312

భౌతికశాస్త్రం

2

గౌరవ సలహాదారులు

శ్రీమతి వాకాటి కరుణ, IAS,
ప్రభుత్వ కార్యదర్శి, విద్యాశాఖ, తెలంగాణ ప్రభుత్వం,
హైదరాబాద్.

సంపాదకులు

డాక్టర్ బి. అప్పారావు
ప్రొఫెసర్ ఎమెరిటస్, JNTUH & ప్రొఫెసర్ (రిటైర్డ్),
భౌతికశాస్త్ర విభాగం, ఉస్మానియా యూనివర్సిటీ,
హైదరాబాద్.

డాక్టర్ ఎస్. సుధాకర్
విశ్రాంత ప్రధానాచార్యులు
గురుకుల్ జూనియర్ కళాశాల, ఘట్‌కేసర్,
మేడ్చల్-మల్కాజిగిరి

పాఠ్యపుస్తకాల ప్రింటింగ్ కౌన్సిల్

శ్రీమతి ఎ. శ్రీదేవసేన, IAS,
కమీషనర్ & సంచాలకులు, పాఠశాల విద్య,
తెలంగాణ, హైదరాబాద్.

శ్రీ పి.వి. శ్రీహరి, సంచాలకులు,
TOSS, తెలంగాణ, హైదరాబాద్.

శ్రీ ఎస్. శ్రీనివాసా చారి
సంచాలకులు, టెక్స్ట్‌బుక్ ప్రెస్, తెలంగాణ, హైదరాబాద్.

ముఖ్య సమన్వయకర్త

శ్రీ ఎం. సోమిరెడ్డి
సంయుక్త సంచాలకులు, TOSS, తెలంగాణ, హైదరాబాద్.

ప్రచురణ

తెలంగాణ ఓపెన్ స్కూల్ సొసైటీ (TOSS), హైదరాబాద్.

© Telangana Open School Society

First Published : 2024

All Rights Reserved

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted, in any form or by any means without the prior permission, in writing of the publisher, nor be otherwise circulated in any form of binding or cover.

Printed in India
at the **Telangana Govt.Text Book Press,**
Mint Compound, Khairathabad, Hyderabad, Telangana.

ముందుమాట

విద్యను పొందడం పిల్లల ప్రాథమిక హక్కు, సమాజ సమగ్రాభివృద్ధికి ఇది ఎంతగానో అవసరం. అటువంటి విద్యను ప్రజలందరికి అందించాలనే దృఢసంకల్పంతో తెలంగాణ రాష్ట్ర ప్రభుత్వం ఉంది. అనేక కారణకాలతో అధికారిక విద్యను పొందలేని పిల్లల కోసం, వారిని విద్యాపరంగా తీర్చిదిద్దడం కోసం 'తెలంగాణ ఓపెన్ స్కూల్ సొసైటీ' (TOSS) వంటి సంస్థలు ఏర్పాటు అయ్యాయి. ఇందులో విద్యను పొందే అభ్యాసకులకు – 2023 – 2024 విద్యా సంవత్సరానికి గాను మారుతున్న సామాజిక పరిస్థితులకు అనుగుణంగా, జాతీయ విద్యావిధానం – 2020 యొక్క ప్రాథమిక సూత్రాలను పొందుపరుస్తూ పాఠ్యపుస్తకాలు రూపొందించబడ్డాయి. ఈ విధానం మొత్తం – అభ్యాసకుల విభిన్న అవసరాలను, వారి అభ్యాస అనుభవాన్ని మెరుగుపరచడంపై దృష్టి సారించింది. ఇంతకు పూర్వం, ఈ సంస్థల పాఠ్యపుస్తకాలు ప్రశ్నలు, సమాధానాలతో కూడిన మార్గదర్శకాలుగా ఉండేవి. TOSS ఈసారి విద్యార్థి కేంద్రంగా పాఠ్యపుస్తక రూపకల్పన చేయడం ఒక మైలురాయి. అభ్యస ప్రక్రియలో ఈ విధానం క్రియాశీల నిమగ్నతనే కాక భాగస్వామ్యాన్ని కూడ ప్రోత్సహిస్తుంది. ఈ పాఠ్యపుస్తకాలు విద్యార్థులకు సమర్ధవంతం మరియు ఆకర్షణీయము అయిన పాఠాలను అందిస్తూనే అధ్యాపకులకు అనుబంధ బోధన సామగ్రిని కూడ అందిస్తుందని చెప్పడానికి మేము సంతోషిస్తున్నాము.

ఈ భౌతికశాస్త్ర పాఠ్యపుస్తకం మొత్తం 29 అధ్యాయాలను కలిగి ఉన్న రెండు సంపుటాలుగా విభజించబడింది. ఈ విశేషమైన విద్యావిభాగం యొక్క అవగాహన పెంపొందించడానికి ఇది ఆలోచనాత్మకంగా రూపొందించబడింది. ప్రతి సంపుటి భౌతికశాస్త్రపు నిగూఢార్థ మరియు బహుముఖ ప్రపంచానికి ప్రవేశ ద్వారం వలె పనిచేస్తుంది.

సంపుటి–I, భౌతికశాస్త్ర ప్రపంచంలోనికి విద్యార్థుల ప్రయాణానికి అవసరమైన పునాదిని వేస్తుంది. యాంత్రికశాస్త్రం, చలనం, బలాలు మరియు శక్తి సూత్రాలలో వస్తువులు ఎలా అన్యోన్య చర్యలకు లోనవుతాయో అర్థం చేసుకోవడానికి కావలసిన ఆకృతిని అందిస్తుంది. ఉష్ణం మరియు ఉష్ణగతికశాస్త్రం, ఉష్ణోగ్రత, ఉష్ణబదిలి మరియు శక్తి పరివర్తనలను నియంత్రించే నియమాల యొక్క ఆకర్షణీయ ప్రపంచాన్ని శోధింపచేస్తాయి.

సంపుటి–II కాంతి యొక్క నిగూఢార్థ విశ్వం ద్వారా అభ్యాసకుడికి మార్గనిర్దేశం చేస్తుంది. పరావర్తనం, వక్రీభవనం మరియు ప్రతిబింబ నిర్మాణం వంటి అంశాలను అన్వేషిస్తుంది మరియు భౌతిక ప్రపంచంలోని వింతలను లోతుగా విశ్లేషిస్తుంది. విద్యుచ్ఛక్తి, అయస్కాంతత్వం విద్యార్థుల ఊహాశక్తిని ప్రేరేపించి అన్వేషించేటుట్లు చేస్తాయి. పరమాణువులు మరియు కేంద్రకాలు అనేవి క్వాంటం యాంత్రికశాస్త్రం నుండి కేంద్రక భౌతికశాస్త్రం వరకు పరమాణు ప్రపంచపు వింతలను ఆవిష్కరిస్తాయి. అర్ధవాహకాలు మరియు సమాచార వ్యవస్థలు ట్రాన్సిస్టర్ నుండి టెలీకమ్యూనికేషన్‌ల వరకు మన ఆధునిక ప్రపంచాన్ని నడిపించే సాంకేతికతను విద్యార్థులకు పరిచయం చేస్తాయి.

తెలంగాణ ప్రభుత్వానికి మరియు తెలంగాణ స్టేట్ బోర్డ్ ఆఫ్ ఇంటర్మీడియట్ ఎడ్యుకేషన్‌కు మేము నిజంగా కృతజ్ఞులం. ఈ పాఠ్యపుస్తకాన్ని రూపొందించడానికి తమ సేవలను అవిశ్రాంతంగా అందించిన సంపాదకులు, రచయితలు, కో–ఆర్డినేటర్, ఉపాధ్యాయులు, అధ్యాపకులు మరియు DTP ఆపరేటర్‌లకు ప్రత్యేక ధన్యవాదాలు.

తేది :

స్థలం : హైదరాబాదు.

డైరెక్టర్
TOSS, హైదరాబాదు.

పాఠ్యపుస్తకాల అభివృద్ధి కమిటీ

డాక్టర్ ఎస్. సుధాకర్
విశ్రాంత ప్రధానాచార్యులు
గురుకుల్ జూనియర్ కళాశాల, ఘట్‌కేసర్, మేడ్చల్-మల్కాజిగిరి

శ్రీ డి. అనంత రామకృష్ణ
ప్రధానాచార్యులు, ప్రభుత్వ జూనియర్ కళాశాల,
ధర్మారం, పెద్దపల్లి.

డాక్టర్ పి. రామకృష్ణ
సహాయ ఆచార్యులు, భౌతికశాస్త్ర విభాగం,
ప్రభుత్వ డిగ్రీ కళాశాల (అ), కామారెడ్డి

డాక్టర్ వై. వాసుదేవ రెడ్డి
సహాయ ఆచార్యులు, భౌతికశాస్త్ర విభాగం
ప్రభుత్వ సిటీ కళాశాల (అ), నయాపూల్, హైదరాబాద్

డాక్టర్ ఎస్. వేదవ్యాస్
రీసెర్చ్ అసిస్టెంట్ (భౌతికశాస్త్రం)
తెలుగు అకాడమి, హైదరాబాద్

డాక్టర్ జె. చిన్నబాబు
సహాయ ఆచార్యులు, భౌతికశాస్త్ర విభాగం
వివేకానంద ప్రభుత్వ డిగ్రీ కళాశాల, విద్యానగర్,హైదరాబాద్

డాక్టర్ బి. రవికుమార్
సహాయ ఆచార్యులు, భౌతికశాస్త్ర విభాగం
ఎస్.ఆర్&బి.జి.ఎన్.ఆర్ ప్రభుత్వ ఆర్ట్స్ &సైన్స్ కళాశాల(అ),
ఖమ్మం

డాక్టర్ ఇ. రుక్మిణి
సహ ఆచార్యులు, భౌతికశాస్త్రం & ఎలక్ట్రానిక్స్ విభాగం
సరోజినీనాయుడు వనితా మహావిద్యాలయ, హైదరాబాద్.

శ్రీ కె. సుబ్బారావు
సహ ఆచార్యులు, భౌతికశాస్త్రం & ఎలక్ట్రానిక్స్ విభాగం
సరోజినీనాయుడు వనితా మహావిద్యాలయ, హైదరాబాద్.

శ్రీమతి బి. అనురాధ
సహ ఆచార్యులు, భౌతికశాస్త్రం & ఎలక్ట్రానిక్స్ విభాగం
సరోజినీనాయుడు వనితా మహావిద్యాలయ, హైదరాబాద్.

డాక్టర్ ఎన్. తిరుమల్ రెడ్డి
సహాయ ఆచార్యులు, భౌతికశాస్త్ర విభాగం
ప్రభుత్వ డిగ్రీ కళాశాల, మెదక్.

శ్రీ సి.హెచ్. శ్రీధర్
సహాయ ఆచార్యులు, భౌతికశాస్త్ర విభాగం
జె.వి.ఆర్ ప్రభుత్వ కళాశాల, సత్తుపల్లి.

డాక్టర్ జి. రామదేవుడు
సీనియర్ సహాయ ఆచార్యులు (భౌతికశాస్త్ర విభాగం)
వాసవి ఇంజనీరింగ్ కళాశాల, ఇబ్రహీంబాగ్, హైదరాబాదు.

సమన్వయకర్తలు

శ్రీ బి. వెంకటేశ్వరరావు
రాష్ట్ర సమన్వయకర్త, TOSS, తెలంగాణ,
హైదరాబాద్.

శ్రీమతి కె. మాధవి
రాష్ట్ర సమన్వయకర్త, TOSS, తెలంగాణ,
హైదరాబాద్.

కవర్ డిజైన్ : **శ్రీ కె. సుధాకర్ చారి,** ఎస్.జి.టి.,
యుపిపిఎస్ మైలారం, రాయపర్తి (M), వరంగల్ రూరల్.

DTP, పేజీ లేఅవుట్ & డిజైన్ :
M/s **పవన్ గ్రాఫిక్స్** (సుంకర కోటేశ్వరరావు, సునీత)
D. No. 2-2-1130/24/2, ఫ్లాట్ 302, 3వ అంతస్తు, బాలభద్ర రెసిడెన్సీ,
యాక్సిస్ బ్యాంక్ వెనుక, శివం రోడ్, న్యూ నల్లకుంట, హైదరాబాద్.

మీతో ఒక మాట

ప్రియమైన అభ్యాసకుడా!

తెలంగాణ ఓపెన్ స్కూల్ సొసైటీ (TOSS) ద్వారా బహిరంగ, దూర విద్యా అభ్యసన ప్రపంచానికి మిమ్మల్ని స్వాగతిస్తున్నందుకు మేము సంతోషిస్తున్నాము. బహిరంగ, దూరవిద్య అభ్యాసకుడిగా ఈ విద్యా ప్రయాణాన్ని ప్రారంభించాలనే మీ నిర్ణయం అభినందనీయం, మీరు మీ అధ్యయన విషయాలలో 'భౌతికశాస్త్రాన్ని' ఒకటిగా ఎంచుకున్నందుకు మాకు ఆనందంగా ఉంది.

గొప్ప ఆనందం, ఉత్సుకతతో, బహిరంగ, దూర విద్యలో సీనియర్ సెకండరీ కోర్సు కోసం మిక్కిలి జాగరూకతతో రూపొందించిన ఈ సమగ్ర భౌతికశాస్త్ర పాఠ్యపుస్తకాన్ని మేము మీకు అందిస్తున్నాము.

భౌతికశాస్త్రం విశ్వం యొక్క రహస్యాలను ఆవిష్కరిస్తుంది. విశ్వవ్యవస్థమ నియంత్రించే ప్రాథమిక సూత్రాలపై లోతైన అంతర్దృష్టులను అందిస్తుంది. మా పాఠ్యపుస్తకం రెండు సంపుటాలు, 29 అధ్యాయాలను కలిగి ఉంది. ఈ అద్భుతమైన విద్యావిభాగంపై మీ అవగాహన, ప్రశంసలను పెంపొందించడానికి ఆలోచనాత్మకంగా రూపొందంచబడిందీ పాఠ్యపుస్తకం. మీరు ఈ సుదూర విద్యా ప్రయాణాన్ని ప్రారంభించడం మొదలుగా – యాంత్రికశాస్త్రం, ఉష్ణం, ఉష్ణగతికశాస్త్రం, దృశాశాస్త్రం, విద్యుత్తు, అయస్కాంతత్వము, పరమాణువులు – కేంద్రకశాస్త్రం, అర్ధవాహకాలు, సంసర్గ వ్యవస్థలు – వంటి ఆకర్షణీయమైన ప్రభావ క్షేత్రాలను అన్వేషిస్తారు. ప్రతి సంపుటి భౌతికశాస్త్రపు ఆసక్తికరమైన, బహుముఖ మండలాలకు ప్రవేశ ద్వారంలా పనిచేస్తుంది. అర్ధ వాహకాలు, సంసర్గ వ్యవస్థలు నుంచి ట్రాన్సిస్టర్, సమాచార వ్యవస్థల వరకు ఆధునిక ప్రపంచాన్ని నడిపిస్తున్న సాంకేతికతను పరిచయం చేస్తాయి.

14 అధ్యాయాలతో కూడిన సంపుటి–I, భౌతికశాస్త్ర ప్రపంచంలో మీ యాత్రకు అవసరమైన పునాదిని వేస్తుంది. చలనం, బలాలు, శక్తి వంటి దృగ్విషయాల నియమాలతో కూడిన యాంత్రికశాస్త్రం వస్తువులు పరస్పరం ఎలా చర్య జరుపుకుంటాయో అర్థం చేసుకోవుడానికి, అవసరమైన చట్రాన్ని సమకూరుస్తుంది. ఉష్ణం, ఉష్ణగతికశాస్త్రాలు, ఉష్ణోగ్రత, ఉష్ణ బదిలీ, శక్తి రూపాంతరాలకు చెందిన ఆకర్షణీయ ప్రపంచంలో విహరించటానికి దోహదం చేస్తాయి.

ఇక 15 అధ్యాయాలతో కూడిన సంపుటి – II, కాంతికి చెందిన నిగూఢార్థ విశ్వంలోకి మిమ్మల్ని నడిపించి, పరావర్తనం, వక్రీభవనం, ప్రతిబింబ నిర్మాణం వంటి అంశాలను విశదీకరిస్తూ భౌతిక ప్రపంచపు వింతలలోనికి తీసుకెళ్తుంది. విద్యుత్ వలయాలు, అయస్కాంత క్షేత్రాలు, విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు వంటి

వాటి నియమాలను శోధించినకొద్దీ విద్యుత్తు, అయస్కాంతత్వము అనే విషయాలు మీ ఊహలను విద్యుదీకరిస్తాయి. పరమాణువులు, కేంద్రకాలు అనేవి పరమాణు పరిధిలోని చిక్కులను విడదీస్తూ, క్వాంటమ్ యాంత్రికశాస్త్రం నుంచి కేంద్రక భౌతికశాస్త్రం వరకు విషయాలను వివరిస్తాయి.

అర్ధ వాహకాలు, సంసర్గ వ్యవస్థల నుంచి ట్రాన్సిస్టర్, సమాచార వ్యవస్థల వరకు ఆధునిక ప్రపంచాన్ని నడిపిస్తున్న సాంకేతికతను పరిచయం చేస్తాయి.

మీరు ఈ సంపుటాల ద్వారా ముందుకువెళ్ళున్నకొద్దీ, భౌతికశాస్త్రం కేవలం సమీకరణాలు మరియు సిద్ధాంతాల సమాహారం కాదని గుర్తుంచుకోండి. ఇది మీ చుట్టూ ఉన్న ప్రపంచాన్ని అర్థం చేసుకోవడానికి మిమ్మల్ని సన్నద్ధం చేసే సాధనం. సవాళ్ళను స్వీకరించండి, ప్రశ్నలు అడగండి. ఈ సంపుటల ద్వారా మీ ప్రయాణం విద్యాపరంగా రాణించడానికి మీకు జ్ఞానం మరియు నైపుణ్యాలను అందించడమే కాకుండా భౌతికశాస్త్రంలోని అద్భుతాల పట్ల జీవితకాల అభిరుచిని ప్రేరేపిస్తుంది.

ఈ పాఠ్యపుస్తకం మీకు నమ్మకమైన తోడుగా మరియు జ్ఞానం కోసం మీ అన్వేషణలో మార్గదర్శకంగా ఉంటుంది. మీకు ఈ సంపుటాలలో ఏవైనా ఇబ్బందులు ఎదురైనా లేదా సూచనలు ఉంటే దయచేసి మమ్మల్ని సంప్రదించడానికి సంకోచించకండి.

భవధీయులు

పాఠ్యప్రణాళిక రూకల్పన మరియు కోర్స్

అభివృద్ధి బృందం

312

(భౌతికశాస్త్రం)

విభాగం - 1

1. ప్రమాణాలు మరియు కొలతలు
2. సరళరేఖా చలనం
3. సమతల చలనం
4. న్యూటన్ గమన నియమాలు
5. పని, శక్తి మరియు సామర్థ్యం
6. కణాల వ్యవస్థ, భ్రమణ చలనం
7. సరళ హరాత్మక చలనము
8. గురుత్వ త్వరణం
9. ఘనపదార్థాల స్థితిస్థాపక ధర్మాలు
10. ప్రవాహుల యాంత్రిక ధర్మాలు
11. పదార్థాల ఉష్ణధర్మాలు
12. ఉష్ణగతిక శాస్త్రం
13. వాయువుల అణుచలన సిద్ధాంతం
14. ధ్వని తరంగాలు

312

(భౌతికశాస్త్రం)

విభాగం - 2

15. కిరణ దృశాశాస్త్రం మరియు దృక్‌సాధనాలు

16. తరంగ దృశా శాస్త్రము

17. విద్యుత్ ఆవేశం మరియు విద్యుత్‌క్షేత్రం

18. స్థిరవిద్యుత్ పొటెన్షియల్ మరియు కెపాసిటెన్స్

19. ప్రవాహ విద్యుత్తు

20. అయస్కాంతత్వం

21. చలించే ఆవేశాలు – అయస్కాంతత్వం

22. విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ

23. ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహాలు

24. విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు

25. వికిరణం మరియు ద్రవ్యముల ద్వంద్వ స్వభావం

26. పరమాణు నిర్మాణం

27. కేంద్రక భౌతికశాస్త్రం

28. అర్ధవాహక పరికరాలు

29. సమాచార వ్యవస్థల ప్రాథమిక అంశాలు

విషయసూచిక

పాఠం సంఖ్య	పాఠం పేరు	పుటసంఖ్య
15.	కిరణ దృశాశాస్త్రం మరియు దృక్‌సాధనాలు	1-20
16.	తరంగ దృశా శాస్త్రము	21-50
17.	విద్యుత్ ఆవేశం మరియు విద్యుత్‌క్షేత్రం	51-80
18.	స్థిరవిద్యుత్ పొటెన్షియల్ మరియు కెపాసిటెన్స్	81-109
19.	ప్రవాహ విద్యుత్తు	110-151
20.	అయస్కాంతత్వం	152-167
21.	చలించే ఆవేశాలు - అయస్కాంతత్వం	168-194
22.	విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ	195-218
23.	ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహాలు	219-243
24.	విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు	244-257
25.	వికిరణం మరియు ద్రవ్యముల ద్వంద్వ స్వభావం	258-275
26.	పరమాణు నిర్మాణం	276-289
27.	కేంద్రక భౌతికశాస్త్రం	290-325
28.	అర్ధవాహక పరికరాలు	326-382
29.	సమాచార వ్యవస్థల ప్రాథమిక అంశాలు	383-408

15

కిరణ దృశాశాస్త్రం మరియు దృక్‌సాధనాలు

పరిచయం

పరిసరాల గురించిన సమాచారాన్ని మనం కళ్ళ ద్వారా గ్రహిస్తాము. సుదూరంలో ఉన్న నక్షత్రాలు, గ్రహాలు మొదలైనవి చాలా చిన్నవిగా కనిపిస్తాయి కనుక వాటిని పూర్తిగా చూడలేము. అంటే చాలా చిన్న వస్తువులైన ఉదా: పుప్పొడి, బ్యాక్టిరియా, వైరస్ మొదలగునవి కూడా మామూలు కంటికి కనిపించవు. మనం జ్ఞప్తికి ఉంచుకున్న విషయాలు తప్ప మనకళ్ళు చూసినదంతటిని శాశ్వతంగా నిక్షిప్తపరచుకోవు. అతి చిన్న మరియు సుదూరంలో ఉన్న వస్తువులను మనం ఎలా చూడగలం అని మీరు అడగవచ్చు? ఈ ప్రయోజనం కొరకు ఉపయోగించే కొన్ని ప్రత్యేక పరికరాలను దృక్ సాధనాలు అంటారు.

ఈ పాఠంలో రెండు ముఖ్యమైన దృక్ సాధనాలు సూక్ష్మదర్శిని, దూరదర్శినుల గురించి చదువుతారు. సూక్ష్మదర్శిని చిన్న వస్తువులను పెద్దవిగా కనబడేలా చేస్తుందని, దూరంలో ఉన్న వస్తువులను చూడటానికి దూరదర్శినిని ఉపయోగిస్తామని మీకు తెలుసు. ఈ ఉపకరణాలను మన అవసరాలకు తగినట్లుగా నిర్మిస్తారు. (కటకాలు, దర్పణాల ద్వారా ప్రతిబింబం ఏర్పడుట గురించి ముందు పాఠంలో మీరు గ్రహించిన పరిజ్ఞానం ఈ దృక్ సాధనాల పని తీరును అర్థం చేసుకోవడానికి ఉపయోగపడుతుంది.) సూక్ష్మదర్శిని ఉపయోగాన్ని దాని ఆవర్ధన సామర్థ్యం ద్వారా, దూరదర్శిని ఉపయోగాన్ని దాని పృథక్కరణ సామర్థ్యం ద్వారా గణిస్తారు. మీరు హబుల్ టెలిస్కోప్ గురించి చదివే ఉంటారు. శాస్త్రవేత్తలు దీనిని గెలాక్సీల వివరాలు తెలుసుకోవడానికి, సౌరవ్యవస్థ ఆవల మానవ నివాసయోగ్యమైన గ్రహాల ఉనికిని కనుగొనడానికి ఉపయోగిస్తున్నారు.

లక్ష్యాలు

ఈ పాఠం చదివిన తరువాత ఈ కింది విషయాలు తెలుసుకుంటారు.

- సరళ మరియు సంయుక్త సూక్ష్మదర్శినులు పనిచేయు సూత్రం వివరణ.
- సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యంకు సమాసమును ఉత్పాదించుట.
- రేఖీయ, కోణీయ ఆవర్ధనంల మధ్య బేధం.
- వక్రీభవన, పరావర్తన దూరదర్శినులు పనిచేయు సూత్రం వివరణ.
- కన్ను మరియు దూరదర్శినుల పృథక్కరణ సామర్థ్యంలను గణించుట.

15.1 సూక్ష్మదర్శిని

ముందు పాఠంలో దర్పణాలు, కటకాల ద్వారా ప్రతిబింబం ఏర్పడుట గురించి నేర్చుకున్నారు. ఒక కుంభాకార కటకాన్ని తీసుకోని ఈ పేజీని చూచినప్పుడు అక్షరాల ప్రతిబింబాలు కనిపిస్తాయి. ఆ కటకాన్ని జరుపుతూ పేజికి దగ్గరగా తీసుకొచ్చినపుడు దాని మీద ముద్రింపబడిన అక్షరాలు పెద్దవిగా కనిపిస్తాయి. కుంభాకార కటకం పెద్దదైన ప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరుస్తుంది కనుక పై విధంగా జరుగుతుంది. అంటే అది సరళసూక్ష్మ దర్శిని లేదా భూతద్దంలా పనిచేస్తుంది. చిన్న పిల్లల శరీరం మీద తట్టును పరీక్షించడానికి లేదా దంతవైద్యుడు పంటిలోని రంధ్రాన్ని చూడటానికి దీనిని ఉపయోగించడం మీరు చూసే ఉంటారు. గడియారములు బాగు చేసేవాళ్ళు, దానిలోని భాగాలు పెద్దవిగా కనబడటానికి, స్వర్ణకారులు, సున్నితమైన నగల పనితనం కొరకు దీన్ని ఉపయోగిస్తారు. ఒక కుంభాకార కటకాన్ని తీసుకొని కాగితం పై సూర్యకాంతిని కేంద్రీకరించడానికి ప్రయత్నించండి. కొంత సమయం తర్వాత ఆ కాగితం మండుట మొదలవుతుంది. అంటే కుంభాకార కటకం మంటను ప్రేరేపించగలదు. అందువల్లనే కర్రల మధ్యలో ఖాళీ సీసాలను ఉంచకూడదు. సూర్యకాంతి ఆ గాజు సీసాలపై పడినప్పుడు, ఆ గాజు సీసా కుంభాకార కటకంలాగ పనిచేసి కర్రల మీద ఉన్న ఎండుటాకుల మీద సూర్యకాంతిని కేంద్రీకరింప చేసి, అవి మండేలా చేస్తుంది. కొన్నిసార్లు ఇవి కార్చిచ్చులకు కారణమయి పెద్ద పెద్ద అడవులను లేదా నివాస స్థలాలను నాశనం చేస్తాయి. ఇటువంటి అగ్నిప్రమాదాలు ఆస్ట్రేలియా, ఇండోనేషియా, అమెరికా సంయుక్త రాష్ట్రాలలో సర్వసాధారణం.

కుంభాకార కటకం, సరళ సూక్ష్మదర్శినిగా దానికి దగ్గరలో ఉన్న వస్తువుల ప్రతిబింబాలను వాటి సహజ పరిమాణం కన్నా 20 రెట్లు పెద్దదైన ప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరచగలదు. అంతకన్నా ఎక్కువ ఆవర్ధనానికి రెండు కటకాల సంయోగంతో ఏర్పరచిన సంయుక్త సూక్ష్మదర్శినులను వాడతారు. భౌతికశాస్త్ర ప్రయోగశాలలో భూతద్దాన్ని ట్రావలింగ్ మైక్రోస్కోప్, స్పెక్ట్రోమీటర్‌కు ఉన్న వెర్నియర్ రీడింగ్‌లను తీసుకోవడానికి ఉపయోగిస్తారు.

సరళ, సంయుక్త సూక్ష్మదర్శినుల గురించి చదివేటప్పుడు కొన్ని శాస్త్రీయ పదాలైన (i) సమీప బిందువు, (ii) స్పష్టదృష్టి కనిష్ట దూరం, (iii) కోణీయ ఆవర్ధనం లేదా ఆవర్ధన సామర్థ్యం, (iv) సహజ సర్దుబాటు లాంటి వాటిగురించి తెలుసుకోవాలి. మొదట వీటిని నిర్వచిద్దాం.

(i) సమీప బిందువు : కంటి రెటీనాపై ప్రతిబింబం ఏర్పడే విధంగా (కంటిలోని కటకం వలన) వస్తువును ఉంచినపుడు కంటికి వస్తువుకు మధ్యగల దూరంను సమీపబిందువు అంటారు. ఈ సమీప బిందువు వ్యక్తికి, వ్యక్తికి వేరుగా ఉంటూ, వ్యక్తి వయస్సు మీద కూడా ఆధారపడుతుంది. చిన్న వయస్సు (10 సంవత్సరాల కన్నా తక్కువ) లో సమీప బిందువు 7-8 సెం.మీ. వరకు ఉంటుంది. పెద్ద వయస్సులో సమీప బిందువు విలువ బాగా పెరుగుతుంది. ఇది 100-200 సెం.మీ. కన్నా ఎక్కువే. అందువల్లనే చిన్న పిల్లలు పుస్తకాలను కంటికి దగ్గరగా పెట్టుకొని, పెద్దవారు పుస్తకం లేదా దినపత్రికను కంటి నుండి దూరంగా పెట్టుకొంటారు.

(ii) స్పష్ట దృష్టి కనిష్ట దూరం : మానవుని కన్ను ఎంతదూరంలో వస్తువులను కంటికి శ్రమలేకుండా స్పష్టంగా చూడగలుగుతుందో ఆ దూరాన్ని స్పష్టదృష్టి కనిష్ట దూరం అంటారు. సాధారణ మానవుని కంటికి ఈ దూరం 25 సెం.మీ. ఉంటుంది.

(iii) కోణీయ ఆవర్ధనం : స్పష్ట దృష్టి కనిష్ట దూరంలో వస్తువును ఉంచినపుడు ప్రతిబింబం కంటి వద్ద చేసే కోణానికి, (సూక్ష్మ దర్శినిని ఉపయోగించినపుడు) వస్తువు ఏ పరికరం సహాయంలేని కంటి వద్ద చేసే కోణానికి మధ్య గల నిష్పత్తిని కోణీయ ఆవర్ధనం అంటారు. దీనిని సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం అని కూడా అంటారు.

(iv) సహజ సర్దుబాటు : ప్రతిబింబం అనంతదూరంలో ఏర్పడినపుడు కన్ను దానిని తక్కువ శ్రమతో రెటీనా మీద పడేటట్లు చేస్తుంది. దీనిని సహజ సర్దుబాటు అంటారు.

(v) రేఖీయ ఆవర్ధనం : ప్రతిబింబ పరిమాణానికి, వస్తు పరిమాణానికి మధ్యగల నిష్పత్తిని రేఖీయ ఆవర్ధనం అంటారు.

(vi) దృష్టి కోణం : వస్తువు కంటి వద్ద చేసే కోణాన్ని దృష్టికోణం అంటారు.

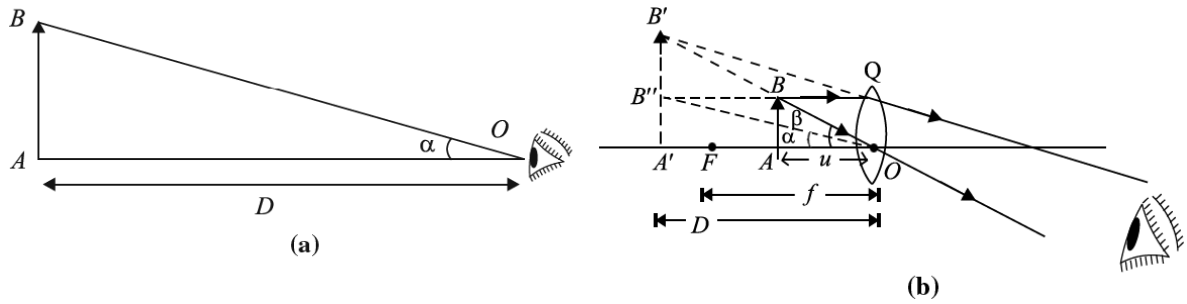
15.1.1 సరళ సూక్ష్మదర్శిని

తక్కువ నాభ్యంతరం గల కుంభాకార కటకాన్ని చిన్న వస్తువు యొక్క వృద్ధీకృత ప్రతిబింబాన్ని చూడటానికి ఉపయోగిస్తే దానిని సరళ సూక్ష్మదర్శిని అంటారు.

కుంభాకార కటకం యొక్క కటక కేంద్రానికి, నాభికి మధ్యలో వస్తువు నుంచినపుడు, మిథ్యా, నిట్టనిలువు, వృద్ధీకృత ప్రతిబింబాన్ని వస్తువు ఉన్న వైపునే అది ఏర్పరుస్తుందని మనకు తెలుసు. నిజానికి అటువంటి కటకాన్ని కంటికి సమీపంలో ఉంచుకొని ప్రతిబింబం స్పష్ట దృష్టి కనిష్ట దూరంలో ఏర్పడేవరకు వస్తుదూరాన్ని సర్దుబాటు చేస్తాం. ఇది పటం 15.1లో ఉదహరింపబడింది. పటంలో AB వస్తువును F మరియు O ల మధ్య ఉంచారు. వస్తువు ఉన్న వైపునే దాని మిథ్యా ప్రతిబింబం $A'B'$ ఏర్పడుతుంది. ప్రతిబింబం స్పష్టదృష్టి కనిష్ట దూరంలో ఏర్పడే విధంగా వస్తువు స్థానాన్ని సర్దుబాటు చేశారు.

సరళ సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం

వస్తువు, ప్రతిబింబం రెండూ స్పష్ట దృష్టి కనిష్ట దూరంలో లేదా సమీప బిందువు వద్ద ఉన్నపుడు ప్రతిబింబం కంటి వద్ద చేసే కోణానికి, వస్తువును తిన్నగా చూసినపుడు వస్తువు కంటి చేసే కోణానికి మధ్యగల నిష్పత్తిని సరళసూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం అంటారు. దీనిని కోణీయ ఆవర్ధనం అని కూడా అంటారు. దీనిని M తో సూచిస్తారు. పటం 15.1 (a), (b)ల నుండి సరళ సూక్ష్మదర్శిని కోణీయ ఆవర్ధనం $M = \frac{\angle A'OB'}{A'OB''} = \frac{\beta}{\alpha}$.



పటం 15.1 : సరళ సూక్ష్మదర్శిని కోణీయ ఆవర్ధనం

వాస్తవానికి α , β కోణాలు చాలా స్వల్పం. కనుక ఆ కోణాలకు బదులు వాటి టాంజెంట్‌లను తీసుకోవచ్చు.

$$M = \frac{\tan\beta}{\tan\alpha} \qquad (15.1)$$

త్రిభుజాలు $\Delta s\, A'OB'$, AOB, ల నుండి $\beta = \frac{A'B'}{AO} = \frac{A'B'}{D}$ మరియు $\tan\alpha = \frac{A'B''}{A'O} = \frac{AB}{D}$.

సమీకరణం (15.1) లో $\tan\beta$ మరియు $\tan\alpha$ విలువలు ప్రతిక్షేపించగా

$$M = \frac{A'B'}{D} \Big/ \frac{AB}{D} = \frac{A'B'}{AB}$$

పటం 23.1(b)లో త్రిభుజాలు Δs AOB మరియు $A'OB'$ సరూపాలు కనుక

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{A'O}{AO} \qquad (15.2)$$

సంజ్ఞా సాంప్రదాయాన్ని అనుసరించి

$$A'O = -D$$

మరియు $$AO = -u$$

సమీకరణం (15.2) నుండి

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{D}{u} \qquad (15.3)$$

సరళ సూక్ష్మదర్శినిగా పనిచేస్తున్న కటక నాభ్యంతరం f అయితే కటక సూత్రాన్ని $\left(\frac{1}{\upsilon} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}\right)$ ఉపయోగించి

$\upsilon = -D,\ u = -u$ మరియు $f = f$, we get

$$\frac{1}{-D} - \frac{1}{-u} = \frac{1}{f}$$

లేదా $$-\frac{1}{D} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

రెండు వైపులా D తో గుణించి, పదాలు సర్దుబాటుచేయగా

$$\frac{D}{u} = 1 + \frac{D}{f} \qquad (15.4)$$

సమీకరణం (15.3), (15.4) ల నుండి

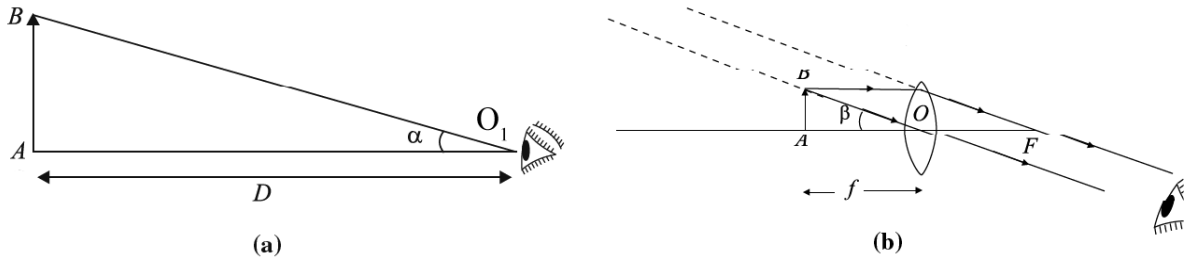
$$\frac{A'B'}{AB} = 1 + \frac{D}{f}$$

లేదా
$$M = 1 + \frac{D}{f} \qquad (15.5)$$

కుంభాకార కటక నాభ్యంతరం తక్కువగా ఉంటే సరళ సూక్ష్మదర్శిని కోణీయ లేదా ఆవర్ధన సామర్థ్యం ఎక్కువగా ఉంటుందని పై సమీకరణం నుండి తెలుస్తుంది. ఇక్కడ D స్పష్ట దృష్టి కనిష్ఠ దూరం.

సహజ సర్దుబాటు

ఈ సందర్భంలో ప్రతిబింబం అనంతదూరంలో ఏర్పడింది. ప్రతిబింబం కంటి వద్ద చేసే కోణానికి, వస్తువును D వద్ద ఉంచినపుడు వస్తువు కంటి వద్ద చేసే కోణానికి మధ్య గల నిష్పత్తిని సూక్ష్మదర్శిని వృద్ధీకరణ సామర్థ్యం అంటారు. పటం 15.2(a)లో వస్తువును స్పష్ట దృష్టి కనిష్ట దూరం D వద్ద ఉంచారు.



పటం 15.2 : సహజ సర్దుబాటుతో ప్రతిబింబం ఏర్పడుట

వస్తువు, ప్రతిబింబం మామూలు కంటి వద్ద చేసే కోణాలు వరుసగా α మరియు β ఆవర్ధన సామర్థ్యం

$M = \frac{\beta}{\alpha}$ గా నిర్వచించవచ్చు.

వాస్తవానికి α , β కోణాలు స్వల్పం కనుక ఇంతకు ముందులాగానే వీటిని టాంజెంట్‌లతో రాయగా

$$M = \frac{\tan\beta}{\tan\alpha}$$

i.e.
$$= \frac{AB}{AO} \Big/ \frac{AB}{AO_1}$$

$$= \frac{AO_1}{AO} = \frac{D}{f}$$

లేదా
$$M = \frac{D}{f} \qquad (15.6)$$

సహజ సర్దుబాటులో ప్రతిబింబాన్ని కంటికి శ్రమ కలుగకుండా చూడవచ్చు. ఈ క్రింది ఉదాహరణను జాగ్రత్తగా పరిశీలించండి.

ఉదాహరణ 15.1

నాభ్యంతరం 2.5 సెం.మీ. గల సరళ సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యాన్ని కనుక్కోండి.

సాధన :

సరళ సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యాన్ని సమీకరణం 15.5 నుండి తీసుకుంటే

$$M = 1 + \frac{D}{f}$$

D = 25 సెం.మీ. మరియు f = 2.5 సెం.మీ. పెట్టగా

$$M = 1 + \frac{25}{2.5} = 1 + 10 = 11$$

15.1.2 సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని

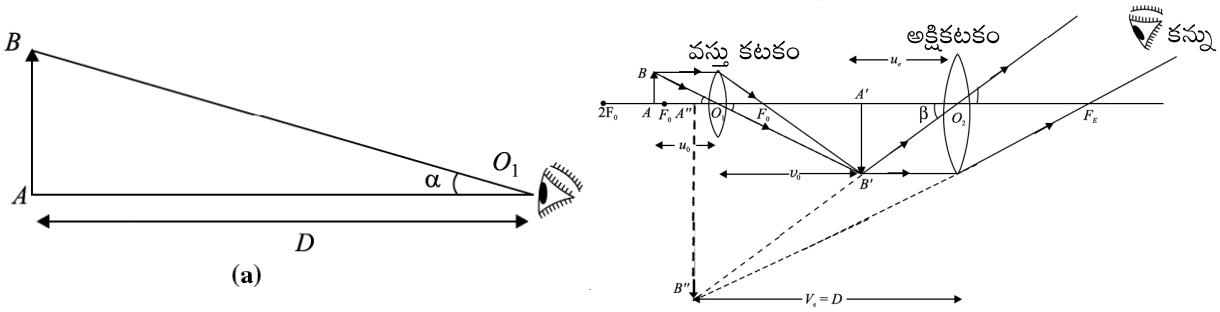
సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని రెండు కటకాలను కలిగి ఉంటుంది. తక్కువ నాభ్యంతరం తక్కువ కంటక ద్వారం కలిగిన కటకం వస్తువు వైపుకు ఉంటుంది. దీనిని వస్తు కటకం అంటారు. తక్కువ నాభ్యంతరం ఎక్కువ కంటక ద్వారం కలిగిన మరియొక కటకం కంటి వైపు ఉంటుంది. దీనిని అక్షి కటకం అంటారు. ఒక గొట్టం రెండు చివరలలో సహాక్షంగా వస్తు కటకం, అక్షి కటకంలను అమర్చుతారు.

వస్తు కటకం $F, 2F$ ల మధ్యలో వస్తువు నుంచినపుడు నిజ, తలక్రిందులైన వృద్ధీకృత ప్రతిబింబం $2F$ కు ఆవల, వస్తు కటకం వేరొక వైపున ఏర్పడుతుంది. సరళ సూక్ష్మదర్శినిగా పనిచేసే అక్షికటకానికి పై ప్రతిబింబం వస్తువుగా పనిచేస్తుంది. అక్షికటకం నాభి, కటకకేంద్రంల మధ్యలో పై ప్రతిబింబం ఏర్పడే విధంగా అక్షికటకాన్ని సర్దుబాటు చేస్తే అది సరళ సూక్ష్మదర్శినిగా పనిచేసి వృద్ధీకృత ప్రతిబింబాన్ని అక్షి కటకం నుండి స్పష్టదృష్టి కనిష్ట దూరంలో ఏర్పడేలా చేస్తుంది.

సంయుక్త సూక్ష్మ దర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం

వస్తువు, దానితుది ప్రతిబింబం, రెండూ స్పష్ట దృష్టి కనిష్ట దూరంలో ఉన్నపుడు తుది ప్రతిబింబం కంటి వద్ద చేసే కోణానికి, వస్తువు ఏ పరికరం సహాయం లేని కంటి వద్ద చేసే కోణానికి మధ్యగల నిష్పత్తిని సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం అంటారు. దీనిని M తో సూచిస్తారు. పటం 15.3 నుండి

$$M = \frac{\beta}{\alpha}$$



పటం 15.3 : తుది ప్రతిబింబం స్పష్ట దృష్టి కనిష్ట దూరంలో ఏర్పడినపుడు సంయుక్త సూక్ష్మదర్శినిలో ప్రతిబింబం ఏర్పడుట.

α , β కోణాలు చాలా స్వల్పం కనుక వీటిని వాటి టాంజెంట్‌లతో రాయగా

$$M = \frac{\tan\beta}{\tan\alpha}$$

$$M = \frac{A''B''}{D} \Big/ \frac{AB}{D}$$

$$\Rightarrow \qquad M = \frac{A''B''}{AB} = \frac{A''B''}{A'B'} \cdot \frac{A'B'}{AB}$$

సరూప త్రిభుజాలైన $\Delta s\, A''B''O_2$ and $A'B'O_2$ ల నుండి

$$\frac{A''B''}{A'B'} = \frac{A''O_2}{A'O_2} = \frac{D}{u_e}$$

అలాగే సరూప త్రిభుజాలైన $\Delta s\, A'B'O_1$, ABO ల నుండి

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{\upsilon_o}{u_o}$$

అక్షి కటకం యొక్క ఆవర్ధనం $m_e = \frac{A''B''}{A'B'}$ వస్తు కటకం యొక్క ఆవర్ధనం $m_o = \frac{A'B'}{AB}$

అపుడు

$$M = \frac{D}{u_e} \cdot \frac{v_o}{u_o} = m_e \times m_o \qquad (15.7)$$

ముందు పాఠం నుండి కటక సూత్రంను తీసుకొని దానిని అక్షి కటకానికి రాయగా

$$\frac{1}{\upsilon_e} - \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e}$$

రెండు వైపులా υ_e తో గుణించగా

$$\frac{\upsilon_e}{\upsilon_e}-\frac{\upsilon_e}{u_e}=\frac{\upsilon_e}{f_e}$$

$$\Rightarrow \qquad \frac{\upsilon_e}{u_e}=1-\frac{\upsilon_e}{f_e}$$

f_e ధనాత్మకం కనుక, సంజ్ఞా సాంప్రదాయం ప్రకారం $\upsilon_e=-D$

$$m_e=\frac{\upsilon_e}{u_e}=1+\frac{D}{f_e} \qquad (15.8)$$

సమీకరణం (15.7), (15.8)లను కలపగా

$$M=\frac{\upsilon_o}{u_o}\times\left(1+\frac{D}{f_e}\right)$$

వాస్తవానికి వస్తు కటకం నాభ్యంతరం చాలా తక్కువ, AB వస్తువును వస్తు కటకం నాభికి కొద్దిగా ఆవలి వైపున ఉంచారు కనుక

$$\upsilon_o \approx f_0$$

అక్షి కటకం నాభ్యంతరం కూడా చాలా తక్కువ, వస్తు కటకం నుంచి $A'B'$ ప్రతిబింబ దూరం, సూక్ష్మదర్శిని పొడవుకు సమానం అంటే

$$u_o \approx L$$

సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం

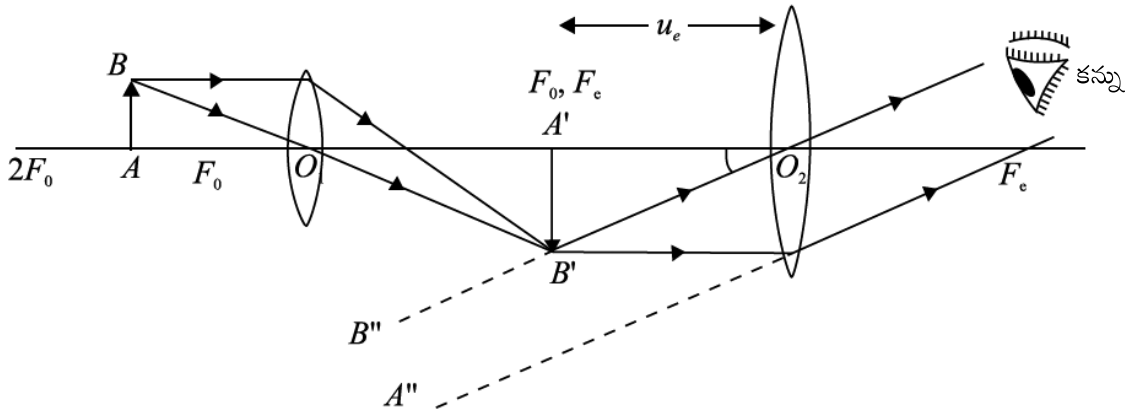
$$M=\frac{L}{f_0}\left(1+\frac{D}{f_e}\right) \qquad (15.10)$$

సహజ సర్దుబాటు వద్ద ఆవర్ధన సామర్థ్యం

ఈ సందర్భంలో ప్రతిబింబం అనంతదూరంలో ఏర్పడుతుంది. ఇంతకు ముందు చేసినట్లుగా చేసిన, సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం.

$$M=m_o\times m_e$$

$$=\frac{\upsilon_o}{u_o}\left(\frac{D}{f_e}\right)$$



పటం 15.4 : సహజ సర్దుబాటు వద్ద సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని

సంఖ్యాత్మక ఉదాహరణలను చూద్దాం

ఉదాహరణ 15.2

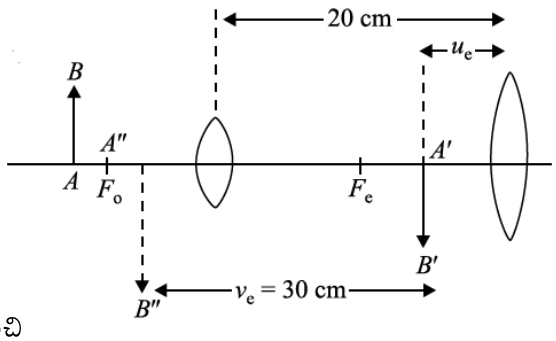
సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని వస్తు కటక నాభ్యంతరం 2 సెం.మీ. అక్షికటక నాభ్యంతరం 5 సెం.మీ. రెండు కటకాల మధ్యబిందువుల మధ్య దూరం 20 సెం.మీ అక్షికటకం నుండి 30 సెం.మీ దూరంలో ప్రతిబింబం ఏర్పడితే సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధనాన్ని కనుక్కోండి.

సాధన :

వస్తు కటకానికి $f_o = 2$ cm మరియు $f_e = 5$ cm అక్షి కటకాలనికి $f_e = 5$ cm, $\upsilon_e = -30$ cm. కటక సూత్రంను ఉపయోగించి u_e విలువను కనుగోనవచ్చు

$$\frac{1}{\upsilon_e} - \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e}$$

విలువలు ప్రతిక్షేపించి, సాధించగా $u_e = -\frac{30}{7}$ cm.



$$\upsilon_o = 20 - \frac{30}{7} = \frac{110}{7} \text{ cm}$$

వస్తు కటకానికి

$$\frac{1}{\upsilon_o} - \frac{1}{u_o} = \frac{1}{f_o}$$ ను ఉపయోగించి

$$\frac{1}{110/7} - \frac{1}{u_o} = \frac{1}{2}$$

లేదా $$u_o = \frac{110}{48} \text{ cm}$$

వస్తు కటకం ఆవర్ధనం

$$m_o = \frac{\upsilon_o}{u_o} = \frac{\frac{110}{7}}{-\frac{110}{48}} = -\frac{48}{7}$$

అక్షికటకం ఆవర్ధనం

$$m_e = \frac{\upsilon_e}{u_e} = \frac{\frac{-30}{1}}{\frac{-30}{7}} = 7$$

సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధనం $M = (m_o)(m_e)$

$$= \left(-\frac{48}{7}\right)(7) = -48$$

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 15.1

1. (i) సరళసూక్ష్మదర్శిని (ii) సంయుక్తసూక్ష్మదర్శినిలు ఏర్పరచే ప్రతిబింబాల స్వభావం ఏమిటి?
2. ఆవర్ధన సామర్థ్యంకు ఆవర్ధనం కు మధ్యగల తేడా ఏమిటి?
3. సరళ సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం 11 దాని నాభ్యంతర మెంత?
4. 100 సెం.మీ 4సెం.మీ నాభ్యంతరాలు గల రెండు కటకాలు నీ దగ్గర ఉంటే సంయుక్త సూక్ష్మదర్శినిలో అక్షి కటకంగా ఏ కటకాన్ని ఉపయోగిస్తావు? ఎందుకు?
5. సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని వస్తు కటక అక్షికటక నాభ్యంతరాలు ఎందుకు తక్కువగా ఉంటాయి?

15.2 దూరదర్శినిలు

ఖగోళ మరియు భూమి మీద ఉండే సుదూర వస్తువులను చూడటానికి దూరదర్శినులను ఉపయోగిస్తారు. ఇందులో కొన్ని వస్తువులు సాధారణ కంటికి కనిపించవు. సుదూరంలో ఉన్న వస్తువు కంటి వద్ద చేసే కోణం చాలా స్వల్పం కనుక వస్తువును చూడలేము. దూరదర్శినిని ఉపయోగించినపుడు అది కంటి వద్ద కోణాన్ని ఎక్కువ చేసి ప్రతిబింబాన్ని కంటి సమీపంలోకి తెస్తుంది. ప్రధానంగా రెండు రకాల దూరదర్శినులను ఉపయోగిస్తున్నారు. వక్రీభవన దూరదర్శిని, పరావర్తన దూరదర్శిని. ఇపుడు వాటిని గురించి చర్చించుకుందాం.

15.2.1. వక్రీభవన దూరదర్శిని

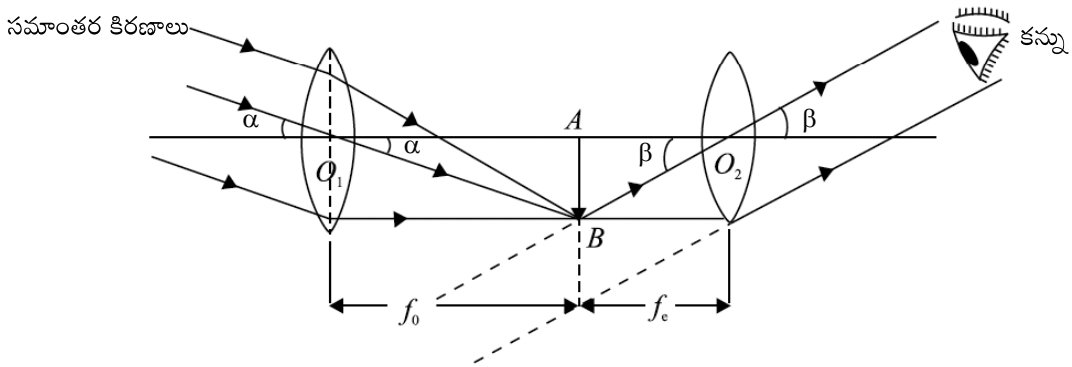
వక్రీభవన దూరదర్శినులు కూడా రెండు రకాలు.

- **ఖగోళ దూరదర్శిని :** దీనిని విశ్వంలో ఉండే లేదా ఖగోళ వస్తువులను చూడటానికి ఉపయోగిస్తారు.
- **భూగోళ దూరదర్శిని :** భూమి మీద ఉండే సుదూర వస్తువులను చూడటానికి ఉపయోగిస్తారు. ఇందులో ఏర్పడే ప్రతిబింబం నిట్టనిలువుగా ఉండాలి. గెలిలియో దూరదర్శినిని కూడా భూమి మీద ఉండే వస్తువులను చూడటానికే ఉపయోగిస్తారు.

ఖగోళ దూరదర్శిని మిథ్యా మరియు తలక్రిందులైన ప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. ఖగోళ వస్తువులు గుండ్రంగా ఉంటాయి తలక్రిందులైన ప్రతిబింబం ఏర్పడినా కనుక వీటిని గమనించుటలో ఏమీ ఇబ్బంది ఉండదు. దూరదర్శిని రెండు కటకాల వ్యవస్థను కలిగి ఉంటుంది. ఎక్కువ కటక ద్వార పరిమాణము ఎక్కువ నాభ్యంతరం (f_o) ను కలిగి వస్తువువైపు ఉండే కటకాన్ని వస్తుకటకం అంటారు. కంటివైపు ఉండే ఇంకొక కటకాన్ని అక్షికటకం అంటారు. ఇది తక్కువ కటక ద్వార పరిమాణాన్ని, తక్కువ నాభ్యంతరాన్ని కలిగి ఉంటుంది. వస్తు కటకం, అక్షికటకాలను లోహపు గొట్టాలలో సహాక్షంగా అమర్చుతారు. (f_e)

సుదూరంలో ఉన్న వస్తువు యొక్క నిజ మరియు తలక్రిందులైన ప్రతిబింబాన్ని తన నాభీయతలంలో ఏర్పరుస్తుంది. కటకస్థానాన్ని సర్దుబాటు చేసి తుది ప్రతి బింబాన్ని అనంతదూరంలో ఏర్పడేటట్లు చేస్తారు. (ఈ సర్దుబాటును సహజ సర్దుబాటు అంటారు). అక్షికటక స్థానాన్ని సర్దుబాటు చేసి తుది ప్రతిబింబాన్ని స్పష్టదృష్టి కనిష్ట దూరంలో ఏర్పడేలా చేస్తారు.

(a) తుది ప్రతిబింబం అనంత దూరంలో ఏర్పడినప్పుడు : (సహజ సర్దుబాటు) ఖగోళ వస్తువుల నుండి వచ్చే ఉపాక్షీయ కిరణాలు ఒకదానికొకటి సమాంతరంగా ఉండి ప్రధానాక్షంతో α కోణం చేస్తాయి. ఈ కిరణాలు వస్తు కటకం గుండా ప్రయాణించిన తరువాత నిజ, తలక్రిందులైన ప్రతిబింబాన్ని వస్తుకటకం నాభీయతలంలో ఏర్పరుస్తాయి. ఈ సందర్భంలో అక్షికటక స్థానాన్ని సర్దుబాటు చేసి తుది ప్రతిబింబం అనంత దూరంలో ఏర్పడేటట్లు చేస్తారు.



పటం 15.6 : ఖగోళ దూరదర్శిని పనిచేయు సూత్రము

దూరదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం : వస్తువు, ప్రతిబింబం రెండూ అనంత దూరంలో ఉన్నపుడు దూరదర్శిని గుండా చూసే ప్రతిబింబం కంటి వద్ద చేయు కోణం, వస్తువు వస్తు కటకం వద్ద చేయు కోణాల నిష్పత్తిని దూరదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం అంటారు. దీనిని కోణీయ ఆవర్ధనం అని కూడా అంటారు. M తో సూచిస్తారు. నిర్వచనం ద్వారా

$$M = \frac{\beta}{\alpha}$$

α , β లు చాలా స్వల్పం కనుక వాటిని టాంజెంట్‌లలో రాయగా

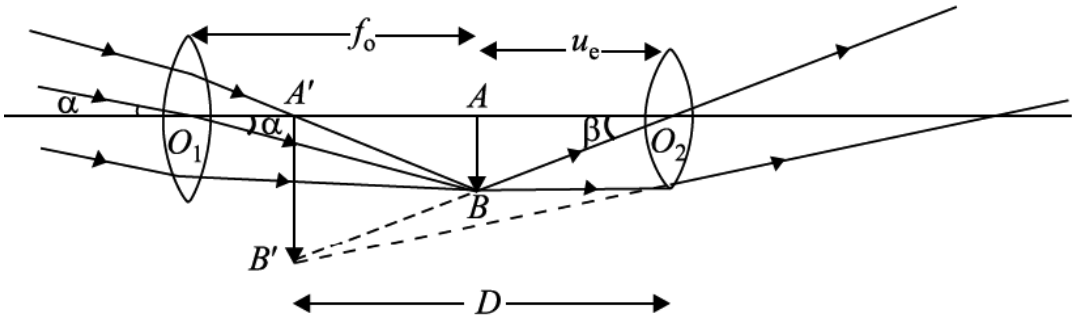
$$M = \frac{\tan\beta}{\tan\alpha}$$

$$= \frac{AB / AO_2}{AB / AO_1} = \frac{AO_1}{AO_2}$$

$$= \frac{f_o}{f_e} \qquad (15.11)$$

దీని నుండి వస్తు కటక నాభ్యంతరం ఎక్కువగా ఉండి, అక్షి కటక నాభ్యంతరం తక్కువగా ఉంటే సహజ సర్దుబాటులో దూరదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం ఎక్కువగా ఉంటుంది. సహజ సర్దుబాటు లో దూరదర్శిని పొడవు $(f_o + f_e)$

(b) **తుది ప్రతిబింబం స్పష్ట దృష్టి కనిష్ట దూరంలో ఏర్పడినపుడు :** ఖగోళ వస్తువు నుండి వచ్చే ఉపాక్షీయ కిరణాలు ప్రధానాక్షంతో α కోణం చేస్తాయి. వస్తు కటకం గుండా ప్రయాణించి దానికి ఇంకోక వైపున నిజ, తలక్రిందులైన ప్రతిబింబం AB ను ఏర్పరుస్తాయి. అక్షికటక స్థానాన్ని సర్దుబాటు చేసి తుది ప్రతిబింబాన్ని స్పష్ట దృష్టి కనిష్ట దూరంలో ఏర్పరచవచ్చు.



పటం 15.7 : దూరదర్శిని ప్రతిబింబమును D వద్ద ఏర్పరుచుట

ఆవర్ధన సామర్థ్యం : D వద్ద ఏర్పడిన ప్రతిబింబం కంటి వద్ద చేసే కోణానికి, అనంతదూరంలో ఉన్న వస్తువు కంటి వద్ద చేసే కోణానికి, మధ్య గల నిష్పత్తిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం అంటారు.

$$M = \frac{\beta}{\alpha}$$

$$\approx \frac{\tan\beta}{\tan\alpha}$$

$$= \frac{AB / AO_2}{AB / AO_1} = \frac{AO_1}{AO_2}$$

$$= \frac{f_o}{u_e} \qquad (15.12)$$

అక్షి కటకానికి $\frac{1}{\upsilon_e} - \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e}$

$$\frac{1}{u_e} = \frac{1}{\upsilon_e} - \frac{1}{f_e}$$

$$\simeq \frac{-1}{f_e}\left(1 - \frac{f_e}{\upsilon_e}\right)$$

లేదా $$M = \frac{f_o}{u_e} = \frac{-f_o}{f_e}\left(1 - \frac{f_e}{\upsilon_e}\right) \qquad (15.13)$$

కార్టీజియన్ సంజ్ఞా సాంప్రదాయానాన్ని అనువర్తింప చేస్తే

$$f_o = +f_o,\ \upsilon_e = -D,\quad f_e = +f_e\ ,$$

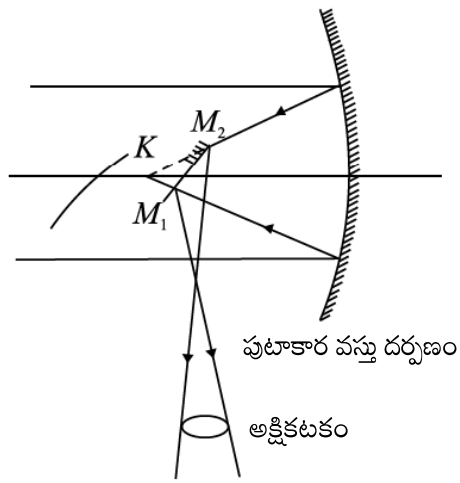
అప్పుడు $$M = \frac{f_o}{f_e}\left(1 + \frac{f_e}{D}\right) \qquad (15.14)$$

దూరదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యంలో రుణ సంజ్ఞ తుది ప్రతిబింబం తలక్రిందులైన, నిజ ప్రతిబింబాన్ని సూచిస్తుంది. దూరదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం, సహజ సర్దుబాటు లోని ఆవర్ధన సామర్థ్యం కంటే స్పష్టదృష్టి కనిష్ట దూరంకు చేసిన సర్దుబాటు లోని ఆవర్ధన సామర్థ్యం ఎక్కువ అని పై సమీకరణం నుండి తెలుస్తుంది.

15.2.2 పరావర్తన దూరదర్శిని

సుదూరంలో ఉన్న నక్షత్రాలను చూడటానికి పరావర్తన దూరదర్శినిని ఉపయోగిస్తారు. మరియు సుదూరంలో ఉన్న అల్పకాంతి (faint) నక్షత్రాల యొక్క ప్రకాశవంతమైన ప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరచడానికి ఎక్కువ కాంతిని సంగ్రహించే సామర్థ్యాన్ని కలిగి ఉంటుంది.

ఎక్కువ కటక ద్వార పరిమాణం, ఎక్కువ నాభ్యంతరం గల పుటాకార దర్పణంను వస్తు కటకంగా వాడతారు. పుటాకార దర్పణం పరావలయ ఆకారంలో ఉంది కనుక గోళాకార విపథన రహితంగా ఉంటుంది. పరావర్తన కిరణాలు కలుసుకొని



పటం 15.8 : న్యూటోనియన్ పరావర్తనకారి

దూరంగా ఉన్న నక్షత్రం యొక్క నిజ, తలక్రిందులైన, చిన్నదైన పరిమాణం గల ప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరచే ముందు, ఆ కిరణాలు పుటాకార దర్పణ ప్రధానాక్షంతో 45° కోణంతో అమర్చిన $M_1 M_2$ సమతల దర్పణం చేత అడ్డగింపబడి పరావర్తనం చెందుతాయి. ఈ సమతల దర్పణం కిరణాలను, పుటాకార దర్పణ ప్రధానాక్షానికి లంబంగా అమర్చిన అక్షి కటకం వైపుకు విచలనం చెందించుట వలన అక్షి కటకం ముందు ప్రతిబింబం ఏర్పడుతుంది. నక్షత్రం యొక్క పెద్దదైన, మిథ్యాప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరచి దానిని కన్ను స్పష్టంగా చూడగలిగేలా చేయటమే అక్షికటకం పని.

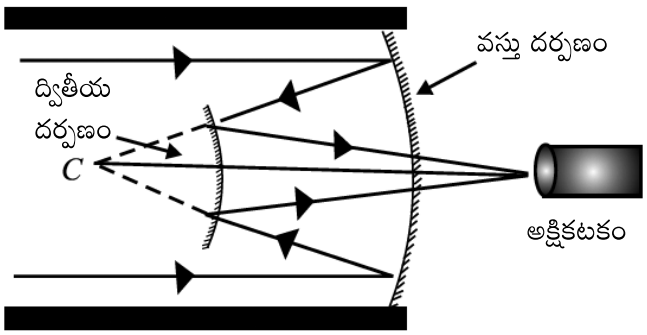
పుటాకారదర్పణ నాభ్యంతరం f_o అక్షికటక నాభ్యంతరం f_e అయితే, పరావర్తన దూరదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం

$$M = \frac{f_o}{f_e}$$

వస్తు కటక వ్యాసం D కంటి పాప వ్యాసం d అయితే ద్యుతి నిష్పత్తి

$$B = D^2/d^2$$

వేరొక రకమైన పరావర్తన దూరదర్శిని పటం 15.9 లో చూపించారు. దీనిని కెసెగ్రెయిన్ (Cassegrain) రూపొందించారు. దీని లోని అక్షి కటకం మధ్యలో చిన్న ద్వారం ఉంటుంది. దూరంగా ఉన్న నక్షత్రం నుండి వచ్చే కాంతి కిరణాలు పుటాకార దర్పణాన్ని తాకిన తరువాత A_2 ద్వారా అడ్డగింపబడి అక్షికటకం గుండా తుది ప్రతిబింబాన్ని చూడవచ్చు.



పటం 15.9 : కెసెగ్రెయిన్ పరావర్తనకారి

పరావర్తన దూరదర్శిని, వక్రీభవన దూరదర్శిని కన్నా ఎన్నో లాభాలను కలిగి ఉంది.

- పరావర్తన దూరదర్శినిలో వస్తు కటకం స్థానంలో దర్పణం ఉంటుంది. కనుక వర్ణవిపథనం ఉండదు. దూరంగా ఉన్న నక్షత్రం నుండి విభిన్న రంగుల కిరణాలు వస్తు దర్పణం పై పడి ఒకే బిందువు వద్ద కేంద్రీకృతమవుతాయి.
- గోళాకార దర్పణాలు పరావలయ దర్పణాలు కనుక గోళీయ విపథనం ఉండదు. అవి చాలా నిశితమైన, స్పష్టమైన ప్రతిబింబాన్నేర్పరుస్తాయి.
- పరావర్తన దూరదర్శిని ఎక్కువ కటక ద్వార పరిమాణం, ఎక్కువ కాంతిని సంగ్రహించే సామర్థ్యం కలిగి ఉన్నందున దీని ద్వారా అల్పకాంతి నక్షత్రమును కూడా చూడవచ్చు. ప్రతిబింబ ద్యుతి, వస్తుకటక వైశాల్యానికి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.

$$B \alpha \frac{\pi D^2}{4}$$

D దూరదర్శిని వస్తుదర్పణం వ్యాసం, d కంటి పాప వ్యాసమయితే, దూరదర్శిని ద్యుతి B ని, దూరదర్శిని ప్రోగు చేసిన కాంతికి, ఏ పరికరం సహాయం లేని కన్ను ప్రోగు చేసిన కాంతికి మధ్య గల నిష్పత్తిగా నిర్వచించవచ్చు.

$$B = \frac{\pi D^2 / 4}{\pi d^2 / 4} = \frac{D^2}{d^2}$$

- పరావర్తన దూరదర్శినులలో కాంతి శోషణం చాలా తక్కువ.
- పరావర్తన దూరదర్శినిలో ఉండే ఎక్కువ పరిమాణం గల కటక ద్వారం వల్ల, దూరంగా ఉన్న నక్షత్రాలలోని సూక్ష్మమైన వివరాలను కూడా చూడగలిగేలా చేస్తుంది. ఆకాశంలో లోతుగా పరిశోధన చేయడానికి కూడా ఉపయోగపడుతుంది. అందువల్లనే ఇటీవలి సంవత్సరాలలో ఖగోళ శాస్త్రజ్ఞులు కొత్త నక్షత్రాలను, నక్షత్ర వ్యవస్థలను కనుగొన్నారు. ఈ వివరాల కొరకు సైన్సు పత్రికలను, దిన పత్రికలను చూడండి.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 15.2

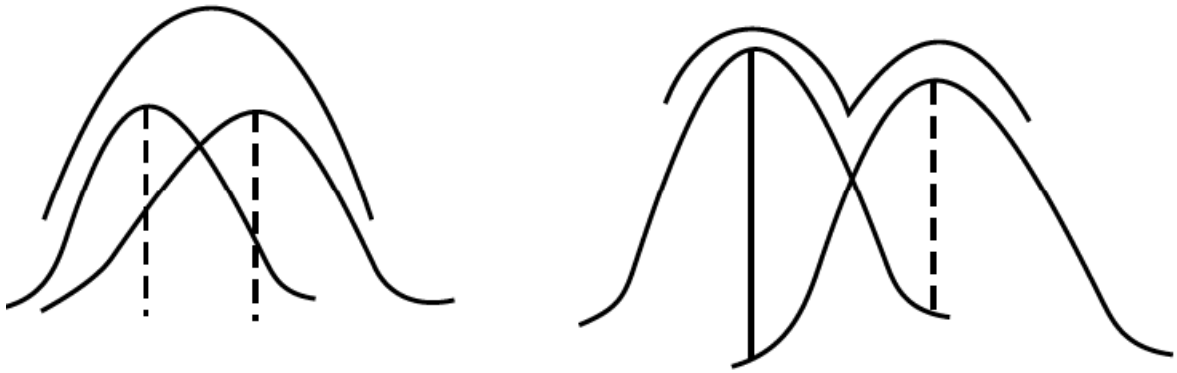
1. ఈ కింది కటకాల యొక్క నాభ్యంతరం మార్చినపుడు దూరదర్శిని ఆవర్ధనం ఏవిధంగా ప్రభావితమవుతుంది.
   (a) వస్తు కటకం
   (b) అక్షి కటకం
2. దూరదర్శిని వస్తు కటకం నాభ్యంతరం 50 సెం.మీ. అక్షి కటకం నాభ్యంతరం 2 సెం.మీ. ఆవర్ధనం ఎంత?
3. వక్రీభవన, పరావర్తన దూరదర్శినుల మధ్య తేడాలను తెల్పండి.
4. సహజ సర్దుబాటు అంటే ఏమిటి ?

15.3 పృథక్కరణ సామర్థ్యం - ర్యాలీ ప్రమాణం

బిందు రూప జనక స్థానం యొక్క ప్రతిబింబం బిందు రూపంలో ఉండక నిర్దిష్ట పరిమాణంతో చుట్టూ వివర్తన వ్యూహాన్ని కలిగి ఉండడం మీరు ఇంతకుముందు పాఠాల్లో చూశారు. ఒకదానికొకటి దగ్గరగా ఉన్న రెండు బిందురూప జనక స్థానాలు ఏర్పరచిన వివర్తన వ్యూహాలు అతిపాతం చెందటం వలన ఏ పరికరం సహాయం లేని కంటితో వాటిని విడివిడిగా చూడలేము. ఒక దృక్‌సాధనం ఒకదానికొకటి దగ్గరగా ఉన్న రెండు వస్తువుల ప్రతిబింబాలను పృథక్కరణ (వేరుచేసి) చేసి చూపించగలిగే సామర్థ్యాన్ని ఆ దృక్ సాధనం పృథక్కరణ సామర్థ్యం అంటారు. ఇటువంటి వస్తువుల ప్రతిబింబాలను వేరువేరుగా చూడాలంటే, ఒక వస్తువు వివర్తన వ్యూహం లోని కేంద్రీయ గరిష్టం రెండవ వస్తువు వివర్తన వ్యూహం లోని మొదటి కనిష్టం మీద పడితే ఆ రెండు ప్రతిబింబాలు పృథక్కరణం చెందుతాయి. దీనిని ర్యాలీ ప్రమాణం (Rayleigh's Criterion) అంటారు.

రెండు వస్తువులను విడివిడిగా చూడటానికి, కంటిపాప వ్యాసం 2 మీ.మీ. ఉండి, ఆ రెండు వస్తువులు కంటి వద్ద చేసే కోణం 1 నిమిషం చాపానికి సమానంగా ఉంటే ఆ రెండు వస్తువులను స్పష్టంగా, విడివిడిగా చూడవచ్చు. ఈ కోణం విలోమాన్ని కంటి పృథక్కరణ సామర్థ్యం అంటారు. సాధారణ దృక్‌సాధనాల పృథక్కరణ సామర్థ్యాన్ని గణిద్దాం. దూరదర్శినితో మన చర్చను ప్రారంభిద్దాం.

15.3.1 దూరదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యం



(a) కోణాల మధ్య ఎడం θ కన్నా తక్కువయితే రెండు బిందువులు, ఒక బిందువుగా కనిపించుట

(b) కోణాల మధ్య ఎడం θ కన్నా ఎక్కువయితే రెండు బిందువులు స్పష్టంగా కనబడటం.

పటం 15.10 : ర్యాలీపృథక్కరణ గురుతు

ఒకదానికొకటి దగ్గరగా ఉన్న రెండు వస్తువుల ప్రతిబింబాలను వేరువేరుగా చూపించగలిగే సామర్థ్యాన్ని దూరదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యం అంటారు. దగ్గరగా ఉన్న రెండు వస్తువుల ప్రతిబింబాలను దూరదర్శిని సరైన విధంగా వేరుచేసి చూపించినపుడు, ఆ రెండు వస్తువులు దూరదర్శిని వస్తు కటకం వద్ద చేసే కోణం పరంగా దూరదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యంను గణించవచ్చు. ఈ కోణాన్ని పృథక్కరణ అవధి అంటారు. పై రెండు సుస్పష్ట వస్తువులు చేసే కోణం ఈ కోణం కన్నా తక్కువైతే ఆ ప్రతిబింబాలు దూరదర్శిని చేత పృథక్కరణం చెందించబడవు. ఈ కోణం విలువ ఎంత తక్కువైతే దూరదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యం అంత ఎక్కువ. పృథక్కరణ అవధి విలోమం పృథక్కరణ సామర్థ్యాన్నిస్తుంది.

కాంతి తరంగదైర్ఘ్యం λ, దూరదర్శిని వస్తు కటకం వ్యాసం D, వస్తు కటకం వద్ద బిందురూప వస్తువు చేసే కోణం θ, అయితే దూరదర్శిని పృథక్కరణ అవధి (ర్యాలీ ప్రమాణం) (Rayleigh's criterion)

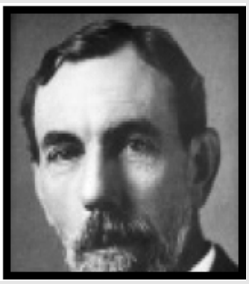
$$\theta = \frac{1.22\lambda}{D}$$

అపుడు దూరదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యం

$$(R.P)_T = \frac{1}{\theta}\,\frac{D}{1.22\lambda} \qquad (15.15)$$

ఎక్కువ పృథక్కరణ సామర్థ్యాన్ని పొందటానికి, దూరదర్శినిలో ఎక్కువ కటక ద్వారం కలిగిన వస్తు కటకాన్ని ఉపయోగించాలి లేదా తక్కువ తరంగదైర్ఘ్యం కలిగిన కాంతినైనా ఉపయోగించాలి అని పై సమీకరణం నుండి తెలుస్తుంది.

లార్డ్ ర్యాలీ (1842 – 1919)



జాన్ స్ట్రట్ ర్యాలీ ఎసెక్స్ దేశం, ఇంగ్లాండ్‌లోని టెర్లింగ్ ప్లేస్, విధామ్‌లో రెండవ బారెన్ ర్యాలీకు జన్మించాడు. చిన్నతనంలో అతని ఆరోగ్య పరిస్థితి అంతంత మాత్రమే. దీని వల్ల అతని విద్యాభాసం సరిగ్గా సాగలేదు ఎడ్వర్డ్ రాత్, స్టోక్స్ లు అతని ఉపాధ్యాయులు కావడం ర్యాలీ అదృష్టం. దాని ఫలితంగా అతను 1865లో సీనియర్ రాంగ్‌లర్‌గా ట్రైపాస్ పరీక్ష పాసై, స్మిత్ బహుమతి అందుకొన్న మొట్టమొదటి వ్యక్తి అయ్యాడు.

ఆర్గాన్ ను కనుగొనడమే కాకుండా (దీనికి అతనికి 1904 లో నోబుల్ బహుమతి వచ్చింది) ద్రవగతి శాస్త్రం, ఉష్ణగతిక శాస్త్రం, దృశాశాస్త్రం, గణితశాస్త్రం లో ఇతను ఎనలేని కృషి చేశాడు. ఇతని తరంగచలన సిద్ధాంతం ప్రకారం స్థితిస్థాపక తరంగాలను తలం మార్గదర్శనం చేస్తుందన్న విషయం భూకంప విజ్ఞానం (Seismology), ఎలక్ట్రానిక్ సంకేత సంపాదనం (Electronic signal processing) లలోని పరిశోదకులకు చక్కని బాట వేసింది. తరువాత అతను మనోవిజ్ఞాన శాస్త్ర పరిశోధనలో ఆసక్తి కనబరిచాడు. ల్యూనార్ ఫ్యీచర్ క్రేటర్ ర్యాలీ, మార్స్ మీద ప్లానెటరీ ఫ్యీచర్ క్రేటర్ ర్యాలీలు అతని కృషికి నివాళి.

ఉదాహరణ 15.3

3 సెం.మీ. కటక ద్వారం పరిమాణం గల దూరదర్శినిని, 2 మీ.మీ. అంతరం కలిగిన వైర్‌మెష్ బిగింపబడి 80 మీ. దూరంలో ఉన్న కిటికి వైపుకు కేంద్రీకరించారు. ఆ దూరదర్శిని వైర్‌మెష్ ను పరిశీలించగలదా? సరాసరి తరంగదైర్ఘ్యం $\lambda = 5.5 \times 10^{-7}$ m.

సాధన : $\lambda = 5.5 \times 10^{-7}$ మీ., $D = 3$ సెం.మీ. $= 3 \times 10^{-2}$ మీ.

పృథక్కరణ సామర్థ్యం

$$\theta = \frac{1.22\lambda}{D} = \frac{1.22\times5.5\times10^{-7}m}{3\times10^{-2}m} = 2.236\times10^{-5}\,\text{rad}$$

వైర్‌మెష్, వస్తు కటకం వద్ద చేసే కోణం θ, పృథక్కర అవధికి సమానం లేదా ఎక్కువైతే దూరదర్శిని వైర్‌మెష్ ను పృథక్కరణం చెందించగలదు. వైర్‌మెష్, వస్తు కటకం వద్ద చేసే కోణం

$$\alpha = \frac{\text{వైర్‌మెష్ అంతరం}}{\text{వస్తు కటకం వైర్‌మెష్ దూరం}}$$

$$= \frac{2\,\text{mm}}{80\,\text{m}} = \frac{2\times10^{-3}}{80\,\text{m}} = 2.5\times10^{-5}\,\text{rad.}$$

ఈ కోణం 2.5×10^{-5} రేడియన్ పృథక్కరణ అవధి (= 2.236×10^{-5} రేడియన్) కన్నా ఎక్కువ కనుక దూరదర్శిని వైర్‌మెష్ ను పరిశీలించగలదు.

15.3.2 సూక్ష్మదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యం

ఒకదానికొకటి దగ్గరగా ఉన్న రెండు వస్తువుల ప్రతిబింబాలను విడివిడిగా ఏర్పరచగలిగే సామర్థ్యాన్ని సూక్ష్మదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యం అంటారు. సూక్ష్మదర్శిని రెండు వస్తువులను విడివిడిగా చూపించినపుడు ఆ రెండు వస్తువుల మధ్య ఉండే అతి స్వల్ప రేఖీయ అంతరం పరంగా ఆ సూక్ష్మదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యాన్ని కనుక్కోవచ్చు. రెండు వస్తువుల మధ్య ఉండే ఈ అతి స్వల్ప రేఖీయ అంతరాన్ని **సూక్ష్మదర్శిని పృథక్కరణ అవధి** అంటారు.

రేఖీయ అంతరం ఎంత తక్కువ ఉంటే సూక్ష్మదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యం అంత ఎక్కువగా ఉంటుంది. **పృథక్కరణ అవధి విలోమం సూక్ష్మదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యాన్ని** ఇస్తుంది.

వస్తువును ప్రకాశింపచేసిన కాంతి తరంగ దైర్ఘ్యం λ, బిందురూప వస్తువు నుండి వెలువడి కంటి వద్దకు చేరే శంఖు ఆకారంలోని కాంతి యొక్క సగం కోణం θ, వస్తువుకు, వస్తు కటకానికి మధ్య గల యానకం వక్రీభవన గుణకం n అయితే, సూక్ష్మదర్శిని పృథక్కరణ అవధి.

$$d = \frac{\lambda}{2n\sin\theta} \qquad (15.16)$$

సూక్ష్మదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యం

$$(\mathrm{R.P})_m = \frac{2n\sin\theta}{\lambda} \qquad (15.17)$$

పై సమాసంలో $2n\sin\theta$ ను సంఖ్యాత్మక ద్వారం (Numerical Aperture) అంటారు. ప్రస్తుతం అందుబాటులో ఉన్న అత్యంత ఎక్కువ N.A విలువ 1.6, ఇది మన కంటికి 0.004

సంఖ్యాత్మక ద్వారం (N.A) పరిమాణంను పెంచడం లేదా వస్తువును ప్రకాశింపచేసే తరంగదైర్ఘ్యం λ విలువను తగ్గించడం ద్వారా సూక్ష్మదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యంను పెంచవచ్చునని పై సమీ (15.17) నుండి తెలుస్తుంది. అందువల్లనే అతినీలలోహిత సూక్ష్మదర్శిని, ఎలక్ట్రాన్ సూక్ష్మదర్శిని లు ఎక్కువ పృథక్కరణ సామర్థ్యంను కలిగి ఉంటాయి.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 15.3

1. దూరదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యాన్ని ఏవిధంగా మెరుగుపరచవచ్చు.
2. కంటి పృథక్కరణ అవధి, పృథక్కరణ సామర్థ్యానికి మధ్యగల సంబంధమేమిటి?
3. వస్తువును ప్రకాశింపచేసే కాంతి తరంగదైర్ఘ్యాన్ని పెంచినపుడు, సూక్ష్మదర్శిని పృథక్కరణ అవధి మీద దీని ప్రభావమేమిటి?
4. దూరదర్శినిలోని వస్తు కటకం ఎక్కువ వ్యాసంతో తయారైనదై, తక్కువ తరంగదైర్ఘ్యం గల కాంతి ఉపయోగిస్తే, పృథక్కరణ సామర్థ్యం ఏవిధంగా మారుతుంది.

మీరు ఏమి నేర్చుకున్నారు

- వస్తువు కంటి వద్ద చేసే కోణాన్ని దృష్టి కోణం (visual angle) అంటారు.
- ప్రతిబింబం, వస్తువు సమీప బిందువు వద్ద ఉన్నపుడు ప్రతిబింబం కంటి వద్ద చేసే కోణానికి, వస్తువు కంటి వద్ద చేసే కోణానికి మధ్యగల నిష్పత్తిని సూక్ష్మదర్శిని కోణీయ ఆవర్ధనం లేదా ఆవర్ధన సామర్థ్యం అంటారు.
- ప్రతిబింబ పరిమాణానికి, వస్తు పరిమాణానికి మధ్య గల నిష్పత్తిని రేఖీయ ఆవర్ధనం అంటారు.
- సరళ సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం $M = 1 + \frac{D}{f}$, ఇక్కడ D స్పష్టదృష్టి కనిష్టదూరం f కటక నాభ్యంతరం.
- సరళ సూక్ష్మదర్శినిలా కాకుండ సంయుక్త సూక్ష్మదర్శినిలో రెండు అంచెలలో ఆవర్ధనం జరుగుతుంది. తక్కువ నాభ్యంతరం గల రెండు కటకాలు వస్తుకటకం గా, అక్షికటకంగా ఉంటాయి. వస్తుకటకం నాభ్యంతరం, అక్షికటక నాభ్యంతరం కన్నా తక్కువ.
- సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం $M = m_o \times m_e$

  కాని $m_e = 1 + \frac{D}{f}$.

$$M = \frac{v_o}{u_o}\left(1+\frac{D}{f}\right)$$

ఇక్కడ v_o వస్తుకటకం, ప్రతిబింబాల మధ్య దూరం, u_o వస్తు కటకం నుండి వస్తు దూరం, D స్పష్టదృష్టి కనిష్ట దూరం (=25 సెం.మీ.), f_e అక్షి కటకం నాభ్యంతరం.

- కంటి వద్ద చాలా తక్కువ దృష్టి కోణాన్ని చేసే దూరంగా ఉన్న వస్తువులను చూడటానికి దూరదర్శినిని ఉపయోగిస్తారు. దూరదర్శినిని ఉపయోగించి దృష్టి కోణాన్ని పెంచవచ్చు. దూరంగా ఉన్న వస్తువులు కంటికి దగ్గరగా ఉన్నట్టు కనిపించడం వల్ల వాటిని సులభంగా చూడవచ్చు.
- రెండు రకాల దూరదర్శినులను ఉపయోగిస్తున్నారు. (i) వక్రీభవన మరియు (ii) పరావర్తన.
- వక్రీభవన దూరదర్శిని వస్తు కటకం అభిసారి కటకం. కాని పరావర్తన దూరదర్శినిలో వస్తుకటకంగా ఎక్కువ నాభ్యంతరం గల గోళాకార దర్పణాన్ని ఉపయోగిస్తారు. పరావర్తన దూరదర్శినులు, వక్రీభవన దూరదర్శినుల కన్నా ఎన్నో లాభాలను కలిగి ఉన్నాయి.
- దూరదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం $M = f_o/f_e$

  ఇక్కడ f_o వస్తు కటక నాభ్యంతరం, f_e అక్షికటక నాభ్యంతరం.

ముగింపు అభ్యాసం

1. సరళ, సంయుక్త సూక్ష్మదర్శినుల మధ్య భేదమేమిటి? సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధనానికి సమీకరణాన్ని ఉత్పాదించండి.
2. వక్రీభవన, పరావర్తన దూరదర్శినుల మధ్య తేడాలను తెల్పండి. న్యూటన్ దూరదర్శినికి కిరణ పటాన్ని గీయండి.
3. వక్రీభవన దూరదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యానికి సమీకరణాన్ని ఉత్పాదించండి.
4. స్పష్టదృష్టి కనిష్ట దూరమంటే ఏమిటి ? సాధారణ కంటికి దీని విలువ ఎంత?
5. సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని ఏర్పరచే ప్రతిబింబాన్ని ఫోటోగ్రాఫ్ తీయవచ్చునా? మీ సమాధానాన్ని వివరించండి.
6. దృక్ సాధనం యొక్క పృథక్కరణ సామర్థ్యాన్ని నిర్వచించండి. సాధారణ కంటికి పృథక్కరణ అవధి విలువ ఎంత?
7. సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని మరియు భూగోళ దూరదర్శిని రూపకల్పనలో ముఖ్యమైన భేదాలు ఏమిటి.
8. దూరదర్శిని అక్షి కటక నాభ్యంతరం 10 సెం.మీ. వస్తు కటకం, అక్షికటకం ల మధ్య దూరం 2.1 మీ. దూరదర్శిని కోణీయ వృద్ధీకరణం ఎంత ?
9. 4 సెం.మీ. నాభ్యంతరం గల సూక్ష్మదర్శిని వస్తుకటకం రెండవ నాభి నుండి 18 సెం.మీ. దూరంలో ప్రతిబింబం ఏర్పడింది. అక్షికటక నాభ్యంతరం 3.125 సెం.మీ. సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధనం ఎంత?
10. ఒక దూరదర్శిని వస్తు కటక వ్యాసం రెండవ దూరదర్శిని కన్నా మూడు రెట్లు ఎక్కువ. రెండవ దాని కన్నా మొదటి దూరదర్శిని ఎంత ఎక్కువ కాంతిని సంగ్రహించ గలుగుతుంది.

పాఠంలోని ప్రశ్నలకు సమాధానాలు

15.1

1. సరళ సూక్ష్మదర్శిని ఏర్పరచే ప్రతిబింబం, మిథ్యా, నిటారు, పెద్దదైనది. సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని ఏర్పరచే ప్రతిబింబం, నిజ, తలక్రిందులు, పెద్దదైనది.
2. సమీప దూరంలో ఉంచిన వస్తువు కంటి వద్ద చేసే కోణానికి, ప్రతిబింబం కంటి వద్ద చేసే కోణానికి మధ్య గల నిష్పత్తిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం అంటారు. ప్రతిబింబ పరిమాణానికి, వస్తు పరిమాణానికి మధ్యగల నిష్పత్తిని ఆవర్ధనం అంటారు.
3. $M = 11, M_e = 1 + \frac{D}{f}$. D = 25 సెం.మీ. పెడితే f = 2.5 సెం.మీ.
4. 4 సెం.మీ. నాభ్యంతరం గల కటకాన్ని ఎంచుకుంటే ఆవర్ధన సామర్థ్యం ఎక్కువ ఉంటుంది. $m = \frac{f_o}{f_e}$ కనుక.
5. సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యం $M = \frac{L}{f_o}\left(1 + \frac{D}{f_e}\right)$. f_o మరియు f_e విలువలు తక్కువైతే M విలువ ఎక్కువ ఉంటుంది.

15.2

1. (a) ఎక్కువ నాభ్యంతరం గల వస్తు కటకం, దూరదర్శిని ఆవర్ధన సామర్థ్యాన్ని పెంచుతుంది.
   (b) అక్షికటకం నాభ్యంతరం పెరిగితే ఆవర్ధనం తగ్గుతుంది.
2. ఆవర్ధనం $m = \frac{f_o}{f_e} = \frac{50\,cm}{2\,cm} = 25$
3. వక్రీభవన దూరదర్శిని లో ఉండే కుంభాకార కటకానికి బదులు పరావర్తన దూరదర్శిని లో ఎక్కువ నాభ్యంతరం గల గోళాకార దర్పణాన్ని వస్తు కటకంగా వాడతారు.
4. తుది ప్రతిబింబం అనంతదూరంలో ఏర్పడితే, ఆ దూరదర్శిని సహజ సర్దుబాటులో ఉంది అంటారు.
5. లేదు.

15.3

1. ఎక్కువ కటక ద్వారం కలిగిన కటకాన్ని తీసుకోవడం ద్వారా లేదా తక్కువ తరంగ దైర్ఘ్యం గల కాంతిని ఉపయోగించడం ద్వారా
2. కన్ను పృథక్కరణ అవధి, దాని పృథక్కరణ సామర్థ్యానికి విలోమానుపాతంలో ఉంటుంది. పృథక్కర అవధి కూడా పెరుగుతుంది.
3. దూరదర్శిని పృథక్కరణ సామర్థ్యం పృ.సా $\mathrm{RP} = \frac{D}{1.22\lambda}$, అది పెరుగుతుంది.

ముగింపు అభ్యాసంకు సమాధానాలు

8. 21 9. 400 10. 9 times.

16

తరంగ దృశా శాస్త్రం

పరిచయం

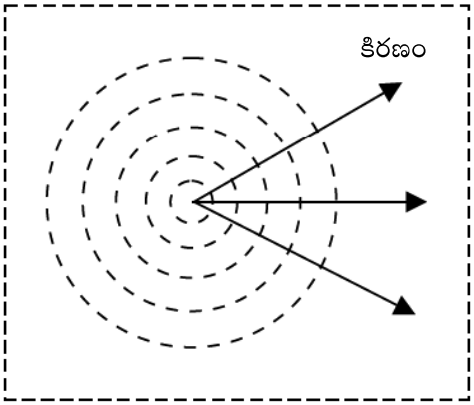
దీనికి ముందు అధ్యాయంలో కాంతి పరావర్తనం, వక్రీభవనం, విక్షేపణం, పరిక్షేపణంల గురించి చదివారు. వీటిని అర్థంచేసుకోవడానికి కాంతి ఋజుమార్గంలో ప్రయాణిస్తుందనే ధర్మాన్ని ఉపయోగించుకున్నాము. రెండు కాంతి తరంగాలు అధ్యారోపణం చెందినపుడు లేదా అంచుల వద్ద వంగినపుడు జరిగే శక్తి పునర్విపంపిణీ ప్రభావన వివరించలేక పోయింది. కాంతి తరంగ స్వభావం ఆధారంగా మాత్రమే ఈ దృగ్విషయాలను వివరించగలం. న్యూటన్ సమకాలీకుడైన క్రిస్టియన్ హైగన్స్ కాంతి ఒక తరంగం అని ప్రతిపాదించాడు. వ్యతికరణం, వివర్తనాల ప్రయోగాల పరిశీలనల ద్వారా కాంతి తరంగ సిద్ధాంతాన్ని సంశయంలేని విధంగా నిరూపించాడు.

లక్ష్యాలు

ఈ పాఠం చదివిన తరువాత మీరు ఈ కింది విషయాలు తెలుసుకుంటారు.

- హైగన్స్ సూత్రాన్ని తెలిపి, దానిని తరంగ ప్రసరణకు అనువర్తించుట.
- వ్యతికరణం, వివర్తనాలను వివరించుట.
- ఒక చీలిక ద్వారా కాంతి వివర్తనాన్ని వివరించుట.
- ద్రువణం కాంతి తరంగ స్వభావాన్ని స్థిరీకరించిందని చూపించుట
- బ్రూస్టర్ నియమాన్ని సాధించుట.
- కాంతివిక్షేపణం గురించి వివరణ
- విచలన కోణం (δ), పట్టక కోణం (A), పట్టక పదార్థ వక్రీభవన గుణకం (μ) ల మధ్య సంబంధాన్ని రాబట్టుట.
- తరంగదైర్ఘ్యంతో వక్రీభవన గుణకంకు సంబంధమేర్పరచి పట్టకం ద్వారా ఏర్పడే విక్షేపణ గురించి వివరణ.
- ప్రాథమిక మరియు గౌణ ఇంద్రధనస్సులు ఏర్పడుట గురించి వివరణ
- కాంతి పరిక్షేపణ వివరణ మరియు దాని అనువర్తనాల జాబితా
- రామన్ ఫలిత వివరణ

16.1 హైగన్స్ సూత్రం



పటం 16.1 : నీటి తలంపై వృత్తాకార తరంగాలు

కాంతి ఒక తరంగం అని హైగన్స్ ప్రతిపాదించాడు. ఇది ఒక ఊహ యానకం ఈథర్ గుండా ప్రయాణిస్తుంది. ఈ ఊహ యానకం శూన్యంతో సహా విశ్వమంతా వ్యాపించి ఉంటుంది.

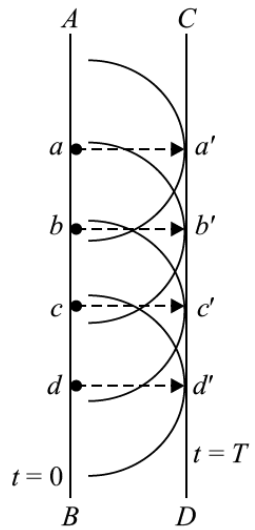
కాంతి జనక స్థానం నుండి వచ్చే కంపనాలు తరంగ రూపంలో వ్యాపనం చెంది, అవి మోసుకువచ్చే శక్తి అన్ని దిశలలో వితరణ చెందుతుంది.

హైగన్స్ సూత్రానికి తరంగాగ్రభావన చాలా ముఖ్యమైనది. తరంగాగ్రంను ఒక సరళకృత్యం ద్వారా అర్థంచేసుకుందాం.

హైగన్స్ సూత్రం ప్రకారం.

- తరంగాగ్రంలోని ప్రతి బిందువు గౌణ తరంగాగ్ర జనకంగా ప్రవర్తించి, గౌణ తరంగాలను యానకంలో అన్ని వైపులకు వ్యాపింపచేస్తాయి.
- ఏదేని తరువాతి క్షణంలో తరంగాగ్ర స్థానాన్ని ఆ క్షణంలో అన్ని గౌణ తరంగికలకు ముందుకు గీసిన ఉమ్మడి ఆవరణ నుండి పొందవచ్చు.
- సమదైశిక యానకంలో తరంగాలు శక్తిని అన్ని దిశలకు సమానంగా ప్రసారం చేస్తాయి.
- తరంగాగ్రం తొలి ఆకారం, స్థానం, గమనదిశ, వేగం తెలిసినపుడు తరువాతి క్షణంలో దాని స్థానాన్ని, జ్యామితీయ నిర్మాణం ద్వారా తెలుసుకోవచ్చు. తరంగాగ్రం వెనుకకు ప్రయాణించదని గమనించండి.

హైగన్స్ తరంగాగ్ర నిర్మాణం కోసం గుల్లగోళం కేంద్రం వద్ద ఒక బిందువును ఊహించండి. దీని బాహ్య ఉపరితలం ప్రాథమిక తరంగాగ్రంగా పనిచేస్తుంది. ఈ గోళం కంటే పెద్దదైన వ్యాసార్థం గల వేరొక గుల్ల గోళంలో ఆవరించి ఉన్నపుడు, రెండవగుల్ల గోళం యొక్క బాహ్య ఉపరితలం గౌణ తరంగాగ్రంగా పనిచేస్తుంది. (ఈ అమరికకు సమీప పోలిక పుట్‌బాల్) రెండవ గుల్ల గోళం ఇంకా పెద్దదైన వ్యాసార్థంగల ఇంకొక గుల్ల గోళంతో ఆవరింపబడినప్పుడు (మూడవ) గోళం బాహ్య ఉపరితలం గౌణ తరంగాగ్రంగా రెండవగోళం బాహ్య ఉపరితలం ప్రాథమిక తరంగాగ్రంగా పనిచేస్తాయి. ద్విమితీయంలో ప్రాథమిక, గౌణ తరంగాగ్రాలు ఏక కేంద్రవృత్తాలుగా అగుపిస్తాయి.



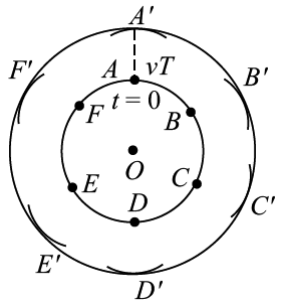
పటం 16.2 : సమతల తరంగాగ్రం నిర్మాణం

16.1.1 తరంగాల వ్యాపనం

హైగన్స్ సూత్రాన్ని ఉపయోగించి తరంగాగ్రాల వ్యాపన రూపంలో కాంతి తరంగాల వ్యాపనాన్ని వర్ణిద్దాం పటం 16.2, $t = 0$ వద్ద, సమతల తరంగాగ్రం యొక్క ఆకారం, స్థానంను చూపిస్తుంది. AB గీత కాగితానికి

లంబంగా ఉండేతలంలో ఉందని గమనించండి. AB తరంగాగ్రం పై ఉన్న a, b, c, d బిందువులు గౌణ తరంగాల జనకస్థానాలు. ఈ జనకస్థానాలన్నీ గౌణ తరంగికలను ఒకే కాలంలో వెలువరిస్తాయి. తరంగాగ్రం AB గమనదిశ వెంబడి ఈ తరంగికలన్నీ ఒకే వేగంతో ప్రయాణిస్తాయి. (పటం 16.2) లోని వృత్తాకార ఛాపాలు a, b, c, d లను కేంద్రాలుగా చేసుకొని వెలువడిన తరంగికలను సూచిస్తాయి. $r = vt$ వ్యాసార్థంతో ఛాపాలను గీయడం ద్వారా తరంగికలను పొందవచ్చు. ఇక్కడ v తరంగాగ్ర వేగం, ఎప్పుడైతే తరంగాగ్రాన్ని పొందాలనుకున్నామో ఆకాలం t. అన్ని తరింగకలకు గీసిన స్పర్శరేఖ CD, $t = T$ కాలం వద్ద కొత్త తరంగాగ్రాన్ని సూచిస్తుంది.

వ్యాకోచిస్తున్న వృత్తకార తరంగాగ్రంను హైగన్స్ నిర్మాణానికి ఇంకొక ఉదాహరణగా తీసుకొందాం. $t = 0$ వద్ద O కేంద్రంగా గల వృత్తాకార తరంగాగ్రాన్ని పటం 16.3లో చూడండి. $A, B, C \ldots$, లు తరంగాగ్రం మీద బిందురూప జనక స్థానాలు. $t = T$ కాలం తరువాత తరంగాగ్రాన్ని గీయడానికి నువ్వు ఏం చేస్తావు. వ్యాకోచిస్తున్న గౌణ తరంగికల వేగాన్ని, కాలంతో గుణించగా వచ్చిన విలువకు సమానమైన వ్యాసార్థంతో $A, B, C \ldots$ బిందువుల వద్ద చాపాలను గీయాలి. ఈ చాపాలు గౌణ తరంగికలను సూచిస్తాయి. ఈ చాపాలకు గీసిన స్పర్శరేఖలు T కాలం వద్ద వ్యాకోచిస్తున్న తరంగాగ్రాల ఆకారాన్ని, స్థానాన్ని తెలియజేస్తాయి.



పటం 16.3 : హైగన్స్ సూత్రాన్ని ఉపయోగించి వృత్తాకారతరంగాగ్ర నిర్మాణం

హైగన్స్ నిర్మాణంలోని మెళుకువను అర్థం చేసుకున్నావని మేం భావిస్తున్నాం. ఇపుడు నువ్వు **హైగన్స్ నిర్మాణం యొక్క భౌతిక ప్రయోజనాన్ని** తెలుసుకోవాలి. తరువాతి ఏదేనిక్షణ మందు తరంగాగ్ర ఆకారం, స్థానాన్ని, దానికి ముందు క్షణంలో తరంగాగ్ర ఆకారం స్థానం సహాయంతో కనుక్కోవడడం ద్వారా తరంగాగ్ర వ్యాపనాన్ని వర్ణించవచ్చు. కనుక హైగన్స్ నిర్మాణంతో తరంగ చలనాన్ని వర్ణించగలం.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 16.1

1. తరంగాగ్రం యొక్క సాపేక్ష దిగ్విన్యాసం (relative orientation) మరియు తరంగ ప్రసరణ దిశకు మధ్య కోణమెంత?
2. $t = 0$ సె కాలంలో గౌణ తరంగ జనకస్థానం తరంగికలను వెలువరిస్తుంది. $t = 3$ సె, $t = 6$ సెల వద్ద తరంగికల వ్యాసార్ధాల నిష్పత్తిని కనుక్కోండి.

16.2 కాంతి వ్యతికరణం

రెండు సంబద్ధ కాంతి జనకాల నుండి వచ్చే కాంతి తరంగాల అధ్యారోపణం వలన జరిగే కాంతి పునర్వితరణంను వ్యతికరణం అని అర్థం చేసుకోవచ్చు. మొట్ట మొదటి వ్యతికరణాన్ని థామస్ యంగ్ (Thomas Young) 1802 వ సంవత్సరంలో తన జంట చీలికల ప్రయోగం ద్వారా పరిశీలించాడు. ఈ ప్రయోగాత్మక పరిశీలన కాంతి తరంగ సిద్ధాంతంలో ప్రముఖ పాత్ర పోషించింది. వ్యతికరణం, వివర్తనంలో ఇమిడి ఉన్న సైద్ధాంతిక సూత్రం అధ్యారోపణ సూత్రం.

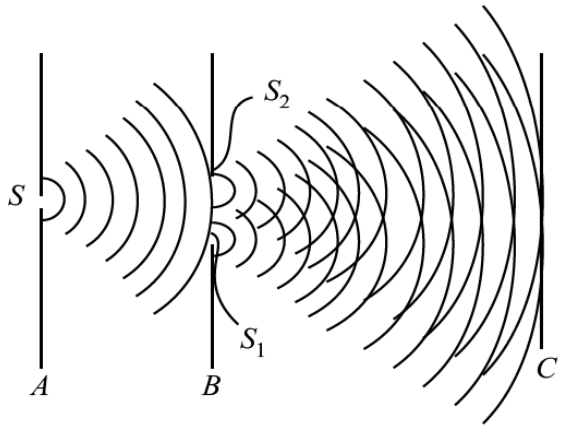
ఐజన్ థామస్ యంగ్ (Thomas Young (1773-1829)

1773 వ సంవత్సరం, జూలై 16న జన్మించి థామస్ యంగ్ మానవుని చెవి మరియు కన్ను కేంద్రీకరించే పద్ధతి మరియు అసమదృష్టి (astigmatism) పై చేసిన అధ్యయనం వల్ల సుపరిచితుడు. వర్ణ అంధత్వంపై అతని పరిశోధన అతనిని వర్ణదృష్టి యొక్క మూడు అంశాల సిద్ధాంతాన్ని ప్రతిపాదించేటట్లు చేసింది. మానవుడి చెవులు మరియు కళ్ళపై అధ్యయనం చేస్తూనే తన సమయాన్ని కాంతివేగం మరియు శబ్దవేగాలపై పరిశోధనకు వెచ్చించాడు. సమానవేగాలు గల రెండు శబ్ద తరంగాలు మానవుని చెవిని 180^0 వ్యతిరేకదశలో చేరినపుడు అతనికి శబ్దం వినిపించదని తెలుసు. కాంతి, తరంగమైతే ఇలాంటి ఫలితాన్నే రెండు కాంతి పుంజాలతో కూడా పొందవచ్చునని అతనికి స్ఫురించింది. ఈ భావన ఇతనిని "యంగ్ జంట చీలిక" అని మనం పిలిచే ప్రయోగాన్ని చేసేలా పురికొల్పింది.

తరువాత కాలంలో ఇతను 1799 సంవత్సరంలో నైల్ డెల్టాలో దొరికిన రోసోటా రాయిపై చెక్కిన గుర్తులను విశ్లేషించాడు.

16.2.1 యంగ్ జంట చీలికల ప్రయోగం

పటం 16.4లో యంగ్ పథకాత్మక ప్రయోగ అమరికను చూపించారు. అతని ప్రయోగంలో సూర్యుడి నుండి వచ్చే కాంతిని S సూదిమొనంత రంధ్రం ద్వారా పోనిచ్చి, కొంత దూరంలో S నుండి సమాన దూరంలో ఒకదానికొకటి దగ్గరగాగల S_1, S_2 సూదిమొనంత రంధ్రాల ద్వారా పోనిచ్చారు. హైగన్స్ తరంగ సిద్ధాంతం ప్రకారం గోళాకార తరంగాగ్రం సూదిమొనంత రంధ్రం S గుండా ప్రయాణించి S_1, S_2 సూదిమొనంత రంధ్రముల ద్వారా రెండు తరంగాగ్రములుగా విడిపోతుంది. ఏకవర్ణ కాంతి జనకం (సోడియం)తో S ను ప్రకాశింపచేస్తే S_1, S_2 సంబద్ధ కాంతి జనకాలుగా ప్రవర్తిస్తాయి. సమాన కాంపన పరిమితి కలిగి, ఒకే దశలో ఉన్న తరంగాలు ఈ జనకాల నుండి వెలువడి అధ్యారోపణం చెందుతాయి. ఈ అధ్యారోపణ ఫలితంగా (S_1, S_2ల నుండి వెలువడే రెండు సర్వ సమానమైన తరంగాలు) శక్తి పునర్వితరణం జరిగి C వద్ద ఉంచిన తెరమీద వరుస ద్యుతిమయ, ద్యుతి హీనపట్టీలు ఏర్పడతాయి. యంగ్ వ్యతికరణ ప్రయోగంలో ఏర్పడిన పట్టీ వ్యూహానికి వివరణను నేర్చుకుందాం.



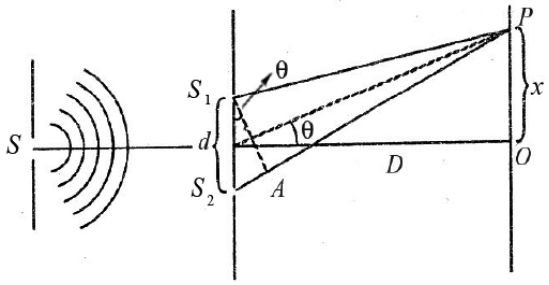
పటం 16.4 : యంగ్ జంట చీలికల ప్రయోగం అమరిక

(a) నిర్మాణాత్మక వ్యతికరణం (Constructive Interference) : అధ్యారోపణ సూత్రాన్ని గుర్తుకు తెచ్చుకుంటే ఒక తరంగంలోని శృంగం, రెండవ తరంగలోని శృంగంతో ఏకీ భవించడం వల్ల గరిష్ట స్థానభ్రంశం (లేదా కంపన పరిమితి) గల కొన్ని బిందువులు C తెరమీద ఏర్పడతాయి. ఈ బిందువుల వద్ద తరంగాలు ఒకే దశ వద్ద ఉంటాయి. కనుక మొత్తం కంపన పరిమితి వాటి వైయుక్తిక కంపన పరిమితి కన్నా ఎక్కువగా ఉంటుంది. ఇదే విధంగా మొదటి తరంగంలోని ద్రోణి రెండవతరంగంలోని

ద్రోణితో ఏకీభవించినపుడు కూడా ఇదే విధంగా జరిగి తీవ్రత కంపన పరమితి వర్గానికి అనులోమాను పాతంలో ఉంటుంది. కనుక ఆ బిందువులన్ని ప్రకాశవంతంగా ఉంటాయి. ఈ బిందువుల వద్ద జరిగే అధ్యారోపణాన్ని **నిర్మాణాత్మక వ్యతికరణం** అంటారు.

(b) **వినాశాత్మక వ్యతికరణం (Destructive Interference)** : తెర మీద కొన్ని బిందువుల వద్ద ఒక తరంగంలోని శృంగం రెండవ తరంగంలోని ద్రోణితో ఏకీభవించి మొత్తం కంపన పరిమితి సున్న అవుతుంది. ఈ బిందువుల వద్దకు చేరే తరంగాలు ఒకే దశలో లేకపోవడమే దీనికి కారణం. ఈ బిందువులు ప్రకాశరహితంగా ఉంటాయి. ఇక్కడ జరిగే అధ్యారోపణాన్ని వినాశాత్మక వ్యతికరణం అంటారు.

(c) **పట్టీల తీవ్రత (Intensity of fringes) :** వ్యతికరణ వ్యూహాన్ని విశ్లేషించడానికి హరాత్మక తరంగాల వ్యతికరణ వ్యూహంలోని ద్యుతిమయ, ద్యుతిహీన పట్టీల తీవ్రతను గణిద్దాం. పటం 16.5లో యంగ్ జంట చీలికల ప్రయోగం పథకాత్మక అమరికను చూపించారు. ఒకే పౌనఃపున్యం, కంపన పరిమితి కలిగి, దశలో భేదం కలిగి ఉన్న రెండు హరాత్మక తరంగాలు అధ్యారోపణం చెందటం వలన వ్యతికరణ దృగ్విషయం జరుగుతుంది. రెండు తరంగాలు మధ్య దశాభేదం δ అనుకుందాం స్థిరబిందువు P వద్ద రెండు తరంగాల స్థానభ్రంశం y_1, y_2.



పటం 16.5 : యంగ్ జంటచీలిక ప్రయోగం జ్యామితి

$$y_1 = a\sin\omega t$$

మరియు
$$y_2 = a\sin(\omega t + \delta)$$

ఇక్కడ δ రెండు తరంగాల మధ్య దశాభేదంను తెలియజేస్తుంది. అధ్యారోపణ సూత్రం ప్రకారం ఫలితస్థానభ్రంశం

$$y = y_1 + y_2$$
$$= a\sin\omega t + a\sin(\omega t + \delta)$$
$$= a[\sin\omega t + a\sin(\omega t + \delta)]$$
$$= 2a\sin\left(\omega t + \frac{\delta}{2}\right)\cos\left(-\frac{\delta}{2}\right)$$
$$= A\sin\left(\omega t + \frac{\delta}{2}\right)$$

ఇక్కడ A ఫలిత తరంగం యొక్క కంపన పరిమితి,

$$A = 2a\cos(\delta/2)$$

P బిందువు వద్ద ఫలిత తరంగం తీవ్రతను

$$I \alpha\ A^2 \quad \text{గా రాయవచ్చు}$$

$$\alpha\ 4a^2 \cos^2(\delta/2) \qquad (16.1)$$

రెండు తరంగాల మధ్య దశాభేదం మీద తీవ్రత ఏ విధంగా ఆధారపడుతుందో తెలుసుకోవడానికి ఈ క్రింది సందర్భాలను చూద్దాం.

సంధర్భం 1 : దశాభేదం $\delta = 0, 2\pi, 4\pi, ..., 2n\pi$ అయినపుడు

$$I = 4a^2 \cos^2 0$$
$$= 4a^2$$

సంధర్భం 2 : When, $\delta = \pi, 3\pi, 5\pi, ..., (2n+1)\pi$ అయినపుడు

$$I = 4a^2 \cos^2 (\delta/2)$$
$$= 0$$

పై ఫలితాల నుండి రెండు అధ్యారోపణ తరంగాలు తెర మీద ఒకే దశతో కలిసివాటి మధ్య దశాభేదంకు పూర్ణాంక గుణిజాలైతే ఆ బిందువుల వద్ద ఫలిత తీవ్రత వాటి వైయుక్తిక తీవ్రతకన్నా ఎక్కువగా ఉంటుంది ($4a^2$ కు సమానం). అలాకాక, రెండు అధ్యారోపణ తరంగాలు తెరమీద వ్యతిరేక దశలో కలిసి, వాటి మధ్య దశాభేదం π కు బేసి సంఖ్య గుణిజాలైతే ఆ బిందువులు శూన్య తీవ్రతను కలిగి, తెరమీద కాంతిరహితంగా కనిపిస్తాయి.

(d) దశాభేదం, పథ భేదం (Phase Difference and Path Difference) : తెరపై ఉన్న బిందువు ద్యుతిహీన లేక ద్యుతిమయ బిందువా అని తెలుసుకోవడానికి ఆ బిందువు వద్దకు చేరే తరంగాల మధ్య దశా భేదాన్ని తెలుసుకోవాల్సి ఉందని పై చర్చ నుండి అర్థం అవుతుంది. తరంగాలు జనక స్థానం నుండి తెరమీద బిందువు వద్దకు ప్రయాణించునపుడు వాటి మధ్య దశా భేదం ను పథభేదం పరంగా కూడా చెప్పవచ్చు. S_1, S_2 నుండి వెలువడి ఒకే దశలో ఉన్న రెండు తరంగాలను తీసుకుందాం. ఈ రెండు తరంగాలు విభిన్న పథాల వెంబడి ప్రయాణించి పరిశీలన బిందువు P ను చేరతాయి. కనుక వాటి మధ్య ఎంతో కొంత దశాభేదం ఉంటుంది. పటం 16.5 నుండి వాటి మధ్య పథభేదం.

$$\Delta = S_2P - S_1P$$

ఒక తరంగ ధైర్ఘ్యం పథభేదం, 2π దశాభేదానికి సమానమని మనకు తెలుసు. అపుడు దశాభేదం. δ, పథభేదం Δ లమధ్య గల సంబంధం.

$$\Delta = \left(\frac{\lambda}{2\pi}\right)\delta \qquad (16.2)$$

సమీ (16.1) నుండి దశా భేదం $2n\pi$ ఉన్నపుడు ద్యుతిమయ పట్టీ (నిర్మాణాత్మాక వ్యతికరణం మూలంగా) ఏర్పడుతుందని మనకు తెలుసు. సమీ (16.2) నుపయోగించి పరిశీలించిన వెలుగుపట్టీకి పథభేదం.

$$(\Delta)_{\text{వెలుగు}} = \left(\frac{\lambda}{2\pi}\right) 2n\pi = n\lambda\,;\; n = 0, 1, 2, ... \qquad (16.3)$$

అలాగే చీకటి పట్టీకి

$$(\Delta)_{\text{చీకటి}} = (\lambda/2\pi)(2n+1)\pi$$

$$= (2n+1)\frac{\pi}{2};\; n = 0, 1, 2, ... \qquad (16.4)$$

పథభేదం, ఉపయోగించిన కాంతి తరంగ ధైర్ఘ్యంల మధ్య సంబంధాన్ని పథభేదం పరంగా వెలుగు, చీకటి పట్టీలకు సమాసాలను పొందాం కనుక ఇపుడు పథభేదంను ప్రయోగ జ్యామితితో సంబంధాన్ని ఏర్పరుద్దాం అంటే Δ తో జనకస్థానం, తెరకు మధ్య దూరం D సూది మొనంత రంధ్రాల మధ్యదూరం (d), P బిందువు స్థానానికి గల సంబంధాన్ని ఏర్పరచడం పటం 16.5 నుండి

$$\Delta = S_2P - S_1P = S_2A = d\sin\theta$$

θ చాలా తక్కువ అనుకొంటే,

$$\sin\theta \approx \tan\theta \approx \theta$$

మరియు $$\sin\theta = x/D$$

అపుడు పథభేదానికి సమాసాన్ని కింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$\Delta = d\sin\theta = x\frac{d}{D} \qquad (16.5)$$

సమీ (16.5) ను సమీ(16.2) సమీ (16.3) లలో ప్రతిక్షేపించగా

$$\frac{d}{D}(x_n)_{\text{వెలుగు}} = n\lambda$$

లేదా $$(x_n)_{\text{వెలుగు}} = \frac{n\lambda D}{d};\; n = 1, 2, ... \qquad (16.6)$$

మరియు $$\frac{d}{D}(x_n)_{\text{చీకటి}} = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

లేదా $$(x_n)_{\text{చీకటి}} = \left(n + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda D}{d};\; n = 0, 1, 2, ... \qquad (16.7)$$

సమీ (16.6), (16.7)లు తెరమీద వెలుగు, చీకటి పట్టీల స్థానాలను తెలుపుతాయి.

(e) పట్టీ వెడల్పు (Fringe width) : వెలుగు లేదా చీకటి పట్టీ వెడల్పు ఎంత ఉంటుందని మీరు అడగవచ్చు? దీనికి సమాధానం కోసం మొదట రెండు వరుస వెలుగు (లేదా చీకటి) పట్టీలను

గుర్తిద్దాం. మొదట వెలుగు పట్టీ వెడల్పు కనుగొందాం. సమీ. (16.6) నుండి మూడవ మరియు రెండవ వెలుగు పట్టీలకు

$$(x_3)_{\text{వెలుగు}} = 3\frac{\lambda D}{d}$$

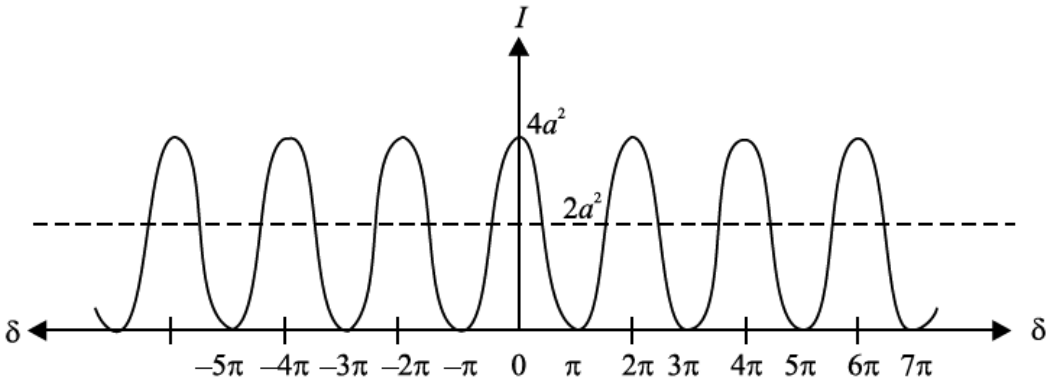
మరియు

$$(x_2)_{\text{వెలుగు}} = 2\frac{\lambda D}{d}$$

β పట్టీ వెడల్పు

$$\beta = (x_3)_{\text{వెలుగు}} - (x_2)_{\text{వెలుగు}} = \frac{\lambda D}{d} \qquad (16.8)$$

దీనిని బట్టి వ్యతికరణ వ్యూహంలో ఏ రెండు వరుస n విలువల పట్టీలకైనా పట్టీ వెడల్పు సమానంగా ఉంటుందని మనకు అర్థమవుతుంది. పట్టీ వెడల్పు, తరంగదైర్ఘ్యం రేఖీయ సామర్థ్యం, జనకస్థానం మరియు తెరకు మధ్య దూరంకు అనులోమానుపాతంలోను రెండు చీలికల మధ్య దూరానికి విలోమానుపాతంలోను ఉంటుంది. నిజానికి ఆ పట్టీలు ఎంత సూక్ష్మంగా ఉంటాయంటే వాటిని చూడటానికి భూతద్దం కావాలి.



పటం 16.6 : వ్యతికరణ వ్యూహంలో తీవ్రత వితరణ

తరువాత మనం వ్యతికరణ వ్యూహంలో వెలుగు, చీకటి పట్టీల తీవ్రతను గురించి తెలుసుకుందాం. రెండు కాంతి తరంగాలు వ్యతిరేక దశలో తెరమీద బిందువు వద్దకు చేరుకున్నపుడు చీకటిపట్టీలు ఏర్పడతాయని మనకు తెలుసు. ఈ దృగ్విషయం శక్తినిత్వత్వనియమాన్ని అతిక్రమిస్తుందా అంటే రెండు కాంతితరంగాలతోపాటు ఉండే శక్తి, నాశనమై పోయిందా అని మీరు అడగవచ్చు? కాని అలాకాదు, వ్యతికరణం శక్తి నిత్యత్వనియామాన్ని అతిక్రమించలేదు. చీకటి పట్టీలవద్ద అదృశ్యమైన శక్తి, వెలుగు పట్టీల వద్ద ప్రత్యక్ష మవుతుంది. సమీ (16.1)నుండి, వెలుగు పట్టీ తీవ్రత, వైయుక్తిక తరంగ తీవ్రత కన్నా 4 రెట్లు ఎక్కువ. కనుక పటం (16.6) చూపిన వ్యతికరణ వ్యూహంలో శక్తి పునర్వితణ జరిగి అది $4a^2$, 0 ల మధ్య మారుతూ ఉంటుంది. ఒక్కొక్క పుంజం స్వతంత్రంగా తీవ్రతను ఇస్తే, వ్యతికరణం జరగక పోయినట్లయితే రెండు సమానమైన జనకస్థానాల నుండి వెలువడే కాంతి తీవ్రతతో తెరను ఏకరీతిగా ప్రకాశింప జేస్తుంది. ఇది దాని సరాసరి కాంతితీవ్రత పటం 16.6లో గీతల రేఖతో సూచించబడింది.

కాంతితరంగ సిద్ధాంత సహాయంతో యంగ్ ప్రయోగంలో పరిశీలించిన వ్యతికరణ వ్యూహాన్ని మీరు గుణాత్మకంగాను, పరిమాణాత్మకంగాను అర్థం చేసుకున్నారు. మీకు బాగా అర్థమైందని నమ్మకం కలగడానికి పాఠంలోని ప్రశ్నలకు సమాధానాలివ్వండి.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 16.2

1. రెండు తరంగాలు అధ్యారోపణం జరిగిన ప్రదేశంలో ఏదేని బిందువు వద్ద ఫలితస్థాన భ్రంశం ఏ విషయాల మీద ఆధారపడి ఉంటుంది.
2. యంగ్ ప్రయోగంలో తెరమీద నిర్మాణాత్మక వ్యతికరణం ఎలా ఏర్పడుతుంది.
3. S_1, S_2 సూదిమొనంత రంధ్రాలను రెండు విద్యుత్ బల్బులతో పూరిస్తే తెరమీద మనం వెలుగు, చీకటి పట్టీలను చూస్తామా?
4. సంబద్ధ కాంతి జనకాలనగా నేమి? మన కళ్ళు సంబద్ధ కాంతి జనకాలుగా పనిచేయగలవా?

16.3 కాంతివివర్తనం

కాంతి రుజు మార్గంలో ప్రయాణించడానికి ప్రత్యక్ష ఉదాహణ నీడ ఏర్పడటం. కాని నీడను నీవు పరీక్షగా గమనించినపుడు దాని అంచుల వద్ద స్పష్టతలేక పోవడాన్ని గమనిస్తావు. ఉదాహరణకు కాంతి సన్నని ద్వారం గుండా ప్రయాణించినపుడు లేదా స్వల్ప ప్రమాణాలు కలిగిన అవరోధం మీద పడినపుడు రుజుమార్గంలో ప్రయాణించే నియమాన్ని అతిక్రమించింది. ద్వారం లేదా అవరోధం అంచుల వద్ద కాంతి సరళరేఖా మార్గంలో ప్రయాణించకుండా నీడ ప్రదేశంలోకి వంగుతుంది. కాంతి అవరోధాల అంచుల వద్ద వంగి ప్రయాణించడాన్ని వివర్తనం అంటారు.

వివర్తన దృగ్విషయం గురించి వివరంగా తెలుసుకొనే ముందు మీకు మీరు వివర్తనాన్ని పరిశీలించవచ్చు. రాత్రి సమయంలో వీధి దీపాన్ని మీకళ్ళను కొద్దిగా తెరచి చూడండి. ఏం కనిపిస్తుంది ? ట్యూబ్‌లైట్ నుండి వచ్చేకాంతి పలురంగుల రేఖలుగా కనిపిస్తుంది. మీ కనురెప్పల చూట్టూ అంచుల వద్ద కాంతి వివర్తనం (వంగడం) వల్ల ఇది జరుగుతుంది.

జేబురుమాలు నుపయోగించి కూడా వివర్తనంను చూడవచ్చు. జేబురుమాలును మీకళ్ళకు దగ్గరగా పెట్టుకొని దానిలోంచి సూర్యుడు లేదా దీపాన్ని చూడండి. మీరు వృత్తాకార పట్టీలను చూస్తారు. జేబురుమాలు అల్లికలో ఏర్పడ్డ చిన్నకంతల వద్ద కాంతి వివర్తనం చెందటం వల్ల ఇది సాధ్యపడుతుంది.

పై ఉదాహరణలలో వివర్తన అవరోధం/ ద్వారం పరిమాణాలు చాలా స్వల్పం. వివర్తనంను పరిశీలించడానికి ఈ కింది నియమాలు పాటింపబడాలి.

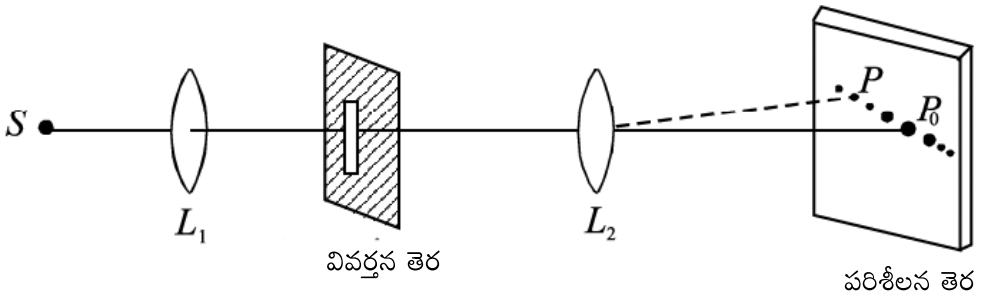
(a) అవరోధం లేదా ద్వారం పరిమాణం, పతన తరంగం తరంగ ధైర్ఘ్యం క్రమంతో ఉండాలి (పోల్చదగినంత చిన్నదిగా ఉండాలి)

(b) అవరోధం లేదా ద్వారంకు, తెరకు మధ్య దూరం చాలా ఎక్కువగా అంటే అవరోధం లేదా ద్వారం పరిమాణంకు కొన్ని వేలరెట్లు ఎక్కువగా ఉండాలి.

పై పరిశీలనల ఆధారంగా మనం ఎందుకు వివర్తనాన్ని చూడలేకపోతున్నామో, కాంతి రుజు మార్గంలోనే ప్రయాణిస్తున్నట్లుగా ఎందుకు కనిపిస్తుందో మనకు సులభంగా అర్థం అవుతుంది. కాంతి తరంగధైర్ఘ్యం 10^{-6} మీ. క్రమంలో ఉంటుందని మీకు తెలుసు. కనుక వివర్తనంను పరిశీలించడానికి మనకు అవరోధం లేదా ద్వారం పరిమాణం (10^{-6} మీ.) పై క్రమంలో ఉండాలి.

16.3.1 ఒంటి చీలిక వివర్తనం

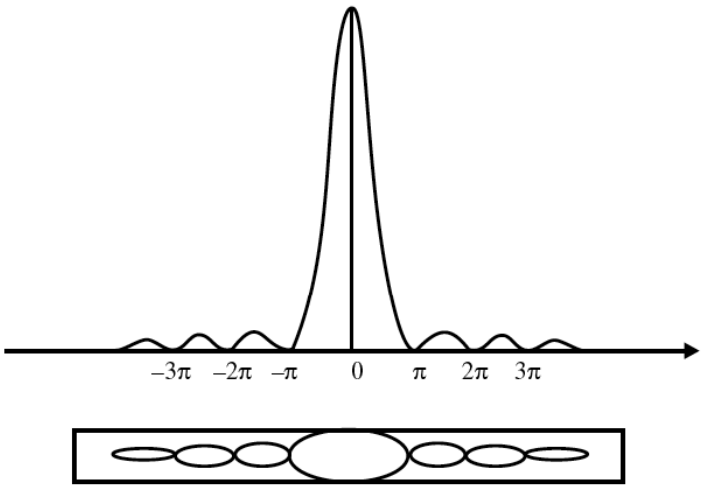
తెరిచిన ఒంటి చీలిక వద్ద వివర్తన వ్యూహం ఎలా ఉంటుందో ఇపుడు చూద్దాం. పటం 16.7లో వివర్తన వ్యూహాన్ని పొందటానికి ప్రయోగ అమరిక చూపబడింది. ఐ ఏక వర్ణకాంతి జనకం. దీనిని కుంభాకారకటకం నాభీయతలం వద్ద ఉంచారు. అందువల్ల సమతల తరంగాగ్రం సన్నని చీలిక మీద పతన మవుతుంది. చీలిక నుండి వచ్చే కాంతిని కేంద్రీకరించి తెరమీద పడేటట్లు చేయడానికి ఇంకొక కుంభాకార కటకాన్ని ఉంచారు.



పటం 16.7 ఒంటి చీలిక వివర్తనం

పటం 16.8లో చూపించిన బిందురూప కాంతిజనకం నుండి లంబంగా ఉన్న ఒంటి చీలిక ద్వారా ఏర్పడిన వివర్తన వ్యూహం యొక్క ముఖ్యమైన లక్షణాలు.

- చీలిక పొడవుకు లంబంగా ఉన్న గీతవెంబడి క్షితిజ సమాంతర కాంతిచార
- వరుస ప్రకాశవంతమైన బిందువులతో క్షితిజ సమాంతర వ్యూహం.
- మధ్యలో ఉన్న బిందువు దానికి ఇరువైపులా ఉన్నబిందువుల కన్నా ప్రకాశవంతమైనది. ఈ బిందువు కిరువైపులా క్షీణిస్తున్న తీవ్రతలో సౌష్టవంగా మరికొన్ని ప్రకాశవంతమైన బిందువులు ఉంటాయి. మధ్య బిందువును కేంద్రక గరిష్టం అంటారు. మిగతా బిందువులను గౌణ గరిష్టాలంటారు.
- మధ్య బిందువు వెడల్పు, మిగతా బిందువుల వెడల్పుకన్నా రెండురెట్లు ఎక్కువ.

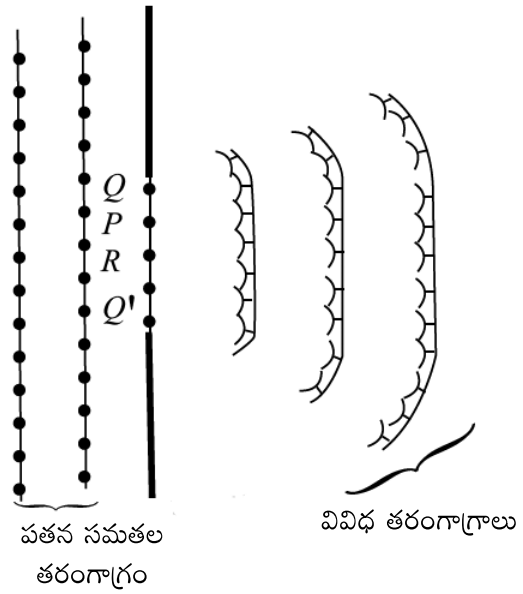


పటం 16.8 : పరిశీలించిన ఒంటిచీలిక వివర్తన వ్యూహం

హైగన్స్‌తరంగ సిద్ధాంతం ఆధారంగా ఈ ఫలితాల సైద్ధాంతిక ప్రాతిపదికను అర్థం చేసుకోవచ్చు. సమతల తరంగాగ్రాలు ఒంటి చీలికను కలిగి ఉన్న అవరోధంపై పతనమవుతాయి. ఈ తరంగాగ్రాలన్నీ అవరోధం మీద

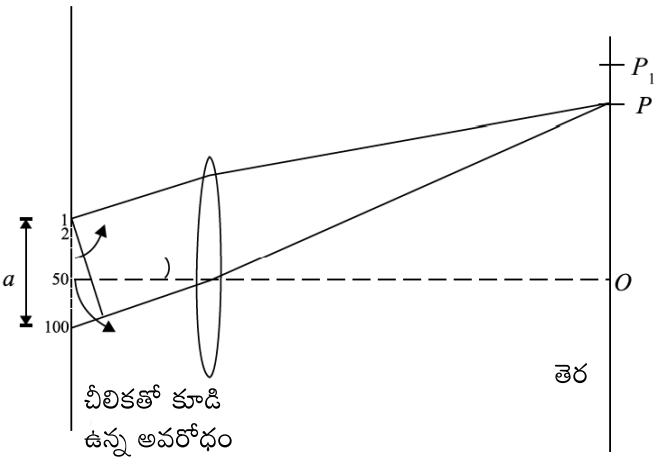
పతనమయినా కూడా చీలిక మీద పతనమయిన తరంగాగ్రాలు మాత్రం ప్రసారమవుతాయి. తరంగాగ్ర భాగం మాత్రం అవరోధం కుడివైపుకు ప్రయాణిస్తాయి. ఏదేమైనా చీలికను దాటిన తరువాత తరంగాగ్ర ఆకారం సమతలంగా ఉండదు.

పటం 16.9లో ద్వారం QPR ... Q' లో ప్రతిబిందువు గౌణతరంగికలకు వరుస సంబద్ధ కాంతి జనకాలుగా ఉంటాయి. అవరోధానికి కుడివైపున ఉన్న తరంగాగ్రం మధ్య భాగంలోని P బిందువు నుండి బహిర్గతమవుతున్న తరంగిక, P కి ఇరువైపులా ఉన్న Q, R బిందువుల నుండి వెలువడుతున్న తరంగికల వల్ల వ్యాప్తి చెందుతుంది. తరంగికలకు గీసిన స్పర్శరేఖ తరంగాగ్రం యొక్క ఆకారాన్ని నిర్ణయిస్తుంది. కనుక తరంగాగ్రం పురోగ మించినపుడు మధ్యభాగం సమతలంగా ఉంటుంది. చీలిక చివరి బిందువులైన Q, Q' నుండి వెలువడే తరంగికలతో అధ్యారోపణం చెందడానికి అంచులను దాటి మరే ఇతర తరంగికలు ఉండవు. అధ్యారోపణం, తరంగాగ్రం సమతలంగా ఉండటానికి సహాయపడుతుంది కనుక అంచుల వద్ద అధ్యారోపణం చెందని తరంగికలు సమతలంగా ఉండవు. అంటే అంచుల వద్ద నున్న తరంగికలు వ్యాప్తిచెందుతాయి. దీని ఫలితంగా పరిమిత పరిమాణం గల పలుచని ద్వారం పై సమతల తరంగాగ్రం పతనమై దానిగుండా ప్రయాణించిన తరువాత సమతలంగా ఉండదు.



పటం 16.9 : సన్నని చీలిక నుండి కాంతి వివర్తనంకు హైగన్స్ నిర్మాణం

ఒంటి చీలిక వివర్తన వ్యూహం తీవ్రత వితరణను అర్థంచేసుకోవడానికి తెరను చేరిన తరంగాల అధ్యారోపణ స్వభావాన్ని కనుక్కుందాం. హైగన్స్ సూత్రాన్ని అనువర్తించడానికి చీలిక వెడల్పు 'a' ను 100 సమాన భాగాలుగా విభజిద్దాం. ప్రతీభాగాన్ని గౌణ తరంగికల జనకస్థానంగా భావిద్దాం. ఈ బిందువుల నుండి బయటకు వస్తున్న తరంగికలు, చీలికకు కుడివైపున ఉన్న ప్రదేశంలోకి వ్యాప్తి చెందుతాయి. సమతలతరంగాగ్రం చీలిక మీద పతనమవుతున్నందున ప్రారంభంలో అన్ని బిందువులు ఒకే దశలో ఉంటాయి. అందువల్ల చీలికను వదిలి పెట్టే సమయంలో ఈ బిందువు నుండి బహిర్గతమయ్యే తరంగిలన్నీ ఒకే దశలో ఉంటాయి. ఈ తరంగికల అధ్యారోపణ ఫలితాన్ని O బిందువు వద్ద తెరమీద చూద్దాం. 1వ మరియు 100వ జనకాల నుండి వెలువడిన తరంగికలు O బిందువును ఒకే దశలో చేరతాయని పటం 16.10 లోని సౌష్టవం తెలియజేస్తుంది. ఎందుకనగా రెండు తరంగికలు ప్రయాణం చేసే పథ దూరం సమానం కనుక. చీలిక మీద ఉండే బిందువు నుండి ప్రయాణం మొదలుపెట్టినపుడు అవి అన్నీ ఒకే దశలో ఉంటాయి. ఒకే దశలో O బిందువద్దకు



పటం 16.10: ఒంటి చీలిక వివర్తనానికి పథకాత్మక పటం

చేరి అధ్యారోపణం చెందిన ఫలిత కంపన పరిమితి 1 మరియు 100వ జనకాల నుండి వచ్చిన తరంగికల వైయుక్తిక కంపనపరిమితి కన్నా ఎక్కువగా ఉంటుంది. ఇలాగే 2 నుండి 50 వరకు గల జనకాల నుండి వచ్చే తరంగికలకు 99 నుండి 55వ జనకం నుండి వచ్చే తరంగికలు అనూరూపంగా ఉంటాయి. ఇవి నిర్మాణాత్మక వ్యతికరణం చెందటం ద్వారా O బిందువు వద్ద తీవ్రతను అధికం చేస్తాయి. అపుడు తెరమీద O బిందువు ద్యుతిమయంగా కనిపిస్తుంది.

అక్షం నుండి దూరంగా ఉండే P అనే బిందువును తెరమీద తీసుకుందాం. చీలిక యొక్క రెండు చివరి బిందువులు అంటే 1వ మరియు 100వ జనక స్థానముల మధ్య పథభేదం λ ఉండే విధంగా తెరపై ఆ బిందువును తీసుకోండి. అపుడు 1 మరియు 51వ జనక స్థానములు నుండి వచ్చే తరంగికల మధ్య పథభేదం సుమారుగా $\frac{\lambda}{2}$ అవుతుంది.

1 మరియు 51వ జనకాల నుండి వచ్చే తరంగికలు P బిందువు వద్దకు వ్యతిరేకదశలో చేరి వినాశాత్మక వ్యతికరణాన్ని ఏర్పరుస్తుందని కాంతి వ్యతికరణం నుండి తెలుసు. ఇలాగే 2 మరియు 52వ జనకములనుండి వచ్చే తరంగికలు మరియు ఇలాంటి అన్ని జతల నుండి వచ్చే తరంగికలు P బిందువు వద్ద వినాశాత్మక వ్యతికరణాన్ని ఇస్తాయి. ఇందు వలన P బిందువు వద్ద కనిష్టతీవ్రత ఉంటుంది. ఇలాగే చివరలో ఉన్న జనకాల నుండి వచ్చే తరంగికల మధ్య పథభేదం 2λ ఉన్న అన్ని బిందువులకు కనిష్ట తీవ్రత ఉంటుంది. 1 మరియు 2 చతుర్థాంశాల మధ్య పథభేదం $\frac{\lambda}{2}$ ఉండి అవి ఒకదానితో ఒకటి రద్దు చేసుకొనే విధంగా చీలికను 4 సమాన బిందువులుగా 1 మరియు 26, 2 మరియు 27..... జతలుగా విభజించా మనకుందాం. పై వాదన నుండి 3 మరియు 4 చతుర్థాంశాలు ఒక దానితో ఒకటి రద్దు చేసుకొని ఫలిత తీవ్రత కనిష్టమవుతుంది. ఇలాగే మిగతావన్నీకూడా కనిష్ట తీవ్రతను ఏర్పరుస్తాయి. చివరి బిందువుల వల్ల ఒక ప్రత్యేక దిశలో వివర్తనం చెందిన తరంగికల మధ్య పథభేదం λ కు పూర్ణాంక గుణిజాలుగా ఉన్నపుడు ఫలిత వివర్తన తీవ్రత ఆ దిశలో శూన్యమవుతుందని చెప్పవచ్చు.

P మరియు P_1 ల మధ్య ఉంటే P' బిందువు వద్ద తీవ్రతను కనుగొందాం. చివరి బిందువుల నుండి వివర్తనం చెందిన తరంగికల మధ్య పథభేదం $\frac{3\lambda}{2}$. చీలిక వద్ద తరంగాగ్రాన్ని మూడు సమాన భాగాలుగా విభజిద్దాం. ఈ పరిస్థితిలో రెండు భాగాల అనురూప జనకాల నుండి వచ్చే గౌణ తరంగికలు P బిందువును చేరినపుడు పథభేదం ఉండి ఒక దాని నొకటి రద్దు చేసుకుంటాయి. తరంగాగ్రం మూడవ భాగం నుండి వచ్చిన తరంగికలు నిర్మాణాత్మక (ఈ భాగం నుండి వచ్చే తరంగికల మధ్య పథభేదం శూన్యం అవుతుంది) వ్యతికరణం చెంది P' బిందువును ద్యుతిమయం చేస్తాయి. తరంగాగ్రంలో $\frac{1}{3}$ వంతు భాగం మాత్రమే P' బిందువు వద్ద తీవ్రతకు కారణమైతే, O బిందువు వద్ద తీవ్రతకు మొత్తం తరంగాగ్రం కారణం కనుక P' వద్ద తీవ్రత, O బిందువు వద్ద తీవ్రతకన్నా చాలా తక్కువ. P' బిందువు మరియు ఇలాంటి అన్ని బిందువులు కలిసి గౌణ గరిష్టంను ఏర్పరుస్తాయి.

ఒంటి చీలిక వివర్తానికి ఇది గుణాత్మకమైన సరళీకృత వివరణ మాత్రమే అని గమనించగలరు. దీని గురించి మరింత విశ్లేషణాత్మకంగా తరువాతి తరగతుల్లో చదువుకుంటారు.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 16.3

1. కాంతి సరళరేఖ పథంలో ప్రయాణించదని వివర్తనం నిరూపిస్తుందా?

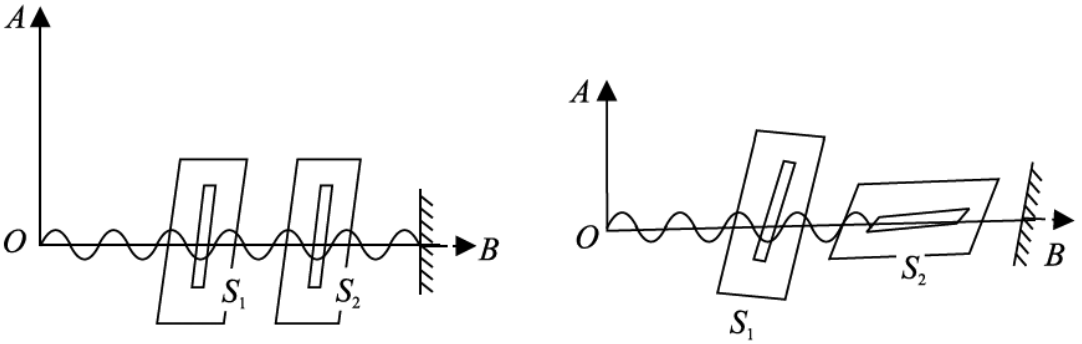
2. వ్యతికరణం, వివర్తనంల మధ్య భేదాలను తెలపండి?

3. ఒంటి చీలిక వివర్తనంలో కేంద్రిక గరిష్టం, గౌణ గరిష్టంల తీవ్రత సమానంగా ఎందుకుండవు?

16.4 కాంతి ధృవణం

ఇంతకుముందు రెండు భాగాలలో మీరు వ్యతికరణం, వివర్తన దృగ్విషయంల గురించి నేర్చుకున్నారు. ఈ దృగ్విషయాలను చర్చించేటప్పుడు కాంతి తరంగాలు అనుధైర్ఘ్య తరంగాలా లేక తిర్యక్ తరంగాలా అనే విషయాన్ని పట్టించుకోలేదు. ధృవణం, కాంతి తిర్యక్ తరంగమని చివరికి నిర్ణయించింది.

ధృవణంను అర్థంచేసుకోవడానికి ఒక చిన్న ప్రయోగం చేయండి.

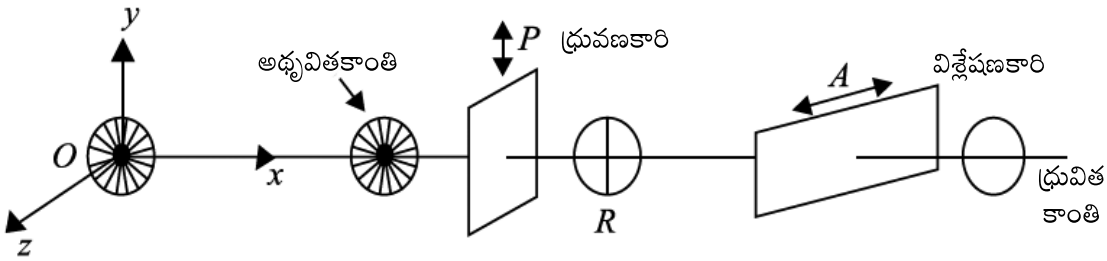


(a) రెండు లంబంగా ఉన్న చీలికలు (b) ఒకటి లంబంగా ఉన్న చీలిక

పటం 16.11 : రెండవది క్షితిజ సమాంతరంగా ఉన్న చీలికల గుండా ఉన్న తాడు వెంబడి తిర్యక్ తరంగం

సన్నని నిలువు చీలికలు S_1, S_2 లు గల రెండు అట్ట ముక్కలను తీసుకొని, వాటిని సమాంతరంగా పట్టుకోండి. వాటిగుండా ఒక తాడును పంపించి తాడు ఒక చివరను బిగించి రెండవ చివరను మీచేతిలో పట్టుకోండి. తాడును క్రిందికి, పైకి, ప్రక్కలకు జరుపుతూ తాడులో అన్ని దిశలలో తరంగాలు పుట్టేలా కదపండి పటం 16.11(a) లో చూపినట్లుగా S_1 చీలిక గుండా పోతున్న తరంగాలు S_2 చీలిక గుండా కూడా పోతాయి. S_2 చీలికను క్షితిజ సమాంతరంగా పెట్టి ప్రయోగాన్ని మళ్ళీ చేయండి. S_2 కు ఆవలివైపున ఎటువంటి తరంగాలు ఉండవు. అంటే S_1 గుండా ప్రయాణించిన తరంగాలు క్షితిజ సమాంతరంగా ఉన్న చీలిక S_2 గుండా ప్రయాణించలేదు. దీనికి కారణం పటం 16.11(b)లో చూపినట్లుగా తరంగంలోని కంపనాలు S_2 చీలికకు లంబంగా ఉన్న తలం వెంబడి ఉన్నాయి కనుక.

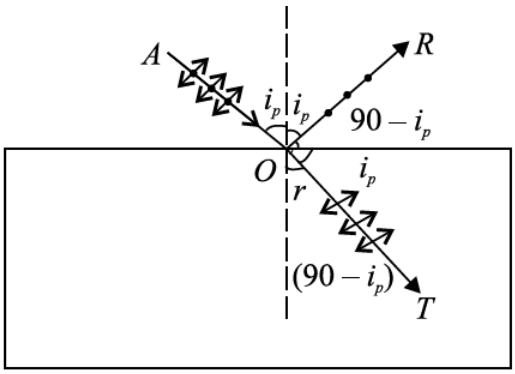
O వద్ద కాంతిజనకాన్ని ఉంచి, చీలికలకు బదులుగా పోలరాయిడ్‌లను పెట్టి పై కృత్యాన్ని చేయండి. సంధర్భంలో (a)లో మాత్రమే కాంతి కనబడుతుంది. కాంతి కంపనాలు ఒక తలానికి బద్ధమై ఉన్నాయని తెలుస్తుంది. మొదటి



పటం 16.12 : కాంతి ధృవణాన్ని పరిశీలించడానికి పథకాత్మక పరికరాలు.

పోలరాయిడ్ గుండా ప్రయాణించిన తరువాత అది రేఖీయ ధృవణం లేదా సమతల ధృవణం చెందిందని అంటారు(పటం 16.12).

గాజు, నీరు, మరేదైన పారదర్శక పధార్థం మీద అధృవిత కాంతి పతనమైనపుడు, పరావర్తన కాంతి సాధారణంగా పాక్షిక సమతల ధృవిత కాంతిగా మారుతుంది. పటం 16.13లో గాజు పలకమీద అధృవిత కాంతి AO పతనమైంది. పరావర్తనకిరణాన్ని OR గా, ప్రసారిత కిరణాన్ని OT గా చూపించారు. ధృవణకోణం వద్ద కాంతి పతనమైనపుడు కాంతి పూర్తి ధృవణం చెందుతుంది. ఈ కోణం వద్ద పరావర్తన, ప్రసారిత కిరణాలు ఒకదానికొకటి లంబంగా ఉంటాయి.



పటం 16.13 : పరావర్తన, వక్రీభవన కాంతితో ధృవణం

అధృవిత కాంతి పతనమైన గాజు పధార్థ వక్రీభవన గుణకం మీద ధృవణకోణం ఆధారపడుతుంది. r మరియు i_p ల మధ్య సంబంధాన్ని స్నెల్‌నియమం నుండి రాబట్టవచ్చు. (పటం 16.13)

$$\mu = \frac{\sin i_p}{\sin r} = \frac{\sin i_p}{\sin(90 - i_p)}$$

$$= \frac{\sin i_p}{\cos i_p} = \tan i_p$$

దీనిని **బ్రూస్టర్ నియమం** అంటారు. దీని నుండి ధృవణకోణం i_p పదార్థ వక్రీభవనగుణకం మీద ఆధారపడుతుందని తెలుస్తుంది. గాలి, నీరు అంతరఫలకానికి $i_p = 53°$ సూర్యుడు క్షితిజ సమాంతరానికి 37° పైన ఉన్నపుడు, నిశ్చలమైన సరస్సు లేక చెఱువు నుండి పరావర్తనం చెందిన కాంతి పూర్తిగా సమతల ధృవణం చెందుతుంది. బ్రూస్టర్ నియమం మనిత్య జీవితంలో అనేక అనువర్తనాలను కలిగి ఉంది. సమానంగా ఉండే తలాల నుండి పరావర్తనం చెందిన కాంతి కలిగించే మెరుపును ధృవణ పధార్థాలనుపయోగించి తగ్గించవచ్చు. వీటిని పోలరాయిడ్ అంటారు. ఇవి చిన్న స్ఫటికాలైన క్వినైన్ ఐడో సల్ఫేట్ (quinine iodo sulphate) లతో తయారుచేస్తారు. నైట్రో సెల్యులోజ్ పలకపై అన్ని స్ఫటికాలు ఒకే దిశలో ఉండే విధంగా వరుసగా అమర్చుతారు. వీటిని డైక్రాయిక్ (dichoric) స్ఫటికాలంటారు. ఇవి ప్రత్యేక తలంలో కాంతిని ప్రసరింపచేసి, లంబంగా ఉండే తలంలో కాంతిని శోషణం చేసుకుంటుంది. కనుక పోలరాయిడ్ పూతపూయబడిన చలువ అద్దాలు ధృవణ కాంతిలోని ఒక అంశను శోషణం చేసుకోవడం ద్వారా మెరుపును తగిస్తాయి. పోలరాయిడ్ డిస్కులను ఫోట్రోగ్రఫిలో కెమెరాకటకం ముందు ఫిల్టర్‌గా ఉపయోగించుట వలన మెరుపు వల్ల కనిపించకుండా పోయిన వివరాలను కూడా పొందవచ్చు. పొలారీమీటరును చక్కెర పరిశ్రమలో నాణ్యతను పరిశీలించడానికి ఉపయోగిస్తారు.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 16.4

1. కాంతి తిర్యక్ తరంగం మనడానికి ధృవణం తిరుగులేని ఋజువు దీనిని సమర్థించండి?
2. తరంగ ప్రసార దిశ, ధృవణతలంలో ఉండనక్కర లేదని చెప్పడం సమంజసమేనా?

3. రెండు పోలరాయిడ్‌ల అమరికపై అధృవితకాంతి పతనమైందనుకుందాం. వీటిని ఉపయోగించే కాంతిని పూర్తిగా బహిర్గతం కాకుండా నిరోధించాలను కున్నపుడు ఆ రెండు పోలరాయిడ్‌ల ప్రసార అక్షాల మధ్య కోణం ఎంత ఉండాలి?

4. గాలిలో ధ్వని తరంగాలు ధృవణాన్ని చూపుతాయా?

16.5 కాంతివిక్షేపణం

గ్రహాల చుట్టూ ఉండే వలయాలు, ఇంద్రధనుస్సు ఏర్పడుట లాంటి సహజ దృగ్విషయాలను కాంతి ఋజు మార్గంలో ప్రయాణిస్తుందనే ధర్మాన్ని బట్టి వివరించలేము. పై విషయాలను అర్థం చేసుకోవడానికి కాంతికి తరంగ స్వభావం ఉందని భావిస్తాం. కాంతి తరంగాలు తిర్యక్ విద్యుదయస్కాంత తరంగాలని అవి శూన్యంలో $3\times108 ms^{-1}$ వేగంతో ప్రయాణిస్తాయని మీకు తెలుసు. ఎక్కువ వ్యాప్తి కలిగిన విద్యుదయస్కాంత వర్ణపటంలో దృశ్యకాంతి కొంతభాగంలో మాత్రమే ఉంటుంది. సూర్యకాంతి ఏడు విభిన్న తరంగధైర్ఘ్యాలకు ఏడు రంగులను కలిగి వుంటుంది. అంటే రంగులను వాటి తరంగ ధైర్ఘ్యాల ఆధారంగా గుర్తించవచ్చు. తరంగం ఒక యానకం నుండి వేరొక యానకం లోకి ప్రయాణించినపుడు దాని వేగం మరియు తరంగధైర్ఘ్యంలో మార్పు వస్తుందని మీరు ఇంతకు ముందు నేర్చుకున్నారు. కాంతి తరంగాల వేగం తదనుగుణంగా వాటి తరంగధైర్ఘ్యాల విలువలు యానకంతోపాటు మార్పు చెందుతాయి. ఒక నిర్ధిష్ట తరంగధైర్ఘ్యం గల తరంగం దృశాసాంద్రతర యానకంలోకి ప్రవేశించినపుడు దానివేగం, అది స్వేచ్ఛాంతరాళంలో కలిగి ఉన్న వేగం కన్నా తక్కువగా ఉంటుంది.

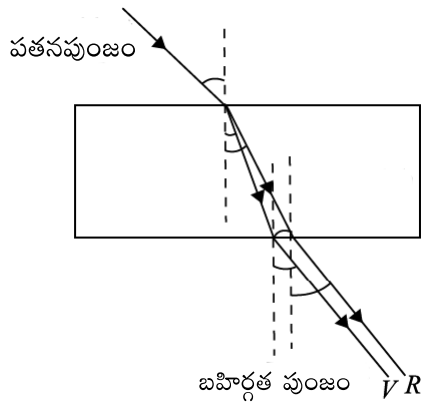
శూన్యయానకంలో కాంతి వేగానికి, సాంద్రతర యానకంలో కాంతివేగానికి గల నిష్పత్తిని యానక వక్రీభవన గుణకంగా నిర్వచించారు. అంటే ఇచ్చిన పదార్థం యొక్క వక్రీభవన గుణకం విలువలు వేరువేరు తరంగధైర్ఘ్యాలు (ఉదా: 3.8×10^{-7} m, 5.8×10^{-7} m) కల తరంగాలకు వేరువేరుగా ఉంటాయి. **ఒకే యానకంలో ఆ తరంగాలు వేరువేరు వేగాలతో ప్రయాణించడమే దీనికి కారణం. తరంగదైర్ఘ్యంతో పదార్థ వక్రీభవన గుణకంలోని ఈ మార్పునే విక్షేపణం అంటారు**. ఈ దృగ్విషయం వక్రీభవనం కన్నా వేరుగా ఉంటుంది. స్వేచ్ఛాంతరాళం మరియు గాలిలో అన్ని దృశ్యకాంతి తరంగాల వేగాలు సమానం. అందువల్ల అవి విడివిడిగా వుండవు. (అటువంటి పదార్థాన్ని అవిక్షేపక పదార్థం అంటారు). అంటే కాంతి ఎప్పుడు దృశాసాంద్రతర యానకంలో ప్రయాణించినా విక్షేపణాన్ని చూపిస్తుందని సూచిస్తుందా? దీని గురించి ఇపుడు తెలుసుకుందాం.

16.1.1 పట్టకం గుండా విక్షేపణం

ఒక పదార్థం గుండా కాంతిరంగులుగా విడిపోవడమనే నియమం మాత్రమే కాంతి విక్షేపణానికి సరిపోదు. ఈ రంగులన్నీ విక్షేపకయానకం నుండి బయటకు వచ్చిన తరువాత మరల కలిసిపోకుండా ఉండాలి. ఒక గాజు పలక (పటం 16.14) నుండి బహిర్గతమైన కిరణాలు చాలా దగ్గరగా ఉండి పతనపుంజానికి సమాంతరంగా ఉండటం వల్ల విక్షేపణంను పరిశీలించడానికి గాజుపలక సరిపోదు.

న్యూటన్, పట్టకం నుపయోగించి కాంతి విక్షేపణాన్ని ప్రదర్శించాడు. పటం 16.15లో చీలిక నుండి తెల్లని కాంతి పట్టకం AB తలంపై పడి వేరువేరు రంగులుగా విడిపోయి తలం AC నుండి బహిర్గతమవడం చూడవచ్చు.

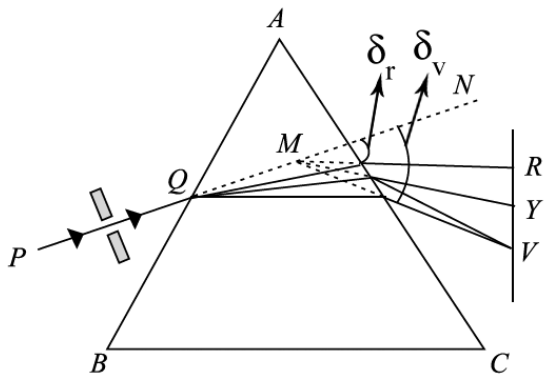
తెరమీద రంగుల మచ్చలను కూడా చూడవచ్చు. *AB* తలం వద్ద వక్రీభవనం చెందిన కిరణాల మధ్య దూరాన్ని *AC* తలం ఎక్కువ చేస్తుంది. అపుడు తెల్లని పతన కాంతి *PQ* తన అంశ ఏడురంగులుగా విడిపోతుంది. ఊదా (Violet), ఇండిగో (Indigo), నీలం (Blue), ఆకుపచ్చ (Green), పసుపు (Yellow), నారింజ (Orange), ఎరుపు (Red) (VIBGYOR) రంగులు వేరువేరు వేగాలతో ప్రయాణం చేస్తున్న తరంగధైర్ఘ్యాలు వేరువేరు కోణాలతో వక్రీభవనం చెంది విడిపోతాయి. ఈ విధంగా తెల్లని కాంతి దాని అంశ రంగులుగా విడిపోవడాన్ని విక్షేపణం అంటారు. ఈ రంగులన్నీ తెరమీద వర్ణపటాన్ని ఏర్పరుస్తాయి.



పటం 16.14 : గాజుపలక గుండా కాంతి ప్రసరణ
***MR* ఎరుపురంగును, *MV* ఊదా రంగును సూచిస్తాయి.**

MR, *MV* మొదలైన వాటి వెంబడి *PQN* సహజపుంజం వంగడాన్ని విచలనం అంటారు. పతన కిరణం, బహిర్గత కిరణంల మధ్యకోణాన్ని విచలనకోణం అంటారు. δ_v, δ_r లు వరుసగా ఊదా, ఎరుపురంగుల విచలన కోణాన్ని సూచిస్తాయి.

కింది ఉదాహరణను జాగ్రత్తగా పరిశీలించి తరంగ ధైర్ఘ్యంతో పాటు వక్రీభవన గుణకంలోని మార్పు గురించి మీభావనను పటిష్ట పరచుకోండి.



పటం 16.15 : పట్టకం గుండా కాంతి విక్షేపణం

ఉదాహరణ 16.1

కాంతి పుంజం సరాసరి తరంగధైర్ఘ్యం 600 nm అది గాజుపలకలో ప్రవేశించిన తరువాత తరంగధైర్ఘ్యాలు 384 nm, 589 nm, 760 nmగా గల మూడు రంగుల పుంజాలుగా విడిపోయింది. ఈ తరంగ ధైర్ఘ్యాలకు పట్టక పదార్థ వక్రీభవన గుణకాన్ని కనుక్కోండి.

సాధన : పట్టక పదార్థ వక్రీభవన గుణకం

$$\mu = \frac{c}{v}$$

ఇక్కడ c శూన్యంలో కాంతివేగం, v యానకం (పట్టకం)లో కాంతి వేగం. పౌనఃపున్యం, తరంగధైర్ఘ్యంల లబ్ధం తరంగవేగం కనుక మనం

$c = \nu\lambda_a$, $v = \nu\lambda_m$ అని రాయవచ్చు.

ఇక్కడ λ_a, λ_m లు వరసగా గాలి, యానకం తరంగధైర్ఘ్యాలు, ν కాంతి తరంగ పౌనఃపున్యం అంటే

$$\mu = \frac{\nu\lambda_a}{\nu\lambda_m} = \frac{\lambda_a}{\lambda_m}$$

తరంగధైర్ఘ్యం 384 nm కు వక్రీభవనగుణకం

$$\mu_1 = \frac{600\times10^{-9}m}{384\times10^{-9}m} = 1.56$$

తరంగధైర్ఘ్యం 589 nm కు

$$\mu_2 = \frac{600\times10^{-9}m}{58.9\times10^{-9}m} = 1.02$$

తరంగధైర్ఘ్యం 760 nm కు

$$\mu_3 = \frac{600\times10^{-9}m}{760\times10^{-9}m} = 0.8$$

పదార్థ వక్రీభవన గుణకం

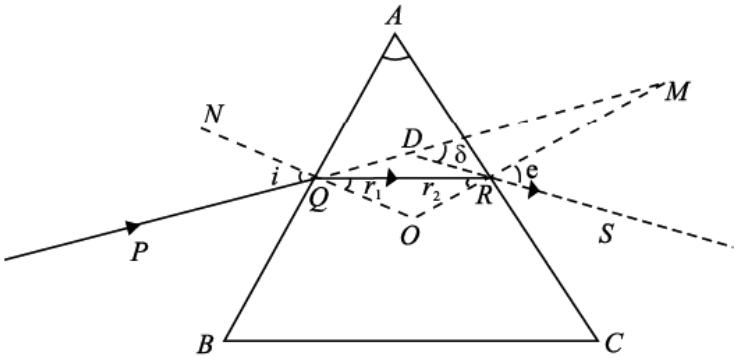
- పదార్థ స్వభావం మీద
- కాంతి తరంగ ధైర్ఘ్యం మీద

ఆధారపడుతుందని మనం చూశాం.

పై ఉదాహరణ నుండి ఆసక్తికర విషయమేమిటంటే, తరంగధైర్ఘ్యంలో మార్పు $(\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1)$ వక్రీభవన గుణకంలో మార్పు $(\Delta\mu = \mu_2 - \mu_1)$ ను కలుగచేస్తుంది. వీటి నిష్పత్తి $\frac{\Delta\mu}{\Delta\lambda}$ ని **పట్టక పదార్థ విక్షేపక సామర్థ్యం** అంటారు.

16.5.2 విచలనకోణం

ఇపుడు మనం పతనకోణం i, విచలనకోణం δ, పట్టక కోణం A ల మధ్య సంబంధాన్ని సాధిద్దాం. (పటం 16.16) ABC పట్టకం ప్రధానచ్ఛేదం, AB తలం మీద ఏకవర్ణకాంతి పుంజం PQ తలం మీద పతనమైనదనుకుందాం. వక్రీభవనం చెందిన తరువాత పట్టకం లోపల QR వెంబడి ప్రయాణించి తలం AC నుండి RS గుండా బహిర్గతమవుతుంది. $\angle A = \angle BAC$ ను పట్టక వక్రీభవన కోణమనుకుందాం. తలంలు AB, AC ల మీద గీసిన లంబరేఖలు వరసగా NQ, MR లను వెనుకకు పొడిగించగా అవి O వద్ద కలుస్తాయి. అపుడు మీకు $\angle NQP = \angle i$, $\angle MRS = \angle e$, $\angle RQO = \angle r_1$, $\angle QRO = \angle r_2$ లు వరుసగా పతనకోణం, బహిర్గతకోణం, తలం AB, తలం AC ల వద్ద వక్రీభవన కోణాలని సులభంగా అర్థమవుతుంది. పతనకిరణం PQ, బహిర్గత కిరణం RS ల మధ్యకోణం D ను విచలన కోణం (δ) అంటారు.



పటం 16.16 : పట్టకం గుండా వక్రీభవనం

$\angle MDR = \angle\delta$ కాబట్టి, త్రిభుజం QDR కు ఇది బహిర్గామి కోణం కనుక మనం

$\angle\delta = \angle DQR + \angle DRQ$ అని రాయవచ్చు.

$$= (\angle i - \angle r_1) + (\angle e - \angle r_2)$$

లేదా $$\angle\delta = (\angle i + \angle e) - (\angle r_1 + \angle r_2) \quad (16.9)$$

చతుర్భుజంలో అంతరాభిముఖ కోణాల మొత్తం 360° అని గుర్తుచేసుకోండి. చతుర్భుజం $AQOR$ లో

$\angle AQO = \angle ARO = 90°$, NQ, MR లు వరుసగా తలం AB తలం AC వద్ద గీసిన లంబాలు కనుక అపుడు

$$\angle QAR + \angle QOR = 180°$$

లేదా $$\angle A + \angle QOR = 180° \quad (16.10)$$

కాని ΔQOR లో

$$\angle OQR + \angle QRO + \angle QOR = 180°$$

లేదా $$\angle r_1 + \angle r_2 + \angle QOR = 180° \quad (16.11)$$

సమీ (16.10) సమీ (16.11)లను పోల్చి చూడగా మనకు

$$\angle r_1 + \angle r_2 = \angle A \quad (16.12)$$

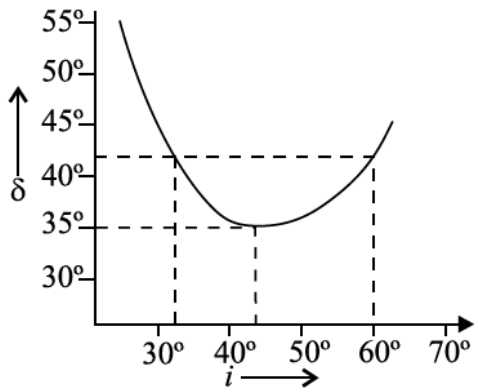
పై ఫలితాన్ని సమీ 16.9లో కలపగా

$$\angle\delta = \angle i + \angle e - \angle A$$

లేదా $$\angle i + \angle e = \angle A + \angle\delta \quad (16.13)$$

కనిష్ట విచలనకోణం

పతనకోణం, i విలువను మార్చినపుడు, విచలన కోణం δ కూడా మారుతుంది. అది i యొక్క ఒక నిర్దిష్ట విలువ వద్ద కనిష్టమై మరల i విలువతో పాటు పెరుగుతుంది. (పటం 16.17) విచలనకోణం యొక్క కనిష్ట విలువనే కనిష్ట విచలనకోణం అంటారు (δ_m). ఇది పట్టక పదార్థం మరియు పతనకాంతి తరంగదైర్ఘ్యంల మీద ఆధారపడుతుంది. నిజానికి రెండు పతనకోణాల విలువలకు ఒకటే విచలన కోణం ఉంటుంది. కాంతి ఉత్క్రమణీయ సూత్రం ఆధారంగా పతనకోణం రెండవ విలువకు అనురూపంగా బహిర్గత కోణం (e) అని మనకు తెలుస్తుంది. కనిష్ట విచలన కోణస్థితిలో ఒకే ఒక పతనకోణం ఉంటుంది. అపుడు $\angle e = \angle i$ అవుతుంది.



పటం 16.17 : పతనకోణం i మరియు విచలన కోణం δ ల మధ్య వక్రం

విలువను సమీ (16.13)లో ఉపయోగించి δ బదులు δ_m పెట్టగా

$$\angle e = \angle i$$

విలువను సమీ (16.13) లో ఉపయోగించి δ బదులు δ_m పెట్టగా

$$\angle i = \frac{\angle A + \angle \delta_m}{2} \text{ అవుతుంది.} \qquad (16.14)$$

కాంతి ఉత్క్రమణీయ సూత్రం మరియు $\angle e = \angle i$, అనే నిబంధనలనుపయోగించి

$$\angle r_1 = \angle r_2 = \angle r \quad \text{(అనుకొందాం)}$$

పై ఫలితాన్ని సమీ (16.12) లో ప్రతిక్షేపించగా

$$\angle r = \frac{\angle A}{2} \qquad (16.15)$$

కనిష్ట విచలన స్థితిలో పట్టకం లోపల కాంతికిరణం ఆధారంకు సమాంతరంగా మరియు సౌష్టవంగా ప్రయాణిస్తుంది. అపుడు పట్టక పదార్థ వక్రీభవన గుణకం

$$\mu = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin\left(\frac{A+\delta_m}{2}\right)}{\sin\frac{A}{2}} \qquad (16.16)$$

సమీ (16.16) ను పయోగించి ఏకవర్ణ లేదా బహువర్ణకాంతికి వక్రీభవనగుణం (μ) ను కనుక్కోవచ్చు. వివిధ రంగులకు δ_m విలువలు వేరువేరుగా ఉంటాయి. ఈ δ_m ఒక విలక్షణ పతనకోణాన్ని ఇస్తుంది. ఈ కోణంతో పతనమైన కిరణం బహిర్గతకాంతిపుంజం ప్రకాశవంతంగా మరియు ప్రస్ఫుటంగా ఉంటుంది.

తక్కువ పట్టక కోణం A గల పట్టకానికి i, r విలువలు తక్కువగా ఉన్నపుడు

$\sin i = i$, $\sin r = r$, $\sin e = e$ గా రాయవచ్చు.

అపుడు $\mu = \frac{\sin i}{\sin r_1} = \frac{i}{r_1}$ లేదా $i = \mu r_1$

ఇంకా $\mu = \frac{\sin e}{\sin r_2} = \frac{e}{r_2}$ లేదా $e = \mu r_2$

$$\therefore \quad \angle i + \angle e = \mu\,(\angle r_1 + \angle r_2)$$

పై ఫలితాన్ని సమీ (16.17), (16.18)లో ఉపయోగించగా

$\mu\,\angle A = \angle A + \angle\delta$ అవుతుంది.

లేదా $$\angle\delta = (\mu - 1)\,\angle A \qquad (16.17)$$

μ తరంగధైర్ఘ్యం మీద ఆధారపడుతుందని మనకు తెలుసు. అలాగే విచలనం కూడా తరంగధైర్ఘ్యం మీద ఆధారపడుతుంది. అందువల్లనే δ_v, δ_R లు వేరువేరుగా ఉంటాయి. ఎరుపురంగు కాంతి వేగం ఊదారంగు కాంతివేగం కంటే ఎక్కువగా ఉంటుంది. ఎరుపురంగు కాంతి విచలనం ఊదారంగుతో పోల్చి చూసినపుడు తక్కువగా ఉంటుంది.

$$\delta_v > \delta_R$$

దీని నుండి $\mu_v > \mu_R$ అవుతుంది. తరంగధైర్ఘ్యంతో పదార్థ వక్రీభవన గుణంలోని ఈ మార్పు విక్షేపణ దృగ్విషయానికి కారణం.

16.5.3 కోణీయ విక్షేపణం, విక్షేపక సామర్థ్యం

రెండు తరంగధైర్ఘ్యాల (రంగుల) విచలన కోణాల మధ్యతేడాను ఆ రెండు తరంగధైర్ఘ్యాలకు కోణీయ విక్షేపణం అంటారు. ఊదా, ఎరుపు రంగుల (తరంగ ధైర్ఘ్యాల) మధ్య కోణీయ విక్షేపణం $\delta_v - \delta_R$ వర్ణపటంలోని దృగ్గోచర భాగంలో పసుపు రంగు తరంగ ధైర్ఘ్యం వర్ణపటం సరాసరి తరంగ ధైర్ఘ్యంకు దాదాపు సమానంగా ఉంటుంది. అందువల్ల పసుపురంగు విచలనం (δ_Y) ను అన్ని విచలనాలకు సరాసరి విచలనంగా తీసుకోవచ్చు.

కోణీయ విక్షేపణానికి, సరాసరి విచలనానికి మధ్యగల నిష్పత్తిని పట్టక పదార్థ విక్షేపక సామర్థ్యం (ω) అంటారు.

$$\omega = \frac{\delta_v - \delta_R}{\delta_Y}$$

సమీ (16.17) నుపయోగించిపై ఫలితాన్ని వక్రీభవన గుణకాలతో రాయవచ్చు.

$$\omega = \frac{(\mu_v - 1)\angle A - (\mu_R - 1)\angle A}{(\mu_v - 1)\angle A}$$

$$= \frac{\mu_v - \mu_R}{\mu_Y - 1} = \frac{\Delta\mu}{\mu - 1} \qquad (16.18)$$

ఉదాహరణ 16.2

పట్టక పదార్థ వక్రీభవనం గుణకం 1.6, దాని పట్టకకోణం $30'$, పట్టకం కలుగచేసే విచలనాన్ని కనుక్కోండి.

సాధన :

$\delta = (\mu - 1)\ \angle A$ అని మనకు తెలుసు.

ఇచ్చిన దత్తాంశంను ప్రతిక్షేపించగా

$$\delta = (1.6 - 1) \times \frac{1^\circ}{2} = \frac{0.6}{2} = 0.3^\circ = 18'$$

ఉదాహరణ 16.3

పట్టక కోణం A గల పట్టకం కనిష్ట విచలనకోణం $A/2$. ఏక వర్ణకాంతినుపయోగించినపుడు దాని వక్రీభవన గుణకాన్ని కనుక్కోండి. ($A = 60^\circ$)

సాధన : వక్రీభవన గుణకం

$$\mu = \frac{\sin\left(\frac{A + \delta_m}{2}\right)}{\sin\ (A/2)}$$

ఇక్కడ $\delta_m = A/2$ కనుక

$$\mu = \frac{\sin\left(\frac{A + A/2}{2}\right)}{\sin\ (A/2)} = \frac{\sin\left(\frac{3}{4}A\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)} = \frac{\sin\left(\frac{3}{4}A\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)} = \sqrt{2} = 1.4$$

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 16.5

1. చాలావరకు సాధారణ వాయువులు దృశ్యకాంతితో విక్షేపణాన్ని చూపించవు. ఎందుకు?
2. మీకు తెలిసిన తెల్లని కాంతి అంశరంగుల μ విలువలతో ఏ రంగు దాని మార్గం నుండి ఎక్కువ విచలనం చెందుతుంది.
3. పట్టక కోణం మరియు పట్టక పరిమాణం మీద విక్షేపణం ఆధారపడుతుందా?
4. కనిష్ట విచలనకోణం, పట్టకకోణానికి సమానమైనపుడు సమబాహు పట్టకం వక్రీభవన గుణకాన్ని కనుక్కోండి.

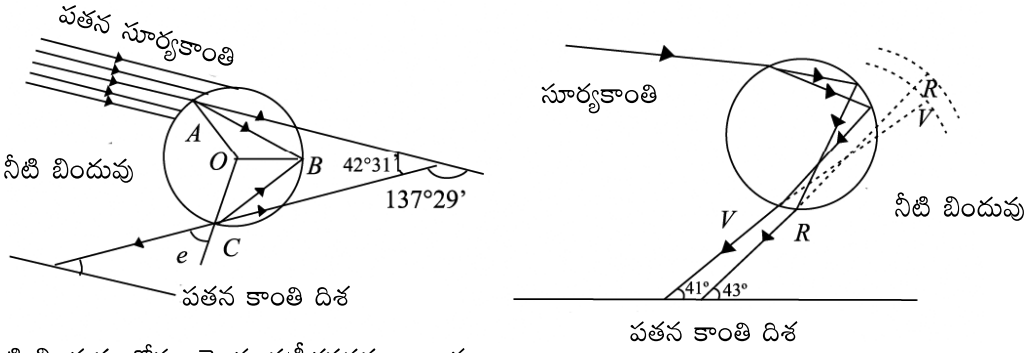
ఇంద్రధనుస్సు ఏర్పడుట

వర్షం పడిన రోజు గాలిలో ఉన్న నీటిబిందువుల ద్వారా సూర్యకాంతి విక్షేపణ చెందినపుడు ఏర్పడే ఇంద్రధనుస్సు ప్రకృతిలో అగుపించే అద్భుతమైన ప్రక్రియ. మన వెనుక సూర్యుడు ఉన్నపుడు ప్రకాశవంతమైన ఇంద్రధనుస్సు ఒకటి, అస్పష్టమైన ఇంద్రధనుస్సు ఇంకొకటి కనిపిస్తాయి. ప్రకాశవంతంగా ఉన్న ఇంద్రధనుస్సును **ప్రాథమిక ఇంద్రధనుస్సు** అని, ఇంకొక దానిని **గౌణఇంద్రధనుస్సు** అంటారు. కొన్నిసార్లు మనం ఒకే ఇంద్రధనుస్సును చూస్తాం. ఇంద్రధనుస్సులోని వంపులు రంగుచాపముల వలే ఉంటాయి. మనకన్ను, సూర్యుడిని కలిపే ఊహరేఖపై వీటి ఉమ్మడి కేంద్రం ఉంటుంది. ఉదయం లేదా సాయంత్రం వేళల్లో సూర్యకిరణాలు ఫౌంటెన్‌లోని నీటి బిందువుల మీద ఒక ప్రత్యేకకోణంతో పతనమైనప్పుడు ఆ ఫౌంటెన్ నీటిపై కూడా ఇంద్రధనుస్సును చూడవచ్చు.

ప్రాథమిక ఇంద్రధనుస్సు

నీటి బిందువు లోపల సూర్యకాంతి రెండు వక్రీభవనాలు, ఒక అంతరపరావర్తనం చెందటం వల్ల ప్రాథమిక ఇంద్రధనుస్సు ఏర్పడుతుంది. (పటం 16.18(a) చూడండి) తక్కువ విచలనం చెందిన కిరణాల ద్వారా ఇంద్రధనుస్సును చూడవచ్చునని డెస్‌కార్ట్స్ (Descartes) వివరించాడు. సూర్యుని నుండి వెలువడే సమాంతర కిరణాలు నీటిబిందువు నుండి 1 137°29′ విచలనం చెంది లేదా పతనకిరణంతో కంటివద్ద 42°31′ కోణం చేస్తూ బహిర్గతమయినపుడు ప్రకాశవంతమైన మెరుస్తున్న రంగులు చాపంలో ఏర్పడుతాయి.

నీటివల్ల విచలనం, వివిధ రంగులు (ఎరుపు నుండి ఊదావరకు) తమస్వంత ఛాపములను ఏర్పరచుకొనునట్లు చేస్తుంది. ఎరుపురంగు వల్ల ఏర్పడిన చాపం 43° కోణంతో ఉన్న శంఖం తోనూ (బయటివైపు) ఊదారంగు వల్ల ఏర్పడిన చాపం 41° కోణంతో ఉన్న శంఖంతోనూ (లోపలివైపు) ఉంటాయి. పటం 16.18 (b)).



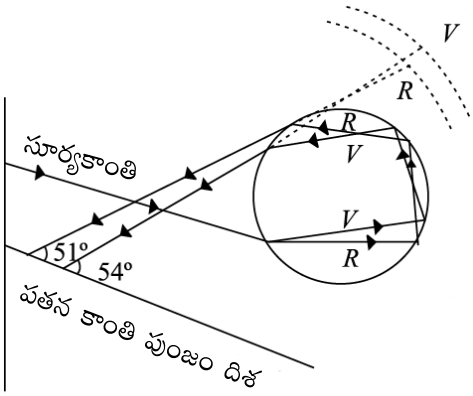
(a) నీటి బిందువు లోపల రెండు వక్రీభవనములు ఒక అంతర పరావర్తనం చెందడం. సరాసరి కనిష్ట విచలనానికి సగటు కోణం 137°29′

(b) నీటి బిందువు ద్వారా విచలనం.

పటం 16.18

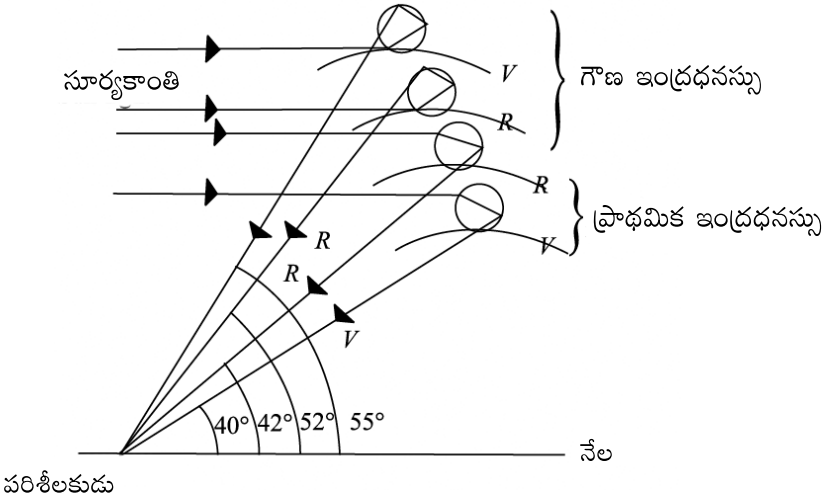
గౌణ ఇంద్రధనస్సు

నీటి బిందువుపై రెండు వక్రీభవనాలు, రెండు అంతర పరావర్తనాల వల్ల గౌణ ఇంద్రధనస్సు ఏర్పడుతుంది. ఎరుపు, ఊదారంగులకు కనిష్ట విచలన కోణాలు వరుసగా 231°, 234° కనుక అవి ఎరుపుకు 51° శంఖంను, ఊదారంగుకు 54° శంఖంను ఏర్పరుస్తాయి.



పటం 16.19 : గౌణ ఇంద్రధనస్సు ఏర్పడుట

ఇంద్రధనస్సుకు లోపలివైపు ఎరుపురంగు, ఊదారంగు వెలుపలివైపు ఉంటాయని పటం 16.19 ద్వారా తెలుస్తుంది. ప్రాథమిక, గౌణ ఇంద్రధనస్సులు ఒకేసారి ఏర్పడటం పటం 16.20లో చూపబడింది. రెండు ధనస్సుల మధ్య చీకటి అంతరం ఉంటుంది. గౌణ ఇంద్రధనస్సు, ప్రాథమిక ఇంద్రధనస్సు పైన ఏర్పడుతుంది.



పటం 16.20 : ప్రాథమిక, గౌణ ఇంద్రధనస్సు ఒకేసారి ఏర్పడుట

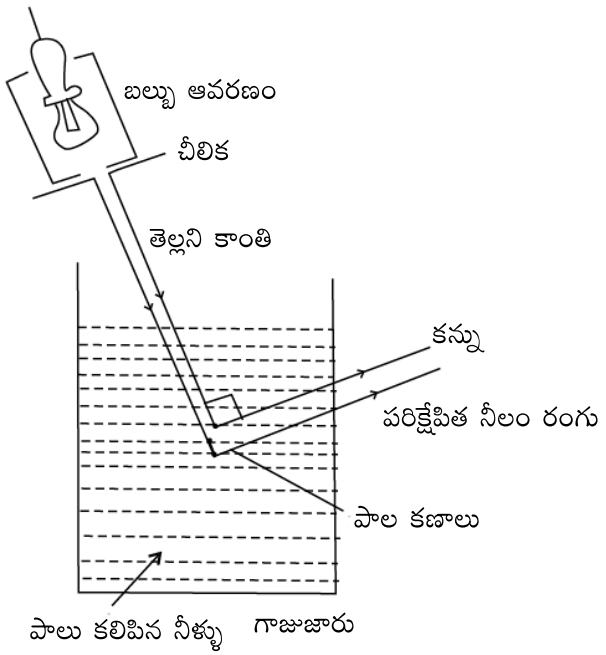
16.6 వాతావరణంలో కాంతి విక్షేపణం

ఆకాశం నిర్మలంగా ఉన్నప్పుడు అది నీలంరంగులో కనిపిస్తుంది. కాని మేఘాలు తెల్లగా కనిపిస్తాయి. అలాగే నగలు లేదా స్ఫటికముల మీద సూర్యకాంతి పడినప్పుడు ఏర్పడే ప్రకాశవంతమైన రంగులు మన దృష్టిని ఆకర్షిస్తాయి. అది ఎందుకలా జరుగుతుందని తెలుసుకోవాలని ఉందికదా! ఈ దృగ్విషయాలను కాంతి పరిక్షేపణంతో వివరించవచ్చు. మలిన లేదా కణ రహిత బెంజీన్‌ను సూర్యకాంతికి గురిచేసి (exposed) ప్రక్కల నుండి చూసినపుడు బెంజీన్ ప్రకాశవంతమైన నీలం రంగును ఏర్పరుస్తుంది.

16.6.1 కాంతి పరిక్షేపణం

ఈ దృగ్విషయంలో వికిరణం పదార్థంతో అన్యోన్యచర్య నొందటం ఇమిడి ఉంది, భూవాతావరణంలో అతి చిన్న ధూళిక కణాలు ఉంటాయి. సూర్యకాంతి వాటి మీద పడినపుడు అవి అన్ని దిశలలోకి వ్యాప్తి చెందుతుంది అందువల్ల కాంతి, జనక స్థానం నుండి తిన్నగా చేరలేని ప్రదేశాలకు కూడా చేరుతుంది.

ఒక సరళకృత్యాన్ని చేసిచూద్దాం.



పటం 16.21 : పాలచుక్కల వల్ల కాంతి పరిక్షేపణ

కృత్యం 16.1

ఒక గాజు జార్‌గానీ పొడవైన నీళ్ళ తొట్టెను గాని తీసుకొని దానిని పాలు కలిపిన నీటితో నింపండి. తెల్లని బల్బు నుండి వచ్చే సన్నని కాంతిపుంజం ఆ నీటిమీద పడేవిధంగా ఏర్పాటు చెయ్యండి. 90° ల వద్ద (లంబంగా) కాంతిని గమనించండి.

నీటినుండి చూసినపుడు నీలి రంగు పుంజాన్ని గమనిస్తాము. ఈ ప్రయోగం నుండి పరిక్షేపణం తర్వాత ఒక ప్రత్యేక దిశలో కాంతి తరంగధైర్ఘ్యం అసాధారణంగా ఉండటాన్ని గమనిస్తాం. (పటం 16.21)

పరిక్షేపణం రెండంచెల పద్ధతి : మొదటగా పరిక్షేపకకణం కాంతిని శోషించుకొనుట, రెండవది తక్షణమే అన్ని దిశలలోకి ఉద్గారం చేయుటం. కనుక ఈ పద్ధతి పరావర్తనం నుండి వేరుగా ఉంటుంది. పరిక్షేపిత కాంతి, పరావర్తన నియమాలను పాటించదు. ఇక్కడ గమనించాల్సిన ముఖ్య విషయం కణపరిమాణం పతన కాంతి తరంగధైర్ఘ్యం కన్నా తక్కువగా ఉండాలి. ఎక్కువ పరిమాణం కల కణం అన్ని తరంగధైర్ఘ్యాలను సమానంగా పరిక్షేపణం చేస్తుంది. పరిక్షేపిత కాంతి తీవ్రతను రాలీస్ పరిక్షేపణ నియమం ఇస్తుంది. ఈ నియమం ప్రకారం **పరిక్షేపిత కాంతి తీవ్రత, తరంగ ధైర్ఘ్యం నాల్గవ ఘాతానికి విలోమానుపాతంలో ఉంటుంది.**

$$I \alpha \frac{1}{\lambda^4}$$

ఇక్కడ I పరిక్షేపిత కాంతి తీవ్రత, λ తరంగధైర్ఘ్యం అంటే పరిక్షేపణ కణం మీద తెల్లని కాంతి పతనమైనపుడు నీలరంగు ఎక్కువగా ఎరుపురంగు తక్కువగా పరిక్షేపణం చెందుతాయి.

ఉదాహరణ 16.4

చిమ్నిపొగలోని సన్నని పొర మీద సూర్యకాంతి పడినపుడు పరిక్షేపిత పుంజం 3934Å, 5890Å మరియు 6867Å తరంగధైర్ఘ్యాలను కలిగి ఉంది. వీటిలో ఏది ఎక్కువ తీవ్రతతో పరిక్షేపణం చెందింది.

సాధన : పరిక్షేపిత కాంతి తీవ్రత $I \alpha \frac{1}{\lambda^4}$ కనుక మూడు తరంగాలలో 3934Å తక్కువ తరంగధైర్ఘ్యం కనుక అది ఎక్కువ తీవ్రతతో పరిక్షేపణం చెందుతుంది.

ఆకాశం నీలంగా, మేఘాలు తెల్లగా, సూర్యోదయ. సూర్యాస్తమయాల్లో సూర్యుడు ఎర్రగా కనిపించడానికి కారణాన్ని కాంతి పరిక్షేపణం ద్వారా వివరించవచ్చు.

సి.వి. రామన్ (1888-1970)

నేటివరకు చంద్రశేఖర్ వెంకటరామన్ మాత్రమే భౌతిక శాస్త్రంలో నోబుల్ బహుమతి (1930) తీసుకున్న భారతీయ పౌరుడు. అతనికి భౌతిక శాస్త్రం మీద ఉన్న ఇష్టంతో భారతీయ ఆర్థికశాఖలో చేసే ఉద్యోగానికి రాజీనామా చేసి కలకత్తా విశ్వవిద్యాలయంలో భౌతికశాస్త్ర విభాగంలో ఆచార్య పదవిని స్వీకరించాడు. పరిక్షేపణంలో రామన్ ఫలితం, కాంతి అణువివర్తనం, వంగిన తీగల యాంత్రిక సిద్ధాంతం, X- కిరణవివర్తనం, సంగీత వాయిద్యాల సిద్ధాంతం, స్ఫటికశాస్త్రంలు ఆయన యొక్క ముఖ్య పరిశోధనాంశాలు. ఇండియన్ ఇనిస్టిట్యూట్ ఆఫ్ సైన్సు, బెంగుళూరు. IIS (Indian Institute of Science, Bangalore) అధ్యక్షుడిగా, రామన్ రీసెర్చ్ ఇనిస్టిట్యూట్ వ్యవస్థాపక అధ్యక్షుడిగా శాస్త్ర సాంకేతిక ఉన్నతికి స్వాతంత్ర్యం పొందడానికి ముందు దృఢమైన పునాది వేశాడు.

(A) నీలాకాశం

వాతావరణంలో ఉన్న గాలి అణువులు, నీటి బిందువులు లేదా ధూళికణాల వల్ల కాంతి పరిక్షేపణాన్ని రాలీస్ నియమంతో వివరించవచ్చునని మనకు తెలుసు. ఎక్కువ తరంగధైర్ఘ్యాల కన్నా, తక్కువ తరంగధైర్ఘ్యాలు ఎక్కువ పరిక్షేపణం చెందుతాయి. నీలి కాంతి తరంగధైర్ఘ్యం ఎరుపు రంగు కాంతి తరంగధైర్ఘ్యం కన్నా సుమారుగా 0.7 రెట్లు ఎక్కువగా ఉండటం వలన ఇది ఆరు రెట్లు ఎక్కువ పరిక్షేపణం చెందుతుంది. తక్కువ తరంగ ధైర్ఘ్యాలైన ఊదా, నీలం, ఆకుపచ్చ రంగుల్లో పరిక్షేపణం ఎక్కువగా ఉంటుంది. మరింత పరిక్షేపణం చెందిన తరువాత మనకన్ను నీలం, దాని పక్క తరంగధైర్ఘ్యాలకు ప్రతిస్పందించినంతగా ఊదారంగుకు ప్రతిస్పందించదు. అందువల్ల ఊదారంగు కాంతి పరిశీలకుడి కన్నును చేరదు. కనుక దూరం నుండి మనం ఆకాశంను చూసినపుడు అది నీలంరంగులో కనబడుతుంది.

ఉదాహరణ 16.5 ఎక్కువ ఎత్తులో ఎగురుతున్న రోదసినౌకలోని ఖగోళ శాస్త్రజ్ఞుడికి ఆకాశం ఏ రంగులో కనిపిస్తుంది.

సాధన :

ఎక్కువ ఎత్తులో ధూళి కణాలు, గాలి అణువులు ఉండవు కనుక సూర్యకాంతి పరిక్షేపణం చెందదు. అందువల్ల ఆకాశం నల్లగా కనిపిస్తుంది.

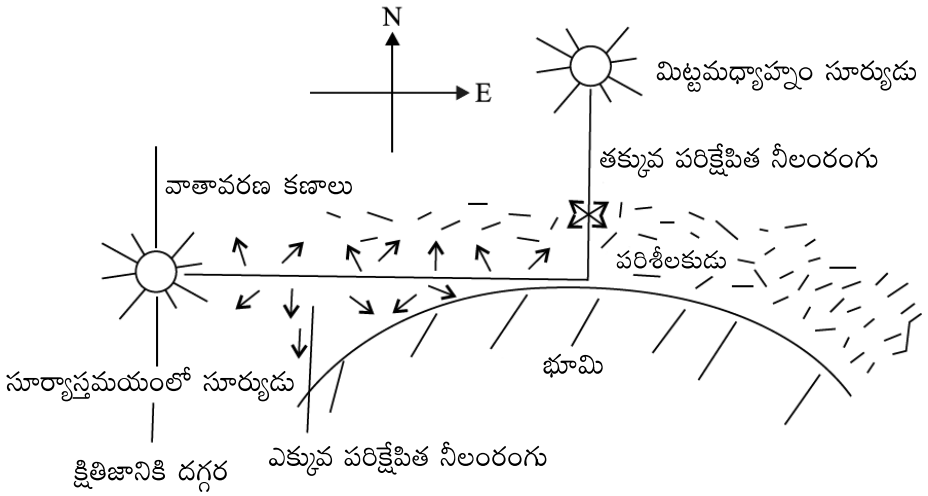
(B) తెల్లని మేఘాలు

చిన్న చిన్న నీటి బిందువుల సమూహం మేఘాలుగా ఏర్పడతాయి. ఆ నీటి బిందువుల పరిమాణం దృశ్యకాంతి సరాసరి తరంగధైర్ఘ్యం (5000Å) కన్నా ఎక్కువగా ఉంటుంది. ఈ బిందువులు అన్ని తరంగధైర్ఘ్యాలను సమానతీవ్రతతో పరిక్షేపణం చేస్తాయి. ఫలిత పరిక్షేపిత కాంతి తెల్లగా ఉంటుంది. అందువల్ల మేఘాల పలుచని పొర తెల్లగా కనిపిస్తుంది. మరి సాంద్రతర మేఘాల మాటేమిటి?

(C) సూర్యోదయ, సూర్యాస్తమయ సమయాల్లో ఎర్రని సూర్యుడు.

మనం ఇపుడు సూర్యోదయ, సూర్యాస్తమయంల్లో సూర్యుడు ఎర్రగా కనిపించడానికి గల కారణం అర్థం చేసుకోగలం. ఉదయం, సాయంత్ర సమయాల్లో సూర్యుడు క్షితిజానికి దగ్గరగా ఉన్నపుడు వాతావరణంలో కాంతి చాలా దూరం ప్రయాణించవలసి ఉంటుంది. గాలి అణువులు, ధూళికణాల నుండి ఊదా, నీలం రంగు తరంగధైర్ఘ్యాలు సుమారుగా 90° కోణంతో పరిక్షేపణం చెందుతాయి. తక్కువ తరంగధైర్ఘ్యాలు లేకుండా, ఎక్కువ తరంగ ధైర్ఘ్యమైన ఎరుపురంగు పరిక్షేపిత సూర్యకాంతి పరిశీలకుడిని చేరుతుంది. (పటం 16.22) అందువల్ల మనకు సూర్యుడు ఎర్రగా కనిపిస్తాడు.

మిట్టమధ్యాహ్నం సూర్యుడు నడినెత్తిన ఉంటాడు. కనుక దానికి, పరిశీలకుడికి మధ్య దూరం తక్కువ. నీలంరంగు కూడా తక్కువగా పరిక్షేపితమవుతుంది. ఇది మధ్యాహ్నసమయంలో సూర్యుడు తెల్లగా కనిపించడానికి కారణం. నిజానికి అది బాగా ముదురు ఎరుపు రంగు.



పటం 16.22 : సూర్యోదయ, సూర్యాస్తమయ సమయాల్లో ఎర్రని సూర్యుడు (పరిక్షేపణం చెంది దూరంగా వెళ్ళిన నీలం రంగు కిరణాలు)

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 16.6

1. దట్టమైన మేఘాలు నల్లగా ఎందుకు కనిపిస్తాయి.
2. వర్షం కురిసిన తరువాత నిర్మలమైన ఆకాశం ఎందుకు ముదురు నీలంలో కనిపిస్తుంది.
3. సూర్యోదయ, సూర్యాస్తమయాల్లో సూర్యుడు ఎర్రగా కనిపించడాన్ని మీరేదైనా ప్రయోగం ద్వారా ప్రదర్శించగలరా?
4. ఉపగ్రహం నుండి తీసిన ఫోటోగ్రాఫ్‌లలో ఆకాశం నల్లగా ఉంటుంది ఎందుకు?

