தமிழ்நாடு அரசு

மேல்நிலை இரண்டாம் ஆண்டு

இயற்பியல்

தொகுதி – 1

தமிழ்நாடு அரசு விலையில்லாப் பாடநூல் வழங்கும் திட்டத்தின்கீழ் வெளியிடப்பட்டது

பள்ளிக் கல்வித்துறை

தீண்டாமை மனிதநேயமற்ற செயலும் பெருங்குற்றமும் ஆகும்

12th Physics_Vol-1_Front Matter_Tamil Medium.indd 1 08-12-2022 11:47:32

தமிழ்நாடு அரசு

முதல் பதிப்பு – *2019*

திருத்திய பதிப்பு – *2020, 2022, 2023*

(புதிய பாடத்திட்டத்தின்கீழ்
வெளியிடப்பட்ட நூல்)

விற்பனைக்கு அன்று

பாடநூல் உருவாக்கமும்
தொகுப்பும்

மாநிலக் கல்வியியல் ஆராய்ச்சி
மற்றும் பயிற்சி நிறுவனம்

© SCERT 2019

நூல் அச்சாக்கம்

தமிழ்நாடு பாடநூல் மற்றும்
கல்வியியல் பணிகள் கழகம்

www.textbooksonline.tn.nic.in

12th Physics_Vol-1_Front Matter_Tamil Medium.indd 2 08-12-2022 11:47:32

பொருளடக்கம்

இயற்பியல்

அலகு எண்	தலைப்பு	பக்க எண்	மாதம்
1	நிலை மின்னியல்	01	ஜூன்
2	மின்னோட்டவியல்	80	ஜூன் / ஜூலை
3	காந்தவியல் மற்றும் மின்னோட்டத்தின் காந்த விளைவுகள்	125	ஜூலை
4	மின்காந்தத்தூண்டலும் மாறுதிசை மின்னோட்டமும்	195	ஆகஸ்டு
5	மின்காந்த அலைகள்	267	ஆகஸ்டு
	செய்முறை	287	
	பின் இணைப்பு	322	
	கலைச்சொற்கள்	331	

மின் நூல

மதிப்பீடு

12th Physics_Vol-1_Front Matter_Tamil Medium.indd 3 08-12-2022 11:47:32

நூலினைப் பயன்படுத்தும் முறை

இயற்பியல் தரும் வாய்ப்புகள்	• உயர் கல்விப் படிப்புகள், அவற்றைத் தரும் கல்வி நிறுவனங்கள் அதற்குரிய போட்டித் தேர்வுகள் பற்றிய விழிப்புணர்வு • உயர் கல்வி பயில மாணவர்களுக்கு வழங்கப்படும் நிதி உதவிகள்
கற்றலின் நோக்கங்கள்	• பாட அலகு பற்றிய கண்ணோட்டம் • பாடத்தலைப்புகளின் இலக்குகள் மற்றும் நோக்கங்களைத் தெளிவுபடுத்துதல்
உங்களுக்குத் தெரியுமா?	• மேலும் கற்கும் ஆர்வத்தைத் தூண்டக்கூடிய வகையில் பாடத்தலைப்பு தொடர்பான கூடுதல் தகவல்கள்
எடுத்துக்காட்டு கணக்குகள்	• ஒவ்வொரு நிலையிலிருந்தும் அடுத்த நிலைக்குச் செல்லும் முன்பு ஆழமான புரிதலுக்காக எடுத்துக்காட்டு கணக்குகள் / விளக்கங்கள்
	• தக்க விளக்கப்படத்துடன் காட்சிப்படுத்தப்பட்ட கருத்துருக்கள் (Concepts) • காணொளிகள் (video), அசைவுப்படங்கள் (animations) மற்றும் பயிற்சிகள் (tutorials)
ஒருங்கிணைந்த தகவல் தொடர்பு தொழில் நுட்பம் (ICT)	• வகுப்பறையில் கற்றலுக்கும், ஆய்வுகள் செய்வதற்கும் டிஜிட்டல் திறன்களை ஒருங்கிணைத்து பயன்படுத்துதல்
பாடச்சுருக்கம்	• பாடத்தில் உள்ள முக்கியக் கருத்துக்களை (concepts) மீண்டும் நினைவுபடுத்துதல்
கருத்து வரைபடம்	• பாட அலகினை தெளிவாகக் கற்றலுக்காக ஒருங்கமைக்கப்பட்ட சுருக்க விவரம்
மதிப்பீடு	• மாணவர்களின் புரிந்துகொள்ளும் திறனை மதிப்பீடு செய்தல், மற்றும் கருத்துரு சார்ந்த வினாக்களுக்கும், கணக்குகளுக்கும் இயற்பியல் கருத்துகளைப் பயன்படுத்தப் பழக்கப்படுத்துதல்
மேற்கோள் நூல்கள்	• மேலும் கற்றலுக்கான நூல்களின் பட்டியல்
செய்முறை	• செய்முறைகளின் பட்டியலும் அவற்றின் விளக்கங்களும் மாணவர்களுக்கு புரியும் வண்ணம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.
கலைச்சொற்கள்	• மீண்டும் மீண்டும் பயன்படுத்தக் கூடிய ஆங்கில அறிவியல் சொற்களுக்கு இணையான தமிழ்ச்சொற்கள் இடம் பெற்றுள்ளன.
பாடப்பகுதிகளின் உள்ளடக்கம்	• நிலையான மின்துகள்கள், இயக்கத்திலுள்ள மின்துகள்கள், மின்னோட்டவியல் மற்றும் காந்தவியல் இவற்றிக்கிடையேயான உள்ளார்ந்த தொடர்புகள் போன்றவை முக்கியப்படுத்தப்பட்டிருக்கிறது.

பின் அட்டைப்படம்: நிகோலா டெஸ்லா – ஓர் செர்பிய அமெரிக்கப் பொறியாளர்
(10 ஜுலை 1856 – 7 ஜனவரி 1943)

மின்திறன் உற்பத்தி, பகிர்வு மற்றும் பயன்பாட்டில் ஓர் திருப்புமுனையை ஏற்படுத்தியவர் நிகோலா டெஸ்லா என்றால் அது மிகையல்ல. இவர் 1884 இல், முதன் முதலில் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை உருவாக்கினார். மேலும் மாறுதிசை மின்னோட்ட உற்பத்தி மற்றும் பகிர்மான தொழில் நுட்பத்தையும் இவர் மேம்படுத்தினார். நேர்திசை (DC) மின்னியற்றியை கண்டறிந்த எடிசனிடம் இவர் பணியாற்றிய பின்னர் இதே துறையில் எடிசனின் போட்டியாளராக உயர்ந்தார்.

இயந்திர அலையியற்றிகள், மின்னியற்றிகள், மின்னிறக்கக் குழாய்கள் மற்றும் ஆரம்ப கால X – கதிர்படங்கள் போன்றவற்றில் பல்வேறு நகரில் உயர் மின்னழுத்த மற்றும் உயர் அதிர்வெண் மின்திறன் சார்ந்த சோதனைகளில் கம்பியில்லா மின்விளக்கு மற்றும் உலகளாவிய கம்பியில்லா மின்திறன் பகிர்வு சார்ந்த ஆய்வினை டெஸ்லா மேற்கொண்டார். ஆனால் விதி வசத்தால் பணத்தட்டுப்பாடு காரணமாக இவரின் கண்டுபிடிப்பு நடைமுறையில் பயன்பாட்டுக்கு வரவில்லை.

12th Physics_Vol-1_Front Matter_Tamil Medium.indd 4 08-12-2022 11:47:33

உயர் கல்வியில் இயற்பியலில் உள்ள வாய்ப்புகள்

கல்வி சார்ந்த வாய்ப்புகள்

நுழைவுத்தேர்வுகள்
+2 வகுப்பிற்கு பின்பு

- Physics Olympiad Exam
- NEET-National Eligibility cum Entrance Test
- IIT JEE-Joint Entrance Examination(Mains & Advanced)
- NEST- National Entrance Screening Test
- KVPY-Kishore Vaigyanik Protsahan Yojana
- JEE Mains Paper II for B.Arch
- AIIMS - All Indian Institute of Medical Science's Examination
- Chennai Mathematical Institute Entrance Examination
- BITSAT- Birla Institute of Science And Technology Admission Test
- AIEEE – All India Engineering Entrance Exam
- CUCET – Central Universities Common Entrance Test
- JIPMER - Jawaharlal Institute of Postgraduate Medical Education & Research
- CLAT – Common Law Admission Test
- HSEE- Humanities and Social Sciences Entrance Examination
- AIPVT -All India Pre-Veterinary Test
- NDA – National Defence Academy Examination

பட்டப்படிப்பிற்கு பின்பு

- JAM- Joint Admission Test
- JEST – Joint Entrance Screening Test
- GATE- Graduate Aptitude Test in Engineering
- CAT – Common Admission Test(for MBA)
- Exams conducted by Respective Universities

பட்ட மேற்படிப்பிற்கு பின்பு

- CSIR - National Eligibility Test for JRF and Lectureship

+2 வகுப்பிற்கு பின்பு

- Integrated Msc. Physics
- Central Uiversities through CUCET
- Central Research Institutes like IISER using KVPY, JEE Advanced , IISER Aptitude Test
- Top 1% students in State board are eligible for IISER Aptitude Test
- Admission in NISER through NEST
- B.Sc Photonics
- B.Sc Hons in Mathematics and Physics in CMI
- B.Sc Hons in Mathematics and Computer Science in CMI
- Five-Year Dual degree In IIST (B.Tech + Master of Science)
- Master of Science (Astronomy and Astrophysics, Solid State Physics)

Note

- Students admitted to IISc, IIT's, NIT's IISER's, IIST, will get a Scholorship equivalent to INSPIRE
- Assured placement in ISRO and other divisions for the students of IIST
- Institutes and their ranking can be found in www.nirfindia.org

பட்டப்படிப்பிற்கு பின்பு

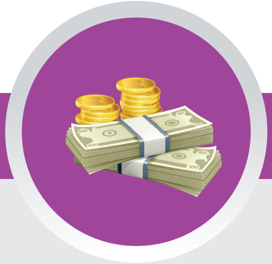
- M.Sc Physics in IIT's and NIT's through JAM
- Integrated Phd in IISER's and IISc through JAM and JEST
- M.Sc Physics in Central Universities throught CUCET
- M.Sc in Energy Physics, Applied Physics in IIT's through JAM
- Integrated Phd in IMSc, TIFR, JNCASR through JEST score
- Integrated Phd in TIFR through JEST and TIFR exam
- M.Sc Photonics, Reactor physics, Nuclear Engineering ,
- M.Sc Medical Physics
- M.Sc Biophyiscs
- Research Institutes in abroad like CERN, NASA, LIGO offer Summer internship programmes for motivated Indian students pursuing Undergraduate course in physics
- Indian Academy of Science & various other research institutes offer paid Summer Internship for science students to get an hands on experience in research.

12th Physics_Vol-1_Front Matter_Tamil Medium.indd 5
08-12-2022 11:47:36

B.Sc., இயற்பியல் பட்டப்படிப்பிற்கு பின்பு வாய்ப்புகள்

அரசுத்துறை சார்ந்த வேலைவாய்ப்புகள்

- Scientific Officer and Scientific Assistant Jobs
- CSIR Labs
- DRDO – Defence Research and Development Organisation
- DAE -Department of Atomic Energy
- DoS - Department of Science
- IMD- Indian Meteorological Department
- ONGC -Oil and Natural Gas Corporation
- ATC – Air Traffic Controller
- Teaching faculty in schools and colleges through SET, NET,TET
- Scientist post in various research institutes in India

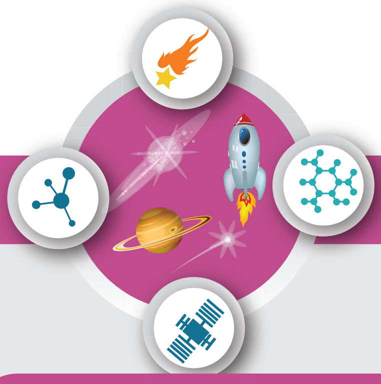


கல்வி உதவித்தொகைகள்

- B.Sc / B.S / Int M.Sc., / Int M.S/ பயிலும் மாணவர்களுக்கு ஆண்டிற்கு ரூ. 80,000/- வழங்கும் INPIRE கல்வி உதவித்தொகை (இது உயர்கல்விக்கான உதவித்தொகை (SHE) ஆகும்).
  தகுதிகள்:
  (i) மேல்நிலை இரண்டாம் ஆண்டு தேர்வில் தேர்ச்சி பெற்ற மாணவர்களில், தலைசிறந்த ஒரு சதவிகித மாணவர்கள்
  (ii) JEE அல்லது NEET தேர்வில் முதல் 10,000 ம் தர எண் பெற்ற மாணவர்கள்
- பின்வரும் கல்வி நிறுவனங்களில் பயிலும் மாணவர்கள் NIISER, IISER, Department of Atomic Energy Centre for Basic Science, NTSE, KVPY, JBNSTS
- அகில உலக ஒலிம்பியாட் (International Olympiad) தேர்வில் பதக்கம் பெற்ற மாணவர்கள்
- முழுநேர பட்ட மேற்படிப்பு படிக்கும், ஒரே ஒரு பெண் குழந்தை மட்டும் உள்ள குடும்பத்தில் பிறந்த மாணவியருக்கான, இந்திராகாந்தி கல்வி உதவித்தொகை (Indira Gandhi Scholarship)
- இளநிலை பட்டப்படிப்பில் பல்கலைக்கழக தர எண் பெற்ற மாணவர்களுக்கான பட்டமேற்படிப்பு தகுதி உதவித்தொகை பெண் அறிவியல் ஆய்வாளர் திட்டம் (Women Scientist Scheme) (WOS – A)
  தகுதி: M.Sc அல்லது Ph.D பயிலும் பெண்மாணவியர்
- கணிதப்பயிற்சி மற்றும் திறன் தேடல் திட்டம் (Mathematics Training and Talest search (MTTS) Programme)
  தகுதி: இளநிலை அல்லது முதுநிலை பட்டப்படிப்பில் கணிதம் பயிலும் மாணவர்கள்
- முனைவர் K.S கிருஷ்ணன் ஆய்வு உதவித்தொகை (KSKRA)
  தகுதி: அறிவியல் அல்லது பொறியியலில் முதுநிலை பட்டம் அல்லது ஆராய்ச்சிப் பட்டம் பெற்ற மாணவர்கள்
- IGCAR JRF (இந்திராகாந்தி அணு ஆராய்ச்சி மையம், கல்பாக்கம் - இளநிலை ஆராய்ச்சியாளர்)
  தகுதி: JEST, GATE, NET தேர்வில் தேர்ச்சி பெற்ற மாணவர்கள்
- அறிவியல் கல்வி மேம்பாட்டு உதவித்தொகைத்திட்டம் (POSE)
- திருபாய் அம்பானி கல்வி உதவித்தொகைத்திட்டம்
- கல்வி மேம்பாடு மற்றும் அடைவு அமைப்பின் (FAEA) கல்வி உதவித்தொகை
- உயர்கல்வி பயிலும் ST மாணவர்களுக்கான மத்திய அரசின் ஆய்வு உதவித்தொகை மற்றும் கல்வி உதவித்தொகை
- மத்திய அரசின் சிறுபான்மை நலத்துறை அமைச்சகத்தினால் வழங்கப்படும் பள்ளி மற்றும் கல்லூரிகளில் பயிலும் சிறுபான்மை மாணவர்களுக்கான பத்தாம் வகுப்பிற்கு முன் மற்றும் பின் வகுப்புகளுக்கான (Pre – metric and post – metric) கல்வி உதவித்தொகை
- மத்திய அரசின் மாற்றுத்திறனாளிகளுக்கு அதிகாரமளிக்கும் அமைப்பினால் வழங்கப்படும், பள்ளி மற்றும் கல்லூரிகளில் பயிலும் மாற்றுத் திறனாளி மாணவர்களுக்கான பத்தாம் வகுப்பிற்கு முன் மற்றும் பின் வகுப்புகளுக்கான (Pre – metric and Post – metric) கல்வி உதவித்தொகை.

12th Physics_Vol-1_Front Matter_Tamil Medium.indd 6
08-12-2022 11:47:38

இயற்பியல் துறை சார்ந்த ஆய்வுகளை மேற்கொள்ள இந்தியாவில் உள்ள உயர் கல்வி நிறுவனங்கள்



ஆய்வு மேற்கொள்ளத்தக்க புலங்கள்

General Relativity and Cosmology
Astronomy and Astrophysics
Quantum Optics and Information theory
Plasma physics
Meteorology and Atmospheric science
String Theory, Quantum Gravity
Optics and Photonics
Condensed Matter Theory, Material Science and Spintronics
Cryptography
Mathematical Physics,Statistical Physics
Crystal Growth and Crystallography
Atomic and Molecular Physics
Biophysics, Medical Physics
Nuclear and High energy Particle Physics
Energy and Environmental Studies
Geophysics
Quantum Biology and Quantum Thermodynamics and Cymatics

இயற்பியலில் ஆய்வினை மேற்கொள்ள, புகழ்பெற்ற இந்திய உயர் கல்வி நிறுவனங்கள்

Name of the Institution	Website
Institute of Mathematical Sciences,Chennai(IMSc)	www.imsc.res.in
Saha Institute of Nuclear Physics, Kolkata	www.saha.ac.in
International Centre for Theoretical Sciences, Bangalore	www.icts.res.in
Harish chandra Research Institute,Allahabad	www.hri.res.in
Aryabhatta Research Institute of Observational Sciences, Nainital	www.aries.res.in
Jawaharlal Nehru Centre for Advanced Scientific Research (JNCASR)	www.jncasr.ac.in
Institute of Physics (IOP), Bhubaneshwar	www.iopb.res.in
Indian Association for the Cultivation of Sciences (IACS), Kolkata	www.iacs.res.in
Vikram Sarabhai Space Centre (VSSC), Thiruvananthapuram	www.vssc.gov.in
National Physical Laboratory (NPL),Delhi	www.nplindia.in
National Institute of Science Education and Research (NISER), Bhubaneshwar	www.niser.ac.in
Indian Institute of Science(IISc),Bangalore	www.iisc.ac.in
Raman Research Institute(RRI),Bangalore	www.rri.res.in
Tata Institute of Fundamental Research (TIFR)	www.tifr.res.in
Bhaba Atomic Research Centre(BARC)	www.barc.gov.in
Indira Gandhi Centre for Atomic Research(IGCAR)	www.igcar.gov.in
Inter University Centre for Astronomy and Astrophysics(IUCAA),Pune	www.iucaa.in
Indian Institute of Space Science and Technology(IIST), Trivandrum	www.iist.ac.in
Institute of Plasma Research(IPR),Gujarat	www.ipr.res.in
Physical Research Laboratory(PRL),Ahmedabad	www.prl.res.in
Inter-University Accelerator Center (IUAC)	www.iuac.res.in
Indian Institute of Astrophysics(IIA),Bangalore	www.iiap.res.in
Chennai Mathematical Institute(CMI),Chennai	www.cmi.ac.in
Liquid Propulsion Systems Centre	www.lpsc.gov.in
S.N.Bose Centre for Basic Sciences	www.bose.res.in
CSIR National laboratories	
Indian Institute of Technology(IIT) in various places	
IISER’s in various places	
National Institute of Technology(NIT) in various places	
Indian Institute of Information Technology (IIITs) at various places	
Central and State Universities	

12th Physics_Vol-1_Front Matter_Tamil Medium.indd 7 08-12-2022 11:47:39

அலகு
1

நிலை மின்னியல்

மின்சாரம் என்பது முறைப்படுத்தப்பட்ட மின்னலே
– ஜார்ஜ் கார்லின்

கற்றலின் நோக்கங்கள்:

இந்த அலகில் மாணவர்கள் அறிந்து கொள்வது

- மின்னியல் மற்றும் காந்தவியலின் வரலாற்றுப் பின்னணி
- நம் அன்றாட வாழ்வில் நிலைமின் விசையின் பங்கு
- கூலூம் விதி மற்றும் மேற்பொருந்துதல் தத்துவம்
- மின்புலம், அதன் கருத்துரு
- பல்வேறு மின்துகள் கட்டமைப்புகளுக்கு மின்புலத்தைக் கணக்கிடுதல்
- நிலை மின்னழுத்தம் மற்றும் நிலைமின்னழுத்த ஆற்றல்
- மின் இருமுனை மற்றும் இருமுனை திருப்புத்திறன்
- மின் இருமுனையின் மின்புலம் மற்றும் நிலை மின்னழுத்தம்
- மின்பாயம்
- காஸ் விதியும் அதன் பல்வேறு பயன்பாடுகளும்
- கடத்திகள் மற்றும் மின்காப்புப் பொருள்களின் நிலைமின்னியல் பண்புகள்
- மின்முனைவாக்கம்
- தொடரிணைப்பு மற்றும் பக்கஇணைப்பில் மின்தேக்கிகள்
- மின்காப்பினால் மின்தேக்கியில் ஏற்படும் விளைவு
- கடத்திகளில் மின்துகள்களின் பரவல் மற்றும் ஒளிவட்ட மின்னிறக்கம்
- வான் டி கிராப் மின்இயற்றி செயல்படும் விதம்

PYS7A

1.1 அறிமுகம்

மின்காந்தவியல் என்பது இயற்பியலின் மிக முக்கியமான பிரிவுகளில் ஒன்றாகும். 21 ஆம் நூற்றாண்டின் தொழில்நுட்ப வளர்ச்சிகள் பலவும் மின்காந்தவியலைப் பற்றிய நமது புரிதலினால் ஏற்பட்டவையே.

அன்றாட வாழ்வில் நாம் காணும் விசைகளுள், ஈர்ப்பு விசையைத் தவிர பிற அனைத்து விசைகளும் மின்காந்த இயல்பு கொண்டவையே. +1 வகுப்பில், ஈர்ப்பு விசை, இழுவிசை, உராய்வு விசை, செங்குத்து விசை உள்ளிட்ட விசைகளைப் பற்றி நாம் கற்றோம். அவை ஒவ்வொன்றையும் தனித்த இயல்புடைய விசையாகவும் ஒன்றையொன்று சார்ந்தவை அல்ல என்றும் நியூட்டன் கருதினார். அப்படியெனில் இவ்விசைகளின் தோற்ற மூலம் தான் என்ன? தற்போதைய புரிதல்படி, நம் அன்றாட வாழ்வில் நாம் எதிர்கொள்ளும் விசைகளுள் ஈர்ப்பு விசையைத் தவிர பிற விசைகள் அனைத்தும் (கம்பியின் இழுவிசை, பரப்பின் செங்குத்து விசை, உராய்வு விசை உள்ளிட்டவை) அணுக்களுக்கு இடையே தோன்றும் மின்காந்த விசைகளே. சில எடுத்துக்காட்டுகள் கீழே தரப்பட்டுள்ளது:

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 1 23-12-2022 17:25:33

(i) பொருளொன்று தள்ளப்படும்போது, நம் கைகளில் உள்ள அணுக்களுடன் அப்பொருளிலுள்ள அணுக்கள் இடைவினை (interact) புரிகின்றன. இந்த இடைவினை விசையானது மின்காந்த இயல்பையே பெற்றுள்ளது.

(ii) புவிப்பரப்பின் மீது நாம் நிற்கும்போது, நம் மீது புவியீர்ப்பு விசை கீழ்நோக்கிய திசையில் செயல்படுகிறது. தரையின் செங்குத்து விசை மேல்நோக்கிய திசையில் செயல்பட்டு அதை சமன் செய்கிறது. இந்த செங்குத்து விசையின் தோற்ற மூலம் என்ன?

புவிப்பரப்பின் மேலுள்ள அணுக்களுக்கும் நம் பாதங்களிலுள்ள அணுக்களுக்கும் இடையே நிகழும் இடைவினையின் காரணமாகவே இவ்விசை உருவாகிறது. உண்மையில், ஈர்ப்பு விசையினால் நாம் ஈர்க்கப்படும் நிலையில் அணுக்களுக்கு இடையே உருவாகும் மின்காந்த விசையினால் தான் புவியின் மேல் நம்மால் நிற்க முடிகிறது.

(iii) பரப்பு ஒன்றின் மீது ஒரு பொருளைத் தள்ளும்போது, அது நகர முற்படுவதை ஓய்வுநிலை உராய்வு தடுக்கும். இந்த ஓய்வுநிலை உராய்வானது பரப்பிலுள்ள அணுக்களுக்கும் பொருளிலுள்ள அணுக்களுக்கும் இடையே ஏற்படும் மின்காந்த இடைவினையால் உருவாகின்றது. இயக்கநிலை உராய்வும் இத்தகைய தோற்றமூலம் கொண்டதே.

எனவே பிரபஞ்சத்தைப் பற்றிய முழுமையான புரிதலுக்கு மின்காந்தவியலைப் பற்றிய புரிதல் இன்றியமையாதது என்று இந்த எடுத்துக்காட்டுகள் மூலம் தெளிவாகின்றது. மின்காந்தவியலின் அடிப்படைத் தத்துவங்களை +2 வகுப்பு இயற்பியலின் முதல் தொகுதியில் அறிந்து கொள்ளலாம். நிலையாக உள்ள மின்துகள்களின் தன்மை பற்றியும் அது தொடர்பான நிகழ்வுகள் பற்றியும் இந்த அலகில் கூறப்பட்டுள்ளது. **நிலையாக உள்ள மின்துகள்களைப் பற்றி அறிய உதவும் மின்னியலின் இந்தப் பிரிவு நிலை மின்னியல் எனப்படும்.**

1.1.1 வரலாற்று பின்புலம் – மின்னூட்டங்கள்

அரக்கு (amber) எனப்படும் ஒரு வகைப் பொருளை (இது ஒளிகசியும் தன்மையுடைய, புதைப்படிமமாக மாறிய ஒரு வகை மரப்பிசினே) விலங்கு உரோமம் அல்லது கம்பளி கொண்டு தேய்த்தால் அது சிறு இலைகளையும் தூசினையும் கவர்வதை சுமார் இரண்டாயிரம் ஆண்டுகளுக்கு முன்னரே பண்டைய கிரேக்கர்கள் கண்டுள்ளனர். இத்தகைய பண்பைப் பெற்றுள்ள அரக்கு 'மின்னூட்டம் பெற்றுள்ளது' *எனலாம். தொடக்கத்தில் அரக்கு மட்டுமே இந்த சிறப்பியல்பு உள்ளதாக கருதப்பட்டது. ஆனால், பின்னாளில் பட்டுத்துணியால் தேய்க்கப்பட்ட கண்ணாடித் தண்டும் காகிதத் துண்டுகளைக் கவர்வது கண்டறியப்பட்டது. எனவே, தகுந்த பொருளைக் கொண்டு தேய்க்கப்படும் கண்ணாடித் தண்டும் கூட 'மின்னூட்டம் பெறும்' தன்மை கொண்டுள்ளது.

படம் 1.1 இல் கொடுத்துள்ளபடி நூலில் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள மின்னூட்டம் பெற்ற ஒரு இரப்பர் தண்டைக் கருதுவோம். இப்போது மின்னூட்டம் பெற்ற கண்ணாடித் தண்டு ஒன்றை இரப்பர் தண்டின் அருகில் கொண்டு செல்லும் போது, அவை ஒன்றையொன்று கவருகின்றன. அதே சமயம், மின்னூட்டம் பெற்ற கண்ணாடித் தண்டினை மின்னூட்டம் பெற்ற இன்னொரு கண்ணாடித் தண்டின் அருகில் கொண்டு சென்றால் அவை ஒன்றையொன்று விலக்குவதைக் காணலாம்.

இந்த காட்சியறிவுகளின் (observations) மூலம் பின்வரும் முடிவுகளைக் கூறலாம்.

(i) இரப்பர் தண்டு பெற்ற மின்னூட்டம் கண்ணாடித் தண்டு பெற்ற மின்னூட்டத்திலிருந்து வேறுபட்டது.

(ii) மின்னூட்டம் பெற்ற இரப்பர் தண்டு மின்னூட்டம் பெற்ற இன்னொரு இரப்பர் தண்டினை விலக்குகிறது. இதிலிருந்து, ஓரின மின்னூட்டங்கள் ஒன்றையொன்று விலக்குகின்றன எனலாம். மின்னூட்டம் பெற்ற கண்ணாடித் தண்டை மின்னூட்டம் பெற்ற இன்னொரு கண்ணாடித் தண்டு விலக்கும் செயல்பாட்டிலிருந்தும் இதே முடிவை எட்டலாம்.

(iii) மின்னூட்டம் பெற்ற இரப்பர் தண்டை மின்னூட்டம் பெற்ற கண்ணாடித் தண்டு கவருகின்றது. இதிலிருந்து கண்ணாடித் தண்டிலுள்ள மின்னூட்டமும் இரப்பரிலுள்ள மின்னூட்டமும் ஒரே வகையல்ல என்பதும் வேறின மின்னூட்டங்கள் ஒன்றையொன்று கவருகின்றன என்பதும் தெரிய வருகின்றது.

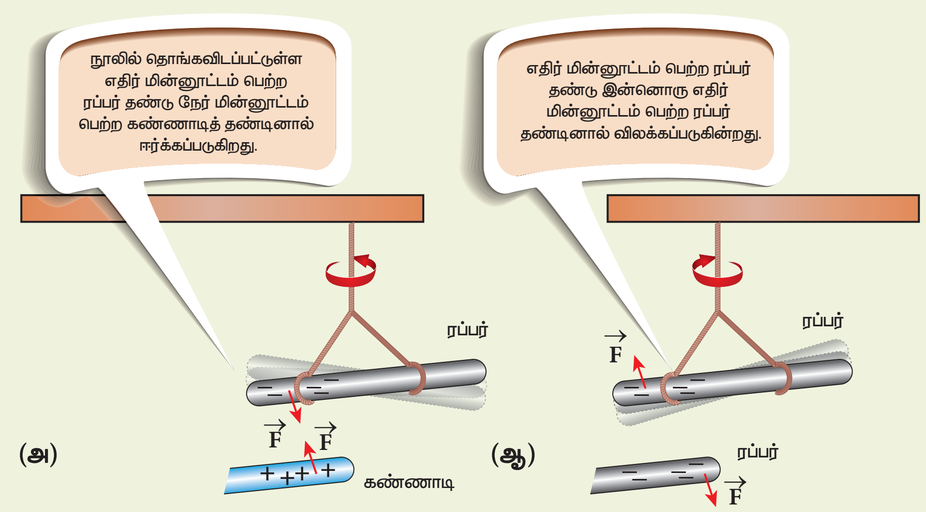
பிரபஞ்சத்தில் இரு வகை மின்னூட்டங்களே உள்ளன. ஒரு வகையை நேர் மின்னூட்டம் (+) எனவும் இன்னொரு வகையை எதிர் மின்னூட்டம் (–) எனவும் பெஞ்சமின் பிராங்க்ளின் என்பார் 18 ம் நூற்றாண்டில் வகைப்படுத்தினார். இம்மரபுப்படி, மின்னூட்டம் பெற்ற இரப்பர் மற்றும்

---

*இந்த அலகில்,

(i) மின்துகள் என்பது மின் தன்மை பெற்றுள்ள துகள் (Particle) ஆகும். அதாவது, எலக்ட்ரான் ஆனது எதிர் மின்னூட்டம் கொண்ட ஒரு மின்துகள் ஆகும். புரோட்டான், ஒரு நேர் மின்துகள். (ii) பொருளொன்று பெற்றுள்ள மின்தன்மை பண்பு (Property) மற்றும் மின்தன்மையின் அளவு ஆகியவை மின்னூட்டம் என்ற சொல்லினால் குறிக்கப்படுகின்றன. (iii) ஒரு பொருளானது மின்தன்மை பெறும் நிகழ்வைக் (Process) குறிப்பதற்கு மின்னேற்றம் என்ற சொல் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது.

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 2 23-12-2022 17:25:33



படம் 1.1 (அ) வேறின மின்துகள்கள் ஒன்றையொன்று கவர்கின்றன (ஆ) ஓரின மின்துகள்கள் ஒன்றையொன்று விலக்குகின்றன

அரக்குத் தண்டுகள் எதிர் மின்னூட்டம் பெற்றவை என்றும், மின்னூட்டம் பெற்ற கண்ணாடித் தண்டு நேர் மின்னூட்டம் பெற்றது என்றும் எடுத்துக்கொள்ளப்படுகின்றன. ஒரு பொருளிலுள்ள **நிகர (net) மின்னூட்டம் சுழியெனில், அப்பொருள் மின் நடுநிலையில் உள்ளது எனலாம்.**

19 ம் நூற்றாண்டின் இறுதியிலும் 20 ம் நூற்றாண்டின் தொடக்கத்திலும் தம் ஆராய்ச்சிகளை மேற்கொண்ட ஜே.ஜே.தாம்சன், ஏ.ரூதர்போர்டு போன்ற அறிவியல் அறிஞர்களின் முன்னோடி ஆய்வுகளின் மூலம் அணுவானது மின் நடுநிலை கொண்டது என்று அறியப்பட்டது. மேலும், அணுவானது எதிர் மின்னூட்டம் கொண்ட எலக்ட்ரான்கள், நேர் மின்னூட்டம் கொண்ட புரோட்டான்கள் மற்றும் மின் நடுநிலைமை கொண்ட நியூட்ரான்கள் ஆகியவற்றால் ஆனது என்றும் நாம் அறிகிறோம். பொதுவாக, அனைத்துப் பொருள்களும் அணுக்களால் ஆனவை என்பதால் அவையும் மின் நடுநிலைமை கொண்டவையே. ஒரு பொருளை மற்றொரு பொருளுடன் தேய்க்கும்போது (எடுத்துக்காட்டாக, இரப்பரை பட்டுத்துணியால் தேய்க்கும்போது) எதிர் மின்துகள்கள் சிலவற்றை அப்பொருள் இழக்கின்றது அல்லது பெறுகின்றது, இதனால் தான் அப்பொருள் மின்னூட்டம் பெற்றதாகின்றது. இம்முறையில், அதாவது, உராய்வின் மூலம் பொருள்களை மின்னேற்றம் (charging) செய்யும் முறை 'உராய்வு மின்னேற்றம்' எனப்படும்.

1.1.2 மின்னூட்டத்தின் அடிப்படைப் பண்புகள்

(i) மின்னூட்டம்

பிரபஞ்சத்திலுள்ள பொருள்கள் அனைத்தும் அணுக்களால் ஆனவை; அணுக்கள் புரோட்டான்கள், நியூட்ரான்கள் மற்றும் எலக்ட்ரான்களால் ஆனவை. இவை அனைத்துமே நிறை எனும் உள்ளார்ந்த (inherent) பண்பை உடையவை. இதேபோல், மின்னூட்டம் என்பதும் மற்றொரு உள்ளார்ந்த அடிப்படைப் பண்பாகும். 19 ஆம் மற்றும் 20 ஆம் நூற்றாண்டுகளில் மேற்கொள்ளப்பட்ட பல்வேறு ஆய்வுகளின் மூலம் மின்துகளின் இயல்பைப் பற்றிய புரிதல் ஏற்பட்டது. மின்னூட்டத்தின் SI அலகு கூலூம் [C] ஆகும்.

(ii) மின்னூட்ட மாறாத்தன்மை

ஒரு பொருள் இன்னொன்றால் தேய்க்கப் படும்போது ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்றிற்கு மின்துகள்கள் இடம்பெயர்கின்றன என பெஞ்சமின் பிராங்களின் வாதிட்டார். தேய்க்கப்படும் முன் பொருள்கள் மின் நடுநிலையில் உள்ளன. தேய்க்கப்படும் போது ஒன்றிலிருந்து மற்றொரு பொருளுக்கு மின்துகள்கள் இடம்பெயர்கின்றன. (எடுத்துக்காட்டாக, கண்ணாடி தண்டினை பட்டுத் துணியால் தேய்க்கும்போது, எதிர்மின்னூட்டம் பெற்ற மின்துகள்கள் கண்ணாடித் தண்டிலிருந்து பட்டுத்துணிக்கு இடம்பெயர்கின்றன. இதனால் கண்ணாடித் தண்டு நிகர நேர் மின்னூட்டத்தையும் பட்டுத்துணி நிகர எதிர் மின்னூட்டத்தையும் பெறுகின்றன). இத்தகைய காட்சியறிவுகளிலிருந்து 'மின்னூட்டங்களை ஆக்கவோ அழிக்கவோ இயலாது' என்றும் 'அவற்றை ஒரு பொருளிலிருந்து மற்றொரு பொருளுக்கு இடமாற்றம் செய்ய மட்டுமே இயலும்' என்றும் அவர் கூறினார். இதையே மொத்த மின்னூட்ட மாறாத் தன்மை என்பர். இது, இயற்பியலில் அறியப்படும் மாறாத் தன்மை விதிகளுள் (Conservation laws) அடிப்படையான ஒன்றாகும். இவ்விதியை பொதுப்படையாகப் பின்வருமாறு கூறலாம். **பிரபஞ்சத்திலுள்ள மொத்த மின்னூட்டம் மாறாமல் இருக்கும். மின்னூட்டத்தை ஆக்கவோ அழிக்கவோ இயலாது. எந்தவொரு**

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 3 23-12-2022 17:25:33

இயற்கை நிகழ்விலும் மொத்த மின்னூட்ட மாற்றம் சுழியாகவே இருக்கும்.

(iii) மின்னூட்டத்தின் குவாண்டமாக்கல் (Quantization)

இயற்கையில் கிடைக்கப்பெறும் சிறும மின்னூட்ட மதிப்பு எவ்வளவு? எலக்ட்ரானின் மின்னூட்ட மதிப்பு $-e$ எனவும் புரோட்டானின் மின்னூட்ட மதிப்பு $+e$ எனவும் ஆய்வுகள் (experiments) தெளிவுபடுத்துகின்றன. இங்கு e என்பதுதான் மின்னூட்டத்தின் அடிப்படை மதிப்பு. எந்தவொரு பொருளில் உள்ள மின்னூட்டத்தின் மதிப்பும் இந்த அடிப்படை மதிப்பின் முழு மடங்காகவே இருக்கும் .

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

இங்கு n என்பது ஒரு முழுவெண் (0, ±1, ±2, ±3, ±4…….). இதுவே மின்னூட்டத்தின் குவாண்டமாக்கல் எனப்படும். e இன் மதிப்பு 1.6×10^{-19} C என்பதை புகழ்பெற்ற ஆய்வின் மூலம் இராபர்ட் மில்லிகன் கண்டறிந்தார். எலக்ட்ரானின் மின்னூட்ட மதிப்பு = -1.6×10^{-19} C மற்றும் புரோட்டானின் மின்னூட்ட மதிப்பு = $+1.6\times10^{-19}$ C.

கண்ணாடித் தண்டொன்று பட்டுத்துணியால் தேய்க்கப்படும்போது இடம்பெயரும் மின்துகள்களின் எண்ணிக்கை (n) மிகப்பெரியதாக இருக்கும் (பொதுவாக 10^{10}). எனவே, நடைமுறையில் நாம் காணும் பொருட்களுக்கு மின்னூட்டத்தின் குவாண்டமாக்கல் குறிப்பிடத்தக்க பங்கு வகிப்பதில்லை. ஆகவே, மின்னூட்டத்தைத் (பிரிவுநிலையற்ற = not discrete) தொடர் மதிப்புடையதாகக் கருதலாம். ஆனால் (கண்ணுக்குப் புலனாகாத) நுண்ணிய நிலையில் மின்னூட்டத்தின் குவாண்டமாக்கல் முக்கிய பங்கை வகிக்கிறது.

எடுத்துக்காட்டு 1.1

ஒரு கூலூம் மின்னூட்ட மதிப்புடைய எதிர் மின்துகளிலுள்ள எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

மின்னூட்டத்தின் குவாண்டமாக்கல் (பண்பின்) படி,

$$q = ne$$

இங்கு $q = 1$ C. எனவே, இதிலுள்ள எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை,

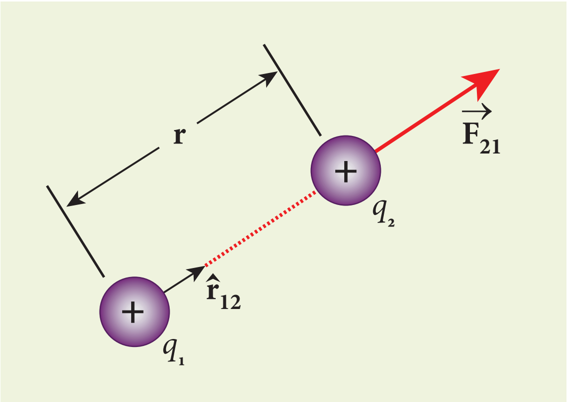
$$n = \frac{q}{e} = \frac{1\text{C}}{1.6\times10^{-19}} = 6.25\times10^{18} \text{ எலக்ட்ரான்கள்}$$

1.2 கூலூம் விதி

வெற்றிட வெளியில் (free space) நிலையாக உள்ள இரு புள்ளி மின்துகள்களுக்கு இடையே காணப்படும் விசைக்கான கோவையை 1786 ஆம் ஆண்டில் கூலூம் என்பவர் தருவித்தார். படம் 1.2 இல் உள்ளவாறு வெற்றிடத்தில் r தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ள இரு நிலையாகவுள்ள புள்ளி மின்துகள்களைக் கருதுவோம். அவற்றின் மின்னூட்டங்கள் முறையே q_1 மற்றும் q_2 ஆகும். கூலூம் விதிப்படி, புள்ளி மின்துகள் q_2 வின் மீது புள்ளி மின்துகள் q_1 செயல்படுத்தும் விசையானது பின்வருமாறு எழுதப்படுகிறது.

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

இங்கு $\hat{r}_{12}$ என்பது q_1 இலிருந்து q_2 வை நோக்கி வரையப்படும் ஓரலகு வெக்டர் மற்றும் k என்பது தகவு மாறிலி.



படம் 1.2 இருபுள்ளி மின்துகள்களுக்கிடையே கூலூம் விசை

கூலூம் விதியின் முக்கிய இயல்புகள்

(i) நிலைமின் விசையானது புள்ளி மின்துகள்களின் மின்னூட்ட மதிப்பின் பெருக்கற்பலனுக்கு நேர்த்தகவிலும் அவற்றிற்கு இடையே உள்ள தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர்த்தகவிலும் இருக்கும்.

(ii) q_2 மின்துகளின்மீது q_1 மின்துகள் செலுத்தும் விசை அவற்றை இணைக்கும் கோட்டின் திசையிலேயே இருக்கும். இதில் $\hat{r}_{12}$ என்ற ஓரலகு

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 4 23-12-2022 17:25:36

வெக்டரானது மின்துகள் q_1 லிருந்து q_2 வை நோக்கிய திசையிலிருக்கும் [படம் 1.2]. அதேபோல், q_1 இன் மீது q_2 செலுத்தும் விசை $-\hat{r}_{12}$ திசையிலிருக்கும் (அதாவது $\hat{r}_{12}$ ன் திசைக்கு எதிர்த்திசையில்)

(iii) SI அலகு முறையில், $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ மற்றும் k ன் மதிப்பு 9×10^9 Nm^2C^{-2} என்றும் கண்டறியப் பட்டுள்ளது. இங்கு ϵ_0 என்பது வெற்றிடத்தின் விடுதிறன் (Permittivity of free space) எனப்படும். அதன் மதிப்பு

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \times 10^{-12} C^2N^{-1}m^{-2}.$$

(iv) ஒரு கூலூம் மின்னூட்ட மதிப்பு கொண்ட ஒரு மீட்டர் இடைவெளியில் வைக்கப்பட்டுள்ள இரு மின்துகள்களுக்கு இடையே செயல்படும் விசையின் மதிப்பைப் பின்வருமாறு கணக்கிடலாம்.

$$|F| = \frac{9 \times 10^9 \times 1 \times 1}{1^2} = 9 \times 10^9 N.$$

இது மிகப்பெரிய விசையாகும். கிட்டத்தட்ட ஒரு மில்லியன் டன் நிறை கொண்ட பொருளின் எடைக்குச் சமமாகும். நடைமுறையில் 1 கூலூம் அளவு மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகள்களை நாம் எதிர்கொள்வதே இல்லை. நம் அன்றாட வாழ்வில் நிகழும் பெரும்பாலான மின்நிகழ்வுகளில் μC (மைக்ரோ கூலூம்) மற்றும் nC (நேனோ கூலூம்) அளவிலான மின்னூட்டங்கள் கொண்ட மின்துகள்களே இடம்பெறுகின்றன.

(v) SI அலகு முறையில், வெற்றிடத்திற்கான கூலூம் விதியின் வடிவம் $\vec{F}_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1q_2}{r^2}\hat{r}_{12}$.

விடுதிறன் ϵ மதிப்புடைய வேறொரு ஊடகத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள புள்ளி மின்துகள்களுக்கு இடையே செயல்படும் விசை $\vec{F}_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon}\frac{q_1q_2}{r^2}\hat{r}_{12}$.

ஆனால், $\epsilon > \epsilon_0$. எனவே, வெற்றிடத்தில் உள்ள புள்ளி மின்துகள்களுக்கு இடையிலான விசையை விட பிற ஊடகங்களில் செயல்படும் விசை குறைவாக இருக்கும். மேலும் ஒரு ஊடகத்தின் சார்பு விடுதிறனை (Relative permittivity) நாம் பின்வருமாறு வரையறுக்கலாம். $\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$.

வெற்றிடம் மற்றும் காற்றில் $\epsilon_r = 1$ மற்ற ஊடகங்களுக்கு $\epsilon_r > 1$.

(vi) கூலூம் விதி நியூட்டனின் ஈர்ப்பு விதியின் அமைப்பையே கொண்டுள்ளது. இவ்விரண்டிலும் விசையானது, இடைத்தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர்த்தகவில் உள்ளவாறு அமைந்துள்ளன. நிலைமின் விசை, புள்ளி மின்துகள்களில் உள்ள மின்னூட்டங்களின் பெருக்கலுக்கு நேர்த்தகவிலும், ஈர்ப்பு விசை புள்ளி நிறைகளின் பெருக்கலுக்கு நேர்த்தகவிலும் அமைந்துள்ளன. ஆனால், இவற்றிற்கிடையே சில முக்கிய வேறுபாடுகளும் உள்ளன.

- இரு நிறைகளுக்கு இடையேயான ஈர்ப்பு விசை எப்போதும் கவரும் விசையாகவே உள்ளது. கூலூம் விசையோ, மின்துகள்களின் இயல்பை பொருத்து கவரும் விசையாகவோ விலக்கு விசையாகவோ இருக்கின்றது.

- ஈர்ப்பியல் மாறிலியின் மதிப்பு $G = 6.67 \times 10^{-11}$ $N m^2 kg^{-2}$. ஆனால், கூலூம் விதியில் உள்ள மாறிலியின் மதிப்பு $k = 9 \times 10^9$ $N m^2 C^{-2}$. k ன் மதிப்பு G ஐ விட மிகவும் அதிகமாதலால் நிறை குறைவான பொருள்களுக்கு ஈர்ப்பு விசையைக் காட்டிலும் நிலைமின் விசையின் மதிப்பு மிகவும் அதிகமாகவே இருக்கும்.

- இரு நிறைகளுக்கு இடையில் உள்ள ஈர்ப்பு விசை அது வைக்கப்பட்டிருக்கும் ஊடகத்தைச் சார்ந்ததல்ல. எடுத்துக்காட்டாக, காற்றிலோ அல்லது நீரிலோ, எதில் வைக்கப்பட்டிருந்தாலும் இரு 1 kg நிறைகளுக்கிடையே செயல்படும் ஈர்ப்பு விசையின் மதிப்பு மாறாது. ஆனால், இரு மின்துகள்களுக்கு இடையே செயல்படும் நிலைமின் விசையோ அவை வைக்கப்பட்டுள்ள ஊடகத்தின் தன்மையை சார்ந்து இருக்கும்.

(vii) மின்துகள் q_1 இன் மீது மின்துகள் q_2 செலுத்தும் விசை

$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1q_2}{r^2}\hat{r}_{21}$$

இங்கு $\hat{r}_{21}$ என்பது q_2 விலிருந்து q_1 ஐ நோக்கிய திசையிலுள்ள ஓரலகு வெக்டராகும். ஆனால், $\hat{r}_{21} = -\hat{r}_{12}$ எனப் பிரதியிட்டால்,

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

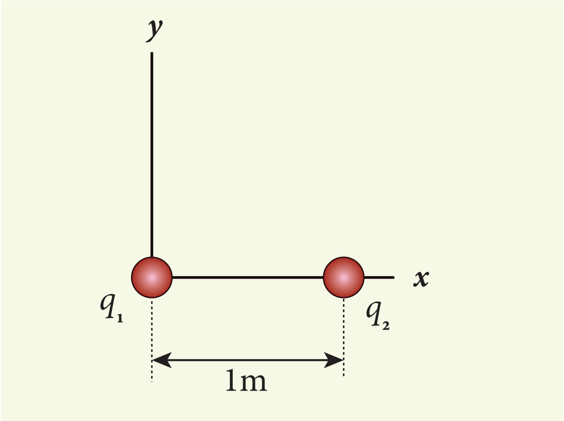
(அல்லது) $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$

எனவே நிலை மின் விசை நியூட்டனின் மூன்றாம் விதிக்குட்பட்டது.

(viii) கூலூம் விதி புள்ளி மின்துகள்களுக்கு மட்டுமே பொருந்தும். ஆனால், புள்ளி மின்துகள் என்பது ஒரு கருத்தாக்கம் மட்டுமே. நடைமுறையில் சாத்தியமில்லை. மின்துகள்களுக்கு இடையே உள்ள தொலைவை ஒப்பிடும்போது அவற்றின் உருவ அளவு மிகவும் சிறியதாக இருந்தால், கூலூம் விதியை நாம் பயன்படுத்தலாம். இன்னும் சொல்லப்போனால் கூலூம் தன் சோதனையில், முறுக்குத்தராசு (torsion balance) ஒன்றில் வைக்கப்பட்ட மின்னூட்டம் பெற்ற இரு கோளங்களைப் புள்ளி மின்துகள்களாகக் கருதியே அவர் தம் விதியைக் கண்டறிந்தார். அந்த ஆய்வில், கோளங்களின் ஆரங்களை விட அவற்றிற்கிடையேயான தொலைவு மிக அதிகம்.

எடுத்துக்காட்டு 1.2

படத்தில் இரு புள்ளி மின்துகள்கள் q_1 மற்றும் q_2 நிலையாக உள்ளன.



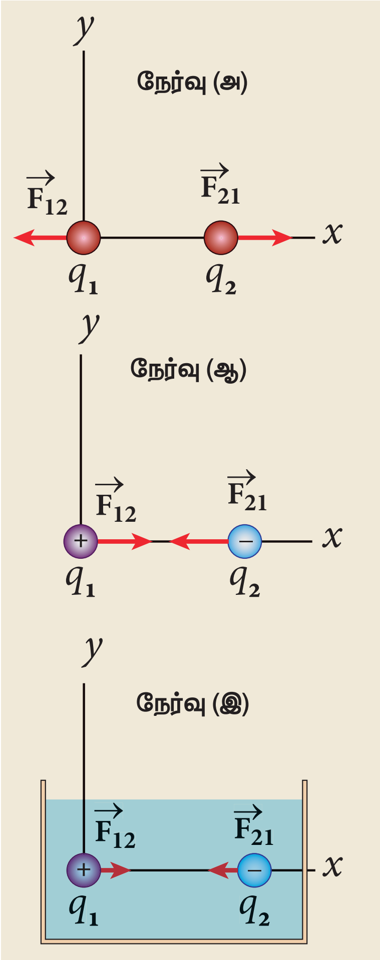
அவை 1 m இடைவெளியில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. பின்வரும் நேர்வுகளுக்கு அவற்றுக்கு இடையே செயல்படும் விசையை கணக்கிடுக.

(அ) $q_1 = +2\ \mu C$ மற்றும் $q_2 = +3\ \mu C$

(ஆ) $q_1 = +2\ \mu C$ மற்றும் $q_2 = -3\ \mu C$

(இ) $q_1 = +2\ \mu C$ மற்றும் $q_2 = -3\ \mu C$ நீரில் ($\epsilon_r = 80$) வைக்கப்படும்போது

தீர்வு



(அ) $q_1 = +2\ \mu C$, $q_2 = +3\ \mu C$ மற்றும் $r = 1 m$. இங்கு இரண்டுமே நேர் மின்துகள்கள். ஆதலால், இவற்றிற்கு இடையே விலக்கு விசை செயல்படும்.

மின்துகள் q_1 ஆல் மின்துகள் q_2 உணரும் விசை

$$\vec{F}_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r}_{12}$$

இங்கு $\hat{r}_{12}$ என்பது q_1 லிருந்து q_2 ஐ நோக்கிய திசையிலுள்ள ஓரலகு வெக்டர். q_1 க்கு வலது பக்கத்தில் q_2 உள்ளதால்,

$$\hat{r}_{12} = \hat{i} \text{ மற்றும் } \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9\times10^9 \text{ எனவே}$$

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

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 6 23-12-2022 17:25:42

நியூட்டனின் மூன்றாம் விதிப்படி, மின்துகள் q_2 ஆல் q_1 உணரும் விசை $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$.

$$\vec{F}_{12} = -54 \times 10^{-3}\hat{i}\ \text{N}.$$

$\vec{F}_{21}$ மற்றும் $\vec{F}_{12}$ ஆகியவற்றின் திசைகள் படத்தில் (நேர்வு (அ)) காட்டப்பட்டுள்ளது.

(ஆ) $q_1 = +2\ \mu\text{C}$, $q_2 = -3\ \mu\text{C}$ மற்றும் $r = 1\text{m}$. இவை வேறின மின்துகள்களாதலால் இவற்றிற்கிடையே கவரும் விசை செயல்படும். மின்துகள் q_1 ஆல் q_2 உணரும் விசை

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

எனவே, மின்துகள் q_2 ஆனது q_1 ஐ நோக்கிய திசையில் (அதாவது எதிர்க்குறி x திசையில்) ஒரு கவரும் விசையை உணரும்.

நியூட்டனின் மூன்றாம் விதிப்படி, மின்துகள் q_2 ஆல் q_1 உணரும் விசை $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$. அதாவது

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

$\vec{F}_{21}$ மற்றும் $\vec{F}_{12}$ ஆகிய விசைகளின் திசை படத்தில் (நேர்வு – ஆ) காட்டப்பட்டுள்ளது.

(இ) இரு மின்துகள்களும் நீருக்குள் வைக்கப்பட்டால் q_2 உணரும் விசை

$$\vec{F}_{21}^{W} = \frac{1}{4\pi\epsilon}\frac{q_1q_2}{r^2}\hat{r}_{12}$$

ஆனால் $\epsilon = \epsilon_r\epsilon_0$

$$\vec{F}_{21}^{W} = \frac{1}{4\pi\epsilon_r\epsilon_0}\frac{q_1q_2}{r^2}\hat{r}_{12} = \frac{\vec{F}_{21}}{\epsilon_r}$$

எனவே,

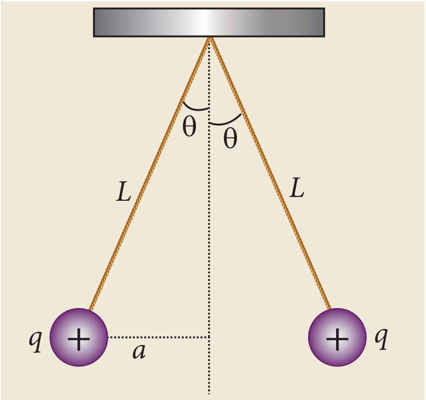
$$\vec{F}_{21}^{W} = -\frac{54\times10^{-3}\text{N}}{80}\hat{i} = -0.675\times10^{-3}\text{N}\hat{i}$$

குறிப்பு

இரு மின்துகள்களுக்கிடையே வெற்றிடத்தில் செயல்படும் விசையை விட அவை நீருக்குள் வைக்கப்படும் போது செயல்படும் விசை $\frac{1}{80}$ பங்காகக் குறைந்துள்ளதைக் கவனிக்கவும். சாதாரண உப்பை (NaCl) நீரில் இடும்போது, நீரின் அதிக மதிப்புடைய சார்பு விடுதிறனால் (ϵ_r = 80), Na மற்றும் Cl அயனிகளுக்கு இடையே நிலவும் நிலைமின் விசை குறைந்து விடுகிறது. இதனால் தான் நீர் ஒரு சிறந்த கரைப்பானாக உள்ளது.

எடுத்துக்காட்டு 1.3

ஒவ்வொன்றும் 1 g நிறையுடைய, சிறிய உருவளவு கொண்ட, இரு ஒரே மாதிரியான கோளங்கள் சமநிலையில் உள்ளவாறு, படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன. நூலின் நீளம் 10 cm மற்றும் செங்குத்துத் திசையுடன் நூல் உருவாக்கும் கோணம் 30° எனில் கோளம் ஒவ்வொன்றிலும் உள்ள மின்னூட்டத்தைக் கணக்கிடுக. ($g = 10\ \text{m s}^{-2}$ என எடுத்துக்கொள்க)

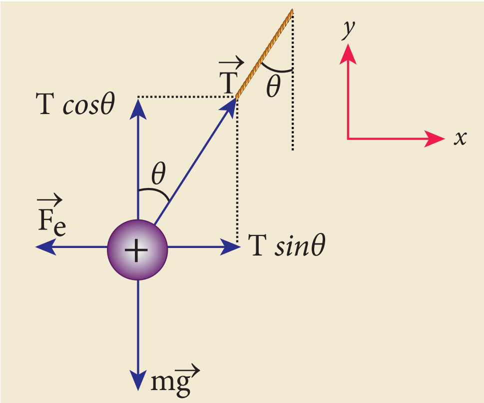


தீர்வு

கோளங்கள் இரண்டும் மின்னூட்டம் அற்றவையாக இருந்தால், அவை தொங்கவிடப்படும்போது அவற்றுக்கு இடையே உருவாகும் கோணம் 0° ஆக இருக்கும். ஆனால் அவை நேர் மின்னூட்டம் பெற்ற கோளங்கள் ஆதலால், அவற்றுக்கிடையே விலக்கு விசை செயல்பட்டு, செங்குத்து திசைக்கு 30° கோணத்தில் அவை சமநிலைக்கு வருகின்றன.

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 7 23-12-2022 17:25:47

சமநிலையில் ஒவ்வொரு கோளமும் உணரும் நிகர விசை சுழியாகும். அவற்றுள் ஏதேனும் ஒரு கோளத்திற்கான தனித்த பொருள் விசைப்படத்தை நாம் வரைந்து, செங்குத்து மற்றும் கிடைமட்டத் திசைகளில் நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியைப் பயன்படுத்துவோம்.



நேர்க்குறி x – திசையில் கோளத்தின் நிகர முடுக்கம் சுழி.

நியூட்டனின் இரண்டாம் விதிப்படி $\left(\vec{F}_{tot} = m\vec{a}\right)$,

$$T\sin\theta\hat{i} - F_e\hat{i} = 0$$

$$T\sin\theta = F_e \qquad (1)$$

இங்கு T என்பது நூலினால் கோளத்தின் மீது செலுத்தப்படும் இழுவிசை மற்றும் F_e என்பது இரு கோளங்களுக்கு இடையிலான நிலைமின் விசை

y – திசையிலும் கூட, கோளத்தின் நிகர முடுக்கம் சுழி. எனவே

$$T\cos\theta\hat{j} - mg\hat{j} = 0$$

எனவே, $T\cos\theta = mg$. $\qquad (2)$

சமன்பாடு (1) ஐ (2) ஆல் வகுக்க,

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

இரு கோளங்களும் சம மின்னூட்டம் பெற்றுள்ளதால், நிலைமின் விசையின் எண்மதிப்பு

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

மேலும் $r = 2a = 2L\sin\theta$, சமன்பாடு (3) இல் பிரதியிட

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

சமன்பாடு (4) ஐ மாற்றியமைக்க

$$q = 2L\sin\theta\sqrt{\frac{mg\tan\theta}{k}}$$

$$= 2\times0.1\times\sin30^{\circ}\times\sqrt{\frac{10^{-3}\times10\times\tan30^{\circ}}{9\times10^{9}}}$$

$$q = 8.01 \times 10^{-8}\ \text{C} = 80.1\ \text{nC}$$

எடுத்துக்காட்டு 1.4

ஹைடிரஜன் அணுவில் உள்ள புரோட்டானுக்கும் எலக்ட்ரானுக்கும் இடையேயான நிலைமின் விசை மற்றும் ஈர்ப்பு விசையைக் கணக்கிடுக. அவற்றின் இடைத்தொலைவு 5.3×10^{-11} m. எலக்ட்ரான் மற்றும் புரோட்டான் இவையிரண்டிற்கும்மின்னூட்டமதிப்பு 1.6×10^{-19}C. எலக்ட்ரானின் நிறை $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg மற்றும் புரோட்டானின் நிறை $m_p = 1.6 \times 10^{-27}$ kg.

தீர்வு

புரோட்டானும் எலக்ட்ரானும் ஒன்றையொன்று கவருகின்றன. இவ்விரு மின்துகள்களுக்கும் இடையேயான நிலைமின் விசையின் எண்மதிப்பு

$$F_e = \frac{ke^2}{r^2} = \frac{9\times10^9\times\left(1.6\times10^{-19}\right)^2}{\left(5.3\times10^{-11}\right)^2}$$

$$= \frac{9\times2.56}{28.09}\times10^{-7} = 8.2\times10^{-8}\ \text{N}$$

புரோட்டான் மற்றும் எலக்ட்ரானுக்கு இடையேயானபுவியீர்ப்புவிசையும்கவர்விசையே. இவ்விரு துகள்களுக்கும் இடையே நிலவும் ஈர்ப்பு விசையின் எண்மதிப்பு

$$F_G = \frac{Gm_e m_p}{r^2}$$

$$= \frac{6.67\times10^{-11}\times9.1\times10^{-31}\times1.6\times10^{-27}}{\left(5.3\times10^{-11}\right)^2}$$

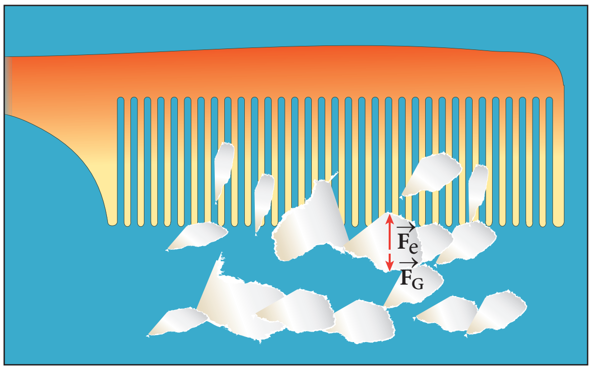
$$= \frac{97.11}{28.09}\times10^{-47} = 3.4\times10^{-47}\ \text{N}$$

இவ்விரு விசைகளுக்குமான விகிதம்

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

$F_e \approx 10^{39} F_G$ என்பதைக் கவனிக்கவும்.

புரோட்டானுக்கும் எலக்ட்ரானுக்கும் இடையேயான நிலைமின் விசையானது அவற்றுக்கிடையே நிலவும் ஈர்ப்பு விசையைவிட பல மடங்கு மிகப்பெரியது. எனவே, சிறிய நிறை கொண்ட பொருள்கள் மற்றும் அணுநிலை அளவுகள் (atomic domain) உள்ளிட்ட பல சூழ்நிலைகளில் நிலைமின் விசையை ஒப்பிடுகையில் ஈர்ப்பு விசை புறக்கணிக்கத்தக்கதே. இதனால் தான், மின்னூட்டமற்ற சிறு காகிதத்துண்டு ஒன்று புவியின் ஈர்ப்பு விசையினால் கவரப்பட்டாலும் அதை விட அதிக வலிமையுடன் மின்னூட்டம் பெற்ற சீப்பு ஒன்றினால் (அக்காகிதத் துண்டை) கவர முடிகிறது.



படம் 1.3 சீப்புக்கும் காகிதத் துண்டுகளுக்கும் இடையில் உள்ள நிலைமின் கவர்ச்சி விசை

1.2.1 மேற்பொருந்துதல் தத்துவம்

இரு புள்ளி மின்துகள்களுக்கு இடையே ஏற்படும் இடைவினையை கூலூம் விதி விளக்குகிறது. இரண்டிற்கு மேற்பட்ட மின்துகள்கள் இருந்தால், ஒவ்வொரு மின்துகளின் மீதும் மற்ற அனைத்து மின்துகள்களும் செலுத்தும் விசையைக் கணக்கிட வேண்டும். இத்தகைய சூழ்நிலைகளுக்கு கூலூம் விதியினால் மட்டுமே விசை காண இயலாது. பல மின்துகள் அமைப்புகளில் ஏற்படும் இடைவினைகளைப் பற்றி மேற்பொருந்துதல் தத்துவம் விளக்குகிறது.

மேற்பொருந்துதல் தத்துவத்தின் படி, **ஒரு குறிப்பிட்ட மின்துகள் மீது செயல்படும் மொத்த விசையானது மற்ற அனைத்து மின்துகள்கள் அதன்மீது செயல்படுத்தும் விசைகளின் வெக்டர் கூடுதலுக்குச் சமமாகும்.**

$q_1, q_2, q_3 \ldots q_n$ ஆகிய மின்னூட்ட மதிப்புகளை–யுடைய n மின்துகள்களை உள்ளடக்கிய அமைப்பு ஒன்றைக் கருதுக. q_1 ன் மீது q_2 செலுத்தும் விசை

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

இங்கு $\hat{r}_{21}$ என்பது q_2 விலிருந்து q_1 ஐ இணைக்கும் கோட்டின் திசையில் அமையும் ஓரலகு வெக்டர் மற்றும் r_{21} என்பது அவை இரண்டிற்குமான இடைத்தொலைவு ஆகும். இவ்விரு மின்துகள்களுக்கு இடையேயான விசை, சுற்றி அமைந்துள்ள மற்ற மின்துகள்களால் மாற்றப்படுவதில்லை.

q_1 ன் மீது q_3 செலுத்தும் விசை

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

இதேபோல், q_1 ன் மீது மற்ற அனைத்து மின்துகள்களாலும் செலுத்தப்படும் மொத்த நிலைமின் விசை

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

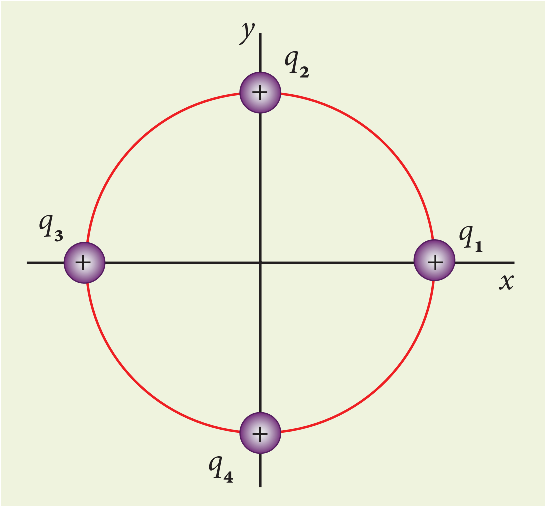
$$\vec{F}_1^{tot} = k\left\{\frac{q_1 q_2}{r_{21}^2}\hat{r}_{21} + \frac{q_1 q_3}{r_{31}^2}\hat{r}_{31} + \frac{q_1 q_4}{r_{41}^2}\hat{r}_{41} + \ldots \ldots + \frac{q_1 q_n}{r_{n1}^2}\hat{r}_{n1}\right\} \quad (1.3)$$

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 9 23-12-2022 17:25:54

குறிப்பு இரு மின்துகள்களை விட அதிக எண்ணிக்கையில் உள்ள மின்துகள் அமைப்புகளில், மேற்பொருந்துதல் தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தாமல் கூலூம் விதி முழுமை பெறாது. மேற்பொருந்துதல் தத்துவம் மற்றும் கூலூம் விதி ஆகியவை நிலை மின்னியலின் அடிப்படைத் தத்துவங்களாகும். நிலை மின்னியலில் காணப்படும் அனைத்து நிகழ்வுகளையும் இவ்விரண்டு தத்துவங்கள் விளக்குகின்றன. ஆனாலும் இவ்விரண்டு தத்துவங்களையும் ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்றைத் தருவிக்க இயலாது.

எடுத்துக்காட்டு 1.5

ஆரம் 1 m கொண்ட வட்டத்திலுள்ள நான்கு புள்ளிகளில் நான்கு சமமான மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகள்கள் q_1, q_2, q_3 மற்றும் $q_4 = q = +1\,\mu C$ வைக்கப்பட்டுள்ளன [பார்க்க படம்]. மின்துகள் q_1 ன் மீது மற்ற அனைத்து மின்துகள்களாலும் செலுத்தப்படும் மொத்த விசையைக் கணக்கிடுக.

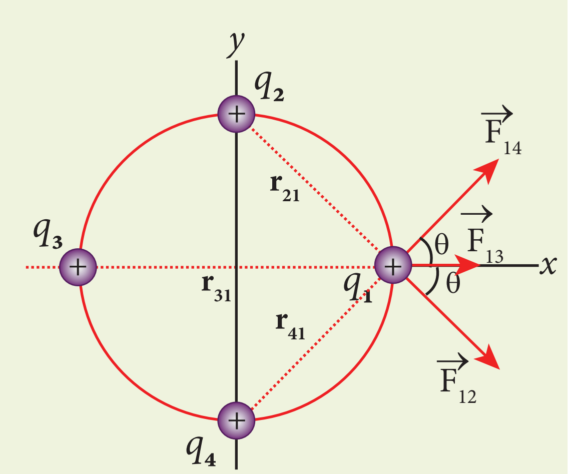


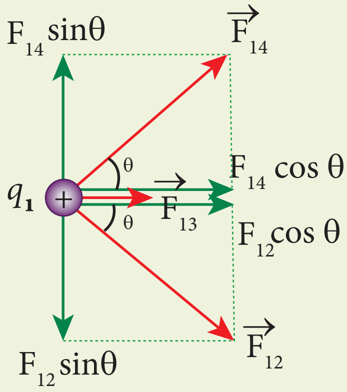
தீர்வு

மேற்பொருந்துதல் தத்துவத்தின்படி, q_1 ன் மீது செலுத்தப்படும் மொத்த நிலைமின் விசையானது மற்ற மின்துகள்களால் அதன்மீது செலுத்தப்படும் தனித்தனி விசைகளின் வெக்டர் கூடுதலுக்குச் சமம்.

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

q_1 ன் மீது செயல்படும் விசை ஒவ்வொன்றின் திசையும் பின்வரும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.





q_2 மற்றும் q_4 ஆகிய மின்துகள்கள் q_1 லிருந்து சம தொலைவில் உள்ளன. எனவே, திசையினால் வேறுபட்டாலும் $\vec{F}_{12}$ மற்றும் $\vec{F}_{14}$ விசைகளின் எண்மதிப்பு சமமாகும். இதனால் தான் அவற்றைக் குறிப்பிடப் பயன்படுத்திய வெக்டர்கள் சமநீளமுடன் வரையப்பட்டுள்ளன. ஆனால் q_2 மற்றும் q_4 ஆகியவற்றைக் காட்டிலும் அதிக தொலைவில் மின்துகள் q_3 உள்ளது. தொலைவு கூடினால் நிலைமின் விசையின் வலிமை குறையும். ஆதலால், விசைகள் $\vec{F}_{12}$ மற்றும் $\vec{F}_{14}$ ஆகியவற்றை விட $\vec{F}_{13}$ ன் எண்மதிப்பு குறைவு. இதனால் தான் விசைகள் $\vec{F}_{12}$ மற்றும் $\vec{F}_{14}$ ஆகியவற்றின் நீளத்தை விட விசை $\vec{F}_{13}$ ன் நீளம் குறைவாக வரையப்பட்டுள்ளது.

படத்திலிருந்து, $r_{21} = \sqrt{2}\,\text{m} = r_{41}$ மற்றும் $r_{31} = 2\,\text{m}$

விசைகளின் எண்மதிப்பு

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

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 10 23-12-2022 17:26:01

$$F_{13} = 2.25 \times 10^{-3}\ \mathrm{N}$$

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

$$= 4.5 \times 10^{-3}\ \mathrm{N}$$

படத்திலிருந்து, $\theta = 45^\circ$. இந்த விசைகள் அவற்றின் வெக்டர் கூறுகளைக் கொண்டு பின்வருமாறு எழுதப்படுகிறது.

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

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

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

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

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

எனவே q_1 ன் மீது செயல்படும் மொத்த விசை

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

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

F_{12} = F_{14}, ஆதலால், $\hat{j}$ திசைக்கூறு சுழியாகும். எனவே,

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

இச்சமன்பாட்டில் மதிப்புகளைப் பிரதியிட,

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

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

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

தொகுபயன் விசையானது நேர்க்குறி x – அச்சு திசையில் அமைகிறது.

1.3 மின்புலம் மற்றும் மின்புலக் கோடுகள்

1.3.1 மின்புலம்

இரு மின்துகள்களுக்கு இடையே நிகழும் இடைவினை கூலூம் விதியினால் பெறப்படுகிறது. இந்த இடைவினை எவ்வாறு உருவாகிறது? வெளிப்பரப்பில் (space) ஒரு புள்ளியில் வைக்கப்பட்டுள்ள புள்ளி மின்துகள் ஒன்றைக் கருதுவோம். அதிலிருந்து சிறிது தொலைவில் இன்னொரு புள்ளி மின்துகளை வைத்தால் அது கவரும் விசை அல்லது விலக்கு விசையை உணரும். இதை தொலைவில் நிகழும் விசைச்செயல் (action – at – a distance) என்பர். ஆனால் சிறிது தொலைவில் வைக்கப்படுகின்ற இரண்டாவது மின்துகள், முதல் மின்துகளின் இருப்பை எவ்வாறு அறிந்து கொள்கிறது? இந்தக் கேள்விக்கான விடையை அளிக்கவே மைக்கேல் பாரடே **மின்புலம் என்ற கருத்தியலை** அறிமுகம் செய்தார்.

பாரடேவின் கருத்துப்படி, பிரபஞ்சத்திலுள்ள ஒவ்வொரு மின்துகளும் அதனைச் சுற்றி ஒரு மின்புலத்தை உருவாக்குகின்றது. இந்த மின்புலத்தில் இன்னொரு மின்துகளைக் கொண்டு வரும்போது, முதல் மின்புலத்துடன் அது இடைவினை புரிவதால் ஒரு விசையை உணர்கிறது. இதேபோல், ஈர்ப்புப்புலம் என்ற கருத்தியலை அறிமுகப்படுத்திய போதும், அது இரு நிறைகளுக்கிடையே செயல்படும் இடைவினையே என்று விவரித்ததை நினைவில் கொள்ளவும் (+1 வகுப்பு இயற்பியல், அலகு 6). மின்விசை மற்றும் ஈர்ப்புவிசை ஆகிய இரண்டுமே தொடா விசைகள். ஆதலால் தொலைவில் நிகழும் விசைச்செயல்களை விளக்க புலம் என்ற கருத்தியல் தேவைப்படுகிறது.

புறவெளியில் ஒரு புள்ளியில் வைக்கப்பட்டுள்ள q என்ற புள்ளி மின்துகள் ஒன்றைக் கருதுக. அதிலிருந்து r தொலைவில் உள்ள P என்ற புள்ளியில் q_0 என்ற இன்னொரு மின்துகள் (சோதனை மின்துகள்) வைக்கப்படுகிறது. q ஆல் சோதனை மின்துகள் q_0 உணரும் நிலைமின் விசை கூலூம் விதியினால் பெறப்படுகிறது.

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

தன்னைச் சுற்றி அமைந்துள்ள வெளிப்பரப்பில் மின்துகள் q ஆனது ஒரு மின்புலத்தை

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 11 23-12-2022 17:26:05

உருவாக்குகிறது. இவ்வெளியில் உருவாக்கப்படும் மின்புலமானது மற்றொரு மின்துகளால் உணரப்படும். இதை மின்புலச் செறிவு அல்லது மின்புலம் $\vec{E}$ என்ற அளவீட்டினால் அறிந்திடலாம்.

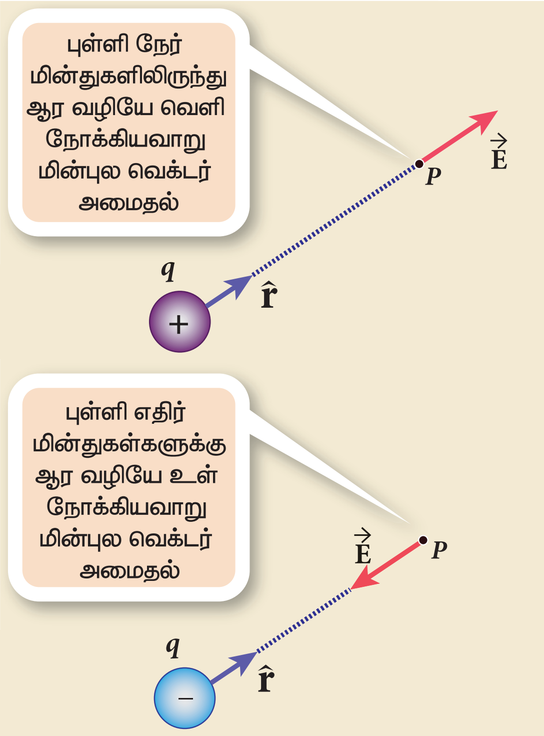
q என்ற புள்ளி மின்துகளிலிருந்து r தொலைவிலுள்ள புள்ளி P இல் வைக்கப்படும் ஓரலகு மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகளால் உணரப்படும் விசையே அப்புள்ளி P இல் உள்ள மின்புலத்தின் மதிப்பாகும். இதையே நாம் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

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

இங்கு $\hat{r}$ என்பது q விலிருந்து நாம் எடுத்துக்கொண்ட புள்ளி P க்கு வரையப்படும் ஓரலகு வெக்டராகும். மின்புலம் ஒரு வெக்டர் அளவு, மேலும் அதன் SI அலகு நியூட்டன் / கூலூம் (NC^{-1}) ஆகும்.

மின்புலத்தின் முக்கிய பண்புகள்:

(i) மின்துகள் q நேர் மின்னூட்டம் (+) கொண்டதாக இருந்தால், மின்துகளிலிருந்து வெளிநோக்கிய திசையில் மின்புலம் இருக்கும். q எதிர்மின்னூட்டம் (–) கொண்டதாக இருந்தால் உள்நோக்கிய திசையில் மின்புலம் இருக்கும் (படம் 1.4).

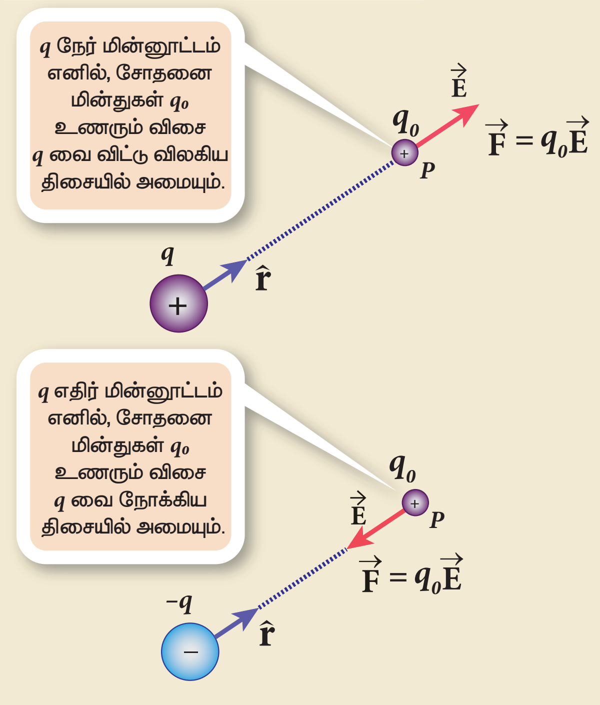


படம் 1.4 நேர் மற்றும் எதிர் மின்துகள்களின் மின்புலம்

(ii) P என்ற ஒரு புள்ளியில் மின்புலம் $\vec{E}$ எனில், அப்புள்ளியில் வைக்கப்படும் சோதனை மின்துகள் q_0 ஆல் உணரப்படும் விசை

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

இதுவே, மின்புலக் கருத்தியலின் மூலமாக கூலூம் விசையைப் பெறும் முறை. இது படம் 1.5 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



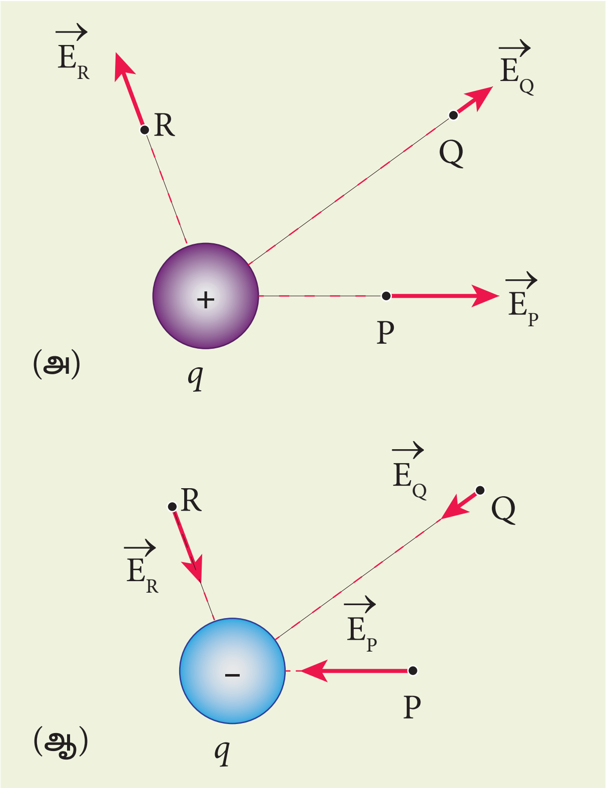
படம் 1.5 மின்புல அடிப்படையில் கூலூம் விதி

(iii) மின்புலமானது சோதனை மின்துகளின் மின்னூட்டம் q_0 ஐச் சார்ந்ததல்ல என்பதையும் மூல மின்துகளின் (Source charge) மின்னூட்ட மதிப்பு q ஐ மட்டுமே சார்ந்தது என்பதையும் சமன்பாடு (1.4) ன் மூலமாக அறியலாம்.

(iv) மின்புலம் ஒரு வெக்டர் அளவு என்பதால் அதற்கு தனித்தவொரு திசையும் எண்மதிப்பும் வெளியிலுள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் இருக்கும். இதை படங்கள் 1.6 (அ) மற்றும் 1.6 (ஆ) வாயிலாக அறிய முடிகிறது. மின்துகளுக்கும் புள்ளிக்கும் இடையே உள்ள தொலைவு (r) அதிகரித்தால் மின்புலத்தின் எண்மதிப்பு குறையும் என்பதை சமன்பாடு (1.4) – வாயிலாக அறியலாம்.

படங்கள் 1.6 (அ) மற்றும் (ஆ) ஆகிய படங்களில் மூன்று வெவ்வேறு புள்ளிகளில் வரையப்பட்டுள்ள மின்புல வெக்டர்களின் நீளங்கள் வெவ்வேறாக உள்ளதைக் கவனிக்கவும். மின்புல மூலத்திற்கு அருகில் புள்ளி P அமைந்துள்ளதால் அங்கு மின்புலத்தின் வலிமை அல்லது எண்மதிப்பு மற்ற புள்ளிகள் Q மற்றும் R ஐ விட அதிகமாக உள்ளது.

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 12 23-12-2022 17:26:06

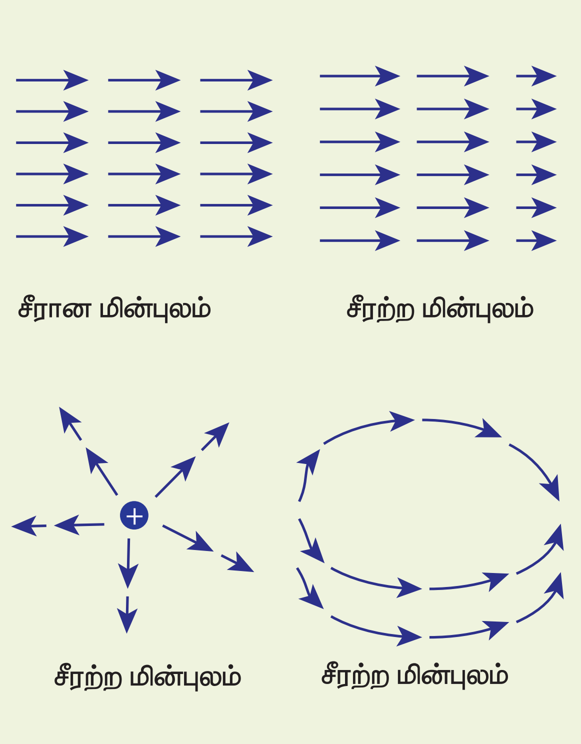


படம் 1.6 (அ) நேர் மின்துகள்களால் உருவாகும் மின்புலம் (ஆ) எதிர் மின்துகள்களால் உருவாகும் மின்புலம்

(v) சோதனை மின்துகள் (q_0) வைக்கப்படும்போது மூல மின்துகள் நகராமல் இருப்பதற்காக அதன் மின்னூட்ட மதிப்பு q_0 மிகவும் சிறியதாக எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது அல்லது மூல மின்துகளின் மின்புலத்தைப் பாதிக்காதவாறு இருப்பதற்காக சோதனை மின்துகள் மிகச்சிறிய மின்னூட்ட மதிப்புடையதாக எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது.

(vi) சமன்பாடு (1.4) புள்ளி மின்துகள்களுக்கு மட்டுமே பொருந்தும். மின்துகள்களின் தொடர் பரவல்களுக்கும், வரம்பிற்குட்பட்ட மின்னூட்ட அளவு கொண்ட மின்துகள் பரவல்களுக்கும் தொகையிடல் முறைகளைப் பயன்படுத்த வேண்டும். இவற்றைப் பின்னர் பார்ப்போம். இருப்பினும், வரம்பிற்குட்பட்ட மின்னூட்ட அளவு கொண்ட மின்துகளிடமிருந்து சோதனைப் புள்ளி வெகு தொலைவில் உள்ளபோது, அத்துகளால் உருவாக்கப்படும் மின்புலத் திற்கான தோராயமான அளவீடாக இச்சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தலாம். புவியின் மீது சூரியன் ஏற்படுத்தும் ஈர்ப்புப் புலத்தைக் கணக்கிடும்போதும், புவியை ஒரு புள்ளி நிறையாகக் கருதியதை நினைவு கொள்ளவும் (+1 வகுப்பு இயற்பியல், அலகு 6).

(vii) மின்புலங்களில் இரு வகைகள் உள்ளன : சீரான (மாறாத) மின்புலம் மற்றும் சீரற்ற மின்புலம். புறவெளியில் (space) உள்ள அனைத்து புள்ளிகளிலும் ஒரே திசையுடன் மாறாத எண்மதிப்பும் கொண்டிருந்தால் அது சீரான மின்புலம் (uniform electric field) எனப்படும். புறவெளியில் வெவ்வேறு புள்ளிகளில் வெவ்வேறு திசைகள் அல்லது வெவ்வேறு எண்மதிப்புகள் அல்லது இவ்விரண்டுமே கொண்டிருந்தால் அது சீரற்ற மின்புலமாகும். புள்ளி மின்துகள் ஒன்றினால் ஏற்படும் மின்புலம் சீரற்ற மின்புலமே. அதன் சீரற்ற தன்மை திசையிலும் உள்ளது, எண் மதிப்பிலும் உள்ளது – அதன் திசை ஆரப்போக்கில் வெளிநோக்கியவாறு (அல்லது உள்நோக்கியவாறு) அமைகிறது. மேலும் தொலைவு அதிகரிக்கும்போது, அதன் எண் மதிப்பும் மாறுபடுகிறது. இவை படம் (1.7) இல் காட்டப்பட்டுள்ளன



படம் 1.7 சீரான மின்புலம் மற்றும் சீரற்ற மின்புலம்

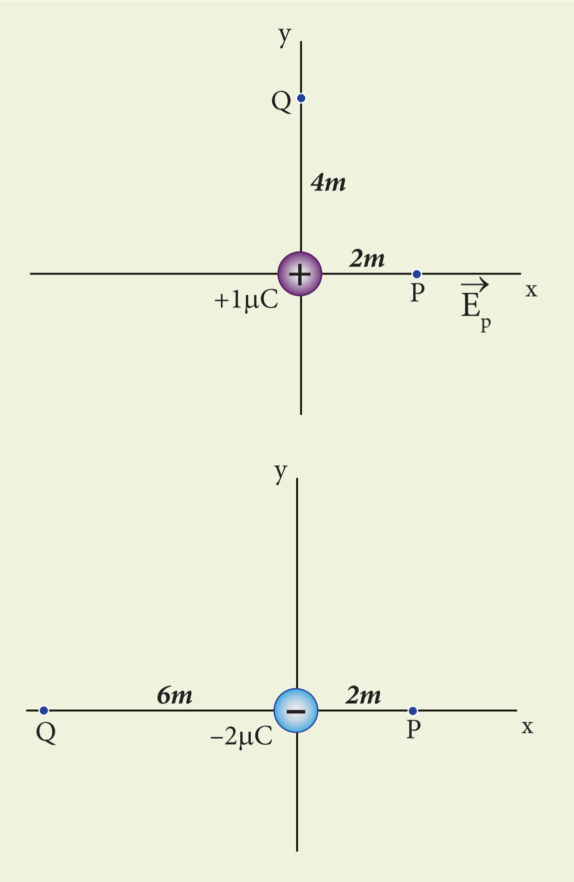
எடுத்துக்காட்டு 1.6

பின்வரும் இரு நேர்வுகளுக்கு P மற்றும் Q புள்ளிகளில் மின்புலத்தைக் கணக்கிடுக.

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 13 23-12-2022 17:26:07

(அ) ஆதிப்புள்ளியில் வைக்கப்பட்டுள்ள $+1\ \mu C$ மின்னூட்டம் கொண்ட புள்ளி நேர் மின்துகளால் உருவாகும் மின்புலம்

(ஆ) ஆதிப்புள்ளியில் வைக்கப்பட்டுள்ள $-2\ \mu C$ மின்னூட்டம் கொண்ட புள்ளி எதிர் மின்துகளால் உருவாகும் மின்புலம்



தீர்வு

நேர்வு (அ)

புள்ளி P யில் மின்புலத்தின் எண்மதிப்பு

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

இங்கு மூல மின்துகள் நேர் மின்னூட்டம் கொண்டதாக இருப்பதால், அதிலிருந்து வெளிநோக்கிய திசையில் மின்புலம் குறிக்கப்படுகின்றது. எனவே, புள்ளி P இல் மின்புலம்

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

புள்ளி Q இல்

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

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

நேர்வு (ஆ)

புள்ளி P இல் மின்புலத்தின் எண்மதிப்பு

$$\left|\vec{E}_P\right| = \frac{kq}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2} = \frac{9\times10^9\times2\times10^{-6}}{4}$$
$$= 4.5 \times 10^3\ \text{NC}^{-1}$$

இங்கு மூல மின்துகள் எதிர் மின்னூட்டம் கொண்டதாக இருப்பதால், அதை நோக்கிய திசையில் மின்புலம் குறிக்கப்படுகின்றது. எனவே, புள்ளி P இல் மின்புலம்

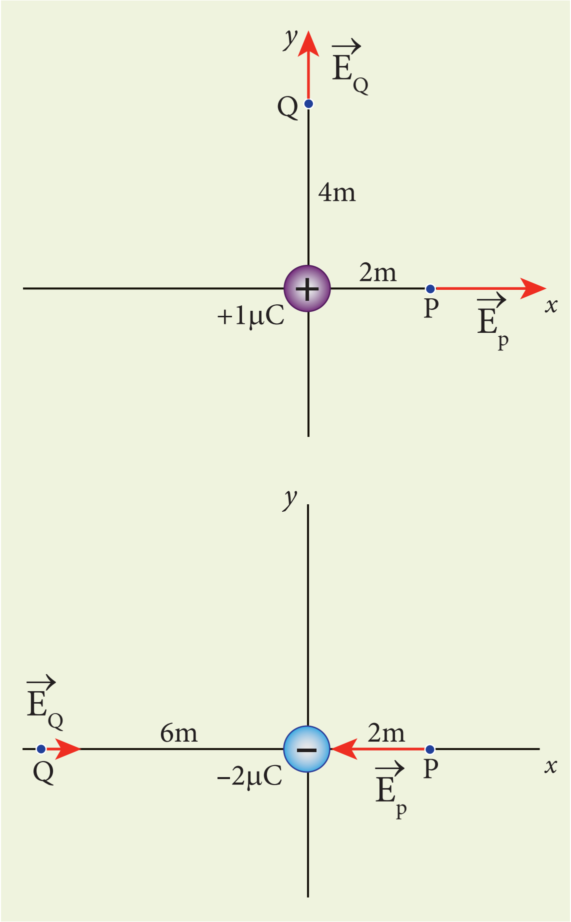
$$\vec{E}_P = -4.5\times10^3\ \hat{i}\ \text{NC}^{-1}$$

புள்ளி Q இல் $\left|\vec{E}_Q\right| = \frac{9\times10^9\times2\times10^{-6}}{36}$

$$= 0.5 \times 10^3\ \text{N C}^{-1}$$

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

புள்ளி Q இல் மின்புலம் நேர் x – அச்சின் திசையில் உள்ளது.



12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 14 23-12-2022 17:26:09

1.3.2 புள்ளி மின்துகள்களாலான அமைப்பின் மின்புலம்

புறவெளியில் (space) பல புள்ளி மின்துகள்கள் பரவியுள்ள அமைப்பு ஒன்றைக் கருதுவோம். இந்தப் புள்ளி மின்துகள்களின் அமைப்பினால் ஒரு புள்ளியில் உருவாகும் மொத்த மின்புலத்தைக் கணக்கிடுவதற்கு மேற்பொருந்துதல் தத்துவத்தைப் பயன்படுத்துகிறோம். **இவ்வமைப்பில் ஏதேனும் ஒரு புள்ளியில் காணப்படும் தொகுபயன் மின்புலமானது ஒவ்வொரு மின்துகளும் அப்புள்ளியில் உருவாக்கும் மின்புலங்களின் வெக்டர் கூடுதலுக்குச் சமம். இதுவே மின்புலங்களின் மேற்பொருந்துதல் எனப்படும்.**

வெளிப்பரப்பில் பல்வேறு புள்ளிகளில் அமைந்துள்ள $q_1, q_2, q_3 ....q_n$ ஆகிய புள்ளி மின்துகள்களின் அமைப்பைக் கருதுவோம். இவ்வனைத்து மின்துகள்களாலும் ஏதோவொரு புள்ளி (P) யில் உருவாகும் மொத்த மின்புலம்

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

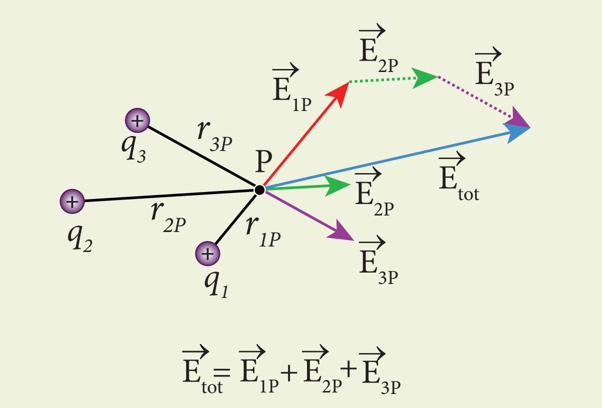
$$\vec{E}_{tot} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left\{\frac{q_1}{r_{1P}^2}\hat{r}_{1P} + \frac{q_2}{r_{2P}^2}\hat{r}_{2P} + \frac{q_3}{r_{3P}^2}\hat{r}_{3P} + ... + \frac{q_n}{r_{nP}^2}\hat{r}_{nP}\right\} \qquad (1.7)$$

இங்கு $q_1, q_2, q_3 ....q_n$ ஆகிய மின்துகள் களுக்கும் புள்ளி P க்கும் இடையேயுள்ள தொலைவுகளை முறையே $r_{1P}, r_{2P}, r_{3P} ....r_{nP}$ என்க. மேலும் $\hat{r}_{1P}, \hat{r}_{2P}, \hat{r}_{3P} .... \hat{r}_{nP}$ ஆகியன முறையே $q_1, q_2, q_3 ....q_n$ மின்துகள்களில் இருந்து அப்புள்ளிக்கு வரையப்பட்ட ஓரலகு வெக்டர்களாகும். சமன்பாடு (1.7) ஐப் பின்வருமாறு எழுதலாம்

$$\vec{E}_{tot} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{q_i}{r_{iP}^2}\hat{r}_{iP}\right) \qquad (1.8)$$

எடுத்துக்காட்டாக q_1, q_2, q_3, ஆகிய மூன்று புள்ளி மின்துகள்களால் ஒரு புள்ளி P யில் உருவாகும் தொகுபயன் மின்புலம் படம் (1.8) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

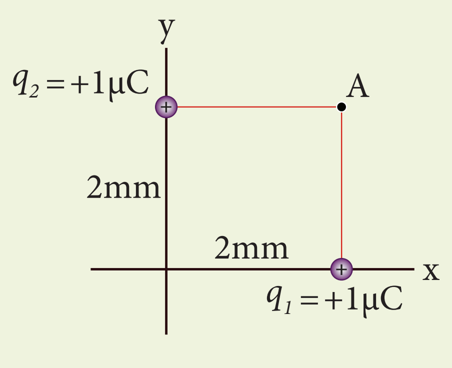
குறிப்பிட்ட புள்ளி (P) யிலிருந்து மின்துகளின் சார்புத் தொலைவுகளைப் (relative distances) பொறுத்தே மின்புல வெக்டர்களின் சார்பு நீளங்களும் (relative length) உள்ளதைக் கவனிக்கவும்.



படம் 1.8 மின்புலங்களின் மேற்பொருந்துதல்

எடுத்துக்காட்டு 1.7

படத்தில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள புள்ளி மின்துகள் அமைப்பைக் கருதவும். புள்ளி A இல் உருவாகும் மின்புலத்தைக் கணக்கிடுக. அப்புள்ளியில் எலக்ட்ரான் ஒன்று வைக்கப்பட்டால், அது அடையும் முடுக்கம் எவ்வளவு? (எலக்ட்ரானின் நிறை = 9.1 × 10^{-31} kg, எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டம் = -1.6 × 10^{-19} C)



தீர்வு

மேற்பொருந்துதல் தத்துவத்தின் படி, புள்ளி A இல் நிகர மின்புலம்

$$\vec{E}_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1}{r_{1A}^2}\hat{r}_{1A} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_2}{r_{2A}^2}\hat{r}_{2A}$$

இங்கு r_{1A} மற்றும் r_{2A} ஆகியன புள்ளி A க்கும் துகள்களுக்கும் இடையேயுள்ள தொலைவுகள்

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

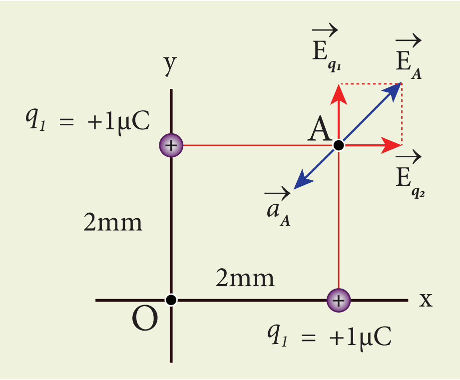
$$= 2.25\times10^{9}\ \hat{j} + 2.25\times10^{9}\hat{i} = 2.25\times10^{9}\left(\hat{i} + \hat{j}\right)$$

மின்புலத்தின் எண்மதிப்பு

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

$\vec{E}_A$ –ன் திசை $\dfrac{\vec{E}_A}{\left|\vec{E}_A\right|} = \dfrac{2.25\times10^{9}\left(\hat{i} + \hat{j}\right)}{2.25\times\sqrt{2}\times10^{9}} = \dfrac{\left(\hat{i} + \hat{j}\right)}{\sqrt{2}}$,

இதுவே OA ன் திசையில் அமைந்த ஓரலகு வெக்டராகும் (பார்க்க:படம்)



புள்ளி A இல் வைக்கப்படும் எலக்ட்ரான் அடையும் முடுக்கம்

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

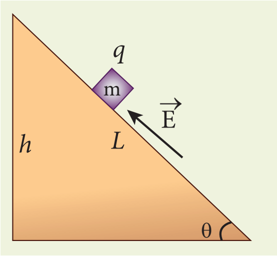
மின்புலம் $\vec{E}_A$ ன் திசைக்கு நேரெதிர் திசையில் எலக்ட்ரான் முடுக்கமடைகிறது.

1.3.3 மின்துகள்களின் தொடர் பரவலால் உருவாகும் மின்புலம்

நுண்ணிய நிலைகளில் மின்னூட்டம் குவாண்டத் தன்மை கொண்டது. சமன்பாடுகள் (1.2), (1.3), (1.4) ஆகியவை புள்ளி மின்துகள்களுக்கு மட்டுமே பொருந்துபவை. மின்னூட்டம் பெற்ற கோளம் அல்லது மின்னூட்டம் பெற்ற கம்பி உள்ளிட்ட பொருள்களின் மின்புலத்தைக் கணக்கிடும்போது அங்கு தனித்தனி புள்ளி மின்துகள்களைக் கருத்தில் கொள்வது இயலாது. எனவே, இத்தகைய பொருள்களில் மின்துகள்கள் தொடர் பரவலில் உள்ளதாகக் கருத வேண்டும். மேலும், அப்பொருள்களுக்கு மின்னூட்டங்களின் பிரிநிலைத் தன்மையை (discrete nature) கருத்தில் கொள்ளத் தேவையில்லை. அத்தகைய மின்துகள்களின் தொடர் பரவல்களால் உருவாகும் மின்புலத்தை நுண்கணித (calculus method) முறையைப் பயன்படுத்தி கணக்கிடலாம் (மேலும் தெரிந்துகொள்ள பின் இணைப்பை பார்க்க).

எடுத்துக்காட்டு 1.8

உராய்வற்ற, மின்காப்பிடப்பட்ட சாய்தளம் ஒன்றின் மீது m நிறையும் q நேர் மின்னூட்ட மதிப்பும் கொண்ட பொருள் ஒன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. அதை நிலையாக வைப்பதற்கு, சாய்தளத்திற்கு இணையான திசையில் மின்புலம் E அளிக்கப்படுகிறது. மின்புலத்தின் (E) எண்மதிப்பைக் காண்க.



தீர்வு

[குறிப்பு: +1 வகுப்பு இயற்பியல் தொகுதி 1 – அலகு 3 – பிரிவு 3.3.2 இல் இதேபோன்ற கணக்கு தீர்க்கப்பட்டுள்ளது.]

நிறை m ன் மீது செயல்படும் மூன்று விசைகள்:

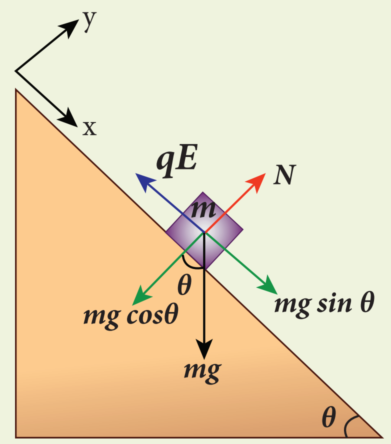
(i) கீழ்நோக்கிய திசையில் புவியினால் செலுத்தப்படும் ஈர்ப்பு விசை (mg)

(ii) சாய்தளத்தின் பரப்பினால் அளிக்கப்படும் செங்குத்து விசை (N)

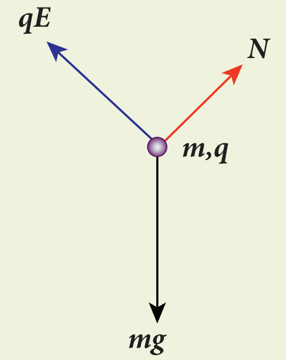
(iii) சீரான மின்புலத்தினால் அளிக்கப்படும் கூலூம் விசை (qE)

நிறை m ன் தனித்த பொருள் விசைப்படம் இங்கே தரப்பட்டுள்ளது

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 16 23-12-2022 17:26:16



நிறை *m* ன் மீது செயல்படும் விசைகள்



தனித்த பொருள் விசைப்படம்

இதற்கான தகுந்த நிலைம ஆய அமைப்பானது (inertial coordinate system) சாய்தளத்தில் இடம் பெற்றுள்ளதைப் படத்தில் காணலாம். x மற்றும் y – அச்சு ஆகிய இரண்டு திசைகளிலும் நிறை m ன் முடுக்கம் சுழி.

x – திசையில் நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியைப் பயன்படுத்த,

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

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

அல்லது $E = \dfrac{mg\sin\theta}{q}$

மின்புலத்தின் எண்மதிப்பானது, நிறைக்கு (m) நேர்த்தகவிலும் மின்னூட்ட மதிப்பு q விற்கு எதிர்த்தகவிலும் உள்ளதைக் கவனிக்கவும். அதாவது, மின்னூட்டத்தை மாற்றாமல் நிறையை மட்டும் கூட்டினால் அப்பொருள் நகராமல் இருக்க மேலும் வலிமையான மின்புலம் தேவைப்படும். மாறாக, நிறையை மாற்றாமல் மின்னூட்டத்தை மட்டும் கூட்டினால், பொருள் நகர்வதைத் தடுக்க வலிமை குறைந்த மின்புலமே போதுமானது.

சாய்தளத்தின் உயரம் (h), நீளம் (L) ஆகியவற்றின் அடிப்படையிலும் மின்புலத்தை எழுதலாம்.

