. దీనినే మొనదేలిన బిందువుల చర్య లేదా కరోనా ఉత్సర్గము అందురు.

1.9.3 మెరుపు నిరోధకము (**Lightning arrester**) లేదా మెరుపు వాహకము (**lightning conductor**)

ఎత్తైన కట్టడములను మెరుపులనుండి రక్షించుటకు ఉపయోగపడు ఒక పరికరమునే మెరుపు వాహకము అందురు. ఇది భవనము ద్వారా భూమికి పోవు ఒక పొడవైన మందమైన రాగి కడ్డీ కలిగివుండును. దాని పైకొనలో మొనదేలిన సూదులు ఆమర్చబడివుండును.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 68 24-03-2023 08:53:53

ఇది మొనదేలిన బిందువుల చర్యలేదా కరోనా ఉత్సర్గము అను తత్వము పై ఆధారపడి పని చేయును. పటము 1.62 (a).



పటము 1.62 (a) మెరుపు వాహకము యొక్క సాధారణ పటము (b) మెరుపు వాహకము అమర్చబడిన ఒక ఇల్లు.

కడ్డీ యొక్క క్రింది కొన యనునది అధిక లోతులో పూడ్చబడియున్న రాగి పలకకు కలుపబడియున్నది. ఋణావేశము పొందిన మేఘములు వాహకము యొక్క పైకొనపై పోవునపుడు వాహకము యొక్క మొనదేలిన బిందువులలో ధనావేశము ప్రేరేపించుబడుచున్నది.

మొనదేలిన బిందువులలో ప్రేరేపింపబడు ఆవేశ సాంద్రత అధికమగుట వలన మొనదేలిన బిందువుల చర్య జరుగును. ధనావేశము పొందిన ఈ మొనదేలిన బిందువులు దగ్గరలో యున్న గాలి అణువులను అయనీకరణము చెందించును. దీని కారణముగా ఏర్పడు ధనావేశమును మేఘములో వున్న ఋణావేశములను తటస్థీకరించును. ఈ ఋణావేశములు మొనదేలిన బిందువుల వైపు నెట్టబడి రాగి తీగ మూలముగా భూమికి పోవును. మెరుపు నిరోధము మెరుపును అడ్డగించుటలేదు బదులుగా భూమివైపు మెరుపును త్రిప్పుటవలన భవనములను రక్షించును. (పటము 1.62(b))

1.9.4 వాన్ - డిగ్రాఫ్ విద్యుత్ జనని (Van de Graaff Generator)

1929 సం॥ములో రాబర్ట్ వాన్ డిగ్రాఫ్ అనువిజ్ఞానశాస్త్రవేత్త అనేక మిలియన్ వోల్టు (10^7 V) కొలతగల అధికమైన స్థిర విద్యుత్ శక్మబేధమును ఏర్పరచు యంత్రమును ఒకటి నిర్మించెను. వాన్ డి గ్రాఫ్ విద్యుత్‌జనని సిద్ధవిద్యుత్ ప్రేరణ మరియు మొనదేలిన బిందువుల చర్య అను తత్వముల ఆధారముగా పనిచేయును.

విద్యుత్ బంధనము ఆధారముగా గల ఒక స్టాండు మీద ఒక పెద్ద బోలైన వాహక గోళము అమర్చబడి వుండును.

గోళము యొక్క మధ్యలో B అను కప్పీ యంత్రము అడుగు భాగములో C అను కప్పీ అమర్చబడి యున్నది.

విద్యుత్ బంధక పదార్థము అయిన పట్టు లేదా రబ్బరుతో చేయబడిన బెల్టు ఒకటి కప్పీల ద్వారా తిరుగునట్లు అమర్చిబడివుండును.

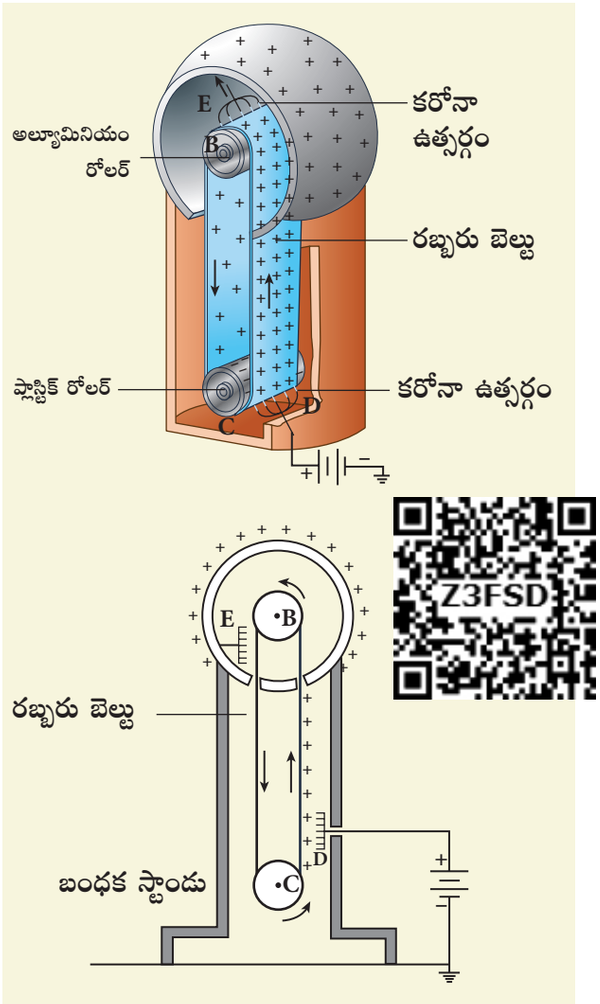
కప్పీ C విద్యుత్ మోటరు సహాయముతో నిరంతరముగా తిరుగుచుండును కప్పీలకు దగ్గరలో మొనదేలిన బిందువులు కలిగిన D మరియు E అను రెండు దువ్వెన ఆకార వాహకముల కలుపబడియున్నది. పటము (1.63)

విద్యుత్ సరఫరా ద్వారా 10^4 V కొలత గల ధన విద్యుత్ శక్మభేదములో దువ్వెన D నుంచబడియున్నది. దువ్వెన E అనునది బోలైన లోహపు గోళము లోపల కలుపబడియున్నది.

మొనదేలిన బిందువుల చర్య ప్రకారము దువ్వెన D కి దగ్గరయున్న అధిక విద్యుత్ క్షేత్రము వలన D కి బెల్టుకు మధ్యలో నున్న భాగములోని గాలి అయనీకరణము చేయబడు చున్నది. ధనావేశములు బెల్టు వైపుగాను, ఋణావేశములు దువ్వెన D వైపుగా జరుగుచున్నది.

ఈ ధనావేశములు బెల్టుకు అతుక్కొని పైవైపు పోవును. అవి దువ్వెన E కి దగ్గరగా వచ్చునపుడు స్థిర విద్యుత్ ప్రేరణ వలన అధికముగా ఋణ మరియు ధనావేశములు దువ్వెన యొక్క రెండు కొనలలో ఏర్పడుచున్నది.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 69 24-03-2023 08:53:53



పటము 1.63 వాన్ – డిగ్రాఫ్ విద్యుత్ జనని

ఇంకనూ ధనావేశములు దువ్వెన E నుండి వికర్షించబడి గోళము యొక్క వెలుపలి తలమును చేరుచున్నది.

గోళము వాహకముగా యుండుట వలన ధనావేశములు వెలుపలి తలములో ఏకరీతిగా పంపిణీ అగును. అదేసమయములో కరోనా ఉత్సర్గము వలన బెల్టులో నున్న ధనావేశములు గాలిలో యున్న ఋణావేశములను తటస్థము చేయును . తరువాత బెల్టు కప్పీల ద్వారా క్రింది వైపుకు పోవును.

బెల్టు క్రింది వైపుకు పోవునపుడు తటస్థమును పొంది క్రింద యున్న దువ్వెన దగ్గరగా చేరునపుడు మళ్ళి అధిక ధనావేశమును బెల్టుపై పడునట్లు చేయును, పైకి వెళ్లిన తర్వాత అది మళ్లీ ధనావేశములను గోళము యొక్క వెలుపలి తలమునకు ఇచ్చుచున్నది.

ఈ సంఘటన నిర్విరామముగా జరుగుచుండును. గోళము యొక్క వెలుపలి తలములో గరిష్ట కొలతలో ఇంచుమించుగా 10^7 V విద్యుత్ శక్మబేధము ఏర్పడు నంతవరకు ఇది జరుగును.

ఇంకను గోళములో ఆవేశములు ఏర్పరచుటకు వీలుకాని స్థితిని చేరినపుడు, గాలి యొక్క అయనీకరణము కారణముగా ఆవేశములు నష్టమగును. అధిక పీడనముతో వాయువు నింపబడిన ఉక్కు గదితో మూయుటవలన గోళము నుండి ఆవేశములు నష్టమగుట తగ్గించవచ్చును.

వాన్–డిగ్రాఫ్ విద్యుత్ జనని మూలముగా పొందబడు అధిక విద్యుత్ శక్మభేదము పరమాణు కేంద్రక విచ్ఛిన్నతకు ఉపమోగపడును, ధనావేశపు అయానులును (ప్రోటానులు మరియు డ్యూటిరానులు) త్వరణము చెందించుటకు ఉపయోగపడుచున్నది.

ఉదాహరణము 1.24

గాలి యొక్క రోధక పదార్థ తీవ్రత 3×10^6 V m^{-1} వాన్ డి గ్రాఫ్ విద్యుత్ జనని యొక్క బోలైన గోళ వ్యాసార్థము R = 0.5 m అయిన వాన్ డి గ్రాఫ్ విద్యుత్ జనని వలన ఏర్పడు గరిష్ట విద్యుత్ శక్మభేదమును లెక్కించుము.

సాధన

గాస్ నియమము ప్రకారము గోళము యొక్క తలములో విద్యుత్ క్షేత్రము

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{R^2}$$

బోలైన లోహపు గోళ తలములో విద్యుత్ శక్మము $V = ER$

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{R} = ER$$

ఇచ్చట $V_{\text{గరిష్ట}} = E_{\text{గరిష్ట}} R$

$E_{\text{గరిష్ట}} = 3 \cdot 10^6$ Vm^{-1}. అందువలన ఏర్పడు గరిష్ట విద్యుత్ శక్మభేధము

$$V_{\text{గరిష్ట}} = 3 \times 10^6 \times 0.5$$
$$= 1.5 \times 10^6 \text{ V (or) } 1.5 \text{ మిలియన్ వోల్టు.}$$

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 70 24-03-2023 08:53:54

సారాంశము

- సజాతి ఆవేశములు వికర్షించును విజాతి ఆవేశములు ఆకర్షించును.
- విశ్వము యొక్క మొత్త ఆవేశము నిత్యత్వము.
- ఆవేశము క్వాంటీకరణ గుణము కలిగివుండును.
- ఒక వస్తువు యొక్క మొత్త ఆవేశము $q = ne$ ఇచ్చట $n = 0,1,2,3\ldots$ మరియు e అనునది ఎలక్ట్రాను ఆవేశము.
- కూలూంబ్ నియమము యొక్క సదిశ రూపము $\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_{\circ}}\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r}$ ($\hat{r}$ అనునది q_1 మరియు q_2 ను కలుపు రేఖ దిశలో పనిచేయు ఒక ప్రమాణ సదిశ)
- ఆవేశముల యొక్క నిరంతర పంపణీకి సమాకలన పద్ధతిని ఉపయోగించవచ్చును.
- స్థిర విద్యుత్ బలములు అధ్యారోపణ తత్వమును పాటించును.
- ఒక బిందు ఆవేశము నుండి r దూరములో యున్న బిందువులో విద్యుత్ క్షేత్రమనునది.

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_{\circ}}\frac{q}{r^2}\hat{r}$$

- విద్యుత్ క్షేత్రరేఖలు ధనావేశములో ప్రారంభమై, ఋణావేశములో లేదా అనంతదూరములో అంతమగును.
- విద్యుత్ ద్విధ్రువమువలన దాని అక్షీయరేఖలో యున్న బిందువులో ఏర్పడు విద్యుత్‌క్షేత్రము.

$$\vec{E}_{tot} = \frac{1}{4\pi\epsilon_{\circ}}\left(\frac{2\vec{p}}{r^3}\right)$$

- విద్యుత్ ద్విధ్రువము వలన మధ్య లంబ రేఖ మీద బిందువు వద్ద ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రము.

$$\vec{E}_{tot} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_{\circ}}\left(\frac{\vec{p}}{r^3}\right)$$

- ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రములో యుంచబడు ద్విధ్రువము పై పనిచేయు భ్రామకము $\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$.
- బిందు ఆవేశము నుండి r దూరములో స్థిర విద్యుత్ శక్మము.

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_{\circ}}\frac{q}{r}$$

- విద్యుత్ ద్విధ్రువము వలన ఏర్పడు స్థిర విద్యుత్ శక్మము.

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_{\circ}}\frac{\vec{p}\cdot\hat{r}}{r^2}$$

- సమ విద్యుత్ శక్మ తలములో అన్ని బిందువులలోను స్థిరవిద్యుత్ శక్మము సమానముగా వుండును.
- విద్యుత్ క్షేత్రమునకు స్థిరవిద్యుత్ శక్మమునకు మధ్యగల సంబంధము

$$\vec{E} = -\left(\frac{\partial V}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial V}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial V}{\partial z}\hat{k}\right).$$

- విద్యుత్ ఆవేశముల యొక్క వ్యవస్థలో స్థిర విద్యుత్ శక్మశక్తి అనునది విద్యుత్ ఆవేశములను ఒక అమరికలో అమర్చుటకు చేయబడు పనికి సమానమగును.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 71 24-03-2023 08:53:57

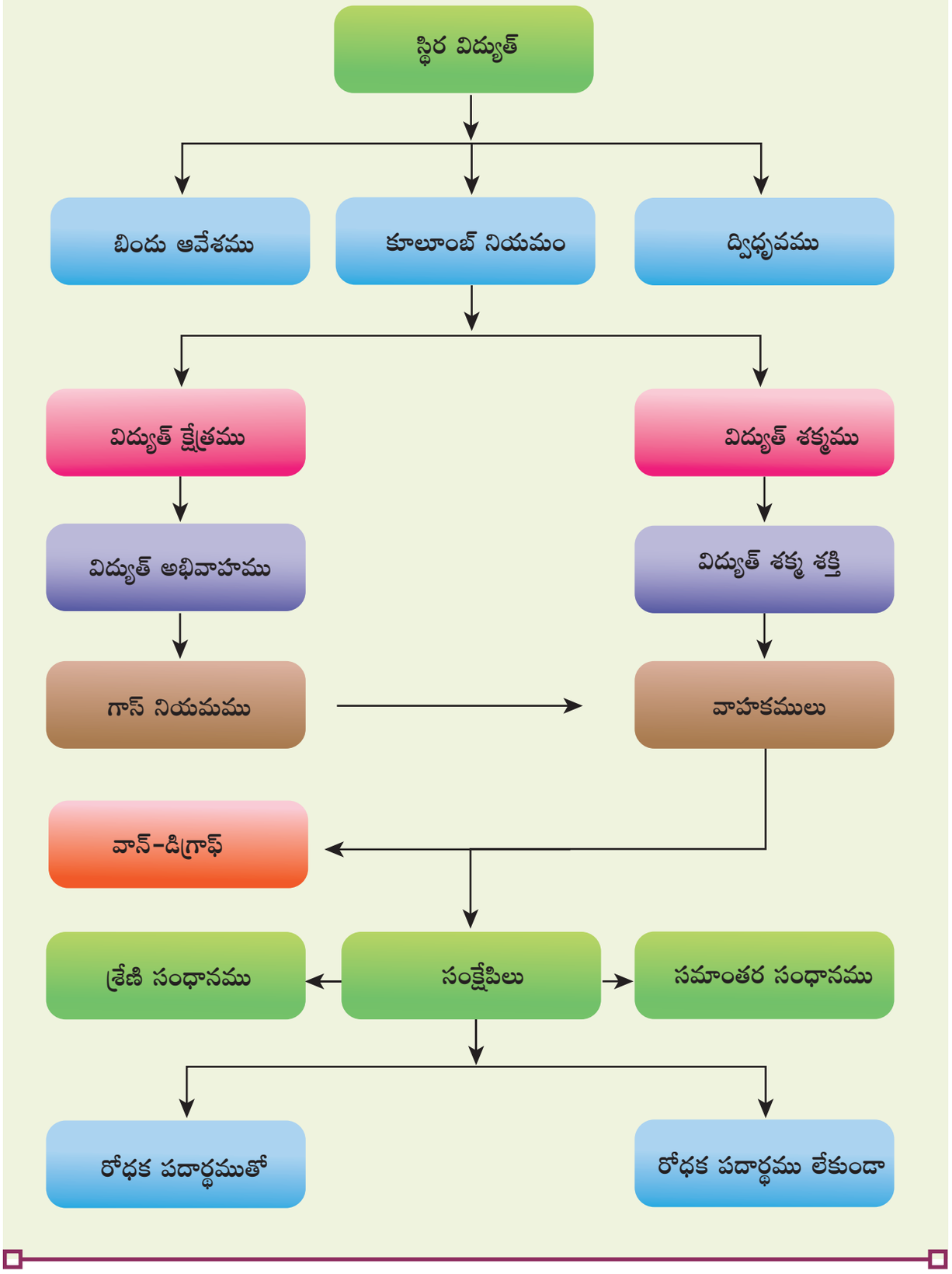
- ఏకరీతి విద్యుత్‌క్షేత్రములో యుండు విద్యుత్ ద్విధ్రువ వ్యవస్థలో సేకరించబడు స్థిరవిద్యుత్‌శక్మ శక్తి $U = -\vec{p}\cdot\vec{E}$.
- ఒక మూసిన తలము ద్వారా పోవు మొత్త విద్యుత్ అభివాహకము ఇచ్చట Q అనునది మూసిన తలములో యున్న మొత్త ఆవేశమగును.

  $$\Phi_E = \frac{Q}{\epsilon_\circ}$$

- ఆవేశము పొందిన అనంత తీగ వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రము $\vec{E} = \frac{1}{2\pi\epsilon_\circ}\frac{\lambda}{r}\hat{r}$.
- ఆవేశము పొందిన అనంత సమతల తలము వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రము $\vec{E} = \frac{\sigma}{2\epsilon_\circ}\hat{n}$ ($\hat{n}$ సమతలమునకు లంబముగా వుండును).
- ఆవేశము పొందిన గోళ కక్ష్యలోపల విద్యుత్‌క్షేత్రము శూన్యము; వెలుపలి బిందువులకు $\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_\circ r^2}\hat{r}$.
- ఒక విద్యుత్ వాహకము యొక్క లోపల విద్యుత్‌క్షేత్రము శూన్యమగును దాని బాహ్య తలములో విద్యుత్ క్షేత్రమనునది వాహకము యొక్క తలమునకు లంబముగాను పరిమాణము $E = \frac{\sigma}{\epsilon_\circ}$ కలిగినదిగా వుండును.
- వాహకము యొక్క తలముపై అన్ని బిందువులులోను విద్యుత్ శక్మము సమానముగా వుండును.
- స్థిరవిద్యుత్ ప్రేరణ పద్ధతి నుపయోగించి వాహకమును ఆవేశము (Charging) చేయవచ్చును.
- విద్యుత్ రోధక పదార్థములు లేదా బంధక పదార్థములో స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు యుండదు. కాని విద్యుత్ క్షేత్రము వాటిని యుంచినపుడు ధ్రువణము చెందును.
- క్షమశీలత $C = \frac{Q}{V}$.
- సమాంతర పలకల సంక్షేపి యొక్క క్షమశీలత $C = \frac{\epsilon_\circ A}{d}$.
- ఒక సంక్షేపిలో సేకరించబడియున్న స్థిర విద్యుత్ శక్మ శక్తి $U = \frac{1}{2}CV^2$.
- సంక్షేపిలు సమాంతర సంధానములో యున్నపుడు ఫలిత క్షమశీలత యనునది విడివిడి క్షమశీలతల కూడికకు సమానమగును.
- సంక్షేపిలు శ్రేణి సంధానములో యున్నపుడు ఫలిత క్షమశీలత యొక్క విలోమ విలువ విడివిడి క్షమశీలతల విలోమ విలువల కూడికకు సమానమగును.
- ఒక వాహకములో ఆవేశము యొక్క పంపణి అనునది వాహకము యొక్క ఆకారమును బట్టి వుండును.
- వాహకము యొక్క పదునైన (Sharp) కొనలలో ఆవేశ సాంద్రత అధికముగా వుండును. ఈ తత్వము మెరుపు నిరోధక వాహకములో ఉపయోగపడును.
- అధిక కొలత గల విద్యుత్ శక్మ భేదమును ఏర్పరచుటకు ($\sim 10^7$ V) వాన్-డిగ్రాఫ్ విద్యుత్ జనని ఉపయోగపడుచున్నది.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 72 24-03-2023 08:53:59

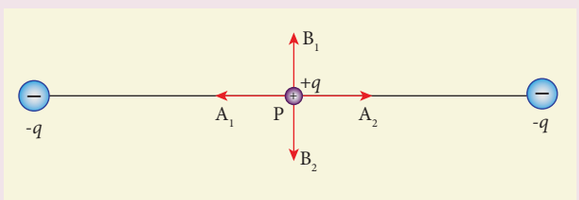
భావన పటము



01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 73 24-03-2023 08:53:59

I సరియైన సమాధానమును ఎన్నుకొనుము

1. $-q$ ఆవేశ విలువ యున్న రెండు బిందు ఆవేశములు పటములో చూపిన విధముగా యుంచబడినది. వీటికి మధ్యలో P అను బిందువులో $+q$ విలువ గల మూడవ ఆవేశము యుంచబడినది. P నుండి బాణపు గుర్తులో చూపించబడిన దిశలలో తక్కువ దూరములకు $+q$ ఆవేశమును జరిపిన ఏదిశ లేదా దిశలలో స్థానభ్రంశమును బట్టి $+q$ అనునది స్థిరముగా వుండును?



అ) A_1 మరియు A_2

ఆ) B_1 మరియు B_2

ఇ) రెండు దిశలలోను

ఈ) స్థిరముగా యుండదు.

2. క్రింద వచ్చు ఆవేశముల అమరికలలో ఏది ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రమును ఏర్పరచును?

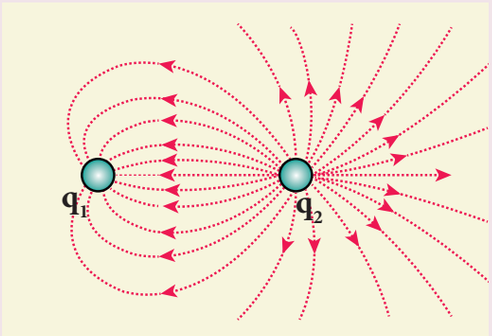
అ) బిందు ఆవేశము

ఆ) ఏకరీతి విద్యుత్ ఆవేశమును పొందిన అనంత తీగ

ఇ) ఏకరీతి విద్యుత్ ఆవేశమును పొందిన అనంత సమతలము

ఈ) ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రము పొందిన గోళ కక్ష్య

3. క్రింది యున్న విద్యుత్ క్షేత్ర రేఖలు యొక్క నమూనా నుండి ఈ విద్యుత్ ఆవేశముల యొక్క నిష్పత్తి $\left|\frac{q_1}{q_2}\right|$ ఏమి?



అ) $\frac{1}{5}$ ఆ) $\frac{25}{11}$

ఇ) 5 ఈ) $\frac{11}{25}$

4. 2×10^5 N C^{-1} పరిమాణము గల విద్యుత్ క్షేత్రములో 30^0 అమరిక కోణములో విద్యుత్ ద్విధృవము ఒకటి యుంచబడిన దానిపై పనిచేయు భ్రామకము పరిమాణము 8 N m. విద్యుత్ ద్విధృవము పొడవు 1 cm అయిన దానిలో ఒక ఆవేశము యొక్క పరిమాణము.

అ) 4 mC ఆ) 8 mC

ఇ) 5 mC ఈ) 7 mC

5. విద్యుత్ ఆవేశములు కలిగిన నాలుగు గాసియన్ తలముల పటములో చూపబడియున్నది. ఒక్కొక్క గాసియన్ తలమును దాటు విద్యుత్ అభివాహము విలువలను ఆరోహణ క్రమములో వ్రాయుము.

అ) D < C < B < A

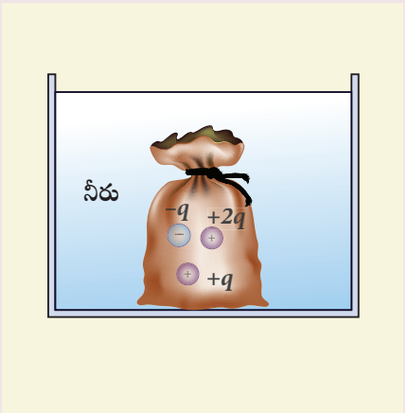
ఆ) A < B = C < D

ఇ) C < A = B < D

ఈ) D > C > B > A

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 74 24-03-2023 08:54:00

6. నీటిలో యుంచబడిన మూసిన తలము యొక్క మొత్త విద్యుత్ అభివాహము విలువ



అ) $\frac{80q}{\epsilon_0}$ ఆ) $\frac{q}{40\epsilon_0}$

ఇ) $\frac{q}{80\epsilon_0}$ ఈ) $\frac{q}{160\epsilon_0}$

7. q_1 మరియు q_2 ధనావేశ కొలత కలిగిన రెండు ఒకే విధమైన విద్యుత్ వాహకపు బంతుల యొక్క కేంద్రములు r దూరములో వేరుచేయబడి యున్నవి. వాటిని ఒకదానిలో మరోకటి తాకినట్లు చేసి తరువాత అదే దూరములో వేరుచేయబడిన, వాటికి మధ్యగల బలము (NSEP 04-05)

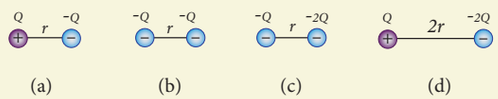
అ) ముందుకన్న తక్కువ వుండును

ఆ) అదే కొలతలో వుండును

ఇ) ముందుకన్న అధికముగా వుండును

ఈ) శూన్యము

8. క్రింది యున్న ఆవేశముల వ్యవస్థల యొక్క స్థిర విద్యుత్ శక్మశక్తిని అవరోహణ క్రమములో వ్రాయుము



అ) $1 = 4 < 2 < 3$ ఆ) $2 = 4 < 3 < 1$

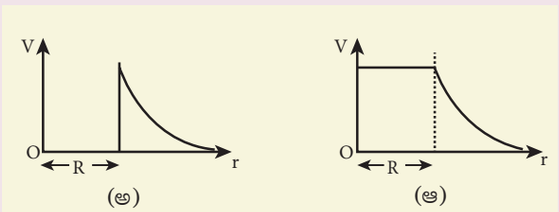
ఇ) $2 = 3 < 1 < 4$ ఈ) $3 < 1 < 2 < 4$

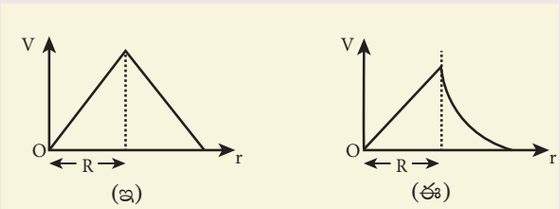
9. బాహ్య తలము నుండు ఒక భాగములో విద్యుత్ క్షేత్రము, $\vec{E} = 10x\hat{i}$ యున్నది. విద్యుత్ శక్మ భేదము $V = V_o - V_A$ అయిన (ఇచ్చట V_o అనునది ఆది బిందువులో విద్యుత్ శక్మము) x = 2 m దూరములో విద్యుత్ శక్మము V_A = ...

అ) 10 V ఆ) –20 V

ఇ) +20 V ఈ) –10 V

10. R వ్యాసార్ధము కలిగిన విద్యుత్ వాహకపలుచని గోళ కక్ష్యతలములో Q పరిమాణము గల ఆవేశము ఏకరీతిగా పంపిణీ అయిన దాని వలన ఏర్పడు స్థిరవిద్యుత్ శక్మమునకైన సరిమైన రేఖాపటము ఏది?





11. A మరియు B అయిన రెండు బిందువులు క్రమముగా 7 V మరియు -4 V విద్యుత్ శక్మములో యుంచిన A నుండి B కి 50 ఎలక్ట్రానులను జరుపుటకు చేయబడు పని.

అ) 8.80×10^{-17} J

ఆ) -8.80×10^{-17} J

ఇ) 4.40×10^{-17} J

ఈ) 5.80×10^{-17} J

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 75 24-03-2023 08:54:02

12. ఒక సంక్షేపికి ఇవ్వబడు విద్యుత్ శక్మభేదము V నుండి $2V$ గా అధికరించబడిన క్రిందియున్నవాటిలో సరియైన ఫలితమును ఎన్నుకొనుము.

అ) Q మార్పుయుండదు, C రెండు రెట్లగును

ఆ) Q రెండు రెట్లగును, C రెండు రెట్లగును

ఇ) C మార్పు యుండదు, Q రెండు రెట్లగును

ఈ) Q మరియు C రెండును మార్పు యుండదు.

13. ఒక సమాంతర పలక సంక్షేపి V విద్యుత్ శక్మ భేదములో Q పరిమాణము గల ఆవేశమును సేకరించును. పలకల యొక్క వైశాల్యము, పలకల మధ్యగల దూరము రెండు రెట్లు అయిన క్రిందివానిలో మార్పు జరుగును.

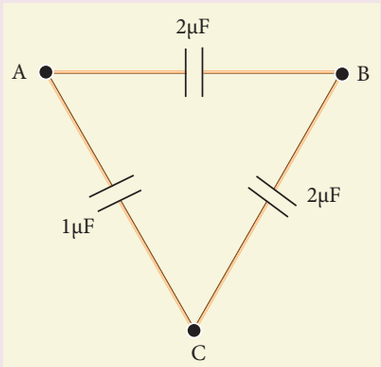
అ) క్షమశీలత

ఆ)ఆవేశము

ఇ) విద్యుత్ శక్మ భేదము

ఈ) శక్తి సాంద్రత

14. మూడు సంక్షేపిలను పటములో చూపిన విధముగా త్రిభుజ ఆకార అమరికలో సంధానింపబడియున్నది. A మరియు C వంటి బిందువులకు మధ్యలో యున్న సమానమైన క్షమశీలత



అ) $1\mu F$ ఆ) $2\ \mu F$

ఇ) $3\ \mu F$ ఈ) $\frac{1}{4}\mu F$

15. 1 సెం.మీ మరియు 3 సెం.మీ వ్యాసార్ధము గల రెండు లోహ గోళములకు క్రమముగా -1×10^{-2} C మరియు 5×10^{-2} C కొలత గల ఆవేశములను కలిగిన విద్యుత్ కణాలను ఇవ్వబడుచున్నది. రెండు గోళములు ఒక వాహక తీగ ద్వారా సంధానింపబడిన పెద్ద గోళములో అంత్యముగా యుండు ఆవేశ పరిమాణము (AIIPMT -2012)

అ) 3×10^{-2} C

ఆ) 4×10^{-2} C

ఇ) 1×10^{-2} C

ఈ) 2×10^{-2} C

సమాధానములు

1) ఆ	**2)** ఇ	**3)** ఈ	**4)** ఆ	**5)** అ
6) ఆ	**7)** ఇ	**8)** అ	**9)** ఇ	**10)** ఆ
11) అ	**12)** ఇ	**13)** ఈ	**14)** ఆ	**15)** అ

II లఘు సమాధాన ప్రశ్నలు

1. ఆవేశము యొక్క క్వాంటీకరణము అనగా నేమి?
2. కూలూంబ్ నియమము యొక్క సదిశ రూపమును వ్రాసి దానిలో యున్న ఒక్కొక్క పదం గూర్చి తెలియజేయుము?
3. కూలూంబ్ బలమునకు, గురుత్వాకర్షణ బలమునకు మధ్యగల భేదములను తెలుపుము?
4. అధ్యారోపణ తత్వమును గూర్చి క్లుప్తముగా వ్రాయుము?
5. విద్యుత్ క్షేత్రమును నిర్వచించుము?
6. విద్యుత్తు క్షేత్రరేఖలు అనగా నేమి?
7. విద్యుత్తు క్షేత్రరేఖలు ఒకదానినొకటి ఖండించుకొనవు, సమర్థించుము?
8. విద్యుత్ ద్విధ్రువమును నిర్వచించుము? దాని ద్విధ్రువభ్రామకం యొక్క పరిమాణమునకైన సమీకరణము మరియు దిశ అను వాటిని గుర్తించుము?

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 76 24-03-2023 08:54:02

9. విద్యుత్తు ద్విధ్రువభ్రామకము యొక్క సాధారణ నిర్వచనము తెలుపుము?
10. స్థిర విద్యుత్ శక్మమును నిర్వచించుము?
11. సమ విద్యుత్తు శక్మ తలము అనగానేమి?
12. సమవిద్యుత్తు శక్మ తలము యొక్క ధర్మములు ఏవి?
13. విద్యుత్ క్షేత్రము, స్థిరవిద్యుత్ శక్మము మధ్యగల సంబంధమును తెలుపుము?
14. సిర్థ విద్యుత్ శక్మశక్తిని నిర్వచించుము?
15. విద్యుత్ అభివాహకమును నిర్వచించుము?
16. స్థిర విద్యుత్ శక్మశక్తి సాంద్రత అనగానేమి?
17. స్థిర విద్యుత్ కవచము గూర్చి క్లుప్తముగా వ్రాయుము?
18. ధ్రువణము అనగా నేమి?
19. రోధక బలం అనగానేమి?
20. క్షమశీలతను నిర్వచించి దాని ప్రయాణమును తెలుపుము?
21. కరోనా ఉత్సర్గము అనగానేమి?

III దీర్ఘ సమాధాన ప్రశ్నలు

1. విద్యుత్ ఆవేశము యొక్క ప్రాథమిక ధర్మములను చర్చించుము?
2. కూలూంబ్ నియమము మరియు దాని వివిధ అంశాలను గూర్చి వివరముగా తెలుపుము?
3. విద్యుత్ క్షేత్రమును నిర్వచించి దాని వేరువేరు అంశాలను చర్చించుము?
4. విద్యుత్ ద్విధ్రువము వలన దాని అక్షీయరేఖ మరియు లంబ రేఖలో ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రమును లెక్కించుము?
5. ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రములో యుంచబడు విద్యుత్ ద్విధ్రువముపై పనిచేయు యుగ్మ భ్రామకమునకు గల సమాసమును నిర్వచింపుము.
6. ఒక బిందు ఆవేశము వలన ఏర్పడు స్థిర విద్యుత్ శక్మమునకు గల సమాసమును పొందుము.
7. విద్యుత్ ద్విధ్రువము వలన ఏర్పడు స్థిర విద్యుత్ శక్మమునకు గల సమాసమును పొందుము.
8. నిర్ణీత దూరములో వేరుచేయబడిన మూడు బిందు ఆవేశముల వ్యవస్థ వలన ఏర్పడు స్థిర విద్యుత్ శక్మ గల సమాసము పొందుము.
9. ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రములో యుంచబడు విద్యుత్ ద్విధృవము యొక్క స్థిర విద్యుత్ శక్మశక్తికి గల సమాసమును వివరించుము.
10. కూలూంబ్ నియమము నుండి గాస్ నియమమును రాబట్టుము.
11. ఆవేశము పొందిన అనంత పొడవు గల తీగ వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రమునకు గల సమీకరణమును పొందుము.
12. ఆవేశపూరిత అనంత సమతల తలము వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రమునకు గల సమీకరణమును పొందుము.
13. ఏకరీతి విద్యుత్ ఆవేశము పొందిన ఒక గోళాకార కక్ష్య వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రమునకు గల సమీకరణమును ఉత్పాదించుము.
14. స్థిర విద్యుత్ సమతాస్థితిలో యున్న వాహకముల అనేక ధర్మములను చర్చించుము.
15. స్థిర విద్యుత్ ప్రేరణ ప్రయోగ పద్ధతిని వివరించుము.
16. విద్యుత్ రోధక పదార్థమును వివరించి ఏ విధముగా రోధక పదార్థములో విద్యుత్ క్షేత్రము ప్రేరేపించబడుటను వివరించుము.
17. సమాంతర పలకల సంక్షేపి యొక్క క్షమశీలత సమాసమును ఉత్పాదించుము.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 77 24-03-2023 08:54:03

18. సమాంతర పలకల సంక్షేపిలో సేకరించబడియున్న శక్తికి గల సమాసమును ఉత్పాదించుము.

19. సమాంతర పలకల సంక్షేపిలో రోధక పదార్థమును ఉంచుట వలన ఏర్పడు ప్రభావమును వివరముగా వ్రాయుము.

20. శ్రేణి మరియు సమాంతర సంధానములో సంక్షేపిలను కలుపునపుడు ఏర్పడు ఫలిత క్షమశీలతకు గల సమాసమును ఉత్పాదించుము.

21. ఒక వాహకములో ఆవేశముల యొక్క పంపిణీ గూర్చి వివరముగా వ్రాయుము. మెరుపు వాహకము యొక్క తత్త్వమును వివరించుము.

22. వాన్–డిగ్రాఫ్ విద్యుత్ జనని యొక్క నిర్మాణము మరియు పనిచేయు విధమును వివరముగా తెలుపుము.

సమస్యలు

1. రెండు వస్తువులు ఒకదానినొకటి రుద్దునపుడు అవి ఒక్కొక్క దానిలోను ఇంచుమించు 50 nC ఆవేశము ఏర్పడు చున్నది. ఈ ఆవేశమును ఏర్పరచుటకు స్థానభ్రంశము చేయవలసిన ఎలక్ట్రాన్‌ల యొక్క సంఖ్యను లెక్కించుము.

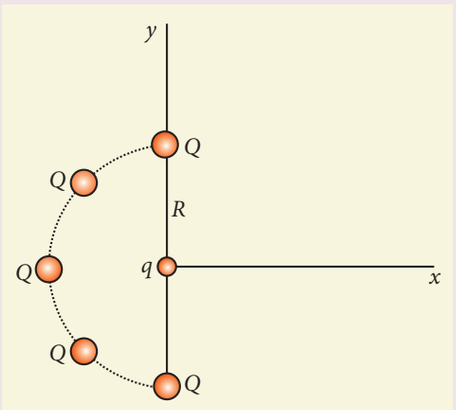
జవాబు: 31.25×10^{10} ఎలక్ట్రాన్‌లు)

2. మానవ శరీరములో యున్న మొత్త ఎలక్ట్రానుల యొక్క సంఖ్య ఇంచుమించు 10^{28} ఏదో కొన్ని కారణముల వలన నీవు నీ స్నేహితుడు వీటిలో 1% ఎలక్ట్రానులను కోల్పోగలరు. 1 మి దూరములో మీరు నిల్చున్నప్పుడు మీ ఇద్దరికి మధ్యలో ఏర్పడు స్థిర విద్యుత్ బలము లెక్కించుము. దీనిని నీ యొక్క బరువుతో పోల్చుము. (మీ ఒక్కొక్కరి యొక్క ద్రవ్యరాశి 60 kg అని అనుకొనుము ఇంకనూ బిందు ఆవేశము ఇంచు మించుగా ఉపయోగించుము.

జవాబు: $F_e = 23 \times 10^{23}$ N, W = 588 N,

$$\frac{F_e}{W} = 3.9 \times 10^{21}$$

3. ఐదు ఒకే విధమైన ఆవేశముల (ఒక్కొక్క దాని యొక్క ఆవేశము Q) సమాన దూరములో, R వ్యాసార్థము కలిగిన అర్ధగోళాకారములో ఉంచబడియున్నవి. (పటము) దాని కేంద్రములో మరొక బిందు ఆవేశము q ఉంచబడుచున్నది. ఆవేశము q పొందు స్థిర విద్యుత్ బలమును లెక్కించుము.



జవాబు: $\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{qQ}{R^2}\left(1+\sqrt{2}\right)\hat{i}$ N

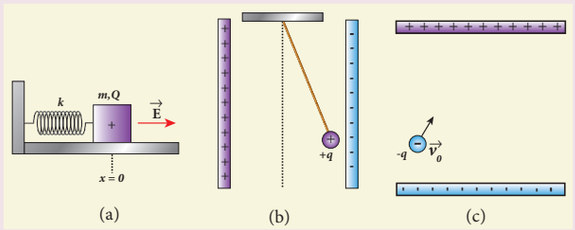
4. $+q$ పరిమాణము గల ఆవేశము భూమి యొక్క తలములోను మరొక $+q$ పరిమాణము గల ఆవేశము చంద్రుని యొక్క తలములోను ఉంచినట్లు అనుకొనుము. (a) భూమికి చంద్రునికి మధ్యయున్న గురుత్వాకర్షణ బలము తుల్యము చేయుటకు q యొక్క విలువను లెక్కించుము. (b) భూమికి, చంద్రునికి మధ్యగల దూరము సగమైన q యొక్క విలువ మార్పుజరుగునా?

(ఇవ్వబడిన $m_E = 5.9 \times 10^{24}$ kg, $m_M = 7.9 \times 10^{22}$ kg)

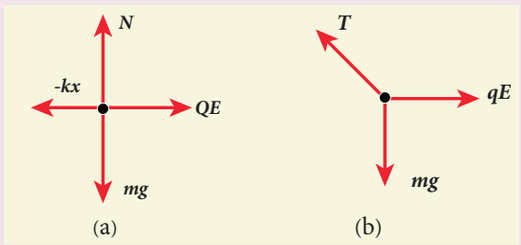
జవాబు: (a) $q \approx +5.87 \times 10^{13}$ C, (b) మారదు

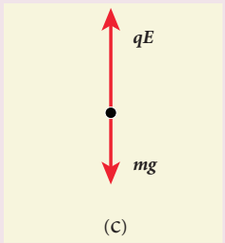
5. పటము (a), (b) మరియు (c) లో చూపబడిన ఆవేశముల యొక్క స్వేచ్ఛా వస్తుబల పటములను గీయుము.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 78 24-03-2023 08:54:04

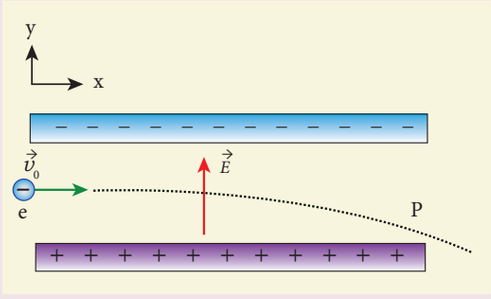


జవాబు:





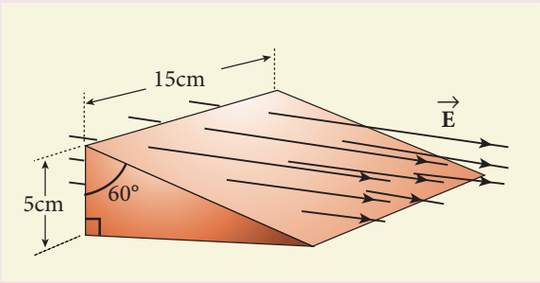
6. v_0 దిశావేగములో చలించు ఎలక్ట్రాన్ ఒకటి $\vec{v}_0$ యొక్క దిశకు లంబదిశలో పనిచేయు ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రము $\vec{E}$ యున్న భాగమును చేరుచున్నది. (పటము) గురుత్వాకర్షణ బలమును తొలగించగా కాలమును బట్టి ఎలక్ట్రాన్ యొక్క త్వరణము, దిశావేగము మరియు ఉన్నటువంటి స్థానము (position) మొదలగు వాటిని పొందుము.



జవాబు :

$$\vec{a} = -\frac{eE}{m}\hat{j}, \vec{v} = v_0\hat{i} - \frac{eE}{m}t\hat{j}, \vec{r} = v_0 t\hat{i} - \frac{1}{2}\frac{eE}{m}t^2\hat{j}$$

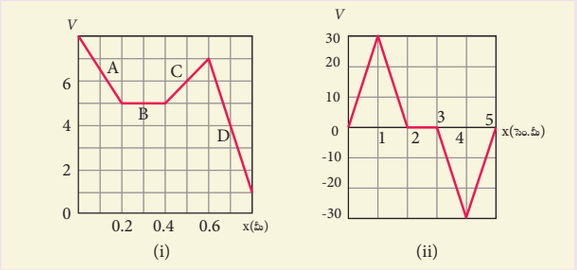
7. $E = 2 \times 10^3\ N\,C^{-1}$ బలము కలిగిన ఒక విద్యుత్ క్షేత్రములో మూసి యుంచిన తలము కలిగిన త్రిభుజాకార పెట్టె యుంచబడినది.



(a) దాని లంబ దిశలో (vertical) యున్న దీర్ఘచతరస్రాకార తలము. (b) ఏటవాలు తలము మరియు. (c) మొత్త తలము వీటిని దాటు విద్యుత్ అభివాహమును లెక్కించుము.

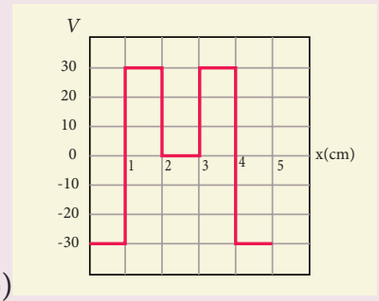
జవాబు: (a) 15 $Nm^2\,C^{-1}$ (b) 15 $Nm^2\,C^{-1}$ (c) zero

8. విద్యుత్ శక్మమును x యొక్క ప్రమేయముగా పటము (i) మరియు (ii) లలో ఇవ్వబడినది. (a) పటము (i) నందలి A, B, C మరియు D భాగములలో సంబంధిత విద్యుత్ క్షేత్రములను లెక్కించుము (b) పటము (ii) నందు x యొక్క ప్రమేయమునకు విద్యుత్ క్షేత్రము మార్పును గీయుము.



జవాబు: (a) E_X = 15 Vm^{-1} (భాగము A), E_X = -10 Vm^{-1} (భాగము C)
E_X = 0 (భాగము B), E_X = 30 Vm^{-1} (భాగము D)

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 79 24-03-2023 08:54:06



(b)

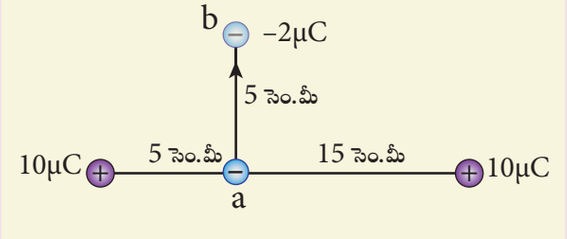
9. మోటారు వాహనము లేదా కారు వంటి వాహనములలో యంత్రము లోపల గాలి ఇంధనముల మిశ్రమమును మండించుటకు ఉపయోగపడు అమరికయే స్పార్క్‌ప్లగ్ (spark plug) దానిలో 0.6 మి.మీ దూరములో వేరు చేయబడిన రెండు విద్యుత్ ఎలక్ట్రోడ్‌లు (electrode) కలవు.



నిప్పురవ్వను ఏర్పరచుటకు 3×10^6 Vm^{-1} పరిమాణము గల విద్యుత్ క్షేత్రము కావలయును (a) కావలసిన విద్యుత్ శక్మ భేదము ఎంత? (b) మధ్యదూరము అధికరించినా విద్యుత్ శక్మభేదము అధికరించునా, తగ్గునా లేదా స్థిరముగా యుండునా? (c) మధ్య దూరము 1 మి.మీ అయిన విద్యుత్ శక్మభేధమును తెలుసుకొనుము.

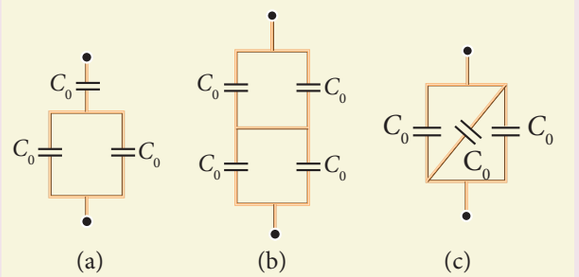
జవాబు: (a) 1800 V, (b) అధికరించును (c) 3000 V

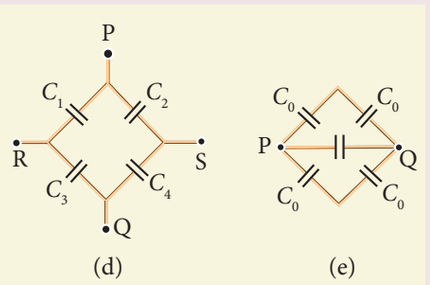
10. +10 μC విద్యుత్ ఆవేశము కలిగిన బిందు ఆవేశము ఒకటి మరొక +10 μC పరిమాణము కలిగిన బిందు ఆవేశము నుండి 20 సెం.మీ దూరములో యుంచబడినది. -2 μC విలువ కలిగిన ఒక బిందు ఆవేశము బిందువు a నుండి b నకు జరుపబడుచున్నది. అయినా వ్యవస్థ యొక్క విద్యుత్ శక్మ శక్తిలో ఏర్పడు మార్పును లెక్కించుము. ఫలితము యొక్క అంతరార్థమును వివరించుము.



జవాబు : ΔU = +1.12 J, −2μC పరిమాణము గల ఆవేశము జరుపుటకు బాహ్యము నుండి పని చేయవలయును, అనుటను ఋణాత్మక గుర్తు చూపుచున్నది.

11. పటములో ఇవ్వబడిన ఒక్కొక్క సంక్షేపి సంయోగ సంగ్రహము క్షమశీలతను లెక్కించుము.





జవాబు: (a) $\frac{2}{3}C_0$ (b) C_0 (c) $3C_0$

(d) PQ అడ్డుగా,

$$\frac{C_1C_2C_3 + C_2C_3C_4 + C_1C_2C_4 + C_1C_3C_4}{(C_1 + C_3)(C_2 + C_4)}$$

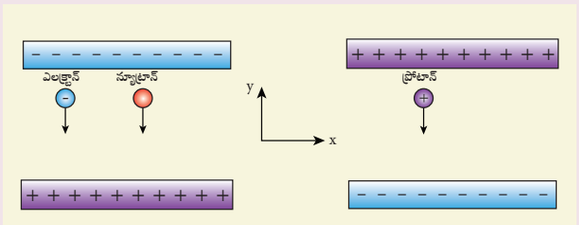
RS అడ్డుగా,

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 80 24-03-2023 08:54:08

$$\frac{C_1C_2C_3 + C_2C_3C_4 + C_1C_2C_4 + C_1C_3C_4}{(C_1 + C_2)(C_3 + C_4)}$$

(e) PQ నకు అడ్డుగా : $2\,C_o$

12. h = 1 మి.మీ మధ్యదూరము కలిగిన 5 V విద్యుత్ శక్మభేధము ఇవ్వబడిన సమాంతర పలక సంక్షేపి యొక్క పలకలకు మధ్యగల భాగములో ఒక ప్రోటాను పడుచున్నది.



(a) ఎలక్ట్రాన్ మరియు ప్రోటాన్ యొక్క పలాయన కాలమును లెక్కించుము (b) ఒక న్యూట్రాన్ పడిన దాని పలాయన కాలము ఎంత? (c) ఈ మూడింటిలో ఏది మొదటి అడుగు భాగము చేరును? ($m_p = 1.6 \times 10^{-27}$ kg, $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg మరియు $g = 10\ m\ s^{-2}$)

జవాబు:

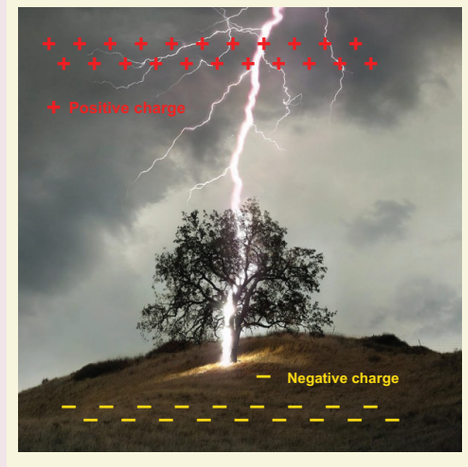
(a) $t_e = \sqrt{\frac{2hm_e}{eE}} \approx 1.5\,ns$ (గురుత్వాకర్షణను తొలగించి),

$t_p = \sqrt{\frac{2hm_p}{eE}} \approx 63\,ns$ (గురుత్వాకర్షణను తొలగించి)

(b) $t_n = \sqrt{\frac{2h}{g}} \approx 14.1\,ms$

(c) మొదటి ఎలక్ట్రాన్ వచ్చి చేరును

13. ఉరుముతో కూడిన వర్ష సమయంలో, మేఘములలో యుండి నీటి అణువుల చలనము ఏర్పరచు ఘర్షణవలన మేఘముల యొక్క అడుగు భాగము ఋణావేశమును పొందుచున్నది. ఇప్పుడు మేఘము యొక్క అడుగు భాగము భూతలము ఒక సమాంతర పలక సంక్షేపి వలె పనిచేయు మేఘమునకు భూతలమునకు మధ్యగల విద్యుత్ క్షేత్రమనునది గాలి యొక్క రోధకము కన్న (అనగా $3 \times 10^6\ Vm^{-1}$) అధికముగా యుండిన మెరుపు ఏర్పడును.

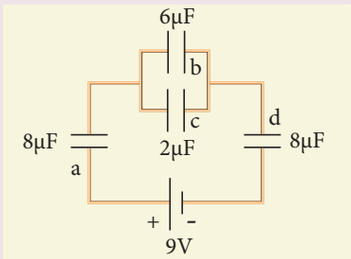


(a) భూ తలము నుండి మేఘము యొక్క అడుగు భాగము 1000 మీ దూరములో యుండిన, మేఘమునకు భూతలమునకు మధ్యగల విద్యుత్ శక్మ భేదమును లెక్కించుము.

(b) సాధారణముగా ఒక మెరుపు ఏర్పడునపుడు ఇంచుమించు 25 C ఆవేశ కొలతగల ఎలక్ట్రానులు మేఘము నుండి భూతలమునకు బదిలీ అగును. దీనిలో భూతలమునకు బదిలీ అగు స్థిరవిద్యుత్ శక్మశక్తి ఎంత?

జవాబు: (a) $V = 3 \times 10^9$ V, (b) $U = 75 \times 10^9$ J

14. పటములో ఇవ్వబడిన సంక్షేపి అమరికలో (a) ఒక్కొక్క సంక్షేపిలో సేకరించబడు ఆవేశ పరిమాణము కనుగొనుము? (b) ఒక్కొక్క దానిలో ఏర్పడు విద్యుత్ శక్మభేదమును కనుగొనుము? (c) సంక్షేపి ఒక్కొక్క దానిలో సేకరించబడు శక్తిని కనుగొనుము

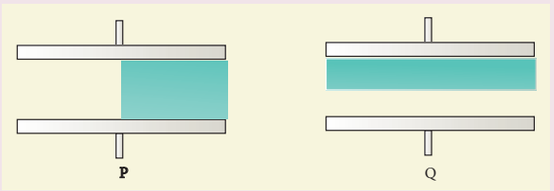


01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 81 24-03-2023 08:54:10

జవాబు:

$Q_a = 24\ \mu C$, $Q_b = 18\ \mu C$,
$Q_c = 6\ \mu C$, $Q_d = 24\ \mu C$
$V_a = 3V$, $V_b = 3V$,
$V_c = 3V$, $V_d = 3V$,
$U_a = 36\ \mu J$, $U_b = 27\ \mu J$,
$U_c = 9\ \mu J$, $U_d = 36\ \mu J$

15. P మరియు Q వంటి రెండు సంక్షేపిలు ఒకే విధమైన మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యము A మరియు మధ్య దూరము d కలిగియున్నది. సంక్షేపిల యొక్క మధ్య పటములో చూసిన విధముగా ϵ_r రోధక స్థిరాంకము కలిగిన రోధకమును ప్రవేశ పెట్టి, P మరియు Q సంక్షేపిల యొక్క క్షమశీలతను లెక్కించుము.



జవాబు : $C_P = \frac{\epsilon_\circ A}{2d}(1+\epsilon_r)$, $C_Q = \frac{2\epsilon_\circ A}{d}\left(\frac{\epsilon_r}{1+\epsilon_r}\right)$

పరిశీలనా గ్రంథాలు

1. Douglas C.Giancoli, , "*Physics for Scientist & Engineers with Modern Physics*", Pearson Prentice Hall, Fourth edition.
2. James Walker, "*Physics*", Pearson- Addison Wesley Publishers, Fourth Edition.
3. Purcell, Morin, "*Electricity and Magnetism*", "Cambridge University Press, Third Edition.
4. Serway and Jewett, "*Physics for Scientist and Engineers with Modern Physics*", Brook/Coole Publishers, Eighth Edition.
5. Tipler, Mosca, "*Physics for scientist and Engineers with Modern Physics*", Freeman and Company, Sixth Edition.
6. Tarasov and Tarasova, "*Questions and problems in School Physics*", Mir Publishers.
7. H.C.Verma, "*Concepts of Physics: Vol 2*, Bharthi Bhawan Publishers.
8. Eric Roger, *Physics for the Inquiring Mind,* Princeton University Press.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 82 24-03-2023 08:54:10



అంతర్జాల కృత్యము
స్థిర విద్యుత్ శాస్త్రము

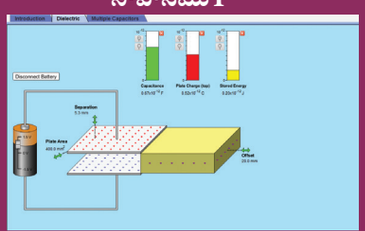
ఈ కృత్యము ద్వారా క్షమశీలి మరియు క్షమత్వమును ప్రభావితం చేయు కారకాలను గురించి అభ్యసించవచ్చు.

శీర్షిక : క్షమశీలి ప్రయోగశాల

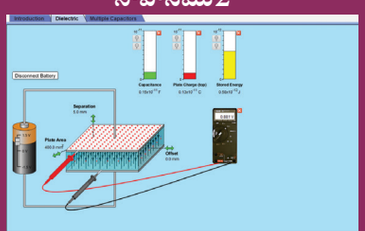
సోపానములు:

- బ్రౌజర్‌ను తెరచి అడ్రస్ బార్ నందు “phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/capacitor-lab” ను టైప్ చేయండి. ‘Dielectric’ ప్రయోగశాలకు వెళ్ళండి.
- పలక వైశాల్యమును, రోధకము మరియు ఫలకల మధ్య గల దూరమును మార్చండి. ఇప్పుడు క్షమశీల క్షమత్వమును పెంచుటకు దేనిని కనిష్టం మరియు గరిష్టం చేయవలెనో కనుగొనండి.
- కెపాసిటర్ యొక్క ఆవేశము, ఓల్టేజి మరియు నిల్వయున్న శక్తికి మధ్య గల సంబంధమును తెలుసుకొనండి. అధిక శక్తిని నిల్వయుంచుకొను క్షమశీలి వ్యవస్థను నిర్మించండి.
- 1.0V బ్యాటరీచే క్షమశీలిని ఆవేశ పూరితం చేయండి. బ్యాటరీని వలయము నుండి తొలగించండి. ఇప్పుడు ఫలకల మధ్య రోధక పదార్థమును ఉంచండి. రోధక పదార్థాన్ని ఫలకల మధ్య ఉంచినపుడు వాటి మధ్యలో గల విద్యుత్ క్షేత్రము ఎలా మారునో చర్చించండి.
- ఫలకల మధ్య నిరోధక పదార్థాన్ని ఉంచునపుడు ఎటువంటి ప్రభావము కలుగుతుంది?

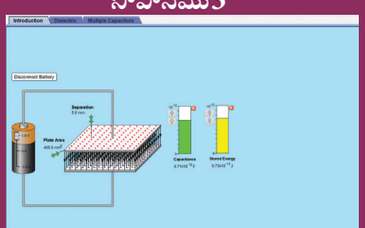
సోపానము1



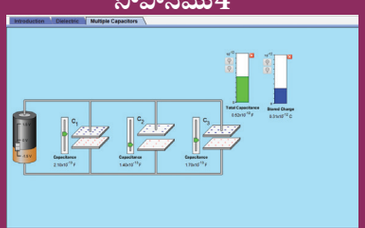
సోపానము2



సోపానము3



సోపానము4



క్షమశీలి శ్రేణి మరియు సమాంతర సంధానములో కలిపి ఫలిత క్షమత్వమును కనుగొనండి.

గమనిక

మీ కంప్యూటర్ నందు జావా అనువర్తనం లేనిచో ఇన్‌స్టాల్ చేయండి. మీరు అన్ని phet simulation అనుకరణములను మరియు పనులను https://phet.colorado.edu/en/offline-access నుండి డౌన్‌లోడ్ చేసుకొనవచ్చును.

URL:

https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/capacitor-lab

* పటములు సూచన కొరకు మాత్రమే.

* పుటను లోడ్ చేయుటకు బ్రౌజర్‌కు ఫ్లాష్ ప్లేయర్ లేదా జావా స్క్రిప్ట్ అవసరమైతే, వాటిని అనుమతించండి.

01_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_1.indd 83 24-03-2023 08:54:11

అధ్యాయము

2

ప్రవాహ విద్యుత్

"ధనికులు క్రొవ్వొత్తిని వెలిగించినపుడు మాత్రమే మనము విద్యుత్తును చౌకతరము చేయగలము" – థామస్ ఆల్వా ఎడిసిన్

అభ్యసన లక్ష్యాలు

ప్రస్తుత పాఠ్య భాగములో విద్యార్థులు అభ్యసించునవి

- లోహ వాహకములలో ఆవేశముల ప్రవాహము.
- ఓమ్ నియమము, విద్యుత్ నిరోధము, V I లక్షణములు.
- కర్బన నిరోధములు మరియు నిరోధముల సంధానము
- కిర్ఖాఫ్ నియమములు– వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జి మరియు దాని అనువర్తనములు.
- విద్యుత్ సామర్థ్యం మరియు విద్యుచ్ఛక్తి
- ఉపరితలము– జౌల్ నియమము– అనువర్తనములు
- ఉష్ణ విద్యుత్ ఫలితము– సీబెక్ ఫలితము– పెల్టియర్ ఫలితము– థామ్సన్ ఫలితము

B4MP7

పరిచయము (INTRODUCTION)



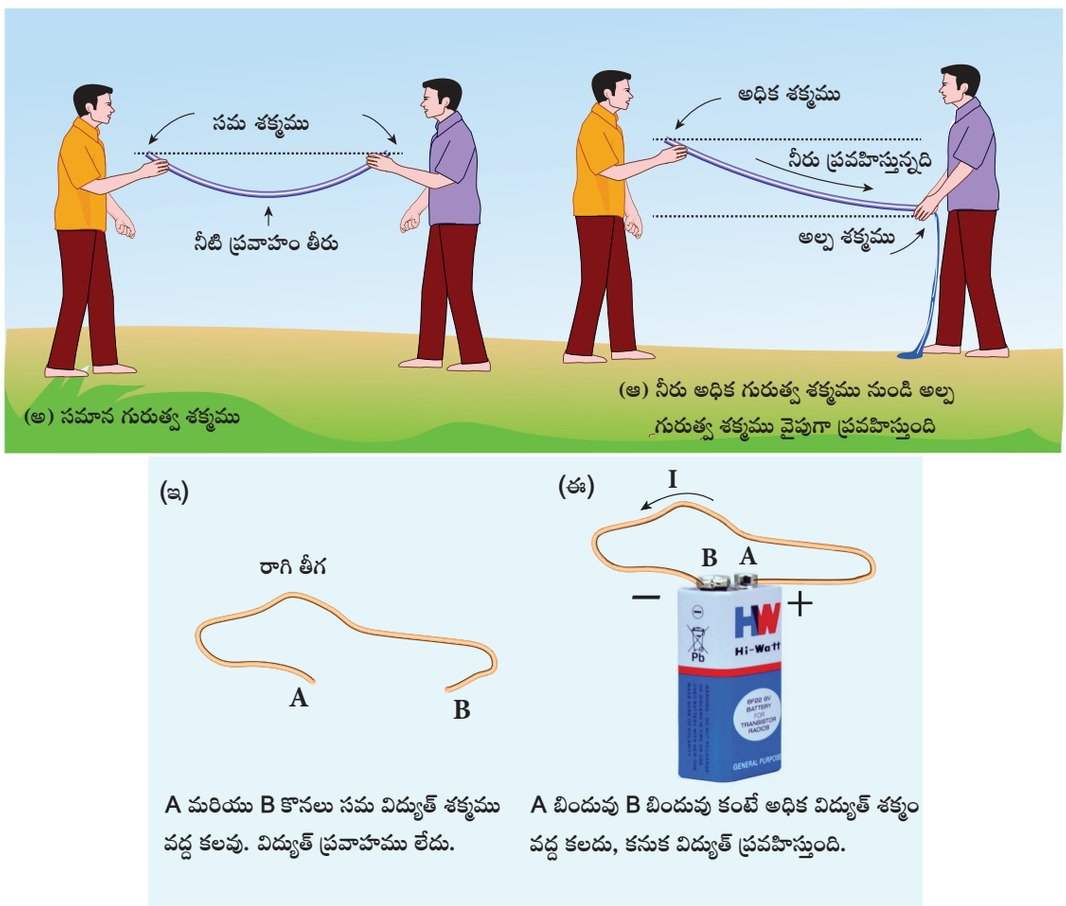
మొదటి అధ్యాయములో మనము విరామ స్థితిలో ఉన్న ఆవేశముల ధర్మములను గురించి అభ్యసించాము. వాస్తవానికి ఆవేశములన్నీ పదార్థము లోపల నిరంతరం చలిస్తూ ఉంటాయి. ఉదాహరణకి రాగి తీగలోని ఎలక్ట్రాన్లు నిశ్చలంగా ఉండకుండా అవి నిరంతర యాదృచ్ఛిక చలనములో ఉంటాయి. కనుక ఆవేశములు చలనములో ఉన్నప్పుడు వాటి స్వభావమును విశ్లేషించుట అత్యంత ఆవశ్యకం. ఆవేశముల చలనము విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఏర్పరుస్తాయి. విద్యుదావేశముల ప్రవాహమును అధ్యయనం చేయుటనే ప్రవాహ విద్యుత్ అంటారు. విద్యుత్ ప్రవాహ అధ్యయనం ఆధారంగా విద్యుత్ బ్యాటరీని కనుగొన్న అలెసాండ్రో వోల్టా (1745-1827) దీనికి ఆద్యుడు. ఈ ఆధునిక ప్రపంచం విద్యుచ్ఛక్తి వినియోగముపై ఎక్కువగా ఆధారపడి ఉన్నది. విద్యుచ్ఛక్తిని ఉపయోగించుకొని యంత్రాలు, సమాచార ప్రసార వ్యవస్థ, విద్యుత్ ఉపకరణములు, గృహోపకరణములు మొదలైనవి పనిచేయుచున్నవి. ప్రస్తుత పాఠ్యభాగములో మనము ప్రవాహ విద్యుత్, నిరోధము మరియు వాటికి సంబంధించిన దృగ్విషయములను అభ్యసిద్ధాం.

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 84 23-03-2023 14:00:45

2.1 ప్రవాహ విద్యుత్ (ELECTRIC CURRENT)

పదార్థము పరమాణువులచే నిర్మితమైనది. ప్రతి పరమాణువు ధనావేశపూరిత కేంద్రకమును మరియు దాని చుట్టూ చలించే ఎలక్ట్రానులను కలిగి ఉంటుంది. లోహములలోని పరమాణువులు ఒకటి లేదా అంతకంటే ఎక్కువ ఎలక్ట్రానులను కలిగి ఉంటాయి. ఇవి కేంద్రకముతో బలహీనమైన బంధాన్ని కలిగి ఉంటాయి. కనుక, ఈ ఎలక్ట్రానులను "స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు" అని అంటారు, ఇవి పరమాణువు నుండి సులభముగా తొలగించబడతాయి. నిర్దిష్ట ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఈ స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు వాహకమంతటా యాదృచ్ఛిక చలనమును కలిగి ఉంటాయి. సాధారణముగా ఈ యాదృచ్ఛిక చలనము వలన వాహకము ఒక చివర నుండి మరొక చివరకు నికర ఆవేశము బదిలీ జరగదు. వాహకం యొక్క రెండు చివరల యందు శక్మభేదమును ప్రయోగించినపుడు, స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు బ్యాటరీ యొక్క ధనాత్మక కొన వైపుగా డ్రిఫ్ట్ చలనము పొంది నికర విద్యుచ్ఛక్తి ఉత్పత్తి అవుతుంది. దీనిని పటము 2.1లోని సారూప్యత ఆధారంగా సులభముగా అర్థం చేసుకోవచ్చును.

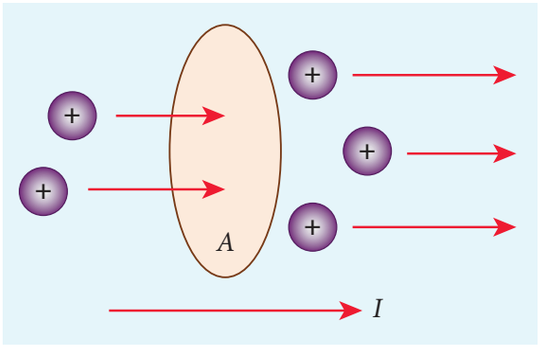
XI వ తరగతిలో విభాగము 2లోని ఆరవ (6) అధ్యాయములో మనము ద్రవ్యరాశి అనునది అధిక గురుత్వ శక్మము (Gravitational potential) నుండి అల్ప గురుత్వ శక్మము వైపుగా చలిస్తుందని అభ్యసించాము. అదేవిధముగా ధనాత్మక ఆవేశము అధిక విద్యుత్ శక్మము నుండి అల్ప విద్యుత్ శక్మము వైపుగా మరియు ఋణాత్మక ఆవేశము అల్ప విద్యుత్ శక్మము నుండి అధిక విద్యుత్ శక్మము వైపుగా చలిస్తుంది. కనుక బ్యాటరీ లేదా విద్యుత్ ఘటము వాహకములో సులభముగా శక్మ భేదమును సృష్టిస్తుంది.



పటము 2.1 నీటి ప్రవాహం మరియు విద్యుత్ ప్రవాహం

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 85 23-03-2023 14:00:45

నిర్దిష్ట మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యం A కలిగిన ఒక వాహకం ద్వారా ప్రయాణించే ఆవేశముల ప్రవాహ రేటును "ప్రవాహ విద్యుత్" అంటారు. ఇది పటము 2.2 లో చూపబడియున్నది.



పటము 2.2 A మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యము ద్వారా ఆవేశముల ప్రవాహము.

t కాలంలో ఒక వాహక మధ్యచ్ఛేదము గుండా ప్రసరించిన నికర ఆవేశము Q అయితే విద్యుత్ ప్రవాహం $I = \frac{Q}{t}$ అవుతుంది. కానీ ఆవేశముల ప్రవాహము ఎల్లప్పుడు స్థిరంగా ఉండదు. కనుక విద్యుత్ ప్రవాహమును క్రింది విధంగా నిర్వచించవచ్చును.

$$I_{\text{సరాసరి}} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \qquad (2.1)$$

Δt కాల వ్యవధిలో వాహకము యొక్క ఏదేని మధ్యచ్ఛేధములో ప్రవహించిన ఆవేశము యొక్క పరిమాణము ΔQ అవుతుంది. కాలంతో పాటు ఆవేశముల ప్రవాహ రేటు కూడా మారినపుడు విద్యుత్ ప్రవాహం కూడా మారుతుంది. సరాసరి విద్యుత్ ప్రవాహం యొక్క అవధి (Limit) ని తాక్షణిక విద్యుత్ ప్రవాహము (Instantaneous current) అని నిర్వచించవచ్చును. ఇది $(\Delta t \to 0)$ అయినపుడు మాత్రమే వర్తిస్తుంది.

$$I = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt} \qquad (2.2)$$

విద్యుత్ ప్రవాహం యొక్క SI ప్రమాణము ఆంపియర్ (A)

$$1\text{A} = \frac{1\text{C}}{1\text{s}}$$

ఒక సెకను కాలంలో ఒక వాహకము యొక్క మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యమునకు లంబముగా ఒక కులూంబ్ ఆవేశము ప్రసరించినట్లయితే విద్యుత్ ప్రవాహము I అవుతుంది. విద్యుత్ ప్రవాహం ఒక ఆదిశ రాశి (Scalar).

ఉదాహరణ 2.1

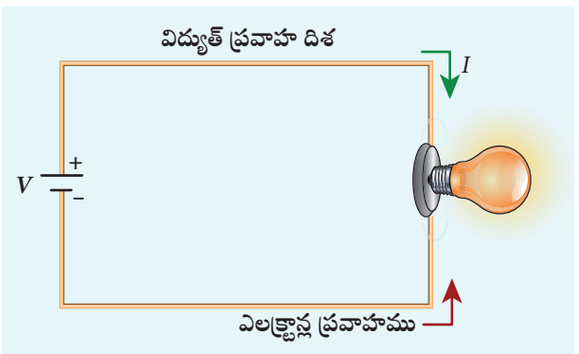
ఒక రాగి తీగ ద్వారా ఒక నిమిషము కాలంలో 120 C ఆవేశము ప్రవహించినట్లయితే విద్యుత్ ప్రవాహమును లెక్కించుము.

సాధన

తీగలో విద్యుత్ ప్రవాహము (ఆవేశముల ప్రవాహ రేటు)

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{120}{60} = 2\text{A}$$

2.1.1 సాంప్రదాయక విద్యుత్ ప్రవాహము



పటము 2.3 సాంప్రదాయక విద్యుత్ ప్రవాహం యొక్క దిశ మరియు ఎలక్ట్రాన్ ప్రవాహము

ఒక విద్యుత్ వలయంలో విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను గుర్తించుటకు బాణపు గుర్తులను ఉపయోగిస్తాము. సాంప్రదాయకంగా వలయంలో విద్యుత్ ప్రవాహము బ్యాటరీ యొక్క ధనాత్మక కొన నుండి ఋణాత్మక కొన వైపుగా ఉంటుంది. దీనిని సాంప్రదాయక విద్యుత్



02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 86 23-03-2023 14:00:47

ప్రవాహము అని, క్లుప్తంగా కరెంటు అని అంటారు. ఇది శోధక ధనావేశము (Positive test charge) చలించే దిశలో ఉంటుంది. ఒక సాధారణ విద్యుత్ వలయములో సాధారణంగా ప్రవహించే ఆవేశములు ఎలక్ట్రాన్లు. ఇవి బ్యాటరీ యొక్క ఋణాత్మక కొననుండి ధనాత్మక కొన వైపుగా చలిస్తాయి. ఫలితంగా పటము 2.3లో చూపిన విధంగా ఎలక్ట్రాన్ల ప్రవాహ దిశ మరియు సాంప్రదాయక విద్యుత్ ప్రవాహ దిశ ఒకదానికొకటి వ్యతిరేఖ దిశలో ఉంటాయి. గణితాత్మకంగా ధనాత్మక ఆవేశముల బదిలీ, ఋణాత్మక ఆవేశముల బదిలీకి వ్యతిరేక దిశలో సమానంగా ఉంటాయి.



విద్యుత్ ప్రవాహము బ్యాటరీల వలన మాత్రమే కాకుండా అనేక రకాలుగా ఉత్పత్తి చేయబడుతుంది. ప్రకృతిలో అత్యల్ప కాలవ్యవధితో పిడుగుపాటు వలన భారీ మొత్తంలో విద్యుచ్ఛక్తి ఉత్పత్తి అవుతుంది. మెరుపు మెరిసినపుడు అత్యధిక శక్మ భేదం మేఘము మరియు భూమికి మధ్యలో ఏర్పడుతుంది. తద్వారా మేఘము మరియు భూమికి మధ్యలో ఆవేశముల ప్రవాహము జరుగుతుంది.

2.1.2 డ్రిఫ్ట్ వేగము

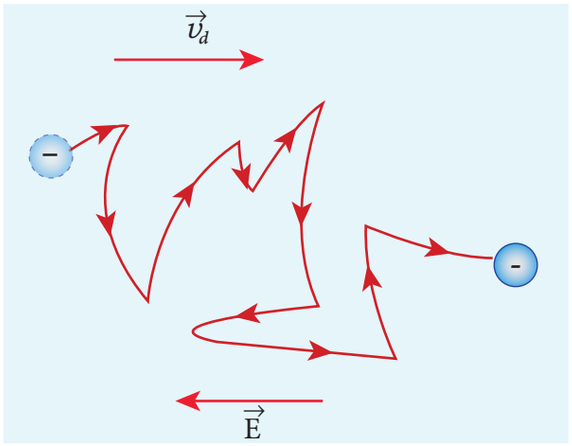
ఒక వాహకములో స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్లు ఆవేశ వాహకాలుగా పనిచేస్తాయి. ఈ ఎలక్ట్రాన్లు వాహకమంతటా స్వేచ్ఛగా చలిస్తూ ధనాత్మక అయాన్లతో ఆవర్తన అభిఘాతము చెందును. ఒకవేళ విద్యుత్ క్షేత్రము లేనిచో ఎలక్ట్రాన్లు యాదృచ్ఛిక చలనమును కలిగి ఉంటాయి. దీని వలన వాటి వేగము కూడా యాదృచ్ఛికంగా మారుతూ ఉంటుంది. సరాసరిగా ఏదేని ఒక దిశలో ప్రయాణించు ఎలక్ట్రాన్ల సంఖ్య దానికి వ్యతిరేక దిశలో ప్రయాణించు ఎలక్ట్రాన్ల సంఖ్యకు సమానంగా ఉంటుంది. ఫలితంగా ఏ దిశలోను నికర ఎలక్ట్రాన్ ప్రవాహము ఉండకపోవడంచే అక్కడ ఎటువంటి విద్యుత్ ప్రవాహము ఉండదు.

ఒక బ్యాటరీని వాహకం రెండు చివరలకు సంధించి కొంత శక్మ భేదమును అందించినపుడు $\vec{E}$ అని విద్యుత్ క్షేత్రం విద్యుత్ వాహకంలో జనిస్తుంది. ఈ విద్యుత్ క్షేత్రం ఎలక్ట్రాన్లపై కొంత బలాన్ని కలిగించి విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఉత్పత్తి చేస్తుంది. ఈ విద్యుత్ క్షేత్రం ఎలక్ట్రాన్లను త్వరణీకృతం చేస్తుంది. అయితే అయాన్లు ఎలక్ట్రాన్లను పరీక్షేపణం చెందించి వాటి చలన దిశను మార్చుతాయి. కనుక మనము ఎలక్ట్రాన్ల క్రమరాహిత్య చలనమును గమనిస్తాము. ఈ క్రమరాహిత్య చలనంతో పాటు అభిఘాతముల వలన పటము 2.4లో చూపిన విధంగా విద్యుత్ వాహకంలో ఎలక్ట్రాన్లు చాలా నెమ్మదిగా $\vec{E}$ కు వ్యతిరేక దిశలో చలిస్తాయి.

అయాన్‌లు

ఏ పదార్థమైననూ సమాన సంఖ్యలో ఎలక్ట్రాన్లు మరియు ప్రోటాన్లతో కూడిన తటస్థ పరమాణువులచే నిర్మితమై ఉంటుంది. పరమాణువులో చిట్టచివరి కక్ష్య నుండి ఎలక్ట్రాన్లు తొలగించబడినపుడు, అవి స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులుగా మారి విద్యుత్ ప్రవాహమునకు కారణమగుచున్నవి. పరమాణువులోని చిట్టచివరి కక్ష్య నుండి ఎలక్ట్రాన్లు తొలగించబడినపుడు, ఆ పరమాణువులు ధనాత్మక ఆవేశాన్ని పొంది, అవి ధన అయాన్లుగా పిలవబడతాయి. ఈ అయాన్లు పదార్థంలో స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్ల వలె స్వేచ్ఛగా చలింపజాలవు. కనుక ధన అయాన్లు విద్యుత్ ప్రవాహమును ఉత్పత్తి చేయజాలవు.

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 87 23-03-2023 14:00:48



పటము 2.4 క్రమరాహిత్య చలనం మరియు డ్రిఫ్ట్ వేగము

ఈ వేగమును డ్రిఫ్ట్ వేగము $\vec{v}_d$ అని అందురు. విద్యుత్ వాహకమును, ఒక విద్యుత్తు క్షేత్రంలో ఉంచినపుడు వాహకం లోని ఎలక్ట్రాన్లు పొందు సరాసరి వేగమును "డ్రిఫ్ట్ వేగం" అంటారు. రెండు ఆసన్న అభిఘాతముల మధ్య గల సరాసరి కాలమును "స్వేచ్ఛా సగటు కాలము" (Mean free time) అని, దీనిని τ అని గుర్తించెదరు. ఒక విద్యుత్ క్షేత్రం $\vec{E}$ లోని ఎలక్ట్రాన్ పొందిన త్వరణం. $\vec{a}$ ను ఈ క్రింది విధంగా సూచిస్తారు.

$$\vec{a} = \frac{-e\vec{E}}{m} \qquad \left(\vec{F} = -e\vec{E}\right) \text{ నుండి} \qquad (2.3)$$

$\vec{v}_d$ ను క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

$$\vec{v}_d = \vec{a}\,\tau$$

$$\vec{v}_d = -\frac{e\tau}{m}\vec{E} \qquad (2.4)$$

$$\vec{v}_d = -\mu\vec{E} \qquad (2.5)$$

ఇక్కడ $\mu = \frac{e\tau}{m}$ అనునది ఒక ఎలక్ట్రానిక్ యొక్క చలన శీలత తెలియజేస్తుంది. దీనిని ప్రమాణ విద్యుత్ క్షేత్రములో ఎలక్ట్రాన్ యొక్క డ్రిఫ్ట్ వేగ పరిమాణంగా నిర్వచించవచ్చు.

$$\mu = \frac{|\vec{v}_d|}{|\vec{E}|} \qquad (2.6)$$

చలనశీలత (Mobility) యొక్క SI ప్రమాణం $m^2V^{-1}s^{-1}$.

గమనిక

ఒక తీగలో ఎలక్ట్రాన్ యొక్క డ్రిఫ్ట్ వేగము $10^{-4}\,m\,s^{-1}$ గా ఉంటుంది. ఒక ఎలక్ట్రాన్ ఈ డ్రిఫ్ట్ వేగంతో చలించినప్పుడు అది బ్యాటరీ నుండి విద్యుత్ బల్బును చేరడానికి కొన్ని గంటల సమయం తీసుకొంటుంది. కానీ బ్యాటరీ స్విచ్‌ను నొక్కగానే విద్యుత్ బల్బు తక్షణమే వెలుగుతుంది. బ్యాటరీ స్విచ్‌ను నొక్కగానే ఎలక్ట్రాన్లు బ్యాటరీ యొక్క ఋణాత్మక కొన నుండి దూరంగా చలిస్తాయి. అంతేకాకుండా ఈ ఎలక్ట్రాన్ దాని పక్కన గల ఎలక్ట్రాన్‌లపై కొంత బలాన్ని కలిగిస్తుంది. ఈ ప్రక్రియ ప్రసరణ ప్రభావము (విద్యుత్ క్షేతము)ను సృష్టించి అది తీగలో కాంతివేగంతో చలిస్తుంది. మరొక విధంగా బ్యాటరీ నుండి విద్యుత్ బల్బుకు శక్తి అనునది ప్రసరణ ప్రభావము (Propagating Influence) చే కాంతివేగంతో బదిలీ చేయబడుతుంది. ఈ కారణం వలన బ్యాటరీ స్విచ్ ఆన్ చేయగానే బల్బు తక్షణమే వెలుగుతుంది.

ఉదాహరణ 2.2

ఒక రాగి తీగలో $570\ NC^{-1}$ పరిమాణంలో విద్యుత్ క్షేత్రమును అనువర్తింప చేసినట్లయితే ఎలక్ట్రాన్ పొందు త్వరణమును లెక్కించండి.

సాధన

$E = 570\ N\ C^{-1}$, $e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$,

$m = 9.11 \times 10^{-31}$ kg మరియు $a = ?$

$F = ma = eE$

$$a = \frac{eE}{m} = \frac{570\times1.6\times10^{-19}}{9.11\times10^{-31}}$$

$$= \frac{912\times10^{-19}\times10^{31}}{9.11}$$

$$= 1.001 \times 10^{14}\ m\ s^{-2}$$

దురభిప్రాయము:

(i) బ్యాటరీ ఒక ఎలక్ట్రాన్ జనకము అని సాధారణ దురభిప్రాయము కలదు. ఇది వాస్తవం కాదు.

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 88 23-03-2023 14:00:50

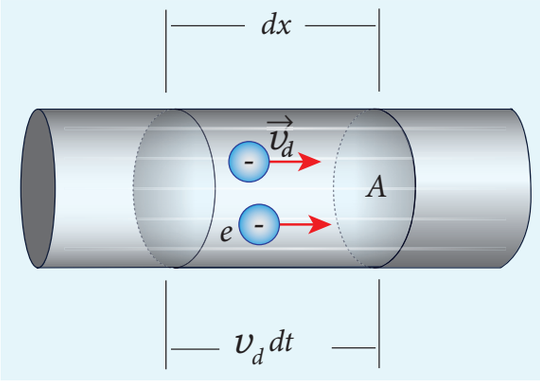
ఇచ్చిన తీగల మధ్యలో బ్యాటరీని సంధానం చేసినపుడు సంవృత వలయంలోని ఎలక్ట్రాన్లు విద్యుత్ ప్రవాహమునకు కారణమవుతాయి. బ్యాటరీ శక్మ భేదమును (విద్యుత్ శక్తి) కలిగించుట వలన వాహక తీగలో నిర్ణీత దిశనందు ఎలక్ట్రాన్ల ప్రవాహం ఏర్పడుతుంది. ఈ ఫలిత విద్యుత్ శక్తి విద్యుత్ బల్బు, విద్యుత్ ఫంకా మొదలగునవి ఉపయోగించుకొనబడును. అదేవిధంగా విద్యుత్ సరఫరా కేంద్రము గృహములకు అవసరమైన విద్యుత్తును పంపిణీ చేస్తుంది.



(ii) మనం తరచుగా 'నా మొబైల్‌లోని బ్యాటరీ చార్జ్ అవుతోంది' మరియు 'నా మొబైల్ బ్యాటరీలో చార్జ్ లేదు' అనే వాక్యమును ఉపయోగిస్తుంటాము. పై వాక్యములు సరికావు. 'బ్యాటరీలో చార్జ్ లేదు' అంటే ఆ బ్యాటరీ వలయంలో ఎలక్ట్రాన్‌లకు శక్తిని అందించుటలో లేదా శక్మ భేదమును ఉత్పత్తి చేయుటలో అది తన సామర్థ్యమును కోల్పోయిందని అర్థం. మనం 'మొబైలు ఛార్జింగ్ అవుతుంది' అని చెప్పినప్పుడు బ్యాటరీ AC విద్యుత్ సరఫరా నుండి శక్తిని గ్రహిస్తున్నదని అర్థం కాని ఎలక్ట్రాన్లను పొందుతున్నదని అర్థం కాదు.

2.1.3 విద్యుత్ ప్రవాహం యొక్క సూక్ష్మరూప నమూనా

మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యము A కలిగిన వాహకములో విద్యుత్ క్షేత్రం $\vec{E}$ అనునది కుడి ప్రక్క నుండి ఎడమవైపుగా పనిచేయుచున్నదని అనుకొనుము. పటము 2.5 లో చూపిన విధముగా ఒక వాహకములో ప్రమాణ ఘనపరిమాణము నందు గల ఎలక్ట్రానుల సంఖ్య n మరియు అన్ని ఎలక్ట్రానులు సమానమైన డ్రిఫ్ట్ వేగము $\vec{v}_d$ తో చలించుచున్నవని ఊహించుకొందాం.



పటము 2.5 విద్యుత్ ప్రవాహం యొక్క సూక్ష్మరూప నమూనా

ఎలక్ట్రాన్ యొక్క డ్రిఫ్ట్ వేగము = v_d

dt అను సూక్ష్మ కాల వ్యవధిలో ఎలక్ట్రాన్లు చలించిన దూరము dx అయిన

$$v_d = \frac{dx}{dt}\,; \quad dx = v_d\,dt \qquad (2.7)$$

వాహకము యొక్క మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యము A అయిన dx పొడవు కలిగిన ఘనపరిమాణములో గల ఎలక్ట్రానుల సంఖ్య

=ఘన పరిమాణం × ప్రమాణ ఘనపరిమాణం నందు గల ఎలక్ట్రాన్ల సంఖ్య

$$= A\,dx \times n \qquad (2.8)$$

సమీకరణం 2.7లో గల dx విలువను సమీకరణం 2.8లో ప్రతిక్షేపించగా

$$= (A\ v_d\,dt)\ n$$

అతి తక్కువ పరిమాణంలో (Volume element) గల (ఎలక్ట్రాన్ల) విద్యుదావేశము మొత్తం ఆవేశము dQ = (ఆవేశము × ఘనపరిమాణ మూలకము నందు గల ఎలక్ట్రానుల సంఖ్య

$$dQ = (e)(A v_d dt)n$$

కావున విద్యుత్ ప్రవాహము $I = \frac{dQ}{dt}$

$$I = ne\,A v_d \qquad (2.9)$$

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 89 23-03-2023 14:00:54

విద్యుత్ ప్రవాహ సాంద్రత (J)

విద్యుత్ ప్రవాహ సాంద్రత అనునది వాహకము యొక్క ఒక ప్రమాణ మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యము గుండా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహపు విలువ అగును.

$$J = \frac{I}{A}$$

విద్యుత్ ప్రవాహ సాంద్రత యొక్క SI ప్రమాణం $\frac{\text{A}}{\text{m}^2}$ (or) A m^{-2}.

$$J = \frac{neAv_d}{A} \text{ (సమీకరణం 2.9 నుండి)}$$

$$J = nev_d \qquad (2.10)$$

పైన ఇవ్వబడిన సమీకరణమనునది విద్యుత్ ప్రవాహ దిశ వైశాల్యము A నకు లంబముగా ఉన్నంత వరకు మాత్రమే చెల్లుబాటు అవుతుంది. సాధారణంగా విద్యుత్ ప్రవాహ సాంద్రత ఒక సదిశ రాశి అగును. మరియు దీనిని క్రింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$\vec{J} = ne\vec{v}_d$$

సమీకరణం 2.4 నుండి $\vec{v}_d$ విలువను ప్రతిక్షేపించగా

$$\vec{J} = -\frac{n \cdot e^2 \tau}{m}\vec{E} \qquad (2.11)$$

$$\vec{J} = -\sigma\vec{E}$$

కానీ సాంప్రదాయకంగా, విద్యుత్ ప్రవాహ సాంద్రత దిశ (conventional)ని విద్యుత్ క్షేత్ర దిశ వైపుగా ఉండునని తీసుకొన్నాము. కావున పై సమీకరణమును క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

$$\vec{J} = \sigma\vec{E} \qquad (2.12)$$

ఇక్కడ $\sigma = \frac{ne^2\tau}{m}$ ని వాహకత్వము అందురు. సమీకరణం 12.12 ని ఓమ్ నియమము యొక్క సూక్ష్మ రూపము అని అంటారు.

వాహకత్వము యొక్క విలోమ విలువను నిరోధకత (ρ) అంటారు. (భాగము 2.2.1 లో చూడవచ్చు.

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{m}{ne^2\tau} \qquad (2.13)$$

ఉదాహరణ 2.3

$0.5\ \text{mm}^2$ మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యము గల రాగి తీగలో 0.2 A విలువగల విద్యుత్ ప్రవహించుచున్నది. ఆ రాగి తీగలో గల స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానుల సాంద్రత $8.4 \times 10^{28}\ \text{m}^{-3}$ అయిన, ఈ స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానుల (డ్రిఫ్ట్) అపసర వేగమును లెక్కించుము.

సాధన

A మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యము గల రాగి తీగలోని విద్యుత్ ప్రవాహము మరియు ఎలక్ట్రానుల యొక్క అవసర వేగములకు మధ్య గల సంబంధం

$$v_d = \frac{I}{neA} = \frac{0.2}{8.4\times10^{28}\times1.6\times10^{-19}\times0.5\times10^{-6}}$$

$$v_d = 0.03 \times 10^{-3}\ \text{m s}^{-1}$$

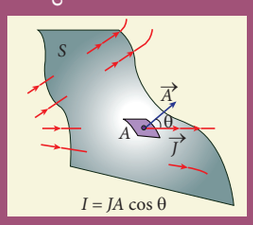
గమనిక

విద్యుత్ ప్రవాహము ఒక అదిశ రాశి అయిన విద్యుత్ ప్రవాహ సాంద్రత ఒక సదిశ రాశి అగును ఎందుకు?

సాధారణముగా విద్యుత్ ప్రవాహం I అనునది విద్యుత్ ప్రవాహ సాంద్రత మరియు విద్యుదావేశములు దాటు సదిశా వైశాల్యముల అదిశ లబ్ధముగా నిర్వచించబడినది.

$$I = \vec{J} \cdot \vec{A}$$

విద్యుత్ ప్రవాహము I అనునది ధనాత్మకమా లేదా రుణాత్మకమా అనేది ఎంపిక చేసుకొను ఉపరితల వైశాల్యం A యొక్క లంబ సదిశ మీద ఆధారపడును.



పటము 2.6 విద్యుత్ ప్రవాహం ఒక అదిశ రాశి

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 90 23-03-2023 14:00:57

ఉదాహరణ 2.4

ఒక వాహకం గుండా 32 A విద్యుత్ ప్రవహించునపుడు, ఒక సెకను కాలంలో వాహకము గుండా ప్రవహించు ఎలక్ట్రాన్ల సంఖ్యను కనుగొనుము.

సాధన

I = 32 A , t = 1 s

ఒక ఎలక్ట్రాన్ యొక్క ఆవేశము, $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C

ఒక సెకను కాలంలో ప్రవహించు ఎలక్ట్రానుల సంఖ్య n =?

$$I = \frac{q}{t} = \frac{ne}{t}$$

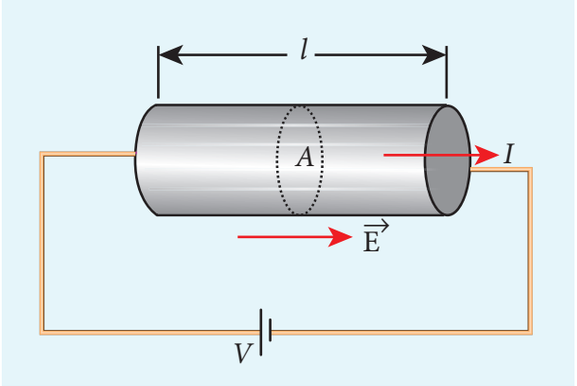
$$n = \frac{It}{e}$$

$$n = \frac{32 \times 1}{1.6 \times 10^{-19}\,\text{C}}$$

$n = 20 \times 10^{19} = 2 \times 10^{20}$ ఎలక్ట్రాన్లు

2.2 ఓమ్ నియమము (OHM'S LAW)

ఓమ్ నియమమును $J = \sigma E$ అను సమీకరణము నుండి ఉత్పాదించవచ్చును. పటము 2.7లో చూపిన విధముగా పొడవు l మరియు మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యము A కలిగిన తీగ ఒక భాగాన్ని పరిగణలోనికి తీసుకోండి.



పటము 2.7 వాహకము గుండా విద్యుత్ ప్రవాహం

తీగ యొక్క కొనల మధ్యలో (గుండా) V అను శక్మ భేదాన్ని అనువర్తింపచేసినప్పుడు, తీగలో ఏర్పడిన నికర విద్యుత్ క్షేత్రము విద్యుత్ ప్రవాహమునకు దారితీస్తుంది. సౌలభ్యం కొరకు తీగ అంతటా విద్యుత్ క్షేత్రం ఏకరీతిగా ఉండునట్లు అనుకొందాము. అప్పుడు విద్యుత్ శక్మం భేదం (వోల్టేజ్ V) ని క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

$V = El$

విద్యుత్ ప్రవాహ సాంద్రత పరిమాణం మనకు తెలుసు

$$J = \sigma E = \sigma \frac{V}{l} \qquad (2.14)$$

కానీ $J = \frac{I}{A}$. సమీకరణం 2.14 ని క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు

$$\frac{I}{A} = \sigma \frac{V}{l}.$$

పై సమీకరణమును మార్చి (పునర్వ్యవస్థీకరించినప్పుడు) వ్రాయునప్పుడు మనం పొందినది.

$$V = I\left(\frac{l}{\sigma A}\right) \qquad (2.15)$$

ఈ సమీకరణము నందు $\frac{l}{\sigma A}$ వాహకము యొక్క నిరోధము అగును. మరియు దీనిని R చే సూచిస్తాము. ఒక వాహకము యొక్క నిరోధము అనునది వాహకము యొక్క పొడవునకు అనులోమానుపాతంలోనూ,ఆ వాహకము యొక్క మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యమునకు విలోమానుపాతంలో ఉండును. అందువల్ల ఓమ్ నియమం యొక్క స్థూల రూపాన్ని (Macroscopic form) స్థిరమైన ఉష్ణోగ్రత వద్ద, ఒహ వాహకములో ప్రవహించు విద్యుత్తు ఆ వాహకపుకొనల మధ్య గల శక్మ భేదమునకు అనులోమానుపాతంలో వుండును. క్రింది విధంగా నిర్వచించవచ్చు.

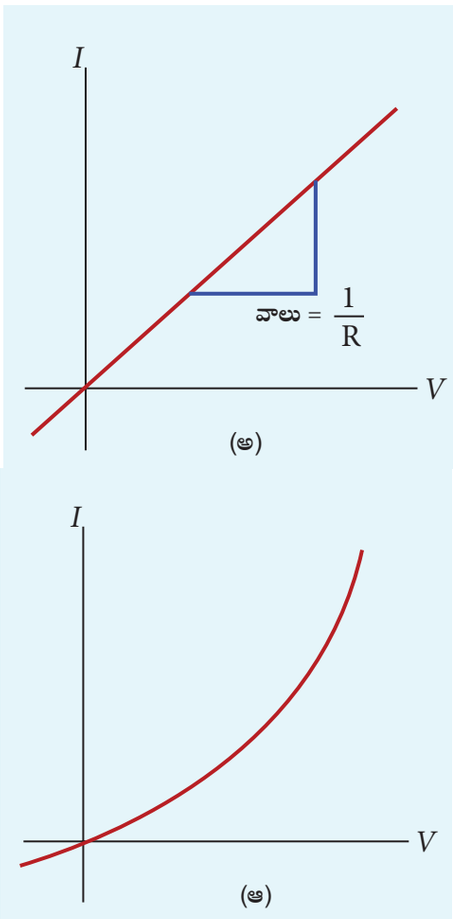
$$V = IR \qquad (2.16)$$

పై సమీకరణం నుండి నిరోధము అనునది ఇవ్వబడిన వాహకము నందలి శక్మ భేదమునకు మరియు వాహకము గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహమునకు మధ్య గల నిష్పత్తి అగును.

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 91 23-03-2023 14:00:59

$$R = \frac{V}{I} \qquad (2.17)$$

నిరోధము యొక్క SI ప్రమాణము ఓమ్ (Ω) సమీకరణం (2.16) నుండి విద్యుత్ ప్రవాహం మరియు ఓల్టేజి (శక్మ భేదము)నకు మధ్య గల రేఖాపటం (Graph) వాహకము యొక్క నిరోధము R యొక్క విలోమానికి (వ్యుత్క్రమము) సమానమైన వాలుతో కూడిన సరళ రేఖ అగునని మనం తెలుసుకొంటాం. ఇది పటము 2.8 ద్వారా చూపబడినది.



పటము 2.8 విద్యుత్ ప్రవాహం మరియు శక్మ భేదం (ఓల్టేజి) రేఖాపటము (అ) ఓమ్ నియమాన్ని పాటించు వాహకం మరియు (ఆ) (Non-ohmic device) ఓమ్ నియమునకు లోబడని పరికరం (XII భౌతిక శాస్త్రం, అధ్యాయం 10 లో ఇచ్చిన డయోడ్ ఓమ్ నియమానికి లోబడని పరికరానికి ఒక ఉదాహరణ)

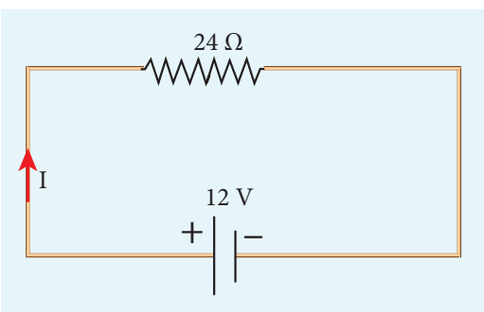
విద్యుత్ ప్రవాహము మరియు ఓల్టేజి మధ్య గీయబడిన రేఖాపటము మూల బిందువు గుండా పోగు సరళరేఖగా ఉండిన, ఆ వస్తువులు (పదార్థాలు) ఓమ్ నియమానికి లోబడి ఉంటాయి. మరియు వాటి ప్రవర్తన ఓమిక్ అందురు. ఇది పటము 2.8(అ) లో చూపబడియున్నది.

పటము 2.8(ఆ) లో చూపిన విధముగా విద్యుత్ ప్రవాహం మరియు ఓల్టేజికి మధ్య గల రేఖాపటము సరళరేఖగా ఉండకుండా సంక్లిష్ట ఆకారంలో ఉండిన, ఈ రకమైన వస్తువులు లేదా పరికరాలు ఓమ్ నియమానికి లోబడి ఉండవు. ఓమ్ నియమాన్ని పాటించని పదార్థాలు లేదా అఓమీయ అనెదరు. ఈ పదార్థాలు విద్యుత్ ప్రవాహం మరియు శక్మ భేదము మధ్య మరింత సంక్లిష్ట సంబంధాలను కలిగి ఉంటాయి. ఓమ్ నియమాన్ని పాటించని లేదా అఓమీయ I మరియు V ల మధ్య గీయబడిన రేఖాపటము సరళరేఖగా ఉండదు మరియు వాటికి స్థిరమైన నిరోధము ఉండదు.

ఉదాహరణ 2.5

24 Ω నిరోధకము నందలి విద్యుత్ శక్మ భేదం 12 V అయిన, నిరోధకము కుండా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహపు విలువ ఎంత?

సాధన



$V = 12$ V మరియు $R = 24\ \Omega$

విద్యుత్ ప్రవాహం $I = ?$

ఓమ్ నియమం ప్రకారం $I = \frac{V}{R} = \frac{12}{24} = 0.5\,\text{A}$

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 92 23-03-2023 14:01:00

2.2.1 నిరోధకత

మునుపటి విభాగములో ఏదైనా వాహకము యొక్క నిరోధము క్రింది విధంగా ఇవ్వబడుటను మనం చూసితిమి.

$$R = \frac{l}{\sigma A} \qquad (2.18)$$

ఇక్కడ σ పదార్థం యొక్క వాహకత అందురు మరియు ఇది ఉపయోగించిన పదార్థం యొక్క రకం పై ఆధారపడుతుంది. కానీ దాని మితి మీద ఆధారపడదు.

పదార్థం యొక్క నిరోధకత (విశిష్ట నిరోధము) అనునది వాహకత యొక్క వ్యుత్క్రమానికి (విలోమం) సమానంగా ఉంటుంది.

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \qquad (2.19)$$

సమీకరణం (2.19) ని ఉపయోగించి సమీకరణం (2.18)ని క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

$$R = \rho \frac{l}{A} \qquad (2.20)$$

పదార్థం యొక్క నిరోధకత అనునది వాహకము యొక్క పొడవుకి అనులోమానుపాతంలోను మరియు వాహకము యొక్క మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యానికి విలోమానుపాతంలోను ఉంటుంది. అనుపాత స్థిరాంకం ρ ని పదార్థం యొక్క నిరోధకత అందురు.

$l = 1$ m మరియు $A = 1$ m^2 అయిన, నిరోధము $R = \rho$ అగును. మరొక విధంగా చెప్పాలంటే ఒక ప్రమాణ పొడవు, ప్రమాణ మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యంకలిగిన ఒక వాహకం యొక్క విద్యుత్ ప్రవాహమునకు అందించే నిరోధమును ఆ పదార్థం యొక్క విద్యుత్ నిరోధకతగా నిర్వచించవచ్చు. ρ యొక్క *SI* ప్రమాణము ఓమ్–మీ (Ω m)

నిరోధకత ఆధారంగా పదార్థములను వాహకములు, బంధకములు మరియు అర్ధవాహకములుగా వర్గీకరించవచ్చు. వాహకములు తక్కువ నిరోధకతను, బంధకములు అధిక నిరోధకతను కలిగి ఉంటాయి మరియు అర్ధవాహకములు వాహకముల కన్నా ఎక్కువ, బంధకముల కన్నా తక్కువ నిరోధకతను కలిగి ఉంటాయి.

కొన్ని వాహకములు, బంధకములు మరియు అర్ధవాహకముల సాధారణ నిరోధకత విలువలు పట్టిక 2.1 లో పొందుపరచబడి ఉన్నవి.

పట్టిక 2.1 వివిధ పదార్థాల నిరోధకతలు

పదార్థములు	20^0C వద్ద నిరోధకత ρ (Ω m)
బంధకాలు (Insulators)	
స్వచ్ఛమైన నీరు	2.5×10^5
గాజు	$10^{10} - 10^{14}$
గట్టి రబ్బరు	$10^{13} - 10^{16}$
సోడియం క్లోరైడ్	10^{14}
సంలీన క్వార్ట్జ్	10^{16}
అర్ధవాహకాలు (semi-conductors)	
జెర్మేనియం	0.46
సిలికాన్	640
వాహకములు (conductors)	
వెండి	1.6×10^{-8}
రాగి	1.7×10^{-8}
అల్యూమినియం	2.7×10^{-8}
టంగ్‌స్టన్	5.6×10^{-8}
ఇనుము	10×10^{-8}

ఉదాహరణ 2.6

తీగ యొక్క నిరోధము 20 Ω. తీగ అసలు పొడవుకి 8 రెట్లు ఎక్కువగా సమరీతిలో సాగదీసినట్లయితే, దీని యొక్క క్రొత్త నిరోధము ఎంతగును?

సాధన

$R_1 = 20\ \Omega$, $R_2 = ?$

తీగ నిజ నిరోధం (l_1) ని l అని తీసుకొనుము

క్రొత్త పొడవు $l_2 = 8l_1$ అనగా $l_2 = 8l$

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 93 23-03-2023 14:01:01

నిజ నిరోధము $R_1 = \rho\frac{l_1}{A_1}$

నిజ నిరోధము $R_2 = \rho\frac{l_2}{A_2} = \frac{\rho(8l)}{A_2}$

తీగను సాగదీసినను దాని ఘనపరిమాణం మారదు.

తొలి ఘనపరిమాణము = తుది ఘనపరిమాణము

$A_1 l_1 = A_2 l_2, \qquad A_1 l = A_2(8l)$

$\frac{A_1}{A_2} = \frac{8l}{l} = 8$

సమీకరణము R_2 ను సమీకరణం R_1 తో భాగించగా

$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho(8l)}{A_2} \times \frac{A_1}{\rho l}$

$\frac{R_2}{R_1} = \frac{A_1}{A_2} \times 8$

$\frac{A_1}{A_2}$ విలువని ప్రతిక్షేపించగా

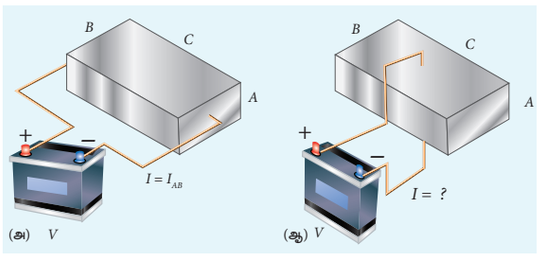
$\frac{R_2}{R_1} = 8 \times 8 = 64$

$R_2 = 64 \times 20 = 1280\ \Omega$

కావున, తీగ పొడవును సాగదీయడం వల్ల దాని నిరోధము కూడా అధికమగును.

ఉదాహరణ 2.7

పటములో చూపిన విధముగా ఎత్తు A మందం B మరియు పొడవు C గల ఒక దీర్ఘచతురస్రాకార లోహపు దిమ్మె (పెట్టె)ను పరిగణించబడింది.



దిమ్మె యొక్క రెండు ముఖములు A మరియు B ల మధ్య విద్యుత్ శక్మ భేదము Vను అనువర్తింప చేసిన (పటం (అ)) I_{AB} విద్యుత్ ప్రవాహం ప్రవహించును.

దిమ్మె యొక్క B మరియు C ముఖములకు మధ్యలో V అనే విద్యుత్ శక్మ భేదమును అనువర్తింప చేసిన (పటం (ఆ)) ప్రవహించిన విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని లెక్కించుము. మీ సమాధానాన్ని I_{AB} పరంగా ఇవ్వండి.

సాధన

మొదటి సందర్భంలో దిమ్మె యొక్క నిరోధం

$R_{AB} = \rho\frac{\text{పొడవు}}{\text{వైశాల్యము}} = \rho\frac{C}{AB}$

విద్యుత్ ప్రవాహం $I_{AB} = \frac{V}{R_{AB}} = \frac{V}{\rho}\cdot\frac{AB}{C}$ (1)

రెండవ సందర్భంలో దిమ్మె యొక్క నిరోధము

$R_{BC} = \rho\frac{A}{BC}$

విద్యుత్ ప్రవాహం $I_{BC} = \frac{V}{R_{BC}} = \frac{V}{\rho}\cdot\frac{BC}{A}$ (2)

I_{AB} పరంగా I_{BC} ని వ్యక్తీకరించడానికి సమీకరణం (2)ను AC తో గుణించి, భాగించగా

$$I_{BC} = \frac{V}{\rho}\cdot\frac{BC}{A}\frac{AC}{AC} = \left(\frac{V}{\rho}\cdot\frac{AB}{C}\right)\cdot\frac{C^2}{A^2} = \frac{C^2}{A^2}\cdot I_{AB}$$

$C > A$ విద్యుత్ ప్రవాహం $I_{BC} > I_{AB}$

మీకు తెలుసా?

మానవ శరీరంలో అధిక మొత్తంలో నీరు ఉన్నందువల్ల నిరోధము స్వల్పంగా (తక్కువగా) దాదాపుగా $200\ \Omega$ ఉండును. మరియు పొడి చర్మం సుమారు $500\,k\Omega$ అధిక నిరోధాన్ని కలిగి ఉంటుంది. కానీ చర్మం తడిగా ఉన్నప్పుడు నిరోధము దాదాపు $1000\ \Omega$ లకి తగ్గించబడుతుంది. ఈ కారణంగా తడి చర్మంతో విద్యుత్తు సంధానాన్ని సరిచేయడం ఎల్లప్పుడూ ప్రమాదకరం.

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 94 23-03-2023 14:01:04

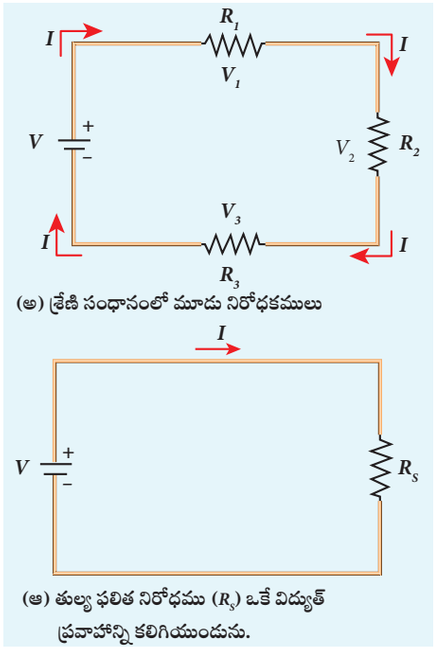
2.2.2 శ్రేణి మరియు సమాంతర సంధానంలో నిరోధకములు

అధిక సంఖ్యలో నిరోధకములను వివిధ మార్గాలలో అనుసంధానించడాన్ని ఒక విద్యుత్ వలయము సూచించును. ఒక్కొక్క (ప్రతి) రకపు విద్యుత్ వలయము కొరకు మనం స్వీయ నిరోధకముల సమూహం ఏర్పరచే సమానమైన నిరోధమును లెక్కించవచ్చు.

నిరోధకాల శ్రేణి సంధానము

రెండు లేదా అంత కంటే ఎక్కువ నిరోధకములను ఒకదాని వెనుక మరొకటి అనుసంధానించడాన్ని శ్రేణి సంధానం అంటారు. సాధారణ నిరోధకములుగా లేదా విద్యుత్ దీపములు లేదా ఉష్ణ తంతువులుగా (heating elements) లేదా ఇతర పరికరములుగా నిరోధకములు ఉండును. R_1, R_2 మరియు R_3 అను మూడు నిరోధకములు శ్రేణి సంధానంలో కలుపబడి ఉండుటను పటము 2.9 (అ) సూచించును.

ఆవేశములు విద్యుత్ వలయము నందు ఎక్కడా పోగు చెయ్యబడవు (పేరుకు పోవు). అందువల్ల R_1 లో ప్రవహించు ఆవేశమే R_2 మరియు R_3 లలోనూ ప్రవహించును. ఈ కారణంగా అన్ని నిరోధకముల గుండా ఒకే పరిమాణము గల విద్యుత్ (I) ప్రవహించును.



(అ) శ్రేణి సంధానంలో మూడు నిరోధకములు

(ఆ) తుల్య ఫలిత నిరోధము (R_S) ఒకే విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని కలిగియుండును.

పటము 2.9 శ్రేణి సంధానంలో నిరోధకములు

ఓమ్ నియమం ప్రకారం ఒకే విలువగల విద్యుత్ ప్రవాహం శ్రేణి సంధానంలో గల వేర్వేరు విలువలు గల నిరోధకముల ద్వారా ప్రవహించునప్పుడు, ప్రతి నిరోధకము యొక్క శక్మ భేధము భిన్నంగా ఉండును.

V_1, V_2 మరియు V_3 అనునవి క్రమముగా R_1, R_2 మరియు R_3 నిరోధముల మధ్య ఏర్పడు శక్మ భేదములు అయిన, వీటిని $V_1 = IR_1$, $V_2 = IR_2$, $V_3 = IR_3$ అని వ్రాయవచ్చు. కానీ మొత్తం (సరఫరా) శక్మ భేదము (వోల్టేజి) V అనునది నిరోధముల యందు ఉండు విడివిడి (విద్యుత్ శక్మ భేదముల) ఓల్టేజీల మొత్తమునకు సమానము.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = IR_1 + IR_2 + IR_3 \quad (2.21)$$

$$V = I(R_1 + R_2 + R_3)$$

$$V = IR_S \quad (2.22)$$

ఇచ్చట R_S అనునది ఫలిత విద్యుత్ నిరోధమగును.

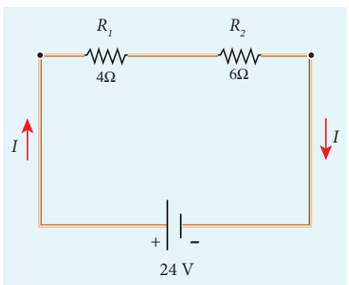
$$R_S = R_1 + R_2 + R_3 \quad (2.23)$$

కావున పటము 2.9 లో చూపిన విధముగా అనేకమైన విద్యుత్ నిరోధములు శ్రేణి సంధానంలో కలుపబడినప్పుడు మొత్తం లేదా ఫలిత నిరోధమనునది విడి విడి నిరోధముల సంకలనం (మొత్తం) నకు సమానమగును.

గమనిక: శ్రేణి సంధానంలో గల విద్యుత్ నిరోధముల ఫలిత నిరోధం R_S అనునది విడి విడి నిరోధముల విలువ కంటే అధికంగా ఉండును.

ఉదాహరణ 2.8

24 V బ్యాటరీకి అనుసంధానించబడిన వలయంలో ఫలిత నిరోధాన్ని లెక్కించండి మరియు వలయములోని ప్రతి ఒక్క నిరోధకము యొక్క శక్మ భేధాన్ని కనుగొనండి.



02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 95 23-03-2023 14:01:05

సాధన

నిరోధకములు శ్రేణిలో సంధానించబడిందున, వలయములో ఫలిత నిరోధం $= 4\,\Omega + 6\,\Omega = 10\,\Omega$

వలయంలో విద్యుత్‌ప్రవాహము $= \frac{V}{R_{eq}} = \frac{24}{10} = 2.4\,\text{A}$

4Ω నిరోధకము నందలి శక్మ భేదం

$$V_1 = IR_1 = 2.4\,\text{A} \times 4\Omega = 9.6\,\text{V}$$

$6\,\Omega$ నిరోధము నందలి శక్మ భేదం

$$V_2 = IR_2 = 2.4\,\text{A} \times 6\Omega = 14.4\,\text{V}$$

నిరోధకాల సమాంతర సంధానం (Resistors in parallel)

పటము 2.10 (అ) లో సూచించిన విధంగా ఒకే శక్మ భేదము గుండా అనేక నిరోధకములను అనుసంధానించినప్పుడు అవి సమాంతర సంధానంలో ఉన్నవని చెప్పవచ్చు.

ఈ సందర్భంలో బ్యాటరీ నుండి వెలువడు మొత్తం విద్యుత్ ప్రవాహము మూడు వేర్వేరు భాగాలుగా (అంశాలుగా) విడిపోతుంది. I_1, I_2 మరియు I_3 లు వరుసగా R_1, R_2 మరియు R_3 నిరోధకముల ద్వారా పోవు విద్యుత్ ప్రవాహములుగా తీసుకొనుము. ఆవేశముల నిత్యత్వము ప్రకారం మొత్తం విద్యుత్ ప్రవాహం I అనునది ఈ మూడు నిరోధకముల గుండా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహముల సంకలనము (మొత్తము)నకు సమానంగా ఉంటుంది.

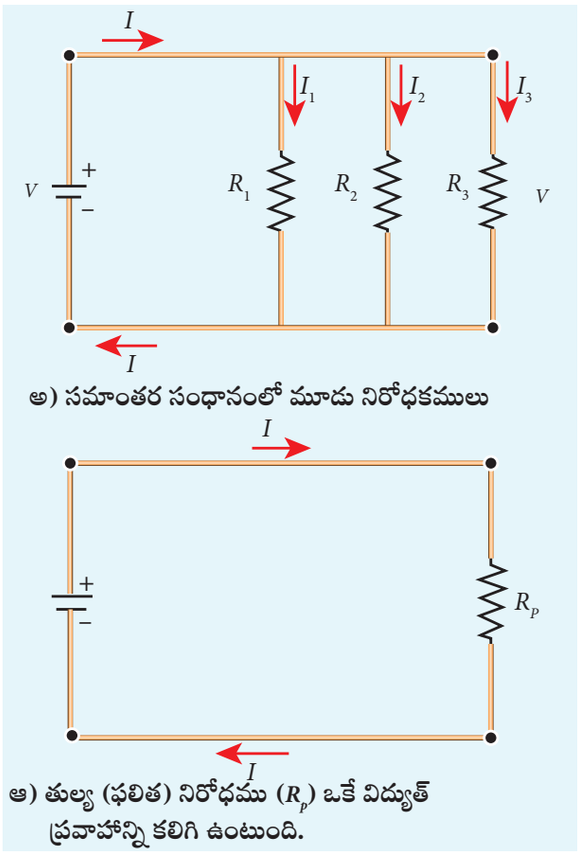
$$I = I_1 + I_2 + I_3 \qquad (2.24)$$

ప్రతి నిరోధకము గుండా పోవు విద్యుత్ శక్మము (వోల్టేజి) సమానంగా ఉండుటవలన, ఒక్కొక్క నిరోధకమునకు ఓమ్ నియమమును అనువర్తింపచేయగా.

$$I_1 = \frac{V}{R_1}, I_2 = \frac{V}{R_2}, I_3 = \frac{V}{R_3} \qquad (2.25)$$

ఈ విలువలను సమీకరణం 2.24 లో ప్రతిక్షేపించగా

$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} = V\left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right]$$



అ) సమాంతర సంధానంలో మూడు నిరోధకములు

ఆ) తుల్య (ఫలిత) నిరోధము (R_p) ఒకే విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని కలిగి ఉంటుంది.

పటము 2.10 నిరోధకాలు సమాంతర సంధానం

$$I = \frac{V}{R_P}$$

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \qquad (2.26)$$

ఇక్కడ R_P అనునది సమాంతర సంధానంలో కలుపబడిన నిరోధకముల ఫలిత నిరోధం అగును. కనుక అనేక విద్యుత్ నిరోధముల సంకలన మొత్తము, ఫలిత నిరోధము యొక్క వ్యుత్క్రమ విలువకు సమానంగా ఉండును.

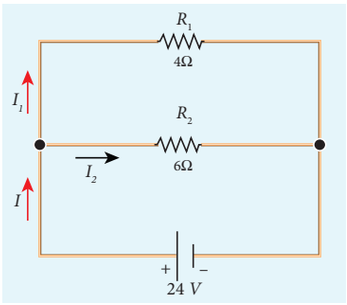
గమనిక: సమాంతర సంధానంలో విద్యుత్ నిరోధకములు కలిపినప్పుడు ఫలిత నిరోధము విలువ విడివిడి నిరోధముల విలువ కన్నా తక్కువగా ఉండును.

గృహోపకరణాలు ఎల్లప్పుడు సమాంతరంగా అనుసంధానించబడి ఉంటాయి. తద్వారా ఒక పరికరము స్విచ్ ఆఫ్ (OFF) చేసినా కూడా ఇతర పరికరాలు సక్రమంగా పనిచేస్తాయి.

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 96 23-03-2023 14:01:07

ఉదాహరణ 2.9

క్రింద ఇవ్వబడిన వలయములో ఫలిత నిరోధమును లెక్కించండి. మరియు ఇవ్వబడిన వలయంలోని విద్యుత్ ప్రవాహము I, I_1 మరియు I_2 ల విలువలను కూడా కనుగొనండి?



సాధన

నిరోధకములు సమాంతర సంధానంలో కలుపబడి ఉన్నప్పుడు వలయములోని ఫలిత నిరోధం

$$\frac{1}{R_P}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}=\frac{1}{4}+\frac{1}{6}$$

$$\frac{1}{R_P}=\frac{5}{12} \text{ లేదా } R_P=\frac{12}{5}\Omega$$

నిరోధకములు సమాంతర సంధానంలో కలుపబడి ఉండటం వలన, వాటి అంతట శక్మ భేదము (ఓల్టేజి) ఒకే విధంగా ఉండును.

$$I_1=\frac{V}{R_1}=\frac{24\text{V}}{4\Omega}=6\,\text{A}$$
$$I_2=\frac{V}{R_2}=\frac{24}{6}=4\,\text{A}$$

విద్యుత్ ప్రవాహము I అనునది రెండు విభాగములు (శాఖలు)లోని విద్యుత్ ప్రవాహముల మొత్తం అగును.

$$I=I_1+I_2=6\text{ A}+4\text{ A}=10\text{ A}$$

ఉదాహరణ 2.10

రెండు నిరోధకములను శ్రేణి మరియు సమాంతరముగా అనుసంధానించినప్పుడు, వాటి ఫలిత నిరోధాలు వరుసగా 15 Ω మరియు $\frac{56}{15}\Omega$ అగును. నిరోధముల విలువలను కనుగొనండి.

సాధన

$$R_s=R_1+R_2=15\ \Omega \quad (1)$$

$$R_P=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}=\frac{56}{15}\Omega \quad (2)$$

R_1+R_2 ల కొరకు సమీకరణం (1) ని సమీకరణం (2) లో ప్రతిక్షేపించగా

$$\frac{R_1R_2}{15}=\frac{56}{15}\Omega$$

$$\therefore R_1R_2=56$$

$$R_2=\frac{56}{R_1}\Omega \quad (3)$$

R_2 కొరకు సమీకరణం (3) ను సమీకరణం (1)లో ప్రతిక్షేపించగా

$$R_1+\frac{56}{R_1}=15$$

అప్పుడు $\frac{R_1^2+56}{R_1}=15$

$$R_1^2+56=15\,R_1$$

$$R_1^2-15\,R_1+56=0$$

కారణాంక పద్ధతిని ఉపయోగించి పై సమీకరణము పరిష్కరించబడుతుంది.

అయితే $R_1=8\ \Omega$

సమీకరణం (1) లో ప్రతిక్షేపించగా

$$8+R_2=15$$

$$R_2=15-8=7\ \Omega,$$

$R_2=7\ \Omega$, i.e, ($R_1=8\ \Omega$; $R_2=7\ \Omega$ అయినప్పుడు)

$R_1=7$ అయిన

సమీకరణం (1) లో ప్రతిక్షేపించగా

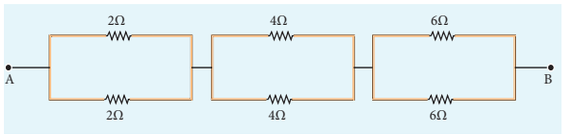
$$7+R_2=15$$

$R_2=8\ \Omega$, i.e, ($R_1=7\ \Omega$; $R_2=8\ \Omega$ అయినప్పుడు)

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 97 23-03-2023 14:01:12

ఉదాహరణ 2.11

ఇవ్వబడిన వలయంలో A మరియు B ల మధ్యగల ఫలిత నిరోధమును కనుగొనుము. (లెక్కించండి.)



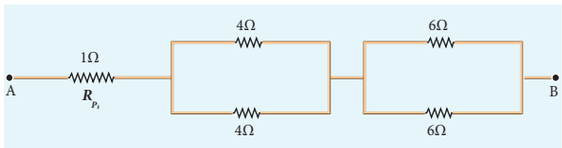
సాధన

అన్ని విభాగములలోను నిరోధకాలు సమాంతర సంధానంలో కలుపబడి ఉన్నవి.

విభాగము I

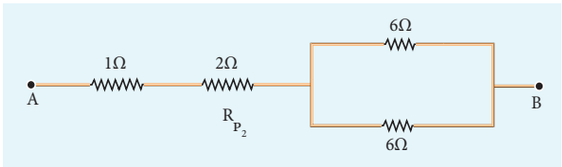
$$\frac{1}{R_{p_1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_{p_1}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = \frac{2}{2} \qquad R_{p_1} = 1\Omega$$



విభాగము II

$$\frac{1}{R_{p_2}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{2}{4}, \quad \frac{1}{R_{p_2}} = \frac{1}{2}, \quad R_{p_2} = 2\Omega$$



విభాగము III

$$\frac{1}{R_{p_3}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{2}{6}$$

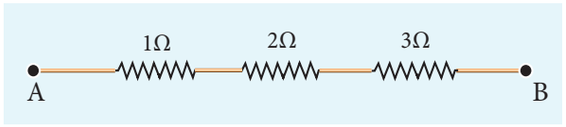
$$\frac{1}{R_{p_3}} = \frac{1}{3}, \quad R_{p_3} = 3\,\Omega$$

ఫలిత నిరోధాన్ని క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

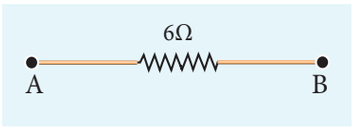
$$R = R_{p_1} + R_{p_2} + R_{p_3}$$

$$R = 1\,\Omega + 2\,\Omega + 3\,\Omega = 6\,\Omega$$

వలయము ఇలా మారుతుంది.

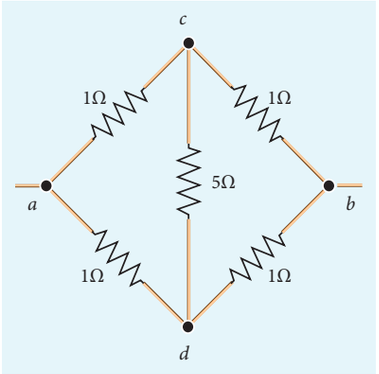


A మరియు B ల మధ్య గల ఫలిత నిరోధం



ఉదాహరణ 2.12

ఐదు నిరోధకములు క్రింద ఇవ్వబడిన పటములో సూచించిన ఆకారము (ఆకృతి)లో అనుసంధానించబడి ఉన్నవి. *a* మరియు *b* బిందువులకు మధ్య గల ఫలిత నిరోధమును లెక్కించండి.

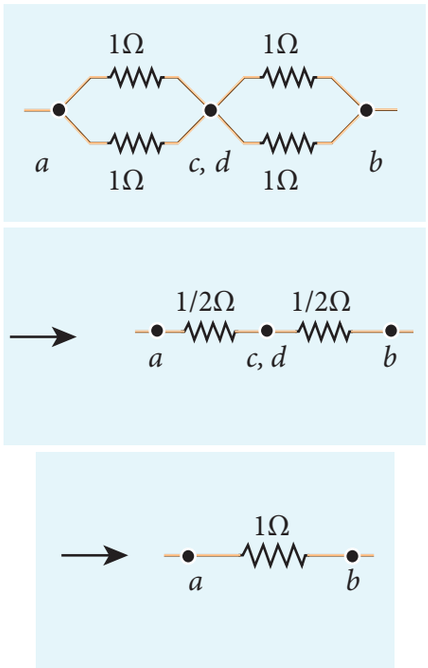


సాధన

బిందువు *a* మరియు *b* ల మధ్య ఫలిత నిరోధాన్ని కనుగొనుటకు సంధి *a* వైపుకి విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుంది అని అనుకొనుము. బాహ్య వలయములో అన్ని నిరోధములు ఒకే విధంగా (సమానంగా) ఉండటం వలన, శాఖలు *ac* మరియు *ad* లలో విద్యుత్ ప్రవాహము ఖచ్చితముగా సమానంగా ఉంటుంది. కావున బిందువు *c* మరియు *d* లు ఒకే శక్మ భేదము కలిగి ఉంటాయి మరియు 5 Ω ద్వారా ఎటువంటి విద్యుత్ ప్రవాహము ఉండదు. ఫలిత

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 98 23-03-2023 14:01:16

నిరోధాన్ని నిర్ణయించడంలో 5 Ω యొక్క పాత్ర లేదు మరియు దీనిని తొలగించవచ్చు. కాబట్టి ఈ చిత్రంలో చూపిన విధంగా వలయము సరళీకృతం చేయబడింది.



a మరియు b ల మధ్యగల ఫలిత నిరోధం $R_{eq} = 1\ \Omega$

2.2.3 కార్బన్ నిరోధముల రంగు సంకేతాలు



పటము 2.11 ప్రయోగశాలలో ఉపయోగించు నిరోధకములు

కార్బన్ నిరోధకములు పింగాణి అంతర్భాగము మీద (Ceramic core) స్ఫటిక కార్బన్ యొక్క పలుచని పొర పటము 2.11 లో చూపిన విధంగా నిక్షిప్తం చేయబడుతుంది. ఈ నిరోధకములు చౌకైనవి, స్థిరమైనవి మరియు పరిమాణంలో గట్టిగా కుట్టబడినవి పట్టిక 2.2 లో ఇచ్చిన నిబంధనల ప్రకారము

పట్టిక 2.2 రంగు గుర్తింపు నిరోధకములకు

రంగు	సంఖ్య	గుణకము	నిగ్రహత (tolerance)
నలుపు	0	1	
గోధుమ	1	10^1	
ఎరుపు	2	10^2	
ఆరెంజ్	3	10^3	
పసుపు	4	10^4	
ఆకుపచ్చ	5	10^5	
నీలి	6	10^6	
ఊదా	7	10^7	
బూడిద	8	10^8	
తెలుపు	9	10^9	
బంగారు		10^{-1}	5%
వెండి		10^{-2}	10%
రంగులేని			20%

నిరోధకముల యొక్క విలువలను సూచించడానికి రంగుల వలయాలు ఉపయోగించబడతాయి.

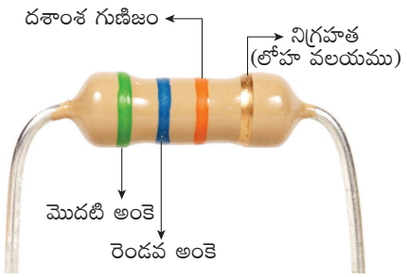
నిరోధకముల యొక్క విలువలను సూచించడానికి మూడు రంగుల వలయములు ఉపయోగించబడతాయి. మొదట రెండు రంగుల వలయాలు నిరోధములు యొక్క ప్రాముఖ్యమైన గణాంకాలు (Significant figures), మూడవ రంగు వలయం, వాటి తర్వాత దశాంశ గుణకాన్ని సూచిస్తుంది. నాలుగవ రంగు వెండి లేదా బంగారం పటము 2.12లో చూపిన విధముగా నిరోధకం యొక్క నిగ్రహత (Tolerance) 10% లేదా 5% చూపిస్తుంది. నాలుగవ వలయము (Ring) రంగులేనిదిగా ఉన్నప్పుడు దాని యొక్క నిగ్రహత 20% ఉండును.

పటము 2.12 లో చూపిన నిరోధకమునకు మొదటి సంఖ్య = 5 (ఆకుపచ్చ), రెండవ సంఖ్య = 6 (నీలి) దశాంశ గుణాంకము = 10^3 (ఆరెంజ్) మరియు నిగ్రహత = 5% (బంగారు) నిరోధం యొక్క విలువ = $56 \times 10^3\ \Omega$ లేదా $56\ k\Omega$ నిగ్రహత 5% తో

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 99 23-03-2023 14:01:16

గమనిక

రంగు కోడ్ చదివేటప్పుడు, నిరోధకమును దాని ఎడమ కొన నుండి పట్టుకొని రంగు కోడ్‌లను ప్రారంభించవలెను. నిరోధకములు ఎడమవైపున ఉన్న లోహపు వలయము నుండి ఎప్పుడూ ప్రారంభించబడవు.



పటము 2.12 నిరోధకములో రంగు (వర్ణం) ద్వారా కోడింగ్ చేయుట

2.2.4 ఉష్ణోగ్రత ఆధారిత నిరోధకత

పదార్థము యొక్క నిరోధకత ఉష్ణోగ్రత పై ఆధారపడి ఉంటుంది. ఈ క్రింది సమీకరణం ఆధారంగా విస్తృత ఉష్ణోగ్రతలకు, ఉష్ణోగ్రత పెరుగుదలతో వాహకం యొక్క నిరోధకత పెరుగునని ప్రయోగాత్మకంగా కనుగొనబడినది.

$$\rho_T = \rho_0\left[1+\alpha\left(T-T_0\right)\right] \qquad (2.27)$$

ఇక్కడ ρ_T అనునది $T^{\circ}C$ వద్ద వాహకము యొక్క నిరోధకత ρ_0 అనునది T_0 ఉష్ణోగ్రత వద్ద ($20^{\circ}C$ వద్ద) వాహకం యొక్క నిరోధకత మరియు α అనునది నిరోధకత యొక్క ఉష్ణోగ్రత గుణకం ఇది. ఒక డిగ్రీ ఉష్ణోగ్రత అధికరించినపుడు ఏర్పడు నిరోధకత పెరుగుదలకు, T_0 వద్ద నిరోధకతకు మధ్యగల నిష్పత్తి గా నిర్వచింపవచ్చును.

సమీకరణం (2.27) నుండి

$$\rho_T - \rho_0 = \alpha\rho_0(T-T_0)$$

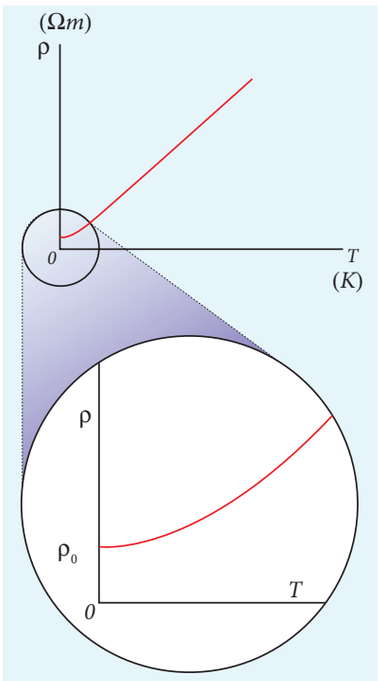
$$\therefore \alpha = \frac{\rho_T-\rho_0}{\rho_0\left(T-T_0\right)} = \frac{\Delta\rho}{\rho_0\Delta T}$$

ఇక్కడ $\Delta\rho = \rho_T - \rho_0$ అనునది $\Delta T = T - T_0$ అను ఉష్ణోగ్రత మార్పు వలన నిరోధకతలో ఏర్పడు మార్పు దీని ప్రమాణం / $^{\circ}C$ అగును.

వాహకముల యొక్క ఉష్ణోగ్రత నిరోధకత గుణకం (α)

వాహకములకు α అనునది ధనాత్మకమగును. వాహకము యొక్క ఉష్ణోగ్రత పెరిగితే, వాహకములోని ఎలక్ట్రాన్‌ల సగటు గతిజ శక్తి పెరుగుతుంది. దీని ఫలితంగా అభిఘాతాల సంఖ్య పెరిగినప్పుడు నిరోధకత పెరుగును. సమీకరణం (2.27) యొక్క రేఖాచిత్రము పటము 2.13లో సూచించబడినది.

విస్తృత ఉష్ణోగ్రతలకి లోహాలను పోలిన వాహకాల నిరోధకత రేఖీయంగా మారినప్పటికీ, అత్యల్ప ఉష్ణోగ్రతల వద్ద అరేఖీయ ప్రాంతం (Non-linear Region) కూడా ఏర్పడును. పటము 2.13 (b)లో సూచించిన విధంగా ఉష్ణోగ్రత ఖచ్చిత శూన్య విలువను చేరినప్పుడు నిరోధకత కొంత నిర్దిష్ట విలువను కలిగి ఉంటుంది.



పటము 2.13 (a) వాహకాలకి ఉష్ణోగ్రత ఆధారిత నిరోధకత (b) అత్యల్ప ఉష్ణోగ్రతల వద్ద అరేఖీయ ప్రాంతం

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 100 23-03-2023 14:01:17

$\rho = R\frac{A}{l}$ ను సమీకరణము (2.27) లో ప్రతిక్షేపించగా, $T^{\circ}C$ ఉష్ణోగ్రత వద్ద వాహకాల నిరోధకతకి సంబంధించిన సమీకరణమును పొందవచ్చు.

$$R_T = R_0\left[1+\alpha\left(T-T_0\right)\right] \qquad (2.28)$$

సమీకరణము (2.28)నుండి నిరోధకత యొక్క ఉష్ణోగ్రత గుణకమును పొందవచ్చు.

$$R_T - R_0 = \alpha R_0\left(T-T_0\right)$$

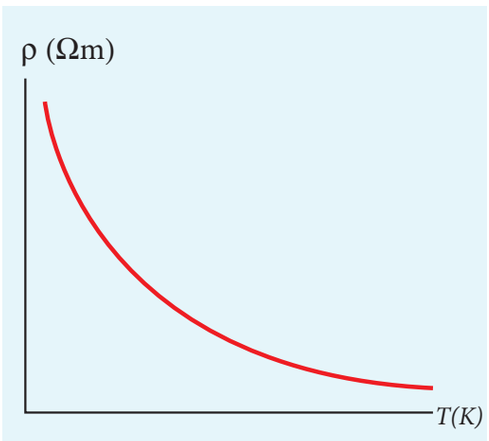
$$\therefore \alpha = \frac{R_T - R_0}{R_0\left(T-T_0\right)} = \frac{1}{R_0}\frac{\Delta R}{\Delta T}$$

$$\alpha = \frac{1}{R_0}\frac{\Delta R}{\Delta T} \qquad (2.29)$$

ఇక్కడ $\Delta R = R_T - R_0$ అనునది $\Delta T = T - T_0$ అను ఉష్ణోగ్రతలో మార్పు వలన ఏర్పడు నిరోధంలో మార్పు అగును.

అర్ధ వాహకముల యొక్క α

అర్ధ వాహకాలకి, ఉష్ణోగ్రత పెరిగినపుడు, వాటి నిరోధకత తగ్గును. ఉష్ణోగ్రత పెరిగినప్పుడు, ఎలక్ట్రానులు వాటి పరమాణువుల నుండి అధిక సంఖ్యలో విడిపోవును. (అర్ధవాహకములలో వాహకత కొరకు అధ్యాయం 9 పరిశీలించండి)



పటము 2.14 అర్ధవాహకాలకి ఉష్ణ ఆధారిత నిరోధకత

పటము (2.14)లో చూపిన విధముగా విద్యుత్ ప్రవాహం పెరిగినప్పుడు నిరోధకత తగ్గుతుంది. నిరోధకత యొక్క ఋణాత్మక ఉష్ణోగ్రత గుణకం కలిగిన అర్ధవాహకాన్ని థర్మిష్టర్ (Thermistor) అంటారు.

వివిధ పదార్థాల ఉష్ణోగ్రత గుణకాల యొక్క విలక్షణ (సాధారణ) విలువలు పట్టిక (2.3)లో ఇవ్వబడినవి.

పట్టిక 2.3

పదార్థాలు	నిరోధకత యొక్క ఉష్ణోగ్రత గుణకం α [$(°C)^{-1}$]
వెండి	3.8×10^{-3}
రాగి	3.9×10^{-3}
బంగారం	3.4×10^{-3}
అల్యూమినియం	3.9×10^{-3}
టంగ్‌స్టన్	4.5×10^{-3}
ఇనుము	5.0×10^{-3}
ప్లాటినం	3.92×10^{-3}
సీసము	3.9×10^{-3}
నిక్రోమ్	0.4×10^{-3}
కార్బన్	-0.5×10^{-3}
జర్మేనీయం	-48×10^{-3}
సిలికాన్	-75×10^{-3}

ఉష్ణోగ్రత ఆధారిత నిరోధకతను క్రింది విధముగా అవగాహన చేసుకొనవచ్చు. భాగము 2.1.3 లో విద్యుత్ వాహకత్వం $\sigma = \frac{ne^2\tau}{m}$ ని సూచించడమైనది σ యొక్క వ్యుత్క్రమాన్ని నిరోధకతగా వ్రాయవచ్చు.

$$\rho = \frac{m}{ne^2\tau} \qquad (2.30)$$

పదార్థాల యొక్క నిరోధకత అనునది

i) ఎలక్ట్రాన్లు సాంద్రత (n) కి విలోమానుపాతంలో ఉంటుంది.

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 101 23-03-2023 14:01:20

ii) అభిఘాతాల మధ్యగల సగటు కాలానికి (τ) విలోమానుపాతంలో ఉంటుంది.

లోహాలలో ఉష్ణోగ్రత పెరిగితే అభిఘాతాల మధ్యగల సగటు కాలం (τ) తగ్గును మరియు n అనునది ఉష్ణోగ్రత మీద ఆధారపడదు. అర్ధవాహకాలలో ఉష్ణోగ్రత పెరిగినప్పుడు, n పెరుగును మరియు τ తగ్గును, అయితే n లో పెరుగుదల τ లో తగ్గుదలను అధిగమిస్తుంది. తద్వారా మొత్తంగా నిరోధకత తగ్గుతుంది.

మీకు తెలుసా?

నిర్దిష్ట ఉష్ణోగ్రత T_C కంటే తక్కువ ఉష్ణోగ్రత కలిగిన నిర్దిష్ట పదార్థాల నిరోధము శూన్యమగును. ఈ ఉష్ణోగ్రతను సందిగ్ధ ఉష్ణోగ్రత లేదా పరివర్తన ఉష్ణోగ్రత (Critical temperature or Transition temperature) అందురు. ఈ ధర్మాలను పాటించు పదార్థాలను అతి వాహకాలు (Superconductors) అందురు. ఈ తత్వాన్ని మొట్టమొదట 1911లో కామర్‌లింగ్ ఒన్నీస్ (Kammerlingh Onnes) చే పరిశీలించబడినది. ఇతను 4.2 K వద్ద పాదరసం అతివాహక ధర్మాన్ని ప్రదర్శిస్తుందని కనుగొన్నాడు. $R = 0$ కనుక అతి వాహకాలలో ఒకసారి విద్యుత్ ప్రవాహం ప్రేరేపించబడినప్పుడు ఎటువంటి శక్తి భేదము లేకుండా కొనసాగును.

ఉదాహరణ 2.13

20 °C వద్ద తీగ చుట్ట యొక్క నిరోధము 3 Ω మరియు $\alpha = 0.004/^{o}C$ అయిన 100°C వద్ద దీని నిరోధమును కనుగొనుము.

సాధన

$R_0 = 3\ \Omega, \quad T = 100^{0}C, \quad T_0 = 20^{0}C$

$\alpha = 0.004/^{0}C, \quad R_T = ?$

$R_T = R_0(1 + \alpha(T-T_0))$

$R_{100} = 3(1 + 0.004 \times 80)$

$R_{100} = 3(1 + 0.32)$

$R_{100} = 3(1.32)$

$R_{100} = 3.96\ \Omega$

ఉదాహరణ 2.14

20°C మరియు 40°C వద్ద పదార్థముల నిరోధములు వరుసగా 45 Ω మరియు 85 Ω వీటి నిరోధకత యొక్క ఉష్ణోగ్రత గుణకమును కనుగొనుము.

సాధన

$T_0 = 20\ ^{0}C, T = 40\ ^{0}C, R_0 = 45\ \Omega, R = 85\ \Omega$

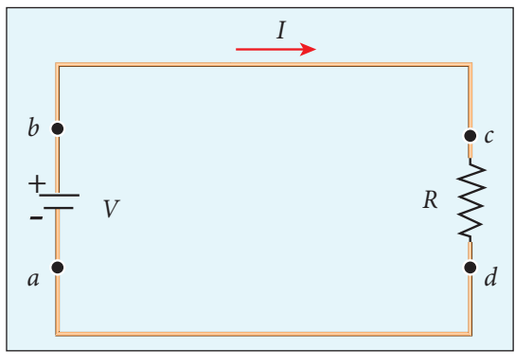
$$\alpha = \frac{1}{R_{\circ}}\frac{\Delta R}{\Delta T}$$

$$\alpha = \frac{1}{45}\left(\frac{85-45}{40-20}\right) = \frac{1}{45}(2)$$

$$\alpha = 0.044\ \text{per}^{\circ}C$$

2.3 విద్యుత్ వలయములలో శక్తి మరియు సామర్థ్యము (ENERGY AND POWER IN ELECTRICAL CIRCUITS)

వాహకము యొక్క కొనల మధ్య విద్యుదావేశ జనకం (బ్యాటరీ)ని అనుసంధానించినప్పుడు విద్యుత్ ప్రవాహం ఏర్పడుతుంది. బ్యాటరీ అనునది వలయంలో అనుసంధానించబడిన పరికరానికి శక్తిని సరఫరా చేస్తుంది. పటము 2.15లో చూపిన విధంగా నిరోధకానికి, V ఓల్టేజ్ కలిగిన బ్యాటరీ అనుసంధానించబడిన వలయాన్ని పరిగణలోకి తీసుకోండి.



పటము 2.15 బ్యాటరీ చేత ఇవ్వబడిన శక్తి

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 102 23-03-2023 14:01:22

dQ యొక్క ధనావేశం బ్యాటరీ ద్వారా బిందువు a నుండి b కి కదులును, నిరోధకము ద్వారా బిందువు c నుండి d కి మరియు తిరిగి బిందువు a కి చేరునని ఊహించవలెను.

విద్యుదావేశము బిందువు a నుండి b కి కదిలినప్పుడు ఇది పొందు స్థితిజ శక్తి $dU = V.dQ$ మరియు బ్యాటరీ యొక్క రసాయనిక స్థితిజ శక్తి అంతే పరిమాణములో తగ్గును. నిరోధకంలోని పరమాణువులతో అభిఘాతం చెందడం వలన ఈ ఆవేశం dQ నిరోధకము గుండా వెళ్ళినప్పుడు అది కోల్పోవు స్థితిజ శక్తి $dU = V.dQ$ మరియు తిరిగి బిందువు a ని చేరుకొనును. వలయములో బ్యాటరీ అనుసంధానించబడి ఉన్నంత వరకు ఈ ప్రక్రియ నిరంతరంగా (అవిచ్ఛిన్నముగా) జరుగుతూనే ఉంటుంది. నిరోధకంలోని విద్యుత్ ఆవేశం కోల్పోవు విద్యుత్ స్థితిజ శక్తి రేటు లెక్కించబడుతుంది.

ఈ ఉద్ఘారించబడిన విద్యుత్ స్థితిజ శక్తి రేటు విద్యుత్ సామర్థ్యం P అగును.

$$P = \frac{dU}{dt} = \frac{(V.dQ)}{dt} = V\frac{dQ}{dt} \qquad (2.31)$$

విద్యుత్ శక్తి (విద్యుత్ ప్రవాహం) $I = \frac{dQ}{dt}$ అను దాని నుండి సమీకరణం 2.31 ని తిరిగి క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు.

$$P = VI \qquad (2.32)$$

ఈ సమీకరణం ఏదైనా విద్యుత్ వ్యవస్థకి బ్యాటరీ ద్వారా ఉద్గారమగు సామర్థ్యాన్ని సూచిస్తుంది, ఇక్కడ I అనునది విద్యుత్ వ్యవస్థ ద్వారా ప్రవహించు విద్యుచ్ఛక్తి మరియు V అనునది విద్యుత్ వ్యవస్థ యొక్క శక్మభేదము అగును.

విద్యుత్ సామర్థ్యం యొక్క SI ప్రమాణము వాట్ ($1\,W = 1\,J\,s^{-1}$). వాణిజ్యపరంగా 5 W-220 V, 30 W-220 V, 60 W-220 V మొదలగు సామర్థ్యం మరియు ఓల్టేజ్ రేటింగ్‌లతో కూడిన విద్యుత్ బల్బులను గృహములలో ఉపయోగించబడుతున్నవి. (పటము 2.16)

సాధారణముగా విద్యుత్ శక్మ రేటు అనునది ఏ కాంతర, RMS విద్యుత్ శక్మ భేదమును సూచించును.



పటము 2.16 సామర్థ రేటుతో కూడిన విద్యుత్ బల్బులు

ఇవ్వబడిన విద్యుత్ బల్బునకు శక్మభేద పతనము, బల్బు యొక్క శక్మ భేద రేటు కన్నా అధికముగా ఉన్నయెడల బల్బు ప్యూజ్ అగును.

ఓమ్ నియమాన్ని ఉపయోగించి, నిరోధము R కు అందించు సామర్థ్యమును క్రింది వివిధ రూపాలలో తెలియపరచవచ్చు.

$$P = IV = I\,(IR) = I^2R \qquad (2.33)$$

$$P = IV = \frac{V}{R}V = \frac{V^2}{R} \qquad (2.34)$$

మీకు తెలుసా?

నిరోధకముచే ఉత్పత్తి చేయబడిన (dissipated) విద్యుత్ సామర్థ్యం I^2R అగును. ఇది విద్యుత్ ప్రవాహ వర్గం మీద ఆధారపడును. అందువల్ల విద్యుత్ ప్రవాహం రెండు రెట్లు పెరిగినచో, సామర్థ్యము నాలుగు రెట్లు పెరుగును. శక్మ భేదమునకు కూడా ఈ వివరణ వర్తించును.

ఏదైనా పరికరం ON లో ఉన్నప్పుడు ఉపయోగించు మొత్తం విద్యుత్ శక్తి అనునది సామర్థ్యము మరియు కాలవ్యవధిల లబ్ధము ద్వారా లభించును. సామర్థ్యము వాట్ (W) లో మరియు కాలము సెకన్లలో ఉంటే శక్తి జౌల్స్‌లలో ఉంటుంది. సాధారణముగా విద్యుత్ శక్తిని కిలోవాట్ గంట (kWh) లో కొలుస్తారు. 1 కిలోవాట్ మామూలుగా 1 యూనిట్ విద్యుత్ శక్తిగా పరిగణిస్తారు.

(1 kWh = 1000 Wh = (1000 W) (3600 s) = 3.6×10^6 J)

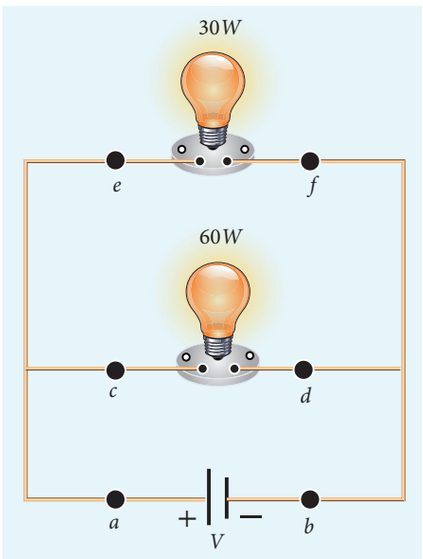
02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 103 23-03-2023 14:01:22

మీకు తెలుసా?

తమిళనాడు విద్యుత్ బోర్డు సామర్థ్యమునకు కాకుండా మనం ఉపయోగించు విద్యుత్ శక్తికి రుసుము వసూలు చేస్తుంది. శక్మ భేదము 1V గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహం 1A అయితే ఉత్పత్తి చేయబడిన సామర్థ్యం 1W అగును.

ఉదాహరణ 2.15

V ఓల్టేజ్ కలిగిన బ్యాటరీ 30 W మరియు 60 W బల్బులు పటములో చూపిన విధంగా అనుసంధానించబడి ఉన్నవి. (అ) అత్యధిక ప్రకాశవంతమైన బల్బును గుర్తించండి. (ఆ) అత్యధిక నిరోధము కలిగియున్న విద్యుత్ బల్బు ఏది? (ఇ) ఒకవేళ ఈ రెండు బల్బులు శ్రేణిలో సంధానించబడి ఉంటే ఏ బల్బు ప్రకాశంతో ప్రకాశించును.



సాధన

(అ) బ్యాటరీ ద్వారా ఉద్గారించబడు సామర్థ్యం $P = VI$ బల్బులు సమాంతరంగా సంధానించబడి ఉండడంవల్ల ప్రతి బల్బు అంతటా శక్మపాతం (Voltage drop) ఒకే విధంగా ఉంటుంది. ఓల్టేజ్‌ని స్థిరంగా ఉంచినప్పుడు సామర్థ్యము విద్యుత్ ప్రవాహమునకు అనులోమానుపాతంలో ఉండును ($P \propto I$) కావున 60 W బల్బు 30 W బల్బు కంటే రెండు రెట్లు ఎక్కువ విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని తీసుకొనును మరియు ఇది 30 W బల్బు కన్నా ఎక్కువ ప్రకాశవంతంగా ప్రకాశించును.

(ఆ) $P = \frac{V^2}{R}$ అను సంబంధమును ఉపయోగించి బల్బుల యొక్క నిరోధమును కనుగొనవచ్చును. రెండు బల్బుల యందు శక్మ పాతం ఒకే విధముగా ఉండును. సామర్థ్యము, నిరోధములు ఒకదానికొకటి విలోమానుపాతములో ఉండును. $\left(R \propto \frac{1}{P}\right)$ దీనిని బట్టి 30 W బల్బు 60 W బల్బు కంటే రెండు రెట్లు అధికంగా నిరోధమును కలిగి ఉండును.

(ఇ) బల్బులు ఒకదానికొకటి శ్రేణిలో అనుసంధానించబడినప్పుడు, ప్రతి బల్బు గుండా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహం సమానముగా ఉండును. ఇది రెండు నిరోధకములు శ్రేణిలో సంధానించబడి ఉండుటకు సమానముగా ఉండును. అధిక నిరోధము కలిగిన బల్బు అధిక శక్మ భేదమును కలిగి ఉండును. అందువల్ల 30W విద్యుత్ బల్బు 60 W బల్బు కంటే అధిక ప్రకాశవంతముగా వెలుగును (ప్రకాశించును). విద్యుత్ ప్రవాహ రేటు మీద అధిక ప్రకాశవంతం ఆధారపడదు. మరియు ఇది బల్బుల శ్రేణి లేదా సమాంతర సంధానంపై ఆధారపడి ఉండును.

ఉదాహరణ 2.16

440 V సరఫరా (supply)కి 20 W – 220 V మరియు 100 W – 220 V అని గుర్తించబడిన రెండు విద్యుత్ బల్బులు శ్రేణిలో అనుసంధానించబడి ఉన్నవి. ఏ విద్యుత్ బల్బు (Fused) లో విద్యుత్ ప్రవాహం ఆగిపోతుంది?

సాధన

ఏ బల్బులో విద్యుత్ ప్రవాహం ఆగిపోతుంది అని గుర్తించుటకు, ప్రతి బల్బులోని శక్మ పాతమును లెక్కించ వలెను.

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 104 23-03-2023 14:01:24

బల్బు యొక్క నిరోధము, $R = \frac{V^2}{P}$

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{(\text{ వోల్టేజి రేటు })^2}{\text{సామర్థ్యపు రేటు}}$$

20 W – 220 V బల్బునకు

$$R_1 = \frac{(220)^2}{20}\Omega = 2420\ \Omega$$

100 W – 220 V బల్బునకు

$$R_2 = \frac{(220)^2}{100}\Omega = 484\ \Omega$$

రెండు బల్బులు శ్రేణి సంధానంలో కలుపబడి ఉన్నవి. కావున రెండు బల్బుల ద్వారా ఒకే విద్యుత్ ప్రవాహం ప్రవహిస్తుంది. వలయము గుండా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము $I = \frac{V}{R_{tot}}$.

$$R_{tot} = (R_1 + R_2)$$

$$R_{tot} = (484 + 2420)\Omega = 2904\Omega$$

$$I = \frac{440V}{2904\Omega} \approx 0.151\text{A}$$

20 W బల్బు నందలి శక్మ పాతం అనునది

$$V_1 = IR_1 = \frac{440}{2904} \times 2420 \approx 366.6\ \text{V}$$

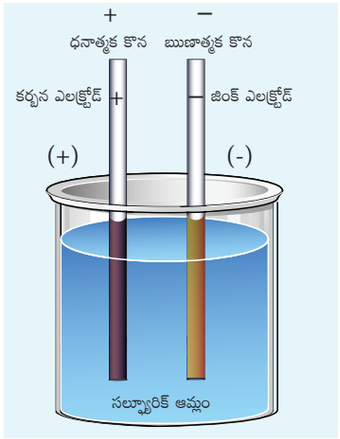
100 W బల్బు నందలి శక్మ పాతం అనునది

$$V_2 = IR_2 = \frac{440}{2904} \times 484 \approx 73.3\ \text{V}$$

20 W బల్బులో విద్యుత్ ప్రవాహం ఆగిపోతుంది. ఎందుకనగా బల్బు మధ్యలో ఏర్పడిన ఓల్టేజ్ విలువ ఇవ్వబడిన ఓల్టేజ్ రేటింగ్ కంటే ఎక్కువగా ఉన్నది.

2.4 విద్యుత్ ఘటాలు మరియు బ్యాటరీలు (ELECTRIC CELLS AND BATTERIES)

విద్యుత్ ఘటము విద్యుచ్ఛక్తిని ఉత్పత్తి చేయుటకు రసాయనిక శక్తిని విద్యుత్ శక్తిగా మార్చును. ఇది పటము 2.17లో చూపిన విధముగా విద్యుద్విశ్లేష్య ద్రావణము (electrolyte–సల్ఫ్యూరిక్ ఆమ్లం) లో మునిగి ఉండునట్లు రెండు ఎలక్ట్రోడ్‌లను (కార్బన్ మరియు జింక్) కలిగి ఉంటుంది.



పటము 2.17 సరళ విద్యుత్ ఘటము

అనేక విద్యుత్ ఘటాలు ఒకదానికొకటి అనుసంధానించబడడం వలన బ్యాటరీ ఏర్పడును. ఘటము లేదా బ్యాటరీ వలయంలో అనుసంధానించబడి ఉన్నప్పుడు వలయంలో ఎలక్ట్రాన్‌లు ఋణావేశము నుండి ధనావేశమునకు ప్రవహించును. రసాయనిక చర్యలను ఉపయోగించుకొని బ్యాటరీ వాటి ధ్రువముల (చివరల) మధ్య శక్మ భేదమును ఏర్పరచును. ఈ శక్మ భేదము అనునది వలయంలో ఎలక్ట్రానులు ప్రవహించుటకు అవసరమైన శక్తిని అందిస్తుంది. వాణిజ్యపరంగా అందుబాటులో ఉన్నటువంటి విద్యుత్ ఘటాలు మరియు బ్యాటరీలు పటము 2.18లో చూపబడినవి.



పటము 2.18 విద్యుత్ ఘటాలు మరియు బ్యాటరీలు

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 105 23-03-2023 14:01:28

2.4.1 విద్యుచ్ఛాలక బలము మరియు అంతర నిరోధము

బ్యాటరీ లేదా ఘటము అనునది విద్యుచ్ఛాలక బలానికి (emf) మూలాధారమగును. విద్యుచ్ఛాలక బలము అనునది నిజానికి బలము కాదు. ఇది శక్మభేదము యొక్క ప్రమాణమైన ఓల్ట్‌లలో గుర్తించబడుతుంది. బాహ్య వలయములో విద్యుత్ ప్రవాహం ప్రవహించనప్పుడు, బ్యాటరీ లేదా ఘటము యొక్క విద్యుచ్ఛాలక బలం (emf) అనునది బ్యాటరీ అందించు ఓల్టేజ్ అగును. ఇది పటము 2.19లో సూచించబడినది.

విద్యుచ్ఛాలక బలమనునది బ్యాటరీ లేక విద్యుత్ ఘటము విద్యుత్ వలయంలో కొంత ఆవేశాన్ని చలింప చేయుటకు చేయు పని పరిమాణమును (మొత్తం) నిర్ణయిస్తుంది. దీనిని 'ε' అను సంకేతముతో (గుర్తు) సూచిస్తారు. ఒక ఆదర్శ బ్యాటరీ అనునది శూన్య అంతర్నిరోధమును కలిగి ఉండును మరియు బ్యాటరీ కొనల యొక్క శక్మభేదము లేదా టెర్మినల్ ఓల్టేజ్ దాని విద్యుచ్ఛాలక బలానికి సమానముగా ఉండును. వాస్తవానికి నిజమైన బ్యాటరీ అనునది ఎలక్ట్రోడులు మరియు విద్యుద్విశ్లేష్యాలతో (Electrolyte) తయారు చేయబడి ఉంటుంది. కాని బ్యాటరీ లోపల ఆవేశాల ప్రవాహానికి నిరోధము ఉంటుంది. ఈ నిరోధాన్ని అంతర్నిరోధము r అంటారు. నిజ బ్యాటరీలలో, టెర్మినల్ ఓల్టేజ్, బ్యాటరీ యొక్క విద్యుచ్ఛాలక బలానికి సమానముగా ఉండదు. తాజాగా తయారుచేసిన ఘటము తక్కువ అంతర నిరోధము కలిగి ఉండును. మరియు ఇది కాలక్రమేణ పెరుగును.