మీరు ఏమి నేర్చుకున్నారు

- హైగన్స్ తరంగ సిద్ధాంతం ప్రకారం కాంతి తరంగాగ్రాల రూపంలో ప్రయాణిస్తుంది.
- ఏదేని ఒకక్షణమందు ఒకే దశలో కంపిస్తున్న యానకంలోని కణాల బిందుపథంను తరంగాగ్రం అంటారు.
- రెండు కాంతి జనకస్థానాలు వెలువరించే కాంతి తరంగాలు ఒకే పౌనఃపున్యం, ఒకే కంపన పరిమితితో ఒకే పథం వెంబడి ప్రయాణిస్తూ స్థిరమైన దశాభేదాన్ని కలిగి ఉంటే ఆ తరంగాలు సంబద్ధతను కలిగి ఉన్నాయని అంటారు.
- రెండు సంబద్ధ కాంతిజనకాల నుండి వచ్చే తరంగాలు అధ్యారోపణం చెందినపుడు వివిధ బిందువుల వద్ద శక్తి పునర్వితరణ జరుగుతుంది. దీనిని కాంతివ్యతికరణం అంటారు.
- నిర్మాణత్మక వ్యతికరణానికి దశాభేదం $\delta = 2n\ \pi$, వినాశాత్మక వ్యతికరణానికి దశాభేదం $\delta = (2n + 1)\ \pi$.
- అవరోధం లేదా కంత అంచుల వద్ద కాంతి వంగి ప్రయాణించడాన్ని కాంతి వివర్తనం అంటారు.
- కాంతి కంపనాలు కాంతి ప్రసరణ దిశను కలిగి ఉన్న ఒక ప్రత్యేక తలానికి బద్ధమై ఉంటే ఆ దృగ్విషయాన్ని కాంతి ధృవణం అంటారు.
- ఒకే తరంగ ధైర్ఘ్యం (రంగు) గల కాంతిని ఏకవర్ణకాంతి అని, ఎక్కువ తరంగధైర్ఘ్యంలు కలిగిన సూర్యకాంతిని బహువర్ణకాంతి అని అంటారు.
- కాంతి దృశా సాంద్రతరయానకం లోనికి ప్రవేశించినపుడు దాని అంశరంగులుగా విడిపోవడాన్ని విక్షేపణం అంటారు.
- విక్షేపితకాంతిని పొందటానికి పట్టకంను ఉపయోగిస్తారు. ఇది తెరమీద పడినపుడు వర్ణపటం ఏర్పడుతుంది.
- పతనకోణం మరియు బహిర్గతకోణం సమానమైనప్పుడు విచలనకోణం కనిష్టంగా ఉంటుంది. ఈ కోణంతో పతనమైన కిరణ బహిర్గత కాంతిపుంజం ప్రకాశవంతంగా మరియు ప్రస్ఫుటంగా ఉంటుంది.
- ఇచ్చిన రంగుకు పతన, బహిర్గత కోణాలు సమానమైనపుడు విచలనం కనిష్టమవుతుంది. ఈ పరిస్థితిలో పుంజం ఆ రంగుకు కాంతి వంతంగా ఉంటుంది. స్వల్ప కోణ పట్టకం విచలన కోణానికి, వక్రీభవన కోణానికి మధ్యగల సంబంధం $\delta = (\mu - 1)A$
- కనిష్ట విచలన కోణం నియమం పాటింపబడేటట్లు సూర్యకాంతి ఒక నిర్దిష్టకోణంతో వర్షపుబిందువు నుండి విక్షేపణం చెందినపుడు ఇంద్రధనస్సు ఏర్పడుతుంది.
- ఇంద్రధనస్సులు రెండు రకాలు 1. ప్రాథమిక 2. గౌణ. ప్రాథమిక ఇంద్రధనస్సు వెలుపలి రంగు ఎరుపు, లోపలి రంగు ఊదా. మిగతా రంగులన్నీ (VIBGYOR). క్రమంలో పై రెండు రంగుల మధ్య అమరి ఉంటాయి. ఈ రంగుల అమరిక గౌణ ఇంద్రధనుస్సులో వ్యతిరేకంగా ఉంటుంది.
- ఆకాశం నీలంగా, మేఘాలు తెల్లగా, సూర్యోదయ సూర్యాస్తమయాల్లో సూర్యుడు ఎర్రగా ఉండటానికి గల కారణం కాంతివిక్షేపణం. విక్షేపిత కాంతి తీవ్రత, తరంగధైర్ఘ్యం నాల్గవ ఘాతానికి విలోమానుపాతంలో

ఉంటుంది. $\left(I \alpha \frac{1}{\lambda^4}\right)$. దీనిని ర్యాలీ నియమం అంటారు. అంటే నీలం రంగు ఎరుపు రంగు కన్నా ఎక్కువగా విక్షేపణం చెందుతుంది.

ముగింపు అభ్యాసం

1. కాంతి స్వభావాన్ని తెలిపే సిద్ధాంతాలను క్లుప్తంగా వివరించండి?
2. తరంగాగ్రమనగా నేమి? సాహచర్య తరంగాగ్ర పరంగా కాంతి పుంజం దిశ ఏమిటి? హైగన్స్ సూత్రాన్ని తెలిపి కాంతి తరంగ ప్రసరణను వివరించండి?
3. హైగన్స్ తరంగ సిద్ధాంతం ప్రాతిపదికన పరావర్తన నియమాలను సాధించండి?
4. తరంగ అధ్యారోపణ సూత్రమనగా నేమి? కాంతి వ్యతికరణాన్ని వివరించండి?
5. వ్యతికరణంను పొందుటకు యంగ్ జంట చీలిక ప్రయోగాన్ని వర్ణించండి? వ్యతికరణ పట్టీల వెడల్పుకు సమాసాన్ని ఉత్పాదించండి?
6. యంగ్ జంట చీలికల ప్రయోగం ద్వారా పొందిన వ్యతికరణ వ్యూహం మార్పులు చేసినపుడు ఏ విధంగా మారుతుంది.
   - (i) ఏదో ఒక చీలికను మూసి వేసారు.
   - (ii) ప్రయోగాన్ని గాలిలో కాకుండా నీటిలో చేసారు.
   - (iii) ఆకుపచ్చని కాంతి జనక స్థానానికి బదులు పసుపురంగు కాంతి జనకస్థానాన్ని ఉపయోగించారు.
   - (iv) రెండు చీలికల మధ్య దూరాన్ని నెమ్మదిగా పెంచారు.
   - (v) ఏక వర్ణ కాంతికి బదులుగా తెల్లని కాంతిని ఉపయోగించారు.
   - (vi) చీలికల, తెర మధ్య దూరాన్ని పెంచారు.
   - (vii) రెండు చీలికలను కొద్దిగా దగ్గరకు జరిపారు.
   - (viii) ప్రతీ చీలిక వెడల్పు పెంచారు.
7. యంగ్ జంట చీలికల ప్రయోగ అమరికలో రెండు చీలికల మధ్యదూరం 2 mm చీలికలు, తెరమధ్య దూరం 100 cm. చీలకల మధ్య బిందువు నుండి పోయేరేఖ, తెరను తాకిన బిందువు నుండి తైరమీద 5 cm దూరంలో ఉన్న బిందువును చేరే తరంగాల మధ్య పథభేదాన్ని గణించండి?
8. హైగన్స్ నిర్మాణం సహాయంతో వివర్తన దృగ్విషయాన్ని వర్ణించండి?
9. కాంతి తరంగాలు తిర్యక్ స్వభావాన్ని కలిగి ఉన్నాయని నువ్వు ఎలా నిరూపిస్తావు?
10. ధృవిత, అధృవిత కాంతులను పోల్చండి?
11. బ్రూస్టర్ నియమాన్ని తెలిపి, వివరించండి?

12. యానక ధృవణకోణం 60° వక్రీభవన గుణకాన్ని గణించండి?

13. వక్రీభవన గుణకం 1.42 గల యానకానికి, పతన అధృవిత కాంతి ధృవణకోణాన్ని కనుక్కోండి?

14. పట్టకానికి, $i + e = A + \delta$ అని చూపండి.

15. స్వల్పకోణ పట్టకం లేక అధికకోణ పట్టకాలలో దేనిని విక్షేపణానికి ఉపయోగిస్తారు. ఎందుకు?

16. ఏ నియమం వద్ద పట్టకమేర్పరచే విచలనం వక్రీభవన గుణకానికి అనులోమాను పాతంలో ఉంటుంది.

17. లోతైన సముద్రాలలో సముద్రపు నీరు ఎందుకు నీలంగా కనిపిస్తుంది.

18. పట్టక కోణం 60° గల గాజు పట్టకం కనిష్ట విచలనకోణం 39°. గాజు వక్రీభవన గుణకాన్ని కనుక్కోండి.

19. ఎరుపు, పసుపు, ఊదారంగులకు క్రౌన్ గాజు కలుగచేసిన విచలనాలు వరుసగా 2.84°, 3.28°, 3.72° గాజు పదార్థానికి విక్షేపక సామర్థ్యంను కనుక్కోండి.

20. కింద ఇచ్చిన దత్తాంశంతో విక్షేపక సామర్థ్యాన్ని కనుక్కోండి.

$\mu_C = 1.6444$, $\mu_D = 1.6520$, $\mu_F = 1.6637$, ఇక్కడ C, D & F లు ఫ్రాన్‌హాఫర్ రేఖల వ్యవహార నామాలు.

21. రెండు పట్టకాలు వాటి ఆధారాలు ఒకదానికొకటి అతికినట్టుగా అమర్చినపుడు ఒక కటకంను చూడవచ్చు. ఈ కటకాన్ని ఉపయోగించి విక్షేపణంను చూడగలమా? మీ సమాధానాన్ని సమర్థించండి.

22. మానవుని కంటిలో కుంభాకార కటకముంటుంది. మనం పరికరం సహాయం లేకుండా విక్షేపణం చూడవచ్చా.

పాఠంలోని ప్రశ్నలకు సమాధానాలు

16.1

1. ఒక దానికొకటి లంబంగా ఉంటాయి ($\theta = \pi/2$)
2. ½

16.2

1. తరంగకంపన పరిమితి మీద, రెండింటి మధ్య దశాభేదం మీద ఆధారపడుతుంది.
2. రెండు అధ్యారోపణ పుంజాల మధ్య దశాభేదం 2π కు పూర్ణాంక గుణిజలైతే, నిర్మాణాత్మక వ్యతికరణం జరుగుతుంది.
3. చెయ్యలేము. రెండు స్వతంత్ర కాంతి జనకాలు వేరువేరు తరంగ ధైర్ఘ్యాలు, కంపన పరిమితి గల తరంగాలను వెలువరిస్తాయి. ఆ రెండు కాంతి జనకాల నుండి వచ్చే తరంగాలు స్థిరమైన దశాభేదంను కలిగి ఉండవు. అటువంటి కాంతిజనకాలను అసంబద్ధ కాంతి జనకాలు అంటారు. వ్యతికరణంను పరిశీలించడానికి కాంతి జనకాలు తప్పనిసరిగా సంబద్ధతను కలిగి ఉండాలి. అసంబద్ధ కాంతి జనకాల నుండి కాంతి తరంగాలు వస్తున్నపుడు తెరపై ఒక బిందువు వద్ద ఒకక్షణంలో రెండు తరంగాల

శృంగాలు లేదా రెండు ద్రోణులు అధ్యారోపణం వల్ల ఆ బిందువు ద్యుతిమయమవుతుంది. అదే బిందువు వద్ద మరియొక క్షణంలో ఒక కాంతి జనకం నుండి వచ్చే తరంగంలోని శృంగం, రెండవ తరంగంలోని ద్రోణితో అధ్యారోపణం చెందటం వల్ల ఆ బిందువు ద్యుతి హీనమవుతుంది. ఈ విధంగా S_1, S_2 ల స్థానంలో రెండు విద్యుత్ బల్బులను అమర్చినపుడు తెరమొత్తం ఏకరీతిగా ప్రకాశవంతమవుతుంది.

4. సంబద్ధ కాంతి జనకాలు

   (a) ఒకే పౌనఃపున్యం మరియు తరంగధైర్ఘ్యం

   (b) స్థిరమైన దశాభేదం కలిగిన

   (c) ఒకే కంపన పరిమితి మరియు ఆవర్తన కాలంతో తరంగాలను వెలువరిస్తాయి. అంతేకాక ఈ రెండు జనకాలు చాలా దగ్గరగా ఉంటాయి. మనకళ్ళకుపై లక్షణాలు లేవు.

16.3

1. అవును.
2. రెండు వేరు వేరు గౌణ జనక స్థానముల నుండి బహిర్గతమైన గౌణతరంగాల అధ్యారోపణం వల్ల వ్యతికరణం జరిగితే ఒకే తరంగాగ్రంలోని వేరు వేరు భాగాలనుండి వెలువడిన గౌణ తరంగాలు అధ్యారోపణం వల్ల వివర్తనం జరుగుతుంది.
3. తరంగికల మధ్య పెరుగుతున్న పథభేదం కారణంగా తీవ్రతలో భేదం ఉంటుంది.

16.4

1. అవును. అనుధైర్ఘ్య తరంగంలో కంపనదిశ, తరంగ ప్రసార దిశలోనే ఉంటుంది.
2. లేదు.
3. 90° or 270°
4. లేదు.

16.5

1. సాధారణ వాయువులలో వివిధ తరంగధైర్ఘ్యాలు గల దృగ్గోచర కాంతి తరంగవ్యాపన వేగం దాదాపు సమానం. కనుక వాయువులు దృగ్గోచరకాంతిని విక్షేపణం చెందించవు. వాటి వక్రీభవనగుణకం 1కి దగ్గరగా ఉంటుంది.
2. ఊదారంగు, దృశ్యసాంద్రతర యానకంలో $\lambda_r > \lambda_v$ కనుక ఎరుపురంగు కాంతి వేగం, ఊదా రంగు కాంతి వేగం కన్నా ఎక్కువ.
3. అవును
4. $\mu = \dfrac{\sin 60°}{\sin 30°} = \sqrt{3} = 1.732$

16.6

1. అది సూర్యకాంతిని శోషణం చేసుకుంటుంది.
2. వర్షం పడిన తరువాత వాతావరణం, ధూళికణాలు, పెద్ద నీటికణాలు లేక నిర్మలంగా ఉంటుంది. ఇప్పుడు పరిక్షేపణం ర్యాలీ నియమం ప్రకారం జరుగుతుంది
3. గుండ్రటి అడుగుభాగం గల ఫ్లాస్కులో సోడియం థయోసల్ఫేట్ ద్రావణం తీసుకొని దానికి కొద్ది పరిమాణంలో సల్ఫూరిక్ ఆమ్లం కలపాలి. ఎక్కువ సామర్థ్యం కల బల్బుతో ఈ ద్రావణాన్ని ప్రకాశింపజేసినపుడు సూర్యోదయ సూర్యాస్తమయాల్లో మనం చూసే దృశ్యం లాంటిదే మనకు కన్పిస్తుంది.
4. ఎక్కువ ఎత్తులో కాంతి పరిక్షేపణంకు కావలసిన కణాలు ఉండవు కనుక ఆకాశం నల్లగా కనిపిస్తుంది.

ముగింపు అభ్యాసంకు సమాధానాలు

7. 0.1 mm

12. 1.73

13. 54°

18. 1.5

19. 0.27

20. 0.03

17

విద్యుత్ ఆవేశం మరియు విద్యుత్‌క్షేత్రం

పరిచయం

ఇప్పటి వరకు మీరు యాంత్రిక, ఉష్ణ మరియు దృశా వ్యవస్థల గురించి, అవి చూపించే వివిధ దృగ్విషయాలను చదువుకున్నారు. మన నిత్యజీవితంలో విద్యుత్తు యొక్క ప్రాముఖ్యత కూడా మనకు తెలుసు. ప్రతినిత్యం మనం వాడే వివిధ పరికరాలన్నీ విద్యుత్‌శక్తి లభ్యత పైన ఆధారపడి ఉన్నాయి. విద్యుత్తు మరియు అయస్కాంత దృగ్విషయాలపై మనం ఎంతగా ఆధారపడి యున్నామో విద్యుత్‌శక్తి సరఫరా లేనప్పుడు తెలుస్తుంది. విద్యుత్‌శక్తి సరఫరా ఆగిపోయినపుడు, విద్యుత్తు దీపాలు వెలగవు, ఎండాకాలంలో కూలర్లు, ఎయిర్ కండీషనర్లు మరియు శీతాకాలంలో హీటర్లు, గీజర్లు పనిచేయక ఆగిపోతాయి. ఆలాగే రేడియో టీ.వి, కంపూటర్లు, మైక్రోవేవ్ ఓవెన్‌లు కూడా పనిచేయవు. మోటారు పంపులు పనిచేయక పోవడం వల్ల పొలంలో పంటలు పండించలేము. విద్యుత్‌శక్తి సరఫరా నిలిచిపోతే రైళ్ళ రాకపోకలకు కూడా అంతరాయం కలుగుతుంది. పరిశ్రమలలో యంత్రాలు పనిచేయవు. క్లుప్తంగా చెప్పాలంటే మన జీవనం దుర్భరంగా అనిపిస్తుంది. ఒక్కోసారి ప్రజలు అసహనానికి గురవుతారు. కాబట్టి విద్యుత్తు మరియు అయస్కాంత దృగ్విషయాల గురించి తెలుసుకోవలసిన ప్రాముఖ్యత ఎంతైనా ఉంది.

ఈ పాఠ్యభాగంలో మీరు రెండు రకాల విద్యుదావేశాల గురించి, వివిధ పరిస్థితులలో వాటి ప్రవర్తన, వాటి మధ్య పనిచేసే బలాల గురించి, వాటి చుట్టూ ఉన్న ఆవరణలో ఆవేశాల ప్రవర్తన గురించి తెలుసుకుంటారు. స్థూలంగా చెప్పాలంటే స్థిర విద్యుదావేశాల గురించి తెలియచెప్పే భౌతికశాస్త్ర శాఖను చదువబోతున్నాము. ఈ శాఖనే స్థిర విద్యుత్ అని అంటారు.

లక్ష్యాలు

ఈ పాఠం చదివిన తరువాత ఈ కింది విషయాలు తెలుసుకుంటారు.

- విద్యుదావేశాల ప్రాథమిక ధర్మాలను తెలియచేయడం
- విద్యుదావేశాల నిత్యత్వం మరియు క్వాంటీకరణ భావనలు వివరించడం
- విద్యుదావేశాల మధ్యగల బలాన్ని కూలుంబ్ నియమం ద్వారా వివరించడం
- స్థిర ఆవేశం వల్ల ఏర్పడే విద్యుత్ క్షేత్రంను నిర్వచించడం, విద్యుత్ బలరేఖలు గీయడం
- విద్యుత్ ద్విధ్రువము (డైపోల్), ద్విధ్రువ భ్రామకము మరియు ద్విధ్రువము వల్ల ఏర్పడే విద్యుత్ క్షేత్రాలను నిర్వచించడం

- గాస్ సిద్ధాంతమును నిర్వచించి, బిందు ఆవేశం వల్ల మరియు పొడవైన తిన్నని ఆవేశిత తీగ వల్ల కలిగే విద్యుత్ క్షేత్రంకు సమాసములు రాబట్టడం.

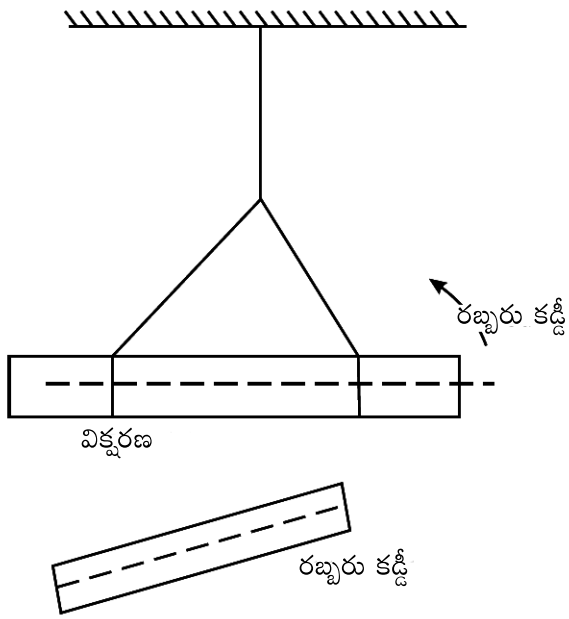
17.1 ఘర్షణ విద్యుత్తు (Frictional Electricity)

క్రీస్తు పూర్వం 600 సంవత్సరంలోనే ప్రాచీన గ్రీకు పండితులు విద్యుత్ మరియు అయస్కాంత దృగ్విషయాలను గమనించారు. అంబర్‌ను ఉన్నితో రుద్దినచో అది విద్యుదీకరణ చెంది చిన్న చిన్న గడ్డి పోచలను, బెండు ముక్కలను కాగితం ముక్కలను ఆకర్షిస్తుంది అనే విషయాన్ని గ్రీకు పండితులు కనుక్కున్నారు. గ్రీక్‌లో అంబర్‌ను "ఎలక్ట్రాన్" అంటారు కాబట్టి ఈ ప్రభావానికి ఎలక్ట్రిక్ అనే పేరు పెట్టారు. తెలుగులో దీనినే మనం విద్యుత్ అంటున్నాం.

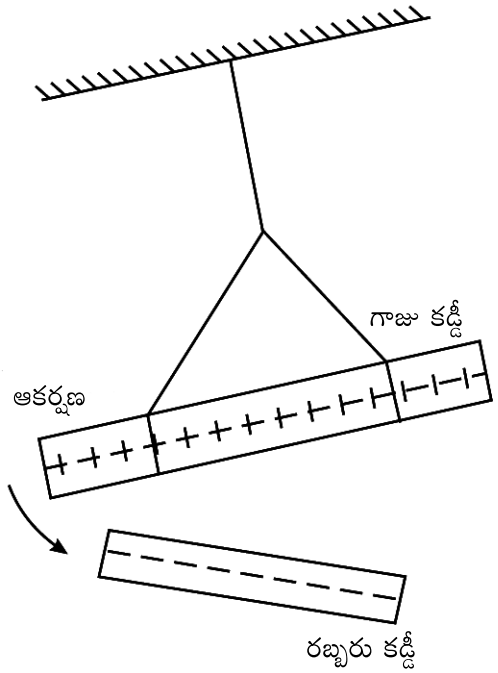
ఆవేశాలు, వాటి మధ్య గల బలాల అస్థిత్వమును సరళమైన క్రియల చేత మీరు నిరూపణ చేయవచ్చు. పొడిజుట్టును దువ్వెనతో దువ్వుకున్న తరువాత దువ్వెన చిన్న చిన్న కాగితపు ముక్కలను ఆకర్షించడం మీరు గమనించే ఉంటారు. దీనికి కారణం మీకు తెలుసా? ఈ కింది ప్రయోగాల నుంచి దానిని అర్థం చేసుకుందాం.

కృత్యం 17.1

ఒక గట్టి రబ్బరు కడ్డీని తీసుకొని దానిని బొచ్చుతో లేదా ఉన్నితో రుద్దినపుడు అది ఆవేశిత మవుతుంది. తరువాత ఒక గాజుకడ్డీని తీసుకొని దానిని సిల్కుతో రుద్దాలి. ఈ రెండు కడ్డీలను వేరువేరుగా అలోహదార్థాలతో పటం 17.1లో చూపిన విధంగా వేలాడదీయాలి.



పటం 17.1(a) : వికర్షణ బలం



పటం 17.1(b) : ఆకర్షణ బలం

పటం 17.1 : ఆవేశాల మధ్య గల ఆకర్షణ / వికర్షణ బలం : (a) ఆవేశిత రబ్బరు కడ్డీ మరొక ఆవేశిత రబ్బరు కడ్డీని వికర్షించుట; సజాతి ఆవేశాలు ఒకదానినొకటి వికర్షించుకుంటాయి; మరియు (b) ఆవేశిత గాజు కడ్డీ ఆవేశిత రబ్బరు కడ్డీని ఆకర్షించుట; విజాతి ఆవేశాలు ఆకర్షించుకుంటాయి.

ఇపుడు ఉన్నితో రుద్దబడిన రబ్బరు కడ్డీని వేలాడదీసిన కడ్డీల వద్దకు ఒకదాని తరువాత ఒకదాని దగ్గరకు తీసుకురావాలి. అపుడు మీరు ఏమి గమనిస్తారంటే

- ఆవేశితం చెందిన రబ్బరు కడ్డీని వేలాడదీసిన ఆవేశిత రబ్బరు కడ్డీ దగ్గరకు తెచ్చినపుడు అవి వికర్షించుకుంటాయి. (పటం 17.1 a).
- ఆవేశితం చెందిన రబ్బరు కడ్డీని వేలాడదీసిన ఆవేశిత గాజుకడ్డీ దగ్గరకు తెచ్చినపుడు అవి ఆకర్షించుకొంటాయి. (పటం 17.2 b)

పై ప్రయోగంలో ఆవేశిత గాజు కడ్డీని తీసుకురావడం ద్వారా ఇటువంటి ఫలితాలనే పొందవచ్చు.

- అలాగే ఉన్నితో రుద్దినపుడు ఆవేశితమైన రెండు రబ్బరు కడ్డీలను దగ్గరగా చేర్చిన అవి వికర్షించుకుంటాయని, కాని ఆవేశితమైన రబ్బరు కడ్డీని సిల్కుతో రుద్దిన గాజుకడ్డీ ఆకర్షిస్తుందని చెప్పవచ్చు.
- సిల్కుతో రుద్దినపుడు ఆవేశితమైన రెండు గాజుకడ్డీలను దగ్గరగా చేర్చిన అవి వికర్షించుకుంటాయని, కాని ఆవేశితమైన గాజు కడ్డీ ఉన్నితో రుద్దిన రబ్బరు కడ్డీ ఆకర్షించుకుంటాయని తెలుస్తుంది.

కావున గాజు కడ్డీపై గల ఆవేశానికి, రబ్బరు కడ్డీపై గల ఆవేశానికి తేడా ఉంది. రెండు రకాల విద్యుదావేశాలు ఉంటాయనే భావనను బెంజిమన్ ఫ్రాంక్లిన్ (1706–1790) సూచించాడు. గాజు కడ్డీపై గల ఆవేశాన్ని ధనావేశమని రబ్బరు కడ్డీపై గల ఆవేశాన్ని రుణావేశమని అంటారు. అప్పటి నుండి ఇదే సంజ్ఞా సంప్రదాయాలను పాటిస్తున్నాము. అలాగే **"సజాతి ఆవేశాలు వికర్షించుకుంటాయని, విజాతి ఆవేశాలు ఆకర్షించుకుంటాయని"** సూత్రీకరించవచ్చు.

'ఘర్షణ' ద్వారా గాని, 'వహనం' ద్వారా గాని, ప్రేరణ ద్వారా గాని వస్తువులను ఆవేశితం చేయవచ్చు.

వహనం పద్ధతిలో ఆవేశపూరితమైన వస్తువును ఇంకొక వస్తువుతో తాకించిన రెండవ వస్తువు ఆవేశపూరితమవుతుంది.

ఆవేశపూరిత వస్తువు సమక్షంలో గల ఇంకొక వస్తువుపై ఆవేశాలేర్పడటాన్ని విద్యుత్ ప్రేరణ అంటారు. ఈ పద్ధతిలో వస్తువులను తాకకుండా విద్యుదీకరణం చేయవచ్చు.

ఆవేశ నిత్యత్వం

17.1 కృత్యంలో గాజుకడ్డీని సిల్కుతో రుద్దినపుడు, గాజుకు ధనావేశం, సిల్కుకు రుణావేశం వస్తుంది. సాధారణ స్థితిలో ఈ రెండు పదార్థాలు తటస్థంగా ఉంటాయి. కాబట్టి గాజుపై ఉన్న ధనావేశ పరిమాణం సిల్కుపై ఉన్న రుణావేశ పరిమాణంకు సమానంగా ఉంటుంది. అంటే వ్యవస్థ (గాజు + సిల్కు) మొత్తము ఆవేశం స్థిరంగా ఉంటుంది. ఇది ఆవేశ నిత్యత్వ నియమానికి దారి తీసింది. విద్యుదావేశాన్ని సృష్టించలేము, నశింప చేయలేము. ఇది వ్యవస్థలోని ఒక వస్తువు నుంచి మరొక వస్తువుకు బదిలీ మాత్రమే అయ్యింది. రెండు వస్తువులను రుద్దినపుడు, ఎలక్ట్రానులను కోల్పోయిన వస్తువుకు ధనావేశం, ఎలక్ట్రానులను గ్రహించిన వస్తువుకు రుణావేశం లభిస్తుంది. పదార్థము నుండి ఎలక్ట్రాను వెలువడేందుకు కొంత శక్తి కావాలి. ఘర్షణ వలన లభించే ఉష్ణ శక్తిని శోషణం చేసుకొని ఎలక్ట్రానులు బదిలీ అవుతాయి. గాజుకడ్డీని సిల్కుతో రుద్దినపుడు గాజు కడ్డీ నుంచి కొన్ని ఎలక్ట్రాన్లు సిల్కు మీదికి చేరతాయి. ఇలా ఎలక్ట్రాన్లు బదిలీ కావడం వల్ల,

గాజుకడ్డీ ధనావేశితం కావడమూ, సిల్కు రుణావేశితం కావడమూ జరుగుతుంది. రబ్బరు కడ్డీని బొచ్చుతో రుద్దినప్పుడు బొచ్చు నుంచి ఎలక్ట్రాన్లు రబ్బరు కడ్డీకి బదిలీ అవుతాయి. ఫలితంగా రబ్బరు కడ్డీ రుణావేశాన్ని మరియు బొచ్చు అంతే పరిమాణం గల ధనావేశాన్ని పొందుతాయి. ధన, రుణ ఆవేశాలు కాక మరొక ఆవేశాన్ని ఇంతవరకూ కనుక్కోలేదు.

ఆవేశ క్వాంటీకరణం

1909వ సంవత్సరంలో మిల్లికన్ (రాబర్టు మిల్లికన్ 1886-1953) ఏ ఆవేశిత వస్తువయినా సరే ఎలక్ట్రాను ఆవేశం (e) కి పూర్ణాంక గుణిజాలుగా ఉండే ఆవేశాన్ని మాత్రమే కలిగి ఉంటుంది అని ప్రయోగపూర్వకంగా రుజువు చేశారు. అనగా వస్తువు మీద ఆవేశం 'Q' అయితే, $Q = \pm Ne$ అని రాయవచ్చు. ఇక్కడ N ఒక పూర్ణాంకం మరియు e, ఎలక్ట్రాను మీద ఆవేశ పరిమాణాన్ని సూచిస్తుంది. ఈ విధంగా e యొక్క ప్రమాణాలలో ఆవేశం క్వాంటీకరణం అయింది. అంటే ఆవేశిత వస్తువు 2.5e లేదా 6.4e ఆవేశాన్ని కలిగి ఉండదు. కేంద్రక భౌతికశాస్త్రం నుండి ఎలక్ట్రానుపై గల ఆవేశం –e అని, ప్రోటాను పై గల ఆవేశం +e అని మీరు తెలుసుకుంటారు. న్యూట్రానుపై ఆవేశం ఉండదు. ప్రతి పరమాణువులో ప్రోటానుల సంఖ్య ఎలక్ట్రానుల సంఖ్యకు సమానంగా ఉంటుంది. అందుచేత పరమాణువు విద్యుత్ పరంగా తటస్థమైంది.

పై వివరణ ద్వారా ఈ కింది విషయాలను మీరు గమనించవచ్చు

- ప్రకృతిలో రెండు రకాల ఆవేశాలు మాత్రమే ఉన్నాయి. అవి ధనావేశం, రుణావేశం.
- ఆవేశం నిత్యత్వ నియమాన్ని పాటిస్తుంది.
- ఆవేశం క్వాంటీకరణం చెందుతుంది.
- ఆవేశాన్ని సృష్టించలేము. నాశనం చేయలేము కాని ఒక వస్తువు నుండి మరొక వస్తువుకు బదిలీ చేయగలము. ఆవేశం విలువ అన్ని విలువలలో ఉండదు. ఎలక్ట్రాన్ ఆవేశం విలువకు పూర్ణాంకం గుణిజాలు మాత్రమే సాధ్యం. ఆవేశాలను కూలుంబ్ అనే ప్రమాణాలతో కొలుస్తారు. దీనిని (e) తో సూచిస్తారు.

$Q = \pm Ne$

$Q_1 = 1 \times 1.6 \times 10^{-19} = 1.6 \times 10^{-19}$ C

$Q_2 = 2 \times 1.6 \times 10^{-19} = 3.2 \times 10^{-19}$ C

$Q_3 = 3 \times 1.6 \times 10^{-19} = 4.8 \times 10^{-19}$ C అలాగే మిగిలిన అన్నీను.

2×10^{-19} C లేదా 3×10^{-19} C లేదా 4×10^{-19} C లాంటి మధ్యస్థ విలువలు సాధ్యంకావు.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 17.1

1. గాజు కడ్డీని సిల్కుగుడ్డతో రుద్దినపుడు దానిపై ఏర్పడిన ఆవేశం $q = +3.2 \times 10^{-17}$ C.
   (i) సిల్కు గుడ్డ కూడా ఆవేశితమవుతుందా?
   (ii) సిల్కు గుడ్డపై ఉన్న ఆవేశ స్వభావం ఏమిటి, దాని పరిమాణం ఎంత?

2. A, B లు రెండు సర్వసమానమైన లోహపు గోళాలు. A కు +Q ఆవేశాన్ని ఇచ్చి, రెండు గోళాలను కొంత సేపు తాకునట్లుగా ఉంచి తరువాత వేరు చేశారు.

   (i) B మీద ఆవేశం ఉంటుందా?

   (ii) A, B లు తాకునట్లుగా ఉన్నప్పుడు B ఆవేశితం చెందితే, B మీద ఉన్న ఆవేశ పరిమాణం ఎంత?

3. ఒక వస్తువు మీద ఆవేశం $q = 4.8 \times 10^{-16}$ C. వస్తువు మీద ఎన్ని ప్రమాణాల ప్రాథమిక ఆవేశాలు ఉన్నాయి. (Take $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C).

17.2 కులూంబ్ నియమం

రెండు స్థిర విద్యుదావేశాలు ఆకర్షణ లేదా వికర్షణ చెందుతాయని మీరు తెలుసుకున్నారు. విద్యుదావేశాల స్వభావాన్ని బట్టి వాటి మధ్య ఆకర్షణ బలం లేదా వికర్షణ బలం పని చేస్తుంది. 1785వ సంవత్సరంలో కూలుంబ్ అనే ఫ్రెంచి శాస్త్రవేత్త రెండు స్థిర విద్యుదావేశాల మధ్య పనిచేసే ఆకర్షణ లేదా వికర్షణ బలాలపై పరిశీలనలు చేసి వాటి ఆధారంగా ఒక సూత్రాన్ని ప్రతిపాదించారు. దానినే అతని పేరు మీద కూలుంబ్ నియమం అంటారు.

q_1 మరియు q_2 లు రెండు స్థిర బిందు ఆవేశాలు. వాటి మధ్య దూరం r అయిన, రెండు ఆవేశాల మధ్య గల బలం

– వాటి పరిమాణాల లబ్ధానికి అనులోమానుపాతంలోను $F \propto (q_1 \times q_2)$

– వాటి మధ్యగల దూర వర్గానికి విలోమానుపాతంలోను $F \propto \frac{1}{r^2}$

– రెండు ఆవేశాలను కలిపే సరళరేఖ దిశలో ఉండి,

– సజాతి ఆవేశాల మధ్య వికర్షణ బలంగాను, విజాతి ఆవేశాల మధ్య ఆకర్షణ బలంగాను పనిచేస్తుంది.

బలపరిమాణం F ను కింది విధంగా రాయవచ్చును.

$$F = k\,\frac{q_1 \times q_2}{r^2} \qquad (17.1)$$

k అనుపాత స్థిరాంకం. k విలువ రెండు ఆవేశాల మధ్య ఉండే యానకం మీద; q_1, q_2, r లు ఏ ప్రమాణాలలో చెబుతున్నామో ఆ ప్రమాణాల వ్యవస్థ మీద ఆధారపడి వుంటుంది. గాలి లేదా శూన్య యానకంలో

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q_1 \times q_2}{r^2}\right) \qquad (17.2)$$

ఇక్కడ అనుపాత స్థిరాంకం $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$. ఇక్కడ ε_0 ని స్వేచ్ఛా అంతరాళం (గాలి లేక శూన్యం) యొక్క పెర్మిటివిటి అంటారు. గాలి కాక మరొక యానకంలో $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon}$. ఇక్కడ ε ని ఆ యానకం యొక్క పెర్మిటివిటి అంటారు. అపుడు బలం

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon}\left(\frac{q_1 \times q_2}{r^2}\right)$$ గా రాయవచ్చు.

అంటే యానకంలో ఉన్న ఆవేశాల వ్యవస్థలో ఆవేశాలపై పని చేసే బలపరిమాణం, అదే వ్యవస్థ గాలి లేక శూన్యంలో ఉన్నప్పుడు పనిచేసే బలపరిమాణం రెండూ వేరువేరుగా వుంటాయి.

SI వ్యవస్థలో ఆవేశం ప్రమాణం కూలుంబ్ (C). కూలుంబ్‌ను విద్యుత్ ప్రవాహం ప్రమాణం ఆంపియర్‌తో నిర్వచించవచ్చు.

(దీని గురించి మీరు తరువాత తెలుసుకుంటారు)

SI వ్యవస్థలో గాలి లేదా శూన్యంలో k విలువ

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \times 10^9 \ \frac{N\,m^2}{C^2} \qquad (17.3)$$

ఇక్కడ $\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ C^2\ N^{-1}\ m^{-2}$.

ఒక కూలుంబ్ ఆవేశాన్ని ఈ విధంగా నిర్వచించవచ్చు. ఒక ఆవేశం శూన్య యానకంలో ఒక మీటరు దూరంలో ఉన్న సర్వసమానమైన ఆవేశాన్ని 9×10^9 N బలంతో వికర్షిస్తే ఆ ఆవేశ పరిమాణాన్ని ఒక కూలుంబ్ అని అంటారు.

ఎలక్ట్రాను ఆవేశ విలువ $e = -1.60 \times 10^{-19}$ C

- న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ నియమం మాదిరిగా కూలుంబ్ నియమం కూడా ఒక విలోమ వర్గ నియమమే.
- కూలుంబ్ నియమం బిందు ఆవేశాలకు మాత్రమే వర్తిస్తుంది.
- యాంత్రిక బలంలా గాక, కూలుంబ్ బలం కొంత దూరము వద్ద కూడా పని చేస్తుంది.

ఒక కూలుంబ్ ఎంత పెద్దది?

విద్యుత్ ఆవేశం ప్రమాణం కూలుంబ్. కూలుంబ్ ఎంత పెద్దదో మీరెప్పుడైనా ఆలోచించారా? దీనిని తెలుసుకోవడానికి, ఒక కూలుంబ్ పరిమాణం గల రెండు ఆవేశాలు, ఒక దాని నుంచి మరొకటి ఒక మీటరు దూరంలో ఉంచిన, వాటి మధ్య గల బల పరిమాణం లెక్కించాలి.

$$|F| = k\left(\frac{q_1 \times q_2}{r^2}\right)$$

$$= 9.0 \times 10^9 \times \frac{1 \times 1}{1^2}$$

$$= 9.0 \times 10^9 \approx 10^{10}\ N$$

ఇది ఎంత భారానికి సమానమంటే :

ప్రయాణికులతో నిండిన బస్సు ద్రవ్యరాశి 5000 kg అయితే ఆ బస్సు భారం, $mg = (5000 \times 10)$ N

$= 5 \times 10^4$ N.

($g \approx 10\ m\ s^{-2}$ అనుకుందాం).

ఢిల్లీలో అటువంటివి 10,000 బస్సులు వుంటే, అపుడు అన్ని బస్సుల మొత్తం భారం $5 \times 10^4 \times 10{,}000 = 5 \times 10^8$ N అవుతుంది. ఢిల్లీ మాదిరిగానే 10 పట్టణాలు, అదే బస్సుల సంఖ్యను కలిగి ఉంటే ఆ బస్సుల మొత్తం భారం $5 \times 10^8 \times 10 = 5 \times 10^9$ N అవుతుంది. అంటే 1C పరిమాణం గల రెండు ఆవేశాలను ఒకదాని నుంచి మరొకటి 1 మీటరు దూరంలో ఉంచిన, వాటి మధ్య గల బలం, ప్రతి బస్సు 5000 kg భారం కలిగిన రెండు వందల వేల బస్సుల భారానికి సుమారు సమానంగా ఉంటుంది.

ఎన్ని ఎలక్ట్రాన్లు కలిస్తే ఒక కూలుంబ్ ఆవేశం అవుతుంది?

$$Q = 1\ C$$

$$n = ?$$

$$e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$$

$$Q = ne$$

$$1C = n \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$n = \frac{1}{1.6 \times 10^{-19}} = \frac{1 \times 10^{19}}{1.6}$$

$$n = \frac{10}{1.6} \times 10^{18}$$

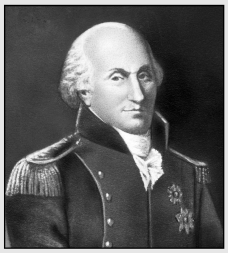
$$n = \frac{100}{16} \times 10^{18}$$

$$n = 6.25 \times 10^{18}$$

$n = 625 \times 10^{16}$ ఎలక్ట్రాన్లు

ఒక ఎలక్ట్రాన్‌పై ఉండే ఆవేశం పెద్దదా? లేక ఒక కూలుంబ్ పెద్దదా?

చార్లెస్ ఆగస్టిన్ డి కూలుంబ్ (1736-1806)



కూలుంబ్ ఫ్రెంచ్ శాస్త్రవేత్త. మిలటరీ ఇంజనీరుగా వెస్ట్ ఇండీస్‌లో పనిచేశారు. ఇతను విమోటన లోలకం కనుగొన్నాడు. ఆవేశాల మరియు అయస్కాంతాల మధ్య గల అన్యోన్య బలాల స్వభావాన్ని నిర్ధారించుటకు విమోటన లోలకాన్ని ఉపయోగించి ప్రయోగాలు చేశారు. ఈ ప్రయోగాల ఫలితాలను స్థిర విద్యుత్ మరియు స్థిర అయస్కాంతములో కూలుంబ్ నియమం రూపంలో ప్రతిపాదించాడు. ఈయన పేరు మీదుగా విద్యుత్ ఆవేశానికి SI ప్రమాణాన్ని కూలుంబ్ అన్నారు.

q_1, q_2 అనే రెండు బిందు ఆవేశాలను ఒకదాని నుంచి మరొకటి r దూరంలో గాలి (లేక శూన్యం)లో మరియు మరొక యానకంలో ఉంచినపుడు వాటి బలాల నిష్పత్తి $\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$ కు సమానం.

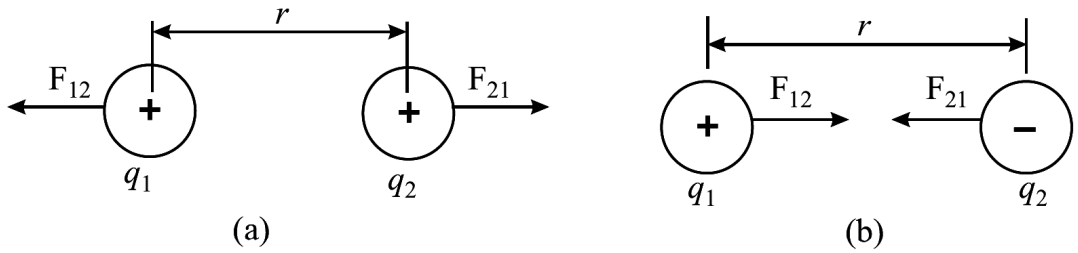
$$\frac{F_0\,(\text{గాలి లేక శూన్యంలలో})}{F\,(\text{యానకంలో})} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = \varepsilon_r$$

ఇక్కడ ε_r ని యానకం యొక్క సాపేక్ష పెర్మిటివిటి లేదా రోధక స్థిరాంకం అంటారు. రోధక స్థిరాంకం విలువ ఎప్పుడూ ఒకటి కంటే ఎక్కువగానే ఉంటుంది. రోధక స్థిరాంకంను ఇంకొక విధంగా తరువాత మనం నిర్వచించుకుందాం.

కూలుంబ్ నియమం సదిశా రూపం

బలం సదిశ అని మనకు తెలుసు. కాబట్టి ఆవేశాల మధ్యగల బలాన్ని కూడా సదిశగానే మనం వ్యక్తం చేయాలి. అంటే సమీకరణం (17.1) ను సదిశా రూపంలో రాయాలి. అది ఎలా రాయాలో ఇపుడు తెలుసుకుందాం.

q_1, q_2 అనే రెండు బిందు ఆవేశాల మధ్య దూరం r అనుకుందాం. (పటం 17.3). q_1 పై q_2 వల్ల పనిచేసే బలంను $\mathbf{F_{12}}$తో q_2 పై q_1 వల్ల పనిచేసే బలంను $\mathbf{F_{21}}$తో సూచిస్తామనుకుందాం. q_1 నుండి q_2 దిశలో ఉండే యూనిట్ సదిశను $\hat{\mathbf{r}}_{12}$ అనుకుందాం. అపుడు పటం 17.3(a) నుండి



పటం 17.3 : r దూరంలో ఉన్న రెండు బిందు ఆవేశాలు q_1 మరియు q_2 (a) రెండు ధనావేశాల మధ్య గల వికర్షణ బలం దిశ మరియు (b) ఒక ధనావేశం మరియు ఒక రుణావేశం మధ్య గల ఆకర్షణ బలం దిశ

$$\mathbf{F_{12}} = k\,\frac{q_1\,q_2}{\left|r_{12}^2\right|}\,\hat{\mathbf{r}}_{12} \qquad (17.4)$$

ఇదేవిధంగా పటం 17.3(b) నుంచి

$$\mathbf{F_{21}} = -k\,\frac{q_1\,q_2}{\left|r_{12}^2\right|}\,\hat{\mathbf{r}}_{12} \qquad (17.5)$$

అని రాయవచ్చు.

సమీకరణం (17.4) లోని ధన గుర్తు వికర్షణ బలాన్ని మరియు సమీకరణం (17.5) లోని రుణ గుర్తు ఆకర్షణ బలాన్ని సూచిస్తాయి. సమీకరణాలు (17.4) మరియు (17.5) నుంచి

$$\mathbf{F_{12}} = -\,\mathbf{F_{21}} \qquad (17.6)$$

అనగా స్థిర విద్యుదావేశాల మధ్య గల బలాలు న్యూటన్ మూడవ నియమాన్ని పాటిస్తాయన్నమాట.

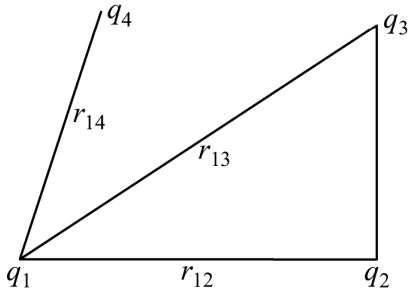
సామాన్యంగా విద్యుదావేశాల మధ్య గల బలాన్ని

$$\mathbf{F_{12}} = k\left(\frac{q_1\,q_2}{r^2}\,\hat{\mathbf{r}}_{12}\right) \qquad (17.7)$$

గా రాయవచ్చు.

అధ్యారోపణ నియమం

రెండు కంటే ఎక్కువ బిందు విద్యుదావేశాలు ఉన్నప్పుడు, ఏ రెండు ఆవేశాల మధ్యగల బలాన్నైనా మనం సమీకరణం (17.7) ను ఉపయోగించి కనుక్కోవచ్చు. ఇప్పుడు $q_1, q_2, q_3, q_4, \ldots\ldots$ మొదలైన విద్యుదావేశాల సమూహం ఉందనుకుందాం. (పటం 17.4).



పటం 17.4 : అధ్యారోపణ నియమం

సమీకరణం (17.7) నుండి, q_1 పై ఇతర ఆవేశాల వల్ల పనిచేసే బలంను రాయవచ్చు.

$$\mathbf{F_{12}} = k\,\frac{q_1\,q_2}{\left|r_{12}^2\right|}\hat{\mathbf{r}}_{12}$$

$$\mathbf{F_{13}} = k\,\frac{q_1\,q_3}{\left|r_{13}^2\right|}\hat{\mathbf{r}}_{13}$$

మరియు
$$\mathbf{F_{14}} = k\,\frac{q_1\,q_4}{\left|r_{14}^2\right|}\hat{\mathbf{r}}_{14} \qquad (17.8)$$

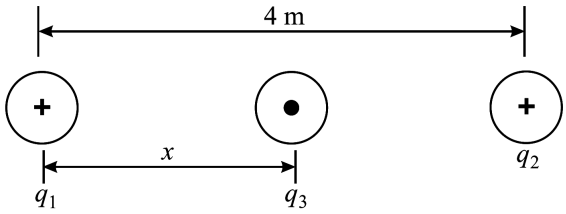
q_1 మీద పని చేసే ఫలిత బలం **F** విలువ మిగిలిన ఆవేశాలు కలిగించే బలాల సదిశా మొత్తానికి సమానం.

$$\mathbf{F} = \mathbf{F_{12}} + \mathbf{F_{13}} + \mathbf{F_{14}} + \ldots \qquad (17.9)$$

దీనినే అధ్యారోపణ సూత్రం లేదా నియమం అని అంటారు.

ఉదాహరణ 17.1

రెండు ఆవేశాలు $+q_1 = 12C$, $+q_2 = 6C$ లు పటం (17.5)లో చూపినట్లు 4.0 m దూరంలో ఉన్నాయి. q_1, q_2 లను కలిపే సరళరేఖపై q_3 అనే రుణావేశాన్ని ఎక్కడ ఉంచితే ఆ q_3 ఆవేశం ఏ బలానికీ గురికాదు?



పటం 17.5 : సరళరేఖ వెంబడి మూడు బిందు ఆదేశాలు q_1, q_2 మరియు q_3

సాధన :

q_3 రుణావేశాన్ని q_1, q_2 ల మధ్యలో q_1 నుంచి x దూరంలో ఉంచామనుకొందాం. (q_3 రుణావేశాన్ని q_1 కు ఎడమవైపున గాని, q_2కు కుడివైపున గాని లేదా q_1, q_2 లకు మధ్యలో గాక మరే ఇతర స్థానంలో ఉంచినా ఫలిత బలం శూన్యం కాదు)

q_3 పై q_1 వల్ల పనిచేసే బలం

$$\mathbf{F}_{31} = k\,\frac{q_1\,q_3}{r_{31}^2}\hat{\mathbf{r}}_{31}\,;\ q_1 \text{ దిశలో}$$

$$\therefore \qquad \left|\mathbf{F}_{31}\right| = k\,\frac{q_3\,q_1}{x^2}$$

q_3 పై q_2 వల్ల పనిచేసే బలపరిమాణం

$$|\mathbf{F}_{32}| = k\,\frac{q_3\,q_2}{(4-x)^2};\ q_2 \text{ దిశలో}$$

q_3 మీద ఫలిత బలం శూన్యం కావాలి అంటే, $\mathbf{F}_{31} = \mathbf{F}_{32}$. ఆవేశాల విలువలు ప్రతిక్షేపించిన,

$$k\left(\frac{12q_3}{x^2}\right) = k\left(\frac{6q_3}{(4-x)^2}\right)$$

$6q_3k$ రెండు వైపుల ఉన్నందున కొట్టివేయవచ్చు.

సూక్ష్మీకరించిన, $$\frac{2}{x^2} = \frac{1}{(4-x)^2}$$

లేదా $$2\,(4-x)^2 = x^2$$

$\Rightarrow$ $$x^2 - 16x + 32 = 0$$

దీన్ని సాధించిన $x = 2.35$ m మరియు $x = 13.65$ m విలువలు వస్తాయి. $x = 13.65$ m అయితే q_3 రుణావేశం, q_2ను దాటిపోతుంది. కాని q_3 రుణావేశం q_1, q_2 ల మధ్య ఉండాలి. కాబట్టి q_3 రుణావేశాన్ని q_1 నుంచి 2.35 m దూరంలో ఉంచాలి.

గుణాత్మకంగా ఈ పరిష్కారం సరి అయినది కూడా. q_1 ఆవేశం q_2 కంటే బలమైనది. కాబట్టి q_1, q_3 ల మధ్య దూరం, q_2, q_3 ల మధ్య దూరం కంటే ఎక్కువగా ఉండాలి.

ఉదాహరణ 17.2

ఒక్కొక్కటి 6.0×10^{-10} C విలువ గల రెండు ఆవేశాలు 2.0 m దూరంలో ఉన్నాయి. వాటి మధ్య గల కూలుంబ్ బలం పరిమాణం లెక్కించండి?

సాధన :

రెండు ఆవేశాల మధ్య గల కూలుంబ్ బల పరిమాణం సమీకరణం (17.2) నుండి రాయవచ్చు.

$$F = k\frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

దత్తాంశం ప్రకారం, $q_1 = q_2 = 6.0 \times 10^{-10}$C మరియు $r = 2.0$ m ఈ విలువలను ప్రతిక్షేపించిన,

$$F = \frac{(9\times10^9\ \mathrm{N\,m^2C^{-2}})\times(6.0\times10^{-10}\mathrm{C})^2}{2^2\ \mathrm{m}^2}$$

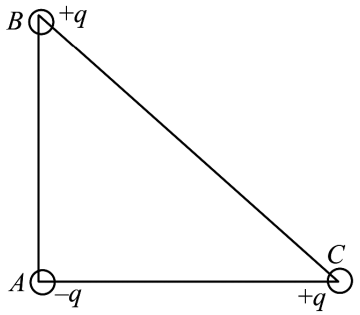
$$= \frac{9\times10^9\times36.0\times10^{-20}}{4}\ \mathrm{N}$$

$$= 81\times10^{-11}\ \mathrm{N}$$

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 17.2

1. రెండు ఆవేశాలు $q_1 = 16\mu C$ మరియు $q_2 = 9\mu C$, 12 m దూరంలో ఉన్నాయి. q_1 పై q_2 వల్ల పనిచేసే బలపరిమాణం మరియు దిశను నిర్ధారించండి. q_2 పై q_1 వల్ల పనిచేసే బలం ఏ దిశలో ఉంటుంది.

2. మూడు బిందు ఆవేశాలు – q, +q, +q లు వరసగా ఒక లంబకోణ త్రిభుజం మూడు శీర్షాల వద్ద పటం 17.2లో చూపినట్లు ఉన్నాయి. AB = AC అయిన – q పై పనిచేసే బల పరిమాణం మరియు దిశ కనుక్కోండి.



లంబకోణ త్రిభుజం మూడు శీర్షాల వద్ద ఉంచిన మూడు ఆవేశాలు.

17.3 విద్యుత్ క్షేత్రం

కొంతదూరంలో ఉంచిన రెండు ఆవేశాల మధ్య జరిగే అన్యోన్య చర్యలను వివరించడానికి ఫారడే విద్యుత్‌క్షేత్రం అనే భావనను ప్రవేశ పెట్టారు. ఒక బిందువు వద్ద ఉంచిన శోధన ధనావేశం q_0 మీద పని చేసే బలం **F** కు, శోధన ధనావేశ పరిమాణం q_0 కు గల నిష్పత్తిని, ఆ బిందువు వద్ద గల విద్యుత్ క్షేత్రం **E** అంటారు. గణిత శాస్త్ర ప్రకారం దీనిని మనం

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q_0} \qquad (17.10)$$

గా రాయవచ్చు.

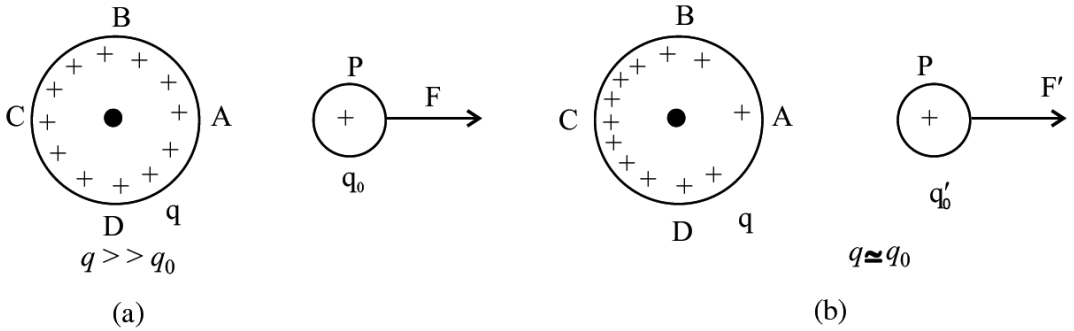
ఇది గురుత్వ త్వరణం యొక్క నిర్వచనానికి సారూప్యంగా ఉన్నది; $\mathbf{g} = \mathbf{F}/m_0$ కు సాదృశ్యంను కలిగి ఉంది.

విద్యుత్‌క్షేత్రం **E** ఒక సదిశ రాశి. శోధన విద్యుత్ ఆవేశంపై బలం (**F**) ఏ దిశలో ఉంటుందో **E** కూడ అదే దిశలో ఉంటుంది. విద్యుత్‌క్షేత్రం బాహ్య ఆవేశం వల్లనే కాని శోధన ఆవేశం వల్ల కాదని గమనించాలి. కాబట్టి శోధన విద్యుదావేశం యొక్క పరిమాణం స్వల్పంగా ఉండాలి. లేకపోతే ఇది బాహ్య ఆవేశం వల్ల కలిగే విద్యుత్‌క్షేత్రాన్ని ప్రభావితం చేస్తుంది. (కాని సాధారణంగా అతి స్వల్ప పరిమాణం కలిగిన శోధన ఆవేశం కూడా క్షేత్రాన్ని ప్రభావితం చేస్తుంది). విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని ఖచ్చితంగా నిర్వచించవలసి వచ్చినపుడు ఇలా చెపుతాం.

$$\mathbf{E} = \lim_{q_0 \to 0} \frac{\mathbf{F}}{q_0} \qquad (17.11)$$

SI వ్యవస్థలో బలప్రమాణం న్యూటన్ మరియు ఆవేశ ప్రమాణం కూలుంబ్. కాబట్టి సమీకరణం (17.10) ప్రకారం, SI వ్యవస్థలో విద్యుత్ క్షేత్ర ప్రమాణం న్యూటన్ / కూలుంబ్ (NC^{-1}). విద్యుత్ బలం **F** ఏదిశలో ఉంటుందో **E** కూడా అదే దిశలో ఉంటుంది. విద్యుత్ బలం వల్ల జరిగే చర్య విద్యుత్ క్షేత్రం వల్ల జరుగుతుందని గమనించాలి.

శోధన ఆవేశం q_0 అనంతసూక్ష్మంగా (infinitesimally) ఎందుకుండాలో ఇపుడు పరిశీలిద్దాం. ఆవేశం q తో సమంగా ఆవేశితమైన లోహపు గోళాన్ని, శోధన ఆవేశం $q_0 (<< q)$ ను పటం 17.6(a) చూపిస్తుంది.



పటం 17.6 : (a) సమంగా ఆవేశితమైన లోహపు గోళం మరియు శోధన ఆవేశం. (b) గోళానికి దగ్గరగా మరొక ఆవేశాన్ని తెచ్చినపుడు, దానిపై ఆవేశం తిరిగి సర్దుబాటుకావడం

అనగా A, B, C, D బిందువుల వద్ద ప్రమాణ వైశాల్యానికి గల ఆవేశ సాంద్రత సమంగా ఉంటుందని అర్థం. గోళంపై ఉన్న ఆవేశ సమూహాన్ని చెదరనీయకుండా, శోధనావేశం q_0 పై కొలిచిన బలం **F** ఉంటుంది. $q \simeq q_0$ అయిన స్థితిని పటం 17.6 (b) చూపిస్తుంది. ఈ సందర్భంలో శోధనావేశం ఉపరితల ఆవేశసాంద్రతలో మార్పును కలిగిస్తుంది. ఫలితంగా శోధనావేశం q_0 పై గల బలం కూడా **F** నుంచి **F'** కు మారుతుంది. అనగా శోధనావేశం ఉన్నపుడు బలం ఒక రకంగా, లేనపుడు మరొక రకంగా ఉంటుంది. కాని q_0 లేనప్పుడు బలాన్ని కొలువలేము. q తో పోల్చినపుడు, q_0 అత్యల్పంగా ఉన్నట్లయితే గోళంపై ఉన్న ఆవేశ సమూహము తక్కువగా ప్రభావితమవుతుంది. ఫలితంగా కొలిచిన విలువ, నిజవిలువకు అతి దగ్గరగా ఉంటుంది. అంటే **F'** విలువ **F** కు అతి దగ్గరగా ఉంటుంది. ఇపుడు మీకు శోధనావేశం ఎందుకు అనంతసూక్ష్మంగా ఉండాలో అర్థమయి ఉంటుంది.

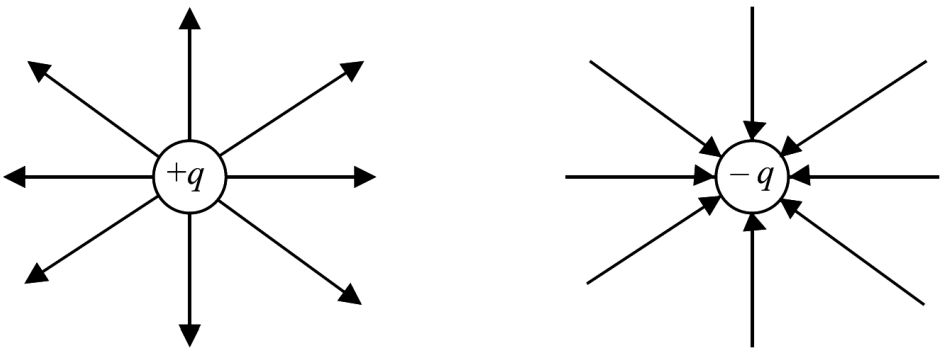
బిందు విద్యుదావేశం q నుండి r దూరంలో q_0 అనే శోధన ఆవేశం ఉందనుకుందాం. శోధనావేశం q_0 మీద పనిచేసే బలం

$$\mathbf{F} = k\frac{qq_0}{r^2}\hat{\mathbf{r}} \qquad (17.12)$$

ఏ బిందువు వద్దనయినా, ఒక ఏకాంక ఆవేశం మీద పనిచేసే బలమే ఆ బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్రం అనే నిర్వచనం నుంచి

$$\mathbf{E} = k \times \frac{q}{r^2}\hat{\mathbf{r}} \qquad (17.13)$$

పటం 17.7లో చూపినట్లు q ధనావేశం అయినపుడు E దిశ q నుండి వెలుపలికి ఉంటుంది. q రుణావేశం అయితే E దిశ q వైపు ఉంటుంది.



పటం 17.7 : ధన మరియు రుణావేశాల వల్ల కలిగే విద్యుత్ క్షేత్ర దిశ.

అధ్యారోపణ నియమం విద్యుత్ క్షేత్రానికి కూడా అనువర్తిస్తుంది. $q_1, q_2, q_3, \ldots$, ఆవేశాలు ఉన్నట్లయితే, P బిందువు వద్ద ఈ విద్యుదావేశాల వల్ల వరసగా కలిగే విద్యుత్‌క్షేత్రాలు సమీకరణం (17.13) నుంచి రాయవచ్చు.

$$\mathbf{E_1} = k \times \frac{q_1}{r_1^2}\hat{\mathbf{r}}_1, \quad \mathbf{E_2} = k \times \frac{q_2}{r_2^2}\hat{\mathbf{r}}_2 \text{ మరియు } \mathbf{E_3} = k \times \frac{q_3}{r_3^2}\hat{\mathbf{r}}_3 \qquad (17.14)$$

ఈ విద్యుత్ క్షేత్రాలన్నింటిని సదిశా సంకలనం చేస్తే, P బిందువు వద్ద ఫలిత విద్యుత్ క్షేత్రం వస్తుంది. కాబట్టి

$$\mathbf{E} = \mathbf{E_1} + \mathbf{E_2} + \mathbf{E_3} + \ldots$$

లేదా

$$\mathbf{E} = k\sum_{i=1}^{N}\frac{q_i\,\hat{\mathbf{r}}_i}{r_i^2} \qquad (17.15)$$

ఇక్కడ P మరియు ఆవేశము q_i ల మధ్య దూరం $\hat{\mathbf{r}}_i$ ఇది ఆవేశం q_i నుండి P బిందువు వైపు గల యూనిట్ సదిశ. ఒక విద్యుత్‌క్షేత్రం **E** లో ఉన్న ఆవేశం q మీద పనిచేసే బలం

$$\mathbf{F} = q\mathbf{E} \qquad (17.16)$$

ఉదాహరణ 17.3

విద్యుత్ క్షేత్రంలో ఒక బిందువు వద్ద బిందు ఆవేశాన్ని $q = 3.5\mu C$ ఉంచినపుడు దాని మీద 8.5×10^{-4} N బలం పనిచేస్తే, విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రతను లెక్కించండి.

సాధన :

సమీకరణం (17.16) నుంచి

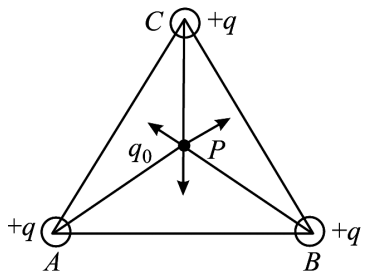
$$E = \frac{F}{q} = \frac{8.5 \times 10^{-4}\ N}{3.5 \times 10^{-6}\ C}$$

$$= 2.43 \times 10^2\ NC^{-1}$$

ఉదాహరణ 17.4

పటం 17.8 లో చూపినట్లు మూడు సమాన బిందు ధనావేశాలు సమ త్రిభుజం యొక్క శీర్షాల వద్ద ఉన్నాయి. త్రిభుజం కేంద్రాభం P వద్ద విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని కనుక్కోండి.

సాధన : త్రిభుజం కేంద్రం P వద్ద ఒక శోధనావేశం q_0 ను ఉంచామనుకుందాం. ఈ ఆవేశంపై మూడు దిశలలో బలం పని చేస్తుంది. ఏ రెండు దిశలలోనైనా ఈ బలాల మధ్య కోణం సమానంగా ఉంటుంది. P వద్ద ఈ బలాల ఫలిత బలం శూన్యం. కాబట్టి P వద్ద విద్యుత్ క్షేత్రం శూన్యం అవుతుంది.



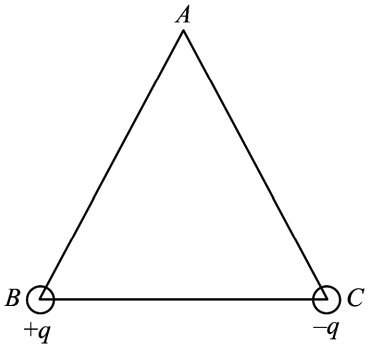
పటం 15.8 : సమ త్రిభుజం మూడు శీర్షాల వద్ద గల సమాన ఆవేశాల వల్ల త్రిభుజం కేంద్రం వద్ద విద్యుత్ క్షేత్రం శూన్యం

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 17.3

1. + Q ఆవేశాన్ని జ్యామితీయ వ్యవస్థ మూలబిందువు వద్ద ఉంచారు. అప్పుడు ఈ క్రింది సందర్భాలలో P అనే బిందువు క్షేత్ర దిశను కనుగొనండి.

   (a) + x-అక్షం (b) + y-అక్షం (c) x = 4 ప్రమాణాలు మరియు y = 4 ప్రమాణాలు

2. Δ ABC లో AB = AC = 40 cm మరియు A వద్ద కోణం 30°. పటం 17.9లో చూపినట్లు ఒక్కొక్కటి 2×10^{-6} C పరిమాణం కలిగి సంజ్ఞలు వ్యతిరేకంగా ఉన్న ఆవేశాలను B, C వద్ద వరసగా ఉంచారు. A వద్ద గల విద్యుత్ క్షేత్ర పరిమాణం, దిశను లెక్కించండి.



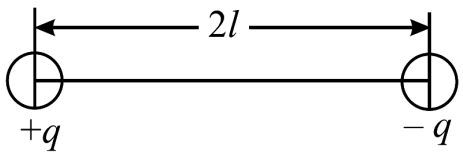
పటం 17.9

3. భూమివైపు పని చేసే విద్యుత్ క్షేత్రంలో ఉంచిన ఒక ఋణావేశం మీద పనిచేసే బలం ఏ దిశలో ఉంటుంది.

4. రెండు సర్వసమానమైన ఆవేశాలను సమతలంపై D దూరంలో ఉంచిన ఫలిత క్షేత్రం ఎక్కడ శూన్యం అవుతుంది.

విద్యుత్ డైపోల్ (ద్విధ్రువం) వల్ల విద్యుత్ క్షేత్రం

సమాన పరిమాణాలు గల రెండు విజాతి విద్యుదావేశాలను స్వల్ప దూరంలో ఉంచిన అమరికను విద్యుత్ డైపోల్ అంటారు. ఉదాహరణ H_2O. పటం 17.10లో చూపినట్లుగా +q మరియు –q ఆవేశాల మధ్య దూరం $2l$ అనుకుందాం.



పటం 17.10 : సమాన పరిమాణాలు గల రెండు విజాతి ఆవేశాలను స్వల్ప దూరంలో ఉంచిన డైపోల్ (ద్విధ్రువం) ఏర్పడుతుంది.

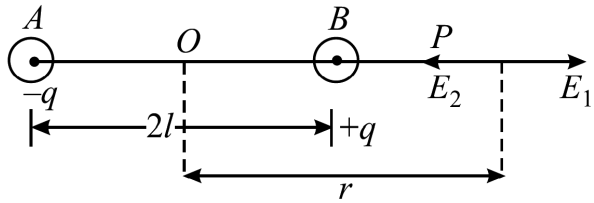
డైపోల్‌లోని ఆవేశాల ఒకదాని పరిమాణం మరియు ఆవేశాల మధ్య దూరంల లబ్ధాన్ని డైపోల్ భ్రామకం **P** అంటారు.

$$\mathbf{P} = q \times 2l \qquad (17.17)$$

SI పద్ధతిలో దీని ప్రమాణం కూలుంబ్ – మీటరు ద్విధ్రువ భ్రామకం ఒక సదిశరాశి. దీని పరిమాణాన్ని సమీకరణం (17.17) ఇస్తుంది. దిశను రుణావేశం నుంచి ధనావేశం దిశగా ద్విధ్రువాక్షం మీద తీసుకుంటాం. ద్విధ్రువంలోని ఆవేశాలను కలిపే రేఖను ద్విధ్రువాక్షం అంటారు. ద్విధ్రువం, ద్విధ్రువ భ్రామకాలను నిర్వచించిన మనం ఇపుడు ద్విధ్రువం వల్ల విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని కనుక్కొందాం. ఈ కింది సందర్భాలలో విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని సులభంగా కనుక్కోవచ్చు.

మొదటి సందర్భము : *డైపోల్ (ద్విధ్రువం) అక్షంపై గల బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్రం :*

ద్విధ్రువ అక్షీయ రేఖపై P బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్రానికి సమాసము రాబట్టడానికి పటం 17.11ను చూడండి.



పటం 17.11 : ద్విధ్రువాక్షంపై గల బిందువు P వద్ద విద్యుత్ క్షేత్రం

దీనిని end-on స్థానం అంటారు. A, B బిందువుల వద్ద –q, +q అనే ఆవేశాలు $2l$ దూరంలో ఉన్నాయనుకుందాం. డైపోల్ AB మధ్య బిందువు O. దాని నుండి r దూరంలో P అనే బిందువు ఉందనుకుందాం. ఇపుడు P బిందువు వద్ద B వద్ద గల +q ఆవేశం వల్ల విద్యుత్ క్షేత్రం.

$$\mathbf{E_1} = k \times \frac{q}{(r-l)^2}$$ ఇది AP దిశలో ఉంటుంది.

అలాగే P బిందువు వద్ద –q వల్ల విద్యుత్ క్షేత్రం $\mathbf{E}_2$

$$\mathbf{E_2} = k \times \frac{q}{(r+l)^2}$$ ఇది PA దిశలో ఉంటుంది.

[$\mathbf{E_1}$, $\mathbf{E_2}$ కంటే ఎక్కువగా ఉన్నందున P వద్ద ఫలిత క్షేత్రం $\mathbf{E}$, $\mathbf{E_1}$ దిశలో ఉంటుంది. $(r-l)$, $(r+l)$ కన్నా తక్కువ కాబట్టి]

$$\mathbf{E} = \frac{kq}{(r-l)^2} - \frac{kq}{(r+l)^2}$$

$$= kq\left[\frac{1}{(r-l)^2} - \frac{1}{(r+l)^2}\right]$$

$$= kq\left[\frac{(r+l)^2 - (r-l)^2}{(r^2-l^2)^2}\right]$$

$$= kq \times \frac{4lr}{(r^2-l^2)^2}$$

$$= k\frac{(2lq)2r}{(r^2-l^2)^2}$$

$$= k\,\frac{2\mathbf{P}r}{(r^2-l^2)^2}$$

ఇక్కడ ద్విధ్రువ భ్రామకం $\mathbf{P} = 2lq$; $k = 1/4\pi\varepsilon_0$, కావున

$$\mathbf{E} = \frac{2\mathbf{P}}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{r}{r^4\left(1-l^2/r^2\right)^2}$$

$r >> l$, అయితే, $\frac{l^2}{r^2}$ విలువ 1 కంటే చాలా తక్కువగా ఉంటుంది. కాబట్టి పై సమీకరణంలో $\frac{l^2}{r^2}$ ను వదిలివేయవచ్చు. అపుడు విద్యుత్ క్షేత్రంను

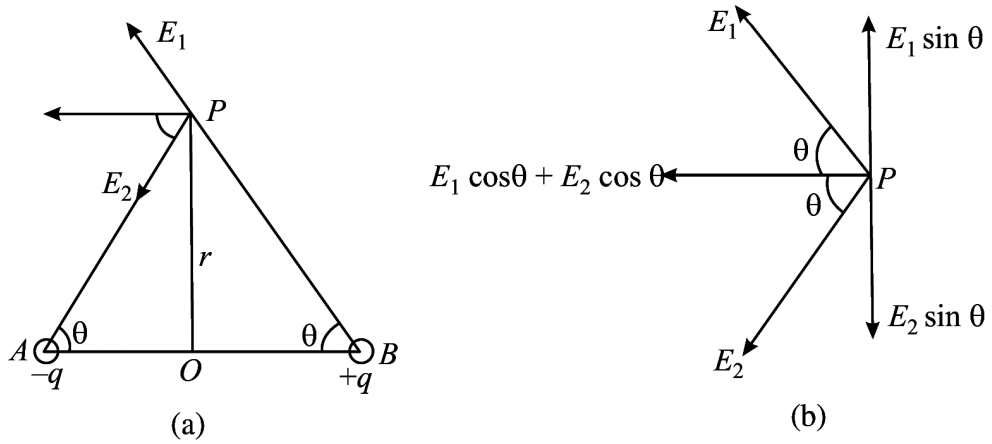
$$\mathbf{E} = \frac{2\mathbf{P}}{4\pi\varepsilon_0 r^3} \quad \text{గా రాయవచ్చు.} \qquad (17.18)$$

దీన్నిబట్టి విద్యుత్ క్షేత్రం **P** దిశలో ఉంటుందని చెప్పవచ్చు. క్షేత్ర పరిమాణం ద్విధ్రువ కేంద్రం మరియు బిందువుకు మధ్యగల దూర మూడవ ఘాతానికి విలోమానుపాతంలో ఉంటుంది.

రెండవ సందర్భము : *డైపోల్ మధ్యలంబ రేఖపై గల బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్రం (Broad-on స్థానం) :*

డైపోల్ మధ్య బిందువు O నుండి దాని మధ్యలంబ రేఖపైన r దూరంలో **P** బిందువు పటం 17.12లో చూపినట్లు ఉందనుకుందాం.

AB = 2*l*, OP = r మరియు AO = OB = *l* అని గమనించండి. పటం 17.12(a)లో θ కోణం చూపబడింది.



పటం 17.12 : (a) డైపోల్ మధ్యలంబ రేఖపై ఉన్న బిందువు P వద్ద విద్యుత్ క్షేత్రం, (b) క్షేత్రాన్ని అంశాలుగా విభజించడం

లంబకోణ త్రిభుజాలు ΔPAO మరియు ΔPBO నుండి

$$AP = BP = \sqrt{l^2 + r^2}$$

P బిందువు వద్ద +q ఆవేశం వల్ల విద్యుత్ క్షేత్రం B

$$\mathbf{E_1} = k\,\frac{q}{l^2 + r^2} \quad \text{ఇది BP దిశలో ఉంటుంది.}$$

అలాగే P బిందువు వద్ద, −q ఆవేశం వల్ల విద్యుత్ క్షేత్రం

$$\mathbf{E_2} = k\,\frac{q}{l^2 + r^2} \quad \text{ఇది PA దిశలో ఉంటుంది.}$$

పై సమీకరణాల నుండి $\mathbf{E}_1$, $\mathbf{E}_2$ ల పరిమాణాలు సమానం అనే విషయాన్ని గమనించవచ్చు.

AB కి సమాంతరంగా మరియు లంబంగా $\mathbf{E}_1$, $\mathbf{E}_2$ క్షేత్రాలను విభజన చేశామనుకుందాం. AB కి సమాంతరంగా ఉన్న అంశాలు $\mathbf{E}_1 \cos\theta$ మరియు $\mathbf{E}_2 \cos\theta$. ఈ రెండూ ఒకే దిశలో ఉన్నాయి.

AB కి లంబంగా ఉన్న అంశాలు $\mathbf{E}_1 \sin\theta$ మరియు $\mathbf{E}_2 \sin\theta$. ఇవి పరిమాణంలో సమానంగా ఉండి, దిశలలో వ్యతిరేకంగా ఉండడం వల్ల అవి ఒకదాన్నొకటి రద్దు చేసుకుంటాయి. కాబట్టి P బిందువు వద్ద ఫలిత విద్యుత్ క్షేత్ర పరిమాణం [పటం 17.12 (b)]

$$E = E_1 \cos\theta + E_2 \cos\theta$$

$$= k\frac{q}{l^2+r^2}\cos\theta + k\frac{q}{l^2+r^2}\cos\theta$$

కాని $\cos\theta = \frac{l}{\sqrt{(l^2+r^2)}}$. పై ఫలితంలో ఈ సమీకరణంను ఉపయోగించిన P వద్ద విద్యుత్ క్షేత్రం

$$E = \frac{kq}{(l^2+r^2)} \times \frac{2l}{\sqrt{(l^2+r^2)}}$$

$$= k\frac{2lq}{(l^2+r^2)^{3/2}}$$

$$= k\frac{2lq}{r^3(1+l^2/r^2)^{3/2}}$$

కాని $\mathbf{P} = 2lq$ మరియు $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$; $r^2 >> l^2$ అయితే $\frac{l^2}{r^2}$ విలువను 1 తో పోల్చినపుడు తక్కువ కనుక వదిలి వేయవచ్చును. అపుడు

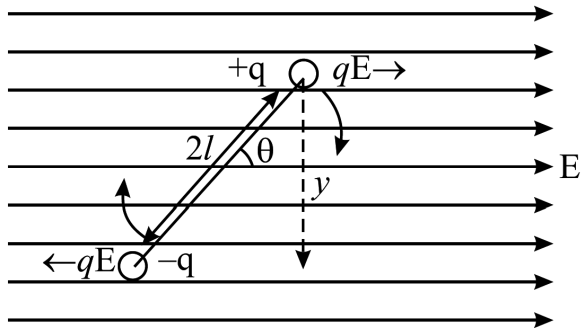
$$E = \frac{\mathbf{P}}{4\pi\varepsilon_0 r^3} \qquad (17.19)$$

డైపోల్ మధ్య లంబ రేఖపై P బిందువు వద్ద గల విద్యుత్ క్షేత్రం ఆ బిందువుకు మరియు ఆవేశాలను కలిపే రేఖకు మధ్యగల లంబ దూర మూడవ ఘాతానికి విలోమానుపాతంలో ఉంటుంది. సమీకరణాలు (17.18) మరియు (17.19) లను పోల్చినపుడు విద్యుత్ క్షేత్రం 'E' రెండు సందర్భాలలోను $\frac{1}{r^3}$ కు అనులోమానుపాతంలో ఉందని గమనించవచ్చు. కాని కొన్ని తేడాలు ఉన్నాయి.

- **End - on** స్థానంలో విద్యుత్ క్షేత్ర పరిమాణం, Broad - on స్థానంలోని దాని కంటే రెండు రెట్లు ఉంటుంది.
- **End-on** స్థానంలో విద్యుత్ క్షేత్రదిశ డైపోల్ భ్రామకం దిశలో ఉంటుంది. కాని Broad-on స్థానంలో అవి రెండూ వ్యతిరేక దిశలలో ఉంటాయి.

ఏక (సమ) రీతి విద్యుత్ క్షేత్రంలో డైపోల్

విద్యుత్ క్షేత్రం పరిమాణం, దిశలలో మారకుండా ఉంటే దానిని ఏకరీతి లేదా సమరీతి విద్యుత్‌క్షేత్రం అంటారు. ఆవేశిత సమాంతర పలకల కండెన్సర్‌లో పలకల మధ్య ఇటువంటి క్షేత్రం ఏర్పడుతుంది. సమదూరంలో ఉన్న సమాంతర రేఖల ద్వారా దీన్ని పటం 17.13 లో చూపించాం.



పటం 17.13 : సమ విద్యుత్ క్షేత్రంలో డైపోల్. డైపోల్‌పై పనిచేసే బలాలు కలిసి ఒక బలయుగ్మమవుతుంది. ఈ బలయుగ్మం డైపోల్‌ను తిప్పడానికి ప్రయత్నిస్తుంది.

ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రంలో డైపోల్‌ను ఉంచినపుడు ఏ విధంగా ప్రవర్తిస్తుందో ఇపుడు తెలుసుకుందాం.

విద్యుత్‌క్షేత్రం x-అక్షం దిశలో ఉందనుకుందాం. క్షేత్రదిశతో డైపోల్ అక్షం θ కోణం చేస్తుందనుకుందాం. +q ఆవేశంపై $q\mathbf{E}$ అనే బలాన్ని +x దిశలోను, దానికి సమానమైన బలాన్ని – q ఆవేశంపై –x దిశలోను విద్యుత్ క్షేత్రం కలిగిస్తుంది. ఈ బలాలు రెండూ కలిసి ఒక బలయుగ్మమవుతుంది. బలయుగ్మంను ఏర్పరిచే రెండు బలాలు ఒకే బిందువు వద్ద పని చేయకూడదు. అవి కొంత దూరంలో ఒకే వస్తువుపై పనిచేయాలి. బలాల మధ్య లంబదూరంను బలయుగ్మ భుజం అంటాం. ఈ బలయుగ్మం డైపోల్‌ని తిప్పి క్షేత్రదిశకు సమాంతరంగా నిశ్చలస్థితికి తీసుకురావడానికి ప్రయత్నిస్తుంది. బలయుగ్మ భ్రామకం లేదా టార్క్ పరిమాణం

$$\tau = \text{బలం} \times \text{బలయుగ్మంలో బలాల మధ్యగల లంబదూరం}$$
$$= qE \times y$$
$$= qE \times 2l \sin\theta$$
$$= pE \sin\theta$$

సదిశారూపంలో $$\boldsymbol{\tau} = \mathbf{p} \times \mathbf{E} \qquad (17.20)$$

ఈ కింది విషయాలు గమనించండి.

– $\theta = 0$, అయినపుడు, బలయుగ్మ భ్రామకం సున్నా అవుతుంది.

– $\theta = 90°$, అయితే, డైపోల్‌పై బలయుగ్మ భ్రామకం గరిష్ఠంగా ఉండి pE కి సమానం అవుతుంది.

దీన్ని బట్టి విద్యుత్ క్షేత్రం, డైపోల్‌ను తిప్పి క్షేత్రదిశకు సమాంతరంగా తీసుకురావడానికి ప్రయత్నిస్తుంది అని చెప్పవచ్చు.

ఉదాహరణ 17.5

విద్యుత్ డైపోల్‌లోని విద్యుదావేశాలు $+6.0 \times 10^{-6}$ C, -6.0×10^{-6} C. ఈ ఆవేశాల మధ్యదూరం 4×10^{-10} m. అయితే డైపోల్ భ్రామకంను కనుక్కోండి. ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రం $E = 3.0 \times 10^{2}$ NC^{-1} లో ఈ డైపోల్‌ను క్షేత్రదిశకు 30° ల కోణంలో ఉంచినపుడు దానిపై కలిగే బలయుగ్మ భ్రామకాన్ని కనుక్కోండి.

సాధన : డైపోల్ భ్రామకం $p = qd$

$$= (6.0 \times 10^{-6}C) \times (4.0 \times 10^{-10}\ m)$$

$$= 24 \times 10^{-16}\ Cm.$$

బలయుగ్మ భ్రామకం $\tau = pE \sin \theta$, కాబట్టి

$$\tau = (24 \times 10^{-16}\ Cm) \times 3.0 \times 10^{2}\ NC^{-1}) \sin 30°$$

$$= \frac{72}{2} \times 10^{-14}\ Nm$$

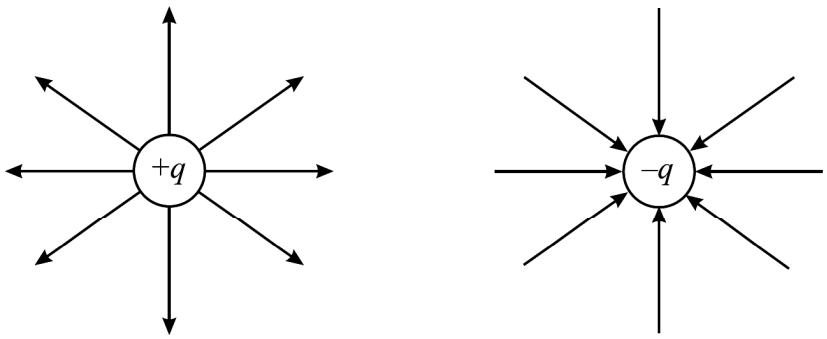
$$= 36 \times 10^{-14}\ Nm$$

ఏకరీతి కాని విద్యుత్ క్షేత్రంలో డైపోల్‌ను ఉంచినప్పుడు ఆవేశాలు $-q$, $+q$ లపై గల బలాలు సమానంగా ఉంటాయి. అటువంటి క్షేత్రం డైపోల్‌ను తిప్పి క్షేత్రదిశకు సమాంతరంగా తీసుకురావడానికి ప్రయత్నించడమే కాకుండా, క్షేత్రదిశలో డైపోల్‌కు స్థానభ్రంశం కలిగిస్తుంది.

విద్యుత్ బల రేఖలు

విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని దృశాత్మకంగా తెలపటం కోసం మైకల్ ఫారడే విద్యుత్ బల రేఖలనే భావనను ప్రవేశ పెట్టాడు. విద్యుత్ క్షేత్రంలో బలరేఖల ఊహ విద్యుత్ క్షేత్ర దిశ మరియు పరిమాణానికి సంబంధించిన అవగాహన కోసం ఉపయోగపడుతుంది. బలరేఖలకు లంబంగా ఏకాంక వైశాల్యం గుండా పోయే రేఖల సంఖ్య, అక్కడ విద్యుక్షేత్ర తీవ్రత పరిమాణానికి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది. **విద్యుత్ బలరేఖ మీద ఏ బిందువు వద్దనైనా గీచిన స్పర్శరేఖ ఆ బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్ర దిశను సూచిస్తుంది.**

ఈ బలరేఖలకు భౌతికమైన ఉనికి ఏదీలేదు. ఇవి కేవలం ఊహారేఖలు మాత్రమే అని గమనించాలి. కాని ఈ బలరేఖల నుంచి క్షేత్రంలో ఆవేశాల ప్రవర్తన, ఆవేశాల మధ్యగల అన్యోన్య చర్యలను వివరించవచ్చు. కొన్ని ఆవేశాల వల్ల ఏర్పడే విద్యుత్ బలరేఖలను పటం 17.14 లో చూపించాం. బలరేఖలు స్థిర ధనావేశం నుంచి బయటికి అపగమనం చెందుతాయి. కాని స్థిర రుణావేశం నుంచి లోపలకు కేంద్రీకరణం చెంది అంతమవుతాయి. ఈ రెండు సందర్భాలలో విద్యుత్ బలరేఖలు అంతరాళంలో అన్ని దిశలలో ఉంటాయని మీరు గమనించాలి. పటంలో పేపర్ తలంలో ఉన్న బలరేఖలను మాత్రమే చూపించాం.

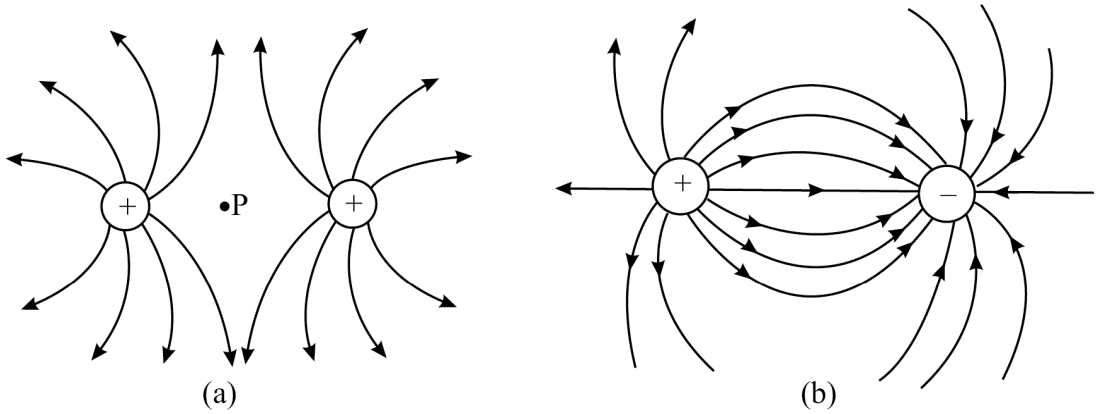


(a) (b)

పటం 17.14 : వియుక్త బిందు ఆవేశాల వల్ల విద్యుత్ బలరేఖలు : (a) ధనావేశం వల్ల విద్యుత్ బలరేఖలు, (b) రుణావేశం వల్ల విద్యుత్ బలరేఖలు.

పటం 17.15(a) లో ఒకే విధంగా ఉండి, అతి దగ్గరగా ఉన్న రెండు సమాన ధనావేశాల వల్ల ఉత్పన్నమయ్యే బలరేఖల అమరికను చూపించాం. ధనావేశాలకు అతి దగ్గరగా ఉన్న బిందువుల వద్ద ఈ రేఖలు కొంత వంపు తిరిగి ప్రక్కకు వికర్షించుకుంటాయి. ఆవేశాల మధ్య P బిందువు వద్ద ఈ రేఖలు ఉండవు. ఈ బిందువు వద్ద రెండు ఆవేశాల వల్ల విద్యుత్ క్షేత్రాలు ఒకదానికొకటి రద్దు చేసుకోవడం వల్ల, ఫలిత క్షేత్రం శూన్యం అవుతుంది.

పటం 17.15(b) విద్యుత్ డైపోల్ (ద్విధ్రువం) వల్ల ఏర్పడే విద్యుత్ బలరేఖలను చూపిస్తుంది. ధనావేశం నుండి ఉత్పన్నమయ్యే బలరేఖల సంఖ్య ఋణావేశం వద్ద అంతమయ్యే బలరేఖల సంఖ్యకు సమానం.



పటం 17.15 : రెండు బిందు ఆవేశాల వ్యవస్థ వల్ల విద్యుత్ బలరేఖలు : (a) రెండు స్థిర ధనావేశాల వల్ల విద్యుత్ బలరేఖలు, (b) డైపోల్ వల్ల విద్యుత్ బలరేఖలు

మీరు గుర్తుంచుకోవలసిన విద్యుత్ బలరేఖల ధర్మాలు :

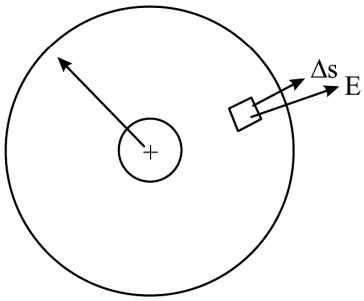
- బలరేఖలు ధనావేశం నుండి ఉత్పన్నమవుతాయి.
- బలరేఖలు రుణావేశం వద్ద అంతమవుతాయి.
- విజాతి ఆవేశాలు పరస్పరం దగ్గరగా ఉంటే బలరేఖలు ధనావేశం నుంచి మొదలయ్యి రుణావేశం వద్ద అంతమవుతాయి.
- బలరేఖపైన ఏ బిందువు వద్దనైన గీచిన స్పర్శరేఖ ఆ బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్ర దిశను తెలుపుతుంది.
- ఏ బిందువు వద్ద అయినా, ఏకాంక అడ్డుకోత వైశాల్యానికి గల విద్యుత్ బలరేఖల సంఖ్య, ఆ బిందువు వద్ద గల విద్యుత్ క్షేత్రానికి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.
- ఏ రెండు విద్యుత్ బల రేఖలూ ఒకదానికొకటి ఖండించుకోవు.

17.4 విద్యుత్ అభివాహము మరియు గాస్ నియమం

r వ్యాసార్థం గల ఒక గోళాన్ని తీసుకుందాం. దాని కేంద్రం వద్ద +q ఆవేశంను ఉంచామనుకుందాం. గోళం ఉపరితలంపై ప్రతి బిందువు వద్ద గల విద్యుత్ క్షేత్ర పరిమాణం.

$$E = k \times \frac{q}{r^2}$$

విద్యుత్ క్షేత్ర దిశ ఉపరితలానికి లంబంగా బయట వైపుకు ఉంటుంది. గోళాకార తలంపై $\Delta\mathbf{s}$ వైశాల్యం కలిగిన అల్పాంశంను తీసుకుందాము. ఇక్కడ $\Delta\mathbf{s}$ అనేది ఒక సదిశ. దీని పరిమాణం అల్పాంశం వైశాల్యం $\Delta\mathbf{s}$ కు సమానం, దిశ అల్పాంశంకు లంబంగా ఉంటుంది. (పటం 17.16)



పటం 17.16

విద్యుత్ అభివాహం $\Delta\phi$ ను $\Delta\mathbf{s}$ మరియు $\mathbf{E}$ ల అదిశా లబ్ధంగా నిర్వచించవచ్చు.

$$\Delta\phi = \mathbf{E} \cdot \Delta\mathbf{s}$$

మొత్తం గోళాకార తలం గుండా పోయే విద్యుత్ అభివాహం ϕ కావాలంటే అటువంటి అన్ని అంశదానములను కలపాలి.

$$\phi_E = \sum_{\Delta s_i = 1}^{N} \mathbf{E_i} \cdot \mathbf{\Delta s_i} \qquad (17.21)$$

$\mathbf{E}$ మరియు $\Delta\mathbf{s}$ ల మధ్యకోణం శూన్యం. కాబట్టి గోళాకార తలం గుండా పోయే మొత్తం అభివాహం

$$\phi_E = k \times \frac{q}{r^2} \Sigma \Delta s$$

గోళాకార తలంపై అన్ని అల్పాంశాల మొత్తం వైశాల్యం విలువ $4\pi r^2$. కాబట్టి గోళాకార తలం గుండా పోయే నికర విద్యుత్ అభివాహం

$$\phi_E = k \times \frac{q}{r^2} \times 4\pi r^2$$

$$= 4\ \pi\ k \times q$$

$k = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ ను ప్రతిక్షేపిస్తే

$$\phi_E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times 4\pi q$$

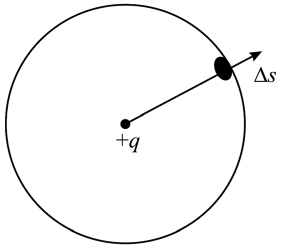
$$= q/\varepsilon_0 \qquad (17.22)$$

గోళంలోని గోళాకార తలాన్ని గాసియన్ తలం అంటారు. సమీకరణం (17.22) ను గాస్ నియమం అని అంటారు. గాస్ నియమంను ఈ విధంగా నిర్వచించవచ్చు. ఏదైనా ఒక మూసిన గాసియన్ తలం గుండా వెలువడే నికర విద్యుత్ అభివాహం ϕ ఆ తలం లోపల ఉన్న మొత్తం విద్యుదావేశం q కి $\dfrac{1}{\varepsilon_0}$ రెట్లు ఉంటుంది.

గాస్ నియమాన్ని వర్తింపచేసి విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని సులువుగా ఉత్పాదించవచ్చు. గాసియన్ తలం ఒక ఊహించిన సంవృత తలం అని మీరు గమనించాలి. ఈ తలం సౌష్టవంగా ఉండనవసరం లేదు. ఏ ఆకారంలోనైనా ఉండవచ్చు కాని మూసిన తలమై ఉండాలి అంతే

బిందు విద్యుదావేశం వల్ల ఒక బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్రం (Electric Field due to a Point Charge)

గాస్ సూత్రాన్ని ఉపయోగించి బిందు విద్యుదావేశం వల్ల ఏర్పడే విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని కనుక్కుందాం. r వ్యాసార్ధం కలిగి, కేంద్రం వద్ద ఒక బిందు విద్యుదావేశం గల గోళాకార గాసియన్ తలాన్ని పటం 17.17లో చూపినట్లు ఊహిద్దాం. గోళాకార సౌష్టవరీత్య ఈ తలంపై ఏ బిందువు వద్దనైనా తలానికి లంబదిశలో బయటకు విద్యుత్ క్షేత్రం **E** ఉంటుంది. వైశాల్య అల్పాంశం $\Delta\mathbf{s}$ కు గీసిన లంబం, **E** కు సమాంతరంగా ఉంది. గాస్ సూత్రం ప్రకారం



పటం 17.17 : +q ఆవేశ కేంద్రం వద్ద గల గోళాకార తలంపై విద్యుత్ క్షేత్రం

$$\phi_E = \sum_{i=1}^{N} \mathbf{E_i}.\mathbf{\Delta s_i} = q/\varepsilon_0$$

$\cos\theta = 1$ మరియు తలంపై అన్ని బిందువుల వద్ద **E** సమానం కాబట్టి

$$\phi_E = E \times 4\pi r^2$$

లేదా $$q/\varepsilon_0 = E \times 4\pi r^2$$

$\Rightarrow$ $$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \qquad (17.23)$$

గోళాకార తలంపై E ని గణించిన బిందువు వద్ద రెండవ ఆవేశం q_0 ఉంటే విద్యుత్ క్షేత్రం వల్ల q_0 ఆవేశంపై కలిగే బల పరిమాణం

$$F = q_0 \times E$$

అపుడు $$F = \frac{qq_0}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \qquad (17.24)$$

ఈ ఫలితాన్ని మీరు గుర్తించారా? ఇది రెండు స్థిర బిందు ఆవేశాల మధ్యగల కూలుంబ్ బలానికి సమాసం.

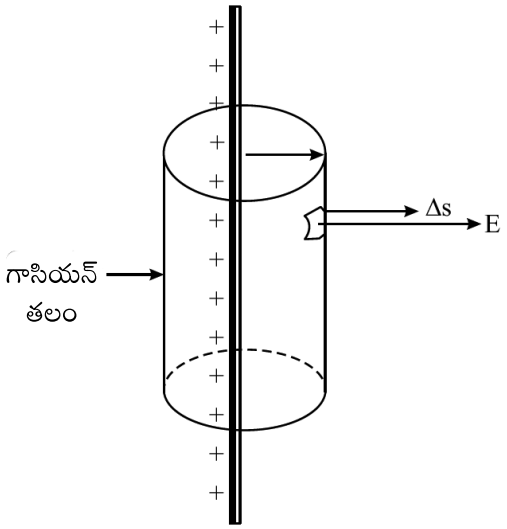
కార్ల్ ఫెడరిక్ గాస్ (1777-1855)

గణిత, భౌతిక శాస్త్రాలలో కృషిచేసిన ప్రముఖ మేధావులలో గాస్ ఒకరు. ఇతను జర్మను దేశస్థుడు. విభిన్న రంగాలైన దృశాశాస్త్రం, విద్యుత్, అయస్కాంతత్వం, ఖగోళశాస్త్రం, అంకగణిత సిద్ధాంతం, అవకలన జ్యామితి మరియు గణిత విశ్లేషణలలో ఇతని పాత్ర ఉంది. ఈయన 3 సంవత్సరాల వయస్సులోనే వాళ్ళ నాన్న గారి వ్యాపార లెక్కలలోని తప్పులు సరిచేసిన బాల మేధావి. ప్రాథమిక విద్యాభ్యాసంలోనే 1 నుంచి 100 అంకెలను ఒక సెకండులో కూడి వాళ్ళ గురువు గారిని ఆశ్చర్యపరిచారు.

ఇతని విద్యార్థులు చాలామంది గొప్ప గణిత శాస్త్రజ్ఞులుగా ఎదిగారు. వారిలో కొందరు రిచర్డ్ డెడికైండ్, బెర్‌హర్డ్ రీమన్, ఫెడరిక్ బెసల్ మరియు సోఫీ జర్మేన్. ఇతని గౌరవార్థం జర్మను దేశం మూడు పోస్టల్ స్టాంపులను మరియు 10మార్క్ (జర్మనీ కరెన్సీ) బ్యాంక్ నోటును విడుదల చేసింది. చంద్రుని పై గల క్రేటరును గాస్ క్రేటరు అని మరియు ఖగోళంలోని ఆస్ట్రరాయిడ్‌ను 100 గాసియా అని ఇతని పేరు మీద పిలుస్తున్నారు.

ఆవేశితమైన తిన్నని తీగ వల్ల కలిగే విద్యుత్ క్షేత్రం (Electric Field due to a Long Line Charge)

సమదైర్ఘ్య ఆవేశ సాంద్రత σ_l (ప్రమాణ పొడవుకు గల ఆవేశం) ఉన్న ఒక అనంతమైన పొడవు కలిగిన తిన్నని ఆవేశితమైన తీగను తీసుకుందాం. +q ఆవేశం ఈ తీగపై ఉందనుకుందాం. r దూరంలో ఉన్న P అనే బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని మనం లెక్కించాలి. ఇప్పుడు మనం ఆవేశిత తీగ చుట్టూ తీగను ఆవరిస్తూ తీగతో సహాక్షంగా ఉండే ఒక స్తూపంను గీయాలి. ఈ స్తూపం రెండు చివరలు మూసి ఉండాలి. ఈ స్తూపాకార గాసియన్ తలాన్ని పటం 17.18లో చూపించాం.



పటం 17.18: సమ దైర్ఘ్య ఆవేశ సాంద్రత గల ఆవేశితమైన తిన్నని తీగ వల్ల కలిగే విద్యుత్ క్షేత్రం. గాసియన్ తలం ఒక సమకోణ వృత్తాకార స్తూపం.

ఆవేశిత తీగ నుంచి అన్ని బిందువులు సమాన దూరంలో ఉన్నాయి కాబట్టి స్తూప వక్రతలంపై ఏ బిందువు వద్దనైనా విద్యుత్ క్షేత్ర పరిమాణం **E** స్థిరంగా ఉంటుంది. విద్యుత్ క్షేత్ర దిశ, అల్పాంశ వైశాల్యానికి (Δ**s**) గీసిన లంబం సమాంతరంగా ఉన్నాయి. గాసియన్ స్తూపం పొడవు l అనుకుందాం. గాసియన్ స్తూపం చేత ఆవరింపబడిన మొత్తం ఆవేశం $q = \sigma_l l$. స్తూపం వక్రతల వైశాల్యం $2\pi r l$.

స్తూపంకు పైన, కింద గల చదునైన తలాల సదిశా వైశాల్యాలు విద్యుత్ క్షేత్రానికి లంబంగా ఉంటాయి ($\cos 90° = 0$) కాబట్టి ఈ తలాల గుండా విద్యుత్ అభివాహం సున్నా అవుతుంది. అపుడు

$$\phi_E = \Sigma\, \mathbf{E}.\, \Delta\mathbf{s}$$

$$= E \times 2\pi r l$$

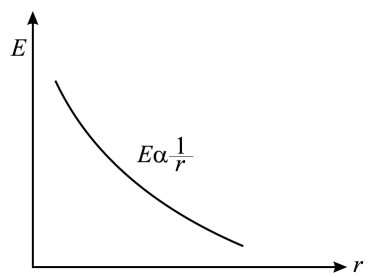
గాస్ సూత్రం ప్రకారం $\phi_E = q/\varepsilon_0$ కాబట్టి

$$E \times 2\pi r l = \frac{q}{\varepsilon_0} = \frac{\sigma_l l}{\varepsilon_0}$$

లేదా

$$E = \frac{\sigma_l}{2\pi\varepsilon_0 r} \qquad (17.25)$$

పై సమీకరణం, విద్యుత్ క్షేత్రం విలువ తీగ నుంచి బిందువు వరకు గల దూరానికి విలోమానుపాతంలో ఉంటుందని తెలుపుతుంది. దీనినే పటం 17.19లో చూపించాం.



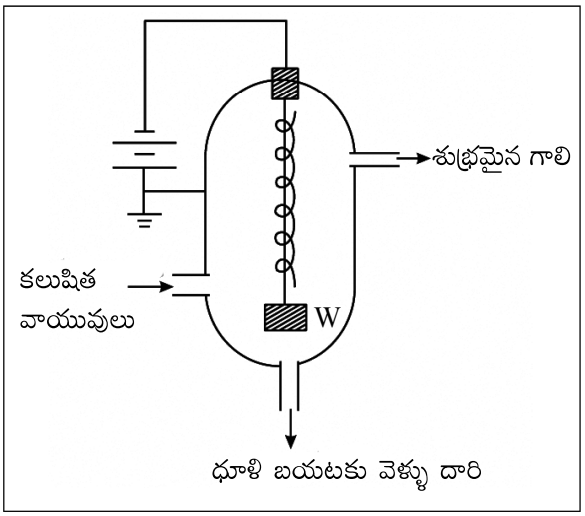
పటం 17.19 : ఆవేశిత తిన్నని తీగలో r తో E లో కలిగే మార్పు

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 17.4

1. గాసియన్ తలం గుండా పోయే విద్యుత్ అభివాహం శూన్యం. అయితే ఇది ఖచ్చితంగా ఈ అర్థాన్ని ఇస్తుందా?
   (a) తలం లోపల గల మొత్తం ఆవేశం శూన్యం.
   (b) తలంపై ప్రతిబిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్రం శూన్యం.
   (c) తలం లోపలికి ప్రవేశించే విద్యుత్ బల రేఖల సంఖ్య తలం బయటికి వెళ్ళే బలరేఖల సంఖ్యకు సమానం.
2. విద్యుత్ క్షేత్రం విలువ 3.0×10^6 NC^{-1} కంటే ఎక్కువయినప్పుడు గాలిలో స్పార్క్‌లు (వెలుగులు) ఏర్పడతాయి. చుట్టూ ఉన్న గాలిలో స్పార్క్‌లు రాకుండా, 5.0 cm వ్యాసార్థం గల గోళం ఎంత గరిష్ట ఆవేశంను కలిగి ఉండవచ్చు.
3. ద్విధ్రువం (డైపోల్) ను (a) ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రంలో మరియు (b) ఏకరీతి కాని విద్యుత్ క్షేత్రంలో ఉంచినపుడు దాని మీద పనిచేసే నికర బలం, నికర బలభ్రామకం పరిమాణం, దిశలను తెలపండి?

స్థిర విద్యుత్ ఫిల్టర్ (నిర్గలని)

ఇటుక బట్టీ మరియు థర్మల్ విద్యుచ్ఛక్తి కేంద్రాలలోని పొగ గొట్టాల నుంచి వెలువడే నల్లటి పొగను మరియు ధూళి కణాలను మీరు చూసి ఉంటారు. ఈ పొగలో వాయువులే కాకుండా చిన్న ధూళి (బొగ్గు) కణాలు కూడా అధిక మోతాదులో ఉంటాయి. ఇటువంటి పొగను వాతావరణంలోకి విడుదల చేసినపుడు ధూళి కణాలు భూమిపై పేరుకుని నేలను కలుషితం చేస్తాయి. వాయువులు భూతాపాన్ని కలిగిస్తాయి. ఇవి జీవ వ్యవస్థకు హానికరం. కాబట్టి పొగను వాతావరణంలోకి విడుదల చేసే ముందు ధూళి కణాలను వేరు చేయడం ఎంతైనా అవసరం.



అధిక విద్యుత్ క్షేత్రం ఉపయోగించడం వల్ల వాయువులలో కలిగే విద్యుదుత్సర్గం యొక్క ముఖ్య అనువర్తనమే స్థిర విద్యుత్ ఫిల్టర్ పరికరం లేదా ఫ్రెసిపిటేటర్.

ఈ పరికరాన్ని పటంలో చూపించాం. లోహపాత్ర మధ్యలో గల తీగ వద్ద అధికమైన రుణపొటెన్షియల్ ఉందనుకుందాం (సుమారుగా 100 kV). పాత్ర యొక్క గోడను బ్యాటరీ ధనాత్మక కొనకు మరియు భూమికి కలపాలి. పాత్ర మధ్య భాగంలో ఉన్న తీగను బరువు W తిన్నగా ఉంచుతుంది. గోడ నుంచి తీగ వైపుకు విద్యుత్ క్షేత్రం ఏర్పడుతుంది. ధూళి, వాయువులను పాత్ర గుండా పంపాలి.

తీగ వద్ద గల అధిక క్షేత్రం వల్ల విద్యుదుత్సర్గం జరుగుతుంది. ధన, రుణ అయానులు మరియు ఎలక్ట్రానులు ఉత్పన్నమవుతాయి. ఈ రుణావేశ కణాలు గోడ వైపుకు కదలుతాయి. ధూళి కణాలతో ఇవి అభిఘాతం చెంది వాటిని ఆవేశితం చేస్తాయి. అధిక ధూళి కణాలు రుణావేశితం అయి పాత్ర గోడ వైపుకు ఆకర్షింపబడతాయి. పాత్రను కుదిపినపుడు కణాలు గోడను విడిచి పాత్ర అడుగు భాగానికి చేరుకుంటాయి. నిర్గమన పైపు ద్వారా వీటిని బయటికి తీయవచ్చు. ఈ విధంగా ధూళికణాలను వాయువుల నుండి వేరుచేసిన శుద్ధమైన గాలి వాతావరణంలోకి వస్తుంది. అధిక దక్షతగల ఈ రకం ఫిల్టర్‌లు పొగ నుండి సుమారుగా 98% వరకు ధూళిని తీసివేస్తాయి.

మీరు ఏమి నేర్చుకున్నారు

- గాజు కడ్డీని సిల్కుతో రుద్దినపుడు, రబ్బరును బొచ్చుతో రుద్దినపుడు విద్యుదావేశం ఏర్పడుతుంది.
- సాంప్రదాయంగా గాజు కడ్డీ మీద చేరిన ఆవేశాన్ని ధనాత్మకంగానూ రబ్బరు మీద చేరిన ఆవేశాన్ని రుణాత్మకంగా తీసుకంటారు.
- సజాతి ఆవేశాలు పరస్పరం వికర్షించుకుంటాయి విజాతి ఆవేశాలు పరస్పరం ఆకర్షించుకుంటాయి.
- రెండు బిందు ఆవేశాల మధ్యగల బల పరిమాణం, దిశ కూలుంబ్ నియమం నుంచి మనకు తెలుస్తుంది.

$$\mathbf{F} = k\ \frac{q_1 \times q_2}{r^2}\hat{\mathbf{r}}$$

ఇక్కడ $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9.0 \times 10^9\ \mathrm{Nm^2C^{-2}}$

- ప్రకృతిలో ఆవేశానికి గల అతి చిన్న ప్రమాణం, ఎలక్ట్రాను మీద గల ఆవేశం

$$e = 1.60 \times 10^{-19}\ \mathrm{C}$$

- విద్యుదావేశం నిత్యత్వం మరియు e యొక్క ప్రమాణాలలో క్వాంటీకరణం చెందుతుంది.
- q ఆవేశం వల్ల ఒక బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని ఏకాంక శోధనావేశం q_0 మీద పనిచేసే బలంగా నిర్వచిస్తారు.

$$\mathbf{E} = \mathbf{F}/q_0 = k \times \frac{q}{r^2}\hat{\mathbf{r}}$$

- ఆవేశ సమూహం వల్ల ఒక ఆవేశంపై పని చేసే బలాన్ని అధ్యారోపణ నియమంను ఉపయోగించి కనుక్కోవచ్చు. ఈ నియమాన్ని ఒక బిందువు వద్ద ఆవేశ సమూహం వల్ల ఏర్పడే విద్యుత్ క్షేత్రానికి కూడా అనువర్తింపవచ్చు.
- సమాన పరిమాణాలు గల రెండు విజాతి బిందు విద్యుదావేశాలను నిర్దిష్టమైన స్వల్ప దూరంలో ఉంచిన అమరికను విద్యుత్ డైపోల్ (ద్విధ్రువం) అంటారు. డైపోల్ విద్యుత్ భ్రామకం $|\mathbf{p}| = qr$, $\mathbf{p}$ దిశను డైపోల్‌లోని రుణ విద్యుదావేశం నుండి ధన విద్యుదావేశం వైపు తీసుకుంటాం.

- డైపోల్ అక్షంపై దూరంగా గల బిందువు విషయంలో (end-on స్థానంలో) మరియు డైపోల్ మధ్య లంబ రేఖపై దూరంగా గల బిందువు విషయంలో (broad-on స్థానంలో) విద్యుత్ క్షేత్రాలు వరసగా

$$\mathbf{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2\mathbf{p}}{r^3}$$

మరియు $$\mathbf{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\mathbf{p}}{r^3}.$$

- విద్యుత్ బలరేఖలు, విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని మరింత అర్థం చేసుకోవడానికి ఉపయోగపడుతుంది.
- ఒక వైశాల్యానికి లంబదిశగా ఆ వైశాల్యం గుండా పోయే విద్యుత్ బలరేఖల సంఖ్యను విద్యుత్ అభివాహం అంటారు. ϕ_E ఈ విధంగా నిర్వచిస్తారు.

$$\phi_E = \mathbf{E.\ A}.$$

- ఏదయినా ఒక మూసిన తలం నుంచి వెలువడే మొత్తం విద్యుత్ అభివాహం, ఆ తలం చేత ఆవరింపబడిన మొత్తం ఆవేశానికి $\frac{1}{\varepsilon_0}$ రెట్లు ఉంటుంది అని గాస్ సిద్ధాంతం (నియమం) తెలుపుతుంది.
- సమదైర్ఘ్య ఆవేశ సాంద్రత σ_l గా ఉన్న అనంత పొడవు కలిగిన సన్నని తిన్నని తీగవల్ల ఏర్పడే విద్యుత్ క్షేత్రం,

$$E = \frac{\sigma_l}{2\pi\varepsilon_0 r}.$$

ముగింపు అభ్యాసం

1. x అక్షంపై x =20 cm వద్ద + 12μ C ఆవేశం మరియు x = 29 వద్ద –18 μ C (– q) ఆవేశం 18μC ఆవేశంపై పనిచేసే బల పరిమాణం, దిశలను కనుక్కోండి. 12μC ఆవేశంపై పనిచేసే బలదిశను తెలపండి.
2. 3.0 m దూరంతో వేరుచేయబడిన రెండు బిందు ఆవేశాలు q_1, q_2 లపై 16×10^{-15} N అన్యోన్య బలం పనిచేస్తుంది. ఆవేశాల మధ్య దూరాన్ని 6.0 m కు పొడిగించినపుడు బల పరిమాణం ఎంత?
3. A, B అనే రెండు బిందువులు x దూరంలో ఉన్నాయి. రెండు బిందువులపై +q ఆవేశం ఉన్నపుడు వాటి మధ్యగల బలం F. ఇపుడు బిందు ఆవేశాలకు బదులుగా +q ఆవేశం గల రెండు సర్వసమానమైన లోహపు గోళాలను బిందువులపై ఉంచారు. గోళ కేంద్రాల మధ్య దూరం కూడ x అయిన వాటి మధ్య బలం మారుతుందా? మీ సమాధానాన్ని సమర్థించడానికి కారణాలు తెలపండి.
4. రెండు ఆల్ఫా కణాలు 10^{-13} m దూరంగా శూన్యంలో ఉన్నాయి. వాటి మధ్య పనిచేసే బలాన్ని లెక్కించండి.

5. రెండు బిందు ఆవేశాలు 16 cm దూరంలో ఎడంగా శూన్యంలో ఉన్నప్పుడు వాటి మధ్య వికర్షణ బలం 7.5×10^{-10} N నిరోధ స్థిరాంకం k = 2.5 గల యానకంలో వీటిని ఉంచినపుడు వాటి మధ్యగల బలంను కనుక్కోండి.

6. x దూరం ఎడంగా ఉన్న రెండు ప్రోటాన్ల మధ్య ఉండే విద్యుత్ బలాన్ని గురుత్వ బలంతో పోల్చండి. ఒక్కొక్క ప్రోటాను 1.60×10^{-19} C ఆవేశం 1.67×10^{-27} kg, ద్రవ్యరాశి మరియు గురుత్వ స్థిరాంకం $G = 6.67 \times 10^{-11}$ Nm^2kg^{-2}.

7. ఒక్కొక్కటి +q ఉన్న సర్వసమానమైన నాలుగు బిందు ఆవేశాలను ప్రమాణ భుజం కలిగిన ఒక చతురస్రం నాలుగు శీర్షాల వద్ద ఉంచారు. చతురస్రం కేంద్రం వద్ద q_0 శోధనావేశంను ఉంచితే దాని పై పని చేసే బలాన్ని కనుక్కోండి.

8. విద్యుత్ బలరేఖలు పరస్పరం సమాంతరంగా ఎపుడు ఉంటాయి.

9. ఒక లోహ గోళానికి 6.4×10^{-7}C ధనావేశం కలిగించడానికి ఎన్ని ఎలక్ట్రానులు దాని నుంచి తీసివేయాలి.

10. $q = 3.0 \times 10^{-6}$ C మరియు $2l = 4 \times 10^{-10}$ m గల ఒక విద్యుత్ డైపోల్‌ను తీసుకుందాం. డైపోల్ విద్యుత్ భ్రామకం పరిమాణంను కనుక్కోండి. మధ్యలంబ తలంపై $r = 6 \times 10^{-6}$m దూరంలో గల బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని కనుక్కోండి.

11. 3.0 mm వ్యాసార్థం గల లోహపు గోళంపై $-q = 15 \times 10^{-6}$ C ఆవేశాన్ని ఉంచారు. గోళ కేంద్రం నుంచి r =15 cm దూరంలో గల బిందువు వద్ద ఏర్పడ్డ విద్యుత్ క్షేత్ర పరిమాణం, దిశను కనుక్కోండి. పై గోళాన్ని అంతే ఆవేశం కలిగి, 9.0 mm వ్యాసార్థం గల గోళంతో మార్చినపుడు అదే బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్ర పరిమాణం దిశలను కనుక్కోండి.

12. 20 cm వ్యాసార్థం గల గోళ కేంద్రం వద్ద +15μC ఆవేశాన్ని ఉంచారు. గోళ తలం గుండా విద్యుత్ అభివాహంను కనుక్కోండి.

13. ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రం $E = 8.0 \times 10^4$ NC^{-1} లో ఒక ప్రోటానును ఉంచినపుడు దాని త్వరణంను లెక్కించండి.

14. రెండు బిందు ఆవేశాలు q_1, q_2 లు 3.0 cm దూరం ఎడంగా ఉన్నాయి మరియు $(q_1 + q_2) = 20$ μC వాటి మధ్య గల వికర్షణ బలం 750 N అయితే q_1, q_2 లను లెక్కించండి.

పాఠంలోని ప్రశ్నలకు సమాధానాలు

17.1

1. (i) అవును (ii) ఆవేశం $= 3.2 \times 10^{-17}$ C.

2. + Q ఆవేశాన్ని A కల్గి ఉంటుంది. A, B లు రెండు స్పర్శించుకొనేట్లుగా వాటిని దగ్గరకు తెస్తే, ఆవేశం సమంగా వితరణ చెందుతుంది.

(i) ఉంటుంది. (ii) + Q/2

3. $q = 4.8 \times 10^{-16}$

Ne = q కాబట్టి

$$N = \frac{4.8\times10^{-16}}{1.6\times10^{-19}} = 3.0 \times 10^{3}$$ ఆవేశాలు.

17.2

1. $Q_1 = 16\ \mu C$, $Q_2 = 9\ \mu C$ మరియు $r = 12m$

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1q_2}{r^2}$$

$$= \frac{(9\times10^{9}\ Nm^2C^{-2})(16\times10^{-6}\ C)\times(9\times10^{-6}\ C)}{144m^2} = 9 \times 10^{-3}\ N$$

(i) q_2 నుండి q_1 దిశలో

(ii) q_1 నుండి q_2 దిశలో

2. B వద్ద ఉన్న ఆవేశం వల్ల A వద్ద గల బలం, $F_1 = k\frac{q^2}{a^2}$

ఇక్కడ AB = a. AB = AC కావున

B వద్ద ఉన్న ఆవేశం వల్ల A వద్ద గల బలం

$$F_2 = k\frac{q^2}{a^2}$$

$$R^2 = F_1^2 + F_2^2 = 2F^2$$

45° ల వద్ద $R = F\sqrt{2}$

17.3

1. (a) E + x అక్షం వైపు

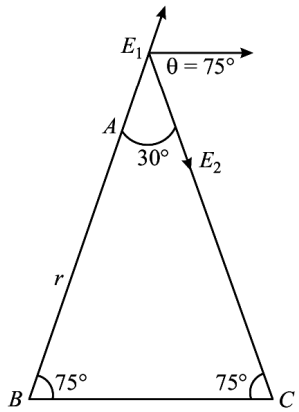
(b) + y అక్షం వైపు

(c) x అక్షంతో 45° వద్ద

2. AB = AC = 40 cm

$$|\mathbf{E_1}| = \frac{kq}{r^2} = |\mathbf{E_2}| = \frac{9\times10^9 Nm^2C^{-2}\times\left(2\times10^{-6}C\right)}{(0.40m)^2}$$

$$= 1.125\times10^5\ NC^{-1}$$



$\mathbf{E}_1$, $\mathbf{E}_2$ ల ఫలితం BC కి సమాంతరం కాబట్టి

$$R^2 = E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2\cos150$$

$$= 2\ E^2 + 2\ E^2 \cos\ (180 - 30)$$

$$= 2E^2 - 2E^2\times\cos 30 = 2E^2\left(1+\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$

$$= 4.723\times10^{10}\ N^2C^{-1}$$

ఈ ఫలితం దిశ BC కి సమాంతరంగా B→C కి ఉంటుంది.

3. భూమి దిశలో **E** ఉంటుంది. రుణావేశం పై గల బలం నిలువుగా పైకి ఉంటుంది.

4. ఆవేశాల మధ్య బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్రం సున్నా.

17.4

1. (a) అవును (b) ఖచ్చితంగా కాదు (c) అవును

2. $$E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$

$$\therefore\quad Q = 4\pi\varepsilon_0 r^2 E$$

$$= \left(3\times10^6\ NC^{-1}\right)\times\frac{1}{\left(9\times10^9\ Nm^2C^{-2}\right)}\times\left(25\times10^{-4}\ m^2\right)$$

$$= 8.3\times10^{-7}\ C$$

3. (a) $\mathbf{F} = 0,\ \tau = 0$

(b) $\mathbf{F} \neq 0\ \tau = 0$

ముగింపు అభ్యాసంకు సమాధానాలు

1. రుణ x–అక్షం వైపు 240N, +12 μC ఆవేశంపైన బలం ధన +x అక్షంవైపు ఉంటుంది.

2. $F = 4\times10^{-15}$ N

3. మారదు. యానకంలో మార్పులేదు గోళంపై ఆవేశం మొత్తం కేంద్రం వద్ద కేంద్రీకృతమైనట్లు వ్యవహరిస్తుంది.

4. 92.16×10^{-3} N

5. 3×10^{-10}N

6. విద్యుత్ బలం, గురుత్వ బలానికి సుమారుగా 10^{36} రెట్లు ఉంటుంది.

7. సున్నా

8. కెపాసిటర్ లాంటి వ్యవస్థలో పలకల మధ్య

9. 4×10^{12} ఎలక్ట్రాన్లు

10. 12×10^{-16} Cm. 0.5×10^{15} NC^{-1}

11. 6×10^{-6} NC^{-1} కేంద్రం వైపు ఉంటుంది, విద్యుత్ క్షేత్రం సమానంగా ఉంటుంది.

12. 1.7×10^{6} NC^{-1} m^2

13. 7.6×10^{12} ms^{-2}

14. 15μC మరియు 5 μC.

18

స్థిరవిద్యుత్ పొటెన్షియల్ మరియు కెపాసిటెన్స్

పరిచయం

ప్రవాహాలు మరియు ఉష్ణశక్తి ప్రవహించే దిశల గురించి మీరు రెండవ, మూడవ పాఠంలో తెలుసుకున్నారు. వేరు వేరు నీటి మట్టాలున్న రెండు పాత్రలను ఒక గొట్టంతో అడుగు భాగంలో కలిపితే పాత్రలలో గల నీటి పరిమాణంతో సంబంధం లేకుండా ఎక్కువ మట్టం ఉన్న పాత్ర నుండి నీరు తక్కువ మట్టం గల పాత్రలోకి, వాటి మట్టాలు సమానం అయ్యేంతవరకు ప్రవహిస్తుంది. నీటి మట్టం నీటి పీడనాన్ని తెలియచేస్తుంది. అట్లాగే రెండు వస్తువుల ఉష్ణశక్తి ఎల్లప్పుడూ ఎక్కువ ఉష్ణోగ్రత గల వస్తువు నుంచి తక్కువ ఉష్ణోగ్రత గల వస్తువులోకి ప్రవహిస్తుంది. ఇక్కడ కూడ ఉష్ణశక్తి ప్రవాహ దిశ, వస్తువులోని ఉష్ణశక్తి పరిమాణం పైన ఆధారపడదు.

ఇదే విధంగా రెండు బిందువుల మధ్య విద్యుదావేశ ప్రవాహాన్ని విద్యుత్ పొటెన్షియల్ నిర్ణయిస్తుంది. ఒక ధన విద్యుదావేశం ఎప్పుడూ ఎక్కువ పొటెన్షియల్ వద్ద ఉన్న బిందువు నుంచి తక్కువ పొటెన్షియల్ ఉన్న బిందువు దిశగా ప్రవహిస్తుంది. విద్యుత్ క్షేత్రంలో ఒక శోధన ధనావేశంను స్వేచ్ఛగా వదిలినపుడు అది విద్యుత్ క్షేత్ర దిశలో కదులుతుంది. దీన్ని బట్టి **విద్యుత్ క్షేత్రం (E), విద్యుత్ పొటెన్షియల్** (V) అనే భౌతిక రాశులు రెండూ పరస్పరం ఒక దాని మీద మరొకటి ఆధారపడి ఉంటాయని చెప్పవచ్చు. ఈ పాఠంలో విద్యుత్ క్షేత్రం, విద్యుత్ పొటెన్షియల్ అనే భౌతికరాశుల మధ్యగల సంబంధం గురించి నేర్చుకుంటారు. విద్యుదావేశాలను నిల్వ ఉంచే పరికరం కెపాసిటర్ గురించి కూడ ఈ పాఠంలో నేర్చుకుంటారు. ఏకాంతర విద్యుత్‌ను ఫిల్టర్ చేసే కెపాసిటర్‌ను విద్యుద్వలయాలలో పలుచోట్ల మరియు విద్యుచ్ఛక్తి ప్రసారంలో ఉపయోగిస్తారు.

లక్ష్యాలు

ఈ పాఠం చదివిన తర్వాత మీరు కింది విషయాలు తెలుసుకుంటారు.

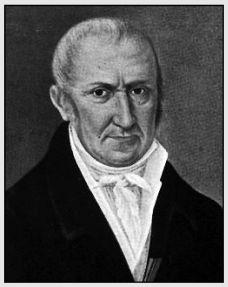
- ఒక బిందువు వద్ద గల విద్యుత్ పొటెన్షియల్‌ను, రెండు బిందువుల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడాను వివరించగలగడం.
- ఒక బిందు ఆవేశం మరియు డైపోల్‌ల వల్ల ఒక బిందువు వద్ద పొటెన్షియల్‌కు సమాసాలు రాబట్టడం.
- కెపాసిటర్ పని చేసే సూత్రం వివరించి, దాని ఉపయోగాలు చెప్పగలడం.
- సమాంతర పలకల కెపాసిటర్ కెపాసిటెన్స్‌కు సూత్రం రాబట్టడం.
- కెపాసిటర్లను సంధానం చేసి తుల్య (ఫలిత) కెపాసిటెన్స్‌ను రాబట్టడం.
- కెపాసిటర్‌లో నిల్వ ఉండే శక్తిని లెక్కించడం.
- విద్యుత్ క్షేత్రంలో విద్యుత్‌రోధక ధ్రువణంను వివరించడం.

18.1 విద్యుత్ పొటెన్షియల్ మరియు పొటెన్షియల్ తేడా

విద్యుత్ క్షేత్రంలో ఒక విద్యుదావేశాన్ని క్షేత్రానికి వ్యతిరేకదిశలో జరపటానికి బాహ్య కారకం పని చేయవలసి ఉంటుంది. శక్తి నిత్యత్వ నియమం ప్రకారం చేసిన ఈ పని ఆవేశంలో స్థితిజ శక్తిగా నిల్వ ఉంటుంది. కాబట్టి విద్యుత్ క్షేత్రంలో ఒక బిందువు వద్ద ఉంచిన ఆవేశంకు స్థితిజ శక్తి ఉంటుందని మనం చెప్పవచ్చు. క్షేత్రంలో ఉన్న ఆవేశ స్థితిజ శక్తిని స్థాన అదిశా ప్రమేయంగా మనం చూడొచ్చు. ప్రమాణ ఆవేశానికి దీనినే పొటెన్షియల్ అంటారు. అంటే విద్యుత్ క్షేత్రంలో వేరు వేరు బిందువుల వద్ద పొటెన్షియల్ వేర్వేరుగ ఉంటుంది. విద్యుత్ క్షేత్రంలో ధనావేశాన్ని ఉంచితే అది తన స్థితిజ శక్తిని తగ్గించుకోవడానికి ఎక్కువ పొటెన్షియల్ నుంచి తక్కువ పొటెన్షియల్ దిశగా కదులుతుంది. తరువాత పాఠంలో పొటెన్షియల్ తేడా అనే భావన విద్యుత్ వలయాలలో విద్యుత్ ప్రవాహంకు ఏ విధంగా తోడ్పడింది తెలుసుకుంటారు.

ఒక విద్యుత్ క్షేత్రంలో ఉండే ఏదైనా ఒక బిందువు వద్దకు అనంత దూరం నుంచి ప్రమాణ ధన విద్యుదావేశాన్ని విద్యుత్ క్షేత్రానికి వ్యతిరేకంగా తీసుకురావడానికి చేయవలసిన పనే ఆ బిందువు వద్ద విద్యుత్ పొటెన్షియల్ అంటారు. విద్యుత్ పొటెన్షియల్ ఒక అదిశరాశి, ఇది జరిగిన పనికి సంబంధించినది.

అలెక్సాండర్, కాంట్ వోల్టా (1745-1827)



ఇటలీలో గల కెమాలో జననం, వోల్టా పెవియా విశ్వవిద్యాలయంలో 20 సంవత్సరాలకు పైగా ప్రొఫెసరుగా ఉన్నారు. ఇతని సమకాలీకులైన ప్రముఖ వ్యక్తులందరికి, వోల్టా గురించి తెలుసు ల్యూగీ గాల్వని గమనించిన కప్ప కండరాలలో ఉండే విద్యుత్ శక్తి ఆమ్ల లేదా ఉప్పు ద్రావణంలో వేరు చేయబడిన రెండు లోహాల మధ్య జరిగే సాధారణ దృగ్విషయమే అని ఇతను నిరూపించారు. తొలి విద్యుత్ ఘటాన్ని కనుగొన్నారు. దీన్నే వోల్టాయిక్ ఘటం అంటారు. ఈయన గౌరవార్థం, పొటెన్షియల్ తేడాకు ప్రమాణం ఇతని పేరు మీద వోల్టుగా నిర్ణయించారు.

క్షేత్ర దిశకు వ్యతిరేకంగా ప్రమాణ ధనావేశం పని చేస్తే, పొటెన్షియల్‌ను ధనాత్మకంగా, క్షేత్ర దిశలో పని చేస్తే, పొటెన్షియల్‌ను రుణాత్మకంగా తీసుకుంటాం.

ఒక విద్యుత్ క్షేత్రంలో A, B లు రెండు బిందువులు అనుకుందాం (పటం 18.1). q_0 శోధన విద్యుదావేశాన్ని A బిందువు నుండి B బిందువుకి ఏదేని మార్గం వెంబడి జరపటానికి, బాహ్యబలం చేయవలసిన పని

$$W_{AB} = q_0 (V_B - V_A) \qquad (18.1)$$

A, B బిందువుల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా

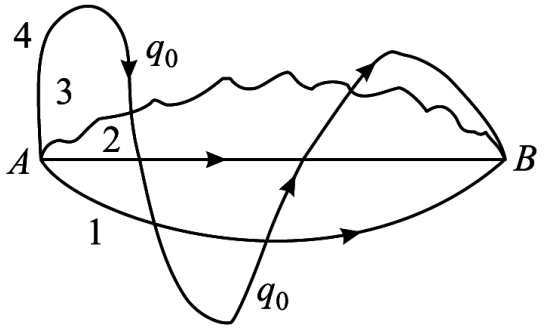
$$V_{AB} = V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q_0} \qquad (18.2)$$

V_A, V_B లు వరుసగా A, B బిందువుల వద్ద పొటెన్షియల్‌లు

ఒక విద్యుత్ క్షేత్రంలో ప్రమాణ ధన విద్యుదావేశాన్ని విద్యుత్ క్షేత్రానికి వ్యతిరేకంగా ఒక బిందువు నుంచి మరొక బిందువుకు కదల్చడానికి చేయవలసిన పనే ఆ రెండు బిందువుల మధ్య గల పొటెన్షియల్ తేడాగా నిర్వచిస్తారు. ఈ పని పథంపైన ఆధారపడదని గమనించాలి. (ఈ కారణం వల్ల విద్యుత్ క్షేత్రం ఒక నిత్యత్వ క్షేత్రం అని చెప్పవచ్చు). SI పద్ధతిలో పొటెన్షియల్, పొటెన్షియల్ తేడాకి ప్రమాణం వోల్ట్ (**volt**)

1 వోల్ట్ = 1 జౌల్ / 1 కూలుంబ్

ఒక కూలుంబ్ విద్యుదావేశాన్ని విద్యుత్ క్షేత్రంలో ఒక బిందువు నుండి మరో బిందువుకు క్షేత్ర దిశకు వ్యతిరేకంగా జరపటానికి చేయవలసిన పని ఒక జౌల్ అయితే, ఆ బిందువుల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడాను ఒక వోల్టు అంటారు. ఒక కూలూంబ్ విద్యుదావేశాన్ని అనంతదూరం నుంచి విద్యుత్ క్షేత్రానికి వ్యతిరేకంగా ఒక బిందువు వద్దకు తీసుకురావడానికి చేయవలసిన పని ఒక జౌల్ అయితే, ఆ బిందువు వద్ద పొటెన్షియల్ ఒక వోల్టు అంటాం.

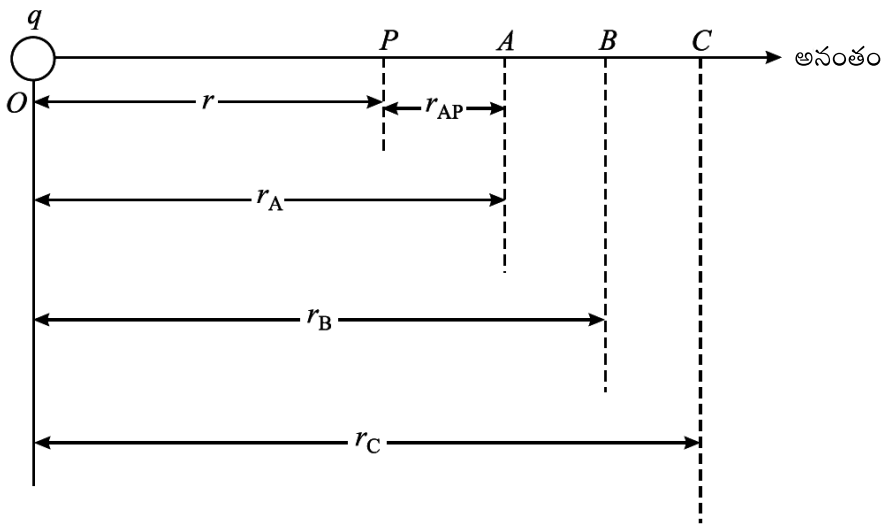


పటం 18.1 : విద్యుత్ క్షేత్రంలో శోధనావేశంను ఒక బిందువు నుంచి మరొక బిందువు వద్దకు తీసుకురావడానికి చేసిన పని, అనుసరించే మార్గంపైన ఆధారపడదు.

ఒక బిందువు వద్ద పొటెన్షియల్ ప్రత్యేకమైన రాశి కాదని గమనించండి. ఎందుకంటే మనం తీసుకునే శూన్య స్థితిశక్తి (అనంతం) పైన పొటెన్షియల్ విలువ ఆధారపడుతుంది కాబట్టి. కాని ఒక స్థిరక్షేత్రంలో రెండు బిందువుల మధ్య గల పొటెన్షియల్ తేడా మాత్రం నిర్ణీత విలువ కలిగి ఉంటుంది. ఇపుడు బిందు ఆవేశం వల్ల కలిగే విద్యుత్ పొటెన్షియల్‌ను ఎలా కనుక్కుంటామో తెలుసుకుందాం.

ఒక బిందు ఆవేశం వల్ల కలిగే విద్యుత్ పొటెన్షియల్

O అనే బిందువు వద్ద ఉంచిన +q బిందు విద్యుదావేశం కారణంగా P అనే బిందువు వద్ద విద్యుత్ పొటెన్షియల్‌ను లెక్కించుదాం. (పటం 18.2), ఇక్కడ OP = r.



పటం 18.2 : విద్యుత్ క్షేత్రంలో ఉండే P బిందువు వద్దకు, అనంతదూరం నుంచి q శోధన ఆవేశాన్ని తీసుకురావడానికి చేయవలసిన పనే ఆ బిందువు వద్ద పొటెన్షియల్

బిందు విద్యుదావేశం వల్ల P వద్ద ఏర్పడే విద్యుత్ క్షేత్ర పరిమాణం.

$$E_p = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{q}{r^2} \qquad (18.3)$$

అదే విధంగా A వద్ద ఏర్పడే విద్యుత్ క్షేత్రం

$$E_A = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{r_A^2} \qquad (18.4)$$

P, A బిందువులు అతి దగ్గరగా ఉంటే E_P, E_A ల గుణ మధ్యమంను ఈ బిందువుల మధ్య గల E_{AP} సరాసరి క్షేత్రంగా తీసుకుంటాం.

$$E_{AP} = \sqrt{E_A \times E_p}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \frac{q}{r_A^2} \times \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \frac{q}{r^2}}$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{r_A r} \qquad (18.5)$$

ఈ ప్రాంతంలో ఉంచిన శోధన ఆవేశం q_0 మీద పని చేసే బల పరిమాణం

$$F_{AP} = q_o E_{AP} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q q_0}{r_A r} \qquad (18.6)$$

శోధనావేశం q_0 ని A నుంచి P కి కదల్చడానికి చేయవలసిన పని

$$W_{AP} = F_{AP} \times r_{AP}$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q q_o}{r_A r} \times (r_A - r)$$

$$= \frac{q q_0}{4\pi\varepsilon_0} \times \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_A}\right) \qquad (18.7)$$

ఇక్కడ r_{AP} అనేది A, P ఆ బిందువుల మధ్య దూరం.

ఇదే విధంగా ఆవేశంను B నుంచి A కి కదల్చడానికి చేసిన పని,

$$W_{BA} = \frac{q q_0}{4\pi\varepsilon_0} \times \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B}\right) \qquad (18.8\ a)$$

మరియు శోధన ఆవేశంను C నుంచి B కి కదల్చడానికి చేసిన పని

$$W_{CB} = \frac{q\,q_0}{4\pi\varepsilon_0} \times \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_C}\right) \qquad (18.8\ b)$$

మరియు మొదలగునవి.

శోధన ఆవేశాన్ని అనంత దూరం నుంచి P బిందువు వద్దకు తీసుకురావడానికి చేసిన మొత్తం పని

$$W = \frac{q\,q_0}{4\pi\varepsilon_0} \times \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_A} + \frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} + \frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_C} \ldots + \ldots - \frac{1}{\infty}\right)$$

$$= \frac{q\,q_0}{4\pi\varepsilon_0} \times \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{\infty}\right)$$

$$= \frac{q\,q_0}{4\pi\varepsilon_0 r} \qquad (18.9)$$

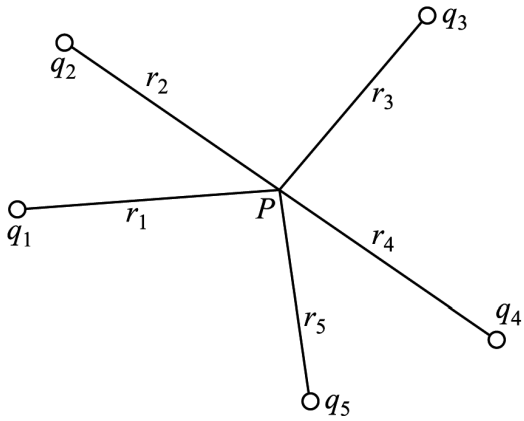
నిర్వచనం ప్రకారం, ఒక బిందువు వద్ద పొటెన్షియల్,

$$V_P = \frac{W}{q_0}$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\,\frac{q}{r} \qquad (18.10)$$

పొటెన్షియల్, దూరానికి విలోమానుపాతంలో ఉందని గమనించండి. q ధనావేశం అయితే పొటెన్షియల్ ధనాత్మకంగా, q రుణావేశం అయితే పొటెన్షియల్ రుణాత్మకంగా ఉంటుంది.

$q_1, q_2, q_3, \ldots,$ పరిమాణాలు గల ఆవేశాల సమూహం వల్ల ఏదయిన ఒక బిందువు వద్ద ఏర్పడే ఫలిత విద్యుత్ పొటెన్షియల్ ఆ ఆవేశాల వల్ల ఏర్పడే వ్యక్తిగత పొటెన్షియల్‌లను అన్నింటిని బీజీయంగా కూడితే వస్తుంది (పటం 18.3)



పటం 18.3 : ఒక ఆవేశ వ్యవస్థ వల్ల ఒక బిందువు P వద్ద ఏర్పడే పొటెన్షియల్

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots$$

$$= \sum_{i=1}^{\infty} \frac{q_i}{4\pi\varepsilon_0 r_i} \qquad (18.11)$$

విద్యుత్ డైపోల్ వల్ల ఒక బిందువు వద్ద పొటెన్షియల్

A, B అనే విద్యుత్ డైపోల్‌లో A వద్ద – q, B వద్ద +q బిందు ఆవేశాలు $2l$ దూరంలో ఉన్నాయనుకుందాం. డైపోల్ మధ్య బిందువు O అనుకుందాం. (r, θ) ధ్రువ నిరూపకాలు గల బిందువు P వద్ద పొటెన్షియల్‌ను లెక్కిద్దాం.

ఇక్కడ పటం (18.4)లో చూపినట్లుగా $OP = r$, $\angle BOP = \theta$, $AP = r_1$ మరియు $BP = r_2$. సమీకరణం (18.10)ను ఉపయోగించి A, B ల వద్ద ఉన్న ఆవేశాల వల్ల P వద్ద ఏర్పడే పొటెన్షియల్‌ను సులభంగా లెక్కించవచ్చు.

$$V_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{(-q)}{r_1}$$

మరియు
$$V_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{q}{r_2}$$

డైపోల్‌లోని రెండు ఆవేశాల వల్ల, P వద్ద ఏర్పడే ఫలిత పొటెన్షియల్

$$V = V_1 + V_2$$

అనగా
$$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right] \qquad (18.12)$$

పై ఫలితాన్ని ఇంకా సులభంగా చెప్పడానికి మనం A, B ల నుండి OP సరళరేఖపై AC, BD లంబాలు గీద్దాం. Δ BOD నుంచి $OD = l\cos\theta$, Δ OAC నుంచి $OC = l\cos\theta$ గా రాయవచ్చు. డైపోల్ చిన్నదయితే (AB<<OP) పటం 18.4 నుంచి PB = PD, PA = PC గా తీసుకుంటాం.

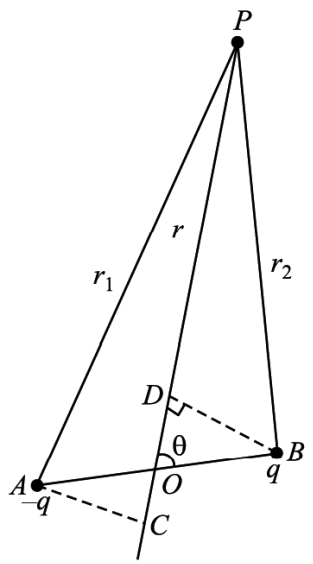
అపుడు
$$PA = PC.$$
$$r_1 = r + l\cos\theta$$
$$r_2 = r - l\cos\theta$$

ఈ ఫలితాలను సమీకరణం (18.12)లో వాడినపుడు

$$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{(r - l\cos\theta)} - \frac{1}{(r + l\cos\theta)}\right]$$

$$= \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{(2l\cos\theta)}{(r^2 - l^2\cos^2\theta)}\right]$$

$$= \frac{q \times 2l\cos\theta}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$



పటం 18.4: విద్యుత్‌డైపోల్ వల్ల P బిందువు వద్ద పొటెన్షియల్

ఇక్కడ $l << r$ కాబట్టి, పదాన్ని $l^2\cos\theta$ పదాన్ని r^2తో పోల్చినప్పుడు తక్కువ కనుక ఉపేక్షించవచ్చు.

డైపోల్ భ్రామకం P పరిమాణం ($\mathbf{P} = q \times 2l$) కాబట్టి పై ఫలితాన్ని ఈ విధంగా రాయవచ్చు.

$$V = \frac{\mathbf{P}\cos\theta}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \qquad (18.13)$$

బిందు ఆవేశం వల్ల ఏర్పడే పొటెన్షియల్‌లో మాదిరి కాకుండా, డైపోల్ వల్ల ఏర్పడే పొటెన్షియల్ దూర వర్గానికి విలోమానుపాతంలో ఉంటుందని పై ఫలితం చూపిస్తుంది.

ఇప్పుడు కొన్ని ప్రత్యేక సందర్భాలను పరిశీలిద్దాం.

ప్రత్యేక సందర్భాలు

సందర్భం I : P బిందువు డైపోల్ అక్షీయ రేఖ పైన ధనావేశం వైపుగా ఉన్నప్పుడు q ($\theta = 0$) మరియు $\cos 0 = 1$. అప్పుడు సమీకరణం (18.13) నుంచి

$$V_{\text{అక్షీయం}} = \frac{\mathbf{P}}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \qquad (18.14)$$

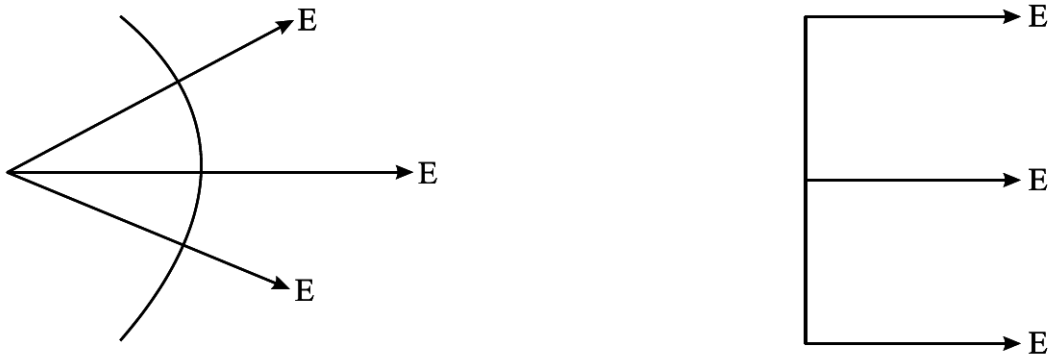
సందర్భం II : P బిందువు డైపోల్ అక్షీయ రేఖపైన రుణావేశం వైపుగా ఉన్నప్పుడు q ($\theta = 180°$), $\cos 180° = -1$ కాబట్టి

$$V_{\text{అక్షీయం}} = -\frac{\mathbf{P}}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \qquad (18.15)$$

సందర్భం III : P బిందువు డైపోల్ మధ్య లంబరేఖ (AB యొక్క లంబ సమద్విఖండన రేఖ) పైన ఉన్నపుడు $\theta = 90°$, $\cos 90° = 0$. అప్పుడు

$$V_{\text{మధ్యలంబరేఖ}} = 0 \qquad (18.16)$$

అనగా డైపోల్, మధ్య లంబరేఖపై ఉన్న అన్ని బిందువుల వద్ద డైపోల్ వల్ల ఏర్పడే పొటెన్షియల్ సున్న అవుతుంది. డైపోల్‌ను పేపర్‌కు లంబంగా ఉంచితే దాని మధ్య లంబరేఖ పేపరు తలంలో ఉంటుంది. ఈ తలంలోని అన్ని బిందువుల వద్ద పొటెన్షియల్ సున్న. అనగా అన్ని బిందువుల వద్ద సమానమైన పొటెన్షియల్ ఉందన్నమాట. సమ పొటెన్షియల్‌లు కలిగిన బిందువులన్నింటినీ కలిపితే ఏర్పడే ఉపరితలాన్ని సమపొటెన్షియల్ తలం అంటారు. సమ పొటెన్షియల్ ఉపరితలానికి గీచిన లంబరేఖ దిశలో విద్యుత్ క్షేత్రం ఉంటుంది. సమపొటెన్షియల్ తలంపై ఒక బిందువు నుంచి మరొక బిందువు వద్దకు ఆవేశాన్ని తీసుకురావడానికి చేసిన పని సున్నా అవుతుంది.

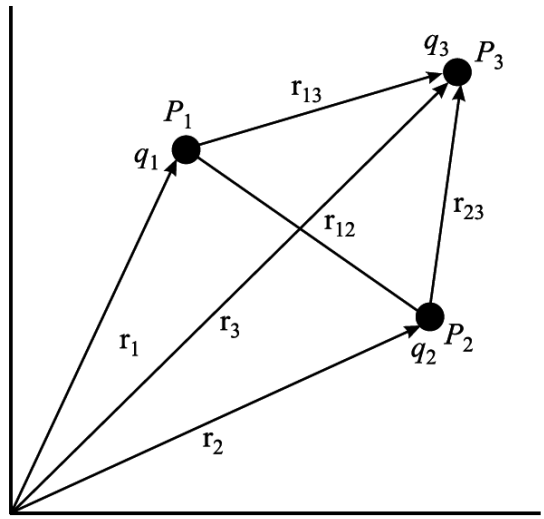


(a) గోళాకార సమపొటెన్షియల్ తలం **(b) సమతల సమపొటెన్షియల్ తలం**

పటం 18.5 : పొటెన్షియల్ తలాలు మరియు విద్యుత్ క్షేత్ర దిశలు

బహుళ బిందు ఆవేశ వ్యవస్థ యొక్క స్థితి శక్తి

విద్యుత్ క్షేత్రంలో ఉన్నపుడు ఒక బహుళ ఆవేశ వ్యవస్థ పొందిన శక్తే, స్థిర విద్యుత్ స్థితి శక్తి. ఆవేశాలు అనంత దూరంలో ఉంటే వాటి మధ్య అన్యోన్య చర్య జరగదు మరియు వాటి స్థితి శక్తి సున్నా. ఆవేశ వ్యవస్థను ఏర్పరచాలంటే ఈ ఆవేశాలన్నింటిని జమ చేయాలి. అంటే వాటిని ఒకదాని దగ్గరకు ఇంకొకదాన్ని తీసుకురావాలి. ఇలా ఆవేశాలను అనంత దూరం నుంచి దగ్గరకు తీసుకురావడానికి పని చేయవలసి ఉంటుంది. ఈ పని ఆవేశ వ్యవస్థలో స్థితి శక్తిగా నిలువ ఉంటుంది. దీన్నే ఆవేశ వ్యవస్థ యొక్క స్థిర విద్యుత్ స్థితి శక్తి అంటారు. అనంత దూరం వేరు చేయబడిన అనేక ఆవేశాలను వ్యవస్థలో వరసగా వాటి స్థానాలకు తీసుకురావడానికి చేయవలసిన మొత్తం పనిని ఆ ఆవేశ వ్యవస్థ యొక్క స్థితి శక్తిగా నిర్వచిస్తాం.



పటం 18.6 : కొంత దూరం వేరుచేయబడిన ఆవేశాల వ్యవస్థ యొక్క స్థితి శక్తి

q_1 బిందు ఆవేశాన్ని $\mathbf{r}_1$ స్థాన సదిశ గల బిందువు P_1 వద్ద ఉంచామనుకుందాం. q_2 ఆవేశం అనంత దూరంలో ఉందనుకుందాం. q_2 ని అనంత దూరం నుంచి తీసుకువచ్చి $\mathbf{r}_2$ స్థాన సదిశ గల బిందువు P_2 వద్ద ఉంచాలి. ఇక్కడ పటం (18.6)లో చూపినట్లు $P_1P_2 = \mathbf{r}_{12}$

P_1 వద్ద గల ఆవేశం q_1 వల్ల P_2 వద్ద ఏర్పడే విద్యుత్ పొటెన్షియల్

$$V_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1}{|\mathbf{r}_{12}|} \qquad (18.17)$$

అని మనకు తెలుసు.

పొటెన్షియల్ నిర్వచనం ప్రకారం, అనంతదూరం నుంచి q_2 ఆవేశాన్ని P_2 వద్దకు తీసుకురావడానికి చేయవలసిన పని

$$W = (P_2 \text{ వద్ద పొటెన్షియల్}) \times \text{ఆవేశ విలువ}$$

ఈ పని q_1, q_2 అనే రెండు ఆవేశాల వ్యవస్థ యొక్క స్థిర విద్యుత్ స్థితి శక్తి (U) గా నిలువ ఉంటుంది. కాబట్టి

$$U = \frac{q_1 \times q_2}{4\pi\varepsilon_0 |\mathbf{r}_{12}|} \qquad (18.18)$$

రెండు ఆవేశాలు ఒకే సంజ్ఞ కలిగి ఉంటే, ఆ ఆవేశాలను దగ్గరగా తీసుకురావడానికి వికర్షణ బలంకు వ్యతిరేకంగా పని చేయాలి. కాబట్టి వ్యవస్థ విద్యుత్ స్థితి శక్తి పెరుగుతుంది. మరొక వైపు ఆవేశాలను దూరంగా జరపటానికి, క్షేత్రం పని చేస్తుంది. ఫలితంగా వ్యవస్థ యొక్క స్థితి శక్తి తగ్గుతుంది. ఆవేశాలు వ్యతిరేక సంజ్ఞ కలిగి ఉంటే (ఒకటి

ధనాత్మకం, రెండవది రుణాత్మకం) ఆవేశాలను దగ్గరగా తీసుకువచ్చినపుడు, ఆవేశ వ్యవస్థ యొక్క స్థితిశక్తి తగ్గుతుంది మరియు ఆవేశాలను ఒకదాని నుంచి మరొకటి వేరుచేస్తే వ్యవస్థ స్థితిశక్తి పెరుగుతుంది.

మూడు ఆవేశాలు గల వ్యవస్థకు (పటం 18.6), సమీకరణం (18.18) ని ఈ విధంగా రాయవచ్చు.

$$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q_1q_2}{r_{12}} + \frac{q_1q_3}{r_{13}} + \frac{q_2q_3}{r_{23}}\right) \qquad (18.19)$$

ఇదే విధంగా అనేక ఆవేశాలతో కూడిన బహుళ ఆవేశ వ్యవస్థకు స్థితి శక్తిని లెక్కించవచ్చు.

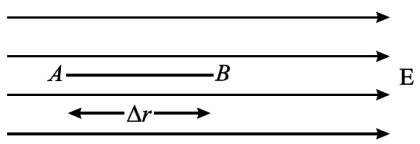
సమీకరణాలు (18.3), (18.13)లను కలిపితే, సమ విద్యుత్ క్షేత్రంలో గల డైపోల్ యొక్క స్థితి శక్తిని కింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$U = Vq = -\,\mathbf{p}E\cos\theta = -\,\mathbf{p.E} \qquad (18.20)$$

ఇక్కడ **P** అనేది విద్యుత్ క్షేత్రం **E** లో గల డైపోల్ విద్యుత్ భ్రామకం, θ అనేది **p**, **E** ల మధ్య కోణం.

18.2 విద్యుత్ క్షేత్రం, పొటెన్షియల్‌ల మధ్య సంబంధం

ఒక ఏకరీతి (సమ) విద్యుత్ క్షేత్రం **E** లో Δr దూరం ఎడంగా ఉన్న A, B అనే రెండు బిందువులను తీసుకుందాం. నిర్వచనం ప్రకారం A, B ల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా ΔV, ప్రమాణ శోధన ధన విద్యుదావేశాన్ని A నుంచి B కి కదల్చడానికి చేయవలసిన పనికి సమానం.



ΔV = (ప్రమాణ ధనావేశంపై గల బలం) × (AB)

$= \mathbf{E}.\,\Delta\mathbf{r} = E\,(\Delta r)\cos 180^{o}$

$= -\,\mathbf{E}\,\Delta\mathbf{r}$

లేదా $$\mathbf{E} = -\frac{\Delta V}{\Delta r} \qquad (18.21)$$

రుణ సంజ్ఞ విద్యుత్ క్షేత్రానికి వ్యతిరేకంగా పని జరిగినట్లు సూచిస్తుంది. $\frac{\Delta V}{\Delta r}$ భౌతికరాశి పొటెన్షియల్ దూరంతో మారే రేటును తెలియచేస్తుంది. దీనినే పొటెన్షియల్ ప్రవణత (***potential gradient***) అంటారు. విద్యుత్ క్షేత్రంలో ఏదయినా ఒక బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రత ఆ బిందువు వద్ద క్షేత్ర దిశలో ఉన్న పొటెన్షియల్ యొక్క రుణ ప్రవణతకు సమానం. విద్యుత్ పొటెన్షియల్ ఒక అదిశ రాశి, కాని విద్యుత్ పొటెన్షియల్ ప్రవణత సంఖ్యాత్మకంగా విద్యుత్ క్షేత్రానికి సమానం కాబట్టి అది ఒక సదిశ అని గుర్తుంచుకోండి.

పై సంబంధం నుంచి ఒక ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రంను ఈ విధంగా రాయవచ్చు.

$$E = \frac{V_A - V_B}{d} \qquad (18.22)$$

ఇక్కడ V_A, V_B లు వరసగా d దూరంలో ఉన్న A, B బిందువుల వద్ద గల పొటెన్షియల్‌లు.

ఉదాహరణ 18.1

1.6×10^{-19} C ఆవేశం కల ఒక ధనావేశ కణాన్ని 10 వోల్టుల బ్యాటరీలో రుణ టెర్మినల్ (కొన) నుంచి ధన టెర్మినల్‌కు జరపటానికి చేయవలసిన పని ఎంత?

సాధన :

సమీకరణం (18.2) నుంచి

$$V_{AB} = W_{AB} / q_O$$

$V_{AB} = 10$ V, $q_0 = 1.6 \times 10^{-19}$ C, కాబట్టి

$$W_{AB} = (10V) \times (1.6 \times 10^{-19}C)$$

$$= 1.6 \times 10^{-18} \text{ J}$$

ఉదాహరణ 18.2

కార్టీజియన్ నిరూపక వ్యవస్థలో మూలబిందువు వద్ద q అనే బిందు ఆవేశం ఉంది. x బిందువు వద్ద విద్యుత్ పొటెన్షియల్ 400 V మరియు విద్యుత్ క్షేత్ర పరిమాణం 150 NC^{-1} అయితే x, q లను కనుక్కోండి.

సాధన : విద్యుత్ క్షేత్రం $E = \frac{V}{x}$

సంఖ్యా విలువలను ప్రతిక్షేపించగా

$$150 = \frac{400}{x}$$

లేదా $$x = 2.67 \text{ m}$$

విద్యుత్ క్షేత్రం ను ఈ కింది విధంగా కూడా రాయవచ్చు.

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{x^2}$$

$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9\times 10^9 \text{N C}^{-2}\text{m}^2$, $E = 150 \text{ N C}^{-1}$, $x = 2.67$ లను ప్రతిక్షేపిస్తే

$$q = \frac{\left(150 \text{ N C}^{-1}\right) \times \left(2.67 \text{ m}\right)^2}{9\times 10^9 \text{ N C}^{-2}}$$

$$= 11.9 \times 10^{-8} \text{ C}$$

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 18.1

1. +q ఆవేశం, R వ్యాసార్థం గల లోహపు గోళతలంపై ఏకరీతిగా వితరణ చెందింది. గోళ కేంద్రం నుంచి r (> R) బిందువు వద్ద గల పొటెన్షియల్ ఎంత?

2. బిందు ఆవేశం q చుట్టూ r వ్యాసార్థం గల వృత్తం గుండా ఒక బిందు ఆవేశాన్ని కదిలించడానికి చేయవలసిన పనిని లెక్కించండి.

3. విద్యుత్ పొటెన్షియల్ V స్థిరంగా ఉన్న ఒక ప్రాంతంలోని విద్యుత్ క్షేత్రం E గురించి మీరు ఏమి చెప్పగలరు.

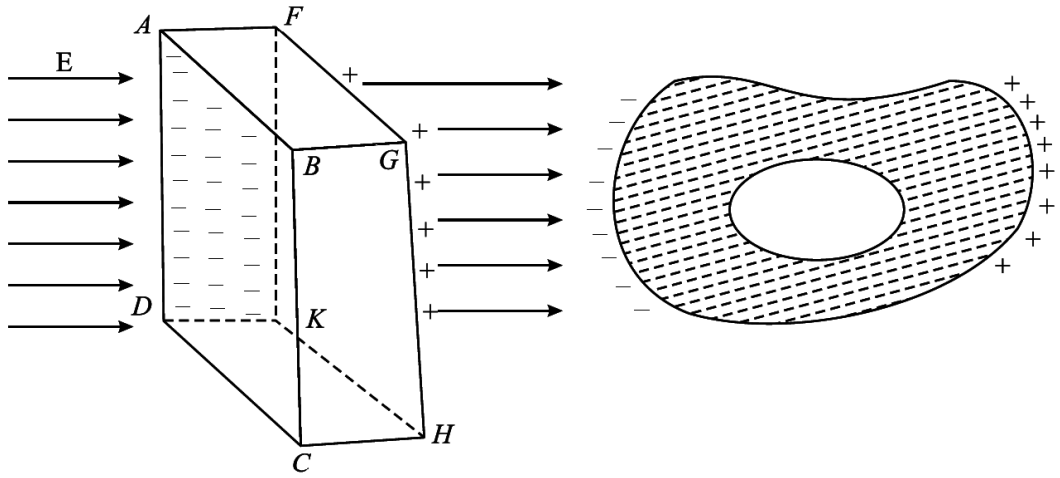
4. ఒక బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్రం సున్నా అయితే, ఆ బిందువు వద్ద విద్యుత్ పొటెన్షియల్ ఖచ్చితంగా సున్నా అవుతుందా?

5. రెండు సమ పొటెన్షియల్ తలాలు ఖండించుకుంటాయా?

ఆవేశ వాహకత్వం ఆధారంగా పదార్థాలను **వాహకాలు, బంధకాలు** అని విభజించారు. ఘన పదార్థాలలో విద్యుత్ వాహకత్వం స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్ల వల్ల జరుగుతుంది, ప్రవాహాలలో ఇది అయానుల వల్ల జరుగుతుంది. వాహకాలకు విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని అనువర్తించినపుడు, వాహకం ద్వారా విద్యుదావేశం ప్రవహిస్తుంది అంటే విద్యుత్ ప్రవాహానికి ఈ ఆవేశాల చలనమే కారణం అన్నమాట. లోహాలు మంచి వాహకాలు. స్వేచ్ఛావేశాలు లేని పదార్థాలను **బంధకాలు** అంటారు. కలప, ఎబొనైట్, గాజు, క్వార్జ్, మైకా మొదలగునవి బంధకాలకు ఉదాహరణలు. వాహకాల వాహకతకు, బంధకాల వాహకతకు మధ్యస్థంగా వాహకత కలిగిన పదార్థాలను **అర్ధవాహకాలని** అంటారు. వాహకాల, బంధకాల విద్యుత్ వాహకతల నిష్పత్తి సుమారుగా 10^{20} ఉంటుంది. ఇపుడు మనం విద్యుత్ క్షేత్రంలో వాహకాల ప్రవర్తన గురించి తెలుసుకుందాం.

విద్యుత్ క్షేత్రంలో వాహకాల ప్రవర్తన

వాహకాల పరమాణువులలోని ఎలక్ట్రానులు దృఢంగా బంధించబడి ఉండవు. ఈ ఎలక్ట్రాన్లు స్వేచ్ఛగా వాహక పదార్థం అంతటా తిరుగుతూ ఉంటాయి. అయితే బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రం ఏదీ లేనప్పుడు వాహకంలో ఒక భాగం నుంచి మరొక భాగానికి ఎలక్ట్రాన్ల నికర బదిలీ ఏదీ ఉండదు. అప్పుడు వాహకం స్థిర విద్యుత్ సమతాస్థితిలో ఉందని అంటాం.



(a) (b)

పటం 18.7 : స్థిర విద్యుత్ పరిరక్షణ ప్రక్రియ (a) ABCD తలంపైకి స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులను బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రం లాగుతుంది. FGHK తలం, ఎలక్ట్రాన్లు లోపించడం వల్ల ధనాత్మకంగా ఆవేశితం చెందుతుంది, వాహకం లోపల నికర క్షేత్రం సున్నా అవుతుంది. (b) వాహకం లోపల కోటరము ఉంటే, కోటరంలోపల విద్యుత్ క్షేత్రం సున్నా అవుతుంది.

బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రం **E** లో ఉంచిన ఒక వాహకాన్ని పటం 18.7(a) చూపిస్తుంది. వాహకంలోని స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు విద్యుత్ క్షేత్రానికి వ్యతిరేక దిశలో త్వరణం పొందుతాయి. ఫలితంగా వాహక ABCD తలంపై ఎలక్ట్రాన్లు వచ్చి చేరతాయి. ఎలక్ట్రానులను తీసివేయడం వల్ల FGHK తలం ధనాత్మకంగా ఆవేశితం చెందుతుంది. ఈ ఆవేశాలు (తలం ABCD పై రుణాత్మకం, తలం FGHK పై ధనాత్మకం) $\mathbf{E_1}$ విద్యుత్ క్షేత్రం ఏర్పచుతాయి. ఇది బాహ్యక్షేత్రం **E** కి వ్యతిరేక దిశలో ఏర్పరుస్తాయి. **E** విలువ $\mathbf{E_1}$ కు సమానం అయ్యే వరకు FGHK నుంచి ABCD కి ఎలక్ట్రాన్ల బదిలి కొనసాగుతూనే ఉంటుంది. వాహకాలు ఈ సమతాస్థితిని సాధారణంగా 10^{-16} s కాలంలో పొందుతాయి. వాహకంలో ఏదైన కోటరము (cavity) ఉంటే, కోటరములో గల విద్యుత్ క్షేత్రం సున్నా అవుతుంది. (పటం 18.7(b))

ఆవేశిత వాహకానికి లేదా తటస్థంగా ఉన్న వాహకం పైన బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రం చేత ఆవేశాలను ప్రేరేపించినపుడు ఈ ఫలితాలు వర్తిస్తాయి.

వాహకం యొక్క ఈ ధర్మాన్ని **స్థిర విద్యుత్ కవచ** ప్రక్రియలో వాడతారు – ఇది అంతరాళంలోని కొంత ప్రాంతాన్ని బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రం నుంచి పరిరక్షించడమనే దృగ్విషయం. బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రాల నుంచి సున్నితమైన విద్యుత్ పరికరాలను పరిరక్షించడానికి వాటిని బోలు వాహకాలలో ఆవృతం(enclosed) చేస్తారు. అలాగే మెరుపులతో కూడిన ఉరుములు వచ్చినపుడు బయట ఉండే కంటే బస్సులో గాని కారులోగాని మనం ఉంటే సురక్షితంగా ఉంటాం. కారు లేదా బస్సు యొక్క లోహపు చట్రం(metallic body) ఉరుము, మెరుపుల నుండి పరిరక్షిస్తుంది.

స్థిరవిద్యుత్ సమతాస్థితిలోని విద్యుద్వాహకం ఈ కింది ధర్మాలను కలిగి ఉంటుంది.

- వాహకం లోపల విద్యుత్ క్షేత్రం ఉండదు.
- వాహక ఆకారంతో సంబంధం లేకుండా, ఆవేశిత వాహకానికి బయట ఏర్పడే విద్యుత్ క్షేత్రం, వాహక తలానికి లంబంగా ఉంటుంది.
- వాహకంకి ఇచ్చిన ఆవేశం అంతా దాని ఉపరితలం మీదనే ఉంటుంది.

18.3 కెపాసిటెన్స్

సమానమైన విజాతీయ విద్యుదావేశాలు +Q, – Q గల రెండు వాహకాలను తీసుకుందాం. వాటి మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా V ఉంది. అటువంటి వాహకాల అమరికను కెపాసిటర్ అంటారు. వాహకం మీది ఆవేశం, పొటెన్షియల్ తేడాకి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుందని ప్రయోగ పూర్వకంగా కనుగొన్నారు. వాహకాల మీద ఆవేశం పెరిగిన కొద్దీ పొటెన్షియల్ తేడా కూడా పెరుగుతుంది. కాని వాటి మధ్య గల నిష్పత్తి స్థిరంగా ఉంటుంది. ఈ నిష్పత్తినే కెపాసిటర్ యొక్క కెపాసిటెన్స్ అంటారు.

$$Q \propto V$$

$$Q = CV$$

$$C = \frac{Q}{V} \qquad (18.23)$$

ఇక్కడ C అనునది అనుపాత స్థిరాంకం

రెండు వాహకాలలో ఏదైనా వాహకంపై గల ఆవేశ పరిమాణంకి, వాటి మధ్య గల పొటెన్షియల్ తేడా V కి గల నిష్పత్తిని కెపాసిటెన్స్ అని నిర్వచిస్తారు. ఇది కెపాసిటర్‌లో ఆవేశాన్ని నిలువ ఉంచుకునే సామర్థ్యానికి కొలత.

SI పద్ధతిలో కెపాసిటెన్స్‌కి ప్రమాణం ఫారడ్ farad (F). విద్యుద్వాహకాలకు ఒక కూలుంబ్ ఆవేశాన్ని ఇచ్చినప్పుడు వాటి మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా ఒక వోల్టు పెరిగితే కెపాసిటెన్స్ ఒక ఫారడ్ అవుతుంది.

$$1 \text{ ఫారడ్} = \frac{1 \text{ కూలుంబ్}}{1 \text{ వోల్టు}} \qquad (18.24)$$

ఆవేశానికి అతి పెద్ద ప్రమాణం కూలుంబ్ అని మీరు ఇంతకు ముందు తెలుసుకున్నారు. అలాగే కెపాసిటెన్స్‌కు ఫారడ్ అతి పెద్ద ప్రమాణం. సాధారణంగా చిన్న ప్రమాణాలైన మైక్రో ఫారడ్ (μF) ల లోను, పికోఫారడ్ (pF) లలోను కెపాసిటీని కొలుస్తారు.

1 మైక్రో ఫారడ్ = 10^{-6} ఫారడ్, μF గా రాస్తాము.

1 పికో ఫారడ్ = 10^{-12} ఫారడ్, pF గా రాస్తాము.

విద్యుత్ వలయంలో కెపాసిటర్‌ను రెండు సమాంతర రేఖలతో సూచిస్తారు.

గోళాకార వాహకం యొక్క కెపాసిటెన్స్

r వ్యాసార్ధం గల గోళాకార వాహకానికి q ఆవేశాన్ని ఇచ్చామనుకుందాం. గోళం పొటెన్షియల్ V అయితే,

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r}$$

$C = \frac{q}{V}$, కాబట్టి,

$$C = \frac{q}{q/4\pi\varepsilon_0 r} = 4\pi\varepsilon_0 r = \frac{r}{9\times10^9} \qquad (18.25)$$

గోళాకార వాహకం యొక్క కెపాసిటెన్స్ దాని వ్యాసార్ధానికి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుందని పై సమీకరణం ద్వారా తెలుస్తుంది. సంఖ్యాత్మకంగా ఇది వ్యాసార్ధాన్ని 9×10^9 తో భాగిస్తే వచ్చిన విలువకు సమానం. ఇక్కడ వ్యాపార్ధాన్ని మీటర్‌లలో తీసుకుంటాం. ఉదాహరణకు 0.18 m వ్యాసార్ధం గల గోళాకార వాహకం యొక్క కెపాసిటెన్స్.

$$C = \frac{0.18}{9} \times 10^{-9}\text{F} = 20\,\text{pF}$$

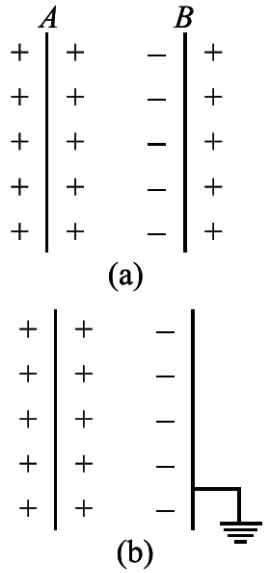
కెపాసిటర్ సూత్రం

భౌతికశాస్త్ర ప్రయోగశాలలో మనం అనేక రకాలైన కెపాసిటర్‌లను చూస్తుంటాం. విద్యుత్ శక్తి సరఫరా వ్యవస్థలో కెపాసిటర్‌లను వాడతారు. రేడియో, టి.వి., వర్ధకం, డోలకంలలో కెపాసిటర్‌లను విరివిగా వాడతారు. ఒక కెపాసిటర్ రెండు వాహకాలను కలిగి ఉంటుంది, అందులో ఒకటి ఆవేశితమైనది, రెండవది సాదారణంగా భూమికి

కలిపి ఉంటుంది. విద్యుత్ కెపాసిటర్ పని చేసే విధానాన్ని లేక సూత్రాన్ని అర్థం చేసుకోవడానికి ఒక తటస్థ విద్యుద్వాహక పలక A ను తీసుకుందాం. పలక A కు q ధన ఆవేశాన్ని ఇచ్చినపుడు దాని పొటెన్షియల్ V కి పెరుగుతుంది.

వాహక పలక A యొక్క కెపాసిటీ $C = \frac{q}{V}$ అయితే వాహకం అదనంగా (q కంటే ఎక్కువ) ఆవేశాన్ని తనలో నిలుపుకోలేదు.

ఇప్పుడు మరొక తటస్థమైన లోహపు పలక B ను A కి సమాంతరంగా కొంత దూరంలో ఎడంగా ఉంచుదాం. స్థిర విద్యుత్ ప్రేరణ కారణంగా, B పలక మీద A కి ఎదురుగా సమాన రుణావేశం, అంతే పరిమాణం కలిగిన +q ధనావేశం, B పలక రెండో వైపున ప్రేరితం అవుతుంది. (పటం 18.8(a)). B పైన ప్రేరితమైన రుణావేశం A పొటెన్షియల్‌ని తగ్గిస్తే, B పైన ప్రేరితమైన ధనావేశం A పొటెన్షియల్‌ని పెంచుతుంది. ఇప్పుడు B పలకను భూమికి సంధానం (పటం 18.8(b)) చేస్తే B పలకపై ప్రేరితమైన ధనావేశం తటస్థీకరింపబడి రద్దుకాగా, A కి ఎదురుగా B పై ప్రేరితమైన రుణావేశం మాత్రం A మీద ఉన్న ధనావేశం చేత ఆకర్షితం అవుతూ అట్లాగే ఉండి పోతుంది. ఇలాంటి సందర్భంలో B పలకపై మిగిలి ఉన్న రుణావేశం A యొక్క పొటెన్షియల్‌ను తగ్గించి, దాని కెపాసిటెన్స్‌ను పెంచుతుంది.

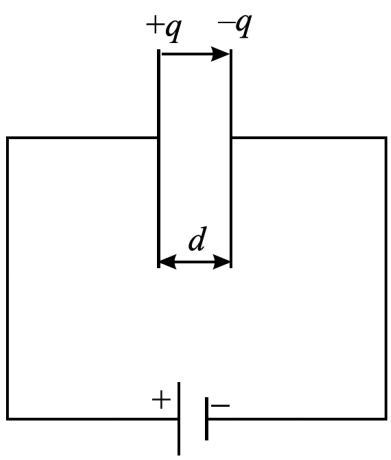


పటం 18.8 కెపాసిటర్ పని చేసే విధానం లేక సూత్రం

ఒక తటస్థ వాహకానికి సమీపంగా మరొక అనావేశిత వాహకాన్ని తీసుకువచ్చి, ఈ అనావేశిత వాహకం యొక్క వెలుపలి ఉపరితలాన్ని భూమికి కలపడం ద్వారా మొదటి వాహకం యొక్క కెపాసిటెన్స్‌ని పెంచవచ్చు. ఇదే కెపాసిటర్ యొక్క మూలసూత్రం. తక్కువ సమయంలో తక్కువ స్థలంలో హెచ్చు ఆవేశాలను నిలవ చేయుటకు కెపాసిటర్‌లను వాడతారు. విద్యుచ్ఛక్తిని నిలవచేయడానికి వాడే పరికరాలలో కెపాసిటర్‌లు ఉపయోగపడతాయి.

సమాంతర పలకల కెపాసిటర్

కెపాసిటర్ రూపాలన్నింటిలోను అత్యంత సరళమైన సమాంతర పలకల కెపాసిటర్‌లో రెండు సమాంతర (వాహక) లోహపు పలకలుంటాయి. ఒక్కొక్క పలక వైశాల్యం A, రెండు పలకలను d దూరంలో ఉంచాలి. పలకల మధ్య గల ప్రదేశాన్ని గాలి, పేపరు, మైకా, గాజు మొదలగు పదార్థాలతో నింపవచ్చు. పటం 18.9లో చూపినట్లుగా ఈ పలకలను ఒక విద్యుత్‌ఘటానికి (battery) కలపాలి. కెపాసిటర్ పూర్తిగా ఆవేశితమైనపుడు పలకలు +q ఆవేశం, –q ఆవేశంను పొందాయనుకుందాం. ఈ ఆవేశాల వల్ల పలకల మధ్య ఏకరీతి (సమ) విద్యుత్ క్షేత్రం **E** నెలకొంటుంది. పలకల పరిమాణంతో పోల్చినపుడు d స్వల్పమైతే, అంచుల వద్ద కొద్దిగా విచలనం పొందిన విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని ఉపేక్షింపవచ్చు.



పటం 18.9 సమాంతర పలకల కెపాసిటర్ సూత్రం

ఏదైనా పలకలపై ఉపరితల ఆవేశ సాంద్రత అయితే, పలకల మధ్య విద్యుత్ క్షేత్ర పరిమాణం

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{q}{\varepsilon_0 A}$$

మరియు పలకల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా

$$V = Ed$$

కాబట్టి d దూరంలో వేరు చేయబడిన రెండు సమాంతర పలకల మధ్య ప్రదేశాన్ని గాలితో నింపినప్పుడు ఆ సమాంతర పలకల కెపాసిటర్ యొక్క కెపాసిటెన్స్

$$C_0 = \frac{q}{V} = \frac{q}{qd/\varepsilon_0 A}$$

$$= \frac{\varepsilon_0 A}{d} \qquad (18.26)$$

దీన్ని బట్టి సమాంతర పలకల కెపాసిటెన్స్ పలకల వైశాల్యానికి అనులోమానుపాతంలోను, వాటి మధ్య గల దూరానికి విలోమానుపాతంలోను ఉంటుందని చెప్పవచ్చు. హెచ్చు కెపాసిటెన్స్ కావలెనంటే, పలకల వైశాల్యం ఎక్కువగా వాటి మధ్య దూరం తక్కువగా ఉండాలి.

కెపాసిటర్ పలకల మధ్య గాలి లేదా శూన్యం కాకుండా రోధకాన్ని ఉంచినపుడు, సమాంతర పలకల కెపాసిటర్ యొక్క కెపాసిటెన్స్

$$C = \frac{\varepsilon A}{d} = \frac{k\,\varepsilon_0 A}{d}$$

ఇక్కడ ε ను రోధక పదార్థం యొక్క పెర్మిటివిటీ అంటారు. సమాంతర పలకల కెపాసిటర్‌లో పలకల మధ్య ప్రదేశాన్ని రోధక యానకంతో నింపినపుడు దాని కెపాసిటెన్స్ గాలి లేదా శూన్యంతో నింపినపుడు గల కెపాసిటెన్స్‌కు K రెట్లు ఉంటుంది.

$$C = KC_0 \qquad (18.27)$$

సాపేక్ష పెర్మిటివిటీ లేదా రోధక స్థిరాంకం (Relative Permittivity or Dielectric Constant)

ఆవేశాల మధ్య గల బలాలను లెక్కించి రోధక స్థిరాంకంను మనం నిర్వచించవచ్చు. కూలూంబ్ నియమం ప్రకారం. q_1, q_2 పరిమాణాలు గల రెండు ఆవేశాలు స్వేచ్ఛా అంతరాళంలో ఒకదాని ఒకటి r దూరంలో ఉన్నపుడు వాటి మధ్య ఉండే బల పరిమాణం.

$$F_v = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2} \qquad (18.28)$$

ఇక్కడ ε_0 స్వేచ్ఛా అంతరాళం (గాలి లేక శూన్యం) పెర్మిటివిటి. ఈ ఆవేశాలు అంతే దూరంలో మరొక యానకంలో ఉన్నపుడు వాటి మధ్య ఉండే బలం

$$F_m = \frac{1}{4\pi\varepsilon}\frac{q_1 q_2}{r^2} \qquad (18.29)$$

సమీకరణాలు (18.28), (18.29) నుంచి

$$\frac{F_v}{F_m} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = \varepsilon_r \qquad (18.30)$$

ఇక్కడ ε_r (లేదా K) ను సాపేక్ష పెర్మిటివిటీ అంటారు. దీనిని యానకం రోధక స్థిరాంకం అని కూడ అంటారు. రోధక స్థిరాంకం యానకం పెర్మిటివిటీ ε కి, శూన్య యానక పెర్మిటివిటీ ε_0 కి గల నిష్పత్తి అని గమనించండి. శూన్య యానకంలో రెండు ఆవేశాల మధ్యగల బలానికి, అవే ఆవేశాలు యానకంలో అంతే దూరంలో ఉన్నపుడు వాటి మధ్యగల బలానికి గల నిష్పత్తిని కూడ రోధక స్థిరాంకం అని మనం నిర్వచించవచ్చు.

రోధక స్థిరాంకంను ఈ విధంగా కూడ రాయవచ్చు.

$$K = \frac{\text{పలకల మధ్య రోధక యానకం ఉన్నప్పుడు కెపాసిటెన్స్}}{\text{పలకల మధ్య యానకం శూన్యమైనప్పుడు కెపాసిటెన్స్}}$$

$$= \frac{C_m}{C_0}$$

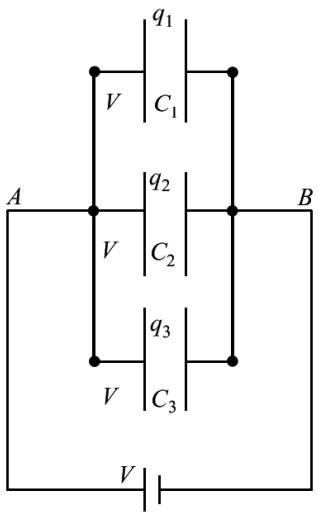
కాబట్టి $$C_m = KC_0 \qquad (18.31)$$

లోహాలకు $K = \infty$, మైకాకు $K \approx 6$, కాగితంకు $K = 3.6$

18.4 కెపాసిటర్ల సంధానం

విద్యుత్ మరియు ఎలక్ట్రానిక్ వలయాల యొక్క ముఖ్యమైన అంశాలు కెపాసిటర్లు. వేర్వేరు పనుల కొరకు వివిధ రకాలైన కెపాసిటెన్స్‌లు గల కెపాసిటర్లు మనకు కావలసి ఉంటుంది. ఒక్కోసారి సరైన విలువ గల కెపాసిటెన్స్ ఉండక పోవచ్చు. అటువంటి పరిస్థితులలో ఉన్న కెపాసిటర్‌లతో కావలసిన కెపాసిటెన్స్ విలువను (తక్కువ లేదా ఎక్కువ) రాబట్టడానికి కెపాసిటర్ల సంధానం మనకు ఉపయోగపడుతుంది. కెపాసిటర్లను సాధారణంగా రెండు పద్ధతులలో కలుపుతారు. ఒకటి శ్రేణి సంధానం రెండు సమాంతర సంధానం.

కెపాసిటర్ల శ్రేణీ సంధానం, సమాంతర సంధానం గురించి ఇపుడు తెలుసుకుందాం.



పటం 18.10 : కెపాసిటర్ల సమాంతర సంధానం

కెపాసిటర్ల సమాంతర సంధానం

సమాంతర సంధానంలో ప్రతి కెపాసిటర్‌లోని మొదటి పలకను ఒక బ్యాటరీ ధ్రువానికి, రెండవ పలకను బ్యాటరీ మరొక ధ్రువానికి పటం

18.10 లో చూపినట్లు కలుపుతారు. సంధానానికి అనువర్తించిన పొటెన్షియల్ తేడా V అనుకుందాం. కెపాసిటర్ల సమాంతర సంధానంలో ప్రతి ఒక్క కెపాసిటర్ పలకల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడాకు ఒకే విలువ ఉంటుంది కాని ఆవేశం మాత్రం వేరు వేరు కెపాసిటర్లకు వేరు వేరు పరిమాణాలలో వితరణ చెంది ఉంటుంది.

కెపాసిటర్లపై ఏర్పడే విద్యుదావేశాలను q_1, q_2, q_3 అనుకుంటే

$$q_1 = C_1V$$

$$q_2 = C_2V$$

$$q_3 = C_3V \qquad (18.32)$$

సంధానం యొక్క అన్ని కెపాసిటర్ల మీద గల మొత్తం విద్యుదావేశం q అయితే

$$q = q_1 + q_2 + q_3$$

$$q = (C_1 + C_2 + C_3 + \ldots)\ V \qquad (18.33)$$

కెపాసిటర్‌ల సమాంతర సంధానంలో తుల్య (ఫలిత) కెపాసిటెన్స్ C_p అనుకుంటే అపుడు

$$q = C_p\ V$$

పై సమీకరణాల నుంచి

$$q = C_pV = (C_1 + C_2 + C_3)V$$

n కెపాసిటర్లను సమాంతరంగా కలిపితే అపుడు ఫలిత కెపాసిటెన్స్

$$C_p = C_1 + C_2 + C_3 = \sum_{i=1}^{n} C_i \qquad (18.34)$$

కాబట్టి తుల్య కెపాసిటెన్స్, సమాంతర సంధానంలోని కెపాసిటీల మొత్తానికి సమానం.

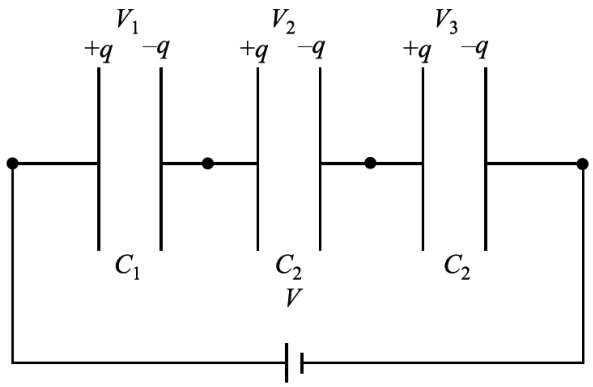
సమాంతర సంధానంలోని అన్ని కెపాసిటర్ల పలకల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా ఒకే విలువను కలిగి ఉంటుంది. కాని వేరు వేరు కెపాసిటర్లకు ఆవేశం వేరు వేరు పరిమాణాలలో వితరణ చెంది ఉంటుందని గుర్తుంచుకోండి. ఆవేశ సంచయనం (ప్రోగు చేయుట) కు ఈ సంధానాన్ని వాడతారు.

కెపాసిటర్ల శ్రేణీ సంధానం

కెపాసిటర్ల శ్రేణీ సంధానంలో మొదటి కెపాసిటర్ యొక్క రెండవ పలకను రెండవ కెపాసిటర్ యొక్క మొదటి పలకకు, రెండవ కెపాసిటర్ యొక్క రెండవ పలకను మూడవ కెపాసిటర్ యొక్క మొదటి పలకకు ..... ఈ విధంగా కలుపుకుంటూ పోతారు. చివరికి మొదటి కెపాసిటర్ యొక్క మొదటి పలకను, ఆఖరి కెపాసిటర్ యొక్క రెండవ పలకను ఒక బ్యాటరీ ధన, రుణ ధ్రువాలకు పటం 18.11లో చూపినట్లుగా కలుపుతారు. శ్రేణీ సంధానం చివరల మధ్య బ్యాటరీ వల్ల కలిగే పొటెన్షియల్ తేడా V. C_1 కెపాసిటర్‌లో మొదటి పలకకు +q ఆవేశాన్ని ఇస్తే ప్రేరణ వల్ల

మిగిలిన కెపాసిటర్లలో q ఆవేశాలు పటం 18.11లో చూపినట్లు ఏర్పడతాయి. కాబట్టి శ్రేణీ సంధానంలో ప్రతి కెపాసిటర్ పలకల మీద ఒకే పరిమాణంలో ఆవేశం q ఉంటుంది. కాని వేరు వేరు కెపాసిటర్ల పలకల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడాలు వేరు వేరుగా ఉంటాయి. శ్రేణిలో ఉన్న మూడు కెపాసిటర్ల పలకల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడాలు వరసగా V_1, V_2, V_3 అందాం. అపుడు

$$V_1 = \frac{q}{C_1},\ V_2 = \frac{q}{C_2},\ V_3 = \frac{q}{C_3} \qquad (18.35)$$



పటం 18.11 : కెపాసిటర్ల శ్రేణీ సంధానం. ప్రతి కెపాసిటర్ పలక మీద ఒకే పరిమాణంలో ఆవేశం ఉంటుంది.

కెపాసిటర్లను శ్రేణిలో కలిపినపుడు తుల్య (ఫలిత) కెపాసిటెన్స్ C_s అనుకుంటే అపుడు

$$V = \frac{q}{C_s}$$

మరియు
$$V = V_1 + V_2 + V_3 \qquad (18.36)$$

కాబట్టి
$$\frac{q}{C_s} = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} + \frac{q}{C_3}$$

లేదా
$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \qquad (18.37)$$

n కెపాసిటర్లను శ్రేణిలో కలిపినప్పుడు తుల్య లేదా ఫలిత కెపాసిటెన్స్ C_s అయితే

$$\frac{1}{C_s} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{C_i}$$

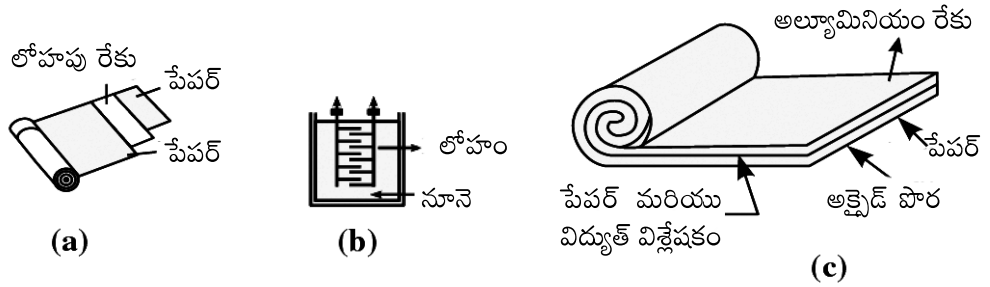
కెపాసిటర్ల రకాలు

వేరు వేరు అనువర్తనాల కోసం వేరు వేరు రకాల కెపాసిటర్లను వాడతాం. అయితే వ్యాపార పరంగా మూడు రకాలైన కెపాసిటర్లను ఎక్కువగా వాడతాం. వాటిని పటం 18.12లో చూపించాం. కొన్ని ప్రత్యేక రకం కెపాసిటర్ల గురించి ఈ కింద వివరించడం జరిగింది.

1. **పేపర్ కెపాసిటర్ :** పేపర్ కెపాసిటర్‌లో నూనెలో గాని, మైనంలో గాని తడిపిన పేపరును రోధకంగా వాడతారు. ఈ పేపరును తగిన పరిమాణంలో తీసుకోవాలి. అదే పరిమాణం కలిగిన లోహపు రేకులు తీసుకుని ఈ పేపరుని లోహపు రేకుల మధ్య ఉంచుతారు. లోహపు రేకులు కెపాసిటర్ పలకలుగా పనిచేస్తాయి. అనేక లోహపు రేకులను మైనంలో తడిపిన కాగితాలను ఏకాంతరంగా అమర్చి పటం 18.12(a) లో మాదిరిగా రూపొందిస్తారు. ఈ మొత్తం అమరికను చుట్టగా చుట్టి ఒక స్థూపంలో ఉంచి మూసివేస్తారు. ఈ రకం కెపాసిటర్లు

తక్కువ స్థలాన్ని ఆక్రమిస్తాయి. వీటిని ప్రయోగశాలలోను, రేడియో వలయాలలోను విరివిగా వాడతారు.

2. **వాహక పలక కెపాసిటర్లు (చర కెపాసిటర్లు) :** ఈ రకం కెపాసిటర్‌లో పలకల మధ్య ఉండే ప్రభావక వైశాల్యాన్ని మార్చడం ద్వారా కెపాసిట్‌న్స్‌ని మార్చవచ్చు. పటం 18.12(b)లో చూపినట్లు రెండు లోహపు కడ్డీలకు ఏకాంతరంగా అనేక లోహ పలకలను కలుపుతారు. మొత్తం పలకల వ్యవస్థను సిలికాన్ నూనెలో ముంచుతారు. పలకల మధ్య సిలికాన్ నూనె రోధక యానకం లాగా పనిచేస్తుంది. హెచ్చు వోల్టేజి కెపాసిటర్లు ఈ రకానికి చెందినవే. చర కెపాసిటర్‌లో పలకల జతలు రెండు ఉంటాయి. ఒక పలకల జత కదలకుండా స్థిరంగా ఉంటుంది. రెండవ పలకల జతను తిప్పవచ్చు. ఈ పలకల జతను తిప్పినపుడు పలకల మధ్య ఉమ్మడిగా ఉండే ప్రభావక వైశాల్యం మారుతుంది. పర్యవసానంగా కెపాసిటెన్స్ మారుతుంది. రేడియో టివీలలోని గ్రాహకాలలో అమర్చిన శృతి వలయాలలో ఈ చర కెపాసిటర్లను విరివిగా వాడతారు. వివిధ రేడియో కేంద్రాలను శృతి చేయడంలో ఈ చర కెపాసిటర్లు సహాయపడతాయి.



పటం 18.12 : పలు రకాల కెపాసిటర్లు : (a) పేపరు కెపాసిటర్ (b) చర కెపాసిటర్ (c) విద్యుద్విశ్లేషక కెపాసిటర్

3. **విద్యుద్విశ్లేషక కెపాసిటర్ :** విద్యుద్విశ్లేషక కెపాసిటర్‌ను పటం 18.12(సి)లో చూపించాం. ఒక లోహపు రేకును పెరుగుతున్న వ్యాసం గల స్థూపాకారంలో చుట్టి, ఆ అమరికను ద్రావణ రూపంలో ఉన్న ఒక విద్యుద్విశ్లేషకంలో ముంచాలి. ద్రావణంలోని అయానుల కారణంగా ద్రావణం వహనం చెందుతుంది. లోహపు రేకుకు, విద్యుద్విశ్లేషకం మధ్య వోల్టేజిని అనువర్తించాలి. విద్యుద్విశ్లేషకం వహన గుణం కారణంగా, ఒక అతి పలుచని ఆక్సైడ్ పొర రేకుపై ఏర్పడుతుంది. ఈ పొర రోధక యానకంలా పని చేస్తుంది. రోధకం మందం చాలా తక్కువ అయినందు వల్ల ఈ రకం కెపాసిటర్ కెపాసిటెన్స్ చాలా ఎక్కువ. ఒక వలయంలో ఈ కెపాసిటర్‌ను కలిపేటప్పుడు ఆనోడ్ (A), కాథోడ్ (C) లను బ్యాటరీకి సక్రమంగా కలపాలి. లేకపోతే, ఆక్సైడ్ పొర బద్దలయిపోతుంది. (కెపాసిటర్ వహనం చెందడం మొదలు పెడుతుంది) ఈ కారణం వల్లనే, విద్యుత్ విశ్లేషక కెపాసిటర్‌లలో పైన ఆనోడ్‌ని, కాథోడ్‌ని విడివిడిగా స్పష్టంగా గుర్తిస్తారు. తక్కువ వోల్టేజి వద్ద అత్యధికంగా ఆవేశాన్ని నిలవ చేయడానికి ఈ రకం కెపాసిటర్లను వాడతారు.

కాబట్టి శ్రేణి సంధానంలో తుల్య కెపాసిటెన్స్ ఉత్క్రమం, శ్రేణిలోని కెపాసిటెన్స్ ఉత్క్రమాల మొత్తానికి సమానం. పై సమీకరణం నుంచి కెపాసిటర్‌లను శ్రేణీలో కలిపినపుడు తుల్య కెపాసిటెన్స్ విలువ శ్రేణిలోని కనిష్ఠ కెపాసిటెన్స్ విలువ కంటే తక్కువగా ఉంటుందని మీరు అంగీకరిస్తారు.

కెపాసిటర్ల శ్రేణీ సంధానంలో ప్రతి కెపాసిటర్ మీద ఒకే పరిమాణంలో ఆవేశం ఉంటుందని, కాని కెపాసిటర్ల పలకల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడాలు వాటి కెపాసిటెన్స్‌కు విలోమానుపాతంలో ఉంటాయని గమనించండి. అంటే శ్రేణిలో కనిష్ఠ కెపాసిటెన్స్ విలువ గల కెపాసిటర్ పలకల మధ్య గరిష్ఠ పొటెన్షియల్ తేడా ఉంటుందని అర్థం.

ఉదాహరణ 18.3

సమాంతర పలకల కెపాసిటర్ పలకల మధ్య గాలి ఉన్నప్పుడు దాని కెపాసిటీ 22.0 μF పలకల మధ్య దూరం d. కెపాసిటర్ పలకల మధ్య $\frac{d}{2}$ మందం గల రోధక పలకను ఉంచారు. రోధక స్థిరాంకం K = 5అయితే ప్రభావక కెపాసిటెన్స్ ఎంత?

సాధన : కెపాసిటర్ పలకల మధ్య గాలి ఉన్నపుడు కెపాసిటెన్స్

$$C_0 = \frac{\varepsilon_0 A}{d} = 22.0\ \mu F$$

కొత్త వ్యవస్థను రెండు కెపాసిటర్ల శ్రేణీ సంధానంగా అనుకుంటే

$$C_1 = \frac{K\varepsilon_0 A}{d/2} = \frac{2K\varepsilon_0 A}{d} = 2KC_0$$

మరియు

$$C_2 = \frac{\varepsilon_0 A}{d/2} = \frac{2\varepsilon_0 A}{d} = 2C_0$$

ప్రభావక కెపాసిటెన్స్ C ని ఈ విధంగా రాయవచ్చు.