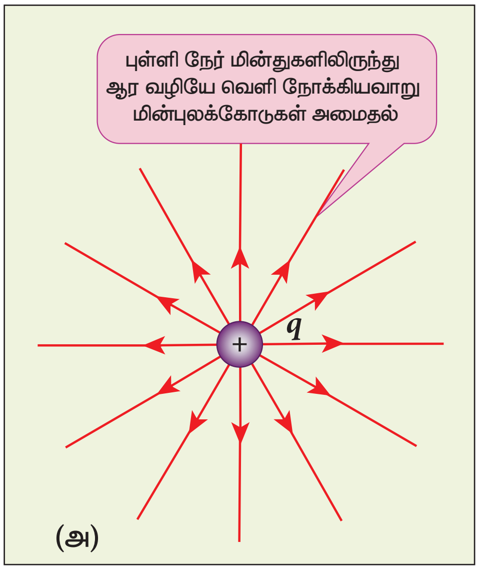
$$E = \frac{mg\,h}{qL}$$

1.3.4 மின்புலக் கோடுகள்

மின்புலக் கோடுகள் என்ற கருத்தாக்கத்தைப் பயன்படுத்தி மின்புல வெக்டர்களை பார்க்கக்கூடிய வகையில் காண்பிக்கலாம். புறவெளியில் ஒரு பகுதியில் அமைந்துள்ள மின்புலத்தைக் காண்பிக்கும் வண்ணம் வரையப்படும் தொடர் கோடுகளே மின்புலக் கோடுகள் ஆகும். மின்புலக் கோடுகளை வரையும் போது பின்வரும் விதிகளைப் பின்பற்ற வேண்டும்:

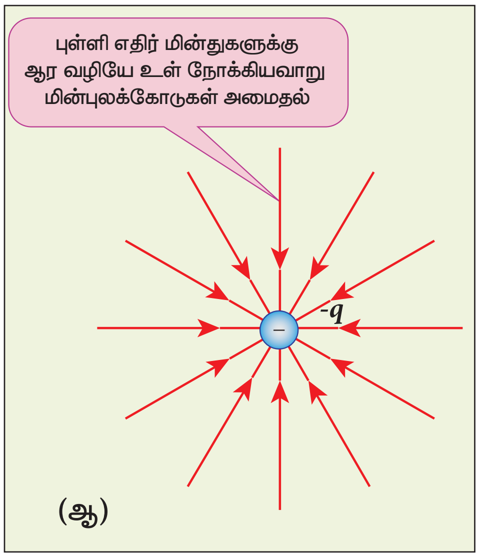
- மின்புலக் கோடுகள் நேர் மின்துகளில் தொடங்கி எதிர் மின்துகளிலோ அல்லது முடிவிலாத் தொலைவிலோ முடிவடைகின்றன.

  ஒரு புள்ளி நேர் மின்துகளுக்கு வரையப்படும் மின்புலக் கோடுகள் ஆரப்போக்கில் வெளிநோக்கிய திசையிலும், ஒரு புள்ளி எதிர் மின்துகளுக்கு அவை ஆரப்போக்கில் உள்நோக்கிய திசையிலும் அமைகின்றன. [படம் 1.9 (அ) மற்றும் (ஆ)].



(அ)

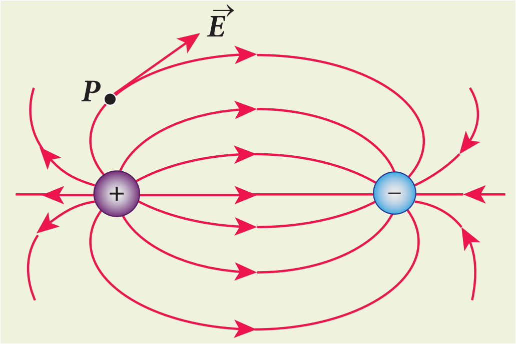
12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 17 23-12-2022 17:26:18



படம் 1.9 தனித்த, புள்ளி நேர் மற்றும் எதிர் மின்துகள்களுக்கு மின்புலக் கோடுகள்

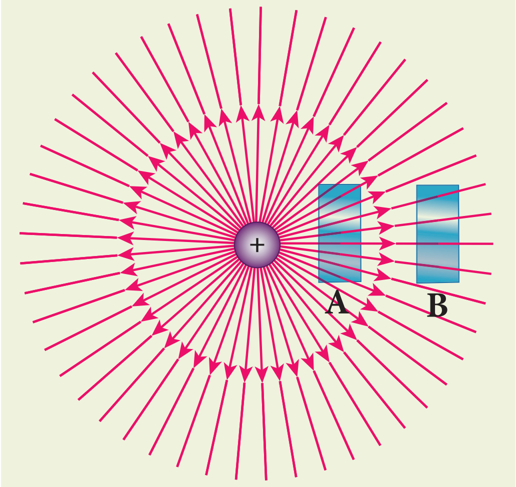
ஒரு தனித்த, புள்ளி நேர் மின்துகளைப் பொருத்தவரை மின்புலக் கோடுகள் அம்மின்துகளிலிருந்து தொடங்கி முடிவிலாத் தொலைவில் முடிவடைகின்றன. ஒரு தனித்த, புள்ளி எதிர் மின்துகளைப் பொருத்தவரை அவை முடிவிலாத் தொலைவில் தொடங்கி அம்மின்துகளில் முடிவடைகின்றன.

- மின்புலக் கோட்டிற்கு ஒரு புள்ளியில் வரையப்படும் தொடுகோட்டின் திசையில் அப்புள்ளியின் மின்புல வெக்டர் அமையும் [படம் 1.10]



படம் 1.10 புள்ளி P இல் மின்புலம்

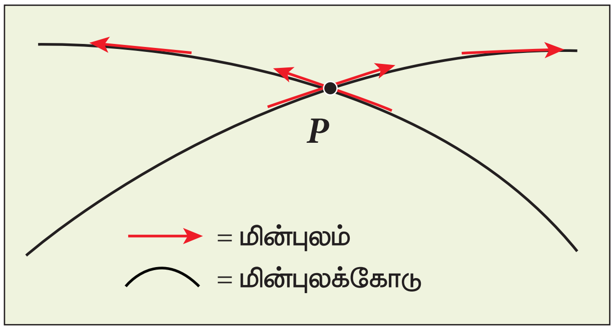
- எந்தவொரு பகுதியில் மின்புலத்தின் செறிவு அதிகமாக உள்ளதோ அங்கு மின்புலக் கோடுகள் நெருக்கமாகவும், எங்கு மின்புலத்தின் செறிவு குறைவாக உள்ளதோ அங்கு அவை இடைவெளி விட்டும் காணப்படுகின்றன. அதாவது, குறிப்பிட்டவொரு பரப்பிற்கு செங்குத்தான திசையில், அப்பரப்பைக் கடக்கும் மின்புலக் கோடுகளின் எண்ணிக்கை அவ்விடத்திலுள்ள மின்புலத்தின் எண்மதிப்புக்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும் [படம் 1.11]



படம் 1.11 பரப்பு B ஐ விட பரப்பு A இல் மின்புலம் அதிகம்

ஒரு புள்ளி நேர் மின்துகளிலிருந்து வெளியேறிச் செல்லும் மின்புலக்கோடுகள் படம் 1.11 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன. மின்துகளிலிருந்து தொலைவு அதிகரிக்கும்போது மின்புலத்தின் வலிமை குறையும் $\left(\because \left|\vec{E}\right| \propto \frac{1}{r^2}\right)$. எனவே, பரப்பு B உள்ள இடத்தைவிட பரப்பு A உள்ள இடத்தில் மின்புலம் அதிகம். ஆகவே, பரப்பு B ஐக் கடக்கும் கோடுகளின் எண்ணிக்கையை விட பரப்பு A ஐக் கடக்கும் கோடுகளின் எண்ணிக்கை அதிகமாக உள்ளது. பரப்பு B இல் கோடுகள் இடைவெளி விட்டும் பரப்பு A இல் அவை நெருக்கமாகவும் உள்ளதைக் கவனிக்கவும்.

- இரு மின்புலக் கோடுகள் ஒன்றையொன்று வெட்டிக் கொள்வதில்லை. அவ்வாறு வெட்டிக் கொண்டால், ஒரே புள்ளியில் இருவேறு மின்புல வெக்டர்கள் உள்ள நிலை ஏற்படும் (படம் 1.12).



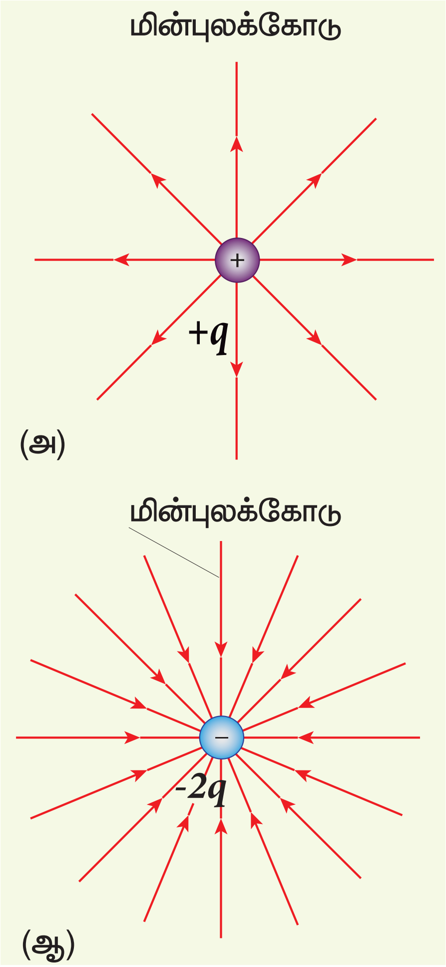
படம் 1.12 இருமின்புலக்கோடுகள் ஒன்றையொன்று வெட்டிக் கொள்வதேயில்லை

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 18 23-12-2022 17:26:19

அவ்வாறு ஏற்பட்டால், அந்த வெட்டுப் புள்ளியில் வைக்கப்படும் ஒரு மின்துகளானது ஒரே நேரத்தில் இருவேறு திசைகளில் நகர வேண்டும். இது இயற்கையில் நடக்காத ஒன்று. எனவே, மின்புலக் கோடுகள் ஒன்றையொன்று வெட்டிக் கொள்வதில்லை.

- ஒரு நேர் மின்துகளிலிருந்து வெளிநோக்கிச் செல்லும் மின்புலக் கோடுகளின் எண்ணிக்கை அல்லது எதிர் மின்துகளில் முடிவடையும் கோடுகளின் எண்ணிக்கையானது அந்த மின்துகளின் மின்னூட்ட மதிப்பிற்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும்.

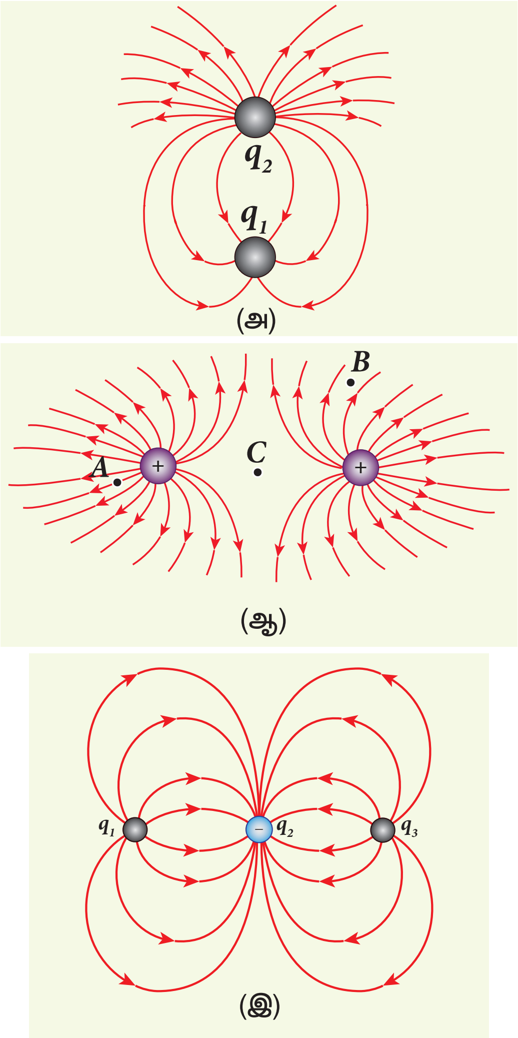
எடுத்துக்காட்டாக, $+q$ மற்றும் $-2q$ ஆகிய மின்னூட்ட மதிப்பு கொண்ட இரு மின்துகள்களுக்கு வரையப்பட்டுள்ள மின்புலக் கோடுகள் படம் 1.13 இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. $+q$ மின்துகளிலிருந்து வெளிவரும் புலக்கோடுகளின் எண்ணிக்கை 8 என்பதையும் $-2q$ மின்துகளை அடையும் புலக்கோடுகளின் எண்ணிக்கை 16 என்பதையும் கவனிக்கவும். இரண்டாவது மின்துகளின் மின்னூட்ட மதிப்பு முதலாவதைவிட இரு மடங்காக உள்ளதால் மின்புலக் கோடுகளின் எண்ணிக்கையும் இருமடங்காக உள்ளது.



படம் 1.13 மின்னூட்டத்தின் எண்மதிப்பும் மின்புலக் கோடுகளும்

எடுத்துக்காட்டு 1.9

பல்வேறு மின்துகள் அமைப்புகளுக்கான மின்புலக் கோடுகள் பின்வரும் படங்களில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.



(i) படம் (அ) வில் உள்ள q_1 மற்றும் q_2 ஆகிய இரு மின்துகள்களின் குறியீடுகளை அடையாளம் கண்டு, $\left|\frac{q_1}{q_2}\right|$ன் விகிதத்தைக் காண்க.

(ii) படம் (ஆ) வில் உள்ள இரு நேர் மின்துகள்களின் மின்னூட்ட விகிதத்தைக் கணக்கிடுக. மேலும் A, B, C ஆகிய புள்ளிகளில் மின்புலத்தின் வலிமையைக் கணக்கிடுக.

(iii) படம் (இ) இல் மூன்று மின்துகள்களின் மின்புலக் கோடுகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. q_2 = –20 nC எனில், q_1 மற்றும் q_3 ன் மின்னூட்ட மதிப்புகளைக் கணக்கிடுக.

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 19 23-12-2022 17:26:20

தீர்வு

(i) மின்புலக் கோடுகள் q_2 இல் தொடங்கி q_1 இல் முடிவடைகின்றன. எனவே, படம் (அ) வில் q_2 நேர்க்குறி (+) கொண்டது, q_1 எதிர்குறி (–) கொண்டது. q_2 விலிருந்து வெளியேறும் கோடுகளின் எண்ணிக்கை 18, மற்றும் q_1 இல் முடிவடையும் கோடுகளின் எண்ணிக்கை 6. எனவே, q_2 ன் எண்மதிப்பு அதிகம். விகிதம் $\left|\frac{q_1}{q_2}\right| = \frac{N_1}{N_2} = \frac{6}{18} = \frac{1}{3}$. ஆகவே, $|q_2| = 3|q_1|$

(ii) படம் (ஆ) வில் இரு நேர் மின்துகள்களில் இருந்து வெளியேறும் கோடுகளின் எண்ணிக்கையும் சமம். (N = 18). எனவே, அவற்றின் மின்னூட்ட மதிப்புகளும் சமமாக இருக்க வேண்டும். புள்ளி B இல் உள்ளதை விட புள்ளி A – வில் மின்புலக் கோடுகள் நெருக்கமாக உள்ளன. எனவே, புள்ளி B இல் காணப்படும் மின்புலத்தின் எண்மதிப்பை விட புள்ளி A இல் அதிகம். மேலும் C இன் வழியே எந்த மின்புலக் கோடும் செல்லவில்லை. ஆகவே இவ்விரு மின்துகள்களால் C இல் ஏற்படும் தொகுபயன் மின்புலம் சுழியாகும்.

(iii) படம் (இ) இல் q_1 மற்றும் q_3 யிலிருந்து மின்புலக் கோடுகள் தொடங்கி q_2 இல் முடிவடைகின்றன. q_1 மற்றும் q_3 ஆகியவை நேர் மின்துகள் என இதிலிருந்து தெரிகிறது. மேலும் கோடுகளின் எண்ணிக்கையின் விகிதம் $\left|\frac{q_1}{q_2}\right| = \frac{8}{16} = \left|\frac{q_3}{q_2}\right| = \frac{1}{2}$,

ஆகவே, q_2 ன் மதிப்பில் பாதியளவு உடையவை q_1 மற்றும் q_3

$q_1 = q_3 = +10$ nC.

1.4 மின் இருமுனையும் அதன் பண்புகளும்

1.4.1 மின் இருமுனை (Dipole)

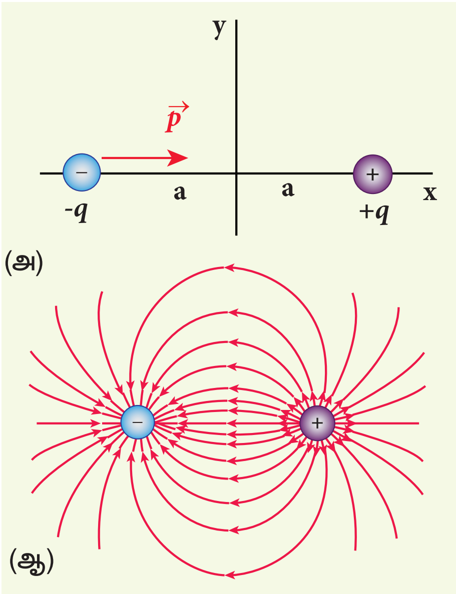
சிறிய இடைவெளியில் பிரித்து வைக்கப்பட்ட இரு சமமான, வேறின மின்துகள்கள் மின் இருமுனையை உருவாக்குகின்றன. பல மூலக்கூறுகளில் நேர் மின்துகள்களின் மையமும் எதிர் மின்துகள்களின் மையமும் ஒரே புள்ளியில் பொருந்துவது இல்லை. அத்தகைய மூலக்கூறுகள் நிலையான மின் இரு முனைகளைப்போல் செயல்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டுகள்: CO, நீர், அம்மோனியா, HCl உள்ளிட்டவை.

2a தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ள இரு சமமான, மின்னூட்டம் கொண்ட வேறின மின்துகள்களைக் $(+q, -q)$ கருதுவோம் [படம்1.14(அ)].

மின் இருமுனையின் திருப்புத்திறன் (electric dipole moment) பின்வருமாறு வரையறுக்கப்படுகிறது.

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

இங்கு $\vec{r}_+$ என்பது ஆதிப்புள்ளியிலிருநது $+q$ க்கு வரையப்படும் நிலை வெக்டர் மற்றும் $\vec{r}_-$ என்பது ஆதிப்புள்ளியிலிருந்து $-q$ க்கு வரையப்படும் நிலை வெக்டர். படம் 1.14 (அ) விலிருந்து,



படம் 1.14 (அ) மின்இருமுனை
(ஆ) மின்இருமுனையின் மின்புலக்கோடுகள்

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

இதிலிருந்து நாம் அறிவது, மின்இருமுனை திருப்புத்திறனின் திசையானது இரு மின்துகள்களை இணைக்கும் கோட்டின் வழியே $-q$ விலிருந்து $+q$ ஐ நோக்கி அமைகிறது. இத்திருப்புத்திறனின் SI அலகு கூலூம் மீட்டர் (Cm). மின் இருமுனை ஒன்றின் மின்புலக் கோடுகள் படம் 1.14 (ஆ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளன.

- எளிமை கருதி இரு மின்துகள்களும் x – அச்சிலேயே வைக்கப்பட்டுள்ளன. y – அச்சுத் திசையிலோ z – அச்சுத் திசையிலோ அவை வைக்கப்பட்டிருந்தாலும் $-q$ விலிருந்து $+q$ உள்ள திசையிலேயே $\vec{p}$ அமைந்திருக்கும்.

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 20 23-12-2022 17:26:23

- மின் இருமுனை திருப்புத்திறனின் எண்மதிப்பானது அம்மின்துகள்களுள் ஏதேனும் ஒன்றின் மின்னூட்ட மதிப்பினை அவற்றிற்கிடையே உள்ள தொலைவினால் பெருக்கக் கிடைப்பதாகும்.

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

- இரு சமமான, வேறின மின்துகள்களின் மின் இருமுனை திருப்புத்திறன் இங்கு வரையறுக்கப்பட்டு இருந்தாலும் பல புள்ளி மின் துகள்களின் தொகுப்பிற்கும் மின் இருமுனை திருப்புத் திறனை வரையறுக்க முடியும்.

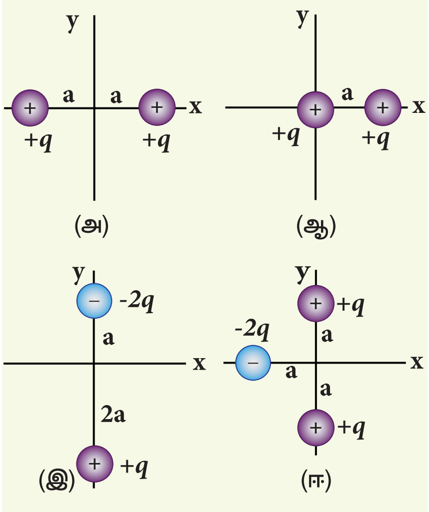
n புள்ளி மின்துகள்கள் அடங்கிய தொகுப்பிற்கு, மின் இருமுனை திருப்புத்திறன்,

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

இங்கு $\vec{r}_i$ என்பது ஆதிப்புள்ளியிலிருந்து மின்துகள் q_i க்கு வரையப்படும் நிலை வெக்டர்.

எடுத்துக்காட்டு 1.10

பின்வரும் மின்துகள் அமைப்புகளுக்கு மின் இருமுனை திருப்புத்திறனைக் கணக்கிடுக.



தீர்வு

நேர்வு (அ) $+q$ மின்துகளின் நிலை வெக்டர் நேர் x – அச்சு திசையில் அமைந்துள்ள $a\hat{i}$. மற்றொரு $+q$ மின்துகளின் நிலை வெக்டர், எதிர் x அச்சு திசையில் அமைந்துள்ள $-a\hat{i}$. எனவே இருமுனையின் திருப்புத்திறன்,

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

நேர்வு (ஆ) இங்கு ஒரு மின்துகள் ஆதிப்புள்ளியில் வைக்கப்பட்டுள்ளது; எனவே அதன் நிலை வெக்டர் சுழி. ஆகவே, இன்னொரு மின்துகளின் நிலை வெக்டரான $a\hat{i}$ மட்டுமே இருமுனையின் திருப்புத்திறனை உருவாக்குகிறது. அதாவது, $\vec{p} = qa\hat{i}$.

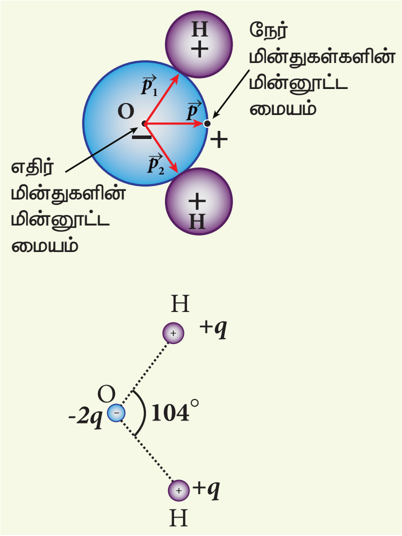
பொதுவாக, ஆதிப்புள்ளியின் தேர்வு மற்றும் மின்துகள்களின் நிலையமைப்பு ஆகியவற்றைச் சார்ந்தே மின் இருமுனை திருப்புத்திறன் அமைகின்றது. ஆனால் ஒரு சிறப்பு நேர்வுக்கு மட்டும் அது ஆதிப் புள்ளியின் தேர்வைச் சார்ந்திராது – அதாவது, மொத்த (நிகர) மின்னூட்டம் சுழியாக இருக்கும்போது மட்டும். இதனால்தான், ஆதிப்புள்ளியின் தேர்வு எவ்வாறாக இருப்பினும், (மொத்த மின்னூட்டம் சுழியாவதால்) ஒரு மின்இருமுனையின் திருப்புத்திறனானது $-q$ விலிருந்து $+q$ வை நோக்கிய திசையில் அமைகிறது.

நேர்வு (இ) $\vec{p} = -2qa\hat{j} + q(2a)(-\hat{j}) = -4qa\hat{j}$.

இந்த நேர்வில் $\vec{p}$ ன் திசை -2q விலிருந்து $+q$ வை நோக்கி இருக்கும்.

நேர்வு (ஈ) $\vec{p} = -2qa(-\hat{i}) + qa\hat{j} + qa(-\hat{j}) = 2qa\hat{i}$.

நீர் மூலக்கூறு (H_2O) ஒன்றின் மின்துகள்கள் நிலையமைப்பு இதைப் போலவே உள்ளது. நீர் மூலக்கூறு மூன்று அணுக்கள் (இரண்டு H அணுக்கள் மற்றும் ஒரு O அணு) கொண்டது. நீர் மூலக்கூறு ஒன்றில் நேர் மின்துகளின் (H) மையமும் எதிர் மின்துகளின் (O) மையமும் வெவ்வேறு புள்ளிகளில் அமைவதால், அது நிலைத்த இருமுனை திருப்புத்திறனைப் (Permanent dipole moment) பெற்றுள்ளது. இங்கு மின்இருமுனை திருப்புத்திறனானது எதிர் மின்துகளின் மையத்திலிருந்து நேர் மின்துகளின் மையத்தை நோக்கிய திசையில் இருக்கும். இது கீழே உள்ள படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

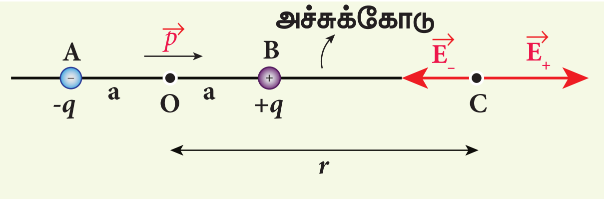


12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 21 23-12-2022 17:26:26

1.4.2 மின்இருமுனையின் மின்புலம்

நேர்வு (i) மின் இருமுனையின் அச்சுக்கோட்டில் மின் இருமுனையால் உருவாகும் மின்புலம்

படம் 1.15 இல் காட்டியுள்ளவாறு x – அச்சில் வைக்கப்பட்டுள்ள மின் இருமுனை ஒன்றைக் கருதுவோம். அதன் மையப்புள்ளி O விலிருந்து அச்சுக்கோட்டில் r தொலைவில் புள்ளி C உள்ளது.



படம் 1.15 மின் இருமுனையின் அச்சுக்கோட்டில் மின்புலம்

$+q$ மின்னூட்ட மதிப்பு கொண்ட மின்துகளால் புள்ளி C இல் உருவாகும் மின்புலம் $\vec{E}_+ = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{(r-a)^2}$ (BC திசையில்)

மின் இருமுனை திருப்புத்திறன் வெக்டர் $\vec{p}$ ஆனது $-q$ விலிருந்து $+q$ வை நோக்கிய திசையில், அதாவது BC திசையில் இருப்பதால்,

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

இங்கு $\hat{p}$ என்பது $-q$ விலிருந்து $+q$ வை நோக்கிய திசையில் வரையப்படும் இருமுனை திருப்புத்திறனின் ஓரலகு வெக்டராகும்.

$-q$ மின்னூட்ட மதிப்பு கொண்ட மின்துகளால் புள்ளி C இல் உருவாகும் மின்புலம்

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

$-q$ மின்துகளைவிட $+q$ மின்துகளானது புள்ளி C க்கு அருகில் உள்ளதால், $\vec{E}_-$ ஐவிட $\vec{E}_+$ வலிமையானது. எனவே, $\vec{E}_-$ வெக்டரின் நீளத்தைவிட $\vec{E}_+$ வெக்டரின் நீளம் அதிகமானதாக வரையப்பட்டுள்ளது.

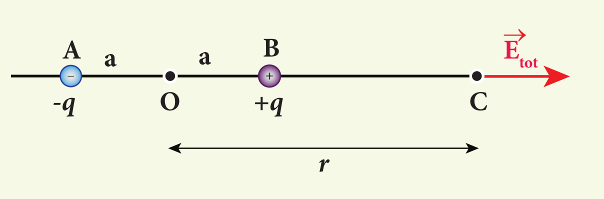
புள்ளி C இல் உருவாகும் மொத்த மின்புலத்தைக் கணக்கிட மின்புலங்களின் மேற்பொருந்துதல் தத்துவம் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

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

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

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

$-q$ வைக் காட்டிலும் $+q$ மின்துகள் புள்ளி C க்கு அருகில் இருப்பதால் மொத்த மின்புலத்தின் திசையும் $\vec{E}_+$ ன் திசையிலேயே அமைந்துள்ளது. படம் 1.16 இல் $\vec{E}_{tot}$ வெக்டரின் திசை குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது.



படம் 1.16 மின் இருமுனையின் அச்சுக்கோட்டில் மொத்த மின்புலம்

மின் இருமுனையிலிருந்து புள்ளி C வெகு தொலைவில் இருந்தால் (r >> a), மேலும் $(r^2 - a^2)^2 \approx r^4$ எனலாம். இதை சமன்பாடு (1.16) இல் பிரதியிட,

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

$2aq\,\hat{p} = \vec{p}$ என்பதால்

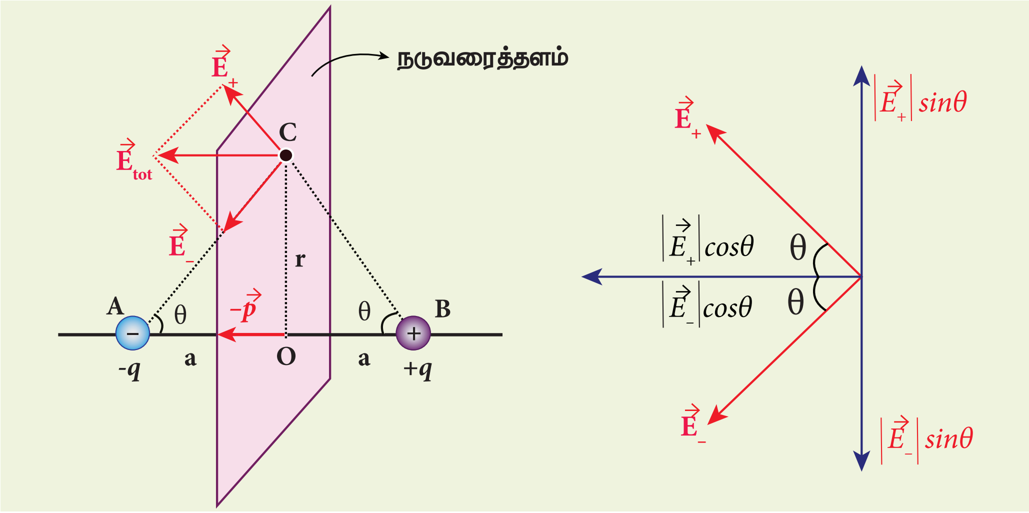
$$\vec{E}_{tot} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{2\vec{p}}{r^3} \quad (r >> a) \quad (1.17)$$

நாம் தேர்வு செய்யும் புள்ளி (C) மின் இருமுனைக்கு இடதுபுறம் இருந்தாலும், மொத்த மின்புலத்தின் திசை $\vec{p}$ ன் திசையில் தான் அமையும். படம் 1.14 (ஆ) வில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள மின் இருமுனையின் மின்புலக் கோடுகளை ஆராய்வதன் மூலம் இதை நாம் அறியலாம்.

நேர்வு (ii) மின் இருமுனையின் நடுவரைத் தளத்திலுள்ள புள்ளியில் மின்புலம்

மின் இருமுனையின் நடுப்புள்ளி O விலிருந்து r தொலைவில் நடுவரைத் தளத்தில் அமைந்த புள்ளி C ஐக் கருதுவோம். (படம் 1.17) $+q$ மற்றும் $-q$ இரண்டிலிருந்தும் புள்ளி C சம தொலைவில் உள்ளதால் அவற்றினால் உருவாகும்

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 22 23-12-2022 17:26:31



படம் 1.17 நடுவரைத் தளத்திலுள்ள ஒரு புள்ளியில் மின் இருமுனையால் ஏற்படும் மின்புலம்

மின்புலங்களின் எண்மதிப்பு சமமாகும். $\vec{E}_+$ இன் திசை BC இன் திசையிலும் $\vec{E}_-$ இன் திசை CA வழியாகவும் செயல்படும். $\vec{E}_+$ மற்றும் $\vec{E}_-$ இவற்றை இரு கூறுகளாகப் பகுப்போம். ஒரு கூறு இருமுனை அச்சுக்கு இணையாகவும் மற்றொன்று அதற்குச் செங்குத்தாகவும் இருக்கும். செங்குத்துக் கூறுகளான $|\vec{E}_+|\sin\theta$ மற்றும் $|\vec{E}_-|\sin\theta$ ஆகியவை ஒன்றுக்கொன்று எதிர்த்திசைகளில் உள்ளதால், அவை ஒன்றையொன்று சமன் செய்து கொள்கின்றன. எனவே புள்ளி C இல் ஏற்படும் மொத்த மின்புலத்தின் எண்மதிப்பானது $\vec{E}_+$ மற்றும் $\vec{E}_-$ ஆகியவற்றின் இணைக்கூறுகளின் கூடுதலுக்குச் சமமாகவும் $-\hat{p}$ ன் திசையிலும் இருக்கும் (படம் 1.17)

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

$\vec{E}_+$ மற்றும் $\vec{E}_-$ன் எண்மதிப்பு சமம். அதாவது,

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

சமன்பாடு (1.18) இல் பிரதியிட

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

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

ஏனெனில் $\cos\theta = \frac{a}{\sqrt{r^2+a^2}}$

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

ஏனெனில் $\vec{p} = 2qa\hat{p}$ (1.20)

மிக அதிக தொலைவுகளுக்கு ($r >> a$), சமன்பாடு (1.20) ஐப் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

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

முக்கியதெரிவுகள்

(i) மின் இருமுனையிலிருந்து மிக அதிக தொலைவுகளிலுள்ள புள்ளிகளைப் பொருத்தவரை அச்சுக்கோட்டில் உருவாகும் மின்புலத்தின் வலிமையானது நடுவரைத் தளத்தில் உருவாகும் மின்புலத்தின் வலிமையைப் போல் இருமடங்காக இருக்கும் என்பதை சமன்பாடுகள் (1.17) மற்றும் (1.21) மூலம் அறிகிறோம். மின் இருமுனையின் அச்சுக் கோட்டிலுள்ள புள்ளிகளில் மின்இருமுனையால் உருவாகும் மின்புலத்தின் திசை இருமுனை திருப்புத்திறன் $\vec{p}$ வெக்டரின் திசையிலும் நடுவரைத் தளத்திலுள்ள புள்ளிகளில் அதற்கு எதிர்த்திசையில், அதாவது $-\vec{p}$ வெக்டரின் திசையிலும் அமைகிறது.

(ii) மிக அதிகமான தொலைவுகளைப் பொருத்தவரை, இருமுனையின் மின்புலம் $\frac{1}{r^3}$ என்ற அளவில் மாறுகிறது. அதே சமயம் ஒரு

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 23 23-12-2022 17:26:35

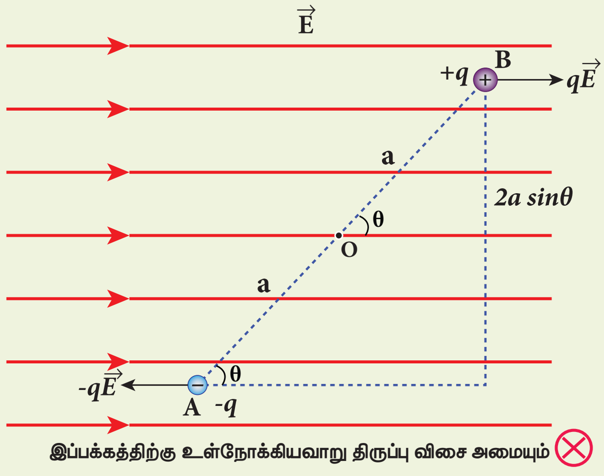
புள்ளி மின்துகளின் மின்புலம் $\frac{1}{r^2}$ என்றவாறு மாறுவதை நினைவில் கொள்ளவும். புள்ளி மின்துகளின் மின்புலத்தை விட இருமுனையின் மின்புலம் வேகமாக சுழி மதிப்பை நோக்கிச் செல்கிறது என்பதை இது காட்டுகிறது. ஏனெனில், மிக அதிக தொலைவுகளில் இருந்து பார்க்கும்போது, இருமுனையின் இரு மின்துகள்களும் ஒன்றுக்கொன்று நெருக்கமாக உள்ளதைப் போல் தோன்றுவதால், இரண்டின் மின்புலமும் ஒன்றையொன்று சமன்செய்து கொள்கின்றன.

(iii) சமன்பாடு (1.17) மற்றும் (1.21) ஆகியவை மிக அதிக தொலைவுகளுக்கு (r>>a) மட்டுமே பொருந்தும். மின்துகள்களுக்கு இடையேயான தொலைவு 2a சுழியெல்லை மதிப்பையும் $(2a \to 0)$ மின்துகள் q முடிவிலா மதிப்பையும் அடைந்தால், $(q \to \infty)$ அவற்றின் பெருக்கற்பலன் $2aq$ ஆனது வரம்பிற்குட்பட்ட மதிப்பைப் பெறும். அத்தகைய இருமுனையானது புள்ளி இருமுனை (point dipole) எனப்படும். புள்ளி இருமுனைகளைப் பொருத்தவரை அனைத்து தொலைவுகளுக்குமே சமன்பாடுகள் (1.17) மற்றும் (1.21) ஆகியவை பொருந்தும்.

1.4.3 சீரான மின்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள மின் இருமுனை மீது செயல்படும் திருப்பு விசை

சம இடைவெளியில் ஒரே திசையிலமைந்த மின்புலக் கோடுகளினால் குறிக்கப்படும் சீரான மின்புலம் $\vec{E}$ ஒன்றில் வைக்கப்பட்டுள்ள இருமுனை திருப்புத்திறன் $\vec{p}$ கொண்ட மின் இருமுனை ஒன்றைக் கருதுவோம். $+q$ மின்துகளானது மின்புலத்தின் திசையில் $q\vec{E}$ என்ற விசையையும், $-q$ மின்துகளானது புலத்திற்கு எதிர்த்திசையில் $-q\vec{E}$ என்ற விசையையும் உணர்கின்றன. புற மின்புலம் $\vec{E}$ சீராக உள்ளமையால் இருமுனையின் மீதான மொத்த விசை சுழியாகும். இவ்விரண்டு விசைகளும் வெவ்வேறு புள்ளிகளில் செயல்படுவதால் இரட்டை உருவாகிறது (படம் 1.18). அதனால் ஏற்படும் திருப்பு விசை மின் இருமுனையின் மீது செயல்பட்டு அதை சுழலச் செய்கிறது. (சீரான மின்புலத்தின் மின்புலக் கோடுகள் சம இடைவெளி விட்டும் ஒரே திசையிலும் உள்ளதைக் கவனிக்கவும்).

புள்ளி O வைப் பொருத்து மின் இருமுனையின் மீது செயல்படும் திருப்புவிசை



படம் 1.18 மின் இருமுனையின் மீது திருப்பு விசை

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

மொத்தத் திருப்பு விசையானது இத்தாளின் தளத்திற்குக் செங்குத்தாகவும் உள்நோக்கிய திசையிலும் உள்ளதை வலக்கைத் திருகுவிதியின் அடிப்படையில் (காண்க +1 இயற்பியல், தொகுதி 1, அலகு 5) அறிய முடியும்.

மொத்த திருப்புவிசையின் எண்மதிப்பு $\tau = |\overrightarrow{OA}||(-q\vec{E})|\sin\theta + |\overrightarrow{OB}||q\vec{E}|\sin\theta$

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

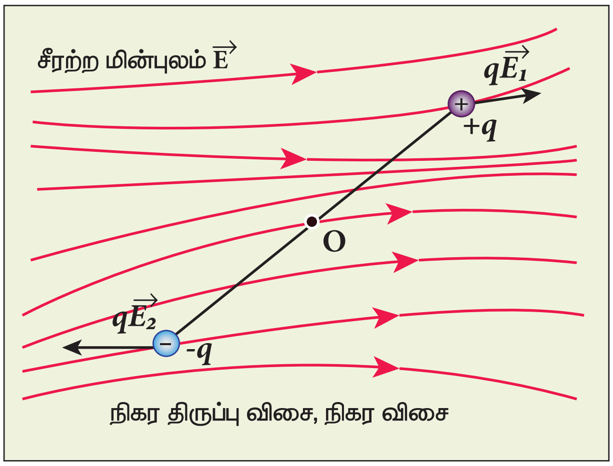
இங்கு θ என்பது $\vec{p}$ மற்றும் $\vec{E}$ க்கு இடைப்பட்ட கோணம். மேலும் $p = 2aq$. எனவே, வெக்டர் பெருக்கல் அடிப்படையில் திருப்பு விசையானது பின்வருமாறு எழுதப்படுகிறது.

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

இத்திருப்புவிசையின் எண்மதிப்பு $\tau = pE\sin\theta$; $\theta = 90^\circ$ ஆகும்போது, அது பெரும மதிப்பை அடையும்.

இந்தத் திருப்பு விசையானது மின் இருமுனையைச் சுழலச் செய்து மின்புலத்தின் $(\vec{E})$ திசையில் அதை ஒருங்கமையச் செய்கிறது. மின்புலத்துடன் $(\vec{E})$ திருப்புத்திறன் $(\vec{p})$ ஒருங்கமைந்த பின், இருமுனையின் மீது செயல்படும் மொத்த திருப்புவிசை சுழியாகும். மின்புலம் சீரற்றதாக இருந்தால் $+q$ ன் மீதான விசையும் $-q$ ன் மீதான விசையும் வெவ்வேறாக இருக்கும். இந்நிலையில் திருப்பு விசையுடன் நிகர விசை ஒன்றும் இருமுனையின் மீது செயல்படும் (படம் 1.19)

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 24 23-12-2022 17:26:39



படம் 1.19 சீரற்ற மின்புலத்தில் மின் இருமுனை

எடுத்துக்காட்டு 1.11

$3\times10^4\,N\,C^{-1}$ வலிமை கொண்ட சீரான மின்புலத்தில் HCl வாயு மூலக்கூறுகள் வைக்கப்படுகிறது. HCl மூலக்கூறின் மின் இருமுனை திருப்புத்திறன் 3.4×10^{-30} Cm எனில் ஒரு HCl மூலக்கூறின் மீது செயல்படும் பெரும திருப்பு விசையைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

புற மின்புலத்திற்குக் செங்குத்தாக உள்ள நிலையில் இருமுனையின் மீது பெரும திருப்பு விசை செயல்படும்

$$\tau_{max} = pE\sin 90^\circ = 3.4\times10^{-30}\times3\times10^4$$

$$\tau_{max} = 10.2\times10^{-26}\,\mathrm{N\,m}$$

1.5 நிலை மின்னழுத்தமும் மின்னழுத்த ஆற்றலும்

அறிமுகம்

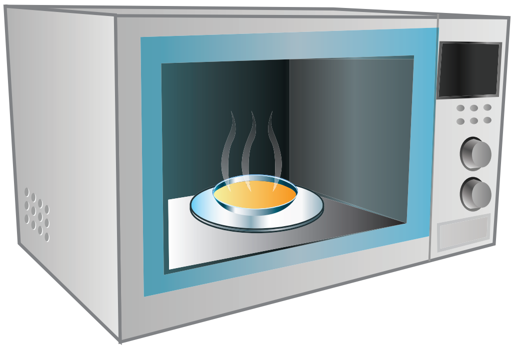
இயக்கவியலில் ஆற்றல் மாற்றா விசைகளினால் உருவாகும் நிலை ஆற்றல் வரையறுக்கப்படுகிறது. ஈர்ப்பு விசை ஒரு ஆற்றல் மாற்றா விசை என்பதால் ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல் வரையறுக்கப்பட்டது (+1 இயற்பியல், அலகு 6) நினைவிருக்கலாம். கூலூம் விசை ஓர் 'எதிர்த்தகவு – இருமடி – விதி' யின் படி செயல்படும் விசையாதலால் ஈர்ப்பு விசையைப் போல அதுவும் ஒரு ஆற்றல் மாற்றா விசையே. எனவே மின்துகள்களால் ஆன கட்டமைப்புகளுக்கு நாம் நிலை ஆற்றலை (மின்னழுத்த ஆற்றலை) வரையறை செய்ய முடியும்.

1.5.1 நிலை மின்னழுத்த ஆற்றலும் நிலை மின்னழுத்தமும்

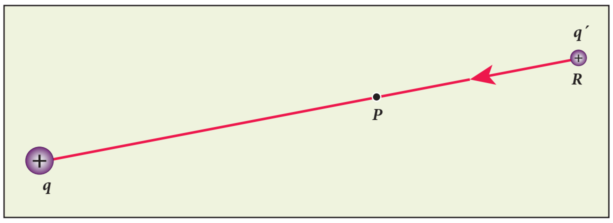
தன்னைச்சுற்றி மின்புலம் $\vec{E}$ ஐ உருவாக்கும், ஆதிப்புள்ளியில் வைக்கப்பட்டுள்ள நேர் மின்துகள் q ஐக் கருதுவோம். அதற்கும் சோதனை மின்துகள் q' க்கும் இடையே நிலவும் விலக்கு விசைக்கு எதிராக புள்ளி R லிருந்து புள்ளி P க்கு q' எடுத்து வரப்படுகிறது. (படம் 1.20). இப்படி எடுத்து வருவதற்கு இவ்விலக்கு விசைக்கு எதிராக வேலை செய்யப்பட வேண்டும். இந்த வேலையே நிலை ஆற்றலாக (மின்னழுத்த ஆற்றலாக) சேமிக்கப்படுகிறது.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

மின் இருமுனையின் மீது செயல்படும் திருப்பு விசை என்ற தத்துவத்தின் அடிப்படையில் நுண்ணலை அடுப்பு (microwave oven) செயல்படுகிறது. நாம் உண்ணும் உணவில் உள்ள நீர் மூலக்கூறுகள் நிலைத்த மின் இருமுனைகள் என்பதை அறிவோம். இவ்வடுப்பு உருவாக்கும் நுண்ணலைகள், அலைவுறும் மின்காந்தப் புலங்களே ஆகும். ஆதலால் அவை நீர்மூலக்கூறுகளின் மீது திருப்பு விசையை செயல்படுத்துகின்றன. நீர் மூலக்கூறு ஒவ்வொன்றின் மீதும் திருப்பு விசை செயல்படுவதால் அவை மிக வேகமாக சுழற்றப்படுகின்றன. அதிலிருந்து வெப்ப ஆற்றல் உருவாக்கப்படுகிறது. இவ்வாறு உருவாகும் வெப்பத்தினால் உணவு சூடாக்கப்படுகிறது.



12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 25 23-12-2022 17:26:40



படம் 1.20 செய்யப்படும் வேலை மின்னழுத்த ஆற்றலுக்குச் சமம்

சோதனை மின்துகள் q' ஆனது புள்ளி R லிருந்து புள்ளி P க்கு சீரான திசைவேகத்தில் நகர்த்தப்பட வேண்டும் என்றால் அதன்மீது செயல்படும் புற விசையானது கூலூம் விசைக்கு சமமாகவும் அதற்கு எதிர்த்திசையிலும் செலுத்தப்பட வேண்டும். $\left(\vec{F}_{ext} = -\vec{F}_{coulomb}\right)$. எனவே செய்யப்பட்ட வேலை

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

கூலூம் விசை ஒரு ஆற்றல் மாற்றா விசை என்பதால், செய்யப்படும் வேலையானது நகர்த்தப்பட்ட பாதையைச் சார்ந்திராமல் சோதனை மின்துகளின் தொடக்க மற்றும் இறுதி நிலைகளையே சார்ந்து இருக்கும். புள்ளி P இல் மின்துகள் q' ன் நிலைமின்னழுத்த ஆற்றல் U_P எனவும், புள்ளி R இல் அதை U_R எனவும் வைக்கவும். எனில் மின்னழுத்த ஆற்றலின் வேறுபாடானது புள்ளி R லிருந்து புள்ளி P க்கு சோதனை மின்துகளை நகர்த்தச் செய்யப்படும் வேலைக்குச் சமம். அதாவது

$$U_P - U_R = W = \Delta U$$

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

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

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

ஓரலகு மின்னூட்டத்திற்கான நிலைமின்னழுத்த ஆற்றல் வேறுபாடு

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

இச்சமன்பாடு (1.29) q' ஐச் சார்ந்ததல்ல. இந்த இயற்பியல் அளவு $\frac{\Delta U}{q'} = -\int_R^P \vec{E} \cdot d\vec{r}$ என்பது P மற்றும் R க்கு இடையேயான மின்னழுத்த வேறுபாடு என்று அழைக்கப்படுகிறது; மேலும் இதை $V_P - V_R = \Delta V$ என்று குறிப்போம். இதைப் பின்வருமாறும் நாம் வரையறுக்கலாம். புள்ளி R லிருந்து புள்ளி P க்கு ஓரலகு நேர் மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகள் ஒன்றை எடுத்து வர, புறவிசையினால் செய்யப்படும் வேலை என்றும் மின்னழுத்த வேறுபாடு வரையறுக்கப்படுகிறது.

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

நிலை மின்னழுத்த ஆற்றல் வேறுபாட்டைப் பின்வருமாறு எழுதலாம். $\Delta U = q'\Delta V$. இரு புள்ளிகளுக்கு இடையேயான மின்னழுத்த வேறுபாடு என்பதே பயன்படக்கூடிய ஓர் அளவீடாகும். மாறாக, ஒரு புள்ளிக்கான மின்னழுத்த மதிப்பு என்பது அர்த்தம் இல்லாதது. எனவே புள்ளி R ஐ முடிவிலாத் தொலைவில் உள்ளதாகவும் அதன் மின்னழுத்த மதிப்பை சுழி எனவும் கொள்வோம் $(V_\infty = 0)$ எனில்,

ஒரு புள்ளியில் (P) மின்னழுத்தம் என்பது புற மின்புலம் $(\vec{E})$ செயல்படும் பகுதியில் முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து அப்புள்ளிக்கு(P) ஓரலகு நேர் மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகளை சீரான திசைவேகத்துடன் கொண்டு வர புற விசை ஒன்றினால் செய்யப்படும் வேலைக்கு சமமாகும். கணித வடிவில் இதையே,

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

என்று எழுதலாம்.

முக்கிய கருத்துக்கள்

1. ஒரு புள்ளியில் உள்ள மின்னழுத்தமானது மூல மின்துகள் q வினால் உருவாகும் மின்புலத்தை மட்டுமே சார்ந்தது. அம்மின்புலம் சோதனை மின்துகளால் (q') உருவாவது அன்று. முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து புள்ளி P க்கு ஓரலகு மின்னூட்டம் கொண்ட நேர் மின்துகளை சீரான திசைவேகத்துடன் கொண்டு வர வேண்டும். ஏனெனில், அதைச் செய்யும் புற விசையினால் அந்த சோதனை மின்துகளுக்கு எவ்வித இயக்க ஆற்றலும் அளிக்கப்படக் கூடாது.

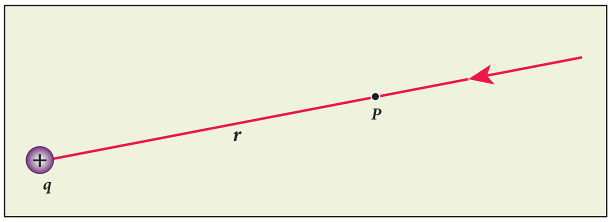
12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 26 23-12-2022 17:26:42

2. மின்னழுத்தத்தின் அலகு, சமன்பாடு (1.29) படி, ஜூல் / கூலூம் ($J\ C^{-1}$). எனினும் அதன் நடைமுறை அலகு வோல்ட் (V); இது மின்கலனை முதன்முதலில் உருவாக்கிய அலசாண்ட்ரோ வோல்டா (1745-1827) என்பாரின் நினைவால் சூட்டப்பட்ட அலகாகும். இரு புள்ளிகளுக்கு இடையேயான மின்னழுத்த வேறுபாடானது மின்னழுத்த அளவினால் (Voltage) குறிப்பிடப்படுகிறது.

குறிப்பு (மின்னூட்டம் பெற்ற) பொருள்களின் இயக்கத்தை விளக்குவதற்கு புலம் என்கிற கருத்தாக்கத்தைப் பயன்படுத்துவதை விட மின்னழுத்தம் அல்லது மின்னழுத்த ஆற்றல் என்கிற கருத்தாக்கத்தைப் பயன்படுத்துவது எளிமையானது.

1.5.2 புள்ளி மின்துகளால் உருவாகும் மின்னழுத்தம்

ஆதிப்புள்ளியில் நிலையாக வைக்கப்பட்டுள்ள q மின்னூட்ட மதிப்பு கொண்ட நேர் மின்துகள் ஒன்றைக் கருதவும். புள்ளி P அதிலிருந்து r தொலைவில் உள்ளது (படம் 1.21).



படம் 1.21 புள்ளி P இல் மின்னழுத்தம்

புள்ளி P இல் மின்னழுத்தம்

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

புள்ளி நேர் மின்துகள் q வினால் உருவாகும் மின்புலம்

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

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

மீச்சிறு இடப்பெயர்ச்சி வெக்டர் $d\vec{r} = dr\hat{r}$, மற்றும் $\hat{r}.\hat{r} = 1$. எனவே

$$V = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int_{\infty}^{r}\frac{q}{r^2}\hat{r}\cdot dr\hat{r} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int_{\infty}^{r}\frac{q}{r^2}dr$$

தொகையிடலுக்குப் பின்,

$$V = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}q\left\{-\frac{1}{r}\right\}_{\infty}^{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}$$

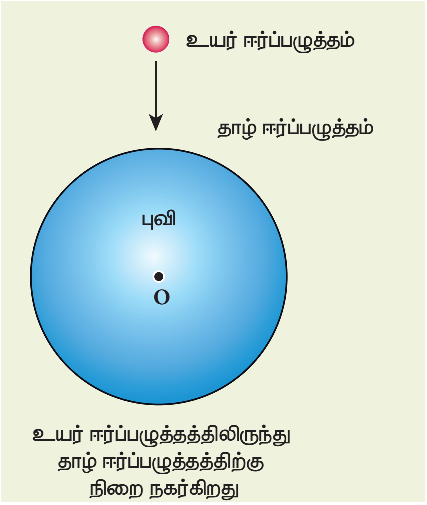
ஆகவே, புள்ளி மின்துகளினால் r தொலைவில் ஏற்படும் மின்னழுத்தம்

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

முக்கிய குறிப்புகள்

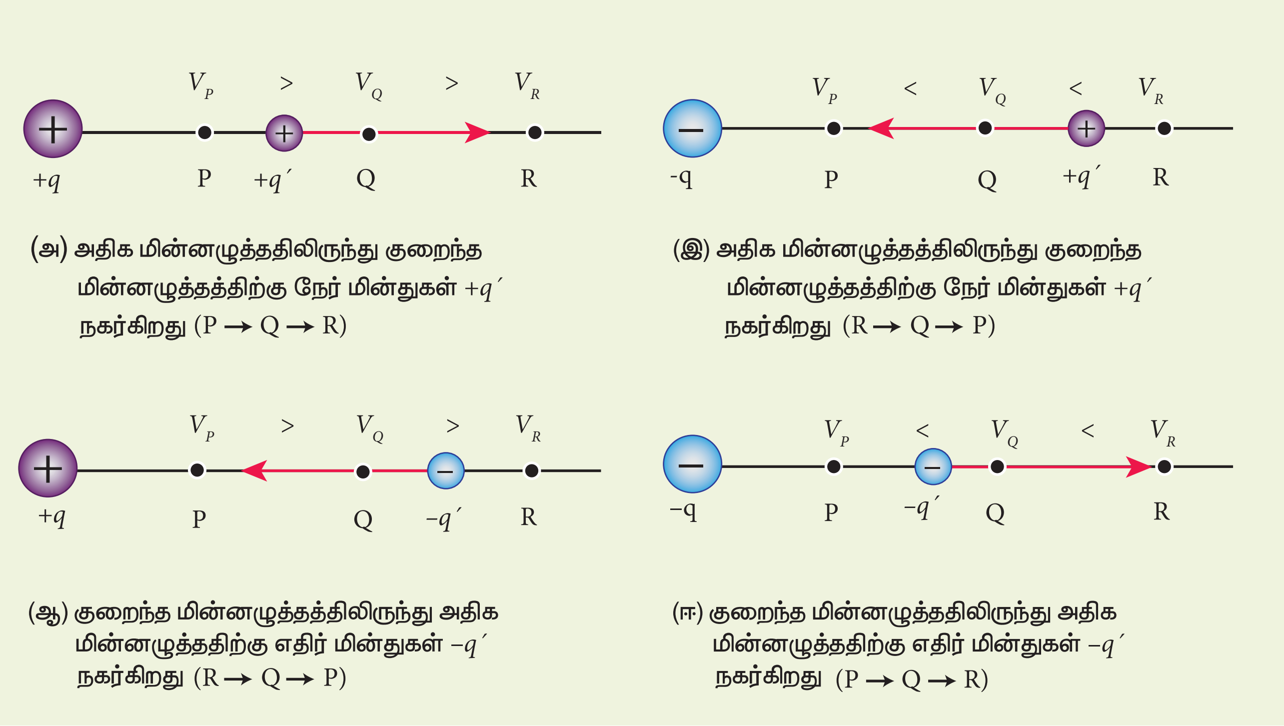
(i) மூல மின்துகள் q நேர்க்குறி உடையது எனில், $V > 0$. மூல மின்துகள் q எதிர்க்குறி கொண்டது எனில் V–யும் எதிர்க்குறி கொண்டிருக்கும். மேலும் $V = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}$

(ii) தொலைவு அதிகரிக்கும்போது நேர் மின்துகளினால் உருவாகும் மின்னழுத்தம் குறைகிறது என்பதை சமன்பாடு (1.33) மூலம் அறியலாம். அதே சமயம், எதிர் மின்துகளை பொருத்தவரை, தொலைவு அதிகரிக்கும்போது மின்னழுத்தமும் அதிகரிக்கிறது. முடிவிலாத் தொலைவில் ($r = \infty$) நிலை மின்னழுத்தம் சுழி (V = 0) ஆகும்.



படம் 1.22 ஈர்ப்பழுத்தத்தைப் பொறுத்து நிறைகளின் நகர்வு

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 27 23-12-2022 17:26:45



(அ) அதிக மின்னழுத்ததிலிருந்து குறைந்த மின்னழுத்தத்திற்கு நேர் மின்துகள் $+q'$ நகர்கிறது (P → Q → R)

(இ) அதிக மின்னழுத்தத்திலிருந்து குறைந்த மின்னழுத்தத்திற்கு நேர் மின்துகள் $+q'$ நகர்கிறது (R → Q → P)

(ஆ) குறைந்த மின்னழுத்தத்திலிருந்து அதிக மின்னழுத்ததிற்கு எதிர் மின்துகள் $-q'$ நகர்கிறது (R → Q → P)

(ஈ) குறைந்த மின்னழுத்ததிலிருந்து அதிக மின்னழுத்ததிற்கு எதிர் மின்துகள் $-q'$ நகர்கிறது (P → Q → R)

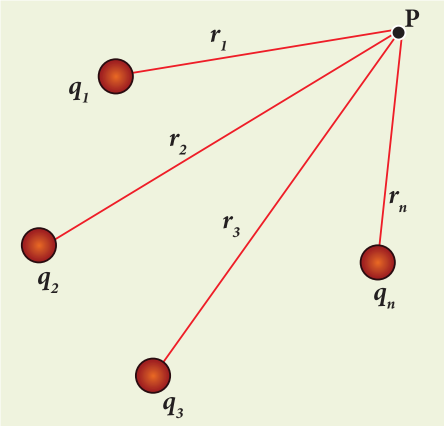
படம் 1.23 மின்னழுத்தத்தைப் பொருத்து மின்துகள்களின் நகர்வு

ஈர்ப்புப் புலத்தைப் பொருத்தவரை உயர் ஈர்ப்பு அழுத்தப் புள்ளியிலிருந்து தாழ்வு ஈர்ப்பு அழுத்தம் கொண்ட புள்ளிக்கு நிறையானது நகர்கிறது. அதேபோல், அதிக நிலை மின்னழுத்தம் கொண்ட புள்ளியிலிருந்து குறைந்த நிலை மின்னழுத்தம் கொண்ட புள்ளிக்கு ஒரு நேர் மின்துகள் நகர்கிறது. ஆனால், எதிர் மின்துகளோ குறைந்த நிலை மின்னழுத்தத்தில் இருந்து அதிக நிலை மின்னழுத்தத்திற்கு நகர்கின்றது. இந்த ஒப்பீடுகள் படம் 1.23 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

(iii) $q_1, q_2, q_3 \ldots . q_n$ ஆகிய பல மின்துகள்கள் அடங்கிய அமைப்பினால் ஒரு புள்ளியில் (P) உருவாகும் மின்னழுத்தமானது தனித்தனி மின்துகள்களால் ஏற்படும் மின்னழுத்தங்களின் கூடுதலுக்குச் சமமாகும்.

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

இங்கு $r_1, r_2, r_3 \ldots\ldots r_n$ ஆகியவை புள்ளி P யிலிருந்து மின்துகள்கள் $q_1, q_2, q_3 \ldots . q_n$ ஆகியவற்றின் தொலைவுகள் [படம் 1.24].



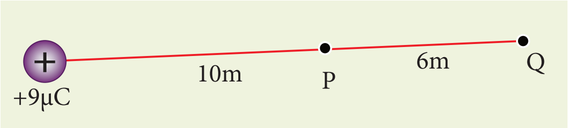
படம் 1.24 மின்துகள்களின் தொகுப்பினால் ஏற்படும் நிலை மின்னழுத்தம்

எடுத்துக்காட்டு 1.12

(அ) பின்வரும் படத்தில், P மற்று Q புள்ளிகளில் காணப்படும் மின்னழுத்தத்தைக் கணக்கிடுக.

(ஆ) அதிலுள்ள +9 μC மின்துகளுக்கு பதிலாக −9 μC வைக்கப்பட்டால், P மற்றும் Q புள்ளிகளில் நிலை மின்னழுத்தத்தைக் காண்க?

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 28 23-12-2022 17:26:46



(இ) முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து புள்ளி Q க்கு, +2 μC மதிப்பு கொண்ட சோதனை மின்துகள் ஒன்றைக் கொண்டு வர செய்யப்பட வேண்டிய வேலையைக் கணக்கிடுக. (+9 μC ஆதிப்புள்ளியில் நிலையாக வைக்கப்பட்டுள்ளது என்றும் +2 μC மின்துகள் முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து புள்ளிக்கு நகர்த்தப்படுகிறது என எடுத்துக் கொள்ளவும்.)

தீர்வு

(அ) புள்ளி P இல் உருவாகும் மின்னழுத்தம்

$$V_P = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r_P} = \frac{9\times10^9 \times 9\times10^{-6}}{10} = 8.1\times10^3 \text{ V}$$

புள்ளி Q இல் ஏற்படும் மின்னழுத்தம்

$$V_Q = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r_Q} = \frac{9\times10^9 \times 9\times10^{-6}}{16} = 5.06\times10^3 \text{ V}$$

இங்கு, புள்ளி P ன் மின்னழுத்தத்தை விட புள்ளி Q ன் மின்னழுத்தம் குறைவாக உள்ளதைக் கவனிக்கவும். ஆகவே, ஒரு நேர் மின்துகளை புள்ளி P இல் வைத்தால் அது புள்ளி Q வை நோக்கி நகரும். மாறாக ஒரு எதிர் மின்துகளை புள்ளி P இல் வைத்தால் அது +9 μC மின்துகளை நோக்கி நகரும்.

புள்ளி P மற்றும் Q க்கு இடையிலான மின்னழுத்த வேறுபாடு

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

(ஆ) +9 μC மின்துகளுக்கு பதிலாக −9 μC மின்துகளை வைத்தால், அப்புள்ளிகளில் உருவாகும் மின்னழுத்தங்கள் முறையே,

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

இங்கு புள்ளி P ன் மின்னழுத்தத்தை விட புள்ளி Q ன் மின்னழுத்தம் அதிகமாக உள்ளதைக் கவனிக்கவும்.

புள்ளி P மற்றும் புள்ளி Q க்கு இடையேயான மின்னழுத்த வேறுபாடு

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

(இ) மின்துகள் ஒன்றினால் ஒரு புள்ளியில் உருவாகும் மின்னழுத்தமானது ஓரலகு மின்னூட்டம் கொண்ட நேர்மின்துகளை முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து அப்புள்ளிக்கு எடுத்துவர, புற விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலைக்குச் சமமாகும். எனவே q மின்னூட்டம் கொண்ட துகளை முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து அப்புள்ளிக்கு எடுத்து வரச் செய்யப்படும் வேலை,

$$W = qV$$

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

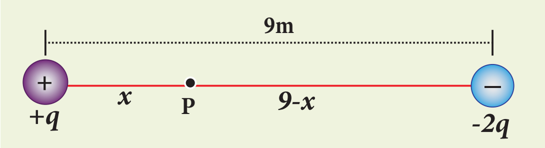
எடுத்துக்காட்டு 1.13

$+q$ மின்னூட்டம் கொண்ட நேர்மின்துகள் ஆதிப்புள்ளியில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. அதிலிருந்து 9 m தொலைவில் இன்னொரு புள்ளி மின்துகள் $-2q$ வைக்கப்பட்டுள்ளது. இம்மின்துகள்களுக்கு இடையில் மின்னழுத்தம் சுழியாக உள்ள புள்ளியைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

தீர்வு

மேற்பொருந்துதல் தத்துவத்தின்படி, ஒரு புள்ளியில் உருவாகும் மொத்த மின்னழுத்தமானது தனித்தனி மின்துகள்களால் அப்புள்ளியில் ஏற்படும் மின்னழுத்தங்களின் கூடுதலுக்குச் சமம்.

மொத்த மின்னழுத்த மதிப்பு சுழியாகும் புள்ளி, $+q$ மின்துகளிலிருந்து x தொலைவில் உள்ளதாகக் கருதவும் (படம்)



புள்ளி P இல் மொத்த மின்னழுத்தம் சுழி. இதைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$V_{tot} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{q}{x} - \frac{2q}{(9-x)}\right) = 0 \text{ (அல்லது)}$$

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

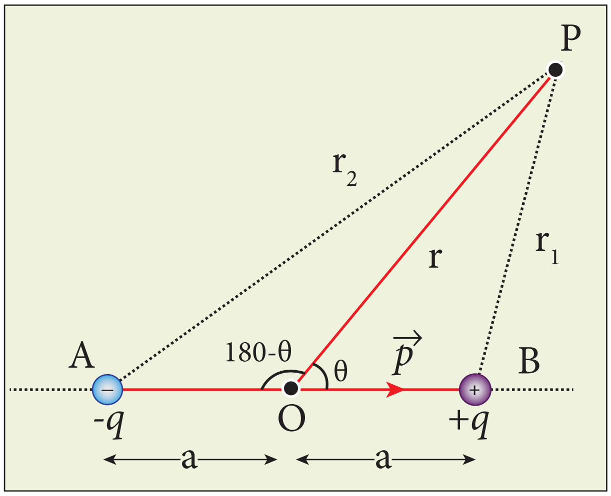
$$\frac{1}{x} = \frac{2}{(9-x)}$$

எனவே, $x = 3$ m

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 29 23-12-2022 17:26:49

1.5.3 மின் இருமுனையால் ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் நிலை மின்னழுத்தம்

படம் 1.25 இல் காட்டியுள்ளவாறு $2a$ என்ற சிறிய இடைவெளியில் பிரிக்கப்பட்டுள்ள இரு சமமான, வேறின மின்துகள்களைக் கருதுவோம். மின் இருமுனையின் நடுப்புள்ளியிலிருந்து r தொலைவில் P என்ற புள்ளி உள்ளது. AB என்ற இருமுனை அச்சுக்கும் OP என்ற கோட்டிற்கும் இடையேவுள்ள கோணம் θ என்க.



படம் 1.25 மின் இருமுனையால் ஏற்படும் மின்னழுத்தம்

$+q$ விலிருந்து புள்ளி P ன் தொலைவு r_1 எனவும் $-q$ விலிருந்து புள்ளி P ன் தொலைவு r_2 எனவும் கொள்க.

$+q$ மின்துகளினால் புள்ளி P இல் உருவாகும் மின்னழுத்தம் $= \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q}{r_1}$

$-q$ மின்துகளினால் புள்ளி P இல் உருவாகும் மின்னழுத்தம் $= -\frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q}{r_2}$

புள்ளி P இல் உருவாகும் மொத்த மின்னழுத்தம்,

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}q\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \qquad (1.35)$$

மின் இருமுனையிலிருந்து வெகு தொலைவில் புள்ளி P இருப்பின், $r >> a$. எனவே சமன்பாடு (1.35) ஐ r ன் சார்பில் எழுதலாம்.

BOP முக்கோணத்தில் கொசைன் விதியைப் பயன்படுத்த,

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

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

புள்ளி P மின் இருமுனையிலிருந்து வெகு தொலைவில் உள்ளதால் $(r >> a)$. இதனால் $\frac{a^2}{r^2}$ இன் மதிப்பு மிகவும் சிறியது. எனவே அதைப் புறக்கணிக்கலாம். ஆகவே,

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

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

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

$\frac{a}{r} << 1$ ஆதலால், ஈருறுப்புத் தேற்றத்தைப் பயன்படுத்தி உயர் அடுக்குகளைப் புறக்கணித்து எழுதினால்,

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

இதேபோல் AOP முக்கோணத்திற்கு கொசைன் விதியைப் பயன்படுத்த,

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

$\cos(180 - \theta) = -\cos\theta$ ஆதலால்

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

$\frac{a^2}{r^2}$ ஐப் புறக்கணிக்க

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

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 30 23-12-2022 17:26:55

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

ஈருறுப்புத் தேற்றத்தைப் பயன்படுத்தினால்,

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

சமன்பாடு (1.37) மற்றும் (1.36) ஆகியவற்றை சமன்பாடு (1.35) இல் பிரதியிட

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}q\left(\frac{1}{r}\left(1+a\frac{\cos\theta}{r}\right) - \frac{1}{r}\left(1-a\frac{\cos\theta}{r}\right)\right)$$

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{1}{r}\left(1+a\frac{\cos\theta}{r} - 1 + a\frac{\cos\theta}{r}\right)\right)$$

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{2aq}{r^2}\cos\theta$$

மின் இருமுனையின் திருப்புத்திறன் $p = 2qa$. எனவே,

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

$p\cos\theta = \vec{p}\cdot\hat{r}$ என எழுதலாம். இங்கு $\hat{r}$ என்பது புள்ளி O விலிருந்து புள்ளி P ஐ நோக்கி உள்ள ஓரலகு வெக்டராகும். எனவே, மின் இருமுனையால் ஒரு புள்ளியில் உருவாகும் மின்னழுத்தம்

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{\vec{p}\cdot\hat{r}}{r^2} \quad (r>>a) \qquad (1.38)$$

மின் இருமுனையின் அளவை ஒப்பிடும்போது மிக அதிகமாகவுள்ள தொலைவுகளுக்கு சமன்–பாடு (1.38) பொருந்தும். புள்ளி இருமுனைக்கு எந்தத் தொலைவிற்கும் சமன்பாடு (1.38) பொருந்தும்.

சிறப்பு நேர்வுகள்

நேர்வு (i) இருமுனையின் அச்சுக்கோட்டில் $+q$ மின்துகள் உள்ள பக்கத்தில் புள்ளி P இருந்தால் $\theta = 0^0$. அப்போது மின்னழுத்தம்

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{p}{r^2} \qquad (1.39)$$

நேர்வு (ii) இருமுனையின் அச்சுக்கோட்டில் $-q$ மின்துகள் உள்ள பக்கத்தில் புள்ளி P இருந்தால் $\theta = 180^\circ$. எனவே

$$V = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{p}{r^2} \qquad (1.40)$$

நேர்வு (iii) இருமுனையின் நடுவரைக்கோட்டில் புள்ளி P இருந்தால், $\theta = 90^\circ$. எனவே

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

குறிப்பு

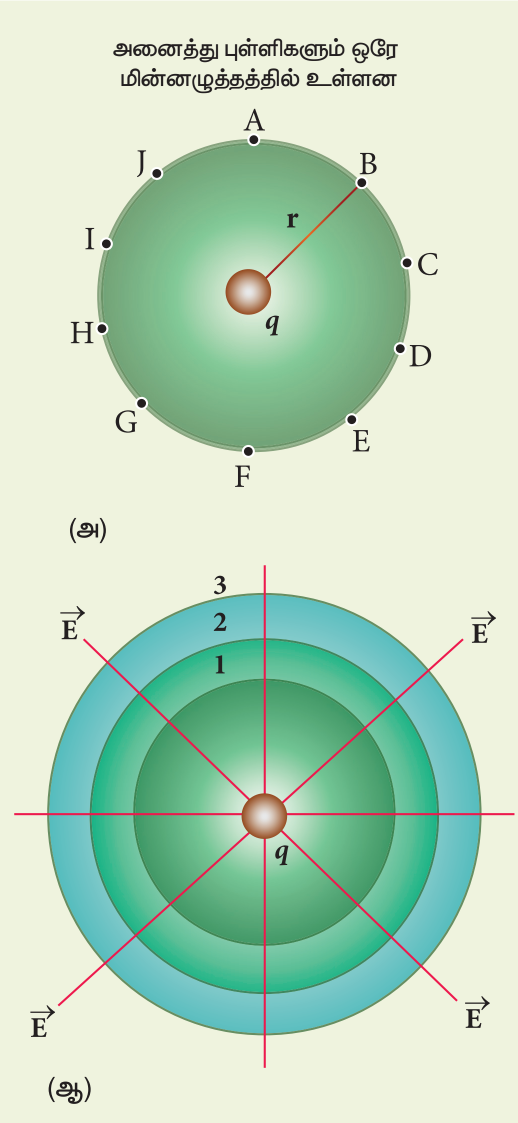
மின் இருமுனையின் மின்னழுத்தம் $\frac{1}{r^2}$ என்றவாறு குறைகின்றது; அதே சமயம் புள்ளி மின்துகளின் மின்னழுத்தம் $\frac{1}{r}$ என்றவாறு குறைகின்றது. எனவே ஒரு புள்ளி மின்துகளைவிட மின் இருமுனையின் மின்னழுத்தம் வேகமாகக் குறைகின்றது. ஏனென்றால் மின் இருமுனையிலிருந்து தொலைவு அதிகரிக்கும் போது நேர் மற்றும் எதிர் மின்துகள்களின் விளைவுகள் ஒன்றையொன்று சமன்செய்து கொள்கின்றன.

1.5.4 சம மின்னழுத்தப் பரப்பு

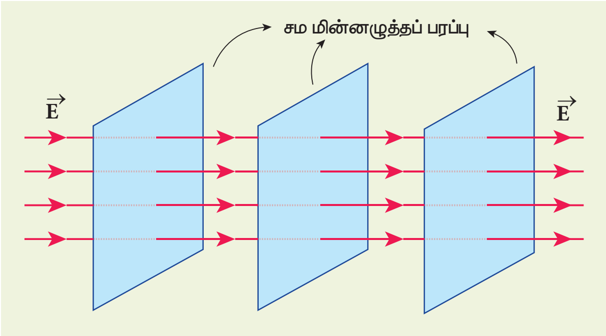
புறவெளியில் ஒரு புள்ளியில் வைக்கப்பட்டுள்ள புள்ளி மின்துகள் q வை மையமாகக் கொண்ட r ஆரமுடைய கற்பனைக் கோளத்தைக் கருதுவோம். [படம் 1.26 (அ)]. இக் கோளத்தின் பரப்பிலுள்ள அனைத்து புள்ளிகளும் ஒரே மின்னழுத்தம் பெற்றிருக்கும். இத்தகைய பரப்பினையே சம மின்னழுத்தப் பரப்பு என்கிறோம்.

ஒரு பரப்பில் உள்ள எல்லா புள்ளிகளும் ஒரே மின்னழுத்தத்தைக் கொண்டிருந்தால் அப்பரப்பு சமமின்னழுத்தப்பரப்பு எனப்படுகிறது. ஒரு புள்ளி மின்துகளிற்கு, சம மின்னழுத்தப் பரப்புகளாக ஓர் மைய கோளப் பரப்புகள் உள்ளதைப் படத்தில் (1.26 (ஆ)) காணலாம். ஒவ்வொரு கோளப் பரப்பும் ஒரு சம மின்னழுத்தப் பரப்பே என்றாலும் ஒவ்வொன்றின் மின்னழுத்த மதிப்பும் வெவ்வேறு ஆகும்.

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 31 23-12-2022 17:27:00



படம் 1.26 புள்ளி மின்துகளின் சம மின்னழுத்தப்பரப்பு



படம் 1.27 சீரான மின்புலத்தின் சம மின்னழுத்தப் பரப்புகள்

சீரான மின்புலத்தைப் பொருத்தவரை, அதற்கு செங்குத்தாகவுள்ள தளங்களின் தொகுப்பே சம மின்னழுத்தப் பரப்புகளாகும். [படம் 1.27]

சம மின்னழுத்தப் பரப்புகளின் பண்புகள்

(i) A மற்றும் B புள்ளிகளுக்கு இடையே q மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகளை நகர்த்த செய்யப்படும் வேலை $W = q(V_B - V_A)$. A, B இரு புள்ளிகளும் ஒரே சம மின்னழுத்தப் பரப்பில் இருந்தால், செய்யப்படும் வேலை சுழியாகும்; ஏனெனில், $V_B = V_A$.

(ii) சம மின்னழுத்தப் பரப்புக்கு செங்குத்தாக மின்புலம் இருக்கும். அவ்வாறு செங்குத்தாக இல்லையெனில், புலத்தின் ஒரு கூறு பரப்புக்கு இணையாக இருக்கும். எனவே, அப்பரப்பிலேயே உள்ள இரு புள்ளிகளுக்கு இடையே ஒரு மின்துகளை நகர்த்த வேலை செய்யப்பட்ட வேண்டும். இது ஓர் முரண். எனவே, சம மின்னழுத்தப் பரப்புக்கு செங்குத்தாகவே மின்புலம் எப்போதும் அமைகின்றது.

1.5.5 மின்புலத்திற்கும் மின்னழுத்தத்திற்கும் இடையேயான தொடர்பு

ஆதிப்புள்ளியில் வைக்கப்பட்டுள்ள நேர் மின்துகள் q வைக் கருதுவோம். E மின்புலத்தில் ஓரலகு மின்னூட்டம் கொண்ட நேர் மின்துகள் ஒன்றை dx தொலைவு நகர்த்த செய்யப்படும் வேலை $dW = -E\,dx$. இங்கு எதிர்க்குறியானது மின்புலத்திற்கு எதிராக வேலை செய்யப்படுகிறது என்பதை உணர்த்துகிறது. இந்த வேலை மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்குச் சமமாகும். எனவே,

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

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

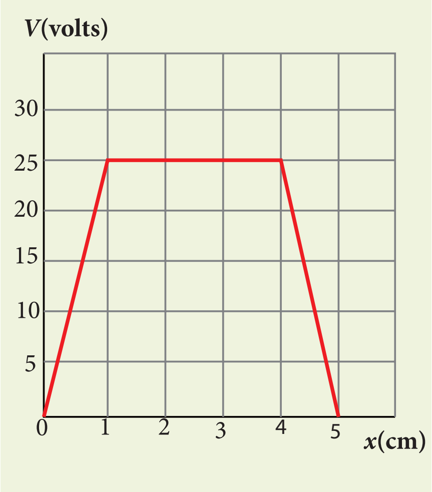
இதிலிருந்து, மின்புலமானது எதிர்க்குறியிடப்பட்ட மின்னழுத்தச் சரிவுக்கு சமம் என்றாகிறது. மேலே உள்ள சமன்பாடு (1.43) x – கூறுக்கு மட்டும் பொருந்தும். மின்புலமானது மூன்று கூறுகளுக்கும் பொதுவாக பின்வருமாறு எழுதப்படுகிறது.

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

எடுத்துக்காட்டு 1.14

x–ஆயத்தொலைவின் சார்பாக மட்டும் குறிக்கப்படும் மின்னழுத்தம் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. x ன் சார்பாக மின்புலத்தை வரைந்து காட்டுக.

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 32 23-12-2022 17:27:02



தீர்வு

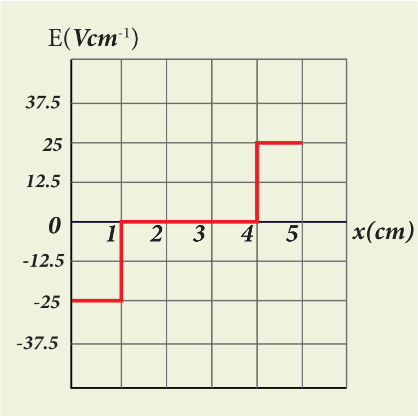
இக்கணக்கில் x ஐ சார்ந்து மட்டுமே மின்னழுத்தம் உள்ளதால் $\vec{E} = -\frac{dV}{dx}\hat{i}$ என்ற சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தலாம். (மற்ற இரு உறுப்புகளான $\frac{\partial V}{\partial y}$ மற்றும் $\frac{\partial V}{\partial z}$ சுழியாகும்).

0 முதல் 1 cm வரை, சாய்வு மாறிலியாக உள்ளது. மேலும் $\frac{dV}{dx} = 25\,\text{V cm}^{-1}$. எனவே, $\vec{E} = -25\hat{i}\ \text{V cm}^{-1}$

1 முதல் 4 cm வரை, மின்னழுத்தம் மாறாமல் உள்ளது $V = 25\,\text{V}$. அதாவது $\frac{dV}{dx} = 0$. எனவே, $\vec{E} = 0$ ஆகும்.

4 முதல் 5 cm வரை, சாய்வு $\frac{dV}{dx} = -25\,\text{V cm}^{-1}$. எனவே, $\vec{E} = +25\hat{i}\ \text{V cm}^{-1}$.

x – அச்சின் பல்வேறு புள்ளிகளில் மின்புலத்தின் வரைபடம் இங்கே தரப்பட்டுள்ளது.



1.5.6 புள்ளி மின்துகள் திரளால் உருவாகும் நிலை மின்னழுத்த ஆற்றல்

q_1 புள்ளி மின்துகளிலிருந்து r தொலைவிலுள்ள ஒரு புள்ளியில் மின்னழுத்தம்

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1}{r}$$

ஓரலகு மின்னூட்டம் கொண்ட நேர் மின்துகளை முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து அப்புள்ளிக்கு எடுத்துவரச் செய்யப்படும் வேலையே மின்னழுத்தம் ஆகும். இப்போது q_2 மின்துகளை முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து q_1 க்கு r தொலைவில் உள்ள புள்ளிக்கு எடுத்துவரச் செய்யப்படும் வேலையானது அப்புள்ளியில் மின்னழுத்தம் மற்றும் q_2 இன் பெருக்கற்பலனுக்குச் சமமாகும். எனவே,

$$W = q_2 V$$

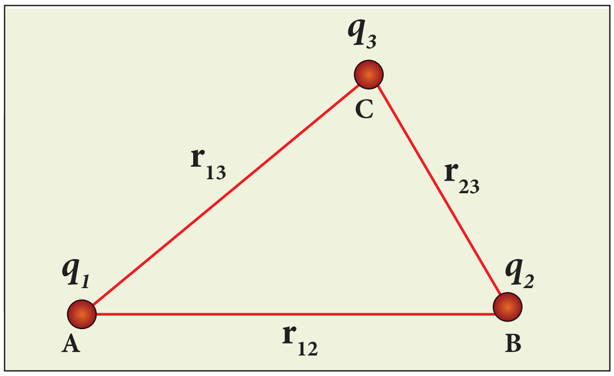
இந்த செய்யப்பட்ட வேலையானது r இடைவெளியில் அமைந்துள்ள q_1 மற்றும் q_2 மின்துகள் அமைப்பின் நிலைமின்னழுத்த ஆற்றல் U ஆக சேமிக்கப்படுகிறது. ஆகவே

$$U = q_2 V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r} \qquad (1.45)$$

இரு மின்துகள்களுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவை இந்த நிலை மின்னழுத்த ஆற்றலானது சார்ந்துள்ளது. q_1 நிலையாகவும் q_2 வை முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து நகர்த்தி வருவதாகவும் வைத்து சமன்பாடு (1.45) பெறப்பட்டுள்ளது. q_2 வை நிலையாக வைத்து q_1 ஐ முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து நகர்த்தி வருவதாக இருந்தாலும், அல்லது q_1 மற்றும் q_2 இரண்டையுமே முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து r இடைவெளியில் வைப்பதாக இருந்தாலும் சமன்பாடு (1.45) பொருந்தும்.

மூன்று மின்துகள்கள் பின்வருமாறுள்ள நிலையமைப்பில் வைக்கப்பட்டுள்ளன [படம் 1.28].

மொத்த நிலை மின்னழுத்த ஆற்றலைக் கணக்கிட பின்வரும் முறையை நாம் பின்பற்றுகிறோம். ஒன்றன் பின் ஒன்றாக மின்துகள்கள் அனைத்தையும் கொண்டு வரச் செய்து அவற்றை படம் 1.28ல் காட்டியுள்ளவாறு கட்டமைக்க வேண்டும்.



படம் 1.28 புள்ளி மின்துகள்களின் தொகுப்புக்கு நிலை மின்னழுத்த ஆற்றல்

(i) q_1 மின்துகளுக்கு அருகில் வேறு எந்த மின்துகள்களும் தொடக்கத்தில் இல்லாததால் முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து அதை புள்ளி A வரை கொண்டு வர எந்த வேலையும் செய்யத் தேவையில்லை.

(ii) q_2 மதிப்புடைய இரண்டாவது மின்துகளை புள்ளி B க்கு கொண்டு வர q_1 உருவாக்கிய மின்புலத்திற்கு எதிராக வேலை செய்யப்பட வேண்டும். q_2 ன் மீது செய்யப்படும் வேலை $W = q_2 V_{1B}$. இங்கு V_{1B} என்பது முதல் மின்துகள் q_1 ஆல் புள்ளி B இல் ஏற்படும் நிலை மின்னழுத்தம்

$$U_I = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r_{12}} \qquad (1.46)$$

q_2 வை முதலில் கொண்டு வந்து பின்னர் q_1 ஐக் கொண்டு வந்தாலும் இதே சமன்பாடே கிடைக்கும் என்பதைக் கவனிக்கவும்.

(iii) இதேபோல், மூன்றாவது மின்துகள் q_3 ஐ புள்ளி C க்கு கொண்டு வர q_2 மற்றும் q_3 மின்துகள்கள் சேர்ந்து உருவாக்கும் மொத்த மின்புலத்திற்கு எதிராக வேலை செய்யப்பட வேண்டும். எனவே, q_3 மின்துகளை நகர்த்திவரச் செய்யப்படும் வேலை $= q_3\left(V_{1C} + V_{2C}\right)$. இங்கு V_{1C} என்பது முதல் மின்துகள் q_1 ஆல் புள்ளி C இல் ஏற்படும் நிலை மின்னழுத்தம் மற்றும் V_{2C} என்பது இரண்டாவது மின்துகள் q_2 ஆல் புள்ளி C இல் ஏற்படும் நிலை மின்னழுத்தம் ஆகும்.

நிலை மின்னழுத்த ஆற்றல்

$$U_{II} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{q_1 q_3}{r_{13}} + \frac{q_2 q_3}{r_{23}}\right) \qquad (1.47)$$

(iv) சமன்பாடுகள் (1.46) மற்றும் (1.47) ஐக் கூட்ட, q_1, q_2 மற்றும் q_3 இவற்றாலான மின்துகள் அமைப்பினால் உருவாக்கப்படும் மொத்த நிலை மின்னழுத்த ஆற்றல், $U = U_I + U_{II}$

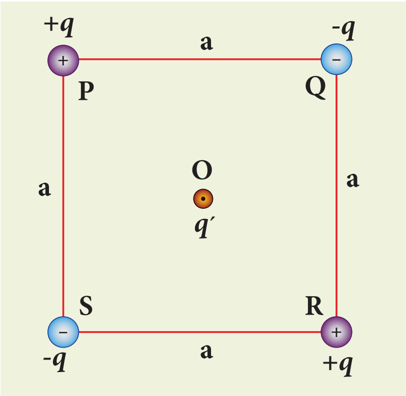
$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{q_1 q_2}{r_{12}} + \frac{q_1 q_3}{r_{13}} + \frac{q_2 q_3}{r_{23}}\right) \qquad (1.48)$$

சேமிக்கப்படும் நிலை மின்னழுத்த ஆற்றல் U ஆனது அம்மூன்று மின்துகள்களையும் குறிப்பிடப்பட்ட புள்ளிகளில் நிலைநிறுத்தச் செய்யப்படும் வேலைக்குச் சமமாகும் என்பதைக் கவனிக்கவும். அம்மின்துகள்களை எந்த வரிசையில் எடுத்து வந்தாலும் இதே சமன்பாடே (1.48) கிடைத்திருக்கும்.

கூலூம் விசை ஓர் ஆற்றல் மாற்றா விசையாதலால், மின்துகள்களின் நிலையமைப்பை கட்டமைக்கும்போது உருவாகும் நிலை மின்னழுத்த ஆற்றலானது அவ்வமைப்பைக் கட்டமைக்கும் வழிமுறையைச் சார்ந்து இராது.

எடுத்துக்காட்டு 1.15

படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு பக்கம் a கொண்ட சதுரம் PQRS ன் மூலைகளில் நான்கு மின்துகள்கள் வைக்கப்பட்டுள்ளன. (அ) இந்த நிலையமைப்பில் அம்மின்துகள்களை வைப்பதற்கு தேவைப்படும் வேலையைக் கணக்கிடு. (ஆ) இந்நான்கு மின்துகள்களும் அதே மூலைகளில் இருக்கும்போது, இன்னொரு மின்துகளை (q') சதுரத்தின் மையத்திற்குக் கொண்டு செல்ல எவ்வளவு அதிகப்படியான வேலை செய்யப்பட வேண்டும்?



தீர்வு

(அ) சதுரத்தின் மூலைகளில் மின் துகள்களை வைக்கத் தேவைப்படும் வேலையானது அவை

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 34 23-12-2022 17:27:16

எந்த வரிசையில் வைக்கப்படுகின்றன என்பதைச் சார்ந்ததல்ல. எனவே, நாம் எந்த வரிசையையும் பயன்படுத்தலாம்.

(i) முதலில் $+q$ மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகளை ஒரு மூலைக்கு (P) கொண்டு வருவோம். பிற மின்துகள்கள் ஏதும் அங்கு இல்லாததால், இதற்கு தேவைப்படும் வேலை சுழி, $W_P = 0$

(ii) $-q$ மதிப்புடைய மின்துகளை மூலை Q க்கு கொண்டு வர செய்யப்படும் வேலை = $(-q) \times$ (புள்ளி P இல் வைக்கப்பட்டுள்ள $+q$ மதிப்புடைய மின்துகளினால் புள்ளி Q வில் ஏற்படும் மின்னழுத்தம்).

$$W_Q = -q \times \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{a} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q^2}{a}$$

(iii) $+q$ மதிப்புடைய மின்துகளை மூலை R க்கு கொண்டு வர செய்யப்படும் வேலை = $q \times$ (புள்ளி P மற்றும் Q வில் வைக்கப்பட்டுள்ள மின்துகள்களால் புள்ளி R இல் ஏற்படும் மின்னழுத்தம்).

$$W_R = q \times \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(-\frac{q}{a} + \frac{q}{\sqrt{2}a}\right)$$
$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q^2}{a}\left(-1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$$

(iv) நான்காவது மின்துகள் $-q$ ஐ மூலை S க்கு கொண்டு வர செய்யப்படும் வேலை = $-q \times$ (புள்ளிகள் P, Q மற்றும் R இல் வைக்கப்பட்டுள்ள மூன்று மின்துகள்களாலும் புள்ளி S இல் ஏற்படும் மின்னழுத்தம்)

$$W_S = -q \times \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{q}{a} + \frac{q}{a} - \frac{q}{\sqrt{2}a}\right)$$
$$W_S = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q^2}{a}\left(2 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$$

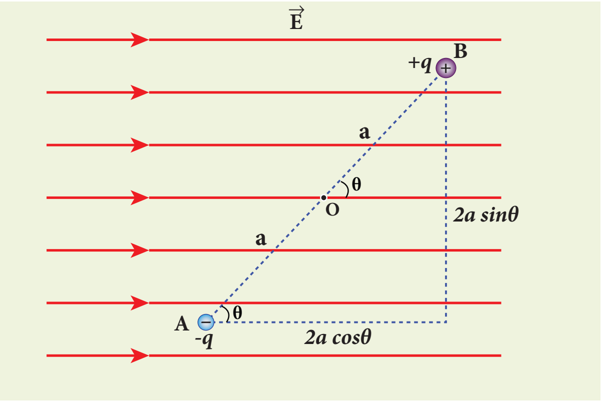
(ஆ) சதுரத்தின் மையத்திற்கு q' மின்துகளைக் கொண்டு வர செய்யப்படும் வேலை = $q' \times$ (நான்கு மூலைகளில் உள்ள மின்துகள்களாலும் மையப்புள்ளி O வில் உருவாகும் மின்னழுத்தம்)

$+q$ மின்னூட்டம் பெற்ற இரு மின்துகள்களால் ஏற்படும் மின்னழுத்தமானது $-q$ மின்னூட்டம் பெற்ற மற்ற இரு மின்துகள்களால் ஏற்படும் மின்னழுத்தத்தால் சமன் செய்யப்படும். எனவே, அனைத்து மூலைகளிலும் உள்ள மின்துகள்களால் மையப்புள்ளி O யில் ஏற்படும் மொத்த மின்னழுத்தம் சுழியாகும். எனவே, எந்த மின்துகளையும் புள்ளி O விற்குக் கொண்டு வர செய்யப்படும் வேலை சுழி.

அதாவது, ஏதேனும் ஒரு மின்துகளை (q') புள்ளி O க்கு அருகில் கொண்டு வந்த பின்னர், புற விசை ஏதுமின்றி, தானாகவே அது புள்ளி O க்கு நகரும் என்பதையே இது உணர்த்துகிறது.

1.5.7 சீரான மின்புலத்தில் உள்ள இருமுனையின் நிலை மின்னழுத்த ஆற்றல்

படம் 1.29 இல் கொடுத்துள்ளவாறு சீரான மின்புலம் $(\vec{E})$ ஒன்றில் வைக்கப்பட்டுள்ள மின் இருமுனையைக் கருதுவோம். சீரான மின்புலத்தில் வைக்கப்படும் இருமுனையின் மீது ஒரு திருப்புவிசை செயல்படும். இத்திருப்பு விசையானது மின்புலத்தின் திசையில் இருமுனையை ஒருங்கமைக்கின்றது.



படம் 1.29 சீரான மின்புலத்தில் உள்ள மின் இருமுனை

மின்புலத்தால் செலுத்தப்படும் இத்திருப்பு விசைக்கு எதிராக தொடக்கக் கோணம் θ' இலிருந்து இறுதி கோணம் θ வரை (மாறாத கோணத் திசைவேகத்துடன்) இருமுனையை சுழலச் செய்ய, மின்புலத்தால் கொடுக்கப்படும் திருப்புவிசைக்கு சமமானதும் எதிர்த்திசையில் உள்ளதுமான புறத்திருப்புவிசை ஒன்றை இருமுனையின் மீது செயல்படுத்த வேண்டும்.

θ' கோணத்திலிருந்து θ கோணம் வரை (மாறாத கோணத் திசைவேகத்துடன்) இருமுனையை சுழலச் செய்ய புறத்திருப்பு விசையால் செய்யப்படும் வேலை

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

$\vec{\tau}_E = \vec{p} \times \vec{E}$ க்கு சமமாகவும் எதிர்த்திசையிலும் $\vec{\tau}_{ext}$ உள்ளதால்,

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 35 23-12-2022 17:27:18

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

சமன்பாடு (1.49) ஐ சமன்பாடு (1.50) இல் பிரதியிட

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

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

இந்த வேலையானது கோண நிலைகள் θ மற்றும் θ′ க்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்த ஆற்றல் வேறுபாட்டுக்குச் சமமாகும்.

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

தொடக்கக் கோணம் $\theta' = 90^\circ$ என்றும் இதையே சுட்டுப்புள்ளியாகவும் (reference point) எடுத்துக்கொண்டால் $U(\theta') = pE\cos 90^\circ = 0$.

எனவே சீரான மின்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள இருமுனை அமைப்பு ஒன்றில் சேமிக்கப்படும் மின்னழுத்த ஆற்றல்

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

p மற்றும் E ஐத் தவிர மின்னழுத்த ஆற்றலானது புற மின்புலத்தைப் பொறுத்த மின் இருமுனையின் திசையமைப்பையும் சார்ந்திருக்கும். புற மின்புலத்துக்கு எதிரிணையாக $(\theta = \pi)$ இருமுனைத் திருப்புத்திறன் அமையும்போது மின்னழுத்த ஆற்றல் பெருமமாகவும் புறமின்புலத்துக்கு இணையாக $(\theta = 0^\circ)$ இருமுனைத் திருப்புத்திறன் அமையும்போது மின்னழுத்த ஆற்றல் சிறுமமாகவும் இருக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு 1.16

நீர் மூலக்கூறு ஒன்றின் மின் இருமுனைத் திருப்புத்திறன் 6.3×10^{-30} Cm. 10^{22} நீர் மூலக்கூறுகளைக் கொண்ட மாதிரி (sample) ஒன்றிலுள்ள அனைத்து இருமுனைத் திருப்புத்திறன்களும் எண்மதிப்பு 3×10^5 NC^{-1} கொண்ட புறமின்புலத்துடன் ஒருங்கமைந்துள்ளன. அனைத்து நீர் மூலக்கூறுகளையும் $\theta = 0^\circ$ லிருந்து 90° க்கு சுழலச் செய்ய தேவைப்படும் வேலை எவ்வளவு?

தீர்வு

அனைத்து நீர் மூலக்கூறுகளும் மின்புலத்தின் திசையில் அமைந்துள்ளதால், அவை சிறும மின்னழுத்த ஆற்றலைப் பெற்றிருக்கும். $\theta = 0^\circ$ லிருந்து 90° வரை இருமுனையை சுழற்ற செய்யப்படும் வேலையானது இவ்விரு நிலையமைப்புகளுக்கு இடையேயான மின்னழுத்த ஆற்றல் வேறுபாட்டுக்குச் சமமாகும்.

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

சமன்பாடு (1.51) இலிருந்து, $U = -pE\cos\theta$ என எழுதலாம். பிறகு ஒரு நீர் மூலக்கூறை $\theta = 0^\circ$ முதல் 90° வரை சுழற்ற செய்யப்படும் வேலையைக் கணக்கிடலாம்.

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

ஒரு நீர் மூலக்கூறுக்கு

$$W = 6.3\times10^{-30} \times 3\times10^{5} = 18.9\times10^{-25}\,\text{J}$$

10^{22} நீர் மூலக்கூறுகளுக்கு, செய்யப்படும் மொத்த வேலை

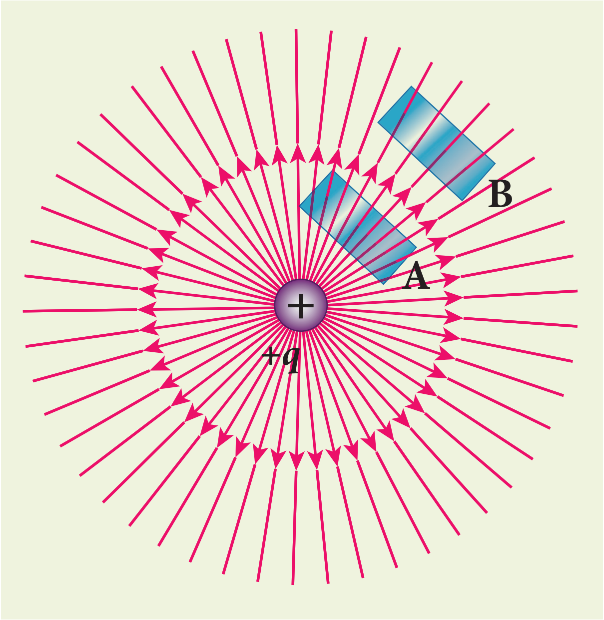
$$W_{tot} = 18.9\times10^{-25}\times10^{22} = 18.9\times10^{-3}\,\text{J}$$

1.6 காஸ் விதியும் அதன் பயன்பாடுகளும்

1.6.1 மின்பாயம் (Electric Flux)

மின்புலக் கோடுகளுக்குக் குறுக்கே அமைந்த குறிப்பிட்ட பரப்பு ஒன்றின் வழியே பாயும் மின்புலக் கோடுகளின் எண்ணிக்கை மின்பாயம் எனப்படும். இதை Φ_E என்ற கிரேக்க எழுத்தினால் குறிப்போம். மேலும் இதன் அலகு N m^2 C^{-1}. மின்பாயம் ஒரு ஸ்கேலர் அளவு ஆகும். மேலும் இது நேர்க்குறி அல்லது எதிர்க்குறி மதிப்பைப் பெற்று இருக்கும். மின்பாயம் என்றால் என்ன என்பதை எளிதில் புரிந்து கொள்ள படம் (1.30) பயன்படும்.

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 36 23-12-2022 17:27:21



படம் 1.30 மின்பாயம்

இப்படத்தில் புள்ளி மின்துகள் ஒன்றின் மின்புலம் காட்டப்பட்டுள்ளது. A மற்றும் B ஆகிய பகுதிகளில் புலத்திற்கு செங்குத்தாக அமைந்துள்ள இரு சிறிய செவ்வக – வடிவப் பரப்புகளைக் கருதுவோம். இவ்விரு பரப்புகளும் ஒரே பரப்பளவைக் கொண்டிருந்தாலும் பகுதி A வில் உள்ள செவ்வகத்தைக் கடக்கும் மின்புலக் கோடுகளின் எண்ணிக்கை பகுதி B இல் உள்ள செவ்வகத்தைக் கடக்கும் மின்புலக் கோடுகளை விட அதிகமாக உள்ளது. தொலைவு அதிகரிக்கும் போது புள்ளி மின்துகள் ஒன்றின் மின்புல வலிமை குறைவதைப்போல் தொலைவு அதிகரிக்கும்போது அதன் மின்பாயமும் குறைகின்றது. இதுவரை நாம் பார்த்த கருத்துகள் மின்பாயத்தைப் பற்றிய ஒரு பண்புசார் கருத்தை (qualitative idea) உருவாக்க உதவும். எனினும், மின்பாயத்தின் துல்லியமான வரையறை தேவைப்படுகிறது.

சீரான மின்புலத்தின் மின்பாயம்

புறவெளியில் ஒரு பகுதியில் நிலவும் சீரான மின்புலத்தைக் கருதுவோம். படம் 1.31 (அ) வில் கொடுத்துள்ளபடி மின்புலக் கோடுகளுக்குச் செங்குத்தாக உள்ள பரப்பு A வை எடுத்துக் கொள்வோம். இந்த நேர்வுக்கு மின்பாயம்

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

சீரான இம்மின்புலத்திற்கு இணையாக பரப்பு A வை வைத்தால், அப்பரப்பின் உள்ளே பாயும் மின்புலக் கோடுகள் சுழியாகும் [படம் 1.31 (ஆ)]. இந்த நேர்வில் மின்பாயம்

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

பரப்புடன் θ கோணத்தை மின்புலம் உருவாக்கும்போது பரப்பிற்கு செங்குத்தான திசையில் உள்ள மின்புலக்கூறு மட்டுமே மின்பாயத்தை அளிக்கிறது. பரப்பிற்கு இணையாகவுள்ள மின்புலக்கூறு மின்பாயத்தை அளிப்பதில்லை. [படம் 1.31 (இ)]. இந்த நேர்வில் மின்பாயம்

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

இங்கு மின்புலத்தின் திசைக்கும் பரப்பிற்கு வரையப்படும் செங்குத்துக் கோட்டின் திசைக்கும் இடையேவுள்ள கோணமே θ. எனவே, பொதுவான வரையறையாக, சீரான மின்புலத்தின் மின்பாயம் பின்வருமாறு வரையறுக்கப்படுகிறது.

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

இங்கு $\vec{A} = A\hat{n}$ என்பதைக் கவனிக்கவும். இதன் எண்மதிப்பு A மற்றும் இதன் பரப்பிற்கு செங்குத்து திசையிலுள்ள ஓரலகு வெக்டர் $\hat{n}$ [படம் 1.31]. இந்த வரையறையின் படி, $\Phi_E = \vec{E}\cdot\vec{A}$. மேலும் (1.53) மற்றும் (1.54) ஆகிய சமன்பாடுகளை இதன் சிறப்பு நேர்வுகளாக பெற முடியும்.

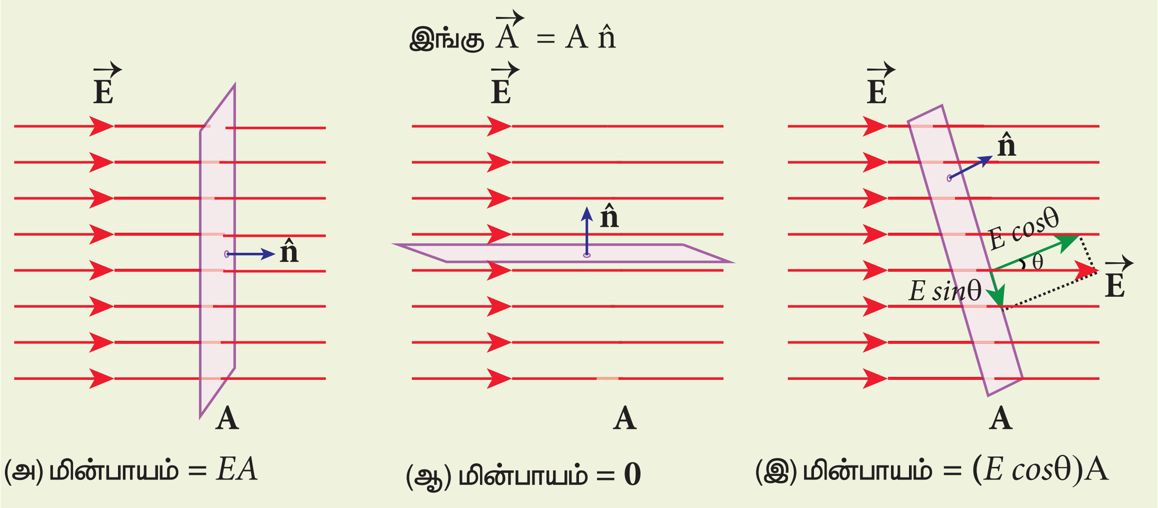
படம் 1.31 (அ) வில், θ = 0°. எனவே,

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

படம் 1.31 (ஆ) வில், θ = 90°. எனவே,

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

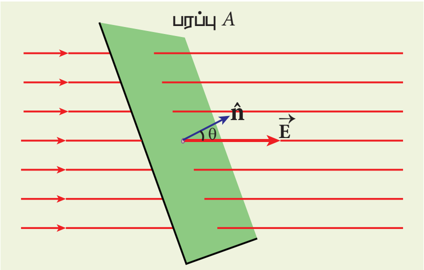
12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 37 23-12-2022 17:27:23



படம் 1.31 சீரான மின்புலத்திற்கு மின்பாயம்

எடுத்துக்காட்டு 1.17

100 N C^{-1} மதிப்புடைய சீரான மின்புலம் நிலவும் பகுதியில் வைக்கப்பட்டுள்ள 5 cm மற்றும் 10 cm பக்கங்கள் கொண்ட செவ்வகத்தைக் கடக்கும் மின்பாயத்தைக் கணக்கிடுக. கொடுக்கப்பட்ட கோணம் θ = 60°. ஒருவேளை θ சுழி எனில், மின்பாயம் என்ன?