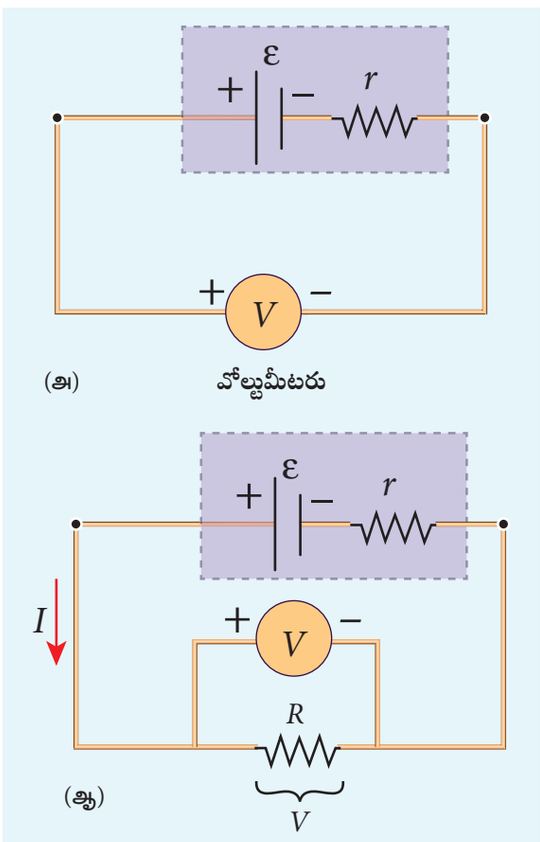


పటము 2.19 ఘటం యొక్క విచాబ కొలుచుట

2.4.2 అంతర్నిరోధమును నిర్ధారించుట.

పటము 2.20లో చూపినట్లు విద్యుత్ వలయము సంధానించబడి ఉన్నది.

పటము 2.20(అ)లో చూపినట్లు ఘటము యొక్క విద్యుచ్ఛాలక బలము εను కొలుచుటకు బాహ్య నిరోధం R ని సంధానించకుండా అధిక నిరోధము కలిగిన ఓల్ట్‌మీటరును దాని కొనలకు సంధానించవలెను. అపవర్తనము కొరకు ఓల్ట్‌మీటర్ అత్యల్ప విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని తీసుకొనును, కావున విద్యుత్ వలయాన్ని వివృత వలయముగా పరిగణించవలెను. కావున ఓల్ట్‌మీటర్ రీడింగ్ ఘటము యొక్క విద్యుచ్ఛాలక బలమును సూచించును. ఇంకనూ బాహ్య నిరోధము R ను వలయంలో అనుసంధానించి నట్లయితే, వలయంలో I విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రవహించబడును (నిక్షిప్తమై ఉండును) R మధ్యలో గల శక్మభేదము అనునది ఘటము యొక్క శక్మ భేదము (V) నకు సమానముగా ఉంటుంది. ఇది పటము 2.20 (ఆ) లో చూపబడినది.



పటము 2.20 ఘటము యొక్క అంతర్నిరోధము

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 106 23-03-2023 14:01:28

నిరోధము R మధ్యలో గల శక్మ పాతము.

$$V = IR \qquad (2.35)$$

ఘటము యొక్క అంతర్నిరోధము నిరోధము r కారణముగా ఓల్ట్ మీటరు సూచించు V యొక్క విద్యుచ్ఛాలక బలము ε కన్నా తక్కువగా ఉండును. ఇది ఎందుకనగా, అంతర్నిరోధము r మధ్యలో నిర్ణీత ఓల్టేజ్ Ir నిష్క్రమించబడును.

కనుక $V = \varepsilon - Ir$

$$Ir = \varepsilon - V \qquad (2.36)$$

సమీకరణం 2.35ని సమీకరణం 2.36 చేత భాగించగా

$$\frac{Ir}{IR} = \frac{\varepsilon - V}{V}$$

$$r = \left[\frac{\varepsilon - V}{V}\right] R \qquad (2.37)$$

ε, V మరియు R లు తెలిసిన విలువలు కావున. అంతర్నినిరోధము (r) ను కనుగొనవచ్చును. వలయంలో ప్రవహించు మొత్తం విద్యుత్‌ను కూడా లెక్కించవచ్చు.

ఈ అంతర నిరోధము వలన వలయమునకు ఇవ్వబడిన విద్యుత్ సామర్థ్యము, బ్యాటరీలో పేర్కొనబడిన విద్యుత్ సామర్థ్యపు రేటుకు సమానము కాదు. ε వి.చా.బ, r అంతర్నిరోధమును కలిగిన బ్యాటరీకి R నిరోధము ఉండు వలయమునకు ఇవ్వబడిన విద్యుత్ సామర్థ్యము.

$P = I\varepsilon = I(V + Ir)$ (సమీకరణము 2.36 నుండి) ఇచ్చట V అనునది నిరోధము R లో గల ఓల్టేజ్ డ్రాప్ మరియు ఇది IR నకు సమానము

$P = I(IR + Ir)$

$$P = I^2 R + I^2 r \qquad (2.38)$$

ఇక్కడ I^2r అనునది అంతర్నిరోధమునకు ఇవ్వబడిన విద్యుత్ సామర్థ్యము మరియు I^2R అనునది విద్యుత్ సాధనమునకు ఇవ్వబడిన విద్యుత్ సామర్థ్యము (ఇక్కడ ఇది నిరోధము R).

ఒక మంచి బ్యాటరీకి అంతర నిరోధము r చాలా స్వల్పము, $I^2r << I^2R$ మరియు పూర్తి విద్యుత్ సామర్థ్యము బాహ్య నిరోధమునకు ఇవ్వబడును.

ఉదాహరణ 2.17

12 V విద్యుచ్ఛాలక బలము పొందిన బ్యాటరీ 3 Ω ల నిరోధమునకు కలుపబడెను. వలయములోని విద్యుత్ ప్రవాహము 3.93 A అ) టర్మినల్ ఓల్టేజి మరియు బ్యాటరీ యొక్క అంతర్నిరోధము ఆ) బ్యాటరీ వలన ఇవ్వబడిన విద్యుత్ సామర్థ్యము మరియు నిరోధమునకు ఇవ్వబడిన విద్యుత్ సామర్థ్యమును కనుగొనండి.

సాధన

ఇవ్వబడిన విలువ $I = 3.93$ A, $\varepsilon = 12$ V, $R = 3\,\Omega$

అ) బ్యాటరీ యొక్క స్థిరీయ ఓల్టేజి అనునది నిరోధకము నందలి శక్మ పాతమునకు సమానము

$V = IR = 3.93 \times 3 = 11.79$ V

బ్యాటరీ యొక్క అంతర నిరోధము

$$r = \left[\frac{\varepsilon - V}{V}\right] R = \left[\frac{12 - 11.79}{11.79}\right] \times 3 = 0.05\,\Omega$$

ఆ) బ్యాటరీ వల్ల వెలువడిన సామర్థ్యము

$P = I\varepsilon = 3.93 \times 12 = 47.1$ W

నిరోధమునకు ఇవ్వబడిన సామర్థ్యము $= I^2R = 46.3$ W

అంతర నిరోధమునకు ఇవ్వబడిన మిగులు సామర్థ్యము $P = (47.1 - 46.3) = 0.8$ W. మరియు ఇది ఉపయోగకరమైన పని చేయడానికి ఉపయోగపడదు (ఇది I^2r నకు సమానము).

2.4.3 ఘటముల శ్రేణి సంధానం

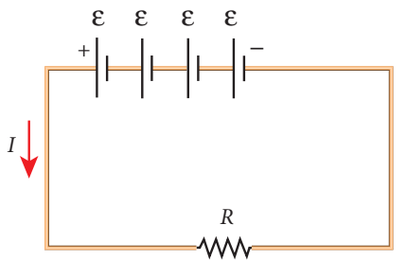
(Cells in series)

అనేక ఘటముల కలయిక వలన బ్యాటరీ ఏర్పడును. శ్రేణి సంధానములో ఒక ఘటము యొక్క ధనాత్మక కొన రెండవ ఘటము యొక్క ఋణాత్మక కొనకి అనుసంధానించబడి ఉండును. రెండవ

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 107 23-03-2023 14:01:29

ఘటము యొక్క ఋణాత్మక కొన మూడవ ఘటము యొక్క ధనాత్మక కొనకి కలుపబడి ఉండును. ఇదే విధముగా అన్ని ఘటములు అనుసంధానించబడి ఉండును. మొదటి ఘటం యొక్క స్వేచ్ఛా ధన కొన మరియు చివరి ఘటము యొక్క స్వేచ్ఛా ఋణ కొన బ్యాటరీ యొక్క కొనలగును.

పటము 2.21 లో చూపిన విధముగా ఒకవేళ n ఘటాలు వి.చా.బ ε ఓల్ట్‌లు మరియు అంతర నిరోధము r కలిగిన ప్రతి ఘటం శ్రేణిలో బాహ్య నిరోధము R తో కలుపబడి ఉండును.



పటము 2.21 ఘటముల శ్రేణి సంధానం

బ్యాటరీ యొక్క మొత్తం వి.చా.బ $= n\varepsilon$

వలయములోని మొత్తం నిరోధము $= nr + R$

ఓమ్ నియమం నుండి, వలయములోని విద్యుత్ ప్రవాహము =

$$I = \frac{\text{మొత్తం వి.చా.బ}}{\text{మొత్తం నిరోధము}} = \frac{n\varepsilon}{nr + R} \qquad (2.39)$$

సందర్భం (అ) $r << R$ అయితే,

$$I = \frac{n\varepsilon}{R} \approx nI_1 \qquad (2.40)$$

ఇక్కడ, I_1 ఏక ఘటము వలన ఏర్పడిన విద్యుత్ ప్రవాహము

$$\left(I_1 = \frac{\varepsilon}{R}\right)$$

R తో పోల్చినప్పుడు r ఉపేక్షించబడినప్పుడు బ్యాటరీ చేత సరఫరా చేసిన విద్యుత్ అనునది ఏక ఘటము చేత సరఫరా చేసి విద్యుత్‌కి n రెట్లు ఉండును.

సందర్భము (ఆ) $r>>R$ అయితే,

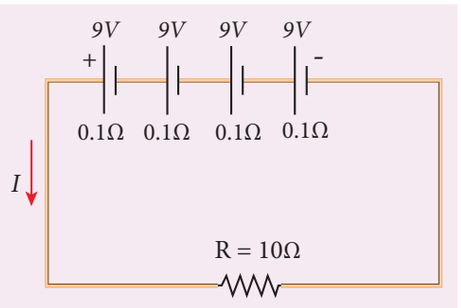
$$I = \frac{n\varepsilon}{nr} \approx \frac{\varepsilon}{r} \qquad (2.41)$$

ఇది ఏక ఘటము వలన ఏర్పడిన విద్యుత్ ప్రవాహము అనగా, మొత్తం బ్యాటరీ వలన ఏర్పడిన విద్యుత్ ఏక ఘటము వలన ఏర్పడిన విద్యుత్ ఒకే విధముగా వుండును మరియు కావున అనేకమైన ఘటములను అనుసంధానించడం వలన ఏ ఉపయోగము ఉండదు.

R తో పోల్చినపుడు, ఘటము యొక్క ఫలిత అంతర నిరోధము అనునది ఉపేక్షించదగినదిగా ఉండినప్పుడు మాత్రమే ఘటముల శ్రేణి సంధానం ఉపయోగకరముగా ఉండును.

ఉదాహరణ 2.18

ఇవ్వబడిన వలయము నుండి



(i) సంధానములో ఫలిత (తుల్య) వి.చా.బ

(ii) ఫలిత (తుల్య) అంతర్నిరోధము

(iii) మొత్తం విద్యుత్ ప్రవాహము

(iv) బాహ్య నిరోధము కొనల మధ్యగల శక్మ భేదము

(v) ప్రతిఘటము కొనల మధ్య గల శక్మ భేదములను కనుగొనుము.

సాధన

(i) సంధానముల ఫలిత వి.చా.బ

$\varepsilon_{eq} = n\varepsilon = 4 \times 9 = 36$ V

(ii) ఫలిత అంతర నిరోధము

$r_{eq} = nr = 4 \times 0.1 = 0.4\ \Omega$

(iii) మొత్తం విద్యుత్ ప్రవాహము $I = \dfrac{n\varepsilon}{R + nr}$

$$= \frac{4 \times 9}{10 + (4 \times 0.1)}$$

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 108 23-03-2023 14:01:31

$$= \frac{4\times 9}{10+0.4} = \frac{36}{10.4}$$

$$I = 3.46 \text{ A}$$

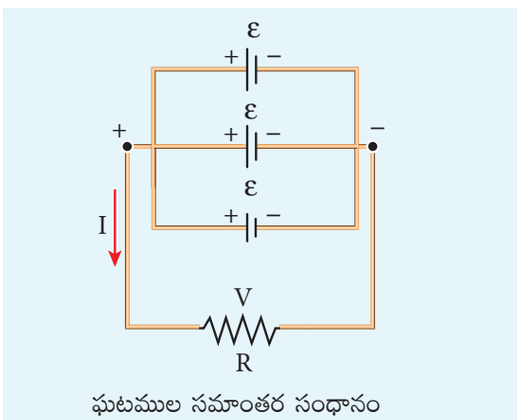
(iv) బాహ్య నిరోధము కొనల మధ్యగల శక్మ భేదము $V = IR = 3.46 \times 10 = 34.6$ V. మిగిలిన 1.4 V అనునది ఘటముల అంతర్నిరోధాల కొనల మధ్య శక్మపాతమగును.

(v) ప్రతి ఘటము కొనల మధ్య గల శక్మ భేదము $\frac{V}{n} = \frac{34.6}{4} = 8.65\text{V}$

2.4.4 ఘటముల సమాంతర సంధానము

సమాంతర సంధానములో ఘటముల యొక్క అన్ని ధనాత్మక కొనలు ఒక బిందువు వద్ద మరియు అన్ని ఋణాత్మక కొనలు రెండవ బిందువు వద్ద అనుసంధానించబడి ఉండును. ఈ రెండు బిందువులు బ్యాటరీ యొక్క ధనాత్మక మరియు ఋణాత్మక కొనలగును.

పటము 2.22లో చూపిన విధముగా A మరియు B బిందువుల మధ్యలో n ఘటములు సమాంతర సంధానములో కలుపబడి ఉన్నవని మరియు R నిరోధము బిందువులు A మరియు B మధ్యలో కలుపబడి ఉన్నదని అనుకొనుము. ప్రతి ఒక్క ఘటము యొక్క వి.చా.బ ε మరియు అంతర నిరోధము r అనుకొనుము.



ఘటముల సమాంతర సంధానం

పటము 2.22 ఘటముల సమాంతర సంధానం

బ్యాటరీ యొక్క ఫలిత అంతర నిరోధము

$$\frac{1}{r_{eq}} = \frac{1}{r} + \frac{1}{r} + \ldots \frac{1}{r} \ (n \text{ పదములు}) = \frac{n}{r}$$

కావున $r_{eq} = \frac{r}{n}$ మరియు వలయములోని మొత్తం నిరోధము $= R + \frac{r}{n}$. మొత్తం వి.చా.బ ε అనునది A మరియు B బిందువుల మధ్య గల శక్మ భేదమునకు సమానము. వలయములోని విద్యుత్ ప్రవాహము

$$I = \frac{\varepsilon}{\frac{r}{n} + R}$$

$$I = \frac{n\varepsilon}{r + nR} \qquad (2.42)$$

సందర్భము (అ) $r >> R$ అయితే, $I = \frac{n\varepsilon}{r} = nI_1$ (2.43)

ఇక్కడ I_1 అనునది R చాలా తక్కువగా ఉన్నప్పుడు (ఉపేక్షించబడినది) ఏక ఘటము $\left(\frac{\varepsilon}{r}\right)$ నందలి విద్యుత్ ప్రవాహము అగును. అందువల్ల మొత్తం బ్యాటరీ వల్ల బాహ్య నిరోధము ద్వారా ప్రవహించు విద్యుత్తు అనునది ఏక ఘటము నందలి విద్యుత్తుకు n రెట్లు ఉండును.

సందర్భము (ఆ) $r << R$ అయితే, $I = \frac{\varepsilon}{R}$ (2.44)

పై సమీకరణము నుండి బ్యాటరీ మొత్తములోని విద్యుత్ ప్రవాహము ఏక ఘటము నందలి విద్యుత్ ప్రవాహమునకు సమానము. అందువలన ఘటముల బాహ్య నిరోధము, అంతర నిరోధముతో పోల్చిన చాలా తక్కువగా ఉన్నప్పుడు ఘటములను సమాంతర సంధానములో కలపడం చాలా ఉపయోగకరముగా ఉండును.

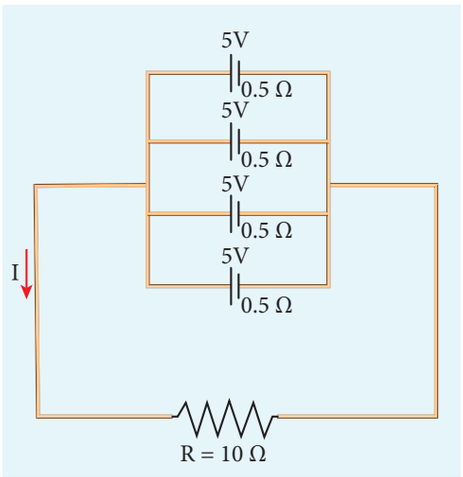
మీకు తెలుసా?

కారులోని హెడ్‌లైట్‌లను ఆన్ చేసి ఉంచి, కార్ ఇంజన్‌ను స్టార్ట్ చేసినప్పుడు కొన్ని సందర్భములలో బల్బులు కాంతి హీనముగా వెలుగుతాయి. కారు బ్యాటరీ యొక్క అంతర నిరోధమే దీనికి కారణం.

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 109 23-03-2023 14:01:35

ఉదాహరణ 2.19

ఇవ్వబడిన పటము నందు



i) ఫలిత వి.చా.బ

ii) ఫలిత అంతర్నిరోధము

iii) మొత్తం విద్యుత్ ప్రవాహము *(I)*

iv) ప్రతి ఘటము నందలి శక్మ భేదము

v) ప్రతి ఘటము యొక్క విద్యుత్ ప్రవాహము

సాధన

i) వి.చా.బ $\varepsilon_{eq} = 5$ V

ii) అంతర్నిరోధము

$$R_{eq} = \frac{r}{n} = \frac{0.5}{4} = 0.125\Omega$$

iii) మొత్తం విద్యుత్ ప్రవాహము $I = \dfrac{\varepsilon}{R + r/n}$

$$I = \frac{5}{10 + 0.125} = \frac{5}{10.125}$$

$$I \approx 0.5 \text{ A}$$

iv) ప్రతి ఘటము మధ్య ఏర్పడు శక్మభేదము

$$V = IR = 0.5 \times 10 = 5 \text{ V}$$

v) ప్రతి ఘటము వలన ఏర్పడు విద్యుత్ ప్రవాహము $I' = \dfrac{I}{n}$

$$I' = \frac{0.5}{4} = 0.125 \text{A}$$

2.5 కిర్కాఫ్ నియమములు (KIRCHHOFF'S RULES)

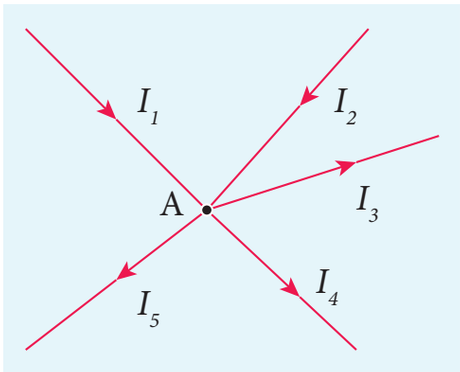
ఓమ్ నియమము సరళ వలయములకు మాత్రమే వర్తిస్తుంది. సంక్లిష్ట విద్యుత్ వలయములలో విద్యుత్ ప్రవాహం మరియు ఓల్టేజ్‌లను లెక్కించుటకు కిర్కాఫ్ నియమములను ఉపయోగిస్తారు. ఇవి సాధారణంగా రెండు రకాలు

i) కిర్కాఫ్ విద్యుత్ ప్రవాహ నియమము

ii) కిర్కాఫ్ ఓల్టేజ్ నియమము

2.5.1 కిర్కాఫ్ మొదటి నియమము (విద్యుత్ ప్రవాహ నియమము లేదా సంధి నియమము)

వలయం నందు ఏదైనా సంధి వద్ద కలియు విద్యుత్ ప్రవాహాల బీజీయ మొత్తం శూన్యం. ఇది విద్యుదావేశ నిత్యత్వమును తెలియజేస్తుంది. సంధి వద్ద విద్యుదావేశ కణములు సృష్టించడం లేదా నాశనం చేయడం జరగదు. అనగా సంధిలోకి ప్రవేశించే విద్యుదావేశ కణములు అన్ని సంధి నుండి వెలుపలికి వెలువడుతాయి. సంధి వైపు ప్రవహించు విద్యుదావేశమును ధనాత్మకముగాను, సంధి నుండి వెలుపలికి పోవు విద్యుదావేశమును ఋణాత్మకముగాను తీసుకొనెదరు.



పటము 2.23 కిర్కాఫ్ విద్యుత్ ప్రవాహ నియమము

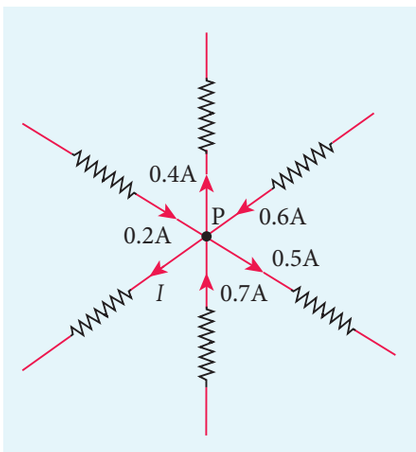
02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 110 23-03-2023 14:01:36

A సంధి వద్ద ఈ నియమం అనువర్తించబడుతుంది (పటం 2.23)

$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 - I_5 = 0$ (లేదా)
$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$

ఉదాహరణ 2.20

ఇవ్వబడిన వలయము నుండి I విలువను కనుగొనుము.



సాధన

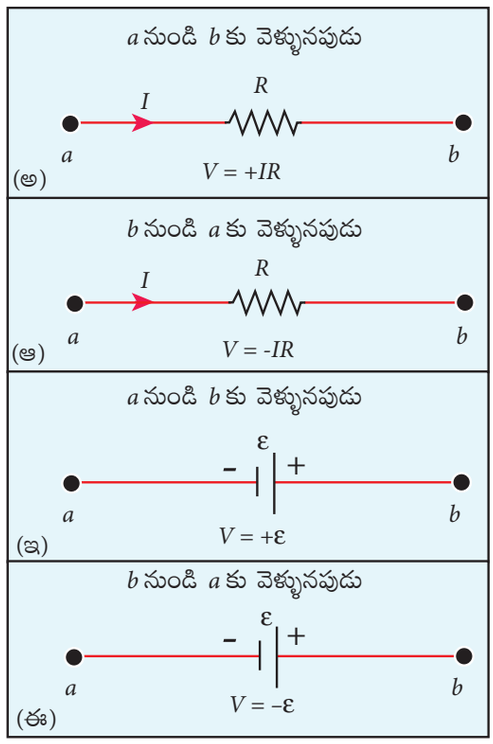
వలయములోని P బిందువు వద్ద కిర్కాఫ్ నియమమును అనువర్తింపచేయగా

P వైపు పోవు బాణపు గుర్తును ధనాత్మకముగాను, P నుండి దూరంగా పోవు బాణపు గుర్తును ఋణాత్మకముగాను తీసుకొనవలెను. అందువల్ల,

$0.2A - 0.4A + 0.6A - 0.5A + 0.7A - I = 0$
$1.5A - 0.9A - I = 0$
$0.6A - I = 0$
$I = 0.6$ A

2.5.2 కిర్కాఫ్ రెండవ నియమము (ఓల్టేజి నియమము లేదా వలయ నియమము)

ఒక సంవృత వలయము నందు ప్రతి ఒక్క భాగము నందు గల విద్యుత్ ప్రవాహం మరియు నిరోధముల లబ్ధముల బీజీయ మొత్తం, ఆ వలయము నందు ఏర్పడు మొత్తం విద్యుచ్ఛాలక



పటము 2.24 కిర్కాఫ్ వోల్టేజ్ నియమం

బలం (emf) నకు సమానముగా వుండునని ఈ నియమము ప్రతిపాదించును. ఏకీకృత వ్యవస్థలకి ఈ నియమము శక్తి నిత్యత్వనియమమును పాటించును. (విద్యుచ్ఛాలక బలము (emf) ల మూలంగా అందించు శక్తి అన్ని నిరోధకములకు అందించు శక్తుల మొత్తమునకు సమానం) విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను అనుసరించినప్పుడు విద్యుత్ ప్రవాహం మరియు నిరోధముల లబ్ధం ధనాత్మకమగును. ఒకవేళ విద్యుత్ ప్రవాహ దిశ సంవృత వలయ (Closed loop) దిశకు వ్యతిరేక దిశలో ఉన్నప్పుడు నిరోధకము గుండా పోవు విద్యుత్ ప్రవాహం మరియు శక్మ భేదముల లబ్ధము ఋణాత్మకముగా ఉంటుంది. ఇది పటము 2.24 (అ) మరియు (ఆ) లలో చూపడమైనది. ఘటము యొక్క ఋణాత్మక ధృవం నుండి ధనాత్మక ధృవముననకు వెళ్లేటప్పుడు విద్యుచ్ఛాలక బలం (emf) ధనాత్మకముగా పరిగణించబడుతుంది. దీనిని పటము 2.24 (ఇ) మరియు (ఈ) నందు చూపడమైనది.

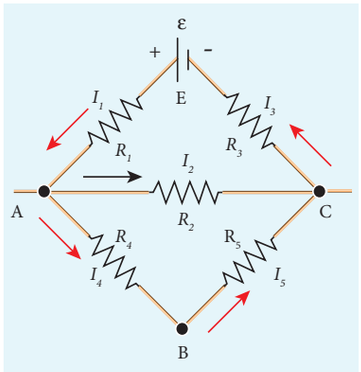
విద్యుత్ వలయంలో అన్ని విద్యుత్ ప్రవాహములు స్థిరమైన స్థితికి చేరినప్పుడు మాత్రమే కిర్కాఫ్ ఓల్టేజి నియమమును వర్తింపచేయాలి (వివిధ శాఖలలో విద్యుత్ ప్రవాహము స్థిరంగా ఉండాలి)

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 111 23-03-2023 14:01:37

ఉదాహరణ 2.21

క్రింది పటములో EACE మరియు ABCA అను రెండు సంవృత వలయాలు (closed loops) గా విభజించబడిన విద్యుత్ వాహకాలు యొక్క సంక్లిష్ట వలయ రూపము ఇవ్వబడినది.

కిర్కాఫ్ ఓల్టేజ్ నియమమును అనువర్తింప చేయండి



సాధన

EACE సంవృత వలయానికి కిర్కాఫ్ రెండవ నియమమును వర్తింపచేయగా

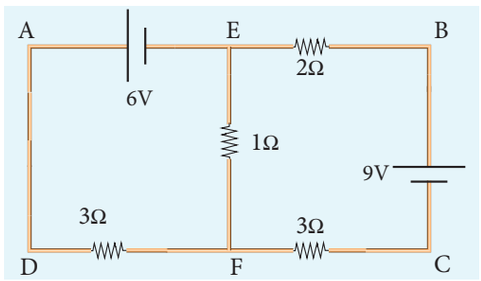
$$I_1R_1 + I_2R_2 + I_3R_3 = \varepsilon$$

మరియు ABCA సంవృత వలయానికి (closed loop)

$$I_4R_4 + I_5R_5 - I_2R_2 = 0$$

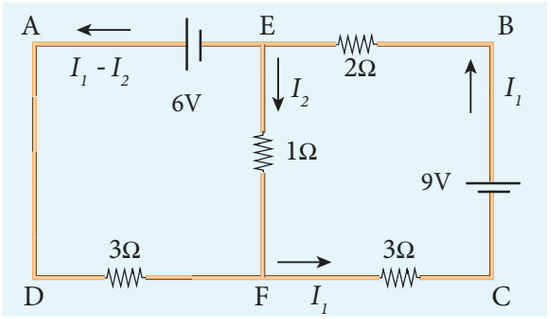
ఉదాహరణ 2.22

క్రింది వలయము నందు 1 Ω నిరోధకము గుండా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహమును లెక్కించండి.



సాధన

9V ఘటం నుండి ప్రవహించు విద్యుత్తును I_1 అని సూచించవచ్చు మరియు ఈ విద్యుత్ కిర్కాఫ్ నియమం ప్రకారము సంధి E వద్ద I_2 మరియు $(I_1 - I_2)$ లుగా విభజించబడుతుంది.



ఇప్పుడు సంవృత వలయం EFCBE నకు కిర్కాఫ్ విద్యుత్ ప్రవాహ వర్తింపచేసిన

$$1I_2 + 3I_1 + 2I_1 = 9$$
$$5I_1 + I_2 = 9 \qquad (1)$$

EADFE వలయానికి (KVR) నియమాన్ని వర్తింపచేయగా

$$3(I_1 - I_2) - 1I_2 = 6$$
$$3I_1 - 4I_2 = 6 \qquad (2)$$

సమీకరణం (1) మరియు (2)లను సాధించగా,

$I_1 = 1.83$ A మరియు $I_2 = -0.13$ A

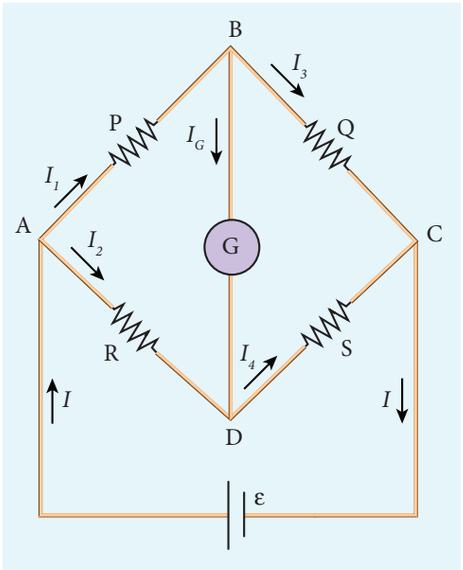
దీని నుండి 1 Ω నిరోధకములో విద్యుత్ F నుండి E కి ప్రవహించునని తెలుస్తుంది.

2.5.3 వీట్‌స్టోన్ బ్రిడ్జి (Wheatstone's bridge)

కిర్కాఫ్ నియమముల ముఖ్యమైన అనువర్తనం వీట్‌స్టోన్ బ్రిడ్జి. విద్యుత్ వలయములలో తెలియని నిరోధము యొక్క విలువను మరియు విద్యుత్ నిరోధకములను పోల్చుటకు ఉపయోగించెదరు. ఈ వీట్‌స్టోన్ బ్రిడ్జి పటము 2.25లో చూపిన విధముగా *P, Q, R* మరియు *S* అను నాలుగు నిరోధములు అనుసంధానించబడి ఉండును. *B* మరియు *D* బిందువుల మధ్య గాల్వానా మీటరు (galvanometer *G*) అనుసంధానించబడియున్నది. *A* మరియు *C* బిందువుల మధ్య విద్యుత్ ఘటము (battery) అనుసంధానించబడి ఉన్నది.

గాల్వనో మీటర్ గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ I_G మరియు దాని నిరోధం '*G*' అగును. కిర్కాఫ్ విద్యుత్

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 112 23-03-2023 14:01:37



పటము 2.25 వీట్‌స్టోన్ బ్రిడ్జి

ప్రవాహ నియమాన్ని (KCR) వరుసగా B మరియు D సంధుల వద్ద అనువర్తింప చేసిన యెడల,

$$I_1 - I_G - I_3 = 0 \quad (2.45)$$

$$I_2 + I_G - I_4 = 0 \quad (2.46)$$

$ABDA$ సంవృత వలయము (loop) నకు కిర్కాఫ్ వోల్టేజ్ నియమమును వర్తింప చేసిన యెడల,

$$I_1P + I_GG - I_2R = 0 \quad (2.47)$$

$ABCDA$ అను సంవృత వలయమునకు కిర్కాఫ్ ఓల్టేజ్‌లో నియమాన్ని వర్తింపచేసిన యెడల,

$$I_1P + I_3Q - I_4S - I_2R = 0 \quad (2.48)$$

B మరియు D బిందువుల మధ్య ఒకే శక్మ భేదం ఉన్న యెడల, వంతెన సమతుల్యమని చెప్పవచ్చు. B మరియు D బిందువుల మధ్య ఎటువంటి శక్మ భేదము లేనప్పుడు గాల్వనో మీటర్ గుండా విద్యుత్ ప్రవహించదు. ($I_G = 0$). $I_G = 0$ ను సమీకరణం 2.45, 2.46 మరియు 2.47లో ప్రతిక్షేపించినప్పుడు మనకు లభించునది

$$I_1 = I_3 \quad (2.49)$$

$$I_2 = I_4 \quad (2.50)$$

$$I_1P = I_2R \quad (2.51)$$

సమీకరణం 2.51 ను సమీకరణం 2.48 లో ప్రతిక్షేపించగా,

$$I_3Q = I_4S \quad (2.52)$$

సమీకరణం 2.52 ను సమీకరణం 2.51 చేత భాగించినప్పుడు, మనకు లభించునది

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S} \quad (2.53)$$

ఇది వీటోస్టోన్ బ్రిడ్జ్ సమతుల్యమగుటకు ఒక నిబంధన అగును. ఈ పరిస్థితిలో మాత్రమే గాల్వానో మీటర్ శూన్య అపవర్తనాన్ని సూచిస్తుంది. రెండు ఆసన్న నిరోధముల విలువలు తెలిస్తే మిగతా రెండు నిరోధముల విలువలను పోల్చవచ్చు. నాలుగు నిరోధములలో మూడింటి విలువ తెలిస్తే, తెలియని (Unknown) నాలుగవ నిరోధం విలువను కూడా కనుగొనవచ్చు.

మీకు తెలుసా?



గాల్వనోమీటర్ అనేది అతి చిన్న విద్యుత్ ప్రవాహాలను శోధించడానికి, మరియు కొలవడానికి ఉపయోగించే ఒక పరికరం. వలయం యొక్క వివిధ భాగాల మధ్య శక్మ భేదాన్ని పోల్చడానికి ఇది చాలా ఉపయోగకరంగా ఉంటుంది.

ఉదాహరణ 2.23

ఒక వీటోస్టోన్ బ్రిడ్జ్ నందు P = 100 Ω, Q = 1000 Ω మరియు R = 40 Ω అగును. గాల్వనో మీటర్ శూన్య అపవర్తనం సూచించినట్లయితే 'S' విలువను కనుగొనుము.

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 113 23-03-2023 14:01:38

సాధన

$$\frac{P}{Q}=\frac{R}{S}$$

$$S=\frac{Q}{P}\times R$$

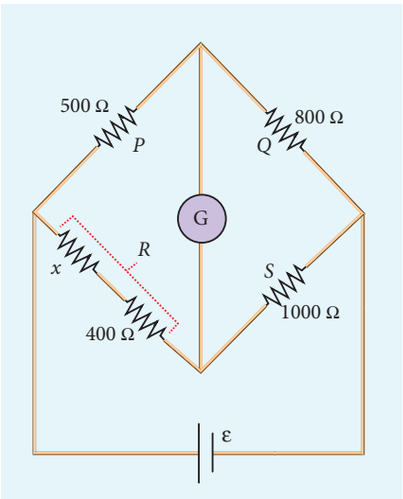
$$S=\frac{1000}{100}\times 40 \quad S = 400\ \Omega$$

ఉదాహరణ 2.24

వీటోస్టోన్ నెట్‌వర్క్ సమతుల్యముగా ఉన్నప్పుడు 'x' విలువలను కనుగొనుము.

P = 500 Ω, Q = 800 Ω, R = x + 400,

S = 1000 Ω



సాధన

$\frac{P}{Q}=\frac{R}{S}$ నెట్‌వర్క్ సమతుల్యమైనపుడు

$$\frac{500}{800}=\frac{x+400}{1000}$$

$$x+400=\frac{5}{8}\times 1000$$

$$x + 400 = 625$$

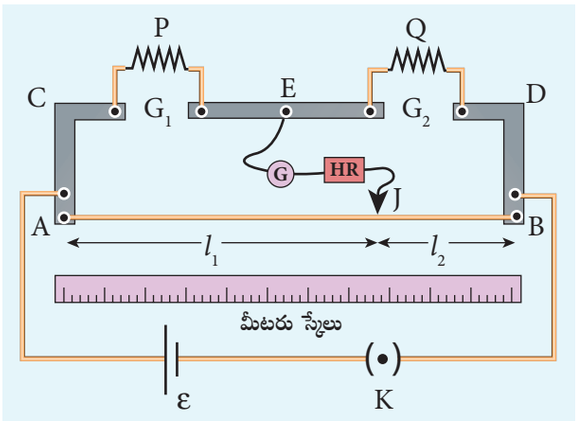
$$x = 625 - 400$$

$$x = 225\ \Omega$$

2.5.4 మీటర్ బ్రిడ్జి

వీట్‌స్టోన్ బ్రిడ్జి (వంతెన) యొక్క మరొక రూపము మీటర్ బ్రిడ్జి అగును. ఇది 1 మీటరు పొడవుగల AB అను ఏకరీతి మాంగనీన్ (Manganin) తీగను కలిగి ఉండును. ఈ తీగ రెండు రాగి పలకలు C మరియు D మధ్య, కొయ్య పలక మీద మీటర్ స్కేల్ వెంట సాగదీయబడిఉంది. ఈ రెండు రాగి పలకల మధ్య మరొక రాగి పలక (Strip) E, పటము 2.26లో చూపిన విధంగా రెండు ఖాళీలు G_1 మరియు G_2 ని జత చేయడానికి అమర్చబడి ఉంటుంది.

తెలియని నిరోధం P అనునది G_1 లో అనుసంధానించబడినది మరియు ప్రామాణిక నిరోధం Q అనునది G_2 లో అనుసంధానించబడి ఉంది. మధ్యంతర రాగి పలక Eకి గాల్వానో మీటర్ G మరియు అత్యధిక నిరోధం (HR) ద్వారా జాకీ (వాహక తీగ contact maker) అనుసంధానించబడినది. తీగపై జాకీ యొక్క ఖచ్చితమైన స్థానాన్ని మీటరు స్కేలులో కొలవవచ్చు, బ్రిడ్జి తీగ రెండు చివరల మధ్య ఒక లెక్లాంచి ఘటము (Lechlanche cell) మరియు కీ (key) లను అనుసంధానించ వచ్చును.



పటము 2.26 మీటర్ బ్రిడ్జి (Meter bridge)

తీగ మీద జాకీ యొక్క స్థానాన్ని సర్దుబాటు చేయడం ద్వారా గాల్వనోమీటర్ శూన్య అపవర్తనమును సూచిస్తుంది. తీగ మీద జాకీ యొక్క స్థానాన్ని J వద్ద తీసుకోండి. బ్రిడ్జి తీగ యొక్క AJ మరియు JB లకు సంబంధిత నిరోధాలు 'వీట్‌స్టోన్ బ్రిడ్జి' యొక్క R మరియు S నిరోధాలను ఏర్పరుస్తాయి. అప్పుడు బ్రిడ్జి సమతుల్యత కొరకు

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 114 23-03-2023 14:01:40

$$\frac{P}{Q}=\frac{R}{S}=\frac{r.\mathrm{AJ}}{r.\mathrm{JB}} \qquad (2.54)$$

ఇచ్చట r అనునది ఒక ప్రమాణం పొడవు నందు గల నిరోధము

$$\frac{P}{Q}=\frac{\mathrm{AJ}}{\mathrm{JB}}=\frac{l_1}{l_2} \qquad (2.55)$$

$$P=Q\frac{l_1}{l_2} \qquad (2.56)$$

బ్రిడ్జి తీగ చివరలు రాగి పలకలకు అతికించబడి ఉండును. ఈ అసంపూర్ణ సంధానం కారణంగా, సంధానం వద్ద కొంత నిరోధము ఏర్పడును. ఈ నిరోధములను అంత్య నిరోధములు అంటారు. ఈ దోషమును తొలగించుటకు P మరియు Q లను పరస్పర మార్పిడి చేయుట ద్వారా లభించు విలువలను గణించి, P యొక్క సగటు విలువలను కనుగొనవచ్చును.

P అను తీగచుట్ట పదార్థం యొక్క విశిష్ట నిరోధమును కనుగొనుటకు, తీగ చుట్ట యొక్క వ్యాసార్ధము a మరియు పొడవు l ను కొలుస్తారు. ఈ క్రింది సంబంధాన్ని ఉపయోగించి విశిష్ట నిరోధము లేదా నిరోధకత ρ ను లెక్కించవచ్చును.

$$\text{నిరోధము} = \rho\frac{l}{A}$$

పై సమీకరణమును పునర్వ్యవస్థీకరించడం ద్వారా మనకు లభించునది

$$\rho = \text{నిరోధం} \times \frac{A}{l} \qquad (2.57)$$

P అనునది తెలియని నిరోధం అయితే సమీకరణం 2.57 నుండి

$$\rho = P\frac{\pi a^2}{l}$$

ఉదాహరణ 2.25

మీటర్ బ్రిడ్జి ప్రయోగంలో, కుడి ఖాళీలో గల ప్రామాణిక నిరోధం 15 Ω, సమతుల్య పొడవు యొక్క నిష్పత్తి 3:2 అగును. మరొక నిరోధం విలువను కనుగొనుము.

సాధన

Q = 15 Ω, $\quad l_1:l_2 = 3:2$

$$\frac{l_1}{l_2}=\frac{3}{2}$$

$$\frac{P}{Q}=\frac{l_1}{l_2}$$

$$P = Q\,\frac{l_1}{l_2}$$

$$P = 15\times\frac{3}{2} = 22.5\ \Omega$$

ఉదాహరణ 2.26:

ఒక మీటర్ బ్రిడ్జి ప్రయోగంలో కుడి ఖాళీ నందు అనుసంధానించబడిన నిరోధం పెట్టెలోని నిరోధం విలువ 10 Ω సమతుల్య పొడవు $l_1 = 55$ cm అయితే తెలియని నిరోధం యొక్క విలువలను కనుగొనుము.

సాధన

$Q = 10\ \Omega$

$$\frac{P}{Q}=\frac{l_1}{100-l_1}=\frac{l_1}{l_2}$$

$$P = Q\times\frac{l_1}{100-l_1}$$

$$P=\frac{10\times55}{100-55}$$

$$P=\frac{550}{45} = 12.2\ \Omega$$

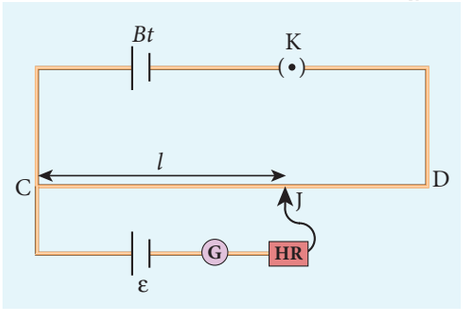
2.5.5 శక్మ మాపకము (పొటన్షియో మీటర్)

శక్మ మాపకము శక్మ భేదములు, విద్యుత్ ప్రవాహము మరియు నిరోధములను ఖచ్చితంగా కొలవడానికి ఉపయోగిస్తారు. ఇది 10 మీటర్ల పొడవైన ఏకరీతి మాంగనీన్ తీగ లేదా కాన్‌స్టాంటన్ తీగను తీసుకొని ఒక మీటరు పొడవు గల సమాంతర వరుసలలో విస్తరించి, కొయ్య పలకపై అమర్చబడి ఉంటుంది. రెండు స్వేచ్ఛా చివరలు A మరియు

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 115 23-03-2023 14:01:43

B లను ఒకే వైపుకు తీసుకు వచ్చి, మరియు బైండింగ్ స్క్రూతో (binding screws) రాగి పలకలకి అమర్చబడి ఉండును. స్పర్శ కొరకు జాకీ ఒకటి ఏర్పాటు చేయబడి ఉంటుంది.

శక్మ మాపకము యొక్క తత్వము పటం 2.27 లో వివరించబడియున్నది. CD తీగ అంతటా బ్యాటరీ *Bt* ద్వారా ఒక స్థిరమైన విద్యుత్ ప్రవాహము కొనసాగించబడుతుంది. ప్రాథమిక వలయాన్ని ఏర్పరచుటకు బ్యాటరీ, కీ మరియు పొటెన్షియో మీటర్ (శక్మ మాపకం) తీగ అనువి శ్రేణిలో అనుసంధానించబడినవి. విద్యుచ్ఛాలక బలము ప్రాథమిక ఘటము యొక్క (వి.చా.బ.) (emf) ε యొక్క ధనావేశము C బిందువునకు కలుపబడినది. మరియు ఋణావేశము గాల్వనో మీటర్ G, మరియు అధిక నిరోధము (HR) ద్వారా జాకీ కలుపబడి ఉండును. ఇది గౌణ (Secondary) వలయమును ఏర్పరుచును.



పటము 2.27 పొటన్షియో మీటరు

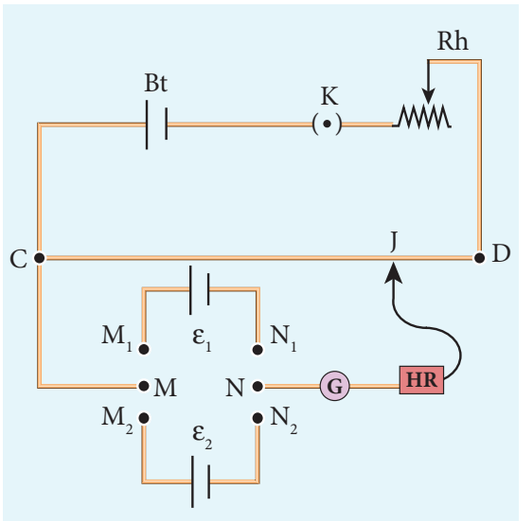
జాకీ మొనతో తీగ మీద ఏదైనా బిందువు J వద్ద స్పృశించబడినది. CJ అంతటా శక్మ భేదము, ఘటము యొక్క విద్యుచ్ఛాలక బలానికి (ε) సమానమైన గాల్వనా మీటర్ ద్వారా విద్యుత్తు ప్రవహించదు మరియు ఇది శూన్య అపవర్తనాన్ని సూచిస్తుంది. CJ ని సమతుల్య పొడవు *l* అందురు. CJ అంతటా శక్మ భేదము *Irl* అగును. ఇక్కడ *I* అనునది తీగలో ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము మరియు *r* అనునది ప్రమాణ పొడవుకి గల తీగ నిరోధము అగును.

$$\text{అందువల్ల } \varepsilon = Irl \qquad (2.58)$$

I మరియు r స్థిరాంకములు కావున, $\varepsilon \propto l$ ఘటము యొక్క విద్యుచ్ఛాలక బలము (emf) అనునది సంతులన పొడవుకి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.

2.5.6 శక్మమాపకము ద్వారా రెండు ఘటముల విద్యుచ్ఛాలక బలములను పోల్చుట (Comparison of emf of two cells with a potentiometer)

రెండు ఘటముల యొక్క విద్యుచ్ఛాలక బలములను పోల్చడానికి పటము 2.28 లో చూపిన విధముగా విద్యుత్ వలయ అనుసంధానములు చేయబడి ఉన్నవి. శక్మ మాపకము తీగ 'CD' కి బ్యాటరీ మరియు కీ శ్రేణిలో అనుసంధానించబడినవి. ఇది ఒక ప్రాథమిక వలయము అగును. తీగ యొక్క 'C' చివరను DPDT (Double Pole Double Throw) స్విచ్ యొక్క '*M*' కొనకు అనుసంధానించబడినది మరియు మరొక చివర '*N* ను గాల్వనా మీటర్ (*G*) మరియు అత్యధిక నిరోధం (*HR*) ద్వారా జాకీనకు అనుసంధానించబడి ఉన్నది. పోల్చబడునటువంటి విద్యుచ్ఛాలక బలములు ε_1 మరియు ε_2 లు విద్యుత్తు ఘటములకు DPDT స్విచ్ యొక్క చివరలు M_1, N_1 మరియు M_2, N_2 లకు అనుసంధానించబడి ఉన్నవి. బ్యాటరీ (*Bt*), ε_1 మరియు ε_2 ఘటముల ధనావేశములు కూడా అదే 'C' కొనకు కలుపబడి ఉన్నవి.



పటము 2.28 రెండు ఘటముల యొక్క (emf) ల పోలిక

DPDT స్విచ్‌ని M_1, N_1 కొనలలో అదిమినప్పుడు ε_1 ఘటము గౌణ (సెకండరీ) వలయము నందు కలుపబడుచున్నది. ఇప్పుడు జాకీని జరిపి గాల్వనా మీటరు నందు శూన్య అపవర్తనము సంతులన పొడవు

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 116 23-03-2023 14:01:44

l_1 కొలవబడును (కనుగొనబడును). తరువాత రెండవ ఘటము ε_2 విద్యుత్ వలయములో కలిపినప్పుడు ఏర్పడు సంతులన పొడవు l_2 కనుగొనబడినది. r అనునది పొటెన్షియో మీటరు (శక్యమాపకము) తీగయొక్క ప్రమాణ పొడవు నందు గల విద్యుత్ నిరోధం I అనునది తీగ ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము

$$\varepsilon_1 = Irl_1 \quad (2.59)$$

$$\varepsilon_2 = Irl_2 \quad (2.60)$$

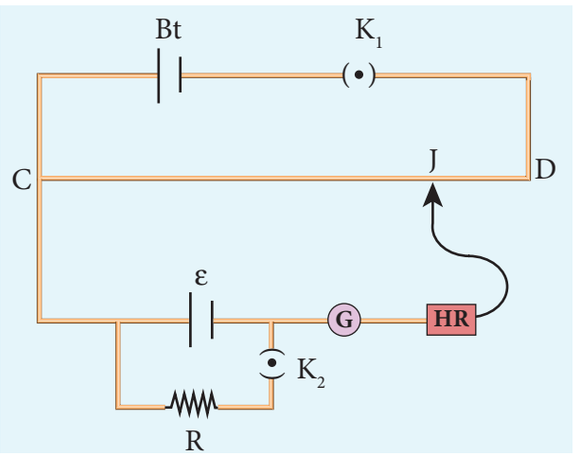
సమీకరణం 2.59 ని 2.60 చేత భాగించగా

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{l_1}{l_2} \quad (2.61)$$

ప్రాథమిక వలయము నందు రియోస్టాట్ (చర నిరోధకము) ని చేర్చి దీని ద్వారా విద్యుత్ ప్రవాహమును మార్చి ఈ ప్రయోగమును పలుమార్లు చేయవచ్చును.

2.5.7 పొటెన్షియో మీటర్ ద్వారా ఒక ఘటము యొక్క అంతర నిరోధము కొలుచుట.

ఒక ఘటము యొక్క అంతర నిరోధమును కొలుచుటకు పటము 2.29 లో చూపినట్లు విద్యుత్ వలయము సంధానం చేయబడి ఉన్నది. పొటెన్షియో మీటర్ తీగ యొక్క కొన C బ్యాటరీ యొక్క ధనాత్మక కొనకు మరియు ఋణాత్మక కొన కీ K_1 ద్వారా D కొనకు కలుపబడినది. ఇది ప్రాథమిక వలయమును ఏర్పరచును.



పటము 2.29 అంతర్నిరోధమును కొలుచుట

అంతర్నిరోధము కనుగొనవలసిన ε విద్యుచ్ఛాలక బలము (emf) కలిగిన ఘటము యొక్క ధనాత్మక కొన తీగ యొక్క చివర కొన C కు కలుపవలెను. ఘటము 'ε' యొక్క ఋణాత్మక కొన గాల్వనా మీటరు, అధిక నిరోధము ద్వారా జాకీకి కలుపవలెను. ఘటము ε కు ఒక నిరోధక పెట్టె R మరియు కీ K_2 లను కలుపవలెను. K_2 ను తెరచి యుంచి సంతులన బిందువు J ని పొందవచ్చును మరియు సంతులన పొడవు $CJ = l_1$ ను కొలువవచ్చును. ఘటము వివృత వలయములో ఉన్నది. కావున దాని విద్యుచ్ఛాలక బలము (వి.చా.బ)

$$\varepsilon \propto l_1 \quad (2.62)$$

తగిన నిరోధము $(10\,\Omega)$ ను నిరోధక పెట్టెలో అమర్చి కీ K_2 ని మూసి ఉంచవలెను. r అనునది ఘటము యొక్క అంతర్నిరోధము అనుకొందాం. ఘటము ద్వారా ప్రవహించు విద్యుత్ I మరియు నిరోధము R,

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r}$$

నిరోధము R కొనల మధ్య శక్మ భేదము

$$V = \frac{\varepsilon R}{R+r}$$

ఈ శక్మ భేదము పొటెన్షియో మీటర్ తీగ మీద తుల్యమగునప్పుడు l_2 అనునది పొడవు అనుకొందాం. కావున,

$$\frac{\varepsilon R}{R+r} \propto l_2 \quad (2.63)$$

సమీకరణము 2.62 మరియు 2.63 ల నుండి

$$\frac{R+r}{R} = \frac{l_1}{l_2} \quad (2.64)$$

$$1 + \frac{r}{R} = \frac{l_1}{l_2};$$

$$r = R\left[\frac{l_1}{l_2} - 1\right]$$

$$\therefore r = R\left(\frac{l_1 - l_2}{l_2}\right) \quad (2.65)$$

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 117 23-03-2023 14:01:47

R, l_1 మరియు l_2 ల విలువలను ప్రతిక్షేపించి ఘటము యొక్క అంతర నిరోధమును కనుగొనవలెను. ఈ ప్రయోగమును R యొక్క వివిధ విలువలకు పలుమార్లు చేయవలెను. ఘటము యొక్క అంతర నిరోధము స్థిరము కాదు, కానీ బాహ్య నిరోధము అధికమైనప్పుడు అంతర నిరోధము అధికమగునని తెలియుచున్నది.

2.6 విద్యుత్ ప్రవాహం వలన ఉష్ణ ఫలితము (HEATING EFFECT OF ELECTRIC CURRENT)

ఒక నిరోధకము ద్వారా విద్యుత్ ప్రవహించినప్పుడు నిరోధకానికి పంపిణీ చేయబడిన కొంత విద్యుచ్ఛక్తి ఉష్ణ శక్తిగా మార్చబడి వెలువరించబడును. విద్యుత్ యొక్క ఈ ఉష్ణ ఫలితమునకు జౌల్ ఉష్ణ ఫలితము అని పేరు. విద్యుత్ తాప శక్తిని ఉత్పత్తి చేస్తుంది కనుక ఈ తాప శక్తి ఒక విద్యుచ్ఛాలక బలమును ఉత్పత్తి చేయుటకు కూడా ఉపయోగపడును. దీనిని తాప విద్యుత్ ఫలితము అంటారు.

2.6.1 జౌల్ నియమము (Joule's law)

ఒక వాహకము గుండా ప్రవహించు విద్యుత్ I శక్య భేదము V కాలము t అయినప్పుడు చేయబడిన పని లేదా వినియోగించబడిన విద్యుత్ స్థితిజ శక్తి

$$W = VIt \qquad (2.66)$$

ఇతర బాహ్య ఫలితములు లేనప్పుడు, వాహకమును వేడి చేయుటకు, ఈ శక్తి వినియోగించబడును. ఉత్పత్తి చేయబడిన ఉష్ణరాశి (H)

$$H = VIt \qquad (2.67)$$

నిరోధము R నకు

$$H = I^2Rt \qquad (2.68)$$

ఈ సంబంధము జౌల్ ద్వారా ప్రయోగాత్మకముగా సరి చూడబడినది. అందువలన దీనిని జౌల్ ఉష్ణ ఫలితము అంటారు. ఒక విద్యుత్ వలయములో విద్యుత్ ప్రవహించడము వలన ఏర్పడిన ఉష్ణము,

(i) విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క వర్గము

(ii) వలయము యొక్క నిరోధం మరియు

(iii) ప్రవహించు కాలమునకు అనులోమానుపాతంలో ఉండును.

ఉదాహరణ 2.27

10 Ω నిరోధము ద్వారా 5 A విద్యుత్తు ఐదు నిమిషాల కాలం పాటు ప్రవహించిన యెడల దానిలో ఉత్పత్తి అయిన ఉష్ణశక్తిని కనుగొనుము.

సాధన

R = 10 Ω, I = 5 A, t = 5 నిమిషములు = 5 × 60 s

$H = I^2 R t$

$= 5^2 \times 10 \times 5 \times 60$

$= 25 \times 10 \times 300$

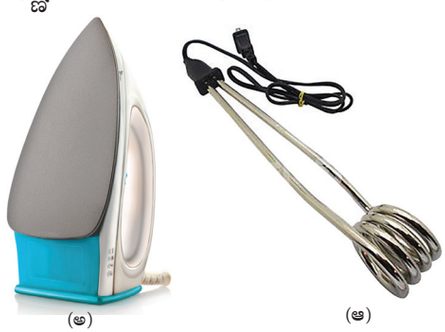
$= 25 \times 3000$

= 75000 J (లేదా) 75 kJ

2.6.2 జౌల్ ఉష్ణ ఫలితము యొక్క అనువర్తనాలు

1. విద్యుత్ హీటర్లు:

పటము 2.30లో చూపినట్లు విద్యుత్ ఇస్త్రి పెట్టె, విద్యుత్ హీటర్, విద్యుత్ టోస్టర్లు అను గృహోపకరణాలు విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క ఉష్ణ ఫలితమును ఉపయోగించుకొని పనిచేయును. ఈ ఉపకరణములలో ఉండు ఉష్ణ మూలకము, నికెల్ మరియు క్రోమియం యొక్క మిశ్ర లోహము అయినటువంటి నిక్రోమ్‌తో తయారు చేయబడును. నిక్రోమ్ అధిక విశిష్ట నిరోధమును పొంది ఉండును. మరియు ఆక్సీకరణము లేకుండా అత్యధిక ఉష్ణోగ్రతల వరకు ఉష్ణము గావింపబడును.



(అ) (ఆ)

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 118 23-03-2023 14:01:48



(ఇ)

పటము 2.30 (అ)విద్యుత్ ఇస్త్రీ పెట్టె
(ఆ) విద్యుత్ హీటర్ ఇ) విద్యుత్ టోస్టర్

ఉదాహరణ 2.28

220 V విద్యుత్ సరఫరాకు కలుపబడిన 10 Ω నిరోధము కలిగిన ఒక విద్యుత్ హీటరు 1 కి.గ్రా నీళ్ళలో ముంచ బడి ఉన్నది. 30°C నుండి 60°C వరకు ఉష్ణోగ్రతను పెంచుటకు ఈ విద్యుత్ హీటరు ఎంతసేపు స్విచ్ ఆన్ చేసి ఉండవలెను. (నీటి యొక్క విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యం $s = 4200\ J\ kg^{-1}\ K^{-1}$)

సాధన

జౌల్ ఉష్ణ నియమము ప్రకారం $H = I^2 Rt$

విద్యుత్ హీటర్ ద్వారా ప్రవహించు విద్యుత్

$$= \frac{220V}{10\Omega} = 22A$$

విద్యుత్ హీటర్ వలన ఒక సెకను కాలంలో ఏర్పడిన ఉష్ణము $H = I^2 R$

ఒక సెకను కాలంలో ఏర్పడిన ఉష్ణము

$H = (22)^2 \times 10 = 4840\ J = 4.84\ k\ J.$

వాస్తవానికి ఈ విద్యుత్ హీటర్ యొక్క సామర్థ్యపు రేటు 4.84 k W

1kg యొక్క ఉష్ణోగ్రతను 30°C నుండి 60°C వరకు పెంచుటకు కావలసిన ఉష్ణశక్తి

$Q = ms\ \Delta T$ (XI భౌతిక శాస్త్రం, విభాగము–2, యూనిట్ 8)

ఇక్కడ $m = 1\ kg$,

$s = 4200\ J\ kg^{-1}\ K^{-1}$, $\Delta T = 30\ K$,

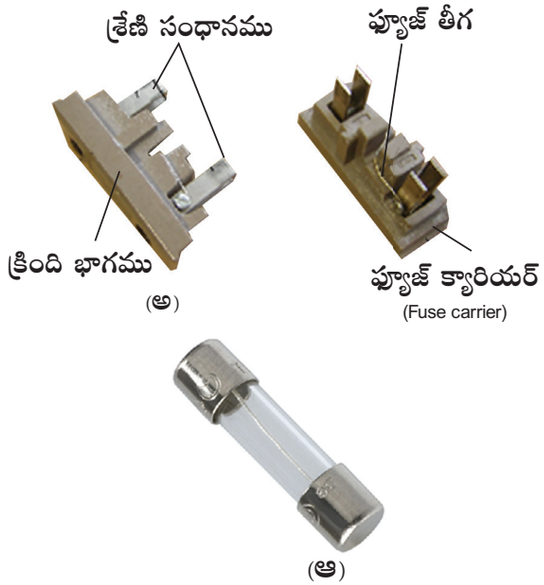
అయిన $Q = 1 \times 4200 \times 30 = 126\ kJ$

ఈ ఉష్ణశక్తిని ఉత్పత్తి చేయుటకు పట్టు కాలం

$$t = \frac{Q}{I^2 R} = \frac{126 \times 10^3}{4840} \approx 26.03\ s$$

2. విద్యుత్ ఫ్యూజు తీగ

పటము 2.31 లో చూపిన విధముగా, ఉపరితల విద్యుత్ ప్రవాహము వలన ఉత్పత్తి అయిన ఉష్ణము నుండి విద్యుత్ సాధనములను సురక్షితం చేయుటకు ఫ్యూజులు విద్యుత్ వలయంలో శ్రేణి సంధానములో కలుపబడి ఉండును. ఇది తక్కువ ద్రవీభవన స్థానం కలిగిన పదార్థముతో తయారుచేయబడిన తక్కువ పొడవు గల ఒక తీగ. విద్యుత్ ఒక నిర్ణీత విలువను అధిగమించినప్పుడు ఇది కరిగి వలయమును ఖండించును. విద్యుత్ రేటింగ్ 15A కంటే తక్కువ ఉన్నప్పుడు సీసము – తగరము యొక్క మిశ్ర లోహము ఫ్యూజులుగా ఉపయోగపడును మరియు విద్యుత్ రేటింగ్ 15A ఎక్కువగా ఉన్నప్పుడు రాగి ఫ్యూజ్ తీగలు ఉపయోగపడును.



పటము 2.31 ఎలక్ట్రిక్ ఫ్యూజ్

పై ఫ్యూజ్‌ల వలన కలిగే నష్టమేమంటే అధిక విద్యుత్ వలన ఫ్యూజ్ తీగ కాలి పోయినప్పుడు అవి మార్చవలెను. ఈ రోజుల్లో గృహముల యందు ఫ్యూజ్ తీగలకు బదులుగా వలయ ఖండనములు (Trippers) ఉపయోగించబడుచున్నవి. తప్పుగా కలుపబడిన తీగల వలన అత్యధిక విద్యుత్ ఉత్పత్తి అయినప్పుడల్లా

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 119 23-03-2023 14:01:49

వలయ ఖండన స్విచ్ తెరుచుకుంటుంది. తప్పుగా ఉన్న సంధానమును సరిచేసిన తరువాత, వలయ ఖండన స్విచ్‌ని మనం మూసివేయవచ్చు. ఇది పటము 2.32 లో చూపబడినది.



పటము 2.32 సర్క్యూట్ బ్రేకర్లు

3. విద్యుత్ కొలిమి

పటము 2.33లో చూపినట్లు ఉక్కు, సిలికాన్ కార్బైడ్, క్వార్ట్జ్, గాలియం ఆర్సినైడ్ వంటి సాంకేతిక పరంగా ముఖ్యమైన పదార్థములను భారీ సంఖ్యలో తయారు చేయుటకు విద్యుత్ కొలిమి ఉపయోగపడును. 1500 °C ఉష్ణోగ్రతను పొందుటకు మాలిబ్డినం – నిక్రోమ్ తీగ చుట్టబడిన సిలికా గొట్టమును ఉపయోగించెదరు. 3000 °C ఉష్ణోగ్రతను కార్బన్ ఆర్క్ కొలిమి ద్వారా పొందవచ్చును.



పటము 2.33 విద్యుత్ కొలిమి

4. విద్యుద్దీపము

ఇది గాజు బల్బు లోపల ఉంచబడిన టంగ్‌స్టన్ ఫిలమెంట్ (ద్రవీభవన స్థానం 3380°C)ను కలిగివుండును మరియు విద్యుత్ ప్రవాహం వల్ల ఉష్ణ దీప్తి (Incandesent lamp) కి వేడి చేయబడును. ఉష్ణ దీప్తి విద్యుత్ బల్బులలో కేవలం 5% విద్యుచ్ఛక్తి కాంతిగా మార్చబడును మరియు మిగిలినది ఉష్ణ రూపములో వృధా అగును. పటము 2.34 లో చూపినట్లు విద్యుత్ ఉత్సర్గ దీపములు, విద్యుత్ వెల్డింగ్ మరియు విద్యుత్తు చాపములుకూడా విద్యుత్ యొక్క ఉష్ణ ఫలితాన్ని వినియోగించుకొనును.



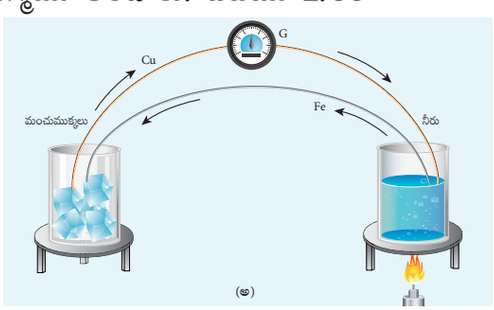
పటము 2.34 విద్యుత్ బల్బు, విద్యుత్ చాపము మరియు విద్యుత్ వెల్డింగ్

2.7 తాప విద్యుత్ ఫలితము (THERMOELECTRIC EFFECT)

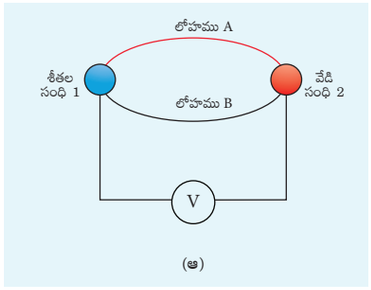
ఉష్ణోగ్రత బేధములు మరియు విద్యుత్ ఓల్టేజీ ఒక దాని నుండి మరొక దానికి మార్పు చెందుటను తాప విద్యుత్ ప్రభావము అందురు. ఇరువైపులా ఉష్ణోగ్రత భేదము ఉండునప్పుడు ఒక తాప విద్యుత్ సాధనము ఓల్టేజిని జనింప చేయును. ఓల్టేజిని అన్వయించినప్పుడు ఉష్ణోగ్రత భేధాన్ని ఏర్పరచును.

2.7.1 సీబెక్ ఫలితము

సీబెక్ అను శాస్త్రవేత్త సంవృత వలయములో రెండు వేర్వేరు లోహముల సంధులు వేర్వేరు ఉష్ణోగ్రతల వద్ద ఉంచినప్పుడు ఒక వి.చా.బ. (emf) ఏర్పడును అని కనుగొనెను. ఏర్పడిన విచాబ వలన ప్రవహించు విద్యుత్తును తాప విద్యుత్ ప్రవాహము అందురు. రెండు వేర్వేరు సంధులు ఏర్పడుటకు రెండు వేర్వేరు లోహములు కలుపబడుటను తాప యుగ్మము అంటారు. పటము 2.35



02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 120 23-03-2023 14:01:52



పటము 2.35 సీబెక్ ఫలితం (ఉష్ణయుగ్మం)

వేడి మరియు చల్లని సంధులను మార్చినట్లయితే, విద్యుత్ ప్రవాహము వ్యతిరేక దిశలో ఉండును. కాబట్టి ఈ ఫలితము ద్విగతము (Reversible) తాప యుగ్మములో ఏర్పడిన వి.చా.బ. పరిమాణము

(i) యుగ్మమును ఏర్పరిచిన లోహముల స్వభావము మరియు (ii) సంధుల మధ్య ఉష్ణోగ్రత భేదములపై ఆధారపడి ఉండును.

సీబెక్ ఫలితం యొక్క అనువర్తనాలు:

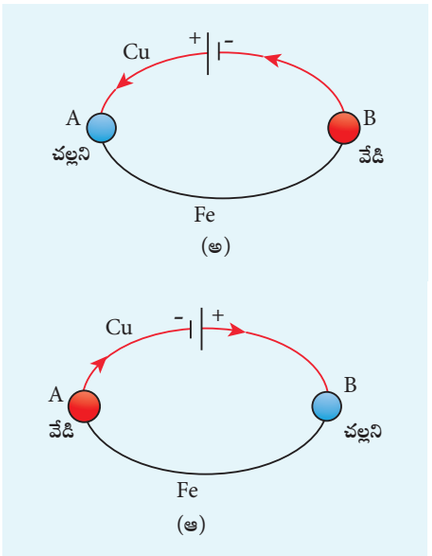
1. సీబెక్ ఫలితము తాప విద్యుత్ జనరేటర్‌లలో ఉపయోగపడును (సీబెక్ జనరేటర్లు). ఈ తాప విద్యుత్ జనరేటర్లు పవర్ ప్లాంట్లలో వృథా అయ్యే ఉష్ణమును విద్యుచ్ఛక్తిగా మార్చుటకు ఉపయోగపడును.

2. ఈ ఫలితము ఆటోమొబైల్స్‌లో ఇంధన సామర్థ్యమును అధికరించుటకు ఆటోమోటివ్ తాప జనరేటర్ల వలే వినియోగింపబడును.

3. రెండు వస్తువుల మధ్య ఉష్ణోగ్రత భేదాన్ని కొలుచుటకు తాప యుగ్మములు మరియు థర్మో ఫైల్స్‌లో సీబెక్ ఫలితము ఉపయోగపడును.

2.7.2 పెల్టియర్ ఫలితము (Peltier effect)

1834లో పెల్టియర్ అను శాస్త్రవేత్త తాప యుగ్మము కలిగిన విద్యుత్ వలయములో విద్యుత్ ప్రవహింప చేయునపుడు ఒక సంధి వద్ద ఉష్ణము వెలువడును, మరొక సంధి వద్ద ఉష్ణము గ్రహింపబడును అని కనుగొనెను. దీనిని పెల్టియర్ ఫలితము అంటారు.



పటము 2.36 పెల్టియర్ ఫలితము: Cu – Fe తాప యుగ్మము

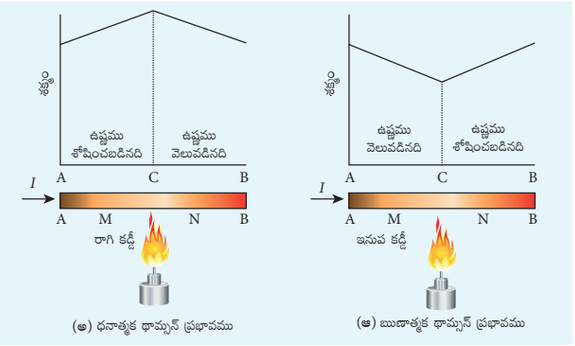
Cu-Fe తాప యుగ్మము నందు A మరియు B సంధులు ఒకే ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఉంచబడును. ఒక బ్యాటరీ నుండి తాప యుగ్మము ద్వారా విద్యుత్ ప్రవహించుచున్నది అనుకొనుము. (పటము 2.36 (అ)) సంధి A వద్ద Cu నుండి -Fe కి విద్యుత్ ప్రవహించిన యెడల ఉష్ణము గ్రహింపబడి A సంధి చల్లబడును. సంధి B వద్ద Fe నుండి Cu కు విద్యుత్తు ప్రవహించి ఉష్ణము వెలువడి సంది B వేడి అగును. విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క దిశను మార్చినప్పుడు పటము 2.36 (ఆ)లో చూపినట్లు సంధి A వేడి అగును మరియు సంధి B చల్లబడును. కాబట్టి పెల్టియర్ ఫలితము ద్విగతమగును.

2.7.3 థామ్సన్ ఫలితము

ఒక వాహకములో రెండు బిందువులు వేర్వేరు ఉష్ణోగ్రతల వద్ద ఉన్నప్పుడు ఈ బిందువుల వద్ద ఎలక్ట్రాన్ల సాంద్రతలో తేడా ఉండును మరియు దీని ఫలితముగా రెండు బిందువుల మధ్య శక్మ భేదము సృష్టించబడును అని థామ్సన్

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 121 23-03-2023 14:01:53

నిరూపించెను. థామ్సన్ ఫలితము కూడా ద్విగతము (Reversible).



పటము 2.37 (అ) ధనాత్మక థామ్సన్ ఫలితము (ఆ) ఋణాత్మక థామ్సన్ ఫలితము

ఒక రాగి దండము AB లో విద్యుత్ ప్రవహింపచేసినప్పుడు మరియు దాని మధ్య బిందువు 'C' వద్ద వేడి చేసినప్పుడు C అను బిందువు అధిక శక్మము వద్ద ఉండును. ఇది పటము 2.37 (అ) లో చూపినట్లు ఉష్ణము వాహకము యొక్క AC వైపు గ్రహించబడును మరియు CB వైపు వెలువరచబడును అని సూచించుచున్నది . కాబట్టి విద్యుత్ ప్రవాహము వలన విద్యుత్ దిశలో ఉష్ణము పరివర్తనము చెందును. దీనిని ధనాత్మక థామ్సన్ ఫలితము అంటారు. ఇదే విధమైన ప్రభావము వెండి, జింక్, కాడ్మియం వంటి లోహములలో చూడవచ్చును.

పటము 2.37(ఆ)లో చూపినట్లు రాగి దండమును తొలగించి ఇనుప దండమును ఉంచినప్పుడు ఉష్ణము CA వైపు వెలువరచబడును మరియు BC వైపు గ్రహించబడును. కాబట్టి విద్యుత్ ప్రవాహం వల్ల విద్యుత్ ప్రవాహమునకు వ్యతిరేకదిశలో ఉష్ణము పరివర్తనము చెందును. దీనిని ఋణాత్మక థామ్సన్ ఫలితము అంటారు. ఇదే ప్రభావము ప్లాటినమ్, నికెల్, కోబాల్ట్ మరియు పాదరసం వంటి లోహములలో చూడవచ్చును.

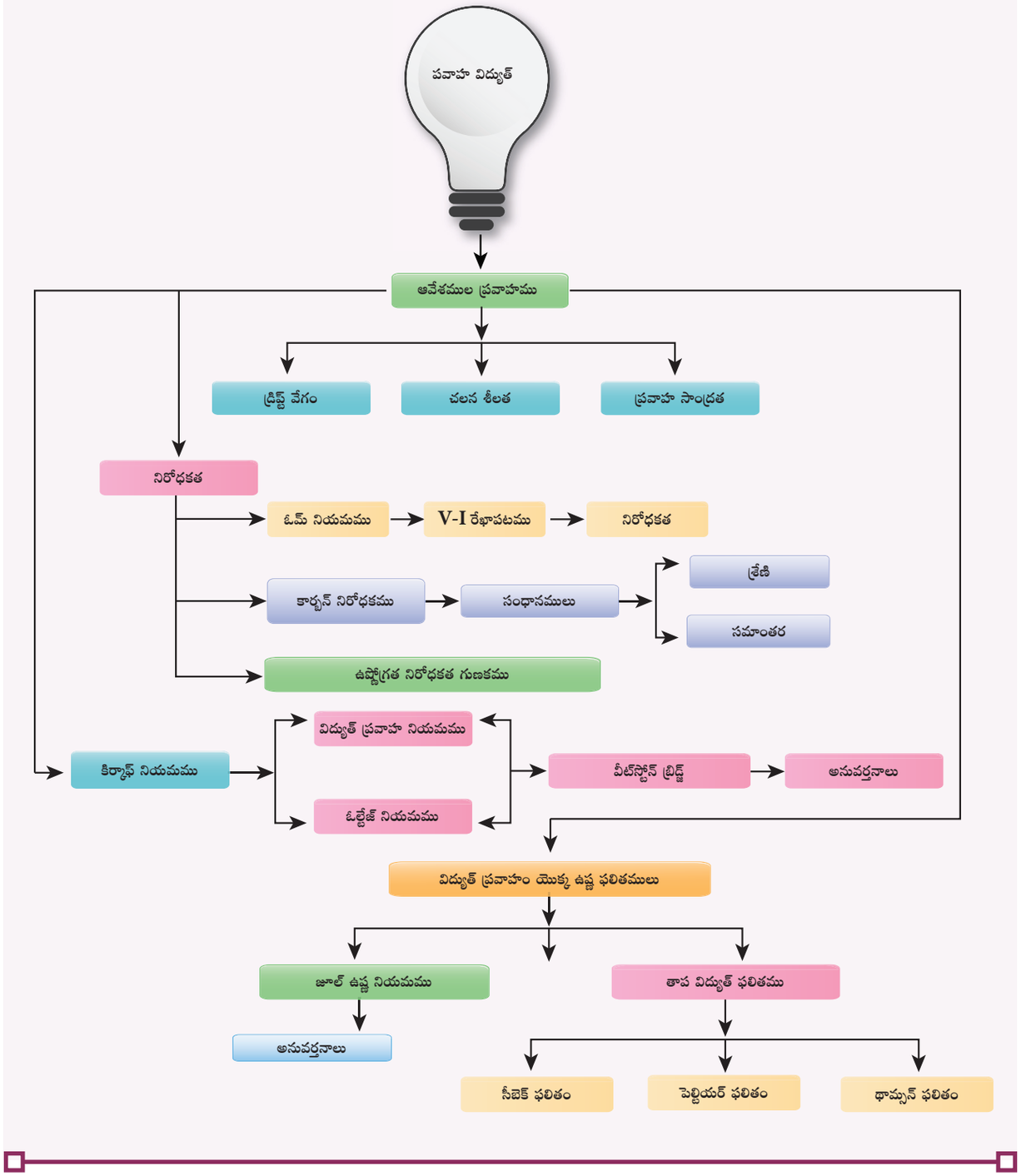
02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 122 23-03-2023 14:01:53

సారాంశము

- వాహకములలో ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము $I = \frac{dQ}{dt}$, ఇక్కడ dQ అనునది dt కాల అంతరములో మధ్యచ్ఛేధము గుండా ప్రవహించు ఆవేశము అగును. విద్యుత్ ప్రవాహం యొక్క SI ప్రమాణము ఆంపియర్ (A). $1A = 1C\ s^{-1}$.
- వాహకములలో ప్రమాణ వైశాల్యములో ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహమును విద్యుత్ సాంద్రత J అందురు. $\left(J = \frac{I}{A}\right)$
- విద్యుత్ ప్రవాహముననునది అదిశ రాశి అగును. కాని ప్రవాహ సాంద్రత సదిశరాశి అగును.
- ఓమ్ నియమము యొక్క సాధారణ రూపము $\vec{J} = \sigma\vec{E}$.
- ఓమ్ నియమము యొక్క ప్రయోగ రూపము నిర్వచించునది $V \propto I$, లేదా $V = IR$., ఇక్కడ I అనునది విద్యుత్ ప్రవాహము మరియు R అనునది నిరోధము, V అనునది వాహకము యొక్క చివరల మధ్య గల శక్మ భేదము అగును.
- వాహకము యొక్క నిరోధము R అనునది $R = \frac{V}{I}$. నిరోధము యొక్క SI ప్రమాణము ఓమ్ (Ω) మరియు $1\ \Omega = \frac{1V}{A}$.
- వాహకము యొక్క నిరోధము $R = \rho\frac{l}{A}$ ఇక్కడ l అనునది వాహకము యొక్క పొడవు మరియు A అనునది మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యము అగును.
- పదార్థము యొక్క నిరోధకత అనునది విద్యుత్ ప్రవాహానికి అవసరమగు నిరోధము యొక్క విలువను నిర్ణయిస్తుంది.
- శ్రేణిలో సంధానించబడిన వివిధ నిరోధములు (R_1, R_2, R_3.....) యొక్క తుల్య నిరోధము (R_s) అనునది $R_s = (R_1 + R_2 + R_3$.....)
- సమాంతర సంధానములో కలుపబడిన వివిధ నిరోధములు (R_1, R_2, R_3.....) యొక్క తుల్య నిరోధము (R_s) అనునది $\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + ...$
- కిర్కాఫ్ మొదటి నియమము (విద్యుత్ ప్రవాహం నియమం లేదా సంధి నియమము) ఏదైనా సంధి వద్ద కలియు విద్యుత్ ప్రవాహముల బీజీయ మొత్తం శూన్యం.
- కిర్కాఫ్ రెండవ నియమము (ఓల్టేజ్ నియమము లేదా వలయ నియమము) సంవృత వలయము నందు ప్రతి ఒక్క భాగము నందు గల విద్యుత్ ప్రవాహము మరియు నిరోధముల లబ్దముల బీజీయ మొత్తం, ఆ వలయము నందు ఏర్పడు మొత్తం విద్యుచ్ఛాలక బలమునకు సమానముగా ఉండును.
- వెలువడు విద్యుచ్ఛక్తి యొక్క రేటుని విద్యుత్ సామర్థ్యము అంటారు.
- V అను శక్మ భేదము గుండా ప్రవహించు విద్యుత్ I అయిన, విద్యుత్ వలయానికి అందించు సామర్థ్యము $P = IV$.
- నిరోధకము (R) లో, ఉష్ణ రూపములోనికి మార్చబడు విద్యుత్ సామర్థ్యం $P = I^2R = \frac{V^2}{R}$.
- 1కిలో వాట్ –గంట (kWh)కి సమానమైన శక్తి $1kWh = 3.6 \times 10^6$ J.
- మీటర్ బ్రిడ్జి అనునది వీట్‌స్టోన్ బ్రిడ్జ్ యొక్క మరొక రూపమగును.
- ఘటాల విద్యుచ్ఛాలక బలములను (వి.చా.బ) పోల్చడానికి పొటెన్షియో మీటర్ ఉపయోగపడును.
- జౌల్ ఉష్ణ నియమము $H = VIt$ (మరియు) $H = I^2Rt$.

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 123 23-03-2023 14:01:56

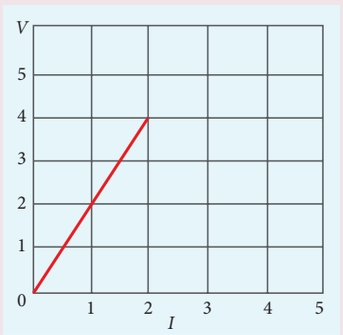
భావన పటము



02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 124 23-03-2023 14:01:57

I సరియైన సమాధానమును ఎన్నుకొనుము

1. క్రింద ఇవ్వబడిన రేఖాపటము (గ్రాఫ్) నందు ఒక తెలియని వాహకము యొక్క విద్యుత్ ప్రవాహము మరియు ఓల్టేజి విలువలు చూపబడినవి. ఈ వాహకం యొక్క నిరోధము ఎంత?

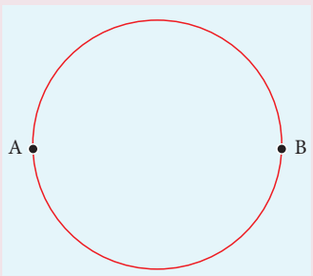




అ) 2Ω ఆ) 4 Ω

ఇ) 8 Ω ఈ) 1 Ω

2. 2 Ω నిరోధం గల 1 *m* పొడవు గల తీగ వ్యాసార్ధం గల వృత్తాకారంలోనికి వంచబడినది. పటంలో చూపిన విధంగా పూర్తిగా వ్యతిరేకంగా గల రెండు బిందువులు A మరియు B లు మధ్యగల తుల్య నిరోధము



అ) π Ω ఆ) $\frac{\pi}{2}\Omega$

ఇ) 2πΩ ఈ) $\frac{\pi}{4}\Omega$

3. 240 V వద్ద పనిచేసే టోస్టర్ 120 Ω నిరోధాన్ని కలిగి ఉండును, అయితే దీని సామర్థ్యము?

అ) 400 W ఆ) 2 W

ఇ) 480 W ఈ) 240 W

4. (47 ± 4.7) k Ω గల ఒక కార్బన్ నిరోధకాన్ని గుర్తించడం కొరకు వివిధ రకాల రంగు వలయాలతో గుర్తించబడినది. ఈ రంగుల వలయమూల యొక్క వరుస క్రమము

అ) పసుపు–ఆకుపచ్చ–ఊదా–బంగారం

ఆ) పసుపు–ఊదా–నారింజ–వెండి

ఇ) ఊదా–పసుపు–నారింజ–వెండి

ఈ) ఆకుపచ్చ–నారింజ–ఊదా–బంగారం

5. క్రింద ఇవ్వబడిన నిరోధకం యొక్క నిరోధం విలువ?



అ) 100 k Ω ఆ) 10 k Ω

ఇ) 1k Ω ఈ) 1000 k Ω

6. వృత్తాకార మధ్యచ్ఛేదము కలిగిన రెండు తీగలు A మరియు B లు సమాన పొడవు కలవి. గౌణ పదార్థంలో తయారు చేయబడతాయి. $R_A = 3R_B$ అయిన, తీగ A కి, B కి గల వ్యాసార్ధముల నిష్పత్తి ఎంత?

అ) 3 ఆ) $\sqrt{3}$

ఇ) $\frac{1}{\sqrt{3}}$ ఈ) $\frac{1}{3}$

7. 230 V విద్యుత్తులో సరఫరాకు అనుసంధానించబడిన తీగలో వెలువరించబడిన శక్తి P_1. అయిన, ఒకవేళ ఆ తీగ రెండు సమాన భాగాలుగా కత్తిరించబడి, మరియు అదే విద్యుత్ సరఫరాకు సమాంతరంగా సంధానం చేయబడిన సందర్భంలో వెలువరించబడిన శక్తి P_2 అయిన, $\frac{P_2}{P_1}$ నిష్పత్తి ఎంత?

అ) 1 ఆ) 2

ఇ) 3 ఈ) 4

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 125 23-03-2023 14:01:59

8. భారత దేశంలో గృహ వినియోగం కోసం 220 V వద్ద విద్యుచ్ఛక్తి సరఫరా చేయబడుతుంది. ఇది USA లో 110 V వద్ద సరఫరా చేయబడుతుంది. భారతదేశంలో ఉపయోగించు 60 W బల్బు యొక్క నిరోధము R లో ఉపయోగించు 60 W బల్బు యొక్క నిరోధము అనునది

అ) R ఆ) 2R

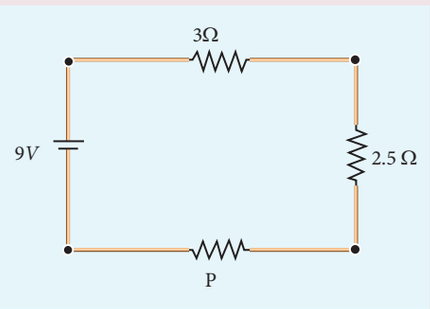
ఇ) $\frac{R}{4}$ ఈ) $\frac{R}{2}$

9. పెద్ద భవనములో 40 W లలో 15 బల్బులు, 100 W లతో 5 బల్బులు, 80Wలతో 5విద్యుత్ ఫంకాలు మరియు 1 kW లతో 1 వాటర్ హీటరు అనుసంధానించబడి ఉన్నవి. ఎలక్ట్రిక్ మెయిన్స్ యొక్క ఓల్టేజ్ 220V అయిన, భవనములోని ప్రధాన ఫ్యూజ్ యొక్క గరిష్ట సామర్థ్యం (IIT-JEE 2014)

అ) 14 A ఆ) 8 A

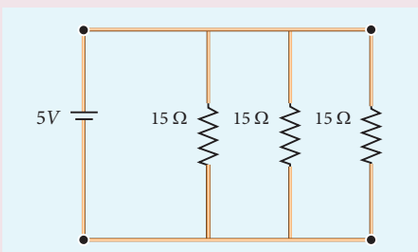
ఇ) 10 A ఈ) 12 A

10. క్రింద చూపిన వలయంలోని విద్యుత్ ప్రవాహము 1.0 A P యొక్క నిరోధము విలువను కనుగొనుము?



అ) 1.5 Ω ఆ) 2.5 Ω ఇ) 3.5 Ω ఈ) 4.5 Ω

11. బ్యాటరీ నుండి గ్రహించు విద్యుత్ ప్రవాహము.



అ) 1A ఆ) 2A ఇ) 3A ఈ) 4A

12. 20°C వద్ద తీగ యొక్క ఉష్ణోగ్రత నిరోధకత గుణకము 0.00125/°C , దీని నిరోధము 1 Ω ఏ ఉష్ణోగ్రత వద్ద తీగ యొక్క నిరోధం 2 Ω గా ఉండును.

అ) 800 °C ఆ) 700 °C

ఇ) 850 °C ఈ) 820 °C

13. 2.1 V ఘటము అనునది 10 Ω నిరోధము గుండా 0.2 A విద్యుత్ ప్రవాహమును ఇచ్చిన, దీని అంతర్నిరోధము

అ) 0.2 Ω ఆ) 0.5 Ω

ఇ) 0.8 Ω ఈ)) 1.0 Ω

14. ఒక రాగి ముక్క మరియు జెర్మేనియం ముక్క గది ఉష్ణోగ్రత నుండి 80 K కి చల్లబరచబడినవి.

అ) రెండింటి నిరోధము అధికమగును

ఆ) రెండిటి నిరోధము తగ్గును

ఇ) రాగి నిరోధము పెరుగును మరియు జెర్మేనియం నిరోధము తగ్గును.

ఈ) రాగి నిరోధము తగ్గును మరియు జెర్మేనియం నిరోధం పెరుగును.

15. జౌల్ ఉష్ణ నియమములో, R మరియు t లు స్థిరాంకములు, H ని y అక్షంలో I^2 ని x అక్షములో తీసుకొని రేఖా చిత్రమును గీచిన

అ) సరళ రేఖ ఆ) పరావలయము

ఇ) వృత్తము ఈ) దీర్ఘవృత్తము

సమాధానములు:

1) అ	**2)** అ	**3)** ఇ	**4)** ఆ	**5)** అ
6) ఇ	**7)** ఈ	**8)** ఇ	**9)** ఈ	**10)** ఇ
11) అ	**12)** ఈ	**13)** ఆ	**14)** ఈ	**15)** అ

II లఘు సమాధాన ప్రశ్నలు

1. విద్యుత్ ప్రవాహము ఒక అదిశ రాశి ఎందుకు?
2. విద్యుత్ ప్రవాహ సాంద్రతను నిర్వచించండి.
3. అపసర (డ్రిఫ్ట్) వేగము మరియు చలనశీలత (మొబిలిటి) లకు మధ్య గల భేదములను తెలుపుము.
4. ఓమ్ నియమము యొక్క సూక్ష్మ రూపమును తెలుపుము.

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 126 23-03-2023 14:01:59

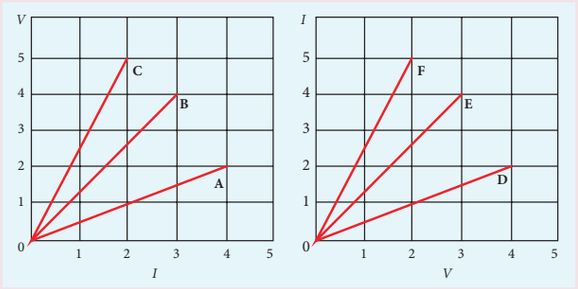
5. ఓమ్ నియమము యొక్క స్థూల రూపమును తెలుపుము.
6. ఓమ్ నియమాన్ని పాటించు మరియు ఓమ్ నియమాన్ని పాటించని ఉపకరణాలు ఏవి?
7. విద్యుత్ నిరోధకతను నిర్వచించుము.
8. ఉష్ణోగ్రత నిరోధకత గుణకమును నిర్వచించుము.
9. అతి వాహకాల గురించి ఒక లఘు వ్యాఖ్యను వ్రాయండి.
10. విద్యుత్ సామర్థ్యము మరియు విద్యుత్ శక్తి అనగానేమి?
11. విద్యుత్ వలయములో విద్యుత్ సామర్థ్యము $P = VI$ నకు గల సమీకరణమును ఉత్పాదించుము.
12. విద్యుత్ వలయములో విద్యుత్ సామర్థ్యమునకు గల వివిధ సమీకరణ రూపములను వ్రాయుము.
13. కిర్కాఫ్ విద్యుత్ ప్రవాహం నియమమును తెలుపుము.
14. కిర్కాఫ్ వోల్టేజ్ నియమమును తెలుపుము.
15. పొటెన్షియో మీటర్ యొక్క తత్వమును తెలుపుము.
16. ఘటము యొక్క అంతర్నిరోధము గురించి మీరు ఏమి అర్థం చేసుకున్నారు?
17. జౌల్ ఉష్ణ నియమమును గురించి తెలుపుము.
18. సీబెక్ ఫలితము అనగానేమి?
19. థామ్సన్ ఫలితము అనగా నేమి?
20. పెల్టియర్ ఫలితము అనగానేమి?
21. సీబెక్ ఫలితం యొక్క అనువర్తనాలను తెలుపుము.

III దీర్ఘ సమాధాన ప్రశ్నలు

1. విద్యుత్ ప్రవాహం యొక్క సూక్ష్మరూపమును వివరించి మరియు దీని నుండి ఓమ్ నియమము యొక్క సాధారణ రూపమును ఉత్పాదించుము.
2. ఓమ్ నియమము యొక్క సూక్ష్మరూపము నుండి స్థూల రూపాన్ని ఉత్పాదించి మరియు వాటి లోపాలను చర్చించుము.
3. శ్రేణి మరియు సమాంతర సంధానములో తుల్య నిరోధమును వివరించుము.
4. ఓల్ట్ మీటర్‌ను ఉపయోగించి ఘటము యొక్క అంతర్నిరోధమును కనుగొనుటను వివరించుము.
5. కిర్కాఫ్ నియమములను తెలుపుము మరియు వివరించుము.
6. వీట్‌స్టోన్ బ్రిడ్జ్ నందు బ్రిడ్జి సమతుల్యమగుటకు గల నిబంధనను తెలుపుము.
7. మీటర్ బ్రిడ్జిని ఉపయోగించి తెలియని నిరోధమును కనుగొనుటను వివరించుము.
8. రెండు ఘటముల వి.చా.బ లను పొటెన్షియో మీటర్‌ను (శక్మ మాపకము) ఉపయోగించి ఏ విధముగా పోల్చెదరు?

IV సమస్యలు

1. A, B, C, D, E మరియు F అను ఆరు వాహకముల విద్యుత్ ప్రవాహము మరియు ఓల్టేజి (I-V) మరియు ఓల్టేజి విద్యుత్ ప్రవాహలను (V-I) సూచించు రేఖ పటము క్రింద ఇవ్వబడినది. ఏ వాహకము కనిష్ట నిరోధము మరియు ఏ వాహకము గరిష్ట నిరోధమును కలిగి ఉండును?



జవాబు: కనిష్ట నిరోధము $R_F = 0.4\ \Omega$, అత్యధిక నిరోధము $R_C = 2.5\ \Omega$

2. సహజ విద్యుత్ ప్రవాహానికి మెరుపులు ఒక మంచి ఉదాహరణ. సాధారణ మెరుపులు 5×10^7 V శక్మ భేదము మధ్యలో 0.2 s కాల వ్యవధిలో 10^9 J శక్తి బదిలీ అగును. ఈ సమాచారమును ఉపయోగించుకొని క్రింది వాటిని



02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 127 23-03-2023 14:02:00

అ) మేఘములు మరియు భూమి మధ్యలో బదిలీ అగు ఆవేశముల మొత్తము

ఆ) మెరుపుదండంలోని విద్యుత్ ప్రవాహం

ఇ) 0.2 s కాలములో వెలువడు విద్యుత్ సామర్థ్యములను అంచనా వేయుము.

జవాబు: ఆవేశము $= 20$ C, $I = 100$ A, $P = 5$ GW

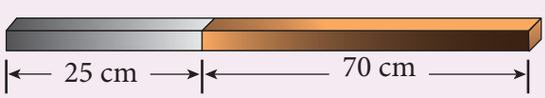
3. 10^{-6} m^2 మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యము కలిగిన రాగి తీగ గుండా 2 A విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రవహించుచున్నది. ఒక ఘన మీటరు తీగలోని స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానుల సంఖ్య 8×10^{28} అయితే ఎలక్ట్రానుల విద్యుత్ ప్రవాహ సాంద్రత మరియు సగటు డ్రిఫ్ట్ వేగములను లెక్కించుము.

జవాబు: $J = 2 \times 10^6$ A m^{-2} ; $v_d = 15.6 \times 10^{-5}$ ms^{-1}

4. 20°C వద్ద నిక్రోమ్ తీగ యొక్క నిరోధము 10 Ω. నిక్రోమ్ తీగ యొక్క ఉష్ణోగ్రత నిరోధకత గుణకము 0.004/°C అయితే, నీటి యొక్క భాష్పీభవన స్థానం వద్ద తీగ యొక్క నిరోధమును కనుగొనుము. ఫలితమును వివాదించుము.

జవాబు: $R_T = 13.2$ Ω. ఉష్ణోగ్రత అధికమగు కొలది తీగలోని నిరోధము కూడా అధికమగును.

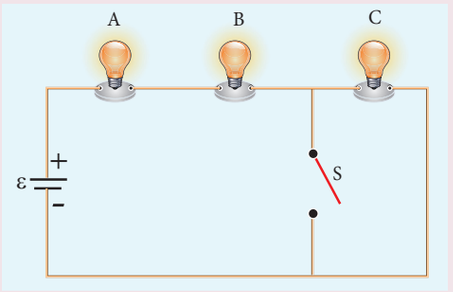
5. క్రింది పటములో ఇవ్వబడిన కడ్డీ రెండు విభిన్న పదార్థములలో తయారు చేయబడి ఉంది.



రెండింటి యొక్క చతురస్ర మధ్యచ్ఛేద భుజము 3 mm, 25 cm పొడవు గల మొదటి పదార్థము యొక్క నిరోధకత 4×10^{-3} Ωm మరియు 70 cm పొడవు గల రెండవ పదార్థం యొక్క నిరోధకత 5×10^{-3} Ωm అగును. కడ్డీ యొక్క చివరల మధ్య గల నిరోధము ఎంత?

జవాబు, 500 Ω

6. పటములో చూపిన విధముగా R నిరోధము కలిగిన ఒకే విధముగా ఉండు మూడు బల్బులు ε వి.చా.బ కలిగిన బ్యాటరీకి అనుసంధానం చేయబడి ఉన్నవి.



అ) అకస్మాత్తుగా స్విచ్ 'S' మూసివేయబడినది. 'S' ను మూసి మరియు తెరచి ఉంచినప్పుడు వలయములోని విద్యుత్ ప్రవాహమును లెక్కించుము.

ఆ) A, B మరియు C బల్బుల తీవ్రతలో ఏమి జరుగుతుంది?

ఇ) S ను తెరచి మరియు మూసి ఉంచినప్పుడు మూడు బల్బుల మధ్యలో గల ఓల్టేజిని లెక్కించు ము.

ఈ) S ని మూసి లేదా తెరచి ఉంచినప్పుడు వలయానికి అందించు విద్యుత్ సామర్థ్యమును లెక్కించుము.

ఉ) వలయానికి అందించు విద్యుత్ సామర్థ్యము తగ్గుతుందా, పెరుగుతుందా లేదా ఒకే విధముగా ఉంటుందా అని తెలుపుము.

జవాబు:

విద్యుత్ రాశులు	స్విచ్ S ని తెరచి ఉంచిన	స్విచ్ S ని మూసి ఉంచిన
అ) విద్యుత్ ప్రవాహం	$\frac{\varepsilon}{3R}$	$\frac{\varepsilon}{2R}$
ఆ) ఓల్టేజి	$V_A = \frac{\varepsilon}{3}$ $V_B = \frac{\varepsilon}{3}$ $V_C = \frac{\varepsilon}{3}$	$V_A = \frac{\varepsilon}{2}$ $V_B = \frac{\varepsilon}{2}$ $V_C = 0$
ఇ) విద్యుత్ సామర్థ్యం	$P_A = \frac{\varepsilon^2}{9R}$ $P_B = \frac{\varepsilon^2}{9R}$ $P_C = \frac{\varepsilon^2}{9R}$	$P_A = \frac{\varepsilon^2}{4R}$ $P_B = \frac{\varepsilon^2}{4R}$ $P_C = 0$ మొత్తం విద్యుత్ సామర్థ్యం అధికమగును.

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 128 23-03-2023 14:02:02

ఈ) తీవ్రత	అన్ని బల్బులు ఒకే తీవ్రతతో ప్రకాశించును.	A మరియు B బల్బుల తీవ్రతలు ఒకే విధముగా పెరుగును. C గుండా విద్యుత్ ప్రవహించదు కావున బల్బు C ప్రకాశించదు.
ఉ) అధికమగును		

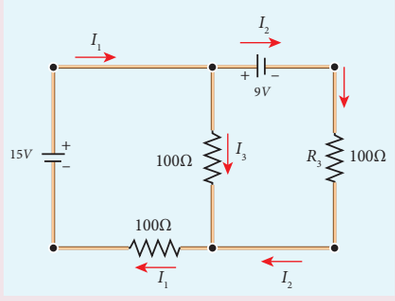
7. ఎలక్ట్రానిక్స్ పై అభిరుచి కలిగిన ఆమెకి ఒక రేడియోని నిర్మించుటకు వలయంలో 150 Ω ల నిరోధము అవసరమైనది. కానీ ఆమె దగ్గర 220 Ω, 79 Ω మరియు 92 Ω నిరోధములు మాత్రమే అందుబాటులో ఉన్నవి. అవసరమైన విలువ కలిగిన నిరోధమును పొందుటకు అందుబాటులో ఉన్న నిరోధకములను ఆమె ఏ విధంగా అనుసంధానించును?

   జవాబు: 79 Ω మరియు 220 Ω ను శ్రేణి సంధానము చేసి 92 Ω తో సమాంతర సంధానము చేయవలెను.

8. ఒక ఘటము 2 Ω నిరోధకము గుండా 0.9 A విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని మరియు 7 Ω నిరోధకము గుండా 0.3 A విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని సరఫరా చేయును. ఘటము యొక్క అంతర్నిరోధాన్ని లెక్కించుము.

   జవాబు: 0.5Ω

9. క్రింద ఇవ్వబడిన వలయము నందలి విద్యుత్ ప్రవాహములను లెక్కించుము.

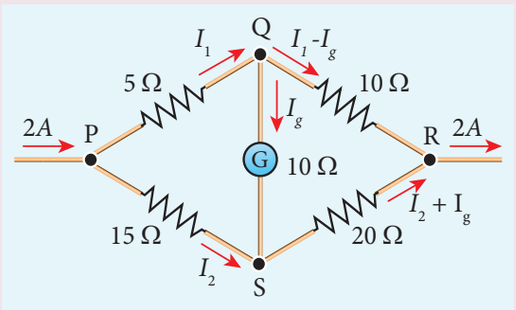


   జవాబు: I_1 = 0.070 A, I_2 = -0.010 A మరియు I_3 = 0.080 A

10. పొటెన్షియో మీటర్ తీగ 4 m మీ పొడవు మరియు 20 Ω నిరోధమును కలిగి ఉండును. ఇది 2980 Ω నిరోధము మరియు 4 V వి.చ్చా.బ కలిగిన ఘటములలో శ్రేణిలో అనుసంధానించబడి ఉండును. తీగ అంతటా గల శక్మ ప్రవణత (Potential Gradient) ను లెక్కించుము.

    జవాబు: పొటెన్షియల్ = 0.65×10^{-2} V m^{-1}.

11. పటములో చూపిన విధముగా అనుసంధానించబడి ఉన్న గాల్వనామీటర్ (G) గుండా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహమును నిర్ణయించుము.



    జవాబు: $I_g = \frac{1}{11}$ A

12. ఒక్కొక్కటి 5 V ఓల్టేజి గల రెండు ఘటములలో 8 Ω నిరోధకము మరియు సమాంతర సంధానములో గల 4 Ω, 6 Ω మరియు 12 Ω నిరోధకముల శ్రేణిలో సంధానించబడి ఉన్నవి. పై అమరికకు వలయ పటమును గీయుము.

    అ) రెండు ఘటముల నుండి తీసుకొని విద్యుత్ ప్రవాహము

    ఆ) ప్రతి ఒక్క నిరోధకము గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహమును లెక్కించుము.

    జవాబు:

    అ) 8 Ω గుండా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహం $I = 1\text{A}$

    ఆ) 4 Ω గుండా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము $I = \frac{2}{4} = 0.5\text{A}$

    6 Ω గుండా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము $I = \frac{2}{6} = 0.33\,\text{A}$

    12 Ω గుండా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము $I = \frac{2}{12} = 0.17\,\text{A}$

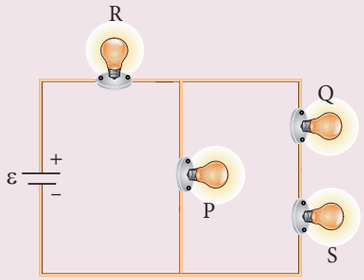
02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 129 23-03-2023 14:02:04

13. P, Q, R, S అను నాలుగు బల్బులు తెలియని అమరికకు వలయములో అనుసంధానించబడి ఉన్నవి. ప్రతి బల్బును ఒక్కసారికి ఒక్కొక్కసారి ఒక్కొక్కటి చొప్పున తొలగించిన, క్రింది సంఘటనలు పరిశీలించబడినవి.

	P	Q	R	S
P తొలగించబడినది	*	వెలుగును	వెలుగును	వెలుగును
Q తొలగించబడినది	వెలుగును	*	వెలుగును	వెలగదు
R తొలగించబడినది	వెలగదు	వెలగదు	*	వెలగదు
S తొలగించబడినది	వెలుగును	వెలగదు	వెలుగును	*

ఈ బల్బులకు వలయ పటమును గీయుము.

జవాబు:



14. పొటెన్షియో మీటర్ అమరిక నందు 1.25 V వి.చ్ఛా.బ గల ఒక ఘటము తీగ యొక్క పొడవు 35 సెం.మీ వద్ద సంతులన బిందువును ఏర్పరచినది ఇప్పుడు 1.25 V వి.చా.బ కలిగిన ఘటమును తొలగించి మరొక ఘటమును అనుసంధానించినప్పుడు సంతులన బిందువు 63 సెం.మీలకు మారినచో, ఆ రెండవ ఘటము యొక్క వి.చా.బ ను కనుగొనండి.

జవాబు: రెండవ ఘటము యొక్క వి.చా.బ 2.25 V

పరిశీలనా గ్రంథాలు (BOOKS FOR REFERENCE)

1. Douglas C.Giancoli, , "*Physics for Scientist &Engineers with Modern Physics*", Pearson Prentice Hall, Fourth edition.
2. James Walker, *Physics*, Pearson- Addison Wesley publishers, Fourth edition.
3. Tipler, Mosca, "*Physics for scientist and Engineers with Modern Physics*", Freeman and Company, sixth edition.
4. Purcell, Morin, *Electricity and magnetism*, Cambridge university press, third edition.
5. Serway and Jewett, "*Physics for Scientist and Engineers with Modern Physics*", Brook/Coole publishers, eighth edition.
6. Tarasov and Tarasova, "*Questions and problems in School Physics*", Mir Publishers.
7. H.C.Verma, "*Concepts of Physics Vol 2*, Bharthi Bhawan publishers.
8. Eric Roger, *Physics for the Inquiring Mind*, Princeton University press.

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 130 23-03-2023 14:02:05

అంతర్జాల కృత్యము

ప్రవాహ విద్యుత్

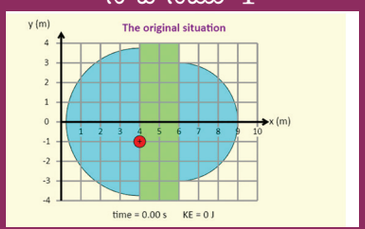
ఈ కృత్యము నందు (అ) ఘటము యొక్క శక్మభేదములను కొలిచెదరు. (ఆ) ఇవ్వబడిన ప్రాథమిక ఘటం యొక్క అంతర్నిరోధమును కొలుచుట.

అంశం: పొటెన్షియో మీటర్ శక్మ మాపకము

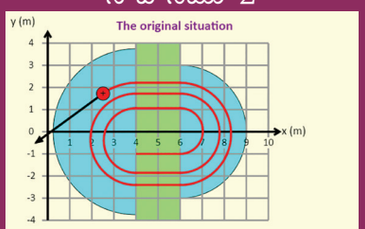
సోపానములు

- బ్రౌజర్‌ని ఓపెన్ చేసి, అడ్రస్ బార్ నందు "olabs.edu.in" అని టైప్ చేయవలెను. ఫిజిక్స్ టాబ్‌ను క్లిక్ చేసి మరల తరగతి 12 సెక్షన్‌లో "ఘటం యొక్క పొటెన్షియో మీటర్ – అంతర్నిరోధము" ను క్లిక్ చేయవలెను. "సిములేటర్" (simulator) టాబ్‌కి వెళ్ళి ప్రయోగము చేయవలెను.
- "show circuit diagram" ను క్లిక్ చేసి అనుసంధాన పటము మాదిరిగా విద్యుత్ వలయమును నిర్మించుము. మౌస్‌ను విద్యుత్ భాగాలకు మధ్యలో జరుపుతూ (drag) చేస్తూ, విద్యుత్ భాగాలు (పరికరాలు) అన్ని తీగల ద్వారా అనుసంధానం చేయవలెను.
- సంధానములు సరిగ్గా ఉన్నవా లేవా అని చెక్ చేయుటకు, జాకీని డ్రాగ్ చేసి తీగ యొక్క రెండు చివర బిందువుల వద్ద ఉంచవలెను. గాల్వానా మీటర్ వ్యతిరేఖ అపవర్తనములను సూచించినట్లు, సంధానములు సరిగ్గా ఉన్నవి అని చెప్పవచ్చు. (రెండు కీలు ఆన్ చేయబడి ఉండవలెను)

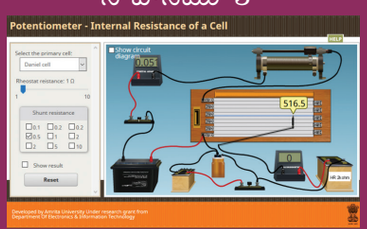
సోపానము 1



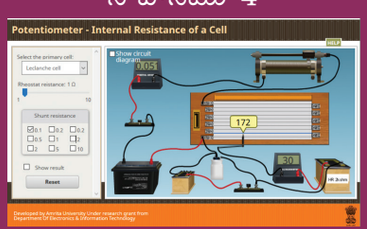
సోపానము 2



సోపానము 3



సోపానము 4



సంతులన పొడవును కనుగొనుము. నిర్ణయించిన సంతులన పొడవులకు అంతర్నిరోధం లెక్కించుము. ఈ ప్రయోగమును మరల మరల 5 సార్లు చేసి, సరాసరి విలువను తీసుకొనవలెను.

EM6U1

http://amrita.olabs.edu.in/?sub=1&brch=6&sim=147&cnt=4

02_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_2.indd 131 23-03-2023 14:02:06

అధ్యాయము

3

అయస్కాంతత్వం మరియు విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క అయస్కాంత ప్రభావములు

అయస్కాంత బలము అనునది ఒక ఆత్మను అనుకరిస్తుంది లేదా చేతనము చేస్తుంది. ఇది ఒక సజీవ శరీరములో మానవ ఆత్మ ఐక్యమై ఉన్నప్పుడు, అనేక విధాలుగా దాని ద్వారా ప్రసరిస్తుంది. – విలియం గిల్బర్ట్

అభ్యసన లక్ష్యాలు

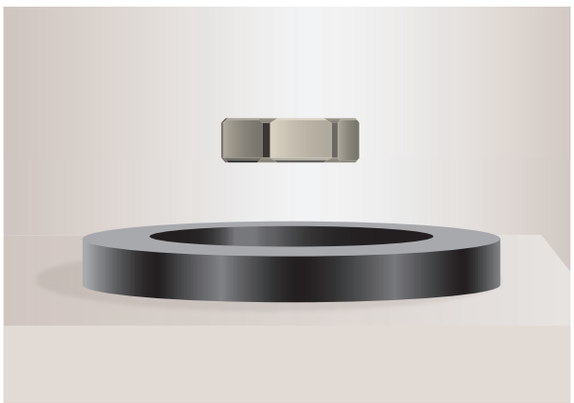
ఈ పాఠ్యాంశమునందు విద్యార్థులు క్రింది విషయాలను అవగాహనచేసుకోగలరు

- భూఅయస్కాంత క్షేత్రము మరియు అయస్కాంత మూలకములు
- అయస్కాంతము యొక్క ప్రాథమిక ధర్మములు
- అయస్కాంతత్వము యొక్క కూలూంబ్ విలోమ వర్గనియమము
- అయస్కాంత ద్విధ్రువము
- దండయస్కాంతము యొక్క అక్షీయరేఖ మరియు మధ్య లంబరేఖ మీద ఏదైనా బిందువు వద్ద ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము
- ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో యున్న ఒక దండాయస్కాంతము యొక్క క్షితిజ శక్తి
- అయస్కాంత ధర్మములు ప్రవేశశీలత ససెప్టబిలిటి (వశ్యత)
- అయస్కాంత పదార్థముల యొక్క వర్గీకరణ డయా, పారా మరియు ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థములు
- శైథిల్యము యొక్క భావన
- విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క అయస్కాంత ప్రభావములు పొడవైన సరళ వాహకము మరియు వృత్తాకారపు తీగచుట్ట
- కుడిచేతి బొటన వ్రేలు నియమము మరియు మాక్స్‌వెల్ యొక్క కుడిచేతి బెండు మర నియమము
- బయట్ సావర్ట్ నియమము మరియు దాని అనువర్తనములు
- టాన్‌జన్ట్ నియమము మరియు టాన్‌జన్ట్ గాల్వనోమీటర్
- విద్యుత్ ప్రవాహ వలయము అయస్కాంత ద్విధ్రువముగా పనిచేయుట
- పరిభ్రమించు ఎలక్ట్రాను యొక్క అయస్కాంత ద్విధ్రువ భ్రామకము
- ఆంపియర్ వలయ నియమము మరియు దాని అనువర్తనములు
- సోలినాయిడ్ మరియు టోరాయిడ్ (అంతములేని సోలినాయిడ్)
- లారెంట్జ్ బలము విద్యుత్ అయస్కాంత క్షేత్రములో చలించు ఆవేశము
- సైక్లోట్రాన్
- అయస్కాంత క్షేత్రములో యున్న విద్యుత్ ప్రవహించు వాహకముపై పనిచేయు బలము
- విద్యుత్ ప్రవహించు రెండు పొడవైన సమాంతర వాహకములకు మధ్యలో ఏర్పడు బలము
- అయస్కాంత క్షేత్రములోయున్న విద్యుత్ ప్రవాహవలయము మీద ఏర్పడు యుగ్మ భ్రామకము
- కదిలే తీగచుట్ట గాల్వనోమీటరు

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 132 23-03-2023 14:03:18

3.1

అయస్కాంతత్వము – ఒక పరిచయము
(INTRODUCTION TO MAGNETISM)



పటము 3.1 అయస్కాంత వాయు స్తంభనం

అయస్కాంతము దాని ప్రవర్తన అందరిని ఆకర్షించును అనుటలో ఎటువంటి సందేహము లేదు. అయస్కాంతము యొక్క ఉపయోగమును బట్టి ఈ ప్రపంచము నవీన ఆడంబర జీవితమును అనుభవించుచున్నది. అనేక శతాబ్దములుగా అయస్కాంతమును గూర్చి చదువుట ప్రపంచము పూర్తిగా యున్న అనేక వైజ్ఞానిక శాస్త్రవేత్తలకు ఆకర్షణీయముగా ఉంటూ వస్తున్నది. ఇంకనూ కూడా అయస్కాంతమును గూర్చి పరిశోధనలు జరుగుతూనే యున్నది. (పటము 3.1)

ఎలక్ట్రాను వంటి మిక్కిలి చిన్న కణము నుండి విశ్వము వరకు అయస్కాంతత్వం నిండియున్నది. చారిత్రాత్మకముగా మేగ్నటిసమ్ (magnetism) అను పదము మేగ్నటైట్ (magnetite Fe_3O_4) అను ఇనుప ధాతువు పేరు నుండి ఏర్పడినది. ప్రాచీన కాలములో అయస్కాంతములు దిశను సూచించు పరికరములను తయారుచేయుటకు, అయస్కాంత చికిత్సకు మరియు మాయాజాల ప్రదర్శనలు చేసి చూపుటకు ఉపయోగపడును.

ఆధునిక ప్రపంచములో నిత్యజీవితములో ఉపయోగించు అనేక వస్తువులలో అయస్కాంతములు యున్నవి. విద్యుత్ యంత్రములు, సైకిల్, విద్యుత్ మోటార్లు, లౌడ్ స్పీకర్లు, ధ్వని మరియు వీడియో

మీకు తెలుసా?

భూమి అయస్కాంత క్షేత్రమును ఉపయోగించి దిశను తెలుసుకొనుటకు, అనేకమైన పక్షులు, జంతువులు వాటి కన్నులలో. అయస్కాంత సూక్ష్మ సున్నితత్వమును కలిగి యున్నవి – జిబ్రాపించ్ (Zebra finch) అను పక్షి దాని రెటినాలో నున్న క్రిప్టోకోమ్స్ క్రై4 అను మాంసకృత్తులను కలిగి భూఅయస్కాంత క్షేత్రమును అనుభూతి చెంది అది ఎగిరే దిశను తెలుసుకొనుచున్నది.

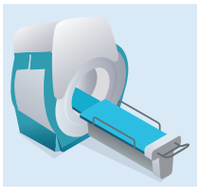


ముద్రణకు ఉపయోగపడు అయస్కాంత టేపులు, చరవాణి (mobile phones) హెడ్‌ఫోన్‌లు, CD లు, పెన్‌డ్రైవ్‌లు, ల్యాప్‌టాప్‌లలో , శీతలీకరణ పెట్టె యొక్క తలుపు (Refrigerator door), విద్యుత్ జనని మొదలగునవి. వీటిలో కొన్ని పటము 3.2లో చూపబడినది.

చాలాకాలంగా విద్యుత్ మరియు అయస్కాంతము రెండునూ ఒకదానికొకటి సంబంధములేని భౌతికశాస్త్రము యొక్క రెండు వేర్వేరు భాగములు అని నమ్మబడినది. 1820లో విద్యుత్ ప్రవహించు తీగకు దగ్గరగా అయస్కాంత దిక్సూచి పెట్టెను తీసుకొచ్చినప్పుడు అది అపవర్తనము చెందునని H.C. ఓయర్‌స్టెడ్ కనుగొన్న తర్వాత విద్యుత్ మరియు అయస్కాంతత్వము అని వేరుగాయున్న ఈ రెండు విభాగములను విద్యుదయస్కాంతత్వము అను భౌతికశాస్త్రము యొక్క ఒకే భాగముగా కలుపబడినది. ఈ విభాగములో అయస్కాంతముల యొక్క ఆధార మరియు వాటి ధర్మములు ఇవ్వబడియున్నవి. ఇంకనూ స్థిరమైన విలువ కలిగిన విద్యుత్ ప్రవహించు వాహకము ఏవిధంగా అయస్కాంతము వలె పనిచేయును అని వివరించబడియున్నది.

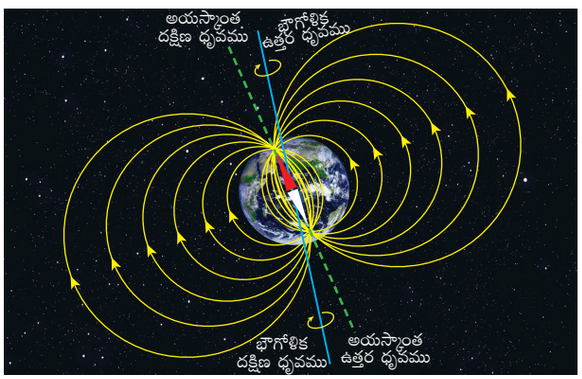
03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 133 23-03-2023 14:03:18

(అ)  (ఆ) 

(ఇ)  (ఈ) 

పటము 3.2 ఆధునిక ప్రపంచములో అయస్కాంతము ఉపయోగాలు (అ) స్పీకర్స్ (ఆ) హెడ్‌ఫోన్స్, (ఇ) MRI స్కాన్ (ఈ) ల్యాప్‌టాప్ యొక్క హార్డ్‌డిస్క్

3.1.1 భూ అయస్కాంత క్షేత్రము మరియు భూ అయస్కాంతము (Earth's magnetic field and magnetic elements)



పటము 3.3 భూఅయస్కాంత క్షేత్రము

దిక్సూచి పరికరములలో యున్న అయస్కాంత సూచిక లేదా ఆటంకము లేక వ్రేలాడదీయబడిన అయస్కాంతము వంటివి ఇంచుమించుగా భూమి యొక్క ఉత్తర – దక్షిణ దిశలలో నిలుచుట చిన్న తరగతులలో మనము పరిశోధనలు చేసి తెలుసుకొనియున్నాము.

అయస్కాంత సూచిక యొక్క ఉత్తరపు ధృవము భూమి యొక్క ఉత్తర వైపు దగ్గరగా యున్న అయస్కాంత దక్షిణ ధృవముచే ఆకర్షించబడుతుంది. (పటము 3.3) ఇదేవిధంగా అయస్కాంత సూచిక యొక్క దక్షిణ ధృవము భూమి యొక్క దక్షిణ ధృవమునకు దగ్గరగా యున్న అయస్కాంత ఉత్తర ధృవముచే ఆకర్షించబడుతుంది.

భూమి యొక్క అయస్కాంత క్షేత్రము గూర్చి చదువు భౌతికశాస్త్రము యొక్క భాగమునకు భూఅయస్కాంతత్వము (Geomagnetism) లేదా (Terrestrial magnetism) భౌమిక అయస్కాంతత్వము అని పేరు. భూతలములో ఉన్న అయస్కాంత క్షేత్రమును గుర్తించుటకు మూడు కొలతలు అవసరమగును. వాటిని కొన్ని

మీకు తెలుసా?

1600వ సంవత్సరములో జీవించిన విలియమ్ గిల్‌బర్ట్ అను శాస్త్రవేత్త, భూమి ఒక అతిపెద్ద శక్తి కలిగిన దండాయస్కాంతము వలె పనిచేయుచున్నది అను దృగ్విషయమును అందరికంటే ముందు తెలియజేసెను. కాని ఈ దృగ్విషయమును ఒప్పుకొనలేదు. ఎందుకనగా భూమి లోపల యున్న చాలా అధిక ఉష్ణోగ్రతలో ఆ అయస్కాంతము దాని అయస్కాంత గుణమును కోల్పోవును.

సూర్యుని నుండి వచ్చు ఉష్ణకిరణములు మాత్రమే భూమి యొక్క అయస్కాంత క్షేత్రమునకు కారణమని 'గోవర్' అను శాస్త్రవేత్త తెలియజేసెను. ఈ కిరణములు భూమధ్యరేఖ (equatorial region) భాగమునకు దగ్గరలో యున్న గాలిని వేడిచేయును. ఈ వేడి గాలి భూమి యొక్క ఉత్తర మరియు దక్షిణ అర్ధగోళములవైపు వీచునపుడు ఆవేశమును పొందుచున్నది. భూతలములో యున్న ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థములు అయస్కాంత గుణమును పొందుటకు ఈ ఆవేశము పొందిన ఉష్ణ గాలి కారణముగా ఉండవచ్చును. ఇంతవరకు భూమి యొక్క అయస్కాంత గుణమును వివరించుటకు అనేక దృగ్విషయములు ముందుంచబడినవి. కానీ ఏ యొక్క దృగ్విషయము భూమి యొక్క అయస్కాంత ధర్మమునకు గల కారణమును పూర్తిగా వివరించలేదు.

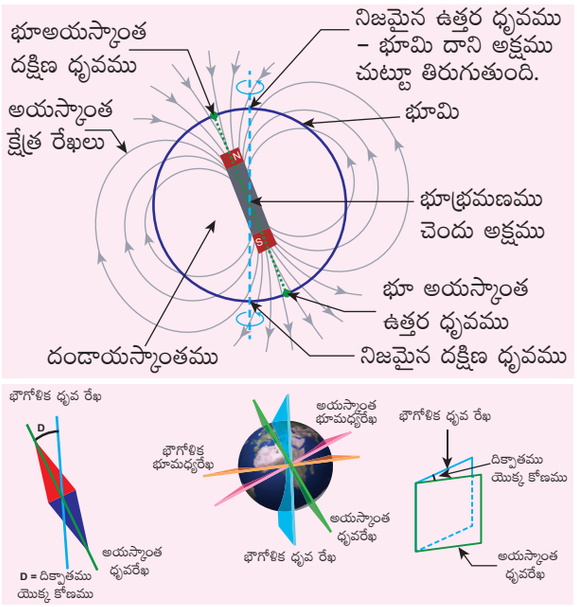
03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 134 23-03-2023 14:03:20

సమయములలో భూఅయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క మూలకములు అనియు పిలువవచ్చును. అవి:

అ) అయస్కాంత దిక్పాతము (Magnetic declination) (D)

ఆ) అవపాతం (Magnetic dip or inclination) (I)

ఇ) భూఅయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క క్షితిజ అంశము (Horizontal component of the Earth's magnetic field) (B_H)



పటము 3.4 దిక్పాత కోణము

భౌగోళిక అక్షమును బట్టి భూమి తనను తాను చుట్టుట వలన రాత్రి–పగలు ఏర్పడుచున్నవి. ఈ భౌగోళిక అక్షము (Geographic axis) ద్వారా పోవు లంబ తలమునకు భౌగోళిక మెరిడియన్ (Geographic meridian) అని పేరు. ఈ భౌగోళిక అక్షమునకు లంబముగా యుండు ఒక అతి పెద్ద వృత్త రేఖకు భూమధ్యరేఖ అని పేరు.

భూఅయస్కాంత ధృవములను కలుపు సరళరేఖలకు అయస్కాంత అక్షము అని పేరు. ఈ అయస్కాంత అక్షము ద్వారా వెళ్ళు లంబ తలమునకు అయస్కాంత మెరిడియన్ అని పేరు. భూమి యొక్క అయస్కాంత అక్షమునకు లంబముగా కలుపబడు ఒక అతిపెద్ద వృత్తరేఖను అయస్కాంత మధ్యరేఖ అని అంటారు.

ఒక అయస్కాంత సూదిని స్వేచ్ఛగా వ్రేలాడదీయునపుడు, ఆ అయస్కాంత సూది పటము 3.4లో చూపబడియున్న భౌగోళిక మెరిడియన్‌లో ఖచ్చితంగా నిలువదు. ఒక బిందువులో అయస్కాంత మెరిడియన్‌కు భౌగోళిక మెరిడియన్‌కు మధ్యయున్న కోణమును అయస్కాంత దిక్పాతము 'D' అంటారు. ఉన్నత అక్షాంశములకు అయస్కాంత దిక్పాతము అధికముగా యుండును. కాని భూమధ్యరేఖకు దగ్గరలో దీని విలువ తక్కువగా ఉండును. ఇండియాలో అయస్కాంత దిక్పాతము చాలా తక్కువ విలువకలిగియున్నది. ఇంకనూ చెన్నైలో దీని విలువ $-1^{\circ}\,16'$ (ఇది ఋణాత్మక విలువ పడమర)

ఒక బిందువులో భూగోళము యొక్క మొత్త అయస్కాంత క్షేత్రము $\vec{B}$. అయస్కాంత మెరిడియన్ క్షితిజ సమాంతర దిశతో ఏర్పడు కోణము అయస్కాంత అవపాతము అని పేరు. (పటము 3.5) చెన్నై యొక్క అవపాత కోణము $14^{\circ}\,28'$ అగును. అయస్కాంత మెరిడియన్ ఒక క్షితిజ సమాంతర దిశలోయున్న భూఅయస్కాంత క్షేత్ర అంశము. భూఅయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క క్షితిజ అంశమును B_H చే సూచిస్తారు.

భూతలమునందు P అను బిందువులో యున్న భూఅయస్కాంత క్షేత్రము B_E అనుకొనుము. దీనిని ఒకదానికొకటి లంబముగా యున్న రెండు అంశములుగా పరిష్కరించవచ్చును.

క్షితిజ సమాంతర అంశము $B_H = B_E \cos I$ (3.1)

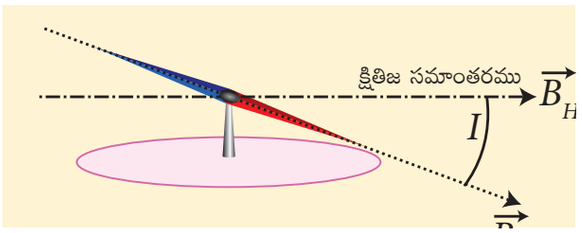
లంబ అంశము $B_V = B_E \sin I$ (3.2)

సమీకరణము (3.2) ను 3.1 చే భాగించగా లభించునది

$$\tan I = \frac{B_V}{B_H} \qquad (3.3)$$

(i) అయస్కాంత భూమధ్యరేఖ వద్ద

భూ అయస్కాంత క్షేత్రము భూ తలమునకు సమాంతరముగా యుండుట వలన (క్షితిజ సమాంతరముగా) దిక్సూచి పరికరము యొక్క సూది



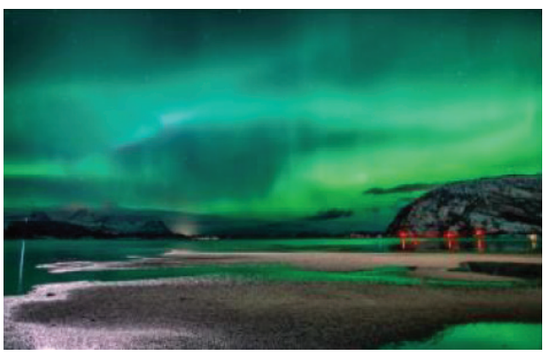
పటము 3.5 అయస్కాంత అవపాతము

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 135 23-03-2023 14:03:21

అరోరా బొరియలిస్ మరియు అరోరా అస్ట్రాలిస్

మీకు తెలుసా?

ఎత్తైన భూభాగములో జీవించు ప్రజలు (ఆర్కిటిక్ లేదా అంటార్కిటిక్ భాగమునకు సమీపములో) రాత్రిపూట ఆకాశములో మిక్కిలి ప్రకాశవంతమైన రంగుల సహజ కాంతిని చూసియుండగలరు. ఆకాశంలో ఏర్పడు ఈ ఆశ్చర్యకరమైన దృశ్యమునకు Aurora borealis లేదా Aurora australis అని పేరు. కొన్ని సమయములో ధృవ కాంతి అనియు దీనిని పిలిచెదరు. భూమి యొక్క ఉత్తర అర్ధగోళము మరియు దక్షిణ అర్ధగోళముల యొక్క అయస్కాంత ధృవములకుపైన ఈ కాంతి దృశ్యమును చూడవచ్చును. ఉత్తర దిశలో దీనిని Aurora borealis అనియూ, దక్షిణ దిశలో Aurora australis అనియూ పిలుస్తారు. భూమి యొక్క వాయుమండలంలో యున్న వాయుకణములు సౌర గాలి (Solar wind) వలన సౌర వాతావరణము నుండి వెలువడు అధికముగా ఆవేశము గావింపబడిన కణములచే అంతరచర్య ఏర్పడుట వలన ఈ కాంతి దృశ్యము ఏర్పడుచున్నది. ఇంకనూ వేర్వేరు రకముల కణముల యొక్క అభిఘాతముల వలన వేర్వేరు రంగులలో కాంతి ఏర్పడుచున్నది. అయనీకరణ స్థితిలో యున్న ఆక్సిజన్ అణువులు అభిఘాతము చెందునపుడు పచ్చని రంగుతో కూడిన లేతపసుపు రంగు కాంతి ఏర్పడును. అయనీకరణ స్థితిలోయున్న నైట్రోజన్ అణువులు అభిఘాతము చెందునపుడు నీలి లేదా ఊదారంగు దృశ్యము ఏర్పడుచున్నది.









03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 136 23-03-2023 14:03:21

మొన $I = 0^{\circ}$ అను అవపాత కోణములో విరామ స్థితిని పొందును.

$$B_H = B_E$$
$$B_V = 0$$

భూమధ్యరేఖలో క్షితిజ అంశము గరిష్ఠముగాను, లంబ అంశము శూన్యముగా యుండుటను ఇది తెలియజేయుచున్నది.

(ii) అయస్కాంత ధృవముల వద్ద

భూఅయస్కాంత క్షేత్రము, భూతలమునకు లంబముగా యుండుట వలన దిక్సూచి పరికరము యొక్క సూది మొన లంబముగా $I = 90^{\circ}$ అను అవపాత కోణములో విరామ స్థితిని పొందుటను మనము తెలుసుకొనవచ్చును.

$$B_H = 0$$
$$B_V = B_E$$

అయస్కాంత ధృవములలో లంబ అంశము గరిష్ఠముగాను, క్షితిజ అంశము శూన్యముగాను యుండుటను ఇది తెలియపరచుచున్నది.

ఉదాహరణ 3.1

ఒక నిర్ణీత ప్రదేశములో భూఅయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క క్షితిజ అంశము మరియు లంబ అంశములు క్రమముగా 0.15 G మరియు 0.26 G అయిన ఆ ప్రదేశము యొక్క అయస్కాంత అవపాత కోణము మరియు ఫలిత అయస్కాంత క్షేత్రమును లెక్కించుము.

(ఇచ్చట G-gauss, CGS పద్ధతిలో అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క ప్రమాణము Gauss అగును. $1\text{G} = 10^{-4}\ \text{T}$)

సాధన

$B_H = 0.15$ G మరియు $B_V = 0.26$ G

$$\tan I = \frac{0.26}{0.15} \Rightarrow I = \tan^{-1}(1.732) = 60^{\circ}$$

భూమి యొక్క ఫలిత అయస్కాంత క్షేత్రము

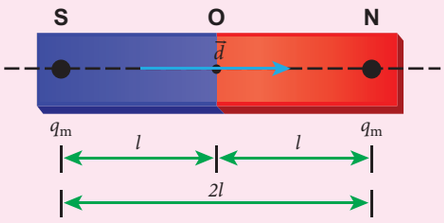
$$B = \sqrt{B_H^2 + B_V^2} = 0.3\ \text{G}$$

3.1.2 అయస్కాంతము యొక్క ప్రాథమిక ధర్మములు (Basic properties of magnets)

ఒక దండ అయస్కాంతమును క్రింద వచ్చు పరిభాష (పదజాలం) మరియు ధర్మములు ఆధారంగా వివరించవచ్చును.

(అ) అయస్కాంత ద్విధృవ భ్రామకము (magnetic dipole moment)

ఒక దండ అయస్కాంతమును పటము 3.6లో యున్నట్లు అనుకొనుము. దాని ధ్రువసత్వము (pole strength) q_m అనుకొనుము. అయస్కాంతము యొక్క జ్యామితీయ కేంద్రము O నుండి దాని ఒక కొన యొక్క పొడవు L అనుకొనుము. అయస్కాంతము యొక్క ధ్రువసత్వము మరియు అయస్కాంత పొడవు యొక్క లబ్ధఫలితమును అయస్కాంత ద్విధృవ భ్రామకము అంటారు. ఇది ఒక సదిశ రాశి. దీనిని $\vec{p}_m$ అని గుర్తించవచ్చును.



పటము 3.6 దండ అయస్కాంతము యొక్క ధర్మములు

$$\vec{p}_m = q_m \vec{d} \qquad (3.4)$$

ఇచ్చట $\vec{d}$ అనునది దక్షిణ ధృవము నుండి ఉత్తర ధృవమునకు గీయబడిన సదిశను గుర్తించును. దీని పరిమాణము $|\vec{d}| = 2l$ అగును.

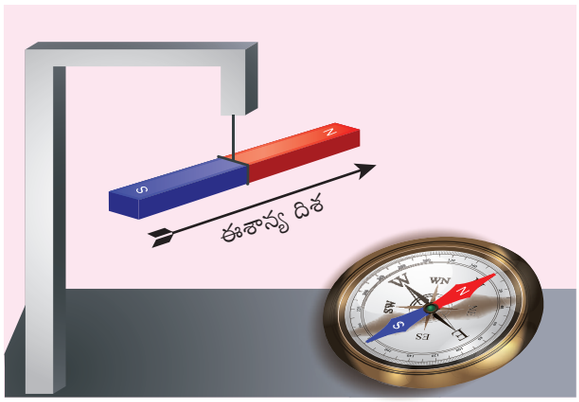
అయస్కాంత ద్విధృవ భ్రామకము యొక్క పరిమాణము $p_m = 2q_m l$

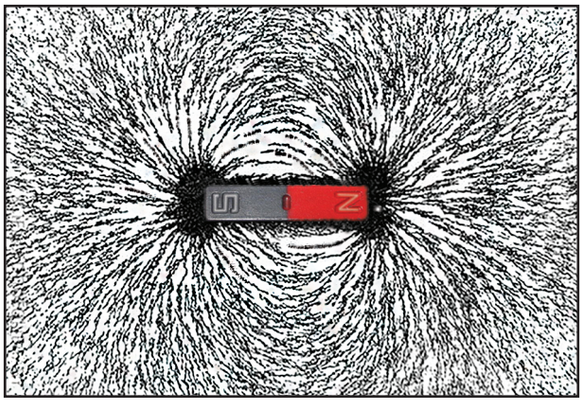
దీని SI ప్రమాణము A m^2. అయస్కాంత ద్విధృవ భ్రామకము యొక్క దిశ దక్షిణ ధృవము నుండి ఉత్తర ధృవము వైపు యుండును.

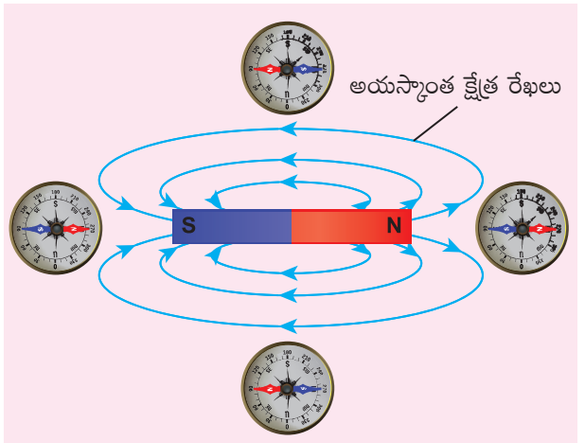
ఆ) అయస్కాంత క్షేత్రము (Magnetic field)

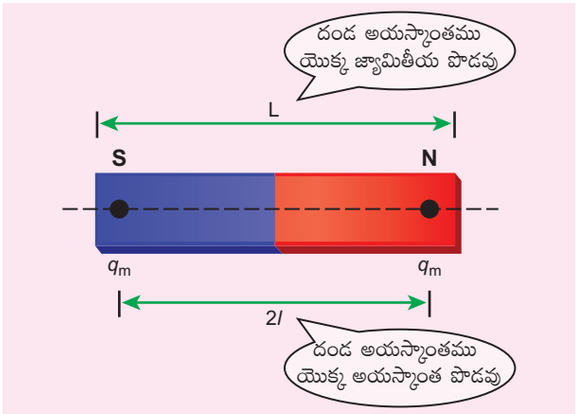
ఒక అయస్కాంతము చుట్టూయున్న భాగము లేదా వెలుపల, ఆ అయస్కాంతము యొక్క ప్రభావము మరొక అయస్కాంతమును

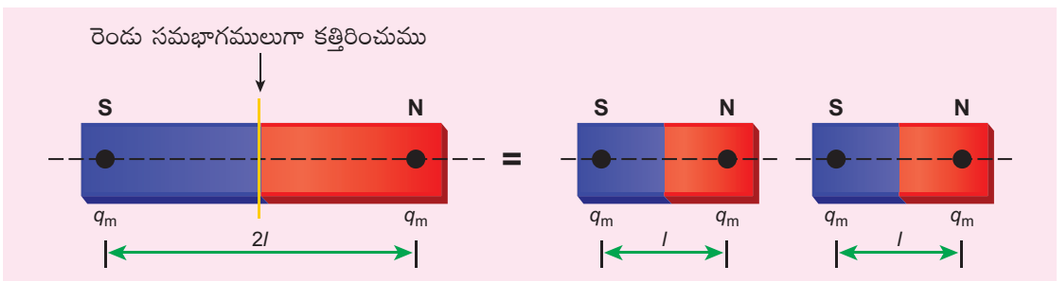
03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 137 23-03-2023 14:03:23











పటము 3.7 దండాయస్కాంతము యొక్క ధర్మములు

యుంచునపుడు అనుభవించినట్లయితే ఆ అయస్కాంతము చుట్టూ ఉన్న భాగము అయస్కాంత క్షేత్రమగును. "ఒక బిందువులో యుంచబడిన ఒక ప్రమాణ ధృవసత్వము కలిగిన దండాయస్కాంతము అనుభవించు బలమే, ఆ బిందువులో అయస్కాంత క్షేత్రము $\vec{B}$ అని నిర్వచింపబడుచున్నది.

$$\vec{B} = \frac{1}{q_m}\vec{F} \qquad (3.5)$$

దీని ప్రమాణము $N\ A^{-1}\ m^{-1}$.

ii) అయస్కాంతము యొక్క రకములు (Types of magnets)

అయస్కాంతములను సహజ అయస్కాంతము మరియు కృత్రిమ అయస్కాంతము అని రెండు భాగములుగా వర్గీకరించబడినది. ఉదాహరణము ఇనుము, కోబాల్ట్, నికెల్ వంటివి సహజ అయస్కాంతములగును. ఈ విధమైన అయస్కాంతములు చాలా బలహీనమైనవి. అంతేకాకుండా క్రమరహితమైన ఆకారములలో ఉన్నవి. మనకు కావలసిన ఆకారము మరియు బలమైన కృత్రిమ అయస్కాంతములను మనము ఏర్పరచవచ్చును. దీర్ఘచతురస్రాకారముగాను లేదా

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 138 23-03-2023 14:03:25

స్థూపాకారముగా ఏర్పరచిన అయస్కాంతములను దండాయస్కాంతములని పిలువబడుచున్నది.

అయస్కాంతము యొక్క ధర్మములు (Properties of magnets)

దండాయస్కాంతము యొక్క ధర్మములు క్రింద ఇవ్వబడినవి (పటము 3.7)

1. స్వేచ్ఛగా వ్రేలాడదీయబడిన ఒక దండాయస్కాంతము ఎల్లప్పుడూ ఉత్తర-దక్షిణ దిశల వైపు విరామ స్థితిని చేరుతుంది.
2. ఒక అయస్కాంతము మరొక అయస్కాంతమును లేదా అయస్కాంత పదార్థములను తనవైపు ఆకర్షించును లేదా వికర్షించును. అయస్కాంతము యొక్క ధ్రువముల వద్ద ఆకర్షణ లేదా వికర్షణ బలము అధికముగా యుండును. ఇనుప రజనులో దండాయస్కాంతమును ముంచినప్పుడు అయస్కాంత కొనల వద్ద ఇనుప రజను అధికముగా ఆకర్షించుకొనును.
3. ఒక అయస్కాంతము ముక్కలుగా విరిగినపుడు దాని ఒక్కొక్క ముక్క ఉత్తర దక్షిణ ధ్రువము కలిగిన అయస్కాంతము వలె పనిచేయును.
4. అయస్కాంతము యొక్క రెండు ధ్రువములు సమాన ధ్రువసత్వమును కలిగియుండును.
5. ఒక దండాయస్కాంతపు మొత్తము పొడవును జ్యామితీయ పొడవు అనియు, అయస్కాంత ధ్రువములకు మధ్య నున్న పొడవును అయస్కాంత పొడవు అని పిలుస్తారు. అయస్కాంత పొడవు ఎల్లప్పుడూ జ్యామితీయ పొడవు కంటే కొంత తక్కువగానే ఉంటుంది. అయస్కాంత పొడవుకు, జ్యామితీయ పొడవుకు ఉన్న నిష్పత్తి $\frac{5}{6}$ అగును.

$$\frac{\text{అయస్కాంత పొడవు}}{\text{జ్యామితీయ పొడవు}} = \frac{5}{6} = 0.833$$

ఉదాహరణ 3.2

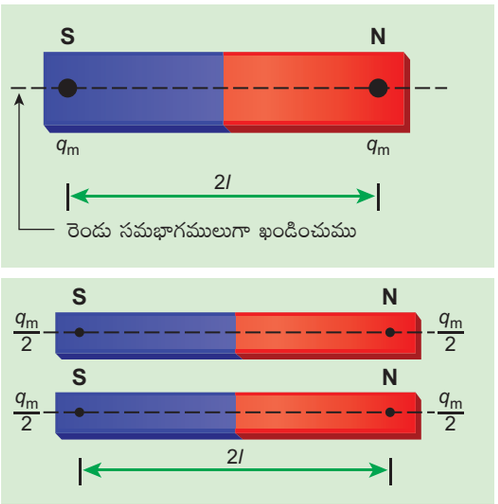
ఒక దండాయస్కాంతము యొక్క అయస్కాంత భ్రామకము $\vec{p}_m$ అనుకొనుము. దాని అయస్కాంత పొడవు $d = 2l$. ఇంకనూ దాని ధ్రువసత్వము q_m అగును. ఆ దండాయస్కాంతమును

అ) దాని పొడవు నందు రెండు సమాన ముక్కలుగా ఖండించునపుడు

ఆ) పొడవునకు లంబముగా రెండు సమాన ముక్కలుగా ఖండించునపుడు దాని అయస్కాంత భ్రామకమును లెక్కించుము.

సాధన

అ) దండాయస్కాంత పొడవు నందు రెండు భాగములుగా ఖండించునపుడు



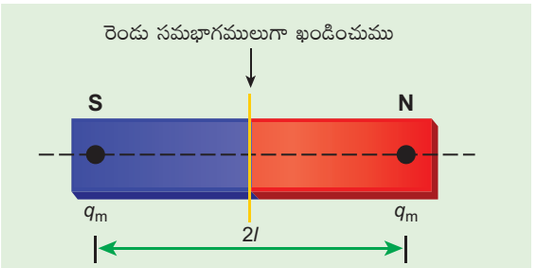
దండాయస్కాంతమును పొడవు నందు అక్షము ద్వారా రెండు సమాన భాగములుగా ఖండించునపుడు దాని క్రొత్త అయస్కాంత ధ్రువసత్వము $q'_m = \frac{q_m}{2}$. కాని దండాయస్కాంతము యొక్క అయస్కాంత పొడవు మారదు. అందువలన అయస్కాంత భ్రామకము

$$p'_m = q'_m 2l$$

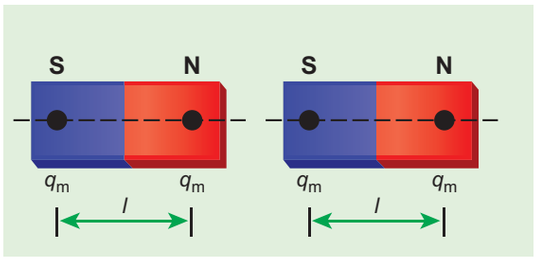
$$p'_m = \frac{q_m}{2} 2l = \frac{1}{2}(q_m 2l) = \frac{1}{2} p_m$$

సదిశ రూపములో, $\vec{p}'_m = \frac{1}{2}\vec{p}_m$

ఆ) దండాయస్కాంత అక్షమునకు లంబముగా సమ భాగములుగా ఖండించునపుడు,



03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 139 23-03-2023 14:03:27



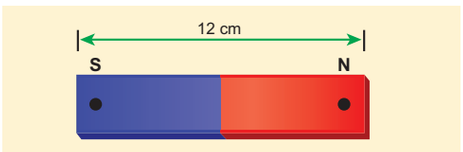
దండాయస్కాంతము యొక్క అక్షమునకు లంబముగా రెండు ముక్కలుగా ఖండించునపుడు దాని ధృవసత్వము ఎటువంటి మార్పు జరగదు. కాని అయస్కాంత పొడవు సగముగా తగ్గును. అందువలన అయస్కాంత భ్రామకము

$$p'_m = q_m \times \frac{1}{2}(2l) = \frac{1}{2}(q_m \cdot 2l) = \frac{1}{2}p_m$$

సదిశ రూపములో, $\vec{p}'_m = \frac{1}{2}\vec{p}_m$

ఉదాహరణ 3.3

జ్యామితీయ పొడవు 12సెం.మీ కలిగిన ఏకరీతి దండాయస్కాంతము యొక్క అయస్కాంత పొడవును కనుగొని అయస్కాంత ధృవములు అమరియుండు స్థానమును గుర్తించుము.

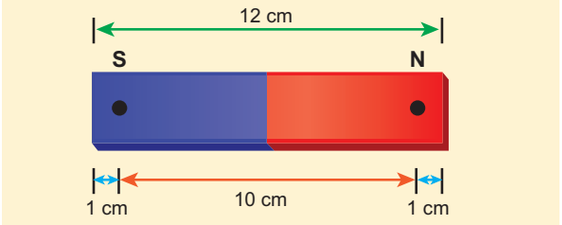


సాధన

దండాయస్కాంత జ్యామితీయ పొడవు = 12సెం.మీ

$$\text{అయస్కాంత పొడవు} = \frac{5}{6} \times (\text{జ్యామితీయ పొడవు})$$
$$= \frac{5}{6} \times 12 = 10 \text{ సెం.మీ}$$

క్రింద నున్న పటములో చూపబడిన బిందువులు అయస్కాంతము యొక్క ధృవములను గుర్తించును.



గమనిక

(i) ధృవసత్వము ఒక అదిశ రాశియగును. దాని మితి $[M^0LT^0A]$. దీని SI ప్రమాణములు NT^{-1} (న్యూటన్/టెస్లా) లేదా A m (ఆంపియర్ మీటర్)

(ii) స్థిర విద్యుత్తులోయున్న ధన మరియు ఋణ ఆవేశముల వలె అయస్కాంత క్షేత్రములో యున్న ఒక అయస్కాంతము యొక్క ఉత్తర ధృవము అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క దిశలోనే బలము అనుభవించును. అదే సమయములో అయస్కాంతము యొక్క దక్షిణ ధృవము అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క దిశకు వ్యతిరేఖ దిశలో బలమును అనుభవించును.

(iii) ధృవసత్వము అనునది అయస్కాంత పదార్థ స్వభావము, దాని మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యము మరియు ఎంతవరకు ఆ పదార్థము అయస్కాంతము గావించబడినది అనుదానిపై ఆధారపడియున్నది.

(iv) ఒక అయస్కాంత పొడవునందు రెండు సమభాగాలుగా ఖండించునపుడు దాని ధృవసత్వము సగముగా తగ్గును.

(v) ఒక అయస్కాంత పొడవు నందు లంబముగా రెండు సమభాగములుగా తగ్గించిన దాని ధృవసత్వములో ఎటువంటి మార్పు ఉండదు.

(vi) ఒక అయస్కాంతమును రెండు భాగాలుగా ఖండించినపుడు దానిలో ఏదైనా ఒక ధృవమును (ఉత్తర లేదా దక్షిణ) మాత్రము పొందుటకు వీలుకాదు. బదులుగా మనకు రెండు విడివిడి అయస్కాంతములు లభించును.

అయస్కాంత క్షేత్రరేఖలు (magnetic field lines)

1. అయస్కాంతక్షేత్ర రేఖలు నిరంతరమైన మూసియుంచబడిన వక్రరేఖలు అగును. అయస్కాంత క్షేత్ర రేఖలు దిశ అయస్కాంతమునకు వెలుపల ఉత్తర ధృవము నుండి దక్షిణ ధృవమువైపు; అయస్కాంతములోపల దక్షిణ ధృవము నుండి ఉత్తర ధృవము వైపుగా యుండును.
2. మూసియుంచబడిన వక్రరేఖలోని ఏ బిందువులోనైనా యున్న అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క దిశను, ఆ బిందువులో నున్న అయస్కాంత క్షేత్ర రేఖకు గీయబడు స్పర్శరేఖ యొక్క దిశ నుండి తెలుసుకొనవచ్చును.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 140 23-03-2023 14:03:28

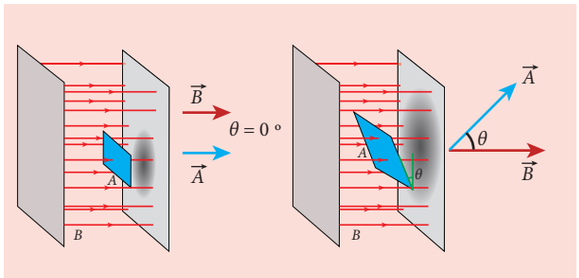
3. అయస్కాంత క్షేత్ర రేఖలు ఎప్పటికీ ఒకదానినొకటి ఖండించుకొనవు. ఆ విధంగా ఖండించుకొనిన దిక్సూచి పరికరములో యున్న అయస్కాంత సూది ఒకే బిందువులో రెండు వేర్వేరు దిశలను చూపించును. ఇది సాధ్యము కాదు.
4. అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క బలమునకు తగినట్లుగా అయస్కాంత క్షేత్ర రేఖలు అమరియుండును. అనగా బలమైన అయస్కాంత క్షేత్రమునకు బలరేఖలు చాలా దగ్గరగాను బలహీనమైన అయస్కాంత క్షేత్రమునకు రేఖలు కొంత దూరముగా కనబడును.

ఈ) అయస్కాంత అభివాహము

నిర్ణీత వైశాల్యమునకు లంబముగా ప్రయాణించు అయస్కాంత క్షేత్ర రేఖల యొక్క సంఖ్యను అయస్కాంత అభివాహము Φ_B అంటారు. గణితాత్మకముగా, ఒక ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో A వైశాల్యము ద్వారా పోవు అయస్కాంత అభివాహమును క్రింది విధంగా నిర్వచించవచ్చును.

$$\Phi_B = \vec{B}.\vec{A} = BA\cos\theta = B_\perp A \qquad (3.6)$$

ఇచ్చట θ అనునది $\vec{B}$ మరియు $\vec{A}$ సదిశలకు మధ్యలో యున్న కోణమగును. ఇది పటము 3.8లో చూపబడియున్నది.



పటము 3.8 అయస్కాంత అభివాహము

ప్రత్యేక సందర్భాలు

అ) తలమునకు లంబముగా $\vec{B}$ యున్నప్పుడు అనగా, $\theta = 0^o$, అయిన అయస్కాంత అభివాహము $\Phi_B = BA$ (గరిష్ఠము)

ఆ) తలమునకు సమాంతరముగా $\vec{B}$ యున్నప్పుడు అనగా, $\theta = 90^o$ అయిన అయస్కాంత అభివాహము $\Phi_B = 0$.

క్రమరహిత అయస్కాంత క్షేత్రమున్న తలమునకు సమీకరణములు (3.6) ను క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

$$\Phi_B = \int \vec{B}.\mathrm{d}\vec{A}$$

ఇచ్చట తలము పూర్తిగా సమాకలనము (Integral) చేయబడుచున్నది.

అయస్కాంత అభివాహము ఒక అదిశరాశి అగును. దీని SI ప్రమాణములు వెబర్ (weber), దీనిని Wb అని గుర్తించవలయును. అయస్కాంత అభివాహము యొక్క మితి సూత్రము $\left[ML^2T^{-2}A^{-1}\right]$. దీని CGS ప్రమాణము మేక్స్‌వెల్ అగును.

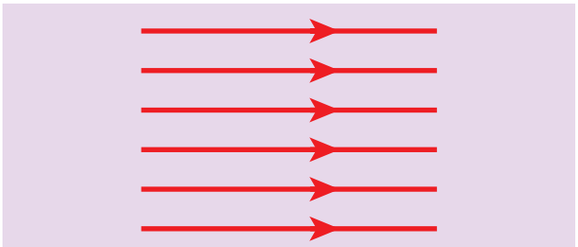
1 వెబర్ = 10^8 మేక్స్‌వెల్

అయస్కాంత క్షేత్ర రేఖలకు లంబముగా వున్న ఒక ప్రమాణ వైశాల్యము గుండా పోవు అయస్కాంత క్షేత్ర రేఖల సంఖ్యను అయస్కాంత అభివాహ సాంద్రత అంటారు. దీని ప్రమాణము $\mathrm{Wb\,m^{-2}}$ లేదా టెస్లా (T).

ఇ) సమరీతి మరియు క్రమరహిత అయస్కాంత క్షేత్రము

సమరీతి అయస్కాంత క్షేత్రము (Uniform magnetic field)

ఇవ్వబడిన ప్రాంతములో ఉన్న అన్ని బిందువులలోను అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క పరిమాణము మరియు దిశ అనునవి మార్పు లేకుండా యుండిన దానిని సమరీతి అయస్కాంత క్షేత్రము అని పిలువవచ్చును. ఉదా॥ నిర్ణీత చిన్న ప్రాంతములో భూమి యొక్క అయస్కాంత క్షేత్రము సమరీతి అయస్కాంత క్షేత్రమగును.



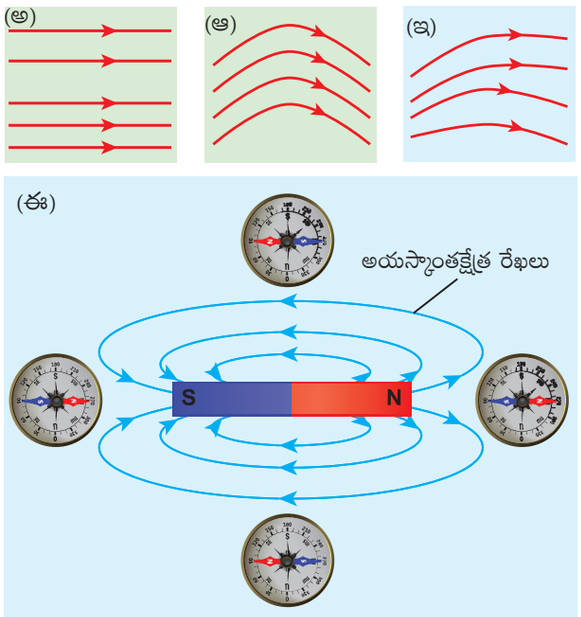
పటము 3.9 సమరీతి అయస్కాంత క్షేత్రము

ఉదాహరణకు మీ పాఠశాల యొక్క భూతలము పూర్తిగా, భూఅయస్కాంత క్షేత్రము ఒక స్థిరమైన విలువను పొందియుండును.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 141 23-03-2023 14:03:29

క్రమరహిత అయస్కాంత క్షేత్రము (Non uniform magnetic field)

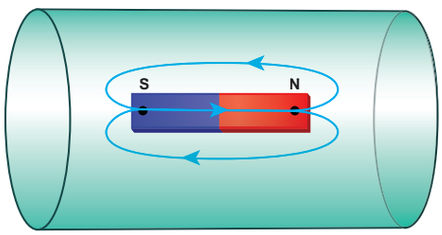
ఇవ్వబడిన ప్రాంతములో ఉన్న అన్ని బిందువులలోను అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క పరిమాణము లేదా దిశ లేదా రెండునూ మార్పు జరిగిన ఆ అయస్కాంత క్షేత్రమును క్రమరహిత అయస్కాంత క్షేత్రము అని పిలువబడును. ఉదాహరణమునకు ఒక దండాయస్కాంతము యొక్క అయస్కాంత క్షేత్రము.



పటము 3.10 క్రమరహిత అయస్కాంత క్షేత్రము (అ) స్థిర దిశ (ఆ) స్థిరముకాని దిశ (ఇ) పరిమాణము మరియు దిశ స్థిరము కానిది (ఈ) దండాయస్కాంతము యొక్క అయస్కాంత క్షేత్రము

ఉదాహరణ 3.4

క్రింద యున్న పటములో చూపబడియున్న అయస్కాంత ద్విధ్రువము (దండాయస్కాంతము) యుంచబడిన తలము నుండి వెలువడు అయస్కాంత అభివాహమును లెక్కించుము.



సాధన

అయస్కాంత ద్విధ్రువము యుంచబడిన మూసిన తలము S నుండి వెలుపలికి వచ్చు మొత్త అయస్కాంత అభివాహము శూన్యమగును. కావున

$$\Phi_B = \oint \vec{B}.\mathrm{d}\vec{A} = 0$$

ఇచ్చట మూసియుంచిన తలము S పూర్తిగా సమాకలనము చేయబడినది. దీని విలువ ఎల్లప్పుడూ శూన్యమగును. ఎందుకనగా వివక్త అయస్కాంత ధృవము (Isolated) (అయస్కాంత ఏక ధృవము) అనునది లేదు.

$$\oint \vec{B}.\mathrm{d}\vec{A} = 0$$

ఇది స్థిర విద్యుత్‌లో చెప్పబడిన గాస్ నియమమును పోలియున్నది. (విభాగము 1ని చూడుము)

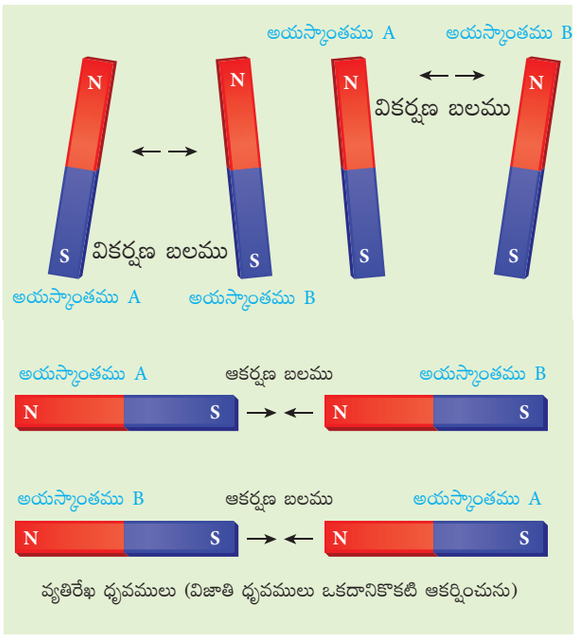
3.2 అయస్కాంతము యొక్క కూలూంబ్ విలోమ వర్గ నియమము (COULOMB'S INVERSE SQUARE LAW OF MAGNETISM)

A మరియు B అను రెండు దండాయస్కాంతములు అనుకొనుము. వాటిని పటము 3.11లో చూపబడియున్నది,

అయస్కాంతము A మరియు B వీటి ఉత్తర ధృవములకు లేదా దక్షిణ ధృవములకు దగ్గరగా తీసుకొని వచ్చినప్పుడు అవి ఒకదానికొకటి వికర్షించును. బదులుగా అయస్కాంత A యొక్క ఉత్తర ధృవమును B యొక్క దక్షిణ ధృవమునకు దగ్గర లేదా అయస్కాంత యొక్క ఉత్తర ధృవమును A యొక్క దక్షిణ ధృవమునకు దగ్గరగా తీసుకొనిపోవునపుడు అవి ఒకదానికొకటి ఆకర్షించుకొనును.

ఇది ఆధ్యాయము 1లో మనము నేర్చుకొన్న స్థిర ఆవేశముల యొక్క కూలూంబ్ విలోమ వర్గనియమమును పాటించుటను

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 142 23-03-2023 14:03:31



పటము 3.11 విద్యుత్ ఆవేశము వలె పనిచేయు అయస్కాంత ధృవములు – సజాతి ధృవములు ఒకదానికొకటి వికర్షించును. విజాతి ధృవములు ఒకదానికొకటి ఆకర్షించును.