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

లేదా

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

$$= \frac{2KC_0 \times 2C_0}{2KC_0 + 2C_0}$$

$$= \frac{2KC_0}{K+1}$$

$$= \frac{10 \times 22 \times 10^{-6} F}{6}$$

$$= 36.7\ \mu f$$

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 18.2

1. కెపాసిటెన్స్ ప్రాథమిక ప్రమాణాలు రాయండి.
2. ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రం **E** లో, d దూరంతో వేరుచేయబడిన రెండు బిందువుల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా ఎంత?
3. కెపాసిటర్ పలకల మధ్య గాలి ఉన్నపుడు గల రాశులు C_0, E_0, V_0. ఇవి అదే కెపాసిటర్ పలకల మధ్య రోధక స్థిరాంకం K కలిగిన యానకం ఉన్నపుడు గల రాశులు C, **E**, V లకు ఏ విధమైన సంబంధం కలిగి ఉన్నాయి.
4. ఒక సమాంతర పలకల కెపాసిటర్ పలకల మధ్య దూరం 50 cm మరియు దాని కెపాసిటెన్స్ 1.0 μF పలకల మధ్య గాలి నింపినప్పుడు పలకల వైశాల్యాన్ని కనుక్కొండి.

కెపాసిటర్‌లో నిల్వ ఉండే శక్తి

కెపాసిటర్‌ను ఆవేశ పూరితం చేయటం అనగా తక్కువ పొటెన్షియల్ గల పలకల నుండి ఆవేశాన్ని ఎక్కువ పొటెన్షియల్ గల మరో పలకకు బదిలీ చేయటమే. రెండు సమాన విజాతి ఆవేశాలను వేరు చేయటానికి బాహ్య కారకం (బ్యాటరీ) పని చేయవలసి ఉంటుంది. ఈ పని కెపాసిటర్‌లో స్థిర విద్యుత్ స్థితి శక్తిగా నిలవ ఉంటుది. బ్యాటరీ తనలోని రసాయనాల శక్తిని ఖర్చు చేసి ఈ విధమైన ఆవేశ బదిలీకి కావలసిన పనిని చేస్తుంది. కెపాసిటర్‌ను ఉత్సర్గపరిస్తే ఈ శక్తిని ఉష్ణ శక్తిగా తిరిగి పొందవచ్చు.

అనావేశితంగా ఉన్న ఒక కెపాసిటర్‌ను తీసుకుని బ్యాటరీకి కలిపి ఆవేశితం చేద్దాం. అపుడు కెపాసిటర్ మీద చేరిన ఆవేశం తుది విలువ q అనుకుందాం. కెపాసిటర్ నెమ్మదిగా ఆవేశితం అవుతుంది. కెపాసిటర్ పలకల మధ్య తొలి పొటెన్షియల్ తేడా సున్నా. కెపాసిటర్ ఆవేశితం అయిన తరువాత పలకల మధ్య తుది పొటెన్షియల్ తేడా V.

కెపాసిటర్‌ను ఆవేశితం చేసే ప్రక్రియలో, సగటు పొటెన్షియల్ తేడా

$$\frac{0+V}{2} = \frac{V}{2} = \frac{q}{2C}$$

ఆవేశితం అయ్యేప్పుడూ జరిగిన పని, W = ఆవేశం × పొటెన్షియల్ తేడా

$$= q\,\frac{q}{2C} = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$$

ఇదే కెపాసిటర్‌లో నిల్వ ఉండే శక్తి U.

కాబట్టి స్థితిశక్తి $$U = \frac{1}{2}qV = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} = \frac{1}{2}CV^2 \qquad (18.38)$$

విద్యుత్ క్షేత్రంలో పలకల మధ్య ఈ శక్తి నిలువ ఉంటుంది. ఈ నిల్వ ఉండే శక్తి కెపాసిటెన్స్‌కు అనులోమానుపాతంలో ఉంది. పొటెన్షియల్ తేడా పెరిగితే ఈ శక్తి కూడ పెరుగుతుంది. కాని ప్రతి కెపాసిటర్ కొంత పరిమితి వరకే శక్తిని నిల్వ చేసుకుంటుంది. నిర్ణీత విలువకు మించి పొటెన్షియల్ తేడా పెరిగితే కెపాసిటర్ తనంతట తానుగా అనావేశితం అవుతుంది.

ఆవేశితమైన కెపాసిటర్ల పలకలను ముట్టుకుంటే అపాయం కలుగుతుంది. మన శరీరం ద్వారా కెపాసిటర్‌లోని విద్యుత్ ప్రసార ఫలితంగా విద్యుత్ షాక్ ఏర్పడుతుంది. హెచ్చు కెపాసిటెన్స్ విలువ గల ఆవేశిత కెపాసిటర్ల వల్ల ఏర్పడే విద్యుత్ షాకులు చాలా అపాయకరమైనవి.

18.5 రోధకాలు మరియు రోధక ధ్రువణం

స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్లు లేని బంధకాలే రోధకాలుగాపని చేస్తాయని మనకు తెలుసు. రోధకాలలో విద్యుత్ సులువుగా ప్రవహించదు. అయితే బాహ్యంగా విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని ప్రయోగించినపుడు. దాని ప్రభావం రోధకం మీద ఉండి తీరుతుంది. రోధకాలు రెండు రకాలు. అవి అధ్రువిత రోధకాలు, ధ్రువిత రోధకాలు, వీటిని గురించి ఇపుడు తెలుసుకుందాం.

(a) **అధ్రువిత రోధకాలు :** పదార్థాలన్నీ కూడా అణువులతో ఏర్పడతాయి. అధ్రువిత రోధకాల అణువులలో, బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రం ఏదీ లేనప్పుడు ధన విద్యుదావేశ కేంద్రం రుణ విద్యుదావేశ కేంద్రం ఒకే చోట ఏకీభవిస్తాయి. సాధారణ స్థితిలో ప్రతి అణువు, ఏ విధమైన విద్యుత్ ద్విధ్రువ భామకంను కల్గివుండదు సాధారణంగా, ఈ అణువులలోని విద్యుదావేశ వితరణలు సౌష్ఠవంగా ఉంటాయి. ఉదాహణకు నైట్రోజను. ఆక్సిజన్, బెంజీన్, మీథేన్, CO_2 మొదలగునవి

(b) **ధ్రువిత రోధకాలు :** ఈ రోధక అణువులు అసౌష్ఠవ ఆకారం కల్గి వుంటాయి. ఉదాహరణకు నీరు, NH_3, HCl మొదలగునవి. ధ్రువిత రోధక అణువులలో ధన విద్యుదావేశ, రుణ విద్యుదావేశ కేంద్రాలు ఒక నిర్దిష్ట దూరం ఎడంగా ఉంటాయి మరియు కొంత శాశ్వత విద్యుత్ ద్విధ్రువ భ్రామకాన్ని కల్గి ఉంటాయి.

ధ్రువిత రోధకాన్ని ఒక బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రం (**E**) లో ఉంచినపుడు, ప్రతి అణువులోని ధన విద్యుదావేశ కేంద్రం క్షేత్ర దిశలోను, రుణ విద్యుదావేశ కేంద్రం క్షేత్ర దిశకు వ్యతిరేకంగాను స్థానభ్రంశం చెందుతాయి. ఈ విధంగా బాహ్యే విద్యుత్ క్షేత్రం వల్ల అధ్రువిత రోధకంలోని అణువులలో ఉండే ధన రుణ ఆవేశ కేంద్రాలు వేరు పడతాయి. అపుడు రోధక పదార్థం ధ్రువణం చెందింది అంటాము. రోధకంలోని ప్రతి అణువులోని ధన, రుణ ఆవేశ కేంద్రాలు విడివడటం వల్ల ప్రతి అణువు ఒక విద్యుత్ ద్విధ్రువంగా మార్పుచెందుతుంది. ఆవేశ కేంద్రాలను దూరంగా లాగే, బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రం వల్ల కలిగే బలం, ఆవేశ కేంద్రాలు మధ్య గల ఆకర్ష బలాన్ని సంతులనం చేస్తుంది. అప్పుడు ప్రతి అణువు ధ్రువణం చెందింది అంటారు. అణు ద్విధ్రువం యొక్క ద్విధ్రువ భామకం **p** అయితే

$$\mathbf{p} = \alpha\ \varepsilon_0\ \mathbf{E}$$

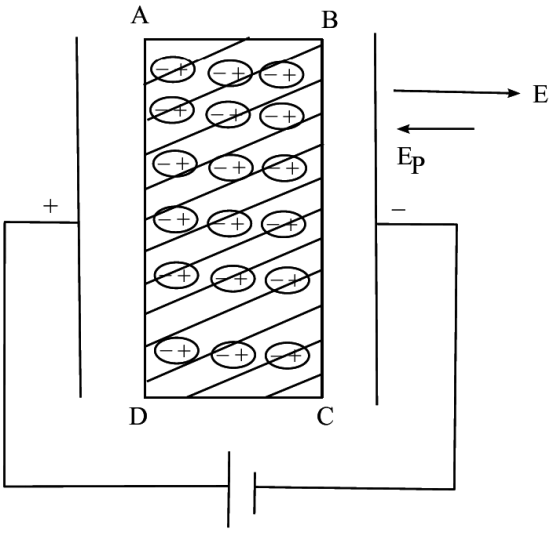
ఇక్కడ α అనుపాత స్థిరాంకం. దీన్ని పరమాణువు / అణువు యొక్క ధ్రువణ శీలత అంటారు.

ఇపుడు, ఒక అధ్రువిత రోధక పలక ABCD ని ఒక సమాంతర పలకల కెపాసిటర్ యొక్క పలకల మధ్య ఉంచామనుకుందాం. కెపాసిటర్ పలకల మధ్య ఏర్పడిన విద్యుత్ క్షత్రం **E**. పటం 18.13 లో చూపినట్లుగా రోధకంలోని ప్రతి అణువు ధ్రువణం చెందుతుంది. రోధక పదార్థపు కేంద్రకాలు ఋణపలక వైపు ఎలక్ట్రాన్లు ధనాత్మక పలక వైపు స్థానభ్రంశం చెందుతాయి. పర్యవసానంగా రోధకం యొక్క రెండు ఉపరితలాల వద్ద ప్రేరిత ఆవేశాలు మిగిలి ఉంటాయి. అంటే, రోధకం మొత్తం మీద ధ్రువణం చెందింది. రోధక పలక ఎడమ చివర రుణ విద్యుదావేశం ప్రోగయి ఉంటుంది.

కుడి చివర ధన విద్యుదావేశం ప్రోగయి ఉంటుంది. ఈ ప్రేరిత అవేశాల కారణంగా, రోధకం ఉన్న ప్రదేశంలో ఒక ప్రేరిత విద్యుత్ క్షేత్రం $\mathbf{E_p}$ ఏర్పడుతుంది. దీని దిశ, పలకల మీద ఆవేశాల వల్ల ఏర్పడే విద్యుత్ క్షేత్రం **E** కి వ్యతిరేకంగా ఉంటుంది. కాబట్టి అధ్రువిత రోధకం ఉండడం వల్ల పలకల మధ్య విద్యుత్ క్షేత్రం తగ్గుతుంది, రోధకం లో ఫలిత విద్యుత్ క్షేత్రం

$$\mathbf{E}_{\text{ఫలితం}} = \mathbf{E} - \mathbf{E_p} \qquad (18.39)$$

$C = \frac{q}{V}$ మరియు $V = Ed$ అయినందువల్ల కెపాసిటర్ యొక్క కెపాసిటెన్స్ విలువ పెరిగిన, దానికి తగినట్లుగా కెపాసిటర్ పలకల మధ్య గల పొటెన్షియల్ తేడా తగ్గుతుంది.



పటం 18.13 : ఆవేశిత కెపాసిటర్ పలకల మధ్య రోధక పలక

స్థిర విద్యుత్ అనువర్తనాలు

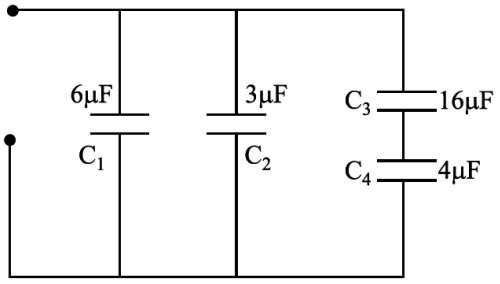
సిర్థ విద్యుత్తు అనేక విజ్ఞాన సాంకేతిక రంగాలలో ఉపయోగపడడమే కాకుండా విద్యుదయస్కాంత సిద్ధాంతాన్ని వివరించడానికి కూడా తోడ్పడుతుంది.

- విద్యుద్వలయాలలో పలుచోట్ల కెపాసిటర్లను ఉపయోగిస్తారు. విద్యుచ్ఛక్తి ప్రసారంలో ఇవి ముఖ్య భూమికను పోషిస్తాయి.
- ఆవేశాన్ని శోధించేందుకు వాడే పరికరం స్వర్ణ పత్ర విద్యుద్ధర్శిని (Gold leaf electroscope) విశ్వ కిరణాల మీద పరిశోధనలు చేయడానికి దారి చూపింది.
- బెంజిమిన్ ఫ్లాంక్లిన్ రూపొందించిన తటిత్ (మెరుపు) వాహకం ఇప్పటికి కూడా పిడుగులు మరియు మెరుపుల నుండి ఆకాశహర్మ్యాలను కాపాడుతుంది.
- మనం సాధారణంగా ఉపయోగించే జిరాక్స్ (ఫోటో కాపియర్లు) యంత్రాలు స్థిర విద్యుత్ నియమం ఆధారంగానే పనిచేస్తాయి.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 18.3

1. $C_1 = 12$ mF మరియు $C_2 = 4$ mF అనే రెండు కెపాసిటర్లను సంధానం చేశారు, ఈ కెపాసిటర్లను (a) శ్రేణిలో (b) సమాంతరంగా సంధానం చేసినపుడు తుల్య కెపాసిటెన్స్‌ను కనుక్కోండి.

2. పటం 18.14 లో చూపినట్లు నాలుగు కెపాసిటర్లను కలిపారు. వ్యవస్థ తుల్య కెపాసిటెన్స్ కనుక్కోండి.



పటం 18.14 : కెపాసిటర్లు సంధానం

3. పలకల మధ్య గాలి గల కెపాసిటర్ C = 8 mF ను 12V బ్యాటరీకి కలిపారు.

   (a) కెపాసిటర్ పూర్తి స్థాయిలో ఆవేశితమైనపుడు దానిపై గల ఆవేశం Q ఎంత?

   (b) పలకల మధ్యలో స్థిరాంకం K = 5 గల రోధక పలకను వుంచినపుడు కెపాసిటర్ పలకలపై గల ఆవేశం ఎంత?

   (c) పలకల మధ్యగల పొటెన్షియల్ తేడా ఎంత?

   (d) రోధక పలకను ఉంచినపుడు కెపాసిటెన్స్ ఎంత?

4. C_0 కెపాసిటెన్స్ గల ఒక సమాంతర పలకల కెపాసిటర్‌ను బ్యాటరీకి కలిపి ఆవేశితం చేస్తే పొటెన్షియల్ తేడా V_0. బ్యాటరీని తీసి, పలకల మధ్య K రోధక స్థిరాంకం గల పలకను ఉంచినప్పుడు

   (a) మొదటి సందర్భములో కెపాసిటర్‌లో నిలువ ఉన్న శక్తి కనుక్కోండి.

   (b) రెండవ సందర్భములో కెపాసిటర్‌లో నిలువ వున్న శక్తి కనుక్కోండి.

   (c) ఏ సందర్భములో శక్తి విలువ ఎక్కువగా ఉంటుంది. ఎందుకుంటుంది.

మీరు ఏమి నేర్చుకున్నారు

- ప్రమాణ ఆవేశంను అనంత దూరం నుంచి విద్యుత్ క్షేత్రంలో వున్న ఒక బిందువు వద్దకు తీసుకురావడానికి విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని వ్యతిరేకిస్తూ చేయవలసిన పనే ఆ బిందువు వద్ద పొటెన్షియల్.
- విద్యుత్ క్షేత్రంలో ఆవేశాన్ని ఒక బిందువు నుంచి మరొక బిందువుకు బదిలీ చేసినపుడు జరిగిన పని దాని పథం మీద ఆధారపడదు.
- ఒక కూలుంబ్ శోధక ధనవిద్యుదావేశాన్ని అనంత దూరం నుంచి, విద్యుత్ క్షేత్రానికి వ్యతిరేకంగా ఒక బిందువు వద్దకు తీసుకురావడానికి చేయవలసినిన పని ఒక జౌల్ అయితే, ఆ బిందువు వద్ద పొటెన్షియల్ ఒక వోల్టు అంటారు.

- డైపోల్ మధ్య లంబరేఖపైన ప్రతి బిందువు వద్ద డైపోల్ వల్ల ఏర్పడే విద్యుత్ పొటెన్షియల్ సున్నా
- సమ పొటెన్షియల్ తలంలో, ప్రతి బిందువు సమానమైన పొటెన్షియల్‌ను కలిగి ఉంటుంది.
- విద్యుత్ క్షేత్రంలో ఏదైన ఒక బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రత ఆ బిందువు వద్ద విద్యుత్ పొటెన్షియల్ యొక్క రుణ ప్రవణతకు సమానం
- అంతరాళంలోని ఒక ప్రాంతాన్ని, విద్యుత్ క్షేత్రాల నుంచి పరిరక్షించడమనే దృగ్విషయమే, స్థిర విద్యుత్ పరిరక్షణ ప్రక్రియ.
- వాహకం కెపాసిటెన్స్ వాహకం పరిమాణం, ఆకారం మరియు యానక స్వభావం పైన ఆధారపడి ఉంటుంది.
- ఒక కెపాసిటర్ పలకల మధ్య ప్రదేశంలో రోధకం నింపడం వల్ల దాని కెపాసిటిన్స్ పలకల మధ్య గాలి లేదా శూన్యం వున్నపుడు గల కెపాసిటెన్స్‌కు K రెట్లు ఉంటుంది.
- రోధకంతో కెపాసిటర్ యొక్క కెపాసిటెన్స్ కు, గాలి లేదా శూన్యంతో కెపాసిటర్ యొక్క కెపాసిటెన్స్ కు గల నిష్పత్తినే సాపేక్ష పెర్మిటివిటి అంటారు.
- కెపాసిటర్‌లను శ్రేణిలో కలిపినపుడు తుల్య కెపాటిసిటెన్స్ విలువ శ్రేణిలోని కనిష్ట కెపాసిటెన్స్ కంటే తక్కువ విలువ కలిగి ఉంటుంది.
- కెపాసిటర్‌లను సమాంతరంగా కలిపినపుడు తుల్య కెపాసిటెన్స్, సమాంతర సంధానంలోని కెపాసిటెన్స్‌ల మొత్తానికి సమానం.
- కెపాసిటర్ పలకల మధ్య అధ్రువిత రోధకం ఉండడం వల్ల, పలకల మద్య విద్యుత్ క్షేత్రం తగ్గుతుంది.

ముగింపు అభ్యాసం

1. బిందు ఆవేశం $q = 20\ \mu C$ నుంచి 30 cm దూరంలో ఉన్న బిందువు P వద్ద పొటెన్షియల్‌ను కనుక్కోండి.
2. ఒక్కొక్కటి $200\ \mu C$ పరిమాణం గల మూడు బిందు ఆవేశాలు q_1, q_2, q_3 లను సమ త్రిభుజం యొక్క శీర్షాలు A, B, C ల వద్ద వరసగా వుంచారు. త్రిభుజ భుజం పొడవు 10 cm అయిన వ్యవస్థ యొక్క స్థితి శక్తిని కనుక్కోండి.
3. 3 mm దూరంలో వున్న కెపాసిటర్ పలకల మద్య పొటెన్షియల్ తేడా 12.0 V. పలకల మధ్య గల క్షేత్ర పరిమాణం E ను లెక్కించండి.
4. +e, – e ఆవేశాలు గల రెండు అయానులు 4.0×10^{-10} m ఎడంగా వున్నాయి. వ్యవస్థ యొక్క స్థితి శక్తిని కనుక్కోండి.
5. సమాంతర పలకల కెపాసిటర్ పలకలు A, B లు 15 V పొటెన్షియల్ తేడా కలిగి ఉన్నాయి. ఒక ప్రోటానును ($m = 1.67 \times 10^{-27}$ kg) ధన పలక A నుంచి B కి జరిపిన, ప్రోటాను వేగం B పలక వద్ద ఎంత?

6. మితుల పరంగా Vq మరియు (½) mv^2 రాశులు సమానం అని చూపండి. సంకేతాలు సాధారణ అర్థాన్ని సూచిస్తాయి.

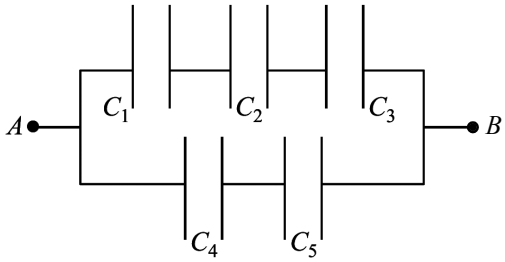
7. ఏ షరతు వద్ద, సమాంతర పలకల కెపాసిటర్‌లో పలకల మధ్య విద్యుత్ క్షేత్రం ఏకరీతిగా ఉంటుంది.

8. r వ్యాసార్ధం గల లోహపు గోళం +q ఆవేశాన్ని కలిగి వుంది. గోళం వ్యాసం ఒక చివర నుండి మరొక చివరకు శోధనావేశాన్ని జరపటానికి చేయవలసిన పనిని కనుక్కోండి.

9. సమాంతర పలకల కెపాసిటర్‌లో పలకల మధ్య గాలి వున్నపుడు, దాని కెపాసిటెన్స్ C_0. దీని పొటెన్షియల్ V_0 అయ్యే వరకు ఆవేశితం చేస్తే ఒక పలక పై గల ఆవేశం $+q_0$. పలకల మధ్య దూరం d. పలకల మధ్య ప్రదేశాన్ని రోధక స్థిరాంకం K = 3 గల రోధకంతో నింపినపుడు ఈ కింది వాటిలో ఏ రాశులు మారుతాయి మరియు ఎందుకు మారతాయి.

(i) కెపాసిటెన్స్ (ii) ఆవేశం (iii) పొటెన్షియల్ తేడా (iv) క్షేత్ర సాంద్రత

10. ఈ కింది పటంలోని కెపాసిటర్లను పరిశీలించండి. A, B ల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా 16V అయిన ఇక్కడ $C_1 = 2\ \mu F$, $C_2 = 4\ \mu F$, $C_3 = 8\ \mu F$, $C_4 = 3\ \mu F$, $C_5 = 3\ \mu F$

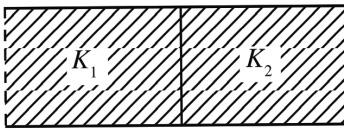


(a) A, B ల మధ్య ఫలిత కెపాసిటెన్స్‌ను

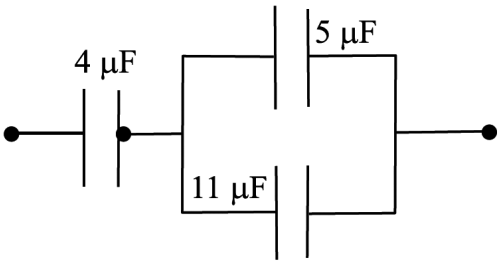
(b) ప్రతి కెపాసిటర్ మీద గల ఆవేశంను

(c) ప్రతి కెపాసిటర్ మధ్య గల పొటెన్షియల్ తేడాను కనుక్కోండి.

11. కెపాసిటర్ పలకల మధ్య గాలి వున్నపుడు దాని విలువ 8 μF. సర్వసమాన పరిమాణం గల రెండు రోధకాలను పలకల మధ్య పటంలో చూపినట్లుగా ఉంచారు. రోధక స్థిరాంకాలు $K_1 = 3.0$, $K_2 = 6.0$. కొత్త కెపాసిటెన్స్ విలువను లెక్కించండి.



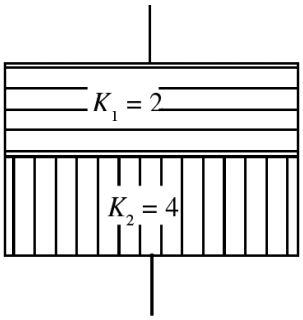
12. ఈ కింది వ్యవస్థ యొక్క తుల్య కెపాసిటెన్స్‌ను కనుక్కోండి.



13. 3.0 μF కెపాసిటర్ పలకల మధ్య గాలి వుంది. దీన్ని 12.0 V వరకు ఆవేశితం చేశారు. తరువాత రోధక స్థిరాంకం K = 7 గల రోధకాన్ని పలకల మధ్య ఉంచారు. ఈ రెండు సందర్భాలలో నిల్వ వున్న శక్తుల నిష్పత్తిని కనుక్కోండి.

14. ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రం $E = 2.0 \times 10^4\ NC^{-1}$ లో $P = 3.5 \times 10^{-15}$ Cm డైపోల్ భ్రామకం గల ఒక డైపోల్ ను ఉంచారు. క్షేత్రంతో డైపోల్ 60° ల కోణం చేసినపుడు (a) డైపోల్ యొక్క స్థితి శక్తిని, (b) డైపోల్ మీద గల బల భ్రామకం(టార్క్)ను కనుగొనండి.

15. సమాంతర పలకల కెపాసిటర్ పలకల మధ్య గాలి వున్నపుడు కెపాసిటెన్స్ 12 μF. పలకల మధ్య దూరం 8 mm. పటంలో చూపిన విధంగా గాలి వున్న ప్రదేశాన్ని రెండు సమాన పరిమాణం గల రోధక పలకలతో నింపినపుడు, కొత్త కెపాసిటెన్స్ విలువను లెక్కించండి.



పాఠంలోని ప్రశ్నలకు సమాధానాలు

18.1

1. r (r > R) వద్ద పొటెన్షియల్,

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r}$$

2. బిందు ఆవేశం చుట్టూ వున్న క్షేత్రం, గోళాకార సౌష్ఠవాన్ని కల్గి ఉంటుంది. కాబట్టి గోళ తలం పై ఉన్న ప్రతి బిందువు మీద సమపొటెన్షియల్ ఉంటుంది. సమపొటెన్షియల్ తలం పై ఆవేశాన్ని జరపటానికి చేయవలసిన పని సున్నా అవుతుంది.

3. $E = -\frac{dV}{dr}$ ఇక్కడ V స్థిరం కాబట్టి, E = 0.

ఇదే ఫలితాన్ని సమీకరణం 18.22 నుంచి మనం పొందవచ్చు.

$E = \frac{V_A - V_B}{d}$. ఇక్కడ $V_A = V_B$, కాబట్టి E = 0

4. ఖచ్చితంగా కాదు. అయినపుడు E = 0 పొటెన్షియల్ స్థిరంగా అయినా లేదా శూన్యం అయినా అవుతుంది.

5. రెండు సమపొటెన్షియల్ గల తలాలు ఖండించుకోవు. ఒక వేళ ఖండించుకుంటే, ఖండన బిందువు వద్ద క్షేత్ర దిశలను సూచించే రెండు లంబాలను మనం గీయవచ్చు.

18.2

1. $$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\frac{\text{జరిగిన పని}}{\text{ఆవేశం}}} = \frac{Q \times Q}{\text{జరిగిన పని}}$$

$$= \frac{Q^2}{N.m.}$$

మూల ప్రమాణం $A = \frac{Q}{s}$

$\therefore \quad Q^2 = A^2 s^2$ మరియు న్యూటన్ = ద్రవ్యరాశి × త్వరణం $= kg\frac{m}{s^2}$

కెపాసిటెన్స్ $= \frac{Q^2}{Nm} = \frac{A^2s^2}{kg\frac{m^2}{s^2}} = \frac{A^2s^4}{kg\,m^2}$

$= A^2\ s^4\ (kg\ m^2)^{-1}$

2. కెపాసిటర్‌లో పలకల మధ్య E ఏకరీతిగా ఉంటుంది. పలకల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా $V_A - V_B = E \times d$.

3. గాలి లేదా శూన్యం గల కెపాసిటర్‌కు C_0, E_0, V_0 మరియు పలకల మధ్య రోధకం కల కెపాసిటర్‌కు C, E, V అపుడు

$$k = \frac{C}{C_0},\ k = \frac{V_0}{V}\ k = \frac{E_0}{E}.$$

4. $C = 1.0\ \mu F = 1.0 \times 10^{-6}$ F.

$d = 50$ cm $= 0.5$ m.

$$C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$$

$\therefore \quad A = \frac{Cd}{\varepsilon_0}.\quad \varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ కాబట్టి

$$A = \frac{1.0 \times 10^{-6} \times 0.5}{8.85 \times 10^{-12}}$$

$$= \frac{5 \times 10^{-7}}{8.85 \times 10^{-12}}$$

$$= 0.56 \times 10^5\ m^2$$

18.3

1. (a) 3 mF (b) 16 mF
2. 12.2 μF
3. (a) 96 mC (b) 96 mC (c) 2.4 V (d) 40 mF

4. (a) $\frac{1}{2}C_0V_0^2$ (b) $\frac{1}{2}\frac{(C_0V_0)^2}{C_0R} = \frac{1}{2k}C_0V_0^2$

(c) రోధక పలకలు ఆవేశాలను గ్రహించడానికి నిల్వ ఉన్న శక్తినే ఉపయోగిస్తాయి కాబట్టి మొదటి సందర్భంలో ఎక్కువ శక్తి ఉంటుంది.

ముగింపు అభ్యాసంకు సమాధానాలు

1. 6×10^5 V
2. 1.08×10^4 J
3. 4×10^3 Vm^{-1}
4. -5.76×10^{-19} J
5. 1.49×10^9 ms^{-2}

10. (a) $\frac{37}{14}\mu F$,

(b) $\frac{128}{7}\mu C, \frac{128}{7}\mu C, \frac{128}{7}\mu C$, $24\mu C$

(c) $\frac{64}{7}V, \frac{32}{7}V, \frac{16}{7}V$, 8V, 8V

11. 36 μF.
12. $\frac{16}{5}$ μF
13. 1 : 7
14. (a) 3.5×10^{-11} J (b) 6×10^{-11} Nm.
15. 32 μF

19

ప్రవాహ విద్యుత్తు

పరిచయం

నిత్య జీవితంలో మనం విద్యుత్ శక్తిని అనేక విధాలుగా వాడుతూ ఉంటాం. మన ఇళ్ళలో బల్బులు, ట్యూబులైట్లు వెలగడానికి, రేడియో, టేప్‌రికార్డర్‌లో సంగీతం వినడానికి, టివిలో అనేక కార్యక్రమాలను చూడడానికి, కూలర్, ఫ్యాన్స్ నుంచి చల్లని గాలిని పొందడానికి, పొలాలను పండించడానికి వాడే విద్యుత్తు పంపులలో మనం విద్యుత్ శక్తిని వాడుతుంటాం. నిజానికి, విజ్ఞాన శాస్త్రం మానవ జాతికి ఇచ్చిన ఒక విలక్షణమైన బహుమతి విద్యుత్‌శక్తి. ఆధునిక ప్రపంచంలో విద్యుత్ శక్తి లేకుండా మన జీవితాలను ఊహించలేము. ఇంటిలో మీరు స్విచ్ వేయగానే బల్బు వెలగడం గమనించి ఉంటారు. ఇది ఎందువల్ల జరుగుతుంది. ఇక్కడ స్విచ్ యొక్క విధి ఏమిటి ?

స్థిర విద్యుత్ ఆవేశాలు, వాటి మధ్య గల బలాల గురించి మీరు ఇంతకు ముందు పాఠంలో చదువుకున్నారు. ఈ పాఠంలో చలనంలో ఉన్న ఆవేశాల గురించి తెలుసుకుంటారు. వాహకం గుండా జరిగే విద్యుదావేశ ప్రవాహ రేటు, దాని చివరల గల పొటెన్షియల్ తేడా పై ఆధారపడుతుందని తెలుసుకుంటారు. విద్యుద్వలయాలలో విద్యుత్ ప్రవాహ వితరణను, దాన్ని నియంత్రణ చేసే కిర్కాఫ్ నియమాలను కూడా మీరు తెలుసుకుంటారు.

భౌతిక శాస్త్రం ఒక ప్రయోగాత్మక విజ్ఞాన శాస్త్రం. దీని పురోగతి ప్రకృతి నియమాలను వెలుగులోకి తెచ్చింది. సైద్ధాంతిక ఊహనలు రుజువు చేసుకోవడంలో మనకుండే ప్రజ్ఞ వల్ల లేదా ప్రయోగాల ఫలితాలు పునరావృతం అవడం వలన ఇది సాధ్యమైంది. పరికరాలు, సాంకేతికత లో నిరంతర అభివృద్ధికి దారి తీసింది. ఈ పాఠంలో ఒక సునిశిత పరికరం అయిన పొటెన్షియో మీటరు గురించి తెలుసుకుంటారు. ఒక ఘటం అంతర్నిరోధం కనుక్కోవడానికి ఘటాల విద్యుత్ చాలక బలాలను (విచాబలను) పోల్చడానికి, ఇది ఉపయోగపడుతుంది.

లక్ష్యాలు

ఈ పాఠం చదివిన తర్వాత మీరు కింది విషయాలను తెలుసుకుంటారు.

- ఓమ్ నియమాన్ని నిర్వచించి, ఓమిక్, నాన్ ఓమిక్ నిరోధాల మధ్య భేదాలు వివరించగలగడం.
- నిరోధాలను శ్రేణిలో, సమాంతరంగా కలిపినపుడు తుల్య నిరోధాన్ని రాబట్టడం.
- విద్యుద్వలయాలకు కిర్కాఫ్ నియమాలను అనువర్తించగలగడం.
- వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జి సంతులన నియమంను అనువర్తించి, తెలియని నిరోధం విలువను లెక్కించడం
- పొటెన్షియో మీటరు సూత్రాన్ని వివరించి, దానిని ఉపయోగించి ఘటం విద్యుత్ చాలక బలం (e.m.f.) ను, అంతర్నిరోధకం ను కనుక్కోవడం

స్వేచ్ఛా మరియు బంధన ఎలక్ట్రానులు

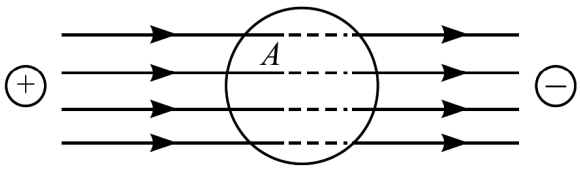
విద్యుత్తు పరంగా పరమాణువు తటస్థం. అంటే పరమాణువులోని కేంద్రకంలో ఎన్ని ధనావేశిత ప్రోటాన్లు ఉన్నాయో అన్ని రుణావేశిత ఎలక్ట్రాన్లు ఆ కేంద్రకం చుట్టూ వేరు వేరు కక్ష్యలలో తిరుగుతూ ఉంటాయి. కూలుంబ్ (ఆకర్షిత) బలాల చేత ఎలక్ట్రానులు కేంద్రకం తో బంధితం అయ్యుంటాయి.

కేంద్రకం నుంచి దూరంగా ఉన్న ఎలక్ట్రానులకు కూలుంబ్ బలం బలహీనంగా ఉంటుంది. అందువల్ల ఈ ఎలక్ట్రానులు కేంద్రకానికి దృఢంగా బంధింపబడి వుండవు. వీటిని సంయోజక (వేలెన్స్) ఎలక్ట్రానులని అంటారు. కొంత పొటెన్షియల్ తేడాని అనువర్తించినపుడు ఘన వాహక పదార్థంలోని సంయోజక ఎలక్ట్రాన్లు కదులుటకు స్వేచ్ఛను పొందుతాయి.

19.1 ప్రవాహ విద్యుత్తు

వాహకం కొనల మధ్య కొంత పొటెన్షియల్ తేడాన్ని అనువర్తించినపుడు దాని లోపల విద్యుత్ క్షేత్రం ఏర్పడుతుందని మీరు ఇంతకుముందు పాఠంలో తెలుసుకున్నారు. వాహకంలో స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్లు విద్యుత్ క్షేత్రానికి వ్యతిరేక దిశలో కదులుతాయి. ఫలితంగా విద్యుత్ ప్రవాహం జనిస్తుంది. ఒక వాహకంలో విద్యుత్ ప్రవాహానికి కారణం ఎలక్ట్రాన్లే అయినా సంప్రదాయాన్ని అనుసరించి విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను ధనావేశం కదిలే దిశగా తీసుకుంటాం. ఎలక్ట్రాన్లు ధనావేశాలకు వ్యతిరేకదిశలో కదులుతాయి. సూక్ష్మంగా విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని నిర్వచించుటకు పటం 19.1 లో చూపినట్లుగా A వైశాల్యం గల తలానికి లంబంగా ఆవేశాలు కదులుతున్నాయని అనుకుందాం. ప్రవాహ దిశకు లంబంగా ఉన్న ఉపరితలం గుండా జరిగే విద్యుదావేశ ప్రవాహరేటునే విద్యుత్ ప్రవాహంగా నిర్వచిస్తారు. Δt కాలంలో ప్రవహించే ఆవేశం Δq అయితే, సగటు విద్యుత్ ప్రవాహంను కింది విధంగా నిర్వచిస్తారు.

$$I_{av} = \frac{\Delta q}{\Delta t} \qquad (19.1)$$



పటం 19.1 : వాహకంలోని ఉపరితల వైశాల్యం A గుండా ఆవేశాల చలనం

కాలంతో పాటు ఆవేశ ప్రవాహ రేటు మారితే, విద్యుత్ ప్రవాహం కూడా కాలంతో పాటు మారుతుంది. తక్షణ విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఈ కింది సమీకరణం ద్వారా నిర్వచిస్తాం.

$$I = \frac{dq}{dt} \qquad (19.2)$$

వాహకంలో ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని, ప్రవాహ దిశకు లంబంగా ఉన్న ఒక తలం గుండా జరిగే విద్యుదావేశ బదలీ రేటుగా నిర్వచిస్తారు.

విద్యుత్ ప్రవాహం గురించి మరో రెండు ముఖ్య విషయాలు గమనించాలి.

1. విద్యుత్ ప్రవాహానికి మూసిన వలయం ఉండాలి. తెరిచిన వలయంలో విద్యుత్ ప్రవహించదు.
2. విద్యుత్ ప్రవహించాలంటే రెండు బిందువుల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా ఉండాలి. రెండు బిందువులు ఒకే పొటెన్షియల్ వద్ద ఉన్నట్లయితే విద్యుత్ ప్రవహించదు. ఈ ప్రాథమిక నియమాలు ఏ విద్యుత్ వలయానికైనా వర్తిస్తాయి.

SI లో విద్యుత్ ప్రవాహానికి ప్రమాణం ఆంపియర్. దీని గుర్తు A :

$$1 \text{ ఆంపియర్} = \frac{1 \text{ కూలుంబ్}}{1 \text{ సెకండు}} \qquad (19.3)$$

విద్యుత్ ప్రవాహం చిన్న ప్రమాణాలు మిల్లీ ఆంపియర్, $1\ mA = 10^{-3}\ A$, మైక్రో ఆంపియర్, $1\ \mu A = 10^{-6}\ A$. లోహాలలో లాగా, రుణావేశాల (ఎలక్ట్రాన్లు) ప్రవాహం వల్ల విద్యుత్ ప్రవాహం జనిస్తుంది. ఒక అర్ధవాహకంలో ఎలక్ట్రాన్ల (రుణావేశం) మరియు రంధ్రాల ప్రవాహం వల్ల విద్యుత్ ప్రవాహం జనిస్తుంది. స్ఫటికాలలో ఏర్పడే ఎలక్ట్రాన్‌లేని ఖాళీలనే రంధ్రాలు (Holes) అంటారు. ఎలక్ట్రాను మీద గల ఆవేశానికి సమాన పరిమాణం గల ధన ఆవేశకణాలుగా ఈ రంధ్రాలను తీసుకుంటారు. ఈ కణాల గురించి ఇంకా వివరంగా పాఠం 28 లో తెలుసుకుంటారు.

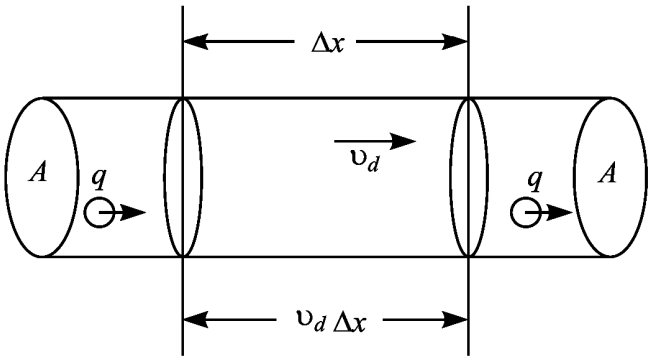
పటం 19.2 లో చూపినట్లుగా ఒక వాహకం యొక్క మధ్యచ్ఛేదం A ను తీసుకుందాం. Δx పొడవు గల మూలకం ఘనపరిమాణం $A\,\Delta x$. ప్రమాణ ఘనపరిమాణానికి n ఎలక్ట్రాన్లు ఉంటే, ఈ ఘనపరిమాణ మూలకంలో ఎలక్ట్రాన్ల సంఖ్య $nA\Delta x$. ఎలక్ట్రాను మీద ఆవేశం e అయితే, ఘనపరిమాణ మూలకంలోని మొత్తం ఆవేశం $\Delta q = nA\Delta xe$. ఉష్ణశక్తి వలన ఎలక్ట్రాన్లు v_d డ్రిఫ్ట్ వడిని పొందితే, Δt కాలంలో అవి ప్రయాణించే దూరం, $\Delta x = v_d \Delta t$. Δq సమీకరణంలో Δx విలువను ప్రతిక్షేపిస్తే, మనం తీసుకున్న ఘనపరిమాణ మూలకంలోని మొత్తం ఆవేశం

$$\Delta q = nAe\ v_d\ \Delta t$$

అపుడు

$$\frac{\Delta q}{\Delta t} = I = nAev_d \qquad (19.4)$$

డ్రిఫ్ట్ వడి గురించి వివరంగా మీరు ఈ పాఠం 19.9 భాగంలో తెలుసుకుంటారు.



పటం 19.2 : వాహక మధ్యచ్ఛేదం A గుండా v_d వడితో ఆవేశాల చలనం, Δx పొడవులో గల ఆవేశాల సంఖ్య $nAv_d\ \Delta t$.

19.2 ఓమ్ నియమం

1828 లో వాహకం గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ (I) మరియు వాహకం చివరల మధ్య అనువర్తించిన పొటెన్షియల్ తేడా (V) ల మధ్య ఉండే సంబంధాన్ని ఓమ్ అధ్యయనం చేశాడు. ఆయన ఈ సంబంధాన్ని ఒక నియమంగా చెప్పారు. దీన్నే ఓమ్ నియమం అంటారు.

జార్జి సైమన్ ఓమ్ (1767 - 1854)

జర్మనీ దేశపు శాస్త్రజ్ఞుడు. ఇతని పేరు మీద గల నియమం వల్ల జార్జి సైమన్ ఓమ్ ప్రఖ్యాతి చెందారు. విద్యుత్ ప్రవాహానికి, ఉష్ణ వహనానికి మధ్య సాదృశ్యం ఉంది. ఈ సాదృశ్యంను పరిగణించి ఓమ్ శాస్త్రజ్ఞుడు తన నియమాన్ని ప్రతిపాదించాడు. సైరన్ల సిద్ధాంతం. స్ఫటికాలలో ధ్వనిత కాంతి వ్యతికరణం లాంటి విషయాలలో ఇతని భాగస్వామ్యం ఉంది. నిరోధం ప్రమాణం ఓమ్, ఇతని పేరు మీద పిలువబడుతుంది.

ఓమ్ నియమం ప్రకారం, **ఉష్ణోగ్రత, పీడనం ల వంటి భౌతిక పరిస్థితులు స్థిరంగా ఉన్నపుడు, ఒక వాహకంలోని విద్యుత్ ప్రవాహం దాని చివరల మధ్య అనువర్తించిన పొటెన్షియల్ తేడాకి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.**

వాహకం గుండా ప్రవహించే విద్యుత్తు I అని, దాని చివరల మద్య అనువర్తించిన పొటెన్షియల్ తేడా V అని అనుకుందాం. ఓమ్ నియమం ప్రకారం

$$V \propto I$$

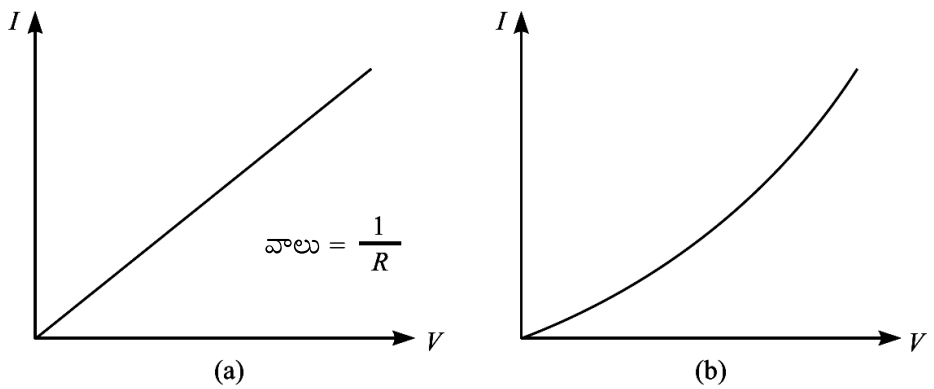
లేదా

$$V = RI$$

$$\Rightarrow \quad \frac{V}{I} = R \qquad (19.5)$$

ఇక్కడ అనుపాత స్థిరాంకం R, విద్యుత్ ప్రవాహానికి వాహకం కలిగించే విద్యుత్ నిరోధాన్ని సూచిస్తుంది. వాహకం గుండా విద్యుత్‌ను ప్రవహించకుండా నిరోధించే వాహకం యొక్క ధర్మాన్ని ఆ వాహకం విద్యుత్ నిరోధం అని అంటారు.

లోహ వాహకం యొక్క I–V గ్రాఫ్ (రేఖా పటం) సరళరేఖ రూపంలో ఉంటుంది. (పటం 19.3(a))



పటం 19.3 : విద్యుత్తు - వోల్టేజి గ్రాఫ్ - (a) ఓమిక్ పరికరానికి, (b) అర్ధవాహక డయోడ్‌కు

SI పద్ధతిలో నిరోధం ప్రమాణం ఓమ్. దీని గుర్తు Ω (ఒమేగ అని చదువుతాం)

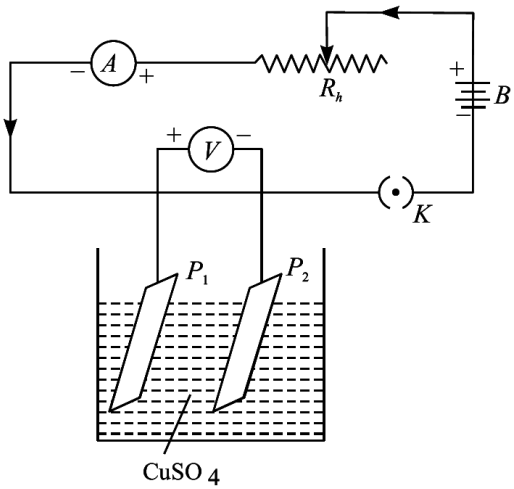
1 ఓమ్ = 1 వోల్టు / 1 ఆంపియర్

దాదాపు అన్ని లోహాలు ఓమ్ నియమాన్ని పాటిస్తాయి, వాటిలో వోల్టేజి, విద్యుత్ ప్రవాహంకు మధ్య గల సంబంధం రేఖీయంగా ఉంటుంది. అటువంటి నిరోధాలను ఓమిక్ నిరోధాలని అంటారు. ఓమ్ నియమాన్ని పాటించని నిరోధాలను నాన్ ఓమిక్ నిరోధాలు అంటారు. శూన్య డయోడ్ (నాళిక), అర్ధ వాహక డయోడ్, ట్రాన్సిస్టర్‌లు అనే పరికరాలు నాన్ ఓమిక్ లక్షణాలను చూపిస్తాయి. అతి చిన్న విలువలు గల వోల్టేజికి కూడ అర్ధ వాహక డయోడ్ ఓమ్ నియమంను పాటించదు. అర్ధవాహక డయోడ్ I–V ల మధ్య సంబంధం, రేఖీయంగా లేకపోవడం పటం 19.3(b) చూపిస్తుంది.

కృత్యం (ప్రయోగం) 19.1

ఉద్దేశం : విద్యుత్ విశ్లేష్యం గుండా విద్యుత్ వహనంను అధ్యయనం చేయడం.

అవసరమైన పరికరాలు : ఆమ్మీటరు, వోల్ట్‌మీటరు, కాపర్ సల్ఫేట్ ద్రావణం కల జాడీ, రెండు కాపర్ పలకలు, ఒక బ్యాటరీ, ప్లగ్ కీ, తీగలు, రియోస్టాట్.



పటం 19.4 : విద్యుత్ విశ్లేష్యం గుండా విద్యుత్తు వహనం

ఏ విధంగా చేయాలి

1. పటం 19.4లో చూపినట్లు పరికరాలన్నింటిని అమర్చాలి.
2. ప్లగ్‌లో కీ పెట్టి, ఆమ్మీటరు, వోల్ట్‌మీటరు రీడింగులను గుర్తించాలి.
3. రియోస్టాటులోని స్లైడరును జరిపి, ఆమ్మీటరు రీడింగును మార్చాలి. వోల్ట్‌మీటరు రీడింగును మళ్ళీ గుర్తించండి.
4. పైన చెప్పిన విధంగా కనీసం ఐదు సార్లు చేసి, ప్రతీసారి ఆమ్మీటరు, వోల్ట్‌మీటరు రీడింగులను గుర్తించాలి.
5. (a) P_1, P_2 ల మధ్య దూరంను

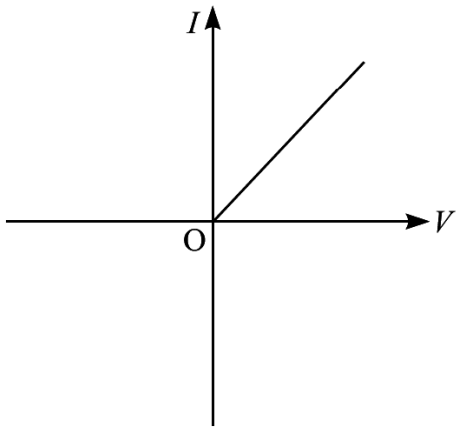
   (b) విద్యుత్ విశ్లేష్యం లో ముంచిన పలక వైశాల్యంను

   (c) విద్యుత్ విశ్లేష్య గాఢతను

   మారుస్తూ ఈ ప్రయోగాన్ని మరల చేయాలి.
6. ప్రతి సందర్భంలో I–V గ్రాఫ్ ను గీయాలి.

మీరు ఏమి నిర్ధారిస్తారు ?

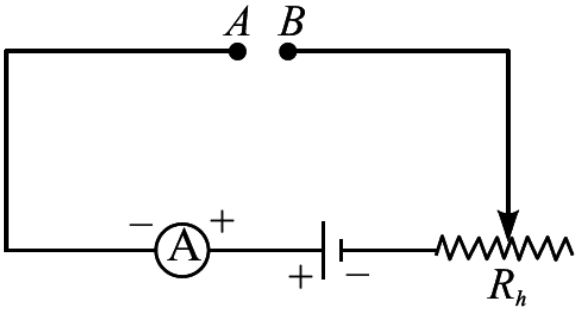
- పటం 19.5 లో మాదిరిగా I–V గ్రాఫ్ మూలబిందువు నుంచి పోయే ఒక సరళరేఖ రూపంలో ఉంటే, మనం అయానిక్ ద్రావణం ఓమిక్ నిరోధంగా ప్రవర్తిస్తుంది అని చెప్పవచ్చు.
- పలకల మధ్య గల విద్యుత్ విశ్లేష్య ఘనపరిమాణం మారితే, గ్రాఫ్ వాలు నిట్రంగా మారుతుంది. దీన్ని బట్టి విద్యుత్ విశ్లేష్యం నిరోధకత, దాని స్వభావం పైనే కాకుండా ఎలక్ట్రోడుల వైశాల్యం పై, వాటి మధ్య గల దూరం పై కూడ ఆధారపడుతుందని తెలుస్తుంది.



పటం 19.5 అయానిక్ ద్రావణం యొక్క I–V గ్రాఫ్

నిరోధం మరియు నిరోధకత

వాహకం నిరోధంను ప్రభావితం చేసే కారకాల గురించి ఇపుడు తెలుసుకుందాం. రెండు సులభమైన ప్రయోగాలు మీరు చేయవచ్చు. ఈ ప్రయోగాలు చేయటానికి పటం 19.6 లో చూపిన వలయాన్ని ఏర్పరచండి.

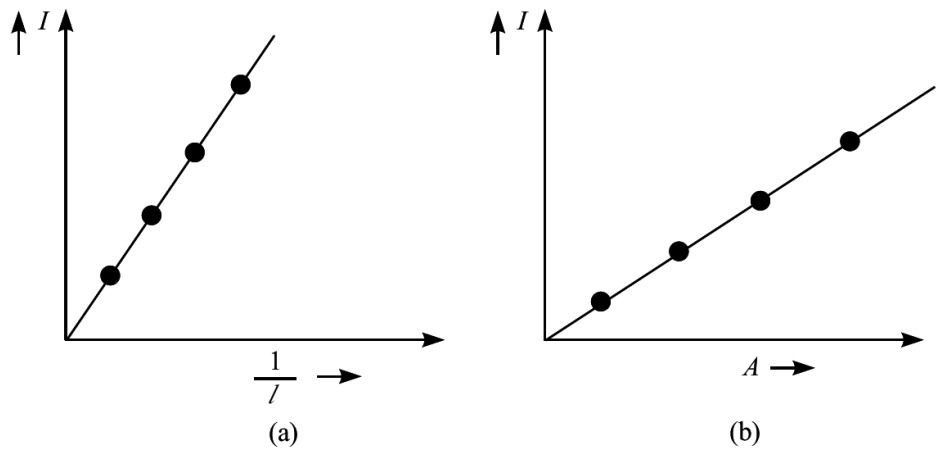


పటం 19.6 : వాహకం నిరోధంను ప్రభావితం చేసే కారకాలను అధ్యయనం చేయడానికి విద్యుద్వలయం.

కృత్యము (ప్రయోగం) 19.2

సమ అడ్డుకోత (మధ్యచ్ఛేదం) గల ఒక పొడవైన వాహకపు తీగను తీసుకొని, దాన్ని వేరు వేరు పొడవులు l_1, l_2, l_3 మొదలగునవి గల తీగ ముక్కలుగా కత్తిరించాలి. ఈ తీగ ముక్కలన్నింటికి అడ్డుకోత వైశాల్యం సమానం. A, B ల మధ్య l_1 ను కలిపి, ఈ తీగ గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ ను గుర్తించాలి. ఈ విద్యుత్‌ను I_1 అనుకుందాం. ఇదే విధంగా ఈ ప్రయోగాన్ని l_2, l_3 తీగ ముక్కలతో ఒక దాని తరువాత మరొక దానితో చేసినపుడు, తీగ ముక్కల గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ వరుసగా I_2, I_3 అనుకుందాం. l^{-1}, I కి మధ్య గ్రాఫ్‌ను గీయండి. ఈ గ్రాఫ్ సరళరేఖ రూపంలో ఉంటుంది. పొడవు తీగలు తమ గుండా అతి తక్కువ విద్యుత్ ను ప్రవహింపచేస్తాయని మీరు తెలుసుకుంటారు. అంటే పొడవు తీగలు ఎక్కువ నిరోధాన్ని కలిగిస్తాయి. (పటం 19.7 (a)). గణితంలో దీన్ని ఈ విధంగా తెలుపుతాం.

$$R \propto l \qquad (19.6)$$



పటం 19.7 : (a) సమ అడ్డుకోత గల తీగల మొక్క I, 1/*l* ల మధ్య గ్రాఫ్ (b) సమాన పొడవు గల తీగల యొక్క విద్యుత్ ప్రవాహం మరియు అడ్డుకోత వైశాల్యం ల మధ్య గ్రాఫ్

కృత్యము (ప్రయోగం) 19.3

సమాన పొడవు కలిగి, వేరు వేరు అడ్డుకోత వైశాల్యాలు A_1 , A_2 , A_3 మొదలగునవి గల ఇచ్చిన పదార్థ తీగలను తీసుకుందాం. A, B ల మధ్య వీటిని ఒకదాని తరువాత ఒకటి కలిపి, ప్రతి సందర్భంలోను విద్యుత్ ప్రవాహాలను I_1, I_2, I_3 గుర్తించాలి. I, A ల మధ్య గ్రాఫ్ సరళరేఖ రూపంలో ఉంటుంది. ఎక్కువ అడ్డుకోత వైశాల్యం కలిగిన తీగలు తమ గుండా ఎక్కువ విద్యుత్తును ప్రవహింపచేస్తాయి. ఎక్కువ అడ్డుకోత వైశాల్యం కలిగిన వాహకం తీగలు తక్కువ నిరోధాన్ని కలిగిస్తాయని మీరు చెప్పవచ్చు (పటం 19.7 (b)). గణితంలో దీన్ని ఈ విధంగా రాయవచ్చు.

$$R \propto \frac{1}{A} \qquad (19.7)$$

సమీకరణాలు (19.6), (19.7) లను కలిపి, ఈ విధంగా మనం రాయవచ్చు.

$$R \propto \frac{l}{A}$$

లేదా

$$R = \rho \frac{l}{A} \qquad (19.8)$$

ఇక్కడ ρ అనేది అనుపాత స్థిరాంకం. స్థిర ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఇది పదార్థానికి స్థిరంగా ఉంటుంది. దీన్ని వాహక పదార్థం యొక్క విశిష్ట నిరోధం లేదా నిరోధకత అంటారు. సమీకరణం (19.8) నుంచి,

$$\rho = \frac{RA}{l} \qquad (19.9)$$

l = 1 m, A = 1 m^2 అయితే, ρ = R ఓమ్ - మీటరు.

ఒక పదార్థం యొక్క (విశిష్ట నిరోధం) నిరోధకత ఆ పదార్థం తో తయారైన ఒక మీటరు పొడవు మరియు ఒక చదరపు మీటరు అడ్డుకోత వైశాల్యం కలిగిన తీగ నిరోధానికి సంఖ్యాత్మకంగా సమానం. విశిష్ట నిరోధం ప్రమాణం ఓమ్ - మీటరు (Ωm). విశిష్ట నిరోధం యొక్క విలోమాన్నే వాహకత్వం (విశిష్ట వాహకత) అంటారు. దీన్ని σతో సూచిస్తారు.

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \qquad (19.10)$$

వాహకత్వం ప్రమాణం ఓమ్$^{-1}$ మీటరు$^{-1}$ లేదా మో - మీటరు$^{-1}$.

నిరోధకత పదార్థ కొలతల పైన కాకుండా దాని స్వభావం పైన ఆధారపడుతుంది అయితే వాహకం నిరోధం వాహక కొలతలపైన, వాహక పదార్థ స్వభావం పైన కూడ ఆధారపడుతుంది.

ఈ కింది ఉదాహరణలను ఇపుడు మీరు శ్రద్ధగా అధ్యయనం చేయాలి.

ఉదాహరణ 19.1

మన ఇళ్ళలో విద్యుత్ శక్తిని 220 V వద్ద సరఫరా చేస్తారు. ఒక బల్బ్ గుండా 0.2 A విద్యుత్ ప్రవహిస్తే, దాని నిరోధంను లెక్కించండి.

సాధన :

$$R = \frac{V}{I} = \frac{220\,\text{volt}}{0.2\,\text{amp.}} = 1100\,\Omega$$

ఉదాహరణ 19.2

వాహకపు తీగలో సెకండుకు ఏ మధ్యచ్ఛేదాన్ని అయినా దాటుకొని పోయే మొత్తం ఎలక్ట్రానులు 6.0×10^{16} అయితే తీగలో ప్రవహించే విద్యుత్తును నిర్ధారించండి.

సాధన :

1 సెకండులో మధ్యచ్ఛేదాన్ని దాటిపోయే మొత్తం ఆవేశం,

$$\Delta Q = ne = 6.0 \times 10^{16} \times 1.6 \times 10^{-19}\ \text{C} = 9.6 \times 10^{-3}\text{C}$$

$$\therefore \qquad I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{9.6 \times 10^{-3}\text{C}}{1\text{s}}$$

$$= 9.6 \times 10^{-3}\ \text{A}$$

$$= 9.6\ \text{mA}$$

ఉదాహరణ 19.3

A, B లు సమాన పొడవు కలిగిన రెండు రాగి తీగలు. A వ్యాసం, B వ్యాసం కంటే రెండు రెట్లు ఎక్కువ. వాటి నిరోధాలను పోల్చండి.

సాధన :

సమీకరణం (19.8) నుంచి

$$R_A = \rho \frac{l}{\pi r_A^2} \quad \text{మరియు} \quad R_B = \rho \frac{l}{\pi r_B^2}$$

$$\therefore \qquad \frac{R_A}{R_B} = \frac{r_B^2}{r_A^2}$$

A వ్యాసం = 2 × B వ్యాసం, కాబట్టి $r_A = 2r_B$.

∴ నిరోధం B, A నిరోధానికి నాలుగు రెట్లు ఉంటుంది.

ఉదాహరణ 19.4

ఒక వాహకపు తీగ పొడవు 60.0 m మరియు దాని వ్యాసార్ధం .5 cm. 5.0 V పొటెన్షియల్ తేడా, తీగలో 2.5 A విద్యుత్ ను ప్రవహింపచేస్తుంది. తీగ పదార్థం యొక్క నిరోధకతను కనుక్కోండి.

సాధన :

$$R = \frac{V}{I} = \frac{5.0\,V}{2.5\,A} = 2.0\,\Omega$$

తీగ వ్యాసార్ధం = 0.5 cm = 5.0×10^{-3} m

అడ్డుకోత వైశాల్యం, $A = \pi R^2 = 3.14 \times (5.0 \times 10^{-3})^2\ m^2 = 78.5 \times 10^{-6}\ m^2$

$$\therefore \qquad \rho = \frac{2.0 \times 78.5 \times 10^{-6}\,\Omega m^2}{60.0\,m} = 2.6 \times 10^{-6}\ \Omega m$$

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 19.1

1. (a) l పొడవు గల రాగి తీగలో I విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుంది. తీగ పొడవును రెట్టింపు చేస్తే అదే ఘటం వల్ల ఏర్పడే విద్యుత్తును లెక్కించండి.

   (b) ఒక రాగి తీగ అడ్డుకోత వైశాల్యాన్ని సగానికి తగ్గిస్తే, దాని గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ ఏమవుతుంది.

2. పొడవు l, అడ్డుకోత వైశాల్యం A కలిగిన తీగ నిరోధకత $2 \times 10^{-8}\,\Omega m$. అదే తీగ పొడవు $2l$ మరియు అడ్డుకోత వైశాల్యం 2A అయితే నిరోధకత ఎంత ?

3. 3 m పొడవు, అడ్డుకోత వైశాల్యం 2 cm^2 కలిగిన వాహక తీగ రెండు చివరల మధ్య 8 V పొటెన్షియల్ తేడా అనువర్తించిన 0.15 A విద్యుత్తు తీగలో ప్రవహిస్తుంది. తీగ నిరోధం మరియు నిరోధకతను కనుక్కోండి.

4. అన్ని వాహకాలు ఓమ్ నియమాన్ని పాటిస్తాయా ? మీ సమాధానాన్ని సమర్థించడానికి ఉదాహరణలు ఇవ్వండి.

5. ఒక సెకండు కాలంలో ఎడమ నుంచి కుడికి వాహక తీగ అడ్డుకోతను దాటిపోయే ఎలక్ట్రాన్ల సంఖ్య 5×10^{17} అయితే తీగ గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ విలువను, దిశను కనుక్కోండి.

19.3 నిరోధాల సంధానం

విద్యుద్వలయం కలపబడిన అనేక అంశాలను, పరికరాలను కలిగి ఉంటుంది. వాటిలో కొన్ని బ్యాటరీలు, నిరోధకములు, కెపాసిటర్‌లు, డయోడ్‌లు, ట్రాన్సిస్టర్లు మొదలగునవి (వీటిని వలయ మూలకాలు అంటారు). వీటిని చర్యాశీలమైనవిగా, నిరోధకాలు గా విభజించారు. వలయాలలో ఉపయోగించే నిరోధక అంశాలలో ముఖ్యమైనవి నిరోధాలు, కీ లు, రియోస్టాట్‌లు, నిరోధ తీగచుట్టలు, నిరోధాల పెట్టె మరియు అంశాలకు కలిపే తీగలు. చర్యాశీల అంశాలలో కెపాసిటర్‌లు, ప్రేరకములు (ఇండక్టర్), పరివర్తకములు (ట్రాన్స్ ఫార్మర్) ఉంటాయి. ఈ అంశాలన్నీ తమ తమ విధులను నిర్వర్తించడమే కాకుండా, వలయంలో ప్రవహించే విద్యుత్తును నియంత్రిస్తాయి. ముందు పాఠంలో మీరు కెపాసిటర్ల సంధానంను ఉపయోగించి ఆవేశంను, వోల్టేజిని నియంత్రించే విధానం గూర్చి చదువుకున్నారు. ఇపుడు నిరోధాల సంధానంను ఉపయోగించి, విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని, వోల్టేజిని ఏ విధంగా నియంత్రించవచ్చో తెలుసుకుందాం. రెండు రకాల నిరోధాల సంధానంలు వాడుకలో ఉన్నాయి. అవి శ్రేణి సంధానం మరియు సమాంతర సంధానం.

సంధానం గుండా ఎంతైతే విద్యుత్ ప్రవహిస్తుందో, అంతే విద్యుత్‌ను అనుమతించే ఏకైక తుల్య నిరోధంను నిర్వచిస్తాము.

శ్రేణీ సంధానం

అనేక నిరోధాలను, మొదటి నిరోధం రెండవ చివర, రెండవ నిరోధం మొదటి చివరకు, ఆ విధంగా అన్ని నిరోధాలను ఒక దాని వెంబడి ఒకటి కలిపితే ఆ నిరోధాలు శ్రేణిలో ఉన్నాయి అంటారు. వాటన్నిటి గుండా ఒకే విద్యుత్ ప్రవాహం ఉంటుంది. పటం 19.8 లో R_1, R_2 అనే రెండు నిరోధాలను శ్రేణీ సంధానం లో కలిపారు. ఈ సంయోగాన్ని బ్యాటరీ కొనలు A, D లకు కలపాలి. V వోల్టేజి గల బ్యాటరీకి శ్రేణీ సంధానాన్ని కలిపితే దాని గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ I అనుకుందాం. R_1, R_2 ల మధ్య వరుసగా V_1, V_2 పొటెన్షియల్ తేడాలు ఏర్పడతాయి. ఓమ్ నియమం ప్రకారం, $V_1 = IR_1, V_2 = IR_2$. కాని V_1, V_2 ల మొత్తం V కి సమానం.

$$\Rightarrow \qquad V = V_1 + V_2 = I\,R_1 + I\,R_2$$

ఈ శ్రేణీ సంధానం తుల్య నిరోధం R అయితే, అప్పుడు

$$V = IR = I\,(R_1 + R_2)$$

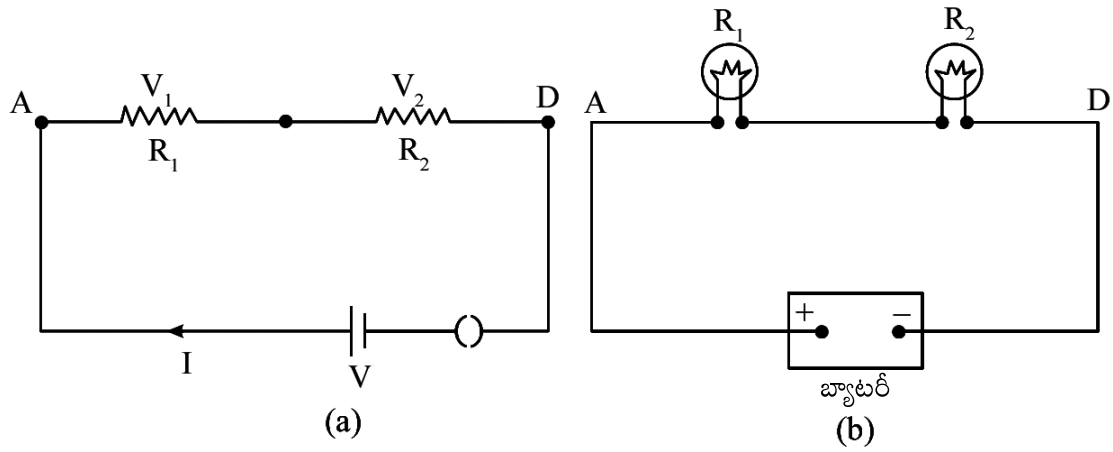
$$\therefore \qquad R = R_1 + R_2$$

అనేక నిరోధాలను శ్రేణిలో కలిపినపుడు,

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \ldots \qquad (19.11)$$

అంటే, అనేక నిరోధాలను శ్రేణిలో కలిపినపుడు, ఫలిత లేదా తుల్య నిరోధం వాటి నిరోధాల మొత్తానికి సమానమవుతుంది.

ఒకవేళ సమాన నిరోధం గల n నిరోధాలను శ్రేణిలో కలిపితే, తుల్య నిరోధం nR మరియు ఒక్కొక్క నిరోధంపై పొటెన్షియల్ తేడా $\frac{V}{n}$. వలయంలో విద్యుత్ బల్బులాంటి నిరోధంపై జనకం ప్రయోగించే పొటెన్షియల్ తేడా కంటే తక్కువ పొటెన్షియల్ కలుగజేయాలంటే శ్రేణిలో మరొక బల్బును కలపాలి.



బ్యాటరీకి కలిపిన రెండు నిరోధాల శ్రేణీ సంధానం ఏక ముఖ విద్యుత్ జనకానికి (**dc source**) కలిపిన రెండు బల్బుల శ్రేణీ సంధానం.

పటం 19.8

రెండు నిరోధాల శ్రేణి సంధానంలో వోల్టేజి విభజన

$V = V_1 + V_2$ కాబట్టి

$$V = IR_1 + IR_2 = (R_1 + R_2)I$$

$$V = (R_1 + R_2)I$$

$$I = \frac{V}{R_1 + R_2}$$

R_1 పై పొటెన్షియల్ పాతం $V_1 = IR_1$

కాని $I = \frac{V}{R_1 + R_2}$ కావున

$$\therefore \quad V_1 = \left(\frac{V}{R_1 + R_2}\right) R_1 \Rightarrow V_1 = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right) V$$

అలాగే R_2 పై పొటెన్షియల్ పాతం

$$V_2 = IR_2 \text{ but } I = \frac{V}{R_1 + R_2}$$

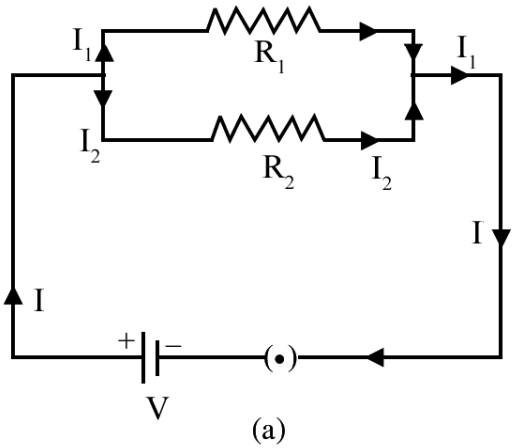
$$V_2 = \left(\frac{V}{R_1 + R_2}\right) R_2$$

$$V_2 = \frac{R_2}{(R_1 + R_2)} V$$

సాధారణంగా శ్రేణి సంధానంలో ఏదైనా నిరోధంపై పొటెన్షియల్ పాతం, ఆ నిరోధం మరియు సంధానంలో నిరోధాల మొత్తం నిష్పత్తిని మొత్తం వోల్టేజితో గుణించగా వస్తుంది.

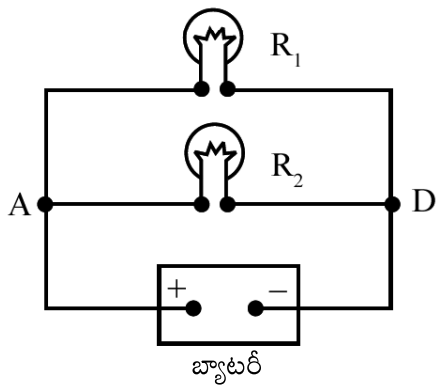
సమాంతర సంధానం

అనేక నిరోధాల మొదటి చివరలు ఒక బిందువు వద్ద, రెండవ చివరలు మరొక బిందువు వద్ద కలిపితే ఆ నిరోధాలు సమాంతర సంధానంలో ఉన్నాయి అంటారు. సమాంతర సంధానంలో **నిరోధాల అన్నింటి పైన ఒకే పొటెన్షియల్ తేడా ఉంటుంది**. R_1, R_2 నిరోధాల సమాంతర సంధానం పటం 19.9 చూపిస్తుంది. V వోల్టేజి గల బ్యాటరీకి ఈ సంయోగాన్ని కలిపితే ప్రవహించే విద్యుత్తు I. ఈ విద్యుత్తు రెండు భాగాలుగా విభజింపబడుతుంది. R_1, R_2 నిరోధాల గుండా ప్రవహించే విద్యుత్‌లు వరసగా I_1, I_2. అప్పుడు



(a)

సమాంతరంగా కలపబడిన రెండు నిరోధాలు. రెండు నిరోధాల కు ఒకే వోల్టేజిని బ్యాటరీ సరఫరా చేస్తుంది.



(b)

బ్యాటరీకి కలిపిన బల్బుల సమాంతర సంధానం.

పటం 19.9

విద్యుత్తులు I_1, I_2 ల మొత్తం I కి సమానం.

$$\Rightarrow \qquad I = I_1 + I_2 = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2}$$

సంయోగం తుల్య నిరోధం R, అయితే V = IR or I = V/R:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2}$$

$$\therefore \qquad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \qquad (19.12\ a)$$

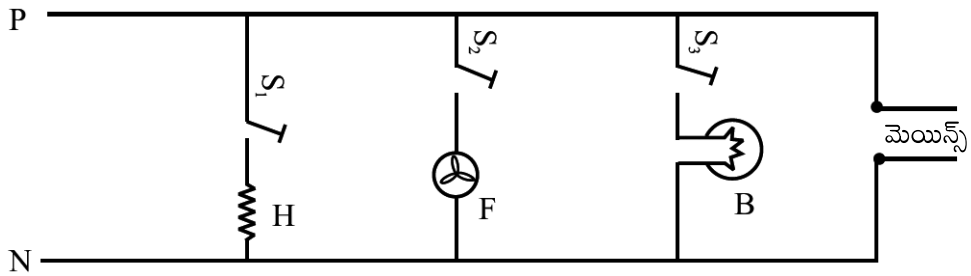
or $$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \qquad (19.12\ b)$$

సమీకరణం (19.12a) నుంచి **నిరోధాల సమాంతర సంధానంలో వేరు వేరు నిరోధాల విలోమాల మొత్తం వాటి తుల్య నిరోధం విలోమానికి సమానం** అని గమనిస్తాము. అనేక నిరోధాలను సమాంతరంగా కలిపినపుడు,

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + ... \qquad (19.13)$$

సమాంతర సంధానంలోని అతి చిన్న నిరోధం విలువ కంటే తుల్య నిరోధం విలువ తక్కువగా ఉంటుందని గమనించండి. 2 Ω నిరోధాన్ని, 2 V బ్యాటరీకి కలిపిన విద్యుత్ వలయం నుంచి ఈ విషయాన్ని మీరు సులభంగా గమనించవచ్చు. ఈ వలయంలో విద్యుత్ 1 A. ఈ వలయంలో మరొక 2 Ω నిరోధాన్ని సమాంతరంగా కలిపితే దాని గుండా అంతే విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుంది. అంటే బ్యాటరీ నుంచి ప్రవహించిన మొత్తం విద్యుత్తు 2 A. కాబట్టి వలయ నిరోధం సగమైంది. సమాంతరంగా కలిపే నిరోధాల సంఖ్యను పెంచితే, వలయ నిరోధం తగ్గుతుంది, మరియు బ్యాటరీ నుండి ప్రవహించే విద్యుత్తు పెరుగుతుంది.

మన ఇళ్ళలో విద్యుత్ ఉపకరణాలైన బల్బులు, ఫ్యాన్స్, హీటర్స్ మొదలగునవి సమాంతరంగా కలపబడి ఉంటాయి. ప్రతిదాని పైన ఒకే పొటెన్షియల్ తేడా ఉంటుంది. మరియు అవి చేసే పనిపై ఇతర ఉపకరణాల ప్రభావం ఉండదు. మనం బల్బులు, ఫ్యాన్స్‌ల స్విచ్‌లు వేయగానే, ఇంటి యొక్క విద్యుత్ వలయ నిరోధం తగ్గుతుంది, మెయిన్స్ (mains) నుంచి ప్రవహించే విద్యుత్తు పెరుగుతూ పోతుంది (పటం 19.10).



పటం 19.10 : మన ఇళ్లలోని ఉపకరణాల అమరిక. ఇవి అన్నీ సమాంతరంగా కలపబడి ఉన్నాయి. ఈ సమాంతర సంధానాన్ని మెయిన్స్ ప్రసారం (main supply) 220 V కు కలపాలి. మేన్స్ నుంచి ప్రవహించే విద్యుత్ మొత్తం, ప్రతి ఉపకరణం గుండా ప్రవహించే విద్యుత్‌ల మొత్తానికి సమానం.

రెండు నిరోధాల శ్రేణి సంధానంలో వోల్టేజి విభజన

సమాంతర సంధానంలో $I = I_1 + I_2$

కాని $I_1 = \frac{V}{R_1}$ మరియు $I_2 = \frac{V}{R_2}$

ఈ విలువలను పై సమీకరణంలో ప్రతిక్షేపించగా

$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2}$$

$$I = V\left(\frac{R_1+R_2}{R_1R_2}\right)$$

లేదా $$V = I\,\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}$$

నిరోధం R_1 గుండా విద్యుత్ $$I_1 = \frac{V}{R_1} = I\,\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}\times\frac{1}{R_1}$$

$$I_1 = \frac{(R_2)I}{R_1+R_2} \qquad (19.13\ a)$$

అలాగే $$I_2 = \frac{V}{R_2} = I\,\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}\times\frac{1}{R_2}$$

$$I_2 = \frac{(R_1)I}{R_1+R_2} \qquad (19.13\ b)$$

సమాంతర సంధానంలో ఏదైనా నిరోధం గుండా విద్యుత్, అవతలి నిరోధం మరియు నిరోధాల మొత్తం నిష్పత్తిని మొత్తం విద్యుత్‌చే గుణించగా వస్తుంది. **సాధారణంగా వోల్టేజి విభజనకు అదే నిరోధాన్ని తీసుకోగా, విద్యుత్ విభజనకు అవతలి నిరోధాన్ని** తీసుకుంటాము.

ఉదాహరణ 19.5

పటం 19.11 లో చూపిన వలయం గుండా ప్రవహించే విద్యుత్తు I_2 ను, నిరోధం R_2 ను లెక్కించండి.

సాధన : R_1, R_2 సమాంతర సంధానం

తుల్య నిరోధం R అయితే,

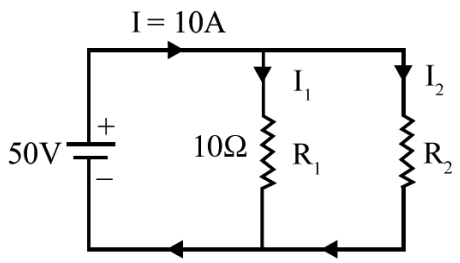
$$R = \frac{R_1R_2}{R_1+R_2} = \frac{10R_2}{10+R_2}$$

ఓమ్ నియమం ప్రకారం,

$$R = \frac{50}{10} = 5\Omega$$

$$\therefore \quad \frac{10R_2}{10+R_2} = 5$$

$$\Rightarrow 10\,R_2 = 50 + 5\,R_2 \qquad \text{లేదా} \qquad R_2 = 10\ \Omega$$



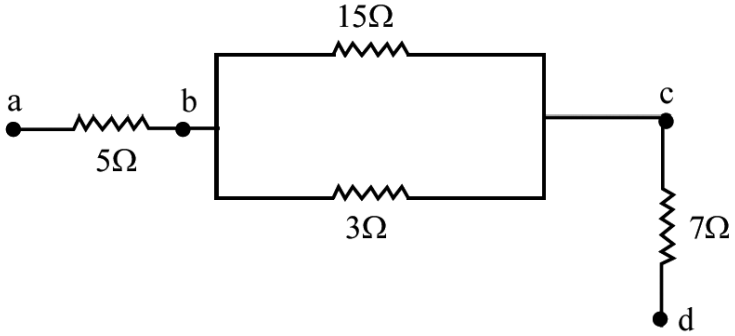
పటం 19.11 సమాంతర సంధానంలో రెండు నిరోధాలు

R_1, R_2 లు సమానం కాబట్టి, వాటి మధ్య విద్యుత్తు సమానంగా విభజింపబడుతుంది.

$\therefore\ I_2 = 5A$

ఉదాహరణ 19.6

పటం 19.12 లో చూపిన e\j ê"¿ì a, d బిందువుల మధ్య ఉన్న తుల్య నిరోధాన్ని లెక్కించండి.



పటం 19.12 : శ్రేణీ మరియు సమాంతర సంధానాల సంయోగం.

సాధన :

15Ω , 3Ω నిరోధాలను సమాంతరంగా కలిపారు. ఈ సంయోగ తుల్య నిరోధం

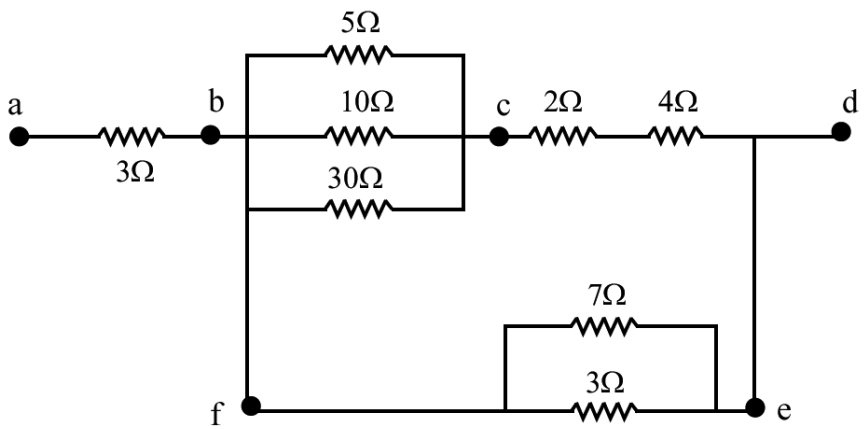
$$R_1 = \frac{15\times3}{15+3}\Omega = \frac{45}{18} = \frac{5}{2} = 2.5\Omega$$

ఇపుడు 5Ω, $R_1 = 2.5\Omega$, 7Ω నిరోధాలు శ్రేణిలో కలపబడి వున్నాయని అనుకోవచ్చు. కాబట్టి a, d బిందువుల మధ్య ఉన్న తుల్య నిరోధం,

$$R = (5 + 2.5 + 7) = 14.5\Omega$$

ఉదాహరణ 19.7

పటం 19.13 లో చూపిన జాలకం (network) ను గమనించండి. (i) b మరియు c (ii) c మరియు d (iii) a మరియు e ల మధ్య ఉన్న తుల్య నిరోధాన్ని కనుక్కోండి.



పటం 19.13 : నిరోధాల శ్రేణీ మరియు సమాంతర సంధానాల సంయోగం.

సాధన :

(i) మూడు నిరోధాలను (5Ω, 10Ω and 30Ω) సమాంతరంగా కలిపారు.

తుల్య నిరోధం, $\frac{1}{R_1} = \frac{1}{5} + \frac{1}{10} + \frac{1}{30} = \frac{6+3+1}{30} = \frac{10}{30}\Omega$

లేదా $R_1 = 3\Omega$

(ii) నిరోధాలు 2Ω, 4Ω లను శ్రేణిలో కలిపారు. తుల్య నిరోధం

$$R_2 = (2 + 4) = 6\Omega$$

(iii) 7Ω, 3Ω నిరోధాలు సమాంతరంగా ఉన్నాయి, కాబట్టి తుల్య నిరోధం

$$\frac{1}{R_3} = \left(\frac{1}{7} + \frac{1}{3}\right) = \frac{3+7}{21} = \frac{10}{21}$$

లేదా $$R_3 = \frac{21}{10}\Omega = 2.1\Omega$$

ఇపుడు తుల్య నిరోధాలు R_1, R_2 శ్రేణిలో ఉన్నాయని అనుకుంటే,

$$R_4 = R_1 + R_2 = (3 + 6) = 9\Omega$$

ఇపుడు R_4, R_3 లు సమాంతరంగా ఉన్నాయి. కాబట్టి తుల్య నిరోధం

$$\frac{1}{R_5} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_3}$$

$$= \frac{1}{9} + \frac{1}{2.1}$$

$$= \frac{1}{9} + \frac{10}{21} = \frac{37}{63}$$

$$R_5 = \frac{63}{57}\Omega = 1.70\Omega$$

(iv) చివరగా R_5, 3Ω నిరోధాలు శ్రేణి లో ఉన్నాయి. కాబట్టి

$$R = (1.70 + 3) = 4.70\ \Omega$$

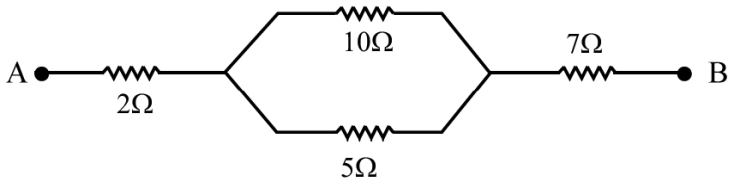
గమనిక : సరళత్వం కొరకు మీరు ప్రతీ తుల్య నిరోధం లెక్కింపు తరువాత కొత్త ఫలిత వలయాన్ని గీయాలి.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 19.2

1. మీ పడక గదిలో రెండు బల్బులు, ఒక ఫ్యాన్ ఉన్నాయి. అవి శ్రేణిలో కలిపారా లేక సమాంతరంగా కలపబడి ఉన్నాయా తెలపండి. ఎందుకు ఆ విధంగా కలిపారో తెలపండి.

2. సాధారణంగా ఒక పట్టణంలో విద్యుత్ సరఫరా 220 V వద్ద చేస్తారు. ఒక్కోసారి వోల్టేజి 300 V కు పెరిగి మీ TV కి మరియు ఇతర విద్యుత్ ఉపకరణాలకు హాని చేస్తుంది. మీ ఉపకరణాలను రక్షించుకోవడానికి ఏ జాగ్రత్తను తీసుకుంటారు.

3. పక్క వలయంలో A, B బిందువుల మధ్య ఉన్న తుల్య నిరోధాన్ని కనుక్కోండి.



4. ఫంక్షన్ హాల్‌లో ఉపయోగించే అనేక అలంకరణ విద్యుత్ దీపాలను శ్రేణి సంధానంలో కలుపుతారా? సమాంతర సంధానంలో కలుపుతారా? ఎందుకు?

19.4 నిరోధాల రకాలు

నిరోధాలను మనం విద్యుత్ మరియు ఎలక్ట్రానిక్ వలయాలలో విద్యుత్ ప్రవాహ పరిమాణాన్ని నియంత్రించుటకు వాడతాం. నిరోధాలు రెండు రకాలు.

- కార్బన్ నిరోధకాలు
- తీగ చుట్టల నిరోధకాలు

తీగ చుట్టల నిరోధం లో నిర్ధిష్ట పొడవు గల నిరోధపు తీగలను (మాంగనిన్, కాన్‌స్టన్‌టన్ లేదా నైక్రోమ్ తో చేసినవి) ఒక బంధక స్తూపం మీద రెండు మడతలుగా చుడతారు. తీగ పొడవు మనకు కావలసిన నిరోధం విలువ పై ఆధారపడుతుంది. కార్బన్ నిరోధాలలో కార్బన్‌ను సరి అయిన బంధన పదార్థంతో కలిపి స్తూపాకారంలో అచ్చు వేస్తారు. స్తూపానికి రెండు తీగలను అతికిస్తారు. ఈ తీగల ద్వారా నిరోధాలను విద్యుత్ వలయంలో కలుపుతారు. నిరోధాలకు (రంగుల) కలర్ కోడ్‌లు ఉంటాయి. ఈ కలర్ (colour) కోడ్‌ల ద్వారా నిరోధం విలువలు తెలుసుకోవచ్చు.

$$R = AB \times 10^{C}\ \Omega,\ D$$

ఇక్కడ A, B, C లు కలర్ గీతలు. పట్టిక 19.1 లో వేరు వేరు రంగుల విలువలు ఇవ్వబడినాయి. పైన చెప్పినట్లు,

- నిరోధం విలువలోని మొదటి రెండు అంకెలను, మొదటి రెండు రంగులు సూచిస్తాయి.
- మూడవ రంగు నిరోధం విలువకు గుణిజం అయిన పది యొక్క ఘాతమును ఇస్తుంది.
- నాలుగవ రంగు (చివరిది) నిరోధం యొక్క సహనమును (tolerance) ఇస్తుంది. ఇది (బంగారు రంగు) గోల్డ్ రంగుకు 5%, (వెండి రంగు) సిల్వర్ రంగుకు 10%, నిరోధం బాడీ రంగుకు 20%గా తీసుకుంటారు.

పట్టిక 19.1 : నిరోధాల రంగు కోడ్‌లు (Colour codes)

రంగు		సంఖ్య	గుణిజం
నలుపు(బ్లాక్)	B	0	1
బ్రౌన్	B	1	10^1
ఎరుపు (రెడ్)	R	2	10^2
ఆరెంజ్	O	3	10^3
పసుపుపచ్చ(ఎల్లో)	Y	4	10^4
ఆకు పచ్చ(గ్రీన్)	G	5	10^5
నీలి (బ్లూ)	B	6	10^6
ఉదం (వైలెట్)	V	7	10^7
బూడిద (గ్రే)	G	8	10^8
తెలుపు (వైట్)	W	9	10^9

రంగుల కోడ్‌ను గుర్తుంచుకోవటానికి కింది ఆంగ్ల వాక్యాన్ని ఉపయోగిస్తాము.

BB Roy Goes to bombay Via Gate Way

నిరోధం పై గల నాలుగు రంగులు - బ్లూ (blue), గ్రే (Grey), ఆకుపచ్చ (Green) మరియు వెండి (Silver) రంగులు ఉన్నాయని అనుకుందాం. అపుడు

మొదటి అంకె 6 (Blue)

రెండవ అంకె 8 (Grey)

మూడవ రంగు గుణిజం 105 ను సూచిస్తుంది. (Green)

నాలుగవ రంగు సహనంను ఇస్తుంది = 10% (Silver రంగుకు)

కాబట్టి నిరోధం విలువ,

$$68 \times 10^5 \pm 10\%$$

$$= 68 \times 10^5 \pm (68 \times 10^5 \times 10/100)$$

$$= 68 \times 10^5 \pm 68 \times 10^4$$

$$= (6.8 \pm 0.68)\ M\Omega$$

19.5 నిరోధకత పై ఉష్ణోగ్రత ప్రభావం

వాహకాల నిరోధకత ఉష్ణోగ్రత పై ఆధారపడుతుంది. లోహ వాహకాలు అన్నింటి యొక్క నిరోధకతలు ఉష్ణోగ్రతతో పాటు పెరుగుతాయి. కొంత తక్కువ పరిమితి గల ఉష్ణోగ్రతా వ్యాప్తిలో, ఒక లోహ వాహకం యొక్క నిరోధకత విలువ ఉష్ణోగ్రతతో పాటు రేఖీయంగా పెరుగుతుంది.

$$\rho = \rho_0\ [1 + \alpha\ (T - T_0)] \qquad (19.14)$$

ఇక్కడ T, T_0, ఉష్ణోగ్రతల వద్ద పదార్థ నిరోధకతలు వరుసగా ρ, ρ_0. ఉష్ణోగ్రతలను °C లో తీసుకున్నారు. α ను పదార్థం యొక్క ఉష్ణోగ్రతా నిరోధకత గుణకం అంటారు. α యొక్క ప్రమాణాలు $(°C)^{-1}$ లేదా K^{-1}.

అతివాహకాలు

అత్యల్ప ఉష్ణోగ్రతల వద్ద పదార్థాల ప్రవర్తనను శాస్త్రజ్ఞులు అధ్యయనం చేయడానికి ఉష్ణోగ్రత ఆధారిత నిరోధకత్వం దోహదపడింది. ఈ అధ్యయనంలో కొన్ని పదార్థాలు మరియు వాటి మిశ్రమాలు వాటి యొక్క నిరోధకత్వాన్ని ఒకానొక ఉష్ణోగ్రత వద్ద పూర్తిగా కోల్పోవటాన్ని గమనించారు. ఈ ఉష్ణోగ్రతని సంక్రమణ ఉష్ణోగ్రత అంటారు. సంక్రమణ ఉష్ణోగ్రత పదార్థానికి విశిష్టంగా ఉంటుంది. ఇటువంటి పదార్థాలలో బాహ్య జనకం అవసరంలేకుండానే ఒకసారి ఉన్న విద్యుత్ ప్రవాహం మారకుండా ఎల్లప్పటికీ అలానే ఉంటుంది. ఈ విధమైన పదార్థాలని "అతి వాహకాలు" అంటారు.

గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద "అతి వాహకాలను" తయారు చేయగలిగితే సాంకేతిక రంగములో విప్లవాత్మక మార్పును తీసుకురావచ్చును. (వీటిని హెచ్చు ఉష్ణోగ్రత అతి వాహకాలు అంటారు).

ఉదాహరణకు అతి వాహక తీగ చుట్టలతో తయారుచేయబడిన అత్యంత సామర్థ్యం గల విద్యుత్ అయస్కాంతాలు వాహనాలను అయస్కాంత బాట పై అత్యంత వేగంగా నడిచేటట్లు చేయగలుగుతాయి. తద్వారా వేగవంతమైన రవాణ వ్యవస్థ సాధ్యం అవుతుంది.

హెచ్చు ఉష్ణోగ్రత అతి వాహకాలను తయారుచేయుటకు ప్రయోగాలు జరుగుతున్నాయి. కాపర్ ఆక్సైడ్‌లు, బేరియం మరియు యుట్రియం (yttrium) ఆక్సైడ్‌లతో ఇది సాధ్యమైతుందని ఈ ప్రయోగాలు చూపుతున్నాయి. –181°C ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఉన్న అతివాహకాన్ని ($Tl_2 Ba_2 Ca_2 Cu_3O_7$) తయారుచేసినారు. ఈ అతి వాహకాల పరిశోధనలో భారతదేశము ముందంజలో ఉంది.

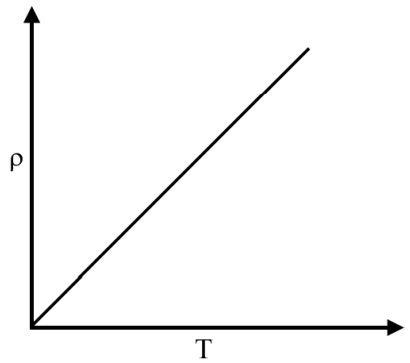
సమీకరణం (19.14) లోని పదాలను సరి చేసి ఉష్ణోగ్రతా నిరోధకత గుణకం కు సమాసం ను రాబట్టవచ్చు.

$$\rho = \rho_0 + \rho_0 \alpha (T - T_0)$$

లేదా $$\alpha = \frac{(\rho - \rho_0)}{\rho_0 (T - T_0)} = \frac{1}{\rho_0}\frac{\Delta\rho}{\Delta T}$$

ఇక్కడ $\Delta\rho = (\rho - \rho_0)$, $\Delta T = T - T_0$

రాగి వంటి లోహంకు ఉష్ణోగ్రత T తో పాటుగా నిరోధకత మారే విధానాన్ని పటం 19.14(a)లో చూపించాం. ఎక్కువ పరిమితి గల ఉష్ణోగ్రతా వ్యాప్తిలో ఈ గ్రాఫ్ రేఖీయంగా ఉంటుంది.



పటం 17.14(a) : లోహం యొక్క నిరోధకత – ఉష్ణోగ్రతల గ్రాఫ్

వాహకం నిరోధం, దాని నిరోధకతకు అనులోమానుపాతం లో ఉంటుందని మీరు గుర్తు చేసుకోండి. కాబట్టి నిరోధం, ఉష్ణోగ్రతల మధ్య సంబంధాన్ని ఈ కింది విధంగా తెలియచేయవచ్చు.

$$R = R_0 [1 + \alpha (T - T)] \qquad (19.15)$$

రెండు వేరు వేరు ఉష్ణోగ్రతలు T_1, T_2 లకు సంబంధించిన నిరోధాలను

$$R_1 = R_0 [1 + \alpha (T_1 - T_0)] \qquad (19.16)$$

మరియు $$R_2 = R_0 [1 + \alpha (T_2 - T_0)] \text{ గా} \qquad (19.17)$$

రాయవచ్చు.

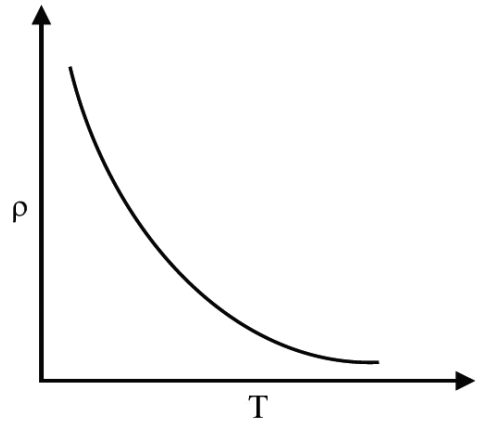
ఈ రెండు సమీకరణాలను కలిపితే, ఉష్ణోగ్రతా నిరోధ గుణకం యొక్క సమాసము వస్తుంది.

$$\alpha = \frac{(R_2 - R_1)}{R_0 (T_2 - T_1)} = \frac{1}{R_0}\frac{\Delta R}{\Delta T} \qquad (19.18)$$

$R_0 = 1\Omega$, $(T_2 - T_1) = 1°C$, అయితే $\alpha = (R_1 - R_2)$.

ఉష్ణోగ్రతా నిరోధ గుణకం, ఉష్ణోగ్రతలో వచ్చే ఏకాంక పెరుగుదలకు 0° C వద్ద 1Ω నిరోధం కల తీగ యొక్క నిరోధంలో కలిగే మార్పుకి సంఖ్యాత్మకంగా సమానం. లోహాల యొక్క ఈ ధర్మాన్ని నిరోధక ఉష్ణోగ్రతా మాపకాలను తయారు చేయుటకు వాడతరు. వీటిని నిరోధక ఉష్ణోగ్రత శోధకం (RTD) అని పిలుస్తారు.

మిశ్రమ లోహాల నిరోధకతలు కూడ ఉష్ణోగ్రతతో బాటు పెరుగుతాయి. కాని ఈ పెరుగుదల లోహాల నిరోధకత పెరుగుదలతో పోలిస్తే చాలా తక్కువ. **మాంగనీన్, కాన్‌స్టాంటన్, నైక్రోమ్** వంటి మిశ్రమ లోహాల ఉష్ణోగ్రతా నిరోధకత గుణకం అతి తక్కువగా ($\sim 10^{-6}\ ^{\circ}C^{-1}$) ఉంటుంది. వీటి నిరోధకత చాలా ఎక్కువగా ఉంటుంది. కాబట్టి ఈ పదార్థాలను నిరోధ తీగ చుట్టలను లేదా ప్రామాణిక నిరోధాలను తయారు చెయ్యడానికి వాడతారు.



పటం 19.14(b) : ఉష్ణోగ్రత తో అర్ధ వాహకాల నిరోధకత తగ్గుతుంది.

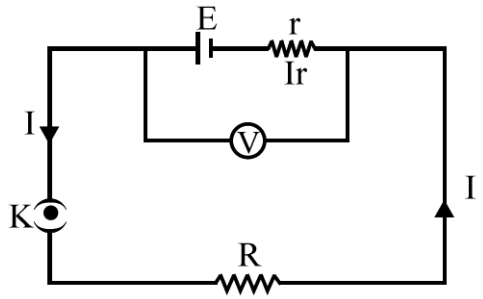
జెర్మేనియం, సిలికాన్ వంటి అర్ధ వాహకాల నిరోధకతలు అటు లోహాలు, ఇటు బంధకాల నిరోధకతలకు మధ్యస్థంగా ఉంటాయి. ఉష్ణోగ్రత పెరిగిన కొద్దీ అర్ధవాహకాల నిరోధకత సాధారణంగా తగ్గుతుంది (పటం 19.14(b)). అందువల్ల వీటికి సంబంధించిన ఉష్ణోగ్రతా నిరోధకత గుణకం రుణాత్మకం అని అంటారు. అర్ధ వాహకాలు అనే పాఠంలో దీని గురించి వివరంగా తెలుసుకుంటారు.

19.6 విద్యుత్ చాలక బలం మరియు పొటెన్షియల్ తేడా

విద్యుత్ చాలక బలంకు సూక్ష్మ రూపం విచాబ. దీనిని ఇంగ్లీషు భాషలో కింది అక్షరాలతో emf గా రాస్తాం. ఘటం లేదా బ్యాటరీ విచాబ, స్వేచ్ఛగా ఉన్న వాటి రెండు కొనల మధ్య ఉన్న పొటెన్షియల్ తేడాకు సమానం. ఈ కింది ప్రయోగం ద్వారా మీరు విచాబ, పొటెన్షియల్ తేడా మధ్య గల భేదాలను సులభంగా అర్థం చేసుకుంటారు.

కృత్యము (ప్రయోగం) 19.4

R నిరోధం, ప్లగ్ కీ K గల వలయంలో ఒక ఘటాన్ని కలపాలి. పటం 19.15 (a)లో చూపినట్లుగా అధిక నిరోధం గల వోల్టు మీటరును ఘటానికి సమాంతరంగా కలపాలి. కీ (K) ని ప్లగ్‌లో పెట్టినపుడు, వోల్టుమీటరు రీడింగు తగ్గుతుంది. వోల్టు మీటరు రీడింగు తగ్గడానికి గల కారణాలు మీరు చెప్పగలరా? కీ(K) ని ప్లగ్ నుంచి తీసినపుడు ఘటం, వోల్టు మీటరు గల వలయం గుండా విద్యుత్ ప్రవహించదు (వలయ నిరోధం అనంతం). ఘటం గుండా విద్యుత్ ప్రవాహం ఏదీ లేనపుడు వలయం తెరచి ఉంది అని అంటారు లేదా వివృత వలయం అంటారు. ఇట్లాంటి వివృత (తెరచిన) వలయంలో, వోల్టు మీటరు చూపించే రీడింగు ఘటం విచాబను (E) ఇస్తుంది. ఈ విలువ ఘటం కొనల మధ్య ఉండే పొటెన్షియల్ తేడాకు సమానం. ప్లగ్ లో కీ (K) ని పెట్టినపుడు ఘటం లోపల, బయట విద్యుత్ ప్రవహిస్తుంది. ఇలాంటి వలయాన్ని మూసిన వలయం లేదా సంవృత వలయం అంటారు. ఘటం విద్యుత్ ప్రవాహానికి ఎంత నిరోధం కలుగచేస్తుందో దానినే ఆ ఘటం అంతర్నిరోధం (r) అంటారు. వలయం గుండా ప్రవహించే విద్యుత్తు I అనుకుందాం. విద్యుత్ ప్రవాహం కారణంగా



పటం 19.15 (a)

అంతర్నిరోధం r చివరల మధ్య పొటెన్షియల్ పాతం Ir ఏర్పడుతుంది. ఇది ఘటం విచాబకు (e.m.f.), వ్యతిరేకంగా పని చేస్తుంది. కాబట్టి వోల్టు మీటరు రీడింగ్

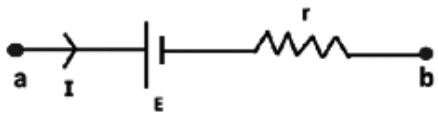
$$E - Ir = V$$

లేదా

$$E = V + Ir \qquad (19.19)$$

ఒక వలయంలో విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని కలుగచేయడానికి ఒక ఘటాన్ని (బ్యాటరీని) కలిపినపుడు, అంతర్నిరోధం శూన్యం కాకుంటే, ఘటం విచాబ, దాని కొనల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా కంటే ఎక్కువగా ఉంటుంది.

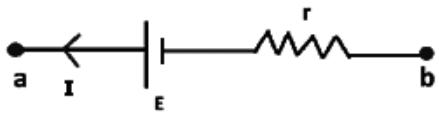
ఆదర్శ ఘటం అంతర్నిరోధం శూన్యం. పటం 19.15 (b)లో చూపినట్టు ఘటంలోకి విద్యుత్ ప్రవహిస్తే, ఘటం చివరల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా



పటం 19.15 (b)

$$V_{ab} = E + Ir$$

పటం 19.15 (c) లో చూపినట్టు ఘటం నుండి విద్యుత్ చివరల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా



పటం 19.15(c)

$$V_{ab} = E - Ir$$

ఘటం విచాబ (e.m.f.), ఈ కింది వాటి మీద ఆధారపడి ఉంటుంది.

- ఘటంలో వాడిన విద్యుత్ విశ్లేష్యం
- ఎలక్ట్రోడుల పదార్థం
- ఘటం ఉష్ణోగ్రత

ఘటం యొక్క విచాబ (e.m.f.) ఘటం పరిమాణం పైన ఆధారపడదు. అంటే పలకల వైశాల్యం మరియు వాటి మధ్య గల దూరం మీద ఆధారపడదు. అంటే వేరు వేరు పరిమాణాలు గల రెండు ఘటాలు ఒకటి పెద్దది, రెండవది చిన్నది, మీ దగ్గర ఉంటే, వాటి విద్యుత్ విశ్లేష్యం, ఎలక్ట్రోడుల పదార్థం ఒకటే అయినపుడు వాటి విచాబలు సమానంగా ఉంటాయి. ఎక్కువ పరిమాణం గల ఘటాలు విద్యుత్ ప్రవాహానికి ఎక్కువ నిరోధం కల్గిస్తాయి కాని వాటిని ఎక్కువ కాలం వాడవచ్చు.

ఉదాహరణ 19.8

ఘటం నుంచి పొందగలిగిన విద్యుత్ ప్రవాహం 0.5 A అయితే, ఘటం కొనల వద్ద పొటెన్షియల్ తేడా 20 V. దాని నుంచి పొందగలిగిన విద్యుత్ ప్రవాహం 2.0 A అయినపుడు దాని వోల్టేజి 16 V కు తగ్గింది. ఘటం విచాబను, అంతర్నిరోధాన్ని కనుక్కోండి.

సాధన :

E, r లు ఘటం విచాబ, అంతర్నిరోధాలు అనుకుందాం. ఘటం నుంచి పొందగలిగిన విద్యుత్ I అయినపుడు, ఘటం అంతర్నిరోధం గుండా పొటెన్షియల్ పాతం Ir.

అపుడు $V = E - Ir$

$I = 0.5$ A, $V = 20$ V అయితే

$$20 = E - 0.5\,r \qquad \text{(i)}$$

$I = 2.0$ A, $V = 16$ V అయితే

$$16 = E - 2r \qquad \text{(ii)}$$

(i), (ii) సమీకరణాల నుంచి

$$2\,E - r = 40$$

మరియు $E - 2r = 16$

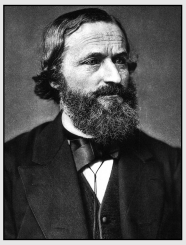
వీటిని సాధించగా,

$$E = 21.3 \text{ V and } r = 2.67\Omega$$

19.7 కిర్కాఫ్ నియమాలు

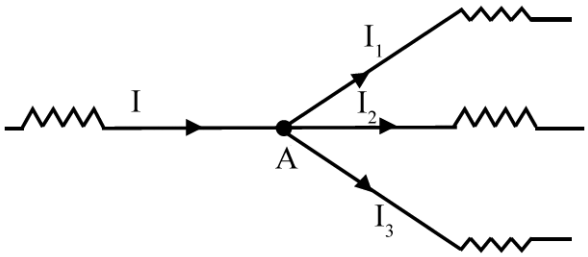
సరళమైన విద్యుద్వలయాలను విశ్లేషించడానికి ఓమ్ నియమం చక్కగా ఉపయోగపడుతుంది. ఈ వలయాలలో విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని సులభంగా కనుక్కోవచ్చు. కాని ఒక సంక్లిష్ట వలయంలో వేరు వేరు శాఖలలో ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహాలను ఓమ్ నియమం ఉపయోగించి కనుక్కోవడం చాలా కష్టం, కొన్ని సందర్భాలలో అసాధ్యం. అట్లాంటి సంక్లిష్ట వలయంలో వేరు వేరు భాగాలలోని విద్యుత్ ప్రవాహాలను లెక్కించడానికి అనువుగా కిర్కాఫ్ శాస్త్రజ్ఞుడు 1842 లో రెండు నియమాలను ప్రతిపాదించాడు.

గుస్తోవ్ రాబర్ట్ కిర్కాఫ్ (1824 - 1887)



జర్మనీ శాస్త్రజ్ఞుడు. కృష్ణ వస్తువు వికిరణము, వర్ణపట విజ్ఞాన (spectroscopy) రంగాలలో ఈయన కృషి చేశారు. అంతేగాక ఇతర రంగాలలో కూడ కృషి చేశారు. ఈ పాఠంలో మీరు చదివే కిర్కాఫ్ నియమాలు సంక్లిష్ట వలయాలను విశ్లేషించడానికి మీకు ఉపయోగపడతాయి. బున్సెన్ వర్ణపటం విశ్లేషణ సహాయంతో ఇతను రుబిడియం, సీసియం అనే మూలకాలను కనిపెట్టాడు.

(i) **కిర్కాఫ్ మొదటి నియమం (సంధి సిద్ధాంతం):** విద్యుద్వలయంలో ఒక సంధి (బిందువు) వైపు ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహాల మొత్తం, ఆ సంధి నుంచి దూరంగా పోయే ప్రవాహాల మొత్తానికి సమానం అని కిర్కాఫ్ మొదటి నియమం తెలుపుతుంది.



పటం 19.16 : కిర్కాఫ్ మొదటి నియమం : ఒక సంధిలోకి ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహాల మొత్తం, ఆ సంధి నుంచి బయటకు పోయే ప్రవాహాల మొత్తానికి సమానం.

పటం 19.16 ను గమనించండి. ఇక్కడ సంప్రదాయం ప్రకారం, సంధిలోకి ప్రవేశించే ప్రవాహాలను ధనాత్మకంగాను, సంధి నుంచి బయటకు పోయే ప్రవాహాలను రుణాత్మకంగాను తీసుకుంటాం. అంటే A బిందువు వైపు ప్రవాహాలను ధనాత్మకంగా, A ను విడిచే ప్రవాహాలను రుణాత్మకంగా తీసుకుంటే,

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

లేదా $$I - (I_1 + I_2 + I_3) = 0 \qquad (19.20)$$

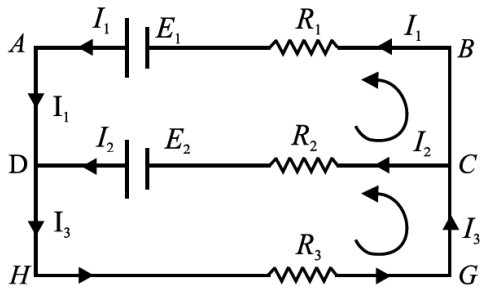
కిర్కాఫ్ మొదటి నియమాన్ని కింది విధంగా కూడా చెప్పవచ్చు. వలయంలో ఏదైనా సంధి వద్ద కలిసే విద్యుత్ ప్రవాహాల బీజీయ మొత్తం శూన్యం లేదా సున్నా.

ఒక వలయంలో నిలకడ ప్రవాహం ఉంటే, వలయం లోని ఏ బిందువు వద్దనయినా సరే ఆవేశం పోగుపడి ఉండటం జరగదు అని కిర్కాఫ్ మొదటి నియమం చెపుతుంది. కొంత కాలంలో ఒక బిందువు వైపు వచ్చే నికర ఆవేశం, అంతే కాలంలో ఆ బిందువును విడిచే నికర ఆవేశానికి సమానం. విద్యుదావేశ నిత్యత్వ నియమం యొక్క ఫలితమే ఈ కిర్కాఫ్ మొదటి నియమం.

(ii) కిర్కాఫ్ రెండవ నియమం (వలయ సిద్ధాంతం)

కిర్కాఫ్ రెండవ నియమం అనేది, శక్తి నిత్యత్వ నియమం యొక్క ఫలితము. విద్యుద్వలయంలో ఏదైనా సంవృత భాగంలో వేరు వేరు శాఖలలో ప్రవాహాలు మరియు నిరోధాల లబ్ధముల బీజీయ మొత్తం, ఆ సంవృత భాగంలోని విద్యుత్ చాలక బలాల బీజీయ మొత్తానికి సమానం అని కిర్కాఫ్ రెండవ నియమం తెలుపుతుంది.

కిర్కాఫ్ రెండవ నియమాన్ని అనువర్తింపచేసేటపుడు, వలయంలో ఒక బిందువు వద్ద మొదలు పెట్టి, వలయం చుట్టూ సవ్య దిశలో గాని లేదా అపసవ్యదిశలో గాని పోతూ మళ్ళీ అదే బిందువు వద్దకు రావాలి. విద్యుత్ ప్రవాహ దిశలో మనం ప్రయాణిస్తే ప్రవాహాల మరియు నిరోధాల లబ్ధము ధనాత్మకంగా తీసుకుంటాం. ఘటం గుండా రుణ ఎలక్ట్రోడు నుంచి ధన ఎలక్ట్రోడుకు మనం ప్రయాణిస్తే, విచాబ (e.m.f) ను ధనాత్మకంగా తీసుకుంటాం. గణిత శాస్త్ర ప్రకారం, మనం ఈ విధంగా రాయవచ్చు.



పటం 19.17 : కిర్కాఫ్ రెండవ నియమంను ఉదాహరించుటకు విద్యుత్ జాలకం.

$$\Sigma IR = \Sigma E \qquad (19.21)$$

పటం 19.17లో చూపిన విద్యుత్ జాలకం (Electrical network) ను తీసుకుందాం. A D C B A సంవృత వలయానికి,

$$I_1R_1 - I_2R_2 = E_1 - E_2$$

DHGCD సంవృత వలయానికి,

$$I_2R_2 + (I_1 + I_2) R_3 = E_2$$

మరియు AHGBA వలయానికి,

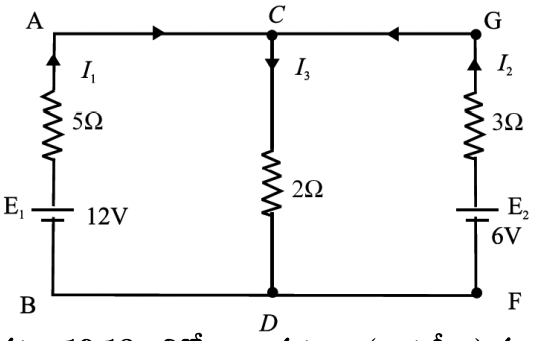
$$I_1R_1 + I_3 R_3 = E_1$$

D బిందువు వద్ద, $I_1 + I_2 = I_3$

కిర్కాఫ్ రెండవ నియమం ను ఈ కింది విధంగా కూడా చెప్పవచ్చు. సంవృత వలయంలో పొటెన్షియల్ తేడాల బీజీయ మొత్తం శూన్యం లేదా సున్నా.

ఉదాహరణ 19.9

పటం 19.18లో చూపినట్లుగా ఒక విద్యుత్ జాలము తీసుకుందాం. రెండు ఘటాల ద్వారా జాలకంలో విద్యుత్ ప్రవహిస్తుంది. I_1, I_2, I_3 ప్రవాహాల విలువలు కనుక్కోండి. బాణం గుర్తు విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను సూచిస్తుంది.



పటం 19.18 : నిరోధాలు, ఘటాలు (బ్యాటరీలు) గల జాలకంలో విద్యుత్ ప్రవాహాలను కనుగొనుట.

సాధన :

సంధి C, కి కిర్కాఫ్ మొదటి నియమం అనువర్తించిన,

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0 \qquad \text{(i)}$$

సంవృత వలయాలు ACDBA మరియు GCDFG లకు కిర్కాఫ్ రెండవ నియమం అనువర్తించిన,

$$5I_1 + 2I_3 = 12 \qquad \text{(ii)}$$

మరియు $$3I_2 + 2I_3 = 6 \qquad \text{(iii)}$$

సమీకరణం (ii) నుండి సమీకరణం (iii) తీసివేయగా

$$5I_1 - 3I_2 = 6 \qquad \text{(iv)}$$

(i) ని 2 తో గుణించి, (ii) కి కలిపితే,

$$7I_1 + 2I_2 = 12 \qquad \text{(v)}$$

(iv) ని 2 తో గుణించి, (v) ని 3 తో గుణించి, వాటిని కూడితే,

$$31I_1 = 48$$

లేదా $$I_1 = 1.548 \text{ A}$$

పై విలువను సమీకరణం (v) లో ప్రతిక్షేపిస్తే,

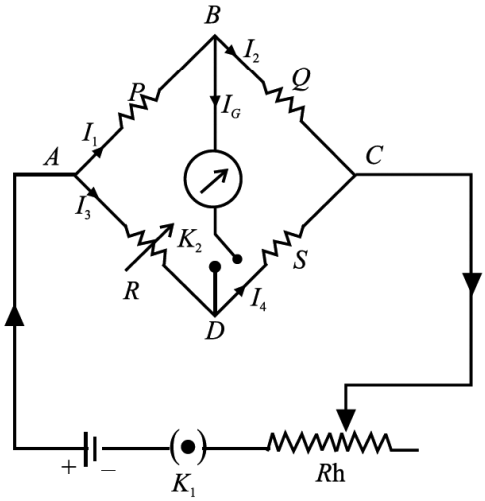
$$I_2 = 0.582 \text{ A}$$

సమీకరణం (i) నుంచి,

$$I_3 = I_1 + I_2 = 2.13 \text{ A}$$

19.7.1 వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జి

విద్యుత్ వలయం లోని నిరోధాన్ని వోల్టుమీటరు, అమ్మీటరు లను ఉపయోగించి, ఓమ్ నియమం నుంచి కనుక్కోవచ్చు అని మీరు నేర్చుకొన్నారు. అయితే అతి తక్కువ నిరోధాలను ఈ పద్ధతిలో కొలిచినపుడు వచ్చిన విలువలు నిరోధాల యదార్థమైన విలువలు కావు. అటువంటప్పుడు వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జిను ఉపయోగిస్తాం. వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జి అనేది, నిరోధాలను పోల్చడానికి లేదా ఒక తెలియని నిరోధం విలువ లెక్కించడానికి వాడే విద్యుద్వలయం. ఇందులో నాలుగు నిరోధాలు, ఒక బ్యాటరీ మరియు ఒక గాల్వానామీటరు ఉంటాయి.



పటం 19.19 : వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జి

పటం 19.19లో చూపిన విద్యుత్ వలయంను తీసుకుందాం. ఇక్కడ

(i) P, Q అనే రెండు నిరోధాలను AB, BC భుజాల మధ్య కలపాలి.

(ii) R అనేది ఒక తెలిసిన నిరోధం.

(iii) S ఒక తెలియని నిరోధం. దీని విలువను కనుక్కోవాలి.

(iv) భుజం BD లో ఫ్లగ్ కీ (K_2) తో పాటు ఒక గాల్వానామీటరు G ని కలపాలి.

(v) భుజం AC లో ఫ్లగ్ కీ (K_1) తో పాటు బ్యాటరీ E ని కలపాలి.

సాధారణంగా ఫ్లగ్‌లలో రెండు కీ లను (K_1, K_2) పెట్టగానే గాల్వానామీటరు G గుండా కొంత విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుంది. దీని వల్ల గాల్వానామీటరు లో అపవర్తనం వస్తుంది. B, D బిందువుల మధ్య కొంత పొటెన్షియల్ తేడా ఉందని ఇది సూచిస్తుంది. ఈ కింది మూడు సాధ్యాలను తీసుకుందాం.

(i) **బిందువు D కంటే, B బిందువు ఎక్కువ పొటెన్షియల్ వద్ద ఉన్నపుడు :** విద్యుత్ B నుంచి D వైపు ప్రవహిస్తుంది. గాల్వానామీటరు ఏదో ఒక దిశలో అపవర్తనం చూపిస్తుంది, అది కుడి వైపు అనుకుందాం.

(ii) **D బిందువు కంటే B బిందువు తక్కువ పొటెన్షియల్ వద్ద ఉన్నపుడు :** విద్యుత్ D బిందువు నుంచి B బిందువు వైపు ప్రవహిస్తుంది, మరియు గాల్వానామీటరు వ్యతిరేక దిశలో అపవర్తనం ను చూపిస్తుంది.

(iii) **B, D రెండు బిందువులు సమ పొటెన్షియల్ వద్ద ఉన్నపుడు :** ఈ సందర్భంలో గాల్వానామీటరు గుండా ఏ విద్యుత్ ప్రవాహం ఉండదు. అపుడు అది శూన్య అపవర్తనాన్ని చూపిస్తుంది. అనగా గాల్వానామీటరు శూన్య పరిస్థితిలో ఉంది అని అర్థం. ఈ పరిస్థితిలో వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జి సంతులన స్థితిలో ఉందని అంటారు.

P గుండా పొటెన్షియల్ పాతం, R గుండా పొటెన్షియల్ పాతంకు సమానం అయితే, B, D బిందువులు సమ పొటెన్షియల్ వద్ద ఉంటాయి. కాబట్టి

$$I_1P = I_3R \tag{19.22}$$

కాని $I_1 = I_2 + I_G$

మరియు $$I_4 = I_3 + I_G \tag{19.23}$$

శూన్య పరిస్థితిలో B, D సంధుల వద్ద కిర్కాఫ్ మొదటి నియమంను అనువర్తిస్తే ($I_G = 0$)

$$I_1 = I_2$$

మరియు $$I_3 = I_4 \tag{19.24}$$

అలాగే, Q గుండా పొటెన్షియల్ పాతం, S గుండా పొటెన్షియల్ పాతంకు సమానం. కాబట్టి

$$I_2Q = I_4S \tag{19.25}$$

(19.22) సమీకరణంను (19.25) సమీకరణం తో భాగిస్తే,

$$\frac{I_1P}{I_2Q} = \frac{I_3R}{I_4S} \tag{19.26}$$

సమీకరణం (19.24) నుంచి, మనకు

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S} \tag{19.27}$$

అని వస్తుంది.

ఇదియే వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జి యొక్క సంతులన నియమం. సమీకరణం (19.27) నుంచి, తెలియని నిరోధం S ను ఈ విధంగా రాయవచ్చు.

$$S = \frac{QR}{P}$$

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$$

పటం 19.19 లో నిరోధాలు (P, Q, R, S) స్థానాలు మారితే సమీకరణం (19.27) మారే అవకాశం ఉంది. కావున ఎదురెదురు నిరోధాల లబ్ధాలు సమానం అని గుర్తుంచుకుంటే మంచిది.

$$PS = RQ$$

దీని నుండి $$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$$

వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జిలో నిరోధాలు బదులుగా నాలుగు కెపాసిటర్లను కలుపగా, ఎదుకెదురు భుజాలలోని ప్రతి నిరోధాల లబ్ధం సమానమైతే ఆ బ్రిడ్జి సంతులన స్థితిలో ఉందని చెప్పవచ్చు.

వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జి నుపయోగించి, నిరోధాన్ని కొలవడం వల్ల ఈ కింది లాభాలున్నియని మీరు చూస్తారు.

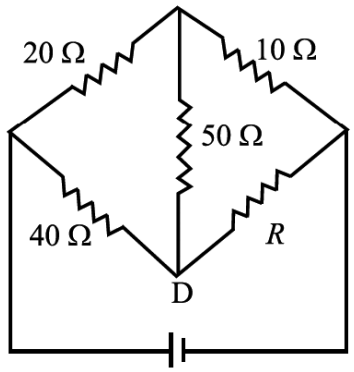
(i) శూన్య స్థానంలో సమీకరణం (19.27) ఇచ్చే సంతులన నియమం, అనువర్తించిన వోల్టేజి V పై ఆధారపడదు. దీన్నే ఇంకో విధంగా చెప్పాలంటే, ఘటం యొక్క విచాబ (e.m.f.) ను మార్చిన కూడ, సంతులన నియమం మారదు.

(ii) గాల్వానామీటరు క్రమాంకన ఖచ్చితత్వం పైన కొలచిన నిరోధం ఆధారపడదు. గాల్వానామీటరును శూన్య పరిస్థితిని సూచించడానికి మాత్రమే వాడతాం.

వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జితో, కొలచిన విలువ ఖచ్చితత్వాన్ని ప్రభావితం చేసే ముఖ్యమైన కారకం బ్రిడ్జి సున్నితత్వం. బ్రిడ్జి సున్నితత్వం ద్వారా శూన్య స్థితి లోని మార్పులను కనిపెట్టవచ్చు. భుజాలలో ఉండే నిరోధాలు సుమారుగా సమానంగా వున్నపుడు, బ్రిడ్జి కి ఎక్కువ సున్నితత్వం వుంటుందని కనుగొన్నారు.

ఉదాహరణ 19.10

50Ω నిరోధం గుండా విద్యుత్ ప్రవాహం లేనపుడు, పటం 19.20 లో చూపిన నిరోధం R ను కనుక్కోండి.



పటం 19.20 : 50Ω నిరోధం గుండా విద్యుత్ ప్రవాహం లేనపుడు, బ్రిడ్జి సంతులనం అయ్యింది

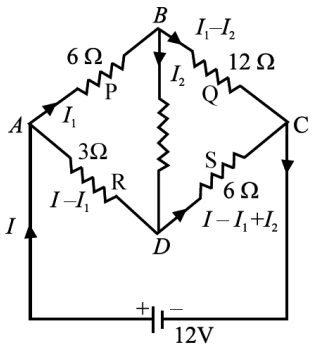
సాధన : ఈ వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జిలో గాల్వానా మీటరు స్థానంలో 50Ω నిరోధంను ఉంచారు. 50Ω నిరోధం గుండా విద్యుత్ ప్రవహించడం లేదు కాబట్టి బ్రిడ్జి సంతులన స్థితిలో ఉంటుంది. కావున

$$\frac{20}{10} = \frac{40}{R}$$

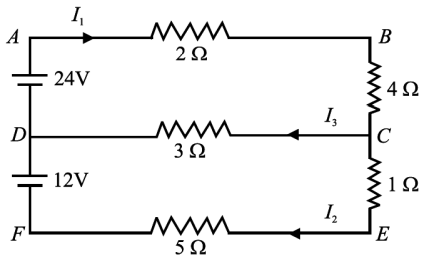
లేదా $$R = \frac{40 \times 10}{20} = 20\Omega$$

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 19.3

1. కింద చూపిన పటంను గమనించండి. AB, AD, BD భుజాలలో ప్రవహించే విద్యుత్ విలువలను కనుక్కోండి.



2. నిరోధాలు, బ్యాటరీలు గల ఈ కింది వలయాన్ని గమనించండి. I_1, I_2, I_3 విద్యుత్ ప్రవాహాలను కనుక్కోండి.



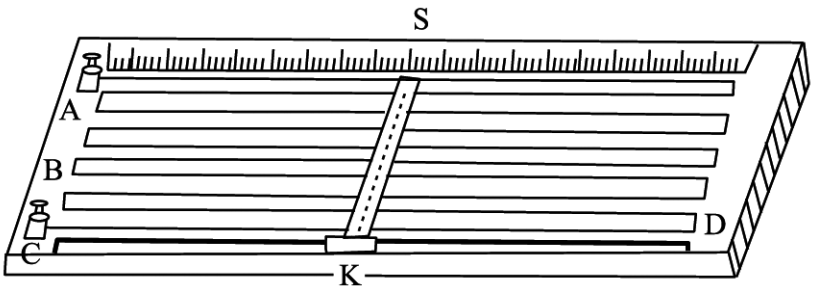
19.8 పొటెన్షియో మీటర్

ఇంత వరకు మీరు, ఒక వోల్టు మీటరు ను ఉపయోగించి, ఒక జనకం యొక్క విచాబను లేదా వలయంలోని ఏదైన ఒక అంశం యొక్క చివరల మధ్యన ఉండే పొటెన్షియల్ తేడాను ఏ విధంగా కొలుస్తారో తెలుసుకున్నారు. (ఒక ఆదర్శ వోల్టుమీటరు అనంతమైన నిరోధాన్ని కలిగి ఉండాలి. ఒక విచాబ జనకానికి అటువంటి దాన్ని సమాంతరంగా కలిపినపుడు, దాని గుండా విద్యుత్ ప్రవాహం ఉండదు). ప్రయోగపూర్వకంగా, విద్యుత్ ప్రవాహంను ఏ మాత్రం తీసుకోని వోల్టు మీటరును తయారు చేయడం సాధ్యం కాదు. ఈ ఇబ్బంది అధిగమించడానికి, విద్యుత్ ప్రవాహంను తీసుకోని పొటెన్షియో మీటరును మనం ఉపయోగిస్తాం. దీనిలో శూన్య పద్ధతిని ఉపయోగిస్తారు. ఘటం యొక్క అంతర్నిరోధంను కొలవడానికి, వలయంలో ప్రవహించే విద్యుత్ ను కొలవడానికి, నిరోధాలను పోల్చడానికి ఈ పొటెన్షియో మీటరును వాడతాం.

19.8.1 పొటెన్షియో మీటరు నిర్మాణం

ఒక చెక్క బల్ల మీద సమాంతరంగా సాగదీసి బిగించిన ఏకరీతి నిరోధపు తీగల (సాధారణంగా పది) ను పొటెన్షియో మీటరు కలిగి ఉంటుంది. ఈ తీగ మాంగనీన్ లేదా నైక్రోమ్ తో చేయబడినది. ఈ తీగలన్నింటిని శ్రేణిలో మందమైన రాగి ముక్కలతో కలుపుతారు. అందువల్ల అన్ని తీగలూ కలిసి ఒకే పొడవైన తీగగా పనిచేస్తుంది. ఈ తీగ చివరలకు బైండింగు స్క్రూల్లు ఉంటాయి.

చెక్క బల్ల మీద ఒక వైపుగా మీటరు స్కేలు తీగలకు సమాంతరంగా బిగించబడి ఉంటుంది. జాకీ సహాయంతో తీగ మీద కావలసిన బిందువు వద్ద తాకవచ్చు. పటం 19.21 లో 10 తీగల పొటెన్షియో మీటరును చూపించాం. A, B లు తీగ యొక్క చివరలు. K అనేది జాకి, S స్కేలును సూచిస్తుంది. జాకీ CD కడ్డీ పై జారుతుంది.



పటం 19.21 పొటెన్షియో మీటరు

19.8.2 పొటెన్షియోమీటరు తో కొలతలు

పొటెన్షియో మీటరులోని l పొడవు గల ఏకరీతి తీగ చివరలను, విచాబ E కలిగి, స్థిరమైన విద్యుత్ ప్రవాహాన్నిచ్చే ఒక ప్రామాణిక ఘటం లేదా జనకంతో కలిపాం అనుకుందాం. ఘటం ధన ధ్రువాన్ని A చివరకు (పటం 19.22) కలపాలి. పొటెన్షియో మీటరు తీగ గుండా ప్రవహించే స్థిర విద్యుత్ ప్రవాహం I. AB ల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా

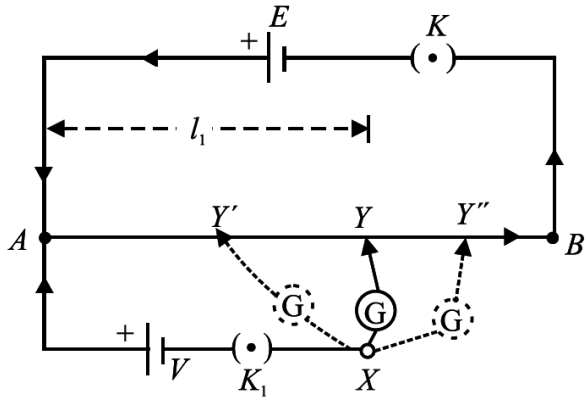
$$V_{AB} = RI$$

పొటెన్షియో మీటరు తీగ ప్రమాణ పొడవుకు గల నిరోధం r, తీగ ప్రమాణ పొడవుకి గల పొటెన్షియల్ పాతం k అయితే, అపుడు

$$R = rl$$

మరియు $E = kl$

లేదా $k = \frac{E}{l}$



పటం 19.22 ఘటం ధృవాల మధ్యగల పొటెన్షియల్ తేడాను కొలచడానికి పొటెన్షియో మీటరు వలయం

l_1 పొడవు గల తీగకు, పొటెన్షియల్ పాతం

$$V_1 = kl_1 = \frac{E}{l} l_1 \qquad (19.28)$$

ధన నుండి రుణ చివరకు, తీగ వెంబడి పొటెన్షియల్, దూరంతో రేఖీయం గా పడిపోతుంది.

తెలియని ఒక వోల్టేజి V ని మనం కొలవాలనుకుంటున్నాం. A చివరకు ఘటం ధన ధృవాన్ని కలపాలి, రుణ ధృవాన్ని గాల్వానామీటరు ద్వారా జాకీ K కి కలపాలి. V > E కి, శూన్య బిందువు రావడం సాధ్యం కాదు అని గమనించండి. కాబట్టి పటం 19.22లో చూపిన, విచాబ E (> V) గల ప్రామాణిక ఘటాన్ని వాడతాం. దీన్ని సరిచూసుకోవడానికి కీ లు K, K_1 లను ప్లగ్ లలో పెట్టాలి. జాకీని A, B చివరల వద్ద నొక్కాలి. గాల్వానామీటరు అపవర్తనంను వ్యతిరేక దిశలలో చూపించాలి. అలా చూపించినపుడు, వలయం సరిగా ఉన్నట్టు అర్థం.

K_1 కీ ని పెట్టి, A నుంచి B వైపుకి జాకీని జరుపుతూ పోవాలి. Y' స్థానంలో, AY పొడవు గల తీగ పొటెన్షియల్ పాతం వోల్టేజి V కన్నా తక్కువ గా ఉంది అని అనుకుందాం. V వోల్టేజి వల్ల, వలయం AY'XA లో ప్రవహించే విద్యుత్తు, AY' మధ్య గల పొటెన్షియల్ తేడా వల్ల ప్రవహించే విద్యుత్తు కంటే ఎక్కువగా ఉంటుంది. అపుడు గాల్వానామీటరు ఒక దిశలో కొంత అపవర్తనాన్ని చూపిస్తుంది. ఇపుడు జాకీని జరుపుతూ పోవాలి. AY" మధ్య పొటెన్షియల్ పాతం, వోల్టేజి V కన్నా ఎక్కువగా వుండేట్లు, Y" స్థానం వరకు జాకీ ని జరిపామనుకుందాం. గాల్వానా మీటరు అపవర్తనాన్ని మరొక దిశలో చూపించినట్లయితే AY" మధ్య వోల్టేజి పాతం, AY' మధ్య ఉండే దాని కంటే ఎక్కువగా ఉంటుంది. కాబట్టి Y', Y" ల మధ్య జాకీ ని నెమ్మదిగా జరపాలి. అలా జరిపినపుడు Y అనే బిందువు వచ్చిందనుకుందాం. ఈ బిందువు దగ్గర AY మధ్య పొటెన్షియల్ పాతం, వోల్టేజి V కి సమానం. అపుడు బిందువులు X, Y లు ఒకే పొటెన్షియల్ వద్ద వుంటాయి. కాబట్టి గాల్వానామీటరు ఎటువంటి అపవర్తనాన్ని చూపించదు, అంటే శూన్య బిందువు ఏర్పడింది అంటారు. A, Y ల మధ్య వుండే తీగ పొడవు l_1 అయితే, అపుడు

$$V = kl_1 = \frac{El_1}{l} \qquad (19.29)$$

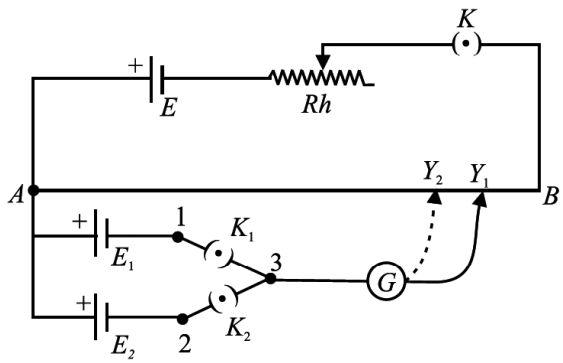
ఈ విధంగా విద్యుత్ ప్రవాహం దేనినీ తీసుకోనప్పుడు తెలియని వోల్టేజి V ని కొలుస్తారు. పొటెన్షియో మీటరుతో కొలిచినపుడు ఈ కింది లాభాలు ఉంటాయి.

- పొటెన్షియో మీటరు సంతులనం అయినపుడు, ఏ వలయం మీద కొలతను తీసుకుంటున్నామో, ఆ వలయం నుంచి విద్యుత్ ప్రవాహం ను తీసుకోదు.
- దాన్ని కలిపిన వలయంలోని పరిస్థితులలో ఎటువంటి మార్పు కలగచేయదు.
- ఇది శూన్య పద్ధతిని ఉపయోగిస్తుంది, ఉపయోగించిన గాల్వానామీటరును క్రమాంకం చేయనవసరం లేదు.

19.8.3 రెండు ఘటాల విచాబలను పోల్చడం

పొటెన్షియో మీటరును ఉపయోగించి, ఘటం విచాబను కొలవడం మీరు తెలుసుకున్నారు. ఇపుడు మనం రెండు ఘటాల విచాబలను పోల్చడానికి అదే టెక్నిక్ ను పొడిగిద్దాం. ఉదాహరణకు డేనియల్ ఘటం, లెక్లాంచి ఘటం లను తీసుకుందాం. వీటి విచాబలు వరసగా E_1, E_2 అనుకుందాం.

పటం 19.23 ను గమనించండి. ఫ్లగ్ కీ K_1, 1 మరియు 3 చివరలకు విచాబ E_1 కలిగిన ఘటంను కలపాలి. ఇంతకు ముందు వివరించినట్లు, జాకీని తీగ వెంబడి జరుపుకుంటూ పోతే సంతులన బిందువు వస్తుంది. ఘటం E యొక్క విచాబ, E_1, E_2 ఘటాల విచాబల కంటే ఎక్కువగా వుండాలని గుర్తించండి. (లేకపోతే సంతులన బిందువు రాదు). పొటెన్షియో మీటరు మీద Y_1 బిందువు వద్ద సంతులన బిందువు వచ్చిందనుకుంటే, పొడవు $AY_1 = l_1$. వలయంలో ఫ్లగ్ కీ K_2 2 మరియు 3 చివరలకు విచాబ E_2 కలిగిన ఘటాన్ని కలపాలి. Y_2 వద్ద సంతులన బిందువు వచ్చిందనుకుంటే, పొడవు $AY_2 = l_2$.



పటం 19.23 : రెండు ఘటాల విచాబలు E_1, E_2 లను పోల్చడానికి వలయం.

పొటెన్షియో మీటరు సూత్రాన్ని అనుసరించి,

$$E_1 = kl_1 \quad \text{మరియు} \quad E_2 = kl_2$$

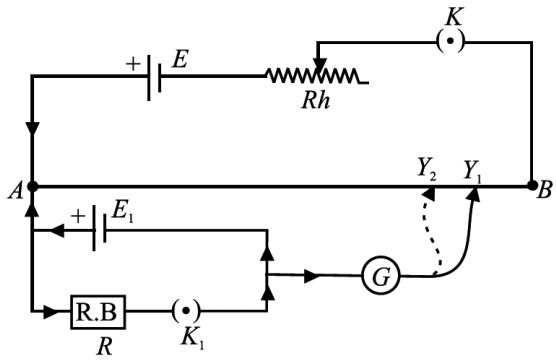
ఇక్కడ k అనేది AB తీగ వెంబడి పొటెన్షియల్ నతిక్రమం (potential gradient)

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{l_1}{l_2} \qquad (19.30)$$

19.8.4 ఒక ఘటం అంతర్నిరోధం కనుక్కోవడం

ఘటాలు ఎప్పుడూ విద్యుత్ ప్రవాహానికి నిరోధం కలగచేస్తాయని, ఈ నిరోధం సాధారణంగా అతి స్వల్పంగా వుంటుందని మీరు చదువుకున్నారు. దీనినే ఆ ఘటం అంతర్నిరోధం అంటారు. ఇది ఘటం పరిమాణం పైన ఆధారపడి ఉంటుంది. అనగా ఘటం నిరోధం ద్రవంలో ముంచిన పలకల వైశాల్యం పైన, పలకల మధ్య దూరం మీద, విద్యుద్విశ్లేష్యకం గాఢత మీద ఆధారపడి ఉంటుంది.

ఇపుడు పొటెన్షియో మీటరును ఉపయోగించి ఘటం అంతర్నిరోధంను కనుగొనే విధానం తెలుసుకుందాం. విచాబ E_1 కలిగిన ఘటం అంతర్నిరోధం 'r' ను కనుక్కోవడానికి అవసరమైన వలయాన్ని పటం 19.24 లో చూపించాం. ఘటానికి సమాంతరంగా నిరోధాల పెట్టె R ను, ఒక కీ K_1 ను కలపాలి. ప్రాథమిక వలయంలో ప్రామాణిక ఘటం, కీ K, రెయోస్టాట్ లు ఉంటాయి. కీ K ని మూయగానే, తీగ AB గుండా విద్యుత్ I ప్రవహించడం మొదలు పెడుతుంది. కీ K_1 ని తెరచి ఉంచి గాల్వానా మీటరులో సున్నా అపవర్తనం వచ్చేటట్లుగా జాకీని సర్దుబాటు చేస్తాము. ఘటం E_1 తో, Y_1 బిందువు వద్ద సంతులన బిందువు వచ్చిందనుకుంటే, $AY_1 = l_1$. అపుడు



పటం 19.24 : ఘటం అంతర్నిరోధం కనుక్కోవడం

$$E_1 = kl_1 \qquad (19.31\ a)$$

తరువాత K_1 కీ ని మూస్తాము. దీని వల్ల ఘటం లో కొంత నిరోధం ఏర్పడుతుంది. ఘటం E కారణంగా, వలయం $E_1RK_1E_1$ లో I_1 విద్యుత్ ప్రవహిస్తుందని అనుకుందాం. ఓమ్ నియమం ప్రకారం,

$$I_1 = \frac{E_1}{R+r}$$

ఇక్కడ r ఘటం అంతర్నిరోధం. ఘటం యొక్క టెర్మినల్ పొటెన్షియల్ తేడా V_1, E_1 కంటే, I_1r అంత తక్కువగా వుంది అని అర్థం. V_1 విలువ

$$V_1 = I_1R = \frac{E_1}{R+r}R$$

అపుడు పొటెన్షియల్ తేడా V_1, పొటెన్షియో మీటరు తీగ మీద, విద్యుత్ ప్రవాహం I లో ఎటువంటి మార్పు రాకుండా సంతులనం అవుతుంది. Y_2 బిందువు వద్ద సంతులన బిందువు వచ్చిందనుకుంటే,

$AY_2 = l_2$. అపుడు

$$V_1 = kl_2 \qquad (19.31\ b)$$

సమీకరణాలు (19.31 a, b) లను ఉపయోగించి

$$\frac{E_1}{V_1} = \frac{l_1}{l_2} = \frac{R+r}{R}$$

లేదా

$$r = R\left(\frac{l_1}{l_2} - 1\right) \qquad (19.32)$$

R_1, l_1, l_2, విలువలు తెలిస్తే, r విలువను సులభంగా కనుక్కోవచ్చు.

ఉదాహరణ 19.11

పొటెన్షియో మీటరు తీగ పొడవు 5 m. దాన్ని స్థిర విచాబ (e.m.f.) కలిగిన ఒక బ్యాటరీకి కలిపారు. డెనియల్ ఘటానికి శూన్య బిందువు 100 cm వద్ద వచ్చింది. తీగ పొడవు 7 m అయితే, శూన్య బిందువు స్థానం ఎక్కడ వుంటుంది.

సాధన :

బ్యాటరీ విచాబ E వోల్టు అనుకుందాం. 5 m పొడవుకు పొటెన్షియల్ నతిక్రమం,

$$k_1 = \frac{E}{5} Vm^{-1}$$

పొటెన్షియామీటరు తీగ పొడవు 7 m అయితే, పొటెన్షియల్ నతిక్రమం,

$$k_2 = \frac{E}{7} Vm^{-1}$$

ఇపుడు, l_2 పొడవు వద్ద, శూన్య బిందువు వచ్చిందనుకుంటే,

$$E_1 = k_2 l_2 = \frac{E}{7} l_2$$

ఇక్కడ ఒకే ఘటాన్ని రెండు అమరికలలో వాడతాం.

$$\frac{E}{5} = \frac{E}{7} l_2$$

$$\Rightarrow \qquad l_2 = 7 / 5 = 1.4 \text{ m}$$

19.9 ఎలక్ట్రానుల డ్రిఫ్ట్‌వడి లేదా డ్రిఫ్ వేగం

లోహంలో జరిగే విద్యుత్ వహనం గురించి ఇపుడు తెలుసుకుందాం. ఇక్కడ తెల్సిన నమూనా సులువైనది మరియు ఓమ్ నియమంను నిర్ధారిస్తుంది. లోహ ఘన పదార్థంలో పరమాణువులు క్రమపద్ధతిలో అమర్చబడి ఉంటాయి. ప్రతి పరమాణువు కూడ స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులను కలిగి ఉంటుంది. స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్‌లను వహన ఎలక్ట్రాన్‌లని కూడా అంటారు. ఈ స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్లు, వాయువులలోని పరమాణువులు లేదా అణువులు పాత్రలో స్వేచ్ఛగా కదులుచున్నట్లే అన్ని దిశలలో నియతంగా కదులుతూ ఉంటాయి. ఈ కారణంచేత కొన్నిసార్లు వహన ఎలక్ట్రాన్లను ఎలక్ట్రాన్ వాయువు (electron gas) అంటారు. వహన ఎలక్ట్రాన్ల సరాసరి వేగం సుమారుగా $10^6 ms^{-1}$ ఉంటుంది.

విద్యుత్ క్షేత్రం లేనపుడు, వాహకం గుండా విద్యుత్ ప్రవాహం ఉండదని మనకు తెలుసు. ఎందుకంటే స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్ల సరాసరి వేగం శూన్యం కాబట్టి. ధన x-దిశలో కదిలే ఎలక్ట్రాన్ల సంఖ్య, రుణ x-దిశలో కదిలే ఎలక్ట్రాన్ల సంఖ్యకు సమానంగా ఉంటుంది. ఒక నియమిత దిశగా ఎలక్ట్రాన్ల నికర ప్రవాహం ఉండదు.

స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్లు, ఘన పదార్థంలోని పరమాణువులతో నిరంతరం అభిఘాతాలు జరుపుతూ ఉంటాయి. ఒక వాహకం మీద విద్యుత్ క్షేత్రం అనువర్తితం అయినప్పుడు, ఎలక్ట్రాన్లు క్షేత్రానికి వ్యతిరేక దిశలో నెమ్మది నెమ్మదిగా డ్రిఫ్ట్

చెందుతాయి. సరాసరి డ్రిఫ్ట్ వేగం, సుమారుగా 10^{-4} ms^{-1} ఉంటుంది. రెండు వరస అభిఘాతాలు జరిపిన స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్ల సరాసరి వేగం (10^6 ms^{-1}) తో దీన్ని పోలిస్తే, ఈ విలువ అతి తక్కువ. విద్యుత్ క్షేత్రం ను అనువర్తించినపుడు స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్లు త్వరణం పొందుతాయి. ఎలక్ట్రాన్లు తాము పొందిన ఎక్కువ శక్తిని పరమాణువులతో అభిఘాతాలు జరిపినపుడు కోల్పోతాయి. పరమాణువులు శక్తిని పొంది, వేగంగా కంపనాలు చేస్తాయి. వాహకం వేడెక్కుతుంది. విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని అనువర్తించినపుడు, ఎలక్ట్రాన్ల చలనం మార్పు చెందిన విధానాన్ని పటం 19.25 చూపిస్తుంది.

ఇపుడు వహన ఎలక్ట్రాన్ల డ్రిఫ్ట్ వేగానికి సమీకరణం రాబట్టుదాం. ఒక ఎలక్ట్రాను ఆవేశం, ద్రవ్యరాశి వరసగా e మరియు m అనుకుందాం. విద్యుత్ క్షేత్రం E అయితే, ఎలక్ట్రానుపై పని చేసే బలం eE. ఎలక్ట్రాను పొందిన త్వరణం,

$$\mathbf{a} = \frac{e\mathbf{E}}{m}$$

అభిఘాతాల మధ్య సరాసరి కాలం τ అయితే, విద్యుత్ క్షేత్రం పదాలలో, ఎలక్ట్రాను డ్రిఫ్ట్ వేగానికి సమీకరణం మనం ఈ కింది విధంగా రాయవచ్చు.

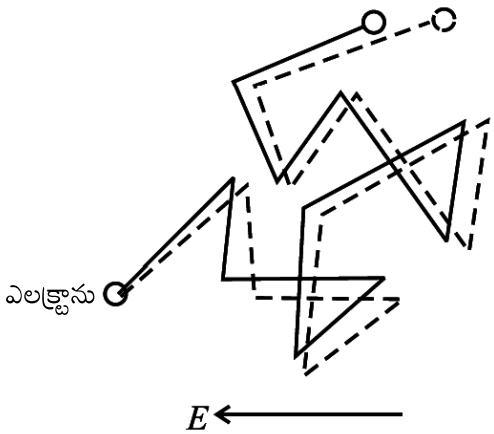
$$v_d = \frac{e\mathbf{E}}{m}\tau$$

పై ఫలితాన్ని సమీకరణం (19.4) తో కలిపితే, విద్యుత్ ప్రవాహానికి కింది సమీకరణం వస్తుంది.

$$I = -neAv_d$$

$$= -neA\,\frac{eE}{m}\tau$$

$$= -\frac{Ane^2E}{m}\tau$$



పటం 19.25 : విద్యుత్ క్షేత్రంలో ఉంచిన ఒక వాహకంలోని ఎలక్ట్రానుల యొక్క చలనం

విద్యుత్ క్షేత్రం అనేది పొటెన్షియల్ యొక్క రుణాత్మక నతిక్రమం $\left(E = -\frac{\partial V}{\partial r}\right)$ కాబట్టి,

విద్యుత్ ప్రవాహానికి సమీకరణం ఈ విధంగా కూడా రాయవచ్చు.

$$I = +\frac{ne^2A}{m}\frac{V}{l}\tau \qquad (19.33)$$

$$\Rightarrow \qquad \frac{V}{I} = \frac{m}{ne^2\tau}\frac{l}{A} = R \qquad (19.34)$$

వహన విద్యుత్తు ఓమ్ నియమాన్ని పాటిస్తుంది అని సమీకరణం (19.34) సూచిస్తుంది.

ఈ ఫలితాన్ని సమీకరణం (19.9) తో కలిపితే, మనకు

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{m}{ne^2\tau} \qquad (19.35)$$

విద్యుచ్ఛక్తి

నిరోధం గుండా విద్యుత్‌ను పంపినప్పుడు వెలువడే ఉష్ణంకు, ఘటం విచాబ వల్ల జరిగిన పని కారణం. నిల్వ ఉన్న రసాయన శక్తి కారణంగా ఘటం పని చేయగలదు. కావున ఘటం రసాయన శక్తిని విద్యుచ్ఛక్తిగా మార్చుతుంది.

కాలం 't' లో, నిరోధం 'R' గుండా విద్యుత్ 'i' ప్రవహింపచేయడానికి ఘటం ఆవేశం 'q' ను తోస్తున్నదనుకుందాం. ఫలితంగా నిరోధంపై పొటెన్షియల్ తేడా 'V' పని చేస్తుంది. ఆవేశం 'q' ను పొటెన్షియల్ తేడా గుండా పంపడానికి జరిగిన పని

$$W = qV$$

విద్యుత్ ప్రవాహం, $i = \frac{q}{t}$ కావున $q = it$

కావున $W = V\,it.$

ఓమ్ నియమం నుండి $V = iR.$

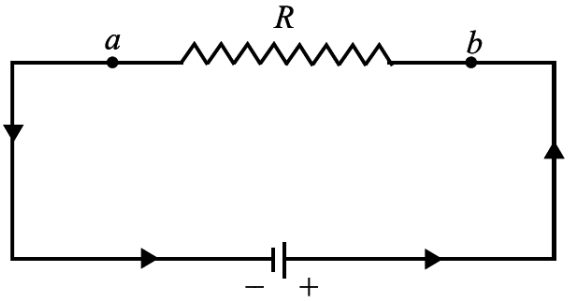
$$W = Vit = i^2Rt = \frac{V^2}{R}t$$

విద్యుచ్ఛక్తి (జరిగిన పని)కి ప్రయాణం జౌల్(J).

$$\text{విద్యుత్ శక్తి} \quad W = Vit = i^2Rt = \frac{V^2}{R}t$$

19.10 విద్యుత్ వలయంలో వినియోగించిన సామర్థ్యం

ఒక బ్యాటరీని, నిరోధం R కు కలిపిన వలయాన్ని పటం 19.26 లో చూపించాం. ధన ఆవేశాలు అలా చేసినపుడు నిరోధంలో విద్యుత్ ప్రవాహం దిశలో, బ్యాటరీ లోపల రుణ ధ్రువం నుంచి ధన ధ్రువం వైపు ప్రవహిస్తాయి. రెండు బిందువుల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా, ఆవేశాలకు గతి శక్తిని ఇస్తుంది. నిరోధంలోని పరమాణువుల (అయానుల)తో ఈ చలించే ఆవేశాలు అభిఘాతం జరిపి, తమ గతిశక్తి లోని కొంత భాగాన్ని కోల్పోతాయి. ఈ శక్తి నిరోధం యొక్క ఉష్ణోగ్రత తో పాటు పెరుగుతుంది.



పటం 19.26 : బ్యాటరీ, నిరోధం గల వలయం. a, b బిందువుల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా పై, నిరోధం గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ పై వినియోగింపబడిన సామర్థ్యం ఆధారపడుతుంది.

నిరోధం గుండా పంపిస్తున్నపుడు, చలించే ఆవేశం ΔQ కోల్పోయిన స్థితి శక్తి రేటు

$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = V\frac{\Delta Q}{\Delta t} = VI \qquad (19.36)$$

ఇక్కడ, I వలయంలోని విద్యుత్ ప్రవాహం, V నిరోధకం చివరల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా.

సంధాన తీగల యొక్క నిరోధం ను ఉపేక్షించామనుకుందాం. మొత్తం కోల్పోయినది నిరోధం R లో మాత్రమే. కోల్పోయిన లేదా నష్టపోయిన శక్తి రేటునే సామర్థ్యం అని నిర్వచిస్తారు.

$$P = VI$$

$V = IR$, కాబట్టి, మనం

$$P = I^2R = V^2/R \qquad (19.37)$$

గా రాయవచ్చు.

సామర్థ్యానికి SI ప్రమాణం వాట్ (W).

వాహకంలో ఉష్ణ రూపంలో కోల్పోయిన విద్యుత్ శక్తి ని జౌల్ ఉష్ణం అంటారు. జనించిన ఉష్ణం (i) విద్యుత్ ప్రవాహం (I) వర్గానికి, (ii) వాహక నిరోధం (R) కు (iii) విద్యుత్ ప్రవహించిన కాలం (t) కు అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.

$Q = I^2 Rt$, ని జౌల్ నియమం అంటారు. ఇది విద్యుత్ప్రవాహం ఉష్ణప్రభావాలను తెల్పుతుంది.

ఉదాహరణ 19.12

మీ ఇంటి లో 220 V విద్యుత్ శక్తి జనకానికి 60W బల్బును కలిపారు. బల్బు వినియోగించిన సామర్థ్యాన్ని, దాని ఫిలమెంట్ నిరోధాన్ని, దాని గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ ను కనుక్కోండి.

సాధన : $I = \frac{P}{V}$ అని మనకు తెలుసు.

$$\therefore \quad = \frac{60\,W}{220\,V} = \frac{3}{11} = 0.27\,A$$

బల్బు నిరోధం, $R = \frac{V}{I}$

$$= \frac{220\,V}{3/11\,A}$$

$$= \frac{220 \times 11}{3}\Omega = 807\Omega$$

సెకండుకు 60 J శక్తిని బల్బు వినియోగించుకుంటుంది. 1 గంటకు వినియోగించుకునే శక్తి 60 Wh. మరియు ఒక రోజుకు వినియోగించుకునే శక్తి $60 \times 24 = 1440$ Wh

ఒక రోజుకు వినియోగించుకునే శక్తి = 1.440 kWh

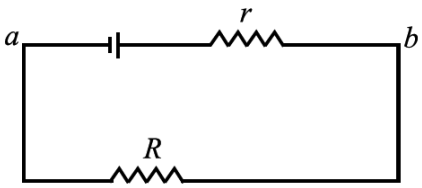
సామాన్య మానవుని భాషలో చెప్పాలంటే, దీనిని 1.4 యూనిట్ల శక్తి అంటారు.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 19.4

1. ఘటం నుండి ప్రవహించే విద్యుత్ పెరిగినపుడు, దాని ధ్రువాల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా ఎందుకు తగ్గుతుంది?

2. ఒక లోహపు తీగ నిరోధం 20° C వద్ద 30Ω, 40° Cవద్ద 16 Ω. ఉష్ణోగ్రతా నిరోధ గుణకాన్ని కనుక్కోండి.

3. ఒక ఘటం విచాబ 5.0 V వలయంలో R విలువ 4.5Ω. a, b బిందువుల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా 3.0 V అయితే, ఘటం అంతర్నిరోధం r ను కనుక్కోండి.



4. పొటెన్షియో మీటరు వలయంలో ఒక తెలియని విచాబను కొలిచినపుడు, A చివర నుండి 45 cm వద్ద సంతులన బిందువు వచ్చింది. 1.02 V ఘటాన్ని వలయంలో పెట్టినపుడు, ఇదే చివర నుండి 30 cm కు సంతులన బిందువు మారింది. ప్రామాణిక ఘటం E ఎపుడూ స్థిర విద్యుత్తును ప్రవహింపచేస్తుంది. తెలియని విచాబను కనుక్కోండి.

5. రెండు ఘటాల విచాబలు E_1, E_2 లను పోల్చడానికి పొటెన్షియో మీటరు వలయాన్ని ఉపయోగించారు. E_1, E_2 లకు వరసగా 30 cm , 45 cm పొడవుల దగ్గర సంతులన బిందువు వచ్చింది. E_2 = 3.0 V అయితే, E_1 యొక్క విచాబ ఎంత?

6. 500Ω నిరోధం గుండా ప్రవహించిన విద్యుత్ 0.30 A. నిరోధంలో నష్టపోయిన సామర్థ్యం ఎంత?

7. మీ దగ్గర రెండు విద్యుత్ బల్బులు ఉన్నాయి. వాటి మీద అచ్చు వేసిన అంశాలు (బల్బు రేటింగ్) 40 W, 220 V మరియు 100 W, 220 V. 220 V మెయిన్స్‌కు వీటిని కలిపితే, ప్రతి బల్బు గుండా ప్రవహించే విద్యుత్‌ను, నిరోధాన్ని కనుక్కోండి.

మీరు ఏమి నేర్చుకున్నారు

- వాహకం లో విద్యుత్ క్షేత్రం ఉన్నప్పుడు, ఎలక్ట్రాన్లు విద్యుత్ క్షేత్రానికి వ్యతిరేక దిశలో సగటు వేగంతో కదులుతాయి. ఈ సగటు వేగాన్నే డ్రిఫ్ట్ వేగం అంటారు.
- ఒక వాహకం యొక్క ఏ మధ్యచ్ఛేదం గుండా అయినా జరిగే విద్యుత్ ఆవేశ ప్రవాహ రేటుగా విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని నిర్వచిస్తారు. విద్యుత్ ప్రవాహం యొక్క ప్రమాణం ఆంపియర్. దీనిని A తో సూచిస్తాం.
- ఉష్ణోగ్రత, పీడనం వంటి భౌతిక పరిస్థితులు మారకుండా స్థిరంగా ఉన్నప్పుడు, ఒక వాహకం లోని విద్యుత్ ప్రవాహం దాని చివరల మధ్య అనువర్తింపచేసిన పొటెన్షియల్ తేడా కి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది అని ఓమ్ నియమం చెబుతుంది.

- $\frac{V}{I}$ నిష్పత్తిని నిరోధం అంటారు. దీని గుర్తు R. నిరోధంకు ప్రమాణం ఓమ్ (దీని గుర్తు Ω).
- ఒక పదార్థం యొక్క నిరోధకత (విశిష్ట నిరోధం) ఆ పదార్థంతో తయారైన ఒక మీటరు పొడవు మరియు ఒక చదరపు మీటరు అడ్డుకోత వైశాల్యం కలిగిన వాహక నిరోధానికి సంఖ్యాత్మకంగా సమానం. నిరోధకత ప్రమాణం ఓమ్-మీటర్.
- నిరోధాల శ్రేణీ సంధానంలో, తుల్య నిరోధం, సంధానంలోని నిరోధాల మొత్తానికి సమానం.
- నిరోధాల సమాంతర సంధానంలో, వేరు వేరు నిరోధాల విలోమాల మొత్తం, వాటి తుల్య నిరోధం విలోమానికి సమానం.
- సంక్లిష్ట విద్యుత్ వలయాలను అధ్యయనం చేయడానికి కిర్కాఫ్ నియమాలు ఉపయోగపడతాయి. కిర్కాఫ్ మొదటి నియమం, ఒక సంధిలోకి ప్రవాహించే విద్యుత్ ప్రవాహాల మొత్తం, ఆ సంధి నుంచి బయటకు పోయే ప్రవాహాల మొత్తానికి సమానం అని చెబుతుంది. కిర్కాఫ్ రెండవ నియమం : సంవృత వలయంలో పొటెన్షియల్ తేడాల బీజీయ మొత్తం శూన్యం.
- తెలియని నిరోధం (S) ను తెలిసిన (P, Q, R) నిరోధాలతో పోలుస్తూ, ఖచ్చితంగా కొలవడానికి, వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జిని వాడతాం.

  వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జి సంతులన నియమం $\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$

- వివృత (తెరచిన) వలయంలో ఘటం ధ్రువాల మధ్య ఉండే పొటెన్షియల్ తేడా విలువ, ఘటం విచాబకి సమానంగా ఉంటుంది.
- విద్యుత్ ప్రవాహం దేనినీ ఏ మాత్రం తీసుకోకుండా, వోల్టేజిలను కొలవడానికి వాడే పరికరం పొటెన్షియో మీటరు కాబట్టి దీనిని ఒక జనకం యొక్క విచాబను కొలవడానికి ఉపయోగిస్తారు.
- వాహకంలోని ఎలక్ట్రాన్ల డ్రిఫ్ట్ వేగం $v_d = -\frac{eE}{m}\tau$.
- జౌల్ ఉష్ణం ద్వారా విద్యుత్ వలయంలో, వినియోగించిన సామర్థ్యం

$$P = VI = I^2R = \frac{V^2}{R}.$$

ముగింపు అభ్యాసం

1. బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రం అనువర్తించినపుడు ఒక లోహ వాహకంలోని స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానుల డ్రిఫ్ట్‌ను గురించి వివరించండి. డ్రిఫ్ట్ వేగానికి సమీకరణం రాబట్టండి.
2. విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని నిర్వచించి, ఓమ్ నియమంను వివరించండి.

3. వాహకం నిరోధకతను నిర్వచించండి. పదార్థం యొక్క నిరోధకతపై, దాని పొడవు మరియు అడ్డుకోత వైశాల్యంపై తీగ యొక్క నిరోధం ఏ విధంగా ఆధారపడుతుంది.

4. విద్యుత్ వాహకత్వాన్ని నిర్వచించండి. దాని ప్రమాణాలు రాయండి. వాహకంలోని స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానుల గాఢత మీద విద్యుత్ వాహకత్వం ఏ విధంగా ఆధారపడుతుందో వివరించండి.

5. ఓమిక్, నాన్ ఓమిక్ నిరోధకాల మధ్య తేడాలను వివరించండి. నాన్ ఓమిక్ నిరోధకాలకు ఉదాహరణలు ఇవ్వండి.

6. పదార్థ నిరోధకతపై ఉష్ణోగ్రతా ప్రభావంను తెలపండి. ఉష్ణోగ్రత పెరిగితే ఒక లోహం యొక్క విద్యుత్ వాహకత్వం ఎందువల్ల తగ్గుతుంది.

7. ఎడమ నుంచి కుడి వైపు ఒక నిరోధం పై గల రంగులు రెడ్, ఆరెంజ్, గ్రీన్ మరియు గోల్డ్ (బంగారు). రంగు కోడ్ ప్రకారం నిరోధం విలువ ఎంత?

8. R_1, R_2, R_3 మూడు నిరోధాలను (i) శ్రేణిలోను మరియు (ii) సమాంతరంగాను కలిపితే, ఫలిత లేదా తుల్య నిరోధానికి సమాసములు రాబట్టండి.

9. ఘటం ధ్రువాల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడాకు, విచాబకు (e.m.f.) మధ్యగల భేదం ఏమిటి? వాటి మధ్య సంబంధాన్ని రాబట్టండి.

10. కిర్కాఫ్ నియమాలు రాసి వివరించండి.

11. నిరోధాలను కొలవడానికి, వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జి పద్ధతి యొక్క సిద్ధాంతాన్ని వివరించండి.

12. పొటెన్షియో మీటరు గురించి వివరించండి.

13. పొటెన్షియో మీటరును ఉపయోగించి తెలియని పొటెన్షియల్ తేడాను మీరు ఏ విధంగా కొలుస్తారు.

14. పొటెన్షియో మీటరును ఉపయోగించి రెండు ఘటాల విచాబలను (e.m.f.) పోల్చే ప్రయోగాన్ని వర్ణించండి.

15. పొటెన్షియో మీటరును ఉపయోగించి ఒక ఘటం అంతర్నిరోధాన్ని ఎట్లా కనుక్కుంటారో వివరించండి. ఘటం అంతర్నిరోధానికి కారణమయిన కారకాలు ఏమిటి?

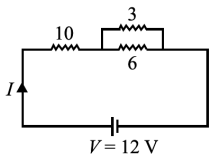
16. 1 m పొడవు, 0.1 mm వ్యాసార్థం గల తీగ నిరోధం 100Ω. పదార్థం నిరోధకతను లెక్కించండి.

17. 4 m పొడవు, 1 mm^2 మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యం కలిగిన తీగలో 2 A విద్యుత్ ప్రవహిస్తుందని అనుకుందాం. పదార్థం ప్రతి ఘన మీటరుకు గల స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్లు 10^{29}. ఒక ఎలక్ట్రాను ఈ తీగ ఒక చివర నుంచి రెండవ చివరకు ప్రయాణించడానికి పట్టే సగటు కాలాన్ని లెక్కించండి.

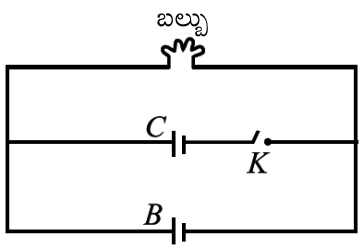
18. మీ దగ్గర మూడు నిరోధాలు ఉన్నాయనుకోండి. ప్రతి నిరోధం విలువ 30Ω. ఈ నిరోధాలన్నింటిని కలపితే వచ్చే వేరు వేరు నిరోధాల విలువలన్నింటిని తెలపండి.

19. విచాబ 6.0 V, అంతర్నిరోధం 1Ω కలిగిన ఒక ఘటాన్ని బాహ్య నిరోధానికి కలిపినపుడు, ఘటం ధ్రువాల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా 5.8 V కు పడిపోయింది. బాహ్య నిరోధకం యొక్క నిరోధంను కనుక్కోండి.

20. పటంలో చూపిన వలయంలో ప్రవహించే విద్యుత్ I ను, ఫలిత నిరోధం R ను కనుక్కోండి.



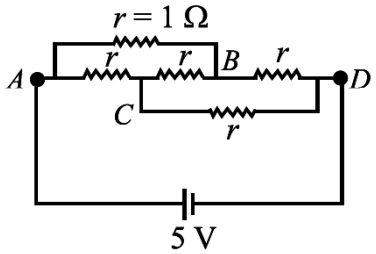
21. బల్బు, కెపాసిటర్, బ్యాటరీ గల ఈ కింది విద్యుత్ వలయంను గమనించండి. బల్బును నేరుగా బ్యాటరీకి కలిపినపుడు, అది వెలుగుతుంది. ఈ వలయంలో స్విచ్‌ను మూసిన, బల్బుకు ఏమవుతుంది.



22. ఈ కింది వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జి సంతులనం అయ్యింది.

(a) వలయంలో ఫలిత నిరోధం విలువ R ను కనుక్కోండి.

(b) AB, DC భుజాలలో విద్యుత్ ప్రవాహంను కనుక్కోండి.



పాఠంలోని ప్రశ్నలకు సమాధానాలు

19.1

1. (a) తీగ నిరోధం రెట్టింపయితే, విద్యుత్ ప్రవాహం సగానికి తగ్గుతుంది.

(b) నిరోధం సగమయితే, విద్యుత్ ప్రవాహం రెట్టింపవుతుంది.

2. నిరోధకత అనేది పదార్థానికి సంబంధించిన ఒక విశిష్ట ధర్మం. పొడవు, అడ్డుకోత వైశాల్యం మారిన, నిరోధకత మారదు.

$$\rho = 2 \times 10^{-8}\ \Omega m$$

3. $$R = \frac{V}{I} = \frac{8}{0.15} = \frac{800}{15} = 53.3\Omega$$

$$R = \frac{\rho l}{A} \Rightarrow \frac{800}{15} = \rho\ \frac{3}{2 \times 10^{-4}} \Rightarrow \rho = \frac{800 \times 2 \times 10^{-4}}{15 \times 3} = 35.5 \times 10^{-4}\Omega m$$

4. కాదు. లోహ వాహకాలు మాత్రమే కొంత అవధి వరకు ఓమ్ నియమాన్ని పాటిస్తాయి. అర్ధవాహకాలు, విద్యుత్ విశ్లేష్యకాలు ఓమ్ నియమాన్ని పాటించవు.

5. $I = \frac{q}{\tau} = \frac{n|e|}{t} = \frac{5 \times 10^{17} \times 1.6 \times 10^{-19}}{1} A = 0.8 \times 10^{-3} A = 0.8 \text{ mA}$

ఎలక్ట్రానుల ప్రవాహ దిశకు, వ్యతిరేక దిశలో విద్యుత్ ప్రవాహం ఉంటుంది, అంటే కుడి నుంచి ఎడమ వైపుకు ఉంటుంది.

19.2

1. సమాంతరంగా ఉంటాయి. అవి పనిచేయడానికి వేరు వేరు విద్యుత్తులను తీసుకుంటాయి. వాటిని పని చేయించడానికి, వేరు వేరు స్విచ్‌లను వాడతాం.

2. వోల్టేజి స్టెబిలైజర్‌ను (Voltage stablizer) ఉపయోగిస్తాం.

3. $R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} + R_4$

$= 2 + \frac{10}{3} + 7$

$= 12.3\ \Omega$

4. ఫంక్షన్ హాల్‌లో అలంకరణ దీపాలను శ్రేణిలో అమర్చుతారు.

19.3

1. $\frac{P}{Q} = \frac{6}{12} = \frac{1}{2}$ మరియు $\frac{R}{S} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2}$

$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$

$\therefore$ బ్రిడ్జి సంతులనం అయినది.

కావున $V_B = V_D$ మరియు $I_2 = 0$

$I_1 = \frac{V}{R} = \frac{12}{18} = \frac{2}{3} A$

మరియు $I - I_1 = \frac{12}{9} = \frac{4}{3} A$

2. ABCDA వలయంకు కిర్కాఫ్ రెండవ నియమంను అనువర్తించినపుడు

$2I_1 + 4I_1 + 3I_3 = 24$

$6I_1 + 3I_3 = 24$ ... (1) $\Rightarrow$ $2I_1 + I_3 = 8$ ..... (1)

DCEFD వలయంకు అదే విధంగా మనం రాయవచ్చు

$-3I_3 + 6I_2 = 12 \quad \Rightarrow \quad 2I_2 - I_3 = 4$ ..... (2)

D సంధి వద్ద, కిర్కాఫ్ మొదటి నియమాన్ని అనువర్తించినపుడు

$$I_2 + I_3 = I_1$$

(1) లో ప్రతిక్షేపించినపుడు

$$2I_2 + 3I_3 = 8$$

$$2I_2 - I_3 = 4$$

$$4I_3 = 4$$

$$I_3 = 1A$$

(2) లో ప్రతిక్షేపించినపుడు

$$2I_2 = 5 \quad \Rightarrow \quad I_2 = 2.5 \text{ A}$$

19.4

1. $V = E - Ir$

I పెరిగితే, V తగ్గుతుంది

2. $R_{20} = R_0 (1 + 20\ \alpha)$

$$R_{40} = R_0 (1 + 40\ \alpha)$$

$$\frac{R_{40}}{R_{20}} = \frac{1 + 40\alpha}{1 + 20\ \alpha}$$

$$\frac{1 + 40\alpha}{1 + 20\alpha} = \frac{30.16}{30} = 1 + \frac{0.16}{30}$$

$$1 + \frac{20\alpha}{1 + 20\ \alpha} = 1 + \frac{0.16}{30}$$

సూక్ష్మీకరిస్తే $600\ \alpha = 0.16 + 3.2\ \alpha$

$$\Rightarrow \alpha \simeq \frac{0.16}{596.8} = 2.68 \times 10^{-4}\ K^{-1}$$

3. $I = \frac{V}{R} = \frac{3}{4.5} = \frac{30}{45} = \frac{2}{3} A$

$$V = E - Ir \Rightarrow 3 = 5 - \frac{2}{3} r$$

$$\therefore \quad r = \frac{2 \times 3}{2} = 3\Omega$$

4. $\frac{E_2}{E_1} = \frac{l_2}{l_1} \Rightarrow \frac{1.02}{E_1} = \frac{30}{45} \Rightarrow E_1 = 0.51 \times \frac{3}{2} = 1.53\,V$

5. $\frac{E_2}{E_1} = \frac{l_2}{l_1}$

$\frac{E_1}{3} = \frac{2}{3}$

$E_1 = 2$ V

6. $P = I^2R$

$= 0.3 \times 0.3 \times 500$

$= 45$ W.

7. $I = \frac{P}{V} \Rightarrow I_1 = \frac{40}{220} = \frac{2}{11}A$ మరియు $I_2 = \frac{100}{220} = \frac{5}{11}A$

$R = \frac{V^2}{P}, \Rightarrow R_1 = \frac{220 \times 220}{40} = 1210\Omega$

మరియు $R_2 = \frac{220 \times 220}{100} = 484\Omega$

ముగింపు అభ్యాసంకు సమాధానాలు

16. $3.14 \times 10^{-6}\ \Omega m$

17. 32 ms.

18. (i) అన్ని నిరోధాలు శ్రేణిలో ఉన్నపుడు తుల్య నిరోధం 90Ω

(ii) అన్ని నిరోధాలు సమాంతరంగా ఉన్నపుడు తుల్య నిరోధం 10Ω

(iii) సమాంతరంగా ఉన్న రెండు నిరోధాలకు ఒక నిరోధం శ్రేణిలో ఉన్నపుడు తుల్య నిరోధం 45Ω

(iv) శ్రేణిలో ఉన్న రెండు నిరోధాలకు, ఒక నిరోధం సమాంతరంగా ఉన్నపుడు తుల్య నిరోధం 20Ω

19. 29Ω

20. $I = 1A$, $R = 12\Omega$

22. (a) $R = r = 1\Omega$ (b) $I = 2.5$ A

20

అయస్కాంతత్వం

పరిచయం

ఆవేశిత కడ్డీలు ఒకదాన్నొకటి లేదా చిన్న కాగితం ముక్కలను ఏవిధంగా ఆకర్షించుకుంటాయో ఇంతకు ముందు అధ్యాయంలో తెలుసుకున్నారు. బహుశా మీరు అయస్కాంతంతో ఆడుకునే ఉంటారు. అవి ఇనుప ముక్కలను ఆకర్షించే ధర్మాన్ని కలిగి ఉన్న పదార్థాలు. క్రీ.పూ. 600 లోనే గ్రీకు తత్త్వవేత్తలకు అయస్కాంతం అనే దృగ్విషయం గురించి తెలుసు. మాగ్నటైట్ (Fe_3O_4) అనబడే కొన్ని రాళ్ళు ఇనుప ముక్కలను ఆకర్షిస్తాయని వారు గమనించారు. ప్రకృతి సిద్ధంగా లభ్యమవుతున్న మాగ్నటైట్ ముక్కలను సహజ అయస్కాంతాలని అంటారు. మాగ్నెట్ అనే పదం అయస్కాంత పదార్థాలను కనుక్కొన్న గ్రీస్‌దేశంలోని 'మెగ్నీషియా' ద్వీపం పేరు మీద వచ్చింది.

లక్ష్యాలు

ఈ పాఠం చదివిన తరువాత మీరు ఈ కింది విషయాలు తెలుసుకుంటారు.

- అయస్కాంతాలు అంటే ఏమిటి? వాటి ధర్మాలు
- అయస్కాంత క్షేత్ర నిర్వచనం, అయస్కాంత క్షేత్ర బలరేఖలు
- వేలాడదీసిన అయస్కాంత ద్విధ్రువం (డైపోల్)పై ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్ర ప్రభావం గురించి
- అయస్కాంత అభివాహం, అయస్కాంత క్షేత్ర ప్రేరణల నిర్వచనం, వాటి ప్రమాణాలు
- అయస్కాంతత్వంలో గాస్ నియమం
- అయస్కాంతీకరణ, అయస్కాంత తీవ్రతల నిర్వచనం
- వివిధ అయస్కాంత పదార్థాల అయస్కాంత ధర్మాలు
- భూ అయస్కాంత క్షేత్రం మూల రాశులు, వాటి మధ్య సంబంధం

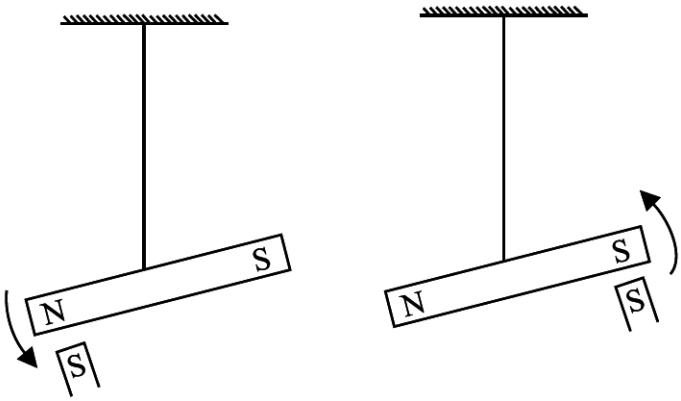
20.1 అయస్కాంతాలు, వాటి ధర్మాలు

ఏదైనా వస్తువు ఇనుప ముక్కను (స్టీల్ లేదా కోబాల్ట్ లేదా నికెల్) ఆకర్షించగలిగే ధర్మాన్ని అయస్కాంతత్వం అంటారు. సహజ అయస్కాంతం అనేది ఇనుప పదార్థం (Fe_3O_4). ఇది ఇనుము, కోబాల్ట్, నికెల్‌ల చిన్న ముక్కలను తనవైపు ఆకర్షించుకొంటుంది. సహజ అయస్కాంతాలు బలహీనంగా ఉంటాయి. కాని ఇనుము, ఉక్కు, కోబాల్టు వంటి పదార్థాలను కృత్రిమ అయస్కాంతాలుగా మార్చవచ్చు. ఇవి బలమయిన, శాశ్వత అయస్కాంతాలు. ఉదా: దండాయస్కాంతం, అయస్కాంత సూచి, గుర్రపునాడ అయస్కాంతం. సహజ మరియు కృత్రిమ అయస్కాంతాలన్నీ కొన్ని ధర్మాలను కలిగి ఉంటాయి. అయస్కాంతాల మూల ధర్మాల గురించి మీకు తెలిసి ఉండవచ్చు, ఇక్కడ వాటినే మరొకసారి గుర్తు చేసుకుందాం.

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

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

3. రెండు అయస్కాంతాల విజాతి ధ్రువాలు ఒకదానినొకటి ఆకర్షించుకుంటాయి, సజాతి ధ్రువాలు ఒకదానినొకటి వికర్షించుకుంటాయి (పటం 20.1)



పటం 20.1 : రెండు అయస్కాంతాల విజాతి ధ్రువాలు ఒకదానినొకటి ఆకర్షించుకుంటాయి, సజాతి ధ్రువాలు వికర్షించుకుంటాయి.

4. అయస్కాంత ధ్రువాలు ఎప్పుడూ జతగానే ఉంటాయి. అంటే ఒక ధ్రువం మాత్రమే ఉన్న అయస్కాంతం ఉండదు. ఆ ధ్రువాలు వేరు చేయబడవు. అనగా అయస్కాంత ద్విధ్రువం అనే అతి చిన్న నమూనా అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఏర్పరుస్తుంది.

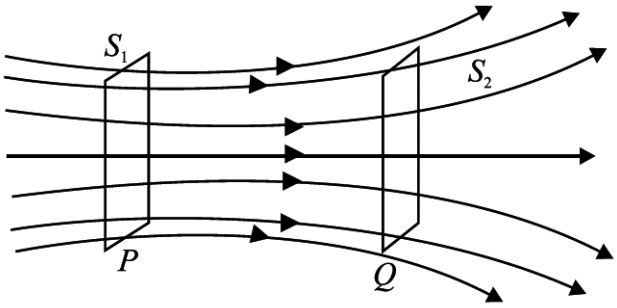
5. అయస్కాంతం దానికి దగ్గరగా ఉంచిన పదార్థంలో అయస్కాంతత్వంను ప్రేరణ చేస్తుంది. ఒక అయస్కాంతాన్ని, ఇనుప ముక్క దగ్గరకు తెచ్చినపుడు, అది అయస్కాంతానికి దగ్గరగా ఉన్న చివరలో వ్యతిరేక ధ్రువం, దూరంగా ఉన్న చివరలో సజాతి ధ్రువంను పొందుతుంది. ఈ దృగ్విషయాన్నే అయస్కాంత ప్రేరణ (magnetic induction) అంటారు.

20.2 అయస్కాంత క్షేత్రం బలరేఖలు

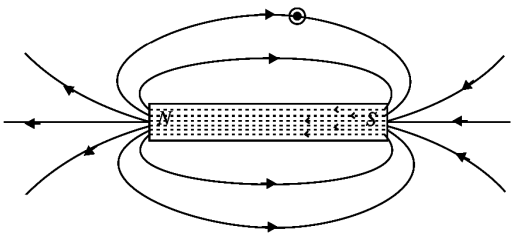
అయస్కాంతాలు లేదా అయస్కాంతం, ఇనుప ముక్కల మధ్య గల అన్యోన్య చర్యలు, వాటి ప్రభావం కొంత దూరం వరకు ఉంటుందని సూచిస్తాయి. అయస్కాంత క్షేత్రం ద్వారా దీనిని అర్థం చేసుకోవచ్చు. అయస్కాంతం చుట్టూ ఉండే ఏ ప్రాంతంలో అయితే ఒక అయస్కాంత సూచి (ఇంకో అయస్కాంతం) టార్క్ (బలం)కు లోనయి ఒక నిర్దిష్ట దిశలో విరామ స్థితికి వస్తుందో ఆ ప్రాంతాన్ని అయస్కాంతక్షేత్రం అంటారు. దీన్ని సదిశారాశి **B** తో సూచిస్తారు. దీనినే అయస్కాంతక్షేత్రం లేదా అయస్కాంత ప్రేరణ అంటారు. అయస్కాంత క్షేత్రం దిశ,

పరిమాణాలు దృశాత్మకంగా తెలపడానికి క్షేత్ర బలరేఖలను చిత్రీకరించడం సరి అయిన పద్ధతి. అయస్కాంత బలరేఖలు కల్పిత రేఖలు. అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఉత్తర ధృవం చలించే పథాన్ని అయస్కాంత బలరేఖ లేదా క్షేత్ర రేఖ అంటారు. అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని బలరేఖల ద్వారా కింది విధంగా సూచించవచ్చు.

- అయస్కాంత క్షేత్రం **B** లో ఏదైనా ఒక బిందువు వద్ద క్షేత్ర దిశ ఆ బిందువు గుండా గీసిన అయస్కాంత బలరేఖకు స్పర్శ రేఖ దిశలో ఉంటుంది.
- బలరేఖలకు లంబంగా ఉన్న ప్రమాణ వైశాల్య తలం గుండా వెళ్ళే బలరేఖల సంఖ్య క్షేత్ర తీవ్రతకు అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది. క్షేత్రం **B** అధికంగా ఉన్న ప్రదేశంలో బలరేఖలు దగ్గర దగ్గరగా ఉంటాయి; క్షేత్రం తక్కువగా ఉన్న ప్రదేశంలో బలరేఖలు దూర దూరంగా ఉంటాయి.
- రెండు సమాంతర తలాలు S_1, S_2 ల గుండా వెళ్ళే కొన్ని బలరేఖలను పటం 20.2 చూపిస్తుంది. S_1, S_2 తలాల వైశాల్యాలు సమానం, కాని S_1 గుండా వెళ్ళే బలరేఖల సంఖ్య S_2 గుండా వెళ్ళే బలరేఖల సంఖ్య కంటే ఎక్కువ. కాబట్టి ప్రమాణ వైశాల్యానికి, S_1 గుండా వెళ్ళే బలరేఖల సంఖ్య, S_2 గుండా వెళ్ళే బలరేఖల సంఖ్య కంటే ఎక్కువ. అందువల్ల P ప్రాంతం చుట్టూ ఉన్న అయస్కాంత క్షేత్ర తీవ్రత, Q ప్రాంతం చుట్టూ ఉన్న క్షేత్ర తీవ్రత కంటే చాలా ఎక్కువ అని మనం చెప్పవచ్చు.



పటం 20.2 : రెండు సమాంతర తలాల గుండా వెళ్ళే అయస్కాంత బలరేఖలు



పటం 20.3 : దండాయస్కాంతం యొక్క అయస్కాంత క్షేత్ర బలరేఖలు.

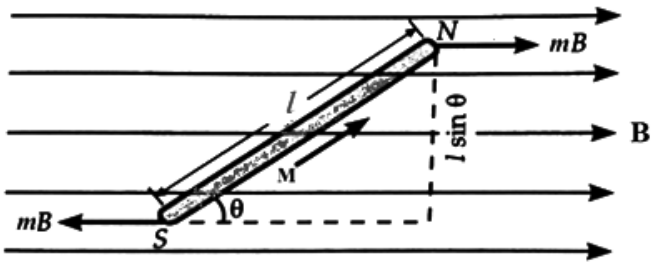
- ప్రతి అయస్కాంత బలరేఖ ఒక సంవృత వక్రం (Closed curve). అయస్కాంతం వెలుపల బలరేఖలు, ఉత్తర ధ్రువం నుండి దక్షిణ ధ్రువానికి, అయస్కాంతం లోపల ఇవి దక్షిణ ధ్రువం నుండి ఉత్తర ధ్రువానికి పోతాయి (పటం 20.3).
- రెండు అయస్కాంత బలరేఖలు ఎప్పుడూ ఖండించుకోవు.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 20.1

1. మీకు ఒక అయస్కాంతంను ఇచ్చారు. దాని ఉత్తర ధ్రువాన్ని ఏ విధంగా గుర్తిస్తారు.
2. మీకు రెండు సర్వసమానంగా కనిపించే ఇనుప దండాలు ఇచ్చారు. అందులో ఒకటి అయస్కాంతం. ఈ రెండింటిని మాత్రమే ఉపయోగించి, రెండింటిలో ఏది అయస్కాంతం అని మీరు ఎలా గుర్తిస్తారు.
3. మీకు ఒక దారం, రెండు దండాయస్కాంతాలు ఇచ్చారు. రెండు అయస్కాంతాల ధ్రువాలను మీరు గుర్తించడానికి ఉపయోగించిన పద్ధతిని వివరించండి.

20.3 ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రంలో అయస్కాంత ద్విధ్రువం/డైపోల్

సమాన ధృవసత్వం కలిగిన రెండు వ్యతిరేక అయస్కాంత ధృవాలు కొంత దూరంతో వేరుచేయబడిన అమరికనే అయస్కాంత ద్విధృవం అంటారు. ఒక చిన్న దండాయస్కాంతాన్ని అయస్కాంత ద్విధృవంగా పరిగణించవచ్చు.



పటం 20.4 : B అయస్కాంత ప్రేరణ గల ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రంలో వేలదదీసిన ఒక చిన్న దండాయస్కాంతం.

l పొడవు m ధృవసత్వం గల ఒక చిన్న దండాయస్కాంతాన్ని (N-S) ఏకరీతి అయస్కాంతక్షేత్రంలో Bలో క్షేత్రానికి θ కోణం చేసేలా ఉంచారు. దండాయస్కాంత ఉత్తరధృవంపై అయస్కాంతక్షేత్రం వల్ల కలిగే బలం (mB) అయస్కాంతక్షేత్ర దిశలో పనిచేస్తే, దక్షిణధృవంపై కలిగే బలం (mB) క్షేత్రదిశకు వ్యతిరేక దిశలో పనిచేస్తుంది. ఈ రెండు బలాలు సమానం మరియు వ్యతిరేక దిశల్లో ఉంటాయి. దీని ఫలితంగా ఒక బలయుగ్మం లేదా పునఃస్థాపక టార్క్ (τ) ఏర్పడుతుంది.

పునఃస్థాపక టార్క్ 'τ' = రెండు బలాల మధ్య లంబదూరం × బలం

పటం. 20.4 నుంచి, ఉత్తర - దక్షిణ ధృవాలపై పనిచేసే బలాల మధ్య లంబదూరం $l \sin\theta$ కాబట్టి,

$$\tau = (l \sin\theta) \times (m\,B)$$

$$\tau = (ml)\,B \sin\theta \qquad (20.1)$$

ఇక్కడ ధృవసత్వం, దండాయస్కాంతాల లబ్ధాన్ని అయస్కాంత భ్రామకం అంటారు. దీనిని M (= ml). తో సూచిస్తారు. అందువల్ల పై సమీకరణాన్ని కింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$\tau = MB \sin\theta \qquad (20.2)$$

సదిశారూపంలో,

$$\vec{\tau} = \vec{M} \times \vec{B} \qquad (20.3)$$

ఈ పునఃస్థాపక టార్క్‌వల్ల, అయస్కాంతంలో శక్తి నిల్వ అవుతుంది. అయస్కాంత స్థితిజశక్తికి సమీకరణంను కింది విధంగా ఇవ్వవచ్చు.

$$U_m = \int MB \sin\theta \, d\theta$$

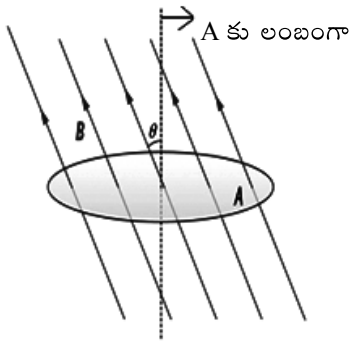
$$U_m = -MB \cos\theta \qquad (20.4)$$

పై సమీకరణాన్ని బట్టి $\theta = 0°$ (అత్యంత స్థిరస్థానం) వద్ద స్థితిజశక్తి కనిష్ఠంగా (= –MB) , $\theta = 180°$ (అత్యంత అస్థిర స్థానం) వద్ద స్థితిజశక్తి (= +MB) గరిష్ఠంగా ఉంటుందని తెలుస్తోంది.

20.4 అయస్కాంత అభివాహం (ϕ_B), అయస్కాంతక్షేత్ర ప్రేరణ (B)

అయస్కాంతక్షేత్రంలో ఉంచిన ఒక సంవృత ఉపరితలం గుండా వెళ్ళే అయస్కాంత క్షేత్ర (బల) రేఖలను ఆ వైశాల్యం గుండా అయస్కాంత అభివాహం (ϕ_B) అంటారు. ఇది ఒక అదిశారాశి. అభివాహానికి SI ప్రమాణం వెబర్.

అయస్కాంతక్షేత్ర ప్రేరణను కూడా అయస్కాంత బలరేఖల పరంగా నిర్వచించవచ్చు. అయస్కాంతక్షేత్రంలో బలరేఖలకు లంబంగా ఉంచిన ఏకాంక వైశాల్యం గుండా వెళ్ళే బలరేఖల సంఖ్య అయస్కాంత ప్రేరణ పరిమాణం లేదా అయస్కాంత అభివాహ సాంద్రత **B**ని ఇస్తుంది. అయస్కాంతప్రేరణ SI ప్రమాణం వెబర్ / (మీటర్)^2 లేదా టెస్లా (T).



పటం 20.5 : B అయస్కాంత ప్రేరణ క్షేత్రంలో ఉంచిన వైశాల్యం A గుండా అయస్కాంత అభివాహం

అయస్కాంత క్షేత్రంలో క్షేత్ర రేఖలు చాలా దగ్గరగా ఉన్నట్లైతే ఆ ప్రదేశంలో అయస్కాంతప్రేరణ అధికంగా ఉంటుంది. క్షేత్రరేఖ మీద ఏ బిందువు వద్ద గీచిన స్పర్శరేఖ అయినా ఆ బిందువు వద్ద అయస్కాంతప్రేరణ (B) దిశను ఇస్తుంది. వాస్తవంగా, అయస్కాంత క్షేత్రరేఖలు అనేవి అంతరాళంలో ఒక నియమిత ప్రాంతంలో అయస్కాంత ప్రేరణ (B) ఏవిధంగా మారుతుందో (ధృవాల వద్ద అధికంగా) తెలుపుతాయి. ఇక్కడ ఉపరితల వైశాల్యాన్ని ఒక సదిశగా పరిగణించడమైంది. దీనినే ఉపరితల సదిశ $\vec{A}$ అంటారు. దీని దిశ ఉపరితలానికి బాహ్యదిశలో గీచిన లంబం దిశలో ఉంటుంది.

గణితాత్మకంగా, B అయస్కాంతప్రేరణ గల క్షేత్రంలో A వైశాల్యం గుండావెళ్ళే అయస్కాంత అభివాహాన్ని కింది విధంగా నిర్వచిస్తారు.

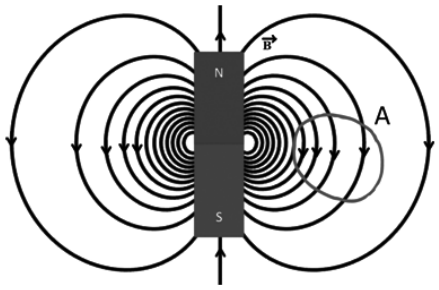
$$\phi_B = \vec{B} \cdot \vec{A} = BA\cos\theta \qquad (20.5)$$

20.5 అయస్కాంతత్వం - గాస్ నియమం

పటం 20.6లో చూపినట్లు సంవృత ఉపరితలం A కు చెందిన ఒక చిన్న వైశాల్య సదిశా మూలకం $\overrightarrow{\Delta A}$ ను తీస్కోండి. $\overrightarrow{\Delta A}$ గుండా అయస్కాంత అభివాహం $\Delta\phi_B$ అనుకోండి. అప్పుడు అయస్కాంత అభివాహాన్ని $\Delta\phi_B = \vec{B} \cdot \overrightarrow{\Delta A}$ గా నిర్వచిస్తారు. ఇక్కడ $\vec{B}$ అనేది $\overrightarrow{\Delta A}$ వద్ద అయస్కాంతక్షేత్రం. సంవృత ఉపరితల వైశాల్యం A ను అనేకమైన చిన్న చిన్న వైశాల్య ప్రదేశాలు ($\overrightarrow{\Delta A}$ లుగా) గా విభజించడమైంది కాబట్టి, సంవృత ఉపరితల వైశాల్యం A గుండా మొత్తం అభివాహాన్ని ప్రతి ఒక్కదాని గుండా వెళ్ళే అభివాహాల మొత్తంగా రాయవచ్చు.

అప్పుడు నికర అభివాహం

$$\phi_B = \sum_{\substack{\text{అన్ని వైశాల్య} \\ \text{ప్రదేశాలు}}} \vec{B} \cdot \overrightarrow{\Delta A} \qquad (20.6)$$



పటం. 20.6 : దండాయస్కాంతం యొక్క క్షేత్రరేఖలు – సంవృత ఉపరితలవైశాల్యం A.

అయస్కాంతక్షేత్ర రేఖలు అవిచ్ఛిన్న లూప్‌లు కాబట్టి, అన్ని సంవృత ఉపరితలాల గుండా ఎన్ని అయితే బలరేఖలు లోపలికి వస్తుంటాయో అన్ని బలరేఖలు బయటికి పోతుంటాయి. అందువల్ల, ఒక సంవృత ఉపరితలం గుండా నికర అభివాహం సున్నా.

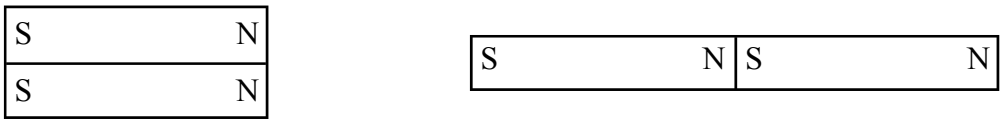
$$\phi_B = \sum_{\substack{\text{అన్ని వైశాల్య} \\ \text{ప్రదేశాలు}}} \vec{B} \cdot \overrightarrow{\Delta A} = 0 \qquad (20.7)$$

ఇది అయస్కాంతత్వంలో గాస్ నియమానికి సమానం. కాబట్టి 'ఏ సంవృత ఉపరితలం ద్వారా అయినా ఉండే నికర అయస్కాంత అభివాహం సున్నా' అని అయస్కాంతత్వంలో గాస్ నియమం తెలుపుతుంది.

అయస్కాంతత్వపు గాస్ నియమం, స్థిర విద్యుత్‌కు చెందిన గాస్ నియమంల మధ్య భేదం ఏమంటే – వియుక్త (ఏకాంక) అయస్కాంత ధృవాలు (ఏకధృవాలు) ఉనికిని కలిగి ఉండటమనేది మనకు తెలియదు అనే సత్యాన్ని తెలుపుతుంది. B కి జనకాలు గానీ, సింక్‌లుగానీ లేవు; కాబట్టి అత్యంత సరళమైన అయస్కాంతం అనేది ఒక ద్విధృవం లేదా ఒక విద్యుత్ప్రవాహ లూప్. అన్ని అయస్కాంత దృగ్విషయాలను ఈ ద్విధృవాల లేదా/ మరియు విద్యుత్ప్రవాహ లూప్‌ల అమరిక పరంగా వివరించవచ్చు.

20.6 అయస్కాంతీకరణం, అయస్కాంత తీవ్రత

ఒక ఇనుప ముక్కను అయస్కాంతక్షేత్రంలో ఉంచినప్పుడు అది అయస్కాంతీకరణం చెందుతుంది. క్షేత్ర సత్వాన్ని బట్టి అయస్కాంతత్వ స్థాయి లేదా అయస్కాంతీకరణం చెందడం ఉంటుంది. కాబట్టి ఒక పదార్థం ఎంతవరకు అయస్కాంతీకరణం చెందింది అని నిర్ధారించడానికి ఒక రాశి అవసరం.



(a) ఒకే రకమైన రెండు అయస్కాంతాలను పక్కపక్కనే ఉంచినప్పుడు సంయుక్త అయస్కాంతం

(b) ఒకే రకమైన రెండు అయస్కాంతాలను వాటి చివరలు తాకేలా ఉంచినప్పుడు సంయుక్త అయస్కాంతం

పటం 20.7

ఒకే ధృవసత్వం m, పొడవు l కలిగి ; ఒకే సైజు, ఆకారం కలిగిన రెండు దండాయస్కాంతాలను తీసుకోండి. ఈ రెండింటిని పటం. 20.7 (a) లో చూపినట్లు పక్కపక్కనే ఉంచినప్పుడు ధృవసత్వాలు సంకలనం చెంది అయస్కాంత భ్రామకం [$M = (2m)l = 2\,(ml)$] విడి అయస్కాంతం యొక్క భ్రామకానికి రెట్టింపవుతుంది.