தீர்வு

மின்பாயம்

$$\Phi_E = \vec{E}\cdot\vec{A} = EA\cos\theta$$
$$= 100 \times 5 \times 10 \times 10^{-4} \times \cos 60^\circ$$
$$\Phi_E = 0.25\,\text{Nm}^2\text{C}^{-1}$$

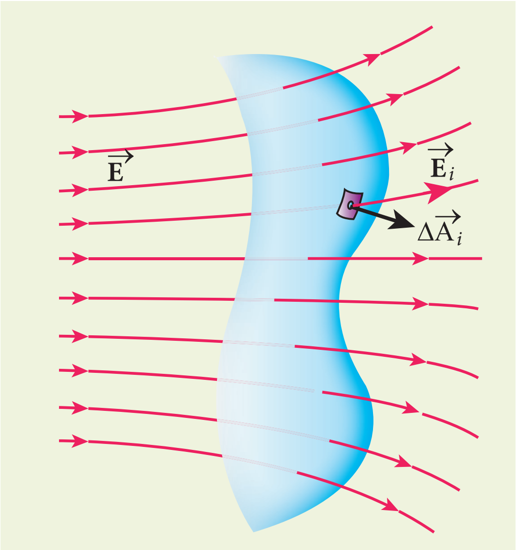
$\theta = 0^\circ$ எனில்

$$\Phi_E = \vec{E}\cdot\vec{A} = EA$$
$$= 100 \times 5 \times 10 \times 10^{-4}$$
$$= 0.5\,\text{Nm}^2\text{C}^{-1}$$

சீரற்ற மின்புலம் மற்றும் ஏதேனும் ஒரு வடிவமுள்ள பரப்பிற்கு மின்பாயம்

சீரற்ற மின்புலம் மற்றும் தட்டையாக இல்லாத வளை பரப்பு A ஆகியவற்றைக் கருதுவோம். [படம் 1.32]. இதன் மொத்த பரப்பளவையும் $\Delta\vec{A}_1, \Delta\vec{A}_2, \Delta\vec{A}_3 ....\Delta\vec{A}_n$ ஆகிய n மிகச்சிறிய பரப்புக் கூறுகளாகப் பிரித்தோம் என்றால் ஒவ்வொரு பரப்புக் கூறையும் கிட்டத்தட்ட தட்டையாக உள்ளதாகவும் ஒவ்வொரு பரப்புக் கூறின் வழியாகக் கடக்கும் மின்புலமும் சீராக உள்ளதாகவும் கருதலாம்.

மொத்த பரப்பளவு A க்குமான மின்பாயத்தைத் தோராயமாக எழுதினால்



படம் 1.32 சீரற்ற மின்புலத்திற்கு மின்பாயம்

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 38 23-12-2022 17:27:25

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

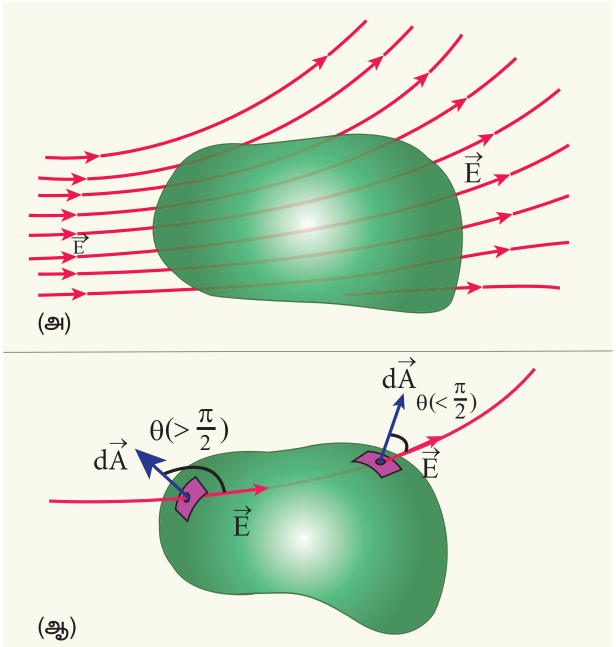
(அனைத்து i மதிப்புகளுக்கும்) $\Delta\vec{A}_i \to 0$ என்ற எல்லையை வைத்தோம் என்றால் சமன்பாடு (1.56) இல் உள்ள கூட்டுத்தொகையானது தொகையிடலாக மாறும். இப்போது, முழு பரப்பிற்குமான மொத்த மின்பாயம்

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

சமன்பாடு (1.57) லிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட பரப்பிற்கான மின்பாயமானது அதன் புறப்பரப்பின் வழியே செல்லும் மின்புலத்தையும் மின்புலத்தைப் பொருத்து பரப்பின் திசையமைப்பையும் சார்ந்திருக்கும் என்பது தெளிவாகிறது.

1.6.2 மூடிய பரப்புகளுக்கு மின்பாயம்

சென்ற பிரிவில், ஏதேனும் ஒரு வடிவமுள்ள வளைபரப்பிற்குரிய மின்பாயத்தைப் பற்றி அறிந்தோம். படம் 1.33 (அ) வில் கொடுத்துள்ளவாறு சீரற்ற மின்புலம் உள்ள பகுதியில் ஒரு மூடிய பரப்பு உள்ளதாகக் கருதுவோம். இம்மூடிய பரப்பிற்கான மின்பாயம்



படம் 1.33 மூடப்பட்ட பரப்பிற்கு மின்பாயம்

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

சமன்பாடு (1.57) மற்றும் சமன்பாடு (1.58) இடையிலான வேறுபாட்டைக் கவனிக்கவும். சமன்பாடு (1.58) இல் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள தொகையிடலானது ஒரு மூடப்பட்ட அல்லது மூடிய பரப்புத் தொகையிடலாகும்; மேலும் அதிலுள்ள ஒவ்வொரு பரப்புக் கூறுக்கும் வரையப்படும் வெளிநோக்கிய செங்குத்துக் கோடே $d\vec{A}$ ன் திசையாகும் [படம் 1.33 (ஆ)].

ஒரு மூடிய பரப்பின் மொத்த மின்பாயமானது நேர்க்குறி, எதிர்க்குறி அல்லது சுழி மதிப்பைப் பெற்றிருக்கும்.

படம் 1.33 (ஆ) –ல் ஒரு பரப்புக்கூறு $d\vec{A}$ மின்புலம் $\vec{E}$ யுடன் உருவாக்கும் கோணம் 90° ஐ விடக் குறைவாக உள்ளதால் அதன் மின்பாயம் நேர்க்குறி மதிப்பு உடையதாகவும் இன்னொரு பரப்புக்கூறு $d\vec{A}$ மின்புலத்துடன் உருவாக்கும் கோணம் 90° ஐ விட அதிகமாக உள்ளதால் அதன் மின்பாயம் எதிர்க்குறி மதிப்புடையதாகவும் உள்ளன.

பொதுவாக,மூடியபரப்பினுள்மின்புலக்கோடுகள் நுழைந்தால் மின்பாயம் எதிர்க்குறி எனவும் மூடிய பரப்பை விட்டு அவை வெளியேறினால் மின்பாயம் நேர்க்குறி எனவும் கொள்ளலாம்.

1.6.3 காஸ் விதி (Gauss law)

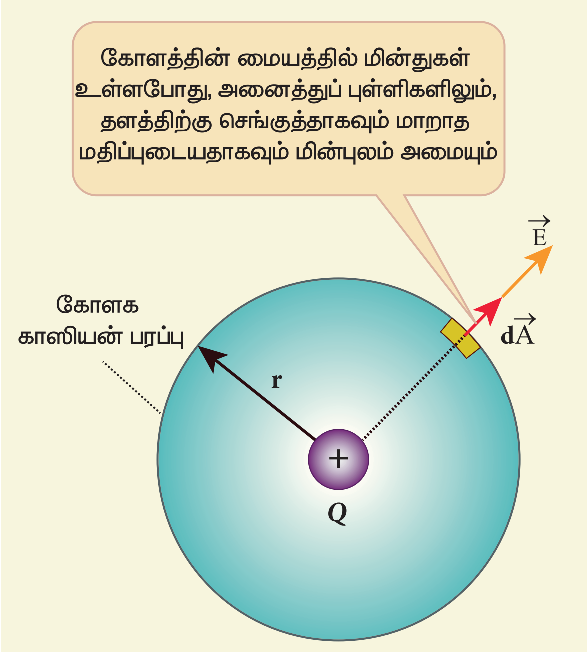
படம் (1.34) இல், Q மின்னூட்ட மதிப்புடையவொரு புள்ளி மின்துகளைச் சுற்றி r ஆரம் கொண்ட கற்பனைக் கோளம் (imaginary sphere) ஒன்று காட்டப்பட்டுள்ளது. அதன் மூடிய பரப்பின் வழியே வெளிநோக்கிய திசையில் கடக்கும் மொத்த மின்பாயத்தினை சமன்பாடு (1.58) மூலம் நாம் கணக்கிடலாம்.

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

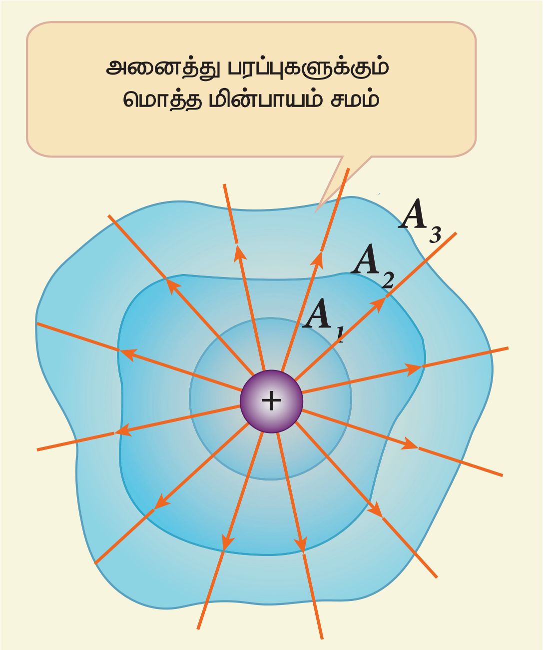
இப்புள்ளி நேர் மின்துகளின் மின்புலமானது கோளப் பரப்பின் ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் ஆர வழியே வெளிநோக்கிய திசையில் அமைகின்றது. எனவே, பரப்புக்கூறு $d\vec{A}$ ஆனது மின்புலத்தின் திசையிலேயே உள்ளதால் $\theta = 0^\circ$.

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

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 39 23-12-2022 17:27:29



படம் 1.34 புள்ளி மின்துகளால் ஏற்படும் மொத்த மின்பாயம்



படம் 1.35 முறையான வடிவமற்ற பரப்புக்கு காஸ்விதி

கோளத்தின் பரப்பில் E சீராக உள்ளதால்

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

$\oint dA = 4\pi r^2$ மற்றும் $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r^2}$. சமன்பாடு (1.60) இல் பிரதியிட,

$$\Phi_E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r^2}\times 4\pi r^2 = 4\pi\frac{1}{4\pi\epsilon_0}Q$$

$$\Phi_E = \frac{Q}{\epsilon_0} \qquad (1.61)$$

சமன்பாடு (1.61) காஸ் விதி எனப்படும்.

இந்த முடிவின் குறிப்பிடத்தக்க பண்பு என்னவென்றால் மின்துகளை மூடியுள்ள பரப்பு எத்தகைய வடிவம் கொண்டிருந்தாலும் அதற்கு சமன்பாடு (1.61) பொருந்தும். [படம் 1.35]. இப்படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள A_1, A_2 மற்றும் A_3 ஆகிய மூன்று மூடிய பரப்புகளுக்கும் மொத்த மின்பாயம் ஒன்றே என்பதை கவனிக்கவும்.

ஏதேனும் ஒரு வடிவமுள்ள (arbitrary) மூடிய பரப்பினால் Q மின்னூட்டம் கொண்ட ஒரு மின்துகள் சூழப்பட்டிருப்பின் அம்மூடியப்பரப்பிற்கான மொத்த மின்பாயமானது

$$\Phi_E = \oint \vec{E}\cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\text{உள்}}}{\epsilon_0} \qquad (1.62)$$

இதுவே காஸ் விதியின் கூற்று. இங்கு $Q_{\text{உள்}}$ என்பது மூடிய பரப்பிற்கு உள்ளே அமைந்துள்ள மின்துகள்களின் மொத்த மின்னூட்டமாகும்.

காஸ் விதி – ஒரு கலந்தாய்வு

(i) சூழ்ந்துள்ள பரப்பினைக் கடக்கும் மொத்த மின்பாயமானது அப்பரப்பினால் சூழப்பட்டுள்ள மின்துகள்களை மட்டுமே சார்ந்திருக்கும். மாறாக, அப்பரப்புக்கு வெளியே அமைந்துள்ள மின்துகள்கள் மின்பாயத்தைக் கொடுக்காது. மேலும், மின்துகள்களை சூழும் பரப்பை எந்தவொரு வடிவத்திலும் (arbitrary) நாம் தெரிவு செய்து கொள்ளலாம்.

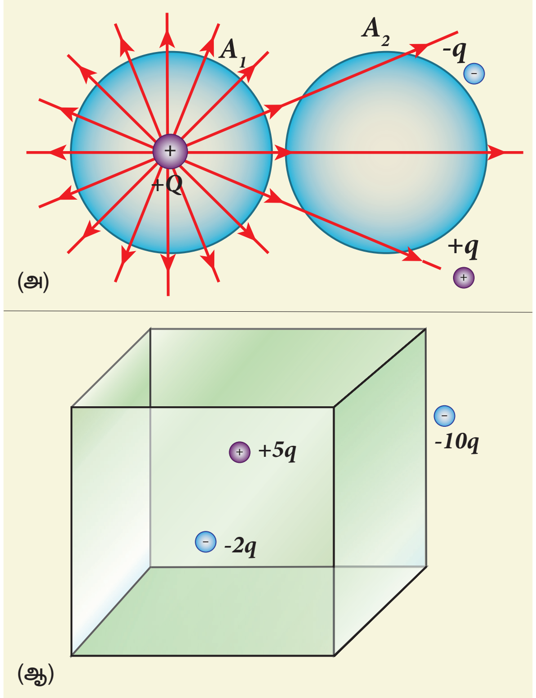
(ii) மொத்த மின்பாய மதிப்பானது சூழும் பரப்பிற்குள்ளே அமைந்துள்ள மின்துகள்களின் அமைவிடத்தை (location) சார்ந்திருக்காது.

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 40 23-12-2022 17:27:31

(iii) சமன்பாடு (1.62) ஐப் பெறுவதற்கு நாம் கோளகப் பரப்பைப் பயன்படுத்தி உள்ளோம். இந்த கற்பனைப் பரப்பினையே காஸியன் பரப்பு (Gaussian surface) என்பர். மின்துகள் நிலையமைப்பின் வகை (type of charge configuration) மற்றும் மின்துகள் நிலையமைப்பின் சமச்சீர் தன்மை (symmetry in configuration) ஆகியவை சார்ந்தே நாம் தெரிவு செய்யும் காஸியன் பரப்பின் வடிவம் இருக்க வேண்டும். ஒரு புள்ளி மின்துகளின் மின்புலமானது கோளகச் சமச்சீர் தன்மை கொண்டுள்ளதால் கோளக வடிவக் காஸியன் பரப்பைத் தெரிவு செய்தோம். பிற வகைப்பட்ட மின்துகள் நிலையமைப்புகளுக்கு உருளை வடிவ மற்றும் சமதள வடிவ காஸியன் பரப்புகளைத் தேர்ந்தெடுக்கலாம்.

(iv) சமன்பாடு (1.62) இன் இடதுகை பக்கத்தில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள மின்புலம் $\vec{E}$ ஆனது காஸியன் பரப்பிற்கு உள்ளேயும் வெளியேயும் அமைந்துள்ள மின்துகள்களால் உருவாகும் மின்புலத்தைக் குறிப்பதாக இருந்தாலும் காஸியன் பரப்பிற்கு உள்ளே அமைந்துள்ள மின்துகள்களின் மொத்த மின்னூட்ட மதிப்பை மட்டுமே $Q_{உள்}$ குறிக்கின்றது.

எடுத்துக்காட்டு 1.18



(i) படம் (அ) வில் மூடிய பரப்புகள் A_1 மற்றும் A_2 ஐக் கடக்கும் மின்பாயத்தினைக் கணக்கிடுக.

(ii) படம் (ஆ) வில் கன சதுரத்தைக் கடக்கும் மின்பாயத்தைக் கணக்கிடுக

தீர்வு

(i) படம் (அ) வில் பரப்பு A_1, Q மதிப்புடைய மின்துகளைச் சூழ்ந்துள்ளது. இம் மூடிய பரப்பின் வழியே செல்லும் மின்பாயம் $\phi_E = \frac{Q}{\epsilon_0}$. ஆனால் பரப்பு A_2 வைக் கடக்கும் மின்பாயம் சுழியாகும்.

(ii) படம் (ஆ) வில் கனசதுரத்தினுள் இருக்கும் மின்துகள்களின் நிகர மின்னூட்டம் $3q$. எனவே அதைக் கடக்கும் மொத்த மின்பாயம் $\phi_E = \frac{3q}{\epsilon_0}$.

$-10q$ மதிப்புடைய மின்துகளானது கன சதுரத்திற்கு வெளியே உள்ளதால் மொத்த மின் பாய மதிப்பில் அதன் பங்களிப்பு ஏதுமில்லை.

1.6.4 காஸ் விதியின் பயன்பாடுகள்

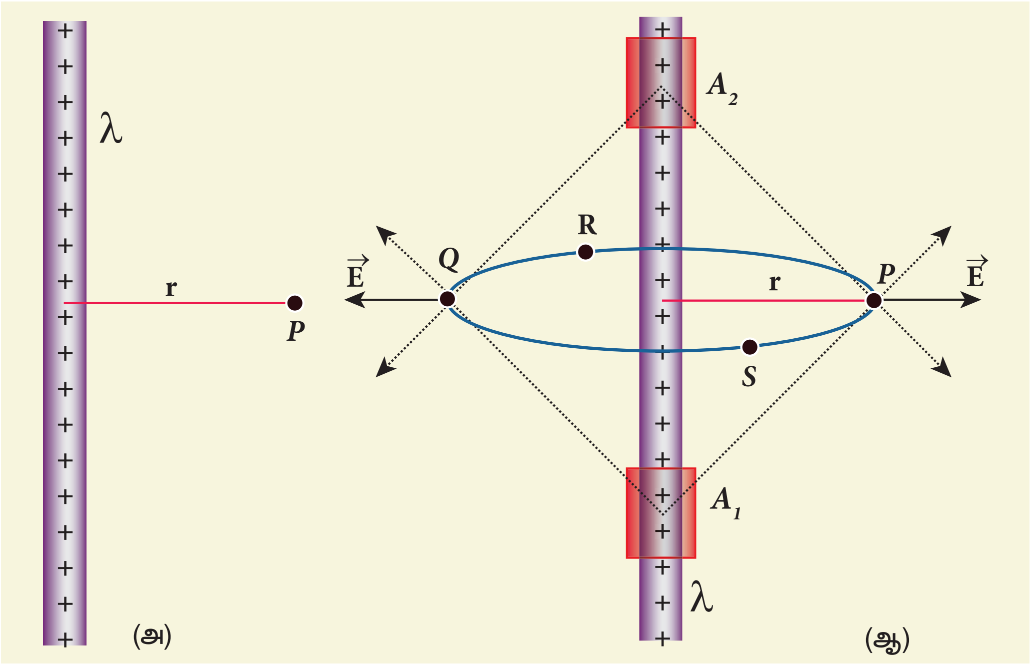
ஏதேனும் ஒரு வடிவமுள்ள மின்துகள் தொகுதிகளுக்கு மின்புலத்தைக் கணக்கிட கூலூம் விதி அல்லது காஸ் விதியைப் பயன்படுத்தலாம். மின்துகள் அமைப்பு ஏதேனுமொரு சமச்சீர் தன்மையைப் பெற்றிருந்தால் மின்புலத்தைக் கணக்கிட காஸ் விதியே மிகச்சிறந்த வழியாகும். பின்வரும் நேர்வுகளில் இதைக் காணலாம்.

(i) மின்னூட்டம் பெற்ற முடிவிலா நீளம் உடைய கம்பியினால் ஏற்படும் மின்புலம்

λ எனும் சீரான மின்னூட்ட நீள் அடர்த்தி (ஓரலகு நீளத்திற்கான மின்னூட்ட மதிப்பு) கொண்ட முடிவிலா நீளமுடைய கம்பியைக் கருதுவோம். கம்பியிலிருந்து r செங்குத்துத் தொலைவில் புள்ளி P உள்ளது. [படம் 1.36 (அ)]. காஸ் விதியைப் பயன்படுத்தி P இல் உருவாகும் மின்புலத்தைக் கணக்கிடலாம்.

புள்ளி P இலிருந்து சம தொலைவில், கம்பியில் அமைந்துள்ள இரு சிறிய மின்துகள் கூறுகளை எடுத்துக்கொள்வோம் (படம் 1.36 (ஆ)). இவ்விரு மின்துகள் கூறுகளினால் உருவாகும் தொகுபயன் மின்புலமானது மின்னூட்டம் பெற்ற கம்பியிலிருந்து ஆர வழியே வெளிநோக்கிய திசையில் அமைகின்றது. மேலும், r ஆரமுடைய வட்டத்தின் அனைத்துப் புள்ளிகளிலும் அதன் எண்மதிப்பு சமமாக இருக்கும். இது படம் 1.36 (ஆ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்தப் பண்பின்

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 41 23-12-2022 17:27:32



படம் 1.36 மின்னூட்டம் பெற்ற முடிவிலா நீளம் உடைய கம்பியினால் ஏற்படும் மின்புலம்

அடிப்படையில் மின்னூட்டம் பெற்ற கம்பி உருளை வடிவ சமச்சீர் தன்மை உடையது எனலாம். எனவே r ஆரமும் L நீளமும் கொண்ட உருளை வடிவ காஸியன் பரப்பைக் கருதுவோம். [படம் 1.37]

இப்பரப்பிற்கான மொத்த மின்பாயத்தை பின்வருமாறு கணக்கிடலாம்.

$$\Phi_E = \oint \vec{E}\cdot d\vec{A}$$

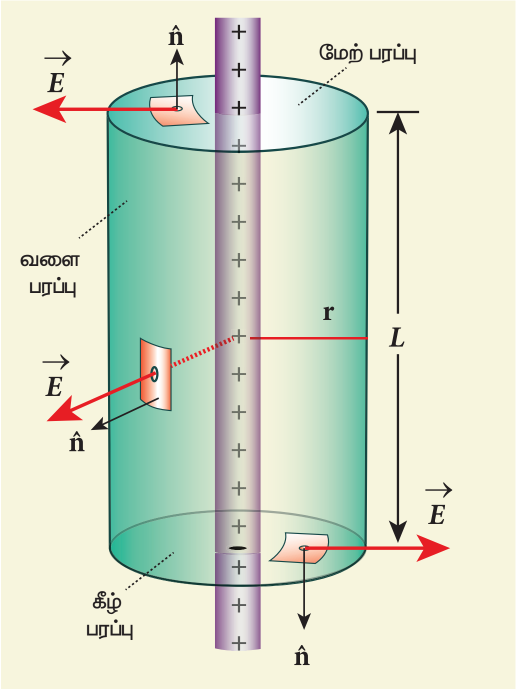
$$= \int_{\text{வளை பரப்பு}} \vec{E}\cdot d\vec{A} + \int_{\text{மேற் பரப்பு}} \vec{E}\cdot d\vec{A} + \int_{\text{அடிப் பரப்பு}} \vec{E}\cdot d\vec{A} \quad (1.63)$$

வளைப்பரப்பில் $\vec{E}$ ஆனது $\vec{A}$ க்கு இணையாக உள்ளதால் (பார்க்க படம் 1.37), $\vec{E}\cdot d\vec{A} = E\,dA$.

மேல் மற்றும் அடிப்பரப்புகளுக்கு $\vec{E}$ ஆனது $\vec{A}$ விற்கு செங்குத்தாக உள்ளதால், $\vec{E}\cdot d\vec{A} = 0$

இம்மதிப்புகளை சமன்பாடு (1.63) இல் பிரதியிட்டு காஸ் விதியை உருளை வடிவ பரப்பிற்குப் பயன்படுத்தினால்

$$\Phi_E = \int_{\text{வளை பரப்பு}} E\,dA = \frac{Q_{\text{உள்}}}{\epsilon_0} \quad (1.64)$$



படம் 1.37 உருளை வடிவ காஸியன் பரப்பு

மொத்த வளை பரப்பைப் பொருத்தவரை மின்புலத்தின் எண் மதிப்பு மாறிலியாக உள்ளதால், E ஆனது தொகையிடல் குறியீட்டுக்கு வெளியே எடுக்கப்படுகிறது. மேலும் $Q_{\text{உள்}} = \lambda L$ எனப் பிரதியிட,

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

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 42 23-12-2022 17:27:35

இங்கு $\int_{\text{வளை பரப்பு}} dA =$ வளைபரப்பின் மொத்த பரப்பு $= 2\pi rL$.

இதை சமன்பாடு (1.65) இல் பிரதியிட,

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

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

வெக்டர் வடிவில்,

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

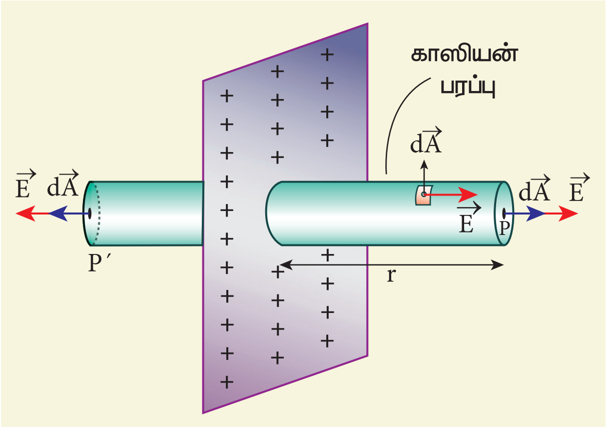
புள்ளி மின்துகள் ஒன்றின் மின்புலம் $\frac{1}{r^2}$ என்றவாறு இருப்பதை அறிவோம். மாறாக மின்னூட்டம் பெற்ற முடிவிலா நீளமுடைய கம்பியின் மின்புலம் $\frac{1}{r}$ என்றவாறு அமைந்துள்ளது.

கம்பிக்கு செங்குத்தான திசையிலேயே ($\hat{r}$) மின்புலம் எப்போதும் அமைந்துள்ளது என்பதை சமன்பாடு (1.67) மூலம் அறிய முடிகிறது. மேலும் $\lambda > 0$ எனில், கம்பிக்கு செங்குத்தாக வெளிநோக்கிய திசையில் $\vec{E}$ இருக்கும்; $\lambda < 0$ எனில், உள்நோக்கிய திசையில் $(-\hat{r})$ செங்குத்தாக $\vec{E}$ இருக்கும்.

முடிவிலா நீளமுள்ள மின்னூட்டம் பெற்ற கம்பிக்கு மட்டுமே சமன்பாடு (1.67) பொருந்தும். வரம்பிற்குட்பட்ட நீளமுள்ள மின்னூட்டம் பெற்ற கம்பியைப் பொருத்தவரை மின்புலமானது அனைத்து புள்ளிகளிலும் ஆரத்திசையில் அமைவதில்லை. இருப்பினும், அத்தகைய கம்பியின் மையப்புள்ளிக்கு அருகிலும் கம்பியின் முனைகளிலிருந்து வெகு தொலைவிலுமுள்ள புள்ளிகளுக்கும் சமன்பாடு (1.67) ஐப் பயன்படுத்தலாம்.

(ii) மின்னூட்டம் பெற்ற முடிவிலா சமதளத் தட்டினால் உருவாகும் மின்புலம்

σ எனும் சீரான மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி (ஓரலகு பரப்பிற்கான மின்னூட்ட மதிப்பு) கொண்ட முடிவிலா சமதளத்தட்டு ஒன்றைக் கருதுவோம். அத்தட்டிலிருந்து r தொலைவில் P என்ற புள்ளி உள்ளது [படம் 1.38].



படம் 1.38 மின்னூட்டம் பெற்ற முடிவிலா சமதளத் தட்டினால் உருவாகும் மின்புலம்

சமதளத்தின் அளவு முடிவிலாதது என்பதால், அதிலிருந்து சம தொலைவில் உள்ள அனைத்து புள்ளிகளிலும் மின்புலத்தின் மதிப்பு சமமாக இருக்கும். அனைத்து புள்ளிகளிலும் மின்புலத்தின் திசை ஆர வழியே அமைந்திருக்கும். 2r நீளமும் A குறுக்குவெட்டுப் பரப்பு கொண்ட உருளை வடிவ காஸியன் பரப்பைக் கருதுவோம்; அதன் நடுப்பகுதி வழியாக முடிவிலா சமதளத்தட்டு கடப்பதாகக் கொள்வோம். இவ்வுருளை வடிவ பரப்புக்கு காஸ் விதியைப் பயன்படுத்தினால்

$$\Phi_E = \oint \vec{E}\cdot d\vec{A}$$

$$= \int_{\text{வளை பரப்பு}} \vec{E}\cdot d\vec{A} + \int_{P} \vec{E}\cdot d\vec{A} + \int_{P'} \vec{E}\cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\text{உள்}}}{\epsilon_0} \qquad (1.68)$$

வளைபரப்பின் மேலுள்ள அனைத்து புள்ளிகளிலும் மின்புலமானது பரப்பளவுக் கூறுகளுக்கு செங்குத்தாகவும் P மற்றும் P' பரப்புகளில் அது இணையாகவும் இருக்கிறது [படம் 1.38]. எனவே

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

இவ்விரு பரப்புகளுக்கும் மின்புலத்தின் எண் மதிப்பு சீராக உள்ளதால் தொகையிடல் குறியீட்டுக்கு வெளியே E எடுக்கப்படுகிறது. மேலும் $Q_{\text{உள்}} = \sigma A$. எனவே

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

P அல்லது P' பரப்பின் மொத்த பரப்பளவு

$$\int_P dA = A$$

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

$$\text{வெக்டர் வடிவில், } \vec{E} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}\hat{n} \quad (1.71)$$

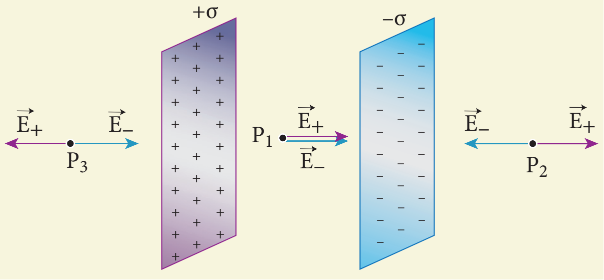
இங்கு $\hat{n}$ என்பது சமதளத்திற்கு செங்குத்தாக, வெளிநோக்கிய திசையிலுள்ள ஓரலகு வெக்டராகும். மின்னூட்டம் பெற்ற முடிவிலா சமதளத்தட்டினால் உருவாகும் மின்புலமானது மின்னூட்ட பரப்படர்த்தியைத் சார்ந்தும் அதேசமயம் தொலைவைச் சாராமலும் இருக்கின்றது.

மின்னூட்டம் பெற்றத் தட்டிலிருந்து கணிசமான தொலைவிலுள்ள எந்தவொரு புள்ளியிலும் மின்புலம் சமமாக இருக்கும். $\sigma > 0$ எனில் எந்தவொரு புள்ளியிலும் (P) மின்புலமானது (தட்டின்) தளத்திற்கு செங்குத்தாக, வெளிநோக்கிய திசையிலும் $(\hat{n})$, $\sigma < 0$ எனில் மின்புலமானது தளத்திற்கு செங்குத்தாக உள்நோக்கிய திசையிலும் $(-\hat{n})$ இருக்கும் என்பதை சமன்பாடு (1.71) மூலம் அறியலாம்.

வரம்பிற்குட்பட்ட பரப்பளவைக் கொண்ட மின்னூட்டம் பெற்ற சமதளத் தட்டைப் பொருத்தவரை தட்டின் நடுப்பகுதியில் சமன்பாடு (1.71) ஓரளவு பொருந்தும். மேலும் அதன் முனைகளிலிருந்து வெகு தொலைவிலுள்ள புள்ளிகளுக்கும் இச்சமன்பாடு பொருந்தும்.

(iii) மின்னூட்டம் பெற்ற இரு இணையான முடிவிலா தட்டுகளினால் உருவாகும் மின்புலம்

$+\sigma$ மற்றும் $-\sigma$ என்கிற மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி கொண்ட இரு முடிவிலா மின்னூட்டம் பெற்ற சமதள தட்டுகளைக் கருதுவோம். படம் (1.39) இல் காட்டியபடி அவை ஒன்றுக்கொன்று இணையாக உள்ளன.



படம் 1.39 மின்னூட்டம் பெற்ற இரு இணையான முடிவிலாத் தட்டுகளினால் உருவாகும் மின்புலம்

தட்டுகளுக்கு இடையேயும், தட்டுகளுக்கு வெளியிலும் உருவாகும் மின்புலத்தை காஸ் விதியைப் பயன்படுத்தி கண்டுபிடிக்கலாம். மின்னூட்டம் பெற்ற முடிவிலா சமதளத் தட்டின் மின்புல மதிப்பு $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$. மேலும் $\sigma > 0$ எனில் அது செங்குத்தாக, வெளிநோக்கிய திசையிலும் $\sigma < 0$ எனில் அது (செங்குத்தாக) உள்நோக்கிய திசையிலும் இருக்கும்.

P_2 மற்றும் P_3 ஆகிய புள்ளிகளில் இரு தட்டுகளினால் ஏற்படும் மின்புலங்களின் எண் மதிப்பு சமமாகவும் எதிரெதிர் திசை உடையதாகவும் உள்ளன. [படம் 1.39]. எனவே, தட்டுகளுக்கு வெளியே உள்ள புள்ளிகளில் மின்புலம் சுழியாகும். ஆனால் தட்டுகளுக்கு இடையே உள்ள புள்ளிகளில் (P_1) அவற்றின் மின்புலங்கள் ஒரே திசையில், அதாவது வலது திசை நோக்கி அமைவதால்,

$$E_{உள்} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \quad (1.72)$$

தட்டுகளுக்கு இடையே மின்புலமானது நேர் மின்னூட்டம் பெற்றத் தட்டிலிருந்து எதிர் மின்னூட்டம் பெற்றத் தட்டை நோக்கிய திசையிலிருக்கும். மேலும் தட்டுகளுக்கு இடையில் உள்ள அனைத்துப் புள்ளிகளிலும் மின்புலம் சீராக இருக்கும்.

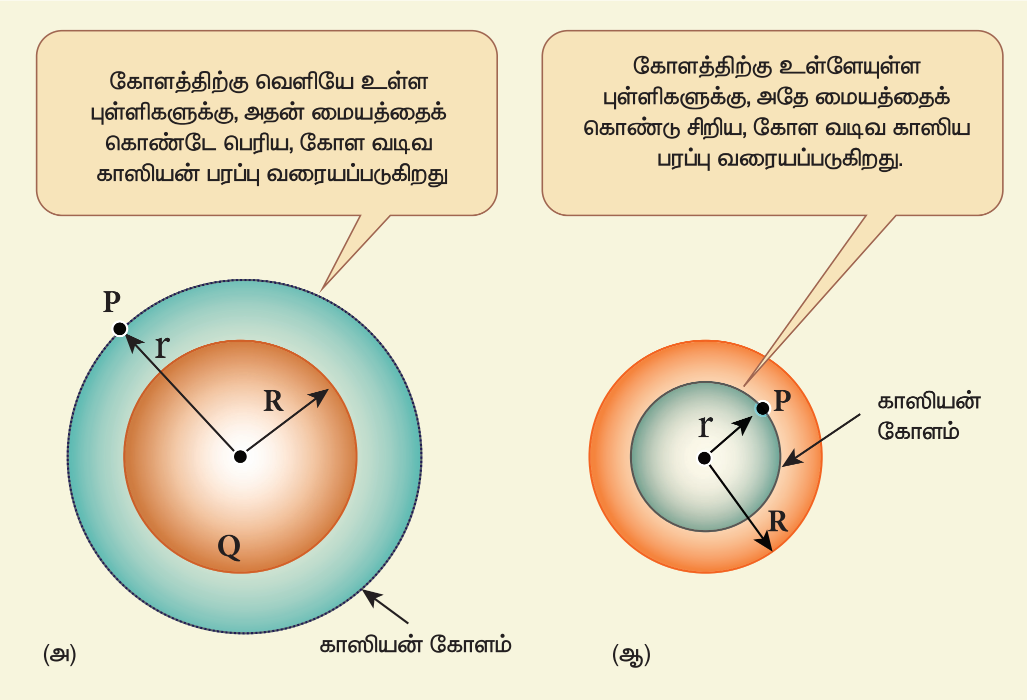
(iv) மின்னூட்டம் பெற்ற உள்ளீடற்ற கோளத்தினால் உருவாகும் மின்புலம்

R ஆரமும் Q மின்னூட்டமும் கொண்ட, சீரான மின்துகள் பரவல் பெற்ற உள்ளீடற்ற கோளம் ஒன்றைக் கருதுவோம் (படம் 1.40). காஸ் விதியைப் பயன்படுத்தி கோளத்திற்கு வெளியேயும் உள்ளேயும் உள்ள புள்ளிகளில் மின்புலத்தைக் கணக்கிடலாம்.

நேர்வு (அ) கோளத்திற்கு வெளியில் உள்ள புள்ளியில் $(r > R)$

படம் 1.40 (அ) வில் காட்டியுள்ளவாறு, கோளத்தின் மையத்திலிருந்து r தொலைவில், கோளத்தின் வெளியே உள்ள புள்ளி P ஐக் கருதுவோம். மின்துகள்கள் கோளத்தின் புறப்பரப்பில் சீராகப் பரவியுள்ளன (கோளகச் சமச்சீர் தன்மை). ஆகவே $Q > 0$ எனில் மின்புலம் ஆர வழியே வெளிநோக்கிய திசையிலும் $Q < 0$ எனில் ஆர வழியே உள்நோக்கிய திசையிலும் இருக்கிறது. r ஆரம் கொண்ட கோள வடிவ காஸியன் பரப்பினைக் கருதுவோம்.

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 44 23-12-2022 17:27:40



படம் 1.40 மின்னூட்டம் பெற்ற கோளகக் கூட்டினால் ஏற்படும் மின்புலம்

இப்பரப்பினால் சூழப்படும் மின்துகள்களின் மொத்த மின்னூட்டம் Q என்க. காஸ் விதியைப் பயன்படுத்தி

$$\oint_{\text{காஸியன் பரப்பு}} \vec{E}\cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0} \qquad (1.73)$$

காஸியன் பரப்பின் அனைத்து புள்ளிகளிலும் மின்புலமும் $(\vec{E})$ பரப்பளவுக்கூறும் $(d\vec{A})$ ஒரே திசையில் (வெளிநோக்கிய திசையில், செங்குத்தாக) அமைகின்றன. மின்துகள் நிலையமைப்பின் கோளகச் சமச்சீர் தன்மையால் காஸியன்பரப்பில் உள்ள அனைத்து புள்ளிகளிலும் $\vec{E}$ ன் எண்மதிப்பும் சமமாகவே இருக்கும்.

$$\text{எனவே,}\quad E\oint_{\text{காஸியன் பரப்பு}} dA = \frac{Q}{\epsilon_0} \qquad (1.74)$$

ஆனால் $\int dA =$ காஸியன் பரப்பின் மொத்த பரப்பளவு $= 4\pi r^2$. இதை சமன்பாடு (1.74) இல் பிரதியிட,

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

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

வெக்டர் வடிவில் ,

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r^2}\hat{r} \qquad (1.75)$$

$Q > 0$ எனில் மின்புலமானது ஆர வழியே வெளிநோக்கிய திசையிலும், $Q < 0$ எனில் ஆரவழியே உள்நோக்கிய திசையிலும் அமையும். கோளத்திற்கு வெளியே உள்ள புள்ளிகளைப் பொருத்த வரை, உள்ளீடற்ற கோளத்தின் மையத்தில் Q மின்னூட்டம் கொண்ட ஒரு புள்ளி மின்துகளை வைத்தால் எவ்வாறு மின்புலம் அமையுமோ அவ்வாறு கோளத்தின் மின்புலமானது அமைகிறது. (ஈர்ப்பியலில் இதே போன்றதொரு முடிவை, M நிறை கொண்ட உள்ளீடற்ற கோளத்தினால் ஏற்படும் ஈர்ப்பு விசையைத் தருவிக்கும் போது பெற்றதை நினைவில் கொள்ளவும்)

நேர்வு (ஆ): கோளத்தின் புறப்பரப்பில் உள்ள புள்ளியில் ($r = R$)

கோளகக் கூட்டின் புறப்பரப்பில் உள்ள புள்ளிகளுக்கு ($r = R$) மின்புலமானது

$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2}\hat{r} \qquad (1.76)$$

நேர்வு (இ): கோளத்திற்கு உள்ளேயுள்ள புள்ளியில் ($r < R$)

கோளகத்தின் மையத்திலிருந்து r தொலைவில், கோளத்திற்கு உள்ளேயுள்ள புள்ளி P ஐக் கருதுவோம்.

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 45 23-12-2022 17:27:43

r ஆரம் கொண்ட கோள வடிவ காஸியன் பரப்பு ஒன்றை வரைவோம் [படம் 1.40 (ஆ)].

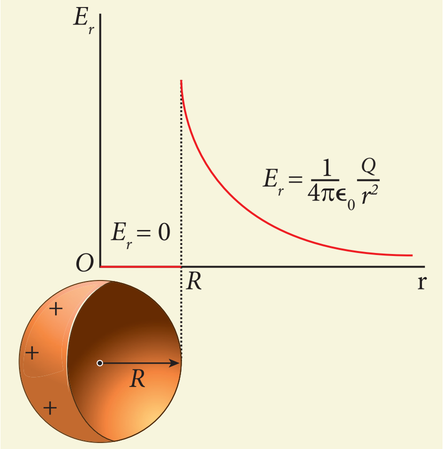
$$\oint_{\text{காஸியன் பரப்பு}} \vec{E}\cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

$$E \cdot 4\pi r^2 = \frac{Q}{\epsilon_0} \qquad (1.77)$$

இந்த காஸியன் பரப்புக்குள்ளே எந்த ஒரு மின்துகளும் இல்லாததால் $Q = 0$. எனவே, சமன்பாடு (1.77)–ன் படி

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

மேற்பரப்பின் மீது மின்துகள்கள் சீராக பரவப் பெற்ற உள்ளீடற்ற கோளத்தின் உள்ளே அமைந்துள்ள அனைத்து புள்ளிகளுக்கும் மின்புலம் சுழியே. ஆரத்தொலைவுக்கும் (radial distance) மின்துகள்கள் சீரான பரவல் பெற்ற உள்ளீடற்ற கோளத்தின் மின்புலத்திற்கும் இடையேயான வரைபடம் படம் 1.41 –ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 1.41 ஆரம் R கொண்ட உள்ளீடற்ற மின்கோளத்திற்கு மின்புலம் – தொலைவு வரைபடம்

குறிப்பு

குறிப்பிட்டவொரு மின்துகள் நிலையமைப்பானது கோளக, உருளை அல்லது சமதள சமச்சீர் தன்மை கொண்டிருக்கும் போது அத்தகைய மின்துகள் அமைப்புகளின் மின்புலத்தை எளிதில் கண்டறிய காஸ் விதி ஒரு சிறந்த வழிமுறையாகும். அத்தகைய சமச்சீர் தன்மை அமையாத நிலையில் நேரடியான வழிமுறையையே (கூலூம் விதியும் நுண்கணிதமும்) பின்பற்ற வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக, மின் இருமுனையின் மின்புலத்தைக் கண்டறிய காஸ் விதியைப் பயன்படுத்துவது கடினம். ஏனெனில், அதற்கு மேலே குறிப்பிட்ட எந்தவொரு சமச்சீர் தன்மையும் கிடையாது.

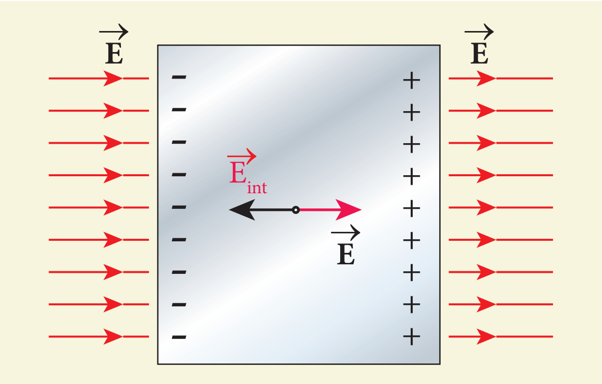
1.7 கடத்திகள் மற்றும் மின்காப்புகளின் நிலை மின்னியல் பண்புகள்

1.7.1 நிலைமின் சமநிலையில் கடத்திகள்

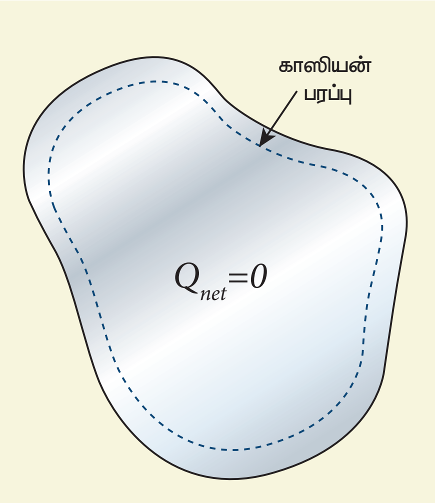
ஒரு மின்கடத்திப் பொருளில் கட்டற்று சுதந்திரமாக இயங்கும் மின்துகள்கள் ஏராளமான எண்ணிக்கையில் உள்ளன. ஒரு உலோகக் கடத்தியில் உள்ள இயங்கும் மின்துகள்கள் கட்டுறா எலக்ட்ரான்களே ஆகும். எந்த அணுவோடும் அவை கட்டப்படவில்லை. எனவே கடத்தியின் பரப்பில் அவற்றால் எளிதாக அங்கும் இங்கும் செல்ல முடிகின்றது. புற மின்புலம் அளிக்கப்படாத போது, ஒழுங்கில்லாமல் அனைத்து திசைகளிலும் தொடர்ந்து அவை இயக்கத்தில் இருக்கின்றன. இதன் விளைவாக, எந்தவொரு குறிப்பிட்ட திசையை நோக்கியும் எலக்ட்ரான்களின் நிகர இயக்கம் இல்லாததால் அக்கடத்தி நிலைமின் சமநிலையில் இருக்கின்றது. எனவே, நிலைமின் சமநிலையிலுள்ள கடத்தியில் எவ்வித நிகர மின்னோட்டமும் (net current) இருப்பதில்லை. இச்சமநிலையிலுள்ள ஒரு கடத்திக்கு பின்வரும் பண்புகள் உள்ளன.

(i) கடத்தியின் உட்புறத்திலிருக்கும் அனைத்து புள்ளிகளிலும் மின்புலம் சுழியாகும். இக்கூற்று திண்மக் கடத்தி மற்றும் உள்ளீடற்ற கூடு வகைக் கடத்தி இரண்டிற்கு பொருந்தும்.

இது ஆய்வின் அடிப்படையில் நாம் கண்டறிந்த உண்மை. ஒரு வேளை கடத்தியின் உட்புறத்தில் மின்புலம் சுழியல்ல என்றால் அங்கேயுள்ள கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் மீது விசை செயல்பட வேண்டும் அல்லவா?. இதன் விளைவாக, அவை (கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் அல்லது இயங்கு மின்துகள்கள்) ஒரு குறிப்பிட்ட திசையை நோக்கி நிகர இயக்கத்தைப் பெறும். இது நிலைமின் சமநிலையிலுள்ள கடத்திகளின் தன்மைக்கு மாறானதொரு நிலையாகும். எனவே, கடத்தியின் உட்புறத்தில் அனைத்து புள்ளிகளிலும் மின்புலம் சுழியாகவே இருக்க வேண்டும். சீரான புற மின்புலத்தை கடத்தியின்மீதுசெயல்படுத்தியும்இவ்வுண்மையைப் புரிந்து கொள்ளலாம் (படம் 1.42)



படம் 1.42 மின்கடத்திகளின் மின்புலம்



படம் 1.43 மின்கடத்தியின் உள்ளே நிகர மின்னூட்டம் சுழி

புற மின்புலத்தை செயல்படுத்தும் முன் கடத்தியிலுள்ள கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் கடத்தி முழுவதிலும் சீராகப் பரவியிருக்கும். மின்புலத்தை செயல்படுத்தும் போது, இடக்கைப் பக்கம் அவை முடுக்கப்படுவதால் இடதுபக்கத் தகடு எதிர் மின்னூட்டமும் வலதுபக்கத் தகடு நேர் மின்னூட்டமும் பெறுகின்றன (படம் 1.42).

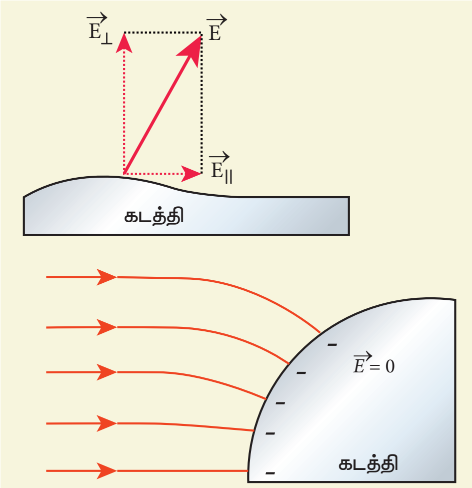
கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் இவ்வாறு மீளமைவதால் (realign) கடத்தியின் உட்புறம் அக மின்புலம் உருவாகின்றது; புற மின்புலத்தை சமன்செய்யும் வரை இது அதிகரிக்கின்றது. புற மின்புலம் சமன்செய்யப்பட்ட பின்பு கடத்தி நிலைமின் சமநிலையிலுள்ளதாகக் கருதப்படுகிறது. இச்சமநிலையை அடைய ஒரு கடத்தி எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம் ஏறக்குறைய 10^{-16} s. எனவே இதை ஓர் உடனடி நிகழ்வாகவே கருதலாம்.

(ii) கடத்தியின் உட்புறத்தில் உள்ள மின்துகள்களின் நிகர மின்னூட்டம் சுழி. கடத்திகளின் புறப்பரப்பில் மட்டுமே மின்துகள்கள் இருக்க முடியும்.

காஸ் விதியைப் பயன்படுத்தி இப்பண்பை நிறுவலாம். ஏதேனும் ஒரு வடிவமுள்ள கடத்தி ஒன்றைக் கருதுவோம். [படம் 1.43]. கடத்தியின் புறப்பரப்பிற்கு வெகு அருகில், உட்புறமாக ஒரு காஸியன் பரப்பை வரைவோம்.
கடத்தியின் உட்புறத்தில் அனைத்து புள்ளிகளிலும் மின்புலம் சுழியாதலால் காஸியன் பரப்பினைக் கடக்கும் நிகர மின்பாயமும் சுழியாகவே இருக்கும். எனவே காஸ் விதியின் படி, கடத்தியின் உட்புறம் இருக்கும் நிகர மின்னூட்ட மதிப்பும் சுழி என்பதையே இது உணர்த்துகிறது. ஒரு வேளை சில மின்துகள்களை கடத்தியின் உட்புறம் இருத்தினாலும் உடனேயே அவை கடத்தியின் பரப்பை அடைந்து விடும்.

(iii) கடத்திக்கு வெளியே மின்புலமானது அதன் பரப்புக்கு செங்குத்தாகவும் $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$ எண் மதிப்பு கொண்டதாகவும் இருக்கும். இங்கு σ என்பது கடத்தியின் குறிப்பிட்ட பகுதியில் உள்ள மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி ஆகும்.

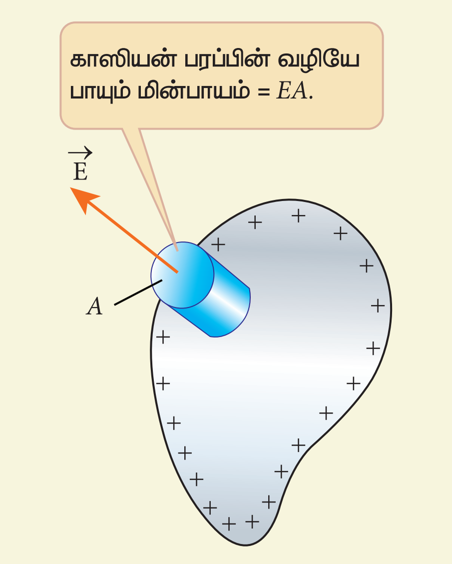
கடத்தியின் பரப்பிற்கு இணையான திசைகளில் மின்புலத்தின் கூறுகள் இருந்தால் பரப்பிலுள்ள கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் முடுக்கப்படும் [படம் 1.44(அ)]. அதாவது, கடத்தி சமநிலையில்



படம் 1.44 (அ) பரப்பின் திசையில் மின்புலம் (ஆ)மின்கடத்தியின் பரப்புக்கு செங்குத்தாக மின்புலம்

இல்லை என்றாகும். எனவே, நிலைமின் சமநிலையில், கடத்தியின் பரப்புக்கு செங்குத்தான திசையில் மட்டுமே மின்புலம் அமையும் [படம் 1.44 (ஆ)].

கடத்தியின் பரப்புக்கு சற்று வெளியே மின்புலத்தின் எண்மதிப்பு $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$ என்பதை நிறுவுவோம். படம் 1.45 இல் காட்டியுள்ளபடி சிறிய உருளை வடிவ காஸியன் பரப்பைக் கருதுவோம். இவ்வுருளையின் ஒரு பாதி கடத்தியின் உட்புறமாகப் பதிந்துள்ளது.



படம் 1.45 மின்கடத்தியின் பரப்பில் மின்புலம்

கடத்தியின் பரப்புக்கு செங்குத்தாக மின்புலத்தின் திசை இருக்கும் என்பதால், உருளையின் வளைபரப்பினைக் கடக்கும் மின்பாயம் சுழி. மேலும் கடத்தியின் உட்புறம் மின்புலம் சுழியாவதால் காஸியன் பரப்பின் அடிப்பாதிக்கு மின்பாயம் சுழி.

எனவே, மேல்பக்க தட்டைப் பரப்பு மட்டுமே மின்பாயத்தைக் கொடுக்கும். இதில் மின்புலத்தின் திசையானது பரப்பு $(\vec{A})$ வெக்டரின் திசையிலேயே இருக்கும். மேலும் (மேற்பாதி உருளை) பரப்பிற்கு உட்புறம் உள்ள மின்துகள்களின் மொத்த மின்னூட்ட மதிப்பு σA. காஸ் விதியைப் பயன்படுத்த,

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

வெக்டர் வடிவில்,

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

இங்கு $\hat{n}$ என்பது கடத்தியின் பரப்புக்கு செங்குத்தான, வெளி நோக்கிய திசையிலுள்ள ஓரலகு வெக்டர். $\sigma < 0$ எனில், மின்புலமானது பரப்புக்கு செங்குத்தாக, உள் நோக்கிய திசையில் இருக்கும்.

(iv) கடத்தியின் புறப்பரப்பிலும் உட்புறத்திலும் நிலை மின்னழுத்தம் ஒரே மதிப்பு கொண்டிருக்கும்.

கடத்தியின் புறப்பரப்பில் பரப்பிற்கு இணையான திசையில் மின்புலத்தின் கூறு இருக்காது என்பதால் பரப்பில் மின்துகள்களை நகர்த்துவதற்கு வேலை செய்யத் தேவையில்லை. இதற்கு பரப்பிலுள்ள அனைத்து புள்ளிகளிலும் மின்னழுத்தம் சமமாக இருக்க வேண்டும் அல்லது பரப்பிலுள்ள, ஏதேனும் இரு புள்ளிகளுக்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு சுழியாக இருக்க வேண்டும். கடத்தியின் உட்புறம் மின்புலம் சுழியாதலால், கடத்தியின் புறப்பரப்பில் உள்ள மின்னழுத்தமும் உட்புறம் உள்ள மின்னழுத்தமும் சமமாக இருக்க வேண்டும். எனவே, நிலைமின் சமநிலையில் ஒரு கடத்தி எப்போதும் சமமின்னழுத்தத்தில் உள்ளது.

1.7.2 நிலைமின் தடுப்புறை (Electrostatic Shielding)

காஸ் விதியைப் பயன்படுத்தி மின்னூட்டம் பெற்ற கோளகக் கூட்டின் உட்புறத்தில் மின்புலம் சுழியென்பதை நிறுவினோம். உள்ளீடற்ற மற்றும் திண்ம கோளக் கடத்திகள் இவையிரண்டின் உட்புறங்களிலும் மின்புலம் சுழியென்பதையும் கண்டோம். இது ஒரு வியப்பூட்டும் பண்பாகவும் முக்கியமானவொரு விளைவைத் தருவதாகவும் உள்ளது.

படம் 1.46 (அ) வில் காட்டியுள்ளவாறு, கடத்தி ஒன்றின் உட்புறமுள்ள குழிவுப் பகுதி (cavity) ஒன்றைக் கருதுவோம். கடத்தியின் புறப்பரப்பிலுள்ள மின்துகள்கள் எதுவாக இருந்தாலும் கடத்திக்கு வெளியே ஏற்படும் மின்னியல் மாறுபாடுகள் எதுவாயினும் அக்குழிவுப் பகுதியின் உட்புறம் மின்புலம் சுழியாகவே இருக்கும். புறத்தே ஏற்படும் மின்னியல் மாறுபாடுகளிலிருந்து நுட்பமான மின் கருவி ஒன்றைப் பாதுகாக்க வேண்டுமெனில் இத்தகைய குழிவுப் பகுதிக்குள் வைக்க வேண்டும். இதையே நிலைமின் தடுப்புறை என்பர்.

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 48 23-12-2022 17:27:46

படம் 1.46 (அ) குழிவுப் பகுதியின் உட்புறம் மின்புலம் (ஆ) பாரடே கூண்டு

இவ்விளைவை செய்து காட்ட பாரடே கூண்டு (Faraday cage) என்றொரு அமைப்பு உள்ளது. உலோகத் தண்டுகளால் செய்யப்பட்ட இக்கூண்டு படம் 1.46 (ஆ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. வெளியே உருவாக்கப்படும் செயற்கை மின்னலால் தாக்கப்படும் போதும் கூண்டிற்குள் உள்ள மனிதர் எந்த பாதிப்புக்கும் உள்ளாவதில்லை.

மின்னல், இடியுடன் கூடிய மழையின் போது திறந்த வெளியிலோ அல்லது மரத்தினடியிலோ நிற்பதை விட பேருந்திற்குள் இருப்பது பாதுகாப்பானது. பேருந்தின் உலோகப் பரப்பு நிலைமின் தடுப்புறையாகச் செயல்படுகிறது. ஏனெனில் அதன் உட்புறத்தில் மின்புல மதிப்பு சுழி. மின்னலின் போது கடத்தியின் புறப்பரப்பு வழியே மின்துகள்கள் தரைக்குப் பாய்வதால் பேருந்தினுள் இருப்பவருக்கு எவ்வித பாதிப்பும் இருக்காது.

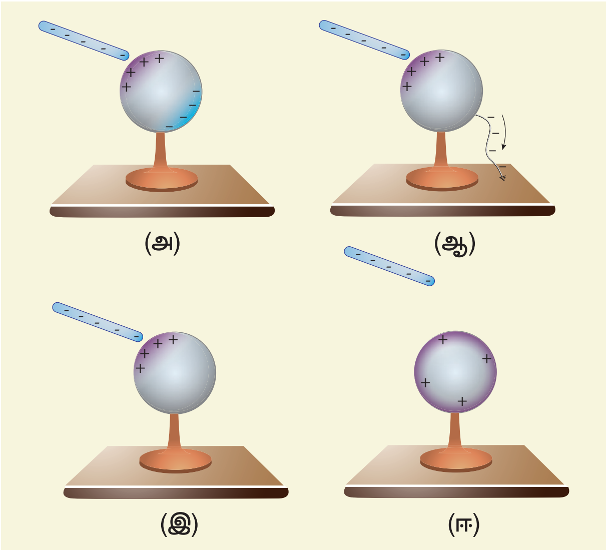
1.7.3 நிலைமின் தூண்டல்

தகுந்த பொருள் ஒன்றினால் இன்னொன்றை உரசுவதால் மின்னேற்றம் செய்ய முடியும் என்பதை பகுதி 1.1 இல் பார்த்தோம். இவ்வாறாக மின்னூட்டம் பெற்ற பொருளை இன்னொரு கடத்தியால் தொடும்போது, மின்துகள்கள் கடத்தியை அடைகின்றன. ஆனால் தொடுதல் இன்றியே கடத்தியொன்றை மின்னேற்றம் பெறச் செய்ய முடியுமா? முடியும். **தொடுதல் இன்றியே ஒரு பொருளை மின்னேற்றம் பெறச் செய்யும் நிகழ்வு நிலைமின் தூண்டல் எனப்படும்.**

(i) மின்கடத்தாத் தாங்கி ஒன்றின் மீது வைக்கப்பட்டுள்ள மின்னூட்டமற்ற (மின் நடுநிலையான) கோள வடிவக் கடத்திப் பொருள் ஒன்றைக் கருதுவோம். எதிர் மின்னூட்டம் பெற்ற தண்டு ஒன்று கோளத்தின் அருகில், அதைத் தொடாதவாறு, கொண்டு வரப்படுகிறது [படம் 1.47 (அ)].

தண்டிலுள்ள எதிர்மின்துகள் கடத்தியிலுள்ள எலக்ட்ரான்களை எதிர்ப்பக்கத்தை நோக்கி விரட்டுகிறது. இதன் விளைவாக, மின்னூட்டம் பெற்ற தண்டு இருக்கும் பக்கத்தில் நேர் மின்துகள்களும் அதற்கு எதிர்ப்பக்கத்தில் எதிர் மின்துகள்களும் தூண்டப்படுகின்றன.

மின்னூட்டம் பெற்ற தண்டினைக் கொண்டு வருமுன், கடத்தியின் (கோளத்தின்) பரப்பு முழுவதும் கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் சீராகப் பரவியிருந்தன; மேலும் அதன் நிகர மின்னூட்டம் சுழியாக இருந்தது. ஆனால், தண்டினை கடத்தியினருகில் கொண்டு சென்றவுடன் எலக்ட்ரான்கள் தண்டிற்கு சேய்மைப் பக்கத்திலும் நேர் மின் துகள்கள் அண்மைப் பக்கத்திலுமாக அமைந்து, மின்துகள்களின் பரவல் சீரற்றதாகிறது. இருப்பினும், நிகர மின்னூட்டம் சுழியே.



படம் 1.47 நிலைமின் தூண்டலின் பல்வேறு படிகள்

(ii) இப்போது கோளக் கடத்தியை ஒரு மின்கடத்துக் கம்பியின் மூலம் தரைக்கு இணைப்பு கொடுக்கப்படுகிறது. இதற்கு தரையிணைப்பு (Grounding) என்று பெயர். எவ்வளவு எலக்ட்ரான்களை வேண்டுமானாலும் தரையால் (புவியால்) ஏற்றுக்கொள்ள முடியுமாதலால் கோளகக் கடத்தியிலுள்ள எலக்ட்ரான்கள் தரையிணைப்பினால் தரைக்குள் சென்றுவிடுகின்றன. ஆனால் கோளத்தில் உள்ள நேர்மின்துகள்கள் தண்டிலுள்ள எதிர் மின்துகள்களின் கவர்ச்சி விசைக்கு உட்பட்டுள்ளதால், இந்த நேர்மின்துகள்கள் தரைக்கு பாய இயலாது [படம் 1.47 (ஆ)].

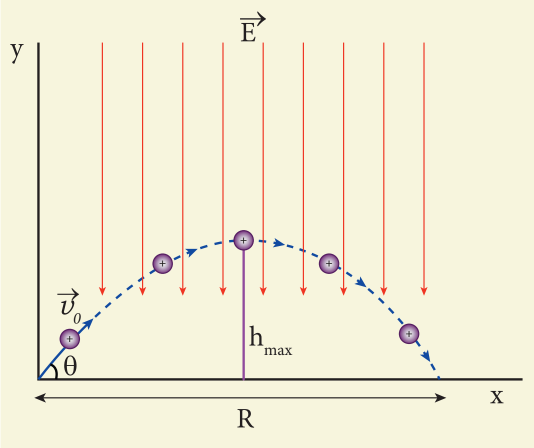
(iii) இப்போது தரையிணைப்புக் கம்பியினை எடுத்து விட, கோளத்திலுள்ள நேர் மின்துகள்கள் மின்னூட்டம் பெற்ற தண்டிற்கு அருகிலேயே உள்ளன. [படம் 1.47 (இ)].

(iv) மின்னூட்டம் பெற்ற தண்டினை இப்போது கடத்தியிடமிருந்து அப்புறப்படுத்தி விடவும். அவ்வாறு அதனை நீக்கியவுடன் நேர் மின்துகள்கள் கடத்தியின் பரப்பில் சீராகப் பரவுகின்றன. [படம் 1.47 (ஈ)] இத்தகைய செயல்முறையின் மூலமாக மின்நடுநிலைத் தன்மை கொண்ட ஒரு கோள வடிவக் கடத்தி நேர் மின்னூட்டம் பெற்றதாக மாறுகிறது.

ஒரு குறிப்பிட்ட வடிவம் என்றிலாமல் சீரற்ற வடிவம் கொண்ட கடத்திக்கு, இச்செயல்முறையில் இடையிலமைந்த படிகளும் முடிவும் ஒன்றாக இருப்பினும் கடைசி படி வேறுபட்டு இருக்கும். அதாவது, நேர் மின்துகளின் பரவல் சீராக இராது. இது ஏன்? இதற்கான காரணம் பகுதி 1.9 –ல் விவாதிக்கப்பட்டுள்ளது.

எடுத்துக்காட்டு 1.19

படத்தில் கொடுத்துள்ளவாறு $+q$ மின்னூட்ட மதிப்பும் m நிறையும் கொண்ட மின்கடத்து பொருளாலான சிறிய பந்து ஒன்று கிடைமட்டத்திற்கு θ கோணத்தில் v_0 என்ற தொடக்க திசைவேகத்துடன் மேல்நோக்கி எறியப்படுகிறது. g மதிப்புடைய ஈர்ப்புப் புலத்தின் திசையிலேயே, சீரான மதிப்புடைய E என்ற மின்புலம் அங்கு செயல்படுகிறது எனில் மின்னூட்டம் பெற்ற அப்பந்தின் கிடைத்தள நெடுக்கம், பெரும உயரம் மற்றும் பறக்கும் நேரம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக. காற்றினால் ஏற்படும் விளைவைப் புறக்கணிக்க; மேலும் பந்தை ஒரு புள்ளி நிறையாகக் கருதுக.



தீர்வு

கடத்தியின் நிகர மின்னூட்டம் சுழியெனில் அதன் இயக்கம், நாம் இயக்கவியலில் (+1 இயற்பியல், தொகுதி – I, அலகு – 2) அறிந்த m நிறை கொண்ட ஒரு எறிபொருளின் இயக்கத்தை ஒத்ததே. ஆனால் இந்தக் கணக்கில் கீழ்நோக்கிய திசையில் செயல்படும் ஈர்ப்பு விசையுடன் சேர்ந்து சீரான நிலைமின் விசையையும் அப்பந்து உணர்கிறது.

ஈர்ப்புவிசையினால் அப்பந்திற்கு அளிக்கப்படும்

முடுக்கம் $= -g\,\hat{j}$

சீரான மின்புலத்தினால் அப்பந்திற்கு அளிக்கப்படும்

முடுக்கம் $= -\dfrac{qE}{m}\hat{j}$

மின்னூட்டம் பெற்ற பந்து கீழ்நோக்கிய திசையில் அடையும் மொத்த முடுக்கம் $\vec{a} = -\left(g + \dfrac{qE}{m}\right)\hat{j}$

இங்கே பந்தின் முடுக்கம் அதன் நிறையைச் சார்ந்துள்ளதைக் கவனிக்கவும். அனைத்து பொருள்களும் புவியை நோக்கி ஒரே முடுக்கத்துடன் வீழ்கின்றன என்ற கலிலியோவின் கூற்று சீரான ஈர்ப்புப் புலத்திற்கு மட்டுமே பொருந்தும். சீரான மின்புலத்தை சேர்க்கும்போது மின்னூட்டம் பெற்ற பொருளின் முடுக்கம் அதன் நிறையையும் மின்னூட்டத்தையும் சார்ந்து இருக்கின்றது.

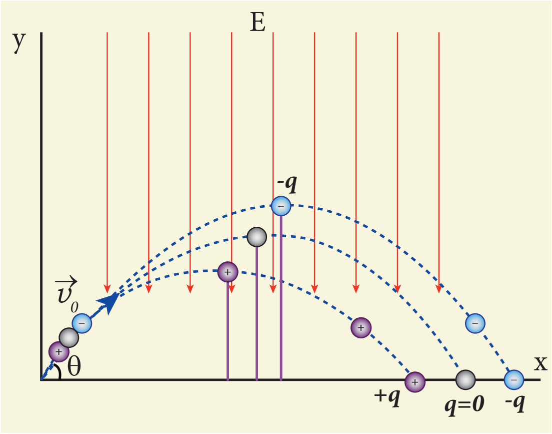
இருப்பினும் அதன் முடுக்கமானது, $a = \left(g + \dfrac{qE}{m}\right)$, இயக்கம் முழுவதிலும் சீராகவே இருக்கும். எனவே இயக்கவியல் சமன்பாடுகளைப் பயன்படுத்தி

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 50 23-12-2022 17:27:49

கிடைத்தள நெடுக்கம், பெரும உயரம் மற்றும் பறக்கும் நேரம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடலாம். எறிபொருளுக்கான அளவுகளின் சமன்பாடுகளில் g க்கு பதிலாக $\left(g+\frac{qE}{m}\right)$ என்று பிரதியிட்டு மேற்கூறிய மூன்று அளவுகளையும் தருவிக்கலாம்.

	மின்னூட்டம் அற்ற எறிபொருள்	$+q$ மின்னூட்டம் பெற்றது
பறக்கும் நேரம் T	$\frac{2v_0\sin\theta}{g}$	$\frac{2v_0\sin\theta}{\left(g+\frac{qE}{m}\right)}$
பெரும உயரம் h_{max}	$\frac{v_0^2\sin^2\theta}{2g}$	$\frac{v_0^2\sin^2\theta}{2\left(g+\frac{qE}{m}\right)}$
(கிடைத்தள) நெடுக்கம் R	$\frac{v_0^2\sin 2\theta}{g}$	$\frac{v_0^2\sin 2\theta}{\left(g+\frac{qE}{m}\right)}$

பறக்கும் நேரம், பெரும உயரம், நெடுக்கம் ஆகிய இம்மூன்றுமே பொருளின் முடுக்கத்திற்கு எதிர்த்தகவில் உள்ளதை கவனிக்கவும். மேலும், $\left(g+\frac{qE}{m}\right)>g$. ஆகையால், T, h_{max}, R இம்மூன்று அளவுகளுமே மின்னூட்டமற்ற நிலையில் உள்ள அளவுகளை விடக் குறைந்த மதிப்பைப் பெற்றிருக்கும். மின்னூட்டமானது $-q$ எனில், $\left(g-\frac{qE}{m}\right)<g$. ஆகையால் இம்மூன்றுமே அதிக மதிப்பு பெற்றிருக்கும். இருப்பினும் பொருளின் பாதை இன்னமும் பரவளையமாகவே உள்ளது. [காண்க படம்]



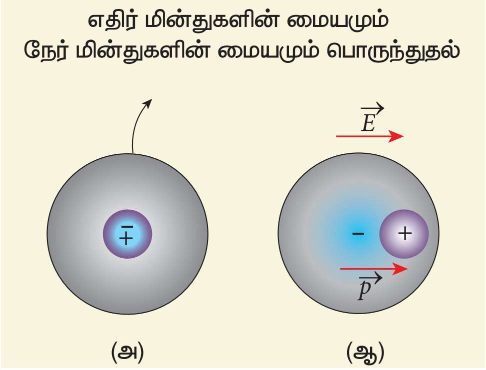
1.7.4 மின்காப்புப் பொருள்கள் அல்லது மின்கடத்தாப் பொருள்கள்

மின்காப்பு பொருள் என்பது மின்னோட்டத்தைக் கடத்தாதஒருபொருள்.அதில்கட்டுறாஎலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை குறைவு. மின்காப்புப் பொருளிலுள்ள எலக்ட்ரான்கள் அதன் அணுக்களால் கட்டுண்டு உள்ளன. மின்காப்புகளுக்கு சில எடுத்துக்காட்டுகள்: எபோனைட், கண்ணாடி, மைக்கா போன்றவை. புற மின்புலத்தில் வைக்கப்படும்போது (மின்காப்புகளில் உள்ள) எலக்ட்ரான்களால் கட்டுறா இயல்புடன் இயங்க முடியாது. ஆனால் குறிப்பிட்ட திசையில் அவை ஒருங்கமைக்கப் படுகின்றன. மின்காப்புகள் மின்முனைவுள்ள (polar) மூலக்கூறுகள் அல்லது மின் முனைவற்ற மூலக்கூறுகளால் ஆனவை.

மின்முனைவற்ற மூலக்கூறுகள் (Non polar molecules)

நேர் மின்துகள்களின் மின்னூட்ட மையமும் எதிர் மின்துகள்களின் மின்னூட்ட மையமும் ஒரே புள்ளியில் பொருந்தி அமைகின்ற மூலக்கூறு மின் முனைவற்ற மூலக்கூறு எனப்படும். இது நிலைத்த இருமுனை திருப்புத்திறனைப் பெற்றிருப்பதில்லை. எடுத்துக்காட்டுகள்: ஹைடிரஜன் (H_2), ஆக்சிஜன் (O_2), கார்பன் டையாக்சைடு (CO_2) உள்ளிட்டவை.

இப்பொருள்களை புற மின்புலத்தில் வைத்தால், நேர் மின்துகள்களின் மின்னூட்ட மையமும் எதிர் மின்துகள்களின் மின்னூட்ட மையமும் சிறிய இடைவெளி கொண்டு பிரிக்கப்படுகின்றன; இதனால் புற மின்புலத்தின் திசையில் இருமுனை திருப்புத்திறன் தூண்டப்படுகிறது. இப்போது, புற மின்புலத்தால் மின்காப்பு பொருள் மின்முனைவாக்கம் செய்யப்பட்டுள்ளது (Electrically polarised) என்று கூறலாம். (படம் 1.48)



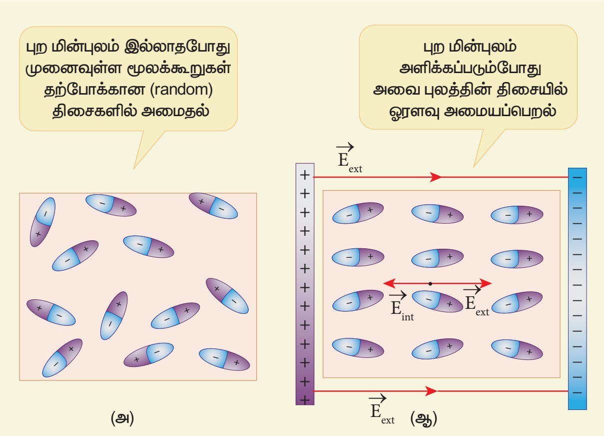
படம் 1.48 முனைவற்ற மூலக்கூறுகள்
(அ) புற மின்புலம் இல்லாத நிலையில்
(ஆ) புற மின்புலத்தில்

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 51 23-12-2022 17:27:52

மின்முனைவுள்ள மூலக்கூறுகள் (Polar molecules)

புற மின்புலம் செயல்படாத நிலையிலும் நேர் மற்றும் எதிர் மின்துகள்களின் மின்னூட்ட மையங்கள் பிரிக்கப்பட்டுள்ள மூலக்கூறுகள் மின்முனைவுள்ள மூலக்கூறுகள் எனப்படும். இவை நிலைத்த இருமுனை திருப்புத்திறனைப் பெற்றுள்ளன. வெப்ப இயக்கத்தின் விளைவால் பொருளில் உள்ள ஒவ்வொரு இருமுனை திருப்புத்திறனும், ஒழுங்கற்று வெவ்வேறு திசையை நோக்கி அமைகின்றன. [படம் 1.49 (அ)]. எனவே புற மின்புலம் இல்லாத நிலையில் நிகர இருமுனை திருப்புத்திறன் சுழியாகும். முனைவுள்ள மூலக்கூறுகளுக்கு எடுத்துக்காட்டுகள்: H_2O, N_2O, HCl, NH_3.

ஆனால் புற மின்புலம் செயல்படும்போது, முனைவுள்ள மூலக்கூறிலுள்ள இருமுனைகள் மின்புலத்தின் திசையில் ஒருங்கமைகின்றன. எனவே, ஒரு நிகர இருமுனை திருப்புத்திறன் அதனுள் தூண்டப்படுகிறது. இப்போது, புற மின்புலத்தால் மின்காப்பு பொருள் மின்முனைவாக்கம் செய்யப்பட்டுள்ளது எனலாம். [படம் 1.49 (ஆ)].



படம் 1.49 (அ) குறிப்பிட்ட திசையில் அல்லாமல் துருவ மூலக்கூறுகள் அமைதல் (ஆ) புற மின்புலத் திசையில் ஒருங்கமைதல்

மின்முனைவாக்கம் (Electric Polarization)

புற மின்புலம் செயல்படும்போது ஒரு மின்காப்புப் பொருளில் இருமுனை திருப்புத்திறன் தூண்டப்படுகிறது. **மின்காப்புப் பொருளில் ஓரலகு பருமனில் (தூண்டப்படும்) மொத்த இருமுனை திருப்புத்திறனை முனைவாக்கம் $(\vec{P})$ என்பர்.** பெரும்பாலான (நேரியல் திசைச்சீர் தன்மை கொண்ட – linear isotropic) மின்காப்புகளில், முனைவாக்கமானது புற மின்புலத்தின் வலிமைக்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும். இதையே,

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

இங்கு χ_e என்ற மாறிலி மின் ஏற்புத்திறன் (susceptibility) எனப்படும். இது ஒவ்வொரு மின்காப்புப் பொருளிற்கும் வெவ்வேறு மதிப்பையுடையதாக இருக்கும்.

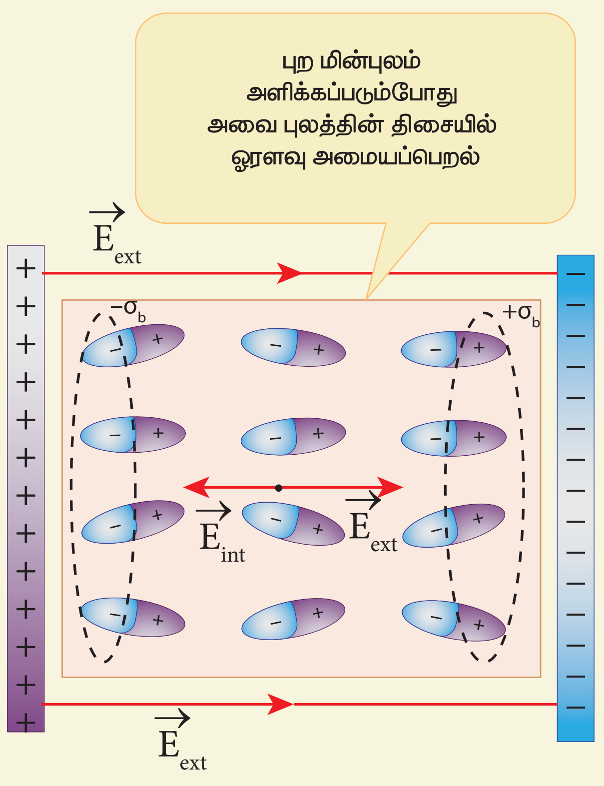
1.7.5 மின்காப்பின் உள்ளே மின்புலம் தூண்டப்படுதல்

கடத்தியொன்றைப் புற மின்புலத்தில் வைக்கும்போது, அதிலுள்ள மின்துகள்கள் ஒருங்கமைக்கப்பட்டு, அதனால் உருவாகும் அக மின்புலமானது புற மின்புலத்தை சமன் செய்யும். ஆனால் மின்காப்பைப் பொருத்தவரை, அதில் கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் இல்லாததால், புற மின்புலமானது அதிலுள்ள மின்துகள்களை ஒருங்கமைக்கச் செய்தாலும் அதனால் உருவாகும் அக மின்புலம் புற மின்புலத்தை விடக் குறைவாக இருக்கும். எனவே, மின்காப்பின் உட்புறம் நிகர மின்புலம் சுழியாவதில்லை; மேலும் புற மின்புலத்தின் திசையிலேயே நிகர மின்புலம் இருக்கிறது. ஆனால் அதன் எண்மதிப்பு புற மின்புலத்தைவிடக் குறைவாகவே இருக்கும். எடுத்துக்காட்டாக, (படம் 1.50) வில் கொடுத்துள்ளபடி (மின்தேக்கி ஒன்றின்) எதிரெதிர் மின்னூட்டம் பெற்ற இரு தட்டுகளுக்கு இடையே ஒரு செவ்வக வடிவ மின்காப்புப் பாளம் வைக்கப்படுகிறது.

தட்டுகளுக்கு இடையே நிலவும் சீரான மின்புலம் மின்காப்பிற்கு ஒரு புற மின்புலமாக $\left(\vec{E}_{ext}\right)$ செயல்பட்டு அதனை முனைவாக்கம் செய்கிறது. அதன் ஒரு பக்கத்தில் நேர் மின்துகள்களும் மற்றொரு பக்கம் எதிர் மின்துகள்களும் தூண்டப்படுகின்றன.

ஆனால் மின்காப்பின் உட்புறத்திலோ ஒரு சிறு பருமனில் கூட நிகர மின்னூட்டம் சுழியாக இருக்கின்றது. ஆகவே புற மின்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு மின்காப்பானது மின்னூட்ட பரப்படர்த்தி $+\sigma_b$ மற்றும் $-\sigma_b$ கொண்ட, எதிரெதிர் மின்னூட்டம் பெற்ற இரு தட்டுகளுக்கு ஒப்பாகும். இம்மின்துகள்கள் கட்டுண்ட மின்துகள்கள் (Bound charges) எனப்படும். இவை கடத்தியிலுள்ள கட்டுறா எலக்ட்ரான்களைப் போல்

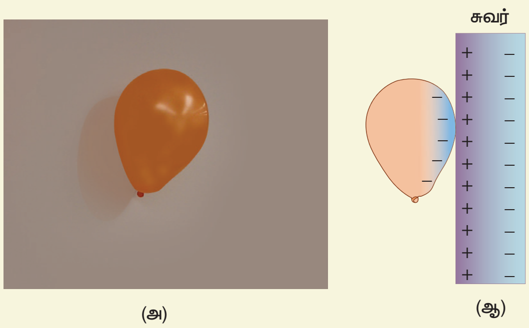
12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 52 23-12-2022 17:27:54



படம் 1.50 மின் காப்பின் உட்புறம் தூண்டப்பட்ட மின்புலம்

இவை தடையற்ற இயக்கத்தைப் பெற முடியாது. (படம் 1.52).

எடுத்துக்காட்டாக, உராய்வினால் மின்னூட்டம் பெற்ற பலூன் ஒன்று சுவற்றில் ஒட்டிக் கொள்கிறது. எதிர் மின்னூட்டம் பெற்ற பலூனை சுவற்றினருகில் கொண்டு வரும்போது, அது சுவற்றில் வேறின மின்துகள்களைத் தூண்டுவதால் முனைவாக்கம் ஏற்படுகிறது. இதனாலேயே சுவற்றுடன் பலூன் ஒட்டிக் கொள்கிறது. (படம் 1.51)



படம்1.51 (அ) சுவற்றுடன் பலூன் ஒட்டிக் கொள்தல் (ஆ) பலூன் உருவாக்கிய மின்புலத்தால் சுவற்றில் முனைவாக்கம் ஏற்படுதல்

1.7.6 மின்காப்பு வலிமை (Dielectric strength)

மின்காப்பிற்கு அளிக்கப்படும் புற மின்புலம் அதிக வலிமை வாய்ந்ததாக இருந்தால் அது அணுக்களில் உள்ள எலக்ட்ரான் கட்டமைப்பை உடைத்து கட்டுண்ட மின்துகள்களை கட்டுறா மின்துகள்களாக்குகின்றது. இந்நிலையில் மின்காப்புப் பொருள் மின்னோட்டத்தைக் கடத்த ஆரம்பிக்கின்றது. இதையே மின்காப்பு முறிவு (dielectric break down) என்பர். இம்முறிவு ஏற்படும் முன் மின்காப்பு ஒன்று தாங்கக்கூடிய பெரும மின்புலம் மின்காப்பு வலிமை எனப்படும். எடுத்துக்காட்டாக, காற்றின் மின்காப்பு வலிமை $3 \times 10^6\, V\, m^{-1}$. இதற்கு அதிகமான மின்புலத்தை செயல்படுத்தினால், அதில் பொறி உருவாகும். சில மின்காப்புகளின் மின்காப்பு வலிமைகள் பட்டியலிடப்பட்டுள்ளன

அட்டவணை 1.1 மின்காப்புவலிமை

பொருள்	மின்காப்பு வலிமை $(V\, m^{-1})$
மைக்கா	100×10^6
டெப்லான்	60×10^6
காகிதம்	16×10^6
பைரக்ஸ் கண்ணாடி	14×10^6
காற்று	3×10^6

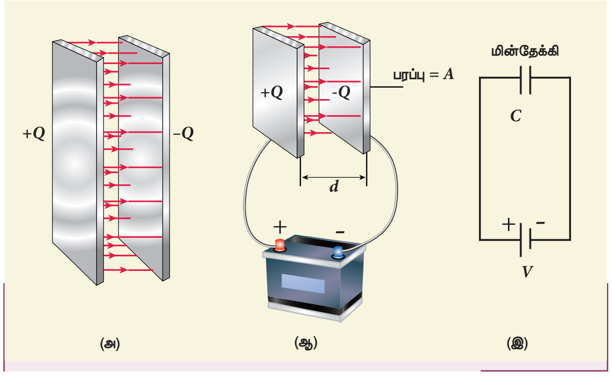
1.8 மின்தேக்கிகள் மற்றும் மின்தேக்குத்திறன்

1.8.1 மின்தேக்கிகள் (Capacitors)

மின்துகள்கள் மற்றும் மின்னாற்றலை சேமிக்க உதவும் கருவியே மின்தேக்கி. அது, சிறிய இடைவெளியில் பிரித்து வைக்கப்பட்ட இரு மின்கடத்துப் பொருள்களால் (பொதுவாக, தட்டுகள் அல்லது தகடுகள்) ஆனது. பல எலக்ட்ரானிய சுற்றுகளிலும், அறிவியல் தொழிநுட்பத் துறைகள் பலவற்றிலும் மின்தேக்கி பரவலாக பயன்படுத்தப்படுகிறது.

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 53 23-12-2022 17:27:54

ஓர் எளிய மின்தேக்கியில், இரு இணையான உலோகத் தட்டுகள் சிறிய இடைவெளியில் பிரிக்கப்பட்டு உள்ளதை படம் 1.52 (அ) –ல் காணலாம்.



படம் 1.52 (அ) இணைத்தட்டு மின்தேக்கி (ஆ) மின்கலனுடன் இணைக்கப்பட்ட நிலையில் மின்தேக்கி (இ) மின்தேக்கியின் குறியீடு

மின்தேக்கியை V மின்னழுத்த வேறுபாடு கொண்ட மின்கலனுடன் இணைத்த பின்பு மின்கலனிலிருந்து (மின்தேக்கியின்) ஒரு தட்டிற்கும் இன்னொரு தட்டிலிருந்து மின்கலனுக்குமாக எலக்ட்ரான்கள் இடம்பெயர்வதால், ஒரு தட்டு –Q எதிர் மின்னூட்டமும், இன்னொன்று +Q நேர் மின்னூட்டமும் பெறுகின்றன. தட்டுகளுக்கிடையேயான மின்னழுத்த வேறுபாடு மின்கலனின் முனை மின்னழுத்த வேறுபாட்டுக்குச் சமமாகும். இது படம் 1.52 (ஆ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. மின்கலனின் மின்னழுத்த வேறுபாடு அதிகரிக்கப்பட்டால் தட்டுகளில் சேமிக்கப்படும் மின்துகள்களின் அளவும் அதிகரிக்கும். பொதுவாக, மின்தேக்கியில் சேமிக்கப்பட்ட மின்துகள்களின் மின்னூட்ட மதிப்பு அதன் தட்டுகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டுக்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும்.

$Q \propto V$, அல்லது $Q = CV$,

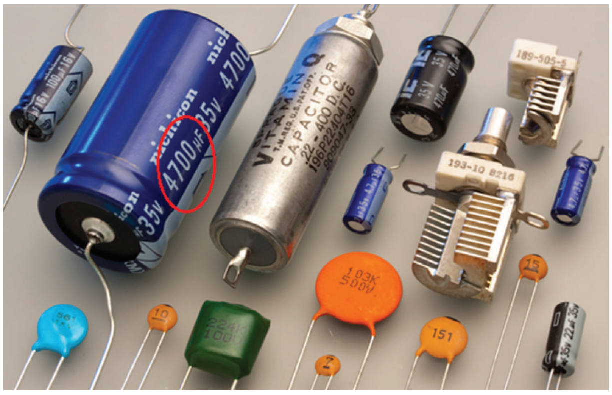
இங்கு C என்ற தகவு மாறிலி. இது மின்தேக்குத்திறன் (Capacitance) எனப்படும். **மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறன் C என்பது அதன் ஏதேனும் ஒரு மின் கடத்து தட்டில் உள்ள மின்துகள்களின் மின்னூட்ட மதிப்பிற்கும் கடத்திகளுக்கு (தட்டுகளுக்கு) இடையே நிலவும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கும் இடையேவுள்ள விகிதம் என வரையறுக்கப்படுகிறது.**

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

மின்தேக்குதிறனின் SI அலகு கூலூம் / வோல்ட் ($C\,V^{-1}$) அல்லது மைக்கேல் பாரடேயின் நினைவாக பாரட் (F) என்றும் குறிக்கப்படுகிறது. பாரட் என்பது மின்தேக்குத் திறனின் மிகப்பெரிய ஓர் அலகு. நடைமுறையில் மைக்ரோபாரட் ($1\mu F = 10^{-6}$ F) முதல் பைக்கோபாரட் ($1pF = 10^{-12}$ F) வரையிலான மதிப்புகளுடன் மின்தேக்கிகள் கிடைக்கின்றன.

மின்தேக்கி ⊣⊢ அல்லது ⊣⊦ ஆகிய குறியீடுகளால் குறிப்பிடப்படுகிறது. மின்தேக்கியின் இரு தகடுகளில் சேமிக்கப்படும் மின்துகள்களின் மொத்த மின்னூட்டம் சுழி (Q–Q=0) என்பதைக் கவனிக்கவும். மின்தேக்கி ஒன்றில் மின்துகள்கள் சேமித்து வைக்கப்படுகின்றன என நாம் சொல்லும்போது அதன் ஒரு தட்டில் சேமிக்கப்படும் மின்துகள்களின் மின்னூட்ட அளவையே குறிப்பிடுகிறோம்.

இன்றைய காலகட்டத்தில் மின்தேக்கிகள் பலவித வடிவங்களிலும் (உருளை, வட்டு) வகைகளிலும் (டாண்டலம், பீங்கான், மின்பகு மின்தேக்கிகள்) கிடைக்கின்றன [படம் 1.53].



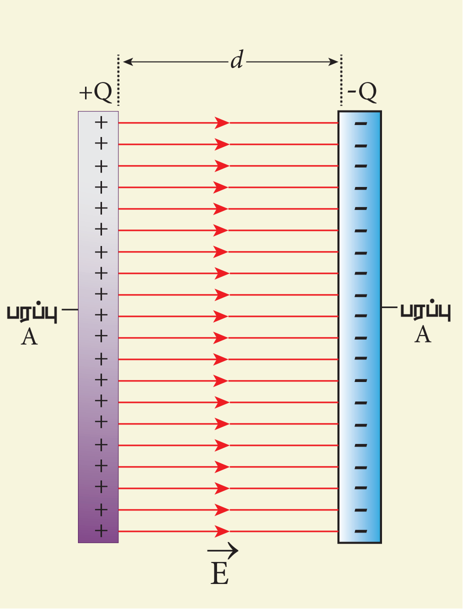
படம் 1.53 மின்தேக்கியின் பல்வேறு வகைகள்

இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறன்

குறுக்குவெட்டுப் பரப்பளவு A மற்றும் d இடைத்தொலைவினால் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ள இரு இணைத்தட்டுகளைக் கொண்ட மின்தேக்கியைக் கருதுவோம் [படம் 1.54].

இரு முடிவிலா இணைத் தட்டுகளுக்கிடையில் மின்புலம் சீராகவும் $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ மதிப்பு கொண்டும் இருக்கும். இங்கு σ என்பது தட்டுகளின் மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி $\left(\sigma = \frac{Q}{A}\right)$. தட்டுகளின் பரப்பளவைக் காட்டிலும் இடைத்தொலைவு d மிகவும் சிறியதாக இருப்பின் ($d^2 << A$), வரம்பிற்குட்பட்ட அளவுகொண்ட (finite sized) இணைத்தட்டு மின்தேக்கிக்கும் கூட மேலே கூறப்பட்ட சமன்பாடு பொருந்தும்.

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 54 23-12-2022 17:27:56



படம் 1.54 இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத் திறன்

எனவே தட்டுகளுக்கிடையேயான மின்புலம்

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

மின்புலம் சீராக இருப்பதால், தட்டுகளுக்கு இடையேயான மின்னழுத்த வேறுபாடு

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

எனவே மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறன்

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

சமன்பாடு (1.84) ன் படி மின்தேக்குத்திறன் தட்டின் குறுக்குவெட்டுப் பரப்பளவிற்கு நேர்த்தகவிலும் இரு தட்டுகளுக்கிடையேயுள்ள தொலைவிற்கு எதிர்த்தகவிலும் உள்ளது என்பதை அறியலாம். பின்வரும் பகுப்பாய்வின் மூலமும் இதை அறியலாம்.

(i) மின்தேக்கித் தட்டுகளின் பரப்பளவை அதிகரித்தால் அதே மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் இன்னும் அதிகளவு மின்துகள்களைப் பரவச் செய்ய இயலும். எனவே, மின்தேக்குத்திறனும் அதிகமாகும்.

(ii) தட்டுகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவு d ஐக் குறைக்கும்போது, E மாறிலி ஆதலால், அவற்றுக்கு இடையேயான மின்னழுத்த வேறுபாடும் (V) குறையும் $(V = Ed)$. இப்போது மின்கலனின் இருமுனைகளுக்கு இடையேயான மின்னழுத்த வேறுபாடு அதிகமாக இருப்பதால், முனைகளின் மின்னழுத்த வேறுபாடும் தட்டுகளுக்கு இடையேயான மின்னழுத்த வேறுபாடும் சமமாகும் வரை மின்கலத்திலிருந்து தட்டுகளுக்கு மின்துகள்கள் பாயும். மாறாக, தட்டிடைத் தொலைவைக் கூட்டும்போது, மின்தேக்கியின் மின்னழுத்த வேறுபாடும் கூடுவதால் இப்போது அது மின்கலனின் மின்னழுத்தத்தை விட அதிகமாக இருக்கும். இரு மின்னழுத்தங்களும் சமமாகும் வரை மின்தேக்கித் தட்டுகளிலிருந்து மின்கலனுக்கு மின்துகள்கள் பாயும்.

எடுத்துக்காட்டு 1.20

இணைத்தட்டு மின்தேக்கி ஒன்று 5 cm பக்கம் கொண்ட இரு சதுரத் தட்டுகளை 1 mm இடைவெளியில் கொண்டுள்ளது. (அ) மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறனைக் கணக்கிடு (ஆ) 10 V மின்கலம் ஒன்றை அதனுடன் இணைத்தால், ஒரு தட்டில் சேமிக்கப்படும் மின்துகள்களின் மின்னூட்ட மதிப்பைக் கணக்கிடுக. ($\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ N^{-1}m^{-2}\ C^2$)

தீர்வு

(அ) மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறன்

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

(ஆ) ஏதேனும் ஒரு தட்டில் சேமிக்கப்படும் மின்துகள் Q = CV

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

சில சமயங்களில் மின் இணைப்பைக் கொடுத்தாலும் கூரை விசிறி (ceiling fan) இயங்க மறுப்பதைப் பார்த்திருப்போம். ஆனால் அதன் இறக்கைகளை சற்று சுழற்றிய பின் விசிறி இயல்பாக சுற்றுவதை அறிவோம். ஏன்? ஒரு பொருளை சுழலச் செய்ய அதன் மீது திருப்புவிசை செலுத்தப்பட வேண்டும். கூரை விசிறியில் இந்த தொடக்கத் திருப்புவிசையை அளிப்பதற்கு மின்தேக்கி பொருத்தப்பட்டுள்ளது. கண்டென்சர் (Condenser) என்ற பெயரில் அறியப்படும் மின்தேக்கி பழுதடைந்து விட்டால், தேவைப்படும் தொடக்கத் திருப்பு விசையை அதனால் அளிக்க இயலாது.

1.8.2 மின்தேக்கியில் சேமிக்கப்படும் ஆற்றல்

மின்தேக்கியானது மின்துகள்களை மட்டுமல்ல, மின்னாற்றலையும் சேமிக்கும் ஒரு கருவியாகும். மின்தேக்கி ஒன்று மின்கலனுடன் இணைக்கப்படும்போது –Q மின்னூட்ட அளவுடைய எலக்ட்ரான்கள் அதன் ஒரு தட்டிலிருந்து இன்னொன்றுக்கு இடம்பெயர்கின்றன. இந்த மின்துகள் இடப்பெயர்வுக்கு தேவைப்படும் வேலையை மின்கலன் செய்கிறது. செய்யப்பட்ட இவ்வேலையே மின்தேக்கியில் நிலை மின்னழுத்த ஆற்றலாகச் சேமித்து வைக்கப்படுகிறது.

V மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் *dQ* அளவு (infinitesimal) மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகள்களை நகர்த்த செய்யப்படும் வேலை

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

இங்கு $V = \frac{Q}{C}$. எனவே

மின்தேக்கியை மின்னேற்றம் (charge) செய்யத் தேவைப்படும் மொத்த வேலை

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

இந்த வேலை நிலை மின்னழுத்த ஆற்றலாக (U_E) மின்தேக்கியில் சேமிக்கப்படுகிறது

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

இவ்வாறு சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றலானது மின்தேக்குத்திறனுக்கும் தட்டுகளுக்கு இடையேயான மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் இருமடிக்கும் நேர்த்தகவில் இருக்கின்றது. சேமிக்கப்படும் இவ்வாற்றல் எங்கே உள்ளது ? இதை அறிய சமன்பாடு (1.87) பின்வருமாறு மாற்றி எழுதலாம்.

இங்கு $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}; \quad V = Ed$

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

இங்கு *Ad* = மின்தேக்கியின் தட்டுகளுக்கிடையே உள்ள பகுதியின் பருமன். இந்த இடைவெளிப்பகுதியின் **ஓரலகு பருமனில் சேமிக்கப்பட்டுள்ள ஆற்றலை, நிலை மின்னழுத்த ஆற்றல் அடர்த்தி (u_E) என வரையறுக்கலாம்.**

எனவே $u_E = \frac{U_E}{Ad}$

சமன்பாடு (1.88) ஐப் பிரதியிட

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

இதிலிருந்து, மின்தேக்கியின் தட்டுகளுக் கிடையே உள்ள இடைவெளியில் நிலவும் மின்புலத்தில்தான் ஆற்றல் சேமிக்கப்படுகிறது என்பதை அறிந்து கொள்ளலாம். மின்தேக்கியை மின்னிறக்கம் (discharge) செய்யும்போது ஆற்றல் திரும்பப் பெறப்படுகிறது.

ஆற்றல் அடர்த்தியானது மின்புலத்தைச் சார்ந்து மட்டுமே உள்ளது என்பதையும் தட்டுகளின் அளவைப் பொறுத்து அது அமைவது இல்லை என்பதையும் கவனிக்கவும். மேலும், சமன்பாடு (1.89) எவ்வகை மின்துகள் நிலையமைப்புக்கும் பொருந்தக்கூடிய ஒன்றாகும்.

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 56 23-12-2022 17:28:00

1.8.3 மின்தேக்கிகளின் பயன்பாடுகள்

பல்வேறு எலக்ட்ரானிய சுற்றுகளிலும் மின்தேக்கிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. அவற்றுள் சிலவற்றை இங்கு காண்போம்:

(அ) நாம் அனைவரும் அறிந்த ஒன்றுதான் ஒளிப்படக் கருவி (digital camera). நாம் புகைப்படம் எடுக்கும்போது அதிலிருந்து தெறிப்பொளி (flash) வெளிப்படுவதற்கு தெறிப்பு மின்தேக்கி எனப்படும் ஒருவகை மின்தேக்கியிலிருந்து வெளிவிடப்படும் ஆற்றலே காரணமாகும். [படம் 1.55 (அ)]

(ஆ) இதய நிறுத்தம் (cardiac arrest) ஏற்படும்போது, இதய உதறல் நீக்கி (heart difibrillator) என்ற ஒரு கருவியைப் பயன்படுத்தி திடீரென அதிகளவிலான மின்னாற்றலை நோயாளியின் நெஞ்சுப் பகுதியில் செலுத்துவதன் மூலம் இதயத்துடிப்பை இயல்புக்குக் கொண்டு வருவார்கள் [படம் 1.55 (ஆ)].

(இ) தானியங்கி எந்திரங்களின், எரிபொருள் எரியூட்டும் அமைப்புகளில், தீப்பொறி உருவாவதை தவிர்க்க மின்தேக்கிகள் பயன்படுகின்றன.

(ஈ) மின் வழங்கிகளில் (Power supplies) மின்திறன் ஏற்ற இறக்கத்தைக் குறைப்பதற்கும் மின்திறன் அனுப்பீட்டில் அதன் பயனுறு திறனை அதிகரிக்கச் செய்யவும் மின்தேக்கிகள் பயன்டுகின்றன.

இருப்பினும், சில குறைபாடுகளும் மின்தேக்கிகளுக்கு உள்ளன. மின்கலனையோ மின்வழங்கியையோ அணைத்த பின்பும் மின்தேக்கியில் தேக்கி வைக்கப்பட்ட மின்துகள்களும் மின்னாற்றலும் சிறிது நேரம் இருக்கும். எடுத்துக்காட்டாக, தொலைக்காட்சிப் பெட்டியை அணைத்த உடன் சற்று நேரம் வரை அதன் பின்பக்கத்தைத் தொடாமல் இருத்தல் அவசியம்.

1.8.4 மின்தேக்கிகளில் மின்காப்புகளின் விளைவு

இதுவரை நாம் பார்த்த விளக்கங்களில், ஒரு மின்தேக்கியின் இணைத்தட்டுகளுக்கு இடையேவுள்ள வெளிப்பகுதி வெற்றிடமாக உள்ளதாகவோ அல்லது காற்றால் நிரப்பட்டதாகவோ எடுத்துக் கொண்டோம். மின்காப்புப் பொருள்களான மைக்கா, கண்ணாடி அல்லது காகிதம் போன்றவற்றை தட்டுகளுக்கு இடையே புகுத்தினால் மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறன் மாற்றம் அடையும்.

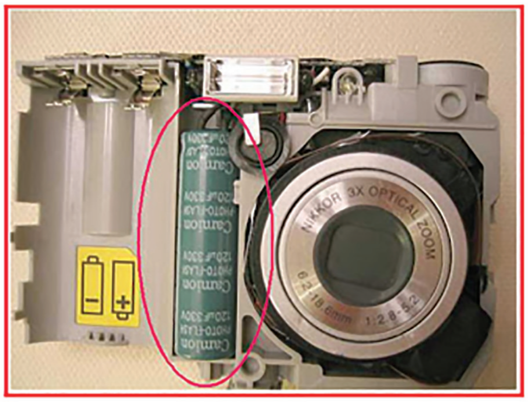
தட்டுகளுக்கிடையே மின்காப்பினை, இரு வேறு நிலைகளில் புகுத்தலாம். (i) மின்கலனுடன் இணைப்பு துண்டிக்கப்பட்ட நிலையில் மின்தேக்கி உள்ளபோது (ii) மின்கலனுடன் இணைக்கப்பட்ட நிலையில் மின்தேக்கி உள்ளபோது

(i) மின்கலனுடன் இணைப்பு துண்டிக்கப்பட்ட நிலையில் மின்தேக்கி

A குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பளவுடைய இரு இணைத்தட்டுகள் d இடைவெளியில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ள மின்தேக்கி ஒன்றைக் கருதுவோம். V_0 மின்னழுத்தமுடைய மின்கலனால் மின்தேக்கியானது Q_0 மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகள்களை சேமிக்கும் அளவிற்கு மின்னேற்றம் செய்யப்படுகிறது. இந்நிலையில் மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறன்

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

மின்கலனுடனான இணைப்பைத் துண்டித்த பின்பு, தட்டுகளுக்கு இடையே மின்காப்பு நுழைக்கப்படுகிறது. [படம் 1.56].