తెలుసుకొనవచ్చును. (విజాతి ఆవేశములు ఒకదానికొకటి ఆకర్షించుకొనును మరియు సజాతి ఆవేశములు ఒకదానికొకటి వికర్షించుకొనును.)

అందువలన స్థిర విద్యుత్తులో నేర్చుకొన్న కూలూంబ్ నియమము వలె అయస్కాంతత్వములో కూలూంబ్ నియమమును క్రింది విధంగా నిర్వచించవచ్చును.

"రెండు అయస్కాంత ధృవములకు మధ్యలో యున్న ఆకర్షణ బలము లేదా వికర్షణ బలము వాటి ధృవ బలముల యొక్క లబ్ధ ఫలితమునకు అనులోమానుపాతంలోను, వాటికి మధ్యనున్న దూర వర్గమునకు విలోమానుపాతములో ఉండును."

గణితాత్మక పద్ధతిలో క్రింది విధముగా మనము వ్రాయవచ్చును.

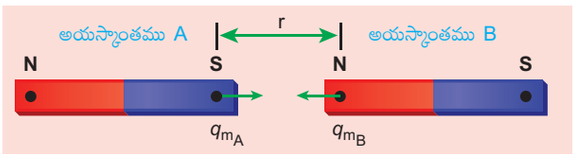
$$\vec{F} \propto \frac{q_{m_A} q_{m_B}}{r^2} \hat{r}$$

ఇచ్చట q_{m_A} మరియు q_{m_B} అనునవి రెండు అయస్కాంత ధృవ బలములను గుర్తించును. r అనునది రెండు అయస్కాంత ధృవములకు మధ్య గల దూరమును తెలుపును.

$$\vec{F} = k\frac{q_{m_A} q_{m_B}}{r^2} \hat{r} \qquad (3.7)$$

పరిమాణములో, $F = k\frac{q_{m_A} q_{m_B}}{r^2}$ (3.8)

ఇచ్చట k అనునది అనుపాత స్థిరాంకము. దీని విలువ అయస్కాంత ధృవముల చుట్టూయున్న యానకము బట్టి యుండును. SI ప్రమాణ ఆధారముగా శూన్యప్రదేశములో k యొక్క విలువ $k = \frac{\mu_o}{4\pi} \approx 10^{-7}\,\text{H m}^{-1}$. ఇచ్చట μ_o అనునది శూన్యప్రదేశము లేదా గాలి యొక్క ప్రవేశ శీలత మరియు H అనునది హెన్రీ (henry) ప్రమాణమగును.



పటము 3.12 కూలూంబ్ నియమము – రెండు అయస్కాంత ధృవములకు మధ్యయున్న బలము

ఉదాహరణ 3.5

గాలిలో యుంచబడిన రెండు అయస్కాంత ధృవములకు మధ్య నున్న వికర్షణ బలము 9×10^{-3} N. రెండు ధృవములు సమబలమును కలిగి రెండునూ 10సెం.మీ దూరములో వేరుచేయబడియుండిన ఒక్కొక్క అయస్కాంత ధృవము యొక్క ధృవ బలమును కనుగొనుము.

సాధన

రెండు అయస్కాంత ధృవములకు మధ్యయున్న బలము

$$F = k\frac{q_{m_A} q_{m_B}}{r^2}$$

ఇవ్వబడినవి, $F = 9 \times 10^{-3}$N,

$r = 10\,\text{cm} = 10 \times 10^{-2}\,\text{m}$

అందువలన $q_{m_A} = q_{m_B} = q_m$

$$9 \times 10^{-3} = 10^{-7} \times \frac{q_m^2}{\left(10 \times 10^{-2}\right)^2} \Rightarrow q_m = 30\,\text{NT}^{-1}$$

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 143 23-03-2023 14:03:33

3.2.1 అయస్కాంత ద్విధృవము యొక్క (దండాయస్కాంతము) అక్షీయరేఖలో యున్న ఒక బిందువు వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రము

NS అను ఒక దండాయస్కాంతము అనుకొనుము. ఇది పటము 3.13లో చూపబడియున్నది. ఇచ్చట N మరియు S అనునవి దండాయస్కాంతము యొక్క ఉత్తర మరియు దక్షిణ ధృవములను తెలుపును. వాటి యొక్క ధృవ బలము q_m అనియు వాటికి మధ్య ఉన్న దూరము $2l$ అని అనుకొనుము. దండాయస్కాంతము యొక్క జ్యామితీయ కేంద్రము O నుండి r దూరములో దాని అక్షీయరేఖలో యున్న C అను బిందువు వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రమును తెలుసుకొనుటకు ఆ బిందువు వద్ద ఒక ప్రమాణ ధనధృవమును ($q_{m_C} = 1$ Am) ఉంచవలయును.

ఉత్తర ధృవము వలన బిందువు C వద్ద ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము

$$\vec{B}_N = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{(r-l)^2}\hat{i} \qquad (3.9)$$

ఇచ్చట $(r - l)$ అనునది దండాయస్కాంతము యొక్క ఉత్తర ధృవము మరియు C బిందువులో యున్న ఒక ప్రమాణ ఉత్తర ధృవమునకు మధ్యయున్న దూరమగును.

దక్షిణ ధృవము వలన బిందువు C లో ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము

$$\vec{B}_S = -\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{(r+l)^2}\hat{i} \qquad (3.10)$$

ఇచ్చట $(r + l)$ అనునది దండాయస్కాంతము దక్షిణ ధృవము మరియు C బిందువులో యున్న ఒక ప్రమాణ ఉత్తర ధృవమునకు మధ్యయున్న దూరమగును.

బిందువు C లో ఏర్పడు మొత్త అయస్కాంత క్షేత్రము

$$\vec{B} = \vec{B}_N + \vec{B}_S$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{(r-l)^2}\hat{i} + \left(-\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{(r+l)^2}\hat{i}\right)$$

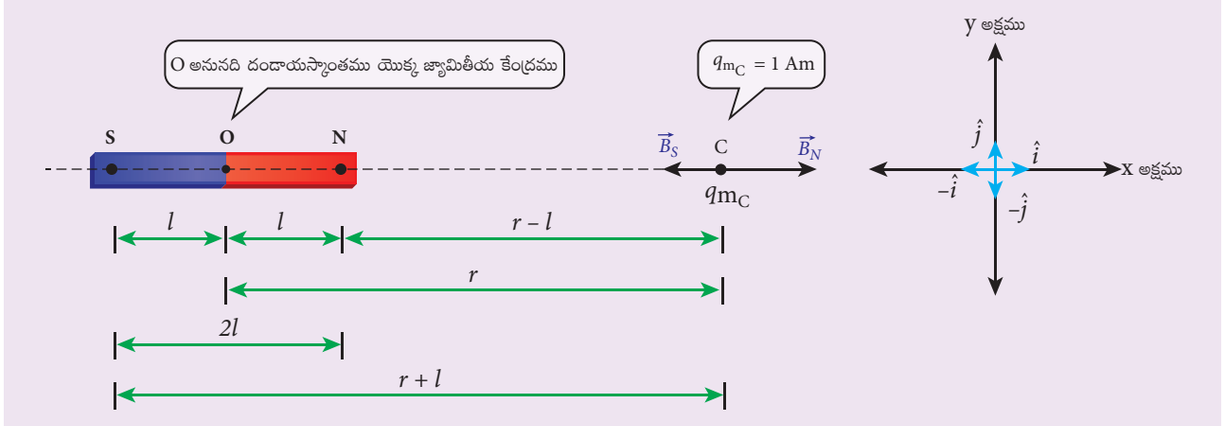
$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ q_m}{4\pi}\left(\frac{1}{(r-l)^2} - \frac{1}{(r+l)^2}\right)\hat{i}$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ 2r}{4\pi}\left(\frac{q_m\cdot(2l)}{\left(r^2-l^2\right)^2}\right)\hat{i} \qquad (3.11)$$

అయస్కాంత ద్విధృవ భ్రామకము యొక్క పరిమాణము $|\vec{p}_m| = p_m = q_m \cdot 2l$. అందువలన C బిందువులో యున్న అయస్కాంత క్షేత్రమును (3.11) క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

$$\vec{B}_{\text{అక్షము}} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\left(\frac{2rp_m}{\left(r^2-l^2\right)^2}\right)\hat{i} \qquad (3.12)$$

దండాయస్కాంతము యొక్క జ్యామితీయ కేంద్రము O మరియు C బిందువునకు మధ్యనున్న దూరముతో పోల్చునపుడు అయస్కాంత ధృవములకు మధ్యయున్న దూరము తక్కువైన (చిన్న అయస్కాంతములకు) $r >> l$ అయిన,



పటము 3.13 అయస్కాంత ద్విధృవము యొక్క అక్షీయరేఖలో యున్న ఒక బిందువు వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రము

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 144 23-03-2023 14:03:36

$$(r^2 - l^2)^2 \approx r^4 \qquad (3.13)$$

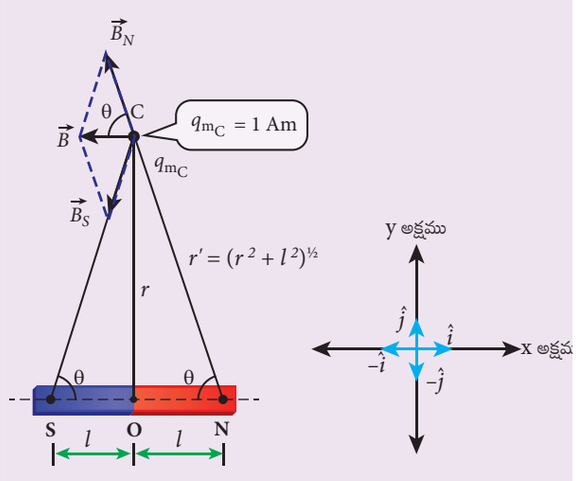
సమీకరణము (3.13) ని (3.12) లో ప్రతిక్షేపించినపుడు

$$\vec{B}_{\text{అక్షము}} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\left(\frac{2p_m}{r^3}\right)\hat{i} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{2}{r^3}\vec{p}_m \qquad (3.14)$$

ఇచ్చట $\vec{p}_m = p_m\hat{i}$.

3.2.2 అయస్కాంత ద్విధ్రువము యొక్క (దండాయస్కాంతము) మధ్యలంబరేఖలో యున్న ఒక బిందువు వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రము

NS అను ఒక దండాయస్కాంతము అనుకొనుము. ఇది పటము 3.14లో చూపబడియున్నది. N మరియు S అనునవి క్రమముగా దండాయస్కాంతము యొక్క ఉత్తర మరియు దక్షిణ ధ్రువమును తెలుపుచున్నది. q_m ధ్రువ బలము కలిగిన ఈ రెండు అయస్కాంత ధ్రువములకు మధ్యలో నున్న దూరము $2l$ అనుకొనుము. దండాయస్కాంతము యొక్క జ్యామితీయ కేంద్రము O నుండి r దూరములో దాని మధ్యలంబరేఖలో యున్న C అను బిందువు వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రమును తెలుసుకొనుటకు ఆ బిందువులో ఒక ప్రమాణ ఉత్తర ధ్రువము ($q_{mC} = 1\ \text{A m}$) యుంచవలయును.



పటము 3.14 అయస్కాంత ద్విధ్రువము వలన మధ్య లంబరేఖలో యున్న ఒక బిందువు వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రము

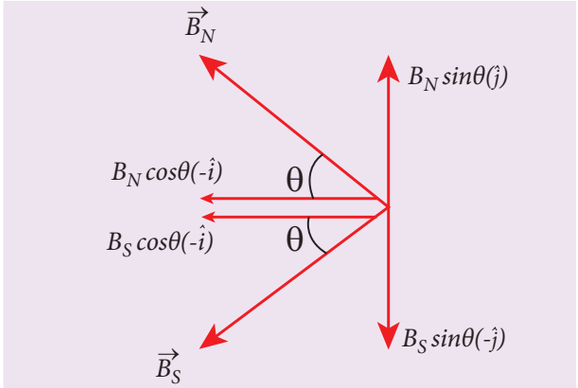
ఉత్తర ధ్రువము వలన బిందువు C లో ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము

$$\vec{B}_N = -B_N\cos\theta\,\hat{i} + B_N\sin\theta\,\hat{j} \qquad (3.15)$$

ఇక్కడ $B_N = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{r'^2}$

ఇచ్చట $r' = (r^2 + l^2)^{\frac{1}{2}}$

దక్షిణ ధ్రువము వలన బిందువు C లో ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము



పటము 3.15 బలము యొక్క అంశములు

$$\vec{B}_S = -B_S\cos\theta\,\hat{i} - B_S\sin\theta\,\hat{j} \qquad (3.16)$$

ఇచ్చట, $B_S = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{r'^2}$

సమీకరణము (3.15) మరియు (3.16) నుండి C బిందువులో ఏర్పడు మొత్త అయస్కాంత క్షేత్రము $\vec{B} = \vec{B}_N + \vec{B}_S$ అగును. ఈ మొత్త బలము C బిందువులో వున్న అయస్కాంత క్షేత్రమునకు సమానమగును.

$$\vec{B} = -(B_N + B_S)\cos\theta\,\hat{i} \quad \text{ఇంకనూ,}\ B_N = B_S$$

$$\vec{B} = -\frac{2\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{r'^2}\cos\theta\,\hat{i} = -\frac{2\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{(r^2 + l^2)}\cos\theta\,\hat{i} \qquad (3.17)$$

పటము 3.14లో చూపబడిన లంబకోణ త్రిభుజము NOC లో

$$\cos\theta = \frac{\text{ఆనన్న భుజము}}{\text{కర్ణము}} = \frac{l}{r'} = \frac{l}{\left(r^2 + l^2\right)^{\frac{1}{2}}} \qquad (3.18)$$

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 145 23-03-2023 14:03:40

సమీకరణము (3.18)ని సమీకరణము (3.17) లో ప్రతిక్షేపించగా మనకు లభించునది

$$\vec{B} = -\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m \times (2l)}{(r^2 + l^2)^{\frac{3}{2}}}\hat{i} \qquad (3.19)$$

ఇచ్చట అయస్కాంత ద్విధ్రువ భ్రామకము యొక్క పరిమాణము $|\vec{p}_m| = p_m = q_m \cdot 2l$ సమీకరణము 3.19లో ప్రతిక్షేపించినపుడు C బిందువులో ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము మనకు లభించును.

$$\vec{B}_{\text{మధ్యరేఖ}} = -\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{p_m}{(r^2 + l^2)^{\frac{3}{2}}}\hat{i} \qquad (3.20)$$

దండాయస్కాంతము యొక్క జ్యామితీయ కేంద్రము O మరియు మనము ఊహించిన బిందువు C కి మధ్యలోయున్న దూరముతో పోల్చునపుడు, అయస్కాంత ధ్రువములకు మధ్యయున్న దూరము తక్కువైన (చిన్న అయస్కాంతములకు) అనగా $r >> l$, అయిన

$$(r^2 + l^2)^{\frac{3}{2}} \approx r^3 \qquad (3.21)$$

సమీకరణము (3.21) ని సమీకరణము (3.20) లో ప్రతిక్షేపించినపుడు

$$\vec{B}_{\text{మధ్యరేఖ}} = -\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{p_m}{r^3}\hat{i}$$

ఇచ్చట $p_m\hat{i} = \vec{p}_m$. అందువలన మధ్యలంబరేఖ మీద యున్న ఒక బిందువువద్ద అయస్కాంత క్షేత్రమును క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

$$\vec{B}_{\text{మధ్యరేఖ}} = -\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{\vec{p}_m}{r^3} \qquad (3.22)$$

అక్షీయరేఖలోయున్న అయస్కాంత క్షేత్రము $B_{\text{అక్ష}}$ మధ్యలంబరేఖలో యున్న అయస్కాంత క్షేత్రము కంటే $B_{\text{మధ్యరేఖ}}$ రెండు రెట్లుగా యుండుటను గమనించుము. ఇంకనూ ఈ రెండింటి దిశలు ఒకదానికొకటి వ్యతిరేఖముగా యుండుటను గుర్తించుకొనవలయును.

ఉదాహరణ 3.6

ఒక చిన్నఅయస్కాంతము యొక్క అయస్కాంత భ్రామకము $0.5\ \text{J T}^{-1}$ దండాయస్కాంతము యొక్క కేంద్రము నుండి 0.1 m దూరములో ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క పరిమాణము మరియు దిశను అ) అక్షీయరేఖలో యున్న బిందువులోను ఆ) లంబ సమద్విఖండనలో యున్న బిందువులోను లెక్కించుము.

సాధన

అయస్కాంత భ్రామకము $0.5\ \text{J T}^{-1}$ మరియు దూరము $r = 0.1$ m

అ) చిన్న అయస్కాంతము యొక్క అక్షీయరేఖలో యున్న బిందువులో ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము

$$\vec{B}_{\text{అక్ష}} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\left(\frac{2p_m}{r^3}\right)\hat{i}$$

$$\vec{B}_{\text{అక్ష}} = 10^{-7} \times \left(\frac{2 \times 0.5}{(0.1)^3}\right)\hat{i} = 1 \times 10^{-4}\ \hat{i}\ \text{T}$$

అందువలన అక్షీయరేఖలో యున్న బిందువులో ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్ర పరిమాణము $B_{\text{అక్ష}} = 1 \times 10^{-4}$ T మరియు దీని దిశ దక్షిణము నుండి ఉత్తరము వైపు యుండును.

ఆ)చిన్నఅయస్కాంతముయొక్కలంబసమద్విఖండన బిందువులో (మధ్యబిందువులో) ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము

$$\vec{B}_{\text{మధ్యరేఖ}} = -\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{p_m}{r^3}\hat{i}$$

$$\vec{B}_{\text{మధ్యరేఖ}} = -10^{-7}\left(\frac{0.5}{(0.1)^3}\right)\hat{i} = -0.5 \times 10^{-4}\ \hat{i}\ \text{T}$$

అందువలన మధ్యలంబరేఖలో యున్న బిందువువద్ద ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క పరిమాణము $B_{\text{మధ్యలంబరేఖ}} = 0.5 \times 10^{-4}$ T మరియు దీని దిశ ఉత్తరము నుండి దక్షిణ వైపు ఉండును.

అక్షీయరేఖ ($B_{\text{అక్ష}}$) పరిమాణము, మధ్యలంబరేఖ ($B_{\text{మధ్యలంబరేఖ}}$) పరిమాణము కంటే రెండు రెట్లు యుండును. ఇంకనూ ఈ రెండింటి యొక్క దిశలు ఒకదానికొకటి వ్యతిరేఖముగా యుండుట ఇక్కడ గుర్తించుకొనవలయును.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 146 23-03-2023 14:03:43

3.3

ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో నున్న దండాయస్కాంతముపై పనిచేయు యుగ్మభ్రామకము (TORQUE ACTING ON A BAR MAGNET IN UNIFORM MAGNETIC FIELD)

$2l$ పొడవు, q_m ధృవ బలము కలిగిన అయస్కాంతము ఒకటి $\vec{B}$ అను ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో పటము 3.16లో చూపబడియున్నట్లు ఉంచబడినది. ఒక్కొక్క అయస్కాంత ధృవము వ్యతిరేఖ దిశలో పనిచేయు $q_m B$ అను బలమును అనుభవించును. అందువలన అయస్కాంతముపై పనిచేయు మొత్త బలము శూన్యమగును. కనుక ఏ విధమైన స్థానభ్రంశ చలనము ఇచ్చట ఏర్పడదు. ఈ రెండు బలములు, అయస్కాంతము యొక్క కేంద్రమును బట్టి ఒక యుగ్మమును ఏర్పరచును. ఈ యుగ్మము అయస్కాంతమును భ్రమణము చెందించి అయస్కాంత క్షేత్రము $\vec{B}$ యొక్క దిశలోనే దానిని నిలబెట్టుటకు ప్రయత్నించును.

ఉత్తర ధృవము అనుభవించు బలము

$$\vec{F}_N = q_m \vec{B} \qquad (3.23)$$

దక్షిణ ధృవము అనుభవించు బలము

$$\vec{F}_S = -q_m \vec{B} \qquad (3.24)$$

సమీకరణము 3.23 మరియు 3.24ను ఒకదానితో మరొకటి కూడినపుడు అయస్కాంత ద్విధృవముపై పనిచేయు మొత్త బలము

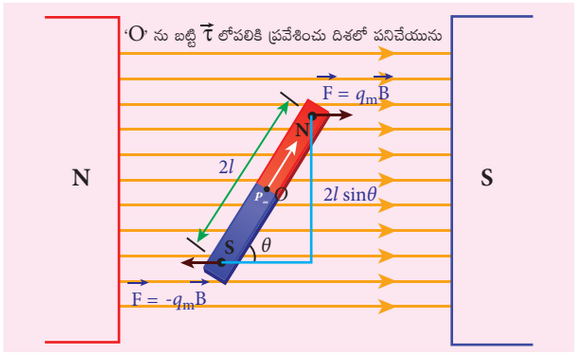
$$\vec{F} = \vec{F}_N + \vec{F}_S = \vec{0}$$

బిందువు O ను బట్టి ఉత్తర మరియు దక్షిణ ధృవము అనుభవించు యుగ్మ భ్రామకము

$$\vec{\tau} = \overrightarrow{ON} \times \vec{F}_N + \overrightarrow{OS} \times \vec{F}_S$$

$$\vec{\tau} = \overrightarrow{ON} \times q_m \vec{B} + \overrightarrow{OS} \times \left(-q_m \vec{B}\right)$$

నికర యుగ్మ భ్రామకము కాగితము వైపు పనిచేయుట "కుడిచేతి బెండు మర నియమము" ఉపయోగించి తెలుసుకొనవచ్చును. ఇచ్చట



పటము 3.16 ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములోయున్న అయస్కాంత ద్విధృవము

పరిమాణము $\left|\overrightarrow{ON}\right| = \left|\overrightarrow{OS}\right| = l$ మరియు $\left|q_m \vec{B}\right| = \left|-q_m \vec{B}\right|$ అందువలన, బిందువు O ను బట్టి యుగ్మభ్రామకము యొక్క పరిమాణము

$$\tau = l \times q_m B \sin\theta + l \times q_m B \sin\theta$$

$$= 2l \times q_m B \sin\theta$$

$$\tau = p_m B \sin\theta \qquad \left(\therefore q_m \times 2l = p_m\right)$$

సదిశ రూపములో, $\vec{\tau} = \vec{p}_m \times \vec{B}$ (3.25)

మీకు తెలుసా?

అ) భూమి ఒక క్రమరహిత అయస్కాంత క్షేత్రమును కలిగియున్నను, మీ పరిశోధనాశాలలో స్వేచ్ఛగా వ్రేలాడదీయబడిన దండాయస్కాంతము స్థానభ్రంశ చలనము ఏర్పరచకుండా భ్రమణ చలనమును మాత్రమే (యుగ్మభ్రామకం) ఏర్పరచును ఎందుకు?

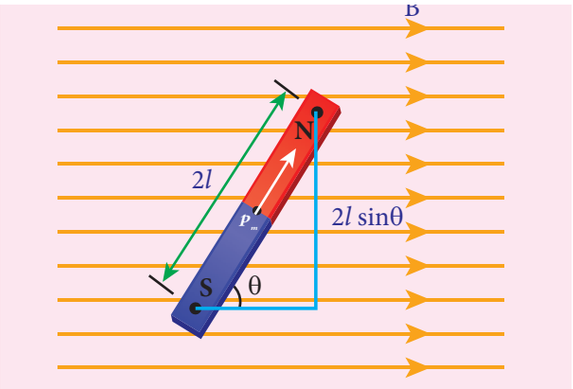
ఎందుకనగా ఒక నిర్ణీత ప్రాంతములో (నీ పరిశోధనాశాలలో) భూమి యొక్క అయస్కాంత క్షేత్రము ఏకరీతిగా యుండును.

ఆ) ఒక క్రమరహిత అయస్కాంత క్షేత్రములో దండాయస్కాంతము ఒకటి స్వేచ్ఛగా వ్రేలాడదీయబడినపుడు ఏమి జరుగును?

ఆ దండాయస్కాంతము స్థానభ్రంశ చలనము (మొత్త బలము కారణముగా) మరియు భ్రమణ చలనము (యుగ్మభ్రామకము మూలంగా), ఈ రెండింటిని అనుభవించును.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 147 23-03-2023 14:03:46

3.3.1 ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో యున్న ఒక దండాయస్కాంతము యొక్క స్థితిజ శక్తి



పటము 3.17 ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో యున్న ఒక దండాయస్కాంతము (అయస్కాంత ద్విధృవము)

ద్విధృవ భ్రామకము $\vec{p}_m$ కలిగిన ఒక దండాయస్కాంతము (అయస్కాంత ద్విధృవము) ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రము $\vec{B}$ తో θ కోణములో పటము 3.17లో చూపిన విధంగా ఉంచబడినది. ధృవముపై పనిచేయు యుగ్మభ్రామకము యొక్క పరిమాణము.

$$|\vec{\tau}_B| = |\vec{p}_m||\vec{B}|\sin\theta$$

τ_B కు వ్యతిరేఖముగా స్థిరమైన కోణీయ వేగము $d\theta$ అను చిన్న కోణ స్థానభ్రంశమునకు అయస్కాంత ద్విధృవము భ్రమణము చెందుచున్నదని అనుకొనుము. ఈ చిన్న కోణ స్థానభ్రంశమునకు బాహ్య యుగ్మ భ్రామకము వలన ($(\vec{\tau}_{ext})$ బాహ్య) చేయబడిన పని

$$dW = |\vec{\tau}_{ext}|d\theta$$

ఇచ్చట దండాయస్కాంతము స్థిరమైన కోణీయ వేగముతో భ్రమణము చెందును. దీని నుండి $|\vec{\tau}_B| = |\vec{\tau}_{ext}|$

$$dW = p_m B\sin\theta\, d\theta$$

అయస్కాంత ద్విధృవములో θ' నుండి θ వరకు భ్రమణము చెందించుటకు చేయబడిన మొత్తము పని

$$W = \int_{\theta'}^{\theta} \tau d\theta = \int_{\theta'}^{\theta} p_m B\sin\theta\, d\theta = p_m B\left[-\cos\theta\right]_{\theta'}^{\theta}$$

$$W = -p_m B(\cos\theta - \cos\theta')$$

θ' నుండి θ వరకు భ్రమణము చెందించుటకు చేయబడిన ఈ పని θ కోణములో యున్న దండాయస్కాంతములో స్థితిజ శక్తిగా సేకరించబడుచున్నది. ఇంకనూ దీనిని క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

$$U = -p_m B(\cos\theta - \cos\theta') \qquad (3.26)$$

నిజముగా, θ' మరియు θ అను రెండు వేర్వేరు కోణ స్థానములకు మధ్యయున్న స్థితిజ శక్తి భేదమును సమీకరణము (3.26) ఇచ్చుచున్నది. $\theta' = 90^o$ అను సూచన బిందువును మనము తలచునపుడు పైనున్న సమీకరణము యొక్క రెండవ భాగము శూన్యమగును. అందువలన సమీకరణము 3.26ను క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

$$U = -p_m B\,(\cos\theta) \qquad (3.27)$$

ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రము నున్న ఒక దండాయస్కాంతములో సేకరించబడియున్న శక్తి

$$U = -\vec{p}_m \cdot \vec{B} \qquad (3.28)$$

వ్యవస్థ 1

(i) If $\theta = 0^o$, అయిన

$$U = -p_m B\,(\cos 0^\circ) = -p_m B$$

(ii) If $\theta = 180^o$, అయిన

$$U = -p_m B\,(\cos 180^\circ) = p_m B$$

పై నున్న రెండు ఫలితముల నుండి మనము తెలుసుకొనునది ఏమనగా, దండాయస్కాంతము బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్ర దిశలో నిలబెట్టినపుడు దాని స్థితిజ శక్తి కనిష్టముగాను, బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్ర దిశకు వ్యతిరేఖ దిశలో నిలబెట్టునపుడు దాని స్థితిజ శక్తి గరిష్టంగా యుండును.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 148 23-03-2023 14:03:50

ఉదాహరణ 3.7

ఒక బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రములో యున్న అయస్కాంత ద్విధ్రువమును అనుకొనుము. బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రము పనిచేయునపుడు అయస్కాంత ద్విధ్రువము రెండు మార్గములలో మాత్రమే నిలబెట్టును. అనగా ఒకటి బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్ర దిశలో (బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రమునకు సమాంతరముగా) మరొకటి బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్ర దిశకు వ్యతిరేఖ దిశలో ఈ రెండు సంఘటనలలో ఏర్పడు శక్తిని లెక్కించి దానికి గల పటములను గీయుము.

సాధన

దండాయస్కాంతము యొక్క ద్విధ్రువ భ్రామకము $\vec{p}_m$ అనుకొనుము. బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రము పనిచేయని స్థితిలో ఎటువంటి దిశలోను నిలబెట్టుటకు వీలుకాదు. అందువలన శక్తి $U = 0$ బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రము పనిచేసిన వెంటనే, అయస్కాంత ద్విధ్రువము బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్ర దిశలో $(\theta = 0^o)$ నిలబెట్టునపుడు దాని శక్తి

$$U_{\text{సమాంతర}} = U_{\text{కనిష్ఠ}} = -p_m B\cos 0$$

$$U_{\text{సమాంతర}} = -p_m B$$

ఎందుకనగా $\cos 0^o = 1$

ఆవిధంగా లేనట్లయితే అయస్కాంత ద్విధ్రువము బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క దిశకు వ్యతిరేఖ దిశలో $(\theta = 180^o)$ నిలబెట్టునపుడు దాని శక్తి

$$U_{\text{వ్యతిరేఖ - సమాంతర}} = U_{\text{గరిష్ఠ}} = -p_m B\cos 180$$

$$= -p_m B\cos 180 \Rightarrow U_{\text{వ్యతిరేఖ - సమాంతర}} = p_m B$$

ఎందుకనగా $\cos 180^o = -1$

3.4 అయస్కాంత ధర్మములు (MAGNETIC PROPERTIES)

మనము తెలుసుకొనిన, మనము ఉపయోగించు అన్ని వస్తువులు అయస్కాంత పదార్థములు కావు. ఇంకనూ అయస్కాంత పదార్థములు అన్నియూ ఒకే విధముగా ప్రవర్తించవు. అందువలన ఒక అయస్కాంత పదార్థము నుండి మరొక అయస్కాంత పదార్థమును విభజించి తెలుసుకొనుటకు కొన్ని ప్రాథమిక విషయములను మనము తెలుసుకొనుట అవశ్యము అగును. అవి:

అ) అయస్కాంతీకరణ క్షేత్రము

ఒక వస్తువును అయస్కాంతీకరించుటకు ఉపయోగపడు అయస్కాంత క్షేత్రమే అయస్కాంతీకరణ క్షేత్రము అనబడును. ఇది ఒక సదిశరాశి అగును. దీనిని $\vec{H}$ అని సూచించెదరు. దీని ప్రమాణము A m^{-1}.

ఆ) అయస్కాంత ప్రవేశ శీలత (magnetic permeability)

అయస్కాంతక్షేత్ర రేఖలను తన ద్వారా ప్రవేశించుటకు అనుమతించు వస్తువుల యొక్క సామర్థ్యము లేదా అయస్కాంత పరుచుటను అంగీకరించు వస్తు సామర్థ్యము లేదా వస్తువు తన ద్వారా అయస్కాంత క్షేత్రమును ప్రవేశించుటకు అనుమతించు కొలత అయస్కాంత ప్రవేశ శీలత అనబడును.

శూన్యప్రదేశములో ప్రవేశశీలత (లేదా పరమ ప్రవేశ శీలత) μ_0 అనియు, ఏ ఒక్క యానకములోను ప్రవేశ శీలత μ అనియు గుర్తించుబడుచున్నది. యానకములోని ప్రవేశ శీలతకు, శూన్య ప్రదేశములో ప్రవేశశీలతకు యున్న నిష్పత్తిని సాపేక్ష ప్రవేశ శీలత μ_r అగును.

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_\circ} \qquad (3.29)$$

సాపేక్ష ప్రవేశ శీలత మితిలేని ఒక సంఖ్య అగును. దీనికి ప్రమాణము లేదు. శూన్య ప్రదేశము లేదా గాలిలో సాపేక్ష ప్రవేశ శీలత విలువ ఒకటి అగును. అనగా, $\mu_r = 1$

ఇ) అయస్కాంతీకరణ యొక్క తీవ్రత (Intensity of magnetisation)

పరిమిత కొలత కలిగిన ఏ ఒక్క పెద్ద వస్తువైన చాలా అధిక సంఖ్యలో పరమాణువులను పొందియుండును. ఒక్కొక్క అణువు భ్రమణ చలనములోనున్న ఎలక్ట్రానులను కలిగివుండును. ఎలక్ట్రానులు యొక్క ఈ భ్రమణ మార్గ చలనము వలన అవి అయస్కాంత భ్రామకమును పొందియుండును.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 149 23-03-2023 14:03:51

ఇది ఒక సదిశరాశి అగును. సాధారణముగా ఈ అయస్కాంత భ్రామకములు క్రమరహితముగా అన్ని దిశలోను యుండును. అందువలన ఒక ప్రమాణ ఘనపరిమాణం కలిగిన పదార్థము యొక్క మొత్తం అయస్కాంత భ్రామకము శూన్యమగును.

ఇటువంటి పదార్థములను ఒక బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రములో యుంచినపుడు పరమాణు ద్విధృవములు ఏర్పడి పాక్షికంగా లేదా పూర్తిగా బాహ్య అయస్కాంతక్షేత్ర దిశలో నిలబెట్టుటకు ప్రయత్నించును. ఒక ప్రమాణ ఘనపరిమాణములోని మొత్తం అయస్కాంత భ్రామకమునే అయస్కాంతీకరణ తీవ్రత లేదా అయస్కాంతీకరణ సదిశ లేదా అయస్కాంతీకరణము అనబడును. ఇది ఒక సదిశ రాశి అగును. గణితాత్మకంగా

$$\vec{M} = \frac{\text{అయస్కాంత భ్రామకము}}{\text{అయస్కాంత ఘణపరిమాణము}} = \frac{\vec{p}_m}{V} \qquad (3.30)$$

అయస్కాంతీకరణ తీవ్రత SI ప్రమాణము ఆంపియర్ మీటర్$^{-1}$ అగును. మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యము A, పొడవు $2l$ మరియు ధృవ సత్వము q_m కలిగిన దండాయస్కాంతము యొక్క అయస్కాంత భ్రామకము $\vec{p}_m = q_m 2\vec{l}$ అగును. ఇంకను ఆ దండాయస్కాంతము యొక్క ఘనపరిమాణము $V = A\left|2\vec{l}\right| = 2lA$ అయిన, దండాయస్కాంతము యొక్క అయస్కాంతీకరణ తీవ్రత

$$\vec{M} = \frac{\text{అయస్కాంత భ్రామకము}}{\text{అయస్కాంత ఘణపరిమాణము}} = \frac{q_m 2\vec{l}}{2lA} \qquad (3.31)$$

సమీకరణము 3.31ని సంఖ్యారూపములో క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

$$\left|\vec{M}\right| = M = \frac{q_m \times 2l}{2l \times A} \Rightarrow M = \frac{q_m}{A}$$

దండాయస్కాంతము యొక్క అయస్కాంతీకరణ తీవ్రతను ఒక ప్రమాణ వైశాల్యమునకు (ముఖ వైశాల్యము) గల ధృవ సత్వము అని నిర్వచింపవచ్చును.

ఈ) అయస్కాంత ప్రేరణ లేదా నికర అయస్కాంత క్షేత్రము (magnetic induction (or) total magnetic field)

మెత్తటి ఇనుము వంటి వస్తువులను ఏకరీతి అయస్కాంతీకరణ క్షేత్రములో $\vec{H}$ ఉంచినపుడు ఆ వస్తువు అయస్కాంతముగా మారును. అనగా ఆ వస్తువు అయస్కాంత గుణమును పొందును. వస్తువు యొక్క అయస్కాంత ప్రేరణ లేదా మొత్త అయస్కాంత క్షేత్రము $\vec{B}$ అనునది, అయస్కాంతత్వ క్షేత్రము వలన శూన్యములో ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రమునకు $\vec{B}_o$ అయస్కాంతత్వ క్షేత్రము వలన వస్తువులలో ప్రేరేపించబడు అయస్కాంత క్షేత్రము $\vec{B}_m$ ల మొత్తము అగును.

$$\vec{B} = \vec{B}_o + \vec{B}_m = \mu_\circ \vec{H} + \mu_\circ \vec{M}$$

$$\Rightarrow \vec{B} = \vec{B}_o + \vec{B}_m = \mu_\circ(\vec{H} + \vec{M}) \qquad (3.32)$$

ఉ) అయస్కాంత వశ్యత

ఒక వస్తువును అయస్కాంతీకరణ క్షేత్రము $\vec{H}$లో ఉంచినపుడు, ఆ వస్తువు బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రము వలన ఏ విధంగా ప్రభావితం చెందును అనే అంశాన్ని గురించి అయస్కాంత వశ్యత తెలుపును. మరొక విధంగా చెప్పినట్లయితే ఎంత సులభముగా మరియు ఎంత బలముగా వస్తువులు అయస్కాంతీకరణము చెందు కొలతనే అయస్కాంత వశ్యత అంటారు. అయస్కాంతీకరణ వలన వస్తువులలో ప్రేరేపించబడిన అయస్కాంతీకరణ తీవ్రత $\left(\vec{M}\right)$, వస్తువునకు ఇవ్వబడిన అయస్కాంతీకరణ క్షేత్రమునకు $\left(\vec{H}\right)$ వున్న నిష్పత్తినే అయస్కాంత వశ్యత అనబడును.

$$\chi_m = \frac{\left|\vec{M}\right|}{\left|\vec{H}\right|} \qquad (3.33)$$

ఇది ఒక మితి లేని కొలత అగును. పట్టిక 3.1లో కొన్ని సమదైశిక పదార్థముల యొక్క అయస్కాంత వశ్యత విలువలు ఇవ్వబడినవి.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 150 23-03-2023 14:03:53

పట్టిక 3.1 సమదైశిక గుణము గల కొన్ని వస్తువుల యొక్క అయస్కాంత వశ్యత

వస్తువు	అయస్కాంత వశ్యత (χ_m)
అల్యూమినియం	2.3×10^{-5}
రాగి	-0.98×10^{-5}
వజ్రము	-2.2×10^{-5}
బంగారము	-3.6×10^{-5}
పాదరసము	-3.2×10^{-5}
వెండి	-2.6×10^{-5}
టైటానియం	7.06×10^{-5}
టంగ్‌స్టన్	6.8×10^{-5}
కార్బన్‌డయాక్సైడ్ (1 atm)	-2.3×10^{-9}
ఆక్సిజన్ (1 atm)	2090×10^{-9}

ఉదాహరణ 3.8

ద్రవ్యరాశి అయస్కాంత భ్రామకము మరియు సాంద్రత క్రమముగా 200 g, 2 A m^2, 8 g cm^{-3}, కలిగిన ఒక దండాయస్కాంత అయస్కాంతీకరణ తీవ్రతను లెక్కించుము.

సాధన

దండాయస్కాంతము యొక్క సాంద్రత క్రింది విధంగా యుండును.

$$\text{సాంద్రత} = \frac{\text{ద్రవ్యరాశి}}{\text{ఘనపరిమాణము}} \Rightarrow \text{ఘనపరిమాణము} = \frac{\text{ద్రవ్యరాశి}}{\text{సాంద్రత}}$$

$$\text{ఘనపరిమాణము} = \frac{200\times10^{-3}\,\text{kg}}{\left(8\times10^{-3}\,\text{kg}\right)\times10^{6}\,\text{m}^{-3}} = 25\times10^{-6}\,\text{m}^3$$
$$= 25\times10^{-6}\,\text{m}^3$$

అయస్కాంత భ్రామకము యొక్క పరిమాణము

$p_m = 2\,\text{A m}^2$

అయస్కాంతీకరణ తీవ్రత,

$$= \frac{\text{అయస్కాంత భ్రామకము}}{\text{ఘనపరిమాణము}} = \frac{2}{25\times10^{-6}}$$
$$M = 0.8\times10^{5}\,\text{A m}^{-1}$$

ఉదాహరణ 3.9

$\vec{B} = \mu_\circ(\vec{H}+\vec{M})$ అను సంబంధము ఉపయోగించి $\chi_m = \mu_r - 1$ అని చూపుము.

సాధన

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

కాని సమీకరణము (3.33) యొక్క సదిశ రూపము

$$\vec{M} = \chi_m\vec{H}$$

అందువలన $\vec{B} = \mu_\circ(\chi_m+1)\vec{H} \Rightarrow \vec{B} = \mu\vec{H}$

ఇచ్చట $\mu = \mu_\circ(\chi_m+1) \Rightarrow \chi_m + 1 = \dfrac{\mu}{\mu_\circ} = \mu_r$

$$\Rightarrow \chi_m = \mu_r - 1$$

ఉదాహరణ 3.10

X మరియు Y అను రెండు వస్తువుల యొక్క అయస్కాంతీకరణ తీవ్రత క్రమముగా 500 A m^{-1} మరియు 2000 A m^{-1} అనుకొనుము. 1000 A m^{-1} విలువ గల అయస్కాంతీకరణ క్షేత్రములో రెండు వస్తువులను యుంచినపుడు ఏ వస్తువు సులభముగా అయస్కాంతీకృతమగును.

సాధన

X వస్తువు యొక్క అయస్కాంత వశ్యత

$$\chi_{m,\text{X}} = \frac{|\vec{M}|}{|\vec{H}|} = \frac{500}{1000} = 0.5$$

Y వస్తువు యొక్క అయస్కాంత వశ్యత

$$\chi_{m,\text{Y}} = \frac{|\vec{M}|}{|\vec{H}|} = \frac{2000}{1000} = 2$$

Y వస్తువు యొక్క అయస్కాంత వశ్యత అధికము. అందువలన X వస్తువు కంటే Y వస్తువు సులభంగా అయస్కాంతీకరణము చెందును.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 151 23-03-2023 14:04:01

3.5

అయస్కాంత పదార్థముల యొక్క వర్గీకరణ

(CLASSIFICATION OF MAGNETIC MATERIALS)

అయస్కాంతీకరణ క్షేత్రములో యుంచబడిన వస్తువుల యొక్క ప్రవర్తన ఆధారంగా అవి మూడు రకములుగా విభజింపబడియున్నవి. అవి క్రమముగా డయా, ఫారా, ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థములగును. వీటిని గురించి ఈ భాగములో తెలుసుకొనవచ్చును.

అ) డయా అయస్కాంత పదార్థములు

కేంద్రము చుట్టూ యున్న ఎలక్ట్రానుల యొక్క కక్షీయ గమన మార్గమునకు లంబముగా ఒక అయస్కాంత క్షేత్రమును ఏర్పరచును. అందువలన ఒక్కొక్క ఎలక్ట్రాను ఒక పరిమిత కక్ష్యా అయస్కాంత ద్విధ్రువ భ్రామకమును (Finite orbital magnetic dipole moment) పొందియుండును. కాని కక్షీయ గమనము క్రమరహితముగా అన్ని దిశలలోను అమరియుండుట వలన అయస్కాంత ద్విధ్రువ భ్రామకము యొక్క సదిశ సంకలనము శూన్యమగును. అందువలన ఏ ఒక్క అణువు ఫలిత అయస్కాంత ద్విధ్రువ భ్రామకమును పొందియుండదు.

బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రములో వీటిని యుంచినపుడు కొన్ని ఎలక్ట్రానుల వేగము అధికమగును. కొన్ని ఎలక్ట్రానుల వేగము తక్కువగును. లెంజ్ నియమము ఆధారంగా ద్విధ్రువ భ్రామకములు వ్యతిరేఖ-సమాంతరముగా యున్న ఎలక్ట్రానుల యొక్క వేగం అధికరించును. దీని కారణంగా బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రము దిశకు వ్యతిరేఖముగా ప్రేరేపించబడిన అయస్కాంత ద్విధ్రువ భ్రామకము ఏర్పరచును. బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రము తొలగించిన వెంటనే ఈ ప్రేరేపించబడిన అయస్కాంత ద్విధ్రువ భ్రామకము అదృశ్యమవుతుంది.

అసమరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో ఒక డయా అయస్కాంత పదార్థమును ఉంచునప్పుడు, ప్రేరేపించబడిన అయస్కాంత ద్విధ్రువ భ్రామకమును బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రమునకు మధ్య ఒక పరస్పర చర్య వలన బలము ఏర్పడుచున్నది. ఈ బలము డయాఅయస్కాంత పదార్థమును బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క బలమైన ప్రాంతము నుండి బలహీన ప్రాంతమునకు నెట్టుటకు ప్రయత్నించును. బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రము వలన డయా అయస్కాంత పదార్థము వికర్షించబడుటను ఇది తెలియజేయును.

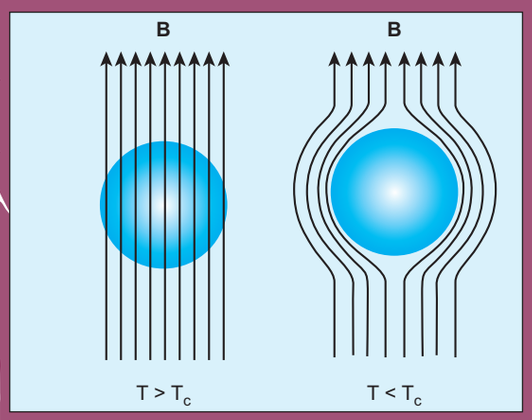
ఈ చర్యను డయా అయస్కాంత చర్య (Diamagnetic action) అని అంటారు. మరియు ఇటువంటి వస్తువులను డయా అయస్కాంత పదార్థములు (Diamagnetic materials) అని అంటారు. ఉదాహరణ: బిస్మత్, రాగి మరియు నీరు మొదలగు వస్తువులు.

డయా అయస్కాంత పదార్థముల యొక్క ధర్మములు

i) ఇవి ఋణాత్మక అయస్కాంత వశ్యతను కలిగి ఉంటాయి.

గమనిక

అతివాహకములు సంపూర్ణ డయా అయస్కాంత పదార్థములు. డయా అయస్కాంత పదార్థములు అతివాహకముగా పరివర్తనము చెందిన స్థితిలో అయస్కాంత అభివాహము వికర్షించబడు దృగ్విషయమును మెయ్‌సనర్ (Meissner) ఫలితము అని అంటారు. (పటము 3.18ని చూడుము)



పటము 3.18 మెయ్‌సనర్ ఫలితము – పరివర్తన ఉష్ణోగ్రత (T_C) కంటే తక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్ద అతివాహకములు ఒక పూర్తి డయా అయస్కాంత పదార్థముల వలె పనిచేస్తాయి.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 152 23-03-2023 14:04:01

ii) వీటి సాపేక్ష అయస్కాంత ప్రవేశ శీలత ఒకటి కంటే తక్కువగా ఉంటుంది.

iii) బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రములో యుంచినపుడు అయస్కాంత క్షేత్ర రేఖలు డయా అయస్కాంత పదార్థములచే వికర్షించబడును.

iv) అయస్కాంత వశ్యత దాదాపు ఉష్ణోగ్రతపై ఆధారపడదు.



అయస్కాంత వాయు స్తంభన రైలు

అయస్కాంత వాయు స్తంభన రైలు మాగ్‌లేవ్ (Maglev) రైలు అని వ్యవహరిస్తారు. విద్యుత్ అయస్కాంతములను ఉపయోగించి రైలును దాని పట్టాలపై నుండి కొన్ని సెంటీమీటర్ల ఎత్తుకు నెట్టవచ్చును. మాగ్‌లేవ్ రైలుకి చక్రములు అవసరము లేదు. మరియు ఇవి చాలా అధిక వేగముతో పయనిస్తాయి. ఇవి పనిచేసే ఆధార సాంకేతికత రెండు జతల అయస్కాంతములచే నియంత్రణ చేయబడుచున్నది. ఒక జత అయస్కాంత వికర్షణ బలమును ఉపయోగించి రైలును దాని పట్టాల నుండి కొన్ని సెంటీమీటర్లు ఎత్తుకు గాలిలోకి నెట్టబడుచున్నది. మరొక జత అయస్కాంతము తేలుచున్న రైలును అత్యధిక వేగముతో ముందువైపు పోవునట్లు చేయును. మనము ఉపయోగించు సాధారణ రైలుతో మాగ్‌లేవ్ రైలును పోల్చినపుడు ఇది శబ్దము లేనిది, కంపనము లేనిది మరియు పరిసరములపై ఎటువంటి ప్రభావము లేకుండా ఉండును. భవిష్యత్తులో సాంకేతిక పరిజ్ఞానమును ఉపయోగించి మాగ్‌లేవ్ రైలు ఇప్పుడున్న వేగము కంటే చాలా అధిక వేగముతో చలించు సామర్థ్యము కలిగియుండును.



అ) పారా అయస్కాంత పదార్థములు

కొన్ని అయస్కాంత పదార్థములలో దాని ఒక్కొక్క పరమాణువు లేదా అణువు నికర అయస్కాంత ద్విధ్రువ భ్రామకమును పొందియున్నది. దీనికి కారణము అణువులోని ఎలక్ట్రానుల యొక్క కక్ష్యీయ గమనము మరియు స్పిన్ అయస్కాంత భ్రామకముల యొక్క సదిశ సంకలనమునకు సమానమగును. ఈ అయస్కాంత భ్రామకములు (Spin magnetic dipole moment) యాదృచ్ఛిక విన్యాసములో ఉండుట వలన వస్తువు యొక్క నికర అయస్కాంత భ్రామక పరిమాణము శూన్యమగును.

బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రములో వీటిని ఉంచినపుడు పరమాణు ద్విధ్రువముపై పనిచేయు భ్రామక బలము వాటిని బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క దిశలోనే అమర్చుటకు ప్రయత్నించును. దీని ఫలితముగా నికర అయస్కాంత ద్విధ్రువ భ్రామకము, బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్ర దిశలోనే ప్రేరేపించబడును. బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రము ఉన్నంతవరకు ఈ ప్రేరేపించబడిన ద్విధ్రువ భ్రామకము కొనసాగును.

వీటిని అసమరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో ఉంచినపుడు పారా అయస్కాంత పదార్థములు అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క బలహీనమైన ప్రాంతము నుండి బలమైన ప్రాంతమునకు నెట్టుటకు ప్రయత్నించును. బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రము పనిచేయబడు దిశలో బలహీనమైన అయస్కాంత గుణమును చూపు పదార్థములను పారా అయస్కాంత పదార్థములు అని అంటారు. ఉదాహరణకు అల్యూమినియం, ప్లాటినం, క్రోమియం మరియు ఆక్సిజన్ మొదలగునవి.

పారా అయస్కాంత పదార్థముల యొక్క ధర్మములు

i) ఇవి తక్కువ ధనాత్మక అయస్కాంత వశ్యతను కలిగి ఉంటాయి.

ii) వీటి సాపేక్ష అయస్కాంత ప్రవేశ శీలత ఒకటి కంటే అధికముగా ఉండును.

iii) బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రములో యుంచునపుడు అయస్కాంత క్షేత్ర రేఖలు పారా అయస్కాంత పదార్థముల వైపు ఆకర్షించబడును.

iv) అయస్కాంత వశ్యత ఉష్ణోగ్రతకు విలోమానుపాతంలో యుండును.

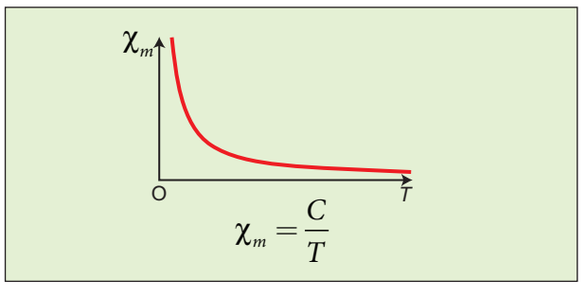
03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 153 23-03-2023 14:04:01

క్యూరి నియమము

ఉష్ణోగ్రత అధికరించునపుడు తాప కంపనములు కారణముగా అయస్కాంత ద్విధ్రువ భ్రామకముల యొక్క అమరిక (alignment) లో స్థితి మార్పు జరుగును. అందువలన ఉష్ణోగ్రత అధికరించుట వలన అయస్కాంత వశ్యత తక్కువగును. అనేక సంఘటనలలో పదార్థముల యొక్క అయస్కాంత వశ్యతను క్రింది విధముగా సూచిస్తారు.

$$\chi_m \propto \frac{1}{T} \text{ లేదా } \chi_m = \frac{C}{T}$$

పై సంబంధమును క్యూరి నియమము అని అంటారు. ఇచ్చట C అనునది క్యూరి స్థిరాంకము మరియు T అనునది కెల్విన్ ఉష్ణోగ్రత. అయస్కాంత వశ్యతకు ఉష్ణోగ్రతకు మధ్య గల సంబంధమును పటము 3.19 లో చూపబడియున్నది. ఇది ఒక దీర్ఘచతురస్ర అతిపరావలయం అనుటను గమనించగలము.

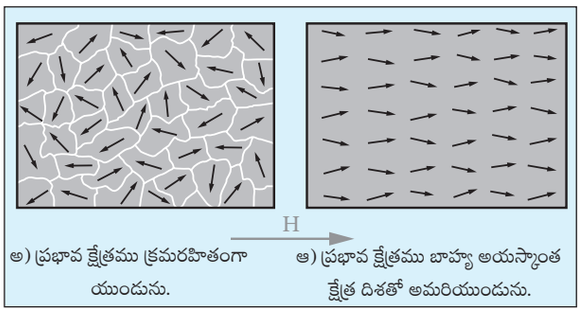


పటము 3.19 క్యూరి యొక్క నియమము – అయస్కాంత వశ్యతకు ఉష్ణోగ్రతకు గల సంబంధం

ii) ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థములు

పారా అయస్కాంత పదార్థముల వలె ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థములో గల ఒక పరమాణువు లేదా అణువు మొత్త అయస్కాంత ద్విధ్రువ భ్రామకమును పొందియున్నవి. ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థములు, ఫెర్రో అయస్కాంత ప్రభావక్షేత్రము అనబడు చిన్న భాగములచే ఏర్పడుతాయి. పటము 3.20 ఒక్కొక్క ప్రభావ క్షేత్రములో గల అయస్కాంత భ్రామకములు స్వేచ్ఛగా తనంతట తాముగా ఒక నిర్ణీత దిశలో అమరియుంటాయి. అణువుల మధ్యగల దూరమును బట్టి ఎలక్ట్రానుల యొక్క భ్రమణము వలన ఏర్పడు బలమైన అంతర చర్యవలన ఈ అమరిక ఏర్పడియున్నది.

ఒక్కొక్క ప్రభావ క్షేత్రము ఒక నిర్ణీత దిశలో అయస్కాంతీకరణము చేయబడుచున్నది. అయినప్పటికీ ఒక్కొక్క ప్రభావ క్షేత్రము యొక్క అయస్కాంతీకరణ దిశ ఒకదాని నుండి మరొకటి వేరుపడి క్రమరహితంగా అమరియుండును. అందువలన వస్తువుల యొక్క మొత్త అయస్కాంతత్వము శూన్యమగును.

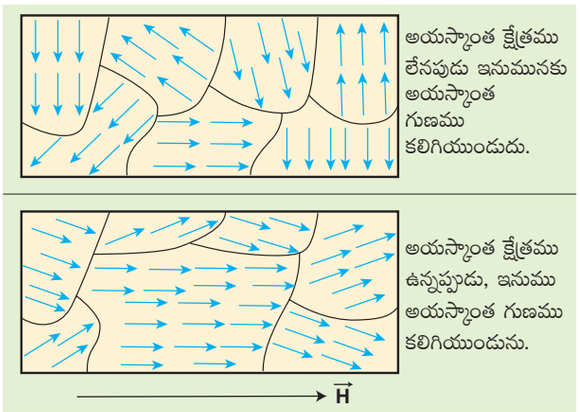


పటము 3.20 ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థముల యొక్క అయస్కాంత ప్రభావ క్షేత్రములు

బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రములో యుంచినపుడు ఈ క్రింది రెండు సంఘటనలు ఏర్పడును

(1) బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క దిశకు సమాంతరముగా అయస్కాంత భ్రామకమును కలిగియున్న ప్రభావ క్షేత్రము యొక్క పరిమాణము ఎక్కువవుతుంది.

(2) బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రమునకు సమాంతరముగాలేని మిగిలిన ప్రభావ క్షేత్రములు భ్రమణము చెంది బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్ర దిశలో అమరియుంటాయి. ఈ రెండు సంఘటనల ఫలితంగా బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్ర దిశలోనే వస్తువులో బలమైన నికర అయస్కాంతీకరణము ఏర్పడుచున్నది. ఇది పటము 3.21లో చూపబడియున్నది.



పటము 3.21 ప్రభావ క్షేత్రముల అయస్కాంతీకరణ ప్రక్రియ

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 154 23-03-2023 14:04:02

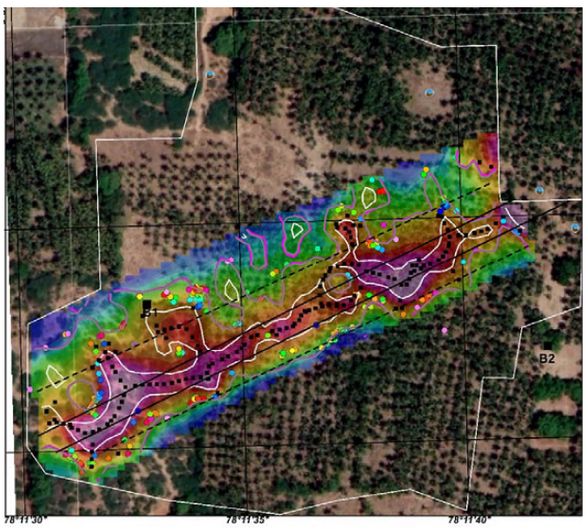
మీకు తెలుసా?

మన దైనందిన జీవితములో అకర్షణీయ విధముగా అయస్కాంతము యొక్క పాత్ర ఉన్నది. పురాతన ప్రాంతమైన కీళడిలో దీనికి సంబంధము ఉన్నది. నిర్ణీత ప్రదేశములో భూమికి లోపల ప్రాచీన కట్టడ నిర్మాణము ఏదైనా ఉన్నదాయనుటను తెలుసుకొనుటకు అయస్కాంత మితీయ సర్వే (magnetometer surveying) అను వైజ్ఞానిక పద్ధతి ఉపయోగించబడుచున్నది. ఈ పద్ధతిలో, ఒక ప్రదేశములో అయస్కాంత క్షేత్రము దాని సమీపములో యున్న ప్రదేశముల యొక్క అయస్కాంత క్షేత్రము నుండి ఎంత వరకు మార్పుయుండును అని కొలువబడుచున్నది.



పటము 2

ఈ మార్పునకు కారణము ఆ ప్రాంతము క్రింద ఏదైనా ప్రాచీన కాలంలో పూడిపోయిన గోడ, మట్టి కుండలు, ఇటుకలు, సమాధులు, చారిత్రక కట్టడములు, జీవన ప్రదేశములు మొదలగు పలు పురాతన వస్తువులో కనబడు మేగ్నటైట్ అను ధాతువు దానికి సంబంధించిన ధాతువులు అగును. ఆ ధాతువులు డయా, పారా లేదా ఫెర్రో వంటి ఈ మూడు అయస్కాంత స్వభావములో ఏదైనా ఒక స్వభావము పొందియుండును. ఇంకను ఇవి ఒక్కొక్కటి వేర్వేరు అయస్కాంత వశ్యతను కలిగియుంటాయి.



పటము 1

ముంబైలో గల ఇండియా భౌమ్యాయస్కాంతత్వ సంస్థ (Indian Institute of Geomagnetism) కీళడిలో చేయబడిన అయస్కాంత మితీయ సర్వే పరిశోధన మూలముగా ఆ ప్రాంతపు అడుగు భాగములో గోడ, మట్టి కుండలు వంటి పురాతన నిర్మాణములు పూడిపోయున్నది అని కనుగొన్నారు. 10 నుండి (100nT) వరకు గల అయస్కాంత క్షేత్ర మార్పులు ఒక నిర్ణీత ప్రాంతములో (రంగు ప్రాంతము) ఏర్పడియుండుటను పటము 2లో చూడవచ్చును. వాస్తవముగా ఇటుకలతో చేయబడిన పెద్ద పురాతన నిర్మాణము కీళడిలో యున్నదను నిజమును అయస్కాంతము మూలముగానే మనకు తెలియవచ్చినది (పటము 1)

అసమరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థములను యుంచినపుడు, అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క బలహీనమైన ప్రాంతము నుండి చాలా బలమైన ప్రాంతమునకు చలించుటకు ప్రయత్నించును. బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రము పనిచేయు దిశలో బలమైన అయస్కాంతీకరణ ధర్మమును ప్రదర్శిస్తాయి. ఈ వస్తువులను ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థములు అని అంటారు. ఉదాహరణలు: ఇనుము, నికెల్ మరియు కోబాల్ట్

ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థముల యొక్క ధర్మములు

i) వీటి యొక్క అయస్కాంత వశ్యత ధనాత్మకము మరియు అధికము

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 155 23-03-2023 14:04:03

ii) సాపేక్ష ప్రవేశ్య శీలత అధికము

iii) బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రములో, ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థములను యుంచునపుడు అయస్కాంత క్షేత్ర రేఖలు ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థముల వైపు బలముగా ఆకర్షించబడును.

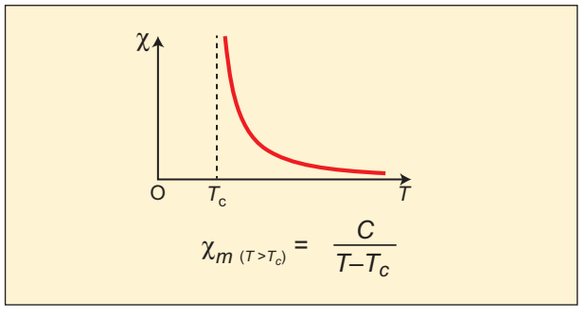
iv) అయస్కాంత వశ్యత ఉష్ణోగ్రతకు విలోమానుపాతంలో యుండును.

క్యూరి–వెయిస్ నియమము

ఉష్ణోగ్రత అధికరించినపుడు, పరమాణు ద్విధృవముల యొక్క ఉష్ణ అలజడి అధికరించుట వలన ఫెర్రో అయస్కాంతీకరణము తగ్గును. ఒక నిర్ణీత ఉష్ణోగ్రతలో ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థము పారా అయస్కాంత పదార్థముగా మారును. ఈ ఉష్ణోగ్రతనే క్యూరీ ఉష్ణోగ్రత T_C అంటారు. క్యూరీ ఉష్ణోగ్రత కన్నా అధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద పదార్థం యొక్క అయస్కాంత వశ్యత క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

$$\chi_m = \frac{C}{T - T_C}$$

ఈ సమీకరణమును క్యూరీ–వెయిస్ నియమము అని పిలుస్తారు. ఇచ్చట C అనునది క్యూరీ స్థిరాంకము మరియు T అనునది కెల్విన్ ఉష్ణోగ్రత అగును. పటము 3.22 అయస్కాంత వశ్యతకు, ఉష్ణోగ్రతకు యున్న సంబంధమును చూపుచున్నది.

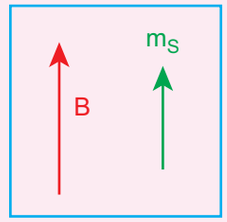


పటము 3.22 క్యూరీ–వెయిస్ నియమము – అయస్కాంత వశ్యతకు ఉష్ణోగ్రతకు గల సంబంధము

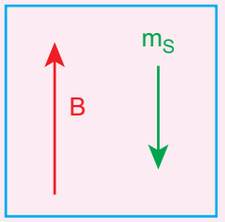
మీకు తెలుసా?

భ్రమణము

ద్రవ్యరాశి, ఆవేశము వలె ప్రాథమిక కణముల యొక్క మరొక గుణమే భ్రమణము (Spin) అగును. భ్రమణము అనునది క్వాంటమ్ యాంత్రిక దృగ్విషయము అగును. ఇది వస్తువుల యొక్క అయస్కాంత ధర్మమునకు ఒక కారణమగును. సాంప్రదాయక యాంత్రికశాస్త్రములో మనము వివరించు భ్రమణము అనునది క్వాంటమ్ యాంత్రిక శాస్త్రములోని భ్రమణమునకు పూర్తిగా వేరుగాయుండును. క్వాంటమ్ యాంత్రిక శాస్త్రములో చెప్పబడు భ్రమణము నిజముగా భ్రమణము అని గుర్తించుటలేదు. ఇది అంతర్గత కోణీయ ద్రవ్యవేగమును గుర్తించును. అంతర్గత కోణీయ ద్రవ్యవేగమును గురించి సాంప్రదాయ యాంత్రిక శాస్త్రములో ఎటువంటి సారూప్యత లేదు. చాలాకాలంగా Spin అని పిలుచుటవలన ఆ పేరే స్థిరముగా నిలిచిపోయినది. కణము యొక్క Spin ధనాత్మక విలువను మాత్రమే పొందును. కాని బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రములో సదిశ యొక్క విన్యాసము (Orientation of spin) ధనాత్మక లేదా ఋణాత్మక విలువలను పొందును. ఉదాహరణగా ఎలక్ట్రాను యొక్క spin $s = \frac{1}{2}$. బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రము పనిచేయు స్థితిలో భ్రమణము, అయస్కాంత క్షేత్ర దిశకు సమాంతరముగానో లేదా సమాంతర వ్యతిరేఖ దిశలోనో అమరియుండును. దీని నుండి ఎలక్ట్రాను యొక్క అయస్కాంత Spin రెండు విలువలను పొందును. అవి క్రమముగా $m_s = \frac{1}{2}$ (పైవైపు గల Spin) మరియు $m_s = -\frac{1}{2}$ (క్రింది వైపు గల Spin) ప్రోటాను మరియు న్యూట్రాను భ్రమణము $s = \frac{1}{2}$. ఫోటాను యొక్క భ్రమణము $s = 1$



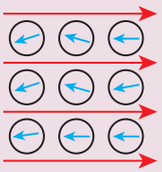
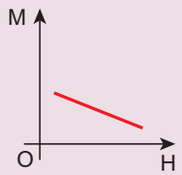
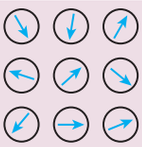
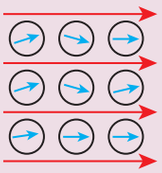
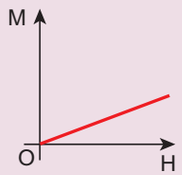
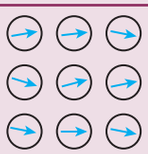
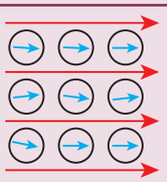
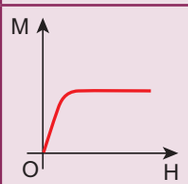
అయస్కాంత క్షేత్ర దిశకు సమాంతర దిశలో భ్రమణము



అయస్కాంత క్షేత్ర దిశకు సమాంతర వ్యతిరేఖ దిశలో భ్రమణము

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 156 23-03-2023 14:04:05

అయస్కాంతత్వ రకములలో పోలికలు (పరీక్ష కొరకు కాదు)

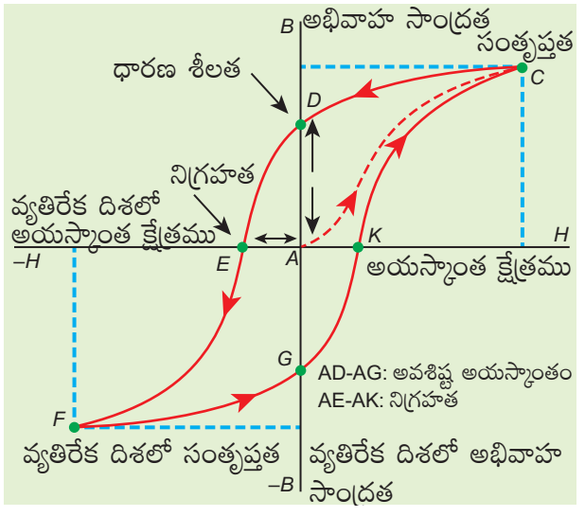
అయస్కాంతత్వ రకం	అయస్కాంతీకరణ క్షేత్రం లేని స్థితి ($H = 0$)	అయస్కాంతీకరణ క్షేత్రము గల స్థితి ($H \neq 0$)	వస్తువు యొక్క అయస్కాంతీకరణము	అయస్కాంత వశ్యత	సాపేక్ష ప్రవేశ్య శీలత
డయా అయస్కాంతత్వం	 శూన్య అయస్కాంత భ్రామకము	 క్షేత్రమునకు వ్యతిరేఖముగా అమర్చుట		ఋణాత్మకము	ఒకటి కన్నా తక్కువ
పారా అయస్కాంతత్వం	 మొత్త అయస్కాంత భ్రామకము కలదు. కానిక్రమరహితంగా అమరియుండును	 క్షేత్రము యొక్క దిశలో అమరియున్నది		ధనాత్మకము మరియు అల్ప విలువ	ఒకటి కన్నా ఎక్కువ
ఫెర్రో అయస్కాంతత్వం	 ప్రభావ క్షేత్రములోపల మొత్త అయస్కాంత భ్రామక సామర్థ్యము కలదు. కాని ప్రభావ క్షేత్రములు క్రమరహితంగా అన్ని దిశలలోను అమరియుండును	 క్షేత్రము యొక్క దిశలో అమరియున్నది		ధనాత్మకము మరియు అధిక విలువ	చాలా అధికము

3.6 శైథిల్యం (HYSTERESIS)

ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థమును అయస్కాంతీకరించు క్షేత్రములో ఉంచినపుడు ప్రేరణ ప్రభావముగా ఆ వస్తువు అయస్కాంతీకరణము చెందును. ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థము యొక్క ఒక ముఖ్య లక్షణము ఏమనగా, అయస్కాంతీకరించు క్షేత్రము ($\vec{H}$) ను బట్టి అయస్కాంత క్షేత్రములో ($\vec{B}$) ఏర్పడు మార్పు రేఖీయముకాదు. అనగా $\frac{B}{H} = \mu$ ఒకస్థిరాంకము కాదు. ఈ ప్రవర్తన గూర్చి వివరముగా అభ్యసిద్దాం.

ఒక ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థము (ఉదాహరణగా ఇనుము) అయస్కాంతీకరించు క్షేత్రము $\vec{H}$ చే మెల్లగా అయస్కాంతీకరణము చేయబడును. అయస్కాంతీకరించు క్షేత్ర పరిమాణమునకు సమానమైన అయస్కాంత క్షేత్రము $\vec{B}$, బిందువు A నుండి పెరుగుతూపోయి సంతృప్తస్థాయిని పొందును. వస్తువు యొక్క ఈ మార్పు రేఖాపటము 3.23లో AC వక్రరేఖ మార్గములో గుర్తించబడియున్నది. అయస్కాంతీకరించు క్షేత్రమును ఇచ్చునపుడు వస్తువు పొందు గరిష్ట అయస్కాంతీకరణ బిందువునే సంతృప్త అయస్కాంతీకరణం (Saturated magnetisation) అని నిర్వచింపబడుచున్నది.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 157 23-03-2023 14:04:07



పటము 3.23 శైథిల్యం – B మరియు H కి మధ్యగల రేఖా పటము

ఇప్పుడు అయస్కాంతీకరించు క్షేత్రమును తగ్గించునపుడు అయస్కాంత ప్రేరణ కూడా తక్కువగును. కాని దాని వాస్తవ మార్గము CA లోనే పయనించదు. అది CD అను మరొక మార్గము ద్వారా పయనిస్తుంది. అయస్కాంతీకరణ క్షేత్రము శూన్యము కాకుండా, ఒక ధనాత్మక విలువను పొందియుండును. $H = 0$ అయినప్పటికీ కొన్ని మాదిరిలలో అయస్కాంతత్వ స్వభావము కొంత మిగిలి ఉండుటను మనకు తెలుపుచున్నది.

వస్తువులో శేషముగా యుండు ఈమిగిలిన అయస్కాంతత్వమును (AD) అవశిష్టత లేదా ధారణశీలత (Remanence or Retentivity) అని అంటారు. అయస్కాంతీకరణ క్షేత్రము లేని సందర్భములోనూ అయస్కాంతత్వమును నిలుపుకొను వస్తువు యొక్క సామర్థ్యమునే అయస్కాంత అవశిష్టత లేదా అయస్కాంత ధారణశీలత అని నిర్వచించవచ్చును.

ఒక వస్తువును అయస్కాంతపరచుటకు వ్యతిరేఖ దిశలో అయస్కాంతీకరించు క్షేత్రమును అధికరించవలయును. ఇప్పుడు DE మార్గములో అయస్కాంత అభివాహము తగ్గిన E బిందువు వద్ద శూన్య విలువను పొందును. వస్తువు యొక్క శేష అయస్కాంతత్వమును శూన్యము చేయుటకు వ్యతిరేఖ దిశలో చేయబడిన అయస్కాంతీకరణ క్షేత్రము రేఖా పటములో AE మార్గముతో గుర్తించబడియున్నది. వస్తువు యొక్క శేష అయస్కాంతం పూర్తిగా తొలగించుటకు, కావలసిన ఉత్ప్రమణీయత అయస్కాంతీకరణ క్షేత్ర పరిమాణమే నిగ్రహత (Coercivity) అని అంటారు.

$\vec{H}$ ఇంకను వ్యతిరేఖ దిశలో అధికరించునపుడు అయస్కాంత క్షేత్రము EF మార్గము ద్వారా పరిపూర్ణ స్థితి (F) పొందువరకు వ్యతిరేఖ దిశలో అధికరించును. వ్యతిరేఖ దిశలో అయస్కాంతీకరణ క్షేత్రమును తగ్గించి మరలా అధికరించునపుడు అయస్కాంత క్షేత్రము FGKC అను మార్గమును ఏర్పరచును. ACDEFGKC అను సంవృత మార్గమునకు శైథిల్య లూప్ అని పేరు. ఇది ఒక అయస్కాంతత్వ చక్రమును చూపును.

ఈ పూర్తి చక్రములో అయస్కాంత క్షేత్రము B అయస్కాంతీకరణ క్షేత్రము H కన్నా వెనుకంజగా యున్నది. అయస్కాంత క్షేత్రము, అయస్కాంతీకరణ క్షేత్రము వెనుకంజయగు ఈ సంఘటనకు శైథిల్యం అని పేరు. శైథిల్యం అనగా వెనుకంజ అని అర్థం.

శైథిల్య నష్టము

ఒక వస్తువులో అయస్కాంతత్వ చక్రములో ఉష్ణరూపములో శక్తి నష్టమగును. ఈ శక్తి నష్టమునకు కారణము అనేక దిశలలో అణువుల యొక్క భ్రమణము మరియు ద్విగ్విన్యాసము. ఒక పూర్తి చక్రములో అయస్కాంతత్వము చేయబడు వస్తువు యొక్క ప్రమాణ ఘనపరిమాణమునకు గల శక్తి నష్టము, శైథిల్య లూప్ వైశాల్యమునకు సమానమని తెలుసుకొనబడినది.

కఠిన మరియు మృదు అయస్కాంత పదార్థములు

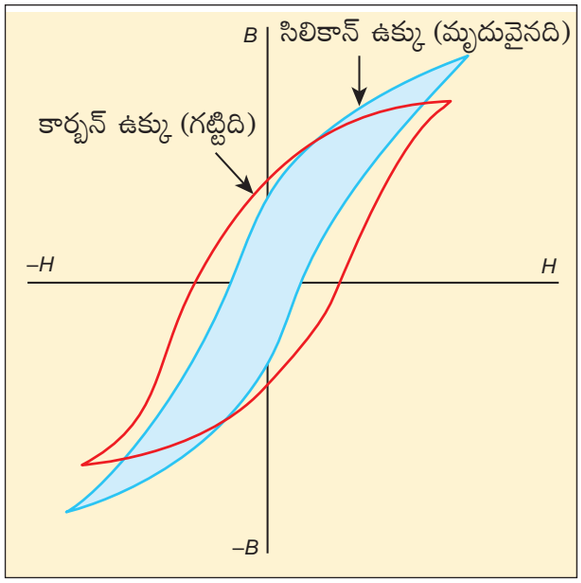
శైథిల్య లూప్ యొక్క ఆకారము మరియు పరిమాణము ఆధారముగా ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థములు తక్కువ వైశాల్యము కలిగిన మృదు అయస్కాంత పదార్థములు మరియు అధిక వైశాల్యము కలిగిన కఠిన అయస్కాంత పదార్థములు అని వర్గీకరించ వచ్చును.

ఈ రెండు అయస్కాంత పదార్థముల యొక్క శైథిల్య లూప్ పటము 3.24లో పోల్చిచూపబడినది. మృదు మరియు కఠిన అయస్కాంత పదార్థముల యొక్క ధర్మములు పట్టిక 3.2లో పోల్చబడియున్నది.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 158 23-03-2023 14:04:07

పట్టిక 3.2 మృదు ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థములకు మరియు కఠిన ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థములకు మధ్యగల భేదము

S.No.	ధర్మములు	మృదు ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థములు	కఠిన ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థములు
1	బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రమును తొలగించునపుడు	అయస్కాంతీకరణం అదృశ్యమగును	అయస్కాంతీకరణ అదృశ్యము కాదు
2	శైథిల్య లూప్ యొక్క వైశాల్యము	చిన్నది	పెద్దది
3	అవశేషము	తక్కువ	ఎక్కువ
4	నిగ్రహత	తక్కువ	ఎక్కువ
5	అయస్కాంత వశ్యత మరియు అయస్కాంత ప్రవేశశీలత	అధికం	తక్కువ
6	శైథిల్య నష్టము	తక్కువ	ఎక్కువ
7	ఉపయోగములు	సొలినాయిడ్ కోర్ పరివర్తక కోర్ మరియు విద్యుదయస్కాంతము	శాశ్వత అయస్కాంతములు చేయుటకు ఉపయోగపడును
8	ఉదాహరణలు	మెత్తటి ఇనుము, ముమెటల్, స్టెల్లాయ్ మొదలగునవి	ఉక్కు, అల్నికో, లోడ్‌స్టోన్ మొదలగునవి



పటము 3.24 రెండు ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థములను– పోల్చుట

శైథిల్య లూప్ యొక్క ప్రయోజనములు

ఒక్కొక్క ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థము యొక్క అయస్కాంత అవశేషము, అయస్కాంత నిగ్రహత, అయస్కాంత ప్రవేశ శీలత, అయస్కాంత వశ్యత మరియుఒక పూర్తి చక్రములో అయస్కాంతవంతము చేయునపుడు ఏర్పడు శక్తి నష్టము వంటి విషయములు తెలియజేయుటలో అయస్కాంత శైథిల్య లూప్ ప్రాముఖ్యత వహించుచున్నది. అందువలన నిర్ణీత అవసరమునకు తగినట్లు వస్తువును ఎన్నుకొనుటకు శైథిల్య లూప్ గురించి తెలుసుకొనుట అవసరమగును. ఇంకనూ కొన్ని ఉదాహరణములు ఇక్కడ చూచెదము.

i) శాశ్వత అయస్కాంతములు

అధిక అయస్కాంత అవశేషము, అధిక అయస్కాంత నిగ్రహత మరియు తక్కువ అయస్కాంత ప్రవేశ శీలత కలిగిన వస్తువులు శాశ్వత

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 159 23-03-2023 14:04:07

అయస్కాంతములను తయారుచేయుటకు చాలా అనుకూలముగా యుండును.

ఉదాహరణములు: కార్బన్, ఉక్కు మరియు అల్‌నికో

ii) విద్యుదయస్కాంతములు

అధిక ప్రారంభ అయస్కాంత ప్రవేశ శీలత, తక్కువ అయస్కాంత అవశేషము, తక్కువ అయస్కాంత నిగ్రహత మరియు తక్కువ వైశాల్యము కలిగిన సన్నని అయస్కాంత శైథిల్య లూప్ పొందియున్న వస్తువులు విద్యుదయస్కాంతములు తయారుచేయుటకు వీలగును.

ఉదాహరణములు: మృదువైన ఇనుము మరియు ముమ్మెటల్ (నికెల్, ఇనుము లోహ మిశ్రమము)

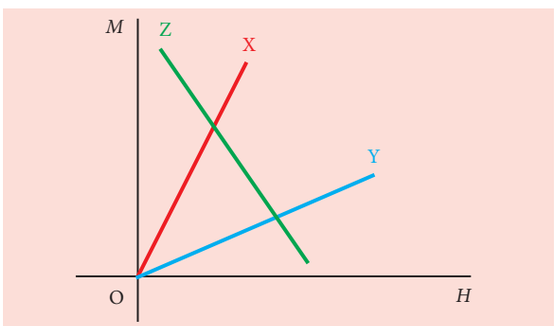
iii) పరివర్తకము యొక్క అంతర్భాగము

అధిక ప్రారంభ అయస్కాంత ప్రవేశ శీలత, ఎక్కువ అయస్కాంత క్షేత్రము మరియు తక్కువ వైశాల్యము కలిగిన సన్నని శైథిల్య లూప్ పొందిన వస్తువులు పరివర్తక అంతర్భాగము నిర్మించుటకు ఉపయోగపడుచున్నవి.

ఉదాహరణములు: మృదువైన ఇనుము

ఉదాహరణ 3.11

X, Y మరియు Z అను మూడు అయస్కాంత పదార్థముల యొక్క అయస్కాంతీకరణ తీవ్రత మరియు అనువర్తిత అయస్కాంత క్షేత్ర తీవ్రత వీటికి మధ్య గల భేదము క్రింద ఇవ్వబడిన రేఖాపటములో చూపబడినది. ఈ రేఖాపటము సహాయముతో ఈ మూడు వస్తువులను కనుగొనుము.



సాధన

M-H రేఖాచిత్రము యొక్క వాలు అయస్కాంత వశ్యతను ఇచ్చును, అనగా

$$\chi_m = \frac{M}{H}$$

పదార్థము X: ధనాత్మక వాలు మరియు అధిక విలువ యుండును. అందువలన ఇది ఒక ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థమగును.

పదార్థము Y: ధనాత్మక వాలు మరియు X పదార్థము కన్నా తక్కువ విలువ కలిగియుండును. అందువలన ఇది ఒక పారా అయస్కాంత పదార్థముగా యుండవచ్చును.

పదార్థము Z: ఋణాత్మక వాలు, అందువలన ఇది ఒక డయా అయస్కాంత పదార్థమగును.

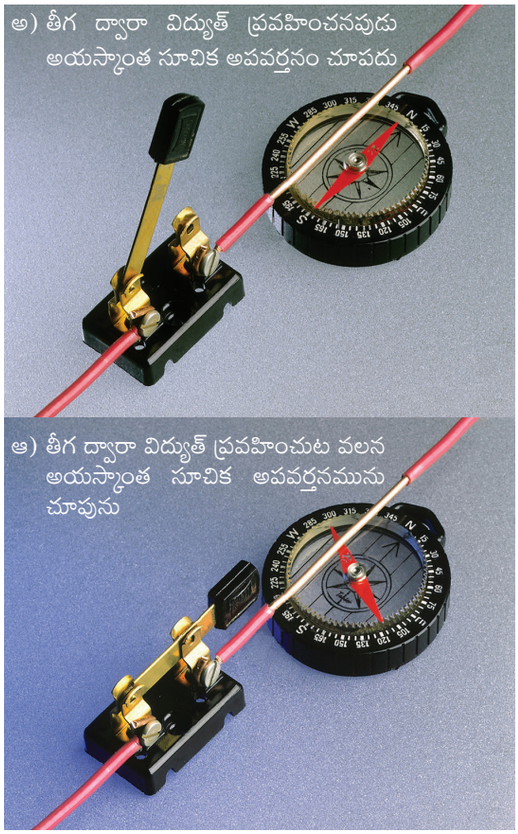
3.7 విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క అయస్కాంత ప్రభావములు

(MAGNETIC EFFECTS OF CURRENT)

3.7.1 అయర్‌స్టడ్ పరిశోధన

1820 లో అయర్‌స్టడ్ (Hans Christian Oersted) తన యొక్క భౌతికశాస్త్ర తరగతికి తయారగుచున్నప్పుడు తీగ ద్వారా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రక్కన యున్న దిక్సూచిలోని అయస్కాంత సూది ఆపవర్తనము చెందుట గమనించెను. సరియైన పరిశోధనల తర్వాత దిక్సూచి పరికరములో ఆపవర్తనము ఏర్పడుటకు కారణము విద్యుత్ ప్రవహించు తీగ చుట్టూ ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రములో ఏర్పడిన మార్పుయగును అని కనుగొన్నాడు. విద్యుత్ ప్రవహించు దిశను మార్చునపుడు దిక్సూచి పరికరములో వ్యతిరేఖ దిశలో అపర్తనము ఏర్పడుట తెలుసుకొనుము. ఇది విద్యుదయస్కాంత సిద్ధాంతము యొక్క అభివృద్ధికి దారి చూపెను, భౌతికశాస్త్రము యొక్క రెండు విభాగాలైన విద్యుత్ శక్తి మరియు అయస్కాంతత్వము ఒకటిగా కలిసిపోయినది.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 160 23-03-2023 14:04:08



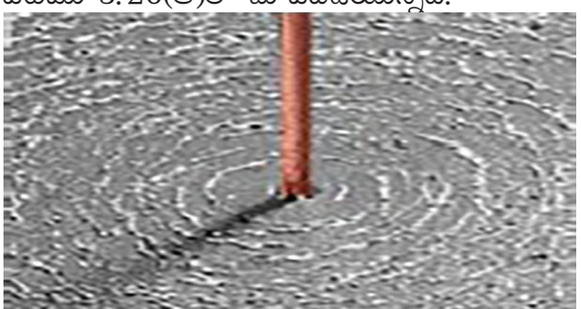
పటము 3.25 అయర్‌స్టడ్ పరిశోధన – విద్యుత్ ప్రవహించు తీగ మరియు అయస్కాంత సూచికలో ఏర్పడు అపవర్తనము

3.7.2 విద్యుత్ ప్రవహించు తిన్నని వాహకము మరియు వృత్తాకార తీగ చుట్ట చుట్టూ ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము

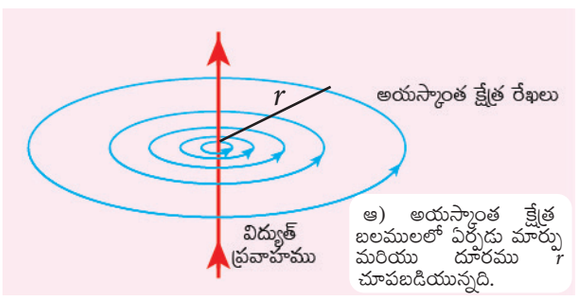
అ) విద్యుత్ ప్రవహించు తిన్నని వాహకము:

విద్యుత్ ప్రవహించు తిన్నని వాహకము వద్ద దిక్సూచి పరికరమును వుంచినప్పుడు, దిక్సూచిలో ఉన్న అయస్కాంత సూది ఒక భ్రామకమును అనుభవించి అపవర్తనము చెంది ఆ బిందువు వద్ద యున్న అయస్కాంత క్షేత్ర దిశలో నిలబడును. అయస్కాంత సూది అపర్తనము చెందు దిశను గుర్తించుచూ పోయిన అయస్కాంత క్షేత్రరేఖలను గీయవచ్చును. విద్యుత్ ప్రవహించు ఒక సరళరేఖ వాహకమునకు పటము 3.26 (అ)లో చూపిన విధంగా వాహకము యొక్క అక్షము చుట్టూ కేంద్రీకృత వృత్తములుగా దాని అయస్కాంత క్షేత్రము యుండును.

వాహకములో ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క దిశను బట్టి వృత్తాకార అయస్కాంత క్షేత్రరేఖల దిశ సవ్య దిశలో లేదా అపసవ్య దిశలో యుండును. పటము 3.26 (అ) విద్యుత్ ప్రవహించు పొడవైన తిన్నని వాహకము చుట్టూ ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్ర రేఖలు. వాహకములో ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క బలము (లేదా పరిమాణము) అధికరించినపుడు అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క సాంద్రత అధికరించును. వాహకము నుండి దూరము (r) అధికరించునపుడు, అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క (B) బలము తక్కువగును. ఇది పటము 3.26(ఆ)లో చూపబడియున్నది.



అ) విద్యుత్ ప్రవహించు వాహకము చుట్టూ వలయములుగా అమరియున్న అయస్కాంత క్షేత్ర రేఖలు



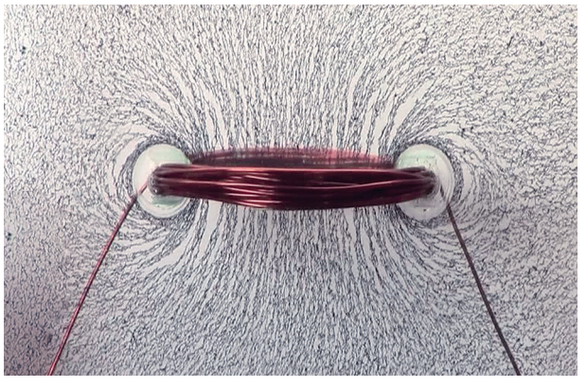
ఆ) అయస్కాంత క్షేత్ర బలములలో ఏర్పడు మార్పు మరియు దూరము r చూపబడియున్నది.

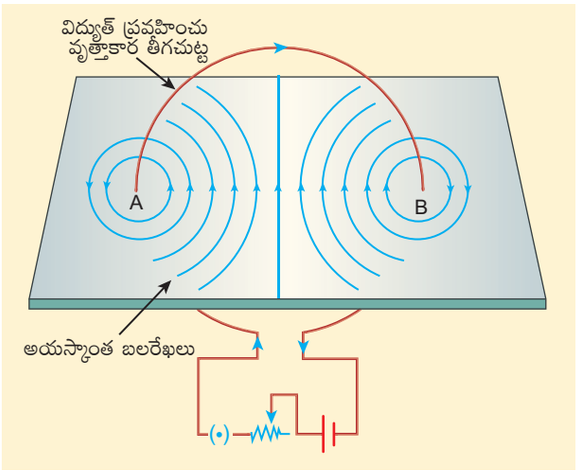
పటము 3.26 విద్యుత్ ప్రవహించు పొడవైన సరళరేఖ వాహకము చుట్టూ ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్ర రేఖలు

ఆ) విద్యుత్ ప్రవహించు వృత్తాకార తీగచుట్ట:

విద్యుత్ ప్రవహించు వృత్తాకార తీగచుట్ట దగ్గర ఒక దిక్సూచి పరికరమును ఉంచినప్పుడు దిక్సూచిలో నున్న అయస్కాంత సూది ఒక భ్రామకమును అనుభవించి అపవర్తనము చెంది ఆ బిందువు వద్ద నున్న అయస్కాంత క్షేత్ర దిశలో నిలబడును. తీగ చుట్టకు దగ్గరనున్న A మరియు B బిందువులలో అయస్కాంత క్షేత్ర రేఖలు వృత్తాకారములో నుండుటను గమనించవచ్చును. తీగచుట్ట కేంద్రమునకు దగ్గరలో అయస్కాంత క్షేత్ర రేఖలు ఇంచుమించు సమాంతరంగా ఉండి తీగ చుట్ట యొక్క కేంద్రమువద్ద అయస్కాంత క్షేత్రము ఏకరీతిగా యుండుటను చూడవచ్చును. (పటము 3.27)

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 161 23-03-2023 14:04:09





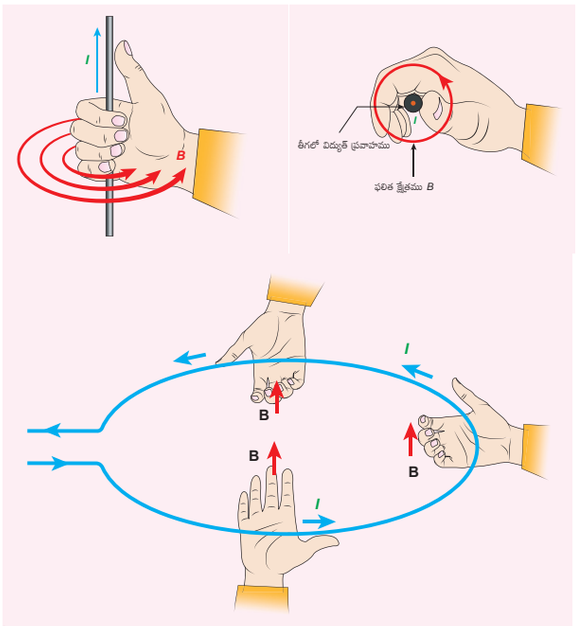
పటము 3.27 విద్యుత్ ప్రవహించు వృత్తాకార తీగచుట్టను చుట్టియున్న అయస్కాంత క్షేత్రరేఖలు

తీగ చుట్టలో ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము లేదా తీగచుట్ల సంఖ్యను లేదా రెండునూ అధికరించినపుడు అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క బలము అధికరించును. తీగచుట్టలో ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క దిశను బట్టి ధృవము (ఉత్తర ధృవము లేదా దక్షిణ ధృవము) అమరియుండును.

3.7.3 కుడిచేతి బొటన వ్రేలు నియమము

వాహకములో ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క దిశను బట్టి అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క దిశను తెలుసుకొనుటకు కుడిచేతి బొటన వ్రేలు నియమము ఉపయోగపడును. బొటన వ్రేలు, విద్యుత్ ప్రవహించు దిశను చూపు విధంగా, విద్యుత్ ప్రవహించు వాహకమును కుడిచేతితో పట్టుకొనినట్లు అనుకొనిన, వాహకమును చుట్టి పట్టుకొనియున్న మిగిలిన వ్రేళ్ళు అయస్కాంత క్షేత్రరేఖల యొక్క దిశను చూపును.

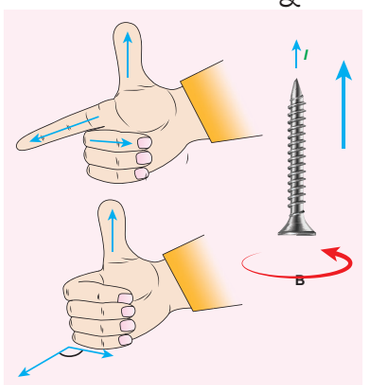
పటము 3.28 తిన్నని వాహకము మరియు వలయమునకు గల కుడిచేతి బొటనవ్రేలు నియమమును చూపుచున్నది.



పటము 3.28 కుడిచేతి బొటన వ్రేలు నియమము – తిన్నని వాహకము మరియు వృత్తాకార వలయము

3.7.4 మేక్స్‌వెల్ యొక్క కుడిచేతి బెండు – మర నియమము

అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క దిశను తెలుసుకొనుటకు ఈ నియమము ఉపయోగపడును. విద్యుత్ ప్రవహించు దిశలో కుడిచేతి స్క్రూడ్రైవర్ త్రిప్పినట్లయితే మర భ్రమణము చెందు దిశ అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క దిశను తెలుపును. ఇది పటము 3.29లో చూపబడియున్నది.

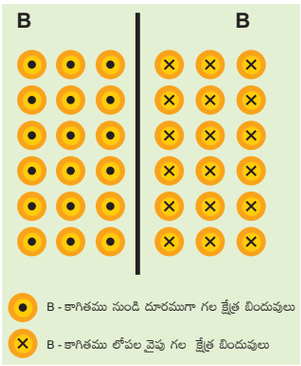


పటము 3.29 మేక్స్‌వెల్ కుడిచేతి బెండు మర నియమము

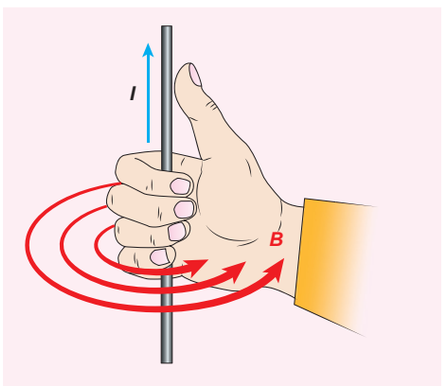
03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 162 23-03-2023 14:04:10

ఉదాహరణ 3.12

విద్యుత్ ప్రవహించు వాహకము వలన ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రమును క్రింది పటము చూపుచున్నది. ఈ పటము సహాయముతో వాహకములో విద్యుత్ ప్రవహించు దిశను కనుగొనుము?



సాధన

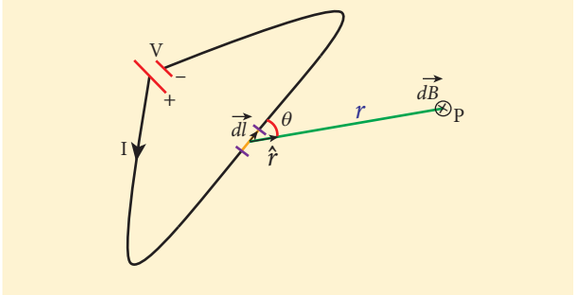


కుడిచేతి బొటన వ్రేలు నియమమును ఉపయోగించినపుడు విద్యుత్‌ప్రవాహము వాహకములో పై వైపు ప్రవహించుట తెలుసుకొనవచ్చును.

3.8 బయట్–సావర్ట్ నియమము (BIOT - SAVART LAW)

అయర్‌స్టడ్ ఆవిష్కరణ తర్వాత జీన్–బాప్టిస్ట్–బయట్ మరియు ఫెలిక్ సావర్ట్ 1819లో విద్యుత్ ప్రవహించు వాహకమునకు సమీపములో యుంచబడిన అయస్కాంతము అనుభవించు బలమును కొలుచు పరిశోధనలను చేసి గణితాత్మకంగా సమీకరణాలు ఏర్పరచినారు. ఈ సమీకరణము, వెలుపల ఒక బిందువు వద్ద ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము ఆ అయస్కాంత క్షేత్రమును ఏర్పరచు విద్యుత్ ప్రవాహము ఆధారంగా లెక్కించవచ్చు. ఇది అన్ని రకముల ఆకారము గల వాహకములకు సరిపోవును.

3.8.1 బయట్–సావర్ట్ నియమము యొక్క నిర్వచనము మరియు వివరణ



పటము 3.30 విద్యుత్ ప్రవహించు వాహకము వలన P బిందువు వద్ద ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము

విద్యుత్ ప్రవహించు వాహకము యొక్క పొడవు నుండి అల్పాంశము r దూరములో యున్న బిందువు P వద్ద (పటము 3.30) ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రమును $d\vec{B}$ యొక్క పరిమాణమును బయట్ మరియు సావర్ట్ పరిశోధన ఆధారంగా కనుగొన్నారు. దీని ఆధారంగా అయస్కాంత క్షేత్రము $d\vec{B}$ యొక్క పరిమాణము

(i) విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క (I) బలమునకు అనులోమానుపాతంలోను

(ii) అల్పాంశం $d\vec{l}$ పరిమాణమునకు అనులోమానుపాతంలో

(iii) $d\vec{l}$ మరియు $\hat{r}$ నకు మధ్యయున్న కోణము యొక్క θ విలువకు అనులోమానుపాతములో

(iv) బిందువు P మరియు అల్పాంశం $d\vec{l}$ మధ్య నున్న దూరము యొక్క వర్గమునకు విలోమానుపాతంలో యుండును.

దీనిని క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 163 23-03-2023 14:04:12

$$dB \propto \frac{Idl}{r^2}\sin\theta$$

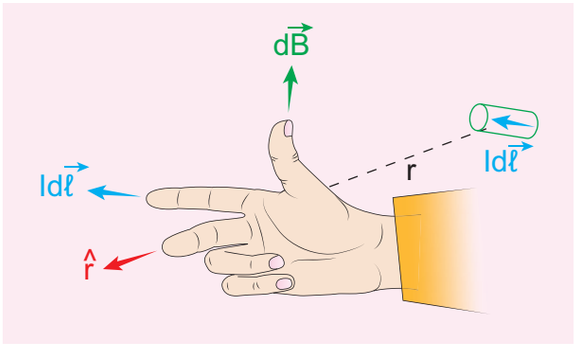
$$dB = k\frac{I\,dl}{r^2}\sin\theta$$

ఇచ్చట $k = \frac{\mu_\circ}{4\pi}$ (SI ప్రమాణము)

సదిశ రూపంలో

$$d\vec{B} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{I\,d\vec{l}\times\hat{r}}{r^2} \qquad (3.34)$$

ఇచ్చట $d\vec{B}$ సదిశ అనునది $Id\vec{l}$ మరియు $d\vec{l}$ నుండి P బిందువు వైపు పనిచేయు ఒక ప్రమాణ సదిశ $\hat{r}$ రెండింటికి లంబముగా యుండును. (పటము 3.31)



పటము 3.31 కుడి చేతి నిబంధనను ఉపయోగించి అయస్కాంత క్షేత్ర దిశను తెలుపుట

సమీకరణము 3.34 ను ఉపయోగించి, వాహకము యొక్క అల్పాంశము వలన ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రమును మాత్రమే లెక్కించుటకు వీలగును. అన్ని ప్రవాహ మూలకములు $Id\vec{l}$ సహకారముతో, అధ్యారోపణతత్త్వము ఉపయోగించి, వాహకము వలన P బిందువు వద్ద ఏర్పడు నికర అయస్కాంత క్షేత్రము తెలుసుకొనవచ్చును. అందువలన సమీకరణము 3.34ని సమాకలనము చేయునపుడు

$$\vec{B} = \int d\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{4\pi}\int\frac{d\vec{l}\times\hat{r}}{r^2} \qquad (3.35)$$

అని లభించును. ఇచ్చట పూర్తి విద్యుత్ ప్రవాహమును సమాకలనము చేయవలయును.

ప్రత్యేక సందర్భాలు

1. బిందువు P వాహకము పైన యుండిన, $\theta = 0^\circ$ అందువలన $|d\vec{B}|$ శూన్యమగును.

2. బిందువు P వాహకమునకు లంబముగా యుండిన $\theta = 90^\circ$ అందువలన $d\vec{B}$ గరిష్టమగును. ఇంకనూ దీనిని క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును. $d\vec{B} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{I\,dl}{r^2}\hat{n}$ ఇచ్చట $\hat{n}$ అనునది $I\,d\vec{l}$ మరియు $\hat{r}$ నకు ఒకలంబ ప్రమాణ సదిశయగును.

గమనిక

విద్యుత్ ప్రవాహము ఒక సదిశ కొలత కాదు. ఇది ఒక అదిశ కొలతయగును. కాని వాహకములో ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహమునకు దిశ కలదు. అందువలన వాహకము యొక్క చిన్న మూలకములు ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహమును సదిశ కొలతగా అనుకొనవచ్చును. అనగా $Id\vec{l}$

విద్యుత్ క్షేత్రము (కూలుంబ్ నియమము నుండి) మరియు అయస్కాంత క్షేత్రమునకు (బయట్-సావర్ట్ నియమము నుండి) మధ్య గల పోలికలు

- విద్యుత్ క్షేత్రము మరియు అయస్కాంత క్షేత్రము అనునవి విలోమ వర్గనియమమును పాటించును. అందువలన ఈ రెండు అధిక వ్యాప్తి గల క్షేత్రములగును. (long range fields)
- అధ్యారోపణ తత్త్వమును పాటించును. మరియు జనకము పరముగా సరేఖీయముగా ఉంటుంది. పరిమాణములో,

$$E \propto q$$

$$B \propto Idl$$

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 164 23-03-2023 14:04:17

విద్యుత్‌క్షేత్రము (కూలుంబ్ నియమము నుండి) మరియు అయస్కాంత క్షేత్రమునకు (బయట్-సావర్ట్ నియమము నుండి) మధ్యగల భేదములు

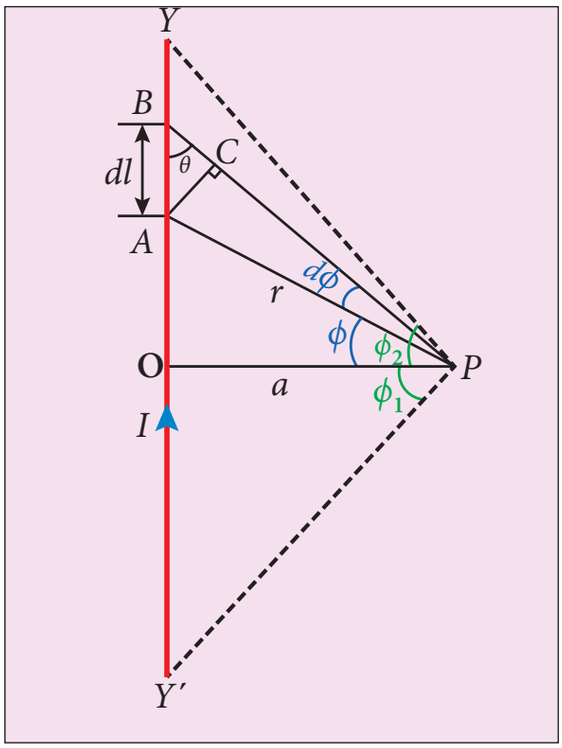
వ. సం.	విద్యుత్ క్షేత్రము	అయస్కాంత క్షేత్రము
1	అదిశ జనకముతో ఉత్పత్తి చేయబడుచున్నది. అనగా q విద్యుత్ ఆవేశము వలన ఏర్పడును.	సదిశ ఆధారముతో ఏర్పడుచున్నది. అనగా విద్యుత్ ప్రవాహ మూలకము $Id\vec{l}$ వలన ఏర్పడును.
2	ఆధారమును విద్యుత్ క్షేత్రమును లెక్కించు బిందువును కలుపు స్థాన సదిశ ద్వారా విద్యుత్ క్షేత్రముయొక్క దిశ యుండును.	స్థాన సదిశ $\vec{r}$ మరియు విద్యుత్ ప్రవాహ మూలకము $Id\vec{l}$ వీటికి లంబంగా అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క దిశ యుండును.
3	కోణముపై ఆధారపడి యుండదు.	స్థాన సదిశ $\vec{r}$ మరియు విద్యుత్ ప్రవాహ మూలకము $Id\vec{l}$ నకు మధ్యయున్న కోణముపై ఆధారపడి యుండును.

3.8.2 విద్యుత్ ప్రవహించు పొడవైన తిన్నని వాహకము వలన ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము

YY′ అను అనంత పొడవైన సరళరేఖ వాహకము పటము 3.32లో చూపిన విధంగా విద్యుత్‌ప్రవాహము I ప్రవహించునట్లుగా అనుకొనుము. వాహకము నుండి a దూరములోయున్న బిందువు P లో ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రమును లెక్కించుటకు dl

గమనిక

విద్యుదావేశము q యొక్క ఘాతాంకము (ఆధారము) మరియు విద్యుత్‌క్షేత్రము E యొక్క ఘాతాంకము ఒకటిగా యుండును. ఇదేవిధంగా విద్యుత్ ప్రవాహ మూలకము Idl యొక్క (ఆధారము యొక్క)ఘాతాంకము అయస్కాంత క్షేత్రము B యొక్క ఘాతాంకము ఒకటిగా యుండుట ఇచ్చట గమనించగలము. మరొకరకముగా చెప్పునప్పుడు విద్యుత్ క్షేత్రము $\vec{E}$ అనునది విద్యుదావేశమునకు (ఆధారమునకు)అనుపాతములో ఉండును, కాని విద్యుదావేశము యొక్క అధిక ఘాతములకు (q^2, q^3, etc) అనులోమానుపాతములో ఉండదు. ఇదేవిధంగా అయస్కాంత క్షేత్రము $\vec{B}$ విద్యుత్ ప్రవాహ మూలకము $Id\vec{l}$ (ఆధారమునకు) అనుపాతములో నుండును. కానీ విద్యుత్ ప్రవాహ మూలకము యొక్క అధిక ఘాతమునకు అనుపాతములో ఉండదు. కారణము మరియు ప్రభావము ఈ రెండునూ సరళ సంబంధము కలిగియుండును.



పటము 3.32 విద్యుత్ ప్రవహించు పొడవైన తిన్నని వాహకము వలన ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 165 23-03-2023 14:04:18

పొడవు కలిగిన అల్పాంశమును (భాగము AB) అనుకొనుము.

విద్యుత్ ప్రవాహ మూలకము Idl వలన బిందువు P వద్ద ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రమును లెక్కించుటకు బయట్-సావర్ట్ నియమమును ఉపయోగించెదము.

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Idl\sin\theta}{r^2}\hat{n}$$

ఇచ్చట $\hat{n}$ అనునది బిందువు P వద్ద లోపలి వైపు దిశలో పనిచేయు ఒక ప్రమాణ సదిశ, θ అనునది విద్యుత్ ప్రవాహ మూలకము Idl నకు dl మరియు బిందువు P ని కలుపు రేఖకు మధ్యగల కోణము. r అనునది A కు మరియు బిందువు P కు మధ్యగల దూరము.

త్రికోణమితి సమీకరణమును ఉపయోగించి A నుండి BP నకు లంబరేఖను గీయుము. పటము 3.32

$$\Delta ABC \text{ లో } \sin\theta = \frac{AC}{AB}$$

$$\Rightarrow AC = AB\sin\theta$$

కానీ, $AB = dl \Rightarrow AC = dl\sin\theta$

AP మరియు BP నకు మధ్యయున్న కోణము $d\phi$

అనగా, $\angle APB = \angle BPA = d\phi$

$$\Delta APC \text{ లో } \sin(d\phi) = \frac{AC}{AP}$$

$d\phi$ చాలా చిన్నది అందువలన $\sin(d\phi) \simeq d\phi$

కానీ $AP = r \Rightarrow AC = rd\phi$

$$\therefore AC = dl\sin\theta = rd\phi$$

$$\therefore d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I}{r^2}(rd\phi)\hat{n} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Id\phi}{r}\hat{n}$$

AP మరియు OP నకు మధ్యయున్న కోణము ϕ అనిన

$$\Delta OPA \text{ లో } \cos\phi = \frac{OP}{AP} = \frac{a}{r}$$

$$\Rightarrow r = \frac{a}{\cos\phi}$$

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I}{a/\cos\phi}d\phi\hat{n}$$

$$\Rightarrow d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}\cos\phi d\phi\hat{n}$$

వాహకము YY' వలన బిందువు P వద్ద ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము

$$\vec{B} = \int_{-\phi_1}^{\phi_2} d\vec{B} = \int_{-\phi 1}^{\phi_2}\frac{\mu_0 I}{4\pi a}\cos\phi d\phi\hat{n}$$

$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi a}\left[\sin\phi\right]_{-\phi_1}^{\phi_2}\hat{n}$$

$$= \vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}\left(\sin\phi_1 + \sin\phi_2\right)\hat{n}$$

అనంత పొడవు కలిగిన వాహకమునకు

$\phi_1 = \phi_2 = 90°$

$$\therefore \vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}\times 2\,\hat{n} \Rightarrow \vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}\hat{n} \qquad (3.36)$$

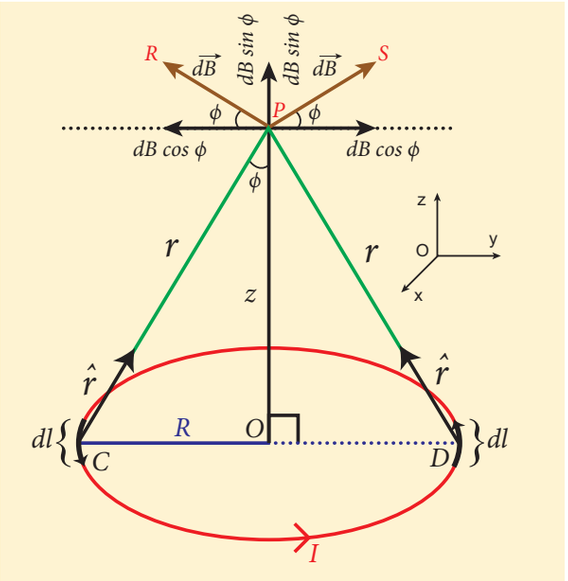
3.8.3 విద్యుత్ ప్రవహించు వృత్తాకార తీగచుట్ట యొక్క అక్షము ద్వారా ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము

R వ్యాసార్ధము కలిగిన విద్యుత్ ప్రవహించు ఒక వృత్తాకారపు తీగచుట్ట అనుకొనుము. ఈ వృత్తము ద్వారా I విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రవహించును. ఈ విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క దిశ పటము 3.33లో చూపబడియున్నది.

వృత్తము యొక్క కేంద్రము O నుండి z దూరములో దాని అక్షము మీద అమరియున్న బిందువు P అని అనుకొనుము. ఈ బిందువులో అయస్కాంత క్షేత్రమును లెక్కించుటకు వృత్తాకార వలయముపై ఎదురెదురుగా అమరియున్న C

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 166 23-03-2023 14:04:23

మరియు D బిందువులలో $Id\vec{l}$ పొడవు గల రెండు పొడవు మూలకములను అనుకొనుము. బిందువు C లో యున్న విద్యుత్ ప్రవాహ మూలకము ($Id\vec{l}$) మరియు బిందువు P ని కలుపు సదిశను $\vec{r}$ అనుకొనుము.



పటము 3.33 విద్యుత్ ప్రవహించు వలయము వలన ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము

బయట్-సావర్ట్ నియమము ప్రకారము ప్రవాహ మూలకము ($Id\vec{l}$) వలన P బిందువులో ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము

$$d\vec{B} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{Id\vec{l}\times\hat{r}}{r^2}$$

$d\vec{B}$ యొక్క పరిమాణము

$$dB = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{Idl\sin\theta}{r^2} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{Idl}{r^2}$$

ఇక్కడ θ అనునది $Id\vec{l}$ మరియు $\vec{r}$ కు మధ్య గల కోణము. ఇచ్చట $\theta = 90^\circ$ అగును.

$d\vec{B}$ యొక్క దిశ విద్యుత్ ప్రవాహ మూలకము $Id\vec{l}$ మరియు CP కి లంబముగా యుండును. అనగా అది PR కు లంబముగా CP దిశలో యుండును.

బిందువు D వద్ద యున్న విద్యుత్ ప్రవాహ మూలకము వలన P లో ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క పరిమాణము, బిందువు C వద్ద యున్న విద్యుత్ ప్రవాహ మూలకము వలన ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్ర పరిమాణమునకు సమానమగును. ఎందుకనగా ఆ రెండూ తీగ చుట్టకు సమాన దూరములో నున్నవి. కానీ ఈ అయస్కాంత క్షేత్రము PS దిశలో నుండును.

ఒక్కొక్క విద్యుత్ ప్రవాహ మూలకము వలన ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము $d\vec{B}$ ని y దిశలో $dB\cos\phi$ అనియు, z దిశలో $dB\sin\phi$ అనియు రెండు అంశములుగా విభజించవచ్చును. క్షితిజ సమాంతర అంశములు ఒకదానికొకటి తుల్యము చేసుకొనును. అందువలన లంబ అంశములు ($dB\sin\phi\,\hat{k}$) మాత్రమే బిందువు P వద్ద ఏర్పడు నికర అయస్కాంత క్షేత్రమునకు కారణమగుచున్నది.

$$\vec{B} = \int d\vec{B} = \int dB\sin\phi\,\hat{k}$$
$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi}\int\frac{dl}{r^2}\sin\phi\,\hat{k}$$

ΔOCP నుండి,

$$\sin\phi = \frac{R}{\left(R^2+z^2\right)^{1/2}} \text{ మరియు } r^2 = R^2+z^2.$$

ఈ విలువలను పైన నున్న సమీకరణములో ప్రతిక్షేపించగా,

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{R}{\left(R^2+z^2\right)^{3/2}}\hat{k}\left(\int dl\right)$$

విద్యుత్ ప్రవహించు వృత్తాకారపు తీగచుట్ట వలన బిందువు P వద్ద ఏర్పడు నికర అయస్కాంత క్షేత్రము $\vec{B}$ ని లెక్కించుటకు పొడవు మూలకమును 0 నుండి $2\pi R$ వరకు సమాకలనము చేయవచ్చును.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2}\frac{R^2}{\left(R^2+z^2\right)^{3/2}}\hat{k}$$

వృత్తాకార తీగచుట్ట N చుట్లను కలిగినట్లయితే అయస్కాంత క్షేత్రము

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 NI}{2}\frac{R^2}{\left(R^2+z^2\right)^{3/2}}\hat{k} \qquad (3.37)$$

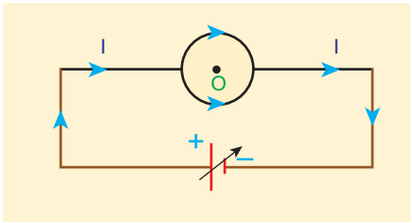
03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 167 23-03-2023 14:04:27

తీగ చుట్ట యొక్క కేంద్రం వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రము

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 NI}{2R}\hat{k} \quad \text{ఎందుకనగా } z = 0 \qquad (3.38)$$

ఉదాహరణము 3.13

పటములో చూపబడిన లూప్ యొక్క కేంద్రం వద్ద ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రమును కనుగొనుము.



సాధన

లూప్ యొక్క పై అర్ధగోళము మరియు క్రింది అర్ధగోళము ద్వారా విద్యుత్ ప్రవహించుట వలన ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రముల పరిమాణములో సమానముగాను ఎదురెదురు దిశలలో పనిచేయుట వలన లూప్ యొక్క కేంద్రము వద్ద (O బిందువు వద్ద) నికర అయస్కాంత క్షేత్రము $\vec{B}$ శూన్యమగును $\vec{B} = \vec{0}$.

3.8.4 టాంజెంట్ నియమము

అల్ప విద్యుత్ ప్రవాహములను కొలుచు పరికరము టాంజెంట్ గాల్వనో మీటరు అగును. (పటము 3.34) టాంజెంట్ నియమము ఆధారంగా ఈ పరికరము పనిచేయును. ఇది ఒక కదిలే అయస్కాంత గాల్వనో మీటరు అగును.

టాంజెంట్ నియమము

ఒకదానికొకటి లంబముగా పనిచేయు రెండు ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములకు మధ్యలో వ్రేలాడదీయబడిన అయస్కాంత సూది, ఈ రెండు క్షేత్రముల యొక్క ఫలిత క్షేత్ర దిశలో విరామ స్థితిని పొందును.

టాంజెంట్ గాల్వనోమాపకము యొక్క తీగ చుట్ట ద్వారా విద్యుత్ ప్రవహించుట వలన ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రమును B అనుకొనుము. భూ



పటము 3.34 టాంజెంట్ గాల్వనా మీటర్

అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క క్షితిజ అంశము B_H అగును. ఈ రెండు అయస్కాంత క్షేత్రముల వలన అయస్కాంత సూది క్షితిజ అంశము B_H తో θ కోణమును ఏర్పరచి విరామ స్థితిని పొందును. అందువలన

$$B = B_H \tan\theta \qquad (3.39)$$

నిర్మాణము

టాంజెంట్ గాల్వనో మాపకములో అనయస్కాంత వృత్తాకార చట్రము మీద రాగి తీగచుట్టలు చుట్టబడియుండును. ఈ చట్రము కంచు లేదా కొయ్యతో చేయబడిన క్షితిజ సమాంతర వేదికకు (భ్రమణ వేదిక)లంబముగా అమర్చబడియుండును. ఈ వేదికను సరిచేయు మూడు సర్దుబాటు మరలు కలిగియున్నది. వేరువేరు సంఖ్యలో యున్న రెండు లేదా మూడు తీగచుట్టలు టాంజెంట్ గాల్వనో మీటరులో అమర్చబడియున్నవి. మనము పరిశోధనశాలలో ఉపయోగించు అనేకమైన వాటిలో రెండు చుట్లు, 5 చుట్లు మరియు 50 చుట్లు కలిగిన వేర్వేరు మందము గల తీగచుట్టలో వేర్వేరు బలము కలిగిన విద్యుత్ ప్రవాహములను కొలుచుటకు ఉపయోగించబడుచున్నవి.

భ్రమణవేదికకు మధ్యలో కొంత పైనున్న అమరికలో అయస్కాంత దిక్సూచి పెట్టె అమర్చబడియున్నది. అయస్కాంత దిక్సూచి పెట్టె లోపల పదునైన కొన

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 168 23-03-2023 14:04:28

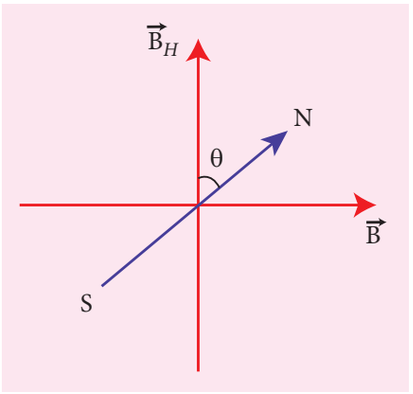
పైన అమర్చబడిన అయస్కాంత సూది ఒకటి కలదు. అయస్కాంత సూది కేంద్రము, వృత్తాకార తీగ చుట్ట కేంద్రము ఖచ్చితంగా ఒకదానికొకటి ఏకీభవించు విధంగా ఈ అమరిక నిర్మించబడియున్నది. పలుచని అల్యూమినియం సూచిక ఒకటి అయస్కాంత సూచికకు లంబముగా వృత్తాకార స్కేలు మీద తిరుగు విధంగా అమర్చబడియున్నది. వృత్తాకార స్కేలు నాలుగు పాదములుగా విభజింపబడి డిగ్రీ కొలతలో గుర్తించబడియున్నది. ఈ కొలతలను ఉపయోగించి వృత్తాకార స్కేలుపై సూచిక అపవర్తనమును కొలువవచ్చును. దృష్టి విక్షేపణ దోషమును తొలగించుటకు సూచిక క్రింద దర్పణము అమర్చబడియున్నది.

పరికరము ఉపయోగించునపుడు తీసుకొనవలసిన ముందు జాగ్రత్తలు

1. పరికరముకు దగ్గరగాయున్న అన్ని అయస్కాంత పదార్థములను తొలగించవలయును.
2. సారా మట్టమును ఉపయోగించి అడుగు భాగములో నున్న లెవెలింగ్ స్క్రూలను సరిచేయవలెను. ఆవిధంగా సరిచేయునపుడు అయస్కాంత సూది క్షితిజ సమాంతరముగా దండాయస్కాంతముపై చుట్టబడిన తీగచుట్టకు లంబముగా యుండవలెను.
3. తీగచుట్ట యొక్క లంబ అక్షమును బట్టి దానిని భ్రమణము చేసి తీగచుట్ట యొక్క తలము అయస్కాంత సూదికి సమాంతరముగా వచ్చునట్లు అమర్చవలెను. ఈ విధంగా అమర్చినప్పుడు తీగచుట్ట నిరంతరంగా అయస్కాంత ధృవ తలములోనే యుండును.
4. అయస్కాంత దిక్సూచి పెట్టెను త్రిప్పి అల్యూమినియం సూచిక $0^{o} - 0^{o}$ చూపునట్లుగా అమర్చవలయును.

సిద్ధాంతము

తీగచుట్ట ద్వారా విద్యుత్ ప్రవహించునపుడు అయస్కాంత సూది భూ అయస్కాంత క్షేత్రము క్షితిజ సమాంతర అంశ దిశలో యుండును. విద్యుత్ వలయము పనిచేయునపుడు తీగ చుట్ట ద్వారా విద్యుత్ ప్రవహించి తీగచుట్ట కేంద్రం వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రమును ఏర్పరచును. భ్రమణము చెందు విద్యుత్ ప్రవాహము వలన ఏవిధంగా అయస్కాంత క్షేత్రము



పటము 3.35 ఇరుసులోని సూది యొక్క ఫలిత స్థానము

ఏర్పడుచున్నది అనుటను విభాగము 3.8.3లో వివరముగా చదువబోవుచున్నాము. కావున ఒకదానికొకటి లంబముగా పనిచేయు రెండు అయస్కాంత క్షేత్రములు ఏర్పడును. అవి:

(1) విద్యుత్ ప్రవహించు తీగచుట్ట తలమునకు లంబముగా పనిచేయు అయస్కాంత క్షేత్రము (B)

(2) భూ అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క క్షితిజ అంశము (B_H)

ఒకదానికొకటి లంబముగా పనిచేయు ఈ రెండు అయస్కాంత క్షేత్రముల వలన పదునైన కొనలో అమర్చబడిన అయస్కాంత సూది θ కోణము అపవర్తనము చెందును. సమీకరణము 3.39లో టాంజెంట్ నియమము నుండి

$$B = B_H \tan\theta$$

R వ్యాసార్ధము N చుట్లు కలిగిన వృత్తాకార తీగచుట్ట ద్వారా విద్యుత్ ప్రవహించుట వలన దాని కేంద్రము వద్ద ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము

$$B = \mu_{\circ} \frac{NI}{2R} \qquad (3.40)$$

సమీకరణము (3.39) మరియు (3.40) నుండి మనము పొందినది

$$\mu_{\circ} \frac{NI}{2R} = B_H \tan\theta$$

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 169 23-03-2023 14:04:29

పైనున్న సమీకరణము నుండి పొందిన భూ అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క క్షితిజ అంశము

$$B_H = \frac{\mu_\circ N}{2R}\frac{I}{\tan\theta} \qquad (3.41)$$

ఉదాహరణము 3.14

100 చుట్లు కలిగిన ఒక టాంజెంట్ గాల్వనో మీటరు యొక్క తీగచుట్ట వ్యాసము 0.24 m భూ అయస్కాంతక్షేత్ర క్షితిజ అంశ విలువ 25×10^{-6} T అను స్థితిలో, 60° అపవర్తనమును ఏర్పరచినట్లయితే విద్యుత్ ప్రవాహమును లెక్కించుము.

సాధన

తీగచుట్ట వ్యాసము 0.24 m అందువలన దాని వ్యాసార్ధము 0.12 m అగును.

చుట్ల సంఖ్య 100,

భూ అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క విలువ 25×10^{-6} T

వివరణ

$$\theta = 60^\circ \Rightarrow \tan 60^\circ = \sqrt{3} = 1.732$$

$$I = \frac{2RB_H}{\mu_\circ N}\tan\theta$$

$$= \frac{2\times0.12\times25\times10^{-6}}{4\times10^{-7}\times3.14\times100}\times1.732 = 0.82\times10^{-1}\text{A}.$$

$$I = 0.082 \text{ A}$$

3.8.5 విద్యుత్ ప్రవహించు లూప్ అయస్కాంత ద్విధ్రువముగా పనిచేయుట

R వ్యాసార్ధము కలిగిన విద్యుత్ ప్రవహించు వృత్తాకార లూప్ అక్షము మీద దాని కేంద్రము నుండి z దూరములో యున్న బిందువు వద్ద ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{2}\frac{R^2}{\left(R^2+z^2\right)^{\frac{3}{2}}}\hat{k} \quad \text{(సమీకరణము 3.37 నుండి)}$$

అధిక దూరమునకు $z >> R$ అనిన, $R^2 + z^2 \approx z^2$. అందువలన

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{2}\frac{R^2}{z^3}\hat{k} \text{ లేదా } \vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{2\pi}\frac{\pi R^2}{z^3}\hat{k} \qquad (3.42)$$

వృత్తాకార లూప్ యొక్క వైశాల్యము A అయిన $A = \pi R^2$ అందువలన సమీకరణము (3.42) వైశాల్యమును బట్టి వ్రాయునపుడు

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{2\pi}\frac{A}{z^3}\hat{k} \text{ (లేదా) } \vec{B} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{2IA}{z^3}\hat{k} \qquad (3.43)$$

సమీకరణము (3.43) మరియు (3.14) ని మితి పద్ధతిలో పోల్చునపుడు

$$p_m = I\,A$$

ఇచ్చట p_m అనునది అయస్కాంత ద్విధ్రువ భ్రామకమును సూచించును. సదిశ రూపములో

$$\vec{p}_m = I\,\vec{A} \qquad (3.44)$$

ఈ సమీకరణము నుండి విద్యుత్ ప్రవహించు లూప్ అనునది అయస్కాంత భ్రామకము $\vec{p}_m$ కలిగిన అయస్కాంత ద్విధ్రువముగా పనిచేయునని తెలుసుకొనవచ్చును.

అందువలన ఏదైనా విద్యుత్ ప్రవహించు లూప్ యొక్క అయస్కాంత ద్విధ్రువ భ్రామకము ఆ విద్యుత్ ప్రవాహ లూప్‌లో ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము మరియు విద్యుత్ ప్రవాహ లూప్ యొక్క వైశాల్యము వీటికి మధ్యగల లబ్ధ ఫలితమునకు సమానమగును.

కుడిచేతి బొటన వ్రేలు నియమము

అయస్కాంత భ్రామకము యొక్క దిశను తెలుసుకొనుటకు మనము కుడిచేతి బొటన వ్రేలు నియమమును ఉపయోగించవచ్చును.

ఈ నియమము ప్రకారము వలయము ద్వారా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క దిశలో కుడిచేతి యొక్క మిగిలిన వ్రేళ్ళతో వలయమునుచుట్టి పట్టుకొనినప్పుడు నిటారుగా యున్న బొటన వ్రేలు ఆ విద్యుత్ ప్రవాహము వలయము వలన ఏర్పడు అయస్కాంత భ్రామకము యొక్క దిశను ఇచ్చును.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 170 23-03-2023 14:04:32

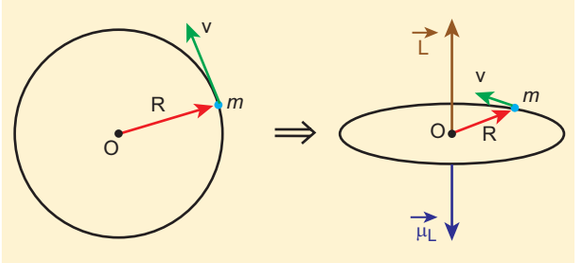
పట్టిక 3.3 చివరి నియమము – ధృవణత కొనలో విద్యుత్ ప్రవహించు దిశ ఆ కొనయందు అయస్కాంత ధర్మము

వృత్తాకార లూప్ ద్వారా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము	ధృవణత	పటము
అపసవ్య దిశలో ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము	ఉత్తర ధృవము	 అపసవ్య దిశలో ప్రవహించు విద్యుత్ ధృవణత ఉత్తర ధృవము
సవ్య దిశలో ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము	దక్షిణ ధృవము	 సవ్య దిశలో ప్రవహించు విద్యుత్ ధృవణత దక్షిణ ధృవము

3.8.6 పరిభ్రమించు ఎలక్ట్రాన్ యొక్క అయస్కాంత ద్విధ్రువ భ్రామకము

ఒక కేంద్రకము చుట్టూ వృత్తాకార మార్గములో ఎలక్ట్రాన్ ఒకటి పరిభ్రమించుచున్నట్లు అనుకొనుము. ఈ వృత్తాకార మార్గములో పరిభ్రమించు ఎలక్ట్రాన్‌ని లూప్‌లో ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము వలె అనుకొనవచ్చును. ఇది పటము 3.36లో చూపబడియున్నది. ఎందుకనగా విద్యుదావేశ ప్రవాహమే విద్యుత్ ప్రవాహమగును. అందువలన విద్యుత్ ప్రవహించు లూప్ యొక్క అయస్కాంత ద్విధ్రువ భ్రామకము

$$\vec{\mu}_L = I\,\vec{A} \qquad (3.45)$$



పటము 3.36 (అ) వృత్తాకార కక్ష్యలో పరిభ్రమిస్తున్న ఎలక్ట్రాన్ (ఆ) అయస్కాంత ద్విధ్రువ భ్రామక సదిశ యొక్క దిశ మరియు ఆర్బిటాల్ కోణీయ ద్రవ్యవేగ సదిశ యొక్క దిశ వ్యతిరేకంగా ఉంటుంది.

పరిమాణములో,

$$\mu_L = I\,A$$

T అనునది ఎలక్ట్రాను యొక్క ఆవర్తన కాలము అని అనుకొనిన, వృత్తాకార మార్గములో పరిభ్రమించు ఎలక్ట్రాన్ వలన ఏర్పడు విద్యుత్ ప్రవాహము

$$I = \frac{-e}{T} \qquad (3.46)$$

ఇచ్చట $-e$ అనునది ఎలక్ట్రాను ఆవేశమగును. వృత్తాకార కక్ష్య యొక్క వ్యాసార్ధము R మరియు వృత్తాకార మార్గములో పరిభ్రమించు ఎలక్ట్రాను యొక్క వేగము υ అనుకొనిన

$$T = \frac{2\pi R}{\upsilon} \qquad (3.47)$$

సమీకరణము (3.46) మరియు (3.47)ని సమీకరణము (3.45)లో ఉపయోగించినపుడు

$$\mu_L = -\frac{e}{\frac{2\pi R}{\upsilon}}\pi R^2 = -\frac{e\upsilon R}{2} \qquad (3.48)$$

ఇచ్చట $A = \pi R^2$ వృత్తాకార లూప్ యొక్క వైశాల్యమగును. నిర్వచనము ప్రకారము, O ను బట్టి, ఎలక్ట్రాను యొక్క కోణీయ ద్రవ్యవేగము

$$\vec{L} = \vec{R} \times \vec{p}$$

పరిమాణములో,

$$L = Rp = m\upsilon R \qquad (3.49)$$

సమీకరణము (3.48) మరియు (3.49)ని ఉపయోగించి క్రింది సమీకరణమును పొందవచ్చును.

$$\frac{\mu_L}{L} = -\frac{e\upsilon R/2}{m\upsilon R} = -\frac{e}{2m} \Rightarrow \vec{\mu}_L = -\frac{e}{2m}\vec{L} \qquad (3.50)$$

అయస్కాంత భ్రామకము మరియు కోణీయ ద్రవ్య వేగము రెండింటి యొక్క దిశ ఒకదానికొకటి వ్యతిరేఖమనుటను ఋణాత్మక గుర్తు మనకు చూపుచున్నది.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 171 23-03-2023 14:04:35

పరిమాణములో,

$$\frac{\mu_L}{L} = \frac{e}{2m} = \frac{1.60\times10^{-19}}{2\times9.11\times10^{-31}} = 0.0878\times10^{12}\,\text{C kg}^{-1}$$

$$\frac{\mu_L}{L} = 8.78\times10^{10}\,\text{C kg}^{-1} = \text{స్థిరాంకము}$$

$\frac{\mu_L}{L}$ నిష్పత్తి ఒక స్థిరాంకమగును. ఇంకనూ, దీనిని భ్రమణ అయస్కాంత నిష్పత్తి (gyro-magnetic ratio) $\left(\frac{e}{2m}\right)$ అని పిలువవచ్చును. భ్రమణ అయస్కాంత నిష్పత్తి ఒక స్థిరాంక నిష్పత్తియనుటను గుర్తించుకొనుము. ఇది ఎలక్ట్రాను యొక్క కోణీయ ద్రవ్యవేగమును, అయస్కాంత భ్రామకమును సంధించును.

నీల్స్‌బోర్ యొక్క క్వాంటీకరణ నిబంధన ప్రకారము స్థిరకక్ష్యలో పరిభ్రమించు ఎలక్ట్రాను యొక్క కోణీయ ద్రవ్యవేగము క్వాంటీకరణము గావించబడినది. అనగా,

$$L = n\hbar = n\frac{h}{2\pi}$$

ఇచ్చట h అనునది ప్లాంక్ స్థిరాంకమగును. (h = 6.63 x 10^{-34} J s) మరియు n అనునది ధనాత్మక పూర్ణసంఖ్యను గుర్తించును. అనగా n = 1,2,3,..... అందువలన

$$\mu_L = \frac{e}{2m}L = n\frac{eh}{4\pi m}$$

$$\mu_L = n\times\frac{(1.60\times10^{-19})h}{4\pi m}\,\text{A m}^2$$

$$= n\times\frac{(1.60\times10^{-19})(6.63\times10^{-34})}{4\times3.14\times(9.11\times10^{-31})}$$

$$\mu_L = n\times9.27\times10^{-24}\,\text{A m}^2$$

కనిష్ట అయస్కాంత భ్రామకమును తెలుసుకొనుటకు n = 1 అని ప్రతిక్షేపించవలయును.

$$\mu_L = 9.27\times10^{-24}\,\text{A m}^2 = 9.27\times10^{-24}\,\text{J T}^{-1}$$
$$= (\mu_L)_{\min} = \mu_B$$

ఇచ్చట $\mu_B = \frac{eh}{4\pi m} = 9.27\times10^{-24}\,\text{A m}^2$ దీనిని బోర్ మాగ్నిటాన్ అని పిలువవచ్చును. ఇది అయస్కాంత భ్రామకమును కొలుచును.

3.9 ఆంపియర్ యొక్క వలయ నియమము (AMPÈRE'S CIRCUITAL LAW)

సౌష్ఠవము కలిగిన విద్యుత్ ప్రవాహ వ్యవస్థ యున్న సమస్యలలో, ఒక బిందువు వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రమును లెక్కించుటకు ఆంపియర్ వలయ నియమము ఉపయోగపడును. స్థిర విద్యుత్తులో ఉపయోగించబడు గాస్ నియమము లాంటిది ఆంపియర్ వలయ నియమము అగును.

3.9.1 ఆంపియర్ వలయ నియమము యొక్క నిర్వచనము మరియు వివరణ

ఆంపియర్ యొక్క నియమము: ఒక సంవృత వలయముపై అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క రేఖా సమాకలన విలువ (Value of line integral) మూయబడిన వలయ లూప్‌లోని నికర విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క μ_0 రెట్లుకు సమానమగును.

$$\oint_C \vec{B}.\vec{dl} = \mu_\circ I_{\text{సంవృత}} \qquad (3.51)$$

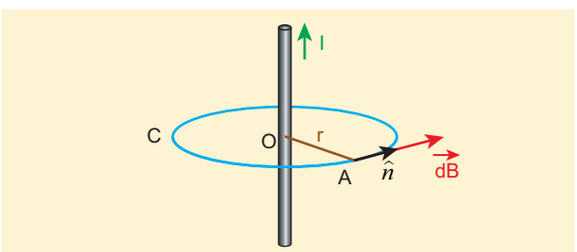
ఇచ్చట $I_{\text{సంవృత}}$ అనునది సంవృత వలయము లూప్ ద్వారా పోవు నికర విద్యుత్ ప్రవాహమగును. రేఖా సమాకలన మార్గము ఆకారముతో లేదా అయస్కాంత క్షేత్రముతో యున్న వాహకం యొక్క సామర్థ్యంపై ఆధారపడదు అని గమనించవచ్చును.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 172 23-03-2023 14:04:38

గమనిక

రేఖా సమాకలనం అనునది ఒక రేఖ లేదా వక్రము మీద చేయబడు సమాకలనమును తెలియజేయును. దీనికి $\int_c$ అను గుర్తు ఉపయోగించబడుచున్నది. సంవృత రేఖా సమాకలనం అనునది ఒక మూయబడిన వక్రము (లేదా రేఖ)పై పనిచేయు సమాకలనమును గుర్తించును. $\oint$ లేదా $\oint_c$ అను గుర్తు ఉపయోగించబడుచున్నది.

3.9.2 ఆంపియర్ యొక్క నియమమును ఉపయోగించి విద్యుత్ ప్రవహించు అనంత పొడవు కలిగిన తీగ వలన ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము



పటము 3.37 విద్యుత్‌ను కొనిపోవు తిన్నని తీగ కొరకు ఆంపియర్ వలయము

I విద్యుత్ ప్రవహించుచున్న అనంత పొడవు కలిగిన ఒక సరేఖీయ వాహకమును పరిగణించుదాం. పటము 3.37లో చూపబడినట్లు అయస్కాంత క్షేత్ర రేఖల యొక్క దిశయున్నది.

సూక్ష్మముగా గమనించునపుడు తీగ స్థూపాకారముగాను అక్షమును బట్టి సౌష్ఠవముగాను యున్నది. అందువలన పటము 3.37లో చూపిన విధంగా వాహకము యొక్క కేంద్రము నుండి r దూరములో వృత్తాకార ఆంపియర్ లూప్‌ను ఏర్పరచవచ్చును.

$$\oint_C \vec{B}.d\vec{l} = \mu_\circ I$$

ఇచ్చట $d\vec{l}$ అనునది ఆంపియర్ లూప్ గుండా పోవు రేఖా మూలకము (line element) (వృత్తాకార లూప్ యొక్క స్పర్శరేఖ) అందువలన అయస్కాంత క్షేత్రసదిశకు రేఖా మూలకమునకు మధ్యయున్న కోణము శూన్యమగును. అందువలన

$$\oint_C B\,dl = \mu_\circ I$$

ఇచ్చట I అనునది మూయబడిన ఆంపియర్ యొక్క లూప్‌లో విద్యుత్ ప్రవాహమును గుర్తించును. సౌష్ఠవ ఫలితముగా ఆంపియర్ యొక్క పరిమాణము స్థిరముగా యుండును. అందువలన సమాకలనము నుండి B ని వెలుపల తీయవచ్చును.

$$B\oint_C dl = \mu_\circ I$$

ఆంపియర్ లూప్ యొక్క చుట్టుకొలత $2\pi r$. దీని నుండి

$$B\int_0^{2\pi r} dl = \mu_\circ I$$

$$B\cdot 2\pi r = \mu_\circ I$$

$$B = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r}$$

సదిశ రూపములో అయస్కాంత క్షేత్రము

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r}\hat{n}$$

ఇచ్చట $\hat{n}$ అనునది పటము 3.37లో చూపబడినట్లు స్పర్శరేఖ ద్వారా ఆంపియర్ యొక్క లూప్‌కు పోవు ఒక ప్రమాణ సదిశయగును.

ఉదాహరణ 3.15

1 A విద్యుత్ ప్రవహించు పొడవైన సరళరేఖ తీగ నుండి 1m దూరములో ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్ర పరిమాణము లెక్కించుము. దీనిని భూ అయస్కాంత క్షేత్రముతో పోల్చుము.

సాధన

ఇవ్వబడినవి, I = 1 A మరియు వ్యాసార్ధము r = 1 m

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 173 23-03-2023 14:04:40

$$B_{\text{తిన్ని తీగ}} = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1}{2\pi \times 1} = 2 \times 10^{-7}\ \text{T}$$

కాని భూ అయస్కాంత క్షేత్రము $B_{\text{భూమి}} \sim 10^{-5}$ T అందువలన $B_{\text{తిన్ని తీగ}}$, $B_{\text{భూమి}}$ కంటే వంద రెట్లు తక్కువగా యుండును.

సొలినాయిడ్

సొలినాయిడ్ అనునది, సర్పిలాకారములో దగ్గరగా చుట్టబడిన పొడవైన తీగచుట్ట అగును. ఇది పటము 3.38లో చూపబడినది. సొలినాయిడ్ ద్వారా విద్యుత్ ప్రవహించునపుడు అయస్కాంత క్షేత్రము ఏర్పడును. సొలినాయిడ్ యొక్క మొత్త అయస్కాంత క్షేత్రము దాని ఒక్కొక్క చుట్టు యొక్క అయస్కాంత క్షేత్రములు ఒకదానితోమరొకటి అధ్యారోపణ చేయుట ద్వారా ఏర్పడుచున్నవి. సొలినాయిడ్ వలన ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క దిశను కుడిఅరచేతి నియమము నుండి తెలుసుకొనవచ్చును.

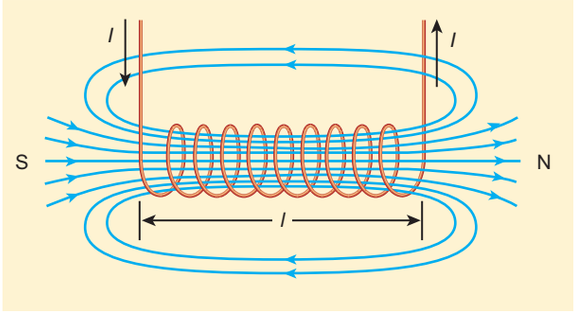
సొలినాయిడ్ లోపల అయస్కాంత క్షేత్రము ఇంచుమించు ఏకరీతిగా యుండును. ఇంకను ఇది సోలినాయిడ్ యొక్క అక్షమునకు సమాంతరముగా కనబడును. కాని సొలినాయిడ్ వెలుపల అయస్కాంత క్షేత్రము ఉపేక్షించదగిన కొలతలో చిన్న పరిమాణమును కలిగియుండును. సొలినాయిడ్ ద్వారా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క దిశను బట్టి సొలినాయిడ్ యొక్క ఒక కొన ఉత్తర ధృవముగాను, మరొక కొన దక్షిణ ధృవముగాను పనిచేయును.

ఒక విద్యుత్ ప్రవహించు సొలినాయిడ్‌ని కుడిచేతితో పట్టుకొన్నప్పుడు మిగిలిన వ్రేళ్ళు మిద్యుత్ ప్రవహించు దిశలో చుట్టియున్నట్లయితే నిటారుగా వుంచిన బొటన వ్రేలు విద్యుత్ ప్రవహించు సొలినాయిడ్ వలన ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రదిశను చూపును, ఇది పటము 3.39లో చూపబడియున్నది. అందువలన సొలినాయిడ్ వలన ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము దిశను చూపును. దండాయస్కాంతము వలన ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము వలె కనబడును.

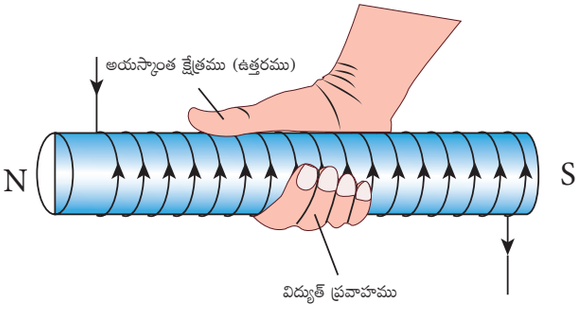
సొలినాయిడ్ అనునది చాలా పొడవు కలిగినదిగా తలచబడుచున్నది. దీని అర్థము సొలినాయిడ్ యొక్క పొడవు దాని వ్యాసము కంటే చాలా పెద్దది. అదేవిధంగా సొలినాయిడ్ యొక్క చుట్లు ఎల్లప్పుడూ వృత్తాకారముగానే ఉండనవసరములేదు. వేరే ఆకారములో కూడా ఉండవచ్చును. సులభముగా ఉండుటకు ఇచ్చట మనము వృత్తాకారముగా చుట్టబడిన సొలినాయిడ్‌ను అనుకొందాము. ఇది పటము 3.40లో చూపబడినది.



పటము 3.38 సొలినాయిడ్



పటము 3.39 దండాయస్కాంతము వలె పనిచేయు సొలినాయిడ్

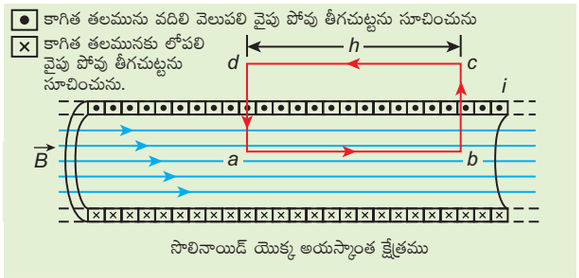


పటము 3.40 సొలినాయిడ్ వలన ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క దిశ

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 174 23-03-2023 14:04:43

3.9.3 విద్యుత్ ప్రవహించు పొడవైన సొలినాయిడ్ వలన ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము

L పొడవు N చుట్లు కలిగిన ఒక పొడవైన సొలెనాయిడ్‌ని అనుకొనుము. సొలినాయిడ్ యొక్క పొడవుతో పోల్చినపుడు దాని వ్యాసము చాలా చిన్నది. ఇంకనూ తీగచుట్ట చాలా దగ్గరగా చుట్టబడియున్నది.



పటము 3.41 ఒక సొలినాయిడ్ నందు గల ఆంపియర్ లూప్ వలయము

సొలెనాయిడ్ లోపల ఏదైనా ఒక బిందువులో అయస్కాంత క్షేత్రమును లెక్కించుటకు ఆంపీరియన్ వలయ నియమమును ఉపయోగించవచ్చును. పటము 3.41లో చూపబడిన విధంగా దీర్ఘచతురస్రాకార లూప్ abcd అనుకొనుము. ఆంపియర్ వలయ నియమము నుండి

$$\oint_C \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{మూయబడిన}}$$
$$= \mu_0 \cdot (\text{ఆంపియర్ లూప్‌చే మూయబడిన నికర విద్యుత్ ప్రవాహము})$$

సమీకరణము యొక్క ఎడమవైపు భాగమును క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

$$\oint_C \vec{B}\cdot d\vec{l} = \int_a^b \vec{B}.d\vec{l} + \int_b^c \vec{B}.d\vec{l} + \int_c^d \vec{B}.d\vec{l} + \int_d^a \vec{B}.d\vec{l}$$

bc మరియు da భుజముల యొక్క మూలకముల పొడవు సొలినాయిడ్ యొక్క అక్షము ద్వారా అమరియున్నవి. మరియు అయస్కాంత క్షేత్రమునకు లంబముగా అమరియున్నది.

$$\int_b^c \vec{B}.d\vec{l} = \int_b^c |\vec{B}||d\vec{l}| \cos 90^\circ = 0$$

అందువలన

$$\int_d^a \vec{B}.d\vec{l} = 0$$

ఇంకను సొలినాయిడ్‌కు వెలుపల అయస్కాంత క్షేత్రము శూన్యము. అందువలన సమాకలనము $\int_c^d \vec{B}.d\vec{l} = 0$. ab ద్వారా యున్న మార్గము యొక్క సమాకలనము

$$\int_a^b \vec{B}.d\vec{l} = B\int_a^b dl\cos 0^\circ = B\int_a^b dl$$

ఇచ్చట పటము 3.41లో చూపబడిన భుజము ab యొక్క పొడవు h అగును. కానీ ఈ భుజము యొక్క పొడవు ab మనకు తగినట్లు ఎంచుకొనవచ్చును. అందువలన సొలినాయిడ్ యొక్క పొడవు L నకు సమానమైన భుజమును మనము ఎంచుకొనునపుడు, సమాకలనము క్రింది విధంగా లభించును.

$$\int_a^b \vec{B}.d\vec{l} = BL$$

N చుట్లకు సొలినాయిడ్ ద్వారా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము NI అనుకొనుము. అందువలన

$$\int_a^b \vec{B}.d\vec{l} = BL = \mu_0 NI \Rightarrow B = \mu_0 \frac{NI}{L}$$

ఒక ప్రమాణ పొడవునకు గల చుట్ల యొక్క సంఖ్య $\frac{N}{L} = n$. కాబట్టి

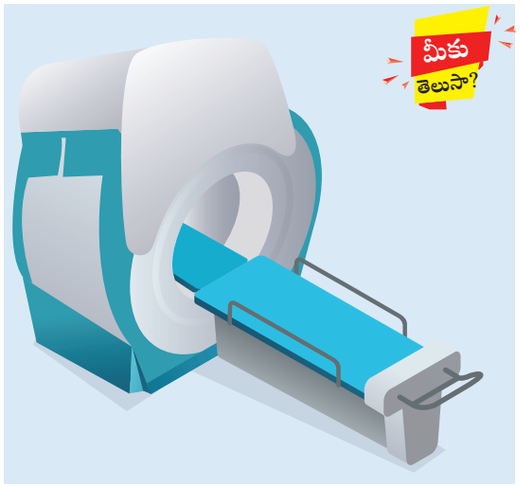
$$B = \mu_0 \frac{nLI}{L} = \mu_0 nI \qquad (3.52)$$

ఇవ్వబడిన సొలినాయిడ్ n ఒక స్థిరాంకము. ఇంకనూ μ_0 యొక్క విలువ ఒక స్థిరాంకమగును. ఒక స్థిరమైన విద్యుత్ ప్రవాహము గల సొలినాయిడ్ లోపల ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము కూడా స్థిరాంకమగును.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 175 23-03-2023 14:04:46

గమనిక

సొలినాయిడ్‌ను విద్యుత్ అయస్కాంతముగా ఉపయోగించవచ్చును. ఒక బలమైన అయస్కాంత క్షేత్రమును ఇది ఏర్పరచును. దీనిని చలింపచేయుటకో, ON చేయుటకో లేదా ఆఫ్ OFF చేయుటకు వీలగును, శాశ్వత అయస్కాంతమును ఉపయోగించి ఈ విధంగా చేయుటకు వీలుకాదు. సొలినాయిడ్ యొక్క లోపల ఒక ఇనుప దండము ఉంచుటవలన అయస్కాంత క్షేత్ర బలమును మరింత అధికరించవచ్చును. ఏవిధమనగా సొలినాయిడ్ వలన ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రము ఇనుప చట్రమును అయస్కాంతీకరణ చేయును. అందువలన మొత్త అయస్కాంత క్షేత్రము అనునది ఇనుము అయస్కాంతీకరణమైనందువలన ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రముల సమాకలమునకు సమానం. ఈ ధర్మము నిర్మించుటలో సొలినాయిడ్ ముఖ్యపాత్ర వహించుచున్నది.



MRI (Magnetic Resonance Imaging) అనునది అయస్కాంత అనునాద ప్రతిబింబనము అనబడును. తల, ఛాతి భాగము, ఉదర భాగము మరియు పొత్తికడుపు (pelvis) వంటి వాటిలో ఏర్పడు అసాధారణ పరిస్థితిని తెలుసుకొనుటకు చికిత్స చేయు వైద్యునికి సహాయపడుతుంది. ఇది శరీరమును హాని చేయని వైద్య పరిశోధకమగును. తెరవబడిన వృత్తాకారము లోపల రోగిని పడుకోబెట్టెదరు. (నిజముగా అతివాహకము వలన ఏర్పరచబడిన సొలినాయిడ్ యొక్క లోపలి భాగమే తెరువవబడిన భాగము) అతివాహకము ద్వారా అధికమైన విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రవహింపజేసి బలమైన అయస్కాంత క్షేత్రము ఏర్పరచబడుచున్నది. ఈ అయస్కాంత క్షేత్రము రేడియో పౌనఃపున్య స్పందనలు ఏర్పరచి కంప్యూటర్‌కు అందించును. ఈ కంప్యూటర్ అంతర అవయవముల బింబములను ఇచ్చును. దీని సహాయముతో వైద్యులు అంతర భాగములకు చికిత్స ఇచ్చును.

ఉదాహరణ 3.16

సొలినాయిడ్ లోపల ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రమును క్రింది సందర్భాలలో కనుగొనుము.

(అ) చుట్ల సంఖ్యను మార్చకుండా పొడవు మాత్రము రెండింతలు చేయునపుడు

(ఆ) చుట్ల సంఖ్య మరియు సొలినాయిడ్ యొక్క పొడవు రెండింటిని రెట్టింపు చేయునపుడు

(ఇ) సొలినాయిడ్ యొక్క పొడవును మార్చకుండా చుట్ల సంఖ్యను మాత్రము రెట్టింపు చేయునపుడు ఫలితములను పోల్చుము.

సాధన

సొలినాయిడ్ లోపల ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము

$$B_{L,N} = \mu_0 \frac{NI}{L}$$

అ) చుట్ల సంఖ్యను మార్చకుండా పొడవు మాత్రము రెండింతలు చేసినపుడు

$L \rightarrow 2L$ (పొడవు రెండింతలు)

$N \rightarrow N$ (మార్పులేని చుట్ల సంఖ్య)

అందువలన అయస్కాంత క్షేత్రము

$$B_{2L,N} = \mu_0 \frac{NI}{2L} = \frac{1}{2} B_{L,N}$$

ఆ) చుట్ల సంఖ్య మరియు సొలినాయిడ్ పొడవు రెండింతలు చేయునపుడు

L→2L (పొడవు రెండింతలు)

N→2N (చుట్ల రెండింతలు)

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 176 23-03-2023 14:04:47

అందువలన అయస్కాంత క్షేత్రము

$$B_{2L,2N} = \mu_0 \frac{2NI}{2L} = B_{L,N}$$

ఇ) సొలినాయిడ్ పొడవును మార్చకుండా, చుట్లు సంఖ్యను రెండింతలు చేయునపుడు

L→L (స్థిరమైన పొడవు)

N→2N (చుట్లు సంఖ్య రెండింతలు)

అయస్కాంత క్షేత్రము

$$B_{L,2N} = \mu_0 \frac{2NI}{L} = 2B_{L,N}$$

పై లభించిన ఫలితముల నుండి,

$$B_{L,2N} > B_{2L,2N} > B_{2L,N}$$

అందువలన ఇవ్వబడిన విద్యుత్ ప్రవాహములో, సొలినాయిడ్ యొక్క అధిక పొడవులో చాలా అధిక సంఖ్యలో దగ్గరగా చుట్లను చుట్టిన అయస్కాంత క్షేత్రము అధికరించును.

3.9.4 వృత్త సొలినాయిడ్ / టోరాయిడ్

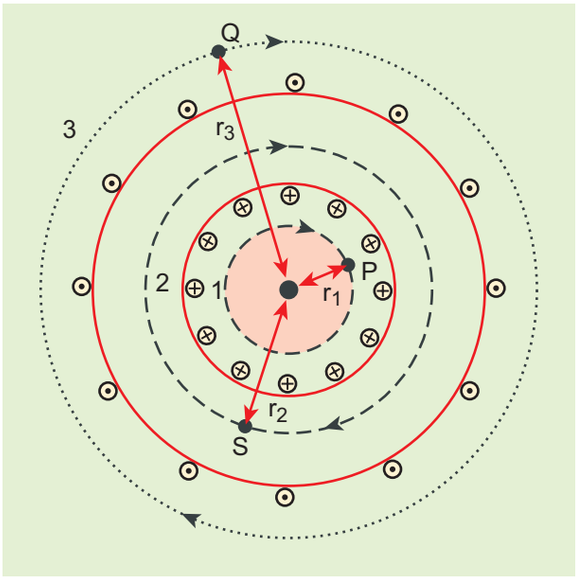
సొలినాయిడ్ యొక్క రెండు కొనలు ఒకదానితోఒకటి తాకు విధంగా ఉంచబడిన అమరికనే వృత్త సొలినాయిడ్ అగును. ఇది పటము 3.42లో చూపబడియున్నది. వృత్త సొలినాయిడ్‌లో యున్న అయస్కాంత క్షేత్రము స్థిరమైన పరిమాణము కలిగియుండును. అదే సమయములో వృత్త సొలినాయిడ్ లోపలి భాగములో (P బిందువులో) మరియు వెలుపలి భాగములో (Q బిందువులో) అయస్కాంత క్షేత్రము శూన్యమగును.



పటము 3.42 వృత్త సొలినాయిడ్

(అ) వృత్త సొలినాయిడ్ యొక్క వెలుపలి అంతర భాగము

P బిందువులో ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము B_P ని మనము లెక్కించుటకు r_1 వ్యాసార్ధము కలిగిన ఆంపియర్ లూప్ 1ని బిందువు P చుట్టు పటము 3.43లో చూపినట్లు అమర్చవచ్చును. సమస్యను సులభము చేయుటకు ఆంపీరియన్ లూప్ వృత్తము అనుకొనుము. అందువలన లూప్ యొక్క చుట్టుకొలత దాని పొడవగును.



పటము 3.43 టొరాయిడ్ – ఆంపీరియన్ వలయము

$$L_1 = 2\pi r_1$$

లూప్ 1కి గల ఆంపీరియన్ వలయ నియమము

$$\oint_{\text{లూప్1}} \vec{B}_P . \vec{dl} = \mu_0 I_{\text{మూయబడిన}}$$

ఇచ్చట లూప్ 1 లో ఏవిధమైన విద్యుత్ ప్రవాహము లేదు, $I_{\text{మూయబడిన}} = 0$

$$\oint_{\text{లూప్1}} \vec{B}_P . \vec{dl} = 0$$

బిందువు P లో యున్న అయస్కాంత క్షేత్రము శూన్యమైతే మాత్రమే ఇది సాధ్యమగును. అనగా,

$$\vec{B}_P = 0$$

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 177 23-03-2023 14:04:50

(ఆ) వృత్త సొలినాయిడ్ యొక్క బాహ్య ప్రాంతములో నున్న ఖాళీ భాగము

Q బిందువులో ఉన్న అయస్కాంత క్షేత్రము B_Q ను లెక్కించుటకు పటము 3.43లో చూపిన విధంగా Q బిందువు చుట్టూ r_3 వ్యాసార్ధముగా గల ఆంపీరియన్ 3ని అమర్చవచ్చును.

$$L_3 = 2\pi r_3$$

లూప్ 3కి సంబంధించిన ఆంపీరియన్ వలయ నియమము

$$\oint_{\text{లూప్3}} \vec{B}_Q . \vec{dl} = \mu_0 I_{\text{మూయబడిన}}$$

ఇచ్చట ఒక్కొక్క చుట్టులోను కాగిత తలమును వదలి వెలుపల వచ్చు విద్యుత్ ప్రవాహము, కాగిత తలమునకు లోపల ప్రవేశించు విద్యుత్ ప్రవాహము వలన రద్దుచేయబడుచున్నది. అందువలన $I_{\text{మూయబడిన}} = 0$

$$\oint_{\text{లూప్3}} \vec{B}_Q . \vec{\partial l} = 0$$

బిందువు Q లో ఉన్న అయస్కాంత క్షేత్రము శూన్యమైతే మాత్రమే ఇది సాధ్యమగును. అనగా

$$\vec{B}_Q = 0$$

(ఇ) వృత్త సొలినాయిడ్ లోపల

S బిందువులో నున్న అయస్కాంత క్షేత్రము B_S ని లెక్కించుటకు పటము 3.43లో ఉన్నట్లు S బిందువు చుట్టూ r_2 వ్యాసార్ధము కలిగిన ఆంపీరియన్ లూప్‌ని అమర్చవచ్చును.