రెండు అయస్కాంతాలను పటం. 20.7 (b)లో చూపినట్లు, చివరలు తాకేలా ఉంచినప్పుడు ఆసన్న ధృవాలు రద్దయి, పొడవులు సంకలనం చెందుతాయి. అప్పుడు అయస్కాంత భ్రామకం $M = m\,(2l) = 2\,(ml)$ అయి, విడి అయస్కాంతం యొక్క భ్రామకానికి రెట్టింపవుతుంది. కాబట్టి స్పష్టంగా తెలిసేది ఏమంటే మొత్తం అయస్కాంత భ్రామకం విడివిడి అయస్కాంతాల భ్రామకాల మొత్తానికి సమానమవుతుంది.

ఈ ఉదాహరణల్లో, ఘనపరిమాణాన్ని రెట్టింపు చేయడం ద్వారా అయస్కాంత భ్రామకం రెట్టింపవుతుంది. కాని ఏకాంక ఘనపరిమాణానికి అయస్కాంత భ్రామకం మారలేదు. కాబట్టి అయస్కాంతాలు ఎంత వరకు అయస్కాంతీకరణం చెందాయో తెలిపే రాశిని అయస్కాంతీకరణ తీవ్రత (I) అంటారు. లేదా దీనినే అయస్కాంతీకరణం అంటారు. అందువల్ల, కింది సమాసాన్ని రాయవచ్చు.

$$\text{అయస్కాంతీకరణం} = \frac{\text{మొత్తం అయస్కాంత భ్రామకం}}{\text{ఘనపరిమాణం}}$$

$$I = \frac{M}{V} \qquad (20.8)$$

ఇక్కడ V అనేది ఘనపరిమాణం, M అనేది మొత్తం అయస్కాంత భ్రామకం.

కాని $M = ml.$

పై సమీకరణం నుంచి,

$$I = \frac{ml}{V} = \frac{ml}{A \times l} = \frac{m}{A} \qquad (20.9)$$

ఇక్కడ A అనేది అయస్కాంతం మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యం. కాబట్టి ఏకాంక మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యానికి గల ధృవసత్వాన్ని అయస్కాంతీకరణ (I) కు మరో నిర్వచనంగా చెప్పవచ్చు.

అయస్కాంత భ్రామకం (M)కు CGS ప్రమాణాలు $\frac{\text{ఎర్గ్}}{\text{ఆయర్‌స్టెడ్}}$, కాబట్టి అయస్కాంతీకరణ (I) కు ప్రమాణాలు $\frac{\text{ఎర్గ్}}{\text{ఆయర్‌స్టెడ్-(సెంమీ)}^3}$ అవుతుంది.

అయస్కాంతీకరణం (I) కు SI ప్రమాణం $\frac{\text{ఆంపియర్}}{\text{మీటర్}}$.

పదార్థాల అయస్కాంత ధర్మాలను వర్ణించడానికి మరికొన్ని రాశులు అవసరం. ఒక పదార్థాన్ని అయస్కాంతీకరణం చెందించడానికి అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని అనువర్తించడం జరుగుతుంది. పదార్థాలు అయస్కాంతక్షేత్రాల గుండా ప్రయాణించేటప్పుడు, పదార్థాలు కూడా వాటంతట అవే అంతర అయస్కాంత క్షేత్రాలను కలుగజేస్తాయి. అయితే ఇక్కడ ఫలిత అయస్కాంతక్షేత్రంలో ఏ భాగం బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రం వల్ల వస్తుంది. ఏ భాగం పదార్థం వల్ల కలిగే క్షేత్రం వల్ల వస్తుంది అనే ఒక అయోమయ పరిస్థితి కలుగుతుంది. అందువల్ల మనం మరొక అయస్కాంతక్షేత్ర రాశిని నిర్వచిస్తాము. దీనినే అయస్కాంతక్షేత్ర తీవ్రత లేదా అయస్కాంతీయ బలం అంటారు. దీనిని H తో సూచిస్తారు. దీన్ని కింది విధంగా నిర్వచిస్తారు.

$$H = \frac{B}{\mu} = \frac{B}{\mu_0} - M \qquad (20.10)$$

ఇక్కడ μ అనేది యానకం (పదార్థం) పెర్మియబిలిటీ. μ_0 అనేది శూన్యం లేదా స్వేచ్ఛాంతరాళం పెర్మియబిలిటీ. అయస్కాంతక్షేత్ర తీవ్రత H అనేది పదార్థంలో బాహ్యక్షేత్రం వల్ల కలిగే ప్రభావం. ఇది పదార్థం యొక్క అయస్కాంత ధర్మం మీద ఆధారపడదు. అప్పుడు B కి కింది విధంగా ఒక సంబంధాన్ని రాయవచ్చు.

$$B = \mu_0 (H + M) \qquad (20.11)$$

H, M లు ఒకే ప్రమాణాలు కలిగి ఉంటాయి, అది $\frac{\text{ఆంపియర్}}{\text{మీటర్}}$. ఇక్కడ M ను పదార్థం యొక్క అయస్కాంతీకరణ అంటారు. H నుంచి B ను మరింత వేరుపరచి చెప్పాలనుకున్నప్పుడు, H ను బాహ్య అయస్కాంతక్షేత్రంగా; B ను బాహ్య అయస్కాంతక్షేత్రంతో పాటు B ను క్షేత్రంలోని పదార్థాల అయస్కాంత ధర్మాల వల్ల కలిగే అయస్కాంతక్షేత్రం కూడా కలసి ఉండే మొత్తం అయస్కాంతక్షేత్రంగా భావించవచ్చు.

సమీకరణం 20.10లో μ ని అయస్కాంత పెర్మియబిలిటీ అంటారు. ఒక పదార్థం తన గుండా అయస్కాంత క్షేత్ర రేఖలను పోనిచ్చే సామర్థ్యంగా దీన్ని నిర్వచిస్తారు.

$$\text{అయస్కాంత పెర్మియబిలిటీ } (\mu) = \frac{B}{H} \qquad (20.12)$$

పదార్థంలో ప్రేరితమైన అయస్కాంతీకరణ తీవ్రత (I) కు, అనువర్తించిన అయస్కాంత క్షేత్రం(H) కి మధ్యగల నిష్పత్తిని ససెప్టిబిలిటీ అంటారు. దీన్ని χ తో సూచిస్తారు.

$$\chi = \frac{I}{H} \qquad (20.13)$$

సమీకరణాలు 20.12, 20.13 ల నుంచి, అయస్కాంత పెర్మియబిలిటీ, ససెప్టిబిలిటీల మధ్య సంబంధాన్ని కింది విధంగా ఇవ్వచ్చు.

$$\mu = \mu_0 (1 + \chi) \qquad (20.14)$$

ఇక్కడ μ_0 అనేది స్వేచ్ఛాంతరాళం పెర్మియబిలిటీ. యానకం (పదార్థం) పెర్మియబిలిటీకి, స్వేచ్ఛాంతరాళం పెర్మియబిలిటీకి మధ్యగల నిష్పత్తిని సాపేక్ష పెర్మియబిలిటీ (μ_r) అంటారు..

$$\text{సాపేక్ష పెర్మియబిలిటీ } (\mu_r) = \frac{\mu}{\mu_0} \qquad (20.15)$$

20.7 పదార్థాల అయస్కాంత ధర్మాలు

అయస్కాంతక్షేత్రంలో పదార్థాల ప్రవర్తనను బట్టి స్థూలంగా వాటిని మూడు రకాలుగా వర్గీకరించవచ్చు. (i) అయస్కాంతంచే బలహీనంగా వికర్షించబడేవి డయా అయస్కాంత పదార్థాలు (ii) అయస్కాంతంచే బలహీనంగా ఆకర్షించబడేవి పారా అయస్కాంత పదార్థాలు (iii) అయస్కాంతంచే బలంగా ఆకర్షించబడేవి ఫెర్రో అయస్కాంత

పదార్థాలు. ఇనుము, నికెల్, కోబాల్ట్ లాంటి పదార్థాలు ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థాలు. ఇప్పుడు మనం మరింత వివరంగా పదార్థాల అయస్కాంత ధర్మాలను అధ్యయనం చేద్దాం.

20.7.1 డయా అయస్కాంత పదార్థాలు

డయా అయస్కాంత పదార్థాలు బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్ర దిశకు వ్యతిరేకంగా బలహీనంగా అయస్కాంతీకరణం చెందుతాయి. ఉదా: బంగారం, వెండి, రాగి, ఆంటిమొని, బిస్మత్, సిలికాన్, పాదరసం, నీరు, గాలి, హైడ్రోజన్, నైట్రోజన్ మొదలగునవి.

సాధారణంగా, పరమాణువుల అయస్కాంత భ్రామకాలు, వాటి సదిశా మొత్తం సున్నా అయ్యేలా దిగ్విన్యాసం చెంది ఉంటాయి. అలాంటి డయా అయస్కాంత పదార్థాన్ని బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఉంచినప్పుడు అనువర్తిత క్షేత్ర దిశకు వ్యతిరేక దిశలో పదార్థం అంతా నికర అయస్కాంత భ్రామకాన్ని పొందుతుంది. డయా అయస్కాంత పదార్థాల పరమాణువులు ఒంటరి ఎలక్ట్రాన్లను కలిగి ఉండవు.

అభిలక్షణాలు

1. డయా అయస్కాంత పదార్థాలు చాలా తక్కువ, రుణ ససెప్టిబిలిటీ విలువలను కలిగి ఉంటాయి. కాబట్టి $\chi_m < 0$.
2. డయా అయస్కాంత పదార్థం పరమాణువుల అయస్కాంత భ్రామకాలు అనువర్తిత క్షేత్రదిశకు వ్యతిరేకదిశలో అమరి ఉంటాయి.
3. ఈ పదార్థాల పరమాణు అయస్కాంతాలు అయస్కాంతక్షేత్రంచే స్వల్పంగా వికర్షింపబడతాయి.
4. డయా అయస్కాంత పదార్థాలను అసమరీతి అయస్కాంతక్షేత్రంలో ఉంచినప్పుడు, బలమైన క్షేత్ర ప్రదేశాల నుండి బలహీన క్షేత్ర ప్రదేశాల వైపు చలిస్తాయి.
5. బాహ్యక్షేత్రాన్ని తొలగించగానే అవి అయస్కాంత ధర్మాలను తమలో నిలుపుకోలేవు.
6. ఈ పదార్థాల ససెప్టిబిలిటీ ఉష్ణోగ్రతపై ఆధారపడదు.

20.7.2 పారా అయస్కాంత పదార్థాలు

పారా అయస్కాంత పదార్థాలు బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రదిశలో బలహీనంగా అయస్కాంతీకరణం చెందుతాయి. ఉదా: అల్యూమినియం, ప్లాటినమ్, మాంగనీస్, క్రోమియం, సోడియం, కాల్షియం, లిథియం, టంగ్‌స్టన్, నియోబియమ్, ఆక్సీజన్ మొదలగునవి.

పారా అయస్కాంత పదార్థాలలో ప్రతి పరమాణువు శాశ్వత అయస్కాంత ద్విధృవ భ్రామకం కలిగి ఉండేలా పరమాణువుల ఆర్బిటాల్ మరియు స్పిన్ అయస్కాంత భ్రామకాలు దిగ్విన్యాసం చెంది ఉంటాయి. ఉష్ణచలనం (కంపనం) వల్ల అయస్కాంత భ్రామకాలు యాదృచ్ఛిక దిగ్విన్యాసంను కలిగి ఉంటాయి. ఫలితంగా, నికర అయస్కాంత భ్రామకం సున్నా అవుతుంది. ఈ పదార్థాలను బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఉంచినప్పుడు,

ప్రతి పరమాణు అయస్కాంతం క్షేత్రదిశలోకి అమరేలా ప్రయత్నిస్తుంది. పదార్థాలు నికర అయస్కాంత భ్రామకాన్ని పొంది, అయస్కాంతీకరణం చెందుతాయి. పారా అయస్కాంత పదార్థాల పరమాణువులు చాలా తక్కువగా ఒంటరి ఎలక్ట్రాన్లను కలిగి ఉంటాయి.

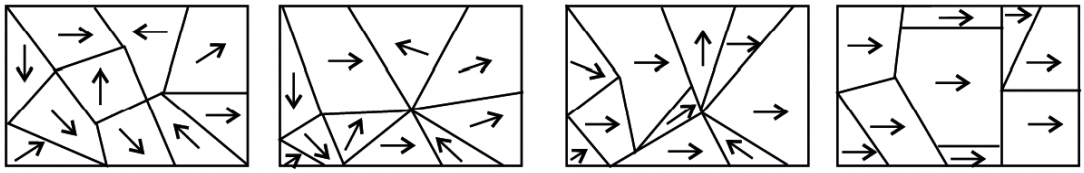
అభిలక్షణాలు

1. పారా అయస్కాంత పదార్థాలు తక్కువ, ధనాత్మక ససెప్టిబిలిటీని కలిగి ఉంటాయి. కాబట్టి వీటికి $\chi_m > 0$.
2. పారా అయస్కాంత పదార్థాల పరమాణువుల అయస్కాంత భ్రామకాలు బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రదిశలోకి అమరి ఉంటాయి.
3. ఈ పదార్థాల పరమాణు అయస్కాంతాలు అయస్కాంత క్షేత్రం చేత స్వల్పంగా ఆకర్షింపబడతాయి.
4. పారా అయస్కాంత పదార్థాలను అసమరీతి అయస్కాంతక్షేత్రంలో ఉంచినప్పుడు, బలహీన క్షేత్ర ప్రాంతాల నుండి బలమైన క్షేత్ర ప్రాంతాలకు చలించడానికి ప్రయత్నిస్తాయి.
5. బాహ్య అయస్కాంతక్షేత్రాన్ని తొలగించగానే ఈ పదార్థాలు తమలో అయస్కాంత ధర్మాలను నిలుపుకోలేవు.
6. పారా అయస్కాంత పదార్థాల ససెప్టిబిలిటీ వాటి ఉష్ణోగ్రత మీద ఆధారపడుతుంది.

20.7.3 ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థాలు

ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థాలు బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రదిశలో బలంగా అయస్కాంతీకరణం చెందుతాయి. బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని తొలగించినా కూడా ఇవి తమలో అయస్కాంత భ్రామకాన్ని నిలుపుకొంటాయి. ఉదా: ఇనుము, కోబాల్ట్, నికెల్ మొదలగునవి.

ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థాలలో, పరమాణువుల ద్విధృవ భ్రామకానికి స్పిన్ అయస్కాంత భ్రామకం తోడ్పాటు చాలా అధికంగా ఉంటుంది. ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థంలో ఉండే చిన్న ప్రాంతాలను డొమైన్‌లు అంటారు. ఒక డొమైన్‌లోని అయస్కాంత ద్విధృవాలు అన్నీ ఒకే దిశలో అమరి ఉంటాయి. కాని డొమైన్‌లు అన్నీ యాదృచ్ఛికంగా దిగ్విన్యాసం చెంది ఉంటాయి. ఫలితంగా, పదార్థ మొత్తం అయస్కాంత భ్రామకం సున్నా అవుతుంది. బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని అనువర్తించినప్పుడు, డొమైన్‌లు కొద్దిగా భ్రమణం చెంది, క్షేత్రదిశలోకి అమరడం వల్ల ఫలిత అయస్కాంత భ్రామకాన్ని ఇస్తాయి. ఈ ప్రక్రియను పటం 20.8లో చూస్తే సులభంగా అర్థం చేసుకోవచ్చు.



B = 0 (a) **B** > 0 (b) **B** >> 0 (c) **B** >>> 0 (d)

పటం 20.8 : ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థంలో డొమైన్‌లు

పటం. 20.8 (a) పది డొమైన్‌లను చూపిస్తుంది. సరళత కోసం మనం ద్విమితీయ ఉదాహరణను తీసుకున్నాము. అన్ని డొమైన్‌లు, పదార్థ మొత్తం అయస్కాంతీకరణం సున్నా అయ్యేలా, అమరి ఉన్నాయి. బాహ్య అయస్కాంతక్షేత్రం అనువర్తించిన తర్వాత స్థితిని పటం. 20.8 (b) చూపిస్తుంది. క్షేత్రదిశకు సమాంతరంగా ఉండే డొమైన్ సైజు మిగతా డొమైన్‌ల కంటే కూడా పెరుగుతూ ఉండేలా డొమైన్‌ల సరిహద్దులు (డొమైన్ గోడలు) పునరమరిక చెందుతాయి. అనువర్తిత క్షేత్ర పరిమాణాన్ని పెంచే కొద్దీ, క్షేత్రానికి అనుకూలంగా ఉండే డొమైన్‌ల సైజు పెరగడమే గాక, డొమైన్ దిగ్విన్యాసం కూడా కొద్దిగా మారుతుంది. ఫలితంగా అయస్కాంతీకరణం అధికమవుతుంది [పటం. 20.8 (c)]. చాలా బలమైన అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని అనువర్తించినప్పుడు, ఘనపరిమాణం అంతా కూడా (పదార్థం అంతా) ఒకే ఒక్క (ఒంటరి) డొమైన్‌లాగా ప్రవర్తిస్తూ, పటం 20.8 (d) లో చూపినట్లు, సంతృప్త అయస్కాంతీకరణను ఇస్తుంది. బాహ్య అయస్కాంతక్షేత్రాన్ని తొలగించగానే, పదార్థంలో నికర అయస్కాంతీకరణ అలాగే ఉంటుంది (నిలుపుకొంటుంది). అధిక సామర్థ్యం గల సూక్ష్మదర్శిని సహాయంతో ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థాలలోని డొమైన్‌లను చాలా సులభంగా చూడవచ్చు.

ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థ ఉష్ణోగ్రతను ఒక నిర్దిష్ట సందిగ్ధ విలువ కంటే ఎక్కువ చేసినప్పుడు, పదార్థం పారా అయస్కాంతమవుతుంది. ఈ సందిగ్ధ ఉష్ణోగ్రతను క్యూరీ (T_c) ఉష్ణోగ్రత అంటారు.

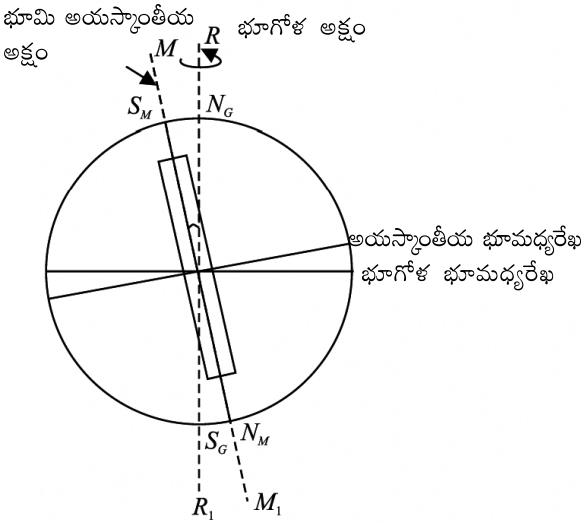
అభిలక్షణాలు

1. ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థాలు అధిక, ధనాత్మక ససెప్టిబిలిటీ విలువను కలిగి ఉంటాయి. $\chi_m > 1$.
2. ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థాల పరమాణువుల అయస్కాంత భ్రామకాలు బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్ర దిశలో అమరి ఉంటాయి.
3. ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థంలోని పరమాణు అయస్కాంతాలు బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రాల వైపు బలంగా ఆకర్షితమవుతాయి.
4. ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థాలను అసమరీతి అయస్కాంతక్షేత్రంలో ఉంచినప్పుడు బలహీన ప్రాంతాల నుంచి బలమైన ప్రాంతాలవైపు చలిస్తాయి.
5. బాహ్య అయస్కాంతక్షేత్రాన్ని తొలగించినా కూడా ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థాలు అయస్కాంత ధర్మాలను కోల్పోవు.
6. ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థాల ససెప్టిబిలిటీ పదార్థ ఉష్ణోగ్రతపై ఆధారపడుతుంది.
7. ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థాలలో, అయస్కాంతీకరణ అనువర్తిత క్షేత్రానికి అనులోమంగా ఉండదు. ఈ పదార్థాలు శైథిల్య ధర్మాన్ని ప్రదర్శిస్తాయి.

20.8 భూ అయస్కాంత క్షేత్రం

అయస్కాంతాల దిశా ధర్మాన్ని వివరించడానికి భూమి ఒక పెద్ద అయస్కాంతం వలే పనిచేస్తుందనుకుంటాం. అనగా భూమి లోపల ఒక పెద్ద దండాయస్కాంతం ఉందని అనుకుంటాం. ఈ అయస్కాంత దక్షిణ ధ్రువం

భూగోళ ఉత్తర ధ్రువానికి దగ్గరగా ఉందనీ, అయస్కాంత ఉత్తర ధ్రువం భూగోళ దక్షిణ ధ్రువానికి దగ్గరగా ఉందనీ భావించాం. భూమి భ్రమణ అక్షం RR_1, భూమి అయస్కాంతీయ అక్షం MM_1.



పటం 20.9 : భూ అయస్కాంత క్షేత్రం

కృత్యం 20.1

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

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

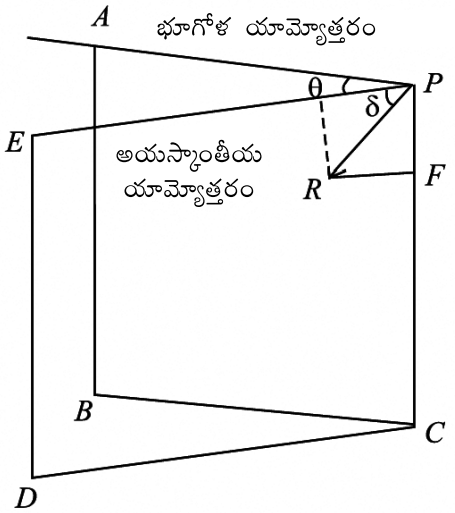
భూ అయస్కాంత క్షేత్ర మూల రాశులు

ఒక ప్రదేశంలో భూ అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని నిర్ణయించే రాశులను భూ అయస్కాంత మూల రాశులు అంటారు. అవి (a.) డిప్ (dip) లేదా ఇన్‌క్లినేషన్ (δ) (b) డెక్లినేషన్ θ (Declination) మరియు (c) భూ అయస్కాంత క్షేత్రం యొక్క క్షితిజ సమాంతర అంశం (B_H)

20.8.1 ఇన్‌క్లినేషన్ లేదా డిప్ (δ)

ఒక ప్రదేశంలో అయస్కాంత సూచికను స్వేచ్ఛగా వేలాడదీస్తే, అది క్షితిజ సమాంతర తలంలో విరామ

స్థితికి రాదని మీరు గమనిస్తారు. అది, భూమి యొక్క క్షేత్ర ఫలిత తీవ్రత దిశ వైపు ఉంటుంది. తలం PCDE ని పటం 20.10 చూపిస్తుంది. ఇది భూమి ఉపరితలంపై P బిందువు వద్ద అయస్కాంత యామ్యోత్తరం (magnetic meridian) (భూ అయస్కాంత ఉత్తర, దక్షిణ ధ్రువాల గుండా వెళ్ళే నిలువు తలం), PABC అనేది భూగోళ యామ్యోత్తరం (geographic meridian) (భూగోళ ఉత్తర, దక్షిణ ధ్రువాల గుండా వెళ్ళే నిలువు తలం). P బిందువు వద్ద భూ అయస్కాంత క్షేత్ర దిశ, పరిమాణం ను PR సూచిస్తుంది అనుకుందాం. క్షితిజ సమాంతరం తో PR, δ కోణం చేస్తుందని గమనించండి. ఈ కోణాన్ని భూమి ఉపరితలం పై P వద్ద ఇన్‌క్లినేషన్ లేదా డిప్ అంటారు.



పటం 20.10 : భూ అయస్కాంత క్షేత్రం యొక్క మూలరాశులు

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

20.8.2 డెక్లినేషన్ (θ)

పటం 20.10 ను మళ్ళీ గమనించండి. PCDE తలం భూ అయస్కాంత క్షేత్ర సదిశ PR ను కలిగి ఉంది. P బిందువు వద్ద PCDE, PABC తలాల మధ్య గల కోణాన్ని డెక్లినేషన్ అంటారు. దీనిని θ కోణంతో చూపించాం.

ఒక ప్రదేశంలో భూగోళ మరియు అయస్కాంత యామ్యోత్తరాల మధ్య కోణాన్ని డెక్లినేషన్ లేదా దిక్పాతం అంటారు.

20.8.3 క్షితిజ సమాంతర అంశం (B_H)

ఫలిత అయస్కాంత క్షేత్రం PR ను P బిందువు వద్ద పటం 20.10 చూపిస్తుంది. పరిమాణం, దిశలలో, భూ అయస్కాంత క్షేత్రం యొక్క క్షితిజ సమాంతర అంశం PE, నిలువు అంశం PF లు సూచిస్తాయి. P బిందువు వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రం B అనుకుందాం. క్షితిజ సమాంతర అంశం

$$B_H = B \cos \delta \qquad (20.16)$$

క్షితిజ లంబ అంశం

$$B_V = B \sin \delta \qquad (20.17)$$

సమీకరణాలు (20.16), (20.17) ల వర్గాలను కలపగా

$$B_H^2 + B_V^2 = B^2 \cos^2\delta + B^2 \sin^2\delta = B^2$$

సమీకరణం (20.17) ను (20.16) తో భాగించగా

$$\frac{B_V}{B_H} = \tan\delta \qquad (20.18)$$

మీరేమి నేర్చుకున్నారు

- ఏదైనా వస్తువు ఒక ఇనుప ముక్కను ఆకర్షించే స్వభావాన్ని కలిగి ఉండడమే అయస్కాంతత్వం.
- ప్రతీ అయస్కాంతం రెండు ధృవాలు కలిగి ఉంటుంది. వాటిని వేరుచేయలేము.
- సజాతి ధృవాలు వికర్షించుకుంటాయి. విజాతి ధృవాలు ఆకర్షించుకుంటాయి.
- ఒక అయస్కాంతం చుట్టూ ఉండే ఏ ప్రాంతంలో అయితే అయస్కాంత సూచి (ఇంకో అయస్కాంతం) టార్క్‌కు లోనవుతుందో (బలం) ఆ ప్రాంతాన్ని అయస్కాంతక్షేత్రం అంటారు.
- అయస్కాంతక్షేత్ర రేఖలు ఊహారేఖలు. అయస్కాంతక్షేత్రంలో ఉత్తరధృవం చలించే పథాన్ని అయస్కాంత బలరేఖ లేదా క్షేత్రరేఖ అంటారు.
- అయస్కాంత ద్విధృవ భ్రామకం M గల ఒక దండాయస్కాంతాన్ని అయస్కాంతక్షేత్రం Bలో క్షేత్రంతో θ కోణం చేస్తూ వేలాడదీసినప్పుడు, దానిపై ఒక బలయుగ్మం లేదా పునఃస్థాపక టార్క్ $\tau = MB \sin\theta$ కలుగుతుంది.
- అయాస్కాంతక్షేత్రంలో ఒక సంవృత వైశాల్యం గుండా ప్రయాణించే అయస్కాంతక్షేత్రరేఖలను, ఆ వైశాల్యం గుండా అయస్కాంత అభివాహం (ϕ_B) అంటారు.
- అయస్కాంత అభివాహం ప్రమాణాలు : **వెబర్**
- అయస్కాంతక్షేత్రంలో క్షేత్రదిశకు లంబంగా ఉంచిన ఏకాంక వైశాల్యం గుండా ప్రయాణించే అయస్కాంత బలరేఖల సంఖ్యను అయస్కాంత అభివాహ సాంద్రత లేదా అయస్కాంత ప్రేరణ **B** అంటారు.
- అయస్కాంతప్రేరణకు SI ప్రమాణం : వెబర్ / (మీటర్)^2 (లేదా) టెస్లా.
- అయస్కాంతత్వంలో గాస్ నియమం ప్రకారం ఏదైనా సంవృత తలం గుండా నికర అయస్కాంత అభివాహం సున్నా.
- ఏదైనా అయస్కాంత పదార్థంపై బాహ్య అయస్కాంతక్షేత్రం ప్రయోగించినప్పుడు, పదార్థ ఏకాంక ఘనపరిమాణంలో ప్రేరితమైన అయస్కాంత భ్రామకాన్ని అయస్కాంతీకరణ అంటారు. పదార్థాలను వాటి అయస్కాంతీయ ప్రవర్తనను బట్టి స్థూలంగా మూడు రకాలుగా వర్గీకరించారు. అవి (i) డయా అయస్కాంత పదార్థాలు (ii) పారా అయస్కాంత పదార్థాలు (iii) ఫెర్రో అయస్కాంత పదార్థాలు.
- అయస్కాంతాల దిశా ధర్మాన్ని, భూమి ఒక అయస్కాంతంగా ప్రవర్తిస్తుందని భావించి వివరించవచ్చు. అందువల్ల భూమి ఒక పెద్ద అయస్కాంతం మరియు దీని చుట్టూ ఉండే క్షేత్రాన్ని భూ అయస్కాంత క్షేత్రం అంటారు.

- భూ అయస్కాంత ఉత్తర, దక్షిణ ధృవాల గుండా వెళ్ళే నిలువు తలంలో (అయస్కాంత యామ్యోత్తరం) భూ అయస్కాంత క్షేత్రం, క్షితిజ సమాంతర అంశంతో చేసే కోణాన్ని (δ) డిప్ లేదా అవపాతము లేదా నతి అంటారు.
- ఒక ప్రదేశంలో అయస్కాంత యామ్యోత్తరం, భౌగోళిక యామ్యోత్తరంతో చేసే కోణాన్ని (θ) ఆ ద్రేశం వద్ద దిక్పాతం అంటారు.
- B అనేది భూ అయస్కాంతక్షేత్రం ఫలిత సదిశ అయితే, క్షితిజ సమాంతర అంశం $B_H = B \cos \delta$.

ముగింపు అభ్యాసం

1. అయస్కాంత క్షేత్రం, అయస్కాంతక్షేత్ర రేఖలను నిర్వచించండి.
2. అయస్కాంత అభివాహం, అయస్కాంత క్షేత్రాలను నిర్వచించి, వాటి ప్రమాణాలను పేర్కొనండి.
3. అయస్కాంతత్వంలో గాస్ నియమాన్ని నిర్వచించి, వివరించండి.
4. అయస్కాంతీకరణ, అయస్కాంత తీవ్రతలను నిర్వచించండి.
5. అయస్కాంత పదార్థాలను వర్గీకరించి వాటిని వివరించండి.
6. భూ అయస్కాంత క్షేత్రం మూలరాశులు ఏవి? వాటిని వివరించండి.
7. అయస్కాంతం దగ్గరికి ఒక చిన్న పదార్థం ముక్కను తెచ్చారు. ఈ కింది ఖాళీలను ఔను లేదా కాదు అనే పదాలతో పూరించండి.

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

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

N S లేదా N S

N S S N

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

10. దండాయస్కాంత పొడవు 10 cm., అడ్డుకోతవైశాల్యం 1.0 cm^2. అయస్కాంతీకరణ 10^2 A/m. ధ్రువసత్వంను కనుక్కోండి.

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

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

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

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

13. 10 సెం.మీ. పొడవున్న ఒక దండాయస్కాంతాన్ని రెండు సమానభాగాలుగా ఒక్కొక్కటి 5 సెం.మీ. ఉండేలా విభజించారు. ఏదైనా ఒక ముక్క ధృవసత్వం, మునుపటి దండాయస్కాంతంతో పోల్చి చూసినప్పుడు ఎలా ఉంటుంది?

14. 10 సెం.మీ. పొడవుగల దండాయస్కాంతం ధృవసత్వం 10 A m. దండాయస్కాంతం అక్షీయరేఖపై, మధ్య బిందువు నుంచి 30 సెం.మీ. దూరంలో అయస్కాంతక్షేత్రాన్ని లెక్కించండి.

పాఠంలోని ప్రశ్నలకు సమాధానాలు

20.1

1. ఒక అయస్కాంతాన్ని దాని ద్రవ్యరాశి కేంద్రం వద్ద దారంతో వేలాడదీసి, నిశ్చలస్థితికి రానివ్వాలి. భూ అయస్కాంత ఉత్తర దిశ వైపు ఉండే అయస్కాంత చివరను దాని ఉత్తర ధ్రువంగా చెపుతాము.

2. రెండు దండాయస్కాంతాల చివరలను దగ్గరగా తేవాలి. వాటి మధ్య ఆకర్షణ ఉంటే, దండాలలో ఒకటి అయస్కాంతం మరొకటి ఇనుప దండం అని చెపుతాం. ఇపుడు ఈ దండాలలో ఒకదానిని బల్ల పై పరిచి దాని పొడవు గుండా మరొక దానితో తాకించాలి. ఏకరీతిగా బలం పనిచేస్తే, చేతిలో ఉన్నది దండాయస్కాంతం అని బల్లపై ఉన్నది ఇనుప దండం అని చెపుతాం. ఏకరీతి కాకుండా, అసమాన బలం పనిచేస్తే పై దానికి వ్యతిరేకంగా చెపుతాం.

3. ఒక అయస్కాంతాన్ని దారంతో వేలాడదీసి దాని దక్షిణ ధ్రువంను కనుక్కోవాలి. మొదటి దానితో వికర్షింపబడిన రెండవ అయస్కాంత చివర దాని దక్షిణ ధ్రువంగా చెపుతాం.

ముగింపు అభ్యాసంకు సమాధానాలు

9. 20 యూనిట్లు

10. 1.02×10^{-2} Am

13. మారదు. అయస్కాంతం పొడవు మీద ధృవసత్వం ఆధారపడదు.

14. 2.3×10^{-6} T

21

చలించే ఆవేశాలు - అయస్కాంతత్వం

పరిచయం

ఇంతకు ముందు అధ్యాయంలో విద్యుత్ మరియు అయస్కాంత క్షేత్రాల గురించి నేర్చుకున్నాము. కాని మీరు ఎప్పుడైనా విద్యుచ్ఛక్తికి, అయస్కాంతత్వానికి గల సంబంధం గురించి ఆలోచించారా? 1820 సంవత్సరంలో ఆయర్‌స్టెడ్ అనే శాస్త్రవేత్త వీటి మధ్యగల సంబంధాన్ని కనుగొన్నాడు. ప్రస్తుతం అయస్కాంతత్వం, విద్యుచ్ఛక్తి ఒకదానికొకటి ఎంత సన్నిహిత సంబంధం కలిగి ఉన్నాయో మనకు తెలుసు.

ఈ పాఠంలో మీరు విద్యుత్ ప్రవాహం వల్ల కలిగే అయస్కాంత ఫలితాల గురించి తెలుసుకుంటారు. అయస్కాంత క్షేత్రంలో చలించే ఆవేశాల మరియు విద్యుత్ ప్రవాహం కలిగిన వాహకాల ప్రవర్తన గురించి కూడా చర్చిస్తాం. ఈ సూత్రాల ఆధారంగా మోటారు వంటి విద్యుత్ పరికరాలు, అమ్మీటర్, ఓల్ట్‌మీటర్, గాల్వానామీటర్ వంటి విద్యుత్‌ను కొలిచే సాధనాలు పనిచేసే విధానాన్ని చర్చిస్తాము.

లక్ష్యాలు

ఈ పాఠం చదివిన తరువాత మీరు కింది విషయాలు తెలుసుకుంటారు.

- విద్యుత్ ప్రవాహం యొక్క అయస్కాంత ఫలితం : ఆయర్‌స్టడ్ ప్రయోగం;
- బయోట్ సేవర్ట్ నియమం నిర్వచించడం, దాని అనువర్తనాలు;
- విద్యుత్ ప్రవాహం వల్ల కలిగే అయస్కాంత క్షేత్ర ప్రేరణకు సమాస ఉత్పాదన;
- వాహకంలో విద్యుత్ ప్రవాహం వల్ల కలిగే అయస్కాంత క్షేత్రానికి దిశను సూచించడం;
- ఆంపియర్ వలయ నియమం, దాని అనువర్తనాలను వివరించడం.
- ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఆవేశితకణం చలనాన్ని వివరించడం.
- ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఉంచిన విద్యుత్ వాహకంపై పనిచేసే బలానికి సమాసాన్ని రాబట్టడం.
- విద్యుత్ ప్రవహించే రెండు తిన్నని సమాంతర వాహకాల మధ్య పనిచేసే బలానికి సమాసాన్ని రాబట్టడం.
- గాల్వానా మీటర్, అమ్మీటర్, ఓల్ట్‌మీటర్‌లు ఏ సూత్రంపై ఆధారపడి పనిచేస్తాయో వివరించడం.

21.1 విద్యుచ్ఛక్తి మరియు అయస్కాంతత్వం : మూల భావనలు

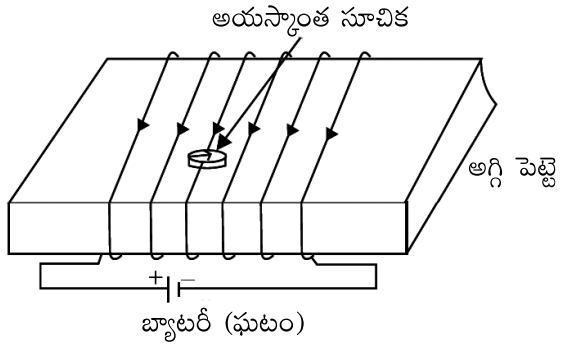
వాహకం చివరల మధ్య గల పొటెన్షియల్ తేడా వల్ల వాహకాలలో ఎలక్ట్రానులు ప్రవహించినపుడు, విద్యుత్ ప్రవాహం జనిస్తుందని మీకు తెలుసు. విద్యుత్ ప్రవహించే ఒక వాహకం, దగ్గరలో స్వేచ్ఛగా ఉన్న అయస్కాంత సూచిక మీద బలాన్ని ప్రదర్శిస్తుంది. అయస్కాంత సూచిక మరొక అయస్కాంతం చేత కూడ ప్రభావితం అవుతుంది. కాబట్టి విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్న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

21.2 విద్యుత్ ప్రవాహం చుట్టూ ఉండే అయస్కాంత క్షేత్రం

మనం ఒక చిన్న ప్రయోగాన్ని చేద్దాం.

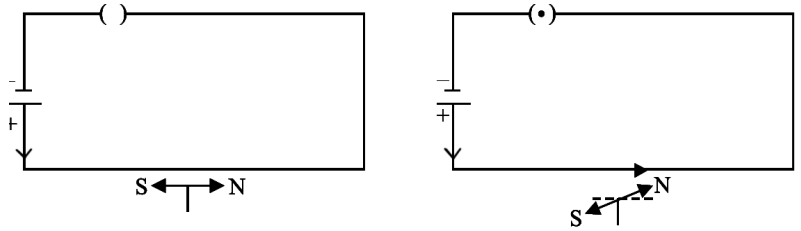
కృత్యం 21.1

1.5 వోల్టు బ్యాటరీని, 1 మీ పొడవు గల తీగను, అయస్కాంత సూచికను, ఒక అగ్గిపెట్టెను తీసుకుందాం. అగ్గిపెట్టె చుట్టూ విద్యుత్ తీగను 10 – 15 చుట్లు తిప్పాలి. ఈ చుట్ల కింద అయస్కాంత సూచికను పటం 21.1 లో చూపిన విధంగా ఉంచాలి. ఉత్తర – దక్షిణ దిశల వెంబడి తీగ ఉండేటట్లుగా ఈ అగ్గిపెట్టెను ఒక బల్ల పై ఉంచాలి. స్వేచ్ఛగా ఉన్న తీగ చివరలను బ్యాటరీకి కలిపి విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఏర్పాటు చేయాలి.



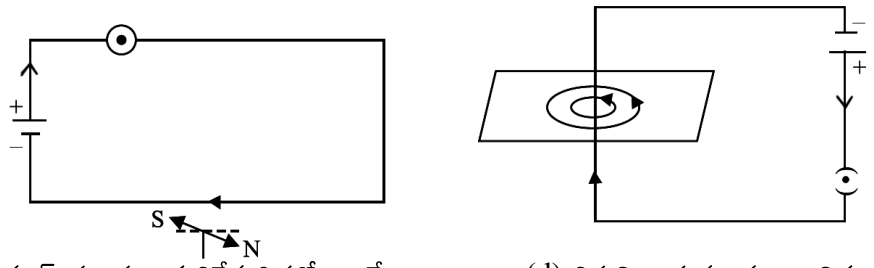
పటం 21.1 : విద్యుత్ ప్రవాహం వల్ల అయస్కాంత క్షేత్రం ఏర్పడుతుందని నిరూపించుట

అయస్కాంత సూచికకు ఏమవుతుంది? అయస్కాంత సూచిక అపవర్తనం చెందుతుందని మీరు గమనిస్తారు. అనగా తీగ చుట్ల చుట్టూ, లోపల అయస్కాంత క్షేత్రం ఏర్పడిందని తెలుస్తుంది. బ్యాటరీ ధ్రువాలను మార్చి విద్యుత్తును వ్యతిరేక దిశలో ప్రవహింపచేస్తే, అయస్కాంత సూచిక కూడ వ్యతిరేక దిశలో అపవర్తనం చెందుతుంది. తీగ గుండా విద్యుత్ ప్రవాహం లేనపుడు, పటం 21.2(a) లో చూపినట్లు ఉత్తర – దక్షిణ దిశలో అయస్కాంత సూచిక స్థిరత్వాన్ని పొందుతుంది. తీగ గుండా విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్నప్పుడు అయస్కాంత సూచిక పటం 21.2(b) లో చూపినట్లు అపవర్తనం చెందుతుంది. విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను మారిస్తే సూచికలో అపవర్తనం కూడా పటం 21.2(c) లో చూపినట్లు, వ్యతిరేకంగా ఉంటుంది. ఒక అయస్కాంత సూచికను విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్న నిలువు తీగ దగ్గరకు తీసుకొని వెళ్ళినపుడు, అయస్కాంత బలరేఖలు తీగ చుట్టూ ఏక కేంద్ర వృత్తాలుగా పటం 21.2(d) లో చూపినట్లు ఉంటాయి.



(a) విద్యుత్ ప్రవాహం లేదు, అపవర్తనం లేదు.

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



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

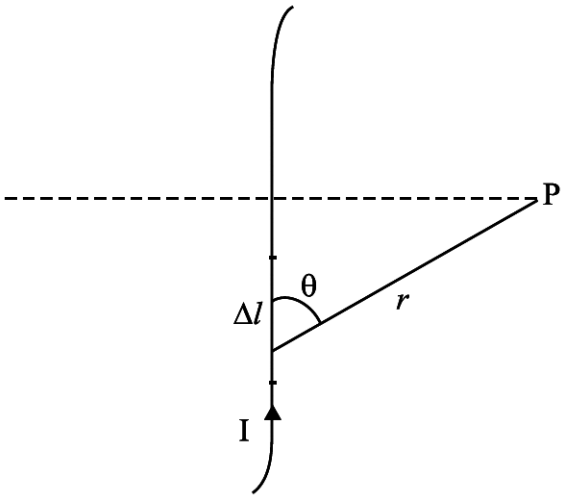
(d) తిన్నని వాహకం గుండా విద్యుత్ ప్రవాహం వల్ల వాహకం చుట్టూ ఏర్పడిన వృత్తాకార బలరేఖలు.

పటం 21.2 : విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్న వాహకం చుట్టూ అయస్కాంత క్షేత్రం.

డెన్‌మార్క్‌లోని కొపెన్‌హాగెన్ లో భౌతికశాస్త్రం ఆచార్యులుగా ఉండే హన్స్ క్రిష్టియన్ ఆయర్‌స్టెడ్, 1820 సంవత్సరంలో ఇటువంటి ప్రయోగాలు చేసి, విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్న వాహకం చుట్టూ అయస్కాంత క్షేత్రం ఏర్పడుతుందని గమనించారు.

21.3 బయోట్ - సేవర్ట్ నియమం (Biot-Savart's Law)

బయోట్ - సేవర్ట్ నియమం, వాహకంలో ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహానికి, ఫలితంగా దాని చుట్టూ ఏర్పడే అయస్కాంత క్షేత్రానికి మధ్య నుండే పరిమాణాత్మక సంబంధాన్ని ఇస్తుంది. విద్యుత్ ప్రవాహమున్న వాహకం ప్రతి భాగం కూడ వాహకం చుట్టూ అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఏర్పరచడానికి తోడ్పడుతుంది. అందువల్ల వాహకం అన్ని భాగాలలోని అయస్కాంత క్షేత్రాలను కలిపితే ఒక బిందువు వద్ద B నికర విలువ వస్తుంది. పటం 21.3లో చూపినట్లుగా విద్యుత్ ప్రవాహమున్న వాహకం వల్ల ఏర్పడే నికర అయస్కాంత క్షేత్రం, విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్న Δl పొడవు గల అల్పాంశాల వల్ల ఏర్పడిన క్షేత్రాల సదిశల మొత్తానికి సమానం.



పటం 21.3 : విద్యుత్ ప్రవాహమున్న అల్పాంశం Δl వల్ల P వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రం

ప్రయోగాల ప్రకారం, Δl అల్పాంశం వల్ల ఏర్పడిన క్షేత్రం ΔB_0 ఈ కింది వాటి పై ఆధారపడి ఉంటుంది.

1. వాహకం గుండా ప్రవహించే విద్యుత్తు I కి అనులోమానుపాతంలో
2. అల్పాంశం పొడవు Δl కి అనులోమానుపాతంలో
3. ప్రవాహ అల్పాంశం నుంచి P బిందువుకి గల దూరం యొక్క వర్గానికి విలోమానుపాతంలో ఉంటుంది.
4. అల్పాంశంకి, అల్పాంశంను, P బిందువును కలిపే రేఖ మధ్య గల కోణం యొక్క సైన్ విలువకు అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.

వీటన్నింటిని కలిపి ఈ కింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$|\Delta B_0| \propto \frac{I\,\Delta l\,\sin\theta}{r^2}$$

$$|\Delta B_0| = \frac{\mu_0}{4\pi}\,\frac{I\,\Delta l\sin\theta}{r^2} \qquad (21.1)$$

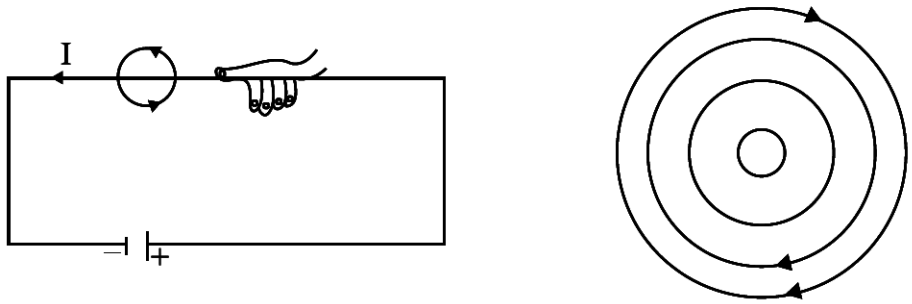
ఇక్కడ μ_0 అనేది శూన్య యానకం ప్రవేశ్య శీలత. దీని విలువ $4\pi \times 10^{-7}$ Wb A^{-1} m^{-1}. గాలి ప్రవేశ్య శీలత విలువ కూడ సుమారుగా μ_0 కు సమానంగా ఉంటుంది.

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

$$B = \mu\, B_0.$$

ఇక్కడ μ అనేది యానకం ప్రవేశ్య శీలత.

B యొక్క దిశ : ఒక బిందువు వద్ద గల అయస్కాంత క్షేత్రం సదిశ రాశి. B యొక్క దిశను కుడిచేతి నియమం ను అనువర్తించి కనుక్కోవచ్చు. ఈ నియమాన్ని అనువర్తించడానికి, కొన్ని సరళ సందర్భాలలో ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రాల దిశలను తీసుకుందాం. పటం 21.4(a)లో చూపినట్లుగా, కుడిచేతిలో ఒక విద్యుత్ ప్రవాహమున్న వాహకాన్ని చేయి బొటనవేలు ప్రవాహ దిశను సూచిస్తున్నట్లుగా పట్టుకున్నారనుకోండి. అప్పుడు మూసి ఉన్న మిగతా వేళ్ళు వాహకం చుట్టూ ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్ర దిశను సూచిస్తాయి. కాగితం మీద అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని సూచించడానికి, కాగితం తలం లోపలికి విద్యుత్ ప్రవహిస్తుందని అనుకుందాం. అపుడు కుడి చేతి నియమం ప్రకారం, అయస్కాంత క్షేత్ర బలరేఖలు కాగితం తలంలో ఉంటాయి (పటం 21.4 (b)).



(a) కుడిచేతి నియమం : విద్యుత్ ప్రవాహ దిశలో బొటన వేలు, మూసి ఉన్న మిగతా వేళ్ళ దిశలో అయస్కాంత క్షేత్ర బల రేఖలు.

(b) కుడి చేతి నియమం ప్రకారం, విద్యుత్ ప్రవాహం కాగితం తలం లోపలికి ఉన్నపుడు, అయస్కాంత క్షేత్ర బలరేఖలు కాగితం తలంలో ఉంటాయి.

పటం 21.4 : అయస్కాంత క్షేత్ర దిశ

21.3.1 బయోట్ – సేవర్ట్ నియమం అనువర్తనాలు

అయస్కాంత క్షేత్రం యొక్క పరిమాణాన్ని బయోట్ – సేవర్ట్ నియమం ఇస్తుందని మీకు తెలుసు. ఇప్పుడు దీన్ని అనువర్తించి, మనం వేరు వేరు ఆకారాలు గల వాహకాల చుట్టూ ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రాలను కనుక్కుందాం. వాహకం అల్పాంశాల సముదాయం కాబట్టి ప్రతి అల్పాంశం వల్ల ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రాలను కలపడం వల్ల

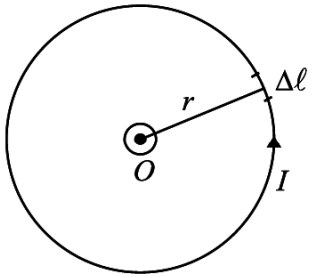
వాహకం వల్ల ఏర్పడిన నికర అయస్కాంత క్షేత్రంను కనుక్కోవచ్చు. మొదట విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్న తీగ చుట్టను తీసుకుని, దాని కేంద్రం వద్ద ఏర్పడే అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని కనుక్కుందాం.

విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్న తీగచుట్ట కేంద్రం వద్ద ఏర్పడే అయస్కాంత క్షేత్రం

పటం 21.5 ను గమనించండి. అది విద్యుత్తు I ప్రవహిస్తున్న r వ్యాసార్ధం గల తీగ చుట్టను చూపుతుంది. తీగ చుట్ట కేంద్రం O వద్ద ఏర్పడే అయస్కాంత క్షేత్రం కనుక్కోవడానికి, చుట్టపైన Δl అనే విద్యుత్తు ప్రవాహమున్న అల్పాంశంను తీసుకోవాలి. విద్యుత్ ప్రవాహమున్న అల్పాంశం Δl, r ల మధ్య కోణం 90° అని గమనించండి. Δl వల్ల కేంద్రం O వద్ద ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని, సమీకరణం (21.1) నుంచి ఈ విధంగా రాయవచ్చు.

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

$$|\Delta B| = \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{\Delta l}{r^2} \qquad (\because \sin 90° = 1)$$



పటం 21.5 : విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్న వృత్తాకార తీగచుట్ట.

ΔB దిశ తీగచుట్ట తలానికి లంబంగా ఉంటుంది. తీగచుట్టలోని ప్రతి అల్పాంశం వల్ల ఏర్పడిన క్షేత్రాలు అన్నీ ఒకే దిశలో ఉంటాయి కాబట్టి, వాటన్నింటినీ కలిపితే కేంద్రం వద్ద ఫలిత క్షేత్రం వస్తుంది.

$$|B| = \Sigma|\Delta B| = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2} \Sigma \Delta l = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2}(2\pi r)$$

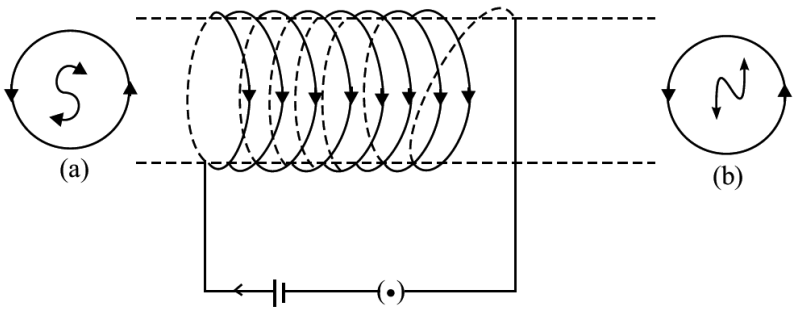
అందువల్ల, విద్యుత్ I ప్రవహిస్తున్న, r వ్యాసార్ధం గల తీగ చుట్ట కేంద్రం వద్ద ఏర్పడే అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఈ విధంగా రాయవచ్చు.

$$|B| = \frac{\mu_0 I}{2r} \qquad (21.2)$$

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

$$\therefore \qquad |B| = \frac{\mu_0 nI}{2r} \qquad (21.3)$$

పటం 21.4 లో, ఇచ్చిన నియమాన్ని ఉపయోగించి, నికర క్షేత్ర దిశను మీరు పరిశీలించుకోవచ్చు. తీగచుట్ట ఏ భాగంలోనయినా కుడిచేతి నియమాన్ని ఉపయోగించి, మీరు అదే ఫలితాన్ని పొందుతారు. (విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్న తీగచుట్ట వల్ల ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్ర దిశను గుర్తించడానికి మరొక సులభమయిన నియమం ఉంది. దానిని చివరి నియమం (End-rule) అంటారు. పటం 21.6 (a), (b) లలో దీనిని చూపించాం.



పటం 21.6 : అయస్కాంత క్షేత్ర దిశ : చివరి నియమం (End-rule)

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

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 21.1

1. (i) ఒక స్థిర ఎలక్ట్రాను (ii) ఒక కదిలే ఎలక్ట్రాను వల్ల ఏర్పడే క్షేత్రం గురించి మీరు ఏమి చెప్పగలరు?
2. ఉష్ణశక్తి వల్ల వాహకం లోని ఎలక్ట్రాన్లు స్థిరమైన చలనంలో ఉంటాయి. వాహకం కొనల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా అనువర్తించే వరకు, అవి ఎందుకు అయస్కాంతత్వాన్ని చూపించవు.
3. పొడవయిన తీగలో విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్నది. దీనిని మొదట ఒక చుట్టు గల తీగచుట్టగా, తరువాత తక్కువ వ్యాసార్ధం గల రెండు చుట్ల తీగచుట్టగా చేశారు. తీగచుట్ట కేంద్రం వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రం మారుతుందా ? మారితే ఎందుకు, ఎంత మారుతుంది.

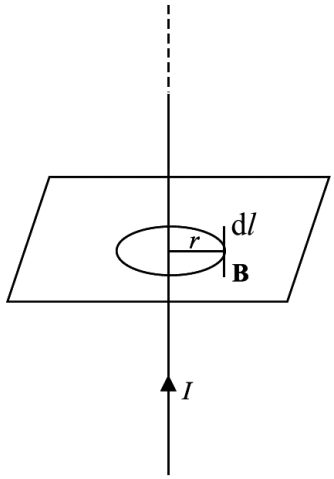
ఆంద్రి మేరి ఆంపియర్ (1775 – 1836)

ఫ్రెంచ్ భౌతికశాస్త్రవేత్త, గణితవేత్త, రసాయనశాస్త్రవేత్త అయిన ఆంపియర్ బాలమేధావి. ఇతను 12 సంవత్సరాల వయస్సులోనే అధునాతన గణితంలో పట్టు సాధించాడు. సైద్ధాంతిక పరిజ్ఞానం, ప్రయోగాత్మక నైపుణ్యం కలిపి, ఆంపియర్ ఎన్నో కష్టతరమైన ప్రయోగాలు చేసి వాటి ఫలితాలను విద్యుత్ గతిశాస్త్రం సిద్ధాంతాలుగా ప్రచురించారు. ఇవి విద్యుత్, దాని అయస్కాంత ఫలితాలకు గణిత శాస్త్ర రుజువులను ఇస్తాయి. ఆంపియర్ గౌరవార్థం విద్యుత్ ప్రవాహం ప్రమాణాన్ని అతని పేరు మీద పిలుస్తారు. అతను పనిలో పడిపోయి పురస్కారాలను, గౌరవాలను పట్టించుకునే వారు కాదు. చక్రవర్తి నెపోలియన్, తనతో విందు చేయవలసిందిగా పంపిన ఆహ్వానాన్ని కూడ ఒకసారి అతను మరచిపోయారు. అతని సమాధి పై చివరకు సంతోషం (Happy at last) అనే వాక్యం రాయబడింది. దీని వల్ల అతని జీవితమంతా బాధతో, కష్టాలతో గడిచిందని తెలుస్తుంది. కాని అతని సృజనాత్మకతను ఇది ఏ మాత్రం తగ్గించలేదు.

21.4 ఆంపియర్ వలయ నియమం

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

విద్యుత్ ప్రవాహం I గల తిన్నని వాహకం చుట్టూ r వ్యాసార్ధం గల ఒక సంవృత వలయాన్ని, పటం 21.7 లో చూపినట్లు, పరిగణించండి. ఆంపియర్ వలయ నియమం ఒక సంవృత వలయం చుట్టూ గల అయస్కాంత క్షేత్రం B యొక్క రేఖీయ సమాకలనం, మొత్తం విద్యుత్తు 'I' కి μ_0 రెట్లు ఉంటుందని చెపుతుంది. గణితాత్మకంగా దీనిని మనం ఈ కింది విధంగా రాస్తాం.



పటం 21.7 : ఆంపియర్ వలయ నియమం.

$$\oint B.dl = \mu_0 I \qquad (21.4)$$

ఇక్కడ 'dl' అనేది సంవృత వలయం వెంబడి చిన్న పొడవు.

సంవృత వలయం ఆకారం లేదా పరిమాణం పైన ఇది ఆధారపడదని గమనించండి.

21.4.1 ఆంపియర్ వలయ నియమం అనువర్తనాలు

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

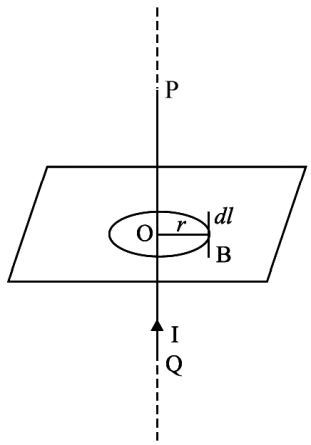
(a) విద్యుత్ ప్రవాహం ఉన్న తిన్నని పొడవైన వాహకం వల్ల అయస్కాంత క్షేత్రం : పటం 21.8 లో చూపినట్లు అనంతమైన పొడవు ఉన్న తిన్నని వాహకం POQ లో I విద్యుత్ ప్రవహిస్తోంది. వాహకాన్ని కేంద్రంగా తీసుకుని, r వ్యాసార్ధం ఉన్న ఒక వృత్తాన్ని పటంలో చూపినట్లు నిర్మించారనుకోండి. అప్పుడు

$$\Sigma B.\ dl = B\ (2\pi r)$$

ఆంపియర్ వలయ నియమాన్ని అనువర్తించి, మనం ఈ విధంగా రాయవచ్చు.

$$\Sigma B.\ dl = |B|\ (2\pi r) = \mu_0 I$$

లేదా $$|B| = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \qquad (21.5)$$

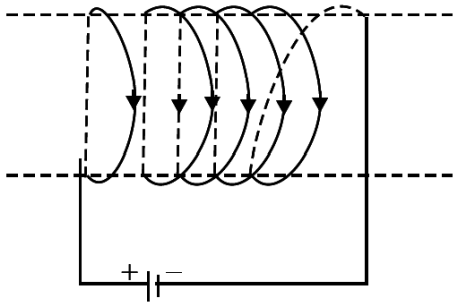


పటం 21.8 : విద్యుత్ ప్రవాహమున్న అనంతమైన పొడవు ఉన్న తిన్నని వాహకం

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

సోలెనాయిడ్, టొరాయిడ్ లను ఎక్కువగా మోటారులు, జనరేటర్‌లు, ఆట వస్తువులు, ఫ్యాన్ మోటార్‌లో తీగచుట్ట, విద్యుదయస్కాంతాలు. ట్రాన్స్‌ఫార్మర్‌లు మొదలగు వాటిలో వాడతారు. వీటిని ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రంను ఏర్పరచడానికి వాడతారు. హెచ్చు అయస్కాంత క్షేత్రాలు మనకు అవసరమైనపుడు, మెత్తని (Soft) ఇనుప స్థూపాన్ని తీగచుట్టలో ఉంచుతారు.

(b) ఒక సోలెనాయిడ్ వల్ల ఏర్పడే అయస్కాంత క్షేత్రం : పొడవైన, అతి దగ్గరగా చుట్టబడిన సర్పిలాకారపు తీగచుట్టనే సోలెనాయిడ్ అంటారు. దీనిని పటం 21.9 లో చూపించాం. I విద్యుత్ ప్రవాహమున్న తీగ చుట్టూ అయస్కాంత క్షేత్రం ఏర్పడుతుందని మనకు తెలుసు. సొలెనాయిడ్ పొడవు L, దానిలో ప్రమాణ పొడవుకు గల చుట్ల సంఖ్య n అనుకుందాం. అప్పుడు ఈ పొలెనాయిడ్‌చే ఆవృతమైన విద్యుత్ ప్రవాహం $I_e = I\,(nL)$



పటం 21.9 : సొలెనాయిడ్

ఆంపియర్ వలయ నియమం నుండి

$$B.L = \mu_0 I_e \quad \text{లేదా}$$

$$B.L = \mu_0 I\,(nL)$$

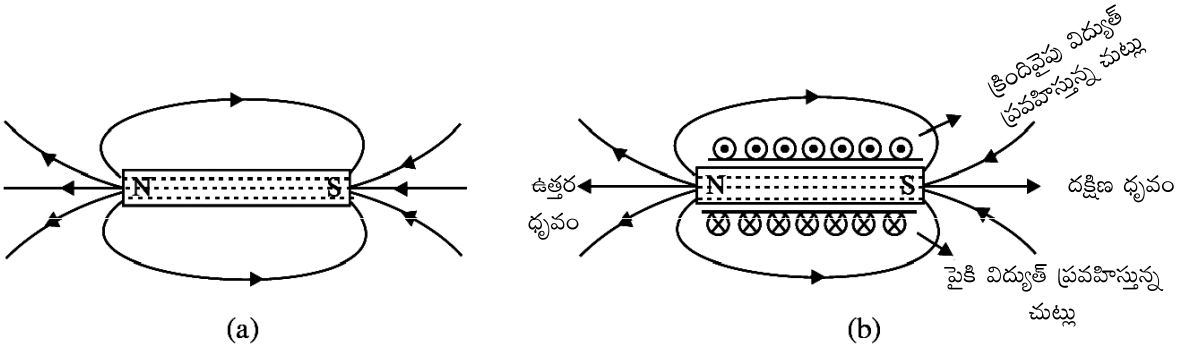
$$|B| = \mu_0 nI$$

సొలెనాయిడ్ అక్షం వెంబడి, అయస్కాంత క్షేత్ర దిశ ఉంటుంది. ఒక తిన్నని సొలెనాయిడ్ అనంతం కాదు. కాబట్టి పొడవాటి సొలెనాయిడ్ లోపల, దాని కేంద్రం దగ్గర $|B| = \mu_0 nI$ అవుతుంది.

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

$$|B| = \frac{\mu_0 nI}{2} \qquad (21.6)$$

సొలెనాయిడ్ గుండా విద్యుత్ ప్రవహించినప్పుడు, దాని చుట్టూ అది అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. సొలెనాయిడ్, దండయస్కాంతం వలే ప్రవర్తిస్తుంది, మరియు అయస్కాంత క్షేత్రం పటం 21.10 లో చూపించిన విధంగా ఉంటుంది.



(a) దండాయస్కాంతం వల్ల ఏర్పడే అయస్కాంత క్షేత్రం

(b) విద్యుత్ ప్రవాహమున్న సొలెనాయిడ్ వల్ల ఏర్పడే అయస్కాంత క్షేత్రం.

పటం 21.10 : దండాయస్కాంతం లాగా సొలెనాయిడ్ ప్రవర్తించడం

ఉదాహరణ 21.1

50 cm పొడవు ఉన్న సొలెనాయిడ్, ప్రతీ దానిలో 250 చుట్లు ఉన్నటువంటి 3 పొరల చుట్లను కలిగి ఉంది. అన్నింటికంటే కింద వున్న పొర వ్యాసార్ధం 2 cm దాని గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ 4.0 A అయితే (a) సొలెనాయిడ్ కేంద్రం దగ్గర, అక్షం మీద మరియు అక్షం గుండా (b) దాని అక్షం చివరల దగ్గర (c) సొలెనాయిడ్ బయట దాని మధ్యలో గల B పరిమాణాన్ని లెక్కించండి.

సాధన :

a) కేంద్రం వద్ద లేదా సొలెనాయిడ్‌కి దగ్గరగా

$$|B| = \mu_0 \, nI$$

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

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

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

b) చివరల వద్ద

$$B_{ends} = \frac{1}{2} B_{centre} = \frac{1}{2}(24\pi \times 10^{-4} \text{ T})$$

$$= 12\pi \times 10^{-4} \text{ T}$$

c) సొలెనాయిడ్ బయట, అయస్కాంత క్షేత్రం సున్నా.

ఉదాహరణ 21.2

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

సాధన :

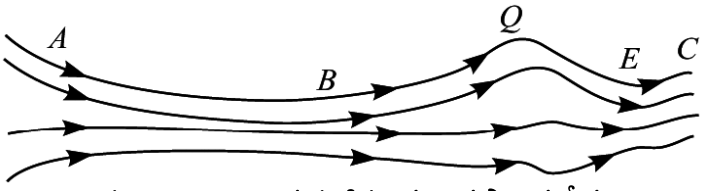
$$|B| = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \Rightarrow r = \frac{\mu_0 I}{2\pi B}$$

$$r = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 12}{2\pi \times 3 \times 10^{-5}} = 0.25 \text{ m}$$

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 21.2

1. అయస్కాంత క్షేత్ర బలరేఖల చిత్రీకరణ ఇచ్చే సమాచారం (a) క్షేత్ర దిశ మాత్రమే (b) క్షేత్ర పరిమాణం మాత్రమే (c) క్షేత్ర దిశ, పరిమాణం రెండింటినీ (d) క్షేత్రం యొక్క బలం
2. బయోట్ – సేవర్ట్ నియమం, ఆంపియర్ వలయ నియమాల నుండి తెలుసుకునే ఉమ్మడి విషయం ఏమిటి?

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



పటం 21.11 : ఒక సంక్లిష్టమైన అయస్కాంత క్షేత్రం

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

21.5 అయస్కాంత క్షేత్రంలో చలనం లో ఉన్న ఆవేశం పై పనిచేసే బలం

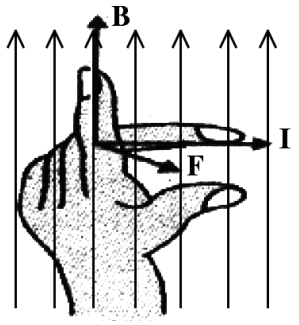
అయస్కాంత క్షేత్రంలో, ఆవేశిత వస్తువు చలనంలో ఉంటే, అది బలానికి లోనవుతుంది. ఈ విధంగా ఆవేశిత వస్తువులోనయ్యే బలాన్నే లోరెంట్జ్ బలం (Lorentz force) అంటారు. +q ఆవేశం కలిగి, **B** అయస్కాంత క్షేత్రంలో, v వేగంతో కదిలే కణం పై గల లోరెంట్జ్ బలం.

$$\mathbf{F} = q\,(v \times \mathbf{B}) \qquad \text{లేదా}$$

$$|\mathbf{F}| = q\,v\,\mathbf{B}\,\sin\theta \qquad (21.7)$$

ఇక్కడ v, B దిశల మధ్య కోణం θ. F దిశను ఫ్లెమింగ్ ఎడమ చేయి నిబంధన ద్వారా పొందవచ్చు.

ఫ్లెమింగ్ ఎడమ చేతి నిబంధన ప్రకారం ఎడమ చేతి బొటనవేలు, చూపుడు వేలు, మధ్య వేలు పరస్పరం లంబంగా ఉండేట్లు, మన ఎడమ చేతిని చాచినప్పుడు, చూపుడు వేలు అయస్కాంత క్షేత్రం దిశను, మధ్య వేలు క్షేత్రం లోని ధనావేశ వేగం దిశను సూచిస్తే, లోరెంట్జ్ బలం దిశను బొటనవేలు సూచిస్తుంది. (పటం 21.12).



పటం 21.12 : ఫ్లెమింగ్ ఎడమ చేతి నిబంధన

గుర్తుంచుకోవలసిన కొన్ని ముఖ్యమయిన విషయాలు

- **F** అనేది ఒక యాంత్రిక బలం. దీనివల్ల ఆవేశిత వస్తువు చలనానికి గురవుతుంది.
- బలం దిశను, ఫ్లెమింగ్ ఎడమ చేతి నిబంధన ద్వారా పొందవచ్చు.
- రుణావేశాలకు, మధ్యవేలును ఆవేశ చలనం యొక్క వ్యతిరేక దిశలో ఉంచాలి.
- ఆవేశం విరామస్థితికి రాగానే, బలం సున్నా అవుతుంది.
- అయస్కాంత క్షేత్రం **B** వెంబడి ఆవేశాలు చలిస్తే, బలం సున్నా అవుతుంది.
- ఆవేశాలు, క్షేత్రానికి లంబంగా చలించినపుడు, బలం గరిష్ఠంగా ఉంటుంది, $F = qv\mathbf{B}$.

21.6 ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రంలోని విద్యుత్ ప్రవాహం కలిగిన వాహకం మీద బలం

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

వాహకంలో N ఎలక్ట్రానులు ఉంటే, దాని పై గల నికర బలం,

$$\mathbf{F} = N\, e\, v_d \mathbf{B} = (nA\, \Delta l)\, e\, v_d \mathbf{B} \qquad (21.8)$$

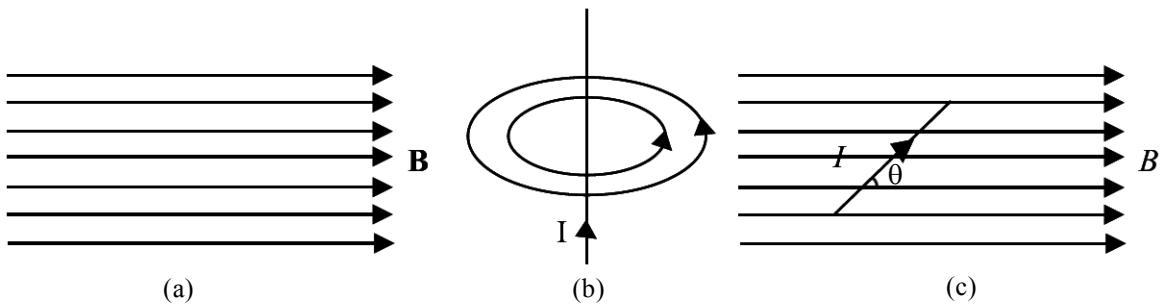
ఇక్కడ n అనేది ఏకాంక లేదా ప్రమాణ ఘనపరిమణంకు గల స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానుల సంఖ్య.

కాని $neAv_d = I$.

$$\mathbf{F} = I\, \Delta l\, \mathbf{B} \qquad (21.9)$$

వాహకం, పటం 21.13 (c) లో చూపినట్లు **B** తో θ కోణం చేసినట్లయితే, అపుడు

$$|\mathbf{F}| = I\, \Delta l\, \mathbf{B} \sin\theta \qquad (21.9\ a)$$



పటం 21.13 : (a) ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రం (b) విద్యుత్ ప్రవాహమున్న వాహకం పై పనిచేసే బలం (c) విద్యుత్ ప్రవాహమున్న వాహకం క్షేత్రదిశకు θ కోణంలో ఉన్నప్పుడు వాహకంపై క్షేత్రదిశకు లంబంగా ఉన్నప్పుడు వాహకంపై పనిచేసే బలం

పటం 21.13 (a) లో చూపినట్లు విద్యుత్ ప్రవాహ దిశ, అయస్కాంత క్షేత్ర దిశలో ఉంటే అప్పుడు $\theta = 0$ మరియు వాహకంపై పనిచేసే బలం సున్నా. పటం 21.13 (b) లో చూపినట్లు, విద్యుత్ ప్రవాహ దిశ అయస్కాంత క్షేత్రానికి లంబంగా ఉంటే $\theta = 90°$ అవుతుంది. అప్పుడు వాహకంపై గరిష్ఠ బలం, $\mathbf{F} = I\, \Delta l\, \mathbf{B}$ పనిచేస్తుంది.

బలం దిశను ఫ్లెమింగ్ ఎడమ చేతి నిబంధన ద్వారా పొందవచ్చు.

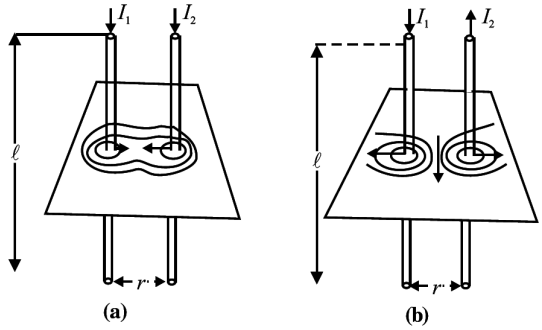
అయస్కాంత క్షేత్ర ప్రమాణాన్ని విద్యుత్ ప్రవాహమున్న వాహకం అయస్కాంత క్షేత్రంలో లోనయ్యే బలం పదాలలో నిర్వచించటానికి, సమీకరణం (21.9) ను ఉపయోగించవచ్చు. పదాలను సరిచేసి, సమీకరణాన్ని ఈ విధంగా రాయవచ్చు.

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

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

21.7 విద్యుత్ ప్రవహించే రెండు తిన్నని సమాంతర తీగల మధ్య బలం

విద్యుత్ ప్రవాహం ఉన్న ప్రతి వాహకం చుట్టూ అయస్కాంత క్షేత్రం ఉంటుందని మీకు తెలుసు. అంటే ఇది దగ్గరగా ఉన్న విద్యుత్ ప్రవాహం గల మరొక వాహకం పై బలాన్ని ప్రదర్శిస్తుంది. విద్యుత్ ప్రవహించే రెండు తిన్నని సమాంతర వాహకాల మధ్య పని చేసే బలం అన్యోన్యమయినది మరియు అయస్కాంత క్షేత్రం కారణంగా ఏర్పడినది. విద్యుత్ ప్రవాహం కల తీగ నికర విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని కలిగి ఉండదు. కాబట్టి విద్యుత్ పరంగా మరొక తీగతో అన్యోన్య చర్య జరపదు.



పటం 21.14 : విద్యుత్ ప్రవాహమున్న రెండు సమాంతర తీగల మధ్య ఉండే బలాన్ని ప్రయోగ పూర్వకంగా నిరూపణ చేయడం

రెండు సమాంతర తీగలు పటం 21.14 లో చూపినట్లు r దూరంలో ఎడంగా ఉన్నాయి. వీటిలో వరసగా I_1, I_2 విద్యుత్ ప్రవాహాలు ప్రవహిస్తున్నాయి అనుకుందాం. మొదటి తీగ వల్ల, r దూరంలో గల అయస్కాంత క్షేత్రం, $B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}$. అదే విధంగా రెండవ తీగ వల్ల, దాని నుంచి r దూరంలో గల అయస్కాంత క్షేత్రం, $B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r}$. ఈ క్షేత్రాలు, తీగల పొడవుకు లంబంగా ఉంటాయి. పొడవు l కలిగి విద్యుత్ ప్రవాహమున్న వేరొక వాహకం పై పనిచేసే బలం.

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

లేదా ఏకాంక పొడవు పై పనిచేసే బలం

$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r} \qquad (21.10)$$

విద్యుత్ ప్రవాహాలు ఒకే దిశలో ఉంటే బలాలు ఆకర్షిత బలాలు మరియు విద్యుత్ ప్రవాహాలు వ్యతిరేక దిశలో ఉంటే అవి వికర్షిత బలాలు. సమీకరణం (21.10) ను, విద్యుత్ ప్రవాహం ప్రమాణాన్ని నిర్వచించటానికి ఉపయోగించవచ్చు. $I_1 = I_2 = 1$ A, $l = 1$ m, r = 1 m అయితే, అపుడు

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi} = 2\times 10^{-7}\,N$$

అనంతమైన పొడవు ఉన్న రెండు తిన్నని సమాంతర విద్యుత్ వాహకాలను శూన్యంలో లేదా గాలిలో ఒక మీటరు ఎడంలో ఉంచినప్పుడు, వాటి ద్వారా ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహం ఈ ప్రతి వాహకంపై మీటర్ పొడవుకు 2×10^{-7} N m^{-1} బలానికి సమానమైన బలాన్ని ఏర్పరిస్తే ఆ విద్యుత్ ప్రవాహం విలువ ఒక ఆంపియర్‌కు సమానం.

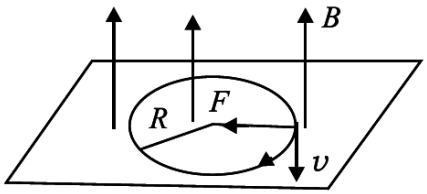
21.8 ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రం లో కదిలే ఆవేశం

ఇపుడు మనం వివిధ సందర్భాలలో అయస్కాంత క్షేత్రంలో కదిలే ఆవేశంపై, విద్యుత్ ప్రవాహం ఉన్న వాహకంపై పనిచేసే లోరెంట్జ్ బలం గురించి ఆలోచించగలం. వస్తువు పై బలం చేసే పని, వస్తువు చలన దిశలో గల అంశ బలం పై ఆధారపడుతుంది. అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఆవేశిత కణం పై పనిచేసే బలం, కణం చలన దిశకు లంబంగా ఉంటే, ఏ పని జరగదు. కాబట్టి కణం అపవర్తనం చెందినప్పటికీ, అదే వేగం v ని, గతిజ శక్తిని కలిగి చలనంలో ఉంటుంది. మరొక వైపు విద్యుత్ క్షేత్రంలో ఆవేశిత కణం యొక్క వేగం, శక్తి, కణం పై పనిచేసే క్షేత్ర బలం వల్ల ప్రభావితం అవుతాయి. ఆవేశిత కణం పై ప్రతి స్థానంలో దాని చలనానికి లంబంగా బలం పనిచేయడం వల్ల అయస్కాంత క్షేత్రానికి లంబంగా చలించే ఆవేశ కణం వృత్తాకార పథం ను అనుసరిస్తుంది (పటం 21.15). ఆవేశిత కణం చలించే వృత్తాకార పథం వ్యాసార్ధం R ను తెలుసుకోవడానికి, అయస్కాంత బలం 'qvB', కణంకు అవసరమైన అభికేంద్ర బలాన్ని $\left(\frac{mv^2}{R}\right)$ ఇచ్చి, వృత్తాకార మార్గంలో చలించే విధంగా చేస్తుందని మనం గమనించాం. అందువల్ల మనం కింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$qvB = \frac{mv^2}{R}$$

లేదా $$R = \frac{mv}{qB} \qquad (21.11)$$

ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రంలో కదిలే ఆవేశిత కణం అనుసరించిన వృత్తాకార పథం వ్యాసార్ధం, దాని ద్రవ్యవేగం (mv) కు అనులోమానుపాతం లోను, కణం ఆవేశానికి మరియు అయస్కాంత క్షేత్రానికి విలోమానుపాతంలోను ఉంటుంది. అంటే ద్రవ్యవేగం ఎక్కువగా ఉంటే, వృత్తం పెద్దగా ఉంటుంది.



పటం 21.15 : ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఆవేశిత కణం పథం.

క్షేత్రం బలంగా ఉంటే, వృత్తం చిన్నదిగా ఉంటుంది. వృత్తాకార మార్గంలో చలించే కణం భ్రమణ ఆవర్తన కాలం T అనుకుంటే

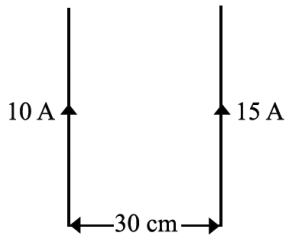
$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{Bq} \qquad (21.12)$$

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

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

ఉదాహరణ 21.3

పటం 21.16 ను గమనించండి. 5 m పొడవు, 10 A, 15 A విద్యుత్ ప్రవాహాలు కలిగిన రెండు సమాంతర తీగల మధ్య గల బలాన్ని కనుక్కోండి. ఈ బల స్వభావం ఏమిటి?



పటం 21.16

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

ఆకర్షణ బలం, $\frac{F}{5} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10 \times 15}{2\pi \times 0.3} = 10^{-4}\,\text{Nm}^{-1}$

$\therefore \quad F = 5 \times 10^{-4}\ \text{Nm}^{-1}$

బలం స్వభావం ఆకర్షించేదిగా ఉంటుంది.

ఉదాహరణ 21.4

ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రం 0.2 T లో $3 \times 10^7\ \text{ms}^{-1}$ వేగంతో ఒక ఎలక్ట్రాను వృత్తాకార పథంను క్షేత్రంకు లంబంగా అనుసరిస్తే, ఆ పథం వ్యాసార్ధం ను లెక్కించండి.

సాధన : $R = \frac{mv}{qB}$ అని మనకు తెలుసు.

ఇక్కడ $m_e = 9 \times 10^{-31}$ kg, $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C, $v = 3 \times 10^7\ \text{ms}^{-1}$ మరియు B = 0.2 T.

$$R = \frac{9 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^7}{0.2 \times 1.6 \times 10^{-19}} = 8.5 \times 10^{-4}\,\text{m}$$

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 21.3

1. ప్రోటానుల ప్రవాహం, ఎలక్ట్రానుల ప్రవాహం కు సమాంతరంగా వ్యతిరేక దిశలో కదులుతుంటే, వాటి మధ్య గల బల స్వభావం ఏ విధంగా ఉంటుంది?
2. అయస్కాంత మరియు విద్యుత్ క్షేత్రాలు రెండూ ఎలక్ట్రానుని అపవర్తనం చెందిస్తాయి. వాటి మధ్య తేడా ఏమిటి?
3. ఒక వస్తువును నిలువుగా ఉన్న స్ప్రింగుకు వేలాడదీశారు. స్ప్రింగు గుండా విద్యుత్‌ను ప్రవహింపచేసిన, వస్తు స్థానం పై దాని ప్రభావం ఎలా ఉంటుంది.

21.9 విద్యుత్ ప్రవాహ లూప్ ఒక ద్విధ్రువం లాగా పనిచేయడం

సమీకరణం (21.2) నుంచి, తీగచుట్ట కేంద్రం వద్ద గల అయస్కాంత క్షేత్రం

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

పై సమీకరణంలో లవ, హారాలను రెండింటినీ $2\pi r^2$ తో గుణించగా,

$$B = \frac{\mu_0 I}{2r}\left(\frac{2\pi r^2}{2\pi r^2}\right)$$

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

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2M}{r^3} \qquad (21.13)$$

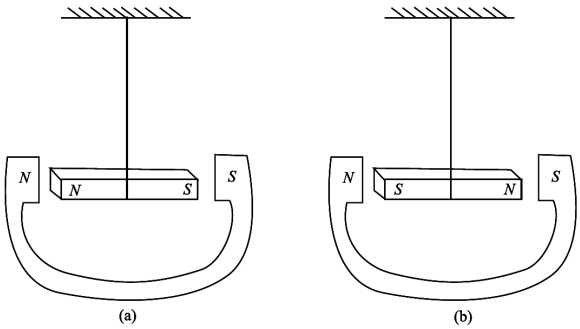
ఇక్కడ A అనేది లూప్ వైశాల్యం, M (= AI) అనేది అయస్కాంత భ్రామకం. అంటే విద్యుత్ ప్రవాహమున్న లూప్ లేదా తీగ చుట్ట, అయస్కాంత ద్విధ్రువంగా ప్రవర్తిస్తుంది అని ఇది చూపిస్తుంది. లూప్ ఒక ముఖం ఉత్తర ధ్రువం లాగా, మరొకటి దక్షిణ ధ్రువం లాగా ప్రవర్తిస్తాయి.

ఇపుడు ఒక చిన్న ప్రయోగాన్ని చేద్దాం.

కృత్యం 21.2

పటం 21.17 లో చూపినట్లుగా, ఒక దండాయస్కాంతాన్ని దారం తో గుఱ్ఱపు నాడా అయస్కాంతం ధ్రువాల మధ్య వేలాడదీయాలి.

పటం 21.17(a) లో చూపిన దండాయస్కాంతాన్ని కొద్దిగా ప్రక్క వైపుకు స్థానభ్రంశం చెందిస్తే ఏమవుతుంది? సజాతి ధ్రువాలు వికర్షించుకుంటాయి కాబట్టి, దండాయస్కాంతంపై టార్క్ పనిచేసి, దానిని 180° గుండా తిప్పడానికి ప్రయత్నిస్తుంది. పటం 21.17(b) లో చూపినట్లుగా అది విరామ స్థితికి వస్తుంది. విద్యుత్ వలయం, విద్యుత్ అయస్కాంతం వలె ప్రవర్తిస్తుంది కాబట్టి, అది బాహ్య క్షేత్రంలో అదే విధంగా విరామ స్థితికి వస్తుంది.



పటం 21.17 : గుఱ్ఱపు నాడా అయస్కాంతం మధ్యలో వేలాడదీసిన దండాయస్కాంతం

21.10 విద్యుత్ ప్రవాహ లూప్‌కు స్థిర విద్యుత్ సాదృశ్యం

స్థిర విద్యుత్తు పాఠంలో మీరు ఈ కింది సమీకరణాలు ఇంతకు ముందే చదివారు.

విద్యుత్ డైపోల్ (ద్విధ్రువం) అక్షం పై అధిక దూరంలో (దాని కేంద్రం నుండి r దూరంలో అనుకోండి) గల బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్రం,

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{2P}{r^3} \qquad (21.13\ a)$$

విద్యుత్ ప్రవాహమున్న తీగచుట్ట వల్ల దాని అక్షంపై r దూరంలో ఏర్పడే అయస్కాంత క్షేత్రం,

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2\,NIA}{r^3} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2M}{r^3} \qquad (21.13\ b)$$

ఇక్కడ M అనేది అయస్కాంత ద్విధ్రువ భ్రామకం.

ఈ సమాసాలను పోల్చినపుడు మనకు ఈ కింది సాదృశ్యాలు తెలుస్తాయి.

- విద్యుత్ ప్రవాహమున్న లూప్ ఒక అయస్కాంత ద్విధ్రువం లాగా పనిచేస్తుంది. ఆ ద్విధ్రువం యొక్క అయస్కాంత భ్రామకం,

$$M = NIA \qquad (21.13\ c)$$

- విద్యుత్ లూప్ రెండు ముఖాలు, అయస్కాంత ద్విధ్రువం ధ్రువాల మాదిరిగానే వేరుచేయలేనివి.
- ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రంలో విద్యుత్ ద్విధ్రువం ప్రవర్తించినట్లు గానే, ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రంలో అయస్కాంత ద్విధ్రువం ప్రవర్తిస్తుంది.
- విద్యుత్ ద్విధ్రువం చుట్టూ విద్యుత్ క్షేత్రం ఉంటుంది. అదే విధంగా అయస్కాంత ద్విధ్రువం చుట్టూ అయస్కాంత క్షేత్రం ఉంటుంది.

అయస్కాంత ద్విధ్రువం అక్షం పై గల బిందువు వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఈ కింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2M}{r^3} \qquad (21.13\ d)$$

అయస్కాంత ద్విధ్రువం మధ్యలంబ రేఖ పై గల బిందువు వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రం.

$$B = -\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{M}{r^3} \qquad (21.13\ e)$$

స్థిర విద్యుత్ సాదృశ్యం

అయస్కాంత ద్విధృవానికి ఉత్పాదించిన సమీకరణం 21.13 c ను, విద్యుత్ ద్విధృవ సమీకరణంలో పోల్చి చేస్తే, M అయస్కాంత భ్రామకం గల దండాయస్కాంతం వల్ల సుదూరంలో ఏర్పడే అయస్కాంత క్షేత్రం, విద్యుత్ క్షేత్రంలో P ద్విధృవ భ్రామకం గల విద్యుత్ ద్విధృవానికి సాదృశ్యంగా ఉంటుందని చెప్పవచ్చు. దీనికి అనురూపంగా ఉండే సంబంధాలను కింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$E \rightarrow B, \quad P \rightarrow M, \quad \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \rightarrow \frac{\mu_0}{4\pi}$$

ఉదాహరణ 21.5

అయస్కాంత భ్రామకం (పరమాణువులో కక్ష్యలో పరిభ్రమించే ఎలక్ట్రాన్‌కు ఉండేది) అతి చిన్న విలువను బోర్ మాగ్నటాన్ (Bohr Magneton) అంటారు. $\mu_B = \frac{eh}{4\pi m}$. ఇది ఒక ప్రాథమిక స్థిరాంకం. దాని విలువను కనుక్కోండి.

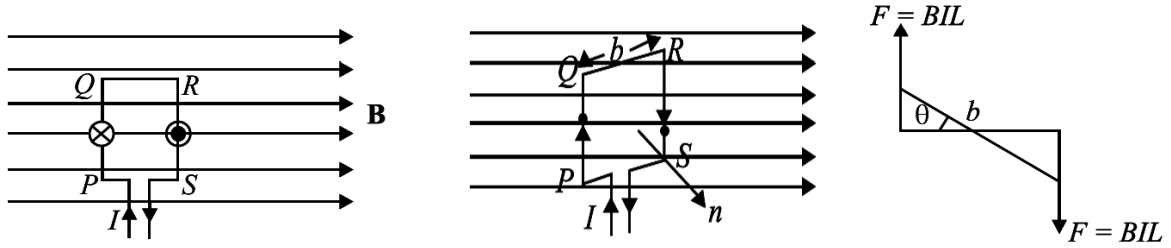
సాధన :

$$\mu_B = \frac{eh}{4\pi m} = \frac{(1.6 \times 10^{-19}\,C) \times (6.6 \times 10^{-34}\,Js)}{4 \times 3.14 \times (9 \times 10^{-31}\,kg)} = 9.34 \times 10^{-24}\,JT^{-1}$$

21.11 విద్యుత్ ప్రవాహమున్న తీగచుట్ట పై పనిచేసే టార్క్

ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రం B లో ఉంచిన విద్యుత్ ప్రవాహమున్న తీగచుట్ట (L & b లు వరుసగా పొడవు, వెడల్పులు) పై నికర బలం కాకుండా, టార్క్ పనిచేస్తుంది. ఈ టార్క్ తీగచుట్టను తిప్పి క్షేత్రదిశకు లంబంగా తీగ చుట్టను తీసుకురావడానికి ప్రయత్నిస్తుంది. ఈ సూత్రం ఆధారంగానే విద్యుత్ మోటారులు, విద్యుత్ మీటరులు మొదలగునవి పని చేస్తాయి. ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రం B కి సమాంతర తలంలో గల దీర్ఘ చతురస్రాకార తీగచుట్టలో ప్రతి భుజం పై పనిచేసే బలాన్ని కనుక్కుందాం (పటం 21.18 (a)).

తీగ చుట్ట భుజాలు 'PS', 'QR' లు B కి సమాంతరంగా ఉన్నాయి. కాబట్టి వాటిపై బలం పనిచేయదు. కాని 'PQ', 'RS' భుజాలు B కి లంబంగా ఉన్నాయి. కాబట్టి వాటిపై బలం గరిష్ఠంగా ఉంటుంది. 'PQ', 'RS' లపై పనిచేసే బలదిశను మనం సులభంగా కనుక్కోవచ్చు.



(a) క్షేత్రానికి సమాంతరంగా తీగచుట్ట ఉన్నపుడు

(b) క్షేత్రానికి లంబంగా తీగచుట్ట ఉన్నపుడు.

(c) విద్యుత్ ప్రవాహమున్న తీగ చుట్టపై పనిచేసే టార్క్

పటం 21.18 : దీర్ఘచతురస్రాకార తీగచుట్టలో భుజాలపై పనిచేసే బలం

వాస్తవంగా $|F_{PQ}| = |F_{RS}|$ మరియు అవి వ్యతిరేక దిశలలో ఉన్నాయి. కాబట్టి తీగచుట్ట పై నికర బలం ఏదీ ఉండదు F_{PQ}, F_{RS} లు ఒకే సరళరేఖలో పనిచేయడం లేదు. ఇవి బలయుగ్మంగా మారి టార్క్‌ను కలుగచేసి, తీగచుట్టను తిప్పడానికి ప్రయత్నిస్తాయి. అయస్కాంత క్షేత్రంలో తీగచుట్ట ఏ ఆకారంలో ఉన్నా ఇది వర్తిస్తుంది.

ఒక వేళ తీగచుట్ట తలం అయస్కాంత క్షేత్రానికి లంబంగా ఉంటే, అప్పుడు నికర బలం లేదా టార్క్ ఏదీ ఉండదు. (పటం 21.18 (b) చూడండి).

టార్క్ = బలం × రెండు బలాల మధ్య లంబదూరం = $B\,I\,L\,b \sin\theta$

పటం 21.18 (b) & (c) ను దీర్ఘ చతురస్రాకార తీగచుట్ట PQRS ను చూపిస్తుంది. దీనిలో I విద్యుత్ ప్రవహిస్తుందని అనుకుందాం. అయస్కాంత క్షేత్రం B కి, తీగచుట్ట తలానికి గీసిన లంబానికి ($\vec{n}$) మధ్యకోణం θ. అప్పుడు టార్క్

$$\tau = N\,B\,I\,L\,b \sin\theta$$

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

$$|\tau| = N\,B\,I\,A \sin\theta \qquad (21.14)$$

ఇక్కడ A అనేది తీగచుట్ట వైశాల్యం = L × b

$$|\tau| = B\,(NIA) \sin\theta$$

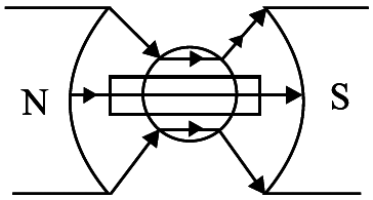
లేదా

$$|\tau| = |B|\,|M| \sin\theta \qquad (21.15)$$

ఇక్కడ M (= NIA) ను విద్యుత్ ప్రవాహమున్న తీగచుట్ట అయస్కాంత భ్రామకం అంటారు.

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

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



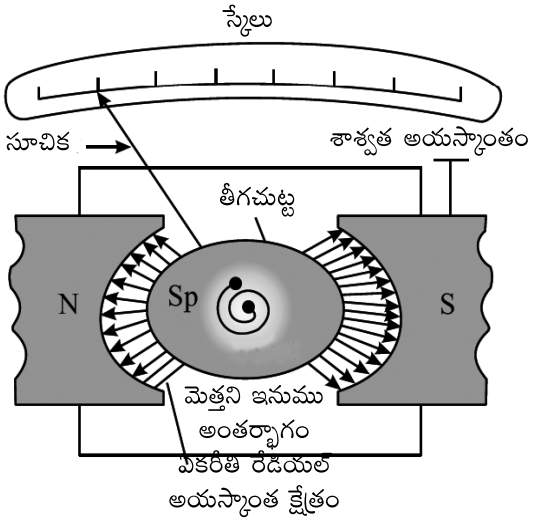
పటం 21.19 : రేడియల్ క్షేత్రంలో తీగచుట్టపై పనిచేసే స్థిర టార్క్

తీగచుట్ట లోపల ఉంచిన మెత్తని ఇనుప ముక్క అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని బలంగా, ఏకరీతిగా కూడ చేస్తుంది. ఫలితంగా హెచ్చు టార్క్ వస్తుంది (పటం 21.19)

21.12 గాల్వనామీటరు

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

గాల్వనామీటరు, అయస్కాంతం కాని పదార్థంతో చేసిన ఫ్రేము పై (Frame) చుట్టిన తీగచుట్టను కలిగి ఉంటుంది. తీగచుట్ట లోపల ఒక మెత్తటి ఇనుప స్తూపం ఉంటుంది. స్ప్రింగ్‌లకు కలిపిన రెండు కీలకాల (pivots) పై, సూచికతో ఈ అమరిక ఆధారపడి ఉంటుంది. ఇది



పటం 21.20 : కదిలే తీగచుట్ట గాల్వనామీటరు.

గుర్రపు నాడా ఆకారపు అయస్కాంత ధ్రువాల మధ్య ఉంటుంది. ఈ ధ్రువాలు రేడియల్ క్షేత్రాన్ని ఇస్తాయి (పటం 21.20 ను చూడండి).

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

$NBIA \sin\theta = k\alpha$ గా రాయవచ్చు.

$\theta = 90°$ కు $\sin\theta = 1$ కాబట్టి

$$NBIA = k\alpha$$

లేదా $$I = \frac{k\alpha}{NBA} \qquad (21.16)$$

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

దీని నుంచి మనం

$$\alpha \propto I$$

అని చెప్పవచ్చు.

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

గాల్వనా మీటరు సున్నితత్వం : ఎక్కువ సున్నితత్వం గల గాల్వనామీటరు కొరకు,

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

N, A విలువలను కొంత అవధి తరువాత పెంచలేము. N, A హెచ్చు విలువలు, గాల్వనామీటరు పరిమాణంను, విద్యుత్ మరియు జడత్వ నిరోధంను పెంచుతాయి. బలమైన గుర్రపునాడా అయస్కాంతాన్ని ఉపయోగించడం ద్వారా, మెత్తటి ఇనుముతో చేసిన స్తూపాన్ని తీగచుట్ట లోపల ఉంచడం ద్వారా B ని పెంచవచ్చు. క్వార్జ్, ఫాస్ఫర్ – బ్రాంజ్ వంటి పదార్థాలను ఉపయోగించి, k విలువను తగ్గించవచ్చు.

21.13 ఆమ్మీటరు మరియు వోల్టుమీటరు

(a) **ఆమ్మీటరు :** తగిన విధంగా షంట్ చేయబడిన గాల్వనామీటరే, ఆమ్మీటరు. వలయంలో ప్రవహించే విద్యుత్‌ను కొలవడానికి దాని స్కేలు క్రమాంకనం చేయబడింది. గాల్వనామీటరును ఆమ్మీటరుగా మార్చడానికి, తక్కువ నిరోధం ఉన్న తీగను గాల్వనామీటరుకు సమాంతరంగా కలపాలి. షంట్ నిరోధం, ఆమ్మీటరు వ్యాప్తి (range) మీద ఆధారపడుతుంది. ఈ విధంగా దానిని కనుక్కోవచ్చు.

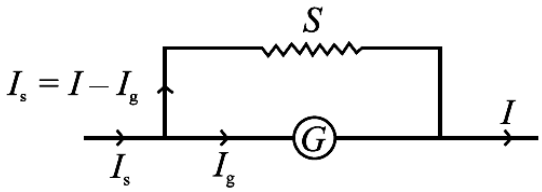
గాల్వనామీటరు నిరోధం G, గాల్వనామీటరులో స్కేలు విభాగాల సంఖ్య N అని అనుకుందాం. k అనేది దక్షతాంకం (figure of merit) లేదా గాల్వనామీటరులోని స్కేలులో ఒక విభాగం అపవర్తనానికి కావలసిన విద్యుత్ ప్రవాహం. అప్పుడు గాల్వనామీటరులో పూర్తి అపవర్తనం రావడానికి ప్రవహించాల్సిన విద్యుత్ $I_g = Nk$.

గాల్వానామీటరు కొలవాల్సిన గరిష్ఠ విద్యుత్ ప్రవాహం I అనుకుందాం.

పటం 21.21 ను చూడండి. A, B బిందువుల మధ్య వోల్టేజి,

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

$$S = \frac{I_g G}{I - I_g} \qquad (21.17)$$



పటం 21.21 : షంట్ చేయబడిన గాల్వనామీటరు, ఆమ్మీటరుగా పనిచేస్తుంది.

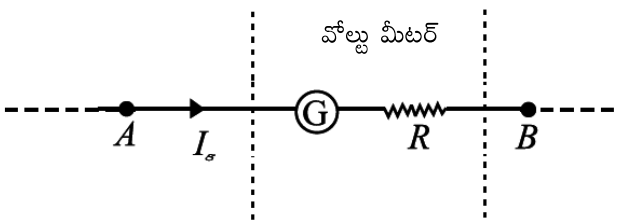
ఇక్కడ S అనేది షంట్ నిరోధం.

G, S లు సమాంతరంగా ఉండటం వల్ల, ఆమ్మీటరు ఫలిత నిరోధం R ను కింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$R = \frac{GS}{G + S} \qquad (21.18)$$

షంట్ నిరోధం తక్కువగా ఉండటం వల్ల, గాల్వనామీటరు, షంట్‌ల ఫలిత నిరోధం అతి తక్కువగా ఉంటుంది. ఫలితంగా ఆమ్మీటరు నిరోధం గాల్వనామీటరు నిరోధం కంటే తక్కువగా ఉంటుంది. ఆదర్శ ఆమ్మీటరు నిరోధం దాదాపు ఉపేక్షించదగినంతగా ఉంటుంది. అందువల్ల వలయంలో ఆమ్మీటరును శ్రేణిలో కలిపినపుడు, విద్యుత్ ప్రవాహం విలువ మారదు.

(b) **వోల్టుమీటరు :** ఒక వలయంలో రెండు బిందువుల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడాను కొలవడానికి ఉపయోగించే సాధనం వోల్టుమీటరు. పటం 21.22 లో చూపినట్లు గాల్వనామీటరును వోల్టుమీటరుగా మార్చడానికి అధిక విలువ ఉన్న నిరోధంను, గాల్వనా మీటరుకు శ్రేణిలో కలపాలి. నిరోధం విలువ, వోల్టుమీటరు వ్యాప్తి (Range) పై ఆధారపడుతుంది. దీనిని ఈ విధంగా కనుక్కోవచ్చు.



పటం 21.22 : గాల్వనామీటరు ను వోల్టుమీటరుగా మార్చటం.

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

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

లేదా $$G + R = \frac{V}{I_g}$$

$$R = \frac{V}{I_g} - G \qquad (21.19)$$

అంటే, R నిరోధంను, గాల్వనామీటరుకు శ్రేణిలో కలపడం వల్ల, అది, 0 Volt ల నుండి V వోల్టు వ్యాప్తి లేదా రేంజి గల వోల్టు మీటరుగా పనిచేస్తుంది. గాల్వనామీటరును మార్చక ముందు, గరిష్ఠ పొటెన్షియల్‌ను ($I_g \times G$) నమోదు చేసిన స్కేలు, దాన్ని వోల్టుమీటరుగా మార్చిన తరువాత అదే స్కేలు పొటెన్షియల్ V ని నమోదు చేస్తుంది. దాని ప్రకారంగా స్కేలు క్రమాంకనం చేయబడుతుంది. వోల్టుమీటరు నిరోధం, గాల్వనామీటరు నిరోధం కన్నా ఎక్కువగా ఉంటుంది. వోల్టుమీటరు ఫలిత నిరోధం.

$$R_V = R + G \qquad (21.20)$$

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

ఉదాహరణ 21.6

ఒక వృత్తాకార తీగచుట్ట వ్యాసార్ధం 8.0 cm చుట్ల సంఖ్య 30. 6.0 A విద్యుత్ ప్రవాహమున్న ఈ తీగచుట్టను 1.0 T పరిమాణం గల ఏకరీతి క్షితిజ సమాంతర అయస్కాంత క్షేత్రంలో నిలువుగా వేలాడదీశారు. క్షేత్ర బలరేఖలు, తీగచుట్టకు గీసిన లంబంతో 90° కోణం చేస్తాయి. తీగచుట్టను తిరగకుండా ఆపడానికి, కావలసిన వ్యతిరేక ప్రతి టార్క్ (counter torque) పరిమాణంను కనుక్కోండి.

సాధన :

$N = 30,\ I = 6.0\ A,\ B = 1.0\ T,\ \theta = 90°,\ r = 8.0\ cm = 8 \times 10^{-2}\ m$

తీగచుట్ట వైశాల్యం, $A = \pi r^2 = \frac{22}{7} \times (8 \times 10^{-2})^2 = 2.01 \times 10^{-2}\ m^2$

$\therefore$ టార్క్ $= N\ I\ A\ B \sin\theta$

$= 30 \times 6 \times (2.01 \times 10^{-2}) \times 1 \times \sin 90°$

$= 3.61\ Nm$

ఉదాహరణ 21.7

ఒక తీగచుట్ట గాల్వనామీటరు నిరోధం 12.0 Ω. 2.5 mA విద్యుత్ ప్రవాహం ఉన్నపుడు, అది పూర్తి అపవర్తనం చూపిస్తుంది. అయితే దానిని (a) 0 – 2A వ్యాప్తిగల ఆమ్మీటరు గాను (b) 0 – 10 వోల్టు వ్యాప్తిగల వోల్టుమీటరు గాను మీరు ఎలా మార్చగలరు?

సాధన :

(a) ఇక్కడ, $G = 12.0\ \Omega$, $I_g = 2.5\ mA = 2.5 \times 10^{-3}\ A$, $I = 2A$

సమీకరణం (21.17) నుంచి,

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

$$= \frac{2.5 \times 10^{-3} \times 12}{2 - (2.5 \times 10^{-3})} = 15 \times 10^{-3}\ \Omega$$

0 – 2A వ్యాప్తి గల ఆమ్మీటరుగా గాల్వనామీటరును మార్చడానికి, $15 \times 10^{-3}\ \Omega$ షంట్ నిరోధాన్ని, గాల్వనామీటరు తీగచుట్టకు సమాంతరంగా కలపాలి.

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

సమీకరణం 21.19 నుంచి,

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

$$= \frac{10}{2.5 \times 10^{-3}} - 12 = 4000 - 12 = 3988\,\Omega$$

గాల్వనామీటరును, వోల్టుమీటరుగా మార్చడానికి, 3988 Ω నిరోధంను శ్రేణిలో కలపాలి.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 21.4

1. రేడియల్ అయస్కాంత క్షేత్రం అంటే ఏమిటి?
2. కదిలే తీగచుట్ట గాల్వనామీటరులో మెత్తని ఇనుప స్థూపం (Core) యొక్క ముఖ్య విధి ఏమిటి?
3. ఆమ్మీటరు, వోల్టుమీటరు, గాల్వనామీటరు – వీటిలో దేనికి అతి తక్కువ నిరోధం ఉంటుంది. వివరణ ఇవ్వండి.
4. 20 Ω నిరోధం గల తీగచుట్ట కలిగిన గాల్వనామీటరులో 20 mA విద్యుత్ ప్రవాహం ఉన్నపుడు స్కేలులో పూర్తి అపవర్తనం వస్తుంది. గాల్వనామీటరు గుండా గరిష్ఠ విద్యుత్ ప్రవాహం 3A పంపాలంటే ఎంత నిరోధాన్ని కలపాలి, ఎలా కలపాలి.

మీరు ఏమి నేర్చుకున్నారు

- విద్యుత్ ప్రవాహం ఉన్న వాహకం చుట్టూ అయస్కాంత క్షేత్రం ఉంటుందని ఆయర్‌స్టడ్ ప్రయోగం నిరూపించింది.
- విద్యుత్ ప్రవాహమున్న ప్రతి వాహకం చుట్టూ అయస్కాంత క్షేత్రం ఏర్పడుతుంది. బయోట్ - సేవర్ట్ సూత్రం ఈ అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఇస్తుంది.

$$|\Delta B_0| = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,\Delta l\,\sin\theta}{r^2}.$$

- విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్న తీగచుట్ట కేంద్రం వద్ద ఏర్పడే అయస్కాంత క్షేత్రం. $|B| = \frac{\mu_0 I}{2r}$.
- ఆంపియర్ వలయ నియమం, వాహకం చుట్టూ ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్ర పరిమాణంను ఇస్తుంది.

$$\oint B\,.dl = \mu_0 I$$

- అనంతమైన పొడవున్న విద్యుత్ ప్రవాహం గల వాహకం వల్ల అయస్కాంత క్షేత్రం $|B| = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$.
- సాలినాయిడ్ లోపల అయస్కాంత క్షేత్రం $|B| = \mu_0\, nI$
- సాలినాయిడ్‌లో దాని చివరల వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రం $|B| = \frac{\mu_0\, nI}{2}$.
- కదిలే ఆవేశం q పై పనిచేసే లొరెంట్జ్ బలం, $F = q\,(v \times B)$ మరియు ఈ బలం దిశను ఫ్లెమింగ్ ఎడమ చేతి నియమం ఇస్తుంది.
- అయస్కాంత క్షేత్రం B లో పొడవు Δl, విద్యుత్ ప్రవాహం I ఉన్న తీగ పై పనిచేసే యాంత్రిక బలం,

  $F = I\,\Delta l\,B.$

- I_1, I_2 విద్యుత్ ప్రవాహాలు కల తిన్నని సమాంతర వాహకాల మధ్య ప్రమాణ పొడవుకు పనిచేసే అన్యోన్య బలం $\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$.
- సమాన విద్యుత్ ప్రవాహం గల రెండు తిన్నని సమాంతర తీగలను శూన్యంలో లేదా గాలిలో 1 m ఎడంలో ఉంచినప్పుడు, ఆ తీగలు ప్రమాణ పొడవుకు 2×10^{-7} N m^{-1} బలానికి లోనవుతే, ప్రతి తీగలో ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహం ఒక ఆంపియర్‌కు సమానం.
- అయస్కాంత క్షేత్రానికి లంబంగా చలించే ఆవేశిత కణం అనుసరించే వృత్తాకార పథం వ్యాసార్ధం $R = \frac{mv}{qB}$.

- విద్యుత్ ప్రవాహమున్న లూప్ అయస్కాంత డైపోల్ లాగా ప్రవర్తిస్తుంది. దాని అయస్కాంత భ్రామకం M (= AI). ఇక్కడ A అనేది లూప్ వైశాల్యం. I అనేది లూప్ గుండా విద్యుత్ ప్రవాహం.
- విద్యుత్ ప్రవాహం ఉన్న తీగచుట్టను అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఉంచినట్లైతే తీగచుట్ట పై పనిచేసే టార్క్

$$|\tau| = B\ (NIA)\ \sin\theta = |B|\ |M|\ \sin\theta$$

- వలయం లోని విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని కొలవడానికి గాల్వనామీటరును ఉపయోగిస్తారు.
- షంట్ చేయబడిన గాల్వనా మీటరునే ఆమ్మీటరు అంటారు. అధిక నిరోధాన్ని శ్రేణిలో కలుపబడిన గాల్వనామీటరునే వోల్టుమీటరు అంటారు. ఆమ్మీటరుతో విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని కొలుస్తారు, వోల్టుమీటరుతో పొటెన్షియల్ తేడాను కొలుస్తారు.

ముగింపు అభ్యాసం

1. బయోట్-సేవర్ట్ నియమం నిర్వచించి, వివరించండి.
2. విద్యుత్ ప్రవాహమున్న వృత్తాకార లూప్ అక్షంపై అయస్కాంత క్షేత్రానికి సమాసాన్ని ఉత్పాదించండి.
3. ఆంపియర్ వలయ నియమాన్ని ప్రవచించి, వివరించండి.
4. అనంతమైన పొడవు ఉండి విద్యుత్ ప్రవాహం గల వాహకం వల్ల కలిగే అయస్కాంత క్షేత్రానికి సమాసాన్ని ఉత్పాదించండి.
5. సాలినాయిడ్ వల్ల కలిగే అయస్కాంత క్షేత్రానికి సమాసం ఉత్పాదించండి.
6. అయస్కాంత క్షేత్రంలో చలించే ఆవేశంపై పనిచేసే బలానికి సమాసాన్ని ఉత్పాదించండి.
7. విద్యుత్ ప్రవాహం గల రెండు తిన్నని సమాంతర వాహకాల మధ్య ఏకాంక పొడవుకు పనిచేసే బలానికి సమాసం ఉత్పాదించి, ఆంపియర్ ప్రమాణాన్ని నిర్వచించండి.
8. ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రంలో విద్యుత్ ప్రవాహం గల లూప్‌ను ఉంచినప్పుడు దానిపై పనిచేసే టార్క్‌కు సమాసాన్ని ఉత్పాదించండి.
9. గాల్వానా మీటర్ సూత్రం, నిర్మాణం, పనిచేసే విధానాన్ని వివరించండి.
10. విద్యుత్ ప్రవాహమున్న వాహకం చుట్టూ అయస్కాంత క్షేత్రం ఏర్పడుతుందని మీరు ఏ విధంగా చూపుతారు? ఒక నిర్దిష్టమైన ప్రదేశంలో దాని పరిమాణం, దిశలను ఏ విధంగా కనుక్కుంటారు?
11. అయస్కాంత క్షేత్రంలో కదిలే ఆవేశంపై ఒక బలం పనిచేస్తుంది, కాని ఈ బలం దాని వడిని మార్చదు. ఎందువల్ల?
12. పొడవైన తిన్నని విద్యుత్ ప్రవాహమున్న తీగకు ఏ క్షణం లోనయినా ఆవేశిత కణం సమాంతరంగా కదులుతుంది. కణం మీద ఏదైనా బలం పనిచేస్తుందా?
13. ఒక తీగ గుండా 10 ఆంపియర్ల విద్యుత్ ప్రవహిస్తోంది. ఈ తీగను అయస్కాంత క్షేత్రం 5T కు లంబంగా ఉంచారు. తీగ $\frac{1}{10}$m పొడవు పై పనిచేసే బలం కనుక్కోండి.

14. పొడవైన తిన్నని తీగలో 12 ఆంపియర్ల విద్యుత్ ప్రవహిస్తోంది. దాని నుంచి 48 cm దూరంలో అయస్కాంత క్షేత్ర తీవ్రతను కనుక్కోండి.

15. 3m పొడవు కల రెండు సమాంతర తీగలు ఒకదాని నుంచి మరొకటి 0.05 m దూరంలో ఉన్నాయి. ప్రతీ తీగలో ఒకే దిశలో 5 A విద్యుత్ ప్రవాహముంది. వాటి మీద పనిచేసే బలాన్ని కనుక్కోండి. దాని స్వభావం మీద మీ అభిప్రాయం తెలపండి.

16. 50 cm పొడవు గల సోలినాయిడ్ గుండా 8.0 A విద్యుత్ ప్రవాహమున్నపుడు, కేంద్రం వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రం 4.0×10^{-2} NA^{-1} m^{-1}. సోలినాయిడ్‌లో గల చుట్ల సంఖ్యను కనుక్కోండి.

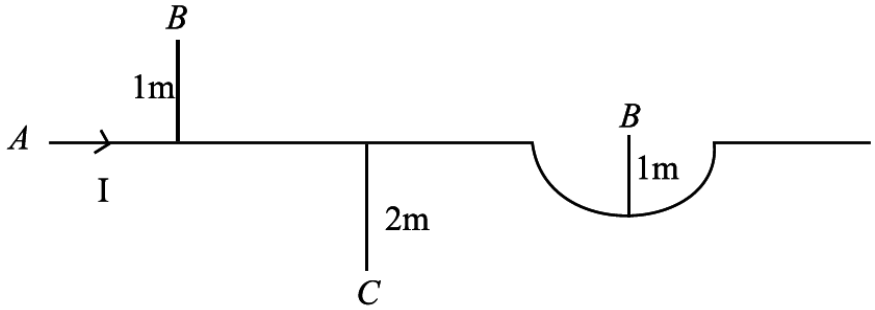
17. రెండు సర్వసమాన గాల్వనా మీటర్లు ఉన్నాయి. అందులో ఒకటి ఆమ్మీటరు, మరొకటి మిల్లీ ఆమ్మీటరుగా మార్చాలి. దేని షంటు ఎక్కువ నిరోధాన్ని కలిగి ఉంటుంది?

18. 20 Ω నిరోధం గల గాల్వనా మీటరు, 0.005 A విద్యుత్‌కు పూర్తి అపవర్తనాన్ని ఇస్తుంది. 1 A విద్యుత్తును కొలిచే ఆమ్మీటరుగా దానిని మార్చడానికి కావలసిన షంటు విలువను కనుక్కోండి. ఆమ్మీటరు నిరోధం ఎంత?

19. 5×10^{-11} m వ్యాసార్ధం కల వృత్తాకార కక్ష్యలో ఒక ఎలక్ట్రాను సెకండుకు 7.0×10^{15} పరిభ్రమణాల రేటుతో కదులుతుంది. కక్ష్య కేంద్రం వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రం B ని కనుక్కోండి.

20. 0.16 m వ్యాసార్ధం కలిగి 200 చుట్లు గల వృత్తాకార తీగచుట్టలో 4.8 ఆంపియర్ల విద్యుత్ ప్రవాహమున్నప్పుడు, దాని కేంద్రం వద్ద గల అయస్కాంత క్షేత్రంను కనుక్కోండి.

21. పటం 21.23 ను చూడండి. A, B, C ల వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని కనుక్కోండి.



పటం 21.23

పాఠంలోని ప్రశ్నలకు సమాధానాలు

21.1

1. (i) విద్యుత్ (ii) అయస్కాంత మరియు విద్యుత్

2. సమతాస్థితిలోని వాహకం తటస్థంగా ఉంటుంది. అంటే నికర విద్యుత్ ప్రవాహం ఏదీ అది కలిగి ఉండదు. ఉష్ణీయ ఎలక్ట్రాన్లు తమ అనియత చలనం కారణంగా వాటి వల్ల ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రాలను రద్దు చేస్తాయి.

3. మొదటి సందర్భంలో తీగ పొడవు $l_1 = 2\pi r$.

రెండవ సందర్భంలో తీగ పొడవు $l_2 = (2\pi r_2) \times 2 = 4\pi r_2$.

కాని $l_1 = l_2$

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

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

$$|B_1| = \frac{\mu_0 I}{2r}, \qquad |B_2| = \frac{\mu_o .2. I}{2\times\frac{r}{2}} = \frac{2\mu_o I}{r} = 4B_1$$

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

21.2

1. C

2. రెండు నియమాలు, విద్యుత్ ప్రవాహం ఉన్న వాహకాల వల్ల ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని సూచిస్తాయి.

3. (i) B, (ii) A, (iii) C.

4. $B = \mu_0 \frac{n}{l} I \Rightarrow 4\pi \times \frac{10^{-7}\times n}{0.1m} \times 3A = 0.002$ లేదా $n = \frac{0.002 \times 10^7}{12\pi} = 50$ చుట్లు

21.3

1. ప్రోటానుల ప్రవాహం ఎలక్ట్రానుల ప్రవాహంకు సమానంగా, వ్యతిరేక దిశలో ఉండటంవల్ల, బలం ఆకర్షిత బలమై ఉంటుంది.

2. అయస్కాంత క్షేత్రంలో చలనంలో ఉండే ఆవేశం పై పనిచేసే బలం, ఆవేశం చలనానికి లంబంగా ఉండటం వల్ల, ఆవేశం మీద ఉన్న బలం చేసే పని శూన్యం. అందువల్ల ఆవేశం గతిజ శక్తిలో మార్పురాదు. విద్యుత్ క్షేత్రంలో ఆవేశం క్షేత్ర దిశలో అపవర్తనం చెందుతుంది. కాబట్టి క్షేత్రం ఆవేశానికి బలరేఖల దిశలో త్వరణాన్ని కలిగిస్తుంది.

3. స్ప్రింగ్ ప్రతి చుట్టులో విద్యుత్ ప్రవాహం దిశ ఒకే విధంగా ఉంటుంది. ఒకే దిశ లో ఉన్న సమాంతర విద్యుత్ ప్రవాహాలు ఆకర్షణ బలాన్ని కలగచేస్తాయి. కాబట్టి అన్ని చుట్లు దగ్గరగా వస్తాయి మరియు స్ప్రింగ్ లోని విద్యుత్ ప్రవాహం ఏ దిశలో ఉన్నా వస్తువు పైకి జరుపబడుతుంది.

21.4

1. తీగచుట్ట తలం సమాంతరంగా గల క్షేత్ర తలాన్ని రేడియల్ అయస్కాంత క్షేత్రం అంటారు.

2. మెత్తటి ఇనుప స్థూపం గుండా అయస్కాంత క్షేత్ర బలరేఖలు ఎక్కువగా వెళ్ళడం వల్ల అయస్కాంత క్షేత్ర తీవ్రత పెరిగి, గాల్వనామీటరు సున్నితత్వం (Sensitivity) పెంచుతుంది.

3. ఆమ్మీటరు తక్కువ నిరోధాన్ని కలిగి ఉంటుంది. వోల్టుమీటరు ఎక్కువ నిరోధాన్ని కలిగి ఉంటుంది. ఆమ్మీటరులో, గాల్వనామీటరు తీగచుట్టకు తక్కువ నిరోధాన్ని సమాంతరంగా కలుపుతారు. అదే వోల్టుమీటరులో అయితే గాల్వనామీటరుకు ఎక్కువ నిరోధాన్ని శ్రేణిలో కలుపుతారు.

4. తీగచుట్టకు సమాంతరంగా తక్కువ నిరోధం R_s ను కలపాలి.

$$R_s = \frac{GI_g}{I - I_g} = \frac{20 \times (20 \times 10^{-3})}{3 - (20 \times 10^{-3})} = 0.13\Omega$$

ముగింపు అభ్యాసంకు సమాధానాలు

13. 5 N

14. 5 μN

15. ఆకర్షిత బలం 10^{-4} N m^{-1}

16. $\frac{625}{\pi}$ చుట్లు

18. 0.1 Ω

19. 4.48 πT

20. 1.2 π mT

21. $B_A = 2 \times 10^{-7}$ T, $B_B = \pi \times 10^{-7}$ T మరియు $B_C = 10^{-7}$ T

22

విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ

పరిచయం

మనకు లభ్యమవుతున్న శక్తి రూపాలన్నింటిలో విద్యుచ్ఛక్తి మనకు చాలా సౌకర్యవంతమైనది. మన ఇంట్లో దీపాల్ని వెలిగిస్తుంది. రైళ్ళను నడుపుతుంది. ప్రసార సాధనాలను పనిచేయిస్తుంది. మొత్తం మీద మన జీవితాన్ని సుఖమయం చేస్తుంది. అలాగే మన ఇంట్లో ఉపయోగించే విద్యుత్ ఉపకరణాల చిట్టా కూడా చాలా పెద్దది. విద్యుత్ శక్తి ఎలా ఉత్పత్తి అవుతుందని మీరెప్పుడైనా ఆలోచించారా? నీటికి ఉండే శక్తి నుపయోగించుకొని టర్బైన్ ద్వారా నడుపబడే జనరేటర్ జలవిద్యుచ్ఛక్తిని ఉత్పత్తి చేస్తుంది. బొగ్గు, వాయువు, న్యూక్లియర్ ఇంధన ఆధార విద్యుత్ కేంద్రాలలో టర్బైన్ ఆవిరిని ఉపయోగించుకొని జనరేటర్‌ను పనిచేయిస్తుంది. పట్టణ విద్యుత్ ఉపకేంద్రాల నుండి తీగల ద్వారా విద్యుచ్ఛక్తి మన ఇళ్ళకు చేరుతుంది. మీరెప్పుడైనా విద్యుత్ ఉపకేంద్రాన్ని సందర్శించారా? అక్కడ ఉండే పెద్ద యంత్రాలు ఏమిటో తెలుసా? ఆ యంత్రాలను పరివర్తకాలు అంటారు. విద్యుచ్ఛక్తిని మనకందుబాటులోకి తెచ్చే ముఖ్యమైన సాధనాలు జనరేటర్, పరివర్తకాలు. ఈ పరికరాలు విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ ఆధారంగా పనిచేస్తాయి.

విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ, దీనిని నియంత్రించే నియమాలు, వీటి ఆధారంగా పనిచేసే పరికరాల గురించి అలాగే ఎడ్డీ ప్రవాహాలు, వాటి లాభ నష్టాలను ఈ పాఠంలో నేర్చుకుంటారు. విద్యుత్ జనరేటర్లు, అవి పనిచేసే విధానం గురించి, విద్యుచ్ఛక్తిని మనకందించడంలో వాటి పాత్రను గురించి కూడా చదువుతారు.

లక్ష్యాలు

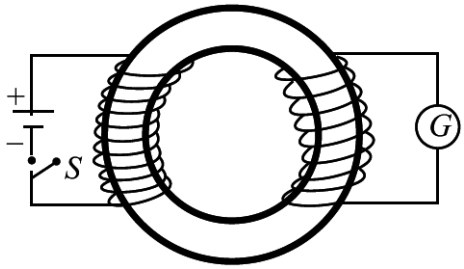
ఈ పాఠం చదివిన తరువాత ఈ కింది విషయాలు తెలుసుకుంటారు.

- ప్రయోగాల ద్వారా విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ దృగ్విషయాన్ని గురించిన వివరణ.
- విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణలోని లెంజ్ నియమం, ఫారడే నియమాల వివరణ
- ఎడ్డీ ప్రవాహాల ప్రాముఖ్యత
- చలనాత్మక విద్యుచ్చాలక బలం భావన
- స్వయం ప్రేరణ, అన్యోన్య ప్రేరణల గురించిన వర్ణన
- ac మరియు dc జనరేటర్లు పనిచేసే విధానం వర్ణన

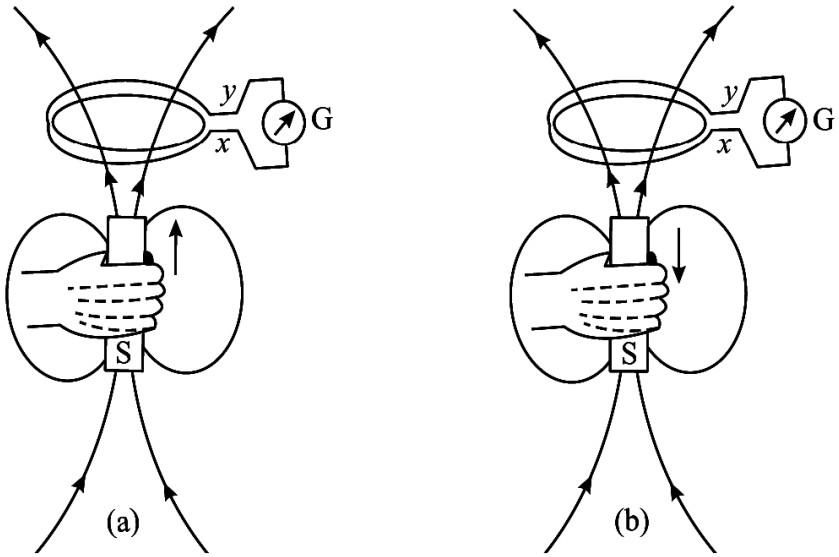
22.1 విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ

ఒక విద్యుత్ వాహక తీగ గుండా ప్రవహించే నిలకడ విద్యుత్ ప్రవాహం నిలకడ అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఉత్పత్తి చేస్తుందని ఇంతకుముందు పాఠంలో చదువుకున్నారు. నిలకడ అయస్కాంత క్షేత్రం, విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఏర్పరచగలదని ఫారడే మొదట (తప్పుగానే) భావించాడు.

అయస్కాంత ప్రేరిత ప్రవాహాల మీద ఫారడే చేసిన పరిశోధనల ప్రయోగ అమరికను పటం 22.1 లో చూపించారు. కుడివైపు ఉన్న తీగచుట్టలోని ప్రవాహం ఇనుపచట్రంలో కేంద్రీకృతమయ్యే విధంగా అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. ప్రేరిత ప్రవాహాన్ని సూచించడానికి కుడి వైపు ఉన్న తీగచుట్టలో గాల్వనోమీటరును అనుసంధానం చేశారు. వలయంలో నిలకడ విద్యుత్ ప్రవాహమున్నప్పుడు గాల్వనోమీటర్ లో అపవర్తనం ఉండదు. ఎడమవైపు వలయంలోని స్విచ్‌ను మూసినపుడు గాల్వనోమీటరు ఒక క్షణం అపవర్తనం చూపుతుంది. అలాగే స్విచ్‌ను తెరిచినపుడు కూడా క్షణం సేపు అపవర్తనం వ్యతిరేక దిశలో నమోదు అవుతుంది. ఎడమవైపు వలయంలోని ప్రవాహం వల్ల కలిగిన అయస్కాంత క్షేత్రం మారినపుడు మాత్రమే ప్రవాహం ప్రేరేపితమవుతుందని అర్థమవుతుంది.



పటం 22.1 ఇనుప చట్రానికి చుట్టిన రెండు తీగ చుట్టలు, స్విచ్‌ను తెరచినప్పుడు లేదా మూసినప్పుడు గాల్వనామీటర్ G లో ఒక క్షణం అపవర్తనం కలగడం



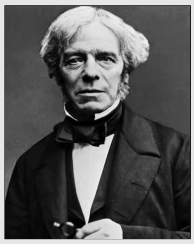
పటం 22.2 : (a) అయస్కాంతాన్ని తీగచుట్ట వైపుకు జరిపినపుడు విద్యుత్ ప్రవాహం ప్రేరేపితమవ్వడం (b) అయస్కాంతాన్ని తీగచుట్టనుండి దూరంగా జరిపినపుడు వ్యతిరేక దిశలో విద్యుత్ ప్రవాహం ప్రేరేపిత మవ్వడం.

పటం 22.2 లో చూపిన ప్రయోగం ద్వారా అయస్కాంత క్షేత్రంలోని మార్పు కలుగజేసే ప్రభావాన్ని అర్థం చేసుకోవచ్చు. తీగ చుట్ట పరంగా అయస్కాంతం నిశ్చలస్థితిలో ఉంటే తీగచుట్టలో ప్రేరణ ప్రవాహం ఉండదు. అయస్కాంతాన్ని తీగ చుట్ట వైపుకు జరిపినపుడు పటం 22.2 (a) లో చూపిన దిశలో విద్యుత్ ప్రవాహం ప్రేరేపితమవుతుంది. అలాగే అయస్కాంతాన్ని వ్యతిరేకదిశలో జరిపినపుడు వ్యతిరేకదిశలో ప్రవాహం ప్రేరేపితమవుతుంది. (పటం 22.2 (b)). పై రెండు సందర్భాలలో అయస్కాంత క్షేత్రంలో మార్పులు తీగచుట్ట సమీపంలో జరిగాయి. అయస్కాంతం పరంగా తీగచుట్టను జరిపినా కూడా తీగచుట్టలో ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహ గమనాన్ని చూడవచ్చు. వలయంలో ఉండే

ఇటువంటి విద్యుత్ ప్రవాహం తీగ చుట్ట యొక్క స్వేచ్ఛగా ఉండే x, y చివరల మధ్య విద్యుచ్ఛాలక బలం ఉనికిని తెలియజేస్తుంది.

మారే అయస్కాంతక్షేత్రం, విద్యుచ్ఛాలక బలాన్ని ప్రేరేపించే దృగ్విషయాన్ని విద్యుదయస్కాంతప్రేరణ అంటారు. ఈ పని యొక్క ప్రాముఖ్యతను ప్రతిభావంతుడైన ఫారడే గుర్తించి పరిశోధన చేశాడు. ఈ దృగ్విషయం పరిమాణాత్మక వివరణను విద్యుదయస్కాంత ఫారడే నియమం అంటారు. దీని గురించి ఇప్పుడు చర్చిద్దాం.

మైకేల్ ఫారడే (1791 - 1867)



నిరంతరకృషి, పట్టుదల, విజ్ఞానశాస్త్రం పట్ల మక్కువ మానవీయతలతో గొప్పవాడైన వ్యక్తికి మంచి ఉదాహరణ బ్రిటిష్ ప్రయోగాత్మక శాస్త్రవేత్త మైకేల్ ఫారడే. బుక్‌బైండర్ వద్ద సహాయకుడిగా తన కెరీర్‌ను ప్రారంభించి, బైండింగ్ కొరకు వచ్చే పుస్తకాలను చదివే అవకాశాన్ని వినియోగించుకున్నాడు. తనురాసిన నోట్సును హంప్రిడేవికి పంపించినపుడు, హంప్రిడేవి ఇతని ప్రజ్ఞను గుర్తించి రాయల్ ఇనిస్టిట్యూట్‌లో తన శాశ్వత సహాయకుడిగా నియమించుకున్నాడు.

హంప్రిడేవి తన జీవితంలో అతి గొప్ప అన్వేషణ మైకేల్ ఫారడే అని తెలియజేశాడు. అతను చెప్పింది నిజం ఎందుకంటే విద్యుత్ యుగానికి కావలసిన ప్రాథమిక అన్వేషణలెన్నో మైకేల్‌ఫారడే చేశాడు. దీని ఫలితంగా ఎలక్ట్రిక్ జనరేటర్, పరివర్తకం, ఎలక్ట్రిక్ మోటార్, విద్యుత్ విశ్లేషణ మొదలైనవన్నీ సాధ్యమయ్యాయి.

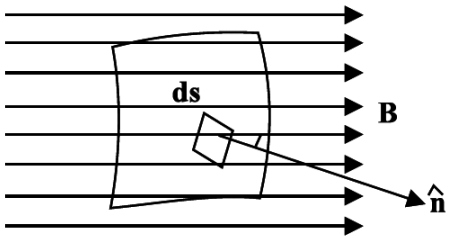
22.1.1 ఫారడే విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ నియమం

మారుతున్న అయస్కాంత క్షేత్రం, ప్రేరిత విద్యుచ్ఛాలక బలాల మధ్య సంబంధాన్ని తీగచుట్ట తలంలో ఉన్న అయస్కాంత అభివాహం ϕ_B పరంగా చెప్పవచ్చు. అయస్కాంత అభివాహం అంటే ఏమిటని మీరడగవచ్చు? అయస్కాంత అభివాహంను నిర్వచించడానికి పటం 22.3 (a) ను చూడండి. దీనిలో ఇచ్చిన తలాన్ని వైశాల్యం **ds** గా గల విలక్షణ అనంతసూక్ష్మ అల్పాంశం గా విభజించారని భావిద్దాం. **ds** దిశ, ఆ బిందువు వద్ద తలానికి లంబంగా ఉంటుంది. వైశాల్య అల్పాంశం **ds** కు, అయస్కాంత అభివాహం $\mathbf{d}\,\phi_B$ ను స్థిరవిద్యుత్‌తో ఉన్న పోలిక నుండి ఈ కింది విధంగా నిర్వచించవచ్చు.

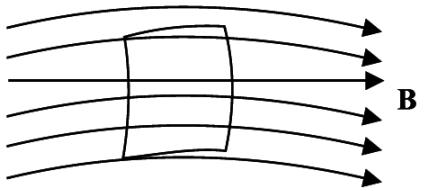
$$d\phi_B = \mathbf{B}.\mathbf{ds} \qquad (22.1)$$

మొత్తం తలానికి పై అల్పాంశాల వల్ల పొందిన అయస్కాంత అభివాహాలను సంకలనం చేయగా

$$d\phi_B = \Sigma\mathbf{B}.\mathbf{ds} \qquad (22.2)$$



(a)
అనంత సూక్ష్మ వైశాల్యం ds కు అయస్కాంత అభివాహం $d\phi_B = B.ds$,



(b)
ఒక తలంలో అయస్కాంత అభివాహం, ఆ తలాన్ని ఖండిస్తున్న రేఖల సంఖ్యకు అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.

పటం 22.3

అయస్కాంత అభివాహానికి SI ప్రమాణం వెబర్ (Wb),

ఇక్కడ $1\ Wb = 1\ Tm^2$.

విద్యుత్ బలరేఖలలో వలెనే, పటం 22.3 (b) లో చూపిన విధంగా తలాన్ని ఖండిస్తున్న అయస్కాంత రేఖల సంఖ్య, తలం గుండాపోయే అయస్కాంత అభివాహంకు అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.

ఫారడే నియమం ప్రకారం పరిపథంలో బద్ధమై ఉన్న తలంలో ఉండే అయస్కాంత అభివాహం కాలంతో పాటు మారుతున్నప్పుడు తీగపరిపథంలో విద్యుచ్ఛాలకబలం ప్రేరేపితమవుతుంది. ప్రేరణ విద్యుచ్ఛాలక బలం పరిమాణం, అయస్కాంత అభివాహంలో మార్పు రేటుకు అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది. గణితాత్మకంగా

$$|\varepsilon| = \frac{d\phi_B}{dt} \qquad (22.3)$$

దీని నుండి అయస్కాంత అభివాహం ప్రమాణం (Wb), విద్యుచ్ఛాలక బలం ప్రమాణం (V) ల మధ్య సంబంధం

$$1V = 1Wb\ s^{-1}.$$

దగ్గరగా చుట్టబడిన తీగచుట్టలో ప్రేరితమైన విద్యుచ్ఛాలక బలాన్ని తీసుకోండి. తీగచుట్టలోని ప్రతీ చుట్టు ఒక తలం లాగ ప్రవర్తిస్తుంది. ఒక్కొక్క చుట్టులోని ప్రేరిత విద్యుచ్ఛాలక బలాన్ని ఫారడే నియమాన్ని ఉపయోగించి గణించవచ్చు. చుట్లు అన్నీ శ్రేణిలో ఉన్నాయి కనుక ఒక్కొక్క చుట్టులోని ప్రేరితవిద్యుచ్ఛాలక బలాల మొత్తం తీగచుట్ట యొక్క మొత్తం ప్రేరితవిద్యుచ్ఛాలక బలాన్ని ఇస్తుంది. తీగచుట్ట బాగా దగ్గరగా చుట్టబడి ఉందని అనుకున్నాం కనుక ఏదేని ఒక క్షణంలో ప్రతీ చుట్టు ప్రేరిత విద్యుచ్ఛాలక బలం సమానం. ప్రతిచుట్టులో ఒకే విద్యుచ్ఛాలక బలం ε ప్రేరితమయితే, N చుట్లు ఉన్న తీగచుట్టలోని మొత్తం ప్రేరిత విద్యుచ్ఛాలక బలం

$$|\varepsilon_r| = N|\varepsilon| = N\left(\frac{d\phi_B}{dt}\right) \qquad (22.4)$$

ఒక్కొక్క చుట్టుకు ఉన్న అయస్కాంత అభివాహం ϕ_B

ఫారడే నియమాన్ని కొన్ని పరిస్థితులకు అన్వయిద్దాం.

ఉదాహరణ 22.1

35 mm వ్యాసార్ధం గల, 75 చుట్లు గల తీగచుట్ట అక్షం, ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రానికి సమాంతరంగా ఉంది. 250 milli second లలో క్షేత్ర పరిమాణం 25 mT నుండి 50 mT వరకు స్థిర రేటుతో మారుతూ ఉంది. ఈ కాల వ్యవధిలో తీగచుట్టలోని ప్రేరిత విద్యుచ్ఛాలక బలాల పరిమాణాన్ని నిర్ధారించండి.

సాధన :

క్షేత్రం, తీగచుట్ట అక్షానికి సమాంతరంగా, ఏకరీతిగా ఉంది కనుక ఒక్కొక్క చుట్టలో ఉన్న అభివాహం

$$\phi_B = B\pi R^2$$

ఇక్కడ R తీగ చుట్ట వ్యాసార్ధం. సమీ (22.4) నుండి ప్రేరిత విద్యుచ్ఛాలక బలం

$$|\varepsilon| = N\frac{d\phi_B}{dt} = N\frac{d(B\pi R^2)}{dt} = N\pi R^2\frac{dB}{dt} = N\pi R^2\left(\frac{B_2 - B_1}{t}\right)$$

తీగచుట్టలోని ప్రేరిత విద్యుచ్చాలక బలం పరిమాణం

$$|\varepsilon| = 75\pi\ (0.035\ m)^2\ (0.10\ Ts^{-1}) = 0.30\ V = 30\ mV$$

కాలంతో పాటు మారే క్షేత్రం ద్వారా ఏర్పడే ప్రేరిత విద్యుచ్చాలకబలం భావనను పై ఉదాహరణ వివరిస్తుంది.

ఉదాహరణ 22.2

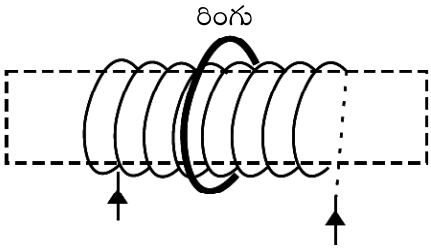
మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యం 8 cm^2 గల పొడవైన సోలినాయిడ్ ను తీసుకోండి (పటం 22.4 (a), 22.4 (b)) దాని వైండింగ్‌లో కాల ఆధారితప్రవాహం అయస్కాంత క్షేత్రం $B(t) = B_0 \sin 2\pi\nu t$ ను ఏర్పరచింది. ఇక్కడ B_0 స్థిరాంకం ఇది 1.2 T కు సమానం, ν అయస్కాంత క్షేత్ర పౌనఃపున్యం. ఇది 50 Hz. తీగచుట్ట నిరోధం $R = 1.0\ \Omega$ అయితే r వ్యాసార్ధం గల సోలినాయిడ్ అక్షం వద్ద కేంద్రీకరింపబడిన ప్రేరిత ప్రవాహం, విద్యుచ్చాలక బలాల్ని గణించండి.

సాధన :

అయస్కాంత అభివాహం

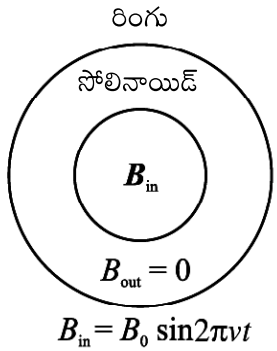
$$\phi_B = B_0 \sin 2\pi\nu t A$$

సోలినాయిడ్ మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యానికి లంబంగా ఉంది కనుక, అయస్కాంత క్షేత్ర దిశలోనే ఉంటుంది.



(a)

బయట ఏకకేంద్ర వలయం గల పొడవైన సోలినాయిడ్



(b)

సోలినాయిడ్, ఏకకేంద్రవలయాల మధ్యచ్ఛేదం.

పటం 22.4

ఇక్కడ $$|\varepsilon| = \frac{d\phi_B}{dt} = 2\pi AB_0 \cos 2\pi\nu t$$

$$= 2\pi\ .\ (50\ s^{-1})\ (8 \times 10^{-4}\ m^2)\ (1.2\ T)\ \cos 2\pi\nu t$$

$$= 0.3\ \cos 2\pi\nu t \text{ volts}$$

$$= 0.3\ \cos 100\pi t \text{ volts}$$

రింగులో ఉన్న ప్రవాహం $I = \frac{\varepsilon}{R}$

$$I = \frac{(0.3\cos 100\pi t)}{(1.0\Omega)} \text{ volts}$$

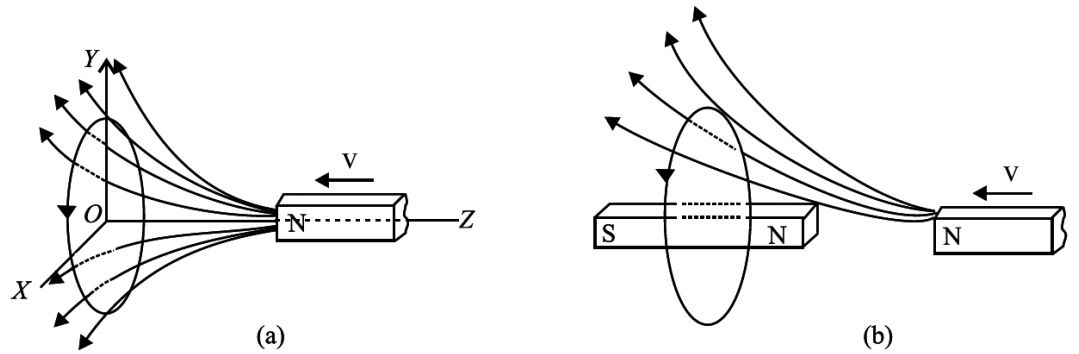
$$= +\ 0.3\ \cos\ 100\ \pi t\ A$$

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 22.1

1. 1000 చుట్లు గల తీగచుట్ట వ్యాసార్ధం 5 cm (a) 1 s (b) 1 ms లలో తీగచుట్ట గుండా అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని 10 T నుండి 0 కు తగ్గించినపుడు తీగచుట్ట వద్ద ఏర్పడిన విద్యుచ్చాలక బలాన్ని కనుక్కోండి.
2. 250 చుట్లు కలిగిన తీగ చుట్టలో ఉన్న అయస్కాంత అభివాహం ϕ_B (t) = A+ Dt^2. ఇక్కడ A = 3 Wb, D = 15 Wbs^{-2} స్థిరాంకాలు (a) తీగచుట్టలోని ప్రేరిత విద్యుచ్చాలక బలం పరిమాణం $\varepsilon = (2ND)t$ కు సమానం అని చూపండి (b) t = 0 s, t = 3.0 s వద్ద ప్రేరిత విద్యుచ్చాలక బలం విలువ కట్టండి.
3. వాహక పరిపథం యొక్క తలానికి గీసిన లంబం, అంతరాళ ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రం θ తో స్థిరకోణాన్ని చేస్తుంది. తీగ చుట్ట వైశాల్యం S, క్షేత్ర పరిమాణం dB/dt రేటు ప్రకారం మారుతూ ఉంటే తీగ చుట్టలో ప్రేరిత విద్యుచ్చాలక బలం పరిమాణం $\varepsilon = (dB/dt)\ S \cos\theta$ అని చూపండి. S యొక్క ఏ దిగ్విన్యాసంలో తీగచుట్ట ε విలువ (a) గరిష్ఠం (b) కనిష్ఠం అవుతుంది.

22.1.2 లెంజ్ నియమం

వాహక రింగును సమీపిస్తున్న దండాయస్కాంతాన్ని తీసుకోండి (పటం 22.5 (a)). ఫారడే నియమాన్ని అనువర్తింప చేయుటకు మొదట మనం రింగు దృష్ట్యా ధన దిశను ఎంపిక చేసుకోవాలి. *O* నుండి *Z* వైపు ధన దిశగా తీసుకుందాం. (మనకు అనుకూలంగా ఉండే ఇంకేదైన ఎంపిక కూడా మంచిదే) ఈ ఆకృతి (Configuration) లో తీగ చుట్ట వైశాల్యానికి ధనాత్మక లంబం Z- దిశలో ఉంటుంది మరియు అయస్కాంత అభివాహం రుణాత్మకం. దండాయస్కాంతం N – ధ్రువం మరియు వాహక రింగుల మధ్య దూరం తగ్గినపుడు రింగు గుండా ఎక్కువ క్షేత్ర రేఖలు వెళ్ళి అభివాహంను మరింత రుణాత్మకం చేస్తాయి. అప్పుడు $d\phi_B/dt$ రుణాత్మకం. మనం ఎంపిక చేసుకున్న దిశను బట్టి, ఫారడే నియమం ప్రకారం ε ధనాత్మకం. విద్యుత్ ప్రవాహం *I* దిశ పటంలో చూపినవిధంగా ఉంటుంది.



పటం 22.5 (a) లోహపు రింగును సమీపిస్తున్న దండాయస్కాంతం, (b) ప్రేరిత ప్రవాహం యొక్క అయస్కాంత క్షేత్రం రింగును సమీపిస్తున్న దండాయస్కాంతంను వ్యతిరేకించుట.

రింగులోని ప్రేరణ ప్రవాహం, గౌణ అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. పటం 22.5 (b) లో చూపిన విధంగా ప్రేరణ అయస్కాంత క్షేత్రంను దండాయస్కాంతం ఉత్పత్తి చేసే అయస్కాంత క్షేత్రంలాగానే భావించవచ్చు. ప్రేరణ అయస్కాంత క్షేత్రం, సహజ అయస్కాంత క్షేత్రంను ఆకర్షించడం, వికర్షించడంను గుర్తుకు తెచ్చుకోండి. ఈ వ్యతిరేకత శక్తి నిత్యత్వ నియమం పర్యవసానమే, దానిని లెంజ్ నియమంగా సూత్రీకరించారు. **వాహకంలో విద్యుత్ ప్రేరేపిత మయినపుడు, ఏ మార్పు వల్ల విద్యుత్ ప్రేరేపితమయ్యిందో ఆ మార్పును వ్యతిరేకించేటట్లుగా అయస్కాంత క్షేత్రం ఏర్పడేలా విద్యుత్ ప్రవాహ దిశ ఉంటుంది.**

ఏమి లేనపుడు, మనమేమి పొందబోవడం లేదని ఈ నిర్వచనంలోని పదం "వ్యతిరేకత" తెలియజేస్తుంది. దండాయస్కాంతంను రింగు వైపుకు తోసినపుడు, రింగులోని ప్రేరణ ప్రవాహం ఏర్పరచే అయస్కాంత క్షేత్రం, అభివాహంలోని మార్పును వ్యతిరేకిస్తుంది. ప్రేరణ ప్రవాహం ఉత్పత్తి చేసిన అయస్కాంతక్షేత్రం ముందుకు వస్తున్న అయస్కాంతాన్ని వికర్షిస్తుంది. మనం అయస్కాంతాన్ని ముందుకు జరపాలి అనుకొంటే అయస్కాంతంమీద కొంత పనిచేయాలి. ఈ పని రింగులో విద్యుచ్ఛక్తిగా కనిపిస్తుంది. లెంజ్‌నియమం, శక్తి నిత్యత్వ నియమాన్ని అనుసరిస్తుంది. ఫారడే మరియు లెంజ్ నియమాల ఉమ్మడి సమాసాన్ని ఈ కింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} \qquad (22.5)$$

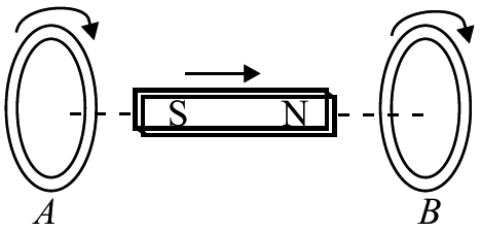
రుణ సంజ్ఞ ప్రేరిత అభివాహానికి గల వ్యతిరేకతను తెలుపుతుంది.

లెంజ్ నియమం అనువర్తనం కొరకు, ఉదాహరణ 22.2 లో చూపిన తీగచుట్టను తీసుకొందాం. దాని అక్షాన్ని లంబదిశలో తీసుకొని, అయస్కాంత క్షేత్రదిశ అక్షం వెంబడి ఊర్ధ్వ దిశలో ఉందనుకొందాం. తీగచుట్ట పై నుండి చూసే పరిశీలకుడికి ప్రేరణ విద్యుచ్చాలక బలం ఏ దిశలో కనిపిస్తుంది? సవ్యదిశలోనే ఉంటుంది. దీని ద్వారా ఏర్పడే అయస్కాంత క్షేత్రం మారుతున్న అయస్కాంత అభివాహాన్ని వ్యతిరేకిస్తుంది. ఇంకా ముందుకు పోవడానికి లెంజ్ నియమంను అనువర్తింపజేయడాన్ని నేర్చుకోవాలి. ఈ కింది అభ్యాసాన్ని ప్రయత్నించి చూడండి.

సంవృత వలయాలలోని ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహాలను లెంజ్ నియమం వివరిస్తుంది. ఎందుకంటే, సంవృత వలయాలల్లో మాత్రమే ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహాలను ఉత్పత్తి చేయవచ్చు. లేకుంటే మనం కేవలం ప్రేరిత వి.చా.బ, దాని దిశల గురించి మాత్రమే మాట్లాడాల్సి ఉంటుంది.

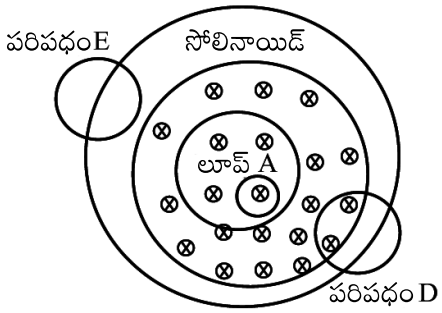
పాఠంలోని ప్రశ్నలు 22.2

1. పటం 22.6 లోని దండాయస్కాంతం కుడివైపుకు కదులుతుంది. స్థిర పరిపదం A మరియు B లలో ప్రేరణ ప్రవాహం దిశ ఏమిటి?



పటం 22.6

2. ఆదర్శ సోలినాయిడ్ మధ్యచ్ఛేదం పటం 22.7 లో చూపించారు. సోలినాయిడ్ లోపల ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రం పరిమాణం పెరుగుతూ ఉంది. సోలినాయిడ్ బయట $\mathbf{B} = 0$. ఏ వాహక పరిపథాలలో ప్రేరణ ప్రవాహం ఉంటుంది. ప్రతీ సందర్భంలో ప్రవాహ దిశ ఏమిటి?

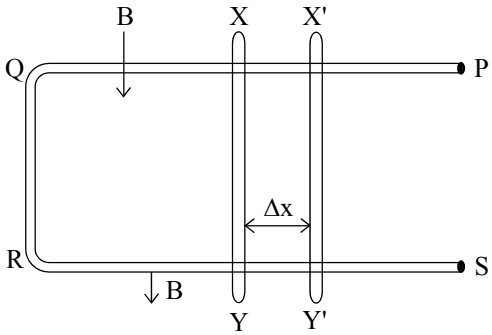


పటం 22.7

3. దండాయస్కాంత అక్షం, రాగి రింగు అక్షం వెంబడి ఉండేలా అమర్చబడి దాని పొడవు వెంబడి రింగు వైపుకు కదపబడింది. రింగులోపల ప్రేరణ ప్రవాహం ఉంటుందా? రింగులోపల ప్రేరణ విద్యుత్‌క్షేత్రం ఉంటుందా? దండాయస్కాంతం మీద అయస్కాంత బలం ఉంటుందా? వివరించండి.

22.2 చలన విద్యుచ్చాలక బలం (Motional Electromotive Force)

ఒక ముందపాటి రాగి తీగ XY అనేది PQRS అనే మందంగా ఉన్న తీగ చట్రంపై ఉందనుకోండి. ఈ మొత్తం అమరిక B అనే అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఉంది. పటం 22.8 లో చూపినట్లు పుట తలం లోపలికి లంబంగా క్షేత్రం B పని చేస్తుంది. రాగి తీగ చట్రంపై కదులుతున్నప్పుడు ఘర్షణ వల్ల ఎలాంటి నష్టం జరగడం లేదనుకోండి. XQRY అనే ఒక సంవృత వలయాన్ని ఏర్పరుస్తూ, కొంత వైశాల్యాన్ని ఆవృతం చేస్తోంది. ఈ వైశాల్యం XY చలించినప్పుడల్లా మారుతుంది.



పటం 22.8

l పొడవు గల వాహకం XY, Δt సమయంలో Δx దూరం చలించి X'Y' అనే కొత్త స్థానానికి చేరిందనుకోండి. అప్పుడు లూప్ వైశాల్యం పెరుగుదల $l\Delta x$ అవుతుంది.

అయస్కాంత అభివాహం $\Delta\phi$ లో మార్పు $= Bl\Delta x$

అయస్కాంత అభివాహంలో మార్పురేటు $= \dfrac{Bl\Delta x}{\Delta t}$

$= Blv$

ఇక్కడ $\left(v = \dfrac{\Delta x}{\Delta t}\right)$ అనేది XY వాహకం వేగం.

ఫారడే–లెంజ్ నియమం ప్రకారం, ప్రేరిత విద్యుచ్చాలక బలం అనేది అయస్కాంత అభివాహంలోని మార్పురేటుకు సమానం

$$\therefore \qquad \varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -Blv$$

అందువల్ల, B అయస్కాంత క్షేత్రంలో l పొడవు గల వాహకం v వేగంతో చలించడం వల్ల దానిలో కలిగే ప్రేరిత విద్యుచ్ఛాలక బలం పరిమాణాత్మక విలువ Blv అవుతుంది.

అంటే, అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని మార్చకుండా వాహకాన్ని కదిలించడం ద్వారా దానిలో ప్రేరిత విద్యుచ్ఛాలక బలాన్ని ఉత్పత్తి చేయగలిగాము.

అయస్కాంత క్షేత్రంలో చలించే వాహకంలో ప్రేరితమైన విద్యుచ్ఛాలక బలాన్ని చలన విద్యుచ్ఛాలక బలం అంటారు.

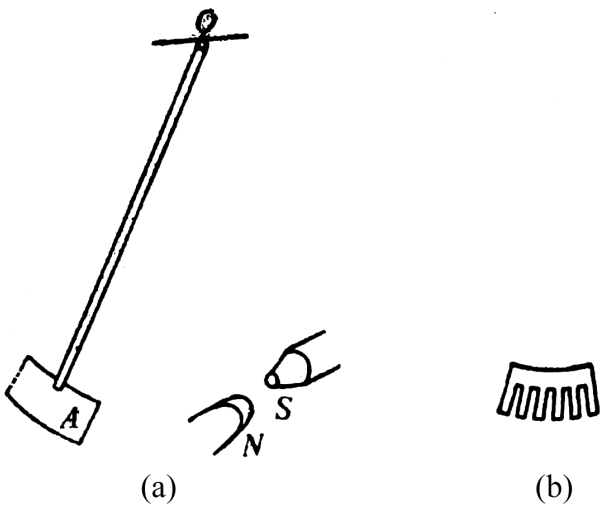
పాఠంలోని ప్రశ్నలు 22.3

1. l పొడవు గల కడ్డీ v స్థిర వేగంతో B అయస్కాంత క్షేత్రంలో లంబంగా చలిస్తోంది. కడ్డీలో ప్రేరితమయ్యే విద్యుచ్ఛాలక బలం కాలంతో ఎలా మారుతుందో తెలిపే గ్రాఫ్‌ను గీయండి.
2. ఉత్తర-దక్షిణ (N-S) దిశలో ఉన్న ఒక తీగను స్వేచ్ఛగా కిందికి వదిలారు. తీగ చివరల (కొనల) మధ్య ప్రేరితమయ్యే విద్యుచ్ఛాలక బలం ఎంత?

22.3 ఎడ్డీ ప్రవాహాలు (సుడి ప్రవాహాలు) (Eddy Currents)

ఒక పెద్ద లోహపు దిమ్మెను లేదా ముక్కను అయస్కాంత క్షేత్రంలో చలింపచేసినా లేదా కాలంతో మారే అయస్కాంత అభివాహానికి దగ్గరగా ఉంచినప్పుడు, లోహపు అంతర్భాగంలో అయస్కాంత ప్రేరణ రేఖలకు లంబంగా ఉండే తలాల్లో ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహాలు ఏర్పడతాయి. ఈ విద్యుత్ ప్రవాహాల దిశను లెంజ్ నియమం ద్వారా కనుక్కోవచ్చు. ఈ ప్రభావాన్ని 1895 సంవత్సరంలో ఫోకాల్ట్ కనుక్కొన్నాడు.

ఎడ్డీ ప్రవాహాల ఉత్పత్తిని పటం 22.9(a)లో చూపిన ఒక సరళ ప్రయోగం ద్వారా చూపవచ్చు. పటంలో చూపిన విధంగా తన తలానికి లంబంగా గల అక్షం పరంగా ఊగ గలిగిన ఒక రాగి పలకను బలమైన విద్యుదయస్కాంత ధృవాల మధ్య డోలనాలు చేసేలా ఏర్పాటు చేయడమైంది. విద్యుత్ అయస్కాంతాల ద్వారా విద్యుత్ ప్రవహించనంత వరకూ, పలక చేసే డోలనాలు గాలి అవరోధం వల్ల నెమ్మదిగా క్షీణిస్తూ ఉంటాయి. విద్యుదయస్కాంతాల ద్వారా విద్యుత్ ప్రవహించడం మొదలవగానే, పలక చలనం చాలా శీఘ్రంగా ఆగిపోతుంది. దీనికి కారణం ఏమంటే, పలకలో ప్రేరితమైన విద్యుత్ ప్రవాహాలు పలక చలనాన్ని వ్యతిరేకించే దిశలో ప్రసరణ (Circulate) చెందుతాయి (లెంజ్ నియమం ప్రకారం).



పటం 22.9

ఈ రాగి పలకలో, పటం 22.9 (b) లో చూపినట్లు, దీర్ఘచతురస్రాకార చీలికను చేస్తే, ఎడ్డీ ప్రవాహాల ప్రవాహానికి లభ్యమయ్యే వైశాల్యం తగ్గడం వల్ల, విద్యుదయస్కాంత అవరుద్ధం తగ్గి, పలక మరింత ఎక్కువ కాలం డోలనాలు చేయగలుగుతుంది.

లోహ కాండం (కోర్)పైన చుట్టిన తీగ చుట్టలు గల ట్రాన్స్‌ఫార్మర్లు, విద్యుత్ మోటార్లు, డైనమోలు వంటి పరికరాలలోని లోహ కోర్‌లలో ఎడ్డీ విద్యుత్ ప్రవాహాలు ఏర్పడతాయి. ఎడ్డీ ప్రవాహాలు ఉష్ణాన్ని ఉత్పత్తి చేయడమే గాక (శక్తి నష్టం) తమకు తాము అభివాహాన్ని ఏర్పరచుకోవడం వల్ల ఇవి అవాంఛనీయాలు. ఒక లోహ కోర్‌ను చేయడానికి వాడిన లోహ స్తరితాల (Laminations of metal) ను ఉపయోగించి ఎడ్డీ ప్రవాహాలను కనిష్ఠమయ్యేట్లు చేస్తారు. ఈ లోహ స్తరితాలను వార్నీష్ వంటి విద్యుద్బంధక పదార్థంలో ఒకదాని నుంచి మరొక దాన్ని వేరుపరుస్తారు. ఈ లోహ స్తరితాల తలాన్ని ఎడ్డీ ప్రవాహాల పథాలను అడ్డంగా ఖండించేటట్లుగా అయస్కాంత క్షేత్రానికి సమాంతరంగా అమర్చాలి. ఈ అమరిక ఎడ్డీ ప్రవాహాల సత్వాన్ని తగ్గిస్తుంది. దీనితో ఉష్ణ నష్టం గణనీయంగా తగ్గుతుంది.

కాబట్టి ట్రాన్స్‌ఫార్మర్‌లలో స్తరిత కోర్ (laminated core) ను వాడటం వల్ల ప్రాభావిక నిరోధం పెరిగి, ప్రేరిత ఎడ్డీ ప్రవాహం తగ్గడం వల్ల శక్తి నష్టం తగ్గుతుంది. ఎడ్డీ ప్రవాహాలు కొన్ని సార్లు అవాంఛనీయాలు. మరికొన్ని సార్లు వీటిని లాభదాయకంగా వాడుకొంటారు.

22.3.1 అనువర్తనాలు

(i) ఎలక్ట్రిక్ బ్రేకులు : బలమైన, స్థిర అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని భ్రమణం చెందే ఒక డ్రమ్‌పై హఠాత్తుగా అనువర్తించగానే (ప్రయోగించగానే) డ్రమ్‌లో ఎడ్డీ ప్రవాహాలు ఏర్పడి, ఒక టార్క్‌ను కలిగిస్తాయి. డ్రమ్ చలనాన్ని ఈ టార్క్ ఆపుతుంది. ఎలక్ట్రిక్ రైళ్ళను ఆపడానికి ఈ సూత్రాన్ని వాడతారు.

(ii) ప్రేరణ కొలిమి : అత్యధిక ఉష్ణోగ్రతలను ఉత్పత్తి చేయడానికి ప్రేరణ కొలిమిని ఉపయోగిస్తారు. కరిగించవలసిన లోహాల చుట్టూ ఉండే తీగ చుట్ట ద్వారా ఒక అధిక పౌనఃపున్యం గల ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని పంపించడం ద్వారా చాలా వేగంగా మారే అయస్కాంత క్షేత్రం ఏర్పడుతుంది. దీనితో లోహాలలో జనించే ఎడ్డీ ప్రవాహాలు వాటిని కరిగించడానికి సరిపోయే అధిక ఉష్ణోగ్రతలను ఉత్పత్తి చేస్తాయి. లోహ ధాతువు నుంచి లోహాన్ని పొందడానికి ఈ ప్రక్రియను ఉపయోగిస్తారు.

(iii) ప్రేరణ మోటారు : భ్రమణం చెందే అయస్కాంతక్షేత్రంలో లోహ స్థూపాన్ని ఉంచినప్పుడు దానిలో ఎడ్డీ ప్రవాహాలు ఉత్పత్తి అవుతాయి. ఈ విద్యుత్ ప్రవాహాలు స్థూపం, క్షేత్రాల మధ్య సాపేక్ష చలనాన్ని తగ్గిస్తాయి. కాబట్టి స్థూపం క్షేత్రం దిశలో భ్రమణం చేయడం ప్రారంభిస్తుంది. ప్రేరణ మోటారు పనిచేసే సూత్రం ఇదే.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 22.4

1. ఎడ్డీ ప్రవాహాల భావనతో పనిచేసే పరికరాల పేర్లు తెల్పండి.
2. పైన తెల్పిన పరికరాలలో చలించే వ్యవస్థకు ఎలాంటి లోహ పలకను కలుపుతారు?
3. గృహాలలో వినియోగించే అనలాగ్ విద్యుత్ మీటర్‌లలో భ్రమణం చెందుతున్న మెరిసే లోహపు బిళ్ళ ఉంటుంది. ఎందుకు?
4. ఎడ్డీ ప్రవాహాల అవాంఛనీయ ప్రభావాలను పేర్కొనండి.

22.4 ప్రేరకత (Inductance)

వలయంలోని ప్రవాహం మారితే, దాని చుట్టూ మారుతున్న అయస్కాంత క్షేత్రం ఏర్పడుతుంది. ఈ క్షేత్రంలోని ఒక భాగం అదే వలయం గుండా పోతే దానిలో విద్యుత్ ప్రవాహం ప్రేరేపితమవుతుంది. ఈ వలయం సమీపానికి ఇంకొక వలయాన్ని తీసుకువచ్చామనుకుందాం. అపుడు ఆ వలయం లోని అయస్కాంత క్షేత్రం కూడా మారుతూ దాని గుండా విద్యుచ్ఛాలక బలాన్ని ప్రేరేపిస్తుంది.

వలయాల్లో ప్రేరణ విద్యుచ్ఛాలక బలాలు ఈ కింది రెండు విధాలుగా కనిపించవచ్చు.

- తీగ చుట్టలోని ప్రవాహాన్ని మార్చడం ద్వారా, ప్రతీ ఒక చుట్ట లోని అయస్కాంత అభివాహం మారుతూ, తద్వారా తీగచుట్టవద్ద ప్రేరిత విద్యుచ్ఛాలక బలం కనిపిస్తుంది. ఈ ధర్మాన్ని స్వయం ప్రేరకత అంటారు.
- ఒక తీగచుట్ట లోని అభివాహం మరియొక తీగచుట్టలో అనుసంధానించబడేలా ఒకదానికొకటి దగ్గరగా అమర్చబడిన రెండు తీగ చుట్టలలో ఒక తీగచుట్టలోని మారుతున్న విద్యుత్ ప్రవాహం మరియొక తీగచుట్టలో విద్యుత్‌చ్ఛాలక బలాన్ని ప్రేరేపిస్తుంది. ఈ సందర్భంలో రెండు తీగచుట్ల యొక్క స్వయంప్రేరకత గురించి మాట్లాడదాం.

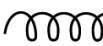
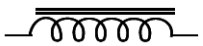
22.4.1 స్వయం ప్రేరకత

విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని కలిగి ఉన్న వాహక పదార్థ తలాన్ని తీసుకుందాం. విద్యుత్ ప్రవాహం, అయస్కాంత క్షేత్రం **B** ను ఏర్పరుస్తుంది. పరిపథంలో ఉన్న అయస్కాంత అభివాహం

$$d\phi = \mathbf{B}.\ \mathbf{ds}$$

బాహ్య అయస్కాంత అభివాహం లేనప్పుడు (ఉదాహరణకు సమీపంలో విద్యుత్ ప్రవాహం ఉన్న తీగచుట్ట లేనప్పుడు) బయోట్ సేవర్ట్స్ నియమం ప్రకారం అయస్కాంత క్షేత్రం, తద్వారా అభివాహం, తలంలోని ప్రవాహం (I) కు అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.

$$\phi \propto I \quad \text{or} \quad \phi = LI \qquad (22.6)$$

ఇక్కడ L ను తీగచుట్ట స్వయంప్రేరణ లేదా స్వయం ప్రేరకత్వం అంటారు. ప్రవాహంలోని మార్పును వ్యతిరేకించే వలయంలోని భాగాల్ని ప్రేరకంలు అంటారు. ఇవి సాధారణంగా తీగచుట్ల రూపంలో వేరు వేరు పరిమాణం, ఆకారాల్లో ఉంటాయి. ప్రేరకం సంకేతం  . దాని అయస్కాంత ప్రభావాన్ని ఎక్కువ చేయడానికి తీగచుట్టను ఇనుప అంతర్భాగం (Iron Core) లో ఉంచినట్లయితే సంకేతం పైన రెండు గీతలతో చూపిస్తారు. 
ప్రేరకం యొక్క ప్రేరణ దాని జ్యామితి (Geometry) మీద ఆధారపడుతుంది.

(a) స్వయం ప్రేరణ పరంగా ఫారడే నియమం (Faraday's Law in terms of Self-Inductance): పరిపథంలోని ప్రవాహం మారుతున్నప్పుడు దానితో అనుసంధానించబడిన అయస్కాంత అభివాహం కూడా మారుతూ, రెండు చివరల మధ్య స్వయం ప్రేరిత విద్యుచ్ఛాలక బలం ను ఏర్పరుస్తుంది. లెంజ్ నియమం ప్రకారం ప్రేరితవిద్యుచ్ఛాలక బలం దాని మార్పుకి కారణమయిన దానిని వ్యతిరేకిస్తుంది.

ఫారడే, లెంజ్ ప్రేరణ నియమాల ఉమ్మడి రూపాన్ని సమీ (22.5), (22.6) లను కలిపి చెప్పవచ్చు.

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} = -L\frac{dI}{dt} \qquad (22.7\ a)$$

$$= -L\left(\frac{I_2 - I_1}{t}\right) \qquad (22.7\ b)$$

ఇక్కడ I_1, I_2 లు వరుసగా, $t = 0, t = \tau$ వద్ద ప్రవాహ విలువలను తెలియజేస్తాయి.

సమీ (22.7 b) నుపయోగించి స్వయం ప్రేరణ ప్రమాణాన్ని నిర్వచించవచ్చు.

$$L \text{ ప్రమాణం } = \frac{\text{విద్యుచ్ఛాలక బలం ప్రమాణం}}{dl/dt \text{ ప్రమాణం}}$$

$$= \frac{\text{వోల్టు}}{\text{ఆంపియర్ / సెకండ్}} = \text{ఓమ్} - \text{సెకండు}$$

ఓమ్ – సెకండును హెన్రీ అంటారు. (దీని సంకేతం రూపం H)

చాలా అనువర్తనాలలో హెన్రీ పెద్ద ప్రమాణం అవుతుంది కనుక చాలాసార్లు మిల్లీ హెన్రీ (10^{-3} H), మైక్రో హెన్రీ (10^{-6}H) ను ఉపయోగిస్తాం.

స్వయంప్రేరిత విద్యుచ్ఛాలక బలాన్ని **తిరో విద్యుచ్ఛాలక బలం (back emf)** అంటారు. ప్రేరకంలోని తిరోవిద్యుచ్ఛాలక బలం, విద్యుత్ ప్రవాహంలోని మార్పు రేటు మీద ఆధారపడి, ప్రవాహంలోని మార్పును వ్యతిరేకిస్తుంది. అనంతమైన విద్యుచ్ఛాలక బలం అసాధ్యం కనుక, ప్రేరక ప్రవాహంలో తత్కాల మార్పు (Instantaneous change) ఏర్పడదని సమీ (22.7 b) నుండి చెప్పవచ్చు. **ప్రేరకం గుండా పోయే ప్రవాహం తత్కాల మార్పు నొందదని చెప్పవచ్చు.**

ప్రేరకం యొక్క ప్రేరణ దాని జ్యామితీయ ఆకారం మీద ఆధారపడుతుంది. సిద్ధాంతం ప్రకారం ఏ వలయానికైన స్వయంప్రేరణను గణించవచ్చు. కాని వాస్తవానికి సరళ జ్యామితీయ ఆకారం ఉన్న పరికరాలకు తప్ప, ఇది కష్టం. విద్యుత్ వలయాల్లో ఎక్కువగా సోలినాయిడ్ అనే పరికరాన్ని ప్రేరకంగా వాడతారు. సోలినాయిడ్ స్వయం ప్రేరణను గణిద్దాం.

(b) సోలినాయిడ్ స్వయం ప్రేరణ (Self-inductance of a solenoid) : A అడ్డుకోత వైశాల్యం, l పొడవుతో, N చుట్లు గల పొడవైన సోలినాయిడ్‌ను తీసుకోండి. దాని ప్రేరణను కనుక్కోవడానికి సోలినాయిడ్‌లోని ప్రవాహాన్ని, దాని ద్వారా ఉన్న అయస్కాంత అభివాహానికి సంబంధాన్ని తీసుకురావాలి.

ఇంతకుముందు పాఠంలో పొడవైన సోలినాయిడ్ యొక్క అయస్కాంత అభివాహానికి ఆంపియర్ నియమాన్ని ఉపయోగించాం.

$$|\mathbf{B}| = \mu_0 nI$$

ఇక్కడ $n = N/l$ ఏకాంక పొడవుకు ఉన్న చుట్ల సంఖ్యను సూచిస్తుంది. I సోలినాయిడ్ గుండా పోయే ప్రవాహం.

సోలినాయిడ్ N చుట్ల గుండా పోయే మొత్తం అభివాహం

$$\phi = N\,|\mathbf{B}|\,A = \frac{\mu_0 N^2 AI}{l} \qquad (22.8)$$

సోలినాయిడ్ స్వయం ప్రేరణ

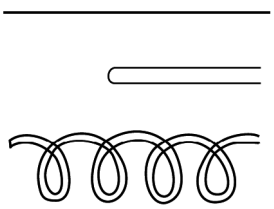
$$L = \frac{\phi}{I} = \frac{\mu_0 N^2 A}{l} \qquad (22.9)$$

ఈ సమాసాన్ని ఉపయోగించి ఒక విలక్షణ సోలినాయిడ్ స్వయం ప్రేరణను, తిరో విద్యుచ్ఛాలక బలాన్ని, వాటి పరిమాణాలను గురించి తెలుసుకోవచ్చు.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 22.5

1. 1 m పొడవు, 20 cm వ్యాసంగల సోలినాయిడ్ 10,000 తీగ చుట్లను కలిగి ఉంది. దాని గుండా ప్రవహిస్తున్న 2.5 A విద్యుత్ ప్రవాహం 1.0 ms లలో సున్నాకు తగ్గిపోయింది. ప్రవాహం తగ్గుతున్నపుడు ప్రేరకంలోని తిరోవిద్యుచ్ఛాలక బలాన్ని గణించండి.

2. l పొడవు గల వైరును రెండు సమభాగాలుగా మడిచి స్తూపాకార బంధకంపై ప్రేరణ కలిగించని నిరోధం (non-inductive resistor) గా చేశారు. ఈ ఆకృతిని ప్రేరణ కలిగించనిది అని ఎందుకంటారు. (పటం 22.10)



పటం 22.10

3. 9.7 mH సోలినాయిడ్ ఏ ప్రవాహ మార్పు రేటుతో 35 mV ల స్వయం ప్రేరణ విద్యుచ్ఛాలక బలాన్ని ఉత్పత్తి చేస్తుంది.

22.4.2 అన్యోన్య ప్రేరణ (Mutual Inductance)

తీగచుట్టలోని ప్రవాహం మారినపుడు దాని చుట్టు మారుతున్న అయస్కాంత అభివాహం ఏర్పడి, అది దాని సమీపంలో ఉన్న తీగ చుట్టలో ప్రేరణ విద్యుచ్ఛాలక బలాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. B తీగ చుట్టలో ప్రతీ చుట్టలోని అయస్కాంత అభివాహం, A తీగచుట్టలోని ప్రవాహం యొక్క అయస్కాంత క్షేత్రం వల్ల ఏర్పడినది. (పటం 22.11)

తీగచుట్టలోని ప్రవాహ మార్పువల్ల వేరొక తీగ చుట్టలో విద్యుచ్ఛాలక బలం ప్రేరేపితమవుతుంది.

$$\phi_2 \propto \phi_1 \propto I_1 \Rightarrow \phi_2 = MI_1 \qquad (22.10)$$

ఇక్కడ M ను రెండు తీగ చుట్టల అన్యోన్య ప్రేరణ అంటారు. రెండవ తీగచుట్టలో తిరోవిద్యుచ్ఛాలక బలం ప్రేరేపితమవుతుంది.

$$\varepsilon_2 = -\frac{d\phi}{dt}$$

$$= -M\frac{dI}{dt} = -M\left(\frac{I_2 - I_1}{t}\right) \qquad (22.11)$$

ఇక్కడ A తీగ చుట్టలో t సెకనులలో, విద్యుత్‌ప్రవాహం I_1 నుండి I_2 కు మారుతుంది.

అయస్కాంత పదార్థాలు సమీపంలో లేనపుడు అన్యోన్య ప్రేరణ రెండు తీగచుట్టల జ్యామితి మీద ఆధారపడుతుంది. అన్యోన్య ప్రేరణ SI ప్రమాణం, స్వయం ప్రేరణ ప్రమాణం లాగానే హెన్రీ (H).

ఉదాహరణ 22.3

ఒక వలయంలోని తీగచుట్ట వేరుగా ఉన్న రెండవ వలయంలోని తీగచుట్టకు దగ్గరగా ఉంది. సంయోగం యొక్క అన్యోన్యప్రేరణ 340 mH. 15 ms కాల వ్యవధిలో 1వ తీగచుట్టలోని ప్రవాహం నిలకడగా 23 mA నుండి 57 mA కు మారుతుంది. 2వ తీగచుట్టలో 36 mA నుండి 16 mA కు మారుతుంది. ప్రతీ తీగచుట్టలో వేరొక తీగ చుట్టలోని ప్రవాహ మార్పువల్ల ఏర్పడిన ప్రేరణ విద్యుచ్ఛాలక బలంను నిర్ధారించండి.

సాధన :

15 ms నిమిషాల కాల వ్యవధిలో, స్థిర రేటులో తీగ చుట్లలోని ప్రవాహమార్పు.

$$\frac{di_1}{dt} = \frac{57\ \text{mA} - 23\ \text{mA}}{15\,\text{ms}} = 2.3\ \text{As}^{-1}$$

$$\frac{di_2}{dt} = \frac{16\ \text{mA} - 36\ \text{mA}}{15\,\text{ms}} = -1.3\ \text{As}^{-1}$$

సమీ (22.11) నుండి ప్రేరణ విద్యుచ్ఛాలక బలంల పరిమాణాలు

$$\varepsilon_1 = -\ (340\ \text{mH}) \times (2.3\ \text{As}^{-1}) = -\ 0.78\ \text{V}$$

$$\varepsilon_2 = (340\ \text{mH}) \times (1.3\ \text{As}^{-1}) = 0.44\ \text{V}$$

సమీ (22.11) నుండి ప్రేరణ విద్యుచ్ఛాలక బలంల దిశను సూచిస్తుంది.

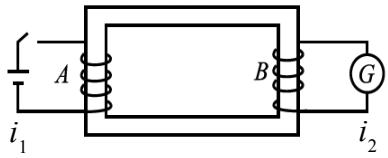
అన్యోన్య ప్రేరణ దృగ్విషయం మీద ఆధారపడి పనిచేసే ముఖ్యమైన ఉపకరణం పరివర్తకం. దీనిని గురించి తరువాత అధ్యాయంలో నేర్చుకుంటారు. స్వయంప్రేరణ ఆధారంగా పనిచేసే పరికరాలు చోక్ తీగచుట్ట, ఇగ్నిషన్ కోయల్ మొదలగునవి.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 22.6

1. పటం 22.11 లో వలయాలకు కుడిపక్కన ఉన్న పరిశీలకుడి ప్రకారం స్వయం ప్రేరిత విద్యుచ్ఛాలక బలాల దిశను కనుక్కోండి (a) ఒక క్షణం వద్ద విద్యుత్ ప్రవాహం i_1, పెరుగుతున్నపుడు రెండవ

తీగచుట్ట గుండా విద్యుత్‌ఛ్ఛాలక బలం దిశ ఏమిటి? (b) ఒక క్షణం వద్ద i_2 తగ్గితే, మొదటి తీగ చుట్ట గుండా విద్యుత్‌ఛ్ఛాలక బలం దిశ ఏమిటి.

2. పటం 22.11 లోని తీగచుట్ల అక్షాలు ఒకదానికొకటి లంబంగా ఉండే విధంగా తిప్పామనుకుందాం. అన్యోన్యప్రేరణ విలువ అంతే ఉంటుందా, పెరుగుతుందా లేదా తగ్గుతుందా? వివరించండి.



పటం 22.11 : రెండు తీగచుట్ల మధ్య అన్యోన్య ప్రేరణ

22.5 పవర్ జనరేటర్ (Power Generator)

ఎలక్ట్రిక్ పవర్ జనకాలలో ముఖ్యమైనది జనరేటర్. యాంత్రికశక్తిని, అయస్కాంత క్షేత్ర సహాయంతో విద్యుత్‌శక్తిగా మార్చే సాధనాన్ని జనరేటర్ అంటారు. ఏ విద్యుత్ పవర్ జనకం కూడా జనరేటర్ లాగ పెద్ద మొత్తంలో విద్యుత్ పవర్‌ను ఉత్పత్తి చేయలేదు. ఒక వాహకం లేదా వాహకాల సమూహంను అయస్కాంత క్షేత్రంలో భ్రమణం చెందిస్తారు. భ్రమణ వాహకంలో విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ వల్ల వోల్టేజి ఏర్పడుతుంది. వాహకాలను భ్రమణం చెందించడానికి కావలసిన శక్తిని నీరు, బొగ్గు, డీజిల్, గ్యాస్, న్యూక్లియర్ ఇంధనం లాంటివి సమకూర్చుతాయి. దాని కోసం మనకు వరుసగా హైడ్రోజనరేటర్లు, థర్మల్ జనరేటర్లు, న్యూక్లియర్ జనరేటర్లు ఉన్నాయి.

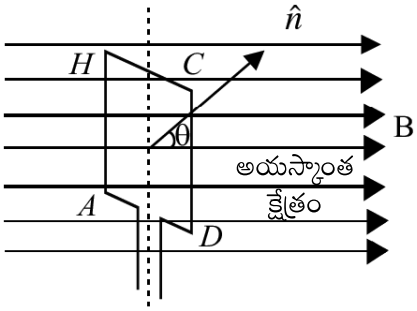
రెండు రకాల జనరేటర్లు ఉన్నాయి.

- ఏకాంతర ప్రవాహ జనరేటర్ లేదా A.C. జనరేటర్, ఏకాంతర కారి (Alternator) అని కూడా అంటారు.
- ఏకముఖ ప్రవాహ జనరేటర్ లేదా D.C. జనరేటర్ లేదా డైనమో

ఈ రెండు జనరేటర్లు విద్యుదయస్కాంతప్రేరణ సూత్రంమీద పనిచేస్తాయి.

22.5.1 A.C. జనరేటర్ లేదా ఏకాంతరకం (Generator or Alternator)

జనరేటర్‌లో సాధారణంగా అయస్కాంత క్షేత్రంలో భ్రమణం చేస్తున్న తీగ తలం ఉంటుంది. పటం 22.12 చూడండి. ఇది ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఉంచిన దీర్ఘచతురస్రాకార తీగ తలాన్ని చూపిస్తుంది. క్షితిజ సమాంతర అక్షం వెంబడి తలం భ్రమణంలో ఉన్నందున తలం ద్వారా అయస్కాంత అభివాహం మారుతుంది. దీనిని చూడటానికి పటం 22.12 లో చూపిన తలం గుండా అయస్కాంత అభివాహంను గుర్తుకు తెచ్చుకోండి.



పటం 22.12 : అయస్కాంత క్షేత్రంలో భ్రమణంలో ఉన్న తీగ పరిపథం.

$$\phi(t) = \mathbf{B}.\hat{\mathbf{n}}A$$

ఇక్కడ **B** క్షేత్రం, A వైశాల్యం గల తలంకు లంబంగా ఉన్న యూనిట్ సదిశ $\hat{\mathbf{n}}$. ఆ సమయంలో క్షేత్రదిశకు, తలానికి మధ్య కోణం θ. $\phi(t)$ ను ఈ విధంగా రాయవచ్చు.

$$\phi(t) = AB\cos\theta$$

స్థిరకోణీయ వేగం ω తో తీగ తలాన్ని తిప్పినపుడు

$$\theta = \omega t \qquad (22.12)$$

$$\therefore \qquad \phi\ (t) = AB\ \cos\ \omega t$$

విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణలోని ఫారడే నియమం నుపయోగించి తీగ తలంలో ప్రేరితమైన విద్యుచ్చాలక బలాన్ని గణించవచ్చు.

$$\varepsilon(t) = -\frac{d\phi}{dt} = \omega\ AB \sin \omega t \qquad (22.13)$$

N చుట్లు కలిగిన తీగచుట్టలో ప్రేరితమయిన విద్యుచ్చాలక బలం

$$\varepsilon(t) = N\ \omega\ AB\ \sin\ \omega t \qquad (22.14)$$

$$= \varepsilon_0\ \sin\ \omega t$$

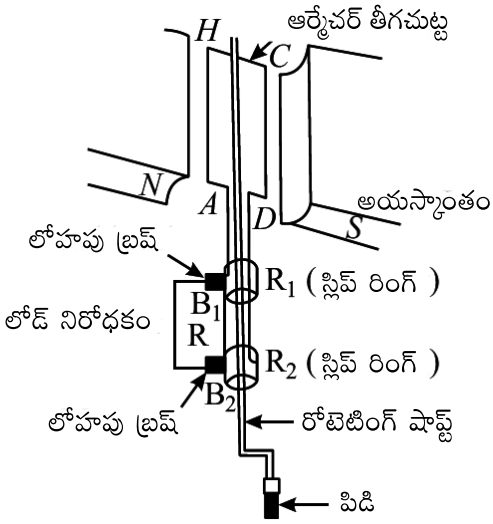
where ε_0 is maximum emf

అంటే ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రంలో దీర్ఘచతురస్రాకార తీగచుట్టను భ్రమణం చెందిస్తే, జ్యా వక్రీయ (సైనుసోయిడల్) విద్యుచ్చాలక బలం ప్రేరేపితమవుతుంది.

A.C. జనరేటర్ నాలుగు ముఖ్య భాగాలను కలిగి ఉంటుంది. (పటం 22.13 ను చూడండి) (i) ఆర్మేచర్ (Armature), (ii) అయస్కాంత క్షేత్రం (Field magnet), (iii) స్లిప్ రింగులు (Slip-rings), (iv) బ్రషెస్ (Brushes).

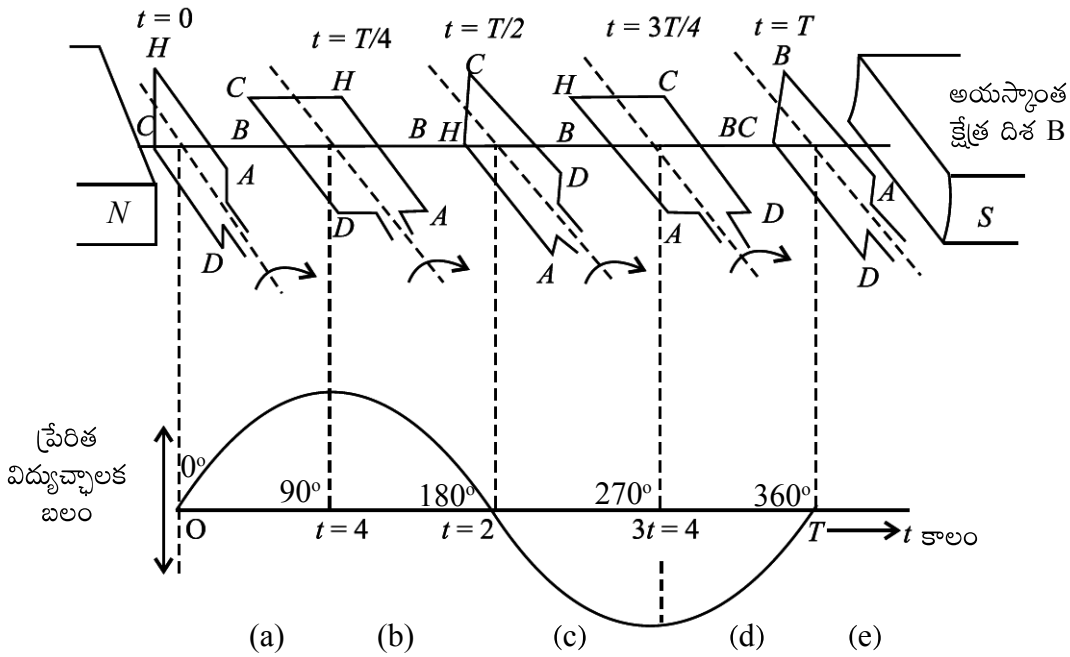
స్తూపాకార మెత్తని ఇనుప డ్రమ్‌పై బంధక రాగి తీగతో చుట్టబడి, ఎక్కువ సంఖ్యలో చుట్లు గల తీగచుట్టను ఆర్మేచర్ అంటారు. ఇది డ్రమ్ అక్షం గుండాపోతున్న షాఫ్ట్ రోటర్‌పై అయస్కాంత క్షేత్రానికి లంబంగా తిరగగలుగుతుంది. మెత్తటి ఇనుముతో చేసిన ఈ డ్రమ్ రెండు విధాలుగా ఉపయోగపడుతుంది. తీగచుట్టను స్థిరంగా ఉంచడానికి సహాయపడుతుంది మరియు తీగ చుట్ట గుండా అయస్కాంతప్రేరణను పెంచుతుంది. ధృవాల మధ్య ఏకరీతి శాశ్వత రేడియల్ అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఏర్పరచడానికి అయస్కాంతాన్ని ఉంచుతారు.

ఆర్మేచర్‌లో ఉత్పత్తి అయిన ac ప్రవాహం సాధనంలో ప్రవహించడానికి, వాటి రెండు చివరలకు బ్రషెస్ ద్వారా అనుసంధానించబడ్డ స్లిప్ రింగులు ఉపయోగ పడతాయి. ఈ రెండు లోహపు రింగులకే ఆర్మేచర్ చివరలను కలుపుతారు. ఈ రింగులను షాఫ్ట్‌కు కలుపుతారు. అవి షాఫ్ట్ నుండి మరియు ఒకదాని నుండి ఒకటి విద్యుద్బంధితమై ఉంటాయి. స్థిరంగా ఉండి భ్రమణం చెందుతున్న రింగులతో స్పర్శతో ఉన్న నమ్యతగల లోహపు లేదా కార్బన్ కడ్డీలు బ్రష్ లు (B_1 మరియు B_2 (పటం. 22.13)). ఆర్మేచర్ మరియు రింగుల నుండి బయటి



పటం 22.13

వలయానికి విద్యుత్‌ను సరఫరా చేసే ప్రధాన తీగలకు ఈ బ్రష్ ల ద్వారానే విద్యుత్ ఇవ్వబడుతుంది. పటం 22.14 లో జనరేటర్ సూత్రం, పని చేసే విధానం చూపించారు.



పటం 22.14 : జనరేటర్ పనిచేసే సూత్రం

ఆర్మేచర్ తీగచుట్ట AHCD, అయస్కాంత క్షేత్రం B లో భ్రమణం చేస్తూ క్షేత్ర దిశకు లంబంగా ఉందనుకొందాం. పటం 22.14 (a). అప్పుడు అయస్కాంత అభివాహం మార్పు చెంది, వలయంలో విద్యుత్‌ను ప్రేరేపిస్తుంది. ఈ ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను ఫ్లెమింగ్ కుడిచేతి నియమం ప్రకారం కనుగొనవచ్చు. ఇది AHCD దిశలో ఉంటుంది.

ఆర్మేచర్ తీగ చుట్ట 90°లు తిరిగినప్పుడు పటం 22.14 (b) అయస్కాంత క్షేత్రానికి సమాంతరంగా వస్తుంది. అప్పుడు తీగ చుట్టలో గరిష్ఠ విద్యుచ్ఛాలక బలం ఏర్పడుతుంది.

ఆర్మేచర్ తీగచుట్ట 180°లు తిరిగినప్పుడు (పటం 22.14(c)) అయస్కాంత క్షేత్రానికి లంబంగా వస్తుంది. ఇప్పుడు విద్యుత్ ప్రవాహ దిశ DCHA గా ఉంటుంది. అంటే ప్రవాహ దిశ మారింది.

ఇదే విధంగా తీగ చుట్ట 270°లు తిరిగినప్పుడు (పటం 22.14(d)) కూడా గరిష్ఠ విద్యుచ్ఛాలక బలం ఏర్పడుతుంది.

ఈ విధంగా ఆర్మేచర్ తీగ చుట్ట చేసే ప్రతి అర్ధ భ్రమణంలో విద్యుత్ ప్రవాహ దిశలు వ్యతిరేకంగా మారుతూ ఉంటాయి. అంటే ఆర్మేచర్ తీగ చుట్ట చేసే ప్రతి ఆవర్తనంలో, విద్యుత్ ప్రవాహ దిశ ఏకాంతరంగా మారుతుంటుంది.

స్లిప్‌రింగులు మరియు బ్రష్‌ల అమరిక హెచ్చు నిర్గమ సామర్థ్యం తో కూడినపుడు బంధక, స్పార్కింగ్ ఇబ్బందులను ఏర్పరుస్తాయి. కనుక వాడుకలోని జనరేటర్లలో అర్మేచర్ (తీగచుట్ట) ను స్థిరంగా ఉంచి క్షేత్రాన్ని భ్రమణం చెందిస్తారు. ఇలాంటి జనరేటర్లలో ఆర్మేచర్ తీగచుట్టను జనరేటర్ లోపలి భాగంలో స్థిరంగా ఉంచుతారు. క్షేత్రతీగ చుట్ట ధృవాలను స్థిరంగా ఉంచిన ఆర్మేచర్ లోపల షాఫ్ట్ మీద భ్రమణం చెందిస్తారు.

22.5.2 డైనమో (DC జనరేటర్)

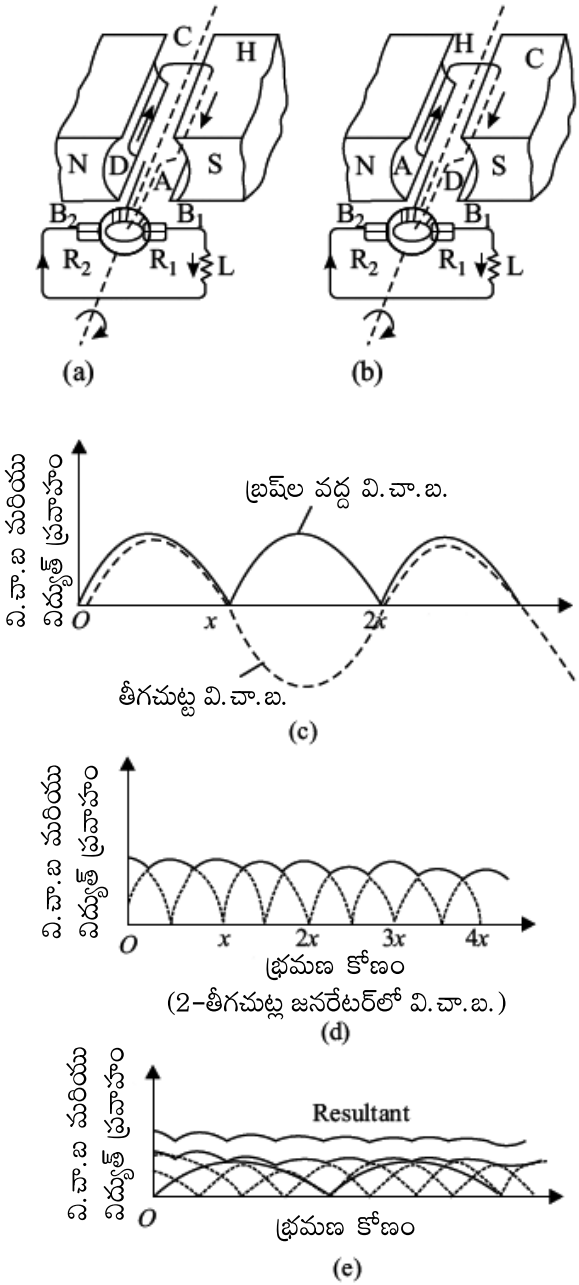
ఏకముఖ ప్రవాహంలో యాంత్రికశక్తిని విద్యుత్ శక్తిగా మార్చే యంత్రాన్ని డైనమో అంటారు. కాంతి కోసం సైకిల్‌కు బిగించబడిన డైనమోను మీరు చూసే ఉంటారు. ఆటో మొబైల్‌లో డైనమో రెండు రకాలుగా ఉపయోగపడుగుంది.

కాంతి కొరకు మరియు బ్యాటరీ చార్జింగ్ చేసుకోవడానికి, డైనమోలో ఉండే ముఖ్యమైన భాగాలు (i) క్షేత్రఅయస్కాంతం (ii) ఆర్మేచర్ (iii) కమ్యుటేటర్ స్ప్లిట్ రింగ్‌లు (iv) బ్రష్‌లు.

డైనమోలో ఉండే ఆర్మేచర్, క్షేత్ర అయస్కాంతాలు, ac జనరేటర్‌లో ఉండే వాటి కన్నా వేరుగా ఉంటాయి. డైనమోలో క్షేత్ర అయస్కాంతం స్థిరంగా ఉంటుంది. ఆర్మేచర్ భ్రమణంలో ఉంటుంది. కాని ఏకాంతరకం (ac జనరేటర్)లో ఆర్మేచర్ స్థిరంగా (స్థిరకారి) ఉండి, క్షేత్ర అయస్కాంతం భ్రమణంలో (భ్రమణకారి) ఉంటుంది.

డైనమో స్ప్లిట్ రింగ్ కమ్యుటేటర్ ద్వారా ac జనరేటర్ ఉత్పత్తి చేసిన ac తరంగం లేదా సైను తరంగంను dc రూపంలోకి మారుస్తుంది. కమ్యుటేటర్ ప్రతీ సగభాగం పరిపథం ఒక చివరకు శాశ్వతంగా కలపబడి, పరిపథంతో కమ్యుటేటర్ భ్రమణంలో ఉంటుంది. ప్రతీ బ్రష్, కమ్యుటేటర్ ఒక భాగాన్ని వత్తుతూ ఉంటుంది. బ్రష్‌లు స్థిరంగా ఉంటాయి. కాని కమ్యుటేటర్ తిరుగుతూ ఉంటుంది. కమ్యుటేటర్‌లోని వ్యతిరేక భాగాలను బ్రష్‌లు నొక్కుతూ ఉంటాయి. ప్రతీసారీ వోల్టేజ్ ధృవణత (polarity) ని మారుస్తుంది. స్ప్లిట్ రింగులు స్థానాన్ని మార్చుకొంటాయి. అంటే ఒక బ్రష్ ఎల్లప్పుడు ధనాత్మకంగా ఉంటూ వేరొక బ్రష్ రుణాత్మకం అవుతుంది. బ్రష్‌ల వద్ద మారే (fluctuating) వోల్టేజిని పొందవచ్చు.

dc జనరేటర్, ac డైనమో లాగానే చాలా వరకు అన్ని భాగాలను కలిగి ఉంటుంది. కాని ac డైనమో ఒక విషయంలో వేరుగా ఉంటుంది. అది స్లిప్‌రింగ్ బదులు పటం 22.15 (a) లో చూపినట్లు ఒకే రింగులోని రెండు సగాలైన R_1, R_2 స్ప్లిట్ రింగులను వాడతాము. ఆర్మేచర్ తీగచుట్ట చివరలను ఈ రింగులకు కలుపుతారు. రింగు, ఆర్మేచర్‌తో బాటు తిరుగుతూ B_1, B_2 బ్రష్ లతో రింగు స్పర్శ మారుతూ ఉంటుంది. డైనమో ఈ భాగాన్ని కామ్యుటేటర్ అంటారు.