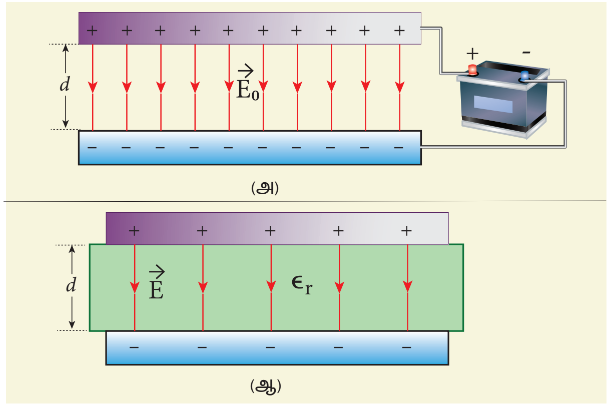


(அ)

(ஆ)

படம் 1.55 (அ) ஒளிப்படக் கருவியில் தெறிப்பு மின்தேக்கி (ஆ) இதய உதறல் நீக்கி (Heart defibrillator)

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 57 23-12-2022 17:28:01



படம் 1.56 (அ) மின்கலனால் ஒரு மின்தேக்கி மின்னேற்றம் செய்யப்படுதல் (ஆ) மின்கலனின் இணைப்பு துண்டிக்கப்பட்ட பின்பு மின்காப்பு செருகப்படுதல்

மின்காப்பை நுழைத்த உடன் தட்டுகளுக்கிடையேயான மின்புலம் குறையும். ஆய்வின் அடிப்படையில், மாற்றமடைந்த மின்புலத்தை (E) பின்வரும் சமன்பாட்டினால் அறியலாம்.

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

இங்கு E_0 என்பது மின்காப்பு இல்லாத நிலையில் மின்தேக்கிக்கு இடையில் உள்ள மின்புலம் மற்றும் ϵ_r என்பது மின்காப்பின் சார்பு விடுதிறன் (relative permittivity) அல்லது மின்காப்பு மாறிலி எனப்படும். இங்கு $\epsilon_r > 1$ என்பதால் $E < E_0$ ஆகும்.

இதன் விளைவாக, தட்டுகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடும் $(V = Ed)$ குறையும். அதே சமயம், மின்கலனுடன் இணைப்பு இல்லாததால் தேக்கப்பட்ட மின்துகள்கள் எங்கும் செல்லாது. அதனால் மின்னூட்ட மதிப்பு Q_0 ம் மாறாது இருக்கும்.

எனவே புதிய மின்னழுத்த வேறுபாடு,

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

மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு எதிர்த்தகவில் மின்தேக்குத்திறன் உள்ளதால், V குறைய C அதிகரிக்கும்.

மின்காப்பு உள்ள நிலையில் மின்தேக்குத்திறன்

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

$\epsilon_r > 1$ ஆதலால் $C > C_0$. எனவே ϵ_r மாறிலியுடைய மின்காப்பைப் புகுத்திய பின்பு மின்தேக்குத்திறன் அதிகரிக்கின்றது.

சமன்பாடு (1.84) –ன் படி

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

$\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$. இங்கு ϵ என்பது மின்காப்பு ஊடகத்தின் விடுதிறன் எனப்படும்.

மின்காப்பை நுழைக்கும் முன் மின்தேக்கியில் சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றல்

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

மின்காப்பு நுழைக்கப்பட்ட பின்பு, மின்னூட்டம் Q_0 மாறாமலும் மின்தேக்குத்திறன் C அதிகரித்தும் காணப்படுவதால் சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றலின் அளவு குறையும்.

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

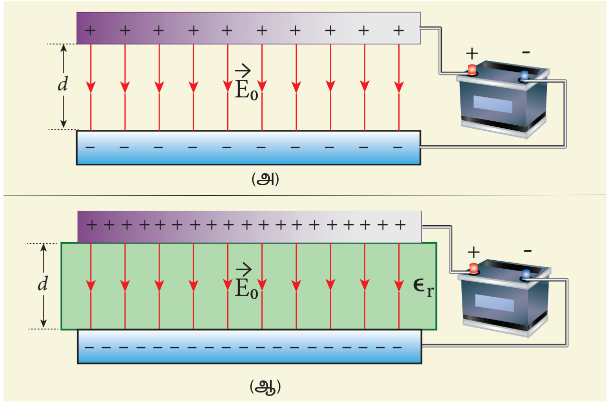
$\epsilon_r > 1$ ஆதலால் $U < U_0$. மின்காப்பைப் புகுத்தும்போது, அதை மின்தேக்கி உள்ளே இழுக்கிறது. இதற்காக சிறிது ஆற்றல் செலவிடப்படுவதாலேயே மின்தேக்கியின் ஆற்றல் அளவு குறைகின்றது.

(ii) மின்கலனுடன் இணைக்கப்பட்ட நிலையில் மின்தேக்கி

மின்னழுத்தம் V_0 உடைய மின்கலனுடன் மின்தேக்கியானது இணைக்கப்பட்ட நிலையிலேயே மின்காப்பை நுழைத்தால் என்ன நேர்கிறது என்பதை இப்போது பார்ப்போம் [படம் 1.57].

தட்டுகளுக்கு இடையேயான மின்னழுத்த வேறுபாடு V_0 மாறாமல் இருக்கும். ஆனால் இந்நிலையில் மின்காப்பைப் புகுத்தினால் மின்தேக்கியில் சேமிக்கப்படும் மின்துகள்களின் அளவு ϵ_r மடங்காக உயரும் என்பதை ஆய்வுகளின் மூலம் (இதை முதலில் செய்து காட்டியவர் பாரடே) அறிகிறோம்.

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 58 23-12-2022 17:28:03



படம் 1.57 (அ) மின்கலனால் ஒரு மின்தேக்கி மின்னேற்றம் செய்யப்படுதல் (ஆ) மின்கலனுடன் இணைக்கப்பட்ட நிலையில் மின்காப்பு செருகப்படுதல்

$$Q = \epsilon_r Q_0 \qquad (1.97)$$

மின்துகள்களின் அளவு அதிகரிப்பதால், மின்தேக்குத்திறனும் அதிகரிக்கும். புதிய மின்தேக்குத்திறன்

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

எனினும், மின்கலனுடன் இணைக்கப்பட்ட நிலையிலுள்ள மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறன் அதிகரிப்பதற்கான காரணமும் மின்கலனுடன் இணைப்பு துண்டிக்கப்பட்ட நிலையிலுள்ள மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறன் அதிகரிப்பதற்கான காரணமும் வெவ்வேறு.

$$C_0 = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

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

மின்காப்பைப் புகுத்துவதற்கு முன் சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றல்

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

இங்கு $U_0 = \dfrac{1}{2}\dfrac{Q_0^2}{C_0}$ என்ற சமன்பாட்டை நாம் பயன்படுத்தாததைக் கவனிக்கவும். ஏனெனில், மின்துகள்களின் அளவும் மின்தேக்குத்திறனும் மாறுகின்ற இந்நேர்வில் V_o மட்டுமே மாறாமல் உள்ளது.

மின்காப்பை நுழைத்தபின்பு, மின்தேக்குத்திறன் அதிகரிக்கிறது. இதனால் சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றலும் அதிகரிக்கிறது.

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

$\epsilon_r > 1$ ஆதலால் $U > U_0$.

மின்தேக்கியின் மின்னழுத்த வேறுபாடு V_0 மாறாமல் உள்ளதால் தட்டுகளுக்கிடையே நிலவும் மின்புலமும் மாறாமல் இருக்கும் என்பதைக் கவனிக்கவும்.

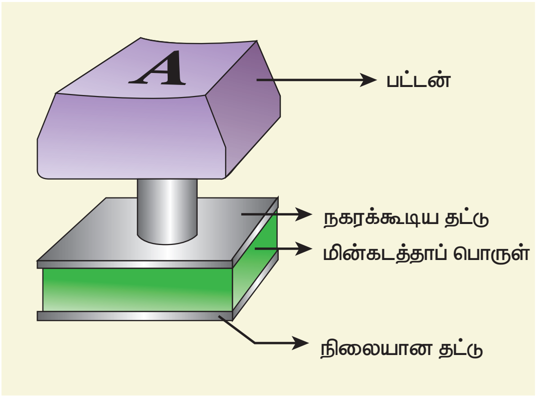
ஆற்றல் அடர்த்தி

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

இங்கு ϵ என்பது மின்காப்பு ஊடகத்தின் விடுதிறன் ஆகும். இம்முடிவுகள் அட்டவணை 1.2 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

கணினி விசைப்பலகையிலுள்ள பட்டன்கள் (keys) மின்காப்புடன் கூடிய மின்தேக்கிகளால் ஆனவை [படம்]



பட்டனை அழுத்தும்போது தட்டுகளுக்கு இடையேயுள்ள தொலைவு குறைவதால் மின்தேக்குத்திறன் அதிகரிக்கிறது. இதனால் தூண்டப்படும் எலக்ட்ரானிய சுற்றுகளால் எந்த பட்டன் அழுத்தப்பட்டது என்ற தகவல் கணினியை அடைகிறது.

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 59 23-12-2022 17:28:06

அட்டவணை 1.2 மின்தேக்கிகளில் மின்காப்புகளின் விளைவு

வ.எண்	மின்காப்பு புகுத்தப்படும் போது	மின்னூட்டம் Q	மின்னழுத்த வேறுபாடு V	மின்புலம் E	மின்தேக்குத்திறன் C	ஆற்றல் U
1	மின்கலனின் இணைப்பு துண்டிக்கப்பட்டு இருந்தால்	மாறிலி	குறையும்	குறையும்	உயரும்	குறையும்
2	மின்கலன் இணைக்கப்பட்டு இருந்தால்	உயரும்	மாறிலி	மாறிலி	உயரும்	உயரும்

எடுத்துக்காட்டு 1.21

ϵ_r = 5 கொண்ட மைக்காவினால் நிரப்பப்பட்ட இணைத்தட்டு மின்தேக்கி ஒன்று 10 V மின்கலனுடன் இணைக்கப்படுகிறது. இணைத் தட்டுகளின் பரப்பளவு 6 cm^2 மற்றும் இடைத்தொலைவு 6 mm எனில்

(அ) மின்தேக்குத்திறன், சேமிக்கப்படும் மின்துகள்களின் மின்னூட்டம் மற்றும் ஆற்றலைக் காண்க.

(ஆ) முழுமையாக மின்னேற்றம் செய்யப்பட்ட பின், மின்கலனின் இணைப்பு துண்டிக்கப்பட்டு அதன்பின் மின்காப்பு கவனமாக நீக்கப்படுகிறது. புதிய மின்தேக்குத்திறன், சேமிக்கப்படும் ஆற்றல் மற்றும் மின்னூட்டத்தைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

(அ) மின்காப்புடன் கூடிய மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறன்

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

சேமிக்கப்படும் மின்துகள்

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

சேமிக்கப்படும் ஆற்றல்

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

(ஆ) மின்கலனின் இணைப்பு இல்லாததால் மின்காப்பை நீக்கும்போது மின்துகள்கள் மாறாமல் இருக்கும். அதனால் மொத்த மின்னூட்டமும் மாறாமல் இருக்கும். ஆனால் தட்டுகளுக்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு அதிகரிக்கும். இதனால், மின்தேக்குத்திறன் குறையும்.

புதிய மின்தேக்குத்திறன்

$$C_0 = \frac{C}{\epsilon_r} = \frac{4.425\times 10^{-12}}{5}$$
$$= 0.885\times 10^{-12}\,\text{F} = 0.885\,\text{pF}$$

சேமிக்கப்படும் மின்துகள்கள் மாறாததால் அதன் மின்னூட்டமும் மாறாது, அதாவது 44.25 nC. ஆகவே, புதிய நிலையில் ஆற்றல்

$$U_0 = \frac{Q^2}{2C_0} = \frac{Q^2\epsilon_r}{2C} = \epsilon_r U$$
$$= 5\times 2.21\times 10^{-10}\,\text{J} = 11.05\times 10^{-10}\,\text{J}$$

அதிகரிக்கப்பட்ட ஆற்றல்

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

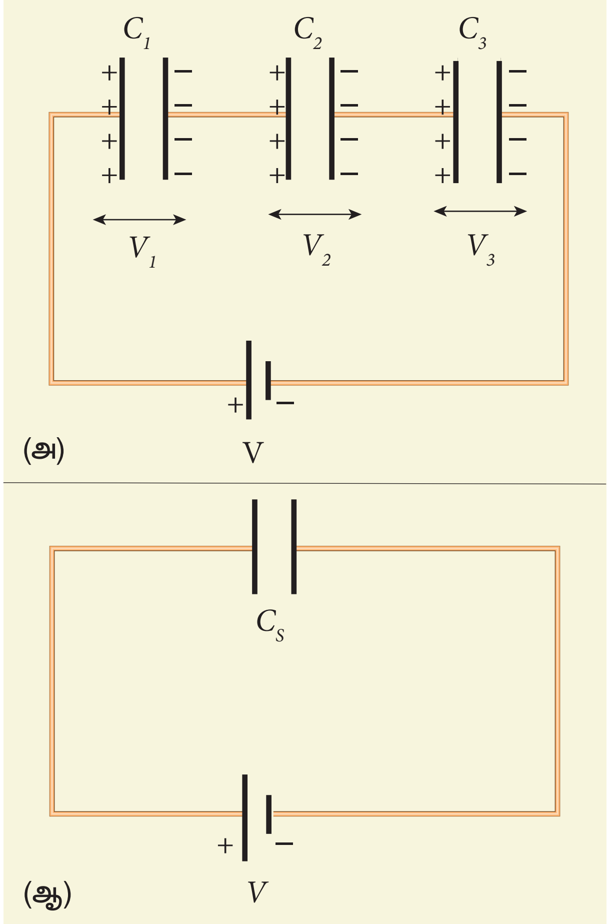
மின்காப்பினை நீக்கும்போது, தட்டுகளில் உள்ள மின்துகள்களால் உள்நோக்கிய இழுவிசை அதன் மீது செயல்படும். இதற்கு எதிராக புற அமைப்பினால் செய்யப்படும் வேலையே கூடுதல் ஆற்றலாக சேமிக்கப்படுகிறது. இந்த 8.84×10^{-10} J அளவுள்ள ஆற்றலுக்கான மூலம் இதுவே.

1.8.5 மின்தேக்கிகள் தொடரிணைப்பிலும் பக்க இணைப்பிலும்

(i) தொடரிணைப்பில் மின்தேக்கிகள்

மின்னழுத்தவேறுபாடு V கொண்ட மின்கலனுடன் மூன்று மின்தேக்கிகள் தொடரிணைப்பில் உள்ளன; அவற்றின் மின்தேக்குத்திறன்கள் C_1, C_2 மற்றும் C_3 [படம் 1.58 (அ)] மின்கலனின் மின்இணைப்பு கொடுக்கப்பட்டவுடன் C_3 மின்தேக்கியின் வலதுபக்கத் தட்டை நோக்கி $-Q$ மின்னூட்ட

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 60 23-12-2022 17:28:08



படம் 1.58 (அ) தொடரிணைப்பில் மின்தேக்கிகள் (ஆ) தொகுபயன் மின்தேக்குத் திறன் C_S

அளவுடைய எலக்ட்ரான்கள் எதிர்மின்வாயிலிருந்து இடம்பெயர்கின்றன. இம்மின்னூட்டம் அதேயளவு எலக்ட்ரான்களை ($-Q$ மின்னூட்டம்) C_3 மின்தேக்கியின் இடதுபக்கத் தட்டிலிருந்து C_2 ன் வலதுபக்கத் தட்டை நோக்கி விரட்டுகின்றது; இது நிலைமின் தூண்டலினால் நிகழ்கிறது. இதே போல் C_2 இன் இடது பக்கத் தட்டு, $-Q$ மின்னூட்ட அளவுள்ள எலக்ட்ரான்களை C_1 ன் வலதுபக்கத் தட்டை நோக்கி விரட்டுகின்றது. நிலைமின் தூண்டலின் விளைவால் C_1 ன் இடதுபக்கத் தட்டில் $+Q$ மின்னூட்டம் உருவாகிறது. அதே சமயம் C_1 ன் இடதுபக்கத் தட்டிலிருந்து $-Q$ அளவுள்ள எலக்ட்ரான்கள் மின்கலனின் நேர்மின்வாயை நோக்கி இடம்பெயர்கின்றன.

இந்நிகழ்வுகளால் ஒவ்வொரு மின்தேக்கியிலும் சம அளவு மின்னூட்டம் Q கொண்ட மின்துகள்கள் சேமிக்கப்படுகிறது. மின்தேக்கிகளின் மின்தேக்குத்திறன் வெவ்வேறாக இருப்பதால் அவை ஒவ்வொன்றின் குறுக்கே நிலவும் மின்னழுத்த வேறுபாடும் வெவ்வேறாக இருக்கும்; அவை முறையே V_1, V_2 மற்றும் V_3 ஆகும்.

மின்தேக்கிகளின் குறுக்கே காணப்படும் மொத்த மின்னழுத்த வேறுபாடு மின்கலனின் மின்னழுத்த வேறுபாட்டுக்குச் சமமாக இருக்க வேண்டும்

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

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

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

தொடரிணைப்பிலுள்ள மூன்று மின்தேக்கிகளும் ஒரு தனித்த மின்தேக்கியை உருவாக்குவதாகக் கொண்டால் (படம் 1.58 (ஆ))

$V = \frac{Q}{C_S}$. சமன்பாடு (1.104) இல் பிரதியிட,

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

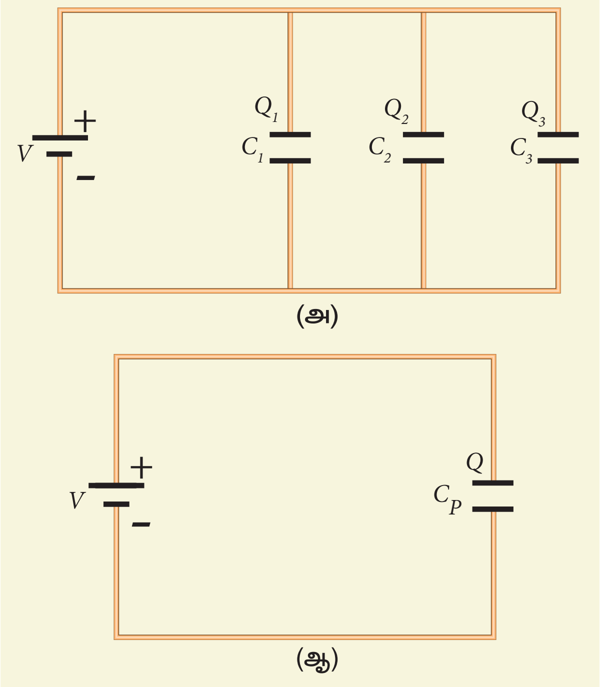
$$\frac{1}{C_S} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \qquad (1.105)$$

எனவே, மின்தேக்கிகள் தொடரிணைப்பில் உள்ளபோது தொகுபயன் மின்தேக்குத்திறன் C_S ன் தலைகீழ் மதிப்பானது ஒவ்வொரு மின்தேக்குத்திறனின் தலைகீழ் மதிப்புகளின் கூடுதலுக்குச் சமமாகும். தொகுபயன் மின்தேக்குத் திறனின் மதிப்பு C_S ஆனது தொடரிணைப்பிலுள்ள மிகக்குறைந்த மின்தேக்குத்திறனை விட எப்போதும் குறைவாகவே இருக்கும்.

(ii) பக்க இணைப்பில் மின்தேக்கிகள்

மின்னழுத்த வேறுபாடு V கொண்ட மின்கலனுடன் மூன்று மின்தேக்கிகள் பக்க இணைப்பில் உள்ளன; அவற்றின் மின்தேக்குத்திறன்கள் C_1, C_2 மற்றும் C_3 [படம் 1.59 (அ).

மின்தேக்கிகளின் ஒத்த பக்கங்கள் மின்கலனின் ஒரே நேர்முனை மற்றும் எதிர்மின்முனையுடன் இணைக்கப்பட்டு இருப்பதால், ஒவ்வொரு மின்தேக்கிக்குக் குறுக்கே தோன்றும் மின்னழுத்த வேறுபாடு சமமாகவும் அது மின்கலனின் மின்னழுத்த வேறுபாட்டுக்குச் சமமாகவும் இருக்கும்.



படம் 1.59 (அ) பக்கஇணைப்பில் மின்தேக்கிகள் (ஆ) தொகுபயன் மின்தேக்குத்திறன் (C_p)

ஒவ்வொரு மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறனும் வெவ்வேறாக இருப்பதால் அவற்றில் தேக்கப்படும் மின்துகள்களின் அளவுகளும் வெவ்வேறாகவே இருக்கும். மின்தேக்கிகளில் சேமிக்கப்படும் மின்துகள் அளவுகள் முறையே Q_1, Q_2, மற்றும் Q_3 என்க. மொத்த மின்னூட்ட மாறா விதியின் படி இம்மூன்று மின்துகள்களின் மின்னூட்டங்களின் கூடுதலானது மின்கலனிலிருந்து பெறப்பட்ட மின்துகள்களின் மின்னூட்டம் Q க்கு சமம் எனலாம்.

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

$Q = CV$ என்பதால்

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

இம்மூன்று மின்தேக்கிகளும் ஒரு தனித்த மின்தேக்கியை உருவாக்குவதாகக் கொண்டால் [படம் 1.59 (ஆ)], அதில் தேக்கப்படும் மின்னூட்டம் $Q = C_PV$ எனலாம்.

சமன்பாடு (1.107)ல் பிரதியிட,

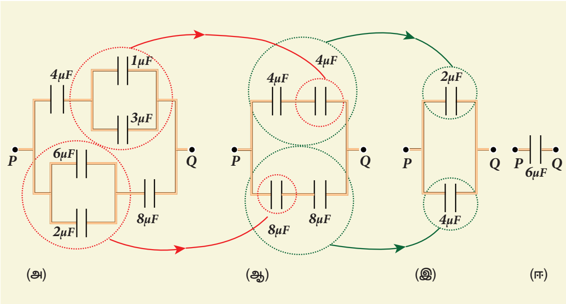
$$C_PV = C_1V + C_2V + C_3V$$

$$C_P = C_1 + C_2 + C_3 \quad (1.108)$$

மின்தேக்கிகள் பக்க இணைப்பில் உள்ளபோது அவற்றின் தொகுபயன் மின்தேக்குத்திறன் C_P யானது தனித்தனி மின்தேக்கிகளின் மின்தேக்குத்திறன்களின் கூடுதலுக்குச் சமம். தொகுபயன் மின்தேக்குத் திறனின் மதிப்பு பக்க இணைப்பிலுள்ள அதிகபட்ச தனித்த மின்தேக்குத்திறனை விட எப்போதும் அதிகமாகவே இருக்கும். பக்க இணைப்பிலுள்ள மின்தேக்கி ஒவ்வொன்றின் பரப்பளவையும் கூட்டும்போது கிடைக்கும் தொகுபயன் பரப்பளவு அதிகமாக உள்ளதால் அதன் தொகுபயன் மின்தேக்குத்திறனும் அதிகமாக உள்ளது.

எடுத்துக்காட்டு 1.22

படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள நிலையமைப்பில் P மற்றும் Q புள்ளிகளுக்கு இடையேயான தொகுபயன் மின்தேக்குத்திறனைக் காண்க.



தீர்வு

1μF மற்றும் 3μF மின்தேக்கிகள் பக்க இணைப்பிலும் அதே போல் 6μF மற்றும் 2 μF வேறொரு இடத்தில் பக்க இணைப்பிலும் உள்ளன. அவற்றின் தனித்த தொகுபயன் மின்தேக்குத்திறன்கள் அதே இடங்களில் குறிக்கப்பட்டு படம் (ஆ) –ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

$$C_{\text{தொகுபயன்}} = 1 + 3 = 4\ \mu F$$

$$C_{\text{தொகுபயன்}} = 6 + 2 = 8\ \mu F$$

படம் (ஆ) வில் இரு 4 μF மின்தேக்கிகள் தொடரிணைப்பிலும் மேலும் இரு 8 μF மின்தேக்கிகள் தொடரிணைப்பிலும் உள்ளன. அவற்றின் மின்தேக்குத்திறன்களைக் கண்டுபிடித்து படம் (இ)ல் அவற்றுக்கு இணையான சுற்று வரையப்பட்டுள்ளது.

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 62 23-12-2022 17:28:11

$$\frac{1}{C_{\text{தொகுபயன்}}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2} \qquad \Rightarrow C_{\text{தொகுபயன்}} = 2\ \mu\text{F}$$

மேலும்,

$$\frac{1}{C_{\text{தொகுபயன்}}} = \frac{1}{8} + \frac{1}{8} = \frac{1}{4} \qquad \Rightarrow C_{\text{தொகுபயன்}} = 4\ \mu\text{F}$$

படம் (இ) –ல் 2μF மற்றும் 4μF பக்க இணைப்பில் உள்ளன.

எனவே,

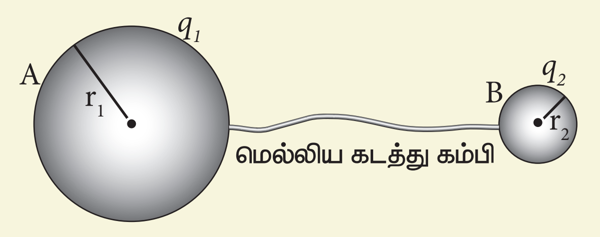
$$C_{\text{தொகுபயன்}} = 2 + 4 = 6\ \mu\text{F}$$

படம் (அ) –ல் கொடுக்கப்பட்ட, மின்தேக்கிகளின் தொகுப்பில் உள்ள மின்தேக்கிகளின் தொகுபயன் மின்தேக்குத்திறன் 6μF ஆகும்.

1.9 மின்கடத்தியில் மின்துகள்களின் பரவலும் கூர்முனைச் செயல்பாடும்

1.9.1 மின்கடத்தியில் மின்துகள்களின் பரவல்

ஆரங்கள் முறையே r_1, r_2 கொண்ட A, B என்ற இரு மின்கடத்து கோளங்கள் ஒரு மெல்லிய கடத்து கம்பியினால் ஒன்றோடொன்று இணைக்கப்பட்டுள்ளன. [படம் 1.60]. கோளங்களுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு அவற்றின் ஆரங்களை விட மிகவும் அதிகம் என வைக்கவும்.



படம் 1.60 மின்கடத்து கம்பியினால் இரு கடத்திகள் இணைக்கப்படுதல்

ஏதேனும் ஒரு கோளத்திற்கு Q அளவு மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகள்கள் அளிக்கப்படும்போது, இரு கோளங்களின் மின்னழுத்தமும் சமமாகும் வரை இம்மின்துகள்கள் இரு கோளங்களிலும் பரவுகின்றது. இப்போது கோளங்கள் சீரான மின்துகள் பரவலைப் பெறுவதால் நிலைமின் சமநிலையை அடைகின்றன. கோளம் A ன் பரப்பில் அமையும் மின்னூட்டம் q_1 எனவும், கோளம் B ன் பரப்பில் அமையும் மின்னூட்டம் q_2 எனவும் கொண்டால், $Q = q_1 + q_2$. கடத்திகளின் புறப்பரப்பிலேயே மின்துகள்கள் பரவியுள்ளன, மேலும் கடத்திகளின் உட்புறம் எவ்வித நிகர மின்னூட்டமும் இருக்காது.

கோளம் A ன் பரப்பில் நிலைமின்னழுத்தம்

$$V_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1}{r_1} \qquad (1.109)$$

கோளம் B ன் பரப்பில் நிலைமின்னழுத்தம்

$$V_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_2}{r_2} \qquad (1.110)$$

கடத்தியின் பரப்பு சம மின்னழுத்தத்தில் இருக்கும். மேலும் கோளங்கள் கடத்து கம்பியில் இணைக்கப்பட்டுள்ளதால் அவற்றின் பரப்புகள் இணைந்து ஒரே சம மின்னழுத்தப் பரப்பை உருவாக்குகின்றன.

$$V_A = V_B$$

அல்லது $$\frac{q_1}{r_1} = \frac{q_2}{r_2} \qquad (1.111)$$

கோளம் A ன் மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி σ_1 எனவும் கோளம் B ன் மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி σ_2 எனவும் வைப்போம். இதிலிருந்து,

$q_1 = 4\pi r_1^2 \sigma_1$ மற்றும்

$q_2 = 4\pi r_2^2 \sigma_2$ சமன்பாடு (1.112) இல் பிரதியிட,

$$\sigma_1 r_1 = \sigma_2 r_2 \qquad (1.112)$$

இதன் மூலம் நாம் அறிந்து கொள்வது

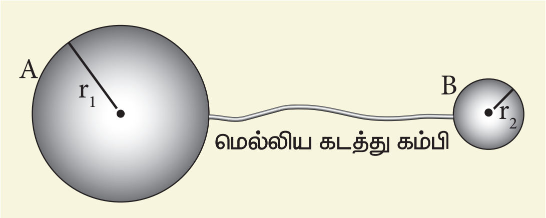
$$\sigma r = \text{மாறிலி} \qquad (1.113)$$

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 63 23-12-2022 17:28:14

அதாவது, கோளத்தின் மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி σ அதன் ஆரத்திற்கு எதிர்த்தகவில் உள்ளது. ஆரம் குறைவாக இருந்தால் மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி அதிகமாக இருக்கும் அல்லது ஆரம் அதிகமாக இருந்தால் மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி குறைவாக இருக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு 1.23

r_1 = 8 cm மற்றும் r_2 = 2 cm ஆரங்கள் கொண்ட இரு மின்கடத்து கோளங்கள் 8 cm நீளத்தைக் காட்டிலும் மிக அதிகமான நீளமுள்ள மெல்லிய கடத்து கம்பியினால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன [படம்]. அவற்றில் ஒரு கோளத்தில் $Q = +100$ nC அளவுள்ள மின்னூட்டம் வைக்கப்படுகிறது. ஒரு விநாடியின் பின்ன நேரத்திலேயே இம்மின்னூட்டம் பரவி அதனால் இரு கோளங்களும் நிலைமின் சமநிலையை எட்டுகின்றன.



(a) ஒவ்வொரு கோளத்திலும் அமையும் மின்துகள்களின் மின்னூட்டத்தையும் அதன் மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தியையும் கணக்கிடுக.

(b) ஒவ்வொரு கோளத்தின் பரப்பிலும் காணப்படும் மின்னழுத்தத்தை கணக்கிடுக.

தீர்வு

(a) கோளம் A இன் பரப்பில் காணப்படும் நிலைமின்னழுத்தம் $V_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1}{r_1}$

கோளம் B இன் பரப்பில் காணப்படும் நிலைமின்னழுத்தம் $V_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_2}{r_2}$

$V_A = V_B$ ஆதலால்

$$\frac{q_1}{r_1} = \frac{q_2}{r_2} \Rightarrow q_1 = \left(\frac{r_1}{r_2}\right) q_2$$

மொத்த மின்னூட்ட மாறா விதியின்படி, $Q = q_1 + q_2$

$q_1 = Q - q_2$ என மேலுள்ள சமன்பாட்டில் பிரதியிட,

$$Q - q_2 = \left(\frac{r_1}{r_2}\right) q_2$$

எனவே, $q_2 = Q\left(\frac{r_2}{r_1 + r_2}\right)$

மேலும்,

$$q_2 = 100 \times 10^{-9} \times \left(\frac{2}{10}\right) = 20 \text{ nC}$$

மற்றும் $q_1 = Q - q_2 = 80$ nC

கோளம் A ன் மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி $\sigma_1 = \frac{q_1}{4\pi r_1^2}$

கோளம் B ன் மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி $\sigma_2 = \frac{q_2}{4\pi r_2^2}$

எனவே,

$$\sigma_1 = \frac{80 \times 10^{-9}}{4\pi \times 64 \times 10^{-4}} = 0.99 \times 10^{-6} \text{C m}^{-2}$$

மற்றும்

$$\sigma_2 = \frac{20 \times 10^{-9}}{4\pi \times 4 \times 10^{-4}} = 3.9 \times 10^{-6} \text{C m}^{-2}$$

பெரிய கோளத்தைவிட சிறிய கோளத்தின் மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி அதிகமாக உள்ளதைக் கவனிக்கவும் ($\sigma_2 \approx 4\sigma_1$). இதிலிருந்து $\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{r_2}{r_1}$ என்பது உறுதியாகிறது.

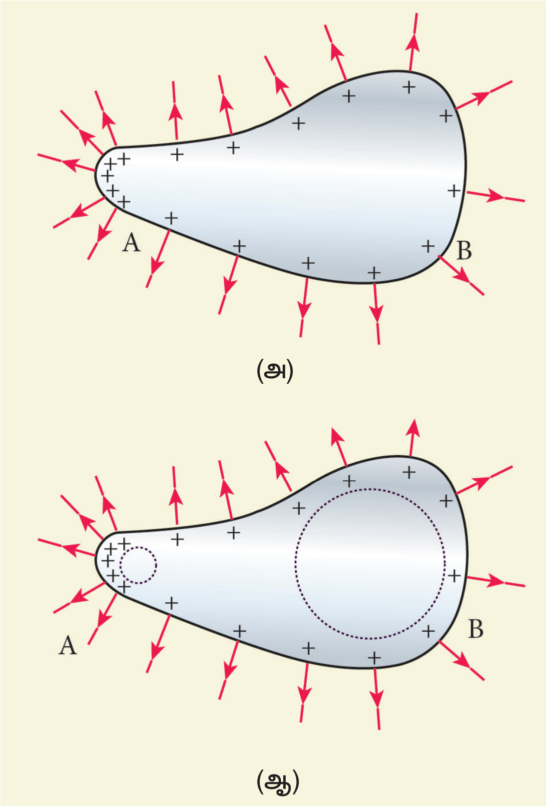
இரு கோளங்களின் மின்னழுத்தமும் சமம். ஆகவே, ஏதேனும் ஒரு கோளத்தின் மின்னழுத்தத்தைக் கணக்கிடலாம்

$$V_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1}{r_1} = \frac{9 \times 10^9 \times 80 \times 10^{-9}}{8 \times 10^{-2}} = 9 \text{kV}$$

1.9.2 கூர்முனைச் செயல்பாடு (Action at points) அல்லது ஒளிவட்ட மின்னிறக்கம் (Corona discharge)

ஏதேனும் ஒரு வடிவமுள்ள மின்னூட்டம் பெற்ற கடத்தி ஒன்றைக் கருதுவோம் [படம் 1.61 (அ)].

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 64 23-12-2022 17:28:19



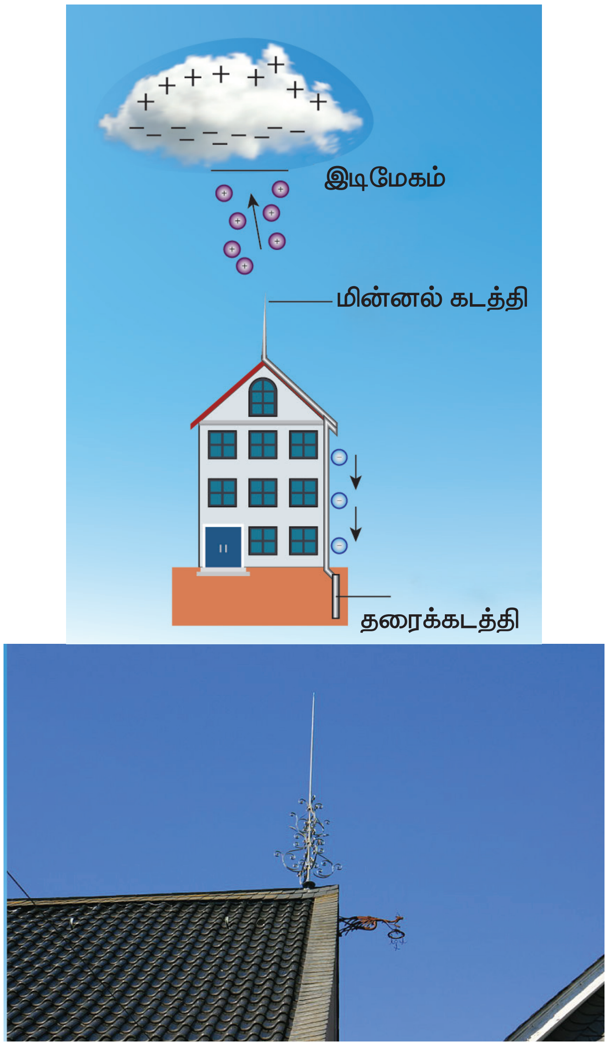
படம் 1.61 கூர்முனை செயல்பாடு (அல்லது) ஒளிவட்ட மின்னிறக்கம்

வளைவு ஆரம் குறைவாக பகுதிகளில் மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி அதிகமாக இருக்கும் என்பதை நாம் அறிவோம். கடத்தியில் வளைவுத்தன்மை அதிகமுள்ள (குறைந்த ஆரம்) முனைகளில் மின்துகள்கள் அதிகமாகக் குவிகின்றன [படம் 1.61 (ஆ)]

இதனால் அம்முனைக்கு அருகில் மின்புலம் மிகுந்தவலிமையுடன்உள்ளது.இதுஅப்பகுதியிலுள்ள காற்றை அயனியாக்கம் செய்கிறது. இப்போது, கூர்முனைக்கு அருகிலுள்ள நேர் மின்துகள்கள் விரட்டப்படுகின்றன, எதிர் மின்துகள்கள் கூர்முனையை நோக்கி கவரப்படுகின்றன. இதனால் கடத்தியின் கூர்முனைப் பகுதியிலுள்ள மின்துகள்களின் மொத்த மின்னூட்ட மதிப்பு குறைகிறது. இதையே கூர்முனைச் செயல்பாடு அல்லது ஒளிவட்ட மின்னிறக்கம் என்பர்.

1.9.3 மின்னல் தாங்கி அல்லது மின்னல் கடத்தி

உயரமான கட்டடங்களை மின்னல் வெட்டுகளிலிருந்து பாதுகாக்க உதவும் ஒரு கருவி மின்னல் கடத்தி. இது கட்டத்தின் வழியே தரைக்குச் செல்லும் ஒரு நீண்ட, தடித்த தாமிரத் தண்டினைக் கொண்டுள்ளது. அதன் மேல்முனையில் கூர்முனையுடைய ஊசிகள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன [படம் 1.62 (அ)].



படம் 1.62 (அ) மின்னல் கடத்தியின் திட்ட வரைபடம் (ஆ) மின்னல் கடத்தி பொருத்தப்பட்ட ஒரு வீடு

தண்டின் கீழ் முனையானது அதிக ஆழத்தில் புதைக்கப்பட்டுள்ள தாமிரத் தட்டுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. எதிர் மின்னூட்டம் பெற்ற மேகம் கட்டடத்தின் மேல் செல்லும் போது, கடத்தியின் கூர்முனைகளில் நேர் மின்னூட்டம் தூண்டப்படுகிறது.

கூர் முனைகளில் தூண்டப்படும் மின்துகள்களின் அடர்த்தி அதிகமாதலால் கூர்முனைச் செயல்பாடு நிகழ்கிறது. நேர் மின்னூட்டம் பெற்றுள்ள இந்த மின்துகள்கள் கூர்முனைகளுக்கு அருகிலுள்ள காற்றுமூலக்கூறுகளைஅயனியாக்கம்செய்கின்றன. இதன்மூலம் உருவாகும் நேர் மின்னூட்டங்கள்

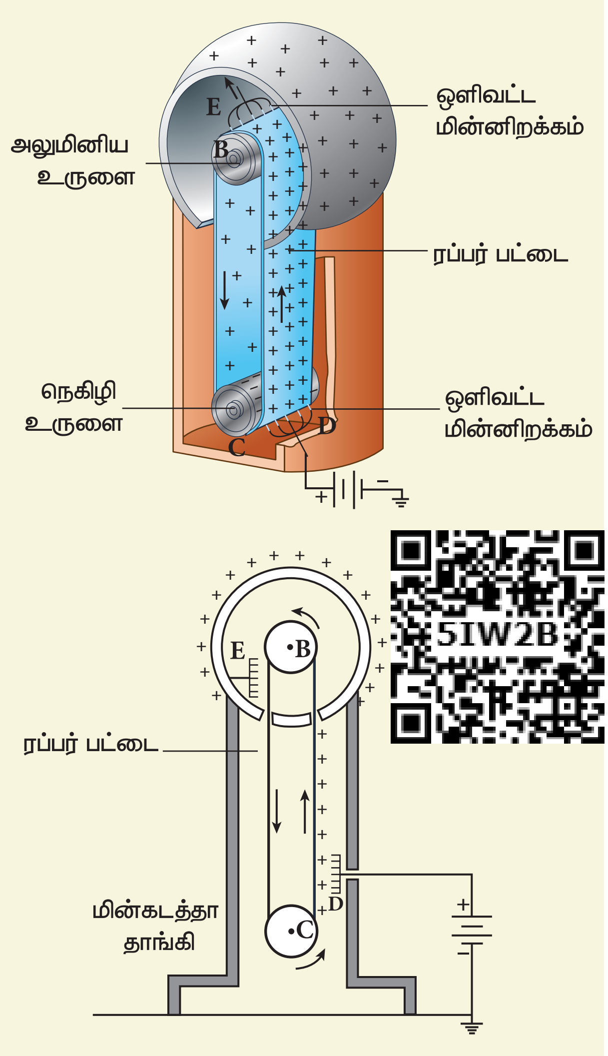
மேகத்திலுள்ள எதிர் மின்னூட்டத்தின் ஒரு பகுதியை சமன்செய்கிறது. கூர்முனைகளை நோக்கி விரட்டப்பட்ட எதிர் மின்துகள்கள், தாமிரத் தண்டின் வழியே புவியை நோக்கி செல்கின்றன. மின்னல் கடத்தி மின்னலைத் தடுப்பதில்லை. மாறாக தரையை நோக்கி மின்னலைத் திருப்புவதன் மூலம் கட்டடங்களைப் பாதுகாக்கிறது [படம் 1.62 (ஆ)].

1.9.4 வான் – டி – கிராப் மின்னியற்றி

1929 ஆம் ஆண்டில் ராபர்ட் வான் டி கிராப் என்பவர் பல மில்லியன் வோல்ட் (10^7 V) அளவிலான மிக அதிக நிலைமின்னழுத்த வேறுபாட்டை உருவாக்கும் எந்திரம் ஒன்றை வடிவமைத்தார். வான் டி கிராப் இயற்றியின் செயல்பாடு நிலைமின் தூண்டல் மற்றும் கூர்முனைச் செயல்பாடு ஆகிய தத்துவங்களின் அடிப்படையில் அமைகிறது. மின்காப்பு பெற்ற தாங்கியின் மீது ஒரு பெரிய உள்ளீடற்ற மின்கடத்து கோளம் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. கோளத்தின் நடுவில் B என்ற கப்பியும் தாங்கியின் அடிப்பகுதிக்கு அருகில் C என்ற கப்பியும் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. மின்கடத்தாப் பொருள்களான பட்டு அல்லது இரப்பரால் செய்யப்பட்ட பட்டை ஒன்று கப்பிகளின் வழியே செல்கிறது. கப்பி C மின்மோட்டார் ஒன்றினால் தொடர்ந்து இயக்கப்படுகிறது. கப்பிகளுக்கு அருகே கூர்முனைகள் கொண்ட D மற்றும் E ஆகிய இரு சீப்பு வடிவக் கடத்திகள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன [படம் 1.63].

மின் வழங்கியின் மூலம் 10^4 V அளவிலான நேர் மின்னழுத்தவேறுபாட்டில் சீப்பு D வைக்கப்படுகிறது. சீப்பு E ஆனது கோளகக் கூட்டின் உட்புறம் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.

கூர்முனை செயல்பாட்டின் படி சீப்பு Dக்கு அருகிலுள்ள உயர் மின்புலத்தினால், சீப்பு D க்கும் பட்டைக்கும் இடையிலான பகுதியிலுள்ள காற்று அயனியாக்கப்படுகிறது. நேர் மின்துகள்கள் பட்டையை நோக்கியும் எதிர் மின்துகள்கள் சீப்பு D ஐ நோக்கியும் நகர்கின்றன. இந்த நேர் மின்துகள்கள் பட்டையில் ஒட்டிக்கொண்டு மேல்நோக்கிச் செல்கின்றன. அவை சீப்பு E ஐ நெருங்கும்போது நிலைமின் தூண்டலால் அதிகளவிலான எதிர் மற்றும் நேர் மின்துகள்கள் சீப்பின் இருமுனைகளிலும் உருவாகின்றன. மேலும்



படம் 1.63 வான் – டி – கிராப் மின்னியற்றி

நேர் மின்துகள்கள் சீப்பு E லிருந்து விரட்டப்பட்டு கோளத்தின் புறப்பகுதியை அடைகின்றன. கோளம் கடத்திப்பொருளால் ஆனபடியால் நேர் மின்துகள்கள் கோளத்தின் புறப்பரப்பில் சீராகப் பரவுகின்றன. அதே சமயம், ஒளிவட்ட மின்னிறக்கத்தால் பட்டையிலுள்ள நேர் மின்துகள்களை காற்றிலுள்ள எதிர் மின்துகள்கள் சமன் செய்கின்றன; பின்னர் பட்டை கப்பியின் வழியே கீழே செல்கிறது.

பட்டை கீழிறங்கும்போது, மின்னூட்டமற்ற நிலையை அடைகிறது. கீழேயுள்ள சீப்பை நெருங்கியவுடன் மீண்டும் அதிக நேர் மின்துகள்களை பட்டை ஏற்கிறது. மேலே சென்ற பின் அது மீண்டும் நேர் மின்துகள்களை கோளத்தின் புறப்பரப்பிற்கு அளிக்கின்றது. இந்நிகழ்வு தொடர்ந்து ஏற்படுகிறது. கோளத்தின் புறப்பரப்பில் பெரும அளவில் கிட்டத்தட்ட

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 66 23-12-2022 17:28:20

10^7 V மின்னழுத்த வேறுபாடு உருவாகும் வரை இது தொடர்கிறது. மேற்கொண்டு கோளத்தில் மின்துகள்கள் ஏற்கப்பட முடியாத நிலையை எட்டியவுடன், காற்றின் அயனியாக்கம் காரணமாக மின்துகள்கள் கசியத் தொடங்குகின்றன. உயர் அழுத்தத்தில் வாயு நிரப்பப்பட்ட எஃகுக் கலத்தினால் கோளத்தை மூடுவதன் மூலம், கோளத்திலிருந்து மின்துகள்களின் கசிவினைக் குறைக்கலாம்.

வான் டி கிராப் இயற்றியின் மூலம் பெறப்படும் உயர் மின்னழுத்த வேறுபாடு அணுக்கருப் பிளவையில் பயன்படும் நேர் அயனிகளை (புரோட்டான்கள் மற்றும் டியூட்டிரான்கள்) முடுக்குவிக்கப் பயன்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 1.24

காற்றின் மின்காப்பு வலிமை 3×10^6 V m^{-1}. வான் டி கிராப் இயற்றியின் கோளகக் கூட்டின் ஆரம் R = 0.5 m எனில் வான் டி கிராப் இயற்றியால் உருவாக்கப்படும் பெரும (maximum) மின்னழுத்த வேறுபாட்டைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

காஸ் விதிப்படி, கோளத்தின் பரப்பில் மின்புலம்

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{R^2}$$

கோளகக் கூட்டின் பரப்பில் மின்னழுத்தம் $V = ER$

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{R} = ER$$

இங்கு $V_{max} = E_{max} R$

$E_{max} = 3 \times 10^6 \text{ Vm}^{-1}$. எனவே உருவாக்கப்படும் பெரும மின்னழுத்த வேறுபாடு

$$V_{max} = 3 \times 10^6 \times 0.5$$

$$= 1.5 \times 10^6 \text{ V}$$

(அல்லது) 1.5 மில்லியன் வோல்ட்

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 67 23-12-2022 17:28:22

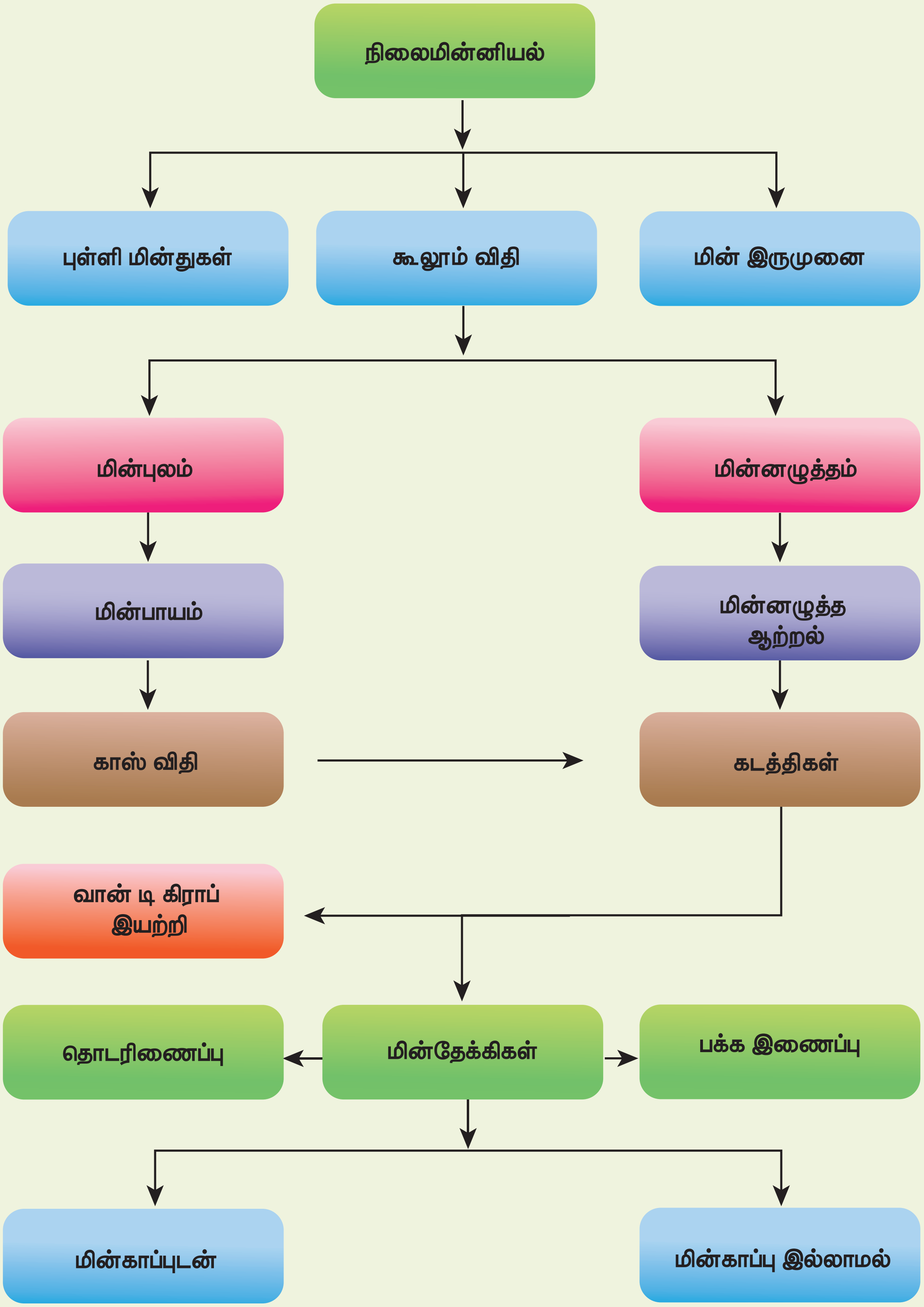
பாடச்சுருக்கம்

- ஓரின மின்துகள்கள் ஒன்றையொன்று விலக்கும், வேறின மின்துகள்கள் ஒன்றையொன்று கவரும்
- பிரபஞ்சத்தின் மொத்த மின்னூட்ட மதிப்பு மாறாதது.
- மின்னூட்டம் குவாண்டமாக்கல் தன்மை உடையது.
- அதாவது, ஒரு பொருளின் மொத்த மின்னூட்டம் $q = ne$. இங்கு $n = 0,1,2,3\ldots$ மற்றும் e என்பது எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டம்.
- கூலூம் விதியின் வெக்டர் வடிவம் $\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r}$ ($\hat{r}$ என்பது q_1 மற்றும் q_2 ஐ இணைக்கும் கோட்டின் திசையில் செயல்படும் ஓரலகு வெக்டர்).
- மின்துகள்களின் தொடர் பரவல்களுக்கு தொகையிடல் முறைகளைப் பயன்படுத்தலாம்.
- நிலைமின் விசைகள் மேற்பொருந்துதல் தத்துவத்திற்கு உட்படும்.
- ஒரு புள்ளி மின்துகளிலிருந்து r தொலைவில் உள்ள புள்ளியில் மின்புலமானது $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2}\hat{r}$.
- மின்புலக் கோடுகள் நேர் மின்துகளிலிருந்து தொடங்கி எதிர் மின்துகளிலோ அல்லது முடிவிலாத் தொலைவிலோ முடிவடையும்.
- மின் இருமுனையால் அதன் அச்சுக்கோட்டில் உள்ள புள்ளிகளில் ஏற்படும் மின்புலம் $\vec{E}_{tot} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{2\vec{p}}{r^3}\right)$.
- மின் இருமுனையால் நடுவரைக் கோட்டில் உள்ள புள்ளிகளில் ஏற்படும் மின்புலம் $\vec{E}_{tot} = \frac{-1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{\vec{p}}{r^3}\right)$.
- சீரான மின்புலத்தில் வைக்கப்படும் இருமுனை மீது செயல்படும் திருப்பு விசை $\vec{\tau} = \vec{p}\times\vec{E}$.
- புள்ளி மின்துகளிலிருந்து r தொலைவில் நிலை மின்னழுத்தம் $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}$.
- மின் இருமுனையால் ஏற்படும் நிலை மின்னழுத்தம் $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{\vec{p}\cdot\hat{r}}{r^2}$.
- சம மின்னழுத்தப் பரப்பிலுள்ள அனைத்துப் புள்ளிகளிலும் நிலை மின்னழுத்தம் சமமாகும்.
- மின்புலத்திற்கும் நிலை மின்னழுத்தத்திற்கும் இடையேயான தொடர்பு $\vec{E} = -\left(\frac{\partial V}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial V}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial V}{\partial z}\hat{k}\right)$.
- மின்துகள்களினால் ஆன அமைப்பின் நிலை மின்னழுத்த ஆற்றலானது மின்துகள்களை அவ்வடிவமைப்பில் நிலை நிறுத்துவதற்குச் செய்யப்படும் வேலைக்குச் சமமாகும்.
- சீரான மின்புலத்திலுள்ள மின் இருமுனை அமைப்பில் தேக்கி வைக்கப்படும் நிலை மின்னழுத்த ஆற்றல் $U = -\vec{p}\cdot\vec{E}$.
- ஒரு மூடிய பரப்பின் வழியே செல்லும் மொத்த மின்பாயம் $\phi_E = \frac{Q}{\epsilon_0}$. இங்கு Q என்பது மூடிய பரப்பினுள் உள்ள மின்துகள்களின் நிகர மின்னூட்டமாகும்.
- மின்னூட்டம் பெற்ற முடிவிலா கம்பியினால் ஏற்படும் மின்புலம் $\vec{E} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0}\frac{\lambda}{r}\hat{r}$.
- மின்னூட்டம் பெற்ற முடிவிலா சமதளப் பரப்பினால் ஏற்படும் மின்புலம் $\vec{E} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}\hat{n}$ (சமதளத்திற்கு செங்குத்தாக அமையும்).

- மின்னூட்டம் பெற்ற கோளகக் கூட்டின் உட்புறம் மின்புலம் சுழி; வெளிப்புள்ளிகளுக்கு: $\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}\hat{r}$.
- ஒரு மின்கடத்தியின் உட்புறம் மின்புலம் சுழியாகும். அதன் புறப்பகுதியில் மின்புலமானது கடத்தியின் பரப்பிற்கு செங்குத்தாகவும் எண்மதிப்பு $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ கொண்டதாகவும் இருக்கும்.
- கடத்தியின் பரப்பின் மீதுள்ள அனைத்து புள்ளிகளிலும் மின்னழுத்தம் சமமாகும்.
- மின் தூண்டல் முறையைப் பயன்படுத்தி கடத்தியை மின்னேற்றம் செய்யலாம்.
- மின்காப்பு அல்லது மின்கடத்தாப் பொருள்களில் கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் கிடையாது. ஆனால் மின்புலத்தில் அவை வைக்கப்படும் போது மின்முனைவாக்கம் அடைகின்றன.
- மின்தேக்குத்திறன் $C = \frac{Q}{V}$.
- இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறன் $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$.
- மின்தேக்கி ஒன்றில் சேமித்து வைக்கப்படும் நிலை மின்னழுத்த ஆற்றல் $U = \frac{1}{2}CV^2$.
- மின்தேக்கிகள் பக்க இணைப்பில் உள்ளபோது தொகுபயன் மின்தேக்குத்திறனானது தனித்தனி மின்தேக்குத் திறன்களின் கூடுதலுக்குச் சமமாகும்.
- மின்தேக்கிகள் தொடரிணைப்பில் உள்ளபோது தொகுபயன் மின்தேக்குத் திறனின் தலைகீழ் மதிப்பு தனித்தனி மின்தேக்குத் திறன்களின் தலைகீழ் மதிப்புகளின் கூடுதலுக்குச் சமமாகும்.
- ஒரு கடத்தியில் மின்துகள்களின் பரவலானது கடத்தியின் வடிவத்தைப் பொறுத்தது. கடத்தியின் கூர்முனைகளில், மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி அதிகமாகும். இத்தத்துவம் மின்னல் கடத்திகளில் பயன்படுகிறது.
- பெரிய அளவிலான மின்னழுத்த வேறுபாடுகளை உருவாக்க $(\sim 10^7\,\text{V})$, வான் டி கிராப் இயற்றி பயன்படுத்தப்படுகிறது.

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 69 23-12-2022 17:28:27

கருத்து வரைபடம்

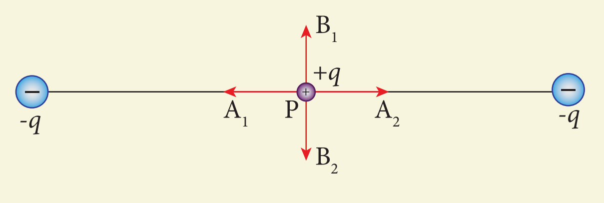


12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 70 23-12-2022 17:28:28

பயிற்சி வினாக்கள்

I சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடுத்து எழுதுக.

1. $-q$ மின்னூட்ட மதிப்புள்ள இரு புள்ளி மின்துகள்கள் படத்தில் உள்ளவாறு வைக்கப்பட்டுள்ளன. இவற்றுக்கு நடுவில் P என்ற புள்ளியில் $+q$ மதிப்புள்ள மூன்றாவது மின்துகள் வைக்கப்படுகிறது. P லிருந்து அம்புக்குறியிட்டு காட்டப்பட்டுள்ள திசைகளில் சிறிய தொலைவுகளுக்கு $+q$ மின்துகள் நகர்த்தப்பட்டால் எந்தத் திசை அல்லது திசைகளில், இடப்பெயர்ச்சியைப் பொருத்து, $+q$ ஆனது சமநிலையில் இருக்கும் ?



(a) A_1 மற்றும் A_2 (b) B_1 மற்றும் B_2

(c) இரு திசைகளிலும்

(d) சமநிலையில் இருக்காது

2. பின்வரும் மின்துகள் நிலையமைப்புகளில் எது சீரான மின்புலத்தை உருவாக்கும்?

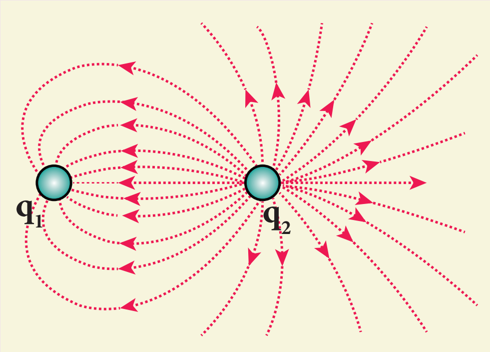
(a) புள்ளி மின்துகள்

(b) சீரான மின்னூட்டம் பெற்ற முடிவிலா கம்பி

(c) சீரான மின்னூட்டம் பெற்ற முடிவிலா சமதளம்

(d) சீரான மின்னூட்டம் பெற்ற கோளகக் கூடு

3. பின்வரும் மின்புலக் கோடுகளின் வடிவமைப்பிலிருந்து இம்மின்துகள்களின் மின்னூட்ட விகிதம் $\left|\frac{q_1}{q_2}\right|$ என்ன ?



(a) $\frac{1}{5}$ (b) $\frac{25}{11}$

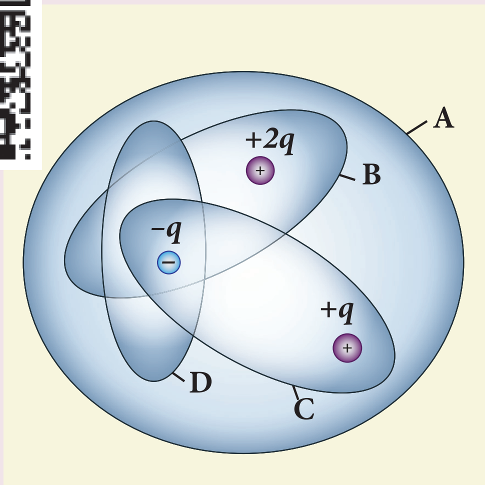
(c) 5 (d) $\frac{11}{25}$

4. 2×10^5 N C^{-1} மதிப்புள்ள மின்புலத்தில் 30° ஒருங்கமைப்பு கோணத்தில் மின் இருமுனை ஒன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. அதன்மீது செயல்படும் திருப்புவிசையின் மதிப்பு 8 Nm. மின் இருமுனையின் நீளம் 1 cm எனில் அதிலுள்ள ஒரு மின்துகளின் மின்னூட்ட எண்மதிப்பு

(a) 4 mC (b) 8 mC

(c) 5 mC (d) 7 mC

5. மின்துகள்களை உள்ளடக்கிய நான்கு காஸியன் பரப்புகள் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு காஸியன் பரப்பையும் கடக்கும் மின்பாய மதிப்புகளை தரவரிசையில் எழுதுக.



(a) D < C < B < A

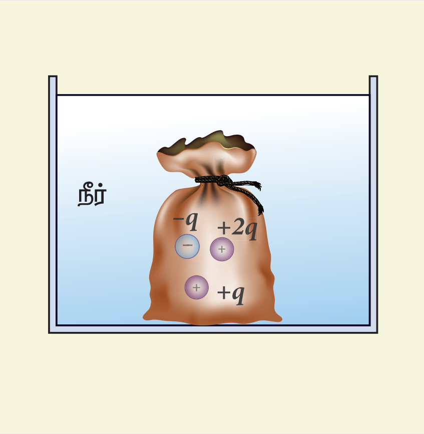
(b)A < B = C < D

(c) C < A = B < D

(d) D > C > B > A

6. நீருக்குள் வைக்கப்பட்டுள்ள மூடிய பரப்பின் மொத்த மின்பாய மதிப்பு ___________

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 71 23-12-2022 17:28:30



(a) $\frac{80q}{\epsilon_0}$ (b) $\frac{q}{40\epsilon_0}$

(c) $\frac{q}{80\epsilon_0}$ (d) $\frac{q}{160\epsilon_0}$

7. q_1 மற்றும் q_2 ஆகிய நேர் மின்னூட்ட அளவு கொண்ட இரு ஒரே மாதிரியான மின்கடத்துப் பந்துகளின் மையங்கள் r இடைவெளியில் பிரிக்கப்பட்டு உள்ளன. அவற்றை ஒன்றோடொன்று தொடச் செய்துவிட்டு பின்னர் அதே இடைவெளியில் பிரித்து வைக்கப்படுகின்றன, எனில் அவற்றிற்கு இடையேயான விசை (NSEP 04–05)

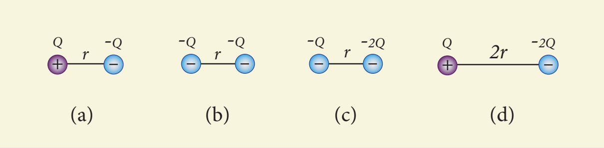
(a) முன்பை விடக் குறைவாக இருக்கும்

(b) அதேயளவு இருக்கும்

(c) முன்பை விட அதிகமாக இருக்கும்

(d) சுழி

8. பின்வரும் மின்துகள் அமைப்புகளின் நிலை மின்னழுத்த ஆற்றல்களை இறங்கு வரிசையில் எழுதுக.



(a) 1 = 4 < 2 < 3 (b) 2 = 4 < 3 < 1

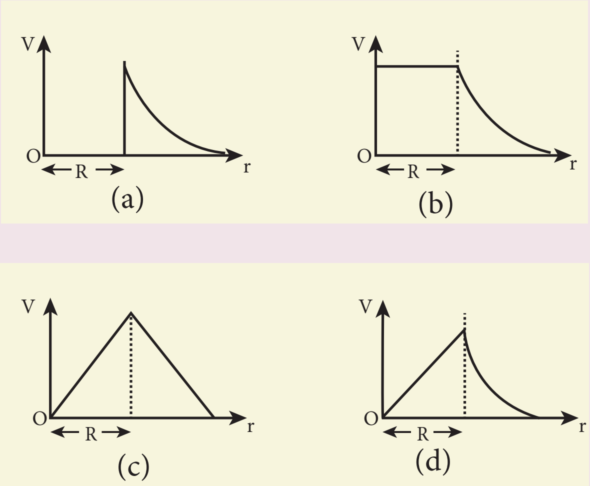
(c) 2 = 3 < 1 < 4 (d) 3 < 1 < 2 < 4

9. வெளிப்பரப்பின் ஒரு பகுதியில் மின்புலம், $\vec{E}=10x\hat{i}$ நிலவுகிறது. V_o என்பது ஆதிப்புள்ளியில் மின்னழுத்தம், V_A என்பது x = 2 m தொலைவில் மின்னழுத்தம் எனில் மின்னழுத்த வேறுபாடு $V = V_o - V_A$ இன் மதிப்பு ________

(a) 10 V (b) – 20 V

(c) +20 V (d) – 10 V

10. R ஆரமுடைய மின்கடத்துப் பொருளாலான, மெல்லிய கோளகக் கூட்டின் பரப்பில் Q மின்னூட்ட அளவுள்ள மின்துகள்கள் சீராகப் பரவியுள்ளன. எனில், அதனால் ஏற்படும் நிலை மின்னழுத்தத்திற்கான சரியான வரைபடம் எது?



11. A மற்றும் B ஆகியஇரு புள்ளிகள் முறையே 7 V மற்றும் −4 V மின்னழுத்தத்தில் வைக்கப் பட்டுள்ளன எனில் A லிருந்து B க்கு 50 எலக்ட்ரான்களை நகர்த்தச் செய்யப்படும் வேலை

(a) 8.80×10^{-17} J

(b) -8.80×10^{-17} J

(c) 4.40×10^{-17} J

(d) 5.80×10^{-17} J

12. ஒரு மின்தேக்கிக்கு அளிக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு V லிருந்து 2 V ஆக அதிகரிக்கப்படுகிறது எனில், பின்வருவனவற்றுள் சரியான முடிவினைத் தேர்ந்தெடுக்க.

(a) Q மாறாமலிருக்கும், C இரு மடங்காகும்

(b) Q இரு மடங்காகும், C இரு மடங்காகும்

(c) C மாறாமலிருக்கும், Q இரு மடங்காகும்

(d) Q மற்றும் C இரண்டுமே மாறாமலிருக்கும்

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 72 23-12-2022 17:28:32

13. இணைத்தட்டு மின்தேக்கி ஒன்று V மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் Q அளவு மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகள்களை சேமிக்கிறது. தட்டுகளின் பரப்பளவும் தட்டுகளுக்கு இடையேயான தொலைவும் இருமடங்கானால் பின்வருவனவற்றுள் எந்த அளவு மாறுபடும்.

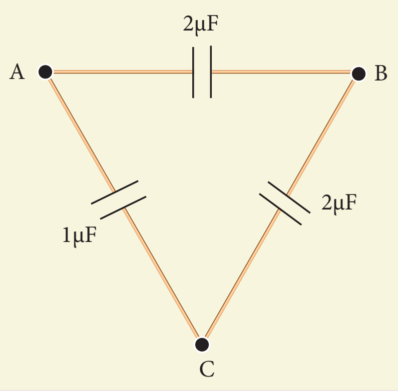
(a) மின் தேக்குத்திறன்

(b) மின்துகள்

(c) மின்னழுத்த வேறுபாடு

(d) ஆற்றல் அடர்த்தி

14. மூன்று மின்தேக்கிகள் படத்தில் உள்ளவாறு முக்கோண வடிவ அமைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. A மற்றும் C ஆகிய புள்ளிகளுக்கிடையே உள்ள இணைமாற்று மின்தேக்குத்திறன்



(a) 1μF (b) 2 μF

(c) 3 μF (d) $\frac{1}{4}\mu F$

15. 1 cm மற்றும் 3 cm ஆரமுள்ள இரு உலோகக் கோளங்களுக்கு முறையே -1×10^{-2} C மற்றும் 5×10^{-2} C அளவு மின்னூட்டங்கள் கொண்ட மின்துகள்கள் அளிக்கப்படுகின்றன. இவ்விரு கோளங்களும் ஒரு மின்கடத்து கம்பியினால் இணைக்கப்பட்டால் பெரிய கோளத்தில், இறுதியாக இருக்கும் மின்னூட்ட மதிப்பு (AIIPMT –2012)

(a) 3×10^{-2} C

(b) 4×10^{-2} C

(c) 1×10^{-2} C

(d) 2×10^{-2} C

விடைகள்:

1) b	**2)** c	**3)** d	**4)** b	**5)** a
6) b	**7)** c	**8)** a	**9)** c	**10)** b
11) a	**12)** c	**13)** d	**14)** b	**15)** a

II சிறு வினாக்கள்

1. மின்னூட்டத்தின் குவாண்டமாக்கல் என்றால் என்ன?
2. கூலூம் விதியின் வெக்டர் வடிவத்தை எழுதி அதிலுள்ள ஒவ்வொரு குறியீடும் எதைச் சுட்டுகின்றது என்பதைக் கூறுக.
3. கூலூம் விசைக்கும் புவிஈர்ப்பு விசைக்கும் இடையேயான வேறுபாடுகளைக் கூறுக.
4. மேற்பொருந்துதல் தத்துவத்தைப் பற்றி சிறு குறிப்பு வரைக.
5. மின்புலம் – வரையறு.
6. மின்புலக் கோடுகள் என்றால் என்ன?
7. மின்புலக் கோடுகள் ஒன்றையொன்று வெட்டிக் கொள்ளாது நிறுவுக.
8. மின் இருமுனை – வரையறு. அதன் மின் இருமுனை திருப்புத்திறனின் எண் மதிப்பிற்கான சமன்பாடு மற்றும் திசை ஆகியவற்றை குறிப்பிடவும்.
9. புள்ளி மின் துகளின் தொகுப்பிற்கான மின் இருமுனை திருப்புத்திறனின் பொதுவான வரையறை தருக.
10. நிலை மின்னழுத்தம் – வரையறு.
11. சம மின்னழுத்தப்பரப்பு என்றால் என்ன?
12. சம மின்னழுத்தப்பரப்பின் பண்புகள் யாவை?
13. மின்புலம், நிலை மின்னழுத்தம் – இடையிலான தொடர்பைத் தருக.
14. நிலை மின்னழுத்த ஆற்றல் – வரையறு.
15. மின்பாயம் – வரையறு.
16. நிலை மின்னழுத்த ஆற்றல் அடர்த்தி என்றால் என்ன?

17. நிலைமின் தடுப்புறை பற்றி சிறு குறிப்பு வரைக.

18. மின்முனைவாக்கம் என்றால் என்ன?

19. மின்காப்பு வலிமை என்றால் என்ன?

20. மின்தேக்குத்திறன் – வரையறு. அதன் அலகைத் தருக.

21. ஒளிவட்ட மின்னிறக்கம் என்றால் என்ன?

III பெரு வினாக்கள்

1. மின்துகள்களின் அடிப்படைப் பண்புகள் குறித்து விவாதிக்க.

2. கூலூம் விதி மற்றும் அதன் பல்வேறு தன்மைகள் குறித்து விரிவாகக் கூறுக.

3. மின்புலத்தை வரையறுத்து அதன் பல்வேறு தன்மைகளை விவாதிக்க.

4. மின் இருமுனை ஒன்றினால் அதன் அச்சுக்கோடு மற்றும் நடுவரைக் கோட்டில் ஏற்படும் மின்புலத்தைக் கணக்கிடுக.

5. சீரான மின்புலத்தில் வைக்கப்படும் மின் இருமுனை மீது செயல்படும் திருப்பு விசையின் கோவையைப் பெறுக.

6. புள்ளி மின்துகள் ஒன்றினால் ஏற்படும் நிலை மின்னழுத்தத்திற்கான கோவையைத் தருவிக்க.

7. மின் இருமுனை ஒன்றினால் ஏற்படும் நிலை மின்னழுத்தத்திற்கான கோவையைப் பெறுக.

8. வரம்பிற்குட்பட்ட தொலைவுகளில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ள மூன்று புள்ளி மின்துகள்களின் தொகுப்பினால் ஏற்படும் நிலை மின்னழுத்த ஆற்றலுக்கான கோவையைப் பெறுக.

9. சீரான மின்புலத்தில் வைக்கப்படும் மின் இருமுனையின் நிலை மின்னழுத்த ஆற்றலுக்கான சமன்பாட்டை வருவிக்க.

10. கூலூம் விதியிலிருந்து காஸ் விதியைப் பெறுக.

11. மின்னூட்டம் பெற்ற முடிவிலா நீளமுள்ள கம்பியினால் ஏற்படும் மின்புலத்திற்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.

12. மின்னூட்டம் பெற்ற முடிவிலா சமதளப் பரப்பினால் ஏற்படும் மின்புலத்திற்கான சமன்பாட்டை வருவிக்க.

13. மின்னூட்டம் சீராகப் பெற்ற ஒரு கோளகக் கூட்டினால் ஏற்படும் மின்புலத்திற்கான சமன்பாட்டைத் தருவிக்க.

14. நிலை மின் சமநிலையில் உள்ள கடத்திகளின் பல்வேறு பண்புகளை விவாதிக்கவும்.

15. நிலை மின் தூண்டல் செயல்முறையை விவரிக்கவும்.

16. மின்காப்பை விளக்கி எவ்வாறு மின்காப்பினுள் மின்புலம் தூண்டப்படுகிறது என்பதையும் விளக்கவும்.

17. இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத் திறனுக்கான கோவையைப் பெறுக

18. இணைத்தட்டு மின்தேக்கியினுள் சேமித்து வைக்கப்படும் ஆற்றலுக்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.

19. இணைத்தட்டு மின்தேக்கியினுள் மின்காப்பு வைக்கப்படுவதால் ஏற்படும் விளைவுகளை விரிவாக எழுதுக.

20. தொடரிணைப்பு மற்றும் பக்க இணைப்பில் மின்தேக்கிகள் இணைக்கப்படும்போது விளையும் தொகுபயன் மின்தேக்குத் திறனுக்கான சமன்பாடுகளைப் பெறுக.

21. ஒரு கடத்தியில் மின்துகள்களின் பரவலைப் பற்றி விரிவாக எழுதுக. மின்னல் கடத்தியின் தத்துவத்தை விளக்குக.

22. வான்டி கிராப் இயற்றியின் அமைப்பு மற்றும் வேலை செய்யும் விதத்தை விரிவாக விளக்கவும்.

IV கணக்குகள்

1. இரு பொருள்கள் ஒன்றோடொன்று தேய்க்கப்படும்போது அவை ஒவ்வொன்றிலும் கிட்டத்தட்ட 50 nC மின்னூட்டம் உருவாகின்றது. இம் மின்னூட்டத்தை உருவாக்க இடம்பெயரச் செய்ய வேண்டிய எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடுக

   விடை: 31.25×10^{10} எலக்ட்ரான்கள்

2. மனித உடலில் உள்ள மொத்த எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை கிட்டத்தட்ட 10^{28}. ஏதோ சிலகாரணங்களால், நீயும் உன்

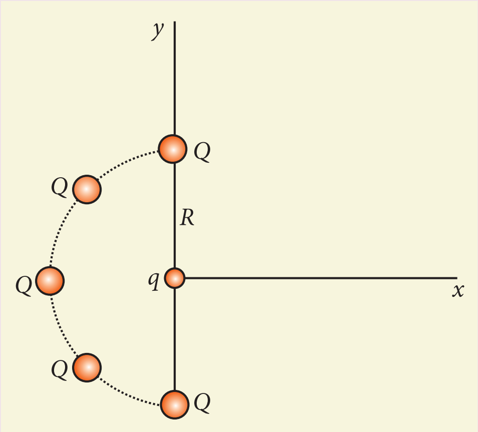
12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 74 23-12-2022 17:28:33

நண்பரும் இவற்றில் 1% எலக்ட்ரான்களை இழந்து விடுகிறீர்கள். 1 m இடைவெளியில் நீங்கள் நின்றால் உங்கள் இருவருக்கும் இடையே உருவாகும் நிலைமின் விசையைக் கணக்கிடுக. இதை உன் எடையுடன் ஒப்பிடுக. (உங்கள் ஒவ்வொருவரின் நிறையும் 60 kg என வைத்துக் கொள்ளவும், மேலும் புள்ளி மின்துகள் தோராயமாக்கலைப் பயன்படுத்தவும்)

விடை: $F_e = 23 \times 10^{23}$ N, W = 588 N,

$$\frac{F_e}{W} = 3.9\times10^{21}$$

3. ஐந்து ஒரே மாதிரியான மின்துகள்கள் (ஒவ்வொன்றின் மின்னூட்டமும் Q) சமதொலைவில், R ஆரம் கொண்ட அரை வட்ட வடிவில் வைக்கப்பட்டுள்ளன [படம்]. இதன் மையத்தில் இன்னொரு புள்ளி மின்துகள் q வைக்கப்படுகிறது. மின்துகள் q உணரும் நிலைமின் விசையைக் கணக்கிடுக.

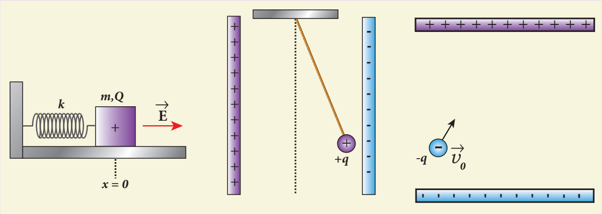


விடை: $\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{qQ}{R^2}\left(1+\sqrt{2}\right)N\hat{i}$

4. $+q$ அளவுள்ள மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகள்கள் புவியின் பரப்பிலும் இன்னொரு $+q$ மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகள் நிலவின் பரப்பிலும் வைக்கப்படுவதாகக் கொள்வோம். (அ) புவிக்கும் நிலவிற்கும் இடையே உள்ள ஈர்ப்பு விசையை ஈடு செய்ய வேண்டுமெனில் q இன் மதிப்பைக் கணக்கிடுக. (ஆ) புவிக்கும் நிலவிற்கும் இடைப்பட்ட தொலைவு பாதியானால், q ன் மதிப்பு மாறுமா? ($m_E = 5.9 \times 10^{24}$ kg, $m_M = 7.9 \times 10^{22}$ kg என வைக்கவும்)

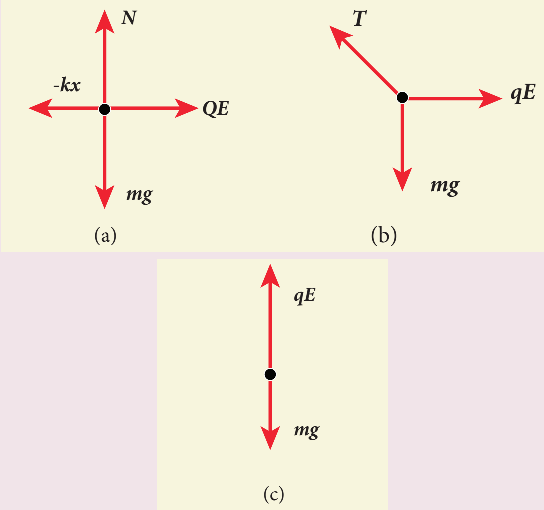
விடை: (அ) $q \approx +5.87 \times 10^{13}$ C, (ஆ) மாறாது

5. படம் (அ) (ஆ) மற்றும் (இ) இல் காட்டப்பட்டுள்ள மின்துகள்களின் தனித்த பொருள் விசைப்படங்களை வரைக.



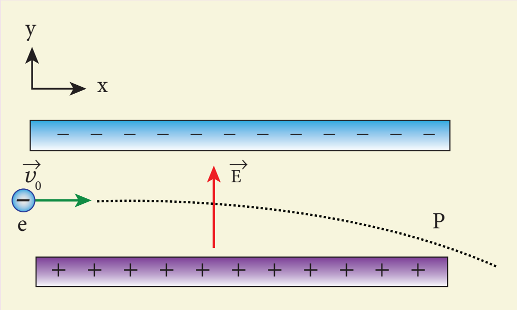
(a) (b) (c)

விடை:



(a) (b) (c)

6. v_0 திசைவேகத்தில் இயங்கும் எலக்ட்ரான் ஒன்று $\vec{v}_0$ ன் திசைக்கு செங்குத்தான திசையில் செயல்படும் சீரான மின்புலம் $\vec{E}$ உள்ள பகுதியை அடைகிறது. [படம்]. ஈர்ப்பு விசையைப் புறக்கணித்து, நேரத்தைப் பொறுத்த எலக்ட்ரானின் முடுக்கம், திசைவேகம் மற்றும் இருப்பிட நிலை (Position) ஆகியவற்றைப் பெறுக.

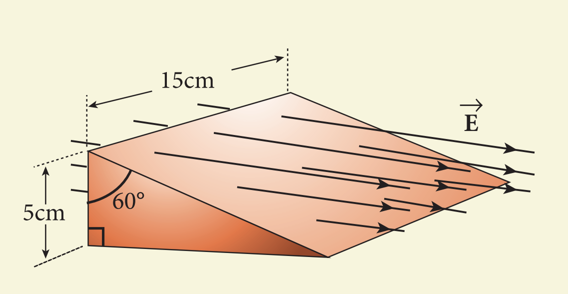


விடை :

$$\vec{a} = -\frac{eE}{m}\hat{j}\ ,\vec{v} = v_0\hat{i}\ -\frac{eE}{m}t\hat{j}\ ,\vec{r} = v_0 t\hat{i}\ -\frac{1}{2}\frac{eE}{m}t^2\hat{j}$$

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 75 23-12-2022 17:28:36

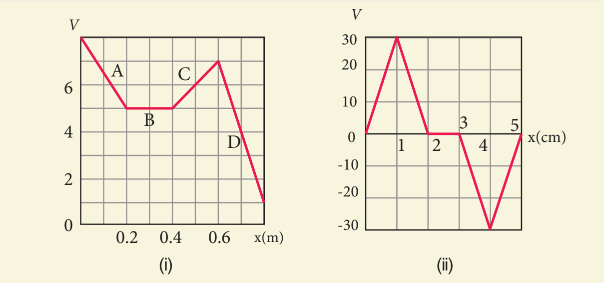
7. $E = 2 \times 10^3\ N\ C^{-1}$ வலிமையுடைய மின்புலம் ஒன்றில் மூடப்பட்ட பரப்பையுடைய முக்கோணப் பெட்டி வைக்கப்பட்டுள்ளது



(அ) அதில் நெடுக்கைத் (vertical) திசையில் அமைந்த செவ்வகப் பரப்பு (ஆ) சாய்வான பரப்பு மற்றும் (இ) மொத்த பரப்பு ஆகியவற்றைக் கடக்கும் மின்பாயத்தைக் கணக்கிடுக.

விடை: (அ) $-15\ Nm^2\ C^{-1}$ (ஆ) $15\ Nm^2\ C^{-1}$ (இ) சுழி

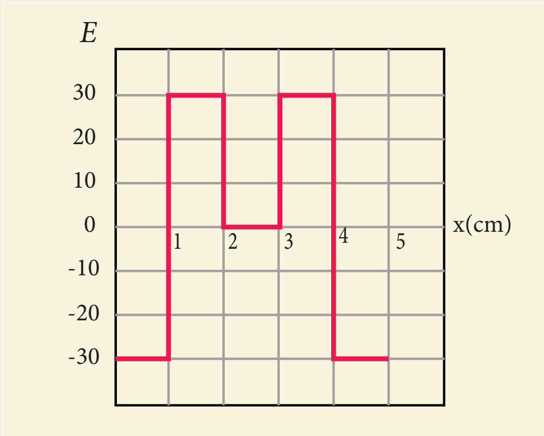
8. தொலைவு x –ன் சார்பாக நிலை மின்னழுத்தம் வரையப்பட்டுள்ளது [படம் (i) மற்றும் (ii)]. (அ) படம் (i)இல் A, B, C மற்றும் D ஆகிய பகுதிகளில் மின்புலம் E ன் மதிப்பினைக் கணக்கிடுக. (ஆ) படம் (ii) விற்கு தொலைவு x – சார்பாக மின்புலத்தின் மாறுபாட்டை வரைக.



விடை: (அ) $E_X = 15\ Vm^{-1}$ (பகுதி A), $E_X = -10\ Vm^{-1}$ (பகுதி C)

$E_X = 0$ (பகுதி B), $E_X = 30\ Vm^{-1}$ (பகுதி D)

(ஆ)

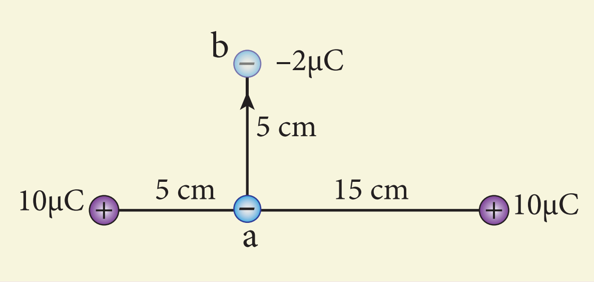


9. மோட்டார் வண்டி அல்லது மகிழுந்து உள்ளிட்ட வாகனங்களின் எந்திரத்தினுள் காற்று – எரிபொருள் கலவையைப் பற்ற வைக்கப் பயன்படும் அமைப்பே பொறிச் செருகி (spark plug). அதில் 0.6 mm இடைவெளியில் பிரித்து வைக்கப்பட்ட இரு மின்முனைகள் இருக்கின்றன.

தீப்பொறியை ஏற்படுத்த $3 \times 10^6\ Vm^{-1}$ வலிமை கொண்ட மின்புலம் தேவைப்படுகிறது. எனில் (அ) தேவைப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு எவ்வளவு? (ஆ) இடைவெளியை அதிகரித்தால், மின்னழுத்த வேறுபாடு அதிகரிக்குமா, குறையுமா அல்லது மாறாமல் இருக்குமா? (இ) இடைவெளி 1 mm எனில் மின்னழுத்த வேறுபாட்டைக் காண்.

விடை: (அ) 1800V, (ஆ) அதிகரிக்கும் (இ) 3000 V

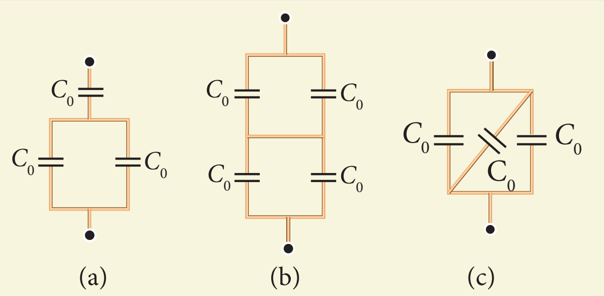
10. $+10\ \mu C$ மின்னூட்டமுடைய புள்ளி மின்துகள் ஒன்று இன்னொரு $+10\ \mu C$ மதிப்புடைய புள்ளி மின்துகளிலிருந்து 20 cm இடைவெளியில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. $-2\ \mu C$ மதிப்புடைய புள்ளி மின்துகள் ஒன்று புள்ளி a விலிருந்து b க்கு நகர்த்தப்படுகிறது. எனில் அமைப்பின் மின்னழுத்த ஆற்றலில் ஏற்படும் மாறுபாட்டைக் கணக்கிடுக. விடையின் உட்பொருளை விளக்குக.

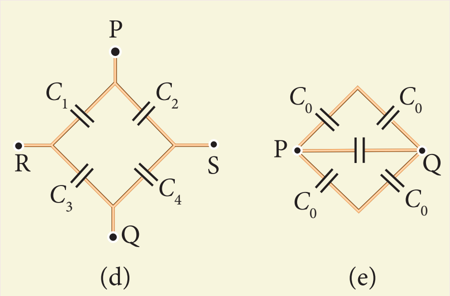


12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 76 23-12-2022 17:28:37

விடை: $\Delta U = +1.12$ J, -2 μC மின்னூட்ட மதிப்புடைய மின்துகளை நகர்த்த வெளிப்புறத்திலிருந்து வேலை செய்யப்பட வேண்டும் என்பதையே நேர்க்குறி காட்டுகிறது.

11. படத்தில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள ஒவ்வொரு மின்தேக்கித் தொகுப்பின் தொகுபயன் மின்தேக்குத் திறனையும் கணக்கிடுக.





விடை (a) $\frac{2}{3}C_0$ (b) C_0 (c) $3C_0$

(d) RS ன் குறுக்கே:

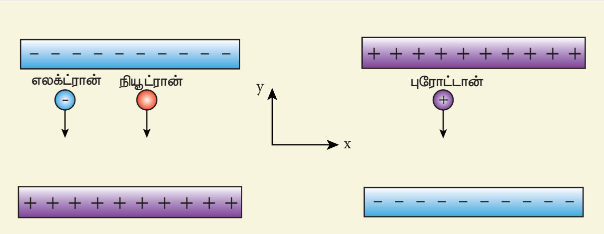
$$\frac{C_1C_2C_3 + C_2C_3C_4 + C_1C_2C_4 + C_1C_3C_4}{(C_1 + C_2)(C_3 + C_4)}$$

PQ ன் குறுக்கே:

$$\frac{C_1C_2C_3 + C_2C_3C_4 + C_1C_2C_4 + C_1C_3C_4}{(C_1 + C_3)(C_2 + C_4)}$$

(e) PQ இன் குறுக்கே: $2\ C_0$

12. h = 1 mm இடைவெளி கொண்ட 5 V மின்னழுத்த வேறுபாடு அளிக்கப்பட்ட இணைத்தட்டு மின்தேக்கி ஒன்றின் தட்டுகளுக்கு இடைப்பட்ட பகுதியில் ஒரு எலக்ட்ரானும், ஒரு புரோட்டானும் விழுகின்றன



(அ) எலக்ட்ரான் மற்றும் புரோட்டானின் பறக்கும் நேரத்தைக் கணக்கிடுக. (ஆ) நியூட்ரான் ஒன்று விழுந்தால் அதன் பறக்கும் நேரம் எவ்வளவு? (இ) இம்மூன்றில் எது முதலில் அடித்தட்டை அடையும்? ($m_p = 1.6 \times 10^{-27}$ kg, $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg மற்றும் $g = 10$ m s^{-2})

விடை:

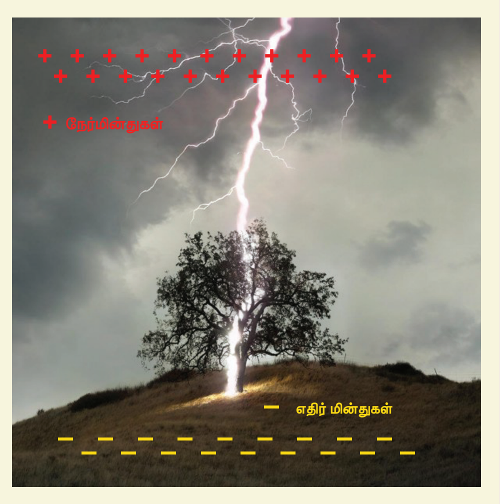
(அ) $t_e = \sqrt{\frac{2hm_e}{eE}} \approx 1.5\,\text{ns}$ (ஈர்ப்பு விசையைப் புறக்கணித்து),

$t_p = \sqrt{\frac{2hm_p}{eE}} \approx 63\,\text{ns}$ (ஈர்ப்பு விசையைப் புறக்கணித்து)

(ஆ) $t_n = \sqrt{\frac{2h}{g}} \approx 14.1\,\text{ms}$

(இ) முதலில் எலக்ட்ரான் வந்தடையும்

13. இடியுடன் கூடிய மழையின் போது, மேகங்களுக்குள் இருக்கும் நீர் மூலக்கூறுகளின் இயக்கம் ஏற்படுத்தும் உராய்வினால் மேகங்களின் அடிப்பகுதி எதிர்மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகள்களை பெறுகின்றது. இப்போது மேகத்தின் அடிப்பகுதியும் தரையும் ஓர் இணைத்தட்டு மின்தேக்கியைப் போலச் செயல்படுகின்றன. மேகத்திற்கும் தரைக்கும் இடையேயான மின்புலமானது காற்றின் மின்காப்பு வலிமையை விட (அதாவது 3×10^6 Vm^{-1}), அதிகமாக இருந்தால் மின்னல் உருவாகும்.



12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 77 23-12-2022 17:28:39

(அ) தரையிலிருந்து மேகத்தின் அடிப்பகுதி 1000 m உயரத்தில் இருப்பின், மேகத்திற்கும் தரைக்கும் இடையேயான மின்னழுத்த வேறுபாட்டைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

(ஆ) பொதுவில், ஒரு மின்னல் வெட்டு ஏற்படும்போது ஏறத்தாழ 25C மின்னூட்ட அளவுள்ள எலக்ட்ரான்கள் மேகத்திலிருந்து தரைக்குப் பெயர்கின்றன. இதில் தரைக்குப் பெயர்க்கப்படும் நிலை மின்னழுத்த ஆற்றல் எவ்வளவு?

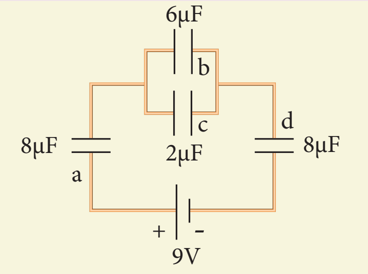
விடை: (அ) $V = 3 \times 10^9$ V, (ஆ) $U = 75 \times 10^9$ J

14. படத்தில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள மின்தேக்கி நிலையமைப்பில்

(அ) ஒவ்வொரு மின்தேக்கியிலும் சேமிக்கப்படும் மின்துகள்களின் மின்னூட்ட மதிப்பைக் காண்க.

(ஆ) ஒவ்வொன்றின் குறுக்கேயும் உருவாகும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டைக் காண்க.

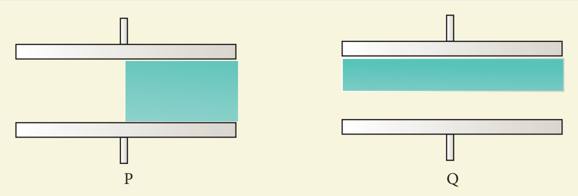
(இ) மின்தேக்கி ஒவ்வொன்றிலும் சேமிக்கப்படும் ஆற்றலைக் காண்க.



விடை:

$Q_a = 24\ \mu C$, $Q_b = 18\ \mu C$,
$Q_c = 6\ \mu C$, $Q_d = 24\ \mu C$
$V_a = 3V$, $V_b = 3V$,
$V_c = 3V$, $V_d = 3V$,
$U_a = 36\ \mu J$, $U_b = 27\ \mu J$,
$U_c = 9\ \mu J$, $U_d = 36\ \mu J$

15. P மற்றும் Q ஆகிய இரு மின்தேக்கிகள் ஒரே மாதிரியான குறுக்குவெட்டுப்பரப்பு A மற்றும் இடைவெளி d கொண்டுள்ளன. மின்தேக்கிகளின் இடைவெளியில் படத்தில் கொடுத்துள்ளபடி, ϵ_r மின்காப்பு மாறிலி உடைய மின்காப்புகள் செருகப்படுகின்றன எனில், P மற்றும் Q மின்தேக்கிகளின் மின்தேக்குத் திறன்களைக் கணக்கிடுக.



விடை: $C_P = \frac{\epsilon_0 A}{2d}(1+\epsilon_r), C_Q = \frac{2\epsilon_0 A}{d}\left(\frac{\epsilon_r}{1+\epsilon_r}\right)$

மேற்கோள் நூல்கள் (BOOKS FOR REFERENCE)

1. Douglas C.Giancoli, , “*Physics for Scientist & Engineers with Modern Physics*”, Pearson Prentice Hall, Fourth edition.
2. James Walker, “*Physics*”, Pearson- Addison Wesley Publishers, Fourth Edition.
3. Purcell, Morin, “*Electricity and Magnetism*”, “Cambridge University Press, Third Edition.
4. Serway and Jewett, “*Physics for Scientist and Engineers with Modern Physics*”, Brook/Coole Publishers, Eighth Edition.
5. Tipler, Mosca, “*Physics for scientist and Engineers with Modern Physics*”, Freeman and Company, Sixth Edition.
6. Tarasov and Tarasova, “*Questions and problems in School Physics*”, Mir Publishers.
7. H.C.Verma, “*Concepts of Physics: Vol 2*, Bharthi Bhawan Publishers.
8. Eric Roger, *Physics for the Inquiring Mind*, Princeton University Press.

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 78 23-12-2022 17:28:40

இணையச் செயல்பாடு

நிலை மின்னியல்

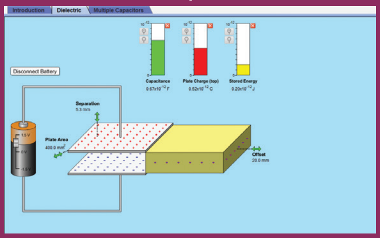
நோக்கம்: மின்தேக்கி மற்றும் மின்தேக்குத்திறனை பாதிக்கும் காரணிகளைப் பற்றி மாணவர்கள் இந்த செயல்பாடு மூலம் புரிந்து கொள்வார்கள்.

தலைப்பு: மின்தேக்கி ஆய்வகம்

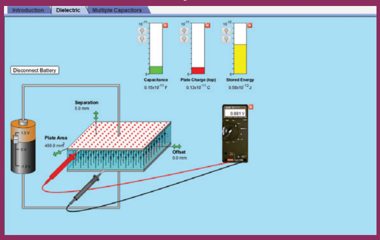
படிகள்

- "phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/capacitor–lab" என்ற வலைப் பக்கத்திற்கு சென்று 'Dielectric' என்ற தாவலை சொடுக்கவும்.
- தட்டுகளின் பரப்பு, தட்டுகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவு மற்றும் மின்காப்புப் பொருள் ஆகியவற்றை மாற்றம் செய்து மின் தேக்குத் திறன் எவ்வாறு மாற்றமடைகிறது என கவனிக்கவும்.
- மின்னூட்டம், மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்தேக்கியின் ஆற்றல் ஆகியவைகளுக்கு இடையேயான தொடர்பை ஆய்வு செய்யுங்கள்.
- மின்காப்புப் பொருளை தட்டுகளிடையே வைப்பதனால் ஏற்படும் விளைவு என்ன?(வெவ்வேறு மின் காப்புப் பொருளை பயன்படுத்துக)

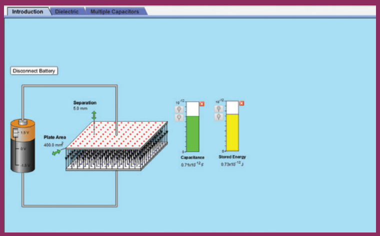
படி 1



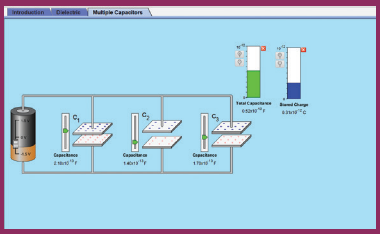
படி 2



படி 3



படி 4



மின்தேக்கியை இணையாக மற்றும் தொடராக இணைத்து தொகுபயன் மின் தேக்குத் திறனை காண்க.

குறிப்பு:

உங்கள் உலாவியில் flash player இல்லையென்றால் அதனை நிறுவவும். நீங்கள் 'phet' பாவிப்பியை அகல்நிலையில் பயன்படுத்த இந்த உரலியை சொடுக்குங்கள். https://phet.colorado.edu/en/offline–access

உரலி:

https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/capacitor-lab

*படங்கள் அடையாளத்திற்கு மட்டும்.

* தேவையெனில் Flash Player or Java Script அனுமதிக்க.

12th Physics_Vol-1_Unit 1_Tamil Medium.indd 79 23-12-2022 17:28:43

அலகு
2

மின்னோட்டவியல்

நாம் மின்சாரத்தை மிக மிக விலை குறைந்ததாக ஆக்குவோம்; அதனால் இனிமேல், பணக்காரர்கள்தான் மெழுகுவர்த்திகளை ஏற்றுவார்கள் – தாமஸ் ஆல்வா எடிசன்

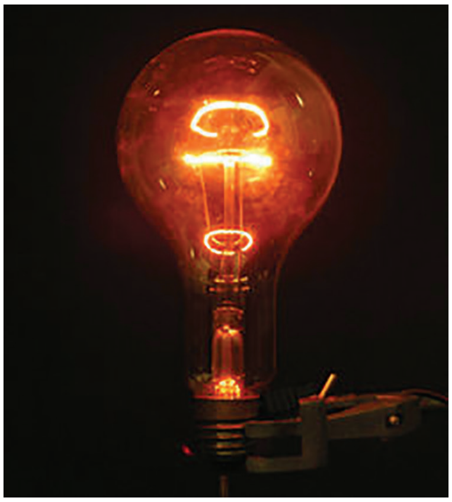
கற்றலின் நோக்கங்கள்:

இந்த அலகில் மாணவர்கள் அறிந்து கொள்வது

- உலோகக் கடத்தியில் மின்துகள்களின் ஓட்டம்
- ஓம் விதி, மின்தடை, V – I பண்புகள்
- கார்பன் மின்தடையாக்கிகள் மற்றும் மின்தடையாக்கிகளின் தொகுப்பு.
- கிர்க்காஃப் விதிகள் – வீட்ஸ்டோன் சமனச்சுற்று மற்றும் அதன் பயன்பாடுகள்
- மின்திறன் மற்றும் மின் ஆற்றல்
- வெப்பவிளைவு – ஜுல் விதி மற்றும் அதன் பயன்பாடுகள்
- வெப்பமின் விளைவுகள் – சீபக் விளைவு – பெல்டியர் விளைவு – தாம்சன் விளைவு

MZNY6

அறிமுகம்



அலகு 1 இல் நாம் மின்துகள்கள் ஓய்வில் உள்ளபோது அவற்றின் பண்புகளைப் பற்றி அறிந்தோம். ஆனால் நடைமுறையில் பொருட்களில் உள்ள மின்துகள்கள் ஓய்வில்லாமல் எப்போதும் இயங்கி கொண்டே இருக்கும். எடுத்துக்காட்டாக தாமிரக் கம்பியில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் ஓய்வில்லாமல் தொடர்ந்து வெவ்வேறு திசைகளில் சீரற்ற முறையில் இயங்கி கொண்டே இருக்கும். எனவே இயக்கத்திலுள்ள மின்துகள்களின் பண்புகளை பகுத்தாராய்வது இன்றியமையாதது ஆகும். இந்த மின்துகள்களின் இயக்கமே மின்னோட்டம் என்றழைக்கப்படுகிறது. மின்னோட்டவியல் என்பது மின்துகள்களின் இயக்கத்தைப்பற்றிய பிரிவு ஆகும். இப்பிரிவானது அலசாண்ரோ வோல்டோ (1745-1827) வின் கண்டுபிடிப்பான மின்கலங்களில் தொடங்கியது. இந்த மின்கலங்களே, நிலையான மின்னோட்டத்தை முதன் முதலில் வழங்கின. நவீன உலகம் மின்னோட்டத்தின் பயன்பாட்டை பெருமளவு சார்ந்துள்ளது. மின்னோட்டமானது இயந்திரங்களை இயக்குதல், தகவல் தொடர்பு அமைப்புகள், மின்னணுவியல் கருவிகள் மற்றும் வீட்டு உபயோக சாதனங்கள் போன்றவற்றில் பயன்படுகின்றது.

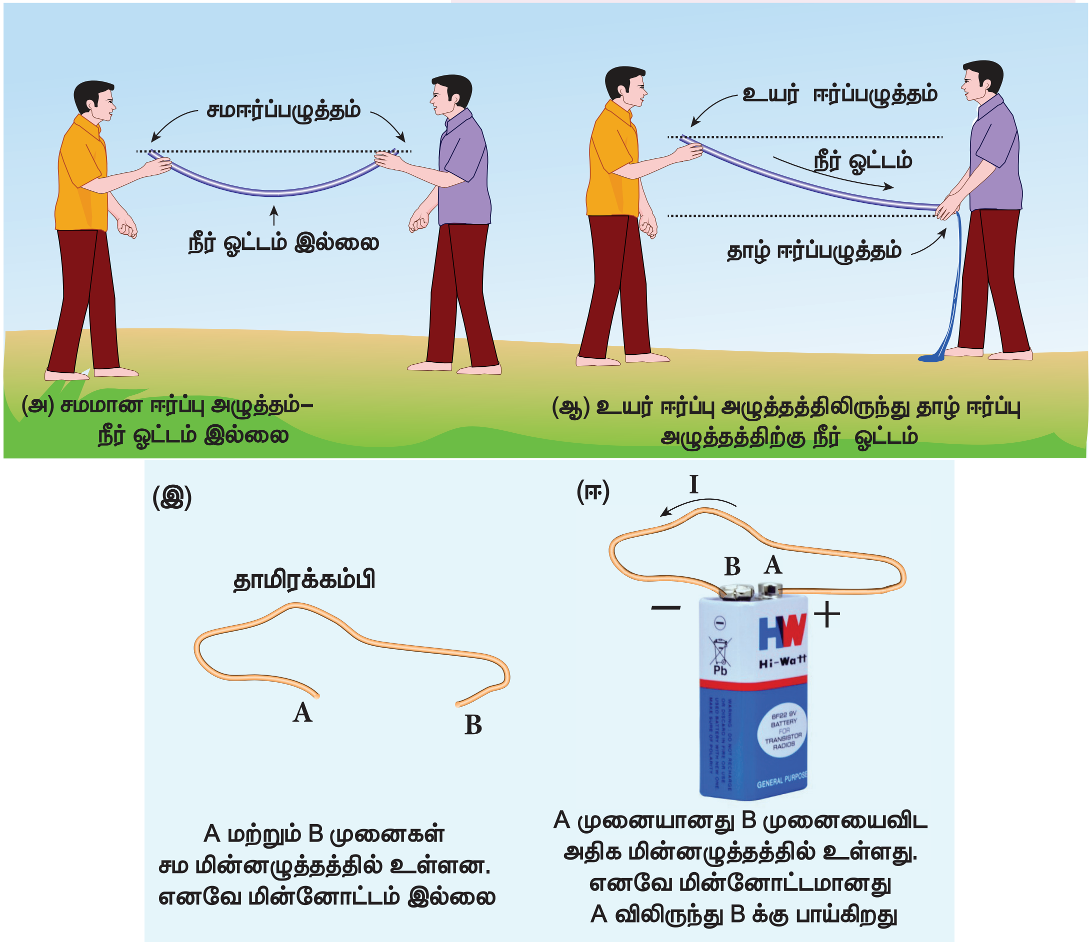
இந்த அலகில், நாம் மின்னோட்டம், மின்தடை மற்றும் பொருட்களில் இவை சார்ந்த நிகழ்வுகளைப்பற்றி பயில உள்ளோம்.