లూప్ యొక్క పొడవు $L_2 = 2\pi r_2$

లూప్ కు గల ఆంపీరియన్ వలయ నియమము

$$\oint_{\text{లూప్2}} \vec{B}_S . \vec{dl} = \mu_0 I_{\text{మూయబడిన}}$$

వృత్త సొలినాయిడ్ ద్వారా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహమును I అనియు, చుట్లు యొక్క సంఖ్య N అని అనుకొనిన

$$I_{\text{మూయబడిన}} = NI$$

ఇంకనూ, $\oint_{\text{లూప్2}} \vec{B}_S . \vec{dl} = \oint_{\text{లూప్2}} B_S \, dl \cos\theta = B_S \, 2\pi r_2$

$$\oint_{\text{లూప్2}} \vec{B}_S . \vec{dl} = \mu_0 NI$$

$$B_S = \mu_0 \frac{NI}{2\pi r_2}$$

ఒక ప్రమాణ పొడవునకు చుట్లు యొక్క సంఖ్య $n = \frac{N}{2\pi r_2}$ అందువన S బిందువులో యున్న అయస్కాంత క్షేత్రము

$$B_S = \mu_0 nI \qquad (3.53)$$

3.10 లారెంట్జ్ బలము (LORENTZ FORCE)

ఒక అయస్కాంత క్షేత్రములో విరామ స్థితిలో యున్న ఒక q విద్యుత్ ఆవేశమును కలిగియున్నప్పుడు దానిపై ఎటువంటి బలము పనిచేయుటలేదు. అదే సమయములో ఆ విద్యుత్ ఆవేశమును అయస్కాంత క్షేత్రములో చలింపజేసినపుడు ఒక బలమును అనుభవించును. ఈ బలము అధ్యాయము 1లో నేర్చుకొన్న కూలూంబ్ బలము నుండి వేరుగా యుండును. ఈ బలమునకు అయస్కాంత బలము అని పేరు. ఇది క్రింద యున్న సమీకరణము మూలముగా గుర్తింపబడియున్నది.

$$\vec{F} = q\left(\vec{v} \times \vec{B}\right) \qquad (3.54)$$

సాధారణముగా విద్యుదావేశము అనునది విద్యుత్ క్షేత్రము మరియు అయస్కాంత క్షేత్రము ఈ రెండింటిలోను చలించునపుడు అనుభవించు మొత్త బలము $\vec{F} = q\left(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}\right)$ అగును. దీనికి లారెంట్జ్ బలము అని పేరు.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 178 23-03-2023 14:04:54

3.10.1 అయస్కాంత క్షేత్రములో చలించు విద్యుత్ ఆవేశము అనుభవించు బలము

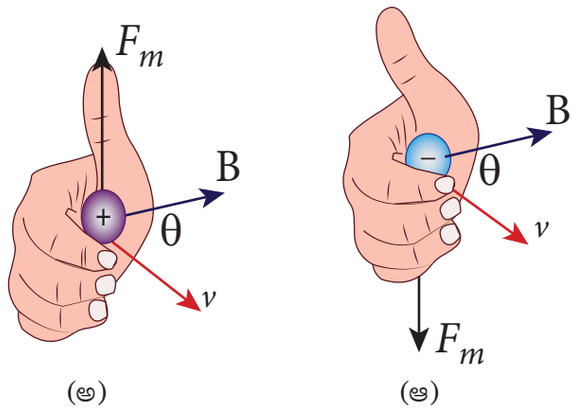
అయస్కాంత క్షేత్రములో $\vec{B}$ విద్యుత్ ఆవేశము, q దిశా వేగములో $\vec{v}$ చలించునపుడు అది ఒక బలమును అనుభవించును. ఆ బలమునకు లారెంట్జ్ బలము అని పేరు. జాగ్రత్తగా చేయబడిన పరిశోధనల తర్వాత అయస్కాంత క్షేత్రములో చలించు ఆవేశము అనుభవించు బలమును లారెంట్జ్ కనుగొనెను.

$$\vec{F}_m = q\left(\vec{v} \times \vec{B}\right) \qquad (3.55)$$

సంఖ్య పరిమాణములో, $F_m = qvB\sin\theta$ (3.56)

సమీకరణము (3.55) మరియు (3.56)ల నుండి మనము తెలుసుకొనుచున్నది

1. $\vec{F}_m$ అనునది అయస్కాంత క్షేత్రము $\vec{B}$ నకు అనులోమానుపాతములో యుండును.
2. $\vec{F}_m$ అనునది వేగము $\vec{v}$ నకు అనులోమానుపాతంలో యుండును.
3. $\vec{F}_m$ అనునది వేగము మరియు అయస్కాంత క్షేత్రమునకు మధ్యయున్న కోణము యొక్క సైన్ విలువకు అనులోమానుపాతంలో యుండును.
4. $\vec{F}_m$ అనునది విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క పరిమాణమునకు అనులోమానుపాతములో యుండును.
5. $\vec{F}_m$ యొక్క దిశ, $\vec{v}$ మరియు $\vec{B}$ యొక్క దిశలకు ఎల్లప్పుడు లంబముగానే ఉండును. ఎందుకనగా $\vec{F}_m$ అనునది $\vec{v}$ మరియు $\vec{B}$ యొక్క సదిశాలబ్ధము (cross product) మూలముగా నిర్వచింపబడుచున్నది.
6. మిగతా కారకములు ఒకే విధంగా యున్న స్థితిలో, పటము 3.44(ఆ)లో ఉన్న విధంగా ఋణావేశము అనుభవించు $\vec{F}_m$ యొక్క దిశ అనునది, ధనావేశము అనుభవించు $\vec{F}_m$ యొక్క దిశకు వ్యతిరేక దిశలో ఉండును.
7. ఆవేశము q యొక్క వేగము $\vec{v}$ అనునది అయస్కాంత క్షేత్రము $\vec{B}$ యొక్క దిశలో యుండిన $\vec{F}_m$ శూన్యమగును.



(అ) (ఆ)

పటము 3.44 లారెంట్జ్ బలము యొక్క దిశ (అ) ధనావేశమునకు (ఆ) ఋణావేశమునకు

టెస్లా నిర్వచనము

అయస్కాంతపు క్షేత్రములో ఒక ప్రమాణ వేగములో చలించు ఒక ప్రమాణ ఆవేశము అనునది ఒక ప్రమాణ బలమును అనుభవించిన అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క బలము ఒక టెస్లాయగును.

$$1\ \mathrm{T} = \frac{1\,\mathrm{N\,s}}{\mathrm{C\,m}} = 1\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A\,m}} = 1\,\mathrm{N\,A^{-1}m^{-1}}$$

ఉదాహరణ 3.17

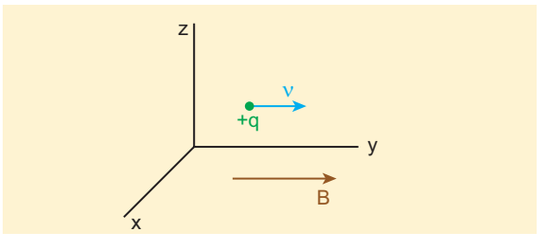
q విద్యుత్ ఆవేశము కలిగిన ఒక కణము $\vec{B}$ అయస్కాంత క్షేత్రములో $\vec{v}$ అను దిశావేగముతో ధనాత్మక y-దిశలో చలించును. క్రింద వచ్చు నిబంధనల ప్రకారము లారెంట్జ్ బలమును లెక్కించుము. (అ) అయస్కాంత క్షేత్రము ధనాత్మక y-దిశలో ఉండునపుడు (ఆ) అయస్కాంత క్షేత్రము ధనాత్మక z-దిశలో ఉండునపుడు (ఇ) కణము యొక్క దిశావేగముతో θ కోణము ఏర్పరచు అయస్కాంత క్షేత్రము zy-తలములో ఉండునపుడు పైన తెలిపిన ఒక్కొక్క నిబంధనలోను అయస్కాంత బలము యొక్క దిశను గుర్తించి చూపుము.

సాధన

కణము యొక్క వేగము $\vec{v} = v\,\hat{j}$

(అ) అయస్కాంత క్షేత్రము, ధనాత్మక y - దిశలో ఉన్నది దీని నుండి $\vec{B} = B\hat{j}$

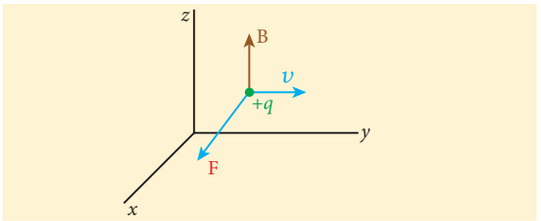
03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 179 23-03-2023 14:04:57



లారెంట్జ్ బలము నుండి, $\vec{F}_m = q\left(\upsilon\,\hat{j} \times B\,\hat{j}\right) = \vec{0}$

అందువలన, విద్యుదావేశము అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క దిశలో చలించునపుడు దానిపై ఎటువంటి బలము పనిచేయుట లేదు.

(ఆ) అయస్కాంత క్షేత్రము ధనాత్మక z - దిశలో ఉన్నది. దీని నుండి $\vec{B} = B\,\hat{k}$

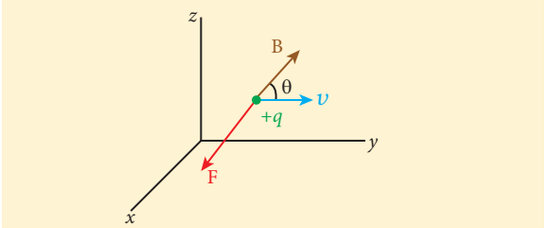


లారెంట్జ్ బలము నుండి, $\vec{F}_m = q(\upsilon\hat{j} \times B\hat{k})$

$= q\upsilon B\,\hat{i}$

అందువలన లారెంట్జ్ బలము యొక్క పరిమాణము $q\upsilon B$ ఇంకనూ వాటి దిశ ధనాత్మక x - దిశ మార్గములో యుండును.

(ఇ) zy - తలములో యున్న అయస్కాంత క్షేత్రము, కణము యొక్క వేగముతో θ కోణమును ఏర్పరచును. దీని నుండి $\vec{B} = B\cos\theta\,\hat{j} + B\sin\theta\,\hat{k}$



లారెంట్జ్ బలము నుండి

$\vec{F}_m = q\left(\upsilon\,\hat{j}\right) \times (B\cos\theta\,\hat{j} + B\sin\theta\,\hat{k})$

$= q\,\upsilon\,B\sin\theta\,\hat{i}$

ఉదాహరణ 3.18

$\vec{\upsilon}$ వేగముతో చలించు, q విద్యుత్ ఆవేశము కలిగిన కణము మీద పనిచేయు లారెంట్జ్ బలము వలన చేయబడిన పని మరియు విడుదలగు సామర్థ్యమును లెక్కించుము. ఇంకను లారెంట్జ్ బలమునకు, ఆవేశము యొక్క దిశావేగమునకు మధ్య ఏర్పడు కోణమును కనుగొనుము. ఫలితములను ఊహించుము.

సాధన

అయస్కాంత క్షేత్రములో చలించు ఆవేశీకరించబడిన కణము మీద పనిచేయు బలము $\vec{F} = q\left(\vec{\upsilon} \times \vec{B}\right)$

అయస్కాంత క్షేత్రములో చేయబడిన పని

$$W = \int \vec{F}.d\vec{r} = \int \vec{F}.\vec{\upsilon}\,dt$$

$$W = q\int \left(\vec{\upsilon} \times \vec{B}\right).\vec{\upsilon}\,dt = 0$$

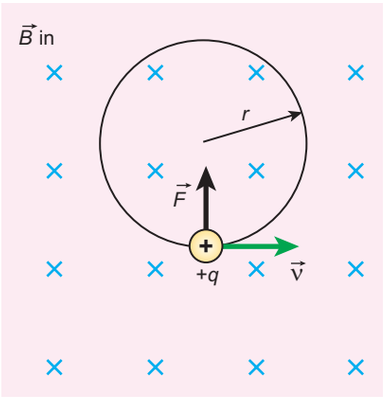
ఇచ్చట $\vec{\upsilon} \times \vec{B}$ అనునది $\vec{\upsilon}$ కి లంబముగాయున్నది. అందువలన $\left(\vec{\upsilon} \times \vec{B}\right)\cdot\vec{\upsilon} = \vec{0}$ అనగా లారెంట్జ్ బలమువిద్యుత్ ఆవేశముపై ఎటువంటి పని చేయలేదు అనుట దీని అర్థము. పని గతిజ శక్తి సిద్ధాంతము ప్రకారము (11వ తరగతి భాగము −1లో పాఠము4లో విభాగము 4.26ని చూడుము)

$$\frac{dW}{dt} = P = 0$$

$\vec{F}.\vec{\upsilon} = 0 \Rightarrow \vec{F}$ మరియు $\vec{\upsilon}$ రెండునూ ఒకదానికొకటి లంబముగా వుండును. అందువలన లారెంట్జ్ బలమునకు, ఆవేశము యొక్క దిశావేగమునకు మధ్య గల కోణము 90^0 అగును. లారెంట్జ్ బలము అనునది వేగము యొక్క దిశను మాత్రము మార్చును. కానీ దిశా వేగము యొక్కపరిమాణమును మార్చదు. చివరికి లారెంట్జ్ బలము ఎటువంటి పనిచేయలేదు. ఇంకనూ ఆవేశము యొక్క గతిజ శక్తిలో ఎటువంటి మార్పు ఏర్పడదు.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 180 23-03-2023 14:05:01

3.10.2 ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో గల ఆవేశ కణము యొక్క చలనము



పటము 3.45 లంబముగా పనిచేయు ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో గల ఆవేశ కణముల యొక్క వృత్తాకార చలనము

m ద్రవ్యరాశి q ఆవేశము కలిగిన కణము అయస్కాంత క్షేత్రము $\vec{B}$ కి లంబముగా, $\vec{v}$ వేగముతో అయస్కాంత క్షేత్రములోపలికి ప్రవేశించును అని అనుకొనుము. కణము అయస్కాంత క్షేత్రములో ప్రవేశించిన వెంటనే, ఆ కణము మీద, అయస్కాంత క్షేత్రము $\vec{B}$ మరియు వేగము $\vec{v}$ వీటికి లంబదిశలో లారెంట్జ్ బలము అనునది పనిచేయును.

దీని ఫలితముగా ఆవేశ కణము అనునది వృత్తాకార కక్ష్యలో చుట్టివచ్చును. ఇది పటము 3.45లో చూపబడియున్నది. ఈ ఆవేశ కణము మీద పనిచేయబడు లారెంట్జ్ బలము

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

ఇచ్చట కణము మీద లారెంట్జ్ బలము మాత్రమే పనిచేయుట వలన, దీనిపై పనిచేయు మొత్త బలము యొక్క పరిమాణము

$$\sum_i F_i = F_m = qvB$$

ఈ లారెంట్జ్ బలము వృత్తాకార మార్గములో ఆవేశ కణము చలించుటకు కావలసిన అభికేంద్ర బలమును ఇచ్చును. అందువలన

$$qvB = m\frac{v^2}{r}$$

వృత్తాకార మార్గము యొక్క వ్యాసార్ధము

$$r = \frac{mv}{qB} = \frac{p}{qB} \qquad (3.57)$$

ఇచ్చట $p = mv$ అనునది ఆవేశ కణము యొక్క రేఖీయ ద్రవ్యవేగము యొక్క పరిమాణమగును. T అనునది ఒక పూర్తి వృత్తాకార చలనము చేయుటకు పట్టు కాలము

$$T = \frac{2\pi r}{v} \qquad (3.58)$$

(3.57)ని (3.58)లో ప్రతిక్షేపించినపుడు,

$$T = \frac{2\pi m}{qB} \qquad (3.59)$$

సమీకరణము (3.59)నకు సైక్లోట్రాన్ ఆవర్తన కాలము అని పేరు. ఆవర్తన కాలము యొక్క విలోమ విలువను పౌనఃపున్యము f అనబడును.

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = \frac{qB}{2\pi m} \qquad (3.60)$$

కోణీయ పౌనఃపున్యము ω యొక్క ఆధారముగా,

$$\omega = 2\pi f = \frac{q}{m}B \qquad (3.61)$$

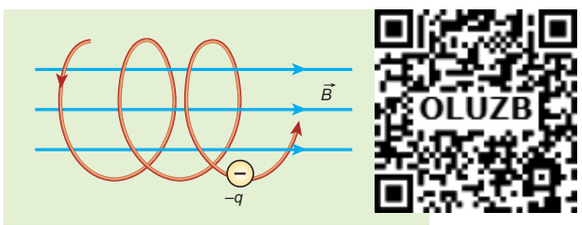
సమీకరణము (3.60) మరియు (3.61)ని సైక్లోట్రాన్ పౌనఃపున్యము లేదా భ్రమణ పౌనఃపున్యము అని పిలువవచ్చును.

సమీకరణము (3.59), (3.60) మరియు (3.61)ల నుండి ఆవర్తన కాలము మరియు పౌనఃపున్యము రెండునూ ఆవేశ ద్రవ్యరాశి నిష్పత్తి (charge to mass ratio – విశిష్ట ఆవేశము) లేదా ఒక ప్రమాణ ద్రవ్యరాశికి గల ఆవేశముపై మాత్రమే ఆధారపడియుండును, కానీ వేగము లేదా వృత్తాకార మార్గము యొక్క వ్యాసార్ధముపై ఆధారపడదు అనుటను తెలుసుకొనవచ్చును. దిశా వేగము

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 181 23-03-2023 14:05:05

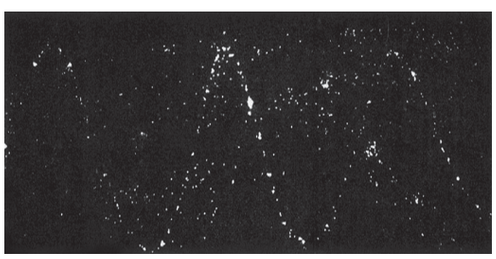
అయస్కాంత క్షేత్రమునకు లంబముగా లేని స్థితిలో విద్యుత్ ఆవేశము అనునది ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో ప్రవేశించునపుడు ఒక కణము యొక్క దిశావేగము రెండు అంశములుగా విడగొట్టబడును.

ఒకటి అయస్కాంత క్షేత్రమునకు సమాంతరముగాను మరొకటి అయస్కాంత క్షేత్రమునకు లంబముగాను యుండును. అయస్కాంత క్షేత్రమునకు సమాంతరముగా యున్న వేగము యొక్క అంశము ఎటువంటి మార్పుకులోబడదు. కానీ అయస్కాంత క్షేత్రమునకు లంబముగాగల అంశము లారెంట్జ్ బలము వలన నిరంతరాయంగా మార్పు జరుగును. అందువలన విద్యుదావేశము వృత్తాకార మార్గములో భ్రమణము చెందకుండా పటము 3.46లో చూపిన విధంగా అయస్కాంత క్షేత్ర రేఖలను చుట్టి ఒక సర్పిలాకార మార్గములో భ్రమించును.



పటము 3.46 ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో సర్పిలాకార వృత్త మార్గములో భ్రమించు ఎలక్ట్రానులు

అయస్కాంత క్షేత్రములో సర్పిలాకార మార్గములో పోవు ఎలక్ట్రాను యొక్క చలనము పటము 3.47లో చూపబడియున్నది. దీనికి ఒక మంచి ఉదాహరణమగును.



పటము 3.47 మేఘ పేటికలో ఎలక్ట్రాన్ యొక్క సర్పిలాకార మార్గము

ఉదాహరణ 3.19

0.500 T కొలత గల ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రమునకు లంబముగా పోవు ఒక ఎలక్ట్రాన్ 2.50 mm వ్యాసార్ధము గల వృత్తాకార మార్గములో చలించిన దాని వేగమును కనుగొనుము,

సాధన

ఎలక్ట్రాన్ యొక్క విద్యుదావేశము $q = -1.60 \times 10^{-19}$ C

$\Rightarrow |q| = 1.60 \times 10^{-19}$ C

అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క పరిమాణము $B = 0.500$ T

ఎలక్ట్రాను యొక్క ద్రవ్యరాశి $m = 9.11 \times 10^{-31}$ kg

కక్ష్య యొక్క వ్యాసార్ధము,

$r = 2.50$ mm $= 2.50 \times 10^{-3}$ m

ఎలక్ట్రాను యొక్క వేగము $v = |q| \dfrac{rB}{m}$

$$v = 1.60 \times 10^{-19} \times \frac{2.50 \times 10^{-3} \times 0.500}{9.11 \times 10^{-31}}$$

$$v = 2.195 \times 10^{8} \text{ ms}^{-1}$$

ఉదాహరణము 3.20

X-అక్షం దిశలో పనిచేయు 0.500 T బలము కలిగిన అయస్కాంత క్షేత్రములో ఒక ప్రోటాన్ చలించుచున్నది. ప్రారంభ కాలము $t = 0\,s$ లో, ప్రోటాను యొక్క దిశావేగము $\vec{v} = \left(1.95 \times 10^{5}\,\hat{i} + 2.00 \times 10^{5}\,\hat{k}\right)$ ms^{-1} అనిన క్రింద వచ్చునవి కనుగొనుము.

(అ) ప్రారంభ కాలములో ప్రోటాన్ యొక్క త్వరణము

(ఆ) ప్రోటాన్ యొక్క మార్గము వృత్తాకార మార్గమా? లేదా సర్పిలాకార మార్గమా? సర్పిలాకార మార్గమైన దాని వ్యాసార్ధమును కనుగొనుము. ఇంకనూ ఒక పూర్తి భ్రమణమునకు సర్పిలాకార మార్గము యొక్క అక్షము ద్వారా ప్రోటాన్ చలించిన దూరమును కనుగొనుము.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 182 23-03-2023 14:05:07

సాధన

అయస్కాంత క్షేత్రము $\vec{B} = 0.500\hat{i}\ \text{T}$

కణము యొక్క దిశా వేగము

$\vec{v} = \left(1.95\times10^{5}\hat{i} + 2.00\times10^{5}\hat{k}\right)\text{ms}^{-1}$

ప్రోటాన్ యొక్క విద్యుత్ క్షేత్రము $q = 1.60\times10^{-19}\text{C}$

ప్రోటాన్ యొక్క ద్రవ్యరాశి $m = 1.67\times10^{-27}\text{kg}$

అ) ప్రోటాన్ అనుభవించు బలము

$$\vec{F} = q(\vec{v}\times\vec{B})$$
$$= 1.60\times10^{-19}\times\left(\left(1.95\times10^{5}\hat{i} + 2.00\times10^{5}\hat{k}\right)\times\left(0.500\hat{i}\right)\right)$$
$$\vec{F} = 1.60\times10^{-14}\hat{j}\ \text{N}$$

అందువలన, న్యూటన్ రెండవ నియమము నుండి

$$\vec{a} = \frac{1}{m}\vec{F} = \frac{1}{1.67\times10^{-27}}\left(1.60\times10^{-14}\right)\hat{j}$$
$$= 9.58\times10^{12}\hat{j}\ \text{m s}^{-2}$$

ఆ) ప్రోటాన్ యొక్క మార్గము ఒక సర్పిలాకార మార్గము

సర్పిలాకార మార్గము యొక్క వ్యాసార్ధం

$$R = \frac{mv_z}{|q|B} = \frac{1.67\times10^{-27}\times2.00\times10^{5}}{1.60\times10^{-19}\times0.500}$$
$$= 4.175\times10^{-3}\text{m} = 4.18\text{mm}$$

T కాలములో, x-అక్ష మార్గములో సర్పిలాకార మార్గములో ప్రోటాన్ చలించిన దూరము $P = v_x\,T$

T యొక్క విలువ

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi m}{|q|B} = \frac{2\times3.14\times1.67\times10^{-27}}{1.60\times10^{-19}\times0.500}$$
$$= 13.1\times10^{-8}\text{s}$$

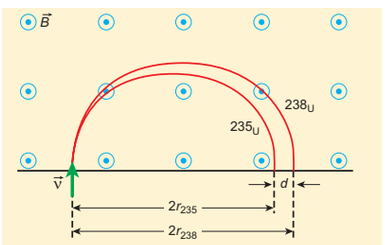
అందువలన, చలించిన దూరము

$$P = v_x T = \left(1.95\times10^{5}\right)\left(13.1\times10^{-8}\right)$$
$$= 25.5\times10^{-3}\text{m} = 25.5\text{ mm}$$

ప్రోటాన్ అయస్కాంత క్షేత్రములో గుర్తించదగ్గ త్వరణమును పొందును. అందువలన ఒక పూర్తి భ్రమణమునకు అక్షము ద్వారా దాటిన పొడవు అనునది సర్పిలాకార మార్గము యొక్క వ్యాసార్ధము కన్నా ఆరు రెట్లు ఎక్కువగును.

ఉదాహరణ 3.21

ఏక అయనీకరణము చేయబడిన రెండు యురేనియం ఐసోటోపులు $^{235}_{92}U$ మరియు $^{238}_{92}U$ (ఒకే పరమాణు సంఖ్య వేర్వేరు ద్రవ్యరాశి సంఖ్య కలిగినవి ఐసోటోపులగును) 0.500 T బలము కలిగిన అయస్కాంత క్షేత్రములో $1.00\times10^{5}\ \text{m s}^{-1}$ వేగముతో అయస్కాంత క్షేత్రమునకు లంబముగా పంపబడుచున్నది. అర్ధవృత్తాకార మార్గమును ఈ రెండు ఐసోటోపులు పూర్తి చేసిన తర్వాత వాటికి మధ్యగల దూరమును కనుగొనుము. ఇంకనూ ఈ రెండు ఐసోటోపులు అర్ధవృత్తాకార మార్గమును పూర్తిచేయుటకు తీసుకొన్న కాలమును లెక్కించుము. (ఇవ్వబడినవి: ఐసోటోపుల యొక్క ద్రవ్యరాశులు $m_{235} = 3.90\times10^{-25}\text{kg}$ మరియు $m_{238} = 3.95\times10^{-25}\text{kg}$)



సాధన

ఈ రెండు ఐసోటోపులు ఏక అయనీకరణము చేయబడినవి. అందువలన అవి రెండునూ ఒకే విద్యుదావేశమును పొందియుండును. అనగా ఎలక్ట్రాను యొక్క విద్యుత్ ఆవేశమునకు సమాన ఆవేశమును పొందియుండును $q = -1.6\times10^{-19}$ C. ఎలక్ట్రాను యొక్క ఆవేశము $^{235}_{92}U$ మరియు $^{238}_{92}U$ యొక్క ద్రవ్యరాశులు క్రమముగా 3.90×10^{-25} kg మరియు 3.95×10^{-25} kg అగును. ఇవ్వబడిన అయస్కాంత క్షేత్రము $B = 0.500$ T. ఐసోటోపుల యొక్క దిశా వేగము $1.00\times10^{5}\ \text{ms}^{-1}$ అయిన

(అ) $^{235}_{92}U$ యొక్క, మార్గము యొక్క వ్యాసార్ధము r_{235} అనిన

$$r_{235} = \frac{m_{235}v}{|q|B} = \frac{3.90\times10^{-25}\times1.00\times10^{5}}{1.6\times10^{-19}\times0.500}$$
$$= 48.8\times10^{-2}m$$
$$r_{235} = 48.8\text{ cm}$$

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 183 23-03-2023 14:05:12

$^{235}_{92}U$ ఐసోటోపు వలన అర్ధ వృత్త వ్యాసము $d_{235} = 2r_{235} = 97.6$ cm

$^{238}_{92}U$ యొక్క మార్గ వ్యాసార్ధము r_{238} అనిన

$$r_{238} = \frac{m_{238}\upsilon}{|q|B} = \frac{3.95\times10^{-25}\times1.00\times10^{5}}{1.6\times10^{-19}\times0.500}$$
$$= 49.4\times10^{-2}\,m$$
$$r_{238} = 49.4 \text{ cm}$$

$^{238}_{92}U$ ఐసోటోపు వలన అర్ధవృత్తము యొక్క వ్యాసము $d_{238} = 2r_{238} = 98.8$ cm

అందువలన, ఈ రెండు ఐసోటోపులకు మధ్యనున్న దూరము $\Delta d = d_{238} - d_{235} = 1.2$ cm

(ఆ) ఒక్కొక్క ఐసోటోపు అర్ధవృత్తము పూర్తి చేయుటకు తీసుకొను కాలము క్రమముగా

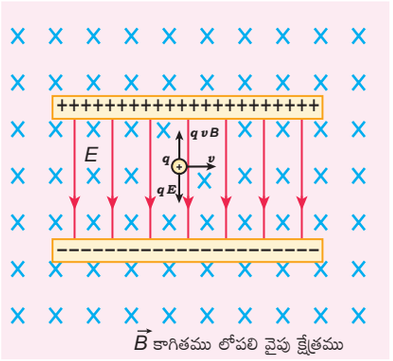
$$t_{235} = \frac{\text{స్థానభ్రంశము యొక్క పరిమాణము}}{\text{దిశా వేగము}}$$
$$= \frac{97.6\times10^{-2}}{1.00\times10^{5}} = 9.76\times10^{-6}\text{s} = 9.76\mu\text{s}$$

$$t_{238} = \frac{\text{స్థానభ్రంశము యొక్క పరిమాణము}}{\text{దిశా వేగము}}$$
$$= \frac{98.8\times10^{-2}}{1.00\times10^{5}} = 9.88\times10^{-6}\text{s} = 9.88\mu\text{s}$$

ఈ రెండు ఐసోటోపుల ద్రవ్యరాశుల భేదము చాలా తక్కువగా యుండును. ఈ వ్యవస్థ తక్కువ భేదమును కొలువ గల వేరుచేయబడిన దూరముగా మార్చుటకు సహాయపడును. ఈ వ్యవస్థకు ద్రవ్యరాశి వర్ణపటమాపదర్శిని అని పేరు. ద్రవ్యరాశి వర్ణపటమాపదర్శిని విజ్ఞానశాస్త్రము యొక్క అనేక భాగములో ముఖ్యంగా వైద్యరంగంలో, అంతరిక్ష విజ్ఞానము, భూవిజ్ఞానశాస్త్రము వంటి వాటిలో ఉపయోగపడుతుంది.

ఉదాహరణమునకు వైద్యరంగంలో శ్వాస వాయువు యొక్క కొలతను కొలుచుటకు, జీవశాస్త్రములో కిరణజన్యసంయోగక్రియ సంఘటనలో ఏర్పడు ప్రతిచర్యను తెలుసుకొనుటకు ఉపయోగపడును.

3.10.3 ఒకదానికొకటి లంబముగా పనిచేయు విద్యుత్ క్షేత్రము మరియు అయస్కాంత క్షేత్రములో విద్యుదావేశము యొక్క చలనము



పటము 3.48 వేగ సెలెక్టర్

వేగ సెలెక్టర్‌ను వివరించుటకు ఒక పరిశోధన అమరిక అనుకొనుము. (పటము 3.48) క్షమశీలి యొక్క సమాంతర పలకలకు మధ్య భాగములో ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రము ($\vec{E}$) దానికి లంబ దిశలో ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రము ($\vec{B}$) ఏర్పరచబడియున్నది. ఆవేశ పరిమాణము q కలిగిన ఒక కణము ఎడమ వైపు నుండి $\vec{v}$ దిశావేగముతో ఈ మార్గములో ప్రవేశించునపుడు దానిపై పనిచేయు నికర బలము

$$\vec{F} = q\left(\vec{E} + \vec{\upsilon}\times\vec{B}\right)$$

కణము ధనావేశముగా యుండిన దాని మీద పనిచేయు విద్యుత్ బలము క్రిందివైపు దిశలోను లారెంట్జ్ బలము పైవైపు దిశలోను పనిచేయును. ఈ రెండు బలములు ఒకదానికొకటి తుల్యము చేసినపుడు



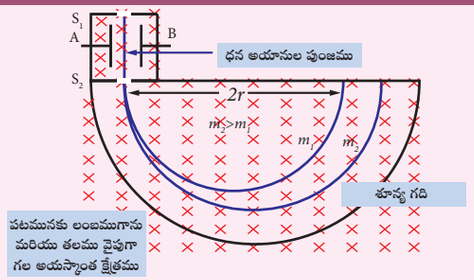
$$qE = q\upsilon B$$
$$\Rightarrow \upsilon = \frac{E}{B} \qquad (3.62)$$

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 184 23-03-2023 14:05:16

గమనిక

ఐసోటోపులను వేరుచేయుటకు వెలాసిటి సెలెక్టర్ యొక్క తత్వము బెయిన్‌బ్రిడ్జి ద్రవ్యరాశి వర్ణమాపకంలో ఉపయోగించబడుచున్నది. దీని వివరణ ఉదాహరణము 3.21లో వివరించబడియున్నది.

బెయిన్‌బ్రిడ్జి ద్రవ్యరాశి వర్ణపటమాపకం యొక్క వ్యూహాత్మక చిత్రము



దీని భావన ఏమనగా ఇవ్వబడిన పరిమాణము గల విద్యుత్ క్షేత్రము $\vec{E}$ మరియు అయస్కాంత క్షేత్రము $\vec{B}$ లో చలించు నిర్ణీత వేగము కలిగిన $v = \frac{E}{B}$ విద్యుదావేశము మీద మాత్రమే ఈ బలములు పనిచేయునని తెలుపబడినది. ఈ వేగము విద్యుత్ ఆవేశము యొక్క ద్రవ్యరాశిపైన, ఆవేశ కొలతపైన ఆధారపడదు.

అందువలన సరియైన విద్యుత్ క్షేత్రముమరియు అయస్కాంత క్షేత్రము ఎన్నుకొనుట మూలముగా నిర్ణీత వేగముతో పోవు ఆవేశమును ఎన్నుకొనుటకు వీలగును. ఇటువంటి క్షేత్రముల వ్యవస్థకు వెలాసిటి సెలెక్టర్ అని పేరు.

ఉదాహరణ 3.22

6.0×10^6 N C^{-1} పరిమాణము కలిగిన విద్యుత్ క్షేత్రము E మరియు 0.83 T పరిమాణము కలిగిన అయస్కాంత క్షేత్రము B రెండునూ ఒకదానికొకటి లంబముగా పనిచేయు ప్రాంతములో 200 V విద్యుత్ శక్మము వలన ఒక ఎలక్ట్రాను త్వరణము చెందించబడుతున్నది. త్వరణము చెందిన ఎలక్ట్రాను శూన్య అపవర్తనము చూపునా? లేదంటే ఏ విద్యుత్ శక్మమునకు అది శూన్య అపవర్తనము చూపును.

సాధన

విద్యుత్ క్షేత్రము $E = 6.0 \times 10^6$ N C^{-1} మరియు అయస్కాంత క్షేత్రము $B = 0.83$ T

అందువలన,

$$v = \frac{E}{B} = \frac{6.0\times10^6}{0.83} = 7.23\times10^6 \text{ ms}^{-1}$$

ఎలక్ట్రాను ఈ వేగముతో ప్రయాణించునపుడు శూన్య అపవర్తనము చూపును. ఇచ్చట ఎలక్ట్రాను త్వరణము ఏర్పరచుటకు ఉపయోగపడు శక్మభేదము 200 V. ఈ శక్మ భేదము వలన ఎలక్ట్రాన్ గతిజ శక్తిని పొందును.

$$\frac{1}{2}mv^2 = eV$$

$$v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$$

ఎలక్ట్రాను యొక్క ద్రవ్యరాశి $m = 9.1\times10^{-31}$ kg ఇంకనూ దాని విద్యుత్ ఆవేశము $|q| = e = 1.6\times10^{-19}$ C. త్వరణము చెందించు శక్మభేదము వలన ఎలక్ట్రాను పొందు వేగము

$$v_{200} = \sqrt{\frac{2\left(1.6\times10^{-19}\right)(200)}{\left(9.1\times10^{-31}\right)}} = 8.39\times10^6 \text{ m s}^{-1}$$

ఇక్కడ $v_{200} > v$ అందువలన ఎలక్ట్రాను లారెంట్జ్ బలదిశలో అపవర్తనము చెందును. ఎలక్ట్రాను శూన్య అపవర్తనము చెందించుటకు కావలసిన త్వరణము చెందించు శక్మభేదము

$$V = \frac{1}{2}\frac{mv^2}{e} = \frac{\left(9.1\times10^{-31}\right)\times\left(7.23\times10^6\right)^2}{2\times\left(1.6\times10^{-19}\right)}$$

$$V = 148.65 \text{ V}$$

3.10.4 సైక్లోట్రాన్

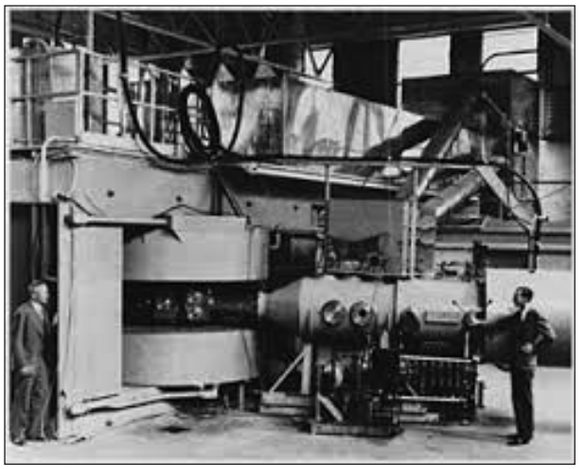
ఆవేశములను త్వరణము చెందించి అవి అధిక గతిజ శక్తిని పొందుటకు ఉపయోగపడు పరికరమే సైక్లోట్రాన్ అగును. ఇది పటము 3.49లో

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 185 23-03-2023 14:05:19

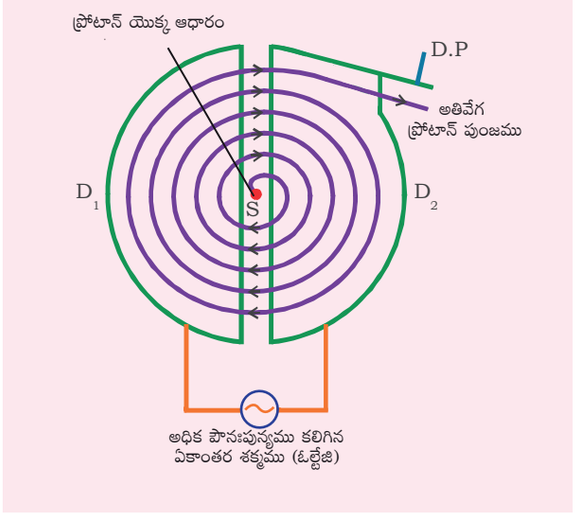
చూపబడియున్నది. దీనిని అధిక శక్తి త్వరణకారిణి అని పిలువవచ్చును. దీనిని లారెన్స్ మరియు లివింగ్‌స్టన్ 1943లో కనుగొన్నారు.

తత్వము

అయస్కాంత క్షేత్రమునకు లంబముగా ఆవేశపూరిత కణం చలించునప్పుడు, అది లారెంట్జ్ బలమును అనుభవించును.



పటము 3.49 లారెన్స్ మరియు లివింగ్‌స్టన్ అనువారు రూపొందించిన సైక్లోట్రాన్



పటము 3.50 సైక్లోట్రాన్ పనిచేయు విధానము

నిర్మాణము

సైక్లోట్రాన్ యొక్క సాధారణ పటము (schematic diagram) పటము 3.50లో చూపబడియున్నది. ఆంగ్ల అక్షరము D ఆకారంలో యున్న రెండు అర్ధగోళాకార లోహ గోళములకు మధ్య ఆవేశము ఇవ్వబడుచున్నది. ఈ అర్ధగోళాకార లోహ గోళమ్ D లు (Dees) అని పిలువబడుచున్నవి. ఈ D లు శూన్యగదిచే ఆవరించబడియుండును మరియు ఈ భాగము పూర్తిగా విద్యుదయస్కాంత ఆధీనములో నున్న ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో ఉంచబడియుండును. D ల యొక్క తలములకు లంబముగా అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క దిశ కలదు. ఈ రెండు D లు ఒక చిన్న ఖాళీ స్థలముతో విభజించబడియుండును. ఈ ఖాళీ ప్రదేశము యొక్క మధ్యలో త్వరణము చెందించవలసిన ఆవేశములను ఉద్ధారము చేయు ఆధారము S ఉన్నది. D లు అధిక పౌనఃపున్యము కలిగిన ఏకాంతర విద్యుత్ శక్మభేదముతో కలుపబడియుండును.

పనిచేయు విధానము

మూలం S నుండి ఉద్ధారము చెందు, ఒక అయాన్ ధనావేశం కలిగినది అనుకొనుము. అయాను ఉద్ధారమైన అదే సమయములో ఋణ విద్యుత్ శక్మము కలిగిన D చే ఆ అయాను త్వరణము చెందించబడును. (D_1 అనుకొనుము) ఇచ్చట D ల యొక్క తలమునకు లంబముగా అయస్కాంత క్షేత్రము పనిచేయుట వలన అయాను వృత్తాకార మార్గములో చలించును. D_1 లో అయాను అర్ధవృత్తాకార మార్గమును పూర్తి చేసిన వెంటనే D లకు మధ్యయున్న ఖాళీ ప్రదేశమును చేరును. అదేసమయంలో D ల యొక్క ధ్రువత మార్చబడును. అందువలన అయాను D_2 వైపు అధిక వేగముతో త్వరణము చెందించబడును. ఈ కారణంగా అయాను ఒక వృత్తాకార మార్గమును పూర్తిచేయును. ఆవేశము q వృత్తాకార చలనము చేయుటకు కావలసిన అభికేంద్ర బలమును లారెంట్జ్ బలము ఇచ్చును.

$$\frac{mv^2}{r} = qvB$$

$$\Rightarrow r = \frac{m}{qB}v$$

$$\Rightarrow r \propto v \qquad (3.63)$$

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 186 23-03-2023 14:05:20

సమీకరణము 3.63 నుండి, వేగములో ఏర్పడు పెరుగుదల వలన వృత్తాకార మార్గము యొక్క వ్యాసార్ధము పెరుగునని తెలుసుకొనవచ్చును. ఈ ప్రక్రియ నిర్విరామముగా జరిగినపుడు ఆవేశములు చలించు సర్పిలాకార మార్గము యొక్క వ్యాసార్ధము అధికరించుచూపోవును. విద్యుదావేశము అనునది D ల యొక్క అంచును చేరునపుడు, అపవర్తన పలక (Deflection plate) సహాయముతో దానిని వెలుపలికి పంపి లక్ష్యము (T) మీద ఢీకొనునట్లు చేయవచ్చును.

సైక్లోట్రాన్ నిర్వహణము యొక్క చాలా ముఖ్య నిబంధన అనునాద నిబంధన అగును. అయస్కాంత క్షేత్రములో చలించు ధనావేశ అయాను యొక్క పౌనఃపున్యము, f అనునది స్థిరమైన పౌనఃపున్యము కలిగిన ఏకాంతర విద్యుత్ శక్మ భేద ఆధారము యొక్క పౌనఃపున్యమునకు $f_{\text{డోలకము}}$ సమానముగా యున్నప్పుడు మాత్రమే అనునాద నిబంధన పూర్తియగును.

సమీకరణము (3.60) నుండి

$$f_{\text{డోలకము}} = \frac{qB}{2\pi m}$$

డోలనము యొక్క అనువర్తన కాలము

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

ఆవేశ కణము యొక్క గతిజ శక్తి

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{q^2B^2r^2}{2m} \qquad (3.64)$$

సైక్లోట్రాన్ యొక్క పరిమితులు

(అ) అయాను యొక్క వేగము పరిమితమైనది.

(ఆ) ఎలక్ట్రానును త్వరణము చేయించుటకు వీలుకాదు.

(ఇ) ఆవేశము లేని కణములను త్వరణము చెందించుటకు వీలుకాదు.

ఉదాహరణము 3.23

1 T అయస్కాంత క్షేత్ర బలముతో పనిచేయు సైక్లోట్రాన్ ఉపయోగించి ప్రోటాన్‌లను త్వరణము చెందించు సంఘటనలో D లకు మధ్యయున్న

గమనిక

డ్యుటిరానులను (ఒక ప్రోటాను మరియు ఒక న్యూట్రాను కలిగిన) త్వరణము చెందించవచ్చును. ఎందుకనగా, దీని విద్యుదావేశము ఒక ప్రోటాను యొక్క ఆవేశమునకు సమానమగును. కానీ న్యూట్రాన్‌ను (తటస్థ ఆవేశము కలిగిన కణము) సైక్లోట్రాను ఉపయోగించి త్వరణము చెందించుటకు వీలుకాదు.

బెరిలీయమ్‌ను డ్యుటిరాన్‌తో ఢీకొనునట్లు చేయునపుడు అధిక శక్తిగల న్యూట్రాన్ వెలువడును. ఈన్యూట్రాన్ క్యాన్సర్‌తో బాధింపబడిన భాగములో ప్రవేశింపజేయునపుడు అది క్యాన్సర్ కణము యొక్క DNA ను తాకి నశింపజేయును. దీనికి వేగ న్యూట్రాన్ క్యాన్సర్ చికిత్స పద్ధతి అని పేరు.

మార్పుచెందు విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క పౌనఃపున్యములను కనుగొనుము.

సాధన

అయస్కాంత క్షేత్ర బలము $B = 1$ T

ప్రోటాన్ యొక్క ద్రవ్యరాశి $m_p = 1.67\times10^{-27}$ kg

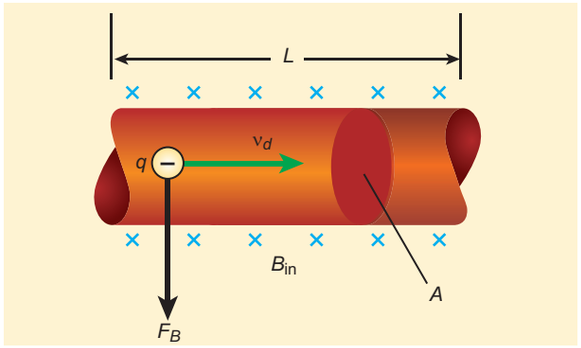
ప్రోటాను యొక్క ఆవేశము $q = 1.60\times10^{-19}$ C

$$f = \frac{qB}{2\pi m_p} = \frac{\left(1.60\times10^{-19}\right)(1)}{2(3.14)(1.67\times10^{-27})}$$
$$= 15.3\times10^{6}\,\text{Hz} = 15.3\,\text{MHz}$$

3.10.5 అయస్కాంత క్షేత్రములో ఉన్న విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రవహించు వాహకము మీద పనిచేయు బలము

విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రవహించు ఒక వాహకమును అయస్కాంత క్షేత్రములో ఉంచినప్పుడు, వాహకముపై పనిచేసే బలము, ఆ వాహకములో నున్న ఒక్కొక్క ఆవేశము మీద పనిచేయు లారెంట్జ్ బలము యొక్క కూడికకు సమానమగును. పటము 3.51లో చూపబడినట్లు I విద్యుత్‌ప్రవాహము ప్రవహించు A మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యము కలిగిన dl పొడవు గల వాహకము యొక్క చిన్న భాగము

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 187 23-03-2023 14:05:22



పటము 3.51 అయస్కాంత క్షేత్రములో విద్యుత్‌ను కొనిపోవు వాహకము

ఒకదానిని అనుకొనుము. విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రవహించు వాహకములోనున్న స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క *(I)* దిశకు వ్యతిరేక దిశలో చలించుచున్నది. అందువలన విద్యుత్ ప్రవాహము I మరియు అపసర వేగము v_d యొక్క పరిమాణమునకు గల సంబంధము క్రింద విధముగా (అధ్యాయము 2ని చూడుము)

$$I = neAv_d \qquad (3.65)$$

విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రవహించు ఈ వాహకమును అయస్కాంత క్షేత్రము $\vec{B}$ లో ఉంచినపుడు, వాహకములో నున్న ఆవేశములు అనుభవించు సరాసరి బలము (ఎలక్ట్రానులు)

$$\vec{f} = -e\left(\vec{v}_d \times \vec{B}\right)$$

n అనునది ఒక ప్రమాణ ఘనపరిమాణమునకు గల స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానుల యొక్క సంఖ్య అనుకొనిన

$$n = \frac{N}{V}$$

ఇచ్చట N అనునది $V = Adl$ ఘనపరిమాణములో నున్న వాహకము యొక్క చిన్నభాగములో నున్న స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానుల యొక్క మొత్తం సంఖ్య అగును.

అందువలన dl పొడవు గల వాహకము యొక్క చిన్న భాగముపైన పనిచేయు లారెంట్జ్ బలమునునది స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్‌ల మొత్తము సంఖ్య $(N = nAdl)$ మరియు ఒక్కొక్క ఎలక్ట్రాను మీద పనిచేయు లారెంట్జ్ బలమును గుణించగా లభించును.

$$d\vec{F} = -enAdl\left(\vec{v}_d \times \vec{B}\right)$$

dl యొక్క పొడవు, వాహకము యొక్క పొడవు దిశలోనే ఉన్నది. వాహకము యొక్క విద్యుత్తు అంశము $Id\vec{l} = -enA\vec{v}_d dl$. అందువలన వాహకము మీద పనిచేయు బలము

$$d\vec{F} = \left(I\, d\vec{l} \times \vec{B}\right) \qquad (3.66)$$

ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో నున్న l పొడవు గల I విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రవహించు తిన్నని వాహకముపై పనిచేయు బలము

$$\vec{F}_{\text{మొత్తము}} = \left(I\vec{l} \times \vec{B}\right) \qquad (3.67)$$

పరిమాణములో

$$F_{\text{మొత్తము}} = BIl\sin\theta$$

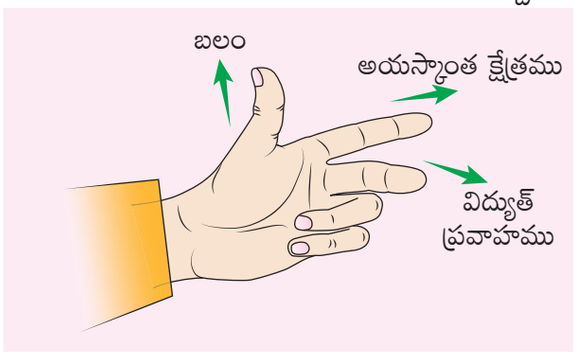
ప్రత్యేక సందర్భాలు

(అ) అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క దిశలోనే విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రవహించు వాహకమును ఉంచునపుడు వీటి మధ్యగల కోణము $\theta = 0^o$. అందువలన విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రవహించు వాహకముపై పనిచేయు బలము శూన్యమగును.

(ఆ) అయస్కాంత క్షేత్ర దిశకు లంబముగా విద్యుత్ ప్రవహించు వాహకమును ఉంచునపుడు వీటి మధ్య గల కోణము $\theta = 90^o$. అందువలన విద్యుత్ ప్రవహించు వాహకముపై గరిష్ఠ బలము పనిచేయును. $F_{\text{మొత్తము}} = BIl$

ఫ్లెమింగ్ ఎడమ చేతి నియమము

అయస్కాంత క్షేత్రములో విద్యుత్ ప్రవహించు వాహకముపై పనిచేయు బలము యొక్క దిశను పటము 3.52లో చూపిన విధంగా ఫ్లెమింగ్ ఎడమచేతి నియమము నుండి తెలుసుకొనవచ్చును.



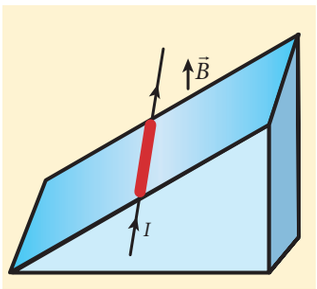
పటము 3.52 ఫ్లెమింగ్ ఎడమచేతి నియమము

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 188 23-03-2023 14:05:24

ఒకదానికొకటి లంబదిశలో ఉండునట్లు ఎడమచేతి యొక్క చూపుడు వ్రేలు, మధ్య వ్రేలు మరియు బొటన వ్రేలు చాచియుంచినపుడు చూపుడు వ్రేలు అయస్కాంత క్షేత్ర దిశను, మధ్యవ్రేలు విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను చూపించిన, బొటన వ్రేలు వాహకముపై పనిచేసే బలము యొక్క దిశను సూచించును.

ఉదాహరణము 3.24

రేఖీయ సాంద్రత $0.25\ \text{kg m}^{-1}$ కలిగిన ఒక లోహపు కడ్డీ మృధువైన ఏటవాలు తలము మీద క్షితిజ సమాంతరముగా ఉంచబడినది. ఏటవాలు తలము క్షితిజ తలముతో ఏర్పరచు కోణము 45°. లోహపు కడ్డీఏటవాలు తలములో జారకుండా యుండుటకు దాని ద్వారా నిర్ణీత కొలత గల విద్యుత్ ప్రవాహము ఇవ్వబడు లంబదిశలో 0.25 T బలము కలిగిన అయస్కాంత క్షేత్రము ఏర్పరచబడినది. లోహపు కడ్డీ జారకుండా, ఏటవాలు తలముపై స్థిరముగా యుండుటకు లోహపు కడ్డీ ద్వారా ప్రవహించ వలసిన విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క కొలతను లెక్కించుము.

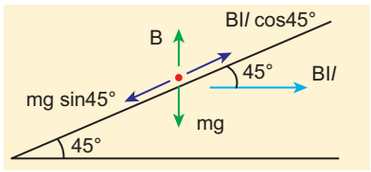


సాధన

లోహపు కడ్డీ యొక్క రేఖీయ సాంద్రత అనగా ఒక ప్రమాణ పొడవునకు గల ద్రవ్యరాశి $0.25\ \text{kg m}^{-1}$ అగును.

$$\Rightarrow \frac{m}{l} = 0.25\ \text{kg m}^{-1}$$

I కొలత గల విద్యుత్ ప్రవాహము ఈ లోహపు కడ్డీ ద్వారా పోవునట్లు అనుకొనుము. ఈ విద్యుత్ ప్రవాహము ఈ కాగిత తలమునకు లోపలి వైపు దిశలో ప్రవహించుచున్నది. అయస్కాంత బలము IBl యొక్క దిశను ఫ్లెమింగ్ ఎడమచేతి నియమము నుండి తెలుసుకొనవచ్చును.



లోహపు కడ్డీ సమతాస్థితిని పొందుటకు

$$mg\sin 45^{\circ} = IBl\cos 45^{\circ}$$

$$\Rightarrow I = \frac{1}{B}\frac{m}{l} g \tan 45^{\circ}$$

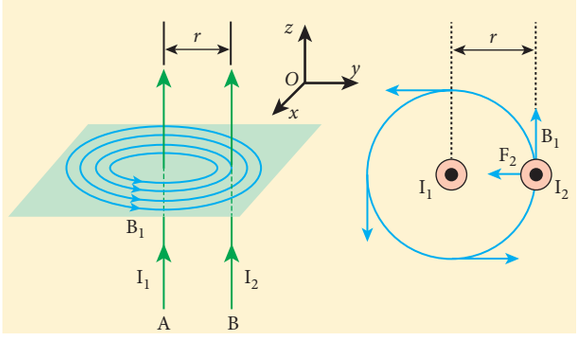
$$= \frac{0.25\ \text{kg m}^{-1}}{0.25\,T} \times 1 \times 9.8\ \text{m s}^{-2}$$

$$\Rightarrow I = 9.8\ \text{A}$$

అందువలన లోహపు కడ్డీ జారకుండా స్థిరముగా ఏటవాలు తలము మీద యుండుటకు ఇవ్వవలసిన విద్యుత్ ప్రవాహము 9.8 A అగును.

3.10.6 రెండు పొడవైన సమాంతర వాహకముల ద్వారా విద్యుత్ ప్రవహించునపుడు వాటి మధ్య ఏర్పడు బలము

రెండు తిన్నని పొడవైన సమాంతర విద్యుత్ ప్రవహించు వాహకములు r దూరములో గాలిలో వేరుచేయబడియున్నవి. ఇది పటము 3.53లో చూపబడియున్నది. వాహకము A మరియు B ద్వారా ఒకే దిశలో ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహములు I_1 మరియు I_2 అనుకొనుము. (అనగా z అక్ష దిశలో) A వాహకములో ప్రవహించు I_1 విద్యుత్ ప్రవాహము వలన r దూరములో ఏర్పడు మొత్త అయస్కాంత క్షేత్రము



పటము 3.53 రెండు పొడవైన సమాంతర విద్యుత్ ప్రవాహ వాహకములు

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 189 23-03-2023 14:05:28

$$\vec{B}_1 = \frac{\mu_\circ I_1}{2\pi r}(-\hat{i}) = -\frac{\mu_\circ I_1}{2\pi r}\hat{i}$$

కుడిచేతి బొటనవ్రేలు నియమము నుండి అయస్కాంత క్షేత్ర దిశ కాగిత తలమునకు లంబముగాను లోపలివైపు పనిచేయును. (బాణపు గుర్తు లోపలికి పోవు విధంగా) అనగా ఋణావేశ $\hat{i}$ దిశలో

వాహకము B లో dl పొడవు గల చిన్న మూలకము అనుకొనుము. ఆ చిన్న మూలకము $\vec{B}_1$ అయస్కాంత క్షేత్రములో ఉన్నదని అనుకొనుము. సమీకరణము 3.66 నుండి B వాహకము యొక్క dl పొడవు గల చిన్న అంశము మీద పనిచేయు లారెంట్జ్ బలము

$$d\vec{F} = \left(I_2 d\vec{l} \times \vec{B}_1\right) = -I_2 dl \frac{\mu_\circ I_1}{2\pi r}(\hat{k} \times \hat{i})$$
$$= -\frac{\mu_\circ I_1 I_2 dl}{2\pi r}\hat{j}$$

వాహకము B లో dl పొడవు గల చిన్న మూలకము మీద పనిచేయు బలము యొక్క దిశ A వాహకము వైపు పనిచేయును. అందువలన dl పొడవు గల చిన్న మూలకము వాహకము A వైపు ఆకర్షించబడును. A వాహకము వలన, B వాహకము యొక్క ఒక ప్రమాణ పొడవుకు పనిచేయు బలము

$$\frac{\vec{F}}{l} = -\frac{\mu_\circ I_1 I_2}{2\pi r}\hat{j}$$

ఇదేవిధంగా I_2 విద్యుత్ ప్రవహించు B వాహకము వలన r దూరములో గల A వాహకము యొక్క dl పొడవు గల చిన్న మూలకము చుట్టూ ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రము $\vec{B}_2$ విలువ కనుగొనవచ్చును.

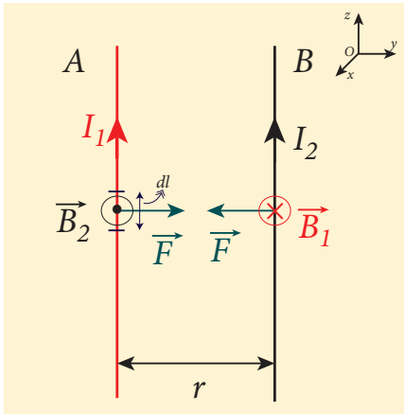
$$\vec{B}_2 = \frac{\mu_\circ I_2}{2\pi r}\hat{i}$$

కుడిచేతి బొటన వ్రేలు నియమము నుండి అయస్కాంత క్షేత్రము దిశ కాగిత తలమునకు లంబముగా వెలుపలి వైపు పనిచేయును. (బాణపు గుర్తు కాగితము నుండి వెలుపలి వైపు విధముగా) అనగా ధనావేశము $\hat{i}$ దిశలో

వాహకము B లో dl పొడవు గల చిన్న మూలకము మీద పనిచేయు అయస్కాంత బలము

$$d\vec{F} = \left(I_1 d\vec{l} \times \vec{B}_2\right) = I_1 dl \frac{\mu_\circ I_2}{2\pi r}(\hat{k} \times \hat{i})$$
$$= \frac{\mu_\circ I_1 I_2 dl}{2\pi r}\hat{j} \qquad (3.68)$$

అందువలన A వాహకములో గల dl పొడవు చిన్న మూలకము మీద పనిచేయు బలము యొక్క దిశ B వాహకము వైపు పనిచేయును. అందువలన dl పొడవు గల చిన్న మూలకము వాహకము B వైపు ఆకర్షించబడును. ఇది పటము 3.54లో చూపబడియున్నది.



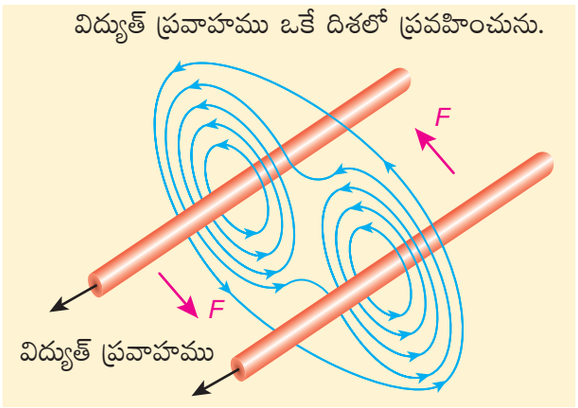
పటము 3.54 ఒకే దిశలో విద్యుత్ ప్రవహించు రెండు వాహకములు ఒకదానికొకటి ఆకర్షించును.

B వాహకము వలన, A వాహకము యొక్క ఒక ప్రమాణ పొడవుకు పనిచేయు బలము

$$\frac{\vec{F}}{l} = \frac{\mu_\circ I_1 I_2}{2\pi r}\hat{j}$$

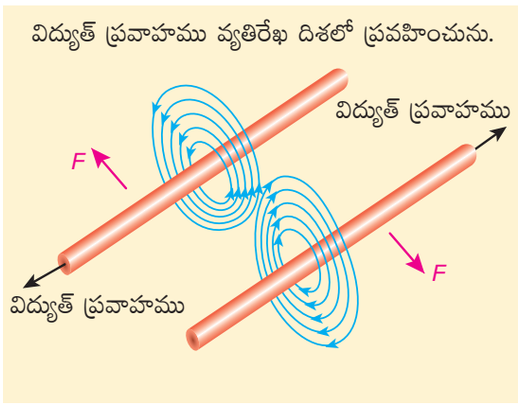
రెండు సమాంతర వాహకముల ద్వారా, ఒకే దిశలో విద్యుత్‌ప్రవహించునపుడు వాటి మధ్య ఆకర్షణ బలము ఏర్పడును. ఇది పటము 3.55లో చూపబడియున్నది.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 190 23-03-2023 14:05:31



పటము 3.55 ఒకే దిశలో విద్యుత్ ప్రవహించు రెండు సమాంతర వాహకములు ఆకర్షణ బలమును అనుభవించును.

రెండు సమాంతర వాహకముల ద్వారా, వ్యతిరేఖ దిశలలో విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రవహించునపుడు వికర్షణ బలము పనిచేస్తుంది. ఇది పటము 3.56లో చూపబడియున్నది.



పటము 3.56 వ్యతిరేఖ దిశలో విద్యుత్ ప్రవహించు రెండు సమాంతర వాహకములు వికర్షణ బలమును అనుభవించును.

ఆంపియర్ నిర్వచనము

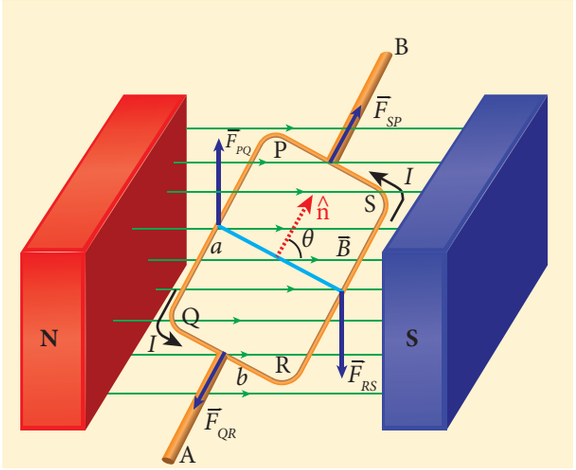
శూన్య ప్రదేశములో ఒక మీటరు దూరములో వేరుచేయబడిన అనంత పొడవు కలిగిన రెండు సమాంతర వాహకములు ఒక్కొక్క దాని ద్వారా ప్రవహించు విద్యుత్తు ప్రవాహము వలన, ఒక్కొక్క వాహకము ఒక ప్రమాణ పొడవుకు 2×10^{-7} N బలమును ఏర్పరచునో, ఒక్కొక్క వాహకము ద్వారా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము కొలత ఒక ఆంపియర్ అగును.

3.11 విద్యుత్తు ప్రవహించే లూప్‌పై పనిచేసే భ్రామకము (TORQUE ON A CURRENT LOOP)

అయస్కాంత క్షేత్రములో విద్యుత్ ప్రవహించు వాహకము మీద పనిచేయు బలము, ఒక మోటారు పనిచేయుటకు ఆధారంగాయుండును.

3.11.1 అయస్కాంత క్షేత్రములో విద్యుత్తు ప్రవహిస్తున్న లూప్‌పై పనిచేసే భ్రామకము

ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రము $\vec{B}$ లో యుంచబడిన విద్యుత్తు ప్రవాహము I ప్రవహించు దీర్ఘచతురస్ర లూప్ ABCD ని అనుకొనుము. దీర్ఘచతురస్ర తీగ చుట్ట యొక్క పొడవు మరియు వెడల్పు వరుసగా a మరియు b అనుకొనుము. పటము 3.57లో చూపిన విధంగా తీగచుట్ట తలమునకు లంబముగా గీయబడిన ఒక ప్రమాణ సదిశ $\hat{n}$ అయస్కాంత క్షేత్రమునకు θ కోణములో నున్నది.



పటము 3.57 అయస్కాంత క్షేత్రములో నున్న దీర్ఘచతురస్రపు తీగ చుట్ట

విద్యుత్ ప్రవహించు భుజము PQ పై పనిచేయు బలము యొక్క పరిమాణము $F_{PQ} = IaB \sin\left(\pi/2\right) = IaB$. కుడిచేతి మర

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 191 23-03-2023 14:05:32

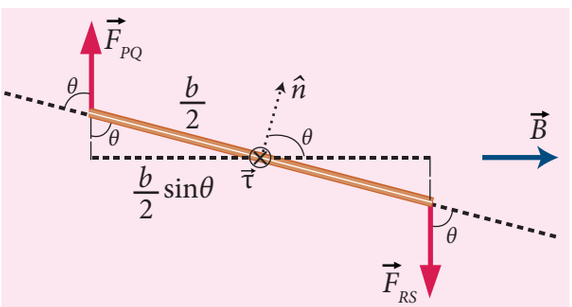
నియమమును ఉపయోగించి బలము F యొక్కదిశని కనుగొనవచ్చును. మరియు బలము పై వైపు దిశలో పనిచేయును.

భుజము QR పైన పనిచేయు బలము యొక్క పరిమాణము $F_{QR} = IbB\sin\left(\pi/2 - \theta\right) = IbB\cos\theta$ ఈ బలము యొక్క దిశ పటము 3.57లో చూపబడియున్నది.

భుజము RS పైన పనిచేయు బలము యొక్క పరిమాణము $F_{RS} = IaB\sin\left(\pi/2\right) = IaB$ ఈ బలము క్రింది వైపు దిశలో పనిచేయును.

భుజము SP పైన పనిచేయు బలము యొక్క పరిమాణము $F_{SP} = IbB\sin\left(\pi/2 + \theta\right) = IbB\cos\theta$ ఈ బలము యొక్క దిశ పటము 3.57లో చూపబడియున్నది.

F_{QR} మరియు F_{SP} అయిన ఈ రెండు బలములు సమానముగాను ఒకదానికొకటి వ్యతిరేఖ దిశలో యుండి ఒకే రేఖ వెంబడి పనిచేయుట వలన అవి ఒకదానినొకటి రద్దుచేసుకొనును. కానీ F_{PQ} మరియు F_{RS}, ఈ రెండు బలములు సమానముగాను ఒకదానికొకటి వ్యతిరేఖ దిశలో యుండి ఒకే రేఖ వెంబడి పనిచేయకుండా వుండుట వలన, అవి యుగ్మమును ఏర్పరచి తీగ చుట్ట మీద ఒక భ్రామకమును ఏర్పరచును.



పటము 3.58 ప్రవాహ లూప్ యొక్క ప్రక్క వైపు నుండి చూసినపుడు

అక్షము AB ని బట్టి భుజము PQ పై పనిచేయు భ్రామకపు పరిమాణము

$$\tau_{PQ} = \left(\frac{b}{2}\sin\theta\right) IaB$$

ఇది AB దిశలో పనిచేయుచున్నది. అక్షము AB ని బట్టి భుజము RS పై పనిచేయు భ్రామకపు పరిమాణము

$$\tau_{RS} = \left(\frac{b}{2}\sin\theta\right) IaB$$

ఇంకనూ ఇది కూడా AB యొక్క దిశలోనే పనిచేయబడుచున్నది. సదిశ రూపములో

అక్షము AB ని బట్టి లూప్ మీద పనిచేయు మొత్త భ్రామకము

$$\begin{aligned}\tau &= \left(\frac{b}{2}\sin\theta\right)F_{PQ} + \left(\frac{b}{2}\sin\theta\right)F_{RS} \\ &= Ia(b\sin\theta)B \\ \tau &= IAB\sin\theta \\ \vec{\tau} &= \left(I\vec{A}\right)\times\vec{B}\end{aligned}$$

పైనున్న సమీకరణమును అయస్కాంత ద్విధ్రువ భ్రామకము యొక్క ఆధారముతో వ్రాసిన

$$\vec{\tau} = \vec{p}_m \times \vec{B} \text{ ఇచ్చట } \vec{p}_m = I\vec{A}$$

ఈ భ్రామకము లూప్‌ను భ్రమణము చేసి దాని ఒకప్రమాణ లంబ సదిశను అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క దిశలో నిలబెట్టు విధంగా పనిచేయును.

దీర్ఘచతురస్రాకార లూప్‌లో N చుట్లు ఉండిన, భ్రామకము

$$\tau = NIAB\sin\theta$$

ప్రత్యేక సందర్భాలు

(అ) $\theta = 90°$ లేదా లూప్ యొక్క తలము అయస్కాంత క్షేత్రమునకు సమాంతరంగాయున్నప్పుడు, విద్యుత్ ప్రవాహ లూప్ మీద భ్రామకము గరిష్ఠమగును.

$$\tau_{\text{గరిష్ఠము}} = IAB$$

(ఆ) $\theta = 0°/180°$ లేదా లూప్ యొక్క తలము అయస్కాంత క్షేత్రమునకు లంబముగా యున్నప్పుడు,

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 192 23-03-2023 14:05:36

విద్యుత్ ప్రవాహ లూప్ మీద భ్రామకము శూన్యమగును.

3.11.2 కదిలే తీగచుట్ట గాల్వనా మీటర్

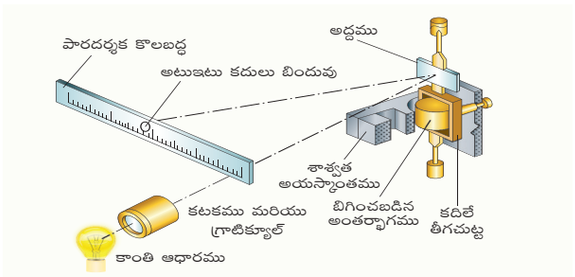
ఒక విద్యుత్ వలయము ద్వారా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహమును కనుగొనుటకు ఉపయోగపడు పరికరమే కదిలే తీగచుట్ట గాల్వనా మీటర్.

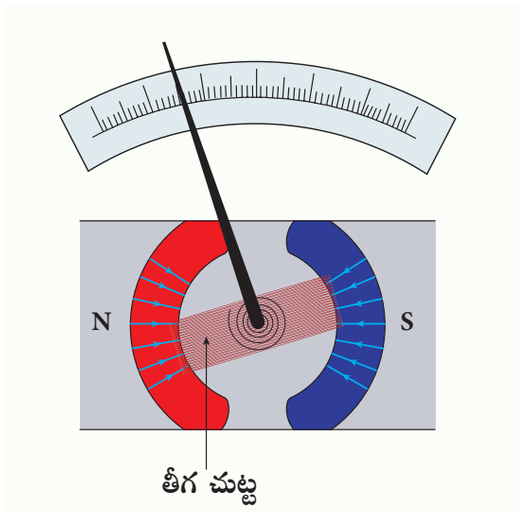
తత్వము

విద్యుత్ ప్రవహించు ఒక లూప్‌ని ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో ఉంచినప్పుడు తీగ చుట్ట మీద భ్రామకము పనిచేయును.

నిర్మాణము

కదిలే తీగచుట్ట గాల్వనా మీటర్‌లో పలుచని విద్యుత్ బంధకము కలిగిన రాగి తీగచే చుట్టబడిన దీర్ఘచతురస్రాకార తీగచుట్ట PQRS ఒకటి ఉన్నది. అధిక చుట్లను కలిగిన ఈ తీగచుట్ట తేలికైన లోహ చట్రము మీద దగ్గరగా చుట్టబడియున్నది. పటము 3.59లో చూపిన విధంగా స్థూపాకార మెత్తటి





పటము 3.59 కదిలే తీగ చుట్ట గాల్వానో మాపకము మరియు దాని భాగములు

ఇనుపకోర్ ఒకటి తీగచుట్ట లోపల సౌష్ఠవముగా అమర్చబడియున్నది.

ఈ దీర్ఘచతురస్రాకార తీగచుట్ట గుర్రపులాడ అయస్కాంతము యొక్క రెండు ధృవములకు మధ్యలో స్వేచ్ఛగా వ్రేలాడదీయబడియున్నది.

దీర్ఘచతురస్రాకార తీగచుట్ట పైకొన ఫాస్ఫర్ కాంస్య (Phosphor bronze) తీగతో కలుపబడియున్నది. ఇదేవిధంగా తీగచుట్ట యొక్క క్రింది కొన ఫాస్ఫర్ కాంస్య స్ప్రింగ్‌తో కలుపబడియున్నది. సన్నని వ్రేలాడు తీగలోచిన్న సమతల దర్పణము ఒకటి అమర్చబడియున్నది. దీపము మరియు కొలబద్ద అమరిక సహాయముతో ఈ సమతల దర్పణమును ఉపయోగించి తీగచుట్టలో ఏర్పడు అపవర్తనమును లెక్కించవచ్చును. సమతల దర్పణము మరొక కొన పురికొనకు కలుపబడియున్నది. గాల్వనా మీటరు ద్వారా విద్యుత్‌ను ప్రవహింపచేయుటకు వ్రేలాడదీయబడిన లోహపు సూచిక మరియు స్ప్రింగ్‌లు కొనలవద్ద అనుసంధానించబడి ఉంటుంది.

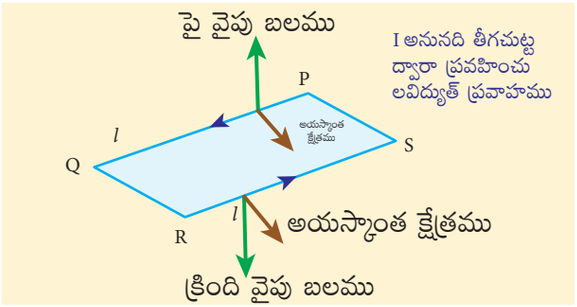
పనిచేయు విధానం

l పొడవు b వెడల్పు కలిగిన PQRS దీర్ఘచతురస్రపు తీగ చుట్ట యొక్క ఒకేఒక చుట్టును మాత్రమే అనుకొనుము. PQ = RS = l మరియు QR = SP = b విద్యుత్ ప్రవాహము I తీగచుట్ట PQRS ద్వారా పటము 3.60లో చూపిన విధంగా ప్రవహించును అని అనుకొనుము. గుర్రపు లాడా ఆకార అయస్కాంతములో అర్ధగోళ అయస్కాంత ధృవములు యున్నవి. ఇది ఒక త్రైజ్యా అయస్కాంత క్షేత్రమును ఏర్పరచును. ఈ త్రైజ్యా అయస్కాంత క్షేత్రము వలన QR మరియు SP భుజములు ఎల్లప్పుడూ అయస్కాంత క్షేత్రము Bకు సమాంతరంగా యుండును. ఇంకనూ ఎటువంటి బలమునకు లోనుకావు. PQ మరియు RS భుజములు ఎల్లప్పుడూ అయస్కాంత క్షేత్రమునకు లంబముగా యుండుట వలన బలమును అనుభవించును. ఈ కారణము వలన భ్రామకము ఏర్పడును.

తీగచుట్ట యొక్క ఒక చుట్టునకు గల అపవర్తన భ్రామకము

$$\tau = bF = bBIl = (lb)\,BI = ABI$$

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 193 23-03-2023 14:05:37



పటము 3.60 విద్యుత్ ప్రవహించు తీగచుట్టపై పనిచేయు బలము

ఇచ్చట తీగచుట్ట యొక్క వైశాల్యము $A = lb$, అందువలన N చుట్లు కలిగిన తీగచుట్టకు మనము పొందునది

$$\tau = NABI \qquad (3.69)$$

ఈ అపవర్తన భ్రామకము వలన తీగచుట్టలో పురి ఏర్పడి తీగలో పునస్థాపన యుగ్మము ఏర్పడును. (restoring torque) పునస్థాపన భ్రామకము పురికోణము పరిమాణము (twist angle) θ కు అనులోమానుపాతంలో యుండును. అందువలన

$$\tau = K\,\theta \qquad (3.70)$$

ఇచ్చట స్థిరాంకము K అనునది ఒక ప్రమాణ పురిని కలుగజేయడానికి పునస్థాపక యుగ్మము.

సమతాస్థితిలో అపవర్తన యుగ్మము, పునస్థాపక యుగ్మమునకు సమానముగా యుండును. అందువలన

$$NABI = K\,\theta$$

$$\Rightarrow I = \frac{K}{NAB}\theta \qquad (3.71)$$

(లేదా) $I = G\,\theta$

ఇచ్చట $G = \dfrac{K}{NAB}$ అనునది గాల్వనామీటరు స్థిరాంకము లేదా గాల్వనా మీటరు యొక్క విద్యుత్ ప్రవాహ సూక్ష్మీకరణ కారకము (ప్రాక్షేపిక స్థిరాంకము) (reduction factor) అనబడును.

వ్రేలాడదీయబడిన కదిలే తీగచుట్ట గాల్వనా మీటర్ చాలా సూక్ష్మగ్రాహ్యతగానుండును. కావున చాలా జాగ్రత్తగా దీనిని ఉపయోగించవలయును. మనము ఎక్కువగా ఉపయోగించు గాల్వనా మీటర్లు సూచికరకపు గాల్వనామీటర్లగును.

గాల్వనా మీటరు యొక్క యోగ్యత సంఖ్య

గాల్వనా మీటరు కొలబద్ద యొక్క ఒక భాగమునకు గల అపవర్తనమును ఏర్పరచు విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క కొలతే గాల్వనా మీటరు యొక్క యోగ్యత సంఖ్య అని నిర్వచింపబడుచున్నది.

గాల్వనా మీటరు యొక్క సూక్ష్మగ్రాహ్యత

ఒక గాల్వనా మీటరు ద్వారా ప్రవహించు అతి తక్కువ విద్యుత్ ప్రవాహమునకు లేదా వాటి కొనల మధ్య ఇవ్వబడు అతి తక్కువ విద్యుత్ శక్మభేదమునకు చాలా అధిక కొలత గల అపవర్తనము ఏర్పరచిన, ఆ గాల్వనా మీటరు సూక్ష్మగ్రాహ్యత కలిగినది అని చెప్పవచ్చును.

ప్రవాహ సున్నితత్వము

గాల్వనా మీటరు ద్వారా ప్రవహించు ఒక ప్రమాణ విద్యుత్ ప్రవాహమునకు ఏర్పడు అపవర్తనమే దాని ప్రవాహ సున్నితత్వము అనబడును.

$$I_S = \frac{\theta}{I} = \frac{NAB}{K} \Rightarrow I_S = \frac{1}{G} \qquad (3.72)$$

గాల్వనామీటరు యొక్క ప్రవాహ సున్నితత్వమును క్రింద వచ్చు విధముగా అధికరించవచ్చును.

(1) చుట్లు యొక్క సంఖ్య (N) ను అధికరించుట వలన

(2) అయస్కాంత క్షేత్రము B ని అధికరించుట వలన

(3) తీగచుట్ట వైశాల్యము A ని అధికరించుట వలన

(4) తీగచుట్టను వ్రేలాడదీయుటకు ఉపయోగించు తీగ యొక్క ఒక ప్రమాణ పురిని కలుగజేయు యుగ్మమును తగ్గించుట ద్వారా విద్యుత్ ప్రవాహ సున్నితత్వమును అధికరించవచ్చును.

ఇచ్చట ఫాస్ఫర్ కాంస్య తీగచుట్టను వ్రేలాడదీయుటకు ఉపయోగించబడుచున్నది. ఎందుకనగా దీని ఒక ప్రమాణ పురికి గల యుగ్మభ్రామక విలువ చాలా తక్కువగా యుండును.

విద్యుత్ శక్మ సున్నితత్వము

గాల్వనా మీటరు యొక్క కొనల మధ్య ఇవ్వబడు ఒక ప్రమాణ విద్యుత్‌శక్మ భేదమునకు గల అపవర్తనమే దాని విద్యుత్ శక్మ సున్నితత్వము అనబడును.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 194 23-03-2023 14:05:38

$$V_S = \frac{\theta}{V}$$

$$V_S = \frac{\theta}{IR_g} = \frac{NAB}{KR_g} \quad \text{(or)}$$

$$V_S = \frac{1}{GR_g} = \frac{I_S}{R_g} \qquad (3.73)$$

ఇచ్చట R_g అనునది గాల్వనా మీటరు యొక్క విద్యుత్ నిరోధమగును.

ఉదాహరణము 3.25

ఒక కదిలే తీగచుట్ట యొక్క గాల్వనా మీటరు తీగచుట్ట యొక్క చుట్ల సంఖ్య 5. ఒక్కొక్క చుట్ట యొక్క మొత్త వైశాల్యము $2 \times 10^{-2}\,m^2$. ఈ తీగచుట్ట $4 \times 10^{-2}\,Wb\,m^{-2}$ బలము కలిగిన ఒక అయస్కాంత క్షేత్రములో $4 \times 10^{-9}\,N\,m\,deg^{-1}$ స్థిరాంకము K కలిగిన సన్నని తీగచే వ్రేలాడదీయబడినది.

(అ) గాల్వనా మీటరు యొక్క ప్రవాహ సున్నితత్వము భాగము మైక్రో –ఆంపియర్‌లలో కనుగొనుము.

(ఆ) 50 భాగములు కలిగిన కొలబద్ద యొక్క పూర్తి అపవర్తనమునకు గల విద్యుత్ శక్మము 25 mV అను నిబంధనలో దాని విద్యుత్ శక్మ సున్నితత్వమును లెక్కించుము.

(ఇ) గాల్వమామీటరు యొక్క విద్యుత్ నిరోధమును లెక్కించుము.

సాధన

తీగ చుట్ట యొక్క చుట్ల సంఖ్య = 5

ఒక్కొక్క చుట్టు $2 \times 10^{-2}\,m^2$ వైశాల్యమును కలిగినది.

అయస్కాంతక్షేత్రము యొక్క బలము = $4 \times 10^{-2}\,Wbm^{-2}$

తీగ చుట్టను వ్రేలాడదీయుటకు ఉపయోగపడు $K = 4 \times 10^{-9}\,N\,m\,deg^{-1}$

(అ) ప్రవాహ సున్నితత్వము

$$I_S = \frac{NAB}{K} = \frac{5 \times 2 \times 10^{-2} \times 4 \times 10^{-2}}{4 \times 10^{-9}}$$

భాగములు/ఆంపియర్ లేదా ఒక ఆంపియర్‌కు 10^6 భాగములు

$1\mu A = 1$ మైక్రో ఆంపియర్ $= 10^{-6}$ ఆంపియర్

అందువలన,

$$I_S = 10^6 \frac{\text{div}}{\text{A}} = 1\frac{\text{div}}{10^{-6}\,\text{A}} = 1\frac{\text{div}}{\mu\text{A}}$$

$I_S = 1$ భాగము $(\mu A)^{-1}$

(ఆ) విద్యుత్ శక్మ సున్నితత్వము

$$V_S = \frac{\theta}{V} = \frac{50\,\text{div}}{25\,\text{mV}} = 2 \times 10^3\,\text{div}\,\text{V}^{-1}$$

(ఇ) గాల్వనా మీటరు యొక్క నిరోధము

$$R_g = \frac{I_S}{V_S} = \frac{10^6 \frac{\text{div}}{\text{A}}}{2 \times 10^3 \frac{\text{div}}{\text{V}}} = 0.5 \times 10^3 \frac{\text{V}}{\text{A}} = 0.5\,\text{k}\Omega$$

ఉదాహరణము 3.26

గాల్వనా మీటరు యొక్క ప్రవాహ సూక్ష్మగ్రాహ్యత 50% అధికరించునపుడు దాని విద్యుత్ నిరోధము ప్రారంభ నిరోధము వలె రెట్టింపగును. ఈ నిబంధనలో గాల్వనామీటరు యొక్క విద్యుత్ శక్మభేద సున్నితత్వము మారునా? ఆ విధంగా మారినచో ఎంత శాతము మార్పుచెందును?

సాధన

అవును. విద్యుత్ శక్మభేద సున్నితత్వము మార్పు చెందును. విద్యుత్ శక్మభేద సున్నితత్వము $V_S = \frac{I_S}{R_g}$ గాల్వనా మీటరు యొక్క విద్యుత్ నిరోధము రెట్టింపు చేసిన, క్రొత్త విద్యుత్ నిరోధము $R_g' = 2R_g$

విద్యుత్ ప్రవాహ సున్నితత్వములో ఏర్పడు అధికవిలువ

$$I_S' = \left(1 + \frac{50}{100}\right) I_S = \frac{3}{2} I_S$$

క్రొత్త విద్యుత్ శక్మభేద సున్నితత్వము

$$V_S' = \frac{\frac{3}{2} I_S}{2R_g} = \frac{3}{4} V_S$$

అందువలన, విద్యుత్ శక్మభేద సున్నితత్వము తగ్గును. విద్యుత్ శక్మభేద సున్నితత్వము యొక్క శాతము తక్కువగును.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 195 23-03-2023 14:05:42

$\frac{V_s - V_s'}{V_s} \times 100\% = 25\%$ అగును.

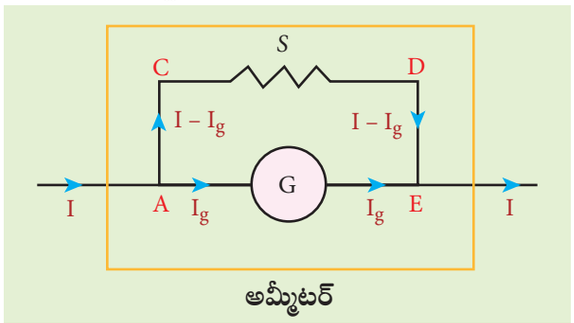
ఒక గాల్వనా మీటర్‌ను అమ్మీటర్ మరియు వోల్ట్‌మీటర్‌గా మార్చుట

విద్యుత్ ప్రవాహమును కనుగొను గాల్వనా మీటర్ ఒక సున్నితత్వము కలిగిన పరికరమగును. దీనిని సులభముగా అమ్మీటర్ మరియు వోల్ట్‌మీటర్‌గా మార్చవచ్చును.

గాల్వనా మీటర్‌ను అమ్మీటరుగా మార్చుట

విద్యుత్ వలయములో ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహమును కొలుచుటకు ఉపయోగపడు పరికరమే అమ్మీటరు అగును. అమ్మీటర్ విద్యుత్ వలయములో ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహములో ఎటువంటి మార్పును కలుగచేయదు. అందువలన విద్యుత్ వలయములో ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహమును కొలుచుటకు అమ్మీటర్‌ను విద్యుత్ వలయములో శ్రేణి సంధానములో సంధానించవలయును.

ఒక గాల్వనామీటరును అమ్మీటరుగా మార్చుటకు ఆ గాల్వనామీటరుతో తక్కువ నిరోధము ఒకటిని సమాంతర సంధానములో సంధానించవలయును. ఈ తక్కువ నిరోధమునకు షంట్ నిరోధము (shunt resistance) S అని పేరు. గాల్వనోమీటరు యొక్క కొలబద్ధ ఇప్పుడు ఆంపియర్‌లో సూచించబడి అమ్మీటరు యొక్క వ్యాప్తి షంట్ నిరోధము యొక్క విలువను బట్టి అమరియుండును.



అమ్మీటర్

పటము 3.61 షంట్ నిరోధము గాల్వనా మీటరుకు సమాంతర సంధానములో సంధానించబడినది

విద్యుత్ వలయములో ప్రవహించు విద్యుత్తును I అనుకొనుము. ఈ విద్యుత్ A సంధిని చేరునపుడు రెండు అంశములుగా విభజింపబడును. ఇది పటము 3.61లో చూపబడియున్నది. AGE అను మార్గము ద్వారా R_g విద్యుత్ నిరోధము కలిగిన గాల్వనా మీటరు ద్వారా ప్రవహించు విద్యుత్‌ను I_g అనుకొనుము. షంట్ నిరోధము (shunt resistance) S ద్వారా ACDE మార్గము ద్వారా ప్రవహించు విద్యుత్ $(I - I_g)$ అనుకొనుము. కొలబద్ధ పూర్తి అపవర్తనమును చూపించు విధంగా గాల్వనామీటరు ద్వారా ప్రవహించు విద్యుత్తు I_g పొందుటకు షంట్ నిరోధమును సరిచేయవలెను. గాల్వనామీటరుకు అడ్డుగా వున్న విద్యుత్‌శక్మ భేదము షంట్ నిరోధమునకు అడ్డుగానున్న విద్యుత్ శక్మభేదము ఒకదానికొకటి సమానమగును.

$$V_{\text{గాల్వనామీటరు}} = V_{\text{షంట్}}$$

$$\Rightarrow I_g R_g = (I - I_g) S$$

$$S = \frac{I_g}{(I - I_g)} R_g \text{ లేదా}$$

$$I_g = \frac{S}{S + R_g} I \Rightarrow I_g \propto I$$

అందువలన, గాల్వనా మీటరులోఏర్పడు అపవర్తనము, దాని ద్వారా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహమునకు అనులోమానుపాతంలో యుండును.

$$\theta = \frac{1}{G} I_g \Rightarrow \theta \propto I_g \Rightarrow \theta \propto I$$

కావున, గాల్వనామీటరులో ఏర్పడు అపవర్తనము, విద్యుత్ వలయము ద్వారా ప్రవహించు విద్యుత్తు ప్రవాహమును కొలుచు (అమ్మీటరు) పరికరముగా పనిచేయును.

షంట్ నిరోధము, గాల్వనామీటరునకు సమాంతర సంధానములో సంధానించబడియున్నది. కావున ఫలిత నిరోధమును లెక్కించుట ద్వారా అమ్మీటర్ యొక్క నిరోధమును లెక్కించవచ్చును.

$$\frac{1}{R_{\text{ఫలిత}}} = \frac{1}{R_g} + \frac{1}{S} \Rightarrow R_{\text{ఫలిత}} = \frac{R_g S}{R_g + S} = R_a$$

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 196 23-03-2023 14:05:43

ఇచ్చట షంట్ నిరోధము యొక్క నిరోధపు విలువ అతి తక్కువ. కావున $\frac{S}{R_g}$ యొక్క నిష్పత్తి తక్కువగానే నుండును. దీని అర్థము R_a విలువ తక్కువ అగును. అనగా అమ్మీటర్ విద్యుత్ వలయములో ప్రవహించు విద్యుత్తునకు తక్కువ నిరోధమును ఇచ్చును. కావున విద్యుత్ వలయములో అమ్మీటరును శ్రేణిలో సంధానించునపుడు వలయములోని విద్యుత్ ప్రవాహములో గుర్తించబడిన మార్పు ఏదియూ ఏర్పరచదు. ఒక ఆదర్శ అమ్మీటర్ యొక్క నిరోధము శూన్యమగును. కావున అమ్మీటర్ సూచించు విద్యుత్ యొక్క కొలత, విద్యుత్ వలయంలో ప్రవహించు విద్యుత్ కొలత కంటే కొంచెం తక్కువగానే యుండును. $I_{\text{ఆదర్శ}}$ అనునది ఆదర్శ అమ్మీటరు కొలుచు విద్యుత్ ప్రవాహము అనియు $I_{\text{నిజమైన}}$ అనునది అమ్మీటరు కొలుచు విద్యుత్ వలయములో ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము అనియు అనుకొనిన

$$\frac{\Delta I}{I}\cdot 100\% = \frac{I_{\text{ఆదర్శ}} - I_{\text{నిజమైన}}}{I_{\text{ఆదర్శ}}}\cdot 100\%$$

ముఖ్యాంశాలు

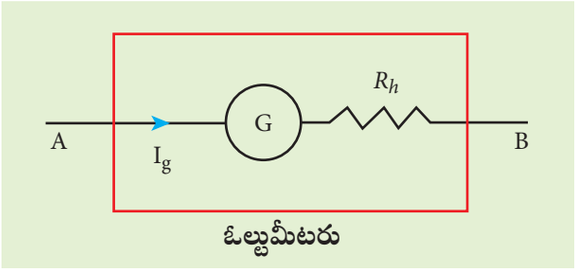
1) అమ్మీటరు తక్కువ నిరోధము కలిగిన ఒక పరికరమగును. దీనిని ఎల్లప్పుడూ విద్యుత్ వలయములో శ్రేణిలోనే సంధానించవలయును.
2) ఒక ఆదర్శ అమ్మీటరు శూన్య నిరోధమును పొందియుండును.
3) అమ్మీటరు యొక్క వ్యాప్తిని n రెట్లు అధికరించుటకు, సమాంతర సంధానములో సంధానించవలసిన షంట్ నిరోధము యొక్క విలువ

$$S = \frac{R_g}{n-1}$$

గాల్వనామీటరును వోల్ట్‌మీటరుగా మార్చుట

విద్యుత్ వలయములో ఏదైనా రెండు బిందువులకు మధ్యయున్న శక్మభేదమును కొలుచుటకు ఉపయోగపడు పరికరమే వోల్టుమీటరు అగును. వోల్టుమీటరు విద్యుత్ వలయము నుండి ఏ విధమైన విద్యుత్తును పొందదు. ఆ విధంగా విద్యుత్తును పొందిన వోల్టుమీటరు కొలుచు విద్యుత్ శక్మములో మార్పును ఏర్పరచును.

ఒక వోల్టుమీటరు అధిక నిరోధమును పొందియుండును. దీనిని విద్యుత్ వలయములో సమాంతర సంధానములో సంధానించినపుడు, నిర్దేశించిన విద్యుత్ దేనినైనా విద్యుత్ వలయము నుండి పొందదు, కావున ఇది నిజమైన శక్మభేదమును సూచించును.



ఓల్టుమీటరు

పటము 3.62 శ్రేణిలో సంధానించబడిన అధిక నిరోధము

ఒక గాల్వనా మీటరును వోల్టుమీటరుగా మార్చుటకు, గాల్వనా మీటరుతో శ్రేణి సంధానములో అధిక నిరోధము ఒకటిని సంధానించవలయును. ఇది పటము 3.62లో చూపబడియున్నది. గాల్వనా మీటరు యొక్క కొలతలు ఇప్పుడు వోల్టులో గుర్తించబడి, మరియు వోల్టుమీటరు యొక్క వ్యాప్తి శ్రేణి సంధానములోని అధిక నిరోధకముపై R_h ఆధారపడియుండును. అందువలన విద్యుత్ ప్రవాహ I_g గాల్వనా మీటరు యొక్క కొలబద్దలో పూర్తి అపవర్తనము చూపించు విధంగా అధిక నిరోధము యొక్క విలువ సరిచేయవలెను.

గాల్వనామీటరు యొక్క నిరోధము R_g అనియు, గాల్వనా మీటరులో పూర్తి అపవర్తనమునకు కావలసిన విద్యుత్తును I_g అనుకొనుము. ఇక్కడ అధిక నిరోధముతో గాల్వనో మీటరు శ్రేణిలో సంధానించబడియున్నది, కావున విద్యుత్ వలయములో ప్రవహించు విద్యుత్తు, గాల్వనామీటరు ద్వారా ప్రవహించు విద్యుత్తు ఒకదానితోనొకటి సమానమగును. కాబట్టి

$$I = I_g$$

$$I = I_g \Rightarrow I_g = \frac{\text{విద్యుత్ శక్మభేదము}}{\text{మొత్తం విద్యుత్ నిరోధము}}$$

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 197 23-03-2023 14:05:44

గాల్వనా మీటరు అధిక నిరోధమును శ్రేణిలో సంధానించియుండుట వలన మొత్తం నిరోధం లేదా ఫలిత నిరోధం వోల్టుమీటరు యొక్క నిరోధమును ఇచ్చును. వోల్టుమీటరు యొక్క నిరోధము

$$R_v = R_g + R_h$$

కాబట్టి,

$$I_g = \frac{V}{R_g + R_h}$$

$$\Rightarrow R_h = \frac{V}{I_g} - R_g$$

ఇక్కడ, $I_g \propto V$ అనుదానిని గమనించుము.

గాల్వనామీటరులో ఏర్పడు అపవర్తనము విద్యుత్ ప్రవాహము I_g కు అనులోమానుపాతములో ఉండును. అయిన విద్యుత్ ప్రవాహము I_g శక్మ భేధమునకు అనులోమానుపాతములో ఉండుట వలన గాల్వనామీటరులో ఏర్పడు అపవర్తనము శక్మభేదమునకు అనులోమానుపాతములో వుండును.

ఓల్ట్‌మీటరు యొక్క నిరోధము చాలా అధికము. కావున సమాంతర సంధానములో కలుపబడిన వోల్ట్‌మీటర్ చాలా తక్కువ పరిమాణము గల విద్యుత్ ప్రవాహమును విద్యుత్ వలయము నుండి పొందును. ఒక ఆదర్శ వోల్టుమీటరు అపరిమిత నిరోధమును కలిగియుండును.

ముఖ్యాంశములు:

1) వోల్టుమీటరు యొక్క నిరోధము చాలా అధికంగా నుండుట వలన విద్యుత్తు వలయములో ఏ ఒక్క భాగము యొక్క శక్మభేదమును కనుగొనవలయునో దానికి సమాంతర సంధానములో వోల్టుమీటరును సంధానించవలయును.
2) ఒక ఆదర్శ వోల్టుమీటరు అపరిమిత నిరోధమును కలిగియుండును.
3) వోల్టుమీటరు యొక్క వ్యాప్తిని n రెట్లు అధికరించుటకు, గాల్వనా మీటరుతో శ్రేణి సంధానములో సంధానించవలసిన నిరోధము యొక్క విలువ $R_h = (n-1)\, R_g$ అగును.

సారాంశము

- భూఅక్షము యొక్క మార్గములో పోవు లంబ (నిలువు) తలమును భౌగోళిక ధృవరేఖ అంటారు.
- అయస్కాంత అక్షము ద్వారా పోవు లంబ తలమును అయస్కాంత ధృవరేఖ అంటారు.
- ఒక బిందువులో అయస్కాంత ధృవరేఖకు, భౌగోళిక ధృవరేఖకు మధ్యయున్న కోణమునకు అయస్కాంత దిక్పాతము అని పేరు.
- ఒక బిందువు వద్ద భూమి యొక్క నికర అయస్కాంత క్షేత్రము $\vec{B}$ అయస్కాంత ధృవరేఖ యొక్క క్షితిజ సమాంతర దిశలో ఏర్పడు కోణమునకు అవపాతము లేదా అయస్కాంత అవపాతము అని పేరు.
- ఒక అయస్కాంతము యొక్క ధృవ సత్వము మరియు అయస్కాంత పొడవు యొక్క లబ్ధ ఫలితమునకు అయస్కాంత భ్రామకము అని పేరు. ఇది ఒక సదిశరాశి. దీనిని $\vec{P}_m$ అని సూచించవచ్చును.
- ఒక అయస్కాంతము చుట్టు ఒక ప్రమాణ బలము కలిగిన అయస్కాంత ధృవము అనుభవించు బలము అయస్కాంత క్షేత్రము అని పేరు. ఇది ఒక సదిశ కొలత అగును. దీనిని $\vec{B}$ అని సూచించవచ్చును. దీని ప్రమాణము $\mathrm{N\,A^{-1}\,m^{-1}}$ అగును.
- ఒక ప్రమాణ వైశాల్యమునకు లంబముగా పోవు అయస్కాంత క్షేత్ర రేఖల సంఖ్యకు అయస్కాంత అభివాహము Φ_B అని పేరు. ఇది ఒక అదిశ రాశి. అయస్కాంత అభివాహము యొక్క Φ_B ప్రమాణము వెబర్ . సంకేతము Wb
- అయస్కాంతత్వము యొక్క కూలూంబ్ నియమముప్రకారము రెండు అయస్కాంత ధృవములకు మధ్య యున్న ఆకర్షణబలము లేదావికర్షణ బలము అనునది వాటి ధృవ బలముల యొక్క లబ్ధ ఫలితమునకు అనులోమానుపాతములోనూ, మధ్యలో యున్న దూర వర్గమునకు విలోమానుపాతంలో ఉండును.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 198 23-03-2023 14:05:45

- ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో యున్న అయస్కాంత ద్విధ్రువము బలయుగ్మమును అనుభవించును.
- అతి తక్కువ విద్యుత్ ప్రవాహమును కొలుచుటకు ఉపయోగపడు ఒక పరికరము టాంజెంట్ గాల్వనా మీటరు అగును. ఇది ఒక కదిలే అయస్కాంత రకపు గాల్వనా మీటరు అగును.
- ఇది టాంజెంట్ నియమముపై ఆధారపడి పనిచేయును. $B = B_H \tan\theta$.
- వస్తువు లేదా నమూనా ఒకటిని అయస్కాంతీ కృతమునకు ఉపయోగపడు క్షేత్రము అయస్కాంతీకరణ క్షేత్రము అని పేరు. ఇది ఒక సదిశ రాశి. దీనిని. $\vec{H}$ అని సూచించవచ్చును. దీని ప్రమాణము A m^{-1} అగును.
- అయస్కాంత క్షేత్ర రేఖలు లేదా అయస్కాంత బలరేఖలు తన గుండా ప్రవహించుటకు అనుమతించు వస్తువు యొక్క సామర్థ్యమును కొలుచుటకు అయస్కాంత ప్రవేశ శీలత అని పేరు.
- వస్తువు యొక్క ఒక ప్రమాణ ఘనపరిమాణమునకు గల మొత్త అయస్కాంత భ్రామకమే అయస్కాంతీకరణము యొక్క తీవ్రత లేదా అయస్కాంతీకరణ సదిశ లేదా అయస్కాంతీకరణము అగును.
- వస్తువు యొక్క అయస్కాంతీకరణ క్షేత్రమునకు $(\vec{I})$, ఆ అయస్కాంతీకరణం చెందు క్షేత్రము వలన వస్తువులో ప్రేరేపించబడిన అయస్కాంతీకరణ తీవ్రతకు $(\vec{H})$ ఉన్న నిష్పత్తినే వస్తువు యొక్క అయస్కాంత వశ్యత అంటారు.
- అయస్కాంత వస్తువులు (పదార్థములు) మూడు రకములుగా వర్గీకరించబడినవి. అవి: డయా అయస్కాంత పదార్థములు, పారా అయస్కాంత పదార్థములు, ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థములు అగును.
- ఒక వస్తువును అయస్కాంతీకరించు చక్రములో అయస్కాంతీకరణ తీవ్రత $\vec{H}$ లో ఏర్పడు మార్పునకు అయస్కాంత క్షేత్రము $\vec{B}$ వెనుకబడియున్న సంఘటనకు శైథిల్యం అని పేరు. అనగా వెనుకంజ అని అర్థము.
- కుడిచేతి బొటనవ్రేలు నియమము: కుడిచేతి యొక్క బొటనవ్రేలు వాహకము గుండా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను చూపు విధముగా పట్టుకొనునపుడు, వాహకమును చుట్టి పట్టుకొను మిగిలిన వ్రేళ్ళు వాహకము చుట్టూ ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్ర రేఖల యొక్క దిశను చూపును.
- మేక్స్‌వెల్ యొక్క కుడిచేతి మర నియమము: కుడిచేతి మర ఒకదానిని స్క్రూడ్రైవర్‌తో త్రిప్పినట్లయితే మర ముందుకు పోవు దిశ విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను, మర భ్రమణ దిశ వాహకము చుట్టూ ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క దిశను చూపును.
- ఆంపియర్ యొక్క వలయ నియమము $\oint_C \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{మూయబడిన}}$
- ఒక సోలినాయిడ్ (solenoid) అంతర్భాగములో ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము $B = \mu_0 nI$, , ఇక్కడ n అనునది సోలినాయిడ్ యొక్క ప్రమాణ పొడవుగల చుట్ల యొక్క సంఖ్యయగును.
- ఒక వృత్తాకార (toroid) సోలినాయిడ్‌లోని అంతర భాగములో ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము $B = \mu_0 nI$,. ఇచ్చట, n అనునది వృత్తాకార సోలినాయిడ్ యొక్క ఒక ప్రమాణ పొడవులో యున్న చుట్ల సంఖ్య అగును.
- లారెంట్జ్ బలము $\vec{F} = q\left(\vec{E} + \vec{v}\times\vec{B}\right)$.
- ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో చలించు ఆవేశ కణము వృత్తాకార చలనము పొందును.
- ఫ్లెమింగ్ యొక్క ఎడమచేతి నియమము: ఎడమ చేతి చూపుడు వ్రేలు, మధ్య వ్రేలు మరియు బొటనవ్రేలు మూడింటిని ఒకదానికొకటి లంబముగా చూచినపుడు, చూపుడు వ్రేలు అయస్కాంత క్షేత్ర దిశను, మధ్యవ్రేలు విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను చూపించిగా బొటనవ్రేలు వాహకము మీద పనిచేయు బలము యొక్క దిశను చూపును.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 199 23-03-2023 14:05:47

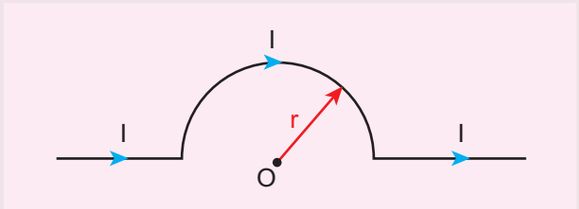
- శూన్య ప్రదేశములో ఒక మీటర్ దూరములో వేరుచేసి ఉంచబడిన అనంత పొడవు కలిగిన రెండు సమాంతర వాహకములు ఒక్కొక్కదాని గుండా ప్రవహించు విద్యుత్ వాహకము వలన ఒక్కొక్క వాహకము ఒక ప్రమాణ పొడవునకు 2×10^{-7} N బలమును అనుభవించినచో, ఒక్కొక్క వాహకము యొక్క విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క కొలత ఒక ఆంపియర్ అగును.
- విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రవహించు ఒక తీగచుట్టను ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో ఉంచినపుడు ఆ తీగచుట్ట మీద పనిచేయు మొత్తము బలము శూన్యము, కానీ మొత్త బలయుగ్మము శూన్యముకాదు. మొత్త బలయుగ్మము యొక్క పరిమాణము $\tau = NABI \sin\theta$ అగును.
- కదిలే తీగచుట్ట గాల్వనామీటరును ఉపయోగించి తక్కువ కొలత గల విద్యుత్ ప్రవాహమును గుర్తించుటకు, కొలుచుటకు వీలగును.
- కదిలే తీగచుట్ట గాల్వనామీటరులో తీగచుట్ట ద్వారా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము, అపవర్తనమునకు అనులోమానుపాతంలో ఉండును. గణితశాస్త్రపరంగా $I = G\theta$. ఇచ్చట $G = \frac{K}{NAB}$ అగును. దీనిని గాల్వనామీటరు స్థిరాంకము లేదా విద్యుత్ ప్రవాహ ప్రాక్షేపిక స్థిరాంకము అంటారు.
- ఒక ప్రమాణ విద్యుత్ ప్రవాహమునకు ఏర్పడు అపవర్తనమునే ప్రవాహ సున్నితత్వము అనబడును. $I_s = \frac{\theta}{I} = \frac{NAB}{K} \Rightarrow I_s = \frac{1}{G}$.
- గాల్వనామీటరు కొనలకు ఇవ్వబడు ఒక ప్రమాణ విద్యుత్ శక్మభేదమునకు గల అపవర్తనమే, విద్యుత్ శక్మభేద సున్నితత్వము అనబడును. $V_s = \frac{\theta}{V} = \frac{1}{GR_g} = \frac{I_s}{R_g}$, ఇచ్చట R_g అనునది గాల్వనామీటరు యొక్క నిరోధకము అగును.
- విద్యుత్ వలయములో ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహమును కొలుచుటకు ఉపయోగపడు పరికరమునకు అమ్మీటర్ అని పేరు.
- ఒక గాల్వనా మీటరును తగిన వ్యాప్తి కలిగిన అమ్మీటరుగా మార్చుటకు, గాల్వనామీటరుతో తక్కువ నిరోధము S సమాంతర సంధానములో సంధానించవలయును. ఈ తక్కువ నిరోధమును షంట్ అంటారు.
- ఒక ఆదర్శ అమ్మీటరు శూన్య విద్యుత్ నిరోధమును పొందియుండును.
- ఒక విద్యుత్ వలయములో ఉన్న ఏ ఒక్క భాగము యొక్క విద్యుత్ శక్మమును కొలుచుటకు ఉపయోగపడు పరికరమే ఓల్ట్‌మీటరు అగును.
- గాల్వనా మీటరును ఓల్ట్‌మీటరుగా మార్చుటకు దానితో అధిక నిరోధము R_h వ్యాప్తికి తగినట్లుగా శ్రేణిలో సంధానించవలయును.
- ఒక ఆదర్శ ఓల్ట్‌మీటరు అపరిమిత విద్యుత్ నిరోధమును పొందియుండును.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 200 23-03-2023 14:05:48

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 201 23-03-2023 14:05:48

I సరియైన సమాధానమును ఎన్నుకొనుము.

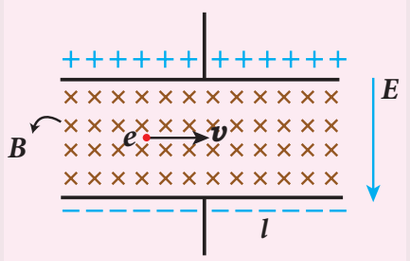
1. క్రింద వచ్చు విద్యుత్ ప్రవాహ లూప్ యొక్క కేంద్రములోనున్న అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క విలువ



(అ) $\frac{\mu_0 I}{4r}\otimes$ (ఆ) $\frac{\mu_0 I}{4r}\odot$

(ఇ) $\frac{\mu_0 I}{2r}\otimes$ (ఈ) $\frac{\mu_0 I}{2r}\odot$

2. ఏకరీతి ఆవేశ సాంద్రత σ కలిగిన ఆవేశపరచిన సమాంతర పలక సంక్షేపి యొక్క రెండు పలకలకు మధ్యలో ఎలక్ట్రాను ఒకటి సరళరేఖ మార్గములో చలించును. స్థిర ఏకరీతి ప్రేరిత అయస్కాంత క్షేత్రమునకు $(\vec{B})$ లో ఈ అమరిక ఉన్నప్పుడు, ఎలక్ట్రాను అపవర్తనం చెందకుండా పలకలను దాటుటకు తీసుకొను కాలము



(అ) $\varepsilon_0\frac{elB}{\sigma}$ (ఆ) $\varepsilon_0\frac{lB}{\sigma l}$

(ఇ) $\varepsilon_0\frac{lB}{e\sigma}$ (ఈ) $\varepsilon_0\frac{lB}{\sigma}$

3. m ద్రవ్యరాశి, q విద్యుదావేశమును, కలిగిన కణము ఒకటి లంబముగా పనిచేయు అయస్కాంత క్షేత్రము $\vec{B}$ లో నున్న V విద్యుత్‌శక్మభేదములో త్వరణము చెందును. ఆ కణము మీద పనిచేయు బలము యొక్క విలువ ఎంత?

(అ) $\sqrt{\frac{2q^3BV}{m}}$ (ఆ) $\sqrt{\frac{q^3B^2V}{2m}}$

(ఇ) $\sqrt{\frac{2q^3B^2V}{m}}$ (ఈ) $\sqrt{\frac{2q^3BV}{m^3}}$

4. 5సెం.మీ వ్యాసార్ధము, 50 చుట్లు కలిగిన వృత్తాకార తీగచుట్ట మార్గములో 3 ఆంపియర్ విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రవహించును. ఆ తీగచుట్ట యొక్క అయస్కాంత ద్విధ్రువ భ్రామకము యొక్క విలువ ఎంత?

(అ) 1.0 A m^2 (ఆ) 1.2 A m^2

(ఇ) 0.5 A m^2 (ఈ) 0.8 A m^2

5. ఒక పలుచని విద్యుత్ బంధన తీగతో చేయబడిన సమతల తీగ చుట్ట చుట్ల సంఖ్య (plane spiral) $N = 100$. దగ్గరగా చుట్టబడిన చుట్ల మార్గము గుండా $I = 8$ m A ప్రమాణ విద్యుత్ ప్రవాహం ప్రవహించును. తీగచుట్ట లోపలి మరియు వెలుపలి వ్యాసార్ధములు క్రమముగా $a = 50$ mm మరియు $b = 100$ mm అనిన, చుట్ట యొక్క కేంద్రంలో ఏర్పడు అయస్కాంత ప్రేరణ యొక్క విలువ

(అ) 5 μT (ఆ) 7 μT

(ఇ) 8 μT (ఈ) 10 μT

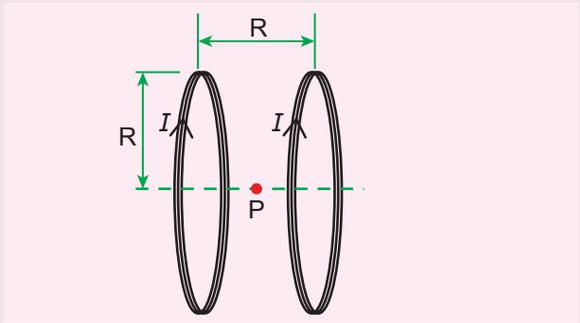
6. సమాన పొడవు గల మూడు తీగలు వంచబడి లూపులుగా మార్చబడినది. ఒకటి వృత్తాకారములోను, మరొకటి అర్ధవృత్తాకారములోను, మూడవది చతురస్రాకారములో నున్నవి. మూడు లూపుల ద్వారా ఒకే కొలత విద్యుత్ ప్రవాహమును ప్రవహింపజేసి ఒక ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో వుంచబడియున్నది. మూడు లూప్‌లలో ఏఆకారములోనున్న లూపు గరిష్ఠ బలయుగ్మమును అనుభవించును?

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 202 23-03-2023 14:05:54

(అ) వృత్తాకార (ఆ) అర్ధవృత్తాకార

(ఇ) చతురస్రాకార (ఈ) పైవన్నియూ

7. N చుట్లు R వ్యాసార్ధము కలిగినరెండు తీగచుట్టలు పటములో చూపిన విధంగా R దూరములో సహ అక్షములలో అమరినట్లు వుంచబడినవి. లూపుల యొక్క మార్గములో ఒకే దిశలో I విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రవహించునపుడు లూపు యొక్క మధ్యలో అతి తక్కువగా $R/2$ దూరములోయున్న P బిందువులో ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రము



(అ) $\frac{8N\mu_{\circ}I}{\sqrt{5}R}$ (ఆ) $\frac{8N\mu_{\circ}I}{5^{3/2}R}$

(ఇ) $\frac{8N\mu_{\circ}I}{5R}$ (ఈ) $\frac{4N\mu_{\circ}I}{\sqrt{5}R}$

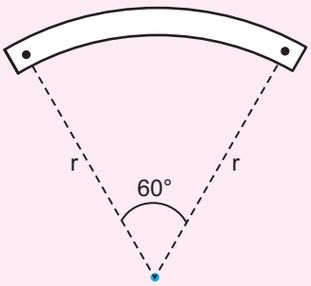
8. l పొడవు గల ఒక తీగ ద్వారా Y దిశలో I విద్యుత్ ప్రవాహం ప్రవహించును. ఈ తీగను $\vec{B}=\frac{\beta}{\sqrt{3}}(\hat{i}+\hat{j}+\hat{k})T.$ అను అయస్కాంత క్షేత్రములో ఉంచినప్పుడు, ఆ తీగ మీద పనిచేయబడు లారెంట్జ్ బలము యొక్క పరిమాణము

(అ) $\sqrt{\frac{2}{3}}\beta Il$ (ఆ) $\sqrt{\frac{1}{3}}\beta Il$

(ఇ) $\sqrt{2}\beta Il$ (ఈ) $\sqrt{\frac{1}{2}}\beta Il$

9. l పొడవు, p_m అయస్కాంత భ్రామకముకలిగిన ఒక దండాయస్కాంతమును పటములో చూపినట్లు ధనుస్సు వలె ఉంచబడియున్నది. దండాయస్కాంతము యొక్క క్రొత్త అయస్కాంత ద్విధ్రువ భ్రామకము యొక్క విలువ

(NEET 2013)



(అ) p_m (ఆ) $\frac{3}{\pi}p_m$

(ఇ) $\frac{2}{\pi}p_m$ (ఈ) $\frac{1}{2}p_m$

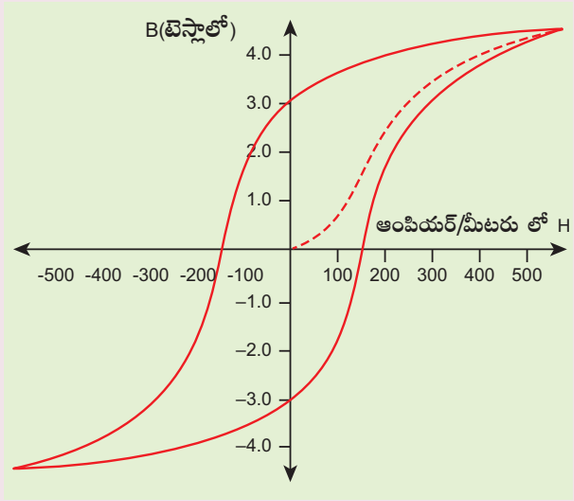
10. q ఆవేశము, m ద్రవ్యరాశి మరియు r వ్యాసార్ధము కలిగినఒక విద్యుత్ బంధక వలయము ω అను ఏకరీతి కోణము వేగముతో భ్రమణము చెందుచున్నది అనుకొనిన, అయస్కాంత భ్రామమకమునకును, కోణీయ ద్రవ్యవేగమునకు మధ్య గల నిష్పత్తి ఎంత?

(అ) $\frac{q}{m}$ (ఆ) $\frac{2q}{m}$

(ఇ) $\frac{q}{2m}$ (ఈ) $\frac{q}{4m}$

11. ఒక ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థము BH వక్రరేఖ క్రింద వచ్చు పటములో చూపబడియున్నది. ఈ ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థము 1సెం.మీకు 1000 చుట్లు కలిగిన పొడవైన సోలినాయిడ్ లోపల వుంచబడియున్నది. ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థము యొక్క అయస్కాంత గుణమును పూర్తిగా తొలగించాలంటే సోలినాయిడ్ ద్వారా ఎంత విద్యుత్ ప్రవాహమును ప్రవహింపజేయవలెను?

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 203 23-03-2023 14:06:00



(అ) 1.00 m A (ఆ) 1.25 mA

(ఇ) 1.50 mA (ఈ) 1.75 mA

12. రెండు పొట్టిగాయున్న దండాయస్కాంతముల యొక్క అయస్కాంత భ్రామకము క్రమముగా 1.20 Am^2 మరియు 1.00 Am^2 అగును. ఇవి ఒకదానికొకటి సమాంతరంగా ఉన్నట్లు వాటిని ఉత్తర ధృవము, దక్షిణ దిశవైపు ఉండునట్లు క్షితిజ సమాంతర టేబుల్ మీద వుంచబడియున్నది. ఈ రెండు పొట్టి అయస్కాంతములు ఒకే అయస్కాంత భూమధ్యరేఖగా నుండును. ఇంకనూ అవి 20.0 cm సెం.మీ దూరములో వేరుచేసి వుంచబడియున్నది. ఈ రెండు అయస్కాంత కేంద్రములను కలుపు రేఖ మధ్యలో 0 బిందువులో ఏర్పడు మొత్త అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క క్షితిజ విలువ ఎంత? (భూమి అయస్కాంత క్షేత్ర క్షితిజ విలువ 3.6×10^{-5} Wb m^{-2})

(NSEP 2000-2001)

(అ) 3.60×10^{-5} Wb m^{-2}

(ఆ) 3.5×10^{-5} Wb m^{-2}

(ఇ) 2.56×10^{-4} Wb m^{-2}

(ఈ) 2.2×10^{-4} Wb m^{-2}

13. భూమి అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క లంబ అంశములు మరియు క్షితిజ అంశము సమాన విలువను పొందియున్న ప్రాంతము యొక్క అవపాత కోణము విలువ

(అ) 30° (ఆ) 45°

(ఇ) 60° (ఈ) 90°

14. R వ్యాసార్ధము, σ తలము యొక్క ఆవేశ సాంద్రత కలిగిన విద్యుత్ రోధక పదార్థము కలిగిన పలక దాని తలముపై ఎక్కువ ఆవేశములు కలిగినది. పలక తలమునకు లంబముగా నున్న అక్షమును బట్టి ω అను కోణీయ దిశా వేగముతో ఇది భ్రమించును. భ్రమణ అక్షమునకు లంబ దిశలో పనిచేయు B బలము కలిగిన అయస్కాంత క్షేత్రమునకు మధ్య ఈ పలక భ్రమించిన, దానిపై పనిచేయు బల భ్రామక పరిమాణము ఎంత?

(అ) $\frac{1}{4}\sigma\omega\pi BR$ (ఆ) $\frac{1}{2}\sigma\omega\pi BR^2$

(ఇ) $\frac{1}{4}\sigma\omega\pi BR^3$ (ఈ) $\frac{1}{4}\sigma\omega\pi BR^4$

15. $\vec{p}_m = (-0.5\hat{i} + 0.4\hat{j})$ Am^2 అను సదిశ విలువ గల అయస్కాంత ద్విధ్రువము అనునది $\vec{B} = 0.2\,\hat{i}$ T అను ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో వుంచబడినచో దాని స్థితిజ శక్తి విలువ

(అ) –0.1 J (ఆ) –0.8 J

(ఇ) 0.1 J (ఈ) 0.8 J

సమాధానములు

1) అ 2) ఈ 3) ఇ 4) ఆ 5) ఆ
6) అ 7) ఆ 8) అ 9) ఆ 10) ఇ
11) ఇ 12) ఇ 13) ఆ 14) ఈ 15) ఇ

II లఘు సమాధాన ప్రశ్నలు

1. అయస్కాంత క్షేత్రము అనగా ఏమి?
2. అయస్కాంత అభివాహమును నిర్వచింపుము.
3. అయస్కాంత ద్విధ్రువ భ్రామకమును తెలుపుము.
4. కూలూంబ్ విలోమ వర్గ నియమమును తెలుపుము.
5. అయస్కాంత వశ్యత అనగానేమి?

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 204 23-03-2023 14:06:02

6. బయట్–సావర్ట్ నియమమును తెలుపుము.
7. అయస్కాంత ప్రవేశ శీలత అనగానేమి?
8. ఆంపియర్ వలయ నియమమును తెలుపుము,
9. డయా, పారా మరియు ఫెర్రో అయస్కాంతత్వమును పోల్చుము.
10. శైథిల్యము అనగానేమి?
11. అయస్కాంత దిక్పాతము మరియు అయస్కాంత అవపాతము అనగానేమి?
12. సైక్లోట్రాన్‌లో అనువాద నిబంధన అనగానేమి?
13. ఆంపియర్ నిర్వచింపుము.
14. ఫ్లెమింగ్ ఎడమచేతి నియమమును తెలుపుము.
15. ఒక విద్యుత్ వలయంలో అమ్మీటర్‌ను శ్రేణి సంధానము చేయవలెనా? లేదా సమాంతర సంధానము చేయవలెనా? ఎందుకు?
16. వెలాసిటి సెలెక్టర్ యొక్క భావనను వివరించుము.
17. అయస్కాంత క్షేత్రము దిశకు లంబముగా వేగము యొక్క దిశ లేకున్నప్పుడు ఆవేశపూరిత కణము చలించు మార్గము ఎందుకు వృత్తాకారముగా ఉండుటలేదు.
18. డయా/పారా/ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థముల యొక్క ధర్మములను తెలుపుము.
19. బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రములో ఉంచునపుడు ఒక ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థములలో కనబడు ప్రభావ క్షేత్రములు ఏమనుగు?
20. ఒక గాల్వనామీటరును (i) ఒక అమ్మీటరు (ii) ఒక ఓల్టు మీటరుగా ఎలా మార్చవచ్చును?

III దీర్ఘ సమాధాన ప్రశ్నలు

1. భూ అయస్కాంత క్షేత్రము గురించి వివరంగా చర్చించుము.
2. విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రవహించు అనంత పొడవు కలిగిన తిన్నని వాహకము వలన ఒక బిందువులో ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రమునకు గల సమీకరణము ఉత్పాదించుము.
3. విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రవహించు వృత్తాకార తీగచుట్ట యొక్క అక్షములో ఒక బిందువు వద్ద ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రమునకు గల సమీకరణము ఉత్పాదించుము.
4. ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో ఉన్న ఒక అయస్కాంత సూది మీద పనిచేయబడు భ్రామక బలమునకు గల సమీకరణము ఉత్పాదించుము.
5. ఒక దండాయస్కాంతము యొక్క అక్షీయ రేఖ మీద ఏదేని ఒక బిందువు వద్ద ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రమునకు గల సమీకరణము ఉత్పాదించుము.
6. ఒక దండాయస్కాంతము యొక్క మధ్య లంబరేఖ మీద ఏదేని ఒక బిందువులో ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రమునకు గల సమీకరణము ఉత్పాదించుము.
7. ఆంపియర్ యొక్క వలయ నియమమును ఉపయోగించి విద్యుత్ ప్రవహించు అపరిమిత పొడవైన తిన్నని వాహకము వలన ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రమును కనుగొనుము.
8. సైక్లోట్రాన్ పనిచేయు విధమును వివరముగా వివరించుము.
9. టాంజెంట్ నియమమును తెలిపి, దానిని విపులముగా వివరించుము.
10. ఒక కదిలే తీగచుట్ట గాల్వనామీటరు యొక్క తత్వము మరియు పనిచేయు విధానమును వివరించుము.
11. ఒక గాల్వనామీటరును అమ్మీటరుగా మరియు ఓల్ట్‌మీటరుగా ఏవిధమగా మార్చగలమో వివరించుము.
12. ఆంపియర్ యొక్క వలయ నియమము సహాయముతో ఒక పొడవైన సోలినాయిడ్ లోపల మరియు వెలుపలలో ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రమును లెక్కించుము.
13. విద్యుత్ ప్రవహించు రెండు సమాంతర వాహకములకు మధ్యలో ఏర్పడు బలమునకు గల సంబంధమును ఉత్పాదించుము.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 205 23-03-2023 14:06:02

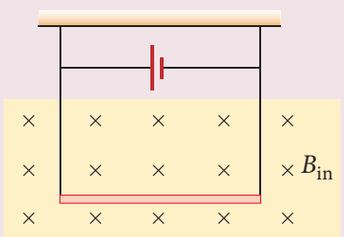
14. అయస్కాంత తత్త్వ లారెంట్జ్ బలము గురించి క్లుప్తముగా వ్రాయుము.
15. మృదువు మరియు కఠిన ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థముల యొక్క ధర్మములను పోల్చుము.
16. అయస్కాంత క్షేత్రములో ఉంచబడిన విద్యుత్ ప్రవహించు వాహకము మీద పనిచేయబడు బలమునకు గల సమీకరణము ఉత్పాదించుము.
17. కదిలే తీగచుట్ట గాల్వనా మీటరు పనిచేయు నియమము మరియు విధానమును వివరించుము.

IV. సమస్యలు

1. అయస్కాంత భ్రామకము $\vec{p}_m$ కలిగియున్న ఒక దండాయస్కాంతము నాలుగు ముక్కలుగా చేయబడినది. మొదట్లో అయస్కాంతము యొక్క అక్షమును బట్టి రెండు ముక్కలుగా తర్వాత ఒక్కొక్క ముక్కనూ, ఇంకనూ రెండు ముక్కలుగాను కత్తిరించబడినది. ఒక్కొక్కముక్క యొక్క అయస్కాంత భ్రామకమును కనుగొనుము.

జవాబు: $\vec{p}_{m_{\text{క్రొత్త}}} = \frac{1}{4}\vec{p}_m$

2. రేఖీయ ద్రవ్యరాశి సాంద్రత 0.2 g m^{-1} కలిగియున్న ఒక వాహకమును పటములో చూపబడిన విధంగా రెండు సాగదీయు గుణము కలిగియున్న తీగలచే వ్రేలాడదీయబడి ఉన్నది. కాగితమునకు లోపల పోవు దిశలో 1 T బలము కలిగియున్న అయస్కాంత క్షేత్రము లోపల ఈ అమరిక వుంచినపుడు, వాహకమును వ్రేలాడదీయబడిన తీగల యొక్క లాగెడు బలము శూన్యమైనట్లయితే, వాహకము గుండా ప్రవహించు విద్యుత్ మరియు విద్యుత్ ప్రవాహ దిశ మొదలగువాటిని కనుగొనుము. ($g = 10\ m\ s^{-2}$ అని అనుకొనుము)



జవాబు: 2 mA

3. మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యము 0.1 cm^2 కలిగిన ఒక వృత్తాకారపు తీగచుట్ట 0.2 T బలమును కలిగిన ఒక ఏకరీతిఅయస్కాంత క్షేత్రములో వుంచబడియున్నది. తీగ చుట్ట గుండా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము 3 A ఇంకనూ లూప్ యొక్క సమతలము అయస్కాంత క్షేత్రమునకు లంబముగా వున్నప్పుడు క్రింద ఇవ్వబడిన వాటిని కనుగొనుము.

అ) తీగచుట్ట మీద పనిచేయు మొత్త బలయుగ్మము

ఆ) అయస్కాంత క్షేత్రము వలన తీగచుట్టలో యున్న ఒక్కొక్క ఎలక్ట్రాను మీదను పనిచేయు సరాసరి బలము (తీగచుట్ట చేయబడిన పదార్థపు స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానుల సాంద్రత $10^{28}\ m^{-3}$ అని అనుకొనుము)

జవాబు: అ)శూన్యము ఆ) శూన్యము

ఇ) 0.6×10^{-23} N

4. 0.8Tబలమునుకలిగినఒకఏకరీతిఅయస్కాంత క్షేత్రములో దండాయస్కాంతమును వుంచబడియున్నది. దండాయస్కాంతము అయస్కాంత క్షేత్రములో 30° కోణమును ఏర్పరచినట్లుగా యున్నది. 0.2 Nm బల భ్రామకమును అనుభవించినట్లయితే క్రింద ఇవ్వబడిన వాటిని కనుగొనుము.

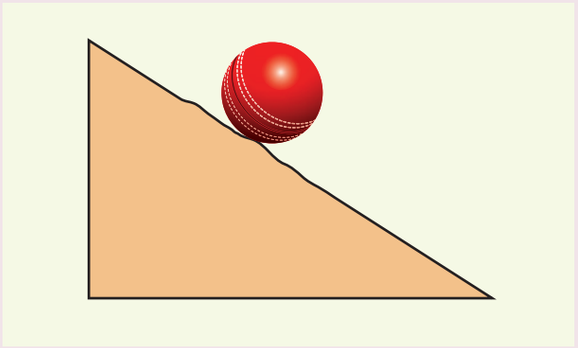
(i) దండాయాస్కాంతము యొక్క అయస్కాంత భ్రామకము

(ii) చాలాస్థిరమైన విన్యాసములో నుండి చాలా అస్థిరమైన విన్యాసమునకు దండాయస్కాంతమును కదిలించుటకు ఇవ్వబడు బలము వలన చేయబడిన పని మరియు ప్రయోగింపబడిన అయస్కాంత క్షేత్రము వలన చేయబడు పనిని కనుగొనుము.

జవాబు: (i) 0.5 A m^2 (ii) $W = 0.8$ J మరియు $W_{mag} = -0.8$ J అయస్కాంత క్షేత్రము

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 206 23-03-2023 14:06:03

5. 100 g గ్రా ద్రవ్యరాశి మరియు 20సెం.మీ వ్యాసార్ధము కలిగిన విద్యుత్ బంధక గోళమును ఆవరించిన సమతలముగా నున్న తీసుకొని 5 చుట్లు బిగుతుగా చుట్టబడినది. తీగచుట్ట యొక్క తలము వాలుతలమునకు సమాంతరముగా ఉండునట్లు గోళము వాలు తలము మీద అమర్చబడియున్నది. 0.5 T బలమును కలిగిన అయస్కాంత క్షేత్రము లంబముగా పైదిశలో పనిచేయునట్లు అమర్చబడి తీగచుట్ట గుండా విద్యుత్ ప్రవహింపజేయుచున్నది. ఎంత విద్యుత్‌ను తీగచుట్ట గుండా ప్రయోగింపబడిన గోళము వాలుతలము మీద సమతాస్థితిలో నిలుచును. (జవాబు: $\frac{2}{\pi}A$)



6. 6. 1.5 A విద్యుత్ ప్రవహించు చతురస్ర లూప్ వాహకము యొక్క కేంద్రములో ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రమును కనుగొనుము. చతురస్రము యొక్క ఒక్కొక్క భుజముల పొడవు 50 సెం.మీ అగును. (జవాబు: 3.4×10^{-6} T)

పరిశీలనా గ్రంథాలు (BOOKS FOR REFERENCE)

1. H. C. Verma, *Concepts of Physics – Volume 2*, Bharati Bhawan Publisher.
2. Halliday, Resnick and Walker, *Fundamentals of Physics*, Wiley Publishers, 10th edition.
3. Serway and Jewett, *Physics for scientist and engineers with modern physics*, Brook/Coole publishers, Eighth edition.
4. David J. Griffiths, *Introduction to Electrodynamics*, Pearson publishers.
5. Rita John, *Solid State Physics (Magnetism chapter)*, McGraw Hill Education (India) Pvt. Ltd.
6. Paul Tipler and Gene Mosca, *Physics for scientist and engineers with modern physics*, Sixth edition, W.H. Freeman and Company.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 207 23-03-2023 14:06:03

అంతర్జాల కృత్యము (ICT CORNER)

అయస్కాంతత్వము

శీర్షిక : సైక్లోట్రాన్

ఈ కృత్యములో మీరు సైక్లోట్రాన్ పనిచేయు విధానమును వీక్షించి అర్థ చేసుకొంటారు.

సోపానములు:

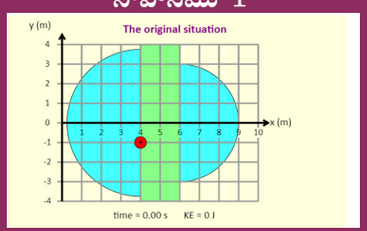
1) బ్రౌజర్‌ను తెరచి అడ్రస్ బార్ నందు "'physics.bu.edu/~duffy/HTML5/cyclotron.html'" ను టైపు చేయుము.

2) 'play' ఆకారపు విభాగముల మధ్య గల ధనావేశ కణములను విడుదలజేయుటకు ప్లే బటన్‌ను నొక్కండి.

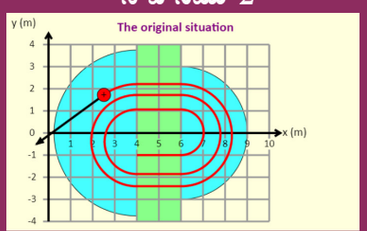
3) 'D' ఆకారపు విభాగముల మధ్య అయస్కాంత క్షేత్ర సమక్షములో ఉన్న ధనావేశ కణాల ప్రక్షేపక మార్గమును పరిశీలించండి.

4) 20 సెకనుల తరువాత కణముల గతిజశక్తిని నమోదు చేయండి.

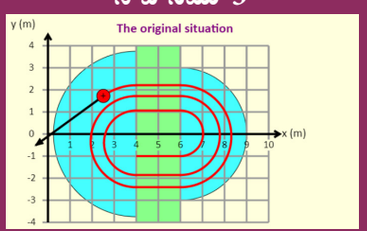
సోపానము 1



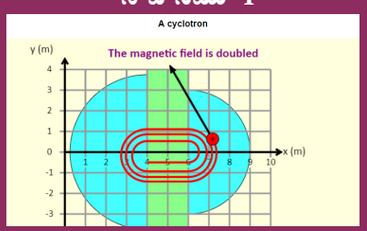
సోపానము 2



సోపానము 3



సోపానము 4



సంబంధిత బటన్‌ను నొక్కి విద్యుత్ మరియు అయస్కాంత క్షేత్రములందు పనిచేయకుండునకు చేసి ఇచ్చిన కాలములో కణము యొక్క గతిజశక్తిలోని మార్పును పరిశీలించండి.

URL:

http://physics.bu.edu/~duffy/HTML5/cyclotron.html

*పటములు సూచన కొరకు మాత్రమే

*బ్రౌసర్‌కు అవసరమైతే పుటను లోడ్ చేయుట కొరకు ష్లాష్ ప్లేయర్ లేదా జావా స్క్రిప్ట్‌ను అనుమతించండి.

03_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_3.indd 208 23-03-2023 14:06:04

అధ్యాయము

4

విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ మరియు ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహము

విజ్ఞానశాస్త్రము యొక్క అంశములను మనము మనఃపూర్వకముగా స్వీకరించినపుడు, అది ఒక దయకలిగిన మిత్రునిగాను మరియు ప్రయోగాత్మక విజ్ఞానంలో ఉత్తమ విమర్శకునిగాను ఉంటుంది. – మైకేల్ ఫారడే

అభ్యసన లక్ష్యాలు

ప్రస్తుత పాఠ్యభాగములో విద్యార్థులు ఈ క్రింది అంశములను గురించి తెలుసుకొంటారు.

- విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ అనే దృగ్విషయము
- ప్రేరిత విద్యుచ్ఛాలకబలము యొక్క దిశను కనుగొనుటకు లెంజ్ నియమము యొక్క అనువర్తనము.
- ఆవర్త ప్రవాహము గురించిన భావన మరియు దాని ఉపయోగములు.
- స్వయం ప్రేరణ మరియు అన్యోన్య ప్రేరణ దృగ్విషయము.
- ప్రేరిత విద్యుచ్ఛాలక బలమును ఉత్పత్తిచేయు వివిధ పద్ధతులు.
- *AC* విద్యుత్ జనని యొక్క నిర్మాణము మరియు అది పనిచేయు విధానము.
- విద్యుత్ పరివర్తకము పనిచేయు నియమము మరియు సుదూరములకు విద్యుత్ సరఫరాలలో వాటి పాత్ర
- ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క వర్గ మధ్యమ వేగ వర్గమూలం– భావన
- వివిద *AC* వలయములలో ప్రావస్థ మరియు ప్రావస్థ కోణం మధ్య గల సంబంధము.
- *AC* వలయములోని విద్యుత్ ప్రవాహము మరియు వాట్‌లెస్ విద్యుత్ ప్రవాహము.
- *LC* డోలనములు జరుగునపుడు శక్తి నిత్యత్వ అవగాహన.

4.1. విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ (ELECTROMAGNETIC INDUCTION)

4.1.1 పరిచయం

మునుపటి పాఠ్యభాగములో ఒక విద్యుద్వాహకములో విద్యుత్ ప్రవహించునపుడు వాహకం చుట్టూ అయస్కాంత క్షేత్రం ఏర్పడునని మనము అభ్యసించాము. ఈ భావనను క్రిస్టియన్ ఆయర్‌స్టెడ్ కనుగొనెను. దీని తరువాత విద్యుత్‌ను కొనిపోవు ఒక వలయము దండాయస్కాంతమువలె ప్రవర్తించునని ఆంపియర్ ఋజువుచేసెను. ఇవన్నియూ విద్యుత్ ప్రవాహముచే ఉత్పత్తి చేయబడు అయస్కాంత ఫలితముగా చెప్పవచ్చును.

తదనంతరం శాస్త్రవేత్తలు ముఖ్యంగా భౌతికశాస్త్రవేత్తలు విద్యుత్ వలన కలుగు అయస్కాంత ఫలితమునకు వ్యతిరేఖ ప్రభావమును గురించి ఆలోచించుట మొదలుపెట్టిరి. ఒక అయస్కాంత క్షేత్రము సహాయముతో విద్యుత్ ప్రవాహమును ఉత్పత్తి చేయుటకు సాధ్యమగునా? కొన్ని వరుస ప్రయోగాలు ఈ విపర్యయ లేక వ్యతిరేక ప్రభావమును నిరూపించుటకు చేయబడినవి. ఇటువంటి ప్రయోగములు చాలా వరకు ఒకదానివెంబడి మరొకటి మరియు స్వతహాగా ఇంగ్లాండుకు చెందిన మైకెల్ ఫారడే మరియు అమెరికాకు చెందిన జోసఫ్ హెన్రీ అను ఇద్దరు శాస్త్రవేత్తలు నిర్వహించిరి. దీని ఫలితంగా ప్రయోగములు విజయవంతమై అవి విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ దృగ్విషయమును కనుగొనుటకు మార్గము సుగమమైనది. 1831 వ సంవత్సరములో విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణను కనుగొన్నందుకు మైకెల్ ఫారడేను గౌరవించిరి.

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 209 23-03-2023 14:13:55

ప్రస్తుత పాఠ్యభాగములో ఫారడే యొక్క కొన్ని ప్రయోగములు, వాటి ఫలితములు మరియు విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ అనే దృగ్విషయములను గురించి చర్చిద్దాం. దీనికి మునుపు మనము తల వైశాల్యముతో సంబంధము కలిగిన అయస్కాంత అభివాహము అనే భావనను గుర్తుకు తెచ్చుకొందాం.

ఒక వృత్తాంతం!

మైకెల్ ఫారడే తన ఉపన్యాసముల ద్వారా ప్రఖ్యాతిగాంచెను. అటువంటి ఉపన్యాసములలో ఒకసారి తన ప్రయోగములను ప్రదర్శిస్తూ, విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణను కనుగొనెను.

ఈ ఉపన్యాసం చివరిలో ఒక ప్రేక్షకుడు ఫారడేను ఒక ప్రశ్న అడిగెను "ఫారడేగారు, అయస్కాంతము మరియు తీగచుట్టల స్వభావము ఆశ్చర్యకరముగా ఉండెను. కానీ దీనివలన ఉపయోగమేమి?" దీనికి ఫారడే వినమ్రుడై "అయ్యా! నవజాత శిశువు యొక్క ఉపయోగమేమి? అని బదులిచ్చెను.

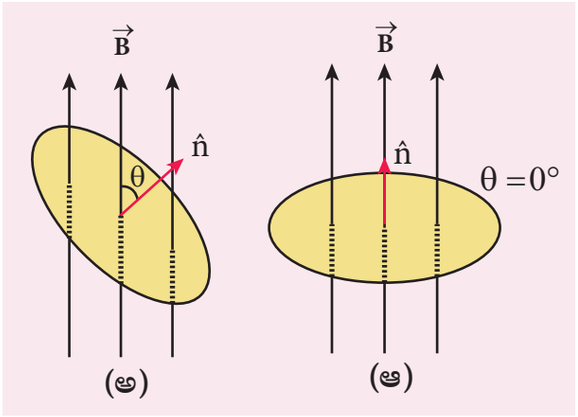
గమనిక : మనము అతి త్వరలో చిన్న శిశువు యొక్క గొప్పతనమును వీక్షించబోవు చున్నాము. ఎలాగంటే శిశువు పెరిగి యుక్తవయస్సును చేరి శక్తికి అవసరమైన వాటిని అందించుటలో వారి పాత్ర ముఖ్యమైనది.

4.1.2 అయస్కాంత అభివాహము (Φ_B):

ఒక తలమునకు అభిలంభముగా ప్రసరించు అయస్కాంత క్షేత్ర రేఖలను అయస్కాంత అభివాహము అంటారు. ఇక్కడ A వైశాల్యము గల తలము అయస్కాంత క్షేత్రములో Φ_B ఉంచబడి ఉంటుంది. ఇది క్రింది సమీకరణము ద్వారా పటము 4.1 (అ) లో చూపబడినట్లు తెలియజేయబడుతుంది.

$$\Phi_B = \int_A \vec{B}.\, d\vec{A} \qquad (4.1)$$

ఈ సమీకరణములో సమాకలనము వైశాల్యము A మొత్తానికి వర్తిస్తుంది అయస్కాంత క్షేత్ర దిశకు మరియు బాహ్య వైశాల్య అభిలంబమునకు మధ్యగల కోణము θ అవుతుంది.



పటము 4.1 అయస్కాంత అభివాహము

పటము 4.1(ఆ) వైశాల్యమంతటా అయస్కాత క్షేత్రము $\vec{B}$ సమానముగా మరియు A వైశాల్యమునకు లంబముగా ఉన్నయెడల (పటము 4.1(ఆ) లో చూసినట్లు) పై సమీకరణమును క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

$$\Phi_B = \int_A \vec{B}.\, d\vec{A} = BA\cos\theta$$

$$= BA \qquad \text{కావున } \theta = 0°,\ \cos 0° = 1$$

అయస్కాంత అభివాహమునకు SI ప్రమాణము T m^2. దీనిని వెబర్ లేదా Wb లలో కూడా కొలుస్తారు.

$$1\ \text{Wb} = 1\ \text{T m}^2$$

ఉదాహరణ 4.1

మధురైలోని ఒక ప్రాంతములో 3 $మీ^2$ వైశాల్యము గల ఒక వృత్తాకార ఆంటెనాను అమర్చిరి. ఆంటెనా యొక్క తల వైశాల్యము భూ అయస్కాంత క్షేత్రములో 47^0 కోణము వాలు కలిగి యున్నది. ఆ ప్రాంతము వద్ద భూ అయస్కాంత క్షేత్ర విలువ 4.1×10^{-5} T ఆయితే, ఆంటెనాలో కలుగు అయస్కాంత అభివాహమును లెక్కించండి.

సాధన:

$B = 4.1 \times 10^{-5}$ T; $\theta = 90^o - 47^o = 43^\circ$; $A = 3\text{m}^2$

కాని $\Phi_B = BA\cos\theta$ అని మనకు తెలుసు

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 210 23-03-2023 14:13:56

$$\Phi_B = 4.1 \times 10^{-5} \times 3 \times \cos 43^{\circ}$$
$$= 4.1 \times 10^{-5} \times 3 \times 0.7314$$
$$= 89.96\ \mu\text{Wb}$$

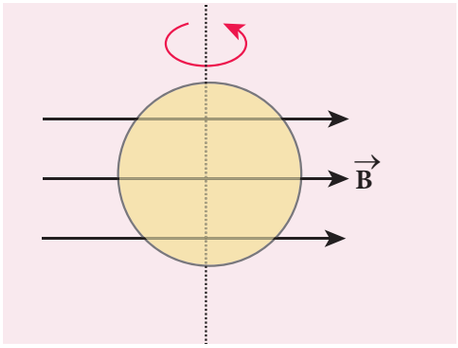
ఉదాహరణ 4.2

సమ అయస్కాంత క్షేత్రములో $5 \times 10^{-2}\ m^2$ వైశాల్యము గల 0.2 T లూప్ భ్రమణం చేస్తున్నది. పటములో చూపినట్లు వలయము దాని వ్యాసము పరముగా అయస్కాంత క్షేత్రమునకు లంబముగా భ్రమిస్తే

(i) వలయము యొక్క తలము అయస్కాంత క్షేత్రమునకు లంబముగానున్నపుడు.

(ii) వలయము యొక్క తలము అయస్కాంత క్షేత్రముతో 60^0 వాలును కలిగినపుడు.

(iii) వలయము యొక్క తలము అయస్కాంత క్షేత్రమునకు సమాంతరముగా నున్నప్పుడు అందులో ఏర్పడు అయస్కాంత అభివాహమును లెక్కించండి.



సాధన:

$A = 5 \times 10^{-2}\ m^2$; $B = 0.2$ T

(i) $\theta = 0^{\circ}$;

$$\Phi_B = BA\cos\theta = 0.2 \times 5 \times 10^{-2} \times \cos 0^{\circ}$$
$$\Phi_B = 1 \times 10^{-2}\ \text{Wb}$$

(ii) $\theta = 90^{\circ} - 60^{\circ} = 30^{\circ}$;

$$\Phi_B = BA\cos\theta = 0.2 \times 5 \times 10^{-2} \times \cos 30^{\circ}$$
$$\Phi_B = 1 \times 10^{-2} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 8.66 \times 10^{-3}\ \text{Wb}$$

(iii) $\theta = 90^{\circ}$;

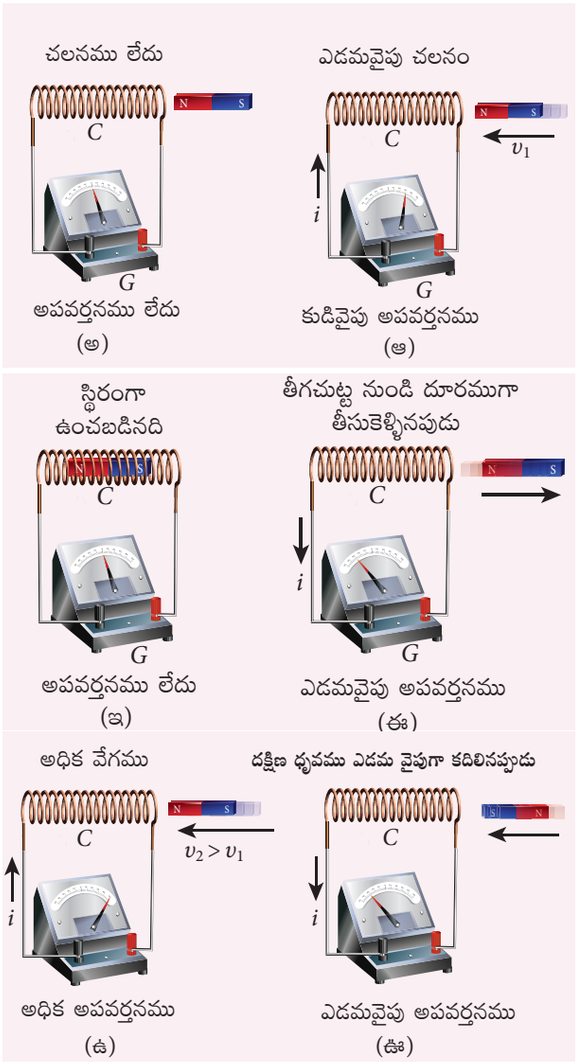
$$\Phi_B = BA\cos 90^{\circ} = 0$$

4.1.3 విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణకు సంబంధించి ఫారడే ప్రయోగాలు

మొదటి ప్రయోగం:

ఒక సంవృత వలయములో విద్యుత్ బంధన పూత కలిగిన ఒక తీగ చుట్ట C మరియు ఒక గాల్వనా మీటర్ G లు పటము 4.2 (పటము 4.2 (a)) లో చూపబడినట్లు అనుసంధానించబడినవి. వలయములో ఎటువంటి విద్యుత్ ప్రవాహము లేనందున గాల్వనా మీటర్‌లో అపవర్తనం ఉండదు.

స్థిరముగా ఉన్న తీగచుట్ట దగ్గరకు ఒక దండాయస్కాంతమును దాని ఉత్తర ధ్రువం తీగచుట్ట వైపు ఉండునట్లు తీసుకొచ్చినప్పుడు, గాల్వనా మీటర్‌లో ఒక క్షణిక అపవర్తనం ఏర్పడుతుంది. ఇది పటము 4.2(b) లో చూపిన విధముగా తీగ



పటము 4.2 ఫారడే మొదటి ప్రయోగము

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 211 23-03-2023 14:14:01

చుట్టలో విద్యుత్ ప్రవహించుటను తెలియజేస్తుంది. అయస్కాంతమును తీగచుట్టలోపల స్థిరముగా ఉంచినట్లైతే పటము 4.2(c) లో చూపినట్లు గాల్వనా మీటర్‌లో ఎటువంటి అపవర్తనము ఏర్పడదు.

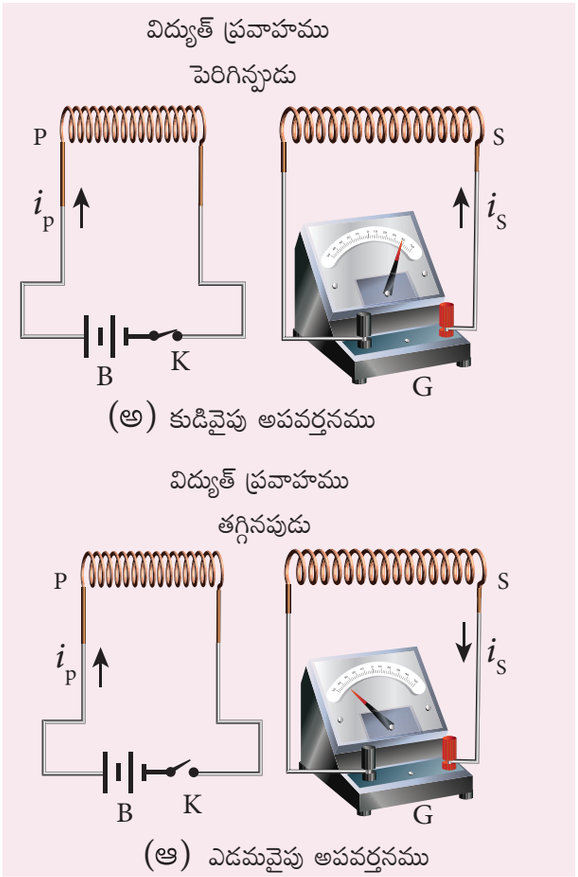
తీగచుట్టు నుండి దండాయస్కాంతమును తీసివేసినపుడు, గాల్వనా మీటరులో మరలా ఒక క్షణిక అపవర్తనము వ్యతిరేఖ దిశలో ఏర్పడుతుంది. కావున పటము 4.2 (d) లో చూపినట్లు విద్యుత్ ప్రవాహం వ్యతిరేక దిశలో ఉన్నదని చెప్పవచ్చును. ఇప్పుడు పటము 4.2 (e) లో చూపినట్లు అయస్కాంతమును అధిక వేగముతో చలింపచేసినపుడు వలయములో ఏర్పడిన అధిక విద్యుత్ ప్రవాహము వలన గాల్వనా మీటర్ నందు అధిక అపవర్తనం కలుగుతుంది. ఇప్పుడు దండాయస్కాంతమును దాని ధృవముల పరంగా తారుమారు చేసి అనగా తీగచుట్టవైపు ఉత్తర ధృవం కాకుండా దక్షిణ ధృవమును ఉంచి పై ప్రయోగమును మరలా చేయాలి. అప్పుడు ఉత్తర ధృవము వలన ఏర్పడిన అపవర్తనమునకు వ్యతిరేక దిశలో అపవర్తనం కలుగుతుంది. (పటము 4.2 (f))

ఇప్పుడు అయస్కాంతమును స్థిరముగా ఉంచి తీగచుట్టను అయస్కాంతము నుండి దూరముగా లేదా అయస్కాంతమునకు దగ్గరగా తీసుకొచ్చినప్పుడు ఒకే రకమైన అపవర్తనం కలుగుతుంది. అనగా తీగచుట్ట మరియు అయస్కాంతముల మధ్య సాపేక్ష చలనము ఉన్నప్పుడు, గాల్వనా మీటర్‌లో అపవర్తనము కలిగి, అది తీగచుట్టలో విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రేరేపించబడుటను తెలుపుతుంది.

రెండవ ప్రయోగము:

పటము 4.3 (a) లో చూపిన విధముగా రెండు సంవృత వలయములను పరిగణిద్దాం. ఈ రెండు వలయములో ప్రాథమిక వలయము నందు తీగచుట్ట P, ఒక బ్యాటరీ B మరియు ఒక ప్లగ్‌కీ K ఉన్నవి. గౌణ వలయములో ఒక తీగచుట్ట S మరియు గాల్వనో మీటరు G లు కలవు. తీగచుట్టలో P మరియు S లు ఒకదానికొకటి సన్నిహితంగా నిశ్చల స్థితిలో ఉంచబడినది.

ప్రాథమిక వలయమును ప్లగ్‌కీతో మూసినపుడు ఆ వలయములో విద్యుత్ ప్రవాహం ప్రసరించుట ప్రారంభమవుతుంది. ఈ సందర్భంలో పటము 4.3



పటము 4.3 ఫారడే రెండవ ప్రయోగము

(a) లో చూపినట్లు గాల్వనా మీటర్ నందు ఒక క్షణిక అపవర్తనం కలుగుతుంది.

తరువాత వలయములోని విద్యుత్ ప్రవాహం, ఒక స్థిర విలువను చేరినప్పుడు గాల్వనా మీటర్ నందు ఎటువంటి అపవర్తనం ఉండదు. అదేవిధంగా ప్రాథమిక వలయములో ప్లగ్‌కీను తొలగించినప్పుడు విద్యుత్ ప్రవాహం విలువ నెమ్మదిగా తగ్గుతుంది. అప్పుడు గాల్వనా మీటర్‌లో వ్యతిరేక దిశలో ఒక ఆకస్మిక అపవర్తనం పటము 4.3 (b) లో చూపినట్లు కలుగుతుంది. ప్రవాహ విలువ శూన్యమైనప్పుడు గాల్వనా మీటర్‌లో ఎటువంటి అపవర్తనం ఉండదు.

పై పరిశీలనల నుండి ప్రాథమిక వలయములో విద్యుత్ ప్రవాహం మారునప్పుడు గాల్వనా మీటర్‌లో అపవర్తనం ఏర్పడుతుందని నిర్ధారించవచ్చును.

విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ యొక్క ఫారడే నియమము:

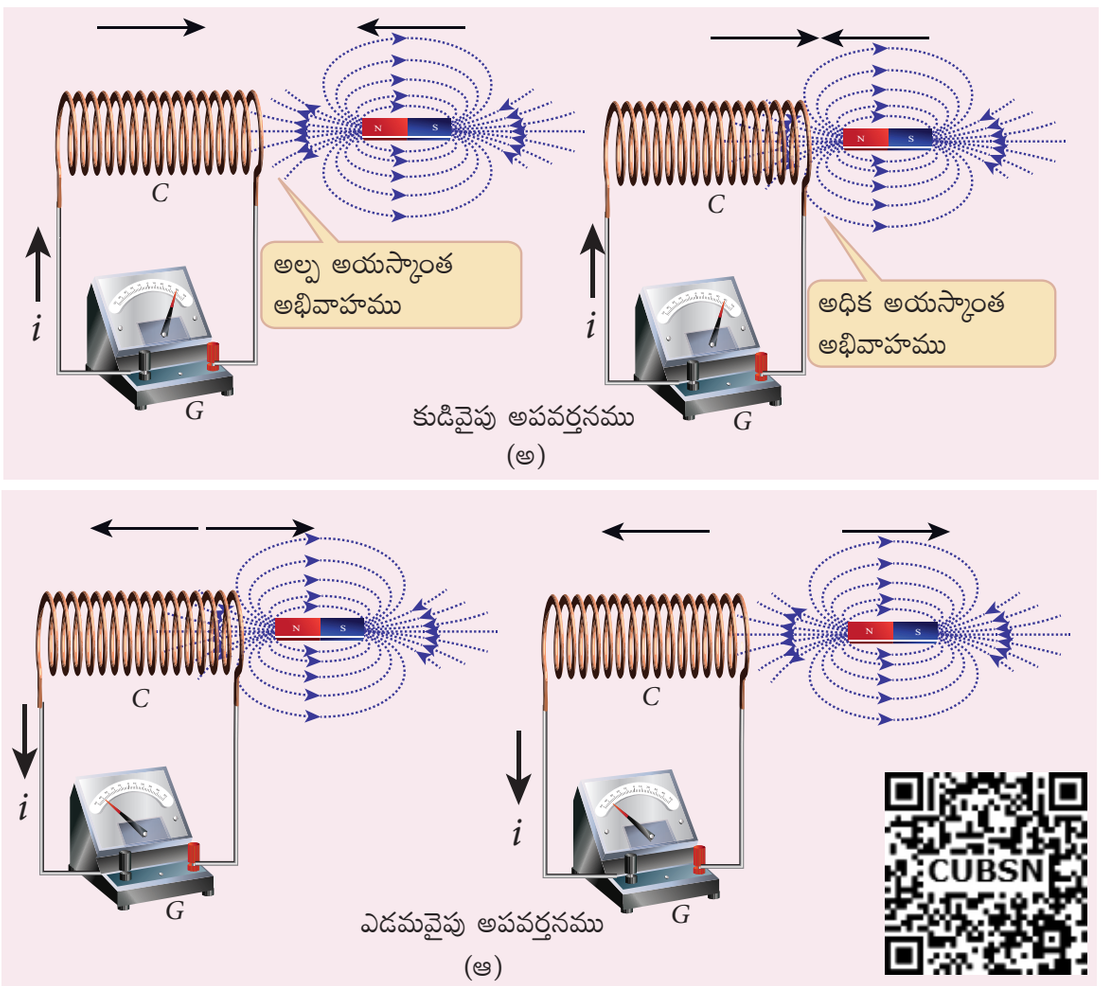
ఫారడే తన యొక్క ప్రయోగాల నుంచి క్రింది అంశమును గ్రహించెను. ఒక సంవృత వలయముతో సంబంధమును కలిగిన అయస్కాంత అభివాహము

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 212 23-03-2023 14:14:02

మారుచున్నపుడు, వలయములో విద్యుచ్ఛాలక బలము ప్రేరేపించబడి విద్యుత్ ప్రవహిస్తుంది. ఈ విద్యుత్ ప్రవాహమునే ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహము అని అంటారు. ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహమును కలిగించిన విద్యుచ్ఛాలక బలము (వి.చా.బ.) ను ప్రేరిత విద్యుచ్ఛాలక బలము అని అంటారు. ఈ దృగ్విషయమును విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ అంటారు.