పటం 22.15 dc జనరేటర్

తీగచుట్ట సవ్య దిశలో భ్రమణం చెందినపుడు ఆర్మేచర్ తీగ చుట్టలో ప్రవాహం ఏర్పడుతుంది. కాని కమ్యుటేటర్ దానిని బాహ్యవలయంలో dc గా మారుస్తుంది. మొదటి అర్ధ ఆవర్తంలో పటం 22.15 (a) విద్యుత్ DCHA వెంబడి ప్రవహిస్తుంది. బాహ్య వలయంలో విద్యుత్ B_1 L B_2 వెంబడి ప్రవహిస్తుంది. రెండవ అర్ధ ఆవర్తంలో పటం 22.15 (b)

ఆర్మేచర్‌లోని విద్యుత్ దిశలు వ్యతిరేకమవుతూ AHCD వెంబడి ప్రవహిస్తుంది, R_1 రింగు, B_1 నుండి B_2 కు స్పర్శలోకి వస్తుంది. అంటే బాహ్య వలయంలో విద్యుత్ ఎల్లప్పుడూ ఒకే దిశలో ప్రవహిస్తుంది. తీగచుట్టను అయస్కాంత బలరేఖలకు లంబంగా ఉన్న స్థితి నుండి భ్రమణం చెందిస్తున్నప్పుడు బాహ్య వలయంలో ఏర్పడే విద్యుత్, ప్రవాహాన్ని గ్రాఫ్ ద్వారా పటం 22.15 (c) లో చూపించారు. ఇటువంటి సరళ dc డైనమో ఉత్పత్తి చేసే విద్యుత్ ఏకదిశాత్మకం (Unidirectional). కాని దీని విలువ చెప్పుకోదగినంతగా మారుతూ ఉంటుంది. తీగచుట్ట ప్రతీ భ్రమణంలో కనీసం రెండు సార్లు శూన్య విలువకు పడిపోతుంది.

పరస్పరం లంబంగా ఉన్న రెండు తీగచుట్టలను ఉపయోగించి, కమ్యుటేటర్ రింగును నాలుగు భాగాలుగా విభజించి తీగచుట్ట చివరలకు కలపడం ద్వారా ఈ మార్పును అధిగమించవచ్చు. ఈ సందర్భంలో రెండు తీగ చుట్టలు దశలో $\pi/2$ భేదం కలిగిన సమాన విద్యుచ్ఛాలక బలాలను ఏర్పరుస్తాయి. పటం 22.15 (d) లో చూపినట్లు ఫలిత విద్యుత్ ప్రవాహం లేదా విద్యుచ్ఛాలక బలం రెండింటిని అధ్యారోపణం ద్వారా పొందవచ్చు. ఈ విధంగా హెచ్చు, తగ్గులను (fluctuations) బాగా తగ్గించవచ్చు. ఇలాగే నిలకడ ప్రవాహాన్ని ఎక్కువ సంఖ్యలో చుట్లు గల ఎక్కువ తీగచుట్టలను ఉపయోగించి పొందవచ్చు. తీగచుట్టలు స్వతంత్రంగా పనిచేసి, బాహ్య వలయంకు విద్యుత్‌ను పంపించేలా, కమ్యుటేటర్ రింగును తీగచుట్టల చివరల సంఖ్యను బట్టి విభజిస్తారు. ఫలిత విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని పటం 22.15 (e) లో చూపించారు. ఇది కాల అక్షానికి సమాంతరంగా ఉంటుంది.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 22.7

1. ac మరియు dc జనరేటర్‌ల మధ్య భేదాలను తెల్పండి.
2. dc జనరేటర్‌లోని ముఖ్యమైన భాగాల పేర్లను తెల్పండి.
3. జనరేటర్‌లో కమ్యుటేటర్‌ను ఎందుకు ఉపయోగిస్తాం.
4. నిత్యజీవితంలో డైనమోను ఎక్కడ ఉపయోగించడం చూశారు?

మీరు ఏమి నేర్చుకున్నారు

- తీగచుట్ట తలంలో ఉన్న అయస్కాంత అభివాహం మారినపుడు తీగచుట్టలో ప్రవాహం ప్రేరేపితమవుతుంది. ఈ దృగ్విషయాన్ని విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ అంటారు.
- పరిపథంలో ప్రేరణ విద్యుచ్ఛాలక బలంను ఫారడే నియమం ఇస్తుంది.

$$\varepsilon = \frac{d\phi_B}{dt}$$

ఇక్కడ ϕ_B పరిపథంలో ఉన్న అయస్కాంత అభివాహం

- లెంజ్ నియమం ప్రకారం, ప్రేరణ విద్యుచ్ఛాలక బలం దాని ఉత్పత్తికి కారణమైనదానిని వ్యతిరేకిస్తుంది.
- తీగచుట్టలో ప్రవాహం మారినపుడు, దాని గుండా స్వయం ప్రేరణ విద్యుచ్ఛాలక బలం ఏర్పడుతుంది.

- A మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యం, N చుట్లు, l పొడవు గల గట్టిగా చుట్టబడిన పొడవైన సోలినాయిడ్ స్వయం ప్రేరణ.

$$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{l}$$

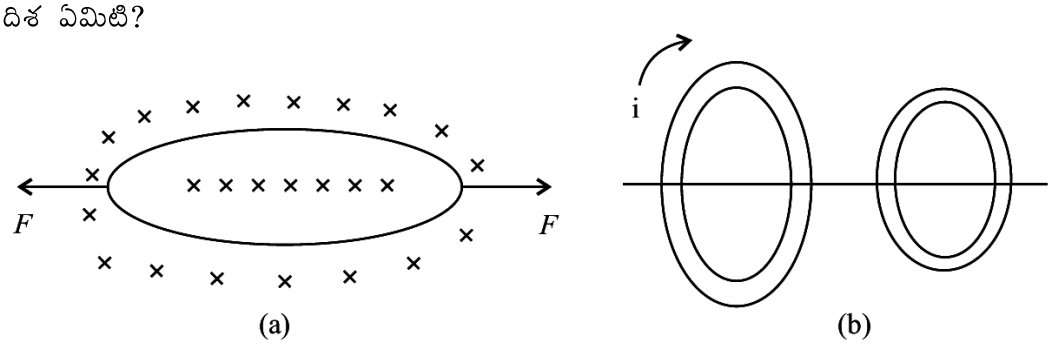
- ఒకదానికొకటి సమీపంలో ఉన్న రెండు తీగచుట్టలలో మారుతున్న విద్యుత్ ప్రవాహం వల్ల అవి పరస్పరం విద్యుచ్ఛాలక బలాన్ని ప్రేరేపించుకుంటాయి.
- ఒక లోహదిమ్మె లేదా వలయంలో అనుసంధానమైన ఉండే అయస్కాంత అభివాహం మారినప్పుడు ఆ దిమ్మె లేదా వలయంలో ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహం ఉత్పత్తి అవుతుంది. ఈ విద్యుత్ ప్రవాహాన్నే ఎడ్డీ ప్రవాహం అంటారు.
- ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఒక విద్యుత్ వాహకం చలించినప్పుడు ఆ వాహకం కొనల మధ్య ప్రేరిత విద్యుచ్ఛాలక బలం ఉత్పత్తి అవుతుంది. ఈ ప్రేరిత వి.చా.బ.ను చలనాత్మక వి.చా.బ అంటారు.
- జనరేటర్, యాంత్రికశక్తిని, విద్యుత్ శక్తిగా మారుస్తుంది. ఇది విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ సూత్రం మీద పనిచేస్తుంది.

ముగింపు అభ్యాసం

1. 250 చుట్లు గల ప్రతి పరిపథం తల వైశాల్యం $S = 9.0 \times 10^{-2}\ m^2$. (a) ప్రేరిత విద్యుచ్ఛాలక బలం 7.5 V అయితే తీగచుట్టలోని ప్రతి చుట్టలో ఉన్న అభివాహంలోని మార్పురేటు ఎంత? (b) తీగచుట్ట అక్షం నుండి 45° వద్ద ఉన్న ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రం వల్ల అభివాహం ఏర్పడితే ఆ విద్యుచ్ఛాలక బలాన్ని ప్రేరేపించే క్షేత్రం మార్పు రేటు ను గణించండి.

2. (a) పటం 22.16 (a) లో F తో సూచించిన బలాలతో లాగడం ద్వారా పరిపథం వైశాల్యాన్ని తగ్గించినపుడు పరిపథంలో ప్రేరితమయ్యే విద్యుత్ దిశ ఏమిటి. B కాగితం లోపలికి ఉంటూ దానికి లంబంగా ఉంటుంది.

   (b) పటం 22.16 (b)లో చూపించని బ్యాటరీ వల్ల ఎడమవైపు నుండి చూసినపుడు ఆకస్మాత్తుగా పెద్ద పరిపథంలో సవ్యదిశలో ప్రవాహం ఏర్పడినపుడు చిన్న పరిపథంలో ప్రేరితమైన విద్యుత్ దిశ ఏమిటి?



పటం 22.16

3. (a) సోలినాయిడ్‌లో చుట్ల సంఖ్యను రెండింతలు చేసినపుడు స్వయం ప్రేరణ ఎంత పరిమాణంలో మారుతుంది.

(b) స్పార్క్‌ప్లగ్‌లో హెచ్చు వోల్టేజిని ప్రయోగించి ప్లగ్ లోని రెండు వాహకాల మధ్య స్పార్క్‌ను కలుగజేసినపుడు ఇంజనులోని పెట్రోల్ మండుతుంది. ఒక దానిపై ఒకటి ఉంచి గట్టిగా చుట్టబడిన రెండు తీగ చుట్టల అమరిక హెచ్చు వోల్టేజిని ఇస్తుంది. వాహనంలోని బ్యాటరీ నుండి విద్యుత్ ప్రవాహం తక్కువ చుట్లు ఉన్న తీగ చుట్ట నుండి ప్రవహిస్తుంది. స్విచ్ నుపయోగించి ఈ ప్రవాహానికి ఆవర్తకంగా అవరోధం కల్పించారు. ప్రవాహంలో ఆకస్మాత్తుగా జరిగే ఈ మార్పుల వల్ల ఎక్కువ చుట్లు గల తీగచుట్టలో అధిక విద్యుచ్ఛాలక బలాన్ని ప్రేరేపిస్తుంది. ఈ విద్యుచ్ఛాలక బలమే స్పార్క్‌ను నడిపిస్తుంది. ఒక విలక్షణ ఇగ్నిషన్ తీగచుట్ట 3.0 A విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని తీసుకొని, 24 kV విద్యుత్‌చ్ఛాలక బలాన్ని స్పార్క్ ప్లగ్‌ను సరఫరా చేస్తుంది. ఈ తీగ చుట్టలో ప్రతి 0.10 ms కొకసారి ప్రవాహానికి అవరోధాన్ని కల్పించిన ఇగ్నిషన్ తీగచుట్టలో స్వయం ప్రేరణను కనుగొనండి.

4. విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ అంటే ఏమిటి? విద్యుదయస్కాంత ఫారడే నియమాలను వివరించండి.

5. లెంజ్ నియమాన్ని తెల్పండి. లెంజ్ నియమం,శక్తినిత్యత్వ నియమం పరిణామమని చూపించండి.

6. స్వయం ప్రేరణ అనగానేమి. స్వయం ప్రేరణ భౌతిక ప్రాముఖ్యతను వివరించండి.

7. స్వయం ప్రేరణ, అనోన్య ప్రేరణల మధ్య భేదాన్ని తెలపండి . ఏ విషయాలమీద అవి ఆధారపడతాయి.

8. 9×10^{-2} s లో ప్రవాహం 10 H నుండి 7 A వరకు మారే 10 A ప్రేరకంలో ఎంత విద్యుచ్ఛాలక బలం ప్రేరితమవుతుంది.

9. ఏకరీతి అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఉన్న మందపాటి చట్రంపై ఉంచిన ఒక కడ్డీలో ప్రేరితమయ్యే చలన వి.చా.బ.కు సమీకరణాన్ని రాబట్టండి.

10. 80 cm పొడవు గల కడ్డీ లంబంగా ఉన్న స్థిర అయస్కాంతక్షేత్రంలో 4 m/s చలిస్తున్నప్పుడు, కడ్డీలో ప్రేరితమైన వి.చా.బ. 64 mV అయితే B విలువ ఎంత?

11. ఎడ్డీ ప్రవాహాలు అంటే ఏమిటి? వివరించండి. ఎడ్డీ ప్రవాహాల ముఖ్య అనువర్తనాలను తెల్పండి.

12. a.c. జనరేటలర్ పనిచేసే సూత్రం, నిర్మాణం మరియు పనిచేసే విధానాన్ని వర్ణించండి.

13. d.c జనరేటర్ పనిచేసే సూత్రం, నిర్మాణం మరియు పనిచేసే విధానాన్ని వర్ణించండి.

14. 2 web/m^2 అభివాహ సాంద్రత గల క్షేత్రానికి లంబంగా 10 cm పొడవు గల తీగ 4 m/sec వేగంతో చలించినప్పుడు తీగలో ఎన్ని ఓల్ట్‌ల వి.చా.బ. ఉత్పత్తి అవుతుంది?

పాఠంలోని ప్రశ్నలకు సమాధానాలు

22.1

1. $N = 1000$, $r = 5 \times 10^{-2}$ m మరియు $B_1 = 10$ T $B_2 = 0$T

(a) $t = 1$ s కు

$$|\varepsilon| = N\frac{(B_2 - B_1)}{t}\pi r^2 = 1000\frac{(10-0)}{1}\pi(0.05)^2$$

$$= 10^4 \times \pi \times 25 \times 10^{-4}$$

$$= 25\ \pi V$$

$$= 25 \times 3.14 = 78.50\ V$$

(b) $t = 1$ ms కు

$$|\varepsilon| = \frac{10^3 \times 10\pi \times 25 \times 10^{-4}}{10^{-3}}$$

$$= 78.5 \times 10^3 V$$

2. $\phi(t) = A + Dt^2$ కనుక $\varepsilon_1 = \frac{d\phi}{dt} = 2Dt$

$\therefore \quad \varepsilon = N\varepsilon_1 = 2N\ Dt$

$= 2 \times 250 \times 15\ t = 7500\ t$

$t = 0$ కు $\varepsilon_1 = 0$ అప్పుడు $\varepsilon = 0$ V

$t = 3$ s కు $\varepsilon = 22500$ V

3. $\phi = \mathbf{B.S} = BS\cos\theta$

$$|\varepsilon| = N\frac{d\phi}{dt}$$

$$|\varepsilon| = \left|NS\frac{dB}{dt}\cos\theta\right| \quad \because \theta \text{ స్థిరాంకం}$$

(a) $|\varepsilon|$ గరిష్ఠం

$\cos\theta = 1$ అయినప్పుడు $\theta = 0$ తీగచట్ట క్షేత్రానికి లంబంగా ఉంటుంది.

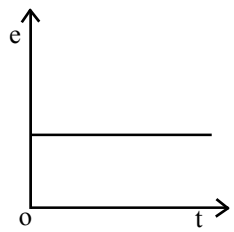
(b) $|\varepsilon|$ కనిష్ఠం

$\theta = 90$ అయినప్పుడు అంటే తీగచుట్ట తలం క్షేత్రానికి సమాంతరంగా ఉంటుంది.

22.2

1. తీగచుట్టను అయస్కాంతం వైపు నుండి చూసినపుడు A మరియు B లలో అపసవ్యదిశ ఉంటుంది.
2. ఒక్క పరిపథం E కు తప్ప అన్ని పరిపథాలలో అయస్కాంత అభివాహం మారుతుంది. వాటిలో ప్రతీ ఒక్క దానికి ప్రేరిత విద్యుచ్ఛాలక బలం అపసవ్యదిశలో ఉంటుంది.
3. అవును. రింగులో ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహం ఉంటుంది. రింగులో ప్రవహిస్తున్న విద్యుత్ ప్రవాహం కారణంగా ఏర్పడే వికర్షణ బలంతో దండాయస్కాంతం పని చేస్తుంది.

22.3



1. కడ్డీ స్థిరవేగంతో చలిస్తోంది కాబట్టి ప్రేరిత విద్యుచ్ఛాలక బలం (e) స్థిరంగా ఉంటుంది. అది Blv కి సమానంగా ఉంటుంది.
2. తీగ చలించే దిశకు లంబంగా ఎలాంటి అయస్కాంత క్షేత్రం లేదు కాబట్టి, తీగ చివరల మధ్య ప్రేరితమైన విద్యుచ్ఛాలక బలం సున్నా.

22.4

1. కదిలే తీగ చుట్ట గాల్వనా మీటరు, బాలెన్సెస్, అమ్మీటర్‌లు, ఓల్ట్ మీటర్లు.
2. రాగి పలక
3. జ్యా వక్రీయంగా (Sinusoidally) మారే విద్యుత్ ప్రవాహాలు ఉత్పత్తి చేసే అయస్కాంత క్షేత్రాలు ఆ బిళ్ళలో విద్యుత్ ప్రవాహాలను ప్రేరేపిస్తాయి.
4. (i) ఎడ్డీ ప్రవాహాలు సాపేక్షచలనాన్ని వ్యతిరేకిస్తాయి.

   (ii) ఎడ్డీ ప్రవాహాలు పరికరాలలో ఉష్ణరూపంలో శక్తి నష్టాన్ని కలగజేస్తాయి. పర్యవసానంగా, ఆ పరికరాల జీవిత కాలం తగ్గుతుంది.

22.5

1. $$\varepsilon = L\frac{dI}{dt} = \omega\frac{N^2A}{l}\frac{(I_2 - I_1)}{t}$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times \pi \times 10^{-2} \times (2.5 - 0)}{1 \times 10^{-3}}$$

$$= 10^{-6}\ \text{V}$$

2. రెండు సమాంతర తీగలలో విద్యుత్ వ్యతిరేకంగా ప్రవహిస్తుంది. స్వయం ప్రేరక ప్రవాహాలను వ్యతిరేకిస్తుంది. కనుక ప్రేరణ ప్రభావాన్ని కనిష్ఠం చేస్తుంది.

3. $3.5 \times 10^{-3} = 9.7 \times 10^{-3} \times \frac{dI}{dt}$

$$= \frac{dI}{dt} = \frac{3.5}{9.7} = 0.36 \text{ A s}^{-1}$$

22.6

1. (a) i_1, పెరిగితే, మొదటి తీగ చుట్ట నుండి వచ్చే అభివాహం కూడా పెరుగుతుంది. అందువల్ల పరిశీలకుడు O నుండి చూసినపుడు సవ్యదిశలో ప్రవహిస్తున్న విద్యుత్ ప్రవాహం వల్ల రెండవ తీగచుట్టలోని ప్రేరిత ప్రవాహం అభివాహాన్ని వ్యతిరేకిస్తుంది. అందువల్ల B ధనాత్మకంగా, A రుణాత్మకంగా ఉంటుంది.

   (b) i_2, తగ్గితే మొదటి తీగచుట్ట నుండి వచ్చే అభివాహం తగ్గుతుంది. దీనిని పెంచడానికి ప్రేరిత విద్యుత్, C ని ధన పొటెన్షియల్ వద్ద, D ని రుణ ప్రొటెన్షియల్ వద్ద ఉంటేవిధంగా బయటి వైపుకు అపసవ్యదిశలో ప్రవహించాలి.

2. ఉండదు, స్వయంప్రేరణ తగ్గుతుంది. రెండు తీగ చుట్టలు ఒకదాని కొకటి లంబంగా ఉన్నప్పుడు, ఒక తీగ చుట్ట నుండి వేరొక తీగ చుట్టకు సంధాన అభివాహం కనీసం ఉంటుంది కనుక.

22.7

1. (i) a.c. జనరేటర్ లో స్లిప్ రింగులుంటే, d.c. జనరేటర్ లో స్ప్లిట్‌రింగు కామ్యుటేటర్ ఉంటుంది.

   (ii) a.c. జనరేటర్ ప్రవాహ వోల్టేజిని సైను సోయిడల్‌రూపంలో ఏర్పరిస్తే, d.c. జనరేటర్ ఒకే దిశలో ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఏర్పరుస్తుంది.

2. జనరేటర్‌లోని ఆవశ్యక భాగాలు ఆర్మేచర్, క్షేత్ర అయస్కాంతం, స్లిప్‌రింగులు, బ్రష్‌లు.

3. కమ్యుటేటర్ a.c. తరంగరూపాన్ని, d.c. తరంగరూపంలోకి మారుస్తుంది.

4. కాంతి కొరకు సైకిల్‌కు అనుసంధానిస్తారు.

ముగింపు అభ్యాసంకు సమాధానాలు

1. (a) 3×10^{-2} Wb s^{-1} (b) 0.47 T s^{-1}

3. (a) నాలుగు రెట్లు అవుతుంది. (b) 0.8 H

8. 333.3 V

10. 0.2 Tesla

14. 0.8 Volts

23

ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహాలు

పరిచయం

మనం ఇంట్లో వాడే పరికరాలలో ఏకముఖ విద్యుత్ ప్రవాహం కంటే ఎక్కువగా ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఉపయోగిస్తాం. ఏకముఖ విద్యుత్ ప్రవాహంతో పోల్చినప్పుడు, ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహ ప్రసారం సులభంగా ఉంటుంది. పరివర్తకాలనుపయోగించి, ఏకాంతర ప్రవాహాల లేదా ఓల్టేజి పరిమాణాన్ని సులభంగా పెంచవచ్చు లేదా తగ్గించవచ్చు. ఏ ప్రవాహానికైతే పరిమాణం నిరంతరంగా మారుతూ దిశ ఆవర్తకంగా మారుతూ ఉంటే ఆ ప్రవాహాన్ని ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహం అంటారు. కాని ఏకముఖ విద్యుత్ ప్రవాహంలో, పరిమాణం స్థిరంగా ఉండి, ఒకే దిశలో ప్రవహిస్తుంది. (పటం 23.1). మనదేశంలో ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహ పౌనఃపున్యం 50 Hz అంటే ఇది తన దిశను సెకనుకు 50 సార్లు మార్చుకుంటుంది. ఏకముఖ విద్యుత్ ప్రవాహ పౌనఃపున్యం సున్న.

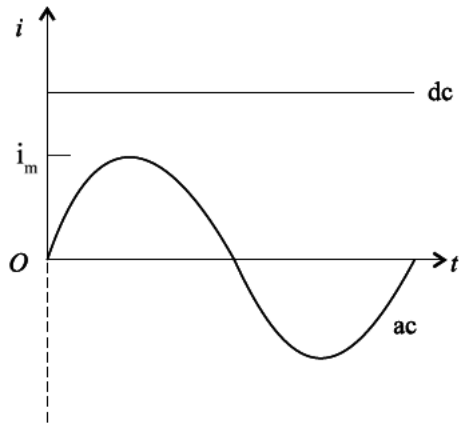
లక్ష్యాలు

ఈ పాఠం చదివిన తరువాత ఈ కింది విషయాలు తెలుసుకుంటారు.

- ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహం మరియు ఓల్టేజ్ వివరణ
- ac వలయాలలో (i) నిరోధం (ii) ప్రేరకం మరియు (iii) కెపాసిటర్‌లను కలిగిన ac వలయాలలో వోల్టేజ్ ప్రవాహాల మధ్య సంబంధాన్ని రాబట్టుట.
- LC కంపనాల వివరణ
- పరివర్తకాల నిర్మాణం, వర్ణన, పరివర్తక రకాల విభజన.

23.1 ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహం మరియు ఓల్టేజ్

పటంలో 23.1లో చూపినట్లు ఏకాంతర వోల్టేజ్ సైన్ ప్రమేయం వలె మారుతుంటుంది. మరియు వలయంలో ఈ పరిస్థితులలో ప్రవాహిస్తున్న ప్రవాహాన్ని ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహం అంటారు.



పటం 23.1 : ఏకముఖ, ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహాల తరంగ రూపాలు

సాధారణంగా గణితాత్మకంగా ఏకాంతర వోల్టేజి, ప్రవాహంలను ఈ క్రింది విధంగా తెలియజేస్తారు.

$$V = V_m \cos\omega t \qquad (23.1)$$

మరియు

$$I = I_m \cos\omega t \qquad (23.2)$$

V_m, I_m లను ఏకాంతర వోల్టేజి, ప్రవాహంల శిఖర విలువలు (Peak values) అంటారు. V, I విలువల వర్గ సరాసరి వర్గమాల విలువ (rms) ను కూడా నిర్వచిద్దాం.

$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707 V_m \qquad (23.3)$$

$$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707 I_m \qquad (23.4)$$

V, I ల మధ్య సంబంధం, ఆ వలయంలోని వలయ భాగాల మీద ఆధారపడి ఉంటుంది. (i) నిరోధం (ii) కెపాసిటర్, (iii) ప్రేరకం లను మాత్రం కలిగి ఉన్న వలయాలను మనం ఇపుడు చూద్దాం.

జార్జ్ వెస్టింగ్ హౌస్ (George Westinghouse) (1846-1914)

ప్రపంచమంతా dc కన్నా ac ని ఎక్కువగా ఉపయోగించడానికి కారణం జార్జ్‌వెస్టింగ్ హౌస్ ముందు చూపు, కృషి ఫలితం, ఇతను ఒక అమెరికన్ పరిశోధకుడు (inventor), 400 పేటెంట్లను తన ఖాతాలో కలిగి ఉన్న పారిశ్రామిక వేత్త. అతని 15 ఏళ్ళ వయస్సు లోనే ఒక క్రొత్త విషయాన్ని కనుగొన్నాడు. ఇతడు ఎయిర్ బ్రేకులను, రైళ్ళ రవాణా భద్రతకు కారణమైన స్వయంచాలక రైలు సంకేతాన్ని (automatic railway) కనుగొన్నాడు.

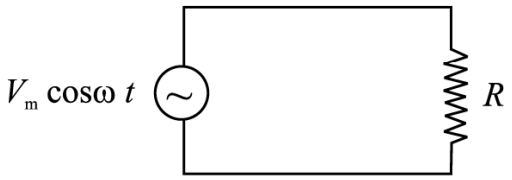
యూగోస్లావియా దేశానికి చెందిన నికోలిటెస్లా భ్రమణం చెందుతున్న అయస్కాంత క్షేత్ర భావనను ప్రకటించగానే, జార్జ్‌వెస్టింగ్ హౌస్ దీని ప్రాముఖ్యతను గుర్తించాడు. తను స్థాపించిన ఎలక్ట్రిక్ కంపెనీలో టెస్లాకు ఆకర్షణీయమైన ప్రతిఫలాన్ని ఇచ్చి కంపెనీలో చేర్చుకున్నాడు. నయాగరా జలపాతం నుండి వచ్చిన శక్తి ద్వారా విద్యుత్ ను ఉత్పత్తి చేసి దానినుపయోగించి 20 km దూరంలో ఉన్న నగరాన్ని విద్యుదీకరణ చేయడం ద్వారా ఆ కంపెనీ ప్రాచుర్యం లోకి వచ్చింది.

23.1.1 నిరోధకానికి కలిపిన ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహ జనకం

వలయంలో నిరోధకాన్ని పటల 23.2 చూపిస్తుంది. విద్యుత్ ప్రవాహ తక్షణ విలువను, నిరోధకం వద్ద తక్షణ పొటెన్షియల్ తేడాను నిరోధంతో భాగించగా వచ్చిన విలువ ప్రవాహ తక్షణ విలువను ఇస్తుంది.

$$I = \frac{V}{R}$$

$$= \frac{V_m \cos\omega t}{R} \qquad (23.5)$$

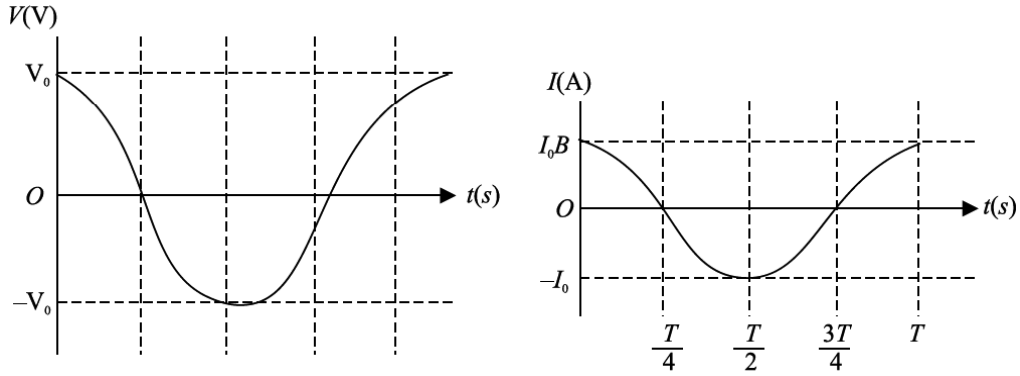


పటం 23.2 : నిరోధాన్ని కలిగి ఉన్న ac వలయం

V_m/R రాశి, వోల్టు /ఓమ్ ప్రమాణాలను కలిగి ఉంది. (అంటే ఆంపియర్) ఇది వలయంలోని గరిష్ఠ ప్రవాహాన్ని తెలుపుతుంది. కాలంతో పాటు ప్రవాహం దిశ మారుతుంది కనుక సాధ్యమయ్యే రెండు ప్రవాహ దిశలను తెలియజేయడానికి ప్రవాహానికి రుణ, ధన విలువలను ఉపయోగిద్దాం. సమీ (23.5) లో V_m/R కు, వలయం గరిష్ట ప్రవాహం I_mను ప్రతిక్షేపిస్తే

$$I = I_m \cos\omega t \qquad (23.6)$$

కాలంతోపాటు నిరోధకం చివరల మధ్య పొటెన్షియల్ భేదం మరియు నిరోధకంలోని విద్యుత్ ప్రవాహం కాల మార్పును పటం 23.3 చూపిస్తుంది. పొటెన్షియల్ భేదం, ప్రవాహంలు ఒకే దిశలో ఉన్నాయని గమనించండి. అంటే ఒకే కాలంలో శిఖరాలు, లోయలు ఏర్పడతాయి.



పటం 23.3 : శుద్ధ నిరోధక వలయంలో కాలంతో విద్యుత్ ప్రవాహం, వోల్టేజీలలో మార్పు

భారతదేశంలో V_m = 310V, ν = 50 Hz, R = 10 Ω we get

$$V = 310\cos(2\pi\, 50t)$$

$$I = \frac{310}{10}\cos(100\pi t)$$

$$= 31\cos(100\pi t)\,\text{A}$$

V, I లు cos (100 π t) కు అనులోమాను పాతంలో ఉన్నాయి కనుక, పూర్ణాంక సంఖ్య ఆవర్తాలకు గణించిన సరాసరి ప్రవాహం సున్న.

తక్షణ ప్రవాహం వర్గం విలువ ఎల్లప్పుడూ ధనాత్మకం కనుక నిరోధంలో ఏర్పడిన సరాసరి సామర్థ్యం $P = I^2R$ శూన్యం కాదు. I^2 విలువ సున్నా నుండి I^2 వరకు ఆవర్తకంగా మారుతుంది కనుక, ఒక ఆవర్తం (cycle) కు సరాసరి సామర్థ్యం P ను గణించవచ్చు.

$$P_{av} = \left(I^2R\right) = R\left(I^2\right)_{av} = R\,\frac{I_m^2 + 0}{2}$$

$$P_{av} = R\left(\frac{I_m^2}{2}\right) = R\ I_{rms}^2 \qquad (23.7)$$

నిరోధకంలో $\frac{I_m}{\sqrt{2}}$ విలువగల స్థిర dc విద్యుత్తు ఇదే సామర్థ్యాన్ని ఏర్పరుస్తుందని గమనించండి. $\frac{V_m}{\sqrt{2}}$ స్థిర విలువను కలిగి ఉన్న పొటెన్షియల్ తేడాను నిరోధకానికి కలిపినట్లయితే ఇదే ఫలితం వస్తుంది. $\frac{I_m}{\sqrt{2}}$ మరియు $\frac{V_m}{\sqrt{2}}$ రాశులను ప్రవాహం మరియు పొటెన్షియల్ తేడాల వర్గ మధ్యమ వర్గమూల విలువ (rms విలువలు) అంటారు. మన ఇంటికి సరఫరా అయ్యే విద్యుత్‌లో

$V_m = 310V$, పొటెన్షియల్ తేడా rms విలువ

$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \simeq 220V$$

ఇది పొటెన్షియల్ తేడాకు సాధారణంగా చెప్పే విలువ. పొటెన్షియల్ తేడా 220 V ఉన్నపుడు, a.c వోల్టేజ్ శిఖర విలువ 310 V అందుకే ఇది ప్రాణాంతకమైనది.

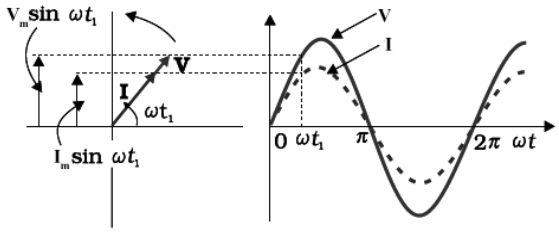
పాఠంలోని ప్రశ్నలు 23.1

1. బల్బును ac జనకానికి కలిపారు. తక్షణ ప్రవాహం ప్రతీ ఆవర్తం (Cycle) లో రెండు సార్లు శూన్యం అయ్యింది. ఈ శూన్య ప్రవాహం సమయంలో బల్బు ఎందుకు ఆరిపోలేదు?
2. 25 W నిరోధంగల విద్యుత ఇస్త్రీ పెట్టెను 220 V, 50 Hz గల ఇంట్లోని విద్యుత్ సరఫరాకు కలిపారు. మొత్తం ఆవర్తనంలో సరాసరి ప్రవాహం శిఖర ప్రవాహం, తక్షణప్రవాహం rms ప్రవాహాలను గణించండి.
3. ac ప్రవాహం, వోల్టేజిల వర్గ సరాసరి వర్గమూల విలువలను ఎందుకు లెక్కించవలసిన అవసరం ఉంది?

23.3 ఏకాంతర ప్రవాహం మరియు ఒల్టేజిలను సూచించే భ్రమణ సదిశలు - ప్రావస్థలు

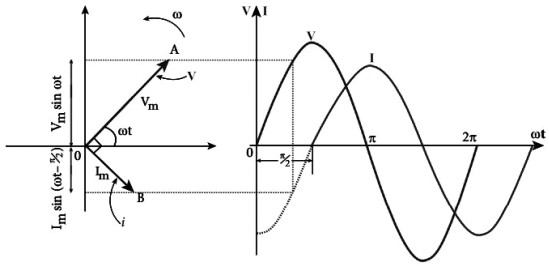
నిరోధంలోని ప్రవాహం వోల్టేజితో ఒకే దశలో ఉంటాయని మనం చూశాం. కాని ప్రేరకము (Inductor), కెపాసిటర్ విషయంలో అవి ఒకే దశలో ఉండవు. కావున వోల్టేజి, ప్రవాహాల మధ్య దశా సంబంధాలను తెలుసుకొనుటకు నిర్దిష్ట సంకేతాలను వాడతాము, వాటినే ప్రావస్థలు అంటారు. కోణీయ పౌనఃపున్యం 'ω' తో దాని అక్షం గుండా భ్రమణం చెందే సదిశనే ప్రావస్థ అంటారు.

కాలం t_1 వద్ద వోల్టేజి, ప్రవాహాల లంబ అంశాలు వరుసగా $V_m \sin\omega t_1$, $I_m \sin \omega t_1$. V_m, I_m లు శిఖర వోల్టేజి, ప్రవాహాలు అక్షంపై వోల్టేజి, ప్రవాహాల ప్రావస్థల ప్రక్షేపకాలు $V_m \sin \omega t$, $I_m \sin \omega t$ లు తక్షణ వోల్టేజి, ప్రవాహాలను సూచిస్తాయి. దీనిని పౌనఃపున్యంలుతో త్రిప్పినప్పుడు, పటం 23.4 (a)లో చూపినట్లు వక్రాలు ఉత్పత్తి అవుతాయి. పటం 23.4 (a)లో చూపినట్లు, నిరోధానికి V, I ప్రావస్థలు ఒకే దిశలో ఉంటాయి. కాబట్టి వోల్టేజి, ప్రవాహాల మధ్య దశాకోణం సున్న. ప్రేరకము లేదా కేపాసిటర్ విషయంలో వోల్టేజి, ప్రవాహాలు ఒకే దశలో ఉండవు.



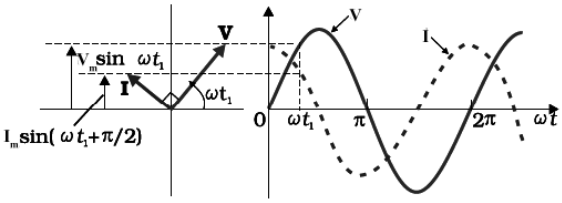
పటం 23.4 : (a) నిరోధంతో ప్రావస్థ, తరంగాల చిత్రాలు

ప్రేరకం కలిగి ఉన్న వలయానికి ac వోల్టేజి అనువర్తించినప్పుడు, వలయంలోని ప్రవాహం, వోల్టేజి కంటే $\frac{\pi}{2}$ కోణం, లేదా చతుర్థాంశ చక్రం వెకనుబడి ఉంటుంది.



పటం 23.4 : (b) ప్రేరకంతో ప్రావస్థ-తరంగాల చిత్రాలు

పటం 23.4(b) లో చూపినట్లు ప్రవాహ ప్రావస్థ **I**, వోల్టేజి **V** కంటే $\frac{\pi}{2}$ వెనుకబడి ఉంటుంది. అపసవ్య దిశలో వాటిని ω పౌనఃపున్యంతో భ్రమణం చెందించినప్పుడు పటంలో చూపినట్లు వోల్టేజి, ప్రవాహ వక్రాలు ఉత్పత్తి అవుతాయి. పటంలో చూపినట్లు వోల్టేజి కంటే చతుర్థాంశ అవధి తర్వాత గరిష్ఠాన్ని చేరుకుంటుంది.

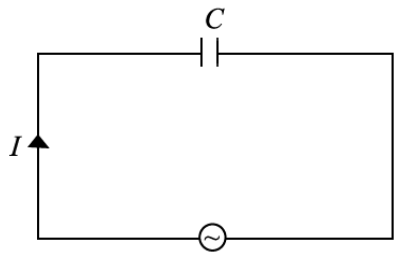


పటం 23.4 : (c) కెపాసిటర్‌తో ప్రావస్థ-తరంగాల చిత్రాలు

కెపాసిటర్ కలిగి ఉన్న వలయానికి ac వోల్టేజిని అనువర్తించినప్పుడు ప్రవాహం, వోల్టేజి కంటే $\frac{\pi}{2}$ ముందుంటుంది. పటం 23.4(c) లో చూపినట్లు అపసవ్య దిశలో తిప్పినప్పుడు ప్రావస్థ **V** కంటే ప్రవాహ ప్రావస్థ **I**, $\frac{\pi}{2}$ ముందుంటుంది. కాలంతోపాటు వోల్టేజి, విద్యుత్ ప్రవాహాల మార్పులను పటంలో చూపించాము. దాని నుండి మనం ప్రవాహం, వోల్టేజి కంటే చతుర్థాంశ అవధి కంటే ముందుగానే తన గరిష్ఠానికి చేరుకుంటుందని పరిశీలించవచ్చు.

23.4 కెపాసిటర్ కు కలిపిన AC జనకం

ac జనకానికి కలిపిన కెపాసిటర్‌ను పటం 23.5 చూపిస్తుంది. కెపాసిటెన్స్ నిర్వచనం నుండి కెపాసిటర్ మీద తక్షణ ఆవేశం, దాని కెపాసిటన్స్‌ను, దాని తక్షణ పొటెన్షియల్ తేడాతో గుణించగా వచ్చిన లబ్దానికి సమానం $(q = CV)$

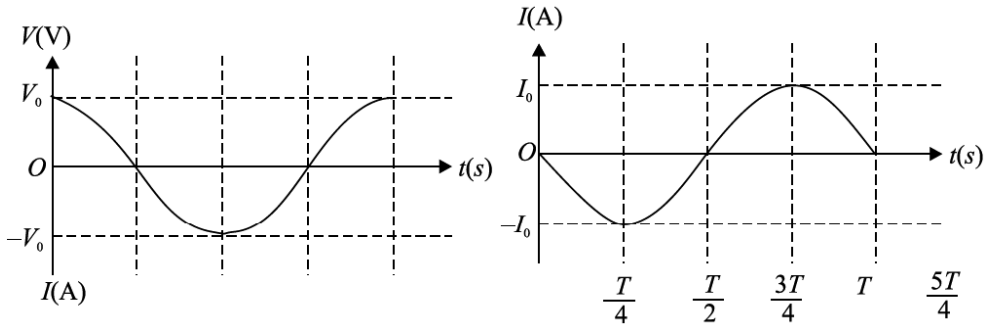


పటం 23.5 : ac వలయంలో కెపాసిటర్

$$q = CV_m \cos\omega t \qquad (23.8)$$

$I = dq/dt,$ we can write

$$I = -\omega CV_m \sin\omega t \qquad (23.9)$$



పటం 23.6 : కెపాసిటర్ వలయంలో కాలంతో పాటు *V, I* లలో మార్పు

కెపాసిటర్ వలయంలో కాలంతో పాటు V, I లలో మార్పును పటం 23.6 లో చూపించారు.

నిరోధంలా కాక, కెపాసిటర్ కు విద్యుత్ ప్రవాహం I, పొటెన్షియల్ తేడా V లు ఒకే దశలో ఉండవు. ప్రవాహం, కాలంల వక్రం యొక్క మొదటి శిఖరం, పొటెన్షియల్ తేడా, కాలాల వక్రం లో మొదటి శిఖరం కన్నా ఒక చతుర్థాంశ ఆవర్తం ముందు ఏర్పడుతుంది. కనుక కెపాసిటర్ విద్యుత్ ప్రవాహం, కెపాసిటర్ పొటెన్షియల్ తేడా కన్నా ఆవర్తనంలో నాల్గవ వంతు ముందుంటుంది. ఆవర్తనంలో నాల్గవ వంతు అంటే $\pi/2$ లేదా $90°$ దశాభేదానికి సమానంగా ఉంటుంది. కనుక పొటెన్షియల్ తేడా, ప్రవాహం కన్నా $90°$ వెనకబడి ఉంటుందని కూడా చెప్పవచ్చు.

సమీ (23.9) ను తిరిగి రాయగా

$$I = -\frac{V_m}{1/(\omega C)} \sin\omega t \qquad (23.10)$$

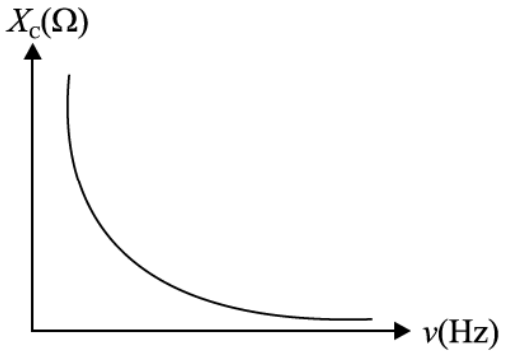
సమీ (23.5), (23.10) లను పోల్చినపుడు, $(1/\omega C)$ నిరోధం ప్రమాణాలను కలిగి ఉండాలి. $(1/\omega C)$ రాశిని కెపాసిటివ్ ప్రతిరోధం అంటారు. X_C, సంకేతంతో సూచిస్తారు.

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

$$= \frac{1}{2\pi \nu C} \qquad (23.11)$$

వలయంలోని ఏకాంతర ప్రవాహాన్ని కెపాసిటర్ ఎంతమేరకు నిరోధిస్తుందో తెలిపే కొలత కెపాసిటివ్ ప్రతిరోధం (Capacitive reactance). ఇది జనరేటర్ పౌనఃపున్యం, కెపాసిటెన్స్ మీద ఆధరపడుతుంది. పౌనఃపున్యం, కెపాసిటెన్స్‌లు పెరిగితే కెపాసిటివ్ ప్రతిరోధం తగ్గుతుంది. ac ప్రవాహం అవధులను గణించే విషయంలో నిరోధక మరియు కెపాసిటివ్ ప్రతిరోధం సాదృశ్యాలు. కాని నిరోధకంలా కాక కెపాసిటివ్ ప్రతిరోధం ac పౌనఃపున్యం మీద ఆధారపడుతుంది (పటం 23.7). కెపాసిటివ్ ప్రతిరోధం భావన $I = V/R$ సమీకరణానికి అనురూప సమీకరణంను పరిచయం చేసేలా చేస్తుంది.

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{X_C} \qquad (23.12)$$



పటం 23.7 : కెపాసిటివ్ ప్రతిరోధం యొక్క పౌనఃపున్యం మార్పు

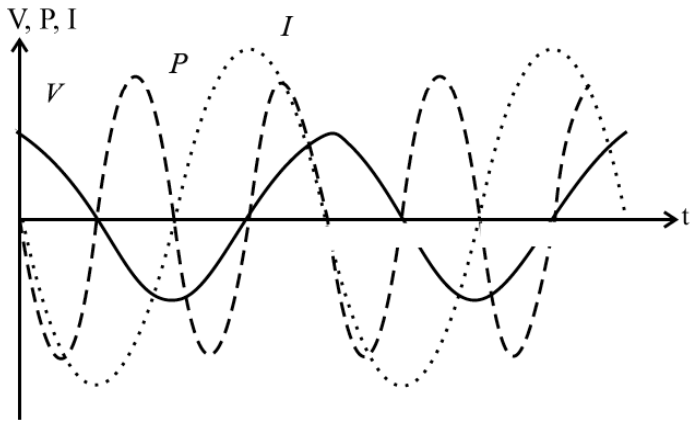
తక్షణ కెపాసిటర్ విద్యుత్ ప్రవాహం మరియు పొటెన్షియల్ తేడాల లబ్ధం కెపాసిటర్‌కు విడుదల చేసే తక్షణ సామర్థ్యం అవుతుంది.

$$P = VI$$

$$= -\omega CV^2 \sin\omega t \cos\omega t$$

$$= -\frac{1}{2}\omega CV^2 \sin 2\omega t \qquad (23.13)$$

కాలంతోపాటు శక్తి ప్రవాహదిశను P సంజ్ఞ నిర్ధారిస్తుంది. P ధనాత్మకమైతే కెపాసిటర్‌లో శక్తి నిలవ ఉంటుంది. P రుణాత్మక మయినపుడు కెపాసిటర్, శక్తిని విడుదల చేస్తుంది. V, I మరియు Pల గ్రాఫీయ నిరూపణలను పటం 23.8లో చూపించారు. ప్రవాహం పొటెన్షియల్ తేడాలు, కోణీయ పౌనఃపున్యం ω తో మారితే సామర్థ్యం కోణీయ పౌనఃపున్యం 2ω తో మారుతుందని గమనించండి. సరాసరి సామర్థ్యం సున్న. కెపాసిటర్ ఆవేశితమవు తున్నపుడు ఆవర్తంలో నిలవ ఉన్నశక్తి, కెపాసిటర్ ఉత్సర్గమైనపుడు పూర్తిగా తిరిగి పొందుతుంది.



పటం 23.8 : కాలంతో V, I మరియు P లలో మార్పు

ఉదాహరణ 23.1

శిఖర కంపన పరిమితి 220V, గల 50 Hz ac జనరేటర్‌కు 100 μ F కెపాసిటర్‌ను కలిపారు. కెపాసిటర్‌కు శ్రేణిలో కలిపిన rms ac అమ్మీటర్ నమోదు చేసిన ప్రవాహాన్ని గణించండి.

సాధన : కెపాసిటర్ యొక్క కెపాసిటివ్ ప్రతిరోధంను

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi\left(50\,\text{rads}^{-1}\right)\left(100\times10^{-6}\,\text{F}\right)} = 31.8\Omega$$

అమ్మీటర్ యొక్క స్వల్ప నిరోధం, ప్రవాహాన్ని ప్రభావితం చేయదని ఊహిస్తూ, కెపాసిటర్‌లో తక్షణ ప్రవాహం

$$I = \frac{V}{X_C}\cos\omega t = \frac{220}{31.8}\cos\omega t$$

$$= \left(-6.92\cos\omega t\right)\text{A}$$

విద్యుత్ ప్రవాహం rms విలువ

$$I_{\text{rms}} = \frac{I_{\text{m}}}{\sqrt{2}}$$

$$= \frac{6.92}{\sqrt{2}}$$

$$= 4.91\text{A}$$

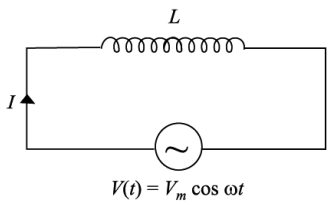
పాఠంలోని ప్రశ్నలు 23.2

1. ac జనరేటర్‌కు కలిపిన కెపాసిటర్‌లోని ప్రవాహం కెపాసిటెన్స్‌తో ఎందుకు పెరుగుతుంది.
2. మారుతున్న పౌనఃపున్యం గల స్థిర శిఖర విలువ (V_{m}) కలిగిన ac జనరేటర్‌కు కెపాసిర్‌ను కలిపారు. పౌనఃపున్యం తగ్గితే ప్రవాహం పెరగాలని నువ్వు అనుకుంటున్నావా?
3. కెపాసిటర్‌కు జనరేటర్ విడుదల చేసిన సరాసరి సామర్థ్యం సున్నా అవుతుందా? మీ సమాధానాన్ని సమర్థించండి.
4. TV లలో ఉండే హెచ్చు పౌనఃపున్యవలయాల్లో కెపాసిటివ్ ప్రతిరోధాలు ఎందుకు తక్కువవుతాయో తెలపండి.

23.5 ప్రేరకంకు కలిపిన AC జనకం

ఆదర్శ ప్రేరకం (శూన్య- నిరోధం) కు కలిపిన ac జనకాన్ని తీసుకుందాం. పటం (23.9) ప్రేరకంలో పొటెన్షియల్ తేడా V,

$$V(t) = L\frac{dI(t)}{dt} = V_m \cos\omega t \qquad (23.14)$$



పటం. 23.9 : ప్రేరకంకు కలిపిన ac జనరేటర్

కాలంతో సమీ (23.14) ను సమాకలనం చేయగా,

$$\int dI = \frac{V_m}{L}\int \cos\omega t\, dt$$

$\cos x$ ని సమాకలనం $\sin x$ ని కనుక

$$I(t) = \frac{V_m}{\omega L}\sin\omega t + \text{స్థిరాంకం} \qquad (23.15)$$

$t = 0$, $I = 0$ అయినపుడు, సంకలన స్థిరాంకం శూన్యమవుతుంది.

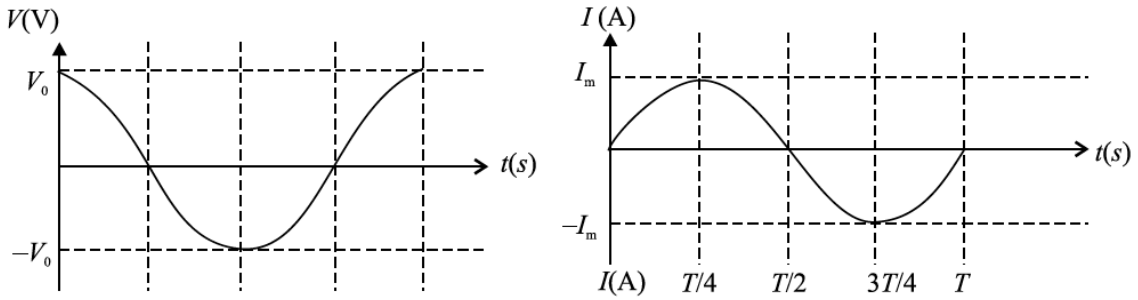
$$I(t) = \frac{V_m}{\omega L}\sin\omega t \qquad (23.16)$$

$V(t)$, $I(t)$ లను పోల్చడానికి, $V_m = 220\text{V}$,

$\omega = 2\pi\,(50)$ rad s^{-1}, $L = 1\ H$ గా తీసుకుందాం.

$V(t) = 220\cos(2\pi\ 50t)$ వోల్టు

$$I(t) = \frac{220}{2\pi 50}\sin(2\pi\, 50t) = 0.701\sin(2\pi\, 50t)$$ ఆంపియర్.



పటం 23.10 : కాలంతోపాటు ప్రేరకం వద్ద పొటెన్షియల్ తేడా మరియు దానిలో ప్రవహించే విద్యుత్‌లలో మార్పు. ఇవి ఒకే దశలో ఉండవు.

పటం 23.10, కాలంతోపాటు V మరియు I లలో మార్పులను చూపిస్తుంది. ప్రేరకంలో ప్రవాహం మరియు దాని పొటెన్షియల్ తేడా ఒకే దశలో ఉండవు. నిజానికి పొటెన్షియల్ తేడా, ప్రవాహం గరిష్ట విలువ కన్నా నాల్గవవంతు ఆవర్తం ముందు గరిష్ట విలువను చేరుతుంది. వోల్టేజ్‌కన్నా ప్రేరకంలో ప్రవహించే విద్యుత్ $\pi/2$ రేడియన్ (లేదా $90°$) వెనకబడి ఉంటుంది. లెంజ్ నియమం నుండి మనం అనుకున్నది ఇదే. దీనిని వేరొకవిధంగా చూడడానికి సమీ (23.16) ను కింది విధంగా మళ్ళీ రాద్దాం.

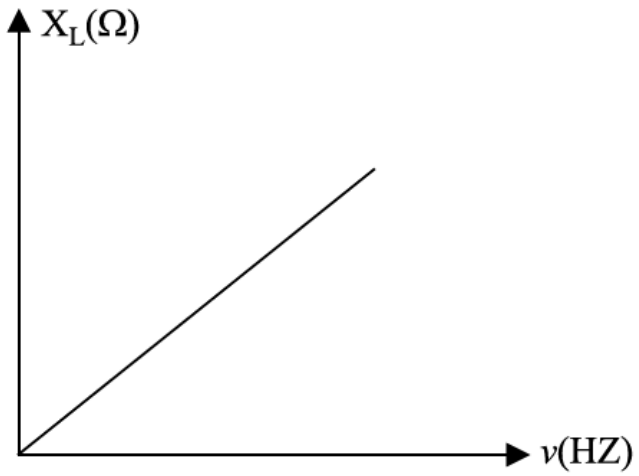
$$I = \frac{V_m}{\omega L}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$V = V_m \cos\omega t$ కనుక, I కు దశాభేదం $(-\pi/2)$ అంటే ఈ వలయంలో వోల్టేజ్‌కన్నా ప్రవాహం $\pi/2$ వెనకబడి ఉంటుంది. ఇది కెపాసిటర్‌లో మనం గమనించినదానికి వ్యతిరేకం. కెపాసిటర్‌లో విద్యుత్ ప్రవాహం, వోల్టేజ్ కన్నా ముందుంటుంది. ప్రేరకంలో వోల్టేజ్ కన్నా ప్రవాహం వెనకబడి ఉంటుంది. సమీ 23.16 లో ωL రాశి నిరోధం ప్రమాణాలను కలిగి ఉంటుంది. దీనిని ప్రేరక ప్రతిరోధం (Inductive reactance) అంటారు. దీనిని సంకేతం X_L ద్వారా సూచిస్తారు.

$$X_L = \omega L = 2\pi\nu L \qquad (23.17)$$

కెపాసిటివ్ ప్రతిరోధం లాగానే ప్రేరక ప్రతిరోధం X_L ను ఓమ్ (ohm) తో తెలియజేస్తారు. వలయంలో బిబీ ప్రవాహాన్ని ప్రేరకం ఏమేరకు నిరోధిస్తుందో తెలిపే కొలత ప్రతిరోధం (Inductive reactance). ఇది జనరేటర్ ప్రేరకం మీద, పౌనఃపున్యం మీద ఆధారపడుతుంది. పౌనఃపున్యం లేదా ప్రేరణ పెరిగితే ప్రేరక ప్రతిరోధం పెరుగుతుంది.

(ఇది కెపాసిటివ్ ప్రతినిరోధం వ్యతిరేకం) పౌనఃపున్య అవధి సున్నాకు చేరితే, ప్రేరక ప్రతిరోధం సున్నాకు చేరుతుంది. $\omega \to 0$ అయినపుడు, కెపాసిటివ్ ప్రతిరోధం అనంతమవడం గుర్తుకు తెచ్చుకోండి. (పట్టిక 23.1 ను చూడండి) బ్యాటరీ లాంటి dc జనకంకు ప్రేరణ ప్రభావం ఉండదు. శూన్య పౌనఃపున్యానికి ప్రేరక ప్రతిరోధం శూన్యమవుతుంది. ఇది dc జనకానికి కలిపిన ప్రేరక స్వభావానికి అనుగుణంగా ఉంటుంది. X_L పౌనఃపున్యం మార్పును పటం 23.11 లో చూపించారు.



పటం 23.11 : పౌనఃపున్యం ప్రమేయంగా ప్రేరకం ప్రతిరోధం ($X_L = 2\pi\nu L$) పౌనఃపున్యం పెరిగితే ప్రేరక ప్రతిరోధం పెరుగుతుంది.

పట్టిక 23.1 క్రియారహిత వలయ భాగాల యొక్క పౌనఃపున్య అనుక్రియ
(Frequency response of passive circuit elements)

వలయ భాగం	విద్యుత్ ప్రవాహానికి వ్యతిరేకత	తక్కువ పౌపఃపున్యం వద్ద విలువ	హెచ్చు పౌనఃపున్యం వద్ద విలువ
నిరోధకం	R	R	R
కెపాసిటర్	$X_C = \frac{1}{\omega C}$	∞	0
ప్రేరకం	$X_L = \omega L$	0	∞

ప్రేరకనిరోధం భావన, నిరోధం R కలిగి ఉన్న $I = V/R$ సమీకరణంలో ప్రేరణ అనురూపంను పరిచయం చేసేలా చేస్తుంది.

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{X_L} \tag{23.18}$$

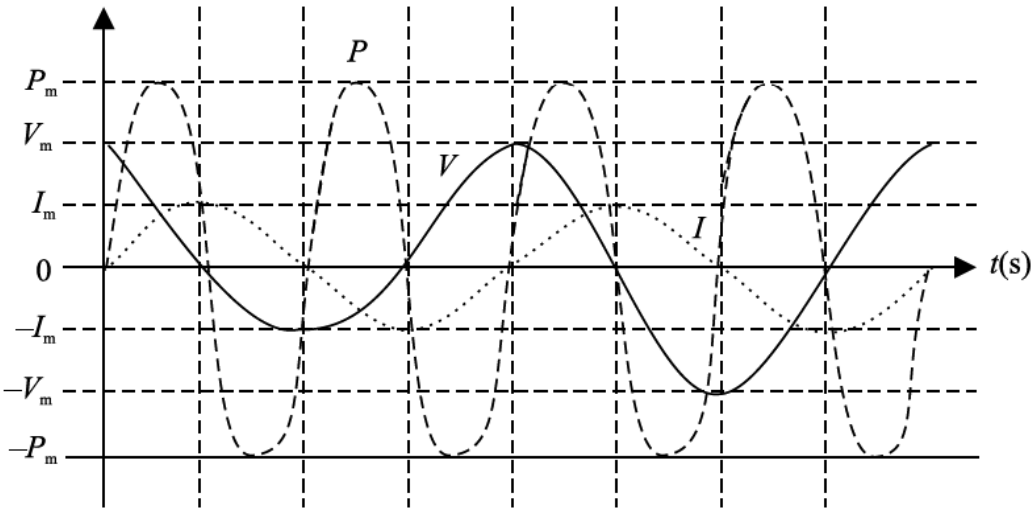
ప్రేరకం విడుదల చేసిన తక్షణ సామర్థ్యం

$$P = VI$$

$$= \frac{V_m^2}{\omega L}\sin\omega t\cos\omega t = \frac{V_m^2}{2\omega L}\sin 2\omega t \tag{23.19}$$

ప్రేరకంకు V, I మరియు P ల గ్రాఫీయనిరూపణను పటం 23.12 లో చూపించారు. ప్రవాహం, పొటెన్షియల్ తేడా కోణీయ పౌనఃపున్యంతో మారుతున్నప్పటికీ, సామర్థ్యం, రెండు రెట్లు కోణీయ పౌనఃపున్యంతో మారుతుంది.

మొత్తం ఆవర్తంలో విడుదలైన శక్తి శూన్యం. అయస్కాంత క్షేత్రం ఏకాంతరంగా పెరుగుతూ మరియు తరిగినట్లు, శక్తికూడా ఏకాంతరంగా నిలువ చేయబడి మరియు విడుదల చేయబడుతుంది.



పటం 23.12 : ప్రేరక వలయంలో కాలంతోపాటు పొటెన్షియల్ భేదం, ప్రవాహం మరియు సామర్థ్యంలలో మార్పు

ఉదాహరణ 23.2

25 cm లో పొడవు, 2.5 cm వ్యాసం కలిగి గాలికోర్‌గా గల సోలినాయిడ్ దగ్గరగా చుట్టిన 1000 చుట్లను కలిగి ఉంది. తీగచుట్ట నిరోధం 1.00 Ω. తీగ చుట్ట నిరోధంతో 100 Hz ల వద్ద ప్రేరక ప్రతిరోధాన్ని పోల్చండి.

సాధన : వ్యాసంతో పోల్చినపుడు ఎక్కువ పొడవు గల సోలినాయిడ్ ప్రేరణ

$$L = \frac{\mu_0 N^2 \pi a^2}{l}$$

ఇక్కడ N సోలినాయిడ్ చుట్ల సంఖ్యను, a వ్యాసార్థాన్ని, l పొడవును సూచిస్తాయి. ఈ విలువలను ప్రతిక్షేపించగా

$$\mathrm{L} = \frac{\left(4\pi\times10^{-7}\right)\mathrm{Hm}^{-1}\left(1000\right)^2\pi\left(0.0125\right)^2\mathrm{m}^2}{0.25\mathrm{m}} = 2.47\times10^{-3}\mathrm{H}$$

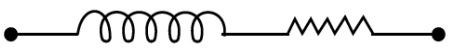
పౌనఃపున్యం 100 Hz వద్ద ప్రేరక ప్రతినిరోధం

$$X_L = \omega L = 2\pi\left(100\frac{rad}{s}\right)\left(2.47\times10^{-3}\right)H$$

$$= 1.55\ \Omega$$

100 Hz వద్ద సోలినాయిడ్ ప్రేరక ప్రతిరోధాన్ని, స్వభావజ (ఓమిక్) నిరోధం R తో పోల్చవచ్చు. వలయంలో దీనిని కింది విధంగా చూపిస్తారు.

L = 2.47 H, R = 1.00 Ω



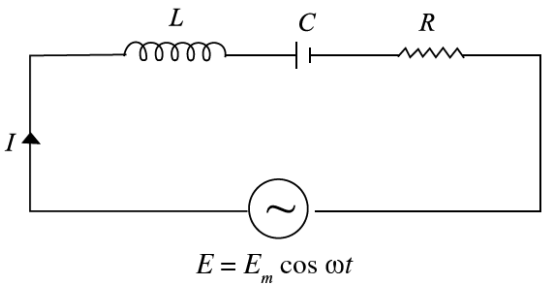
మీకు అర్థమయిన ఈ భావనలను ఇపుడు పరీక్షించుకోండి.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 23.3

1. ఆదర్శప్రేరకంను ac జనరేటర్‌కు కలిపినపుడు లెంజ్‌నియమం పాత్రను వివరించండి.
2. 23.2 విభాగంలో స్వయం ప్రేరణను విద్యుత్ జడత్వం అభిలక్షణంగా చెప్పారు. దీనిని మార్గదర్శకంగా తీసుకొని ac జనరేటర్‌కు కలిపిన ప్రేరకంలోని విద్యుత్‌ప్రవాహం, స్వయం ప్రేరణ పెరిగినపుడు ఎందుకు తగ్గుతుందో తెలపండి?

23.6 LCR శ్రేణి వలయంకు AC వోల్టేజి

పటం 23.13 లో L ప్రేరకం, C కెపాసిటర్, R నిరోధం లను తక్షణ విద్యుచ్ఛాలక బలం $E = E_m \sin \omega t$ ను ఏర్పరచే ac జనకంతో శ్రేణిలో కలిపారు. ఈ మూడు వలయభాగాల్లో ఒకే కంపన పరిమితి, దశలో గల విద్యుత్ ప్రవాహముంది. కాని ముందు చెప్పుకున్నట్లుగా పొటెన్షియల్ తేడాలు వాటిలో ప్రతీదాని వద్దా ఒకే దశలో ఉండవు.



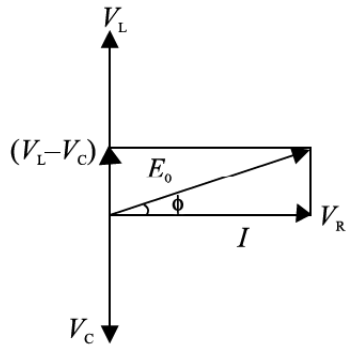
పటం 23.13 LCR శ్రేణి వలయం

(i) నిరోధకం వద్ద పొటెన్షియల్ తేడా $V_R = I_0 R$, ఇది విద్యుత్‌ప్రవాహంతో ఒకే దశలో ఉంటుంది.

(ii) కెపాసిటర్ వద్ద పొటెన్షియల్ తేడా యొక్క కంపనపరిమితి $V_C = I_0 X_C$ మరియు ఇది విద్యుత్ ప్రవాహం కన్నా $\pi/2$ కోణంతో వెనకబడి ఉంటుంది.

(iii) ప్రేరకం V_L వద్ద పొటెన్షియల్ తేడా యొక్క కంపనపరిమితి $V_L = I_0 X_L$. ఇది విద్యుత్ ప్రవాహం కన్నా $\pi/2$ కోణంతో ముందుంటుంది.

వేరువేరు దశలలో ఉన్న పొటెన్షియల్ తేడా వల్ల వలయంలో ఫలిత శిఖర వోల్టేజిని పొందటానికి, వివిధ దశల వోల్టేజీలను బీజీయ మొత్తంగా కలపలేము. మూడు వోల్టేజిలను కలపడానికి వాటి మధ్య సరియైన దశా సంబంధాన్ని తెలిపే ప్రావస్థ పటం (Phasor diagram) ను గీద్దాం (పటం 23.14) ప్రేరకం, కెపాసిటర్‌ల వోల్టేజిలు వ్యతిరేక దశలో ఉన్నాయని పటం నుండి తెలుస్తుంది. అపుడు చర్యాశీల ఘటకాల (Reactive components) వద్ద వోల్టేజి $(V_L - V_C)$. వలయం వద్ద ఫలిత శిఖర వోల్టేజి



పటం 23.14 : LCR కు ప్రావస్థ పటం

$$E_0 = \sqrt{(V_L - V_C)^2 + V_R^2}$$

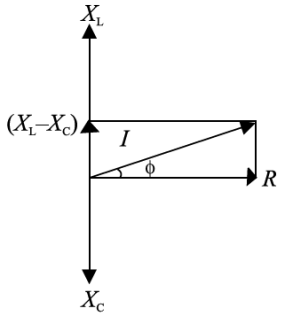
$$= \sqrt{I_0^2 \left\{ (X_L - X_C)^2 + R^2 \right\}}$$

లేదా $$\frac{E_0}{I_0} = \sqrt{\left(X_L - X_C\right)^2 + R^2}$$

LCR వలయం, ప్రవాహానికి కలుగజేసే వ్యతిరేకతను అవరోధం (impedance) అంటారు. వలయం అవరోధం

$$Z = \frac{E_{\text{rms}}}{I_{\text{rms}}} = \frac{E_0}{I_0} = \sqrt{\left(X_L - X_C\right) + R^2}$$

$$= \sqrt{\left(2\pi\nu L - \frac{1}{2\pi\nu C}\right)^2 + R^2} \qquad (23.20)$$



పటం 23.15 : Z కు ప్రావస్థ పటం

LCR వలయం rms ప్రవాహం

$$I_{\text{rms}} = \frac{E_{\text{rms}}}{Z}$$

LCR వలయంలో విద్యుచ్చాలక బలం, ప్రవాహంకంటే ϕ కోణం ముందుండటం (లేదా వెనుక బడటం) పటం 23.14 నుండి తెలుసుంది.'

$$\tan\phi = \frac{V_L - V_C}{V_R} = \frac{X_L I_0 - X_C I_0}{R I_0} = \frac{X_L - X_C}{R} \qquad (23.21)$$

వోల్టేజ్ ప్రావస్థ పటం (Phasor diagram) లాగా R, X_L, X_C, Z లను కూడా ప్రావస్థ పటంలో చూపించవచ్చు (పటం 123.15)

అనునాదం

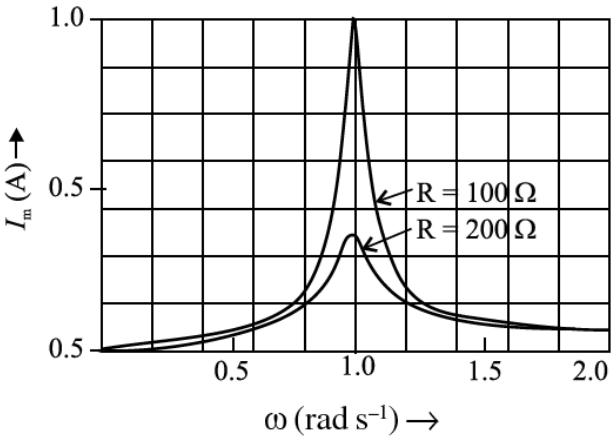
అనువర్తించిన ac జనకం పౌనఃపున్యం పెరిగితే ప్రేరక ప్రతిరోధం (X_L) పెరుగుతుందని, కెపాసిటివ్ ప్రతిరోధం (X_C) తగ్గుతుందని మీకు తెలుసు. ఇంకా ఇవి వ్యతిరేక దశలో ఉంటాయి. $X_L = X_C$ వద్ద ఒక ప్రత్యేక పౌనఃపున్యం ν_r ఉండవచ్చు.

i.e., $$2\pi\nu_r L = \frac{1}{2\pi\nu_r C}$$

$$\Rightarrow \qquad \nu_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad (23.22)$$

ఈ పౌనఃపున్యాన్ని అనునాద పౌనఃపున్యం అంటారు. ఈ పౌనఃపున్యం వద్ద అవరోధం కనిష్ఠ విలువను $Z_{\min} = R$ కలిగి ఉంటుంది. ఇప్పుడు వలయం, శుద్ధ నిరోధకంగా మారుతుంది. కెపాసిటర్ మరియు ప్రేరకం వద్ద వోల్టేజి సమానంగా ఉండటం వలన రద్దు చేసుకుంటాయి. అనునాదవలయం శుద్ధ నిరోధక వలయం కనుక మొత్తం వోల్టేజి, ప్రవాహం ($\phi = 0$) ఒకే దశ లో ఉండి వలయం గుండా గరిష్ఠ ప్రవాహం ఉంటుంది. వలయం అనువర్తిత ఏకాంతర ప్రవాహంతో అనునాదంలో ఉందని అంటారు. *LCR* వలయంలో అనువర్తితజనకం పౌనఃపున్యంలోని

మార్పుతో ప్రవాహశిఖర విలువ లోని మార్పును పటం 23.16 లోని గ్రాపుల ద్వారా చూపించారు. ఇచ్చిన *LCR* వలయం అనునాద పౌనఃపున్యం, నిరోధం మీద ఆధారపడదు. కాని పటం 23.16లో నిరోధం తగ్గితే ప్రవాహ శిఖర విలువ పెరుగుతుందని చూపించారు.



పటం 23.16 (i) $R = 100\,\Omega$, (ii) $R = 200\,\Omega$ ల పౌనపున్యంతో LCR వలయంలో ప్రవాహ శిఖర విలువ మార్పు

LCR వలయంలోని అనునాద దృగ్విషయం, వేరు వేరు స్టేషన్లు ప్రసారం చేసిన పౌనఃపున్యాలను మన రేడియో/ టీవి గ్రాహకాలలో ట్యూన్ చేయడానికి ఉపయోగపడుతుంది. ఒక ప్రేరకాన్ని, చర కెపాసిటర్ (Variable capacitor) ను ట్యూనర్ కలిగి ఉంటుంది. *L-C* వలయం యొక్క సహజ పౌనఃపున్యాన్ని, కెపాసిటెన్స్‌ను మార్చడం ద్వారా మార్చవచ్చు. ట్యూనర్ వలయం సహజ పౌనఃపున్యం, ప్రసారిణి పౌనఃపున్యంతో సరపడినప్పుడు గ్రహించిన రేడియోతరంగం మన గ్రాహక ఆన్టెన్నా గరిష్ట ప్రవాహాన్ని ప్రేరేపిస్తుంది. అపుడు మనం ఆ ప్రత్యేక స్టేషన్ రేడియో /టీవిలో ట్యూన్ అయ్యిందని అంటాము.

LCR వలయంలో సామర్థ్యం

ac జనకం కు కలిపిన కెపాసిటర్ విద్యుచ్ఛక్తిని ఉత్క్రమితంగా (reversibly) నిలువ చేసి విడుదల చేస్తుంది. జనకం నుండి నికర శక్తి విడుదలకాదు. ఇదే విధంగా జనకంకు కలిపిన ప్రేరకం అయస్కాంత శక్తిని ఉత్క్రమితంగా నిలువచేసి మరియు విడుదలచేస్తుంది. జనకం నుండి నికర శక్తి విడుదల కాదు. ac జనరేటర్‌కు నిరోధం కలిపినపుడు నికర శక్తిని విడుదల చేస్తుంది. ఒక నిరోధకం ప్రేరకం, ఒక కెపాసిటర్ లను ac జనకానికి శ్రేణిలో కలిపినపుడు, ఒక్క నిరోధకం మాత్రమే నికర శక్తి బదిలీకి కారణమవుతుంది. ఒక జనకం (జనరేటర్) విడుదల చేసిన పవర్‌ను గణించడం ద్వారా దీనిని నిర్ధారించవచ్చు.

జనకం నుండి పొందిన వోల్టేజ్, ప్రవాహంల లబ్ధం తక్షణ సామర్థ్యం అవుతుంది.

$$P = VI$$

V మరియు I, విలువలు ప్రతిక్షేపించగా

$$P = V_m \cos\omega t \left[\frac{V_m}{Z}\cos(\omega t + \phi)\right]$$

$$= \frac{V_m^2}{Z}\,\frac{2\cos\omega t\cos(\omega t+\phi)}{2}$$

$$= \frac{V_m^2}{2Z}\left[\cos\phi + \cos\left(\omega t + \frac{\phi}{2}\right)\right] \qquad (23.23)$$

జనకం, పవర్‌ను విడుదల చేయుటలో దశాకోణం ϕ, కోణీయ పౌనఃపున్యం ω లు ముఖ్య పాత్రను పోషిస్తాయి. ఒక ప్రత్యేక కోణీయ పౌనఃపున్యం వద్ద, అవరోధం Z ఎక్కువగా ఉంటే, పవర్ అన్ని సమయాల్లో తక్కువగా ఉంటుంది. ఈ ఫలితం, అవరోధం, వివిధ భాగాల సంయోగం ఏకాంతర విద్యుత్తును ఎలా నిరోధిస్తుందో తెలపుతుందనే భావనకు అనుగుణంగా ఉంది.

ఒక పూర్తి ఆవర్తనం యొక్క రెండవపదం సరాసరివిలువ శూన్యం కనుక వలయంకు, జనకం విడుదల చేసే సరాసరి సామర్థ్యం

$$\text{సరాసరి సామర్థ్యం} = \frac{V_m^2}{2Z}\cos\phi \qquad (23.24)$$

$$= \frac{V_m}{\sqrt{2}} \cdot \frac{V_m}{\sqrt{2}Z}\cos\phi = V_{\text{rms}}\, I_{\text{rms}} \cos\phi \qquad (23.25)$$

$\cos\phi$ ను సామర్థ్యం కారకం అంటారు.

$$\cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(X_L - X_C\right)^2}} \qquad (23.26)$$

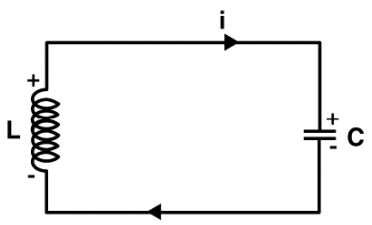
జనరేటర్ ఒక ఆవర్తనంకు కలుగజేసే గరిష్ఠ సరాసరి సామర్థ్యాన్ని సామర్థ్య కారకం పరిమితం చేస్తుంది. శుద్ధ నిరోధక వలయంలో (లేదా అనునాద వలయంలో ఇక్కడ $X_L = X_C$), $Z = R$, అప్పుడు $\cos\phi = \frac{R}{R} = 1$ అంటే $\phi = 0$ అయినపుడు ఒక ఆవర్తనంకు దుర్వ్యయమయ్యే సరాసరి సామర్థ్యం గరిష్టం. $P_m = V_{rms} I_{rms}$

ఇంకొక విధంగా, శుద్ధ చర్యాశీలవలయంలో, $R = 0$, $\cos\phi = 0$ లేదా $\phi = 90°$ ఉన్నప్పుడు, ఒక ఆవర్తంలో దుర్వ్యయమయ్యే సరాసరి సామర్థ్యం $P = 0$. అంటే శుద్ధ ప్రేరకం లేదా శుద్ధ కెపాసిటర్లలో ప్రవాహం, సామర్థ్యం నష్టం లేకుండా ఉంటుంది. అటువంటి ప్రవాహాన్ని వాట్‌లెస్ ప్రవాహం అంటారు.

23.7 LC కంపనాలు

ఆవేశితం అయిన కెపాసిటర్ విద్యుత్ శక్తిని, ప్రేరకం అయస్కాంత శక్తిని నిల్వ చేసుకుంటాయి.

ఆవేశితం చెందిన కెపాసిటర్‌ను ప్రేరకంకు కలిపినప్పుడు, కెపాసిటర్‌పై ఆవేశం, వలయంలో ప్రవాహం విద్యుత్ కంపనాలను ప్రదర్శిస్తుంది, వాటినే LC కంపనాలు అంటారు.



పటం 23.17 : LC కంపనాల వలయం

కెపాసిటర్ నుండి ప్రేరకానికి నిరంతర శక్తి, ప్రసారం వల్ల LC కంపనాలు ఉత్పత్తి అవుతాయి. ఇందులో కెపాసిటర్ ఆవేశితం చెందడం, ఉత్సర్గం చెందడం, ఆవేశితం చెందడం అలా అవుతూ ఉంటుంది. ఆవేశితం చెందిన కెపాసిటర్‌ను శక్తిలేని ప్రేరకానికి కలిపినప్పుడు, కెపాసిటర్ తనతంట తాను ఆవేశిత ఉత్సర్గం చెంది ప్రేరకంను ఆవేశితం చేస్తుంది.

తక్షణ కాలం t వద్ద వలయంలో ప్రవాహం i, అదే సమయంలో కెపాసిటర్‌పై ఆవేశం q అనుకుందాం. కెపాసిటర్ మధ్య పొటెన్షియల్ శక్మ బేధం q/C, వలయంలో ప్రేరిత విద్యుచ్ఛాలక బలం (emf) Ldi/dt

కావున వలయంలో ప్రభావ విచాబ (emf)

$$\frac{q}{C} - L\frac{di}{dt} = 0 \qquad (23.27)$$

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{LC}q = 0 \qquad \left(\because\ i = -\frac{dq}{dt}\right) \qquad (23.28)$$

దీనిని మనం హారాత్మక సమీకరణం $\frac{d^2q}{dt^2} + \omega_0^2 x = 0$ తో పోల్చినప్పుడు పౌనఃపున్యాన్ని కింది విధంగా పొందవచ్చు.

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \qquad (23.29)$$

ఇది $q = q_m \cos(\omega_0 + \phi)$ వలె సైన్ వలె మారుతూ ఉంటుంది. ఇక్కడ q_m, q యొక్క గరిష్ఠ విలువ ϕ దశా స్థిరాంకం.

$i = -\frac{dq}{dt}$ అని మనకు తెలుసు.

$\therefore\ i = i_m \sin\omega_0 t$, ఇక్కడ $i_m = \omega_0 q_m$

LC కంపనాలు స్ప్రింగ్‌కు కట్టిన దిమ్మ వలె యాంత్రిక కంపనాలకు సారూప్యంగా ఉంటాయి.

పట్టిక - 23.2 : యాంత్రిక డోలకంకు, విద్యుత్ డోలకంకు పోలిక

యాంత్రిక డోలకం	విద్యుత్ డోలకం
ద్రవ్యరాశి (m)	పేరకత్వం (L)
స్థానభ్రంశం (x)	ఆవేశం (q)
వేగం $\left(v = \frac{dx}{dt}\right)$	ప్రవాహం $\left(i = \frac{dq}{dt}\right)$
యాంత్రిక శక్తి $E = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}mv^2$	విద్యుదయస్కాంత శక్తి $U = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} + \frac{1}{2}Li^2$

23.8 పరివర్తకాలు

విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ దృగ్విషయం ఆధారంగా ఏకాంతర వోల్టేజి లేదా ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహం పరిమాణాన్ని మార్చే (పెంచడం లేదా తగ్గించడం) పరికరాన్ని పరివర్తకం అంటారు. పరివర్తకంలో ఉమ్మడి అయస్కాంత అభివాహం గల విద్యుత్ బంధక రాగితీగతో చేయబడిన కనీసం రెండు తీగచుట్టలు ఉంటాయి. కాని ఈ తీగచుట్టలు ఒకదానితో ఒకటి విద్యుత్ బంధకంగా ఉంటాయి.

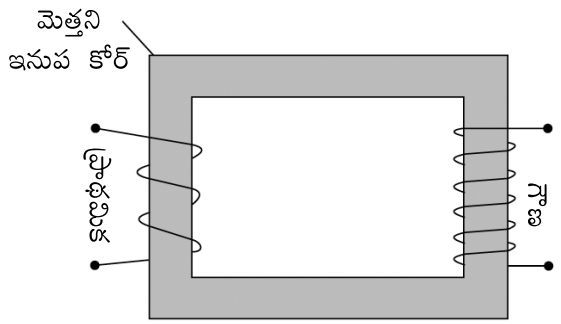
పరివర్తకం తీగచుట్టలను సరఫరా జనకానికి ac మెయిన్ లేదా జనరేటర్ నిర్గమంకు కలుపుతారు. దీనిని ప్రాథమిక తీగచుట్ట అంటారు. లోడ్ R_L కు కలిపిన పరివర్తకం తీగచుట్టను గౌణ తీగచుట్ట అంటారు. ప్రాథమిక తీగచుట్టలో ఏకాంతర విద్యుత్తును పంపించినపుడు గౌణ తీగచుట్టలో విద్యుచ్చాలక బలం ప్రేరిపించబడుతుంది. ప్రాథమిక మరియు గౌణ తీగచుట్టలు విద్యుత్ పరంగా ఒకదానికొకటి వేరువేరుగా ఉన్ననూ, అయస్కాంత పరంగా ఒకదానికొకటి సంధానం చెంది ఉంటాయి.

ప్రాథమిక తీగచుట్ట నుండి గౌణ తీగచుట్టకు విద్యుచ్ఛక్తి (లేదా పవర్) ని బదిలీ చేసే పరికరాన్ని పరివర్తకం అంటారు. ప్రాథమిక తీగచుట్ట మారుతున్న విద్యుచ్ఛక్తిని, అయస్కాంత శక్తిగా మారుస్తుంది. గౌణ తీగచుట్ట అయస్కాంత శక్తిని మరలా విద్యుచ్ఛక్తిగా మారుస్తుంది.

ఒక ఆదర్శ పరివర్తకం కింది విధంగా ఉంటుంది.

- ప్రాథమిక, గౌణ తీగచుట్టల నిరోధం శూన్యం
- ఒకే అయస్కాంత అభివాహం ప్రాథమిక, గౌణ తీగచుట్టలలో ప్రతీ చుట్టలోను ఉండే విధంగా స్యందన అభివాహం (flux leakage) ఉండదు.
- కోర్ శక్తి నష్టం ఉండదు.

పటం 23.18 ఒక విలక్షణ పరివర్తకం ఆకృతిని చూపిస్తుంది. కోర్ (పరివర్తకం) మీద చుట్టబడిన రెండు తీగ చుట్టల (ప్రాథమిక మరియు గౌణ) ను కలిగి ఉంటుంది. ఘనకోర్‌కు బదులుగా లామినేట్ చేసిన ఒంటరి ఫలకంతో చేసిన ఇనుపరింగు చుట్టూ విద్యుద్బంధక రాగి తీగతో చుట్టి తీగ చుట్టలను తయారు చేస్తారు. లామినేషన్ చేయడం ద్వారా ఇనుములోని ఆవర్త ప్రవాహాలను కనిష్టం చేయవచ్చు. లామినేట్ చేసిన మెత్తని ఇనుమును కోర్‌గా వాడడం ద్వారా మరియు హెచ్చు వాహకత్వం గల మందమైన తీగలను ప్రాథమిక మరియు గౌణ తీగచుట్టలలో వాడడం ద్వారా పరివర్తకంలో శక్తినష్టాన్ని తగ్గించవచ్చు.



పటం 23.18 : పరివర్తకం పటం

పరివర్తకం పనిచేసే విధానంను కింది రెండు సందర్భాలలో చర్చిద్దాం.

(a) **తెరచిఉంచిన గౌణ వలయం :** ప్రాథమిక తీగచుట్టలో విద్యుత్ ప్రవాహం కోర్ ద్వారా అయస్కాంత అభివాహాన్ని $d\phi/dt$ రేటుతో మారుస్తుందనుకుందాం. N_p చుట్లుగల ప్రాథమిక తీగచుట్ట విద్యుచ్చాలక బలం (తిరో)

$$E_p = -N_p \frac{d\phi}{dt}$$

N_S చుట్లు గల గౌణ తీగచుట్టలో ప్రేరిత విద్యుచ్చాలక బలం

లేదా $$E_s = -N_s \frac{d\phi}{dt} \quad ; \quad \frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s} \qquad (23.30)$$

(b) **తెరచి ఉంచని గౌణవలయం :** గౌణ విద్యుత్ ప్రవాహం I_S, ప్రాథమిక విద్యుత్ ప్రవాహం I_P ఉండే విధంగా లోడ్ నిరోధం R_Lను గౌణ తీగ చుట్టకు కలిపామనుకుందాం. వ్యవస్థ నుండి శక్తి నష్టం లేనపుడు

నివేశ సామర్థ్యం = నిర్గమ సామర్థ్యం

లేదా $$E_p I_p = E_s I_s$$

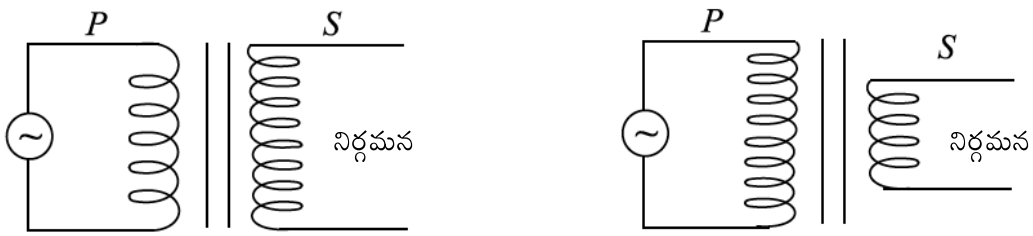
కాబట్టి $$\frac{I_p}{I_s} = \frac{E_s}{E_p} = \frac{N_p}{N_s} = k \qquad (23.31)$$

అంటే ప్రేరిత విద్యుచ్చాలక బలం, అనువర్తిత విద్యుచ్చాలక బలంకు k రెట్లు ఉంటే, ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహం, మూల విద్యుత్ ప్రవాహానికి $\frac{1}{k}$ రెట్లు ఉంటుంది. ఇంకొక విధంగా చెప్పాలంటే వోల్టేజి లో ఎంత వృద్ధి ఉంటే విద్యుత్ ప్రవాహంలో అంత క్షీణత ఉంటుంది.

23.8.1 పరివర్తకాలలో రకాలు

ప్రాథమికంగా పరివర్తకాలు రెండురకాలు

(i) **ఆరోహణ పరివర్తకం :** (Step-up transformer) గౌణ తీగచుట్టలో వోల్టేజిని పెంచుతుంది. (విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని తగ్గిస్తుంది.) ఈ పరివర్తకాలలో (పటం 23.19 (a)) గౌణ తీగచుట్టలో చుట్ల సంఖ్య, ప్రాథమిక తీగచుట్టలో కన్నా ఎక్కువగా ఉంటాయి.



పటం 23.31 : ఇనుప కోర్ గల (a) ఆరోహణ (b) అవరోహణ పరివర్తకాలు

(ii) అవరోహణ పరివర్తకం, గౌణ తీగచుట్టలో వోల్టేజిని తగ్గిస్తుంది. (ప్రవాహాన్ని పెంచుతుంది.) ఈ పరివర్తకాలలో (పటం 23.19 (b)) గౌణ తీగచుట్టలోని చుట్ల సంఖ్య, ప్రాథమిక తీగచుట్టలోని చుట్ల సంఖ్య కన్నా తక్కువ.

23.8.2 పరివర్తకం దక్షత

పరివర్తకాల సిద్ధాంతం గురించి చర్చించినపుడు మనం శక్తి నష్టం లేని ఆదర్శపరివర్తకం ను తీసుకున్నాము. నిజానికి కొంతశక్తి ఎల్లప్పుడూ, కోర్ మరియు పరివర్తకం చుట్ల లో ఉష్ణంగా మార్చబడుతుంది. దీని ఫలితంగా గౌణ తీగచుట్ట వద్ద విద్యుత్‌శక్తి, నివేశ విద్యుచ్ఛక్తి కన్నా తక్కువగా ఉంటుంది. పరివర్తకం దక్షత.

$$\eta = \frac{\text{నిర్గమ విద్యుచ్ఛక్తి}}{\text{నివేశ విద్యుచ్ఛక్తి}} \times 100\%$$

$$= \frac{\text{నిర్గమ విద్యుత్ సామర్థ్యం}}{\text{నివేశ విద్యుత్ సామర్థ్యం}} \times 100\%$$

పరివర్తకం దక్షత 100% కన్నా తక్కువ. పరివర్తకాలలో శక్తి నష్టాలు ఈ కింది రకాలుగా జరుగుతుంది.

(a) రాగి తీగచుట్లలో నిరోధక ఉష్ణం - రాగి నష్టం

(b) ఇనుపకోర్ వేడెక్కడం ద్వారా ఆవర్త ప్రవాహం (ఎడ్డే కరెంట్) నష్టాలు

(c) పునరావృత్తమయ్యే అయస్కాంతీకరణ ఉత్క్రమం వల్ల కోర్ వేడక్కడం వల్ల జరిగే నష్టం - శైథిల్యం నష్టం (hysteresis loss)

(d) కోర్ నుండి స్యందన అభివాహం (Flux leakage)

విద్యుత్ ప్రసార సామర్థ్యం

ac లేదా dc జనరేటర్ల నుపయోగించి విద్యుచ్ఛక్తిని ఉత్పాదించవచ్చునని మీరు నేర్చుకున్నారు. దుకాణాలలో, కార్యాలయాల్లో, సినిమా హాళ్ళలో చిన్న జనరేటర్లను చూసే ఉంటారు. వాణిజ్య పరంగా ఉపయోగించే జనరేటర్లు మిలియన్ వాట్‌ల సామర్థ్యం, 15 kV (కిలో వోల్టు) ను ఉత్పత్తి చేస్తాయి. ఈ జనరేటింగ్ ప్లాంటు మీ పట్టణం నుండి వందల కిలో మీటర్ల దూరంలో ఉంటాయి. రోటార్‌లను త్రిప్పడానికి పెద్ద మొత్తంలో యాంత్రిక సామర్థ్యం (గతిజ శక్తి) అవసరమవుతుంది. అతిపెద్ద తీగచుట్లలో ఈ రోటర్ అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. ఈ రోటర్లు, టర్బైన్ ద్వారా త్రిప్పబడతాయి. ఈ టర్బైన్‌లను వేరు వేరు రకాల శక్తి జనకాల నుండి వచ్చే శక్తితో నడుపుతారు. శక్తి నష్టాన్ని తగ్గించడానికి సామర్థ్యాన్ని తక్కువ విలువ గల ప్రవాహంను ప్రసార తీగలలోప్రసారం చేస్తారు. దీని కొరకు కంపెనీలు పరివర్తకాల నుపయోగించి వోల్టేజిని ఆరోహణం చేస్తాయి. పవర్ ప్లాంటు వద్ద పొటెన్షియల్ తేడాను 330 kV వరకు పెంచుతారు. దీనితోపాటు తక్కువ విద్యుత్ ప్రవాహం ఉంటుంది. వినియోగ దారుని చేరే ప్రసార తీగల చివర అవరోహణ పరివర్తకం నుపయోగించి పొటెన్షియల్ తేడాను తగ్గిస్తారు.

హెచ్చు పొటెన్షియల్ భేదంతో, దూర ప్రాంతాలకు విద్యుత్ శక్తిని పంపినపుడు విద్యుత్ ప్రవాహం విలువను ఎలా తగ్గిస్తుందో తెలుసుకోవాలనుకుంటున్నారా? దీనిని చిన్న ఉదాహరణ ద్వారా వివరిద్దాం. మొత్తం నిరోధం R గల ప్రసార తీగల ద్వారా V పొటెన్షియల్ తేడా వద్ద P విద్యుత్ ను ప్రసారం చేయాలనుకుందాం. తీగలలో ప్రవాహం $I = P/V$, విద్యుత్ నష్టం $I^2R = P^2R/V^2$ దీని నుండి V ఎక్కువైనపుడు నష్టం తక్కువని తెలుస్తుంది. నిజానికి V రెండింతలైతే నష్టం నాల్గోవంతు తగ్గుతుంది.

హెచ్చు పొటెన్షియల్ భేదం వద్ద మితవ్యయంతో విద్యుత్ ను ప్రసారం చేయవచ్చు. కాని ఇది విద్యుత్ బంధన అమరిక సమస్యను సృష్టిస్తుంది. మరియు నిర్మాణ ఖర్చుని పెంచుతుంది. 400kV సూపర్ గ్రేడ్ లో సాధారణంగా 2500 A విద్యుత్ ప్రవాహం ఉంటుంది మరియు కిలోమీటర్ కేబుల్‌కు సుమారు 200 kW ల శక్తి నష్టం ఉంటుంది. అంటే కిలోమీటర్‌కు 0.02% (శాతం) నష్టం. పరివర్తకాలలోని సమర్ధత, సౌలభ్యంతో ఏకాంతర పొటెన్షియల్ తేడాలను ఆరోహణ, అవరోహణ చెందించగలం. dc జనరేటర్ల కన్నా ఏకాంతర కారులు హెచ్చు పొటెన్షియల్ తేడాను ఏర్పరచగలవు. (ac లో 25 kV తో పోల్చిన dc లో కొన్ని వందల వోల్టులు మాత్రమే) అందువల్లనే అనేక సందర్భాలలో ఏకాంతర పొటెన్షియల్ కన్నా ఏకముఖ పొటెన్షియల్‌ను వాడతారు. అయినా కూడా తక్కువ సమర్ధత, విద్యుత్ చౌర్యంల వల్ల ఏటా సుమారు Rs. 50,000 కోట్లు నష్టపోతున్నాం.

ఉదాహరణ 23.3

1880 W లు ప్రాథమిక సామర్థ్యం, 1730 W గౌణ సామర్థ్యాన్ని కలుగజేసినపుడు పరివర్తకం సామర్థ్యాన్ని కనుక్కోండి.

సాధన : $P_{\text{ప్రాథమిక}}$ = 1880W, $P_{\text{గౌణ}}$ = 1730W గా ఇచ్చారు.

$$\text{దక్షత} = \frac{p_{\text{గౌణ}}}{P_{\text{ప్రాథమిక}}} \times 100$$

$$\therefore \quad = \frac{1730\text{W}}{1880\text{W}} \times 100 = 92\%$$

పరివర్తకం 92% దక్షతను కలిగి ఉంది.

ఉదాహరణ 23.4

ఒక పరివర్తకం ప్రాథమిక తీగచుట్టలో 100 చుట్లు, గౌణ తీగచుట్టలో 500 చుట్లు కలిగి ఉంది. ప్రాథమిక వోల్టేజ్ మరియు ప్రవాహాలు వరుసగా 120 V మరియు 3 A. గౌణవోల్టేజ్ మరియు ప్రవాహం లు ఎంత?

సాధన : N_1 = 100, N_2 = 500 చుట్లు, V_1 = 120V and I_1 = 3A

$$V_2 = \frac{N_2}{N_1} \times V_1 = \frac{500 \text{ చుట్లు}}{100 \text{ చుట్లు}} \times 120\text{V} = 600\text{V}$$

$$I_2 = \frac{N_1}{N_2} \times V_1 = \frac{100 \text{ చుట్లు}}{500 \text{ చుట్లు}} \times 3\text{A} = 0.6\text{A}$$

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 23.4

1. dc తో పరివర్తకం పనిచేస్తుందా? మీ సమాధానాన్ని సమర్ధించండి.
2. ఆరోహణ పరివర్తకం గౌణ తీగచుట్టలో ప్రాథమిక తీగచుట్టలో కన్నా ఎక్కువ చుట్లు ఎందుకుంటాయి.

3. పరివర్తకంలో గౌణ, ప్రాథమిక ప్రవాహాల నిష్పత్తి, గౌణ ప్రాథమిక వోల్టేజి నిష్పత్తితో సమానంగా ఉంటుందా?

4. బొమ్మ రైలును పనిచేయించడానికి సామర్థ్యం కొరకు చాలాసార్లు పరివర్తకంను ఉపయోగిస్తారు. అది ఆరోహణ పరివర్తకమా లేక అవరోహణ పరివర్తకమా?

మీరు ఏమి నేర్చుకున్నారు

- LC వలయంలో కెపాసిటర్ మీద ఆవేశం, వలయంలోని ప్రవాహం ω_0 కోణీయ పౌనఃపున్యంతో సైను సోయిడల్‌గా కంపిస్తాయి.

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

- వలయంలో జనకం వద్ద వోల్టేజి $V = V_m \cos \omega t$, ప్రవాహం $I = I_m \cos(\omega t + \phi)$

- శుద్ధ నిరోధక ac ప్రవాహంలో వోల్టేజి, ప్రవాహం ఒకే దశలో ఉంటాయి.

  అటువంటి వలయంలో సరాసరి సామర్థ్యం $P_{av} = \frac{I_m^2 R}{2}$

- శుద్ధ కెపాసిటిర్ ac వలయంలో ప్రవాహం, వోల్టేజీకన్నా 90° ముందుంటుంది. అటువంటి వలయంలో సరాసరి సామర్థ్యం సున్న.

- శుద్ధ ప్రేరక ac వలయంలో ప్రవాహం, వోల్టేజి కంటే 90° వెనుకబడి ఉంటుంది.

- LCR శ్రేణీ వలయంలో $I_m = \frac{V_m}{Z} = \frac{V_m}{\left[R^2 + (X_L - X_C)^2\right]^{\frac{1}{2}}}$

  ఇక్కడ Z వలయం మొక్క ప్రేరకం : $Z = [R^2 + (X_L - X_C)^2]^{1/2}$

- $X_L - X_C = 0$, కు ఏకాంతర విద్యుత్ వలయం, శుద్ధనిరోధకం మరియు గరిష్ట ప్రవాహం $I_m = \frac{V_m}{R}$,

  $\omega_0 = \frac{I}{\sqrt{LC}}$ వద్ద వలయం అనునాదంలో ఉంది అంటారు.

- సరాసరి సామర్థ్యం $P_{av} = V_{rms} . I_{rms} = I_{rms}^2 R.$

- జనరేటర్, యాంత్రికశక్తిని, విద్యుత్ శక్తిగా మారుస్తుంది. ఇది విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ సూత్రం మీద పనిచేస్తుంది.

- హెచ్చు ఏకాంతర వోల్టేజిని, తక్కువ ఏకాంతర వోల్టేజి లేదా విపర్యయంగా మార్చే స్థైతిక విద్యుత్ పరికరం పరివర్తకం.

- పరివర్తకాలు రెండు రకాలు. ఆరోహణ : వోల్టేజీని పెంచుటకు, అవరోహణ : వోల్టేజిని తగ్గించుటకు
- గౌణ, ప్రాథమిక వోల్టేజి నిష్పత్తి, గౌణ, ప్రాథమిక చుట్ల నిష్పత్తికి సమానం.

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

- పరివర్తకాలలో శక్తినష్టం ముఖ్యంగా తీగచుట్టలు వేడెక్కడం వల్ల, ఆవర్త ప్రవాహాల వల్ల జరుగుతుంది.
- పవర్ స్టేషన్ నుండి మన ఇళ్ళకు విద్యుత్ సరఫరాకు పరివర్తకాలను, సరఫరా తీగలను ఉపయోగిస్తారు.

ముగింపు అభ్యాసం

1. (a) ac వలయం rms విలువ ఎందుకు ఎల్లప్పుడూ శిఖర విలువ కన్నా తక్కువగా ఉంటుంది.
   (b) ac వలయానికి కలపబడిన 2.5 μF కెపాసిటర్‌లోని ప్రవాహం $I = -4.71 \sin 377t\,\mu$ A కెపాసిటర్ వద్ద గరిష్ఠ వోల్టేజీని గణించండి.
2. (i) 25 Hz, (ii) 50 Hz ల వద్ద $C = 2\,\mu$ F కు కెపాసిటివ్ నిరోధకాన్ని, $L = 2$ mH కు ప్రేరక నిరోధకాన్ని కనుక్కోండి.
3. $R = 580\,\Omega$, $L = 31$ mH, $C = 47$ nF లు గల ఒక LCR శ్రేణీ వలయం ac జనకంతో నడపబడుతుంది. జనకం, కంపనపరిమితి 65 V కోణీయ పౌనఃపున్య 33 krad/s.
   (a) కెపాసిటర్ ప్రతిరోధాన్ని, (b) ప్రేరక ప్రతిరోధాన్ని,
   (c) వలయం ప్రేరణ (d) జనకం, ప్రవాహంల వద్ద వోల్టేజీల మధ్య దశాభేదాన్ని
   (e) ప్రవాహం కంపన పరిమితిలను నిర్ధారించండి. ప్రవాహం, జనకం వద్ద వోల్టేజికి ముందుంటుందా లేకా వెనుకకు ఉంటుందా?
4. పెరుగుతున్న పౌనఃపున్యంతో ప్రేరకం ప్రతిరోధం పెరుగుతుంటే, పెరుగుతున్న పౌనఃపున్యంతో కెపాసిటర్ ప్రతిరోధం ఎందుకు తగ్గుతుంది.
5. LCR శ్రేణీ వలయం ప్రేరకం ఎంత? ఏకాంతర LCR వలయంలో దుర్వ్యయమైన సామర్థ్యంకు సమీకరణంను ఉత్పాదించండి.
6. బ్యాటరీ చివరలు పరివర్తకం ప్రాథమిక తీగచుట్టకు కలిపితే, గౌణ తీగచుట్ట వద్ద నిలకడ పొటెన్షియల్ భేదం ఎందుకు కనిపించదు.
7. ఒక విలక్షణ రంగుల దూరదర్శిని (TV) యొక్క పిక్చర్ ట్యూబ్‌కు 15,000 V A.C. విద్యుత్ అవసరమవుతుంది. గృహావసరాలకు సరఫరా అయ్యే 230 V పొటెన్షియల్ భేదాన్ని ఉపయోగించి పై పొటెన్షియల్ భేదాన్ని ఎలా ఏర్పరచగలరు?
8. ఇనుప కోర్ లేకుండా రెండు తీగచుట్టలు పరివర్తకంగా పనిచేస్తాయా? అలా చేస్తే డబ్బు ఆదా కొరకు కోర్‌ను ఎందుకు తొలగించట్లేదు.

9. ac జనకం 10 V నిర్గమ విద్యుచ్ఛక్తిని కలిగి ఉంది. ఒక ప్రత్యేక వలయంకు 2 V A.C.నివేశ విద్యుచ్ఛక్తి అవసరపడుతుంది. దీనిని ఎలా పొందగలవు? వివరించు?

10. ఒక వ్యక్తి వద్ద ఉన్న ఒంటి పరివర్తకం ఒక కోర్ భాగంలో 50 చుట్లు, వేరొక కోర్‌లో 500 చుట్లు ఉన్నాయి. ఇది ఆరోహణ లేదా అవరోహణ పరివర్తకమా?వివరించండి.

11. కొన్ని పరివర్తకాల గౌణ వలయాలకు వేరు వేరు చివరలు లేదా ట్యాప్ లుంటాయి. వేరు వేరు ట్యాపులకు అనుసంధానించడం ద్వారా వలయంలో ఉండే గౌణ చుట్ల సంఖ్యను మార్చుకోవడం ద్వారా వేరు వేరు ఫలితాలను పొందవచ్చు. దీని వల్ల కలిగే ప్రయోజనమేమిటి?

12. విద్యుత్ వెల్డింగ్ యంత్రంలో ఉన్న పరివర్తకం 240 V ను ఇచ్చే 400 A ల పొటెన్షియల్ భేదం నుండి 3A ప్రవాహంను తీసుకుంటుంది. పరివర్తకం గౌణ తీగచుట్ట వద్ద పొటెన్షియల్ భేదం ఎంత?

13. 240-V, 400W కలిగిన విద్యుత్ మిక్చర్, పరివర్తకం ద్వారా 120-V పవర్ లైనుకు కలిపారు. పరివర్తకంలోని చుట్లనిష్పత్తి ఎంత? పవరలైను నుండి ఎంతవిద్యుత్ ప్రవాహం లాగబడింది.

14. 125 చుట్లు గల ఆరోహణ పరివర్తకం ప్రాథమిక తీగచుట్టను 220 V_{ac} ఇంటి లైటింగ్ వలయంకు కలిపారు. గౌణ చుట్ట 15,000 వోల్టును విడుదలచేస్తే అది ఎన్ని చుట్లను కలిగి ఉంది.

15. అవరోహణ పరివర్తకం గౌణ తీగచుట్ట 25 చుట్లను కలిగి ఉంది. దాని ప్రాథమిక తీగచుట్టను 220 V_{ac} కు కలిపారు. నిర్గమ చివరల వద్ద 2.5 వోల్టు గౌణ తీగ చుట్ట విడుదల చెయ్యాలంటే ప్రాథమిక తీగచుట్ట ఎన్ని చుట్లను కలిగి ఉండాలి.

16. 600 చుట్లను కలిగిన పరివర్తకం ప్రాథమికతీగచుట్టను 120 V_{ac} లైనుకు కలిపారు. గౌణ తీగ చుట్ట దాని చివరల వద్ద 5 వోల్టులు సరఫరా మరియు విద్యుత్ ప్రవాహం 3.5 A ఉండాలంటే గౌణ చుట్లలోని చుట్ల సంఖ్యను ప్రాథమిక తీగచుట్టలోవిద్యుత్ ప్రవాహాన్ని కనుక్కోండి.

17. 325 చుట్లు గల ఆరోహణ పరివర్తకంను 220 V_{ac} లైనుకు కలిపారు. గౌణ తీగ చుట్ట దాని చివరల వద్ద 10,000 వోల్టు మరియు 40 mA విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని విడుదల చేస్తే
    (a) గౌణ తీగ చుట్టలో ఉన్న చుట్లు ఎన్ని
    (b) ప్రాథమిక తీగ చుట్టలో ఉన్న విద్యుత్ ప్రవాహం ఎంత?
    (c) విద్యుత్ లైను నుండి ఎంత పవర్‌ను తీసుకుంటుంది.

పాఠంలోని ప్రశ్నలకు సమాధానాలు

23.1

1. మన గృహావసరాల ఏకాంతర ప్రవాహం పౌనఃపున్యం 50 Hzకనుక వాస్తవానికి జరుగుతుంది కాని మనం దానిని గుర్తించలేము. ఒక సెకనులో 15 సార్ల కన్నా ఎక్కువ మార్పులు చోటుచుసుకున్నపుడు మన కన్ను గుర్తించలేదు.

2. (i) $I_{rms} = \frac{E_{rms}}{R} = \frac{220}{25}\frac{V}{\Omega} = 8.8A$

(ii) ప్రవాహం శిఖర విలువ $I_m = \sqrt{2}\, I_{rms} = 1.4 \times 8.8 = 12.32A$

తత్కాల ప్రవాహం = $I_0 \sin 2\pi vt = 12.32 \sin 100\pi t$

(iii) పూర్ణాంక సంఖ్య ఆవర్తాలలో సరాసరి ప్రవాహ విలువ శూన్యం.

3. ac ప్రవాహం సైనుసోయిడల్‌గా మారుతుంది గనుక ఒక పూర్తి ఆవర్తనంకు దాని సరాసరి విలువ శూన్యం కాని rms విలువ పరిమితం.

23.2

1. కెపాసిటివ్ ప్రతిరోధం $X_C = \frac{1}{2\pi vC}$, C పెరిగితే X_C తగ్గుతుంది, I పెరుగుతుంది.

2. ఆవేశిత కెపాసిటర్, ఉత్సర్గం అవడానికి కొంత సమయం పడుతుంది. జనకం పౌనఃపున్యం పెరుగుతున్నందున కెపాసిటర్ పూర్తిగా ఉత్సర్గం అవ్వడానికంటే ముందే అది ఆవేశిత మవడం మొదలవుతుంది. కనుక V_m స్థిరంగా ఉన్నా కూడా కెపాసిటర్ గరిష్ట ఆవేశం మరియు కెపాసిటర్ గుండా ప్రవహిస్తున్న విద్యుత్ యొక్క గరిష్ట విలువ పెరుగుతుంది.

3. కెపాసిటర్ అర్ధ ఆవర్తంలో ఆవేశిత మవుతున్నపుడు ఉన్న శక్తి, కెపాసిటర్ డిస్చార్జింగ్ అర్ధ ఆవర్తనంలో రద్దు చేయబడుతుంది. దీని ఫలితంగా ఒక ఆవర్తంలో కెపాసిటర్‌లో ఉన్న శక్తి శూన్యం.

4. కెపాసిటర్ ప్రతిరోధం $X_C = \frac{1}{2\pi vC}$. v పెరిగితే X_C తగ్గుతుంది. కెపాసిటర్ ఫలకలపై ఇప్పుడు ఎక్కువ ఆవేశం చేరుతుంది కనుక.

23.3

1. లెంజ్ నియమం ప్రకారం ప్రేరకం గుండా ac ప్రవహించినపుడు దానిలో తిరోవిద్యుచ్ఛాలక బలం ప్రేరితమవుతుంది. తిరోవిద్యుచ్ఛాలక బలం $\varepsilon = -L\frac{dl}{dt}$.

2. $I_{rms} = \frac{R_{rms}}{X_L}$, పౌనఃపున్యంపెరిగితే X_L $(= 2\pi vL)$ పెరుగుతుంది. అపుడు I_{rms} తగ్గుతుంది.

23.4

1. కాదు, పరివర్తకం, విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణసూత్రం మీద ఆధారపడి పనిచేస్తుంది కనుక. దీనికి కాలంతో మారే ప్రవాహం అవసరమవుతుంది.
2. ప్రాథమిక, గౌణ తీగచుట్టలలోని వోల్టేజి నిష్పత్తి, వాటి చుట్ల సంఖ్య నిష్పత్తికి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.
3. కాదు అవి ఒకదాని కొకటి విలోమంగా ఉంటాయి.
4. అవరోహణ పరివర్తకం

ముగింపు అభ్యాసంకు సమాధానాలు

1. (b) 5×10^{-2}V
2. కెపాసిటర్ నిరోధకం (i) $\frac{1}{\pi} \times 10^4 \Omega$ (ii) $\frac{1}{2\pi} \times 10^4 \Omega$

   ప్రేరక ప్రతిరోధకం (i) $0.1\pi\Omega$ (ii) $0.2\ \pi\Omega$
3. (a) $6.7 \times 10^2 \Omega$ (b) 99Ω (c) 813.9Ω

   (d) 4 rad (e) 0.16 A (f) వెనుబాటు ప్రవాహం

12. 1.8 V
13. 1 : 2, $\frac{10}{3}$A
14. 8522 చుట్లు
15. 2200 చుట్లు
16. 25 చుట్లు, 0.14 A
17. (a) 16000 చుట్లు (b) $\frac{20}{11}$A (c) 400W

24

విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు

పరిచయం

గత పాఠ్యాంశం 23లో మనం విద్యుత్ ప్రవాహాలు అయస్కాంతక్షేత్రాలను ఉత్పత్తి చేస్తాయని, విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్న రెండు తీగలు ఒకదానిపై ఒకటి అయస్కాంత బలాన్ని ప్రదర్శిస్తాయని నేర్చుకున్నాం. అదనంగా పాఠ్యాంశం 22లో మారే అయస్కాంతక్షేత్రాలు, విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని ఏర్పరుస్తాయని చర్చించాం. ఇప్పుడు ఉదయించే ప్రశ్న ఏమిటంటే, కాలంతో మారుతున్న విద్యుత్ క్షేత్రాలు కూడా అయస్కాంతక్షేత్రాలను ఏర్పరుస్తాయా? జేమ్స్ క్లర్క్ మ్యాక్స్‌వెల్ (1831-1879) విద్యుత్ ప్రవాహాలు మాత్రమే కాకుండా కాలంతో మారుతున్న విద్యుత్ క్షేత్రాలు, అయస్కాంత క్షేత్రాలను ఉత్పత్తి చేస్తాయని వాదించారు.

కాలంతో మారుతున్న ప్రవాహానికి అనుసంధానం చేయబడిన కెపాసిటర్ బాహ్యబిందువు వద్ద అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని పరిశోధిస్తున్నప్పుడు, ఆంపియర్ వలయ నియమంలో అస్థిరత్వాన్ని గమనించాడు. దీనిని వివరించడానికి అస్థిరత్వాన్ని పరిష్కరించడానికి అతను అదనపు ప్రవాహ ఉనికిని ప్రతిపాదించారు. దీనినే అతడు 'స్థానభ్రంశ ప్రవాహం' అని అన్నారు.

మాక్స్‌వెల్ విద్యుత్, అయస్కాంత క్షేత్రాలను అదే విధంగా వాటి మూలాలను, ఆవేశ, ప్రవాహ సాంద్రతల నుపయోగించి సమీకరణాల సమితిని సూత్రీకరించాడు. ఈ ప్రాథమిక సమీకరణాలనే మ్యాక్స్‌వెల్ సమీకరణాలు అని అంటారు. లారంజ్ బలసూత్రంతో పాటు, విద్యుత్ ప్రాథమిక నియమాలను గణితాత్మకంగా తెలిపారు. అన్ని కలిసి ఈ భావనలు విద్యుదయస్కాంత దృగ్విషయాన్ని సమగ్రంగా అర్థం చేసుకోవడానికి ఉపయోగపడ్డాయి.

మాక్స్‌వెల్ సమీకరణాల నుండి వచ్చిన ముఖ్యమైన విప్లవాత్మకమైన ఫలితం ఏటంటే, విద్యుదయస్కాంత తరంగాల ఉనికిని నిర్ధారించడం. ఇవి అంతరాళంలో విస్తరిస్తూ, కాలంతో మారుతున్న విద్యుత్, అయస్కాంత క్షేత్రాల మధ్య అనుసంధానమై ఉంటాయి. ఈ సమీకరణాల ప్రకారం, ఈ తరంగాల వేగం, దృశా పరికరాల కొలతలతో నిర్ధారించినట్లుగా కాంతివేగానికి (దాదాపు 3×10^8 మీ/సె) దగ్గరగా ఉన్నట్లు కనుగొనడం జరిగింది. ఈ సంచలనాత్మకమైన ఆవిష్కరణ కాంతి తనంతట తాను ఒక విద్యుదయస్కాంత తరంగం అనే ఆశ్చర్యకరమైన ముగింపునకు దారితీసింది. మ్యాక్స్‌వెల్ అద్భుతమైన శ్రమ విద్యుత్, అయస్కాంతం, కాంతి రంగాలను ఏకీకృతం చేసింది. తదనంతరం 1885లో హెర్ట్జ్ ప్రయోగాలు విద్యుదయస్కాంత తరంగాల ఉనికిని నిర్ధారించాయి.

ఈ తరంగాల సాంకేతిక అనువర్తనాలను, దూరదృష్టి గల మార్కోని లాంటి వారు సమాచార రంగంలో విప్లవాత్మకమైన, ఈ ఆధునిక యుగంలో అనుభవిస్తున్న మార్పులను తీసుకువచ్చారు.

ఈ అధ్యాయంలో మొదటగా స్థానభ్రంశ ప్రవాహం ప్రాధాన్యతను, దాని పర్యవసానాలను అన్వేషించి, తర్వాత విద్యుదయస్కాంత తరంగాల సమగ్ర అవలోకనం, తరంగాల నుండి రేడియో తరంగాల వరకు గల విస్తృత వర్ణపటానిచ్చాం. సమాచార ప్రసారంలో విద్యుదయస్కాంత తరంగాల ప్రసారం, స్వీకరణల పద్ధతులను 29వ అధ్యాయంలో చర్చించబడింది.

లక్ష్యాలు

ఈ పాఠం చదివిన తరువాత మీరు కింది విషయాలను తెలుసుకుంటారు.

- స్థానభ్రంశ ప్రవాహాన్ని అర్థం చేసుకోవడం
- విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు, విద్యుదయస్కాంత వర్ణపటం వివరణ
- వివిధ రకాల విద్యుదయప్కాంత తరంగాలు, వాటి ఉపయోగాలను విశదీకరించడం

24.1 స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహం

వాహకంలో ప్రసరిస్తున్న విద్యుత్ ప్రవాహం విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని ఉత్పత్తి చేస్తుందని మనకు తెలుసు. విద్యుత్ ప్రవాహం i, ఉత్పత్తి అయిన అయస్కాంత క్షేత్రం $\vec{B}$ ల మధ్య పరిమాణాత్మక సంబంధాన్ని ఆంపియర్ నియమం ఇస్తుంది. దీనిని కింది విధంగా పేర్కొనవచ్చు.

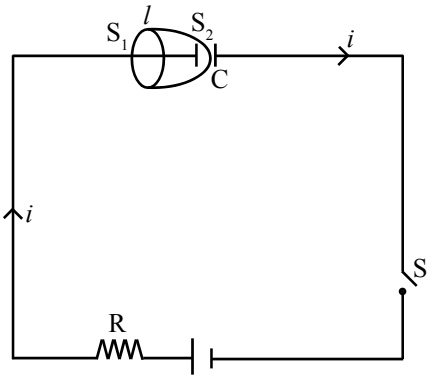
$$\oint \vec{B}.\vec{dl} = \mu_o i \qquad (24.1)$$

ఇక్కడ μ_o ప్రవేశ్యశీలతా స్థిరాంకం, i ప్రవాహ విద్యుత్ రేఖీయ మార్గంతో ఆవృతపై ఉపరితలంపై రేఖీయ సమాకళనాన్ని తీసుకున్నాము.

స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహం : మాక్స్‌వెల్ ప్రతిపాదన ప్రకారం, వాహకంలో ప్రవహిస్తున్న విద్యుత్ ప్రవాహం అయస్కాంత క్షేత్రాలను ఉత్పత్తి చేయడమే కాకుండా, రోధకాలలో, శూన్యంలో మారుతున్న విద్యుత్‌క్షేత్రాలు అయస్కాంతక్షేత్రాలను ఉత్పత్తి చేస్తాయి. విద్యుత్‌క్షేత్రాలు మారుతున్నంత వరకు, మారుతున్న విద్యుత్‌క్షేత్రాలు, ప్రవహిస్తున్న వహన విద్యుత్ ప్రవాహానికి సమానం. ఇవి సాధారణ విద్యుత్ ప్రవాహం వలె, అదేవిధమైన అయస్కాంతక్షేత్రాలను ఉత్పత్తి చేస్తాయి. స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహ భావన, ఆంపియర్ నియమాల సవరణకు దారితీసింది. ఇది తిరిగి విద్యుత్ అయస్కాంత సిద్ధాంత విజయానికి కారణమైంది.

సవరించిన ఆంపియర్ నియమం: మనం విద్యుత్‌చ్ఛాలక బల (emf) మూలం, రోధకము (R), కెపాసిటర్ C, స్విచ్ S లను పటం. 24.1 (a) లో చూపినట్లు తీసుకుందాం. స్విచ్‌ను మూసినప్పుడు, విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్నందున, కెపాసిటర్ ఫలకలపై ఆవేశము ప్రోగుపడుతుంది. కెపాసిటర్ ఫలకలపై ఆవేశం పెరిగే కొద్ది, విద్యుత్ ప్రవాహం తగ్గుతుంది. కెపాసిటర్ పూర్తిగా ఆవేశితం చెందినప్పుడు

విద్యుత్ ప్రవాహం ఉండదు. ఆవేశితం చెందే సమయంలో కెపాసిటర్ ఫలకల మధ్య నిజంగా ఆవేశిత ప్రవాహం ఉండదు.



పటం. 24.1 (a)

మనం ఒకే ఆవర్తిత పథం l చే సరిహద్దుగల రేఖీయ ఉపరితలం S_1, అర్ధగోళాకార ఉపరితలం S_2 లను తీసుకుందాం.

కెపాసిటర్ ఆవేశితం చెందే సమయంలో, విద్యుత్ ప్రవాహం S_1 గుండా ప్రవహిస్తుంది కాని S_2 గుండా ప్రవహించదు. కావున ఆంపియర్ నియమాన్ని పథం l, ఉపరితలం S_1 కు అనువర్తించగా,

$$\oint \vec{B}.\vec{dl} = \mu_o i$$

ఆంపియర్ నియమాన్ని పథం l, ఉపరితలం S_2కు అనువర్తించగా

$\oint \vec{B}.\vec{dl} = 0$ అవుతుంది.

పై రెండు సమీకరణాలు సత్యం కానేరవు. ఈ సంధిగ్ధత ఆంపియర్ వలయ నియమాన్ని ఉపయోగించడం వల్ల కలుగుతుంది. అనగా ఈ నియమం ఏదో ఒక పదంను ఖచ్చితంగా కోల్పోయింది. ఈ కోల్పోయిన పదం, రెండు ఉపరితలాలపై ఒకే అయస్కాంత క్షేత్రాలను కలిగి ఉండేటట్లు ఉండాలి.

మ్యాక్స్‌వెల్ ఈ సంధిగ్ధతను సమీకరణం 24.1 కు R.H.S లో మరొక పదాన్ని చేర్చడం ద్వారా తొలగించారు. దీనికొరకు, అతను, కెపాసిటర్ ఫలకల (ఆవేశిత సమయంలో) మధ్య మారుతున్న విద్యుత్ క్షేత్రం, స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహం i_d కి సమానం అవుతుందని భావించాడు. విద్యుత్ ప్రవాహా సాంతత్య నిబంధన ప్రకారం, స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహం $\varepsilon_o \frac{d\phi_E}{dt}$, కి సమానం కావాలి. ఇక్కడ ε_o శూన్య అంతరాళ ప్రవేశ్యశీలత, ϕ_E విద్యుత్ అభివాహం. ఆంపియర్ నియమం కింది రూపంలోకి సవరించబడింది.

$$\oint \vec{B}.\vec{dl} = \mu_o (i + i_d) = \mu_o \left(i + \varepsilon_o \frac{d\phi_E}{dt} \right) \qquad (24.2)$$

మనం ఫలకల మధ్యలో ఉన్న స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహం i_d వహోన విద్యుత్ ప్రవాహం i కి సమానం అని నిరూపించవచ్చు.

కెపాసిటర్ ఫలకలపై తక్షణ సమయంలో ఆవేశం q అనుకుందాం. ఫలకల మధ్య తక్షణ విద్యుత్‌క్షేత్రం

$$E = \frac{q}{\varepsilon_o A} \qquad (24.3)$$

ఇక్కడ A ఒక్కొక్క ఫలక ఉపరితలవైశాల్యం

$$\therefore \ \frac{dE}{dt} = \frac{1}{\varepsilon_o A}\frac{dq}{dt} = \frac{i}{\varepsilon_o A} \qquad (24.4)$$

ఇక్కడ $i\left(=\frac{dq}{dt}\right)$ తీగలో తక్షణ విద్యుత్ ప్రవాహం. కావున $i = \varepsilon_o A \ \frac{dE}{dt}$

నిర్వచన ప్రకారం, స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహం $i_d = \varepsilon_o \frac{d\phi_E}{dt}$

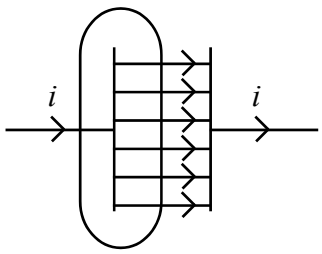
కాని, $\phi_E = EA$

$$\therefore \ i_d = \varepsilon_o \frac{d}{dt}(EA) = \varepsilon_o A \ \frac{dE}{dt} \qquad (24.5)$$

పై సమీకరణాలను i, i_d, పోల్చగా, $i_d = i$

కాబట్టి, మధ్యలో ఉన్న స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహం, తీగలలో గల వహన విద్యుత్ ప్రవాహం ఒకే విధంగా ఉంటుంది.

కావున స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహ భావన పటం 24.1 (b) లో చూపినట్లుగా కెపాసిటర్‌తో సహ వలయం అంతటా విద్యుత్ ప్రవాహం నిరంతరంగా ఉండేటట్లు చేస్తుంది. ఫలకల మధ్యలో నిజ ఆవేశ ప్రవాహం లేనందున, కెపాసిటర్‌లో నిరంతర వహోన విద్యుత్ ఉండదు.



పటం. 24.1 (b)

దీనితో మ్యాక్స్‌వెల్, అయస్కాంత క్షేత్రానికి మూలం కేవలం వహోన విద్యుత్ మాత్రమే కాకుండా, కాలంతో మారుతున్న విద్యుత్ క్షేత్రాలు అని కూడా సాధారణీకరించాడు.

మనం కెపాసిటర్ ఫలకల బయట కేవలం వహన విద్యుత్ ప్రవాహం (i) ఉంటుందని, స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహం (i_d) ఉండదని స్పష్టంగా చెప్పవచ్చు. మరొకవైపు కెపాసిటర్ లోపల వహన విద్యుత్ ప్రవాహం ఉండదు, కేవలం స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహం మాత్రమే ఉంటుంది.

ఇప్పుడు, సాధారణీకరించిన, నిజమైన ఆంఫియర్ వలయ నియమం కింది విధంగా మారుతుంది.

$$\oint \vec{B}.\vec{dl} = \mu_o i + \mu_o \varepsilon_o \frac{d\phi_E}{dt} \qquad (24.6)$$

దీనినే ఆంపియర్ - మ్యాక్స్‌వెల్ నియమం అంటారు.

స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహం పర్యవసానం ఏమిటంటే, కాలంపై ఆధారపడిన విద్యుత్, అయస్కాంత క్షేత్రాలు ఒకదాని నుండి మరొకటి వస్తాయి.

మ్యాక్స్‌వెల్ సమీకరణాలు

1. $\oint \vec{E}.\vec{ds} = \frac{q}{\varepsilon_o}$ (విద్యుత్ శాస్త్రంలో గాస్ నియమం)

2. $\oint \vec{B}.\vec{ds} = 0$ (అయస్కాంత శాస్త్రంలో గాస్ నియమం)

3. $\oint \vec{E}.\vec{dl} = \frac{-d\phi_B}{dt}$ (ఫారడే నియమం)

4. $\oint \vec{B}.\vec{dl} = \mu_o i + \mu_o \varepsilon_o \frac{d\phi_B}{dt}$ (ఆంపియర్ - మాక్స్‌వెల్ నియమం)

రోధకాలు, స్వేచ్ఛాఅంతరాళంలో వహాన విద్యుత్ అదృశ్య మవుతుంది కావున, స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహ భావన చాలా ప్రాముఖ్యతను కలిగి ఉంటుంది. వాహకాలలో వహన విద్యుత్ ప్రవాహంతో పోలిస్తే స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహం చాలా తక్కువ (10^{16} Hz కంటే తక్కువ ఉన్న పౌనఃపుణ్యాలకు 1% కంటే తక్కువగా ఉంటుంది) కావున దానిని నిర్లక్ష్యం చేయవచ్చు.

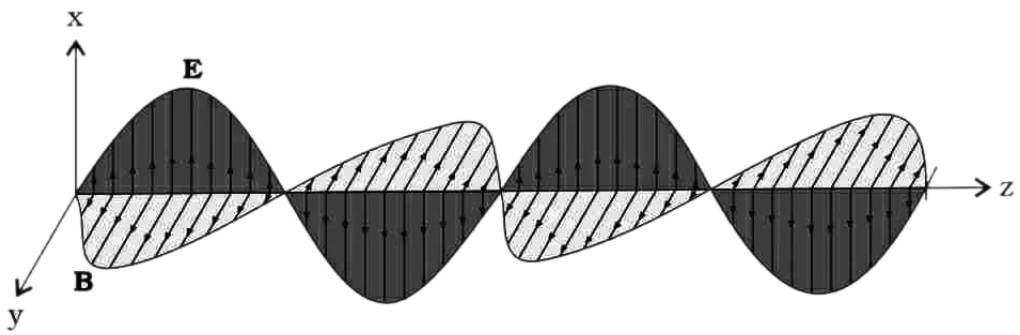
24.2 విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు

నిశ్చల ఆవేశాలు కేవలం స్థిర విద్యుత్ క్షేత్రాలను ఉత్పత్తి చేస్తాయి. ఏకరీతి చలనంలో ఉన్న ఆవేశాలు కేవలం అయస్కాంత క్షేత్రాలను ఉత్పత్తి చేస్తాయి. కాని మ్యాక్స్‌వెల్ సిద్ధాంత ఫలితంగా, త్వరణీకరణం చెందిన ఆవేశాలు విద్యుదయస్కాంత తరంగాలను వికిరణం చెందిస్తాయి.

అంతరాళంలో కొంత పౌనఃపున్యంతో డోలనాలు చేస్తున్న ఆవేశము, డొలనాలు చేస్తున్న విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని ఉత్పత్తి చేస్తుందనుకుందాం. ఇది డోలనాలు చేస్తున్న అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఉత్పత్తి చేస్తుంది. ఇది తిరిగి డోలనాలు చేస్తున్న విద్యుత్‌క్షేత్రానికి మూలం అవుతూ ఇదేవిధంగా కొనసాగుతుంది. అంతరాళంలో తరంగ ప్రసరణ జరుగుతున్నప్పుడు, డోలనాలు చేస్తున్న విద్యుత్, అయస్కాంతక్షేత్రాలు ఒకదానినొకటి పునరుత్పత్తి చేసుకుంటాయి. విద్యుదయస్కాంత తరంగ పౌనఃపున్యం, డోలనం చెందుతున్న ఆవేశ పౌనఃపున్యానికి సమానం. ప్రసారం చెందుతున్న తరంగశక్తి, మూలమైన శక్తికి అనగా త్వరణీకరణం చెందిన ఆవేశాల శక్తికి సమానం.

విద్యుదయస్కాంత తరంగ స్వభావం

కాంతి అనేది వివిధ పౌనఃపున్యాలుగల విద్యుదయస్కాంత తరంగము. విద్యుత్, అయస్కాంత క్షేత్రాలు ఒకదానికొకటి లంబంగా కంపనము చెందుతూ, ప్రసార దిశకు కూడా లంబంగా ఉంటాయి.



పటం. 24.2 : విద్యుదయస్కాంత తరంగాల ప్రసారం

పటం 24.2లో చూపిన విధంగా ఒక విద్యుదయస్కాంత తరంగం z-అక్షం దిశలో ప్రసారం చెందుతుంది. విద్యుత్‌క్షేత్రం E_x, x-అక్షం దిశలో ఉంటూ z పరంగా సైన్ రూపంలో మారుతూ ఉంటుంది. అయస్కాంతక్షేత్రం B_y, y-అక్షం దిశలో z- పరంగా పై రూపంలో మారుతూ ఉంటుంది.

విద్యుత్, అయస్కాంతక్షేత్రాలు E_x, B_y లు ఒకదానికొకటి లంబంగా ఉంటూ, ప్రసార దిశ అనగా z-అక్షానికి కూడ లంబంగా ఉంటాయి.

విద్యుత్‌క్షేత్రం E_xను కింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$E_x = E_o \sin(kz - \omega t) \tag{24.7}$$

అయస్కాంతక్షేత్రం B_y ని కింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$B_y = B_o \sin(kz - \omega t) \tag{24.8}$$

ఇక్కడ k తరంగ సదిశ పరిమాణం, ఇది ప్రసార దిశను వర్ణిస్తుంది. k ను కింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \tag{24.9}$$

ω అనేది కోణీయ పౌనఃపున్యం అయితే, ప్రసార తరంగ వేగం $\frac{\omega}{k}$ అవుతుంది.

E_x, B_y సమీకరణాలు, మ్యాక్స్‌వెల్ సమీకరణాలనుపయోగించి, $\omega = ck$ అని కనుగొనవచ్చు. ఇక్కడ $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$ అనేది కాంతివేగం.

మాక్స్‌వెల్ సమీకరణాల నుండి, విద్యుత్, అయస్కాంత క్షేత్రాల మధ్య సంబంధాన్ని కింది విధంగా తెలపవచ్చు.

$$B_0 = \frac{E_0}{c} \tag{24.10}$$

24.2.1 విద్యుదయస్కాంత తరంగాల విశిష్ట లక్షణాలు

- విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు స్వేచ్ఛా అంతరాలం లేదా శూన్యంలో విద్యుత్, అయస్కాంత క్షేత్రాల స్వయం నిలకడ డోలనాలను కలిగి ఉంటాయి.
- పెర్మిటివిటి ε_0, అయస్కాంత ప్రవేశ్యశీలత μ గల యానకంలో విద్యుదయస్కాంత తరంగాల వేగం $v = \frac{1}{\sqrt{\mu\varepsilon}}$.
- విద్యుదయస్కాంత తరాంగాలు వివవర్తనం, వక్రీభవనం ధ్రువణమును ప్రదర్శిస్తాయి.
- విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు శక్తి, ద్రవ్యవేగాన్ని మోసుక వెళతాయి. E విద్యుత్‌క్షేత్రం కలిగిన స్వేచ్ఛాంతరాళంలో, శక్తి సాంద్రత $\frac{\varepsilon_o E^2}{2}$ ఉంటుంది. అయస్కాంతక్షేత్రం B తో అనుసంధానమైన శక్తి సాంద్రత $\frac{B^2}{2\mu_o}$ ఉంటుంది.
- విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు శక్తిని, ద్రవ్యవేగాన్ని మోసుక వెలుతున్నందున, అవి పీడనాన్ని కలిగిస్తాయి.
- విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు శక్తిని ఒకచోట నుండి మరొక చోటుకు మోసుకవెలుతాయి.

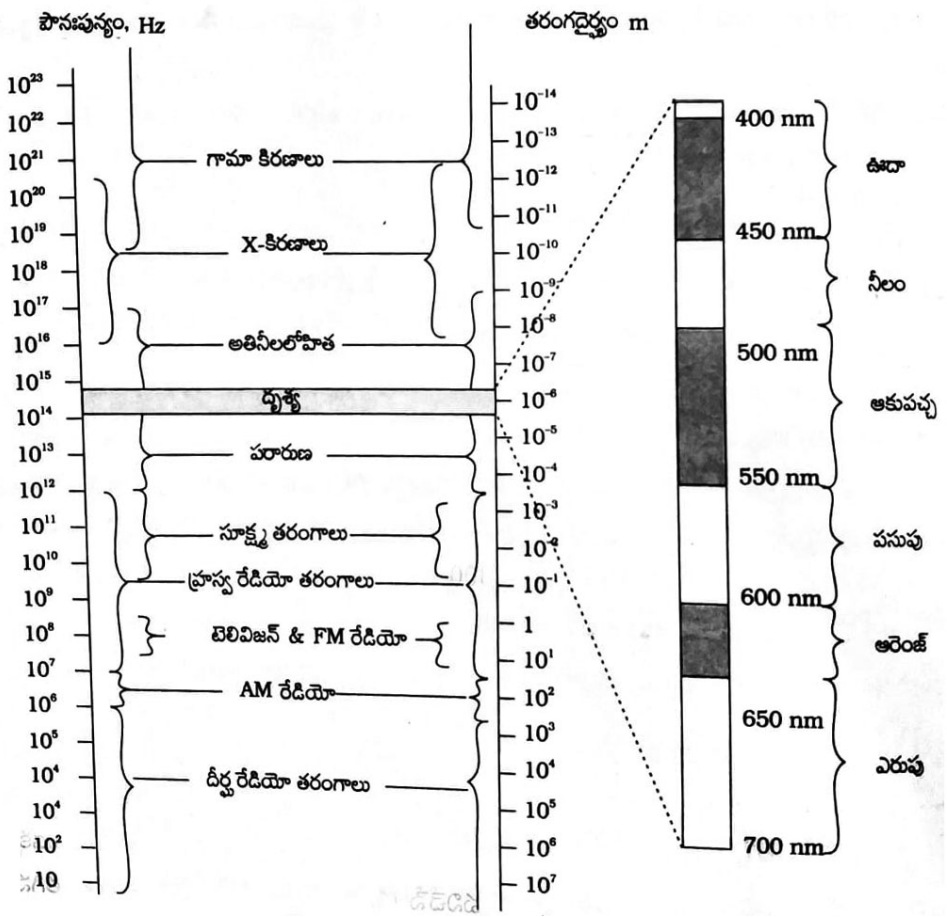
24.3 విద్యుదయస్కాంత వర్ణపటం

విద్యుదయస్కాంత వర్ణపట స్థానాన్ని, డోలనాల పౌనఃపున్యం లేదా తరంగధైర్ఘ్యాన్ని బట్టి అభిలక్షణీకరించవచ్చు. విద్యుదయస్కాంత తరంగాల వర్గీకరణ, వర్ణపటంలో పౌనఃపున్య ప్రకారం ఉంటుంది. విద్యుదయస్కాంత తరంగ పౌనఃపున్యాన్ని బట్టి, వాటిని వివిధ రకాలుగా అనగా రేడియో తరంగాలు, సూక్ష్మతరంగాలు, పరారుణ కిరణాలు, దృశ్యకాంతి, అతినీలలోహిత కిరణాలు, x-కిరణాలు, గామా కిరణాలు అని పిలుస్తారు. ఒక రకమైన తరంగం, దాని తర్వాతి తరంగం మధ్య ఖచ్చితమైన విభజన ఉండదు. ఈ వర్గీకరణ సుమారుగా తరంగాలు ఉత్పత్తి అయిన విధానాన్ని బట్టి ఉంటుంది.

వివిధ రకాల విద్యుదయస్కాంత తరంగాలను క్లుప్తంగా వర్ణిద్దాం.

24.3.1 రేడియో తరంగాలు

రేడియో తరంగాల పౌనఃపున్య వ్యాప్తి 500 kHz నుండి 1000 MHz వరకు ఉంటుంది. ఇవి వాహక తీగలలో ఆవేశాల త్వరణీకరణ చలనం ద్వారా ఉత్పత్తి అవుతాయి. రేడియో, టెలివిజన్ ప్రసార వ్యవస్థలలో రేడియో తరంగాలను ఉపయోగిస్తారు. ఈ తరంగాలను హ్రస్వతరంగ రేడియోలో, నావిగేషన్‌లో, ఎయిర్ ట్రాఫిక్ నియంత్రణలో, సెల్‌ఫోన్‌లలో ఉపయోగిస్తారు. రేడియో ప్రసారంలో ఆవర్తన మాధీకరణ (AM) పట్టీ 530 kHz నుండి 1710 kHz వరకు, పౌనఃపున్య మాధీకరణ (FM) పట్టీ 88 MHz నుండి 108 MHz వరకు ఉంటుంది. టెలివిజన్ ప్రసారంలో పౌనఃపున్య వ్యాప్తి 54 MHz నుండి 890 MHz వరకు ఉంటుంది. హ్రస్వతరంగ పట్టీలో 54 MHz వరకు గల అధిక పౌనఃపున్యంలను ఉపయోగిస్తాము. సెల్‌ఫోన్‌లలో, అత్యధిక పౌనఃపున్య (UHF) పట్టీలను ఉపయోగిస్తాము.



పటం. 24.3 : విద్యుదయస్కాంత వర్ణపటం

24.3.2 సూక్ష్మ తరంగాలు

సూక్ష్మతరంగాలు హ్రస్వతరంగదైర్ఘ్యం గల రేడియో తరంగాలు. ఈ తరంగాల పౌనఃపున్య వ్యాప్తి గిగా హెర్ట్ (1 GHz to 1000 GHz) వ్యాప్తిలో ఉంటుంది. సూక్ష్మ తరంగాలు ఓవన్ లోపల మ్యాగ్నట్రాన్ అనే ఎలక్ట్రాన్ గొట్టం ద్వారా ఉత్పత్తి అవుతాయి. ఈ తరంగాలు క్లైస్టరాన్, గన్‌డమోడ్ అనే ప్రత్యేక శూన్యగొట్టాల ద్వారా కూడా ఉత్పత్తి అవుతాయి.

సూక్ష్మతరంగాల ఉపయోగాలు రేడియో తరంగాలకు సారూప్యంగా ఉంటాయి. వీటిని ప్రసార రంగంలో, రేడియో ఖగోళశాస్త్రంలో, విమాన నావిగేషన్‌లో ఉపయోగించే రాడార్ వ్యవస్థలో, ఆహారం వండడానికి ఉపయోగించే మైక్రోవేవ్ ఓవన్‌లలో ఉపయోగిస్తారు. మైక్రోవేవ్ ఓవన్‌లో సూక్ష్మతరంగాల పౌనఃపున్యానికి సరిపోయే విధంగా పంచుకుంటారు. కావున తరంగాల శక్తి, అణువుల గతిజశక్తిగా ప్రభావవంతంగా మారుతుంది. కావున ఆహారంలో ఉన్న నీటి ఉష్ణోగ్రత పెరుగుతుంది. అందువల్ల ఆహారం వండబడుతుంది లేదా వెచ్చగా ఉంచబడుతుంది.

24.3.3 పరారుణ కిరణాలు

పరారుణ కిరణాల పౌనఃపున్యవ్యాప్తి 300 GHz నుండి 400 THz వరకు, తరంగదైర్ఘ్యం(λ) 780 nm నుండి 1 mm మధ్యలో ఉంటుంది. ఇవి ఉష్ణాన్ని కల్గించే ధర్మాన్ని కలిగి ఉంటాయి. కావున వీటిని ఉష్ణతరంగాలు అని అంటారు. పరారుణ తరంగాలు వేడి వస్తువులు, అణువుల నుంచి ఉత్పత్తి అవుతాయి.

పరారుణ కిరణాలను రెండు రకాలుగా వర్గీకరిస్తారు. అవి సమీప (Near) పరారుణకిరణాలు, దూరం (far) పరారుణ కిరణాలు.

పరారుణ కిరణాలను ఉష్ణ ఉత్పత్తి అవసరమైన అనువర్తనాలలో ఉపయోగిస్తారు. ఉదాహరణకు పరారుణ హీటర్లు. సమీప పరారుణ కిరణాలను ఎలక్ట్రానిక్ అనువర్తనాలలో అనగా టివి రిమోట్‌లలో, వీడియో రికార్డులలో, ఫోటోగ్రఫిలో ఉపయోగిస్తారు. వీటిని భౌతిక చికిత్స (physical therapy) లో పరారుణ దీపం వలె ఉపయోగిస్తారు. హరిత గృహ ప్రభావం ద్వారా భూమి ఉష్ణోగ్రతను వెచ్చగా ఉంచటానికి పరారుణ కిరణాలు చాలా ప్రాముఖ్యతను కలిగి ఉంటాయి. పరారుణ శోధకాలకు భూఉపగ్రహాలలో సైనిక అవసరాలకు, పంటల పెరుగుదలను పరిశీలించడానికి ఉపయోగిస్తారు.

24.3.4 దృశా కిరణాలు

దృశ్య కిరణాలు విద్యుదయస్కాంత తరంగాలలో బాగా తెలిసిన తరంగ రూపాలు, వీటిని మానవుని కన్నుతో గుర్తించవచ్చు. దృశ్యకిరణాల పౌనఃపున్య వ్యాప్తి $4\times10^{14}\,Hz$ నుండి $7\times10^{14}\,Hz$ వరకు లేదా తరంగధైర్ఘ్య వ్యాప్తి 700 నుండి 400 nm వరకు ఉంటుంది. దృశ్యకాంతి కిరణాలకు సూర్యుడు బలమైన మూలం. ఈ దృశ్య కిరణాల వల్లనే, మానవుడు, వస్తువుల మరియు ప్రపంచం గురించిన సమాచారాన్ని గ్రహిస్తున్నాడు. పాముల లాంటి జంతువులు పరారుణ కిరణాలను గుర్తించగలవు, కీటకాలు అతి నీలలోహిత కిరణాలను గుర్తిస్తాయి.

దృశ్య కిరణాలను ఫైబర్ దృశా ప్రసారంలో, ఫోటోగ్రఫిలో ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలలో ఉపయోగిస్తారు.

24.3.5 అతినీలలోహిత కిరణాలు

అతినీల లోహిత కిరణాల పౌనఃపున్య వ్యాప్తి 10^{14} Hz నుండి 10^{16} Hz వరకు తరంగధైర్ఘ్యం 400 nm నుండి 0.6 nm. వరకు ఉంటుంది. అతినీలలోహిత కిరణాలు ప్రత్యేక దీపాలు (special lamps), అతి ఉష్ణవస్తువుల నుంచి ఉత్పత్తి చేస్తారు. అతినీలలోహిత కిరణాలకు ముఖ్యమైన మూలం సూర్యుడు, అతినీలలోహిత కిరణాలలో ఎక్కువ భాగంను ఓజోన్ పొర గ్రహిస్తుంది. ఓజోన్ పొర వాతావరణంలో రక్షణాత్మక పాత్రను వహిస్తుంది. క్లోరోఫ్లోరోకార్బన్‌ల వల్ల ఓజోన్ పొర వాతావరణంలో రక్షణాత్మక పాత్రను వహిస్తుంది. క్లోరోఫ్లోరోకార్బన్‌ల వల్ల ఓజోన్ పొర మందం తగ్గడం తీవ్రమైన అంతర్జాతీయ సమస్య.

అతినీలలోహిత కిరణాలను పారిశ్రామిక ప్రక్రియలలో విస్తారంగా వాడుతారు. వైద్య అనువర్తనాలలో బాక్టీరియాను చంపడానికి, ఫ్లోరోసెంట్ ప్రభావాన్ని సృష్టించడానికి, ఇంక్, రెసిన్‌లను గట్టి పరచడానికి, ఫోటోగ్రఫీలో, సన్‌టానింగ్‌లో ఉపయోగిస్తారు.

24.3.6 X- కిరణాలు

X-కిరణాల పౌనఃపున్య వ్యాప్తి 10^{16} నుండి 10^{20} Hz, తరంగధైర్ఘ్యం 10^{-8} m (10 nm) నుండి 10^{-13} m(10^{-4} nm) వరకు ఉంటుంది. అధిక పొటెన్షియల్ భేదంలో ఎలక్ట్రాన్‌లు త్వరణం చెంది, లోహ లక్ష్యాన్ని ఢీకొట్టినప్పుడు X-కిరణాలు ఉత్పత్తి అవుతాయి. X-కిరణాలను ఎముకలు, కీళ్ళలో పగుళ్ళు, లోపాలను గుర్తించడానికి రోగనిర్ధారణ సాధనంగా వాడుతారు. మృదుకణజాలాలను ప్రభావితం చేసే సమస్యలను గుర్తించడానికి కూడా వాడతారు. కొన్ని రకాల క్యాన్సర్‌లకు చికిత్స చేయడానికి X-కిరణాలను వాడుతారు. X-కిరణాలను ఉపయోగించేటప్పుడు జాగ్రత్తలు తీసుకోవాలి, ఎందుకంటే అవి జీవకణజాలాలను, అంతర్గత అవయవాలను దెబ్బతీస్తాయి.

24.3.7 గామా కిరణాలు

గామా కిరణాలు 10^{26} Hz కంటే ఎక్కువ పౌనఃపున్యం, 10^{-10} m నుండి 10^{-14} m కంటే తక్కువ తరంగ దైర్ఘ్యం కలిగిన అధిక శక్తి విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు. గామా కిరణాలు కేంద్రక చర్యలలో ఉత్పత్తి చేయబడతాయి. రేడియో ధార్మిక కేంద్రకాల ద్వారా కూడా విడుదలవుతాయి. ఈ కిరణాలు న్యూట్రాన్ నక్షత్రాలు, పల్సర్లు, సూపర్‌నోవా పేలుళ్ళు, బ్లాక్‌హోల్స్ చుట్టూ ఉన్న ప్రాంతాల వంటి విశ్వంలోని అత్యంత వేడి మరియు అత్యంత శక్తివంతమైన వస్తువుల ద్వారా కూడా ఉత్పత్తి చేయబడతాయి.

గామా కిరణాలను వైద్యంలో రేడియో థెరపిలో, పరిశ్రమలలో సూక్ష్మజీవులను హతమార్చుటకు క్రిమి సంహారకంగా, కేంద్రక పరిశ్రమలలో ఉపయోగిస్తారు. గామా కిరణాల నుండి రక్షణ చాలా అవసరం ఎందుకంటే అవి చర్మం, రక్తానికి సంబంధించిన వ్యాధులు, కంటి లోపాలు, క్యాన్సర్‌లకు కారణమవుతాయి.

పట్టిక - 24.1: వివిధ రకాల విద్యుదయస్కాంత కిరణాల పౌనఃపున్యం, తరంగదైర్ఘ్యం, ఉత్పత్తి, ఉపయోగాలు

వరుస సంఖ్య	తరంగాల రకం	పౌనఃపున్య వ్యాప్తి	తరంగదైర్ఘ్యం	తరంగాల ఉత్పత్తి	ఉపయోగాలు
1.	రేడియో	500 KHz to 1000 MHz	> 0.1 m	వాహకతీగలలో త్వరణీకరించిన ఆవేశాల చలనం ద్వారా	రేడియో, టెలివిజన్ ప్రసారంలో విమానాల ట్రాఫిక్ నియంత్రణలో సెల్యూలార్ ఫోన్‌లలో ప్రసార వ్యవస్థలలో
2.	సూక్ష్మతరంగాలు	1 GHz to 1000 GHz	0.1 m నుండి 1 nm	(మ్యాగ్నట్రాన్), ప్రత్యేక శ్యూన్య గొట్టాలు క్లిస్టరాన్, గన్‌డయోడ్‌లను ఉపయోగించి	రేడియో ఖగోళశాస్త్రంలో, రాడార్ వ్యవస్థలో, మైక్రోవేవ్ ఓవన్‌లలో
3.	పరారుణ	300 GHz to 400 THz	780 nm to 1 nm	వేడి వస్తువులు, అణువుల నుండి	పరారుణ హీటర్‌లో టివి రిమోట్‌లలో ఫోటోగ్రఫిలో భౌతిక చికిత్సలో
4.	దృశ్య	4×10^{14}Hz to 7×10^{14}Hz	700 - 400 nm	దృశ్యకాంతికి సూర్యుడు బలమైన మూలం.	ఫైబర్ ఆప్టిక్ ప్రసారవ్యవస్థ లో, ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలలో
5.	అతినీలలోహిత	10^{14} Hz to 10^{16} Hz	400 nm to 0.6 nm	ప్రత్యేక దీపాలు, చాలా వేడి వస్తువుల నుండి ఉత్పత్తి అవుతాయి	పరిశ్రమలలో వైద్య అనువర్త నాలలో బ్యాక్టీరియాను చంపడానికి
6.	X-కిరణాలు	10^{16} Hz to 10^{20} Hz	10 nm to 10^{-4} nm	ఎలక్ట్రాన్‌లను అధిక పొటెన్షియల్ భేదం గుండా త్వరణీ కరించి, లోహ లక్ష్యాన్ని ఢీకొట్టించినప్పుడు	ఎముకలు, కీళ్ళలో పగుళ్ళు, లోపాలను గుర్తించడానికి ఎక్స్‌రే ఫోటోగ్రాఫిక్ తెరలలో కొన్ని రకాల క్యాన్సర్ చికిత్స చేయడానికి
7.	గామా	> 10^{20} Hz	10^{-10} to 10^{-14} m	కేంద్రక రియాక్టర్లలో న్యూట్రాన్ నక్షత్రాలు, పల్సర్ లు సూపర్‌నోవా పేలుళ్ళు, బ్లాక్‌హోల్‌లు.	వైద్య అనువర్తనాలు పరిశ్రమలలో రేడియో ధెరపిలో

ఉదాహరణ 24.1

విద్యుదయస్కాంత తరంగం శూన్య అంతరాళంలో x- దిశలో ప్రయాణిస్తుంది. అంతరాళంలో ఒక ప్రత్యేక కాలం, బిందువు వద్ద, $E = 9.6\ \hat{j}\text{V/m}$, అయితే ఆ బిందువు వద్ద B విలువను కనుక్కోండి.

సాధన :

$$B = \frac{E}{c}$$

$$B = \frac{9.6\ \text{V/m}}{3\times10^{8}\ \text{m/s}} = 3.2\times10^{-8}\ \text{T}$$

ఉదాహరణ 24.2

12 W/cm^2 శక్తి అభివాహం కలిగిన విద్యుదయస్కాంత తరంగం పరావర్తనం చెందని ఉపరితలంపై లంబంగా పతనమైంది. ఉపరితలం వైశాల్యం 30 cm^2 అయితే 20 నిమిషాల వ్యవధిలో ఉపరితలంపై కలిగే సగటు బలాన్ని కనుక్కోండి.

సాధన :

ఉపరితలంపై పతనమైన మొత్తం శక్తి

$$U = 12 \times 30 \times 20 \times 60\ \text{J}$$

$$U = 4.32 \times 10^{5}\ \text{J}$$

కావున, మొత్తం ద్రవ్యవేగం

$$P = \frac{U}{c} = \frac{4.32\times10^{5}\ \text{J}}{3\times10^{8}\ \text{m/s}}$$

$$P = 1.44\times10^{-3}\ \text{kg m/s}$$

ఉపరితలంపై ప్రయోగించబడే సగటు బలం

$$F = \frac{p}{t} = \frac{1.44\times10^{-3}}{1.2\times10^{3}}$$

$$F = 1.2\times10^{-6}\ \text{N}$$

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 24.1

1. సూర్యుని నుండి ఏ రకమైన వికిరణం వస్తుందో వివరించండి.
2. స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని వివరించండి.
3. వివిధ రకాల విద్యుదయస్కాంత వికిరణాలను రాయండి.

4. అతినీలలోహిత కిరణాల పౌనఃపున్యం, తరంగదైర్ఘ్యంల వ్యాప్తి ఏమిటి?
5. మైక్రోఓవెన్‌లలో సూక్ష్మతరంగాలలో ఆహారంను ఎలా వండుతారు.
6. పరారుణ కిరణాల అనువర్తనాలు ఏమిటి?
7. సమాంతర ఫలక కెపాసిటర్‌లో ఆవేశితం అయిన విద్యుత్ ప్రవాహం 0.5 A అయితే పలకల మధ్య స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహం ఎంత?

మీరు ఏమి నేర్చుకున్నారు

- కాంతి అనేది వివిధ పౌనఃపున్యాలు కలిగిన విద్యుదయస్కాంత తరంగం.
- విద్యుదయస్కాంత తరంగంలో, విద్యుత్, అయస్కాంత క్షేత్రాలు ఒకదానికొకటి లంబంగా కంపిస్తాయి. ఇవి రెండూ ప్రసార దిశకు లంబంగా ఉంటాయి.
- సమాకలన రూపంలో ఆంపియర్ నియమము $\oint B.dl = \mu_0 i$.
- స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహం $i_d = \varepsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt}$.
- సవరించిన ఆంపియర్ నియమము లేదా ఆంపియర్ – మాక్స్‌వెల్ నియమము $\oint B.dl = \mu_0 i + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt}$.
- $E_x = E_0 \sin(kz - \omega t)$, $B_y = B_0 \sin(kz - \omega t)$ లు వరుసగా విద్యుత్‌క్షేత్రం E_x, అయస్కాంతక్షేత్రం B_y లను ఇస్తాయి.
- తరంగ సదిశ పరిమాణం $k = \frac{2\pi}{\lambda}$.
- కోణీయ పౌనఃపున్యం ω అయితే, తరంగ ప్రసారవేగం $\frac{\omega}{k}$, కాంతివేగం $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$ అవుతుంది.
- విద్యుత్, అయస్కాంత క్షేత్రాల మధ్య సంబంధం $B_0 = \frac{E_0}{c}$.
- పౌనఃపున్యాన్ని బట్టి, విద్యుదయస్కాంత తరంగాలను రేడియో తరంగాలు, సూక్ష్మతరంగాలు, పరారుణ తరంగాలు, దృశ్యకాంతి, అతినీలలోహిత కిరణాలు, x-కిరణాలు, గామా కిరణాలుగా వర్గీకరిస్తారు.

ముగింపు అభ్యాసం

1. సమతల విద్యుదయస్కాంత తరంగ అయస్కాంత క్షేత్రం $B_y = 3 \times 10^{-7} \sin\left(0.4 \times 10^3 x + 1.6 \times 10^{11} t\right)$. అయితే (i) తరంగ పౌనఃపున్యం, తరంగ దైర్ఘ్యంలను కనుక్కోండి. (ii) విద్యుత్ క్షేత్రానికి సమాసాన్ని నిర్ధారించండి.

2. సమతల విద్యుదయస్కాంత తరంగంలో విద్యుత్ క్షేత్రం 900 N/C, విద్యుత్‌క్షేత్రం y -దిశలో, తరంగం x - దిశలో ప్రసారం చెందుతుంది. గరిష్ట అయిస్కాంత క్షేత్రాన్ని, దాని దిశను నిర్ధారించండి.

3. విద్యుదయస్కాంత తరంగంలో విద్యుత్‌క్షేత్రం $E = 60\sin\omega\left(t - \frac{x}{c}\right)$ N/C. అయితే శక్తి సాంద్రతను కనుక్కోండి. $\left(\varepsilon_0 = 8.85\times10^{-12}\ \text{C/Nm}^2\right)$.

4. హరాత్మక విద్యుదయస్కాంత తరంగంలో అయస్కాంత క్షేత్ర పరిమాణ భాగం $B_0 = 620$ nT. తరంగంలో విద్యుత్ క్షేత్ర పరిమాణ భాగం ఎంత?

5. విద్యుదయస్కాంత తరంగంలో విద్యుత్ క్షేత్ర పరిమాణ భాగం $E_0 = 90$ N/C, పౌనఃపున్యం 40.0 MHz. B_0, ω లను కనుగొనుము.

6. 3.0 W/m^2 తీవ్రత గల సమాంతర కాంతి పుంజంలో విద్యుత్‌క్షేత్ర పరిమాణాన్ని కనుక్కోండి. $\left(\varepsilon_0 = 8.85\times10^{-12}\ \text{C/Nm}^2\right)$.

పాఠంలోని ప్రశ్నలకు సమాధానాలు

1. సూర్యుని నుండి వచ్చే కాంతి విద్యుత్, అయస్కాంత భాగాల కలయిక, దీనినే విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు అంటారు.

2. మారుతున్న విద్యుత్‌క్షేత్రం అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఉత్పత్తి చేస్తుంది. విద్యుత్ క్షేత్రం మారుతున్నంత కాలం, మారుతున్న విద్యుత్‌క్షేత్రం, సాధారణ వహన విద్యుత్ వలె ఒకే విధమైన అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఉత్పత్తి చేస్తుంది. దీనినే స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహం అంటారు.

   స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహం $i_d = \varepsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt}$

3. రేడియో తరంగాలు, సూక్ష్మతరంగాలు, పరారుణ తరంగాలు, దృశ్య, అతినీలలోహిత, X-కిరణాలు, గామా కిరణాలు వివిధ రకాలైన విద్యుదయస్కాంత కిరణాలు.

4. అతినీలలోహిత కిరణాల పౌనఃపున్య వ్యాప్తి 10^{14} Hz నుండి 10^{16} Hz వరకు, తరంగదైర్ఘ్యం 400 నుండి 0.6 nm వరకు ఉంటుంది.

5. సూక్ష్మతరంగాల పౌనఃపున్యానికి సరిపోయే విధంగా ఎంచుకున్నప్పుడు, తరంగాలలోని శక్తి ప్రభావవంతంగా నీటి అణువుల గతిజశక్తిగా మారుతుంది. కావున ఆహారాన్ని కలిగి ఉన్న నీటి అణువుల ఉష్ణోగ్రత పెరగడం ద్వారా ఆహారం వండబడుతుంది.

6. పరారుణ కిరణాల అనువర్తనాలు

   1. పరారుణ హీటర్లు

   2. టివి రిమోట్‌లు

3. ఫోటోగ్రఫి

4. భౌతిక చికిత్స (Physical therapy)

7. ఆవేశితం అవుతున్న విద్యుత్ అనగా వహన విద్యుత్. వహన విద్యుత్ ఎప్పుడూ స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహానికి సమానం. కావున ఫలకల మధ్య స్థానభ్రంశ విద్యుత్ ప్రవాహం 0.5 A ఉంటుంది.

ముగింపు అభ్యాసంకు సమాధానాలు

1. $$\lambda = \frac{2\pi}{0.4\times10^3} = \frac{2\times3.4}{0.4\times10^3} = 1.57\text{cm}$$

$$E_0 = B_0 c = 3\times10^{-7}\times3\times10^8 = 9\times10 = 90\,\text{U/m}$$

$$E_z = 90\sin\left(0.4\times10^3\,x + 1.6\times10^{11}t\right)\text{V/m}$$

2. $E_o = 900$ N/C

$$B_0 = \frac{E_0}{c} = \frac{900}{3\times10^8} = 3\times10^{-6}T$$

విద్యుత్‌క్షేత్రం y- దిశలో, తరంగ ప్రసారం x-దిశలలో ఉంటుంది కాబట్టి అయస్కాంత క్షేత్రం z-దిశలో ఉంటుంది.

3. శక్తి సాంద్రత $= \frac{1}{2}\varepsilon_0 E_0^2$

$$= \frac{1}{2}\times8.85\times10^{-12}\times60\times60$$

$$= 1.6\times10^{-8}\,\text{J/m}^3$$

4. $E_0 = B_0\,c = 620\times10^{-9}\times3\times10^8 = 186\text{N/C}$

5. $$B_0 = \frac{E_0}{c} = \frac{\overset{30}{\cancel{90}}}{\cancel{3}\times10^8} = 3.0\times10^{-7}\,\text{T}$$

$$\omega = 2\pi f = 2\times\frac{22}{7}\times40\times10^6 = 2.5\times10^8\,\text{Hz}$$

6. $$E_0 = \sqrt{\frac{2I}{\varepsilon_0 c}} = \sqrt{\frac{2\times\cancel{3.0}}{8.85\times10^{-12}\times\cancel{3}\times10^8}} = \sqrt{0.225\times10^4}$$

$= 47.3$ N/C

25

వికిరణం మరియు ద్రవ్యముల ద్వంద్వ స్వభావం

పరిచయం

మీరందరూ సినిమా చూసే ఉంటారు. సన్నివేశాలను రికార్డు చేసిన ఫిల్మ్ గుండా కాంతిని ప్రసారం చేసినప్పుడు తెరపై సినిమా కనిపిస్తుంది. కాని ధ్వని ఎలా వినిపిస్తుందో ఎప్పుడయినా ఆలోచించారా? ధ్వనిని ఫిల్మ్ పక్క భాగంలో రికార్డ్ చేస్తారు. కాంతి కిరణం ధ్వనిగల పట్టీ ద్వారా ఒక కాంతి ఘటంపై పడినప్పుడు అది విద్యుత్ స్పందనగా (pulses) మారుతుంది. ఈ విద్యుత్ స్పందనలను ధ్వనిగా మారుస్తారు. ఈ పాఠంలో మీరు కాంతి ఘటం (Photo cell) పనిచేయడం వెనక ఉన్న ఫలితాన్ని గురించి చదువుతారు. దీన్ని కాంతి విద్యుత్ ఫలితం (Photo electric effect) అంటారు. దీన్ని చొరబాట్లను గుర్తించే బర్గలర్ అలారంల (Burglar alaram) లో వాడతారు. ఐన్‌స్టీన్ వివరించిన కాంతి విద్యుత్ ఫలితం, డి బ్రోగ్లీ తన తరంగ-కణ ద్వంద్వ ప్రవృత్తి అనగా ద్రవ్యం తరంగంగాను, కణంగానూ ఉండే ధర్మాన్ని గుర్తించడానికి ఉపయోగపడింది.

ఒక కణ లక్షణాలను దాని దిశ, పరిమాణం, వేగం, ద్రవ్యవేగం మొదలైన వాటి ఆధారంగా వివరిస్తాం అని మీకు తెలుసు. దీని చలనాన్ని న్యూటన్ సూత్రాల ఆధారంగా వివరిస్తారు. మరోవైపు తరంగ లక్షణాలను వాటి దేశ కాలాల (space-time) లో ఆవర్తకం, తరంగదైర్ఘ్యం, కంపన పరిమితి, పౌనఃపున్యం, తరంగ వేగం మొదలైన వాటి ఆధారంగా వివరిస్తాము. ఇది ద్రవ్యాన్ని కాక శక్తిని మాత్రమే అభిగమనం చేస్తుంది. తరగం, కణంలా ఒకే చోట ఉండదు. ఇది అంతరాళంలో విస్తరించి ఉంటుంది. వివిధ పరిస్థితులలో ఒకే పదార్థం కణంగానూ, తరంగంగానూ ప్రవర్తించే గుణాన్ని తరంగ-కణ ద్వంద్వ స్వభావం అంటారు. డి బ్రోగ్లీ వాదన సరళమైంది. ప్రకృతి సరళత్వాన్ని, సౌష్ఠవాన్ని ఇష్టపడుతుంది. కొన్నిసార్లు తరంగంగాను, మరి కొన్నిసార్లు కణంగాను ఉంటుంది కాబట్టి ద్రవ్యం కూడా అలాగే ఉండాలి. మీరు ద్రవ్య తరంగాల గురించి 25.3 విభాగంలో తెలుకుంటారు.

లక్ష్యాలు

ఈ పాఠం చదివిన తర్వాత మీరు కింది విషయాలను తెలుసుకుంటారు.

- కాంతి విద్యుత్ ఫలిత వివరణ
- కాంతి విద్యుత్ ఫలితాన్ని వివరించే ప్రయోగ అమరిక
- కాంతి విద్యుత్ ఉద్గార నియమాల వివరణ
- వికిరణ పౌనఃపున్యం మరియు మందక శక్మం (Retarding potential) ల మధ్య గ్రాఫ్ అర్థ వివరణ.

- **p** ద్రవ్యవేగం గల కణ సహచర్యంలో ఉన్న డి బ్రోగ్లీ ద్రవ్య తరంగం యొక్క తరంగదైర్ఘ్యాన్ని వ్రాయడం.
- ద్రవ్య తరంగాలను సరిచూసే ప్రయోగ అమరిక.

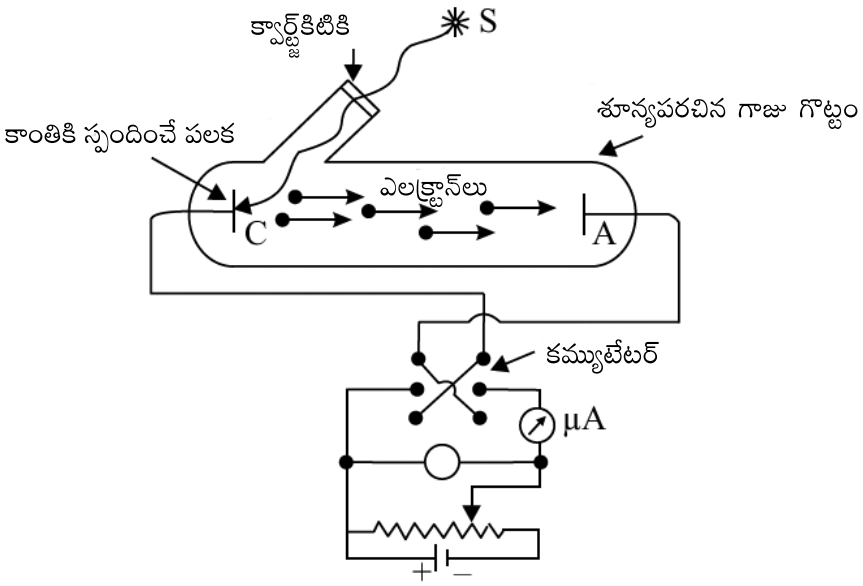
25.1 కాంతి విద్యుత్ ఫలితం

1887 లో విద్యుదయస్కాంత తరంగాల వ్యాపనంపై ప్రయోగాలు చేస్తున్నప్పుడు హెర్ట్జ్ (Hertz) అనే శాస్త్రవేత్త విస్ఫులింగ అంతర ప్రదేశంలోని గాలిని అతినీలలోహిత కిరణాలతో ప్రదీప్తపరచిన అది మంచి వాహకంగా మారుతుందని కనుగొన్నాడు. మరిన్ని ప్రయోగాలవల్ల జింక్‌ను అతినీలలోహిత కిరణాలతో వికిరణానికి గురిచేస్తే అది ధనావేశితం అయ్యిందని తెలిసింది. 1900 సంవత్సరంలో లియోనార్డో ఎక్కువ పౌనఃపున్యంగల కాంతిని లోహపు ఉపరితలంపై పతనం చేస్తే అవి ఎలక్ట్రాన్‌లను ఉద్గారం చేస్తాయని చూపించాడు. ఈ దృగ్విషయాన్ని కాంతి విద్యుత్ ఫలితం అని, ఇందులో వెలువడే ఎలక్ట్రాన్‌లను కాంతి ఎలక్ట్రానులని అంటారు.

అభిలక్షణ పౌనఃపున్యం కంటే ఎక్కువ పౌనఃపున్యం ఉన్న కాంతితో లోహాలను వికిరణం చెందించినప్పుడు వాటి నుండి ఎలక్ట్రానులు ఉద్గారం చెందడాన్ని కాంతి విద్యుత్ ఫలితం అంటారు.

25.1.1 కాంతి విద్యుత్ ఫలితాన్ని అధ్యయనం చేయు ప్రయోగ అమరిక

పటం 25.1 ఈ దృగ్విషయాన్ని అధ్యయనం చేసే ప్రయోగానికి వాడే పరికరాల పథాత్మక పటాన్ని సూచిస్తుంది.

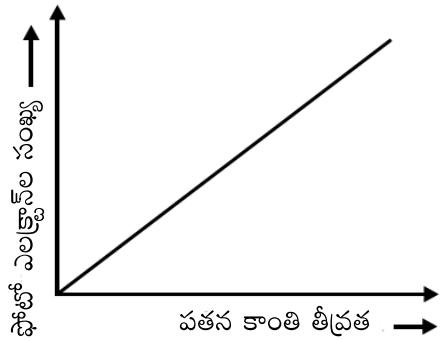


పటం 25.1 : కాంతి విద్యుత్ ఫలితాన్ని గమనించడానికి ప్రయోగ అమరిక

శూన్యపరచిన గాజుగొట్టంలో ఒక లోహపు పలక (కాంతికి స్పందించే పలక) ఫోటో కాథోడ్ C, లోహపు పలక, A ఉన్నాయి. A ను C ద్వారా ఉద్గారమైన ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌లను సంగ్రహించడానికి ఉపయోగిస్తారు. ఎలక్ట్రోడులను, మైక్రో మీటరు మరియు బ్యాటరీల వలయంలో పటం 25.1లో చూపిన విధంగా కలుపుతారు. C తో పోల్చి చూస్తే A పలక వోల్టేజి ధనాత్మకం అయ్యే విధంగా బ్యాటరీని అమరుస్తారు. బ్యాటరీ చివరలను మార్చినపుడు A వద్ద వోల్టేజి రుణాత్మకం అవుతుంది.

C ద్వారా ఉద్గారమైన ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌లను, పతన కాంతి తీవ్రతతో అధ్యయనం చేయుటకు A ను C తో పోల్చినప్పుడు ధనాత్మకంగా ఉండేలా అమరుస్తారు.

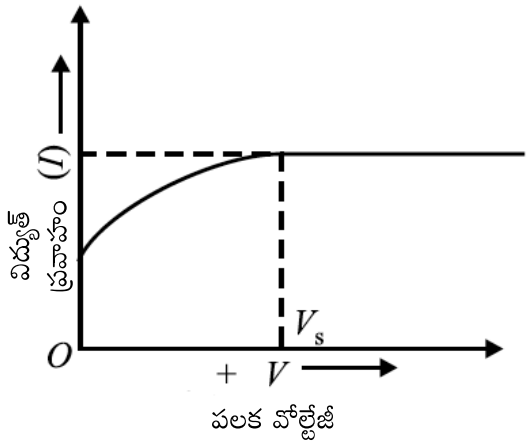
పతన కాంతి పౌనఃపున్యం మరియు త్వరణ శక్మాలను (Accelerating potential) స్థిరంగా ఉంచినప్పుడు, ఉపరితలంలోని ఏక ప్రమాణ వైశాల్యంలో ఉద్గారమయ్యే ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌ల సంఖ్య, కాంతి తీవ్రతతో రేఖీయంగా మారుతుంది (పటం 25.2(a)).



పటం 25.2(a) : పతనకాంతి తీవ్రతతో ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌ల సంఖ్యలో మార్పు

సందర్భం - I : C తో పోల్చిన A పలక ధనాత్మకం అయినప్పుడు

మొదట C తో పోల్చిన A ధనాత్మకం అనుకొందాం. ఎక్కువ పౌనఃపున్యం గల కాంతి ఉద్గార పలకపై పడినపుడు అది ఎలక్ట్రాన్‌లను విడుదల చేస్తుంది. C తో పోల్చిన A ఎక్కువ పొటెన్షియల్ కలిగి ఉన్నందున, ఉద్గారమైన ఎలక్ట్రాన్‌లు ఆకర్షణ బలాన్ని అనుభవిస్తాయి. A వోల్టేజిని పెంచితే ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌ల గతిజశక్తి పెరుగుతుంది. బాహ్య వలయంలో చూపబడిన మైక్రో ఆమ్మీటర్‌లో విద్యుత్ పలక A ను చేరే ఎలక్ట్రానులపై ఆధారపడుతుంది. వోల్టేజిని పెంచుతూపోతే ఒక స్థితిలో అన్ని ఉద్గారమైన ఎలక్ట్రాన్‌లను పలక A సంగ్రహించగలుగుతుంది. ఈ స్థితిలో విద్యుత్‌ను సంతృప్త (Saturated) విద్యుత్ ప్రవాహం అంటారు. వోల్టేజిని ఇంకా పెంచినా కూడా విద్యుత్ పరిమాణం స్థిరంగా ఉంటుంది. పలక వోల్టేజి మార్పుతో విద్యుత్ ప్రవర్తనలో మార్పును పటం 25.2 (b)లో చూపించాం. Vs వోల్టేజిని సంతృప్త వోల్టేజి అంటారు.



పటం 25.2(b) : పతనకాంతి తీవ్రతతో ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌ల సంఖ్యలో మార్పు

సందర్భం - II : C తో పోల్చిన A పలక రుణాత్మకం అయినప్పుడు

C తో పోల్చిన A రుణాత్మకమై, తగినంత పౌనఃపున్యం గల కాంతి ఉద్గారిపై పతనమైనప్పుడు, C నుండి ఉద్గారమైన ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌లు మందక శక్మం (retarding potential) ను అనుభవిస్తాయి. కాబట్టి అవి A ను చేరుటకు అవరోధం కలుగుతుంది. అయినా C నుండి వెలువడు కొన్ని ఎలక్ట్రానులు A ను చేరతాయి. దీనివల్ల కాంతి విద్యుత్‌రావడాన్ని మైక్రో ఆమ్మీటర్‌లో చూడవచ్చు. దీని అర్థం ఏమిటి? A మరియు C ల మధ్యగల శక్మ భేదం మాత్రమే ఎలక్ట్రానులు పలకల మధ్య తిరగడానికి కావలసిన బలాన్ని ఇచ్చినట్లయితే ఒక్క

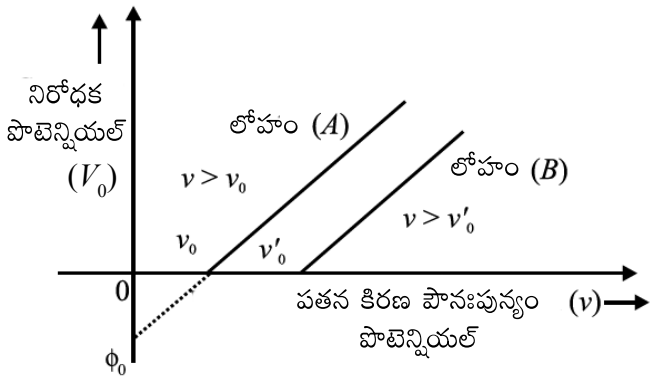
ఎలక్ట్రాన్ కూడా పలకవైపు పోకూడదు. కాని కొన్ని ఎలక్ట్రాన్‌లు అవరోధ శక్మమును అధిగమించి పలకను చేరాయి. కారణం వాటికి తొలి గతిజశక్తి ఉంటుంది. దీనిని గమనించిన ఫలితాల ఆధారంగా నిర్ధారించవచ్చు. ఏదైనా పౌనఃపున్యం కలిగిన కాంతి పతనం చెందినప్పుడు, మందశక్మ పరిమాణాన్ని క్రమంగా పెంచితే, ఒక్క ఎలక్ట్రాన్ కూడా పలకను చేరలేని స్థితి వస్తుంది. అప్పుడు విద్యుత్ శూన్యం అవుతుంది.

ఏదేని ఒక పౌనఃపున్యంతో కాంతి పతనమైనప్పుడు ఏ కనిష్ఠ మందశక్మము వద్ద కాంతి విద్యుత్ శూన్యం అవుతుందో, ఆ శక్మాన్ని, ఆ పౌనఃపున్యం నిరోధక పొటెన్షియల్ V_0 *(stopping potential)* అంటారు.

V_0 నిరోధక పొటెన్షియల్‌కు వ్యతిరేకంగా ఎలక్ట్రాన్ చేసేపని (W) eV_0 అవుతుంది. ఇక్కడ e ఎలక్ట్రాన్ ఆవేశం. ఈ పని ఎలక్ట్రాన్ తన గతిజశక్తిని ఖర్చు చేయడంవల్ల జరుగుతుంది కాబట్టి,

$$eV_0 = \frac{1}{2}m\mathrm{v}_{\max}^2$$

V_0 నిరోధక పొటెన్షియల్‌కు పతన కిరణ పౌనఃపున్యంపై ఆధారపడుతుందని మిల్లికాన్ (Millikan) కనుగొన్నాడు. నిరోధక పొటెన్షియల్ V_0 కు పతన కాంతి పౌనఃపున్యానికి మధ్య గ్రాఫ్ పటం 25.3లో చూపబడింది. ν_0 అనే అత్యల్ప పౌనఃపున్యం (cutoff) కంటే తక్కువ పౌనఃపున్యం గల కాంతి ద్వారా ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారం జరగదు. దీనిని ఆరంభ పౌనఃపున్యం (Threshold frequency) అంటారు.



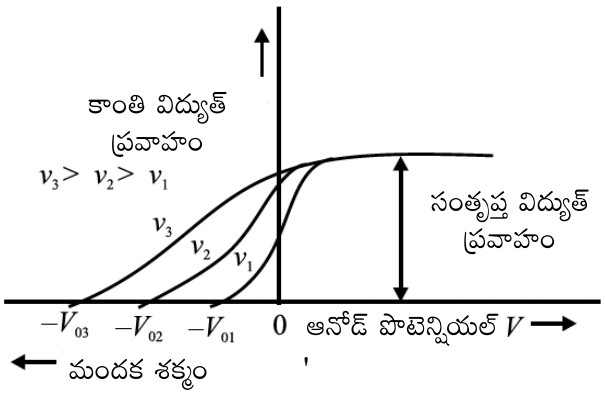
పటం 25.3 : నిరోధక పొటెన్షియల్ మరియు పతన కిరణ పౌనఃపున్యం మధ్య గ్రాఫ్

లోహం A ఆరంభ పౌనఃపున్యం (threshold frequency) ν_0 కావున ఆరంభ పౌనఃపున్యం కంటే ఎక్కువ పౌనఃపున్యాలకు $(\nu > \nu_0)$ మాత్రమే లోహం A నుండి ఎలక్ట్రాన్‌ల ఉద్గారం జరుగుతుంది. ఆరంభ పౌనఃపున్యం వివిధ లోహాలకు వేరువేరుగా ఉంటుంది. లోహం B ఆరంభ పౌనఃపున్యం ν'_0. కావున లోహం B లో పౌనఃపున్యం ఆరంభ పౌనఃపున్యాల కంటే ఎక్కువగా $(\nu > \nu'_0)$ అయినప్పుడు ఫోటో విద్యుత్ ప్రభావం కలుగుతుంది. .

నిరోధక పొటెన్షియల్ పై పతన కాంతి పౌనఃపున్య ప్రభావాన్ని అధ్యయనం చేయుటకు మిల్లికాన్ స్థిరమైన పౌనఃపున్యం గల కాంతి యొక్క తీవ్రతలో మార్పులు చేసాడు. తద్వారా ఆనోడ్ శక్మంతో కాంతి విద్యుత్‌లో మార్పులను అధ్యయనం చేసాడు. ఈయన వివిధ పతనకాంతి పౌనఃపున్యాలకు నిరోధక శక్మాలను కనుగొన్నాడు. పటం 25.4 లో చూపిన విధంగా అధిక పౌనఃపున్యాలకు నిరోధక శక్మం ఎక్కువ రుణాత్మకంగా ఉంటుంది. అనగా పతన కాంతి పౌనఃపున్యం పెరిగిన ఫోటో ఎలక్ట్రాన్ గతిజశక్తి కూడా పెరుగుతుంది. అందువల్ల పౌనఃపున్యం పెంచితే ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌లు ఆనోడ్ వైపు వెళ్ళకుండా ఉండటానికి ఎక్కువ అవరోధ శక్మం అవసరం.

పటం 25.4 నుండి పౌనఃపున్యాలు $\nu_3>\nu_2>\nu_1$ క్రమంలో ఉన్నప్పుడు నిరోధక శక్మాలు $V_{03} > V_{02} > V_{01}$ క్రమంలో ఉంటాయని పరిశీలించవచ్చు. పతనకాంతి పౌనఃపున్యం ఎక్కువగా ఉన్నప్పుడు, ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌ల గతిజశక్తి ఎక్కువగా ఉంటుంది. కావున వాటిని పూర్తిగా ఆపడానికి అధిక నిరోధక శక్మం అవసరం

ఈ ప్రయోగం నిరోధక శక్మం శూన్యం అయ్యే కట్-ఆఫ్ పౌనఃపున్యం (ν_0) ఒకటి ఉంటుందని నిరూపిస్తుంది. పతనకాంతి లోహంపై పడిన వెంటనే ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌లు విడుదల అవుతాయి. అంటే ఫోటో ఉద్గారం తత్కాలమైనది. పతన కాంతి మసకగా ఉన్నా కూడా ఉద్గారము జరుగుతుంది. కాంతి పతనం అవ్వడానికి ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌లు ఉద్గారమవ్వడానికి మధ్య కాల విలంబన సుమారు 10^{-9} ఉంటుంది.



పటం 25.4 : కాంతి విద్యుత్

పై విషయాలను కింది విధంగా సమీక్షించవచ్చు.

- ఫోటో ఎలక్ట్రాన్ గరిష్ఠవేగం, పతన కాంతి పౌనఃపున్యంతో పెరుగుతుంది. ఇది ఉద్గారమయ్యే లోహపు ధర్మాలపై అధారపడి ఉంటుంది.
- ఫోటో ఎలక్ట్రాన్ గరిష్ఠవేగం పతనకాంతి తీవ్రతపై ఆధారపడదు.
- ప్రతి లోహానికి ఒక ఆరంభ పౌనఃపున్యం ఉంటుంది. దీని కంటె తక్కువ పౌనఃపున్యంలో ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌లు ఉద్గారమవవు.
- ఒక నిర్దిష్ట పౌనఃపున్యానికి ఏక ప్రమాణ వైశాల్యాలు గల తలం నుండి ఉద్గారమయ్యే ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌ల సంఖ్య, పతన కాంతి తీవ్రతకు అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.
- పతనకాంతి లోహంపై పడటం మరియు దాని నుండి ఎలక్ట్రాన్‌లు ఉద్గారమవ్వడంలో కాల విలంబన ఉండదు ($\sim 10^{-9}$ s). ఇంకో విధంగా చెప్పాలంటే ఫోటో విద్యుత్ ఉద్గారమనేది తత్కాలమైన ప్రక్రియ.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 25.1

1. కింది వాక్యాలు సరియైనవో కాదో తెలపండి.
   (a) ఉష్ణయానక ఉద్గారాల్లో ఫోటాన్‌ల నుండి ఎలక్ట్రాన్‌లకు శక్తి సమకూరుతుంది.
   (b) ఫోటో ఎలక్ట్రాన్ గరిష్ఠ వేగం, పతన వికిరణ పౌనఃపున్యంపై ఆధారపడదు.
   (c) ν_0 అనే పౌనఃపున్యం కంటే తక్కువలో ఫోటో ఎలక్ట్రాన్ ఫలితం జరగదు.
2. పటం 25.3 ఆధారంగా x, y-అక్షాలతో అంతఃఖండాల వాలును కనుగొని అర్థ వివరణ ఇవ్వండి.
3. నిరోధక శక్మం ($-V_0$) మరియు పతన కాంతి తీవ్రతల మధ్య రేఖా పటం గీయండి.

25.2 కాంతి విద్యుత్ ఉద్గారం - ఐన్‌స్టీన్ సిద్ధాంతం

1905 సంవత్సరంలో ఐన్‌స్టీన్ కాంతి విద్యుత్ ఫలితానికి సరళమైన, విప్లవాత్మకమైన వివరణ ఇచ్చాడు. కాంతి చాలా శక్తిగల ఫోటాన్‌ల సమూహం అని ఊహించాడు. బంధిత ఎలక్ట్రాన్ మరియు ఫోటాన్‌ల మధ్య అభిఘాతాలవల్ల కాంతి విద్యుత్ ఫలితం జరుగుతుందని భావించాడు.

ప్రమాణ ఫోటాన్ శక్తి E

$$E = h\nu \qquad (25.2)$$

ఇక్కడ ν పతన కిరణ పౌనఃపున్యం మరియు h ప్లాంక్ స్థిరాంకం.

$h\nu$ శక్తిగల ఫోటాన్ ఒక లోహపు ఉపరితలంపై పతనమైనది అనుకుందాం. లోహం నుండి ఎలక్ట్రాన్ బయటకు రావడానికి కావలసిన శక్తి ϕ_0. దీన్ని వాహకం యొక్క పని ప్రమేయం (Work function) అంటారు అని మీకు తెలుసు. వాహక పని ప్రమేయం అనేది, ఆ వాహక ఉపరితలం నుండి ఎలక్ట్రాన్ బయటికి వచ్చుటకు అవసరమైన కనిష్ఠ శక్తి.

పట్టిక 25.1లో కొన్ని లోహాల పని ప్రమేయాలు (eV) వాటికి సంబంధించిన ఆరంభ పౌనఃపున్యాలు (ν_0) ఇవ్వబడ్డాయి.

పట్టిక 25.1 కొన్ని లోహాల పని ప్రమేయం మరియు ఆరంభ పౌనఃపున్యాలు

లోహం	ϕ_0 (eV)	ν (Hz)
సోడియం	2.5	6.07×10^{14}
పొటాషియం	2.3	5.58×10^{14}
జింక్	3.4	8.25×10^{14}
ఇనుము	4.8	11.65×10^{14}
నికెల్	5.9	14.32×10^{14}

రాబర్ట్ ఎ.మిల్లికాన్ (Robert A. Millikan) (1868 - 1953)

రాబర్ట్ ఆండ్రూస్ మిల్లికాన్ 22 మార్చి, 1868లో అమెరికాలో జన్మించాడు. డిగ్రి చదివేటప్పుడు ఆయనకు ఇష్టమైన విషయాలు గ్రీకు, గణితం. కాని 1891లో పట్టభద్రుడయిన తరవాత 2 సంవత్సరాలు ప్రాథమిక భౌతికశాస్త్ర ఉపాధ్యాయుడిగా పనిచేసారు. ఈ సమయంలో దీనిపై ఆసక్తి పెంపొందించుకున్నారు. ఉష్ణదీప్తి ఉపరితలంలో ఉద్గారమయ్యే ధ్రువణ కాంతి మీద జరిపిన పరిశోధనకు 1895 లో Ph.D వచ్చింది.

మిల్లికాన్ ఒక సంవత్సరం (1895-1896) జర్మనీలోని బెర్లిన్ విశ్వవిద్యాలయంలో గడిపాడు. చికాగో విశ్వవిద్యాలయంలో కొత్తగా ప్రారంభించిన Ryerson Laboratory లో A.A. మైఖేల్‌సన్ (A.A. Michelson) సహాయకుడిగా పనిచేయుటకు అమెరికాకు వచ్చాడు. 1910లో అదే విశ్వవిద్యాలయంలో ఆచార్యుడయ్యాడు. 1921 వరకు అక్కడే పనిచేసాడు. తైల బిందు (falling oil drop) పద్ధతిలో ఎలక్ట్రాన్ ఆవేశాన్ని కచ్చితంగా కొలవడం అతని తొలి విజయం. అది అన్ని ఎలక్ట్రాన్‌లకు సమానం అని నిరూపించి ఆవేశాన్ని క్వాంటీకరించాడు.

మిల్లికాన్ ఐన్‌స్టన్ కాంతి విద్యుత్ ఫలితాన్ని ప్రయోగ పూర్వకంగా సరిచూసి, ప్లాంక్ స్థిరాంకాన్ని మొదటిసారి కాంతి విద్యుత్ ద్వారా కనుగొన్నాడు. మిల్లికాన్ తన జీవితాంతం వైజ్ఞానిక పత్రికలకు భౌతికశాస్త్ర వ్యాసాలు వ్రాసారు. 1923లో ఆయనకి నోబెల్ బహుమతి వచ్చింది.

ఒక ఫోటాన్ కొంత శక్తి $E\,(>\phi_0)$ తో లోహ ఉపరితలాన్ని తాకిన ఏమవుతుందో అని ఆలోచించారా? మొత్తం శక్తి E లో ϕ_0 భాగం శక్తి లోహపు ఉపరితలం నుండి ఎలక్ట్రాన్‌ను బయటకు రావడానికి ఉపయోగపడుతుందని అనుకుందాం. ఈ శక్తిలో తేడా $(E - \phi_0) = K_{max}$ అనగా మిగిలిన శక్తి ఎలక్ట్రాన్‌కు గతిజశక్తి రూపంలో ఇవ్వబడుతుంది. (అభిఘాతాల వల్ల ఎలక్ట్రాన్ లోహ ఉపరితలం నుండి బయటికి వచ్చునప్పుడు కొంత శక్తిని కోల్పోతుంది). దీన్ని కింది సమీకరణంలో వ్రాయవచ్చు.

$$h\nu = \phi_0 + K_{max} \qquad (25.3)$$

ఆల్‌బర్ట్ ఐన్‌స్టీన్ (Albert Einstein) (1879-1955)

ఆల్‌బర్ట్ ఐన్‌స్టీన్ మార్చి 14, 1879లో వుటన్‌బర్గు (Wurttemberg), జర్మనీలో జన్మించాడు. 1901లో స్విస్ పౌరసత్వం తీసుకున్నారు. ఉపాధ్యాయ వృత్తి లభించనందువల్ల స్విస్ పేటెంట్ కార్యాలయంలో క్లర్క్‌గా చేరాడు. అప్పుడే ఖాళీ సమయంలో కాంతి విద్యుత్ ఫలితం, సాపేక్ష సిద్ధాంతాలపై ప్రయోగాలు చేసాడు. 1909లో జ్యూరిచ్‌లో ప్రొఫెసర్‌గా చేరాడు. 1911లో ప్రేగ్ నందు సైద్ధాంతిక భౌతికశాస్త్రంలో ప్రొఫెసర్‌గా పనిచేసి తరవాతి సంవత్సరం తిరిగి జూరిచ్‌కు వచ్చి ప్రొఫెసర్‌గా చేరాడు. 1914లో Wurttemberg డైరక్టర్‌గా బెర్లిన్ విశ్వవిద్యాలయంలో ఆచార్యుడిగా చేరాడు. 1914లో జర్మనీ పౌరుడుగా మారాడు. 1921లో కాంతి విద్యుత్ ఫలితానికి నోబెల్ బహుమతి పొందాడు. కాని అతని సాపేక్ష సిద్ధాంతం చాలా ప్రాచుర్యం పొందింది. 1933 వరకు బెర్లిన్‌లోనే ఉన్నాడు. రాజకీయ కారణాలవల్ల జర్మనీ పౌరసత్వాన్ని వదలి అమెరికాకు వలసవెళ్ళాడు. అక్కడ ప్రిన్‌స్టన్ విశ్వవిద్యాలయంలో సైద్ధాంతిక భౌతికశాస్త్రంలో ప్రొఫెసర్‌గా చేరాడు.

1940 లో అమెరికా పౌరసత్వం తీసుకొని 1945లో పదవీ విరమణ చేసాడు. తరవాత జీవితాంతం సాపేక్ష సిద్ధాంతం, ప్రాథమిక బలాల ఏకీకరణపై పనిచేసాడు. ఐన్‌స్టీన్ శాస్త్రంలో మానవతను పెంపొందించాడు. మానవాళిని నాశనం చేయుటకు న్యూక్లియర్ బాంబు వాడడంలో అమెరికా అధ్యక్షుడు రూజ్‌వెల్ట్ అభిప్రాయాన్ని వ్యతిరేకించాడు. ఐన్‌స్టీన్ భూమిపై జన్మించిన గొప్ప శాస్త్రవేత్త. 20వ శతాబ్దపు ముఖ్య శాస్త్రవేత్తగా గుర్తించబడ్డాడు.

ప్రయోగ ఫలితాలను సిద్ధాంతం ప్రకారము అర్థము చేసికొందాము.

$\phi_0 = h\nu_0$ అనుకొందాము. అప్పుడు పై సమీకరణం ఈ క్రింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$K_{max} = \frac{1}{2}mv^2 = h(\nu - \nu_0) \qquad (25.4)$$

పై సమీకరణం కింది అర్థాన్నిస్తుంది.

- K_{max} ధనాత్మకంగా ఉండాలంటే, ν ఖచ్చితంగా ν_o కంటే ఎక్కువగా ఉండాలి. అంటే పతన కాంతి ఆరంభ పౌనఃపున్యం కంటే ఎక్కువ పౌనఃపున్యం కలిగి ఉండాలి.
- K_{max}, $(\nu - \nu_o)$ కు రేఖీయ అనుపాతంలో ఉంటుంది.
- ν పౌనఃపున్యం గల పతన కాంతి తీవ్రత పెరిగినచో ఫోటానుల సంఖ్య పెరుగుతుంది. ప్రతి ఫోటాను ఒకే శక్తి కలిగి ఉంటుంది. ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌ల శక్తి పెరుగదు. కాని తీవ్రత పెరిగినచో ఉద్గార ఎలక్ట్రాన్‌ల సంఖ్య తద్వారా కాంతి విద్యుత్ పెరుగుతుంది.
- ఫోటాన్ మరియు ఎలక్ట్రాన్‌ల మధ్య అభిఘాతాల వల్ల కాంతి విద్యుత్ ఫలితం ఏర్పడుతుంది. కాబట్టి ఫోటాన్‌ల నుండి శక్తి బదిలీ తత్కాలమైనది. కాల విలంబన ఉండదు.
- పని ప్రమేయం లోహ అభిలక్షణం కాబట్టి, ν_0 కాంతి తీవ్రతపై ఆధారపడదు.

ఐన్‌స్టీన్ కాంతి విద్యుత్ ఫలిత సిద్ధాంతం విజయవంతంగా దాని భౌతిక మూలాన్ని వివరిస్తుంది.

పై భావనను పూర్తిగా అర్థంచేసుకోవడానికి భౌతిక రాశుల గురించి ఒక అవగాహనకు రావడానికి ఈ కింది ఉదాహరణలను జాగ్రత్తగా పరిశీలించి అర్థం చేసుకోండి.

ఉదాహరణ 25.1

సోడియం పని ప్రమేయం 2.3 eV అయిన వీటిని గణించండి. (i) దాని ఆరంభ పౌనఃపున్యం (ii) 5×10^{-7} m తరంగదైర్ఘ్యం గల కాంతిని సోడియంపై ప్రదీపనం చేసిన వెలువడే ఫోటోఎలక్ట్రాన్‌ల గరిష్ఠ వేగం (iii) ఈ తరంగదైర్ఘ్యం గల కాంతి నిరోధక పొటెన్షియల్. ఇచ్చిన విలువలు $h = 6.6\times10^{-34}$ J s, $c = 3\times10^{8}$ m s^{-1}, 1 eV = 1.6×10^{-19} **J** మరియు ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg.

సాధన :

(i) ఆరంభ పౌనఃపున్యం $h\nu_0 = \phi_0$. ఇక్కడ $h = 6.6 \times 10^{-34}$ Js మరియు

$$\phi_0 = 2.3 \text{ eV} = 2.3 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}.$$

$$\therefore \quad \nu_0 = \frac{\phi_0}{h} = \frac{2.3 \times 1.6\times10^{-19}\text{J}}{6.6\times10^{-34}\text{Js}} = 5.6\times10^{14}\text{H}_Z$$

(ii) ఐన్‌స్టీన్ కాంతి విద్యుత్ సమీకరణం నుండి

$$h\nu = \phi_0 + K_{max} = \phi_0 + \frac{1}{2}mv_{max}^2$$

ఇక్కడ $v = \frac{c}{\lambda}$

$$E = h \times \frac{c}{\lambda} = \phi_0 + \frac{1}{2}\left(m v_{max}^2\right)$$

ఇక్కడ c కాంతి వేగం, λ తరంగదైర్ఘ్యం. ఇచ్చిన విలువలను ప్రతిక్షేపించగా

$$\therefore \quad E = \frac{\left(6.6\times10^{-34}\,\text{Js}\right)\left(3\times10^{8}\,\text{ms}^{-1}\right)}{5\times10^{-7}\,\text{m}} = 3.96\times10^{-19}\,\text{J}$$

$$\Rightarrow \quad 3.96\times10^{-19} = 2.3\times1.6\times10^{-19} + \frac{1}{2}m v_{max}^2$$

$$= 3.68\times10^{-19} + \frac{1}{2}m v_{max}^2$$

$$v_{max}^2 = \frac{2\times0.28\times10^{-19}}{m} = \frac{2\times0.28\times10^{-19}}{9.1\times10^{-31}}$$

$$v_{max} = \sqrt{\frac{0.56\times10^{-19}\,\text{J}}{9.1\times10^{-31}\,\text{kg}}} = 2.5\times10^{5}\,\text{ms}^{-1}$$

(iii) నిరోధక పొటెన్షియల్ V_0 ను ఈ కింది ఇవ్వబడింది.

$$eV_0 = \frac{1}{2}m v_{max}^2$$

$$V_0 = \frac{0.28\times10^{-19}\,\text{J}}{1.6\times10^{-19}\,\text{JV}^{-1}} = 0.18V$$

మీరు ఇప్పుడు కొన్ని సరళ ప్రశ్నలకు జవాబులు తెలుసుకోవడాన్ని ఇష్టపడతారు.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 25.2

1. పౌనఃపున్యం v గల ఫోటాన్ ద్రవ్యవేగం కనుగొనండి.
2. విద్యుదయస్కాంత వికిరణ తరంగదైర్ఘ్యాన్ని రెండింతలు చేసిన, ఫోటాన్ శక్తి ఏవిధంగా మారుతుంది?
3. పతన వికిరణ తీవ్రతను రెండింతలు చేసిన, ఉద్గార ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌ల గతిజశక్తి ఎలా మారుతుంది?