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 80 23-12-2022 17:29:48

2.1 மின்னோட்டம்

பருப்பொருள் என்பது அணுக்களால் ஆனது. ஒவ்வொரு அணுவிலும் நேர்மின்னூட்டம் (Positive charge) பெற்ற உட்கருவும் (Nucleus) அதனை சுற்றி எதிர்மின்னூட்டம் பெற்ற எலக்ட்ரான்களும் உள்ளன. மேலும் உலோகங்களில் உள்ள அணுக்களில் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் (free electrons – உட்கருவுடன் தளர்வாக பிணைக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான்கள்) உள்ளன. இந்த கட்டுறா எலக்ட்ரான்களை அணுவிலிருந்து எளிதில் பிரித்தெடுக்கலாம் (நீக்கலாம்). கட்டுறா எலக்ட்ரான்களை அதிகம் கொண்டுள்ள பொருட்களை கடத்திகள் (conductors) என்கிறோம். சாதாரண வெப்பநிலைகளில் கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் கடத்தி முழுவதும் எல்லா திசைகளிலும் சீரற்ற முறையில் இயங்குகின்றன. இந்த சீரற்ற இயக்கத்தின் காரணமாக, கடத்தியின் ஒருமுனையிலிருந்து மற்றொரு முனைக்கு எவ்விதமான நிகர மின்துகள்கள் பரிமாற்றமும் இருக்காது; எனவே மின்னோட்டமும் இருக்காது. கடத்தியின் முனைகளுக்கிடையே மின்கலத்தின் உதவியுடன் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை ஏற்படுத்தினால், கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் மின்கலத்தின் நேர்மின்வாயை நோக்கி இழுத்துச் செல்லப்படுகின்றன. இதன் மூலம் நிகர மின்னோட்டம் உருவாகிறது. இதனை பின்வரும் படம் 2.1 மூலம் எளிதில் புரிந்து கொள்ளலாம்.

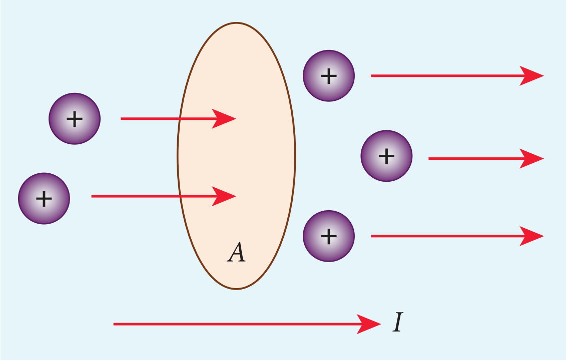
பதினொன்றாம் வகுப்பு இயற்பியல் புத்தகம் தொகுதி 2 அலகு 6 இல் நாம் உயர் ஈர்ப்பு அழுத்தத்திலிருந்து தாழ் ஈர்ப்பு அழுத்தத்திற்கு நிறைகள் செல்வதைப்பற்றி பயின்றோம். இதேபோல் நேர்மின்துகள்கள் அதிக மின்னழுத்தத்திலிருந்து குறைந்த மின்னழுத்தத்திற்கும், எதிர்மின்துகள்கள் குறைந்த மின்னழுத்தத்திலிருந்து அதிக மின்னழுத்தத்திற்கும் செல்கின்றன. எனவே மின்கலத் தொகுப்பு அல்லது மின்கலம் என்பது கடத்தியின் முனைகளுக்கிடையே மின்னழுத்த வேறுபாட்டை உருவாக்குவதே.



படம் 2.1 நீரோட்டம் மற்றும் மின்னோட்டம்

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 81 23-12-2022 17:29:49

ஒரு கடத்தியில் மின்னோட்டம் என்பது கொடுக்கப்பட்ட குறுக்கு வெட்டு பரப்பு A வழியாக மின்துகள்கள் பாயும் வீதம் ஆகும். இது படம் 2.2 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 2.2 பரப்பு A வழியாக மின்துகள்கள் பாய்தல்

***t* என்ற நேரத்தில் ஒரு கடத்தியின் ஏதேனும் ஒரு குறுக்குவெட்டுப்பரப்பு வழியாக பாயும் மின்துகள்களின் நிகர மின்னூட்டம் *Q* எனில், அக்கடத்தியில் பாயும் மின்னோட்டம் என்பது $I = \frac{Q}{t}$ ஆகும்**. எனினும் ஒரு கடத்தியில் மின்துகள்களின் ஓட்டம் எப்போதும் மாறிலியாக இருப்பதில்லை. எனவே பொதுவாக மின்னோட்டத்தை பின்வருமாறு வரையறை செய்யலாம்.

$$I_{\text{சராசரி}} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \qquad (2.1)$$

இங்கு ΔQ என்பது Δt எனும் நேர இடைவெளியில் கடத்தியின் ஏதேனும் ஒரு குறுக்கு வெட்டுப்பரப்பு வழியாக பாயும் மின்துகள்களின் மின்னூட்ட அளவு ஆகும். நேரத்தைப்பொறுத்து மின்துகள்களின் பாய்வு மாறினால், மின்னோட்டமும் நேரத்தைப்பொருத்து மாற்றமடையும். எனவே மின்னோட்டம் என்பது சராசரி மின்னோட்டத்தின் எல்லை மதிப்பு ஆகும். ($\Delta t \rightarrow 0$) எனில்

$$I = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt} \qquad (2.2)$$

மின்னோட்டத்தின் *SI* அலகு ஆம்பியர் (A) ஆகும்.

$$1\,\text{A} = \frac{1\,\text{C}}{1\,\text{s}}$$

ஒரு கூலூம் மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகள்கள் ஒரு வினாடி நேரத்தில் செங்குத்தான குறுக்குவெட்டுப்பரப்பைக் கடந்தால் ஏற்படும் மின்னோட்டமே ஒரு ஆம்பியர் மின்னோட்டம் ஆகும். மின்னோட்டம் என்பது ஸ்கேலர் அளவாகும்.

எடுத்துக்காட்டு 2.1

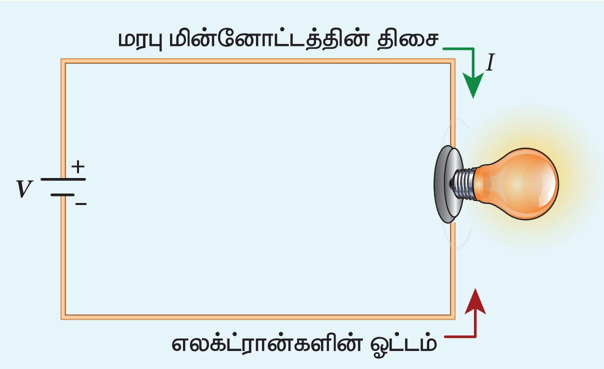
ஒரு தாமிரக் கம்பியில் 1 நிமிடத்திற்கு 120 C மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகள்கள் பாய்ந்தால், கம்பி வழியே செல்லும் மின்னோட்டத்தின் மதிப்பை காண்க.

தீர்வு

கம்பியில் மின்னோட்டம் [மின்துகள்களின் பாயும் வீதம்]

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{120}{60} = 2\text{A}$$

2.1.1 மரபு மின்னோட்டம்



படம் 2.3 மரபு மின்னோட்டத்தின் திசை மற்றும் எலக்ட்ரான் பாயும் திசை

ஒரு மின்சுற்றில் மின்னோட்டம் பாயும் திசையை சுட்டிக்காட்ட அம்புக்குறிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. மரபுப்படி, மின்சுற்றில் மின்னோட்டம் நேர்மின் வாயிலிருந்து எதிர்மின்வாயுக்கு பாயும். இந்த மின்னோட்டமே மரபு மின்னோட்டம் அல்லது மின்னோட்டம் எனப்படும். இம்மரபு மின்னோட்டத்தின் திசையே சோதனை நேர்மின்துகள் (Positive test charge) செல்லும் திசையாகும். ஆனால் மின்சுற்றுகளில் உண்மையில் எலக்ட்ரான்களே எதிர்மின்வாயிலிருந்து நேர்மின்வாய்க்கு பாய்கின்றன. எனவே எலக்ட்ரான்கள் செல்லும் திசையும், மரபு மின்னோட்டத்தின் திசையும் எதிர் எதிர்த்திசையில் படம் 2.3 இல் உள்ளவாறு அமைகின்றன.

கணித ரீதியாக பார்த்தால் நேர்மின்துகள்கள் ஒரு திசையில் செல்வது அதற்குச் சமமான மின்னூட்டம் கொண்ட

RKN7C

எதிர்மின்துகள்கள் எதிர்த்திசையில் செல்வதற்குச் சமமாகும்.

மின்னோட்டமானது மின்கல அடுக்குகளால் மட்டும் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன என்பதில்லை. இயற்கையில் ஏற்படும் மின்னல்வெட்டு மிகக்குறுகிய காலத்தில் மிக அதிக மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்தும். மின்னலின்போது, மேகங்களுக்கும் தரைக்கும் (புவிக்கும்) மிக அதிக அளவு மின்னழுத்த வேறுபாடு தோன்றுவதால் மேகங்களிலிருந்து தரைக்கோ (புவிக்கு) அல்லது தரையிலிருந்து மேகத்துக்கோ மின்துகள்கள் பாய்கிறது.

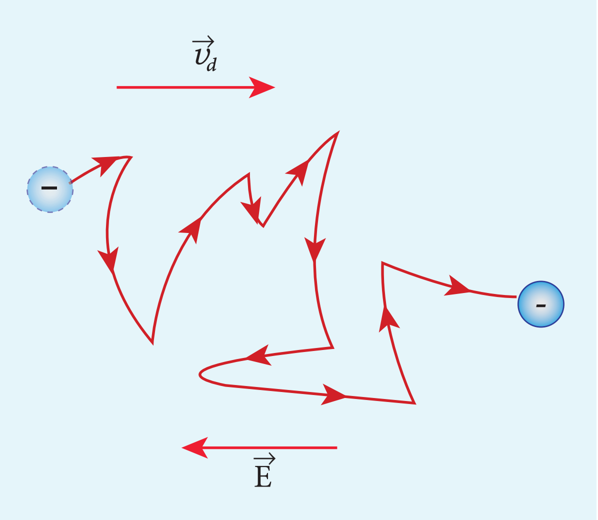
2.1.2 இழுப்புத்திசைவேகம்

கடத்திகளில் இருக்கும் கட்டுறா எலக்ட்ரான்களே மின்னூட்டத்தை எடுத்துச்செல்லும் ஊர்திகளாகும். இந்த எலக்ட்ரான்கள் கடத்தி முழுவதும் எளிதில் இயங்கி தொடர்ந்து நேர்மின் அயனிகள் மீது மோதும். வெளிப்புற மின்புலம் (External Electric field) இல்லாத நிலையில், எலக்ட்ரான்கள் வெவ்வேறு திசைகளில் செல்கின்றன. எனவே அவற்றின் திசைவேகங்களும் வெவ்வேறானவை. வெளிப்புற மின்புலம் இல்லாத நிலையில் சராசரியாக ஏதேனும் ஒரு திசையில் பயணிக்கும் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையானது அதற்கு எதிர்த்திசையில் பயணிக்கும் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கைக்கு சமமாக அமையும். எனவே எந்த திசையிலும் எலக்ட்ரான்களின் நிகர இயக்கம் இருப்பதில்லை. எனவே ஒரு கடத்தியில் வெளிப்புற மின்புலம் இல்லாத நிலையில் நிகர மின்னோட்டமும் இருக்காது.

கடத்தியின் முனைகளுக்கிடையே மின்கல அடுக்கை இணைத்து மின்னழுத்த வேறுபாட்டை உருவாக்கினால் கடத்தியினுள் மின்புலம் $\vec{E}$ உருவாக்கப்படும். இந்த மின்புலம் எலக்ட்ரான்களின் மீது விசையை ஏற்படுத்தி, மின்னோட்டத்தை உருவாக்கும். இங்கு மின்புலம் எலக்ட்ரான்களை முடுக்கும் ஆனால் அயனிகள் எலக்ட்ரான்களை சிதறடித்து எலக்ட்ரான்களின் இயக்க திசையை மாற்றும். எனவே எலக்ட்ரான்களின் பாதை குறுக்கு நெடுக்காக அமையும். இந்த மோதலின் காரணமாக ஏற்படும் குறுக்கு நெடுக்கு இயக்கத்துடன் கூடுதலாக எலக்ட்ரான்கள் கடத்தி வழியே $\vec{E}$இன் திசைக்கு எதிர்த்திசையில் ஒரு குறிப்பிட்ட திசைவேகத்தில் மெதுவாகச் செல்லும்.

அயனிகள்

எந்த ஒரு பொருளும் எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் புரோட்டான்களை சமமான எண்ணிக்கையில் கொண்டு நடுநிலைத் தன்மையுடன் அமையும். வெளிக்கட்டில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் அணுவை விட்டு வெளியேறினால், அது கட்டுறா எலக்ட்ரானாக மாறி மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்தும். வெளிவட்ட எலக்ட்ரானை இழந்த அணு அதிக நேர்மின்னூட்டத்தை கொண்டிருக்கும். எனவே அது நேர்மின் அயனி எனப்படும். இந்த அயனிகள் கட்டுறா எலக்ட்ரான்களை போன்று சுதந்திரமாக இயங்க இயலாது.



படம் 2.4 எலக்ட்ரானின் சீரற்ற இயக்கமும், இழுப்புத் திசைவேகமும்

இந்தத் திசைவேகம் இழுப்புத் திசைவேகம் $\vec{v}_d$ எனப்படும். இதனை படம் 2.4 இல் காணலாம். எனவே இழுப்புத்திசைவேகம் என்பது கடத்தியில் உள்ள எலக்ட்ரான்களை மின்புலத்திற்கு உட்படுத்தும்போது அவை பெறும் சராசரித்

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 83 23-12-2022 17:29:51

திசைவேகம் ஆகும். அதேபோல் இரு அடுத்தடுத்த மோதல்களுக்கிடைப்பட்ட சராசரி நேரம் என்பது சராசரி தளர்வு நேரம் τ எனப்படும். $\vec{E}$ என்ற மின்புலத்தினால் எலக்ட்ரான் பெறும் முடுக்கம் $\vec{a}$ எனில்

$$\vec{a} = \frac{-e\vec{E}}{m} \quad \left(\text{ஏனெனில் } \vec{F} = -e\vec{E}\right) \quad (2.3)$$

இழுப்புத் திசைவேகம் $\vec{v}_d$

$$\vec{v}_d = \vec{a}\tau$$

$$\vec{v}_d = -\frac{e\tau}{m}\vec{E} \quad (2.4)$$

$$\vec{v}_d = -\mu\vec{E} \quad (2.5)$$

இங்கு $\mu = \frac{e\tau}{m}$ என்பது எலக்ட்ரான்களின் இயக்க எண் ஆகும். இயக்க எண் என்பது ஓரலகு மின்புலத்தினால் ஏற்படும் இழுப்புத்திசைவேகத்தின் எண்மதிப்பு ஆகும்.

$$\mu = \frac{|\vec{v}_d|}{|\vec{E}|} \quad (2.6)$$

இயக்க எண்ணின் SI அலகு $m^2V^{-1}s^{-1}$.

குறிப்பு

ஒரு கடத்தியில் இழுப்பு திசைவேகத்தின் பொதுவான மதிப்பு 10^{-4} m s^{-1} ஆகும். இந்த மிகச்சிறிய திசைவேகத்தில் எலக்ட்ரான்கள் சென்றால், மின் சுற்றில் உள்ள மின் விளக்கை அடைய பலமணி நேரம் ஆகும். பிறகெப்படி மின்கலத்தின் ஸ்விட்சை அழுத்தியவுடன் மின் விளக்கு ஒளிர்கிறது? மின் கலத்தின் ஸ்விட்சு இயக்கப்பட்டவுடன் எலக்ட்ரான்கள் மின்கலத்தின் எதிர் மின் முனையிலிருந்து விலகி நகர்ந்து அருகிலுள்ள எலக்ட்ரான்கள் மீது விசையை ஏற்படுத்தும். இந்நிகழ்வு கடத்தி வழியே ஒளியின் திசைவேகத்தில் செல்லும் மின்புலத்தை உருவாக்கும். அதாவது மின்கலத்திலிருந்து ஆற்றலானது மின்விளக்கிற்கு ஒளியின் திசைவேகத்தில் மின்புலத்தின் மூலம் பரவுகிறது. இதன் காரணமாக ஸ்விட்சை இயக்கியவுடன் மின் விளக்கு ஒளிர்கிறது.

எடுத்துக்காட்டு 2.2

ஒரு தாமிரக்கம்பிக்கு அளிக்கப்படும் மின்புலத்தின் எண்மதிப்பு 570 NC^{-1} எனில் எலக்ட்ரான் பெறும் முடுக்கத்தை கண்டுபிடி

தீர்வு:

$E = 570\ N\ C^{-1}$, $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C,

$m = 9.11 \times 10^{-31}$ kg மற்றும் $a = ?$

$F = ma = eE$

$$a = \frac{eE}{m} = \frac{570 \times 1.6 \times 10^{-19}}{9.11 \times 10^{-31}}$$

$$= \frac{912 \times 10^{-19} \times 10^{31}}{9.11}$$

$$= 1.001 \times 10^{14}\ m\ s^{-2}$$

மின்னோட்டம் பற்றிய தவறான கருத்துக்கள்

(i) மின்கலம் எலக்ட்ரான்களை மின்சுற்றுக்கு அளிக்கிறது என்ற ஒரு கருத்து நிலவுகிறது. இது முற்றிலும் தவறானது. ஒரு மின்கலத்தை கம்பியின் இரு முனைகளுக்கிடையே இணைக்கும் போது, கம்பியில் உள்ள எலக்ட்ரான்களே மின்னோட்டத்தை உருவாக்கும். மின்கலமானது கடத்தும் கம்பியில் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை நிறுவி அதன் மூலம் இந்த எலக்ட்ரான்களை குறிப்பிட்ட திசையில் பாயச் செய்கிறது. இந்த மின்னழுத்தவேறுபாட்டின் மூலம் தோன்றும் மின்ஆற்றலானது மின்விளக்கு, மின்விசிறி முதலியவற்றில் பயன்படுகிறது. இதேபோல் நமது வீடுகளில் உள்ள மின்சாதனங்களுக்கு தேவையான மின்னாற்றலைத்தான் மின்சார வாரியம் வழங்குகிறது.

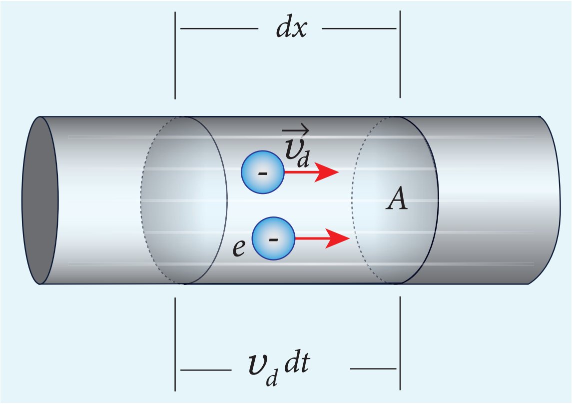
(ii) அலைபேசியை பயன்படுத்தும்போது பின்வரும் வாக்கியங்களை நாம் அன்றாடம் பயன்படுத்துவோம். அவை "என்னுடைய அலைபேசி மின்கலத்தை மின்னேற்றம் செய்கிறேன்" (charging the battery in my mobile) மற்றும் என்னுடைய அலைபேசி மின்கலத்தில் மின்துகள்கள் இல்லை "(my mobile phone battery has no charge)". இதுபோன்ற வாக்கியங்கள் தவறானவை.

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 84 23-12-2022 17:29:53

அலைபேசி மின்கலத்தில் மின்துகள்கள் இல்லை என்று சொல்வதன் பொருள் "மின்கலமானது ஆற்றலைத் தர இயலவில்லை அல்லது மின்சுற்றில் உள்ள எலக்ட்ரான்களுக்கு மின்னழுத்த வேறுபாட்டை தர இயலவில்லை" என்பதாகும். மேலும் "அலைபேசி மின்னேற்றம் அடைகிறது" (mobile is charging) என்பதின் பொருள் அலைபேசியின் மின்கலமானது (Battery) AC மின்னழுத்த மூலத்திலிருந்து ஆற்றலை மட்டுமே பெறுகிறது எலக்ட்ரான்களை அல்ல என்பதே ஆகும்.

2.1.3 மின்னோட்டத்தின் நுண் மாதிரி (Microscopic model of current)

குறுக்கு பரப்பு A கொண்ட கடத்தியில் மின்புலம் $\vec{E}$ ஆனது வலப்புறத்திலிருந்து இடதுபுறமாக செயல்படுகிறது என்க. மேலும் ஓரலகு பருமனில் உள்ள எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை n ஆகும். மேலும் அவை அனைத்தும் சமமான இழுப்புத் திசைவேகம் $\vec{v}_d$ கொண்டு இயங்குகின்றன. இதனை படம் 2.5 இல் காணலாம்.



படம் 2.5 மின்னோட்டத்தின் நுண் மாதிரி

எலக்ட்ரான்களின் இழுப்புத்திசைவேகம் = v_d

dt எனும் சிறிய நேர இடைவெளியில் எலக்ட்ரான்கள் dx தொலைவுக்கு நகர்கிறது எனில்

$$v_d = \frac{dx}{dt}\,; \quad dx = v_d\,dt \qquad (2.7)$$

கடத்தியின் குறுக்குவெட்டுபரப்பு A எனில், இப்பருமனில் dx நீளத்தில் உள்ள எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை

= பருமன் × ஓரலகு பருமனில் உள்ள எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை

$$= A\,dx \times n \qquad (2.8)$$

சமன்பாடு (2.7) இல் உள்ள dx மதிப்பை சமன்பாடு (2.8) இல் பிரதியிட

$$= (A\,v_d\,dt)\,n$$

ஒரு மிகச்சிறிய பருமனில் (Volume element) உள்ள மின்துகள்களின் மொத்த மின்னூட்டம் dQ = (மின்னூட்டம்) × (பருமக் கூறில் உள்ள எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை)

$$dQ = (e)(Av_d dt)n$$

எனவே மின்னோட்டம் $I = \frac{dQ}{dt}$

$$I = neAv_d \qquad (2.9)$$

மின்னோட்ட அடர்த்தி (J)

மின்னோட்ட அடர்த்தி என்பது கடத்தியின் ஓரலகு குறுக்குவெட்டுப் பரப்பு வழியாக பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவாகும்.

$$J = \frac{I}{A}$$

மின்னோட்ட அடர்த்தியின் SI அலகு $\frac{A}{m^2}$. அதாவது $A\,m^{-2}$.

$J = \frac{neAv_d}{A}$ (சமன்பாடு 2.9 லிருந்து)

$$J = nev_d \qquad (2.10)$$

மேற்கண்ட சமன்பாடு என்பது மின்னோட்டத்தின் திசையானது பரப்பு A விற்கு செங்குத்தாக இருந்தால் மட்டுமே சரியாக அமையும். பொதுவாக, மின்னோட்ட அடர்த்தி ஒரு வெக்டர் அளவாகும். இதனை பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$\vec{J} = ne\vec{v}_d$$

சமன்பாடு (2.4) லிருந்து $\vec{v}_d$ ன் மதிப்பை பிரதியிடலாம்.

$$\vec{J} = -\frac{n\cdot e^2\,\tau}{m}\vec{E} \qquad (2.11)$$

$$\vec{J} = -\sigma\vec{E}$$

இதுவரை நாம் எலக்ட்ரான்கள் செல்லும் திசையைக் கணக்கில் எடுத்துக்கொண்டோம். அதனால்தான் மேலே உள்ள சமன்பாட்டில் $\vec{J}$ ஆனது $\vec{E}$ க்கு எதிர்த்திசையில் அமைகிறது. ஆனால் மரபுப்படி, மின்னோட்ட அடர்த்தியின் திசையானது நேர்மின்துகள் செல்லும் திசையிலேயே (மின்புலத்தின் திசை) அமையும். எனவே மேற்கண்ட சமன்பாடு பின்வருமாறு எழுதப்படுகிறது.

$$\vec{J} = \sigma\vec{E} \qquad (2.12)$$

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 85 23-12-2022 17:29:57

இங்கு $\sigma = \frac{ne^2\tau}{m}$ என்பது மின்கடத்து எண் எனப்படும். சமன்பாடு (2.12) ஆனது ஓம் விதியின் நுண் வடிவம் ஆகும்.

மின்கடத்து எண்ணின் தலைகீழ் மதிப்பு மின்தடை எண் (ρ) ஆகும். [இதனை 2.2.1 பகுதியில் பார்க்கலாம்].

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{m}{ne^2\tau} \quad (2.13)$$

எடுத்துக்காட்டு 2.3

$0.5\ mm^2$ குறுக்குவெட்டுப்பரப்பு கொண்ட தாமிரக்கம்பியில், 0.2 A அளவுள்ள மின்னோட்டம் பாய்கிறது. அத்தாமிரக்கம்பியில் உள்ள கட்டுறா எலக்ட்ரான்களின் அடர்த்தி $8.4 \times 10^{28}\ m^{-3}$ எனில் இக்கட்டுறா எலக்ட்ரான்களின் இழுப்புத்திசை வேகத்தை கணக்கிடுக.

தீர்வு

கம்பியின் குறுக்கு பரப்பு A வில் உள்ள மின்னோட்டம் மற்றும் எலக்ட்ரான்களின் இழுப்புத்திசை வேகம் ஆகியவற்றிற்கு இடையே உள்ள தொடர்பு

$$v_d = \frac{I}{neA} = \frac{0.2}{8.4\times10^{28}\times1.6\times10^{-19}\times0.5\times10^{-6}}$$

$$v_d = 0.03 \times 10^{-3}\ m\ s^{-1}$$

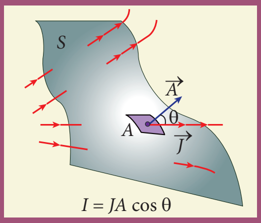
குறிப்பு

மின்னோட்ட அடர்த்தி ஒரு வெக்டர் அளவு. ஆனால் மின்னோட்டம் ஒரு ஸ்கேலர் அளவு. ஏன் ?

பொதுவாக மின்னோட்டம் I என்பது மின்னோட்ட அடர்த்தி மற்றும் மின்துகள்கள் பாயும் பரப்பு வெக்டர் ஆகியவற்றின் புள்ளிப்பெருக்கம் ஆகும்.

$$I = \vec{J} \cdot \vec{A}$$

மேற்பரப்பு A வின் செங்குத்து வெக்டரின் திசையைப் பொறுத்து மின்னோட்டம் I ஆனது நேர்க்குறி அல்லது எதிர்க்குறியைப் பெறும்.



படம் 2.6 மின்னோட்டம் ஒரு ஸ்கேலர்

எடுத்துக்காட்டு 2.4

ஒரு கடத்தி வழியே 32 A மின்னோட்டம் பாயும்போது, ஓரலகு நேரத்தில் கடத்தியில் பாயும் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையை காண்க.

தீர்வு

I = 32 A , t = 1 s

ஒரு எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டம், $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C

ஓரலகு நேரத்தில் பாயும் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை, n =?

$$I = \frac{q}{t} = \frac{ne}{t}$$

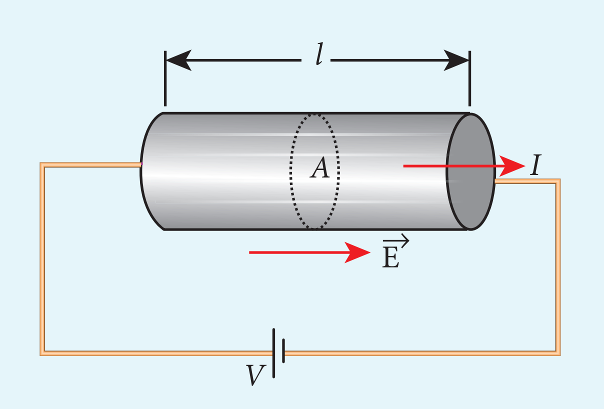
$$n = \frac{It}{e}$$

$$n = \frac{32\times1}{1.6\times10^{-19}C}$$

$n = 20 \times 10^{19} = 2 \times 10^{20}$ எலக்ட்ரான்கள்

2.2 ஓம் விதி

ஓம் விதியானது $J = \sigma E$ என்ற சமன்பாட்டிலிருந்து பெறப்படுகிறது. l நீளமும் A குறுக்கு வெட்டு பரப்பும் கொண்ட கம்பியின் ஒரு பகுதியை கருதுவோம்.



படம் 2.7 கடத்தியின் வழியே மின்னோட்டம்

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 86 23-12-2022 17:29:59

கம்பியின் முனைகளுக்கிடையே V எனும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை அளிக்கும்போது, கம்பியில் நிகர மின்புலம் தோன்றி மின்னோட்டத்தை உருவாக்கும். கம்பியின் நீளம் முழுவதும் மின்புலமானது சீரானதாக உள்ளதாகக் கருதினால், மின்னழுத்த வேறுபாடு (வோல்டேஜ்) V யை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$V = El$

மின்னோட்ட அடர்த்தியின் எண்மதிப்பு

$$J = \sigma E = \sigma \frac{V}{l} \quad (2.14)$$

அதேபோல் $J = \frac{I}{A}$. எனவே சமன்பாடு (2.14) ஐ பின்வருமாறு எழுதலாம்

$$\frac{I}{A} = \sigma \frac{V}{l}.$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டை மாற்றி அமைக்கும்போது, நமக்கு கிடைப்பது

$$V = I\left(\frac{l}{\sigma A}\right) \quad (2.15)$$

இச்சமன்பாட்டில் $\frac{l}{\sigma A}$ என்பது கடத்தியின் மின்தடை R ஆகும். இதிலிருந்து நாம் அறிவது, ஒரு கடத்தியின் மின்தடையானது கடத்தியின் நீளத்திற்கு நேர்த்தகவிலும், அக்கடத்தியின் குறுக்குவெட்டுப் பரப்பிற்கு எதிர்த்தகவிலும் அமைகிறது என்பதே. "**வெப்பநிலை மாறாமல் உள்ள போது கடத்திக்குக் குறுக்கேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடானது அதில் பாயும் மின்னோட்டத்திற்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும்**". இதுவே ஓம் விதியாகும்.

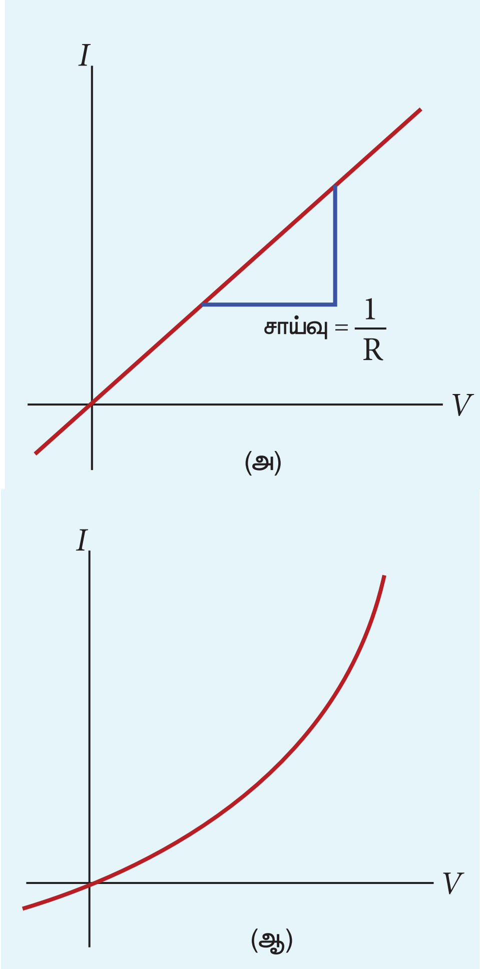
ஓம் விதியின் பயன்பாட்டு வடிவத்தை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$V = IR \quad (2.16)$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டின்படி, கடத்தியின் மின்தடை என்பது கடத்தியின் முனைகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கும் கடத்தியின் வழியே மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ள தகவாகும்.

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.17)$$

மின்தடையின் SI அலகு ஓம் (Ω). சமன்பாடு (2.16) இன் மூலம் நாம் அறிவது, மின்னோட்டம் மற்றும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கும் (வோல்டேஜ்) இடைப்பட்ட வரைபடம் ஒரு நேர்க்கோடாகும். இந்த நேர்கோட்டின் சாய்வு மின்தடை R ன் தலைகீழ் மதிப்புக்குச் சமமாகும். இதனை படம் 2.8 (அ) ன் மூலம் உணரலாம்.



படம் 2.8 மின்னோட்டம் மற்றும் மின்னழுத்த வேறுபாடு வரைபடம். (அ) ஓம் விதிக்கு உட்படும் கடத்தி (ஆ) ஓம் விதிக்கு உட்படாத கருவி (டையோடு). [டையோடு பற்றி பன்னிரண்டாம் வகுப்பு பாடம் 10 இல் விவரிக்கப்பட்டுள்ளது].

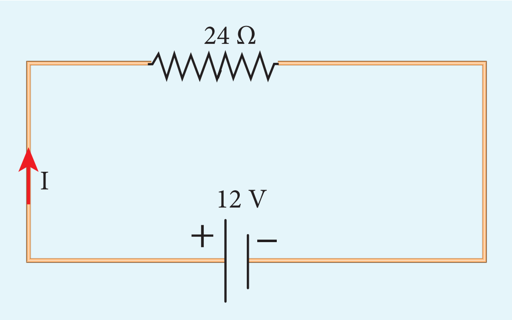
ஒரு பொருளின் மீது செல்லும் மின்னோட்டம் மற்றும் அப்பொருளின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகிய இரண்டிற்குமான வரைபடம் நேர்க்கோடாக அமைந்தால், அப்பொருட்கள் ஓம் விதிக்கு உட்படும் பொருட்கள் ஆகும் (படம் 2.8 (அ)).

படம் 2.8 (ஆ) வில் உள்ளவாறு மின்னோட்டம் மற்றும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கான வரைபடம் நேர்கோடாக அமையாமல் சிக்கலான வடிவில் இருந்தால் இவ்வகை பொருட்கள் அல்லது கருவிகள் ஓம் விதிக்கு உட்படுவதில்லை. மேலும் இவ்வகை பொருட்களுக்கு மின்தடை மாறிலியாகவும் அமையாது.

எடுத்துக்காட்டு 2.5

24 Ω மின்தடையின் குறுக்கே மின்னழுத்த வேறுபாடு 12 V எனில், மின்தடை வழியே செல்லும் மின்னோட்டத்தின் மதிப்பு என்ன?

தீர்வு



$V = 12$ V மேலும் $R = 24\ \Omega$

மின்னோட்டம், $I = ?$

ஓம் விதியிலிருந்து, $I = \frac{V}{R} = \frac{12}{24} = 0.5$ A

2.2.1 மின்தடை எண்

ஒரு கடத்தியின் மின்தடை

$$R = \frac{l}{\sigma A} \quad (2.18)$$

என முன்பகுதியில் கண்டோம். இங்கு σ என்பது அக்கடத்தியின் மின்கடத்து எண் ஆகும். இது கடத்தி செய்யப் பயன்படும் பொருளின் தன்மையை மட்டுமே சார்ந்தது. ஆனால் கடத்தியின் அளவையோ, வடிவத்தையோ பொறுத்தது அல்ல.

ஒரு பொருளின் மின்தடை எண் என்பது அதன் மின்கடத்து எண்ணின் தலைகீழ் மதிப்புக்குச் சமமாகும்.

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \quad (2.19)$$

சமன்பாடு (2.19) ஐப் பயன்படுத்தி சமன்பாடு (2.18) ஐ மாற்றி அமைக்க

$$R = \rho\frac{l}{A} \quad (2.20)$$

எனவே ஒரு பொருளின் மின்தடையானது அதன் நீளத்திற்கு நேர்த்தகவிலும், அப்பொருளின் குறுக்கு வெட்டு பரப்பிற்கு எதிர்த்தகவிலும் அமையும்.

மேலே காணும் சமன்பாட்டில் உள்ள தகவு மாறிலி ρ ஆனது பொருளின் மின்தடை எண் எனப்படும்.

$l = 1$ m மற்றும் $A = 1$ m^2 எனில், மின்தடை $R = \rho$ ஆகும். இதனை வேறுவிதமாக கூறினால் **பொருளின் மின்தடை எண் என்பது ஓரலகு நீளமும் ஓரலகு குறுக்கு வெட்டு பரப்பும் கொண்ட கடத்தியானது மின்னோட்டத்திற்கு அளிக்கும் மின்தடை ஆகும். இதன் *SI* அலகு ஓம்–மீட்டர் (Ω m).**

மின்தடை எண்ணைப் பொருத்து பொருட்களை கடத்திகள், குறைக்கடத்திகள், மின் கடத்தாப்பொருட்கள் (Insulators) என வகைப்படுத்தலாம். கடத்திகள் மிகக் குறைந்த மின் தடை எண்ணையும், மின்கடத்தாப்பொருட்கள் மிக அதிக மின்தடை எண்ணையும் மற்றும் குறைகடத்திகளின் மின்தடை எண் கடத்திகளை விட அதிகமாகவும் ஆனால் மின்கடத்தாப்பொருட்களை விட குறைவாகவும் அமையும்.

அட்டவணை (2.1) இல் சில கடத்திகள், மின்கடத்தாப் பொருட்கள் மற்றும் குறை கடத்திகளின் மின்தடை எண்கள் தரப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 2.1 பல்வேறு பொருட்களின் மின்தடை எண்

பொருட்கள்	20^{0}C இல் மின்தடை எண் ρ (Ω m)
மின்கடத்தாப் பொருட்கள் (Insulators)	
தூய நீர்	2.5×10^{5}
கண்ணாடி	$10^{10} - 10^{14}$
கடின இரப்பர்	$10^{13} - 10^{16}$
சோடியம் குளோரைடு	10^{14}
உருகிய குவார்ட்ஸ்	10^{16}
குறை கடத்திகள் (semi-conductors)	
ஜெர்மானியம்	0.46
சிலிக்கான்	640
கடத்திகள் (conductors)	
வெள்ளி	1.6×10^{-8}
தாமிரம்	1.7×10^{-8}
அலுமினியம்	2.7×10^{-8}
டங்ஸ்டன்	5.6×10^{-8}
இரும்பு	10×10^{-8}

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 88 23-12-2022 17:30:02

எடுத்துக்காட்டு 2.6

ஒரு கம்பியின் மின்தடை 20 Ω. இக்கம்பி தனது ஆரம்ப நீளத்திலிருந்து எட்டு மடங்கு நீளம் அதிகரிக்குமாறு சீராக நீட்டப்பட்டால், கம்பியின் புதிய மின்தடை என்ன?

தீர்வு

$R_1 = 20\ \Omega, R_2 = ?$

ஆரம்ப நீளம் l_1 என்பதை l எனக் கொள்வோம்.

புதிய நீளம், $l_2 = 8l_1$ அதாவது $l_2 = 8l$

ஆரம்ப மின்தடை, $R_1 = \rho \frac{l_1}{A_1}$

புதிய மின்தடை $R_2 = \rho \frac{l_2}{A_2} = \frac{\rho(8l)}{A_2}$

கம்பி நீட்டப்பட்டாலும், அதன் பருமன் மாறாது.

ஆரம்ப பருமன் = இறுதி பருமன்

$A_1 l_1 = A_2 l_2, \qquad A_1 l = A_2 (8l)$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{8l}{l} = 8$$

R_2 வின் சமன்பாட்டை R_1 இன் சமன்பாட்டினால் வகுக்க

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho(8l)}{A_2} \times \frac{A_1}{\rho l}$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{A_1}{A_2} \times 8$$

$\frac{A_1}{A_2}$ வின் மதிப்பை பிரதியிட

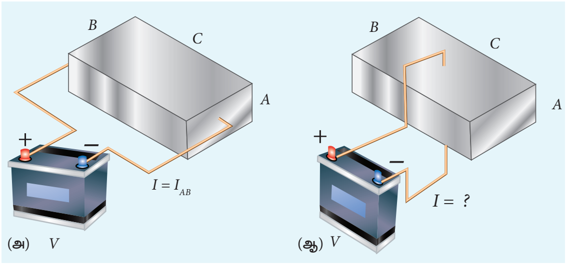
$$\frac{R_2}{R_1} = 8 \times 8 = 64$$

$R_2 = 64 \times 20 = 1280\ \Omega$

எனவே, கம்பியை நீட்டும்போது அதன் மின்தடையும் அதிகரிக்கிறது.

எடுத்துக்காட்டு 2.7

படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு A உயரம், B அகலம் மற்றும் C நீளம் கொண்ட ஒரு செவ்வக வடிவ உலோக பெட்டியைக் கருதுவோம்.



பெட்டியின் A மற்றும் B முகங்களுக்கிடையே V என்ற மின்னழுத்த வேறுபாடு அளிக்கப்படுகிறது எனில் (படம் (அ)) I_{AB} என்ற மின்னோட்டம் பாய்கிறது. பெட்டியின் B மற்றும் C முகங்களுக்கிடையே V என்ற அதே மின்னழுத்த வேறுபாட்டை அளித்தால் (படம் (ஆ)) உருவாகும் மின்னோட்டத்தை கண்டுபிடி. உனது விடையை மின்னோட்டம் I_{AB} மதிப்பின் மடங்காக எழுதுக?

தீர்வு

முதல் நேர்வில், பெட்டியின் மின்தடை

$$R_{AB} = \rho \frac{\text{நீளம்}}{\text{பரப்பு}} = \rho \frac{C}{AB}$$

மின்னோட்டம் $I_{AB} = \frac{V}{R_{AB}} = \frac{V}{\rho} \cdot \frac{AB}{C} \qquad (1)$

இரண்டாம் நேர்வில், பெட்டியின் மின்தடை

$$R_{BC} = \rho \frac{A}{BC}$$

மின்னோட்டம் $I_{BC} = \frac{V}{R_{BC}} = \frac{V}{\rho} \cdot \frac{BC}{A} \qquad (2)$

I_{AB} ன் வாயிலாக I_{BC} ஐ பெற சமன்பாடு (2) ஐ AC ஆல் பெருக்கி வகுக்க நமக்கு கிடைப்பது

$$I_{BC} = \frac{V}{\rho} \cdot \frac{BC}{A} \frac{AC}{AC} = \left(\frac{V}{\rho} \cdot \frac{AB}{C}\right) \cdot \frac{C^2}{A^2} = \frac{C^2}{A^2} \cdot I_{AB}$$

$C > A$ என்பதால் $I_{BC} > I_{AB}$

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

மனித உடலில் அதிக அளவு நீர் உள்ளதால் மின்தடை குறைவாக கிட்டத்தட்ட 200 Ω அளவே இருக்கும். மேலும் உலர்ந்த தோலின் மின்தடை மிக அதிகமாக கிட்டத்தட்ட 500 kΩ அளவு இருக்கும். ஆனால் தோலானது ஈரமானதாக இருந்தால் மின்தடையின் மதிப்பு குறைந்து கிட்டத்தட்ட 1000 Ω அளவே இருக்கும். எனவே மின் இணைப்புகளை ஈரமான கைகளுடன் தொடுவது மிகவும் ஆபத்தானதாகும்.

2.2.2 மின்தடையாக்கிகள் தொடரிணைப்பு மற்றும் பக்க இணைப்பு

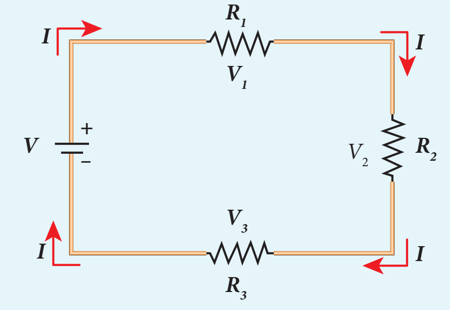
ஒரு மின் சுற்றில் மிக அதிக எண்ணிக்கையில் மின்தடையாக்கிகள் பல்வேறு வழிகளில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். ஒவ்வொரு வகை மின்சுற்றிலும் மின்தடையாக்கிகளின் இணைப்பிற்கேற்ப தொகுபயன் மின்தடையை நாம் கணக்கிடலாம்.

தொடரிணைப்பில் மின்தடையாக்கிகள்

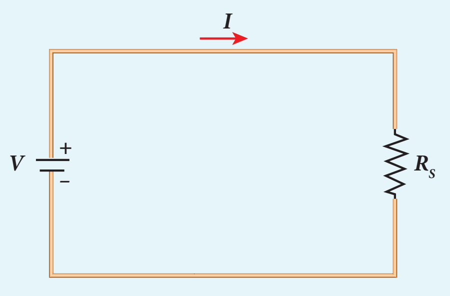
இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட மின்தடையாக்கிகள் ஒன்றன்பின் ஒன்றாக இணைப்பது தொடரிணைப்பு ஆகும். இவை எளிய மின்தடையாக்கிகளாகவோ அல்லது மின்விளக்குளாகவோ (light bulb) அல்லது வெப்பமேற்றும் சாதனங்களாகவோ அல்லது வேறு மின்சாதனங்களாகவோ அமையலாம். படம் 2.9 (அ) வில் R_1, R_2 மற்றும் R_3 ஆகிய மின்தடையாக்கிகள் தொடரிணைப்பில் உள்ளன.

மின்துகள்கள் மின்சுற்றில் எங்கும் சேகரமாகாது என்பதால் R_1 இல் பாயும் அதே அளவு மின்துகள்களே R_2 மற்றும் R_3 வழியாகவும் பாயும். எனவே, எல்லா மின்தடையாக்கிகளிலும் ஒரே அளவான மின்னோட்டமே (I) பாயும்.

ஓம் விதிப்படி ஒரே அளவுள்ள மின்னோட்டம் தொடரிணைப்பில் உள்ள வெவ்வேறு மதிப்புடைய மின்தடையாக்கிகள் வழியே பாயும்போது, மின்தடையாக்கிகளின் குறுக்கே உருவாகும் மின்னழுத்த வேறுபாடுகள் மாறுபடும்.



(அ) தொடரிணைப்பில் உள்ள மூன்று மின்தடையாக்கிகள்



(ஆ) தொகுபயன் மின்தடை (R_S)

படம் 2.9 தொடரிணைப்பில் மின்தடையாக்கிகள்

V_1, V_2 மற்றும் V_3 என்பன முறையே R_1, R_2 மற்றும் R_3 மின்தடையாக்கிகளில் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடுகள் (வோல்டேஜ்) எனில், $V_1 = IR_1$, $V_2 = IR_2$, $V_3 = IR_3$ ஆகும். ஆனால் மொத்த மின்னழுத்த வேறுபாடு V ஆனது மின்தடையாக்கிகளின் குறுக்கே உள்ள தனித்தனி மின்னழுத்த வேறுபாடுகளின் கூடுதலுக்குச் சமமாகும்.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = IR_1 + IR_2 + IR_3 \quad (2.21)$$

$$V = I\,(R_1 + R_2 + R_3)$$

$$V = IR_S \quad (2.22)$$

இங்கு R_S என்பது தொகுபயன் மின்தடையைக் குறிக்கிறது.

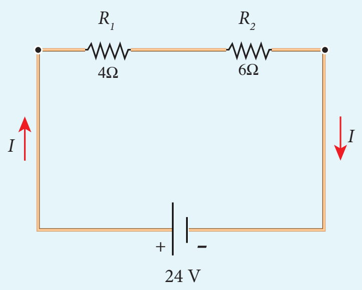
$$R_S = R_1 + R_2 + R_3 \quad (2.23)$$

எனவே பல மின் தடையாக்கிகள் தொடரிணைப்பில் உள்ளபோது, மொத்த அல்லது தொகுபயன் மின்தடையானது தனித்தனி மின்தடைகளின் கூடுதலுக்குச் சமமாகும். இது படம் 2.9(ஆ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

குறிப்பு: தொடரிணைப்பில் உள்ள மின்தடையாக்கிகளின் தொகுபயன் மின்தடையானது தனித்தனி மின்தடைகளின் மதிப்புகளை விட அதிகமாக அமையும்.

எடுத்துக்காட்டு 2.8

24 V மின்கலத்துடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள 4 Ω மற்றும் 6 Ω மின்தடையாக்கிகளுக்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடுகளை காண்க. மேலும் இந்த மின்சுற்றில் உள்ள தொகுபயன் மின்தடையைக் காண்க.



12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 90 23-12-2022 17:30:05

தீர்வு

தொடரிணைப்பில் உள்ள மின்தடையாக்கிகளின் தொகுபயன் மின்தடை $= 4\,\Omega + 6\,\Omega = 10\,\Omega$

மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம் $= \dfrac{V}{R_{eq}} = \dfrac{24}{10} = 2.4\,\text{A}$

4Ω மின்தடையாக்கியின் குறுக்கே உள்ளே மின்னழுத்த வேறுபாடு

$$V_1 = IR_1 = 2.4\,\text{A} \times 4\Omega = 9.6\,\text{V}$$

$6\,\Omega$ மின்தடையாக்கியின் குறுக்கே உள்ளே மின்னழுத்த வேறுபாடு

$$V_2 = IR_2 = 2.4\,\text{A} \times 6\Omega = 14.4\,\text{V}$$

பக்க இணைப்பில் மின்தடையாக்கிகள்

ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் குறுக்கே பல மின்தடையாக்கிகளை இணைத்தால் அவை பக்க இணைப்பில் உள்ளன எனலாம். இது படம் 2.10(அ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இவ்வகை சுற்றுகளில், மின்கலத்திலிருந்து வெளியேறும் மொத்த மின்னோட்டம் I ஆனது மூன்று பாதைகளில் பிரிகிறது. R_1, R_2 மற்றும் R_3 வழியே பாயும் மின்னோட்டங்கள் முறையே I_1, I_2 மற்றும் I_3 என்க. மின்னூட்டங்களின் மாறாவிதிப்படி மொத்த மின்னோட்டம் I ஆனது இம்மின்தடையாக்கிகள் வழியே பாயும் மின்னோட்டங்களின் கூடுதலுக்குச் சமமாகும்.

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \qquad (2.24)$$

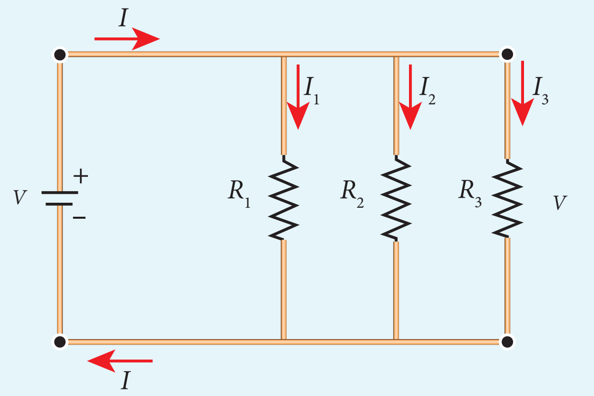
மேலும் ஒவ்வொரு மின்தடையாக்கிக்கும் குறுக்கேயும் உள்ள மின்னழுத்வேறுபாடும் சமம் என்பதால், ஒவ்வொரு மின்தடையாக்கிக்கும் நாம் ஓம் விதியை பயன்படுத்தலாம்.

$$I_1 = \frac{V}{R_1}, I_2 = \frac{V}{R_2}, I_3 = \frac{V}{R_3} \qquad (2.25)$$

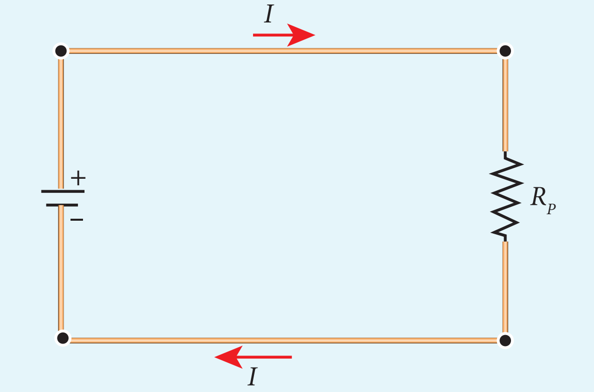
இம்மதிப்புகளை சமன்பாடு (2.24) இல் பிரதியிட

$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} = V\left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right]$$

$$I = \frac{V}{R_P}$$



(அ) பக்க இணைப்பில் உள்ள மூன்று மின்தடையாக்கிகள்



(ஆ) தொகுபயன் மின்தடை(R_p)

படம் 2.10 பக்க இணைப்பில் மின்தடைகள்

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \qquad (2.26)$$

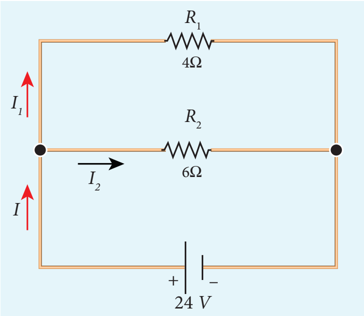
இங்கு R_p என்பது பக்க இணைப்பில் உள்ள மின்தடையாக்கிகளின் தொகுபயன் மின்தடை ஆகும். எனவே பல மின்தடையாக்கிகள் பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்படும்போது, தனித்தனி மின்தடைகளின் தலைகீழ் மதிப்புகளின் கூடுதல், தொகுபயன் மின்தடையின் தலைகீழ் மதிப்புக்குச் சமம். இதனை படம் 2.10 (ஆ) இல் காணலாம்.

குறிப்பு: பக்க இணைப்பில் மின்தடையாக்கிகள் இணைக்கப்படும் போது தொகுபயன் மின்தடை தனித்தனி மின்தடைகளின் மதிப்பை விட குறைவானதாக இருக்கும்.

வீட்டு உபயோக சாதனங்கள் எப்போதும் பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். அப்போதுதான் ஏதாவது ஒரு சாதனம் பழுதடைந்தால் அதைத்தவிர்த்து மற்ற சாதனங்கள் வேலை செய்யும்.

எடுத்துக்காட்டு 2.9

பின்வரும் மின்சுற்றில் தொகுபயன் மின்தடையைக் காண்க. மேலும் I, I_1 மற்றும் I_2 ஆகிய மின்னோட்டங்களையும் கண்டுபிடி.



தீர்வு

மின்தடையாக்கிகள் பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளதால், தொகுபயன் மின்தடை

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6}$$

$$\frac{1}{R_P} = \frac{5}{12} \text{ அல்லது } R_P = \frac{12}{5}\,\Omega$$

மின்தடையாக்கிகள் பக்க இணைப்பில் உள்ளதால், எல்லா மின்தடையாக்கிகளின் குறுக்கேயும் மின்னழுத்த வேறுபாடு சமமாக இருக்கும்.

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{24\text{V}}{4\Omega} = 6\,\text{A}$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{24}{6} = 4\,\text{A}$$

மின்சுற்றில் பாயும் மொத்த மின்னோட்டம்

$$I = I_1 + I_2 = 6\text{ A} + 4\text{ A} = 10\text{ A}$$

எடுத்துக்காட்டு 2.10

இரண்டு மின்தடையாக்கிகள் தொடரிணைப்பு மற்றும் பக்க இணைப்புகளில் இணைக்கப்படும் போது தொகுபயன் மின்தடைகள் முறையே 15 Ω மற்றும் $\frac{56}{15}\Omega$ எனில் தனித்தனி மின்தடைகளின் மதிப்புகளை காண்க.

தீர்வு

$$R_s = R_1 + R_2 = 15\,\Omega \qquad (1)$$

$$R_P = \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2} = \frac{56}{15}\,\Omega \qquad (2)$$

சமன்பாடு (1) லிருந்து $R_1 + R_2$ மதிப்பை சமன்பாடு (2) இல் பிரதியிட

$$\frac{R_1R_2}{15} = \frac{56}{15}\,\Omega$$

$$\therefore R_1R_2 = 56$$

$$R_2 = \frac{56}{R_1}\,\Omega \qquad (3)$$

சமன்பாடு (3) லிருந்து R_2 ன் மதிப்பை சமன்பாடு (1) இல் பிரதியிட

$$R_1 + \frac{56}{R_1} = 15$$

எனவே $$\frac{R_1^2 + 56}{R_1} = 15$$

$$R_1^2 + 56 = 15\,R_1$$

$$R_1^2 - 15\,R_1 + 56 = 0$$

இச்சமன்பாட்டை காரணிப்படுத்துதல் மூலமாகத் தீர்க்கலாம்.

$R_1 = 8\,\Omega$ எனில்

சமன்பாடு (1) இல் பிரதியட

$8 + R_2 = 15$

$R_2 = 15 - 8 = 7\,\Omega$,

$R_2 = 7\,\Omega$, i.e, (அதாவது $R_1 = 8\,\Omega$; $R_2 = 7\,\Omega$)

$R_1 = 7\,\Omega$ எனில்

சமன்பாடு (1) இல் பிரதியட

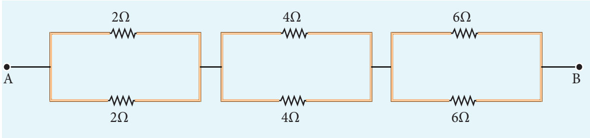
$7 + R_2 = 15$

$R_2 = 8\,\Omega$, i.e, (அதாவது $R_1 = 7\,\Omega$; $R_2 = 8\,\Omega$)

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 92 23-12-2022 17:30:11

எடுத்துக்காட்டு 2.11

கொடுக்கப்பட்டுள்ள படத்தில் உள்ள A மற்றும் B புள்ளிகளுக்கிடையே உள்ள தொகுபயன் மின்தடையைக் காண்க.



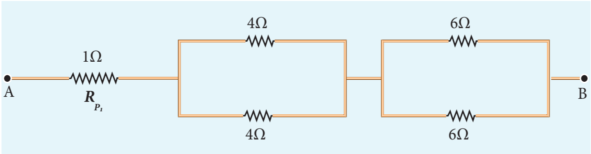
தீர்வு

பக்க இணைப்பு

பகுதி I

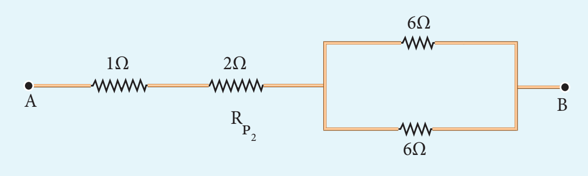
$$\frac{1}{R_{p_1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_{p_1}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = \frac{2}{2} \qquad R_{p_1} = 1\Omega$$



பகுதி II

$$\frac{1}{R_{p_2}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{2}{4}, \quad \frac{1}{R_{p_2}} = \frac{1}{2}, \quad R_{p_2} = 2\Omega$$



பகுதி III

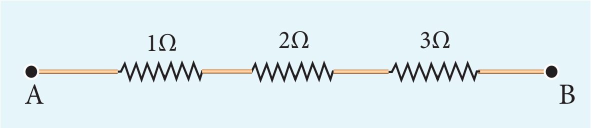
$$\frac{1}{R_{p_3}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{2}{6}$$

$$\frac{1}{R_{p_3}} = \frac{1}{3}, \quad R_{p_3} = 3\,\Omega$$

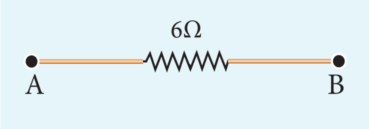
$$R = R_{p_1} + R_{p_2} + R_{p_3}$$

$$R = 1\,\Omega + 2\,\Omega + 3\,\Omega = 6\,\Omega$$

மின்சுற்று பின்வருமாறு அமையும்,

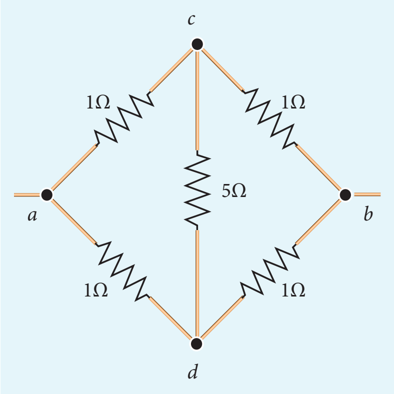


எனவே A மற்றும் B புள்ளிகளுக்கிடையே தொகுபயன் மின்தடை 6 Ω ஆகும்.



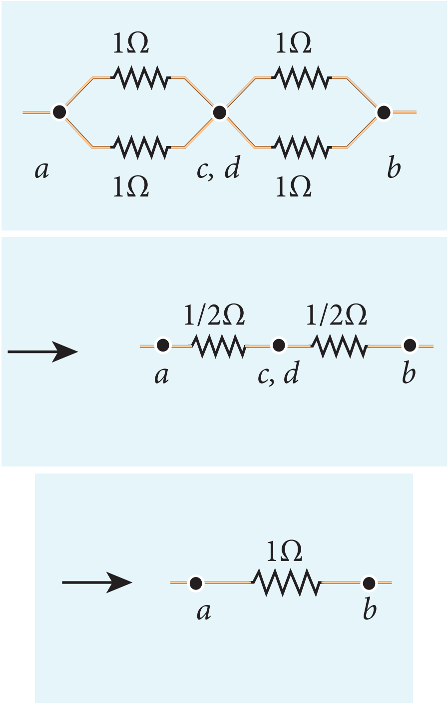
எடுத்துக்காட்டு 2.12

ஐந்து மின்தடையாக்கிகள் பின்வரும் படத்தில் காட்டியுள்ள வடிவமைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. a மற்றும் b புள்ளிகளுக்கிடையே உள்ள தொகுபயன் மின்தடையைக் காண்க.



தீர்வு

a மற்றும் b புள்ளிகளுக்கிடையே தொகுபயன் மின்தடையைக் காண, மின்னோட்டமானது a சந்தி வழியாக மின்சுற்றில் நுழைவதாக கொள்வோம். அமைப்பில் வெளிப்புற மின்தடைகள் அனைத்தும் சமமாக 1 Ω அளவில் இருப்பதால் ac மற்றும் ad பிரிவுகளில் சம அளவு மின்னோட்டம் பாயும். இதனால் c மற்றும் d புள்ளிகள் சம மின்னழுத்தத்தில் அமைவதால் 5 Ω மின்தடையாக்கி வழியே எவ்வித மின்னோட்டமும் பாயாது. எனவே தொகுபயன் மின்தடையைக் காண 5 Ω மின்தடையானது எவ்வித பங்கையும் செலுத்தாது. எனவே 5 Ω மின்தடையை நாம் புறக்கணித்து மின்சுற்றை பின்வருமாறு எளிமைப்படுத்தி வரையலாம்.



எனவே மின்சுற்றின் தொகுபயன் மின்தடை 1 Ω.

2.2.3 கார்பன் மின்தடையாக்கிகளில் நிறக்குறியீடுகள்

படம் 2.11 நமது ஆய்வகங்களில் பயன்படுத்தப்படும் மின்தடைகள்

கார்பன் மின்தடையாக்கிகளில் பீங்கான் உள்ளகத்தின் மீது மெல்லிய கார்பன் படிகம் வார்க்கப்பட்டிருக்கும் (படம் 2.11). இந்த மின்தடையாக்கிகள் செலவு குறைவானதாகவும் சிறிய அளவிலும், நீண்ட நாள் உழைக்கக்கூடியனவாகவும் அமைகின்றன. மின்தடையாக்கிகளின் மதிப்பைக்கான அதன்மீது வரையப்பட்ட நிற வளையங்கள் பயன்படுகின்றன. இதனை அட்டவணை 2.2 இல் காணலாம்.

முதல் இரண்டு வளையங்கள் மின்தடையின் முக்கிய எண்ணுருக்களாகவும், மூன்றாவது வளையத்திற்குறிய எண் குறியீடு பத்தின் அடுக்கு பெருக்கலாகவும் அமையும். நான்காவது வளையம் மின்தடை மாறுபடும் அளவை (Tolerance) குறிக்கும்.

அட்டவணை 2.2 மின்தடைகளில் நிற வளையங்கள்

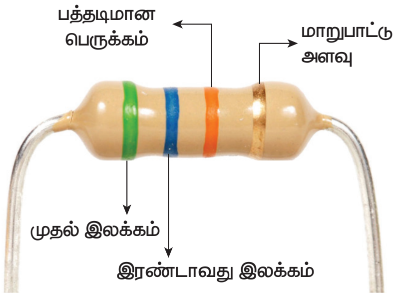
நிறம்	எண்	பெருக்க அளவு	மாறுபடும் அளவு (tolerance)
கருப்பு	0	1	
பழுப்பு	1	10^1	
சிவப்பு	2	10^2	
ஆரஞ்சு	3	10^3	
மஞ்சள்	4	10^4	
பச்சை	5	10^5	
நீலம்	6	10^6	
ஊதா	7	10^7	
சாம்பல்	8	10^8	
வெள்ளை	9	10^9	
தங்கம்		10^{-1}	5%
வெள்ளி		10^{-2}	10%
நிறமற்றது			20%

நான்காவது வளையம் இடம் பெறவில்லையெனில் மாறுபடும் அளவு 20% ஆகும்.

படம் 2.12 இல் காட்டப்பட்டுள்ள மின்தடையாக்கியில், முதல் இலக்கம் = 5 (பச்சை), இரண்டாவது இலக்கம் = 6 (நீலம்), பத்தடிமான பெருக்கம் = 10^3 (ஆரஞ்சு) மற்றும் மாறுபடும் அளவு = 5% (தங்கம்). மின்தடையாக்கியின் மதிப்பு = $56 \times 10^3\ \Omega$ அல்லது 56 k Ω மற்றும் மாறுபடும் அளவு 5%.

குறிப்பு

மின்தடைகளின் நிறக்குறியீடுகளை காணும்போது மூன்று வளையங்கள் உள்ள பகுதி நமக்கு இடது புறம் இருக்குமாறு வைத்துக்கொள்ள வேண்டும். மின்தடைகளில் உலோக நிற வளையங்கள் இடது புறமாக இருக்காது.



படம் 2.12 மின்தடைகளில் நிறக்குறியீடு

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 94 23-12-2022 17:30:15

2.2.4 வெப்பநிலையைச் சார்ந்த மின்தடை எண்

பொருட்களின் மின்தடை எண் வெப்பநிலையைச் சார்ந்து அமையும். பரந்த வெப்பநிலை நெடுக்கங்களுக்கு, கடத்திகளில் வெப்பநிலை உயரும்போது மின்தடை எண் அதிகரிக்கும் என ஆய்வுகள் மூலம் நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது. இதனை பின்வரும் சமன்பாடு மூலம் அறியலாம்.

$$\rho_T = \rho_0 \left[1 + \alpha\left(T - T_0\right)\right] \qquad (2.27)$$

இங்கு ρ_T என்பது $T\,^{o}C$ வெப்பநிலையில் மின்தடை எண், ρ_0 என்பது T_0 வெப்பநிலையில் அதன் (உ.ம் $20^{o}C$) மின்தடை எண் மற்றும் α என்பது மின்தடை வெப்பநிலை எண் (Temperature coefficient of resistivity) ஆகும்.

மின்தடை வெப்பநிலை எண் என்பது ஒரு டிகிரி வெப்பநிலை உயர்வில் ஏற்படும் மின்தடை எண் அதிகரிப்பிற்கும் T_0 வெப்பநிலையில் உள்ள மின்தடை எண்ணுக்கும் இடையே உள்ள விகிதம் ஆகும்.

சமன்பாடு (2.27) லிருந்து $\rho_T - \rho_0 = \alpha\rho_0(T - T_0)$ என எழுதலாம்.

$$\therefore \alpha = \frac{\rho_T - \rho_0}{\rho_0\left(T - T_0\right)} = \frac{\Delta\rho}{\rho_0 \Delta T}$$

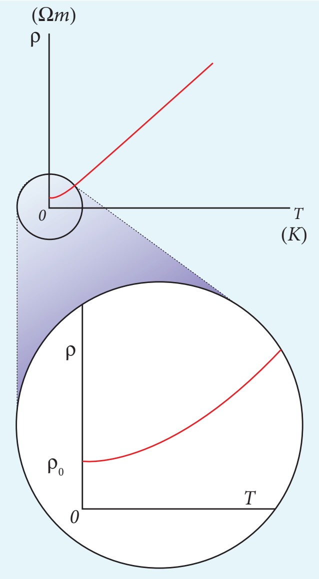
இங்கு $\Delta\rho = \rho_T - \rho_0$ என்பது $\Delta T = T - T_0$ எனும் வெப்பநிலை மாறுபாட்டால் ஏற்படும் மின்தடை எண் மாறுபாடு ஆகும். இதன் அலகு $/^{o}C$ ஆகும்.

கடத்திகளுக்கான மின்தடை வெப்பநிலை எண் α

கடத்திகளுக்கு α நேர்க்குறியுடையது. கடத்திகளின் வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது, கடத்தியில் உள்ள எலக்ட்ரான்களின் சராசரி இயக்க ஆற்றல் அதிகரிக்கும். இதன் விளைவாக மோதல்களின் எண்ணிக்கை அதிகரித்து மின்தடை எண்ணும் அதிகரிக்கும். சமன்பாடு (2.27) க்கான வரைபடம் படம் 2.13 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

கடத்திகளிலும் உலோகங்களைப் போல் பரந்த வெப்பநிலை அளவுகளுக்கு மின்தடை எண் நேர்விகிதத் தன்மையுடன் (linear) இருப்பினும், மிகக்குறைந்த வெப்பநிலைகளில் நேர் விகிதமற்றத் தன்மையும் காணப்படும்.

வெப்பநிலை மதிப்பு தனிச்சுழி வெப்பநிலையை (absolute temperature) நெருங்கும்போது மின்தடை எண் ஒரு குறிப்பிட்ட வரையறுக்கப்பட்ட மதிப்பைப் பெறும்.



படம் 2.13 (அ) வெப்பநிலைச் சார்ந்த கடத்தியின் மின்தடை எண் (ஆ) தாழ் வெப்பநிலையில் நேர்விகிதமற்ற பகுதி (Non linear region)

$\rho = R\dfrac{A}{l}$ என்ற கோவையை சமன்பாடு (2.27) இல் பிரதியிட்டு, ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் கடத்தியின் மின்தடையை பின்வரும் சமன்பாட்டின் மூலம் குறிப்பிடலாம்.

$$R_T = R_0 \left[1 + \alpha\left(T - T_0\right)\right] \qquad (2.28)$$

சமன்பாடு (2.28) லிருந்தும் மின்தடை வெப்பநிலை எண்ணைப் பெறலாம்.

$$R_T - R_0 = \alpha R_0 \left(T - T_0\right)$$

$$\therefore \alpha = \frac{R_T - R_0}{R_0\left(T - T_0\right)} = \frac{1}{R_0}\frac{\Delta R}{\Delta T}$$

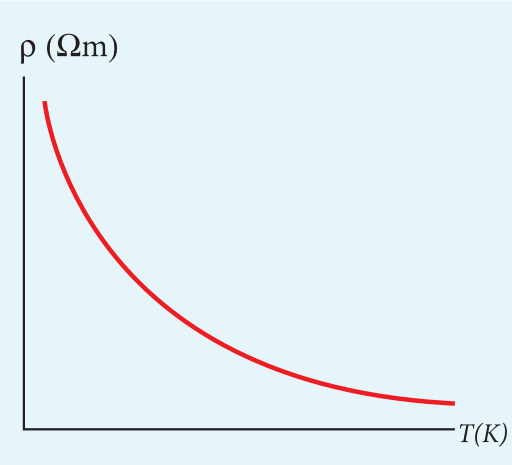
$$\alpha = \frac{1}{R_0}\frac{\Delta R}{\Delta T} \qquad (2.29)$$

இங்கு $\Delta R = R_T - R_0$ என்பது $\Delta T = T - T_0$ எனும் வெப்பநிலை மாற்றத்தில் ஏற்படும் மின்தடை மாறுபாடு ஆகும்.

குறைகடத்திகளின் α மதிப்பு

குறைகடத்திகளில், வெப்பநிலை அதிகரித்தால் மின்தடை எண் குறையும். வெப்பநிலை உயரும்போது [பாடம் 9 இல் குறைகடத்திகளில் மின்னோட்டம் பற்றி விவரிக்கப்பட்டுள்ளது] குறைகடத்தியின் அணுக்களில் இருந்து அதிக எண்ணிக்கையில் எலக்ட்ரான்கள் விடுபடும்.

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 95 23-12-2022 17:30:18



படம் 2.14 குறைகடத்திகளில் வெப்பநிலைச் சார்ந்த மின்தடை எண்

இதனால் மின்னோட்டமும் அதிகரிக்கும். அதனால் மின்தடை எண் படம் 2.14 இல் காட்டியுள்ளவாறு குறையும். எதிர்க்குறி வெப்பநிலை மின்தடை எண் உடைய குறைக்கடத்தியானது வெப்ப தடையகம் (Thermistor) எனப்படும்.

அட்டவணை 2.3 இல் பல்வேறு பொருட்களின் மின்தடை வெப்பநிலை எண்களின் மதிப்புகள் தரப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 2.3

பொருட்கள்	மின்தடை வெப்பநிலை எண் α [(°C)$^{-1}$]
வெள்ளி	3.8×10^{-3}
தாமிரம்	3.9×10^{-3}
தங்கம்	3.4×10^{-3}
அலுமினியம்	3.9×10^{-3}
டங்ஸ்டன்	4.5×10^{-3}
இரும்பு	5.0×10^{-3}
பிளாட்டினம்	3.92×10^{-3}
காரீயம்	3.9×10^{-3}
நிக்ரோம்	0.4×10^{-3}
கார்பன்	-0.5×10^{-3}
ஜெர்மானியம்	-48×10^{-3}
சிலிக்கான்	-75×10^{-3}

பின்வரும் கருத்தின் மூலம் மின்தடை எண் வெப்பநிலையை சார்ந்து இருப்பதை புரிந்து கொள்ளலாம். பகுதி 2.1.3 யில், மின் கடத்து எண் $\sigma = \frac{ne^2\tau}{m}$ எனக் கண்டோம். மின்தடை எண் ஆனது σ வின் தலைகீழ் மதிப்பாகும். இதனை கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்.

$$\rho = \frac{m}{ne^2\tau} \qquad (2.30)$$

பொருட்களின் மின்தடை எண் ஆனது

i) எலக்ட்ரான்களின் எண் அடர்த்தி (n) க்கு எதிர்த்தகவில் அமையும்.
ii) மோதலுக்கு இடைப்பட்ட சராசரி காலத்திற்கு (τ) எதிர்த்தகவில் அமையும்

கடத்தியில் வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் போது τ குறைகிறது, n மாறிலியாக இருக்கிறது. ஆனால் குறைக்கடத்தியில் வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் போது n அதிகரிக்கிறது, τ குறைகிறது. இங்கு τ குறைவைவிட n இன் அதிகரிப்பு ஆதிக்கம் உள்ளது என்பதால் ஒட்டுமொத்தமாக மின்தடை எண் குறையும்.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

ஒரு சில பொருட்களின் வெப்பநிலையானது ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலைக்கு கீழே குறையும்போது அதன் மின்தடை எண் சுழியாகும். இந்த வெப்பநிலையானது மாறுநிலை வெப்பநிலை அல்லது பெயர்வு வெப்பநிலை எனப்படும். இந்த நிகழ்வினை வெளிப்படுத்தும் பொருட்கள் மீக்கடத்திகள் (Superconductors) எனப்படும். முதன் முதலில் 1911 இல் காமர்லிங் ஒன்ஸ் என்பவர் பாதரசமானது 4.2 K வெப்பநிலையில் மீக்கடத்தும் தன்மையை வெளிப்படுத்துவதைக் கண்டறிந்தார். இந்த மீக்கடத்திகளில் மின்தடை $R = 0$ என்பதால் இதில்ஒருமுறைசெலுத்தப்படும்மின்னோட்டம் எவ்வித மின்னழுத்த வேறுபாடும் இன்றி தங்கியிருக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு 2.13

20 °C வெப்பநிலையில் ஒரு கம்பிச் சுருளின் மின்தடை 3 Ω மற்றும் α = 0.004/°C எனில் 100°C வெப்பநிலையில் அதன் மின்தடையைக் காண்க?

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 96 23-12-2022 17:30:18

தீர்வு

$R_0 = 3\ \Omega,\quad T = 100^0\text{C},\quad T_0 = 20^0\text{C}$

$\alpha = 0.004/^0\text{C},\quad R_T = ?$

$R_T = R_0(1 + \alpha(T\text{-}T_0))$

$R_{100} = 3(1 + 0.004 \times 80)$

$R_{100} = 3.96\ \Omega$

எடுத்துக்காட்டு 2.14

20°C மற்றும் 40°C வெப்பநிலைகளில் ஒரு பொருளின் மின்தடைகள் முறையே 45 Ω மற்றும் 85 Ω ஆகும் எனில் அதன் வெப்பநிலை மின்தடை எண்ணைக் கண்டுபிடி.

தீர்வு

$T_0 = 20\ ^0\text{C},\ T = 40\ ^0\text{C},\ R_0 = 45\ \Omega\ ,\ R = 85\ \Omega$

$$\alpha = \frac{1}{R_\circ}\frac{\Delta R}{\Delta T}$$

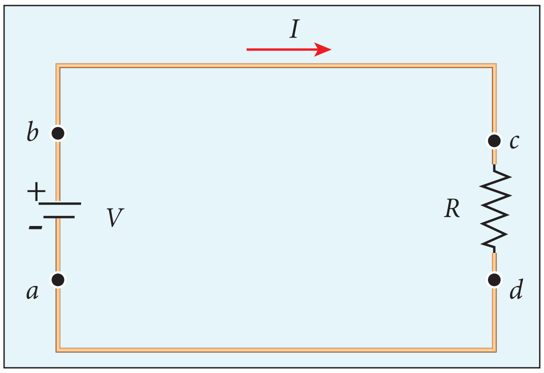
$$\alpha = \frac{1}{45}\left(\frac{85-45}{40-20}\right) = \frac{1}{45}(2)$$

$$\alpha = 0.044\ \text{per}^\circ C$$

2.3 மின் சுற்றுகளில் ஆற்றல் மற்றும் திறன்

கடத்தியின் முனைகளுக்கிடையே மின்கலத்தை இணைக்கும்போது, மின்னோட்டம் பாய்கிறது. மின்சுற்றில் இணைக்கப்பட்ட கருவிக்கு மின்கலமானது ஆற்றலை அளிக்கிறது. மின்னழுத்த வேறுபாடு V கொண்ட மின்கலமானது மின்தடையாக்கியுடன் இணைக்கப்பட்ட மின்சுற்று ஒன்றை படம் 2.15 இல் காட்டியுள்ளவாறு கருதுவோம்.

dQ மின்னூட்டம் உள்ள நேர் மின்துகள்களானது புள்ளி a விலிருந்து b க்கு மின்கலம் வழியாகவும், புள்ளி c லிருந்து d க்கு மின்தடையாக்கி வழியாகவும் நகர்ந்து மீண்டும் புள்ளி a வை அடைவதாக கொள்வோம்.



படம் 2.15 மின்கலத்தின் மூலம் ஆற்றல் அளிக்கப்படுதல்

a விலிருந்து b க்கு மின்துகள்கள் நகரும்போது, இம் மின்துகள்களானது $dU = V.dQ$ அளவு மின்னழுத்த ஆற்றலை பெறுகிறது. இதனால் மின்கலத்தின் வேதி மின்னழுத்த ஆற்றல் இதே அளவு குறைகிறது. dQ அளவு மின்னூட்டம் உள்ள மின்துகள்கள் மின்தடையாக்கி வழியாக பாய்ந்து a வை அடையும்போது மின்தடையாக்கியில் உள்ள அணுக்களின் மீது மோதி dU அளவுள்ள மின்னழுத்த ஆற்றலை இழக்கிறது. மின்கலமானது, மின்சுற்றில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் வரை இந்நிகழ்வானது தொடர்ந்து நடைபெற்று கொண்டிருக்கும். மின்துகள்கள் மின்தடையாக்கியில் எவ்வளவு வேகத்தில் மின்னழுத்த ஆற்றலை இழக்கிறது என்பதை நாம் கணக்கிடலாம்.

மின்னழுத்த ஆற்றல் அளிக்கப்படும் வீதம் மின்திறன் P எனப்படும்.

$$P = \frac{dU}{dt} = \frac{(V.dQ)}{dt} = V\frac{dQ}{dt} \qquad (2.31)$$

$I = \dfrac{dQ}{dt}$ என்பதிலிருந்து சமன்பாடு (2.31) ஐ பின்வருமாறு மாற்றி எழுதலாம்.

$$P = VI \qquad (2.32)$$

இங்கு I என்பது மின்னோட்டம் மற்றும் V என்பது மின்சாதனத்தின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகும். மேற்கண்ட சமன்பாடு மின்சாதனத்திற்கு மின்கலத்தின் மூலம் அளிக்கப்பட்டத் திறனின் மதிப்பு ஆகும்.

மின்திறனின் SI அலகு வாட் (1W = 1 J s⁻¹). வணிக ரீதியாக, நமது இல்லங்களில் பயன்படும் மின் பல்புகளில் குறிப்பிட்டுள்ள திறன் மற்றும் மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகியவற்றின் மதிப்புகள் 5 W-220 V, 30 W-220 V, 60 W-220 V ஆகும். இவைகள் கடைகளில் கிடைக்கின்றன. (படம் 2.16).

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 97 23-12-2022 17:30:20

படம் 2.16 திறன் மதிப்பு பொறிக்கப்பட்டுள்ள மின் பல்புகள்

இந்த பல்புகளில் குறிப்பிடப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடுகள் பொதுவாக RMS மாறுதிசை மின்னழுத்தவேறுபாட்டையே (RMS AC Voltage) குறிக்கும். குறிப்பிடப்பட்டுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டை விட பல்பின் குறுக்கே அதிக மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்பட்டால் மின்பல்பின் இழை துண்டிக்கப்படும் (Fuse).

ஓம் விதியை பயன்படுத்தி, மின்தடை R க்கு அளிக்கப்படும் திறனுக்கான சமன்பாட்டை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$P = IV = I\,(IR) = I^2R \qquad (2.33)$$

$$P = IV = \frac{V}{R}V = \frac{V^2}{R} \qquad (2.34)$$

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

மின்தடையில் உருவாக்கப்படும் (வெளியேறும்) மின்திறனின் அளவு $P = I^2 R$ ஆகும். இதன் மூலம் நாம் அறிவது, மின்திறனானது மின்னோட்டத்தின் இருமடியை பொறுத்தது. எனவே மின்னோட்டத்தை இருமடங்காக்கினால் மின்திறனானது நான்கு மடங்காகும். மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கும் இந்த விளக்கம் பொருந்தும்.

ஒரு மின்சாதனம் பயன்படுத்தும் மொத்த ஆற்றலைப் பெற அதன் திறன் மற்றும் அச்சாதனம் இயங்கும் நேர அளவின் பெருக்குத் தொகையை காண வேண்டும். திறன் வாட் (W) என்ற அலகிலும், காலம் விநாடியிலும் அளவிடப்படுவதால் ஆற்றலானது ஜூல் என்ற அலகில் குறிப்பிடப்படும். நடைமுறையில் மின் ஆற்றலை அளவிட கிலோ வாட் மணி (kWh) என்ற அலகு பயன்படுத்தப்படுகிறது. 1 kWh என்பது மின் ஆற்றலின் 1 அலகு (one unit) ஆகும்.

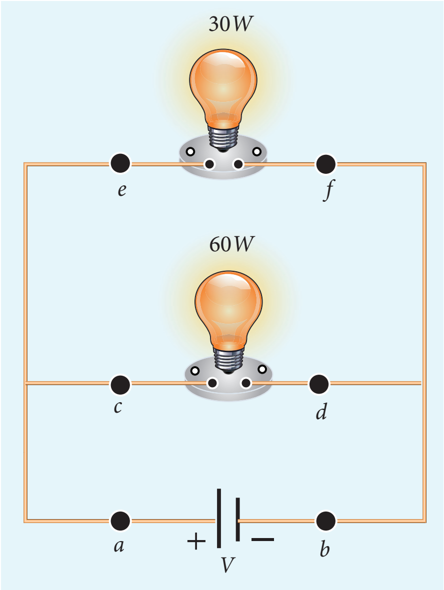
(1 kWh = 1000 Wh = (1000 W) (3600 s) = 3.6×10^6 J)

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

தமிழ்நாடு மின்சார வாரியம் நாம் பயன்படுத்தும் மின் ஆற்றலுக்கான கட்டணத்தை பெறுகிறதே தவிர மின்திறனுக்கான கட்டணம் அல்ல. 1V மின்னழுத்த வேறுபாட்டினால் பாயும் மின்னோட்டம் 1 A எனில் உருவாகும் திறன் 1W ஆகும்.

எடுத்துக்காட்டு 2.15

V என்ற மின்னழுத்த வேறுபாடு கொண்ட மின்கலம் 30 W மற்றும் 60 W திறனுள்ள மின் பல்புகளுடன் படத்தில் காட்டியவாறு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. (a) எந்த மின் பல்பு அதிக பொலிவுடன் (Brightness) ஒளிரும் ? (b) எந்த மின் பல்பு அதிக மின்தடையை கொண்டிருக்கும் ? (c) இரு மின் பல்புகளும் தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்பட்டால் எது அதிக பொலிவுடன் ஒளிரும் ?



தீர்வு

(a) மின்கலத்தினால் அளிக்கப்படும் திறன் $P = VI$ ஆகும். மின்பல்புகள் பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளதால், இவற்றின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு சமமாகும். மின்னழுத்த வேறுபாடு மாறிலியாக இருப்பதால் திறனானது மின்னோட்டத்திற்கு நேர்த்தகவில் அமையும் ($P \propto I$). எனவே 60 W மின்பல்பு 30 W மின்பல்லை விட இரு மடங்கு மின்னோட்டத்தை பெறுவதால் அது அதிக பொலிவாக இருக்கும்.

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 98 23-12-2022 17:30:20

(b) $P=\dfrac{V^2}{R}$ எனும் சமன்பாட்டில், மின்னழுத்த வேறுபாடு மாறிலி என்பதால், திறன் மின்தடைக்கு எதிர்தகவில் $\left(R\propto\dfrac{1}{P}\right)$ அமைகிறது. எனவே 30 W மின்பல்பு 60 W மின்பல்பை விட இருமடங்கு மின்தடையை பெற்றிருக்கும்.

(c) இரு மின்பல்புகளும் தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்பட்டால், அவற்றின் வழியே செல்லும் மின்னோட்டம் சமமாகும். இந்நிலை இரு மின்தடையாக்கிகள் தொடரிணைப்பில் உள்ளதற்கு ஒப்பாகும். அதிக மின்தடையுள்ள மின்பல்பின் குறுக்கே அதிக மின்னழுத்த வேறுபாடு இருக்கும். எனவே 30W மின்பல்பு அதிக பொலிவுடன் காணப்படும்.

எனவே மின்பல்பின் குறிப்பிட்டுள்ள அதிகத் திறன் அளவு மட்டும் அதிக பொலிவுத்தன்மைக்கு காரணமாகாது. ஒரு மின்பல்பின் பொலிவுத்தன்மை, மின்பல்புகள் தொடரிணைப்பில் உள்ளனவா அல்லது பக்க இணைப்பில் உள்ளனவா என்பதை பொறுத்தது.

எடுத்துக்காட்டு 2.16

20 W – 220 V மற்றும் 100 W – 220 V என குறிப்பிடப்பட்டுள்ள இரு மின்பல்புகள் தொடரிணைப்பில் 440 V மின்னழுத்த வேறுபாட்டு (Power supply) மூலத்துடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. எந்த மின்பல்பின் மின் இழை துண்டிக்கப்படும் (Fused)?

தீர்வு

எந்த மின்பல்பின் மின் இழை துண்டிக்கப்படும் என்பதைக் கண்டறிய, இரு மின்பல்புகளின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டை கணக்கிட வேண்டும்.

மின்பல்பின் மின்தடை, $R=\dfrac{V^2}{P}$

$$R=\frac{V^2}{P}=\frac{(\text{குறிப்பிட்ட வோல்டேஜ்})^2}{\text{குறிப்பிட்ட திறன்}}$$

20 W – 220 V மின்பல்பின் மின்தடை,

$$R_1=\frac{(220)^2}{20}\Omega=2420\ \Omega$$

100 W – 220 V மின்பல்பின் மின்தடை,

$$R_2=\frac{(220)^2}{100}\Omega=484\ \Omega$$

இரு மின்பல்புகளும் தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. எனவே இவற்றில் பாயும் மின்னோட்டம் சமமாக அமையும். இம் மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம், $I=\dfrac{V}{R_{tot}}$.

$$R_{tot}=(R_1+R_2)$$

$$R_{tot}=(484+2420)\Omega=2904\Omega$$

$$I=\frac{440V}{2904\Omega}\approx 0.151\,\text{A}$$

20 W மின்பல்பின் குறுக்கே மின்னழுத்த வேறுபாடு

$$V_1=IR_1=\frac{440}{2904}\times 2420\approx 366.6\ \text{V}$$

100 W மின் பல்பின் குறுக்கே மின்னழுத்த வேறுபாடு

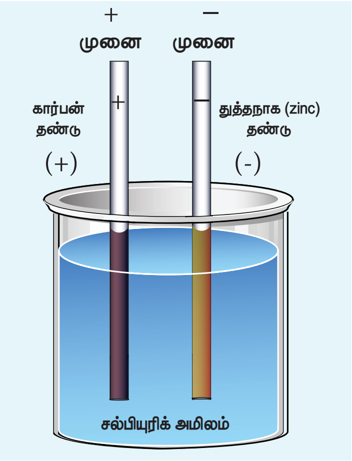
$$V_2=IR_2=\frac{440}{2904}\times 484\approx 73.3\ \text{V}$$

20 W மின்பல்பின் மின் இழை துண்டிக்கப்படும் (Fused). ஏனெனில் அதன் குறுக்கே அனுமதிக்கப்பட்ட அளவை விட அதிக மின்னழுத்த வேறுபாடு ஏற்பட்டுள்ளது.

2.4 மின்கலங்களும் மின்கலத் தொகுப்புகளும்

மின்கலம் என்பது வேதி ஆற்றலை மின் ஆற்றலாக மாற்றி மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்தும் சாதனம் ஆகும். இதில் இரு மின்தண்டுகள் மின்பகுளியில் (electrolyte) மூழ்க வைக்கப்பட்டுள்ளதை படம் 2.17 இல் காணலாம்.

மின்கலத்தொகுப்பு (Battery) என்பது பல மின்கலங்கள் (Cells) இணைக்கப்பட்ட அமைப்பு ஆகும். ஒரு மின்கலம் அல்லது மின்கலத்தொகுப்பை இணைக்கும்போது, எலக்ட்ரான்கள் எதிர்மின்முனையிலிருந்து நேர்மின் முனைக்கு மின்சுற்று வழியே பாயும். வேதி வினைகளின் மூலம், மின்கலத்தொகுப்பு அல்லது மின்கலம் மின்முனைகளுக்கிடையே மின்னழுத்த



படம் 2.17 எளிய மின்கலம்

வேறுபாட்டை உருவாக்கும். இந்த மின்னழுத்த வேறுபாடே எலக்ட்ரான்களை மின் சுற்றில் நகர்த்த தேவைப்படும் ஆற்றலை அளிக்கும். படம் 2.18 இல் வணிக ரீதியாக கடைகளில் கிடைக்கும் மின்கலங்கள் மற்றும் மின்கலத்தொகுப்புகளை காட்டுகிறது.

படம் 2.18 மின்கலங்களும் மின்கலத்தொகுப்புகளும்

2.4.1 மின் இயக்கு விசை மற்றும் அக மின்தடை

ஒரு மின்கலம் அல்லது மின்கலத்தொகுப்பு என்பது மின்னியக்கு விசை (emf) மூலமாகும். மின்னியக்கு விசை என்பது உண்மையில் விசையல்ல. இது மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் அலகான வோல்ட்டிலேயே குறிக்கப்படுகிறது. ஒரு மின்கலம் அல்லது மின்கலத் தொகுப்பில் உள்ள மின்னியக்கு விசை என்பது புறச் சுற்றில் மின்னோட்டம் பாயாத போது அதன் மின்முனைகளுக்கு இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டை குறிக்கிறது. இது படம் 2.19 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

மின்னியக்கு விசை என்பது, மின்கலத் தொகுப்பானது மின்சுற்றில் ஓரலகு மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகள்களை நகர்த்த தேவைப்படும் வேலையின் அளவைக் குறிக்கிறது. இதன் குறியீடு ε ஆகும். ஒரு இலட்சிய மின்கலத்தொகுப்பின் அகமின்தடை சுழி (Internal resistance)

படம் 2.19 மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசையை அளவிடுதல்

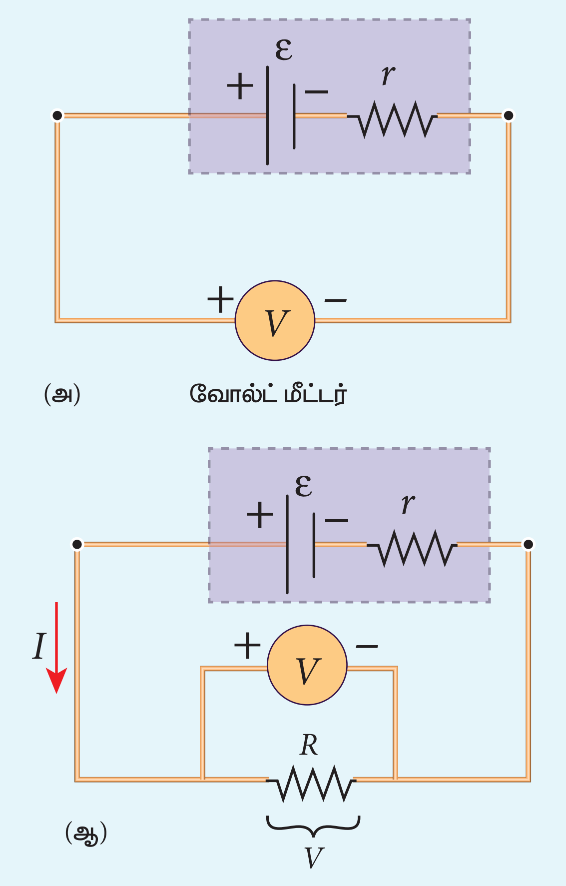
ஆகும். எனவே மின்கலத் தொகுப்பின் மின்முனைகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு என்பது அதன் மின்னியக்கு விசைக்கு சமம். ஆனால் நடைமுறையில் ஒரு மின்கலத் தொகுப்பானது மின்தண்டுகள் (electrodes) மற்றும் மின் பகுளியால் (electrolyte) ஆனது. இதனால் மின்கலத்தினுள் மின்துகள்களின் ஓட்டத்திற்கு தடை இருக்கும். இந்த மின்தடையே அகமின்தடை *r* எனப்படும். எனவே நடைமுறையில் உள்ள மின்கலத் தொகுப்பில் மின்முனைகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு மின்னியக்கு விசைக்கு சமமல்ல. புதியதாக உருவாக்கப்பட்ட மின்கலத்தின் அகமின்தடை குறைவாக இருக்கும். அதன் பயன்பாடு அதிகரிக்க அதிகரிக்க (நாளாக) அகமின்தடை அதிகரிக்கும்.

2.4.2 அகமின்தடையைக் கணக்கிடுதல்

படம் 2.20 இல் உள்ளவாறு மின்சுற்றில் இணைப்புகள் தரப்படுகிறது.

மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசை ε ஐ கண்டறிய அதன் குறுக்கே உயர் மின்தடை கொண்ட வோல்ட்மீட்டர் இணைக்கப்படுகிறது. இங்கு புறமின்தடையாக்கி R இணைக்கப்படக்கூடாது. (படம் 2.20(அ)). வோல்ட்மீட்டர் மிகக்குறைந்த அளவே மின்னோட்டத்தை எடுத்துக்கொள்வதால் இச்சுற்று திறந்த சுற்றாக கருதப்படும். எனவே வோல்ட்மீட்டர் காட்டும் அளவு என்பது மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசையின் அளவே. R என்ற புறமின்தடையாக்கியை மின்சுற்றில் இணைத்தால் I என்ற மின்னோட்டம் சுற்றில் உருவாக்கப்படும். மேலும் R ன் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு மின்கலத்தின்

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 100 23-12-2022 17:30:25



படம் 2.20 மின்கலத்தின் அகமின்தடை

குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்குச் சமமாகும் (மின்னியக்கு விசைக்குச் சமமல்ல). இது படம் 2.20 (ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

R மின்தடையாக்கியின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு

$$V = IR \qquad (2.35)$$

அகமின்தடை r ன் காரணமாக, வோல்ட் மீட்டர் காட்டும் V ன் மதிப்பு மின்னியக்கு விசை ε ஐ விட குறைவாக இருக்கும். இதற்கு காரணம் Ir என்ற மின்னழுத்த வேறுபாடு r இன் குறுக்கே ஏற்படுவதே ஆகும்.

இதனால் $V = \varepsilon - Ir$

$$Ir = \varepsilon - V \qquad (2.36)$$

சமன்பாடு (2.36) ஐ சமன்பாடு (2.35) ஆல் வகுக்க

$$\frac{Ir}{IR} = \frac{\varepsilon - V}{V}$$

$$r = \left[\frac{\varepsilon - V}{V}\right] R \qquad (2.37)$$

ε, V மற்றும் R ஆகியவைகளின் மதிப்புகள் தெரியும் என்பதால், அகமின்தடை (r) ஐ கணக்கிடலாம். அதேபோல மின்சுற்றில் உள்ள மொத்த மின்னோட்டத்தையும் கணக்கிடலாம்.

அக மின்தடை காரணமாக, மின்சுற்றுக்கு அளிக்கப்படும் திறன் மின்கலத்தொகுப்பில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ள திறனுக்கு சமமாக இருக்காது. ε அளவு மின்னியக்கு விசையும் r அளவு அகமின்தடையும் கொண்ட மின்கலம் R மின்தடை கொண்ட மின்சுற்றுக்கு அளிக்கும் திறனுக்கான கோவை பின்வருமாறு எழுதப்படுகிறது.

$P = I\varepsilon = I\,(V + Ir)$ (சமன்பாடு 2.36 லிருந்து)

இங்கு V என்பது R ன் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு. இது IR க்குச் சமம்.

எனவே, $P = I\,(IR + Ir)$

$$P = I^2 R + I^2 r \qquad (2.38)$$

இங்கு I^2r என்பது அகமின்தடைக்கு அளிக்கப்பட்ட திறன் மற்றும் I^2R என்பது R என்ற மின்தடைக்கோ (அல்லது) பயன்படுத்தப்படும் மின் சாதனத்திற்கோ அளிக்கப்படும் திறனாகும்.

ஒரு சிறந்த மின்கலத்தொகுப்பிற்கு அகமின்தடை r மிக குறைவு என்பதால் $I^2r << I^2R$ ஆகும். எனவே கிட்டத்தட்ட ஒட்டுமொத்த திறனும் மின்தடை R க்கு அளிக்கப்படும்.

எடுத்துக்காட்டு 2.17

12 V மின்னியக்குவிசைகொண்டமின்கலத்தொகுப்பு 3 Ω மின்தடையாக்கியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மின் சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம் 3.93 A எனில் (அ) மின்கலத்தொகுப்பின் மின்முனைகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் அகமின்தடை ஆகியவற்றை கணக்கிடுக. (ஆ) மின்கலத் தொகுப்பு அளிக்கும் திறனையும், மின்தடையாக்கி பெறும் திறனையும் கணக்கிடுக.

தீர்வு

$I = 3.93\ \text{A}, \quad \varepsilon = 12\ \text{V}, \quad R = 3\ \Omega$

(a) மின்கலத் தொகுப்பின் மின்முனைகளுக்கிடைப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு என்பது மின்தடையாக்கிக்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்குச் சமமாகும்.

$V = IR = 3.93 \times 3 = 11.79\ \text{V}$

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 101 23-12-2022 17:30:25

மின்கலத் தொகுப்பின் அக மின்தடை

$$r = \left[\frac{\varepsilon - V}{V}\right]R = \left[\frac{12 - 11.79}{11.79}\right] \times 3 = 0.05\ \Omega$$

(b) மின்கலத்தொகுப்பு அளிக்கும் திறன்

$P = I\varepsilon = 3.93 \times 12 = 47.1$ W

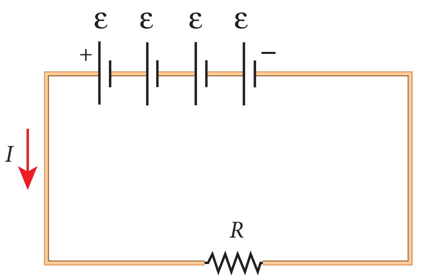
மின்தடையாக்கி பெறும் திறன் $= I^2 R = 46.3$ W

மீதமுள்ள திறன் $P = (47.1 - 46.3) = 0.8$ W. இந்த திறனே அகமின்தடைக்கு அளிக்கப்படும். மேலும் இது பயனுள்ள வேலைக்கு கிடைக்காது. இம்மதிப்பு $I^2 r$ க்குச் சமமாகும்.

2.4.3 மின்கலங்கள் தொடரிணைப்பு

பல மின்கலங்கள் இணைக்கப்பட்டு மின்கலத் தொகுப்பு உருவாக்கப்படும். தொடரிணைப்பில் முதல் மின்கலத்தின் எதிர் மின்முனை இரண்டாவது மின்கலத்தின் நேர்மின்முனையுடனும், இரண்டாவது மின்கலத்தின் எதிர் மின்முனை மூன்றாவது மின்கலத்தின் நேர்மின் முனையுடனும் இணைக்கப்படும். இணைக்கப்படாத முதல் மின்கலத்தின் நேர்மின்முனை மற்றும் இணைக்கப்படாத கடைசி மின்கலத்தின் எதிர் மின்முனைகளே மின்கலத்தொகுப்பின் மின் முனைகளாக அமையும்.

அகமின்தடையும், ε மின்னியக்கு விசையும் கொண்ட n மின்கலங்கள் படம் 2.21 இல் உள்ளவாறு R என்ற புறமின்தடையாக்கியுடன் தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.



படம் 2.21 மின்கலங்கள் – தொடரிணைப்பு

மின்கலத் தொகுப்பின் மொத்த மின்னியக்கு விசை $= n\varepsilon$

மின்சுற்றின் மொத்த மின்தடை $= nr + R$

ஓம் விதியின்படி, மின்சுற்றின் மின்னோட்டம் =

$$I = \frac{\text{மொத்த மின்னியக்கு விசை}}{\text{மொத்த மின்தடை}} = \frac{n\varepsilon}{nr + R} \qquad (2.39)$$

நிலை (a) $r << R$, எனில்

$$I = \frac{n\varepsilon}{R} \approx nI_1 \qquad (2.40)$$

இங்கு I_1 என்பது ஒரு மின்கலத்தின் ஏற்படும் மின்னோட்டம்

$$\left(I_1 = \frac{\varepsilon}{R}\right)$$

எனவே R ஐப் பொறுத்து r மிகக்குறைவாக புறக்கணிக்க தக்க அளவு இருப்பின் மின்கலத்தொகுப்பு ஏற்படுத்தும் மின்னோட்டம் ஒரு மின்கலம் ஏற்படுத்தும் மின்னோட்டத்தை போன்று n மடங்கு அமையும்.

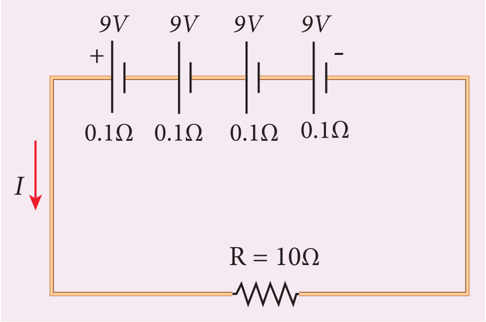
$$\text{நிலை (b) } r >> R, \text{ எனில் } I = \frac{n\varepsilon}{nr} \approx \frac{\varepsilon}{r} \qquad (2.41)$$

இது ஒரு மின்கலம் ஏற்படுத்தும் மின்னோட்டம் ஆகும். எனவே மின்கலத்தொகுப்பின் மின்னோட்டமும் ஒரு மின்கலத்தின் மின்னோட்டமும் சமம் ஆகும். இந்நிலை பயனற்றது.