ఈ ఆలోచన ప్రకారం ఫారడే ప్రయోగమును ఈ క్రింది మార్గము ద్వారా అర్థము చేసుకొనవచ్చును. మొదటి ప్రయోగములో తీగచుట్టకు సమీపముగా అయస్కాంతమును తెచ్చినప్పుడు దండాయస్కాంతము యొక్క కొన్ని అయస్కాంత క్షేత్ర రేఖలు తీగచుట్ట ద్వారా ప్రసరిస్తాయి. అనగా తీగచుట్టలో అయస్కాంత అభివాహం ఏర్పడుతుంది. అలాకాకుండా దండాయస్కాంతము మరియు తీగచుట్ట రెండూ ఒకదానికొకటి దగ్గరగా వచ్చినప్పుడు తీగచుట్టలో ఏర్పడు అయస్కాంత అభివాహమును వలయములో వి.చా.బ.ను ప్రేరేపిస్తుంది. తద్వారా వలయములో ఒక దిశలో అస్థిరమైన విద్యుత్ ప్రవాహం ఏర్పడుతుంది. (పటము 4.4 (a))

అదే సమయంలో తీగచుట్ట మరియు దండాయస్కాంతములను ఒకదాని నుండి మరొకటి దూరంగా జరిపినప్పుడు తీగ చుట్టలో ఏర్పడు అయస్కాంత అభివాహము తగ్గుతుంది. ఇలా తగ్గిన అయస్కాంత అభివాహము మరలా వ్యతిరేక దిశలో ఒక వి.చా.బ ను ప్రేరేపిస్తుంది. కావున పటము 4.4 (b) లో చూపిన విధముగా విద్యుత్ ప్రవాహము వ్యతిరేక దిశలో ఉంటుంది. అనగా తీగచుట్ట మరియు దండాయస్కాంతముల మధ్య సాపేక్ష చలనము ఉన్నప్పుడు గాల్వనా మీటర్‌నందు అపవర్తనం కలుగునని స్పష్టమగుచున్నది. రెండవ

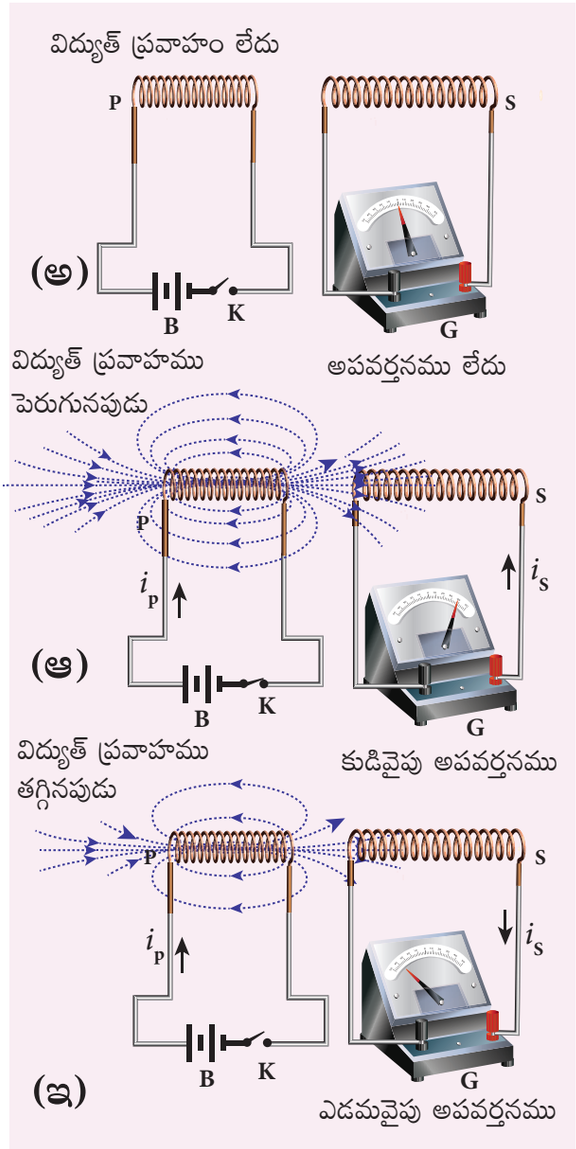


పటము 4.4 ఫారడే మొదటి ప్రయోగ వివరణ

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 213 23-03-2023 14:14:03

ప్రయోగములో ప్రాథమిక తీగచుట్ట P విద్యుత్ ప్రవాహమును కొనిపోవునప్పుడు ఈ అయస్కాంత క్షేత్రము ఏర్పడుతుంది. ఈ అయస్కాంతక్షేత్రము యొక్క అయస్కాంత బలరేఖలు ప్రాథమిక తీగచుట్టతో పాటు దానికి సన్నిహితంగా గల గౌణతీగ చుట్ట ద్వారా ప్రసరిస్తాయి.

ప్రాథమిక తీగచుట్టలోని ప్లగ్‌కీను తొలగించి వలయమును వివృతం గావించినప్పుడు అందులో విద్యుత్ ప్రవాహం ఉండదు. కనుక గౌణ తీగచుట్టలో ఏర్పడు అయస్కాంత అభివాహం శూన్యమవుతుంది. (పటము 4.5 (a))



పటము 4.5 ఫారడే రెండవ ప్రయోగ వివరణ

ఒకవేళ, ప్రాథమిక తీగచుట్టను ప్లగ్‌కీ సహాయముతో సంవృతము గావించినప్పుడు అందులో పెరిగే విద్యుత్ ప్రవాహం అయస్కాంత క్షేత్రమును కలిగిస్తుంది. అప్పుడు గౌణతీగచుట్టలో ఏర్పడే అయస్కాంత అభివాహము కూడా పెరుగుతుంది. ఇలా పెరిగిన అభివాహము కూడా పెరుగుతుంది. ఇలా పెరిగిన అభివాహము పటము 4.5 (b) లో చూపిన విధముగా గౌణ తీగచుట్టలో అస్థిరమైన విద్యుత్ ప్రవాహమును ప్రేరేపిస్తుంది. ప్రాథమిక తీగచుట్టలో ఏర్పడిన విద్యుత్ ప్రవాహం ఒక స్థిరవిలువను చేరినప్పుడు గౌణ తీగచుట్టలో అయస్కాంత అభివాహమునందు మార్పు లేనందువలన, అందులోని విద్యుత్ ప్రవాహం అదృశ్యమవుతుంది.

అదేవిధముగా ప్రాథమిక వలయము వివృతమైనప్పుడు తగ్గే ప్రాథమిక విద్యుత్ గౌణ తీగ చుట్టలో ఒక విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ప్రేరేపిస్తుంది. అయితే ఇది పటము 4.5 (c) లో చూపినట్లు వ్యతిరేక దిశలో ఉంటుంది. కావున ప్రాథమిక విద్యుత్ ప్రవాహములో మార్పు ఉన్నప్పుడు మాత్రమే గాల్వనా మీటర్‌లో అపవర్తనం కలుగుతుంది.

ఫారడే ప్రయోగముల యొక్క నిర్ధారణల నుండి రెండు నియమములను తెలుపవచ్చు.

మొదటి నియమము

సంవృత వలయములోని అయస్కాంత అభివాహము మారునపుడు, వలయములో వి.చా.బ. ప్రేరేపించబడుతుంది. ప్రేరిత వి.చా.బ. వలయంలో అయస్కాంత అభివాహము మారుచున్నంత వరకు ఉంటుంది.

రెండవ నియమము

ఒక సంవృత వలయములో ప్రేరేపించబడిన వి.చా.బ. యొక్క పరిమాణము ఆ వలయములో ఏర్పడిన అయస్కాంత అభివాహములోని మార్పు యొక్క రేటునకు (కాలము రేటు) సమానముగా ఉంటుంది.

dt కాల వ్యవధిలో తీగచుట్టలోని ప్రతీ చుట్టలో ఏర్పడు అయస్కాంత అభివాహములోని మార్పు $d\Phi_B$ అయితే ఒక్కొక్క చుట్టలో ప్రేరేపించబడిన వి.చ్చా.బ.ను క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 214 23-03-2023 14:14:03

$$\varepsilon = \frac{d\Phi_B}{dt}$$

తీగచుట్ట N చుట్లను కలిగి, ప్రతి చుట్ట ఒకే వైశాల్యమును ఆక్రమించు విధముగా గట్టిగా చుట్టబడియుండినట్లుయితే, ఒక్కొక్క చుట్ట ద్వారా ఏర్పడు అభివాహము సమానముగా ఉంటుంది. అప్పుడు తీగచుట్టలో ఏర్పడు మొత్తం వి.చ్చా.బ.ను క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

$$\varepsilon = N\frac{d(\Phi_B)}{dt} = \frac{d(N\Phi_B)}{dt} \qquad (4.2)$$

ఇక్కడ $N\Phi_B$ ను అభివాహ బంధము (fluxlinkage) అని అంటారు. ఒక తీగచుట్టలోని చుట్ల సంఖ్య N మరియు ఒక్కొక్క చుట్టలోని అయస్కాంత అభివాహము Φ_B ల లబ్ధమును అభివాహ బంధము అని అంటారు.

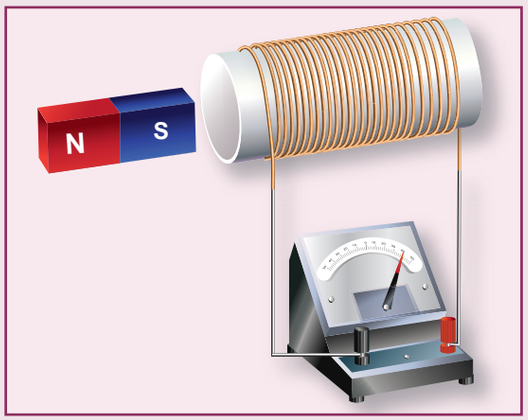
విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ యొక్క ముఖ్యత్వము :

ప్రస్తుత దైనందిక జీవతములో విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ అనే దృగ్విషయము యొక్క అనువర్తనము అన్ని చోట్ల విస్తృతంగా వినియోగించబడుచున్నది. గృహోపకరణముల నుండి భారీ పరిశ్రమలలోని యంత్రాల వరకు, చరవాణి నుండి గణన యంత్రము మరియు అంతర్జాలము వరకు, విద్యుత్ వీణ నుండి ఉప గ్రహ ప్రసారముల వరకు అన్నింటిని విద్యుత్ శక్తి ద్వారా మాత్రమే పనిచేయించగలము.

అనగా విద్యుచ్ఛక్తికి ఎన్నటికీ డిమాండు పెరుగుతూనే ఉంటుంది. ఇవన్నియూ విద్యుత్ జనని మరియు పరివర్తకముల సహాయముతో పనిచేయించబడుచున్నవి. విద్యుత్ జనని మరియు పరవర్తకములు విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ అనే నియమము ఆధారంగా పనిచేయుచున్నాయి. విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణను కనుగొనియుండక పోయి ఉంటే మానవుని నవీన, సౌకర్యవంతమైన జీవన విధానము సాధ్యమై ఉండేది కాదేమో!

కృత్యము

విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ – వివరణ



ఒక బోలు స్థూపముపై విద్యుద్ఛందక పూత కలిగిన తీగను చుట్టి దానిని ఒక గాల్వనా మీటరుతో పటములో చూపిన విధముగా అనుసంధానించండి. తీగచుట్ట కొరకు తీసుకొనే తీగ వీలైనంత సన్నగా ఉన్న యెడల స్థూపముపై అందుబాటులో గల ప్రదేశమంతటా అనేక చుట్లను చుట్టవచ్చును. ఒక శక్తి వంతమైన దండాయస్కాంతము సహాయముతో ఫారడే మొదటి ప్రయోగములో వివరించబడిన సోపానములను నిర్వహించండి. దీని ద్వారా విద్యార్థులు విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణకు సంబంధించిన అంశాలను నేరుగా వీక్షించుటకు అవకాశం లభిస్తుంది.

ఉదాహరణ 4.3

ఒక వృత్తాకార సొలినాయిడ్ అక్షము వైపు ఒక స్థూపాకార దండాయస్కాంతము ఉంచబడినది. ఇప్పుడు అయస్కాంతము దాని అక్షము పరముగా భ్రమణం చేసినట్లయితే, తీగచట్టలో విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రేరేపించబడుతుందా? కనుగొనుము.

సాధన:

స్థూపాకార అయస్కాంతము యొక్క అయస్కాంత క్షేత్రము దాని అక్షము పరముగా సౌష్ఠవముగా ఉంటుంది. అయస్కాంతమును సొలినాయిడ్ అక్షము పరముగా భ్రమణం చెందించినప్పుడు, సొలినాయిడ్‌లో ఎటువంటి విద్యుత్ ప్రవాహము

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 215 23-03-2023 14:14:05

కూడా ప్రేరేపించబడదు. ఎందుకనగా అయస్కాంత భ్రమణము వలన సొలినాయిడ్‌నందు ఏర్పడు అభివాహములో మార్పు ఉండదు.

ఉదాహరణ 4.4

200 సెం.మీ^{2} వైశ్యాలము మరియు 40 చుట్లు కలిగిన ఒక సంవృత తీగచుట్ట 2Wb m^{-2} అయస్కాంత అభివాహ సాంద్రత గల ఒక అయస్కాంత క్షేత్రములో భ్రమణం చేస్తున్నది. ఇది క్షేత్రముతో దాని తలము 30^{0}ల వాలును కలిగిన స్థానము నుండి క్షేత్రమునకు లంబముగా తన స్థితిని మార్చుకొనుటకు 0.2 సె సమయాన్ని తీసుకొన్నది. అయితే భ్రమణం వలన తీగచుట్టలో ప్రేరేపించబడిన వి.చా.బ పరిమాణము లెక్కించండి.

సాధన:

$N = 40$ చుట్లు; $B = 2$ Wb m^{-2}

$A = 200$ సెం,మీ^{2} $= 200 \times 10^{-4}$ m^2;

తొలి అభివాహము, $\Phi_i = BA\cos\theta$

$= 2\times200\times10^{-4}\times\cos60^\circ$

కావున $\theta = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$

$\Phi_i = 2\times10^{-2}$ Wb

తుది అభివాహము, $\Phi_f = BA\cos\theta$

$= 2\times200\times10^{-4}\times\cos0^\circ$

కావున $\theta = 0^\circ$

$\Phi_f = 4\times10^{-2}$ Wb

ప్రేరిత వి.చ్ఛా.బ. పరిమాణము

$$\varepsilon = N\frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$= \frac{40\times\left(4\times10^{-2} - 2\times10^{-2}\right)}{0.2} = 4\text{V}$$

ఉదాహరణ 4.5

ఒక తిన్నని వాహక తీగ దాని పొడవు పరంగా తూర్పు –పడమర దిశలో కొంత ఎత్తునుండి క్షితిజ సమాంతరంగా జారవిడవబడినది. అయితే అందులో వి.చ్ఛా.బ. ప్రేరేపించుబడుతుందా? సమాధానమును సమర్థించండి.

సాధన

వి.చ్ఛా.బ. ప్రేరేపించబడుతుంది. ఎందుకనగా సమాంతర భూ అయస్కాంత క్షేత్ర అంశమునకు తీగ లంబముగా చలించి భూ అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క అయస్కాంత బలరేఖలను ఛేదిస్తుంది.

4.1.4 లెంజ్ నియమము

జర్మనీ భౌతిక శాస్త్రవేత్త హెన్రిచ్ లెంజ్ విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణపై కొన్ని వరుస ప్రయోగాలు నిర్వహించి ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను కనుగొనుటకు ఒక నియమమును ఉత్పాదించెను. ఈ నియమమునే లెంజ్ నియమము అంటారు.

ఒక తీగచుట్టలో ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహం ఏ మార్పువల్ల కలుగుతుందో ఆ మార్పును ఎదిరించే విధంగా ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహదిశ వుంటుంది.

ఒక తీగ చుట్టలో ఏర్పడిన అయస్కాంత అభివాహములో కలుగు మార్పు వలన వలయంలో విద్యుత్ ప్రవాహం ప్రేరేపించబడుతుందని ఫారడే కనుగొనెను. ఇక్కడ మారే అయస్కాంత అభివాహం కారణముగాను మరియు ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహం దాని ఫలితంగాను ఉన్నది. లెంజ్ నియమం ప్రకారం ఫలితము ఎల్లప్పుడూ కారణమును వ్యతిరేకిస్తుంది. కనుక ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహం ఒక దిశలో ప్రవాహిస్తుంది కనుక అది అభివాహములోని మార్పును వ్యతిరేకిస్తుంది.

లెంజ్ నియమమును ఫారడే నియమముగా వ్రాసినప్పుడు సమీకరణము 4.2 ను క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

$$\varepsilon = -\frac{d(N\Phi_B)}{dt} \qquad (4.3)$$

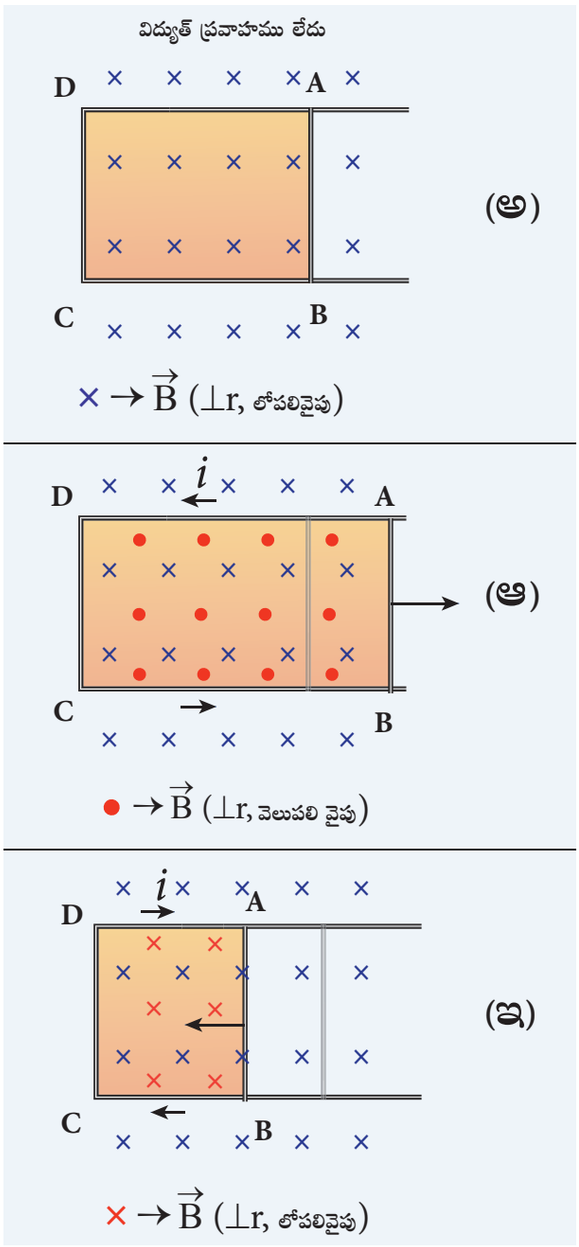
పై సమీకరణములోని ఋణాత్మక సంజ్ఞా ప్రేరిత వి.చ్ఛా.బ. దిశను తెలియజేస్తుంది. అనగా అది అయస్కాంత అభివాహములోని మార్పును వ్యతిరేకిస్తుందని అర్థం.

లెంజ్ నియమమును అర్థముచేసుకొనుటకు, అనగా ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను కనుగొనుటకు, రెండు ఉదాహరణలను తీసుకుందాం.

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 216 23-03-2023 14:14:08

ఉదాహరణము 1:

ఒక ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రమును పరిగణిద్దాం ఈ అయస్కాంత క్షేత్ర బలరేఖలు కాగితతలమునకు లంబముగాను మరియు లోపలివైపు ఉన్నవని అనుకుందాం. ఈ క్షేత్ర బలరేఖలు పటము 4.6 (*a*) లో చూపినట్లు అడ్డుగీతలు (×) చే సూచించబడినవి. ఒక దీర్ఘచతురస్రాకార లోహ చట్రము *ABCD* ఒక అయస్కాంత క్షేత్రములో ఉంచబడినది. దాని తలము అయస్కాంత క్షేత్రమునకు లంబముగా ఉన్నది. చట్రములో *AB* భుజము కదిలేటట్లు ఉంటుంది. తద్వారా దీనిని కుడి, ఎడమ వైపులకు జారనివ్వవచ్చును.



పటము 4.6 లెంజ్ నియమము – మొదటి ఉదాహరణ

ఇప్పుడు *AB* భుజమును మనకు కుడివైపునకు జరిపినపుడు *ABCD* చట్రము ద్వారా ప్రసరించు అయస్కాంత క్షేత్ర రేఖలు (అయస్కాంత అభివాహము) పెరిగి ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహమును పెంచుతుంది. లెంజ్ నియమము ప్రకారం పెరిగిన అయస్కాంత అభివాహమును ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహం వ్యతిరేకిస్తుంది. దీనితో పాటు ముందుగానే ఉన్న అయస్కాంత క్షేత్రమునకు వ్యతిరేకంగా బాహ్యదిశలో మరొక అయస్కాంత క్షేత్రమును ఇది ఉత్పత్తి చేసి దానిని తగ్గించుటకు ప్రయత్నిస్తుంది.

పటము 4.6 (*b*) లో ప్రేరిత క్షేత్రం వలన ఏర్పడిన అయస్కాంత రేఖలు ఎరుపు వర్ణపు వృత్తములచే గుర్తించబడియున్నవి. ఉత్పత్తియైన అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క దిశనుండి, ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క దిశను కుడిచేతి బొటనవ్రేలు నియమము సహాయముతో అపసవ్యదిశలో ఉండునని చెప్పవచ్చును.

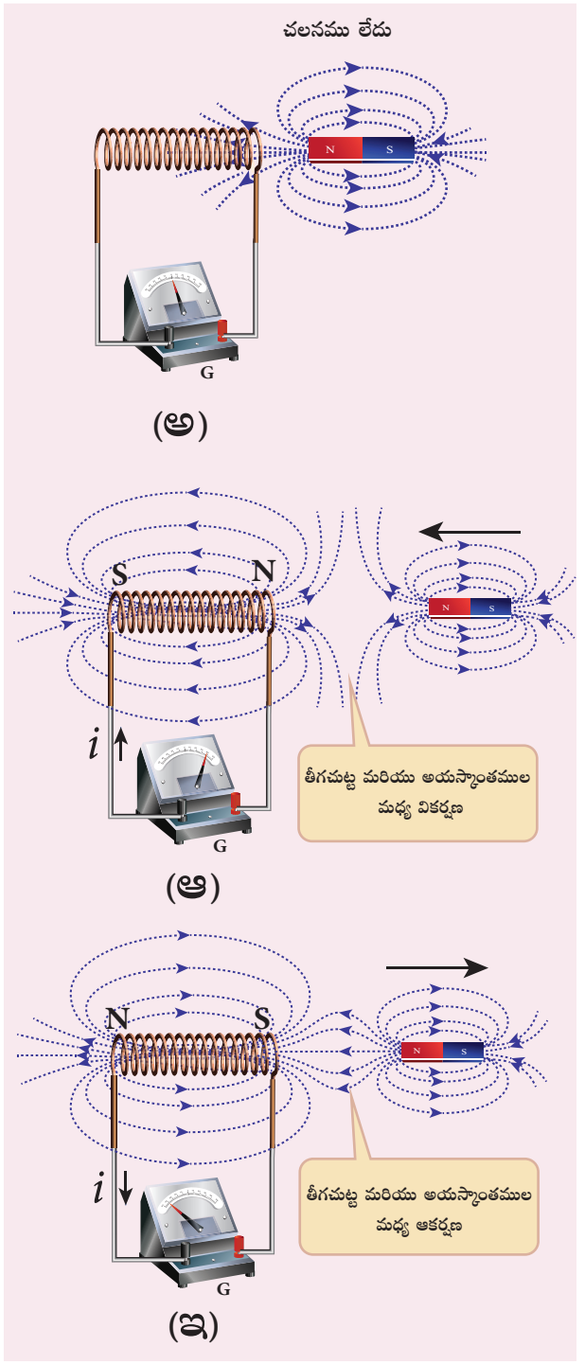
ఇప్పుడు *AB* భుజమును మనకు ఎడమవైపునకు జరిపినపుడు అయస్కాంత అభివాహం తగ్గుతుంది. ఈ సందర్భములో ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహము లోపలివైపు (ఎరుపు వర్ణపు అడ్డుగీతలు) అయస్కాంత క్షేత్రమును ఉత్పత్తి చేస్తుంది. అనగా ముందుగానే వున్న అయస్కాంత క్షేత్ర దిశలోనే మరొక అయస్కాంత క్షేత్రం ఏర్పడుతుంది. (పటము 4.6 (*c*) కావున ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహముచే అభివాహ తగ్గుదల వ్యతిరేకించబడుతుంది. దీనినుండి ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహము సవ్యదిశలో ఉంటుందని తెలియుచున్నది.

ఉదాహరణము 2:

పటము 4.7 (*b*) లో చూపినట్లు సొలినాయిడ్ వైపు దండాయస్కాంతపు ఉత్తర ధృవము డండునట్లు, సొలినాయిడ్ సమీపమునకు ఒక దండస్కాంతమును జరపండి. ఈ చలనము వలన తీగచుట్టలో అయస్కాంత అభివాహము పెరిగి అందులో విద్యుత్ ప్రవాహం ప్రేరేపించబడుతుంది. ప్రేరిత విద్యుత్

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 217 23-03-2023 14:14:08

ప్రవహించుట వలన, తీగ చుట్ట ఒక ద్విధ్రువ అయస్కాంతముగా వ్యవహరిస్తుంది. ఆ ధ్రువాలు తీగచుట్ట రెండు కొనల వద్ద ఉంటుంది.



పటము 4.7 లెంజ్ నియమము – ఉదాహరణ 2

ఈ సంర్భములో ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహమును ఉత్పత్తి చేయు కారకము అయస్కాంతము యొక్క చలనము అని చెప్పవచ్చు. లెంజ్ నియమము ప్రకారము, ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహము తీగచుట్ట వైపు చలించే అయస్కాంత ఉత్తర ధ్రువమును వ్యతిరేకించు దిశలో ఉంటుంది. ఇది అయస్కాంతము యొక్క చివర (కొన) ఉత్తర ధ్రువముగా మారినప్పుడు మాత్రమే ఇది సాధ్యమవుతుంది. (పటము 4.7 (*b*) అప్పుడు ఇది దండాయస్కాంతము యొక్క ఉత్తర ధ్రువమును వికర్షిస్తుంది మరియు అయస్కాంత చలనమును వ్యతిరేకిస్తుంది. ధ్రువపు చివరలు ఏవని తెలిసిన యెడల కుడిచేతి బొటన వ్రేలు నియమము ప్రకారము ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను కనుగొనవచ్చును.

దండాయస్కాంతమును దూరమును తీసుకొని వెళ్ళినపుడు దానికి సమీప కొన దక్షిణ ధ్రువముగా మారి అది దండాయస్కాంతము యొక్క ఉత్తర ధ్రువమును ఆకర్షిస్తుంది. దానితో పాటు అయస్కాంతములోని తిరోగమన చలనము (receding motion) ను వ్యతిరేకిస్తుంది. పటము 4.7 (*c*).

పై విధముగా ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహదిశను లెంజ్ నియమము అధారముగా కనుగొనువచ్చును.

శక్తి నిత్యత్వము

లెంజ్ నియమము యొక్క వాస్తవికతను శక్తి నిత్యత్వ నియమము ఆధారముగా వివరించిరి. ఆ వివరణ క్రింది విధముగా కలదు. లెంజ్ నియమము ప్రకారము, ఒక దండాయస్కాంతము తీగచుట్ట వైపుగా లేక తీగచుట్ట నుండి దూరముగా చలించినపుడు ప్రేరిత విద్యుత్ ఆ అయస్కాంత చలనమును వ్యతిరేకిస్తుంది. ఫలితముగా, చలనములో ఉన్న అయస్కాంతముపై నిరంతరం ఒక నిరోధక బలము పనిచేస్తూ ఉంటుంది. ఈ నిరోధక బలమునకు వ్యతిరేకముగా అయస్కాంతమును చలింపజేయుటకు బాహ్య కారకముచే కొంత పని చేయబడుతుంది. చలనములో ఉన్న అయస్కాంతము యొక్క యాంత్రిక శక్తి క్రమముగా విద్యుచ్ఛక్తిగా మార్చబడుతుంది. తరువాత అది తీగచుట్టలో జౌల్ ఉష్ణశక్తిగా మారుతుంది. అనగా ఇక్కడ శక్తి ఒక రూపము నుండి మరొక రూపమునకు మారుచున్నది.

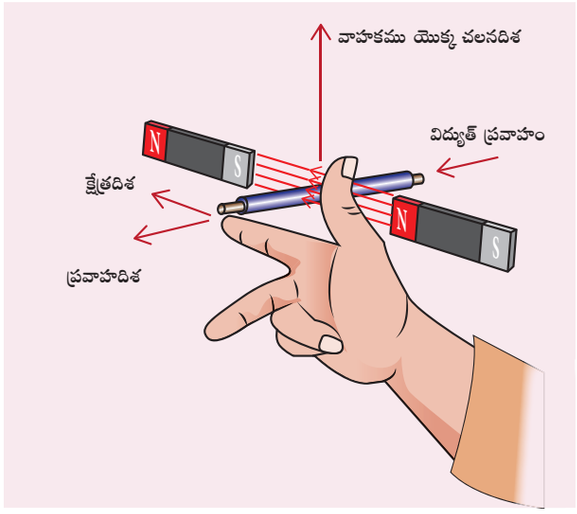
లెంజ్ నియమమునకు విరుద్ధంగా, ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహం ఉత్పత్తి కావడానికి కారణమైన

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 218 23-03-2023 14:14:09

కారకమును వ్యతిరేకించదు అని అనుకుందాం. ఇప్పుడు తీగచుట్టవైపు అయస్కాంతమును కొద్దిగా జరిపినపుడు, ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహం తీగచుట్టవైపు గల అయస్కాంత చలనమునకు అనుకూలముగా ఉంటుంది. అప్పుడు తీగచుట్ట వైపు అయస్కాంతము ఎటువంటి శక్తి వ్యయము లేకుండా చలించడం ప్రారంభిస్తుంది. ఇది ఒక యెడతెగని నిరంతరమైన చలనయంత్రముగా మారుతుంది. కానీ ఆచరణలో ఇటువంటి యంత్రం ఉండుట అసాధ్యం. కనుక ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహం అది ఉత్పత్తి కావడానికి గల కారకమునకు అనుకూలంగా ఉంటుందని ఊహించడం సబబుకాదు. ఈ విధంగా శక్తినిత్యత్వమునకు లెంజ్ నియమము ఒక ఉత్తమ ఉదాహరణ అవుతుంది.

4.1.5 ఫ్లెమింగ్ కుడిచేతి నిబంధన :

ఒక అయస్కాంత క్షేత్రములో విద్యుద్వాహకం చలిస్తున్నపుడు, వాహకము యొక్క చలన దిశ, అయస్కాంపు క్షేత్ర దిశ మరియు ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహ దిశలను ఫ్లెమింగ్ కుడిచేతి నిబంధన ప్రకారం క్రింది విధముగా తెలుపవచ్చును.



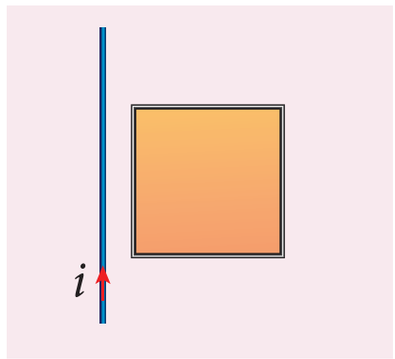
పటము 4.8 ఫ్లెమింగ్ కుడిచేతి నిబంధన

పటము 4.8 లో చూపినట్లు కుడిచేయి బొటనవ్రేలు, చూపుడు వ్రేలు మరియు మధ్యవ్రేలును పరస్పరం ఒకదానికొకటి లంబంగా ఉండునట్లు చాచవలెను చూపుడు వ్రేలు అయస్కాంత క్షేత్ర దిశను సూచిస్తే బొటనవ్రేలు వాహక చలనదిశను, మధ్యవ్రేలు ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను సూచిస్తుంది.

ఫ్లెమింగ్ కుడిచేతి నిబంధనను "విద్యుత్ జనని" నియమము అని కూడా పిలుస్తారు.

ఉదాహరణ 4.6

పటములో చూపినట్లు ఒక తిన్నని వాహక తీగలో ప్రవహించు విద్యుత్ i తగ్గినప్పుడు, దానికి సమీపముగా ఉంచిన లోహచతురస్ర వలయములో ప్రేరేపించబడిన ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహదిశను కనుగొనండి.

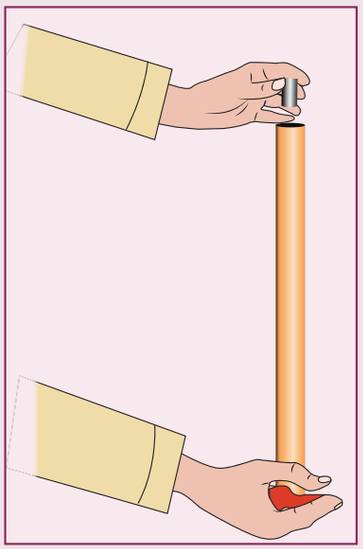


సాధన :

కుడిచేతి నిబంధన ప్రకారం, తిన్నని తీగచే ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రము చతురస్ర వలయ తలమునకు లంబదిశలో ఉంటుంది, మరియు దాని అయస్కాంత అభివాహం తగ్గుతుంది. అయస్కాంత అభివాహములోని తగ్గుదల వలయములో ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహంచే వ్యతిరేఖించబడుతుంది. ఈ వ్యతిరేఖత తీగలోని అయస్కాంత క్షేత్ర దిశలోనే అయస్కాంత క్షేత్రము వలయములో కూడా ఏర్పడుట వలన జరుగును. మరలా కుడిచేతి నిబంధన ప్రకారం లోపలివైపు ఏర్పడు అయస్కాంత క్షేత్రమునకు వలయములోని ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహ దిశ సవ్యదిశలో ఉంటుంది.

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 219 23-03-2023 14:14:09

కృత్యము



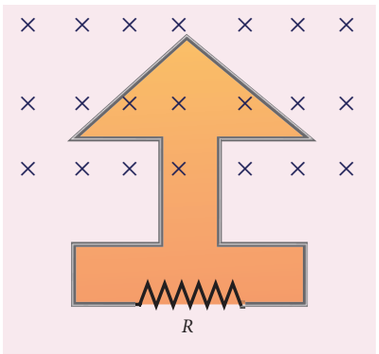
లెంజ్ నియమము – ప్రదర్శన

పటములో చూపినట్లు ఒక నిటారైన రాగిగొట్టము మరియు అత్యంత శక్తివంతమైన అయస్కాంతమును తీసుకొనుము. రాగిగొట్టమును క్షితిజలంబముగా ఉంచి అందులో అయస్కాంతమును జారవిడవండి. ఇప్పుడు అయస్కాంత చలనమును పరిశీలించిన యెడల అది స్వేచ్ఛగా క్రిందకు పడునప్పటికంటే గొట్టములో నెమ్మదిగా జారుటను గమనించవచ్చును. దీనికిగల కారణం చలించే అయస్కాంతం వలన ఉత్పత్తియైన విద్యుచ్ఛక్తి ఎల్లప్పుడు ఆ అయస్కాంతము యొక్క వాస్తవ చలనమును వ్యతిరేకిస్తుంది.

ఉదాహరణ 4.7

ఒక వలయము యొక్క తలమునకు లంబదిశలో అయస్కాంత అభివాహము ప్రసరిస్తున్నది. మరియు అది కాగితంలోపలి వైపు దిశను కలిగియున్నది. ఈ క్రింది సహసంబంధం ప్రకారం అయస్కాంత అభివాహము కాలము పరంగా మారినట్లైతే, $t = 3$ సె వద్ద వలయములో ప్రేరిత వి.చ్చా.బ. పరిమాణమును కనుగొనుము. వలయము ద్వారా ప్రసరించే విద్యుత్ ప్రవాహదిశను తెలుపుము.

సహసంబంధం $\Phi_B = \left(2t^3 + 3t^2 + 8t + 5\right)\text{mWb}$



సాధన:

$\Phi_B = \left(2t^3 + 3t^2 + 8t + 5\right)\text{mWb}; N = 1; t = 3\text{ s}$

(i) $\varepsilon = \dfrac{d\left(N\Phi_B\right)}{dt}$

$= \dfrac{d}{dt}\left(2t^3 + 3t^2 + 8t + 5\right)\times 10^{-3}$

$= \left(6t^2 + 6t + 8\right)\times 10^{-3}\text{ V}$

t = 3 s వద్ద,

$\varepsilon = \left[\left(6\times 9\right) + \left(6\times 3\right) + 8\right]\times 10^{-3}$

$= 80\times 10^{-3}\text{ V} \;= 80\text{ mV}$

(ii) కాలక్రమేణ వలయముతో ముడిపడిన అయస్కాంత అభివాహం పెరుగుతుంది. లెంజ్ నియమము ప్రకారం ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహదిశ అభివాహ పెరుగుదలను వ్యతిరేఖించు దిశలో ఉంటుంది. కనుక ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహం ఇవ్వబడిన క్షేత్రమునకు వ్యతిరేక దిశలో అయస్కాంత క్షేత్రమును ఉత్పత్తి చేయుదిశలో ఉంటుంది. ఈ అయస్కాంత క్షేత్రం బాహ్యదిశకు అభిలంబముగా ఉంటుంది. కావున ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహం అపసవ్యదిశలో ఉంటుంది.

4.1.6 లారెంట్జ్ బలమునుండి చలన విద్యుత్ చాలక బలము

l పొడవు కలిగిన AB అనే ఒక తిన్నని వాహక కడ్డీ ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రం $\vec{B}$ లో పటము 4.9 (a) నందు చూపినట్లు కాగిత తలమునకు లంబముగా

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 220 23-03-2023 14:14:12

ఉన్నదని అనుకొందాం. కడ్డీ యొక్క పొడవు ఆయస్కాంత క్షేత్రమునకు అబిలంబముగానున్నది. అయితే కడ్డీని స్థిర వేగము $\vec{v}$ తో కుడివైపుగా చలిపచేద్దాం.

కడ్డీ చలనములో ఉన్నప్పుడు అందులోని స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు కూడా $\vec{B}$ క్షేత్రములో అంతే వేగం $\vec{v}$ లో చలిస్తాయి. ఫలితంగా స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులపై లారెంట్జ్ బలము B నుండి A దిశలో పనిచేస్తుంది దీనిని క్రింది సమీకరణం ద్వారా తెలుపవచ్చును.

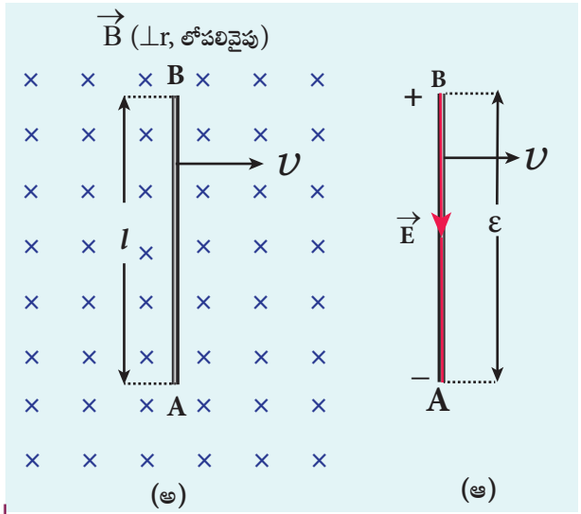
$$\overrightarrow{F_B} = -e\left(\vec{v}\times\vec{B}\right) \qquad (4.4)$$

ఈ లారెంట్జ్ బలము యొక్క చర్య స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులను A కొనవద్ద ప్రోగు చేస్తుంది. ఈ స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు ప్రోగవడం వలన కడ్డీకొనల వద్ద శక్మ బేధం ఉత్పత్తి అవుతుంది. ఇది క్రమంగా పటము 4.9 (b) లో చూపినట్లు BA దిశలో $\vec{E}$ అనే విద్యుత్ క్షేత్రమును ఏర్పరస్తుంది. ఈ విద్యుత్ క్షేత్రం $\vec{E}$ వలన స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులపై AB దిశలో కూలూంబ్ బలము పనిచేయుట ప్రారంభమగును. ఈ విలువ క్రింద ఇవ్వబడినది.

$$\overrightarrow{F_E} = -e\vec{E} \qquad (4.5)$$

A కొనవద్ద ఎలక్ట్రానులు ప్రోగవుతున్నంతవరకు విద్యుత్ క్షేత్రం $\vec{E}$ పరిమాణము పెరుగుతూనే ఉంటుంది. ఇది సమతా స్థితిని చేరునంత వరకు $\vec{F}_E$ కూడా పెరుగుతూ ఉంటుంది. సమతా స్థితి వద్ద అయస్కాంత లారెంట్జ్ బలము $\vec{F}_B$ మరియు కూలూంబ్ బలము $\vec{F}_E$ ఒకదానికొకటి సమతుల్యము చెందుతాయి. అంతేకాకుండా A కొనవద్ద స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు ప్రోగవవు.

$$\left|\vec{F}_B\right| = \left|\vec{F}_E\right|$$



పటము 4.9 లారెంట్జ్ బలము నుండి చలన వి.చ్చా.బ.

$$\left|-e\,(\vec{v}\times\vec{B})\right| = \left|-e\vec{E}\right|$$
$$vB\sin 90° = E$$
$$vB = E \qquad (4.6)$$

కడ్డీ రెండు చివరల వద్ద శక్మబేధము

$$V = El$$
$$V = vBl$$

ఈ విధముగా లారెంట్జ్ బలము స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులపై పనిచేయడం వలన అది శక్మబేధమునకు కారణమై వి.చ్చా.బ.ను ఉత్పత్తి చేస్తుంది.

$$\varepsilon = Blv \qquad (4.7)$$

ఈ వి.చా.బ కడ్డీ యొక్క చలనము వలన ఉత్పత్తి కావడం వలన దీనిని చలన వి.చా.బ అని పిలుస్తారు. ఇప్పుడు R ఫలిత నిరోధము కలిగిన ఒక బాహ్యవలయముచే A మరియు B కొనలు అనుసంధానింపబడినట్లైతే అందులో $i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{Blv}{R}$ విద్యుత్ ప్రవహిస్తుంది. ఈ విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను కుడిచేతి బొటన వ్రేలు నిబంధన నుండి కనుగొనవచ్చును.

ఉదాహరణ 4.8

చెన్నైనందు ఒక ప్రాంతమువద్ద గల భవనము పై 7.2 మీ ఎత్తు నుండి 0.5 మీ పొడవు గల ఒక వాహక కడ్డీ స్వేచ్ఛాగా క్రిందకు పడుచున్నది. ఈ ప్రాంతములో భూ అయస్కాంత క్షేత్ర క్షితిజ అంశము 4.04×10^{-5} T. క్షితిజ సమాంతర భూ

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 221 23-03-2023 14:14:17

ఆయస్కాంత క్షేత్రమునకు వాహక కడ్డీ పొడవు లంబముగా ఉన్నట్లయితే కడ్డీ భూమిని తాకేటపుడు వాహక చివరల మధ్య ఏర్పడు ప్రేరిత వి.చ్చా.బ. ను లెక్కించండి. (కడ్డీ 10 మీ సె$^{-2}$ స్థిర త్వరణముతో క్రిందుకు పడుచున్నదని అనుకొనుము).

సాధన:

$l = 0.5$ మీ; $h = 7.2$ మీ; $u = 0$ మీ సె$^{-1}$;
$g = 10$ మీ సె$^{-2}$; $B_H = 4.04 \times 10^{-5}$ T

కడ్డీ యొక్క తుది వేగము

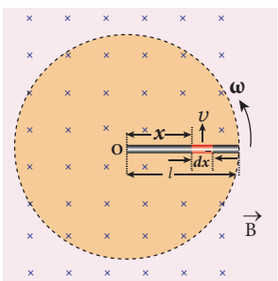
$$v^2 = u^2 + 2gh = 0 + (2 \times 10 \times 7.2) = 144$$
$$v = 12 \text{ మీ సె}^{-1}$$

కడ్డీ భూమిని తాకేటపుడు అందులో ప్రేరిత వి.చ్చా.బ. పరిమాణము

$$\varepsilon = B_H l v = 4.04 \times 10^{-5} \times 0.5 \times 12$$
$$= 242.4 \ \mu V$$

ఉదాహరణ 4.9

పటములో చూపిన విధముగా l పొడవు గల ఒక రాగి కడ్డీ కొన B అయస్కాంత క్షేత్రములో ω కోణీయ వేగముతో భ్రమిస్తుంది. భ్రమణ తలము క్షేత్రమునకు అభిలంబముగా ఉన్నది. అయితే కడ్డీ రెండు చివరల వద్ద ప్రేరితమైన వి.చ్చా.బ.ను కనుగొనండి



సాధన:

కడ్డీ భ్రమిస్తున్న వృత్తాకార మార్గము యొక్క కేంద్రము నుండి x దూరము వద్ద dx అత్యల్ప పొడవు కలిగిన కడ్డీ భాగమును ఊహిద్దాం. ఈ dx భాగము $v = x\omega$ అనే రేఖీయ వేగముతో క్షేత్రమునకు లంబముగా చలించినపుడు, ఆ భాగములో వృద్ధి చెందిన వి.చ్చా.బ.

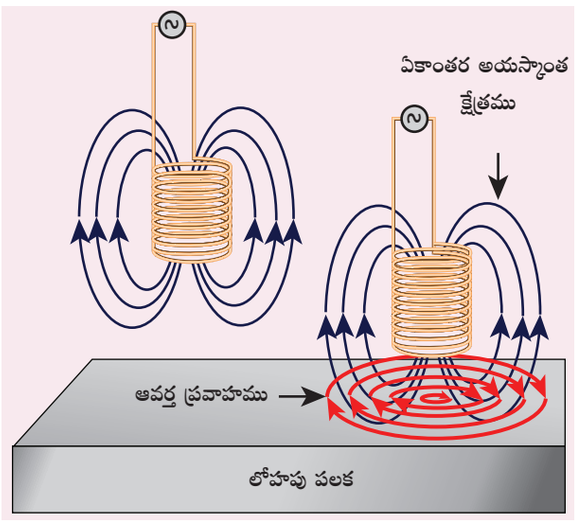
$$d\varepsilon = Bvdx \quad = B(x\omega)dx$$

ఈ కడ్డీ dx వంటి అనేక భాగములచే నిర్మితమై ఉంది. క్షేత్రమునకు లంబంగా చలిస్తూ ఉన్నది. అప్పుడు కడ్డీ చివరల వద్ద ప్రేరితమైన వి.చ్చా.బ..

$$\varepsilon = \int d\varepsilon = \int_0^l B\omega x dx = B\omega \left[\frac{x^2}{2}\right]_0^l$$
$$\varepsilon = \frac{1}{2} B\omega l^2$$

4.2 ఆవర్త ప్రవాహము (EDDY CURRENTS)

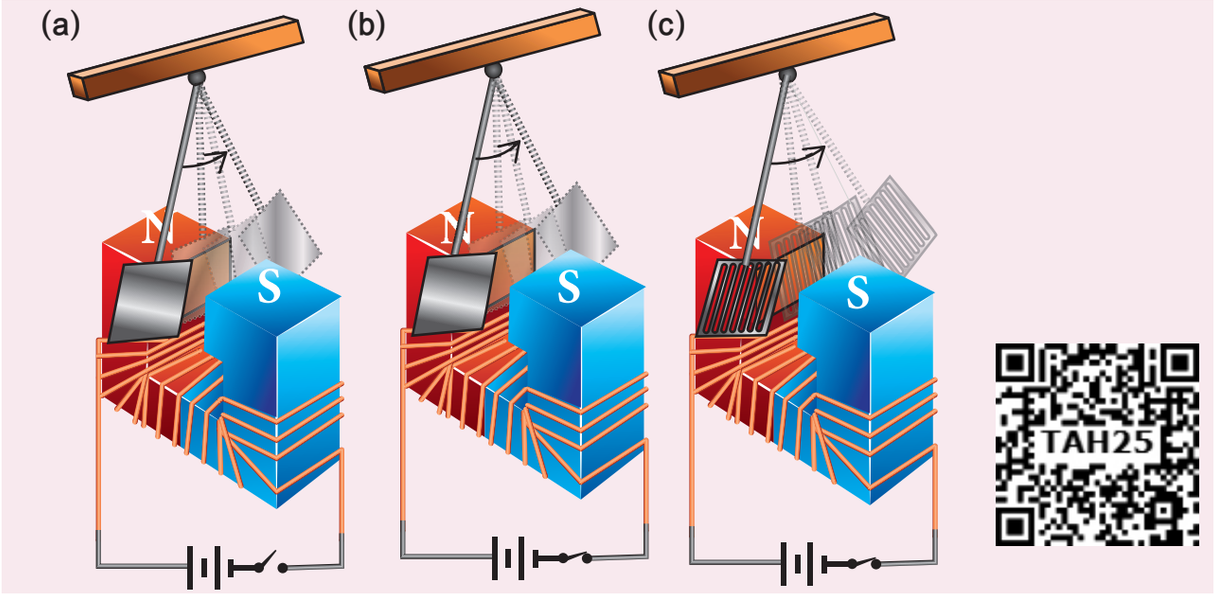
ఫారడే విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ నియమము ప్రకారము ఒక వాహకములో మారే అయస్కాంత అభివాహము వలన వి.చ్చా.బ. ప్రేరితమవుతుంది. అయితే వాహకము తీగగానో లేక తీగచుట్టగానో ఉండనవసరము లేదు.



పటము 4.10 ఆవర్త ప్రవాహము

పలక రూపములోని వాహకములలో కూడా అందులో ముడిపడి ఉన్న అయస్కాంత అభివాహము మారునపుడు వి.చ్చా.బ. ప్రేరితమవుతుంది. అయితే తేడా ఏమనగా ఈ సందర్భములో ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవహించుటకు నిర్ణీత వలయము లేక మార్గము ఉండదు. తత్ఫలితముగా పటము 4.10లో చూపినట్లు ప్రేరిత విద్యుత్ ఏక కేంద్ర వృత్తాకార మార్గములో ప్రవహిస్తుంది. ఈ విద్యుత్ ప్రవాహము

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 222 23-03-2023 14:14:22



పటము 4.11 ఆవర్త ప్రవాహము యొక్క ప్రదర్శన

నీటిలో ఏర్పడు అలల వలె ఉండుట వలన దీనిని ఆవర్త ప్రవాహము లేదా ఫౌకాల్ట్ ప్రవాహము (Foucault currents) అని పిలుస్తారు.

ప్రదర్శన

ఆవర్త ప్రవాహమును ఉత్పత్తి చేయడానికి ఒక సాధారణ ప్రదర్శన ఈ క్రింద ఇవ్వబడియున్నది.

పటము 4.11 (*a*)లో చూపినట్లు ఒక లోలకమును అత్యంత శక్తివంతమైన ఒక అయస్కాంత ధ్రువముల మధ్య డోలనములను చేయునట్లు అమర్చుదాం. మొదట విద్యుదయస్కాంతమును స్విచ్ ఆఫ్ చేసి లోలకమును నెమ్మదిగా లాగి వదులుము. లోలకము డోలనము చేయుటను ప్రారంభించి, అది ఆగడానికి మునుపటి క్షణము వరకు అనేక సంఖ్యలో డోలనాలు చేస్తుంది. ఇక్కడ గాలి ఘర్షణ మాత్రమే అవరుద్ధ (damping) బలముగా పనిచేస్తుంది.

ఇప్పుడు విద్యుదయస్కాంతమును స్విచ్ ఆన్ చేసి పళ్ళెపు లోలకమును డోలనము చేయించాలి. అప్పుడు అందులో ఆవర్త ప్రవాహము ఉత్పత్తి అయ్యిఅది, లోలకపు డోలనాలను ఈ ప్రవాహము అడ్డుకొనేటట్లు ఉంటుంది. పటము 4.11 (ఆ)లో చూపినట్లు అధిక అవరుద్ధ బలము ఈ ఆవర్త ప్రవాహము వలన ఉత్పత్తి అయ్యి అది లోలకమును తక్కువ డోలనాలు చేసి విరామ స్థితిని చేరునట్లు చేస్తుంది.

పటము 4.11 (*c*) లో చూసినట్లు లోలకపు పళ్ళెములో కొన్ని నిటారు చీలికలను ఏర్పాటు చేసినపుడు ఆవర్త ప్రవాహం తగ్గుతుంది. అప్పుడు లోలకము విరామ స్థితిని చేరుటకు మునుపు ఎక్కువ డోలనాలు చేస్తుంది. ఈ ప్రదర్శన లోలకపు పళ్ళెములో ఆవర్త ప్రవాహము ఉత్పత్తి అగుటను వివరిస్తుంది.

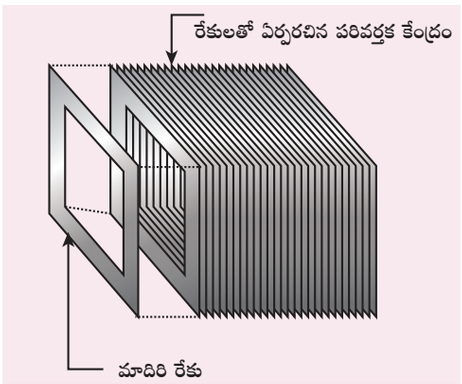
ఆవర్త ప్రవాహము వలన కలిగే నష్టములు :

వాహకములో ఆవర్త ప్రవాహము ప్రసరించుట వలన అందులో ఉష్ణ రూపములో అధిక పరిమాణములో శక్తి నష్టం ఏర్పడుతుంది. ఆవర్త ప్రవాహం ప్రసరణ వలన ఏర్పడు శక్తి నష్టం అనివార్యం కాని ఈ నష్టమును సరియైన జాగ్రత్తలను తీసుకొనుట ద్వారా పూర్తిగా తగ్గించవచ్చు.

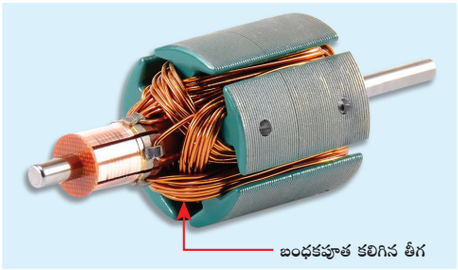
పరివర్తక కేంద్రము మరియు విద్యుత్ మోటార్ ఆర్మేచర్‌లను రూపొందించునపుడు ఆవర్త ప్రవాహ నష్టమును తగ్గించుట కష్టతరం. అయితే ఈ నష్టమును తగ్గించుటకు పరివర్తకము యొక్క కేంద్రకమును సన్నని రేకులతో తయారు చేసి వాటిని అమర్చునప్పుడు రెండింటికి మధ్య బంధక పూతను ఏర్పరస్తారు. అదేవిధంగా విద్యుత్ మోటార్‌ను తీగచుట్టలో ఏర్పరచునపుడు బంధకపూత కలిగిన వాహక తీగలను ఆర్మేచర్‌పై చుట్టెదరు. ఇది పటము 4.12 (*a*) మరియు 4.12 (*b*) లో చూపబడినది.

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 223 23-03-2023 14:14:23

ఈ బంధకపూత అత్యధిక ఆవర్త ప్రవాహమును అడ్డుకొని శక్తి నష్టమును కనిష్టం చేస్తుంది.



పటము 4.12 (*a*) పరివర్తక కేంద్రము యొక్క బంధకపూత కలిగిన రేకులు



పటము 4.12 (*b*) విద్యుత్ మోటార్‌కు చుట్టబడిన బంధకపూత తీగ

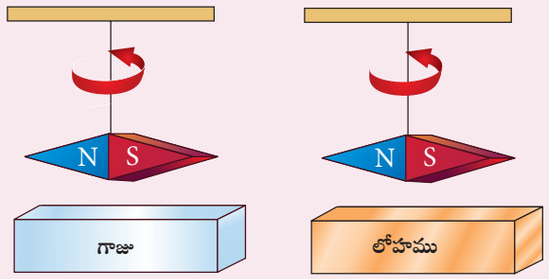
ఉదాహరణ

సమాన పరిమాణము మరియు సమాన ద్రవ్యరాశి కలిగిన ఒక గోళాకార రాయి మరియు ఒక గోళాకార లోహపుబంతి సమాన ఎత్తునుండి జారవిడవబడినది. అయితే ఈ రెండింటిలో ఏది మొట్టమొదట భూ ఉపరితలమును చేరుతుంది. మీ సమాధానమును న్యాయపరచండి. ఇక్కడ గాలి ఘర్షణ లేదని ఊహించండి.

జవాబు

లోహపు బంతికంటె ముందుగా రాయి భూ ఉపరితలమును చేరుతుంది. కారణమేమనగా లోహపుబంతి భూ అయస్కాంత క్షేత్రం ద్వారా క్రిందకు పడునపుడు అందులో ఉత్పత్తియైన ఆవర్త ప్రవాహము బంతి చలనమును వ్యతిరేఖిస్తుంది. కానీ రాయి విషయములో ఎటువంటి ఆవర్తన ప్రవాహము ఉత్పత్తికాదు కనుక అది స్వేచ్ఛగా క్రిందకు పడుతుంది.

కృత్యము



ఒక శక్తివంతమైన అయస్కాంతమును ఉపయోగించి తీగ రెండవ చివరలో వ్రేలాడదీసి పటములో చూపినట్లు ఒక లోలకమును నిర్మించండి. ఈ అమరికకు క్రింది భాగమున ఒక గాజు పలకను ఉంచి లోలకమును డోలనము చేయించండి. లోలకం విరామస్థితిని చేరుటకు పట్టుకాలమును నమోదుచేయండి.

ఇప్పుడు లోలకము క్రింద ఒక లోహపు పలకను ఉంచి, లోలకమును డోలనము చేయించండి. ఈ సందర్భములో కూడా లోలకం విరాస్థితిని చేరుటకు పట్టే సమయాన్ని నమోదు చేయండి.

రెండవ సందర్భములో అయస్కాంతం తొందరగా డోలనాలు చేయడం ఆపివేస్తుంది. ఎందుకనగా పలకలో ఆవర్తన ప్రవాహం ఉత్పత్తియై అది అయస్కాంత డోలనాలను వ్యతిరేకిస్తుంది.

ఆవర్త ప్రవాహము యొక్క అనువర్తనములు :

ఆవర్త ప్రవాహము ఉత్పత్తి అగుట కొన్ని సందర్భములలో అవసరంలేనప్పటికి మరికొన్ని సందర్భములలో ఇది ఉపయోగకరముగా ఉన్నది. అందులో కొన్ని ఈ క్రింది ఇవ్వబడినవి.

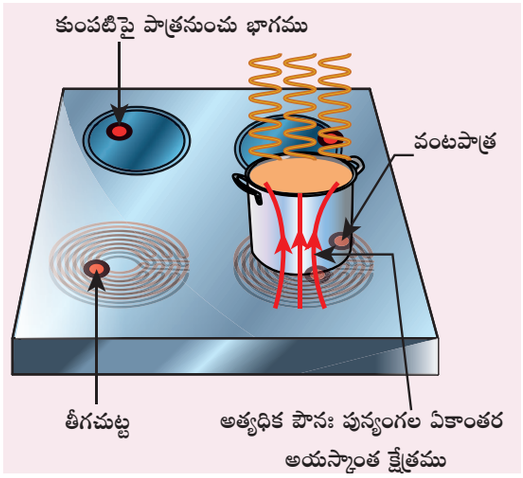
1. ప్రేరిత కుంపటి
2. ఆవర్త ప్రవాహ బ్రేకు
3. ఆవర్త ప్రవాహ పరీక్ష
4. విద్యుదయస్కాంత అవరుద్ధం

i. ప్రేరిత కుంపటి (Induction stove)

ఆహారపదార్థమును అల్పశక్తిని ఉపయోగించుకొని అత్యంత వేగంగా మరియు సురక్షితంగా వండుటకు

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 224 23-03-2023 14:14:23

ప్రేరిత కుంపటిని ఉపయోగిస్తారు. కుంపటిపై వంటపాత్రను వుంచే భాగము క్రింద బంధకపూత కలిగిన తీగచే బిగుతుగా ఒక తీగచుట్టను చుట్టియుంటారు. వంట పాత్ర దీనికి సరిపోవు స్వభావముగల పదార్థముచే తయారుచేయబడి ఉంటుంది. పాత్రను కుంపటిపైవుంచి, స్విచ్‌ను ఆన్ చేయగానే, తీగచుట్టలో ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహం ప్రసరించి, అది అత్యధిక పౌనఃపున్యము గల, ఏకాంతర విద్యుత్ క్షేత్రమును ఉత్పత్తి చేస్తుంది. ఇది బలమైన ఆవర్త ప్రవాహమును వంటపాత్రలో ప్రేరేపిస్తుంది. వంటపాత్రలోని ఆవర్త ప్రవాహము జౌల్ ఉష్ణ ఫలితము కారణంగా అత్యధిక ఉష్ణము ఉత్పత్తియై అది ఆహారపదార్థమును వండుటకు ఉపయోగపడుతుంది. (పటము 4.13)



పటము 4.13 ప్రేరిత కుంపటి.

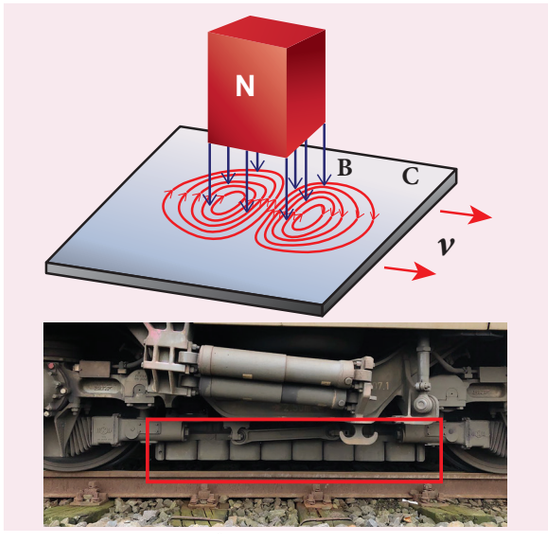
గమనిక :

గృహ వినియోగ AC సరఫరా పౌనఃపున్యమును 50–60 Hz నుండి 20–40 KHz వరకు పెంచాలి. ఈ విలువను అత్యధిక పౌనఃపున్య ఏకాంతర విద్యుత్ క్షేత్రమును ఉత్పత్తి చేయుటకుగాను తీగచుట్టకు AC సరఫరాను అందించక మునుపే పెంచవలెను.

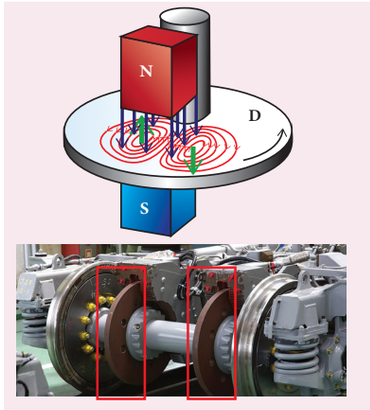
ii. ఆవర్త ప్రవాహ బ్రేక్ (Eddy current brake)

ఆవర్త ప్రవాహ బ్రేక్ వ్యవస్థను సాధారణంగా అతివేగ రైలు మరియు రోలర్ కోస్టర్‌లలో ఉపయోగించెదరు. రైలు పట్టాలకు కొద్ది ఎత్తులో శక్తివంతమైన విద్యుదయస్కాంతమును అమర్చెదరు. రైలును ఆపడానికి విద్యుదయస్కాంత స్విచ్‌ను ఆన్ చేయాలి. ఈ ఆయస్కాంతముల అయస్కాంత క్షేత్రము రైలు పట్టాలలో ఆవర్త ప్రవాహమును ప్రేరేపించి రైలు చలనమును వ్యతిరేకిస్తుంది లేదా నిరోధిస్తుంది. దీనినే రేఖీయ ఆవర్త ప్రవాహ బ్రేక్ వ్యవస్థ అని పిలిచెదరు. (పటము 4.14(*a*))

కొన్ని సందర్భములలో ఒక వృత్తాకార పళ్ళెమును రైలు చక్రములోని ఉమ్మడి షాఫ్ట్ ద్వారా అనుసంధానం చేస్తారు. ఇది విద్యుదయస్కాంత ధ్రువముల మధ్య భ్రమణం చేయునట్లు అమర్చబడి ఉంటుంది. పళ్ళెము మరియు అయస్కాంతముల మధ్య సాపేక్ష చలనము ఉన్నప్పుడు పళ్ళెములో ఆవర్త ప్రవాహం ప్రేరేపితమై అది రైలును ఆపుతుంది. దీనినే వృత్తాకార ఆవర్త ప్రవాహ బ్రేక్ వ్యవస్థ అని పిలిచెదరు. (పటము 4.14 (*b*))



పటము 4.14 (*a*) రేఖీయ ఆవర్త ప్రవాహ బ్రేక్ వ్యవస్థ

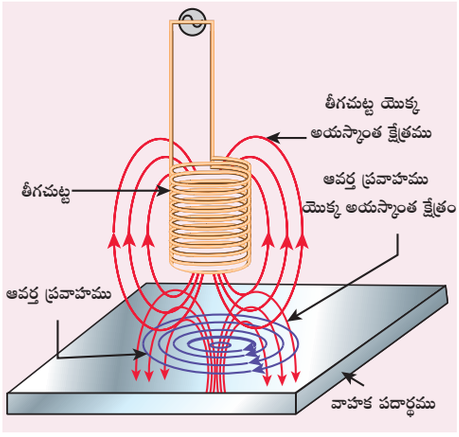


పటము 4.14 (*b*) వృత్తాకార ఆవర్త ప్రవాహ బ్రేక్ వ్యవస్థ

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 225 23-03-2023 14:14:25

iii. ఆవర్త ప్రవాహ పరీక్ష (Eddy current testing)

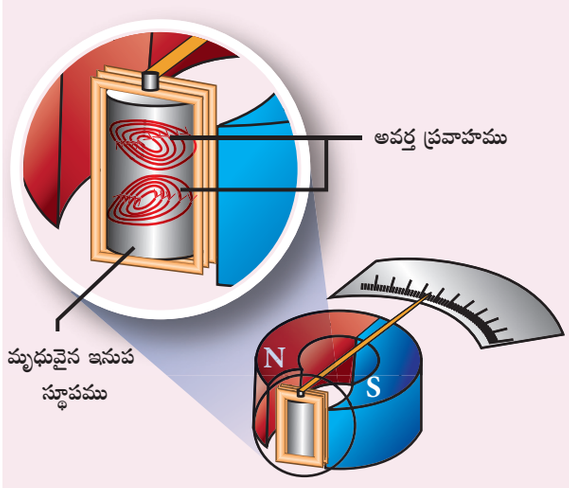
ఒక మాదిరిలో ఉపరితల పగులు (cracks) మరియు గాలి బుడగలు వంటి లోపములను కనుగొనుటకు చేయు అవినాశక (non–destructive) సరళ పద్ధతిలో ఇది ఒకటి. బంధక పూత కలిగిన ఒక తీగ చుట్టకు ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహము అందించినపుడు అది ఏకాంతర విద్యుత్ క్షేత్రమును ఉత్పత్తి చేస్తుంది. పరీక్షింపదలచిన తలమునకు సమీపముగా ఈ తీగ చుట్టను ఉంచినపుడు, పరీక్షా తలములో ఆవర్త ప్రవాహము ఏర్పడుతుంది. అప్పుడు తలములోఏదైనా లోపము ఉన్న యెడల ఆవర్త ప్రవాహము యొక్కదశ (phase) మరియు కంపన పరిమితి (amplitude) లలో మార్పు ఏర్పడుతుంది. ఈ మార్పు ద్వారా తలములోని లోపమును కనుగొంటారు. (పటము 4.15)



పటము 4.15 ఆవర్త ప్రవాహ పరీక్ష

iv. విద్యుదయస్కాంత అవరుద్ధం (Electro magnetic damping)

గాల్వనా మీటరులోని తీగచుట్ట ఒక మృధువైన ఇనుప స్థూపముపై చుట్టబడి ఉంటుంది. ఒక్కసారి ఆర్మేచర్ అపవర్తనము చెందినంతనే, మృధువైన ఇనుప స్థూపము మరియు రేడియల్ అయస్కాంత క్షేత్రముల మధ్య సాపేక్ష చలనము వలన స్థూపములో ఆవర్త ప్రవాహము ప్రేరేపించబడుతుంది. ఆవర్తన ప్రవాహము ప్రసరించుట వలన అవరుద్ధ బలము ఆర్మేచర్‌ను విరామ స్థితిలోకి తీసుకొస్తుంది. వెంటనే గాల్వనామీటరు ఒక స్థిర అపవర్తనమును చూపుతుంది. దీనినే విద్యుదయస్కాంత అవరుద్ధం అని అంటారు.



పటము 4.16 విద్యుదయస్కాంత అవరుద్ధము

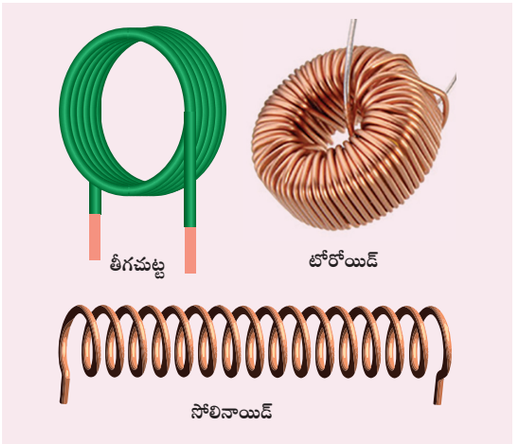
4.3 స్వయం ప్రేరణ (SELF – INDUCTION)

4.3.1 పరిచయము

తన ద్వారా విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రసరించినపుడు అయస్కాంత క్షేత్రములో శక్తిని నిల్వయుంచు సాధనమును ప్రేరకము (Inductor) అని అంటారు. వీటిని సాధారణ ఉదాహరణలు పటము 4.17 లో ఇవ్వబడియున్నవి. అవి తీగచుట్ట, సొలినాయిడ్ మరియు టోరాయిడ్ (అతంలేని సొలినాయిడ్).

ఒక వలయం ద్వారా ప్రవహించే విద్యుత్‌లోని మార్పు వలన వి.చ్ఛా.బ.ను ఉత్పత్తి చేయు పరికమును ప్రేరకము అని ఈ ధర్మమును ప్రేరకత్వం (Inductance) అని పిలుస్తారు. ఇది స్వయం ప్రేరణ. అలా కాకుండా అయస్కాంతత్వముతో ముడిపడిన మరొక సమీప వలయం ద్వారా విద్యుత్ ప్రవాహములో మార్పు కలుగుటను అన్యోన్య ప్రేరణ అంటారు. స్వయం ప్రేరణ మరియు అన్యోన్య ప్రేరణలను తరువాతి భాగములో అభ్యసిద్దాం.

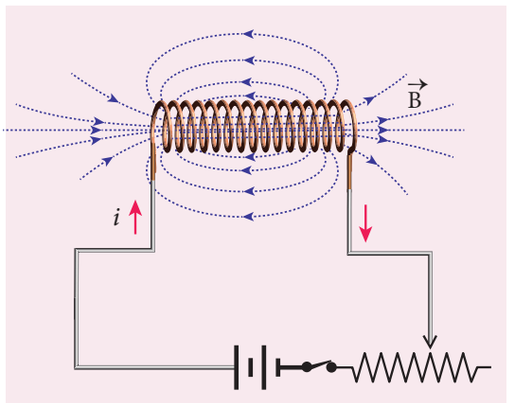
04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 226 23-03-2023 14:14:26



పటము 4.17 ప్రేరకమునకు ఉదాహరణలు

స్వయం ప్రేరణ (Self-induction)

ఒక తీగ చుట్ట ద్వారా విద్యుత్ ప్రసరించినపుడు దాని చుట్టూ అయస్కాంత క్షేత్రం ఏర్పడుతుంది. అప్పుడు తీగచుట్టలో అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క అయస్కాంత అభివాహము ముడిపడి ఉంటుంది. విద్యుత్ ప్రవాహమును మార్చుట ద్వారా అభివాహము మారినట్లయితే పటము 4.18 లో చూపినట్లు అదే తీగచుట్టలో కొంత వి.చ్చా.బ. ప్రేరితమవుతుంది దీనినే స్వయం ప్రేరణ అని అంటారు. ప్రేరిత విద్యుచ్ఛాలక బలమును స్వయం ప్రేరిత వి.చ్చా.బ. అని అంటారు.



పటము 4.18 స్వయం ప్రేరణ

N చుట్లు కలిగిన తీగ తీగచుట్టలో ఒక్కొక్క చుట్ట నందు ముడిపడియున్న అయస్కాంత అభివాహము Φ_B అయితే, తీగ చుట్ట మొత్తం ముడిపడి ఉన్న అభివాహం $N\Phi_B$, (అభివాహ లింకేజి) తీగచుట్టలోని విద్యుత్ ప్రవాహం i కు అనులోమానుపాతములో ఉంటుంది.

$$N\Phi_B \propto i$$

$$N\Phi_B = Li \qquad (4.8)$$

(లేదా) $L = \dfrac{N\Phi_B}{i}$

అనుపాత స్థిరాంకము L ను తీగచుట్ట యొక్క స్వయం ప్రేరకత్వము లేదా స్వయం ప్రేరణ గుణకము అని అంటారు. i = 1A మరియు $L = N\Phi_B$ అయినపుడు, ఒక తీగచుట్ట ద్వారా **1A** విద్యుత్ ప్రవహించినపుడు అందులో ముడిపడిన అభివాహమును (అభివాహ లింకేజిని) ప్రేరకత్వము (inductance) లేదా స్వయం ప్రేరకత్వం (self inductance) అని అంటారు.

కాలముతో పాటు విద్యుత్ ప్రవాహం i కూడా మారినపుడు, అందులో వి.చ్చా.బ. ప్రేరితమవుతుంది. ఫారడే విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ నియమము నుండి తీగచుట్టలో ప్రేరిత మైన స్వయం ప్రేరణను క్రింది సమీకరణం ద్వారా తెలుపవచ్చును.

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

$$= -\frac{d(Li)}{dt} \text{(సమీకరణం 4.8 ను ఉపయోగించగా)}$$

$$\therefore \varepsilon = -L\frac{di}{dt} \qquad (4.9)$$

(లేదా) $L = \dfrac{-\varepsilon}{di/dt}$

పై సమీకరణములో ఋణాత్మక సంజ్ఞ కాలముతో పాటు విద్యుత్ ప్రవాహములోని మార్పు ఎల్లప్పుడు స్వయం ప్రేరణ వి.చ్చా.బ.ను వ్యతిరేకించుటను సూచిస్తుంది. ఒకవేళ $\dfrac{di}{dt} = 1\,\text{A s}^{-1}$ అయితే, $L = -\varepsilon$ అవుతుంది. తీగచుట్టలోని విద్యుత్ ప్రవాహములోని మార్పురేటు $1\,\text{A s}^{-1}$ అయినపుడు ప్రేరిత విద్యుచ్ఛాలక బలమును వ్యతిరేకించుటను కూడా ప్రేరకత్వం అని నిర్వచించవచ్చు.

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 227 23-03-2023 14:14:33

ప్రేరకత్వము ప్రమాణములు

ప్రేరకత్వం ఒక అదిశరాశి (scalar). దీనికి ప్రమాణం $\mathrm{Wb\,A^{-1}}$ లేదా $\mathrm{VsA^{-1}}$. దీనిని హెన్రీ (H) లలో కూడా కొలుస్తారు.

$$1\,\mathrm{H} = 1\,\mathrm{Wb\,A^{-1}} = 1\,\mathrm{VsA^{-1}}$$

ప్రేరకత్వం యొక్క మితి సమీకరణము $M\,L^2\,T^{-2}A^{-2}$.

$i = 1\mathrm{A}$ మరియు $N\Phi_B = 1$ చుట్లు అయినప్పుడు, $L = 1\mathrm{H}$ అవుతుంది.

అప్పుడు, తీగచుట్టలో **1A** విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రమాణ అభివాహ లింకేజిని ఉత్పత్తి చేసినప్పుడు తీగచుట్ట ప్రేరణను ఒక హెన్రీ అని నిర్వచించవచ్చు.

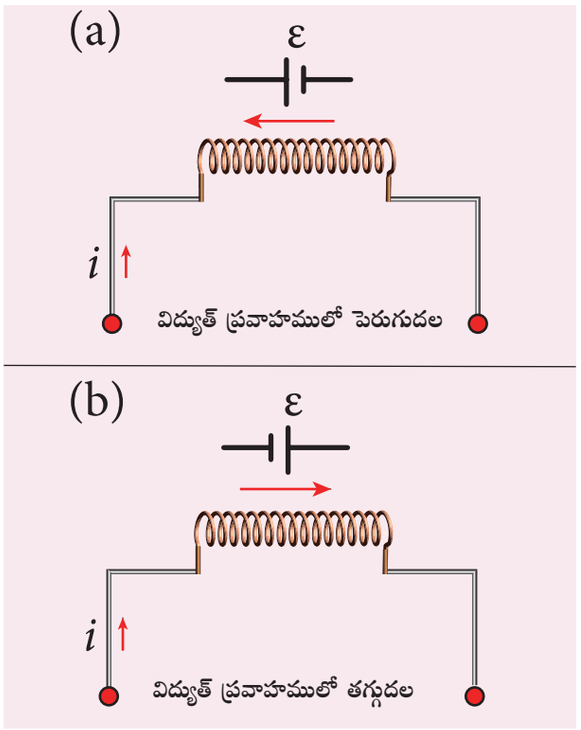
$\frac{di}{dt} = 1\mathrm{As^{-1}}$ మరియు $\varepsilon = -1\,\mathrm{V}$ అయినపుడు $L = 1\mathrm{H}$ అవుతుంది.

ఒక తీగచట్టలో విద్యుత్ ప్రవాహములోని మార్పురేటు $\mathbf{1As^{-1}}$ ఉన్నపుడు దానిని వ్యతిరేకించు ప్రేరిత విద్యుచ్ఛాలక బలము **1V** అయితే తీగచుట్ట ప్రేరకత్వం 1 హెన్రీ అవుతుంది.

ప్రేరకత్వం యొక్క భౌతిక ప్రాముఖ్యత :

మనము 11 వ తరగతిలో జడత్వమును గురించి అభ్యసించియున్నాము. రేఖీయ చలనములో, రేఖీయ జడత్వమునకు ద్రవ్యరాశి ఒక కొలత అవుతుంది. అదే విధముగా భ్రమణ చలనములో, భ్రమణ జడత్వమునకు జడత్వ భ్రామకము ఒక కొలత అవుతుంది. 11 వ తరగతి భౌతిక శాస్త్రము పాఠ్యపుస్తకములో 3.2.1 మరియు 5.4 విభాగములను పరిశీలించండి) సాధారణముగా స్థితి మార్పునకు గల వ్యతిరేకతను జడత్వము అంటారు.

యాంత్రిక చలనములో ద్రవ్యరాశి మరియు జడత్వ భ్రామకములు పోషించిన పాత్రను వలయములో ప్రేరకత్వము పోషిస్తుంది. వలయములో స్విచ్‌ను ఆన్ చేసినపుడు పటము 4.19 (a) లో చూపినట్లు పెరుగుచున్న విద్యుత్ ప్రవాహము వి.చ్ఛా.బ.ను ప్రేరేపించి అది విద్యుత్ ప్రవాహములో పెరుగుదలను వ్యతిరేకిస్తుంది. అదే విధముగా వలయములో స్విచ్‌ను ఆఫ్ చేసినపుడు, తగ్గుచున్న విద్యుత్ ప్రవాహము వ్యతిరేక దిశలో వి.చ్ఛా.బ.ను ప్రేరేపిస్తుంది. ఈ వి.చ్ఛా.బ. విద్యుత్ ప్రవాహములోని క్షీణతను వ్యతిరేకిస్తుంది (పటము 4.19 (b)).



పటము 4.19 విద్యుత్ ప్రవాహ మార్పు i ను ప్రేరిత వి.చ్ఛా.బ. ε వ్యతిరేకించుట.

ఈ విధముగా తీగచుట్ట ప్రేరకత్వం వలయములోని ఏ మార్పునైననూ వ్యతిరేకించి దాని వాస్తవ స్థితిని అందించుటకు ప్రయత్నిస్తుంది.

4.3.2 పొడవైన సొలినాయిడ్ యొక్క స్వయం ప్రేరకత్వం

l పొడవు మరియు A మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యము గల ఒక పొడవైన సొలినాయిడ్‌ను పరిగణించండి. సొలినాయిడ్ నందు ప్రమాణ పొడవు గల తీగచుట్ట సంఖ్య (లేదా తీగచుట్ట సాంద్రత)ను n అనుకొనండి. సొలినాయిడ్ ద్వారా i విద్యుత్ ప్రవహించినపుడు సొలినాయిడ్ లోపల దాని అక్షపు దిశలో దాదాపు ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రం ఉత్పత్తి చేయబడితుంది. ఇది పటము 4.20 లో చూపబడినది. సొలినాయిడ్ లోపలివైపు ఏదేని ఒక బిందువు వద్ద గల అయస్కాంత

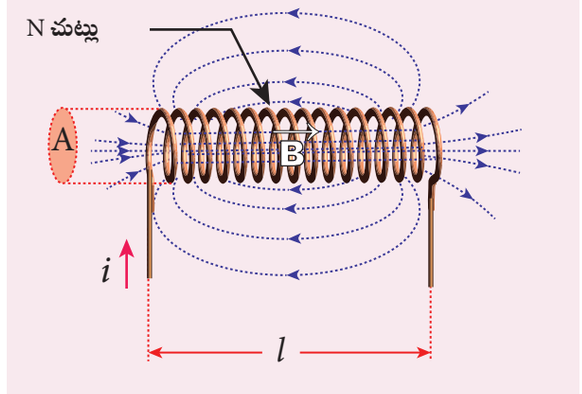
04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 228 23-03-2023 14:14:37

క్షేత్రమును క్రింది సమీకరణము ద్వారా తెలుపవచ్చు. (3.9.3 విభాగమును పరిశీలించండి)

$$B = \mu_{\circ} ni$$

సొలినాయిడ్ ద్వారా ఈ అయస్కాంత క్షేత్రం ప్రసరించినపుడు, సొలినాయిడ్‌పై చుట్టిన తీగచుట్లు అయస్కాంత రేఖలతో ముడిపడి ఉంటుంది. దీని ద్వారా ఒక్కొక్క తీగచుట్ట ద్వారా ప్రసరించే అయస్కాంత అభివాహమును క్రింది సమీకరణం ద్వారా తెలుపవచ్చు.

$$\Phi_B = \int_A \vec{B}.d\vec{A} = BA\cos\theta$$
$$= BA \qquad \because \theta = 0^\circ$$
$$= (\mu_0 ni)A$$



పటము 4.20 పొడవైన సొలినాయిడ్ యొక్క స్వయం ప్రేరకత్వం

సొలినాయిడ్ యొక్క N చుట్లలో ఏర్పడిన మొత్తం అయస్కాంత అభివాహం లేదా అభివాహ లింకేజ్‌ను క్రింది విధముగా తెలుపవచ్చును. (ఇక్కడ N చుట్లను $N = nl$ గా తెలుపవచ్చు.

$$N\Phi_B = (nl)(\mu_0 ni)\,A$$
$$N\Phi_B = (\mu_{\circ} n^2 Al)\, i$$

కాని

$N\Phi_B = Li$ అని మనకు తెలుసు.

పై సమీకరణములను పోల్చగా

$$L = \mu_{\circ} n^2 Al \qquad (4.10)$$

పై సమీకరణము నుండి ప్రేరతత్వం అనునది సొలినాయిడ్ యొక్క సొలినాయిడ్ లోపలివైపు గల యానకముపై జ్యామితి మరియు ఆధారపడి ఉంటుందని స్పష్టమగుచున్నది. ఇక్కడ జ్యామితి అనునది తీగచుట్ట సాంద్రత n, మధ్యచేధ వైశాల్యం A, పొడవు l అవుతుంది. ఒకవేళ సోలనాయిడ్ ఒక విద్యుత్ రోధక యానకంచే నింపబడినపుడు (అర్థవాహకం సాపేక్ష ప్రవేశ్యశీలత μ_r అయితే)

$$L = \mu n^2 Al \quad \text{లేదా} \quad L = \mu_{\circ}\mu_r n^2 Al$$

ప్రేరకంలో నిక్షిప్తమైన శక్తి :

ఒక వలయంలో విద్యుత్ ప్రవహించునపుడు దాని పెరుగుదలను ప్రేరకత్వం వ్యతిరేకిస్తుంది. కానీ ఆ వలయములో విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని కొనసాగించుటకు ఈ వ్యతిరేకతను ఎదుర్కొనుటకు ఒక బాహ్య కారకము చేత కొంత పనిచేయించాలి. ఇలా చేసిన పని అయస్కాంత స్థితిశక్తిగా నిక్షిప్తమవుతుంది.

ఒక ప్రేరకము యొక్క విద్యున్నిరోధకం ఉపేక్షించదగినదిగా ఊహిద్దాం. అయితే ప్రేరక ప్రభావము మాత్రమే ఉన్నట్లు పరిగణించినప్పుడు ఏదేని t– కాలంలో ఒక బిందువు వద్ద ప్రేరిత వి.చ్చా.బ. ε విలువ క్రింది విధముగా ఉంటుంది.

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

వ్యతిరేకతను ఎదుర్కొనుటకు dt కాలంలో చలన ఆవేశం dq పై చేసిన పని dW అయితే,

$$dW = -\varepsilon dq$$
$$= -\varepsilon i dt \qquad \because dq = idt$$

ε విలువను సమీకరణం 4.9 నుండి ప్రతిక్షేపించగా

$$= -\left(-L\frac{di}{dt}\right)idt$$

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 229 23-03-2023 14:14:41

$$dW = Lidi$$

i విద్యుత్ ప్రవాహమును ఏర్పరచుటకు జరిపిన మొత్తం పని

$$W = \int dW = \int_0^i Lidi = L\left[\frac{i^2}{2}\right]_o^i$$
$$W = \frac{1}{2}Li^2$$

ఇక్కడ జరిగిన పని అయస్కాంత స్థితి శక్తి గా నిల్వయుంటుంది.

$$\therefore U_B = \frac{1}{2}Li^2 \qquad (4.11)$$

ఒకప్రదేశమునందుప్రమాణఘనపరిమాణములో నిల్వయుండు శక్తిని శక్తి సాంద్రత అంటారు.

$$u_B = \frac{U_B}{Al} \quad \because \text{సొలినాయిడ్ ఘనపరిమాణము} = Al$$
$$u_B = \frac{Li^2}{2Al} = \frac{\left(\mu_0 n^2 Al\right)i^2}{2Al} \qquad \because L = \mu_0 n^2 Al$$
$$= \frac{\mu_0 n^2 i^2}{2}$$
$$u_B = \frac{B^2}{2\mu_0} \qquad \because B = \mu_0 ni$$

ఉదాహరణ 4.10

800 సాపేక్ష ప్రవేశ్యశీలత గల ఒక ఇనుప కడ్డీపై 500 చుట్లు కలిగిన సొలినాయిడ్ ఏర్పరచబడినది. సొలినాయిడ్ యొక్క పొడవు మరియు వ్యాసార్ధము వరుసగా 40 సెం.మీ మరియు 3 సెం.మీ అయితే, విద్యుత్ ప్రవాహము 0.4 సెకనులలో 0 నుండి 3A కు మారినపుడు సొలినాయిడ్‌లో ప్రేరితమగు వి.చ్చా.బ.ను లెక్కించండి.

సాధన:

$N = 500$ చుట్లు; $\mu_r = 800$;
$l = 40$ సెం.మీ $= 0.4$ మీ; $r = 3$ సెం.మీ $= 0.03$ మీ;
$di = 3 - 0 = 3$ A; $dt = 0.4$ సె

స్వయం ప్రేరకత్వం

$$L = \mu n^2 Al \quad \left(\because \mu = \mu_o\mu_r; A = \pi r^2; n = \frac{N}{l}\right)$$
$$= \frac{\mu_o\mu_r N^2 \pi r^2}{l}$$
$$= \frac{4\times3.14\times10^{-7}\times800\times500^2\times3.14\times\left(3\times10^{-2}\right)^2}{0.4}$$
$$L = 1.77 \text{ H}$$

ప్రేరిత వి.చ్చా.బ.

$$\varepsilon = -L\frac{di}{dt}$$
$$= -\frac{1.77\times3}{0.4}$$
$$\varepsilon = -13.275 \text{ V}$$

ఉదాహరణ 4.11

ఒక గాలి కేంద్ర సొలినాయిడ్ యొక్క స్వయం ప్రేరకత్వం 4.8 mH ఇప్పుడు సొలినాయిడ్ కేంద్రము లేదా కోర్‌ను ఇనుప లోహముతో మార్చినపుడు దాని స్వయం ప్రేరకత్వం 1.8 H అయినది. అయితే ఇనుము యొక్క సాపేక్ష ప్రవేశ్యశీలతను కనుగొనుము.

సాధన:

$$L_{\text{గాలి}} = 4.8\times10^{-3}\text{H}$$
$$L_{\text{ఇనుము}} = 1.8\text{H}$$
$$L_{\text{గాలి}} = \mu_o n^2 Al = 4.8\times10^{-3}\text{H}$$
$$L_{\text{ఇనుము}} = \mu n^2 Al = \mu_o\mu_r n^2 Al = 1.8\text{H}$$
$$\therefore \mu_r = \frac{L_{\text{ఇనుము}}}{L_{\text{గాలి}}} = \frac{1.8}{4.8\times10^{-3}} = 375$$

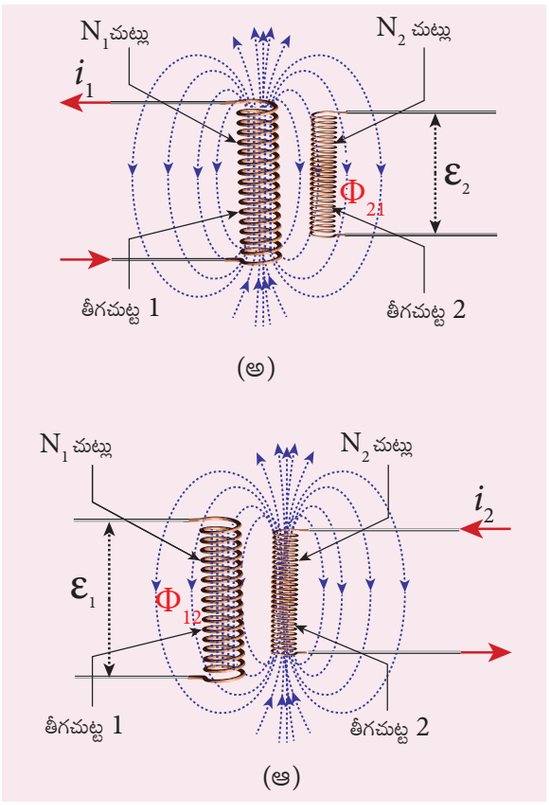
4.3.3 అన్యోన్య ప్రేరణ (Mutual Induction):

కాలంతోపాటు తీగచుట్టలో ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహం కూడా మారినపుడు, దానికి సమీపమున గల మరొక తీగచుట్టలో ఒక వి.చ్చా.బ. ప్రేరితమవుతుంది. ఈ దృగ్విషయమును అన్యోన్య ప్రేరణ అని ప్రేరిత వి.చ్చా.బ.ను అన్యోన్య ప్రేరిత వి.చ్చా.బ. అని అంటారు.

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 230 23-03-2023 14:14:46

రెండు తీగచుట్టలు ఒకదానికొకటి దగ్గరగా ఉంచబడినవని అనుకొందాం. మొదటి తీగచుట్ట (1) లో i_1 విద్యుత్ ప్రవాహం ప్రసరించినపుడు అందులో అయస్కాంత క్షేత్రం ఏర్పడుతుంది. ఈ అయస్కాంత క్షేత్రం రెండవ తీగచుట్ట (2) తో ప్రేరేపించబడుతుంది. పటము 4.21 (a).

మొదటి తీగ చుట్టలోని విద్యుత్ ప్రవాహము వలన N_2 చుట్లు కలిగిన రెండవ తీగచుట్టలో ఒక్కొక్క చుట్టుతో ముడిపడిన అయస్కాంత అభివాహము Φ_{21} గా ఉంటుంది. ఆప్పుడు రెండవ తీగ చుట్టలో ప్రేరితమైన నికర అభివాహము $(N_2\Phi_{21})$ మొదటి తీగచుట్టలో ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము (i) నకు అనులోమానుపాతములో ఉంటుంది.



పటము 4.21 అన్యోన్య ప్రేరణ

$$N_2\Phi_{21} \propto i_1$$

$$N_2\Phi_{21} = M_{21}\, i_1 \qquad (4.12)$$

(లేదా) $M_{21} = \dfrac{N_2\Phi_{21}}{i_1}$

ఇక్కడ అనుపాత స్థిరాంకము M_{21} ను మొదటి తీగచుట్ట పరంగా రెండవ తీగచుట్ట యొక్క అన్యోన్య ప్రేరకత్వము లేదా అన్యోన్య ప్రేరకత్వ గుణకము అని అంటారు. $i_1 = 1\text{A}$ అయినపుడు $M_{21} = N_2\Phi_{21}$ అవుతుంది. అప్పుడు మొదటి తీగచుట్టలో **1A** విద్యుత్ ప్రవహించినపుడు రెండవ తీగచుట్టలో ప్రేరితమయ్యే అభివాహ లింకేజిని అన్యోన్య ప్రేరకత్వము M_{21} అంటారు.

కాలముతో పాటు i_1 విద్యుత్ ప్రవాహం మారినపుడు రెండవ తీగచుట్టలో ε_2 వి.చ్చా.బ. ప్రేరితమవుతుంది. ఫారడే విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ నియమము నుండి అన్యోన్య ప్రేరిత వి.చ్చా.బ. ε_2 ను క్రింది విధంగా తెలుపవచ్చు

$$\varepsilon_2 = -\frac{d\left(N_2\Phi_{21}\right)}{dt} = -\frac{d(M_{21}i_1)}{dt}$$

$$\varepsilon_2 = -M_{21}\frac{di_1}{dt} \text{ (లేదా) } M_{21} = \frac{-\varepsilon_2}{di_1/dt}$$

పై సమీకరణములో ఋణాత్మక సంజ్ఞ కాలముతోపాటు మారే విద్యుత్ ప్రవాహం i_1 ను అన్యోన్య ప్రేరిత వి.చ్చా.బ. ఎల్లప్పుడూ వ్యతిరేకించుటను సూచిస్తుంది. $\dfrac{di_1}{dt} = 1\text{A s}^{-1}$ అయినపుడు $M_{21} = -\varepsilon_2$ అవుతుంది. మొదటి తీగచుట్టలో విద్యుత్ ప్రవాహములోని మార్పు రేటు $\mathbf{1As^{-1}}$ అయినపుడు రెండవ తీగచుట్టలో ఏర్పడిన వ్యతిరేకించు ప్రేరిత వి.చ్చా.బ.ను అన్యోన్య ప్రేరకత్వము M_{21} అని నిర్వచించవచ్చు.

అదేవిధముగా, రెండవ తీగచుట్టలో కాలముతో పాటు మారే విద్యుత్ ప్రవాహము i_2 ప్రసిరించుట వలన, మొదటి తీగచుట్టలో ε_1 వి.చ్చా.బ. ప్రేరితం అవుతుంది. కావున,

$$M_{12} = \frac{N_1\Phi_{12}}{i_2} \text{ మరియు } M_{12} = \frac{-\varepsilon_1}{di_2/dt}$$

M_{12} రెండవ తీగచుట్ట పరముగా మొదటి తీగచుట్ట యొక్క అన్యోన్య ప్రేరకత్వం. ఇది ఇవ్వబడిన ఒక జత తీగచుట్టకు అన్యోన్య ప్రేరకత్వము సమానముగా ఉండునని చూపబడినది. అనగా

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 231 23-03-2023 14:14:55

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

సాధారణముగా రెండు తీగచుట్టల మధ్య అన్యోన్య ప్రేరకత్వం వాటి పరిమాణము, ఆకారము, తీగ చుట్టలోని చుట్ల సంఖ్య, వాటి సాపేక్ష విన్యాసము మరియు యానకము యొక్క ప్రవేశ్య శీలతపై ఆధారపడి ఉంటుంది.

అన్యోన్య ప్రేరకత్వము ప్రమాణము:

అన్యోన్య ప్రేరకత్వమునకు కూడా హెన్రీ ప్రమాణముగా ఉపయోగించబడుచున్నది.

ఇప్పుడు $i_1 = 1\text{A}$ మరియు $N_2\Phi_{21} = 1\,\text{Wb}$ చుట్లు అయితే $M = 1\text{H}$ అవుతుంది.

ఒక తీగచుట్టలోని **1 A** విద్యుత్ ప్రవాహం దానికి సమీప తీగచుట్టలో ప్రమాణ అభివాహ లింకేజిని ఉత్పత్తి చేసినపుడు ఆ తీగచుట్ల మధ్య అన్యోన్య ప్రేరకత్వం ఒక హెన్రీ అవుతుంది.

$\frac{di_1}{dt} = 1\text{As}^{-1}$ మరియు $\varepsilon_2 = -1\text{ V}$ అయితే $M = 1\text{H}$ అవుతుంది.

అనగా, ఒక తీగచుట్టలో విద్యుత్ ప్రవాహం మారేరేటు **1As^{-1}**. దానికి సమీప తీగచుట్టలో **1V** వ్యతిరేకించు వి.చ్చా.బ.ను ప్రేరేపించినపుడు ఆ రెండు సమీప తీగచుట్ల మధ్య ఏర్పడిన అన్యోన్య ప్రేరకత్వం ఒక హెన్రీ అవుతుంది.

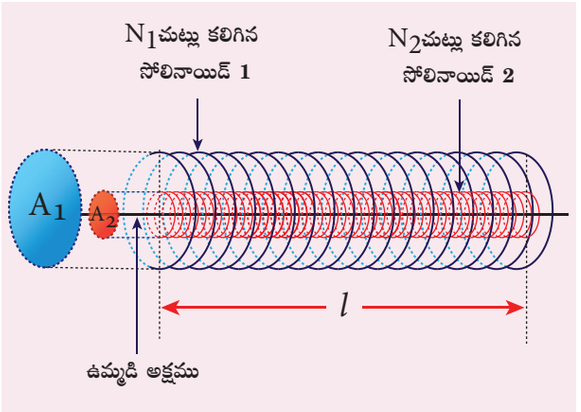
4.3.4 రెండు సహాక్షీయ సొలినాయిడ్ల మధ్య అన్యోన్య ప్రేరకత్వము:

సమాన పొడవు l కలిగిన రెండు సహాక్షీయ సొలినాయిడ్లను పరిగణిద్దాం. వాటి వ్యాసార్ధములతో పోల్చినపుడు సొలినాయిడ్ పొడవు చాలా ఎక్కువగా ఉంటుంది. దీనివలన సొలినాయిడ్ లోపలివైపు ఉత్పత్తి అయ్యే అయస్కాంత క్షేత్రం ఏకరీతిగా ఉంటుంది మరియు వాటి అంచుల వద్ద ఏర్పడు ఫ్రింజింగ్ ప్రభావము (fringing effect) ను విస్మరించవచ్చు. పటము 4.22 లో చూపినట్లు A_1 మరియు A_2 లు సొలినాయిడ్ల మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యము అయితే A_2 కంటే A_1 ఎక్కువగా ఉన్నది. ఈ సొలినాయిడ్లలో తీగచుట్ల సాంద్రత వరుసగా n_1 మరియు n_2 అనుకొందాం.

సొలినాయిడ్ 1 ద్వారా ప్రవహించే విద్యుత్ i_1 అయితే, దాని లోపలివైపు ఉత్పత్తి అయ్యే అయస్కాంత క్షేత్రము,

$$B_1 = \mu_\circ\, n_1\, i_1$$

సొలినాయిడ్ 2 చే ఆక్రమించబడిన వైశాల్యం ద్వారా అయస్కాంత బలరేఖలు $\vec{B_1}$ ప్రసరిస్తున్నట్లయితే, సొలినాయిడ్ 1 లోని విద్యుత్ ప్రవాహం వలన సోలినాయిడ్ 2 లో ఒక్కొక్క చుట్టలో ముడిపడిన అయస్కాంత అభివాహమును క్రింది సమీకరణము ద్వారా తెలుపవచ్చు.



పటము 4.22 పొడవైన రెండు సహాక్షీయ సొలినాయిడ్ల అన్యోన్య ప్రేరకత్వము

$$\Phi_{21} = \int_{A_2} \vec{B_1}.d\vec{A} = B_1 A_2 \quad \text{కనుక } \theta = 0^\circ$$
$$= (\mu_\circ n_1 i_1) A_2$$

సొలినాయిడ్ 2 నుండి మొత్తం N_2 చుట్లలో ఏర్పడిన అభివాహ లింకేజ్

$$N_2\Phi_{21} = (n_2 l)(\mu_\circ n_1 i_1) A_2 \text{ కనుక } N_2 = n_2 l$$
$$N_2\Phi_{21} = (\mu_\circ n_1 n_2 A_2 l) i_1$$

కాని $N_2\Phi_{21} = M_{21} i_1$ అని మనకు తెలుసు. పై సమీకరణాలను పోల్చగా,

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 232 23-03-2023 14:15:00

$$M_{21} = \mu_{\circ} n_1 n_2 A_2 l \qquad (4.13)$$

పై సమీకరణము సొలినాయిడ్ 1 పరముగా సొలినాయిడ్ 2 యొక్క అన్యోన్య ప్రేరకత్వం (M_{21}) ను తెలుపుతుంది. అలాగే క్రింది తెలిపిన విధముగా సొలినాయిడ్ 2 పరముగా సొలినాయిడ్ 1 యొక్క అన్యోన్య ప్రేరణ M_{12} ను కూడా కనుగొనవచ్చు. సొలినాయిడ్ 2 లో i_2 విద్యుత్ ప్రవహించుట వలన ఉత్పత్తి అయిన అయస్కాంత క్షేత్రం.

$$B_2 = \mu_{\circ} n_2 i_2$$

సొలినాయిడ్ 2 లోపలివైపు ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రం B_2 ఏకరీతిగా ఉంటుంది మరియు వెలుపలి వైపు దాదాపు శూన్యముగా ఉంటుంది. కావున సొలినాయిడ్ 1 కి B_2 అయస్కాంత క్షేత్రము ఉన్న A_2 వైశాల్యము ప్రభావ వైశాల్యముగా ఉంటుంది. కాని A_1 వైశాల్యము ప్రభావ (effective area) వైశాల్యము కాదు. అప్పుడు సొలినాయిడ్ 2 లోని విద్యుత్ ప్రవాహం వలన సొలినాయిడ్ 1 లో ఒక్కొక్క చుట్టలో ప్రేరితమైన అయస్కాంత అభివాహము Φ_{12} ను క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

$$\Phi_{12} = \int_{A_2} \vec{B}_2 \cdot d\vec{A} = B_2 A_2 = \left(\mu_{\circ} n_2 i_2\right) A_2$$

సొలినాయిడ్ 1 లో N_1 పూర్తి చుట్లలో ప్రేరితమైన అభివాహ లింకేజ్

$$N_1\Phi_{12} = \left(n_1 l\right)\left(\mu_{\circ} n_2 i_2\right) A_2 \quad \therefore N_1 = n_1 l \text{ కనుక}$$
$$N_1\Phi_{12} = (\mu_{\circ} n_1 n_2 A_2 l) i_2$$

$N_1\Phi_{12} = M_{12} i_2$ అని మనకు తెలుసు. పై సమీకరణములను పోల్చగా

$$M_{12} = \mu_{\circ} n_1 n_2 A_2 l \qquad (4.14)$$

సమీకరణము 4.13 మరియు 4.14 ల నుండి.

$$M_{12} = M_{21} = M \qquad (4.15)$$

కనుక సాధారణముగా రెండు పొడవైన సహాక్షీయ సొలినాయిడ్‌ల మధ్య ఏర్పడిన అన్యోన్య ప్రేరకత్వమును క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు

$$M = \mu_{\circ} n_1 n_2 A_2 l \qquad (4.16)$$

సొలినాయిడ్ లోపలివైపు μ_r సాపేక్ష ప్రవేశ్యశీలత కలిగిన విద్యుత్ రోధక యానకము ఉన్నట్లయితే,

$$M = \mu n_1 n_2 A_2 l \quad \text{(లేదా)}$$
$$M = \mu_{\circ}\mu_r n_1 n_2 A_2 l$$

ఉదాహరణ 4.12

మొదటి తీగచుట్టలో ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహ విలువ 0.4 సెకనులలో 2A నుండి 10A కు మార్పు చెందినది. అప్పుడు రెండవ తీగచుట్టలో 60mV వి.చ్చా.బ. ప్రేరితమైనపుడు ఆ రెండు తీగచుట్ల మధ్య ఏర్పడిన అన్యోన్య ప్రేరకత్వమును కనుగొనండి. అంతేకాకుండా, మొదటి తీగచుట్టలో విద్యుత్ ప్రవాహం 0.03 సెకనులో 4A నుండి 16A కు మార్పు చెందినపుడు రెండవ తీగచుట్టలో ప్రేరితమైన వి.చ్చా.బ. పరిమాణమును కనుగొనండి. ఇక్కడ ప్రేరిత వి.చ్చా.బ. పరిమాణమును మాత్రమే పరిగణించండి.

సాధన:

సందర్భం (i) :

$di_1 = 10 - 2 = 8$ A; $dt = 0.4$ సె;
$\varepsilon_2 = 60 \times 10^{-3}$ V

సందర్భం (ii) :

$di_1 = 16 - 4 = 12$ A; $dt = 0.03$ సె

(i) రెండు తీగచుట్టల మధ్య అన్యోన్య ప్రేరకత్వం

$$M = \frac{\varepsilon_2}{di_1/dt} = \frac{60 \times 10^{-3} \times 0.4}{8}$$
$$M = 3 \times 10^{-3} \text{ H}$$

(ii) మొదటి తీగచుట్టలో విద్యుత్ ప్రవాహములోని మార్పు రేటు వలన, రెండవ తీగచుట్టలో ప్రేరిత వి.చ్చా.బ.

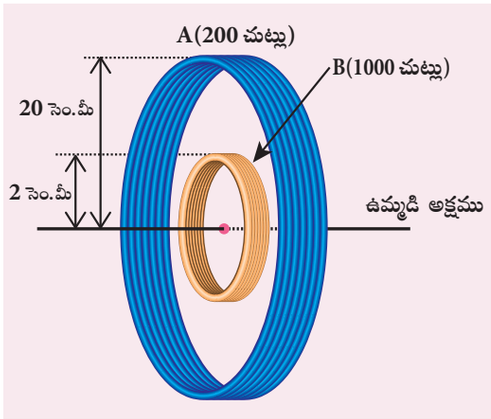
04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 233 23-03-2023 14:15:05

$$\varepsilon_2 = M\frac{di_1}{dt} = \frac{3\times10^{-3}\times12}{0.03}$$

$$\varepsilon_2 = 1.2\,\text{V}$$

ఉదాహరణ 4.13

పటములో చూపిన విధముగా రెండు ఏకతల, సహాక్షీయ వృత్తాకార తీగచుట్లు A మరియు B లను పరిగణించండి. తీగచుట్ట A యొక్క వ్యాసార్ధం 20 సెం.మీ, కానీ B యొక్క వ్యాసార్ధం 2 సెం.మీ A మరియు B తీగచుట్లలోని చుట్లసంఖ్య వరుసగా 200 మరియు 1000. అయితే రెండు తీగ చుట్ల మధ్య ఏర్పడు అన్యోన్య ప్రేరకత్వమును లెక్కించండి. తీగచుట్ట A లో 0.04 సెకనులలో విద్యుత్ ప్రవాహం $2A$ నుండి $6A$ కు మార్పుచెందినది. ఈ సమయములో తీగచుట్ట B లో ప్రేరితమైన వి.చ్ఛా.బ. మరియు తీగచుట్ట B ద్వారా అయస్కాంత అభివాహములోని మార్పు రేటును లెక్కించండి.



సాధన:

$N_A = 200$ చుట్లు; $N_B = 1000$ చుట్లు;

$r_A = 20\times10^{-2}\,\text{m}$; $r_B = 2\times10^{-2}\,\text{m}$;

$dt = 0.04$ సె; $di_A = 6-2 = 4\text{A}$

తీగచుట్ట A లో ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహం i_A అనుకొనుము. అయితే, వృత్తాకార తీగచుట్ట A కేంద్రం వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రం B_A అయినపుడు

$$B_A = \frac{\mu_\circ N_A i_A}{2r_A} = \frac{4\pi\times10^{-7}N_A i_A}{2r_A}$$

$$= \frac{10^{-7}\times2\times3.14\times200}{20\times10^{-2}}\times i_A$$

$$= 6.28\times10^{-4} i_A\ \text{Wbm}^{-2}$$

తీగ చుట్ట B– లో ప్రేరితమైన అభివాహ లింకేజ్

$$N_B\Phi_B = N_B B_A A_B$$

$$= 1000\times6.28\times10^{-4}\times i_A\times3.14\times\left(2\times10^{-2}\right)^2$$

$$= 7.89\cdot\ 10^{-4} i_A\ \text{Wb}$$ **చుట్లు**

తీగచుట్ల మధ్యలో ఏర్పడిన అన్యోన్య ప్రేరకత్వం

$$M = \frac{N_B\Phi_B}{i_A} = 7.89\times10^{-4}\,\text{H}$$

తీగచుట్ట B లో ప్రేరిత వి.చ్ఛా.బ.

$$\varepsilon_B = -M\frac{di_A}{dt}$$

$$\varepsilon_B = \frac{7.89\times10^{-4}\times(6-2)}{0.04}\quad \text{(పరిమాణము మాత్రమే)}$$

$$\varepsilon_B = 78.9\,\text{mV}$$

B తీగ చుట్టలో అయస్కాంత అభివాహ మార్పురేటు

$$\frac{d(N_B\Phi_B)}{dt} = \varepsilon_B = 78.9\ \text{mWbs}^{-1}$$

4.4 ప్రేరిత వి.చ్ఛా.బ.ను ఉత్పత్తి చేసే పద్ధతులు

4.4.1 పరిచయం

ఒక విద్యుత్ వలయమంతటా విద్యుదావేశమును కొనిపోగల సామర్థ్యము కలిగిన ఒక శక్తి జనకము యొక్క లక్షణాన్ని విద్యుచ్ఛాలక బలము అంటారు. ముందుగానే వి.చ్ఛా.బ. అనునది ఒక వాస్తవ బలము కాదని అభ్యసించి యున్నాము. ఇది వలయములో ప్రమాణ విద్యుదావేశమును చలింపజేయుటకు చేయబడు పని అని చెప్పవచ్చు. దీనిని JC^{-1} లేదా ఓల్టులలో కొలుస్తారు.

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 234 23-03-2023 14:15:10

విద్యుత్ రసాయన ఘటము, ఉష్ణ విద్యుత్ ఘటము, సౌరఘటము మరియు విద్యుత్ జనని మొదలైనవి కొన్ని శక్తి జనకములకు ఉదాహరణ పై తెలిపినవాటిలో విద్యుత్ జనని అత్యంత సామర్థ్యవంతమైన పరికరము. ఇది విద్యుత్‌ను ఉత్పత్తి చేయుటకు విస్తృతంగా ఉపయోగించబడుచున్నది.

ఫారడే విద్యుత్ అయస్కాంత ప్రేరణ నియమము నుండి ఒక వలయములో ముడిపడిన అయస్కాంత అభివాహములో మార్పు కలిగినప్పుడు, అందులో వి.చ్ఛా.బ. ప్రేరితమవుతుంది. ఈ వి.చ్ఛా.బ.ను ప్రేరిత వి.చ్ఛా.బ. అంటారు. ప్రేరిత వి.చ్ఛా.బ. పరిమాణమును క్రింది సమీకరణము ద్వారా తెలుపవచ్చు.

$$\varepsilon = \frac{d\Phi_B}{dt} \quad \text{(లేదా)}$$

$$\varepsilon = \frac{d}{dt}(BA\cos\theta) \qquad (4.17)$$

పై సమీకరణము నుండి క్రింద తెలిపిన మార్గములలో ఒకదానినుండి అయస్కాంత అభివాహములో మార్పును ఉత్పత్తి చేయుట ద్వారా వి.చ్ఛా.బ.ను ప్రేరేపించవచ్చునని స్పష్టమగుచున్నది.

(i) అయస్కాంత క్షేత్రం (B) ని మార్చుట.

(ii) తీగచుట్ట వైశాల్యము (A) ను మార్చుట.

(iii) అయస్కాంత క్షేత్రముతో తీగచుట్ట సాపేక్ష విన్యాసము (θ) ను మార్చుట.

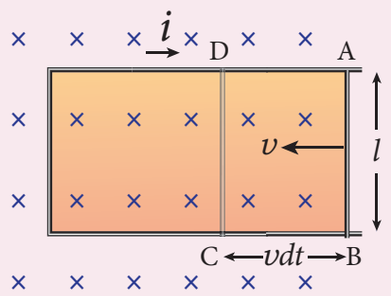
4.4.2 అయస్కాంత క్షేత్రమును మార్చుట ద్వారా ప్రేరిత వి.చ్ఛా.బ.ను ఉత్పత్తి చేయుట

విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణలపై ఫారడే చేసిన ప్రయోగముల నుండి వలయములములో అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క అభివాహమును మార్చుట ద్వారా వి.చ్ఛా.బ.ను ప్రేరేపించవచ్చునని కనుగొనబడినది. అయస్కాంత అభివాహములో మార్పును క్రింది విధముగా సృష్టించవచ్చును. (i) వలయము మరియు అయస్కాంతముల మధ్య సాపేక్ష చలనమును ఏర్పరచుట మొదటి ప్రయోగం (ii) సమీప తీగచుట్ట ద్వారా విద్యుత్ ప్రవాహమును మార్చుట (రెండవ ప్రయోగం).

4.4.3 తీగ చుట్ట వైశాల్యమును మార్చుట ద్వారా ప్రేరిత వి.చ్ఛా.బ.ను ఉత్పత్తి చేయుట

పటము 4.2.3 లో చూపినట్లు ఒక దీర్ఘచతురస్రాకార స్థిర లోహపు చట్రముపై l పొడవు గలిగిన వాహక కడ్డీ v వేగముతో ఎడమవైపు చలిస్తున్నట్లు పరిగణించండి. ఈ మొత్తం అమరికను కాగిత తలమునకు అభిలంబముగా అయస్కాంత రేఖలు ప్రసరించే ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రము $\vec{B}$ లో ఉంచబడినది.

dt కాలంలో AB నుండి BC వైపుగా కడ్డీ చలించినపుడు



పటము 4.23 ఒక వలయముచే అవరించబడు వైశాల్యమును మార్చుట ద్వారా ప్రేరిత వి.చ్ఛా.బ.ను ఉత్పత్తిచేయుట.

dt కాలంలో అయస్కాంత అభివాహంలోని మార్పు.

$$d\Phi_B = B \times \text{వైశాల్యములోని మార్పు } (dA)$$

$$= B \times \text{వైశాల్యము } ABCD$$

$$\text{వైశాల్యము } ABCD = l(vdt),$$

$$d\Phi_B = Blvdt \quad \text{(లేదా)}$$

$$\frac{d\Phi_B}{dt} = Blv$$

అభివాహములో మార్పు ఏర్పడినందున, వలయములో వి.చ్ఛా.బ. ప్రేరితమవుతుంది. ప్రేరిత

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 235 23-03-2023 14:15:15

వి.చా.బ పరిమాణమును క్రింది సమీకరణము ద్వారా తెలుపవచ్చు.

$$\varepsilon = \frac{d\Phi_B}{dt}$$
$$\varepsilon = Bl\upsilon \qquad (4.18)$$

అయస్కాంత క్షేత్రములో వాహక చలనము వలన ఈ ప్రేరిత వి.చ్చా.బ. ఉత్పత్తియగుటచేత దీనిని చలన వి.చ్చా.బ. అంటారు. ఫ్లెమింగ్ కుడిచేతి నిబంధన నుండి ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహ దిశ సవ్యదిశ అని కనుగొనవచ్చును.

వలయము యొక్క నిరోధం R అయితే ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహమును క్రింది సమీకరణం ద్వారా తెలుపవచ్చును.

$$i = \frac{\varepsilon}{R}$$
$$i = \frac{Bl\upsilon}{R} \qquad (4.19)$$

శక్తి నిత్యత్వము:

AB అనే ఒక చలన వాహక కడ్డీ విద్యుత్‌ను కొనిపోవుచున్నది. ఇది దాని చలన దిశకు వ్యతిరేకంగా బాహ్యదిశలో $\vec{F}_B$ అనే బల ప్రభావమును పొందే అభిలంబ అయస్కాంత క్షేత్రములో ఉంచబడినది. అయితే బలము $\vec{F}_B$ ను క్రింది విధముగా తెలుపవచ్చును.

$$\vec{F}_B = i\,\vec{l} \times \vec{B}$$
$$\left|\vec{F}_B\right| = ilB\sin\theta$$
$$F_B = ilB \qquad \text{కావున } \theta = 90°$$

$\vec{\upsilon}$ స్థిరవేగముతో కడ్డీని చలింపజేయుటకు, అయస్కాంత బలమునకు సమానమైన మరియు వ్యతిరేక దిశలో ఒక స్థిర బలమును అనువర్తించవలెను.

$$\left|\vec{F}_{app}\right| = \left|\vec{F}_B\right| = ilB$$

కడ్డీని చలింపజేయుటకు అనువర్తించిన బలము చేత ఒక యాంత్రిక బలము పని చేయబడుతుంది. చేసిన పని యొక్క రేటు లేదా సామర్థ్యమును క్రింది సమీకరణం ద్వారా తెలుపవచ్చు.

$$P = \vec{F}_{app} \cdot \vec{\upsilon} = F_{app}\,\upsilon\cos\theta \quad \text{ఇక్కడ } \theta = 0°$$
$$= ilB\upsilon$$
$$= \left(\frac{Bl\upsilon}{R}\right) lB\upsilon$$
$$P = \frac{B^2 l^2 \upsilon^2}{R} \qquad (4.20)$$

వలయములో ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవహించునపుడు అందులో జౌల్ ఉష్ణము ఉత్పన్నమవుతుంది. వలయములో ఉష్ణశక్తి వ్యయము యొక్క రేటు లేదా సామర్థ్య దుర్వ్యయ రేటు, క్రింది సమీకరణములో ఇవ్వబడినది.

$$P = i^2 R$$
$$P = \left(\frac{Bl\upsilon}{R}\right)^2 R$$
$$P = \frac{B^2 l^2 \upsilon^2}{R} \qquad (4.21)$$

పై విలువ సమీకరణము 4.2 విలువకు సమానముగానున్నది. అనగా కడ్డీని చలింపజేయుటకు అవసరమైన యాంత్రిక శక్తి విద్యుచ్ఛక్తిగా మారి అది ఆ వలయములో ఉష్ణశక్తిగా బహిర్గతమవుతుంది. ఇక్కడ శక్తిరూపములోని మార్పు శక్తినిత్యత్వ మార్పు ద్వారా స్థిరమని తెలియుచున్నది.

ఉదాహరణ 4.14

0.4 T ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో $0.03\ m^2$ వైశాల్యము కలిగిన ఒక వృత్తాకార లోహము భ్రమణం చెందుచున్నది. ఈ వృత్తాకార లోహపు భ్రమణ అక్షము దాని తలమునకు లంబముగానూ మరియు కేంద్రము వైపు ప్రసరించి అయస్కాంత క్షేత్రమునకు సమాంతరముగా ఉన్నది. ఈ వృత్తాకార లోహపు పళ్ళెము 1 సెకనులో 20 భ్రమణములు చేసినది దాని నిరోధము 4 Ω అయితే చట్రపు అంచు మరియు దాని అక్షము

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 236 23-03-2023 14:15:19

మధ్యలో ప్రేరిత వి.చ్ఛా.బ. మరియు పళ్ళెములో ప్రసరించిన ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహమును లెక్కించండి.

సాధన:

$A = 0.03\ m^2$; $B = 0.4\ T$; $f = 20$ భ్రమణములు/సెకను; $R = 4\ \Omega$

ప్రమాణ కాలములో పళ్ళెముచే ఆక్రమించబడు వైశాల్యము

= పళ్ళెము యొక్క వైశాల్యము × పౌనఃపున్యము

$$\frac{dA}{dt} = 0.03 \times 20$$

$$= 0.6\ m^2$$

ప్రేరిత వి.చ్ఛా.బ. పరిమాణము

$$\varepsilon = \frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{d(BA)}{dt} = B\frac{dA}{dt}$$

$$\varepsilon = \frac{0.4 \times 0.6}{1} = 0.24\ V$$

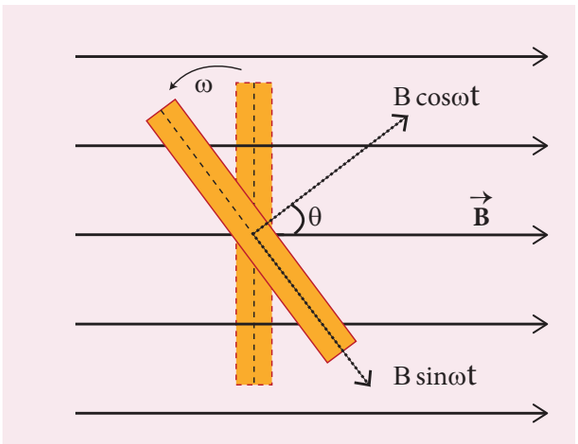
ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహము $i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{0.24}{4} = 0.06\ A$

గమనిక

తీగచుట్ట మరియు అయస్కాంత క్షేత్రముల మధ్య ఏర్పడు సాపేక్ష విన్యాసములోని మార్పు వలన వి.చ్ఛా.బ. ప్రేరితమవుతుంది. దీనిని ఒక అయస్కాంత క్షేత్రములో ఒక తీగచుట్టను భ్రమణము చెందించుట వలన లేక స్థిరమైన తీగచుట్టలో అయస్కాంత క్షేత్రమును భ్రమణము చెందించుట వలన సాధించవచ్చును. ఇక్కడ భ్రమణ తీగచుట్ట రకము పరిగణించదగినది.

4.4.4 అయస్కాంత క్షేత్రము లోపల తీగచుట్ట యొక్క సాపేక్ష విన్యాసమును మార్చుట ద్వారా వి.చ్ఛా.బ.ను ఉత్పత్తి చేయుట

పటము 4.24 లో చూపిన విధముగా N చుట్లు కలిగిన ఒక దీర్ఘచతురస్రాకార తీగచుట్టను ఒక ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రము B లో ఉంచబడినదని పరిగణిద్దాం. అది ఒక అక్షము పరముగా ω కోణీయ వేగముతో అపసవ్య దిశలో కాగిత తలమునకు మరియు క్షేత్రమునకు లంబముగా భ్రమణము చేయుచున్నది.



పటము 4.24 $\theta = \omega t$ కోణముతో తిరిగిన తీగచుట్ట

$t = 0$ కాలము వద్ద తీగచుట్ట తలము క్షేత్రమునకు లంబంగా రావడం వలన అందులో ఏర్పడు అభివాహము దాని గరిష్ట విలువను పొందును. $\Phi_m = NBA$ (ఇక్కడ A అనునది తీగచుట్ట వైశాల్యం)

t సెకనులలో తీగ చుట్ట θ (= ωt) కోణముతో అపసవ్య దిశలో భ్రమణము చేసింది. ఈ స్థితిలో, $NBA\cos\omega t$ అయస్కాంత అభివాహము తీగ చుట్ట తలమునకు లంబంగా గల $\vec{B}$ – అంశము వలన ఏర్పడుతుంది. కాని తలమునకు సమాంతరంగా గల ($B\sin\omega t$) అంశము యొక్క పాత్ర విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణలో ఉండదు. కావున తీగచుట్ట అపవర్తనం చెందిన స్థితిలో దానిలో ఏర్పడిన అభివాహ లింకేజ్.

$$N\Phi_B = NBA\cos\theta = NBA\cos\omega t$$

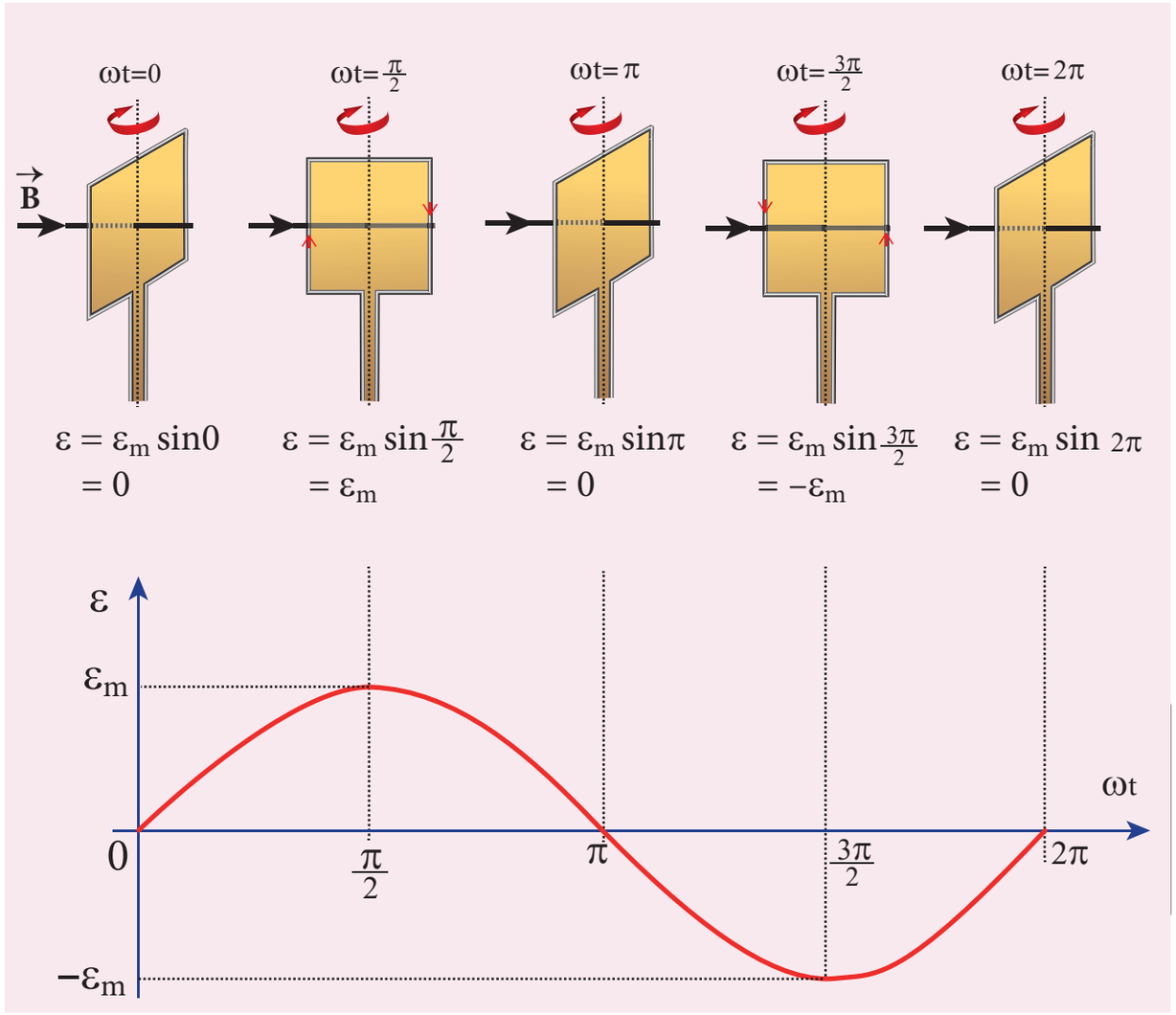
ఫారడే నియమం నుండి, ఈ క్షణము వద్ద ప్రేరిత వి.చ్ఛా.బ.

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

$$= -NBA(-\sin\omega t)\omega$$

$$= NBA\,\omega\sin\omega t$$

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 237 23-03-2023 14:15:23



పటము 4.25 ωt – ప్రమేయము వలె ప్రేరిత వి.చ్ఛా.బ. వైవిధ్యము

తీగచుట్ట తన తొలి స్థితి నుండి 90° వరకు భ్రమణము చేసినపుడు $\sin \omega t = 1$ అవుతుంది. అప్పుడు ప్రేరిత వి.చ్ఛా.బ. యొక్క గరిష్ట విలువ

$$\varepsilon_m = NBA\,\omega$$

కావున, ఏదేని ఒక క్షణము వద్ద ప్రేరిత వి.చ్ఛా.బ. విలువను క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin \omega t \qquad (4.22)$$

కాల కోణము ωt యొక్క సైన్ ప్రమేయము వలె ప్రేరిత వి.చ్ఛా.బ. మారునని తెలియుచున్నది. ప్రేరిత వి.చ్ఛా.బ. మరియు కాలము యొక్క కోణము మధ్య గీయబడిన రేఖా చిత్రము (గ్రాఫ్)ను తీగచుట్ట యొక్క ఒక భ్రమణమునకు గీచినపుడు అది సైన్ వక్రము వలె (పటము 4.25) ఉంటుంది. మరియు ఈ విధముగా వి.చ్ఛా.బ.లో మార్పు కలగడాన్ని సైను సాయిడల్ వి.చ్ఛా.బ. లేదా ఏకాంతర వి.చ్ఛా.బ. అని అంటారు.

ఒక సంవృత వలయమునకు ఈ ఏకాంతర ఓల్టేజిని అందించినపుడు, దాని ద్వారా ఒక సైను సాయిడల్ మార్పు కలిగిన విద్యుత్ ప్రవహిస్తుంది. ఈ విద్యుత్ ప్రవాహమును ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహము అంటారు. దీనిని క్రింది ఈ విధముగా సూచిస్తారు.

$$i = I_m \sin \omega t \qquad (4.23)$$

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 238 23-03-2023 14:15:24

ఇక్కడ I_m అనునది ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క గరిష్ట విలువను తెలుపుతుంది.

ఉదాహరణ 4.15

600 చుట్లు, 70 సెం.మీ^{2} వైశాల్యమును కలిగిన ఒక దీర్ఘచతురస్రాకార తీగ చుట్ట 0.4. T అయస్కాంత క్షేత్రమునకు దాని అక్షము పరంగా లంబ దిశలో భ్రమణం చేస్తున్నది. తీగచుట్ట ఒక నిమిషములో 500 భ్రమణములు చేసినట్లయితే తీగ చుట్ట తలము (i) క్షేత్రమునకు లంబముగా ఉన్నప్పుడు (ii) క్షేత్రమునకు సమాంతరంగా ఉన్నప్పుడు (iii) క్షేత్రముతో 60^0 వాలును కలిగి ఉన్నప్పుడు తీగచుట్టలో ఏర్పడు తాక్షణిక వి.చా.బను లెక్కించండి.

సాధన:

$A = 70 \times 10^{-4}$మీ^{2}; $N = 600$ చుట్లు

$B = 0.4$ T; $f = 500$ భ్రమణాలు/నిమిషము

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin\omega t$$

కాని $\varepsilon_m = N\Phi_m\omega = N(BA)(2\pi f)$

$$\varepsilon = NBA \times 2\pi f \times \sin\omega t$$

(i) $\omega t = 0^\circ$ అయినపుడు

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin 0 = 0$$

(ii) $\omega t = 90^\circ$ అయినపుడు

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin 90^\circ = NBA \times 2\pi f \times 1$$

$$= 600 \times 0.4 \times 70 \times 10^{-4} \times 2 \times \frac{22}{7} \times \left(\frac{500}{60}\right)$$

$$= 88\,\text{V}$$

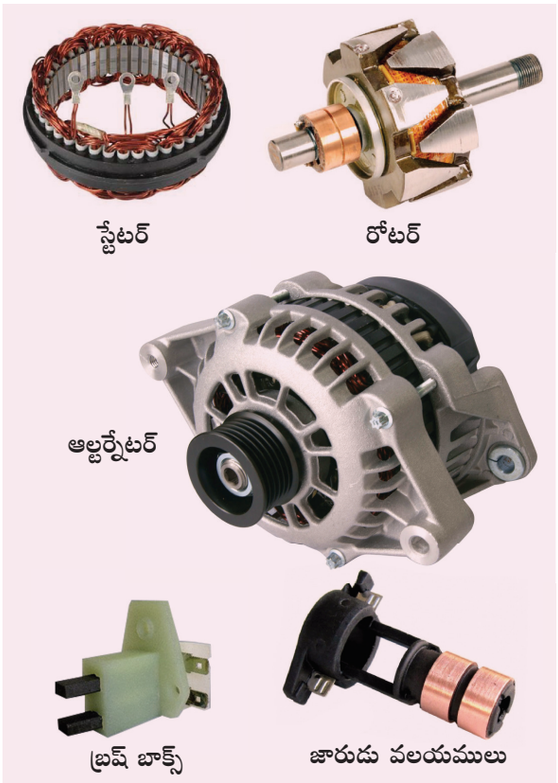
(iii) $\omega t = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$ అయినపుడు

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin 30^\circ = 88 \times \frac{1}{2} = 44\ \text{V}$$

4.5 విద్యుత్ జనని (AC GENERATOR)

4.5.1 పరిచయము

AC విద్యుత్ జనని లేదా ఆల్టర్నేటర్ (*alternator*) ను ఉపయోగించి శక్తిని ఒక రూపము నుండి మరొక రూపమునకు మార్చుతారు. ఇది తీగచుట్టను భ్రమణం చేయడానికి ఉపయోగించిన యాంత్రిక శక్తి లేదా అయస్కాంత క్షేత్రమును విద్యుచ్ఛక్తిగా మార్చుతుంది. ఆల్టర్నేటర్‌లు గృహ మరియు పరిశ్రమలలో ఉపయోగించుటకు భారీ తరహాలో విద్యుచ్ఛక్తిని ఉత్పత్తి చేస్తాయి. *AC* విద్యుత్ జనని మరియు అందలి భాగాలు పటము 4.26లో చూపబడినవి.



పటము 4.26 AC విద్యుత్ జనని మరియు అందలి భాగములు

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 239 23-03-2023 14:15:28

4.5.2 పనిచేయు తత్త్వము

ఆల్టర్నేటర్‌లు విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ అనే తత్వము ఆధారంగా పనిచేస్తాయి. వాహకము మరియు అయస్కాంత క్షేత్రములోని సాపేక్ష చలనము వలన వాహకములో ముడిపడి ఉన్న అయస్కాంత అభివాహము మారి క్రమంగా అందులో వి.చ్చా.బ. ప్రేరితమవుతుంది. ప్రేరిత వి.చ్చా.బ. పరిమాణమును ఫారడే విద్యుదయస్కాంత నియమము నుండి మరియు దాని దిశను ఫ్లెమింగ్ కుడి చేతి నిబంధన నుండి తెలుసుకొనవచ్చు.

గమనిక

ఒక అయస్కాంత క్షేత్రములో భ్రమణం చెందుచున్న తీగ చుట్ట లేదా స్థిరమైన తీగచుట్ట లోపల భ్రమణం చెందుచున్న అయస్కాంత క్షేత్రం వలన ఏకాంతర వి.చ్చా.బ. ఉత్పత్తి అవుతుంది. మొదటి పద్ధతిని చిన్న AC విద్యుత్ జనరిల యందు మరియు రెండవ పద్ధతిని పెద్ద AC విద్యుత్ జనరిల యందు ఉపయోగిస్తున్నారు. అయస్కాంత క్షేత్ర భ్రమణ పద్ధతి విద్యుత్ ఉత్పాదన కేంద్రాల యందు ఉపయోగిస్తున్న పద్ధతుల్లో ఒకటి.

4.5.3 నిర్మాణము

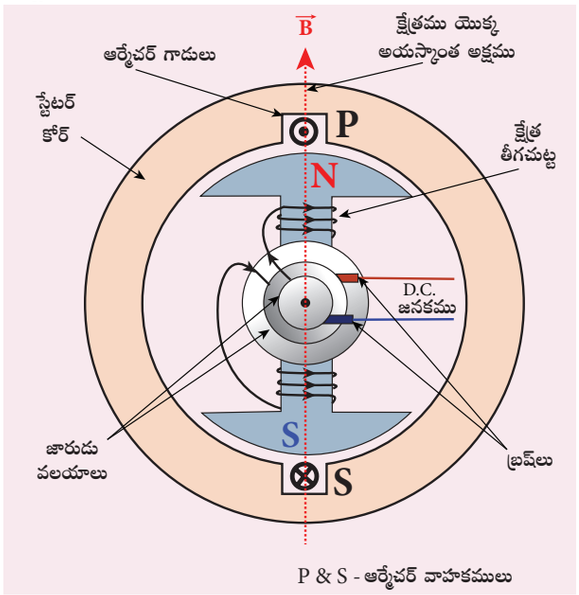
ఆల్టర్నేటర్ యందు స్టేటర్ (Stator) మరియు రోటర్ (Rotor) అనునవి ముఖ్యమైన రెండు భాగములు. అది వాటి పేరుకు తగినట్లు, స్టేటర్ స్థిరముగానూ మరియు స్టేటర్ లోపల రోటర్ భ్రమణము చేస్తూ ఉంటుంది. ఎటువంటి ప్రామాణికం కలిగిన ఆల్టర్నేటర్ తయారీలోనూ స్టేటర్‌పై ఆర్మేచర్ వైండింగ్ (తీగ చుట్ట) అమర్చబడుతుంది మరియు అయస్కాంత క్షేత్రము రోటర్‌పై ఉంటుంది.

1) స్టేటర్ (Stator)

తీగ చుట్ట చుట్టబడిన (ఆర్మేచర్ వైండింగ్) స్థిరమైన భాగాన్ని స్టేటర్ అంటారు. ఇందులో స్టేటర్ కోర్ మరియు తీగచుట్ట (ఆర్మేచర్ వైండింగ్) అను రెండు భాగములు కలవు.

స్టేటర్ కోర్ లేదా ఆర్మేచర్ కోర్ ఇనుము లేదా ఉక్కు మిశ్రమము (Steel) చే తయారు చేయబడి ఉంటుంది. ఇది ఆవర్త ప్రవాహ నష్టమును తగ్గించేటట్లు బోలు స్థూపముల పొరలను కలిగి ఉంటుంది. కోర్ యొక్క లోపలి తలముపై తీగచుట్టలను అమర్చు విధంగా చిన్న చిన్న గాడులు చెక్కబడి ఉంటుంది.

ఆర్మేచర్‌ను తీగలలో చుట్టగా అది తీగచుట్టను గాడులపై ఏర్పరచిన తీగచుట్లు ఆర్మేచర్ కోర్‌ను ఏర్పరుస్తాయి.



పటము 4.27 స్టేటర్ కోర్, ఆర్మేచర్ తీగచుట్ట మరియు 2– ధృవ రోటర్

ii) రోటర్ (Rotor)



రోటర్ నందు అయస్కాంత క్షేత్ర చుట్లు ఉంటాయి. అయస్కాంత ధృవములు (DC) జనకముచే అయస్కాంతీకరణం గావించబడతాయి. క్షేత్ర తీగ చుట్ట చివరి భాగము ఒక జత జారుడు వలయమునకు కలుపబడి ఉంటుంది. ఈ జారుడు వలయాలు రోటర్‌ను భ్రమణము చెందించు ఉమ్మడిషాఫ్ట్‌కు అనుసంధానించబడి ఉంటుంది. జారుడు వలయాలు రోటర్‌తో పాటు భ్రమిస్తాయి. (DC) జనకము మరియు క్షేత్ర తీగచుట్టలు మధ్య అనుసంధానమును నిలకడగా ఉంచుటకు నిరంతరం జారుడు వలయాలను తాకేటట్లు కార్బన్ బ్రష్‌లను ఉపయోగిస్తారు. పటము 4.27లో '2' ధృవ రోటర్ చూపబడియున్నది.

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 240 23-03-2023 14:15:28

తరువాత రాబోవు విభాగము నందు ఏక మరియు త్రిక ఫేస్ (AC) జననిల నిర్మాణము మరియు పనిచేయు విధానముల గురించి చర్చిద్దాం.

4.5.4 స్థిర ఆర్మేచర్ – భ్రమణ క్షేత్ర ఆల్టర్నేటర్ ప్రయోజనాలు

సాధారణంగా ఆల్టర్నేటర్‌లు అధిక విద్యుత్ మరియు అధిక ఓల్టేజ్‌ని కలిగిన యంత్రములు. స్థిర ఆర్మేచర్ – భ్రమణ క్షేత్ర ఆల్టర్నేటర్‌ను నిర్మించుట వలన అనేక ప్రయోజనాలు పొందవచ్చును. అందులో కొన్ని క్రింద ఇవ్వబడినవి.

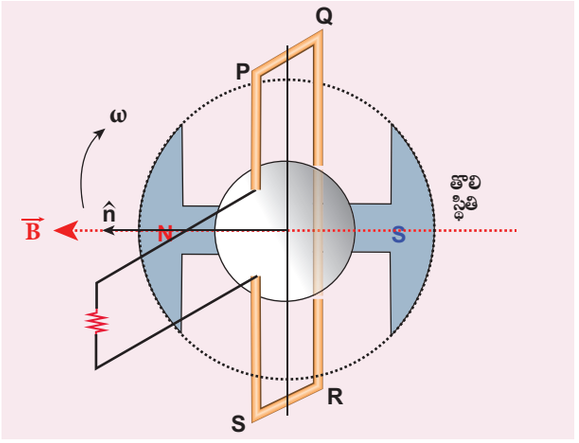
1) స్టేటర్ పై స్థిర కొనల నుండి ఎటువంటి బ్రష్‌ల అనుసంధానం అవసరం లేకుండా విద్యుత్‌ను నేరుగా పొందవచ్చును.
2) స్థిర ఆర్మేచర్ తీగచుట్ట పై బంధక పూతను ఏర్పరచుట సులభము.
3) జారుడు అనుసంధానముల (జారుడు వలయములు) సంఖ్యను తగ్గించవచ్చును. అంతేకాకుండా జారుడు వలయ అనుసంధానమును అల్ప ఓల్టేజ్ (DC) జనకములో ఉపయోగించవచ్చును.
4) ఏదేని యాంత్రిక ఒత్తిడి వలన ఏర్పడు వినాశనములను నియంత్రించుటకు ఆర్మేచర్ తీగ చుట్టను అత్యంత దృఢముగా నిర్మించవచ్చును.

4.5.5 ఏక ప్రావస్థ AC జనని

ఏక ప్రావస్థ *AC* జనని యందు ఏక ప్రావస్థ ఏకాంతర వి.చా.బను ఉత్పత్తిచేయు ఆర్మేచర్ వాహకములు అన్నియు శ్రేణిలో కలుపబడి ఉంటాయి.

AC జనని యొక్క సాధారణ రూపములో స్టేటర్ పై *PQRS* అనే దీర్ఘచతురస్రాకార ఏకచుట్ట వలయము అమర్చబడి ఉంటుంది. క్షేత్ర తీగచుట్ట స్టేటర్ లోపలి వైపు అమర్చబడి ఉంటుంది. అప్పుడు అది తన అక్షము పరంగా కాగిత తలమునకు లంబముగా భ్రమణము చేస్తుంది.

PQRS వలయము స్థిరముగాను, మరియు కాగిత తలమునకు లంబముగాను ఉంటుంది. క్షేత్ర తీగచుట్ట ఉత్తేజిత స్థాయికి చేరినప్పుడు దాని చుట్టూ అయస్కాంత క్షేత్రం ఉత్పత్తి అవుతుంది. పటము 4.28లో చూపినట్లు ఒక బాహ్య కారకముచే క్షేత్ర అయస్కాంతం సవ్యదిశలో భ్రమణం చేయబడినది అనుకొందాం.



పటము 4.28 PQRS వలయము మరియు క్షేత్ర అయస్కాంతము వాటి తొలి స్థితి

క్షేత్ర అయస్కాంతము యొక్క తొలి స్థితి క్షితిజ సమాంతరముగా ఉన్నదని అనుకొందాం. ఏదైనా ఒక క్షణములో అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క దిశ *PQRS* వలయ తలమునకు లంబముగా వస్తుంది. అప్పుడు ప్రేరిత వి.చా.బ శూన్యమవుతుంది. (విభాగము 4.4 సందర్భం (iii) ను పరిశీలించండి). ఇది ప్రేరిత వి.చ్ఛా.బ. మరియు కాల కోణము మధ్య గీచిన రేఖా చిత్రములో ఆది బిందువు *O*– చే సూచించబడుచున్నది. (పటము 4.29)

క్షేత్ర అయస్కాంతమును 90° భ్రమణము చేసినప్పుడు *PQRS* కు అయస్కాంత క్షేత్రం సమాంతరంగా ఉంటుంది, అప్పుడు *PQ* మరియు *RS* ల మధ్య ప్రేరిత వి.చ్ఛా.బ. గరిష్టమవుతుంది. ఎందుకనగా ఇవన్నీ శ్రేణిలో కలుపబడి నందున వి.చా.బ పరిమాణము పెరుగుతుంది. ప్రేరిత వి.చా.బ దిశ ఫ్లెమింగ్ కుడిచేతి నిబంధన ద్వారా తెలుసుకొనవచ్చును.

ఈ నియమమును అనువర్తించినప్పుడు కొన్ని జాగ్రత్తలు తీసుకొనవలెను. క్షేత్రము పరంగా వాహకం యొక్క చలనదిశను బొటన వ్రేలు సూచిస్తుంది. ధృవములను సవ్యదిశలో భ్రమింపజేసినప్పుడు వాహకం అపసవ్య దిశలో

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 241 23-03-2023 14:15:29

భ్రమించినట్లు అనిపిస్తుంది. కావున బొటనవ్రేలు ఎడమవైపుగా ఉండవలెను. కాగిత తలమునకు లంబకోణము వద్ద ప్రేరిత వి.చా.బ దిశ ఉంటుంది. *PQ*– నకు ఇది లోపలివైపు *RS*– నకు వెలుపలి వైపు ఉంటుంది. కనుక విద్యుత్ ప్రవాహం *PQRS* దిశలో ఉంటుంది. రేఖా చిత్రములో *A* బిందువు గరిష్ట వి.చా.బను సూచిస్తుంది.

తొలిస్థానము నుండి 180°ల భ్రమణ కోణమునకు క్షేత్రము మరలా *PQRS*– కు లంబముగా ఉంటుంది. అనగా ప్రేరిత వి.చా.బ శూన్యమవుతుంది. ఇది *B* బిందువుచే సూచించబడినది.

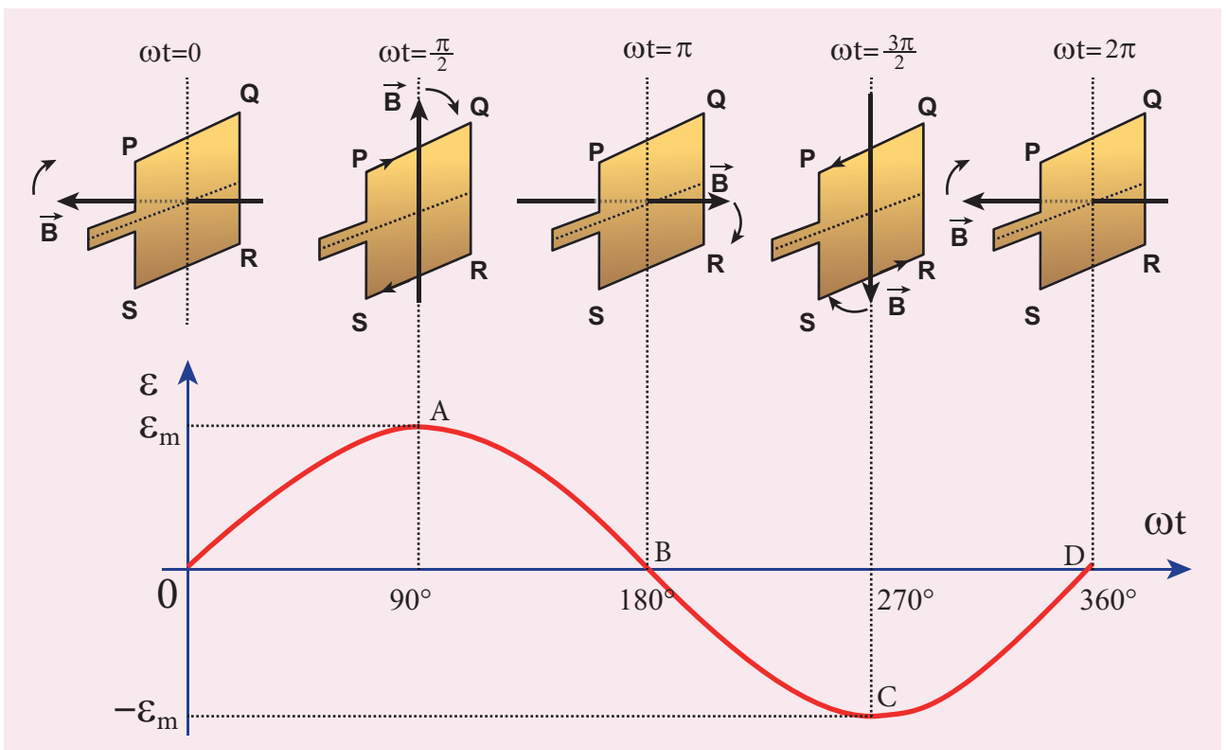
క్షేత్ర అయస్కాంతము 270° భ్రమణము చేసినప్పుడు అది *PQRS* కు సమాంతరముగా ఉంటుంది. ఇక్కడ ప్రేరిత వి.చా.బ గరిష్ఠముగా ఉండి దిశ మాత్రం వ్యతిరేకంగా ఉంటుంది, కనుక విద్యుత్ ప్రవాహం *SRQP* దిశలో ఉంటుంది, ఇది *C* బిందువుచే సూచించబడినది.

360° కోణమును పూర్తి చేసినప్పుడు ప్రేరిత వి.చా.బ శూన్యమవుతుంది. అది బిందువు *D* చే సూచించబడినది. రేఖా చిత్రము నుండి *PQRS*– లో ప్రేరితమైన వి.చా.బ సహజంగానే ఏకాంతర స్వభావమును కలిగి ఉంటుందని స్పష్టమగుచున్నది. కావున క్షేత్ర అయస్కాంతము ఒక పూర్తి భ్రమణము చేసినప్పుడు *PQRS* – లో ప్రేరిత వి.చా.బ ఒక చక్రమును (*Cycle*) పూర్తి చేస్తుంది.

4.5.6 బహు ప్రావస్థ AC జనని

కొన్ని *AC* జనకములలో ఆర్మేచర్ కోర్ నందు ఒకటి కంటే ఎక్కువ తీగచుట్టలు ఉన్నట్లయితే ప్రతి తీగచుట్ట ఒక ఏకాంతర వి.చా.బ ను ఉత్పత్తి చేస్తుంది. అనగా ఈ జననిలో ఒకటి కంటే ఎక్కువ వి.చా.బ ఉత్పత్తి చేయబడుతుంది. కనుక వీటిని బహు ప్రావస్థ జననులు అంటారు.

ఒక విద్యుత్ జననిలో రెండు ఏకాంతర వి.చా.బ ఉత్పత్తి అయితే దానిని ద్వి ప్రావస్థ జనని (*Two Phase Generator*) అని అంటారు. కొన్ని *AC* జననిల యందు మూడు వేరుచేయబడిన తీగచుట్లు ఉండి అవి మూడు వేర్వేరు వి.చా.బలను అందించిన యెడల వాటిని త్రి ప్రావస్థ *AC* జనని (*Three Phase AC Generator*) అంటారు.



పటము 4.29 కాల కోణము పరంగా ప్రేరిత వి.చా.బ లో వైవిధ్యము.

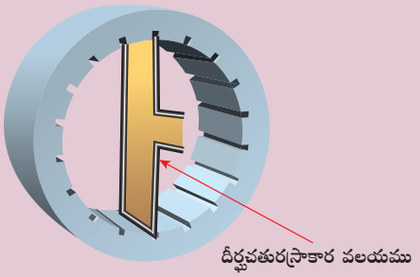
04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 242 23-03-2023 14:15:29

AC జనని నిర్మాణము (పరీక్షలకు రాదు)

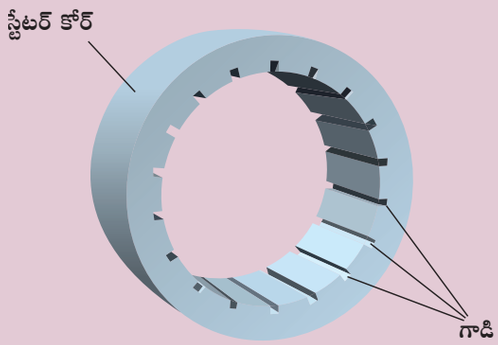
ఆల్టర్‌నేటర్ నందు స్టేటర్ మరియు రోటర్ అను ప్రధాన భాగములు కలవు. (ఈ పుటలో (AC) జనని నిర్మాణమునకు సంబంధించిన అంశములు సులభముగా అర్థం చేసుకొనుటకు ఇవ్వబడినది.)

i) స్టేటర్

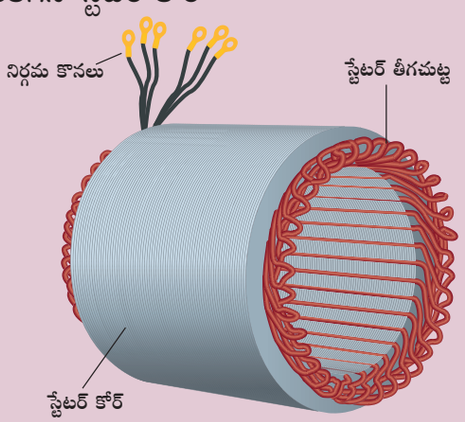
స్టేటర్ నందు స్టేటర్ కోర్ మరియు ఆర్మేచర్ తీగచుట్ట అను రెండు భాగములు కలవు.



పటము (ఆ) దీర్ఘచతురస్రాకార వలయమును కలిగిన స్టేటర్ కోర్



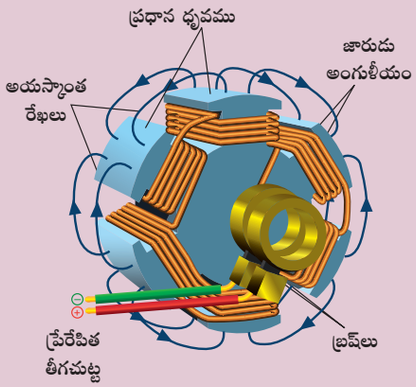
పటము (అ) ఖాళీ గాడులను కలిగిన స్టేటర్ కోర్



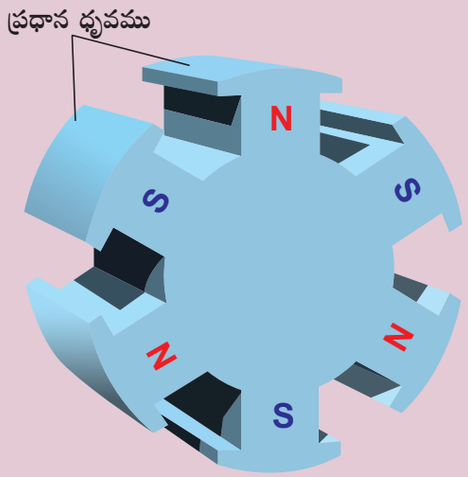
పటము (ఇ) ఆర్మేచర్ తీగచుట్టలను కలిగిన స్టేటర్ కోర్

ii) రోటర్ (Rotor)

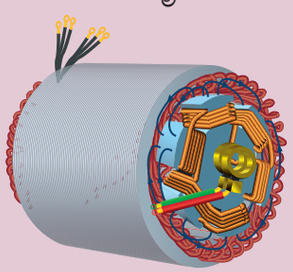
రోటర్ నందు క్షేత్ర తీగ చుట్టలు, జారుడు అంగుళీయాలు మరియు బ్రష్‌లు ఒకే షాఫ్ట్ పై అమర్చబడి ఉంటుంది.



పటము (ఉ) క్షేత్ర తీగచుట్టలు, జారుడు అంగుళీయాలు మరియు బ్రష్‌లను కలిగిన 6- ధృవ రోటర్



పటము (ఈ) 6- ధృవ రోటర్

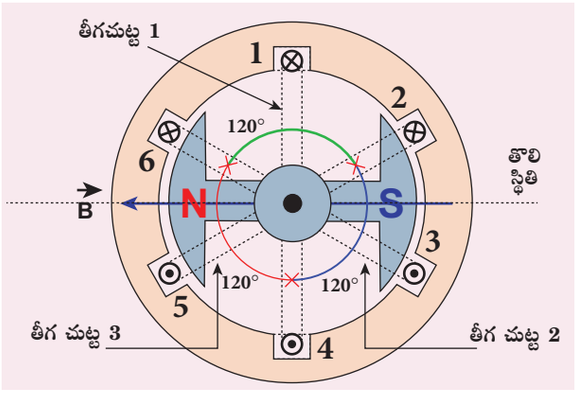


పటము (ఊ) స్టేటర్ కోర్ మరియు రోటర్

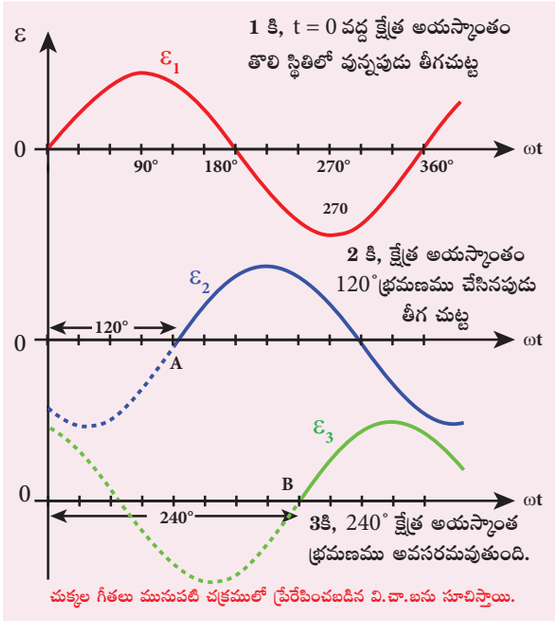
04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 243 23-03-2023 14:15:32

4.5.7 త్రి ప్రావస్థ AC జనని

ఒక త్రి ప్రావస్థ *AC* జనని యందు ఆర్మేచర్ కోర్ లోపలి అంచు 6 గాడులు చెక్కబడి ఉంటుంది. ప్రతి గాడి ఒకదానినుండి మరొకటి 60° దూరంతో ఏర్పరచబడి ఉంటుంది. ఈ గాడులలో 6 ఆర్మేచర్ వాహకాలు బిగించబడి ఉంటుంది. వాహకము 1 మరియు 4 శ్రేణిలో కలుపబడి తీగచుట్ట 1ని ఏర్పరుస్తారు. అదేవిధంగా వాహకము 3 మరియు 6ల నుండి తీగచుట్ట 2 ను వాహకము 5 మరియు 2 ల నుండి తీగచుట్ట 3ను ఏర్పరుస్తారు. దీనినుండి తీగ చుట్టలు ఒకదానికొకటి 120° దూరంలో దీర్ఘ చతురస్రాకారంలో ఉంటాయి. (పటము 4.30)



పటము 4.30 త్రి ప్రావస్థ AC జనని నిర్మాణము



పటము 4.31 కాల కోణముతో $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ మరియు ε_3 వి.చా.బలలో వైవిధ్యము.

క్షేత్ర అయస్కాంతం యొక్క తొలి స్థితి క్షితిజ సమాంతరంగాను మరియు క్షేత్ర దిశ తీగచుట్ట 1 తలమునకు లంబముగాను ఉన్నది. మనము ఏక ప్రావస్థ *AC* జననిలో చూసిన విధముగా క్షేత్ర అయస్కాంతము సవ్యదిశలో భ్రమణం చేసినప్పుడు ఆది బిందువు 0 నుండి తీగచుట్ట 1 లో ఒక ఏకాంతర వి.చా.బ చక్రము (*Cycle*) ప్రేరితమవుతుంది. ఇది పటము 4.31లో చూపబడినది.

తీగచుట్ట 2 లో బిందువు *A* – వద్ద క్షేత్ర అయస్కాంతం 120° భ్రమించినప్పుడు మొదటి చక్రమునకు ఆసన్న చక్రము ఏకాంతర వి.చా.బ ε_2– కు ప్రారంభమవుతుంది, అనగా ε_1 మరియు ε_2 ల మధ్య ప్రావస్థ భేదము 120° గా ఉంటుంది. అదేవిధంగా తీగచుట్ట 3లో వి.చా.బ ε_3 చక్రమును క్షేత్ర అయస్కాంతం దాని తొలి స్థితి నుండి 240° భ్రమణము తరువాత *B*– బిందువు వద్ద ప్రారంభిస్తుంది. ఈ విధముగా వి.చా.బ లు ప్రావస్థ భేదము 120° కలిగిన త్రి ప్రావస్థ *AC* జనని లో ఉత్పత్తి చేయబడుతుంది.

4.5.8 త్రి ప్రావస్థ ఆల్టర్నేటర్ యొక్క ప్రయోజనాలు

ఏక ప్రావస్థ వ్యవస్థ కంటే త్రి ప్రావస్థ వ్యవస్థ వలన అనేక ఉపయోగాలు కలవు. అందులో కొన్నింటిని పరిశీలిద్దాం.

1) ఇచ్చిన జనని యొక్క పరిమాణమునకు త్రి ప్రావస్థ యంత్రములు, ఏక ప్రావస్థ యంత్రముల కన్నా ఎక్కువ నిర్గమ సామర్థ్యాన్ని అందిస్తాయి.

2) ఒకే సామర్థ్యము కలిగిన త్రి మరియు ఏక ఆల్టర్నేటర్‌లలో ఏక ప్రావస్థ ఆల్టర్నేటర్ కంటే త్రి ప్రావస్థ ఆల్టర్నేటర్ పరిమాణములో చిన్నదిగా ఉంటుంది.

3) త్రి ప్రావస్థ సరఫరా వ్యవస్థ అత్యంత చౌకైనది. త్రి ప్రావస్థ విద్యుత్‌ను సరఫరా చేయుటకు సాపేక్షంగా సన్నని తీగను ఉపయోగించెదరు.

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 244 23-03-2023 14:15:33

4.6 పరివర్తకము (TRANSFORMER)

పౌనఃపున్యములో మార్పు లేకుండా ఒక వలయము నుండి మరొక వలయమునకు విద్యుచ్ఛక్తిని బదిలీ చేయుటకు వాడే ఒక స్థిరమైన పరికరమును 'పరివర్తకము' అంటారు. అనువర్తిత ఏకాంతర ఓల్టేజి వలయంలో సంబంధిత తగ్గుదల లేదా పెరుగుదల విద్యుత్ ప్రవాహముతో పెరుగుతుంది లేదా తగ్గుతుంది.

అల్ప ఓల్టేజి ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహమును అధిక ఓల్టేజి ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహముగా మార్చే పరివర్తకమును ఆరోహణ పరివర్తకము (*Step Up Transformer*) అని అంటారు. దీని వ్యతిరేకముగా అధిక ఓల్టేజి ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహమును అల్ప ఓల్టేజి ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహముగా మార్చే పరివర్తకమును అవరోహణ పరివర్తకము (*Step Down Transformer*) అని అంటారు.

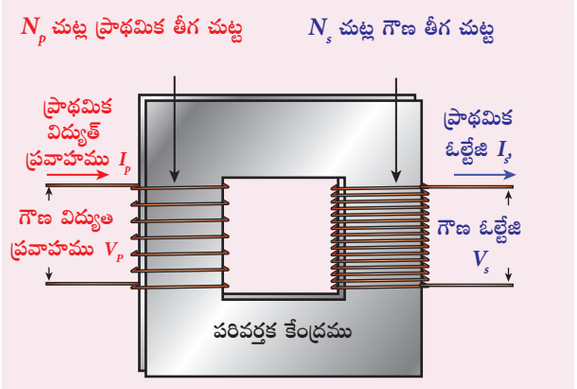
4.6.1 పరివర్తకము యొక్క నిర్మాణము మరియు పని చేయు విధానము

తత్వము

రెండు తీగచుట్టల మధ్య కలిగే అన్యోన్య ప్రేరణ అనే తత్వము ఆధారముగా పరివర్తకము పనిచేస్తుంది. అనగా కాలముతో పాటు తీగచుట్టలో ప్రసరించే విద్యుత్ ప్రవాహము మారుచున్నప్పుడు, దాని సమీప తీగచుట్టలో వి.చ్ఛా.బ. ప్రేరితమవుతుంది.