కిందటి భాగంలో, మీరు కాంతి విద్యుత్ ఫలితానికి సంబంధించిన ఐన్‌స్టీన్ సిద్ధాంతాన్ని అధ్యయనం చేసారు, కాంతి ఫొటాన్‌లను కలిగి ఉంటుందని నేర్చుకున్నారు. మీరు కాంతి తరంగ సిద్ధాంతం ఆధారంగా వ్యతికరణ, వివర్తన భావనలను వివరించవచ్చని కూడా నేర్చుకున్నారు. ఈ కాంతి ద్వంద స్వభావాన్ని భౌతికశాస్త్రవేత్తలు 20వ శతాబ్దం తొలి

భాగంలో అంగీకరించారు. కాంతి తరంగ – కణ ద్వంద స్వభావాన్ని ఆలోచిస్తూ, డిబ్రాగ్లీ తనకు తాను ఇలా ప్రశ్నించుకున్నాడు. ఒకవేళ కాంతి ద్వంద స్వభావాన్ని ప్రదర్శిస్తే, ద్రవ్యకణాలు కూడా తరంగాలుగా ప్రదర్శించవా? ఈ ప్రశ్నకు సరియైన సమాధానం డీబ్రాగ్లీ పరికల్పనకు దారితీసింది.

25.3 డి బ్రోగ్లీ పరికల్పనలు

ప్రకృతి సౌష్టవంగా, భౌతిక దృగ్విషయాలు సరళంగా ఉండడానికి ఇష్టపడతాయని యువ డిగ్రీ విద్యార్థి అయిన డి బ్రోగ్లీ వాదించాడు. సాధారణ కణాలైన ఎలక్ట్రాన్, ప్రోటాన్‌లు కూడా కొన్ని ప్రత్యేక సందర్భాల్లో తరంగ స్వభావాన్ని వ్యక్తపరుస్తాయి. అతని వాదన కింది విధంగా ఉంటుంది.

కాంతి అనేది విద్యుదయస్కాంత వికిరణం. అది తరంగ కణ ద్వంద్వ స్వభావం కలిగి ఉంటుంది. అందువల్ల ఐన్‌స్టీన్ ప్రతిపాదించిన ద్రవ్యరాశి – శక్తి ($E = mc^2$) సమీకరణం కాంతిని క్వాంటీకరించిన ఫోటాన్ కణంగా భావిస్తుంది. ఈ సమీకరణం నిజం అవ్వాలంటే కణం కూడా తరంగ రూపం కలిగి ఉండాలి. అందువల్ల ద్రవ్య తరంగాల తరంగదైర్ఘ్యం, పౌనఃపున్యాలను, ద్రవ్యవేగాన్ని, శక్తిని కనుగొనడం ద్వారా (ఫోటాన్‌లలో మాదిరిగానే) కనుగొనచవచ్చు అని ప్రతిపాదించాడు. p కణ ద్రవ్యవేగం, λ తరంగదైర్ఘ్యం, $E = pc$ అయిన

$$\lambda = \frac{h}{p} \qquad (25.5)$$

అటువంటి కణ ద్రవ్యవేగం $p = m\text{v}$, కాబట్టి

$$\lambda = \frac{h}{m\text{v}} \qquad (25.6)$$

λ ను డీ బ్రోగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యం అంటారు (25.5) తరంగ కణ ద్వంద్వ స్వభావాలను తెలిపే పూర్తి సమీకరణం. అంటే p ద్రవ్యవేగం గల కణం తరంగ ధర్మాలను కలిగి ఉంటుంది. మరియు దానితో కలిసి ఉన్న తరంగదైర్ఘ్యం h/p. దీని విలోమం కూడా సత్యమే. అంటే λ తరంగదైర్ఘ్యం h/λ కలిగి ఉంటుంది.

ఈ పరికల్పనలను డి బ్రోగ్లీ తన Ph.D థీసిస్‌గా సమర్పించగా మొదట నిరాకరించారు. తరవాత జరిపిన ప్రయోగాలు డి బ్రోగ్లీ వాదన సరియైనదని నిరూపించాయి. మనం దీనివల్ల నేర్చుకోవలసింది ఏమంటే వచ్చిన ప్రతి ప్రతిపాదనను క్షుణ్ణంగా విశ్లేషించి ప్రయోగపూర్వకంగా రుజువు చేసుకోవాలి.

పెద్ద పరిమాణంలో ఉండే దేనికైనా తరంగదైర్ఘ్యం λ విస్తరించకుండా చిన్నదిగా ఉంటుంది. ఒక క్రికెట్ బంతికి λ ను లెక్కించడం ద్వారా దీన్ని గమనించవచ్చు. కాని ప్రాథమిక కణమైన ఎలక్ట్రాన్‌కు ఇది వేరు. V శక్మ భేదం ద్వారా త్వరణం చెందుతున్న ఎలక్ట్రాన్ శక్తి E అయిన కింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

$$\frac{1}{2}m\text{v}^2 = qV \qquad (25.7)$$

లేదా $$v = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$$

అందువల్ల $$mv = p = \sqrt{2qmV} \qquad (25.8)$$

పై ఫలితాన్ని సమీకరణం (25.5) కలిపిన, డి బ్రోగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యం

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2qmV}} \qquad (25.9)$$

పై సమీకరణంలోని స్థిరాంకాలు $h = 6.625 \times 10^{-34}$ Js, $q = 1.602 \times 10^{-19}$ C, $m = 9.11 \times 10^{-31}$ kg ఈ విలువలను పై సమీకరణంలో ప్రతిపాదించగా

$$\lambda = \frac{6.625 \times 10^{-34}\,\text{Js}}{\sqrt{2 \times \left(1.602 \times 10^{-19}\,\text{C}\right) \times \left(9.11 \times 10^{-31}\,\text{kg}\right)} \times \sqrt{V}}$$

$$= \frac{12.3}{\sqrt{V}} \times 10^{-10}\,\text{m}$$

$$= \frac{12.3}{\sqrt{V}}\,\text{Å} \qquad (25.10)$$

ఒక ఎలక్ట్రాన్ 100V శక్మ భేదం ద్వారా త్వరణంచెందిన, దాని తరంగదైర్ఘ్యం

$$\lambda = \frac{12.3}{\sqrt{100}}\,\text{Å}$$

$$= 12.3\,\text{Å}$$

అంటే ఇది 100 eV శక్తి కలిగిన ఎలక్ట్రాన్ తరంగదైర్ఘ్యం. దీన్ని ఈ కింది సమీకరణం ద్వారా సరిచూసుకోవచ్చు.

$$\lambda = \frac{h}{\left(2meE\right)^{1/2}}$$

100 eV ఎలక్ట్రాన్ అనుబంధించిబడిన ద్రవ్య తరంగాల తరంగదైర్ఘ్యం, X-కిరణ ప్రాంతంలో ఉంటుంది. అది ఘన పదార్థంలోని పరమాణువుల మధ్య దూరం ఘాతంలో ఉంటుంది. అందువల్ల ఇవి స్ఫటికజాలకం గుండా వివర్తనం చెందుతుందని భావించవచ్చు.

ద్రవ్య తరంగాల ప్రయోగాత్మక రుజువు డివిసన్, గ్రామర్‌లు ఎలక్ట్రాన్‌ల పరిక్షేపణం అధ్యయనం చేస్తున్నప్పుడు దొరికింది. ఇప్పుడు దీని గురించి చదువుదాం.

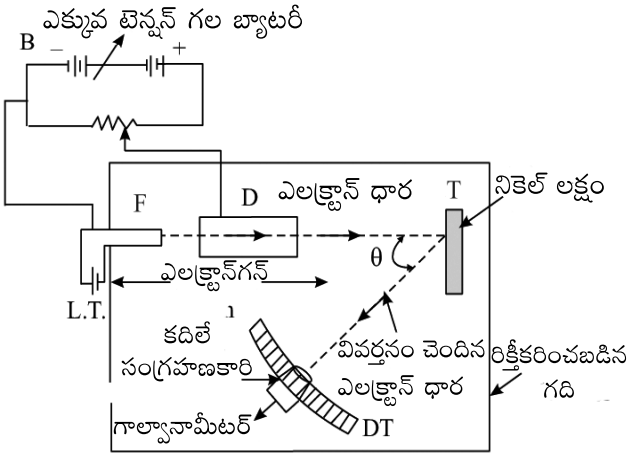
లూయిస్ విక్టర్ డి బ్రోగ్లీ (Louis Victor de Broglie) (1892-1987)

లూయిస్ డీ బ్రోగ్లీ 15 ఆగస్టు 1892లో ఫ్రాన్స్‌లోని డిప్పిలో జన్మించారు. మొదట ఆర్ట్స్ చదువుతూ 1910లో హిస్టరీలో పట్టభద్రుడయ్యాడు. తరవాత సైన్సుపై ఇష్టంతో చదివి 1913లో పట్టభద్రుడయ్యాడు. 1924లో పారిస్ విశ్వవిద్యాలయంలో సైన్స్ విభాగంలో పరిశోధనాత్మక వ్యాసం (క్వాంటం యాంత్రిక శాస్త్రంలో) సమర్పించడం ద్వారా డాక్టరేట్ పొందాడు. రెండు సంవత్సరాల కృషి ఫలితమైన ఈ వ్యాసంలో ఎన్నో ఆవిష్కరణలు ఉన్నాయి. ఈ భావనలు తరంగ యాంత్రిక శాస్త్రం అనే కొత్త భౌతికశాస్త్ర దృగ్విషయం కనుగొనుటకు ఉపయోగపడింది. ఇది పరమాణు పరిమాణంలోని భౌతిక దృగ్విషయాలను అర్థం చేసుకొనే పద్ధతిని మార్చింది.

1929 లో అతనికి ఎలక్ట్రాన్ తరంగ స్వభావం కనుగొన్నందుకు నోబెల్ బహుమంతి లభించింది.

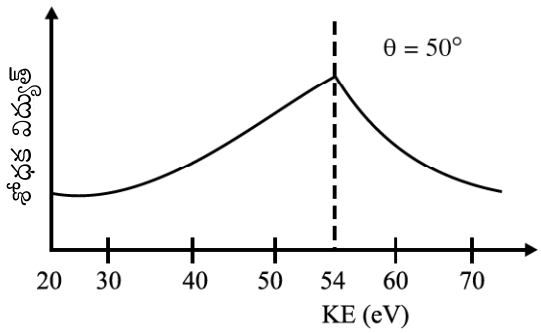
25.3.1 డీ బ్రోగ్లీ తరంగాల అస్థిత్వాన్ని నిరూపించే ప్రయోగం

డెవిసన్-గెర్మర్ ప్రయోగ పథకాత్మక పటం 25.5లో చూపబడింది. ఈ అమరికలో F ఫిలమెంటు, ఇది ఎలక్ట్రాన్‌ల జనకంగా పని చేస్తుంది. ఈ ఫిలమెంటు ద్వారా ఉద్గారమయిన ఎలక్ట్రాన్‌లను అనేక చీలికలు గల లోహ విభాజకం ద్వారా ప్రయాణించునట్లు చేయవలెను. ఫిలమెంటు ద్వారా ఉద్గారమయిన ఎలక్ట్రాన్‌లు వివిధ దిశల్లో ప్రయాణిస్తాయి. లోహపు విభాజకం D ఎలక్ట్రాన్‌లను సమాంతీకరించుటకు ఉపయోగ పడుతుంది. విభాజకాల గుండా ప్రయాణించే ఎలక్ట్రాన్‌లు మాత్రమే బయటకి వస్తాయి.



పటం 25.5 : ద్రవ్య తరంగాల అస్థిత్వాన్ని రుజువు పరచు ప్రయోగ అమరిక

సమాంతీకరించిన ఎలక్ట్రాన్ ధార శక్తిని, త్వరణ వోల్టేజి పరిమాణమును మార్చుట ద్వారా నియంత్రించవచ్చు. ఎలక్ట్రాన్ ధార నికెల్ ఏక స్ఫటికంపై లంబంగా పడేటట్లు చేస్తారు. ఈ నిర్మాణంలో ఒక DT అనే శోధకం ఉంటుంది. దీన్ని లక్ష్యంగా గల స్ఫటికానికి గల లంబంగా ఏదైనా కోణం θ లో పెట్టవచ్చు. ఇది పరావర్తన కిరణ తీవ్రతను కనుగొనుటకు ఉపయోగపడుతుంది. నికెల్ లోహంను తీసుకొనడంలో ఏ ప్రత్యేకత లేదని గ్రహించాలి.



పటం 25.6 : ఎలక్ట్రాన్‌ల శోధక విద్యుత్ మరియు గతిజశక్తుల మధ్య గ్రాఫ్

పతన, పరిక్షేపణ ఎలక్ట్రాన్ పుంజాల మధ్య కోణాన్ని పరిక్షేపణ కోణం θ అని అంటారు. వివిధ పరిక్షేపణ కోణాలకు, పరిక్షేపణ ఎలక్ట్రాన్ పుంజాల తీవ్రతను లెక్కిస్తాం.

పటం 25.6లో పటన ఎలక్ట్రాన్ గతిజశక్తి, శోధక విద్యుత్ ప్రవాహంలో వచ్చే మార్పులను సూచిస్తుంది. ఎలక్ట్రాన్‌ల గతిజశక్తిని మారుస్తూ ఈ ప్రయోగాన్ని నిర్వహిస్తాం పరిక్షేపణ 50° ల వద్ద ఎలక్ట్రాన్ గతిజశక్తి 54 eV ఉన్నప్పుడు పరిక్షేపణ చెందిన ఎలక్ట్రాన్‌ల తీవ్రతలో ఒక బలమైన శిఖరాన్ని పరిశీలించవచ్చు.

$$\lambda = \frac{6.62\times10^{-34}\ \text{Js}}{\left[2\times\left(9.1\times10^{-31}\,\text{kg}\right)\times54\times1.6\times10^{-19}\ \text{J}\right]^{1/2}}$$

$$= 1.67\ \text{Å}$$

ఇది ప్రయోగ పూర్వకంగా వచ్చిన డీ బ్రోగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యానికి, సిద్ధాంతపరంగా పొందిన విలువకు ఖచ్చితంగా సరిపోతుందని తెలుపుతుంది.

డేవిజన్ – గెర్మర్‌ల ఎలక్ట్రాన్ ప్రయోగ కథ

డీబ్రోగ్లీ ఊహించిన ద్రవ్య తరంగాల ఉనికిని మొదటిసారిగా డేవిజన్ – గెర్మర్‌లు 1925లో అమెరికాలో అనుకోకుండా ప్రయోగపూర్వకముగా కనుగొన్నారు. వారు ఒక నికెల్ దిమ్మె మీదకు ఎలక్ట్రాన్ పుంజాన్ని పంపించి వివిధ దిశలలో పరిక్షేపణం చెందిన ఎలక్ట్రాన్‌ల తీవ్రతను పరిశీలిస్తున్నారు. ప్రమాదవశాత్తు పరికరాన్ని శూన్యపరిచే వ్యవస్థ విరిగిపోయి గాలి చొరబడటం వల్ల నికెల్ లక్ష్యానికి ఆక్సైడ్ పొర ఏర్పడింది.

ఈ విధంగా విరిగిపోవడం మళ్ళీ సరిచేయడం అనే పద్ధతి ఎలక్ట్రాన్ వివర్తనాన్ని కనుగొనడంలో ముఖ్యపాత్రను పోషించింది. రెండు నెలల వ్యవధిలో రిపేర్లను పూర్తి చేసిన నాళాన్ని తిరిగి ఉపయోగించారు. తరువాత వారాలలో చేసిన ప్రయోగాలలోని ఫలితాలు నాలుగు సంవత్సరాల క్రితం వచ్చిన ఫలితాల వలెనే ఉన్నాయి. కాని మే నెల మధ్యలో అనూహ్యమైన ఫలితాల రావడం మొదలయ్యాయి. ఈ ఫలితాలను చూసి డేవిసన్ మరియు గెర్మర్‌లు ఆశ్చర్యానికి లోనై, దీనికి కారణం కనుగొనడానికి నాళికను కోసి పరీక్షించారు. (F. F. లూకస్ అనే మైక్రోస్కోపిస్ట్ సహాయంతో) అధిక ఉష్ణోగ్రత వల్ల పాలీక్రిస్టలీన్ నికెల్ లక్ష్యం, పది క్రిస్టల్ పొరలగా మారి, ఎలక్ట్రాన్ పుంజం విక్షేపణం చెందినది. పొరలుగా మారిన కొత్త స్ఫటిక అమరిక వల్ల విక్షేపణ వ్యూహం ఏర్పడినదని డేవిన్‌సన్, గెర్మర్ అనుకొన్నారు. అనగా అణువుల నిర్మాణం వల్ల కాక, స్ఫటికంలో అణువుల అమరిక విక్షేపణం తీవ్రతకు కారణం.

1926 వేసవిలో డేవిసన్ మరియు అతని భార్య వారి బంధువులను చూడానికి ఇంగ్లాండ్‌కు వెళ్ళారు. ఆ సమయంలో సిద్ధాంత భౌతిక శాస్త్రంలో చాలా మార్పులు చేసుకొన్నాయి. 1926 తొలి నెలలో ష్రోడింగర్ తరంగ యాంత్రిక శాస్త్రంలో ఎన్నో పరిశోధనలు చేసి వ్యాసాలు వెలువరచాడు. 1923–24లో డీబ్రోగ్లీ మరియు 1925లో ఐన్‌స్టీన్ క్వాంటమ్ వాయువుపై వ్యాసాలు రాసారు. ఆక్స్‌ఫోర్డ్‌లో జరిగిన ఒక సమావేశంలో (British Association for the Advancement of Science) ఈ వ్యాసాలు చర్చనీయాంశాలు అయ్యాయి.

క్వాంటమ్ యాంత్రికశాస్త్రం గురించి అంతగా తెలియని డెవిసన్ ఈ సమావేశానికి హాజరై బార్న్, తాను కుస్‌మెన్‌తో ప్లాటినమ్ లక్ష్యంగా చేసినప్పుడు వచ్చిన రేఖల గూర్చి డీబ్రోగ్లీ ఎలక్ట్రాన్ తరంగాల ఉనికి చెప్పిన ఉపన్యాసాన్ని విని ఆశ్చర్యపోయాడు.

1937లో డేవిసన్ భౌతికశాస్త్రంలో నోబెల్ బహుమతిని జి.పి. థామ్‌సన్ (G.P. Thomson) తో పంచుకున్నారు.

ఉదాహరణ 25.2

182 V పొటెన్షియల్ తేడా మధ్య ఒక ఎలక్ట్రాన్ త్వరణం చెందినదాని తరంగదైర్ఘ్యాన్ని కనుగొనండి.

సాధన : డి బ్రోగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యం $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{12.3}{\sqrt{V}}\mathring{A}$. ఇక్కడ $V = 182\ V$

$$\therefore \qquad \lambda = \frac{12.3}{\sqrt{182}}\mathring{A} = \frac{12.3}{13.5} = 0.91\mathring{A}$$

ఉదాహరణ 25.3

$v = 10^{15}$ Hz పౌనఃపున్యంతో కాంతి జింక్ పలకపై పతనమైనప్పుడు వెలువడే ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌ల గరిష్ఠ గతిజశక్తిని కనుగొనండి. జింక్ పని ప్రమేయం 3.4 eV.

సాధన : ఐన్‌స్టీన్ సంబంధాల ప్రకారం $hv = \phi_0 + K_{max}$

ఈ లెక్కకు $h = 6.625\times10^{-34}$ Js, $v = 10^{15}$ Hz,

$$E = hv = 6.625 \times 10^{-34} \times 10^{15} = 6.625 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

మరియు $\phi_0 = 3.4\ \text{eV} = 3.4 \times 1.602 \times 10^{19}\ \text{J} = 5.4468 \times 10^{-19}\ \text{J}$

$$\therefore \qquad K_{max} = E - \phi_0 = (6.625 - 5.447)\times10^{-19}\,\text{J} = 1.178\times10^{-19}\,\text{J}$$

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 25.3

1. కింది వాక్యాలు సరియైనవో, కాదో తెలపండి.
   (a) డీ బ్రోగ్లీ ప్రకారం స్థిరమైన కణాలు తరంగ లక్షణాలను వ్యక్తపరుస్తాయి.
   (b) ద్రవ్య తరంగాలు డీ బ్రోగ్లీ తరంగాలవంటివే.
   (c) శక్తివంతమైన ఎలక్ట్రాన్‌లను వాడడం డీ బ్రోగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యం తగ్గించడం ద్వారా మైక్రోస్కోప్ యొక్క పృథక్కరణమును చాలా తగ్గించవచ్చు.
2. ఒక 50 g బంతిని 20 cm s^{-1} వేగంతో ఒక బల్లపై దొర్లించిన దానితో ముడిపడి ఉన్న తరంగదైర్ఘ్యం ఎంత పెద్దది? $h = 6.625 \times 10^{-34}$ Js.
3. మనం క్రికెట్ బంతితో డి బ్రోగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యాన్ని ఎందుకు పరిశీలించలేము?

25.4 కాంతి కణ స్వభావం : ఫోటాన్

కాంతి విద్యుత్ ప్రభావం నుండి స్పష్టంగా గ్రహించిన విషయం ఏమిటంటే, పదార్థంతో, కాంతి చర్య అది $h\nu$ శక్తిగల క్వాంటం లేదా ప్యాకేట్‌లతో, నిర్మితమైనట్లుగా ప్రవరిస్తుంది. ఇక్కడ h ప్లాంక్ స్థిరాంకం, ν వికిరణ పౌనఃపున్యం. ఈ క్వాంటం లేదా కణాలనే తరవాత ఫోటాన్ అని పేరు పెట్టారు [కావున అతిచిన్న కణాలను కలిగిన కాంతినే ఫోటాన్‌లు అంటారు. ఇది కాంతి కణ స్వభావాన్ని నిర్ధారిస్తుంది]. ఈ ఫోటాన్‌ల ద్రవ్యవేగం $\frac{h\nu}{c}$, తో అనుసంధానం చెంది ఉంటాయి. ఇక్కడ c కాంతి వేగం. ఒక ఖచ్చితమైన శక్తి, ద్రవ్య వేగం కలిగి ఉండడం, కాంతి క్వాంటాలు కణాలుగా ఉంటాయనడానికి బలమైన గుర్తు. కాంప్టన్ x-కిరణాల పరిక్షేపణ ప్రయోగం కూడా కాంతి కణ స్వభావాన్ని నిర్ధారిస్తుంది.

విద్యుదయస్కాంత వికిరణ ఫోటాన్ నుండి కింది విషయాలను పొందవచ్చు.

1. పదార్థంతో కాంతిచర్య. అది ఫోటాన్ అనే కణాలతో నిర్మితమైనట్లుగా ప్రవరిస్తుంది.
2. ప్రతి ఫోటాన్ $h\nu$ శక్తిని, ద్రవ్యవేగం $P = \frac{h\nu}{c}$ ని కలిగి ఉంటుంది. ఇక్కడ h ప్లాంక్ స్థిరాంకం, ν కాంతి పౌనఃపున్యం, c కాంతి వేగం.
3. ఫోటాన్ శక్తి కాంతి పౌనఃపున్యంపై ఆధాపడుతుంది. వికిరణ తీవ్రతపై ఆధారపడదు. తీవ్రత పెంచినప్పుడు అదే శక్తి కలిగిన ఫోటాన్‌ల సంఖ్య మాత్రమే పెరుగుతుంది.
4. ఫోటాన్‌లు విద్యుత్ పరంగా తటస్థంగా ఉంటాయి. ఇవి విద్యుత్, అయస్కాంత క్షేత్రాలచే విక్షేపం చెందవు.
5. ఫోటాన్-కణ (ఎలక్ట్రాన్) అభిఘాతంలో మొత్తం శక్తి, ద్రవ్యవేగం నిత్యత్వం కాని ఫోటాన్‌ల సంఖ్య నిత్యత్వం కాదు. ఫోటాన్‌లు శోషణం చెందుతాయి లేదా సృష్టించబడతాయి.

మీరు ఏమి నేర్చుకున్నారు

- ఒక లోహతలంపై సరియైన పౌనఃపున్యంతో కాంతిని పతనం చెందించిన వెలువడు ఎలక్ట్రాన్‌లను కాంతి ఉద్గారం అంటారు.
- కాంతి విద్యుత్ ఉద్గారంలో ఎలక్ట్రాన్‌లు కాంతి నుండి శక్తిని పెంపొందించుకుంటాయి.
- పతన కాంతి పౌనఃపున్యం పెరిగిన నిరోధక శక్మం పెరుగుతుంది.
- ప్రతి లోహం ν_0 అనే పౌనఃపున్యం కలిగి ఉంటుంది. దీని కంటే తక్కువ పౌనఃపున్యంతో కాంతి విద్యుత్ ఫలితం జరగదు.
- ఫోటో ఎలక్ట్రాన్ గరిష్ఠ వేగం పౌనఃపున్యం పెరిగితే పెరుగుతుంది. కాని ఇది పతనకాంతి తీవ్రతపై ఆధారపడదు.

- ఉద్గార ఉపరితలంలో ఏదైన ఒక పౌనఃపున్యం వద్ద ప్రతి చదరపు సెంటి మీటరులో ఉద్గారమయ్యే ఫోటో ఎలక్ట్రాన్‌ల సంఖ్య పతనకాంతి తీవ్రతకు అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.
- ఐన్‌స్టీన్ కాంతి ఫోటాన్‌లను కలిగి ఉంటుందని భావించాడు. ప్రతి ఫోటాన్ శక్తిని కలిగి ఉంటుంది. ఇక్కడ v పౌనఃపున్యం h ప్లాంక్ స్థిరాంకం.
- పతన కాంతి తీవ్రత పెరిగిన కాంతి నాళిక సంతృప్త కరెంట్ పెరుగుతుంది.
- చలనంలో ఉన్న కణం ఒక తరంగంతో అనుబంధం కలిగి ఉంటుంది. దాని తరంగదైర్ఘ్యం h/p. ఇందులో p ద్రవ్యవేగం.

ముగింపు అభ్యాసం

1. కాంతి విద్యుత్ ఉద్గారంలో పతన ఫోటాన్ ఏమవుతుంది?
2. ఫోటాన్ మరియు ద్రవ్యకణాల మధ్య తేడా ఏమిటి?
3. మన రోజువారి జీవితంలో ద్రవ్యం తరంగ స్వభావం ఎందుకు చూడలేము?
4. పతనకాంతి తరంగదైర్ఘ్యం పెరిగితే ఫోటో కాంతి ఎలక్ట్రాన్ వేగం ఏమవతుంది?
5. ఒక లోహం ఆరంభ పౌనఃపున్యం 5×10^{14} Hz అయిన 6000 Å తరంగదైర్ఘ్యం గల ఫోటాన్, శక్తివంతమైన కాంతి ఎలక్ట్రాన్‌ను ఉద్గారం చేయగలదా?
6. ఒక లోహ ఆరంభ పౌనఃపున్యం పతన వికిరణంపై ఆధారపడుతుందా?
7. కాంతి ఘటం ఉపయోగాలు వ్రాయండి.
8. డెవిజన్ మరియు గెర్మర్ ప్రయోగ ఉద్దేశ్యం ఏమిటి? అది ఏ సూత్రంపై ఆధారపడుతుంది.
9. కాంతి విద్యుత్ ఫలితం అధ్యయనం చేయుటకు ఉపయోగపడే ప్రయోగాలను వివరించండి.
10. కింది పదాలను వివరించండి.

    (a) సంతృప్త వోల్టేజి (b) నిరోధక శక్మం (potential)
11. కాంతి విద్యుత్ ఉద్గార నియమాలను వ్రాయండి.
12. ఐన్‌స్టీన్ కాంతి విద్యుత్ ఫలితంలోని ముఖ్య లక్షణాలు తెలపండి.
13. $h\nu = E_0 + K_{max}$ అనే ఐన్‌స్టీన్ సంబంధం వివరించండి.

14. ఎలక్ట్రాన్ $v = 1 \times 10^8\ ms^{-1}$ వేగంతో ప్రయాణిస్తున్న దానితో ముడిపడిన తరంగదైర్ఘ్యాన్ని కనుక్కోండి. ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి $= 9.1 \times 10^{-31}$ kg, $h = 6.6 \times 10^{-34}$ J.s గా తీసుకోండి.

15. డి బ్రోగ్లీ తరంగాల ఉనికిని తెలిపే ప్రయోగం వివరించండి.

16. V శక్మం భేదం వల్ల త్వరణం చెందే ఎలక్ట్రాన్ డీ బ్రోగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యం

$\lambda = \frac{12.3}{\sqrt{V}} \mathring{A}$ అని నిరూపించండి.

పాఠంలోని ప్రశ్నలకు సమాధానాలు

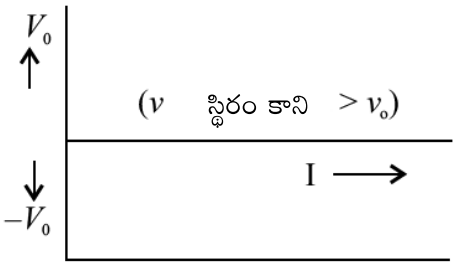
25.1

1. (a) తప్పు (b) తప్పు (c) సరియైనది.

2. x – అంతఃఖండం ఆరంభ పౌన్యఃపున్యం,

y – అంతఃఖండం, పని ప్రమేయం (ϕ_0), e ల లబ్ధాన్ని ఇస్తుంది.

$V_0 = \frac{h}{e}v - \frac{h}{e}v_0$, గ్రాఫ్ వాలు $\frac{h}{e}$ ను ఇస్తుంది.

3. 

25.2

1. $\lambda = \frac{h}{p} \Rightarrow p = \frac{h}{\lambda} = \frac{h}{c/v} = \frac{hv}{c}$

2. $E = hc/\lambda$

λ ద్వంద్వమయిన, E సగం అవుతుంది.

3. మార్పు ఉండదు.

25.3

1. (a) తప్పు (b) సరియైనది (c) సరియైనది

2. $P = mv, \quad \lambda = \frac{h}{p}$

   ఇక్కడ $m = 50$ g $= 0.05$ kg మరియు $v = 20$ cms^{-1}

   $\therefore \lambda = 6.6 \times 10^{-32} m$

3. సమీకరణము (25.6) ప్రకారము భారము m పెరిగిన కొద్ది తరంగదైర్ఘ్యము λ చిన్నదగును. క్రికెట్ బంతితో కూడ అలాగే అగును.

ముగింపు అభ్యాసంకు సమాధానాలు

14. 7.25 Å

26

పరమాణు నిర్మాణం

పరిచయం

ఇంత వరకు మనం పదార్థాల యాంత్రిక, ఉష్ణ, విద్యుత్ అయస్కాంత ధర్మాలను చదువుకున్నాము. వివిధ పదార్థాలు వేరు వేరు ధర్మాలను ఎందుకు కలిగి ఉంటాయో ఆలోచించారా? సుద్ధ ముక్క విరిగినంత సులువుగా అల్యూమినియం ముక్క ఎందుకు విరగదు? కొన్ని రకాల లోహాలపైన కాంతి పడినంతనే, అవి విద్యుత్తును ఎందుకు ప్రసారం చేస్తాయి? ఇలాంటి పదార్థ ధర్మాలను అర్థం చేసుకోవడానికి, అన్ని పదార్థాలు పరమాణువులతో నిర్మితమవుతాయన్న విషయాన్ని గుర్తుకు తెచ్చుకోవాలి. అంటే పదార్థాలు అవిచ్ఛిన్నంగా కనిపించినప్పటికీ సూక్ష్మస్థాయిలో అవి స్థిరమైన నిర్మాణం కలిగి ఉంటాయి. దీనిని మన మామూలు కంటితో చూడలేము. కనుక పై ప్రశ్నలకు సమాధానం కావాలంటే మనం పరమాణు నిర్మాణం గురించి తెలుసుకోవాలి.

పరమాణు నిర్మాణం గురించిన ప్రస్తుత అవగాహన కొన్ని సంవత్సరాల కృషి ఫలితం. ఈ పాఠంలో మనం వివిధ పరమాణు నమూనాల గురించి చర్చిస్తాం. పరిక్షేపణ ప్రయోగంపై ఆధారపడ్డ రూథర్‌ఫర్డు నమూనాతో మొదలు పెట్టి, ఎలక్ట్రాన్ నిర్మాణం గురించి వివరించే బోర్ నమూనా వరకు ఈ పాఠంలో చర్చిస్తాము. బోర్ సిద్ధాంతము హైడ్రోజన్ పరమాణు వర్ణపటాన్ని వివరించడానికి కూడా దోహద పడుతుంది.

లక్ష్యాలు

ఈ పాఠం చదివిన తరువాత ఈ కింది విషయాలు తెలుసుకుంటారు.

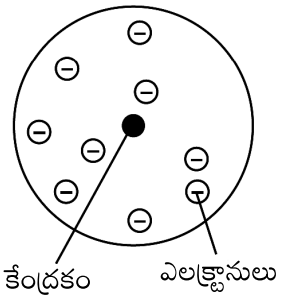
- రూథర్‌ఫర్డ్ ప్రయోగాన్ని, దాని వల్ల గ్రహించిన విషయాలు తెలుసుకుంటారు.
- బోర్ మొదటి కక్ష్య యొక్క వ్యాసార్థము, దానిలో తిరుగుతున్న ఎలక్ట్రాన్ వేగం కనుగొంటారు.
- హైడ్రోజన్ పరమాణువులోని, ఎలక్ట్రాన్ శక్తికి, గణితాత్మక సమీకరణాన్ని ఏర్పరుస్తారు.
- హైడ్రోజన్ పరమాణు శక్తిస్థాయిల పటం గీసి, దాని వర్ణపటాన్ని విశదీకరిస్తారు.

26.1 పరమాణు భావన - పరిచయం

పరమాణు భావన చాలా పురాతనమైనది. గ్రీసులోని డెమాక్రిటస్ మరియు భారత దేశంలోని కణద మహర్షి, పదార్థాలలోని మార్పులను కణాల రూపంలో విశ్లేషించారు. కాని సరియైన పరమాణు సిద్ధాంతాన్ని జాన్‌డాల్టన్ (John Dalton) అనే ఇంగ్లీష్ రసాయన శాస్త్రవేత్త 1808లో ప్రతిపాదించాడు. ఇతను మూలకం యొక్క అన్ని ధర్మాలు కలిగి రసాయన చర్యలో పాల్గొనే అతి చిన్న కణాన్ని పరమాణువుగా వర్ణించాడు. డాల్టన్ ప్రతిపాదించిన పరమాణువు

ఏ నిర్మాణం లేని తుది కణము. పరమాణు నిర్మాణం గురించి అప్పటికి ఏమీ తెలియదు కనుక 19వ శతాబ్దంలో శాస్త్రజ్ఞులు దీనిని అంగీకరించారు. జె.జె. థామ్సన్ (J.J. Thomson) 1897లో తక్కువ పీడనంలో వాయువుల ద్వారా విద్యుత్ ఉత్సర్గాన్ని అధ్యయనం చేస్తూ ఎలక్ట్రాన్‌లను కనుగొనడం వల్ల పరమాణువుకు ఒక నిర్మాణం మరియు, రుణావేశం గల ఎలక్ట్రాన్‌లు వాటిలో ఉంటాయన్న విషయం తెలిసింది. అంతేకాక పరమాణువు తటస్థమైనది కనుక సమానమైన ధనావేశ కణాలు ఉండాలి.

ఎలక్ట్రాన్‌లు పరమాణువుల కంటే అత్యంత స్వల్ప పరిమాణాన్ని కలిగి ఉంటాయి. కాబట్టి ధనావేశిత కణాల దగ్గరే ద్రవ్యరాశి కేంద్రీకృతమై ఉంటుందని భావించారు. థామస్ తన ప్రయోగాల ఆధారంగా ప్లమ్ - పుడ్డింగ్ (Plum Pudding) పరమాణు నమూనా పటం (26.1)ను రూపొందించారు. దీని ప్రకారం పరమాణువు అనేది అతిచిన్న ఏకరీతి ధనావేశం కలిగిన బంతి లాంటిది. దీనిలో రుణావేశిత ఎలక్ట్రాన్‌లు, పరమాణువును తటస్థంగా ఉండేలా చేసే ప్రదేశాలలో అమరి ఉంటాయి. అప్పుడు ఈ ఆలోచన సరైనదేనని అనుకొన్నారు.

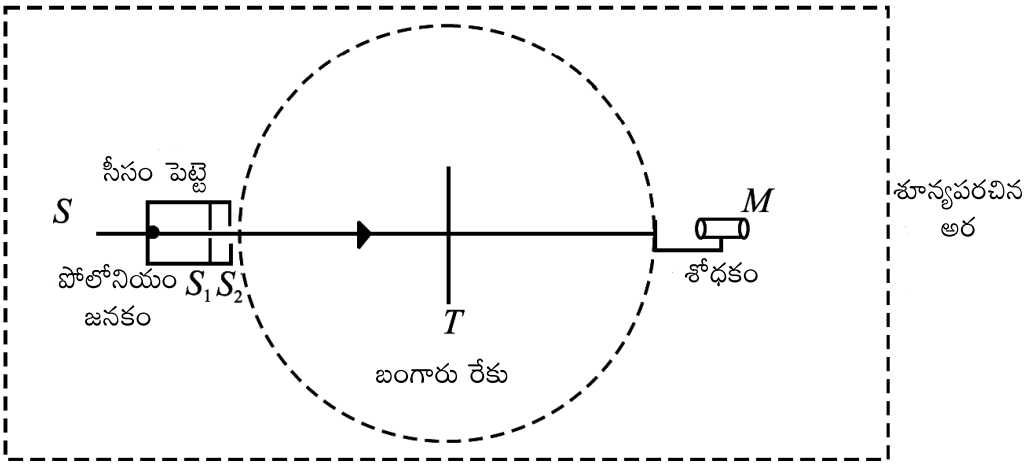


పటం 26.1 : ప్లమ్-పుడ్డింగ్ పరమాణు నమూనా

పరమాణు నిర్మాణం గురించిన మన అవగాహన థామ్సన్ కృషి తరువాత చాలా పెరిగింది. ఇది లార్డ్ రూథర్‌ఫర్డ్ (Lord Rutherford), నీల్స్ భోర్ (Niels Bohr), జేమ్స్ చాడ్విక్ (James Chadwick), పౌలి (Pauli), ష్రోడింగర్ (Schrodinger) వంటి శాస్త్రజ్ఞులు చేసిన కృషి వల్ల సాధ్యమైనది. ఉప పరమాణు కణాల భావన ఎన్నో కొత్త విషయాలు కనిపెట్టడానికి ఉపయోగపడింది. మైక్రోఎక్ట్రానిక్స్, నానో టెక్నాలజీలకు ఇది మూలం.

26.1.1 రూథర్‌ఫర్డ్ α- కణాల పరిక్షేపణ ప్రయోగం

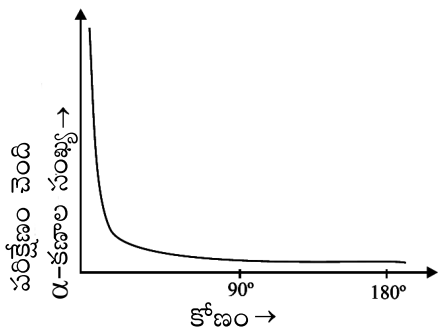
రూథర్‌ఫర్డ్ సలహాపై అతని శిష్యులు గైగర్, మార్స్‌డెన్‌లు పలుచని బంగారు లోహపు రేకులపై ఆల్ఫా కణాలతో తాడనం చేసారు. పటం 26.2 ప్రయోగ అమరికను సూచిస్తుంది.



పటం 26.2 : α - కణాల పరిక్షేపణానికి ఉపయోగించే ప్రయోగ అమరిక

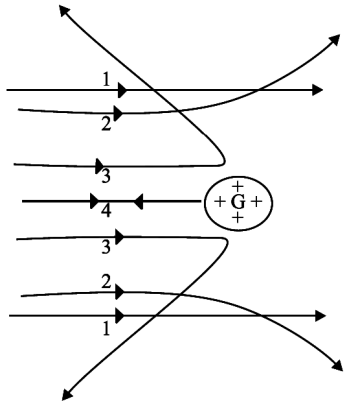
బాగా సమాంతరీకరించిన α-రుజు కిరణాలను (Pencil Rays) జనకం నుండి S_1 మరియు S_2 చీలికల గుండా పలుచని బంగారు రేకు (T) (Gold foil) పై పడేలా చేసారు. పరిక్షేపణము చెందిన α-కణాలను ZnS ప్రతిదీప్తితెర (Fluorescent) గ్రహించినపుడు α-కణం పడిన చోట మెరుపులాంటి దృశ్య కాంతి కనిపిస్తుంది. (ఇది

శోధకంగా పనిచేస్తుంది). దీనిని మైక్రోస్కోపు (M) ద్వారా చూడవచ్చు. ఈ శోధకం T కేంద్రంగా వృత్తాకార స్కేలుపై తిరగ గలదు. α-కణాలు గాలి కణాలతో అభిఘాతం చెందకుండా, ఈ మొత్తం ప్రయోగాన్ని శూన్యపరచిన అరలో చేస్తారు. థామస్ నమూన సరైనదైతే దాదాపు అన్ని కణాలు వాటి మార్గం నుండి కొద్ది తేడాతో తిన్నగా బంగారు రేకు గుండా ప్రయాణిస్తాయి.



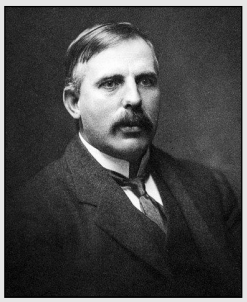
పటం 26.3 : రూథర్‌ఫోర్డ్ ప్రయోగం యొక్క ఫలితం

కాని, గైగర్, మర్సెడెన్‌లు ఈ కణాల అపవర్తనము తక్కువగా ఉన్నట్లు గమనించగా, మరి కొన్ని ఎక్కువగా (90° కన్న ఎక్కువ) ఉన్నట్లుగా, మరియు కొన్ని (8000లలో ఒకరు) ఈ అపవర్తనం 180° గా గుర్తించారు. పటం 26.3 ప్రయోగ ఫలితాలను వివరిస్తుంది. థామ్సన్ పరమాణు నమూనా ప్రకారం α-కణాల అధిక కోణాల పరిక్షేపణను వివరించలేము. అధిక కోణాల α-కణ పరిక్షేపణాన్ని వివరించడానికి రూథర్‌ఫోర్డ్ కేంద్రక పరమాణు నమూనాను సూచించాడు. ఇతని ప్రకారం కేంద్రకం నుండి ఎక్కువ దూరంగా ప్రయాణించే α-కణాలు విస్మరించేంత తక్కువ వికర్షణ బలానికి గురవుతాయి. కావున అవి అపవర్తనం చెందకుండా ప్రయాణిస్తాయి. అదే విధంగా కేంద్రకానికి దగ్గరగా వచ్చిన α- కణాలు అత్యధిక వికర్షణ బలానికి గురవుతాయి. అందువలన ఎక్కువ కోణాలలో అపవర్తనం చెందుతాయి. కొన్ని α- కణాలు కేంద్రకంతో ముఖాముఖి అభిఘాతం చెంది 180° పరిక్షేపణతో అదే మార్గములో వెనుకకు వస్తాయి. దీనిని పటం 26.4లో 4వ సంఖ్యగల కణంలో చూపబడినది.



పటం 24.4 : బంగారు రేకు వల్ల పరిక్షేపణం చెందిన α-కణాల పథం

లార్డ్ రూథర్‌ఫర్డ్ (1871 - 1937)



రూథర్‌ఫోర్డ్ న్యూజిలాండ్‌లో జన్మించారు. జె.జె. థామ్సన్ వద్ద ఇంగ్లాండులోని కెవండిష్ ప్రయోగశాలలో చదివారు. ఇతను పరమాణువుపై చేసిన ప్రయోగాలు మైలు రాళ్ళు వంటివి. అంతేకాక బెక్వరల్ కనుగొన్న రేడియోధార్మికతను శాస్త్రంగా అభివృద్ధి చేసాడు. అంత వరకు విచ్ఛిన్నం కావనుకున్న మూలకాలు విఘటనం చెంది వివిధ రూపాలలో వికిరణం చెందడాన్ని రుజువులతో ప్రకటించాడు. 1898లో ఈయన రేడియోధార్మిక పరమాణువు నుండి వెలువడిన రెండు విభిన్న ఉద్గారాలను కనుగొన్నాడు. వీటిని ఆల్ఫా, బీటా కిరణాలుగా పేర్కొన్నాడు. తరువాత బీటా కిరణాలను అధిక వేగం గల ఎలక్ట్రాన్‌లుగా గుర్తించారు. α - కణాలు అనేవి ఎలక్ట్రాన్‌లు కోల్పోయిన, హీలియం పరమాణు కేంద్రకాలేని 1907 లో నిరూపించాడు. రూథర్‌ఫర్డ్ - గైగర్ శోధకాన్ని తన సహచరుడు గైగర్‌తో కలిసి కొనుగొన్నాడు. దీనిని రేడియోధార్మిక పరమాణువు నుండి ఉదార్గమైన కణాల శోధనకు ఉపయోగిస్తారు. దీని ద్వారా భౌతికశాస్త్రంలో ముఖ్యమైన స్థిరాంకాలైన అవగాడ్రో (Avogadro's) సంఖ్యను కనుగొన్నారు. ఇది ఒక గ్రాము-మోల్ పదార్థంలో గల పరమాణువు లేదా అణువుల సంఖ్య.

1911లో రూథర్‌ఫర్డ్ కేంద్రక పరమాణు నమూనాను ప్రతిపాదించారు. దీని ప్రకారం పరమాణువు యొక్క మొత్తం ద్రవ్యరాశి, పరమాణు పరిమాణంలో 10^{-5} రెట్లు ఉన్న కేంద్రకములో ఉంటుంది. ఎలక్ట్రాన్‌లు దీని చుట్టు తిరుగుతుంటాయి. ఈ పరిశోధనకు గాను అతనికి రసాయనశాస్త్రంలో 1908లో నోబుల్ బహుమతి వచ్చింది.

భారతదేశానికి చెందిన ప్రఖ్యాత భౌతిక శాస్త్రవేత్త, విద్యావేత్త, తత్వవేత్త, డా. కొఠారి ఇతని శిష్యుడు, కొఠారి నక్షత్రాలలో అయనీకరణ పీడనాన్ని అధ్యయనం చేసాడు.

26.1.2 కేంద్రక పరమాణు నమూన

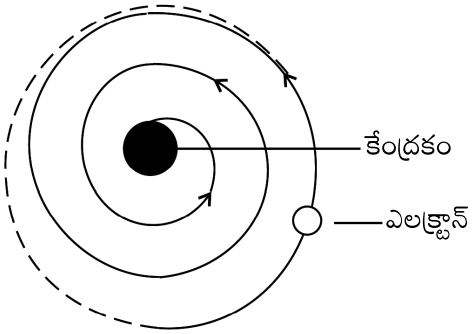
α–కణాలు ఎక్కువ కోణంతో పరిక్షేపణం చెందడానికి కారణం, ధనావేశితమైన కఠిన అంతర్భాగం గల పరమాణువుల ద్వారానే సాధ్యమవుతుందని రూథర్‌పోర్డ్ వాదించాడు. ఈ కింది అభిలక్షణాలు కలిగిన కేంద్రక నమూనాను ప్రతిపాదించాడు.

(i) పరమాణువులోని ధనావేశం మొత్తం మరియు పరమాణు ద్రవ్యరాశిలో ఎక్కువభాగం పరమాణు కేంద్రకం వద్ద అత్యల్ప వ్యాసార్థం (సుమారు $\sim 10^{-15}$ m) కల ప్రాంతంలో కేంద్రీకృతమయి ఉంటుంది. దీనినే కేంద్రకం అంటారు.

(ii) విద్యుదావేశ రీత్యా పరమాణువును తటస్థంగా మరియు స్థిరంగా ఉంచే విధంగా రుణావేశ ఎలక్ట్రాన్‌లు కేంద్రకం చుట్టూ దూరంగా పరిభ్రమిస్తూ ఉంటాయి.

రూథర్‌ఫర్డ్ కేంద్రక నమూనాలోని కొన్ని ప్రతిపాదనలు, ప్రయోగాల ద్వారా వెల్లడైన విషయాలతో విభేదిస్తున్నాయి. అందువల్ల రూథర్‌ఫర్డ్ కేంద్రక నమూనా కొంత వ్యతిరేకతను ఎదుర్కొవలసి వచ్చింది.

పరమాణు స్థిరత్వం : ఎలక్ట్రాన్‌లు రుణ విద్యుదావేశ కణాలని మనకు తెలుసు. ఇవి కేంద్రకం వల్ల ఆకర్షించబడి త్వరణం చెందుతాయి. కక్ష్యాగమనం వల్ల వీటికి అభికేంద్ర త్వరణం ఉంటుంది. సాంప్రదాయ తరంగ సిద్ధాంతం ప్రకారం త్వరణం చెందిన ఆవేశపూరిత కణం విద్యుదయస్కాంత వికిరణాన్ని వెలువరిస్తుంది. అందువల్ల పరమాణువులోని ఎలక్ట్రాన్‌లు అవిచ్ఛిన్నంగా శక్తిని వికిరణం చేస్తూ ఉండాలి. పర్యవసానంగా ఎలక్ట్రాన్ తన శక్తిని కోల్పోతూ సర్పిలాకార మార్గంలో కేంద్రకములోకి పడిపోతుంది. దీనిని పటం 26.5లో చూపారు. తత్ఫలితముగ పరమాణువు జీవితకాలం తగ్గి, పదార్థ స్థిరత్వం ప్రశ్నార్థకమవుతుంది.



పటం 26.5 : రూథర్‌ఫోర్డ్ కేంద్రక పరమాణు నమూనాలో ఎలక్ట్రాన్ గమనం

విద్యుదయస్కాంత వికిరణ పౌనఃపున్యము : సర్పిలాకార మార్గంలో కేంద్రకం వైపు వచ్చే ఎలక్ట్రాన్ అన్ని పౌనఃపున్యాలతో విద్యుదయస్కాంత వికిరణము చేస్తూ అవిచ్ఛిన్న వర్ణపటాన్ని ఇస్తుంది. కాని కొన్ని బాగా పరిచయమైన పౌనఃపున్యాల వద్ద మాత్రమే వికిరణాలు వెలువడుతున్నట్లు ప్రయోగాల ద్వారా తెలుస్తుంది (రేఖావర్ణ పటం).

పై చర్చ వల్ల రూథర్‌ఫర్డ్ కేంద్రక నమూనా కూడా ప్రయోగ నిర్ధారిత విషయాలైన పరమాణు స్థిరత్వమును కాని, పరమాణువు వెలువరించే రేఖా వర్ణ పటాన్ని కాని వివరించలేక పోయిందని తెలుస్తుంది. కాని మున్ముందు ప్రయోగాలు సరియైన దిశలో జరగడానికి మొదటి మెట్టుగా ఉపయోగపడింది. రూథర్‌ఫర్డు నమూనాలోని లోపాలను అధిగమించడానికి నీల్స్ బోర్ 1913లో మాక్స్‌ప్లాంక్ క్వాంటం భావనల ఆధారంగా మరొక పరమాణు నిర్మాణ నమూనాను ప్రతిపాదించాడు.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 26.1

1. రూథర్‌ఫర్డ్ పరిక్షేపణ ప్రయోగంలో లక్ష్యాన్ని దేనితో ఢీకొట్టారు.
2. α-కణాల అధిక కోణ పరిక్షేపణం వల్ల ఉనికిలోకి వచ్చిన కణాలు .....
3. రూథర్‌ఫర్డ్ నమూనా వివరించలేక పోయిన ప్రయోగాత్మక పరిశీలనలను తెలుపుము.

26.2 బోర్ హైడ్రోజన్ పరమాణు నమూనా

బోర్ నమూనా, పరమాణు నిర్మాణాన్ని మాత్రమే కాక దాని స్థిరత్వాన్ని కూడా వివరిస్తుంది. ఇది హైడ్రోజన్ పరమాణు వర్ణపటాన్ని కూడా సమర్ధవంతంగా వివరించగలిగింది.

బోర్ తన పరమాణు నమూనాను గ్రహమండల నమూనా నుండి మొదలు పెట్టాడు. రూథర్‌ఫోర్డ్ నమూనాలోని అడ్డంకులను అధిమించడానికి బోర్ అనేక ఊహలను చేశాడు. వీటిని బోర్ ఉపపాదనలు అంటారు. అవి నాలుగు.

(i) ఎలక్ట్రాన్ మరియు కేంద్రకం మధ్యగల కూలుంబ్ ఆకర్షణ బలం వలన లభించే అభికేంద్ర బలంతో పరమాణువులోని ఎలక్ట్రాన్‌లు, వృత్తాకార కక్ష్యలో కేంద్రకం చుట్టూ తిరుగుతాయి. దీనిని గణితాత్మకంగా ఈ కింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Ze^2}{r^2} \qquad (26.1)$$

ఇక్కడ Z కేంద్రకంలో ఉన్న ధనావేశాల సంఖ్యను సూచిస్తుంది

(ii) సాధ్యమయ్యే అనంతమైన వృత్తాకార కక్ష్యలలో ఏ కక్ష్యలో అయితే ఎలక్ట్రాన్ కోణీయ ద్రవ్యవేగము విలువ $h/2\pi$ కి పూర్ణాంక గుణిజాలుగా ఉంటుందో అవి మాత్రమే అనుమతింపబడతాయి. అనగా

$$|\mathbf{L}| = mvr = \frac{nh}{2\pi} \qquad (26.2)$$

L కక్ష్య యొక్క కోణీయ ద్రవ్యవేగం. ఇది వృత్తాకార కక్ష్య mvr కు సమానం. ఇక్కడ h ప్లాంక్ స్థిరాంకం, n పూర్ణాంకం.

(iii) అనుమతించిన కక్ష్యలో తిరిగే ఎలక్ట్రాన్ శక్తి వికిరణం చేయదు. ఈ కక్ష్యలలో ఎలక్ట్రాన్ శక్తి స్థిరంగా ఉంటుంది. ఈ కక్ష్యలను స్థిరకక్ష్యలు అంటారు. ఎలక్ట్రాన్ స్థిరకక్ష్యలో తిరుగుతుంది.

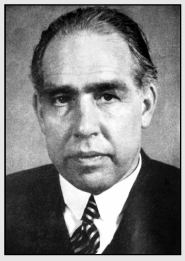
(iv) ఎలక్ట్రాన్ అనుమతించిన అధిక శక్తి (E_f) స్థాయి నుండి తక్కువ శక్తి స్థాయి (E_i) కి పడిపోయినపుడు మాత్రమే పరమాణువు నుండి శక్తి విడుదల అవుతుంది. ఈ శక్తిలో గల తేడాయే ఉద్గారం చెందే ఫోటాన్‌శక్తి. అదే విధంగా, ఎలక్ట్రాన్ తక్కువ స్థాయి (E_i) నుండి ఎక్కువ శక్తిస్థాయికి (E_f) దూకినప్పుడు మాత్రమే శక్తి శోషణము చెందుతుంది. ఈ ఎలక్ట్రాన్ శక్తిలో మార్పు ఉద్గారం లేదా శోషణం చెందిన ఫోటాన్ పౌనఃపున్యము (ν) లేదా తరంగ దైర్ఘ్యానికి సంబంధించినదై ఉంటుంది.

ఉద్గారానికి $$\Delta E = E_f - E_i = h\nu \qquad (26.3\ a)$$

శోషణానికి $$\Delta E = E_i - E_f = h\nu \qquad (26.3\ b)$$

ఇక్కడ ν ఉద్గార పోటాన్ పౌనఃపున్యము.

నీల్స్ హెన్రిక్ డెవిడ్ బోర్ Niels Henrik David Bohr (1885-1962)



నీల్స్ బోర్ డెన్‌మార్క్‌లోని కోపన్‌హెగన్‌లో జన్మించారు. అతడు పెరిగిన వాతావరణం అతడు విజ్ఞాని కావడానికి దోహద పడింది. అతని తండ్రి గొప్ప దేహధర్మ శాస్త్రజ్ఞుడు. అతని ప్రోద్బలంతో నీల్స్‌బోర్ చిన్న నాటి నుండే భౌతిక శాస్త్రంపై ఆసక్తి పెంచుకున్నాడు. 1912 నుండి మాంచెస్టర్‌లోని రూథర్‌ఫోర్డ్ ప్రయోగశాలలో పని చేసారు. రూథర్‌ఫోర్డ్ పరమాణు కేంద్రక నమూనా ద్వారా పరమాణు నిర్మాణాన్ని అభ్యసించారు. హైడ్రోజన్ పరమాణు నిర్మాణ వర్ణపటాన్ని వివరించగల పరమాణు నమూనాను ప్రతిపాదించడంలో సఫలీకృతుడయ్యాడు. 1916లో కోపన్‌హగన్ విశ్వవిద్యాలయంలో సైద్ధాంతిక భౌతిక శాస్త్రంలో ఆచార్యుడిగా నియమించబడ్డాడు. 1920 నుండి (చనిపోయే వరకు 1962 వరకు) అతని గురించి ఏర్పాటు చేసిన సైద్ధాంతిక భౌతికశాస్త్ర సంస్థకు అధ్యక్షుడిగా ఉన్నాడు.

పరమాణు నిర్మాణంలో అతను చేసిన కృషికి 1922లో భౌతిక శాస్త్రంలో నోబుల్ బహుమతి ఇచ్చారు.

26.2.1 శక్తి స్థాయిలు

r_n వ్యాసార్ధం గల n వ కక్ష్యలోని ఎలక్ట్రాన్ శక్తిని కనుగొనుటకు 26.1 సమీకరణాన్ని ఈ విధంగా రాస్తాము.

$$\frac{mv_n^2}{r_n} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Ze^2}{r_n^2}$$

ఇక్కడ v_n ఎలక్ట్రాన్ వేగం. సమీకరణం రెండు వైపుల mr_n^3 తో గుణించగా

$$m^2v_n^2r_n^2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} m\, Ze^2\, r_n$$

ఈ ఫలితాన్ని (26.2) సమీకరణంతో కలుపగా

$$m^2v_n^2r_n^2 = n^2\frac{h^2}{4\pi^2} = \frac{m}{4\pi\varepsilon_0}Ze^2r_n \qquad (26.4)$$

n వ కక్ష్యలో వ్యాసార్ధాన్ని కింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$r_n = 4\pi\varepsilon_0 \frac{n^2h^2}{4\pi^2 mZe^2}$$

$$= \frac{n^2h^2\varepsilon_0}{Ze^2m\pi} \qquad n = 1, 2, 3, ... \qquad (26.5)$$

ఈ సమీకరణం నుండి ఒక కక్ష్య వ్యాసార్ధం, ఆ కక్ష్య సంఖ్య వర్గానికి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుందని గమనిస్తాం. అంటే వెలుపలి కక్ష్యల వ్యాసార్ధం ఎక్కువగా ఉంటుంది. సాపేక్ష వ్యాసార్ధం విలువలు అనుమతించిన కక్ష్యలలో 1^2, 2^2, 3^2, 4^2, ... ల నిష్పత్తిలో ఉంటాయి. అనగా 1 : 4 : 9 : 16 : .... లో ఉంటాయి. హైడ్రోజన్ పరమాణువు (Z = 1) లోని లోపలి కక్ష్య వ్యాసార్ధమును బోర్ వ్యాసార్ధం అని అంటారు. దీనిని a_0 తో సూచిస్తారు. దీని పరిమాణం 5.3×10^{-11} m, a_0 పదాలలో వేరే కక్ష్యల వ్యాసార్ధాన్ని క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

$$r_n = n^2a_0$$

దీని వల్ల వరుసగా ఉన్న కక్ష్యల మధ్య దూరము పెరుగుతూ ఉంటుందని తెలుస్తుంది.

సమీకరణం (26.5) లోని r_n విలువను (26.2) లో ప్రవేశపెట్టిన n వ కక్ష్యలోని ఎలక్ట్రాన్ వేగాన్ని కనుక్కొవచ్చు.

$$v_n = \frac{nh}{2\pi m r_n} = \frac{nh}{2\pi m} \cdot \frac{Ze^2 m\pi}{n^2h^2\varepsilon_0}$$

$$= \frac{1}{2}\frac{Ze^2}{\varepsilon_0 nh} \qquad (26.6)$$

రుణాత్మక (ఎలక్ట్రాన్) కణాన్ని అనంతం నుండి ధనాత్మక (కేంద్రకము) ఆవేశ క్షేత్రంలో r దూరం గల బిందువు వద్దకు తెచ్చుటకు కావలసిన ఎలక్ట్రాన్ స్థితిజశక్తిని కూలుంబ్ బలం, దూరాల లబ్ధాలను సమాకలనము చేయడం ద్వారా కనుగొనవచ్చు.

$$U = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int_{r_n}^{\infty}\frac{Ze^2}{r^2}dr$$

$$= -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left.\frac{Ze^2}{r}\right]_{r_n}^{\infty}$$

$$= -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Ze^2}{r_n} \qquad (26.7)$$

అనంతం వద్ద ఎలక్ట్రాన్ స్థితిజశక్తి శూన్యము సమీకరణం 26.1 నుండి

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Ze^2}{r_n} = mv_n^2$$

కావున, nవ కక్ష్యలోని ఎలక్ట్రాన్ స్థితిజశక్తి

$$U = -mv_n^2 \qquad (26.8)$$

అందువలన గతిజశక్తి $\quad K.E. = \frac{1}{2}mv_n^2 \qquad (26.9)$

nవ కక్ష్యలోని ఎలక్ట్రాన్ మొత్తం శక్తి

$$E = K.E + U$$

$$= \frac{1}{2}mv_n^2 - mv_n^2$$

$$= -\frac{1}{2}mv_n^2$$

26.6 సమీకరణాన్ని దీనితో కలిపిన

$$E = -\frac{m}{2}\left(\frac{2\pi Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 nh}\right)^2$$

$$= -\frac{m}{8\varepsilon_0^2}\frac{Z^2 e^4}{n^2 h^2} \qquad (26.10)$$

$$= \frac{RZ^2}{n^2};\ n = 1, 2, 3... \qquad (26.11)$$

ఇక్కడ $\quad R = \frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2} \qquad (26.12)$

ఇక్కడ R ను రిడ్‌బర్గ్ స్థిరాంకం (Rydberg's constant) అంటారు. సమీకరణం (26.11) కింది విషయాలను తెలుపుతుంది.

1. వివిధ కక్ష్యలలో తిరుగుతున్న ఎలక్ట్రాన్ శక్తి ఆ కక్ష్య సంఖ్య యొక్క వర్గానికి విలోమానుపాతములో ఉంటుంది.

2. కక్ష్యలో శక్తి రుణాత్మకం, అనగా ఎలక్ట్రాన్ కేంద్రకం బంధనలో ఉంటుంది.

స్థిరమైన విలువలను పై సమీకరణంలో (26.12) ఉంచిన

$m = 9.11 \times 10^{-31}$ kg, $\qquad e = 1.6 \times 10^{-19}$C,

$\varepsilon_0 = 0.85 \times 10^{-11} C^2 N^1 m^{-2}$, $\qquad h = 6.62 \times 10^{-34}$Js

మనకు $R = 2.17 \times 10^{-18}$J = 13.6 eV, వస్తుంది. ఎందుకనగా, 1eV = 1.6×10^{-19}J.

ఈ ఫలితాన్ని (26.11) సమీకరణంలో ఉంచి హైడ్రోజన్ పరమాణు nవ కక్ష్యలోని ఎలక్ట్రాన్ శక్తిని (eV) ఈ విధంగా రాయవచ్చు.

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2} eV$$

కనుక ప్రతి కక్ష్యకు ఒక స్థిరమైన శక్తిని సూచించవచ్చు. మొదటి కక్ష్య యొక్క శక్తి తక్కువ ఉంటుంది.

$$E_1 = -13.6 \text{ eV}$$

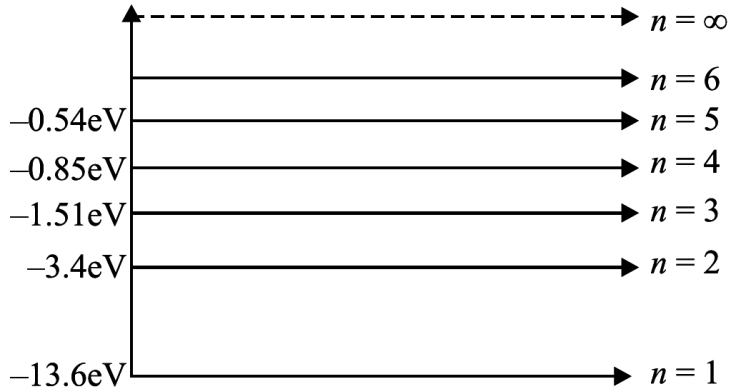
మరియు అవి ఎక్కువ శక్తి స్థాయిలో

$$E_n = 0$$

అనగా వేరు వేరు కక్ష్యలు –13.6 eV నుండి 0 వరకు గల వివిధ శక్తి స్థాయిలను సూచిస్తాయి. దీనిని పటం 26.6లో చూపించారు. E = 0 అంటే ఎలక్ట్రాన్ స్వేచ్ఛగా ఉన్నదని తెలుపుతుంది.

ఎలక్ట్రాన్ nవ స్థాయి నుండి mవ స్థాయికి దూకినపుడు (ఉత్తేజిత మయినపుడు) బోర్ 4వ ప్రతిపాదన ప్రకారం ఉద్గార (శోషింపబడిన) వికిరణం పౌనఃపున్యం υ_{mn}

$$\nu_{mn} = \frac{RZ^2}{h}\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad (26.14)$$



పటం 26.6 : హైడ్రోజన్ పరమాణువులో శక్తి స్థాయిలు

ఫ్రాన్ హాఫర్ రేఖలు

సూర్యకాంతి వర్ణపటాన్ని శక్తివంతమయిన వర్ణపటదర్శిని ద్వారా జాగ్రత్తగా పరిశీలించినపుడు అవిచ్ఛిన్న వర్ణపటం వెంబడి చాలా నల్లని రేఖలు కనిపించాయి. వీటిని 1802లో వాల్స్టోన్ (Wollaston) గుర్తించాడు. కిర్చాఫ్‌లా ఆధారంగా వాటిని ఫ్రాన్‌హాఫర్ అధ్యయనం చేసి ఫ్రాన్‌హాఫర్ రేఖలు అని నామకరణం చేసాడు. సూర్యుని కేంద్రం ద్వారా అవిచ్ఛిన్న వర్ణపటం వెలువడినప్పటికీ సూర్యుని బాహ్య వాతావరణంలో గల చల్లని (తక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్ద గల) ఆవిరులు మరియు వాయువులతో గల క్రోమోస్ఫియర్ (Chromosphere) (~6000°C)లో కొన్ని తరంగదైర్ఘ్యాలను శోషణం చేసుకుంటుంది. ఇవి అవిచ్ఛిన్న వర్ణపటంలో నల్లని రేఖలుగా అగుపిస్తాయి.

కిర్చాఫ్, భూమిపై ఉంటే అనేక రకాల మూలకాల ఉద్గారిత తరంగ దైర్ఘ్యాలతో, శోషణం చెందిన తరంగ దైర్ఘ్యాలను పోల్చి, భూమిపై గల 60 మూలకాలు, సూర్యుని బాహ్య వాతావరణంలో కూడా ఉన్నాయని కనుగొన్నాడు. ఉదాహరణకు ఆక్సీజను, హైడ్రోజన్, సోడియం, ఐరన్, కాల్షియం మొదలగునవి.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 26.2

1. బోర్ ఉపపాదనలలో ఏది సాంప్రదాయ భౌతిక శాస్త్రంతో ముడిపడి ఉంది? ఏది క్వాంటమ్ భౌతిక శాస్త్రాన్ని సమర్థిస్తుంది?
2. బోర్ సిద్ధాంతం ప్రకారం, ఒక ఎలక్ట్రాన్ వృత్తాకారంలో తిరుగుతున్నప్పుడు ఎందుకు కేంద్రకంలోకి పడిపోదు?
3. బోర్ ప్రకారం ఫోటాన్ కాంతి (i) ఉద్గారము (ii) శోషణము జరిగినప్పుడు పరమాణువులో ఏమి జరుగుతుంది?
4. బోర్ నమూనా ప్రకారం హైడ్రోజన్ పరమాణువు మొదటి మూడు కక్ష్యల శక్తిని పేర్కొనుము?
5. ఒక పరమాణువు భూశక్తి స్థాయి స్థితి E_0 నుండి మొదటి శక్తిస్థాయి E_1 కు ఉత్తేజితం చెందినప్పుడు శోషణ వికిరణం యొక్క తరంగ దైర్ఘ్యం ఎంత?
6. హైడ్రోజన్ పరమాణువులో nవ కక్ష్యలో ఎలక్ట్రాన్ వ్యాసార్థం దేనితో అనుపాతంలో ఉంటుంది.
7. హైడ్రోజన్ పరమాణువులో nవ కక్ష్యలోని ఎలక్ట్రాన్ మొత్తం శక్తి దేనికి అనుపాతంలో ఉంటుంది?

26.3 హైడ్రోజన్ వర్ణపటం

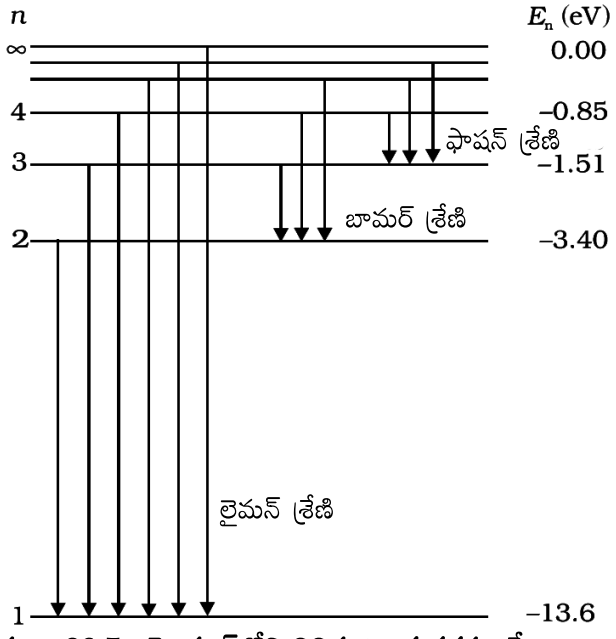
పటం 26.7 హైడ్రోజన్ పరమాణువు పౌనఃపున్య వర్ణపటమును సూచిస్తుంది. దీనిని పరిశీలించి చూస్తే హైడ్రోజన్ రేఖీయ వర్ణపటంలో చాలా రేఖలు వర్ణపటంలోని వివిధ ప్రదేశాలలో కనిపిస్తాయి. ఒక ప్రదేశములోని వివిధ రేఖలు ఒక క్రమ పద్ధతిలో ఉండడం వల్ల ఒకే సూత్రము ద్వారా వాటిని తెలియజేయవచ్చు. ఇవి ఒక శ్రేణిగా ఏర్పడతాయి. ఈ శ్రేణులను గూర్చి తెలుసుకుందాము.

లైమన్ శ్రేణి : దీనిని 1906లో కనుగొన్నారు. బోర్ ప్రకారం ఎలక్ట్రాన్ మొదటి కక్ష్య (m = 1) లోకి పై కక్ష్య (n = 2, 3, 4 .....) నుండి దూకినప్పుడు ఈ శ్రేణి ఏర్పడుతుంది. ఈ శ్రేణిలో వివిధ వర్ణపట రేఖల పౌనఃపున్యాలను ఈ విధంగా రాయవచ్చు.

$$\nu_{ln} = \frac{R}{h}\left(\frac{1}{l^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

ఇక్కడ n ఒకటి కంటే ఎక్కువ గల సహజ సంఖ్య

బామర్ శ్రేణి : దీనిని 1885 లో దృగ్గోచర ప్రాంతంలో కనుగొన్నారు. బోర్ సిద్ధాంతం ప్రకారం



పటం 26.7 : హైడ్రజన్‌లోని వివిధ ఉద్గార వర్ణపటశ్రేణుల శక్తిస్థాయిల పటం.

ఈ శ్రేణి ఎలక్ట్రాన్ పై కక్ష్య (n = 3, 4, 5....) నుండి (m = 2) రెండవ కక్ష్యలోకి దూకినప్పుడు ఏర్పడుతుంది. ఈ శ్రేణిలోని వర్ణపట రేఖల పౌనఃపున్యాలను ఈ విధంగా వ్రాయవచ్చు.

$$\nu_{2n} = \frac{R}{h}\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right);\ n > 2$$

ఫ్రాషన్ శ్రేణి : దీనిని 1908లో పరారుణ ప్రాంతానికి దగ్గరలో ఎలక్ట్రాన్‌పై కక్ష్యల (n = 4, 5, 6...) నుండి మూడవ కక్ష్య (m = 3) లోకి దూకినప్పుడు ఈ శ్రేణి ఏర్పడుతుంది. ఈ శ్రేణిలోని వివిధ వర్ణపట రేఖల పౌనఃపున్యమును ఈ విధముగా రాయవచ్చు.

$$\nu_{3n} = \frac{R}{h}\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right);\ n > 3$$

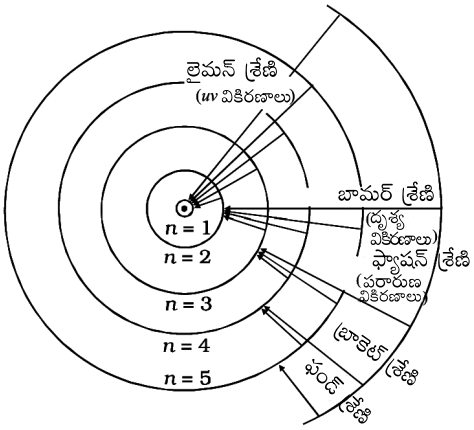
బ్రాకెట్ శ్రేణి : దీనిని మధ్య పరారుణ ప్రాంతంలో కనుగొన్నారు. ఎలక్ట్రాన్ పై కక్ష్యల (n = 5, 6...) నుండి నాల్గవ కక్ష్యలోకి (m = 4) లోకి దూకినప్పుడు ఈ శ్రేణి ఏర్పడుతుంది. ఈ శ్రేణిలో వివిధ వర్ణపట రేఖల పౌనఃపున్యాలను కింది విధంగా రాయవచ్చు.

$$\nu_{4n} = \frac{R}{h}\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}\right);\ n > 4$$

ఫండ్ శ్రేణి : పరారుణ ప్రాంతానికి దూరంగా ఉండే ప్రాంతంలో కనుగొన్నారు. బోర్ సిద్ధాంతం ప్రకారం ఎలక్ట్రాన్ పై కక్ష్యల (n = 6, 7,...) నుండి ఐదవ కక్ష్య (m = 5) లోకి దూకినప్పుడు ఏర్పడతాయి. ఈ శ్రేణిలోని వర్ణపట రేఖల పౌనఃపున్యమును ఈ విధముగా రాయవచ్చు.

$$\nu_{5n} = \frac{R}{h}\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2}\right);\ n > 5$$

బోర్ నమూనా వర్ణపట నిర్మాణాల ఏర్పాటు గురించి తెలుసుకోవటమేకాక వాటిలోగల అనేక శ్రేణులను తెలిసికొనుటకు ఉపయోగపడింది. పటం 26.8లో ఎలక్ట్రాన్ పై కక్ష్య నుండి కింది కక్ష్యలోకి సంక్రమణం జరిగినపుడు, ఏర్పడే వర్ణపటరేఖల వివిధ శ్రేణులను చూడవచ్చు.



పటం 26.8 : హైడ్రోజన్ పరమాణువు కక్ష్యలు మరియు సంక్రమణల ద్వారా వివిధ శ్రేణుల వర్ణపట రేఖలు

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 26.3

1. కక్ష్యలోని ఎలక్ట్రాన్ మొత్తం శక్తి రుణాత్మకమైనప్పుడు, సూచించేది _____

2. హైడ్రోజన్ పరమాణు వర్ణపటంలో ఒక ఎలక్ట్రాన్ నాల్గవ కక్ష్యలో నుండి తక్కువ శక్తి గల కక్ష్యలోకి దూకినప్పుడు ఏర్పడే వర్ణపట రేఖల సంఖ్య _____

3. లైమన్ శ్రేణి, ఎలక్ట్రాన్ పై కక్ష్యల నుండి _____ కక్ష్యలోకి దూకినప్పుడు ఏర్పడుతుంది.
4. బోర్, ఎలక్ట్రాన్ ఏ భౌతిక ధర్మాన్ని క్వాంటీకరించాడు?
5. ఒక ఎలక్ట్రాన్ మూడవ కక్ష్య నుండి మొదటి కక్ష్యలోకి దూకినప్పుడు ఎలక్ట్రాన్ కోణీయ ద్రవ్యవేగంలో తేడా _____

మీరు ఏమి నేర్చుకున్నారు

- రూథర్‌ఫోర్డ్ పరిక్షేపణ ప్రయోగము పరమాణువులో చిన్న మధ్యభాగము ఉండటాన్ని సూచిస్తుంది. ఇది పూర్తిగా ధనావేశితమై, పరమాణువు ద్రవ్యరాశిలో చాలా భాగము దీనిలోనే కేంద్రీకరింపబడి ఉంటుంది. ఈ ప్రాంతాన్ని కేంద్రకము అంటారు.
- ఎలక్ట్రాన్‌లు కేంద్రకము చుట్టూ తిరుగుతూ ఉంటాయి. ఎలక్ట్రాన్‌ల మొత్తం రుణావేశము కేంద్రకం ధనావేశానికి సమానము.
- రూథర్‌ఫోర్డ్ పరమాణు నమూనా పరమాణు స్థిరత్వాన్ని మరియు పరమాణువు నుండి ఉద్గారమైన విద్యుదయస్కాంత వికిరణంను వివరించలేకపోయింది.
- నీల్స్‌బోర్ తన నాలుగు ప్రతిపాదనల ఆధారంగా సంతృప్తికర పరమాణు నమూనాను సూచించాడు.
- కోణీయ ద్రవ్యవేగము $(I\omega) = nh/2\pi$ కలిగి వున్న ఎలక్ట్రాన్ కక్ష్యలు మాత్రమే అనుమతించబడతాయి.
- ఎలక్ట్రాన్ పై కక్ష్యల నుండి క్రింది కక్ష్యలకు దూకినప్పుడు శక్తి ఉదార్గము, కింది కక్ష్యల నుండి పై కక్ష్యకు ఉత్తేజితమయినప్పుడు శోషణము జరుగుతుంది.
- హైడ్రోజన్ పరమాణువులో కేంద్రకం చుట్టూ స్వతంత్రంగా తిరిగే అనుమతించబడిన కక్ష్యల వ్యాసార్థమును ఈ విధంగా వ్రాయవచ్చు

$$a_n = \frac{n^2 h^2 \varepsilon_0}{Ze^2 m\pi}$$

హైడ్రోజన్ పరమాణువులో అనుమతించబడిన మొదటి కక్ష్య వ్యాసార్థము $a = 0.53\text{Å}$.

- హైడ్రోజన్ పరమాణువు యొక్క nవ కక్ష్యలో ఎలక్ట్రాన్ శక్తి

$$E_n = -\frac{e^4 m Z^2}{8h^2 \varepsilon_0^2 n^2}$$

పై సమీకరణంలో మొత్తం శక్తి యొక్క రుణ గుర్తు ఎలక్ట్రాన్ కేంద్రకంతో బంధింపబడి ఉంటుందని తెలియజేస్తుంది.

- ఎలక్ట్రాన్ E_i శక్తి స్థాయి నుండి E_f శక్తి స్థాయికి దూకినపుడు, వెలువడే ఫోటాన్ పౌనఃపున్యం :

$$\nu_{mn} = \frac{R}{h}\left[\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right]$$

ముగింపు అభ్యాసం

1. రూథర్‌ఫోర్డ్ పరిక్షేపణ ప్రయోగములో ఎక్కువ α-కణాలు లక్ష్యపు రేకు గుండా ఎందుకు సరళరేఖలో ప్రయాణిస్తాయి?
2. రూథర్‌ఫోర్డ్ α-కణాల ప్రయోగములో ఏ పరిశీలనలు కేంద్రకము గూర్చి ఊహించడానికి తోడ్పడినాయి?
3. కేంద్రకము చుట్టూ ఎలక్ట్రాన్‌లు వృత్తాకార కక్ష్యలో తిరుగుతాయని రూథర్‌ఫోర్డ్ ఎందుకు ఊహించారు?
4. హైడ్రోజన్ పరమాణువు మొదటి, రెండవ ఉత్తేజిత స్థాయిలలో శక్తుల నిష్పత్తి ఎంత?
5. రిడ్‌బర్గ్ స్థిరాంకం యొక్క SI ప్రమాణము ఏమిటి?
6. హైడ్రోజన్ రిడ్‌బర్డ్ స్థిరాంకం విలువ 1096700 m^{-1} అయిన లైమన్ శ్రేణిలో అధిక మరియు అల్పతరంగదైర్ఘ్యాల పరిమితులను కనుగొనండి.
7. హైడ్రోజన్ పరమాణువులోని ఎలక్ట్రాన్ మొదటి కక్ష్యలో ఒక సెకన్‌లో ఎన్ని సార్లు తిరుగుతుంది.
8. రూథర్డ్‌ఫోర్డ్ పరిక్షేపణ ప్రయోగమును వివరించుము, దాని ఆవిష్కరణలు మరియు పరిమితులను చర్చించండి.
9. బోర్ పరమాణు నమూనాలోని ఉపపాదనలు తెలపండి.
10. హైడ్రోజన్ పరమాణువు nవ కక్ష్యలోని ఎలక్ట్రాన్ మొత్తం శక్తిని కనుగొనే సమీకరణాన్ని సాధించండి.
11. హైడ్రోజన్ పరమాణువు మూడవ మరియు నాల్గవ కక్ష్యల వ్యాసార్థం కనుగొనండి.
12. $n = 3$ నుండి $n = 2$ శక్తి స్థాయికి హైడ్రోజన్ పరమాణువులో శక్తి సంక్రమణము జరిగిన కింది వాటిని కనుగొనండి? ఇక్కడ $R = 1.097 \times 10^7\ m^{-1}$.
    (i) ఉద్గార వికిరణ తరంగదైర్ఘ్యము ఎంత?
    (ii) ఈ వికిరణం దృగ్గోచర కాంతిలో ఉంటుందా?
    (iii) ఈ సంక్రమణం ఏ వర్ణపట శ్రేణిలోనికి వస్తుంది?

పాఠంలోని ప్రశ్నలకు సమాధానాలు

26.1

1. α-కిరణాలు
2. ప్రొటానులు
3. రూథర్‌ఫర్డ్ ప్రయోగంలోని బంగారు రేకు నుండి అధిక కోణంలో పరిక్షేపణం చెందిన కిరణాల గురించి వివరించలేదు.

26.2

1. బోర్ మొదటి ఉపపాదన సాంప్రదాయ భౌతికశాస్త్రమునకు, మిగిలిన మూడు క్వాంటమ్ భౌతిక శాస్త్రానికి సంబంధించినవి.
2. కక్ష్యలు స్థిరమైనవి కావున
3. (i) ఎలక్ట్రాన్ ఎక్కువ స్థాయి నుండి తక్కువ స్థాయికి దూకినపుడు

   (ii) ఎలక్ట్రాన్ ఎక్కువ శక్తి స్థాయిలకు ఉత్తేజితము చెందినప్పుడు
4. $E_1 = -13.6eV$, $E_2 = -3.4$ eV., $E_3 = -1.51$ eV.
5. $\lambda = hc / (E_1 - E_0)$
6. n^2
7. e^4

26.3

1. కేంద్రకంతో బంధింపబడి ఉండడం.
2. ఉద్గారమైన వర్ణపట రేఖల సంఖ్య $= \frac{1}{2} n (n - 1) = \frac{1}{2} (4) (4 - 1) = 6$
3. మొదటి
4. పరిభ్రమణం చెందే ఎలక్ట్రాన్ కోణీయ ద్రవ్యవేగము.
5. h / π

ముగింపు అభ్యాసంకు సమాధానాలు

4. 9 : 4
6. $\lambda_s = 911.4$ A^o, $\lambda_l = 1215$ A^o
7. 6.57×10^{15} Hz.
12. (i) 6563 A^o

    (ii) దృశ్య కాంతి

    (iii) బామర్ శ్రేణి

27

కేంద్రక భౌతికశాస్త్రం

పరిచయం

ద్రవ్య నిర్మాణంలో ఉన్న అతిచిన్న భాగం పరమాణువు అని మనం తెలుసుకొన్నాం. పరమాణువు, న్యూక్లియస్ అనబడే చిన్న అంతర్భాగం (కేంద్రకం) ను కలిగి ఉంటుంది. దాని చుట్టూ కొన్ని నిర్ణీత కక్ష్యల్లో ఎలక్ట్రాన్‌లు తిరుగుతుంటాయి. చిన్నదైనా కేంద్రకం సంక్లిష్టమైనది. దీని గురించి మీరు మరింత తెలుసుకోవాలనుకుంటున్నారు కదా! 19 శతాబ్దం చివరలో సహజ రేడియో ధార్మికతను కనుగొనే ప్రయత్నంలో నుండి కేంద్రక భౌతికశాస్త్రాన్ని అర్థంచేసుకోవడం ప్రారంభమైంది. స్థిరత్వాన్ని పొందడానికి పరమాణు కేంద్రకం విఘటనం చెందడాన్ని సహజ రేడియో ధార్మికత అంటారు. ఈ ఆవిష్కరణ కేంద్రక నిర్మాణాన్ని కనుక్కోవడానికి కావలసిన పరిజ్ఞానాన్ని అందించింది. దాని పరిమాణం, ద్రవ్యరాశి ఎంత? దీనిలో ఏముంటుంది? దీని నిర్మాణంలో ఉన్న అణువులను ఏ బలాలు పట్టి ఉంచాయి? ఎందుకు? లాంటి ప్రశ్నలకు సమాధానాలు కనుగొనడానికి తోడ్పడ్డాయి.

ఈ పరిశోధనలు చాలా ఫలవంతమయి కొత్త పరిశోధనలకు దారితీసాయి. కొద్ది కాలంలోనే కొత్త పరమాణు భౌతికశాస్త్రం ఆవిర్భవించి శాస్త్ర పురోగతిని మార్చివేసింది. వీటి గురించి ఇప్పుడు తెలుసుకుంటాము.

లక్ష్యాలు

ఈ పాఠాన్ని చదివిన తరవాత కింది విషయాలను మీరు తెలుసుకొంటారు.

- పరమాణు కేంద్రక పరిమాణాలు.
- కేంద్రకాల మధ్యన ఉండే బలాల స్వభావం.
- ద్రవ్యరాశి లోపం మరియు బంధన శక్తి
- ఒక్కో న్యూక్లియాన్ బంధన శక్తి వక్రం మరియు పరమాణు కేంద్రక స్థిరత్వం.
- రేడియో ధార్మికత అనే దృగ్విషయం.
- మూడు రకాలైన రేడియో ధార్మిక వికిరణాలు.
- ఒక నమూనా పదార్థంలో రేడియో ధార్మికత వృద్ధి మరియు క్షయాలు.
- రేడియో ధార్మిక పదార్థం యొక్క అర్ధజీవిత కాలం మరియు క్షయీకరణ స్థిరాంకం.
- వివిధ రంగాలలో రేడియోధార్మిక ఉపయోగాలు

- కేంద్రక చర్యల నిత్యత్వ నియమాలు
- కేంద్రక గొలుసు చర్య, నియంత్రిత మరియు అనియంత్రిత కేంద్రక విచ్ఛిత్తి చర్యలు.
- కేంద్రక రియాక్టరు పనిచేసే విధానం.
- నక్షత్రాలలోని శక్తి ఉత్పాదనా ప్రక్రియ.

27.1 పరమాణు కేంద్రకం

1911లో రూథర్‌ఫోర్డ్ పరమాణువులో కేంద్రకాన్ని కనుగొన్న తరవాత, భౌతికశాస్త్రజ్ఞులు కేంద్రకంలో ఏముంటుందో తెలుసుకోడానికి ప్రయత్నించారు. 1932లో జేమ్స్ ఛాడ్‌విక్ (ames Chadwick) న్యూట్రాన్‌ను కనుగొనటం పరిశోధనలకు ఊతం ఇచ్చింది. న్యూట్రాన్లు, ప్రోటాన్లతో కేంద్రకం నిర్మితమవుతుందని శాస్త్రలోకానికి తెలిసింది.

27.1.1 కేంద్రక ఆవేశం మరియు ద్రవ్యరాశి

పరమాణు కేంద్రకం రెండు రకాలైన కణాలను కలిగి ఉంటుంది. అవి ప్రోటాన్లు, న్యూట్రాన్లు. ప్రోటాన్లు ధనావేశం గలవైతే, నూట్రాన్లు తటస్థ కణాలు. ఎలక్ట్రానులు కొన్ని ప్రత్యేక కక్ష్యల్లో కేంద్రకం చుట్టూ తిరుగుతూ రుణావేశం కలిగి ఉంటాయి. కేంద్రకంలో ఉన్న ప్రోటాన్ల మీద ఆవేశ పరిమాణం ఎలక్ట్రాన్‌లపై ఉన్న ఆవేశ పరిమాణానికి సరిగ్గా సమానం. అంతేకాక కేంద్రకంలో ఉన్న ప్రోటాన్ల సంఖ్య, ఎలక్ట్రాన్‌ల సంఖ్యకు సమానం. దీనివల్ల పరమాణువు ఆవేశం విద్యుదావేశ పరంగా తటస్థమవుతుంది.

న్యూట్రాన్‌లను, ప్రోటాన్‌లను కలిపి నూక్లియాన్‌లు అంటారు. కేంద్రకంలో వీటి మొత్తం సంఖ్య అనగా నూక్లియాన్‌ల సంఖ్యను ద్రవ్యరాశి సంఖ్య అంటారు. దీన్ని A తో సూచిస్తారు. కేంద్రకంలోని ప్రోటాన్ల సంఖ్య (లేదా పరమాణువులో ఎలక్ట్రాన్‌ల సంఖ్య)ను పరమాణు సంఖ్య అంటారు. దీన్ని Z తో సూచిస్తారు. కేంద్రకంలో ఉన్న న్యూట్రాన్‌ల సంఖ్యను సాధారణంగా $N = A - Z$ అని వ్రాస్తారు. మామూలుగా $N > Z$, A పెరిగిన కొద్దీ (N–Z) భేదం పెరుగుతుంది. 3 ప్రోటాన్లు, 4 న్యూట్రాన్లుగల లిథియం (lithium) నూక్లియస్ పరమాణు సంఖ్య $Z = 3$ మరియు ద్రవ్యరాశి సంఖ్య $Z = 7$.

ప్రోటాన్లు, న్యూట్రాన్ల కంటే కొంచెం తేలికైనవి. పరమాణు భారమంతా దాదాపు దాని కేంద్రకంలో సాంద్రీకృతమయి ఉంటుంది. కేంద్రకం ద్రవ్యరాశి, ద్రవ్యరాశి సంఖ్య (A) మరియు ఒక ప్రోటాన్ ద్రవ్యరాశి (లేదా ఒక న్యూట్రాన్ ద్రవ్యరాశి) ల లబ్ధానికి దాదాపు సమానం. ప్రోటాన్ భారం 1.67×10^{-27} kg మరియు A విలువ చాలా కేంద్రకాలకు 1 నుండి 240 మధ్య ఉంటుంది. కాబట్టి కేంద్రకాల ద్రవ్యరాశి సుమారుగా 1.67×10^{-27} kg నుండి 4.0×10^{-25} kg ల మధ్య ఉంటుంది.

కేంద్రక ఆవేశం Ze కి సమానం. e (ఎలక్ట్రాన్‌పై ఆవేశం యొక్క పరిమాణం) ఆవేశానికి మూల ప్రమాణం. అది 1.6×10^{-19}C కు సమానం. సహజ సిద్ధంగా లభించే కేంద్రకాలకు Z విలువలు 1 నుండి 92 వరకు మారుతూ ఉంటాయి. ట్రాన్స్‌రానిక్ (Transuranic) మూలకాలకు (కృత్రిమంగా ఉత్పత్తి చేయబడినవి) Z విలువలు 93 నుండి 105 వరకు ఉంటాయి.

27.1.2 కేంద్రక పరిమాణం

కేంద్రక పరిమాణాన్ని సాధారణంగా వాటి వ్యాసార్ధాల్లో తెలుపుతారు. చాలా కేంద్రకాలు గోళాకారంగా ఉంటాయి. వీటి వ్యాసార్ధాన్ని (R) సుమారుగా ఈ కింది ఫార్ములాతో కనుక్కోవచ్చు.

$$R = r_0 A^{1/3}$$

ఇక్కడ r_0 ప్రమాణ న్యూక్లియర్ వ్యాసార్ధం. దీని విలువను 1.2 ఫెర్మి (Fermi) గా తీసుకొంటారు. (ఫెర్మి వ్యాసార్ధానికి ప్రమాణం. దీని విలువ 10^{-15} m. దీని పేరు ప్రఖ్యాత భౌతిక శాస్త్రవేత్త ఎర్నిక్ ఫెర్మి (Enrico Fermi) జ్ఞాపకార్థం పెట్టారు). ఇది 10^{-15} m కు సమానం. అతి తేలికైన హైడ్రోజన్ కేంద్రక పరిమాణం 1.2 fm (హైడ్రోజన్ A = 1). అతి బరువైన సహజ సిద్ధంగా లభించే యురేనియం న్యూక్లియస్ వ్యాసార్ధం సుమారుగా 7.5 fm (A = 238). ఏ గోళాకారానికైనా వ్యాసార్ధం $r = (4/3)\pi R^3$ కాబట్టి కేంద్రక ఘనపరిమాణం, ద్రవ్యరాశి సంఖ్య A కు అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.

పరమాణువుతో పోల్చిన కేంద్రకం ఘనపరిమాణం ఎంతో మీరు ఊహించగలరా? కేంద్రకం పరిమాణం 10^{-15} m అని, పరమాణు పరిమాణం 10^{-10} m అని మనకు తెలుసు. దీనివల్ల పరమాణు పరిమాణం కేంద్రకం పరిమాణం కన్నా 10^{+5} రెట్లు ఎక్కువ అని తెలుస్తుంది.

ఉదాహరణకు 1.673×10^{-27} kg ద్రవ్యరాశి మరియు 1.2×10^{-15} m వ్యాసార్ధంగల అతి తేలికైన గోళాకార హైడ్రోజన్ కేంద్రకాన్ని తీసుకోండి. దాని సాంద్రతను కింది సమీకరణాన్ని ఉపయోగించి కనుక్కోవచ్చు.

$$d_H = \frac{M_H}{\frac{4\pi}{3} R_H^3} = \frac{1.673 \times 10^{-27}\ \text{kg}}{\frac{4\pi}{3} \times \left(1.2 \times 10^{-15}\text{m}\right)^3} = 2.3 \times 10^{17}\ \text{kg m}^{-3}.$$

ఆక్సిజన్‌కు $R_O = 3 \times 10^{-15}$ m మరియు $M_O = 2.7 \times 1026$ kg అందువల్ల

$$d_O = 2.39 \times 10^{17}\ \text{kg m}^{-3}$$

అంటే హైడ్రోజన్ మరియు ఆక్సిజన్ సాంద్రతలు ఒకే ఘాతంలో ఉన్నాయి. నీటి సాంద్రత 10^3 kg m^{-3} అని పాదరస సాంద్రత 13.6×10^3 kg m^{-3} అని తెలుసు. అనగా కేంద్రక ద్రవ్యం అత్యంత సాంద్రత కలిగి ఉన్నది. దీన్ని అవగాహన చేసుకోడానికి కింది విషయాలను ఊహించండి. ఒకవేళ భూమి, కేంద్రకం ద్రవ్యం అంత సాంద్రత కలిగి ఉన్నట్లయితే అది 184 m వ్యాసార్ధంగల గోళంగా ఉండేది (బరువు = 6×10^{24} kg). కేంద్రకం సూర్యుడన్నంత బరువుగా ఉన్నట్లయితే. కేంద్రకం వ్యాసార్ధం 10 km మాత్రమే ఉండేది.

27.1.3 కేంద్రక భౌతికశాస్త్రంలో ఉపయోగించిన సంకేత పద్ధతి

ఒక మూలకం రసాయనిక సంకేతం X అయిన దాని కేంద్రకాన్ని $^{A}_{Z}X$ గా సూచిస్తారు. ఇక్కడ A ద్రవ్యరాశి సంఖ్య, Z పరమాణు సంఖ్య. ఉదాహరణకు 17 ప్రోటాన్లు, 18 న్యూట్రాన్లు ఉన్న క్లోరిన్ కేంద్రకాన్ని $^{35}_{17}Cl$ గా వ్రాయవచ్చు. 35 ద్రవ్యరాశి సంఖ్య అని గమనించండి.

వేరు వేరు మూలకాల్లోని ప్రోటాన్ల సంఖ్య వేరుగా ఉన్నా కూడా అవి ఒకే ద్రవ్యరాశి సంఖ్యను కలిగి ఉండవచ్చు. ఒకే A విలువ కలిగి వేరువేరు Z విలువలుగల పరమాణువులను ఐసోబార్‌లు (Isobars) అంటారు.

A = 40 మరియు Z = 20 ఉన్న కాల్షియం యొక్క ఐసోబార్ A = 40, Z = 18 గల ఆర్గాన్ Z విలువ రసాయన ధర్మాన్ని నిర్ణయిస్తుంది కాబట్టి ఐసోబార్‌ల రసాయన ధర్మాలు ఒకేలా ఉండవు. ఒకే Z విలువ వేరువేరు A విలువలు ఉన్న ఒకే మూలకం పరమాణువులను ఐసోటోప్ (Isotopes) అంటారు. అంటే Z =17, A = 35 గల క్లోరిన్ మరియు Z = 17, A = 37 గల క్లోరిన్ ఒకే మూలకానికి చెందిన ఐసోటోప్‌లు. ఐసోటోపులు ఒకే Z విలువలు కలిగి ఉంటాయి. కాబట్టి అవి ఒకే రకమైన రసాయన ధర్మాలను చూపిస్తాయి. కాని ఐసోటోప్‌ల కేంద్రకాల్లోని న్యూట్రాన్ల సంఖ్యలో బేధం ఉంటుందని గమనించండి. ఒకే న్యూట్రాన్ల సంఖ్య ఉన్న పరమాణువులను ఐసోటోన్‌లు (Isotones) అంటారు. A = 23, Z = 11 గల సోడియం, A = 24, Z =12 గల మెగ్నీషియం యొక్క ఐసోటోన్.

ఉదాహరణ 27.1 : $^{238}_{92}U$ పరమాణులోని ఎలక్ట్రాన్, ప్రోటాన్, న్యూట్రాన్ మరియు నూక్లియాన్‌ల సంఖ్యను కనుక్కోండి.

సాధన : $^{238}_{92}U$ యురేనియంకు సంకేతం. దీనిలో 92 ప్రోటాన్లు 238 నూక్లియాన్లు ఉన్నాయి. పరమాణు సంఖ్య

Z = 92 = ప్రోటాన్ల సంఖ్య.

ద్రవ్యరాశి సంఖ్య A = 238 = (ప్రోటాన్లు + న్యూట్రాన్ల సంఖ్య) = న్యూక్లియాన్‌ల సంఖ్య

న్యూట్రాన్ల సంఖ్య = A – Z
= 238 – 92
= 146.

ఉదాహరణ 27.2 : కింది జాబితాలో ఐసోటోప్, ఐసోబార్ మరియు ఐసోటోన్‌ల జతలను ఎన్నుకోండి.

$^{12}_{6}C$, $^{27}_{13}Al$, $^{39}_{19}K$, $^{22}_{14}Si$, $^{76}_{32}Ge$, $^{40}_{20}Ca$, $^{76}_{34}Se$, $^{14}_{6}C$

సాధన : ఐసోటోప్స్ – (ఒకే Z విలువ) : $^{12}_{6}C$ మరియు $^{14}_{6}C$

ఐసోటోన్స్ – (ఒకే A - Zవిలువ) : ($^{27}_{13}Al$ మరియు $^{28}_{14}Si$), ($^{39}_{19}K$ మరియు $^{40}_{20}Ca$)

ఐసోబార్స్ – (ఒకే A విలువ) : ($^{76}_{32}Ge$ మరియు $^{76}_{34}Se$)

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 27.1

1. కింద వేరువేరు పరమాణువులకు ఐసోటోప్, ఐసోబార్ మరియు ఐసోటోన్‌ల సమూహంగా చేయండి.

   $^{16}_{8}O$, $^{207}_{82}Pb$, $^{12}_{6}C$, $^{40}_{18}A$, $^{3}_{1}H$, $^{7}_{3}Li$, $^{76}_{32}Ge$, $^{76}_{34}Se$, $^{3}_{2}He$, $^{40}_{20}Ca$, $^{7}_{4}Be$, $^{2}_{1}H$,

   $^{14}_{6}C$, $^{235}_{92}U$, $^{206}_{82}Pb$, $^{18}_{8}O$, $^{239}_{92}U$, $^{1}_{1}H$, $^{23}_{11}Na$, $^{27}_{13}Al$, $^{27}_{12}Mg$, $^{28}_{14}Si$, $^{37}_{17}Cl$, $^{35}_{17}Cl$

2. న్యూట్రాన్ ప్రోటాను కంటె .....

3. ఒక పరమాణువులోని ప్రోటాన్ మరియు న్యూట్రాన్ల మొత్తం ఆ పరమాణువు ..... సంఖ్య.

4. ప్రోటాన్ మరియు న్యూట్రాన్లను కలిపి ..... అంటారు.

5. $^{27}_{13}Al$ లో న్యూట్రాన్ల సంఖ్య .....

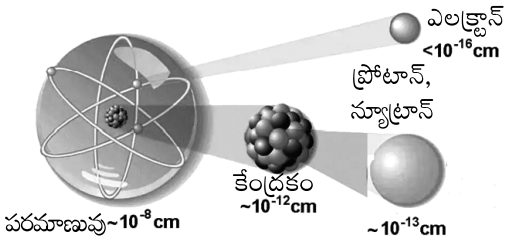
6. రెండు పరమాణువుల ..... సంఖ్య వేరైన ఆ రెండు పరమాణువులు వేరువేరు మూలకాలకు చెందినవి అంటారు.

7. ఒకే మూలకానికి చెందిన పరమాణువుల్లో దేని సంఖ్య వేరుగా ఉండకూడదు.

   (i) ద్రవ్యరాశి సంఖ్య (ii) పరమాణు సంఖ్య (iii) న్యూట్రాన్ సంఖ్య

27.1.4 ఏకీకృత పరమాణు ద్రవ్యరాశి (Unified Atomic Mass)

ప్రోటాన్ ద్రవ్యరాశి (m_p) ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి (m_e) కన్నా 1836 రెట్లు ఎక్కువ అని ప్రయోగాత్మకంగా కనుగొన్నారు. న్యూట్రాన్ ద్రవ్యరాశి (m_n), ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి కంటే () 1840 రెట్లు ఎక్కువ. న్యూక్లియాన్ ద్రవ్యరాశితో పోలిస్తే ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశిని, ఉపేక్షించవచ్చు కాబట్టి పరమాణు ద్రవ్యరాశికి మూలం న్యూక్లియాన్‌ల ద్రవ్యరాశియే. న్యూట్రాన్, ప్రోటాన్ కన్నా కొంచెం బరువుగా ఉంటుంది. పరమాణువు, కేంద్రకం మరియు ఎలక్ట్రాన్‌ల పరిమాణాలు పటం 27.1లో చూపబడ్డాయి. అందువల్ల అన్ని పరమాణు ద్రవ్యరాశులను (ప్రోటాన్, న్యూట్రాన్ల్ ద్రవ్యరాశులను కూడా) తెలపడానికి ఒక ప్రమాణాన్ని ఎంపిక చేసుకోవలసిన అవసరం ఉంది. ప్రస్తుతం పరమాణు ద్రవ్యరాశులను కార్బన్ ($^{12}_{6}C$) ఐసోటోప్ వాస్తవిక ద్రవ్యరాశి పదాల్లో తెలుపుతారు. పరమాణు ద్రవ్యరాశి పరిమాణం (u) ను $^{12}_{6}C$ వాస్తవిక ద్రవ్యరాశిలో 1/12వ భాగంగా నిర్వచించారు. కార్బన్ పరమాణు ద్రవ్యరాశి 1.99267×10^{-26} kg అని మనకు తెలుసు కాబట్టి,



పటం 27.1 పరమాణువు, కేంద్రకం ఎలక్ట్రాన్‌ల పరిమాణాలు

$$1u = (1/12) \times \text{ఒక } A = 12 \text{ గల కార్బన్ పరమాణు ద్రవ్యరాశి}$$

$$= (1/12) \times (1.99267 \times 10^{-26}\ kg)$$

$$= 1.660565 \times 10^{-27}\ kg$$

$$= 1.66 \times 10^{-27}\ kg$$

ప్రోటాన్ ద్రవ్యరాశి (m_p) = 1.6723×10^{-27} kg మరియు న్యూట్రాన్ ద్రవ్యరాశి (m_n) = 1.6747×10^{-27} kg కాబట్టి, u పదాల్లో

$$m_p = \frac{1.6723 \times 10^{-27}}{1.6606 \times 10^{-27}} u = 1.00727\, u$$

మరియు

$$m_n = \frac{1.6747 \times 10^{-27}}{1.6606 \times 10^{-27}} u = 1.00865\, u$$

మనం కేంద్రక ద్రవ్యరాశులను u పదాలలో వాడతాం కాబట్టి దీనికి సమానమైన శక్తిని కనుగొనుటకు $E = mc^2$. ఐన్‌స్టీన్ ద్రవ్యరాశి – శక్తుల తుల్యతా నియమాన్ని ఉపయోగిస్తాం. ఇక్కడ c శూన్యంలో కాంతి వేగం

$$lu = \left(1.66 \times 10^{-27}\ kg\right)\left(2.9989 \times 10^{8}\ ms^{-1}\right)^2$$

$$= 14.92 \times 10^{-11} J$$

$$= \frac{14.92 \times 10^{-11}}{1.60 \times 10^{-13}} MeV = 931.3\ MeV$$

27.1.5 ద్రవ్యరాశిలోపం, బంధన శక్తి (Mass Defect and Binding Energy)

ఏదైనా మూలకంలో కేంద్రకంలోని విడివిడి ప్రోటాన్ల, న్యూట్రాన్ల మొత్తం ద్రవ్యరాశి కంటే కేంద్రకం ద్రవ్యరాశి ఎప్పుడూ తక్కువగానే ఉంటుందని కనుగొన్నారు. ఒక కేంద్రకంలోని అన్ని న్యూక్లియాన్ల మొత్తం ద్రవ్యరాశి, కేంద్రకం యొక్క వాస్తవ ద్రవ్యరాశికి మధ్య భేదాన్ని ద్రవ్యరాశి లోపం (**Mass-defect**) అంటారు. ఉదాహరణకు హైడ్రోజన్ ఐసోటోప్ అయిన డ్యుటీరియం (deuterium) కేంద్రకంలో ఒక ప్రోటాను, ఒక న్యూట్రాన్ ఉంటాయి. ఈ కణాల ద్రవ్యరాశులు వరసగా 1.6723×10^{-27} kg మరియు 1.6747×10^{-27} kg అనగా ప్రోటాను, న్యూట్రాన్ల మొత్తం ద్రవ్యరాశి 3.34709×10^{-27} kg కాని డ్యుటీరియం కేంద్రక ద్రవ్యరాశి 3.34313×10^{-27} kg. అనగా ప్రోటాను, న్యూట్రానుల ద్రవ్యరాశుల మొత్తం కన్నా డ్యుటీరియం కేంద్రక ద్రవ్యరాశి 3.96242×10^{-30} kg తక్కువ. అంటే డ్యుటీరియంకు ద్రవ్యరాశి లోపం 3.96242×10^{-30} kg దీనిని Δm తో సూచిద్దాం. గణితశాస్త్ర పరంగా ${}^{A}_{Z}X$ గా సూచింపబడ్డ పరమాణువుకు

న్యూక్లియాన్‌ల ద్రవ్యరాశుల మొత్తం $= Zm_p + (A-Z)m_n$

$$\therefore \qquad \Delta m = [Z.m_p + (A-Z)m_n] - M \qquad (27.1)$$

ఇక్కడ M కేంద్రకం వాస్తవ ద్రవ్యరాశి.

ద్రవ్యరాశి లోపానికి తుల్యమైన శక్తిని ద్రవ్య–శక్తి తుల్యతా నియమం ($E = mc^2$) ను ఉపయోగించి కనుక్కోవచ్చు.

$$BE = \Delta mc^2 \text{ joules} \qquad (27.2)$$

డ్యుటిరీయంకు

$$BE = (3.96242 \times 10^{-30}\ kg) \times (2.998 \times 10^{8}\ ms^{-1})^2$$

$$= 35.164 \times 10^{-14}\ kgm^2s^{-2}$$

$$= 3.5164 \times 10^{-13}\ J$$

$$= 2.223 \times 10^{6}\ eV$$

ఎందుకంటే $1\ eV = 1.602 \times 10^{-19}\ J$ కాబట్టి

దీన్ని మనం న్యూక్లియాన్‌లను బంధించే శక్తి ద్రవ్యరాశి లోపంగా కనిపిస్తుంది అని చెప్పవచ్చు. దీని అర్థం ఏమంటే డ్యూటిరీయం, కేంద్రకంలోని న్యూక్లియాన్‌లను అనగా ప్రోటాను, న్యూట్రాన్లను విడుదల చేయడానకి కనీసం 2.223 MeV శక్తిని పంపిణీ చేయాలి. ఇది న్యూక్లియాన్‌లను బంధించడానికి వాడే బలాలకు వ్యతిరేకంగా పనిచేస్తుందని చెప్పవచ్చు.

ఒక న్యూక్లియాన్‌కు బంధన శక్తి, $B = \Delta m\, c^2/A$

లేదా $$B = \frac{\left[Zm_p + (A-Z)m_n - M\right]c^2}{A} \qquad (27.3)$$

$^{12}_{6}C$, , మూలకానికి $Z = 6, A = 12, (A - Z) = 12 - 6 = 6$ మరియు

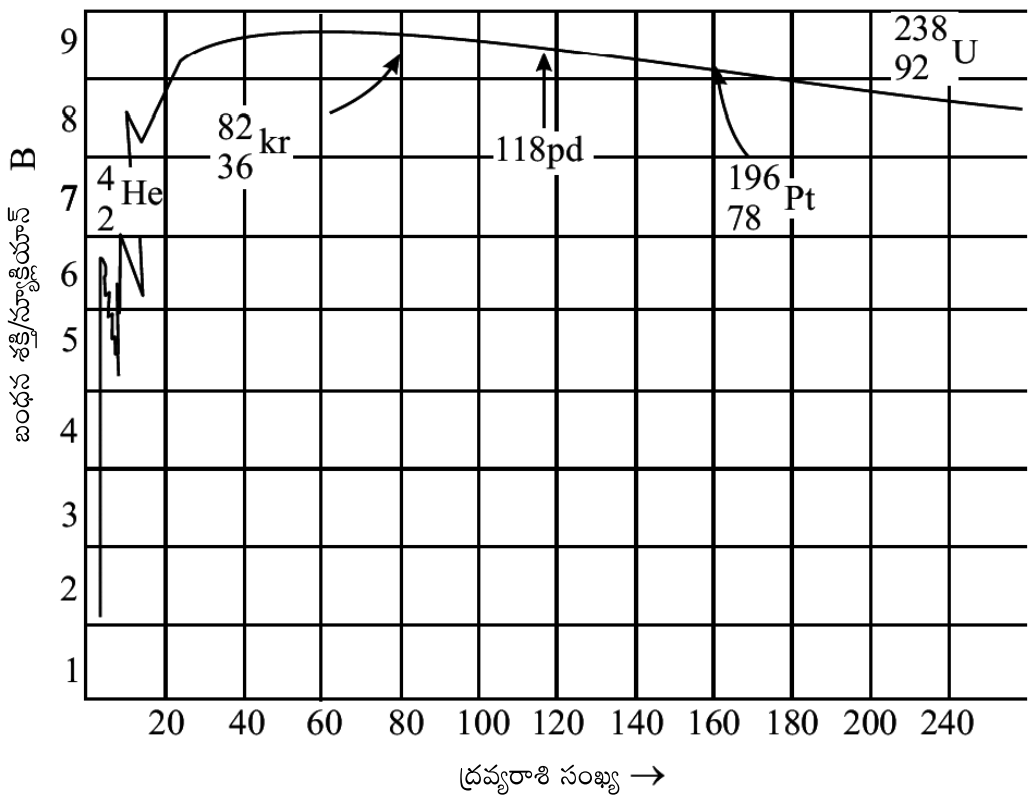
$M = 12u, (1\ u = 931.3\ MeV)$

బంధన శక్తి $$B = \frac{(6m_p + 6m_n - 12)\times 931.3}{12}\,MeV$$

$$= 7.14\ MeV$$

ఇక్కడ $m_p = 1.00727$ u మరియు $m_n = 1.00865$ u గా తీసుకున్నాం.

మనం హీలియం (A = 4) నుండి ఇనుము (A = 56) కు పెరుగుతున్నప్పుడు B విలువ 8.8 MeV కి పెరుగుతుంది. తరవాత నెమ్మదిగా తగ్గుతూ వచ్చి యురేనియం (A = 238) వద్ద 7.6 MeV పడిపోతుంది. ద్రవ్యరాశి సంఖ్యతో ఒక న్యూక్లియాన్ బంధన శక్తిలోని మార్పును పటం 27.2 సూచిస్తుంది.



పటం 27.2 : ద్రవ్యరాశి సంఖ్యతో ఒక న్యూక్లియాన్ బంధన శక్తిలో మార్పు

బంధన శక్తి వక్రం $^{4}_{2}He$, $^{12}_{6}C$, $^{16}_{8}O$, $^{20}_{9}Ne$ లకు నిశిత శిఖరాలను కలిగి ఉంటుంది. తేలికయిన కేంద్రకాలకు $A < 20$ బంధనశక్తి B తక్కువగా ఉంటుంది. ఉదాహరణకు భార హైడ్రోజన్ $\left(^{2}_{1}He\right)$ బంధన శక్తి 1.1 MeV (ఒక న్యూక్లియాన్‌కు). దాని పక్కన ఉన్న $^{4}_{2}He$, $^{12}_{6}C$, $^{16}_{8}O$ (సరి-సరి న్యూక్లియాన్‌లు అనగా సరిసంఖ్యలో ప్రోటాన్లు, సరి సంఖ్యలో న్యూట్రాన్లు గల నూక్లియస్)కు నిశిత శిఖరాలు ఉండడం అవి తమ పక్కనున్న కేంద్రకాల కంటె ఎక్కువ స్థిరత్వం కలిగి ఉంటాయని తెలుస్తుంది. దీనిని ఈ అధ్యాయం చివరలో చదువుకొంటాం.

కేంద్రక విచ్ఛిత్తి, కేంద్రక సంలీనాలనే దృగ్విషయాలను వివరించడంలో ఒక న్యూక్లియాన్ బంధనశక్తి వక్రం ఎంతో ఉపయోగపడుతుంది.

ఉదాహరణ 27.3 : బోరాన్ (Boron ($^{10}_{5}B$)) ద్రవ్యరాశి 10.811 u దాని ద్రవ్యరాశిని kg లలో గణించండి.

సాధన : $u = 1.660565 \times 10^{-27}$ kg,

$$10.811\ u = 10.811 \times 1.660565 \times 10^{-27}\ kg$$

$$= 17.952368 \times 10^{-27}\ kg$$

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 27.2

1. $^{7}_{3}Li$ పరమాణు కేంద్రక ద్రవ్యరాశి 6.01513 u బంధన శక్తి ద్రవ్యరాశి లోపం (ఒక్కొక్క న్యూక్లియాన్‌కు) కనుక్కోండి. $m_p = 1.00727$ u.; $m_n = 1.00865$ u మరియు 1 u = 931 MeV గా తీసుకోండి.
2. $^{8}_{4}Be$ పరమాణు కేంద్రక వ్యాసార్ధాన్ని కనుక్కోండి. ($R = r_0 A^{1/3}$; $r_0 = 1.2 \times 10^{-15}$ m లను ఉపయోగించండి)

27.2 కేంద్రక బలం

శాస్త్రజ్ఞులు న్యూట్రాన్-ప్రోటాన్ సిద్ధాంతాన్ని అంగీకరించిన తరవాత ఒక ముఖ్యమైన ప్రశ్న ఉత్పన్నమైంది. న్యూక్లియాన్‌లను బంధించే బలం స్వభావం ఏమిటి? గురుత్వాకర్షణ, విద్యుత్ అయస్కాంత అన్యోన్య చర్యలు మనం గమనించిన ఎన్నో విషయాలను వివరించగలవు, కనుక ఆ బలం వీటిలో ఏదో ఒకటి అవుతుంది అనుకోవడం సహజం. కాని కేంద్రకంలో అతి చిన్న పరిమాణంలోగల, ప్రోటాన్లు, న్యూట్రాన్లను గమనించినచో ఈ బలంఅత్యంత శక్తివంతమైన, తక్కువ వ్యాప్తిగల ఆకర్షణ బలం అని తెలుస్తుంది. ఇది రెండు ప్రోటాన్ల మధ్య స్థిర విద్యుత్ మూలంగా గల బలం కాదు. ఎందుకంటే స్థిరవిద్యుత్ బలం అంటే ప్రోటాన్‌ల మధ్య వికర్షణ ఉండాలి. ఒక వేళ ఈ బలాలే పనిచేస్తున్నట్లయితే న్యూక్లియాన్‌లు ఎగిరిపోయేవి. కాని ఇది జరగడంలేదు కదా! అంతేకాక న్యూక్లియాన్‌ల మధ్య బలం ఎక్కువ బంధన శక్తి (ఒక్కొక్క న్యూక్లియాన్‌కు సుమారు 8 MeV)కి కారణం. ఇప్పుడు గురుత్వాకర్షణ బలాన్ని తీసుకొందాం. ఇది చాలా బలహీనమైనది కనుక న్యూక్లియాన్‌ల మధ్య ఉండే శక్తివంతమైన బలానికి కారణం కాజాలదు. రెండు న్యూక్లియాన్‌ల మధ్య బలం ఏకాంకమైన, గురుత్వాకర్షణ బలం 10^{-39} ఘాతంలో ఉంటుంది. ఇంత వరకు మనకు తెలిసిన ఏ భౌతికశాస్త్ర సాంప్రదాయ బలంతో సంబంధం లేకుండా రెండు న్యూక్లియాన్ల మధ్య బలం పూర్తిగా ఆకర్షణ కలిగిన కొత్త రకమైనది. ఈ కొత్త ఆకర్షణ బలాన్ని కేంద్రక బలం అంటారు.

27.2.1 అభిలక్షణ ధర్మాలు

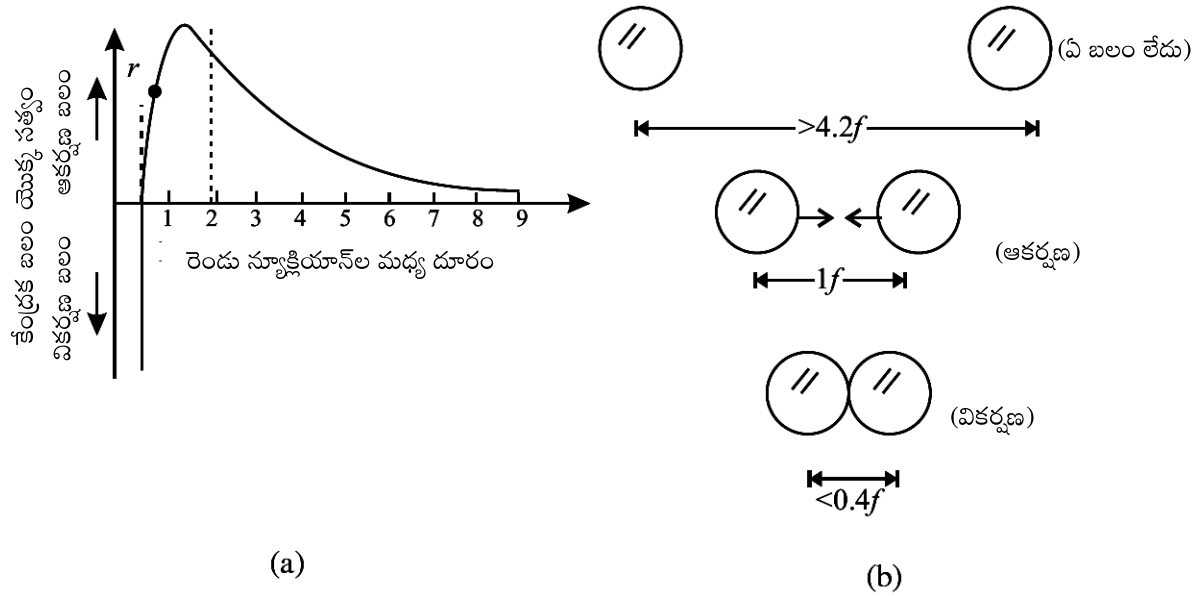
గురుత్వాకర్షణ మరియు స్థిర విద్యుత్ బలాలు విలోమ వర్గ నియమాన్ని పాటిస్తాయని తెలుసు. న్యూక్లియాన్‌లు అత్యంత సాంద్రతలో సంపుటీకరణం చెంది ఉంటాయి. న్యూక్లియాన్లను బంధించి ఉంచే కేంద్రక బలం పరిసరాల్లో ఉండే న్యూక్లియాన్ల మధ్యే ఉండాలి. కనుక కేంద్రక బలం తక్కువ దూరంలో ($\sim 10^{-15}$m) పనిచేసే అల్పవ్యాప్తి బలమై (short range) ఉండాలి.

కేంద్రక బలాలు, కింది వాటి మధ్య ఆకర్షణ బలాలకు కారణమవ్వాలి.

- ఒక ప్రోటాన్ మరియు ఒక న్యూట్రాన్
- రెండు ప్రోటాన్లు
- రెండు న్యూట్రాన్లు

కేంద్రకంలో ప్రోటాన్లు, న్యూట్రాన్లు ఏవిధంగా కలిసినా, వాటి ఒకొక్క న్యూక్లియాన్ బంధన శక్తి (B) సమానం కనుక వాటి మధ్య బలం సమానం అని భావించవచ్చు. అనగా కేంద్రక బలం ఆవేశంపై ఆధారపడదు. పై పెచ్చు కేంద్రక బలం సంతృప్త స్వభావం (Saturation property) ను చూపిస్తుంది. అనగా కేంద్రక బలం పరిమిత ఆకర్షణ చూపిస్తుంది. కేంద్రకం ఒక చివర నుండి మరొక చివర ఉన్న న్యూక్లియాన్‌తో కాక ఒక న్యూక్లియాన్ తన పరిసరాలలోని న్యూకియాన్‌తో మాత్రమే అన్యోన్య చర్య జరుపుతుంది.

కేంద్రక బలం ఒక్క ఆకర్షణ బలమే అయితే అన్ని న్యూక్లియాన్‌లు దాని ప్రాబల్యంవల్ల కలిసిపోయి ఉండేవి. కాని న్యూక్లియాన్‌ల మధ్య సగటు దూరం స్థిరం అని మనకు తెలుసు. కేంద్రక ఘనపరిమాణం మొత్తం న్యూక్లియాన్‌ల సంఖ్యకు అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది. దీనికి కారణం ఏమై ఉండవచ్చు అంటే, న్యూక్లియాన్లు ఒక సందిగ్ధ (critical) దూరంలో ఉన్నప్పుడు మాత్రమే కేంద్రక బలాలు ఆకర్షణ స్వభావాన్ని కలిగి ఉంటాయి. సందిగ్ధ విలువ కంటె దూరం తక్కువైనప్పుడు కేంద్రక బల స్వభావం అకస్మాత్తుగా మారుతుంది. ఆకర్షణ వికర్షణగా మారుతుంది. (ఈ వికర్షణను స్థిర విద్యుత్ వికర్షణగా భావించకూడదు). కేంద్రక బలాల ఈ గుణాత్మక విషయాలను పటం 27.3 లో చూడవచ్చు.



పటం 27.3 : (a) దూరంతో కేంద్రక బలాలలో మార్పు (b) న్యూక్లియాన్‌ల మధ్య బలాలపై న్యూక్లియర్ దూరాల ప్రభావం

27.3 రేడియో ధార్మికత మరియు దాని ఆవిష్కరణ

భూమి వయస్సు ఎంత? త్రవ్వకాలలో దొరికిన రాళ్ళు, శిలాజలాల వయస్సును భూ విజ్ఞాన శాస్త్రజ్ఞులు ఎలాఅంచనా వేస్తారు? క్యాన్సర్ కణాల వైద్యంలో వాడే రేడియో థెరపీ అనగానేమి? ఇలాంటి ఆసక్తికరమైన ప్రశ్నలకు సమాధానం రేడియో ధార్మికత అధ్యయనంలో ఉంది. స్థిరత్వాన్ని పొందటానికి పరమాణువులు వికిరణాన్ని ఉద్గారం చేసే సహజ ప్రక్రియ ఇది. దీన్ని యాదృచ్ఛికంగా కనుగొన్నప్పటికీ ఇది కొత్త భౌతికశాస్త్రానికి గొప్ప ఆరంభం అయ్యింది. పారిశ్రామిక, వ్యవసాయ, వైద్య రంగాల్లో దీని వల్ల ఎన్నో ఉపయోగాలున్నాయి. దీని గురించి ఇప్పుడు చదువుకుందాం.

27.3.1 ఆవిష్కరణ

రేడియో ధార్మికతను కనుగొనడం వెనక ఒక ఆసక్తికరమైన కథ ఉంది. 1896లో ఫ్రాన్సుకు చెందిన భౌతికశాస్త్రవేత్త A.H. బెక్వరల్ (A.H. Becquerel) ప్రతిదీప్తి (Fluorescence) అనే దృగ్విషయంపై పరిశోధన చేస్తున్నాడు. కొన్ని పదార్థాల మీద అతినీలలోహిత కిరణాలు పడినప్పుడు ఆ పదార్థాలు దృశ్య కాంతిని విడుదల చేయడమే ప్రతిదీప్తి. తన టేబుల్ అరలో కొన్ని ఖనిజాలతో బాటు కొన్ని సీల్‌చేసిన పెట్టెల్లో ఫోటోగ్రాఫిక్ ప్లేటును పెట్టాడు. కొన్ని రోజుల పాటు వాటిని కదిలించలేదు. ఒక నాడు బెక్వరల్ ఫోటో తీయడానికి ఫోటోగ్రాఫిక్ ప్లేటును వాడి డెవలప్‌చేసి చూసి మసకగా ఉండడంతో అవి ముందే అవి ఉపయోగించినవని భావించి నిరుత్సాహపడ్డాడు. మరికొన్ని పెట్టెల్లోని ఫోటోగ్రాఫిక్ ప్లేట్లను వాడడానికి ప్రయత్నించి అవి కూడా పాడైపోయి ఉండడం చూసాడు. సీల్ చేయబడి, నల్లటి కాగితంలో చుట్టబడిన ప్లేట్లు కూడా ఎందుకు పాడైపోయాయో అతనికి అర్థంకాలేదు.

ఆశ్చర్యపోయిన బెక్విరల్ దీనిపై మరింత పరిశోధనలు సాగించాడు. టేబుల్ అరలో పెట్టిన యురేనియం దీనికి కారణం అని, యురేనియం లవణం నుంచి వచ్చే కొత్తరకమైన అదృశ్య వికిరణాలు దీనికి కారణం అని నిర్ధారించాడు. ఈ వికిరణాలను బెక్వెరల్ కిరణాలు అని, ఈ వికిరణాలు ఉద్గారం చెందే దృగ్విషయాన్ని రేడియో ధార్మికత అని అన్నారు. ఈ ధర్మాన్ని ప్రదర్శించే మూలకాలను రేడియో ధార్మిక మూలకాలు అంటారు.

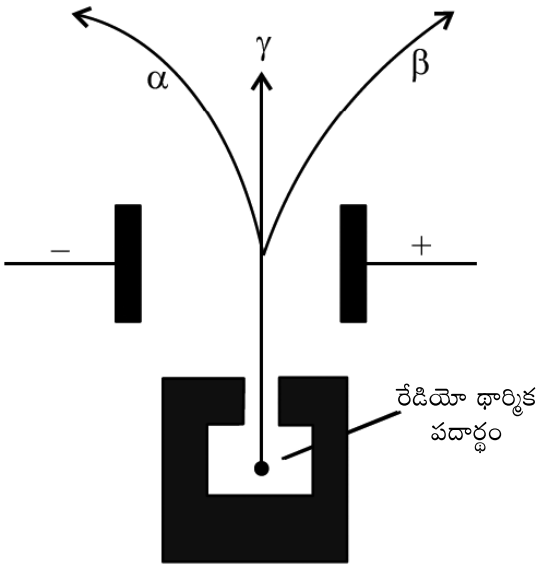
ఈ ఆవిష్కరణ తరవాత, విపులంగా చేసిన పరిశోధనల ఆధారంగా మేడమ్ క్యూరీ తన భర్త పెర్రి క్యూరీతో కలసి అతి కష్టతరమైన రసాయనిక అంశీకరణం (Chemical fractionating) పద్ధతి ద్వారా యురేనియం ఖనిజం నుండి ఒక మూలకాన్ని వేరుచేసింది. రేడియం అనే ఈ కొత్త మూలకం యురేనియం కన్నా మిలియన్ రెట్లు రేడియో ధార్మికతను కలిగి ఉంటుంది. మేడమ్ క్యూరీ కనుగొన్న మరియొక మూలకం పేరు తన దేశం పోలాండ్ గౌరవార్థం పొలోనియం (Polonium) గా పెట్టింది.

27.3.2 వికిరణ స్వభావం

1899 లో బ్రిటిష్ భౌతికశాస్త్రవేత్త లార్డ్ రూథర్‌ఫర్డ్ (Lord Rutherford) రేడియో ధార్మిక పదార్థాలు వెలవరించే బెక్వెరల్ కిరణాలను విశ్లేషించాడు. ఇతను రెండు సుస్పష్టమైన అంశాల అస్థిత్వాన్ని స్థిరపరచాడు. అవి α-కిరణాలు మరియు β-కిరణాలు. మూడో వికిరణమైన గామా కిరణాల అస్థిత్వాన్ని విల్లార్స్ (P. Villars) స్థిరపరచాడు.

అన్ని పరమాణువుల కేంద్రకాలు ధనావేశిత ప్రోటాన్లను కలిగి ఉంటాయని మనకు తెలుసు. ఇవి శక్తివంతమైన స్థిర విద్యుత్ వికర్షణ బలంవల్ల ఒకదానికొకటి దూరంగా ఉంటాయి. ఈ వికర్షణను అధిగమించడానికి కేంద్రకంలోని

న్యూట్రాన్లు జిగురులాగ పనిచేస్తాయి. కాని ఎక్కువ భారంగల కేంద్రకాల్లో ఈ స్థిర విద్యుత్ వికర్షణ కేంద్రకాన్ని స్థిరంగా ఉంచలేదు. ఇలాంటి కేంద్రకాలు స్థిరత్వాన్ని పొందటానికి పటం 27.4లో చూపిన విధంగా α, β, γ కిరణాలను ఉద్గారంచేస్తు స్వచ్ఛందంగా విచ్ఛిన్నం అవుతాయి. కనుక మనం సహజ రేడియో ధార్మికతలో α, β, γ కిరణాలు వెలువడతాయని చెప్పవచ్చు.



పటం 27.4 : α, β, γ **వికిరణాల ఉద్గారం**

ఈ ఉద్గార వికిరణాన్ని **రేడియోధార్మిక వికిరణం** అని పరమాణు కేంద్రకాలు విచ్ఛిన్నం చెందటాన్ని (α, β, γ కిరణాలను ఉద్గారం చేయడం ద్వారా) **రేడియో ధార్మిక క్షయీకరణం** (Radioactive decay) అని అంటారు. కొన్నిసార్లు స్థిరమైన కేంద్రకాలను తేలికైన కణాలతో (న్యూట్రాన్, ప్రోటాన్‌లాంటి వాటితో) ఢీకొట్టడం ద్వారా రేడియోధార్మికతను ప్రేరితం చేయవచ్చు. అప్పుడు దీన్ని కృత్రిమ రేడియోధార్మికత అంటారు. దీని అభిలక్షణం ఏమిటంటే, ఇది స్వచ్ఛందమైనది మరియు α, β ఉద్గారమయినప్పుడు కొత్త మూలకానికి చెందిన కొత్త కేంద్రకం ఏర్పడుతుంది. అనగా ఒక మూలకం ఇంకో మూలకంగా మారుతుంది. ఇది కేంద్రక విచ్ఛిన్న దృగ్విషయం మరియు కొత్త కేంద్రక పరివర్తనాన్ని (Mutation) ని సూచిస్తుంది α, β, γ వికిరణాల అభిలక్షణ ధర్మాలను చదువుదాం.

(i) α–కిరణాలు:

α కణాలు $\left({}^{4}_{2}\text{He}\right)$ హీలియం కేంద్రకాలు. ఇది రెండు ప్రోటాన్లు, రెండు న్యూట్రాన్లను కలిగి ఉంటుంది. ఈ కిరణాల వివరణాత్మకమైన అధ్యయనం వల్ల వెల్లడైన ఈ కణాల ధర్మాలు

- ఆవేశ పూరిత కణాలు కావడంవల్ల ఇవి విద్యుత్ అయస్కాంత క్షేత్రాల్లో అపవర్తనం చెందుతాయి.
- జింక్ సల్ఫైడ్ (Zinc sulphide) బేరియం ప్లాటినో సైనైడ్ (Platino cyanide) లాంటి పదార్థాలలో ప్రతిదీప్తిని కలగచేస్తాయి. ఫోటోగ్రాఫిక్ ప్లేట్‌ను ప్రభావితం చేస్తాయి. కొన్ని మూలకాల్లో రేడియోధార్మికతను ప్రేరితంచేసి, కేంద్రక చర్యలను కలుగచేస్తాయి.
- వీటి అయనీకరణ సామర్థ్యం చాలా ఎక్కువ. గాలిలో ప్రయాణిస్తున్న ఒక α కణం శోషణం చెందుటకు పూర్వం ఎన్నో వేల వాయు పరమాణువులను అయనీకరణం చేస్తాయి.
- వీటికి ఘనపదార్థాల్లో చొచ్చుకుపోయే శక్తి తక్కువ. ఇవి పలుచని లోహ పలకల చేత పరిక్షేపణ చెందుతాయి. 0.02 mm మందం గల అల్యూమినియం రేకులతో వీటిని ఆపవచ్చు.
- రేడియో ధార్మిక పదార్థాల నుండి వెలువడిన α – కిరణాల శక్తి ఉద్గార కేంద్రకం అభిలక్షణం. ఇది $1.4 \times 10^{7}\ \text{ms}^{-1}$ నుండి $2.05 \times 10^{7}\ \text{ms}^{-1}$ మారుతున్న వేగాలకు అనుగుణంగా ఉంటుంది.

(ii) β – కణాలు

β-కణాలు రుణ మరియు ధనావేశాలు కలిగి ఉంటాయి. న్యూట్రాన్, ప్రోటాన్‌గా, ప్రోటాన్ న్యూట్రాన్‌గా మారే ప్రక్రియలో కేంద్రకం నుండి ఇవి ఉత్పన్న మవుతాయి. మరింత అధ్యయనం ద్వారా ఈ కింది ధర్మాలను చెప్పవచ్చు.

- ఆవేశపూరిత కణాలు కావడంవల్ల ఇవి విద్యుత్, అయస్కాంత క్షేత్రాల్లో అపవర్తనం చెందుతాయి.
- జింక్ సల్ఫైడ్, బేరియం ప్లాటినో సైనైడ్ $[Pt(CN)_4]^{2-}$ లాంటి పదార్థాల్లో ప్రతిదీప్తిని కలగచేస్తాయి. ఫోటోగ్రఫిక్ ప్లేటును ప్రభావితం చేస్తాయి.
- α కణాలకంటే చాలా తక్కువగా వాయు పరమాణువులను అయనీకరణం చెందిస్తాయి.
- రుణావేశిత β కణాలు కొన్ని మి.మీ. అల్యూమినియం పలకల గుండా చొచ్చుకుపోతాయి. ఇది α – కణాలకన్నా 100 రెట్లు ఎక్కువ చొచ్చుకుపోయే శక్తిని కలిగి ఉంటాయి.
- రుణ β కణాల సగటు శక్తులు 2 MeV నుండి 3 MeV లమధ్య ఉంటాయి. తక్కువ ద్రవ్యరాశి వల్ల వీటి వేగాలు 0.33 c నుండి 0.988c మధ్య ఉంటాయి. ఇక్కడ c కాంతి వేగం.

(iii) γ–కిరణాలు

γ–కిరణాలు అత్యంత ఎక్కువ పౌనఃపున్యంగల విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు, కాబట్టి ఇవి అత్యంత శక్తిని కలిగి ఉంటాయి. కింది ధర్మాల ఆధారంగా వీటి అభిలక్షణాలను తెలపవచ్చు.

- ఇవి విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రాల్లో అపవర్తనం చెందవు.
- స్వేచ్ఛాంతరాళంలో (free space) ఇవి కాంతి వేగంతో ప్రయాణిస్తాయి.
- వీటి చొచ్చుకు పోయే శక్తి α, β కణాలు కన్నా ఎక్కువ. ఇవి కొన్ని సెం.మీ. మందంగల ఇనుము మరియు సీసం పలకల గుండా చొచ్చుకుపోగలవు.
- α, β కణాల కన్నా వీటి అయనీకరణ సామర్థ్యం తక్కువ.
- ఇవి జింక్ సల్ఫైడ్, బేరియం ప్లాటినోసైనైడ్ లాంటి పదార్థాలతో ప్రతిదీప్తిని కలగచేస్తాయి మరియు ఫోటోగ్రాఫిక్ ప్లేట్లను ప్రభావితం చేస్తాయి.
- γ–కిరణాలు లోహ తలంపై పడినప్పుడు ఆ తలం నుండి ఎలక్ట్రాన్‌లు వెలువడతాయి. మరియు తలాన్ని వేడిచేస్తాయి. కఠిన γ–కిరణాలు (ఎక్కువ శక్తి γ–కిరణాలు) ను కాన్సర్ చికిత్స రేడియో థెరపీలో వాడతారు.

మేరీక్యూరి (Marie Curie) (1867–1934)

1903లో నోబెల్ బహుమతిని, రేడియోధార్మికత అధ్యయనానికి గాను తన భర్త పెర్రి క్యూరీ మరియు బెక్వెరల్‌తో పంచుకుంది. ఈమె రెండుసార్లు నోబెల్ బహుమతి పొందిన మొదటి వ్యక్తి, మరియొక నోబెల్ బహుమతి 1911లో రసాయనశాస్త్రంలో వచ్చింది. కృత్రిమ రేడియోధార్మికతను కనుగొన్నందుకు ఆమె కూతురు జూలియట్ (Joliot) కు కూడా రసాయనశాస్త్రంలో కృత్రిమ రేడియో ధార్మికత కనుగొన్నందుకు నోబెల్ బహుమతి వచ్చింది.

27.3.3 రేడియో ధార్మిక క్షయీకరణం

ఏ రేడియో ధార్మిక క్షయంలో అయినా స్వచ్ఛంద ఉద్గారం వల్ల ఒక α–కణం లేదా ఒక β–కణం వెలువడుతుంది. ఒక రేడియో ధార్మిక మూలకం యొక్క కేంద్రకం (జనక కేంద్రకం) నుండి α – కణం ఉద్గారం చెందడంవల్ల ఆ మూలకం పరమాణు సంఖ్య రెండు, ద్రవ్యరాశి సంఖ్య నాలుగు తక్కువగా గల కొత్త మూలకంగా (జన్యుకేంద్రకం) గా మారుతుంది. అలాగే β కణ ఉద్గారం జనక కేంద్రకంను పరమాణు సంఖ్య ఒకటి ఎక్కువగా గల అదే ద్రవ్యరాశి సంఖ్యగల కొత్త జన్యుకేంద్రకం గాను మారుస్తుంది. γ–కిరణ ఉద్గారం పరమాణు సంఖ్యను గాని, ద్రవ్యరాశి సంఖ్యను గాని మార్చదు. కనుక కొత్త కేంద్రకం ఏర్పడదు.

ఏ కేంద్రక విఘటనంలోనయినా ఆవేశ సంఖ్య (Z), ద్రవ్యరాశి సంఖ్య (A) ఎప్పుడూ నిత్యత్వం అవుతాయి. X తో సూచించబడిన ఏ రేడియోధార్మిక కేంద్రకం మార్పులనైనా కింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

$$ {}^{A}_{Z}X \xrightarrow{\alpha-\text{క్షయం}} {}^{4}_{2}He + {}^{A-4}_{Z-2}Y $$

(α-కణం)

$$ {}^{A}_{Z}X \xrightarrow{\beta-\text{క్షయం}} {}^{0}_{-1}e + {}^{A}_{Z-1}Y $$

(β-కణం)

$$ \left({}^{A}_{Z}X\right)^{*} \xrightarrow{\gamma-\text{క్షయం}} {}^{A}_{Z}X + \gamma $$

* సంజ్ఞ మూలకం ఉత్తేజిత స్థితిలో ఉన్నదని తెలుపుతుంది.

27.3.4 రేడియో ధార్మిక క్షయీకరణ నియమం

కొంత రేడియో ఐసోటోప్‌ను తీసుకుంటే అది నెమ్మదిగా కొంత కాలానికి విఘటనం చెంది తరిగిపోతుంది. రేడియో ధార్మిక క్షయీకరణాన్ని వివరించే నియమం చాలా సరళమైంది. రేడియో ధార్మిక విఘటన రేటు. బాహ్యాకారకాలైన ఉష్ణోగ్రత, పీడనం మొదలైన వాటిపై ఆధారపడదు. ఇది ఒక్క యాదృచ్ఛిక నియమంపై మాత్రమే ఆధారపడుతుంది. **ఒక సెకనుకు విఘటనం చెందే రేడియోధార్మిక పరమాణువుల సంఖ్య ఆ క్షణంలో ఉన్న రేడియోధార్మిక పరమాణువుల సంఖ్యకు అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది. దీన్నే రేడియో ధార్మిక క్షయీకరణ నియమం అంటారు.**

t = 0 వద్ద N_0 రేడియోధార్మిక పరమాణువుల సంఖ్య అనుకోండి. t కాలం తరవాత దానిలో N (t) రేడియోధార్మిక పరమాణువులు ఉంటాయనుకుందాం. dt కాలంలో క్షయమైన పరమాణువుల సంఖ్య dN అయిన, (t + dt) సమయం వద్ద రేడియోధార్మిక పరమాణువులు (N – dN) అయిన క్షయీకరణ రేటు.

$$ \frac{dN(t)}{dt} \propto N, $$

$$ \frac{dN(t)}{dt} = -\lambda N(t) \qquad (27.4) $$

ఇక్కడ λ విఘటన స్థిరాంకం ఇది క్షయీకరణకు లోనవుతున్న రేడియోధార్మిక పదార్థ అభిలక్షణం. రుణ సంజ్ఞ – కాలం గడిచే కొద్దీ కేంద్రకాల సంఖ్య తగ్గుతుందని తెలుపుతుంది. ఈ సమీకరణాన్ని తిరిగి వ్రాసిన

$$\lambda = -\frac{1}{N(t)}\frac{dN(t)}{dt} \qquad (27.5)$$

కనుక, తక్షణ విఘటన రేటుకు, ఆ క్షణంలో ఉన్న రేడియోధార్మిక పరమాణువుల సంఖ్యకు గల నిష్పత్తినే విఘటన స్థిరాంకం λ అంటారు.

క్షయీకరణ నియమాన్ని కొన్నిసార్లు ఘాతీయ రూపంలో వ్రాస్తాం. దీన్ని క్షయీకరణ ఘాతాంక నియమం అంటారు. దీన్ని కింది విధంగా రాబట్టవచ్చు.

సమీకరణం 27.4 ను తిరిగి వ్రాసిన

$$\frac{dN(t)}{N(t)} = -\lambda\, dt$$

ఇరువైపులా సమాకలనం చేస్తే

$$N(t) = -\lambda t + k$$

$$t = 0,\ N(t) = N_0$$

$$\therefore \quad k = I_n\, N_0$$

కాబట్టి

$$N(t) - I_n\, N_0 = -\lambda t$$

లేదా $$I_n\left(\frac{N(t)}{N_0}\right) = -\lambda t$$

ప్రతి సంవర్గమానం (antilog) చేస్తే మనకు కావలసిన ఫలితం వస్తుంది.

$$N(t) = N_0 \exp(-\lambda t), \qquad (27.6)$$

ఈ నియమం నుండి గ్రహించవలసిన అతి ముఖ్య సారాంశం ఏమనగా ఎప్పుడయితే $t = \infty$ అవుతుందో అప్పుడు మాత్రమే N శూన్యమవుతుంది. కనుక ఏ రేడియోధార్మిక పదార్థంకూడా ఎంతకాలమైన పూర్తిగా మాయం అవదు.

వేరు వేరు విఘటనా స్థిరాంకాలు (λ) ఉండడంవల్ల వివిధ రేడియోధార్మిక పదార్థాలు ఒకే పరమాణు సంఖ్య N_0 తో మొదలైనా కాని, తరవాతి కాలంలో అవి వేరువేరు N(t) విలువలు కలిగి ఉంటాయి. కనుక అవి ఒకే విఘటన రేటును కలిగి ఉండవు.

విఘటనా ప్రమాణాలు

విఘటనా స్థిరాంకాన్ని ఒక సెకనుకు గణిస్తారు. ఏ క్షణంలోనైనా రేడియోధార్మిక పదార్థాల క్రియాశీలత (activity) ని విఘటనాల రేటుతో లెక్కిస్తారు. దీని SI ప్రమాణం బెక్వెరల్

1 బెక్వరల్ (Bq) = 1 విఘటనం / సెకను

క్షయీకరణ స్థిరాంకానికి మరియొక ప్రమాణం క్యూరి

1 క్యూరీ (Ci) = 3.7×10^{10} విఘటనాలు /సెకను

రేడియం (Ra) విఘటనాల రేటు సెకను/గ్రాము. ఇక్కడ సెకన్/గ్రాములుగా చెప్తాము.

మరియొక ప్రమాణం రూథర్‌ఫర్డ్ ((Rd))

1 Rd = 10^6 విఘటనాలు/సెకను

27.3.5 అర్ధజీవిత కాలం ($T_{1/2}$)

ఒక రేడియోధార్మిక పదార్థం యొక్క రేడియో ధార్మిక కేంద్రకాలు తమ తొలి కేంద్రకాల సంఖ్యలో సగం కావడానికి పట్టే కాలాన్ని ఆ రేడియో ధార్మిక పదార్థం యొక్క అర్ధజీవిత కాలం ($T_{1/2}$) అంటారు.

నిర్వచనం ప్రకారం $t = T_{1/2}$ వద్ద; $N = No/2$

కనుక సమీకరణం 27.6 ఉపయోగించి

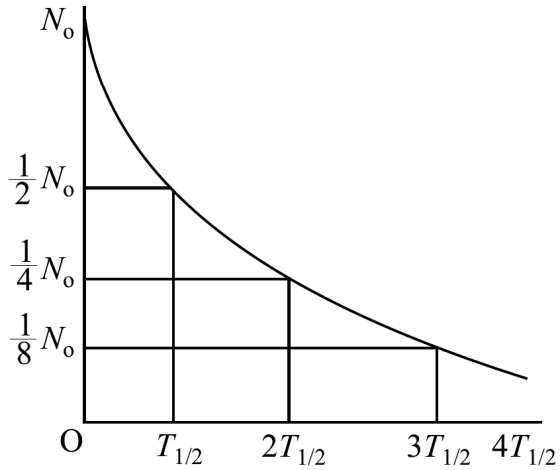
$$N_0/2 = N_0 \exp(-\lambda T_{1/2})$$

లేదా $$\lambda T_{1/2} = \log_e 2$$

$$T_{1/2} = \frac{\log_e 2}{\lambda}$$

$$= \frac{2.303 \times \log_{10} 2}{\lambda}$$

$$= \frac{0.693}{\lambda} \qquad (27.7)$$



పటం 27.5 రేడియో ధార్మిక క్షయీకరణ వక్రం

ఏ రేడియో ధార్మిక పదార్థ అర్ధ జీవితకాలం అయినా దాని విఘటనా స్థిరాంకానికి విలోమానుపాతంలో ఉంటుంది. మరియు ఇది ఆ రేడియోధార్మిక కేంద్రకం యొక్క అభిలక్షణం. (రేడియోధార్మిక కార్బన్) అర్ధ జీవితకాలం 5730 సంవత్సరాలు. అనగా ఒక గ్రాము $^{14}_{6}C$, 5730 సంవత్సరాలకు 0.5 g కు తగ్గిపోతుంది. ఈ సంఖ్య మరో 5730 సంవత్సరాల్లో మరింత తగ్గి 0.5 / 2 = 0.25 g అవుతుంది. (మొత్తం 11460 సంవత్సరాల్లో 1 గ్రాము 0.25 g అవుతుంది). రేడియోధార్మికత నమూనా కాలంతో క్షయీకరణం చెందటాన్ని పటం 27.5లో చూడండి.

ఉదాహరణ 27.4

మోహంజదారో త్రవ్వకాల్లో బయటపడ్డ జంతు శిలాజాలం 9 క్షయాలు/నిమిషం/గ్రాము కార్బన్‌ల క్రియాశీలత కలిగి ఉంది. ఇండస్ వ్యాలి నాగరికత వయస్సును కనుగొనండి. జీవించి ఉన్న అలాంటి జంతువు $^{14}_{6}C$ క్రియాశీలత 15 క్షయాలు/నిమిషం/గ్రాము మరియు అర్ధ జీవితకాలం 5730 సంవత్సరాలు.

సాధన : రేడియోధార్మిక కార్బన్ ఐసోటోప్ $^{14}_{6}C$. ఇది జీవి కణజాలాల్లో స్థిరమైన శాతంగా ఉంటుంది. కాని చనిపోయిన తరవాత దాని శాతం రేడియోధార్మిక క్షయంవల్ల తగ్గిపోతుంది. రేడియోధార్మిక క్షయీకరణ నియమం ఉపయోగించి కనుగొంటే

$$N(t) = N_0 \exp(-\lambda t)$$

$$N/N_0 = \exp(-\lambda t)$$

లేదా $$9/15 = \exp(-\lambda t)$$

లేదా $$\log_e (9/15) = -\lambda t$$

లేదా $$\log_e\left(\frac{15}{9}\right) = \lambda t$$

ఇది $t = 1/\lambda\ [\log_e (15/9)]$ గా మారుతుంది.

ఇక్కడ $T_{1/12} = 0.693/\lambda = 5730$ సంవత్సరాలు

$$t = 2.303 \times (5730/0.693)\ [\log_{10}15 - \log_{10}9]$$

కాబట్టి $t = 4224.47$ సంవత్సరాలు

కార్బన్ –14 కలిగిన నమూనా జీవి 4224.47సంవత్సరాల క్రితం బతికి ఉండేది. కనుక ఇండస్‌వ్యాలి నాగరికత వయస్సు సుమారు 4225సంవత్సరాలు.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 27.3

1. రేడియోధార్మికత, కేంద్రక విఘటనా దృగ్విషయమని ఎలా చెప్పగలవు?
2. α, β మరియు γ వికిరణాల అయనీకరణ, చొచ్చుకొని పోయే సామర్థ్యాలను పోల్చండి.
3. ఈ కింది క్షయీకరణ సమీకరణాల్లో ఆవేశ నిత్యత్వనియమం, ద్రవ్యరాశి సంఖ్యలను ఉపయోగించి a, b విలువలను కనుక్కోండి.

   (i) $^{A}_{Z}X = ^{4}_{2}He + ^{b}_{a}Y + \gamma$

   (ii) $^{A}_{Z}X = ^{0}_{-1}e + ^{b}_{a}Y + \gamma$
4. ఒక రేడియోధార్మిక పదార్థం అర్ధ జీవితకాలం 5 సంవత్సరాలు. 10 g ఈ పదార్థం ఎంత కాలంలో 2.5 g కు తరిగిపోతుంది?

27.3.6 రేడియోధార్మిక అనువర్తనాలు

నిత్యజీవితంలో రేడియోధార్మికతకు ఎన్నో ఉపయోగాలున్నాయి. వాటిలో కొన్ని కింద ఇవ్వబడ్డాయి.

1. **వైద్యరంగంలో :** కాన్సర్ చికిత్సలో రేడియోధార్మిక కోబాల్ట్ (cobalt) జనకం ఉద్గారం చేసిన α-కిరణాలను కాన్సర్ కణాలను ధ్వంసం చేయడానికి (రేడియోథెరపి) వాడతారు. రేడియోధార్మిక పరమాణు ఒక్క వికిరణాన్ని కూడా పసిగట్టే పరికరాన్ని రేడియోధార్మిక పదార్థాన్ని ఉంచిన పెట్టె వెలుపల చాలా దూరంగా ఉంచుతారు. సూక్ష్మ గ్రాహ్యత గల ఈ నిర్ధారణ టెక్నిక్ (Tracer technique) రోగ నిర్ధారణ పరీక్షల్లో ముఖ్యమైన సాధనం. ఉదాహరణకు శరీర భాగంలోని అల్సర్‌ను గుర్తించడంలో హాని చేయని రేడియోధార్మిక మూలకాల ను రోగి శరీరంలోకి ఇంజక్షన్ ద్వార పంపించి దాని కదలికలను రికార్డు చేస్తారు. రోగగ్రస్తమైన భాగం రేడియోధార్మిక పరమాణువును శోషణం చేసుకొంటుంది. తద్వారా దాని కదలిక తగ్గిపోతుంది. దీన్ని బట్టి రోగగ్రస్తమైన భాగాన్ని సులభంగా గుర్తించవచ్చు.

2. **వ్యవసాయ రంగంలో :** విత్తనాలను నియంత్రిత γ వికిరణానికి గురిచేయడం ద్వారా పంటల, ఫలాల, కూరగాయల నాణ్యతను, దిగుబడిని పెంచవచ్చు. వీటిని నిలువ ఉంచుటకు ముందు వికిరణానికి గురిచేస్తే అవి త్వరగా పాడవవు.

3. **భూ విజ్ఞానశాస్త్రంలో :** పురాతన శిలాజాల వయస్సును నిర్ధారించడంలో కార్బన్ కలిగి ప్రాణమున్న జీవాల్లో అది 15 క్షయాలు/నిమిషం/గ్రాము సాధారణ క్రియాశీలత కలిగి ఉంటుంది. సాధారణ కార్బన్ (^{12}C) తో బాటు వాతావరణంలో ఉండే రేడియోధార్మికత $^{14}_{6}C$ వల్ల క్రియాశీలత సంభవిస్తుంది. ఈ ^{14}C ఐసోటోప్‌ను వాతావరణం నుండి మొక్కలు గ్రహిస్తాయి. మొక్కలను తిన్న జంతుజాలాల్లోకి ఇది ప్రవేశిస్తుంది. 10^8 లో ఒక భాగం రేడియోధార్మిక కార్బన్ అన్ని జీవజాలల్లో (జంతువులు, మొక్కలు) ఉంటుంది. జీవి చనిపోగానే వాతావరణంలో అన్యోన్యచర్య తగ్గిపోయి, ^{12}C ను శోషణం చేయడం ఆగిపోతుంది. క్రియాశీలత నెమ్మదిగా తగ్గిపోతుంది. దీన్నిబట్టి నమూనా వయస్సును సుమారుగా అంచనావేయగలం. భూవిజ్ఞానశాస్త్రజ్ఞులు శిలాజాలాల వయస్సు కనుగొనే ఈ సూత్రాన్ని కార్బన్ డేటింగ్ (Carbon-dating) అంటారు.

   ఇదే సూత్రం ఆధారంగా, యురేనియం ఖనిజం నమూనాల్లోని ^{238}U, ^{206}Pb సాపేక్ష మొత్తాలను కొలవడం ద్వారా భూమి వయస్సును కూడా అంచనా వేయవచ్చు. భూమి జన్మించినప్పుడు యురేనియం నమూనాలో సీసం (lead) లేదు అనుకోండి. కాలం గడిచిన కొద్దీ యురేనియం క్షయం చెంది సీసంగా మారిపోతుందనుకొంటె, నమూనాలో ఉన్న సీసం మొత్తం దాని వయస్సును సూచిస్తుంది. ఈ పద్ధతిని ఉపయోగించి ప్రస్తుత భూ వయస్సును 4 బిలియన్ సంవత్సరాలని అంచనా వేశారు.

4. **పారిశ్రామిక రంగంలో :** పెద్ద యంత్రాల నిర్మాణ లోపాలను గుర్తించడానికి γ-వికిరణాలను ఉపయోగిస్తారు. ఉదాహరణకు గాలి బుడగ ఉన్నచోట γ-కిరణాలు ఎక్కువగా చొచ్చుకుపోతాయి.

27.4 కేంద్రక విచ్ఛిత్తి మరియు సంలీనాలు

సూర్యుడు, భూమి మీద మానవకోటికి కావలసిన శక్తిని నిరంతరాయంగా అందిస్తూ వాటి మనుగడకు కారణమవుతున్నాడు. ఇది అనేక బిలియన్ సంవత్సరాలుగా జరుగుతూ ఉంది, ఇక ముందు కూడా జరుగుతుంది.

సూర్యుడి నుండి ఇంత పెద్ద పరిమాణంలో శక్తి ఎక్కడ నుండి వెలువడుతుంది? ఈ ప్రశ్న మానవ మదిని తొలిచివేసే ప్రశ్న. హెచ్చు ఉష్ణోగ్రతల వద్ద హైడ్రోజన్ పరమాణువులు సంలీనం చెంది హీలియంగా మారినప్పుడు వెలువడే శక్తి సూర్య కేంద్రంలోని శక్తికి కారణమని మనకు తెలుసు. ఇతర నక్షత్రాలలో కూడా ఇదే విధంగా జరుగుతుంది. పై పరిస్థితులను అనుసరించే సంలీన రియాక్టర్‌లు మన భవిష్యత్ శక్తి అవసరాలను తీర్చగలుగుతాయి.

తారాపూర్, కోట, కైగా, నారోరా, కల్పకం, కాక్రపార న్యూక్లియర్ రియాక్టర్ల విద్యుత్ ఉత్పత్తి ప్రక్రియలో న్యూక్లియర్ శక్తి యొక్క పాత్ర మరియు శక్తి భద్రత గురించి మీరు చదివే ఉంటారు. అలాగే 1945 ఆగస్టు 6న జపాన్‌లోని హిరోషిమా మీద అణుబాంబు వేసిన కొన్ని సెకన్లలోనే పట్టణాన్ని సర్వనాశనంచేసి అనేక లక్షల మంది ప్రాణాలు కోల్పోయిన విషయం ప్రపంచానికి బాగా తెలుసు. అది మానవ చరిత్రలోనే ముందెన్నడు చూడనిది. అది విడుదల చేసిన శక్తి 20,000 టన్నుల TNT (tri nitro toluene) బాంబు విడుదల చేసిన శక్తికి సమానం. దాని తరువాత అంతకన్నా శక్తివంతమైన కొన్ని మెగాటన్నుల TNT విస్ఫోటక సామర్థ్యం కలిగిన అణు, హైడ్రోజన్, న్యూట్రాన్ బాంబులను తయారుచేశారు. సూపర్ పవర్‌లు ఇటువంటి బాంబులను నిల్వచేసినట్లుగా చెబుతారు. వారు నిల్వచేసిన బాంబుల విస్ఫోటక శక్తి ఎంత ఎక్కువ అంటే అవి ఈ భూమినంతటిని అనేకసార్లు నాశనం చేయగలవు. కేంద్రక సంలీనం అనే భౌతికచర్య ఇంత పెద్ద శక్తికి కారణం. ఈ చర్యలన్నింటి గురించి మీరిప్పుడు నేర్చుకుంటారు. దానికంటే ముందుగా రసాయనిక చర్య మరియు కేంద్రక చర్యలను గూర్చి ఇక్కడ తెలుసుకుందాం.

27.4.1 రసాయనిక చర్య

అన్ని పదార్థాలు పరమాణువులతో నిర్మితమైనవని మనకు తెలుసు. ఒక మూలకం రసాయనిక ధర్మాలను బాహ్య కక్ష్యలో ఉన్న ఎలక్ట్రానులు నియంత్రిస్తాయి. అంటే పరమాణువులు ఇతర పరమాణువులు లేదా అణువులతో కలసి వాటి సంయోజక ఎలక్ట్రానులను పునర్విన్యాసం చెందిస్తాయి. దీనితోపాటు స్థితిజశక్తిలో తగ్గుదల ఉంటుంది.

శక్తి విడుదల లేదా శోషణంతోపాటు అన్యోన్యచర్యలోని అణువులు పరమాణువుల సంయోజక ఎలక్ట్రానుల పునర్విన్యాసం వల్ల కొత్త సమ్మేళన అణువు ఏర్పడటాన్ని రసాయనిక చర్య అంటారు. ఈ ప్రక్రియ కేంద్రకంను ప్రభావితం చేయదు. అంతేకాదు లోపలి కక్ష్యలలోని ఎలక్ట్రానులు కూడా ప్రభావితమవ్వవు.

కార్బన్‌డైఆక్సైడ్‌ను ఉత్పత్తిచేయడానికి కార్బన్ పరమాణువులు ఆక్సిజన్‌తో చర్యనొందుట రసాయనిక చర్యకు ఉదాహరణ.

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 + 4.08 \text{ eV} \qquad (27.8)$$

చర్యనొందే ప్రతీ ఒక్క కార్బన్ పరమాణువు వల్ల 4.08 eV ల శక్తి రసాయనిక చర్యలో విడుదలవుతుంది. దీన్ని CO_2 అణువు బంధనశక్తి అంటారు. ఒక రసాయనిక చర్యలో ఉష్ణం వెలువడితే ఆ చర్యను ఉష్ణమోచక చర్య అంటారు. రసాయనిక చర్య ప్రారంభం కావడానికి శక్తి పంపిణీ అవసరమైతే దాన్ని ఉష్ణగ్రాహక చర్య అంటారు. ఉదాహరణకు తగిన పరిస్థితులలో 4.08 eV ల శక్తిని CO_2 అణువుకు ఇచ్చినప్పుడు అది దాని అంశాలుగా విడిపోతుంది.

$$CO_2 + 4.08\text{eV} \rightarrow C + O_2 \qquad (27.9)$$

సమీకరణం (27.8)లో చూపించినట్లు CO_2 వాయువు ఏర్పడుటకు వ్యవస్థ 4.08 eV ల శక్తిని విడుదల చేసింది. అందువల్ల CO_2 అణువు ద్రవ్యరాశి C మరియు O_2 ల మొత్తం ద్రవ్యరాశి కన్నా 4.08 eV ల శక్తికి

సమానమైన ద్రవ్యరాశి తక్కువగా ఉంటుంది. నష్టపోయిన ద్రవ్యరాశి Δm ను $E = mc^2$ సమీకరణాన్ని ఉపయోగించి గణించవచ్చు.

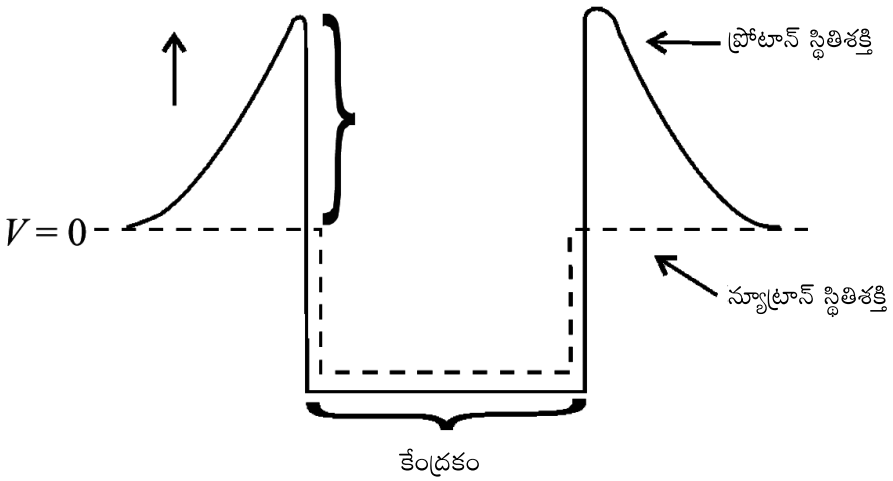
$$\Delta m = \frac{4.08 \times 1.602 \times 10^{-19}}{9 \times 10^{16}} = 7.26 \times 10^{-36}\ \text{kg} \qquad (27.10)$$

ద్రవ్యరాశిలోని ఇంత స్వల్ప మార్పును గుర్తించలేము. రసాయనికచర్యలో ద్రవ్యరాశి నిత్యత్వమైనను ద్రవ్యరాశిలో స్వల్ప మార్పు కొంత ఉంటుందని చెప్పవచ్చు. రసాయనిక చర్యల్లో గుర్తుంచుకోవలసిన విషయాలు

- 10 eV ల గుణిజాల శక్తితో కూడిన చర్యలు
- ద్రవ్యరాశిలో మార్పు 10^{-35} kg లలో జరుగుతుంది. ఇది చాలా స్వల్పం కనుక ద్రవ్యరాశి నిత్యత్వం అని చెప్పవచ్చు.
- కేంద్రక చర్యల్లో కుడివైపు ఉన్న ప్రతీ రకం పరమాణువుల సంఖ్య మొత్తానికి, ఎడమవైపు ప్రతీ రకం పరమాణువుల సంఖ్య మొత్తం ఎల్లప్పుడూ సమానంగా ఉంటుంది.

27.4.2 కేంద్రక చర్యలు

కేంద్రక చర్యల్లో చర్యాకారకాలు ఎలక్ట్రానులు కావు. కేంద్రకాలు ఒకదానితో ఒకటి చర్యలో పాల్గొని కొత్త మూలకాలను ఏర్పరుస్తాయి. ఈ పద్ధతిని మూలక పరివర్తనం (transmutation) అంటారు. ఇంతకు ముందు పాఠంలో కేంద్రకచర్యల్లో MeV లలోశక్తి కూడి ఉండటాన్ని గుర్తుకు తెచ్చుకోండి.



పటం 27.6 : కేంద్రకం వద్ద ప్రోటాన్, న్యూటాన్‌ల స్థితిశక్తులు

అణువులోని మొత్తం ధనాత్మక ఆవేశం కేంద్రకంలో కేంద్రీకృతమై ఉంటుంది. కేంద్రకం పరిమాణం 10^{-15} m లలో ఉంటుంది. కేంద్రకం చుట్టూ నిర్ణీత కక్ష్యలలో ఎలక్ట్రానులు తిరుగుతూ ఉంటాయి. అందువల్ల అది బలమైన స్థిర విద్యుత్ శక్మావరోధాన్ని కలగచేస్తుంది. (కూలుంబ్ అవరోధం అని కూడా అంటారు) (పటం 27.6) కూలుంబ్ అవరోధం కార్బన్ కేంద్రకంకు 3 MeV, లెడ్ కేంద్రకంకు 20 MeV. కేంద్రకం వైపుకు వచ్చే ఆవేశ ప్రక్షేపకం లక్ష్య కేంద్రకం యొక్క కూలుంబ్ అవరోధం నుండి విపరీతమైన వికర్షణను ఎదుర్కొంటుంది. ప్రక్షేపకం గతిజశక్తి అవరోధం నుండి చొచ్చుకుపోయేంత లేనప్పుడు ఎటువంటి కేంద్రక చర్య జరపకుండానే అది వెనకకు మరలుతుంది. ప్రోటాన్‌కు

కార్బన్ కేంద్రకంలోకి చొచ్చుకొనిపోయి. మూలక పరివర్తనం జరపాలంటే శక్తి 3 MeV లేదా అంతకన్నా ఎక్కువగా ఉండాలి.

కేంద్రక మూలక పరివర్తనం లేదా కేంద్రక చర్య దృగ్విషయాన్ని లార్డ్ రూథర్‌ఫర్డ్ (transmutation) 1919 వ సంవత్సరంలో కనుగొన్నాడు. పొలోనియం జనకం నుండి పొందిన 7.7 M eV శక్తి కలిగిన α-కణంతో నైట్రోజన్ వాయువును తాడనం చెందించాడు. నైట్రోజన్, ఆక్సిజన్‌గా రూపాంతరం చెందటం గమనించాడు. ఈ మార్పులో ఎక్కువశక్తి గల ప్రోటాన్‌లు పాల్గొన్నాయి.

$$^{4}_{2}He + ^{14}_{7}N \rightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H \qquad (27.11)$$

ఈ ఆక్సిజన్ కేంద్రకం మరియు ప్రోటాన్‌లు 6.5 MeV శక్తిని తీసుకొనిపోతాయి. 1.2 MeV శక్తిని బయటి నుండి పంపిస్తే తప్ప ఈ చర్య జరగదని తెలుస్తుంది. కనుక ఇది ఉష్ణగ్రాహక కేంద్రక చర్య. జనకం పొలోనియం నుండి 7.7 MeV ల శక్తి కలిగిన α-కణంతో అల్యూమినియంను తాడనం చేసినప్పుడు 10.7 MeV ల శక్తి విడుదలయి ఈ చర్య జరుగుతుంది.

$$^{27}_{13}Al + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{30}_{14}Si + ^{1}_{1}H \qquad (27.12)$$

ఇక్కడ మనం నివేశన శక్తి (Input energy) కన్నా ఎక్కువ శక్తి విడుదలవడం చూస్తాం. ఇది ఉష్ణగ్రాహక చర్య. ప్రతీ చర్యలో 3 MeV శక్తి లభిస్తుంది. ఒక కార్బన్ అణువును మండించినప్పుడు వెలువడే శక్తి కన్నా ఇది 700,000 రెట్లు ఎక్కువ. కాని ఈ చర్యను శక్తి ఉత్పత్తికి ఉపయోగించుకోలేము కారణం 125,000 పతన α-కణాలలో ఒక్కటి మాత్రమే చర్య జరగడానికి ఉపయోగపడుతుంది. మొత్తం మీద ఉత్పత్తి అయిన శక్తి కన్నా వినియోగించిన శక్తి ఎక్కువ.

ప్రోటాన్, డ్యూటిరాన్, న్యూట్రాన్ ఇంకా తేలికైన కేంద్రకాలతో కేంద్రక చర్యలను పొందవచ్చు. వీటన్నింటిలో కేంద్రక చర్య జరగడానికి న్యూట్రాన్‌లే సరియైన కణాలు. తటస్థ కణాలవడంవల్ల అవి కూలుంబ్ వికర్షణకు లోనుకావు. ఉష్ణీయ న్యూట్రాన్‌లు కూడా (0.0253 eV శక్తిగల న్యూట్రాన్‌లు) లక్ష్య కేంద్రకంలోకి చొచ్చుకొని పోయి కేంద్రక చర్యను జరుపుతాయి. ప్రోటాన్, న్యూట్రాన్, డ్యుటిరాన్ మరియు న్యూట్రాన్‌లు జరిపే చర్యలు కేంద్రక చర్యలకు సరియైన కొన్ని విలక్షణ ఉదాహరణలు.

$$^{6}_{3}Li + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{3}_{2}He + ^{4}_{2}He \qquad (27.13)$$

$$^{10}_{5}B + ^{2}_{1}H \rightarrow 3^{4}_{2}He \qquad (27.14)$$

$$^{10}_{5}B + n \rightarrow ^{7}_{3}Li + ^{4}_{2}He \qquad (27.15)$$

రసాయనిక చర్యలవలే కేంద్రక చర్యలు కూడా ద్రవ్య నిత్యత్వ నియమాలను పాటిస్తాయి. వాటిని మనం ఇప్పుడు నిర్వచిద్దాం.

కేంద్రక చర్యల్లో ద్రవ్య నిత్యత్వ నియమాలు

- క్రియాజనకాల ద్రవ్యరాశి సంఖ్య మొత్తం క్రియాజన్యాల ద్రవ్యరాశి సంఖ్యల మొత్తానికి సమానం. సమీకరణం (27.13) లో ద్రవ్యరాశి సంఖ్య 7 = 3 + 4 = 6 + 1. ద్రవ్యరాశి నిత్యత్వమైంది.
- క్రియాజనకాల పరమాణు సంఖ్య మొత్తం, క్రియాజన్యాల పరమాణు సంఖ్యల మొత్తానికి సమానం. సమీకరణం (27.13)లో పరమాణు సంఖ్య 4 = 3 + 1 = 2 + 2 నిత్యత్వమైంది.

- కేంద్రక చర్యలు శక్తి నిత్యత్వ నియమాన్ని పాటిస్తాయి. శక్తి యొక్క సాంద్రీకృత రూపమే ద్రవ్యరాశి అని మనకు తెలుసు. కనుక నివేశ గతిజశక్తి మరియు క్రియాజనకాల ద్రవ్యరాశి మొత్తం, ఉత్పాదన గతిజశక్తి మరియు క్రియాజన్యాల ద్రవ్యరాశుల మొత్తంకు సమానం.
- కేంద్రక చర్యలు ద్రవ్యవేగ నిత్యత్వ నియమాన్ని పాటిస్తాయి. కనుక క్రియాజన్యాల కేంద్రకాల్లో గతిజశక్తి వితరణ జరుగుతుంది.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 27.4

1. ఈ కింది కేంద్రక చర్యల సమీకరణాలను పూర్తి చేయండి.

   (a) $^{19}_{9}F + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{16}_{8}O + ?$

   (b) $^{27}_{13}Al + ^{1}_{0}n \rightarrow ? + ^{4}_{2}He$

   (c) $^{234}_{90}Th \rightarrow ^{234}_{91}Pa + ?$

   (d) $^{63}_{29}Cu + ^{2}_{1}D \rightarrow ^{64}_{30}zn + ?$

2. ఈ కింది కేంద్రక చర్యల్లో విడుదలైన శక్తిని గణించండి.

   $^{10}_{5}B + ^{2}_{1}D \rightarrow 3\,^{4}_{2}He + Q$

   $m\left(^{10}B\right) = 10.01294\,u;\ m\left(^{2}_{1}D\right) = 2.014103\,u$ మరియు $m\left(^{4}_{2}He\right) = 4.002604\,u$ గా తీసుకోండి.

3. $^{14}_{7}N$ కేంద్రకంను α- కణంతో తాడనం చేసినప్పుడు $^{17}_{8}O$ ఏర్పడింది. ఈ చర్యా సమీకరణాన్ని రాసి విడుదలైన శక్తిని గణించండి.

   $m\left(^{14}_{7}N\right) = 14.003014\,u;\ m\left(^{17}_{8}O\right) = 16.999138\,u;\ m\left(^{4}_{2}He\right) = 4.002604\,u;$

   $m\left(^{1}_{1}H\right) = 1.007825\,u$, α- కణం శక్తి = 7.7 MeV.

27.5 కేంద్రక విచ్ఛిత్తి

కేంద్రక విచ్ఛిత్తిని కనుగొన్న ప్రక్రియ చాలా ఆసక్తిదాయకంగా ఉంటుంది. ప్రకృతిలో లభించని ట్రాన్స్‌రానిక్ మూలకాల (Z విలువ 92 కన్నా ఎక్కువ కలిగినవి) ఉత్పత్తికి 1938వ సంవత్సరంలో ఎన్‌రికోఫెర్మి, ఒట్టోహాన్ తదితరులు యురేనియం కేంద్రకాన్ని నెమ్మది న్యూట్రాన్‌తో తాడనం చెందించారు. పతన న్యూట్రాన్‌లను యురేనియం కేంద్రకం గ్రహించినపుడు న్యూట్రాన్ ప్రోటాన్ నిష్పత్తి పెరుగుతుంది. ఈ నిష్పత్తిని తగ్గించడానికి యురేనియం β-క్రియాశీలతను పొందుతుందని భావించారు. ఈ క్రింది సమీకరణం ప్రకారం, న్యూట్రాను ప్రోటాను అయినట్లుగా ప్రవర్తించి, కొంత శక్తిని, β-కణాన్ని విడుదల చేస్తుంది.

$$^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{239}_{93}Np + ^{0}_{-1}e + Q \qquad (27.16)$$

ఈ పద్ధతిలో 93 అణు సంఖ్య కలిగిన ట్రాన్సురానిక్ మూలకం ఏర్పడుతుందని భావించారు. యురేనియం సమీపంలో గల ఏ భార మూలకాలకు సంబంధించిన విలువలు కాని అర్ధజీవితకాలాలు గల β–క్రియాశీలతను ఫెర్మి అతని సహచర పరిశోధకులు గమనించారు. పై పరిశీలనలన్నింటి నుండి ట్రాన్స్‌రానిక్ మూలకాలు ఉత్పత్తి అయ్యాయని వాళ్ళు నిర్ధారించారు. మూలకాలను గుర్తించడానికి రసాయనిక విశ్లేషణం చేశారు. కాని ఫలితం లేకపోయింది.

అదే సంవత్సరంలో ఒట్టోహాన్ (Otto Hahn) మరియు ఫ్రిర్జ్ స్ట్రాస్‌మాన్ (Fritz Strausmann) వరుస ప్రయోగాలు చేసి మధ్యస్థ ద్రవ్యరాశి సంఖ్య కలిగిన ట్రాన్సురానిక్ మూలకమైన బేరియం, చర్య యొక్క ఒక ఉత్పన్నకంగా ఏర్పడేలా చేశారు. దానితోపాటు 200 MeV శక్తి కూడా విడుదలైంది. అంటే యురేనియంను మంద దృతి న్యూట్రాన్‌తో తాడనం చెందించినప్పుడు వచ్చే ఉత్పన్నం బేరియం– ఇది పూర్తిగా ఊహించనిది మరియు ఆ కాలంలో కేంద్రక భౌతికశాస్త్ర పరిజ్ఞానానికి అందనిది. డిశంబర్ 1938వ సంవత్సరంలో ఈ కనుగొన్న ఫలితాలను నేచర్ వైజ్ఞానిక (Nature) పత్రికలో ప్రచురించారు.

ప్రాథమికంగా లైసమైట్‌నర్ (Lise Meitner) మరియు ఒట్టోఫ్రిస్ (Otto Frisch) పై ఫలితాలను కేంద్రక ద్రవ బిందు నమూనా ఆధారంగా వివరించి జీవకణ విభజన (Biological cell division) నమూనాను ఉపయోగించి కేంద్రక విచ్ఛిత్తి అని నామకరణం చేశారు. తరవాత బోర్ (Bohr) మరియు వీలర్ (Wheeler) లు ఈ పద్ధతిలో విడుదలైన శక్తిని గణించి ఈ నమూనాకు భౌతిక ప్రాతిపదికను స్థిరపరిచారు.

ఎన్‌రికో ఫెర్మి (Enrico Fermi) (1901 – 1954)

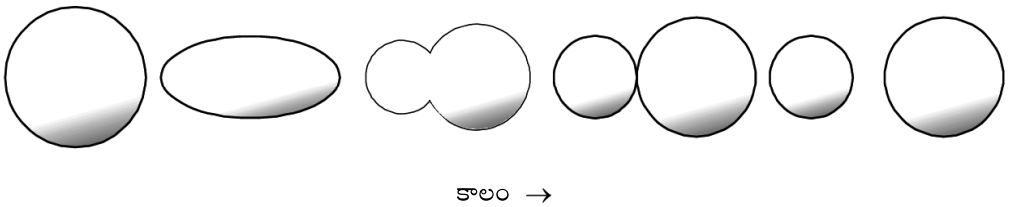
ఇటలీలో జన్మించిన భౌతికశాస్త్రవేత్త ఎన్‌రికో ఫెర్మి. మానవాళికి శాంతియుత ప్రయోజనాలకు ఉపయోగపడే కేంద్రక శక్తికి మూలకారకుడు. ఏ మూలకమైనా న్యూట్రాన్‌ల ప్రవాహ ధారకు గురైనప్పుడు కేంద్రక రూపాంతరాలు జరుగుతాయని చూపించాడు.

స్వయం పరిపోషణ కేంద్రక విచ్ఛిత్తి శృంఖలాచర్యను 1942లో సాధించాడు. అర్ధపూర్ణాంక స్పిన్ విలువలు కణాలకు అనువర్తించే (ఫెర్మియాన్ లంటారు) ఫెర్మి–డిరాక్ గణాంకం (Fermi–Dirac statistics) ను సూత్రీకరించినప్పుడు అతని వయస్సు 25 సంవత్సరాలు మాత్రమే. అతడు మరణించేనాటికి కాస్మిక్ కిరణాలపై సైద్ధాంతిక పరిశోధనలు చేస్తున్నాడు.

27.5.1 కేంద్రక విచ్ఛిత్తి క్రియా విధానం

కేంద్రక బలాలు మరియు ద్రవాలలో అణువులను పట్టి ఉంచే బలాల మధ్యగల సారూప్యతను ఉపయోగించి బోర్ మరియు వీలర్‌లు కేంద్రకవిచ్ఛిత్తి సిద్ధాంతాన్ని 1939 వ సంవత్సరంలో అభివృద్ధి చేశారు. $^{235}_{92}U$, $^{237}_{92}U$ కన్నా హెచ్చు విచ్ఛేద్యకారి అని ఊహించారు. పటం 27.7 ను చూడండి. ఈ ఉష్ణీయ న్యూట్రాన్‌తో $^{235}_{92}U$ యొక్క కేంద్రక విచ్ఛిత్తి ఈ సమీకరణం లాగా జరుగుతుంది.

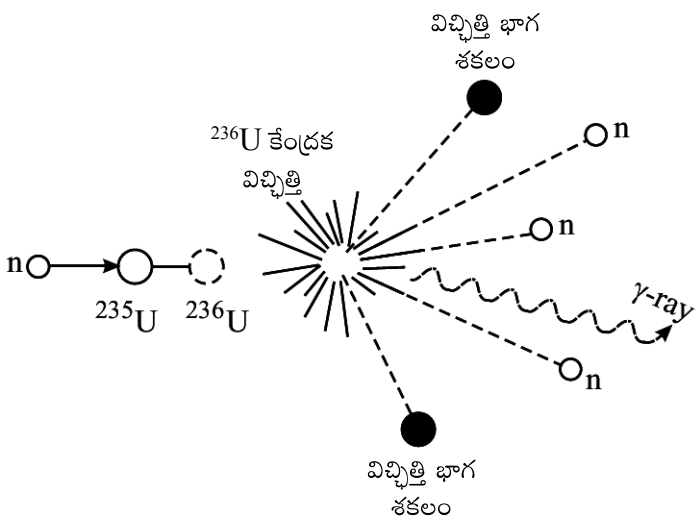
$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{141}_{36}Ba + ^{92}_{36}Kr + 3^{1}_{0}n + Q \qquad (27.17)$$



పటం 27.7 : ద్రవ బిందు నమూనా ప్రకారం కేంద్రక విచ్ఛిత్తి

బహిర్గత న్యూట్రాన్‌లు కొన్ని MeV ల శక్తిని కలిగి ఉంటాయి. Q 200 MeV ల కేంద్రక విచ్ఛిత్తి ప్రక్రియలో 10^{-17} సెకన్ల లోపలే న్యూట్రాన్ కేంద్రకంలోని చొచ్చుకొనిపోవడం మరియు వెలువడే విచ్ఛిత్తి న్యూట్రాన్‌లు ఘటన జరిగిన 10^{-14} సెకన్ల లోపలే బహిర్గతమవడం జరుగుతుంది. అంతేకాక విచ్ఛిత్తి శకలాలు అసమాన భారాలు, ఒకటి రెండవ దానికంటె 1.5 నుండి 2 రెట్లు ఎక్కువ భారాన్ని కలిగి ఉంటుంది. $^{235}_{92}U$ కేంద్రకం 40 రకాలుగా విచ్ఛిత్తినొందుతుంది. సమీకరణం (27.17) వాటిలో ఒక దానిని తెలియచేస్తుంది. అంటే $^{235}_{92}U$ విచ్ఛిత్తిలో మధ్యస్థ ద్రవ్యరాశిగల 80 రకాల కేంద్రకాలు విడుదలవుతాయని తెలుస్తుంది. ఎక్కువ భారం కలిగిన శకలాలు గరిష్ఠంగా 140 వరకూ ఉంటాయి. ఇవి 125 – 150 పరిధిలో వాటి ద్రవ్యరాశిని కలిగి ఉంటాయి. అలాగే తక్కువ భారం కలిగిన శకలాలు గరిష్ఠంగా 95 వరకు ఉండి 80 – 110 పరిధిలో వాటి ద్రవ్యరాశిని కలిగి ఉంటాయి. $^{235}_{92}U$ విచ్ఛిత్తిలో సాధారణంగా రెండు లేదా మూడు న్యూట్రాన్లు విడుదలవుతాయి. ప్రతీ విచ్ఛిత్తిలో సరాసరి 2.54 న్యూట్రాన్లు విడుదలవుతాయి.

బోర్ మరియు వీలర్‌లు కేంద్రకాన్ని సమతాస్థితి(తక్కువశక్తి)లో ఉన్న ఆవేశపూరిత గోళాకార సౌష్టవ ద్రవబిందువుగా భావించారు. వారి ప్రకారం కేంద్రకం ఉష్ణీయ న్యూట్రాన్‌ను శోషణం చేసుకున్నప్పుడు న్యూట్రాన్ బంధనశక్తి (Binding energy (BE)) విడుదల అవుతుంది. అది ^{235}U కు న్యూట్రాన్ బంధన శక్తి, ఒక పరమాణు ద్రవ్యరాశి ప్రమాణంకు 6.8 MeV గా ఉంటుంది. ఈ శక్తి కేంద్రకాన్ని ఉత్తేజితం చేసి దాని ఆకారాన్ని విరూపణ చేస్తుంది. తలతన్యతాబలం దానిని యధా రూపానికి తీసుకురావడానికి ప్రయత్నిస్తుంది.



పటం 27.8 : కేంద్రక శృంఖల చర్య

కూలుంబ్ బలం కేంద్రకం ఆకారాన్ని ఇంకా విరూపణ చేయడానికి ప్రయత్నిస్తుంది. దాని ఫలితంగా పటం 27.7 లో చూపినట్లు ఉత్తేజిత బలం మీద ఆధారపడి గోళాకార మరియు డంబెల్ ఆకారాల మధ్య ఊగిసలాడుతుంది. కేంద్రకం గ్రహించినశక్తి ఎక్కువైతే కంపనాల కంపనపరిమితి కేంద్రకాన్ని డంబెల్ ఆకృతిని పొందేలా చేస్తు రెండు ఆవేశ కేంద్రకాల మధ్య దూరం ఒక సందిగ్ధ విలువను దాటితే స్థిర విద్యుత్ వికర్షణ, కేంద్రక తలతన్యతా బలంను ఎదిరించి కేంద్రకాన్ని రెండు భాగాలుగా చేస్తుంది. ఫలితం కేంద్రక విచ్ఛిత్తి.

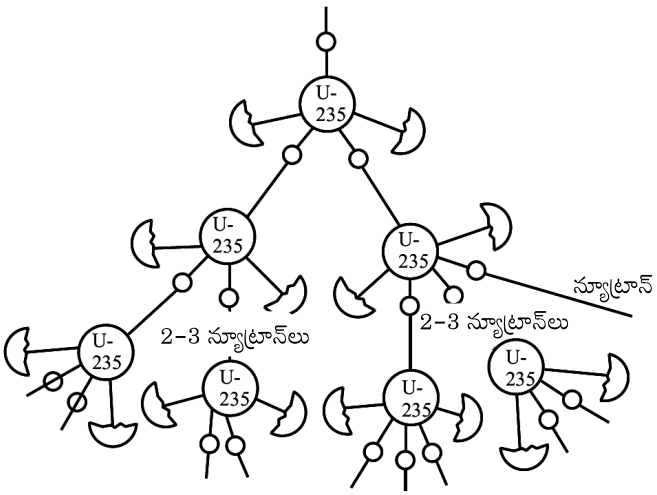
$^{235}_{92}U$ లాంటి పదార్థాలు ఉష్ణీయ న్యూట్రాన్‌లతో విచ్ఛిత్తికి లోనైనప్పుడు వాటిని విచ్ఛేధ్య పదార్థం అంటారు. ఇతర విచ్ఛేద్య పదార్థాలు $^{233}_{92}Th$, $^{233}_{92}U$ మరియు $^{239}_{93}Pu$. ఈ కేంద్రకాలన్నీ బేసి ద్రవ్యరాశి సంఖ్యను కలిగి, సరి పరమాణు సంఖ్యను కలిగి ఉన్నాయని మీరు గమనిస్తారు. ద్రవ్యరాశి లోపంను గణించడం ద్వారా $^{235}_{92}U$ ల విచ్ఛిత్తిలో విడుదలైన శక్తిని లెక్కిద్దాం.

పట్టిక 27.1 కేంద్రక చర్యలో విడుదలైన శక్తి

క్రియాజనకాలు	ద్రవ్యరాశి	క్రియాజన్యాలు	ద్రవ్యరాశి
^{235}U	235.0439 u	$^{141}_{56}Ba$	140.9139 u
^{1}n	1.008665 u	$^{92}_{36}Kr$	91.8973 u
		$3 \times Vn$	3.025995 u
మొత్తం ద్రవ్యరాశి	236.052565 u	మొత్తం ద్రవ్యరాశి	235.837195 u
ద్రవ్యరాశి లోపం	0.21537 u		
విడుదలైన శక్తి	$0.21537 \times 931 \simeq 200$ MeV		

27.5.2 కేంద్రక శృంఖల చర్య

$^{235}_{92}U$, ఒక న్యూట్రాన్‌ను శోషణం చేసుకుంటే అది రెండు శకలాలుగా విడిపోతుంది. 2-3 న్యూట్రాన్లు విడుదలవుతాయని తెలుసుకున్నారు. ఈ న్యూట్రాన్లు మరిన్ని కేంద్రకాల విచ్ఛిత్తికి కారణమవుతాయి. ఒక న్యూట్రాన్‌ను తొలగించి దాని స్థానంలో రెండుకన్నా ఎక్కువ న్యూట్రాన్లను విడుదల చేసే, ప్రతీ విచ్ఛిత్తిచర్య ద్వారా సంభవించే శృంఖలాచర్య అవిచ్ఛిన్నంగా జరుగుతుంది. ఉత్పత్తి అయ్యే న్యూట్రాన్ల రేటు, కోల్పోయే న్యూట్రాన్ల రేటుకు సమానమైతే ఆ చర్యను స్వయం పరిపోషిత చర్య అంటారు.



పటం 27.9 : కేంద్రక విచ్ఛిత్తి

నియంత్రిత శృంఖాల చర్య మరియు స్వయం పరిపోషితచర్య జరిగేలా చేసే సాధనాన్ని కేంద్రక రియాక్టర్ అంటారు.

కేంద్రక రియాక్టర్లను ప్రయోజనాలకనుగుణంగా వాటిని విభజించారు. కేంద్రక పవర్ రియాక్టర్‌ను విద్యుచ్ఛక్తిని ఉత్పత్తిచేయడానికి, పరిశోధనాత్మక రియాక్టర్‌ను వైద్య ప్రయోజనాల కోసం రేడియో ఐసొటోప్స్‌ను ఉత్పత్తి చేయడానికి, సాంకేతికతను అభివృద్ధిపరచే పరిశోధనలు చేయడానికి ఉపయోగిస్తారు. ఇంకా విచ్ఛిత్తికి కారణమయ్యే న్యూట్రానుల శక్తిని బట్టి న్యూక్లియర్ రియాక్టర్‌ను వేగవంతమైనవిగానూ మరియు ఉష్ణరియాక్టర్లుగానూ విభజించవచ్చు. భారతదేశంలో

తారాపూర్, నరోరా, కోటా, కైగా మొదలగు ప్రదేశాల్లో ధర్మల్ పవర్ రియాక్టర్లు ఉన్నాయి. కల్పకం వద్ద అధిక ద్రుతి ప్రజనక పరిశోధనాత్మక రియాక్టర్ (fast breeder research reactor) ను అభివృద్ధిచేశారు.

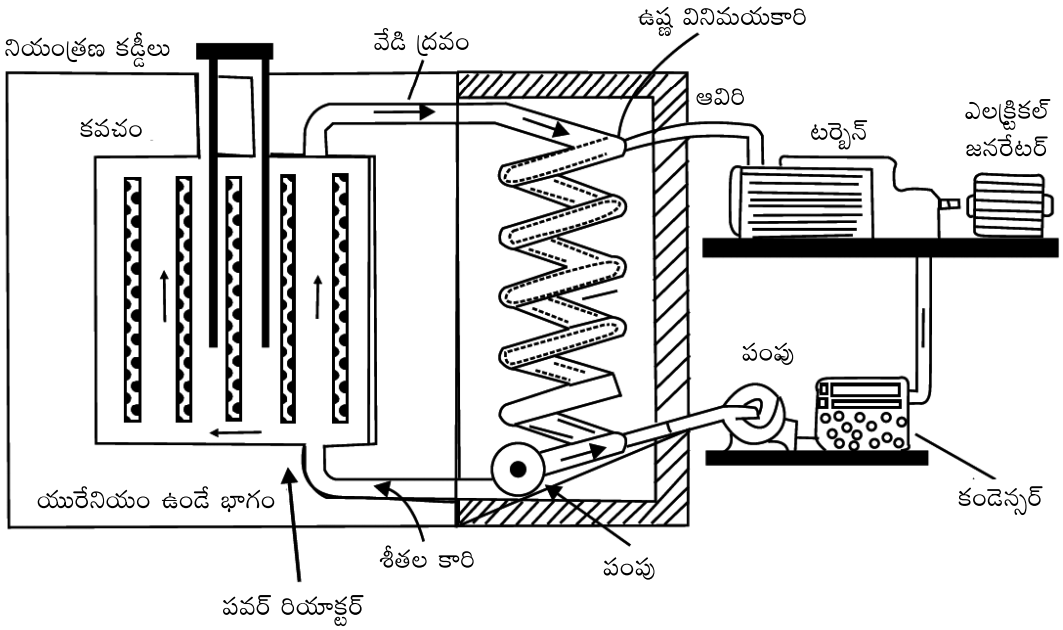
ఇప్పుడు మనం కేంద్రక రియాక్టర్ గురించి క్లుప్తంగా నేర్చుకుందాం.

27.5.3 కేంద్రక రియాక్టర్

మొట్టమొదటి కేంద్రక రియాక్టర్‌ను ఫెర్మి మరియు అతని సహచరులు అమెరికాలోని చికాగో విశ్వవిద్యాలయంలో నిర్మించారు. ప్రపంచ వ్యాప్తంగా ఎక్కువ సంఖ్యలో రియాక్టర్లను మొదట విద్యుత్ అవసరాలకోసం నిర్మించారు. కొన్ని దేశాలు వాటి మొత్తం శక్తిలో 70% శక్తిని న్యూక్లియర్ రియాక్టర్ నుండి ఉత్పత్తి చేస్తున్నారు. భారతదేశంలో న్యూక్లియర్ శక్తి 2% మాత్రమే ఉత్పత్తి చేస్తున్నారు. దీన్ని ఎక్కువ చేయడానికి ప్రయత్నాలు జరుగుతున్నాయి. ఇంకా చెప్పాలంటే 20,000 MW విద్యుత్తును రియాక్టర్‌ల ద్వారా ఉత్పత్తి చేస్తున్నాము.

కేంద్రక రియాక్టర్ అతిపెద్ద నిర్మాణాన్ని కలిగి ఉంటుంది. దాని రూపకల్పనలో అత్యంత శ్రద్ధ తీసుకోవాల్సి ఉంటుంది. కేంద్రక పవర్ ప్లాంట్‌లోని ప్రాథమిక సూత్రం చాలా సరళమైంది. ఇది అన్ని పవర్ ప్లాంట్‌లతో సారుప్యతను కలిగి ఉంటుంది. విచ్ఛిత్తిలో విడుదలైన ఉష్ణంతో హెచ్చు పీడనం, హెచ్చు ఉష్ణోగ్రతల వద్ద ఆవిరిని ఉత్పత్తిచేయడానికి ఇంధనం చుట్టూ చల్లని నీరులాంటి ద్రవాలను ప్రవహింపచేస్తారు. అదే ధర్మల్ విద్యుత్ కేంద్రంలో అయితే ఆవిరిని ఉత్పత్తిచేయడానికి బొగ్గును మండిస్తారు. బొగ్గును మండించడం ద్వారా విడుదలైన శక్తికి ఒక కేంద్రక విచ్ఛిత్తివల్ల విడుదలైన శక్తి సుమారు 7×10^5 రెట్లు ఉంటుంది. కేంద్రక శక్తిని వాడటం ద్వారా బొగ్గును మండించడంవల్ల విడుదలైన గ్రీన్ హౌస్ వాయువులను నిరోధించవచ్చు. మన కేంద్రకశక్తి వినియోగాన్ని ప్రపంచ సామాజిక ఆర్థిక పరిస్థితులు ప్రభావితం చేస్తాయి.

టర్బైన్-జనరేటర్ వ్యవస్థను ఆవిరితో పనిచేయించడంవల్ల విద్యుత్ ఉత్పత్తి అవుతుంది.



పటం 27.10 : కేంద్రక రియాక్టర్ పథకాత్మక పటం

పరిశోధన రియాక్టర్‌లలో విడుదలైన ఉష్ణాన్ని నదులు లేదా సముద్రంలోకి వదులుతారు. ట్రాంబేలోని బాబా పరమాణు రియాక్టర్ మరియు కల్పక్కంలోని ఇందిరా గాంధీ పరమాణు రియాక్టర్‌ను గురించి వినే ఉంటారు. ఈ కేంద్రాలలో విడుదలైన ఉష్ణాన్ని అరేబియా సముద్రం మరియు బంగాళఖాతంలోకి విడుదల చేస్తారు.

ఒక కేంద్రక రియాక్టర్ యొక్క సాధారణ లక్షణాలను పటం 27.10లో ఉదహరించబడింది. అన్ని కేంద్రక రియాక్టర్లలో ఈ విభాగలుంటాయి.

- రియాక్టర్ కోర్ ఇక్కడ విచ్ఛిత్తి జరిగి శక్తి విడుదలవుతుంది. ఇది ఇంధన కడ్డీలను (ధర్మల్ రియాక్టర్లలో మితికారితో పొదగబడి ఉంటాయి) మరియు శృంఖల చర్యను నియంత్రించడానికి నియంత్రణ కడ్డీలను కలిగి ఉంటుంది. శీతలకారిని ప్రవహింపచేసి విచ్ఛిత్తిలో ఉత్పత్తి అయిన ఉష్ణాన్ని తీసివేస్తారు. భారజలం లేదా సాధారణ నీరు శీతలకారిగా ఉపయోగిస్తారు. కాడ్మియమ్ లేదా బోరాన్‌లను నియంత్రణ కడ్డీలుగా ఉపయోగిస్తారు.
- కోర్‌కు ప్రక్కనే పరావర్తకాన్ని ఉపయోగించి కోర్ నుండి న్యూట్రాన్ లీకేజిని ఆపుతారు.
- ఈ మొత్తం అమరికను ఒక పాత్ర (Vessel) లో (దీనిని పీడన పాత్ర (Pressure vessel) అంటారు) అమర్చుతారు. దీని కోసం కొన్ని అంగుళాల మందం గల ఉక్కు గోడల నిర్మాణాలు చేస్తారు.
- రియాక్టర్ కోర్ నుండి వచ్చే రేడియో ధార్మిక వికిరణాల నుండి శాస్త్రవేత్తలకు, రియాక్టర్ చుట్టూ పనిచేసే ఇతర వ్యక్తులకు రక్షణ కల్పించడానికి మందమైన రక్షణ కవచాన్ని వాడతారు. దీని కోసం మందపాటి, సిమెంటు కాంక్రీటు గోడలను నిర్మిస్తారు.
- ఈ మొత్తం నిర్మాణాన్ని రియాక్టర్ భవన కట్టడంలో ఉంచుతారు. ఈ కట్టడాన్ని గాలి చొరబడని విధంగా వాతావరణ పీడనం కంటే తక్కువ పీడనం వద్ద ఉంచుతారు. దీనివల్ల రియాక్టర్ నుండి ఎటువంటి గాలి బయటికిరాదు.

విచ్ఛిత్తి ద్వారా రియాక్టర్ కోర్‌లో ఉత్పత్తి అయిన వేడిని శీతలకారిని ప్రవహింపచేయడం ద్వారా తొలగిస్తారు. వేడెక్కిన శీతలకారి, దాని ఉష్ణాన్ని వేరొక ద్రవానికి (సాధారణంగా ఉష్ణవినిమయకారిగా నీరు) ఇచ్చేవిధంగా ఏర్పాటు చేస్తారు. ఇది ఆవిరిని ఉత్పత్తి చేస్తుంది.