எனவே தொடரிணைப்பில் மின்கலங்கள் இணைக்கப்படும்போது மின்கலங்களின் தொகுபயன் அகமின்தடை புறமின் தடையை விட மிகச்சிறிய மதிப்பாக உள்ளபோது மட்டுமே பயனுள்ளதாக இருக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு 2.18

பின்வரும் மின்சுற்றில்,



12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 102 23-12-2022 17:30:27

(i) இணைப்பு தொகுப்பின் தொகுபயன் மின்னியக்கு விசை
(ii) இணைப்பு தொகுப்பின் தொகுபயன் அகமின்தடை
(iii) மொத்த மின்னோட்டம்
(iv) புறமின்தடையாக்கியின் குறுக்கே மின்னழுத்த வேறுபாடு
(v) ஒவ்வொரு மின்கலத்தின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகியவற்றை கண்டுபிடி

தீர்வு

i) இணைப்பின் தொகுபயன் மின்னியக்கு விசை $\varepsilon_{eq} = n\varepsilon = 4 \times 9 = 36$ V

ii) தொகுபயன் அகமின்தடை $r_{eq} = nr = 4 \times 0.1 = 0.4\ \Omega$

iii) மொத்த மின்னோட்டம் $I = \dfrac{n\varepsilon}{R+nr}$

$$= \frac{4\times 9}{10+(4\times 0.1)}$$

$$= \frac{4\times 9}{10+0.4} = \frac{36}{10.4}$$

$$I = 3.46\ \text{A}$$

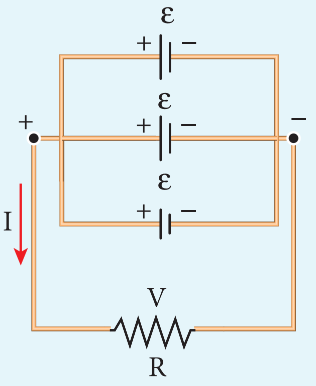
iv) புற மின்தடையாக்கி குறுக்கே மின்னழுத்த வேறுபாடு $V = IR = 3.46 \times 10 = 34.6$ V. மீதமுள்ள 1.4 V ஆனது மின்கலங்களின் அகமின்தடைக்கு குறுக்கே உருவாக்கப்படுகிறது.

v) ஒவ்வொரு மின்கலத்தின் குறுக்கே ஏற்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு $\dfrac{V}{n} = \dfrac{34.6}{4} = 8.65\,\text{V}$

2.4.4 பக்க இணைப்பில் மின்கலங்கள்

பக்க இணைப்பில் எல்லா மின்கலங்களின் நேர் மின்முனைகளும் ஒரு புள்ளியில் இணைக்கப்படும். இதேபோல் எல்லா எதிர் மின்முனைகளும் மற்றொரு புள்ளியில் இணைக்கப்படும். இந்த இரு புள்ளிகளும் முறையே மின்கலத்தொகுப்பின் நேர் மற்றும் எதிர்மின்முனைகளாக அமையும்.

A மற்றும் B புள்ளிகளுக்கிடையே n மின்கலங்கள் பக்க இணைப்பில் R என்ற புறமின்தடையாக்கியுடன் படம் 2.22 இல் உள்ளவாறு இணைக்கப்பட்டுள்ளன.



படம் 2.22 பக்க இணைப்பில் மின்கலங்கள்

மின்கலத் தொகுப்பின் தொகுபயன் அகமின்தடை

$$\frac{1}{r_{eq}} = \frac{1}{r}+\frac{1}{r}+\ldots.\frac{1}{r}\ (n \text{ கூறுகள்}) = \frac{n}{r}.$$

$r_{eq} = \dfrac{r}{n}$ மின்சுற்றின் மொத்த மின்தடை $= R+\dfrac{r}{n}$. மொத்த மின்னியக்கு விசை என்பது A மற்றும் B புள்ளிகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகும். இது ε க்கு சமம்.

சுற்றில் உள்ள மின்னோட்டம்

$$I = \frac{\varepsilon}{\frac{r}{n}+R}$$

$$I = \frac{n\varepsilon}{r+nR} \qquad (2.42)$$

நிலை (a) $r >> R$, எனில் $I = \dfrac{n\varepsilon}{r} = nI_1$ (2.43)

இங்கு R புறக்கணிக்கத்தக்க அளவு உள்ளபோது I_1 என்பது ஒரே ஒரு மின்கலத்தினால் ஏற்படும் மின்னோட்டம். இது $\left(\dfrac{\varepsilon}{r}\right)$ க்குச் சமம். எனவே மின்கலத் தொகுப்பினால் R வழியே ஏற்படும் மின்னோட்டம் ஒரே ஒரு மின்கலத்தினால் ஏற்படும் மின்னோட்டத்தை போல் n மடங்கு அமையும்.

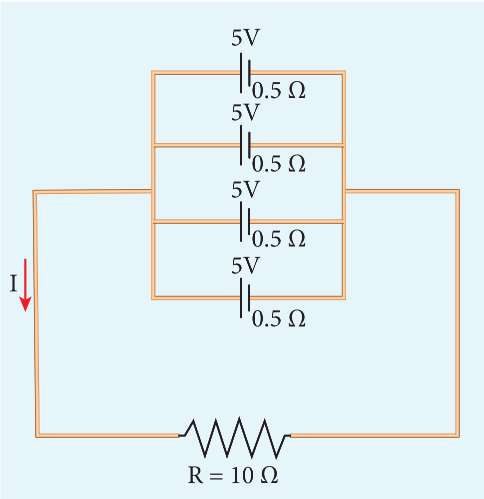
நிலை (b) $r<<R$, எனில் $I = \dfrac{\varepsilon}{R}$ (2.44)

சமன்பாடு (2.44) லிருந்து, நாம் அறிவது மின்கலத்தொகுப்பினால் ஏற்படும் மின்னோட்டம் ஒரே ஒரு மின்கலத்தினால் ஏற்படும் மின்னோட்டத்திற்குச் சமம். எனவே மின்கலங்களின் பக்க இணைப்பில் இணைக்கும் போது புறமின் தடையானது மின்கலங்களின் அகமின்தடையை விட குறைவாக இருந்தால் மட்டுமே பயனுள்ளதாக அமையும்.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

காரில் முகப்பு விளக்கு எரியும் நிலையில் என்ஜினை இயக்கும்போது, முகப்பு விளக்கின் பொலிவு சிறிது குறையும். இதற்கு காரணம் காரில் உள்ள மின்கலத்தின் அகமின்தடை ஆகும்.

எடுத்துக்காட்டு 2.19



i) தொகுபயன் மின்னியக்கு விசை

ii) தொகுபயன் அக மின்தடை

iii) மொத்த மின்னோட்டம் (I)

iv) ஒவ்வொரு மின்கலத்தின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு

v) ஒவ்வொரு மின்கலம் மூலம் ஏற்படும் மின்னோட்டம் ஆகியவற்றை கணக்கிடுக

தீர்வு

i) தொகுபயன் மின்னியக்கு விசை $\varepsilon_{eq} = 5\ \text{V}$

ii) தொகுபயன் அகமின்தடை,

$$R_{eq} = \frac{r}{n} = \frac{0.5}{4} = 0.125\Omega$$

iii) மொத்த மின்னோட்டம், $I = \dfrac{\varepsilon}{R + r/n}$

$$I = \frac{5}{10 + 0.125} = \frac{5}{10.125}$$

$$I \approx 0.5\ \text{A}$$

iv) ஒவ்வொரு மின்கலத்தின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு

$$V = IR = 0.5 \times 10 = 5\ \text{V}$$

v) ஒவ்வொரு மின்கலத்தினால் ஏற்படும் மின்னோட்டம், $I' = \dfrac{I}{n}$

$$I' = \frac{0.5}{4} = 0.125\,\text{A}$$

2.5 கிர்க்கா.ஃப் விதிகள் (KIRCHHOFF'S RULES)

ஓம் விதி எளிய மின்சுற்றுகளுக்கு மட்டுமே பயன்படும். சிக்கலான மின் சுற்றுகளில் மின்னோட்டம் மற்றும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை கணக்கிட கிர்க்கா.ஃப் விதிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. அவை

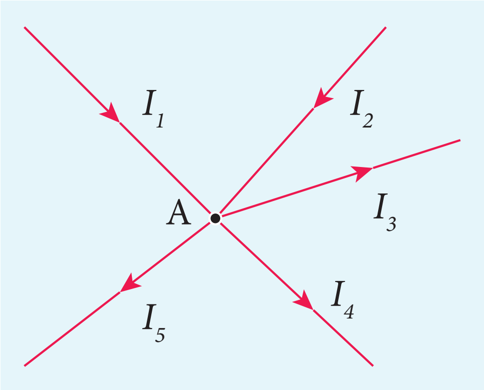
i) கிர்க்கா.ஃப் மின்னோட்ட விதி

ii) கிர்க்கா.ஃப் மின்னழுத்த வேறுபாட்டு விதி ஆகும்.

2.5.1 கிர்க்கா.ஃப் முதல் விதி (மின்னோட்டவிதி அல்லது சந்தி விதி)

எந்த ஒரு சந்தியிலும் சந்திக்கின்ற மின்னோட்டங்களின் குறியியல் கூட்டுத்தொகை (Algebraic Sum) சுழியாகும். இது மின்துகள்களில் உள்ள மின்னூட்டங்களின் அழிவின்மை விதியின் அடிப்படையில் அமைகிறது. சந்திகளில் மின்துகள்கள் உருவாக்கப்படுவதோ அழிவதோ இல்லை. அதாவது சந்தியில் நுழையும் மின்துகள்கள் அனைத்தும் சந்தியை விட்டு வெளியேறும். கிர்க்கா.ஃப் முதல் விதியைப் பயன்படுத்தும் போது சந்தியை நோக்கிச் செல்லும் மின்னோட்டம் நேர்க்குறி எனவும் சந்தியை விட்டு வெளியேறும் மின்னோட்டம் எதிர்க்குறி எனவும் எடுத்துக்கொள்ளப்படும்.

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 104 23-12-2022 17:30:32



படம் 2.23 கிர்க்காஃப் மின்னோட்ட விதி

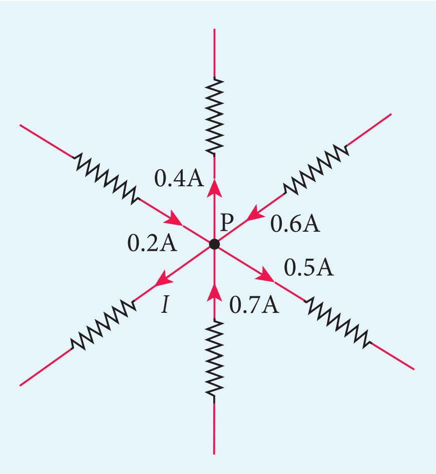
A சந்திக்கு இவ்விதியை பயன்படுத்த (படம் 2.23)

$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 - I_5 = 0$ (அல்லது)

$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$

எடுத்துக்காட்டு 2.20

பின்வரும் மின்சுற்றில் I ன் மதிப்பை கண்டுபிடி.



தீர்வு

மின்சுற்றில் P என்ற புள்ளிக்கு கிர்க்காஃப் முதல் விதியை பயன்படுத்த,

P ஐ நோக்கி செல்லும் அம்புக்குறிகளை (மின்னோட்டத்தை) நேர்குறியாகவும், P விட்டு விலகிச் செல்லும் அம்புக்குறிகளை (மின்னோட்டங்கள்) எதிர்க்குறியாகவும் எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். எனவே,

$0.2A - 0.4A + 0.6A - 0.5A + 0.7A - I = 0$

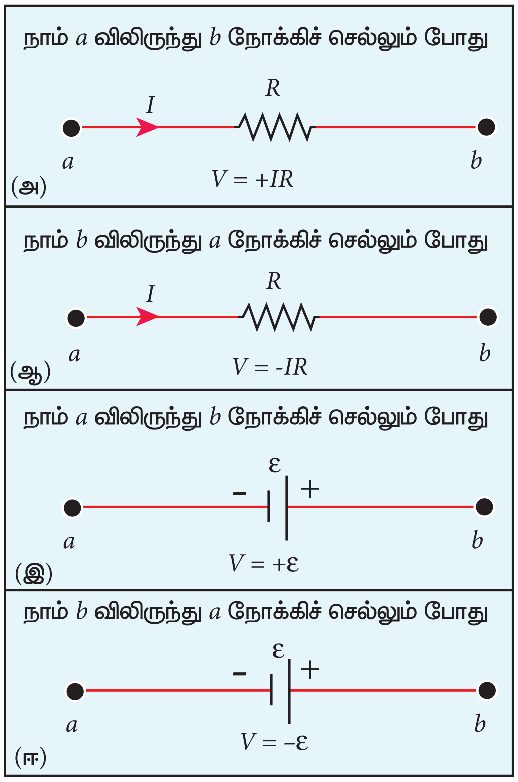
$1.5A - 0.9A - I = 0$

$0.6A - I = 0$

$I = 0.6\ A$

2.5.2 கிர்க்காஃப் இரண்டாவது விதி (மின்னழுத்த வேறுபாட்டு விதி அல்லது சுற்று விதி)

இவ்விதியின்படி எந்தவொரு மூடிய சுற்றின் ஒவ்வொரு பகுதியிலும் உள்ள மின்னோட்டம் மற்றும் மின்தடை ஆகியவற்றின் பெருக்கற்பலன்களின் குறியியல் கூட்டுத் தொகையானது, அந்த மின்சுற்றில் உள்ள மின்னியக்கு விசைகளின் குறியியல் கூட்டுத்தொகைக்குச் சமம். இந்த விதி தனித்த அமைப்பின் ஆற்றல் மாறா விதிப்படி அமைகிறது. அதாவது மின்னியக்கு விசை மூலம் அளிக்கும் ஆற்றலானது எல்லா மின்தடையாக்கிகள் பெறும் ஆற்றல்களின் கூடுதலுக்குச் சமமாகும். மூடிய சுற்றில் (Closed loop) நாம் செல்லும் திசை வழியே மின்னோட்டம் சென்றால், அம்மின்னோட்டம் மற்றும் அப்பாதையில் உள்ள மின்தடை ஆகியவற்றின் பெருக்கற்பலனின் மதிப்பு நேர்க்குறியாகவும், மூடிய சுற்றில் நாம் செல்லும் திசைக்கு எதிர்த்திசையில் மின்னோட்டம் சென்றால், அம்மின்னோட்டம் மற்றும் அப்பாதையில் உள்ள மின்தடை ஆகியவற்றின் பெருக்கற்பலன் மதிப்பு எதிர்க்குறி மதிப்பாகவும் எடுத்துக்கொள்ளப்படும். இது படம் 2.24 (அ) மற்றும் (ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. அதேபோல் மூடிய சுற்றில் நாம் செல்லும் திசையின் வழியே மின்கலத்தின் எதிர்மின் முனையிலிருந்து நேர்மின் முனை வழியாக நாம் செல்லும் போது மின்னியக்கு விசை நேர்க்குறியாகவும் அதேபோல்



படம் 2.24 கிர்க்காஃப் மின்னழுத்த விதி

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 105 23-12-2022 17:30:32

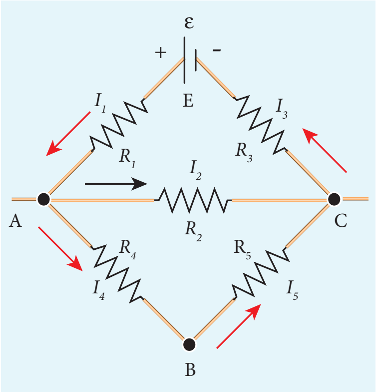
மின்கலத்தின் நேர் மின் முனையிலிருந்து எதிர்மின் முனை வழியாகச் செல்லும் போது மின்னியக்கு விசை எதிர்க்குறியாகவும் எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. இது படம் 2.24 (இ) மற்றும் (ஈ) காட்டப்படுகிறது.

கிர்க்காஃப் மின்னழுத்த வேறுபாட்டு விதியை பயன்படுத்தும்போது சுற்றில் உள்ள அனைத்து மின்னோட்டங்களும் நிலையான மதிப்பை பெற வேண்டும் எனும் நிபந்தனை பின்பற்றப்பட வேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டு 2.21

பின்வரும் படத்தில் கடத்திகள் சிக்கலான வலைப்பின்னல் வடிவத்தில் அமைக்கப்பட்டு EACE மற்றும் ABCA ஆகிய மூடிய சுற்றுகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது.

இந்த அமைப்பிற்கு கிர்க்காஃப் மின்னழுத்த வேறுபாட்டு விதியை பயன்படுத்துக.



தீர்வு

EACE என்ற மூடிய சுற்றுக்கு கிர்க்காஃப் மின்னழுத்த வேறுபாட்டு விதியை பயன்படுத்தினால்

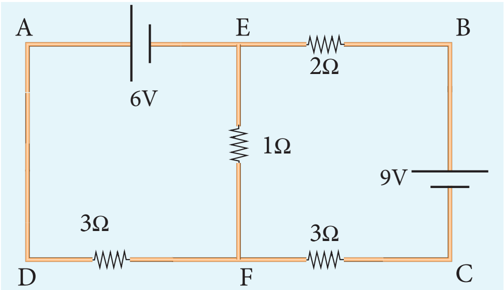
$$I_1R_1 + I_2R_2 + I_3R_3 = \varepsilon$$

அதேபோல் ABCA எனும் மூடிய சுற்றுக்கு

$$I_4R_4 + I_5R_5 - I_2R_2 = 0$$

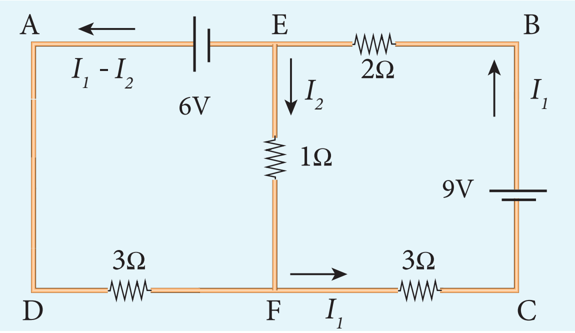
எடுத்துக்காட்டு 2.22

பின்வரும் மின்சுற்றில் 1 Ω மின்தடையாக்கி வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தை கணக்கிடுக



தீர்வு

9V மின்கலத்திலிருந்து பாயும் மின்னோட்டத்தை I_1 எனக்கொள்வோம். கிர்க்காஃப் மின்னோட்ட விதிப்படி I_1 ஆனது I_2 மற்றும் $(I_1 - I_2)$ என சந்தி E இல் பிரிகிறது. இதனை படத்தில் காணலாம்.



EFCBE எனும் மூடிய சுற்றில் கிர்க்காஃப் மின்னழுத்த வேறுபாட்டு விதியை பயன்படுத்த,

$$1I_2 + 3I_1 + 2I_1 = 9$$

$$5I_1 + I_2 = 9 \qquad (1)$$

EADFE எனும் மூடிய சுற்றில் கிர்க்காஃப் மின்னழுத்த வேறுபாட்டு விதி (KVR) யை பயன்படுத்த,

$$3\,(I_1 - I_2) - 1I_2 = 6$$

$$3I_1 - 4I_2 = 6 \qquad (2)$$

சமன்பாடு (1) மற்றும் (2) ஆகியவற்றை தீர்க்க, நமக்கு கிடைப்பது

$I_1 = 1.83$ A மேலும் $I_2 = -0.13$ A

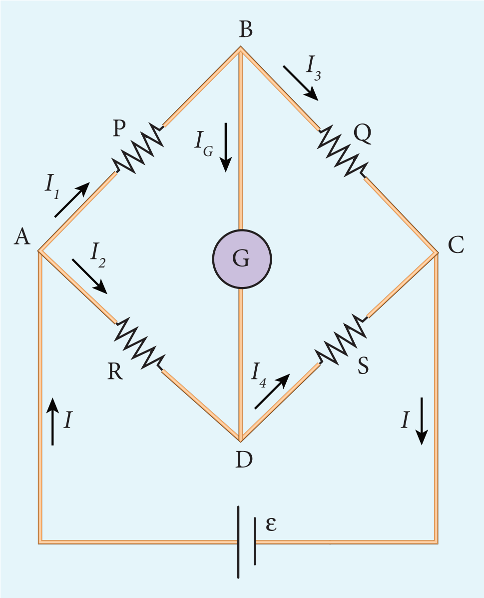
எனவே 1 Ω மின்தடையில் மின்னோட்டம் F லிருந்து E க்கு பாயும்.

2.5.3 வீட்ஸ்டோன் சமனச் சுற்று

கிர்க்காஃப் விதிகளின் முக்கிய பயன்பாடாக வீட்ஸ்டோன் சமனச் சுற்று அமைகிறது. மின்சுற்று வலை (electrical networks) அமைப்புகளில் வீட்ஸ்டோன் சமனச்சுற்றின் மூலம் தெரியாத மின்தடையாக்கியின் மதிப்பை கண்டறியவும், மின்தடையாக்கிகளை ஒப்பிடவும் முடியும்.

இந்த வலை அமைப்பில் *P*, *Q*, *R* மற்றும் *S* மின்தடையாக்கிகள் படம் 2.25 இல் உள்ளவாறு இணைக்கப்பட்டுள்ளன. *G* என்ற கால்வனா மீட்டரானது *B* மற்றும் *D* புள்ளிகளுக்கிடையே இணைக்கப்பட்டுள்ளது. கால்வனா மீட்டர் வழியே

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 106 23-12-2022 17:30:33



படம் 2.25 வீட்ஸ்டோன் சமனச் சுற்று

பாயும் மின்னோட்டம் I_G எனவும் அதன் மின்தடை G எனவும் எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது.

B சந்திக்கு கிர்க்காஃப் மின்னோட்ட விதியை பயன்படுத்த,

$$I_1 - I_G - I_3 = 0 \qquad (2.45)$$

D சந்திக்கு கிர்க்காஃப் மின்னோட்ட விதியை பயன்படுத்த,

$$I_2 + I_G - I_4 = 0 \qquad (2.46)$$

$ABDA$ என்ற மூடிய சுற்றுக்கு கிர்க்காஃப் மின்னழுத்த வேறுபாட்டு விதியை பயன்படுத்த,

$$I_1P + I_GG - I_2R = 0 \qquad (2.47)$$

$ABCDA$ என்ற மூடிய சுற்றுக்கு கிர்க்காஃப் மின்னழுத்த வேறுபாட்டு விதியை பயன்படுத்த,

$$I_1P + I_3Q - I_4S - I_2R = 0 \qquad (2.48)$$

B மற்றும் D புள்ளிகள் சமமின்னழுத்தத்தில் இருந்தால், வீட்ஸ்டோன் சமனச்சுற்று சமநிலையில் இருக்கும். B மற்றும் D புள்ளிகளுக்கிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு இல்லை என்பதால், கால்வனா மீட்டர் வழியே மின்னோட்டம் பாயாது. ($I_G = 0$). எனவே $I_G = 0$ என சமன்பாடுகள் (2.45), (2.46) மற்றும் (2.47) இல் பிரதியிட

$$I_1 = I_3 \qquad (2.49)$$

$$I_2 = I_4 \qquad (2.50)$$

$$I_1P = I_2R \qquad (2.51)$$

சமன்பாடு (2.51) ஐ சமன்பாடு (2.48) இல் பிரதியிட

$$I_3Q = I_4S \qquad (2.52)$$

சமன்பாடு (2.52) ஐ சமன்பாடு (2.51) ஆல் வகுக்க,

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S} \qquad (2.53)$$

இதுவே வீட்ஸ்டோன் சுற்றின் சமநிலைக்கான நிபந்தனை ஆகும். இந்த நிலையில் மட்டுமே கால்வனா மீட்டர் சுழி விலக்கத்தை காட்டும். அருகருகே உள்ள இரு மின்தடையாக்கிகளின் மதிப்பு நமக்கு தெரிவதாகக் கொண்டால், மற்ற இரு மின்தடையாக்கிகளை ஒப்பிடலாம். மேலும் நான்கு மின்தடையாக்கிகளில் மூன்றின் மதிப்பு தெரிந்தால் தெரியாத நான்காவது மின்தடையாக்கியின் மதிப்பையும் இதன் மூலம் கணக்கிட முடியும்.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

கால்வனா மீட்டர் என்பது மின்னோட்டத்தை கண்டறியவும் அளவிடவும் உதவும் ஒரு சாதனம் ஆகும். மிகச்சிறிய அளவு மின்னோட்டங்களை அளவிட இதனை பயன்படுத்த முடியும். ஒரு மின்சுற்றின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டை ஒப்பிடவும் இது பெருமளவு பயன்படுத்தப்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 2.23

ஒரு வீட்ஸ்டோன் சமனச்சுற்றில் P = 100 Ω, Q = 1000 Ω மற்றும் R = 40 Ω. கால்வனா மீட்டரில் சுழி விலக்கம் ஏற்பட்டால், S இன் மதிப்பை கணக்கிடுக.

தீர்வு

$$\frac{P}{Q}=\frac{R}{S}$$

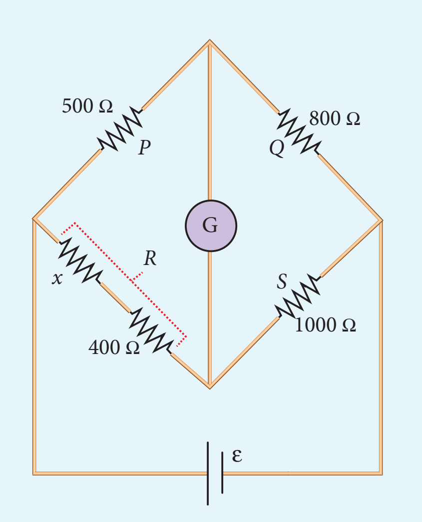
$$S=\frac{Q}{P}\times R$$

$$S=\frac{1000}{100}\times 40 \quad S = 400\ \Omega$$

எடுத்துக்காட்டு 2.24

படத்தில் உள்ள வீட்ஸ்டோன் சமனச் சுற்று சமநிலையில் இருக்கும் நிலையில் x ன் மதிப்பு என்ன?

P = 500 Ω, Q = 800 Ω, R = x + 400,
S = 1000 Ω



தீர்வு

$$\frac{P}{Q}=\frac{R}{S}$$

$$\frac{500}{800}=\frac{x+400}{1000}$$

$$x+400=\frac{5}{8}\times 1000$$

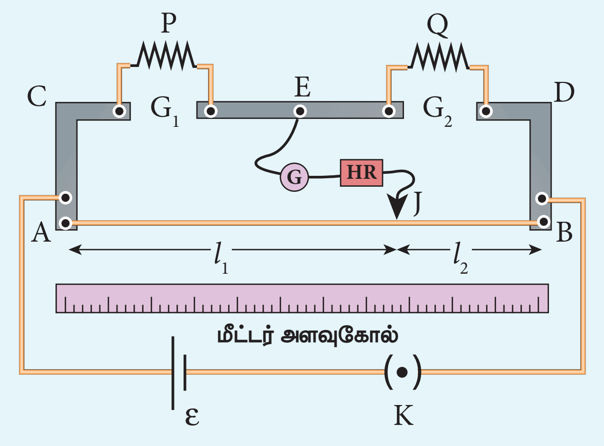
$$x + 400 = 625$$

$$x = 625 - 400$$

$$x = 225\ \Omega$$

2.5.4 மீட்டர் சமனச்சுற்று

மீட்டர் சமனச் சுற்று என்பது வீட்ஸ்டோன் சமனச்சுற்றின் இன்னொரு வடிவம் ஆகும். இதில் 1 மீட்டர் நீளமுள்ள AB என்ற சீரான மேங்கனின் (Manganin) கம்பி உள்ளது. இக்கம்பி ஒரு மீட்டர் அளவு கோலுக்கு இணையாக ஒரு மரப்பலகையில் C மற்றும் D என்ற இரு தாமிர பட்டைகளுக்கு இடையே நீட்டப்பட்டுள்ளது. இரு தாமிரப்பட்டைகளுக்கு இடையில் E என்ற மற்றொரு தாமிர பட்டை G_1 மற்றும் G_2 என்ற இரு இடைவெளிகளில் படம் 2.26 இல் காட்டியவாறு பொருத்தப்பட்டுள்ளது. G_1 இடைவெளியில் மதிப்பு தெரியாத மின்தடையாக்கி P யும் G_2 இடைவெளியில் Q என்ற படித்தர (தெரிந்த) மின்தடையாக்கி Q ம் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரு தொடுசாவியானது (மின்கடத்தி) மைய தாமிரப்பட்டையில் B என்ற முனையில் கால்வனாமீட்டர் (G) மற்றும் உயர் மின்தடையாக்கி வழியே இணைக்கப்பட்டுள்ளது. கம்பியின் மீதுள்ள தொடு சாவியின் நிலையை (Position) அளவுகோல் மூலம் அளவிடலாம். சமனச்சுற்று கம்பியின் முனைகளின் குறுக்கே ஒரு லெக்லாஞ்சி மின்கலமும் சாவியும் (K) இணைக்கப்பட்டுள்ளன.



படம் 2.26 மீட்டர் சமனச்சுற்று

கம்பியின் மீது தொடுசாவியை நகர்த்தி கால்வனாமீட்டரில் சுழி விலக்கம் ஏற்படுமாறு செய்ய வேண்டும். தொடு சாவியின் நிலையை J என எடுத்துக் கொள்வோம். AJ மற்றும் JB எனும் நீளங்கள் முறையே வீட்ஸ்டோன் சமனச் சுற்றின் மின்தடையாக்கிகள் R மற்றும் S க்கு பதிலாக அமைந்துள்ளது.

$$\frac{P}{Q}=\frac{R}{S}=\frac{r.AJ}{r.JB} \qquad (2.54)$$

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 108 23-12-2022 17:30:35

இங்கு r என்பது ஓரலகு நீளத்திற்கான மின்தடை ஆகும்.

$$\frac{P}{Q}=\frac{AJ}{JB}=\frac{l_1}{l_2} \quad (2.55)$$

$$P=Q\frac{l_1}{l_2} \quad (2.56)$$

சமனச்சுற்று கம்பியானது தாமிர பட்டைகளின் மீது பற்ற வைத்திருப்பதால் முழுமையற்ற இணைப்பின் காரணமாக, இணைப்பில் மிகச்சிறிய அளவு மின்தடை அதிகரித்திருக்கக் கூடும். இந்த மின்தடையாக்கிகள் முனை மின்தடைகள் (End resistance) என்றழைக்கப்படும். இப்பிழையை நீக்க P மற்றும் Q வை இடப்பரிமாற்றம் செய்து சோதனை மீண்டும் ஒருமுறை செய்யப்பட்டு மற்றொரு அளவீடு எடுக்கப்பட்டு P ன் சராசரி மதிப்பு கண்டறியப்படுகிறது.

P எனும் கம்பிச்சுருள் செய்யப்பட்ட பொருளின் மின்தடை எண்ணை கணக்கிட அதன் ஆரம் a மற்றும் நீளம் l ஆகியவை அளவிடப்படுகின்றன. தன் மின்தடை அல்லது மின்தடை எண் ρ பின்வரும் தொடர்பினால் பெறப்படுகிறது.

$$\text{மின்தடை} = \rho\frac{l}{A}$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டை மாற்றி அமைக்க,

$$\rho=\text{மின்தடை}\times\frac{A}{l} \quad (2.57)$$

P என்பது தெரியாத மின்தடை எனில் சமன்பாடு (2.57) பின்வருமாறு அமையும்.

$$\rho=P\frac{\pi a^2}{l}$$

எடுத்துக்காட்டு 2.25

ஒரு மீட்டர் சமனச்சுற்று ஆய்வில் 15 Ω என்ற படித்தர மின்தடையாக்கி வலது இடைவெளியில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. சமன்செய் நீளங்களின் விகிதம் 3:2 எனில் மற்றொரு இடைவெளியில் உள்ள மின்தடையாக்கியின் மதிப்பைக் காண்க.

தீர்வு

Q = 15 Ω, $l_1{:}l_2 = 3{:}2$

$$\frac{l_1}{l_2}=\frac{3}{2}$$

$$\frac{P}{Q}=\frac{l_1}{l_2}$$

$$P=Q\,\frac{l_1}{l_2}$$

$$P=15\times\frac{3}{2}=22.5\,\Omega$$

எடுத்துக்காட்டு 2.26

ஒரு மீட்டர் சமனச் சுற்றில், மின்தடைப் பெட்டியில் 10 Ω என்ற அளவு மின்தடை வைக்கப்பட்டுள்ளது. சமன்செய் நீளத்தின் மதிப்பு l_1 = 55 cm எனில் தெரியாத மின்தடையின் மதிப்பை கணக்கிடுக.

தீர்வு

$Q = 10\,\Omega$

$$\frac{P}{Q}=\frac{l_1}{100-l_1}=\frac{l_1}{l_2}$$

$$P=Q\times\frac{l_1}{100-l_1}$$

$$P=\frac{10\times55}{100-55}$$

$$P=\frac{550}{45}=12.2\,\Omega$$

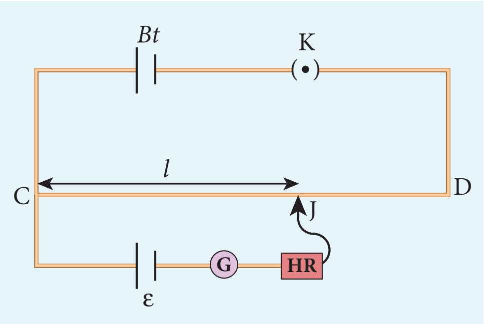
2.5.5 மின்னழுத்தமானி

மின்னழுத்தமானியானது மின்னழுத்த வேறுபாடு, மின்னோட்டம் மற்றும் மின்தடைகளை துல்லியமாக அளவிட பயன்படுகிறது. இதில் பத்து மீட்டர் நீளமுள்ள சீரான மேங்கனின் அல்லது கான்ஸ்டாண்டன் கம்பியானது 1 மீட்டர் நீளமுள்ள இணையான வரிசைகளாக நீட்டப்பட்டு மரப்பலகையில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. கம்பியின் இணைக்கப்படாத A மற்றும் B முனைகள் ஒரே பக்கத்திற்கு கொண்டு வரப்பட்டு இணைப்புத்திருகுகளுடன் தாமிரப்பட்டைகளில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. ஒரு மீட்டர் அளவு கோல் கம்பிக்கு இணையாக பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

மின்னழுத்தமானியின் தத்துவம் படம் 2.27 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. கம்பி CD வழியே ஒரு நிலையான மின்னோட்டம் ஏற்படுத்தப்படுகிறது.

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 109 23-12-2022 17:30:38

மின்கலத்தொகுப்பு, சாவி மற்றும் மின்னழுத்தமானி கம்பி ஆகியவை தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்பட்டு முதன்மைச் சுற்றாக அமைகிறது. மின்னியக்கு விசை ε கொண்ட மின்கலத்தின் நேர்மின்முனை C புள்ளியுடனும், எதிர் மின்முனை கால்வானா மீட்டர் மற்றும் உயர் மின்தடை வழியாக தொடுசாவியுடனும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இது துணைச் சுற்றாக அமைகிறது.



படம் 2.27 மின்னழுத்தமானி

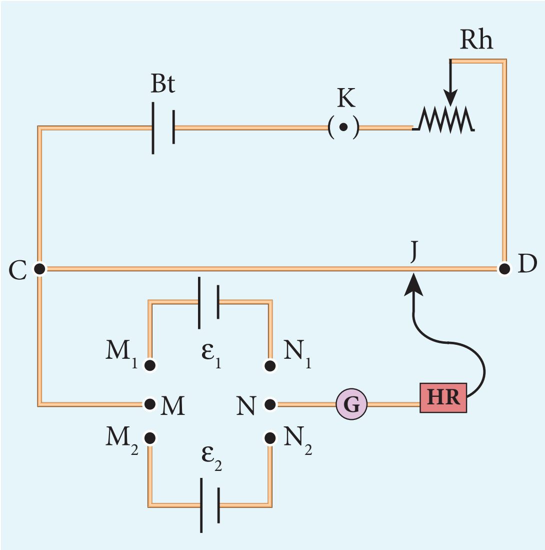
தொடு சாவி உதவியுடன் J என்ற புள்ளியில் இணைப்பு ஏற்படுத்தப்படுகிறது. CJ பகுதியின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு, மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசை ε க்கு சமமானால் கால்வானாமீட்டர் வழியே எவ்வித மின்னோட்டமும் பாயமால் அது சுழி விலக்கத்தை காட்டும். எனவே CJ என்பது சமன்செய் நீளம் l என்று அழைக்கப்படும். CJ க்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு Irl. இங்கு r என்பது ஓரலகு நீளத்திற்கான மின்தடை ஆகும்.

$$\text{எனவே } \varepsilon = Irl \qquad (2.58)$$

இங்கு I மற்றும் r மாறிலிகள் என்பதால் $\varepsilon \propto l$. மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசை சமன்செய் நீளத்திற்கு நேர்த்தகவில் அமையும்.

2.5.6 மின்னழுத்தமானியை பயன்படுத்தி இரு மின்கலங்களின் மின்னியக்கு விசைகளை ஒப்பிடுதல்

இரு மின்கலங்களின் மின்னியக்கு விசைகளை ஒப்பிட, படம் 2.28 இல் உள்ளவாறு மின்சுற்று இணைப்பு ஏற்படுத்தப்படுகிறது. மின்னழுத்தமானி கம்பி CD ஆனது மின்கலத்தொகுப்பு Bt மற்றும் சாவி K உடன் தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இது முதன்மைச் சுற்று ஆகும். கம்பியின் C முனை DPDT சாவியில் உள்ள (Double Pole Double Throw) M முனையில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. N முனையானது கால்வானா மீட்டர் (G), உயர் மின்தடையாக்கி (HR) வழியாக தொடு சாவியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மின்னியக்கு விசைகள் ஒப்பிட வேண்டிய இரு மின்கலங்கள் ε_1 மற்றும் ε_2 முறையே DPDT இல் உள்ள M_1, N_1 மற்றும் M_2, N_2 முனைகளுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. மின்கலத்தொகுப்பின் (Bt) நேர் மின்முனை மற்றும் $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ ஆகிய மின்கலங்களின் நேர் மின்முனைகள் ஆகியவை மின்னழுத்தமானி கம்பியில் உள்ள C முனையிலேயே இணைக்கப்பட வேண்டும்.



படம் 2.28 இரு மின்கலங்களின் மின்னியக்கு விசைகளை ஒப்பிடுதல்

DPDT சாவியை M_1N_1 முனைகளில் அழுத்தும்போது ε_1 மின்கலம் துணைச்சுற்றில் இணைக்கப்படுகிறது. இப்போது தொடு சாவியை நகர்த்தி கால்வனாமீட்டரில் சுழி விலக்கம் பெறப்பட்டு சமன்செய் நீளம் l_1 அளவிடப்படுகிறது. பின்னர் இரண்டாவது மின்கலம் ε_2 மின்சுற்றில் இணைக்கப்பட்டு சமன்செய் நீளம் l_2 கண்டறியப்படுகிறது. r என்பது மின்னழுத்தமானி கம்பியின் ஓரலகு நீளத்திற்கான மின்தடை எனவும் I என்பது கம்பி வழியே பாயும் மின்னோட்டமாகவும் கொண்டால்

$$\varepsilon_1 = Irl_1 \qquad (2.59)$$

$$\varepsilon_2 = Irl_2 \qquad (2.60)$$

சமன்பாடு (2.59) ஐ சமன்பாடு (2.60) ஆல் வகுக்க,

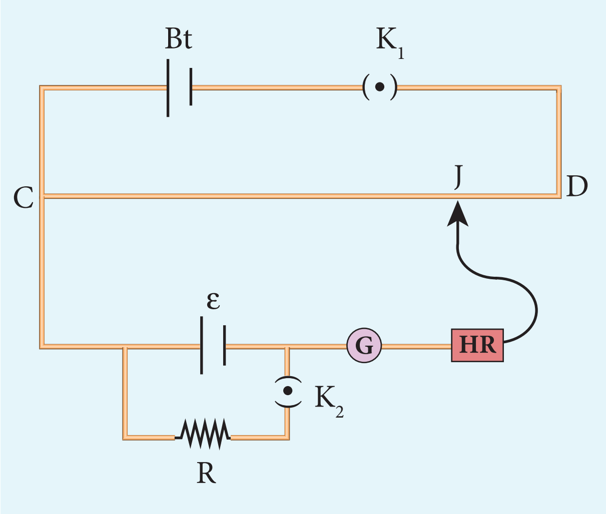
$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{l_1}{l_2} \qquad (2.61)$$

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 110 23-12-2022 17:30:40

முதன்மைச்சுற்றில் மின்தடை மாற்றியை (Rh) இணைத்து மின்னோட்டத்தை மாற்றி இச்சோதனையை பலமுறை செய்யலாம்.

2.5.7 மின்னழுத்த மானியை பயன்படுத்தி மின்கலத்தின் அகமின்தடையை அளவிடுதல்

மின்கலத்தின் அகமின்தடையை அளவிட, படம் 2.29 இல் காட்டியுள்ளவாறு இணைப்புகள் மேற்கொள்ளப்படுகின்றன. மின்கலத்தொகுப்பு Bt இன் நேர்மின்முனை மின்னழுத்தமானி கம்பியின் C முனையுடனும் எதிர்மின்முனை சாவி K_1 வழியாக D முனையுடனும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இதுவே முதன்மைச் சுற்றாக அமைகிறது.



படம் 2.29 அகமின்தடையை அளவிடுதல்

அகமின்தடை காணவேண்டிய மின்கலம் ε இன் நேர்மின்முனை மின்னழுத்தமானிக் கம்பியின் C முனையுடன் இணைக்கப்படுகிறது. மின்கலத்தின் எதிர்மின்முனையானது கால்வனாமீட்டர், உயர்மின்தடையாக்கி வழியாக தொடுசாவி J உடன் இணைக்கப்படுகிறது. மின்கலம் ε ன் குறுக்கே ஒரு மின்தடைப்பெட்டி R மற்றும் K_2 திறந்த நிலையில் சமன்செய் புள்ளி J கண்டறியப்பட்டு சமன்செய் நீளம் $CJ = l_1$ அளவிடப்படுகிறது.

மின்கலமானது திறந்த சுற்றில் அமைவதால் அதன் மின்னியக்கு விசை

$$\varepsilon \propto l_1 \qquad (2.62)$$

மின்தடைப்பெட்டி R இல் ஒரு தகுந்த மின்தடையாக்கி (10 Ω என இருக்கட்டும்) தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டு K_2 சாவி மூடப்படுகிறது. r என்பது மின்கலத்தின் அக மின்தடை என்க. மின்தடை R மற்றும் மின்கலம் வழியே மின்னோட்டம் I ஆனது

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r}$$

R ன் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு

$$V = \frac{\varepsilon R}{R+r}$$

இந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு மின்னழுத்தமானிக்கம்பிக்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டால் சமன்செய்யப்படுகிறது. இந்த நீளத்தை l_2 என்க. எனவே

$$\frac{\varepsilon R}{R+r} \propto l_2 \qquad (2.63)$$

சமன்பாடு (2.62) மற்றும் (2.63) லிருந்து

$$\frac{R+r}{R} = \frac{l_1}{l_2} \qquad (2.64)$$

$$1 + \frac{r}{R} = \frac{l_1}{l_2};$$

$$r = R\left[\frac{l_1}{l_2} - 1\right]$$

$$\therefore\ r = R\left(\frac{l_1 - l_2}{l_2}\right) \qquad (2.65)$$

R, l_1 மற்றும் l_2 மதிப்புகளை பிரதியிட மின்கலத்தின் அகமின்தடை கண்டறியப்படுகிறது. இச்சோதனையானது R இன் வெவ்வேறு மதிப்புகளுக்கு மீண்டும் செய்யப்படுகிறது. சோதனையின் முடிவுகளின்படி மின்கலத்தின் அகமின்தடை மாறிலியாக அமையாமல் மின்கலத்தின் குறுக்கேயுள்ள புற மின்தடை மதிப்பு அதிகரிக்கும் போது அதிகரிப்பதை காணலாம்.

2.6 மின்னோட்டத்தின் வெப்ப விளைவு

ஒரு மின்தடையாக்கியின் வழியாக மின்னோட்டம் பாயும் போது, மின்தடையாக்கிக்கு அளிக்கப்படும் மின்னாற்றலில் சிறிதளவு வெப்ப ஆற்றலாக மாற்றப்பட்டு வீணாகிறது.

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 111 23-12-2022 17:30:42

மின்னோட்டத்தின் இந்த வெப்பவிளைவே ஜூல் வெப்ப விளைவு எனப்படும்.

மின்னோட்டம் எவ்வாறு வெப்ப ஆற்றலை ஏற்படுத்துகிறதோ அதேபோல் வெப்ப ஆற்றலை தகுந்த முறையில் பயன்படுத்தி மின்னியக்கு விசையை (மின் ஆற்றல்) பெற முடியும். இதுவே வெப்ப மின் விளைவு எனப்படும்.

2.6.1 ஜூலின் விதி

ஒரு கடத்தியின் குறுக்கே உள்ள V எனும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டினால் I என்ற மின்னோட்டம் t நேரத்திற்கு பாய்கிறது எனில், மின்கலத்தொகுப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலை அல்லது பயன்படுத்தப்படும் மின்னழுத்த ஆற்றல்

$$W = VIt \tag{2.66}$$

புற விளைவுகள் ஏதும் இல்லையெனில், இந்த ஆற்றல் கடத்தியை வெப்பப்படுத்த பயன்படும். இதன் மூலம் உருவாகும் வெப்ப ஆற்றல் (H) ஆனது

$$H = VIt \tag{2.67}$$

கடத்தியில் மின்தடை R இருந்தால்,

$$H = I^2Rt \tag{2.68}$$

இந்த தொடர்பு ஜூல் என்பவரால் சோதனை முறையில் சரிபார்க்கப்பட்டது. எனவே இது ஜூல் வெப்ப விதி எனப்படும். ஜூலின் விதிப்படி, **ஒரு மின்சுற்றில் மின்னோட்டம் பாய்வதால் உருவாக்கப்படும் வெப்பமானது**

(i) மின்னோட்டத்தின் இருமடிக்கு நேர்த்தகவிலும்
(ii) மின்சுற்றின் மின்தடைக்கு நேர்த்தகவிலும்
(iii) மின்னோட்டம் பாயும் நேரத்திற்கு நேர்த்தகவிலும் அமையும்

எடுத்துக்காட்டு 2.27

10 Ω மின்தடையாக்கி வழியாக 5 A மின்னோட்டம் 5 நிமிட நேரம் பாய்வதால் தோன்றும் வெப்ப ஆற்றலின் மதிப்பை காண்க.

தீர்வு

R = 10 Ω, I = 5 A, t = 5 நிமிடங்கள் = 5 × 60 s

$H = I^2 R t$

$= 5^2 \times 10 \times 5 \times 60$

$= 25 \times 10 \times 300$

$= 25 \times 3000$

= 75000 J (அல்லது) 75 kJ

2.6.2 ஜூல் வெப்ப விதியின் பயன்பாடுகள்

1. மின் சூடேற்றிகள்

படம் 2.30 காட்டியுள்ள மின் இஸ்திரிபெட்டி, மின் சூடேற்றி, ரொட்டிசுடும் மின்கருவி முதலியன மின்னோட்டத்தின் வெப்ப விளைவை பயன்படுத்தும் வீட்டு உபயோகச் சாதனங்களாகும். இந்த சாதனங்களில் சூடேற்றும் கம்பியானது நிக்கல் மற்றும் குரோமியத்தின் உலோகக் கலவையான நிக்ரோமினால் ஆனது. நிக்ரோமின் மின்தடைஎண் மிக அதிகம். மேலும் இதனை ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடையாமலே மிக அதிக வெப்பநிலைக்கு வெப்பப்படுத்த முடியும்.

படம் 2.30 மின் இஸ்திரி பெட்டி, மின்சூடேற்றி மற்றும் ரொட்டி சுடும் மின்கருவி

எடுத்துக்காட்டு 2.28

10 Ω மின்தடை கொண்ட மின் சூடேற்றி 220 V மின்திறன் மூலத்துடன் இணைக்கப்பட்டு 1 kg நிறையுள்ள நீரில் மூழ்க வைக்கப்பட்டுள்ளது. நீரின் வெப்பநிலையை 30°C லிருந்து 60°C க்கு உயர்த்த மின் சூடேற்றி எவ்வளவு நேரத்திற்கு இயக்கப்பட வேண்டும்? (நீரின் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் $s = 4200\ J\ kg^{-1}\ K^{-1}$)

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 112 23-12-2022 17:30:42

தீர்வு

ஜூலின் வெப்ப விதிப்படி $H = I^2 Rt$

மின் சூடேற்றி வழியே பாயும் மின்னோட்டம் $= \frac{220V}{10\Omega} = 22\,A$

மின் சூடேற்றி 1 விநாடியில் உற்பத்தி செய்யும் வெப்பம் $H = I^2 R$

$H = (22)^2 \times 10 = 4840\text{ J} = 4.84\text{ k J}.$

உண்மையில் இந்த மின் சூடேற்றியின் திறன் மதிப்பு 4.84 k W ஆகும்.

1kg நிறையுள்ள நீரின் வெப்பநிலையை 30°C லிருந்து 60°C க்கு உயர்த்த தேவைப்படும் வெப்பஆற்றலின் அளவு

$Q = ms\,\Delta T$ (பார்க்க வகுப்பு XI தொகுதி 2, அலகு 8)

இங்கு $m = 1$ kg,

$s = 4200\text{ J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$, $\Delta T = 30$ K,

எனவே $Q = 1 \times 4200 \times 30 = 126$ kJ

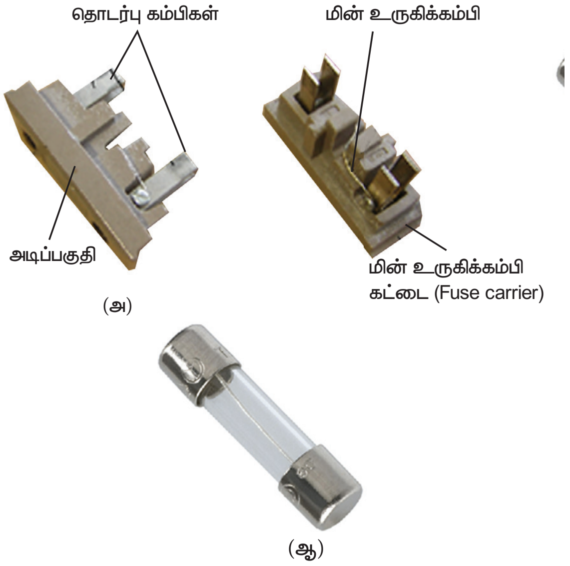
இந்த வெப்ப ஆற்றலை தோற்றுவிக்கத் தேவைப்படும் நேரம்

$$t = \frac{Q}{I^2 R} = \frac{126 \times 10^3}{4840} \approx 26.03\text{ s}$$

2. மின் உருகிக் கம்பிகள்

அதிகமான அளவு மின்னோட்டம் மின் சாதனங்கள் வழியாக பாயும்போது தோன்றும் வெப்பத்தினால் அவை பாதிக்கப்படாமல் இருக்க தொடரிணைப்பில் மின் உருகிகள் படம் (2.31) இல் காட்டியுள்ளவாறு இணைக்கப்படுகின்றன. மின் உருகிக் கம்பிகள் என்பது மிகக் குறைந்த நீளமுள்ள குறைவான உருகுநிலை கொண்ட பொருளாலானவை. மின்னோட்டத்தின் அளவு குறிப்பிட்ட மதிப்பைவிட அதிகரிக்கும்போது இவை உருகி மின் சுற்றை திறந்த சுற்றாக்கும். 15 Aக்கு குறைவாக மின்னோட்டம் செல்லும் மின்சுற்றுகளில் காரீயம் (Lead) மற்றும் வெள்ளீயத்தினால் (Tin) ஆன உலோகக்கலவை மின் உருகு இழையாக பயன்படுத்தப்படுகிறது. 15 Aக்கு அதிகமான மின்னோட்டம் செல்லும் மின்சுற்றுகளில் தாமிரக்கம்பிகள் மின் உருகு இழையாக பயன்படுத்தப்படுகிறது.

இந்த மின் உருகு இழையில் உள்ள குறைபாடு என்னவென்றால் மின்னோட்டம் குறிப்பிட்ட அளவை விட அதிகரிக்கும்போது உருகி எரிந்து விடுவதால் அதனை மாற்ற வேண்டிய அவசியம் ஏற்படுகிறது.



படம் 2.31 மின் உருகி

தற்போது நமது வீடுகளில் மின் உருகிகளுக்கு பதிலாக மின்சுற்று துண்டிப்பான்கள் (Trippers) பயன்படுகின்றன. தவறான மின் இணைப்புகள் அல்லது அளவுக்கு அதிகமான மின்னோட்டம் மின்சுற்றில் பாயும்போது மின் துண்டிப்பான்களின் சாவி மின் சுற்றை திறந்துவிடும். பின்னர் மின்சுற்றின் பழுதை நீக்கியவுடன், நாம் மின் துண்டிப்பானின் சாவியை மூடி விடலாம். இதனை படம் 2.32 இல் தெரிந்து கொள்ளலாம்.

படம் 2.32 மின்சுற்று துண்டிப்பான்கள்

3. மின் உலைகள்

படம் 2.33 இல் காட்டியுள்ள உலைகள் எஃகு, சிலிக்கான் கார்பைடு, குவார்ட்ஸ், கேலியம் ஆர்சினைடு போன்ற தொழில் நுட்ப முக்கியத்துவம் வாய்ந்த பல பொருட்களை உருவாக்க பயன்படுத்தப்படுகின்றன. 1500 °C வெப்பநிலை வரை உருவாக்க மாலிப்டினம் –நிக்கல் கம்பி சுற்றப்பட்ட சிலிக்கா குழாய் பயன்படுகின்றது. கார்பன் வில் உலைகள் (Carbon arc furnaces) சுமார் 3000 °C வெப்பநிலை வரை உருவாக்க பயன்படுகின்றன.

படம் 2.33 மின் உலைகள்

4. மின் விளக்குகள்

மின் விளக்குகளில் டங்க்ஸ்டன் இழைகள் (உருகுநிலை 3380 °C) கண்ணாடி குடுவைகளில் வைக்கப்பட்டு மின்னோட்டம் மூலம் மீ உயர் வெப்பநிலைக்கு சூடேற்றப்படுகின்றன. மின் விளக்குகளில் (Incandesent lamp) 5% மட்டுமே மின் ஆற்றல் ஒளியாக மாற்றப்படுகிறது, மீதமுள்ள ஆற்றல் வெப்பமாக வீணாகிறது. மின்னிறக்க விளக்குகள் (Discharge lamp), மின் பற்றவைத்தல்(வெல்டிங்), மின் வில் போன்றவை மின்னோட்டத்தின் வெப்பவிளைவை பயன்டுத்துகின்றன. இதனை படம் 2.34 இல் காணலாம்.

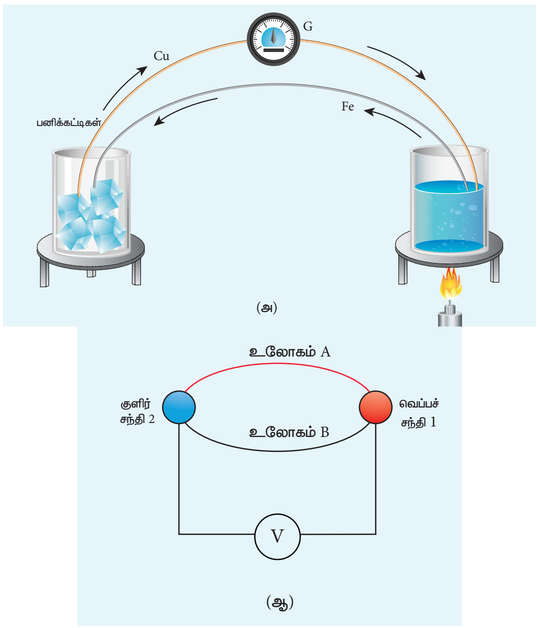
படம் 2.34 மின்விளக்கு, மின் வில், மற்றும் மின்பற்ற வைத்தல்

2.7 வெப்ப மின் விளைவு

வெப்பமின் விளைவு என்பது வெப்பநிலை வேறுபாட்டை மின்னழுத்த வேறுபாடாக மாற்றும் நிகழ்வு ஆகும். வெப்பமின் சாதனத்தின் இரு பக்கங்களிலும் உள்ள வெப்பநிலை வேறுபாட்டின் காரணமாக மின்னழுத்த வேறுபாடு தோன்றுகிறது. அதேபோல் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை இப்பொருட்களில் ஏற்படுத்தினால், வெப்பநிலை வேறுபாடு தோன்றும்.

2.7.1 சீபெக் விளைவு

ஒரு மூடிய சுற்றில் இரு வெவ்வேறு உலோகங்களின் இரு சந்திப்புகளை வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் வைக்கும்போது மின்னழுத்த வேறுபாடு (மின்னியக்கு விசை) தோன்றுவதை சீபெக் கண்டறிந்தார். இம்மின்னியக்கு விசையினால் ஏற்படும் மின்னோட்டத்தை வெப்பமின்னோட்டம் என்றழைக்கலாம். இரு உலோகங்கள் இணைத்து சந்திப்புகளை ஏற்படுத்துவது வெப்ப மின்னிரட்டை (Thermocouple) எனப்படும். (படம் 2.35).



படம் 2.35 சீபெக் விளைவு (வெப்ப மின்னிரட்டை)

வெப்ப மற்றும் குளிர் சந்திகளை இடமாற்றம் செய்தால் மின்னோட்டத்தின் திசையும் மாறும். எனவே இந்த விளைவு ஒரு மீள் விளைவு ஆகும்.

வெப்ப மின்னிரட்டையில் தோன்றும் மின்னியக்கு விசையின் எண்மதிப்பு (i) மின்னிரட்டையில் இடம்பெறும் உலோகங்களின் தன்மை மற்றும் (ii) சந்திகளின் வெப்பநிலை வேறுபாடு ஆகியவற்றை பொறுத்தது.

சீபெக் விளைவின் பயன்பாடுகள்

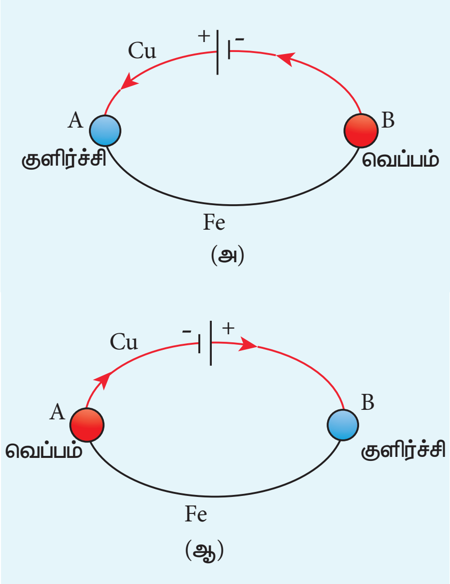
1. சீபெக் விளைவானது வெப்ப மின்னியற்றிகளில் பயன்படுகிறது (சீபெக் மின்னியற்றி). இந்த வெப்ப மின்னியற்றிகள், மின் உற்பத்தி நிலையங்களில் வீணாகும் வெப்ப ஆற்றலை மின்னாற்றலாக மாறுகின்றன.
2. தானியங்கி வாகனங்களில் எரிபொருள் பயனுறு திறனை அதிகரிக்க பயன்படும் தானியங்கி வெப்ப மின்னியற்றிகளில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 114 23-12-2022 17:30:45

3. வெப்ப மின்னிரட்டை மற்றும் வெப்ப மின்னிரட்டை அடுக்குகளில் பயன்படுத்தப்படும் பொருட்களுக்கிடையே உள்ள வெப்பநிலை வேறுபாட்டை அளவிட சீபெக் விளைவு பயன்படுகிறது.

2.7.2 பெல்டியர் விளைவு

வெப்ப மின்னிரட்டையுடன் கூடிய மின் சுற்றில் மின்னோட்டத்தை செலுத்தும்போது, ஒரு சந்தியில் வெப்பம் வெளிப்படுதலும் மற்றொரு சந்தியில் வெப்பம் உட்கவர்தலும் நடைபெறும். இவ்விளைவு பெல்டியர் விளைவு எனப்படும். இதனை பெல்டியர் 1834 இல் கண்டறிந்தார்.

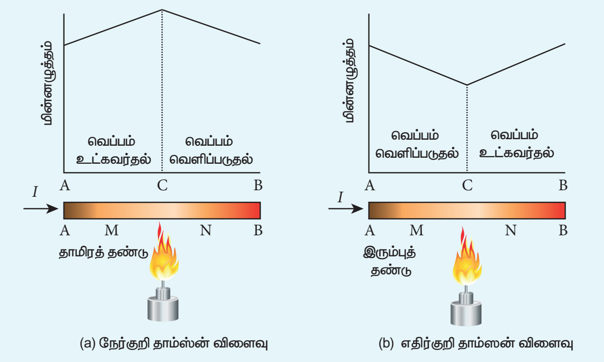


படம் 2.36 பெல்டியர் விளைவு:
Cu – Fe வெப்ப மின்னிரட்டை

படம் 2.36 (அ) வில் காட்டியுள்ளவாறு Cu-Fe வெப்ப மின்னிரட்டையில் A மற்றும் B புள்ளி சமவெப்பநிலையில் உள்ளன. மின்கல அடுக்கிலிருந்து மின்னோட்டமானது வெப்பமின்னிரட்டை வழியே பாய்கிறது. A சந்தியில் மின்னோட்டம் தாமிரத்திலிருந்து இரும்பிற்கு பாய்கிறது, அங்கு வெப்பம் உட்கவரப்பட்டு சந்தி A குளிர்வடைகிறது. சந்தி B இல் மின்னோட்டம் இரும்பிலிருந்து தாமிரத்திற்கு பாய்வதால் அங்கு வெப்பம் வெளிப்பட்டு சந்தி B வெப்பமடைகிறது. மின்னோட்டத்தின் திசையை மாற்றினால், படம் 2.36 (ஆ) வில் காட்டியவாறு A சந்தி வெப்பமடையும், B சந்தி குளிர்வடையும். எனவே பெல்டியர் விளைவு ஒரு மீள் விளைவு ஆகும்.

2.7.3 தாம்ஸன் விளைவு

ஒரு கடத்தியின் இருபுள்ளிகள் வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் உள்ளபோது, இந்த புள்ளிகளில் எலக்ட்ரான் அடர்த்தி வேறுபடுவதால் இவ்விரு புள்ளிகளுக்கிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு உருவாக்கப்படும் என்பதை தாம்ஸன் நிரூபித்தார். தாம்ஸன் விளைவும் மீள்விளைவு ஆகும்.



படம் 2.37 (அ) நேர்க்குறி தாம்ஸன் விளைவு
(ஆ) எதிர்க்குறி தாம்ஸன் விளைவு

C எனும் மையப்புள்ளியில் வெப்பப்படுத்தப்படும் AB எனும் தாமிரத் தண்டு வழியே மின்னோட்டம் பாய்கிறது எனில், C என்ற புள்ளி உயர் மின்னழுத்தத்தில் அமையும். இதனால் AC பகுதியில் வெப்பம் உட்கவர்தலும் CB பகுதியில் வெப்பம் வெளிப்படுதலும் நடைபெறும். இது படம் 2.37 (அ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

எனவே மின்னோட்ட பாய்வின் காரணமாக மின்னோட்டத்தின் திசையில் வெப்பப் பரிமாற்றம் நடைபெறும். இது நேர்க்குறி தாம்ஸன் விளைவு எனப்படும். இது போன்ற விளைவு வெள்ளி, துத்தநாகம் மற்றும் காட்மியம் போன்ற உலோகங்களிலும் நடைபெறும்.

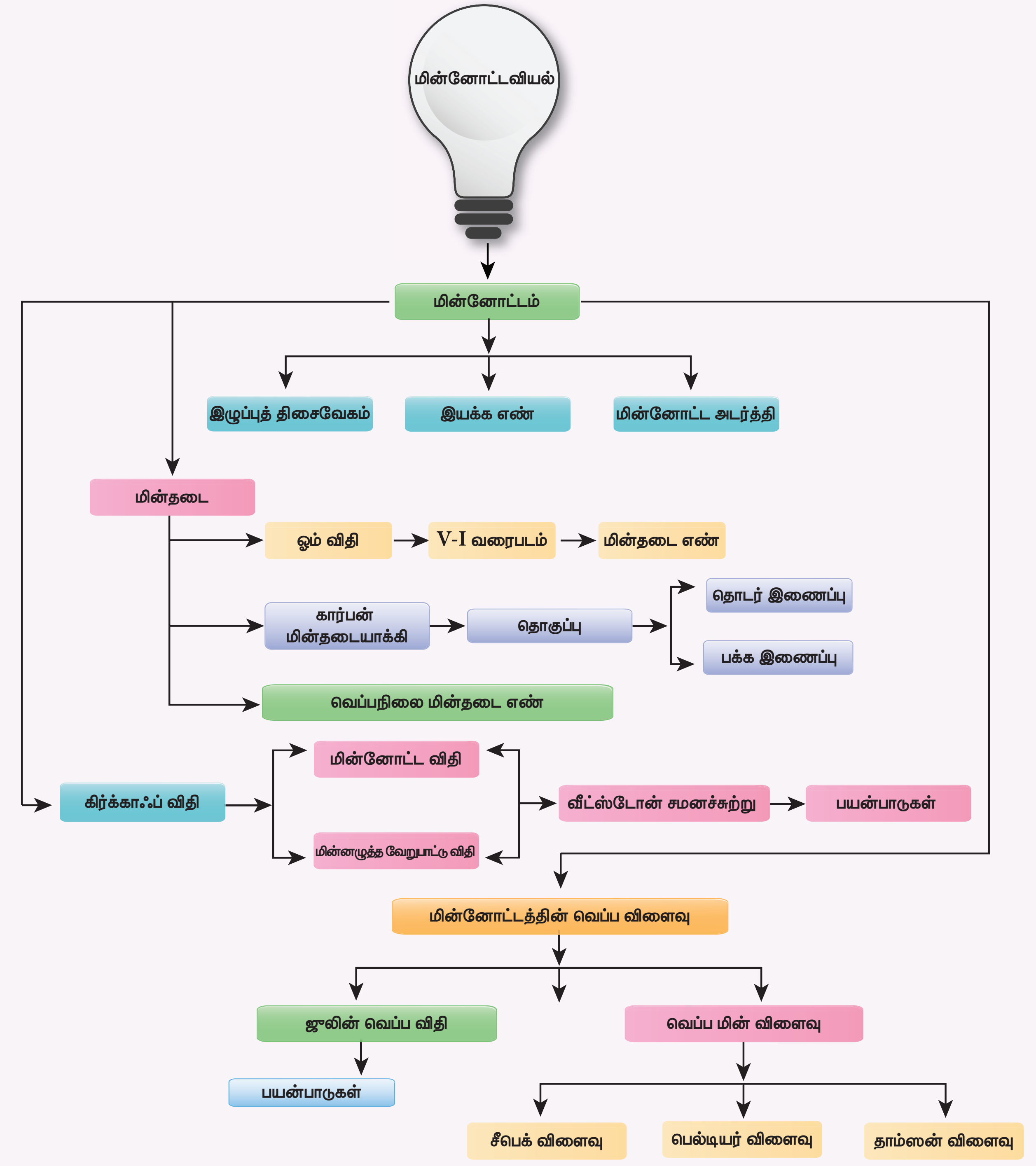
தாமிரத் தண்டுக்கு பதிலாக இரும்புத்தண்டினை பயன்படுத்தும்போது, CA பகுதியில் வெப்பம் வெளிப்படுத்துதலும் BC பகுதியில் வெப்பம் உட்கவர்தலும் நடைபெறும். இங்கு மின்னோட்ட பாய்வினால் மின்னோட்டத்தின் திசைக்கு எதிர் திசையில் வெப்ப பரிமாற்றம் நடைபெறும். இது எதிர்க்குறி தாம்ஸன் விளைவு எனப்படும். இது படம் 2.37 (ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இது போன்ற விளைவு பிளாட்டினம், நிக்கல், கோபால்ட் மற்றும் பாதரசம் போன்ற உலோகங்களிலும் நடைபெறும்.

பாடச்சுருக்கம்

- கடத்தி வழியே பாயும் மின்னோட்டம் $I = \frac{dQ}{dt}$. இங்கு dQ என்பது dt கால இடைவெளியில் கடத்தியின் ஒரு குறுக்கு பரப்பு வழியாக பாயும் மின்துகள்களில் உள்ள மின்னூட்டத்தின் அளவு. மின்னோட்டத்தின் SI அலகு ஆம்பியர் (A). 1A = 1C s^{-1}.
- ஒரு கடத்தியில் மின்னோட்ட அடர்த்தி J என்பது ஓரலகு செங்குத்து பரப்பில் பாயும் மின்னோட்ட அளவு ஆகும். $\left(J = \frac{I}{A}\right)$
- மினனோட்டம் ஒரு ஸ்கேலர். ஆனால் மின்னோட்ட அடர்த்தி ஒரு வெக்டர் ஆகும்.
- ஓம் விதியின் நுண் வடிவம் $\vec{J} = \sigma\vec{E}$.
- ஓம் விதியின் பயன்பாட்டு வடிவம் $V \propto I$, அல்லது $V = IR$. இங்கு I என்பது மின்னோட்டம்; R என்பது மின்தடை.
- கடத்தியின் மின்தடை $R = \frac{V}{I}$. இதன் SI அலகு ஓம் (Ω) மற்றும் 1 Ω = $\frac{1V}{A}$.
- பொருளின் மின்தடை $R = \rho\frac{l}{A}$. இங்கு l என்பது பொருளின் நீளம் மற்றும் A என்பது குறுக்குவெட்டு பரப்பு.
- பொருளின் மின்தடை எண் என்பது மின்னோட்டத்திற்கு அது தரும் மின்தடையின் மதிப்பை நிர்ணயிக்கிறது.
- பல மின்தடையாக்கிகள் (R_1, R_2, R_3……..) தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்படும் போது தொகுபயன் மின்தடை $R_s = (R_1 + R_2 + R_3 \ldots\ldots..)$
- பல மின்தடையாக்கிகள் பக்க இணைப்பில் (R_1, R_2, R_3……..) இணைக்கப்படும்போது தொகுபயன் மின்தடை $\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots\ldots$
- கிர்க்கா·ஃப்பின் முதல் விதி (மின்னோட்ட விதி அல்லது சந்தி விதி): எந்த ஒரு சந்தியிலும் சந்திக்கின்ற மின்னோட்டங்களின் குறியியல் கூட்டுத்தொகை சுழி ஆகும்.
- கிர்க்கா·ஃப்பின் இரண்டாவது விதி (மின்னழுத்த வேறுபாட்டு விதி அல்லது சுற்று விதி): ஒரு மூடிய சுற்றின் எந்தவொரு பகுதியிலும் உள்ள மின்னோட்டம் மற்றும் மின்தடைகளின் பெருக்கற்பலன்களின் குறியியல் கூட்டுத்தொகையானது அந்த மூடிய மின் சுற்றிலுள்ள மின்னியக்கு விசைகளின் குறியியல் கூட்டுத்தொகைக்குச் சமமாகும்.
- மின்திறன் என்பது மின்னாற்றல் அளிக்கப்படும் வீதம் ஆகும்.
- V எனும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் குறுக்கே பாயும் மின்னோட்டம் I எனில், மின்சுற்றுக்கு அளிக்கப்படும் திறன் $P = IV$.
- ஒரு மின் தடையில் (R) வெப்பமாக மாற்றப்படும் மின்திறன் $P = I^2R = \frac{V^2}{R}$.
- 1 கிலோவாட்மணிக்குச் சமமான ஆற்றல் 1kWh = 3.6 × 10^6 J.
- மீட்டர் சமனச்சுற்று என்பது வீட்ஸ்டோன் சமனச்சுற்றின் இன்னொரு வடிவம் ஆகும்.
- மின்னழுத்தமானி, மின்னழுத்த வேறுபாட்டை ஒப்பிட பயன்படுகிறது.
- ஜூலின் வெப்ப விதி $H = VIt$ (அல்லது) $H = I^2Rt$.

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 116 23-12-2022 17:30:49

கருத்து வரைபடம்

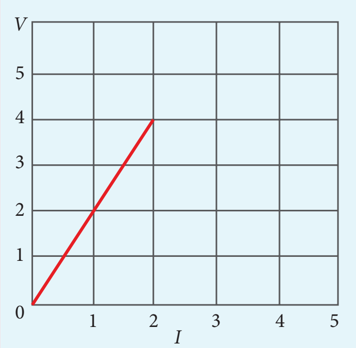


மின்னோட்டவியல்
மின்னோட்டம்
இழுப்புத் திசைவேகம்
இயக்க எண்
மின்னோட்ட அடர்த்தி
மின்தடை
ஓம் விதி
V-I வரைபடம்
மின்தடை எண்
கார்பன் மின்தடையாக்கி
தொகுப்பு
தொடர் இணைப்பு
பக்க இணைப்பு
வெப்பநிலை மின்தடை எண்
கிர்க்காஃப் விதி
மின்னோட்ட விதி
மின்னழுத்த வேறுபாட்டு விதி
வீட்ஸ்டோன் சமனச்சுற்று
பயன்பாடுகள்
மின்னோட்டத்தின் வெப்ப விளைவு
ஜூலின் வெப்ப விதி
பயன்பாடுகள்
வெப்ப மின் விளைவு
சீபெக் விளைவு
பெல்டியர் விளைவு
தாம்சன் விளைவு

பயிற்சி வினாக்கள்

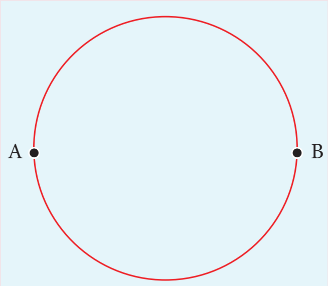
I சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடுத்து எழுதுக.

1. பின்வரும் வரைபடத்தில் ஒரு பெயர் தெரியாத கடத்திக்கு அளிக்கப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்ட மதிப்புகளின் தொடர்பு காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த கடத்தியின் மின்தடை என்ன?



(a) 2Ω (b) 4 Ω
(c) 8 Ω (d) 1 Ω

2. ஒரு மீட்டர் நீளத்திற்கு 2 Ω மின்தடை கொண்ட கம்பியானது 1 *m* ஆரமுள்ள வட்ட வடிவமாக மாற்றப்படுகிறது. வட்டத்தின் வழியே எதிரெதிராக படத்தில் உள்ள A மற்றும் B புள்ளிகளுக்குகிடையே தொகுபயன் மின்தடையின் மதிப்பு காண்க.



(a) π Ω (b) $\frac{\pi}{2}\Omega$
(c) 2πΩ (d) $\frac{\pi}{4}\Omega$

3. ஒரு ரொட்டி சுடும் மின்இயந்திரம் 240 V இல் செயல்படுகிறது, அதன் மின்தடை 120 Ω எனில் அதன் திறன்

a) 400 W b) 2 W
c) 480 W d) 240 W

4. ஒரு கார்பன் மின்தடையாக்கியின் மின்தடை மதிப்பு (47 ± 4.7) k Ω எனில் அதில் இடம்பெறும் நிறவளையங்களின் வரிசை

a) மஞ்சள் – பச்சை – ஊதா – தங்கம்
b) மஞ்சள் – ஊதா – ஆரஞ்சு – வெள்ளி
c) ஊதா – மஞ்சள் – ஆரஞ்சு – வெள்ளி
d) பச்சை – ஆரஞ்சு – ஊதா - தங்கம்

5. பின்வரும் மின்தடையின் மதிப்பு என்ன?

(a) 100 k Ω (b) 10 k Ω
(c) 1k Ω (d) 1000 k Ω

6. ஒரே நீளமும் மற்றும் ஒரே பொருளால் செய்யப்பட்ட A மற்றும் B என்ற இரு கம்பிகள் வட்ட வடிவ குறுக்கு பரப்பையும் கொண்டுள்ளன. $R_A = 3\ R_B$ எனில் A கம்பியின் ஆரத்திற்கும் B கம்பியின் ஆரத்திற்கும் இடைப்பட்ட தகவு என்ன?

(a) 3 (b) $\sqrt{3}$
(c) $\frac{1}{\sqrt{3}}$ (d) $\frac{1}{3}$

7. 230 V மின்னழுத்த மூலத்துடன் இணைக்கப்பட்ட கம்பியில் திறன் இழப்பு P_1. அக்கம்பியானது இரு சமமான பகுதிகளாக வெட்டப்பட்டு இரு துண்டுகளும் பக்க இணைப்பில் அதே மின்னழுத்த மூலத்துடன் இணைக்கப்படுகின்றன. இந்நிலையில் திறன் இழப்பு P_2 எனில் $\frac{P_2}{P_1}$ எனும் விகிதம்

(a) 1 (b) 2
(c) 3 (d) 4

8. இந்தியாவில் வீடுகளின் பயன்பாட்டிற்கு 220 V மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் மின்சாரம் அளிக்கப்படுகிறது. இது அமெரிக்காவில் 110 V அளவு என அளிக்கப்படுகிறது. இந்தியாவில் பயன்படுத்தப்படும் 60 W மின் விளக்கின் மின்தடை R எனில், அமெரிக்காவில் பயன்படுத்தப்படும் 60 W மின் விளக்கின் மின்தடை

(a) R (b) 2R

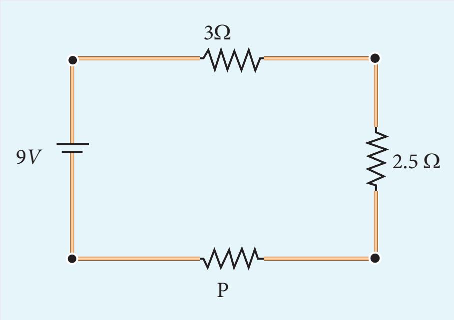
(c) $\frac{R}{4}$ (d) $\frac{R}{2}$

9. ஒரு பெரிய கட்டிடத்தில், 40 W மின்விளக்குகள் 15, 100 W மின்விளக்குகள் 5, 80 W மின்விசிறிகள் 5 மற்றும் 1 kW மின் சூடேற்றி 1 ஆகியவை இணைக்கப்பட்டுள்ளன. மின் மூலத்தின் மின்னழுத்தம் 220V எனில் கட்டிடத்தின் மைய மின் உருகியின் அதிக பட்ச மின்னோட்டம் தாங்கும் அளவு (IIT-JEE 2014)

(a) 14 A (b) 8 A

(c) 10 A (d) 12 A

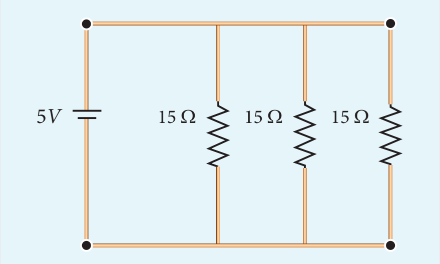
10. பின்வரும் மின்சுற்றில் உள்ள மின்னோட்டம் 1 A எனில் மின்தடையின் மதிப்பு என்ன ?



a) 1.5 Ω b) 2.5 Ω

c) 3.5 Ω d) 4.5 Ω

11. மின்கல அடுக்கிலிருந்து வெளிவரும் மின்னோட்டத்தின் மதிப்பு என்ன ?



a) 1A b) 2A

c) 3A d) 4A

12. ஒரு கம்பியின் வெப்பநிலை மின்தடை எண் 0.00125/°C. 20°C வெப்பநிலையில் கம்பியின் மின்தடை 1 Ω எனில் எந்த வெப்பநிலையில் அதன் மின்தடை 2 Ω ஆகும் ?

a) 800 °C b) 700 °C

c) 850 °C d) 820 °C

13. 2.1 V மின்கலமானது 10 Ω மின்தடை வழியே 0.2 A மின்னோட்டத்தை செலுத்தினால் அதன் அகமின்தடை

a) 0.2 Ω b) 0.5 Ω

c) 0.8 Ω d) 1.0 Ω

14. ஒரு தாமிரத்துண்டு மற்றும் மற்றொரு ஜெர்மானியத்துண்டு ஆகியவற்றின் வெப்பநிலையானது அறை வெப்பநிலையிலிருந்து 80 K வெப்பநிலைக்கு குளிர்விக்கப்படுகிறது.

a) இரண்டின் மின்தடையும் அதிகரிக்கும்.

b) இரண்டின் மின்தடையும் குறையும்

c) தாமிரத்தின் மின்தடை அதிகரிக்கும். ஆனால் ஜெர்மானியத்தின் மின்தடை குறையும்

d) தாமிரத்தின் மின்தடை குறையும். ஆனால் ஜெர்மானியத்தின் மின்தடை அதிகரிக்கும்.

15. ஜூலின் வெப்ப விதியில், R மற்றும் t மாறிலிகளாக உள்ளது. H ஐ y அச்சிலும் I^2 ஐ x அச்சிலும் கொண்டு வரையப்பட்ட வரைபடம் ஒரு

a) நேர்க்கோடு b) பரவளையம்

c) வட்டம் d) நீள்வட்டம்

விடைகள்:

1) a	2) a	3) c	4) b	5) a
6) c	7) d	8) c	9) d	10) c
11) a	12) d	13) b	14) d	15) a

II சிறு விடை வினாக்கள்

1. மின்னோட்டம் என்பது ஒரு ஸ்கேலர். ஏன் ?
2. மின்னோட்ட அடர்த்தி வரையறு.
3. இழுப்புத் திசைவேகம் மற்றும் இயக்க எண் ஆகியவற்றை வேறுபடுத்து.

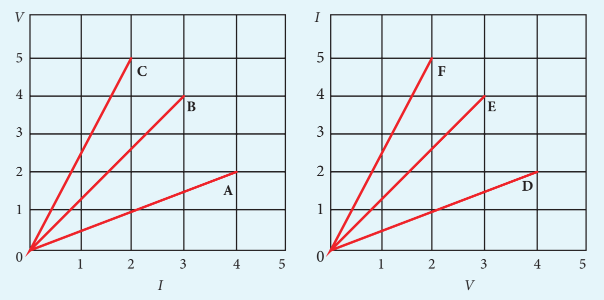
4. ஓம் விதியின் நுண் வடிவத்தை கூறு.
5. ஓம் விதியின் பயன்பாட்டு வடிவத்தைக் கூறு.
6. ஓம் விதிக்கு உட்படும் மற்றும் ஓம் விதிக்கு உட்படாத சாதனங்கள் யாவை?
7. மின்தடை எண் வரையறு.
8. வெப்பநிலை மின்தடை எண் வரையறு.
9. மீக் கடத்து திறன் என்றால் என்ன?
10. மின்திறன் மற்றும் மின் ஆற்றல் என்றால் என்ன?
11. ஒரு மின்சுற்றில் திறனுக்கான சமன்பாடு $P = VI$ என்பதை வருவி.
12. மின்சுற்றில் திறனுக்கான பல்வேறு வகையான சமன்பாடுகளை எழுதுக.
13. கிர்க்காஃப்பின் மின்னோட்ட விதியைக் கூறுக.
14. கிர்க்காஃப்பின் மின்னழுத்த வேறுபாட்டு விதியைக் கூறு.
15. மின்னழுத்த மானியின் தத்துவத்தை கூறு.
16. ஒரு மின் கலத்தின் அகமின்தடை என்பதன் பொருள் என்ன?
17. ஜூலின் வெப்ப விதியைக் கூறுக.
18. சீபெக் விளைவு என்றால் என்ன?
19. தாம்ஸன் விளைவு என்றால் என்ன?
20. பெல்டியர் விளைவு என்றால் என்ன?
21. சீபெக் விளைவின் பயன்பாடுகள் யாவை?

III விரிவான விடை வினாக்கள்

1. மின்னோட்டத்தின் நுண்மாதிரிக் கொள்கையை விவரித்து அதிலிருந்து ஓம் விதியின் நுண் வடிவத்தை பெறுக.
2. ஓம் விதியின் நுண்மாதிரி அமைப்பிலிருந்து ஓம் விதியின் பயன்பாட்டு வடிவத்தை பெறுக. அதன் வரம்புகளை விவாதி.
3. மின்தடையாக்கிகள் தொடர் இணைப்பு மற்றும் பக்க இணைப்புகளில் இணைக்கப்படும்போது அதன் தொகுபயன் மின்தடை மதிப்புகளை தருவி.
4. வோல்ட்மீட்டரை பயன்படுத்தி மின்கலத்தின் அக மின்தடையை காண்பதை விளக்குக.
5. கிர்க்காஃப் விதிகளை கூறி விளக்குக.
6. வீட்ஸ்டோன் சமனச்சுற்றில் சமன்செய் நிலைக்கான நிபந்தனையைப் பெறுக.
7. மீட்டர் சமனச்சுற்றை பயன்படுத்தி தெரியாத மின்தடையை காண்பதை விளக்குக.
8. மின்னழுத்தமானியை பயன்படுத்தி இரு மின்கலங்களின் மின்னியக்கு விசைகள் எவ்வாறு ஒப்பிடப்படுகின்றன?

IV கணக்குகள்

1. பின்வரும் வரைபடங்கள் A, B, C, D, E மற்றும் F ஆகிய ஆறு கடத்திகளின் மின்னோட்டம் – மின்னழுத்தம் மற்றும் மின்னழுத்தம் – மின்னோட்டம் ஆகியவற்றின் தொடர்பினை தருகின்றன எனில், அதிக மின்தடை உள்ள கடத்தி மற்றும் குறைந்த மின்தடை உள்ள கடத்திகள் எவை?



விடை: குறைந்த மின்தடை: $R_F = 0.4\ \Omega$, அதிக மின்தடை $R_C = 2.5\ \Omega$

2. மின்னல் என்பது இயற்கையில் உருவாகும் மின்னோட்டத்திற்கு சிறந்த எடுத்துக்காட்டு. இந்த வகை மின்னலில் 5×10^7 V மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் 0.2 s நேர இடைவெளியில் 10^9 J ஆற்றல் பரிமாற்றம் ஏற்படுகிறது. இந்த தகவலை பயன்படுத்தி கீழ்கண்ட அளவுகளை கணக்கிடுக.

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 120 23-12-2022 17:30:51

(a) மேகத்திற்கும் புவிக்கும் இடையே பரிமாற்றம் செய்யப்பட்ட மின்துகள்களின் மொத்த மின்னூட்டத்தின் அளவு

(b) மின்னல் வெட்டில் ஏற்பட்ட மின்னோட்டம்

(c) 0.2 s நேர இடைவெளியில் அளிக்கப்பட்ட மின்திறன்

விடைகள்: மின்னூட்டம் = 20 C, I = 100 A, P = 5 GW

3. 10^{-6} m^2 குறுக்குவெட்டு பரப்பு கொண்ட ஒரு தாமிரக்கம்பி வழியே 2 A மின்னோட்டம் செல்கிறது. ஒரு கன மீட்டரில் உள்ள எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை 8×10^{28} எனில், மின்னோட்ட அடர்த்தி மற்றும் சராசரி இழுப்புத்திசை வேகத்தை கணக்கிடுக.

விடைகள்: $J = 2 \times 10^6$ A m^{-2} ; $v_d = 15.6 \times 10^{-5}$ ms^{-1}

4. 20°C இல் ஒரு நிக்ரோம் கம்பியின் மின்தடை 10 Ω. அதன் வெப்பநிலை மின்தடை எண் 0.004/°C எனில் நீரின் கொதி நிலையில் அதன் மின்தடையைக் கணக்கிடுக. உன் முடிவை விவாதி.

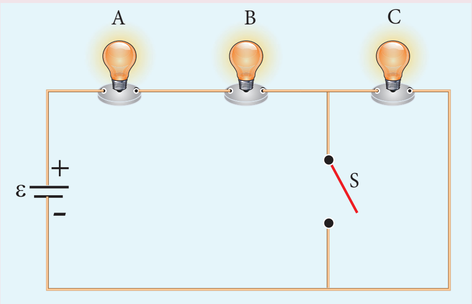
விடை: R_T = 13.2 Ω. வெப்பநிலை அதிகரிக்க கம்பியின் மின்தடையும் அதிகரிக்கும்.

5. பின்வரும் படத்தில் உள்ள தண்டு இரண்டு வெவ்வேறு பொருட்களில் ஆனது.

இரண்டு பொருட்களும் 3 mm பக்கமுடைய சதுர குறுக்கு வெட்டு பரப்பைக் கொண்டுள்ளன. 25 cm நீளமுள்ள முதல் பொருளின் மின்தடை எண் 4×10^{-3} Ωm மற்றும் 70 cm நீளமுள்ள இரண்டாவது பொருளின் மின்தடை எண் 5×10^{-3} Ωm. இத்தண்டின் இருமுனைகளுக்கிடையே உள்ள மின்தடை மதிப்பு என்ன ?

விடை: 500 Ω

6. R மின்தடை கொண்ட ஒரே மாதிரியான மூன்று மின்விளக்குகள் ε மின்னியக்கு விசை கொண்ட மின்கலத்துடன் படத்தில் காட்டியவாறு இணைக்கப்பட்டுள்ளன. திடீரென S என்ற சாவி மூடப்படுகிறது.



(a) S திறந்த நிலை மற்றும் மூடிய நிலையில் மின்சுற்றின் மின்னோட்டத்தை கணக்கிடுக.

(b) A, B மற்றும் C மின் விளக்குகளின் பொலிவு எப்படி அமையும்?

(c) S திறந்த மற்றும் மூடிய நிலையில் மூன்று மின் விளக்குகளின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடுகளை கணக்கிடுக.

(d) S திறந்த மற்றும் மூடிய நிலையில் மின் சுற்றுக்கு அளிக்கப்படும் திறன்களை கணக்கிடுக.

(e) மின்சுற்றுக்குஅளிக்கப்படும்திறன்அதிகரிக்குமா? குறையுமா? அல்லது மாறாமல் அமையுமா?

மின் அளவுகள்	சாவி S திறந்தநிலை	சாவி S மூடிய நிலை
(a) மின்னோட்டம்	$\frac{\varepsilon}{3R}$	$\frac{\varepsilon}{2R}$
(b) மின்னழுத்த வேறுபாடு	$V_A = \frac{\varepsilon}{3}$ $V_B = \frac{\varepsilon}{3}$ $V_C = \frac{\varepsilon}{3}$	$V_A = \frac{\varepsilon}{2}$ $V_B = \frac{\varepsilon}{2}$ $V_C = 0$
(c) திறன்	$P_A = \frac{\varepsilon^2}{9R}$ $P_B = \frac{\varepsilon^2}{9R}$ $P_C = \frac{\varepsilon^2}{9R}$	$P_A = \frac{\varepsilon^2}{4R}$ $P_B = \frac{\varepsilon^2}{4R}$ $P_C = 0$
(d) செறிவு	அனைத்து மின்விளக்குகளும் ஒரே பொலிவுடன் ஒளிரும்	A மற்றும் B மின் விளக்குகளின் பொலிவு சமமாக அதிகரிக்கும். மின் விளக்கு C வழியே மின்னோட்டம் பாயாததால் அது ஒளிராது
(e) மொத்தத் திறன் அதிகரிக்கும்		

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 121 23-12-2022 17:30:53

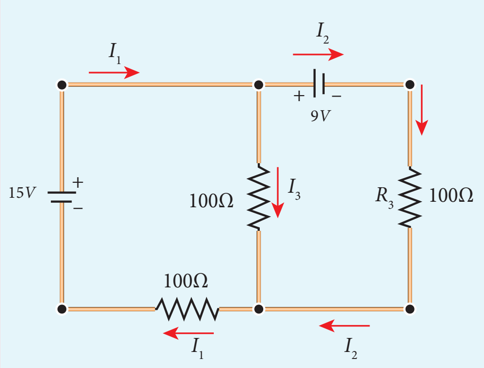
7. மின்னணுவியலை விருப்பமாக கொண்ட மாணவி ஒரு வானொலிப்பெட்டியை உருவாக்குகிறார். அந்த மின்சுற்றுக்கு ஒரு 150 Ω மின்தடை தேவைப்படுகிறது. ஆனால் அவரிடம் 220 Ω, 79 Ω மற்றும் 92 Ω மின்தடைகள் மட்டுமே உள்ளன எனில் அவர் இம்மின்தடைகளை எவ்வாறு இணைத்து தேவையான மதிப்புடைய மின்தடையை பெறுவார்?

விடை: 79 Ω மற்றும் 220 Ω பக்க இணைப்பில் வைத்து 92 Ω மின்தடையை தொடர் இணைப்பில் இணைக்க வேண்டும்.

8. ஒரு மின்கலம் 2 Ω மின்தடை வழியாக 0.9 A மின்னோட்டத்தையும், 7 Ω மின்தடை வழியே 0.3 A மின்னோட்டத்தையும் ஏற்படுத்துகிறது எனில் மின்கலத்தின் அகமின்தடையைக் கணக்கிடுக.

விடை: 0.5Ω

9. பின்வரும் மின்சுற்றில் உள்ள மின்னோட்டங்களை கணக்கிடுக.

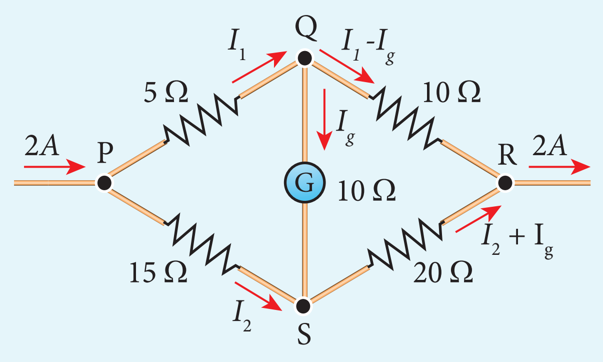


விடைகள் : $I_1 = 0.070$ A, $I_2 = -0.010$ A மற்றும் $I_3 = 0.080$ A

10. 4 m நீளமுள்ள மின்னழுத்தமானிக் கம்பியின் மின்தடை 20 Ω. இது 2980 Ω மின் தடை மற்றும் 4 V மின்னியக்கு விசை கொண்ட மின்கலம் ஆகியவற்றுடன் தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது, எனில் கம்பியின் வழியே மின்னழுத்தத்தை கணக்கிடுக.

விடை: $= 0.65 \times 10^{-2}$ V m^{-1}.

11. படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள மின்சுற்றிலுள்ள கால்வனாமீட்டர் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தை காண்க.



விடைகள்: $I_g = \frac{1}{11}$ A

12. 5 V மின்னியக்கு விசை கொண்ட இரு மின்கலங்கள் தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்பட்டு 8 Ω மின்தடை மற்றும் 4 Ω, 6 Ω மற்றும் 12 Ω ஆகிய மின்தடைகளின் பக்க இணைப்பு ஆகியவற்றின் குறுக்காக இணைக்கப்பட்டுள்ளன. மேற்கண்ட அமைப்பிற்கு மின்சுற்று ஒன்று வரைந்து

(அ) மின் கலத்திலிருந்து பெறப்படும் மின்னோட்டம்

(ஆ) ஒவ்வொரு மின்தடை வழியேச் செல்லும் மின்னோட்டம் ஆகியவற்றை கணக்கிடுக.

விடை: (அ) 8 Ω மின்தடை வழியாக, $I = 1$A

(ஆ) 4 Ω மின்தடை வழியாக, $I = \frac{2}{4} = 0.5$A

6 Ω மின்தடை வழியாக, $I = \frac{2}{6} = 0.33$ A

12 Ω மின்தடை வழியாக, $I = \frac{2}{12} = 0.17$ A

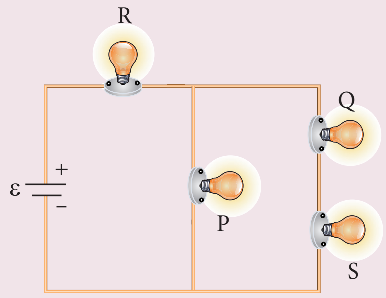
13. P, Q, R, S ஆகிய நான்கு மின் விளக்குகளானது தெரியாத மின்சுற்று அமைப்பு ஒன்றில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு மின் விளக்கும் ஒன்றன்பின் ஒன்றாக நீக்கப்படும்போது பின்வரும் நிகழ்வுகள் ஏற்படுகின்றன.

	P	Q	R	S
P நீக்கப்படுதல்	*	ஒளிர்கிறது	ஒளிர்கிறது	ஒளிர்கிறது
Q நீக்கப்படுதல்	ஒளிர்கிறது	*	ஒளிர்கிறது	ஒளிர வில்லை
R நீக்கப்படுதல்	ஒளிரவில்லை	ஒளிர வில்லை	*	ஒளிர வில்லை
S நீக்கப்படுதல்	ஒளிர்கிறது	ஒளிர வில்லை	ஒளிர்கிறது	*

இந்த மின்விளக்குகள் இணைக்கப்பட்ட மின்சுற்று வரைபடத்தை வரைக

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 122 23-12-2022 17:30:55

விடை:



14. ஒரு மின்னழுத்தமானி அமைப்பில், 1.25 V மின்னியக்கு விசை கொண்ட மின்கலம் தரும் சமன்செய் நீளம் 35 cm நீளத்தில் ஏற்படுகிறது. இந்த மின்கலம் மாற்றப்பட்டு மற்றொரு மின்கலம் இணைக்கப்படும்போது, சமன்செய் நீளம் 63 cm க்கு நகர்கிறது. எனில் இரண்டாவது மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசை என்ன?

விடை : இரண்டாவது மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசை 2.25 V

மேற்கோள் நூல்கள் (BOOKS FOR REFERENCE)

1. Douglas C.Giancoli, , "*Physics for Scientist &Engineers with Modern Physics*", Pearson Prentice Hall, Fourth edition.
2. James Walker, *Physics*, Pearson- Addison Wesley publishers, Fourth edition.
3. Tipler, Mosca, "*Physics for scientist and Engineers with Modern Physics*", Freeman and Company, sixth edition.
4. Purcell, Morin, *Electricity and magnetism*, Cambridge university press, third edition.
5. Serway and Jewett, "*Physics for Scientist and Engineers with Modern Physics*", Brook/Coole publishers, eighth edition.
6. Tarasov and Tarasova, "*Questions and problems in School Physics*", Mir Publishers.
7. H.C.Verma, "*Concepts of Physics Vol 2*, Bharthi Bhawan publishers.
8. Eric Roger, *Physics for the Inquiring Mind*, Princeton University press.

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 123 23-12-2022 17:30:56

இணையச் செயல்பாடு

மின்னோட்டவியல்

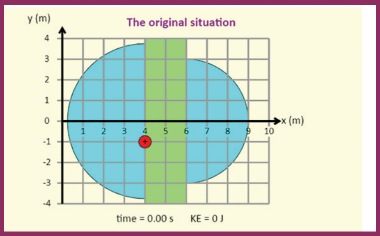
நோக்கம்: இந்த செயல்பாட்டின் மூலம் மாணவர்கள் (அ) மின்கலத்தின் மின்னழுத்த வேறுபாட்டினை அளவிடுவர். (ஆ) கொடுக்கப்பட்ட முதன்மை மின்கலத்தின் அகமின்தடையை கண்டுபிடிப்பர்.

தலைப்பு: மின்னழுத்தமானி

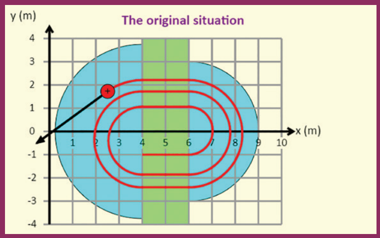
படிகள்

- "olabs.edu.in" தளத்தில் 12 ஆம் வகுப்பின் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள "Potentiometer–Internal Resistance of a Cell" என்ற பக்கத்திற்கு சென்று "simulator" என்ற தாவலை சொடுக்கவும்.
- "show circuit diagram" என்ற பொத்தானை சொடுக்கும் போது கிடைக்கும் மின்சுற்றுப் படத்தில் காட்டியபடி மின்சுற்றின் பல்வேறு பாகங்களை சுட்டியை பயன்படுத்தி சுட்டி இழுத்து (dragging) இணைப்பதன் மூலம் மின்சுற்றை உருவாக்கலாம்.
- தொடு சாவியை மின்னழுத்தமானி கம்பியின் இருமுனைகளிலும் வைக்கும் போது கால்வனோமீட்டரில் இருக்கும் குறிமுள் இருபுறமும் விலகல் அடைந்தால் மின்சுற்று இணைப்பு சரியாக இருக்கிறது என தெரிந்து கொள்ளலாம்.

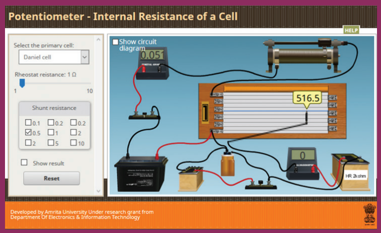
படி 1



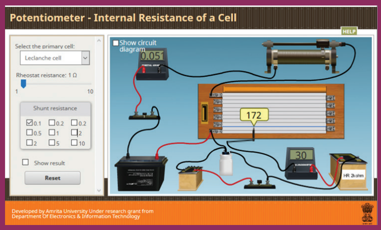
படி 2



படி 3



படி 4



சமன் செய்யும் நீளத்தை காண்க. சமன் செய்யும் நீளத்தை பயன்படுத்தி கம்பியின் அகமின்தடையை காண்க. பரிசோதனையை ஐந்து முறை மீண்டும் திரும்பச் செய்து சராசரி அகமின் தடையை காண்க.

குறிப்பு:
உங்கள் மின்னஞ்சல் கணக்கை பயன்படுத்தி ஒருமுறை பதிவு செய்ய வேண்டும். இந்த பக்கத்தில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள Read theory, procedure and animation ஆகிய தாவல்களை சொடுக்கி மின்னழுத்தமானி பற்றி அதிகமாக தெரிந்து கொள்ளுங்கள்.

உரலி:

http://amrita.olabs.edu.in/?sub=1&brch=6&sim=147&cnt=4

BJIL9

*படங்கள் அடையாளத்திற்கு மட்டும்.

* தேவையெனில் Flash Player or Java Script அனுமதிக்க.

12th Physics_Vol-1_Unit 2_Tamil Medium.indd 124 23-12-2022 17:30:56

அலகு

3

காந்தவியல் மற்றும் மின்னோட்டத்தின் காந்த விளைவுகள்

"காந்தவிசை உயிர்போன்றது அல்லது ஆன்மாவை ஒத்தது ; உயிரோட்டமுள்ள உடலில் ஒருமுகப்படுத்தப்பட்டு வெளிப்படும்போது பல வகைகளில் அது மனித ஆன்மாவையே விஞ்சி விடுகிறது!" – வில்லியம் கில்பர்ட்

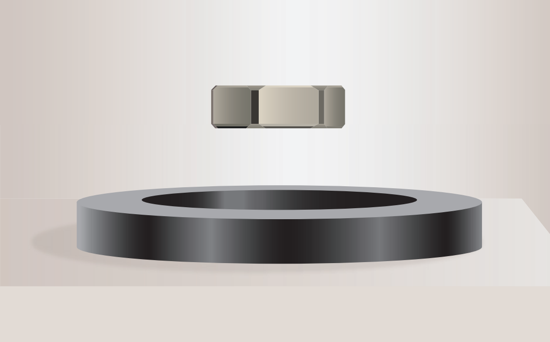
கற்றலின் நோக்கங்கள்:

இந்த அலகில் மாணவர்கள் அறிந்துகொள்வது

- புவிகாந்தப்புலம் மற்றும் காந்தக்கூறுகள்
- காந்தங்களின் அடிப்படைப் பண்புகள்
- காந்தவியல் கூலூம் எதிர்த்தகவு இருமடி விதியின் கூற்று
- காந்த இருமுனை
- சட்டகாந்தத்தின் அச்சுக்கோடு மற்றும் நடுவரைக் கோட்டில் ஏதேனும் ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புலம்
- சீரான காந்தப்புலத்தில் உள்ள ஒரு சட்டகாந்தத்தின் மீது செயல்படும் திருப்புவிசை
- காந்தப்பண்புகள் – காந்த உட்புகுதிறன், காந்த ஏற்புத்திறன் மற்றும் சில
- காந்தப்பொருட்களின் வகைப்பாடு – டயா, பாரா மற்றும் ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருட்கள்
- காந்தத்தயக்கம் பற்றிய கருத்து
- மின்னோட்டத்தின் காந்த விளைவுகள் – நீண்ட நேரான கடத்தி மற்றும் வட்டவடிவக் கம்பிச்சுருள்
- வலதுகை பெருவிரல் விதி மற்றும் மேக்ஸ்வெல்லின் வலதுகை திருகுவிதி
- பயட் – சாவர்ட்விதி மற்றும் அதன் பயன்பாடுகள்
- டேஞ்சன்ட் விதி மற்றும் டேஞ்சன்ட் கால்வனோமீட்டர்
- மின்னோட்ட சுற்று காந்த இருமுனையாக செயல்படல்
- சுற்றிவரும் எலக்ட்ரானின் காந்த இருமுனைத்திருப்புத்திறன்
- ஆம்பியர் சுற்றுவிதி மற்றும் அதன் பயன்பாடுகள்
- வரிச்சுருள் மற்றும் வட்ட வரிச்சுருள்
- லாரன்ஸ் விசை – மின்காந்தப்புலத்தில் இயங்கும் மின்துகள்
- சைக்ளோட்ரான்
- காந்தப்புலத்தில் உள்ள மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியின் மீது செயல்படும் விசை
- மின்னோட்டம் பாயும் இரு நீண்ட இணை கடத்திகளுக்கிடையே ஏற்படும் விசை
- காந்தப்புலத்தில் உள்ள மின்னோட்ட சுற்று மீது ஏற்படும் திருப்புவிசை
- இயங்கு சுருள் கால்வனோமீட்டர்

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 125 23-12-2022 18:05:43

3.1 காந்தவியல் ஓர் அறிமுகம்



படம் 3.1 காந்த மிதப்பு

காந்தம்! அதன் தன்மையினால் அனைவரையும் ஈர்க்கும் என்பதில் எந்த ஐயமும் இல்லை. காந்தத்தின் பயன்களைக் கொண்டு இந்த உலகம் நவீன சொகுசு வாழ்க்கையை அனுபவிக்கிறது. பல நூற்றாண்டுகளாக காந்தம் பற்றிய படிப்பானது உலகம் முழுவதும் உள்ள பல்வேறு அறிவியல் அறிஞர்களுக்கு கவர்ந்திழுக்கக் கூடியதாக இருந்து வந்துள்ளது. இன்றும் கூட காந்தம் பற்றிய ஆய்வுகள் தொடர்ந்துகொண்டே உள்ளன (படம் 3.1).

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

புவி காந்தப்புலத்தைப் பயன்படுத்தி திசை அறிவதற்காக, பெரும்பான்மையான பறவைகளும், விலங்குகளும் அவற்றின் கண்களில் காந்த நுண் உணர்வுகளைப் பெற்றுள்ளன.