నిర్మాణము:

పరివర్తకము యొక్క సాధారణ నిర్మాణమును పరిశీలించినట్లయితే, ఒకే పరివర్తక కేంద్రము (కోర్)పై అధిక అన్యోన్య ప్రేరకత్వము కలిగిన రెండు తీగ చుట్టలు చుట్టబడి ఉంటాయి. పరివర్తక కేంద్రము సిలికాన్ స్టీల్ వంటి ఉత్తమ అయస్కాంత పదార్థముచే తయారు చేయబడి మరియు పొరలుగా విభజించబడి ఉంటుంది. తీగచుట్టలు విద్యుద్బంధక పూతను కలిగినవైననూ పరివర్తక కేంద్రము ద్వారా అయస్కాంత పరముగా సంధానించబడి ఉంటాయి.



పటము 4.32 (అ) పరివర్తక నిర్మాణము



పటము 4.32 (ఆ) రహదారివైపు గల పరివర్తకము

ఏకాంతర ఓల్టేజిని అనువర్తింపజేయుటకు వాడే తీగచుట్టను ప్రాథమిక తీగచుట్ట P అని, నిర్గమ విద్యుత్‌ను పొందుటకు వాడే తీగచుట్టను గౌణ తీగ చుట్ట S అని అంటారు.

పరివర్తక కోర్‌ను తీగ చుట్టలతో చుట్టిన తరువాత ఈ అమరికను ఒక పాత్రలో ఉంచి దానిలో అనుకూలమైన యానకమును చల్లదనము మరియు బంధకము కొరకు నింపుతారు.

పని చేయు విధానము:

ఏకాంతర ఓల్టేజ్ జననికి ప్రాథమిక తీగచుట్టను సంధానించినప్పుడు ఏకాంతర అయస్కాంత అభివాహము పరివర్తక పొరల కోర్‌లో ఏర్పడుతుంది. అందులో అయస్కాంత అభివాహ లీకేజ్ లేనిచో, ప్రాథమిక తీగచుట్టలో ముడిపడిన మొత్తం అయస్కాంత అభివాహం గౌణ తీగచుట్టలోనూ ముడిపడి ఉంటుంది. అనగా ప్రతి తీగచుట్టులో అయస్కాంత అభివాహములోని మార్పు రేటు ప్రాథమిక మరియు గౌణ తీగ చుట్టలో సమానముగా ఉంటుంది.

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 245 23-03-2023 14:15:34

అభివాహములోని మార్పు ఫలితముగా ప్రాథమిక మరియు గౌణ తీగచుట్టలో వి.చా.బ ప్రేరితమవుతుంది. ప్రాథమిక తీగచుట్టలో ప్రేరితమైన వి.చా.బ లేదా తిరోగమన వి.చా.బ (*Back E.M.F*) ε_p ని క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

$$\varepsilon_p = -N_p \frac{d\Phi_B}{dt}$$

ప్రాథమిక తీగచుట్టలో అనువర్తించబడిన ఓల్టేజ్ v_p తిరోగమన వి.చా.బ కు సమానము. కావున

$$v_p = -N_p \frac{d\Phi_B}{dt} \qquad (4.24)$$

కోర్ నందు ఏర్పడిన ఏకాంతర అయస్కాంత అభివాహ పౌనఃపున్యం అనువర్తిత ఓల్టేజ్ పౌనఃపున్యమునకు సమానము. కావున గౌణ తీగచుట్టలో ప్రేరితమైన వి.చా.బ కూడా అనువర్తిత ఓల్టేజ్ పౌనఃపున్యమునకు సమానముగా ఉంటుంది. అప్పుడు గౌణ తీగచుట్టలో ప్రేరితమైన వి.చా.బ ε_p విలువ క్రింది విధముగా ఉంటుంది.

$$\varepsilon_s = -N_s \frac{d\Phi_B}{dt}$$

ప్రాథమిక మరియు గౌణ తీగచుట్టలలో చుట్ల సంఖ్య క్రమంగా N_p మరియు N_s అగును. ఒక వేళ గౌణ వలయం ఆవృతమైనపుడు $\varepsilon_s = v_s$ అవుతుంది. ఇక్కడ v_s గౌణ తీగచుట్టలోని ఓల్టేజ్.

$$v_s = -N_s \frac{d\Phi_B}{dt} \qquad (4.25)$$

సమీకరణ 4.24 మరియు 4.25 ల నుండి

$$\frac{v_s}{v_p} = \frac{N_s}{N_p} = K \qquad (4.26)$$

ఇక్కడ స్థిరాంకము K ను పరివర్తక వోల్టేజ్ నిష్పత్తి అని అంటారు. ఒక ఆదర్శ పరివర్తక విషయములో; నివేశ సామర్థ్యం $v_p i_p$ = నిర్గమ సామర్థ్యం $v_s i_s$

ఇక్కడ

i_p మరియు i_s లు వరుసగా ప్రాథమిక మరియు గౌణ తీగచుట్టలలోని విద్యుత్ ప్రవాహం విలువలను తెలియజేస్తాయి. కావున

$$\frac{v_s}{v_p} = \frac{N_s}{N_p} = \frac{i_p}{i_s} \qquad (4.27)$$

సమీకరణం 4.27 ను సంబంధిత కంపన పరిమితి రాశులచే రాసిన యెడల

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p} = \frac{I_p}{I_s} = K$$

i) $N_s > N_p$ $(K>1)$ అయితే $V_s > V_p$ మరియు $I_s < I_p$ అవుతుంది. ఈ సందర్భం ఆరోహణ పరివర్తకమునకు చెందుతుంది. ఇందులో సంబంధిత విద్యుత్ ప్రవాహం తగ్గి ఓల్టేజ్ పెరుగుతుంది.

ii) $N_s < N_p$ $(K<1)$ అయితే $V_s < V_p$ మరియు $I_s > I_p$ అవుతుంది. ఈ సందర్భం అవరోహణ పరివర్తకమునకు చెందుతుంది. ఇందులో సంబంధిత విద్యుత్ ప్రవాహం పెరిగి, ఓల్టేజ్ తగ్గుతుంది.

పరివర్తకము యొక్క దక్షత (Efficiency of a transformer):

నిర్గమ సామర్థ్య ఉపయోగమునకు మరియు నివేశ సామర్థ్యమునకు మధ్య గల నిష్పత్తిని పరివర్తకం దక్షత η అని అంటారు.

$$\eta = \frac{\text{నిర్గమ సామర్థ్యం}}{\text{నివేశ సామర్థ్యం}} \times 100\% \qquad (4.28)$$

పరివర్తకములు తమ దక్షతను 96% నుండి 99% వరకు అధిక దక్షతను కలిగిన పరికరములు. వేర్వేరు శక్తి నష్టములు వాటిని 100% దక్షత కలిగిన పరికరములుగా ఉంచ జాలవు.

4.6.2 ఒక పరివర్తకములో శక్తి నష్టములు

పరివర్తకములోని భాగములు ఎటువంటి చలనాన్ని కలిగియుండవు. కనుక మోటార్ మరియు విద్యుత్ జనని వంటి భ్రమణ యంత్రముల కంటే ఇది అత్యధిక దక్షితను కలిగి ఉంటాయి. కాని కొన్ని కారకాలు పరివర్తకములో శక్తి నష్టానికి దారితీస్తాయి.

i) కోర్ దుర్వ్యయం లేదా ఇనుప దుర్వ్యయం

ఈ శక్తి నష్టం పరివర్తక కోర్‌లో ఏర్పడుతుంది. శైథిల్య నష్టం మరియు ఆవర్త ప్రవాహ నష్టములను కోర్ దుర్వ్యయం లేదా ఇనుప దుర్వ్యయం

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 246 23-03-2023 14:15:37

అంటారు. ప్రాథమిక తీగచుట్టలో ఏకాంతర ఓల్టేజ్‌ను అనువర్తింపజేయుట ద్వారా పరివర్తక కేంద్రము తరచుగా అయస్కాంతీకరణం మరియు అనయస్కాంతీకరణము చెందుతుంది. దీనివలన శైథిల్య నష్టం ఉష్ణ రూపంలో ఏర్పడుతుంది. ఈ శైథిల్య నష్టమును తగ్గించుటకు అధిక సిలికాన్ పరిమాణము గల స్టీలును ఉపయోగించి పరివర్తక కోర్‌ను తయారు చేయాలి.

కోర్‌లోని ఏకాంతర అయస్కాంత అభివాహము ఆవర్త ప్రవాహమును ప్రేరేపిస్తుంది. కావున ఆవర్త ప్రవాహము వలన శక్తి నష్టము ఏర్పడుతుంది. ఈ ఆవర్త ప్రవాహ నష్టమును తగ్గించుటకు పరివర్తక కేంద్రములో పలుచటి రేకులను ఉపయోగిస్తారు.

ii) రాగి దుర్వ్యయం

పరివర్తకములోని తీగచుట్లు విద్యుత్ నిరోధమును కలిగి ఉంటాయి. వాటి గుండా విద్యుత్ ప్రవహించునప్పుడు జౌల్ ఉష్ణము ఫలితముగా కొంత శక్తి నష్టం వాటిల్లుతుంది. ఈ నష్టమును రాగి దుర్వ్యయం అంటారు. దీనిని తగ్గించుటకు అధిక వ్యాసము కలిగిన తీగలను ఉపయోగిస్తారు.

ii) అభివాహ లీకేజ్

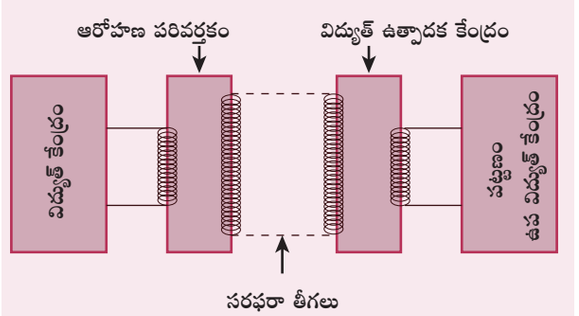
ప్రాథమిక తీగచుట్టలోని అయస్కాంత రేఖలు గౌణ తీగచుట్టలోకి పూర్తిగా ప్రవేశించినప్పుడు ఈ నష్టం ఏర్పడుతుంది. ఇటువంటి అభివాహ లీకేజ్ వలన కలుగు శక్తి నష్టమును తీగ చుట్టలను ఒకదాని పై ఒకటి పేర్చుట ద్వారా తగ్గించవచ్చును.

4.6.3 సుదూరములకు విద్యుత్ సరఫరా చేయుటలో ప్రయోజనములు

AC జననులను ఉపయోగించి విద్యుత్ ఉత్పాదక కేంద్రములలో భారీ శ్రేణిలో విద్యుత్ శక్తి ఉత్పత్తి చేయబడుచున్నది. ఈ విద్యుత్ ఉత్పాదక కేంద్రాలు వాటిలో ఉపయోగించబడు ఇంధనం రకము ఆధారముగా ఉష్ణ విద్యుత్ కేంద్రము, జల విద్యుత్ కేంద్రము, కేంద్రక శక్తి విద్యుత్ కేంద్రము అని రకరకాల పేర్లతో పిలువబడుచున్నది. చాలావరకు ఈ కేంద్రములన్ని జనావాస ప్రాంతములకు దూరంగా నిర్మించబడుతాయి. కావున ఈ కేంద్రములలో ఉత్పత్తియైన విద్యుత్ శక్తిని జనావాస ప్రాంతములకు సరఫరా చేయడానికి సరఫరా తీగలను ఉపయోగిస్తారు. ఈ ప్రక్రియను విద్యుత్ సరఫరా అంటారు.

విద్యుత్‌ను సరఫరా చేయు సందర్భములలో ఒక ఇబ్బంది కలదు. సరఫరా తీగలు వందల కిలోమీటర్ పొడవును కలిగి ఉండుట వలన వాటిలో జౌల్ ఉష్ణ ఫలితము కారణంగా గణనీయమైన విద్యుత్ శక్తి నష్టం ఏర్పడుతుంది. ఈ శక్తి నష్టమును విద్యుత్ ప్రవాహం (I) ను తగ్గించుట వలన లేదా విద్యుత్ సరఫరా తీగల నిరోధము R ను తగ్గించుటవలన అధిగమించవచ్చును. తీగల నిరోధము R ను మందమైన రాగి లేదా అల్యూమినియం తీగలను ఉపయోగించి తగ్గించవచ్చును. అయితే ఇటువంటి రాగి లేదా అల్యూమినియం తీగలను తయారు చేయుటకు ఎక్కువ ఖర్చు అవుతుంది. కనుక ఈ మార్గము ద్వారా శక్తి నష్టమును తగ్గించుట ఆర్థికపరంగా అనుకూలమైనది కాదు.

ప్రకృతిలో శక్తిని ప్రత్యామ్నాయంగా ఉత్పత్తి చేయుటకు మార్గము కలదు. ఏకాంతర ఓల్టేజ్ యొక్క ముఖ్యమైన స్వభావం ఏమనగా, పరివర్తకములను ఉపయోగించి దానికి అందించే విద్యుత్ ప్రవాహమును తగ్గించుట ద్వారా ఏకాంతర ఓల్టేజ్‌ని పెంచవచ్చు లేక తగ్గించవచ్చని ముందుగానే తెలుసుకొని ఉన్నాము. కనుక పరివర్తకము ద్వారా శక్తి నష్టాన్ని భారీగా తగ్గించవచ్చు.



పటము 4.33 సుదూరములకు విద్యుత్ సరఫరా

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 247 23-03-2023 14:15:37

పటము 4.33 లో చూపినట్లు ఆరోహణ పరివర్తకమును ఉపయోగించి, ఓల్టేజ్‌ని పెంచి మరియు విద్యుత్ ప్రవాహమును తగ్గించవలెను. విద్యుత్ సరఫరా కేంద్రము నుండి ఇది సరఫరా తీగలకు అందించబడుతుంది. ఈ అధిక ఓల్టేజ్ వద్ద తగ్గించబడిన విద్యుత్ ప్రవాహం చెప్పుకోదగిన నష్టం లేకుండా గమ్యస్థానానికి చేరుకొంటుంది. గమ్య స్థానం వద్ద అవరోహణ పరివర్తకం ఉపయోగించి ఓల్టేజ్‌ను తగ్గించి, విద్యుత్ ప్రవాహమును అవసరమైన పరిమాణమునకు పెంచి వినియోగదారులకు అందిస్తారు. ఈ విధంగా విద్యుచ్ఛక్తి సరఫరా ఆర్థికంగాను ఎటువంటి నష్టము లేకుండా సమర్థవంతముగా జరుగుతుంది.

దృష్టాంతము:

$R = 40\ \Omega$ నిరోధము కలిగిన విద్యుత్ సరఫరా తీగల ద్వారా 2 MW విద్యుచ్ఛక్తి ఒక ప్రదేశమునకు పంపిణీ చేయబడినది. ఇది రెండు వేర్వేరు ఓల్టేజ్‌లు కలిగి ఉన్నది. ఒకటి తక్కువ ఓల్టేజ్ (10 kV) మరియు అధిక ఓల్టేజ్ (100 kV) అయితే పై రెండు సందర్భాలలోను శక్తి నష్టమును కనుగొని పోల్చండి.

సందర్భము **(i)**:

$P = 2$ MW; $R = 40\ \Omega$; $V = 10$ kV

సామర్థ్యం, $P = VI$

$\therefore$ విద్యుత్ ప్రవాహం, $I = \frac{P}{V} = \frac{2\times10^6}{10\times10^3} = 200\text{A}$

శక్తి నష్టము = జనించిన ఉష్ణము $= I^2R$

$= (200)^2 \times 40 = 1.6\times10^6\ \text{W}$

శక్తి నష్టములోని శాతము $\% = \frac{1.6\times10^6}{2\times10^6}\times100\%$

$= 0.8\times100\% = 80\%$

సందర్భము **(ii)**:

$P = 2$ MW; $R = 40\ \Omega$; $V = 100$ kV

$\therefore$ విద్యుత్ ప్రవాహము, $I = \frac{P}{V} = \frac{2\times10^6}{100\times10^3} = 20\text{A}$

శక్తి నష్టము $= I^2R$

$= (20)^2 \times 40 = 0.016\times10^6\ \text{W}$

శక్తి నష్టములోని శాతము $\% = \frac{0.016\times10^6}{2\times10^6}\times100\%$

$= 0.008\times100\% = 0.8\%$

దీని నుండి అధిక ఓల్టేజి వద్ద విద్యుచ్ఛక్తి సరఫరా చేయుటవలన శక్తి నష్టం భారీగా ఉంటుందని స్పష్టమగుచున్నది.

ఉదాహరణ 4.16

ఒక ఆదర్శ పరివర్తకము నందు ప్రాథమిక మరియు గౌణ తీగచుట్టలో గల చుట్ల సంఖ్య వరుసగా 460 మరియు 40,000. ఇప్పుడు పరివర్తకం 230V *AC* మెయిన్‌కు అనుసంధానించబడితే గౌణ తీగచుట్టలోని ప్రతి చుట్టులో ఉత్పత్తి అయిన ఓల్టేజ్‌ని లెక్కించండి. గౌణ తీగచుట్టకు $10^4\ \Omega$ ల భార నిరోధం అందించబడితే ఆ భార నిరోధంలోకి పంపిణీ అయిన సామర్థ్యమును లెక్కించండి.

సాధన:

$N_P = 460$ చుట్లు; $N_S = 40{,}000$ చుట్లు

$V_P = 230$ V; $R_S = 10^4\ \Omega$

(i) గౌణ తీగచుట్ట ఓల్టేజి

$V_S = \frac{V_P N_S}{N_P} = \frac{230\times40{,}000}{460} = 20{,}000\ \text{V}$

ఒక్క చుట్టుకి గౌణ ఓల్టేజి, $\frac{V_S}{N_S} = \frac{20{,}000}{40{,}000} = 0.5\ \text{V}$

(ii) సామర్థ్య పంపిణీ

$= V_S I_S = \frac{V_S^2}{R_S} = \frac{20{,}000\times20{,}000}{10^4} = 40\ \text{kW}$

ఉదాహరణ 4.17

సాధారణంగా గృహములలో ఉపయోగించి ఒక విద్యుత్ సాధనంగా ఇన్వర్టర్‌ను పేర్కొనవచ్చును. గృహములలో విద్యుచ్ఛక్తి సరఫరా లేనప్పుడు ఇన్వర్టర్ (inverter) విద్యుత్‌ను అందించి విద్యుత్ ఫంకా మరియు విద్యుత్ దీపములను పని చేయించుటకు తోడ్పడుతుంది. ఒక ఇన్వర్టర్

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 248 23-03-2023 14:15:45

విద్యుత్ సరఫరా వ్యవస్థ (పరీక్షలకు రాదు)

ఒక ప్రదేశములో నిర్మించబడిన విద్యుత్ సరఫరా కేంద్రము ఉమ్మడి విద్యుత్ నెట్‌వర్క్‌ను రూపొందించుటకు పరస్పరం ఒక దానితో మరొకటి అనుసంధానించబడి పనిచేస్తుంది. విద్యుత్ సరఫరా కేంద్రములో ఏదేని సామర్థ్య ఉత్పాదనలో లోటుపాట్లు అనగా అకస్మాత్తుగా లోడ్ పెరగడం లేదా విద్యుత్ కేంద్రములో విద్యుత్ ఉత్పాదనలో వైఫల్యం వంటివి జరిగినపుడు, ఈ కేంద్రములు భారీ సంఖ్యలో వినియోగదారులకు ఎడతెగని విద్యుత్ సరఫరాను అందించగలవు.

విద్యుచ్ఛక్తిని ఉత్పత్తి మరియు వినియోగించుటలో ఉత్పాదక కేంద్రములు, సరఫరా తీగలు, ఉపకేంద్రములు మరియు పంపిణీదారులు వంటి వేర్వేరు అంశములు ఒకటిగా చేరి విద్యుత్ సరఫరా వ్యవస్థను ఏర్పరుస్తాయి.

విద్యుత్ సరఫరా వ్యవస్థలో విద్యుత్ ఉపకేంద్రములు మరియు సరఫరా తీగలను కలిగియున్న భాగాన్ని గ్రిడ్ అంటారు.

విద్యుత్ సరఫరా వ్యవస్థలో విద్యుచ్ఛక్తి ఉత్పత్తి చేయబడి వినియోగదారునికి అందించుటలో రెండు స్థాయిలు కలవు. అవి:

1) ప్రసార స్థాయి; ఇది మరలా రెండు రకాలుగా విభజింపబడినది

అ) ప్రాథమిక ప్రసార స్థాయి.

ఆ) ద్వితీయ ప్రసార స్థాయి.

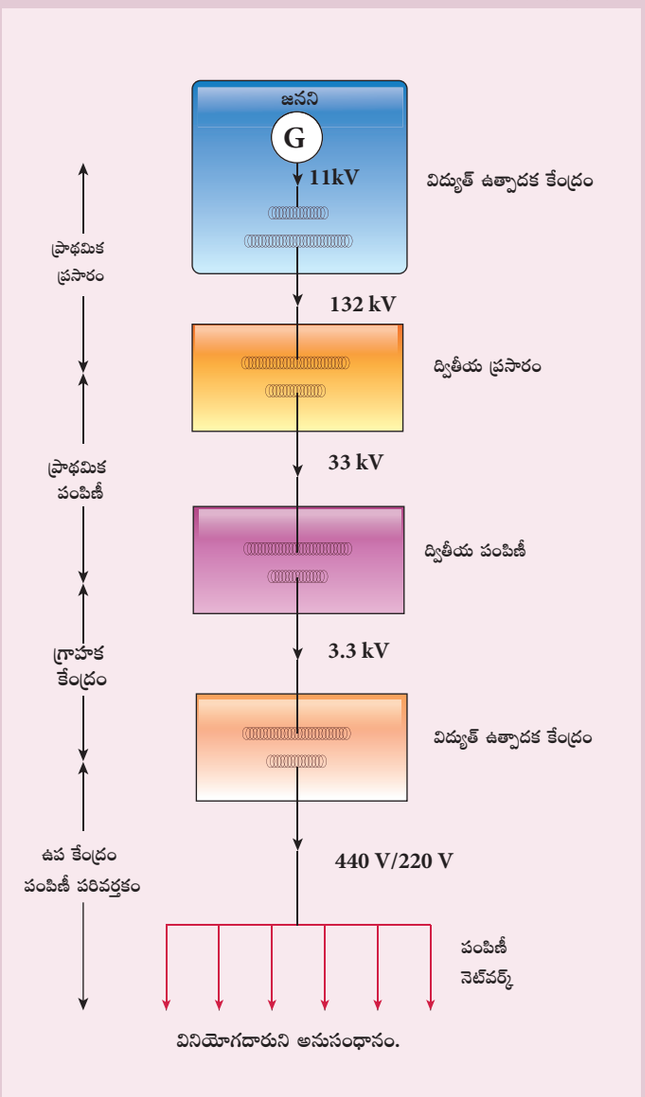
2) పంపిణీ స్థాయి; ఇది కూడా రెండు రకాలుగా విభజింపబడినది.

అ) ప్రాథమిక పంపిణీ స్థాయి.

ఆ) ద్వితీయ పంపిణీ స్థాయి.

పైస్థాయిల అనంతరం విద్యుత్ వినియోగదారునికి అందించబడుతుంది. పైన పేర్కొన్న రెండు రకముల విద్యుత్ సరఫరా స్థాయిలను ఒక ఏక రేఖా చిత్రపటం ద్వారా చూపబడినది. కేంద్రీయ సరఫరా వ్యవస్థ సాధారణంగా 11 kV వద్దగల విద్యుత్‌ను ఉత్పత్తి చేసి దానిని 132 kV కి వృద్ధి చేసి సరఫరా తీగల ద్వారా వేర్వేరు ప్రాంతమునకు సరఫరా చేస్తుంది. దీనిని ప్రాథమిక లేక అధిక ఓల్టేజ్ సరఫరా అని అంటారు.

పట్టణమునకు దూరముగా గల ప్రదేశములో నిర్మించియున్న గ్రాహక కేంద్రములు ఈ అధిక ఓల్టేజ్ విద్యుత్‌ను స్వీకరించి దానిని 33 kV గా తగ్గించి ద్వితీయ లేదా అల్ప ఓల్టేజ్ సరఫరాను చేస్తాయి. ఇది పట్టణ పరిమితిలో గల ఉపకేంద్రములకు అందించబడతాయి.



ప్రాథమిక పంపిణీ వ్యవస్థలో విద్యుత్ కేంద్రముల వద్ద ఓల్టేజి 33 kV– నుండి 3.3kV కి తగ్గించబడి అది పంపిణీ ఉపకేంద్రములకు అందించబడుతుంది. చివరగా పంపిణీ ఉపకేంద్రముల వద్ద ఓల్టేజీ 440 V లేదా 230 V కి తగ్గించి ద్వితీయ పంపిణీ వ్యవస్థ ద్వారా పరిశ్రమలకు (440 V) మరియు గృహములకు (230 V) అందించబడుతుంది.

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 249 23-03-2023 14:15:45

నందు 12V *AC* ను 240V *AC* గా మార్చే ఆరోహణ పరివర్తకం సహజంగా అమర్చబడి ఉంటుంది. ఇన్వర్టర్‌లోని ప్రాథమిక తీగచుట్టలో 100 చుట్లు కలిగి 50 mA విద్యుత్‌ను బాహ్య వలయమునకు అందిస్తుంది. అయితే గౌణ తీగచుట్టలోని చుట్ల సంఖ్య మరియు ప్రాథమిక తీగచుట్టలోని విద్యుత్ ప్రవాహమును కనుగొనండి.

సాధన:

$V_p = 12$ V; $V_s = 240$ V

$I_s = 50$mA; $N_p = 100$ చుట్లు

$$\frac{V_S}{V_P} = \frac{N_S}{N_P} = \frac{I_P}{I_S} = K$$

పరివర్తక నిష్పత్తి, $K = \frac{240}{12} = 20$

గౌణ తీగచుట్టలోని చుట్ల సంఖ్య

$$N_S = N_P \times K = 100 \times 20 = 2000$$

ప్రాథమిక తీగచుట్టలోని విద్యుత్ ప్రవాహం

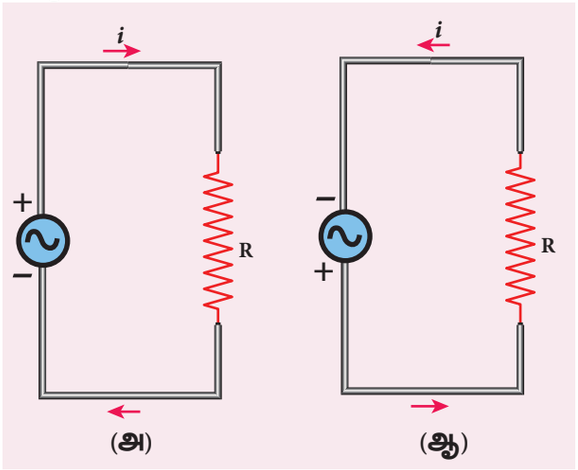
$$I_P = \mathrm{K} \times I_s = 20 \times 50 \text{ mA} = 1 \text{ A}$$

4.7 ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహం (ALTERNATING CURRENT)

4.7.1 పరిచయం

ఒక సంవృత వలయములో అయస్కాంత క్షేత్రముతో పాటు తీగచుట్ట విన్యాసం మారినప్పుడు ఒక ఏకాంతర వి.చా.బ ప్రేరితమై అందులో ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవహిస్తుంది. ఒక క్రమ కాల అంతరంలో ధృవణమును మార్చి మరియు ఫలిత ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను మార్చు ఓల్టేజిని ఏకాంతర ఓల్టేజ్ అంటారు.

పటము 4.34 (అ) నందు ఒక నిరోధము R కు ఏకాంతర ఓల్టేజ్ జనకము సంధానించబడియుండుట చూపబడినది. ఇందులో ఏదేని ఒక క్షణము వద్ద జనకము యొక్క పైకొన ధనాత్మకంగాను క్రింది కొన ఋణాత్మకంగాను ఉన్నదని ఊహిద్దాం. అప్పుడు విద్యుత్ సవ్య దిశలో ప్రవహిస్తుంది. కొంత సమయం తరువాత జనకం యొక్క ధృవణము తిరోగమనం చెంది విద్యుత్ అపసవ్యదిశలో ప్రవహిస్తుంది. (పటము 4.34(ఆ)) ఇక్కడ విద్యుత్ ఏకాంతర దిశలలో ప్రవహించుట వలన దీనిని ఏకాంతర విద్యుత్ అంటారు.



పటము 4.34 ఏకాంతర ఓల్టేజి మరియు దానికి సంబంధించిన ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహము

సైను సాయిడల్ ఏకాంతర ఓల్టేజ్

ఏకాంతర ఓల్టేజ్ ఒక సైను తరంగ రూపంలో ఉన్నట్లయితే దానిని సైను సాయిడల్ ఏకాంతర ఓల్టేజ్ అంటారు. దీనిని ఈ క్రింది విధముగా చూపవచ్చును.

$$v = V_m \sin \omega t \qquad (4.29)$$

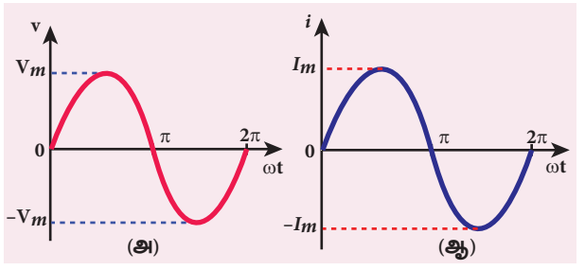
ఇందులో v అనునది తాక్షణిక ఏకాంతర ఓల్టేజ్ విలువ, (Instantaneous value) అనునది గరిష్ట విలువ (కంపన పరిమితి) మరియు V_m అనునది ఏకాంతర ఓల్టేజ్ యొక్క కోణీయ పౌనఃపున్యం. ఒక సంవృత వలయమునకు సైను సాయిడల్ ఏకాంతర ఓల్టేజ్‌ని అనువర్తింప జేసినప్పుడు ఫలిత ఏకాంతర విద్యుత్ కూడా సైను సాయిడల్ స్వభావమును కలిగి ఉంటుంది. ఈ సంబంధాన్ని క్రింది విధముగా తెలుపవచ్చు.

$$i = I_m \sin \omega t \qquad (4.30)$$

ఇక్కడ I_m అనునది ఏకాంతర విద్యుత్ యొక్క గరిష్ట విలువ (కంపన పరిమితి), సైను సాయిడల్ ఓల్టేజ్ లేక విద్యుత్ ప్రవాహం ప్రతి అర్ధ చక్రీయం తరువాత

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 250 23-03-2023 14:15:47

తిరోగమనం చెంది పటము 4.35లో చూపినట్లు, నిరంతరం దాని పరిమాణంలో మార్పు ఏర్పడుతుంది.



పటము 4.35 (అ) సైను సాయిడల్ ఏకాంతర ఓల్టేజ్ (ఆ) సైను సాయిడల్ ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహం.

గమనిక

ప్రకృతిలో సైను తరంగముల ఉనికిని గమనించి ఆశ్చర్యం పొందవచ్చు. నీటిలోని తరంగములు, లోలకము యొక్క డోలనము వంటి ఆవర్తన చలనములలో సైను తరంగములు గలవు. అనగా సైను తరంగములను ప్రకృతి యొక్క ప్రామాణికముగా పరిగణించవచ్చు. XI వ తరగతి భౌతికశాస్త్ర పాఠ్యపుస్తకంలో అధ్యాయం 11 ను పరిశీలించండి.

4.7.2 AC విలువ యొక్క సరాసరి లేక మధ్యమము (Mean or Average value of AC)

వ్యవస్థలో విద్యుత్ ప్రవాహం మరియు ఓల్టేజ్‌ల విలువ ఎంత కాలమైనను స్థిరముగా నుండుటచే వాటి పరిమాణము గురించి చర్చించనవసరం లేదు. కాని ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహం లేదా ఓల్టేజ్ విలువ కాలంతో పాటు మారుతూ ఉంటుంది. కనుక ఈ ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహం లేదా ఓల్టేజ్ విలువను ఏ విధముగా తెలుపవలెననే ప్రశ్న మన మదిలో ఏర్పడుతుంది. ఈ విలువను తెలుపుటకు అనేక మార్గములున్నప్పటికి మధ్యమ లేదా సరాసరి విలువ మరియు వర్గ మధ్యమ వర్గమూలం *RMS* (Root Mean Square) అనే రెండు మార్గాల గురించి చర్చిద్దాం.

విలువ యొక్క మధ్యమము లేక సరాసరి

వలయములో ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహం యొక్క పరిమాణం కాలంతోపాటు మారడమే కాకుండా దాని దిశ కూడా ప్రతి అర్ధ చక్రీయం తరువాత తిరోగమనం చెందుతోంది. ధనాత్మక అర్ధ చక్రములో విద్యుత్ ప్రవాహమును ధనాత్మకంగాను, ఋణాత్మక అర్ధ చక్రములో విద్యుత్ ప్రవాహమును ఋణాత్మకంగా తీసుకొంటారు. కావున ఒక పూర్తి చక్రీయంలో ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహం యొక్క సౌష్ఠవ సరాసరి లేదా మధ్యమ విలువ శూన్యమవుతుంది.

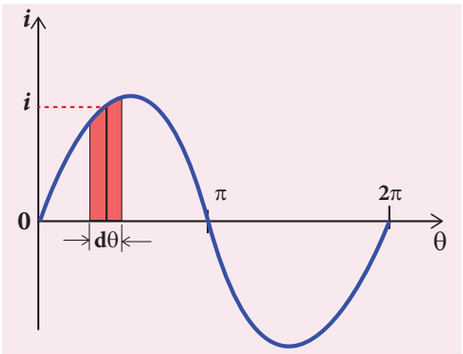
కావున సరాసరి లేదా మధ్యమ విలువను ఒక అర్ధ చక్రమునకు కొలవవలెను. *AC* మరియు *DC* వలయ విశ్లేషణ మరియు గణనల యందు సరాసరి విద్యుత్ మరియు సరాసరి ఓల్టేజ్ అనే పదజాలములు ఉపయోగించబడుతాయి.

ధనాత్మక అర్ధ చక్రములో విద్యుత్ ప్రవాహం లేదా ఋణాత్మక అర్ధ చక్రములో విద్యుత్ ప్రవాహం విలువల యొక్క అన్ని సరాసరి విలువలను ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క సరాసరి విలువ అని నిర్వచించవచ్చును

సైను సాయిడల్ ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క తాక్షణిక విలువను క్రింది సమీకరణము ద్వారా తెలుపవచ్చును. $i = I_m \sin\omega t = I_m \sin\theta$ (ఇక్కడ $\theta = \omega t$ అవుతుంది). పై అంశమును పటము 4.36 లో రేఖా చిత్ర రూపముగా ఇవ్వబడినది.

అర్ధ చక్రము అంతటా విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క విలువల సంకలనమును ధనాత్మక లేదా ఋణాత్మక అర్ధ చక్రము యొక్క వైశాల్యము ద్వారా తెలుపవచ్చును.

$$I_{av} = \frac{\text{ధనాత్మక లేదా ఋణాత్మక అర్ధ చక్ర వైశాల్యం}}{\text{అర్ధ చక్రము యొక్క ప్రామాణిక పొడవు}} \qquad (4.31)$$



పటము 4.36 ఏకాంతర విద్యుత్ యొక్క సైను తరంగం.

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 251 23-03-2023 14:15:48

విద్యుత్ తరంగము యొక్క ధనాత్మక అర్ధ చక్రములో ఒక ప్రాథమిక ఖండితము $d\theta$ మందము కలిగి ఉన్నదని పరిగణిద్దాం. ఇప్పుడు i ను ఆ ఖండితము యొక్క మధ్యస్థ ద్వితీయ నిరూపకం అనుకొందాం.

ప్రాథమిక ఖండిత వైశాల్యం = $i\,d\theta$

ధనాత్మక అర్ధ చక్ర వైశాల్యం

$$= \int_0^{\pi} id\theta = \int_0^{\pi} I_m \sin\theta d\theta$$

$$= I_m\left[-\cos\theta\right]_0^{\pi} = -I_m\left[\cos\pi - \cos 0\right] = 2I_m$$

అర్ధ చక్రము యొక్క ప్రామాణిక పొడవు π ఈ విలువను సమీకరణము (4.31) లో ప్రతిక్షేపించగా

$$I_{av} = \frac{2I_m}{\pi}$$

$$I_{av} = 0.637\, I_m \qquad (4.32)$$

కనుక AC యొక్క సరాసరి విలువ ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహము $I_{av} = -0.637\, I_m$ నకు 0.637 రెట్లు గరిష్టముగా ఉంటుంది. (ఇది ఋణాత్మక అర్ధ చక్రమునకు).

గమనిక

ఉదాహరణకు AC అర్ధ చక్రంలో n విద్యుత్ ప్రవాహం ఉన్నదని పరిగణిస్తే, ఆ విలువలు వరుసగా $i_1, i_2, \ldots i_n$ గా ఉన్నప్పుడు సరాసరి విలువను క్రింది విధముగా చెప్పవచ్చును.

$$I_{av} = \frac{\text{అర్ధ చక్రములోని అన్ని విద్యుత్ ప్రవాహాల మొత్తం}}{\text{విద్యుత్ ప్రవాహ విలువల సంఖ్య}}$$

$$I_{av} = \frac{i_1 + i_2 + \ldots + i_n}{n}$$

4.7.3 AC యొక్క వర్గ మధ్యమ వర్గమూల విలువ

RMS అనే పదము విద్యుత్ ప్రవాహం మరియు ఓల్టేజ్‌లు సైను సాయిడల్ పరంగా కాలంతో పాటు మారుటను తెలుపుతుంది. ఇవి *DC* వ్యవస్థలో ఉపయోగించబడవు.

ఒక చక్రీయములో అన్ని విద్యుత్ ప్రవాహముల యొక్క వర్గమధ్యమ వర్గమూలము ఆ ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క వర్గమధ్యమ వర్గమూలం **(RMS)** అంటారు. దీనిని I_{RMS} అని సూచిస్తారు. ఏకాంతర ఓల్టేజ్‌కి **RMS** విలువను V_{RMS} గా సూచిస్తారు. ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహం $i = I_m \sin\omega t$ లేదా $i = I_m \sin\theta$ ను పటము 4.37లో రేఖా చిత్ర రూపంలో చూపబడినది. సంబంధిత విద్యుత్ ప్రవాహ వర్గ తరంగమును చుక్కల గీతలతో గీయబడినది.

ఒక చక్రీయములో అన్ని విద్యుత్ ప్రవాహముల వర్గము యొక్క మొత్తమును వర్గ తరంగపు చక్రము యొక్క వైశాల్యము ద్వారా తెలుపవచ్చు.

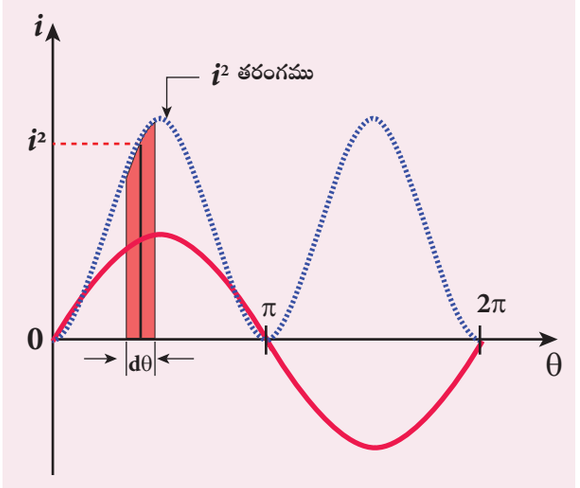
$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{\text{వర్గ తరంగపు ఒక చక్రము యొక్క వైశాల్యం}}{\text{ఒక చక్రము యొక్క ప్రామాణిక పొడవు}}} \qquad (4.33)$$

వర్గ విద్యుత్ ప్రవాహ తరంగపు మొదటి అర్ధ చక్రములో $d\theta$ మందము కలిగిన ఒక ప్రాథమిక వైశాల్యమును పరిగణిద్దాం. ఇది పటము 4.37లో చూపబడినది. ఈ మూలకము యొక్క మధ్యస్థ ద్వితీయ నిరూపకమును i^2 అనుకొందాం.

మూలకము యొక్క వైశాల్యం = $i^2 d\theta$

వర్గ తరంగపు ఒక చక్రము యొక్క వైశాల్యం

$$= \int_0^{2\pi} i^2 d\theta$$



పటము 4.37 *AC*-యొక్క వర్గ తరంగము

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 252 23-03-2023 14:15:52

$$= \int_0^{2\pi} I_m^2 \sin^2\theta d\theta = I_m^2 \int_0^{2\pi} \sin^2\theta d\theta \qquad (4.34)$$

$$= I_m^2 \int_0^{2\pi} \left[\frac{1-\cos 2\theta}{2}\right] d\theta$$

కాని $\sin^2\theta = \frac{1-\cos 2\theta}{2}$

$$= \frac{I_m^2}{2}\left[\int_0^{2\pi} d\theta - \int_0^{2\pi} \cos 2\theta d\theta\right]$$

$$= \frac{I_m^2}{2}\left[\theta - \frac{\sin 2\theta}{2}\right]_0^{2\pi}$$

$$= \frac{I_m^2}{2}\left[\left(2\pi - \frac{\sin 2\times 2\pi}{2}\right) - \left(0 - \frac{\sin 0}{2}\right)\right]$$

$$= \frac{I_m^2}{2} \times 2\pi = I_m^2\pi \quad [\because \sin 0 = \sin 4\pi = 0]$$

ఒక చక్రము యొక్క ప్రామాణిక పొడవు 2π ఈ విలువను సమీకరణం 4.33 లో ప్రతిక్షేపించగా

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{I_m^2\,\pi}{2\pi}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$I_{rms} = 0.707\, I_m \qquad (4.35)$$

సొష్టవ సైను సాయిడల్ విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క RMS విలువ దాని గరిష్ట పరిమాణములో 70.7 % ఉంటుందని తెలియుచున్నది. అదే విధముగా ఏకాంతర ఓల్టేజి విలువలను క్రింది విధంగా తెలుపవచ్చు.

$$V_{rms} = 0.707\, V_m \qquad (4.36)$$

మీకు తెలుసా?

సాధారణ గృహోపకరణములకు ఓల్టేజ్ మరియు విద్యుత్ ప్రవాహ రేటింగును వాటి RMS విలువల ఆధారంగా తెలుపుతారు. గృహోపయోగ AC విద్యుత్ సరఫరాను 230 V, 50 Hz గా పరిగణిస్తారు. ఇది RMS లేదా ప్రభావాత్మక విలువను తెలుపుతుంది. దీని గరిష్ట విలువ $V_m = \sqrt{2}\ V_{rms} = \sqrt{2} \times 230 = 325$ V.

గమనిక

ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క RMS విలువను ప్రభావాత్మక విలువ అని కూడా పిలుస్తారు. దీనిని $I_{\text{ప్రభావాత్మకం}}$ అని సూచిస్తారు. ఇది AC విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క RMS విలువను తుల్య స్థిర విద్యుత్ ప్రభావాహముతో పోల్చుటకు ఉపయోగపడుతుంది. ఒక వలయము ద్వారా ఇచ్చిన కాలంలో ప్రవహించిన స్థిర విద్యుత్ ప్రవాహం వలన ఉత్పత్తియైన ఉష్ణ పరిమాణము అదే వలయములో అంతే సమయంలో ఒక ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవహించినప్పుడు కూడా ఉత్పత్తియగు ఉష్ణ పరిమాణం సమానముగా ఉండి అది RMS విలువగా నిర్వచింపబడుతుంది. ఏకాంతర ఓల్టేజ్ యొక్క ప్రభావాత్మక విలువను $V_{\text{ప్రభావాత్మకం}}$ అని సూచిస్తారు.

గమనిక

ఉదాహరణకు AC యొక్క ఒక చక్రములో n విద్యుత్ ప్రవాహములు i_1, $i_2, \ldots i_n$ కలవని పరిగణిద్దాం. వీటి RMS విలువ క్రింద ఇవ్వబడినది.

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{\text{ఒక చక్రములోని అన్ని విద్యుత్ ప్రవాహ వర్గముల మొత్తం}}{\text{విద్యుత్ ప్రవాహముల సంఖ్య}}}$$

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{i_1^2 + i_2^2 + \ldots + i_n^2}{n}}$$

ఉదాహరణ 4.18

ఒక సైను సాయిడల్ ఓల్టేజ్ యొక్క పౌనఃపున్యం 50 Hz మరియు దాని గరిష్ట విలువ 20 V అయితే దానికి సమీకరణమును వ్రాయండి. మరియు సంబంధిత ఓల్టేజ్, కాలమునకు రేఖా చిత్రమును గీయండి.

సాధన:

$f = 50\,\text{Hz};\ V_m = 20$ V

తాక్షణిక ఓల్టేజి , $v = V_m \sin\omega t$

$= V_m \sin 2\pi ft$

$= 20\sin(2\pi \times 50)\,t = 20\sin(100 \times 3.14)\,t$

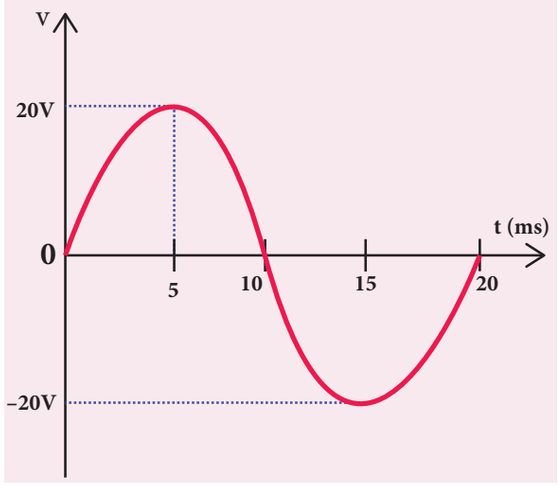
04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 253 23-03-2023 14:16:01

$v = 20\sin 314\,t$

ఒక చక్రమునకు పట్టే కాలము, $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0.02$ s

$= 20\times10^{-3}$ s $= 20$ ms

తరంగ రూపము క్రింద ఇవ్వబడినది.



ఉదాహరణ 4.19

ఒక ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క సమీకరణము $i = 77\,sin\,314t$ అని ఇవ్వబడినది. అయితే గరిష్ట విద్యుత్ ప్రవాహము, పౌనఃపున్యము, ఆవర్తన కాలము మరియు t = 2 నిమిషాల వద్ద విద్యుత్ ప్రవాహం యొక్క తాక్షణిక విలువను లెక్కించండి.

సాధన:

$i = 77\sin 314\,t$; $t = 2$ m s $= 2\times10^{-3}$ s

ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క సాధారణ సమీకరణము $i = I_m \sin\omega t$ దీనిని పోల్చినప్పుడు

(i) గరిష్ట విద్యుత్ ప్రవాహం, $I_m = 77$ A

(ii) పౌనఃపున్యం, $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{314}{2\times3.14} = 50$ Hz

(iii) ఆవర్తన కాలము, $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0.02$ s

(iv) $t = 2$ m s, నిమిషాల వద్ద తాక్షణిక విద్యుత్ ప్రవాహం

$i = 77\sin(314\times2\times10^{-3})$

$= 77\sin\left(314\times2\times10^{-3}\times\frac{180^\circ}{3.14}\right)$

$= 77\sin36^\circ = 77\times0.5878$

$= 45.26$A

ఫేసర్ మరియు ఫేసర్ చిత్ర పటము

ఒక స్థిర కోణీయ వేగం ω వద్ద అపసవ్యదిశలో అది బిందువు పరంగా భ్రమణము చేసే ఒక సదిశచే ఒక సైను సాయిడల్ ఏకాంతర ఓల్టేజ్ (లేదా విద్యుత్ ప్రవాహం) ని తెలియజేస్తారు. ఈ విధంగా భ్రమణము చెందు సదిశను ఫేసర్ (ప్రావస్థ కోణం) అంటారు. ఈ ఫేసర్‌ను గీయుటకు క్రింది సోపానములు ఇవ్వబడినవి.

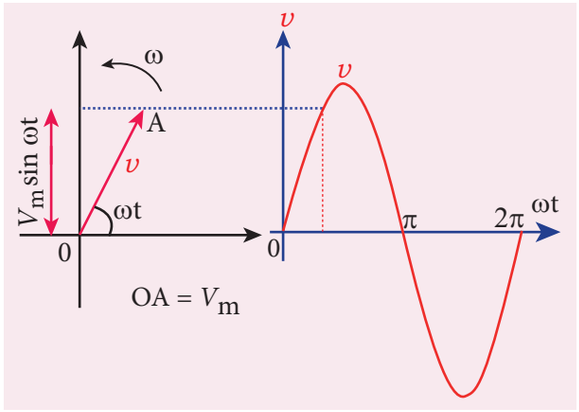
- ఒక రేఖాఖండము యొక్క పొడవు ఏకాంతర ఓల్టేజ్ (లేదా విద్యుత్ ప్రవాహం) యొక్క గరిష్ట విలువ V_m (లేదా I_m) కు సమానం.
- కోణీయ వేగము ω ఏకాంతర ఓల్టేజ్ (లేదా విద్యుత్ ప్రవాహం) యొక్క కోణీయ పౌనఃపున్యమునకు సమానం.
- ఏదేని ఒక లంబాక్షము పై ఫేసర్ యొక్క ప్రక్షేపణం ఏకాంతర ఓల్టేజ్ (లేదా విద్యుత్ ప్రవాహం) యొక్క తాక్షణిక విలువను ఇస్తుంది.
- ఫేసర్ మరియు నిర్దేశిత అక్షము (ధనాత్మక X అక్షము) మధ్య కోణము ఏకాంతర ఓల్టేజ్ (లేదా విద్యుత్ ప్రవాహము) యొక్క ప్రావస్థను సూచిస్తుంది.

వేర్వేరు AC వలయములలో ఓల్టేజ్ మరియు విద్యుత్ ప్రవాహముల మధ్య గల ప్రావస్థ సంబంధమును విశ్లేషించుటకు ఫేసర్ అనే భావన పరిచయం చేయబడినది.

ఫేసర్ చిత్ర పటము

వివిధ రకముల ఫేసర్‌లు మరియు వాటి ప్రావస్థ సంబంధములను సూచించు చిత్రపటమును ఫేసర్ చిత్ర పటము అంటారు. ఒక వలయమునకు $v = V_m\,sin\,\omega t$ సైను సాయిడల్ ఏకాంతర ఓల్టేజ్‌ని అనువర్తించాం అనుకొందాం. ఈ ఓల్టేజ్‌ని ఒక ఫేసర్‌తో సూచిస్తారు. అది పటము 4.38లో $\overline{OA}$ గా చూపబడినది.

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 254 23-03-2023 14:16:05



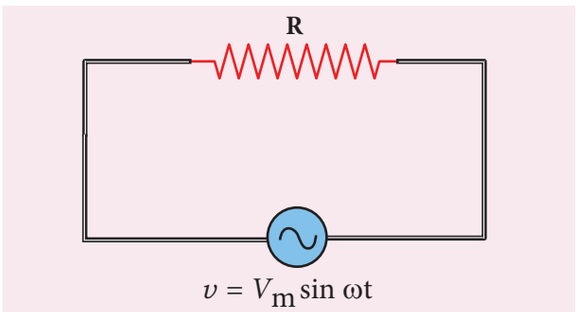
పటము 4.38 $\upsilon = V_m \sin \omega t$ ఏకాంతర ఓల్టేజ్‌కి ఫేసర్ చిత్ర పటము

ఇక్కడ $\overrightarrow{OA}$ యొక్క పొడవు గరిష్ట విలువ (V_m) కు సమానము. అది $X-$ అక్షముతో చేసే కోణము అనువర్తిత ఓల్టేజి ప్రావస్థ (ωt) ను ఇస్తుంది. Y అక్షము పై దీని ప్రక్షేపణం ఏదేని ఒక క్షణము వద్ద తాక్షణిక విలువ ($V_m \sin \omega t$) ను ఇస్తుంది.

O పరంగా అపసవ్యదిశలో ω కోణీయ వేగంతో $\overrightarrow{OA}$ భ్రమించినప్పుడు తరంగ రూప ఓల్టేజ్ ఉత్పత్తి అవుతుంది. $\overrightarrow{OA}-$ యొక్క ఒక పూర్తి భ్రమణమునకు ఒక చక్రీయ ఓల్టేజ్ ఉత్పత్తి అవుతుంది.

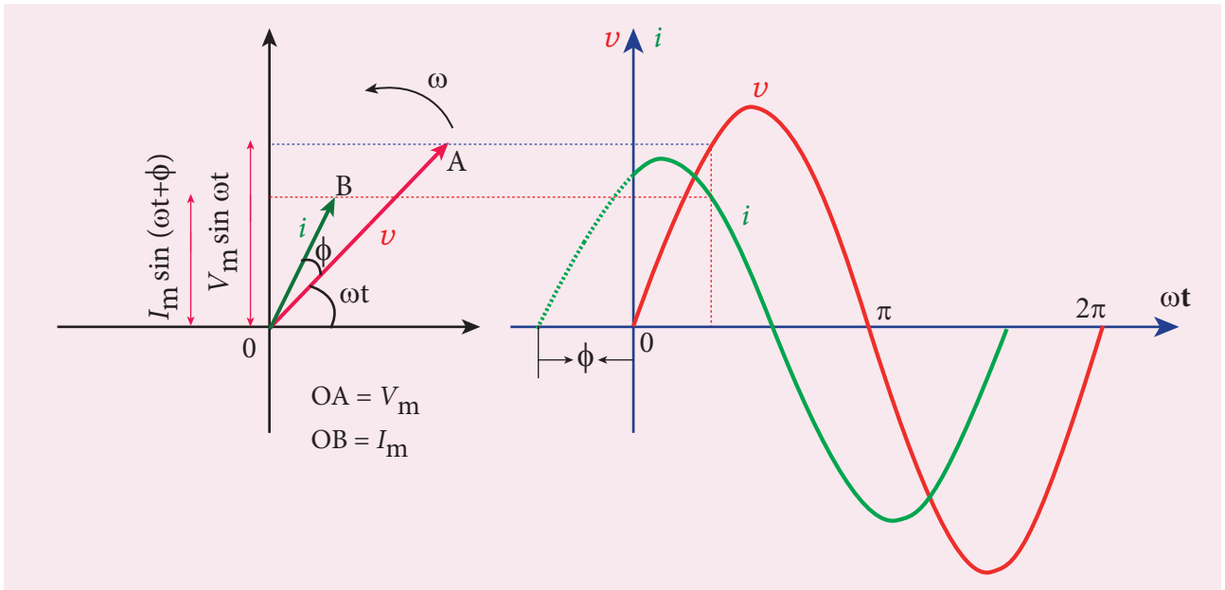
అదే వలయములో ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క సమీకరణమును $i = I_m \sin(\omega t + \phi)$ గా సూచిస్తారు. ఇది మరొక ఫేసర్ $\overrightarrow{OB}$ చే సూచించబడుతుంది. ఇక్కడ ϕ అనునది ఓల్టేజ్ మరియు విద్యుత్ ప్రవాహముల మధ్య గల ప్రావస్థ కోణము. ఈ సందర్భములో పటము 4.39 లో చూపినట్లు ప్రావస్థ కోణం ϕ చే విద్యుత్ ప్రవాహం ఓల్టేజ్‌కు దారితీస్తుంది. ఒకవేళ విద్యుత్ ప్రవాహము ఓల్టేజ్‌కి వెనుకబడి ఉన్నట్లైతే దానిని $i = I_m \sin(\omega t - \phi)$ గా వ్రాస్తాము.

4.7.4 స్వచ్ఛమైన నిరోధకము కలిగిన AC వలయము



పటము 4.40 నిరోధకము కలిగిన AC వలయము

R నిరోధము కలిగిన ఒక స్వచ్ఛమైన నిరోధకము పటము 4.40లో చూపినట్లు ఒక ఏకాంతర ఓల్టేజ్ జనకము చివరలో అనుసంధానించబడినది. అయితే తాక్షణిక ఏకాంతర ఓల్టేజ్‌ని క్రింది సమీకరణము ద్వారా తెలుపవచ్చు.



పటము 4.39 ఫేసర్ మరియు తరంగ చిత్ర పటము ϕ చే i విలువ $\upsilon-$ కు దారితీయుట.

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 255 23-03-2023 14:16:07

$$v = V_m \sin \omega t \qquad (4.37)$$

ఈ ఓల్టేజ్ వలన వలయములో i ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహం ప్రసరించి నిరోధం R మధ్యలో ఒక శక్మపాతము (Potential Drop) వృద్ధి చెందును.

$$V_R = iR \qquad (4.38)$$

కిర్కాఫ్ వలయ నిబంధన ప్రకారం ఒక సంవృత వలయములో శక్మ భేదముల బీజీయ మొత్తము V అవుతుంది. కనుక ఈ నిరోధక వలయమునకు శూన్యము అవుతుంది.

$$v - V_R = 0$$

సమీకరణములు (4.37), (4.38) ల నుండి

$$V_m \sin \omega t = iR$$

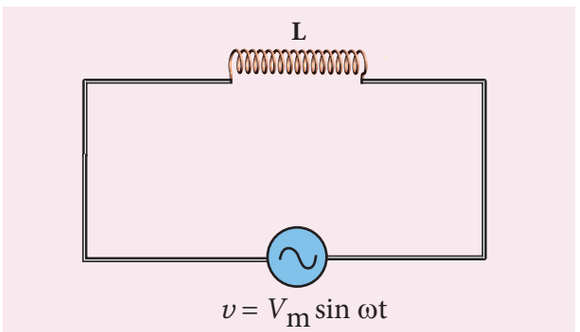
$$i = \frac{V_m}{R} \sin \omega t$$

$$i = I_m \sin \omega t \qquad (4.39)$$

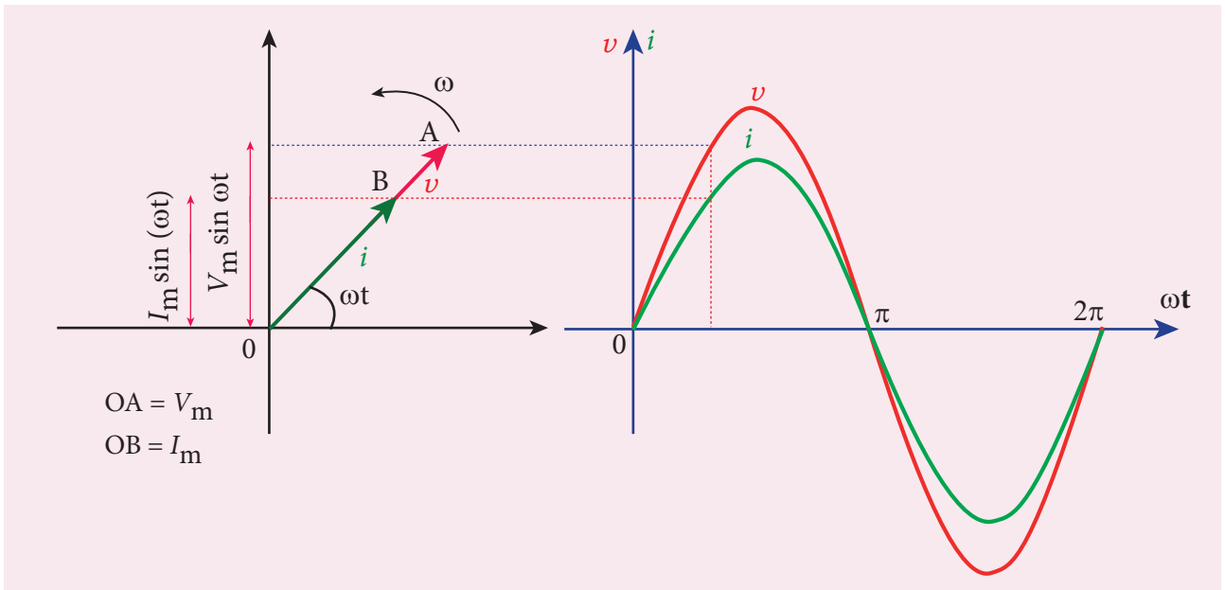
ఇక్కడ $\frac{V_m}{R} = I_m$ అనునది వలయములోని ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క గరిష్ట విలువ. సమీకరణములు 4.37, 4.38ల నుండి ఒక నిరోధక వలయములో అనువర్తిత ఓల్టేజ్ మరియు విద్యుత్ ప్రవాహం పరస్పరం ఒకదానికొకటి ప్రావస్థలో ఉంటాయి. అనగా ఇవి ఏకకాలంలో గరిష్ట మరియు కనిష్ట విలువను పొందుతాయి. ఇది పటము 4.41లో ఫేసర్ చిత్రము నందు చూపబడినది. తరంగ చిత్రము కూడా అనువర్తిత ఓల్టేజితో విద్యుత్ ప్రవాహం ప్రావస్థలో ఉన్నదని వర్ణించుచున్నది.

4.7.5 ప్రేరకమును మాత్రమే కలిగిన AC వలయము

పటము 4.42లో చూపినట్లు ఒక ఏకాంతర ఓల్టేజ్ జనకమునకు L ప్రేరకత్వమును కలిగిన స్వచ్ఛమైన ప్రేరకము అనుసంధానించబడిన ఒక వలయమునకు పరిగణించండి. అప్పుడు తాక్షణిక ఏకాంతర ఓల్టేజ్‌ని క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.



పటము 4.42 ప్రేరకముతో కూడిన AC వలయము



పటము 4.41 R ను కలిగిన AC వలయమునకు ఫేసర్ మరియు తరంగ చిత్ర పటము

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 256 23-03-2023 14:16:10

$$v = V_m \sin \omega t \qquad (4.40)$$

ప్రేరకము ద్వారా ప్రవహించిన ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహం ఒక స్వయం ప్రేరక వి.చా.బ లేదా తిరోగమన వి.చా.బ ను వలయంలో ప్రేరేపిస్తుంది.

తిరోగమన వి.చా.బ $\varepsilon = -L\frac{di}{dt}$

స్వచ్ఛమైన ప్రేరక వలయమునకు కిర్కాఫ్ వలయ నిబంధనను అనువర్తింపజేసినప్పుడు,

$$v + \varepsilon = 0$$
$$V_m \sin \omega t = L\frac{di}{dt}$$
$$di = \frac{V_m}{L}\sin \omega t \; dt$$

ఇరువైపుల సమాకలనం చేయగా

$$i = \frac{V_m}{L}\int \sin \omega t \, dt$$
$$i = \frac{V_m}{L\omega}(-\cos \omega t) + \text{స్థిరరాశి}$$

పై సమీకరణములో సమాకలన స్థిరాంకము కాలంపై ఆధారపడదు. వలయములోని ఓల్టేజ్ మాత్రమే కాలంపై ఆధారపడును కనుక మనము విద్యుత్ ప్రవాహములో కాలముపై ఆధారపడని భాగమును (సమాకలన స్థిరాంకం) O గా తీసుకొనవలెను.

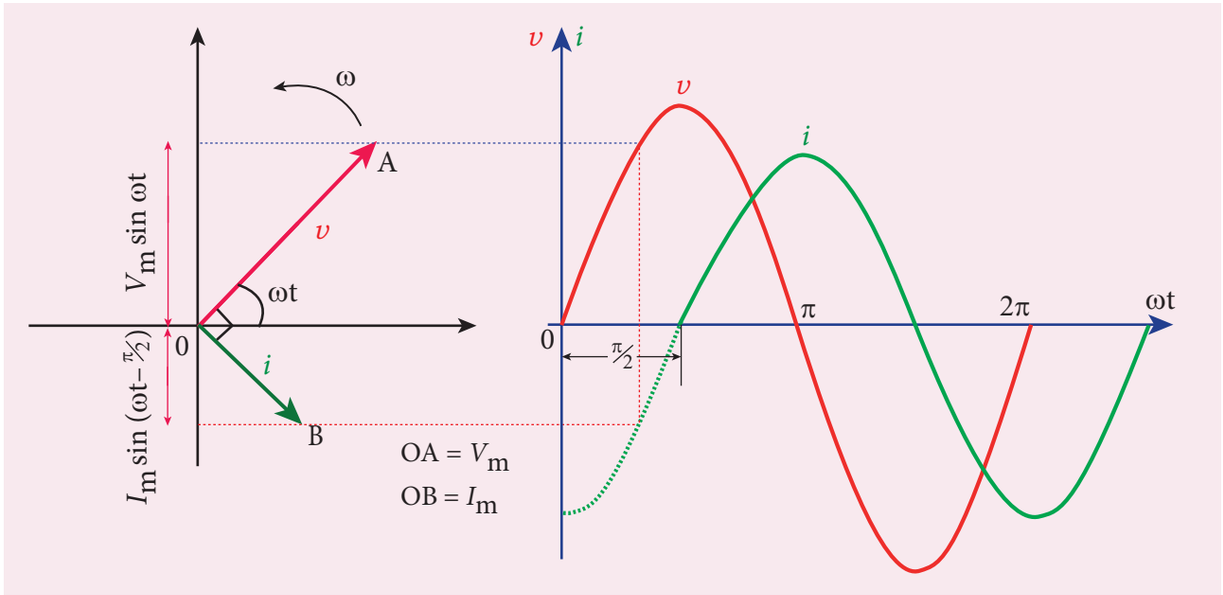
$$\left.\begin{aligned}&\cos \omega t = \sin\left(\pi/2 - \omega t\right)\\ &-\sin\left(\pi/2 - \omega t\right) = \sin\left(\omega t - \pi/2\right)\end{aligned}\right]$$

$$i = \frac{V_m}{\omega L}\sin\left(\omega t - \pi/2\right) \quad \text{(లేదా)}$$
$$i = I_m \sin\left(\omega t - \pi/2\right) \qquad (4.41)$$

ఇక్కడ $\frac{V_m}{\omega L} = I_m$ ఇది వలయములో ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క గరిష్ట విలువ. సమీకరణం 4.40 మరియు 4.41 నుండి విద్యుత్ ప్రవాహం ఒక ప్రేరక వలయములో అనువర్తిత ఓల్టేజికి $\frac{\pi}{2}$ విలువతో వెనుకబడి ఉంటుందని తెలియుచున్నది. ఈ వాస్తవమును ఫేసర్ చిత్ర పటము నందు వర్ణించబడినది. తరంగ చిత్రపటములో కూడా విద్యుత్ ప్రవాహము ఓల్టేజ్‌కి 90° వెనుకబడి ఉండటాన్ని చూడవచ్చు (పటము 4.43)

ఇన్‌డక్టివ్ రియాక్టన్స్ X_L (ప్రేరకత్వ ప్రతి ఘాతము)

విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క గరిష్ట విలువను $I_m = \frac{V_m}{\omega L}$ అని వ్రాస్తాము. ఈ సమీకరణమును $I_m = \frac{V_m}{R}$ పోల్చగా (నిరోధక వలయము నుండి),



పటము 4.43 L ను కలిగిన AC వలయమునకు ఫేసర్ మరియు తరంగ చిత్ర పటము

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 257 23-03-2023 14:16:13

(*WL*) అనే భౌతిక రాశి నిరోధక వలయములో నిరోధమును అందించే విధంగా ఉంటుంది. ఈ నిరోధం ప్రేరకంచే అందించబడుట వలన దీనిని ప్రేరకత్వ ప్రతి ఘాతము X_L అని అంటారు. దీనిని ఓమ్‌లలో కొలుస్తారు.

$$X_L = \omega L$$

ఒక ప్రేరకము (*AC*) ప్రవాహాన్ని అడ్డుకొంటుంది కాని (*DC*) ని తన గుండా ప్రవహింపజేస్తుంది. ఎందుకు? ఎలా?

ఒక ప్రేరకము *L* అనునది అత్యంత సమీపముగా చుట్టబడిన ఆవర్తన వేష్టనము. *L* ద్వారా స్థిర (*DC*) విద్యుత్ ప్రవహించునపుడు దాని చుట్టూ ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రం ఉత్పత్తియై అందులో ఏర్పడిన అయస్కాంత అభివాహం స్థిరముగా ఉంటుంది. కావున ఇక్కడ ఎటువంటి స్వయం ప్రేరణ మరియు స్వయం ప్రేరిత వి.చా.బ (తిరోగమన వి.చా.బ) ఉండదు. కనుక ప్రేరకం ఒక నిరోధకము వలె ఉండి దాని ద్వారా *DC* ప్రవహిస్తుంది.

L ద్వారా (*AC*) విద్యుత్ ప్రవహించినపుడు కాలంతో పాటు మార్పు చెందే అయస్కాంత క్షేత్రం ఉత్పత్తియై అది క్రమంగా స్వయం ప్రేరిత వి.చా.బ (తిరోగమన వి.చా.బ)ను ప్రేరేపిస్తుంది. లెంజ్ నియమము ప్రకారం ఈ తిరోగమన వి.చా.బ విద్యుత్ ప్రవాహములోని ఎటువంటి మార్పునైనా వ్యతిరేకిస్తుంది. అప్పుడు *AC* యొక్క పరిమాణము మరియు దిశ రెండూ మార్పు చెంది అది *L* ద్వారా ప్రవహించుట వ్యతిరేకించబడుతుంది. *O* నిరోధము గల ఒక ఆదర్శ ప్రేరకములో తిరోగమన వి.చా.బ అనువర్తిత వి.చా.బకు సమానము మరియు వ్యతిరేకముగా ఉంటుంది. కనుక *L* ప్రేరకం *AC* విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని అడ్డుకొంటుంది. ప్రేరకత్వ ప్రతి ఘాతము *XL* పౌనఃపున్యము వలె నేరుగా మార్పు చెందుతుంది.

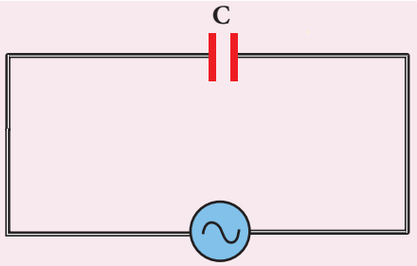
$$X_L = 2\pi f L \qquad (4.42)$$

ఇందులో f అనునది ఏకాంతర విద్యుత్ యొక్క పౌనఃపున్యం. స్థిర విద్యుత్ ప్రవాహమునకు $f = 0$ అవుతుంది. అప్పుడు $X_L = 0$ కనుక ఒక ఆదర్శ ప్రేరకం స్థిర DC విద్యుత్ ప్రవాహమునకు నిరోధమును అందించదు.

4.7.6 ఒక క్షమశీలిని మాత్రమే కలిగిన AC వలయము

ఒక వలయములో C క్షమత్వము కలిగిన క్షమశీలి ఒక ఏకాంతర ఓల్టేజ్ జనకమునకు అనుసంధానించబడినదని అనుకొందాం. వలయములో ఏకాంతర ఓల్టేజ్ యొక్క తాక్షణిక విలువను క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

$$v = V_m \sin \omega t \qquad (4.43)$$



పటము 4.44 క్షమశీలితో కూడిన AC వలయము

క్షమశీలిపై ఒక తాక్షణిక ఆవేశము q ను తీసుకొందాం. ఆ సెకను వద్ద క్షమశీలితో ఏర్పడిన వి.చా.బ $\frac{q}{c}$ అవుతుంది. కిర్కాఫ్ వలయ నిబంధన నుండి

విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క నిర్వచనము నుండి

$$v - \frac{q}{C} = 0$$

$$q = CV_m \sin \omega t$$

విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క నిర్వచనము నుండి

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}\left(CV_m \sin \omega t\right)$$

$$= CV_m \frac{d}{dt}\left(\sin \omega t\right)$$

$$= CV_m \omega \cos \omega t \qquad \text{(లేదా)}$$

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 258 23-03-2023 14:16:16

$$i = \frac{V_m}{1/C\omega}\sin\left(\omega t + \pi/2\right)$$

విద్యుత్ ప్రవాహం యొక్క తాక్షణిక విలువ

$$i = I_m \sin\left(\omega t + \pi/2\right) \qquad (4.44)$$

ఇక్కడ $\frac{V_m}{1/C\omega} = I_m$ అనునది ఏకాంతర విద్యుత్ యొక్క గరిష్ట విలువ. సమీకరణం 4.43 మరియు 4.44ల నుండి క్షమశీల వలయములో విద్యుత్ ప్రవాహము $\pi/2$ విలువతో అనువర్తిత ఓల్టేజి కన్నా ముందంజలో ఉంటుంది. ఇది పటము 4.45లో చూపబడినది. క్షమశీల వలయమునకు సంబంధించి తరంగ చిత్రపటము కూడా అనువర్తిత ఓల్టేజి కన్నా విద్యుత్ ప్రవాహము 90° లతో ముందంజలో ఉన్నదని తెలుపుచున్నది.

క్షమత్వ ప్రతి ఘాతము X_C

విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క గరిష్ట విలువ $I_m = \frac{V_m}{1/C\omega}$ అని ఇవ్వబడినది. నిరోధక వలయమునకు, ఈ సమీకరణాన్ని $I_m = \frac{V_m}{R}$ తో పోల్చగా $\frac{1}{C\omega}$ అనే భౌతిక రాశి నిరోధక వలయములో R నిరోధము చేసే పనిని నిర్వహిస్తుందని తెలియుచున్నది. క్షమశీలిచే అందించబడు ఈ నిరోధమును క్షమత్వ ప్రతి ఘాతము (X_C) అంటారు. దీనిని ఓమ్‌లలో కొలుస్తారు.

$$X_c = \frac{1}{\omega C} \qquad (4.45)$$

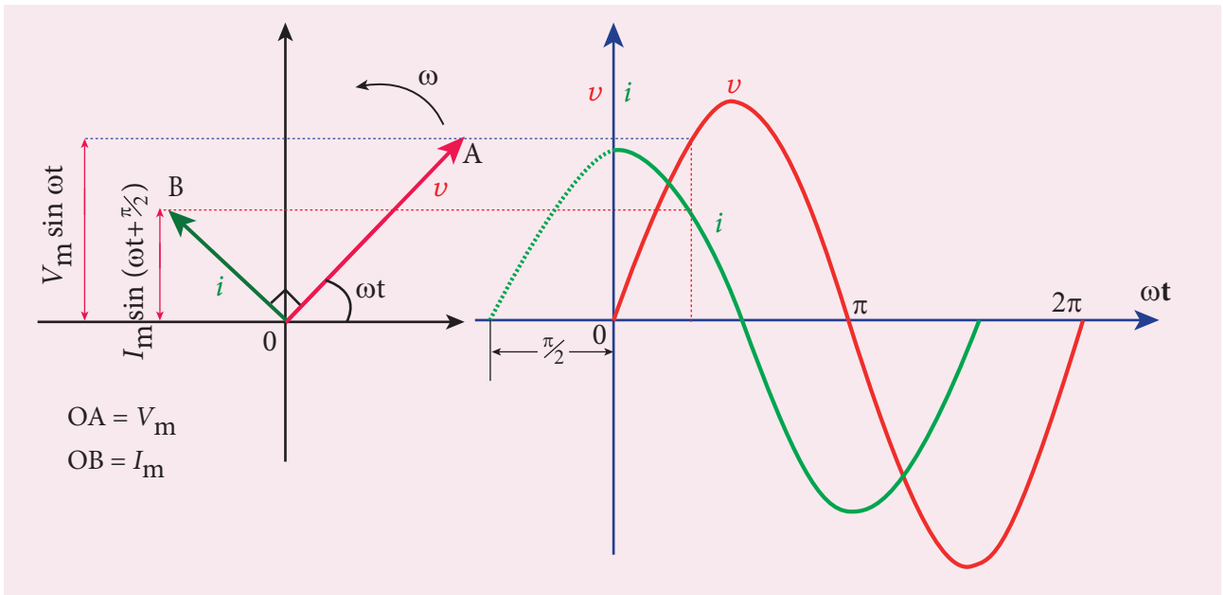
క్షమత్వ ప్రతి ఘాతము (X_C), పౌనఃపున్యముతో విలోమంగా మార్పు చెందును. స్థిర విద్యుత్ ప్రవాహమునకు $f = 0$ అవుతుంది.

$$\therefore X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{0} = \infty$$

అనగా స్థిర విద్యుత్ ప్రవాహమునకు క్షమశీల వలయము అనంత నిరోధమును అందిస్తుంది. కనుక స్థిర విద్యుత్ ప్రవాహము క్షమశీలి గుండా ప్రవహించదు.

ఉదాహరణ 4.20

ఒక 6 mA తీగచుట్ట ఉపేక్షించదగిన నిరోధమును కలిగి 400 mH ప్రభావాత్మక విద్యుత్ ప్రవాహము గల ఒక AC వలయమునకు అనుసంధానించబడినది. దాని పౌనఃపున్యం 1000Hz అయితే తీగచుట్టలో ఏర్పడిన ఓల్టేజ్‌ను లెక్కించండి.



పటము 4.45 C ను కలిగిన AC వలయమునకు ఫేసర్ మరియు తరంగ చిత్రపటము.

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 259 23-03-2023 14:16:18

సాధన:

$L = 400 \times 10^{-3}$ H; $I_{\text{ప్రభావాత్మకం}} = 6 \times 10^{-3}$A

$f = 1000$ Hz

ప్రేరకత్వ ప్రతి ఘాతము, $X_L = L\omega = L \times 2\pi f$

$= 2 \times 3.14 \times 1000 \times 0.4$

$= 2512\ \Omega$

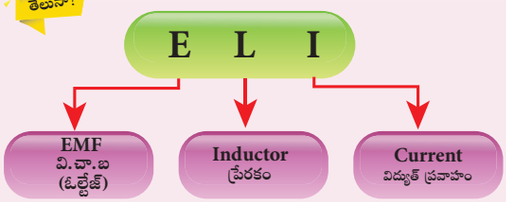
L మధ్యలో ఏర్పడిన ఓల్టేజి,

$V = I X_L = 6 \times 10^{-3} \times 2512$

$V = 15.072\,\text{V}(RMS)$

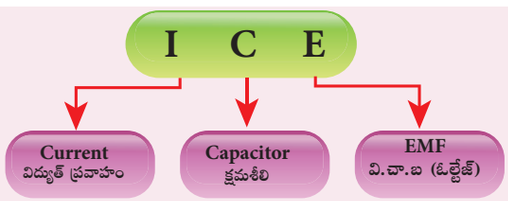


ELI అనగా నేమి?



ఒక ప్రేరకత్వ వలయములో వి.చా.బ (ఓల్టేజ్) విద్యుత్ ప్రవాహమునకు దారి తీయుటను *ELI* గా నిర్వచిస్తారు.

ICE అనగా నేమి?



ఒక క్షమశీల వలయములో విద్యుత్ ప్రవాహము వి.చా.బ (ఓల్టేజ్) గా దారితీయుటను *ICE* నిర్వచిస్తుంది.

ఉదాహరణ 4.21

220 V, 50 Hz విలువ కలిగిన ఒక AC వలయములో మెయిన్‌కు $\frac{10^2}{\pi}\mu$F క్షమత్వము కలిగిన క్షమశీలి సంధానించబడినది. క్షమత్వ ప్రతి ఘాతము మరియు విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క RMS విలువను లెక్కించి ఓల్టేజ్ మరియు విద్యుత్ ప్రవాహమునకు సమీకరణము వ్రాయండి.

సాధన:

$C = \frac{10^2}{\pi} \times 10^{-6}$F, $V_{RMS} = 220$ V; $f = 50$Hz

(i) క్షమత్వ ప్రతి ఘాతము

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$= \frac{1}{2 \times \pi \times 50 \times \frac{10^{-4}}{\pi}} = 100\ \Omega$$

(ii) విద్యుత్ ప్రవాహ RMS విలువ

$$I_{RMS} = \frac{V_{RMS}}{X_C} = \frac{220}{100} = 2.2\,\text{A}$$

(iii) $V_m = 220 \times \sqrt{2} = 311$ V

$I_m = 2.2 \times \sqrt{2} = 3.1$A

కావున,

$$v = 311 \sin 314t$$

$$i = 3.1 \sin\left(314t + \pi/2\right)$$

4.7.7 శ్రేణి-శ్రేణి RLC వలయములో ఒక నిరోధకము, ఒక ప్రేరకము మరియు ఒక క్షమశీలిని కలిగిన AC వలయము

ఒక వలయములో R నిరోధం కలిగిన ఒక నిరోధకం, L ప్రేరకత్వం కలిగిన ఒక ప్రేరకం మరియు C క్షమత్వం కలిగిన ఒక క్షమశీలిలు ఒక ఏకాంతర ఓల్టేజి జనకమునకు కలుపబడినవని అనుకొందాం. (పటము 4.46) అయితే తాక్షణిక ఏకాంతర ఓల్టేజి విలువ క్రింద ఇవ్వబడినది.

$$v = V_m \sin \omega t$$

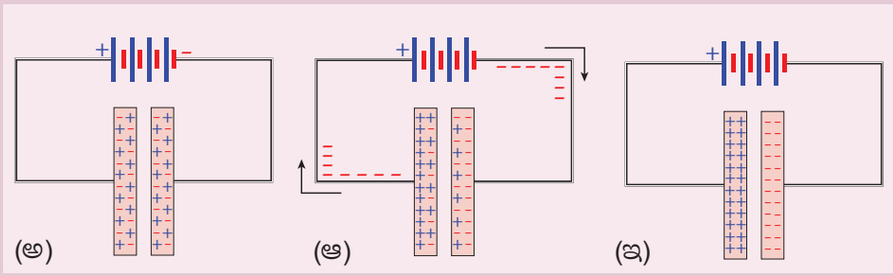
04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 260 23-03-2023 14:16:32

ఒక క్షమశీలి DC ని అడ్డుకొని AC ని మాత్రమే అనుమతిస్తుంది. ఎందుకు? ఎలా? (పరీక్షలకు రాదు)

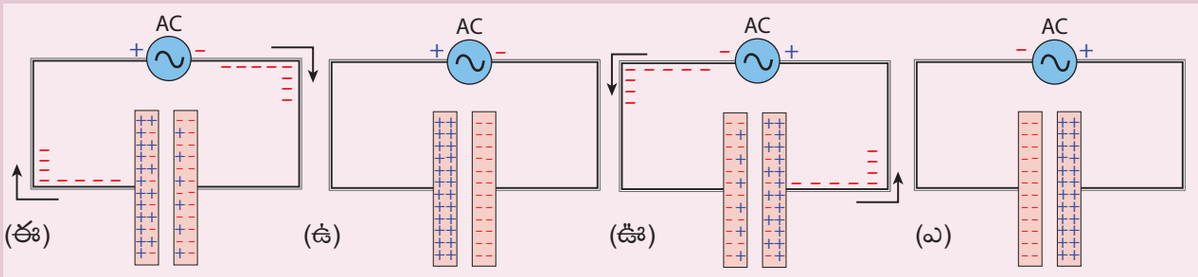
క్షమ శీలి నందు రెండు సమాంతర లోహపు పలకలు అత్యంత సన్నిహితంగా వేరుపరచబడి ఉంటాయి. క్షమశీలి C ను ఓల్టేజ్ జనకము (**AC** లేదా **DC** ఓల్టేజ్)నకు సంధానించినప్పుడు జనకము నుండి ఎలక్ట్రానులు లోహపు పలకను చేరి అక్కడ ఆగుతాయి. అయితే పలకల మధ్య గల ఖాళీని దాటి మరొక పలకను ఎలక్ట్రానులు చేరుకొనలేవు. తద్వారా వలయములో విద్యుత్ ప్రసరణ ఉండదు. అనగా ఒకే దిశలో ఎలక్ట్రానుల ప్రవాహం (**DC**) క్షమశీలి గుండా ప్రసరించదు. కానీ **AC** నుండి వెలువడే ఎలక్ట్రానులు **C** ద్వారా ప్రసరించగలవు. వాస్తవానికి ఏం జరుగుతుందో పరిశీలిద్దాం.

ఒక క్షమశీలి ద్వారా **DC** ప్రవహించదు

ఉత్సర్గం చేయబడని సమాంతర పలకలు గల ఒక క్షమశీలిని పరిగణించండి. (సమాన పరిమాణములో ధన మరియు ఋణావేశాలు) పటములో చూపినట్లు ఒక **DC** జనకము (బ్యాటరీ) నకు **C** సంధానించబడినది.



బ్యాటరీ సంధానించబడిన వెంటనే ఎలక్ట్రాన్లు ఋణ కొన నుండి ప్రవహించడం ప్రారంభించి, క్షమశీలిలోని కుడివైపు పలక వద్ద ప్రోగవుతాయి. అప్పుడు ఆ పలక ఋణాత్మకం అవుతుంది. ఈ ఋణ శక్మము వలన దానికి సమీప ఎడమవైపు పలకలోని ఎలక్ట్రాన్లు వికర్షించబడి అవి బ్యాటరీ ధన కొనవైపుగా చలిస్తాయి. ఇలా ఎలక్ట్రాన్లు ఎడమ పలక నుండి తొలగిపోవుట వలన అది ధనా వేశపూరితమౌతుంది. ఈ ప్రక్రియను ఆవేశపూరితం (Charging) అంటారు. ఎలక్ట్రానుల ప్రవాహ దిశను బాణపు గుర్తులచే సూచించబడినది.



బ్యాటరీ స్థాయి వరకు పలకల ఆవేశపూరితం కొనసాగుతుంది. C పూర్తిగా ఆవేశపూరితం అయినపుడు విద్యుత్ ప్రవాహం ఆగిపోతుంది. ఈ సమయంలో క్షమశీలి C ని ప్రతి ఘటిస్తుంది (పటము 'ఇ')

క్షమశీలి ద్వారా AC ప్రవహిస్తుందా (?!)

ఇప్పుడు C ను ఒక AC జనకమునకు సంధానించిరి. ఈ సమయములో జనకము కుడివైపు ఋణాత్మక శక్మము వద్ద వున్నది. అప్పుడు ఎలక్ట్రాన్లు ఋణాత్మక కొన నుండి కుడి పలక వైపునకు మరియు ఎడమవైపు పలక నుండి ధనాత్మక కొనకు ప్రవహిస్తాయి. కాని ఎలక్ట్రాన్లు పలకల మధ్య గల ఖాళీని దాటవు (పటము 'ఈ').

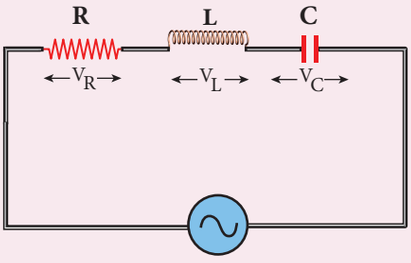
ఎలక్ట్రానుల ప్రవాహమును బాణపు గుర్తులచే సూచించబడినది. పటము 'ఉ'లో చూపినట్లు పలకలు ఆవేశపూరితం చెంది అవి పూర్తిగా ఆవేశపూరితమౌతాయి.

స్వల్ప కాలములోనే AC జనకము యొక్క ధృవణము తిరోగమనం చెంది కుడి వైపు కొన ధనాత్మకం అవుతుంది. ఇప్పుడు కుడి వైపు పలక వద్ద ప్రోగైన ఎలక్ట్రాన్లు ధనాత్మక కొన వైపుగా ప్రవహించుట ప్రారంభిస్తాయి. ఋణాత్మక కొన వద్దగల ఎలక్ట్రాన్లు ఎడమవైపు పలకకు ప్రవహించి అందులో నిక్షిప్తమై ఉన్న ధనాత్మక ఆవేశములను తటస్థీకరణం గావిస్తాయి. ఫలితముగా, పలకలోని నికర ఆవేశము తగ్గుట ప్రారంభమై ఆవేశ పరిమాణం తగ్గుతుంది. దీనినే ఉత్సర్గము (Discharging) అంటారు. ఈ ఎలక్ట్రాన్ల ప్రవాహము పటము

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 261 23-03-2023 14:16:34

'ఊ' లో బాణపు గుర్తులచే సూచించబడినది. ఒక్కసారి ఎలక్ట్రానులు పూర్తిగా తొలగిపోయినంతనే, మరలా C ఆవేశమును పొందుట ప్రారంభమగును. అయితే ఇది పటము 'ఎ' లో చూపినట్లు తిరోగమన ధృవణములచే జరుగుతుంది.

ఈ విధముగా ఎలక్ట్రానుల ప్రవాహము క్షమశీలి ఆవేశపూరితము అగునపుడు ఒక దిశలోనూ, ఉత్సర్గము జరుగునపుడు దానికి వ్యతిరేక దిశలోనూ ఉంటుంది. (పై రెండు సందర్భములలో సాంప్రదాయక విద్యుత్ ప్రవాహం కూడా వ్యతిరేక దిశలో ఉంటుంది). వలయములో ఎలక్ట్రాన్లు ప్రవహిస్తున్నప్పటికీ, పలకల మధ్య గల ఖాళీ ప్రదేశము ద్వారా అవి దాట లేవు. ఈ విధముగా క్షమశీలి ద్వారా AC ప్రవహిస్తుంది.



పటము 4.46 R, L మరియు C ను కలిగిన AC వలయము

ఏదేని ఒక సమయములో వలయమునందు ఫలిత విద్యుత్ ప్రవాహం i అనుకొందాం. ఫలితంగా R, L మరియు C – ల మధ్య ఓల్టేజి వృద్ధి చెందుతుంది.

R మధ్య ఓల్టేజి i తో ప్రావస్థలో వుంటుందని మనకు తెలుసు. అదే విధంగా i మధ్య ఓల్టేజి (V_R), i తో L రెట్లు ముందంజలో వుంటుందని, (V_L), i మధ్య ఓల్టేజి $\pi/2$ కి C రెట్లు వెనుకబడి వుంటుందని కూడా మనకు తెలుసు.

విద్యుత్ ప్రవాహముతో గీచిన ఫేసర్ చిత్ర పటము ఫేసర్ నిర్దేశితముగా వుంటుంది. ఫేసర్‌చే సూచించబడు విద్యుత్ ప్రవాహం $\overrightarrow{OI}$ చే V_R, V_L మరియు V_C చే $\overrightarrow{OA}$, $\overrightarrow{OB}$ గా పటము 4.47లో చూపబడినది. $\overrightarrow{OC}$ ఫేసర్‌ల పొడవు క్రింద ఇవ్వబడినది.

$$OI = I_m,\ OA = I_m R,\ OB = I_m X_L;\ OC = I_m X_C$$

వలయము V_L లేదా V_C విలువలపై ఆధారపడి అది ప్రేరక లేదా క్షమశీలి లేదా నిరోధకముగా వుంటుంది. $V_L > V_C$ అనుకొందాం. అప్పుడు $L - C$ సంయోగం వలన వాటి మధ్య ఏర్పడు నికర శక్మపాతము $V_L - V_C$ ని OD ఫేసర్‌చే సూచించబడుతుంది.

సమాంతర చతుర్భుజ నియమము ప్రకారము, $\overrightarrow{OE}$ కర్ణము V_R మరియు $(V_L - V_C)$ యొక్క ఫలిత ఓల్టేజి υ – ని ఇస్తుంది. ఇక్కడ OE యొక్క పొడవు V_m అవుతుంది. కావున

$$V_m^2 = V_R^2 + (V_L - V_C)^2$$

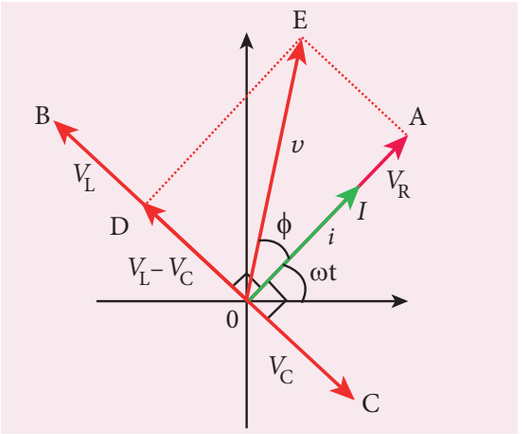
$$V_m = \sqrt{(I_m R)^2 + (I_m X_L - I_m X_C)^2}$$

$$= I_m \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \text{ లేదా}$$

$$I_m = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} \text{ లేదా} \qquad (4.46)$$

$$I_m = \frac{V_m}{Z}$$

ఇక్కడ $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ (4.47)



పటము 4.47 శ్రేణి $V_L > V_C$ వలయమునకు RLC అయినపుడు ఫేసర్ చిత్ర పటము

Z ను వలయము యొక్క అవరోధము (Impedance) అంటారు. ఇది శ్రేణి RLC వలయముచే

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 262 23-03-2023 14:16:42

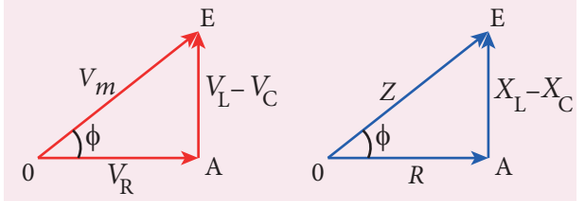
పట్టిక 4.1 (AC) వలయము యొక్క ఫలితములు

అవరోధ రకము	అవరోధ విలువ	ఓల్టేజితో విద్యుత్ ప్రవాహ ప్రావస్థ కోణము	సామర్థ్య కారకము
నిరోధము	R	0°	1
ప్రేరకత్వం	$X_L = \omega L$	90° వెనుకంజ	0
క్షమత్వం	$X_C = 1/\omega C$	90° ముందంజ	0
R- L - C	$\sqrt{R^2 + \left(\omega L - 1/\omega C\right)^2}$	0° మరియు 90° మధ్య వెనుకంజ లేదా ముందంజ	0 మరియు 1 మధ్య

విద్యుత్ ప్రవాహమునకు ప్రభావాత్మక వ్యతిరేకతను సూచిస్తుంది.

ఓల్టేజి త్రిభుజము మరియు అవరోధ త్రిభుజములు పటము 4.48లో చూపబడినవి. ఫేసర్ చిత్ర పటము నుండి, క్రింది సంబంధము ద్వారా v మరియు i ల మధ్య ప్రావస్థ కోణమును కనుగొనవచ్చును.

$$\tan\phi = \frac{V_L - V_C}{V_R} = \frac{X_L - X_C}{R} \qquad (4.48)$$



పటము 4.48 $X_L > X_C$ అయినపుడు ఓల్టేజి మరియు అవరోధ త్రిభుజము

ప్రత్యేక సందర్భములు

(i) $X_L > X_C$ అయినపుడు $(X_L - X_C)$ ధనాత్మకము అవుతుంది. అప్పుడు ప్రావస్థ కోణము ϕ కూడా ధనాత్మకం అవుతుంది. అనగా అనువర్తిత ఓల్టేజి విద్యుత్‌కు 4 రెట్లు ముందంజలో ఉంటుంది (లేదా విద్యుత్ ఓల్టేజికి ϕ రెట్లు వెనుకంజలో ఉంటుంది). ఈ వలయము ప్రేరకత్వ పూరితమైనది.

$$\therefore i = I_m \sin\omega t;\ v = V_m \sin(\omega t + \phi)$$

(ii) $X_L < X_C$ అయినపుడు $(X_L - X_C)$ ఋణాత్మకమవుతుంది. అప్పుడు ϕ కూడా ఋణాత్మకమవుతుంది. కావున విద్యుత్ ప్రవాహము ఓల్టేజికి ϕ రెట్లు ముందంజ (లేదా ఓల్ట్‌జి విద్యుత్ ప్రవాహమునకు ϕ రెట్లు వెనుకంజ) లో ఉంటుంది. ϕ వలయము క్షమశీల పూరితముగా ఉంటుంది.

$$\therefore i = I_m \sin\omega t;\ v = V_m \sin(\omega t - \phi)$$

(iii) $X_L = X_C$ అయినపుడు ϕ శూన్యమవుతుంది. అప్పుడు విద్యుత్ ప్రవాహము మరియు ఓల్టేజిలు సమాన ప్రావస్థలో ఉంటాయి. ఈ వలయము నిరోధక పూరితమై ఉంటుంది.

$$\therefore v = V_m \sin\omega t;\quad i = I_m \sin\omega t$$

4.7.8 శ్రేణి RLC వలయములో అనునాదము (Resonance in series RLC Circuit)

RLC వలయము యొక్క అనువర్తిత ఏకాంతర జనకము యొక్క పౌనఃపున్యము (ω_r) సహజ పౌనఃపున్యము $\left[1/\sqrt{LC}\right]$ నకు సమానము అయినపుడు, వలయములోని విద్యుత్ ప్రవాహము గరిష్ఠ విలువను చేరుతుంది. అప్పుడు వలయము విద్యుత్ అనునాదం(Electrical Resonance)నందు ఉన్నదని అంటారు. ఏ పౌనఃపున్యం వద్ద ఈ అనునాదం ఏర్పడుతుందో దానిని అనునాద పౌనఃపున్యము అని అంటారు.

అనునాద కోణీయ పౌనఃపున్యం, $\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 263 23-03-2023 14:16:46

(లేదా) $$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (4.49)$$

శ్రేణి అనునాదం వద్ద,

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ (లేదా) } \omega_r^2 = \frac{1}{LC}$$

$$\omega_r L = \frac{1}{\omega_r C} \text{ (లేదా)}$$

$$X_L = X_C \quad (4.50)$$

ఇది *RLC* వలయములో అనునాద పరిస్థితిని తెలుపుతుంది. X_L మరియు X_C లు పౌనఃపున్యము పై ఆధారపడుట వలన అనునాద పరిస్థితి $(X_L = X_C)$ ని అనునాద ఓల్టేజి పౌనఃపున్యమును మార్చుట ద్వారా పొందవచ్చు.

శ్రేణి అనునాదము యొక్క ప్రభావము

వరుస అనునాదము ఏర్పడినప్పుడు, వలయం యొక్క అవరోధము కనిష్టము మరియు ఆ వలయ నిరోధమునకు సమానం అవుతుంది. దీని ఫలితముగా వలయములోని విద్యుత్ ప్రవాహం గరిష్ట మవుతుంది. ఇది పటము 4.49లో విద్యుత్ ప్రవాహము మరియు పౌనఃపున్యము మధ్య గీచిన అనునాద వక్రములో చూపబడినది.

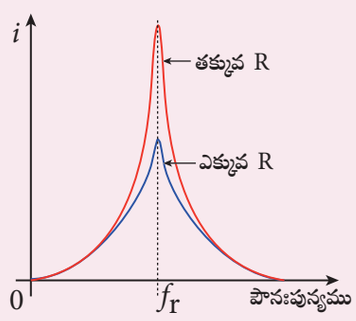
అనునాదము వద్ద, అవరోధము క్రింది విధంగా ఉంటుంది.

$X_L = X_C$ **కావున** $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = R$

కనుక వలయంలోని విద్యుత్ ప్రవాహము

$$I_m = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

$$I_m = \frac{V_m}{R} \quad (4.51)$$



పటము 4.49 అనునాద వక్రము

శ్రేణి అనునాదము వద్ద విద్యుత్ ప్రవాహము గరిష్టమవడాన్ని వలయము యొక్క నిరోధము పరిమితం గావిస్తుంది. తక్కువ నిరోధమునకు పదునైన వక్రము ద్వారా అధిక విద్యుత్ ప్రవాహము, అదేవిధంగా ఎక్కువ నిరోధములకు పదునైన వక్రము ద్వారా అల్ప విద్యుత్ ప్రవాహమును పొందవచ్చును.

శ్రేణి *RLC* అనునాద వలయము యొక్క అనువర్తనములు

RLC వలయము అనునది నిర్ధలన వలయములు (*Filter circuits*), డోలనాలు (*oscillators*), ఓల్టేజ్ మల్టిప్లైయర్ వంటి అనేక అనువర్తనములను కలిగియున్నది. అయితే శ్రేణి *RLC* అనునాద వలయముల యొక్క ముఖ్యమైన అనువర్తనం రేడియో మరియు దూరదర్శిని వ్యవస్థలలోని శృతి వలయము (Tuning circuits). వేర్వేరు పౌనఃపున్యముల వద్ద గల అనేక ప్రసార కేంద్రముల నుండి వెలువడు సంజ్ఞలు గాలిలో అందుబాటులో ఉంటాయి. నిర్దిష్ట కేంద్రము యొక్క సంజ్ఞను గ్రహించుటకు శృతి (Tuning) చేయాలి.

సాధారణంగా ఒక సమాంతర పలకల అస్థిర క్షమశీలి యొక్క క్షమత్వమును మార్చుట ద్వారా వలయ అనునాద పౌనఃపున్యం మారి శృతి చేయబడుతుంది. అనునాద పౌనఃపున్యం నిర్దిష్ట ప్రసార కేంద్రము యొక్క సంజ్ఞ పౌనఃపున్యమునకు దాదాపు సమానముగా ఉన్నప్పుడు వలయములో విద్యుత్ ప్రవాహం కంపన పరిమితి గరిష్టమవుతుంది. అప్పుడు ఆ నిర్దిష్ట కేంద్రపు సంజ్ఞ మాత్రమే స్వీకరించబడుతుంది.

గమనిక

ఒక వలయము *L* మరియు *C* ఈ రెండింటినీ కలిగియున్నప్పుడు అందులో విద్యుత్ అనునాదము అనే దృగ్విషయం సాధ్యమవుతుంది. 180° మరియు V_L లు దశలో V_C ను కలిగి వలయము పూర్తిగా నిరోధ పూరితమైనపుడు *RL* మరియు *RC* మధ్య ఓల్టేజిని ఒకదానికొకటి రద్దు చేసుకొంటాయి. అనగా *RL* మరియు *RC* వలయములలో అనునాదం ఏర్పడదని తెలియుచున్నది.

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 264 23-03-2023 14:16:52

4.7.9 నాణ్యతా కారకము (Quality factor or Q – factor) లేదా Q – కారకము

అనునాదము వద్ద శ్రేణి RLC వలయంలో విద్యుత్ ప్రవాహం గరిష్టముగా ఉంటుంది. ఈ విద్యుత్ ప్రవాహములోని పెరుగుదల వలన, L మరియు C ల మధ్య ఓల్టేజి పెరుగుతుంది. శ్రేణి అనునాదము వద్ద ఓల్టేజిలోని వృద్ధీకరణను $Q-$ కారకము అని అంటారు.

అనునాదము వద్ద $\boldsymbol{Q}-$ మరియు $\boldsymbol{L}$ ల మధ్య గల ఓల్టేజికి మరియు అనువర్తిత ఓల్టేజికి మధ్య గల నిష్పత్తిని $\boldsymbol{C}$ కారకము అని నిర్వచించవచ్చు.

$$Q-\text{కారకము} = \frac{\text{అనునాదం వద్ద } L \text{ మరియు } C \text{ ల మధ్య ఓల్టేజి}}{\text{అనువర్తిత ఓల్టేజి}}$$

అనునాదము వద్ద వలయము నిరోధక పూరితముగా ఉంటుంది. కనుక అనువర్తిత ఓల్టేజి $R-$ మధ్యగల ఓల్టేజికి సమానముగా ఉంటుంది.

$$Q-\text{కారకము} = \frac{I_m X_L}{I_m R} = \frac{X_L}{R} \qquad (4.52)$$

$$= \frac{\omega_r L}{R}$$

$$= \frac{L}{R\sqrt{LC}} \qquad \text{కనుక } \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$Q-\text{కారకము} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} \qquad (4.53)$$

భౌతికముగా $Q-$ కారకమును ఈ క్రింది విధముగా నిర్వచించవచ్చు. అనునాదము వద్ద L మరియు C మధ్యగల ఓల్టేజి అనువర్తిత ఓల్టేజి కన్నా ఎన్నిసార్లు ఎక్కువగా ఉంటుందనే అంశమును $Q-$ కారకము సూచిస్తుంది.

ఉదాహరణ 4.22

ప్రేరకత్వ ప్రతి ఘాతము, క్షమత్వ ప్రతి ఘాతము మరియు నిరోధములు వరుసగా 184 Ω, 144 Ω మరియు 30 Ω అయితే శ్రేణి RLC వలయం యొక్క అవరోధమును కనుగొనండి. అలాగే ఓల్టేజి మరియు విద్యుత్ ప్రవాహముల మధ్య ప్రావస్థ కోణమును కనుగొనండి.

సాధన:

$X_L = 184\ \Omega; X_C = 144\ \Omega; R = 30\ \Omega$

(i) అవరోధము

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$= \sqrt{30^2 + (184-144)^2}$$

$$= \sqrt{900 + 1600}$$

$$Z = 50\ \Omega$$

(ii) ఓల్టేజి మరియు విద్యుత్ ప్రవాహముల మధ్య ప్రావస్థ కోణము ϕ

$$\tan\phi = \frac{X_L - X_C}{R}$$

$$= \frac{184-144}{30} = 1.33$$

$$\phi = 53.1^\circ$$

ప్రావస్థ కోణము ధనాత్మకంగా ఉండుటవలన, ఈ ప్రేరకత్వ వలయములో ఓల్టేజి విద్యుత్ ప్రవాహమునకు 53.1° కోణముతో ముందంజలో ఉంటుంది.

ఉదాహరణ 4.23

ఒక 500 μH ప్రేరకము, $\frac{80}{\pi^2}$ pF క్షమశీలి మరియు 628 Ω నిరోధములను ఒక శ్రేణి RLC వలయమును ఏర్పరచునట్లు సంధానించారు. అయితే అనునాదము వద్ద వలయము యొక్క అనునాద పౌనఃపున్యము మరియు $Q-$ కారకమును లెక్కించండి.

సాధన:

$$L = 500\times10^{-6}\text{H}; C = \frac{80}{\pi^2}\times10^{-12}\text{F}; \quad R = 628\Omega$$

(i) **అనునాద పౌనఃపున్యం**

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{500\times10^{-6}\times\frac{80}{\pi^2}\times10^{-12}}}$$

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 265 23-03-2023 14:16:59

$$= \frac{1}{2\sqrt{40,000 \times 10^{-18}}}$$

$$= \frac{10,000 \times 10^{3}}{4} = 2500 \text{ KHz}$$

(ii) Q–కారకము

$$= \frac{\omega_r L}{R} = \frac{2 \times 3.14 \times 2500 \times 10^{3} \times 500 \times 10^{-6}}{628}$$

$$Q = 12.5$$

ఉదాహరణ 4.24

i) 0 s ii) 50 μs iii) 75 μs. వద్ద $v = 10\sin(3\pi \times 10^{4}\, t)$ ఏకాంతర ఓల్టేజ్ యొక్క తాక్షణిక విలువను కనుగొనండి.

సాధన:

ఇచ్చిన సమీకరణము $v = 10\sin\left(3\pi \times 10^{4} t\right)$

(i) t = 0 s వద్ద

$$v = 10\sin 0^{\circ} = 0 \text{ V}$$

(ii) t = 50 μs వద్ద

$$v = 10\sin\left(3\pi \times 10^{4} \times 50 \times 10^{-6}\right)$$

$$= 10\sin\left(150\pi \times 10^{-2} \times \frac{180^{\circ}}{\pi}\right)$$

$$= 10\sin(270^{\circ}) = 10 \times -1$$

$$= -10 \text{ V}$$

(iii) t = 75 μs వద్ద

$$v = 10\sin\left(3\pi \times 10^{4} \times 75 \times 10^{-6}\right)$$

$$= 10\sin\left(225\pi \times 10^{-2} \times \frac{180^{\circ}}{\pi}\right)$$

$$= 10\sin(405^{\circ}) = 10\sin 45^{\circ}$$

$$= 10 \times 1/\sqrt{2} = 7.07 \text{ V}$$

ఉదాహరణ 4.25

ఒక ప్రేరకవలయములో విద్యుత్ ప్రవాహం 0.3 $sin\,(200t - 40^{\circ})$ A అని ఇవ్వబడినది. ప్రేరకత్వము 40mH అయితే దాని ద్వారా ఓల్టేజికి సమీకరణమును వ్రాయండి.

సాధన:

$L = 40 \times 10^{-3}$ H; $i = 0.3 \sin\,(200t - 40^{\circ})$

$$X_L = \omega L = 200 \times 40 \times 10^{-3} = 8\ \Omega$$

$$V_m = I_m X_L = 0.3 \times 8 = 2.4 \text{ V}$$

ప్రేరక వలయములో విద్యుత్ ప్రవాహమునకు ఓల్టేజి 90° ముందంజలో ఉంటుంది.

$$v = V_m \sin\left(\omega t + 90^{\circ}\right)$$

$$v = 2.4\sin\left(200t - 40^{\circ} + 90^{\circ}\right)$$

$$v = 2.4\sin\left(200t + 50^{\circ}\right)\text{V}$$

4.8 వలయములో సామర్థ్యము (POWER IN AC CIRCUITS)

4.8.1 వలయంలో సామర్థ్యము యొక్క పరిచయము

ఒక వలయములో విద్యుచ్ఛక్తి వినియోగ రేటును ఆ వలయము యొక్క సామర్థ్యము అంటారు. దీనిని విద్యుత్ ప్రవాహము మరియు ఓల్టేజీల లబ్ధముగా సూచిస్తారు. AC వలయములో ఓల్టేజి మరియు విద్యుత్ ప్రవాహము కాలముతోపాటు మారుతూ ఉంటుంది. మొట్టమొదట ఏదేని ఒక క్షణములో సామర్థ్యమును లెక్కించి తరువాత దానిని పూర్తి చక్రీయమునకు సరాసరిగా కనుగొనవచ్చును.

శ్రేణి ప్రేరకత్వ RLC వలయములో ఏదేని ఒక క్షణము వద్ద ఏకాంతర ఓల్టేజి మరియు ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహం విలువను క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

$$v = V_m \sin\omega t \quad \text{మరియు} \quad i = I_m \sin\left(\omega t + \phi\right)$$

ఇక్కడ ϕ అనునది v మరియు i ల మధ్య గల ప్రావస్థ కోణము తరువాత తాక్షణిక సామర్థ్యము(Instantaneous power)ను క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు.

$$P = v\, i$$

$$= V_m I_m \sin\omega t \sin\left(\omega t + \phi\right)$$

$$= V_m I_m \sin\omega t\left[\sin\omega t \cos\phi + \cos\omega t \sin\phi\right]$$

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 266 23-03-2023 14:17:11

$$P = V_m I_m \left[\cos\phi \sin^2 \omega t + \sin \omega t \cos \omega t \sin \phi\right] \quad (4.54)$$

ఇక్కడ $\sin^2 \omega t$ యొక్క సరాసరి పూర్తి చక్రీయమునకు $1/2$ గా ఉంటుంది. కాని $\sin \omega t \cos \omega t$ కు సున్నాగా ఉంటుంది. ఈ విలువలను ప్రతిక్షేపించగా మనకు పూర్తి చక్రీయములో సరాసరి సామర్థ్యం లభిస్తుంది.

$$P_{av} = V_m I_m \cos\phi \times 1/2$$
$$= \frac{V_m}{\sqrt{2}} \frac{I_m}{\sqrt{2}} \cos\phi$$
$$P_{av} = V_{RMS}\, I_{RMS} \cos\phi \quad (4.55)$$

ఇక్కడ $V_{RMS} I_{RMS}$ ను దృశ్య సామర్థ్యం (Apparent power) అని, $\cos\phi$ ని సామర్థ్యకారకము (Power factor) అని అంటారు. వలయము యొక్క సరాసరి సామర్థ్యమును ఆ వలయము యొక్క వాస్తవ సామర్థ్యం (True power) అని కూడా పిలుస్తారు.

ప్రత్యేక సందర్భములు

(i) ఒక పూర్తి నిరోధక వలయమునకు, ఓల్టేజి మరియు విద్యుత్ ప్రవాహముల మధ్య ప్రావస్థ కోణము సున్న మరియు $\cos\phi = 1$ అవుతుంది.

$$\therefore P_{av} = V_{RMS}\, I_{RMS}$$

(ii) ఒక పూర్తి ప్రేరకత్వ లేదా క్షమత్వ వలయమునకు ప్రావస్థ కోణము $\pm \pi/2$ మరియు $\cos\left(\pm \pi/2\right) = 0$ అవుతుంది.

$$\therefore P_{av} = 0$$

(iii) శ్రేణి RLC వలయమునకు ప్రావస్థ కోణము $\phi = \tan^{-1}\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right)$

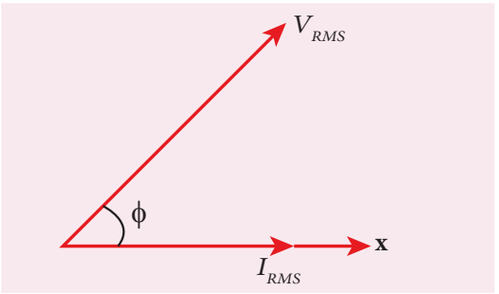
$$\therefore P_{av} = V_{RMS}\, I_{RMS} \cos\phi$$

(iv) అనునాదము వద్ద శ్రేణి RLC వలయమునకు ప్రావస్థ కోణము సున్న మరియు $\cos 0^\circ = 1$. అవుతుంది.

$$\therefore P_{av} = V_{RMS}\, I_{RMS}$$

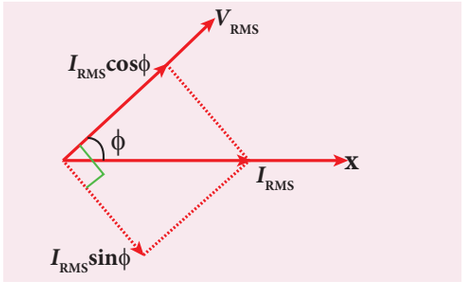
4.8.2 సామర్థ్య రహిత విద్యుత్ ప్రవాహం (Wattless current)

ఒక AC వలయములో V_{RMS} మరియు I_{RMS} ల మధ్య ప్రావస్థ కోణము ϕ అని మరియు విద్యుత్ ప్రవాహమునకు ఓల్టేజి ϕ కోణము ముందంజలో ఉన్నదని (ఫేసర్ చిత్ర పటము 4.50) అనుకొందాం.



పటము 4.50 V_{RMS} కు I_{RMS} అనునది ϕ రెట్లు ముందంజలో ఉన్నది

ఇప్పుడు I_{RMS} అనునది రెండు లంబ అంశములు గా పరిష్కరించబడుతాయి. అవి V_{RMS} దిశలో $I_{RMS} \cos\phi$ మరియు V_{RMS} కు లంబ దిశలో $I_{RMS} \sin\phi$ ఇది పటము 4.51 లో చూపబడినది.



పటము 4.51 I_{RMS} అంశములు

(i) ఓల్టేజితో ప్రావస్థలో గల విద్యుత్ ప్రవాహ అంశము $\left(I_{RMS} \cos\phi\right)$ ను చర్యాంశము *(active component)* అంటారు. ఈ విద్యుత్ ప్రవాహముచే వినియోగించబడిన సామర్థ్యం $= V_{RMS} I_{RMS} \cos\phi$ అవుతుంది. కనుక దీనిని సామర్థ్య పూరిత (Wattful current) విద్యుత్ ప్రవాహం అంటారు.

(ii) ఓల్టేజితో $\pi/2$ ప్రావస్థ కోణము కలిగిన విద్యుత్ ప్రవాహ అంశము $\left(I_{RMS} \sin\phi\right)$ ను ప్రతి చర్యాంశము (reactive component) అంటారు. ఇక్కడ వినియోగించబడిన సామర్థ్యము శూన్యము. కనుక ఇది సామర్థ్య రహిత (Wattless current) విద్యుత్ ప్రవాహము అవుతుంది.

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 267 23-03-2023 14:17:19

AC వలయములోని విద్యుత్ ప్రవాహము వినియోగించబడిన సామర్థ్యము శూన్యమైతే దానిని సామర్థ్య రహిత విద్యుత్ ప్రవాహం అంటారు. ఇటువంటి సామర్థ్య రహిత విద్యుత్ ప్రవాహము పూర్తి ప్రేరకత్వ లేదా క్షమత్వ వలయములలో ఏర్పడుతుంది.

4.8.3 సామర్థ్య కారకము (Power factor)

క్రింది వానిలో ఏదో ఒక విధంగా ఒక వలయం యొక్క సామర్థ్య కారకమును నిర్వచించవచ్చు.

(i) సామర్థ్య కారకము = $\cos\phi$ = ముందంజ లేదా వెనుకంజ యొక్క కొసైన్ కోణము

(ii) సామర్థ్య కారకము = $\frac{R}{Z}$ = $\frac{\text{నిరోధము}}{\text{అవరోధము}}$

(iii) సామాన్య కారకము = $\frac{P_{av}}{V_{RMS} I_{RMS}}$

= $\frac{\text{వాస్తవ సామర్థ్యం}}{\text{దృశ్య సామర్థ్యం}}$

సామర్థ్య కారకమునకు కొన్ని ఉదాహరణలు

(i) సామర్థ్య కారకము = $\cos 0° = 1$ పై విలువ పూర్తి నిరోధక వలయమునకు వర్తిస్తుంది. ఎందుకనగా ఓల్టేజి మరియు విద్యుత్ ప్రవాహముల మధ్య ప్రావస్థ కోణం ϕ=0 గా ఉంటుంది.

(ii) పూర్తి ప్రేరకత్వలేక క్షమత్వ వలయమునకు సామర్థ్య కారకము $= \cos\left(\pm\frac{\pi}{2}\right) = 0$ ఎందుకనగా ఓల్టేజి మరియు విద్యుత్ ప్రవాహముల మధ్య ప్రావస్థ కోణం $\pm\frac{\pi}{2}$. గా ఉంటుంది.

(iii) R, L మరియు C నిష్పత్తి మారుచున్న వలయములో సామర్థ్య కారకము 0 మరియు 1 ల మధ్య ఉంటుంది.

4.8.4 *DC* తో పోల్చినపుడు *AC* యొక్క ప్రయోజనాలు మరియు నష్టములు

DC తో పోల్చినపుడు *AC* వ్యవస్థ అనేక ప్రయోజనాలను మరియు నష్టములను కలిగియున్నది.

ప్రయోజనములు:

(i) *DC* కన్నా *AC* ఉత్పత్తి చౌకైనది.

(ii) అధిక ఓల్టేజి వద్ద AC ని సరఫరా చేసినపుడు, DC సరఫరా కన్నా ఇది తక్కువ సరఫరా నష్టమును కలిగి ఉంటుంది.

(iii) ఏక దిక్కరణి సహాయంతో AC ని DC గా మార్చవచ్చు.

నష్టములు

(i) బ్యాటరీలు, విద్యుత్‌మలాం మరియు విద్యుత్‌రవాణా (electrictraction) వంటి కొన్ని అనువర్తనములలో AC ని ఉపయోగించలేము.

(ii) అధిక ఓల్టేజి వద్ద AC లో పని చేయుట DC కంటే హానికరమైనది.

ఉదాహరణ 4.26

400 kHz వద్ద అనునాదము చెందు ఒక శ్రేణి *RLC* వలయము 80 μH ప్రేరకము, 2000 pF క్షమశీలి మరియు 50 Ω నిరోధకమును కలిగియున్నది. అయితే (i) వలయము యొక్క Q – కారకము (ii) ప్రేరకత్వమును రెండింతలు చేసినపుడు క్రొత్త క్షమత్వ విలువ మరియు (iii) క్రొత్త Q – కారకములను కనుగొనండి.

సాధన:

$L = 80 \times 10^{-6}$H; $C = 2000 \times 10^{-12}$ F

$R = 50\ \Omega$; $f_r = 400 \times 10^3$Hz

(i) Q-కారకము, $Q_1 = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$

$= \frac{1}{50}\sqrt{\frac{80\times10^{-6}}{2000\times10^{-12}}} = 4$

(ii) $L_2 = 2\,L$ అయినపుడు

$=2 \times 80 \times 10^{-6}$ H

$= 160 \times 10^{-6}$ H,

$$C_2 = \frac{1}{4\pi^2 f_r^2 L_2}$$

$$= \frac{1}{4\times3.14^2\times\left(400\times10^3\right)^2\times160\times10^{-6}}$$

$$\simeq 1000\times10^{-12}\,\text{F}$$

$$C_2 \simeq 1000\,\text{pF}$$

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 268 23-03-2023 14:17:22

(iii) $Q_2 = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L_2}{C_2}} = \frac{1}{50}\sqrt{\frac{160\times10^{-6}}{1000\times10^{-12}}}$

$$= \frac{1}{50}\sqrt{\frac{16\times10^{-5}}{10^{-9}}} = \frac{4\times10^{2}}{50} = 8$$

ఉదాహరణ 4.27

ఒక శ్రేణి $\frac{10^{-4}}{\pi}$ F వలయమును ఏర్పరచుట కు $\frac{2}{\pi}H$ క్షమత్వం గల ఒక క్షమశీలి, 100 Ω ప్రేరకత్వం గల ఒక ప్రేరకము మరియు *RLC* నిరోధము గల ఒక నిరోధకము కలుపబడియున్నవి. వలయమునకు 220 V, 50 Hz. సరఫరాను అందించినపుడు (i) వలయం యొక్క అవరోధము (ii) వలయములో ప్రవహించు గరిష్ట విద్యుత్ ప్రవాహము (iii) వలయము యొక్క సామర్థ్య కారకము మరియు (iv) అనునాదము వద్ద సామర్థ్య కారకమును కనుగొనండి.

సాధన:

$$L = \frac{2}{\pi}\text{ H};\ C = \frac{10^{-4}}{\pi}\text{ F};\ R = 100\ \Omega$$

$$V_{RMS} = 220\text{ V};\ f = 50\text{ Hz}$$

$$X_L = 2\pi fL = 2\pi\times50\times\frac{2}{\pi} = 200\ \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi\times50\times\frac{10^{-4}}{\pi}} = 100\ \Omega$$

(i) అవరోధము, $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$

$$= \sqrt{100^2 + (200-100)^2} = 141.4\ \Omega$$

(ii) విద్యుత్ ప్రవాహ గరిష్ట విలువ,

$$I_m = \frac{V_m}{Z} = \frac{\sqrt{2}\,V_{RMS}}{Z}$$

$$= \frac{\sqrt{2}\times220}{141.4} = 2.2\text{ A}$$

(iii) వలయం యొక్క సామర్థ్య కారకము,

$$\cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{100}{141.4} = 0.707$$

(iv) అనునాదం వద్ద సామర్థ్య కారకము,

$$\cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{R} = 1$$

4.9 LC వలయములలో డోలనము (OSCILLATION IN LC CIRCUITS)

4.9.1 LC డోలనములు జరుగునపుడు శక్తి నిత్యత్వము

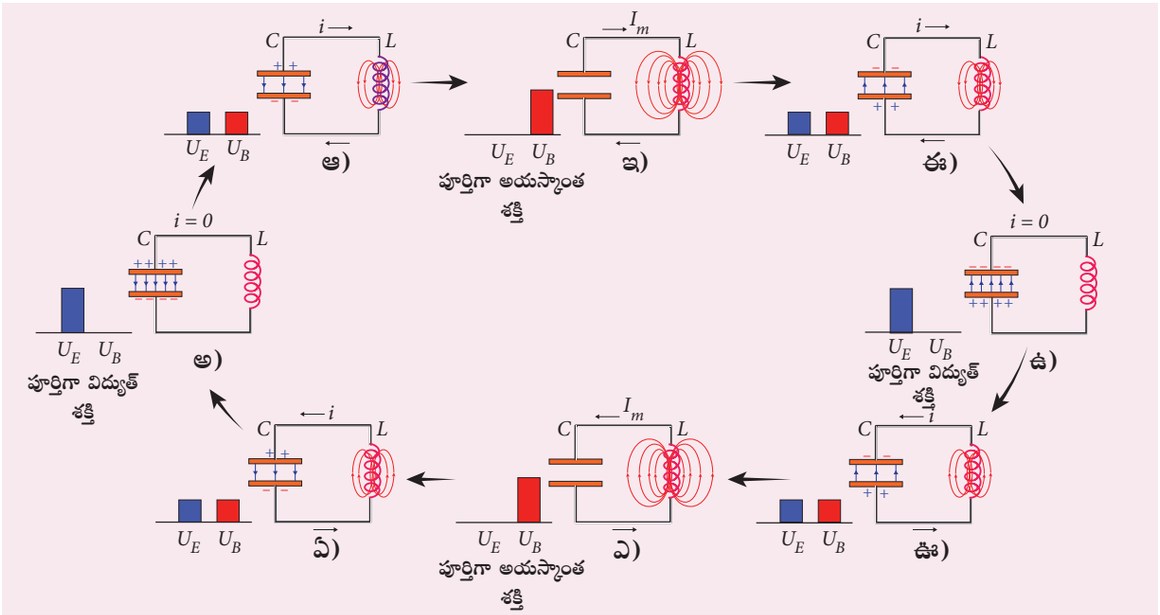
ప్రేరకము మరియు క్షమశీలిలలో శక్తిని నిక్షిప్తం చేయవచ్చునని మనము ఇదివరకే అభ్యసించియున్నాము (1.8.2 మరియు 4.3.2 విభాగములను పరిశీలించండి). ప్రేరకములలో శక్తి అయస్కాంత క్షేత్ర రూపములోనూ, క్షమశీలిలో శక్తి విద్యుత్ క్షేత్ర రూపములోనూ నిక్షిప్తమై ఉంటుంది.

ఒక సంపూర్ణ ప్రేరకత్వము *L* కలిగిన ప్రేరకము మరియు క్షమత్వం *C* కలిగిన ఒక క్షమశీలి ఒక వలయమునకు శక్తిని అందించినపుడు, ప్రేరకములోని అయస్కాంత క్షేత్రము మరియు క్షమశీలిలోని విద్యుత్ క్షేత్రము మధ్య శక్తి ముందుకు వెనుకకు డోలనాలు చేస్తుంది. ఈ విధముగా నిర్దిష్ట పౌనఃపున్యము కలిగిన విద్యుత్ డోలనాలు ఉత్పత్తి అవుతాయి. ఈ డోలనాలను ***LC*** డోలనాలు అంటారు.

LC డోలనాల యొక్క ఉత్పత్తి

ఒక క్షమశీలి తొలి స్థితిలో Q_m గరిష్ట ఆవేశముతో పూర్తిగా ఆవేశపూరితం అయినట్లు అనుకొందాం. కనుక క్షమశీలిలో నిక్షిప్తమైన శక్తి గరిష్టము. దీనిని $U_E = \frac{Q_m^2}{2C}$ గా సూచించవచ్చు. ప్రేరకములో విద్యుత్ ప్రవాహం లేనప్పుడు, అందులో నిక్షిప్తమై యున్న శక్తి శూన్యమవుతుంది. అనగా $U_B = 0$ గా

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 269 23-03-2023 14:17:27



పటము 4.52 LC డోలనములు

ఉంటుంది. అప్పుడు మొత్తం శక్తి పూర్తిగా విద్యుత్ రూపమున ఉంటుంది. ఇది పటము 4.52 (అ)లో చూపబడినది.

ఇప్పుడు క్షమశీలి ప్రేరకము ద్వారా ఆవేశమును ఉత్సర్గము గావించుటను ప్రారంభించి అపసవ్యదిశలో i విద్యుత్ ను ప్రవహింపజేస్తుంది. ఈ విద్యుత్ ప్రవాహం ప్రేరకము చుట్టూ అయస్కాంత క్షేత్రమును ఉత్పత్తి చేస్తుంది మరియు ఆ శక్తి ప్రేరకములో నిక్షిప్తమవుతుంది. ఆ శక్తి $U_B = Li^2/2$ అవుతుంది. క్షమశీలిలో ఆవేశము తగ్గినపుడు అందులో నిక్షిప్తమైన శక్తి కూడా తగ్గి, అది $U_E = q^2/2C$ గా ఉంటుంది. ఈ విధముగా క్షమశీలిలోని కొంత భాగము శక్తి ప్రేరకములోనికి బదిలీ అవుతుంది. ఈ సందర్భంలో మొత్తం శక్తి అనునది అయస్కాంత మరియు విద్యుత్ శక్తుల సంకలనమునకు సమానమవుతుంది.

క్షమశీలిలోని శక్తి పూర్తిగా ఖాళీ అయినపుడు, దాని శక్తి శూన్యమవుతుంది. అనగా $U_E = 0$. మొత్తం శక్తి ప్రేరకము యొక్క అయస్కాంత క్షేత్రమునకు బదిలీ అవుతుంది మరియు అది గరిష్టమవుతుంది. ఈ గరిష్ట శక్తి $U_B = LI_m^2/2$ గా ఉంటుంది. ఇక్కడ I_m అనునది వలయములో ప్రవహిస్తున్న గరిష్ట విద్యుత్. ఇక్కడ మొత్తం శక్తి పూర్తిగా అయస్కాంత రూపంలో ఉంటుంది. (పటము 4.52(ఇ))

క్షమశీలిలోని ఆవేశము శూన్యమైనపుడు కూడా, విద్యుత్ ప్రవాహం అదే దిశలో ప్రవహించుట కొనసాగుతుంది. ఎందుకనగా ప్రేరకము వెంటనే దానిని ఆపుటకు అనుమతించదు. అప్పుడు విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రేరకము యొక్క అయస్కాంత క్షేత్రమును నశింప చేస్తూ తగ్గుచున్న పరిమాణములో ప్రవహిస్తుంది. దీని ఫలితముగా, క్షమశీలి వ్యతిరేక దిశలో ఆవేశపూరితమవుతుంది. ప్రేరకము నుండి క్షమశీలికి శక్తిలోని కొంత భాగము వెనుతిరిగి బదిలీ చేయబడుతుంది. అప్పుడు నికర శక్తి అయస్కాంత శక్తి మరియు విద్యుచ్ఛక్తుల మొత్తమునకు సమానము అవుతుంది. (పటము 4.52 (ఆ))

వలయములోని విద్యుత్ ప్రవాహం 0 కు తగ్గినప్పుడు క్షమశీలి పూర్తిగా వ్యతిరేక దిశలో ఆవేశపూరితమవుతుంది. అప్పుడు క్షమశీలిలో నిక్షిప్తమైన శక్తి గరిష్టంగా ఉంటుంది. విద్యుత్ ప్రవాహం శూన్యం కనుక ప్రేరకములో నిక్షిప్తమైన శక్తి శూన్యముగా ఉంటుంది. అప్పుడు మొత్తం శక్తి విద్యుత్ రూపంలో ఉంటుంది. (పటము 4.52 (ఉ))

ఈ సమయంలో వలయము తన తొలి స్థితిని పోలి ఉంటుంది. కాని క్షమశీలి వ్యతిరేక దిశలో ఆవేశపూరితం కావడమే తేడాగా పరిగణించవచ్చును. ఇప్పుడు క్షమశీలి ప్రేరకము ద్వారా అపసవ్యదిశలో విద్యుత్‌ను ఉత్సర్గం గావించుటను ప్రారంభిస్తుంది. ఇక్కడ మొత్తం శక్తి

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 270 23-03-2023 14:17:29

విద్యుత్ మరియు అయస్కాంత శక్తుల సంకలనమునకు సమానం. (పటము 4.52 (ఊ))

ముందుగానే వివరించిన విధముగా ఈ ప్రక్రియలు వ్యతిరేక దిశలో పునరావృతము అవుతాయి. (పటము 4.52 (ఋ మరియు ౠ)). చివరగా వలయము తన తొలి స్థితిని చేరుతుంది. (పటము 4.52 (అ)). ఈ విధముగా వలయము వేరు వేరు స్థితిని చేరినపుడు, ఒక ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహం, వలయములో ప్రవహిస్తుంది. ఈ ప్రక్రియ మరలా మరలా పునరావృతం కావడంచేత ఒక నిర్దిష్ట పౌనఃపున్యం కలిగిన విద్యుత్ డోలనాలు ఏర్పడుతాయి. దీనినే LC డోలనాలు అంటారు.

ఒక ఆదర్శ LC వలయములో శక్తి నష్టం ఉండదు. కావున ఈ డోలనాలు నిరవధికముగా కొనసాగుతూనే ఉంటాయి. ఇటువంటి డోలనాలను అనవరుద్ధ (Undamped) డోలనాలు అని అంటారు.



ఆచరణలో, వలయము నుండి వెలువడు విద్యుత్ అయస్కాంత తరంగములను జౌల్ ఉష్ణము మరియు వికరణమునకు గురి చేసినపుడు వ్యవస్థ యొక్క శక్తి తగ్గుతుంది. అప్పుడు డోలనాలు అవరుద్ధ డోలనాలు (Damped Oscillation) గా ఉంటాయి.

4.9.2 LC డోలనములలో శక్తి నిత్యత్వము

ఒక LC వలయములో LC డోలనములు చేస్తున్నపుడు వ్యవస్థ యొక్క శక్తి క్షమశీలి యొక్క విద్యుత్ క్షేత్రం మరియు ప్రేరకము యొక్క అయస్కాంత క్షేత్రముల మధ్య డోలనాలు చేస్తుంది. ఈ రెండు శక్తి రూపములు కాలముతో పాటు మారినప్పటికీ నికర శక్తి స్థిరముగా ఉంటుంది. అనగా LC డోలనాలు శక్తి నిత్యత్వ నియమము ఆధారముగా ఏర్పడినవని అర్థం.

నికర శక్తి, $U = U_E + U_B = \frac{q^2}{2C} + \frac{1}{2}Li^2$

LC డోలనములలో మూడు వేర్వేరు సందర్భములను పరిగణించి వ్యవస్థ యొక్క నికర శక్తిని లెక్కిద్దాం.

సందర్భం 1: క్షమశీలిలో ఆవేశం $q = Q_m$ మరియు ప్రేరకము ద్వారా విద్యుత్ ప్రవాహం $i = 0$ అయితే నికర శక్తి క్రింది విధముగా ఉంటుంది.

$$U = \frac{Q_m^2}{2C} + 0 = \frac{Q_m^2}{2C} \qquad (4.56)$$

ఇక్కడ నికర శక్తి పూర్తిగా విద్యుత్ రూపంలో ఉంటుంది.

సందర్భం 2: ఆవేశము = 0 మరియు విద్యుత్ ప్రవాహం = I_m అయినపుడు నికర శక్తి

$$U = 0 + \frac{1}{2}LI_m^2 = \frac{1}{2}LI_m^2$$
$$= \frac{L}{2} \times \left(\frac{Q_m^2}{LC}\right) \qquad \because I_m = Q_m\omega = \frac{Q_m}{\sqrt{LC}}$$
$$= \frac{Q_m^2}{2C} \qquad (4.57)$$

ఇక్కడ నికర శక్తి పూర్తిగా అయస్కాంత రూపంలో ఉంటుంది.

సందర్భం 3: ఆవేశం = q మరియు విద్యుత్ ప్రవాహం = i అయినపుడు, నికర శక్తి

$$U = \frac{q^2}{2C} + \frac{1}{2}Li^2$$

$$q = Q_m \cos\omega t,\ i = -\frac{dq}{dt} = Q_m\omega \sin\omega t.$$

కనుక పై సమీకరణములో విద్యుత్ యొక్క ఋణ సంజ్ఞ క్షమశీలిలోని ఆవేశం కాలంతోపాటు తగ్గుటను సూచిస్తుంది.

$$U = \frac{Q_m^2 \cos^2\omega t}{2C} + \frac{L\omega^2 Q_m^2 \sin^2\omega t}{2}$$
$$= \frac{Q_m^2 \cos^2\omega t}{2C} + \frac{LQ_m^2 \sin^2\omega t}{2LC}$$

కావున $\omega^2 = \frac{1}{LC}$

$$= \frac{Q_m^2}{2C}\left(\cos^2\omega t + \sin^2\omega t\right)$$

$$U = \frac{Q_m^2}{2C} \qquad (4.58)$$

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 271 23-03-2023 14:17:36

పట్టిక 4.2 రెండు డోలనా వ్యవస్థలలోని శక్తి

LC డోలకం		ద్రవ్యరాశి వ్యవస్థ	
పరికరం	శక్తి	పరికరం	శక్తి
క్షమశీలి	విద్యుచ్ఛక్తి $= \frac{1}{2}\left(\frac{1}{C}\right)q^2$	స్ప్రింగ్	స్థితిజ శక్తి $= \frac{1}{2}kx^2$
ప్రేరకం	అయస్కాంత శక్తి $= \frac{1}{2}Li^2 \quad i = \frac{dq}{dt}$	ద్రవ్యరాశి	గతిజశక్తి $= \frac{1}{2}mv^2 \quad v = \frac{dx}{dt}$

పై మూడు సందర్భములలోనూ వ్యవస్థ యొక్క నికర శక్తి స్థిరం అని స్పష్టమగుచున్నది.

4.9.3 LC డోలనాలు మరియు సరళ హరాత్మక డోలనాల మధ్య సారూప్యత

గుణాత్మక పద్ధతి (Qualitative treatment)

LC వ్యవస్థ యొక్క విద్యుత్ అయస్కాంత డోలనాలను స్ప్రింగ్– ద్రవ్యరాశి వ్యవస్థ యొక్క యాంత్రిక డోలనాలచే పోల్చవచ్చు.

LC డోలనాలలో రెండు రకాల శక్తి ఇమిడియున్నవి. ఒకటి ఆవేశపూరిత క్షమశీలి యొక్క విద్యుచ్ఛక్తి, మరొకటి విద్యుత్‌ని కొని పోవు ప్రేరకము యొక్క అయస్కాంత శక్తి.

ఈ విధముగానే స్ప్రింగ్– ద్రవ్యరాశి వ్యవస్థ యొక్క యాంత్రిక శక్తి రెండు రూపములలో ఉంటుంది. ఒకటి అదమ బడిన స్ప్రింగ్ యొక్క స్థితిజ శక్తి, మరొకటి ద్రవ్యరాశి యొక్క గతిజశక్తి. పట్టిక 4.2 లో ఈ రెండు జతల శక్తుల జాబితా ఇవ్వబడినది.

పట్టిక 4.2ను పరీక్షించినట్లైతే వేర్వేరు రాశుల మధ్యగల సారూప్యత అర్థం చేసుకొనుటకు వీలవుతుంది. వాటికి సంబంధించి మరికొన్ని అంశములు పట్టిక 4.3 లో ఇవ్వబడినది. స్ప్రింగ్ – ద్రవ్యరాశి వ్యవస్థ యొక్క డోలనపు కోణీయ పౌనఃపున్యమును క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు. (11వ తరగతి భౌతిక శాస్త్ర పాఠ్యపుస్తకము నందు 10.4.1 విభాగములో 10.2.2 సమీకరణమును పరిశీలించండి.)

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

పట్టిక 4.3 నుండి $k \to 1/C$ మరియు $m \to L$. కావున *LC* డోలనాల కోణీయ పౌనఃపున్యమును క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు.

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \qquad (4.59)$$

పట్టిక 4.3 విద్యుత్ మరియు యాంత్రిక రాశుల మధ్య సారూప్యత

విద్యుత్ వ్యవస్థ	యాంత్రిక వ్యవస్థ
ఆవేశము q	స్థానభ్రంశము x
విద్యుత్ ప్రవాహం $i = \frac{dq}{dt}$	వేగము $v = \frac{dx}{dt}$
ప్రేరకత్వం L	ద్రవ్యరాశి m
క్షమశీలి విలోమం $\frac{1}{C}$	బల స్థిరాంకం k
విద్యుచ్ఛక్తి $= \frac{1}{2}\left(\frac{1}{C}\right)q^2$	స్థితిజ శక్తి $= \frac{1}{2}kx^2$
అయస్కాంత శక్తి $= \frac{1}{2}Li^2$	గతిజశక్తి $= \frac{1}{2}mv^2$
విద్యుదయస్కాంత శక్తి $U = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{C}\right)q^2 + \frac{1}{2}Li^2$	యాంత్రిక శక్తి $E = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}mv^2$

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 272 23-03-2023 14:17:47

సారాంశము

- ఒక సంవృత వలయములో ముడిపడి ఉన్న అయస్కాంత అభివాహం మారినపుడు, అందులో వి.చ్ఛా.బ. ప్రేరితమై తద్వారా వలయములో విద్యుత్ ప్రవహిస్తుంది. ఈ దృగ్విషయమును విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ అంటారు.
- సంవృత వలయములో ముడిపడి ఉన్న అయస్కాంత అభివాహం మారినపుడు వలయములో వి.చ్ఛా.బ. ప్రేరితమవుతుందని ఫారడే మొదటి నియమము పేర్కొంటుంది.
- ఫారడే రెండవ నియమము ప్రకారము, సంవృత వలయములో ప్రేరితమైన వి.చ్ఛా.బ. పరిమాణము ఆ వలయములో ముడిపడి ఉన్న అయస్కాంత అభివాహములోని మార్పు రేటుకు సమానముగా ఉంటుంది.
- లెంజ్ నియమము ప్రకారము, ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహ దిశ, ఎల్లప్పుడూ దాని ఉత్పత్తికి కారణమైన దానికి వ్యతిరేక దిశలో ఉంటుంది.
- లెంజ్ నియమము శక్తి నిత్యత్వ నియమము ఆధారంగా రూపొందించబడినది.
- ఫ్లెమింగ్ ఎడమచేతి నిబంధన ప్రకారము, చూపుడు వ్రేలు అయస్కాంత క్షేత్ర దిశను, బొటనవ్రేలు వాహక చలన దిశను, మధ్యవ్రేలు ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను సూచిస్తాయి.
- ఒక పలక రూపంలోని వాహకములో కూడా అయస్కాంత అభివాహము మారినపుడు వి.చ్ఛా.బ. ప్రేరితమవుతుంది. ఈ ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహం ఏక కేంద్ర వృత్త మార్గము ద్వారా ప్రవహిస్తాయి. దీనిని ఆవర్త ప్రవాహము లేదా ఫోకాల్ట్ ప్రవాహము అని పిలుస్తారు.
- విద్యుత్ ప్రవాహము తన ద్వారా ప్రసరించుట వలన అయస్కాంత క్షేత్రములో శక్తి నిక్షిప్తము చేసుకొను పరికరమును ప్రేరకము అంటారు.
- ఒక తీగచుట్టలో ముడిపడి ఉన్న అభివాహం మారినపుడు అదే తీగచుట్టలో వి.చ్ఛా.బ. ప్రేరితమవుతుంది. ఈ దృగ్విషయమును స్వయం ప్రేరణ అని, ప్రేరిత వి.చ్ఛా.బ.ను స్వయం ప్రేరిత వి.చ్ఛా.బ. అంటారు.
- కాలంతో పాటు ఒక తీగచుట్టలో ప్రసరించే విద్యుత్ ప్రవాహం మారినపుడు దానికి సమీప తీగచుట్ట లో వి.చ్ఛా.బ. ప్రేరితమవుతుంది. ఈ దృగ్విషయమును అన్యోన్య ప్రేరణ అని, ఇందులో ప్రేరిత వి.చ్ఛా.బ. ను అన్యోన్య ప్రేరిత వి.చ్ఛా.బ. అంటారు.
- *AC* జనని లేదా ఆల్టర్‌నేటర్ అనునది ఒక శక్తి మార్పునకు ఉపయోగించే పరికరం. ఇది తీగచుట్ట లేదా క్షేత్ర అయస్కాంతమును భ్రమణము చెందించి, యాంత్రిక శక్తిని విద్యుచ్ఛక్తిగా మార్పు చెందిస్తుంది.
- కొన్ని *AC* జననులయందు మూడు వేర్వేరు తీగచుట్టలు, వేర్వేరు వి.చ్ఛా.బ.ను అందిస్తాయి. కనుక వీటిని త్రిప్రావస్థ *AC* జననులు అంటారు.
- *AC* విద్యుచ్ఛక్తిని ఒక వలయము నుండి మరొక వలయమునకు పౌనఃపున్యములో మార్పు లేకుండా బదిలీ చేయుటకు ఉపయోగించు ఒక స్థిర పరికరమును పరివర్తకం అంటారు.
- ఉపయోగ నిర్గమ సామర్థ్యమునకు మరియు నివేశ సామర్థ్యమునకు మధ్య గల నిష్పత్తిని పరివర్తక దక్షత అంటారు.
- ఒక క్రమ కాల వ్యవధిలో తన ధృవణమును మార్చుకొంటూ ఫలిత ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహం దిశను కూడా మార్పు చెందిస్తూ ప్రవహించే ఓల్టేజ్‌ని ఏకాంత ఓల్టేజ్ అంటారు.
- ఒక ధన అర్ధ చక్రము లేదా ఋణ అర్ధ చక్రములోని విద్యుత్ ప్రవాహపు అన్ని విలువల సరాసరిని, సరాసరి ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహం అంటారు.

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 273 23-03-2023 14:17:47

- ఒక చక్రీయములోని అన్ని విద్యుత్ ప్రవాహముల వర్గ మధ్యమ వర్గమూలాన్ని ఆ ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహపు వర్గ మధ్యమ వర్గమూలం లేదా ప్రభావాత్మక విలువ అని అంటారు.
- ఒక సైను సాయిడల్ ఏకాంతర ఓల్టేజ్ (లేదా విద్యుత్ ప్రవాహం) ను ఒక స్థిర కోణీయ వేగముతో ఆది బిందువు పరంగా అపసవ్యదిశలో భ్రమణము చెందు సదిశచే సూచిస్తారు. ఇటువంటి భ్రమణ సదిశను ఫేసర్ అంటారు.
- ఒక *RLC* వలయము యొక్క సహజ పౌనఃపున్యము అనువర్తిత ఏకాంతర జనకము యొక్క పౌనఃపున్యమునకు సమానమైతే ఆ వలయములో విద్యుత్ ప్రవాహము గరిష్టమగును. అప్పుడు వలయము విద్యుత్ అనునాదములో కలదని అంటారు.
- శ్రేణి అనునాదముల వద్ద ఓల్టేజ్ యొక్క వృద్ధీకరణను Q – కారకము అంటారు.
- ఒక వలయములో విద్యుచ్ఛక్తి యొక్క వినియోగ రేటును సామర్థ్యం అంటారు. ఇది ఆ వలయములోని ఉపకరణములపై ఆధారపడి ఉండును.
- ఒక *LC* వలయమునకు శక్తిని అందించినపుడు నిర్దిష్ట పౌనఃపున్యము గల విద్యుత్ డోలనాలు ఉత్పత్తి అవుతాయి. ఈ డోలనాలను *LC* డోలనాలు అంటారు.
- *LC* డోలనాలు ఏర్పడినప్పుడు నికర శక్తి స్థిరంగా ఉంటుంది. అనగా *LC* డోలనాలు శక్తి నిత్యత్వ నియమము ఆధారంగా ఏర్పడుతాయని అర్థం.

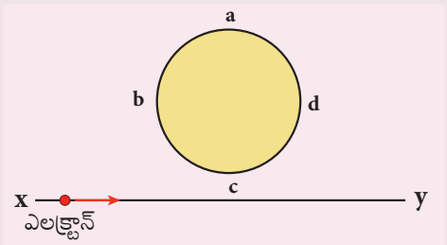
04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 274 23-03-2023 14:17:47

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 275 23-03-2023 14:17:48

I సరియైన సమాధానమును ఎన్నుకొనుము

1. పటములో చూపినట్టు ఒక ఎలక్ట్రాన్ *XY* అనే ఒక సరళరేఖ మార్గము ద్వారా చలిస్తున్నది. ఎలక్ట్రాన్ చలన మార్గమునకు ప్రక్కనే *abcd* అనే ఒక తీగచుట్ట కలదు. ఒకవేళ తీగచుట్టలో ఏదైనా విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రేరితమైతే దాని దిశ ఎలా ఉంటుంది?

(NEET – 2015)



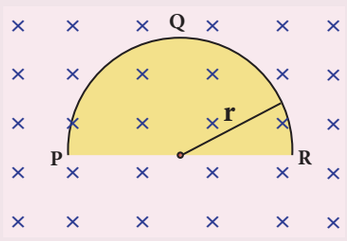
(a) ఎలక్ట్రాన్ తీగచుట్టను దాటినపుడు ప్రవాహ దిశ వ్యతిరేకమవుతుంది

(b) ఎటువంటి ప్రవాహము ప్రేరితమవదు

(c) *abcd*

(d) *adcb*

2. ఒక పలుచటి అర్ధ వృత్తాకార వాహక వలయము (*PQR*) యొక్క వ్యాసార్ధం *r* ఇది సమాంతర అయస్కాంత క్షేత్రము *B* లో దాని తలమునకు లంబంగా పటములో చూపినట్లు పడుచున్నది. దాని వేగం *υ* అయినపుడు వలయములో ఏర్పడు శక్మ భేదము



(NEET 2014)

(a) సున్న

(b) $\frac{B\upsilon\pi r^2}{2}$ మరియు *P* అధిక శక్మము వద్ద ఉంటుంది.

(c) $\pi rB\upsilon$ మరియు *R* అధిక శక్మము వద్ద ఉంటుంది

(d) $2rB\upsilon$ మరియు *R* అధిక శక్మము వద్ద ఉంటుంది

3. ఏదేని *t* కాలము వద్ద తీగచుట్టలో ఏర్పడిన అభివాహము $\Phi_B = 10t^2 - 50t + 250$ అయితే $t = 3$ s వద్ద ప్రేరిత వి.చ్చా.బ. ఎంత?

(a) −190 V (b) −10 V

(c) 10 V (d) 190 V

4. ఒక తీగచుట్టలో 8 V వి.చ్చా.బ. పేరితమైనపుడు 0.05 s లో విద్యుత్ ప్రవాహం +2A నుండి −2A కు మార్పు చెందినది. అప్పుడు తీగచుట్ట యొక్క స్వయం ప్రేరణ

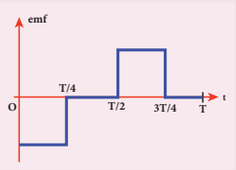
(a) 0.2 H (b) 0.4 H

(c) 0.8 H (d) 0.1 H

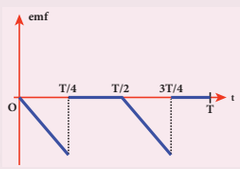
5. పటములో చూపినట్లు *i* విద్యుత్ ప్రవాహము కాలముతో పాటు మార్పు చెందుచున్నది. అయితే కాలముతోపాటు ప్రేరిత వి.చ్చా.బ.లోని వైవిధ్యము ఎలా ఉంటుంది?

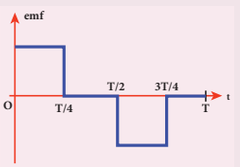
(NEET – 2011)



(a)


(b)


(c)


(d)


04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 276 23-03-2023 14:17:53

6. 4 సెం.మీ^{2} మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యము గల ఒక వృత్తాకార తీగచుట్ట 10 చుట్లను కలిగియున్నది. దీనిని 10 సెం.మీ^{2} మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యము మరియు 15 చుట్లు/ సెం.మీ గల ఒక పొడవైన సొలినాయిడ్ మధ్యలో ఉంచిరి. ఇక్కడ తీగచుట్ట అక్షము మరియు సొలినాయిడ్ అక్షములు ఒకదానినొకటి ఏకీభవిస్తున్నపుడు అన్యోన్య ప్రేరకత్వం ఎంత?

(a) 7.54 μH (b) 8.54 μH
(c) 9.54 μH (d) 10.54 μH

7. ఒక పరివర్తకములో ప్రాథమిక మరియు గౌణ తీగచుట్టలలోని చుట్ల సంఖ్య వరుసగా 410 మరియు 1230. ఇప్పుడు ప్రాథమిక తీగచుట్టలోని విద్యుత్ ప్రవాహం 6A అయితే, గౌణ తీగచుట్టలో ఎంత ఉంటుంది?

(a) 2 A (b) 18 A
(c) 12 A (d) 1 A

8. ఒక అవరోహణ పరివర్తకం దానికి సరఫరా చేసిన ఓల్టేజిని 220 V నుండి 11 V కు తగ్గించి మరియు విద్యుత్ ప్రవాహమును 6 A నుండి 100 A కు పెంచినది. అయితే దాని దక్షత ఎంత?

(a) 1.2 (b) 0.83
(c) 0.12 (d) 0.9

9. ఒక విద్యుత్ వలయములో R, L, C మరియు AC ఓల్టేజి జనకము అన్నింటినీ శ్రేణిలో సంధానం చేయబడినది. వలయము నుండి L ను తొలగించినపుడు ఓల్టేజి మరియు విద్యుత్ ప్రవాహమునకు మధ్య గల ప్రావస్థ భేదము $\pi/3$. దీనికి బదులుగా C ను తొలగించినపుడు మరలా ప్రావస్థ భేదము $\pi/3$ గా ఉండెను. అయితే వలయము యొక్క సామర్థ్య కారకము ఎంత?

(NEET 2012)

(a) $1/2$ (b) $1/\sqrt{2}$
(c) 1 (d) $\sqrt{3}/2$

10. ఒక శ్రేణి RL వలయములో నిరోధము మరియు ప్రేరకత్వ ప్రతిఘాతము రెండూ సమానం. అయితే వలయములో ఓల్టేజి మరియు విద్యుత్ ప్రవాహముల మధ్య ప్రావస్థ భేదము ఎంత?

(a) $\frac{\pi}{4}$ (b) $\frac{\pi}{2}$
(c) $\frac{\pi}{6}$ (d) zero

11. ఒక శ్రేణి RLC వలయములో 100 Ω ల నిరోధకము మధ్య ఓల్టేజి 40 V అనునాద పౌనఃపున్యం $\omega = 250$ రేడియన్/సె. C విలువ 4 μF అయితే L మధ్య ఏర్పడు ఓల్టేజి ఎంత?

(a) 600 V (b) 4000 V
(c) 400V (d) 1 V

12. 20 mH ప్రేరకము, 50 μF క్షమశీలి మరియు 40 Ω నిరోధకములు $v = 10 \sin 340\, t$ వి.చ్ఛా.బ. జనకమునకు శ్రేణిలో కలుపబడినవి. అయితే AC వలయములో సామర్థ్య దుర్వ్యయము ఎంత?

(a) 0.76 W (b) 0.89 W
(c) 0.46 W (d) 0.67 W

13. ఒక వలయములో ఏకాంతర విద్యుత్ మరియు ఓల్టేజిల తాక్షణిక విలువలు $i = \frac{1}{\sqrt{2}}\sin(100\pi t)$ A మరియు $v = \frac{1}{\sqrt{2}}\sin\left(100\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$ V అయితే వలయములో వినియోగించబడిన సరాసరి సామర్థ్యము వాట్‌లలో ఎంత?

(IIT Main 2012)

(a) $\frac{1}{4}$ (b) $\frac{\sqrt{3}}{4}$
(c) $\frac{1}{2}$ (d) $\frac{1}{8}$

14. ఒక LC డోలన వలయములో క్షమశీలిపై గల గరిష్ట ఆవేశము Q విద్యుత్ మరియు అయస్కాంత క్షేత్రముల మధ్య సమానముగా శక్తి నిక్షిప్తమైనపుడు ఆ క్షమశీలిపై గల ఆవేశం ఎంత?

(a) $\frac{Q}{2}$ (b) $\frac{Q}{\sqrt{3}}$
(c) $\frac{Q}{\sqrt{2}}$ (d) Q

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 277 23-03-2023 14:17:57

15. $\frac{20}{\pi^2}$ H ప్రేరకమును C క్షమత్వం కలిగిన క్షమశీలికి సంధానించబడినది. 50 Hz వద్ద గరిష్ట సామర్థ్యమును అందించుటకు కావలసిన C విలువ

(a) 50 μF (b) 0.5 μF

(c) 500 μF (d) 5 μF

సమాధానములు:

1) a	**2)** d	**3)** b	**4)** d	**5)** a
6) a	**7)** a	**8)** b	**9)** c	**10)** a
11) c	**12)** c	**13)** d	**14)** c	**15)** d

II లఘు సమాధాన ప్రశ్నలు

1. విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ అనగానేమి?
2. ఫారడే విద్యుదయస్కాంత నియమములను పేర్కొనుము.
3. లెంజ్ నియమమును వ్రాయుము.
4. ఫ్లెమింగ్ కుడిచేతి నిబంధనను తెలుపుము.
5. ఆవర్త ప్రవాహము ఎలా ఉత్పత్తి చేయబడుతుంది? అది వాహకములో ఎలా ప్రవహిస్తుంది?
6. ప్రేరిత వి.చ్ఛా.బ.ను ఉత్పత్తి చేయు పద్ధతులను తెలుపుము.
7. ప్రేరకమును ఎందుకు ఉపయోగిస్తారు? కొన్ని ఉదాహరణలివ్వుము.
8. స్వయం ప్రేరణ అనగానేమి?
9. అన్యోన్య ప్రేరణ అనగానేమి?
10. ప్రేరకత్వము యొక్క ప్రమాణమును ఎలా నిర్వచిస్తారు?
11. ఒక తీగ చుట్ట యొక్క స్వయం ప్రేరకత్వము నుండి మీరేమీ అర్థం చేసుకొన్నారు? దాని భౌతిక ప్రాముఖ్యతను తెలుపుము.
12. *AC* జనని పని చేయు నియమమును తెలుపుము.
13. *AC* జనని యొక్క స్థిర ఆర్మేచర్ భ్రమణ క్షేత్ర వ్యవస్థ ప్రయోజనాలను వ్రాయుము.
14. ఆరోహణ మరియు అవరోహణ పరివర్తకములు అనగానేమి?
15. ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహపు సరాసరి విలువను నిర్వచింపుము.
16. ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క *RMS* విలువను నిర్వచింపుము.
17. ఫేసర్ అనగా నేమి?
18. విద్యుత్ అనునాదం అనగానేమి?
19. అనునాద పౌనఃపున్యము అనగా నేమి?
20. Q – కారకము అనగానేమి?
21. వాట్‌లెస్ ప్రవాహము అనగా నేమి?
22. సామర్థ్య కారకమునకు ఒక నిర్వచనమును తెలుపుము.
23. *LC* డోలనాలు అనగానేమి?

III దీర్ఘ సమాధాన ప్రశ్నలు

1. సంవృత వలయము కలిగిన తీగచుట్టలో ప్రేరితమయ్యే వి.చ్ఛా.బ. తీగచుట్ట మరియు అయస్కాంతముల సాపేక్ష చలనముల వలన ఏర్పడుతుంది. ఇందులోని వాస్తవమును తెలుపుము.
2. లెంజ్ నియమమును ఉపయోగించి ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను కనుగొనుటకు ఒక దృష్టాంతమును ఇవ్వండి.
3. శక్తి నిత్యత్వ నియమములో లెంజ్ నియమము అనుగుణ్యతను కలిగి ఉందని చూపుము.
4. లారెంట్జ్ బలము నుండి చలన వి.చ్ఛా.బ.కు సమీకరణమును రాబట్టండి.
5. ఫోకాల్ట్ ప్రవాహం యొక్క ఉపయోగాలేవి?
6. (i) అయస్కాంత అభివాహము మరియు (ii) ప్రేరిత వి.చ్ఛా.బ.లను తీగచుట్ట యొక్క స్వయం ప్రేరకత్వము పరంగా నిర్వచించండి.
7. ఒక సొలినాయిడ్ యొక్క పొడవు దాని వ్యాసముతో పోల్చినపుడు ఎక్కువగా ఉన్నది. అయితే దాని ప్రేరకత్వమునకు సమీకరణాన్ని కనుగొనండి.

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 278 23-03-2023 14:17:57

8. L ప్రేరకత్వం కలిగిన ప్రేరకము i విద్యుత్ ప్రవాహమును కొని పోవుచున్నది. అందులో విద్యుత్ ప్రవహించేటపుడు ఎంత శక్తి నిక్షిప్తమై ఉంటుంది?
9. ఒక జత తీగచుట్టల మధ్య అన్యోన్య ప్రేరకత్వము సమానము ($M_{12} = M_{21}$) అని చూపుము.
10. ఒక తీగ చుట్టచే ఆవరించబడిన వైశాల్యమును మార్పు చేయుట ద్వారా వి.చ్ఛా.బ.ను ఎలా ప్రేరేపించవచ్చు?
11. ఒక అయస్కాంత క్షేత్రములో తీగచుట్ట భ్రమణం చేసినపుడు అది ఒక భ్రమణానికి ఒక చక్రీయ ఏకాంతర వి.చ్ఛా.బ.ను ప్రేరేపిస్తుందని గణితాత్మకంగా చూపుము.
12. AC జనని యొక్క ప్రామాణిక నిర్మాణ వివరములను తెలుపుము.
13. ఏక ప్రావస్థ AC జనని యొక్క నిర్మాణమును పటము సహాయంతో వివరించుము.
14. త్రి ప్రావస్థ AC జననిలో ఏ విధముగా మూడు వేర్వేరు వి.చ్ఛా.బ.లు ఉత్పత్తి చేయబడుతాయి. వీటికి సంబంధించి రేఖా చిత్రపటమును గీయండి.
15. పరివర్తకము యొక్క నిర్మాణము మరియు పని చేయు విధానమును వివరించండి.
16. పరివర్తకములో ఏర్పడు వివిధ శక్తి నష్టములను పేర్కొనుము.
17. సుదూరములకు విద్యుచ్ఛక్తి సరఫరాలో AC యొక్క ప్రయోజనాలను ఒక ఉదాహరణతో వివరించండి.
18. స్వచ్ఛమైన ప్రేరకత్వ వలయములో ఓల్టేజి మరియు విద్యుత్ ప్రవాహముల మధ్యగల ప్రావస్థ సంబంధమును కనుగొనుము.
19. ఒక శ్రేణి RLC వలయములో అనువర్తిత ఓల్టేజి మరియు విద్యుత్ ప్రవాహముల మధ్య ప్రావస్థ కోణమునకు ఒక సమీకరణమును ఉత్పాదించుము.
20. ప్రేరకత్వ మరియు క్షమత్వ ప్రతి ఘాతమును నిర్వచించి వాటి ప్రమాణములు వ్రాయుము.
21. ఒక పూర్తి చక్రీయములో AC యొక్క సరాసరి సామర్థ్యమునకు సమీకరణం రాబట్టుము. దానిలో ప్రత్యేక సందర్భములను చర్చించుము.
22. ఒక వలయములో L ప్రేరకత్వం కలిగిన ప్రేరకము C క్షమత్వం కలిగిన క్షమశీలి సంధానించబడినపుడు ఏర్పడు LC డోలనాలను గురించి చర్చించండి.
23. LC డోలనాలు ఏర్పడునపుడు మొత్తం శక్తి నిత్యత్వము అని ఋజువు చేయండి.
24. LC డోలకము యొక్క కోణీయ పౌనఃపున్యమును కనుగొనుటకు LC వలయము యొక్క విద్యుదయస్కాంత డోలనాలను ద్రవ్యరాశి –స్ప్రింగ్ వ్యవస్థ యొక్క యాంత్రిక డోలనాలతో గుణాత్మకంగా పోల్చండి.

IV సమస్యలు

1. 30 సెం.మీ భుజము, 500 చుట్లు కలిగిన ఒక చతురస్రాకార తీగచుట్ట 0.4 T ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో ఉంచబడినది. తీగచుట్ట తలము అయస్కాంత క్షేత్రమునకు 30° కోణములో వాలుగా ఉంచబడినది. అయితే తీగచుట్ట ద్వారా అయస్కాంత అభివాహమును లెక్కించండి.

(జవాబు: 9 Wb)

2. ఒక తిన్నని లోహపు తీగ 0.4 s లలో 4 mWb అయస్కాంత క్షేత్ర అభివాహమును దాటినది. అయితే తీగలో ప్రేరితమైన వి.చ్ఛా.బ. పరిమాణమును కనుగొనండి.

(జవాబు: 10 mV)

3. ఒక తీగ చుట్ట తలమునకు లంబముగా ప్రసరించిన అయస్కాంత అభివాహము ఒక కాల ప్రమేయము అయితే అది $\Phi_B = (2t^3 + 4t^2 + 8t + 8)$ Wb గా ఇవ్వబడినది. తీగ నిరోధము 5 Ω అయితే, $t = 3s$ సె వద్ద తీగచుట్టలో ప్రేరితమైన విద్యుత్ ప్రవాహమును లెక్కించండి.