టర్బైన్ – జనరేటర్ వ్యవస్థను తిప్పడానికి ఈ ఆవిరి ఉపయోగపడి పవర్ ప్లాంట్‌లో విద్యుచ్ఛక్తిని ఉత్పత్తి చేస్తుంది. పరిశోధన రియాక్టర్‌లో విడుదలైన ఉష్ణం నది/ చెరువు / సముద్రంలోకి విసర్జించబడుతుంది.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 27.5

1. ఒక న్యూట్రాన్‌ను శోషణం చేసుకున్న తరువాత $^{238}_{92}U$ కేంద్రకం, β–క్రియాశీలం ఎందుకవుతుంది?
2. $^{238}_{92}U$, ^{141}Ba, ^{239}Pu, $^{12}_{6}C$ కేంద్రకాల్లో ఏది విచ్ఛేద్యకారి?
3. $^{235}_{92}U$ కేంద్రక విచ్ఛిత్తి జరిగిన తరువాత ఎంతశక్తి విడుదలవుతుంది?

27.6 కేంద్రక సంలీనం

యురేనియం కేంద్రకాన్ని తేలికైన కేంద్రకాలుగా విడగొట్టబడినప్పుడు శక్తి విడుదలవుతుందని మీకు తెలుసు. తేలికైన కేంద్రకాలను కలిపి శక్తిని ఉత్పత్తిచేయవచ్చా అని మీరు అడగవచ్చు? ఈ ప్రశ్నకు సమాధానం కోసం బంధన శక్తి, న్యూక్లియాన్ వక్రాన్ని ((BE/A)) పటం 27.2 లో చూద్దాం. హైడ్రోజన్ నుండి హీలియంకు ఒక్కొక్క కేంద్రకానికి బంధన శక్తి పెరుగుతుంది. అంటే హీలియం, హైడ్రోజన్ కన్నా స్థిరంగా ఉంటుంది.

ఈ కింది సమీకరణాలను తీసుకోండి.

$$_1D^2 + {}_1D^2 \rightarrow {}_2He^4 + Q$$

క్రియాజనకాల, క్రియాజన్యాల బంధన శక్తిని చాలా సులువుగా గణించవచ్చు.

క్రియాజనకాల మొత్తం $BE_1 = 2 \times 2.22 = 4.44$ MeV

క్రియాజన్యాల మొత్తం $BE_2 = 28.295$ MeV

$$Q = (BE_2 - BE_1) \simeq 24 \text{ MeV}$$

పట్టిక 27.2 కొన్ని తేలికైన కేంద్రకాల బంధనశక్తి/న్యూక్లియాన్ (BE/A)

న్యూక్లియాన్	BE/A (MeV లలో)
^2D	1.11
^3T	2.827
^3He	2.573
^4He	7.074
^6Li	5.332
^7Li	6.541

ఈ చర్యలో ఒక్కొక్క న్యూక్లియాన్‌కు విడుదలైన శక్తి 24/4 = 6 MeV. న్యూక్లియాన్‌కు సంలీన శక్తి, ఒక్క న్యూక్లియాన్ విచ్ఛిత్తి శక్తి కంటే (200/238 = 0.83 MeV) 7 రెట్లు ఎక్కువ.

రెండు తేలికైన కేంద్రకాలు కలిసి ఒకే భారమైన కేంద్రకంగా ఏర్పడే ప్రక్రియను కేంద్రక సంలీనం అంటారు.

సంలీయ ప్రక్రియ ద్వారా శక్తి ఉత్పత్తి ఆర్థికంగా లాభదాయకం. రెండు డ్యూటిరాన్‌లు ధనావేశ పూరితాలు గనుక సంలీన ప్రక్రియను ఏర్పరచడం కేంద్రక విచ్ఛిత్తి కన్నా కష్టం. రెండింటిని దగ్గరకు తెచ్చి ఒక కేంద్రకంగా సంలీనం చేయాలని ప్రయత్నించినపుడు అవి రెండు ఒకదాన్నొకటి బలంగా వికర్షించుకొంటాయి. సాధారణ పరిస్థితులలో ఈ చర్య జరగడం అసాధ్యం.

అవి రెండూ అభిఘాతాలు చెంది హీలియం కేంద్రకంగా సంలీనం చెందటానికి ముందు వాటి మధ్య వికర్షణ బలాన్ని అధిగమించేటంత గతిజశక్తిని పొందటానికి డ్యూటిరాన్‌లను దాదాపుగా 10 మిలియన్ కెల్విన్‌ల వరకు వేడిచేయాలి. క్రియాజన్యాలను అంత హెచ్చు ఉష్ణోగ్రతల వద్ద అవిచ్ఛిన్నంగా ఉంచాలంటే ఉండే సమస్యలు ఇప్పటికి పూర్తిగా పరిష్కారం కాలేదు. ఈ శక్తిని పొందటానికి కావలసిన నియంత్రిత ఉష్ణకేంద్రక చర్యలను అందుబాటులోకి తెచ్చే ప్రయత్నం ఎంతో దూరంలో లేదు.

ఎప్పటికీ తరిగిపోనంత డ్యూటిరియమ్ (భార హైడ్రోజన్) సముద్రంలో ఉంది. ఒకసారి దీనిని వెలికితీయడం మొదలు పెడితే మన విద్యుత్‌శక్తి సమస్య మొత్తం తీరిపోతుంది. కాలుష్యం లేకుండా తయారయ్యే చవకైన విద్యుచ్ఛక్తిని నిరంతరాయంగా పొందవచ్చు. ఎందుకంటే 1 గ్రాము డ్యూటిరీయం (భార హైడ్రోజన్) 100,000 Kwh శక్తిని ఇస్తుంది కనుక.

27.6.1 సూర్యుడు, నక్షత్రాలలో శక్తి

మన సూర్యుడి లాగానే నక్షత్రాలు కూడా చాలా భారయుతమైన వస్తువులు. లక్షలాది సంవత్సరాలుగా అవి అవిచ్ఛిన్నంగా శక్తిని ఉద్గారిస్తూనే ఉన్నాయి. అంత పెద్ద మొత్తం శక్తిని బొగ్గు మొదలగు సాంప్రదాయ ఇంధన వనరులను మండించడం ద్వారా పొందలేము. సూర్యునిలో భారమూలకాలు పెద్ద పరిమాణంలో లేవు కనుక కేంద్రక విచ్ఛిత్తి కూడా ఈ శక్తికి జనక స్థానం కాదు. సూర్యుడు ముఖ్యంగా హైడ్రోజన్, హీలియం వాయువులను కలిగి ఉంటాడు. సూర్యునిలోని శక్తికి కారణమేమిటో మీరు తెలుసుకోవాలనుకుంటున్నారా? ఈ ప్రశ్న మానవ మేధస్సును చాలాకాలంగా తొలిచివేస్తుంది. చిన్న తనంలో ట్వింకిల్, ట్వింకిల్ లిటిలిస్టార్, హౌ ఐ వండర్ వాట్ యూ ఆర్ అనే రైమ్ నేర్చుకొనేటప్పుడు మీరు సూర్యుడిని కన్నార్పకుండా చూసే ఉంటారు.

సూర్యునిలో ఉండే ఎక్కువ ద్రవ్యరాశి గురుత్వాకర్షణ శక్తిని ఉత్పత్తి చేస్తుంది. అందవల్ల దానిలోని వాయువులు ఎక్కువ పీడనంతో సంపీడనంచెందడం వల్ల కేంద్రం వద్ద ఉష్ణోగ్రత మిలియన్‌ల కెల్విన్‌కు పెరుగుతుంది. సూర్యకేంద్రం వద్ద ఉష్ణోగ్రత 20 మిలియన్ల కెల్విన్ గా అంచనావేశారు. ఈ హెచ్చు ఉష్ణోగ్రత, పీడనాల వద్ద వాయు అణువులు ఎక్కువ వేగంతో చలిస్తూ అభిఘాతాలు చెందడం వల్ల ఉష్ణ కేంద్రక చర్యలు మొదలవుతాయి. ఫలితంగా ఎక్కువ మొత్తంలో శక్తి వెలువడుతుంది. సూర్యుడు, నక్షత్రాలలో ఉత్పత్తి అయ్యే శక్తికి కారణం హైడ్రోజన్, హీలియంగా మారినపుడు జరిగే కేంద్రక సంలీన ప్రక్రియ అని హేన్స్ బేతే శాస్త్రవేత్త ప్రతిపాదించాడు.

$$4\,{}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + 2\,e^{0}_{+1} + Q$$

నాలుగు హైడ్రోజన్ కేంద్రకాలు సంలీనం చెంది, హీలియం కేంద్రకంగా మారడంతోపాటు రెండు పాజిట్రాన్‌లు, (ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశితో సమాన ద్రవ్యరాశి కలిగి, ధనావేశాన్ని కలిగి ఉన్న సూక్ష్మ కణాలు) మరియు 26.8 MeV ల శక్తి విడుదలవుతాయి. **నక్షత్రాలలోని శక్తికి కారణం ఉష్ణకేంద్రక చర్యలలో విడుదలయ్యే అత్యధికశక్తి**. సూర్యునిలో ఉండే హైడ్రోజన్ 8 బిలియన్ సంవత్సరాల కన్నా ఎక్కువ కాలం సూర్యుడిని ప్రకాశవంతంగా ఉంచడానికి సరిపోతుంది.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 27.6

1. ఒక ${}^{235}_{92}U$ కేంద్రకం విచ్ఛిత్తి చెంది 200 MeV శక్తిని విడుదలచేస్తుంది. 4 ప్రోటానులు సంలీనం చెంది 26.8 MeV విడుదల చేస్తాయి. ఏ ప్రక్రియ ఏకాంక ద్రవ్యరాశికి ఎక్కువ శక్తిని విడుదల చేస్తుంది?

2. ఈ కింది చర్యలను తీసుకోండి.

(a) ${}^{1}_{1}H + {}^{7}_{3}Li \rightarrow {}^{4}_{2}He + Q$ (b) ${}^{2}_{1}H + {}^{2}_{2}H \rightarrow {}^{3}_{1}H + {}^{1}_{1}H + 4\,MeV$

మొదటి చర్యలో Q ను రెండవ చర్యలో ట్రిటినియం ద్రవ్యరాశిని గణించండి.

$m\left({}^{2}_{1}H\right) = 2.014103\,u,\ m\left({}^{4}_{2}H\right) = 4.002604\,u,\ m\left({}^{1}_{1}H\right) = 1.007825\,u$

$m\left({}^{7}_{3}Li\right) = 7.015982\,u$ గా తీసుకోండి.

27.7 కేంద్రక శక్తి

మన నిత్య జీవితంలో ప్రతీ పనికి శక్తి అవసరం. ప్రతి మనిషి ఉపయోగించే శక్తి పరిమాణం ఆ దేశ పురోభివృద్ధికి కొలమానం. అంతర్జాతీయ సంస్థ UNESCO అంచనా (2007) ప్రకారం భూమి ఉత్పత్తి చేయగలిగే ఆహారం, నీరు, శక్తి కన్నా 40% ఎక్కువ మనం ఖర్చుపెడుతున్నాం. నిజానికి మానవ సమాజం నిరంతరం శక్తి భద్రతకై ప్రయత్నిస్తూ కొత్త శక్తిజనకాల కొరకు అన్వేషణ సాగిస్తూనే ఉంది. సాంప్రదాయ ఇంధన వనరులను మితిమీరి ఉపయోగించడం వలన వాటి నిల్వలు తగ్గిపోయి కొన్ని వందల సంవత్సరాలలో అడుగంటిపోయే ప్రమాదం ఉంది. భవిష్యత్ శక్తి అవసరాలకు కేంద్రక శక్తిని ఉపయోగించుకోవడం ఒక మంచి ప్రత్నామ్నాయం. దీన్ని గురించి ఇప్పుడు చర్చిద్దాం.

27.7.1 శాంతియుత అనువర్తనాలు

కేంద్రక శక్తి యొక్క శాంతియుత అనువర్తనాలలో ముఖ్యమైనది విద్యుచ్ఛక్తి ఉత్పాదన. కేంద్రక పవర్ ప్లాంట్‌లో ముఖ్యమైన లాభమేమిటంటే థర్మల్ పవర్ ప్లాంట్‌లో లాగ వాయువు, బొగ్గు లాంటి ఇంధనాలను నిరంతరంగా సరఫరా చేయవలసిన పనిలేదు. శిలాజ ఇంధన థర్మల్ పవర్ ప్లాంట్‌ల నుండి వచ్చే దుమ్ము, బూడిద పొగల వంటి వాటితో పర్యావరణాన్ని ఇది కలుషితం చేయదు. 6 నెలలకొకసారి రియాక్టర్‌లో ఇంధనాన్ని నింపితే సరిపోతుంది. ఈ కారణంగానే కేంద్రక పవర్ ప్లాంట్‌లను పెద్ద పెద్ద ఓడలను, భారీ జలాంతర్గాములను నడపడానికి ఉపయోగిస్తున్నారు.

రియాక్టర్‌లో ఉపయోగించిన ఇంధనంలో రేడియో ఐసోటోప్‌లు ఎక్కువ సంఖ్యలో ఉంటాయి కనుక అధిక రేడియోధార్మికతను కలిగి ఉంటుంది. ఉపయోగించిన ఇంధనం నుండి రేడియో ఐసోటోప్‌లను వెలికితీసి వాటిని వ్యవసాయ, వైద్య, పారిశ్రామిక, పరిశోధన రంగాలలో వాడగలిగే సాంకేతిక పరిజ్ఞానాన్ని భారతదేశం స్వయంగా అభివృద్ధిచేసుకుంది.

రేడియో ధార్మిక వ్యర్థ పదార్థాల నుండి వచ్చే రేడియోధార్మిక వికిరణాలు వ్యాప్తిచెందకుండా వాటిని మందపాటి స్టీలు డబ్బాలలో పెట్టి ఉప్పుగనుల్లో లోతుగా పూడ్చిపెడతారు. 1945, ఆగస్టు 6న హిరోషిమా (జపాన్) పై వేసిన బాంబు అతి స్వల్ప సమయంలోనే ఎన్నో వేల మంది మరణానికి కారణమైనప్పుడు దాని విధ్వంసక సామర్థ్యం లోకానికి తెలిసింది. తరువాతి కాలంలో ఇంతకంటే శక్తివంతమైన హైడ్రోజన్, నైట్రోజన్ బాంబులను తయారుచేశారు. ఇవి అందమైన ఈ భూగాళాన్ని అనేక సార్లు నాశనం చేయగలుగుతాయి.

భారతదేశంలో కేంద్రక శక్తి

కేంద్రక శక్తిని పౌర అవసరాలకు ఉపయోగించవచ్చునని స్వాతంత్ర్యానంతరం Dr. H.J. బాబా గుర్తించాడు. దేశం యొక్క కేంద్రక శక్తి అవసరాలను తీర్చడానికి మూడు స్థాయిల అభివృద్ధి ప్రణాళికను రూపొందించాడు. అవి

- సహజ యురేనియంను ఇంధనంగా వాడి విద్యుచ్ఛక్తిని మరియు ప్లుటోనియంను ఉప ఉత్పత్తిగా పొందటానికి పీడనంతో కూడిన భారజల రియాక్టర్ (Pressurised Heavy Water Reaction (PHWR)) ను స్థాపించడం.
- థోరియం నుండి U-233 ను ప్రజననం (breeder) చేయడానికి ప్లుటోనియంను మండించే అధిక ద్రుతి ప్రజనక రియాక్టర్ (Fast Breeder Reactors) ను నెలకొల్పటం.
- రెండవ స్థాయిని అభివృద్ధిపరచడం, విచ్ఛేద్య పదార్థం (Fissile material) ను అధికంగా ఉత్పత్తిచేయటం.

భారతదేశంలో వాణిజ్య అవసరాల కొరకు కేంద్రకశక్తిని 14 చిన్న, ఒక మధ్యస్థాయి కేంద్రక రియాక్టర్ల ద్వారా ఉత్పత్తి చేస్తున్నారు. ఇవికాక 8 నిర్మాణ దశలో మరికొన్ని ప్రాథమిక దశలో ఉన్నాయి. ప్రస్తుతం అందుబాటులో ఉన్న శక్తిలో 3% సుమారు 2×10^{10} kW h ల విద్యుచ్ఛక్తిని కేంద్రక శక్తి సమకూరుస్తుంది. 2020 సంవత్సరానికి 20 GW ల కేంద్రక విద్యుత్తును పొందటానికి, 2050 సంవత్సరానికి మొత్తం శక్తిలో 25% కేంద్రక శక్తి ఉండాలని ప్రభుత్వ యోచన.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 27.7

1. భారతదేశంలో శక్తి ఉత్పాదనకు ఏ రకపు రియాక్టర్‌ను ఉపయోగిస్తారు.
2. 20,000 టన్నుల TNT కు సమానమైన శక్తిని విడుదల చేసిన ఆటంబాంబులో $^{235}_{92}U$ ఎంత విచ్ఛిత్తి నొందింది. (1 g of TNT, 1000 కెలరీల ఉష్ణాన్ని ఇస్తుంది)

27.7.2 కేంద్రక వికిరణం వల్ల ప్రమాదాలు మరియు భద్రతాచర్యలు

మన చుట్టూ ఉన్న ప్రకృతి, జీవమున్న మరియు జీవం లేని పదార్థాలతో కూడి ఉన్నది. మానవుడు వృక్ష, జంతు మరియు సముద్ర గర్భ జీవజాలాల మధ్య ఎన్నో లక్షల సంవత్సరాలుగా సమతుల్యము ఉన్నది. ఈ సమతుల్యము ఇప్పుడు ప్రమాదంలో పడ్డది. పెరుగుతున్న కాలుష్యము దీనికి కారణం. కాలుష్యము కలుగ జేసే అన్నింటిలో ప్రమాదకరమైనది, జీవజాలాలపై దీర్ఘకాలిక ఫలితం చూపేది రేడియో ధార్మిక వికిరణాలు. ఇంతకు ముందు ఇవి కేవలం సహజ సిద్ధంగా లభించే రేడియోధార్మిక పదార్థాల వల్ల, కాస్మిక్ కిరణాల వల్ల కలిగేది. కాని ఇప్పుడు మానవుడు తయారు చేసిన కేంద్రక జనకాల వల్ల చాలా ఎక్కువగా కలుగుతున్నది. ఇవి ప్రధానంగా మానవుడు చేసిన న్యూక్లియర్ పరీక్షలు, న్యూక్లియర్ ప్రయోగశాలలు, రియాక్టర్‌లు, వ్యాధినివారణకు వాడే రేడియో ఐసోటోప్‌లు వల్ల కలుగుతుంది.

రేడియో ధార్మిక వికిరణాలు, జీవకణాల క్లిష్టమైన అణువులను అయనీకరణం ద్వారా విడగొట్టి, కణాలను చంపివేస్తాయి. ఇవి క్యాన్సర్ కణాలను పెంచుతూ చర్మానికి తీవ్రమైన కాలిన గాయాలను కలుగచేసి, శరీర రోగ నిరోధక శక్తిని తగ్గిస్తాయి. ఇవి ముఖ్యంగా పుట్టబోయే పిల్లలలో పరిమాణ క్రమానికి విఘాతం కలుగచేస్తాయి. ఇవి ఐదు తరాల వరకు ప్రభావం చూపిస్తాయి. రేడియో ధార్మిక వికిరణాలు మనపై నేరుగా ప్రభావాన్ని చూపడమే కాక, మన చుట్టూ ఉన్న జీవజాలాలను, సముద్ర జీవాలను, చెట్లు చేమలను ప్రభావితం చేస్తాయి. ఇవి పంటలను, చేపలను, జంతువులను చంపివేస్తాయి. రేడియో ధార్మిక వికిరణాల వల్ల ఎంతహాని జరిగిందనే విషయం, వికిరణం పడ్డ శరీరభాగం, వికిరణం శక్తి, తీవ్రత, వికిరణం ఏ రకానికి చెందినది అన్నవిషయంపై ఆధారపడి ఉంటుంది. వివిధ శరీరభాగాలు వికిరణానికి వేరువేరు రకాలుగా స్పందిస్తాయి. ఎక్కువ అయనీకరణ శక్తి వల్ల α – కిరణాలు ఎక్కువ హాని కలుగచేస్తాయి. వివిధ వికిరణాలు కలుగచేసే హానిని సాధారణంగా వాటి సాపేక్ష జైవిక ప్రభావం RBE (Relative biological effectiveness) ను పోల్చడం ద్వారా తెలుపుతారు. వివిధ కణాల RBE క్రింది పట్టికలో ఇచ్చారు.

పట్టిక 27.3 : వివిధ వికిరణాల సాపేక్ష జైవిక ప్రభావం

కణాలు / కిరణాలు	RBE
X-కిరణాలు, γ-కిరణాలు, β-కణాలు	1
ఉష్ణ న్యూట్రాన్లు	2 నుండి 5
వేగ నూట్రాన్లు	10
α-కణాలు, అధిక శక్తి కలిగిన O, N ల అయానుల లాంటివి	10 నుండి 20

ప్రకృతి సిద్ధంగా లభించే వికిరణాలపై ఏవిధమైన నియంత్రణ లేదు. కాని మానవుని చేత ఉత్పత్తి చేయబడే వికిరణాల ప్రభావాన్ని తగ్గించవచ్చు.

వీటిలో కొన్ని

- కేంద్రక విస్ఫోటాన్ని నివారించడం.
- రేడియో ఐసోటోప్‌ల ఉత్పత్తిని తగ్గించడం
- రేడియో – కేంద్రకాలుగల పారిశ్రామిక వ్యర్థ పదార్థాలను పారవేసే ముందు తగు జాగ్రత్తలు తీసుకోవడం.
- అత్యవసరమైనప్పుడే రేడియో థెరపీ వైద్యాన్ని ఉపయోగించడం మరియు తక్కువ మోతాదులో ఉపయోగించడం.

మీరు ఏమి నేర్చుకున్నారు

- పరమాణువులోని కేంద్రకం ధనావేశం గల ప్రోటాన్లను, తటస్థ న్యూట్రాన్లను కలిగి ఉంటుంది.
- ఏదైన మూలకం పరమాణు కేంద్రకంలోని ప్రోటాన్ల సంఖ్య ఆ మూలకం పరమాణు సంఖ్యను ఇస్తుంది.
- పరమాణు కేంద్రకంలోని ప్రోటాన్ల, న్యూట్రాన్ల మొత్తం సంఖ్య ఆ పరమాణు ద్రవ్యరాశి సంఖ్య అవుతుంది.
- ఒకే పరమాణు సంఖ్య, వేరు వేరు ద్రవ్యరాశి సంఖ్యగల పరమాణువులను ఐసోటోప్‌లు అంటారు.
- ఒకే ద్రవ్యరాశి సంఖ్య వేరు వేరు పరమాణు సంఖ్యగల పరమాణువులను ఐసోబార్‌లు అంటారు.

- ఒకే సంఖ్యలో న్యూట్రాన్లుగల పరమాణువులను ఐసోటోన్‌లు అంటారు.
- ప్రతి పరమాణు కేంద్రకం లోని నూక్లియాన్లను శక్తివంతమైన ఆకర్షక కేంద్రక బలాలు కట్టివేస్తాయి. ఇవి తక్కువ వ్యాప్తి గల ఆవేశంపై ఆధారపడని బలాలు.
- కేంద్రక ద్రవ్యరాశి, నూక్లియాన్‌ల ద్రవ్యరాశుల మొత్తానికన్నా తక్కువగా ఉంటుంది. ద్రవ్యరాశిలోని ఈ భేదాన్ని ద్రవ్యరాశి లోపం అంటారు. ఇది బంధనశక్తికి కొలమానం.
- కేంద్రక ఘనపరిమాణం దాని ద్రవ్యరాశి సంఖ్యపై ఆధారపడుతుంది.
- ఏదైన కేంద్రకం నుండి α, β కణాలు మరియు γ వికిరణం స్వచ్ఛంద ఉద్గారం చెందడాన్ని రేడియోధార్మికత అంటారు.
- α- కణాలను హీలియం కేంద్రకంగా, β-కణాలను వేగంగా కదులుతున్న ఎలక్ట్రాన్‌లుగా గుర్తించారు. γ-కిరణాలు తక్కువ తరంగదైర్ఘ్యం గల విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు.
- రేడియోధార్మిక క్షయీకరణ నియమం ప్రకారం ఒక సెకనుకు విఘటనం చెందే రేడియోధార్మిక పరమాణువుల సంఖ్య ఆ క్షణంలో ఉన్న రేడియోధార్మిక పరమాణువుల సంఖ్యకు అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.
- ఒక రేడియోధార్మిక పదార్థం యొక్క రేడియోధార్మిక కేంద్రాలు తమ తొలి కేంద్రకాల సంఖ్యలో సగం కావడానికి పట్టేకాలాన్ని ఆ రేడియోధార్మిక పదార్థం యొక్క అర్ధజీవితకాలం ($T_{1/2}$) అంటారు.
- క్షయీకరణ ఘాతాంక నియమం : $N(t) = N_0 \exp(-\lambda t)$
- సంయోజనీయ ఎలక్ట్రానులు రసాయనిక చర్యలో పాల్గొంటాయి. ఈ చర్యలలో శక్తి వినిమయం 1 eV లలో ఉంటుంది.
- కేంద్రక చర్యలో కొత్తమూలకం ఏర్పడుటకు పరమాణుకేంద్రకం అన్యోన్య చర్యనొందుతుంది.
- కేంద్రక చర్యలో శక్తి వినిమయం MeV లలో ఉంటుంది.
- కేంద్రక చర్యలో పరమాణు సంఖ్య, ద్రవ్యరాశి సంఖ్య, ఆవేశం నిత్యత్వం.
- యురేనియం లాంటి భారకేంద్రకంను మంద ద్రుతి న్యూట్రాన్లతో తాడనంచేయుట వల్ల అది 200 MeV శక్తిని విడుదల చేస్తూ 2 – 3 శకలాలుగా విడిపోతుంది. ఈ ప్రక్రియనే కేంద్రక విచ్ఛిత్తి అంటారు.
- విచ్ఛిత్తికి లోనయ్యే, పదార్థాలను విచ్ఛేధ్య పదార్థాలు అంటారు. ^{233}Th, ^{233}U, ^{235}U, ^{239}Pu లు విచ్ఛేద్య పదార్థాలు.
- ఒకటి కంటే ఎక్కువ ఉద్గార న్యూట్రాన్‌ల ప్రతీ ప్రాథమిక విచ్ఛిత్తి ఇంకా విచ్ఛిత్తిని ప్రేరేపించినట్లయితే శృంఖల చర్య జరుగుతుంది.
- నియంత్రిత శృంఖల చర్యను ఏర్పరచే పరికరం కేంద్రక రియాక్టర్.
- కేంద్రక సంలీనంలో రెండు తేలికైన కేంద్రకాలు కలిసి ఒక కేంద్రకాన్ని ఏర్పరుస్తాయి.

ముగింపు అభ్యాసం

1. ఒక రేడియోధార్మిక నమూనా ఎప్పుడు విఘటనం చెందుతుంది?
2. ఐసోటోప్ మరియు ఐసోబార్‌ల మధ్య భేదాలు తెలపండి.
3. ప్రతి న్యూక్లియాన్‌కుగల బంధనశక్తికి, ద్రవ్యరాశి సంఖ్యకు గీసిన వక్రం అభిలక్షణాలను వివరించండి.
4. కేంద్రక బలం స్వభావం ఏమిటి? దాని అభిలక్షణాలను తెలపండి.
5. రేడియోధార్మిక పదార్థం యొక్క అర్ధజీవిత కాలం, క్షయీకరణ స్థిరాంకంతో గల సంబంధాన్ని వివరించండి.
6. ఈ కింది పదాలను నిర్వచించండి.

   (i) పరమాణు సంఖ్య (ii) ద్రవ్యరాశి సంఖ్య (iii) ద్రవ్యరాశిలోపం

   (iv) న్యూక్లియాన్ల బంధనశక్తి(v)) అర్ధజీవిత కాలం (vi) సగటు జీవితకాలం

   (vii) క్షయీకరణ స్థిరాంకం
7. రేడియోధార్మిక క్షయీకరణ నియమాన్ని తెలపండి.
8. కార్బన్ డేటింగ్ అనగానేమి? దాని ప్రాముఖ్యత ఏమిటి.
9. ఈ కింది పరమాణువుల్లో న్యూట్రాన్లు, ప్రోటాన్లు, ఎలక్ట్రాన్ల సంఖ్యను తెలపండి.

   (i) ${}^{23}_{11}Na$; (ii) ${}^{2}_{1}H$; (iii) ${}^{238}_{92}U$; (iv) ${}^{35}_{17}Cl$
10. ఈ కింది కేంద్రకాలకు ద్రవ్యరాశి లోపం, న్యూక్లియాన్ల బంధనశక్తిని కనుక్కోండి.

    (i) ${}^{4}_{2}He$; (ii) ${}^{7}_{3}Li$; (iii) ${}^{14}_{7}N$;

    $$1\,u = 1.660566 \times 10^{-27}\,kg = 931\ MeV$$

    ప్రోటాన్ ద్రవ్యరాశి $= 1.007276\,u$.

    న్యూట్రాన్ ద్రవ్యరాశి $= 1.008665\,u$

    ${}^{4}_{2}He$ పరమాణువు ద్రవ్యరాశి $= 4.00260\,u$

    ${}^{7}_{3}Li$ పరమాణువు ద్రవ్యరాశి $= 7.01601\,u$

    ${}^{14}_{7}N$ పరమాణువు ద్రవ్యరాశి $= 14.00307\,u$ గా ఇచ్చారు.
11. ప్రస్తుతం విరివిగా లభిస్తున్న రెండు యురేనియం ముఖ్య ఐసోటోప్‌లను ఉపయోగించి మరియు లభ్యత నిష్పత్తి ఒకటికంటే ఎక్కువ ఉండదని ఊహిస్తూ, భూ ఉపరితలానికి ఉండే గరిష్ఠ వయస్సును అంచనావేయండి. ^{238}U మరియు ^{235}U ల ప్రస్తుత నిష్పత్తి 1378: 1, ^{238}U అర్ధజీవితకాలం $= 4.5 \times 10^{9}$ సంవత్సరాలు, ^{235}U నకు 7.13×10^{8}సంవత్సరాలు.
12. ఒక రేడియోధార్మిక నమూన క్రియాశీలత 1 గంట 20 నిమిషాల్లో దాని తొలి విలువకు 1/16 వ వంతుకు పడిపోయినప్పుడు దాని అర్ధజీవితకాలాన్ని కనుక్కోండి.

13. రసాయనిక చర్యకు, కేంద్రక చర్యకు మధ్యగల భేదమేమిటి?

14. విచ్ఛిత్తి రియాక్టర్‌లో మితకారి (moderator) మరియు శోషణకారు (absorber) ల ఉపయోగం ఏమిటి?

15. ద్రవ్యరాశి సంఖ్యకు ఒక న్యూక్లియాన్‌కు గల బంధనశక్తులకు గీసిన వక్రం ఆధారంగా కేంద్రక సంలీనంను వివరించండి.

16. కేంద్రక చర్య అనగానేమి? కేంద్రక చర్యలలో పాటించబడే నిత్యత్వ నియమాలను తెలపండి. కేంద్రక చర్యలకు మూడు ఉదాహరణలివ్వండి.

17. కేంద్రక విచ్ఛిత్తి అనగానేమి? ఒక ఉదాహరణనిస్తూ మీ సమాధానాన్ని వివరించండి.

18. 30 రోజులకు 100 మెగా వాట్‌ల శక్తిని ఉత్పత్తి చేయడానికి ఎంత ^{235}U ద్రవ్యరాశి వ్యయమవుతుందో లెక్కించండి.

19. భార హైడ్రోజన్ ఈ కింది సంలీన చర్యకు లోనయింది.

$$^{2}_{1}D + ^{2}_{1}D \rightarrow ^{4}_{2}He + 24\ MeV$$

పై శక్తికి సమానమైన శక్తిని ఉత్పత్తి చేయడానికి ఎంత భార హైడ్రొజన్ ఉపయోగించారో లెక్కించండి. రెండు ఫలితాలను పోల్చండి.

20. కేంద్రక సంలీనం అంటే ఏమిటి? మీ సమాధానాన్ని సమర్థించే ఒక సమీకరణాన్ని రాయండి.

21. సూర్యునిలోని శక్తి జనక స్థానం ఏమిటి? అది ఎలా ఏర్పడింది? ఒక ఉదాహరణతో వివరించండి.

22. పరమాణు రియాక్టర్ నిర్మాణాన్ని వర్ణించండి.

23. సంలీన చర్యలో విడుదలైన శక్తిని గణించండి.

$$3\left(^{4}_{2}He\right) \rightarrow ^{12}_{6}C$$

α-కణం ద్రవ్యరాశి = 4.00263u.

పాఠంలోని ప్రశ్నలకు సమాధానాలు

27.1

1.

ఐసోటోప్‌లు (Isotopes)	ఐసోబార్‌లు(Isobars)	ఐసోటోన్‌లు (Isotones)
$^{12}_{6}C$ & $^{14}_{6}C$	$^{76}_{32}Ge$ & $^{76}_{34}Se$	$^{2}_{1}H$ & $^{3}_{2}He$
$^{1}_{1}H$ & $^{2}_{1}H$ & $^{3}_{1}H$	$^{40}_{18}A$ & $^{40}_{20}Ca$	$^{14}_{6}C$ & $^{18}_{8}O$
$^{16}_{8}O$ & $^{18}_{8}O$	$^{76}_{32}Ge$ & $^{76}_{34}Se$	$^{23}_{11}Na$ & $^{24}_{12}Mg$
$^{35}_{17}Cl$ & $^{37}_{17}Cl$	$^{3}_{1}H$ & $^{3}_{2}He$	$^{27}_{13}Al$ & $^{28}_{14}Si$
$^{206}_{82}Pb$ & $^{207}_{82}Pb$	$^{7}_{3}Li$ & $^{7}_{4}Be$	$^{27}_{13}Al$ & $^{28}_{14}Si$
$^{238}_{92}U$ & $^{239}_{92}U$		

2.	భారమైనది	3.	ద్రవ్యరాశి	4.	న్యూక్లియాన్లు
5.	14	6.	పరమాణు	7.	(ii) పరమాణు సంఖ్య

27.2

1. Δm = 1.041358 u; 969.5 MeV.
2. 2.4×10^{-15} m.

27.3

1. సాధారణంగా కేంద్రక విఘటనం α, β ఉద్గారాలతోకూడి ఉండటం వల్ల జనక మూలకం, పరమాణు ద్రవ్యరాశి సంఖ్యలలో మార్పును కలిగిస్తుంది. α, β కణాల ఉద్గారం వల్ల భార కేంద్రకం కొంత ద్రవ్యరాశిని కోల్పోయి, తేలికైన కేంద్రకంగా మారుతుంది. కనుక ఇది కేంద్రక విఘటన దృగ్విషయం.
2. అయనీకరణ సామర్థ్యం $\alpha > \beta > \gamma$

   చొచ్చుకుపోయే సామర్థ్యం $\alpha < \beta < \gamma$
3. (i) $a = Z - 2$ and $b = A - 4$

   (ii) $a = Z + 1$ and $b = A$.
4. రెండు అర్ధజీవితకాలాలు అవసరం. 10 నుంచి 5 గ్రాములకు తగ్గడానికి ఒకటి, 5 నుండి 2.5 గ్రాములకు తగ్గడానికి ఒకటి అంటే మొత్తం 10 సంవత్సరాలు.

27.4

1. a) ${}^{18}_{9}F + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{16}_{8}O + {}^{4}_{2}He$; b) ${}^{27}_{13}Al + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{24}_{11}Na + {}^{4}_{2}He$;

   c) ${}^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{234}_{90}Pa + {}^{0}_{-1}e$; d) ${}^{63}_{29}Cu + {}^{2}_{1}D \rightarrow {}^{64}_{30}Zn + {}^{1}_{0}n$
2. 17.9 MeV
3. ${}^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}H$ + 6.5 MeV.

27.5

1. సహజ నిష్పత్తి కన్నా n/p నిష్పత్తి పెరిగినందున దాని స్థిరత్వం తగ్గుతుంది. నిష్పత్తిని తగ్గించుకొని ఎక్కువ స్థిరత్వాన్ని పొందుటకు β కణాన్ని విడుదల చేస్తుంది.
2. 239 Pu
3. 200 MeV.

27.6

1. విచ్ఛిత్తిలో విడుదలైన శక్తి 0.84 MeV/u సంలీనంలో విడుదలైన శక్తి 6.7 MeV/u ప్రమాణ ద్రవ్యరాశికి విడుదలైన శక్తి రెండవ సందర్భంలో ఎక్కువ.
2. (*a*) 17.3 MeV, (b) 2.69 MeV.

27.7

1. పీడనంతో కూడిన భారజల రియాక్టర్ (Pressurized Heavy Water Reactor)
2. సుమారుగా 1 కిగ్రా.

ముగింపు అభ్యాసంకు సమాధానాలు

9. (i) 12, 11, 11 (ii) 1, 1, 1 (iii) 146, 92, 921 (iv) 18, 17, 17
10. (i) 0.034, 28MeV (ii) 0.044, 37.86 MeV (iii) 0.10854, 101MeV
11. 6.0×10^9 సంవత్సరాలు
12. 20 నిమిషాలు.
18. 30.6 kg
19. 146.6 g
23. 7.35 MeV

28

అర్ధవాహక పరికరాలు

పరిచయం

మన నిత్యజీవితంలో వాడే అర్ధవాహక పరికరాలలో సౌరఫలకాలు (Solar Pannels), ఫోటో డయోడులు (Photo diodes), కాంతి ఉద్గార డయోడులు (LEDs), కంప్యూటర్లలో వాడే రామ్ (RAM), రోమ్ (ROM). ఘనస్థితి మెమరీ డ్రైవ్ (SSDs), కొన్ని ముఖ్యమైనవి. అనేక ఇతర పరికరాలైన ట్రాన్సిస్టర్ రేడియో, టి.వి., సెల్‌ఫోన్, కంప్యూటర్ ప్రాసెసర్స్‌లలో అర్ధవాహక పరికరాలను వాడతారు. సిలికాన్ మరియు జెర్మేనియంలు బాగా తెలిసిన అర్ధవాహక పదార్థాలు. సాధారణంగా అర్ధవాహకాల వాహకత్వం లోహాలకు మరియు బంధకాలకు మధ్య ఉంటుంది. అయినప్పటికి, పరమ శూన్య ఉష్ణగ్రత వద్ద అర్ధవాహకాలు పూర్తిగా బంధకాల వలె పనిచేస్తాయి. కొన్ని మాలిన్య మూలకాలను అర్ధవాహకాలకు కలపడాన్నే మాదీకరణం అంటారు. ఇది అర్ధవాహకం వాహకత్వంపై ప్రభావం చూపుతుంది. మాదీకరణంలో కలిపిన మాలిన్యాలపై ఆధారపడి అర్ధవాహకాలను p-రకం లేదా n-రకంగా విభజిస్తారు.

ఒక స్వభావజ అర్ధవాహకం (pure semiconductor) లోని ఒక భాగాన్ని p-రకం మాలిన్యంతో మిగిలిన భాగాన్ని n-రకం మాలిన్యంతో మాదీకరిస్తే ఒక p-n సంధి ఏర్పడుతుంది. p-n సంధినే డయోడ్ అని కూడా అంటారు. ఈ పాఠ్యాంశంలో మీరు వివిధ రకాలైన అర్ధవాహకాల గూర్చి, వాటి ప్రవర్తన, వాటిని ఏ విధంగా వాడితే జీనర్ డయోడ్, సౌర ఘటం (Solar Cell) , కాంతి డయోడ్ (Photodiode) కాంతి ఉద్గార డయోడ్ (Light emitting Diode), ట్రాన్సిస్టర్ (Transistor) వంటి ఉపయోగకరమైన పరికరాలను తయారుచేస్తారో తెలుసుకుంటారు. ఈ సరళమైన నిర్మాణాలను వోల్టేజి నియంత్రణకాలలో, డిస్‌ప్లే స్విచ్‌లలో, మెమరీ పరికరాలలో, సమాచార వ్యవస్థలలో, కంప్యూటర్లలో, ఉపగ్రహాలలో, అంతరిక్ష నౌకలలో, శక్తి వ్యవస్థలలో (Power systems) ఉపయోగిస్తారు. ఈ అధ్యాయం చివరిలో తర్క ద్వారాలు (Logic gates) గురించి చర్చించారు. తర్క ద్వారాలను ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలలో డిజిటల్ వలయాలలో ప్రాథమిక నిర్మాణాలుగా వాడతారు.

లక్ష్యాలు

ఈ పాఠం చదివిన తరువాత మీరు కింది విషయాలను తెలుసుకుంటారు.

- n-రకం, p-రకం అర్ధవాహకాల మధ్య భేదాలు
- p-n సంధి డయోడ్‌లో లేమి పొర, అవరోధ పొటెన్షియల్ ఏర్పాటు.
- పురోశక్మం, తిరోశక్మంలో p-n సంధి డయోడ్ I-V అభిలక్షణాల వర్ణన.
- డయోడ్ అనువర్తనాలు.

- ట్రాన్సిస్టర్ పనిచేసే విధానం, దాని నివేశ, నిర్గమన (Input and Output) లక్షణాల వివరణ.
- తర్క ద్వారాలు బులియన్ బీజగణితం (Boolean Algebra) ను ఏవిధంగా అనుసరిస్తాయో తెలుసుకుంటారు.

28.1 పదార్థాల వర్గీకరణ

అర్ధవాహకాల రకాల గురించి తెలుసుకొనే ముందు పదర్థాలను ఏవిధంగా వర్గీకరించారో తెలుసుకోవాలి. పదార్థాల నిరోధకత్వం (Resistivity) పై ఆధారపడి వాటిని లోహాలు, అర్ధవాహకాలు, బంధకాలు అనే మూడు రకాలుగా వర్గీకరించారు.

(i) లోహాలు (Metals) : ఇది అత్యల్ప నిరోధకత్వం (లేదా అత్యధిక వాహకత్వం)ను కలిగి ఉంటాయి. వీటిని నిరోధకత్వం (ρ) విలువలు 10^{-2} నుంచి 10^{-8} ఓమ్-మీటర్ (Ωm) వరకు ఉంటాయి.

అంటే వీటి వాహకత్వం ($\sigma = 1/\rho$) విలువలు 10^{2} నుంచి 10^{8} Sm^{-1} లేదా (Ωm) గా ఉంటాయి.

ఉదా : రాగి, బంగారం, వెండి, అల్యూమినియం.

(ii) అర్ధవాహకాలు (Semiconductors) : అర్ధవాహకాల నిరోధకత్వం లేదా వాహకత్వం లోహాలు మరియు బంధకాలకు మధ్య ఉంటుంది. అర్ధవాహకాల నిరోధకత్వం (ρ) సుమారు 10^{-5} నుంచి 10^{6} ఓమ్-మీ ఉంటుంది. వీటి వాహకత్వం (σ) సుమారు 10^{5} నుంచి 10^{-6} $(\Omega m)^{-1}$ లేదా Sm^{-1} ఉంటుంది.

ఉదాహరణ : సిలికాన్, జర్మేనియం.

(iii) బంధకాలు (Insulators) : ఇవి అత్యధిక నిరోధకత్వాన్ని (లేదా అత్యల్ప వాహకత్వాన్ని) కలిగి ఉంటాయి.

బంధకాల నిరోధకత్వం (ρ) $= 10^{11}$ నుంచి 10^{19} ఓమ్-మీటర్ (Ωm)

వీటి వాహకత్వం (σ) $= 10^{-11}$ నుంచి 10^{-19} Sm^{-1}

ఉదాహరణ : రబ్బరు, చెక్క, మట్టి

పై పేర్కొన్న నిరోధకత్వ (వాహకత్వం) విలువలు వాటి సుమారు విలువలను సూచిస్తాయి. పదార్థాల ఖచ్చితమైన వర్గీకరణను శక్తిస్థాయి పట్టీల (Energy-band) సిద్ధాంతపరంగా వివరిస్తారు.

శక్తి పట్టీ సిద్ధాంతం (Energy-band theory)

వియుక్త పరమాణువులోని ఎలక్ట్రాన్లు విచ్ఛిన్న శక్తిస్థాయిలను కలిగి ఉంటాయి. రెండు వియుక్త పరమాణువులను చాలా దగ్గరకు తీసుకుకొని వస్తే, ఆ రెండు పరమాణువులలోని ఎలక్ట్రాను కక్ష్యలు ఒకదానితో ఒకటి అధ్యారోపణ చర్యకు గురౌతాయి. ఫలితంగా, సంయోగ పరమాణు వ్యవస్థలోని ఎలక్ట్రాన్లు అదే శక్తిస్థాయిలో ఉండలేవు. వాటి శక్తిస్థాయిలలో స్వల్ప మార్పులు సంభవించి మూల శక్తిస్థాయిలకు కొంచెం తక్కువ లేదా ఎక్కువ స్థాయిలోకి మారతాయి. తద్వారా ప్రతీ శక్తిస్థాయి స్వల్ప బేధం గల రెండు స్థాయిలుగా మార్పు చెందుతుంది.

'N' పరమాణువులను ఒక దగ్గరకు తెచ్చి ఘనపదార్థాన్ని ఏర్పరిస్తే, వాటి ఎలక్ట్రాన్లు అన్యోన్య చర్య పొంది వివిధ శక్తిస్థాయిల స్థానంలో 'N' స్వల్ప శక్తి బేధం గల నూతన శక్తిస్థాయిలు ఏర్పడతాయి. అత్యంత దగ్గర దగ్గరగా స్వల్పశక్తి బేధం గల స్థాయిలు ఒక పట్టీలా (band) ఏర్పడతాయి. వీటినే అనుమతించబడిన (allowed) శక్తి పట్టీలు (energy bands) అంటారు. అనుమతించిన శక్తి పట్టీల మధ్య ఉండే ఖాళీ శక్తిస్థాయిలను నిషిద్ధ (forbidden) పట్టీలు అంటారు. ఘన పదార్థాలలో ముఖ్యంగా మూడు శక్తి పట్టీలు ఉంటాయి. ఘన పదార్థాల ధర్మాలను అర్థం చేసుకోవడానికి ఈ శక్తి పట్టీలు ఉపయోగపడతాయి.

మూడు శక్తి పట్టీలను కింది విధంగా తెలుపుతారు.

- సంయోజక పట్టీ (Valence band)
- వాహక పట్టీ (Conduction band)
- నిషిద్ధ పట్టీ లేదా శక్తి అంతరం (Forbidden band or forbidden gap)

❍ **సంయోజక పట్టీ :** సంయోజక పట్టీ (Valency) ఎలక్ట్రానులు లేదా బాహ్య కక్ష్యలో ఉండే ఎలక్ట్రానుల భిన్న శక్తిస్థాయిల సమూహం యొక్క శక్తి పరిధిని సంయోజక పట్టీ అంటారు. సంయోజక ఎలక్ట్రానుల శక్తిస్థాయిలలో కూడిన శక్తి పట్టీనే 'సంయోజక పట్టీ'గా పిలుస్తారు. పటం 28.1లో చూపిన విధంగా సంయోజక పట్టీ, వాహక పట్టీకి దిగువన ఉంటుంది. సంయోజక పట్టీలోని ఎలక్ట్రానుల శక్తి వాహక పట్టీలోని ఎలక్ట్రానుల శక్తి కంటే తక్కువగా ఉంటుంది. సంయోజక పట్టీలోని ఎలక్ట్రానులు పరమాణువు కేంద్రకంలో బలహీనంగా బంధించబడి ఉంటాయి.

❍ **వాహక పట్టీ :** స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానుల సమూహ శక్తి పరిధిని వాహక పట్టీ అంటారు. స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానుల భిన్నశక్తి స్థాయిలు దగ్గర దగ్గరగా ఉండి వాహక పట్టీని ఏర్పరుస్తాయి. సాధారణంగా వాహక పట్టీ ఖాళీగా (ఎలక్ట్రాను రహితంగా) ఉంటుంది. బాహ్యశక్తిని ఇచ్చినప్పుడు సంయోజక పట్టీలోని ఎలక్ట్రానులు శక్తిని గ్రహించి వాహక పట్టీలోకి చేరుకొని స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులుగా మారతాయి. వాహక పట్టీలోని ఎలక్ట్రానుల శక్తి సంయోజక పట్టీలోని ఎలక్ట్రానుల శక్తి కంటే ఎక్కువ. వాహక పట్టీలోని ఎలక్ట్రానులు ఏ పరమాణువుతోనూ బంధింపబడి ఉండవు.

❍ **నిషిద్ధ పట్టీ / శక్తి అంతరం :** వాహక పట్టీను, సంయోజక పట్టీను వేరు చేస్తూ రెండింట మధ్య కొంత శక్తి అంతరం ఉంటుంది. వాహక పట్టీ, సంయోజక పట్టీ మధ్య ఉన్న శక్తి అంతరాన్ని నిషిద్ధ పట్టీ లేదా శక్తి అంతరం అంటారు. ఘన పదార్థాలలో నిషిద్ధ పట్టీలో ఎటువంటి అనుమతించిన శక్తిస్థాయిలు ఉండవు. కాబట్టి ఎలక్ట్రానులు దానిలో ఉండలేవు. ఘన పదార్థాల విద్యుత్ వాహకత్వంను నిర్ణయించబడంలో శక్తి అంతరం ప్రధాన పాత్ర పోషిస్తుంది. శక్తి అంతరంను బట్టే పదార్థాలను వాహకాలు, బంధకాలు, అర్ధవాహకాలుగా వర్గీకరిస్తారు.

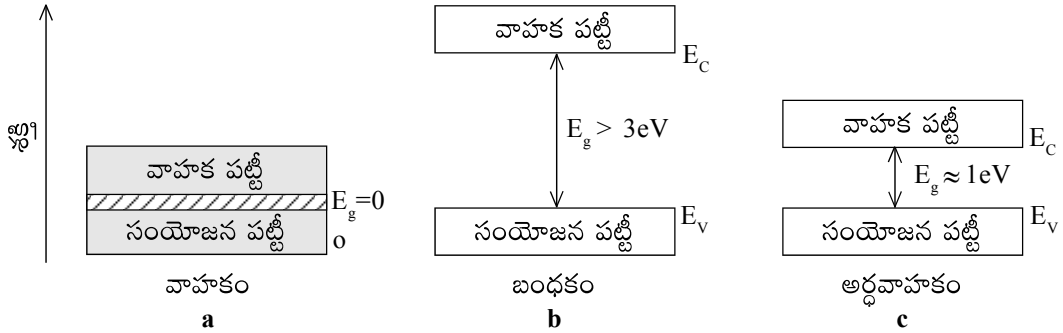
నిషిద్ధ పట్టీకి ఉండే శక్తినే శక్తి అంతరం అంటారు. దీనిని ఎలక్ట్రాను ఓల్టులు (eV) లలో కొలుస్తారు.

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

నిషిద్ధ పట్టీ శక్తి అంతరానికి సమానమైన బాహ్య ఉష్ణశక్తిని లేదా కాంతిశక్తిని సంయోజక పట్టీలోని ఎలక్ట్రానులకు అందించి వాటిని వాహక పట్టీలోనికి పంపవచ్చు.

శక్తి పట్టీల ఆధారంగా పదార్థాల వర్గీకరణ

ఒక పదార్థపు విద్యుత్ వాహకత్వాన్ని ఆ పదార్థ శక్తి అంతరం నిర్ణయిస్తుంది. నిషిద్ధ పట్టీ శక్తి అంతరంపై ఆధారపడి పదార్థాలను పటం 28.1 లో సూచించినట్లు మూడు రకాలుగా విభజించవచ్చు.



పటం 28.1 శక్తి పట్టీ పటం (a) లోహాలు (వాహకాలు), (b) బంధకాలు (c) అర్ధవాహకాలు

- **లోహాలు :** పటం 28.1 (a) లోహాల శక్తి పట్టీలను చూపిస్తుంది. ఇక్కడ వాహక పట్టీ, సంయోజక పట్టీలు పాక్షికంగా నిండి లేదా పాక్షికంగా ఖాళీగా ఉన్నాయి. సంయోజక, వాహక పట్టీలు ఒకదానితో ఒకటి అతిపాతం చెంది వుండడం వల్ల సంయోజక పట్టీలోని ఎలక్ట్రానులు సులభంగా వాహక పట్టీలోనికి చేరుకొంటాయి. దీనివల్ల విద్యుత్ వహనం (electrical conduction) కు కావలసిన అధిక సంఖ్యలో ఎలక్ట్రానులు లభిస్తాయి. తద్వారా పదార్థాల నిరోధం తక్కువ లేదా వాటి వాహకత అధికంగా ఉంటుంది.

- **బంధకాలు :** పటం 28.1 (b) లో బంధకాల శక్తి పట్టీలను చూపారు. సంయోజక-వాహక పట్టీల మధ్య అధిక శక్తి అంతరం (E_g) ఉండి వాహక పట్టీ ఎలక్ట్రానుల రహితంగా ఖాళీగా ఉంటుంది. కాబట్టి విద్యుత్ వహనం ఈ సందర్భంలో జరగదు. శక్తి అంతరం ($E_g > 3$ eV) అధికంగా ఉండడం మూలంగా ఉష్ణ ఉత్తేజం ద్వారా సంయోజక పట్టీ నుండి వాహక పట్టీకి ఎక్ట్రానులను ఉత్తేజపరచలేము.

- **అర్ధవాహకాలు :** అర్ధవాహకాల శక్తి పట్టీలను పటం 28.1 (c) లో చూపారు. పటంలో చూపిన విధంగా స్వల్ప శక్తి అంతరం (E_g) సంయోజక, వాహక పట్టీల మధ్య ఉంటుంది. స్వల్ప పరిమితి శక్తి అంతరం కారణంగా గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద కూడా సంయోజక పట్టీలోని కొన్ని ఎలక్ట్రానులు శక్తిని (Eg $\approx$ 1 eV) పొంది వాహక పట్టీకి చేరుకుంటాయి. ఎలక్ట్రానుల సంఖ్య తక్కువగా ఉన్నప్పటికీ, వాహక పట్టీలో అవి సంచరిస్తాయి. అర్ధవాహకాల నిరోధం బంధకాల నిరోధం అంత అధికంగా ఉండదని గమనించాలి.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 28.1

1. పదార్థాలను లోహాలు, బంధకాలు, అర్ధవాహకాలనే మూడు రకాలుగా ———————— విలువలపై ఆధారపడి వర్గీకరించారు.

2. వాహకత్వం, ———————— కు విలోమం.

3. వాహక పట్టీలోని ఎలక్ట్రానుల శక్తి, సంయోజక పట్టీ ఎలక్ట్రానులతో పోలిస్తే ——— .

4. శక్తి అంతరం ప్రమాణం ————

5. సాధారణంగా బంధకాల శక్తి అంతరం 3 eV కంటే ————.

28.2 అర్ధవాహకాల వర్గీకరణ

అర్ధవాహకాలను వాటి స్వచ్ఛత ఆధారంగా స్వభావజ (శుద్ధ) మరియు అస్వభావజ (అపరిశుద్ధ) అర్ధవాహకాలుగా వర్గీకరించారు. ఇప్పుడు వీటి గురించి నేర్చుకుందాం.

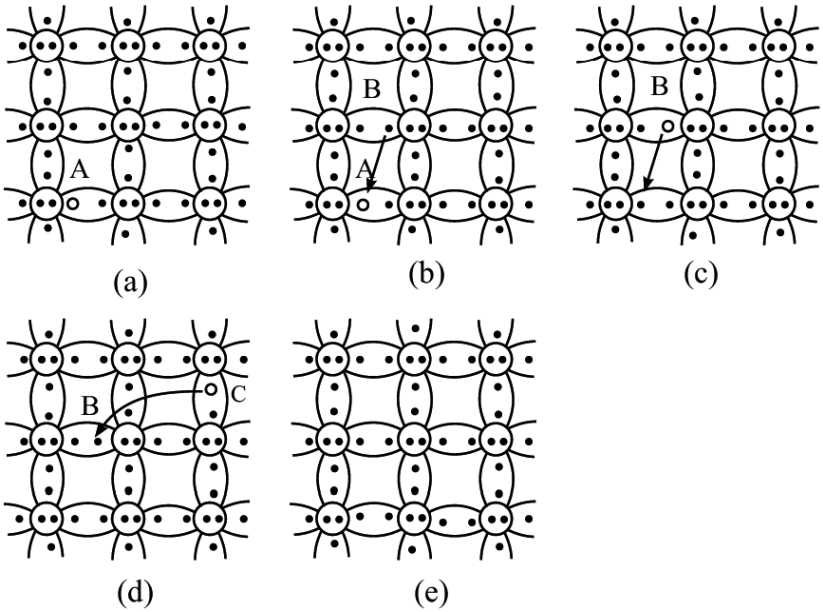
28.2.1 స్వభావజ అర్ధవాహకం

శుద్ధ జర్మేనియం, సిలికాన్ మూలకాలు స్వభావజ (intrinsic) అర్ధవాహకాలు. వీటిలో ఏ విధమైన మాలిన్యాలు ఉండవు. ఈ మూలకాలలో ఎలక్ట్రానులు స్ఫటిక నిర్మాణంలో దృఢంగా బంధించబడి ఉంటాయి. కనుక ఇవి స్వేచ్ఛగా సంచరించలేవు. స్వభావజ సిలికాన్‌కు ఉష్ణరూపంలో శక్తిని ఇచ్చినప్పుడు కొన్ని ఎలక్ట్రానులు బంధాలను (bonds) తెంచుకొని స్వేచ్ఛగా వెళ్ళిన ప్రతి సందర్భంలో వాటి స్థానంలో ఏర్పడే ఎలక్ట్రాను ఖాళీ ఒక రంధ్రాన్ని (hole) ఏర్పరుస్తుంది. సంయోజక బంధంలో ఎలక్ట్రాను లేకపోవడం వల్ల ఏర్పడిన ఖాళీని ఎలక్ట్రాను ఋణావేశంకు సమానమైన ధనావేశ కణంను "రంధ్రం"గా పరిగణిస్తారు. స్ఫటికంలో ఈ ఆవేశ కణాలు అనియతంగా కదులుతూ ఉంటాయి. ఎలక్ట్రానులు, రంధ్రాలను స్వేచ్ఛ వాహకాలని అంటారు. వీటి కదలిక విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని కలుగజేస్తుంది. స్వచ్ఛమైన సిలికాన్‌లో వాహక కణాల సంఖ్య పరిమితంగా ఉండటం వల్ల పెద్ద ఉపయోగం ఉండదు. స్వభావజ అర్ధవాహకాలలో నిర్ణీత కాలం దగ్గర ఎల్లప్పుడూ ఎలక్ట్రానుల సంఖ్య రంధ్రాల సంఖ్యకు సమానంగా ఉంటుంది.

స్వభావజ అర్ధవాహకంలో ఎలక్ట్రానులు-రంధ్రాలు ఎల్లప్పుడూ జతలుగానే ఉత్పత్తి అవుతాయని గమనించాలి. స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానుల రుణావేశం ఖచ్చితంగా రంధ్రాల ధనావేశంతో సమతుల్యం అవుతుంది. ఒక ప్రదేశం నుండి మరొక చోటుకు ఎలక్ట్రాను కదలి ఎలక్ట్రాను ఖాళీని భర్తీ చేయడం వల్ల రంధ్రం తన స్థానాన్ని మార్చుకుంటుంది. ఒక స్ఫటికంలో ఉష్ణశక్తి కారణంగా చలిస్తున్న ఎలక్ట్రాను కేంద్రకం లేదా ఇతర స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులతో అభిఘాతంకు గురై తన మార్గం నుండి విచలనం చెందుతుంది. దీనివల్ల వాయువులో అణుచలనం మాదిరిగా యాదృచ్ఛిక లేదా జిగ్-జాగ్ (zig-zag) చలనం వస్తుంది.

పటం 28.2 (a) లో చూపినట్లు A బిందువు వద్ద ఉత్పత్తి అయిన ఎలక్ట్రాను-రంధ్రం జతను తీసుకోండి. స్ఫటికంలో స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాను అపసరణ (drift) చెంది రంధ్రాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. విచ్ఛిన్నమైన సంయోజక బంధంలో ఒక ఎలక్ట్రాను మాత్రమే ఉంటుంది. ఒంటరి ఎలక్ట్రాను మరొక ఎలక్ట్రాను పొంది, జత ఎలక్ట్రానులు తిరిగి సంయోజక బంధాన్ని ఏర్పరుస్తాయి. ఉష్ణశక్తి వల్ల B బిందువు వద్ద ఉన్న ఎలక్ట్రాను దాని సంయోజక బంధాన్ని విచ్ఛిన్నం చేసుకొని, బిందువు A వద్ద ఉన్న రంధ్రం స్థానాన్ని ఆక్రమిస్తుంది ఫలితంగా A వద్ద రంధ్రం అదృశ్యమై B బిందువు వద్ద కొత్త రంధ్రాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. పటం 28.2 (c) లో చూపిన విధంగా, B బిందువు నుండి ఎలక్ట్రాను A బిందువుకు చలించడం వల్ల రంధ్రం A నుండి B వద్దకు కదిలినట్లు పరిగణించాలి.

బిందువు B వద్ద ఉన్న రంధ్రం దానికి ప్రక్కన C వద్ద ఉన్న బంధం నుండి సంయోజన ఎలక్ట్రాన్‌ను ఆకర్షించి పట్టుకొంటే ఏం జరుగుతుంది? C నుండి ఎలక్ట్రాను B వద్దకు చలిస్తే రంధ్రం B నుండి C దగ్గరకు వెళ్లినట్లు. అంటే రంధ్రాలు కూడా పరోక్షంగా చలించి విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని కారణం అవుతాయి. సాధారణంగా అర్ధవాహకాలలో విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను రంధ్రాలు కదిలే దిశలోనే తీసుకుంటారు.



పటం 28.2 అర్ధవాహకంలోని ఎలక్ట్రాన్ల మరియు రంధ్రాల చలనం

పరమ శూన్య ఉష్ణోగ్రత వద్ద, సంయోజక ఎలక్ట్రాన్‌లు అన్ని వాటి జనక పరమాణువులకు (Parent atoms) పూర్తిగా బంధించబడి ఉండి స్వభావజ అర్ధవాహకం ఒక బంధకంవలె ప్రవర్తిస్తుంది. గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఉండే ఉష్ణశక్తి పరమాణువులోని సంయోజక ఎలక్ట్రాన్‌లను వాటి కేంద్రక ప్రభావం నుండి తప్పిస్తోంది. అందువల్ల సమయోజనీయ బంధం తెగిపోయి స్ఫటికంలో ఎలక్ట్రాన్ స్వేచ్ఛగా కదులుతుంది. ఫలితంగా ఒక ఖాళీ ఏర్పడుతుంది. దీనినే రంధ్రం అంటారు. ఈ విధంగా **ఉష్ణశక్తి వల్ల కొన్ని ఎలక్ట్రాన్-రంధ్రం జతలు ఏర్పడి అర్ధవాహకం స్వల్ప వాహకత్వాన్ని ప్రదర్శిస్తుంది.** ఉదాహరణకు గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద (300 K) జర్మేనియం సుమారు $2.5 \times 10^{19}\ m^{-3}$ స్వభావజ వాహక సాంద్రత (charge density) కలిగి ఉంటుంది. ఉష్ణోగ్రత పెరిగిన కొద్దీ ఎక్కువ సంఖ్యలో ఎలక్ట్రాన్ - రంధ్రాలు ఉత్పన్నమై వాహకత్వం పెరుగుతుంది. అంటే ఉష్ణోగ్రత పెరిగిన కొద్ది నిరోధకత్వం తగ్గుతుంది. కనుక అర్ధవాహకం రుణ ఉష్ణోగ్రత నిరోధక గుణకంను చూపుతుంది.

28.2.2 అస్వభావజ అర్ధవాహకం

పైన పేర్కొన్నట్లు స్వభావజ అర్ధవాహకం ఎక్కువ నిరోధకత్వం కలిగి ఉంటుంది. దాని వాహకత్వం మార్పులకు అనుకూలంగా ఉండదు. ఈ కారణాల వల్ల స్వభావజ (శుద్ధ) అర్ధవాహకాలతో కొంతే ఉపయోగం ఉంటుంది. వీటిని ఉష్ణ లేదా కాంతి (sensitive) సునిశిత నిరోధంగా ఉపయోగించవచ్చు. స్వభావజ (శుద్ధ) అర్ధవాహకానికి తక్కువ పరిమాణంలో రంధ్రాలు లేదా ఎలక్ట్రాన్‌ల సంఖ్యను పెంచే సరియైన ఇతర పదార్థాలను కలపడం ద్వారా ఈ పరిమితిని అధిగమించవచ్చు.

	III	IV	V	VI
II	Al	Si	P	S
Zn	Ga	Ge	As	Se
Cd	In	Sn	Sb	Te
Hg				

పటం 28.3 : ఆవర్తన పట్టిక ఒక భాగం. ఒక స్వభావజ అర్ధవాహకాన్ని మాదీకరణం చేయడానికి IIIవ మరియు Vవ గ్రూపు మూలకాలను ఉపయోగిస్తారు.

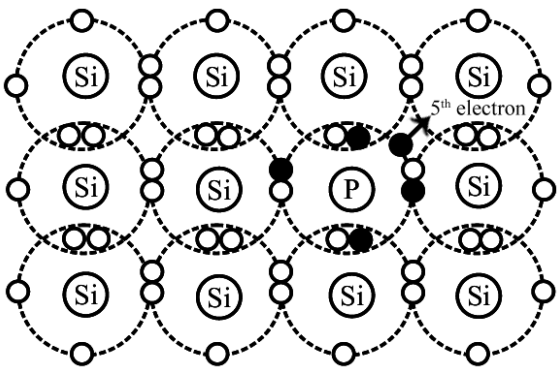
శుద్ధ లేదా స్వభావజ అర్ధవాహకానికి మాలిన్యాలను కలిపే ప్రక్రియను మాదీకరణం (**doping**) అంటారు. కలిపిన మాలిన్య అణువును మాదీకరణి (**dopant**) అంటారు. ఈ విధంగా మాదీకరణం చేసిన అర్ధవాహకాలను **అస్వభావజ** అర్ధవాహకాలు అంటారు. మాదీకరణులను సాధారణంగా ఆవర్తన పట్టికలోని **III**వ గ్రూపు (3 సంయోజక ఎలక్ట్రాన్‌లు కలిగి ఉన్నవి) లేదా **V**వ గ్రూపు (5 సంయోజక ఎలక్ట్రాన్‌లు కలిగినవి) నుండి తీసుకొంటారు. పటం 28.3 ఆవర్తన పట్టికలోని చిన్న భాగాన్ని చూపుతుంది. సాధారణంగా మాదీకరణానికి ఉపయోగించే మూలకాలను చూపడానికి **III** వ, **V**వ గ్రూపులను ప్రత్యేకంగా చూపించారు.

సాధారణంగా శుద్ధ అర్ధవాహకానికి అతి తక్కువ పరిమాణంలో మాలిన్య పరమాణువులను కలుపుతారు. ఇది సుమారుగా స్వభావజ అర్ధవాహకం 10^8 పరమాణువులకు ఒక మాలిన్య పరమాణువుగా ఉంటుంది. ఈ పరమాణువులు ఆవేశవాహకాల తుల్యతను మారుస్తాయి. మాలిన్య మూలకాలు స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్లను లేదా రంధ్రాలను ఉత్పత్తి చేస్తాయి. ఈ రెండింటిలో ఏదైన ఒకదానిని కలపడం వల్ల పదార్థం వాహకత్వం పెరుగుతుంది. అందువల్ల అస్వభావజ అర్ధవాహకంలోని ఆవేశవాహకాలు అధికభాగం మాలిన్య పరమాణువుల నుండే ఉత్పన్నమవుతాయి.

28.2.3 n మరియు p-రకం అర్ధవాహకాలు

సిలికాన్ (Si) ఎలక్ట్రాన్ విన్యాసం ($1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^2$) పది ఎలక్ట్రాన్‌లు కేంద్రకంతో పూర్తిగా బంధించబడి నాలుగు ఎలక్ట్రాన్‌లు కేంద్రకం చుట్టూ బాహ్య కక్ష్యలో తిరుగుతున్నాయని మీరు గుర్తుకు తెచ్చుకోండి. స్వభావజ సిలికాన్ అర్ధవాహకంలో, ఒక Si పరమాణువులో ఉండే నాలుగు సంయోజక ఎలక్ట్రాన్‌లు చుట్టూ ఉండే నాలుగు Si పరమాణువులతో ఒక్కొక్క ఎలక్ట్రాన్‌ను పంచుకొని స్థిరత్వాన్ని పొందుతుంది. (దీనినే సమయోజనీయ బంధం అంటారు). $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 3d^{10}, 4s^2, 4p^2$ ఎలక్ట్రాన్ విన్యాసం గల జర్మేనియంకు కూడా ఇది వర్తిస్తుంది.

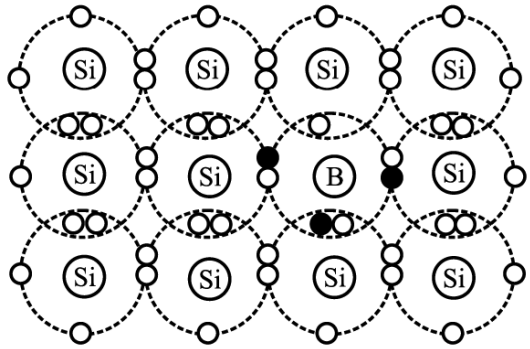
పటం 28.4 లో చూపినట్లు సిలికాన్ (లేదా జెర్మీనియం)కు పంచ సంయోజన (బాహ్య కక్ష్యలో ఐదు ఎలక్ట్రాన్‌లు) గల భాస్వరం, ఆర్సెనిక్, ఆంటీమొని వంటి మూలకాలతో మాదీకరణం చేసినప్పుడు, వాటి చుట్టు ఉండే నాలుగు ఎలక్ట్రాన్‌లు పక్కన ఉండే నాలుగు Si పరమాణువులతో సమయోజనీయ బంధాలను ఏర్పస్తాయి. కాని ఐదవ (సంయోజన) ఎలక్ట్రాన్ ఆ విధంగా బంధించబడకుండా ఉండి, వహనానికి అందుబాటులో ఉంటుంది (పటం 28.4 (a) చూడండి). అందువల్ల ఒక సిలికాన్ (లేదా జెర్మీనియం) స్ఫటికాన్ని పంచ సంయోజకత మూలకంతో మాదీకరణం చేసినప్పుడు, అది అధికంగా ఒక స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్‌ను ఏర్పరుస్తుంది. కాబట్టి దీనిని n-రకం అర్ధవాహకం అంటారు. ఆ విధమైన మాలిన్యాలను దాత మాలిన్యాలుగా వ్యవహరిస్తారు.



పటం 28.4 (a) : n-రకం అర్ధవాహకంలో సమయోజనీయ బంధం

n-రకం అర్ధవాహకాలలో స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్ల సంఖ్య రంధ్రాల సంఖ్య కంటే చాలా ఎక్కువ. 'n' గుర్తు రుణావేశాలను తెల్పుతుంది అని గమనించండి.

సిలికాన్ (లేదా జెర్మేనియం) ను బోరాన్ అల్యూమినియం, గాలియం లేదా ఇండియం వంటి త్రిసంయోజకత (బాహ్య కక్ష్యలో మూడు ఎలక్ట్రాన్‌లు) గల పరమాణువులతో మాదీకరణం చేస్తే మూడు సంయోజక ఎలక్ట్రాన్‌లు మూడు సిలికాన్ పరమాణువులతో సమయోజనీయ బంధాన్ని ఏర్పరచి, ఒక ఎలక్ట్రాన్ లోటు ఏర్పడుతుంది. ఈ ఎలక్ట్రాన్ లోపాన్ని రంధ్రం అని వ్యవహరిస్తారు. దీనిని పటం 28.4 (b)లో చూపించారు. ఈ విధమైన అర్ధవాహకాన్ని p-రకం అర్ధవాహకం అని, మాలిన్యాలను గ్రాహక మాలిన్యాలని అంటారు.



పటం 28.4(b) : p-రకం అర్ధవాహకంలో సమయోజనీయ బంధం

n-రకం అర్ధవాహకం రుణావేశం కల్గి ఉంటుందా అనే ప్రాథమిక సందేహం వస్తుంది? ఈ ప్రశ్నకు అవును అనే సమాధానం చెప్పలేము. వాస్తవానికి స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్‌ల సంఖ్య అనేది రంధ్రాల సంఖ్య మరియు ధనావేశ అయానుల మొత్తానికి ఖచ్చితంగా సమానం. ఒక అర్ధవాహకం స్వభావజంగా ఉన్నా లేదా మాదీకరించిన, అది విద్యుత్ పరంగా తటస్థం.

'p' గుర్తు ధనావేశాలను తెలుపుతుందని గమనించండి.

ఒక p-రకం అర్ధవాహకంలో, గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద గల ఉష్ణశక్తి వల్ల సమయోజనీయ బంధాలు తెగి ఏర్పడే రంధ్రాల కన్న గ్రాహక మాలిన్యాలు కలపడం వల్ల ఎక్కువ రంధ్రాలు ఉత్పన్నం అవుతాయి అని గమనించండి. అందువల్ల, రంధ్రాల ఫలిత గాఢత ఎలక్ట్రాన్ల కన్నా చాలా ఎక్కువగా ఉంటుంది. అంటే p-రకం అర్ధవాహకంలో రంధ్రాలు అధిక సంఖ్యాక అవేశవాహకాలు (majority charge carriers).

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 28.2

1. 300 K వద్ద శుద్ధ సిలికాన్‌లో స్వభావజ వాహక ఆవేశ గాఢత $1.5 \times 10^{16}\ m^{-3}$ గా ఉంది. రంధ్రాల మరియు ఎలక్ట్రాన్ల గాఢత ఎంత?

2. దేనితో మాదీకరణం చేసినప్పుడు n-రకం అర్ధవాహకంను పొందుతాము.

   (i) త్రిక సంయోజక మాలిన్యం (ii) పంచ సంయోజక మాలిన్యం

   (iii) చతుర సంయోజక మాలిన్యం (iv) త్రిక సంయోజక అదేవిధంగ చతుర సంయోజక

3. _____ ను కలపడం ద్వారా ఒక స్వభావజ అర్ధవాహకాన్ని అస్వభావజ అర్ధవాహకంగా మార్చారు. ఈ ప్రక్రియను _____ అంటారు.

4. n-రకం అర్ధవాహకంలో ఎలక్ట్రాన్లు మరియు p-రకం అర్ధవాహకంలో రంధ్రాలు_____ వాహకాలు.

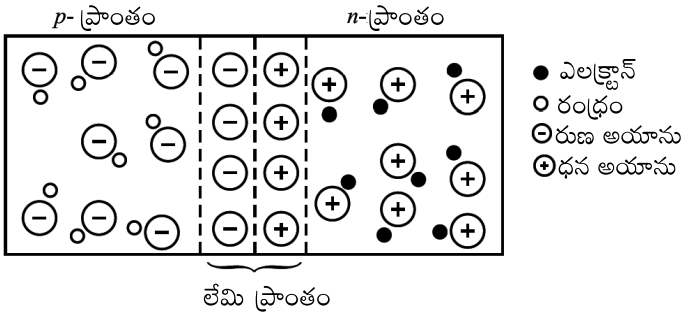
5. ఒక అస్వభావజ అర్ధవాహకం స్వభావజ అర్ధవాహకం కంటే నిరోధకత్వం _____

28.3 p - n సంధి

n-రకం మరియు p-రకం అర్ధవాహకాలలో అధిక సంఖ్యాక ఆవేశ వాహకాలు వరుసగా ఎలక్ట్రాన్లు మరియు రంధ్రాలు అని మీకిప్పుడు తెలుసు. n-రకం పదార్థాన్ని p-రకం పదార్థంతో జత చేసినప్పుడు ఏం జరుగుతుందని మీరు అనుకుంటున్నారు? ఈ ప్రశ్నలకు సమాధానం తెలియాలంటే కింది అంశాలను నేర్చుకోవాలి.

28.3.1 p-n సంధిని ఏర్పరచడం

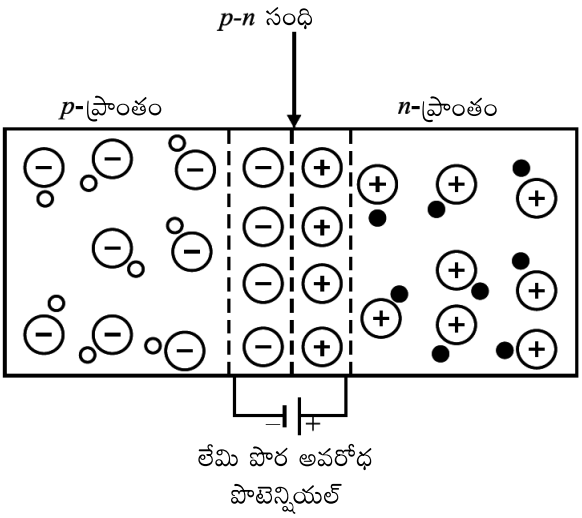
ఒక p-n సంధిని ఏర్పరచడానికి పటం 28.5 లో చూపినట్లు అర్ధవాహక స్ఫటికం ఒక చివర దాత మాలిన్యాలను మరొక చివర గ్రహీత మాలిన్యాలను ప్రవేశపెట్టడం బాగా అనుకూలమైన పద్ధతి.



పటం 28.5 p-n సంధిలో లేమి ప్రాంతం

ఒక స్ఫటికం n-ప్రాంతంలో ఎలక్ట్రాన్ల సాంద్రత అధికంగాను, p-ప్రాంతంలో రంధ్రాల సాంద్రత అధికంగాను ఉంటుందని తెలుసు. ఈ విధంగా ఉన్నందువల్ల ఎలక్ట్రానులు p-ప్రాంతంవైపు మరియు రంధ్రాలు n-ప్రాంతం వైపు విసరణ (diffuse) చెంది పునస్సంయోగం (recombination) చెందుతాయి. ప్రతి పునస్సంయోగం వల్ల ఒక రంధ్రం మరియు ఒక స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్ తొలగించబడతాయి. దీని ఫలితంగా సంధి వద్ద n మరియు p-ప్రాంతాలలో వరుసగా ధనావేశిత మరియు రుణావేశిత అయానులు ఏర్పడతాయి. ఈ ఆవేశాలన్ని పోగుపడి (accumulate) సంధిని దాటుతూ చలించే ఎలక్ట్రాన్లను మరియు రంధ్రాలను నిలిపి వేసే తెర వలె పనిచేస్తాయి. కొన్ని పునస్సంయోగాల (recombinations) తరువాత సంధి వద్ద సన్నని ప్రాంతంలో కదిలే ఆవేశ వాహకాలు లేని ఒక సన్నని (0.5 mm మందం) ప్రాంతం ఏర్పడుతుంది. దీనినే లేమి పొర (depletion region) లేదా స్థలా ఆవేశ (space-charge) ప్రాంతం అంటారు.

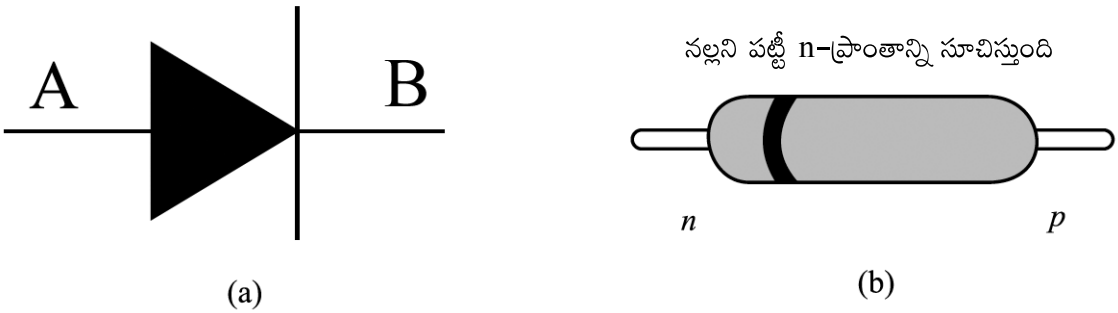
సంధి వద్ద పోగుపడిన ఆవేశాల వల్ల విద్యుత్ క్షేత్రం ఏర్పడుతుంది. ఇది స్థిర విద్యుత్ పొటెన్షియల్‌ను ఇస్తుంది. దీనినే అవరోధ పొటెన్షియల్‌గా పిలుస్తారు. అవరోధ శక్మం దిశ పటం 28.6 లో చూపినట్లు ఉంటుంది. బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రం లేనప్పుడు, సంధి గుండా ఆవేశవాహకాల విసరణను (diffusion) ఈ అవరోధం నిరోధిస్తుంది.



పటం 28.6 : లేమి పొర వల్ల అవరోధ పొటెన్షియల్

అవరోధ పొటెన్షియల్ అనేది అర్ధవాహక సంధి అభి లక్షణం. ఇది జర్మేనియంకు సుమారుగ 0.3 V, సిలికాన్‌కు సుమారుగా 0.7 V ఉంటుంది.

ఈ సంధి ఒక డయోడు వలె పనిచేస్తుంది. దీని సంకేత రూపంను పటం 28.7 (a) లో చూపించారు. ఇక్కడ A అనేది p–ప్రాంతాన్ని సూచిస్తూ ఆనోడ్ వలె పని చేస్తుంది. అదే విధంగా **B** అనేది n– ప్రాంతాన్ని సూచిస్తూ, కేథోడ్‌గా ఉంటుంది. మార్కెట్‌లో లభ్యమయ్యే p-n సంధి డయోడ్ బొమ్మను పటం 28.7 (b) లో చూపించారు.



(a) (b)

పటం 28.7(a) : p-n సంధి (డయోడు) సంకేతం. బాణం గుర్తు సంప్రదాయ విద్యుత్ ప్రవాహదిశను తెలియజేస్తుంది. (b) మార్కెట్‌లో లభించే ఒక p-n సంధి డయోడు.

అర్ధవాహక డయోడుల గుర్తింపుకు రెండు ఆంగ్ల అక్షరాల తర్వాత ఒక క్రమ సంఖ్యతో సూచిస్తారు. డయోడ్‌ను సూచించే గుర్తులో మొదటి అక్షరం, దాని తయారీలో వాడిన పదార్థాన్ని తెలుపుతుంది. పట్టీ వెడల్పు 0.6 eV నుండి 1.0 eV వరకు ఉండే జెర్మేనియం వంటి పదార్థాల డయోడులకు **A** ను ఉపయోగిస్తారు. పట్టీ వెడల్పు 1.0 eV నుండి 1.3 eV వరకు ఉండే సిలికాన్‌తో తయారు అయ్యే పదార్థాల కొరకు **B** ను ఉపయోగిస్తారు. రెండవ అక్షరం ముఖ్యమైన అనువర్తనంను సూచిస్తుంది. **A** అక్షరం శోధన డయోడ్ (detection diode) కు **B** అక్షరం చర కెపాసిటెన్స్ వాడే డయోడ్ (variable capacitance diode) ను, **E** టన్నెల్ డయోడ్ (tunnel) diode కొరకు, **Y** ను ధిక్కరణ డయోడ్ కొరకు, **Z** ను జీనర్ డయోడ్‌ను సూచించడానికి ఉపయోగిస్తారు. ఇక క్రమ సంఖ్య అనేది సామర్థ్య రేటింగ్‌ను, శిఖర విలోమ వోల్టేజిని, గరిష్ఠ విద్యుత్ ప్రవాహ రేటింగ్ మొదలైన వాటిని సూచిస్తాయి. (స్పష్టత కోసం ఉత్పత్తిదారుని కాటలాగ్‌ను పరిశీలించాలి). ఉదాహరణకు BY127 అనేది సిలికాన్ దిక్కరణి డయోడ్‌ను తెల్పుతుంది, BZ148 అనేది సిలికాన్ జీనర్ డయోడ్‌ను తెల్పుతుంది.

ఆనోడ్ మరియు కేథోడ్‌లను సులభంగా గుర్తించడానికి ఉత్పత్తిదారులు క్రింది వాటిలో ఒక మార్గాన్ని అవలంబిస్తారు.

- డయోడ్ ఉపరితలంపై డయోడ్ సంకేతాన్ని గీస్తారు.
- డయోడ్ ఉపరితలభాగంపై ఎరుపు మరియు నీలిరంగు గుర్తులను ఉపయోగిస్తారు. ఎరుపు రంగు ఆనోడ్‌ను సూచిస్తుంది. నీలం రంగు కేథోడ్‌ను సూచిస్తుంది.
- డయోడ్ ఉపరితలంపై కేథోడ్‌ను సూచించడానికి ఒక చివర ఒక చిన్న వలయాన్ని ముద్రిస్తారు. పటం 28.7 (b)లో p-n సంధి యొక్క n –భాగంను పట్టీ సూచిస్తుంది.

పాడవకుండా ఉండడానికి తయారీదారుడు పేర్కొన్న కాల వ్యవధులలోనే డయోడ్ వాడవలసి ఉంటుంది.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 28.3

1. క్రింది ఖాళీలను పూరించండి.

   (a) p-n సంధి ఏర్పడినప్పుడు, సంధి ద్వారా ..... విసరణ (diffuse) చెందుతాయి.

   (b) అప్రతికృత (uncompensated) గ్రహీత మరియు దాత అయానులుగల ప్రాంతాన్ని ..... అంటారు.

   (c) సిలికాన్‌లో అవరోధ పొటెన్షియల్ ..... V మరియు జెర్మేనియంలో ఇది ..... V.

   (d) అనువర్తిత విద్యుత్ క్షేత్రం లేని p-n సంధిలో, ఎలక్ట్రానులు n–ప్రాంతం నుండి p–ప్రాంతంవైపు విసరణ చెందడానికి గల కారణం, p–ప్రాంతంతో పోల్చినప్పుడు n–ప్రాంతంలో ..... ల గాఢత ..... గా ఉంటుంది.

2. సరియైన సమాధానాన్ని ఎంచుకోండి.

   (a) సంధికి ఇరువైపుల గల ఆవేశాల వల్ల p-n సంధి వద్ద అవరోధ పొటెన్షియల్ ఏర్పడుతుంది. ఈ ఆవేశాలు

      (i) అధిక సంఖ్యాక వాహకాలు

      (ii) అల్ప సంఖ్యాక వాహకాలు

      (iii) స్థిరమైన దాత మరియు గ్రహీత అయానులు

      (iv) పై వాటిలో ఏదీ కాదు.

   (b) ఒక p-n సంధిలో బాహ్య పొటెన్షియల్ లేనప్పుడు సమతాస్థితి వద్ద సంధి ప్రవాహం.

      (i) అల్ప సంఖ్యాక వాహకాల విసరణ వల్ల మాత్రమే

      (ii) అధిక సంఖ్యాక వాహకాల విసరణ వల్ల మాత్రమే

      (iii) ఆవేశాలు సంధిని దాటటం లేదు కాబట్టి శూన్యం.

      (iv) సమాన సంఖ్యలో వ్యతిరేక ఆవేశాలు సంధిని దాటుతున్నాయి కాబట్టి శూన్యం.

   (c) ఒక అర్ధవాహక డయోడులో, అవరోధ పొటెన్షల్ వికర్షించేది.

      (i) ఇరుప్రాంతాలలోని అల్ప సంఖ్యాక వాహకాలను

      (ii) ఇరుప్రాంతాలలోని అధిక సంఖ్యాక వాహకాలను

      (iii) అధిక సంఖ్యాక మరియు అల్ప సంఖ్యాక వాహకాలను రెంటిండిని

      (iv) పై వాటిలో ఏదీ కాదు.

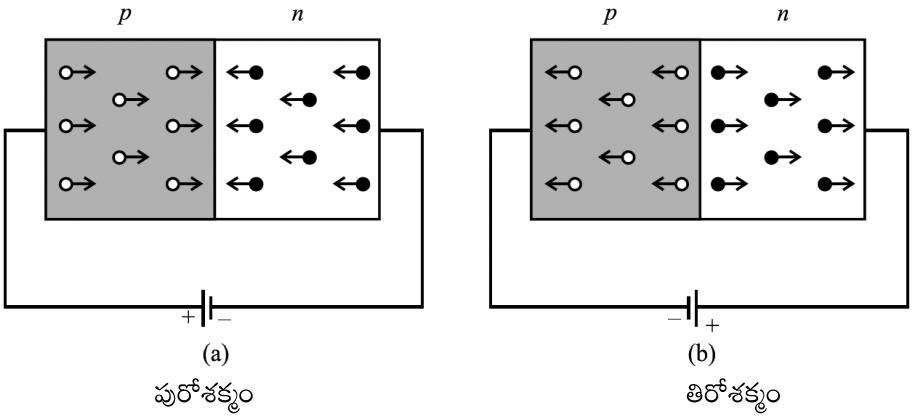
3. లేమి ప్రాంతానికి ఆపేరెందుకు వచ్చింది? లేమి ప్రాంతం దేనితో తయారు చేయబడింది?

28.4 p-n సంధి పురోశక్మం మరియు తిరోశక్మం

వోల్టేజ్ అనువర్తనం చేయడాన్ని శక్మం అంటారు. p-n సంధిని వాహకంగా చేయడానికి ఎలక్ట్రానులను n-రకం ప్రాంతం నుండి p-రకం ప్రాంతానికి కదిలేలా, అలాగే రంధ్రాలను వ్యతిరేక దిశలో కదిలేలా చేయాల్సి వుంది. ఇందు కొరకు సంధి వద్ద అవరోధ పొటెన్షియల్‌ను అధిగమించడానికి p-n సంధి చివరల వద్ద బ్యాటరీని కలపాలి. p-n సంధికి బ్యాటరీని రెండు విధాలుగా కలపవచ్చు.

1. బ్యాటరీ ధనధృవాన్ని p-వైపు, రుణధృవాన్ని n-వైపు కలపడాన్ని పురోశక్మం (**forward bias**) అంటారు. (పటం 28.8 (a))

2. బ్యాటరీ ధన ధృవాన్ని n- వైపు, రుణధృవాన్ని p- వైపుకు కలపడాన్ని తిరోశక్మం (**reverse bias**) అంటారు. (పటం 28.8 (b))



పటం 28.8 : (a) పురోశక్మం (b) తిరోశక్మంలో ఉన్న p-n సంధి

పురోశక్మం సంధి అవరోధ పొటెన్షియల్ కంటే ఎక్కువ ఉన్నప్పుడు రంధ్రాలను బలవంతంగా సంధి వైపుకు ప్రయాణించి, సంధిని దాటి p-ప్రాంతం నుండి, n-ప్రాంతంకు చలించేలా చేస్తుంది. అలాగే ఎలక్ట్రానులను వ్యతిరేక దిశలో సంధిని దాటేలా చేస్తుంది. డయోడ్‌లో పురోవిద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. అనువర్తిత వోల్టేజ్‌తో, విద్యుత్ ప్రవాహం కొన్ని మిల్లీ ఆంపియర్ల వరకు పెరుగుతుంది. పురోశక్మ స్థితిలో, సంధి విద్యుత్ ప్రవాహానికి తక్కువ నిరోధాన్ని కలుగ జేస్తుంది. దీనిని పురోనిరోధం అంటారు. సంధి పురో నిరోధం పరిమాణం $10\,\Omega$ నుండి $30\,\Omega$ వరకూ ఉంటుంది.

p-n సంధి తిరోశక్మంలో ఉన్నప్పుడు, p-ప్రాంతంలో ఉన్న రంధ్రాలు, n-ప్రాంతంలో ఉన్న ఎలక్ట్రానులు సంధి నుండి దూరంగా జరుగుతాయి. అంటే వలయంలో విద్యుత్ ప్రవహించదని కాదు. ఉష్ణ ఉత్తేజనం వలన స్వల్ప సంఖ్యలో ఎలక్ట్రాన్ - రంధ్రం జతలు ఉత్పత్తి అయినందువల్ల వ్యుత్క్రమ కూడా కొద్దిపాటి విద్యుత్ ప్రవహిస్తుంది. అల్పసంఖ్యాక వాహకాల వల్ల ఏర్పడిన ఈ విద్యుత్తును ఉత్క్రమ సంతృప్తి విద్యుత్ ప్రవాహం లేదా లీకేజ్ విద్యుత్ ప్రవాహం అంటారు. వాణిజ్యపరంగా లభ్యమయ్యే డయోడ్‌లలో తిరోవిద్యుత్ ప్రవాహం దరిదాపుగా స్థిరంగా ఉంటూ, అనువర్తిత తిరోశక్మం మీద ఆధారపడదు. దీని పరిమాణం జర్మేనియం డయోడ్‌లకు కొన్ని మైక్రో ఆంపీయర్లలో, సిలికాన్ డయోడ్‌లకు నానో ఆంపియర్లలో ఉంటుంది.

p-n సంధి డయోడ్ పురోశక్మంలో తక్కువ నిరోధాన్ని, తిరోశక్మంలో ఎక్కువ నిరోధాన్ని కలుగజేస్తుంది. p-n సంధి డయోడ్ యొక్క ఈ ధర్మాన్ని (a.c.) ఏకధిక్కరణములో ఉపయోగిస్తారు.

తిరోశక్మం వోల్టేజ్ కొన్ని వందల వోల్ట్‌లలో ఉన్నప్పుడు p-n సంధి గుండా విద్యుత్ త్వరితగతిన పెరిగి ఎక్కువ సామర్థ్యం దుర్వ్యయమవడం వల్ల దానికి నష్టం వాటిల్లుతుంది. ఏ వోల్టేజ్ వద్దయితే డయోడ్ విచ్ఛేదనం చెందుతుందో ఆ వోల్టేజ్‌ను భంజన వోల్టేజ్ (**breakdown voltage**) అంటారు. భౌతికంగా దీనిని కింది విధంగా వివరించవచ్చు. తిరోబయాస్‌ను సంధి వద్ద హెచ్చు విద్యుత్ క్షేత్రం అనువర్తించినప్పుడు ఏర్పడుతుంది. ఈ క్షేత్రం (i) ఉన్న అల్ప సంఖ్యాక వాహకాలను త్వరణం చెందిస్తుంది. అవి అర్ధవాహక పరమాణువులతో అభిఘాతం చెంది శక్తి బదిలీతో ఎక్కువ ఎలక్ట్రానులను విడుదల చేస్తాయి (అవలాంచీ ఫలితం) (ii) బంధాలలో ఉన్న ఎలక్ట్రానులపై అధిక బలాన్ని ప్రయోగించుట వలన సమయోజనీయబంధాలను విచ్ఛేదనం చెందుతాయి. దీని ఫలితంగా అదనపు ఎలక్ట్రాన్-రంధ్రం జతలు సంధి వద్ద ఏర్పడుతాయి (జీనర్ ఫలితం). ఈ రెండు పద్ధతులు, తిరోశక్మం వోల్టేజ్‌లోని కొద్దిపాటి పెరుగుదలకే హెచ్చు తిరోవిద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఇస్తాయి. ఈ ప్రక్రియను జీనర్ విచ్ఛేదనం అంటారు.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 28.4

1. పురోశక్మం అంటే ఏమిటి?

2. తిరోశక్మం అంటే ఏమిటి?

3. ఖాళీలను పూరించండి.

   (a) p-n సంధి డయోడ్‌కు పురోశక్మంను అనువర్తింప చేసినపుడు లేమిపొర ప్రాంతం వెడల్పు .....

   (b) p-n సంధి డయోడ్ తిరోబయాస్‌లో ఉన్నప్పుడు లేమి పొర ప్రాంతం వెడల్పు .....

   (c) తిరోబయాస్ వోల్టేజి చాలా ఎక్కువైనపుడు, p-n సంధి గుండా విద్యుత్ ప్రవాహం అకస్మాత్తుగా .. .. ఈ వోల్టేజిని ..... అంటారు.

4. సరైన దానిని ఎంచుకోండి.

   (a) పురోశక్మంలో ఉంచబడిన సంధిలో

      (i) n-ప్రాంతంలోని రంధ్రాలు, p-ప్రాంతం వైపుకు కదులుతాయి.

      (ii) అల్పసంఖ్యాక వాహకాలలో చలనం ఉంటుంది.

      (iii) ఆవేశ వాహకాలు కదలవు

      (iv) రెండు ప్రాంతాల (n మరియు p-ప్రాంతాలు) లోని అధిక సంఖ్యాక వాహకాలు వేరొక ప్రాంతంలోకి చలిస్తాయి.

   (b) తిరోశక్మంలో ఉన్న సంధిలో

      (i) అవరోధ పొటెన్షియల్ ఉండదు.

(ii) అధిక సంఖ్యాక వాహకాలలో మాత్రమే చలనం ఉంటుంది.

(iii) అల్ప సంఖ్యాక వాహకాలలో మాత్రమే చలనం ఉంటుంది.

(iv) పైవేవి కాదు.

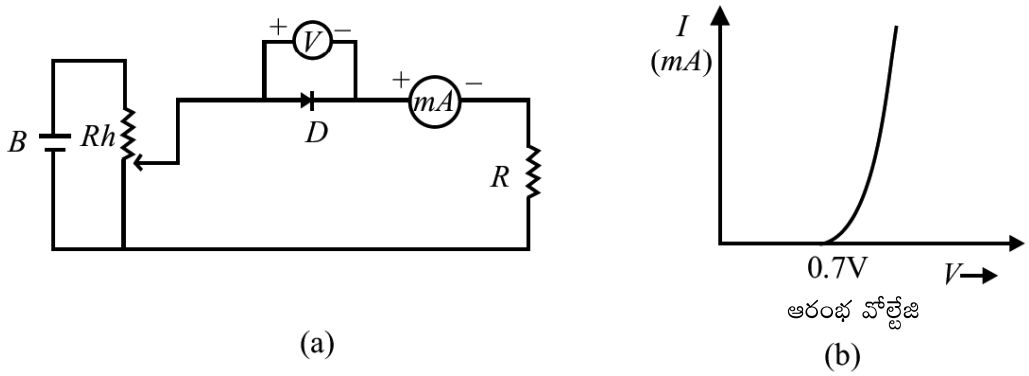
5. p-n సంధి డయోడ్‌లో ఏర్పడే రెండు రకాల తిరో భంజనంలను తెల్పి వాటి మధ్య భేదాన్ని రాయండి.

28.5 p-n సంధి డయోడ్‌ల అభిలక్షణాలు

ఎలక్ట్రానిక్ వలయాల్లో అర్ధవాహక పరికరాలు వ్యావహారిక అనువర్తనాలు వాటి విద్యుత్ ప్రవాహ–వోల్టేజ్ (I-V) ల మధ్య సంబంధం మీద ఆధారపడి ఉంటాయి. ఇది చాలా ముఖ్యమైన వివరాలను వలయాలను తయారుచేసే వారికి అలాగే నిపుణులకు అందజేస్తుంది. కనుక I–V అభిలక్షణాల సహాయంతో ఒక నిర్ణీత వోల్టేజి వద్ద ఎంత విద్యుత్ ప్రవాహం, సంధి డయోడ్ గుండా ప్రవహిస్తుందో మనం తెలుసుకోగలం.

28.5.1 పురోశక్మ అభిలక్షణాలు

పటం 28.9 (a) ను చూడండి. p-n సంధి డయోడ్ పురోశక్మ అభిలక్షణాల కోసం బ్యాటరీ (B) ధన ధృవాన్ని డయోడ్ p–వైపును రియోస్టాట్ ద్వారా కలపడం గమనించండి (బ్యాటరీకి రియోస్టాట్‌ను కలపవచ్చు) డయోడ్‌కు అనువర్తింపచేసే వోల్టేజ్‌ను రియోస్టాట్ సహాయంతో మార్చవచ్చు. వలయంలోని విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని మిల్లీ అమ్మీటర్ (mA) కొలుస్తుంది. డయోడ్ వద్ద వోల్టేజ్‌ను వోల్టుమీటర్ కొలుస్తుంది. సంప్రదాయ విద్యుత్ ప్రవాహ దిశ, డయోడ్ బాణపు గుర్తు దిశలోనే ఉంటుంది. పురోశక్మంలో ఉన్న డయోడ్ విద్యుత్ ప్రవాహానికి కొంత నిరోధనాన్ని ప్రదర్శిస్తోంది. వోల్టేజ్‌ను పెంచితే విద్యుత్ ప్రవాహం త్వరితంగా పెరుగుతుంది. విద్యుత్ ప్రవాహ విలువను నియంత్రణ కొరకు వలయం కొరకు నిరోధం (R) ను కలిపారు. నిరోధంను వలయంలో కలపకపోతే, హెచ్చు విద్యుత్తు ప్రవహించుటవల్ల డయోడ్ శాశ్వతంగా పాడై పోతుంది. పురోశక్మంలో ఉన్న p-n సంధి I-V అభి లక్షణ వక్రాన్ని పటం 28.9 (b)లో చూపించారు.



పటం 28.9 (a) : పురోశక్మంలో ఉన్న p-n సంధి డయోడ్ యొక్క I-V అభిలక్షణ వలయం.
(b) నమూనా అభిలక్షణ వక్రం.

డయోడ్ అభిలక్షణ వక్రంను గమనిస్తే, విద్యుత ప్రవాహం రేఖీయం కాకుండా ఘాతాంక (exponential) స్వభావాన్ని ప్రదర్శిస్తోందని తెలుస్తోంది. అనువర్తిత వోల్టేజి 0.7 V దాటిన తరువాత పటంలో చూపిన విధంగా విద్యుత్

ప్రవాహం త్వరితగతిని పెరుగుతుంది. అంటే అవరోధ పొటెన్షియల్‌ను అధిగమించేంత బాహ్య వోల్టేజిని అనువర్తింపచేసినపుడే p-n సంధి ద్వారా వహనం జరుగుతుందని అర్థమవుతుంది. సంధిని వహనస్థితిలో ఉంచే పురోవోల్టేజిని ఆరంభ వోల్టేజ్ (**knee voltage**) అంటారు. ఇది సిలికాన్‌తో తయారు అయిన p-n సంధికి సుమారు 0.7 V, గానూ, జర్మేనియం డయోడ్‌లోని p-n సంధికి సుమారు 0.3 V గా ఉంటుంది.

సంధి వద్ద రంధ్రం – ఎలక్ట్రాన్ పునస్సంయోగంను ప్రారంభించడానికి ఈ వోల్టేజ్ అవసరమవుతుంది. అనువర్తిత వోల్టేజ్ ఆరంభ వోల్టేజ్ కంటే ఎక్కువైనపుడు డయోడ్ గుండా విద్యుత్ రేఖీయంగా పెరుగుతుంది. డయోడ్ వద్ద వోల్టేజ్ ఒక ఓల్ట్ ఉన్నప్పుడు దాని గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ సుమారు 30–80 mA ఉంటుంది.

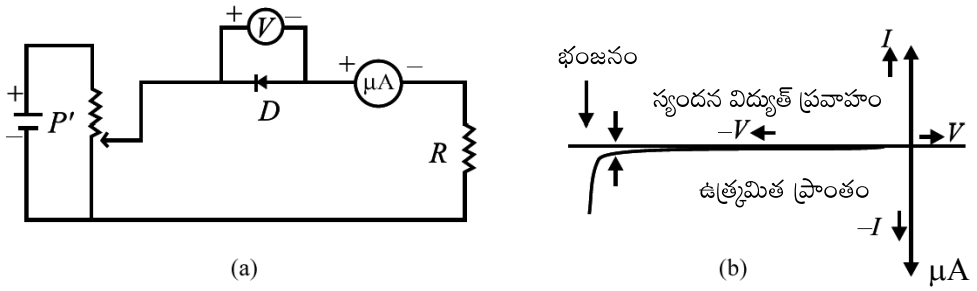
28.5.2 తిరోశక్మం అభిలక్షణాలు

p-n సంధి తిరోశక్మ అభిలక్షణాలను కొరకు పటం 28.10 (a) లో చూపిన వలయాన్ని ఉపయోగిస్తాం. దీనిని, పురో I-V అభిలక్షణాలకు ఉపయోగించే పటం 28.10 (b) తో పోల్చి చూసినపుడు ఈ కింద తెలిపిన రెండు మార్పులను గమనిస్తారు.

(i) సంధి కొనల ఉత్క్రమం చేశారు.

(ii) మిల్లీఅమ్మీటర్ బదులు మైక్రోఅమ్మీటర్ (μA) ను ఉపయోగించారు.

p-n సంధి తిరోశక్మంలో ఒక నమూనా. I-V అభిలక్షణాల వక్రంను పటం 28.10 (b) లో చూపించారు.



పటం 28.10 (a) p-n సంధి తిరోశక్మంలో I-V అభిలక్షణాలను పొందటానికి వలయ పటం (b) తిరోశక్మ అభిలక్షణ వక్రం.

తిరోశక్మంలో భంజనన వోల్టేజి కన్నా తక్కువ ఉండే అన్నీ వోల్టేజ్‌లకు సంధి విద్యుత్ ప్రవాహం చాలా స్వల్పంగా ఉంటుందని గమనించండి. భంజన వోల్టేజి వద్ద వోల్టేజిలోని తక్కువ మార్పుకే విద్యుత్ ప్రవాహం త్వరగా పెరుగుతుంది.

28.9 (b), 28.10 (b) పటాలను పోల్చినపుడు p-n సంధి డయోడ్, పురోశక్మంలో తక్కువ నిరోధాన్ని, తిరోశక్మంలో ఎక్కువ నిరోధాన్ని చూపుతుందని తెలియజేస్తాయి. p-n సంధి డయోడు తిరోశక్మంలో భంజన వోల్టేజి వద్ద అకస్మాత్తుగా నిరోధంలోని తగ్గుదల వల్ల తిరోవిద్యుత్ ప్రవాహం నిశితం (sharp) గా పెరుగుతుంది.

దీని నుండి, p-n డయోడు ఒకే దిశలో విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని అనుమతిస్తుందని మనం అనుకోవచ్చు. అంటే పురోశక్మంలో n–రకం ప్రాంతం నుండి ఎలక్ట్రానులు p–రకం చివరి వరకూ ప్రవహిస్తూ, ఒకే దిశలో విద్యుత్తు ప్రవాహం ఉంటుంది. p-n సంధి డయోడు కొన్ని అనువర్తనాలు ఈ విధంగా ఉంటాయి.

1. డయోడ్ ఏక దిశాత్మక వాహక ధర్మం, వోల్టేజిని ఏకాంతర (ac) ఏకముఖి (dc) వోల్టేజిగా మార్చే ఏక ధిక్కరణిగా ఉపయోగపడుతుంది. సెల్‌ఫోన్‌లు, CD ప్లేయర్లు, లాప్‌టాప్ మొదలగు వాటిని పునర్విద్యుదావేశం (recharge) చేసే బ్యాటరీ ఎడాప్టర్లలో డయోడ్‌లను ఉపయోగిస్తారు. వీటి గురించి ఇంకా విపులంగా తరువాత పాఠంలో చదువుతారు.

2. బ్యాటరీలను ఉపయోగించే పరికరాలు డయోడ్‌ను కలిగి ఉంటాయి. డయోడ్ తిరోశక్మంలో ఉన్నపుడు బ్యాటరీ నుండి ఎటువంటి విద్యుత్ ప్రవాహం పరికరాలలోకి పోకుండా డయోడ్ నిరోధిస్తుంది. తద్వారా సున్నితమైన ఎలక్ట్రానిక్ సాధనాలను కాపాడుతుంది.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 28.5

1. ఆరంభ వోల్టేజ్ (knee voltage) భావనను వివరించండి.

2. (a) ఆరంభ వోల్టేజ్ సిలికాన్ డయోడ్‌లో ....., జర్మేనియంలో డయోడ్‌లో ..... విలువలను కలిగి ఉంటుంది

   (b) p-n సంధి డయోడ్‌లో విద్యుత్ ..... దిశలో మాత్రమే ప్రవహిస్తుంది.

   (c) జెర్మేనియం డయోడ్‌లో వుత్క్రమ సంతృప్త ప్రవాహం (Reverse saturation current) .....

3. సరైన దానిని గుర్తించండి.

   (a) p-n సంధి డయోడ్ పురోశక్మం I-V అభిలక్షణం దీనిని తెలుపుతుంది

      (i) రేఖీయం కాని వక్రం

      (ii) రేఖీయ వక్రం

      (iii) రేఖీయ మరియు రేఖీయం కాని భాగం

      (iv) పైవేవి కాదు.

   (b) p-n సంధి పురోశక్మంలో ఉన్నపుడు వోల్టేజ్‌ను పెంచారు, వోల్టేజ్‌లోని స్వల్ప పెరుగుదలకే ప్రవాహంలో పెరుగుదల

      (i) వెంటనే జరుగుతుంది.

      (ii) పురోశక్మం అవరోధ పొటెన్షియల్ కంటే ఎక్కువైనపుడు మాత్రమే.

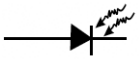
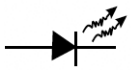
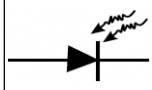
      (iii) సంధి వద్ద భంజన జరిగినపుడు మాత్రమే

      (iv) పైవేవి కాదు.

28.6 డయోడ్‌లలో రకాలు

p-n సంధి డయోడ్ మాదీకరణ స్థాయి, మాదీకరణ పదార్థం, జ్యామితి (పరిమాణం, వైశాల్యం మొ॥) లను మార్చడం ద్వారా దాని విద్యుత్ మరియు కాంతి ధర్మాలను మార్చవచ్చు. పట్టిక 28.1లో వివిధ డయోడ్‌ల సంకేతాలు, వాటి ఉపయోగాలను, ఇతర వివరాలను పొందుపరిచారు.

28.1 వివిధ డయోడ్‌ల సంకేతాలు, వాటి ఉపయోగాలు తదితర వివరాలు

పేరు	సంకేతం	నిర్మాణ పద్ధతి	సూత్రం	ముఖ్యమైన పని	ముఖ్యమైన అనువర్తనం
జీనర్ డయోడ్		ఎక్కువ మాదీకరణం చేసిన p మరియు n ప్రాంతాలు కలిగి ఉన్న p-n సంధి డయోడ్. లేమి పొర చాలా పలుచగా ఉంటుంది	జీనర్ భంజన ప్రక్రియ	ఉత్క్రమ భంజన వోల్టేజ్ ప్రాంతంలో చెడి పోకుండా నిరంతర విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఇస్తుంది.	వోల్టేజ్ స్థిరీకరణ లేదా నియంత్రణ
ఫోటో డయోడ్		p-n సంధి డయోడ్, కాంతి ఉద్గార అర్ధవాహక పదార్థాలను ఉపయోగించి తయారుచేస్తారు. ఇది పలుచని p–ప్రాంతాన్ని కలిగి ఉంటుంది. దీని మందం కనుగొనవలసిన వికిరణం తరంగ ధైర్ఘ్యం పై ఆధారపడి ఉంటుంది.	ఫోటో వోల్టాయిక్ ఫలితం	తిరోశక్మంలో దృశా నివేశనంను విద్యుత్ నిర్గమంగా మారుస్తుంది.	TV, VCR, AC రిమోట్ కంట్రోల్‌లలో ఉపయోగిస్తారు.
LED		పరారుణ లేదా దృగ్గోచర ప్రాంతాలకు సంబంధించిన శక్తి పట్టీలు గల పదార్థాలతో తయారైన p-n జంక్షన్ డయోడ్ (GaAsP లేదా InP)	విద్యుత్ ప్రదీపనం (Electrolu-minescence)	పురోశక్మంలో నివేశ విద్యుత్‌ను కాంతిగా మార్చడం	మల్టీమీటర్లు, డిజిటల్ గడియారాలు, ప్రదర్శన తెరలు, (display devices) క్యాలుక్యులేటర్లు, స్విచ్‌బోర్డులు దొంగ తనాలను అరికట్టే అలారాలు, రిమోట్ కంట్రోల్ పరికరాలలో వాడతారు.
సౌర ఘటము (Solar cell)		సంధి చేరక ముందే కాంతి ఎక్కువ శోషణం చెందకుండా ఉండడానికి p లేదా n ప్రాంతాలను తక్కువ మందంతో తయారు చేసిన p-n సంధి	ఫోటో వోల్టాయిక్ ఫలితం	సూర్యశక్తిని విద్యుత్ శక్తిగా మార్చడం	1. ఉపగ్రహాలకు శక్తిని ఇచ్చే పరికరాలలో 2. బ్యాటరీలను ఆవేశ పరచడంలో 3. క్యాలుక్యు లేటర్‌లలో

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 28.6

1. సరైన దానిని ఎంచుకోండి

   (a) జీనర్ డయోడ్ దేనిలో పని చేస్తుంది.

   (i) పురోశక్మం

   (ii) తిరోశక్మం

   (iii) పై రెండు

   (iv) పైవేవికాదు

   (b) జీనర్ డయోడ్

   (i) ఎక్కువగా మాదీకరణం చేసిన p-n సంధి డయోడ్

   (ii) తక్కువగా మాదీకరణం చేసిన p-n సంధి డయోడ్

   (iii) మితముగా మాదీకరణం చేసిన p-n సంధి డయోడ్

   (iv) సాధారణ p-n సంధి డయోడ్‌కు మరొక పేరు

   (c) జీనర్ డయోడ్‌ను ఈ విధంగా ఉపయోగించవచ్చు

   (i) వర్ధకం

   (ii) ఏకదిక్కరణి

   (iii) స్థిర విద్యుత్తునిచ్చే పరికరం (constant current device)

   (iv) స్థిర వోల్టేజీ నిచ్చే పరికరం (constant voltage device)

2. ఖాళీలను పూరించండి.

   (a) జీనర్ డయోడ్ ..... భంజన ప్రక్రియ మీద ఆధారపడుతుంది.

   (b) ఫోటో డయోడ్ ..... శక్మంలో పనిచేస్తుంది.

   (c) ఫోటో డయోడ్‌లో p-n సంధి ..... అర్ధవాహక పదార్థంతో తయారవుతుంది.

   (d) LED లు ఆవర్తన పట్టికలోని ..... పదార్థంతో తయారవుతాయి.

   (e) కాంతి ఉద్గార డయోడ్..... శక్మంలో పనిచేస్తుంది.

   (f) LED లో బాణం గుర్తు కాంతి ..... ను సూచిస్తుంది.

   (g) LED లో కాంతి ఉద్గారం, ఎలక్ట్రాను, రంధ్రాల ..... వల్ల జరుగుతుంది.

   (h) LED ..... సూత్రం ఆధారంగా పనిచేస్తుంది.

   (i) సౌరఘటం ..... ప్రభావం ఆధారంగా పనిచేస్తుంది.

   (j) శక్తి అంతరం కన్నా..... శక్తి గల సూర్యకాంతి సౌర ఘటం పై పడినపుడు అది ..... అయి ఎలక్ట్రాన్ – రంధ్రం జతలను విడుదల చేస్తుంది.

28.7 అర్ధవాహక సాధనాల అనుర్తనాలు

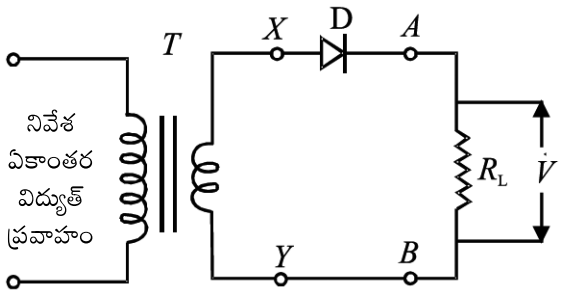
అర్ధవాహక పరికరాలు చిన్న పరిమాణాన్ని, ప్రత్యేకమైన విద్యుత్ ధర్మాలను కలిగి ఉండటం వలన ఇవి అన్ని గృహోపకరణాలలోను ఉపయోగపడుతున్నాయి. వీటిని రక్షణ అలారమ్, రేడియో, టి.వి., టెలిఫోన్, టేప్‌రికార్డర్, సి.డి.ప్లేయర్, కంప్యూటర్, అత్యవసర దీపాలు, విద్యుత్ పంఖా వడిని నియంత్రకారి లాంటి (speed regulator) సాధనాలలో ఎక్కువగా ఉపయోగిస్తున్నారు.

28.7.1 p-n సంధి డయోడు ఏక ధిక్కరణి

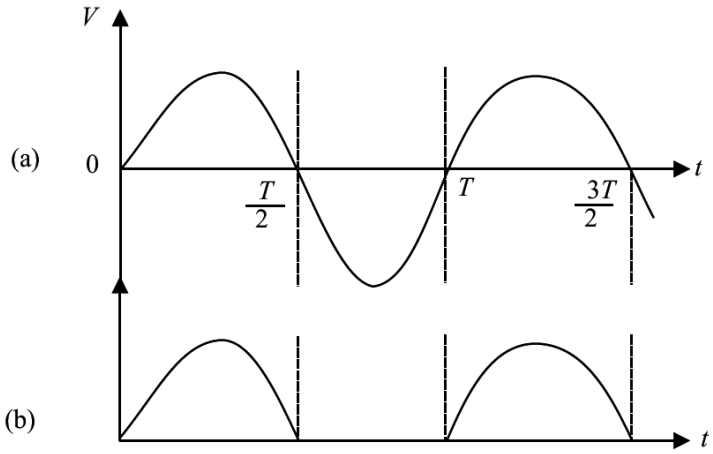
మన గృహాలకు పంపిణీ అయ్యే విద్యుత్తు ఏకాంతర విద్యుత్తు (ac). ఇది 50 హెర్ట్జ్ పౌనఃపున్యం గల జావక్రియ విద్యుత్ సంకేతంగా ఉంటుంది. అనగా ప్రతీ చక్రీయ తరంగంలో రెండు సార్లు విద్యుత్ ప్రవాహం శూన్యం అవుతుంది. విద్యుత్ తరంగంలో ఒక అర్ధభాగం ధనాత్మకంగాను, రెండవ అర్ధభాగం రుణాత్మకంగాను శూన్య పొటెన్షియల్‌కు సౌష్ఠవంగా రెండు వైపుల ఉంటుంది. ఇట్టి తరంగం యొక్క సరాసరి వోల్టేజి శూన్యం అవుతుంది. ఇపుడు మనం ఏకాంతర (ac) విద్యుత్‌ను ఏకముఖ (dc) గా మార్చే ప్రక్రియను తెలుసుకుందాం.

(a) అర్ధ తరంగ ఏకధిక్కరిణి (Half-Wave Rectification)

పటం 28.11. చూడండి. ac విద్యుత్ సంకేతాలు అవరోహణ పరివర్తకం T ప్రాథమిక వేష్టణంకు కలిపారు. ఇది పరివర్తక గౌణ వేష్టణం X Y కొనల వద్ద అందుబాటులో ఉంచుతుంది. X Y కొనలను p-n సంధి డయోడ్ D ద్వారా భార నిరోధం R_L కు సంధానం చేసారు. చాలా పరికరాలకు 220 V వోల్టేజ్ కన్నా తక్కువ వోల్టేజ్ కావలసి ఉంటుంది అవరోహణ పరివర్తకం ఉపయోగించారు. అవరోహణ పరివర్తక గౌణ వేష్టనం నిర్గమం వద్ద అవరోహణ ac సంకేతాలు లభిస్తాయి. Y పరంగా X వద్ద వోల్టేజి ఒక జావక్రియ ప్రమేయంగా కాలంతో పాటు పటం 28.12 (a) లో చూపినట్లు మారుతూ ఉంటుంది. నివేశ ధన అర్ధతరంగానికి '0' నుండి T/2 కాల వ్యవధిలో డయోడు పురోశక్మంలో ఉండి విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని A, B ల మధ్య గల భార నిరోధం (R_L) గుండా ప్రవహింపజేస్తుంది. T/2 నుండి 'T' కాలవ్యవధిలో గల రుణ



పటం 28.11 : అర్ధతరంగ ఏకధిక్కరణి వలయం



పటం 28.12 : (a) నివేశ ac వోల్టేజి (b) అర్ధతరంగ ఏక ధిక్కరణి నిర్గమం

అర్ధతరంగానికి డయోడు తిరోశక్మంలో ఉండి విద్యుత్ ను భార నిరోధం లోనికి ప్రవహింపనీయదు. దీనిని పటం 28.12 (b)లో చూపించారు. p-n డయోడు ఏకాంతర ప్రవాహ తరంగంలోని ఒక అర్ధ తరంగాన్ని మాత్రమే ప్రవహింపజేస్తుంది. కనుక ఇది అర్ధతరంగ ఏకధిక్కరణి అని అంటారు.

ఋణ అర్ధ తరంగ సమయంలో డయోడు వద్ద గల గరిష్ట తిరోశక్మ వోల్టేజి శిఖర వోల్టేజి 'V_m' కి సమానం. భంజన వోల్టేజిని శిఖర విలోమ వోల్టేజి (Peak Inverse Voltage) PIV అంటారు. ఏకధిక్కరణిలో డయోడు యొక్క PIV విలువ ac వోల్టేజి యొక్క PIV కంటే ఎక్కువగా ఉండేలా తీసుకోవాలి. లేనిచో డయోడు చెడిపోతుంది. భారనిరోధం (R_L) వద్ద గల dc వోల్టేజి (V_{dc}) ని వోల్టు మీటరుతో కొలిచినప్పుడు అర్ధతరంగ ఏకధిక్కరిణిలో ఉండే విలువ

$$V_{dc} = V_m/\pi \qquad (28.1)$$

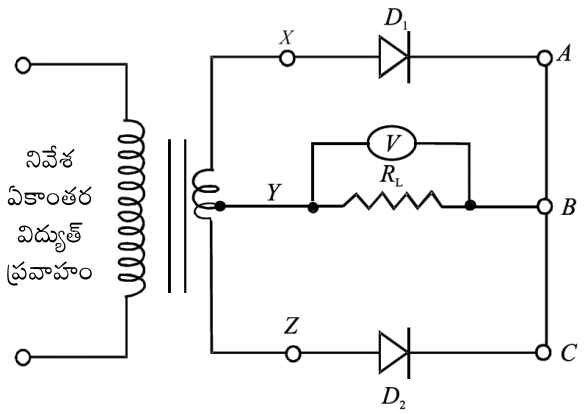
ఇచ్చట V_m – శిఖర ఏకాంతర వోల్టేజి. భార నిరోధం గుండా ప్రవహించే dc విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని కింది సమీకరణంతో చూపవచ్చు.

$$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R_L} = \frac{V_m}{\pi R_L} \qquad (28.2)$$

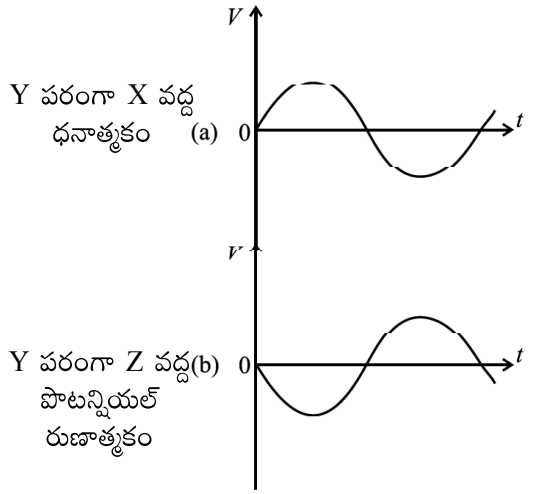
అర్ధ తరంగ ఏకధిక్కరణిలో నివేశ సామర్థ్యంలోని అర్ధభాగాన్ని మాత్రమే ఉపయోగించుకొంటుంది. కాబట్టి ఇది ఏకముఖ (dc) విద్యుత్ ప్రవాహం పొందడానికి సమర్ధవంతమైన పద్ధతి కాదు. రెండు డయోడులను ఉపయోగించి ధన, ఋణ అర్ధతరంగాలలో అవి విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని అనుమతించే విధంగా ఏర్పాటు చేయాలనే పద్ధతి మంచి ఆలోచన. ఒక డయోడుకు బదులుగా రెండు డయోడులను ఉపయోగించి పూర్ణ తరంగ ఏకధిక్కరణిను పొందవచ్చును. దీని గురించి తెలుసుకుందాం.

(b) పూర్ణ తరంగ ఏకధిక్కరణం (Full-Wave Rectification)

పూర్ణతరంగ ఏకధిక్కరణిలో నివేశిత సంకేతం అవరోహణ పరివర్తకం యొక్క గౌణ తీగ చుట్ట మధ్యభాగంలో టాప్ చేయబడిన దానికి అందించబడుతుంది. (గౌణ తీగచుట్టలో రెండు సర్వసమానమయిన గౌణ చుట్టలు శ్రేణి పద్ధతిలో కలుపబడి ఉంటాయి) పటం 28.13లో చూపినట్లు D_1 మరియు D_2 లు రెండు p-n సంధి



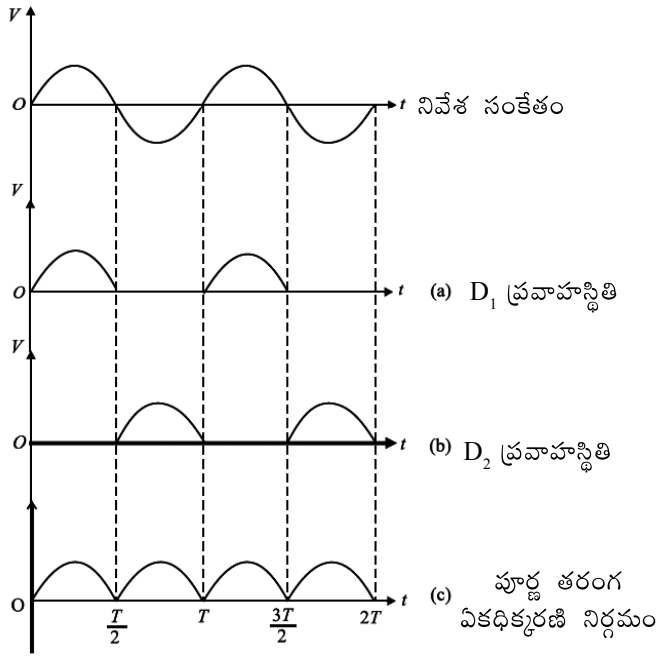
పటం 28.13 : రెండు డయోడ్‌లనుపయోగించిన పూర్ణ తరంగ ఏకధిక్కరణి వలయం



పటం 28.14

డయోడ్‌లు. భారనిరోధం R_L ఒక కొన గౌణ చుట్ట మధ్య బిందువయిన Y కి కలుపబడింది. రెండవ కొన D_1 మరియు D_2 డయోడ్‌ల కేథోడ్ కొనలకు కలుపబడినది. ఈ డయోడ్‌ల ఆనోడ్‌లు గౌణచుట్టల కొనలు X మరియు Z లకు కలుపబడి ఉంటాయి. అంటే X వద్ద వోల్టేజి ధనాత్మకం అయినపుడు Z వద్ద వోల్టేజి రుణాత్మకం అవుతుంది. లేదా X రుణాత్మకం అయితే Z ధనాత్మకం అవుతుంది. దీనిని రేఖాత్మకంగా పటం 28.14 (a) మరియు (b) లలో చూపబడినది.

తొలుత Y పరంగా X, ధనాత్మకం మరియు Z రుణాత్మకం గా ఉన్నాయి అనుకుందాం. ఈ సందర్భంలో 'D_1', డయోడు పురోశక్మంలో ఉండి విద్యుత్ ను ప్రవహింపజేస్తుంది. 'D_2 ' డయోడ్ తిరోశక్మంలో ఉండి విద్యుత్‌ను ప్రవహింపజేయదు. అనగా విద్యుత్తు 'B' నుండి 'Y' కి భార నిరోధం (R_L) గుండా ప్రవహిస్తుంది. R_L నిరోధం చివరలగల నిర్గమ వోల్టేజ్ పటం 28.15(a) లో చూపబడినది. రెండవ అర్ధతరంగానికి Y పరంగా 'X' రుణాత్మకంగాను 'Z' ధనాత్మకంగాను ఉంటాయి. ఈ సందర్భంలో 'D_2' డయోడు పురోశక్మంలో ఉండి విద్యుత్ ను ప్రవహింపజేస్తుంది. 'D_1' డయోడు తిరోశక్మంలో ఉండి విద్యుత్ ప్రవహింపజేయదు. కనుక భార నిరోధం (R_L) లోనికి విద్యుత్తు B నుండి Y కి అదే దిశలో ప్రవహించును. దీనికి సంబంధించిన తరంగాన్ని పటం 28.15 (b) లో చూపబడినది. భార నిరోధం R_L లోని ఫలిత నిర్గమ అర్ధ జావక్ర స్పందన రూపంలో పటం 28.15 (c)లో చూపిపట్లు మారుతుంది.



పటం 28.15 : R_L కొనల ద్ద వోల్టేజి (a) D_1 గుండా విద్యుత్ ప్రవహించినపుడు (b) D_2 గుండా విద్యుత్ ప్రవహించినపుడు (c) పూర్ణతరంగ అర్ధ జావక్రీయ స్పందనలు

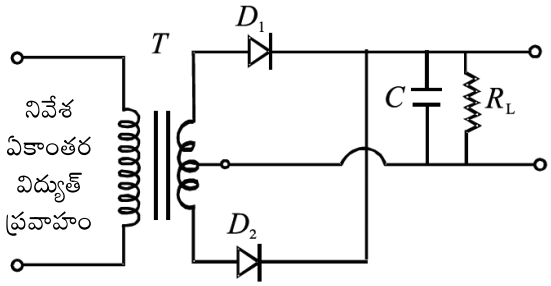
భార నిరోధం గుండా జ్యావక్రీయ పూర్తి తరంగం ప్రవహించుచున్నది కనుక దీనిని పూర్ణ తరంగ ఏకధిక్కరణి అంటారు. దీనిలోని dc వోల్టేజి V_{dc} మరియు dc విద్యుత్తు I_{dc} లను కింది విధంగా లెక్కించవచ్చును.

$$V_{dc} = 2 \times V_m/\pi \qquad (28.3)$$

$$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R_L} = \frac{2V_m}{\pi R_L} \qquad (28.4)$$

పూర్ణ తరంగ ఏకధిక్కరణిలో భారనిరోధం (R_L) గుండా ప్రవహించే dc స్పందన విద్యుత్తు కనిష్ట విలువ (0) మరియు గరిష్ట విలువల మధ్య మారుతూ ఉంటుంది కనుక అది ప్రాయోగిక అనువర్తనాలలో ఉపయోగపడదు. ఈ ఏకధిక్కరణి నిర్గమ విద్యుత్తు ప్రవాహంలోని స్పందన అంశాలను తగ్గించి మరింత నిలకడ ఏకముఖ ప్రవాహాన్ని పొందుటకు

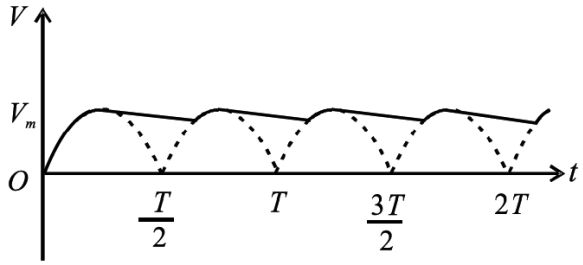
నిర్గలి వడపోత పరికరం (Filter) ను వాడతారు. దీని కోసం భారనిరోధంకు సమాంతరంగా పటం 28.16లో చూపించినట్లు ఒక కెపాసిటర్ (క్షమశీలి) C ను కలిపి అధిక పౌనఃపున్యాలను తొలిగించవచ్చు.



పటం 28.16 : పూర్ణ తరంగ ఏకధిక్కరణిలో కెపాసిటర్ నిర్గలి

నిర్గలిని (Filtering)

$t = T/4$ కాలంలో డయోడ్ D_1 లో ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహం కెపాసిటర్‌ను దాదాపు గరిష్ఠ వోల్టేజి (V_m) కు ఆవేశితం చేస్తోంది. సమయంలో $T/4 < t < T/2$ కాలాల మధ్య విద్యుత్ ప్రవాహం తగ్గి కెపాసిటర్ ఆవేశాన్ని ఉత్సర్గం (discharge) చేసి స్పందన నిర్గమంను తగినంతగా తగ్గించి భార నిరోధంలోని విద్యుత్తు స్థిరంగా ఉండేలా చేస్తుంది. ఈ ప్రక్రియ పటం 28.17 లో చూపబడినది. భార నిరోధం మరియు కెపాసిటర్ విలువలు పెద్దవిగా ఉన్నపుడు ఏకధిక్కరణ జరిగిన dc విద్యుత్తులో స్పందనలు తక్కువగా ఉంటాయి. స్పందనలను తగ్గించడానికి భారనిరోధానికి సమాంతరంగా కలిపిన కెపాసిటర్‌ను "నిర్గలి క్షమశీలి" (Filter capacitor) అంటారు. నిర్గమ విద్యుత్‌లో అలలను AC అంశాల తగ్గించడానికి C లేదా L లేదా LC లేదా C-L-C (π గా నిర్గలి) నిర్గలలను (Filters) ఉపయోగిస్తారు.



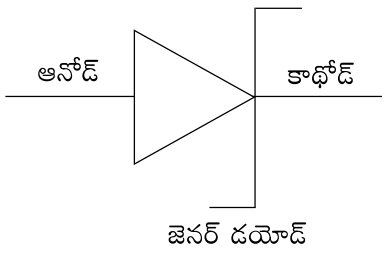
పటం 28.17 : 'క్షమశీలి నిర్గలి' ఇచ్చే నిర్గమ వోల్టేజి

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 28.7

1. క్షమశీలి నిర్గలి (Filter capacitor) కలిగినే పూర్ణ తరంగ ఏకధిక్కరణి పటం గీయండి.

28.8 ప్రత్యేక ప్రయోజన p-n సంధి డయోడ్ (జెనర్ డయోడ్)

జెనర్ డయోడ్ ఒక ప్రత్యేక ప్రయోజనం గల అర్ధవాహక డయోడ్. దీనిని 1934 సం॥రంలో C జెనర్ అనే శాస్త్రవేత్త ఆవిష్కరించాడు. దీనిని తిరోశక్మంలో భంజన వోల్టేజి ప్రాంతంలో పనిచేసేలా తయారు చేస్తారు. జెనర్ డయోడ్‌ను సాధారణంగా వోల్టేజి నియంత్రణకారిణిగా ఉపయోగిస్తారు. జెనర్ డయోడ్ సంకేతాన్ని పటం 28.18లో చూడవచ్చు.



పటం 28.18 : జెనర్ డయోడ్ సంకేతం

జెనర్ డయోడ్‌లో రెండు రకాలైన భంజన ప్రక్రియలు ఉంటాయి.

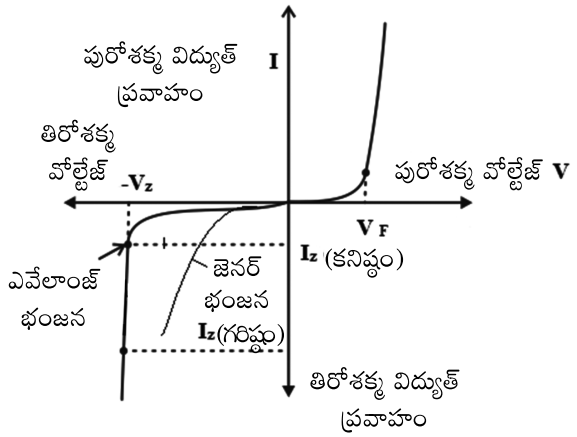
ఎవేలాంజ్ భంజన (Avalanche Breakdown) : అధిక తిరోశక్మం వోల్టేజ్ అనువర్తించినప్పుడు ఎవేలాంజ్ భంజన జరుగుతుంది. ఇది సాధారణ డయోడ్, జెనర్ డయోడు రెండింటిలోనూ జరుగుతుంది. p-n సంధి వద్ద అధిక తిరోశక్మ వోల్టేజ్‌ను అనువర్తించినప్పుడు, స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు సరిపడిన శక్తిని పొంది అధిక వేగాన్ని

అందుకుంటాయి. కొత్తపరమాణువులతో వేగవంతమైన ఈ ఎలక్ట్రానులు ఇతర పరమాణువులను ఢీకొంటాయి. కొత్త పరమాణువులతో వేగవంతమైన ఎలక్ట్రానులు నిరంతరం అభిఘాతాలు జరుపుతాయి. తద్వారా అధిక సంఖ్యలో ఎలక్ట్రాన్లు ఉత్పత్తి అయ్యి చివరకు డయోడ్‌లోని విద్యుత్ ప్రవాహం ఒక్కసారిగా పెరిగిపోతుంది. ఇటువంటి ఆకస్మిక విద్యుత్ ప్రవాహ పెరుగుదల p-n సంధి డయోడ్‌ను నాశనం చేస్తోంది. అయితే జెనర్ డయోడును ఇటువంటి భంజన వోల్టేజ్ వద్ద పనిచేసేలా తయారు చేస్తారు. అనువర్తించిన తిరోశక్మ వోల్టేజ్ (V_z) 6V కంటే ఎక్కువగా ఉన్నప్పుడు జెనర్ డయోడులో ఎవేలాంజ్ భంజన జరుగుతుంది.

జెనర్ భంజన (Zener Breakdown) : తిరోశక్మంలో అనువర్తించిన వోల్టేజ్ జెనర్ వోల్టేజ్ (V_z) కు దగ్గరగా ఉన్నప్పుడు లేమి పొర ప్రాంతంలో ఏర్పడే విద్యుత్ క్షేత్రం సంయోజక పట్టీ నుండి ఎలక్ట్రాన్లను లాగివేయడానికి సరిపడేంత తీవ్రతను కలిగి ఉంటుంది. సంయోజక ఎలక్ట్రానులు లేమిపొర ప్రాంతంలో ఉన్న అధిక విద్యుత్ క్షేత్రం నుండి అధిక మొత్తంలో శక్తిని గ్రహించి పరమాణువు నుండి విచ్ఛేధన చెంది బయటకు వస్తాయి. ఫలితంగా జెనర్ భంజన ప్రాంతంలో వోల్టేజ్‌లో కొద్దిపాటి మార్పుతో విద్యుత్ ప్రవాహంలో ఆకస్మిక పెరుగుదల ఉంటుంది.

28.8.1 జెనర్ డయోడ్ V-I అభిలక్షణాలు

పటం 28.19 జెనర్ డయోడ్ V-I అభిలక్షణాలను సూచిస్తోంది. జెనర్ డయోడ్ పురోశక్మంలో సాధారణ డయోడ్ స్వభావాన్ని ప్రదర్శిస్తోందని స్పష్టంగా తెలుస్తోంది. కానీ తిరో శక్మంలో జెనర్ డయోడ్‌కు అనువర్తించిన వోల్టేజ్ ఒక నిర్దిష్ట విలువ కంటే ఎక్కువైనప్పుడు జెనర్ డయోడ్‌లో భంజన జరుగుతుంది. జెనర్ భంజన వోల్టేజ్ వద్ద తిరో శక్మంలోని ఒక్కసారిగా విద్యుత్ ప్రవాహం నిశితంగా పెరుగుతుంది.

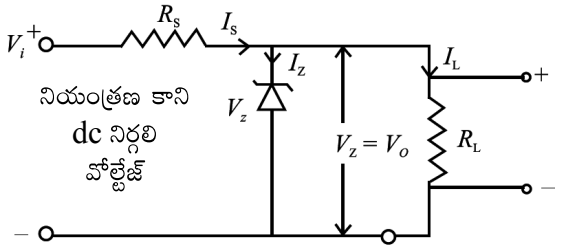


పటం 28.19 : జెనర్ డయోడు I-V అభిలక్షణ వక్రం

28.8.2 వోల్టేజి నియంత్రణకారిగా జెనర్ డయోడ్

జెనర్ డయోడ్ : శక్తి జనకాలలో నిర్గలను (Filters) కలిగిన అర్ధ తరంగ మరియు పూర్ణతరంగ ఏకధిక్కరణిలు సరళమైనవి. ఇవి పూర్తిగా dc విద్యుత్తును ఇస్తాయి కాని ఒక లోపం ఉంది. అది ఏమిటంటే భారనిరోధం విలువ తగ్గించి దాని గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని పెంచినపుడు నిర్గమ వోల్టేజి తగ్గిపోతుంది. దీనికి కారణం, భారనిరోధం గుండా ఎక్కువ విద్యుత్తును పంపినపుడు నిర్గలి కెపాసిటర్ (Filter capacitor) ఎక్కువగా ఉత్సర్గం (discharge) చెందుతుంది. అందువలన భారనిరోధం వద్ద వోల్టేజి తగ్గిపోతుంది. అదేవిధంగా నివేశ ac వోల్టేజి మారినపుడు నిర్గమ వోల్టేజి కూడ మారుతుంది. స్థిరమైనగా నిర్గమ వోల్టేజి ఇవ్వని విద్యుత్ జనకనాన్ని ఉపయోగించుట వలన విద్యుత్ ఉపకరణాల పనితనం ప్రభావితం అవుతుంది. ఉదాహరణకు ధ్వని వర్ధకంలో (sound amplifier) ఈ విద్యుత్తును ఉపయోగించినపుడు దాని నాణ్యత తగ్గిపోతుంది. శక్తి జనకాలలో జీనర్ డయోడును ఉపయోగించినచో పైన తెలిపిన లోపము లేకుండా స్థిరమైన నిర్గమ dc వోల్టేజి పొందవచ్చును. స్థిరమైన నిర్గమ వోల్టేజిను ఇచ్చేశక్తి జనకాలను వోల్టేజి నియంత్రిత శక్తి జనకాలు అంటారు.

పటం 28.20 లో జీనర్ డయోడుతో వోల్టేజి నియంత్రక వలయం చూపబడినది. ఈ వలయంలో భంజన వోల్టేజి 'V_z' గా గల జీనర్ డయోడు ఉంటుంది. ఇది స్థిరమైన నిర్గమ వోల్టేజి (V_O) కి సమానం. డయోడుకు తగినంత నిరోధం (R_s) ను వలయంలో శ్రేణిలో సంధానం చేస్తారు. ఇది అధిక విద్యుత్తు మరియు అధిక వోల్టేజిలను నియంత్రిస్తుంది. జెనర్ డయోడు యొక్క ఆనోడ్ (Anode) ను నివేశ సరఫరాలో రుణ కొనకు కలుపుతారు. జెనర్ డయోడు యొక్క కేథోడ్ (Cathode) ను 'R_s' నిరోధంతో శ్రేణి లో సంధానం చేసి నివేశ వోల్టేజిలో ధన కొనకు కలుపుతారు. అనగా జెనర్ డయోడు తిరోశక్మంలో సంధానం చేయబడినది. జెనర్ డయోడుకు సమాంతరంగా భార నిరోధాన్ని (R_s) సంధానం చేస్తారు. నివేశ వోల్టేజి (V_i) విలువ జీనర్ డయోడు యొక్క భంజన వోల్టేజి (V_z) కంటే ఎక్కువగా ఉన్నపుడు మాత్రమే డయోడు ఓల్టేజిని నియంత్రిస్తుంది. ఆ తరువాత జెనర్ డయోడు నిర్గమ వోల్టేజి ఇంచుమించు స్థిరంగా ఉండి, దాని గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహం పై ఆధారపడకుండా ఉంటుంది. భార నిరోధం (R_s) గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని (I_s) కింది సమీకరణంతో చూపవచ్చును.



పటం 28.20 : వోల్టేజి నియంత్రకంగా జెనర్ డయోడు

$$I_s = (V_i - V_z)/R_s \qquad (28.5)$$

ఇది జెనర్ విద్యుత్తు I_Z మరియు భార నిరోధం నుండి ప్రవహించే విద్యుత్తు (I_L) అనే రెండు భాగాలుగా విడిపోతుంది. కిర్కాఫ్ నియమాలను అనువర్తింపజేసి కింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

$$I_s = I_z + I_L$$

(లేదా)

$$I_z = I_s - I_L \qquad (28.6)$$

జెనర్ డయోడు పనిచేయడానికి $I_{Z\,min}$ అనే కొంత కనిష్ఠ విద్యుత్తు ఎల్లప్పుడు దాని గుండా ప్రవహించాలి. కనుక భార నిరోధం గుండా ప్రవహించే విద్యుత్తు I_L ఎల్లపుడు ప్రధాన విద్యుత్తు ప్రవాహం (I_s) కంటే తక్కువగా ఉండాలి. సాధారణంగా $I_{Z\,min}$ విలువ 5 mA నుండి 20 mA మధ్య ఉంటుంది.

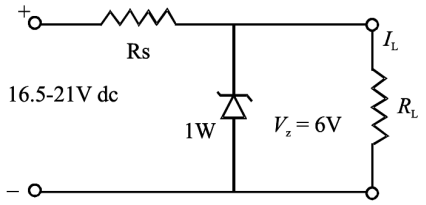
భార నిరోధం గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహం (I_L) శూన్యం అయినపుడు విద్యుత్ ప్రవాహం మొత్తం (I_s) జీనరు డయోడు గుండా ప్రవహించుట వలన నిర్గమ వోల్టేజి (V_o), జెనరు వోల్టేజి (V_z) కి సమానం అవుతుంది. భార నిరోధం (I_L) అనే కొంత విద్యుత్తును తీసుకున్నపుడు జెనరు డయోడు గుండా ప్రవహించే విద్యుత్తు (I_Z) అదే ప్రమాణంలో తగ్గుతుంది. కాని నివేశ వోల్టేజి మాత్రం V_z వద్ద స్థిరగా ఉంటుంది. అదేవిధంగా ప్రధాన ac వోల్టేజి కొద్దిగా తగ్గినా లేదా పెరిగినా నివేశ వోల్టేజి V_i కూడా దాని కనుగుణంగా తగ్గడం లేదా పెరగడం జరుగుతుంది. అది సమీకరణం (28.5) ప్రకారం విద్యుత్తు (I_s) పై ప్రభావం చూపుతుంది. I_s లో మార్పు రావడం వలన V_i లో కూడ మార్పు వచ్చి నిరోధం 'R_s' వద్ద పొటెన్షియల్ తగ్గుతుంది, కాని జెనర్ వోల్టేజి 'V_z' మరియు నిర్గమ వోల్టేజి 'V_o' లలో మార్పు రాకుండా స్థిరంగా ఉంటాయి. ఈ విధంగా నివేశ విద్యుత్తులో మార్పు వచ్చినప్పటికి నిర్గమ వోల్టేజి మార్పు రాకుండా స్థిరంగా ఉంటుంది. జెనర్ డయోడులో దుర్వ్యయమయ్యే సామర్థ్యం కింది సమీకరణం తో చూపవచ్చును.

$$P_d = V_z \times I_z \qquad (28.7)$$

ఈ దుర్వ్యయం జీనర్ డయోడు తయారీలో ఉండే గరిష్ఠ సామర్థ్య దుర్వ్యయం కంటే ఎక్కువ ఉండరాదు. కింది ఉదాహరణతో జెనర్ డయోడు వోల్టేజి నియంత్రణకారి పని చేసే విధానంను తెలుసుకుందాం.

ఉదాహరణ 28.1

ఒక వలయంలో నివేశ ఓల్టేజి 16.5 V నుండి 21 V ల మధ్య, భార నిరోధం గుండా ప్రవహించే విద్యుత్తు 0 mA నుండి 100 mA ల మధ్య మారుతున్నాయి. నిర్గమ వోల్టేజి స్థిరంగా 6 V ఉండేలా నియంత్రణ వలయాన్ని తయారుచేయండి.



సాధన :

6 V ల జెనర్ డయోడును ఎంచుకోవాలి. $I_{z\,min} = 5$ mA అనుకుందాం. భార నిరోధం లేనప్పుడు జెనర్ గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ గరిష్ఠంగా ఉంటుంది. గరిష్ఠ విద్యుత్తు పరిమాణం (100 + 5) mA = 0.105 A.

కనిష్ఠ నివేశ వోల్టేజి, కావలసిన గరిష్ఠ విద్యుత్ ప్రవాహాల సహాయంతో శ్రేణిలో ఉండే నిరోధం (R_s) విలువ లెక్కిస్తారు.

$$R_s = \frac{V_{Z_{min}} - V_z}{I_{max}} = \frac{16.5\,V - 6V}{105\,mA} = 100\ \Omega$$

నివేశ వోల్టేజి గరిష్ఠంగా ఉన్నపుడు జెనర్ డయోడ్ గుండా ప్రవహించే విద్యుత్తు గరిష్టంగా ఉంటుంది. అంటే 21 V ఉంటుంది. ఇంకా $I_L = 0$ అవుతుంది.

కనుక జెనర్ డయోడు గుండా ప్రవహించే గరిష్ట విద్యుత్తు = I_{max} = (21V – 6V)/100 Ω = 0.15 A.

డయోడులో దుర్వ్యయం అయ్యే గరిష్ట శక్తి = 6 V × 0.15A = 0.9 W.

కాబట్టి 6 V మరియు 1 W సామర్థ్యం గల జీనర్ ఉయోడును ఉపయోగించి 100 Ω ల నిరోధాన్ని శ్రేణిలో సంధానం చేయాలి. వలయాన్ని పై పటంలో చూపినట్లు సంధానం చేయాలి. అపుడు పైన తెలిపిన వోల్టేజి మరియు విద్యుత్తుల పరిధిలో స్థిరమైన 6 V ల నిర్గమ ఓల్టేజి ఇస్తుంది.

28.8.3 కాంతి ఆధారిత ఎలక్ట్రానిక్ సంధి పరికరాలు

ఆప్టో ఎలక్ట్రానిక్ సంధి పరికరాలు ప్రత్యేక రకాలైన అర్ధవాహక పరికరాలు. ఈ పరికరాలు కాంతి శక్తి (Light energy) విద్యుత్ శక్తిగా లేదా విద్యుత్ శక్తిని కాంతి శక్తిగా మార్చే సాధనాలు. కొన్ని కాంతి ఆధారిత ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలు :

(a) ఫోటో డయోడ్‌లు (కాంతి సంకేతాల శోధనకు ఉపయోగిస్తారు).

(b) కాంతి ఉద్గార డయోడ్‌లు (LED) (విద్యుత్ శక్తిని కాంతి శక్తిగా మారుస్తోంది)

(c) ఫోటో వోల్టాయిక్ పరికరాలు (Photovoltaic devices) (కాంతి వికిరణాన్ని విద్యుత్‌గా మార్చే సాధనం. సౌరఘటాలు– solar cells)

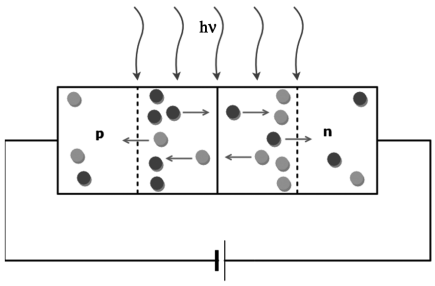
(a) ఫోటో డయోడులు : ఇవి కాంతి శక్తిని విద్యుత్ శక్తిగా మార్చే పరికరాలు ఇవి తిరోశక్మంలో పనిచేస్తాయి. సిలికాన్, జర్మేనియం, ఇండియం గాలియం ఆర్సనైడ్ వంటి అర్ధవాహక పదార్థాలతో ఫోటోడయోడులను తయారు చేస్తారు. పటం 28.21 (a) ఫోటో డయోడు సంకేత గుర్తును చూపిస్తోంది.

పటం 28.21 (a) : ఫోటో డయోడు సంకేతపు గుర్తు

ఫోటో డయోడు సంకేతంలో లోనికి ఉన్న బాణం గుర్తులు కాంతి శక్తిని శోషించుకుంటాయని సూచిస్తాయి.

ఫోటో డయోడు పనిచేసే విధానం

ఫోటో డయోడు ప్రత్యేక ఉద్దేశ్యం కోసం తయారు చేయబడిన p-n సంధి డయోడు. డయోడుపై ఒక పారదర్శక కిటికీ ద్వారా కాంతి (hν) పడే విధంగా దీనిని తయారు చేస్తారు. పటం 28.21 (b) చూడండి. ఫోటో డయోడు పని విధానంను సులువుగా అర్థం చేసుకోవటం కోసం కింది అంశాలను గమనించండి.



పటం 28.21(b) : తిరోశక్మంలో ఉన్న ఫోటో డయోడును కాంతితో ప్రదీపనం చేసారు.

(i) ఇది తిరోశక్మంలో పని చేస్తోంది.

(ii) ఫోటో డయోడును దానిని తయారు చేసిన అర్ధవాహక పదార్థం శక్తి అంతరం (E_g) కంటే ఎక్కువ శక్తి గల ఫోటాన్లు (hν) తో ప్రదీపనం చేస్తారు. పటం 28.21(b) లో చూపిన విధంగా లేమిపొర ప్రాంతం దగ్గర ఫోటానులను శోషించుకోవటం ద్వారా ఎలక్ట్రాన్-రంధ్రం జంటలు జనిస్తాయి.

(iii) అనువర్తించిన విద్యుత్ క్షేత్రం వలన ఎలక్ట్రాన్-రంధ్రం జతలు పునఃసంయోగం కంటే ముందుగానే వేరు చేయబడతాయి.

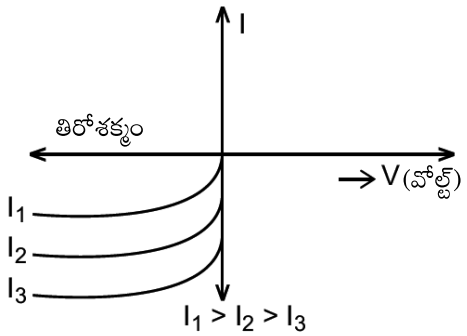
(iv) విద్యుత్ క్షేత్రం దిశ ఎలక్ట్రానులు n-భాగం చేరేలా, రంధ్రాలు p-భాగం వైపుకు వెళ్ళేలా ఉంటుంది.

(v) విద్యుత్ క్షేత్రం కారణంగా ఎలక్ట్రాన్‌లు n-భాగంలో రంధ్రాలు p-భాగం వద్ద సేకరించబడి విద్యుచ్చాలక బలం (emf) ఏర్పడుతుంది.

(vi) బాహ్య భారంను వలయంలో కలిపినప్పుడు విద్యుత్ ప్రవహిస్తోంది. ఫోటో డయోడులో ప్రవహించే ఫోటో విద్యుత్ పరిమాణం పతన కాంతి తీవ్రతపై ఆధారపడుతుంది.

(vii) పతన కాంతి తీవ్రతకు అనులోపాను పాతంలో ఫోటో విద్యుత్ ప్రవాహం.

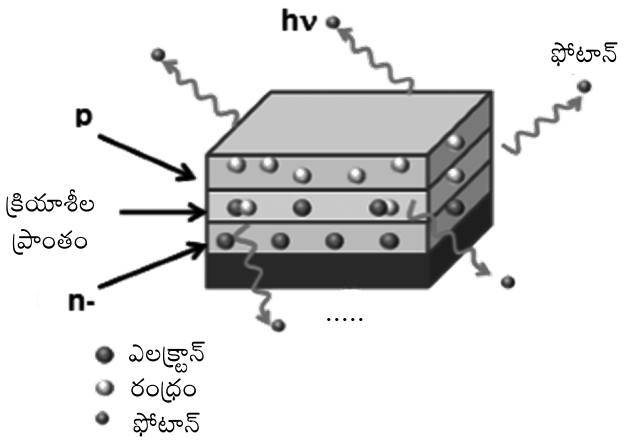
పైన పేర్కొన్న అంశాల ప్రకారం తిరోశక్మంలో ఉన్న ఫోటో డయోడు విద్యుత్ ప్రవాహంలో వచ్చే మార్పులు పతన కాంతి తీవ్రతతో వస్తాయి.



పటం 28.21 (c) : వివిధ పతన కాంతి ప్రదీపనల వద్ద తిరోశక్మంలోని ఫోటో డయోడు I-V అభిలక్షణాలు

ఫోటో డయోడు I-V అభిలక్షణ వక్రాలను పటం 28.21 (c) సూచిస్తోంది. ఫోటో డయోడు కాంతి సంకేతాల శోధనకారిగా పనిచేస్తోంది.

(b) కాంతి ఉద్గార డయోడ్ (Light emitting diode) : కాంతి ఉద్గార డయోడ్ కూడా ఒక ప్రత్యేక సంధి p-n డయోడ్. ప్రత్యేకంగా మాదీకరణం చేసిన అర్ధవాహకంతో తయారు చేసిన కాంతి ఉద్గార డయోడ్ పురోశక్మంలో ఉన్నప్పుడు కాంతిని ఉద్గారిస్తోంది. అల్యూమినియం ఇండియం గాలియం ఫాస్ఫైడ్ (AlInGaP), ఇండియం గాలియం నైట్రైడ్ (InGaN) అర్ధవాహక పదార్థాలను సాధారణంగా కాంతి ఉద్గార (LED) సాంకేతికతలో ఉపయోగిస్తారు. పటం 28.22 (a) లో కాంతి ఉద్గార డయోడ్ నిర్మాణంను సూచిస్తోంది.



పటం 28.22 (a) : కాంతి ఉద్గార డయోడు నిర్మాణం

LED పని విధానంలో కొన్ని ముఖ్యమైన అంశాలు :

(i) LED అధిక మాదీకరణ చేసిన p-n సంధి.

(ii) పురోశక్మ స్థితిలో ఇది స్వచ్ఛంద వికిరణం (spontaneous radiation) ను విడుదల చేస్తోంది.

(iii) కాంతి బయటకు వెదజల్లుటానికి దీనిపై పారదర్శక పదార్థం కప్పుతారు.

(iv) పురోశక్మంలో ఉన్న LED లో ఎలక్ట్రాన్లు n నుండి p వైపుకు, రంధ్రాలు p నుండి n వైపుకు పంపబడుతాయి.

(v) సంధి సరిహద్దు వద్ద అల్పసంఖ్యాక ఆవేశ వాహకాల గాఢత సమతాస్థితి గాఢతను (శక్మం అనువర్తించనప్పుడు ఉండే) మించి ఉంటుంది.

(vi) పునఃస్సంయోగం వలన ఫోటాన్లు రూపంలో శక్తి విడుదల అవుతుంది.

(vii) ఉద్గారమైన ఫోటానుల శక్తి పట్టీ అంతరానికి సమానం లేదా కొంచెం తక్కువగా ఉంటుంది.

(viii) పురోశక్మంలో విద్యుత్ ప్రవాహం తక్కువగా ఉంటే ఉద్గార కాంతి తీవ్రత తక్కువగా ఉంటుంది.

(ix) పురో విద్యుత్ ప్రవాహం పెరిగితే, ఉద్గార కాంతి తీవ్రత పెరిగి గరిష్ఠ స్థాయికి చేరుకొంటుంది. పురోశక్మ విద్యుత్ ప్రవాహం ఇంకా పెరిగితే కాంతి తీవ్రత తగ్గుతుంది.

LED చూపించే I-V అభిలక్షణాలు సాధారణ సిలికాన్ సంధి డయోడ్ మాదిరిగానే ఉంటాయి. కానీ సాధారణ సంధి డయోడులతో పోలిస్తే వీటి ఆరంభ వోల్టేజి విలువలు (Threshold voltages) ఎక్కువగా ఉంటాయి. వివిధ రంగులకు ఆరంభ వోల్టేజ్ విలువలు స్వల్పంగా భిన్నంగా ఉంటాయి. LED ల తిరోశక్మ భంజన వోల్టేజి విలువలు చాలా స్వల్పంగా ఇంచుమించు 5V దగ్గర ఉంటాయి.

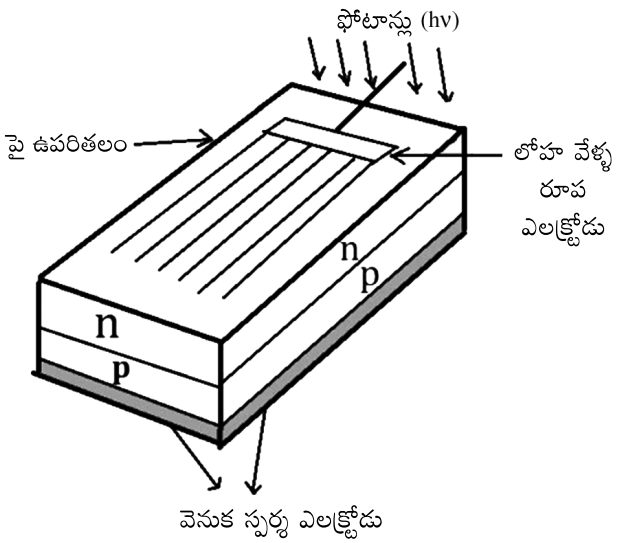
వాణిజ్య పరంగా ఎరుపు, పసుపు, ఆరెంజ్, ఆకుపచ్చ, నీలం రంగులను వెదజల్లే LED లు లభ్యమవుతున్నాయి. దృగ్గోచర కాంతిని ఉద్గారించే LED కొరకు అర్ధ వాహక పదార్థాల శక్తి అంతరం కనీసం 1.8 eV ఉండాలి. వివిధ రంగులను ఇచ్చే LED తయారీలో విరివిగా ఉపయోగించే అర్ధవాహకం గాలియం ఆర్సెనైడ్ ఫాస్ఫైడ్ ($GaAs_{1-x}P_x$). ఎరుపు రంగు ఉద్గారించే LED కోసం $GaAs_{0.6}P_{0.4}$ (Eg ~ 1.9 eV) అర్ధవాహక పదార్థాన్ని వాడతారు. పరారుణ కాంతి ఉద్గారం LED తయారీలో GaAs (Eg ~ 1.4 eV) ను ఉపయోగిస్తారు. LED లను రిమోట్ కంట్రోల్ పరికరాలు, దొంగలను పట్టించే అలారం, దృశా సమాచార (Optical communication) వ్యవస్థలో ఉపయోగిస్తారు.

తక్కువ సామార్థ్యం గల ఉష్ణదీప్త కాంతి జనకాలు (Incandescent Low Power Lamps) తో పోల్చితే LED ల వల్ల చాలా లాభాలు ఉన్నాయి. ఇవి అల్ప పరిక్రియ వోల్టేజి (operational voltage) దగ్గర అల్ప సామర్థ్యంతో పని చేస్తాయి. వీటి ఉద్గారిత కాంతి పట్టీ వెడల్పు (linewidth) 100 Å నుంచి 500 Å ఉంటుంది. అంటే వీటిని సుమారుగా ఏకవర్ణాత్మక జనకాలుగా పరిగణించవచ్చు ఉంటాయి. వీటి ON-OFF స్విచ్చింగ్ సమర్ధత చాలా వేగంగా ఉంటుంది.

(c) సౌరఘటం లేదా ఫోటోవోల్టాయిక్ (PV) ఘటం (Solar cell) : సౌర ఘటం ప్రాథమిక ఒక p-n సంధి. దీనిపై సౌర వికిరణం (solar radiation) పడినప్పుడు విద్యుచ్చాలక బలాన్ని (emf) ఉత్పత్తి చేస్తుంది. సౌరఘటం ఫోటో వోల్టాయిక్ ప్రభావం అనే సూత్రంపై పని చేస్తుంది. సౌరఘటం p-n సంధిని ఫోటాను (light) శక్తి ($h\nu > E_g$) తో ఉత్తేజం చేసినప్పుడు ఫోటాన్లు శోషణం చేసుకొని ఎలక్ట్రాన్-రంధ్రం జతలు ఉత్పత్తి అవుతాయి. అధిక సామర్థ్యం కావాలి అంటే సౌర వికిరణం పతనం అయ్యే సంధి వైశాల్యం ఎక్కువగా ఉండేలా నిర్మాణం ఉండాలి. సౌర ఘటంకు బాహ్య అనువర్తిత వోల్టేజి ఇవ్వనసరం లేదు.

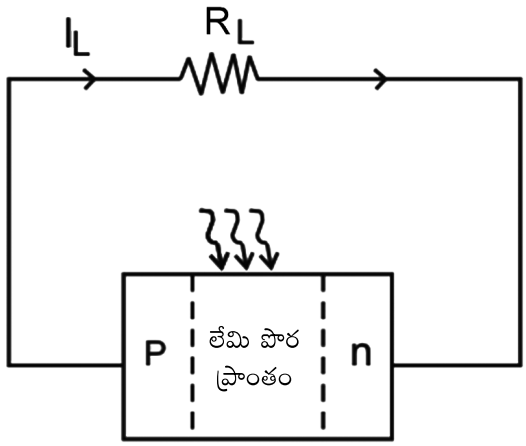
సౌర ఘటం విద్యుత్ అభిలక్షణాలైన విద్యుత్ ప్రవాహం, వోల్టేజి లేదా నిరోధం వంటివి పతన కాంతి శక్తితో మారతాయి. పటం 28.22 (b) p-n సంధి సౌర ఘటాన్ని చూపిస్తుంది.

p-రకం సిలికాన్ పొర (300 μm మందం) పై ఒకవైపు పలుచని (~0.3 μm) n-రకం సిలికాన్ పొరను విసరణ పక్రియ ద్వారా వృద్ధి చేస్తారు. p-Si పొర రెండవ వైపు వెనుక స్పర్శ (లోహ పూత) ఎలక్ట్రోడ్‌ను వేస్తారు. n-Si పొరపై ఉపరితలం మీద లోహ వేళ్ళ ఎలక్ట్రోడ్ (metal finger electrode) లేదా లోహగ్రిడ్ (metallic grid) ను నిక్షేపం చేస్తారు. ఇది ముందు స్పర్శ ఎలక్ట్రోడ్‌గా పని చేస్తుంది. లోహ గ్రిడ్ సౌరఫలక ఉపరితల వైశాల్యంలో చాలా స్వల్ప (సుమారు 15% మాత్రమే) భాగాన్ని ఆక్రమించి పై నుండి పడే పతన కాంతికి అంతగా అడ్డంకిగా ఉండదు.

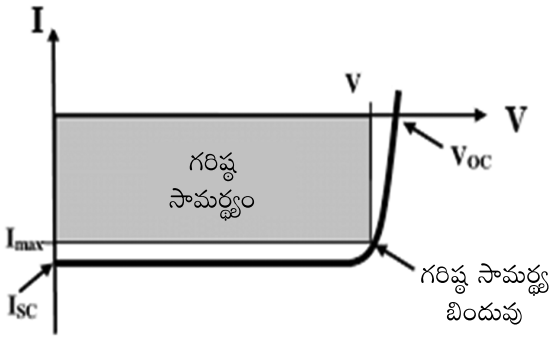


పటం 28.22 (b) : p-n సంధి సౌర ఘటం

సౌరఘటంపై పతన కాంతి వలన విద్యుచ్ఛాలక బలం ఉత్పత్తి అవుతుంది. కింది నిచ్చిన ప్రక్రియ ద్వారా దీనిని అర్థం చేసుకోవచ్చును. (i) ఆవేశ వాహకాల ఉత్పత్తి (ii) వాటి విభజన (iii) వాటి సేకరణ. పతన కాంతి ($h\nu > E_g$) తో p-n సంధికి దగ్గర e-h జంటలు ఉత్పత్తి అవుతాయి. ఇలా జనించిన ఎలక్ట్రాన్-రంధ్రాలు లేమిపొర ప్రాంతంలో విద్యుత్ క్షేత్రం కారణంగా విభజించబడతాయి. ఎలక్ట్రాన్‌లు n-వైపు, రంధ్రాలు p-వైపు నెట్టబడతాయి. n-భాగంకు చేరుకొనే ఎలక్ట్రానులను ముందు స్పర్శ ఎలక్ట్రోడు సేకరిస్తే, p-భాగంకు చేరుకొనే రంధ్రాలను వెనుక స్పర్శ ఎలక్ట్రోడ్ సేకరిస్తుంది. కాబట్టి p-వైపు ధనాత్మకంగా, n- వైపు రుణాత్మకంగా మారి ఫోటోవోల్టేజిని వృద్ధి చేస్తాయి. పటం 28.22 (c) లో చూపిన విధంగా భార నిరోధంను కలిపితే ఫోటో విద్యుత్ ప్రవాహం (I_L) భార నిరోధం ద్వారా ప్రవహిస్తుంది. సౌరఘటం I-V అభిలక్షణాలను పటం 28.22 (d)లో చూపారు. సౌరఘటంకు నివేశ విద్యుత్ ప్రవాహం ఇవ్వనవసరంలేదు. అది భార నిరోధానికి విద్యుత్‌ను సరఫరా చేస్తోంది. కనుక I-V అభిలక్షణ వక్రాలను నిరూపక అక్షాల నాలుగవ భాగం గీసారు.



పటం 28.22 (c) : ప్రదీపనం చేసిన నమూనా సౌరఘటం p-n సంధి



పటం 28.22 (d) : సౌరఘటం I-V అభిలక్షణాలు

సౌరఘటం తయారీకి ఉపయోగించే అర్ధవాహక పదార్థాలు : శక్తి అంతరం 1.5 eV దగ్గరగా ఉండాలి. ఇటువంటి పదార్థాలను సౌరఘటాల తయారీకి ఆదర్శ పదార్థాలుగా భావిస్తారు. అర్ధవాహక పదార్థాలైన సిలికాన్ (E_g = 1.1 eV), GaAs (E_g = 1.43 eV), CdTe (E_g = 1.45 eV), $CuInSe_2$ (E_g = 1.04 eV) మొదలైనవి సౌరఘటాల తయారీలో ఉపయోగిస్తారు. సౌరఘటం తయారీ కోసం వాడే పదార్థాలకు ఉండవలసిన ముఖ్య నిబంధనలు

(i) శక్తి అంతరం (~1.0 నుండి 1.8 eV)

(ii) అధిక దృశా శోషణ ($\sim 10^4$ cm^{-1})

(iii) ముడి పదార్థాల విద్యుత్ వాహకత్వం.

సౌరఘటాలకు సౌరకాంతి ఆవశ్యం కాదు. శక్తి అంతరం కంటే ఎక్కువ శక్తిగల ఫోటానులు గల కాంతి పతనమైతే చాలు.

ఉపయోగాలు : సౌరఘటాలను కృతిమ ఉపగ్రహాలలోని ఎలక్ట్రానిక్ సాధనాలకు, రోదసీ వాహనాలకు, కాలిక్యులేటర్లకు విద్యుత్ శక్తిని అందించడానికి ఉపయోగిస్తారు.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 28.8

1. ఉదాహరణ 28.1 లో చూపించిన నియంత్రకం వలయంలో జెనర్ డయోడును తిరోశక్మంకు బదులు పురోశక్మంలో కలిపితే దాని నిర్గమన వోల్టేజి విలువ ఎంత?

2. కింది ఖాళీలను పూరించండి.

   (a) జెనర్ డయోడు _____ భంజన సూత్రంపై పనిచేస్తుంది.

   (b) ఫోటో డయోడును _____ శక్మంలో వాడతారు.

   (c) ఫోటో డయోడులో p-n సంధిని _____ అర్ధవాహక పదార్థంతో తయారుచేస్తారు.

   (d) LED లను ఆవర్తన పట్టీకలో _____ అర్ధవాహక పదార్థాలతో తయారు చేస్తారు.

   (e) కాంతి ఉద్గార డయోడు _____ శక్మంలో పని చేస్తోంది.

   (f) LED సంకేతంలో బాణం గుర్తు కాంతి _____ సూచిస్తుంది.

   (g) LED ఉద్గారించే కాంతి ఎలక్ట్రాన్-రంధ్రాలు _____ వలన వస్తుంది.

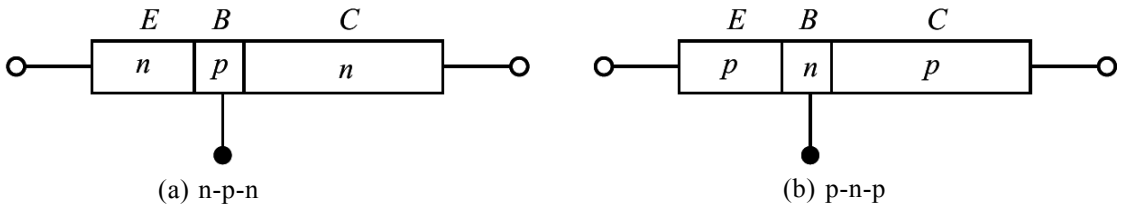
   (h) LED _____ సూత్రంపై పనిచేస్తుంది.

   (i) సౌరఘటాలు _____ ప్రభావంపై ఆధారపడి పని చేస్తాయి.

   (j) సౌరఘటంపై పడే సౌరశక్తి, శక్తి అంతరం కంటే _____ ఉంటే అది _____ ఎలక్ట్రాన్-రంధ్రాల జంటలను ఉత్పత్తి చేస్తుంది.

28.9 ట్రాన్సిస్టరులు

ఇంతకు ముందు పాఠ్యభాగంలో విద్యుత్‌ను ఒక దిశలో మాత్రమే ప్రవహింపజేయనిచ్చే p-n సంధి డయోడ్ గురించి నేర్చుకున్నారు. ఇది డయోడ్ అనువర్తనాలను ఏకధిక్కరణి మరియు శోధనంలకు మాత్రమే పరిమితం చేస్తుంది. ఎక్కువ ఉపయోగకరమైన సాధనం ద్విధ్రువ సంధి ట్రాన్సిస్టర్ (Bipolar junction transistor). జాన్ బార్‌డీన్, వాల్‌టర్ బ్రటైన్ మరియు విలియమ్ షాక్‌లీ 1948లో అమెరికాలోని బెల్ పరిశోధనశాల ట్రాన్సిస్టర్‌ను కనుగొనటం ఎలక్ట్రానిక్ పరిశ్రమలో విప్లవాత్మక మార్పులు తీసుకొచ్చింది. మన నిత్యజీవితంలో ఉపయోగించే గాస్ లైటర్ నుండి బొమ్మల వరకు, రేడియో నుండి దూరదర్శిని వరకు ట్రాన్సిస్టర్‌లు అనేక రకాలుగా ఉపయోగపడుతున్నాయి. రోడ్ల మీద ట్రాఫిక్‌ను నియంత్రించడానికి స్విచ్చింగ్ పరికరాలుగా ఇవి ఉపయోగపడుతున్నాయి. ఇవి శాటిలైట్‌లు, సమాచార వ్యవస్థల శక్తి వ్యవస్థలలో, కంప్యూటర్‌లలో చాలా ముఖ్యభాగంగా ఉన్నాయి.



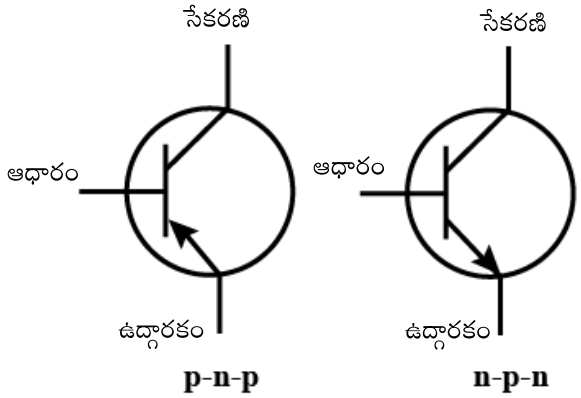
(a) n-p-n (b) p-n-p

పటం 28.23 ట్రాన్సిస్టర్ రకాలు

ఒకదాని తరవాత ఒకటిగా p, n మరియు p అనే మూడు ప్రాంతాలు కలిగిన జర్మేనియం లేదా సిలికాన్ స్ఫటికం ట్రాన్సిస్టర్‌ను పటం 28.23 చూపిస్తుంది. ఈ మూడు ప్రాంతాలను ఉద్గారకం (E), ఆధారం (B) సేకరణి (C) అని అంటారు. మధ్యలో ఉండే ప్రాంతం ఆధారం, బయటి రెండు ప్రాంతాలు ఉద్గారకం, సేకరణి. ఉద్గారకం సేకరణిలు ఒకే రకానికి (p లేదా n) చెందినవై ఉంటాయి. మూడు ప్రాంతాలలో సేకరణి ప్రాంతం పెద్దదిగా ఉంటుంది.

ఉద్గారకం, సేకరణిల మధ్య ప్రవహించే విద్యుత్‌ను ఆధార ప్రాంతం నియంత్రిస్తుంది. డయోడ్‌లో అవకాశంలేని విద్యుత్ ప్రవాహ నియంత్రణను ట్రాన్సిస్టర్‌కు కలుగజేస్తుంది. మాదీకరణ రకాన్ని బట్టి ట్రాన్సిస్టర్లను n-p-n లేదా n-p-n లుగా విభజించారు. సాధారణంగా మాదీకరణ గాఢత ఉద్గారకం నుండి సేకరణి నుండి ఆధారంకు తగ్గుతూ ఉంటుంది.

ట్రాన్సిస్టర్ కొనల పేర్లు అవిచేసే పనులను స్పష్టంగా తెలియజేస్తాయి. n-p-n ట్రాన్సిస్టర్‌లో ఉద్గారకం నుండి అధిక సంఖ్యాక వాహకాలు (ఎలక్ట్రానులు) ఆధారంలోకి చొప్పించబడతాయి. ఆధారం తక్కువగా మాదీకరణం చేయబడుతుంది కనుక ఉద్గారకం నుండి వచ్చిన ఎలక్ట్రానులను సేకరణి లోనికి పంపిస్తుంది. మూడు ప్రాంతాలలో పెద్దదైన సేకరణి మిగతా రెండు ప్రాంతాలకన్నా ఎక్కువ ఉష్ణాన్ని దుర్వ్యయం చేస్తుంది.

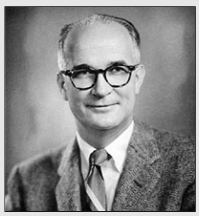


పటం 28.24 (a) n-p-n మరియు (b) p-n-p ట్రాన్సిస్టర్ల సంకేతాలు

పటం 28.24 లో n-p-n, p-n-p ట్రాన్సిస్టర్ల సంకేతాలను చూపించారు. బాణపుగుర్తు సాంప్రదాయ విద్యుత్ ప్రవాహదిశను సూచిస్తుంది.

n-p-n ట్రాన్సిస్టర్‌లో, ఎలక్ట్రానులు ఉద్గారకం నుండి ఆధారంకు ప్రవహిస్తున్నందున ఉద్గారక ప్రవాహం ఉంటుంది. సాంప్రదాయ విద్యుత్, ఆధారం నుండి ఉద్గారకానికి ప్రవహిస్తుంది. కనుక బాణపు గుర్తు ఆధారంనుండి బయటి వైపుకు ఉంటుంది. p-n-p ట్రాన్సిస్టర్‌లో, రంధ్రాలు, ఉద్గారకం నుండి ఆధారంకు ప్రవహిస్తున్నందువల్ల ఉద్గారక ప్రవాహం ఏర్పడుతుంది. అంటే సాంప్రదాయ విద్యుత్, ఉద్గారకం నుండి ఆధారంకు ప్రవహిస్తుంది. ట్రాన్సిస్టర్లు ద్విధ్రువ పరికరాలు కనుక అవి అధిక సంఖ్యాక మరియు అల్ప సంఖ్యాక (ఎలక్ట్రాన్లు, రంధ్రాలు) వాహకాల ప్రవాహం మీద ఆధారపడి పనిచేస్తాయి.

విలియం బ్రాడ్ ఫోర్డ్ షాక్‌లే (William Bradford Shockley) (1910 – 1989)

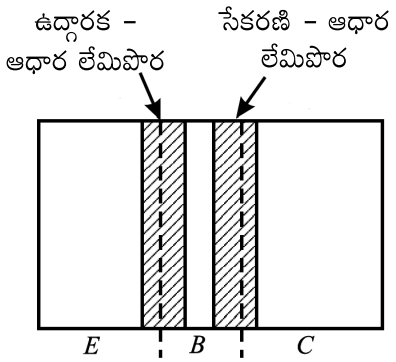


ట్రాన్సిస్టర్‌ను కనుగొన్నందుకు 1956వ సంవత్సరంలో నోబుల్ ప్రైజ్ తీసుకున్న ముగ్గురు శాస్త్రవేత్తలలో ఇంగ్లాండ్‌లో జన్మించిన అమెరికన్ శాస్త్రవేత్త W.B. షాక్‌లే ఒకరు. ఘనస్థితి భౌతికశాస్త్రంలో శాస్త్రజ్ఞుడైన షాక్‌లే అర్ధవాహకాలలోని పట్టీలను గురించిన సైద్ధాంతిక అవగాహన, లోహమిశ్రమంలో క్రమం, క్రమరాహిత్యం, శూన్యనాళికల సిద్ధాంతం, బెసుకుడు సిద్ధాంతం (Dislocation theory), ఫెర్రో అయస్కాంత డొమైన్ సిద్ధాంతాల అభివృద్ధికి విశేషమైన కృషి చేశాడు. ఎలక్ట్రానిక్ విప్లవం నేతలలో ఇతను ఒకరు.

28.9.1 ట్రాన్సిస్టర్ పనిచేయు సూత్రం

p-n సంధి పనిచేసే విధానం గురించి మీకు బాగా తెలుసు. ఇపుడు మనం ట్రాన్సిస్టర్ పనిచేసే విధానం గురించి తెలుసుకుందాం. దీనికొరకు ఎక్కువగా ఉపయోగించే n-p-n ట్రాన్సిస్టర్‌ను తీసుకుందాం.

28.25 లో చూపినట్లు ట్రాన్సిస్టర్‌కు ఏ విధమైన వోల్టేజిని అనువర్తింపచేయనపుడు సంధుల వద్ద స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానుల విసరణ వల్ల రెండు లేమి పొరలు ఏర్పడతాయి. ప్రతీ లేమి పొరకు అవరోధ పొటెన్షియల్ 25°C వద్ద సిలికాన్ ట్రాన్సిస్టర్‌కు 0.7 V జెర్మేనియం ట్రాన్సిస్టర్‌కు 0.3 V ఉంటాయి. హెచ్చు వోల్టేజ్ రేటింగు, హెచ్చు ప్రవాహ రేటింగు, ఉష్ణోగ్రత మార్పులకు తట్టుకొనే గుణం వల్ల సిలికాన్ ట్రాన్సిస్టర్లను జర్మేనియం ట్రాన్సిస్టర్ల కన్నా విరివిగా ఉపయోగిస్తారు. ప్రత్యేకంగా సూచించనంత వరకు మన చర్చలో సిలికాన్ ట్రాన్సిస్టర్లనే తీసుకుందాం.

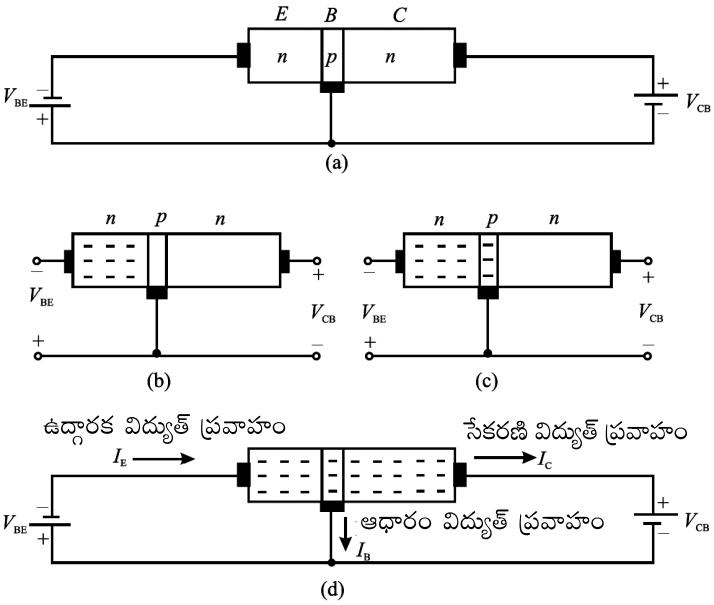


పటం 28.25 : వోల్టేజిని అనువర్తించనపుడు ట్రాన్సిస్టర్‌లోని లేమి పొరలు

ట్రాన్సిస్టర్‌లోని మూడు ప్రాంతాలు వేర్వేరు స్థాయిలలో మాదీకరణం చేయబడినందున లేమిపొరలు వేరువేరు వెడల్పులతో ఉంటాయి. ఒక ప్రాంతం ఎక్కువగా మాదీకరణం చెందినపుడు, సంధి వద్ద అయానుల సాంద్రత కూడా ఎక్కువగా ఉండి, ఫలితంగా పల్చటి లేమిపొర ఏర్పడుతుంది. అలాగే విపర్యయం కూడా అర్థం చేసుకోవాలి. ఆధారంను ఉద్గారకం మరియు సేకరణితో పోల్చినపుడు తక్కువగా మాదీకరణం చేసినందున లేమి పొరలు ఆధారంలోకి ఎక్కువగా పొడిగింపబడి, ఉద్గారకం సేకరిణిలో తక్కువగా పొడిగింపబడి ఉంటాయి. ఉద్గారకం లేమి పొర, సేకరణి లేమిపొరతో పోల్చినపుడు సన్నగా ఉంటుంది.

I. n-p-n ట్రాన్సిస్టర్

పటం 28.26 (a) లో నమూనా n-p-n ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క విలక్షణ శక్మ పథకాన్ని చూపించారు. ఉద్గారక – ఆధార సంధిని పురోశక్మంలో, సేకరణి–ఆధార సంధిని తిరోశక్మంలో ఉంచారని గమనించండి. అపుడు హెచ్చు ఉద్గారకం ప్రవాహాన్ని అల్ప సేకరణి ప్రవాహాన్ని అంచనావేయ వచ్చు. నిజానికి ఉద్గారక ప్రవాహంతో సమానమైన సేకరణి ప్రవాహాన్ని మనం చూస్తాం. దీనికి కారణాన్ని అర్థం చేసుకుందాం. ఉద్గారకానికి పురోశక్మాన్ని అనువర్తింపచేసినపుడు, ఉద్గారకంలోని



పటం 28.26 : n-p-n ట్రాన్సిస్టర్ (a) ఉద్గారం పురోశక్మంలో, సేకరణి తిరోశక్మంలో ఉన్నప్పుడు (b) ఉద్గారంలో స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు (c) స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు ఆధారంలోకి చిమ్మబడినపుడు (d) స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు ఆధారం ద్వారా సేకరణిలోకి ప్రయాణించినపుడు

స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు, ఆధార ప్రాంతంలోకి ప్రవేశించడానికి అవరోధ పొటెన్షియల్‌ను అధిగమించాల్సి ఉంది. (పటం 28.26 (b)). V_{BE} అవరోధ పొటెన్షియల్‌ను అతిక్రమించినపుడు (సిలికాన్ ట్రాన్సిస్టర్‌కు 0.6 V నుండి 0.7 V వరకు) ఈ ఎలక్ట్రానులు పటం 28.26 (c) లో చూపినట్లు ఆధారప్రాంతంలోకి ప్రవేశిస్తాయి. ఒకసారి ఆధారంలోకి వచ్చిన తరువాత, ఈ ఎలక్ట్రానులు పల్చని ఆధారం నుండి బాహ్య ఆధార కొన (lead)కు లేదా సేకరణి సంధి నుండి సేకరణి ప్రాంతంలోకి ప్రవహిస్తాయి. ఆధార ప్రవాహం క్రిందివైపు అంశంను పునస్సంయోగ ప్రవాహం అంటారు. ఆధారం చాలా తక్కువగా మాదీకరణం చెందినందువల్ల తక్కువ రంధ్రాలు లభ్యత వల్ల పునస్సంయోగ ప్రవాహం చాలా తక్కువ. ఆధార ప్రాంతం చాలా పల్చగా ఉండటం వల్ల అది ఎక్కువ సంఖ్యలో ఎలక్ట్రానులు పొందుతుంది, $V_{BE} > 0.7$ V కు చాలావరకు ఎలక్ట్రానులు సేకరణి లేమిపొరలోకి విసరణ చెందుతాయి. ఈ పొరలోని స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు, సేకరణి ప్రాంతంలోకి తోయ (లేమి పొర క్షేత్ర బలంతో) బడి (పటం 28.26 (d)) మరియు బాహ్యసేకరణి చాలకతంత్రిలోకి ప్రవహిస్తాయి. అంటే స్థిరమైన ఎలక్ట్రానుల ప్రవాహం రుణజనకం కొనను వదిలి ఉద్గారక ప్రాంతంలోకి ప్రవేశిస్తాయి. పురోశక్మం ఈ ఎలాక్ట్రానులను ఆధార ప్రాంతంలోకి ప్రవేశించేలా చేస్తుంది. దరిదాపుగా అన్ని ఎలక్ట్రానులు ఆధారం గుండా సేకరణి లేమి పొరలోకి విసరణ చెందుతాయి. లేమిపొరక్షేత్రం, ఎలక్ట్రానులను సేకరణి ప్రాంతంలోకి తోస్తుంది. చాలా వరకు ట్రాన్సిస్టర్లలో 95 శాతంకన్నా ఎక్కువ ఉద్గారకం చిమ్మిన ఎలక్ట్రానులు సేకరణిలోకి ప్రవహిస్తాయి. 5 శాతం కన్నా తక్కువ ఎలక్ట్రానులు బాహ్య ఆధార చాలకతంత్రిలోనికి ప్రవహిస్తాయి.

ట్రాన్సిస్టర్ చర్యకు కారణం, ఎక్కువగా మాదీకరణం చెందిన ఉద్గారకం మరియు మధ్యస్థంగా మాదీకరణం చెందిన సేకరణిల మధ్యనున్న తక్కువగా మాదీకరణం చెందిన ఆధారం. ఆధారం గుండా ప్రయాణించే స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు ఆధారంలో కొద్ది సేపు ఉండి సేకరణి చేరతాయి. సేకరణి ప్రవాహం (I_c), ఉద్గారి ప్రవాహం (I_E) ల మధ్య సంబంధాన్ని ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క సంకేత ప్రవాహ వర్ధక కారకం α పరంగా చెప్పవచ్చు. దీనిని కింది విధంగా నిర్వచిస్తారు.

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} \qquad (28.8)$$

α విలువ సుమారు ఒకటి లేదా ఎల్లప్పుడూ ఒకటి కంటే తక్కువగా ఉంటుందని గమనించండి.

అలాగే ట్రాన్సిస్టర్‌లో సేకరణి ప్రవాహంకు, ఆధార ప్రవాహానికి మధ్య సంబంధంను ఏర్పరచవచ్చు. దీనిని గ్రీక్ అక్షరం β (బీటా)తో సూచిస్తారు.

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \qquad (28.9)$$

ఉమ్మడి ఉద్గారక విన్యాసంలో విద్యుత్ ప్రవాహ వర్ధక కారకం β ను సూచిస్తుంది. β విలువ ఒకటి కంటే ఎక్కువగా ఉంటుంది.

ఉద్గారక ప్రవాహం, సేకరణి మరియు ఆధార విద్యుత్ ప్రవాహంల మొత్తంకు సమానం కనుక

$$I_E = I_C + I_B$$

ఇరువైపుల I_C తో భాగించగా

$$\frac{I_E}{I_C} = 1 + \frac{I_B}{I_C} \qquad (28.10)$$

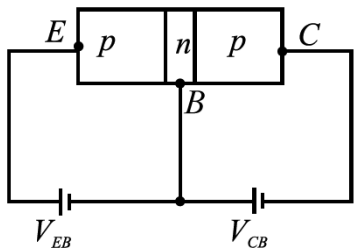
α మరియు β ల పరంగా, దీనిని తిరిగి రాయగా

$$\frac{1}{\alpha} = 1 + \frac{1}{\beta}$$

లేదా

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} \qquad (28.11)$$

II. p-n-p ట్రాన్సిస్టర్



పటం 28.27 : క్రియాశీలకంగా ఉండటానికి శక్మంలో ఉంచిన p-n-p ట్రాన్సిస్టర్

npn ట్రాన్సిస్టర్ నుండి pnp ట్రాన్సిస్టర్ ఏ విధంగా వేరుగా ఉంటుందో తెలుసుకుందాం. క్రియాశీల ప్రాంతంలో పనిచేసేలా పురో శక్మంలో ఉంచిన p-n-p ట్రాన్సిస్టర్‌ను పటం 28.27 లో చూపించారు. n-p-n ట్రాన్సిస్టర్ బదులుగా p-n-p ట్రాన్సిస్టర్ నుంచినపుడు బ్యాటరీ కొనలను ఉత్క్రమం చేస్తారని గమనించండి.

ఇంతకు ముందు లాగానే, ఉద్గారక–ఆధార సంధిని బ్యాటరీ వోల్టేజ్ V_{EB} తో పురోశక్మంలోను, సేకరణి. ఆధార సంధిని V_{CB} బ్యాటరీ వోల్టేజ్‌తో తిరోశక్మంలో ఉంచారు. సేకరణి – ఆధార సంధి (దీనిని తిరోశక్మంలో ఉంచారు) తో పోల్చినపుడు ఉద్గార ఆధార సంధి పురోశక్మంలో ఉంది కనుక దీని నిరోధం చాలా తక్కువ. ఇందువలన స్వల్ప పురోశక్మం వోల్టేజ్ 0.7 V లను ఉద్గారక – ఆధార సంధికి అనువర్తింప చేసి, సేకరణి – ఆధార సంధికి హెచ్చు తిరోశక్మం వోల్టేజ్ 9 V ను అనువర్తింపచేశాం.

ఉద్గారకం (p – ప్రాంతం)లో ఉద్గారక–ఆధార సంధి యొక్క పురోశక్మం అధిక సంఖ్యాక వాహకాలైన రంధ్రాలు బ్యాటరీ ధనధృవం చేత వికర్షింపబడి ఆధారం (n– ప్రాంతం) లోకి విసరణ చెందుతాయి. ఆధారం యొక్క వెడల్పు చాలా పలుచగా ఉన్నందున, తక్కువగా మాదీకరణం చెందినందున చాలా తక్కువ (మొత్తం రంధ్రాలలో రెండు నుండి ఐదు శాతం) రంధ్రాలు, ఆధారంలోకి ప్రవేశించి ఎలక్ట్రానులతో పునస్సంయోగం చెందుతాయి. 95% నుండి 98% ఎలక్ట్రానులు సేకరణి ప్రాంతం చేరతాయి. సేకరణి – ఆధార ప్రాంతం తిరోశక్మంలో ఉన్నందున, సేకరణికి అనువర్తించిన రుణపొటెన్షియల్‌కు ఈ ప్రాంతాన్ని చేరే రంధ్రాలు ఆకర్షింపబడతాయి. తద్వారా సేకరణి ప్రవాహం (I_C) పెరుగుతుంది. కనుక ఉద్గారక ప్రవాహం (I_E) లో పెరుగుదల, సేకరణి ప్రవాహాన్ని పెంచుతుంది. అలాగే (28.8) నుండి (28.11) వరకూ ఇచ్చిన సమీకరణాలు దీనికి కూడా వర్తిస్తాయి.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 28.9

1. సరైన సమాధానాన్ని ఎంచుకోండి.

   (a) ట్రాన్సిస్టర్ సంకేతంలో బాణపు గుర్తు ఈ దిశను సూచిస్తుంది.

   (i) ఉద్గారక ప్రాంతంలో రంధ్రాల ప్రవాహాన్ని

(ii) ఉద్గారక ప్రాంతంలో ఎలాక్ట్రానుల ప్రవాహాన్ని

(iii) పై ప్రాంతంలో అధిక సంఖ్యాక వాహకాల ప్రవాహాన్ని

(iv) పైవేవి కాదు.

(b) ట్రాన్సిస్టర్ సాధారణ బయాస్‌లో ఉద్గారక ప్రవాహం

(i) సేకరణి ప్రవాహం కన్నా తక్కువ

(ii) ఆధార ప్రవాహం మరియు సేకరణి ప్రవాహం ల మొత్తంకు సమానం

(iii) ఆధార ప్రవాహానికి సమానం

(iv) పైవేవి కాదు.

2. ఖాళీలను పూరించండి

(a) ట్రాన్సిస్టర్ ..... ప్రాంతాలను మరియు ..... సంధులను కలిగి ఉంటుంది.

(b) ట్రాన్సిస్టర్ లో..... అతి తక్కువ మందాన్ని కలిగి ఉంటుంది.

(c) ఉద్గారక ప్రాంతం ..... మాదీకరణం చేయబడి, ... ప్రాంతం తక్కువగా మాదీకరణ చేయబడుతుంది.

(d) ట్రాన్సిస్టర్ సేకరణి ..... పరిమాణం ..... మాదీకరణం కలిగి ఉంటుంది.

(e) ..... సంధి పురోబయాస్‌లో మరియు సంధి తిరోబయాస్‌లో ఉన్నప్పుడు ట్రాన్సిస్టర్ క్రియాశీల ప్రాంతంలో ఉంది అంటారు.

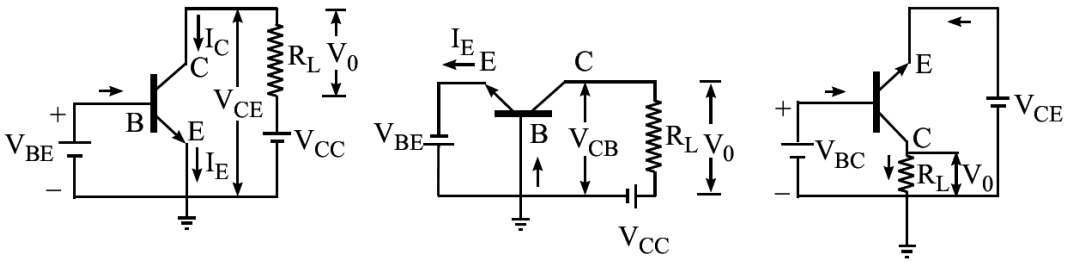
(f) ..... మరియు ..... ట్రాన్సిస్టర్‌లో రెండు రకాలు.

28.9.2 ట్రాన్సిస్టర్ విన్యాసాలు

ట్రాన్సిస్టర్ రెండు పోర్టులు గల పరికరం, ఇది నివేశాన్ని తీసుకొని, నిర్గమంను విడుదల చేస్తుంది. ప్రతి నివేశానికి, నిర్గమానికి రెండు చివరలు అవసరముంటాయి. దీనిని పొందటానికి ట్రాన్సిస్టర్‌లోని మూడు కొనలలో ఒకదానిని ఉమ్మడిగా ఉంచుతారు. ఒక కొనను నివేశానికి నిర్గమానికి ఉమ్మడిగా ఉంచిన ట్రాన్సిస్టర్ విన్యాసాలను పటం 28.28 లో చూపించారు.

- నివేశ, నిర్గమవలయాలకు ఉద్గారకం ఉమ్మడిగా ఉంటే ఉమ్మడి ఉద్గారక విన్యాసం (CE) అంటారు. (పటం (28.28 (a)).
- నివేశ, నిర్గమ వలయాలకు ఆధారం ఉమ్మడిగా ఉంటే ఉమ్మడి ఆధార విన్యాసం (CB) అంటారు. (పటం 28.28 (b)).
- నివేశ, నిర్గమ వలయాలకు సేకరణి ఉమ్మడిగా ఉంటే ఉమ్మడి సేకరిణి విన్యాసం (CC) అంటారు. (పటం 28.28 (c)).

ప్రతీ విన్యాసంలో ట్రాన్సిస్టర్ అభిలక్షణాలు వేటికవే ప్రత్యేకంగా ఉంటాయి. CE ఉమ్మడి విన్యాసం వోల్టేజ్, విద్యుత్ ప్రవాహ మరియు సామర్థ్య వృద్ధిని ఏర్పరుస్తుంది. కనుక దీనిని ఎక్కువగా ఉపయోగిస్తారు. CB విన్యాసంలో ట్రాన్సిస్టర్‌ను స్థిర విద్యుత్ ప్రవాహజనకంగా ఉపయోగిస్తారు. అదే CC విన్యాసాన్ని సాధరణంగా అవరోధ సుమేళనం (Impedance matching) లో ఉపయోగిస్తారు.



(a) CE విన్యాసం (b) CB విన్యాసం (c) CC విన్యాసం

పటం 28.28 : ట్రాన్సిస్టర్ విన్యాసాలు

ప్రతీ విన్యాసానికి మూడు అభిలక్షణ వక్రాలను అందులో ఉండే రాశుల స్వభావం మీద ఆధారపడి (a) నివేశన అభిలక్షణాలు (b) నిర్గమన అభిలక్షణాలు (c) పరివర్తన అభి లక్షణాలుగా గీయవచ్చు.

మూడు విన్యాసాలకు సంబంధించిన వివిధ రాశులు ముఖ్యమైన ట్రాన్సిస్టర్ స్థిరాంకాలను పట్టిక 28.2 చూపిస్తుంది.