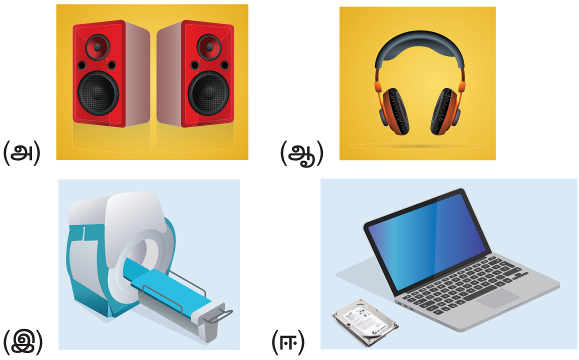
கண்களின் காந்த நுண் உணர்வு – ஜீப்ராபின்ச் (Zebrafinch) என்ற பறவை, அதன் விழித்திரையில் உள்ள கிரிப்டோகுரோம்ஸ் (Protein Cryptochromes - Cry 4) என்ற புரதத்தைக் கொண்டு, புவிகாந்தப்புலத்தை உணர்ந்து அது பறக்கும் திசையை அறிந்துகொள்கிறது.

எலக்ட்ரான் போன்ற நுண்துகளிலிருந்து, பிரபஞ்சம் வரை எங்கும் காந்தவியல் நீக்கமற நிறைந்துள்ளது. வரலாற்றுப்பூர்வமாக மேக்னட்டிஸம் (Magnetism) என்ற வார்த்தை, மேக்னடைட் (Magnetite) (Fe_3O_4) என்ற இரும்புத்தாதுவின் பெயரிலிருந்து உருவானதாகும். பழங்காலத்தில் காந்தங்கள் திசைகாட்டும் கருவிகளை தயாரிக்கவும், காந்த சிகிச்சைக்காகவும் மற்றும் தந்திரக்காட்சிகளை செய்து காட்டவும் பயன்பட்டன.

நவீன உலகில், நாம் அன்றாடம் பயன்படுத்தும் பெரும்பாலான பொருட்களில் காந்தங்கள் உள்ளன. மின் இயந்திரங்கள், மிதிவண்டி மின்னியற்றிகள், ஒலிபெருக்கிகள், ஒலி மற்றும் ஒளிப்பதிவிற்குப் பயன்படும் காந்த நாடாக்கள், அலைபேசிகள், குறுஒலிப்பான்கள் (head phones), குறுந்தகடுகள், பேனா வடிவ சேமிப்பான்கள் (Pen-drive), மடிக்கணினியில் உள்ள வன்தகடுகள், குளிர்பதனப்பெட்டியின் கதவுகள், மின்னியற்றிகள் போன்றவை இதற்கு சில உதாரணங்களாகும். இவற்றில் சில படம் 3.2 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

நெடுங்காலமாக, மின்னியல் மற்றும் காந்தவியல் இரண்டும் ஒன்றுடன் ஒன்று தொடர்பற்ற இயற்பியலின் இருவேறு பிரிவுகள் என நம்பப்பட்டது. 1820 இல், மின்னோட்டம் பாயும் கம்பிக்கு அருகே காந்த ஊசிப்பெட்டியை (திசைகாட்டும் கருவி) கொண்டுவரும்போது அது விலகலடையும் என்ற H.C ஆர்ஸ்டேட்டின் கண்டுபிடிப்பு மின்னியல் மற்றும் காந்தவியல் என்று பிரிந்திருந்த இவ்விரண்டு பிரிவுகளையும் மின்காந்தவியல் என்ற இயற்பியலின் ஒரே பிரிவாக ஒருங்கிணைத்தது.

இந்த அலகில், காந்தங்கள் பற்றிய அடிப்படை மற்றும் அவற்றின் பண்புகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

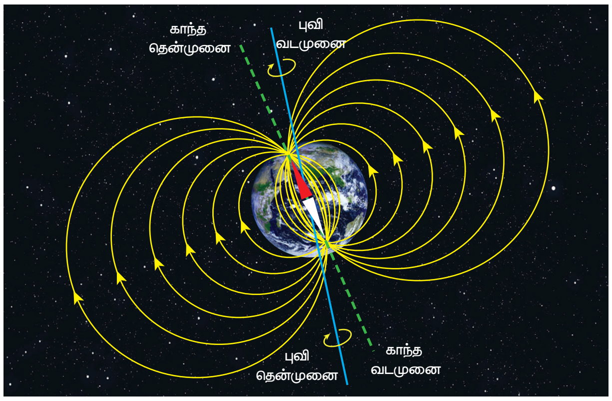


படம் 3.2 நவீன உலகில் காந்தத்தின் பயன்கள் – (அ) ஒலிபெருக்கிகள் (ஆ) குறு ஒலிப்பான்கள் (இ) MRI ஸ்கேன் (ஈ) மடிக்கணினியின் வன்தகடு

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 126 23-12-2022 18:05:44

மேலும், மாறா மதிப்புள்ள மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தி எவ்வாறு காந்தம்போன்று செயல்படுகிறது என்று விவரிக்கப்பட்டுள்ளது.

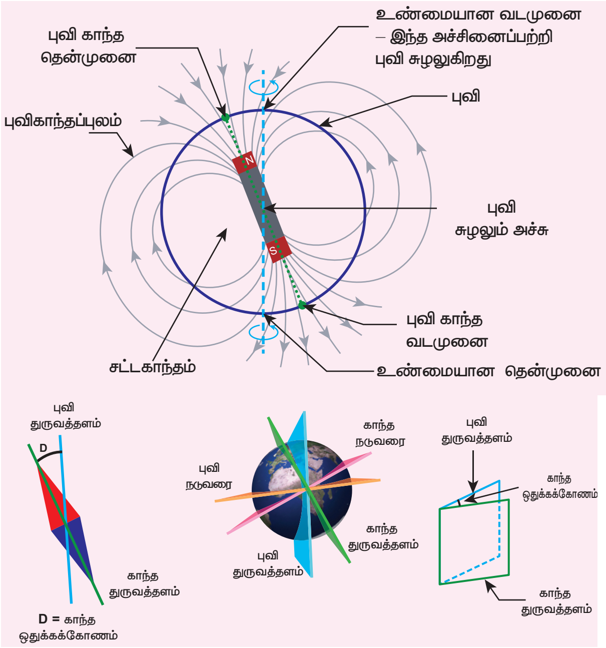
3.1.1 புவிகாந்தப்புலம் மற்றும் புவிகாந்தப்புலக் கூறுகள்



படம் 3.3 புவிகாந்தப்புலம்

திசை காட்டும் கருவியில் உள்ள காந்தஊசி அல்லது தடையின்றி தொங்கவிடப்பட்ட காந்தம் போன்றவை கிட்டத்தட்ட புவியின், வடக்கு – தெற்கு திசையில் நிற்பதை சிறுவகுப்பில் நாம் நிகழ்த்திய சோதனைகளில் மூலம் அறிந்திருப்போம்.

திசை காட்டும் காந்தஊசியின் வடமுனை, புவியின் வடமுனைக்கு அருகே உள்ள காந்த தென்முனையால் ஈர்க்கப்படுகிறது (படம் 3.3). இதேபோன்று காந்தஊசியின் தென்முனை,



படம் 3.4 காந்த ஒதுக்கக்கோணம்

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

1600 – ஆம் ஆண்டில் வாழ்ந்த வில்லியம் கில்பர்ட் என்ற அறிஞர், புவி ஒரு மிகப்பெரிய ஆற்றல் வாய்ந்த சட்டகாந்தம் போன்று செயல்படுகிறது என்ற கொள்கையை முன்மொழிந்தார். ஆனால் இக்கொள்கை ஏற்றுக்கொள்ளப்படவில்லை. ஏனெனில், புவியின் உள்ளே உள்ள மிக உயர்ந்த வெப்பநிலையில், அக்காந்தம், அதன் காந்தத்தன்மையை இழந்துவிடும்.

சூரியனிடமிருந்து வரும் வெப்பக்கதிர்கள்தான் புவியின் காந்தப்புலத்திற்குக் காரணம் என்று கோவர் (Gover) என்ற அறிஞர் முன்மொழிந்தார். இக்கதிர்கள் பூமத்தியரேகைப் பகுதியின் (equatorial region) அருகே உள்ள காற்றை வெப்பப்படுத்தும். இந்த வெப்பக் காற்று புவியின் வட மற்றும் தென் அரைக்கோளங்களை நோக்கி வீசும்போது மின்னேற்றம் அடைகிறது. புவிப்பரப்பிலுள்ள ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருட்கள் காந்தத்தன்மையை அடைவதற்கு இந்த மின்னேற்றம் பெற்ற வெப்பக்காற்றே காரணமாக இருக்கலாம். இன்றுவரை புவியின் காந்தத்தன்மையை விளக்குவதற்கு பல்வேறு கொள்கைகள் முன்மொழியப்பட்டன. ஆனால் எந்த ஒரு கொள்கையும் புவியின் காந்தத்தன்மைக்கான காரணத்தை முழுமையாக விளக்கவில்லை.

புவியின் தென்முனைக்கு அருகே உள்ள காந்த வடமுனையால் ஈர்க்கப்படுகிறது. **புவியின் காந்தப்புலம்பற்றி படிக்கும் இயற்பியலின் பிரிவிற்கு புவிகாந்தவியல்** (Geomagnetism) **அல்லது நில காந்தவியல்** (Terrestrial magnetism) **என்று பெயர்.** புவிப்பரப்பிலுள்ள அதன் காந்தப்புலத்தை குறிப்பிடுவதற்கு மூன்று அளவுகள் தேவைப்படுகின்றன. அவற்றை சில நேரங்களில் புவிக்காந்தப்புலத்தின் கூறுகள் என்றும் அழைக்கலாம். அவை

(அ) காந்த ஒதுக்கம் D (magnetic declination)

(ஆ) காந்தச் சரிவு I (Magnetic dip or inclination)

(இ) புவிகாந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறு B_H (horizontal component of the Earth's magnetic field)

புவி அச்சைப் பொறுத்து, புவி தன்னைத்தானே சுற்றுவதால் இரவு–பகல் ஏற்படுகிறது. இப்புவி அச்சு (Geographic axis) வழியாகச் செல்லும் செங்குத்துத் தளத்திற்கு புவி துருவத்தளம் என்று பெயர். இப்புவி அச்சுக்கு செங்குத்தாகக் கருதப்படும் ஓர் மிகப்பெரிய

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 127 23-12-2022 18:05:44

வட்டக்கோட்டிற்கு புவி நடுவரை அல்லது பூமத்தியரேகை என்று பெயர்.

புவிகாந்தமுனைகளை இணைக்கும் நேர்க்கோட்டிற்கு, காந்த அச்சு என்று பெயர். இந்த காந்தஅச்சு வழியாகச் செல்லும் செங்குத்துத் தளத்திற்கு காந்த துருவத்தளம் என்று பெயர். புவியின் காந்த அச்சுக்கு செங்குத்தாகக் கருதப்படும் ஓர் மிகப்பெரிய வட்டக்கோட்டிற்கு காந்த நடுவரை அல்லது காந்த மத்தியரேகை என்று பெயர்.

காந்த ஊசி ஒன்றினை தடையின்றி தொங்கவிடும்போது, அக்காந்த ஊசி படம் 3.4 இல் காட்டப்பட்டுள்ள புவி துருவத்தளத்தில் மிகச்சரியாக நிற்காது. **புள்ளி ஒன்றில் காந்த துருவத் தளத்திற்கும், புவி துருவத்தளத்திற்கும் இடையே உள்ள கோணம் காந்த ஒதுக்கம் (D) என அழைக்கப்படுகிறது.** உயர்ந்த குறுக்குகோடுகளுக்கு காந்த ஒதுக்கம் பெருமமாகும். ஆனால் புவி நடுவரைக்கு அருகில் இதன் மதிப்பு சிறுமமாகும். இந்தியாவில் காந்த ஒதுக்கம் மிகச்சிறிய மதிப்பைப் பெற்றுள்ளது. மேலும் சென்னையில் இதன் மதிப்பு $-1^{\circ}16'$ (இது எதிர்க்குறிமதிப்பு (மேற்கு))

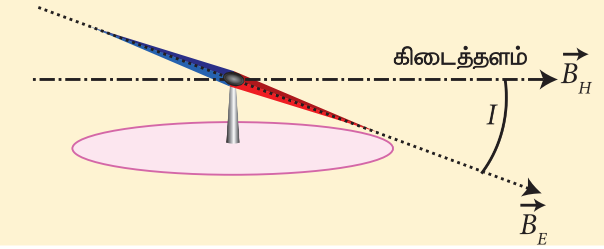
புள்ளி ஒன்றில், புவியின் மொத்த காந்தப்புலம் $\vec{B}$, காந்தத் துருவத்தளத்தின் கிடைத்தளத்திசையுடன் ஏற்படுத்தும் கோணம், சரிவு அல்லது காந்தச் சரிவு (I) என அழைக்கப்படும். (படம் 3.5). சென்னையின் சரிவுக்கோணம் $14^{\circ}28'$ ஆகும். **காந்த துருவத்தளத்தின் கிடைத்தளத்திசையில் உள்ள புவிக்காந்தப்புலத்தின் கூறு, புவிகாந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறு B_H என்று அழைக்கப்படும்.**

புவிப்பரப்பில் P என்ற புள்ளியில் உள்ள புவியின் காந்தப்புலம் B_E என்க. இதனை ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான இரு கூறுகளாகப் பகுக்கலாம்.

கிடைத்தளக்கூறு $$B_H = B_E \cos I \quad (3.1)$$

செங்குத்துக்கூறு $$B_V = B_E \sin I \quad (3.2)$$

சமன்பாடு (3.2) ஐ (3.1) ஆல் வகுக்கும்போது கிடைப்பது



படம் 3.5 காந்த சரிவுக்கோணம்

$$\tan I = \frac{B_V}{B_H} \quad (3.3)$$

(i) காந்த நடுவரையில் புவிக்காந்தப்புலம்

புவிக் காந்தப்புலம், புவிப்பரப்பிற்கு இணையாக உள்ளதால், (அதாவது கிடைத்தளமாக) திசைகாட்டும் கருவியின் குறிமுள் $I = 0^{\circ}$ என்ற சரிவுக்கோணத்தில் ஓய்வுநிலையை அடையும்.

$$B_H = B_E$$
$$B_V = 0$$

நடுவரையில், கிடைத்தளக்கூறு பெருமமாகவும், செங்குத்துக்கூறு சுழியாகவும் இருப்பதை இது உணர்த்துகிறது.

(ii) காந்த துருவங்களில் புவிக்காந்தப்புலம்

புவிகாந்தப்புலம், புவிப்பரப்பிற்கு செங்குத்தாக உள்ளதை திசைகாட்டும் கருவியின் குறிமுள் செங்குத்தாக $I = 90^{\circ}$ என்ற சரிவுக்கோணத்தில் ஓய்வு நிலையை அடைவதிலிருந்து நாம் அறிந்து கொள்ளலாம்.

$$B_H = 0$$
$$B_V = B_E$$

காந்தத் துருவங்களில், செங்குத்துக்கூறு பெருமமாகவும் கிடைத்தளக்கூறு சுழியாகவும் இருப்பதை இது உணர்த்துகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 3.1

ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் புவிகாந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறு மற்றும் செங்குத்துக் கூறுகள் முறையே 0.15 G மற்றும் 0.26 G எனில், அந்த இடத்தின் காந்த சரிவுக் கோணம் மற்றும் தொகுபயன் காந்தப்புலம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

(இங்கு G-gauss. CGS முறையில் காந்தபுலத்தின் அலகு காஸ் ஆகும். $1\text{G} = 10^{-4}$ T)

தீர்வு:

$B_H = 0.15$ G மற்றும் $B_V = 0.26$ G

$$\tan I = \frac{0.26}{0.15} \Rightarrow I = \tan^{-1}(1.732) = 60^{\circ}$$

புவியின் தொகுபயன் காந்தப்புலம்

$$B = \sqrt{B_H^2 + B_V^2} = 0.3\text{ G}$$

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 128 23-12-2022 18:05:46

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

வடதுருவ ஒளித்தோற்றம் (Aurora Borealis) மற்றும்

தென்துருவ ஒளித்தோற்றம் (Aurora Australias)

உயர்ந்த குறுக்குக்கோட்டுப் பகுதியில் வசிக்கும் மக்கள் (ஆர்டிக் அல்லது அண்டார்டிக் பகுதிக்கு அருகில்) இரவு வானில் பளிச்சிடும் வெளிர் நீல ஒளி தோன்றுவதை கண்டிருப்பார்கள். வானில் தோன்றும் இந்த ஆச்சரியமான காட்சிக்கு வடதுருவ ஒளித்தோற்றம் அல்லது தென்துருவ ஒளித்தோற்றம் என்று பெயர். சில நேரங்களில் துருவ ஒளி என்றும் இதனை அழைப்பார்கள். புவியின் வடக்கு அரைக்கோளம் மற்றும் தெற்கு அரைக்கோளங்களின் காந்தத் துருவங்களுக்கு மேல் இந்த ஒளிக்காட்சியைக் காணலாம். வடக்குதிசையில் இதனை வடதுருவ ஒளித்தோற்றம் என்றும் தெற்குத்திசையில் இதனை தென்துருவ ஒளித்தோற்றம் என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. புவியின் வளிமண்டலத்தில் உள்ள வாயுத்துகள்கள், சூரியக்காற்றினால் (Solar wind) சூரியனின் வளிமண்டலத்திலிருந்து வெளியிடப்படும் அதிகமாக மின்னூட்டப்பட்ட துகள்களுடன் இடைவினை புரிவதால் இந்த ஒளித்தோற்றம் ஏற்படுகிறது. மேலும் வெவ்வேறு வகையான துகள்களின் மோதலினால் வெவ்வேறு நிறங்களில் ஒளி தோன்றுகிறது. அயனிநிலையில் உள்ள ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறுகள் மோதலில் ஈடுபடும்போது பச்சை வண்ணத்துடன் கூடிய வெளிர் மஞ்சள் நிற ஒளி தோன்றும். அயனிநிலையில் உள்ள நைட்ரஜன் மூலக்கூறுகள் மோதலில் ஈடுபடும்போது, நீலம் அல்லது ஊதா–சிவப்பு வண்ண ஒளித்தோற்றம் தோன்றுகிறது.

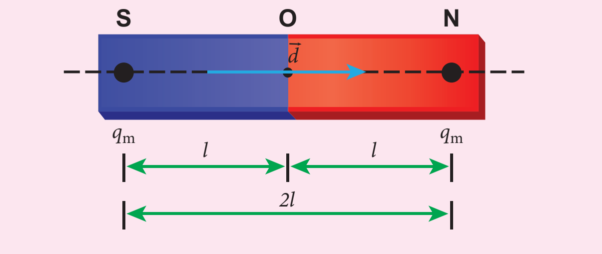
12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 129 23-12-2022 18:05:46

3.1.2 காந்தத்தின் அடிப்படைப் பண்புகள்

சட்டகாந்தம் ஒன்றினை பின்வரும் கலைச் சொற்கள் மற்றும் பண்புகளின் அடிப்படையில் விவரிக்கலாம்.

(அ) காந்த இருமுனைதிருப்புத்திறன்

சட்டகாந்தம் ஒன்றை படம் 3.6 இல் உள்ளவாறு கருதுக. அதன் முனைவலிமையை q_m என்க. காந்தத்தின் வடிவியல் மையம் O விலிருந்து அதன் ஒருமுனையின் நீளம் l என்க. **காந்தத்தின் முனைவலிமை மற்றும் காந்தநீளம் இவற்றின் பெருக்கற்பலன் ஆனது காந்த இருமுனைதிருப்புத்திறன் என வரையறுக்கப்படுகிறது.** இது ஒரு வெக்டர் அளவாகும். இதனை $\vec{p}_m$ என குறிப்பிடலாம்.



படம் 3.6 சட்டகாந்தம்

$$\vec{p}_m = q_m \vec{d} \qquad (3.4)$$

இங்கு $\vec{d}$ என்பது தென்முனையிலிருந்து வடமுனைவரை வரையப்பட்ட வெக்டரைக் குறிக்கிறது. அதன் எண்மதிப்பு $|\vec{d}| = 2l$ ஆகும்.

காந்த இருமுனை திருப்புத்திறனின் எண்மதிப்பு $p_m = 2q_m l$

இதன் SI அலகு A m². காந்த இருமுனை திருப்புத்திறனின் திசை தென்முனையிலிருந்து வடமுனையை நோக்கி இருக்கும்.

(ஆ) காந்தப்புலம்

ஒரு காந்தத்தைச் சுற்றியுள்ள பகுதி அல்லது வெளியில், அக்காந்தத்தின் தாக்கம் வேறொரு காந்தத்தை வைக்கும்போது உணரப்பட்டால், அக்காந்தத்தைச் சுற்றியுள்ள பகுதி அல்லது வெளி காந்தப்புலமாகும். **ஒரு புள்ளியில் வைக்கப்பட்டுள்ள ஓரலகு முனைவலிமை கொண்ட சட்டகாந்தம் உணரும் விசையே, அப்புள்ளியில் காந்தப்புலம் $\vec{B}$ என்று வரையறை செய்யப்படுகிறது.**

$$\vec{B} = \frac{1}{q_m}\vec{F} \qquad (3.5)$$

இதன் அலகு N A^{-1} m^{-1}.

(இ) காந்தத்தின் வகைகள்

காந்தங்கள் இயற்கை காந்தங்கள் மற்றும் செயற்கை காந்தங்கள் என்று இருபெரும் பிரிவுகளாக வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக இரும்பு, கோபால்ட், நிக்கல் போன்றவை இயற்கை காந்தங்களாகும். இவ்வகை காந்தங்கள் மிகவும் வலிமை குறைந்தவை. அது மட்டுமில்லாமல் ஒழுங்கற்ற வடிவத்திலும் உள்ளன. நமக்குத்தேவையான வடிவம் மற்றும் வலிமையில் செயற்கை காந்தங்களை நாம் உருவாக்கலாம். செவ்வக வடிவிலோ அல்லது உருளை வடிவிலோ உருவாக்கப்பட்ட காந்தங்கள் சட்டகாந்தங்கள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன.

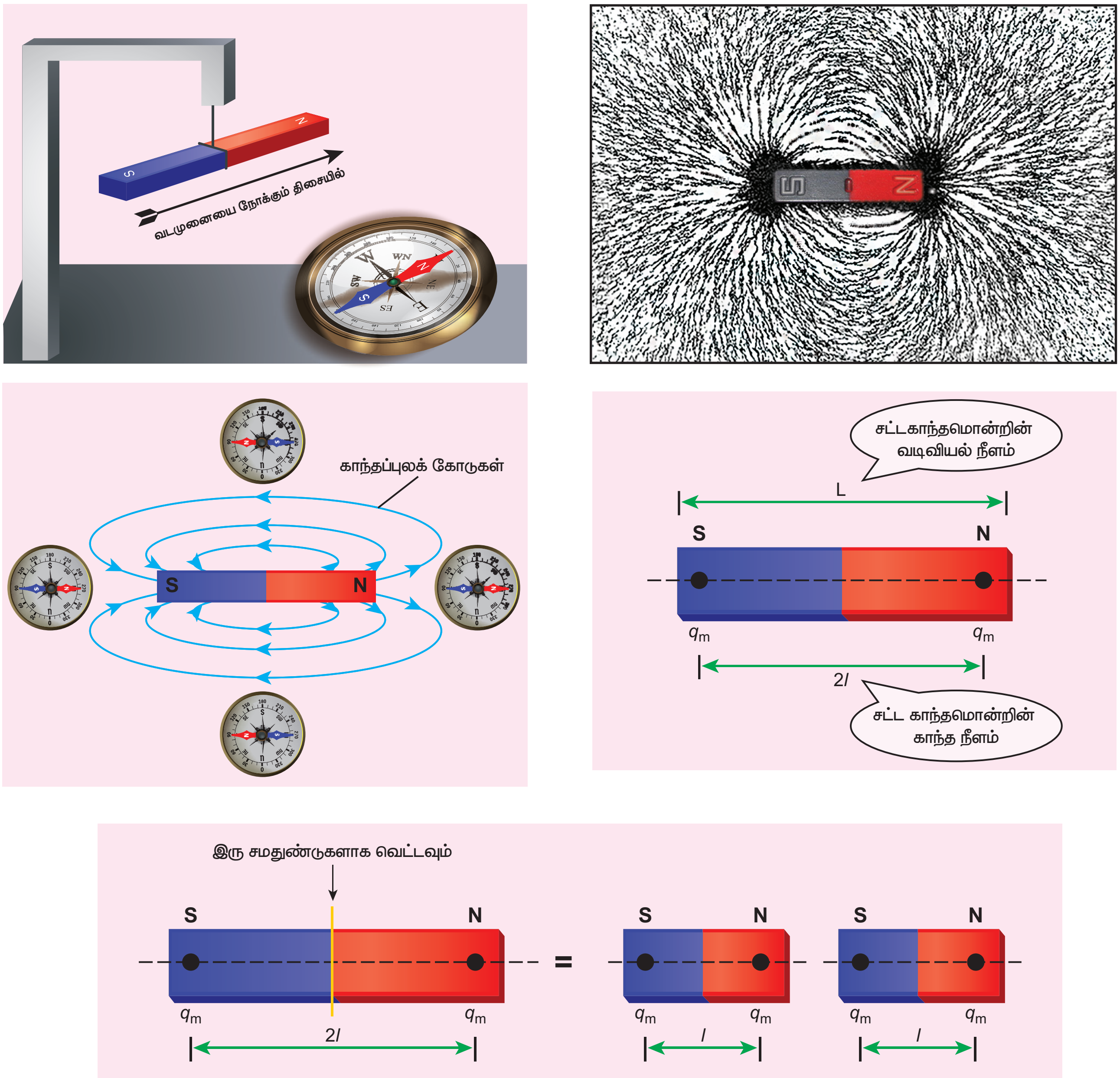
காந்தத்தின் பண்புகள்

சட்டகாந்தத்தின் பண்புகள் பின்வருமாறு (படம் 3.7)

1. தடையின்றி தொங்கவிடப்பட்ட சட்டகாந்தம் எப்போதும் வட–தென் திசையை நோக்கியே நிற்கும்.
2. ஒரு காந்தம் மற்றொரு காந்தத்தை அல்லது காந்தப் பொருட்களை தன்னை நோக்கி ஈர்க்கும் அல்லது விலக்கும். இந்த ஈர்ப்பு அல்லது விலக்கு விசை சட்டகாந்தத்தின் முனைகளில் வலிமையாகக் காணப்படும். சட்டகாந்தம் ஒன்றினை இரும்புத்துருவல்களில் தோய்த்து எடுக்கும்போது, அதன் முனைகளில் இரும்புத்துருவல்கள் அதிகமாக ஒட்டிக் கொள்ளும்.
3. ஒரு காந்தம் துண்டுகளாக உடையும்போது, அதன் ஒவ்வொரு துண்டும் வடமுனை மற்றும் தென்முனை கொண்ட ஒரு காந்தம் போன்று செயல்படும்.
4. காந்தத்தின் இரண்டு முனைகளும் சமமுனைவலிமையைப் பெற்றிருக்கும்.
5. சட்டகாந்தம் ஒன்றின் மொத்த நீளம் அதன் வடிவியல் நீளம் (Geometric length) என்றும், காந்த முனைகளுக்கு இடையே உள்ள நீளம் காந்த நீளம் (Magnetic length) என்றும் அழைக்கப்படும். காந்தநீளம் எப்போதும் வடிவியல் நீளத்தை விடச் சற்றே குறைவாக இருக்கும். காந்த நீளத்திற்கும் வடிவியல் நீளத்திற்கும் உள்ள தகவு, $\frac{5}{6}$ ஆகும்.

$$\frac{\text{காந்த நீளம்}}{\text{வடிவியல் நீளம்}} = \frac{5}{6} = 0.833$$

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 130 23-12-2022 18:05:48



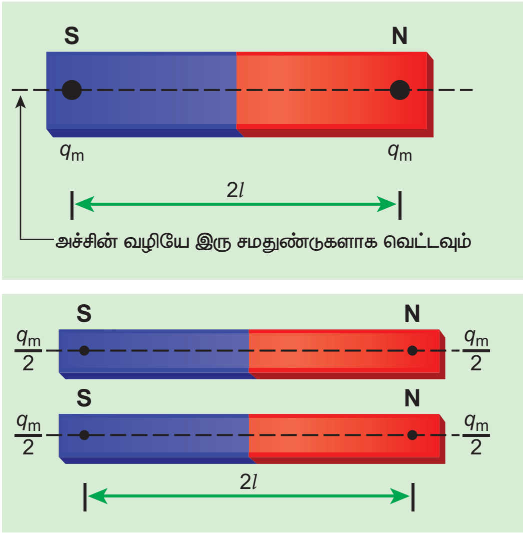
படம் 3.7 காந்தத்தின் பண்புகள்

எடுத்துக்காட்டு 3.2

சட்டகாந்தம் ஒன்றின் காந்தத்திருப்புத்திறன் $\vec{p}_m$ என்க. அதன் காந்தநீளம் $d = 2l$. மேலும் அதன் முனைவலிமை q_m ஆகும். அச்சட்டகாந்தத்தை

(அ) நீளவாக்கில் இரு சமதுண்டுகளாக வெட்டும்போது

(ஆ) நீளத்திற்கு குறுக்காக இரு சமதுண்டுகளாக வெட்டும்போது அதன் காந்தத்திருப்புத் திறனைக் கணக்கிடுக.



தீர்வு

(அ) சட்டகாந்தத்தை நீளவாக்கில் இரு துண்டுகளாக வெட்டும்போது:

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 131 23-12-2022 18:05:49

சட்டகாந்தத்தை நீளவாக்கில் அதன் அச்சின் வழியாக இருசமதுண்டுகளாக வெட்டும்போது, அதன் புதிய காந்தமுனை வலிமை $q'_m = \frac{q_m}{2}$.

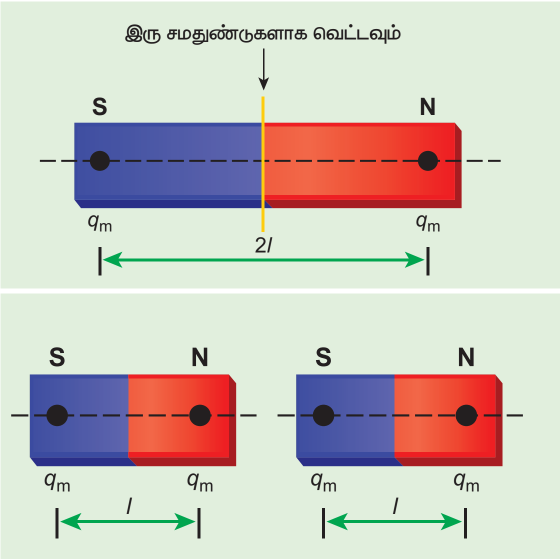
ஆனால் சட்டகாந்தத்தின் காந்தநீளம் மாறாது. எனவே, காந்தத்திருப்புத்திறன்.

$$p'_m = q'_m 2l$$

$$p'_m = \frac{q_m}{2} 2l = \frac{1}{2}(q_m 2l) = \frac{1}{2} p_m$$

வெக்டர் வடிவில், $\vec{p}'_m = \frac{1}{2}\vec{p}_m$

(ஆ) சட்டகாந்தத்தின் அச்சுக்கு செங்குத்தாக இரு சமதுண்டுகளாக வெட்டும்போது:



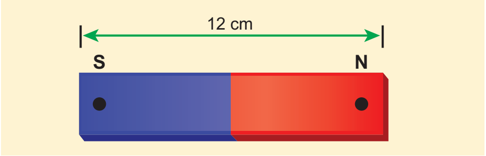
சட்டகாந்தத்தின் அச்சுக்கு செங்குத்தாக இரு சம துண்டுகளாக வெட்டும்போது அதன் முனைவலிமையில் எவ்வித மாற்றமும் ஏற்படாது. ஆனால் காந்தநீளம் பாதியாகக் குறையும். எனவே காந்தத்திருப்புதிறன்

$$p'_m = q_m \times \frac{1}{2}(2l) = \frac{1}{2}(q_m \cdot 2l) = \frac{1}{2} p_m$$

வெக்டர் வடிவில், $\vec{p}'_m = \frac{1}{2}\vec{p}_m$

எடுத்துக்காட்டு 3.3

வடிவியல் நீளம் 12 cm கொண்ட சீரான சட்ட காந்தம் ஒன்றின் காந்த நீளத்தைக் கண்டறிந்து, காந்த முனைகள் அமைந்திருக்கும் இடத்தைக் குறித்துக் காட்டுக.



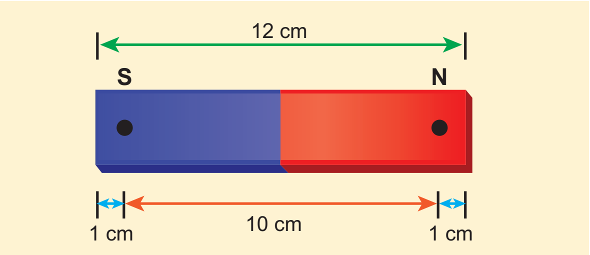
தீர்வு

காந்தத்தில் வடிவியல் நீளம் = 12 cm

$$\text{காந்த நீளம்} = \frac{5}{6} \times (\text{வடிவியல் நீளம்})$$

$$= \frac{5}{6} \times 12 = 10\,\text{cm}$$

பின்வரும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள புள்ளிகள் காந்தத்தின் முனைகளைக் குறிக்கின்றன.



குறிப்பு

(i) முனைவலிமை ஒரு ஸ்கேலர் அளவாகும். அதன் பரிமாணம் $[M^0LT^0A]$ ஆகும். இதன் SI அலகு NT^{-1} (நியூட்டன் / டெஸ்லா) அல்லது A m (ஆம்பியர் – மீட்டர்).

(ii) நிலைமின்னியலில் உள்ள நேர்க்குறி மற்றும் எதிர்க்குறி மின்துகள்களைப் போன்றே, காந்தப்புலத்தில் உள்ள ஒரு காந்தத்தின் வடமுனை, காந்தப்புலத்தின் திசையிலேயே விசையை உணரும். அதே நேரத்தில் காந்தத்தின் தென்முனை காந்தப்புலத்தின் திசைக்கு எதிர்த்திசையில் விசையை உணரும்.

(iii) முனைவலிமையானது, காந்தப்பொருளின் தன்மை, அதன் குறுக்கு–வெட்டுப்பரப்பு மற்றும் எந்த அளவிற்கு அப்பொருள் காந்தமாக்கப்பட்டுள்ளது என்பவற்றைச் சார்ந்தது.

(iv) காந்தம் ஒன்றினை நீளவாக்கில் இரு சமதுண்டுகளாக வெட்டினால், அதன் முனைவலிமை பாதியாகக் குறையும்.

(v) காந்தம் ஒன்றின் நீளத்திற்கு செங்குத்தாக அதனை இருசமதுண்டுகளாக வெட்டினால், அதன் முனைவலிமையில் எவ்வித மாற்றமும் ஏற்படாது.

(vi) காந்தம் ஒன்றினை இருதுண்டுகளாக வெட்டி அதிலிருந்து தனித்த வடமுனையையோ தென்முனையையோ பெறமுடியாது. மாறாக நமக்கு இரண்டு தனித்தனியான காந்தங்கள் கிடைக்கும் வேறு வகையில் கூறுவோமாயின், இயற்கையில் தனித்த வடமுனை அல்லது தனித்த தென்முனை என்ற ஒன்று இல்லை.

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 132 23-12-2022 18:05:52

காந்தப்புலக் கோடுகள்

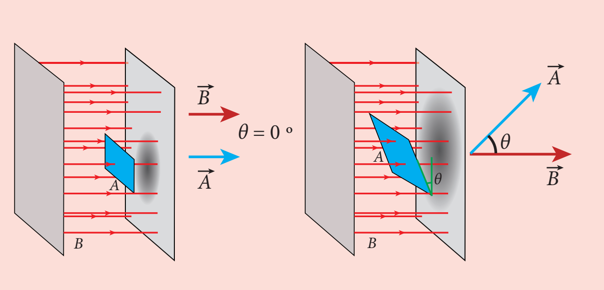
1. காந்தப் புலக்கோடுகள் தொடர்ச்சியான மூடப்பட்ட வளைகோடுகளாகும். காந்தப்புலக்கோடுகளின் திசை காந்தத்திற்கு வெளியே வடமுனையிலிருந்து தென்முனை நோக்கியும் காந்தத்திற்கு உள்ளே தென்முனையிலிருந்து வடமுனை நோக்கியும் இருக்கும்.
2. மூடப்பட்ட வளைகோட்டின் எந்த ஒரு புள்ளியிலும் உள்ள காந்தப்புலத்தின் திசையை, அப்புள்ளியில் உள்ள காந்தப்புலக்கோட்டிற்கு வரையப்படும் தொடுகோட்டின் திசையிலிருந்து அறியலாம்.
3. காந்தப்புலக்கோடுகள் எப்போதும் ஒன்றை ஒன்று வெட்டாது. அவ்வாறு வெட்டிக்கொண்டால் திசைகாட்டும் கருவியில் உள்ள காந்த ஊசி ஒரே புள்ளியில் இரண்டு வெவ்வேறு திசைகளைக் காட்டும். இது நடைமுறையில் சாத்தியமற்றது.
4. காந்தப்புலத்தின் வலிமைக்குத் தக்கவாறு, காந்தப்புலக்கோடுகள் அமைந்திருக்கும். அதாவது வலிமையான காந்தப்புலத்திற்கு கோடுகள் மிக நெருக்கமாகவும், வலிமை குறைந்த காந்தப்புலத்திற்கு கோடுகள் இடைவெளி விட்டும் காணப்படும்.

(ஈ) காந்தப்பாயம்

குறிப்பிட்ட பரப்பிற்கு செங்குத்தாக செல்லும் காந்தப்புலக் கோடுகளின் எண்ணிக்கைக்கு காந்தப்பாயம் Φ_B என்று பெயர். கணிதவியலின்படி, ஒரு சீரான காந்தப்புலத்தில் A பரப்பு வழியாகச் செல்லும் காந்தப்பாயத்தை பின்வருமாறு வரையறுக்கலாம்.

$$\Phi_B = \vec{B}.\vec{A} = BA\cos\theta = B_{\perp}A \qquad (3.6)$$

இங்கு θ என்பது $\vec{B}$ மற்றும் $\vec{A}$ வெக்டர்களுக்கு இடையே உள்ள கோணமாகும். இது படம் 3.8 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 3.8 காந்தப்பாயம்

சிறப்பு நேர்வுகள்

(அ) பரப்பிற்கு செங்குத்தாக $\vec{B}$ உள்ளபோது, அதாவது $\theta = 0^{\circ}$ எனில், காந்தப்பாயம் $\Phi_B = BA$ (பெருமம்).

(ஆ) பரப்பிற்கு இணையாக $\vec{B}$ உள்ளபோது, அதாவது $\theta = 90^{\circ}$ எனில், காந்தப்பாயம் $\Phi_B = 0$.

சீரற்ற காந்தப்புலம் உள்ள பரப்பிற்கு சமன்பாடு (3.6) ஐ, பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$\Phi_B = \int \vec{B}.d\vec{A}$$

(இங்கு பரப்பு முழுவதும் தொகையிடல் (Integral) செய்யப்படுகிறது).

காந்தப்பாயம் ஒரு ஸ்கேலர் அளவாகும். இதன் SI அலகு வெபர் (weber). இதனை Wb என குறிப்பிட வேண்டும். காந்தப்பாயத்தின் பரிமாண வாய்ப்பாடு $ML^2T^{-2}A^{-1}$. இதன் CGS அலகு மேக்ஸ்வெல் ஆகும்.

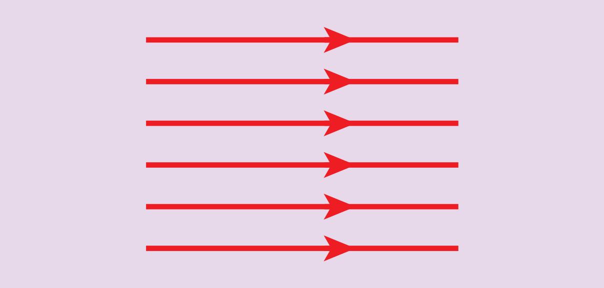
1 வெபர் $= 10^8$ மேக்ஸ்வெல்

காந்தப்புலக் கோடுகளுக்கு செங்குத்தாக உள்ள ஓரலகுப் பரப்பின் வழியாகச் செல்லும் காந்தப்புலக் கோடுகளின் எண்ணிக்கையே காந்தப்பாய அடர்த்தியாகும். இதன் அலகு Wb m^{-2} அல்லது டெஸ்லா (T).

(உ) சீரான மற்றும் சீரற்ற காந்தப்புலம்

சீரான காந்தப்புலம்

கொடுக்கப்பட்ட பகுதியில் உள்ள அனைத்து புள்ளிகளிலும் காந்தப்புலத்தின் எண்மதிப்பு மற்றும் திசை ஆகியவை மாறாமல் இருந்தால், அதனை சீரான காந்தப்புலம் என்று அழைக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாக, குறிப்பிட்ட சிறிய பகுதியில் புவியின் காந்தப்புலம் சீரான காந்தப்புலமாகும்.



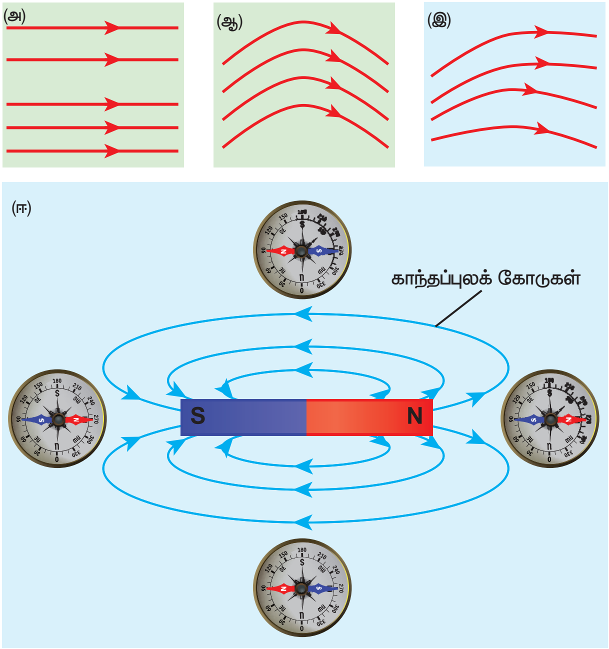
படம் 3.9 சீரான காந்தப்புலம்

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 133 23-12-2022 18:05:54

உதாரணத்திற்கு உங்கள் பள்ளியின் நிலப்பரப்பு முழுவதும் புவிகாந்தப்புலம் ஒரு மாறாத மதிப்பினைப் பெற்றிருக்கும்!

சீரற்ற காந்தப்புலம்

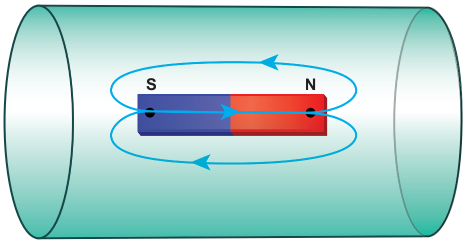
கொடுக்கப்பட்ட பகுதியில் உள்ள அனைத்து புள்ளிகளிலும் காந்தப்புலத்தின் எண்மதிப்பு அல்லது திசை அல்லது இரண்டுமே மாற்றமடைந்தால், அக்காந்தப்புலத்தை சீரற்ற காந்தப்புலம் என்று அழைக்கலாம். எடுத்துக்காட்டு: சட்டகாந்தம் ஒன்றின் காந்தப்புலம்.



படம் 3.10 சீரற்ற காந்தப்புலம் – (அ) மாறாத திசை (ஆ) மாறக்கூடிய திசை (இ) எண்மதிப்பு மற்றும் திசை இரண்டும் மாறக்கூடியவை (ஈ) சட்டகாந்த மொன்றின் காந்தப்புலம்

எடுத்துக்காட்டு 3.4

பின்வரும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள காந்த இருமுனை (சட்ட காந்தம்) வைக்கப்பட்டுள்ள பரப்பிலிருந்து வெளிவரும் காந்தபாயத்தைக் கணக்கிடுக.



தீர்வு

காந்த இருமுனை வைக்கப்பட்டுள்ள மூடப்பட்டப்பரப்பிலிருந்து (S) வெளிவரும் மொத்த காந்தப்பாயம் சுழியாகும். எனவே,

$$\Phi_B = \oint \vec{B}.d\vec{A} = 0$$

இங்கு மூடப்பட்ட பரப்பு S முழுவதும் தொகையிடல் செய்யப்படுகிறது. இதன் மதிப்பு எப்போதும் சுழியாகும் ஏனெனில் தனித்த காந்தமுனை (காந்த ஒருமுனை) என்ற ஒன்று இல்லை.

$$\oint \vec{B}.d\vec{A} = 0$$

இது நிலைமின்னியலில் கூறப்பட்டுள்ள காஸ்விதியினை ஒத்துள்ளது (அலகு 1 ஐப் பார்க்கவும்.

3.2 காந்தவியலின் கூலூம் எதிர்த்தகவு இருமடிவிதி

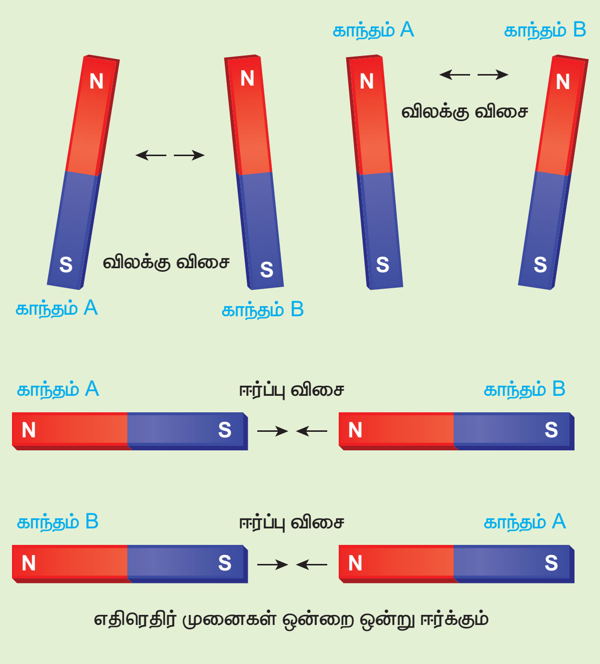
A மற்றும் B என்ற இரண்டு சட்ட காந்தங்களைக் கருதுக. அவை படம் 3.11 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

காந்தம் A மற்றும் B இவற்றின் வடமுனைகளை அல்லது தென்முனைகளை அருகருகே கொண்டு வரும்போது அவை ஒன்றை ஒன்று விலக்கும். மாறாக காந்தம் A யின் வடமுனையை B யின் தென்முனைக்கு அருகே அல்லது B யின் வடமுனையை A யின் தென்முனைக்கு அருகே கொண்டு செல்லும்போது அவை ஒன்றை ஒன்று ஈர்க்கும்.

இது, அலகு 1 –இல் நாம் கற்ற நிலையான மின்துகள்களின் (Static charges) கூலூம் எதிர்த்தகவு இருமடி விதியினை ஒத்துள்ளதை அறியலாம். (எதிரெதிர் மின்துகள்கள் ஒன்றை ஒன்று ஈர்க்கும் மற்றும் ஒத்த மின்துகள்கள் ஒன்றை ஒன்று விலக்கும்)

எனவே நிலைமின்னியலில் கற்ற கூலூம் விதியினைப் போன்றே காந்தவியலில் கூலூம் விதியினை பின்வருமாறு வரையறை செய்யலாம் (படம் 3.12)

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 134 23-12-2022 18:05:55



படம் 3.11 மின்துகள்கள் போன்று செயல்படும் காந்தமுனைகள் – ஒத்த முனைகள் ஒன்றை ஒன்று விலக்கும், எதிரெதிர் முனைகள் ஒன்றை ஒன்று ஈர்க்கும்

இரண்டு காந்த முனைகளுக்கு இடையே உள்ள ஈர்ப்புவிசை அல்லது விலக்கு விசை அவற்றின் முனைவலிமைகளின் பெருக்கல் பலனுக்கு நேர்த்தகவிலும் அவற்றிற்கு இடையே உள்ள தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர்த்தகவிலும் இருக்கும்.

கணிதவியல் முறையில் பின்வருமாறு நாம் எழுதலாம்

$$\vec{F} \propto \frac{q_{m_A} q_{m_B}}{r^2} \hat{r}$$

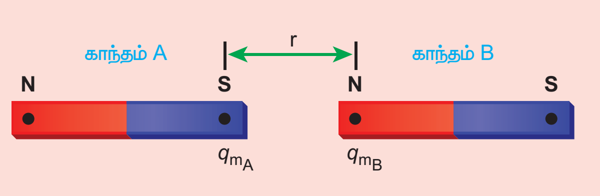
இங்கு q_{m_A} மற்றும் q_{m_B} என்பவை இரண்டு காந்த முனைகளின் முனை வலிமைகளைக் குறிக்கும். r என்பது இரண்டு காந்த முனைகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவைக் குறிக்கும்.

$$\vec{F} = k \frac{q_{m_A} q_{m_B}}{r^2} \hat{r} \qquad (3.7)$$

எண்மதிப்பில், $F = k \frac{q_{m_A} q_{m_B}}{r^2}$ (3.8)

இங்கு k என்பது விகித மாறிலியாகும். இதன் மதிப்பு காந்த முனைகளை சூழ்ந்துள்ள ஊடகத்தினைப் பொறுத்ததாகும். SI அலகின் அடிப்படையில் வெற்றிடத்தில் k இன் மதிப்பு $k = \frac{\mu_o}{4\pi} \approx 10^{-7}\,\text{H m}^{-1}$

இங்கு μ_o என்பது வெற்றிடத்தின் அல்லது காற்றின் உட்புகுதிறன் மற்றும் H என்பது henry அலகு ஆகும்.



படம் 3.12 கூலூம் விதி – இரண்டு காந்த முனைகளுக்கு இடையே உள்ள விசை

எடுத்துக்காட்டு 3.5

காற்றில் வைக்கப்பட்டுள்ள இரண்டு காந்த முனைகளுக்கு இடையே உள்ள விலக்கு விசை 9×10^{-3} N. இரண்டு முனைகளும் சம வலிமைகொண்டவை. மேலும் இரண்டும் 10 cm தொலைவில் பிரித்துவைக்கப்பட்டுள்ளன எனில், ஒவ்வொரு காந்த முனையின் முனைவலிமையைக் காண்க.

தீர்வு:

இரண்டு காந்த முனைகளுக்கு இடையே உள்ள விசை

$$F = k \frac{q_{m_A} q_{m_B}}{r^2}$$

கொடுக்கப்பட்டவை : $F = 9 \times 10^{-3}\text{N}$,

$r = 10 \text{ cm} = 10 \times 10^{-2} \text{ m}$

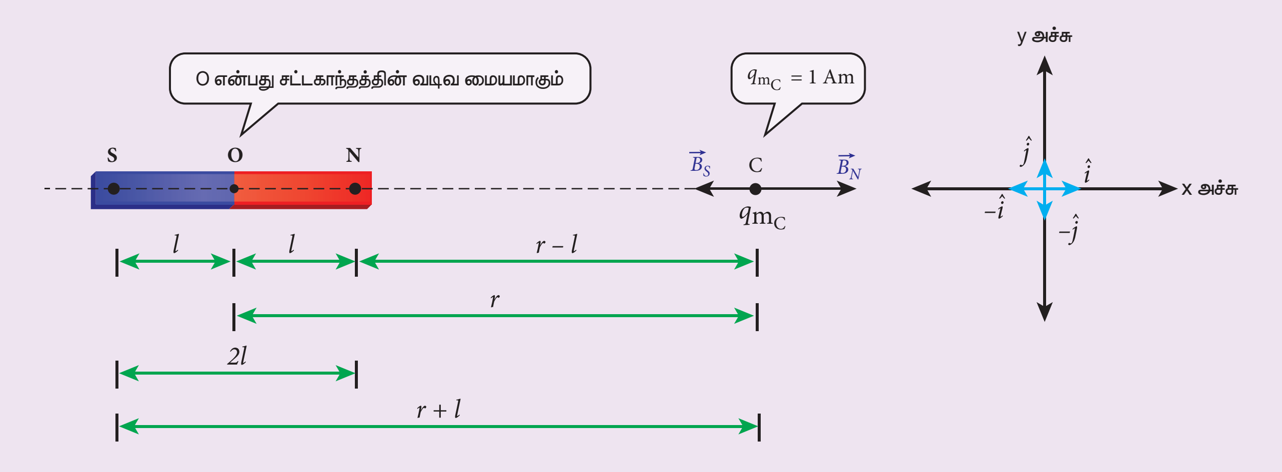
எனவே, $q_{m_A} = q_{m_B} = q_m$,

$$9 \times 10^{-3} = 10^{-7} \times \frac{q_m^2}{(10 \times 10^{-2})^2} \Rightarrow q_m = 30 \text{ N T}^{-1}$$

3.2.1 காந்த இருமுனையின் (சட்டகாந்தம்) அச்சுக்கோட்டில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் காந்தப்புலம்

NS என்ற சட்டகாந்தம் ஒன்றைக் கருதுக. இது படம் 3.13 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இங்கு N மற்றும் S என்பவை சட்டகாந்தத்தின் வட மற்றும் தென் முனைகளைக் குறிக்கின்றன. அவற்றின் முனைவலிமை q_m எனவும் அவற்றிற்கு

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 135 23-12-2022 18:05:57



படம் 3.13 காந்த இருமுனையின் அச்சுக்கோட்டில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் காந்தப்புலம்

இடையே உள்ள தொலைவு $2l$ எனவும் கொள்க. சட்டகாந்தத்தின் வடிவியல் மையம் O விலிருந்து r தொலைவில் அதன் அச்சுக்கோட்டில் அமைந்த C என்ற புள்ளியில் காந்தப்புலத்தைக் காண்பதற்கு, அப்புள்ளியில் ஓரலகு வடமுனையை (q_{m_C} = 1 A m) வைக்க வேண்டும்.

வடமுனையினால் புள்ளி Cல் ஏற்படும் காந்தப்புலம்

$$\vec{B}_N = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{(r-l)^2}\hat{i} \qquad (3.9)$$

இங்கு $(r-l)$ என்பது சட்டகாந்தத்தின் வடமுனை மற்றும் C புள்ளியில் உள்ள ஓரலகு வடமுனைக்கும் இடையே உள்ள தொலைவாகும்.

தென்முனையினால் புள்ளி Cல் ஏற்படும் காந்தப்புலம்

$$\vec{B}_S = -\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{(r+l)^2}\hat{i} \qquad (3.10)$$

இங்கு $(r+l)$ என்பது சட்டகாந்தத்தின் தென்முனை மற்றும் C புள்ளியில் உள்ள ஓரலகு வடமுனைக்கும் இடையே உள்ள தொலைவாகும்.

புள்ளி Cல் உருவாகும் நிகர காந்தப்புலம்

$$\vec{B} = \vec{B}_N + \vec{B}_S$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{(r-l)^2}\hat{i} + \left(-\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{(r+l)^2}\hat{i}\right)$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ q_m}{4\pi}\left(\frac{1}{(r-l)^2} - \frac{1}{(r+l)^2}\right)\hat{i}$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ 2r}{4\pi}\left(\frac{q_m \cdot (2l)}{(r^2-l^2)^2}\right)\hat{i} \qquad (3.11)$$

காந்த இருமுனை திருப்புத்திறனின் எண்மதிப்பு $|\vec{p}_m| = p_m = q_m \cdot 2l$. எனவே C புள்ளியில் உள்ள காந்தப்புலத்தை (3.11) பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$\vec{B}_{\text{அச்சு}} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\left(\frac{2rp_m}{(r^2-l^2)^2}\right)\hat{i} \qquad (3.12)$$

சட்டகாந்தத்தின் வடிவ மையம் O மற்றும் C புள்ளிக்கு இடையே உள்ள தொலைவுடன் ஒப்பிடும்போது, காந்தமுனைகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவு சிறியது எனில் (சிறிய காந்தங்களுக்கு) அதாவது $r >> l$ எனில்,

$$(r^2 - l^2)^2 \approx r^4 \qquad (3.13)$$

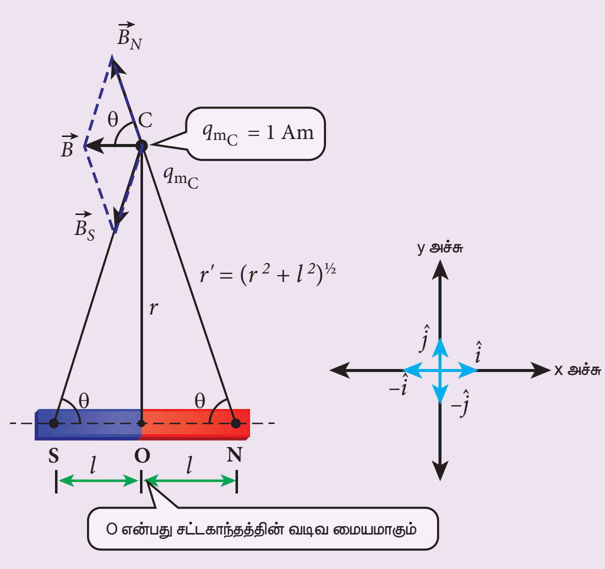
எனவே சமன்பாடு (3.13) ஐ (3.12) இல் பயன்படுத்தும்போது

$$\vec{B}_{\text{அச்சு}} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\left(\frac{2p_m}{r^3}\right)\hat{i} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{2}{r^3}\vec{p}_m \qquad (3.14)$$

இங்கு $\vec{p}_m = p_m\hat{i}$.

3.2.2 காந்த இருமுனையின் (சட்டகாந்தம்) நடுவரைக் கோட்டில் உள்ள ஒருபுள்ளியில் காந்தப்புலம்

NS என்ற சட்டகாந்தம் ஒன்றை கருதுக. இது படம் 3.14 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. N மற்றும் S என்பவை முறையே சட்டகாந்தத்தின் வட மற்றும் தென்முனைகளைக் குறிக்கின்றன. q_m முனைவலிமை கொண்ட இவ்விரண்டு காந்த முனைகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவு $2l$ என்க. சட்டகாந்தத்தின் வடிவ மையம் O விலிருந்து r தொலைவில் அதன் நடுவரைக்கோட்டில் அமைந்த C என்ற புள்ளியில் காந்தப்புலத்தைக் காண்பதற்கு, அப்புள்ளியில் ஓரலகு வடமுனையை (q_{m_C} =1 A m) வைக்க வேண்டும்.



படம் 3.14 காந்த இருமுனையால் நடுவரைக்கோட்டில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் காந்தப்புலம்

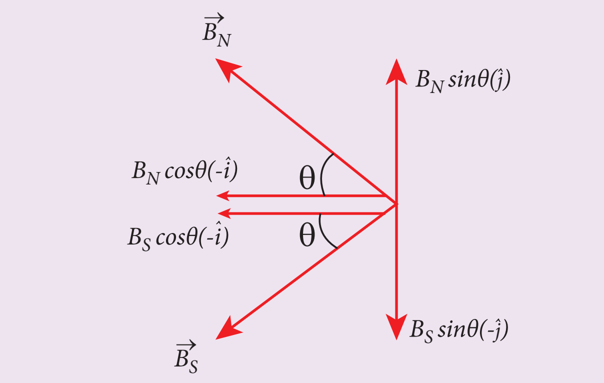
வடமுனையால் புள்ளி Cல் உருவாகும் காந்தப்புலம்

$$\vec{B}_N = -B_N \cos\theta \hat{i} + B_N \sin\theta \hat{j} \quad (3.15)$$

இங்கு $B_N = \frac{\mu_\circ}{4\pi} \frac{q_m}{r'^2}$

Here $r' = (r^2 + l^2)^{\frac{1}{2}}$

தென்முனையால் புள்ளி Cல் உருவாகும் காந்தப்புலம்



படம் 3.15 விசையின் கூறுகள்

$$\vec{B}_S = -B_S \cos\theta \hat{i} - B_S \sin\theta \hat{j} \quad (3.16)$$

இங்கு, $B_S = \frac{\mu_\circ}{4\pi} \frac{q_m}{r'^2}$

சமன்பாடுகள் (3.15) மற்றும் (3.16) இவற்றிலிருந்து C புள்ளியில் ஏற்படும் நிகர காந்தப்புலம் $\vec{B} = \vec{B}_N + \vec{B}_S$. ஆகும். இத்தொகுபயன்விசை C புள்ளியில் உள்ள காந்தப்புலத்திற்குச் சமமாகும்.

$$\vec{B} = -(B_N + B_S)\cos\theta\, \hat{i} \text{ மேலும், } B_N = B_S \text{ எனவே,}$$

$$\vec{B} = -\frac{2\mu_\circ}{4\pi} \frac{q_m}{r'^2} \cos\theta\, \hat{i} = -\frac{2\mu_\circ}{4\pi} \frac{q_m}{(r^2 + l^2)} \cos\theta\, \hat{i} \quad (3.17)$$

படம் 3.14 –இல் காட்டப்பட்டுள்ள செங்கோண முக்கோணம் NOC இல்

$$\cos\theta = \frac{\text{அடுத்துள்ள பக்கம்}}{\text{கர்ணம்}} = \frac{l}{r'} = \frac{l}{\left(r^2 + l^2\right)^{\frac{1}{2}}} \quad (3.18)$$

சமன்பாடு (3.18) ஐ சமன்பாடு (3.17) இல் பிரதியிடும்போது, நமக்குக் கிடைப்பது

$$\vec{B} = -\frac{\mu_\circ}{4\pi} \frac{q_m \times (2l)}{(r^2 + l^2)^{\frac{3}{2}}} \hat{i} \quad (3.19)$$

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 137 23-12-2022 18:06:04

இங்கு காந்த இருமுனைத்திருப்புத்திறனின் எண்மதிப்பு $|\vec{p}_m| = p_m = q_m \cdot 2l$. இதனை சமன்பாடு (3.19) இல் பிரதியிடும்போது C புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புலம் நமக்குக்கிடைக்கும்

$$\vec{B}_{\text{நடுவரை}} = -\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{p_m}{(r^2+l^2)^{\frac{3}{2}}}\hat{i} \qquad (3.20)$$

சட்டகாந்தத்தின் வடிவ மையம் O மற்றும் நாம் கருதும் புள்ளி C இவற்றுக்கு இடையே உள்ள தொலைவுடன் ஒப்பிடும்போது, காந்த முனைகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவு சிறியது எனில், (சிறிய காந்தங்களுக்கு) அதாவது $r >> l$, எனில்

$$(r^2+l^2)^{\frac{3}{2}} \approx r^3 \qquad (3.21)$$

சமன்பாடு (3.21) ஐ சமன்பாடு (3.20) வில் பிரதியிடும்போது

$$\vec{B}_{\text{நடுவரை}} = -\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{p_m}{r^3}\hat{i}$$

இங்கு $p_m\hat{i} = \vec{p}_m$. எனவே நடுவரைக்கோட்டில் உள்ள ஒருபுள்ளியில் உள்ள காந்தப்புலத்தைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்

$$\vec{B}_{\text{நடுவரை}} = -\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{\vec{p}_m}{r^3} \qquad (3.22)$$

அச்சுக்கோட்டில் உள்ள காந்தப்புலம் ($B_{\text{அச்சு}}$) நடுவரைக்கோட்டில் உள்ள காந்தப்புலத்தைப்போன்று ($B_{\text{நடுவரை}}$) இருமடங்காக இருப்பதைக் கவனி. மேலும் இவ்விரண்டின் திசைகளும் ஒன்றுக்கொன்று எதிரெதிரானது என்பதையும் நினைவில் கொள்ள வேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டு 3.6

சிறியகாந்தம் ஒன்றின் காந்தத்திருப்புத்திறன் 0.5 J T^{-1}. சட்டகாந்தத்தின் மையத்திலிருந்து 0.1 m தொலைவில் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தின் எண்மதிப்பு மற்றும் திசையை (அ) அச்சுக்கோட்டில் அமைந்த புள்ளியிலும் (ஆ) செங்குத்து இருசமவெட்டியில் அமைந்த புள்ளியிலும் காண்க.

தீர்வு

கொடுக்கப்பட்ட காந்தத்திருப்புத்திறன் 0.5 J T^{-1} மற்றும் தொலைவு r = 0.1 m

(அ) சிறிய காந்தத்தின் அச்சுக்கோட்டில் அமைந்த புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புலம்

$$\vec{B}_{\text{அச்சு}} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\left(\frac{2p_m}{r^3}\right)\hat{i}$$

$$\vec{B}_{\text{அச்சு}} = 10^{-7}\times\left(\frac{2\times 0.5}{(0.1)^3}\right)\hat{i} = 1\times 10^{-4}\hat{i}\ T$$

எனவே, அச்சுக்கோட்டில் அமைந்த புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தின் எண்மதிப்பு $B_{\text{அச்சு}}$ = 1 × 10^{-4} T. மேலும் இதன்திசை தெற்கிலிருந்து வடக்கு நோக்கி அமையும்.

(ஆ) சிறிய காந்தத்தின் செங்குத்து இருசமவெட்டிப்புள்ளியில் (நடுவரைக் கோட்டுப் புள்ளியில்) ஏற்படும் காந்தப்புலம்

$$\vec{B}_{\text{நடுவரை}} = -\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{p_m}{r^3}\hat{i}$$

$$\vec{B}_{\text{நடுவரை}} = -10^{-7}\left(\frac{0.5}{(0.1)^3}\right)\hat{i} = -0.5\times 10^{-4}\ \hat{i}\ \text{T}$$

எனவே, நடுவரைக்கோட்டில் அமைந்த புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தின் எண்மதிப்பு = 0.5 × 10^{-4} T மேலும் இதன் திசை வடக்கிலிருந்து தெற்கு நோக்கி அமையும்.

அச்சுக்கோட்டின் ($B_{\text{அச்சு}}$) எண்மதிப்பு, நடுவரைக் கோட்டின் ($B_{\text{நடுவரை}}$) எண்மதிப்பைப் போன்று இருமடங்காக இருக்கும். மேலும் இவ்விரண்டின் திசைகளும் ஒன்றுக்கொன்று எதிரெதிராக அமைவதையும் இங்கு நினைவில் கொள்ள வேண்டும்.

3.3 சீரான காந்தப்புலத்தில் உள்ள சட்டகாந்தத்தின் மீது செயல்படும் திருப்புவிசை

$2l$ நீளமும் q_m முனைவலிமையும் கொண்ட காந்தமொன்று $\vec{B}$ என்ற சீரான காந்தப்புலத்தில் படம் 3.16 இல் காட்டியுள்ளவாறு வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒவ்வொரு காந்தமுனையும் எதிரெதிர் திசையில் செயல்படும் $q_m B$ என்ற விசையை உணர்கின்றன. எனவே காந்தத்தின் மீது செயல்படும் தொகுபயன்விசை சுழியாகும். எவ்விதமான இடப்பெயர்ச்சி இயக்கமும் இங்கு ஏற்படாது. இவ்விரண்டு விசைகளும்

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 138 23-12-2022 18:06:08

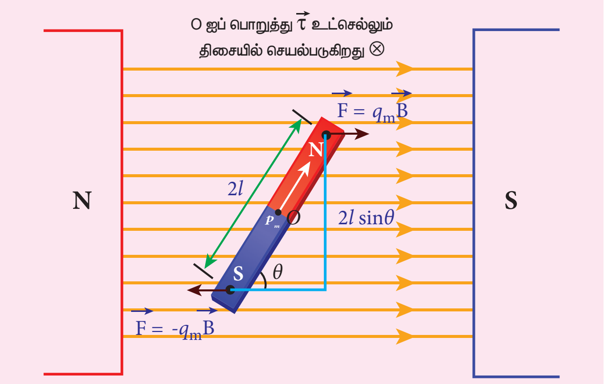
காந்தத்தின் மையத்தைப் பொறுத்து ஒரு இரட்டையை உருவாக்கும். இவ்விரட்டை காந்தத்தைச் சுழற்றி, காந்தப்புலம் $\vec{B}$ இன் திசையிலேயே அதனை ஒருங்கமைக்க முயற்சிக்கும்.

வடமுனை உணரும்விசை, $\vec{F}_N = q_m \vec{B}$ (3.23)

தென்முனை உணரும்விசை, $\vec{F}_S = -q_m \vec{B}$ (3.24)

சமன்பாடு (3.23) மற்றும் (3.24) ஐ ஒன்றுடன் ஒன்று கூட்டும்போது காந்த இருமுனையின் மீது செயல்படும் தொகுபயன்விசை.

$$\vec{F} = \vec{F}_N + \vec{F}_S = \vec{0}$$



படம் 3.16 சீரான காந்தப்புலத்தில் உள்ள காந்த இருமுனை

புள்ளி O வைப்பொறுத்து வட மற்றும் தென்முனை உணரும் திருப்புவிசை

$$\vec{\tau} = \overrightarrow{ON} \times \vec{F}_N + \overrightarrow{OS} \times \vec{F}_S$$

$$\vec{\tau} = \overrightarrow{ON} \times q_m \vec{B} + \overrightarrow{OS} \times \left(-q_m \vec{B}\right)$$

மொத்தத் திருப்புவிசை, தாளினை நோக்கி செயல்படுவதை வலதுகை திருகு விதியினைப் பயன்படுத்தி அறியலாம்.

இங்கு எண்மதிப்புகள் $\left|\overrightarrow{ON}\right| = \left|\overrightarrow{OS}\right| = l$ மற்றும் $\left|q_m \vec{B}\right| = \left|-q_m \vec{B}\right|$. எனவே, புள்ளி O வைப் பொருத்து மொத்தத் திருப்புவிசையின் எண்மதிப்பு

$$\tau = l \times q_m B \sin\theta + l \times q_m B \sin\theta$$

$$= 2l \times q_m B \sin\theta$$

$$\tau = p_m B \sin\theta \qquad (\therefore q_m \times 2l = p_m)$$

வெக்டர் வடிவில், $\vec{\tau} = \vec{p}_m \times \vec{B}$ (3.25)

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

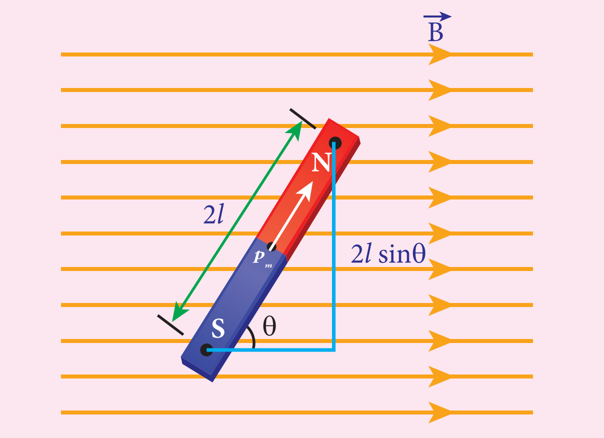
(அ) புவி ஒரு சீரற்ற காந்தப்புலத்தைப் பெற்றிருந்தாலும், உங்கள் ஆய்வுக்கூடத்தில் தடையின்றி தொங்கவிடப்பட்டுள்ள சட்டகாந்தம் இடப்பெயர்ச்சி இயக்கத்தை மேற்கொள்ளாமல், சுழற்சி இயக்கத்தை மட்டுமே (திருப்புவிசை) மேற்கொள்கிறது ஏன்?

ஏனெனில், ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதிக்குள் (உங்கள் ஆய்வுக் கூடத்திற்குள்) புவியின் காந்தப்புலம் சீரானது.

(ஆ) ஒரு சீரற்ற காந்தப்புலத்தில், சட்டகாந்தமொன்று தடையின்றி தொங்கவிடப்பட்டுள்ளபோது என்ன நிகழும் ?

அச்சட்டகாந்தம், இடப்பெயர்ச்சி இயக்கம் (தொகுபயன் விசை மூலமாக) மற்றும் சுழற்சி இயக்கம் (திருப்புவிசை மூலமாக) இவ்விரண்டையும் உணரும்.

3.3.1 சீரான காந்தப்புலத்தில் உள்ள சட்டகாந்தமொன்றின் நிலையாற்றல் (Potential energy)



படம் 3.17 சீரான காந்தப்புலத்தில் உள்ள ஓர் சட்டகாந்தம் (காந்த இருமுனை)

இருமுனை திருப்புத்திறன் $\vec{p}_m$ கொண்ட சட்டகாந்தமொன்று (காந்த இருமுனை), சீரான காந்தப்புலம் $\vec{B}$ உடன் θ கோணத்தில் படம் 3.17 இல் காட்டியுள்ளவாறு வைக்கப்பட்டுள்ளது. இருமுனையின் மீது செயல்படும் திருப்புவிசையின் எண்மதிப்பு

$$\left|\vec{\tau}_B\right| = \left|\vec{p}_m\right|\left|\vec{B}\right| \sin\theta$$

τ_B க்கு எதிராக மாறாத கோண திசைவேகத்தில் $d\theta$ என்ற சிறிய கோண இடப்பெயர்ச்சிக்கு காந்த

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 139 23-12-2022 18:06:12

இருமுனை (சட்டகாந்தம்) சுழற்றப்படுகிறது என்க. இந்த சிறிய கோண இடப்பெயர்ச்சிக்கு, புறத்திருப்புவிசையால் ($\vec{\tau}_{புற}$) செய்யப்பட வேலை

$$dW = \left|\vec{\tau}_{புற}\right| d\theta$$

இங்கு சட்டகாந்தம் மாறாத கோணத் திசைவேகத்தில் சுழலுகிறது.

இதிலிருந்து, $\left|\vec{\tau}_B\right| = \left|\vec{\tau}_{புற}\right|$

$$dW = p_m B \sin\theta \, d\theta$$

காந்த இருமுனையை θ' லிருந்து θ வரை சுழற்றுவதற்கு செய்யப்பட்ட மொத்த வேலை

$$W = \int_{\theta'}^{\theta} \tau d\theta = \int_{\theta'}^{\theta} p_m B \sin\theta \, d\theta = p_m B\left[-\cos\theta\right]_{\theta'}^{\theta}$$

$$W = -p_m B(\cos\theta - \cos\theta')$$

θ' லிருந்து θ வரை சுழற்றுவதற்கு செய்யப்பட்ட இந்த வேலை, θ கோணத்தில் உள்ள சட்டகாந்தத்தில் நிலை ஆற்றலாக சேமித்துவைக்கப்படுகிறது. மேலும் இதனை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$U = -p_m B(\cos\theta - \cos\theta') \qquad (3.26)$$

உண்மையில் θ' மற்றும் θ என்ற இருவேறு கோணநிலைகளுக்கு இடையே உள்ள நிலையாற்றல் வேறுபாட்டைத்தான் சமன்பாடு (3.26) கொடுக்கிறது. $\theta' = 90^\circ$ என்ற குறிப்புப்புள்ளியை நாம் கருதும்போது மேலே உள்ள சமன்பாட்டின் இரண்டாம் பகுதி சுழியாகும். எனவே சமன்பாடு (3.26) ஐ பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$U = -p_m B\,(\cos\theta) \qquad (3.27)$$

சீரான காந்தப்புலத்தில் உள்ள சட்ட காந்தமொன்றில் சேமித்து வைக்கப்பட்டுள்ள ஆற்றல்

$$U = -\vec{p}_m \cdot \vec{B} \qquad (3.28)$$

நேர்வு 1

(i) $\theta = 0^\circ$, எனில்

$$U = -p_m B\,(\cos 0^\circ) = -p_m \mathrm{B}$$

(ii) $\theta = 180^\circ$, எனில்

$$U = -p_m B\,(\cos 180^\circ) = p_m \mathrm{B}$$

மேற்கண்ட இரண்டு முடிவுகளிலிருந்து நாம் அறிவது என்னவென்றால், சட்டகாந்தம் புறகாந்தப்புலத்தின் திசையில் ஒருங்கமையும்போது அதன் நிலையாற்றல் சிறுமமாகவும், புறகாந்தப்புலத்தின் திசைக்கு எதிர்த்திசையில் ஒருங்கமையும்போது அதன் நிலையாற்றல் பெருமமாகவும் இருக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு 3.7

புறகாந்தப்புலம் ஒன்றில் உள்ள காந்த இருமுனையைக்கருதுக. புறகாந்தப்புலம் செயல்படும்போது காந்த இருமுனை இரண்டு வழிகளில் மட்டுமே ஒருங்கமையும். அதாவது ஒன்று புறகாந்தப்புலத்தின் திசையில் (புறகாந்தப்புலத்திற்கு இணையாக) மற்றொன்று புறகாந்தப்புலத்தின் திசைக்கு எதிர்த்திசையில். இவ்விரண்டு நிகழ்வுகளிலும் தோன்றும் ஆற்றலைக் கணக்கிட்டு அதற்கான வரைபடங்களை வரைக.

தீர்வு

சட்டகாந்தத்தின் இருமுனைதிருப்புத்திறன் $\vec{p}_m$ என்க. புறகாந்தப்புலம் செயல்படாத நிலையில் எவ்வித ஒருங்கமைவும் ஏற்படாது. எனவே ஆற்றல் $U = 0$.

புறகாந்தப்புலம் செயல்பட்ட உடன், காந்த இருமுனை புறகாந்தப்புலத்தின் திசையில் ($\theta = 0^\circ$) ஒருங்கமையும்போது அதன் ஆற்றல்

$$U_{இணை} = U_{சிறுமம்} = -p_m B\cos 0^\circ$$

$$U_{இணை} = -p_m B$$

ஏனெனில் $\cos 0^\circ = 1$

அவ்வாறு இல்லையெனில், காந்த இருமுனை புறகாந்தப்புலத்தின் திசைக்கு எதிர்த்திசையில் ($\theta = 180^\circ$) ஒருங்கமையும்போது அதன் ஆற்றல்

$$U_{எதிர்-இணை} = U_{பெருமம்} = -p_m B\cos 180^\circ$$

$$\Rightarrow U_{எதிர்-இணை} = p_m B$$

ஏனெனில் $\cos 180^\circ = -1$

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 140 23-12-2022 18:06:15

3.4 காந்தப்பண்புகள்

நாம் அறிந்துள்ள, நடைமுறையில் நாம் பயன்படுத்தும் அனைத்துப் பொருட்களும் காந்தப்பொருட்கள் அல்ல. மேலும், காந்தப்பொருட்கள் அனைத்தும் ஒரே தன்மையைப் பெற்றிருக்க வில்லை. எனவே, ஒரு காந்தப்பொருளிலிருந்து மற்றொரு காந்தப்பொருளைப் பிரித்தறிய சில அடிப்படைச் செய்திகளை நாம் அறிவது அவசியமாகும் அவை:

(அ) காந்தமாக்குப் புலம் (Magnetising field)

பொருள் ஒன்றினை காந்தமாக்குவதற்குப் பயன்படும் காந்தப்புலமே, காந்தமாக்குப்புலம் எனப்படும். இது ஒரு வெக்டர் அளவாகும். இதனை $\vec{H}$ எனக் குறிப்பிடுவார்கள் இதன் அலகு $A\ m^{-1}$.

(ஆ) காந்த உட்புகுதிறன்

காந்தப்புலக்கோடுகளை தன் வழியே பாய அனுமதிக்கும் பொருளின் திறமை அல்லது காந்தமாக்கப்படுவதை ஏற்றுக்கொள்ளும் பொருளின் திறன் அல்லது பொருள் தன்வழியே காந்தப்புலத்தை உட்புக அனுமதிக்கும் அளவு காந்த உட்புகுதிறன் ஆகும்.

வெற்றிடத்தில், உட்புகுதிறன் (அல்லது தனி உட்புகுதிறன்) μ_0 எனவும், எந்த ஒரு ஊடகத்திலும் உட்புகுதிறன் μ எனவும் குறிப்பிடப்படுகிறது. **ஊடகத்தில் உட்புகுதிறனுக்கும், வெற்றிடத்தில் உட்புகுதிறனுக்கும் உள்ள தகவே ஒப்புமை உட்புகுதிறன் μ_r ஆகும்.**

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_\circ} \qquad (3.29)$$

ஒப்புமை உட்புகுதிறன் பரிமாணமற்ற ஓர் எண்ணாகும். இதற்கு அலகு இல்லை. வெற்றிடம் அல்லது காற்றில் ஒப்புமை உட்புகுதிறனின் மதிப்பு ஒன்று ஆகும். அதாவது $\mu_r = 1$.

(இ) காந்தமாகும் செறிவு

வரம்புக்குட்பட்ட அளவுடைய எந்த ஒரு பருப்பொருளும் மிக அதிக எண்ணிக்கையில் அணுக்களைப் பெற்றிருக்கும். ஒவ்வொரு அணுவிலும் சுற்றுப்பாதை இயக்கத்திலுள்ள எலக்ட்ரான்கள் காணப்படும். எலக்ட்ரான்களின் இந்த சுற்றுப்பாதை இயக்கத்தினால் அவை காந்தத்திருப்புத்திறனைப் பெற்றிருக்கும். இது ஒரு வெக்டர் அளவாகும். பொதுவாக இந்த காந்தத் திருப்புத்திறன்கள் ஒழுங்கற்ற முறையில் எல்லா திசைகளிலும் அமைகின்றன. எனவே, ஓரலகு பருமனுடைய பருப்பொருளின் தொகுபயன் காந்தத்திருப்புத்திறன் சுழியாகும்.

இத்தகைய பொருட்களை புறகாந்தப்புலம் ஒன்றினுள் வைக்கும்போது அணுஇருமுனைகள் உருவாகி, பகுதியாகவோ அல்லது முழுவதுமாகவோ புறகாந்தப்புலத்தின் திசையில் ஒருங்கமைய முயற்சிக்கின்றன. **ஓரலகு பருமனுக்கான பொருளின் இந்த தொகுபயன் காந்தத்திருப்புத்திறனே காந்தமாகும் செறிவு அல்லது காந்தமாகும் வெக்டர் அல்லது காந்தமாகுதல் எனப்படும்.** இது ஒரு வெக்டர் அளவாகும். கணிதவியலின்படி,

$$\vec{M} = \frac{\text{காந்தத் திருப்புத்திறன்}}{\text{பருமன்}} = \frac{\vec{p}_m}{V} \qquad (3.30)$$

காந்தமாகும் செறிவின் SI அலகு ஆம்பியர் மீட்டர்$^{-1}$ ஆகும். குறுக்குவெட்டுப்பரப்பு A, நீளம் $2l$ மற்றும் முனைவலிமை q_m கொண்ட சட்ட காந்தத்தின் காந்தத்திருப்புத்திறன் $\vec{p}_m = q_m \overrightarrow{2l}$ ஆகும். மேலும் அந்த சட்டகாந்தத்தின் பருமன் $V = A\left|\overrightarrow{2l}\right| = 2l\,A$ எனில், சட்டகாந்தத்தின் காந்தமாகும் செறிவு

$$\vec{M} = \frac{\text{காந்தத் திருப்புத்திறன்}}{\text{பருமன்}} = \frac{q_m \overrightarrow{2l}}{2l\,A} \qquad (3.31)$$

சமன்பாடு (3.31) ஐ எண்ணளவில் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$\left|\vec{M}\right| = M = \frac{q_m \times 2l}{2l \times A} \Rightarrow M = \frac{q_m}{A}$$

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 141 23-12-2022 18:06:17

சட்டகாந்தத்தின் காந்தமாகும் செறிவினை, ஓரலகு பரப்பிற்கான (முகப்பரப்பிற்கான) முனைவலிமை என்றும் வரையறை செய்யலாம் என்பதை மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து அறியலாம்.

(ஈ) காந்தத்தூண்டல் அல்லது மொத்த காந்தப்புலம்

தேனிரும்புத்துண்டு போன்ற பொருட்களை சீரான காந்தமாக்குப் புலத்தில் $\vec{H}$ வைக்கும்போது, அப்பொருள் காந்தமாக மாறும். அதாவது அப்பொருள் காந்தத்தன்மையைப் பெறுகின்றது. **பொருளின் காந்தத்தூண்டல் அல்லது மொத்த காந்தப்புலம் $\vec{B}$ என்பது, காந்தமாக்கும் புலத்தினால் வெற்றிடத்தில் உருவாக்கப்பட்ட காந்தப்புலத்திற்கும் $\vec{B}_o$, காந்தமாக்கும் புலத்தினால் பொருளில் தூண்டப்பட்ட காந்தப்புலத்திற்கும் $\vec{B}_m$ உள்ள கூடுதலாகும்.**

$$\vec{B} = \vec{B}_o + \vec{B}_m = \mu_\circ \vec{H} + \mu_\circ \vec{M}$$

$$\Rightarrow \vec{B} = \vec{B}_o + \vec{B}_m = \mu_\circ (\vec{H} + \vec{M}) \qquad (3.32)$$

(உ) காந்த ஏற்புத்திறன்

பொருளொன்றை, காந்தமாக்கும் புலத்தில் $(\vec{H})$ வைக்கும்போது, அப்பொருள் வெளியிலிருந்து அளிக்கப்படும் புறகாந்தப்புலத்தினால் எவ்வாறு பாதிக்கப்படுகிறது என்பதைப் பற்றிய புரிதலை காந்த ஏற்புத்திறன் அளிக்கிறது. வேறுவகையில் கூறுவோமாயின் எவ்வளவு எளிதாக மற்றும் எவ்வளவு வலிமையாக பொருள் காந்தத்தன்மையை ஏற்றுக்கொள்கிறது என்பதை அளவிடுவது காந்த ஏற்புத்திறனாகும். **காந்தமாக்குப் புலத்தினால் பொருளில் தூண்டப்பட்ட காந்தமாகும் செறிவிற்கும் $(\vec{M})$, பொருளுக்கு அளிக்கப்பட்ட காந்தமாக்குப்புலத்திற்கும் $(\vec{H})$ உள்ள விகிதமே காந்த ஏற்புத்திறனாகும்.**

$$\chi_m = \frac{|\vec{M}|}{|\vec{H}|} \qquad (3.33)$$

இது ஒரு பரிமாணமற்ற அளவாகும். அட்டவணை 3.1 இல் திசை ஒருமைப்பண்புடைய சில பொருட்களின் காந்த ஏற்புத்திறன் மதிப்புகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 3.1 திசை ஒருமைப்பண்புடைய சில பொருட்களின் காந்த ஏற்புத்திறன்

பொருள்	காந்த ஏற்புத்திறன் (χ_m)
அலுமினியம்	2.3×10^{-5}
தாமிரம்	-0.98×10^{-5}
வைரம்	-2.2×10^{-5}
தங்கம்	-3.6×10^{-5}
பாதரசம்	-3.2×10^{-5}
வெள்ளி	-2.6×10^{-5}
டைட்டேனியம்	7.06×10^{-5}
டங்ஸ்டன்	6.8×10^{-5}
கார்பன்டை ஆக்ஸைடு (1 வளிமண்டல அழுத்தத்தில்)	-2.3×10^{-9}
ஆக்ஸிஜன் (1 வளிமண்டல அழுத்தத்தில்)	2090×10^{-9}

எடுத்துக்காட்டு 3.8

நிறை, காந்தத்திருப்புத்திறன் மற்றும் அடர்த்தி முறையே 200 g, 2 A m², 8 g cm⁻³ கொண்ட சட்டகாந்தமொன்றின் காந்தமாகும் செறிவினைக் காண்க.

தீர்வு

சட்டகாந்தத்தின் அடர்த்தி பின்வருமாறு

$$\text{அடர்த்தி} = \frac{\text{நிறை}}{\text{பருமன்}} \Rightarrow \text{பருமன்} = \frac{\text{நிறை}}{\text{அடர்த்தி}}$$

$$\text{பருமன்} = \frac{200\times10^{-3}\,\text{kg}}{(8\times10^{-3}\,\text{kg})\times10^{6}\,\text{m}^{-3}}$$

$$= 25\times10^{-6}\,\text{m}^3$$

காந்தத்திருப்புத்திறனின் எண்மதிப்பு $p_m = 2\,\text{A m}^2$

$$\text{காந்தமாகும் செறிவு}, M = \frac{2}{25\times10^{-6}}$$

$$M = 0.8\times10^5\,\text{A m}^{-1}$$

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 142 23-12-2022 18:06:24

எடுத்துக்காட்டு 3.9

$\vec{B} = \mu_\circ(\vec{H} + \vec{M})$ என்ற தொடர்பை பயன்படுத்தி $\chi_m = \mu_r - 1$ எனக் காட்டுக.

தீர்வு

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

ஆனால் சமன்பாடு (3.33) இன் வெக்டர் வடிவம்,

$$\vec{M} = \chi_m \vec{H}$$

எனவே, $\vec{B} = \mu_\circ(\chi_m + 1)\vec{H} \Rightarrow \vec{B} = \mu\vec{H}$

இங்கு, $\mu = \mu_\circ(\chi_m + 1) \Rightarrow \chi_m + 1 = \dfrac{\mu}{\mu_\circ} = \mu_r$

$$\Rightarrow \chi_m = \mu_r - 1$$

எடுத்துக்காட்டு 3.10

X மற்றும் Y என்ற இரண்டு பொருட்களின் காந்தமாகும் செறிவுகள் முறையே 500 A m^{-1} மற்றும் 2000 A m^{-1} என்க. 1000 A m^{-1} மதிப்புடைய காந்தமாக்குப் புலத்தில் இவ்விரண்டு பொருட்களையும் வைக்கும்போது எந்த பொருள் எளிதில் காந்தமாகும்?

தீர்வு

X பொருளின் காந்த ஏற்புத்திறன்

$$\chi_{m,X} = \frac{|\vec{M}|}{|\vec{H}|} = \frac{500}{1000} = 0.5$$

Y பொருளின் காந்த ஏற்புத்திறன்

$$\chi_{m,Y} = \frac{|\vec{M}|}{|\vec{H}|} = \frac{2000}{1000} = 2$$

Y பொருளின் காந்த ஏற்புத்திறன் அதிகம். எனவே X பொருளை விட Y பொருள் எளிதில் காந்தமாகும்.

3.5 காந்தப்பொருட்களின் வகைப்பாடு

காந்தமாக்கும் புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள பொருட்களின் செயல்பாட்டின் அடிப்படையில் அவை மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. அவைகள் முறையே டயா, பாரா மற்றும் ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருட்களாகும் இவற்றைப்பற்றி இப்பகுதியில் அறியலாம்.

(அ) டயா காந்தப்பொருட்கள் (Diamagnetic materials)

அணுக்கருவைச் சுற்றியுள்ள எலக்ட்ரான்களின் சுற்றுப்பாதை இயக்கம், சுற்றுப்பாதையின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக ஒரு காந்தப்புலத்தை உருவாக்கும். எனவே, ஒவ்வொரு எலக்ட்ரானும் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு சுற்றுப்பாதை காந்த இருமுனை திருப்புத்திறனைப் (Finite orbital magnetic dipole moment) பெற்றுள்ளது. ஆனால் சுற்றுப்பாதை தளங்கள் தற்போக்காக ஒழுங்கற்ற முறையில் எல்லா திசைகளிலும் அமைந்துள்ளதால், காந்த இருமுனை திருப்புத்திறன்களின் வெக்டர் கூடுதல் சுழியாகும். எனவே எந்த ஒரு அணுவும் தொகுபயன் காந்த இருமுனை திருப்புத்திறனைப் பெற்றிருக்காது.

புறகாந்தப்புலத்தில் இவற்றை வைக்கும்போது, சில எலக்ட்ரான்களின் வேகம் அதிகரிக்கும். சில எலக்ட்ரான்களின் வேகம் குறையும். லென்ஸ் விதியின் அடிப்படையில் இருமுனை திருப்புத்திறன்கள் எதிர் – இணையாக உள்ள எலக்ட்ரான்களின் வேகம் அதிகரிக்கும். இதன் காரணமாக புறகாந்தப்புலத்தின் திசைக்கு எதிராக ஒரு தூண்டப்பட்ட காந்த இருமுனை திருப்புத்திறன் உருவாகிறது. புறகாந்தப்புலம் நீக்கப்பட்ட உடன் இந்த தூண்டப்பட்ட காந்த இருமுனை திருப்புத்திறன் உடனடியாக மறைகிறது.

சீரற்ற காந்தப்புலத்தில் டயா காந்தப் பொருளொன்றை வைக்கும்போது, தூண்டப்பட்ட காந்த இருமுனை திருப்புத் திறனுக்கும் புறகாந்தப்புலத்திற்கும் இடையே ஓர் இடைவினை நடைபெற்று விசை உருவாகிறது. இந்த விசை டயா காந்தப்பொருளை புறகாந்தப்புலத்தின் வலிமை மிக்க பகுதியிலிருந்து, வலிமை குறைந்த பகுதிக்கு நகர்த்த முயற்சிக்கிறது. புறகாந்தப்புலத்தினால் டயா காந்தப்பொருள் விலக்கப்படுவதை இது காட்டுகிறது.

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 143 23-12-2022 18:06:26

இச்செயலுக்கு டயா காந்தச்செயல் (Diamagnetic action) என்று பெயர். மேலும் இத்தகையப் பொருட்களுக்கு டயாகாந்தப்பொருட்கள் (Diamagnetic materials) என்று பெயர். எடுத்துக்காட்டுகள் : பிஸ்மத், தாமிரம் மற்றும் தண்ணீர் மேலும் சில பொருட்கள்.

டயா காந்தப்பொருட்களின் பண்புகள்

i) இவை எதிர்க்குறி காந்த ஏற்புத்திறனைப் பெற்றுள்ளன.

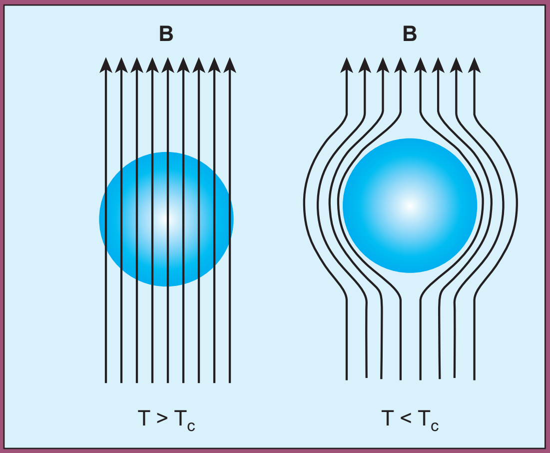
ii) இவற்றின் ஒப்புமை காந்த உட்புகுதிறன் ஒன்றைவிட சற்றேக் குறைவாகும்.

iii) புறகாந்தப்புலத்தில் வைக்கும்போது, காந்தப்புலக் கோடுகள் டயா காந்தப்பொருளினால் விலக்கித் தள்ளப்படுகின்றன.

iv) காந்தஏற்புத்திறன் கிட்டத்தட்ட வெப்பநிலையைச் சார்ந்ததல்ல.

குறிப்பு

மீக்கடத்திகள் முழுமையான டயாகாந்தப்பொருட்களாகும். டயா காந்தப்பொருட்கள் மீக்கடத்திகளாக மாறும்போது மீக்கடத்தியிலிருந்து காந்தப்பாயம் விலக்கித்தள்ளப்படும். இந்நிகழ்விற்கு மெய்சனர் (Meissner) விளைவு என்று பெயர். (படம் 3.18 ஐப் பார்க்கவும்)



படம் 3.18 மெய்சனர் விளைவு – மாறுநிலை வெப்பநிலை (T_C) க்கு கீழே, மீக்கடத்திகள் ஒரு முழுமையான டயாகாந்தப் பொருட்களைப் போன்று செயல்படுகின்றன.

(ஆ) பாரா காந்தப்பொருட்கள் (Paramagnetic materials)

சில காந்தப்பொருட்களில் அதன் ஒவ்வொரு அணுவும் அல்லது மூலக்கூறும் நிகர காந்த இருமுனை திருப்புதிறன்களைப் பெற்றுள்ளன. இதற்குக் காரணம் அணுவிலுள்ள எலக்ட்ரான்களின் சுற்றுப்பாதை மற்றும் தற்சுழற்சி காந்த இருமுனை திருப்புத்திறன்களின் வெக்டர் கூடுதலாகும். இந்த காந்த இருமுனை திருப்புத்திறன்கள் (Spin magnetic dipole moment) தற்போக்காக ஒழுங்கற்ற முறையில் எல்லா திசைகளிலும் உள்ளதால் பொருளின் நிகர காந்த இருமுனை திருப்புத்திறனின் மதிப்பு சுழியாகும்.

புறகாந்தப்புலத்தில் இவற்றை வைக்கும்போது, அணுஇருமுனை மீது செயல்படும் திருப்புவிசை அவற்றை புறகாந்தப்புலத்தின் திசையிலேயே ஒருங்கமைக்க முயலும். இதன் பயனாக ஒரு தொகுபயன் காந்த இருமுனை திருப்புத்திறன் புறகாந்தப்புலத்தின் திசையிலேயே தூண்டப்படும். புறகாந்தப்புலம் உள்ளவரை இந்த தூண்டப்பட்ட இருமுனை திருப்புத்திறன் நீடிக்கும்.

இவற்றை சீரற்ற காந்தப்புலத்தில் வைக்கும்போது, பாரா காந்தப்பொருட்கள் புலத்தின் வலிமை குறைந்த பகுதியிலிருந்து

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

காந்த மிதப்பு இரயில் வண்டி

காந்த மிதப்பு இரயில் வண்டியை, மேக்லீவ் (Maglev) இரயில் வண்டி என்றும் அழைக்கலாம். மின்காந்தங்களைப் பயன்படுத்தி அவற்றின் ஓடுபாதையிலிருந்து சில சென்டிமீட்டர் உயரத்திற்கு இவற்றை மிதக்கச் செய்கின்றனர். மேக்லீவ் இரயில் வண்டிகளுக்கு சக்கரங்கள் தேவையில்லை மேலும் இவை மிக உயர்ந்த வேகத்தில் செல்கின்றன. இவற்றின் அடிப்படை இயந்திர நுட்பம் இரு ஜோடி காந்தங்களால் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றன. ஒரு ஜோடி காந்தம் விலக்கு விசையைப் பயன்படுத்தி இரயில் வண்டியை அதன் ஓடுபாதையிலிருந்து சில சென்டிமீட்டர் உயரத்திற்கு காற்றில் மிதக்க வைக்கிறது. மற்றொரு ஜோடி காந்தம் மிதக்கும் இந்த இரயில் வண்டியை மிக உயர்ந்த வேகத்தில் முன்னோக்கிச் செலுத்துகின்றன. மரபாக நாம் பயன்படுத்தும் இரயில் வண்டியுடன் மேக்லீவ் இரயில் வண்டியை ஒப்பிடும்போது இது ஓசையற்றது, அதிர்வற்றது மற்றும் சுற்றுச்சூழலுக்கு எவ்வித தீங்கும் விளைவிக்காததாகும். வருங்கால தொழில் நுட்பங்களைப் பயன்படுத்தி மேக்லீவ் இரயில் வண்டிகள் தற்போதுள்ள வேகத்தைவிட மிக அதிக வேகத்தில் இயங்கும் வல்லமையை பெற்றுள்ளன.

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 144 23-12-2022 18:06:27

வலிமை மிக்க பகுதிக்கு நகர முயற்சிக்கும். புற காந்தப்புலம் செலுத்தப்படும் திசையில் வலிமை குறைந்த காந்தப்பண்பைக் காட்டும் பொருட்களுக்கு பாராகாந்தப் பொருட்கள் என்று பெயர். எடுத்துக்காட்டுகள்: அலுமினியம், பிளாட்டினம் குரோமியம் மற்றும் ஆக்சிஜன் மேலும் சில பொருட்கள்.

பாரா காந்தப்பொருட்களின் பண்புகள்:

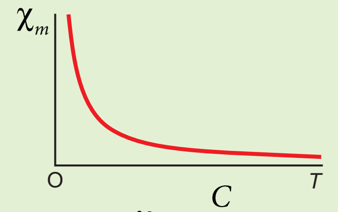
i) இவை குறைந்த நேர்க்குறி காந்த ஏற்புத்திறன் கொண்டவை.
ii) இவற்றின் ஒப்புமை காந்த உட்புகுதிறன் ஒன்றைவிட அதிகம்.
iii) புறகாந்தப்புலத்தில் வைக்கும்போது காந்தப்புலக் கோடுகள் பாரா காந்தப்பொருளுக்குள்ளே ஈர்க்கப்படுகின்றன.
iv) காந்த ஏற்புத்திறன் வெப்பநிலைக்கு எதிர்த்தகவாகும்.

கியூரி விதி (Curie's law)

வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது, வெப்ப அதிர்வின் காரணமாக காந்த இருமுனை திருப்புத்திறன்களின் ஒருங்கமைவு (alignment) சிதைந்து விடுகின்றது. எனவே வெப்பநிலை அதிகரிப்பால் காந்த ஏற்புத்திறன் குறைகிறது. பெரும்பாலான நிகழ்வுகளில் பொருளின் காந்த ஏற்புத்திறன்

$$\chi_m \propto \frac{1}{T} \text{ அல்லது } \chi_m = \frac{C}{T}$$

இத்தொடர்புக்கு கியூரியின் விதி என்று பெயர். இங்கு C என்று கியூரி மாறிலி மற்றும் T என்பது கெல்வின் வெப்பநிலையாகும். காந்த ஏற்புத்திறனுக்கும் வெப்பநிலைக்கும் உள்ள தொடர்பினை படம் 3.19 காட்டுகிறது. இது ஒரு செவ்வக அதிபரவளையம் என்பதை இங்கு கவனிக்க வேண்டும்.

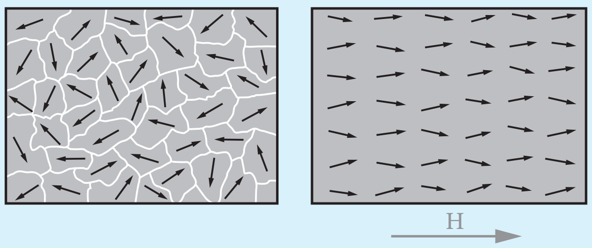


படம் 3.19 கியூரியின் விதி – காந்த ஏற்புத்திறனுக்கும் வெப்பநிலைக்கும் உள்ள தொடர்பு

(இ) ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருட்கள் (Ferromagnetic materials)

பாரா காந்தப்பொருளைப் போன்றே, ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருளிலுள்ள ஒரு அணு அல்லது மூலக்கூறு நிகர காந்த இருமுனை திருப்புத்திறனைப் பெற்றுள்ளது. ஃபெர்ரோ காந்தப் பொருட்கள் ஃபெர்ரோ காந்த பெருங்கூறுகள் (domains) எனப்படும் சிறிய பகுதிகளைப் பெற்றுள்ளது. (படம் 3.20) ஒவ்வொரு பெருங்கூறின் உள்ளே உள்ள காந்தத்திருப்புத்திறன்களும் தானாகவே ஒரு குறிப்பிட திசையில் ஒருங்கமைந்துள்ளன. அணுக்களுக்கிடையேயான இடைத்தொலைவைப் பொறுத்து எலக்ட்ரான்களின் தற்சுழற்சியால் ஏற்படும் வலிமையான இடைவினையினால் இந்த ஒருங்கமைவு ஏற்பட்டுள்ளது.

ஒவ்வொரு பெருங்கூறும் ஒரு குறிப்பிட்ட திசையில் காந்தமாக்கப்பட்டுள்ளன. இருந்த போதிலும் ஒவ்வொரு பெருங்கூறின் காந்தமாக்கத்திசையும் ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்று வேறுபட்டு தற்போக்காக அமைந்துள்ளன. எனவே பொருளின் நிகர காந்தமாக்கல் சுழியாகும்.



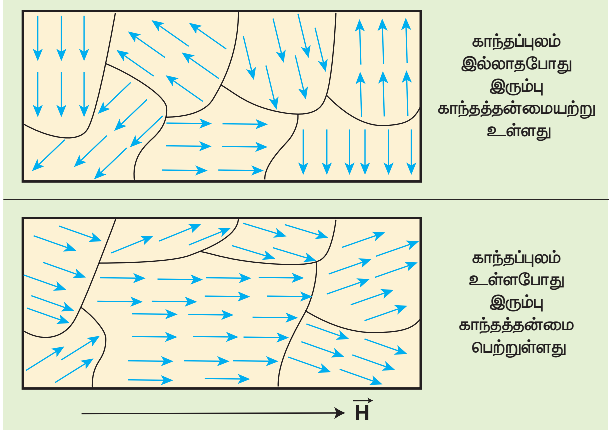
படம் 3.20 ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருட்களின் காந்தப்பெருங்கூறுகள்

புறகாந்தப்புலத்தில் வைக்கும்போது பின்வரும் இரண்டு நிகழ்வுகள் ஏற்படுகின்றன.

(1) புறகாந்தப்புலத்தின் திசைக்கு இணையாக காந்தத்திருப்புத்திறன்களைப் பெற்றுள்ள பெருங்கூறுகள் அளவில் பெரிதாகும்.
(2) புறகாந்தப்புலத்திற்கு இணையாக இல்லாத மற்ற பெருங்கூறுகள் சுழன்று புறகாந்தப்புலத்தில் திசையில் ஒருங்கமைகின்றன.

இவ்விரண்டு நிகழ்வுகளின் விளைவாக புறகாந்தப்புலத்தின் திசையிலேயே பொருளில் ஒரு

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 145 23-12-2022 18:06:28



படம் 3.21 பெருங்கூறு காந்தமாதல் நிகழ்வுகள்

வலிமையான நிகர காந்தமாக்கல் ஏற்படுகிறது. இது படம் 3.21 இல் காட்டபபட்டுள்ளது.