(జవాబు: 17.2A)

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 279 23-03-2023 14:17:58

4. 0.02 m మీ వ్యాసార్ధముతో చాలా దగ్గర దగ్గరగా చుట్టబడిన ఒక వృత్తాకార తీగచుట్ట అయస్కాంత క్షేత్రమునకు లంబంగా ఉంచబడినది. ఇప్పుడు అయస్కాంత క్షేత్రమును 6 సె॥లలో 8000 T నుండి 2000 T కు మార్చినపుడు అందులో 44 V వి.చ్ఛా.బ. ప్రేరితమవుతుంది. అయితే తీగచుట్టలోని చుట్ల సంఖ్యను లెక్కించండి. $(\pi = \frac{22}{7})$

(జవాబు: 35 చుట్లు)

5. 0.4 T ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో 6 సెం.మీ^{2} వైశాల్యము, 3500 చుట్లు కలిగిన ఒక దీర్ఘచతురస్రాకార తీగచుట్ట ఉంచబడినది. ప్రారంభంలో తీగచుట్ట తలము క్షేత్రమునకు లంబముగా ఉండి తరువాత 180° కోణముతో భ్రమణం చెందించబడినది. తీగచుట్ట యొక్క నిరోధము 35 Ω అయితే, తీగచుట్ట ద్వారా ప్రవహించిన విద్యుత్ ప్రవాహ విలువను కనుగొనండి.

(జవాబు: 48 $\times 10^{-3}$ C)

6. 100 Ω నిరోధము కలిగిన ఒక ఏక వాహకములో 2.5 mA విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రేరితమైనది. అయితే వాహకముచే అడ్డగించబడిన అయస్కాంత అభివాహ రేటును కనుగొనండి.

(జవాబు: 250 mWbs^{-1})

7. 4×10^{-3}T అయస్కాంత క్షేత్రమునకు లంబముగా 0.4 m మీ పొడవు కలిగిన ఒక విద్యుత్ ఫంకా యొక్క లోహపు రెక్కలు భ్రమణం చెందుచున్నది. ఇప్పుడు రెక్క యొక్క కేంద్రము మరియు అంచు మధ్య ప్రేరితమైన వి.చ్ఛా.బ. 0.02 V అయితే రెక్క యొక్క భ్రమణ రేటును కనుగొనుము.

(జవాబు: 9.95 భ్రమణములు/సెకను)

8. 1 మీ పొడవు కలిగిన సైకిల్ చక్రము యొక్క చువ్వలు (spoke) భూ అయస్కాంత క్షేత్రములో భ్రమణం చెందుచున్నవి. భూ అయస్కాంత క్షేత్రం 4×10^{-5}T యొక్క క్షితిజాంశమునకు చక్రము యొక్క స్థలము లంబముగా ఉన్నది. చువ్వల మధ్య ప్రేరితమైన వి.చ్ఛా.బ. 31.4 mV అయితే, చక్రము యొక్క భ్రమణ రేటును లెక్కించండి.

(జవాబు: 250 భ్రమణములు/సెకను)

9. 4000 చుట్లు కలిగిన గాలి కేంద్ర (కోర్) సొలినాయిడ్ పొడవు 2 మీ మరియు వ్యాసము 0.04 m మీ అయితే దాని స్వయం ప్రేరకత్వమును లెక్కించండి.

(జవాబు: 12.62 mH)

10. 200 చుట్లు కలిగిన ఒక తీగ చుట్ట 4 A విద్యుత్ ప్రవాహమును కొనిపోవుచున్నది. తీగ ద్వారా అయస్కాంత అభివాహం 6×10^{-5} Wb అయితే, తీగ చుట్టూ గల యానకంలో నిక్షిప్తమైన అయస్కాంత శక్తిని లెక్కించండి.

(జవాబు: 0.024 J)

11. 50 సెం.మీ పొడవు, 400 చుట్లు, 0.04 మీ వ్యాసము కలిగిన సొలినాయిడ్ 1 A విద్యుత్ ప్రవాహమును కొనిపోవునపుడు ప్రతి చుట్టలో ముడిపడి ఉన్న అయస్కాంత అభివాహమును కనుగొనండి.

(జవాబు: 0.63×10^{-4} Wb)

12. 200 చుట్లు కలిగిన ఒక తీగ చుట్ట 0.4 A విద్యుత్‌ను కొని పోవుచున్నది. తీగచుట్ట ఒక్కొక్క చుట్టలో ముడిపడిన అయస్కాంత అభివాహం 4 mWb అయితే తీగచుట్ట ప్రేరకత్వం ఎంత?

(జవాబు: 2H)

13. రెండు గాలి కోర్ సొలినాయిడ్ సమాన పొడవు 80 సెం.మీ మరియు సమాన మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యము 5 సెం.మీ^{2} ను కలిగియున్నవి. మొదటి తీగచుట్టలో 1200 చుట్లు, రెండవ తీగచుట్టలో 400 చుట్లు ఉన్నప్పుడు వాటి మధ్య ఏర్పడు అన్యోన్య ప్రేరకత్వమును కనుగొనండి.

(జవాబు: 0.38 mH)

14. ఒక సెం.మీకు 400 చుట్లు కలిగిన ఒక తిన్నని సొలినాయిడ్‌లో 2A ల విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్నది. 4 సెం.మీ^{2} మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యము, 100 చుట్లు కలిగిన మరొక తీగచుట్టను సొలినాయిడ్ లోపలి వైపు సహక్షీయముగా ఉంచబడినది. దీని వలన

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 280 23-03-2023 14:17:59

సొలినాయిడ్‌చే ఉత్పత్తియైన క్షేత్రములో తీగచుట్ట ఉంటుంది. అప్పుడు సొలినాయిడ్‌లో 0.04 సెకను కాలములో విద్యుత్ ప్రవాహ దిశ తిరోగమనము చెందిన యెడల తీగ చుట్ట నందు ప్రేరేతమైన విబాబను కనుగొనండి.

(జవాబు: 0.20 V)

15. 2 సెం.మీ వ్యాసార్ధం మరియు 200 చుట్లు కలిగిన ఒక వృత్తాకార తీగచుట్టను 3 సెం.మీ వ్యాసార్ధము కలిగిన ఒక పొడవైన సొలినాయిడ్ లో సహాక్షీయంగా ఉంచిరి. సొలినాయిడ్ యొక్క చుట్ల సాంద్రత 90 చుట్ల/సెం.మీ అయితే తీగచుట్ట మరియు సొలినాయిడ్ యొక్క అన్యోన్య ప్రేరణను లెక్కించండి.

(జవాబు: 2.84 mH)

16. 900 సాపేక్ష ప్రవేశ్యశీలత కలిగిన ఒక ఇనుప కోర్ పై S_1 మరియు S_2 సొలినాయిడ్‌లు చుట్టబడినవి. వాటి మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యము మరియు పొడవులు సమానము. అవి వరుసగా 4 cm^2 మరియు 0.04 m అయితే S_1 లోని చుట్ల సంఖ్య 200 మరియు S_2 లోని చుట్ల సంఖ్య 800 అయినపుడు సొలినాయిడ్‌ల మధ్య అన్యోన్య ప్రేరణను లెక్కించండి. ఇప్పుడు S_1 సొలినాయిడ్‌నకు 0.04 లలో విద్యుత్ ప్రవాహమును 2A నుండి 8A కి పెంచినపుడు సొలినాయిడ్ S_2 లో ప్రేరితమగు వి.చ్ఛా.బ.ను లెక్కించండి.

(జవాబు: 1.81 H; –271.5 V)

17. 11V, 88W విద్యుద్దీపమును వెలిగించుటకు 220 V మెయిన్ సరఫరాకు సంధానించబడిన ఒక అవరోహణ పరివర్తకము ఉపయోగించబడినది. అయితే (i) ఓల్టేజీ బదిలీ నిష్పత్తి (ii) ప్రాథమిక తీగచుట్టలో విద్యుత్ ప్రవాహమును లెక్కించండి.

(జవాబు: 1/20 and 0.4A)

18. 40 Ω నిరోధము ను కలిగిన ఒక ప్రేరిత కుంపటికి 90% దక్షత కలిగిన 200V / 120V అవరోహణ పరివర్తకం సంధానించబడినది. అయితే పరివర్తకం ప్రాథమిక తీగచుట్టచే గ్రహించబడు విద్యుత్ ప్రవాహం ఎంత?

(జవాబు: 2A)

19. 300 చుట్లు కలిగిన ఒక పరివర్తకం ప్రాథమిక తీగచుట్ట నిరోధము 0.82 Ω 1200 చుట్లు కలిగిన ద్వితీయ తీగచుట్ట నిరోధము 6.2 Ω అయితే, 1600V వద్ద ద్వితీయ తీగచుట్ట నుండి నిర్గమ ఓల్టేజి 32 kW అయినపుడు ప్రాథమిక తీగచుట్ట వద్ద ఓల్టేజిని కనుగొనండి. పరివర్తకం దక్షత 80% అయినపుడు ఆ రెండు తీగచుట్టలలో ఏర్పడు సామర్థ్య దుర్వ్యయమును లెక్కించండి.

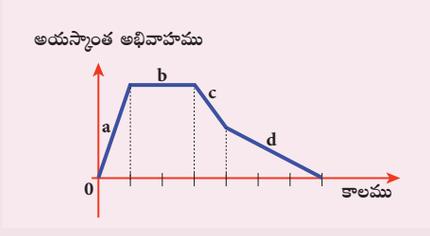
(జవాబు: 400 V, 8.2 kW మరియు 2.48 kW)

20. ఒక ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క గరిష్ట విలువ 20 A అయిన 60° వద్ద తాక్షణిక విలువ, సరాసరి విలువ మరియు RMS విలువను లెక్కించండి.

(జవాబు: 17.32A, 12.74A, 14.14 A)

V భావనాత్మక ప్రశ్నలు

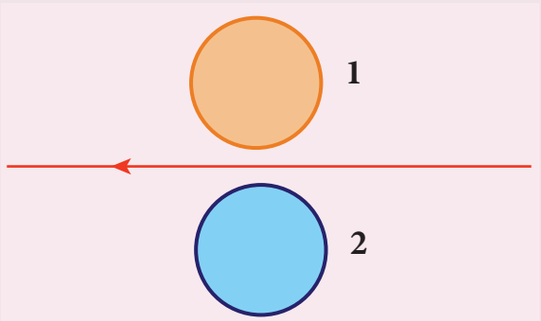
1. ఒక సంవృత వలయముతో ముడిపడి ఉన్న అయస్కాంత అభివాహము యొక్క పరిమాణము మరియు కాలమునకు గీచిన రేఖా చిత్రము పటములో ఇవ్వబడినది. అయితే వలయములో ప్రేరిత వి.చ్ఛా.బ. పరిమాణము ఆధారముగా గ్రాఫ్‌లోని ప్రాంతములను ఆరోహణ క్రమములో అమర్చుము.



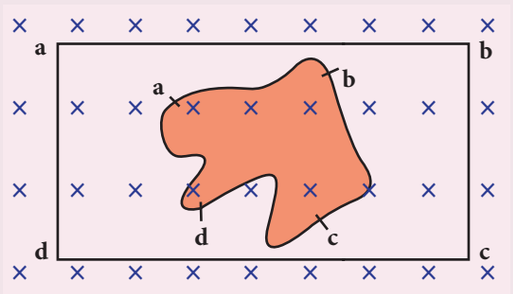
2. లెంజ్ నియమమును ఉపయోగించి, తీగలు స్థిరముగా తగ్గుతూ ప్రవహిస్తున్న విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్నపుడు 1 మరియు 2 వాహక

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 281 23-03-2023 14:17:59

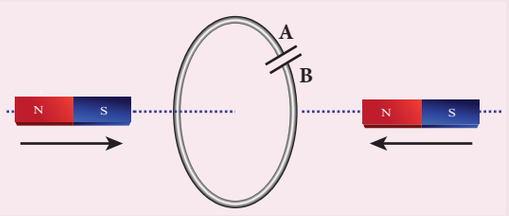
అంగుళీయాలలో (వలయములలో) ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను కనుగొనండి.



3. ఒక నమ్రమైన లోహ వలయము *abcd* ని చతురస్రాకారములో దాని తలము అయస్కాంత క్షేత్రమునకు లంబముగా ఉంచబడినది. అయస్కాంత క్షేత్రము కాగిత తలమునకు లంబ దిశలో కలదు. ఇప్పుడు చతురస్రాకార వలయము పటములో చూపిన విధముగా ఒక క్రమరహిత ఆకారంతో చొచ్చుకెళ్ళినపుడు ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను కనుగొనుము.



4. ఒక సంవృత వృత్తాకార వలయములోనికి పటములో చూపిన విధముగా రెండు దండాయస్కాంతములను చలింపజేసినపుడు క్షమశీలి యొక్క ధృవణమును ఊహించండి.



5. ఒక శ్రేణి *LC* వలయములో *L* మరియు *C* ల మధ్య ఓల్టేజి దాని ప్రావస్థకు 180° గా ఉంటుంది. ఇది సరియైనదా? వివరించండి.
6. ఒక శ్రేణి *RLC* వలయము యొక్క సామర్థ్య కారకము ఎప్పుడు గరిష్టమవుతుంది?

సూచన గ్రంథములు (BOOKS FOR REFERENCE)

1. H.C.Verma, Concepts of Physics, Volume 1 and 2, Bharathi Bhawan publishers.
2. Halliday, Resnick and Walker, Principles of Physics, Wiley publishers.
3. D.C.Tayal, Electricity and Magnetism, Himalaya Publishing House.
4. K.K.Tewari, Electricity and Magnetism with Electronics, S.Chand Publishers.
5. B.L.Theraja and A.K.Theraja, A text book of Electrical Technology, Volume 1 and 2, S.Chand publishers.

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 282 23-03-2023 14:18:01



అంతర్జాల కృత్యము

విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ మరియు ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహం

ఈకృత్యము లో 1 విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణను అర్థం చేసుకుంటాం. 2. ఫారడే నియమమును మిథ్యా ప్రయోగశాలలో పరీక్షిస్తాం.

శీర్షిక: ఫారడే యొక్క విద్యుదయస్కాంత ప్రయోగశాల.

సోపానములు

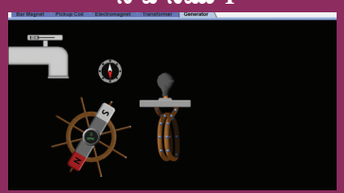
బ్రౌసర్‌ను తెరచి "phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/faraday" ను అడ్రస్ బార్ నందు టైప్ చేయండి. అనుకరణ ట్యాబ్‌తో ప్లేను నొక్కండి. సెర్చ్ బాక్స్ నందు ఫారడే విద్యుదయస్కాంత ప్రయోగశాలను వెతకండి.

'pickup coil' ను ఎంపిక చేసి తీగచుట్ట ద్వారా అయస్కాంతమును జరపండి. తీగచుట్టలో అయస్కాంత క్షేత్రం మారునప్పుడు ఏమి జరుగునో వీక్షించండి. వలయ వైశాల్యం, అభివాహములను మార్చి వెలుగుచున్న విద్యుత్ దీపం సహాయముతో విద్యుత్ ప్రవాహ తీవ్రతను పరిశీలించండి.

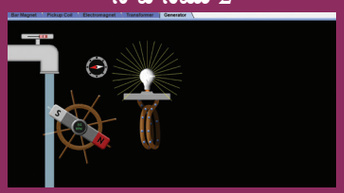
విద్యుదయస్కాంతమును ఎంపిక చేసి తీగచుట్టలో విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని మార్చి ఉత్పత్తియైన అయస్కాంత అభివాహ మార్పును గమనించండి.

జననిని ఎంపిక చేసి తీగచుట్ట కోణీయ వేగమును మార్చి అందులో ప్రేరితమైన వి.చ్చా.బ. ను గమనించండి.

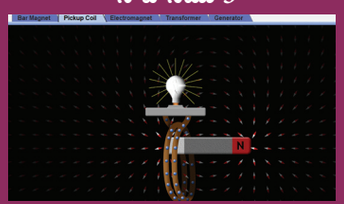
సోపానము 1



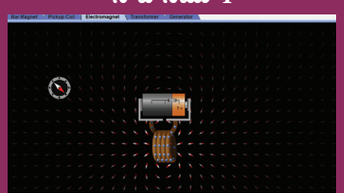
సోపానము 2



సోపానము 3



సోపానము 4



గమనిక:

మీ కంప్యూటర్‌లో జావా అనువర్తనము లేనిచో ఇన్‌స్టాల్ చేయండి. మీరు phet ను ఆఫ్‌లైన్ నుండి https://phet.colorado.edu/en/offline-access. ద్వారా డౌన్ లోడ్ చేయవచ్చు.

URL:

https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/faraday

*పటములు సూచన కొరకు మాత్రమే

*బ్రౌసర్‌కు అవసరమైతే పుటను లోడ్ చేయుట కొరకు ష్లాష్ ప్లేయర్ లేదా జావా స్క్రిప్ట్‌ను అనుమతించండి.

04_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_4.indd 283 23-03-2023 14:18:05

అధ్యాయము

5

విద్యుత్ అయస్కాంత తరంగాలు

"జేమ్స్‌క్లార్క్ మాక్స్‌వెల్ ప్రమేయముతో ఒక విజ్ఞానశాస్త్ర శకము అంతమై మరొశకము ప్రారంభమైనది"

– ఆల్బర్ట్ ఐన్‌స్టీన్

నేర్చుకోవలసిన ఉద్దేశములు

ఈ పాఠములో విద్యార్థులు తెలుసుకొనునటువంటివి.

- స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహము
- ఆంపియర్ వలయ నియమమునకు మాక్స్‌వెల్ యొక్క సవరణ.
- మాక్స్‌వెల్ సమీకరణములో సమాకలన గణిత రూపము.
- విద్యుదయస్కాంత తరంగాల ఉత్పత్తి మరియు వాటి యొక్క ధర్మములు – హెర్ట్జ్ పరిశోధన.
- విద్యుదయస్కాంత తరంగాల యొక్క మూలాధారములు.
- విద్యుదయస్కాంత వర్ణ పటము.

5.1 పరిచయము



పటము 5.1 దృశ్య వర్ణమాల – ఇంద్ర ధనస్సు మరియు మెరుపు

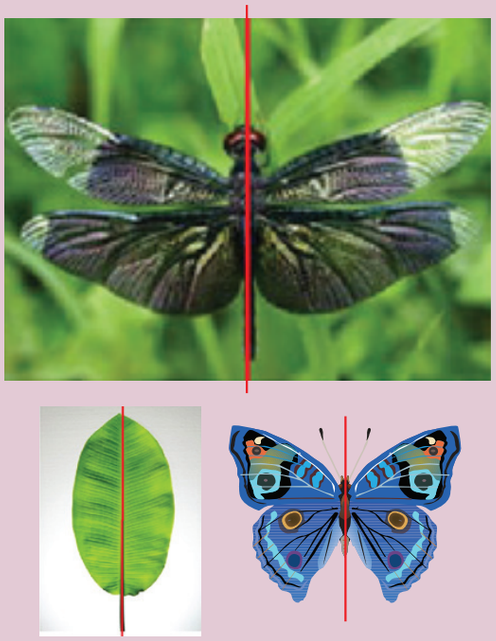
మన చుట్టూయున్న ప్రపంచమును కాంతి మూలముగా తెలుసుకొని ఆనందిస్తున్నాము. సూర్యుని నుండి పొందు కాంతి అనునది మనము పొందు శక్తి యొక్క ఒక ముఖ్యమైన మూలాధారమగును. ఈ శక్తి లేనిచో మానవ జీవులు ఈ గ్రహములో జీవించుటకు వీలుకాదు. అణువుల నుండి విశ్వము వరకు వున్న వేర్వేరు వస్తువుల యొక్క నిర్మాణము మరియు ధర్మములను మనము తెలుసుకొనుటకు కాంతి యొక్క భావన చాలా ముఖ్యమైనటువంటిది. కాంతి లేనిచో మన కన్నులతో వస్తువులను చూచుటకు వీలుకాదు. ఇలాంటి ప్రత్యేకత కాంతికి కలదు. కాంతి అంటే ఏమి? ఇది 19 వ శతాబ్దము మధ్యవరకు అనేక భౌతిక శాస్త్రవేత్తలను నిద్రపోకుండా చేసిన చిక్కు ప్రశ్న (puzzle) అగును. ప్రారంభములో అనేక విజ్ఞానశాస్త్రవేత్తలు దృక్ మరియు విద్యుదయస్కాంత తత్వము రెండును భౌతిక శాస్త్రము యొక్క వేర్వేరు భాగములని నమ్మియుండిరి.

కానీ కాంతిని గురించి అర్థము చేసుకొనుటకు క్రొత్తప్రయత్నం ఇచ్చునటువంటి గౌరవం జేమ్స్ మాక్స్‌వెల్ క్లార్క్‌కే చెందును. మాక్స్‌వెల్ ఉద్దేశము ప్రకారము కాంతి ఒక విద్యుత్ అయస్కాంత తరంగమగును. అది గాలిలో $3 \times 10^8\ ms^{-1}$ అను వేగముతో పయనించును. గామా కిరణము నుండి

05_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_5.indd 284 23-03-2023 14:12:20

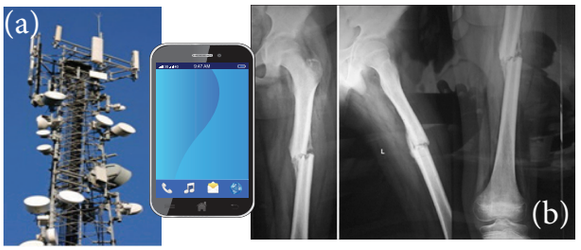
రేడియో తరంగములకు వరకు విస్తరించి యున్న విద్యుదయస్కాంత వర్ణ పటము యొక్క ఒక చిన్న భాగమే దృశ్యకాంతి అని, తర్వాత నిరూపించబడినది.

పాఠ్యాంశము 4 లో కాలమును బట్టి మార్చబడు అయస్కాంతక్షేత్రము, విద్యుత్‌క్షేత్రమును ఉత్పత్తి చేయునని చదివియున్నాము. (ఫారడే విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ నియమాలు). ప్రకృతి సౌష్టవము (symmetry) పొంది యుండునని మాక్స్‌వెల్ ఖచ్చితముగా నమ్మి, సమయమును బట్టి మార్పుచెందు అయస్కాంతక్షేత్రము, విద్యుత్‌క్షేత్రమును ఉత్పత్తి చేయునప్పుడు, సమయము బట్టి మార్పు చెందు విద్యుత్‌క్షేత్రము అయస్కాంత క్షేత్రమును ఉత్పత్తి చేయదా? అను ప్రశ్నను ముందుంచారు.



ప్రకృతి యొక్క సౌష్టవ అమరిక.

ఇది నిజమని తరువాత నిరూపించినారు. మాక్స్‌వెల్ చెప్పిన భావనను 1888లో హెచ్. హెర్ట్జ్ ప్రయోగపూర్వకముగా నిరూపించారు. ఈ భావన ఫలితముగా నవీన సాంకేతిక ఆవిష్కరణములైన ముఖ్యముగా వైర్‌లెస్ సమాచార సంబంధమును లేజర్ (LASER), రాడార్ (RADAR) మొదలైనవి కనుగొనబడినవి.



పటము 5.2 (అ) మొబైల్ టవర్ మరియు మొబైల్ (ఆ) X- కిరణముల రేడియో రేఖీయ పటము

ఈ నవీన సాంకేతిక ప్రపంచములో, మన రోజువారి జీవితములో మొబైల్ యొక్క ప్రభావము చాలా అధికము. (పటము 5.2 (అ)) లో చూపబడినది.) ఒక చోటు నుండి మరియొక చోటుకు సమాచారములను వివరముగా, ఉపయోగముండే విధముగా పంపుటకు ఇది ఒక మంచి మార్గమగును. కాంతి అనునది విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు అను తత్త్వము ఆధారముగా పనిచేయును. పటము 5.2 (ఆ) లో చూపబడినట్లు, ఆసుపత్రులలో X- కిరణములు మనదేహంలో ఎముక విరిగిన చోటును కనిపెట్టుటకు ఉపయోగపడును. వంట తయారుచేయుటకు మైక్రోవేవ్‌ఒవెన్ (microwave oven) ఉపయోగపడును. అతి సూక్ష్మతరంగము కూడా విద్యుదయస్కాంత తరంగమగును. ఇంజనీరింగ్, వైద్యరంగము (లేసర్ శస్త్ర చికిత్స), రక్షణ రంగము (రాడార్ సంజ్ఞలు) మరియు విజ్ఞానశాస్త్ర పరిశోధన శాఖలలో విద్యుదయస్కాంత తరంగముల యొక్క ఉపయోగములను (అన్వయములను) లెక్కించుటకు వీలుకానటువంటిది. ఈ పాఠ్యాంశములో విద్యుదయస్కాంత తరంగాల గురించి కొన్ని భావనలను మనము నేర్చుకొంటున్నాము.

5.1.1 స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహము మరియు ఆంఫియర్ వలయ నియమములో మాక్స్‌వెల్ చేసిన సవరణ

ప్రేరణ అయస్కాంత క్షేత్రము

ఫారడే యొక్క విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ నియమము నుండి అయస్కాంత క్షేత్రములో

05_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_5.indd 285 23-03-2023 14:12:21

ఏర్పడు మార్పు, విద్యుత్‌క్షేత్రమును ఏర్పరుచునని చదివి యున్నాము. గణితపరముగా దానిని క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

$$\underbrace{\oint_l \vec{E}\cdot d\vec{l}}_{\text{సంవృత తీగ చుట్ట గుండా ప్రేరణ విద్యుత్ క్షేత్రము}} = \underbrace{-\frac{d}{dt}\Phi_B}_{\text{సమయమును బట్టి మార్పు చెందు అయస్కాంత అభివాహము}} = \underbrace{-\frac{d}{dt}\oint_S \vec{B}\cdot d\vec{A}}_{\text{పరివేష్టిత విద్యుత్ వలయము లోపల మార్పుచెందిన అయస్కాంత అభివాహము } \Phi_B} \quad (5.1)$$

ఇక్కడ, Φ_B అనునది అయస్కాంత అభివాహము మరియు $\frac{d}{dt}$ అనునది సమయమును బట్టి రేఖీయ సమాకలనము (integral) పరివేష్టిత విద్యుత్ వలయము లోపల వుండు అయస్కాంత అభివాహములో (Φ_B) మార్పు ఏర్పరచినపుడు, మూసియుంచిన వలయ మార్గములో విద్యుత్‌క్షేత్రము ($\vec{E}$) ప్రేరేపించబడును అనుదానిని సమీకరణము (5.1) మనకు తెలుపుచున్నది. సమరూప పరిశీలనల నుండి, విద్యుత్‌క్షేత్రములో ఏర్పడు మార్పు అయస్కాంత క్షేత్రమును ఉత్పత్తి చేయునని జేమ్స్‌క్లార్క్‌మాక్స్‌వెల్ చూపినారు. ఇది క్రిందివచ్చు సమీకరణములో ఇవ్వబడినది.

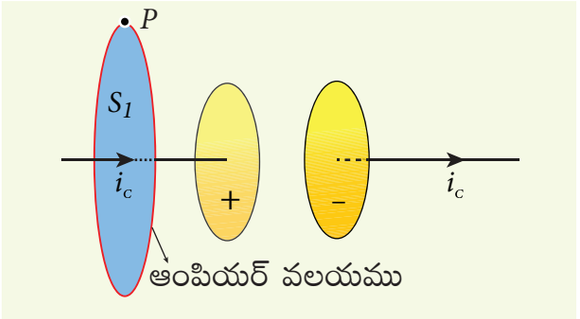
$$\underbrace{\oint_l \vec{B}\cdot d\vec{l}}_{\text{సంవృత వలయ మార్గములో ప్రేరేపించు అయస్కాంత అభివాహము}} = \underbrace{-\frac{d}{dt}\Phi_E}_{\text{కాలమును బట్టి మార్పు చెందు విద్యుతక్షేత్ర అభివాహము } \Phi_E} = \underbrace{-\frac{d}{dt}\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{A}}_{\text{పరివేష్టిత విద్యుత్ వలయముతో మార్పు చెందు విద్యుత్‌క్షేత్ర అభివాహము } \Phi_E} \quad (5.2)$$

ఇక్కడ, Φ_E అనునది విద్యుత్ క్షేత్ర అభివాహమగును. దీనికి మాక్స్‌వెల్ యొక్క ప్రేరణవిధి అనిపేరు. పరివేష్టిత తీగ చుట్ట లోపల వున్న విద్యుత్ క్షేత్ర అభివాహములో (Φ_E) మార్పు ఏర్పడినపుడు, మూసియుంచిన తీగచుట్ట మార్గము ద్వారా అయస్కాంత క్షేత్రము ($\vec{B}$) ప్రేరణ చెందునని ఇది వివరించును. మరియు రేడియో తరంగములు, గామా కిరణములు, పరారుణ కిరణములు మొదలగు విద్యుదయస్కాంత తరంగముల యొక్క ఉనికిని విద్యుత్ మరియు అయస్కాంత క్షేత్రములకు మధ్యవున్న సౌష్టవ స్వభావము వివరించును.

స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహం – మాక్స్‌వెల్ యొక్క సవరణ

మార్పుచెందు విద్యుత్‌క్షేత్రము ఏ విధముగా అయస్కాంత క్షేత్రమును ఉత్పత్తిచేయును అనుదానిని తెలుసుకొనుటకు సమాంతర పలక సంక్షేపి లేదా క్షమశీలి యొక్క పలకలను ఆవేశము చేయు సందర్భమును అనుకొనుము. సమాంతరపలకలకు మధ్య విద్యుత్ బంధక యానకము ఉండునట్లు అనుకొనుము.

తీగ ద్వారా ప్రవహించు సమయమును బట్టి మారు విద్యుత్‌ను సంవహన విద్యుత్ (conduction current) i_c అనుకొనుము. ఈ సంవహన విద్యుత్ వలన సంక్షేపి ఆవేశపరచబడును. విద్యుత్ ప్రవహించు తీగ చుట్ట ఉత్పతియగు అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని లెక్కించుటకు ఆంఫియర్ వలయ నియమమును ఉపయోగించవచ్చును.



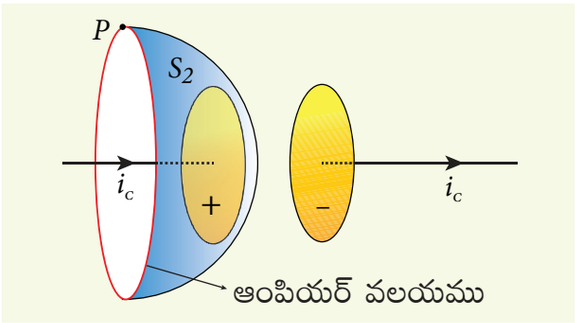
పటము 5.3 తలము S_1 ను సంవృత వలయమునకు ఆంఫియర్ వలయ నియమమును ప్రయోగించుట.

తీగకు సమీపమున సంక్షేపికి వెలుపలగా అమరియున్న బిందువు P వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని లెక్కించుటకు, వృత్తాకార తలము S_1 ను మూయబడినట్లు వృత్తాకార ఆంఫియర్ వలయము ఒకదానిని గీయవలయును. (పటము 5.3) ఈ వలయమునకు ఆంఫియర్ నియమమును ఉపయోగించుటకు,

$$\oint_{\text{enclosing } S_1} \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 i_C \quad (5.3)$$

05_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_5.indd 286 23-03-2023 14:12:22

ఇక్కడ μ_o అనునది శూన్యప్రదేశము యొక్క ప్రవేశ శీలత.



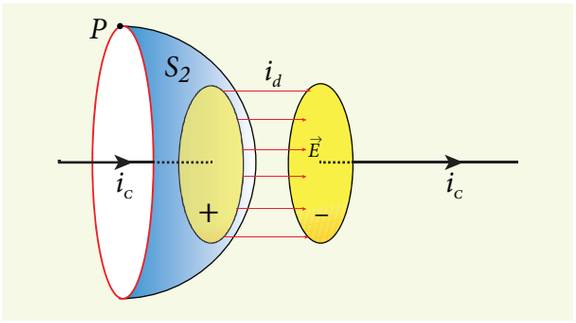
పటము 5.4 తలము S_2 ను సంవృత వలయమునకు ఆంఫియర్ వలయనియమమును ఉపయోగించుట

ఇప్పుడు అదే వలయం బెలూన్ ఆకారము కలిగియున్న తలము S_2 చే మూయబడియున్నది. (పటము 5.4) కాబట్టి S_1 మరియు S_2 రెండు తలముల సరిహద్దులు ఒకటిగా యున్నప్పటికి, ఆ తలముల ఆకారము వేర్వేరుగా వుండును. ఒక సంవృత వలయమునకు ఆంపియర్ వలయ నియమాన్ని ఉపయోగించినపుడు అది చుట్టియున్న తలము యొక్క ఆకారము బట్టి ఆధారపడకుండుట వలన రెండు సమాకలనములు ఒకే విలువను ఇవ్వవలెను. అయితే తలము S_2 కు ఆంపియర్ వలయ నియమాన్ని ఉపయోగించినచో

$$\oint_{\text{సంవృత వలయము } S_2} \vec{B}\cdot d\vec{l} = 0 \qquad (5.4)$$

సంవహన విద్యుత్‌ను కొనిపోవు తీగను తలము S_2 ఏ ప్రాంతములోను తాకలేదు, మరియు సంక్షేపి పలకలు మధ్య ఎటువంటి విద్యుత్ ప్రవాహం లేకుండా వుండుట వలన సమీకరణము (5.4) యొక్క కుడిచేతి వైపు శూన్య విలువ పొందును. కాబట్టి బిందువు P వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రం శూన్యమగును. అందువలన సమీకరణము (5.3) నకు (5.4) నకు మధ్య అస్థిరత (inconsistency) వుండుటను తెలుసుకోవచ్చును.

ఈ అస్థిరతకు మాక్స్‌వెల్ పరిష్కారమును క్రింది పద్ధతిలో కనుగొనెను. ఆవేశము పొందుచున్నటువంటి సమయములో సంక్షేపి పలకల మధ్య మార్పుచెందు విద్యుత్‌క్షేత్రము ఉత్పత్తిచేయును. ఈ మార్పుచెందు విద్యుత్ క్షేత్రము వలన క్షమశీలి పలకల మధ్య విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రవహించవలయును. ఎందుకంటే సమయాన్ని బట్టి మార్పుచెందు విద్యుత్ క్షేత్రం (లేక విద్యుత్ అభివాహం) ఒక విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఉత్పత్తిచేయును. సంక్షేపి క్షమశీలి పలకల మధ్య ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహం స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహము (displacement current) అని పిలువబడును.



పటము 5.5 సంక్షేపి యొక్క పలకలకు మధ్య గాస్ నియమమును ప్రయోగించుట

స్థిర విద్యుత్ యొక్క గాస్ నియమము నుండి సంక్షేపి లేదా క్షమశీలి యొక్క పలకలకు మధ్య విద్యుత్ అభివాహకము.

$$\Phi_E = \oint_S \vec{E}\cdot d\vec{A} = EA = \frac{q}{\epsilon_o}$$

ఇక్కడ A అనునది సంక్షేపి పలకల యొక్క వైశాల్యము. విద్యుత్ అభివాహములోని మార్పు

$$\frac{d\Phi_E}{dt} = \frac{1}{\epsilon_o}\frac{dq}{dt} \quad \text{(or)}$$

$$\frac{dq}{dt} = \epsilon_o \frac{d\Phi_E}{dt}$$

$$i_d = \epsilon_o \frac{d\Phi_E}{dt} \qquad (5.5)$$

05_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_5.indd 287 23-03-2023 14:12:23

ఇక్కడ $\frac{dq}{dt} = i_d$ అనునది స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహం లేక మాక్స్‌వెల్ యొక్క స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహం అని పిలువబడును.

నిర్దేశించిన ఒక భాగములో సమయమును బట్టి విద్యుత్ క్షేత్రము (లేక విద్యుత్ అభివాహము) మార్పుచెందునపుడు, దానివలన ఉత్పత్తియగు విద్యుత్, స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహం అని నిర్వచింపబడును. కానీ ఎప్పుడైతే విద్యుత్ క్షేత్రములో మార్పు ఏర్పడునో అప్పుడు స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహం ఉత్పత్తి అగును.

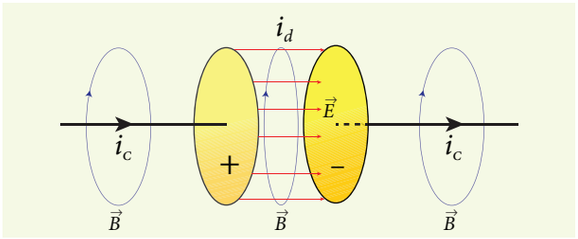
ఆంఫియర్ నియమమును మాక్స్‌వెల్ క్రింది విధముగా మార్పు చేసిరి.

$$\oint_l \vec{B}.d\vec{l} = \mu_0 i = \mu_0 [i_c + i_d]$$

$$\oint_l \vec{B}.d\vec{l} = \mu_0 i_c + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \qquad (5.6)$$

ఇక్కడ తలము ఆవరించియున్న మొత్త విద్యుత్ ప్రవాహం అనునది వహన విద్యుత్ మరియు స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహముల యొక్క మొత్తము అగును. కాబట్టి $i = i_c + i_d$ సమీకరణము (5.6) ఆంఫియర్ మాక్స్‌వెల్ నియమము అనుబడును. విద్యుత్ వలయములో విద్యుత్ ప్రవాహం మారకుండా వున్నప్పుడు స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహం శూన్యమగును.

సంక్షేపి లేదా క్షమశీలి యొక్క పలకల మధ్య సంవహన విద్యుత్ ప్రవాహం శూన్యముగాను, స్థానభ్రంశ విద్యుత్ శూన్యము కాకుండా వుండును. ఈ స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహం లేక సమయాన్ని బట్టి మార్పుచెందు విద్యుత్ క్షేత్రం క్షమశీలి పలకలకు మధ్య ఒక అయస్కాంతక్షేత్రమును ఉత్పత్తి చేయును. పటము (5.6) లో చూపబడిన విధముగా ఈ అయస్కాంతక్షేత్రము విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క దిశకు లంబముగా అమరియుండును. ఈ అయస్కాంతక్షేత్రము యొక్క విలువ సమీకరణము (5.6) లో తెలుసుకొనగలము.



పటము 5.6 సంవహన మరియు స్థానభ్రంశ విద్యుత్ వలన అయస్కాంత క్షేత్రము ఉత్పత్తియగుట

మాక్స్‌వెల్ సవరణ (Maxwell's correction):

సూర్యుడు మరియు ఇతర నక్షత్రముల నుండి వికిరణములు భూమిని చేరును. విద్యుత్ ఆవేశ కణముల ఆవేశముల లేదా విద్యుత్ ప్రవాహంలేని శూన్య ప్రదేశము ద్వారా వికిరణములు పయనించును ఆంపియర్ నియమము ప్రకారము విద్యుత్ ప్రవాహము వలన మాత్రమే అయస్కాంతక్షేత్రమును ఉత్పత్తి చేయవచ్చును. ఈ నియమము మాత్రమే నిజమైతే, ఎటువంటి వికిరణములను ఏర్పరుచుటకు వీలుకాదు.

కాలముతోపాటు మార్పుచెందు విద్యుత్ క్షేత్రము లేక స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహము కూడా అయస్కాంతక్షేత్రమును ఉత్పత్తి చేయునని ఆంఫియర్ నియమములో మాక్స్‌వెల్స్ చేసినటువంటి సవరించిన పదం $\left(\mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}\right)$ స్పష్టపరుచును. శూన్యప్రదేశములో సంవహన విద్యుత్ ప్రవాహం శూన్యముగా (zero) ఉండినను, స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహం ఉండును. కాబట్టి సమీకరణము (5.6)

$$\oint_l \vec{B}.d\vec{l} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

నక్షత్రములో యుండు పరమాణువులు ఉష్ణఉత్తేజితము ప్రేరేపించడం వలన కాలముతో పాటు మార్పు చెందు విద్యుత్ క్షేత్రము ఉత్పత్తియగును. దీనివలన కాలముతోపాటు మార్పుచెందు అయస్కాంత క్షేత్రము ఉత్పత్తియగును. ఫారడే నియమము ప్రకారము, కాలముతో పాటు మార్పుచెందు ఈ అయస్కాంత క్షేత్రము వలన కాలముతో పాటు మార్పు చెందు విద్యుత్‌క్షేత్రము

05_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_5.indd 288 23-03-2023 14:12:24

మరల ఉత్పత్తియగును. (క్షేత్రములను ఏర్పరచును) ఒక దానికొకటి సంబంధము కలిగిన, కాలముతోపాటు మార్పుచెందు విద్యుత్‌క్షేత్రము మరియు అయస్కాంత క్షేత్రము శూన్య ప్రదేశములో కాంతి వేగములో పయనించును. దీనినే విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు అందురు.

సౌష్టవస్వభావము ఆధారముగా మాత్రమే మాక్స్‌వెల్ తన వివాదమును ప్రారంభించినను, విశ్వములో లేదా అంతరాళంలో విద్యుదస్కాంత తరంగము యొక్క ఉనికిని ఆంఫియర్ సమీకరణములో అతడు ఇచ్చిన సవరణ పదము వివరించును.

స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహము

సూచన

మాక్స్‌వెల్ మాత్రమే స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహము అను పదమును ఎంపిక చేసిరి. అయినను నిజముగా స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహములో ఏ ఒక్క విద్యుత్ ఆవేశ కణము స్థానభ్రంశము పొందలేదు. చారిత్రక కారణముల కోసం మనము అదే పేరును ఉపయోగించున్నాము

ఉదాహరణము 5.1

230 V RMS విలువ, 50 Hz పౌనఃపున్యము కలిగిన శక్మబేధము ద్వారా సమాంతర పలక సంక్షేపి లేదా క్షమశీలి ఒకటి సంధానించబడినది. సంక్షేపి లేదా క్షమశీలి యొక్క పలకలకు మధ్య దూరము 1 మి.మీ మరియు వాటి యొక్క వైశాల్యము 20 సెం.మీ^{2} అయిన కాలము $t = 1$ సెకండులో స్థానభ్రంశ విద్యుత్ యొక్క విలువను కనుగొనుము.

సాధన

సంక్షేపి పలకల మధ్య విద్యుత్ శక్మబేధము

$$V = V_{max}\sin 2\pi ft$$
$$= 230\sqrt{2}\ \sin(2\pi \times 50t)$$
$$\therefore V = 325\sin 100\pi t$$

$d = 1\ \text{mm} = 1 \times 10^{-3}\ \text{m}$

$A = 20\ \text{cm}^2 = 20 \times 10^{-4}\ \text{m}^2$

స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహము, $i_d = \epsilon_\circ \frac{d\Phi_E}{dt} = \epsilon_\circ \frac{d(EA)}{dt}$

$$\therefore i_d = \frac{\epsilon_0 A}{d}\left[\frac{dV}{dt}\right] \qquad \left[\because E = \frac{V}{d}\right]$$
$$= \frac{\epsilon_0 A}{d}(325)(100\pi)\cos 100\pi t$$
$$= \begin{pmatrix} 8.85\times10^{-12}\times20\times10^{-4}\times325 \\ \times100\times3.14\times\cos(100\pi\times1) \end{pmatrix} \Big/ \left(1\times10^{-3}\right)$$
$$= 1.81\times10^{-6}\ \text{A} = 1.81\ \mu\text{A} \quad [\because \cos(100\pi\times1) = 1]$$

5.1.2 మాక్స్‌వెల్ సమీకరణముల సమాకలన రూపము

విద్యుత్ గతిజశాస్త్రము (ఎలక్ట్రోడైనమిక్స్) ను మాక్స్‌వెల్ యొక్క సమీకరణములు అని పిలువబడు, నాలుగు ఆధార సమీకరణములుగా సూక్ష్మీకరించవచ్చును. ఈ సమీకరణములకు, యాంత్రిక శాస్త్రములో వున్న న్యూటన్ యొక్క నియమములకు సారూప్యత ఉన్నవి. విద్యుత్ ఆవేశ కణములు, విద్యుత్ ప్రవాహము అనువాటి యొక్క స్వభావములను విద్యుత్‌క్షేత్రము మరియు అయస్కాంతక్షేత్రముల ధర్మములను మాక్స్‌వెల్ సమీకరణములు పూర్తిగా వివరించును. ఈ సమీకరణములను వ్యవకలనము (differential) లేక సమాకలన (integral) రూపములో వ్రాయవచ్చును. మాక్స్‌వెల్ సమీకరణముల వ్యవకలన రూపము మన పాఠ్యాంశమునకు సంబంధములేదు. కావున మనము మాక్స్‌వెల్ సమీకరణముల యొక్క సమాకలన రూపములో మాత్రమే ఇక్కడ ప్రయోగిస్తున్నాము. వాటిని క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

మొదటి సమీకరణము

మొదటి సమీకరణము స్థిర విద్యుత్ గాస్ నియమము అగును. ఇది నికర విద్యుత్ అభివాహము మరియు మూయబడిన తలములో వున్న నికర విద్యుదావేశముతో సంబంధము కలిగియుండును. గణిత సమీకరణముల ప్రకారము దీనిని క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

05_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_5.indd 289 23-03-2023 14:12:25

$$\oint_s \vec{E}\cdot d\vec{A} = \frac{\text{Q మూయబడిన}}{\epsilon_\circ}$$

(స్థిర విద్యుత్ గాస్ నియమము) (5.7)

ఇక్కడ $\vec{E}$ అనునది విద్యుత్ క్షేత్రము మరియు Q అనునది మూయబడిన తలములో యుండు విద్యుత్ ఆవేశముల నికర విద్యుత్ ఆవేశమగును. ఈ సమీకరణము వివిక్త (discrete) విద్యుత్ ఆవేశములు మరియు నిరంతర లేదా అవిచ్ఛిన్నంగా విస్తరించిన విద్యుదావేశము వలన సత్యమగును.

ఇంకనూ విద్యుత్‌క్షేత్రరేఖలు ధనాత్మక విద్యుదావేశము నుండి ప్రారంభమయి ఋణాత్మక విద్యుదావేశం వద్ద అంతమగును అనుదానిని ఇది మనకు వివరించును. ఇంకను విద్యుత్ క్షేత్రరేఖలు ఒక మూయబడిన వలయ మార్గమును ఏర్పరుచును అనుదానిని మనకు తెలుపును. మరొక విధముగా చెప్పాలంటే వివిక్త (isolated) ధనాత్మక విద్యుదావేశములు లేక ఋణాత్మక విద్యుదావేశములు యొక్క ఉనికిని తెలియజేయును.

రెండవ సమీకరణము

ఇది స్థిరవిద్యుత్ యొక్క గాస్ నియమముతో సంబంధమును కలిగియుండును. కాబట్టి ఈ నియమమును అయస్కాంతత్వం యొక్క గాస్ నియమము అని పిలువ వచ్చును. ఈ నియమము ప్రకారం, ఒక మూయబడిన తలములో యుండు అయస్కాంత క్షేత్రపు వైశాల్య సమాకలన విలువ శూన్యము. గణితశాస్త్ర సమీకరణము ప్రకారం,

$$\oint_s \vec{B}\cdot d\vec{A} = 0$$

(అయస్కాంతతత్వంలో గాస్ నియమము) (5.8)

ఇక్కడ $\vec{B}$ అనునది అయస్కాంత క్షేత్రమును సూచించును.

అయస్కాంత బలరేఖలు లేక అయస్కాంతక్షేత్ర రేఖలు ఒక మూయబడిన అవిచ్ఛిన్న మార్గమును ఏర్పరచునని ఈ నియమము మనకు సూచిస్తుంది. వేరే విధముగా చెప్పాలంటే వివిక్త (separate) అయస్కాంత ఏక ధృవము (ఉత్తర ధృవము లేక దక్షిణ ధృవము) ఎల్లప్పుడూ సహజముగా ఏర్పడదు అనునది మనకు ఇది తెలియజేస్తుంది.

మూడవ సమీకరణము

ఇది ఫారడే విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ విధి అగును. ఈ నియమము మార్పుచెందు అయస్కాంత అభివాహముతో విద్యుత్ క్షేత్రము సంబంధమును ఏర్పరుచును. గణిత శాస్త్ర సమీకరణము ప్రకారము,

$$\oint_l \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt}\Phi_B$$ (ఫారడే నియమము)(5.9)

ఇక్కడ, $\vec{E}$ అనునది విద్యుత్ క్షేత్రమగును.

పై సమీకరణము నుండి ఒక మూయబడిన మార్గమును ఆవరించియున్న విద్యుత్ క్షేత్రపు రేఖీయ సమాకలనము విలువ, మూయబడిన మార్గములో ఆవరించిన వైశాల్యము మార్గము గుండా పోవు అయస్కాంత అభివాహ మార్పురేటుకు సమము.

మన నవీన సాంకేతిక (technological) పరివర్తనకు కారణము ఫారడే విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ నియమము అగును.

నాలుగవ సమీకరణము

ఇది ఆంఫియర్ వలయ నియమమును మార్చి అమర్చబడిన ఒక రూపము అగును. దీనిని ఆంపియర్ మాక్స్‌వెల్ నియమము అని పిలువవచ్చును. ఈ నియమము ఒక సంవృత మార్గముకు చుట్టియున్న క్షేత్రమును, ఆ సంవృత మార్గములో ప్రవహించు విద్యుత్ సంవహన ప్రవాహము మరియు స్థానభ్రంశ విద్యుత్‌ను సంబంధపరచును.

$$\oint_l \vec{B}.\overrightarrow{dl} = \mu_0 i_C + \mu_0\epsilon_0 \frac{d}{dt}\oint_s \vec{E}.\overrightarrow{dA}$$

(ఆంఫియర్ – మాక్స్‌వెల్ నియమము) (5.10)

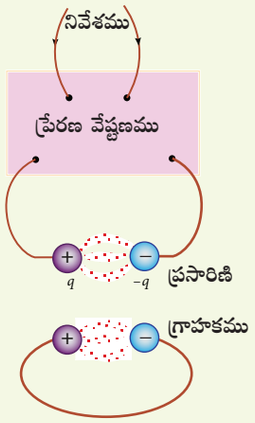
ఇక్కడ $\vec{B}$ అనునది అయస్కాంతక్షేత్రమగును. ఈ నియమం సంవహన విద్యుత్ ప్రవాహము మరియు స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహము రెండును అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని చూపును.

05_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_5.indd 290 23-03-2023 14:12:26

ఇక్కడ నాలుగు సమీకరణములు విద్యుత్ గతిజ శాస్త్రము యొక్క మాక్స్‌వెల్ సమీకరణములని పిలువబడుచున్నవి. ఈ సమీకరణములు విద్యుదయస్కాంత తరంగముల ఉనికిని (existence) ఖచ్చితపరుచును. నక్షత్రములు, నక్షత్రమండలం, (galaxy) గ్రహములు వాటిని గురించి తెలుసుకొనుట, ఈ వస్తువుల నుండి ఉద్గారించు విద్యుదయస్కాంత తరంగము పరిశోధన చేయుటలో ఏర్పడుచున్నది.



(అ)



(ఆ)

పటము 5.7 (అ) హెన్‌రిక్ రూడాల్ఫ్ హెర్ట్జ్ ఆ) హెర్ట్జ్ పరిశోధన ఉపకరణపు భావన పటము

5.2 విద్యుదయస్కాంత తరంగములు (ELECTROMAGNETIC WAVES)

విద్యుదయస్కాంత తరంగములనునవి యాంత్రిక తరంగాలు కావు. ఈ విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు శూన్యంలో కాంతి వేగముతో సమానముగా పయనించును. ఇది ఒక తిర్యక్ తరంగమగును. ఈ భాగములో మనము విద్యుదయస్కాంత తరంగముల ఉత్పత్తి, వాటి ధర్మములు, విద్యుదయస్కాంత తరంగముల మూలాధారము మరియు విద్యుదయస్కాంత తరంగాల వర్గీకరణమును గురించి నేర్చుకుందాం.

5.2.1 విద్యుదయస్కాంత తరంగాల ఉత్పత్తి మరియు ధర్మములు – హెర్ట్జ్ పరిశోధన

Production of electromagnetic waves - Hertz experiment

మాక్స్‌వెల్ యొక్క ఊహ, పరిశోధన మూలముగా 1888 లో హెన్‌రిక్ రూడాల్ఫ్ హెర్ట్జ్ అను వారినుండి నిరూపించబడినది. పరిశోధన నిర్మాణము పటము 5.7(ఆ)లో చూపబడినది. ఉపకరణములో చిన్న లోహపు గోళములచే చేయబడిన రెండు లోహపు ఎలక్ట్రోడ్స్ అమర్చబడియున్నవి. ఇవి పెద్ద గోళములతో సంధానించబడినవి. ఎలక్ట్రోడ్స్ మరియొక కొన చాలా అధిక చుట్లు సంఖ్య కలిగిన ప్రేరణ తీగచుట్టతో సంధానించబడియుండును. ఈ నిర్మాణము చాలా అధిక విద్యుచ్ఛాలక బలమును (emf) ఉత్పత్తి చేయును.

తీగచుట్ట చాలా అధిక విద్యుత్ శక్మబేధము కలిగి యున్నందువలన ఎలక్ట్రోడ్స్‌ల మధ్య ఉన్నగాలి అయనీకరణము చెందును మరియు నిప్పురవ్వలు ఏర్పడును. (విద్యుత్ ఉత్సర్గము వలన నిప్పురవ్వలు ఏర్పడును) ఎలక్ట్రోడ్‌ల మధ్య వున్న చిన్న స్థలములో నిప్పురవ్వలు ఏర్పడును. ఎలక్ట్రోడ్‌లు పూర్తిగా మూయబడని వృత్తాకారములో తక్కువ మధ్యదూరముతో కనిపించును. ఎలక్ట్రోడ్స్‌ల నుండి గ్రాహకమునకు (వలయాకారపు ఎలక్ట్రోడ్‌కు) శక్తి బదిలీ అగుచున్నది అని తెలియుచున్నది. ఈ తరంగములే విద్యుదయస్కాంత తరంగములు అగును.

05_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_5.indd 291 23-03-2023 14:12:27

గ్రాహకమును 90° త్రిప్పినప్పుడు గ్రాహకము ఎటువంటి నిప్పురవ్వలను గ్రహించదు. ఇది మాక్స్‌వెల్ ప్రకారము విద్యుదయస్కాంత తరంగములను తిర్యక్ తరంగములని నిరూపించబడెను. హెర్ట్జ్ ఈ పరిశోధన నుండి రేడియో తరంగములను ఉత్పత్తిచేసినారు మరియు ఇవి కాంతి యొక్క వేగమునకు సమానవేగములో $(3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})$. పయనించును అని నిరూపించెను

సూచన

నిర్దిష్ట అమరిక కలిగిన *LC* డోలన వలయమును రేడియో తరంగములను ఉత్పత్తి చేయుటకు ఉపయోగిస్తారు. ఇక్కడ *LC* డోలనాల పౌన:పున్యం రేడియో తరంగాల పౌన:పున్యం $\left(f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{Hz}\right)$ కు సమానంగా ఉంటుంది.

విద్యుదయస్కాంత తరంగముల ధర్మములు

1. త్వరణములో ఉన్న ఆవేశములచే విద్యుదయస్కాంత తరంగములు ఉత్పత్తి అగును.

2. విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు ప్రసరించుటకు యానకము అవసరము లేదు. అందువలన విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు యాంత్రిక తరంగాలు కావు.

3. విద్యుదయస్కాంత తరంగములు తిర్యక్ తరంగాల లక్షణములను కలిగియుండును, కాని డోలన విద్యుత్ క్షేత్ర సదిశ డోలనపు అయస్కాంతక్షేత్ర సదిశ మరియు పయనించు సదిశ (తరంగము పయనించు దిశను ఇచ్చు సదిశ) అయినటువంటి మూడు సదిశలను ఒక దానితోనొకటి లంబముగా ఉండునని ఇది తెలియజేయును. విద్యుత్‌క్షేత్రము మరియు అయస్కాంత క్షేత్రము రెండును పటము (5.8) లో చూపబడిన దిశలో ఉండిన విద్యుదయస్కాంత తరంగం x- దిశలో పయనించును.

4. శూన్యములో కాంతి పయనించు వేగమునకు సమాన వేగముతో విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు పయనించును. $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_\circ \mu_\circ}} = 3\times10^8 \text{ m s}^{-1}$, ఇక్కడ $\mu_\circ$ అనునది శూన్యములో ప్రవేశ్య శీలత.

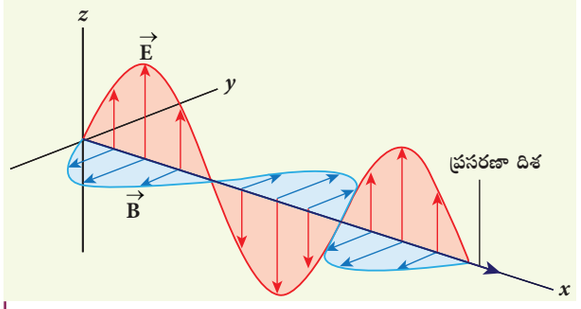
$\epsilon_\circ$ అనునది శూన్యములో అనుమతి శీలత.

(అనుమతి శీలత గురించు పాఠము 1 మరియు ప్రవేశ్య శీలత అనునది పాఠము 3 లో చూడవలెను.)

5. శూన్యంలో విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు యొక్క వేగము కంటే ప్రవేశ్య శీలత (μ) మరియు అనుమతి శీలత (ε) కలిగిన యానకపు విద్యుదయస్కాంత తరంగాల వేగము తక్కువగును, అది $(v < c)$ వక్రీభవనగుణకము యానకములో

$$n = \frac{c}{v} = \frac{1/\sqrt{\epsilon_\circ \mu_\circ}}{1/\sqrt{\epsilon\mu}} \quad \therefore n = \sqrt{\epsilon_r \mu_r}$$

ఇక్కడ ϵ_r అనునది యానకము యొక్క సాపేక్ష అనుమతి శీలత. μ_r అనునది యానకము యొక్క సాపేక్ష ప్రవేశ్యశీలత (ఇది రోధక స్థిరాంకము అని పిలువబడును)



పటము 5.8 విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు ప్రసరించుటకు – తిర్యక్ తరంగాలు

6. విద్యుదయస్కాంత తరంగాల అయస్కాంత క్షేత్రము లేక విద్యుత్ క్షేత్రముచే అపవర్తనము చెందవు.

7. విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు వ్యతికరణం, వివర్తనముపై ప్రభావము చూపును. ఇంకను ఇవి ధృవణం (polarization) చెందును.

8. ఇతర తరంగాల మాదిరిగా విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు శక్తి, రేఖీయ ద్రవ్యవేగము మరియు కోణీయ ద్రవ్యవేగములను కలిగి యుండును.

05_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_5.indd 292 23-03-2023 14:12:28

మీకు తెలుసా?

• కణములు మాదిరిగానే విద్యుదయస్కాంత తరంగములు రేఖీయ ద్రవ్యవేగము మరియు కోణీయ ద్రవ్యవేగముల ధర్మములు కలిగియున్నవి ఇది ఒక అశ్చర్యపడవలసిన విషయమగును. దృక్ పట్టకార్లు (Optical tweezer) కనిపెట్టిన మరియు అధిక తీవ్రత కాంతి స్పందన (pulses) ఉత్పత్తి చేసినందుకు 2018 వ సంవత్సరములో నోబల్ బహుమతి ఇవ్వబడినది.

• సూక్ష్మకణములు మరియు అణువులు అయినటువంటివి ఒక స్థలము నుండి మరియొక్క స్థలమునకు చలింపజేయుటకు సహాయపడు ఒక ఉపకరణమే దృక్ పట్టకారు అగును. వైద్యరంగములో ఇది చాలా ఉపయోగపడును. శరీరములో వున్న కణజాలములనుండి బ్యాక్టీరియా మరియు వైరస్‌లను వేరుచేయుటకు, క్యాన్సర్ కణముల నుండి మంచి స్థితిలోనున్న కణములను మాత్రమే వేరుపరచుటకు ఇవి ఉపయోగపడును. విద్యుదయస్కాంత తరంగములు, రేఖీయ ద్రవ్యవేగము ధర్మములను ఉపయోగించి దృక్ పట్టకారు పనిచేయును.

• అధిక మొత్తములో రేఖీయ ద్రవ్యవేగాన్ని, సూర్య కాంతిని ఇచ్చుటవలన ఒక తోక చుక్క పదార్థముల ద్రవ్యరాశి సూర్యుని నుండి వెనుకకు నెట్టబడుటవలన మాత్రము దానికి తోక వలె నిర్మాణము ఏర్పరచును.

• విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు కోణీయ ద్రవ్యవేగమును సులభముగా అర్థము చేసుకొనవచ్చును, ఎదురెదురు విద్యుత్ ఆవేశము కలిగిన, సహాక్షములో స్థూపాకార కణముల మధ్య సొలినాయిడ్ ఉంచబడినది. AC విద్యుత్‌ను ప్రవహింపజేసినపుడు, సోలినాయిడ్ ఉన్న విద్యుత్‌ను శూన్యమునకు తగ్గించును. అప్పుడు లోపల మరియు వెలుపల స్థూపాకార వ్యతిరేఖదిశలో భ్రమణము చెందుటకు ప్రారంభించును మార్పుచెందు విద్యుత్‌ప్రవాహము వలన ఉత్పత్తిచేయు విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రపు కోణీయ ద్రవ్యవేగము ఈ భ్రమణములకు పంపించినప్పుడు మాత్రము అవి భ్రమణము చెందును.

ఉదాహరణము 5.2

ఒక యానకము యొక్క సాపేక్ష అయస్కాంత ప్రవేశ్య శీలత 2.5 మరియు సాపేక్ష విద్యుత్ అనుమతి శీలత 2.25 అయిన వక్రీభవన గుణకమును కనుగొనుము.

సాధన

రోధక స్థిరాంకము (యానకము యొక్క సాపేక్ష అనుమతి శీలత), $\epsilon_r = 2.25$

అయస్కాంత ప్రవేశ్యశీలత, $\mu_r = 2.5$

యానకము యొక్క వక్రీభవన గుణకము,

$$n = \sqrt{\epsilon_r \mu_r} = \sqrt{2.25 \times 2.5} = 2.37$$

5.2.2 విద్యుదయస్కాంత తరంగాల యొక్క మూలాధారములు

విరామ స్థితిలో యుండు ఏదైనా విద్యుత్ కణాలు, విద్యుత్ క్షేత్రమును మాత్రమే ఉత్పత్తిచేయును. (పాఠము 1 లో చూడవలెను) ఈ విద్యుత్ కణాలు ఏకరీతి వేగముతో పయనించినపుడు ఏకముఖ విద్యుత్‌ను వాహకములో ఉత్పత్తిచేసి విద్యుత్ కణాలు ప్రవహించు వాహకము చుట్టూ అయస్కాంత క్షేత్రమును ఏర్పరచును. (ఈ అయస్కాంతక్షేత్రము కాలముపై ఆధారపడియుండదు, బాహ్యప్రదేశముపై ఆధారపడి యుండును) విద్యుత్ ఆవేశము పొందిన కణముల త్వరణము చెందునపుడు, విద్యుత్‌క్షేత్రముతో పాటు అయస్కాంత క్షేత్రమును కూడా ఏర్పరచును. విద్యుత్‌క్షేత్రము మరియు అయస్కాంతక్షేత్రము ఈ రెండు క్షేత్రములు సమయము బట్టి మార్పుచెందు క్షేత్రములగును. విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు తిర్యక్ తరంగములు అగును. కావున విద్యుత్ క్షేత్ర సదిశ మరియు అయస్కాంతక్షేత్రము సదిశ వున్న తలములకు లంబముగా ఉండు దిశలో విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు విస్తరించును.

ఏదైనా డోలన చలనం అనునది త్వరణము చెందిన చలనము అగును. కాబట్టి, పటము 5.9 లో చూపించినట్లు ఒక విద్యుత్ కణమనునది సరాసరి

05_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_5.indd 293 23-03-2023 14:12:28

స్థానం నుండి డోలనంచెందినపుడు (లేక అణువుల ద్విధ్రువపు డోలనం చెందు) విద్యుదయస్కాంత తరంగాలను ఏర్పరచును.

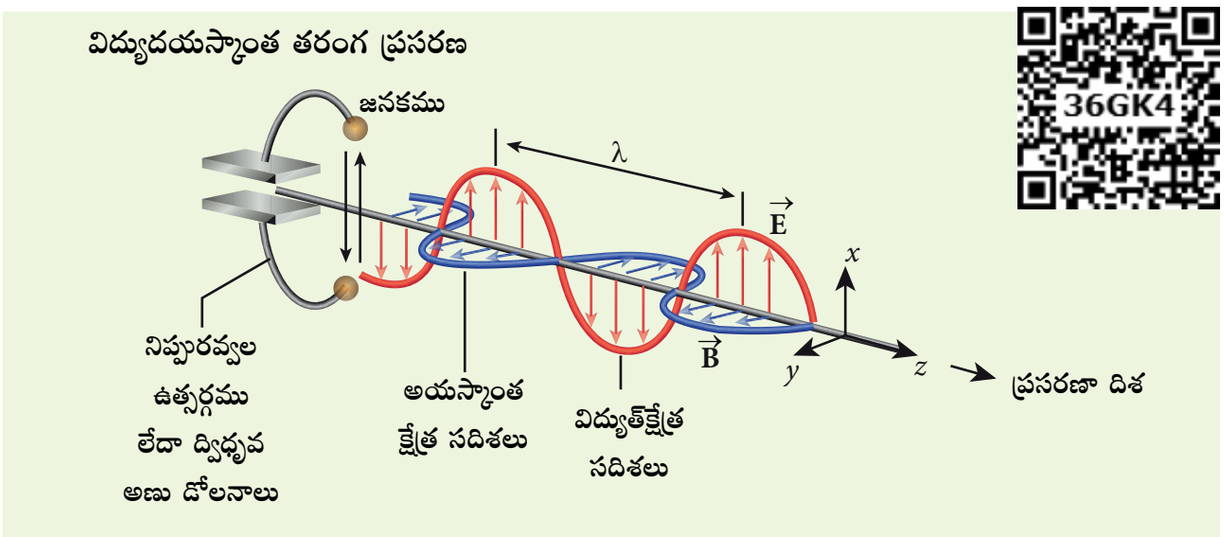
శూన్య ప్రదేశములో విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు వ్యాప్తి యొక్క దిశ z- అక్షము అనియు, దాని విద్యుత్ క్షేత్రపు సదిశ దిశ x-అక్షము అని అనుకొనిన అయస్కాంతక్షేత్రము సదిశ యొక్క దిశ, తరంగాల వ్యాప్తి దిశ మరియు విద్యుత్ క్షేత్ర సదిశ యొక్క దిశ ఈ రెండు దిశలకు లంబ దిశలో పనిచేయును కాబట్టి

$$E_x = E_\circ \sin(kz - \omega t)$$

$$B_y = B_\circ \sin(kz - \omega t)$$

ఇక్కడ $E_\circ$ మరియు $B_\circ$ అనునది క్రమముగా డోలన విద్యుత్ క్షేత్రము మరియు అయస్కాంతక్షేత్రముల యొక్క కంపన పరిమితి (amplitudes) అగును. k అనునది తరంగాల సంఖ్య, ω అనునది తరంగాల కోణీయ పౌనఃపున్యము మరియు $\hat{k}$ (ఒక ప్రమాణ సదిశ రాశి దీనికి విస్తరించు సదిశ అని పేరు) ఇది విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు విస్తరించిన దిశను చూపించును.

విద్యుత్ క్షేత్రము మరియు అయస్కాంతక్షేత్రము రెండును ఒక నిర్దిష్ట పౌనఃపున్యములో (విద్యుత్ అయస్కాంత తరంగాల యొక్క పౌనఃపున్యము) కంపించును. ఆ పౌనఃపున్యము విద్యుదయస్కాంత తరంగాల మూలాధార పౌనఃపున్యమునకు సమమగును. (ఇక్కడ డోలన ఆవేశ కణముల విద్యుదయస్కాంత తరంగములను ఏర్పరచు మూలాధారముగా పనిచేయును) శూన్యములో $E_\circ$ మరియు $B_\circ$ యొక్క నిష్పత్తి విద్యుదయస్కాంత తరంగముల వేగమునకు సమానమగును. కావున కాంతి వేగమునకు (c) సమానమగును.



పటము 5.9 డోలనము చేయు ఆవేశకణాలు – విద్యుదయస్కాంత తరంగముల మూలాధారములు

$$c = \frac{E_\circ}{B_\circ}$$

ఏదైనా యానకములో $E_\circ$ మరియు $B_\circ$ ల నిష్పత్తి ఆ యానకములో విస్తరించు విద్యుదయస్కాంత తరంగముల (V) వేగమునకు సమానమగును, కావున

$$v = \frac{E_\circ}{B_\circ} < c$$

ఇంకను విద్యుదయస్కాంత తరంగాల శక్తి డోలనం చెందు విద్యుత్ ఆవేశ కణముల శక్తి నుండి లభించును.

05_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_5.indd 294 23-03-2023 14:12:30

ఉదాహరణము 5.3

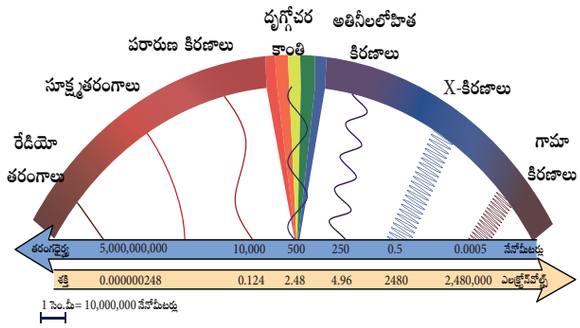
విద్యుత్ క్షేత్రము మరియు అయస్కాంతక్షేత్రము యొక్క వ్యాప్తులు క్రమముగా 3×10^4 N C^{-1} మరియు 2×10^{-4} T కలిగిన యానకము గుండా చలించు విద్యుత్ అయస్కాంత తరంగముల వేగమును కనుగొనుము?

సాధన

విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క కంపన పరిమితి $E_o = 3 \times 10^4$ N C^{-1} అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క కంపన పరిమితి $B_o = 2 \times 10^{-4}$ T యానకము గుండా పయనించు విద్యుదయస్కాంత తరంగముల వేగము

$$v = \frac{3\times10^4}{2\times10^{-4}} = 1.5\times10^8 ms^{-1}$$

5.2.3 విద్యుదయస్కాంత తరంగ వర్ణపటం



పటము 5.10 విద్యుదయస్కాంత తరంగ వర్ణపటం

తరంగధైర్ఘ్యం లేక పౌనఃపున్యముల ఆధారముగా వరుస క్రమములో అమర్చబడిన విద్యుదయస్కాంత తరంగముల భాగమునే, విద్యుదయస్కాంత వర్ణపటం అని పిలువబడును. ఇది పటము 5.10 లో చూపబడినది.

రేడియో తరంగములు

విద్యుత్ ప్రవహించు తీగ చుట్టలో యున్న ఆవేశ కణముల త్వరణ చలనముచే రేడియో తరంగములు ఉత్పత్తియగును. దీని పౌనఃపున్యవ్యాప్తి కొన్ని Hz నుండి $3x10^9$ Hz వరకు ఉండును. ఈ రకపు తరంగాలు పరావర్తనము మరియు వ్యతికరణముకు లోనగును. ఇది రేడియో మరియు దూరదర్శిని వార్తాప్రసారపు వ్యవస్థలో ఉపయోగపడును. ఇంకను అతి గరిష్ఠ పౌనఃపున్య పట్టకములో పనిచేయు సెల్‌ఫోన్ (చరవాణి) ద్వారా స్వర సమాచారముల సంబంధములో రేడియో తరంగాలు ఉపయోగపడుచున్నవి.

సూక్ష్మ తరంగములు (Microwaves)

ప్రత్యేక శూన్య గొట్టములయిన క్లిస్ట్రాన్, మాగ్నట్రాన్ మరియు గన్‌డయోడ్ (gunndiode) వీటివలన సూక్ష్మ తరంగములు ఉత్పత్తియగును. దీని పౌనఃపున్య వ్యాప్తి 10^9 Hz నుండి 10^{11}Hz వరకు ఉండును. ఈ రకపు తరంగముల పరావర్తనము మరియు దృవణమునకు లోనగును.

ఇది రాడర్ ఉపకరణములో విమానములను మార్గదర్శకముగా, వాటి వేగములను కనిపెట్టుటకు ఉపయోగపడును. సూక్ష్మతరంగములు మైక్రోవేవ్ ఒవెన్‌లలో ఉపయోగపడును. ఇంకను ఉపగ్రహముల గుండా జరుగునటువంటి అధిక దూరము తీగలేని (వైర్‌లెస్) వార్తాప్రసారములో ఇది ఉపయోగపడును.

పరారుణ కిరణములు (Infrared radiation)

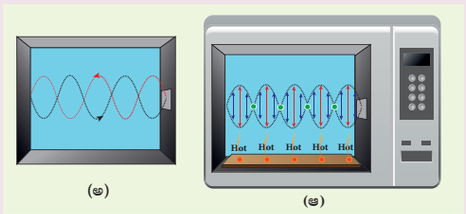
ఉష్ణము ఉత్పత్తి చేయు పదార్థముల నుండి పరారుణ కిరణముల ఉత్పత్తియగును (దీనిని ఉష్ణ తరంగములు అనికూడ పిలువవచ్చును). ఇంకనూ అణువుల భ్రమణ చలనమునకో లేదా కంపన చలనమునకో గురి అయినప్పుడు పరారుణ కిరణములు ఉత్పత్తియగును. దీని పౌనఃపున్య వ్యాప్తి 10^{11} Hz నుండి 4×10^{14} Hz వరకు కనిపించును. పరారుణ కిరణాలు సౌర్యవిద్యుత్ ఘటాల ద్వారా ఉపగ్రహములకు శక్తిని ఇచ్చును. పరారుణ కిరణములను ఉపయోగించి పండ్లలో ఉండు నీటిని తీసి నీటి అంశములేని పండ్లు (శుష్క ఫలములు) (dehydrated fruits) తయారు చేయవచ్చును. హరిత గృహములలో మొక్కలను వెచ్చగా ఉండునట్లు చేయుటకు ఇది ఉపకరణముగా ఉపయోగపడును. కండరములలో ఏర్పడు నొప్పులను మరియు స్ప్రెయిన్ (sprain) సరిచేయుటకు ఉష్ణ వైద్య

05_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_5.indd 295 23-03-2023 14:12:31

కృత్యము

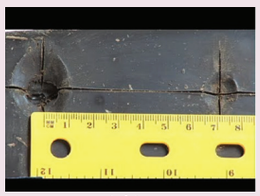
సూక్ష్మతరంగ (మైక్రోవేవ్) ఒవెన్ ఉపయోగించి కాంతి యొక్క వేగమును కొలుచుట

మన రోజువారి జీవితములో తిను బండారములను వేడిచేయుటకు అతిసూక్ష్మతరంగ ఒవెన్ అధికముగా ఉపయోగపడుచున్నది. ఈ రకపు ఒవెన్‌లలో 1 మి.మీ నుండి 30 సెం.మీ వరకు తరంగదైర్ఘ్యములు సూక్ష్మతరంగాలను ఉత్పత్తి చేయును. ఈ తరంగములు సూక్ష్మతరంగాలు (మైక్రోవేవ్) ఒవెన్‌లలో అంతరగోడల మధ్య ఒక స్థిర తరంగ అమరిక (standing pattern) ఉత్పత్తి చేయును. ఈ అమరికను ఉపయోగించి కాంతి వేగమును క్రింది కృత్యము ద్వారా చెప్పవచ్చును.



(అ) (ఆ)


(ఇ)


(ఈ)

స్థిర తరంగముల గురించి మనము 11వ తరగతి భాగము 2, పాఠము 11లో చదివినాము. స్థిర తరంగముల అస్పందన (nodes) ప్రస్పందన (antinodes) స్థానములు ఈ బిందువు వద్ద పొందియుండును కణుపుభాగములో తరంగముల కంపన పరిమితి శూన్యమగును ప్రస్పందన తరంగముల కంపన పరిమితి గరిష్ఠముగా వుండును. వేరే విధముగా చెప్పాలంటే సూక్ష్మతరంగముల గరిష్ఠ శక్తి ప్రస్పందన భాగములో అమరియున్నది. ఒవెన్‌లో లోపల వుండు భ్రమించు పీఠము తొలగించి చపాతి లేక చాక్లెట్ వంటి తిను బండారాలను వుంచినపుడు వ్యతిరేఖ కణపు భాగము ఇతర భాగముల కంటె ఎక్కువ వేడిగా యుండుటను గమనించవచ్చును. ఇది పటము (ఇ) మరియు (ఈ) లో చూపబడినది. అధికముగా వేడిగా యున్న రెండు తదుపరి భాగములకు మధ్యయుండు దూరము సూక్ష్మతరంగ పౌనఃపున్యపు ఒవెన్‌లో నమోదు చేసి యుండును. సూక్ష్మతరంగ తరంగ దైర్ఘ్యము మరియు పౌనఃపున్యము తెలిసిన $v\lambda = c$ అను సమీకరణమును ఉపయోగించి కాంతి వేగమును లెక్కించవచ్చును.

చికిత్స పద్ధతిలో ఇది ఉపయోగపడును దూరదర్శిని పెట్టెలో ఉపయోగించు (remote) రిమోట్‌లో ఇది ఉపయోగపడును. పొగ మంచు, లేదా మబ్బుగా ఉండే స్థితిలో ఎదురుగా వచ్చు వాహనములను చూచుటకు, రాత్రి సమయములో చూచుటకు, పరారుణ ఛాయ చిత్రము తీయుటకు పరారుణ కిరణములు ఉపయోగపడును.

దృశ్యకాంతి (Visible light)

ప్రకాశించే వస్తువుల నుండి దృశ్యకాంతి లభించును ఇంకను వాయువులలో వున్న ఉత్తేజితమైన పరమాణువులు దృశ్యకాంతిని ఉద్ఘారించును. దీని పౌనఃపున్య వ్యాప్తి 4×10^{14} Hz నుండి 8×10^{14} Hz వరకు కనిపించును. పరావర్తనము, వక్రీభవనము, వ్యతికరణము, వివర్తనము, ధృవణం కాంతి ఫలిత నియమములను అనుసరించును. ఇంకను ఛాయాచిత్రము తీయుటలో ఉపయోగపడును. అణువుల అమరికను పరిశోధనము చేయుటకు, కణముల బాహ్య కర్పరములో వున్న ఎలక్ట్రానుల అమరికను తెలుసుకొనుటకు, కన్నులకు దృష్టిసున్నితమును కలిగించుటకు దృశ్యకాంతి ఉపయోగపడును.

అతినీలలోహిత కిరణములు (Ultraviolet radiation)

సూర్యుడు, ఆర్క్ మరియు అయనీకరణము చెందిన వాయువుల నుండి అతినీలలోహిత కిరణములు లభించును. దీని పౌనఃపున్యవ్యాప్తి 8×10^{14} నుండి 10^{17} Hz వరకు ఉండును. దీనికి చొచ్చుకొని పోవు సామర్థ్యము తక్కువ. ఈ అతినీలలోహిత కిరణములు వాతావరణములో వున్న ఓజోన్ పొరచే గ్రహించబడును. అదే సమయములో ఇది మానవ

05_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_5.indd 296 23-03-2023 14:12:32

శరీరములకు హాని కలిగించును. బ్యాక్టీరియాలను నశింపజేయుటకు శస్త్ర చికిత్స ఉపకరణములనుండి వ్యాధి క్రిములను తొలగించుటకు, దొంగలను పట్టుకొను అలారంలోను, అదృశ్యమైన అక్షరములను కనిపెట్టుటకు, వేలి ముద్రలను కనిపెట్టుటకు, ఇంకను అణువుల నిర్మాణమును తెలుసుకొనుటకు ఉపయోగపడును.

X-కిరణములు (X-rays)

అధిక పరమాణు సంఖ్య కలిగిన మూలకములో వేగముగా పయనించు ఎలక్ట్రానును అకస్మాత్తుగా ఆపినపుడు (అడ్డగించినపుడు) **X** కిరణములు లభించును ఇంకను అణువుల అంతరకక్ష్యలో ఉన్న ఎలక్ట్రానుల మార్పుల వలన **X** కిరణములు ఉత్పత్తి యగును. దీనిని పౌనఃపున్యవ్యాప్తి 10^{17} Hz నుండి 10^{19} Hz వరకు కనిపించును. అతినీలలోహిత కిరణముల కంటె X కిరణములకు చొచ్చుకొని పోవు సామర్థ్యము అధికము. పరమాణువుల అంతర ఎలక్ట్రానుల కర్పరముల అమరికను పరిశోధించుటకు, స్ఫటికముల అమరికను పరిశోధించుటకు X కిరణములు ఎక్కువగా ఉపయోగపడును. ఇంకను విరిగిన ఎముకలను తెలుసుకొనుటకు, ఎముకలు మరియు మూత్రపిండములో ఏర్పడిన రాళ్ళ ఉత్పత్తిని కనిపెట్టుటకు, సరిచేయబడిన ఎముకల అభివృద్ధిని తెలుసుకొనుటకు ఇది ఉపయోగపడును. ఇంకను తయారుచేయబడిన లోహములలో ఉన్న పగుళ్ళు, మరియు చిన్న రంధ్రములను కనిపెట్టుటకు X కిరణములు ఉపయోగపడును.

గామా కిరణములు (Gamma rays)

రేడియోధార్మిక కేంద్రకముల పరివర్తనము వలన, మరియు కొన్ని ప్రాథమిక కణాలు క్షీణించుట వలన గామా కిరణములు ఏర్పడును. ఛాయాచిత్ర పలకలపై, గామా కిరణములు రసాయనిక చర్యలను ఏర్పరుచును. ప్రతిదీప్తి అయనీకరణము వివర్తనము, అటువంటి వాటిని ఏర్పరుచును. దీని పౌనఃపున్యవ్యాప్తి 10^{18} Hz కు అధికముగా ఉండును.

X-కిరణములు మరియు అతినీలలోహిత కిరణముల కంటే గామా కిరణముల చొచ్చుకొని పోవు సామర్థ్యము ఎక్కువ. ఈ కిరణములలో ఏ విధమైన విద్యుత్ ఆవేశమును కలిగియుండదు. అయినను ఇది మానవ శరీరమునకు చాలా అపాయకరమైనది. అణు కేంద్రము అమరికను తెలుసుకొనుటకు గామా కిరణములు ఉపయోపడును. క్యాన్సర్ వ్యాధికి రేడియేషన్ పద్ధతిలో వైద్యం చేయుటకు గామా కిరణములు అధికముగా ఉపయోగపడును. ఆహార పదార్థములను ఉత్పత్తిచేయు పరిశ్రమలో వ్యాధికారక సూక్ష్మక్రిములను నశింపచేయుటకు గామా కిరణములను ఉపయోగించెదరు.

ఉదాహరణము 5.4

సూక్ష్మతరంగ (మైక్రోవేవ్) ఒవెన్‌లో వున్న మ్యాగ్ నట్రాన్ (magnetron) ఒకటి $f = 2450$ MHz పౌనఃపున్యములో ఎలక్ట్రానులను వృత్తాకార మార్గములో చలింపచేయుటకు కావలసిన అయస్కాంత క్షేత్ర బలమును కనుగొనుము

సాధన

విద్యుదయస్కాంత తరంగముల పౌనఃపున్యము
$f = 2450$ MHz
దీనికైన కోణీయ పౌనఃపున్యము

$$\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 2450 \times 10^6$$
$$= 15{,}386 \times 10^6 \text{ Hz}$$
$$= 1.54 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$$

అయస్కాంత క్షేత్రము, $B = \dfrac{m_e \omega}{|q|}$

ఎలక్ట్రానుల ద్రవ్యరాశి, $m_e = 9.11 \times 10^{-31}$ kg

ఎలక్ట్రానుల ఆవేశము,

$$q = -1.60 \times 10^{-19} \text{C}$$
$$\Rightarrow |q| = 1.60 \times 10^{-19} \text{C}$$

$$B = \frac{\left(9.11 \times 10^{-31}\right)\left(1.54 \times 10^{10}\right)}{\left(1.60 \times 10^{-19}\right)} = 8.7683 \times 10^{-2} \text{T}$$

$B = 0.08768$ T

ఈ అయస్కాంత క్షేత్రమును ఒక శాశ్వత అయస్కాంతమును తీసుకొని ఏర్పరచవచ్చును.

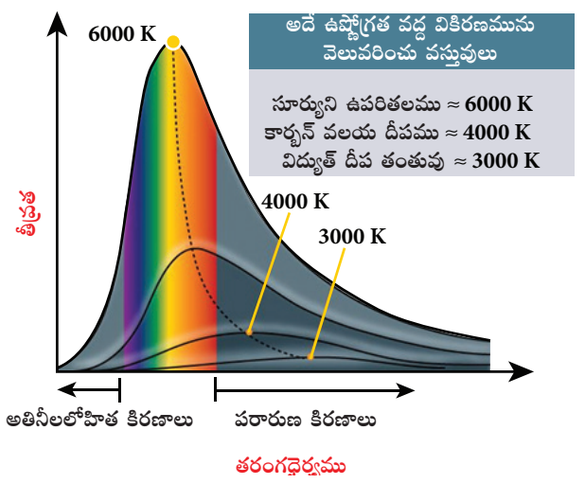
05_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_5.indd 297 23-03-2023 14:12:32

కావున 2450 MHz పౌనఃపున్యము కలిగిన విద్యుదయస్కాంత తరంగములను ఆహార పదార్థములను వేడి పరచవచ్చును మరియు వండించవచ్చును. ఎందుకనగా ఈ విద్యుదయస్కాంత తరంగములు నీటి అణువులను బలముగా శోషించుకొనును.

5.3

వర్ణపటముల రకాలు – ఉద్గారము మరియు శోషణ వర్ణపటము – ప్రానోపర్ రేఖలు

ఒక పదార్థము మండునపుడు, వర్ణములను ఉద్గారించును. కాబట్టి ఈ వస్తువులు విద్యుదయస్కాంత కిరణములను ఉద్గారించును. అది ఉష్ణోగ్రతపై ఆధారపడియుండును. ఒక పదార్థమును వేడిచేయునపుడు ఆ పదార్థము వేడిని పొందిన తర్వాత ఎరుపు రంగులో మండుటకు ప్రారంభించును. ఇంకను ఆ వస్తువును అవిచ్ఛిన్నముగా (continuous) వేడిచేయునపుడు ఎర్రటి నారింజ రంగులో మండును. ఇంకను వేడిచేయునపుడు తెలుపు రంగులో మండును.



పటము 5.11 నల్లని వస్తువులు కిరణములు వర్ణముల ఉష్ణోగ్రతను అనుసరించి మారును

పటము 5.11 లో చూపబడిన వర్ణపటము సాధారణముగా కృష్ణ వస్తువుల వర్ణపటము అని పిలువబడును (11వ తరగతి భాగము 2 పాఠము 8ను చూడవలెను) ఇది అవిచ్ఛిన్న పౌనఃపున్య (లేక తరంగదైర్ఘ్యము) వక్రత రేఖ అగును. ఇంకను ఇది వస్తువుల యొక్క ఉష్ణోగ్రతపై ఆధారపడి యుండును.

పటము 5.12 లో చూపబడిన విధముగా ఒక తెల్లని రంగు కాంతిని పట్టకము ద్వారా ప్రవేశింప చేసినపుడు ఏడు రంగులుగా విభజించుటను తెరపైన దీనిని అవిచ్ఛిన్న వర్ణపటముగా చూడవచ్చును. ఈ సంఘటనమునకు విక్షేపణ అని పిలువబడును. వర్ణ విక్షేపణము వలన తెరపై ఏర్పడిన రంగుల యొక్క నిర్దిష్ట అమరికను వర్ణపటము అందురు. ఈ వర్ణపటములు రెండు చాలా పెద్ద భాగములుగా వర్గీకరించబడినవి.



పటము 5.12 పట్టకము గుండా తెల్లనికాంతి పయనింపజేసినపుడు – విక్షేపణ

(అ) ఉద్గార వర్ణపటము (Emission spectra)

స్వయం ప్రకాశము కలిగిన మూలాధారము నుండి పొందు వర్ణపటము ఉద్గార వర్ణపటమగును. ఒక్కొక్క మూలాధారము ప్రత్యేక లక్షణము కలిగిన ఉద్గార వర్ణపటము కల్గియుండును. ఉద్గార వర్ణపటమును మూడు రకములుగా విభజింపవచ్చును:

(i) అవిచ్ఛిన్న ఉద్గార వర్ణపటము Continuous emission spectrum (or continuous spectrum) లేక వరుస వర్ణపటము

మండుచున్న దీపమునుండి (తంతు బల్బు) (filament bulb) వచ్చు కాంతిని పట్టకము గుండా

05_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_5.indd 298 23-03-2023 14:12:33



పటము 5.13 అవిచ్ఛిన్న వర్ణపటము



పటము 5.14 రేఖీయ వర్ణపటము

పయనింపచేసినపుడు (సరళ స్పెక్ట్రోస్కోప్), అది ఏడు రంగులుగా విభజింపబడును. కాబట్టి ఊదారంగు నుండి ఎరుపు రంగు వరకు కలిగివున్న వర్ణముల తరంగదైర్ఘ్యము అన్నింటిని ఇది పొందియుండును. (పటము 5.13) ఉదాహరణములు: కార్బన్ ఆర్క్ మరియు ప్రకాశించు ఘన, ద్రవ పదార్థముల నుండి లభించు వర్ణపటాన్ని నిరంతర ఉద్గార వర్ణపటం అందురు.

(ii) రేఖీయ ఉద్గార వర్ణ పటము (Line emission spectrum (or line spectrum)):

వేడిగా వున్న వాయువుల నుండి వచ్చు కాంతిని పట్టకము గుండా ప్రసరింపజేయునపుడు రేఖీయ ఉద్గార వర్ణపటం లభించును. ఇది పటము 5.14 లో చూపబడినది. రేఖీయ ఉద్గార వర్ణపటాన్ని అవిచ్ఛిన్నముకాని వర్ణపటం అని కూడా పిలువ వచ్చును. స్పష్టమైన తరంగదైర్ఘ్యము (లేక) పౌనఃపున్యములు కలిగిన పదునైన రేఖలను (Line) ఈ వర్ణపటం కలిగియుండును. ఈ విధమైన వర్ణపటం ఉత్తేజితమైన పరమాణువులు లేక అయానులు వెలువరించును. ఒక్కొక్క రేఖ మూలకపు వేర్వేరు ధర్మములను కలిగియుండును. కావున వేర్వేరు మూలకములు వేర్వేరు రేఖలలో లభ్యమగును ఉదా: పరమాణు స్థితిలో వున్న హైడ్రోజన్, హీలియం మొదలగునవి.

(iii) బ్యాండ్ (పట్టిక) ఉద్గార వర్ణపటం (Band emission spectrum (or band spectrum))

బ్యాండ్ వర్ణపటములో ఎక్కువ సంఖ్యలో అమరియున్న,చాలా దగ్గర దగ్గరగా వర్ణపట రేఖ ఒకదాని మీద మరియొకటి అధ్యారోపణము చెంది ప్రత్యేకమైన బ్యాండులను (Bands) ఉత్పత్తిచేయును. ఈ బ్యాండ్‌లు (పట్టికలు) నల్లని ప్రదేశాలచే విభజింపబడి యుండును. ఈ విధమైన వర్ణపటములే బ్యాండ్ వర్ణపటం అగును. ఈ వర్ణపటములో బ్యాండ్ ఒకవైపు పదునుగానూ (sharp) ఎక్కువ కాంతి తీవ్రతలో మరొక ప్రక్కన పోనుపోను మసకగానూ తక్కువ కాంతి తీవ్రతలో కనిపించును. ఉత్తేజిత స్థితిలో వున్న మూలకములు బ్యాండ్ వర్ణపటములను వెలువరించును. మూలకముల యొక్క వేర్వేరు లక్షణములను బ్యాండ్ వర్ణపటంలో పరావర్తనమగును. అందువలన మూలకముల యొక్క నిర్మాణాన్ని బ్యాండ్ వర్ణపటాన్ని ఉపయోగించి తెలుసుకొనవచ్చును. ఉదాహరణము ఉత్సర్గ నాళములో వున్న హైడ్రోజన్ వాయువు, అమ్మోనియా వాయువులు మొదలగునవి.

(ఆ) శోషణ వర్ణపటం (Absorption spectra)

కాంతిని ఒక యానకము లేక శోషణ వస్తువుల గుండా ప్రసరింపజేసినపుడు లభించు వర్ణపటాన్ని శోషణ వర్ణపటం అందురు. ఇది శోషణ వస్తువుల లక్షణములను కలిగియుండును. వీటిని మూడు రకములుగా వర్గీకరించవచ్చును:

05_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_5.indd 299 23-03-2023 14:12:33

(i) అవిచ్ఛిన్న శోషణ వర్ణపటము (Continuous absorption spectrum)

ఒక నీలి గాజు పలక గుండా ఒక తెల్లని కాంతిని ప్రసరింపజేసినపుడు నీలి రంగు తప్ప అన్ని రంగులను శోషించుకొనును. ఇది అవిచ్ఛిన్న శోషణ వర్ణపటమునకు ఒక మంచి ఉదాహరణము.

(ii) రేఖీయ శోషణ వర్ణపటం (Line absorption spectrum)

ప్రకాశించే దీపం (incandescent lamp) నుండి వచ్చుకాంతిని ఒక చల్లని వాయు యానకము గుండా ప్రసరింపజేసినపుడు పట్టకము ద్వారా విక్షేపణము చెందుటవలన లభ్యమగు వర్ణపటాన్ని రేఖీయ శోషణ వర్ణపటం అందురు. (పటం 5.15 లో చూపిన) అదే విధముగా కార్బన్ ఆర్క్ నుండి వెలువడిన కాంతిని సోడియం బాష్పముల గుండా ప్రసరింపజేసినపుడు సోడియం యొక్క పసుపు ప్రాంతములో రెండు నల్లని రేఖలను కలిగిన కార్బన్ ఆర్క్ యొక్క అవిచ్ఛిన్న వర్ణపటం లభ్యమగును.

(iii) పట్టికా శోషణ వర్ణపటమాల (Band absorption spectrum)

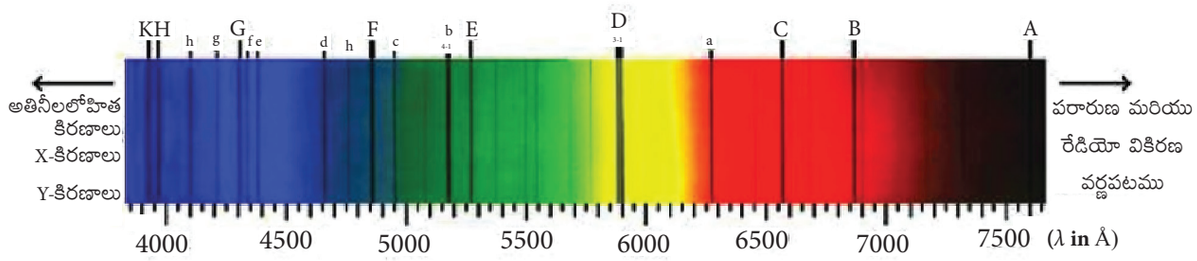
తెల్లని కాంతిని అయోడిన్ బాష్పము గుండా ప్రసరింపజేసిన తర్వాత లభించు వర్ణపటములో ప్రకాశవంతమైన అవిచ్ఛిన తెల్లని రంగు నేపథ్యంలో నల్లని పట్టికలు కనబడును. ఈ నల్లనిపట్టికలు పట్టికా శోషణ వర్ణమాలపటమగును. ఈ విధముగానే తెల్లని కాంతిని సజల స్థితిలో వున్న రక్తము లేక కొన్ని సేంద్రియ లేక అసేంద్రియ సమ్మేళనముల యొక్క ద్రావణముల గుండా ప్రసరింపజేసినపుడు పట్టికా శోషణ వర్ణపటములను పొందగలము.



పటము 5.15 రేఖీయ అధిశోషణ వర్ణపటములు

ఫ్రాన్‌హాఫర్ రేఖలు (Fraunhofer lines)

సూర్యుని నుండి లభించు వర్ణపటమును పరిశోధించినపుడు, ఆ వర్ణపటములో అనేక నల్లని రేఖలు (dark lines) కనబడును. (రేఖీయ శోషణ వర్ణపటం) సూర్యుని వర్ణపటంలో కనిపించు ఈ నల్లని రేఖలకు ఫ్రాన్‌హాఫర్ రేఖలని పేరు. ఇది పటము 5.16 లో చూపబడినది. అనేక వస్తువుల శోషణ వర్ణపటం సూర్యుని వర్ణపటంలో యుండు ఫ్రాన్‌హాఫర్ రేఖలను పోల్చి, సూర్యమండలములో కనిపించే మూలకములను గుర్తించవచ్చును.



పటము 5.16 సౌర వర్ణపటము – ఫ్రాన్‌హాఫర్ రేఖలు

05_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_5.indd 300 23-03-2023 14:12:33

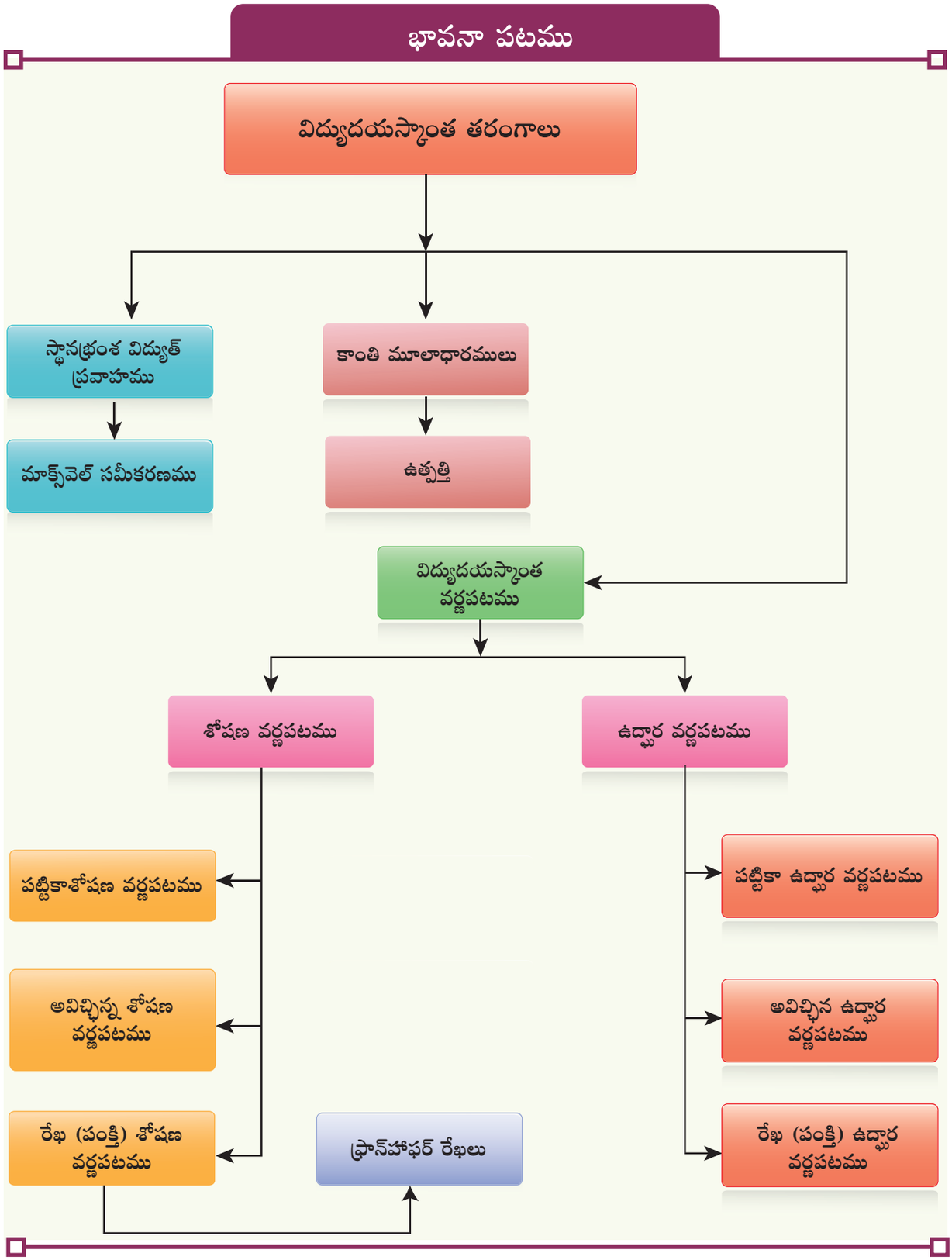
సారాంశము

- కాలముతో పాటు ఏ స్థలములోనైనను విద్యుత్ క్షేత్రము, విద్యుత్ క్షేత్ర అభివాహము మార్పుచెందునో ఆ స్థలములో స్థానభ్రంశము చెందు విద్యుత్‌నే స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహము అగును.
- మాక్స్‌వెల్ చే రూపాంతరము (modified) చేసిన ఆంఫియర్ నియమము

$$\oint \vec{B}\cdot\vec{dl} = \mu_o i = \mu_o\left(i_c + i_d\right).$$

- త్వరణము చెందిన ఆవేశకణములు విద్యుత్‌క్షేత్రము మరియు అయస్కాంత క్షేత్రముతో సంధానించి డోలనం చెందు విద్యుదయస్కాంత తరంగములను అంతరాళంలో వెలువరించును. ఈ డోలనము చెందు విద్యుత్‌క్షేత్రము మరియు అయస్కాంతక్షేత్రము ఒక దానితోనొకటి లంబముగాను, విద్యుదయస్కాంత తరంగములు విస్తరించు దిశకు లంబముగా ఉండును.
- విద్యుదయస్కాంత తరంగములు తిర్యక్ తరంగములగును కాని అవి యాంత్రిక తరంగములు కావు. కాబట్టి అవి విస్తరించుటకు ఏ విధమైన యానకము అవసరములేదు.
- విద్యుదయస్కాంత తరంగముల విద్యుత్‌క్షేత్రము మరియు అయస్కాంత క్షేత్రము సదిశ యొక్క పరిమాణపు విలువ క్రింది విధముగా సంబంధం కలిగియున్నది $c = E/B$.
- విద్యుదయస్కాంత తరంగముల వ్యతికరణము, వివర్తనము మరియు ధృవణము చెందును.
- విద్యుదయస్కాంత తరంగములు అనునవి శక్తి మరియు ద్రవ్యవేగమును కాకుండా కోణీయ ద్రవ్య వేగమును తరలించును.
- వర్ణపటము రకములు : ఉద్గార వర్ణ పటము మరియు శోషణ వర్ణపటము.
- స్వయం ప్రకాశముల యొక్క మూలాధారముల నుండి ఉద్గార వర్ణపటము పొందవచ్చును. ఒక్కొక్క కాంతి మూలాధారము వాటి సొంత లక్షణములైన ఉద్గార వర్ణమాలను పొంది యున్నవి. ఉద్గార వర్ణపటములను మూడు రకములుగా విభజింపవచ్చును. అవిచ్ఛిన్న, రేఖీయ మరియు పట్టికా వర్ణపటములు.
- సూర్యుని నుండి లభించు వర్ణపటములను పరిశీలించినపుడు, దానిలో అధిక సంఖ్యలతో నల్లని రేఖలు (రేఖీయ శోషణ వర్ణపటము) కనబడును. సూర్యుని వర్ణపటములో కనబడు ఈ నల్లని రేఖలకు ఫ్రాన్‌హాఫర్ రేఖలు (line) అనిపేరు.

05_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_5.indd 301 23-03-2023 14:12:34



05_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_5.indd 302 23-03-2023 14:12:34

I సరియైన సమాధానమును ఎన్నుకొనుము

1. $\frac{1}{\mu_o \epsilon_o}$ యొక్క మితి

(అ) $[L\ T^{-1}]$ (ఆ) $[L^2\ T^{-2}]$

(ఇ) $[L^{-1}\ T]$ (ఈ) $[L^{-2}\ T^2]$

2. విద్యుదయస్కాంత తరంగము ఒకటిని అయస్కాంతక్షేత్రము యొక్క కంపన పరిమితి 3×10^{-6} T అయిన, దాని విద్యుత్‌క్షేత్రము యొక్క విలువ ఎంత?

(అ) 100 V m^{-1} (ఆ) 300 V m^{-1}

(ఇ) 600 V m^{-1} (ఈ) 900 V m^{-1}

3. ఏ విద్యుత్ అయస్కాంత తరంగమును ఉపయోగించి పొగమంచు (fog) ద్వారా వస్తువులను చూడవచ్చును?

(అ) సూక్ష్మతరంగము (ఆ) గామా కిరణములు

(ఇ) X- కిరణములు (ఈ) పరారుణ

4. విద్యుదయస్కాంత తరంగములను అనుసరించి క్రింది వచ్చు ఏవి తప్పైనవి?

(అ) తిర్యక్

(ఆ) యాంత్రిక తరంగములు కావు

(ఇ) అనుదైర్ఘ్య

(ఈ) తరంగములు చెందిన ఆవేశ కణములనుండి ఉత్పత్తి అగుచున్నవి.

5. ఊయల ఒకటి దానిలో వున్న ఆవేశ కణాలు వాటి సరాసరి బిందువును బట్టి 300 MHz కంపనముల డోలనముల చెందినది అనుకొనిన ఊయలవలన ఉత్పత్తి చేసిన విద్యుదయస్కాంత తరంగము యొక్క తరంగదైర్ఘ్యము విలువ

(అ) 1 m (ఆ) 10 m

(ఇ) 100 m (ఈ) 1000 m

6. విద్యుత్ క్షేత్రము మరియు అయస్కాంత క్షేత్రముతో చేర్చి విద్యుదయస్కాంత తరంగము ఒకటి ఋణాత్మక X అక్షపుదిశలో వ్యాపించును. క్రింది వచ్చు ఏ సమీకరణమును ఉపయోగించి ఆ విద్యుదయస్కాంత తరంగమును గుర్తించవచ్చును?

(అ) $\vec{E} = E_o \hat{i}$ మరియు $\vec{B} = B_o \hat{k}$

(ఆ) $\vec{E} = E_o \hat{k}$ మరియు $\vec{B} = B_o \hat{j}$

(ఇ) $\vec{E} = E_o \hat{i}$ మరియు $\vec{B} = B_o \hat{j}$

(ఈ) $\vec{E} = E_o \hat{j}$ మరియు $\vec{B} = B_o \hat{i}$

7. శూన్యప్రదేశములో పయనించు విద్యుదయస్కాంత తరంగము ఒకటిని విద్యుత్ క్షేత్రము యొక్క సరాసరి rms విలువ $3 Vm^{-1}$ అయిన అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క గరిష్ఠ విలువ (peak value) ఏమి?

(అ) 1.414×10^{-8} T (ఆ) 1.0×10^{-8} T

(ఇ) 2.828×10^{-8} T (ఈ) 2.0×10^{-8} T

8. $\vec{v} = v\hat{i}$ అను వేగముతో విద్యుదయస్కాంత తరంగము ఒక యానకములో ప్రయాణించు చున్నది. ఈ తరంగము మారుదశ విద్యుత్ క్షేత్రము $+y$ అక్షము యొక్క దిశలో వుండిన, దాని దశ అయస్కాంత క్షేత్రము _____ వుండును.

(అ) $-y$ దిశలో (ఆ) $-x$ దిశలో

(ఇ) $+z$ దిశలో (d) $-z$ దిశలో

9. అయస్కాంత ఏకధృవం (monopole) ఒకటి ఏర్పడును అని అనుకొనిన, వెనుక వచ్చు మాక్స్‌వెల్ సమీకరణములో ఏ సమీకరణము మార్చబడవలయును?

(a) $\oint_s \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{enclosed}}{\epsilon_o}$

(b) $\oint_s \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$

(c) $\oint_l \vec{B}.\vec{dl} = \mu_0 i_c + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \oint_s \vec{E}.\vec{dA}$

(d) $\oint_l \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt}\Phi_B$

05_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_5.indd 303 23-03-2023 14:12:37

10. ఫ్రాన్‌హాఫర్ రేఖలు (lines) ఏరకపు వర్ణపటమునకు ఉదాహరణము.
(అ) రేఖ ఉద్ఘారణ (ఆ) రేఖ శోషణ
(ఇ) పట్టికా ఉద్ఘారం (ఈ) పట్టికా శోషణ

11. క్రింది వాటిలో ఏది విద్యుదయస్కాంత తరంగమగును?
(అ) α - కిరణములు (ఆ) β - కిరణములు
(ఇ) γ - కిరణములు (ఈ) ఇవన్నియూ

12. క్రింది వాటిలో ఏది విద్యుదయస్కాంత తరంగమును ఏర్పరుచును?
(అ) త్వరణము చెందిన ఆవేశములు
(ఆ) స్థిరమైన దిశావేగముతో పోవు ఆవేశము
(ఇ) ఒక స్థిర ఆవేశము
(ఈ) ఆవేశములేని కణములు

13. ఒక సమతల విద్యుదయస్కాంత తరంగము యొక్క విద్యుత్ క్షేత్రము $E = E_0 \sin[10^6 x - \omega t]$ అయిన ω యొక్క విలువ ఏమి?
(అ) 0.3×10^{-14} rad s^{-1}
(ఆ) 3×10^{-14} rad s^{-1}
(ఇ) 0.3×10^{14} rad s^{-1}
(ఈ) 3×10^{14} rad s^{-1}

14. క్రింది వాటిలో విద్యుదయస్కాంత vతరంగములకు సత్యము కానిది.
(అ) ఇది శక్తిని తీసుకొని పోవును
(ఆ) ద్రవ్యవేగమును తీసుకొని పోవును
(ఇ) ఇది కోణీయ ద్రవ్యవేగమును తీసుకొని పోవును
(ఈ) శూన్యములో దాని యొక్క పౌనఃపున్యము ఆధారముగా వేర్వేరు వేగములో ప్రయాణించును

15. విద్యుదయస్కాంత తరంగము యొక్క విద్యుత్‌క్షేత్రము మరియు అయస్కాంతక్షేత్రములు
(అ) ఒకే దశలో (phase) యుండును మరియు ఒకదానికొకటి లంబముగా యుండును
(ఆ) ఒకే దశలో యుండవు, ఒకదానికొకటి లంబముగా లేదు
(ఇ) ఒకే దశలో (phase) యున్నది. ఇంకను ఒకదానికొకటి లంబముగా లేవు
(ఈ) ఒకే దశలో లేదు. ఇంకను ఒకదానికొకటి లంబముగా ఉండును

సమాధానములు

1) ఆ	**2)** ఈ	**3)** ఈ	**4)** ఇ	**5)** అ
6) ఆ	**7)** అ	**8)** ఇ	**9)** ఆ	**10)** ఆ
11) ఇ	**12)** అ	**13)** ఈ	**14)** ఈ	**15)** అ

II లఘు సమాధాన ప్రశ్నలు

1. స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహము అనగానేమి?
2. విద్యుత్ అయస్కాంత (electromagnetic) తరంగము అనగానేమి?
3. మార్పుచెందిన ఆంఫియర్ వలయ నియమము యొక్క సమాకలన (integral form) రూపంను వ్రాయుము.
4. అయస్కాంతత్వంలో వాయు నియమమును గురించి వ్రాయుము.
5. క్రింది వాటి ఉపయోగములు తెలుపుము. (i) పరారుణ కిరణములు (IR radiation)
(ii) సూక్ష్మతరంగము (Microwaves)
(iii) అతినీలలోహిత కిరణములు (UV radiation)
6. ఫ్రాన్‌హాఫర్ రేఖలు (lines) అనగానేమి? సూర్యునిలో ఉండు మూలకములను కనిబెట్టుటలో అవి ఏ విధముగా సహాయపడును?
7. ఆంఫియర్ మాక్స్‌వెల్ నియమమును గూర్చి వ్రాయుము?
8. విద్యుదయస్కాంత తరంగములు ఎందుకు యాంత్రిక తరంగాలు కావు.

III దీర్ఘ సమాధాన ప్రశ్నలు

1. మాక్స్‌వెల్ సమీకరణములను సమాకలన రూపంలో (integral form వ్రాయుము.
2. క్రింది వాటిని క్లుప్తముగా వ్రాయుము.
(అ) సూక్ష్మతరంగములు (ఆ) X- కిరణములు
(ఇ) రేడియో కిరణములు (ఈ) దృశ్యకాంతి వర్ణపటం

05_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_5.indd 304 23-03-2023 14:12:37

3. హెర్ట్జ్ (Hertz) ప్రయోగమును చర్చించుము.
4. ఆంఫియర్ వలయనియమములో మాక్స్‌వెల్ చేసిన మార్పును గురించి వ్రాయుము.
5. మాక్స్‌వెల్ సవరణ (correction) యొక్క ప్రాముఖ్యతను తెలుపుము.
6. విద్యుదయస్కాంత తరంగముల యొక్క ధర్మములను తెల్పుము.
7. విద్యుదయస్కాంత తరంగముల మూలాధారమును గురించి తెలుపుము.
8. ఉద్ఘార వర్ణపటం యొక్క రకములను వివరింపుము.
9. శోషణ వర్ణపటం యొక్క రకములను వివరింపుము.

IV సమస్యలు

1. దగ్గరగా విభజించి వుంచియున్న సమాంతర సంధాన సంక్షేపిని తీసుకొనుము. పలకల వ్యాసార్ధము R అనియు రెండు పలకలు సంధానించు మార్గము గుండా ప్రసరించు విద్యుత్ 5A. అనియు పలకల మార్గము గుండా ఒక ప్రమాణకాలములో మార్పుచెందు విద్యుత్ క్షేత్ర అభివాహం ప్రత్యక్షముగా కనుగొని దాని ద్వారా సమాంతర సంధాన విద్యుత్ సంక్షేపి ఫలకల మధ్యవున్న తక్కువ సమయంలో పలకల గుండా ప్రసరించు స్థానభ్రంశ విద్యుత్‌ను కనుగొనుము?.

జవాబు: $I_d = I_c = 5$ A

2. ఒక ప్రేరకము యొక్క LC వలయములో వున్న విద్యుత్ ప్రేరణ విలువ 1 μH మరియు విద్యుత్ సంక్షేపి విలువ 1 μF అగును. ఈ ప్రేరకము ఉద్ఘారించే విద్యుత్ అయస్కాంత తరంగాలు తరంగ దైర్ఘ్యము ఎంత?

జవాబు: 18.84×10^2 m

3. 10^{-6} s కాల సమయములో కాంతి పల్స్ (pulse of light) ప్రారంభములో నిశ్చల స్థితిలో వున్న చిన్న వస్తువుచే పూర్తిగా శోషించుకొనును. కాంతి పల్స్ సామర్థ్యము 60×10^{-3} W అయినచో ఆ చిన్న వస్తువు యొక్క తుది ద్రవ్యవేగమును కనుగొనుము.

జవాబు: 20×10^{-17} kg m s^{-1}

4. x -అక్షదిశలో పయనించు విద్యుదయస్కాంత తరంగము ఒకటిని తీసుకొనుము. y -అక్షదిశలో ప్రయోగించిన అయస్కాంత క్షేత్ర తరంగాల యొక్క పౌనఃపున్యము 10^{10} Hz మరియు దాని కంపనపరిమితి 10^{-5} T వున్న, విద్యుదయస్కాంత తరంగము యొక్క తరంగ దైర్ఘ్యమును కనుగొనుము. ఇంకనూ సందర్భములో ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రపు సమీకరణమును వ్రాయుము.

జవాబు: $\lambda = 3 \times 10^{-2}$ m మరియు

$\vec{E}(x,t) = 3\times10^3 \sin\left(2.09\times10^2 x - 6.28\times10^{10} t\right)\left(-\hat{k}\right)\text{NC}^{-1}$

5. ఒక యానకము యొక్క సాపేక్ష ప్రవేశ్యశీలత μr మరియు సాపేక్ష అనుమతి (పెర్మిటివిటి) క్రమముగా 1.0 మరియు 2.25 అయిన, ఈ యానకములో విద్యుదయస్కాంత తరంగాల వేగమును కనుగొనుము.

జవాబు: $v = 2 \times 10^8$ m s^{-1}

పరిశీలనా గ్రంథాలు (BOOKS FOR REFERENCE):

1. H. C. Verma, *Concepts of Physics – Volume 2*, Bharati Bhawan Publisher.
2. Halliday, Resnick and Walker, *Fundamentals of Physics*, Wiley Publishers, 10th edition.
3. Serway and Jewett, *Physics for scientist and engineers with modern physics*, Brook/Coole publishers, Eighth edition.
4. David J. Griffiths, *Introduction to electrodynamics*, Pearson publishers.
5. Paul Tipler and Gene Mosca, *Physics for scientist and engineers with modern physics*, Sixth edition, W.H.Freeman and Company.

05_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_5.indd 305 23-03-2023 14:12:37

అంతర్జాల కృత్యము

విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు

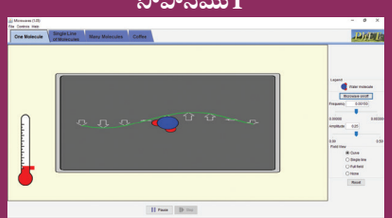
క్రింది కృత్యము ద్వారా మీరు సూక్ష్మతరంగాలు (మైక్రోవేవ్) ఆహారమును ఎలా వేడిచేస్తుందని తెలుసుకొంటారు.

సూక్ష్మతరంగాల (మైక్రోవేవ్స్) భౌతికశాస్త్రం మరియు ఆహారమును వేడిచేయుట

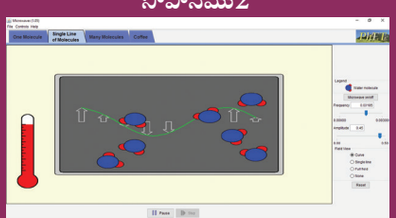
సోపానములు:

- బ్రౌజర్‌ను ఓపెన్ చేసి అడ్రసు బార్ నందు “phet.colorado.edu/en/simulation/microwaves” ను టైపు చేయుము.
- ‘one molecule’ tab ఎన్నుకొనుము. కుడి వైపు ‘control panel’ పై గల button ను ఉపయోగించి సూక్ష్మతరంగాలను “ఆన్” చేయుము. సూక్ష్మతరంగాలు ఆహారములో గల నీటి అణువులపై వెలువరుచు ఒత్తిడి యొక్క బలం (force) మరియు దిశను బాణపు గుర్తులు వ్యక్తపరుచును. ఈ ఒత్తిడికి నీటి అణువుల ప్రతిచర్యను గమనించుము.
- నీటి అణువులను భ్రమింప (rotate) చేయుట ద్వారా సూక్ష్మతరంగాలు ఎలా ఆహారమును వేడిచేయుచున్నదో గమనించుము.
- సూక్ష్మతరంగాల యొక్క కంపన పరిమితి మరియు పౌనఃపున్యములను మార్చుట ద్వారా నీటి అణువులు ఎంత వేగంగా భ్రమించుచున్నదో చర్చించుము.

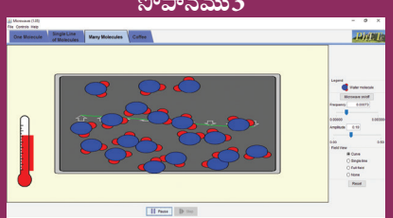
సోపానము1



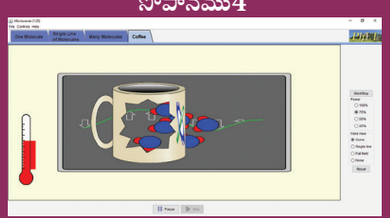
సోపానము2



సోపానము3



సోపానము4



వంట చేయుటకు పట్టు కాలముతో అణువుల యొక్క దిశావేగమునకు గల సంబంధమును చర్చించుము.

గమనిక:

మీ system లో Java app, లేనిచో దానిని Install చేసుకొనుము. మీరు అన్ని phet simulation మరియు work ను off line లో https://phet.colorado.edu/en/offline-access. ద్వారా డౌన్‌లోడ్ చేసుకోవచ్చును.

URL: https://phet.colorado.edu/en/simulation/microwaves

PSN8H

* పటములు సూచన కొరకు మాత్రమే.

* పేజీ తెరచుకొనుటకు బ్రౌజర్‌కు ఫ్లాష్‌ప్లేయర్ లేదా జావా స్క్రిప్ట్ అవసరమైనచో, వాటిని అనుమతించుము.

05_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Unit_5.indd 306 23-03-2023 14:12:38

పన్నెండవ తరగతి
Higher Secondary Second Year

భౌతికశాస్త్రము
PHYSICS

ప్రయోగ దీపిక
PRACTICAL

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 307 23-03-2023 14:16:23

ప్రయోగాల జాబితా (LIST OF EXPERIMENTS)

1. మీటర్ బ్రిడ్జిని ఉపయోగించి తీగచుట్ట తయారు చేయబడిన పదార్థం యొక్క విశిష్ట నిరోధమును కనుగొనుట.
2. టాంజెంట్ గాల్వనా మీటర్‌ను ఉపయోగించి భూఅయస్కాంతక్షేత్రం యొక్క క్షితిజ సమాంతర అంశమును కనుగొనుట.
3. శక్మ మాపకము (పొటెన్షియో మీటరు)ని ఉయోగించి ఇవ్వబడిన రెండు ఘటముల యొక్క (వి.చా.బ.) లని పోల్చుట.
4. వర్ణపటమానిని ఉపయోగించి ఇవ్వబడిన పట్టకము యొక్క పట్టక కోణము, కనిష్ఠ విచలన కోణము మరియు పట్టక పదార్థ వక్రీభవన గుణకమును కనుగొనుట.
5. వివర్తన గ్రేటింగ్ మరియు వర్ణపటమానిని (స్పెక్ట్రోమీటరు)ను ఉపయోగించి తెల్లని కాంతి యందలి వివిధ రంగుల తరంగధైర్ఘ్యమును కనుగొనుట.
6. ఒక **PN** జంక్షన్ డయోడ్ యొక్క ఓల్టేజి – విద్యుత్ ప్రవాహ లక్షణములను పరిశోధించుట.
7. జెనార్ డయోడ్ యొక్క ఓల్టేజి – విద్యుత్ ప్రవాహ లక్షణములను పరిశోధించుట.
8. ఉమ్మడి ఉద్గార అమరికలో**(NPN)** సంధి ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క లక్షణములను పరిశోధించుట.
9. సమీకృత వలయం ఉపయోగించి తర్క ద్వారం (**LOGIC GATES**) యొక్క సత్య పట్టిక సరిచూచుట
10. ఢీమోర్గాన్ సిద్ధాంతములను సరిచూచుట

W6CV8

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 308 23-03-2023 14:16:23

1. మీటర్ బ్రిడ్జిని ఉపయోగించి తీగచుట్ట తయారు చేయబడిన పదార్థం యొక్క విశిష్ట నిరోధమును కనుగొనుట.

ఉద్దేశ్యము మీటర్ బ్రిడ్జిని ఉపయోగించి తీగచుట్ట తయారు చేయబడిన పదార్థం యొక్క విశిష్ట నిరోధమును కనుగొనుట.

కావలసిన పరికరాలు మీటర్ బ్రిడ్జి, గాల్వనా మీటరు, కీ, నిరోధకపు పెట్టె, అనుసంధానపు తీగలు, లెక్లాంచీ ఘటము, జాకీ మరియు అధిక నిరోధకపు పెట్టె.

సూత్రము

$$\rho = \frac{X\pi r^2}{L} \ (\Omega m)$$

ఇక్కడ, $\rho \rightarrow$ ఇవ్వబడిన తీగచుట్ట యొక్క విశిష్ట నిరోధము (Ωm)

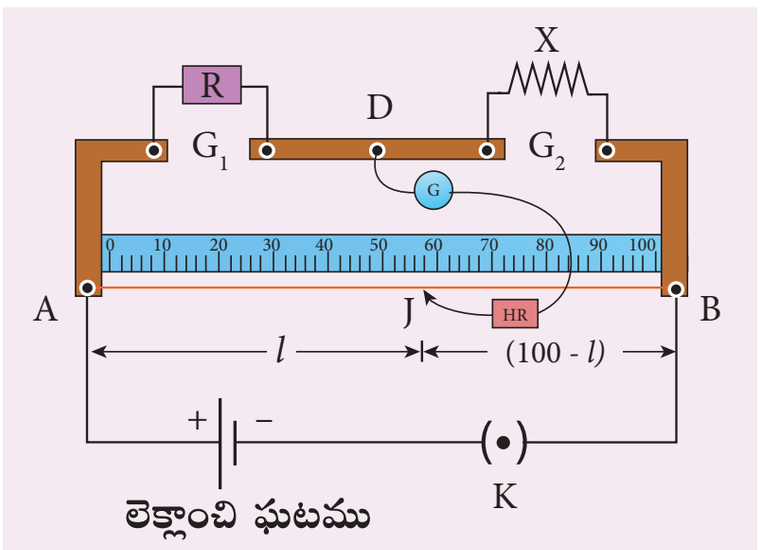
$X \rightarrow$ ఇవ్వబడిన తీగచుట్ట యొక్క నిరోధము (Ω)

$R \rightarrow$ తెలిసిన నిరోధము (Ω)

$L \rightarrow$ తీగ చుట్ట పొడవు (m)

$r \rightarrow$ తీగ వ్యాసార్ధము (m)

విద్యుత్ వలయ పటము



ప్రయోగ పద్ధతి

- ఎడమ వైపు ఖాళీలో నిరోధకపు పెట్టె R ను మరియు కుడి వైపు ఖాళీలో తెలియని నిరోధకము X ను అనుసంధానించవలెను.
- 1m పొడవు గల తీగ మధ్యలో లెక్లాంచి ఘటమును కీ ద్వారా అనుసంధానించవలెను.
- సున్నితపు గాల్వనా మీటర్ G అనునది మధ్య పలక మరియు జాకీ ద్వారా అధిక నిరోధముతో (HR) అనుసంధానించబడి ఉండును.
- నిరోధక పెట్టెలో తగిన నిరోధమును ఎన్నుకొని, విద్యుత్ వలయము స్విచ్ ఆన్ చేయవలెను.
- విద్యుత్ వలయ సంధానములను సరి చూచుటకు తీగ ఒక చివర A వద్ద జాకీ నొక్కబడును. గాల్వనామీటరు సూచి ఒక దిశలో అపవర్తనం చెందును. తీగ మరొక చివర B వద్ద జాకీని నొక్కినప్పుడు గాల్వనా మీటరు సూచి వ్యతిరేక దిశలో అపవర్తనం చెందును. విద్యుత్ వలయములోని అనుసంధానములో సరిగ్గా ఉన్నవని నిర్ధారించును.

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 309 23-03-2023 14:16:25

- జాకీని తీగ మీద జరిపినప్పుడు, గాల్వనా మీటరు అనునది శూన్య అపవర్తనం చూపించినప్పుడు తీగ మీద బిందువు సంతులన బిందువు J ని సూచించును.
- సంతులన పొడవు $AJ = l$ గుర్తించ బడినది.
- $X_1 = \frac{R(100-l)}{l}$. సూత్రమును ఉపయోగించి తెలియని నిరోధము X_1 కనుగొనబడినది.
- వివిధ విలువలు R కి ఈ ప్రయోగము పలు సార్లు చేయవలెను.
- R మరియు X లను మార్పు చేసి ప్రయోగమును మరలా చేయవలెను.
- $X_2 = \frac{Rl}{(100-l)}$. అను సూత్రమును ఉపయోగించి నిరోధము విలువ X_2 కనుగొనబడినది.
- అదే R విలువలకు ప్రయోగం పునరావృతం చేయవలెను.
- X_1 మరియు X_2 ల యొక్క సరాసరి విలువ నుండి ఇవ్వబడిన తీగ చుట్ట యొక్క నిరోధము కనుగొనబడినది.
- స్క్రూగేజీని ఉపయోగించి తీగచుట్ట యొక్క వ్యాసార్ధము r ను కనుగొనబడినది.
- మీటర్ స్కేల్ ఉపయోగించి తీగచుట్ట యొక్క పొడవు L ను కొలవబడినది.
- X, r మరియు L విలువల నుండి తీగచుట్ట తయారు చేయబడిన పదార్థం యొక్క విశిష్ట నిరోధమును నిర్ణయించవచ్చు.

పరిశీలనలు

తీగచుట్ట పొడవు, L = _____ సెం.మీ.

పట్టిక 1 ఇవ్వబడిన తీగచుట్ట నిరోధమును కనుగొనుట.

వ.సం.	నిరోధము R (Ω)	స్థానం మార్చుక ముందు		స్థానం మార్చిన తర్వాత		సరాసరి $X = \frac{X_1 + X_2}{2}$ (Ω)
		సంతులన పొడవు l (సెం.మీ)	$X_1 = \frac{R(100-l)}{l}$ (Ω)	సంతులన పొడవు l (సెం.మీ)	$X_2 = \frac{Rl}{(100-l)}$ (Ω)	
1						
2						
3						

సరాసరి నిరోధము, X = ----------Ω

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 310 23-03-2023 14:16:33

పట్టిక 2 తీగ వ్యాసార్ధమును కనుగొనుట

శూన్యాంశ దోషము =

శూన్యాంశ సవరణ = (కనీసపు కొలత) LC = 0.01 మి.మీ

వ.సం	PSR (ప్ర.స్కేలు కొలత) (మి.మీ)	HSC (విభాగములు)	మొత్తం కొలత = PSR + (HSC × LC) (మి.మీ)	నిజ కొలత (సవరించి) = TR ± ZC న (మి.మీ)
1				
2				
3				
4				
5				
6				

సరాసరి వ్యాసం 2r = _____ మి.మీ

తీగ వ్యాసార్ధం r = _____ మి.మీ

r = _____ మీ

లెక్కించుట

(i) $\rho = \frac{X\pi r^2}{L}$ =

ఫలితము

ఇవ్వబడిన తీగచుట్ట తయారు చేయబడిన పదార్థం యొక్క విశిష్ట నిరోధము = _____(Ωమీ)

గమనిక:

i) విద్యుత్ వలయ సంధానములను సరిచూచుట:
మీటర్ బ్రిడ్జి తీగపై ఒక చివర A వద్ద జాకీతో తాకినప్పుడు గాల్వనా మీటరు ఏదేని ఒక దిశలో అపవర్తనమును సూచించును. ఇప్పుడు మరొక చివర (కొన B)ని తాకినప్పుడు, గాల్వనా మీటరు వ్యతిరేక దిశలో అపవర్తనమును సూచించును, అప్పుడు విద్యుత్ వలయ సంధానములు సరి అని చెప్పవచ్చును.

ii) అధిక నిరోధము (HR) యొక్క ఉపయోగములు:
గాల్వనా మీటరు అనునది ఒక అధిక సున్నితత్వం కలిగిన పరికరము. గాల్వనా మీటరు గుండా అధిక విద్యుత్ ప్రవహించినప్పుడు దీనిలోని తీగచుట్ట దెబ్బతినును. అందువలన గాల్వనా మీటరును రక్షించడానికి అధిక నిరోధము (HR) ఉపయోగించబడుతుంది. HR ని గాల్వనా మీటరుకు శ్రేణిలో కలిపినప్పుడు, దీని గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహము తగ్గును. కావున గాల్వనా మీటరు రక్షించబడును. కానీ సంతులన పొడవు ఖచ్చితముగా ఉండదు.

iii) ఖచ్చితమైన తీగ పొడవును కొలుచుట:
మొదట అధిక నిరోధము (HR) ను విద్యుత్ వలయమునకు అనుసంధానించవలెను (అనగా HR లోని ప్లగ్ కీని తీసివేయవలెను) సుమారు సంతులన పొడవు కనుగొనబడును. ఇప్పుడు HR ను విద్యుత్ వలయము నుండి తొలగించిన (అనగా, HR లోని ప్లగ్ కీని మూసి ఉంచిన) , మనకు ఖచ్చితమైన సంతులన పొడవు లభించును.

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 311 23-03-2023 14:16:33

2. టాంజెంట్ గాల్వనా మీటర్‌ను ఉపయోగించి భూఅయస్కాంతక్షేత్రం యొక్క క్షితిజ సమాంతర అంశమును కనుగొనుట.

ఉద్దేశ్యము

టాన్‌జెంట్ గాల్వనా మీటర్‌ను ఉపయోగించి భూఅయస్కాంతక్షేత్రం యొక్క క్షితిజ సమాంతర అంశమును కనుగొనుట.

కావలసిన పరికరాలు

టాంజెంట్ గాల్వనా మీటరు (TG) దిక్పరివర్తకము, రియోస్టార్ట్, అమ్మీటరు, కీ మరియు అనుసంధాన తీగలు.

సూత్రము

$$B_H = \frac{\mu_0 nk}{2r} \text{ (టెస్లా)}$$

$$k = \frac{I}{\tan\theta} \text{ (ఆంపియర్ A)}$$

ఇక్కడ, B_H → భూ అయస్కాంత క్షేత్రం యొక్క క్షితిజ సమాంతర అంశము (T)

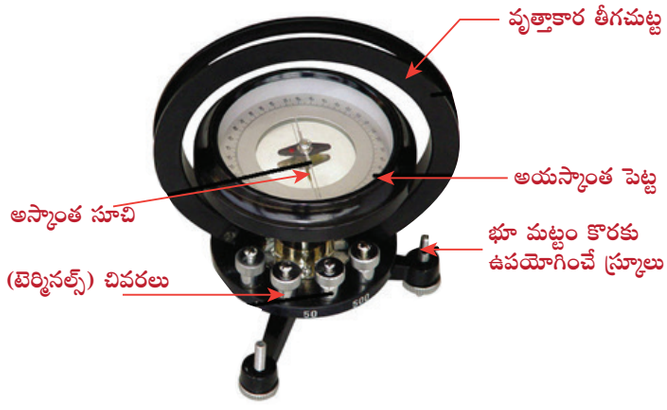
μ_0 → శూన్యప్రదేశములో (free space) ప్రవేశ శీలత ($4\pi \times 10^{-7}$ H m^{-1})

n → విద్యుత్ వలయంలో సంబంధింపడి ఉన్న TG యొక్క చుట్ల సంఖ్య (ప్రమాణము లేదు)

k → TG క్షయీకరణ కారకం (A)

r → తీగ చుట్ట వ్యాసార్ధము (m)

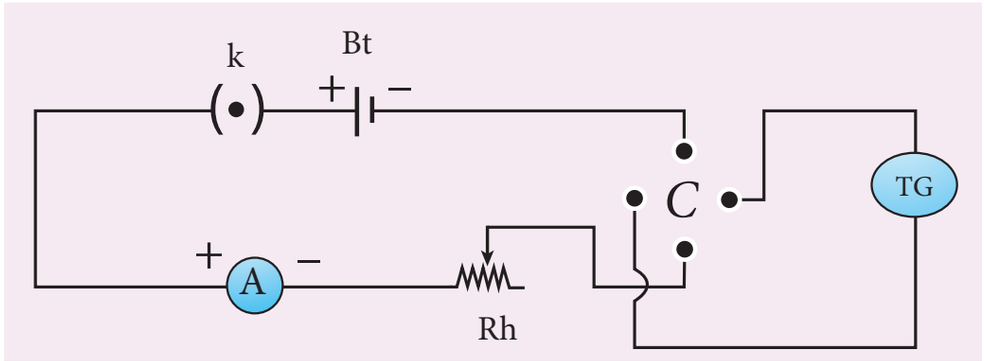
విద్యుత్ వలయ పటము



పటము (అ) టాంజెంట్ గాల్వనో మీటరు



పటము (ఆ) చుట్లసంఖ్య



పటము (ఇ) విద్యుత్ వలయ పటము

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 312 23-03-2023 14:16:35

ప్రయోగ పద్ధతి

- TG యొక్క ప్రాథమిక సర్దుబాట్లు క్రింది విధంగా ఉంటాయి.
  (అ) TG కి క్రింది భాగము (ఆధారము) లో గల మట్టము చేయబడు స్క్రూలను సర్దుబాటు చేయడం వల్ల, వృత్తాకార తీగ చుట్ట మేజాకు సమాంతరముగాను మరియు వృత్తాకార తీగచుట్ట యొక్క సమతలమునకు లంబము గాను ఉంటుంది.
  (ఆ) వృత్తాకార తీగ చుట్టను త్రిప్పడం వలన దీని సమతలము అయస్కాంత ధృవ రేఖ (magnetic meridian) వద్ద ఉండును. అనగా ఉత్తర దక్షిణ దిక్కులలో ఉండును.
  (ఇ) అయస్కాంత దిక్సూచి పెట్టెను మాత్రము త్రిప్పి, అల్యూమినియం సూచి $0^\circ - 0^\circ$ సూచించునట్లు చేయవలెను.
- పటము(ఇ) లో సూచించిన విధంగా సంధానములు ఇవ్వబడివున్నవి. (కలుపబడి ఉన్నవి).
- తీగచుట్టలోని చుట్ల సంఖ్య n ని ఎంచుకొని విద్యుత్ వలయమును స్విచ్ ఆన్ చేయవలెను.
- అల్యూమినియం సూచి $30^\circ - 60^\circ$ మధ్యలో ఉండునట్లు, TG గుండా పోవు విద్యుత్ ప్రవాహ అవధి (పరిధి) (current range) ని ఎంచుకొన వలెను.
- తగిన విద్యుత్ ప్రవాహమును విద్యుత్ వలయంలో ప్రవహింపజేసి, అల్యూమినియం సూచి యొక్క రెండు చివరల వద్ద గల ఆవర్తనములు θ_1 మరియు θ_2 లను గుర్తించ వలెను.
- దిక్పరివర్తకం (కామ్యుటేటర్) C ని ఉపయోగించి విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను మార్చి వ్యతిరేక దిశలో ఏర్పడు అపవర్తనములు θ_3 మరియు θ_4 లను గుర్తించవలెను.
- $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ మరియు θ_4 ల సరాసరి విలువ θ ను లెక్కించి పట్టికలో నమోదు చేయవలెను.
- ప్రతి సందర్భంలోనూ క్షయీకరణ (తగ్గింపు) కారకం k లెక్కించవలెను మరియు దీని నుండి k స్థిరాంకము అని కనుగొనవచ్చును.
- వివిధ విద్యుత్ ప్రవాహ విలువలకు ప్రయోగాన్ని మరల మరల చేసి విలువలను పట్టికలో పొందు పరచవలెను.
- తీగ చుట్ట చుట్టూ దారమును చుట్టి, దాని చుట్టుకొలతను (పరిధి) కొలవడం ద్వారా వృత్తాకార తీగచుట్ట వ్యాసార్ధమును కనుగొనవచ్చును.
- r, n మరియు k విలువలను ఉపయోగించి భూ అయస్కాంత క్షేత్రం యొక్క క్షితిజ సమాంతర అంశం విలువ నిర్ణయించబడుతుంది.

దిక్పరివర్తకం (కామ్యుటేటర్):



దిక్పరివర్తకం అనునది విద్యుత్ వలయములో విద్యుత్ మోటార్లు మరియు విద్యుత్ జనరేటర్ (జనని)లలో ఉపయోగించు ఒక రకపు కీ అగును. దీనిని విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను మార్చుటకు ఉపయోగించెదరు.

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 313 23-03-2023 14:16:36

పరిశీలనలు

తీగ చుట్టలోని చుట్ల సంఖ్య n =

తీగచుట్ట చుట్టుకొలత (పరిధి)($2\pi r$) =

తీగచుట్ట వ్యాసార్ధము r =

వ.సం.	విద్యుత్ ప్రవాహం I (A)	TG లోని అపవర్తనములు (డిగ్రీ)				సరాసరి θ (డిగ్రీ)	$k=\frac{I}{\tan\theta}$
		θ_1	θ_2	θ_3	θ_4		
1							
2							
3							
4							
						సరాసరి	

లెక్కించుట

$$B_H = \frac{\mu_0 n k}{2r} =$$

ఫలితము

భూ అయస్కాంత క్షేత్రం యొక్క క్షితిజ సమాంతర అంశం విలువ _____ టెస్లా

గమనిక:

i) TG కి ప్రక్కన ఉన్న అయస్కాంత పదార్థములు మరియు అయస్కాంతములను తీసి వేయవలెను.

ii) అల్యూమినియం సూచికి చివర్ల ఉండు విలువలను (రీడింగులను) పారలాక్సీ దోషం (దృష్టి దోషం) లేకుండా తీసుకొనవలెను.

iii) TG యొక్క అనువర్తనాలు 30° మరియు 60° మధ్య పరిమితం చేయబడి ఉండును. ఎందుకనగా ఈ TG 45^0ల వద్ద ఎక్కువ సున్నితత్వం కలిగి ఉండును. 0° మరియు 90° ల మధ్య తక్కువ సున్నితత్వం కలిగి ఉండును.

$$I = k \tan\theta$$

లేదా $dI = k \sec^2\theta \, d\theta$

$$\frac{d\theta}{dI} = \frac{\sin 2\theta}{2I}$$

ఇవ్వబడిన విద్యుత్ ప్రవాహమునకు $\sin 2\theta = 1$ లేదా $\theta = 45°$ అయిన, సున్నితత్వము $\frac{d\theta}{dI}$ అత్యధికము అనునది (గరిష్టము) అగును.

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 314 23-03-2023 14:16:39

3. శక్మ మాపకము (పొటెన్షియో మీటరు)ని ఉయోగించి ఇవ్వబడిన రెండు ఘటముల యొక్క (వి.చా.బ.) లని పోల్చుట.

ఉద్దేశ్యము శక్మ మాపకమును ఉపయోగించి ఇవ్వబడిన రెండు ఘటముల యొక్క వి.చా.బ. లని పోల్చుట.

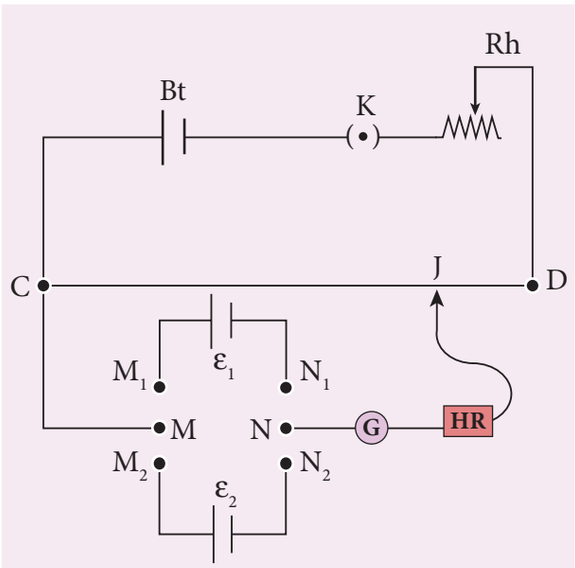
కావలసిన పరికరాలు శక్మ మాపకము, బ్యాటరీ, కీ, రియోస్టార్ట్, గాల్వనా మీటరు, అధిక నిరోధకము పెట్టె, DPDT స్విచ్, లెక్లాంచి, డేనియల్ ఘటాలు, పెన్సిల్ జాకీ మరియు అనుసంధానపు తీగలు.

సూత్రము $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{l_1}{l_2}$ (ప్రమాణము లేదు)

ఇక్కడ ε_1 మరియు ε_2 అనునవి వరుసగా లెక్లాంచి మరియు డేనియల్ ఘటాల యొక్క వి.చా.బ. అగును. (V)

l_1 మరియు l_2 అనునవి వరుసగా లెక్లాంచి మరియు డేనియల్ ఘటాల యొక్క సంతులన పొడవులు అగును (cm).

విద్యుత్ వలయ పటము



ప్రయోగపద్ధతి

- పై విద్యుత్ వలయ పటములో చూపిన విధముగా పరికరములను అనుసంధానించవలెను.
- బ్యాటరీ, కీ మరియు రియోస్టాట్ పొటెన్షియో మీటర్‌ను శ్రేణిలో అనుసంధానించబడి ఉండుటను ప్రాథమిక వలయము సూచించును.
- DPDT స్విచ్ యొక్క M_1 & M_2 కొనలు ఘటము యొక్క ధనాత్మక ధ్రువములకు N_1 & N_2 కొనలు ఘటము యొక్క ఋణాత్మక ధ్రువములకు కలుపబడి ఉండును M & N సాధారణ చివరలకి పొటెన్షియోమీటర్ అనుసంధానించబడి ఉండును.
- DPDT ద్వి మార్గ కీ (two-way key)ని ఉపయోగించి లెక్లాంచి ఘటమును విద్యుత్ వలయములో ఇముడ్చు (అనుసందానింప) వలెను. శక్మ మాపకపు తీగపై జాకీని జరిపి, సంతులన పొడవును కనుగొనవలెను.
- ఇదే విధముగా వలయములో డేనియల్ ఘటమును అనుసంధానించి సంతులన పొడవులను కనుగొన వలెను.
- రియోస్టాట్ సర్దుబాటు చేసి ప్రయోగాన్ని పలుమార్లు చేసి సంతులన పొడవులను నమోదు చేయవలెను.

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 315 23-03-2023 14:16:40

- ప్రతి (ఒక్కక్క) l_1 మరియు l_2 విలువల నుండి రెండు ఘటముల వి.చా.బ. నిష్పత్తులు కనుగొనవలెను.

పరిశీలనలు

పట్టిక: రెండు ఘటముల యొక్క విచాబ నిష్పత్తులను లెక్కించుట.

వ.సం.	లెక్లాంచి ఘటము నకు సంతులన పొడవు l_1 (సెం.మీ.)	డేనియల్ ఘటమునకు సంతులన పొడవు l_2 (సెం.మీ.)	$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{l_1}{l_2}$
1			
2			
3			
4			
5			

సరాసరి $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} =$

లెక్కించుట

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{l_1}{l_2}$$

ఫలితము:

ఇవ్వబడిన రెండు ఘటముల వి.చా.బ నిష్పత్తి = _____ (ప్రమాణము లేదు)

గమనిక:

DPDT స్విచ్



ద్వి ధృవముల ద్వి మార్గముల కీ (Double Pole Double Throw (DPDT)) అనునది సామాన్య కొనలు M మరియు N లకి అనుసంధానింపబడి ఉన్న లాగు స్విచ్ (throw switch metal handle) తో కూడిన 6-కొనలను కలిగిన కీ అగును. ఇవ్వబడిన రెండు ఘటములు M_1 & M_2 మరియు N_1 & N_2 అను జంట కొనలకి అనుసంధానించబడి ఉండును. హ్యాండీల్‌ను M_1 & M_2 కొనల వైపు నెట్టినప్పుడు ఆ చివరలకి అనుసంధానించబడి ఉన్న విద్యుత్ వలయము ప్రాథమిక వలయంలో చేర్చబడును.

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 316 23-03-2023 14:16:40

4. పట్టక పదార్థం యొక్క వక్రీభవన గుణకము

ఉద్దేశ్యం

స్పెక్ట్రోమీటరునని ఉపయోగించి పట్టక పదార్థం యొక్క వక్రీభవన గుణకమును కనుగొనుట.

కావలసిన పరికరాలు

స్పెక్ట్రోమీటరు, గాజు పట్టకం, పట్టక క్లాంప్, సోడియం భాష్ప దీపం, సారా మట్టము

సూత్రము

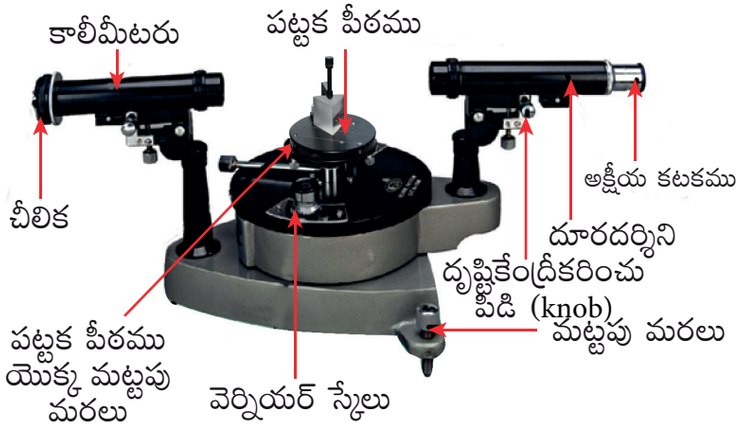
$$\mu = \frac{\sin\left(\frac{A+D}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)} \quad \text{(ప్రమాణము లేదు)}$$

ఇక్కడ, $\mu \rightarrow$ పట్టక పదార్థము యొక్క వక్రీభవన గుణకము (ప్రమాణము లేదు)

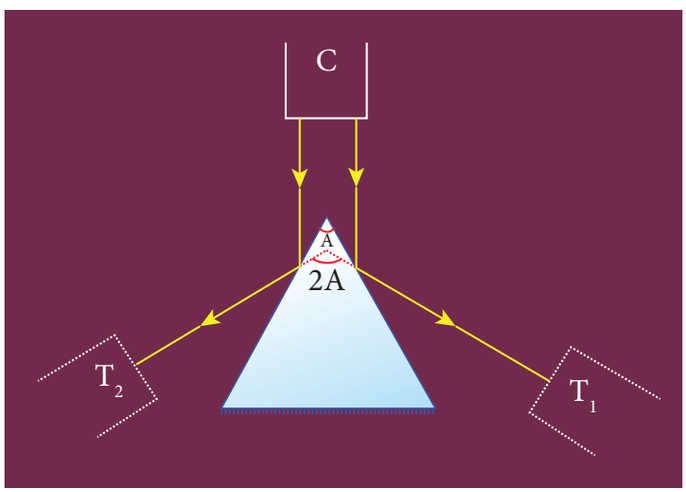
$A \rightarrow$ పట్టక కోణము (డిగ్రీ)

$D \rightarrow$ కనిష్ఠ విచలన కోణము (డిగ్రీ)

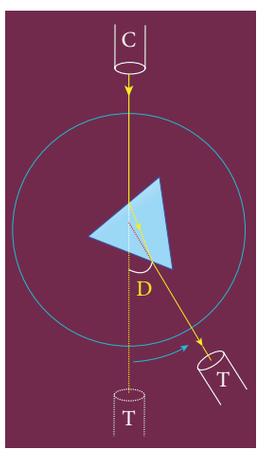
పటము



పటము (అ) పట్టక కోణము



పటము (ఆ) పట్టక కోణము



పటము (ఇ) కనిష్ఠ విచలన కోణము

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 317 23-03-2023 14:16:43

ప్రయోగ విధానము

1) వర్ణపట మాపనిలో ప్రాథమికంగా చేయవలసిన సవరణలు

- అక్షి కటకము (Eye-piece): టెలిస్కోపు (దూరదర్శిని)లోని అక్షి కటకము (కంటి భాగము) ను సర్దుబాటు చేయడం ద్వారా నిలువు అడ్డు తీగలని స్పష్టముగా చూడవచ్చును.
- చీలిక (Slit) : కాలీమీటరు యొక్క చీలికని సర్దుబాటు చేయడం ద్వారా ఇది చాలా సన్నగా (పలుచగా) మరియు నిలువుగా యుండును.
- స్పెక్ట్రోమీటరు యొక్క ఆధారము : మట్టపు స్క్రూ (మర)లను ఉపయోగించి స్పెక్ట్రోమీటరు యొక్క ఆధారము క్షితిజ సమాంతరముగా ఉండునట్లు సర్దుబాటు చేయవలెను.
- దూరదర్శిని: దూరములో ఉన్న వస్తువు వైపు దూరదర్శినిని త్రిప్పి ఉంచాలి మరియు దూరములో ఉన్న వస్తువు యొక్క తలక్రిందులైన ప్రతిబింబము కనిపించు నంత వరకు సర్దుబాటు చేయవలెను. సమాంతర కిరణములను గ్రహించునట్లు దూరదర్శినిని సర్దుబాటు చేయబడినది.
- కాలీమీటరు: కాలిమీటరు దూరదర్శని ఒకేరేఖలో వచ్చునట్లు అమర్చవలెను. చీలిక యొక్క స్పష్టమైన ప్రతిబింబము దూరదర్శినిలో కనిపించునంత వరకు కాలీమీటరును సర్దుబాటు చేయవలెను. ఇప్పుడు కాలీమీటరు సమాంతర కిరణములను ఇచ్చును.
- పట్టక పీఠము : సారా మట్టమును ఉపయోగించి, పట్టక పీఠములో ఇవ్వబడిన మట్టపు మర (స్క్రూ)లతో పట్టక పీఠమును సమాంతరముగా ఉండునట్లు సర్దుబాటు చేయవలెను.

2) పట్టక కోణము **(A)** కనుగొనుట

- సోడియం భాష్ప దీపము నుండి వెలువడు పసుపు రంగు కాంతి చేత చీలిక అనునది ప్రకాశవంతం చేయబడును.
- పట్టకము యొక్క వక్రీభవన అంచు (edge) కాలీమీటరు వైపు ఉండునట్లు ఇవ్వబడిన సమభుజ పట్టకమును పట్టక పీఠము మీద అమర్చవలెను.
- కాలీమీటరు నుండి వచ్చు కాంతి కిరణములు పట్టకము యొక్క రెండు పరావర్తన తలముల మీద పతనమై పరావర్తనము చెందును.
- పట్టకము యొక్క 1వ తలము నుండి పొందు చీలిక యొక్క పరావర్తన ప్రతిబింబమును పొందుటకు దూరదర్శినిని ఎడమవైపునకు త్రిప్పి, స్థిరముగా ఉంచవలెను.
- టాన్‌జెన్షియల్ మరలని ఉపయోగించి, దూరదర్శినిలోని నిలువు తీగకు, చీలిక యొక్క పరావర్తన ప్రతిబింబము ఏకీభవించునట్లు దూరదర్శినిని సర్దుబాటు చేయవలెను.
- రెండు వెర్నియర్ స్కేలు నుండి, ప్రధాన స్కేలు రీడింగు మరియు వెర్నియర్ ఏకీభవించిన స్థానములను గుర్తించవలెను.
- ఇప్పుడు పట్టకము యొక్క రెండవ తలము నుండి పొందు చీలిక యొక్క పరావర్తన ప్రతిబింబమును పొందుటకు దూరదర్శినిని కుడివైపునకు త్రిప్పవలెను. ముందు మాదిరిగానే, విలువలను (రీడింగ్‌లను) తీసుకొనవలెను.
- రెండు విలువలకు మధ్య గల వ్యత్యాసము 2A అగును. దీని నుండి పట్టక కోణము (A) లెక్కించబడును.

3) కనిష్ఠ విచలన కోణమును (D) కనుగొనుట

- కాలీమీటరు నుండి వెలువడు కాంతి పట్టకము యొక్క ఒక వక్రీభవన తలము (face) మీద పతనమగునట్లు పట్టక పీఠమును త్రిప్పవలెను. కాంతి వక్రీభవనము చెంది మరొక వక్రీభవన తలము నుండి బహిర్గతమగును.
- వక్రీభవన ప్రతిబింబమును చూచుటకు దూరదర్శినిని త్రిప్పవలెను.
- దూరదర్శిని గుండా చూస్తూ, ప్రత్యక్ష కిరణము వైపుకి ప్రతిబింబము కదులునట్లు పట్టక పీఠమును ఒక దిశలో త్రిప్పవలెను.

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 318 23-03-2023 14:16:43

- ఒక నిర్ధిష్ట స్థానం వద్ద వక్రీభవన కిరణము దాని మార్గాన్ని తిరిగి పొందడానికి ప్రారంభించును. వక్రీభవన ప్రతిబింబము వెనకకు తిరిగి వచ్చు స్థానం కనిష్ఠ విచలన స్థానం అగును.
- దూరదర్శినిని ఈ స్థానంలో అమర్చి మరియు నిలువు తీగ చీలిక యొక్క వక్రీభవన ప్రతిబింబముతో ఏకీభవించునట్లు అక్షి కటకమును సర్దుబాటు చేయవలెను.
- రెండు వెర్నియర్ స్కేల్‌ల నుండి రీడింగ్ (విలువ)లను తీసుకొనవలెను.
- ఇప్పుడు పట్టకమును తొలగించి మరియు ప్రత్యక్ష కిరణ ప్రతిబింబమును పొందడానికి దూరదర్శినిని త్రిప్పవలెను మరియు రీడింగ్‌లను తీసుకొనవలెను.
- ఈ రీడింగ్ (విలువ)లను పట్టికలో పొందుపరచవలెను. ఈ రెండు రీడింగుల మధ్య గల వ్యత్యాసము కనిష్ఠ విచలన కోణము D ని ఇచ్చును.
- A మరియు D విలువల నుండి, గాజు పట్టక పదార్థం యొక్క వక్రీభవన గుణకమును నిర్ణయించవచ్చు.

కనీసపు కొలత

1 MSD = 30′

వెర్నియర్ స్కేలు విభాగములో సంఖ్య = 30

స్పెక్ట్రోమీటరు కొరకు, 30 వెర్నియర్ స్కేలు విభాగములు, 29 ప్రధాన స్కేలు విభాగములతో కలుపబడి ఉండును.

∴ 30 VSD(వె. స్కే. వి) = 29 MSD(ప్ర. స్కే. వి)

లేదా $1\ \text{VSD} = \left(\frac{29}{30}\right)\ \text{MSD}$

కనీసపు కొలత (LC) = 1 MSD(ప్ర. స్కే. వి) – 1 VSD(వె. స్కే. వి)

$$= \left(\frac{1}{30}\right)\text{MSD} = \left(\frac{1}{30}\right) \times 30'$$

$$= 1'$$

పరిశీలనలు

పట్టిక 1 పట్టక కోణము (A) ను కనుగొనుట.

ప్రతిబింబము	వెర్నియర్ A (డి.గ్రీ)			వెర్నియర్ B (డి.గ్రీ)		
	ప్ర. స్కే. రీ	వె. స్కే. ఏ	మొత్తము రీడింగ్	ప్ర. స్కే. రీ	వె. స్కే. ఏ	మొత్తము రీడింగ్
మొదటి తలం మీద పరావర్తన ప్రతిబింబము						
రెండవ తలం (ముఖం) మీద పరావర్తన ప్రతిబింబము						
వ్యత్యాసము 2A						

సరాసరి 2A =

సరాసరి A =

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 319 23-03-2023 14:16:44

పట్టిక 2 కనిష్ఠ విచలన కోణము (D) ను కనుగొనుట.

ప్రతిబింబము	వెర్నియర్ A (డిగ్రీ)			వెర్నియర్ B (డిగ్రీ)		
	ప్ర.స్కే.రీ	వె.స్కే.ఏ	మొత్తము రీడింగ్	ప్ర.స్కే.రీ	వె.స్కే.ఏ	మొత్తము రీడింగ్
వక్రీభవన ప్రతిబింబము						
ప్రత్యక్ష ప్రతిబింబము						
వ్యత్యాసము D						

సరాసరి D =

గణన

$$\mu = \frac{\sin\left(\frac{A+D}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

ఫలితము

1. పట్టక కోణము (A) = ... (డిగ్రీ)

2. పట్టకము యొక్క కనిష్ఠ విచలన కోణము (D) = ... (డిగ్రీ)

3. పట్టకపదార్థం యొక్క వక్రీభవన గుణకము (μ) =..... (ప్రమాణము లేదు)

గమనిక:

i) ఒక్కసారి ప్రారంభ సర్దుబాట్లు చేసిన తరువాత, స్పెక్ట్రోమీటరుని కదల్చరాదు.

ii) మొత్తము రీడింగ్ TR = MSR + (VSC × LC)

= (ప్ర.స్కే.రీ + (వె.స్కే.ఏ ×కకొ)

ఇక్కడ

ప్ర.స్కే.రీ (MSR) → ప్రధాన స్కేలు రీడింగు

వె.స్కే.ఏ (VSC) → వెర్నియర్ స్కేలు ఏకీభవన స్థానం

క.కొ (LC) → కనీసపు కొలత (= 1′)

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 320 23-03-2023 14:16:44

5. వివర్తన గ్రేటింగ్ మరియు వర్ణపటమానిని (స్పెక్ట్రోమీటరు)ను ఉపయోగించి తెల్లని కాంతి యందలి వివిధ రంగుల తరంగధైర్ఘ్యము.

ఉద్దేశ్యము

వివర్తన గ్రేటింగ్ పలక మరియు స్పెక్ట్రోమీటరును ఉపయోగించి తెల్లని కాంతి యందలి వివిధ రంగుల తరంగధైర్ఘ్యమును కనుగొనుట.

కావలసిన పరికరాలు

స్పెక్ట్రోమీటరు, పాదరస భాష్ప దీపము, వివర్తన గ్రేటింగు, గ్రేటింగ్ పీఠము మరియు సారా మట్టము.

సూత్రము

$$\lambda = \frac{\sin\theta}{nN} \text{ Å}$$

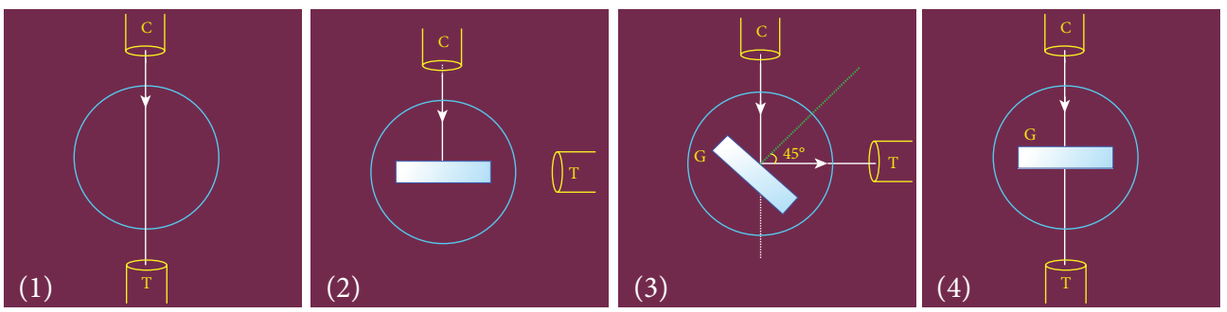
ఇక్కడ, $\lambda \rightarrow$ తెల్లని (మిశ్రమ) కాంతి యొక్క వివిధ రంగుల తరంగధైర్ఘ్యము (Å)

$N \rightarrow$ ఇవ్వబడిన గ్రేటింగ్ యొక్క మీటరు పొడవులోని రేఖల (గీతల) సంఖ్య (ప్రమాణము లేదు) (గ్రేటింగ్ నందు N విలువ ఇవ్వబడును.