పట్టిక 28.2 : ట్రాన్సిస్టర్ వివిధ అభిలక్షణాలలో ముఖ్యమైన భౌతిక రాశులు

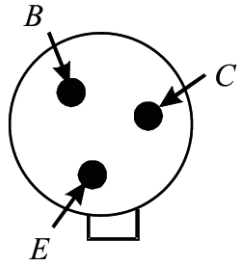
విన్యాసం	నివేశ అభిలక్షణాలు	నిర్గమ అభిలక్షణాలు	పరివర్తక అభిలక్షణాలు	ముఖ్యమైన ట్రాన్సిస్టర్ స్థిరాంకాలు
CE	V_{CE} పరామితిగా V_{BE} మరియు I_B	I_B పరామితిగా V_{CE} మరియు I_C	I_B మరియు I_C	ప్రవాహ వర్ధన కారకం β
CB	V_{CB} పరామితిగా V_{BE} మరియు I_E	I_E పరామితి గా V_{CB} మరియు I_C	I_B మరియు I_C	అధిక సిగ్నల్ విద్యుత్ వర్ధన కారకం α
CC	V_{CE} పరామితిగా V_{CB} మరియు I_B	I_B పరామితిగా V_{CE} మరియు I_E	I_B మరియు I_E	

ట్రాన్సిస్టర్‌ను ఉపయోగించాలంటే దాని ఆధారం, ఉద్గారకం, సేకరణిల చాలకతంత్రులను (Leads) గుర్తించగలగాలి. దాని కొరకు ఈ క్రింది సూచనలను అనుసరించండి.

(i) లోహపు మూత మీద ఏర్పరచిన నొక్కును చూడండి. ఈ నొక్కుకు దగ్గరగా ఉండే టెర్మినల్ ఉద్గారకం, మిగతా రెండు టెర్మినల్‌లను గుర్తించడానికి ట్రాన్సిస్టర్‌ను తలక్రిందులుగా చేయండి.

(ii) పటం 28.29లో చూపించినట్లు మీరు ఆధారం మరియు సేకరణిలను గుర్తించండి.

(iii) p-n సంధి డయడ్ లాగానే ట్రాన్సిస్టర్‌ను కూడా రెండు అక్షరాల తరువాత వరుస సంఖ్యతో సూచిస్తారు.



పటం 28.29 : ట్రాన్సిస్టర్ కొనల గుర్తింపు

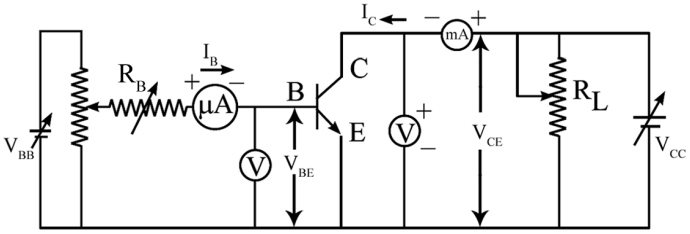
మొదటి అక్షరం పదార్థాన్ని సూచిస్తుంది. జెర్మేనియమ్‌ను A తో, సిలికాన్‌ను B తో సూచిస్తారు. రెండవ అక్షరం ముఖ్యమైన అనువర్తనాన్ని సూచిస్తుంది. ఆడియో పౌనఃపున్యం ట్రాన్సిస్టర్‌ను C తో, పవర్ ట్రాన్సిస్టర్‌ను D తో, రేడియో పౌనఃపున్యం ట్రాన్సిస్టర్‌ను F తో సూచిస్తారు. వరుస సంఖ్యలోని అంకెలను తయారీదారుడు గుర్తుకోసం కేటాయిస్తాడు. ఉదాహరణకు AC 125, అనే సంకేతం ఆడియో పౌనఃపున్యం (AF) అనువర్తనాల కోసం జర్మేనియంతో తయారు చేసిన ట్రాన్సిస్టిర్‌ను సూచిస్తుంది.

28.10 ట్రాన్సిస్టర్ అభిలక్షణాలు

ఇంతకు ముందు చెప్పుకున్నట్లు ట్రాన్సిస్టర్ పనిచేసే విధానం నివేశన, నిర్గమన I-V అభిలక్షణాల మీద ఆధారపడుతుంది. ఈ అభిలక్షణాల స్వభావం దేనికదే ప్రత్యేకంగా ఉండి దాని విన్యాసం మీద ఆధారపడి ఉంటుంది. ముందు మనం CE విన్యాసాన్ని అధ్యయనం చేద్దాం.

28.10.1 n-p-n ట్రాన్సిస్టర్ ఉమ్మడి ఉద్గారక (CE) విన్యాసం

నివేశన మరియు నిర్గమన వలయాలకు ఉద్గారకం ఉమ్మడిగా ఉన్నప్పుడు ట్రాన్సిస్టర్ ఉమ్మడి ఉద్గారక అభిలక్షణాలు వోల్టేజ్ మరియు విద్యుత్ ప్రవాహాల మధ్య సంబంధాన్ని తెలుపుతాయి. పటం 28.30, n-p-n ట్రాన్సిస్టర్ CE అభిలక్షణాల వలయ రేఖాచిత్రాన్ని చూపిస్తుంది. V_{BB}కు 0-3 V చర డి.సి. శక్తి జనకం, V_{CC}కోసం 0-15 V చర డి.సి. శక్తి జనకం కలుపుతారు. R_1 మరియు R_2 పొటెన్షియో మీటర్లు. R_B ఆధారంకు కలిపిన చర నిరోధకం. దీనిని ఉద్గారక వోల్టేజ్ V_{BE} ను నియంత్రించడానికి ఉపయోగిస్తారు.

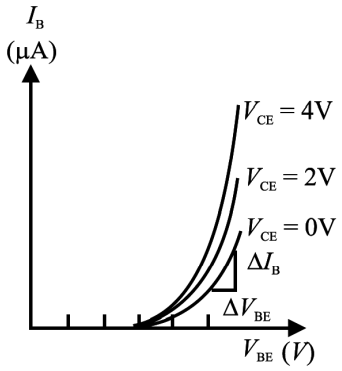


పటం 28.30 : npn ట్రాన్సిస్టర్ CE విన్యాసంలో నివేశన మరియు నిర్గమన అభిలక్షణాల వలయ రేఖాచిత్రం.

నివేశ అభిలక్షణాలు

CE విన్యాసంలో, స్థిర V_{CE} వద్ద, నివేశ అభిలక్షణాలు V_{BE} తో I_B మార్పును చూపిస్తుంది. ఈ అభిలక్షణాలను గీయడానికి V_{CE} కు సేకరణి వోల్టేజ్ V_{CC} సహాయంతో తగిన విలువను ఇవ్వాలి. అపుడు V_{BE} ను దశల వారిగా మారుస్తూ, ఆధారానికి కలపబడిన మైక్రోమీటర్ సహాయంతో I_B విలువను కొలవాలి. CE విన్యాసంలో n-p-n ట్రాన్సిస్టర్ మాదిరి నివేశ అభిలక్షణాలను పటం 28.31 చూపిస్తుంది.

ఇచ్చిన V_{CE} విలువకు, వచ్చిన వక్రం, పురోశక్మంలో ఉన్న p-n సంధి డయోడ్ వక్రం లాగా ఉంటుందని గమనించండి. V_{BE}< 0.5 V ఉన్నప్పుడు కొలవ గలిగినంత ఆధార ప్రవాహం ($I_B = 0$) ఉండదు. అయితే $V_{BE} > 0.6V$ ఉంటే I_B నిశితంగా పెరుగుతుంది.



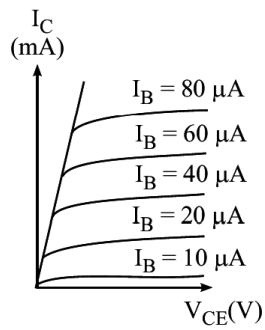
పటం 28.31 : CE విన్యాసంలో npn ట్రాన్సిస్టర్ మాదిరి నివేశ అభిలక్షణాలు

నివేశ అభిలక్షణ వక్రం విలోమ వాలు విలువ నుండి ట్రాన్సిస్టర్ నివేశ నిరోధాన్ని పొందవచ్చు. దీనిని సేకరణి – ఉద్గారక స్థిర వోల్టేజి వద్ద ఆధార–ఉద్గారక వోల్టేజ్‌లోని స్వల్ప మార్పుకు వచ్చే ఆధార ప్రవాహంలో స్వల్ప మార్పుకు మధ్యగల నిష్పత్తిగా నిర్వచిస్తారు. సాధారణంగా R_{ie} విలువ 20-100 Ω పరిధిలో ఉంటుంది. వక్రం రేఖీయంగా లేనందువల్ల నివేశ నిరోధం విలువ, కొలత తీసుకొనే బిందువును బట్టి మారుతుంది. V_{CE} పెరిగిన కొద్దీ వక్రం మరింత నిలువుగా మారుతుంది. R_{ie} విలువ కింది విధంగా గణిస్తారు.

$$R_{ie} = \left.\frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B}\right|_{V_{CE}} \qquad (28.12)$$

నిర్గమ అభిలక్షణాలు

ఆధార ప్రవాహం I_B ను స్థిరంగా ఉంచి నపుడు V_{CE}తో సేకరణి ప్రవాహం I_C లో వచ్చే మార్పును నిర్గమన అభిలక్షణ వక్రం తెలియజేస్తుంది. నిర్గమ అభిలక్షణ వక్రాన్ని గీయడానికి I_B ను (10 μA అనుకొందాం) V_{BB} ను సర్దుబాటు చేసి స్థిరంగా ఉంచాలి. V_{CE} ను 0 నుండి 10 V వరకు 0.5 V చొప్పున పెంచి, దానికి అనురూప I_C విలువలను నమోదు చేసుకోవాలి. ఇదే విధంగా నిర్గమ అభిలక్షణాలను I_B= 20 μA, 40 μA, 60 μA, 80 μA, వద్ద కూడా పొందవచ్చు. ఎట్టి పరిస్థితులలోను ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క గరిష్ట ఆధార విద్యుత్ రేటింగును అధిగమించరాదు. ఈ విన్యాసం యొక్క నిర్గమ అభిలక్షణాలను పటం 28.32 లో చూపించారు.



పటం 28.32 : CE విన్యాసంలో npn ట్రాన్సిస్టర్ నిర్గమ మాదిరి అభిలక్షణాలు

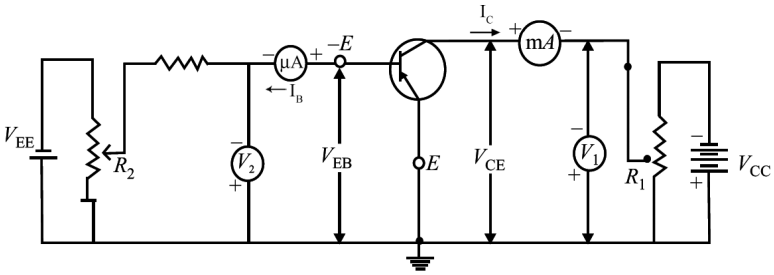
నిర్గమ అభిలక్షణాల నుండి, ఇచ్చిన I_Bవిలువకు V_{CE} లోని పెరుగుదల I_C విలువలో వచ్చే మార్పును, ఇచ్చిన V_{CE} విలువకు I_B తో I_C పెరుగుదలను గమనించండి. ఈ అభిలక్షణాల నుండి నిర్గమ ప్రవేశికత (h_{oe}) ను గణించవచ్చు

$$h_{oe} = \frac{\Delta I_C}{\Delta V_{CE}} \qquad (28.13)$$

28.10.2 p-n-p ట్రాన్సిస్టర్ ఉమ్మడి ఉద్గారక (CE) విన్యాసం

ఇంతకు ముందు పాఠ్యభాగంలో ఉమ్మడి ఉద్గారక విన్యాసంలో n-p-n ట్రాన్సిస్టర్ నివేశ మరియు నిర్గమ అభిలక్షణాలను గీయడం నేర్చుకున్నారు. ఇప్పుడు p-n-p ట్రాన్సిస్టర్‌ను తీసుకుందాం. పటం 28.33 p-n-p ట్రాన్సిస్టర్

CE అభిలక్షణాలకు వలయ రేఖా పటాన్ని చూపిస్తుంది. ట్రాన్సిస్టర్ క్రియాశీల ప్రాంతంలో పనిచేసేలా శక్మం ఇవ్వబడింది. ఆధార ప్రవాహం (I_B) ఆధారం మరియు ఉద్గారకం మధ్య వోల్టేజిని కొలవడానికి ఆధార – ఉద్గారక వలయంలో మైక్రోఅమ్మీటర్ మరియు వోల్ట్ మీటర్లను ఉపయోగిస్తారు. అలాగే సేకరణి ప్రవాహాన్ని (I_C) మరియు సేకరణి, ఉద్గారకంల మధ్య వోల్టేజ్ (V_{CE}) లను కొలవడానికి సేకరణి – ఉద్గారకంల వలయంలో మిల్లీఅమ్మీటర్ మరియు వోల్టుమీటర్‌లను కలుపుతారు.

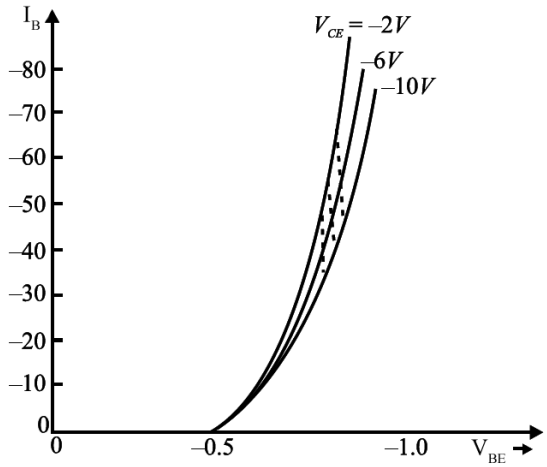


పటం 28.33 : CE విన్యాసంలో p-n-p ట్రాన్సిస్టర్ నివేశ నిర్గమ అభిలక్షణాలను పొందటానికి వలయం రేఖాపటం

నివేశ అభిలక్షణాలు

స్థిర V_{CE} విలువల వద్ద V_{BE} మరియు I_B ల మధ్య గీసిన వక్రాలను నివేశ అభిలక్షణాలు అంటారు. వీటిని గీయడానికి ఉద్గారక సేకరణి వలయంలోని పొటెన్షియోమీటర్ R_1 ను వోల్టుమీటర్ స్థిరవిలువను చూపించేంతవరకు సర్దుబాటు చేస్తారు. ఆధార ఉద్గారక వోల్టేజ్ సున్నా అయ్యే విధంగా ఉద్గారక – ఆధార వలయంలోని పొటెన్షియోమీటర్‌ను సర్దుబాటు చేస్తారు. ఈ విలువకు ఆధార విద్యుత్ ప్రవాహం కూడా సున్నా అవుతుంది. V_{CE} ను స్థిరంగా ఉంచి, క్రమంగా V_{BE} ను పెంచి, మైక్రోఅమ్మీటర్ సహాయంతో ఆధార విద్యుత్ ప్రవాహంలోని మార్పును నమోదు చేస్తారు. V = –2V, (అనుకొందాం) వద్ద నివేశ అభిలక్షణాలను గీయడానికి, ఉద్గారక – సేకరణి వలయంలో పొటెన్షియోమీటర్‌ను, అదే వలయంలో వోల్టుమీటర్ 2V చూపించేంత వరకు సర్దుబాటు చేయాలి. తరువాత V_{BE} ను సున్నా చేయడానికి ఉద్గారక ఆధార వలయంలో పొటెన్షియోమీటర్‌ను సర్దుబాటు చేయాలి. అప్పుడు V_{CE} ను స్థిరంగా ఉంచి V_{BE} ను నెమ్మదిగా పెంచాలి. CE విన్యాసంలో V_{CE} వేరు వేరు విలువలకు (ఉదా : $V_{CE} = -6V, -10$ V) ట్రాన్సిస్టర్ నివేశ అభిలక్షణాలను గీయవచ్చు.

పటం 28.34 CE విన్యాసం నివేశ అభిలక్షణ వక్రాలను చూపుతుంది. p-n సంధి పురోశక్మం అభిలక్షణం మాదిరిగానే ఈ వక్రం కూడా ఉంటుందని గమనించండి. ఆధార వోల్టేజ్, అవరోధ వోల్టేజ్ (సిలికాన్ ట్రాన్సిస్టర్‌కు ఇది ~0.7 V) కన్నా తక్కువగా ఉన్నంతవరకు ఆధారప్రవాహం శూన్యంగానే ఉంటుంది. ఆధార వోల్టేజ్, అవరోధ వోల్టేజ్‌ను అధిగమించినపుడు ప్రవాహం నెమ్మదిగా పెరగడం ప్రారంభమై తరువాత అకస్మాత్తుగా పెరుగుతుంది. ఈ వక్రాలు p-n-p ట్రాన్సిస్టర్ CE విన్యాసంలో ఏర్పడిన వక్రాల లాగానే ఉండటం గుర్తుకు తెచ్చుకోండి.



పటం 28.34 : CE విన్యాసంలో p-n-p ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క నివేశన అభిలక్షణాలు

నివేశ నిరోధం : అభిలక్షణ వక్రం యొక్క వాలు (slope) విలోమం నుండి ట్రాన్సిస్టర్ ac నివేశ నిరోధాన్ని కనుక్కోవచ్చు.

CE విన్యాసంలో ట్రాన్సిస్టర్ ac యొక్క నివేశన నిరోధం

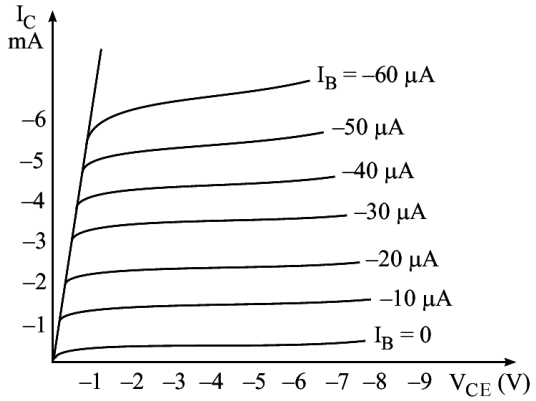
$$R_{in} = \left.\frac{\Delta V_{EB}}{\Delta I_B}\right|_{V_{CE} = \text{స్థిరాంకం}} \qquad (28.14)$$

ఈ విన్యాసంలో R_{in} విలువ సాధారణంగా $k\Omega$ లలో ఉంటుంది.

నిర్గమ అభిలక్షణాలు

వేరు వేరు స్థిర ఆధారక. విద్యుత్ ప్రవాహాల (I_B) విలువల వద్ద సేకరణి ఉద్గార వోల్టేజ్ (V_{CE}), సేకరణి ప్రవాహం (I_C) ల మధ్య వక్రాలు నిర్గమ అభిలక్షణాలను ఇస్తాయి. ఈ వక్రాలను గీయడానికి V_{CE} ను సున్నా చేసి, V_{BE} విలువ సర్దుబాటు చేస్తూ ఆధార – ఉద్గార వలయంలోని మైక్రోమీటర్ స్థిర విలువకు తీసుకురావాలి. ఒక ప్రత్యేక విలువ వద్ద I_Bను స్థిరంగా ఉంచడానికి V_{BE} ను సర్దుబాటు చేయాలి. I_Bను స్థిరంగా ఉంచి V_{CE} ను సున్నా నుండి దశల వారీగా పెంచుకుంటూ పోయి, దాని అనురూప సేకరణి ప్రవాహం I_C ను సేకరిణితో వలయంలోని మిల్లీ అమ్మీటర్ సహాయంతో నమోదు చేయాలి.

I_B = 50 μA వద్ద గీయడానికి మిల్లీఅమ్మీటర్ 50 μA చూపించేంతవరకు V_{BE} ను సర్దుబాటు చేయాలి. V_{CE} ను క్రమంగా పెంచుతూ, అనురూప I_C విలువలను నమోదు చేయాలి. V_{CE} మరియు I_C ల మధ్య వక్రం, I_B = 50 μA వద్ద నిర్గమన అభిలక్షణాలను ఇస్తుంది. అలాగే I_B = 10 μA, 20 μA విలువలకు కూడా నిర్గమన అభిలక్షణాలను పొందవచ్చు. పటం 28.35 CE విన్యాసానికి p-n-p ట్రాన్సిస్టర్ నిర్గమ అభిలక్షణాలను చూపిస్తుంది.



పటం 28.35 : CB విన్యాసంలో p-n-p ట్రాన్సిస్టర్ నమూనా నిర్గమ అభిలక్షణాలు

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 28.10

1. ఖాళీలను పూరించండి.

(a) ఇచ్చిన నిర్గమ వోల్టేజ్‌కు ..... వక్రం నివేశ విద్యుత్ ప్రవాహం, నివేశక వోల్టేజ్‌ల మధ్య సంబంధాన్ని తెలుపుతుంది.

(b) ఇచ్చిన నివేశ ప్రవాహానికి ..... వక్రం నిర్గమ ప్రవాహం, నిర్గమ వోల్టేజ్‌కు మధ్య సంబంధాన్ని తెలుపుతుంది.

(c) ట్రాన్సిస్టర్ ఉమ్మడి ఉద్గారం విన్యాసం ..... మరియు ..... నిర్గమ టెర్మినల్.

(d) ట్రాన్సిస్టర్ ఉమ్మడి ఆధార విన్యాసంలో ..... మరియు ..... నివేశ కొనలు, ... మరియు ..... నిర్గమ కొనలు.

28.11 ట్రాన్సిస్టర్ అనువర్తనాలు (Transistor Applications)

ట్రాన్సిస్టర్ పనిచేసే సూత్రాన్ని ఇంతకు ముందు పాఠ్యాంశంలో వివరంగా తెలుసుకున్నారు. సాధారణంగా సేకరిణి తిరోశక్మంలో ఉండడం వల్ల సేకరిణి, ఉద్గారి వలయంలో విద్యుత్తు ప్రవహించదు. ఆధార వలయంలో కొద్దిగా విద్యుత్తును ప్రవహింప జేసినపుడు సేకరణి వలయంలో చాల ఎక్కువ విద్యుత్తు ప్రవహించడం మొదలవుతుంది. ఈ ధర్మం వలననే ఎలక్ట్రానిక్స్ అనువర్తనాలలో ట్రాన్సిస్టర్లు అనివార్యంగా ఉపయోగపడుతున్నాయి. ఇక్కడ వర్ధకం, స్విచ్ మరియు డోలకాలు (పౌనఃపున్య ఉత్పాదకం) గా ట్రాన్సిస్టర్ అనువర్తనాలను చర్చిద్దాం.

28.11.1 'వర్ధకం' గా ట్రాన్సిస్టర్ (Transistor as an Amplifier)

ఉపయుక్తమైన సమాచారం మిళితమై ఉన్న వోల్టేజ్ లేదా కరెంటును విద్యుత్ సంకేతం అంటారు. ఉదాహరణకు మైక్రోఫోను ముందు మాట్లాడినపుడు దాని 'డయాఫ్రమ్' (Diaphragm) కంపించి ధ్వని తీవ్రత కనుగుణంగా దాని తీగచుట్టలో స్వల్ప ఓల్టేజి ప్రేరితం అవుతుంది. ఈ ప్రేరిత ఓల్టేజి చాల బలహీనంగా ఉండి స్పీకర్ ద్వారా ధ్వనిని పునరుత్పాదన చేయలేదు. ఇవి స్పష్టంగా వినబడడానికి వాటిని ఒక వర్ధకానికి పంపిస్తారు. వర్ధకం నివేశ సంకేతాల స్థాయిని పెంచి వృద్ధీకరణం చెందిన నిర్గమ సంకేతాలను ఇస్తుంది. నివేశ ఓల్టేజి 'V_i' మరియు వృద్ధీకరణం చెందిన నిర్గమ ఓల్టేజి 'V_O' అయినపుడు వాటి నిష్పత్తిని 'ఓల్టేజి వృద్ధి' అంటారు.

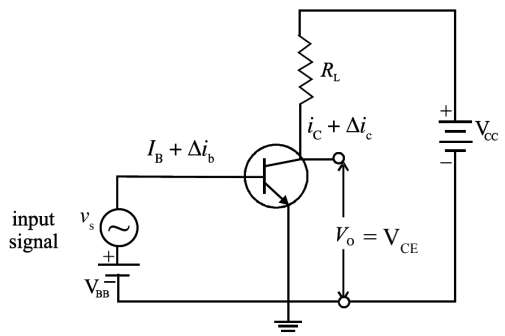
ఓల్టేజి వృద్ధి $$A_V = \frac{V_O}{V_i} \qquad (28.15)$$

ఇదే విధంగా

విద్యుత్తు వృద్ధి $$A_I = \frac{i_O}{i_i} \qquad (28.16)$$

సామర్థ్యం వృద్ధి $$A_p = \frac{P_O}{P_i} \qquad (28.17)$$

ట్రాన్సిస్టర్ వర్ధకంగా పనిచేసే వలయాన్ని పటం 28.36 లో చూపబడినది. దీనిలో ఒక n-p-n ట్రాన్సిస్టరు CE విన్యాసంలో సంధానం చేయబడింది. దీని సేకరణిని బ్యాటరీ V_{CC} ద్వారా తిరోశక్మంలో భారనిరోధం R_L తో కలుపబడింది. ఆధారం గుండా 'I_B' విద్యుత్తు ప్రవహించినపుడు 'I_C' అనే విద్యుత్తు సేకరిణి ద్వారా ప్రవహించడం మొదలవుతుంది. 'I_B' విలువ తగ్గిస్తూ పోతే 'I_C' విలువ ఇంచుమించు శూన్యం అయ్యే స్థితిని చేరుతుంది. ఇదే 'I_B' మార్పు చెందే కనిష్ట అవధి. అదేవిధంగా 'I_B' విలువ పెంచుతూ పోతే 'I_C' విలువ సంతృప్త స్థితికి చేరి పెరగడం ఆగిపోతుంది. ఇది I_B మార్పులో గరిష్ఠ హద్దు. నివేశ



పటం 29.36 : CE విన్యాసంలో n-p-n ట్రాన్సిస్టరు వర్ధక వలయం

సంకేతానికి సరైన వృద్ధిని ఇవ్వాలంటే ఆధార విద్యుత్తు 'I_B' విలువ పై రెండు అవధుల సరాసరిగా ఉండేలా విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఆధారం గుండా 'V_{BB}' బ్యాటరీని పురోశక్మం కలిపి పంపించాలి. ట్రాన్సిస్టర్ క్రియాశీల (అభిలక్షణ వక్రం) ప్రాంతం మధ్యభాగంలో పరిక్రియ ప్రచాలన బిందువు (operating point) ఉండేలా ఎంచుకోవాలి. దీనిని ఆధారాన్ని శక్మం చేయడం అంటారు. నివేశ సంకేతం 'v_s' సమకూర్చే సంకేతజనకాన్ని 'V_{BB}' తో శ్రేణిలో సంధానం చేయాలి.

'V_{BB}' కి డోలన సంకేత వోల్టేజి 'v_s' ను కలపడం వలన, dc ఆధార శక్మ విద్యుత్ ప్రవాహం 'I_B' లో Δi_b మేర పరిమాణం మారుతుంది. సంకేత విద్యుత్ ప్రవాహం Δi_b ఆధార విద్యుత్ 'I_B' కి కలిపినా లేదా తీసివేసినా ఆధార విద్యుత్ ప్రవాహం విలువ ఎగువ మరియు దిగువ పరిమితులు దాటిపోకుండా ఉండేలా చూడాలి. లేనిచో ట్రాన్సిస్టర్ కటాఫ్ (cut off) లేదా సంతృప్తి ప్రాంతానికి (saturation region) చేరి, వృద్ధికరణ చెందిన నిర్గమ సంకేతాలు ఎక్కువగా విరూపణ పొంది అవాంచిత ఘోష (noisy) సంకేతాలను ఉత్పత్తి చేస్తుంది.

సంకేత విద్యుత్తు $\Delta i_b = v_s/r_i$ అవుతుంది. (28.18)

ఇచట

r_i నివేశ అవరోధం (impedance). ఆధార విద్యుత్తులోని మార్పు Δi_b సేకరిణి విద్యుత్తులో ఎక్కువగా మార్పు కలుగజేస్తుంది. దానిని Δi_c అనుకుందాం.

సేకరిణి విద్యుత్తు = $\Delta i_c = \beta \Delta i_b = \beta\, v_s/r_i$ (28.19)

ఇచట β = ac విద్యుత్తు ప్రవాహ వృద్ధీకరణ కారకం. $\beta = \Delta i_c / \Delta i_b$ కి సమానం అవుతుంది.

సమీకరణం (28.19) ప్రకారం నివేశ వోల్టేజి

$$v_s = \Delta i_c \times r_i / \beta \qquad (28.20)$$

పటం 28.36 లో నిర్గమ వలయానికి కిర్కాఫ్ వోల్టేజి నియమాన్ని అనువర్తించగా

$$V_{CC} = V_{CE} + I_C R_L \qquad (28.21)$$

సమీకరణం (28.21) ను అవకలనం చేయగా క్రింది సమీకరణం వస్తుంది.

$$dV_{CC} = dV_{CE} + dI_C \times R_L$$

V_{CC} స్థిరం కాబట్టి $dV_{CC} = 0$ అవుతుంది. కనుక

$$dV_{CE} = -dI_C \times R_L$$

కాని నిర్గమ వోల్టేజి v_0 లోని మార్పు dV_{CE}, Δi_c లోని మార్పు di_c కాబట్టి

$$v_0 = -\Delta i_c \times R_L \qquad (28.22)$$

వర్ధకం వోల్టేజి వృద్ధి A_V కింది సమీకరణం సమీకరణాలు (28.20), (28.22) లను నుంచి

$$A_V = v_o / v_s = -(\Delta i_c \times R_L)/(\Delta i_c \times r_i/\beta)$$

$$= -\beta \times R_L / r_i \qquad (28.23)$$

పై సమీకరణంలో β/r_i ని ట్రాన్సిస్టర్ పరివర్తక వాహకత (Transconductance) అంటారు. దీనిని 'g_m' తో సూచిస్తారు. కనుక సమీకరణం (28.23) ను కింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

$$A_V = v_o / v_s = -g_m \times R_L \qquad (28.24)$$

పై సమీకరణంలో రుణ సంజ్ఞ నివేశ మరియు నిర్గమాలు దశా పరంగా వ్యతిరేక దిశలో ఉంటాయి అని సూచిస్తుంది. అనగా వాటి మధ్య దశాబేధం 180° ఉంటుంది. ట్రాన్సిస్టర్ సామర్థ్య వృద్ధిని కింది సమీకరణంతో చూపవచ్చును.

$$A_P = A_I \times A_V = \beta \times A_V \quad \left(\because \beta = \frac{\Delta i_C}{\Delta i_B} = A_I\right) \qquad (28.25)$$

జాన్‌బర్డీన్ 1908 - 1991

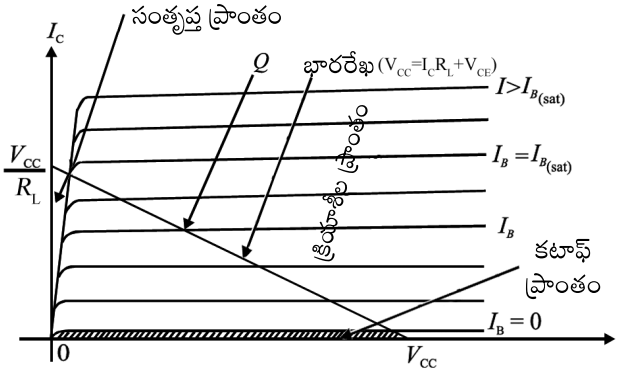
భౌతిక శాస్త్రంలో రెండు సార్లు 'నోబెల్ బహుమతి' పొందిన శాస్త్రవేత్త, విజ్ఞాన శాస్త్ర చరిత్ర లో 'జాన్ బర్డీన్' ఒక్కరే. ఈయన అమెరికాలోని మడిసన్ (Madison) లో విద్యావంతుల కుటుంబంలో జన్మించాడు. ఈయన ఎంత తెలివైనవాడంటే అతనిని తండ్రి నేరుగా 3వ గ్రేడ్ (Third grade) నుండి జూనియర్ ఉన్నత పాఠశాల (Junior high school) లోనికి చేర్చాడు. ఎలక్ట్రికల్ ఇంజనీరింగులో పట్టా తీసుకున్నాడు. అయినా వృత్తిలో స్థిరపడేందుకు అవస్థలు పడ్డాడు. గల్ఫ్ ఆయిల్ కంపెనీ (Gulf Oil Company) లో మూడు సంవత్సరాలు భూభౌతిక శాస్త్రవేత్తగా పనిచేసిన తరువాత గణిత భౌతిక శాస్త్రంలో Ph.D చేయడం కోసం ప్రిన్స్‌టన్ (Princeton) వెళ్ళాడు. కొంత కాలం పర్వర్డు, మినిసోటా, నావల్ ఆర్డినెన్సు ప్రయోగశాలల్లో పనిచేసిన తరువాత బెల్ ప్రయోగశాలలోని విలియం షాక్లీ పరిశోధకుల బృందంతో చేరాడు. వాల్టర్ బ్రట్టెన్ (Walter Brattain) తో కలసి మొట్టమొదటి ట్రాన్సిస్టర్ ను రూపకల్పన చేసాడు. ఆ ఆవిష్కరణకు బర్డీన్ (Bardeen), బ్రటైన్ (Brattain) మరియు షాక్లీ (Shockley) లకు 1956 లో భౌతిక శాస్త్రంలో నోబెల్ బహుమతి ప్రధానం చేయబడింది.

లియాన్ సి కూపర్ (Leon C Cooper) మరియు R. షైఫర్ (R. Schieffer) లతో కలసి అతివాహకత (Super conductivity) పై చేసిన పరిశోధనకు గాను 1972 లో రెండవసారి భౌతికశాస్త్రంలో నోబెల్ బహుమతి పొందాడు.

28.11.2 'స్విచ్' గా ట్రాన్సిస్టర్ ఉపయోగం

నిత్య జీవితంలో విద్యుత్ ఉపకరణాలైన విద్యుత్ దీపాలు, ఫంఖాలు, ఇంకా యంత్రాలను పని చేయించడానికి, ఆపడానికి 'స్విచ్' (switch) లను ఉపయోగిస్తాం. స్విచ్‌లకు ఆన్ (on) మరియు ఆఫ్ (off) అనే రెండు వేరువేరు స్థితులు ఉంటాయి. ఎలక్ట్రానిక్స్‌లో వివిధ ఉపకరణాలకు విద్యుత్తును వేరు వేరు ఓల్టేజి స్థాయిలలో ఇవ్వవలసి వస్తుంది. దానినే 'స్విచ్' గా పరిగణిస్తాం. స్విచ్ ను ఆన్‌లో(on) ఉంచినపుడు ఒక వోల్టేజి స్థాయి, ఆఫ్‌లో (off) ఉంచినపుడు వేరొక వోల్టేజి స్థాయి అనువర్తించబడతాయి. అట్టి వోల్టేజిలను కంప్యూటర్లలో ఉపయోగిస్తారు. ఇందులో డిజిటల్ సంకేతాలు వినియోగిస్తారు. ఇట్టి ప్రక్రియలను చేయడానికి ట్రాన్సిస్టర్లను వాటి అరేఖీయ అభిలక్షణాలను ఉపయోగిస్తారు. పటం 28.37 (a) లో చూపిన ట్రాన్సిస్టర్ అభిలక్షణాలలో కటాఫ్ (cut-off) ప్రాంతం మరియు సంతృప్త ప్రాంతం అని రెండు అంత్యప్రాంతాలు ఉంటాయి. పటంలో కింది భాగంలో గీతలు గీచిన ప్రాంతంలో ఆధార విద్యుత్తు శూన్యం ($I_B = 0$) గా ఉండి కటాఫ్ (cut-off) ప్రాంతంను సూచిస్తుంది. ఈ స్థితిలో ట్రాన్సిస్టర్ విద్యుత్తును తన గుండా ప్రవహింపచేయక,

నివేశ వోల్టేజి (V_{CC}) అంతా ట్రాన్సిస్టర్ సేకరిణి మరియు ఉద్గారిణిల మధ్య V_{CE} గా కన్పిస్తుంది. అనగా సేకరిణి వద్ద నిర్గమ వోల్టేజి (V_{CC}) అవుతుంది.

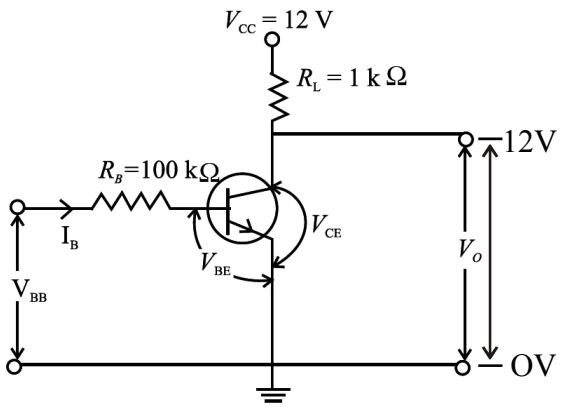


పటం 28.37 (a) : ట్రాన్సిస్టర్ నిర్గమ అభిలక్షణాలు

ట్రాన్సిస్టర్ లో ఆధార విద్యుత్తు (I_B) సంతృప్త విలువ కన్నా ఎక్కువగా ఉన్నపుడు ట్రాన్సిస్టరు గుండా పూర్తి విద్యుత్తు ప్రవహించి సేకరిణి, ఉద్గారకాల మధ్య వోల్టేజి (V_{CE}) దాదాపు శూన్యం అవుతుంది. అట్టి సందర్భంలో సేకరిణి, భూస్థాయిల మధ్య నిర్గమ వోల్టేజి శూన్యం అవుతుంది. మొత్తం భార నిరోధం R_L వద్దనే పూర్తి వోల్టేజి బేధం ఉంటుంది. అనగా సేకరిణి విద్యుత్తు

$$I_C = V_{CC} / R_L$$

అదే విధంగా సేకరిణి విద్యుత్ ప్రవాహం = $I_C = V_o/R$ అవుతుంది.



పటం 28.37 (b) : స్విచ్‌గా ట్రాన్సిస్టర్

పటం 28.37(b) లో ట్రాన్సిస్టర్ స్విచ్ గా పనిచేసే వలయం చూపబడింది. ట్రాన్సిస్టర్‌ను స్విచ్‌గా ON లేదా OFF స్థితిలో పనిచేయించడానికి నియంత్రణ సంకేతాలను V_{BB} రూపంలో అందజేస్తారు. నివేశ వలయంలోని విద్యుత్ ప్రవాహం, వోల్టేజిల మధ్య సంబంధాన్ని కింది విధంగా రాయవచ్చును.

$$I_BR_B + V_{BE} - V_{BB} = 0 \qquad (28.26)$$

$V_{BB} = 0$ అయినపుడు $I_B = -V_{BE} / R_B$ (28.27)

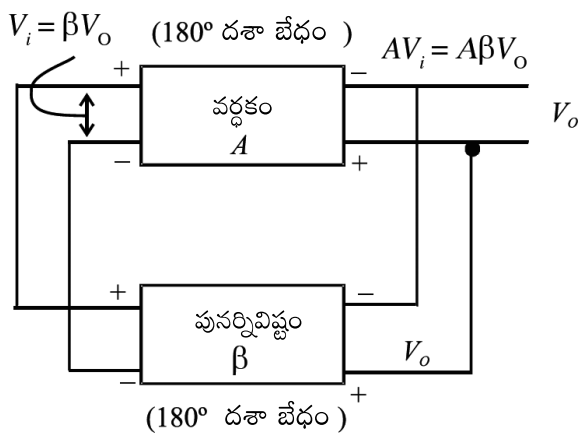
I_B విలువ శూన్యం కంటే తక్కువ కనుక ట్రాన్సిస్టర్ కటాఫ్ ప్రాంతంలో పనిచేస్తుంది. అదే విధంగా $V_{CE} = V_o$ అవుతుంది.

సరైన నివేశ సంకేతలను ట్రాన్సిస్టర్‌కు ఇచ్చి దానిని సంతృప్త స్థితి (ON స్థితి) నుంచి కటాఫ్ (OFF స్థితి)కి తీసుకురావచ్చును. ఈ విధంగా ట్రాన్సిస్టర్ స్విచ్చ్‌గా పనిచేస్తుంది.

28.11.3 డోలకంగా ట్రాన్సిస్టర్

అవిచ్ఛిన్నంగా డోలన విద్యుత్ సంకేతాలు ఉత్పత్తి చేసే పరికరాన్ని విద్యుత్ డోలకం (Oscillator) అంటారు. సరళ డోలక వలయంలో అనునాద వలయంగా LC సమాంతర వలయాన్ని ఉపయోగించి దానికి పునర్నివిష్ట (feed-back) శక్తిని ఇవ్వడానికి వర్ధక వలయాన్ని వాడతారు. L మరియు C విలువలను బట్టి ఈ వలయం శ్రవణ పౌనఃపున్యాల నుండి రేడియో పౌనఃపున్యాల అవధిలో డోలనాలను ఉత్పత్తి చేయగలుగుతుంది.

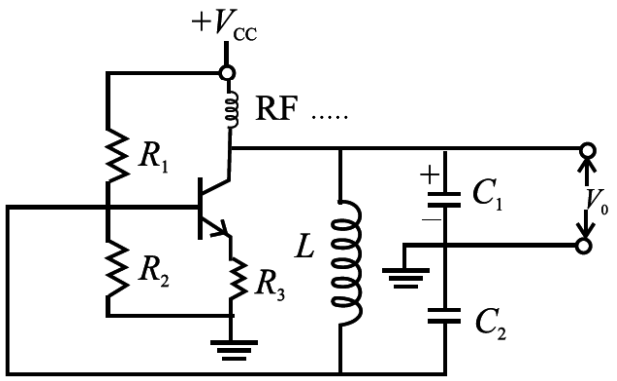
ఆవేశ పరచిన కెపాసిటర్‌ను ప్రేరకానికి సమాంతరంగా సంధానం చేసినపుడు, ఆవేశం డోలనాలు చేస్తుంది. కాని వికిరణం మరియు తీగలు వేడెక్కుట వలన శక్తి నష్టం జరిగి కాలంతో పాటు కంపన పరిమితి క్రమంగా క్షీణిస్తుంది. డోలనాలు క్షీణించకుండా జ్యావక్రియ డోలకం నిర్మించాలంటే ధనాత్మక పునర్నివిష్టం (feedback) కలిగిన వర్ధకాన్ని ఉపయోగించాలి. దీని ప్రాథమిక ఉద్దేశ్యం నిర్గమ సంకేతాలలో కొంత భాగాన్ని తిరిగి నివేశ సంకేతాలకు అదే ప్రావస్థలో అందజేడం. వలయంలోని వృద్ధిని, పునర్నివిష్ట సంకేతాల ప్రావస్థను సర్దుబాటు చేసి ప్రతీ చక్రంలో దుర్వ్యయం అయిన శక్తిని సమకూర్చుకుంటూ కంపన పరిమితి తగ్గకుండా కావలసిన పౌనఃపున్యంలో డోలకాల చేయవచ్చును. డోలవలయాన్ని రెండు ప్రధాన దిమ్మెల ద్వారా చూపవచ్చును. వృద్ధి కారకం A, పునర్నివిష్ట కారకం β తో గల పునర్నివిష్ట వలయంను పటం 28.38లో ఇచ్చారు.



పటం 28.38 : డోలక వలయం పథాత్మక చిత్రం

$A\beta < 1$ అయినపుడు 'V_o' నిరంతరం తగ్గుతూ ఉంటుంది. అలా కాకుండా $A\beta > 1$ అయినపుడు 'V_o' విలువ క్రమంగా పెరుగుతుంది. కాని $A\beta = 1$ అయినపుడు V_o' విలువ స్థిరంగా ఉండి స్థిరమైన పౌనఃపున్యంతో నిలకడ అయిన డోలనాలు వస్తాయి. పైన చర్చించినట్లుగా CE వర్ధకాన్ని తీసుకుందాం. దానికి నివేశ మరియు నిర్గమాల మధ్య 180° దశా బేధం కలిగి ఉంటుంది. అంటే దానికి రుణ వృద్ధి (–A) ఉంటుంది. మొత్తం పునర్నివిష్ట వృద్ధి $A\beta = 1$ గా ఉంచేందుకు β కూడా రుణాత్మకంగా ఉండి '$-A^{-1}$' కు సమానంగా ఉండాలి.

అంటే పునర్నివిష్ట వలయంలో 180° దశాబేధం కలుగజేయాల్సిన ఉంటుంది. పటం 28.39లో LC ట్యాంకు వలయం, CE విన్యాసంలో గల ట్రాన్సిస్టర్ వర్ధకం ఉపయోగించిన డోలక వలయాన్ని చూపించారు.. దీనిని కోల్‌పిట్ (Colpitts's) డోలకం అంటారు.



పటం 28.39 : కోల్‌పిట్ డోలకం

వలయంలో C_1, C_2 మరియు 'L' లు టాంక్ లేదా శృతి వలయంగా ఉంటాయి. ఈ వలయంలో అనునాద పౌనఃపున్యంతో డోలక విద్యుత్ ప్రవాహం ఉత్పత్తి అవుతుంది. CE విన్యాసంలో ఉన్న ట్రాన్సిస్టర్ వర్ధకం ఆధారానికి సంధానం చేసిన C_2 కండెన్సర్ వద్ద పునర్నివిష్టం (feedback) ను, C_1 వద్ద నిర్గమాన్ని పొందవచ్చు. ఈ సందర్భంలో వర్ధకం 180° దశా బేధాన్ని మిగిలిన 180° దశా బేధంను భూస్థాయికి ప్రేరణ వేష్టనం రెండవ చివరకు సంధానం చేసిన 'C_2' కెపాసిటర్ ఇస్తుంది. కనుక మొత్తం వృత్త వలయంలో వృద్ధి ధనాత్మకం అవుతుంది. అనునాద పౌనఃపున్యం వద్ద ట్రాన్సిస్టర్ వర్ధకం వృద్ధి సరిపడేటంత ఎక్కువగా ఉన్నపుడు నిర్గమంలో స్థిరమైన డోలనాలను పొందవచ్చు.

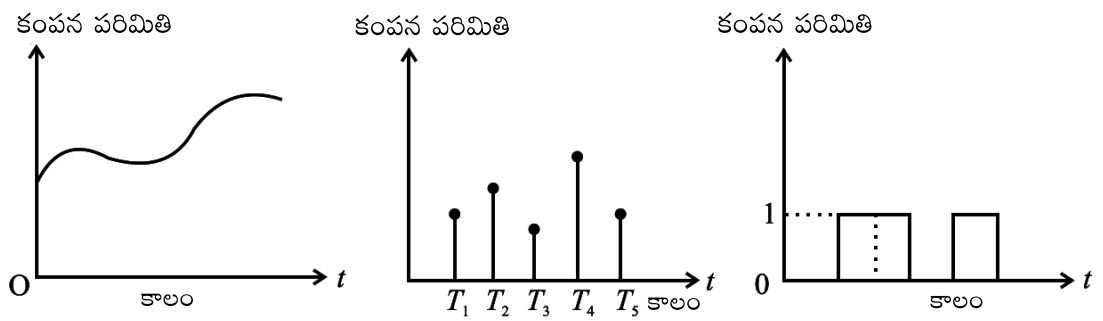
పాఠంలోని ప్రశ్నలు 28.11

1. ఒక CE వర్ధకంలో $V_i = 20$ mV, $V_o = 1$V అయితే వర్ధకం వోల్టేజి వృద్ధి కారకం ఎంత?
2. ఒక వర్ధకం నిర్గమ సామర్థ్యం P_0 దాని నివేశ సామర్థ్యం P_i కు 200 రెట్లు అయినా సామర్థ్యవృద్ధి ఎంత?
3. ఒక CE వర్ధకంలో $R_L = 2000\ \Omega$, $R_i = 500\ \Omega$, $\beta = 50$ అయితే వోల్టేజ్ వృద్ధి, సామర్థ్య వృద్ధి విలువలను కనుగొనండి.

28.12 తర్క ద్వారాలు (Logic gates)

ఎలక్ట్రానిక్స్‌లో రెండు రకాల తరంగ రూపాలను చూస్తాం. ఈ తరంగాలు తీసువెళ్ళే సమాచారాన్ని సంకేతం అంటాం. తరంగ కంపన పరిమితి అవధిలో ఏ సమయంలో అయినా సంకేతాలు ఏ విలువనైనను తీసుకున్నపుడు దానిని అవిచ్ఛిన్న సంకేతం అంటాం. అలా కాకుండా సంకేతం కొన్ని ప్రత్యేక కాలాలలో మాత్రమే విలువలు తీసుకున్నపుడు దానిని విచ్ఛిన్న సంకేతం అంటారు. ప్రత్యేకమైన సంఖ్యలో మాత్రమే విలువలు తీసుకున్నపుడు దానిని డిజిటల్ సంకేతం (digital signal) అంటాం. (పటం 28.40 చూడండి).

డిజిటల్ సంకేతాలు మెట్లు మాదిరిగా '0' మరియు '1' అనే రెండు విలక్షణ విలువలను మాత్రమే తీసుకుంటాయి. వీటిని 'బిట్'లు అంటారు. సాధారణంగా 0 వోల్ట్‌ను '0' (Zero) బిట్‌కు, మరియు 5 వోల్ట్‌ను '1' బిట్‌గా తీసుకుంటారు. ఈ స్థాయిలు ఎక్కువగా వేరుపడి ఉన్నాయి కనుక 2 V (2 ఓల్టులు) అవధిలో స్థాయి 1 సంకేతాలలో ఘోష (noise) ఏర్పడవచ్చు. ('0' స్థాయికి 0 V + 2 V మరియు 1 స్థాయికి 5 V – 2 V) కాబట్టి ఇవి సంకేత విలువను ప్రభావితం చేయలేవు. కనుక ఈ సంకేతాలు ఘోష నిరోధకంగా ఉంటాయి. కంప్యూటర్లలో ఉపయోగించే సంకేతాలు డిజిటల్‌గా ఉంటాయి. అనేక బిట్ (bit) లను వేరు వేరు పద్ధతులలో అమర్చుట ద్వారా సమాచారాన్ని డిజిటల్ సంకేతాలుగా మార్చబడతాయి. ప్రతీ బిట్ స్థిరమైన కాల వ్యవధిలో గల ఒక స్పందన (pulse).



(a) అవిచ్ఛిన్న సంకేతం (b) విచ్ఛిన్న సంకేతం (c) డిజిటల్ సంకేతం

పటం 28.40

డిజిటల్ సంకేతాల తో వేరువేరు గణిత ప్రక్రియలను చేయవచ్చు. ఈ ప్రక్రియలను ఉపయోగించే గణితశాస్త్రాన్ని బూలీన్ బీజ గణితం (Boolean algebra) అంటారు. బూలీన్ బీజ గణితంలో ముఖ్యమైన ప్రక్రియలు కూడికలు మరియు గుణకారాలు. డిజిటల్ దత్తాంశం '0' లేదా '1' అయితే కింద చూపిన సంబంధాలు వర్తిస్తాయి.

$$A \times 0 = 0 \qquad (28.28)$$

$$A + 1 = 1 \qquad (28.29)$$

పై ప్రక్రియలను అమలు జరిపే వలయాలను తర్క ద్వారాలు (Logic gates) అంటారు. ఇపుడు తర్క ద్వారాల గూర్చి నేర్చుకుందాం.

28.12.1 ప్రాథమిక తర్క ద్వారాలు (Basic Logic Gates)

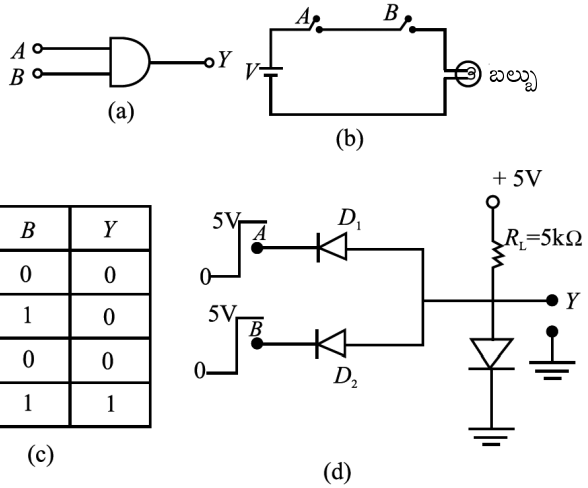
ఒకటి లేదా ఎక్కువ నివేశాలు, ఒక నిర్గమం గల సాధనాలను తర్క ద్వారాలు అంటారు. ఇవి నివేశ బిట్‌ల అమరిక మారినపుడు భిన్న నిర్గమ విలువలు ఇస్తాయి. ఈ ద్వారాలు ఉత్పత్తిచేసే నిర్గమాలు బూలీన్ తర్క (Boolean logic) నియమాలను పాటిస్తాయి. ప్రాథమిక తర్క ద్వారాలు మూడు రకాలు. అవి

1. AND ద్వారం 2. OR ద్వారం 3. NOT ద్వారం

ఈ ద్వారాలు వరుసగా గుణకారం, కూడిక మరియు విలోమ ప్రక్రియలను చేస్తాయి. ఈ ద్వారాలు పనిచేసే విధానాన్ని నేర్చుకుందాం.

1. AND ద్వారం (AND Gate)

AND ద్వారానికి రెండు లేదా ఎక్కువ నివేశాలను కలిగి ఒకే ఒక నిర్గమం ఉంటుంది. రెండు నివేశాలు ఉండే AND ద్వారం యొక్క తర్క సంకేతం పటం 28.41 (a) లో చూపబడింది. శ్రేణిలో విద్యుత్ స్విచ్‌లు తీసుకుని AND ద్వారం యొక్క ప్రవర్తనను అర్థం చేసుకోవచ్చు. ఉదాహరణకు A మరియు B స్విచ్‌లు ద్వారం యొక్క రెండు నివేశాలు మరియు Y బల్బు నిర్గమాన్ని ఇస్తుందనుకుందాం. నివేశంలో ఆన్ (ON) స్విచ్ లాజిక్ విలువ '1' ను ఆఫ్ (OFF) స్విచ్ తర్క విలువ '0' ని తెలియజేస్తుంది. ఈ సందర్భంలో రెండు నివేశాలు ఓల్టేజి కి సంధానం చేసినపుడు మాత్రమే బల్బు వెలుగుతుంది. A మరియు B స్విచ్‌లు రెండు ఆన్‌లో (ON) ఉన్నపుడు (లేదా 1) మాత్రమే ఇది సంభవిస్తుంది. 'A' మరియు 'B' ల వేరు వేరు నివేశ విలువలకు నిర్గమం 'Y' ప్రవర్తనను పటం 28.41 (c) లోని పట్టిక తెలియజేస్తుంది. ఈ పట్టికను సత్య పట్టిక (Truth Table) అంటారు.



A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(c)

పటం 28.41 : (a) AND ద్వార సంకేతం. (b) AND ద్వారానికి స్విచ్‌ల అమరిక (c) AND ద్వారం యొక్క సత్య పట్టిక (d) AND ద్వారానికి డయోడు రూపకల్పన

AND ప్రక్రియ బులీన్ సమాసం క్రింది విధంగా చూపవచ్చును.

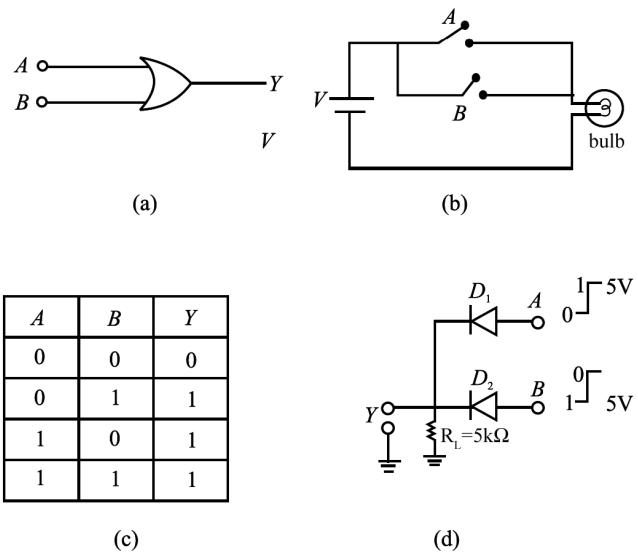
$Y = A.B = AB = A \times B$. దీనిని A AND B అని చదువుతాం.

1. AND ద్వారాన్ని పొందడం

డయోడులు ఉపయోగించి పొందే తర్క ద్వారాన్ని DDL ద్వారం (Diode–Diode Logic) అంటారు. పటం 28.41 (d) లో రెండు డయోడులు నివేశంలో గల AND ద్వారం చూపబడినది. D_1 మరియు D_2 డయోడుల ఆనోడులను సమాంతరంగా సంధానం చేసి 5 V బ్యాటరీ, 5 kΩ ల నిరోధంతో పురోశక్మంలో ఉంచబడ్డాయి. ఆనోడుల నుండి నిర్గమం తీసుకుంటారు. A మరియు B కేథోడ్‌లను నివేశాలుగా తీసుకుంటారు. A లేదా B లేదా రెండు తీగలు భూమికి కలిపినప్పుడు సంబంధిత డయోడు గుండా విద్యుత్తు ప్రవహించి నిరోధం చివరల పొటెన్షియల్‌లో తగ్గుదల ఏర్పడి నిర్గమంలో లాజిక్ విలువ '0' గా కలిగిన 0.7 V పొటెన్షియల్ ఏర్పడును. రెండు తీగలు 5 V లకు సంధానం (నివేశ విలువలు 1, 1) చేసినపుడు ఏ డయోడు విద్యుత్తును ప్రవహింపజేయక నిర్గమంలో 5 V (లాజిక్ విలువ '1') ల పొటెన్షియల్ ఉంటుంది.

2. 'OR' ద్వారం (OR Gate)

OR ద్వారానికి రెండు లేదా ఎక్కువ నివేశాలు ఒక నిర్గమం ఉంటాయి. రెండు నివేశాల OR ద్వారం తర్క సంకేతం పటం 28.42 (a)లో చూపబడినది. OR ద్వారం ప్రవర్తనను విద్యుత్ స్విచ్‌లను సమాంతరంగా సంధానం చేసి వాటి సహాయంతో వివరించవచ్చు. రెండు నివేశాలు గల OR ద్వారంలో రెండు స్విచ్‌లు పటం 28.43 (b)లో చూపినట్లు సంధానం చేయబడి ఉంటాయి. A మరియు B లు రెండూ నివేశాలుగా, విద్యుత్ బల్బు నిర్గమం 'Y' గాను ఉంటుంది. ఆన్ (ON) స్విచ్ తర్క విలువ '1' ని మరియు ఆఫ్ (OFF) స్విచ్ తర్క విలువ '0' ని తెలుపుతాయి. వెలిగే బల్బు తర్క నిర్గమం '1', వెలగని బల్బు తర్క నిర్గమం '0' ని సూచిస్తాయి. ఈ సందర్భంలో A లేదా B లేదా రెండు స్విచ్‌లు ఆన్ (ON) లో ఉన్నపుడు నివేశ వోల్టేజి నిర్గమాన్ని చేరడంతో బల్బు వెలుగుతుంది. OR ద్వారం నివేశ, నిర్గమాల మధ్య సంబంధాన్ని పటం 28.43 (c) లోని సత్య పట్టిక చూపుతుంది.



A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

పటం 28.42 : (a) OR ద్వారా సంకేతం (b) OR ద్వారాన్ని స్విచ్‌లతో చూపుట (c) OR ద్వారం సత్యపట్టిక, (d) డయోడ్ పరంగా OR ద్వారం రూపకల్పన

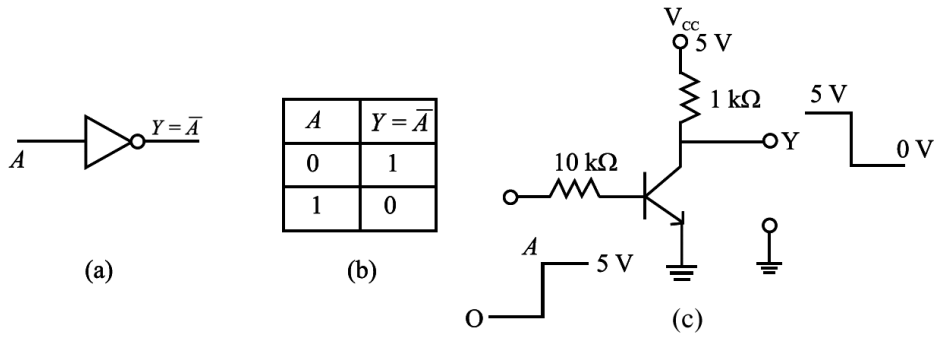
OR ప్రక్రియకు బులీన్ (Boolean) సమాసంను క్రింది విధంగా చూపవచ్చును.

$Y = A + B$. దీనిని A లేదా B గా చదవాలి.

OR ద్వారాన్ని పొందడం : ఆచరణలో డయోడ్‌లతో రెండు నివేశాలు గల OR ద్వారాన్ని పటం 28.4 (d) లో చూపబడింది. D_1 మరియు D_2 డయోడుల కేథోడ్‌లను సమాంతరంగా సంధానం చేసి 5 kΩ నిరోధం ద్వారా భూస్థాయికి కలపబడ్డాయి. డయోడుల ఆనోడ్‌లు A మరియు B లు నివేశ కొనలుగా, కేథోడ్‌ను నిర్గమంగా, తీసుకుంటారు. A లేదా B లేదా రెండింటిని 5 V బ్యాటరీ యొక్క ధన కొనలకు సంధానం చేసినపుడు, సంబంధిత డయోడు లేదా డయోడులు తమ ద్వారా ప్రవాహాన్ని పోనిచ్చి నిర్గమం వద్ద 5 V పొటన్షియల్ ఉండేటట్లు చేస్తాయి. రెండు స్విచ్‌లు తెరచి ఉన్నప్పుడు నిర్గమం 0 V అవుతుంది. ఫలితంగా లాజిక్ విలువ '0' అవుతుంది.

3. NOT ద్వారం (NOT Gate)

డిజిటల్ సంకేతాలలో ఉపయోగించే మరో ముఖ్యమైన ద్వారం NOT ద్వారం. ఇది సంకేతాలను విలోమం చేస్తుంది. అనగా NOT ద్వారం యొక్క నివేశ విలువ '1' అయినపుడు నిర్గమ విలువ '0' అవుతుంది. అలాగే నివేశం '0' అయినపుడు నిర్గమం '1' అవుతుంది. NOT ద్వారం యొక్క సంకేతాన్ని పటం 28.43 (a) చూపబడింది. NOT ద్వారం సత్య పట్టిక పటం 28.43 (b) లో ఇవ్వబడినది.



(a) NOT ద్వారం సంకేతం (b) NOT ద్వారం సత్యపట్టిక. (c) NOT ద్వారం డయోడుల రూపకల్పన

పటం 28.43

NOT ద్వారం ట్రాన్సిస్టర్ స్విచ్‌గా పనిచేయడానికి ఉపయోగించిన దానికి సర్వసమానంగా ఉంది. దీనిని పటం 28.43 (c) లో చూపారు. నివేశం 'A' యొక్క విలువ '0' స్థాయి అయినపుడు ట్రాన్సిస్టర్ ఆఫ్‌లో (OFF) ఉండి V_{CC} ఓల్టేజి మొత్తం (5V) నిర్గమం Y వద్ద కన్పిస్తుంది. ఇట్లే నివేశం 'A', '1' (5V) అయినపుడు ట్రాన్సిస్టర్ ప్రవాహాన్ని అనుమతిస్తుంది. అప్పుడు నిర్గమం 'Y' విలువ '0' అవుతుంది. విలోమ ప్రక్రియను నివేశ సంకేతం పైన గీత ద్వారా తెలియజేస్తారు. దీనిని సత్యపట్టికలో Y = NOT (A) = $\bar{A}$ గా రాస్తారు.

ఇంత వరకు మనం ప్రాథమిక లాజిక్ ద్వారాల గూర్చి చర్చించాం. ఈ ద్వారాలను జతచేసి వేరే తర్క ద్వారాలను అభివృద్ధి చేయగలమా? అని మీరు అడుగవచ్చు. ఈ ప్రశ్నకు జవాబు తరువాత పాఠంలో తెలుసుకుంటారు.

28.12.2 తర్క ద్వారాలను జత చేయుట (Combination Logic Gates)

తర్క ద్వారాలను జతచేయడం ద్వారా పొందే ముఖ్యమైన ద్వారాలు

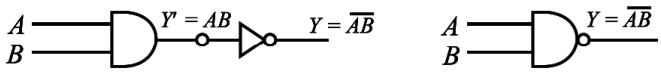
1. NAND [NOT + AND]
2. NOR [NOT + OR]

డిజిటాల్ ఎలక్ట్రానిక్స్‌లో NAND మరియు NOR ద్వారాలు ఉపయోగించి OR, AND మరియు NOT ద్వారాలను పొందవచ్చును. ఈ కారణం వలననే ఈ ద్వారాలను విశ్వద్వారాలు అంటారు. ఇపుడు మనం తర్క ద్వారాలను జత చేయడం గూర్చి తెలుసుకుందాం.

1. NAND ద్వారం

పటం 28.44 (a) చూపిన విధంగా AND ద్వారం, NOT ద్వారాలను జతచేయడం వలన NAND ద్వారం పొందవచ్చు. ఇచ్చట AND ద్వారం యొక్క నిర్గమాన్ని Y′ ని NOT ద్వారంతో విలోమం చేసి తుది నిర్గమం Y ని పొందడం జరుగుతుంది. పటం 28.44 (b) లో NAND ద్వారం యొక్క తర్క సంకేతం, పటం 28.44 (c) లో NAND ద్వారం సత్యపట్టికలను ఇచ్చారు. వీటిని AND ద్వారం యొక్క నిర్గమాన్ని విలోమం చేయడం ద్వారా పొంద వచ్చును. కనీసం ఒక నివేశ విలువ '0' ఉన్నప్పుడు నిర్గమం విలువ '1' ఇస్తుంది అనే విషయం NAND ద్వారం సత్య పట్టిక చూపుతుంది. NAND ప్రక్రియకు బులీన్ సమాసం కింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$Y=\overline{A.B}$$



(a) (b)

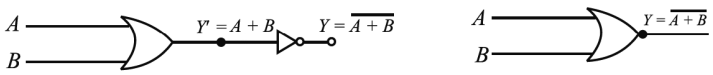
A	B	$Y' = AB$	$Y = \overline{AB}$
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

(c)

పటం 28.44 : (a) తర్క ద్వారం జతవల్ల NAND ద్వారం ఏర్పాటు (b) NAND ద్వార సంకేతం (c) NAND ద్వారం సత్యపట్టిక

2. NOR ద్వారం

పటం 28.45(a) లో చూపి నట్లుగా OR ద్వారం మరియు NOT ద్వారాలను జతచేయడం ద్వారా NOR ద్వారాన్ని పొందవచ్చు. ఇచట OR ద్వారం యొక్క నిర్గమం Y′, NOT ద్వారం చేత విలోమం చేయబడి తుది నిర్గమం Y'ని పొందుతాం.



(a) (b)

A	B	$Y' = A+B$	$Y = \overline{A+B}$
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

పటం 28.45 : (a) లాజిక్ ద్వారాలను జతగా NOR ద్వారం (b) NOR ద్వారం సంకేతం మరియు (c) NOR ద్వారం సత్యపట్టిక

పటం 28.45 (b) లో NOR ద్వారం తర్క సంకేతం ఇవ్వబడింది. NOR ద్వారం సత్యపట్టిక పటం 28.45 (c) లో ఇవ్వబడింది. OR ద్వారం నిర్గమాన్ని విలోమం చేయటం వలన దీనిని పొందగలం. NOR ద్వారం నివేశాలు రెండూ '0' అయినపుడు మాత్రమే నిర్గమం '1' ఇస్తుందని సత్యపట్టిక నుండి తెలుస్తుంది. NOR ద్వారం ప్రక్రియకు బులీన్ సమాసం క్రింది విధంగా సూచించవచ్చు.

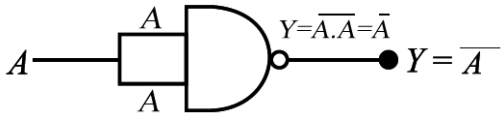
$$Y = \overline{A+B}$$

ఇంతకు ముందు చెప్పినట్లుగా NAND మరియు NOR ద్వారాలు అన్ని తర్క ద్వారాలకు ప్రాథమిక నిర్మాణాలు. ఇపుడు AND, OR మరియు NOT ప్రాథమిక ద్వారాలను NAND ద్వారం ఉపయోగించి ఎలా పొందగలమో చూద్దాం.

28.12.3 NAND ద్వారం నుండి ప్రాథమిక ద్వారాలను రాబట్టడం :

NAND ద్వారం ఉపయోగించి అన్ని ఇతర ద్వారాలను రాబట్టవచ్చు కనుక దీనిని విశ్వ ద్వారంగా భావిస్తాం.

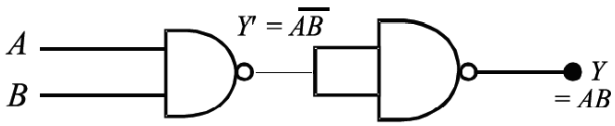
(a) NOT ద్వారం పొందడం : పటం 28.46 లో చూపినట్లు NAND ద్వారం రెండు నివేశన కొనలను కలపడం ద్వారా NOT ద్వారం పొందవచ్చు. దీని సత్యపట్టిను వ్రాస్తే దీనిని సులభంగా అర్థం చేసుకుంటారు.



పటం 28.46 : NOT ద్వారంగా NAND ద్వారం

ఇచట మనకు $A = \overline{A}$

(b) AND ద్వారాన్ని పొందడం : రెండు NAND ద్వారాలను ఉపయోగించి AND ద్వారాన్ని పొందవచ్చు. పటం 28.47 (a) లో చూపినట్లు ఒక NAND ద్వారం నిర్గమాన్ని రెండవ NAND ద్వారంతో విలోమం చేసి NOT ద్వారం గా ఉపయోగించవచ్చు. పటం 28.47 (b) లో చూపినట్లు సత్యపట్టిక ఈ కలయిక AND ద్వారం గా పనిచేస్తుందని తెలుస్తుంది.



(a)

AND ద్వారం కోసం సంధానం చేసిన NAND ద్వారాలు

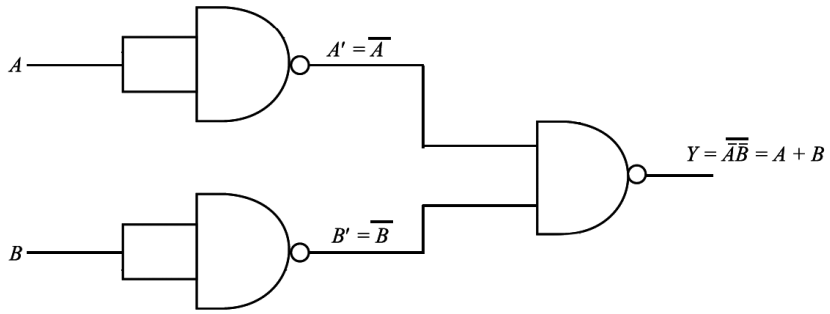
A	B	$Y' = \overline{AB}$	$Y = AB$
0	0	1	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

(b)

NAND ద్వారం ఉపయోగించి AND ద్వారం సత్యపట్టిక

పటం 28.47

(c) OR ద్వారాన్ని పొందడం : మూడు NAND ద్వారాలను ఉపయోగించి OR ద్వారాన్ని పొందవచ్చు. పటం 28.48 లో చూపినట్లు రెండు NAND ద్వారాలను విలోమాలుగా కలిపి వాటి నిర్గమాలను మూడవ NAND ద్వారం యొక్క రెండు నివేశాలకు కలపాలి. ఈ కలయిక OR ద్వారంగా పనిచేస్తుంది.



పటం 28.48 : OR ద్వారంగా మూడు NAND ద్వారాలను అనుసంధానం చేయడం

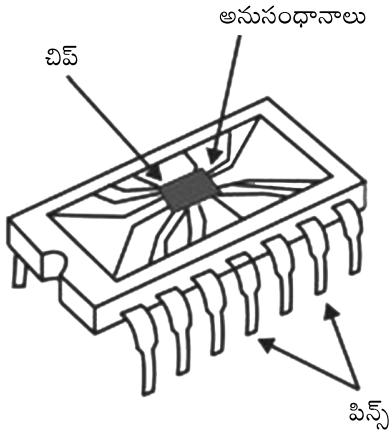
పాఠంలోని ప్రశ్నలు 28.12

1. క్రింద ఇవ్వబడిన పట్టికను OR ద్వారం అని ఋజువు చేయడానికి పటం 28.48 నుండి పూర్తి చేయండి.

A	B	A'	B'	Y
0	0	–	–	–
0	1	–	–	–
1	0	–	–	–
1	1	–	–	–

28.13 సమీకృత వలయాలు (Integrated circuits)

పూర్తి వలయాన్ని ఒక చిన్న ఏక అర్ధవాహక నిర్మాణం లేదా చిప్‌పై తయారు చేయాలనే భావన ఎలక్ట్రానిక్స్ సాంకేతిక పరిజ్ఞానంలో విప్లవాత్మక మార్పులను తెచ్చింది. ఇటువంటి చిన్న చిప్ లేదా వలయంను సమీకృత వలయం (Integrated circuit - IC). సంప్రదాయ పద్ధతి ప్రకారం వలయాల తయారీ విడివిడి సాధనాలు అయిన డయోడు, ట్రాన్సిస్టర్, నిరోధం (R), ప్రేరకం (L), క్షమశీలి (C) తదితర వాటిని కోరిన రీతిలో తీగలతో టంకం (Soldering) చేసి కలుపుతారు. ఇటువంటి వలయాలు సాధారణంగా తక్కువ విశ్వసనీయతను, స్వల్ప అఘాత అరోధం (shock proof) ను కలిగి ఉండేవి. ఈ లోపాల నుండి బయట పడడానికి మొత్తం వలయాన్ని ఒక చిన్న చిప్ (IC) పై తయారు చేస్తారు. విరివిగా వినియోగించే చిప్ పరిజ్ఞానం. 'ఏక శిలా సమీకృత వలయాలు' (Monolithic integrated circuits). గ్రీకు భాష ప్రకారం (Monos) అంటే ఏక, Lithos అంటే శిల అర్థం. అంటే మొత్తం వలయం ఏక స్ఫటికంపై నిర్మించబడింది అని అర్థం. చిప్ పరిమాణం 1 mm × 1 mm లేదా అంతకంటే తక్కువగా ఉంటుంది. పటం 28.49 ప్లాస్టిక్ తొడుగులో



పటం 28.49 : ప్లాస్టిక్ తొడుగులో ఉన్న (ఏకశిలా) సమీకృత వలయం

ఉన్న ఏకశిలా సమీకృత వలయంను చూపిస్తుంది. కోరిన అనువర్తనాల మేరకు సమీకృత వలయం పిన్‌లను వివిధ రకాలుగా అనుసంధానం చేయవచ్చు.

నివేశ సంకేతాల స్వభావం పరంగా IC (integrated circuits) లను రెండు తరగతులుగా వర్గీకరించారు. మొదటి రేఖీయ IC లు కాగా రెండవది డిజిటల్ IC లు. రేఖీయ IC లు. గరిష్ఠ, కనిష్ఠ విలువల అవధి మధ్యలో మృదువుగా, అవిచ్ఛిన్నంగా మార్పు చెందే అనలాగ్ సంకేతాలను పరిక్రియ (processes) చేస్తాయి. వీటి నిర్గమ సంకేతాలు ఇంచుమించు నివేశ సంకేతాలకు అనుపాతంలో ఉంటాయి. మరొక మాటలో చెప్పాలంటే వీటిని నిర్గమ సంకేతాలు, నివేశ సంకేతాలతో రేఖీయంగా మారతాయి. రేఖీయ IC కు మంచి ఉదాహరణ ఆపరేషనల్ అంప్లిఫయర్ (Operational amplifier).

డిజిటల్ IC వలయాలలో తర్క ద్వారాలు ఉంటాయి. వలయాలు లేదా తర్క ద్వారాల సంఖ్యపై ఆధారపడి డిజిటల్ IC లను కింది తరగతులుగా విభజించవచ్చును : (i) SSI : చిన్న తరహా సమాకలనం (Small scale integration - logic gates <10) (ii) LSI : భారీ తరహా సమాకలనం (Large scale integration - logic gates < 1000) 1000 లేదా అంతకంటే ఎక్కువ సంఖ్యలో తర్క ద్వారాలు. (iii) VLSI - బహు భారీ తరహా సమాకలనం (very large scale integration). దీనిలో 1000 లేదా అంతకంటే ఎక్కువ సంఖ్యలో తర్క ద్వారాలు జతచేయబడతాయి. తయారీ సాంకేతిక పరిజ్ఞానం ఖరీదు అయినప్పటికీ భారీ సంఖ్యలో పారిశ్రామిక ఉత్పత్తి కారణంగా ఇవి చాలా చౌకగా లభ్యమౌతున్నాయి. భవిష్యత్‌లో ఇవి చిన్నవైన, వేగవంతమైన పరికరాలుగా పలు ఉపయోగాలను కనబరుస్తాయి.

మీరు ఏమి నేర్చుకున్నారు

- అర్ధవాహక పదార్థాలైన సిలికాన్ (Si) మరియు జెర్మేనియం (Ge) ల వాహకత్వం బంధకం మరియు వాహకాల వాహకత్వానికి మధ్యలో ఉంటుంది
- అర్ధవాహకాలు రెండు రకాలు. స్వభావజ (స్వచ్ఛమైన) మరియు అస్వభావజ (మాదీకరణం చేయబడిన) అర్ధవాహకాలు.
- అస్వభావజ అర్ధవాహకాలు p–రకం (మూడవ గ్రూప్ మాలిన్యం తో మాదీకరణం చేయబడినవి) లేదా n – రకం (5వ గ్రూప్ మాలిన్యంతో మాదీకరణం చేయబడినవి) లుగా ఉంటాయి.
- p-n సంధి డయోడ్‌లో n –రకం ప్రాంతం మరియు p–రకం ప్రాంతాలుంటాయి. ప్రతీ ప్రాంతాలకు ఎలక్ట్రోడు కొనలు ఉంటాయి.
- p-n సంధి ఏర్పడినపుడు, సంధి వద్ద ఎలక్ట్రాన్ల, రంధ్రాల విసరణవల్ల, కదిలే ఆవేశాలు లేని లేమిపొర ఏర్పడుతుంది.
- లేమిపొరకు సమీప ప్రాంతంలో ఇరువైపులా ఉండే అయానులు సంధి వద్ద పొటెన్షియల్ తేడాను కలుగచేస్తాయి.

- పురోశక్మంలో ఉన్న p-n సంధి ఎలక్ట్రానుల ప్రవాహానికి తక్కువ నిరోధంను కలిగిస్తుంది.
- తిరోశక్మంలో ఉన్న p-n సంధి, ఎలక్ట్రానుల ప్రవాహానికి ఎక్కువ నిరోధంను కలిగిస్తుంది.
- p-n సంధి విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఒకే దిశలోనే అనుమతిస్తుంది.
- p-n సంధి డయోడ్ ఏకాంతర (ac) విద్యుత్ ప్రవాహాలను ఏకముఖ (dc) ప్రవాహాలు మార్చే ఏకధిక్కరిణిగా పని చేస్తుంది.
- అర్ధతరంగ ఏకధిక్కరిణి dc లో, పూర్ణతరంగ ఏకధిక్కరిణి dc లో ఉండే ఏకాంతర (ac) అంశలు కంటే ఎక్కువ ఉంటాయి.
- శక్తి జనకం నిర్గమంను జెనర్ డయోడు స్థిరీకరిస్తుంది.
- నియంత్రక వలయంలో జెనర్ డయోడు, భార నిరోధం తక్కువగా ఉంటే అధిక శక్తిని దుర్వ్యయం చేస్తుంది.
- ట్రాన్సిస్టర్ మూడు వేరువేరు ప్రాంతాలను (ఉద్గారిణి, ఆధారం, సేకరణి) రెండు సంధులను కలిగి ఉంటుంది. ఉద్గారిణిని ఎక్కువగా, ఆధారంను తక్కువగా మాదీకరణం చెందిస్తారు. సేకరిణి పరిమాణంలో పెద్దదిగా ఉంటే ఆధారం పలచగా ఉంటుంది.
- ట్రాన్సిస్టర్ n-p-n రకం లేదా p-n-p రకం అయి ఉంటుంది.
- ట్రాన్సిస్టర్‌ను ఈ మూడు విన్యాసాలలో సంధానించవచ్చు. ఉమ్మడి సేకరణి (CC) , ఉమ్మడి ఆధారం (CB) లేదా ఉమ్మడి ఉద్గారం (CE) .
- ట్రాన్సిస్టర్ అభిలక్షణాలు, ట్రాన్సిస్టర్ విన్యాసాన్ని బట్టి మారతాయి.
- CE విన్యాసం ఎక్కువ ప్రవాహ వృద్ధిని, వోల్టేజ్ వృద్ధిని కలుగచేస్తుంది కనుక అన్ని విన్యాసాలలోకి ఇది ఉత్తమమైనది.
- సంకేతాల వర్ధనానికి ట్రాన్సిస్టర్‌కు నివేశ విద్యుత్ ప్రవాహం అవసరం.
- ట్రాన్సిస్టర్‌ను కటాఫ్ లేదా సంతృప్త ప్రాంతంలో శక్మం(బయోస్) చేయడం ద్వారా దానిని స్విచ్ వలె వాడవచ్చును.
- మూడు ప్రాథమిక తర్క ద్వారాలు AND, OR, NOT.
- NAND తర్క ద్వారంను విశ్వ తర్క ద్వారం అంటారు. ఇతర తర్క ద్వారాలను NAND తర్క ద్వారంతో పొందవచ్చును.
- సమీకృత వలయాల ప్రాముఖ్యత గురించి తెలుసుకున్నారు.

ముగింపు అభ్యాసం

1. p-n సంధి డయోడుల అతి ముఖ్యమైన ధర్మాలను విశదీకరించండి.
2. p-n సంధి డయోడులో లేమిపొర ప్రాంతం ఏర్పాటును వివరించండి.
3. p-n సంధి డయోడు పురోశక్మంలో ఉన్నప్పుడు ఏ ఆవేశ వాహకాలు విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని కలిగిస్తాయి?
4. కింది వాటి మధ్య బేధాలను తెల్పండి.
   (i) పురోశక్మం – తిరోశక్మం
   (ii) ఎవేలాంజ్, జెనర్ భంజన
5. p-n-p, n-p-n ట్రాన్సిస్టర్ల పని విధానమును వివరించండి.
6. ట్రాన్సిస్టర్ విద్యుత్ ప్రవాహాల వృద్ధి కారకాలు α, β లను నిర్వచించండి.
7. I_E ప్రవాహంలో మార్పు 4 mA, $\alpha = 0.998$ అయితే I_C విద్యుత్ ప్రవాహంలో వచ్చే మార్పును లెక్కించండి?
8. p-n సంధి డయోడు అర్ధ తరంగం ఏకధిక్కరిణిలో కెపాసిటర్ నిర్గలితో శిఖర విలోమ వోల్టేజ్ (PIV) విలువ నిర్గలి కెపాసిటర్ లేకుండా రెండు రెట్లు ఎందుకు ఉంటుంది?
9. భార నిరోధంలో మార్పులకు వ్యతిరేకం జెనర్ డయోడ్ ఏ విధంగా dc వోల్టేజ్‌ను స్థిరంగా ఉంచగలదు?
10. వర్ధకం సరిగ్గా పనిచేయాలంటే నివేశ సంకేత పరిమాణంలో మార్పుల అవధి ఏ విధంగా ఉండాలి?
11. NOR తర్క ద్వారాన్ని డయోడులు, ట్రాన్సిస్టర్లతో రూపకల్పన చేయండి.

పాఠంలోని ప్రశ్నలకు సమాధానాలు

28.1

1. నిరోధకత్వ విలువలు
2. నిరోధకత్వం
3. ఎక్కువ
4. eV
5. ఎక్కువ

28.2

1. శూన్యం (సున్నా)
2. (ii)
3. మాలిన్యం, మాదీకరణ
4. అధిక సంఖ్యాక
5. తక్కువ

28.3

1. (a) అధిక సంఖ్యాక వాహకాలు (b) పొరలేమి ప్రాంతం
   (c) 0.7, 0.3 (d) అధికం, ఎలక్ట్రానులు
2. (a) (iii) (b) (iii) (c) (i)
3. ఇది విద్యుత్ వాహకాలు రహితం, అయానులు మాత్రమే ఉంటాయి.

28.4

1. పురోశక్మం పొటెన్షియల్ అవరోధం ఎత్తును, లేమిపొర వెడల్పును తగ్గిస్తుంది.
2. తిరోశక్మం పొటెన్షియల్ అవరోధం ఎత్తును, లేమిపొర వెడల్పును పెంచుతుంది.
3. (a) తగ్గుతుంది (b) పెరుగుతుంది (c) పెరుగుతుంది, భంజన వోల్టేజ్
4. (a) (iv) (b) (iii)
5. ఎవేలాంజ్, జెనర్ భంజన

28.5

2. (a) 0.7 V, 0.3 V (b) ఒకటి (c) మైక్రో ఆంపియర్
3. (a) (iii) (b) (ii)

28.6

1. (a) (ii) (b) (i) (c) (iv)

28.7

1. పటం 28.16 ను చూడండి.

   పూర్ణతరంగ ఏకధిక్కరిణిలో రెండు D_1, D_2 డయోడులు C ను గరిష్ఠ వోల్టేజ్ V_{max} కు ప్రత్యామ్నాయ అర్ధ చక్రాలలో ఆవేశపరుచుతాయి. కాబట్టి PIV విలువ $2 \times V_{max}$.

28.8

1. $R_z = 100\Omega$, $R_s = 100\Omega$, $R = R_z + R_s = 200\Omega$

   కాబట్టి

   $$I = \frac{21}{200} = 0.105\,A$$

   మరియు $V = IR = 0.105 \times 100 = 10.5$ V

2. (a) జెనర్ (b) తిరోశక్మం (c) కాంతి సున్నితత్వం
   (d) గ్రూప్ III-V (e) పురోశక్మం (f) ఉద్గారం

(g) పునఃసంయోగం (h) విద్యుత్ ప్రదీప్తి (i) ఫోటో వొల్టాయిక్

(j) ఎక్కువ, శోషణ

28.9

1. (a) (i) (b) (ii)
2. (a) మూడు, రెండు (b) ఆధారం

(c) చాలా వరకు అధిక మాదీకరణ, ఆధారం

(d) పెద్ద పరిమాణం, మధ్యస్థం

(e) ఉద్గారకం - ఆధారం, సేకరిణి - ఆధారం

(f) npn, pnp

28.10

1. (a) నివేశ అభిలక్షణాలు (b) నిర్గమ అభిలక్షణాలు

(c) సేకరిణి, ఉద్గారకం (d) ఆధారం - ఉద్గారకం, ఆధారం - సేకరిణి

28.11

1. $A_v = V_0 / V_i = 1\ V/20\ mV = 50$
2. $A_P = P_o / P_i = 200$
3. $A_v = \frac{(\beta \times R_L)}{r_i} = \frac{50 \times 2000\Omega}{500\Omega} = 200$

$A_p = \beta\ A_v = 50 \times 200 = 10000$

28.12

A	B	A'	B'	Y
0	0	1	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	1
1	1	0	0	1

ముగింపు అభ్యాసంకు సమాధానాలు

7. 3.992 mA

29

సమాచార వ్యవస్థల ప్రాథమిక అంశాలు

పరిచయం

జంతు ప్రపంచంలో సమాచారం అనేది అప్రయత్నంగా, ధ్వనుల వల్ల మరియు రసాయన సంకేతాల ద్వారా జరుగుతుంది. తమ దగ్గరకు వచ్చిన కొత్త వాళ్ళ వల్ల ఏదైనా ప్రాణహాని జరుగుతుందని గమనించినప్పుడు పిచ్చుకలు ఏ విధంగా శబ్దం చేస్తాయో మీరు గమనించే ఉంటారు. అయితే మానవులు మాటలు (Speech) అనే ప్రభావంతమైన సమాచార మార్గాన్ని కలిగి యున్నారు. ధ్వనిని (శ్రవ్య అవధిలో 20 Hz నుండి 20 kHz) మరియు కాంతిని (దృశ్య అవధిలో 4000 Å – 7000Å) ఉపయోగిస్తాం.

సమాచారం అనేది వ్యక్తి/ప్రదేశం నుంచి మరొకరికి లేదా ప్రదేశానికి మధ్య జరిగే ప్రసార లేదా గ్రాహక ప్రక్రియ. అంటే సమాచారాన్ని పంపేవారు, దానిని అందుకునే వారికి అర్థమయ్యే ఉమ్మడి భాషను ఉపయోగించాలి. సమాచార ప్రక్రియ లిఖిత పూర్వకంగా జరగటానికి ముందు మాటల (Speech) ద్వారా జరిగేది. ప్రింటింగ్ ప్రెస్ (Printing press) కనుగొనిన తర్వాత సమాచారం ప్రక్రియ యొక్క రెండవ యుగం ప్రారంభమైంది. పందొమ్మిదవ శతాబ్దంలో టెలిగ్రాఫ్ కనుగొనిన తర్వాత సమాచార ప్రక్రియ యొక్క మూడవ యుగం ప్రారంభమైనది. టెక్నాలజీ రంగంలో వచ్చిన విప్లవాత్మకమైన అభివృద్ధి వల్ల వేగవంతమైన, సామర్థ్యవంతమైన మరియు నమ్మకమైన, సమాచారాన్ని సుదూర ప్రాంతాలకు టెలిగ్రాఫ్, ఫ్యాక్స్, టెలిఫోన్, రేడియో,మొబైల్, ఉపగ్రహాలు మరియు కంప్యూటర్ పరికరాల సహాయంతో పంపగలుగుతున్నాం. సమయంతో, దూరంతో సంబంధం లేకుండా, సముద్రాలను, పర్వత శ్రేణులను, దూరాలను అధిగమిస్తూ సమాచారాన్ని పంపగలుగుతున్నాం. కోవిడ్ మహమ్మారి నేపథ్యంలో ఇంటర్నెట్ ద్వారా చదువు కొనుట (On-line learning) (విద్యాభ్యాసం), ప్రచురణ (పరిశోధన) బ్యాంకింగ్ (వర్తకం) అనేవి నిత్యకృత్యాలుగా మారాయి. నిజానికి సమాచార సాంకేతికత ఒక కొత్త ప్రపంచానికి దారులు తెరచింది.

ఆధునిక సమాచార వ్యవస్థను మూడు వర్గాలుగా విభజించవచ్చు. అవి

- ఏక-ఏక (బిందువు నుంచి బిందువుకు) సమాచారం.
- ఏక-అనేక (బ్రాడ్ కాస్ట్) సమాచారం.
- అనేక - అనేక (మొబైల్ కాన్ఫరెన్స్ కాల్) సమాచారం

సమాచార వ్యవస్థలో సమాచారాన్ని ఒక విద్యుత్ సిగ్నల్ (వోల్టేజి లేదా కరెంట్) రూపంలో, నిర్దిష్ట పౌనఃపున్య వ్యాప్తి (సిగ్నల్ బ్యాండ్ విడ్త్)లో ప్రసారం చేస్తారు. కావల్సిన సమాచారాన్ని నిగూఢంగా ఉంచే ప్రయత్నంలో కొంత రొద (Noise) ని కూడా సిగ్నల్‌కి జోడిస్తారు.

లక్ష్యాలు

ఈ పాఠం చదివిన తర్వాత క్రింది విషయాలు నేర్చుకుంటారు.

- సమాచారం కొరకు ఉపయోగించే పరికరాలు అంశాల గురించి
- ఎనలాగ్ (Analog) మరియు డిజిటల్ (Digital) సంకేతాల వివరణ గురించి,
- విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు సమాచారాన్ని తీసుకువెళ్ళే విధానం గురించి
- మాడ్యులేషన్, డిమాడ్యులేషన్ ప్రక్రియలను గురించి

29.1 సమాచార వ్యవస్థ ముఖ్య భాగాలు

పటం 29.1 సమాచార వ్యవస్థ యొక్క ప్రధానమైనభాగాలను తెలియజేస్తుంది. సమాచార వ్యవస్థలోని ప్రధానమైన భాగాలు :

- సంకేత జనకం, సెన్సార్ ట్రాన్స్ డ్యూసర్ (Sensor transducer) (శక్తిని ఒకరూపం నుండి మరొక రూపానికి మార్చేది) మరియు సమాచారాన్ని కల్గిన సంకేతాన్నిప్రసారితం చేసే ప్రసారిణి (Transmitter).
- ప్రసారిణి నుండి వెలువడు సంకేతాలను సుదూర ప్రాంతాలకు తీసుకువెళ్ళే యానకం (Medium/channel) మరియు
- ఛానెల్ ద్వారా వచ్చిన సంకేతాలను స్వీకరించే సేకరిణి (Receiver) (అక్చుయేటర్ ట్రాన్స్‌డ్యూసర్ (Actuator transducer)). ఇది సేకరిణి గ్రహించిన సంకేతం నుండి సమాచారాన్ని సేకరిస్తుంది.

సాధారణంగా సమాచార వ్యవస్థ లో ఉపయోగించే సంకేతాలు ఆడియో (ధ్వని) లేదా దృశ్యం (Visual or photo). వీటి ముఖ్యమైన ధర్మాలు కంపనపరిమితి, పౌనఃపున్యం, దశ మరియు దృవణం. ఉదాహరణకు ధ్వని సంకేతాలను శ్రవ్య అవధి (20 Hz – 20 kHz) లోను మరియు సాధారణ టెలివిజన్‌లోని మాటలను 4 kHz పరిమితిలో నిర్దేశించుతారు.

ముఖ్యమైన పబ్లిక్ సమావేశాలు. ఊరిగింపులు జరుగునపుడు పోలీలసులు వాకీటాకీలతో జనసమూహాన్ని గమనించుట మీరు చూసే ఉంటారు. వారు ఉపయోగించే వాకీటాకీల పౌనఃపున్యం 1 kHz కి లోబడి ఉంటుంది.

సమాచార వ్యవస్థలో వాడే ముఖ్య పదాలు

(i) **ప్రసారిణి (Transmitter), సేకరణి (Receiver) :** సమాచారాన్ని కలిగి ఉండే నివేశ (Input) సిగ్నల్‌ని దూర ప్రాంతానికి ట్రాన్స్‌మీటర్ ప్రసారం చేస్తుంది. వీటిని మార్గమధ్యమంలో రిసీవర్ సేకరించి నిగూఢ సమాచారాన్ని అవసరమైన రీతిలోకి మార్చుతుంది.

(ii) **సంకేతం (Signal) :** ప్రసారానికి వీలయ్యే సమాచార రూపాన్ని 'సిగ్నల్' అంటారు. సిగ్నల్ అవిచ్ఛిన్నంగా లేదా డిజిటల్ రూపంలో ఉండవచ్చు. అవిచ్ఛిన్న (Analog) సంకేతంలో వోల్టేజి లేదా కరెంట్

అవిచ్ఛిన్నంగా మార్పు చెందుతుంది. డిజిటల్ సంకేతం, కేవలం కొన్ని స్థిర (0 లేదా 1) విలువలను కలిగి ఉంటుంది.

(iii) **రొద (Noise) :** ట్రాన్స్‌మిషన్ సిగ్నల్స్‌ని ఆటంకపరిచే అనవసర సంకేతాలను రొద అంటారు.

(iv) **క్షీణత (Attenuation) :** యానకం ద్వారా ప్రయాణిస్తున్న సిగ్నల్ తన బలాన్ని కోల్పోవడాన్ని క్షీణత అంటారు.

(v) **యాంటెన్నా (Antenna) లేదా ఏరియల్ (Aerial) :** విద్యుదయస్కాంత తరంగాలను వెలువరించే లేదా శోషించే వాహకాలు. యాంటెన్నాలు పొడవు కడ్డీలు (కార్లకు బిగించిన AM / FM రేడియో యాంటెన్నాలు) లేదా పెద్ద డిష్ (శాటిలైట్లకు బిగించేవి) ల రూపంలో ఉంటాయి.

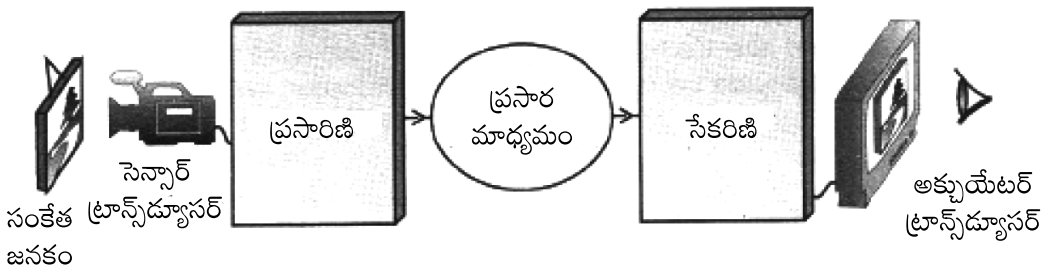
(vi) **సున్నితత్వం (Sensitivity) :** ప్రామాణిక నిర్గమన (output) సంకేత వోల్టేజిని పొందుటకు అవసరమయ్యే నివేశ (input) వోల్టేజిని సున్నితత్వం సూచిస్తుంది. రిసీవర్ యొక్క అధిక ఆవర్ధనానికి అధిక సున్నితత్వం ఉంటుంది. రిసీవర్ సున్నితత్వాన్ని కనుక్కోనుటలో సిగ్నల్, రొదల నిష్పత్తి (**S/N** గా సూచిస్తాం) ముఖ్యపాత్ర పోషిస్తుంది. ఏదైనా బాహ్య రొద వ్యవస్థలోకి ప్రవేశిస్తే, దాన్ని సిగ్నల్ ప్రాసెసింగ్ టెక్నిక్ సహాయంతో వడగట్టాలి.

(vii) **ఎంపికత్వం (Selectivity) :** అవసరం లేని, పౌనఃపున్యానికి సామీప్యంలోని సిగ్నల్స్ నుంచి అవసరమైన, నిర్దిష్ట పౌనఃపున్యంతో ఉండే సిగ్నల్‌ని ఎంచుకొనే రిసీవర్ సామర్థ్యాన్ని ఎంపికత్వం అంటారు. రిసీవర్లో వాడే ట్యూనర్ (tuner) వలయాల అనునాద వక్రాల తీక్షణత (Sharpness) పై ఎంపికత్వం ఆధారపడుతుంది.

(viii) **విశ్వసనీయత (Fidelity) :** మాడ్యూలేషన్ పౌనఃపున్యంతో రిసీవర్ నిర్గమనం (output) మారే విధానాన్ని 'విశ్వసనీయత' సూచిస్తుంది. మాడ్యులేటింగ్ సిగ్నల్ యొక్క తరంగ రూపాన్ని పునరుత్పాదన చేసే పటిమను ఇది సూచిస్తుంది.

సమాచార వ్యవస్థయొక్క నమూనా

సమాచారవ్యవస్థలు సమాచారాన్ని ప్రసారం చేసే విధానం



పటం 29.1 : సమాచార వ్యవస్థ యొక్క నమూనా అమరిక

నివేశ సంకేతాలు (Input signal) కంఠధ్వని (Voice) రూపంలో గాని సంగీత (Music) రూపంలోగాని ఉండి, వీటిని ప్రసారిణి విద్యుత్ సంకేతాలుగా (మాడ్యులేషన్ ప్రక్రియ ద్వారా, దీన్ని తరువాత నేర్చుకుంటారు). (మరియు విద్యుత్ సంకేతాలను 30 kHz – 300 MHz పౌనఃపున్య వ్యాప్తి గల విద్యుదయాస్కాంత తరంగాలపై అధ్యారోపితం చేస్తారు) మార్చుతుంది. ఇలా మార్చబడిన సంకేతాలను యాంటెన్నా (Antenna) లేదా ఏరియల్ (Aerial) ల సహాయంతో అన్ని దిశలలోనూ లేదా నిర్దిష్ట దిశలోను బ్రాడ్ కాస్ట్ (Broadcast) చేస్తారు.

యాంటెన్నా రేడియో ప్రసారిణిలో యాంటెన్నా రేడియో తరంగాలను అంతరాళంలోకి ఉద్గారిస్తుంది. సేకరిణి ప్రసారితం చెందిన సంకేతం యొక్క గరిష్ట సామర్థ్యాన్ని సేకరించి దానిని ట్యూనర్‌కు అందిస్తుంది. స్వీకరించే లేదా ప్రసారితంచేసే రేడియో సంకేతం యొక్క పౌనఃపున్యం మీద ఆధారపడి యాంటెన్నా యొక్క పరిమాణం ఉంటుంది. యాంటెన్నా యొక్క పరిమాణం అనేది సంకేతం యొక్క తరంగ దైర్ఘ్యంనకు తగినట్లుగా (కనీసం పరిమాణం) ఉన్నట్లయితే కాలంతో మారే సంకేతాన్ని అది సులభంగా గుర్తించగలుగుతుంది.

రేడియో సేకరిణుల విషయంలో, సేకరిణి యాంటెన్నా బలహీనమైన, మైక్రో వాట్ సామర్థ్యంలో తక్కువ సామర్థ్యం గల సంకేతాన్ని మాత్రమే గ్రహిస్తుంది. ఇటువంటి వాటిని విశ్లేషించడానికిముందుగా ఆవర్ధనం (Amplify) చేస్తారు. సూక్ష్మంగా తెలియజేయాలంటే, ట్రాన్స్‌మిటర్ నుంచి సంకేతాన్ని ప్రసార మాధ్యమం (Medium) ద్వారా రిసీవర్‌కి ప్రసారం చేస్తారు. ధ్వని, విద్యుదయస్కాంత తరంగాలను తరంగ రూపంలోని క్యారియర్ (Carrier) మోసుకొని వెళ్తుంది. కాబట్టి ప్రసార మాధ్యమం (యానకం) ఆధ్యారోపణ సూత్రాన్ని బలపరుస్తుంది. సమాచార వ్యవస్థ యొక్క ఉద్దేశ్యం ఏమిటంటే ప్రసారిత సిగ్నల్‌కి విశ్వసనీయమైన పునరుత్పత్తిని ఏర్పర్చుటయే. సాధ్యమయ్యే ఉన్నత పునరుత్పత్తిని గ్రాహకుడు పొందే విధంగా వలయాన్ని రూపొందించే వారు అన్ని ప్రయత్నాలు చేస్తారు.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 29.1

1. రేడియో తరంగాల యొక్క పౌనఃపున్యవ్యాప్తి ఎంత?
2. రేడియో యాంటెన్నా యొక్క సరియగు పరిమాణాన్ని ఎలా కనుగొంటావు?

29.2 సంకేతాల రకాలు

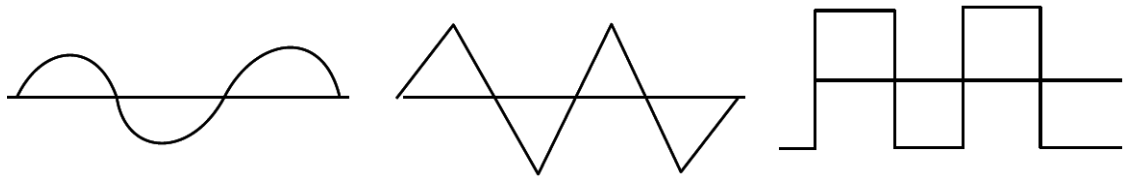
సమాచారాన్ని ప్రసారం చేసే ప్రక్రియలో ఉపయోగించే సంకేతాలు అవి ఉత్పత్తి కాబడిన విధానం మరియు స్వభావాన్ని బట్టి వాటిని వర్గీకరిస్తారు. కావున వాటిని క్రిందివిధంగా వర్గీకరించారు.

- అచ్ఛిన్న కాలం (Analog) మరియు విచ్ఛిన్న కాల (Digital) సంకేతాలు.
- Coded మరియు Un-coded సంకేతాలు
- ఆవర్తన మరియు ఆవర్తనం కాని సంకేతాలు

- శక్తి మరియు సామర్థ్యసంకేతాలు
- నిర్ధారించిన (Deterministic) మరియు యాదృచ్ఛిక (Random) సంకేతాలు

ఇచట మనం కేవలం అవిచ్ఛిన్న (Analog) మరియు డిజిటల్ (Digital) సంకేతాల గురించి మాత్రమే నేర్చుకుంటాం. ఆధునిక సమాచార వ్యవస్థలో, సంకేతాలను కాలంతో పాటు శూన్య మరియు నిర్ధిష్ట విలువలు కల్గిన విచ్ఛిన్న తరంగాల రూపంలోకి మార్చుతారు. (పటం 29.2 (b)). పటం 29.2(c) నుండి ఒక నిర్ధిష్టమైన పౌనఃపున్యానికి సంబంధించిన వేరు వేరు ఆవర్తనతరంగ రూపాలను చూడవచ్చు. వీటిలో ఒక సైన్ తరంగం (Sinusoidal) మరొకటి స్పందనాత్మకతరంగం (Pulsed wave). నిజానికి ఇవి సైన్ మరియు చతురస్రాకార ఉపతరగతులకు సంబంధించిన తరంగాలు.

సమాచారాన్ని అవిచ్ఛిన్న మరియు డిజిటల్ (Analog and Digital) సంకేతాల రూపంలోకి మార్చవచ్చును. ఉదాహరణకు మాట్లాడే మాటలను కాలంతో అవిచ్ఛిన్నంగా మారే అవిచ్ఛిన్న సంకేతాలుగా మార్చవచ్చును. ఇవే మాటలు కంప్యూటర్ లలో కాలంతో విచ్ఛిన్నంగా మారే డిజిటల్ సంకేతాలుగా మార్చబడి ఉంటాయి.



(a) అవిచ్ఛిన్నంగా (సైన్ తరంగం) (b) విచ్ఛిన్న తరంగం (c) Pulse సంకేతం

పటం 29.2 : సంకేతాల రకాలు

డిజిటల్ రూపంలో (Digital format) సంకేతాలు అనేక బిట్స్ గుచ్ఛాలుగా (BITS = Binary digits) ఉంటాయి. ఒక బిట్ అనునది 'ON' లేక 'OFF' (1 లేదా 0) ను తెలియజేయును. '0' లేదా '1' ను మాత్రమే ఉపయోగించే వ్యవస్థను ద్విసంఖ్యామానం అంటారు (కాని దశాంశ పద్ధతిలో 0 నుండి 9 వరకు అంకెలను ఉపయోగిస్తారు). సమాచార సంకేతాలన్నింటినీ కాలంతో విచ్ఛిన్నంగా మారే (Discrete-time), క్యాంటీకృతం చెందిన డిజిటల్ సంకేతాలుగా మార్చవచ్చు. CD (Compact disc) లలో (Music/Sound) ధ్వనిని డిజిటల్ సంకేతాల రూపంలో నిల్వ చేయబడుతుంది. అదే విధంగా DVD లలో (Digital Video Disc) వీడియోను (చలన దృశ్యం) సంకేతాల రూపంలోకి మార్చబడును.

అవిచ్ఛిన్న వ్యవస్థలు డిజిటల్ వ్యవస్థల కంటే తక్కువ ఖర్చుతో కూడుకొని ఉంటాయి. కాని డిజిటల్ వ్యవస్థలు ఎక్కువ సమర్థతను, మంచిపనితనాన్ని మరియు సులభంగా మార్చుకోగల (Flexibility) స్వభావాన్ని కలిగి ఉంటాయి. అయితే డిజిటల్ మరియు అవిచ్ఛిన్న సమాచార ప్రసారాన్ని అవిచ్ఛిన్న సంకేతాల ద్వారానే చేస్తారు. ఉదాహరణకు Ethernet (తంత్రీ సహిత సమాచారములో) వోల్టేజిని మరియు సెల్యూలార్ ఫోన్ (Cellular phone) (తంత్రీ రహిత సమాచారములో) లలో విద్యుదయస్కాంత వికిరణాలను ఉపయోగిస్తారు. సిగ్నల్‌ని ఎక్కువ విస్తీర్ణంలోకి,

తక్కువ ప్రసార సామర్థ్యంలో ప్రసారం చేయుట అనేది మొబైల్ కమ్యూనికేషన్‌లో ప్రధానమైనది. ఆధునిక మొబైల్ కమ్యూనికేషన్లో, చిన్న ప్రదేశాలకు (Cells) సమాచారాన్ని అందించేందుకు సుబాసింగే-దియాస్ (Subasinghe-Dias) (1992) రూపొందించిన షడ్భుజి భావన, ఒక గొప్ప విధానం.

సమాచార వ్యవస్థలో అత్యంత ముఖ్యమైన పరామితి సంకేతం యొక్క బ్యాండ్ వెడల్పు. ఇది సంకేతం మారే పౌనఃపున్య వ్యాప్తిని తెలియజేస్తుంది. అయితే ఇది అవిచ్ఛిన్న మరియు డిజిటల్ సంకేతాలకు వేరువేరు అర్థాలను ఇస్తుంది. అవిచ్ఛిన్న సంకేతాలకు సంబంధించిన బ్యాండ్ వెడల్పు అనేది ప్రతి సంకేతం ఆక్రమించిన వర్ణపటం యొక్క వ్యాప్తిని (Range of spectrum) తెలియజేస్తుంది. డిజిటల్ బ్యాండ్ వెడల్పు అనేది సమాచారం ఎంత పరిమాణంలో డిజిటల్ సంకేతంలో ఇమిడి ఉన్నదో తెలియజేస్తుంది. ఈ కారణం చేత అవిచ్ఛిన్న బ్యాండ్ వెడల్పును పౌనఃపున్య పదాలలో తెలియజేస్తాము. డిజిటల్ బ్యాండ్ వెడల్పును సెకనుకు ఏర్పడే బిట్ పదాలలో (bps (bits per second)) తెలియజేస్తాము. కొన్ని ఆడియో (Sound) సంకేతాల యొక్క పౌనఃపున్య వ్యాప్తిని బ్యాండ్ వెడల్పును టేబుల్. 29.1 లో చూపించారు. గుర్తుంచుకోవలసింది ఏమిటంటే మానవుల యొక్క మాటల ధ్వని (Speech) యొక్క బ్యాండ్ వెడల్పు సుమారుగా నాలుగు కిలో హెర్జ్ ఉంటుంది. కావున ఈ సంకేతాలను కంపన పరిమితి మాడ్యులేషన్ (AM) ద్వారా ప్రసారితం చేస్తే వీటి బ్యాండ్ వెడల్పు 10 kHz గాను, పౌనఃపున్య మాడ్యులేషన్ ప్రక్రియ (FM) ద్వారా ప్రసారితం చేస్తే వీటి బ్యాండ్ వెడల్పు 15 kHz గాను ఉంటుంది. అయితే FM ద్వారా స్వీకరించిన సంకేతం యొక్క గుణం లేక శ్రేష్టత (Quality) AM ద్వారా స్వీకరించిన సంకేతం కంటే మెరుగ్గా ఉంటుంది.

CD (Compact Disc) ల బ్యాండ్ వెడల్పు 20 KHz . వీడియో సంకేతం బ్యాండ్ వెడల్పు సుమారు 4.2 MHz గాను, టెలివిజన్ బ్రాడ్-కాస్ట్ ఛానెల్ యొక్క బ్యాండ్ వెడల్పు 6 MHz గాను ఉండును. అవిచ్ఛిన్న టెలిఫోన్ తీగల ద్వారా చేసే సమాచారం కంటే, డిజిటల్ సంకేతాలలో సంచారం కొరకు ఉపయోగించే Modem పరికరంలో బ్యాండ్ వెడల్పు 32 kbps, 64 kbps లేదా 128 kbps గా ఉంటుంది.

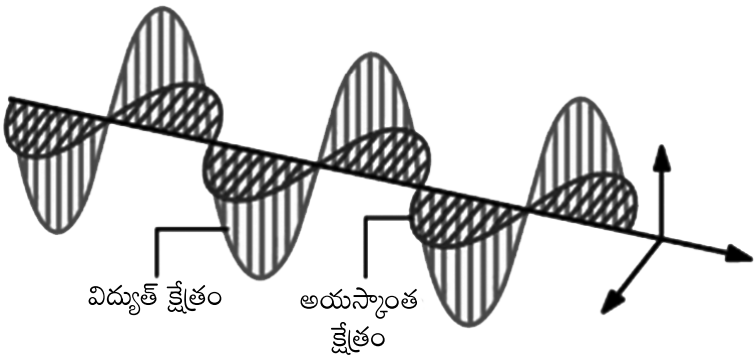
పట్టిక 29.1 : బ్యాండ్ వెడల్పు పౌనఃపున్యాలు

జనకం	పౌనఃపున్య వ్యాప్తి (Hz)	బ్యాండ్ వెడల్పు (kHz)
గిటారు	82 - 880	... 0.8
వయోలిన్	196 - 2794	... 2.6
అచ్చులు (a, e, i, o, u)	250 - 5000	 4
టెలిఫోన్ సంకేతం	200 -3200	 3

వైర్‌లెస్ (నిస్త్రంతి) సమాచార ప్రక్రియకు అధ్యులు Dr. J.C. బోస్ మరియు G. మార్కోని. అప్పటి నుంచి టెక్నాలజీ ఎంతో ప్రగతిని సాధించింది. తొలినాళ్ళలో రేడియో కమ్యూనికేషన్‌ని కంపన పరిమితి మాడ్యులేషన్ (AM) ద్వారా ప్రసారం చేసే వారు. ఇది తదనంతరం పౌనఃపున్య మాడ్యులేషన్ (FM) కి దారులు తెరచింది. ప్రస్తుతం

రేడియో కమ్యూనికేషన్ ఉపగ్రహ-సమాచారం ద్వారా జరుగుతుంది. సరళత్వం కొరకు మనం అవిచ్ఛిన్న-డిజిటల్ సిగ్నల్‌కి, AM – FM మాడ్యులేషన్ మరియు డిమాడ్యులేషన్ ప్రక్రియలకు మాత్రమే పరిమితం అవుదాం. డిజిటల్ సమాచారం వ్యవస్థ అత్యంత సామర్థ్యాన్ని కలిగి ఉండటంతో పాటు ఎలాంటి రొద (Noise) కలిగి ఉండదు. కాబట్టి అవిచ్ఛిన్న సంకేతాలను వాటి అవిచ్ఛిన్న డిజిటల్ సంకేతాలుగా మార్చేందుకు ఇష్టపడతాం. ఈ పరివర్తన ప్రక్రియను ఒక సరళమైన టెక్నిక్ సాంప్లింగ్‌తో సాధిస్తాం. దీన్ని వచ్చే పాఠ్యాంశంలో వివరంగా చూద్దాం.

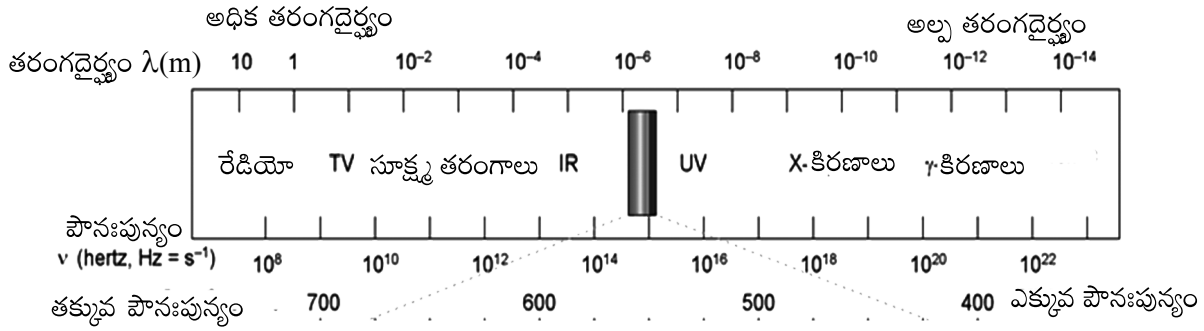
ట్రాన్స్‌మిటర్ నుంచి రిసీవర్‌కి సమాచారాన్ని విద్యుత్ సంకేతాల రూపంలో ప్రసారం చేసేందుకు వివిధ పద్ధతులు ఉన్నాయి. విద్యుత్ (సిగ్నల్) లోహ వాహకం ద్వారా విద్యుత్ రూపంలో లేదా వోల్టేజి పాతం (Drop) రూపంలో ప్రయాణిస్తే గాలిలో మాత్రం విద్యుదయస్కాంత వికిరణం రూపంలో ప్రయాణిస్తుంది. పేరులో ఉన్నట్లుగానే విద్యుదయస్కాంత తరంగంలో విడదీయుటకు వీలులేని విద్యుత్, అయస్కాంత క్షేత్రాలు ఉంటాయి. విద్యుదయస్కాంత తరంగ ప్రసారాన్ని మాక్స్‌వెల్ ప్రతిపాదించాడు. అతని ప్రకారం కాలంతో పాటు మారే విద్యుత్ క్షేత్రం, అంతరాళంలో కాలంతోపాటు మారే అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఉత్పత్తి చేస్తుంది. ఇది తిరిగి విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని ఉత్పత్తి చేస్తుంది. విద్యుదయస్కాంత తరంగానికి దృశ్యరూపాన్ని పటం 29.3లో చూడవచ్చు.



పటం 29.3 : విద్యుదయస్కాంత తరంగాల ప్రసరణ

గణితాత్మకంగా విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని సమీకరణం $E = E_0 \sin(kz - \omega t)$ ద్వారా అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని సమీకరణం $H = H_0 \sin(kz - \omega t)$ ద్వారా తెలియజేస్తాం.

1888 సంవత్సరంలో హెర్ట్జ్ శాస్త్రజ్ఞుడు చేసిన ప్రయోగం ద్వారా విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు నిరూపితం కాబడినవి. అతడు చేసిన ప్రయోగపు అమరిక నుండి తక్కువ దూరాలలో విద్యుదయస్కాంత వికిరణాలను గుర్తించ (Detect) గలిగినాడు. 1895 సంవత్సరంలో భారతీయ శాస్త్రవేత్త జగదీశ్ చంద్రబోస్, తరంగదైర్ఘ్యం వ్యాప్తి 25 mm నుండి 5 m గల తరంగాలను ఉత్పత్తి చేసి రేడియో ప్రసారానికి అనుకూలంగా ఉండునేమోనని ప్రయోగం చేసినాడు. ఈ ప్రయోగఫలితం, ప్రయోగాత్మకంగా Guglielmo Marconi (మార్కొని) శాస్త్రవేత్త విద్యుదయస్కాంత తరంగాలను అట్లాంటిక్ సముద్రం మీదుగా ప్రసారితం చేయుటకు ఉపయోగపడినది. ఈ ప్రయోగం విద్యుదయస్కాంత తరంగాలను ఉపయోగించి చేయు సమాచార యుగానికి నాంది అయినది. ఈ ప్రయోగానికై మార్కొనికి బ్రౌన్ శాస్త్రవేత్తతో కలిపి 1909 సంవత్సరంలో 'నోబెల్' బహుమతి వచ్చింది.



పటం 29.4 విద్యుదయస్కాంత వర్ణ పటం : తరంగదైర్ఘ్యం విలువలు శూన్య (లేదా గాలి) యానకం దృష్ట్యా ఇవ్వబడినవి.

సమాచార వ్యవస్థలో ప్రసారిణి విద్యుదయస్కాంత తరంగాలను యాంటెన్నా సహాయంతో ఉద్గారం చేస్తుంది. ఈ తరంగాలు అంతరాళంలో ప్రయాణం చేసి సేకరిణి చేత గ్రహించబడుతాయి. సేకరిణివద్ద మరొక యాంటెన్నా విద్యుదయస్కాంత తరంగాల నుండి శక్తిని (సమాచార రూపంలో) గ్రహిస్తుంది. మనం రేడియో తరంగాలను వేరు వేరు ప్రయోజనాల కొరకు ఉపయోగించుకుంటాం. టెలివిజన్ (TV) బ్రాడ్-కాస్ట్ కొరకు, (AM కంపన పరిమితి మాడ్యులేషన్), FM (పౌనఃపున్య మాడ్యులేషన్), రేడియో బ్రాడ్-కాస్ట్ కొరకు, పోలీస్ మరియు అగ్నిమాపక సిబ్బంది రేడియోలలో, ఉపగ్రహ TV ప్రసారం కొరకు, సెల్‌ఫోన్ ద్వారా మాట్లాడుట కొరకు, ఈ విధంగా పలు విధాలుగా ఉపయోగించుకుంటాం.

ప్రతి సంకేతం ఒక ప్రత్యేకమైన పౌనఃపున్యం వద్ద ఉంటుంది. కావున అవి అదే విధంగా గ్రహించబడి మిగిలిన పౌనఃపున్యాల నుంచి వేరుచేయబడుతుంది.

పట్టిక 29.2 లో రేడియో మరియు TV బ్రాడ్‌కాస్ట్ కొరకు అంతర్జాతీయంగా ఒప్పుకొనబడిన విద్యుదయస్కాంత వర్ణపటమును మరియు ప్రముఖ బ్రాండ్ పేర్లను మరియు వాటి అనువర్తనాలను ఇవ్వడం జరిగినది.

పట్టిక 29.2 రేడియో పౌనఃపున్యాల బ్యాండ్

బ్యాండ్	పౌనఃపున్య వ్యాప్తి	తరంగ దైర్ఘ్య వ్యాప్తి	అనువర్తనం
అత్యఅల్ప పౌనఃపున్యం Extremely Low Frequency (ELF)	< 30 Hz	> 10,000 km	సముద్రాల అంతర్భాగంలో సమాచారం కోసం
చాలా తక్కువ పౌనఃపున్యం Very Low Frequency (VLF)	3 - 30 kHz	100 – 10 km	SONAR
తక్కువ పౌనఃపున్యం Low Frequency (LF)	30 - 300 kHz	10 – 1 km	నౌకాప్రయాణం కొరకు (marine navigater)
మధ్యస్థ పౌనఃపున్యం	300 kHz - 3 MHz	1 km – 100 m	Medium wave radio (MW)
అధిక పౌనఃపున్యం High Frequency (HF)	3 - 30 MHz	100 – 10 m	Short wave radio (SW)

అత్యధిక పౌనఃపున్యం Very High Frequency (VHF)	30 – 300 MHz	10 – 1 m	FM radio
అల్ట్రా హై పౌనఃపున్యం Ultra High Frequency (UHF)	300 MHz – 3 GHz	1 m – 10 cm	TV రేడియో ప్రసారాలు మరియు RADAR
సూపర్ హై పౌనఃపున్యం Super High Frequency (SHF)	3 – 30 GHz	10 – 1 cm	ఉపగ్రహ సమాచారం, సెల్యులర్ మొబైల్, TV ప్రసారాలు

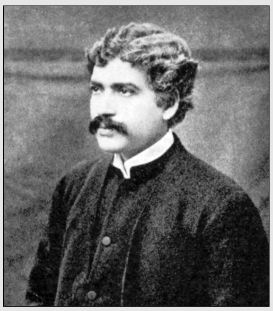
బ్రాడ్‌కాస్ట్ బ్యాండ్‌ల ఆధారంగా తరంగాలు

(i) మీడియం వేవ్ (530-1700 kHz) : వీటిని వ్యాపారాత్మక AM రేడియో బ్రాడ్‌కాస్టింగ్‌లో అత్యధికంగా వాడుతారు.

(ii) లాంగ్ వేవ్ (144-351 kHz) : వీటిని ఉత్తర, దక్షిణ అమెరికాల్లో తప్ప ప్రతిచోట ఉపయోగిస్తారు. అక్కడ, వీటిని (బ్యాండ్) ఏరోనాటికల్ నేవిగేషన్‌కై కేటాయించారు. వీటి తరంగదైర్ఘ్యాలు అధికంగా ఉండటం వల్ల ఇవి భూమి వంపుల వద్ద వివర్తనం చెందుతాయి. దీంతో భూతల ప్రసారంలో ముఖ్యంగా రాత్రివేళ AM రేడియో ప్రసారాలను సుదూరాలకు చేరవేయవచ్చు.

(iii) షార్ట్ వేవ్ (3-30 M Hz) : ట్రాన్స్‌మిటింగ్ స్టేషన్ నుంచి చాలా ఎక్కువ దూరంలోని ప్రాంతాలకు రేడియో సేవలను అందించడానికి వీటిని ఉపయోగిస్తారు. షార్ట్‌వేవ్ అధిక వ్యాప్తి బ్రాడ్‌కాస్ట్‌ని తక్కువ ఆడియో ఫిడిలిటీ ఖర్చు ద్వారా పొందవచ్చు. షార్ట్‌వేవ్ ప్రసారాలు ఐనో ఆవరణం ద్వారా జరుగుతాయి.

జగదీష్ చంద్రబోస్ (Jagadish Chandra Bose) (1858 – 1937)



జగదీష్ చంద్రబోస్ తన యొక్క పాఠశాల విద్యాభ్యాసం అయిన పిదప 1880 సంవత్సరంలో యూనివర్సిటీ ఆఫ్ లండన్‌లో మెడిసిన్ అభ్యసించుటకు లండన్ వెళ్ళినాడు. ఒక సంవత్సరంలోనే కేంబ్రిడ్జి ద్వారా స్కాలర్‌షిప్ పొంది క్రైస్ట్ కాలేజీలో సామాన్యశాస్త్రం అభ్యసించినాడు. కేంబ్రిడ్జిలో అతని యొక్క ఉపన్యాసానికి రేలీ (Rayleigh) శాస్త్రజ్ఞుడు ప్రభావితం చెందినాడు. 1884 సంవత్సరంలో కేంబ్రిడ్జి యూనివర్సిటీ చేత B.A డిగ్రీను మరియు B.Sc. డిగ్రీను లండన్ యూనివర్సిటీ చేత పొందినాడు. తరువాత లండన్ నుండి బోస్ ఇండియాకు తిరిగి వచ్చిన పిదప కలకత్తాలోని ప్రెసిడెన్సీ కళాశాలలోభౌతికశాస్త్రంలో అఫిసియేటింగ్ ప్రొఫెసర్‌గా చేరినాడు. అనేక మంది ఆయన విద్యార్థులు వివిధ రంగాలలో నిష్ణాతులుగా పేరొందినారు. బోస్ – ఐన్‌స్టీన్ స్టాటిస్టిక్‌ను ప్రతిపాదించిన వారిలో ఒకరైన సత్యేంద్రనాథ్

బోస్ మరియు ఉష్ణ అయనీకరణం (Thermal ionization) అను విప్లవాత్మక సిద్ధాంతాన్ని ప్రతిపాదించిన M.N. సాహా అతని యొక్క విద్యార్థి బృందంలోని వారు.

1894 సంవత్సరంలో ప్రెసిడెన్సీ కళాశాలలో ఉన్న బాత్ రూమ్‌లో చిన్న ప్రదేశాన్ని బోస్ ప్రయోగశాలగా మార్చినాడు. దానిలో కాంతి వక్రీభవనం, వివర్తనం మరియు ద్రువణ సంబంధ ప్రయోగాలు చేసినాడు. వికిరణాన్ని స్వీకరించుటకు సున్నితమైన గాల్వానామీటరు కలప బడిన అనేక సంధులను ఉపయోగించినాడు. తక్కువ తరంగ దైర్ఘ్య రేడియో తరంగాల కొరకు, తెలుపు మరియు అతి నీలలోహిత కిరణాలను సేకరించే సేకరిణిలలోను గాలీనా (Galena) స్ఫటికవాడకాన్ని అభివృద్ధి పరచాడు. 1895 సంవత్సరములో బోస్ మొట్టమొదటగా రేడియో ప్రసారాల్ని అందరిముందు జరిపినాడు. ఈ ప్రక్రియలో విద్యుదయస్కాంత కిరణాలచేత దూరంగా ఉన్న బెల్‌ను మ్రోగించినాడు. మరియు గన్‌పౌడర్ ను పేల్చినాడు. 1897 సంవత్సరంలో ఉపన్యసించుట కొరకు లార్డ్‌రేలీ (Lord Rayleigh) శాస్త్రవేత్త చేత ఆహ్వానింపబడినాడు. బోస్ మైక్రో తరంగాలపై (2.5 cm - 5 mm) తన యొక్క పరిశోధనలను, ఇంగ్లాండ్ లోని రాయల్ ఇనిస్టిట్యూట్‌కు మరియు ఇతర సోసైటీలకు పంపాడు. కాని వాటి యొక్క ప్రయోగాత్మక అనువర్తనం పై సందేహంతో ఇతను నోబుల్ బహుమతి పొందలేక పోయినాడు.

19 వ శతాబ్దపు చివరిలో బోస్ తనయొక్క ప్రయోగాలను మొక్కల యొక్క ప్రతిస్పందనలపై మరల్చినాడు. ఇతను 1915 సంవత్సరంలో రిటైర్ అయిన తర్వాత ప్రొఫెసర్ ఎమిరిటస్‌గా నియమించినారు. రెండు సంవత్సరాల తర్వాత కలకత్తాలో ఇనిస్టిట్యూట్‌ను నెలకొల్పినారు. 1920 సంవత్సరంలో Fellow of the Royal Society గా ఎన్నుకొనబడినాడు.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 29.2

1. విద్యుదయస్కాంత తరంగం అనగానేమి?
2. రేడియో తరంగ పౌనఃపున్యం 30 MHz అయిన దాని తరంగ దైర్ఘ్యంను లెక్కించండి?
3. దృశ్యా కాంతి పౌనఃపున్య వ్యాప్తి ఎంత?

29.3 సాంప్లింగ్ సిద్ధాంతం

ఒక ఎనలాగ్ (అవిచ్ఛిన్న) సంకేతం నియమిత కాలవ్యవధిలో అనంత సంఖ్యలో పూర్తి ఖచ్చితమైన విలువలను కలిగి ఉంటుదని మీరు గుర్తుకు తెచ్చుకొండి. కాని అత్యధిక ఖచ్చితత్వంతో అత్యల్ప కాలవ్యవధిలో ఈ విలువలను కొలవటం మరియు నిల్వ చేయటం సాధ్యం కాదు. కాబట్టి మనం ఒక మంచి డిజిటల్ ఖచ్చితత్వ పద్ధతిని ప్రయోగ పూర్వకంగా ఎంచుకుంటాము. ఈ ప్రక్రియలో తొలి అడుగే సాంప్లింగ్. ఒక సంకేతాన్ని సాంపిల్ చేయడం కొరకు, మనం క్రమబద్ధమైన కాలవ్యవధులలో విలువలను నమోదు చేస్తాం. (ఏ రేటున సాంపిల్స్‌ను తీసుకుంటామో దానిని సాంప్లింగ్ రేటు అని అంటారు.)

సాంప్లింగ్ సిద్ధాంతం ప్రకారం అనలాగ్ సిగ్నల్‌ని దాని సాంపిల్స్ వర్ణిస్తాయి. సాంపిల్స్‌ని సమాన కాల వ్యవధులు T_s లలో తీసుకోవాలి. ఈ సాంప్లింగ్ పౌనఃపున్యం $f_s = \frac{1}{T_s}$ అనలాగ్ సంకేతం యొక్క గరిష్ట పౌనఃపున్య అంశానికి (బ్యాండ్ వెడల్పు) సమానం లేదా ఎక్కువగా లేదా రెట్టింపు. ఈ సమానత్వాన్ని Nyquist rate నిర్వచిస్తుంది. అంటే ఒక ఎనలాగ్ సంకేతాన్ని (అవిచ్ఛిన్న సంకేతాన్ని) సాంప్లింగ్ జేయడం వలన ఈ సంకేతం (ఎటువంటి సమాచార నష్టం లేకుండా) కంపన పరిమితి అవిచ్ఛిన్న కాల – విచ్ఛిన్న సంకేతాలుగా మారి ఆ తరువాత క్వాంటైసర్ ద్వారా కంపన పరిమితి, కాలం రెండింటి లోను విచ్ఛిన్న సంకేతంగా మారుతుంది. అంటే కంపన పరిమితి యొక్క అనంతమైన ఖచ్చితమైన విలువలు డిజిటల్ పరంగా భద్రపరచుకునే విలువలుగా మారుతాయి.

ఇంతకు ముందే చెప్పినట్లుగా ఎనలాగ్ మాడ్యులేషన్లు మూడు రకాలు. అవి కంపన పరిమితి మాడ్యులేషన్ (AM), పౌనఃపున్య మాడ్యులేషన్ (FM), దశా మాడ్యులేషన్ (PM). ఒక పల్స్‌డ్ వాహక తరంగానికి పల్స్ కోడ్ మాడ్యులేషన్ (PCM) మేలైనది.

29.4 మాడ్యులేషన్ - ఎనలాగ్ (AM and FM) మరియు డిజిటల్ (PCM)

ప్రసారం కొరకై సిగ్నల్‌ని ప్రాసెస్ చేసే క్రమాన్ని 'మాడ్యులేషన్' అంటారు. సమాచారాన్ని కలిగి ఉండే ఆడియో సిగ్నల్స్ పౌనఃపున్యం 20 kHz కంటే తక్కువగా ఉంటుంది. తక్కువ దూరాలకు నేరుగా ఉండే సరళమైన లింక్ ద్వారా వీటిని ప్రసారం చేయవచ్చు. కాని ఇలాంటి సిగ్నల్స్‌ని అధిక దూరాలకు కింది కారణాల వల్ల ప్రసారం చేయలేం.

1. యాంటెన్నా/ఏరియల్ పరిమాణం సిగ్నల్ తరంగదైర్ఘ్య విలువతో పోల్చుకోతగినంతగా ఉండాలి. అప్పుడే సిగ్నల్‌లో వచ్చే కాల మార్పులను యాంటెన్నా గుర్తిస్తుంది. తక్కువ పౌనఃపున్య లేదా (అధిక తరంగదైర్ఘ్య) సిగ్నల్స్‌కై పెద్ద యాంటెన్నాలను వాడాలని గుర్తుపెట్టుకోండి.

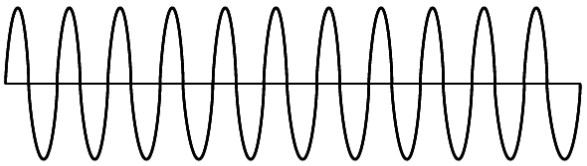
2. అల్ప పౌనఃపున్య సిగ్నల్స్ మోసుకొని వెళ్ళే సామర్థ్యం స్వల్పంగా ఉంటే తరంగాలు అధిక దూరానికి ప్రసరించవు.

సిగ్నల్ శోషణం లేదా వికిరణ నష్టం వల్ల, సిగ్నల్ క్రమంగా బలహీనమడం దీనికి ప్రధాన కారణం. మరొక రకంగా చెప్పాలంటే అధిక దూరం ప్రసారాలకు అధిక పౌనఃపున్యంతో ఉండే సిగ్నల్స్‌ని ఉపయోగించాలి. కానీ, ఈ తరహా సిగ్నల్స్ అవసరమైన సమాచారాన్ని మోసుకొని వెళ్ళలేవు. దీన్ని బాగా అర్థం చేసుకోవడానికి ఇక్కడ ఒక సరళమైన సంఘటనను చర్చిద్దాం.

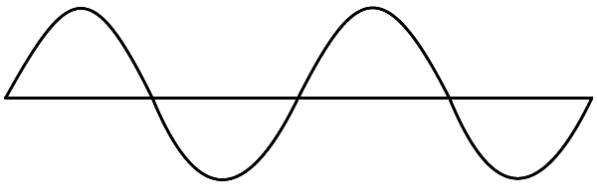
భారత సైన్యం తమ వైపు శత్రు బలగాలు రావడాన్ని గుమనించింది అని అనుకొందాం. తమ స్థావరాన్ని రక్షించుకోవడానికి, బేస్ క్యాంపు నుండి మరొకొంత సైన్యం వారి వద్దకు రావాలి. కాని సైనికుడు క్యాంపుకి

వెళ్లి సమాచారం ఇచ్చి, సైన్యం వచ్చే లోపల వారి పోస్టు(స్థావరం) శత్రువశం కావచ్చు. కాబట్టి వార్తను తీసుకొనివెళ్ళే సైనికుడికి, వేగంగా వెళ్ళే గుర్రం వాహకంగా అవసరం. గుర్రం పరుగెడుతుంది కాని, సమాచారాన్ని ఇవ్వలేదు. కాబట్టి, దీనికి పరిష్కారం, సైనికుడు గుర్రం వీపుపై కూర్చొని వెళ్ళడమే. సిగ్నల్ ప్రసారంలో, ఆడియో సంకేతం సైనికుడి వలె, అధిక పౌనఃపున్య రేడియో తరంగం గుర్రం (వాహకం) వలె పనిచేస్తుంది. కాబట్టి తక్కువ పౌనఃపున్యం కలిగిన సంకేతాలను ఎక్కువ పౌనఃపున్యంతో ఉండే వాహక తరంగంపై అధ్యారోపణం చెందించి, ఒక సంకేతాన్ని రూపొందించి, దాన్ని ప్రసారానికి అనుగుణంగా రూపొందిస్తారు. నిజ సంకేతాన్ని ఒక సిగ్నల్ జనరేటర్ సహాయంతో విద్యుత్ సిగ్నల్‌గా మార్చుతారు. దీన్నే బేస్‌బ్యాండ్ సిగ్నల్ అంటారు. వాహక తరంగం అవిచ్ఛిన్నం లేదా స్పందనాత్మకం (pulsed) కావచ్చు. ఒక సైన్ తరంగాన్ని దాని కంపనపరిమితి, పౌనఃపున్యం మరియు దశ (phase) లు నిర్ధారిస్తాయి. కాబట్టి, ఈ మూడింటిలో ఒక దాన్ని మార్చవచ్చు. దీన్ని ఎనలాగ్ మాడ్యులేషన్ అంటారు. ఇది రెండు రకాలు. అవి కంపన పరిమితి మాడ్యులేషన్ (**AM**) మరియు పౌనఃపున్య మాడ్యులేషన్ (FM).

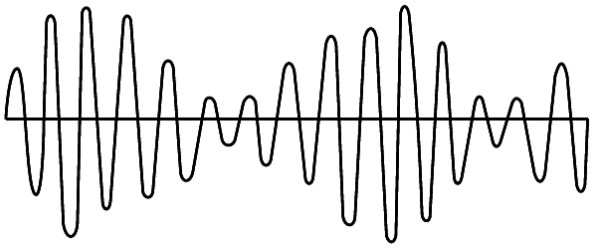
కంపనపరిమితి మాడ్యులేషన్‌లో, హెచ్చు పౌనఃపున్యం గల వాహకతరంగం (పటం 29.5 (a)) యొక్క కంపన పరిమితి తక్కువ పౌనఃపున్యం గల శ్రవ్య లేదా దృశా మాడ్యులేటింగ్ సంకేతాన్ని (పటం 29.5 (b)) అనుసరించి ఆధునీకరించబడుతుంది. మాడ్యులేటింగ్ తరంగం కంపనపరిమితి పెరుగుతూంటే, మాడ్యులేటెడ్ వాహక తరంగం యొక్క కంపన పరిమితి కూడా పెరుగుతూ ఉంటుంది. అదే విధంగా తగ్గుతూ ఉంటే తగ్గుతుంటుంది. చివరకు మాడ్యులేటెడ్ తరంగం అచ్ఛాదనము మాడ్యులేటెడ్ సంకేతం (పటం : 29.5 (c)) కంపన పరిమితి, పౌనఃపున్యాలపై ఆధారపడి ఉంటుంది.



(a) హెచ్చు పౌనఃపున్యం గల సైన్ వాహక తరంగం



(b) తక్కువ పౌనఃపున్యం గల (సమాచారం లేదా సందేశం సంకేతం)



(c) కంపన పరిమితి మాడ్యులేటేడ్ వాహక తరంగం

పటం 29.5 : మాడ్యులేటింగ్ సంకేతంతో వాహక తరంగాన్ని మాడ్యులేషన్ చేయడం

దీనిని అర్థం చేసుకోవడాని, శ్రవ్య సంకేతం మరియు వాహక తరంగం యొక్క తక్షణ కంపనపరిమితులకు సమాసాలను వ్రాద్దాము.

$$v_a(t) = v_{ao} \sin \omega_a t \qquad (29.1\ a)$$

మరియు

$$v_c(t) = v_{co} \sin \omega_c t \qquad (29.1\ b)$$

ఇక్కడ ω_a మరియు ω_c లు. కోణీయ పౌనఃపున్యాలు మరియు v_{ao} మరియు v_{co} లు శ్రవ్య వాహక సంకేతాల యొక్క కంపనపరిమితిలు వరుసగా సూచిస్తాయి. కంపనపరిమితి మాడ్యులేషన్‌లో శ్రవ్య సంకేతంను వాహకతరంగంపై అధ్యారోపణం చెందిస్తాము. కావున, మాడ్యులేటెడ్ తరంగం యొక్క ఫలిత కంపనపరిమితిని క్రింది విధంగా వ్రాస్తాము.

$$A(t) = v_{co} + v_a(t) = v_{co} + v_{ao}\sin\omega_a t$$

$$= v_{co}\left[1 + \frac{v_{ao}}{v_{co}}\sin\omega_a t\right] \qquad (29.2)$$

కావున మాడ్యులేటెడ్ తరంగాన్ని క్రింది విధంగా వ్రాస్తాము.

$$v_c^{mod}(t) = A\sin\omega_c t = v_{co}\left[1 + \frac{v_{ao}}{v_{co}}\sin\omega_a t\right]\sin\omega_c t \qquad (29.3)$$

సమీకరణం 29.3 నుండి మాడ్యులేటెడ్ తరంగం యొక్క తక్షణ కంపనపరిమితిని ఎనలాగ్ శ్రవ్య సంకేతం యొక్క కంపనపరిమితి మరియు పౌనఃపున్యం ఆధారంగా కనుగొంటారని గమనించవచ్చు. ఇక్కడ నిష్పత్తి v_{ao}/v_{co} అనేది ఎంతవరకు అయితే ఎనలాగ్ మాడ్యులేటింగ్ సంకేతం వల్ల వాహక తరంగ కంపనపరిమితి ఎంత వరకు మార్పు చెందిందో తెలియజేస్తుంది. దీనిని కంపనపరిమితి మాడ్యులేషన్ సూచిక అని అంటారు. దీనిని m_a తో సూచిస్తారు. మాడ్యులేషన్ సూచిక పదాలలో సమీకరణం 29.3 ని తిరిగి వ్రాస్తే,

$$v_c^{mod} = v_{co}(1 + m_a\sin\omega_a t)\sin\omega_c t$$

$$= v_{co}\sin\omega_c t + v_{co}m_a\sin\omega_a t\sin\omega_c t$$

$$= v_{co}\sin\omega_c t + \frac{v_{co}m_a}{2}\cos(\omega_c - \omega_a)t - \frac{v_{co}m_a}{2}\cos(\omega_c + \omega_a)t \qquad (29.4)$$

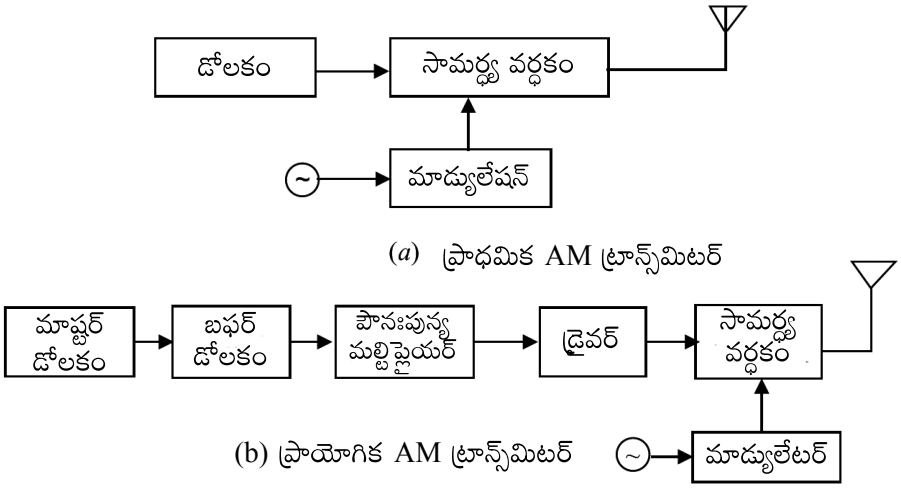
సమీకరణం 29.3 నుండి మనం వీటిని గమనించవచ్చు.

(i) పటం 29.5 (c) లో చూపిన మాడ్యులేటేడ్ తరంగం మూడు అంశాలను కలిగి వుంటుంది. మొదటి పదం వాహక తరంగాన్ని మరియు రెండవ పదం దేని పౌనఃపున్యం అయితే వాహక తరంగ పౌనఃపున్యం కంటే తక్కువ వుంటుందో దానిని సూచిస్తుంది. ఇది లోయర్ సైడ్ బ్యాండ్ ను ఏర్పరుస్తుంది. మూడవ పదం వాహక తరంగ పౌనఃపున్యం కంటే ఎక్కువ పౌనఃపున్యాన్ని తెలియజేస్తాయి. ఇవి అప్పర్ సైడ్ బ్యాండ్.

(ii) మాడ్యులేటింగ్ సంకేతం యొక్క పౌనఃపున్యం ప్రత్యక్షంగా మాడ్యులేటింగ్ సంకేతం యొక్క కంపనపరిమితిని కలిగి వుండదు.

సైడ్ బ్యాండ్స్ లో సంచార వ్యవస్థ గరిష్ట సామర్థ్య ప్రసారం కలిగి వున్నప్పుడు ఎక్కువ దక్షతతో సమాచార బదిలీ జరగడం మెచ్చుకోదగిన విషయం.

పటం 29.6 (a) లోని రేఖా చిత్రము ఒక ప్రాథమిక ఎనలాగ్ AM ట్రాన్స్ మీటర్‌ను సూచిస్తుంది. ఇక్కడ డోలకము ఒక స్థిర పౌనఃపున్యాన్ని పొందుపరుస్తుంది. మరియు సామర్థ్య వర్ధనము సంకేతాన్ని మాడ్యులేట్ చేస్తుంది. విలక్షణ AM ప్రసార ట్రాన్స్‌మీటర్ (పటం 29.6 (b)) హార్ట్లి కాల్‌పిట్స్ లేదా క్రిస్టల్ నియంత్రిత డోలకాలను ఉపయోగిస్తారు.



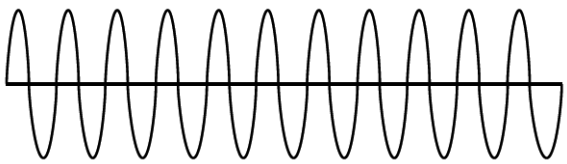
పటం 29.6 : రేఖాచిత్రాలు

అంతే కాకుండా మాస్టర్ డోలకం మరియు మిగిలిన వలయం నడుమ మేలైన వర్ధకాన్ని ఉపయోగిస్తారు. ఇంకనూ సంకేత పౌనఃపున్యం యొక్క పౌనఃపున్యం, కంపనపరిమితిని పెంచేందుకు మల్టిప్లయిర్ మరియు డ్రైవర్ వర్ధకాలను సామర్థ్య వర్ధకంలో మాడ్యులేషన్ చేసే ముందు కలుపుతారు.

ఏ ప్రసారంలో అయినా, గరిష్ఠ సామర్థ్య రేడియో ప్రసారిణిలకు అవధి 500 W నుండి 50 kW వరకు వుంటుంది. ప్రతీ ప్రసారం కూడా ఒక నిర్దిష్ట పౌనఃపున్యం చేత నిర్ధారింపబడి వుంటుంది. ఇతర సంకేతాలలో వ్యతికరణం చెందకుండా వలయాలను ఉపయోగించి వడపోస్తారు.

గత 50 సంవత్సరాలుగా బహుళ ప్రచారం పొందిన రేడియో ప్రసారాలు మీడియం వేవ్ (530 – 1700 kHz) మరియు షార్ట్ వేవ్ (3 – 30 MHz) లో వున్నాయి. ఇవన్నీ ఎనలాగ్ AM బ్రాడ్ కాస్ట్ ప్రసారాలు. ఎనలాగ్ FM బ్రాడ్‌కాస్ట్ మంచి నాణ్యత గల ప్రసారాలు అయినప్పటికిని దానిని అందరూ ఎక్కువగా ఎంచుకుంటున్నప్పటికిని AM వ్యాప్తి చెందుతూనే ఉంది. పైగా రేడియో తరంగాలు ఇతర వానికంటే సౌకర్యంగా ఉంటాయి. అందుకే సొంతంగా బ్రాడ్ కాస్ట్ సేవలు అందించేవారు AM ను విరివిగా వాడుకుంటున్నారు. విద్యా సంస్థలు, విద్యాబోధనకోసం, గ్రామీణ యువత సాధికారత కోసం, గృహిణుల కోసం FM రేడియో కేంద్రాలు ఏర్పాటు చేసి నిర్వహించబడుతున్నాయి. TV ప్రసారాల్లో శ్రవణం పౌనఃపున్య మాడ్యులేషన్ గాను, దృశ్యం (చిత్రాలు) కంపనపరిమితి మాడ్యులేషన్‌గాను చేయబడుతున్నాయి.

పౌనఃపున్య మాడ్యులేషన్ : దీన్లో వాహక తరంగం యొక్క కంపనపరిమితి స్థిరంగా ఉంటుంది. కానీ పౌనఃపున్యం అనేది తక్షణ పౌనఃపున్యానికి అనుగుణంగా ఆడియో లేదా వీడియో తరంగాలుతో పాటు మారుతూ ఉంటుంది. మాడ్యులేటింగ్ తరంగం యొక్క వోల్టేజి ఎక్కువగా ఉన్నప్పుడు కేరియర్ తరంగ పౌనఃపున్యం పెరుగుతుంది. మరియు ఆ తరంగం యొక్క మాడ్యులేటింగ్ సంకేతం



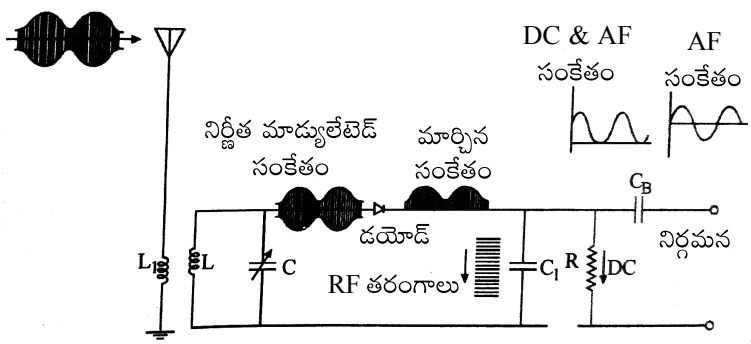
పటం 29.7 : మాడ్యులేటేడ్ వాహక తరంగం పౌనఃపున్యం

తక్కువగా ఉన్నప్పుడు కేరియర్ తరంగ పౌనఃపున్యం తగ్గుతుంది. మరియు ఆ తరంగం యొక్క మాడ్యులేటింగ్ సంకేతం తగ్గుతుంది. కేరియర్ తరంగ పౌనఃపున్యం తగ్గితే FM తరంగ యొక్క పౌనఃపున్యం గరిష్ట, కనిష్టాల మధ్య పటం (29.7) లో చూపిన విధంగా మారుతుంది.

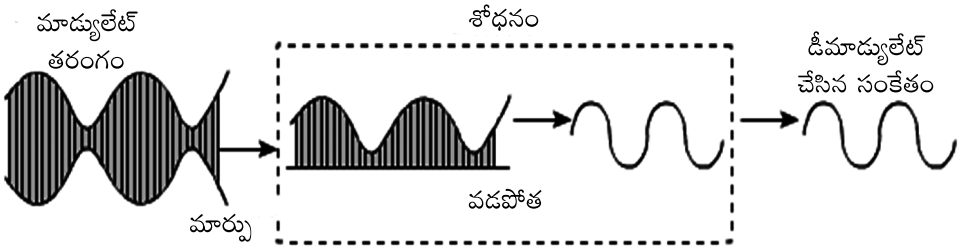
ఒక FM ట్రాన్స్‌మీటర్ అనేది ఖచ్చితంగా ఒక డోలకాన్ని కలిగి ఉంటుంది. కేరియర్ తరంగం యొక్క పౌనఃపున్యం మనం అందించే నివేశ ఆడియో సంకేతం మీద ఆధారపడుతుంది. (సాధారణంగా LC డోలకంలో మారే కెపాసిటిన్స్ ఉండటంవల్ల లేదా మనం కెపాసిటర్‌కు మారే కరెంటు అందించడం వల్ల, ఉదాహరణకు తిరోబయోస్ డయోడ్‌ను ఉపయోగించినపుడు, ఆ డయోడ్ యొక్క కెపాసిటిన్స్ మనం అందించిన వోల్టేజితో పాటు మారుతుంది. మాడ్యులేటింగ్ తరంగం యొక్క శక్తిని పెంచిన తరువాత, దానిని ఆంటెనాకు పంపుతారు. తక్కువ రేడియో పౌనఃపున్యం కలిగిన ఈ స్టేషన్‌లు ఈ ఆంప్లిట్యూడ్ మాడ్యులేషన్ ను ప్రసారానికి ఉపయోగించుకుంటున్నాయి. ఎందుచేతనంటే ఇది చాలా సరళమైన పద్ధతి.

దశామాడ్యులేషన్ : దీన్లో కేరియర్ సంకేతం యొక్క దశాకోణంను మాడ్యులేటింగ్ పౌనఃపున్యంనకు అనుగుణంగా మార్చడం జరుగుతుంది. ఎనలాగ్ పల్స్ మాడ్యులేషన్‌ను ఆంప్లిట్యూడ్ మాడ్యులేషన్ లేదా కాల మాడ్యులేషన్ అనవచ్చు. అదే విధంగా దశా మాడ్యులేషన్ రెండు రకాలు. అవి దశాకోడ్ మాడ్యులేషన్ మరియు దశా డెల్టా మాడ్యులేషన్.

దశా కోడ్ మాడ్యులేషన్ (PCM) లో మాడ్యులేటింగ్ సంకేతం మరియు దాని పరిమాణం మొదట శాంపిల్‌గా తీసుకుంటారు. (ఫిక్సిడ్ రిఫరన్స్‌తో) ఒకొక్క సాంపిల్‌ను క్వాంటీకరణం చెందిస్తారు. ఎన్‌లాగ్ సంకేతాన్ని డిజిటల్ సంకేతాలుగా చూపినపుడు సంకేతం యొక్క పరిమాణం ఒక క్రమమైన ఏకరీతి పద్ధతిలో T_s కాలవ్యవధులలో సాంపిల్ చేయబడుతుంది. ఈ బైనరీసంకేతం సాధారణంగా వాహకం గుండా ఎనలాగ్ కరెంట్ ప్రసారం చెందగానే లాండ్ లైనుకు చేయబడుతుంది. ఎనలాగ్ సంకేతాలను డిజిటల్ సంకేతాలుగా మార్చేందుకు PCM ని ఉపయోగిస్తారు. ఈ స్పందన సంకేత మాడ్యులేషన్ (PCM) ను డిజిటల్ వ్యవస్థ ఈ స్పందన సంకేత మాడ్యులేషన్ ను డిజిటల్ వ్యవస్థలలోనూ మరియు డిజిటల్ ఆడియో రికార్డింగ్ లను కాంపాక్టు డిస్క్ (సిడి) లలోను ఉపయోగిస్తారు.



పటం 29.8 (a) : డీమాడ్యులేటర్ వలయ పటం



పటం 29.8(b) : మాడ్యులెటేడ్ తరంగ రూపం 1) నివేశిత 11) నిర్గమ

29.5 డీమాడ్యులేషన్

సమాచారం కలిగిన మాడ్యులేషన్ సంకేతాన్ని యాంటెనా ఒకసారి వికిరణం చెందించిందంటే అది అంతరాళంలో ప్రయాణిస్తూ ఉంటుంది. చాలా ప్రసార స్టేషన్లు ఉంటాయి కాబట్టి, మన యాంటెనాను వేలాది సంకేతాలు చేరతాయి. మనకు కావలసిన సంకేతాన్ని ఎంచుకుని వాహక తరంగాన్ని మాడ్యులేటింగ్ సంకేతాన్ని విడగొట్టాలి. అంటే ఈ డీమాడ్యులేటింగ్ ప్రక్రియలో రేడియో పౌనఃపున్య వాహకాన్ని మాడ్యులేషన్ ప్రక్రియ నిర్వహించడానికి పటం 29.8 (a) చూపిన వలయాన్ని ఉపయోగిస్తాం. యాంటెనా గ్రహించిన మాడ్యులేటెడ్ తరంగాన్ని అనునాద వలయానికి అందిస్తాం.

వివిధ RF వోల్టేజిలు రిసీవర్ ఏరియల్‌లో ప్రేరేపితం అవుతాయి. L_1, L ప్రేరణ వేష్టనాల మధ్య గల విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణం వల్ల LC వలయ అనునాద పౌనఃపున్యానికి సమానమైన వోల్టేజీలు మాత్రమే గుర్తించబడతాయి. LC వలయంలో C విలువను మార్చుతూ అనునాద పౌనఃపున్యాన్ని మార్చి అవసరమైన RF సిగ్నల్‌ని మాత్రమే ఎంచుకోవచ్చు. ఎంచుకొన్న సిగ్నల్‌ని లోపాస్ ఫిల్టర్ RC_1 లోని డయోడ్ ద్వారా రెక్టిఫై చేస్తారు.

RF వాహక తరంగాన్ని లో-రియాక్టన్స్ కెపాసిటర్ C_1 ఫిల్టర్ చేస్తుంది. దీన్నే RF ఫిల్టర్ కెపాసిటర్ లేదా RF బైపాస్ కెపాసిటర్ అంటారు. సిగ్నల్‌లో మిగిలిపోయిన dc అంశాన్ని R ద్వారా పక్కకి తొలిగిపోతుంది. ఎందుకంటే అది అడ్డుకొనే కెపాసిటర్ C_B ద్వారా ప్రయాణించలేదు. కాని, అల్ప పౌనఃపున్య AF సిగ్నల్ C_B ద్వారా సులభంగా ప్రయాణించి నిర్గమనం (output) వద్ద అందుబాటులో ఉంటుంది. హెడ్‌ఫోన్ లాంటి అనువైన పరికరం ద్వారా పంపితే, నిజమైన ధ్వనిని వినొచ్చు. పటం 29.8 (b) లో మాడ్యులేటెడ్, డిమాడ్యులేటెడ్ తరంగాలను చూడవచ్చు.

29.6 అంతరిక్ష సమాచార ప్రసారం

భూమిని ఆవరించిన వాతావరణం, రోదసిని ఉపయోగించుకొని ప్రసార, సేకరిణి కేంద్రాల మధ్య నిస్త్రంత్రి (wireless) సమాచార ప్రసారాన్ని అంతరిక్ష కమ్యూనికేషన్ అంటారు. ఒక ప్రదేశం నుంచి మరొక ప్రదేశానికి విద్యుదయస్కాంత తరంగాల ప్రసారంలో భూవాతావరణం ప్రధాన పాత్ర పోషిస్తుంది. దీనికి కారణం గాలి ఉష్ణోగ్రత, సాంద్రత మరియు విద్యుత్ వాహకత్వాల్లో వచ్చే మార్పులు. వాతావరణం వికిరణాన్ని శోషించుట, ఎత్తు కూడా ప్రధాన కారణాలు ఉదాహరణ : (i) పరారుణ ప్రాంతంలోని వికిరణాలను వాతావరణం శోషించుకొంటుంది. (ii) అతినీలలోహిత వికిరణాలను ఓజోన్ పొర శోషించుకొంటుంది.

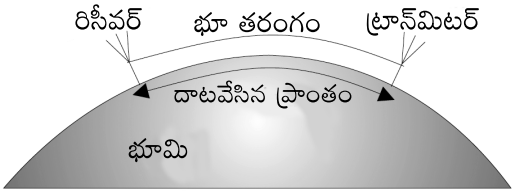
వాతావరణంలోని కింది పొరలు సమాచార ప్రసారంలో పాలుపంచుకొంటాయి.

- భూమి నుండి 60 km ల ఎత్తులలో C-ప్రాంతం ఉంటుంది. ఈ C-ప్రాంతం 3 kHz – 300 kHz పౌనఃపున్య వ్యాప్తిలోని విద్యుదయస్కాంత తరంగాలను భూమి నుంచి పరావర్తనం చెందిస్తుంది. దీన్ని అధిక దూర ప్రత్యక్ష ప్రసారాలకు ఉపయోగిస్తారు.

- భూమి నుండి 80 km ల ఎత్తులలో D-ప్రాంతం ఉంటుంది. ఈ D-ప్రాంతం అల్ప పౌనఃపున్య వ్యాప్తి (3kHz – 300kHz) లోని విద్యుదయస్కాంత తరంగాలను పరావర్తనం చెందిస్తుంది. మధ్యంతర పౌనఃపున్య వ్యాప్తి (300 kHz – 3MHz) అధిక పౌనఃపున్య వ్యాప్తి (3 – 30MHz) లోని తరంగాలను ఈ ప్రాంతం శోషిస్తుంది.
- భూమి నుంచి 110 km ఎత్తులో E-ప్రాంతం ఉంటుంది. ఇది మధ్యంతర పౌనఃపున్య వ్యాప్తిలోని తరంగాలను ప్రసారం చెందిస్తే, అధిక పౌనఃపున్య వ్యాప్తిలోని తరంగాలను పగటి సమయంలో పరావర్తనం చెందిస్తుంది.
- 180 km ఎత్తులోని F_1-ప్రాంతం, తన ద్వారా అధిక పౌనఃపున్య తరంగాలను పంపిస్తుంది.
- F_2-ప్రాంతం (పగటి సమయంలో 300 km ఎత్తు, రాత్రి సమయంలో 350 km ఎత్తు) 30MHz పౌనఃపున్యం వరకు ఉండే విద్యుదయస్కాంత తరంగాలను పరావర్తనం చెందిస్తే, అధిక పౌనఃపున్యంతో ఉండే తరంగాలను తన ద్వారా ప్రసారం చేస్తుంది.

భూమికి సమీపంలో సముద్రమట్టం నుంచి 12 km ఎత్తులో ఉండే వాతావరణ ప్రాంతాన్ని ట్రోపో ఆవరణం. అంటామని మీరు కింది తరగతుల్లో నేర్చుకొనే ఉంటారు. ట్రోపో ఆవరణం ఉష్ణోగ్రత 290 K (భూమధ్యరేఖ వద్ద) నుంచి 220 K మధ్య మారుతూ ఉంటుంది. ఇచ్చట గాలికి సాంద్రత అత్యధికం, విద్యుత్ వాహకత్వం అత్యల్పం. దీనిపైన 50 km వరకు ఉండే పొర స్ట్రాటో ఆవరణం. ఓజోన్ పొర దిగువ స్ట్రాటో ఆవరణంలో సుమారు 15 km నుంచి 30 km వరకు విస్తరించి ఉంటుంది. స్ట్రాటో ఆవరణంపైన 90 km వరకు ఉండే పొర మీసో ఆవరణం. మీసో ఆవరణం కనిష్ఠ ఉష్ణోగ్రత సుమారు 180 K. మీసో ఆవరణం తరువాత 350 km వరకు ఉండేది ఐనో ఆవరణం. ఈ ప్రదేశంలో అయనీకరణం చెందిన అణువులు, ఎలక్ట్రాన్లు ఉంటాయి. ఎత్తుకు వెళ్ళే కొలది ఐనో ఆవరణ ఉష్ణోగ్రత సుమారు 1000 K వరకు పెరుగుతుంది. ఐనో ఆవరణం రేడియో తరంగాల ప్రసారంపై తన ప్రభావాన్ని చూపుతుంది. ఎలక్ట్రాన్ల సాంద్రత ఆధారంగా ఐనో ఆవరణాన్ని D, E, F_1 మరియు F_2 ప్రదేశాలుగా విభజించారు. D-ప్రాంతంలో ఎలక్ట్రాన్ సాంద్రత $10^9\ m^{-3}$ నుంచి $10^{11}\ m^{-3}$ కి, F_2 ప్రాంతంలో $10^{12}\ m^{-3}$ కి ఎత్తుతో పెరుగుతుంది. వివిధ ఎత్తుల వద్ద వివిధ సౌర వికిరణ శోషణం వల్ల, పదార్థ సంఘటనంలో మార్పులు రావడంతో ఉష్ణోగ్రత, సాంద్రత, వాహకత్వాల్లో మార్పులు కలుగుతాయి.

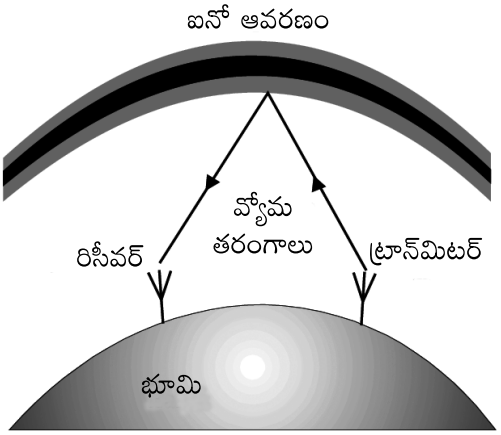
అంతరిక్ష సమాచార ప్రసారంలో ట్రాన్స్‌మిటర్ యాంటెన్నా నుంచి వెలువడే సిగ్నల్, రిసీవర్ యాంటెన్నాను చేరుట ప్రధానం. రేడియో తరంగం, పౌనఃపున్యం ఆధారంగా కమ్యూనికేషన్ కింది విధానాలుగా జరుగుతుంది. అవి : 1. భూ తరంగ ప్రసారం, 2. అంతరిక్ష తరంగ ప్రసారం, 3. వ్యోమ తరంగ ప్రసారం (sky wave propagation).



పటం 29.9 : భూ తరంగ ప్రసారం

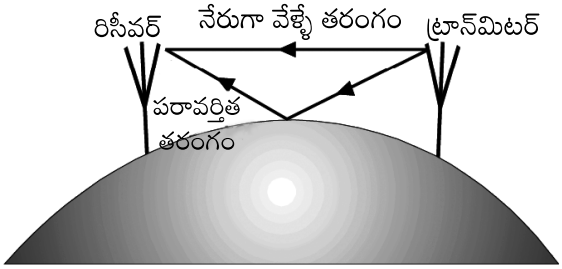
(i) భూ తరంగ ప్రసారం : పటం 29.9 లో చూపిన విధంగా భూతరంగ ప్రసారంలో విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు భూమి ఉపరితలం వెంబడి ప్రయాణిస్తాయి. ఇవి వస్తువుల మూలల వద్ద వంగటమే కాకుండా భూభాగంచే ప్రభావితం అవుతాయి. నిలువైన యాంటెన్నా సహాయంతో విద్యుదయస్కాంత తరంగాలను ప్రసారం చేస్తారు. విద్యుత్ క్షేత్రం E క్షితిజ లంబంగా, అయస్కాంత క్షేత్రం B క్షితిజ సమాంతరంగా ఉంటే ప్రసార స్థిరాంకం k, విద్యుత్ (E), అయస్కాంత (B) క్షేత్రాలకు లంబంగా ఉంటుంది. ద్రవ్య ధర్మాలైన వాహకత్వం, వక్రీభవన గుణకం మరియు రోధక స్థిరాంకం మొదలగునవి భూతల తరంగాల ప్రసారాన్ని నియంత్రిస్తాయి. అందువల్లనే వీటి ప్రసారం ఎడార్లపై కంటే సముద్రాలపై చాలా బాగా జరుగుతుంది. నిజానికి భూమి వక్రతలం కారణంగా కలిగే పరిక్షేపణం వల్ల ఇవి వేగంగా క్షీణిస్తాయి. అధిక తరంగ దైర్ఘ్యం ఉండే తరంగాలకు క్షీణత తక్కువగా ఉంటుంది. అందువల్లనే వీటిని తక్కువ పౌనఃపున్యాల ప్రసారంలో అధికంగా ఉపయోగిస్తారు. సముద్రాల్లో సబ్‌మెరైన్లతో జరిపే కమ్యూనికేషన్స్‌కి ఇవి ఏకైక ప్రత్యామ్నాయం. వీటిని ముఖ్యంగా షార్ట్ రేంజ్ కమ్యూనికేషన్‌లో ఉపయోగిస్తారు. పై కారణాల వల్ల రేడియో వేవ్ (300 kHz – 3 MHz) ట్రాన్స్‌మిషన్లో భూతరంగ ప్రసారాన్ని ఉపయోగిస్తారు.

(ii) వ్యోమ తరంగ లేదా ఐనో ఆవరణాత్మక సమాచార ప్రసారం : ఈ తరహా సమాచార ప్రసారంలో 3 MHz – 30 MHz పౌనఃపున్యాల వ్యాప్తిలో ఉండే విద్యుదయస్కాంత తరంగాలను ట్రాన్స్‌మిటింగ్ యాంటెన్నా ద్వారా ఆకాశంవైపు ప్రసారం చేస్తారు. వీటిని ఐనో ఆవరణం పరావర్తనం చెందించి సుదూర ప్రాంతాలకు చేరవేస్తుంది. వ్యోమ తరంగాల ప్రసార అభిలక్షణాలను ఐనో ఆవరణ పరావర్తన సామర్థ్యం నియంత్రిస్తుంది. ఐనో ఆవరణం భూమిని ఆవరించిన అదృశ్య విద్యుదయస్కాంత తరంగాల దర్పణం లాగ పని చేస్తుంది. రేడియో పౌనః పున్యాలకు ఇది దర్పణం లాగ పనిచేసి పరావర్తనం చెందిస్తే దృశ్యపౌనఃపున్యాలకు మాత్రం పారదర్శకంగా ఉంటుంది. (పటం . 29.10).



పటం 29.10 వ్యోమ తరంగ ప్రసారం

పరావర్తనం చెందించే పొర ఎత్తు ఆధారంగా ఒక ఐనో ఆవరణ పరావర్తనంతో భూమిపై పంపే సమాచార ప్రసార పరిధి 2010 నుంచి 3000 km వరకు ఉంటుంది. ఒక పరావర్తనంలో కలిగే సమాచార విలంబనం 6.8 నుంచి 10 ms. ఈ రకమైన ప్రసార పద్ధతిని 5 నుంచి 10 MHz పౌనఃపున్య వ్యాప్తి కలిగిన ఎక్కువ దూరం (షార్ట్ వేవ్) కమ్యూనికేషన్స్‌లో ఉపయోగిస్తారు. 10 MHz కంటే ఎక్కువ పౌనఃపున్యంతో ఉండే తరంగాలను ఐనో ఆవరణం పరావర్తనం చెందించక తన ద్వారా



పటం 29.11 : అంతరిక్ష తరంగ ప్రసారం

అంతరిక్షంలోకి ప్రసారం చేస్తుంది. ఐనో ఆవరణం ఎత్తు, సంఖ్యా సాంద్రతలో కాలానుగుణమైన మార్పుల వల్ల ప్రసార వ్యాప్తి మారుతుంది. సూర్యుడు ఉన్నప్పుడు, లేనప్పుడు అంటే పగలు రాత్రి సమయాల్లో ఐనో ఆవరణ సంఘటనం మారుతుంది. రాత్రి సమయంలో ఐనో ఆవరణం పరావర్తన లక్షణాలు బాగుండటం వల్ల, అంతర్జాతీయ బ్రాడ్‌కాస్ట్‌ని రాత్రివేళల్లో చేస్తారు.

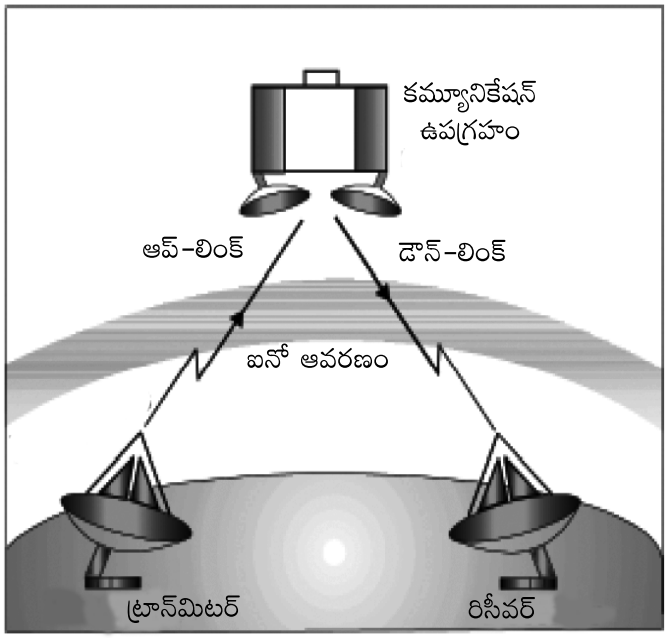
(iii) అంతరిక్ష తరంగ ప్రసారం : మీరు రేడియో స్టేషన్లో అధిక ఎత్తుతో ఉండే యాంటెన్నాలను చూసే ఉంటారు. వీటిని బ్రాడ్‌కాస్టింగ్‌లో ఉపయోగిస్తారు. పటం 29.11 లో చూపిన విధంగా అంతరిక్ష తరంగ ప్రసారంలో యాంటెన్నా నుంచి ప్రసారం అయిన VHF రేడియో తరంగాలు (30 MHz – 300MHz) రిసీవర్‌ని నేరుగా కానీ లేదా భూ వక్రతలం నుంచే పరావర్తనం చెందడంవల్ల కాని చేరుతాయి. (గమనిక: భూమి పరావర్తనం చేసిన తరంగాలు, భూ తల తరంగాలకు భిన్నమైనవి) నిజానికి నేరుగా జరిగే తరంగ ప్రసారం అధికం. కాని ఇది దృష్టిరేఖా సమాచారానికి పరిమితం. దూరం, భూమి ఉపరితలం వక్రతలంతోపాటు యాంటెన్నా ఎత్తు సమాచార ప్రసార కవరేజికి పరిమితులను విధిస్తాయి.

(iv) ఉపగ్రహ సమాచార ప్రసారం : ఇప్పటికి వరకు మీరు భూ తరంగాల, వాహక నష్టాలను, అంతరిక్ష తరంగాలు దృష్టిరేఖా సమాచారంతో పరిమితులను మరియు వ్యోమ తరంగాలు నిర్దిష్ట పౌనఃపున్యం తరువాత ఆయనీకృత పొరను చొచ్చుకొనిపోవుటను గురించి నేర్చుకొన్నారు. వీటన్నింటికి 1950లో ప్రయోగించిన కమ్యూనికేషన్ ఉపగ్రహాలు పరిష్కారాన్ని చూపాయి. ఉపగ్రహ సమాచార ప్రసారం ట్రాన్స్‌మిషన్, కమ్యూనికేషన్ విధివిధానాల్లో విప్లవాత్మక మార్పులు తెచ్చింది.

ఉపగ్రహ కమ్యూనికేషన్ ప్రాథమిక సూత్రాన్ని పటం 29.12 లో చూపించడం జరిగింది. మాడ్యులేషన్‌కు లోనైన వాహక తరంగాలను నేరుగా ఉపగ్రహంవైపు ట్రాన్స్‌మిటర్ ద్వారా ప్రసారం చేస్తారు. ఉపగ్రహంలోని రిసీవర్ వీటిని గ్రహించి వర్ధనం (amplify) చేసి తిరిగి వివిధ పౌనఃపున్యాలతో భూమికి ప్రసారం చేస్తుంది. వివిధ పౌనఃపున్యాల వల్ల వ్యతికరణం జరగదు. ఈ దశలను అప్-లింకింగ్, డౌన్-లింకింగ్ అంటారు.

కమ్యూనికేషన్ ఛానల్ సామర్థ్యాన్ని, పౌనఃపున్యంతో పెంచవచ్చని మనం కాంతి తరంగాల సమాచారంలో ఇదివరకే నేర్చుకొన్నాం. మరి పౌనఃపున్యాన్ని ఎంత వరకు పెంచుతూ పోవచ్చు? 10 MHz కంటే ఎక్కువ పౌనఃపున్యంతో ఉండే తరంగాలను ఐనో ఆవరణం పరావర్తనం చెందించదని మీకు తెలుసు. ఇలాంటి అధిక పౌనఃపున్యాలకు ఎత్తైన టవర్ల ద్వారా చేసే వ్యోమ తరంగ ప్రసారాన్ని మనం ఎంచుకొంటాం. కాని ఈ తరహా దృష్టిరేఖా సమాచారానికి కూడా పరిమితులు ఉన్నాయి. కాబట్టి అధిక వ్యాప్తి నిస్త్రంత్రి కమ్యూకేషన్స్‌లో 30 MHz కంటే ఎక్కువ పౌనఃపున్యం ఉన్నవాటిలో ఉదాహరణకు 50 - 1000 MHz వ్యాప్తిలోని TV ట్రాన్స్‌మిషన్స్‌లో ఉపగ్రహ కమ్యూనికేషన్ విధానాన్ని ఉపయోగిస్తాం.

36,000 km ఎత్తులో భూమి చుట్టూ పరిభ్రమించే ఉపగ్రహాన్ని స్వేచ్ఛాపతనంలో ఉంచడానికి కావాల్సిన అభికేంద్ర బలాన్ని భూమి – ఉపగ్రహాల మధ్య ఉండే గురుత్వాకర్షణ బలం చేకూర్చుతుంది. ఏ కక్ష్యలోనైతే ఉపగ్రహం భూమధ్యరేఖ చుట్టూ తిరగడానికి పట్టే కాలం భూమి ఆత్మభ్రమణ కాలం (ఒక రోజుకు) సమానం అవుతుందో దాన్ని భూస్థావర కక్ష్య అంటారు. దీన్లోని ఉపగ్రహం భూమి దృష్ట్యా స్థిరంగా ఉంటుంది. గ్రౌండ్ (Ground) స్టేషన్ల నుంచి ప్రసారమైన సిగ్నల్స్‌ని ఉపగ్రహం గ్రహించి, బలవర్ధకంగా మార్చి తిరిగి భూమికి ప్రసారం చేస్తుంది. ఉపగ్రహాలు భూస్థావర కక్ష్యలో లేకపోతే, వాటి చలనానికి అనుగుణంగా నిరంతరం రిసీవర్ యాంటెన్నాల స్థానాలను మార్చాల్సి ఉంటుంది. కమ్యూనికేషన్లలో వాడే ఉపగ్రహాలకు మరొ రెండు రకాల కక్ష్యలను కూడా ఉపయోగిస్తున్నారు. అవి : (i) భూ ధృవాల నుంచి (వాలు కోణం 90°) పోయే, 1000 km ఎత్తులోని ధ్రువీయ (పోలార్) కక్ష్యలు. (ii) ఎత్తైన ప్రదేశాలకు సమాచార ప్రసారానికై 'అతి దీర్ఘవృత్తాకార, వాలు కక్ష్యలు' (వాలు కోణం 63° తో).



పటం 29.12 : శాటిలైట్ కమ్యూనికేషన్

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 29.3

1. సరైన దాన్ని ఎంచుకోండి.

(a) మాడ్యులేషన్ ఉపయోగం.

(i) బ్యాండ్ వెడల్పును తగ్గించుటకు

(ii) వివిధ వినియోగదారుల ట్రాన్స్‌మిషన్లను వేరుపరుచుటకు

(iii) అధిక దూరాలను సమాచారాన్ని ప్రసారం చేయుటకు

(iv) ప్రాయోగాత్మక యాంటెన్నాలను ఉపయోగించుటకు

(b) బ్రాడ్ కాస్టింగ్‌లో AM ని వాడుటకు కారణం

(i) ఇతర మాడ్యులేషన్లతో పోల్చితే ఇది రొదను ఎక్కువ ఎదుర్కొంటుంది.

(ii) మిగతా వ్యవస్థలతో పోల్చితే, తక్కువ ప్రసార సామర్థ్యం అవసరం

(iii) రిసీవర్ సంక్లిష్టతను దూరం చేస్తుంది.

(iv) ఏ ఇతర మాడ్యులేషన్ వ్యవస్థలో లేని విధంగా తగిన బ్యాండ్ వెడల్పుని, నమ్మదగిన ట్రాన్స్‌మిషన్‌ని ఇస్తుంది.

2. పగటి కంటే రాత్రి వేళల్లో రేడియో ప్రసారాలను మీరు బాగా వింటారు. ఎందుకు?

3. సరైన దాన్ని ఎంచుకోండి.

(a) UHFవ్యాప్తిలోని పౌనఃపున్యాలను సాధారణంగా ప్రసారం చేసేవి.

(i) భూ తరంగాలు

(ii) వ్యోమ తరంగాలు

(iii) ఉపరితల తరంగాలు

(iv) అంతరిక్ష తరంగాలు

(b) ఉపగ్రహాలతో చేసే సమాచార ప్రసారం

(i) తక్కువ పౌనఃపున్యం (<30 MHz), తక్కువ దూరం.

(ii) తక్కువ పౌనఃపున్యం (<30 MHz), అధిక దూరం.

(iii) ఎక్కువ పౌనఃపున్యం (> 30 MHz), తక్కువ దూరం.

(iv) ఎక్కువ పౌనఃపున్యం (>30 MHz), ఎక్కువ దూరం

EDUSAT

భారత అంతరిక్ష పరిశోధనా సంస్థ (ISRO), భారత అంతరిక్ష శాఖ (DoS) సంయుక్తంగా సెప్టెంబర్ 2004లో తొలి ప్రత్యేక విద్యా విషయ ఉపగ్రహం *EDUSAT* ని ప్రయోగించింది. దేశంలోని అన్ని ప్రాంతాలకు సేవలను అందించిన ఈ ఉపగ్రహం KU బ్యాండ్ (2240 GHz) లో ప్రసారాలు చేసింది. 7 సంవత్సరాల పాటు సేవలను అందించేందుకు దీన్ని రూపొందించారు. ఈ ఉపగ్రహం : 1. రేడియో, టి.వి. బ్రాడ్-కాస్ట్, 2. ఇంటర్నెట్ ఆధారిత విద్య, 3. డేటా బ్రాడ్-కాస్టింగ్, 4. తిరిగి వెనక్కి సంభాషించుట, 5. ఆడియో-వీడియో ఇంటరాక్షన్, 6. ఇంటర్నెట్ ద్వారా చేసే వాయిస్ చాట్, 7. వీడియో కాన్ఫరెన్స్ సేవలను అందించింది.

ఇంతే కాకుండా కింది అంశాల్లో ఇది కొత్త దారులను తెరచింది. అవి :

1. నగరంలోని పేరొందిన సంస్థకు చెందిన టీచర్, దూర ప్రాంతాల్లోని స్కూల్ విద్యార్థులతో వీడియో కాన్ఫరెన్స్ నిర్వహించవచ్చు.

2. గ్రామాల్లో బడి మానేసిన విద్యార్థులు ఇంటర్నెట్ ఆధారిత విద్యను పొంది తిరిగి ప్రధాన విద్యా స్రవంతిలో చేరవచ్చు.

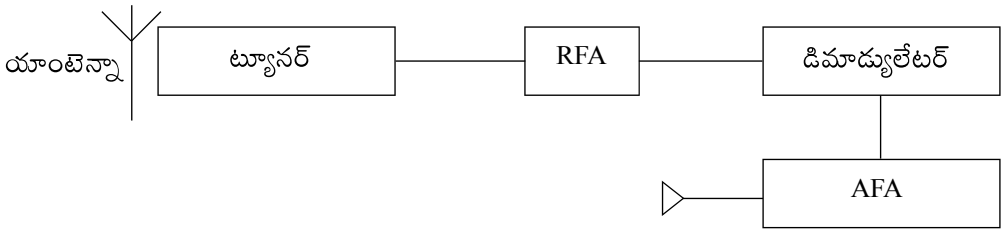
EDUSAT సహాయంతో 72 ఛానెళ్లను బ్రాడ్‌కాస్ట్ చేయవచ్చు. రాష్ట్రప్రభుత్వాలు, జాతీయ సంస్థలు, NIOS పెద్ద సంఖ్యలో నెట్‌వర్క్‌లను ప్రారంభించాయి. ఈ నెట్‌వర్క్‌ల సహాయంతో ప్రాంతీయ భాషల్లో కూడా విద్యను అందించడంలో విజయవంతం అయ్యారు.

సాధారణ సమాచార పరికరాలకు సంబంధించిన అదనపు సమాచారం

మనం ఇప్పటి వరకు సిగ్నల్ ప్రసారం, సేకరణకు సంబంధించిన ప్రాథమిక భౌతికశాస్త్రాన్ని చర్చించాం. మనమిప్పుడు సమాచార ప్రసారంలో వాడే కొన్ని ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలను గురించి తెలుసుకొందాం.

రేడియో

రేడియో ప్రసారంలో మొదట అధిక పౌనఃపున్య వాహక తరంగాన్ని సమాచార సంకేతం (స్వరం లేదా సంగీతం)తో మాడ్యులేషన్ చేస్తారు. మాడ్యులేషన్‌కు గురైన వాహక తరంగాన్ని యాంటెన్నా ద్వారా అంతరాళంలోకి ప్రసారం చేస్తారు. ఈ వాహక తరంగాన్ని గుర్తించే పరికరాన్ని రేడియో లేదా ట్రాన్సిస్టర్ అంటారు. రేడియో రిసీవర్, యాంటెన్నా లేదా ఏరియల్ ద్వారా రేడియో తరంగాలను గుర్తించి గ్రహిస్తుంది. LC వలయం సహాయంతో యాంటెన్నా ఎంచుకొన్న, బలహీన రేడియో ఫ్రీక్వెన్సీ (rf) ని ఆవర్ధనం చెందిస్తుంది. తదనంతరం, డిమాడ్యులేషన్ ప్రక్రియ ద్వారా రేడియో తరంగం నుంచి ఆడియో సిగ్నల్‌ని వేరుపరచి ఆవర్ధనం చేస్తుంది. ఆవర్ధిత ఆడియో సిగ్నల్‌ని లౌడ్‌స్పీకర్‌కి పంపి, నివేశ ఆడియో సిగ్నల్ యథాతథంగా మనకు వినిపిస్తుంది. రేడియో రిసీవర్ వలయ చిత్రాన్ని పటం 29.13 లో చూడవచ్చు.



పటం 29.13 : రేడియో రిసీవర్ వలయం

Fax

ఆధునిక ఆఫీసుల్లో ఫాసిమైల్ లేదా Fax లను చూస్తాం. టెలిఫోన్ లైన్ అనుసంధానంతో Fax దూర ప్రాంతంలోని వారితో సమాచార ప్రసారానికి అనుమతిస్తుంది. డాక్యుమెంట్లను ప్రసారం చేయడంలో ఇది అత్యంత వేగంగా, తక్షణమే జరిపే సమాచార బదిలీ పరికరం ముద్రిత, చేతితో రాసిన లేదా పటం రూపంలోని ఏ డాక్యుమెంటునైనా ఇది ప్రసారం చేస్తుంది.

Fax యంత్రాలు గత 150 ఏళ్ల నుంచి వాడుకలో ఉన్నాయి. ఎలక్ట్రానిక్స్‌లోని పురోగతికి అనుగుణంగా Fax యంత్రాల రూపకల్పనలో నిరంతరం మార్పులు జరుగుతున్నాయి. ప్రస్తుత Fax యంత్రాలు చాలా వేగంతమైనవి. ప్రధానంగా Fax మిషన్లో స్కానర్, ప్రింటర్లు ఉంటాయి. స్కానర్ డాక్యుమెంట్లోని ప్రతి వరుసను స్కాన్ చేసి టెలిఫోన్ ద్వారా ప్రసారం చేస్తుంది. చేరవేసిన సమాచారాన్ని రెండోవైపు Fax లోని ప్రింటర్ ముద్రిస్తుంది. స్కానర్, ప్రింటర్లను టెలికాం మాధ్యమం కలిపి ఉంచుతుంది. స్కానర్‌లో శక్తివంతమైన కాంతి జనకం నుంచి వచ్చిన కాంతిని ప్రతి వరుసలోని ప్రతి చిన్న భాగం కూడా పరావర్తనం చెందిస్తుంది. ప్రతి వరుసలో ఎడమ నుంచి కుడికి, అన్ని వరుసలను చివరి వరకు పరావర్తిత కాంతి సహాయంతో స్కాన్ చేస్తారు.

మోడెం (Modem)

కంప్యూటర్ టర్మినల్లను ఫోన్ లైన్ల ద్వారా కలుపేందుకు 1960 దశకంలో మోడెమ్ అందుబాటులోకి వచ్చింది. మాడ్యులేటర్ మరియు డిమాడ్యులేటర్ పదాల కలయికే మోడెం. శ్రేణిలో సంధానం చేసిన మోడెం కంప్యూటర్‌లోని డిజిటల్ డేటాని మాడ్యులేట్ చేసి టెలిఫోన్ లైన్‌కి తగ్గుటుగా ఎనలాగ్ సిగ్నల్‌గా మార్చుతుంది. గ్రహించే రెండో మోడెం, ఎనలాగ్ సిగ్నల్‌ని తిరిగి డిజిటల్ డేటాగా డిమాడ్యులేట్ చేసి కంప్యూటర్‌కి అందజేస్తుంది. మోడెం సమాచారాన్ని పంపేటప్పుడు మాడ్యులేటర్‌గా మరియు సమాచారాన్ని సేకరించేటప్పుడు డిమాడ్యులేటర్‌గా పనిచేస్తుంది. నిస్తంత్రి మోడెం డిజిటల్ డేటాని రేడియో సిగ్నల్‌గా, రేడియో సిగ్నల్‌ని డిజిటల్ డేటాగా మార్చుతుంది.

మీరు ఏమి నేర్చుకున్నారు

- సమాచార వ్యవస్థ ప్రధాన భాగాలు (i) ట్రాన్స్‌మిటర్ (ii) యానకం లేదా సిగ్నల్‌ని సుదూరాలకు చేరవేసే యంత్రాంగం (iii) సిగ్నల్‌ని మధ్యలోనే అడ్డగించి, గ్రహించే రిసీవర్.
- యాంటెన్నా లేదా ఏరియల్ ప్రాథమికంగా వాహకాలను కలిగిన వ్యవస్థ. ఇది కావలసిన రేడియో పౌనఃపున్య వ్యాప్తిలో విద్యుదయస్కాంత తరంగాలను ప్రభావాత్మకంగా వికిరణం లేదా శోషణం చేస్తుంది.
- ఎనలాగ్ సంకేతాలు కాలంతో పాటు అవిచ్ఛిన్నంగా మారుతాయి. డిజిటల్ సంకేతాలు నిర్దిష్ట స్పందనలను (Pulses) కలిగి ఉంటాయి.
- ఎనలాగ్ సమాచార ప్రసారంలో పోల్చితే డిజిటల్ వ్యవస్థ అధిక ప్రయోజనకరమైంది. ఇది ఉత్తమ నిర్వహణ, అనుగుణంగా మారే లక్షణాన్ని కలిగి ఉంటుంది.
- AM రేడియో బ్రాడ్‌కాస్ట్‌ని మూడు బ్యాండ్లలో చేస్తారు. అవి : 1. 144 – 351 kHz మధ్య చేసే లాంగ్‌వేవ్ కమ్యూనికేషన్, 2. 530 – 1,700 kHz మధ్య చేసే మీడియం వేవ్ కమ్యూనికేషన్ మరియు 3. 3 – 30 MHz మధ్య చేసే షార్ట్‌వేవ్ కమ్యూనికేషన్.

- ఎనలాగ్ సిగ్నల్స్ సాంప్లింగ్ సహాయంతో పూర్తిగా వివరించవచ్చు. వీటిని సమాన కాల వ్యవధి T_sలలో తీసుకొంటారు. సాంప్లింగ్ పౌనఃపున్యం $f_s = 1/T_s$ విలువ ఎనలాగ్ గరిష్ట పౌనఃపున్యం అంశానికి కనీసం రెండు రెట్లు అయ్యే విధంగా T_s ని తీసుకోవాలి.
- సాధారణ కొలతలతో ఉండే ఏరియల్ లేదా యాంటెన్నాల ద్వారా అల్ప పౌనఃపున్య సంకేతాలను అధిక దూరాలకు ప్రసారం చేయలేం. దీనికై మాడ్యులేషన్ ప్రక్రియ ద్వారా అల్పపౌనఃపున్య సందేశాలను అదిక పౌనఃపున్య వాహక తరంగంపై ఉంచి ప్రసారం చేస్తారు. కంపన పరిమితి మాడ్యులేషన్ (AM) లో అల్ప పౌనఃపున్య సమాచార సిగ్నల్‌కి అనుగుణంగా అధిక పౌనఃపున్య వాహక తరంగ కంపన పరిమితిని మార్చుతారు. పౌనఃపున్య మాడ్యులేషన్ (FM) లో వాహక తరంగం కంపన పరిమితి స్థిరంగా ఉంటుంది. కానీ పౌనఃపున్యం సమాచార సిగ్నల్ తక్షణ కంపన పరిమితికి అనుగుణంగా మారుతూ ఉంటుంది. అంటే, మాడ్యులేటింగ్ సిగ్నల్ కనిష్ఠ, గరిష్ఠ విలువలకు అనుగుణంగా మాడ్యులేషన్ చెందే వాహక తరంగం పౌనఃపున్యం కనిష్ఠం నుంచి గరిష్ఠానికి మారుతుంది.
- డిజిటల్ పల్స్‌కోడ్ మాడ్యులేషన్ (PCM) టెక్నిక్‌లో మాడ్యులేటింగ్ సిగ్నల్‌ని మొదట సాంప్లింగ్ చేస్తారు. ప్రతి సాంప్లింగ్ యొక్క కంపన పరిమితి పరిమాణాన్ని (నిర్దిష్ట స్థిర సూచిత విలువకు) క్వాంటీకరణం చేస్తారు. ల్యాండ్‌లైన్లో ఎనలాగ్ కరెంట్‌ని మాడ్యులేట్ చేసి బైనరీ కోడ్‌ని ప్రసారం చేస్తారు.
- విద్యుత్ కమ్యూనికేషన్ ఛానళ్ళు రెండు రకాలు. అవి : తీగ ఆధారిత (గైడెడ్ మీడియాను ఉపయోగించి), నిస్త్రంత్రి (అన్‌గైడెడ్ మీడియాను ఉపయోగించి)
- వేర్వేరు పౌనఃపున్య బ్యాండ్ వెడల్పును కలిగిన వేర్వేరు సందేశాలను ఏకకాలంలో ఒకే పథం ద్వారా ప్రసారం చేసే ప్రక్రియను మల్టిప్లెక్సింగ్ అంటారు. అధిక పౌనఃపున్య వాహకానికి అధిక సందేశ ప్రసార సామర్థ్యం ఉంటుంది.
- లోహ వాహకం నుంచి జరిగే మైక్రోవేవ్ (10^9 Hz) వైర్‌లెస్ ఛానల్ కంటే ఆప్టికల్ ఫైబర్ ద్వారా జరిగే దృశ్యకాంతి (10^{14} Hz) వైర్‌లైన్ ఛానల్ కమ్యూనికేషన్ సామర్థ్యం చాలా ఎక్కువ.
- వైర్‌లెస్ (నిస్త్రంత్రి) రేడియో కమ్యూనికేషన్‌లో లోహ యాంటెన్నా లేదా ఏరియల్ రేడియో తరంగాలను అంతరిక్షంలోకి ప్రసారం చేస్తుంది. మరియు రిసీవర్ ప్రాంతంలో గుర్తిస్తుంది. వాతావరణంలో రేడియో తరంగాల ప్రసారం వాటి పౌనఃపున్యంపై ఆధారపడుతుంది. 1 MHz వరకు పౌనఃపున్యం ఉండే తక్కువ (Low) మరియు మధ్యతరహా (Medium) రేడియో తరంగాలను భూ తరంగాల సమాచార ప్రసారంలో ఉపయోగిస్తారు. 300 kHz – 3 MHz పౌనఃపున్యంతో ఉండే మీడియం తరంగాలను ఐనో ఆవరణం శోషించుకుంటుంది. 3 – 30 MHz పౌనఃపున్యంతో ఉండే అధిక పౌనఃపున్య తరంగాలను ఐనో ఆవరణం పరావర్తనం చెందిస్తుంది. VHF, UHF తరంగాలను రెండు రకాలుగా ప్రసారం చేస్తారు. అవి : 1. ఎత్తైన టవర్లను (వ్యోమ తరంగ లేదా ట్రోపోస్ఫెరిక్ ప్రసారం) ఉపయోగించి చేసే దృష్టి రేఖా సమాచారం. 2. ఉపగ్రహాలకు సిగ్నల్‌ని పంపి వాటి నుంచి బ్రాడ్‌కాస్ట్ చేయడం.

- సెల్యూలార్ లేదా మొబైల్ టెలిఫోన్ వ్యవస్థ ఒక రేడియో నెట్‌వర్క్‌లా పనిచేస్తుంది. ప్రతి పట్టణాన్ని 1 km – 50 km వ్యాసార్థ పరిమాణంలో cells గా విభజిస్తారు. ప్రతి ఒక cell ఒక బేస్ స్టేషన్ కవర్ చేస్తుంది. సెల్యూలార్ ఫోన్‌లో తక్కువ సామర్థ్య ట్రాన్స్‌మిటర్ మరియు రిసీవర్లు ఉంటాయి.
- ఆధునిక కమ్యూనికేషన్ వ్యవస్థలో సమాచారాన్ని విద్యుత్ సిగ్నల్ (వోల్టేజి లేదా కరెంట్) రూపంలో ప్రసారం చేస్తారు.

ముగింపు అభ్యాసం

1. సమాచార వ్యవస్థలోని ముఖ్యమైన భాగాలు (elements) ఏమిటి?
2. యాంటెన్నా అనగా ఏమి?
3. కమ్యూనికేషన్ వ్యవస్థలో రిసీవర్ ముఖ్య లక్షణాలు ఏమిటి?
4. ఎనలాగ్, డిజిటల్ సిగ్నల్స్ మధ్య బేధాలను గుర్తించండి. 'bit' ని నిర్వచించండి.
5. VHF బ్యాండ్‌లోని రేడియో పౌనఃపున్యం వ్యాప్తి 30 – 300 MHz విద్యుదయస్కాంత తరంగం విషయంలో వడి, పౌనఃపున్యం, తరంగదైర్ఘ్యాల మధ్య ఉండే సంబంధాన్ని ఉపయోగించి శూన్యంలో VHF తరంగ దైర్ఘ్య వ్యాప్తిని కనుక్కోండి. శూన్యంలో కాంతి వేగాన్ని 3×10^8 ms^{-1} తీసుకోండి.
6. అధిక దూర రేడియో ప్రసారంలో షార్ట్‌వేవ్ బ్యాండ్‌లను ఉపయోగిస్తారు. వివరించండి.
7. అధిక దూర TV ట్రాన్స్‌మిషన్‌లో ఉపగ్రహాలను ఉపయోగించుటను సమర్థించండి.
8. సాంప్లింగ్ సిద్ధాంతాన్ని వివరించండి.
9. మాడ్యులేషన్ అనగానేమి? వివరించండి.
10. డిమాడ్యులేషన్ ప్రక్రియను వివరించండి.

పాఠంలోని ప్రశ్నలకు సమాధానాలు

29.1

1. 30 kHz - 300 MHz
2. యాంటెన్నా గరిష్ఠ పరిమాణం సిగ్నల్ పౌనఃపున్యంపై ఆధారపడుతుంది. అధిక వృత్తాకార విస్తీర్ణానికి ట్రాన్స్‌మిషన్, రిసీవ్ చేసే విధంగా దాన్ని రూపొందిస్తారు.

29.2

1. విద్యుదయస్కాంత తరంగం కంపించే విద్యుత్, అయస్కాంత క్షేత్రాలను కలిగి ఉంటుంది. ద్రవ్యవేగంతో పాటు శక్తిని మోసుకొనివెళ్ళుతుంది.

2. $\lambda = \frac{c}{\nu} = \left(\frac{3 \times 10^8 \, ms^{-1}}{30 \times 10^6 \, s^{-1}}\right) = 10 \, m$

3. 10^{14} to 10^{15} Hz

29.3

1. (a) iv (b) (iii)

2. సూర్యుడు ఉండని రాత్రివేళ ఐనో-స్ఫియర్ సంఘటన మరియు పరావర్తన లక్షణాలు బాగుంటాయి.

3. (a) iv (b) (iv)

ముగింపు అభ్యాసంకు సమాధానాలు

2. 10 m - 1 m