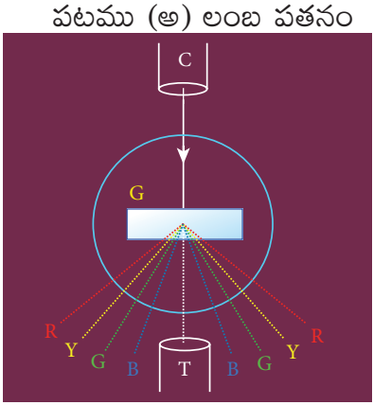
$n \rightarrow$ వివర్తనము యొక్క క్రమం (Order) (ప్రమాణం లేదు)

$\theta \rightarrow$ వివర్తన కోణము (డిగ్రీ)

పటములు



పటము (అ) లంబ పతనం



పటము (ఆ) వివర్తన కోణం

ప్రయోగ పద్ధతి

1) స్పెక్ట్రోమీటరు యొక్క ప్రారంభ (ప్రాథమిక) సర్దుబాట్లు

- అక్షికటకము (Eye-piece): (టెలిస్కోపు) దూరదర్శినిలోని అక్షికటకమును సర్దుబాటు చేయడం ద్వారా నిలువు అడ్డుతీగలని స్పష్టముగా చూడవచ్చును.
- చీలిక (Slit): కాలీమీటరు యొక్క చీలికను సర్దుబాటు చేయడం ద్వారా ఇది చాలా సన్నగా మరియు నిలువుగా ఉండును.

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 321 23-03-2023 14:16:46

- స్పెక్ట్రోమీటరు యొక్క ఆధారము (Base of the spectrometer): మట్టపు మరలను ఉపయోగించి స్పెక్ట్రోమీటరు యొక్క ఆధారము క్షితిజ సమాంతరముగా ఉండునట్లు సర్దుబాటు చేయవలెను.
- దూరదర్శిని (Telescope): దూరములో ఉన్న వస్తువు వైపు దూరదర్శినిని త్రిప్పి ఉంచాలి మరియు దూరములో ఉన్న వస్తువు యొక్క తలక్రిందులైన ప్రతిబింబము కనిపించునంత వరకు సర్దుబాటు చేయవలెను. సమాంతర కిరణములను గ్రహించునట్లు దూరదర్శినిని సర్దుబాటు చేయవలెను.
- కాలీమీటరు (Collimator): కాలీమీటరు, దూరదర్శిని ఒకే రేఖలో వచ్చునట్లు అమర్చవలెను. చీలిక యొక్క స్పష్టమైన ప్రతిబింబము దూరదర్శినిలో కనిపించునంత వరకు కాలీమీటరును సర్దుబాటు చేయవలెను. ఇప్పుడు కాలీమీటరు సమాంతర కిరణములను ఇచ్చును.
- గ్రేటింగ్ పీఠము (Grating table): సారా మట్టమును ఉపయోగించి, గ్రేటింగ్ పీఠములో ఇవ్వబడిన మట్టపు మరలతో గ్రేటింగ్ పీఠమును సమాంతరముగా ఉండునట్లు సర్దుబాటు చేయవలెను.

2) లంబ పతనము కొరకు గ్రేటింగ్‌ను సర్దుబాటు చేయడం

- పాదరస భాష్పదీపము వలన చీలిక అనునది మిశ్రమ కాంతి (తెల్లని కాంతి)చేత ప్రకాశవంతం చేయబడును.
- కాలీ మీటరుతో దూరదర్శిని ఒకే రేఖలో ఉండునట్లు సర్దుబాటు చేయవలెను. చీలిక యొక్క ప్రతిబింబము దూరదర్శినిలోని నిలువుచ్ఛేద తీగతో ఏకీభవించునట్లు చేయవలెను. (పటము1 (అ))
- వెర్నియర్ స్కేలు అనునది 0^0 - 180^0 అనే కొలతలతో ఉండునట్లు వెర్నియర్ డిస్క్ యంత్రము త్రిప్పి. స్థిరముగా ఉంచబడును. ఇది ప్రత్యక్ష యొక్క కొలత అగును.
- దూరదర్శిని అనునది (అపసవ్య దిశలో) 90^0 భ్రమణం చెందించిన తర్వాత అది స్థిరముగా ఉంచబడును.
- ఇప్పుడు సమతల ప్రసరణ గ్రేటింగ్‌ను పీఠము మీద అమర్చవలెను.
- గ్రేటింగ్ పీఠమును త్రిప్పినప్పుడు, గ్రేటింగ్ నుండి పరావర్తనం చెందిన కాంతి దూరదర్శినిలను నిలువుచ్ఛేద తీగలతో ఏకీభవించును. పరావర్తనం చెందిన కాంతి తెలుపు రంగులో ఉండును. (పటము 3 (a))
- ఇప్పుడు వెర్నియర్ డిస్క్‌ను విడుదల (released) చేయవలెను. వెర్నియర్ డిస్క్ గ్రేటింగ్ పీఠము 45^0 సరియైన దిశలో త్రిప్పిన. కాలీమీటరు నుండి వెలువడు కాంతి గ్రేటింగ్ మీద లంబముగాపతనమగును. (పటము (a) 4)

3) పాదరస వాయు దీపములోని మిశ్రమ కాంతి నందలి వివిధ రంగుల తరంగధైర్ఘ్యములను నిర్ణయించుట.

- కేంద్రీయ ప్రత్యక్ష ప్రతిబింబమును పొందడానికి దూరదర్శినిని స్వేచ్ఛగా ఉంచి, కాలిమీటరుతో ఒకే రేఖలో ఉండునట్లు తీసుకొని రాబడినది. ఈ విక్షేపణము చెందని ప్రతిబింబము తెలుపు రంగులో ఉండును.
- ప్రత్యక్ష ప్రతిబింబము యొక్క ఇరువైపులా చీలిక యొక్క వివర్తన ప్రతిబింబములను గమనించవచ్చును.
- వివర్తన ప్రతిబింబము అనునది తరంగధైర్ఘ్యము యొక్క క్రమాన్ని పెంచడంలో పాదరస వర్ణపటము యొక్క ప్రముఖ రంగులను కలిగి ఉంటుంది.
- మొదటి క్రమ వివర్తన ప్రతిబింబమును పరిశీలించుటకు దూరదర్శినిని ప్రత్యక్ష ప్రతిబింబముల యొక్క ఏదేని ఒక వైపుకు (ఎడమ వైపుకి) త్రిప్పవలెను.
- నిలువుచ్ఛేద తీగ (vertical cross-wire) ప్రముఖ వర్ణపట రేఖలలో (ఊదా, నీలం, పసుపు మరియు ఎరుపు) ఏకీభవించునట్లు చేయాలి. మరియు ప్రతి సందర్భములోను రెండు వెర్నియర్ స్కేలు రీడింగులను గుర్తించాలి.
- ఇప్పుడు దూరదర్శినిని ప్రత్యక్ష ప్రతిబింబము యొక్క కుడివైపుకి త్రిప్పినప్పుడు మొదటి క్రమ ప్రతిబింబము పరిశీలించబడును.
- నిలువుచ్ఛేద తీగ (vertical cross-wire) అదే ప్రముఖ వర్ణపట రేఖలలో ఏకీభవించునట్లు చేయవలెను మరియు ప్రతి సందర్భములోను రెండు వెర్నియర్ స్కేలుల రీడింగ్‌లను మళ్ళీ గుర్తించాలి.
- రీడింగులను పట్టికలో పొందుపరచాలి.
- ఈ రెండు రీడింగుల యొక్క వ్యత్యాసము ఏదైనా ఒక వర్ణపట రేఖకు '2θ' విలువను ఇస్తుంది.

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 322 23-03-2023 14:16:46

- ఇవ్వబడిన గ్రేటింగ్‌నకు ఒక మీటరు పొడవునకు గల రేఖల సంఖ్య (N) గుర్తించబడియుండును.
- N, n మరియు θ విలువల నుండి పాదరస కాంతి యొక్క ప్రముఖ రంగుల తరంగధైర్ఘ్యములను ఇవ్వబడిన సూత్రాన్ని ఉపయోగించి కనుగొనాలి.

పరిశీలనలు:

పాదరస వర్ణపటము యొక్క ప్రముఖ రంగుల తరంగధైర్ఘ్యమును కనుగొనుట

కాంతి యొక్క రంగు	వివర్తన కిరణ రీడింగు (డిగ్రీ)												వ్యత్యాసము 2θ (డిగ్రీ)			θ (డిగ్రీ)
	ఎడమ						కుడి									
	వెర్నియర్ A			వెర్నియర్ B			వెర్నియర్ A			వెర్నియర్ B						
	MSR	VSC	TR	MSR	VSC	TR	MSR	VSC	TR	MSR	VSC	TR	వెర్నియర్ A	వెర్నియర్ B	సగానికి	
నీలం																
పచ్చ																
పసుపు																
ఎరుపు																

గణన (లెక్కించుట)

(i) నీలి రంగు కొరకు, $\lambda = \frac{\sin\theta}{nN}$,

(ii) పచ్చ రంగు కొరకు, $\lambda = \frac{\sin\theta}{nN}$

(iii) పసుపు రంగు కొరకు, $\lambda = \frac{\sin\theta}{nN}$,

(iv) ఎరుపు రంగు కొరకు, $\lambda = \frac{\sin\theta}{nN}$

ఫలితము

1. నీలి రంగు యొక్క తరంగధైర్ఘ్యము = _____ మీ
2. పచ్చ రంగు యొక్క తరంగధైర్ఘ్యము = _____ మీ
3. పసుపు రంగు యొక్క తరంగధైర్ఘ్యము = _____ మీ
4. ఎరుపు రంగు యొక్క తరంగధైర్ఘ్యము = _____ మీ

గమనిక:

i) ఒక్కసారి ప్రాథమిక (ప్రారంభ) సర్దుబాట్లు చేసిన తర్వాత, స్పెక్ట్రోమీటరును కదల్చరాదు. లేదా ఎటువంటి ఆటంకమును కలిగించరాదు.

ii) మొత్తం రీడింగు (మొ.రీ) = ప్ర.స్కే.రీ+(వె.స్కే.ఏ×క.కొ)

$$TR = MSR + (VSC \times LC)$$

ఇక్కడ,

MSR (ప్ర.స్కే.రీ) → ప్రధాన స్కేలు రీడింగు

VSC (వె.స్కే.ఏ) → వెర్నియర్ స్కేలు ఏకీభవించు స్థానం

LC (క.కొ) → కనీసపు కొలత (= 1′)

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 323 23-03-2023 14:16:46

6. ఒక PN జంక్షన్ డయోడ్ యొక్క ఓల్టేజి – విద్యుత్ ప్రవాహ లక్షణము

ఉద్దేశ్యము

PN జంక్షన్ డయోడ్ యొక్క ఓల్టేజి – విద్యుత్ ప్రవాహ లక్షణమును పొంది దాని ఆరంభ ఓల్టేజి మరియు పురోబయాస్ నిరోధమును కనుగొనుట.

కావలసిన పరికరములు

PN జంక్షన్ డయోడ్ (IN4007), అస్థిర DC సరఫరా, మిల్లీ–అమ్మీటర్, మైక్రో అమ్మీటర్, ఓల్ట్ అమ్మీటర్, నిరోధము మరియు సంధాన తీగలు

సూత్రము

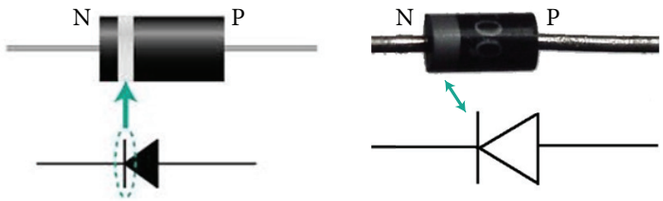
$$R_F = \frac{\Delta V_F}{\Delta I_F} \ (\Omega)$$

ఇక్కడ, $R_F \rightarrow$ డయోడ్ యొక్క పురో బయాస్ నిరోధము (Ω)

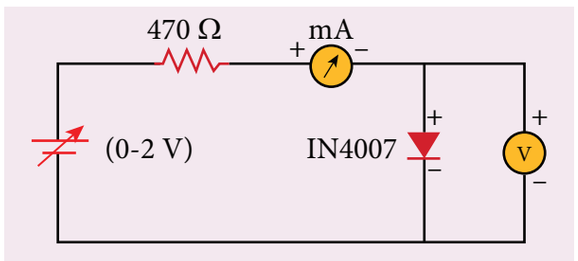
$\Delta V_F \rightarrow$ పురో బయాస్ ఓల్టేజిలోని మార్పు (volt)

$\Delta I_F \rightarrow$ పురో బయాస్ విద్యుత్ ప్రవాహములోని మార్పు (mA)

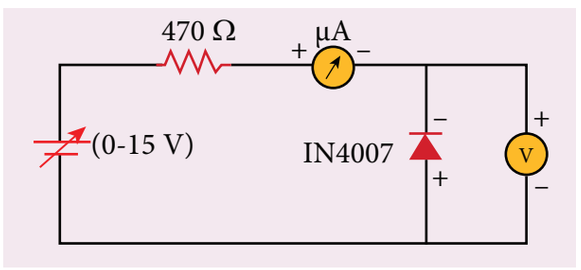
వలయ పటము



పటము (అ) PN జంక్షన్ డయోడ్ మరియు దాని సంకేతము (వెండి వలయము డయోడ్ యొక్క ఋణ కొనను సూచిస్తుంది.)



పటము (ఆ) పురో బయాస్ లోని PN జంక్షన్ డయోడ్



పటము (ఇ) తిరో బయాస్ లోని PN జంక్షన్ డయోడ్

జాగ్రత్త

అమ్మీటర్, ఓల్ట్‌మీటర్, DC విద్యుత్ సరఫరా మరియు PN జంక్షన్ డయోడ్‌లను వాటి కొనలతో సంధానించునపుడు సరియైన ధృవములను కలపాలి.

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 324 23-03-2023 14:16:48

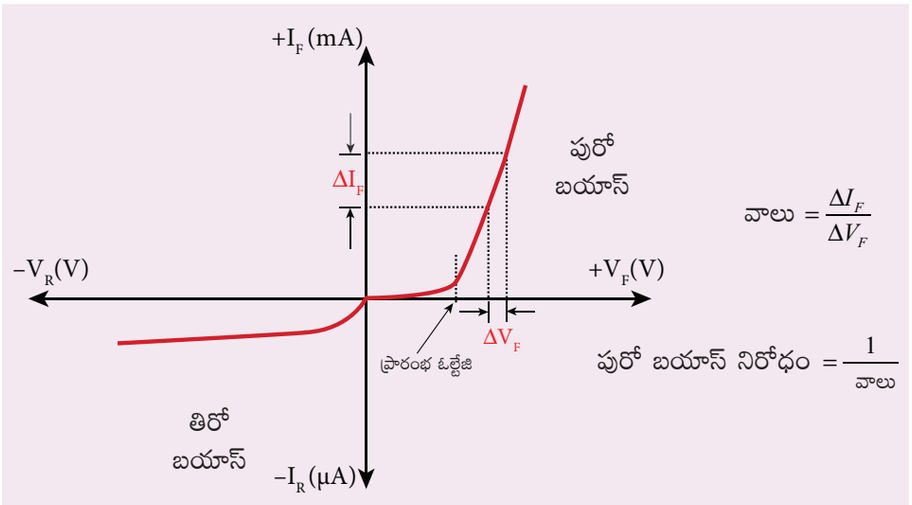
పద్ధతి

i) పురో బయాస్ లక్షణము

- పురో బయాస్‌లో డయోడ్ P-కొన DC విద్యుత్ సరఫరా ధనావేశ కొనకు, N-కొన DC విద్యుత్ సరఫరా ఋణావేశ కొనకు కలపాలి.
- విద్యుత్ వలయమును పటములో చూపిన విధముగా అనుసంధానము చేయాలి.
- అస్థిర DC విద్యుత్ సరఫరాను ఉపయోగించి డయోడ్ మధ్య ఓల్టేజిని మార్చవలెను.
- డయోడ్ ద్వారా ప్రవహించు పురో బయాస్ ఓల్టేజి (V_F) ను 0.1 V నుండి 0.8 V కు పెంచాలి. ఓల్టేజి మధ్య అంతరం 0.1 V ఉండాలి. మిల్లీ అమ్మీటర్ సహాయంతో డయోడ్‌లో పురో బయాస్ విద్యుత్ ప్రవాహము (I_F) ను నమోదు చేయాలి. ఈ విలువలను పట్టికలో పొందుపరచాలి.
- పురో బయాస్ ఓల్టేజి V_F మరియు పురో బయాస్ విద్యుత్ ప్రవాహము I_F ను ధనాత్మకంగా తీసుకోవాలి.
- ఇప్పుడు పురో బయాస్ ఓల్టేజి (V_F) ను x- అక్షముపై, పురో బయాస్ విద్యుత్ ప్రవాహము (I_F) ను y- అక్షముపై తీసుకొని గ్రాఫును గీయాలి.
- పురో బయాస్ లక్షణములో చుక్కల గీతకు సంబంధించిన ఓల్టేజి డయోడ్ యొక్క ప్రారంభ ఓల్టేజి (knee voltage or threshold voltage or turn-on voltage)ని ఇస్తుంది.
- పురో బయాస్ లక్షణము యొక్క రేఖీయ భాగపు వాలును లెక్కించాలి. అప్పుడు వాలు యొక్క విలోమము డయోడ్ యొక్క పురో బయాస్ నిరోధమును తెలుపుతుంది.

ii) ఎదురు పురో బయాస్ లక్షణము

- తిరో బయాస్‌లో DC విద్యుత్ సరఫరా యొక్క ధృవములను మార్చాలి. అప్పుడు డయోడ్ యొక్క P-కొన DC యొక్క ఋణావేశముతోనూ, N- కొన DC యొక్క ధనావేశముతోనూ సంధానించబడుతుంది.
- వలయ పటములో చూపిన విధముగా అనుసంధానము చేయాలి.
- అస్థిర DC విద్యుత్ సరఫరాను ఉపయోగించి డయోడ్ మధ్య ఓల్టేజిని మార్చవచ్చు.
- డయోడ్‌లో ప్రవహించు తిరో బయాస్ ఓల్టేజి (V_R) ను 1 V నుండి ప్రతిసారి 1 V చొప్పున 5 V వరకు పెంచాలి. మైక్రో అమ్మీటర్ సహాయముతో తిరో బయాస్ విద్యుత్ ప్రవాహము (I_R) ను నమోదు చేసి విలువలను పట్టికలో పొందుపరచాలి.
- తిరో బయాస్ ఓల్టేజి V_R మరియు తిరోగమన విద్యుత్ ప్రవాహము I_R ను ఋణాత్మకంగా తీసుకోవాలి.
- తిరో బయాస్ ఓల్టేజి (V_R) ను ఋణ x-అక్షముపై మరియు తిరో బయాస్ విద్యుత్ ప్రవాహము (I_R) ను ఋణ y-అక్షముపై తీసుకొని గ్రాఫ్‌ను గీయాలి.



06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 325 23-03-2023 14:16:49

పరిశీలన

పట్టిక 1 పురో బయాస్ లక్షణ వక్రము

వ.సం	పురో బయాస్ ఓల్టేజి V_F (ఓల్టు)	పురో బయాస్ విద్యుత్ ప్రవాహము I_F (mA)

పట్టిక 2 తిరో బయాస్ లక్షణ వక్రము

వ.సం	తిరో బయాస్ ఓల్టేజి V_R (ఓల్టు)	తిరో బయాస్ విద్యుత్ ప్రవాహము I_R (μA)

గణన

(i) పురో బయాస్ నిరోధము R_F=

(ii) ప్రారంభ ఓల్టేజి =

ఫలితము

PN జంక్షన్ డయోడ్ యొక్క V-I లక్షణము అధ్యయనం చేయబడినది.

i) PN జంక్షన్ డయోడ్ యొక్క ప్రారంభ ఓల్టేజి _____V

ii) డయోడ్ యొక్క పురో బయాస్ నిరోధము _____Ω

ప్రయోగమునకు సంబంధించి చిట్కాలు

- DC విద్యుత్ సరఫరా యొక్క ఓల్టేజిని నిర్దిష్ట వ్యాప్తి వరకు మాత్రమే పెంచాలి. అది పురో బయాస్ దిశలో (0 – 2V) మరియు తిరో బయాస్ దిశలో (0 – 15V) గా ఉండాలి. పురో బయాస్ అత్యల్ప నిరోధమును అందించును. కనుక రక్షణ కొరకు వలయములో 470Ω ల ఒక బాహ్య నిరోధమును అనుసంధానించాలి.
- ఈ పరిమితిని మించి ఓల్టేజిని అనువర్తిస్తే అది నిరోధమును లేదా డయోడ్‌ను నాశనం చేస్తుంది.
- పురో బయాస్‌లో విద్యుత్ ప్రవాహ విలువ అది సంధిశక్మము (junction potential)ను లేదా ప్రారంభ ఓల్టేజి (దాదాపు 0.7 V)ని చేరు వరకు శూన్యముగా ఉంటుంది. ప్రారంభ ఓల్టేజిని దాటినంతనే, అనువర్తిత ఓల్టేజితో విద్యుత్ ప్రవాహం పెరుగుతుంది.
- పురో బయాస్‌లో ప్రారంభ ఓల్టేజి తరువాత డయోడ్ ఓల్యేజిని 0.1 V నుండి 0.8 V ఓల్ట్ గరిష్ఠము వరకు అంచెలంచెలుగా పెంచాలి. తద్వారా పురో బయాస్ నిరోధమును లెక్కించవచ్చును.
- తిరో బయాస్ దిశలో డయోడ్ ఓల్టేజిని 1 V నుండి 5 V గరిష్ఠమునకు అంచెలంచెలుగా పెంచాలి. తిరో బయాస్ దిశలో విద్యుత్ ప్రవాహపు విలువ తక్కువగా ఉండుటచే దానిని మైక్రో అమ్మీటరు ద్వారా కొలవాలి. ఇది లీకేజ్ విద్యుత్ ప్రవాహము అని పిలువబడే అల్పసంఖ్యాక ఆవేశ వాహకాల వలన ఏర్పడుతుంది.

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 326 23-03-2023 14:16:52

7. జెనార్ డయోడ్ యొక్క ఓల్టేజి – విద్యుత్ ప్రవాహ లక్షణము

ఉద్దేశ్యము

జెనార్ డయోడ్ యొక్క ఓల్టేజి – విద్యుత్ ప్రవాహ (V-I) లాక్షణిక వక్రమును పొంది దాని ప్రారంభ ఓల్టేజి, వాలుబయాస్ నిరోధము మరియు తిరో బయాస్ బ్రేక్‌డౌన్ ఓల్టేజిని నిర్ధారించుట.

కావలసిన పరికరములు

1Z5.6V జెనార్ డయోడ్, (0 – 15V) అస్థిర dc విద్యుత్ సరఫరా, మిల్లీ–అమ్మీటర్, ఓల్ట్ మీటర్, 470 Ω నిరోధము మరియు సంధాన తీగలు

సూత్రము

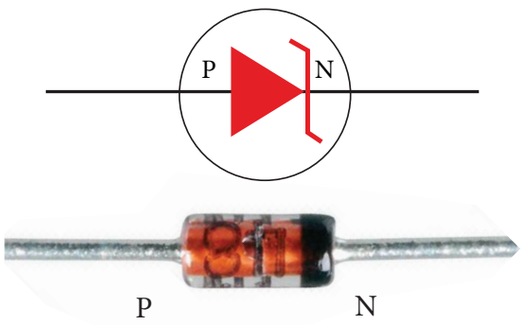
$$R_F = \frac{\Delta V_F}{\Delta I_F} \ (\Omega)$$

ఇక్కడ, $R_F \rightarrow$ డయోడ్ యొక్క పురో బయాస్ నిరోధము (Ω)

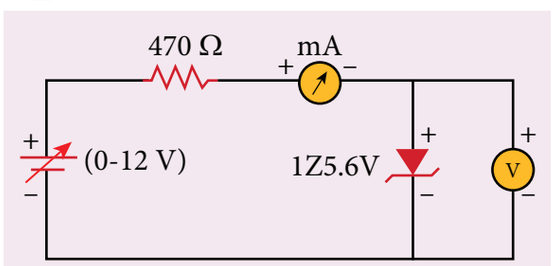
$\Delta V_F \rightarrow$ పురో బయాస్ ఓల్టేజిలోని మార్పు (volt)

$\Delta I_F \rightarrow$ పురో బయాస్ విద్యుత్ ప్రవాహములోని మార్పు (mA)

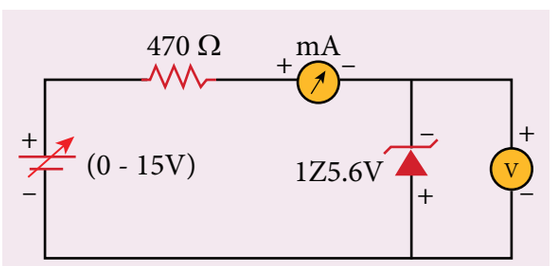
వలయ పటము



పటము (a) జెనార్ డయోడ్ మరియు దాని సంకేతము (నల్లటి వలయము జెనార్ డయోడ్ యొక్క ఋణ కొనను సూచిస్తుంది.)



పటము (b) పురో బయాస్‌లోని జెనార్ డయోడ్



పటము (c) తిరో బయాస్‌లోని జెనార్ డయోడ్

జాగ్రత్త

అమ్మీటర్, ఓల్ట్‌మీటర్, DC విద్యుత్ సరఫరా మరియు జెనార్ డయోడ్‌లను వాటి కొనలతో సరియైన ధృవములను సంధానించుట చాలా ముఖ్యం.

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 327 23-03-2023 14:16:53

పద్ధతి

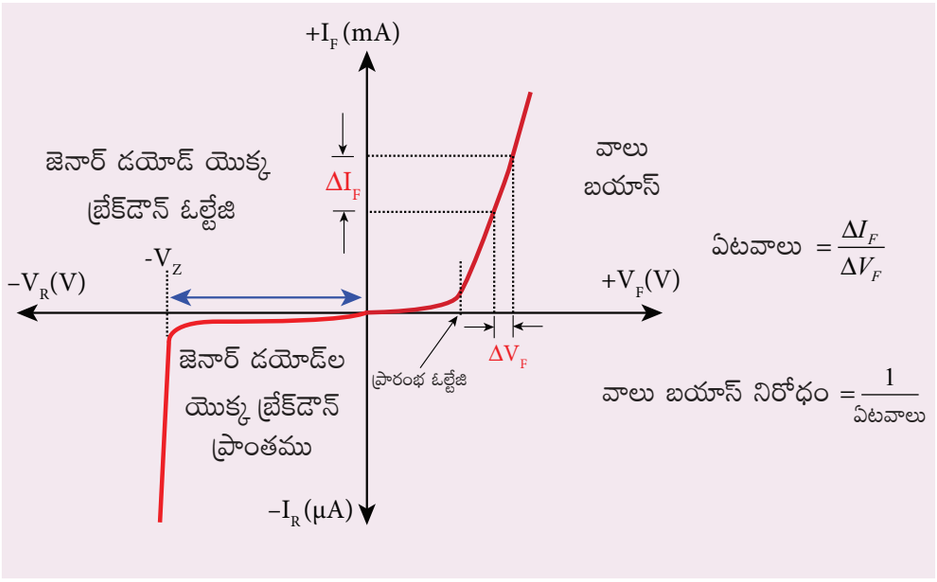
i) పురో బయాస్ లక్షణము

- పురో బయాస్‌లో డయోడ్ P-కొన DC విద్యుత్ సరఫరా ధనావేశ కొనకు, N-కొన DC విద్యుత్ సరఫరా ఋణావేశ కొనకు కలపాలి.
- వలయ చిత్రములో చూపిన విధముగా అనుసంధానము చేయాలి.
- అస్థిర DC విద్యుత్ సరఫరాను ఉపయోగించి డయోడ్ మధ్య ఓల్టేజిని మార్చవలెను.
- డయోడ్ ద్వారా ప్రవహించు పురో బయాస్ ఓల్టేజి (V_F) ను 0.1 V నుండి 0.8 V కు పెంచాలి. ఓల్టేజి మధ్య అంతరం 0.1 V ఉండాలి. మిల్లీ అమ్మీటర్ సహాయంతో డయోడ్‌లో పురో బయాస్ విద్యుత్ ప్రవాహము (I_F) ను నమోదు చేయాలి. ఈ విలువలను పట్టికలో పొందుపరచాలి.
- పురో బయాస్ ఓల్టేజి V_F మరియు పురో బయాస్ విద్యుత్ ప్రవాహము I_F ను ధనాత్మకంగా తీసుకోవాలి.
- ఇప్పుడు పురో బయాస్ ఓల్టేజి (V_F) ను x- అక్షముపై, పురో బయాస్ విద్యుత్ ప్రవాహము (I_F) ను y- అక్షముపై తీసుకొని గ్రాఫును గీయాలి.
- పురో బయాస్ లక్షణములో చుక్కల గీతకు సంబంధించిన ఓల్టేజి డయోడ్ యొక్క ప్రారంభ ఓల్టేజి (knee voltage or threshold voltage or turn-on voltage)ని ఇస్తుంది.
- పురో బయాస్ లక్షణము యొక్క రేఖీయ భాగపు వాలును లెక్కించాలి. అప్పుడు వాలు యొక్క విలోమము డయోడ్ యొక్క పురో బయాస్ నిరోధమును తెలుపుతుంది.

ii) ఎదురు పురో బయాస్ లక్షణము

- తిరో బయాస్‌లో DC విద్యుత్ సరఫరా యొక్క ధృవములను మార్చాలి. అప్పుడు డయోడ్ యొక్క P-కొన DC యొక్క ఋణావేశముతోనూ, N- కొన DC యొక్క ధనావేశముతోనూ సంధానించబడుతుంది.
- వలయ పటములో చూపిన విధముగా అనుసంధానము చేయాలి.
- అస్థిర DC విద్యుత్ సరఫరాను ఉపయోగించి డయోడ్ మధ్య ఓల్టేజిని మార్చవచ్చు.
- డయోడ్‌లో తిరో బయాస్ ఓల్టేజిని (V_R) 0.5V నుండి 6V వరకు ప్రతి 0.5V చొప్పున అంచెలంచెలుగా పెంచాలి. తిరో బయాస్ విద్యుత్ ప్రవాహము (I_R) ను మిల్లీ అమ్మీటర్‌లో నమోదుచేసి రీడింగ్‌లను పట్టికలో పొందుపరచండి.
- మొదట ఓల్టేజిని 0.5V చొప్పున పెంచాలి. దాదాపు బ్రేక్‌డౌన్ ఓల్టేజి ప్రాంతాన్ని చేరునపుడు, నివేశ ఓల్టేజిని 0.1V చొప్పున పెంచి బ్రేక్‌డౌన్ ఓల్టేజిని కనుగొనవలెను.
- తిరో బయాస్ ఓల్టేజి మరియు తిరో బయాస్ విద్యుత్ ప్రవాహమును ఋణాత్మకముగా తీసుకోవాలి.
- తిరో బయాస్ ఓల్టేజిని ఋణ x-అక్షముపై మరియు తిరో బయాస్ విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఋణ y-అక్షముపై తీసుకొని గ్రాఫ్‌ను గీయాలి.
- తిరో బయాస్‌లో జెనార్ ఓల్టేజ్ V_Z (~5.6 to 5.8V) అని పిలువబడే ఒక నిర్ణీత ఓల్టేజి వద్ద జెనార్ బ్రేక్‌డౌన్ ఏర్పడుతుంది. మరియు జెనార్ డయోడ్ యొక్క లక్షణమైన అధిక విద్యుత్ ప్రవాహము డయోడ్ ద్వారా ప్రవహిస్తుంది.
- గ్రాఫ్‌లో చూపిన విధముగా జెనార్ డయోడ్ యొక్క బ్రేక్‌డౌన్ ఓల్టేజిని రేఖా పటము నుండి నిర్ణయిస్తారు.

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 328 23-03-2023 14:16:53



పరిశీలన

పట్టిక 1: పురో బయాస్ లక్షణ వక్రము

వ.సం	పురో బయాస్ ఓల్టేజి V_F (ఓల్టు)	పురో బయాస్ విద్యుత్ ప్రవాహము I_F (mA)

పట్టిక 2: తిరో బయాస్ లక్షణ వక్రము

వ.సం	తిరో బయాస్ ఓల్టేజి V_R (ఓల్టు)	తిరో బయాస్ విద్యుత్ ప్రవాహము I_R (mA)

గణన

(i) పురో బయాస్ నిరోధము R_F=

(ii) ప్రారంభ ఓల్టేజి =

(iii) జెనార్ డయోడ్ యొక్క బ్రేక్‌డౌన్ ఓల్టేజి V_Z= ----V

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 329 23-03-2023 14:16:56

ఫలితము

జెనార్ డయోడ్ యొక్క V-I లాక్షణిక వక్రము అధ్యయనం చేయబడినది.

(i) పురో బయాస్ నిరోధము R_F=

(ii) ప్రారంభ ఓల్టేజి =

(iii) జెనార్ డయోడ్ యొక్క బ్రేక్‌డౌన్ ఓల్టేజి V_Z= ----V

ప్రయోగమునకు సంబంధించి చిట్కాలు

- DC విద్యుత్ సరఫరా యొక్క ఓల్టేజిని నిర్ధిష్ట వ్యాప్తి వరకు మాత్రమే పెంచాలి. అది పురో బయాస్ దిశలో (0 – 2 V) మరియు తిరో బయాస్ దిశలో (0 – 15 V) గా ఉండాలి.
- ఈ పరిమితిని మించి ఓల్టేజిని అధికరిస్తే అది నిరోధమును లేదా డయోడ్‌ను నాశనం చేస్తుంది.
- పురో బయాస్ దిశలో జెనార్ డయోడ్ ఒక సాధారణ PN జంక్షన్ డయోడ్ వలె పనిచేస్తుంది. కనుక జెనార్ డయోడ్ యొక్క పురో బయాస్ లక్షణము PN జంక్షన్ డయోడ్ పురో బయాస్ లక్షణము ఒకే విధంగా ఉంటుంది. కనుక ప్రారంభ ఓల్టేజి మరియు పురో బయాస్ నిరోధమును పై ప్రయోగములో తెలిపిన విధంగా నిర్ధారించవచ్చు.
- జెనార్ డయోడ్‌లో తిరో బయాస్ విద్యుత్ ప్రవాహమును PN జంక్షన్ డయోడ్‌లో వలె కాకుండా మిల్లీ అమ్మీటర్‌తో కొలుస్తారు. ఎందుకనగా ఇందులో అత్యధిక మోతాదులో విద్యుత్ ప్రవహిస్తుంది.

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 330 23-03-2023 14:16:56

8. ఉమ్మడి ఉద్గార అమరికలో (NPN) సంధి ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క లక్షణములు

ఉద్దేశ్యము

ఉమ్మడి ఉద్గార అమరికలో కలుపబడిన ఒక NPN సంధి ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క లక్షణ రేఖలను గీచి, దాని నివేశ అవరోధము, నిర్గమ అవరోధము మరియు విద్యుత్ ప్రవాహ వృద్ధిని కనుగొనుట.

కావలసిన పరికరములు

ట్రాన్సిస్టర్ – BC 548/BC107, విద్యుత్ వలయ ఫలక (Bread Board), మైక్రో అమ్మీటరు, మిల్లీ అమ్మీటరు, వోల్ట మీటరు, మార్పులు గల DC విద్యుత్ పంపిణి మరియు సంధానించు తీగలు.

సూత్రము

$$r_i = \left[\frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B}\right]_{V_{CE}} (\Omega),\ r_o = \left[\frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C}\right]_{I_B} (\Omega),\ \beta = \left[\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}\right]_{V_{CE}} \text{(ప్రమాణము లేదు)}$$

ఇచ్చట, $r_i \rightarrow$ నివేశ అవరోధము (Ω)

$\Delta V_{BE} \rightarrow$ ఆధార – ఉద్గార వోల్టేజిలో గల మార్పు (వోల్ట)

$\Delta I_B \rightarrow$ ఆధార విద్యుత్ ప్రవాహ మార్పు (μA)

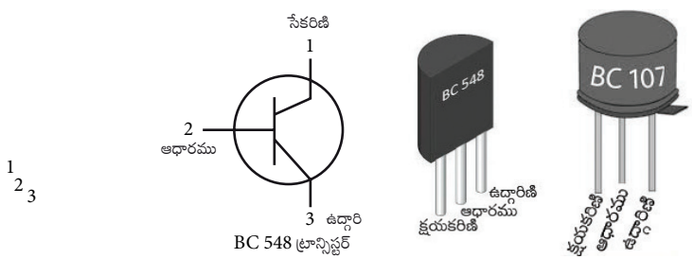
$r_o \rightarrow$ నిర్గమ అవరోధము (Ω)

$\Delta V_{CE} \rightarrow$ సేకరణ – ఉద్గార వోల్టేజిలో మార్పు (వోల్ట)

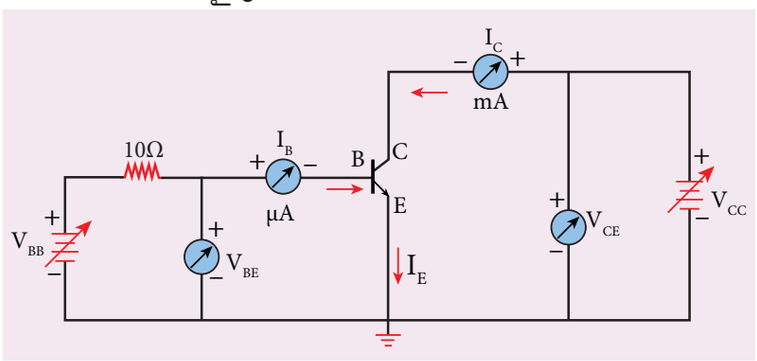
$\Delta I_C \rightarrow$ సేకరణ ప్రవాహములో గల మార్పు (mA)

$\beta \rightarrow$ ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క విద్యుత్ ప్రవాహ వృద్ధి (ప్రమాణము లేదు)

విద్యుత్తు వలయ పటము



పటము (అ) NPN సంధి ట్రాన్సిస్టర్ మరియు దాని గుర్తు ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క సమతల ఉపరితలము మన వైపుగా ఉంచబడి యుండును.



పటము (ఆ) NPN సంధి ట్రాన్సిస్టర్ CE విద్యుత్ వలయ అమరిక

గమనిక

ఆధారమునకు శ్రేణిగా ఒక నిరోధమును కలుపుట వలన, ఆధారమునకు ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహమును అడ్డగించ వచ్చును.

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 331 23-03-2023 14:16:58

ముందు జాగ్రత్తలు

- ట్రాన్సిస్టర్, అమ్మీటరు, వోల్ట్‌మీటర్లు మరియు DC విద్యుత్ పంపిణిని సరియైన కొనలలో జాగ్రత్తగా సంధానించవలయును.
- ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క సేకరణ మరియు ఉద్గారణ కొనలను మార్చి ఉపయోగించరాదు.

పనిచేయు విధానము

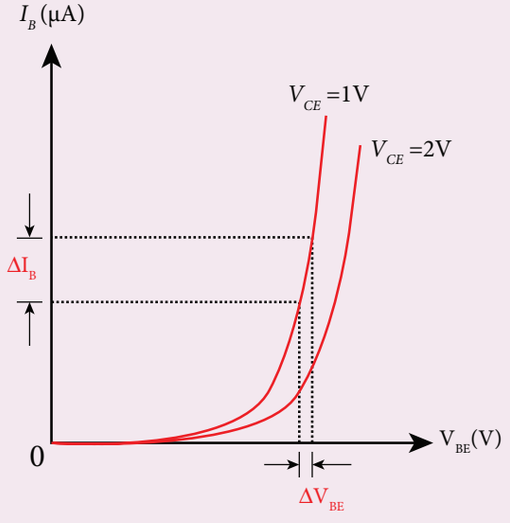
➢ పటములో చూపిన విధముగా సంధానములు చేయబడినవి.

➢ DC విద్యుత్ పంపిణి ఉపయోగించి నివేశ మరియు నిర్గమ ప్రవాహము మరియు వోల్టేజి మార్పులను చేయవచ్చును.

(i) నివేశ లక్షణ వక్రరేఖలు V_{BE} **vs** I_B (V_{CE} స్థిరాంకము)

- సేకరణ ఉద్గారణ వోల్టేజి V_{CE} అనునది స్థిరాంకముగా ఉంచబడుచున్నది.
- ఆధార ఉద్గార వోల్టేజి (V_{BE}) 0.1V అను దశలో అధికరించుచున్నది. దానిలో అనుగుణమైన ఆధార విద్యుత్ ప్రవాహము (I_B) గుర్తించుకొనబడుచున్నది. V_{CE} స్థిర విలువను పొందే వరకు ఈ రీడింగ్‌లను తీయాలి.
- V_{CE} యొక్క ఒక్కొక్క విలువకు, పరిశోధన చేసి కొలతలను పట్టిక చేయబడుచున్నది.
- V_{BE} యొక్క కొలతలు x-అక్షములోను, I_Bయొక్క కొలతలు y-అక్షములో తీసుకొని, V_{CE} యొక్క వేర్వేరు కొలతలకు రేఖా పటము గీయబడుచున్నది.
- ఈ రేఖాపట రేకలును ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క నివేశ లక్షణ రేఖలు అని పిలువబడుచున్నది.
- రేఖా పటము నుండి దాని వాలు లెక్కించబడుచున్నది. వాలు యొక్క విలోమ విలువ ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క నివేశ అవరోధము విలువను ఇచ్చును.

వ.సంఖ్య	V_{CE} = 1V		V_{CE} = 2V	
	V_{BE} (V)	I_B (μA)	V_{BE} (V)	I_B (μA)



$$\text{వాలు} = \frac{\Delta I_B}{\Delta V_{BE}}$$

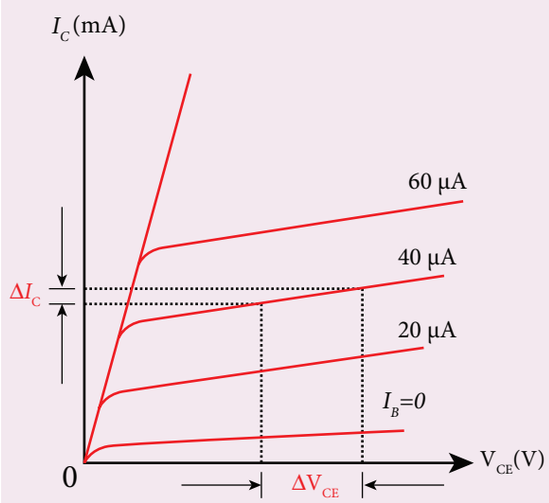
$$\text{నివేశ అవరోధము} = \frac{1}{\text{వాలు}}$$

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 332 23-03-2023 14:16:58

(ii) నిర్గమ లక్షణ వక్రరేఖలు V_{CE} **vs** I_C (I_B స్థిరాంకము)

- ఆధార విద్యుత్ ప్రవాహము I_B అనునది స్థిరాంకముగా ఉంచబడుచున్నది.
- V_{CE} మార్పు అనునది 1V అను దిశలలో అధికరించబడి దానితో అనుగుణమైన సేకరణ విద్యుత్ ప్రవాహము I_C గుర్తించుకొనబడుచున్నది. సేకరణ విద్యుత్ ప్రవాహము ఇంచుమించుగా స్థిరాంకమగు వరకు కొలతలు తీసుకొనబడుచున్నది.
- ప్రారంభములో I_B యొక్క విలువ 0 mA గా ఉంచి, దానికి అనుగుణమైన సేకరణ విద్యుత్ ప్రవాహము I_c గుర్తించుకొనబడుచున్నది. ఈ విద్యుత్ ప్రవాహము తిరోగమ సంతృప్త ప్రవాహము I_{CEO} అగును.
- I_B యొక్క వేర్వేరు విలువలకు, ఈ పరిశోధన చేయబడుచున్నది. కొలతలు పట్టిక చేయబడుచున్నది.
- వేర్వేరు I_B విలువలకు x-అక్షముపై V_{CE} విలువను మరియు y- అక్షముపై I_C తీసుకొని గ్రాఫ్ గీయాలి.
- ఈ రేఖాపటము నందు గల రేఖలు ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క నిర్గమ లక్షణ వక్ర రేఖలు (output characteristics curves) అనబడును.
- వక్రరేఖలు నుండి వాలు లెక్కించబడుచున్నది, వాలు యొక్క విలోమము ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క నిర్గమ అవరోధము విలువను ఇచ్చును.

వ.సంఖ్య	I_B =20 μA		I_B =40 μA	
	V_{CE} (V)	I_C (mA)	V_{CE} (V)	I_C (mA)



$$\text{వాలు} = \frac{\Delta I_C}{\Delta V_{CE}}$$

$$\text{నిర్గమ అవరోధము} = \frac{1}{\text{వాలు}}$$

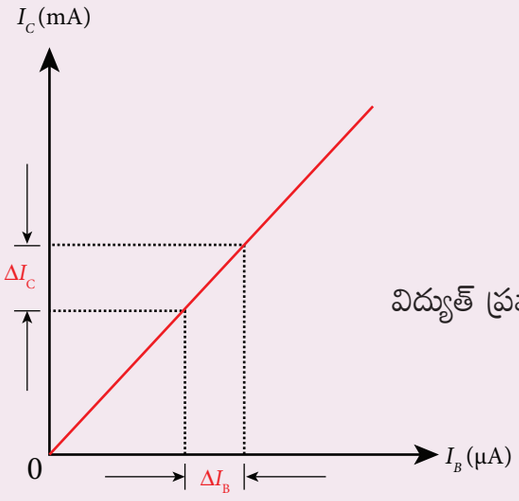
(iii) బదిలీ లక్షణ వక్రరేఖలు: (**Transfer characteristic curve**) I_B **vs** I_C (V_{CE} స్థిరాంకము)

- సేకరణ – ఉద్గార వోల్టేజి V_{CE} అనునది స్థిరముగా ఉంచబడుచున్నది.
- ఆధార విద్యుత్ ప్రవాహము I_B అనునది 10 μA అను దశలో అధికరించబడి దానికి అనుగుణమైన సేకరణ విద్యుత్ ప్రవాహము I_C గుర్తించుకొనబడుచున్నది.

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 333 23-03-2023 14:16:59

- V_{CE} యొక్క వేర్వేరు విలువలకు, పరిశోధన చేయబడుచున్నది.
- V_{CE} ని స్థిరముగా ఉంచి నివేశ విద్యుత్ IB ని x-అక్షముపై మరియు నిర్గమ విద్యుత్ I_C ని y-అక్షముపై తీసుకొని బదిలీ లక్షణ వక్రరేఖను గీయుము.
- బదిలీ లక్షణ వక్రరేఖల వాలు విద్యుత్ ప్రవాహ వృద్ధి β విలువను ఇచ్చుచున్నది.

వ.సంఖ్య	V_{CE}=1V		V_{CE}=2V	
	I_B (μA)	I_C (mA)	I_B (μA)	I_C (mA)



$$\text{వాలు} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

విద్యుత్ ప్రవాహ వృద్ధి = వాలు

ఫలితము

i) ఉమ్మడి ఉద్గారణ వలయ అమరికలో సంధానించబడిన NPN ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క నివేశ, నిర్గమ మరియు బదిలీ లక్షణ వక్రరేఖలు గీయబడినది.

ii) అ) నివేశ అవరోధము = _____Ω

ఆ) నిర్గమ అవరోధము = _____Ω

ఇ) విద్యుత్ ప్రవాహ వృద్ధి β = ____ (ప్రమాణము లేదు)

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 334 23-03-2023 14:16:59

9. సమీకృత వలయం ఉపయోగించి తర్క ద్వారం (LOGIC GATES) యొక్క సత్య పట్టిక సరిచూచుట

ఉద్దేశ్యము

సమీకృత వలయం ఉపయోగించి AND, OR, NOT, EX-OR, NAND మరియు NOR వంటి తర్క ద్వారం (logic gates) యొక్క సత్య పట్టిక సరిచూచుట.

కావలసిన పరికరములు

AND ద్వారము (IC 7408), OR ద్వారము (IC 7432), NOT ద్వారము (IC 7404) , X-OR ద్వారము (IC 7486), NAND ద్వారము (IC 7400), NOR ద్వారము (IC 7402), విద్యుత్తు పంపిణి, డిజిటల్ IC శిక్షణ పరికరము, సంధానించు తీగలు.

బూలియన్ సమాసములు

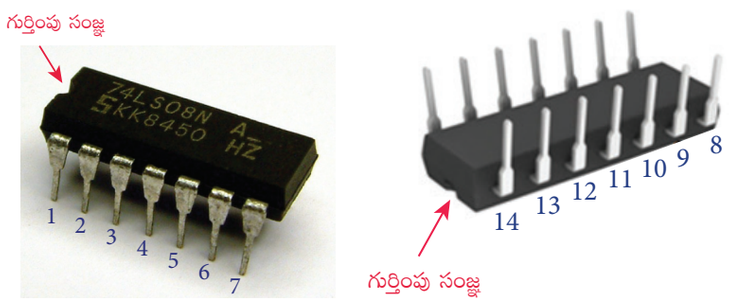
(i) AND ద్వారము $Y = A.B$ (iv) Ex OR ద్వారము $Y = \overline{A}B + A\overline{B}$

(ii) OR ద్వారము $Y = A+B$ (v) NAND ద్వారము $Y = \overline{A.B}$

(iii) NOT ద్వారము $Y = \overline{A}$ (vi) NOR ద్వారము $Y = \overline{A+B}$

విద్యుత్తు వలయ పటము

పిన్ గుర్తింపు (Pin Identification)

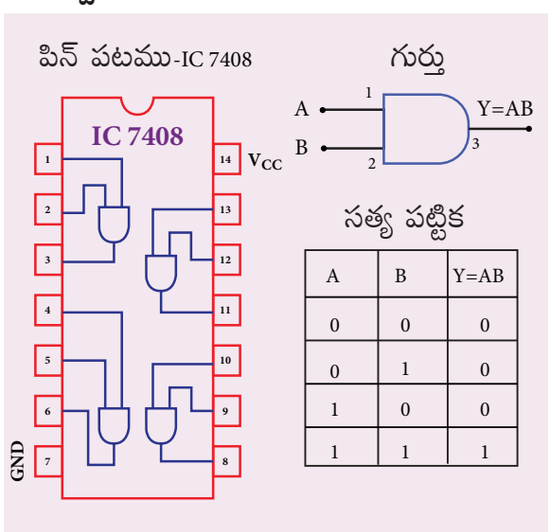


పటము (అ) సమీకృత వలయము

గమనిక:

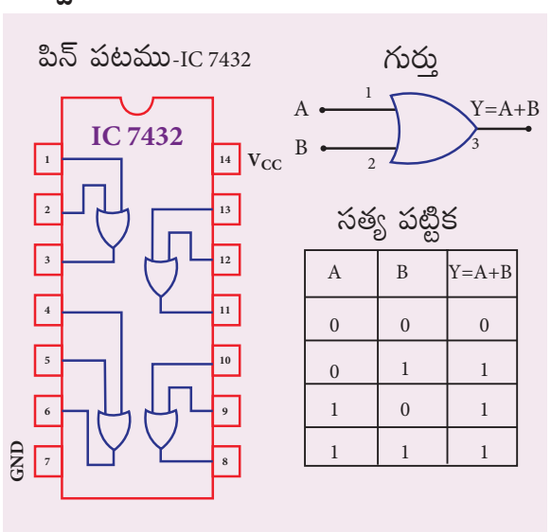
సమీకృత వలయమును విద్యుత్ వలయ పలక లోపల అమర్చునపుడు దాని గుర్తింపు చిహ్నం ఎడమవైపుగా యుండవలయును తరువాత పటములో యున్న విధముగా IC పిన్నులను ఉంచవలయును. క్రింద వచ్చు పటములలో గల అన్ని IC లకు (సమీకృత వలయములకు) పైన చెప్పిన విధముగా IC పిన్స్ గుర్తింపబడుచున్నది.

AND ద్వారము:



A	B	Y=AB
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

OR ద్వారము:

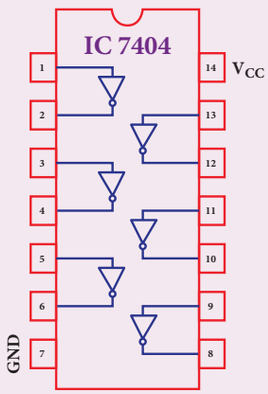


A	B	Y=A+B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

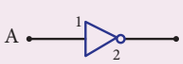
06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 335 23-03-2023 14:17:01

NOT ద్వారము:

పిన్ పటము-IC 7404



గుర్తు

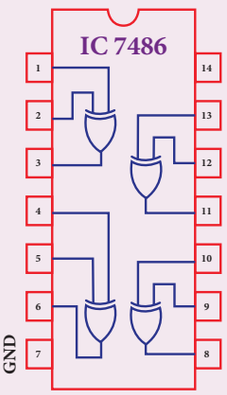


సత్య పట్టిక

A	$Y=\bar{A}$
0	1
1	0

X-OR ద్వారము :

పిన్ పటము-IC 7486



గుర్తు

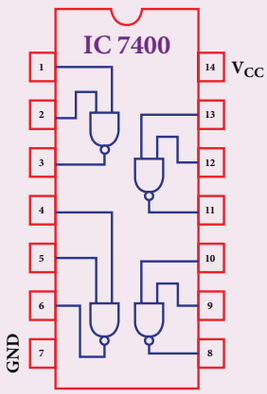


సత్య పట్టిక

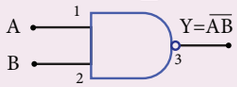
A	B	$Y=\bar{A}B+A\bar{B}$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

NAND ద్వారము:

పిన్ పటము-IC 7400



గుర్తు

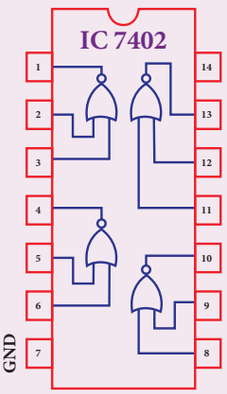


సత్య పట్టిక

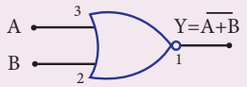
A	B	$Y=\overline{AB}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

NOR ద్వారము:

పిన్ పటము-IC 7402



గుర్తు



సత్య పట్టిక

A	B	$Y=\overline{A+B}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

పనిచేయు విధానము

- ఇవ్వబడిన తర్క ద్వారము యొక్క సత్య పట్టికను సరిచూచుటకు తగిన సమీకృత వలయములను తీసుకొని విద్యుత్ వలయములో ఉన్నట్లు కలుపబడుచున్నది.
- అన్ని సమీకృత వలయములకు, 14వ IC పిన్‌నకు 5V విద్యుత్ శక్మ భేదము, 7వ IC పిన్‌నకు భూ సంధానము (Earthing) ఇవ్వబడుచున్నది.
- సత్య పట్టికలో ఉన్న అన్ని నివేశములకు (inputs) తగిన నిర్గమములను (output) గుర్తించుకొని పట్టిక చేయబడినది.
- అదేవిధముగా అన్ని రకముల నివేశములకు నిర్గమములు నమోదుచేయబడుతుంది.
- ఇదే విధముగా, అన్ని తర్క ద్వారముల యొక్క సత్య పట్టికలను సరిచూడబడుచున్నది.

ఫలితము

సమీకృత వలయములను ఉపయోగించి AND, OR, NOT, Ex-OR, NAND మరియు NOR వంటి తర్క ద్వారముల యొక్క సత్య పట్టికలు సరిచూడబడినవి.

ముందు జాగ్రత్తలు

(i) V_{CC} మరియు భూసంధానమును మార్చి సంధానించరాదు. ఆ విధముగా చేసిన సమీకృత వలయమునకు హాని కలుగును. (ii) NOR తర్క ద్వారము యొక్క IC పిన్ పటము మిగిలిన తర్క ద్వారముల యొక్క పటముల నుండి వేరుపడి యుండును.

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 336 23-03-2023 14:17:03

10. ఢీమోర్గాన్ సిద్ధాంతములను సరిచూచుట

ఉద్దేశ్యము: ఢీమోర్గాన్ మొదటి మరియు రెండవ సిద్ధాంతములను సరిచూచుట.

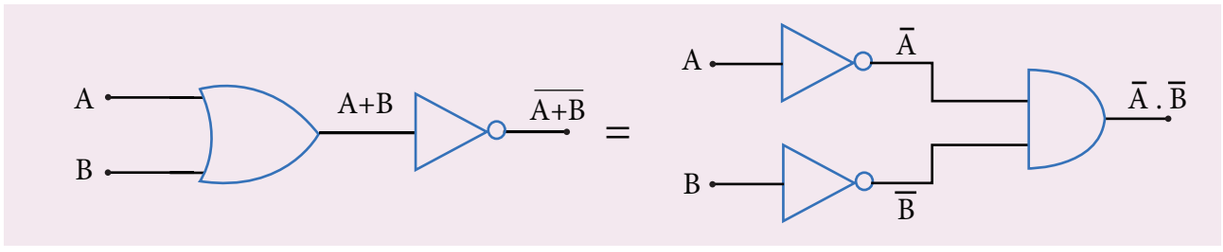
కావలసిన పరికరాలు: విద్యుత్ సరఫరా (0 – 5V), IC 7400, 7408, 7432, 7404 మరియు 7402 లుగల డిజిటల్ IC ట్రైనర్ కిట్ , అనుసంధానపు తీగలు

సూత్రము డీ మోర్గాన్ మొదటి సిద్ధాంతం $\overline{A+B}=\overline{A}.\overline{B}$

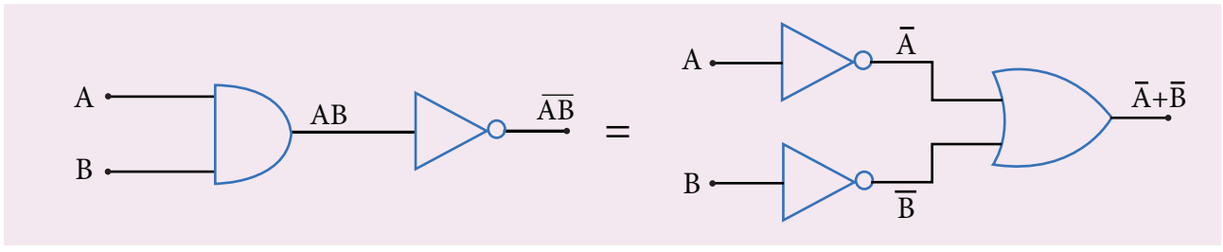
డీ మోర్గాన్ రెండవ సిద్ధాంతం $\overline{A.B}=\overline{A}+\overline{B}$

విద్యుత్ వలయ పటము:

డి మోర్గాన్ మొదటి సిద్ధాంతం



డీ మోర్గాన్ రెండవ సిద్ధాంతం



ప్రయోగ పద్ధతి:

i) డీమోర్గాన్ యొక్క మొదటి సిద్ధాంతమును సరిచూచుట.

- క్రింది వలయ పటములో చూపినట్లుగా తగిన IC లను ఉపయోగించి సిద్ధాంతం యొక్క ఎడమ వైపు LHS $\left[\overline{A+B}\right]$ కైన సంధానములు సంధానించబడి ఉండును. (ఏర్పాటు చేయబడి ఉండును.)
- సత్య (నిజ) పట్టిక truth table లోని అన్ని రకాల తర్క నివేశములకు (logical inputs) నిర్గమము (output)లను గుర్తించి పట్టికలో నమోదు చేయవలెను.
- ఇదేవిధానాన్ని సిద్ధాంతము యొక్క RHS $\left[\overline{A}.\overline{B}\right]$ పునారవృతం చేయబడుతున్నది.
- సత్య (నిజ) పట్టిక నుండి $\overline{A+B}=\overline{A}.\overline{B}$ అని నిరూపించబడుచున్నది.

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 337 23-03-2023 14:17:09

ii) డీమోర్గాన్ రెండవ సిద్ధాంతమును సరిచూచుట:

- క్రింది విద్యుత్ వలయ పటములో చూపిన విధంగా తగిన IC లను ఉపయోగించి సిద్ధాంతం యొక్క ఎడమ వైపు భాగము LHS $\left[\overline{A.B}\right]$ కైన సంధానములు ఏర్పాటు చేయబడి ఉన్నవి.
- సత్య పట్టికలోని అన్ని రకాల తర్క నివేశములకు (logical inputs) నిర్గమము (output) లను పట్టికలో నమోదు చేయవలెను.
- సిద్ధాంతము యొక్క RHS $\left[\overline{A}+\overline{B}\right]$ కొరకు ఇదే విధానం పునరావృతమగును.
- సత్య పట్టిక నుండి $\overline{A.B}=\overline{A}+\overline{B}$ అని నిరూపించబడుచున్నది.

పరిశీలన

డీ మోర్గాన్ మొదటి సిద్ధాంతం

సత్య పట్టిక (Truth Table)

A	B	$\overline{A+B}$	$\overline{A}.\overline{B}$
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

డీ మోర్గాన్ రెండవ సిద్ధాంతం

సత్య పట్టిక (**Truth Table**)

A	B	$\overline{A.B}$	$\overline{A}+\overline{B}$
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

ఫలితము:

డీమోర్గాన్ మొదటి మరియు రెండవ సిద్ధాంతములు సరి చూడబడినవి.

గమనిక

IC 7408, IC 7432 మరియు IC 7404 ల యొక్క పిన్ పటాలు (pin diagram) మునుపటి ప్రయోగం నుండి తీసుకొనవచ్చును.

ముందు జాగ్రత్తలు

సంధానములు చేయునప్పుడు V_{CC} మరియు గ్రౌండ్ పిన్‌లు పరస్పరం మార్చుకోకూడదు. లేకపోతే చిప్ (chip) దెబ్బ తినును.

అన్ని సంధానములకి, IC లోని 14వ పిన్ 5V శక్మభేధమునకు, 7వ పిన్ భూమి (ground) కి సంధానించబడి ఉండును.

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 338 23-03-2023 14:17:12

ప్రయోగ పరీక్షల నిమిత్తం సూచించబడిన ప్రశ్నల జాబితా

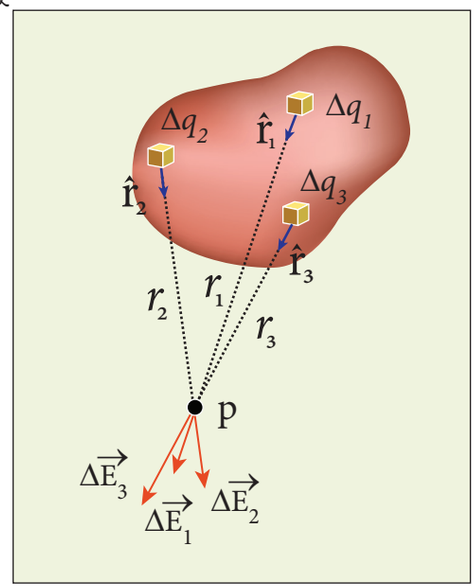
1. మీటర్‌బ్రిడ్జిని ఉపయోగించి ఇచ్చిన తీగ యొక్క నిరోధమును నిర్ణయించండి. స్క్రూగేజిని ఉపయోగించి తీగ వ్యాసార్ధమును కనుగొని తద్వారా ఆ తీగ పదార్థపు విశిష్ట నిరోధమును కూడా కనుగొనండి. కనీసం 4 రీడింగులను నమోదు చేయండి.
2. టాంజెంట్ గాల్వనా మీటరును ఉపయోగించి భూఅయస్కాంత క్షేత్ర క్షితిజ అంశమును నిర్ణయించండి. కనీసం 4 రీడింగులను నమోదు చేయండి.
3. పొటెన్షియో మీటరును ఉపయోగించి రెండు విద్యుత్ ఘటముల విచాబను పోల్చండి.
4. వర్ణపటమానిని సహాయంతో ఇచ్చిన పట్టకము యొక్క కోణము మరియు కనిష్ట విచలన కోణమును కొలవండి. దీని నుండి పట్టక పదార్థపు వక్రీభవన గుణకమును కనుగొనండి.
5. వర్ణపటమానిని సహాయంతో గ్రేటింగ్‌ను సాధారణ పతనమునకు సర్ది, పాదరస వర్ణపటములో పచ్చ, నీలం, పసుపు మరియు ఎరుపు రేఖల తరంగధైర్ఘ్యమును కనుగొనండి. (గ్రేటింగ్ నందు ఒక మీటరుకు గీయబడిన రేఖల సంఖ్య ఇవ్వబడి ఉంటుంది.)
6. PN సంధి డయోడ్ యొక్క V-I లక్షణ వక్రమును గీచి, దాని పురో బయాస్‌ను మరియు పురో బయాస్ లాక్షణిక వక్రము నుండి ప్రారంభ ఓల్టేజిని కనుగొనండి.
7. జెనార్ డయోడ్ యొక్క V-I లక్షణ వక్రమును గీచి, దాని పురో బయాస్‌ను మరియు పురో బయాస్ లాక్షణిక వక్రము నుండి ప్రారంభ ఓల్టేజిని కనుగొనండి. జెనార్ డయోడ్ యొక్క తిరో బయాస్ ద్వారా దాని బ్రేక్‌డౌన్ ఓల్టేజిని కూడా కనుగొనండి.
8. CE పద్ధతిలో, NPN సంధి ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క నివేశ మరియు బదిలీ లక్షణ వక్రరేఖను గీచి, నివేశ లక్షణమునకు గీచిన వక్రము నుండి నివేశ అవరోధమును మరియు బదిలీ లక్షణ వక్రము నుండి పొందిన విద్యుత్ ప్రవాహవృద్ధిని లెక్కించండి.
9. CE పద్ధతిలో NPN సంధి డయోడ్ యొక్క నిర్గమ మరియు బదిలీ లక్షణ వక్రరేఖను గీచి, నిర్గమ లక్షణ వక్ర రేఖ నుండి నిర్గమ అవరోధమును మరియు బదిలీ లక్షణ వక్ర రేఖ నుండి పొందిన విద్యుత్ ప్రవాహవృద్ధిని లెక్కించండి.
10. ఇంటిగ్రేటడ్ వలయమును ఉపయోగించి తర్క ద్వారము AND, NOT, Ex-OR మరియు NOR యొక్క సత్య పట్టికను సరిచూడండి.
11. ఇంటిగ్రేటడ్ వలయమును ఉపయోగించి తర్క ద్వారము OR, NOT, Ex-OR మరియు NOR యొక్క సత్యపట్టికను సరిచూడండి.
12. డీమోర్గాన్ యొక్క మొదటి, రెండవ సిద్ధాంతములను సరిచూడండి.

06_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Practical.indd 339 23-03-2023 14:17:12

అనుబంధము

A1.1 అవిచ్ఛిన్న ఆవేశ పంపిణీ వలన విద్యుత్ క్షేత్రము

పటము A1.1లో చూపినట్లు ఒక క్రమరహిత అవేశ వస్తువును పరిశీలించండి. ఈ మొత్తము అను పూరిత వస్తువును $\Delta q_1, \Delta q_2, \Delta q_3 ..... \Delta q_n$ అనే మరియు అనేక మూలకములుగా విభజించి ఒక్కొక్క ఆవేశ మూలకము Δq బిందు ఆవేశాన్ని కలిగి ఉన్నదని అనుకొందాం.



పటము A1.1 అవిచ్ఛిన్న ఆవేశ పంపిణీ

ఒక ఆవేశ పూరిత వస్తువు వలన P బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్రమును P బిందువు వద్ద అన్ని ఆవేశ మూలకముల వలన ఏర్పడు క్షేత్రము యొక్క మొత్తముగా చెప్పవచ్చు.

$$\vec{E} \approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{\Delta q_1}{r_{1P}^2}\hat{r}_{1P} + \frac{\Delta q_2}{r_{2P}^2}\hat{r}_{2P} + ... + \frac{\Delta q_n}{r_{nP}^2}\hat{r}_{nP}\right)$$
$$\approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\sum_{i=1}^{n}\frac{\Delta q_i}{r_{iP}^2}\hat{r}_{iP} \qquad \text{(A1.1)}$$

ఇక్కడ, Δq_i అనునది i వ ఆవేశ మూలకము, r_{iP} అనునది P నుండి i వ ఆవేశ మూలకము వరకు మధ్య గల దూరము మరియు $\hat{r}_{iP}$ అనునది P బిందువునకు i వ ఆవేశ మూలకము యొక్క ప్రమాణ సదిశ.

అయితే, సమీకరణము A1.1 ఒక ఉజ్జాయింపు మాత్రమే. ఆవేశముల అవిచ్ఛిన్న పంపిణీని కలుపుటకు (సంకలనము) మనము $\Delta q \to 0 (= dq)$ అవధిని తీసుకోవాలి. ఈ అవధిలో సమీకరణము A1.1 నందు సంకలనము, సమాకలనముగా మారి అది క్రింది రూపమును పొందును.

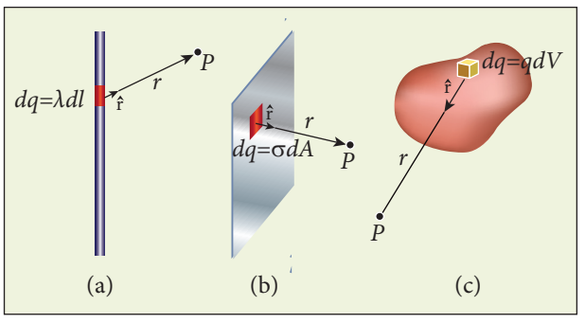
$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int \frac{dq}{r^2}\hat{r} \qquad \text{(A1.2)}$$

ఇక్కడ r అనునది P నుండి అతి సూక్ష్మఆవేశము dq కు మధ్య గల దూరము మరియు $\hat{r}$ అనునది dq నుండి P బిందువునకు గల ప్రమాణ సదిశ అవుతుంది. అవిచ్ఛిన్న ఆవేశ పంపిణీకి ఆ విద్యుత్ క్షేత్రమును లెక్కించుట కష్టమైనప్పటికీ, పరీక్షింపదలచిన ఆవేశము q ఈ విద్యుత్ క్షేత్రములో పొందు బలమును $\vec{F} = q\vec{E}$ అనే సమీకరణము ద్వారా సూచిస్తారు.

(అ)L పొడవు గల తీగలో Q ఆవేశము ఏకరీతిగా పంపిణీ చేయబడినపుడు, రేఖీయ ఆవేశ సాంద్రత (ప్రమాణ పొడవుకు గల ఆవేశము) $\lambda = \frac{Q}{L}$. అవుతుంది. దీనికి ప్రమాణము కూలూంబ్/మీటర్ (Cm^{-1})

అత్యంత సూక్ష్మపొడవు dl నందు గల ఆవేశము $dq = \lambda dl$ ఇది పటము A1.2(అ)లో చూపబడినది.

07_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Appendix.indd 340 27-06-2022 16:06:35



పటము A1.2 రేఖీయ, తల మరియు ఘనపరిమాణ ఆవేశ పంపిణీ

రేఖీయ మొత్త ఆవేశ Q వలన కలుగు విద్యుత్ క్షేత్రము

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int \frac{\lambda dl}{r^2}\hat{r} = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0}\int \frac{dl}{r^2}\hat{r}$$

(ఆ)ఆవేశము Q అనునది తలము వైశాల్యము A పై ఏకరీతిగా పంపిణీ చెందినపుడు, తలపు ఆవేశ సాంద్రత (ప్రమాణ వైశాల్యమునకు గల ఆవేశము) $\sigma = \frac{Q}{A}$ అవుతుంది. దీనికి ప్రమాణము కూలూంబ్/మీ^{2} (C m^{-2}).

అత్యంత సూక్ష్మవైశాల్యము dA నందు గల ఆవేశము $dq = \sigma\, dA$ అవుతుంది. ఇది పటము A1.2 (ఆ)లో చూపబడినది.

ఇప్పుడు మొత్తము ఆవేశము Q ను దాని విద్యుత్ క్షేత్రము పరంగా క్రింది విధంగా తెలుపవచ్చును.

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int \frac{\sigma dA}{r^2}\hat{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\sigma\int \frac{dA}{r^2}\hat{r}$$

ఇది పటము A1.2 (ఆ)లో చూపబడినది.

(ఇ)ఆవేశము Q అనునది తలము ఘనపరిమాణమునకు V లో ఏకరీతిగా పంపిణీ చెందబడినపుడు, ఘనపరిమాణ ఆవేశ సాంద్రత (ప్రమాణ ఘనపరిమాణమునకు గల ఆవేశము) $\rho = \frac{Q}{V}$ అవుతుంది. దీనికి ప్రమాణము కూలూంబ్/మీటర్^{3} (C m^{-3}).

అత్యంత సూక్ష్మ ఘనపరిమాణపు మూలకము dV లో ఉన్న వాహకము $dq = \rho dV$ అవుతుంది. ఇది పటము A1.2లో చూపబడినది.

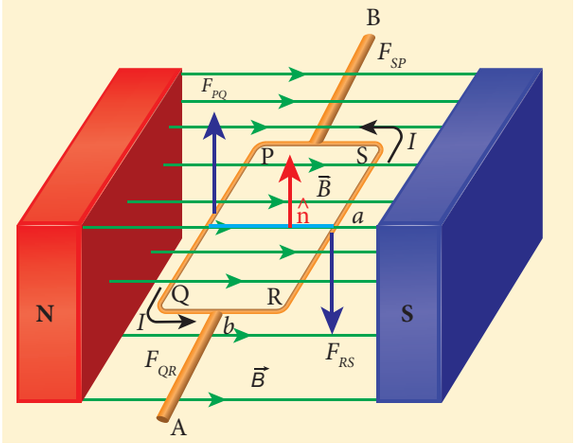
మొత్తము ఆవేశము Q వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్రమును క్రింది విధముగా తెలుపవచ్చు.

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int \frac{\rho dV}{r^2}\hat{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\rho\int \frac{dV}{r^2}\hat{r}.$$

A3.1

ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో ఉంచబడిన విద్యుత్ ప్రవాహ వలయం మీద గల బల భ్రామకము

ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో ఉంచబడిన ఒక దీర్ఘచతురస్రాకార వలయము (అనగా చుట్ల సంఖ్య '1'గా ఉండును) PQRS అని పరిగణించబడినది a మరియు b అనునవి వరుసగా దీర్ఘచతురస్రాకార వలయము యొక్క పొడవు మరియు వెడల్పులు అనుకొనుము. $\hat{n}$ అనునది విద్యుత్ ప్రవాహ వలయ తలానికి లంబ దిశలో ఉన్న ఏకాంక సదిశ. వలయము యొక్క దిశా అమరికను తెలుపుటకు ఇది ఉపయోగపడును. అయస్కాంత క్షేత్రం $\vec{B}$ యొక్క దిశ పటము A3.1 లో సూచించబడినది.

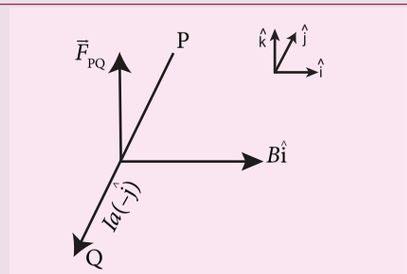
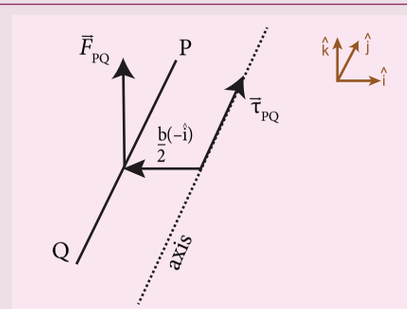
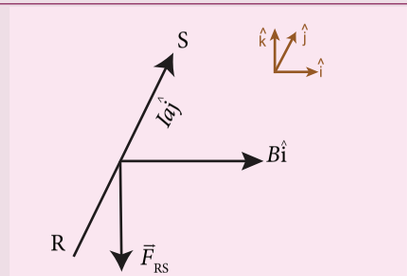
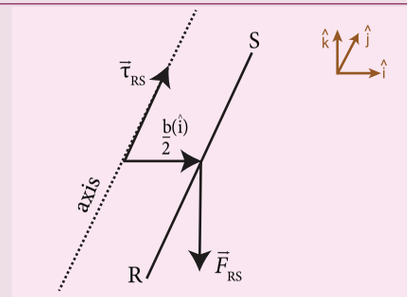


పటము A3.1 అయస్కాంత క్షేత్రములో ఉంచబడిన దీర్ఘచతురస్రాకార చుట్ట (వలయము)

వలయము PQRS గుండా స్థిర విద్యుత్ I ప్రవహించునప్పుడు దాని మీద పనిచేయు నికర బలము శూన్యము అగును. నికర బలభ్రామకము శూన్యము కాదు. గణించుటకు వీలుగా, దీర్ఘచతురస్రాకార వలయాన్ని PQ, QR, RS మరియు SP అను నాలుగు భాగాలుగా విభజించవలెను.

07_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Appendix.indd 341 27-06-2022 16:06:37

పట్టిక A3.1 ప్రమాణ లంబ సదిశ అయస్కాంత క్షేత్రానికి లంబముగా ఉన్నప్పుడు స్థితి

విభాగము	బలము		టార్క్	
	$\vec{F} = I\vec{l} \times \vec{B}$	వివరణాత్మక పటము	$\vec{F} = I\vec{l} \times \vec{B}$	వివరణాత్మక పటము
PQ	$\vec{F}_{PQ} = I(-a\hat{j}) \times B\hat{i}$ $= -IaB(\hat{j} \times \hat{i})$ $= IaB\hat{k}$		$\vec{\tau}_{PQ} = \frac{b}{2}(-\hat{i}) \times \vec{F}_{PQ}$ $= \left(-\frac{b}{2}\right)(IaB)(\hat{i} \times \hat{k})$ $= \frac{b}{2} IaB\hat{j}$	
QR	$\vec{F}_{QR} = Ib\hat{i} \times B\hat{i} = \vec{0}$		$\vec{\tau}_{QR} = \frac{a}{2}(-\hat{j}) \times \vec{F}_{QR} = \vec{0}$	
RS	$\vec{F}_{RS} = (Ia\hat{j}) \times B\hat{i}$ $= IaB(\hat{j} \times \hat{i})$ $= -IaB\hat{k}$		$\vec{\tau}_{RS} = \frac{b}{2}\hat{i} \times \vec{F}_{RS}$ $= \frac{b}{2}\hat{i} \times (-IaB\hat{k})$ $= \left(-\frac{b}{2}\right) IaB(\hat{i} \times \hat{k})$ $= \frac{b}{2} IaB\hat{j}$	
SP	$\vec{F}_{SP} = Ib(-\hat{i}) \times B\hat{i} = \vec{0}$		$\vec{\tau}_{SP} = \frac{a}{2}\hat{j} \times \vec{F}_{SP} = \vec{0}$	

07_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Appendix.indd 342 27-06-2022 16:06:40

ఇప్పుడు వలయము యొక్క తలము అయస్కాంత క్షేత్ర దిశకు సమాంతర దిశలో ఉన్నప్పుడు బల భ్రామకాన్ని లెక్కించవలెను. అనగా $\hat{n} \perp \vec{B}$

$\hat{n} \perp \vec{B}$ (ఏకాంక లంబ సదిశ అయస్కాంత క్షేత్రానికి లంబ దిశలో ఉన్నది)

అయస్కాంత క్షేత్రములో ఉంచబడిన విద్యుత్ ప్రవహించు తీగ మీద బలము ప్రయోగించబడును. అందువల్ల వలయము యొక్క ఒక్కొక్క భాగము మీద పనిచేయు బలము కేంద్రము గుండా పోవు అక్షం ఆధారంగా బలభ్రామకము పట్టికీకరించవలెను. (పట్టిక (A3.1))

$$\therefore \text{నికర బలము } \vec{F}_{\text{నికరం}} = \vec{F}_{PQ} + \vec{F}_{QR} + \vec{F}_{RS} + \vec{F}_{SP} = \vec{0}$$

మరియు నికర బల భ్రామకము

$$\vec{\tau}_{\text{నికరం}} = \vec{\tau}_{PQ} + \vec{\tau}_{QR} + \vec{\tau}_{RS} + \vec{\tau}_{SP} = IabB\hat{j}$$

దీర్ఘచతురస్రాకార వలయము మీద గల నికర బలము శూన్యమగును. నికర బలభ్రామకము శూన్యము కాదు. A అనునది దీర్ఘచతురస్రాకార వలయము యొక్క వైశాల్యము (A = ab) అయిన

$$\vec{\tau}_{\text{నికరం}} = ABI\hat{j}$$

దీర్ఘచతురస్రాకార వలయము యొక్క మొత్తము చుట్ల సంఖ్య N అయిన

$$\vec{\tau}_{\text{నికరం}} = NABI\hat{j}$$

ఈబల భ్రామకము వలన వలయము భ్రమించును. (ఇక్కడ సవ్యదిశ) మరియు అయస్కాంతక్షేత్రము, వలయము యొక్క తలము ఒకే దిశలో ఉండదు. అందువలన పైన ఇవ్వబడిన సమీకరణము ఒక ప్రత్యేక సందర్భము అగును.

గమనిక: అయస్కాంత క్షేత్ర దిశకు ఏటవాలుగా (వంపుగా) వలయము యొక్క తలము ఉన్నప్పుడు (అనగా $\hat{n} \not\perp \vec{B}$), బలభ్రామకము $\vec{\tau}_{\text{నికరం}} = NABI\sin\theta\hat{j}$ అయస్కాంత ద్విధ్రువ భ్రామకం $\vec{\tau}_{\text{నికరం}} = \vec{p}_m \times \vec{B}$

ప్రత్యేక సందర్భాలు:

(i) $\theta = 90^\circ, \vec{\tau}_{\text{నికరం}} = NABI\hat{j} =$ గరిష్ఠం

$\vec{p}_m$ మరియు $\vec{B}$ అనునవి ఒకదానికొకటి లంబముగా ఉండును

(ii) $\theta = 0^\circ, \vec{\tau}_{\text{నికరం}} = \vec{0}$

$\vec{p}_m$ మరియు $\vec{B}$ అనునవి సమాంతరము

(iii) $\theta = 180^\circ, \vec{\tau}_{\text{నికరం}} = \vec{0}$

$\vec{p}_m$ మరియు $\vec{B}$ అనునవి అసమాంతరము

ఉదాహరణ A3.1

దండాయస్కాంతమును ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో ఉంచినపుడు, డోలనావర్తన కాలము $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{p_m B}}$ సెకను అని చూపుము. ఇక్కడ, I అనునది దండాయస్కాంతము యొక్క జడత్వభ్రామకము, p_m అనునది అయస్కాంత భ్రామకము మరియు B అనునది అయస్కాంత క్షేత్రము అగును.

సాధన

ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్ర $\vec{B}$ దిశకు సమాంతరముగా ఉంచబడిన దండాయస్కాంతము పై పనిచేయు అపవర్తన బలభ్రామకము యొక్క పరిమాణము (వస్తువును భ్రమింపజేయు బలభ్రామకము)

$$|\vec{\tau}| = p_m B\sin\theta$$

దండాయస్కాంతము మీద పనిచేయు పునఃస్థాపక బల భ్రామకము యొక్క పరిమాణము

$$|\vec{\tau}| = I\frac{d^2\theta}{dt^2}$$

సమతాస్థితి నిబంధన ప్రకారం, అపవర్తన బలభ్రామకము మరియు పునఃస్థాపన బలభ్రామకము ఒకే పరిమాణమును కలిగియుండి, వ్యతిరేక దిశలో పనిచేయును. అనగా

07_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Appendix.indd 343 27-06-2022 16:06:44

$$I\frac{d^2\theta}{dt^2} = -p_m B\sin\theta$$

రెండు బలభ్రామకములు వ్యతిరేక దిశలలో పనిచేయుటను ఋణాత్మక గుర్తు సూచించును. పై సమీకరణాన్ని క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{p_m B}{I}\sin\theta$$

ఇది ఒక అరేఖీయ ద్విఘాత సజాతీయ అవకలన సమీకరణము. దీనిని రేఖీయ సమీకరణముగా మార్చడానికి మనం అల్పకోణ సవరణలు నిబంధనను ఉపయోగించాలి. దీనిని XI భాగము II (అధ్యాయము −10 (డోలనములు), భాగము 10.44) లో ఉపయోగించాము. అనగా $\sin\theta \approx \theta$

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

ఈ రేఖీయ ద్విపరిమాణ సజాతీయ అవకలన సమీకరణము, సరళ హరాత్మక అవకలన సమీకరణము అగును. ఈ సమీకరణాన్ని

అనే సరళహరాత్మక చలన (SHM) అవకలన సమీకరణముచే పోల్చవలెను.

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 x$$

ఇక్కడ ω అనునది చలనము యొక్క కోణీయ పౌనఃపున్యము అగును.

$$\omega^2 = \frac{p_m B}{I} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{p_m B}{I}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{p_m B}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{p_m B_H}} \text{ సెకను}$$

ఇక్కడ B_H అనునది అయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క సమాంతర అంశము అగును.

గమనిక

1. వలయములోని విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని I = K tan θ నుండి లెక్కించవచ్చును. ఇక్కడ K అనునది గాల్వనా మీటరు యొక్క క్షయీకరణ కారణాంకం అగును. ఇక్కడ

$$K = \frac{2RB_H}{\mu_\circ N}$$

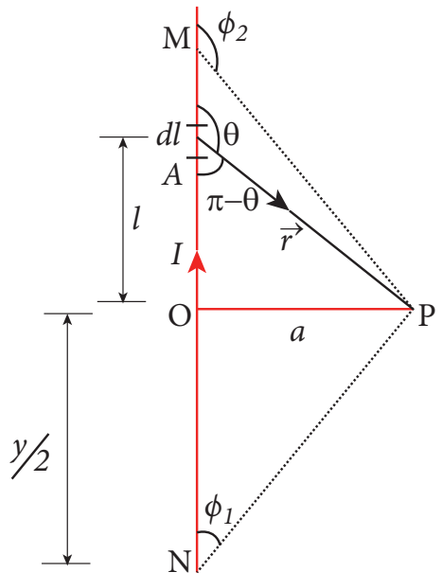
2. ప్రమాణ విద్యుత్ ప్రవాహంచేత ఉత్పత్తి చేయబడిన అపవర్తనములోని మార్పు సున్నితత్వం కొలుచును. గణితపరంగా

$$\frac{d\theta}{dI} = \frac{1}{K\left(1+\frac{I^2}{K^2}\right)}$$

3. టాంజెంట్ గాల్వనామీటరు 45° అపవర్తనం వద్ద చాలా ఎక్కువ సున్నితత్వమును కలిగి యుండును. సాధారణముగా అపవర్తనాన్ని 30° మధ్యలో తీసుకొనెదరు.

ఉదాహరణ A3.2

పటము చూపినట్లు విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రవహించు తిన్నని తీగకి లంబముగా రెండు సమభాగములుగా విభజించు P బిందువు వద్ద గల అయస్కాంత క్షేత్రమును లెక్కించుము.



07_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Appendix.indd 344 27-06-2022 16:06:46

సాధన:

పొడవు MN = y మరియు లంబ సమద్విఖండన బిందువు P అనుకొనుము. పటములో చూపినట్లు వాహకము మీద గల ఒక బిందువు 'O' అనుకొనుము. $OM = ON = \frac{y}{2}$

$$\cos\varphi_1 = \frac{\text{ఆనన్న భుజము}}{\text{కర్ణము}} = \frac{ON}{PN} =$$

$$= \frac{\frac{y}{2}}{\sqrt{\frac{y^2}{4}+a^2}} = \frac{y}{\sqrt{y^2+4a^2}}$$

$$\cos(\pi-\varphi_2) = \frac{\text{అనన్న భుజము}}{\text{కర్ణము}} = \frac{OM}{PM}$$

$$\cos\varphi_2 = -\frac{OM}{PM}$$

క్రింది సమీకరణమును ఉపయోగించి

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{4\pi a}(\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2)\hat{n}$$

మనకు లభించునది $\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{4\pi a}\frac{2y}{\sqrt{y^2+4a^2}}\hat{n}$

పొడవైన తిన్నని తీగ, $y \to \infty$,

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{2\pi a}\hat{n}$$

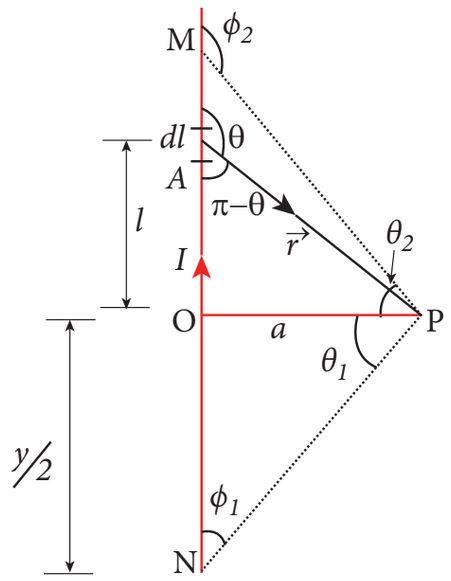
ఈ ఫలితము సమీకరణము 3.39ని పోలియుండును.

ఉదాహరణ A3.3

ఒక తిన్నని వాహకము వలన ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రము

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{4\pi a}(\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2)\hat{n}$$

$$= \frac{\mu_\circ I}{4\pi a}(\sin\theta_1 + \sin\theta_2)\hat{n}$$



సాధన:

లంబకోణ త్రిభుజము OPN లో, కోణము $\angle OPN = \theta_1$, దీని నుండి $\varphi_1 = \frac{\pi}{2} - \theta_1$ అని తెలుసుకొనవచ్చును. మరలా లంబకోణ త్రిభుజముOPM లో కోణము $\angle OPM = \theta_2$, దీని నుండి $\varphi_2 = \frac{\pi}{2} + \theta_2$ అని తెలుసుకొనవచ్చును.

కావున,

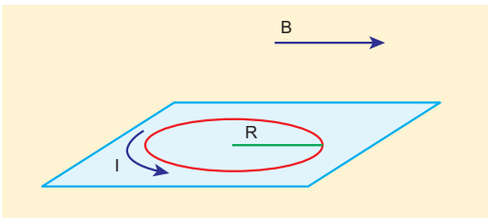
$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{4\pi a}\left(\cos\left(\frac{\pi}{2}-\theta_1\right) - \cos\left(\frac{\pi}{2}+\theta_2\right)\right)\hat{n}$$

$$= \frac{\mu_\circ I}{4\pi a}(\sin\theta_1 + \sin\theta_2)\hat{n}$$

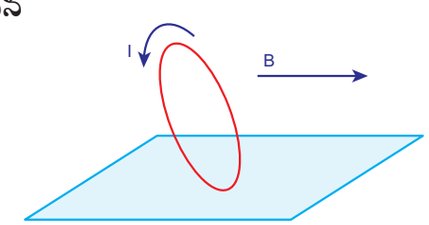
ఉదాహరణ A3.4

R వ్యాసార్ధం m ద్రవ్యరాశి గల వృత్తాకార తీగ వలయము ఒకటి గరుకు తలము మీద ఉంచబడినది. పటములో చూపినట్లు వలయము గుండా పోవు విద్యుత్ ప్రవాహము I మరియు క్షితిజ సమాంతరముగా పనిచేయు అయస్కాంత క్షేత్రము $\vec{B}$ అనుకొనుము. వలయము యొక్క ఒక కొన గరుకు తలము నుండి పైకి లేపడానికి ఎంత విద్యుత్ ప్రవాహం వలయము గుండా పంపవలెనని అంచనా వేయుము?

07_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Appendix.indd 345 27-06-2022 16:06:50



సాధన



వలయము గుండా విద్యుత్ ప్రవహించినప్పుడు, బలభ్రామకము ఏర్పడును. వలయము మీద పనిచేయు బలభ్రామకము అధికమగునప్పుడు వలయము భ్రమణము చెందుటకు ప్రారంభించును. వలయము గుండా పోవు విద్యుత్ ప్రవాహము వలన ఏర్పడు అయస్కాంత బలభ్రామకము విలువ, భూమ్యాకర్షణ బలము వలన ఏర్పడిన బలభ్రామకమునకు సమానమైనప్పుడు మాత్రమే పటములో చూపిన విధముగా వలయము యొక్క ఒక కొన తలము నుండి పైకి లేచును.

$$\tau_{\text{అయస్కాంత}} = \tau_{\text{భూమ్యాకర్షణ}}$$
$$IAB = mgR$$

అయితే $p_m = IA = I\left(\pi R^2\right)$

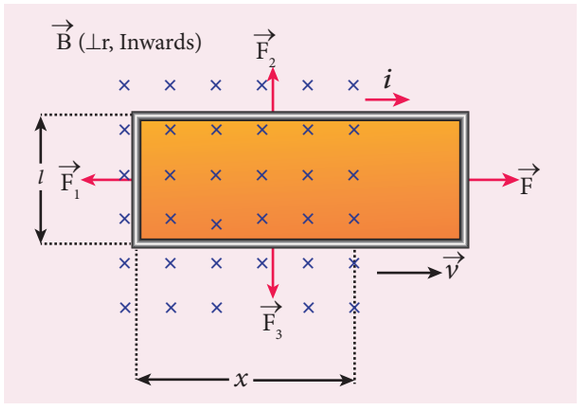
$$\pi I R^2 B = mgR$$
$$\Rightarrow I = \frac{mg}{\pi RB}$$

పై సమీకరణము నుండి అంచనా వేయబడిన విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని వలయము గుండా ప్రవహింపజేసిన తలము యొక్క ఒక కొన తలము నుండి పైకి లేచును.

A4.1

ఫారడే నియమము నుండి చలన విచాబ

l వెడల్పు కలిగిన ఒక దీర్ఘచతురస్రాకార వాహక వలయము $\vec{B}$ ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రములో వలయ తలమునకు లంబముగాను మరియు లోపలి దిశలోకి ఉన్నట్లు పరిగణిద్దాం. పటము A4.1 లో



పటము A4.1 ఫారడే నియమము నుండి చలన విచాబ

చూపినట్లు వలయములో ఒక భాగం అయస్కాంత క్షేత్రములో ఉండి, మిగిలిన భాగం క్షేత్రమునకు వెలుపలి వైపు ఉన్నది.

ఇప్పుడు $\vec{v}$ స్థిర వేగముతో వలయమును లాగినపుడు అయస్కాంత క్షేత్రములోని వలయ భాగపు వైశాల్యము తగ్గుతుంది. కావున వలయములో ముడిపడివున్న అయస్కాంత అభివాహము కూడా తగ్గుతుంది. ఫారడే నియమము నుండి ఒక వలయములో ప్రేరితమైన ప్రవాహ విద్యుత్ ఆ వలయమును లాగుటను వ్యతిరేఖించు దిశలో ప్రవహిస్తుంది.

అయస్కాంత క్షేత్రములో ఉన్న వలయము యొక్క పొడవును x అని మరియు దాని వైశాల్యమును lx అని అనుకొందాము. అప్పుడు వలయములో ముడిపడిన అయస్కాంత అభివాహము క్రింది విధముగా ఉంటుంది.

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

ఇక్కడ $\theta = 0^\circ$ మరియు $\cos 0^\circ = 1$

$$\Phi_B = Blx \qquad \text{(A4.1)}$$

వలయ చలనము వలన అయస్కాంత అభివాహము తగ్గుతుంది. అప్పుడు ప్రేరిత విచాబ పరిమాణము క్రింది సమీకరణము ద్వారా తెలుపవచ్చును.

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

ఇక్కడ, B మరియు l రెండూ స్థిరాంకాలు. కావున

$$\varepsilon = Bl\frac{dx}{dt} = Blv \qquad \text{(A4.2)}$$

07_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Appendix.indd 346 27-06-2022 16:06:53

ఇక్కడ, $v = \frac{dx}{dt}$ అనునది వలయము యొక్క వేగము అయస్కాంత క్షేత్రములో వలయము యొక్క చలనము వలన ఈ విచాబ ఉత్పత్తి అయినందున దీనిని చలన విచాబ అంటారు.

లెంజ్ నియమము నందు ప్రేరిత విద్యుత్ సవ్య దిశలో ప్రవహిస్తుంది. వలయము యొక్క నిరోధం R అయితే ప్రేరిత విద్యుత్‌ను క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{Blv}{R} \qquad \text{(A4.3)}$$

A4.2

డోలనాలు మరియు సరళ హరాత్మక డోలనాల మధ్య సారూప్యత

పరిమాణాత్మక చర్య

స్ప్రింగ్ – ద్రవ్యరాశి వ్యవస్థ యొక్క యాంత్రిక శక్తిని క్రింది విధముగా తెలుపవచ్చును.

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 \qquad \text{(A4.4)}$$

x మరియు v విలువలు మారుచున్నప్పుడు శక్తి E స్థిరముగా ఉంటుంది. కాలము పరంగా E ను అవకలనం చేయగా, మనకు క్రింది సమీకరణం లభిస్తుంది.

$$\frac{dE}{dt} = \frac{1}{2}m\left(2v\frac{dv}{dt}\right) + \frac{1}{2}k\left(2x\frac{dx}{dt}\right) = 0$$

$$\text{or } m\frac{d^2x}{dt^2} + kx = 0 \qquad \text{(A4.5)}$$

$$\text{since } \frac{dx}{dt} = v \text{ and } \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$$

ఇది స్ప్రింగ్–ద్రవ్యరాశి వ్యవస్థ డోలనము యొక్క అవకలన సమీకరణము. సమీకరణము 4.68 యొక్క సాధారణ సాధన క్రింది విధముగా ఉంటుంది.

$$x(t) = X_m \cos(\omega t + \phi) \qquad \text{(A4.6)}$$

ఇక్కడ, X_m అనునది $x(t)$ యొక్క గరిష్ఠ విలువ ω అనునది కోణీయ పౌనఃపున్యము మరియు ϕ అనునది దశ స్థిరాంకము.

అదేవిధముగా LC వ్యవస్థ యొక్క విద్యుదయస్కాంత శక్తిని క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు.

$$U = \frac{1}{2}Li^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{C}\right)q^2 = \text{స్థిరాంకము} \qquad \text{(A4.7)}$$

కాలము పరంగా, U ను అవకలనము చేయగా క్రింది సమీకరణము లభిస్తుంది.

$$\frac{dU}{dt} = \frac{1}{2}L\left(2i\frac{di}{dt}\right) + \frac{1}{2C}\left(2q\frac{dq}{dt}\right) = 0$$

$$\text{or } L\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{C}q = 0 \qquad \text{(A4.8)}$$

$$\text{since } i = \frac{dq}{dt} \text{ and } \frac{di}{dt} = \frac{d^2q}{dt^2}$$

సమీకరణము A4.8 యొక్క సాధారణ సాధన క్రింది విధముగా ఉంటుంది.

$$q(t) = Q_m \cos(\omega t + \phi) \qquad \text{(A4.9)}$$

ఇందులో Q_m అనునది $q(t)$ యొక్క గరిష్ఠ విలువ, ω అనునది కోణీయ పౌనఃపున్యము మరియు ϕ అనునది దశ స్థిరాంకము.

A5.1

విద్యుదయస్కాంత తరంగాల ధర్మాలు

- శూన్యము లేదా స్వేచ్ఛాంతరాళములో ప్రయాణించు విద్యుదయస్కాంత తరంగాల శక్తి సాంద్రత (ప్రమాణ ఘనపరిమాణములో శక్తి) అనునది

$$u = \frac{1}{2}\varepsilon_\circ E^2 + \frac{1}{2\mu_\circ}B^2$$

07_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Appendix.indd 347 27-06-2022 16:07:01

ఇక్కడ, $\frac{1}{2}\varepsilon_{\circ}E^2 = u_E$ అనునది విద్యుత్ క్షేత్రములో శక్తి సాంద్రత అగును మరియు

$\frac{1}{2\mu_0}B^2 = u_B$ అనునది అయస్కాంత క్షేత్రములో శక్తి సాంద్రత అగును.

ఇక్కడ, $E = Bc \Rightarrow u_B = u_E$.

- విద్యుదయస్కాంత తరంగాల శక్తి సాంద్రత అనునది

$$u = \varepsilon_0 E^2 = \frac{1}{\mu_0}B^2$$

- విద్యుదయస్కాంత తరంగాల సగటు శక్తి సాంద్రత,

$$\langle u \rangle = \frac{1}{2}\varepsilon_{\circ}E^2 = \frac{1}{2}\frac{1}{\mu_{\circ}}B^2.$$

- ఏకాంక వైశాల్యము, ఏకాంక కాలములో మరియు విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు ప్రయాణించు దిశకు లంబ దిశలో దాటు (Crossing) శక్తిని తీవ్రత అంటారు.

తీవ్రత, $= \frac{\text{శక్తి}}{\text{వడి}} = \frac{U}{c}$. లేదా

$$I = \frac{\text{మొత్తము విద్యుదయస్కాంత శక్తి (U)}}{\text{ఉపరితల వైశాల్యం(A)} \times \text{కాలము (t)}}$$

$$= \frac{\text{సామర్థ్యము(P)}}{\text{ఉపరితల వైశాల్యం (A)}}$$

గమనిక

బిందు జనకమునకు $I = \frac{P}{4\pi r^2} \Rightarrow I \propto \frac{1}{r^2}$

రేఖా జనకముకు, $I \propto \frac{1}{r}$

సమతల జనకమునకు, I అనునది r మీద ఆధారపడదు

- ఇతర తరంగాల వలె, విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు శక్తి మరియు ద్రవ్యవేగమును మోసుకొనిపోతాయి. U శక్తి కలిగిన విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు c వడితో ప్రయాణిస్తున్నప్పుడు అవి పొందు రేఖీయ ద్రవ్య వేగము $P = \frac{\text{శక్తి}}{\text{వడి}} = \frac{U}{c}$ అని ఇవ్వబడినది. ఉపరితలము యొక్క ఏకాంక వైశాల్యము మీద విద్యుదయస్కాంత తరంగాల ద్వారా ఏర్పడు బలమును వికిరణ పీడనము (radiation pressure) అంటారు.
- పదార్థ ఉపరితలము మీద పతనమైన విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు పూర్తిగా శోషించబడును. పంపిణీ చేయబడిన శక్తి U మరియు ఉపరితలము మీద కలిగిన ద్రవ్యవేగము $p = \frac{U}{c}$.
- పతన విద్యుదయస్కాంత తరంగాల యొక్క శక్తి U ఉపరితలము నుండి పూర్తిగా పరావర్తనం చెందునట్లైతే, ఉపరితలానికి పంపిణీచేయబడిన ద్రవ్యవేగము

$$\Delta p = \frac{U}{c} - \left(-\frac{U}{c}\right) = 2\frac{U}{c}.$$

- ఏకాంక వైశాల్యమును దాటు విద్యుదయస్కాంత తరంగాల ప్రవాహపు శక్తి రేటుని సదిశా నిర్దేశనము (Poynting vector) అంటారు. అనగా $\vec{S} = \frac{1}{\mu_{\circ}}\left(\vec{E} \times \vec{B}\right) = c^2\varepsilon_{\circ}\left(\vec{E} \times \vec{B}\right)$. సదిశా నిర్దేశనము యొక్క ప్రమాణము $W\ m^{-2}$. ఏదైనా బిందువు వద్ద గల సదిశా నిర్దేశనము అనునది ఆ బిందువు నుండి సరఫరా చేయు శక్తి దిశను సూచిస్తుంది.

07_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Appendix.indd 348 27-06-2022 16:07:03

పదకోశము

1.	Absorption spectra	- అధిశోషణ వర్ణపటము
2.	Armature	- ఆర్మేచర్
3.	Axial symmetry	- అక్షీయ సౌష్ఠవము
4.	Average current	- సరాసరి విద్యుత్ ప్రవాహము
5.	Blackbody radiation	- కృష్ణ వస్తువు వికిరణము
6.	Charge	- ఆవేశము
7.	Continuous charge distribution	- నిరంతర ఆవేశ పంపిణీ
8.	Conventional current	- సాంప్రదాయక విద్యుత్ ప్రవాహము
9.	Conservation of charges	- ఆవేశ నిత్యత్వము
10.	Capacitor	- క్షమశీలి
11.	Corona discharge	- కరోనా ఉత్సర్గము
12.	Capacitance	- క్షమత
13.	Coercivity	- నిగ్రహత
14.	Current density	- విద్యుత్ ప్రవాహ సాంద్రత
15.	Conductivity	- విద్యుత్ వాహకత
16.	Configuration	- దిగ్విన్యాసము
17.	Conduction current	- వాహకత్వ విద్యుత్ ప్రవాహము, సంవహన విద్యుత్ ప్రవాహము
18.	Carbon Resistor	- కార్బన్ నిరోధకము
19.	Current sensitivity	- విద్యుత్ ప్రవాహ సూక్ష్మగ్రాహ్యత
20.	Dielectrics	- రోధకములు
21.	Displacement current	- స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహము
22.	Declination angle	- దిక్పాత కోణము
23.	Dielectric strength	- రోధక బలము
24.	Drift velocity	- డ్రిఫ్ట్ వేగము
25.	Dielectric constant	- రోధక స్థిరాంకము
26.	Eddy current	- ఆవర్త ప్రవాహము
27.	Electromagnetic damping	- విద్యుదయస్కాంత అవరోధం
28.	Electronic devices	- విద్యుత్ పరికరములు
29.	Electrostatics	- స్థిర విద్యుత్ శాస్త్రము
30.	Electric charge	- విద్యుత్ ఆవేశము
31.	Electric field	- విద్యుత్ క్షేత్రము
32.	Electric dipole	- విద్యుత్ ద్విధ్రువము
33.	Equivalent capacitance	- తుల్య క్షమత

08_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Glossary.indd 349 27-06-2022 16:08:14

34.	Electrostatic induction	- స్థిర విద్యుత్ ప్రేరణ
35.	Electrostatic potential energy	- స్థిర విద్యుత్ శక్మ శక్తి
36.	Electric flux	- విద్యుత్ అభివాహము
37.	Equi-potential surface	- తుల్య విద్యుత్ శక్మ తలము
38.	Electrostatic equilibrium	- స్థిర విద్యుత్ సమతుల్యము
39.	Electrostatic shielding	- స్థిర విద్యుత్ కవచము
40.	Energy density	- శక్తి సాంద్రత
41.	Electrostatic potential	- స్థిర విద్యుత్ శక్మము
42.	Electric battery	- విద్యుత్ బ్యాటరీ
43.	Emission spectra	- ఉద్గార వర్ణపటము
44.	Equivalent Resistance	- తుల్య నిరోధము
45.	Flux leakage	- అభివాహ లీకేజ్
46.	Figure of merit of a galvanometer	- గాల్వనా మీటరు యొక్క ఒక యోగ్యతా విలువ
47.	Finite value	- పరిమిత విలువ
48.	Free electrons	- స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు
49.	Horizontal component of the Earth's magnetic field	- భూఅయస్కాంత క్షేత్రము యొక్క క్షితిజ సమాంతర అంశము
50.	Hysteresis	- శైథిల్య నష్టము
51.	Helical path	- ఆవర్త ప్రవాహ మార్గము
52.	superposition principle	- అధ్యారోపణ నియమము
53.	Insulators	- విద్యుత్ బంధకము
54.	Inverter	- ఇన్వర్టర్
55.	Inductance	- ప్రేరకము
56.	Inductor	- ప్రేరకత్వము
57.	Inclination angle	- అవపాత కోణము
58.	Intensity of magnetization	- అయస్కాంతీకరణ తీవ్రత
59.	Impedance	- విద్యుత్ ప్రవాహ అవరోధం
60.	Linear charge density	- రేఖీయ ఆవేశ సాంద్రత
61.	Lighthing bolt	- పిడుగు
62.	Laminated Core	- పొరలుగా గల కోర్
63.	Lightning conductor	- మెరుపు దండము
64.	Mutual-induction	- అన్యోన్య ప్రేరణ
65.	Metallic conductor	- లోహ వాహకము
66.	Moving Coil galvanometer	- చలన తీగచుట్ట గాల్వనా మీటరు
67.	Magnetic meridian	- అయస్కాంత మెరిడియన్ (ధృవము)
68.	Magnetic domain	- అయస్కాంత డొమైన్
69.	Magnetic induction	- అయస్కాంత ప్రేరణ
70.	Magnetising field	- అయస్కాంత క్షేత్రము
71.	Magnetic Flux	- అయస్కాంత అభివాహము
72.	Magnetic susceptibility	- అయస్కాంత గ్రహణ శీలత, అయస్కాంత గ్రాహ్య శీలత

08_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Glossary.indd 350 27-06-2022 16:08:14

73. Magnetic permeability - అయస్కాంత ప్రవేశ్య శీలత
74. Magnetic flux - అయస్కాంత అభివాహము
75. Magnetic dipole moment - అయస్కాంత ద్విధ్రువ భ్రామకము
76. Magnetic declination - అయస్కాంత దిక్పాతము
77. Magnetic dip or inclination - అయస్కాంత అవపాతము
78. Non ohmic conductor - అవోమీయ వాహకము
79. Propagation vector - ప్రసరణ సదిశ
80. Phasor - ఫేజర్
81. Power factor - సామర్థ్య కారకము
82. Potential difference - శక్మభేదము
83. Permittivity - పర్మిటివిటి, అనుమతి శీలత
84. Quantization - క్వాంటీకరణము
85. Resonance - అనునాదము
86. Rotor - రోటర్
87. Relative permeability - సాపేక్ష ప్రవేశ్య శీలత
89. Resistors in series - శ్రేణిలోని నిరోధకములు
90. Retentivity - ధారణ శక్తి
91. Surface charge density - ఉపరితల ఆవేశ సాంద్రత
92. Slip rings - జారుడు అంగుళీయము
93. Series and parallel - శ్రేణి మరియు సమాంతర
94. Self-induction - స్వయం ప్రేరణ
95. Successive collisions - వరుస అభిఘాతములు
96. Stator - స్టేటర్
97. Superconductors - అతి వాహకములు
98. Semiconductor - అర్ధ వాహకములు
99. Solar spectrum - సౌర వర్ణపటము
100. Shunt resistance - సంయుక్త నిరోధకము
101. Solenoid - సొలినాయిడ్
102. Temperature coefficient of Resistivity - నిరోధకత యొక్క ఉష్ణోగ్రత గుణకము
103. Toroid - టొరాయిడ్
104. Torsional constant - విమోటన గుణకము
105. Transverse wave - తిర్యక్ తరంగము
106. Torsion balance - విమోటన త్రాసు
107. Transformer - పరివర్తకము
108. Thermistor - థర్మిష్టర్
109. Voltage sensitivity - ఓల్టేజి సూక్ష్మగ్రాహ్యత
110. Volume element - ఘనపరిమాణ మూలకము
111. Wave diagram - తరంగ చిత్రము
112. Wattful current - సామర్థ్యయుత విద్యుత్ ప్రవాహము
113. Wattless current - సామర్థ్య రహిత విద్యుత్ ప్రవాహము
114. Winding - తీగ చుట్టను చుట్టుట

08_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Glossary.indd 351 27-06-2022 16:08:14

LOGARITHM TABLE

											Mean Difference								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374	4	8	12	17	21	25	29	33	37
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755	4	8	11	15	19	23	26	30	34
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106	3	7	10	14	17	21	24	28	31
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430	3	6	10	13	16	19	23	26	29
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732	3	6	9	12	15	18	21	24	27
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014	3	6	8	11	14	17	20	22	25
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279	3	5	8	11	13	16	18	21	24
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529	2	5	7	10	12	15	17	20	22
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765	2	5	7	9	12	14	16	19	21
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989	2	4	7	9	11	13	16	18	20
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	2	4	6	8	11	13	15	17	19
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	2	4	6	8	10	12	14	16	18
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	2	4	6	8	10	12	14	15	17
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784	2	4	6	7	9	11	13	15	17
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	2	4	5	7	9	11	12	14	16
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	2	3	5	7	9	10	12	14	15
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298	2	3	5	7	8	10	11	13	15
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456	2	3	5	6	8	9	11	13	14
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609	2	3	5	6	8	9	11	12	14
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757	1	3	4	6	7	9	10	12	13
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900	1	3	4	6	7	9	10	11	13
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038	1	3	4	6	7	8	10	11	12
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172	1	3	4	5	7	8	9	11	12
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302	1	3	4	5	6	8	9	10	12
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428	1	3	4	5	6	8	9	10	11
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551	1	2	4	5	6	7	9	10	11
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670	1	2	4	5	6	7	8	10	11
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786	1	2	3	5	6	7	8	9	10
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899	1	2	3	5	6	7	8	9	10
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010	1	2	3	4	5	7	8	9	10
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117	1	2	3	4	5	6	8	9	10
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222	1	2	3	4	5	6	7	8	9
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325	1	2	3	4	5	6	7	8	9
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425	1	2	3	4	5	6	7	8	9
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522	1	2	3	4	5	6	7	8	9
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618	1	2	3	4	5	6	7	8	9
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712	1	2	3	4	5	6	7	7	8
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803	1	2	3	4	5	5	6	7	8
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893	1	2	3	4	4	5	6	7	8
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981	1	2	3	4	4	5	6	7	8
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067	1	2	3	3	4	5	6	7	8
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152	1	2	3	3	4	5	6	7	8
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235	1	2	2	3	4	5	6	7	7
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316	1	2	2	3	4	5	6	6	7
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396	1	2	2	3	4	5	6	6	7

08_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Glossary.indd 352 27-06-2022 16:08:15

LOGARITHM TABLE

											Mean Difference								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474	1	2	2	3	4	5	5	6	7
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	1	2	2	3	4	5	5	6	7
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	1	2	2	3	4	5	5	6	7
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	1	1	2	3	4	4	5	6	7
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	1	1	2	3	4	4	5	6	7
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	1	1	2	3	4	4	5	6	6
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	1	1	2	3	4	4	5	6	6
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	1	1	2	3	3	4	5	6	6
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	1	1	2	3	3	4	5	5	6
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	1	1	2	3	3	4	5	5	6
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	1	1	2	3	3	4	5	5	6
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	1	1	2	3	3	4	5	5	6
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319	1	1	2	3	3	4	5	5	6
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	1	1	2	3	3	4	4	5	6
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	1	1	2	2	3	4	4	5	6
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	1	1	2	2	3	4	4	5	6
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	1	1	2	2	3	4	4	5	5
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	1	1	2	2	3	4	4	5	5
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	1	1	2	2	3	4	4	5	5
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	1	1	2	2	3	4	4	5	5
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	1	1	2	2	3	3	4	5	5
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	1	1	2	2	3	3	4	5	5
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	1	1	2	2	3	3	4	4	5
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	1	1	2	2	3	3	4	4	5
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	1	1	2	2	3	3	4	4	5
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079	1	1	2	2	3	3	4	4	5
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133	1	1	2	2	3	3	4	4	5
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186	1	1	2	2	3	3	4	4	5
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238	1	1	2	2	3	3	4	4	5
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289	1	1	2	2	3	3	4	4	5
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340	1	1	2	2	3	3	4	4	5
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390	1	1	2	2	3	3	4	4	5
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440	0	1	1	2	2	3	3	4	4
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489	0	1	1	2	2	3	3	4	4
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538	0	1	1	2	2	3	3	4	4
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586	0	1	1	2	2	3	3	4	4
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633	0	1	1	2	2	3	3	4	4
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680	0	1	1	2	2	3	3	4	4
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727	0	1	1	2	2	3	3	4	4
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773	0	1	1	2	2	3	3	4	4
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818	0	1	1	2	2	3	3	4	4
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863	0	1	1	2	2	3	3	4	4
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908	0	1	1	2	2	3	3	4	4
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952	0	1	1	2	2	3	3	4	4
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996	0	1	1	2	2	3	3	3	4

08_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Glossary.indd 353 27-06-2022 16:08:16

ANTI LOGARITHM TABLE

											Mean Difference								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.00	1000	1002	1005	1007	1009	1012	1014	1016	1019	1021	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.01	1023	1026	1028	1030	1033	1035	1038	1040	1042	1045	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.02	1047	1050	1052	1054	1057	1059	1062	1064	1067	1069	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.03	1072	1074	1076	1079	1081	1084	1086	1089	1091	1094	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.04	1096	1099	1102	1104	1107	1109	1112	1114	1117	1119	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.05	1122	1125	1127	1130	1132	1135	1138	1140	1143	1146	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.06	1148	1151	1153	1156	1159	1161	1164	1167	1169	1172	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.07	1175	1178	1180	1183	1186	1189	1191	1194	1197	1199	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.08	1202	1205	1208	1211	1213	1216	1219	1222	1225	1227	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.09	1230	1233	1236	1239	1242	1245	1247	1250	1253	1256	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.10	1259	1262	1265	1268	1271	1274	1276	1279	1282	1285	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.11	1288	1291	1294	1297	1300	1303	1306	1309	1312	1315	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.12	1318	1321	1324	1327	1330	1334	1337	1340	1343	1346	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.13	1349	1352	1355	1358	1361	1365	1368	1371	1374	1377	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.14	1380	1384	1387	1390	1393	1396	1400	1403	1406	1409	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.15	1413	1416	1419	1422	1426	1429	1432	1435	1439	1442	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.16	1445	1449	1452	1455	1459	1462	1466	1469	1472	1476	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.17	1479	1483	1486	1489	1493	1496	1500	1503	1507	1510	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.18	1514	1517	1521	1524	1528	1531	1535	1538	1542	1545	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.19	1549	1552	1556	1560	1563	1567	1570	1574	1578	1581	0	1	1	1	2	2	3	3	3
.20	1585	1589	1592	1596	1600	1603	1607	1611	1614	1618	0	1	1	1	2	2	3	3	3
.21	1622	1626	1629	1633	1637	1641	1644	1648	1652	1656	0	1	1	2	2	2	3	3	3
.22	1660	1663	1667	1671	1675	1679	1683	1687	1690	1694	0	1	1	2	2	2	3	3	3
.23	1698	1702	1706	1710	1714	1718	1722	1726	1730	1734	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.24	1738	1742	1746	1750	1754	1758	1762	1766	1770	1774	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.25	1778	1782	1786	1791	1795	1799	1803	1807	1811	1816	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.26	1820	1824	1828	1832	1837	1841	1845	1849	1854	1858	0	1	1	2	2	3	3	3	4
.27	1862	1866	1871	1875	1879	1884	1888	1892	1897	1901	0	1	1	2	2	3	3	3	4
.28	1905	1910	1914	1919	1923	1928	1932	1936	1941	1945	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.29	1950	1954	1959	1963	1968	1972	1977	1982	1986	1991	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.30	1995	2000	2004	2009	2014	2018	2023	2028	2032	2037	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.31	2042	2046	2051	2056	2061	2065	2070	2075	2080	2084	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.32	2089	2094	2099	2104	2109	2113	2118	2123	2128	2133	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.33	2138	2143	2148	2153	2158	2163	2168	2173	2178	2183	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.34	2188	2193	2198	2203	2208	2213	2218	2223	2228	2234	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.35	2239	2244	2249	2254	2259	2265	2270	2275	2280	2286	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.36	2291	2296	2301	2307	2312	2317	2323	2328	2333	2339	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.37	2344	2350	2355	2360	2366	2371	2377	2382	2388	2393	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.38	2399	2404	2410	2415	2421	2427	2432	2438	2443	2449	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.39	2455	2460	2466	2472	2477	2483	2489	2495	2500	2506	1	1	2	2	3	3	4	5	5
.40	2512	2518	2523	2529	2535	2541	2547	2553	2559	2564	1	1	2	2	3	4	4	5	5
.41	2570	2576	2582	2588	2594	2600	2606	2612	2618	2624	1	1	2	2	3	4	4	5	5
.42	2630	2636	2642	2649	2655	2661	2667	2673	2679	2685	1	1	2	2	3	4	4	5	6
.43	2692	2698	2704	2710	2716	2723	2729	2735	2742	2748	1	1	2	3	3	4	4	5	6
.44	2754	2761	2767	2773	2780	2786	2793	2799	2805	2812	1	1	2	3	3	4	4	5	6
.45	2818	2825	2831	2838	2844	2851	2858	2864	2871	2877	1	1	2	3	3	4	5	5	6
.46	2884	2891	2897	2904	2911	2917	2924	2931	2938	2944	1	1	2	3	3	4	5	5	6
.47	2951	2958	2965	2972	2979	2985	2992	2999	3006	3013	1	1	2	3	3	4	5	5	6
.48	3020	3027	3034	3041	3048	3055	3062	3069	3076	3083	1	1	2	3	4	4	5	6	6
.49	3090	3097	3105	3112	3119	3126	3133	3141	3148	3155	1	1	2	3	4	4	5	6	6

08_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Glossary.indd 354 27-06-2022 16:08:17

ANTI LOGARITHM TABLE

											Mean Difference								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.50	3162	3170	3177	3184	3192	3199	3206	3214	3221	3228	1	1	2	3	4	4	5	6	7
.51	3236	3243	3251	3258	3266	3273	3281	3289	3296	3304	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.52	3311	3319	3327	3334	3342	3350	3357	3365	3373	3381	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.53	3388	3396	3404	3412	3420	3428	3436	3443	3451	3459	1	2	2	3	4	5	6	6	7
.54	3467	3475	3483	3491	3499	3508	3516	3524	3532	3540	1	2	2	3	4	5	6	6	7
.55	3548	3556	3565	3573	3581	3589	3597	3606	3614	3622	1	2	2	3	4	5	6	7	7
.56	3631	3639	3648	3656	3664	3673	3681	3690	3698	3707	1	2	3	3	4	5	6	7	8
.57	3715	3724	3733	3741	3750	3758	3767	3776	3784	3793	1	2	3	3	4	5	6	7	8
.58	3802	3811	3819	3828	3837	3846	3855	3864	3873	3882	1	2	3	4	4	5	6	7	8
.59	3890	3899	3908	3917	3926	3936	3945	3954	3963	3972	1	2	3	4	5	5	6	7	8
.60	3981	3990	3999	4009	4018	4027	4036	4046	4055	4064	1	2	3	4	5	6	6	7	8
.61	4074	4083	4093	4102	4111	4121	4130	4140	4150	4159	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.62	4169	4178	4188	4198	4207	4217	4227	4236	4246	4256	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.63	4266	4276	4285	4295	4305	4315	4325	4335	4345	4355	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.64	4365	4375	4385	4395	4406	4416	4426	4436	4446	4457	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.65	4467	4477	4487	4498	4508	4519	4529	4539	4550	4560	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.66	4571	4581	4592	4603	4613	4624	4634	4645	4656	4667	1	2	3	4	5	6	7	9	10
.67	4677	4688	4699	4710	4721	4732	4742	4753	4764	4775	1	2	3	4	5	7	8	9	10
.68	4786	4797	4808	4819	4831	4842	4853	4864	4875	4887	1	2	3	4	6	7	8	9	10
.69	4898	4909	4920	4932	4943	4955	4966	4977	4989	5000	1	2	3	5	6	7	8	9	10
.70	5012	5023	5035	5047	5058	5070	5082	5093	5105	5117	1	2	4	5	6	7	8	9	11
.71	5129	5140	5152	5164	5176	5188	5200	5212	5224	5236	1	2	4	5	6	7	8	10	11
.72	5248	5260	5272	5284	5297	5309	5321	5333	5346	5358	1	2	4	5	6	7	9	10	11
.73	5370	5383	5395	5408	5420	5433	5445	5458	5470	5483	1	3	4	5	6	8	9	10	11
.74	5495	5508	5521	5534	5546	5559	5572	5585	5598	5610	1	3	4	5	6	8	9	10	12
.75	5623	5636	5649	5662	5675	5689	5702	5715	5728	5741	1	3	4	5	7	8	9	10	12
.76	5754	5768	5781	5794	5808	5821	5834	5848	5861	5875	1	3	4	5	7	8	9	11	12
.77	5888	5902	5916	5929	5943	5957	5970	5984	5998	6012	1	3	4	5	7	8	10	11	12
.78	6026	6039	6053	6067	6081	6095	6109	6124	6138	6152	1	3	4	6	7	8	10	11	13
.79	6166	6180	6194	6209	6223	6237	6252	6266	6281	6295	1	3	4	6	7	9	10	11	13
.80	6310	6324	6339	6353	6368	6383	6397	6412	6427	6442	1	3	4	6	7	9	10	12	13
.81	6457	6471	6486	6501	6516	6531	6546	6561	6577	6592	2	3	5	6	8	9	11	12	14
.82	6607	6622	6637	6653	6668	6683	6699	6714	6730	6745	2	3	5	6	8	9	11	12	14
.83	6761	6776	6792	6808	6823	6839	6855	6871	6887	6902	2	3	5	6	8	9	11	13	14
.84	6918	6934	6950	6966	6982	6998	7015	7031	7047	7063	2	3	5	6	8	10	11	13	15
.85	7079	7096	7112	7129	7145	7161	7178	7194	7211	7228	2	3	5	7	8	10	12	13	15
.86	7244	7261	7278	7295	7311	7328	7345	7362	7379	7396	2	3	5	7	8	10	12	13	15
.87	7413	7430	7447	7464	7482	7499	7516	7534	7551	7568	2	3	5	7	9	10	12	14	16
.88	7586	7603	7621	7638	7656	7674	7691	7709	7727	7745	2	4	5	7	9	11	12	14	16
.89	7762	7780	7798	7816	7834	7852	7870	7889	7907	7925	2	4	5	7	9	11	13	14	16
.90	7943	7962	7980	7998	8017	8035	8054	8072	8091	8110	2	4	6	7	9	11	13	15	17
.91	8128	8147	8166	8185	8204	8222	8241	8260	8279	8299	2	4	6	8	9	11	13	15	17
.92	8318	8337	8356	8375	8395	8414	8433	8453	8472	8492	2	4	6	8	10	12	14	15	17
.93	8511	8531	8551	8570	8590	8610	8630	8650	8670	8690	2	4	6	8	10	12	14	16	18
.94	8710	8730	8750	8770	8790	8810	8831	8851	8872	8892	2	4	6	8	10	12	14	16	18
.95	8913	8933	8954	8974	8995	9016	9036	9057	9078	9099	2	4	6	8	10	12	15	17	19
.96	9120	9141	9162	9183	9204	9226	9247	9268	9290	9311	2	4	6	8	11	13	15	17	19
.97	9333	9354	9376	9397	9419	9441	9462	9484	9506	9528	2	4	7	9	11	13	15	17	20
.98	9550	9572	9594	9616	9638	9661	9683	9705	9727	9750	2	4	7	9	11	13	16	18	20
.99	9772	9795	9817	9840	9863	9886	9908	9931	9954	9977	2	5	7	9	11	14	16	18	20

08_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Glossary.indd 355 27-06-2022 16:08:17

(NATURAL SINES)

0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0.0017453	0.0034907	0.0052360	0.0069813	0.0087265	0.010472	0.012217	0.013962	0.015707
1	0.017452	0.019197	0.020942	0.022687	0.024432	0.026177	0.027922	0.029666	0.031411	0.033155
2	0.034899	0.036644	0.038388	0.040132	0.041876	0.043619	0.045363	0.047106	0.04885	0.050593
3	0.052336	0.054079	0.055822	0.057564	0.059306	0.061049	0.062791	0.064532	0.066274	0.068015
4	0.069756	0.071497	0.073238	0.074979	0.076719	0.078459	0.080199	0.081939	0.083678	0.085417
5	0.087156	0.088894	0.090633	0.092371	0.094108	0.095846	0.097583	0.09932	0.101056	0.102793
6	0.104528	0.106264	0.107999	0.109734	0.111469	0.113203	0.114937	0.116671	0.118404	0.120137
7	0.121869	0.123601	0.125333	0.127065	0.128796	0.130526	0.132256	0.133986	0.135716	0.137445
8	0.139173	0.140901	0.142629	0.144356	0.146083	0.147809	0.149535	0.151261	0.152986	0.15471
9	0.156434	0.158158	0.159881	0.161604	0.163326	0.165048	0.166769	0.168489	0.170209	0.171929
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.173648	0.175367	0.177085	0.178802	0.180519	0.182236	0.183951	0.185667	0.187381	0.189095
11	0.190809	0.192522	0.194234	0.195946	0.197657	0.199368	0.201078	0.202787	0.204496	0.206204
12	0.207912	0.209619	0.211325	0.21303	0.214735	0.21644	0.218143	0.219846	0.221548	0.22325
13	0.224951	0.226651	0.228351	0.23005	0.231748	0.233445	0.235142	0.236838	0.238533	0.240228
14	0.241922	0.243615	0.245307	0.246999	0.24869	0.25038	0.252069	0.253758	0.255446	0.257133
15	0.258819	0.260505	0.262189	0.263873	0.265556	0.267238	0.26892	0.2706	0.27228	0.273959
16	0.275637	0.277315	0.278991	0.280667	0.282341	0.284015	0.285688	0.287361	0.289032	0.290702
17	0.292372	0.29404	0.295708	0.297375	0.299041	0.300706	0.30237	0.304033	0.305695	0.307357
18	0.309017	0.310676	0.312335	0.313992	0.315649	0.317305	0.318959	0.320613	0.322266	0.323917
19	0.325568	0.327218	0.328867	0.330514	0.332161	0.333807	0.335452	0.337095	0.338738	0.34038
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	0.34202	0.34366	0.345298	0.346936	0.348572	0.350207	0.351842	0.353475	0.355107	0.356738
21	0.358368	0.359997	0.361625	0.363251	0.364877	0.366501	0.368125	0.369747	0.371368	0.372988
22	0.374607	0.376224	0.377841	0.379456	0.38107	0.382683	0.384295	0.385906	0.387516	0.389124
23	0.390731	0.392337	0.393942	0.395546	0.397148	0.398749	0.400349	0.401948	0.403545	0.405142
24	0.406737	0.40833	0.409923	0.411514	0.413104	0.414693	0.416281	0.417867	0.419452	0.421036
25	0.422618	0.424199	0.425779	0.427358	0.428935	0.430511	0.432086	0.433659	0.435231	0.436802
26	0.438371	0.439939	0.441506	0.443071	0.444635	0.446198	0.447759	0.449319	0.450878	0.452435
27	0.45399	0.455545	0.457098	0.45865	0.4602	0.461749	0.463296	0.464842	0.466387	0.46793
28	0.469472	0.471012	0.472551	0.474088	0.475624	0.477159	0.478692	0.480223	0.481754	0.483282
29	0.48481	0.486335	0.48786	0.489382	0.490904	0.492424	0.493942	0.495459	0.496974	0.498488
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	0.5	0.501511	0.50302	0.504528	0.506034	0.507538	0.509041	0.510543	0.512043	0.513541
31	0.515038	0.516533	0.518027	0.519519	0.52101	0.522499	0.523986	0.525472	0.526956	0.528438
32	0.529919	0.531399	0.532876	0.534352	0.535827	0.5373	0.538771	0.54024	0.541708	0.543174
33	0.544639	0.546102	0.547563	0.549023	0.550481	0.551937	0.553392	0.554844	0.556296	0.557745
34	0.559193	0.560639	0.562083	0.563526	0.564967	0.566406	0.567844	0.56928	0.570714	0.572146
35	0.573576	0.575005	0.576432	0.577858	0.579281	0.580703	0.582123	0.583541	0.584958	0.586372
36	0.587785	0.589196	0.590606	0.592013	0.593419	0.594823	0.596225	0.597625	0.599024	0.60042
37	0.601815	0.603208	0.604599	0.605988	0.607376	0.608761	0.610145	0.611527	0.612907	0.614285
38	0.615661	0.617036	0.618408	0.619779	0.621148	0.622515	0.62388	0.625243	0.626604	0.627963
39	0.62932	0.630676	0.632029	0.633381	0.634731	0.636078	0.637424	0.638768	0.64011	0.64145
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	0.642788	0.644124	0.645458	0.64679	0.64812	0.649448	0.650774	0.652098	0.653421	0.654741
41	0.656059	0.657375	0.658689	0.660002	0.661312	0.66262	0.663926	0.66523	0.666532	0.667833
42	0.669131	0.670427	0.671721	0.673013	0.674302	0.67559	0.676876	0.67816	0.679441	0.680721
43	0.681998	0.683274	0.684547	0.685818	0.687088	0.688355	0.68962	0.690882	0.692143	0.693402
44	0.694658	0.695913	0.697165	0.698415	0.699663	0.700909	0.702153	0.703395	0.704634	0.705872
45	0.707107	0.70834	0.709571	0.710799	0.712026	0.71325	0.714473	0.715693	0.716911	0.718126

08_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Glossary.indd 356 27-06-2022 16:08:18

46	0.71934	0.720551	0.72176	0.722967	0.724172	0.725374	0.726575	0.727773	0.728969	0.730162
47	0.731354	0.732543	0.73373	0.734915	0.736097	0.737277	0.738455	0.739631	0.740805	0.741976
48	0.743145	0.744312	0.745476	0.746638	0.747798	0.748956	0.750111	0.751264	0.752415	0.753563
49	0.75471	0.755853	0.756995	0.758134	0.759271	0.760406	0.761538	0.762668	0.763796	0.764921
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
50	0.766044	0.767165	0.768284	0.7694	0.770513	0.771625	0.772734	0.77384	0.774944	0.776046
51	0.777146	0.778243	0.779338	0.78043	0.78152	0.782608	0.783693	0.784776	0.785857	0.786935
52	0.788011	0.789084	0.790155	0.791224	0.79229	0.793353	0.794415	0.795473	0.79653	0.797584
53	0.798636	0.799685	0.800731	0.801776	0.802817	0.803857	0.804894	0.805928	0.80696	0.80799
54	0.809017	0.810042	0.811064	0.812084	0.813101	0.814116	0.815128	0.816138	0.817145	0.81815
55	0.819152	0.820152	0.821149	0.822144	0.823136	0.824126	0.825113	0.826098	0.827081	0.82806
56	0.829038	0.830012	0.830984	0.831954	0.832921	0.833886	0.834848	0.835807	0.836764	0.837719
57	0.838671	0.83962	0.840567	0.841511	0.842452	0.843391	0.844328	0.845262	0.846193	0.847122
58	0.848048	0.848972	0.849893	0.850811	0.851727	0.85264	0.853551	0.854459	0.855364	0.856267
59	0.857167	0.858065	0.85896	0.859852	0.860742	0.861629	0.862514	0.863396	0.864275	0.865151
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
60	0.866025	0.866897	0.867765	0.868632	0.869495	0.870356	0.871214	0.872069	0.872922	0.873772
61	0.87462	0.875465	0.876307	0.877146	0.877983	0.878817	0.879649	0.880477	0.881303	0.882127
62	0.882948	0.883766	0.884581	0.885394	0.886204	0.887011	0.887815	0.888617	0.889416	0.890213
63	0.891007	0.891798	0.892586	0.893371	0.894154	0.894934	0.895712	0.896486	0.897258	0.898028
64	0.898794	0.899558	0.900319	0.901077	0.901833	0.902585	0.903335	0.904083	0.904827	0.905569
65	0.906308	0.907044	0.907777	0.908508	0.909236	0.909961	0.910684	0.911403	0.91212	0.912834
66	0.913545	0.914254	0.91496	0.915663	0.916363	0.91706	0.917755	0.918446	0.919135	0.919821
67	0.920505	0.921185	0.921863	0.922538	0.92321	0.92388	0.924546	0.92521	0.925871	0.926529
68	0.927184	0.927836	0.928486	0.929133	0.929776	0.930418	0.931056	0.931691	0.932324	0.932954
69	0.93358	0.934204	0.934826	0.935444	0.93606	0.936672	0.937282	0.937889	0.938493	0.939094
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
70	0.939693	0.940288	0.940881	0.941471	0.942057	0.942641	0.943223	0.943801	0.944376	0.944949
71	0.945519	0.946085	0.946649	0.94721	0.947768	0.948324	0.948876	0.949425	0.949972	0.950516
72	0.951057	0.951594	0.952129	0.952661	0.953191	0.953717	0.95424	0.954761	0.955278	0.955793
73	0.956305	0.956814	0.957319	0.957822	0.958323	0.95882	0.959314	0.959805	0.960294	0.960779
74	0.961262	0.961741	0.962218	0.962692	0.963163	0.96363	0.964095	0.964557	0.965016	0.965473
75	0.965926	0.966376	0.966823	0.967268	0.967709	0.968148	0.968583	0.969016	0.969445	0.969872
76	0.970296	0.970716	0.971134	0.971549	0.971961	0.97237	0.972776	0.973179	0.973579	0.973976
77	0.97437	0.974761	0.975149	0.975535	0.975917	0.976296	0.976672	0.977046	0.977416	0.977783
78	0.978148	0.978509	0.978867	0.979223	0.979575	0.979925	0.980271	0.980615	0.980955	0.981293
79	0.981627	0.981959	0.982287	0.982613	0.982935	0.983255	0.983571	0.983885	0.984196	0.984503
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
80	0.984808	0.985109	0.985408	0.985703	0.985996	0.986286	0.986572	0.986856	0.987136	0.987414
81	0.987688	0.98796	0.988228	0.988494	0.988756	0.989016	0.989272	0.989526	0.989776	0.990024
82	0.990268	0.990509	0.990748	0.990983	0.991216	0.991445	0.991671	0.991894	0.992115	0.992332
83	0.992546	0.992757	0.992966	0.993171	0.993373	0.993572	0.993768	0.993961	0.994151	0.994338
84	0.994522	0.994703	0.994881	0.995056	0.995227	0.995396	0.995562	0.995725	0.995884	0.996041
85	0.996195	0.996345	0.996493	0.996637	0.996779	0.996917	0.997053	0.997185	0.997314	0.997441
86	0.997564	0.997684	0.997801	0.997916	0.998027	0.998135	0.99824	0.998342	0.998441	0.998537
87	0.99863	0.998719	0.998806	0.99889	0.998971	0.999048	0.999123	0.999194	0.999263	0.999328
88	0.999391	0.99945	0.999507	0.99956	0.99961	0.999657	0.999701	0.999743	0.999781	0.999816
89	0.999848	0.999877	0.999903	0.999925	0.999945	0.999962	0.999976	0.999986	0.999994	0.999998
90	1	0.999998	0.999994	0.999986	0.999976	0.999962	0.999945	0.999925	0.999903	0.999877

08_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Glossary.indd 357 27-06-2022 16:08:18

(NATURAL COSINES)

x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	0.999998	0.999994	0.999986	0.999976	0.999962	0.999945	0.999925	0.999903	0.999877
1	0.999848	0.999816	0.999781	0.999743	0.999701	0.999657	0.99961	0.99956	0.999507	0.99945
2	0.999391	0.999328	0.999263	0.999194	0.999123	0.999048	0.998971	0.99889	0.998806	0.998719
3	0.99863	0.998537	0.998441	0.998342	0.99824	0.998135	0.998027	0.997916	0.997801	0.997684
4	0.997564	0.997441	0.997314	0.997185	0.997053	0.996917	0.996779	0.996637	0.996493	0.996345
5	0.996195	0.996041	0.995884	0.995725	0.995562	0.995396	0.995227	0.995056	0.994881	0.994703
6	0.994522	0.994338	0.994151	0.993961	0.993768	0.993572	0.993373	0.993171	0.992966	0.992757
7	0.992546	0.992332	0.992115	0.991894	0.991671	0.991445	0.991216	0.990983	0.990748	0.990509
8	0.990268	0.990024	0.989776	0.989526	0.989272	0.989016	0.988756	0.988494	0.988228	0.98796
9	0.987688	0.987414	0.987136	0.986856	0.986572	0.986286	0.985996	0.985703	0.985408	0.985109
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.984808	0.984503	0.984196	0.983885	0.983571	0.983255	0.982935	0.982613	0.982287	0.981959
11	0.981627	0.981293	0.980955	0.980615	0.980271	0.979925	0.979575	0.979223	0.978867	0.978509
12	0.978148	0.977783	0.977416	0.977046	0.976672	0.976296	0.975917	0.975535	0.975149	0.974761
13	0.97437	0.973976	0.973579	0.973179	0.972776	0.97237	0.971961	0.971549	0.971134	0.970716
14	0.970296	0.969872	0.969445	0.969016	0.968583	0.968148	0.967709	0.967268	0.966823	0.966376
15	0.965926	0.965473	0.965016	0.964557	0.964095	0.96363	0.963163	0.962692	0.962218	0.961741
16	0.961262	0.960779	0.960294	0.959805	0.959314	0.95882	0.958323	0.957822	0.957319	0.956814
17	0.956305	0.955793	0.955278	0.954761	0.95424	0.953717	0.953191	0.952661	0.952129	0.951594
18	0.951057	0.950516	0.949972	0.949425	0.948876	0.948324	0.947768	0.94721	0.946649	0.946085
19	0.945519	0.944949	0.944376	0.943801	0.943223	0.942641	0.942057	0.941471	0.940881	0.940288
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	0.939693	0.939094	0.938493	0.937889	0.937282	0.936672	0.93606	0.935444	0.934826	0.934204
21	0.93358	0.932954	0.932324	0.931691	0.931056	0.930418	0.929776	0.929133	0.928486	0.927836
22	0.927184	0.926529	0.925871	0.92521	0.924546	0.92388	0.92321	0.922538	0.921863	0.921185
23	0.920505	0.919821	0.919135	0.918446	0.917755	0.91706	0.916363	0.915663	0.91496	0.914254
24	0.913545	0.912834	0.91212	0.911403	0.910684	0.909961	0.909236	0.908508	0.907777	0.907044
25	0.906308	0.905569	0.904827	0.904083	0.903335	0.902585	0.901833	0.901077	0.900319	0.899558
26	0.898794	0.898028	0.897258	0.896486	0.895712	0.894934	0.894154	0.893371	0.892586	0.891798
27	0.891007	0.890213	0.889416	0.888617	0.887815	0.887011	0.886204	0.885394	0.884581	0.883766
28	0.882948	0.882127	0.881303	0.880477	0.879649	0.878817	0.877983	0.877146	0.876307	0.875465
29	0.87462	0.873772	0.872922	0.872069	0.871214	0.870356	0.869495	0.868632	0.867765	0.866897
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	0.866025	0.865151	0.864275	0.863396	0.862514	0.861629	0.860742	0.859852	0.85896	0.858065
31	0.857167	0.856267	0.855364	0.854459	0.853551	0.85264	0.851727	0.850811	0.849893	0.848972
32	0.848048	0.847122	0.846193	0.845262	0.844328	0.843391	0.842452	0.841511	0.840567	0.83962
33	0.838671	0.837719	0.836764	0.835807	0.834848	0.833886	0.832921	0.831954	0.830984	0.830012
34	0.829038	0.82806	0.827081	0.826098	0.825113	0.824126	0.823136	0.822144	0.821149	0.820152
35	0.819152	0.81815	0.817145	0.816138	0.815128	0.814116	0.813101	0.812084	0.811064	0.810042
36	0.809017	0.80799	0.80696	0.805928	0.804894	0.803857	0.802817	0.801776	0.800731	0.799685
37	0.798636	0.797584	0.79653	0.795473	0.794415	0.793353	0.79229	0.791224	0.790155	0.789084
38	0.788011	0.786935	0.785857	0.784776	0.783693	0.782608	0.78152	0.78043	0.779338	0.778243
39	0.777146	0.776046	0.774944	0.77384	0.772734	0.771625	0.770513	0.7694	0.768284	0.767165
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	0.766044	0.764921	0.763796	0.762668	0.761538	0.760406	0.759271	0.758134	0.756995	0.755853
41	0.75471	0.753563	0.752415	0.751264	0.750111	0.748956	0.747798	0.746638	0.745476	0.744312
42	0.743145	0.741976	0.740805	0.739631	0.738455	0.737277	0.736097	0.734915	0.73373	0.732543
43	0.731354	0.730162	0.728969	0.727773	0.726575	0.725374	0.724172	0.722967	0.72176	0.720551
44	0.71934	0.718126	0.716911	0.715693	0.714473	0.71325	0.712026	0.710799	0.709571	0.70834
45	0.707107	0.705872	0.704634	0.703395	0.702153	0.700909	0.699663	0.698415	0.697165	0.695913

08_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Glossary.indd 358 27-06-2022 16:08:18

(NATURAL COSINES)

46	0.694658	0.693402	0.692143	0.690882	0.68962	0.688355	0.687088	0.685818	0.684547	0.683274
47	0.681998	0.680721	0.679441	0.67816	0.676876	0.67559	0.674302	0.673013	0.671721	0.670427
48	0.669131	0.667833	0.666532	0.66523	0.663926	0.66262	0.661312	0.660002	0.658689	0.657375
49	0.656059	0.654741	0.653421	0.652098	0.650774	0.649448	0.64812	0.64679	0.645458	0.644124
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
50	0.642788	0.64145	0.64011	0.638768	0.637424	0.636078	0.634731	0.633381	0.632029	0.630676
51	0.62932	0.627963	0.626604	0.625243	0.62388	0.622515	0.621148	0.619779	0.618408	0.617036
52	0.615661	0.614285	0.612907	0.611527	0.610145	0.608761	0.607376	0.605988	0.604599	0.603208
53	0.601815	0.60042	0.599024	0.597625	0.596225	0.594823	0.593419	0.592013	0.590606	0.589196
54	0.587785	0.586372	0.584958	0.583541	0.582123	0.580703	0.579281	0.577858	0.576432	0.575005
55	0.573576	0.572146	0.570714	0.56928	0.567844	0.566406	0.564967	0.563526	0.562083	0.560639
56	0.559193	0.557745	0.556296	0.554844	0.553392	0.551937	0.550481	0.549023	0.547563	0.546102
57	0.544639	0.543174	0.541708	0.54024	0.538771	0.5373	0.535827	0.534352	0.532876	0.531399
58	0.529919	0.528438	0.526956	0.525472	0.523986	0.522499	0.52101	0.519519	0.518027	0.516533
59	0.515038	0.513541	0.512043	0.510543	0.509041	0.507538	0.506034	0.504528	0.50302	0.501511
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
60	0.5	0.498488	0.496974	0.495459	0.493942	0.492424	0.490904	0.489382	0.48786	0.486335
61	0.48481	0.483282	0.481754	0.480223	0.478692	0.477159	0.475624	0.474088	0.472551	0.471012
62	0.469472	0.46793	0.466387	0.464842	0.463296	0.461749	0.4602	0.45865	0.457098	0.455545
63	0.45399	0.452435	0.450878	0.449319	0.447759	0.446198	0.444635	0.443071	0.441506	0.439939
64	0.438371	0.436802	0.435231	0.433659	0.432086	0.430511	0.428935	0.427358	0.425779	0.424199
65	0.422618	0.421036	0.419452	0.417867	0.416281	0.414693	0.413104	0.411514	0.409923	0.40833
66	0.406737	0.405142	0.403545	0.401948	0.400349	0.398749	0.397148	0.395546	0.393942	0.392337
67	0.390731	0.389124	0.387516	0.385906	0.384295	0.382683	0.38107	0.379456	0.377841	0.376224
68	0.374607	0.372988	0.371368	0.369747	0.368125	0.366501	0.364877	0.363251	0.361625	0.359997
69	0.358368	0.356738	0.355107	0.353475	0.351842	0.350207	0.348572	0.346936	0.345298	0.34366
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
70	0.34202	0.34038	0.338738	0.337095	0.335452	0.333807	0.332161	0.330514	0.328867	0.327218
71	0.325568	0.323917	0.322266	0.320613	0.318959	0.317305	0.315649	0.313992	0.312335	0.310676
72	0.309017	0.307357	0.305695	0.304033	0.30237	0.300706	0.299041	0.297375	0.295708	0.29404
73	0.292372	0.290702	0.289032	0.287361	0.285688	0.284015	0.282341	0.280667	0.278991	0.277315
74	0.275637	0.273959	0.27228	0.2706	0.26892	0.267238	0.265556	0.263873	0.262189	0.260505
75	0.258819	0.257133	0.255446	0.253758	0.252069	0.25038	0.24869	0.246999	0.245307	0.243615
76	0.241922	0.240228	0.238533	0.236838	0.235142	0.233445	0.231748	0.23005	0.228351	0.226651
77	0.224951	0.22325	0.221548	0.219846	0.218143	0.21644	0.214735	0.21303	0.211325	0.209619
78	0.207912	0.206204	0.204496	0.202787	0.201078	0.199368	0.197657	0.195946	0.194234	0.192522
79	0.190809	0.189095	0.187381	0.185667	0.183951	0.182236	0.180519	0.178802	0.177085	0.175367
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
80	0.173648	0.171929	0.170209	0.168489	0.166769	0.165048	0.163326	0.161604	0.159881	0.158158
81	0.156434	0.15471	0.152986	0.151261	0.149535	0.147809	0.146083	0.144356	0.142629	0.140901
82	0.139173	0.137445	0.135716	0.133986	0.132256	0.130526	0.128796	0.127065	0.125333	0.123601
83	0.121869	0.120137	0.118404	0.116671	0.114937	0.113203	0.111469	0.109734	0.107999	0.106264
84	0.104528	0.102793	0.101056	0.09932	0.097583	0.095846	0.094108	0.092371	0.090633	0.088894
85	0.087156	0.085417	0.083678	0.081939	0.080199	0.078459	0.076719	0.074979	0.073238	0.071497
86	0.069756	0.068015	0.066274	0.064532	0.062791	0.061049	0.059306	0.057564	0.055822	0.054079
87	0.052336	0.050593	0.04885	0.047106	0.045363	0.043619	0.041876	0.040132	0.038388	0.036644
88	0.034899	0.033155	0.031411	0.029666	0.027922	0.026177	0.024432	0.022687	0.020942	0.019197
89	0.017452	0.015707	0.013962	0.012217	0.010472	0.0087265	0.0069813	0.0052360	0.0034907	0.0017453
90	0	0.0017453	0.0034907	0.0052360	0.0069813	0.0087265	0.010472	0.012217	0.013962	0.015707

08_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Glossary.indd 359 27-06-2022 16:08:18

(NATURAL TANGENTS)

x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0.0017453	0.0034907	0.0052360	0.0069814	0.0087269	0.010472	0.012218	0.013964	0.015709
1	0.017455	0.019201	0.020947	0.022693	0.024439	0.026186	0.027933	0.029679	0.031426	0.033173
2	0.034921	0.036668	0.038416	0.040164	0.041912	0.043661	0.04541	0.047159	0.048908	0.050658
3	0.052408	0.054158	0.055909	0.05766	0.059411	0.061163	0.062915	0.064667	0.06642	0.068173
4	0.069927	0.071681	0.073435	0.07519	0.076946	0.078702	0.080458	0.082215	0.083972	0.08573
5	0.087489	0.089248	0.091007	0.092767	0.094528	0.096289	0.098051	0.099813	0.101576	0.10334
6	0.105104	0.106869	0.108635	0.110401	0.112168	0.113936	0.115704	0.117473	0.119243	0.121013
7	0.122785	0.124557	0.126329	0.128103	0.129877	0.131652	0.133428	0.135205	0.136983	0.138761
8	0.140541	0.142321	0.144102	0.145884	0.147667	0.149451	0.151236	0.153022	0.154808	0.156596
9	0.158384	0.160174	0.161965	0.163756	0.165549	0.167343	0.169137	0.170933	0.17273	0.174528
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.176327	0.178127	0.179928	0.181731	0.183534	0.185339	0.187145	0.188952	0.19076	0.19257
11	0.19438	0.196192	0.198005	0.19982	0.201635	0.203452	0.205271	0.20709	0.208911	0.210733
12	0.212557	0.214381	0.216208	0.218035	0.219864	0.221695	0.223526	0.22536	0.227194	0.229031
13	0.230868	0.232707	0.234548	0.23639	0.238234	0.240079	0.241925	0.243774	0.245624	0.247475
14	0.249328	0.251183	0.253039	0.254897	0.256756	0.258618	0.26048	0.262345	0.264211	0.266079
15	0.267949	0.269821	0.271694	0.273569	0.275446	0.277325	0.279205	0.281087	0.282971	0.284857
16	0.286745	0.288635	0.290527	0.29242	0.294316	0.296213	0.298113	0.300014	0.301918	0.303823
17	0.305731	0.30764	0.309552	0.311465	0.313381	0.315299	0.317219	0.319141	0.321065	0.322991
18	0.32492	0.32685	0.328783	0.330718	0.332656	0.334595	0.336537	0.338481	0.340428	0.342377
19	0.344328	0.346281	0.348237	0.350195	0.352156	0.354119	0.356084	0.358052	0.360022	0.361995
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	0.36397	0.365948	0.367928	0.369911	0.371897	0.373885	0.375875	0.377869	0.379864	0.381863
21	0.383864	0.385868	0.387874	0.389884	0.391896	0.39391	0.395928	0.397948	0.399971	0.401997
22	0.404026	0.406058	0.408092	0.41013	0.41217	0.414214	0.41626	0.418309	0.420361	0.422417
23	0.424475	0.426536	0.428601	0.430668	0.432739	0.434812	0.436889	0.438969	0.441053	0.443139
24	0.445229	0.447322	0.449418	0.451517	0.45362	0.455726	0.457836	0.459949	0.462065	0.464185
25	0.466308	0.468434	0.470564	0.472698	0.474835	0.476976	0.47912	0.481267	0.483419	0.485574
26	0.487733	0.489895	0.492061	0.494231	0.496404	0.498582	0.500763	0.502948	0.505136	0.507329
27	0.509525	0.511726	0.51393	0.516138	0.518351	0.520567	0.522787	0.525012	0.52724	0.529473
28	0.531709	0.53395	0.536195	0.538445	0.540698	0.542956	0.545218	0.547484	0.549755	0.55203
29	0.554309	0.556593	0.558881	0.561174	0.563471	0.565773	0.568079	0.57039	0.572705	0.575026
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	0.57735	0.57968	0.582014	0.584353	0.586697	0.589045	0.591398	0.593757	0.59612	0.598488
31	0.600861	0.603239	0.605622	0.60801	0.610403	0.612801	0.615204	0.617613	0.620026	0.622445
32	0.624869	0.627299	0.629734	0.632174	0.634619	0.63707	0.639527	0.641989	0.644456	0.646929
33	0.649408	0.651892	0.654382	0.656877	0.659379	0.661886	0.664398	0.666917	0.669442	0.671972
34	0.674509	0.677051	0.679599	0.682154	0.684714	0.687281	0.689854	0.692433	0.695018	0.69761
35	0.700208	0.702812	0.705422	0.708039	0.710663	0.713293	0.71593	0.718573	0.721223	0.723879
36	0.726543	0.729213	0.731889	0.734573	0.737264	0.739961	0.742666	0.745377	0.748096	0.750821
37	0.753554	0.756294	0.759041	0.761796	0.764558	0.767327	0.770104	0.772888	0.77568	0.778479
38	0.781286	0.7841	0.786922	0.789752	0.79259	0.795436	0.79829	0.801151	0.804021	0.806898
39	0.809784	0.812678	0.81558	0.818491	0.821409	0.824336	0.827272	0.830216	0.833169	0.83613
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	0.8391	0.842078	0.845066	0.848062	0.851067	0.854081	0.857104	0.860136	0.863177	0.866227
41	0.869287	0.872356	0.875434	0.878521	0.881619	0.884725	0.887842	0.890967	0.894103	0.897249
42	0.900404	0.903569	0.906745	0.90993	0.913125	0.916331	0.919547	0.922773	0.92601	0.929257
43	0.932515	0.935783	0.939063	0.942352	0.945653	0.948965	0.952287	0.955621	0.958966	0.962322
44	0.965689	0.969067	0.972458	0.975859	0.979272	0.982697	0.986134	0.989582	0.993043	0.996515
45	1	1.0035	1.00701	1.01053	1.01406	1.01761	1.02117	1.02474	1.02832	1.03192

08_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Glossary.indd 360 27-06-2022 16:08:18

(NATURAL TANGENTS)

46	1.03553	1.03915	1.04279	1.04644	1.0501	1.05378	1.05747	1.06117	1.06489	1.06862
47	1.07237	1.07613	1.0799	1.08369	1.08749	1.09131	1.09514	1.09899	1.10285	1.10672
48	1.11061	1.11452	1.11844	1.12238	1.12633	1.13029	1.13428	1.13828	1.14229	1.14632
49	1.15037	1.15443	1.15851	1.16261	1.16672	1.17085	1.175	1.17916	1.18334	1.18754
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
50	1.19175	1.19599	1.20024	1.20451	1.20879	1.2131	1.21742	1.22176	1.22612	1.2305
51	1.2349	1.23931	1.24375	1.2482	1.25268	1.25717	1.26169	1.26622	1.27077	1.27535
52	1.27994	1.28456	1.28919	1.29385	1.29853	1.30323	1.30795	1.31269	1.31745	1.32224
53	1.32704	1.33187	1.33673	1.3416	1.3465	1.35142	1.35637	1.36134	1.36633	1.37134
54	1.37638	1.38145	1.38653	1.39165	1.39679	1.40195	1.40714	1.41235	1.41759	1.42286
55	1.42815	1.43347	1.43881	1.44418	1.44958	1.45501	1.46046	1.46595	1.47146	1.47699
56	1.48256	1.48816	1.49378	1.49944	1.50512	1.51084	1.51658	1.52235	1.52816	1.534
57	1.53986	1.54576	1.5517	1.55766	1.56366	1.56969	1.57575	1.58184	1.58797	1.59414
58	1.60033	1.60657	1.61283	1.61914	1.62548	1.63185	1.63826	1.64471	1.6512	1.65772
59	1.66428	1.67088	1.67752	1.68419	1.69091	1.69766	1.70446	1.71129	1.71817	1.72509
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
60	1.73205	1.73905	1.7461	1.75319	1.76032	1.76749	1.77471	1.78198	1.78929	1.79665
61	1.80405	1.8115	1.81899	1.82654	1.83413	1.84177	1.84946	1.8572	1.86499	1.87283
62	1.88073	1.88867	1.89667	1.90472	1.91282	1.92098	1.9292	1.93746	1.94579	1.95417
63	1.96261	1.97111	1.97966	1.98828	1.99695	2.00569	2.01449	2.02335	2.03227	2.04125
64	2.0503	2.05942	2.0686	2.07785	2.08716	2.09654	2.106	2.11552	2.12511	2.13477
65	2.14451	2.15432	2.1642	2.17416	2.18419	2.1943	2.20449	2.21475	2.2251	2.23553
66	2.24604	2.25663	2.2673	2.27806	2.28891	2.29984	2.31086	2.32197	2.33317	2.34447
67	2.35585	2.36733	2.37891	2.39058	2.40235	2.41421	2.42618	2.43825	2.45043	2.4627
68	2.47509	2.48758	2.50018	2.51289	2.52571	2.53865	2.5517	2.56487	2.57815	2.59156
69	2.60509	2.61874	2.63252	2.64642	2.66046	2.67462	2.68892	2.70335	2.71792	2.73263
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
70	2.74748	2.76247	2.77761	2.79289	2.80833	2.82391	2.83965	2.85555	2.87161	2.88783
71	2.90421	2.92076	2.93748	2.95437	2.97144	2.98868	3.00611	3.02372	3.04152	3.0595
72	3.07768	3.09606	3.11464	3.13341	3.1524	3.17159	3.191	3.21063	3.23048	3.25055
73	3.27085	3.29139	3.31216	3.33317	3.35443	3.37594	3.39771	3.41973	3.44202	3.46458
74	3.48741	3.51053	3.53393	3.55761	3.5816	3.60588	3.63048	3.65538	3.68061	3.70616
75	3.73205	3.75828	3.78485	3.81177	3.83906	3.86671	3.89474	3.92316	3.95196	3.98117
76	4.01078	4.04081	4.07127	4.10216	4.1335	4.1653	4.19756	4.2303	4.26352	4.29724
77	4.33148	4.36623	4.40152	4.43735	4.47374	4.51071	4.54826	4.58641	4.62518	4.66458
78	4.70463	4.74534	4.78673	4.82882	4.87162	4.91516	4.95945	5.00451	5.05037	5.09704
79	5.14455	5.19293	5.24218	5.29235	5.34345	5.39552	5.44857	5.50264	5.55777	5.61397
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
80	5.67128	5.72974	5.78938	5.85024	5.91236	5.97576	6.04051	6.10664	6.17419	6.24321
81	6.31375	6.38587	6.45961	6.53503	6.61219	6.69116	6.77199	6.85475	6.93952	7.02637
82	7.11537	7.20661	7.30018	7.39616	7.49465	7.59575	7.69957	7.80622	7.91582	8.02848
83	8.14435	8.26355	8.38625	8.51259	8.64275	8.77689	8.9152	9.05789	9.20516	9.35724
84	9.51436	9.6768	9.84482	10.0187	10.1988	10.3854	10.5789	10.7797	10.9882	11.2048
85	11.4301	11.6645	11.9087	12.1632	12.4288	12.7062	12.9962	13.2996	13.6174	13.9507
86	14.3007	14.6685	15.0557	15.4638	15.8945	16.3499	16.8319	17.3432	17.8863	18.4645
87	19.0811	19.7403	20.4465	21.2049	22.0217	22.9038	23.8593	24.8978	26.0307	27.2715
88	28.6363	30.1446	31.8205	33.6935	35.8006	38.1885	40.9174	44.0661	47.7395	52.0807
89	57.29	63.6567	71.6151	81.847	95.4895	114.589	143.237	190.984	286.478	572.957
90	∞									

08_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Glossary.indd 361 27-06-2022 16:08:18

PHYSICS - CLASS XII - VOLUME I
TELUGU MEDIUM

Academic Coordinators

Dr. M.Ethirajulu,
Senior Lecturer, SCERT,
Chennai-6.

K. Chandrasekaran,
Lecturer, DIET,
Chennai-5.

Reviewers

Kamatchi Neeraja,
P.G.Asst, (Chemistry),
Chennai girls H.S.S,
West jones road,
West saidapet, Chennai.

M. Yuvakumar
P.G. Asst (Physics)
G.H.S.S, Nallur,
Krishnagiri.

M. Sampath kumar
P.G. Asst (Physics)
G.H.S.S, Bukka Sagaram,
Krishnagiri.

List of Translators

R. Vishwanath
P.G. Asst (Physics)
G.H.S.S, Madhagondapalli, Krishnagiri.

M. Surekha
P.G. Asst, G.B.H.S.S, Boys
Pathirivedu Madharapakkam, Thiruvallur.

K. Dorababu
B.T.Asst, S.K.P.D,Boys H.S.S
Chennai-1

P.M. Muniraj
B.T. Asst
G.H.S.S, Mathigiri, Krishnagiri.

V. Mohanbabu
B.T. Asst, G.H.S,
Venkateshapuram, Krishnagiri.

S. Mukthabai
B.T. Asst, G.B.H.S,
Ponneri

ICT Coordinator

S. Thanalakshmi
P.G.Asst, TMT Manjammal GHSS, Tenkasi.

EMIS Technology Team

R.M. Satheesh
State Coordinator Technical,
TN EMIS, Samagra Shiksha.

K.P. Sathya Narayana
IT Consultant,
TN EMIS, Samagra Shikaha

R. Arun Maruthi Selvan
Technical Project Consultant,
TN EMIS, Samagra Shiksha

Wrapper Design
Kathir Arumugam

In-House QC

Ashok kumar
V Sridhar
Adison Raj
Yesu Rathinam
Mathan
Prasanth
Pakkirisamy Annadurai

Coordination
Ramesh Munisamy

This book has been printed on 80 G.S.M.
Elegant Maplitho Paper.
Printed by Web Offset at :

09_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Author.indd 362 27-06-2022 16:16:32

NOTES

09_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Author.indd 363 27-06-2022 16:16:32

NOTES

09_12th_Physics_Vol_1_Telugu_Medium_Author.indd 364 27-06-2022 16:16:32