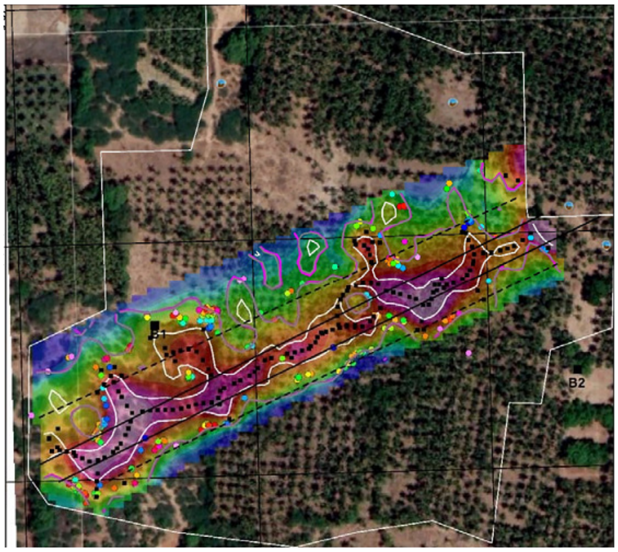
சீரற்ற காந்தப்புலத்தில் ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருளை வைக்கும்போது, காந்தப்புலத்தின் வலிமை குறைந்த பகுதியிலிருந்து, வலிமைமிக்கப்பகுதிக்கு நகர முயற்சிக்கும், புறகாந்தப்புலம் செலுத்தப்படும் திசையில் வலிமையாக காந்தப்பண்பைக் காட்டும் இப்பொருட்களுக்கு ஃபெர்ரோகாந்தப்பொருட்கள் என்று பெயர். எடுத்துக்காட்டுகள் : இரும்பு, நிக்கல் மற்றும் கோபால்ட்

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

நம் வாழ்க்கையின் பல்வேறு அம்சங்களில் ஆர்வமூட்டும் வகையில் காந்தவியல் பங்காற்றுகிறது. தொல்லியல் சார் இடமான கீழடியிலும் அதன் தொடர்பு உள்ளது. குறிப்பிட்ட இடத்தில் பூமிக்கடியில் தொன்மையான கட்டமைப்பு ஏதேனும் உள்ளதா என்பதைக் கண்டறிய 'காந்தமானி அளவியல்' (magnetometer surveying) என்ற நன்கு நிறுவப்பட்ட அறிவியல் வழிமுறை பயன்படுத்தப்படுகிறது.

படம் 1

இந்த முறையில், ஓரிடத்தின் காந்தப்புலம் அதன் அருகிலுள்ள பகுதிகளின் காந்தப்புலத்திலிருந்து எந்த அளவில் மாறுபடுகிறது என்று அளவிடப்படுகிறது. இம்மாறுபாட்டிற்குக் காரணம் அவ்விடத்தின் அடியில் ஏதேனும் பழங்கால புதையுண்ட சுவர், மண்பானைகள், செங்கற்கள், கல்லறைகள், நினைவிடங்கள், வாழ்விடங்கள் உள்ளிட்ட பல தொல்லியல் பொருட்களில் காணப்படும் மேக்னடைட் என்ற கனிமமும் அதனைச் சார்ந்த கனிமங்களுமே ஆகும். அக்கனிமங்கள் டயா, பாரா அல்லது பெர்ரோ ஆகிய இம்மூன்று காந்த இயல்புகளில் ஏதேனும் ஒரு இயல்பைப் பெற்றிருக்கும். மேலும் இவை ஒவ்வொன்றும் வெவ்வேறு காந்த ஏற்புத்திறனையும் பெற்றிருக்கும்.



படம் 2

மும்பையிலுள்ள இந்திய புவிக்காந்தவியல் நிறுவனம் (Indian Institute of Geomagnetism) கீழடியில் மேற்கொண்ட காந்தமானி அளவியல் ஆய்வின் மூலம் அப்பகுதியின் அடியில் பழங்கால சுவர், மண்பானைகள் உள்ளிட்ட தொல்லியல் அமைப்புகள் புதைந்துள்ளன என்று கண்டறிந்தனர். 10 முதல் 100 nT வரையிலான காந்தப்புல மாறுபாடுகள் ஒரு குறிப்பிட்ட பரப்பில் (வண்ணப்பகுதி) ஏற்பட்டுள்ளதை படம் 2ல் காணலாம். உண்மையில், செங்கற்களினால் செய்யப்பட்ட பெரும் தொல்லியல் அமைப்புகள் கீழடியில் உள்ளன என்ற உண்மை காந்தவியலின் மூலமாகவே நமக்குத் தெரிய வந்துள்ளது (படம் 1).

ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருட்களின் பண்புகள்:

i) இவற்றின் காந்த ஏற்புத்திறன் நேர்க்குறி மற்றும் அதிக மதிப்புடையது.

ii) ஒப்புமை உட்புகுதிறன் அதிகம்.

iii) புறகாந்தப்புலத்தில் ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருளை வைக்கும்போது, காந்தப்புலக் கோடுகள் ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருளின் உள்ளே வலிமையாக ஈர்க்கப்படும்.

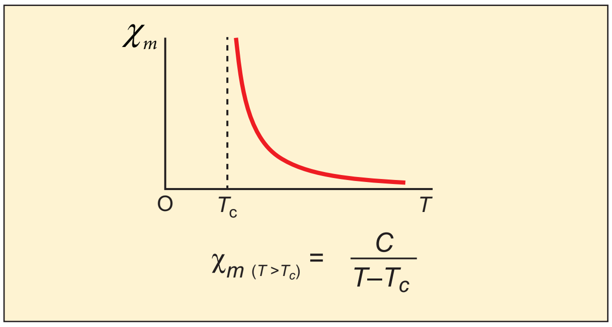
iv) காந்த ஏற்புத்திறன் வெப்பநிலைக்கு எதிர்த்தகவாகும்.

கியூரி –வெயிஸ் (Curie-Weiss) விதி

வெப்பநிலை உயரும்போது, அணு இருமுனைகளின் வெப்பக்கிளர்ச்சி அதிகரிப்பால் ஃபெர்ரோ காந்தத்தன்மை குறையும். ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருள் பாரா காந்தப்பொருளாக மாறும். இந்த வெப்பநிலையே, கியூரி வெப்பநிலை (T_C) எனப்படும். கியூரி வெப்பநிலையை விட அதிக வெப்பநிலையில் உள்ள பொருளின் காந்த ஏற்புத்திறன் பின்வருமாறு

$$\chi_m = \frac{C}{T - T_C}$$

இச்சமன்பாடு கியூரி–வெயிஸ் விதி என்று அழைக்கப்படுகிறது. இங்கு C என்பது கியூரி மாறிலி மற்றும் T என்பது கெல்வின் வெப்பநிலையாகும். படம் 3.22 காந்த ஏற்புத்திறனுக்கும் வெப்பநிலைக்கும் உள்ள தொடர்பைக் காட்டுகின்றது.



படம் 3.22 கியூரி – வெயிஸ் விதி – காந்த ஏற்புத்திறனுக்கும் வெப்பநிலைக்கும் உள்ள தொடர்பு

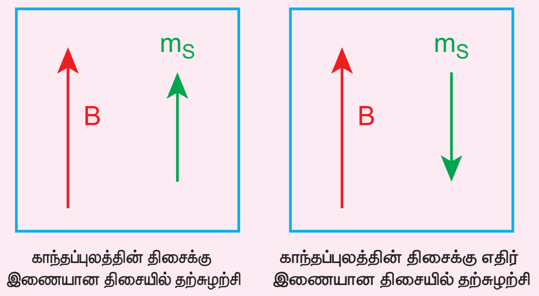
உங்களுக்குத் தெரியுமா?

தற்சுழற்சி (Spin)

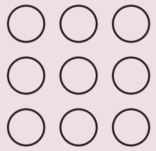
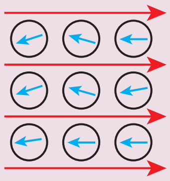
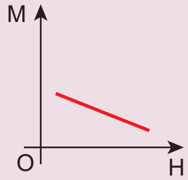
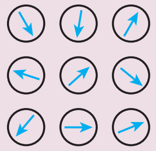
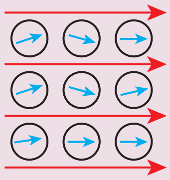
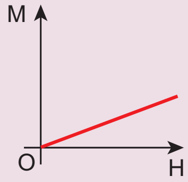
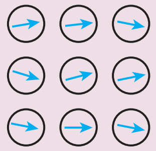
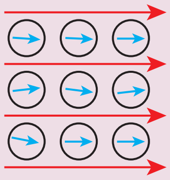
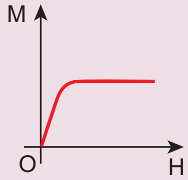
நிறை, மின்னூட்டம் போன்றே அடிப்படைத்துகளின் மற்றொரு பண்பே தற்சுழற்சி ஆகும். தற்சுழற்சி என்பது குவாண்டம் எந்திரவியல் நிகழ்வாகும் (இது தொகுதி 2 இல் விவாதிக்கப்பட்டுள்ளது). பொருட்களின் காந்தப்பண்புக்கு இது ஒரு முக்கிய காரணியாகும். பழைய எந்திரவியலில் (Classical mechanics) நாம் விவரிக்கும் தற்சுழற்சி, குவாண்டம் எந்திரவியலின் தற்சுழற்சியிலிருந்து முற்றிலும் வேறுபட்டதாகும். குவாண்டம் எந்திரவியலில் கூறப்படும் தற்சுழற்சி உண்மையில் சுழற்சியைக் குறிப்பதில்லை. இது உள்ளார்ந்த கோண உந்தத்தைக் குறிக்கிறது. உள்ளார்ந்த கோண உந்தத்தினைப்பற்றி பழைய எந்திரவியலில் எவ்வித குறிப்பும் இல்லை. நெடுங்காலமாக தற்சுழற்சி என்றே வழங்கப்படுவதால் இப்பெயரே நிலைத்து விட்டது. துகளின் தற்சுழற்சி நேர்க்குறி மதிப்பை மட்டுமே பெறும். ஆனால் புறகாந்தப்புலத்தில் தற்சுழற்சி வெக்டரின் ஒருங்கமைவு (Orientation of spin) நேர்க்குறி அல்லது எதிர்க்குறி மதிப்புகளைப்பெறும்.

எடுத்துக்காட்டாக, எலக்ட்ரானின் தற்சுழற்சி $s = \frac{1}{2}$.

புறகாந்தப்புலம் செயல்படும் நிலையில் தற்சுழற்சி, காந்தப்புலத்தின் திசைக்கு இணையாகவோ அல்லது எதிர்–இணையாகவோ ஒருங்கமையும். இதிலிருந்து எலக்ட்ரானின் காந்தத் தற்சுழற்சி m_s இரண்டு மதிப்புகளைப் பெறும். அவை முறையே $m_s = \frac{1}{2}$ (மேல்நோக்கிய தற்சுழற்சி) மற்றும் $m_s = -\frac{1}{2}$(கீழ்நோக்கிய தற்சுழற்சி). புரோட்டான் மற்றும் நியூட்ரானின் தற்சுழற்சி $s = \frac{1}{2}$. மேலும் போட்டானின் தற்சுழற்சி $s = 1$.



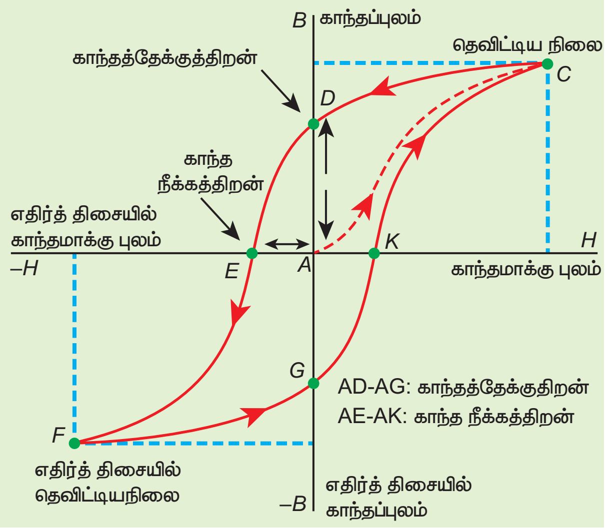
காந்தத்தன்மையின் வகைகள் – ஓர் ஒப்பிடு [தேர்வுக்கு அல்ல]

காந்தப் பொருளின் வகை	காந்தமாக்கு புலம் அற்ற நிலை (H = 0)	காந்தமாக்கு புலம் உள்ள நிலை (H ≠ 0)	பொருளின் காந்தமாகுதல் தன்மை (M)	காந்த ஏற்புத்திறன்	ஒப்புமை உட்புகுதிறன்
டயா காந்தத்தன்மை	 (சுழி காந்தத் திருப்புத்திறன்)	 (புலத்திற்கு எதிராக ஒருங்கமைவு)		எதிர்குறி	ஒன்றைவிடக் குறைவு
பாரா காந்தத் தன்மை	 (நிகர காந்தத் திருப்புத்திறன் உள்ளது. ஆனால் தன்னிச்சையாக ஒழுங்கற்ற முறையில் அமைந்துள்ளது)	 (புலத்தின் திசையுடன் ஒருங்கமைவு)		நேர்க்குறியுள்ள சிறிய மதிப்பு	ஒன்றைவிட அதிகம்
ஃபெர்ரோ காந்தத்தன்மை	 (பெருங்கூறின் உள்ளே நிகர காந்தத்திருப்புத் திறன் உள்ளது. ஆனால் பெருங்கூறுகள் ஒழுங்கற்ற முறையில் எல்லா திசைகளிலும் ஒருங்கமைந்துள்ளன)	 (புலத்தின் திசையுடன் ஒருங்கமைவு)		நேர்க்குறியுள்ள பெரிய மதிப்பு	மிக அதிகம்

3.6 காந்தத்தயக்கம் (HYSTERESIS)

ஃபெர்ரோ காந்தப் பொருளொன்றை காந்தமாக்கு புலத்தில் வைக்கும் போது தூண்டலின் விளைவாக அப்பொருள் காந்தமாக்கப்படும். ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருளின் ஒரு முக்கியப்பண்பு: காந்தமாக்கு புலத்தைப் $(\vec{H})$ பொறுத்து காந்தப்புலத்தில் $(\vec{B})$ ஏற்படும் மாறுபாடு நேர்ப்போக்கு தன்மையற்றது (Non linear). அதாவது $\frac{B}{H} = \mu$ ஒரு மாறிலி அல்ல. இப்பண்பினைப் பற்றி விரிவாகக் காணலாம்.

ஒரு ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருள் (எடுத்துக்காட்டாக இரும்பு) காந்தமாக்குபுலம் $\vec{H}$ ஆல் மெதுவாக காந்தமாக்கப்படுகின்றது. காந்தமாக்கும்புலத்தின் எண்மதிப்புக்குச் சமமான காந்தப்புலம் $\vec{B}$, A புள்ளியிலிருந்து அதிகரித்துக் கொண்டே சென்று தெவிட்டு நிலையை அடைகிறது. பொருளின் இந்த மாற்றம் வரைபடம் 3.23 இல் AC வளைகோட்டுப்பாதையில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. **காந்தமாக்குப் புலத்தை செலுத்தும்போது பொருள் அடையும் பெரும காந்தத்தன்மை புள்ளியே தெவிட்டிய காந்தமாதல்** (Saturated magnetisation) என்று வரையறுக்கப்படுகிறது.



படம் 3.23 காந்தத்தயக்கம் – B க்கும் H க்கும் இடையேயான வரைபடம்

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 148 23-12-2022 18:06:33

காந்தமாக்குப் புலத்தை இப்போது குறைக்கும்போது காந்தப்புலமும் குறையும். ஆனால் பழைய பாதையிலேயே CA குறையாது. அது CD என்ற வேறொரு பாதை வழியாக குறையும். காந்தமாக்குப்புலம் சுழி மதிப்பை அடையும்போதும் காந்தப்புலம் சுழியாகாமல், ஒரு நேர்க்குறி மதிப்பைப் பெற்றிருக்கும். $H = 0$ எனினும் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு காந்தத்தன்மை பொருளில் தொடர்ந்து நீடிப்பதை இது நமக்கு உணர்த்துகிறது.

பொருளில் தொடர்ந்து நீடிக்கும் இந்த எஞ்சிய காந்தத்தன்மைக்கு (AD) காந்தத்தேக்குதன்மை (Remanence) அல்லது காந்தத்தேக்குதிறன் (Retentivity) என்று பெயர். **காந்தமாக்குப்புலம் மறைந்த நிலையிலும் காந்தத்தன்மையைத் தக்கவைக்கும் பொருளின் இத்திறமையை காந்தத்தேக்குதன்மை அல்லது காந்தத்தேக்குதிறன்** என்று வரையறுக்கலாம்.

பொருளின் காந்தத்தன்மையை நீக்குவதற்காக எதிர்த்திசையில் காந்தமாக்குப் புலத்தை அதிகரிக்க வேண்டும். இப்போது DE பாதையில் காந்தப்புலம் குறைந்த E புள்ளியில் சுழி மதிப்பை அடையும். பொருளின் எஞ்சிய காந்தத்தன்மையை சுழியாக்குவதற்காக எதிர்த்திசையில் செலுத்தப்பட்ட காந்தமாக்குப் புலம் வரைபடத்தில் AE பாதையினால் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. **பொருளின் எஞ்சிய காந்தத்தன்மையை முழுவதும் நீக்குவதற்காக, எதிர்த்திசையில் செலுத்தப்பட்ட காந்தமாக்குப் புலத்தின் எண்மதிப்பே காந்தநீக்குத்திறன்** (Coercivity) என்று அழைக்கப்படுகிறது.

$\vec{H}$ ஐ மேலும் எதிர்த்திசையில் அதிகரிக்கும்போது காந்தப்புலமும் EF பாதையின் வழியே தெவிட்டிய புள்ளி F ஐ அடையும்வரை எதிர்த்திசையில் அதிகரித்துக் கொண்டே செல்லும். எதிர்த்திசையில் காந்தமாக்கும் புலத்தை குறைத்து மீண்டும் அதிகரிக்கும்போது காந்தப்புலம் FGKC என்ற பாதையை மேற்கொள்ளும். ACDEFGKC என்ற மூடப்பட்ட இப்பாதைக்கு காந்தத்தயக்கக் கண்ணி (Hysteresis loop) என்று பெயர். இது பொருளொன்றின் காந்தமாக்கும் சுற்றை காட்டுகிறது.

இம்முழு சுற்றிலும் காந்தப்புலம் B, காந்தமாக்குப்புலம் H ஐ விட பின்தங்கி உள்ளது. **காந்தப்புலம், காந்தமாக்குப் புலத்திற்குப் பின்தங்கும் இந்நிகழ்ச்சிக்கு காந்தத்தயக்கம்** (Hysteresis) என்று பெயர். தயக்கம் என்றால் பின்தங்குதல் என்று பொருள்.

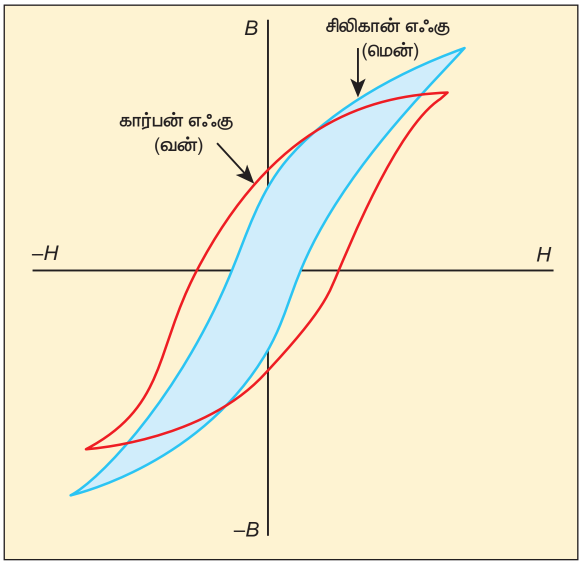
தயக்க இழப்பு

பொருளொன்றில் காந்தமாக்கும் சுற்றின்போது, வெப்ப வடிவில் ஆற்றல் இழக்கப்படும். இவ்வாற்றல் இழப்பிற்குக் காரணம் பல்வேறு திசைகளில் மூலக்கூறுகளின் சுழற்சி மற்றும் ஒருங்கமைவாகும். ஒரு முழுசுற்றில் காந்தமாக்கப்படும் பொருளின் ஓரலகு பருமனுக்கான ஆற்றல் இழப்பு, தயக்கக்கண்ணியின் பரப்புக்கு சமம் எனக் கண்டறியப்பட்டுள்ளது.

வன் மற்றும் மென் காந்தப்பொருட்கள்

காந்தத்தயக்கக் கண்ணியின் வடிவம் மற்றும் அளவின் அடிப்படையில் ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருட்கள், குறைந்த பரப்புடைய மென்காந்தப்பொருட்கள் மற்றும் அதிக பரப்புடைய வன்காந்தப்பொருட்கள் என வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன.

இவ்விரண்டு காந்தப் பொருட்களின் தயக்கக் கண்ணிகள் படம் 3.24 இல் ஒப்பிட்டுக் காட்டப்பட்டுள்ளது. மென் மற்றும் வன் காந்தப் பொருள்களின் பண்புகள் அட்டவணை 3.2ல் ஒப்பிடப்பட்டுள்ளது



படம் 3.24 இரண்டு ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருட்களின் தயக்கக்கண்ணிகள் ஒப்பீடு

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 149 23-12-2022 18:06:33

அட்டவணை 3.2 மென் ஃபெர்ரோ காந்தப் பொருட்களுக்கும் வன் ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருட்களுக்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடுகள்

வ.எண்	பண்புகள்	மென் ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருட்கள்	வன் ஃபெர்ரோ காந்தப் பொருட்கள்
1	புற காந்தப்புலத்தை நீக்கும்போது	காந்தத்தன்மை மறைந்துவிடும்	காந்தத்தன்மை மறையாது
2	தயக்கக்கண்ணியின் பரப்பு	சிறியது	பெரியது
3	காந்ததேக்குத்திறன்	குறைவு	அதிகம்
4	காந்தநீக்குத்திறன்	குறைவு	அதிகம்
5	காந்த ஏற்புத்திறன் மற்றும் காந்த உட்புகுதிறன்	அதிகம்	குறைவு
6	தயக்க இழப்பு	குறைவு	அதிகம்
7	பயன்கள்	வரிச்சுருள் உள்ளகம், மின்மாற்றி உள்ளகம் மற்றும் மின்காந்தங்கள் செய்ய பயன்படுகிறது	நிலையான காந்தங்கள் செய்ய பயன்படுகின்றது
8	எடுத்துக்காட்டுகள்	தேனிரும்பு, மியூமெட்டல் ஸ்டெல்லாய் மற்றும் சில பொருட்கள்	கார்பன் எஃகு, ஆல்நிக்கோ, காந்தக்கல் (Lode stone) மற்றும் சில பொருட்கள்

காந்தத் தயக்கக் கண்ணியின் பயன்பாடுகள்

ஒவ்வொரு ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருளின் காந்த தேக்குத்திறன், காந்த நீக்குத்திறன், காந்த உட்புகுதிறன், காந்த ஏற்புத்திறன் மற்றும் ஒரு முழுசுற்றில் காந்தமாகும்போது ஏற்படும் ஆற்றல் இழப்பு போன்ற தகவல்களை அளிப்பதில் காந்தத் தயக்கக்கண்ணி முக்கியத்துவம் வாய்ந்ததாகும். எனவே ஒரு குறிப்பிட்ட தேவைக்கேற்ப பொருளை தேர்வு செய்வதற்கு காந்தத்தயக்கக்கண்ணியைப் பற்றிய அறிவு அவசியமானதாகும். மேலும் சில உதாரணங்களை இங்கு காண்போம்.

i) நிலையான காந்தங்கள்:

அதிக காந்தத்தேக்குத்திறன், அதிக காந்த நீக்குத்திறன் மற்றும் அதிக காந்த உட்புகுதிறன் கொண்ட பொருட்கள் நிலையான காந்தங்களை உருவாக்குவதற்கு மிகவும் ஏற்றதாகும் எடுத்துக்காட்டுகள்: கார்பன் எஃகு மற்றும் ஆல்நிக்கோ

ii) மின்காந்தங்கள்:

அதிக தொடக்க காந்த ஏற்புத்திறன், குறைந்த காந்த தேக்குத்திறன், குறைந்த காந்த நீக்குத்திறன் மற்றும் குறைந்த பரப்புடைய மெல்லிய காந்த தயக்ககண்ணியைப் பெற்றுள்ள பொருட்கள் மின்காந்தங்கள் செய்ய விரும்பத்தக்கவைகளாகும்.

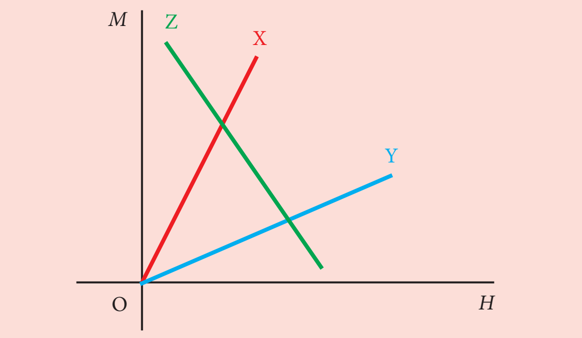
எடுத்துக்காட்டுகள்: தேனிரும்பு மற்றும் மியூமெட்டல் (நிக்கல் இரும்பு உலோகக் கலவை).

iii) மின்மாற்றி உள்ளகம்:

அதிக தொடக்க காந்த ஏற்புத்திறன், உயர்ந்த காந்தப்புலம் மற்றும் குறைந்த பரப்பு கொண்ட மெல்லிய தயக்ககண்ணியைப் பெற்றுள்ள பொருட்கள் மின்மாற்றி உள்ளகங்களை வடிவமைக்க பயன்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டு: தேனிரும்பு

எடுத்துக்காட்டு 3.11

X, Y மற்றும் Z என்ற மூன்று காந்தப்பொருட்களின் காந்தமாகும் செறிவு மற்றும் செலுத்தப்படும் காந்தப்புலச் செறிவு இவற்றுக்கிடையேயான வேறுபாட்டை பின்வரும் வரைபடம் காட்டுகிறது. இவ்வரைபடத்தின் உதவியுடன் இம்மூன்று பொருட்களைக் கண்டுபிடி.



12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 150 23-12-2022 18:06:33

தீர்வு

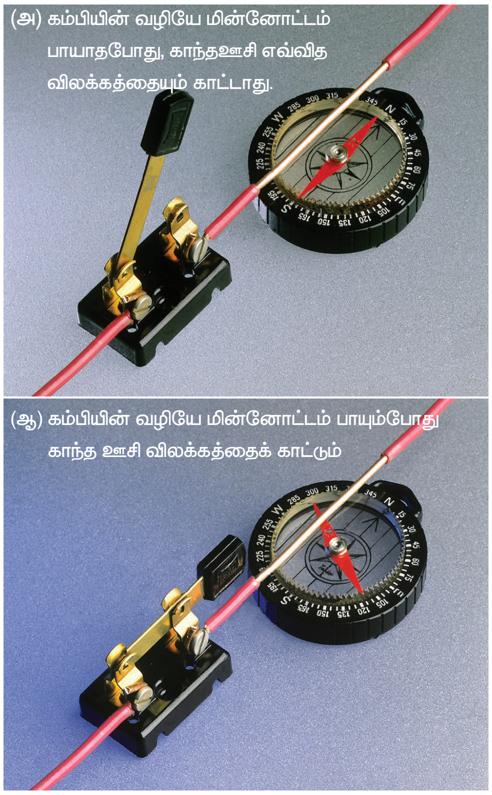
M-H வரைபடத்தின் சரிவு காந்த ஏற்புத்திறனைக் கொடுக்கும். அதாவது

$$\chi_m = \frac{M}{H}$$

பொருள் X: நேர்க்குறி சரிவு மற்றும் அதிகமதிப்புடையது. எனவே, இது ஒரு ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருளாகும்.

பொருள் Y: நேர்க்குறி சரிவு மற்றும் X பொருளைவிட குறைந்த மதிப்புடையது. எனவே இது ஒரு பாராகாந்தப் பொருளாக இருக்கலாம்

பொருள் Z: எதிர்க்குறி சரிவு. எனவே இது ஒரு டயா காந்தப்பொருளாகும்.



படம் 3.25 ஆர்ஸ்டெட் சோதனை – மின்னோட்டம் பாயும் கம்பி மற்றும் காந்த ஊசியில் ஏற்படும் விலகல்

3.7 மின்னோட்டத்தின் காந்த விளைவுகள்

3.7.1 ஆர்ஸ்டெட் (Oersted) சோதனை

1820 இல் ஹான்ஸ் கிரிஸ்டியன் ஆர்ஸ்டெட் (Hans Christian Oersted) தன்னுடைய இயற்பியல் வகுப்புக்கு தயார் செய்து கொண்டிருக்கும்போது, கம்பியின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் அருகே இருந்த திசைகாட்டும் காந்தக் கருவியில் விலகலை ஏற்படுத்துகின்றது என்பதைக் கண்டறிந்தார். முறையான ஆய்வுகளுக்குப் பின்பு திசைகாட்டும் கருவியில் விலக்கம் ஏற்படுவதற்குக் காரணம் மின்னோட்டம் பாயும் கம்பியைச் சுற்றி உருவான காந்தப்புலத்தில் ஏற்பட்ட மாற்றமாகும் எனக் கண்டறிந்தார். மின்னோட்டம் பாயும் திசையை எதிராக மாற்றும்போது, திசைகாட்டும் கருவியிலும் எதிர்திசையில் விலகல் ஏற்படுவதை அறிந்தார். இது மின்காந்தக் கொள்கையின் வளர்ச்சிக்கு வழிவகுத்து, இயற்பியலின் இரு பிரிவுகளான மின்னோட்டவியல் மற்றும் காந்தவியலை ஒன்றிணைத்தது.

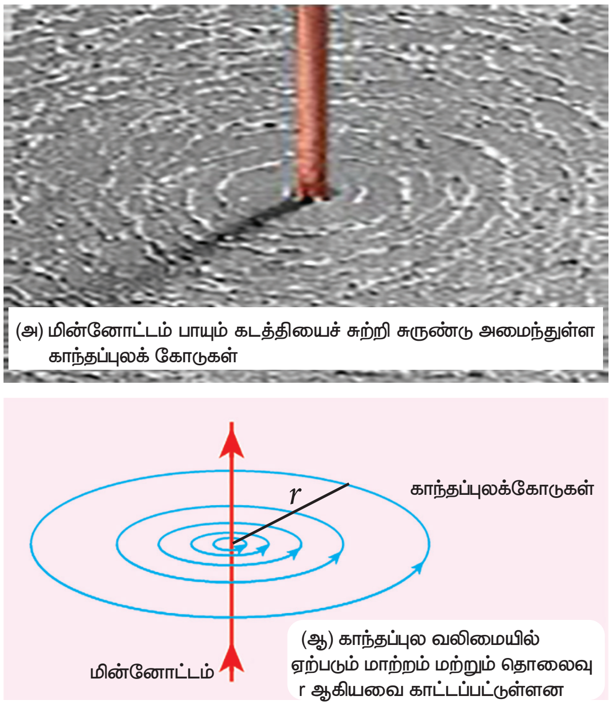
3.7.2 மின்னோட்டம் பாயும் நேரான கடத்தி மற்றும் வட்டவடிவ கம்பிச் சுருளைச் சுற்றி உருவாகும் காந்தப்புலம்

(அ) மின்னோட்டம் பாயும் நேரான கடத்தி:

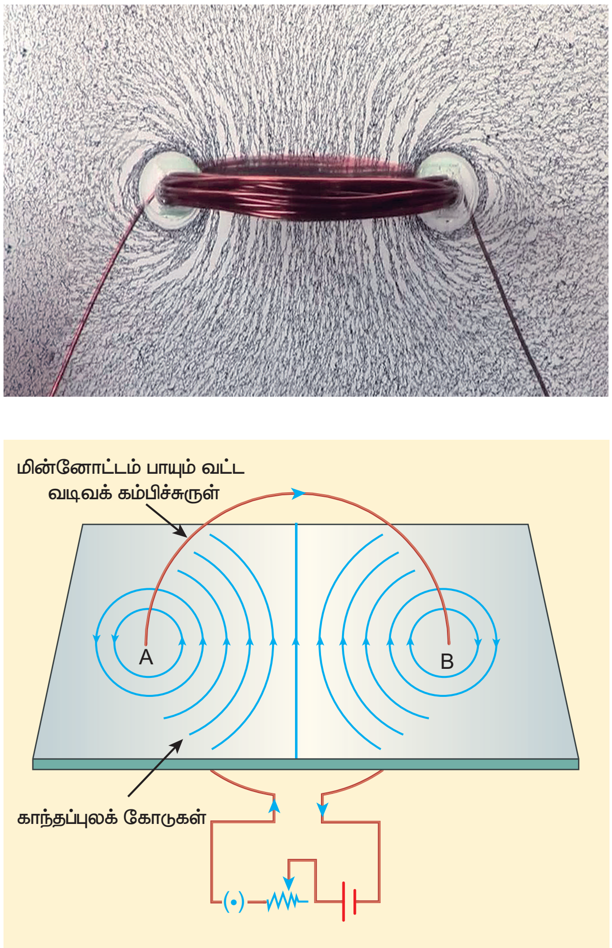
மின்னோட்டம்பாயும்நேரானகடத்தியின்அருகே ஒரு திசைகாட்டும் கருவியை வைக்கும்போது, திசைகாட்டும் கருவியில் உள்ள காந்த ஊசி ஒரு திருப்புவிசையை உணர்ந்து, விலகலடைந்து அப்புள்ளியில் உள்ள காந்தப்புலத்தின் திசையில் ஒருங்கமையும். காந்த ஊசி விலகலையும் திசையைக் குறித்துக்கொண்டே சென்றால் காந்தப்புலக் கோடுகளை வரையலாம். மின்னோட்டம் பாயும் ஒரு நேரான கடத்திக்கு, படம் 3.26 (அ) வில் காட்டியுள்ளவாறு கடத்தியின் அச்சினைச் சுற்றி ஒருமைய வட்டங்களாக அதன் காந்தப்புலம் அமையும்.

கடத்தியில் பாயும் மின்னோட்டத்தின் திசையினைப் பொறுத்து வட்ட வடிவ காந்தப்புலக் கோடுகளின் திசை கடிகாரமுள் சுற்றும்

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 151 23-12-2022 18:06:34



படம் 3.26 மின்னோட்டம் பாயும் நீண்ட நேரான கடத்தியைச் சுற்றி உருவாகும் காந்தப்புலக் கோடுகள்



படம் 3.27 மின்னோட்டம் பாயும் வட்டவடிவக் கம்பிச்சுருளை சுற்றியுள்ள காந்தப்புலக்கோடுகள்

திசையில் அல்லது அதற்கு எதிர்த்திசையில் அமையும். கடத்தியில் பாயும் மின்னோட்டத்தின் வலிமையை (அல்லது எண்மதிப்பை) அதிகரிக்கும்போது, காந்தப்புலத்தின் அடர்த்தியும் அதிகரிக்கும். கடத்தியிலிருந்து தொலைவு r-ஐ அதிகரிக்கும்போது, காந்தப்புலத்தின் (B) வலிமை குறையும். இது படம் 3.26 (ஆ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

(ஆ) மின்னோட்டம் பாயும் வட்டவடிவக் கம்பிச்சுருள்

மின்னோட்டம் பாயும் வட்ட வடிவக் கம்பிச்சுருளின் அருகே ஒரு திசைகாட்டும் கருவியை வைக்கும்போது, திசைகாட்டும் கருவியில் உள்ள காந்த ஊசி ஒரு திருப்புவிசையை உணர்ந்து, விலகலடைந்து அப்புள்ளியில் உள்ள காந்தப்புலத்தின் திசையில் ஒருங்கமையும். கம்பிச்சுருளுக்கு அருகே உள்ள A மற்றும் B புள்ளிகளில் காந்தப்புலக்கோடுகள் வட்டவடிவில் உள்ளதை நாம் கவனிக்கலாம். கம்பிச்சுருளின் மையத்திற்கு அருகில் காந்தப்புலக்கோடுகள் கிட்டத்தட்ட இணையாக இருப்பதிலிருந்து, கம்பிச்சுருளின் மையத்தில் பெரும்பாலும் காந்தப்புலம் சீராக இருப்பதைக் காணலாம் (படம் 3.27).

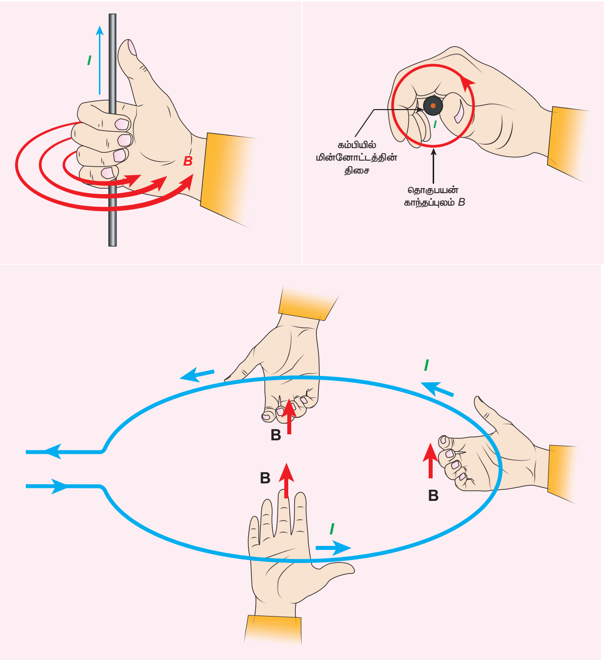
கம்பிச்சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம் அல்லது சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை அல்லது இரண்டையுமே அதிகரிக்கும்போது காந்தப்புலத்தின் வலிமை அதிகரிக்கும். கம்பிச் சுருளில் பாயும் மின்னோட்டத்தின் திசையைப் பொருத்து காந்தமுனைகள் (வடமுனை அல்லது தென்முனை) அமையும்.

3.7.3 வலதுகை பெருவிரல் விதி

கடத்தியில் பாயும் மின்னோட்டத்தின் திசையைக் கொண்டு காந்தப்புலத்தின் திசையை அறிய வலதுகை பெருவிரல் விதி பயன்படுகிறது.

பெருவிரல் மின்னோட்டம் பாயும் திசையைக் காட்டும் வகையில், மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியை வலது கையினால் பிடிப்பதாகக் கொண்டால், கடத்தியைச் சுற்றி பற்றியுள்ள மற்ற விரல்கள் காந்தப்புலக்கோடுகளின் திசையைக் காட்டும்.

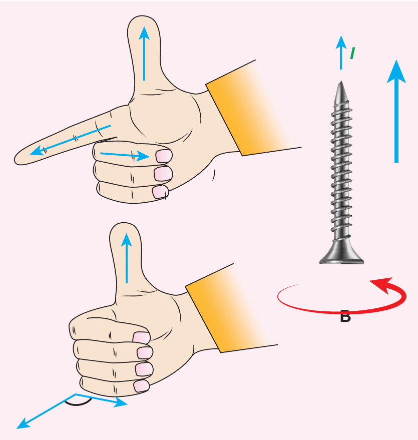
படம் 3.28 நேரான கடத்தி மற்றும் வளையத்திற்கான வலதுகை பெருவிரல் விதியைக் காட்டுகிறது.



படம் 3.28 வலதுகை பெருவிரல் விதி – நேரான கடத்தி மற்றும் வளையம்

3.7.4 மேக்ஸ்வெல்லின் வலதுகை திருகு விதி

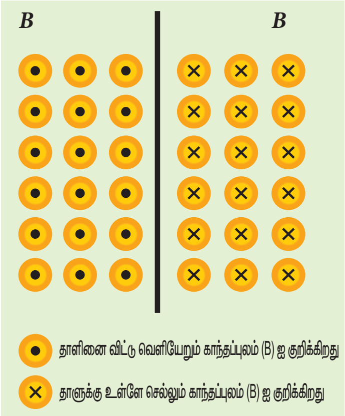
காந்தப்புலத்தின் திசையை அறிவதற்கு இவ்விதியும் பயன்படுகிறது. மின்னோட்டம் பாயும் திசையில் வலதுகை திருகு ஒன்றினை திருகு இயக்கினால் (Screw driver) முன்னோக்கி முடுக்கும்போது, திருகு சுழலும் திசை காந்தப்புலத்தின் திசையைக் கொடுக்கும். இது படம் 3.29 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



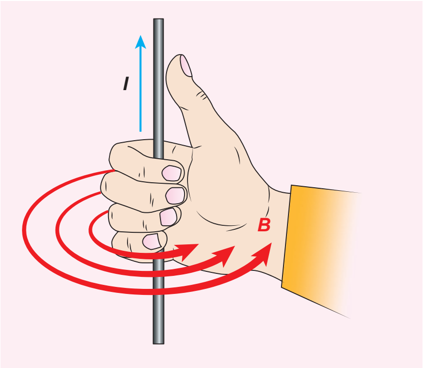
படம் 3.29 மேக்ஸ்வெல்லின் வலதுகை திருகு விதி

எடுத்துக்காட்டு 3.12

மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியினால் ஏற்பட்ட காந்தப்புலத்தை பின்வரும் படம் காட்டுகிறது. இப்படத்தின் உதவியுடன் கடத்தியில் மின்னோட்டம் பாயும் திசையைக் காண்க?



தீர்வு



வலதுகை பெருவிரல் விதியைப் பயன்படுத்தும் போது, மின்னோட்டம் கடத்தியில் மேல் நோக்கிப் பாய்வதை அறியலாம்.

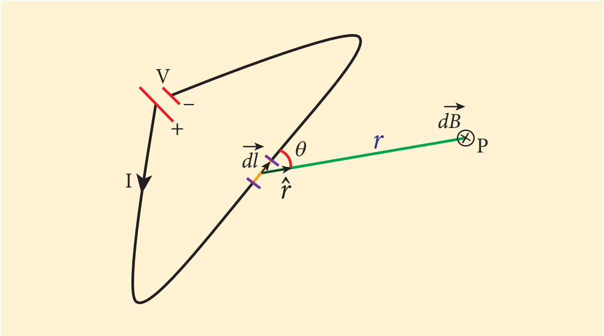
3.8 பயட் – சாவர்ட் விதி (BIOT – SAVART LAW)

ஆர்ஸ்டெட்டின் கண்டுபிடிப்பைத் தொடர்ந்து, ஜீன் – பாப்டிஸ்ட் பயட் மற்றும் பெலிக்ஸ் சாவர்ட் இருவரும் 1819 இல் மின்னோட்டம் பாயும் கடத்திக்கு அருகே வைக்கப்பட்ட காந்தம் உணரும் விசையை அளந்தறியும் சோதனைகளை மேற்கொண்டு கணிதவியல் சமன்பாட்டை உருவாக்கினார்கள்.

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 153 23-12-2022 18:06:35

இச்சமன்பாடு வெளியில் ஒரு புள்ளியில் உருவாகும் காந்தப்புலத்தை, அக்காந்தப்புலத்தை உருவாக்கும் மின்னோட்டத்தின் அடிப்படையில் கணக்கிடுகிறது. இது எல்லா வித வடிவ அமைப்புள்ள கடத்திகளுக்கும் பொருந்தும்.

3.8.1 பயட் – சாவர்ட் விதியின் வரையறை மற்றும் விளக்கம்



படம் 3.30 மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியினால் P புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புலம்

மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியின் நீளத்தின் சிறு கூறிலிருந்து r தொலைவில் உள்ள P புள்ளியில் படம் 3.30 உருவாகும் காந்தப்புலம் $\vec{dB}$ இன் எண்மதிப்பை பயட் மற்றும் சாவர்ட் சோதனையின் அடிப்படையில் கண்டறிந்தனர். இதன் அடிப்படையில் காந்தப்புலம் $\vec{dB}$ இன் எண்மதிப்பு

(i) மின்னோட்டத்தின் (I) வலிமைக்கு நேர்த்தகவிலும்

(ii) நீளக் கூறின் $\vec{dl}$ எண்மதிப்புக்கு நேர்த்தகவிலும்

(iii) $\vec{dl}$ மற்றும் $\hat{r}$ க்கு இடையே உள்ள கோணத்தின் θ சைன் மதிப்புக்கு நேர்த்தகவிலும்

(iv) புள்ளி P மற்றும் நீளக்கூறு $\vec{dl}$ இவற்றுக்கு இடையே உள்ள தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர்த்தகவிலும் இருக்கும்.

இதனை பின்வருமாறு எழுதலாம்

$$dB \propto \frac{Idl}{r^2}\sin\theta$$

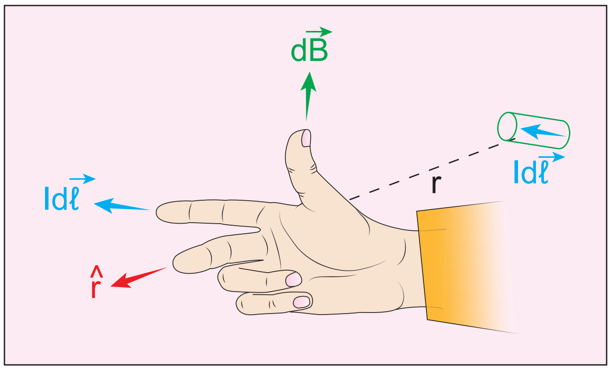
$$dB = k\frac{I\,dl}{r^2}\sin\theta$$

இங்கு $k = \frac{\mu_\circ}{4\pi}$ (SI அலகில்)

வெக்டர் குறியீட்டின்படி,

$$d\vec{B} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{I\,d\vec{l}\times\hat{r}}{r^2} \qquad (3.34)$$

இங்கு $d\vec{B}$ வெக்டரானது, மின்னோட்டம் பாயும் திசையைக் காட்டும் $Id\vec{l}$ மற்றும் $d\vec{l}$ யில் இருந்து P புள்ளியை நோக்கிச் செயல்படும் ஓரலகு வெக்டர் $\hat{r}$ ஆகிய இரண்டிற்கும் செங்குத்தாக இருக்கும் (படம் 3.31).



படம் 3.31 வலதுகை விதியைப் பயன்படுத்தி காந்தப்புலத்தின் திசையை அறிதல்

சமன்பாடு (3.34) ஐப் பயன்படுத்தி, கடத்தியின் சிறு நீளக்கூறினால் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தை மட்டுமே கணக்கிட இயலும். அனைத்து மின்னோட்டக்கூறுகளின் $I\vec{dl}$ பங்களிப்பையும் கருத்தில் கொண்டு, மேற்பொருந்துதல் தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தி கடத்தியினால், P புள்ளியில் உருவாகும் நிகர காந்தப்புலத்தைக் கண்டறியலாம். எனவே சமன்பாடு (3.34) ஐ தொகைப்படுத்தும்போது

$$\vec{B} = \int d\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{4\pi}\int\frac{d\vec{l}\times\hat{r}}{r^2} \qquad (3.35)$$

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 154 23-12-2022 18:06:40

என்று கிடைக்கும். இங்கு முழு மின்னோட்டப்பகிர்விற்கும் தொகைப்படுத்த வேண்டும்.

சிறப்பு நேர்வுகள்

1. புள்ளி P கடத்தியின் மீதே அமைந்தால், $\theta = 0°$. எனவே $|d\vec{B}|$ சுழியாகும்.

2. புள்ளி P கடத்திக்கு செங்குத்தாக அமைந்தால், $\theta = 90°$. எனவே $d\vec{B}$ பெருமமாகும். மேலும் இதனை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

   $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,dl}{r^2}\hat{n}$ இங்கு $\hat{n}$ என்பது $I\,d\vec{l}$ மற்றும் $\hat{r}$ க்குச் செங்குத்தான ஓரலகு வெக்டராகும்.

குறிப்பு

மின்னோட்டம் ஒரு வெக்டர் அளவல்ல. இது ஒரு ஸ்கேலர் அளவாகும். ஆனால் கடத்தியில் பாயும் மின்னோட்டத்திற்கு திசை உண்டு. எனவே கடத்தியின் சிறு கூறில் பாயும் மின்னோட்டத்தை வெக்டர் அளவாகக் கருதலாம். அதாவது $I\,d\vec{l}$.

மின்புலம் (கூலூம் விதியிலிருந்து) மற்றும் காந்தப்புலத்திற்கு (பயட் – சாவர்ட் விதியிலிருந்து) இடையேயான ஒற்றுமைகள்

- மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலம் ஆகியவை எதிர்த்தகவு இருமடி விதிக்குக் கட்டுப் படுகின்றன, எனவே இவ்விரண்டும் நீண்ட நெடுக்கமுடைய புலங்களாகும் (Long range field).

- மேற்பொருந்துதல் தத்துவத்திற்குக் கட்டுப்படுகின்றன. மேலும் மூலத்தைப் பொருத்து நேர்போக்குத் தன்மை உடையவை. எண்மதிப்பில்,

$$E \propto q$$

$$B \propto Idl$$

மின்புலம் (கூலூம் விதியிலிருந்து) மற்றும் காந்தப்புலத்திற்கு (பயட் சாவர்ட் விதியிலிருந்து) இடையேயான வேறுபாடுகள்

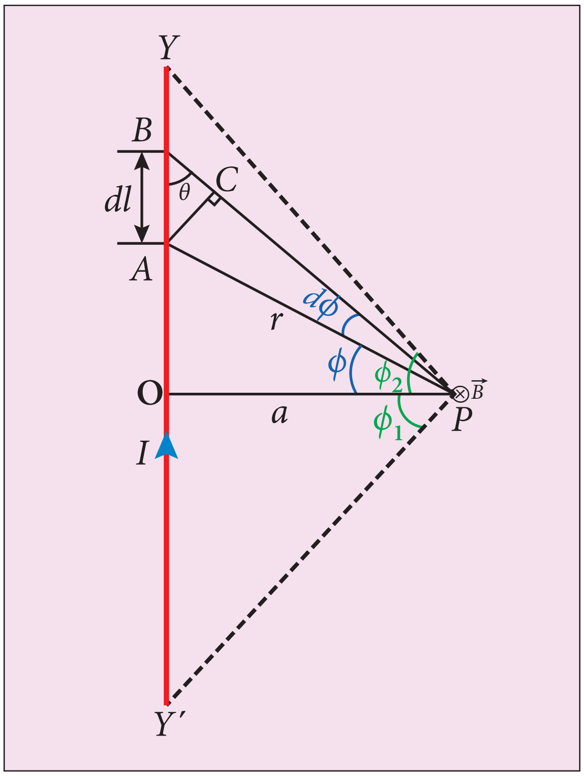
வ. எண்	மின்புலம்	காந்தப்புலம்
1	ஸ்கேலார் மூலத்தினால் உருவாக்கப்படுகிறது. அதாவது q மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகள்களினால் ஏற்படுகிறது	வெக்டர் மூலத்தினால் உருவாக்கப்படுகிறது. அதாவது மின்னோட்டக்கூறு $I\vec{dl}$ ஆல் ஏற்படுகிறது.
2	மூலத்தையும், மின்புலத்தைக் கணக்கிடும் புள்ளியையும் இணைக்கும் நிலை வெக்டரின் வழியே மின்புலத்தின் திசை அமையும்.	நிலை வெக்டர் $\vec{r}$ மற்றும் மின்னோட்டக்கூறு $I\vec{dl}$ இவற்றுக்கு செங்குத்தாக காந்தப்புலத்தின் திசை அமையும்.
3	கோணத்தைச் சார்ந்ததல்ல.	நிலைவெக்டர் $\vec{r}$ மற்றும் மின்னோட்டக்கூறு $I\vec{dl}$ இவற்றுக்கு இடையே உள்ள கோணத்தைச் சார்ந்துள்ளது.

குறிப்பு

மின்னூட்டம் q வின் (மூலத்தின்) அடுக்கும், மின்புலம் E இன் அடுக்கும் ஒன்றாக இருக்கும். இதே போன்று மின்னோட்டக்கூறு Idl இன் (மூலத்தின்) அடுக்கும் காந்தப்புலம் B இன் அடுக்கும் ஒன்றாக இருப்பதை இங்கு கவனிக்க வேண்டும். வேறுவகையாகக் கூறும்போது மின்புலம் $\vec{E}$ யானது மின்னூட்டத்திற்கு (மூலத்திற்கு) நேர்த்தகவு. ஆனால் மின்னூட்டத்தின் உயர் அடுக்குகளுக்கு (q^2, q^3, ...) நேர்த்தகவல்ல. இதேபோன்று, காந்தப்புலம் $\vec{B}$ மின்னோட்டக்கூறு $I\vec{dl}$ (மூலத்திற்கு) நேர்த்தகவு. ஆனால் மின்னோட்டக்கூறின் உயர் அடுக்குகளுக்கு நேர்த்தகவல்ல. காரணம் மற்றும் விளைவு இவ்விரண்டும் நேர்ப்போக்குத் தொடர்புடையவைகளாகும்.

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 155 23-12-2022 18:06:43

3.8.2 மின்னோட்டம் பாயும் நீண்ட நேரான கடத்தியினால் ஏற்படும் காந்தப்புலம்



படம் 3.32 மின்னோட்டம் பாயும் நீண்ட நேரான கடத்தியால் ஏற்படும் காந்தப்புலம்

YY′ என்ற ஈறிலா நீண்ட நேர்க்கடத்தியில் படம் 3.32ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது போல் மின்னோட்டம் I பாய்வதாகக் கருதுவோம். கடத்தியிலிருந்து a தொலைவில் உள்ள புள்ளி Pல் உருவாகும் காந்தப் புலத்தைக் கணக்கிடுவதற்காக dl நீளம் கொண்ட சிறு கூறு (பகுதி AB) ஒன்றைக் கருதுவோம்.

மின்னோட்டக் கூறு Idl–னால் புள்ளி Pல் உருவாகும் காந்தப் புலத்தைக் கணக்கிட பயட் – சாவர்ட் விதியைப் பயன்படுத்துவோம்:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Idl\sin\theta}{r^2}\hat{n}$$

இங்கு $\hat{n}$ என்பது புள்ளி Pல் உள்நோக்கிய திசையில் செயல்படும் ஓரலகு வெக்டர், θ என்பது மின்னோட்டக் கூறு Idlக்கும் dl மற்றும் புள்ளி Pஐ இணைக்கும் கோட்டிற்கும் இடைப்பட்ட கோணம். r என்பது Aல் உள்ள கோட்டுப் பகுதிக்கும் புள்ளி Pக்கும் இடைப்பட்ட தொலைவு.

திரிகோணமிதி சமன்பாடுகளைப் பயன்படுத்த A இலிருந்து BPக்கு செங்குத்துக்கோடு ஒன்று வரைக (படம் 3.32)

$$\Delta ABC\text{ல்},\ \sin\theta = \frac{AC}{AB}$$

$$\Rightarrow AC = AB\sin\theta$$

ஆனால் $AB = dl \Rightarrow AC = dl\sin\theta$

AP மற்றும் BPக்கு இடையேயுள்ள கோணம் $d\phi$,

அதாவது, $\angle APB = \angle APC = d\phi$

$$\Delta APC\text{ல்},\ \sin(d\phi) = \frac{AC}{AP}$$

$d\phi$ மிக சிறியது எனவே, $\sin(d\phi) \simeq d\phi$

ஆனால் $AP = r \Rightarrow AC = rd\phi$

$$\therefore AC = dl\sin\theta = rd\phi$$

$$\therefore d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I}{r^2}(rd\phi)\hat{n} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Id\phi}{r}\hat{n}$$

AP மற்றும் OPக்கு இடையேயுள்ள கோணம் ϕ என்க,

$$\Delta OPA\text{ல்},\ \cos\phi = \frac{OP}{AP} = \frac{a}{r}$$

$$\Rightarrow r = \frac{a}{\cos\phi}$$

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I}{a/\cos\phi}d\phi\hat{n}$$

$$\Rightarrow d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}\cos\phi d\phi\hat{n}$$

கடத்தி YY′–ஆல் புள்ளி Pல் ஏற்படும் காந்தப்புலம்

$$\vec{B} = \int_{-\phi_1}^{\phi_2} d\vec{B} = \int_{-\phi_1}^{\phi_2}\frac{\mu_0 I}{4\pi a}\cos\phi d\phi\hat{n}$$

$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi a}[\sin\phi]_{-\phi_1}^{\phi_2}\hat{n}$$

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 156 23-12-2022 18:06:48

$$= \vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}(\sin\phi_1 + \sin\phi_2)\,\hat{n}$$

ஈறிலா நீளம் கொண்ட கடத்திக்கு

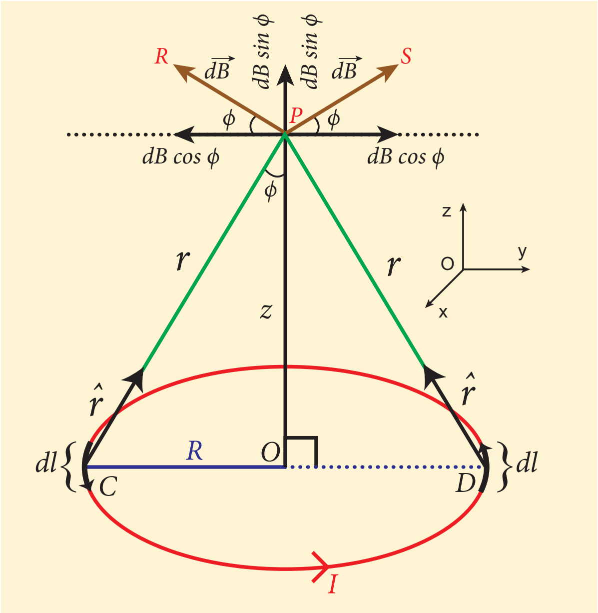
$$\phi_1 = \phi_2 = 90°$$

$$\therefore \vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \times 2\,\hat{n} \Rightarrow \vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}\,\hat{n} \qquad (3.36)$$

3.8.3 மின்னோட்டம் பாயும் வட்டவடிவக் கம்பிச்சுருளின் அச்சு வழியே ஏற்படும் காந்தப்புலம்

R ஆரமுடைய மின்னோட்டம் பாயும் வளையம் ஒன்றைக் கருதுக. இவ்வளையத்தின் வழியே I மின்னோட்டம் பாய்கிறது. இம்மின்னோட்டத்தின் திசை படம் 3.33இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

வளையத்தின் மையம் O விலிருந்து z தொலைவில் அதன் அச்சின்மீது அமைந்துள்ள புள்ளி P யைக் கருதுக. இப்புள்ளியில் காந்தப்புலத்தைக் கணக்கிட வட்ட வளையத்தின் மீது எதிரெதிராக அமைந்துள்ள C மற்றும் D புள்ளிகளில் $I\vec{dl}$ நீளமுடைய இரு நீளக் கூறுகளைக் கருதுக. புள்ளி Cல் உள்ள மின்னோட்டக் கூறு ($I\vec{dl}$) மற்றும் புள்ளி Pயை இணைக்கும் வெக்டரை $\vec{r}$ என்க .



படம் 3.33 மின்னோட்டம் பாயும் வளையத்தினால் ஏற்படும் காந்தப்புலம்

பயட்–சாவர்ட் விதியின் படி மின்னோட்டக் கூறு ($I\vec{dl}$) ஆல் P புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புலம்

$$d\vec{B} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{I\,\vec{dl} \times \hat{r}}{r^2}$$

$d\vec{B}$ன் எண்மதிப்பு

$$dB = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{I\,dl\sin\theta}{r^2} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{I\,dl}{r^2}$$

இங்கு θ என்பது $I\vec{dl}$ மற்றும் $\vec{r}$ ஆகியவற்றிற்கு இடைப்பட்ட கோணம்; இங்கு $\theta = 90°$ ஆகும்.

$d\vec{B}$ன் திசை மின்னோட்டக் கூறு $I\vec{dl}$ மற்றும் CP ஆகியவற்றிற்கு செங்குத்தாக இருக்கும். அதாவது, அது CPக்கு குத்தாக PR திசையில் இருக்கும்.

புள்ளி Dல் உள்ள மின்னோட்டக் கூறினால் Pல் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தின் எண்மதிப்பு புள்ளி Cல் உள்ள மின்னோட்டக் கூறினால் Pல் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தின் எண்மதிப்புக்கு சமம் ஆகும். ஏனெனில் அவையிரண்டும் சம தொலைவில் உள்ளன. ஆனால் இக்காந்தப்புலம் PS திசையில் இருக்கும்.

ஒவ்வொரு மின்னோட்டக் கூறினாலும் ஏற்படும் காந்தப்புலம் $d\vec{B}$ஐ y திசையில் $dB\cos\phi$ என்றும் z – திசையில் $dB\sin\phi$ என்றும் இரண்டு கூறுகளாகப் பிரிக்கலாம். கிடைத்தளக் கூறுகள் ஒன்றையொன்று சமன் செய்து கொள்ளும். எனவே செங்குத்துக் கூறுகள் ($dB\sin\phi\,\hat{k}$) மட்டுமே புள்ளி P இல் ஏற்படும் மொத்த காந்தப்புலத்திற்கும் காரணமாக அமைகின்றன.

$$\vec{B} = \int d\vec{B} = \int dB\sin\phi\,\hat{k}$$
$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi}\int \frac{dl}{r^2}\sin\phi\,\hat{k}$$

ΔOCPலிருந்து

$$\sin\phi = \frac{R}{(R^2+z^2)^{1/2}} \text{ மற்றும் } r^2 = R^2 + z^2.$$

இம்மதிப்புகளை மேலே உள்ள சமன்பாட்டில் பிரதியிட,

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{R}{(R^2+z^2)^{3/2}}\,\hat{k}\left(\int dl\right)$$

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 157 23-12-2022 18:06:51

மின்னோட்டம் பாயும் வட்டச்சுருளினால் புள்ளி Pல் உருவாகும் நிகர காந்தப்புலம் $\vec{B}$ ஐக் கணக்கிட நீளக்கூறினை 0 இலிருந்து $2\pi R$ வரை தொகையிடவும்.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2}\frac{R^2}{\left(R^2+z^2\right)^{3/2}}\hat{k}$$

வட்டச்சுருள் N சுற்றுகளைக் கொண்டது எனில், காந்தப்புலம்

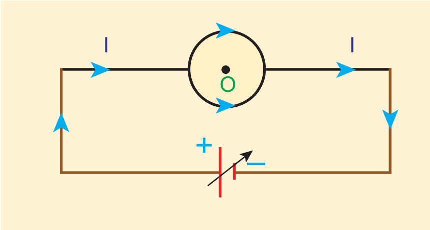
$$\vec{B} = \frac{\mu_0 NI}{2}\frac{R^2}{\left(R^2+z^2\right)^{3/2}}\hat{k} \qquad (3.37)$$

சுருளின் மையத்தில் காந்தப்புலம்

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 NI}{2R}\hat{k} \quad \text{ஏனெனில் } z = 0 \qquad (3.38)$$

எடுத்துக்காட்டு 3.13

படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள வளையத்தின் மையத்தில் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தைக் காண்க?



தீர்வு

வளையத்தின் மேல் அரைவட்டத்தின் மற்றும் கீழ் அரைவட்டத்தின் வழியே மின்னோட்டம் பாய்வதால் ஏற்படும் காந்தப்புலங்கள் எண்மதிப்பில் சமமாகவும் எதிரெதிர் திசைகளில் செயல்படுவதால், வளையத்தின் மையத்தில் (O புள்ளியில்) நிகர காந்தப்புலம் $\vec{B}$ சுழியாகும் $\vec{B} = \vec{0}$.

3.8.4 டேஞ்சன்ட் விதி மற்றும் டேஞ்சன்ட் கால்வனோமீட்டர்

மிகக்குறைந்த மின்னோட்டங்களை அளவிடும் ஒரு கருவி டேஞ்சன்ட் கால்வனோமீட்டர் ஆகும் (படம் 3.34) டேஞ்சன்ட் விதியின் அடிப்படையில் இக்கருவி இயங்குகிறது. இது ஒரு நகரும் காந்த கால்வனோமீட்டராகும்.

படம் 3.34 டேஞ்சன்ட் கால்வனோமீட்டர்

டேஞ்சன்ட் விதி

ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாகச் செயல்படும் சீரான இரண்டு காந்தப்புலங்களுக்கு நடுவே தொங்கவிடப்பட்டுள்ள காந்த ஊசி, இவ்விரண்டு புலங்களின் தொகுபயன் புலத்தின் திசையில் நிற்கும்.

டேஞ்சன்ட் கால்வனோமீட்டரின் கம்பிச்சுருள் வழியாக மின்னோட்டம் பாய்வதால் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தை B என்க. புவிகாந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக் கூறு B_H ஆகும். இவ்விரண்டு காந்தப்புலங்களின் செயல்பாட்டால் காந்தஊசி கிடைத்தளக்கூறு B_H உடன் θ கோணத்தை ஏற்படுத்தி ஓய்வு நிலையை அடையும், எனவே

$$B = B_H \tan\theta \qquad (3.39)$$

அமைப்பு

டேஞ்சன்ட் கால்வனோமீட்டரில் காந்தத்தன்மையற்ற வட்டவடிவ சட்டத்தின் மீது தாமிரக்கம்பிச்சுருள் சுற்றப்பட்டிருக்கும். இச்சட்டம் பித்தளை அல்லது மரத்தால் செய்யப்பட்டு கிடைத்தள மேடைக்கு (சுழல் மேடைக்கு) செங்குத்தாகப் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இம்மேடை சரிசெய்யும் மூன்று கிடைமட்டத் திருகுகளைப் பெற்றுள்ளது. வெவ்வேறு எண்ணிக்கையில் அமைந்த இரண்டு அல்லது மூன்று கம்பிச்சுருள்கள் டேஞ்சன்ட் கால்வனோமீட்டரில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. நாம் ஆய்வுக்கூடங்களில்

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 158 23-12-2022 18:06:53

பயன்படுத்தும் பெரும்பாலானவற்றில் 2 சுற்றுகள், 5 சுற்றுகள் மற்றும் 50 சுற்றுகள் கொண்ட வெவ்வேறு தடிமனுடைய கம்பிச்சுருள்கள், வெவ்வேறு வலிமை கொண்ட மின்னோட்டங்களை அளவிட பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

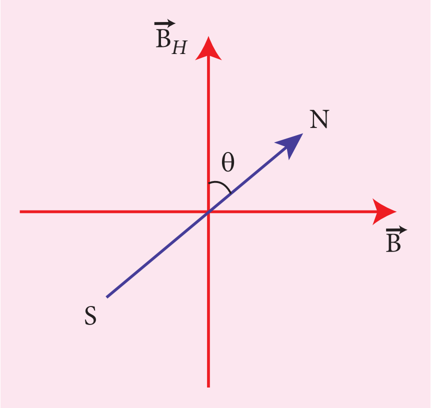
சுழல் மேடைக்கு நடுவே சற்றே மேலெழும்பிய அமைப்பு உள்ளது அதில் காந்த ஊசிப்பெட்டி (விலகு காந்தமானி) பொருத்தப்பட்டுள்ளது. காந்த ஊசிப் பெட்டியின் உள்ளே கூர்முனையின் மீது பொருத்தப்பட்ட காந்த ஊசி ஒன்று உள்ளது. காந்த ஊசியின் மையமும், வட்டவடிவக்கம்பிச்சுருளின் மையமும் மிகச்சரியாக ஒன்றுடன் ஒன்று பொருந்தும் வகையில் இவ்வமைப்பு வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளது. மெல்லிய அலுமினியக்குறிமுள் ஒன்று காந்த ஊசிக்கு செங்குத்தாக, வட்ட அளவுகோலின் மீது சுழலும்படி இணைக்கப்பட்டுள்ளளது. வட்ட அளவுகோல் நான்கு கால்வட்டங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டு டிகிரி அளவீடுகள் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த அளவீட்டினைப் பயன்படுத்தி வட்ட அளவுகோலின்மீது குறிமுள்ளின் விலக்கத்தை அளக்கலாம். இடமாறு தோற்றப்பிழையைத் தவிர்க்க, குறிமுள்ளுக்கு கீழே கண்ணாடி பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

கருவியை பயன்படுத்தும்போது மேற்கொள்ள வேண்டிய முன்னெச்சரிக்கை நடவடிக்கைகள்

1. கருவியின் அருகில் உள்ள அனைத்து காந்தப்பொருட்களையும் அகற்ற வேண்டும்.
2. இரச மட்டத்தைப் பயன்படுத்தி (Sprit level), கிடைமட்டத் திருகுகளை சரிசெய்ய வேண்டும். அவ்வாறு சரிசெய்யும்போது மிகச்சரியாக காந்தஊசி கிடைத்தளத்திலும், சட்டகாந்தத்தின் மீது சுற்றப்பட்ட கம்பிச்சுருள் செங்குத்தாகவும் அமையும்.
3. கம்பிச்சுருளின் செங்குத்து அச்சைப்பொருத்து அதனைச் சுழற்றி, கம்பிச்சுருளின் தளம் காந்தஊசிக்கு இணையாக வரும்படி அதனை அமைக்கவேண்டும்.அவ்வாறுஅமைக்கும்போது கம்பிச்சுருள் தொடர்ந்து காந்ததுருவத் தளத்திலேயே இருக்கும்.
4. காந்தஊசிப்பெட்டியைச் சுழற்றி, குறிமுள் $0^{\circ}- 0^{\circ}$ ஐக் காட்டும்படி அமைக்க வேண்டும்.

கொள்கை

கம்பிச்சுருளின் வழியே மின்னோட்டம் பாயாத நிலையில் காந்தஊசி புவிகாந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறின் திசையிலேயே ஒருங்கமைந்திருக்கும். மின்சுற்றினை இயக்கும்போது கம்பிச்சுருளின் வழியே மின்னோட்டம் பாய்ந்து காந்தப்புலத்தை உருவாக்கும். சுழலும் மின்னோட்டத்தினால் எவ்வாறு காந்தப்புலம் உருவாகின்றது என்பதை பிரிவு 3.8.3 இல் விரிவாகப்படிக்கப் போகிறீர்கள். தற்போது ஒன்றுகொன்று செங்குத்தாகச் செயல்படும் இரண்டு காந்தப்புலங்கள் உருவாகும் அவை



படம் 3.35 கூர்முனையில் பொருத்தப்பட்டுள்ள காந்தஊசியின் தொகுபயன் நிலை

(1) மின்னோட்டம் பாயும் கம்பிச்சுருளின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக செயல்படும் காந்தப்புலம் (B)

(2) புவி காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறு (B_H).

ஒன்றுக் கொன்று செங்குத்தாகச் செயல்படும் இவ்விரண்டு காந்தப்புலங்களுக்கு நடுவே கூர்முனையில் பொருத்தப்பட்டுள்ள காந்த ஊசி θ கோண அளவு விலகலை ஏற்படுத்தும். சமன்பாடு (3.39) இல் குறிப்பிட்டுள்ள டேஞ்சன்ட் விதியிலிருந்து

$$B = B_H \tan\theta$$

R ஆரமும் N சுற்றுகளும் கொண்ட வட்டவடிவக் கம்பிச்சுருளின் வழியே மின்னோட்டம் பாய்வதால் அதன் மையத்தில் தோன்றும் காந்தப்புலம்

$$B = \mu_{\circ} \frac{NI}{2R} \quad (3.40)$$

சமன்பாடுகள் (3.39) மற்றும் (3.40) ஆகியவற்றிலிருந்து நாம் பெறுவது,

$$\mu_{\circ} \frac{NI}{2R} = B_H \tan\theta$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து பெறப்பட்ட புவிகாந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறு

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 159 23-12-2022 18:06:54

$$B_H = \frac{\mu_\circ N}{2R}\frac{I}{\tan\theta} \qquad (3.41)$$

எடுத்துக்காட்டு 3.14

100 சுற்றுகள் கொண்ட டேஞ்சன்ட் கால்வனோ மீட்டர் ஒன்றின் கம்பிச்சுருளின் விட்டம் 0.24 m. புவிகாந்தப்புலத்தின் கிடைத்தள கூறின் மதிப்பு 25×10^{-6} T என்ற நிலையில், 60° விலக்கத்தை ஏற்படுத்தும் மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

கம்பிச்சுருளின் விட்டம் 0.24 m எனவே அதன் ஆரம் 0.12 m ஆகும். சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை 100

புவிகாந்தப்புலத்தின் மதிப்பு = 25×10^{-6} T

விலக்கம்

$$\theta = 60^\circ \Rightarrow \tan 60^\circ = \sqrt{3} = 1.732$$

$$I = \frac{2RB_H}{\mu_\circ N}\tan\theta$$

$$= \frac{2\times 0.12\times 25\times 10^{-6}}{4\times 10^{-7}\times 3.14\times 100}\times 1.732 = 0.82\times 10^{-1}\,\text{A}.$$

$$I = 0.082\ \text{A}$$

3.8.5 மின்னோட்ட வளையம் காந்த இருமுனையாக செயல்படல்

R ஆரம் கொண்ட மின்னோட்டம் பாயும் வட்ட வளையத்தின் அச்சில் அதன் மையத்திலிருந்து z தொலைவிலுள்ள புள்ளியில் உருவாகும் காந்தப்புலம்

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{2}\frac{R^2}{\left(R^2+z^2\right)^{\frac{3}{2}}}\hat{k} \quad \text{(சமன் 3.37லிருந்து)}$$

நீண்ட தொலைவிற்கு $z >> R$ எனில், $R^2 + z^2 \approx z^2$. எனவே

$$\vec{\text{B}} = \frac{\mu_\circ I}{2}\frac{R^2}{z^3}\hat{k} \text{ அல்லது } \vec{\text{B}} = \frac{\mu_\circ I}{2\pi}\frac{\pi R^2}{z^3}\hat{k} \qquad (3.42)$$

வட்ட வளையத்தின் பரப்பு A எனில், $A = \pi R^2$. எனவே சமன்பாடு (3.41) ஐ பரப்பினைப் பொறுத்து எழுதும்போது

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{2\pi}\frac{A}{z^3}\hat{k} \text{ (அல்லது) } \vec{B} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{2IA}{z^3}\hat{k} \qquad (3.43)$$

சமன்பாடு (3.43) மற்றும் (3.14) ஐ பரிமாணமுறையில் ஒப்பிடும்போது

$$p_m = I\,A$$

இங்கு p_m என்பது காந்த இருமுனை திருப்புத் திறனைக் குறிக்கும். வெக்டர் குறியீட்டின்படி

$$\vec{p}_m = I\,\vec{A} \qquad (3.44)$$

இச்சமன்பாட்டிலிருந்து மின்னோட்டம் பாயும் வளையமானது காந்தத்திருப்புத்திறன் $\vec{p}_m$ கொண்ட காந்த இருமுனையாக செயல்படும் என அறியலாம்.

எனவே, எந்த ஒரு மின்னோட்ட வளையத்தின் காந்த இருமுனை திருப்புத்திறன் அம்மின்னோட்ட வளையத்தில் பாயும் மின்னோட்டம் மற்றும் மின்னோட்ட வளையத்தின் பரப்பு இவற்றிற்கிடையேயான பெருக்கல் பலனுக்குச் சமமாகும்.

வலதுகை பெருவிரல் விதி

காந்தத்திருப்புத்திறனின் திசையை அறிய நாம் வலதுகை பெருவிரல் விதியைப் பயன்படுத்தலாம்.

இவ்விதியின்படி வளையத்தின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தின் திசையில் வலதுகையின் மற்ற விரல்களால் வளையத்தை சுற்றி பற்றும்போது, நீட்டப்பட பெருவிரல் அம்மின்னோட்ட வளையத்தினால் உருவாகும் காந்தத்திருப்புத்திறனின் திசையைக் கொடுக்கும்.

அட்டவணை 3.3 முனை விதி – அண்மை முனையில் மின்னோட்டம் பாயும் திசையும் அம்முனையின் காந்தப் தன்மையும்

வட்ட வளையத்தின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம்	காந்த முனை	படம்
இடஞ்சுழியாகப் பாயும் மின்னோட்டம்	வடமுனை	கடிகாரமுள் சுற்றும் திசைக்கு எதிர்திசையில் மின்னோட்டம் பாயும் போது முனை அமைப்பு: வடமுனை
வலஞ்சுழியாகப் பாயும் மின்னோட்டம்	தென்முனை	கடிகாரமுள் சுற்றும் திசையில் மின்னோட்டம் பாயும் போது முனை அமைப்பு: தென்முனை

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 160 23-12-2022 18:06:58

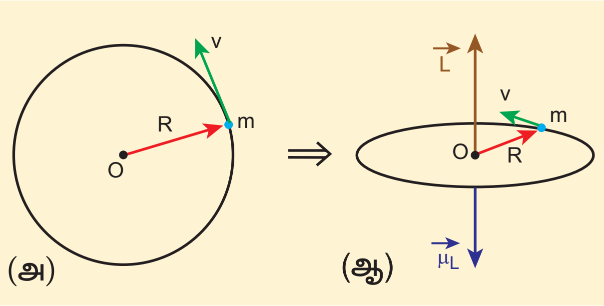
3.8.6 சுற்றிவரும் எலக்ட்ரானின் காந்த இருமுனைத் திருப்புத்திறன்

உட்கரு ஒன்றினை வட்டப்பாதையில் எலக்ட்ரான் ஒன்று சுற்றி வருவதாகக் கொள்வோம். இந்த வட்டப்பாதையில் சுற்றி வரும் எலக்ட்ரானை, வளையத்தில் பாயும் மின்னோட்டம் போன்று கருதலாம். இது படம் 3.36 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஏனெனில் மின்துகள்களின் ஓட்டமே மின்னோட்டமாகும். எனவே மின்னோட்டம் பாயும் வளையத்தின் காந்த இருமுனைத் திருப்புத்திறன்

$$\vec{\mu}_L = I\vec{A} \quad (3.45)$$

எண்மதிப்பில்,

$$\mu_L = IA$$



படம் 3.36 (அ) வட்டப்பாதையில் சுற்றிவரும் எலக்ட்ரான் (ஆ) காந்த இருமுனை திருப்புத்திறன் வெக்டரின் திசையும், சுற்றுப்பாதை கோண உந்த வெக்டரின் திசையும் ஒன்றுக்கொன்று எதிர்த்திசையில் அமையும்.

T என்பது எலக்ட்ரானின் அலைவு நேரம் எனக் கொண்டால், வட்டப்பாதையில் சுற்றிவரும் எலக்ட்ரானால் ஏற்படும் மின்னோட்டம்

$$I = \frac{-e}{T} \quad (3.46)$$

இங்கு e என்பது எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டமாகும். வட்டப்பாதையின் ஆரம் R மற்றும் வட்டப்பாதையில் சுற்றிவரும் எலக்ட்ரானின் திசைவேகம் v எனவும் கொண்டால்

$$T = \frac{2\pi R}{v} \quad (3.47)$$

சமன்பாடுகள் (3.46) மற்றும் (3.47) ஐ சமன்பாடு (3.45) இல் பயன்படுத்தும்போது,

$$\mu_L = -\frac{e}{\frac{2\pi R}{v}}\pi R^2 = -\frac{evR}{2} \quad (3.48)$$

இங்கு $A = \pi R^2$ வளையத்தின் பரப்பாகும். வரையறையின்படி, O வைப் பொறுத்து எலக்ட்ரானின் கோண உந்தம்

$$\vec{L} = \vec{R}\times\vec{p}$$

எண்மதிப்பில்,

$$L = Rp = mvR \quad (3.49)$$

சமன்பாடு (3.48) மற்றும் (3.49) ஐ பயன்படுத்தி பின்வரும் சமன்பாட்டைப் பெறலாம்.

$$\frac{\mu_L}{L} = -\frac{evR/2}{mvR} = -\frac{e}{2m} \Rightarrow \vec{\mu}_L = -\frac{e}{2m}\vec{L} \quad (3.50)$$

காந்தத்திருப்புத்திறன் மற்றும் கோண உந்தம் இரண்டின் திசையும் ஒன்றுக்கொன்று எதிரெதிர் என்பதை எதிர்க்குறி நமக்குக் காட்டுகிறது.

எண்மதிப்பில்,

$$\frac{\mu_L}{L} = \frac{e}{2m} = \frac{1.60\times10^{-19}}{2\times9.11\times10^{-31}} = 0.0878\times10^{12}\,\mathrm{C\,kg^{-1}}$$

$$\frac{\mu_L}{L} = 8.78\times10^{10}\,\mathrm{C\,kg^{-1}} = \text{மாறிலி}$$

$\frac{\mu_L}{L}$ விகிதம் ஒரு மாறிலியாகும். மேலும் இதனை சுழற்சி காந்த விகிதம் (gyro–magnetic ratio) $\left(\frac{e}{2m}\right)$ என அழைக்கலாம். சுழற்சி காந்த விகிதம் ஒரு விகித மாறிலி என்பதை நினைவில் கொள்ளவும். இது எலக்ட்ரானின் கோண உந்தத்தையும், காந்தத்திருப்புத்திறனையும் இணைக்கிறது.

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 161 23-12-2022 18:07:01

நீல்ஸ் போரின் குவாண்டமாக்கல் நிபந்தனையின்படி நிலையான சுற்றுப்பாதையில் சுற்றிவரும் எலக்ட்ரானின் கோண உந்தம் குவாண்டமாக்கப்பட்டுள்ளது. அதாவது,

$$L = n\hbar = n\frac{h}{2\pi}$$

இங்கு, h என்பது பிளாங்க் மாறிலி ஆகும். ($h = 6.63 \times 10^{-34}$ J s) மற்றும் n என்பது நேர்க்குறி முழு எண்களைக் குறிக்கும். அதாவது $n = 1,2,3,....$

எனவே,

$$\mu_L = \frac{e}{2m}L = n\frac{eh}{4\pi m}$$

$$\mu_L = n \times \frac{(1.60 \times 10^{-19})h}{4\pi m}\,\mathrm{A\,m^2}$$

$$= n \times \frac{(1.60 \times 10^{-19})(6.63 \times 10^{-34})}{4 \times 3.14 \times (9.11 \times 10^{-31})}$$

$$\mu_L = n \times 9.27 \times 10^{-24}\,\mathrm{A\,m^2}$$

சிறும காந்தத்திருப்புத்திறனைக் கண்டறிய $n = 1$ எனப் பிரதியிட வேண்டும்.

$$\mu_L = 9.27 \times 10^{-24}\,\mathrm{A\,m^2} = 9.27 \times 10^{-24}\,\mathrm{J\,T^{-1}}$$
$$= (\mu_L)_{min} = \mu_B$$

இங்கு $\mu_B = \frac{eh}{4\pi m} = 9.27 \times 10^{-24}\,\mathrm{A\,m^2}$. இதனை போர் மேக்னெட்டான் (Bohr magneton) என்று அழைக்கலாம். இது அணுவின் காந்த திருப்புத்திறனை அளக்கப் பயன்படுகிறது

3.9 ஆம்பியரின் சுற்று விதி

சமச்சீர் (Symmetry) கொண்ட மின்னோட்ட அமைப்புகள் உள்ள கணக்குகளில், புள்ளி ஒன்றில் காந்தப்புலத்தைக் கணக்கிட ஆம்பியரின் சுற்று விதி பயன்படுகிறது. நிலை மின்னியலில் பயன்படுத்தப்படும் காஸ்விதியைப் போன்றதே ஆம்பியரின் சுற்று விதியாகும்.

3.9.1 ஆம்பியரின் சுற்றுவிதி வரையறை மற்றும் விளக்கம்

ஆம்பியரின் விதி : ஒரு மூடிய வளையத்தின் மீதுள்ள காந்தப்புலத்தின் கோட்டுவழித்தொகையீட்டு மதிப்பு (Value of line integral) அவ்வளையத்தினால் மூடப்பட்ட நிகர மின்னோட்டத்தின் μ_0 மடங்கிற்குச் சமம்.

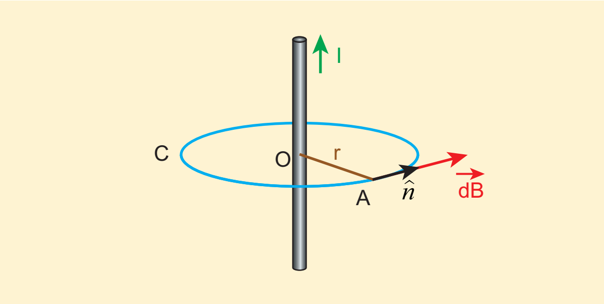
$$\oint_C \vec{B}.\vec{dl} = \mu_\circ I_{மூடப்பட்ட} \qquad (3.51)$$

இங்கு $I_{மூடப்பட்ட}$ என்பது மூடப்பட்ட வளையத்தின் வழியாகச் செல்லும் நிகர மின்னோட்டமாகும். கோட்டு வழித்தொகையீடு பாதையின் வடிவத்தையோ அல்லது காந்தப்புலத்துடன் உள்ள கடத்தியின் நிலையையோ சார்ந்ததில்லை என்பதை கவனிக்கவும்.

குறிப்பு

கோட்டு வழித்தொகையீடு என்பது ஒரு கோடு அல்லது வளைவின் மீது செய்யப்படும் தொகையீட்டைக் குறிக்கும். $\int_c$ என்ற குறியீடு பயன்படுத்தப்படுகிறது மூடப்பட்டக் கோட்டு வழித்தொகையீடு என்பது ஒரு மூடப்பட்ட வளைவு (அல்லது கோடு) மீது செய்யப்படும் தொகையீட்டைக் குறிக்கிறது. $\oint$ அல்லது $\oint_c$ என்ற குறியீடு பயன்படுத்தப்படுகிறது.

3.9.2 ஆம்பியரின் விதியைப் பயன்படுத்தி மின்னோட்டம் பாயும் முடிவிலா நீளம் கொண்ட கம்பியினால் ஏற்படும் காந்தப்புலம்



படம் 3.37 மின்னோட்டம் பாயும் நேரான கடத்தியின் ஆம்பியர் வளையம்

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 162 23-12-2022 18:07:03

முடிவிலா நீளம் கொண்ட I மின்னோட்டம் பாயும் நேரான கடத்தி ஒன்றைக் கருதுக. படம் 3.37 இல் காட்டியுள்ளவாறு காந்தப்புலக் கோடுகளின் திசை உள்ளது.

நுண்ணளவில் பார்க்கும்போது கம்பி உருளை வடிவிலும், அச்சினைப் பொறுத்து சமச்சீராகவும் உள்ளது. எனவே படம் 3.37 இல் காட்டியுள்ளவாறு கடத்தியின் மையத்திலிருந்து r தொலைவில் வட்ட வடிவிலான ஆம்பியரின் வளையத்தை உருவாக்கலாம்.

$$\oint_C \vec{B}.d\vec{l} = \mu_\circ I$$

இங்கு $d\vec{l}$ என்பது ஆம்பியரின் வளையம் வழியேச் செல்லும் வரிக்கூறாகும் (line element) (வட்ட வளையத்தின் தொடுகோடு). எனவே, காந்தப்புல வெக்டருக்கும் வரிக்கூறுக்கும் இடையே உள்ள கோணம் சுழியாகும். ஆகையால்

$$\oint_C B\,dl = \mu_\circ I$$

இங்கு I என்பது ஆம்பியரின் வளையத்தால் சூழப்பட்ட மின்னோட்டத்தைக் குறிக்கும். சமச்சீரின் விளைவாக ஆம்பியரின் வளையம் முழுவதும் காந்தப்புலத்தின் எண்மதிப்பு மாறாமலிருக்கும். எனவே தொகையீட்டிலிருந்து B ஐ வெளியே எடுத்துவிடலாம்.

$$B\oint_C dl = \mu_\circ I$$

ஆம்பியர் வளையத்தின் சுற்றளவு $2\pi R$. இதிலிருந்து

$$B\int_0^{2\pi r} dl = \mu_\circ I$$

$$B \cdot 2\pi r = \mu_\circ I$$

$$B = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r}$$

வெக்டர் வடிவில் காந்தப்புலம்

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r}\hat{n}$$

இங்கு $\hat{n}$ என்பது படம் 3.37 இல் காட்டியுள்ளவாறு தொடுகோட்டின் வழியே ஆம்பியரின் வளையத்திற்குச் செல்லும் ஓரலகு வெக்டராகும்.

எடுத்துக்காட்டு 3.15

1 A மின்னோட்டம் பாயும், நீண்ட நேரான கம்பியிலிருந்து 1 m தொலைவில் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தின் எண்மதிப்பைக் கணக்கிடுக. இதனை புவி காந்தப்புலத்துடன் ஒப்பிடுக.

தீர்வு

கொடுக்கப்பட்டவை $I = 1$ A மற்றும் ஆரம் $r = 1$ m

$$B_{\text{நேர்க்கம்பி}} = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r} = \frac{4\pi\times10^{-7}\times1}{2\pi\times1} = 2\times10^{-7}\text{ T}$$

ஆனால் புவி காந்தப்புலம் $B_{\text{புவி}} \sim 10^{-5}$ T

எனவே $B_{\text{நேர்க்கம்பி}}$, $B_{\text{புவி}}$ யை விட நூறு மடங்கு குறைவானதாகும்.

வரிச்சுருள்

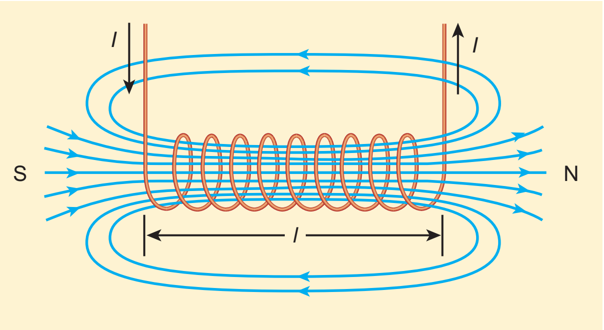
வரிச்சுருள் என்பது, சுருள் வடிவில் நெருக்கமாகச் சுற்றப்பட்ட நீண்ட கம்பிச்சுருளாகும். இது படம் 3.38 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வரிச்சுருளின் வழியே மின்னோட்டம் பாயும்போது காந்தப்புலம் உருவாகும். வரிச்சுருளின் மொத்த காந்தப்புலம் அதன் ஒவ்வொரு சுற்றுகளின் காந்தப்புலங்களும் ஒன்றுடன் ஒன்று மேற்பொருந்துவதால் ஏற்படுகிறது. வரிச்சுருளினால் ஏற்பட்ட காந்தப்புலத்தின் திசையை வலது உள்ளங்கை விதியிலிருந்து அறியலாம்.

வரிச்சுருளின் உள்ளே காந்தப்புலம் கிட்டத்தட்ட சீராக இருக்கும். மேலும் இது வரிச்சுருளின் அச்சுக்கு இணையாகக் காணப்படும். ஆனால், வரிச்சுருளுக்கு வெளியே காந்தப்புலம் புறக்கணிக்கத்தக்க அளவு சிறிய மதிப்புடையதாக காணப்படும். வரிச்சுருளின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தின் திசையைப் பொருத்து வரிச்சுருளின் ஒரு முனை வடமுனை போன்றும், மற்றொரு முனை தென்முனை போன்றும் செயல்படும்.

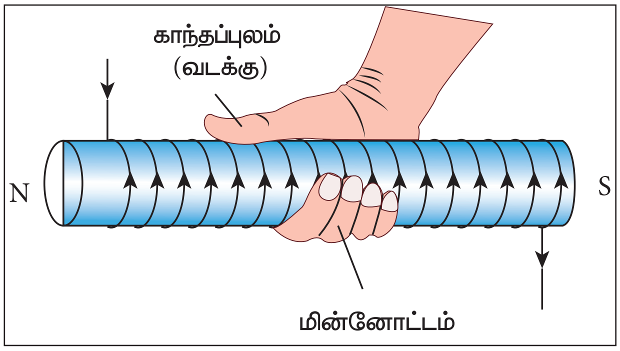
ஒரு மின்னோட்டம் பாயும் வரிச்சுருளை வலதுகையினால் பற்றி பிடிக்கும்போது மற்ற விரல்கள் மின்னோட்டம் பாயும் திசையில் சுற்றியிருந்தால், நீட்டப்பட்ட பெருவிரல் மின்னோட்டம் பாயும் வரிச்சுருளினால் ஏற்பட்ட காந்தப்புலத்தின் திசையைக் காட்டும். இது படம் 3.39 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. எனவே

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 163 23-12-2022 18:07:06

படம் 3.38 வரிச்சுருள்



படம் 3.39 சட்டகாந்தம் போன்று செயல்படும் வரிச்சுருள்



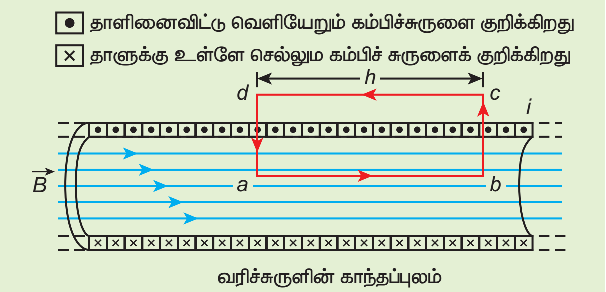
படம் 3.40 வரிச்சுருளினால் உருவாகும் காந்தப்புலத்தின் திசை

வரிச்சுருளினால் ஏற்படும் காந்தப்புலம், சட்டக் காந்தத்தினால் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தைப் போன்றே காணப்படும்.

வரிச்சுருளானது மிக நீண்ட நீளம் உடையதாகக் கருதப்படுகிறது. இதன் பொருள் வரிச்சுருளின் நீளம் அதன் விட்டத்தைவிட மிக மிகப் பெரியது. அதேபோல் வரிச்சுருளின் சுற்றுகள் எப்போதும் வட்டவடிவிலேயே இருக்க வேண்டிய அவசியமில்லை, மற்ற வடிவங்களிலும் இருக்கலாம். ஒரு எளிமைக்காக, இங்கு நாம் வட்ட வடிவில் சுற்றப்பட்ட வரிச்சுருளையே கருதுகிறோம். இது படம் 3.40 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

3.9.3 மின்னோட்டம் பாயும் நீண்ட வரிச்சுருளினால் ஏற்படும் காந்தப்புலம்

L நீளமும் N சுற்றுகளும் கொண்ட நீண்ட வரிச்சுருள் ஒன்றைக் கருதுவோம். வரிச்சுருளின் நீளத்துடன் ஒப்பிடும்போது அதன் விட்டம் மிகவும் சிறியது. மேலும் கம்பிச்சுருள் மிக நெருக்கமாக சுற்றப்பட்டுள்ளது.



படம் 3.41 வரிச்சுருள் ஒன்றுக்கான ஆம்பியரின் வளையம்

வரிச்சுருளின் உள்ளே ஏதேனும் ஒரு புள்ளியில் காந்தப்புலத்தைக் கணக்கிட ஆம்பியரின் சுற்று விதியைப் பயன்படுத்தலாம். படம் 3.41 இல் காட்டியுள்ளவாறு செவ்வக வடிவ ஒரு சுற்று abcd ஐக் கருதுக. ஆம்பியரின் சுற்று விதியிலிருந்து

$$\oint_C \vec{B}\cdot\vec{dl} = \mu_0 I_{\text{மூடப்பட்ட}}$$

$$= \mu_0 \times (\text{ஆம்பியரின் சுற்றால் மூடப்பட்ட மொத்த மின்னோட்டம்})$$

சமன்பாட்டின் இடதுகை பக்கத்தினை பின்வருமாறு எழுதலாம்

$$\oint_C \vec{B}\cdot\vec{dl} = \int_a^b \vec{B}.\vec{dl} + \int_b^c \vec{B}.\vec{dl} + \int_c^d \vec{B}.\vec{dl} + \int_d^a \vec{B}.\vec{dl}$$

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 164 23-12-2022 18:07:08

bc மற்றும் da பக்கங்களின் நீளக்கூறுகள் வரிச்சுருளின் அச்சின் வழியே அமைந்துள்ளது மட்டுமல்லாமல் காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தாகவும் அமைந்துள்ளன.

எனவே,

$$\int_b^c \vec{B}.d\vec{l} = \int_b^c |\vec{B}| |d\vec{l}| \cos 90^\circ = 0$$

$$\int_d^a \vec{B}.d\vec{l} = 0$$

மேலும் வரிச்சுருளுக்கு வெளியேயும் காந்தப்புலம் சுழி. எனவே தொகையீடு $\int_c^d \vec{B}.\vec{dl} = 0.$

ab வழியாக உள்ள பாதையின் தொகையீடு

$$\int_a^b \vec{B}.d\vec{l} = B\int_a^b dl \cos 0^\circ = B\int_a^b dl$$

இங்கு படம் 3.41 இல் காட்டப்பட்டுள்ள கோடு ab யின் நீளம் h ஆகும். ஆனால் இந்தக் கோட்டின் நீளம் ab நமக்குத்தக்கவாறு தேர்வு செய்து கொள்ளலாம். எனவே வரிச்சுருளின் நீளம் L க்குச் சமமான பெரிய கோட்டை நாம் தேர்வு செய்யும்போது, தொகையிடல் பின்வருமாறு கிடைக்கும்

$$\int_a^b \vec{B}.d\vec{l} = BL$$

N சுற்றுகளுக்கு வரிச்சுருளின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் NI என்க. எனவே

$$\int_a^b \vec{B}.d\vec{l} = BL = \mu_0 NI \Rightarrow B = \mu_0 \frac{NI}{L}$$

ஓரலகு நீளத்திற்கான சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை $\frac{N}{L} = n$. ஆகவே,

$$B = \mu_0 \frac{nLI}{L} = \mu_0 nI \qquad (3.52)$$

கொடுக்கப்பட்ட வரிச்சுருளுக்கு n ஒரு மாறிலி. மேலும் μ_0 இன் மதிப்பும் ஒரு மாறிலியாகும். ஒரு நிலையான மின்னோட்டத்திற்கு வரிச்சுருளின் உள்ளே ஏற்படும் காந்தப்புலமும் மாறிலியாகும்.

குறிப்பு

வரிச்சுருளை மின்காந்தமாகவும் பயன்படுத்தலாம். ஒரு வலிமையான காந்தப்புலத்தை இது உருவாக்கும். இதனை இயக்கவோ அல்லது நிறுத்தவோ முடியும். நிலையான காந்தத்தைப் பயன்படுத்தி இவ்வாறு நிகழ்த்த முடியாது. வரிச்சுருளின் உள்ளே இரும்பு சட்டமொன்றை வைப்பதன் மூலம் காந்தப்புலத்தின் வலிமையை மேலும் அதிகரிக்கலாம். எவ்வாறெனில், வரிச்சுருளினால் ஏற்பட்ட காந்தப்புலம் இரும்புச் சட்டத்தையும் காந்தமாக்கும். எனவே நிகர காந்தப்புலமானது வரிச்சுருளினால் ஏற்பட்ட காந்தப்புலம் மற்றும் இரும்பு சட்டம் காந்தமானதால் ஏற்பட்ட காந்தப்புலங்களின் கூடுதலாகும். இப்பண்புகளின் காரணமாகத்தான் பல்வேறு வகையான மின்சாதனங்களை வடிவமைப்பதில் வரிச்சுருள் முக்கியப் பங்காற்றுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 3.16

வரிச்சுருளின் உள்ளே ஏற்படும் காந்தப்புலத்தை பின்வரும் நேர்வுகளில் காண்க.

(அ) சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையை மாற்றாமல், நீளம் மட்டும் இருமடங்காகும்போது

(ஆ) சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை மற்றும் வரிச்சுருளின் நீளம் இரண்டையும் இருமடங்காக்கும் போது

(இ) வரிச்சுருளின் நீளத்தை மாற்றாமல், சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையை மட்டும் இருமடங்காக்கும் போது

முடிவுகளை ஒப்பிடுக

தீர்வு

வரிச்சுருளின் உள்ளே ஏற்படும் காந்தப்புலம்

$$B_{L,N} = \mu_0 \frac{NI}{L}$$

(அ) சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையை மாற்றாமல், நீளம் மட்டும் இருமடங்காகும் போது

$L \rightarrow 2L$ (நீளம் இருமடங்கு)

$N \rightarrow N$ (மாறாத சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை)

எனவே, காந்தப்புலம்

MRI (Magnetic Resonance Imaging) என்பது காந்த ஒத்ததிர்வு பொருட் பிம்பம் எனப்படும். தலை, மார்பு, அடிவயிறு மற்றும் இடுப்பெலும்பு போன்றவற்றில் ஏற்படும் அசாதாரணத் தன்மையை கண்டறியவும், மருத்துவம் செய்யவும் மருத்துவருக்குத் துணைபுரிகிறது. இது உடலைக் கெடுதல் செய்யாத மருத்துவச் சோதனையாகும். வட்ட வடிவ திறப்பின் உள்ளே நோயாளி படுக்கவைக்கப்படுகிறார். (உண்மையில் மீக்கடத்தியினால் உருவாக்கப்பட்ட வரிச்சுருளின் உட்பகுதியே இத்திறப்பாகும்). மீக்கடத்தியின் வழியே வலிமையான மின்னோட்டம் செலுத்தப்பட்டு வலிமைமிக்க காந்தப்புலம் உருவாக்கப்படுகிறது. இக்காந்தப்புலம் ரேடியோ அதிர்வுத் துடிப்புகளை உருவாக்கி கணினிக்குக் கொடுக்கும் இக்கணினி உள்ளுறுப்புகளின் பிம்பத்தைக் கொடுக்கிறது. இதன் துணையுடன் மருத்துவர் உள்ளுறுப்புகளுக்கு சிகிச்சையளிப்பார்.

$$B_{2L,N} = \mu_0 \frac{NI}{2L} = \frac{1}{2} B_{L,N}$$

(ஆ) சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை மற்றும் வரிச்சுருளின் நீளம் இரண்டையும் இருமடங்காக்கும் போது

$L \rightarrow 2L$ (நீளம் இருமடங்கு)

$N \rightarrow 2N$ (சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை இருமடங்கு)

எனவே, காந்தப்புலம்

$$B_{2L,2N} = \mu_0 \frac{2NI}{2L} = B_{L,N}$$

(இ) வரிச்சுருளின் நீளத்தை மாற்றாமல், சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையை மட்டும் இருமடங்காக்கும் போது

$L \rightarrow L$ (மாறாத நீளம்)

$N \rightarrow 2N$ (சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை இருமடங்கு)

எனவே, காந்தப்புலம்

$$B_{L,2N} = \mu_0 \frac{2NI}{L} = 2B_{L,N}$$

மேற்கண்ட முடிவுகளிலிருந்து,

$$B_{L,2N} > B_{2L,2N} > B_{2L,N}$$

எனவே, கொடுக்கப்பட்ட மின்னோட்டத்தில், வரிச்சுருளின் அதே நீளத்தில் மிக அதிக எண்ணிக்கையில் நெருக்கமாக சுற்றுகளை அமைத்தால் காந்தப்புலம் அதிகரிக்கும்.

3.9.4 வட்ட வரிச்சுருள்

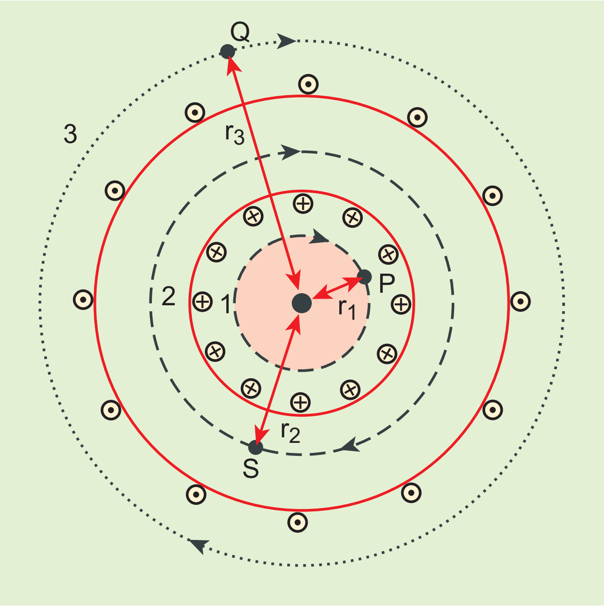
வரிச்சுருளின் இரண்டு முனைகளும் ஒன்றுடன் ஒன்று தொடும் வகையில் வளைக்கப்பட்ட வட்ட அமைப்பே வட்ட வரிச்சுருளாகும். இது ஒரு மூடப்பட்ட வளையம் போன்று காணப்படும். இது படம் 3.42 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வட்ட வரிச்சுருளின் உள்ளே காந்தப்புலம் மாறாத எண்மதிப்பைப் பெருற்றிருக்கும். அதே நேரத்தில் வட்ட வரிச்சுருளின் உட்பகுதியில் (P புள்ளியில்) மற்றும் வெளிப்பகுதியில் (Q புள்ளியில்) காந்தப்புலம் சுழியாகும்.

படம் 3.42 வட்டவரிச்சுருள்

(அ) வட்ட வரிச்சுருளின் திறந்தவெளி உட்புறப்பகுதி

P புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புலம் B_P ஐ நாம் கணக்கிட r_1 ஆரமுடைய ஆம்பியரின் சுற்று 1 ஐ புள்ளி P ஐச் சுற்றி படம் 3.43 இல் காட்டியுள்ளவாறு

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 166 23-12-2022 18:07:13



படம் 3.43 வட்ட வரிச்சுருளுக்கான ஆம்பியரின் வளையம்

அமைக்கலாம். கணக்கீட்டை எளிமையாக்க ஆம்பியர் சுற்றை வளையமாகக் கருதுவோம். எனவே, வளையத்தின் சுற்றளவு அதன் நீளமாகும்.

$$L_1 = 2\pi r_1$$

வளையம் 1 க்கான ஆம்பியரின் சுற்றுவிதி

$$\oint_{\text{வளையம் 1}} \vec{B}_P.\vec{dl} = \mu_0 I_{\text{மூடப்பட்ட}}$$

இங்கு வளையம் 1 எவ்விதமான மின்னோட்டத்தையும் சூழ்ந்திருக்கவில்லை $I_{\text{மூடப்பட்ட}} = 0$

$$\oint_{\text{வளையம் 1}} \vec{B}_P.\vec{dl} = 0$$

புள்ளி P யில் உள்ள காந்தப்புலம் சுழியானால் மட்டுமே இது சாத்தியமாகும். அதாவது

$$\vec{B}_P = 0$$

(ஆ) வட்ட வரிச்சுருளின் வெளிப்புறத்தில் உள்ள திறந்தவெளிப்பகுதி

Q புள்ளியில் உள்ள காந்தப்புலம் B_Q வைக் கணக்கிட படம் 3.43 இல் காட்டியுள்ளவாறு Q புள்ளியைச் சுற்றி r_3 ஆரமுடைய ஆம்பியரின் வளையம் 3 ஐ அமைக்கலாம்.

$$L_3 = 2\pi r_3$$

வளையம் 3 க்கான ஆம்பியரின் சுற்றுவிதி

$$\oint_{\text{வளையம் 3}} \vec{B}_Q.\vec{dl} = \mu_0 I_{\text{மூடப்பட்ட}}$$

இங்கு ஒவ்வொரு சுற்றிலும் தாளின் தளத்தை விட்டு வெளியேவரும் மின்னோட்டம், தாளின் தளத்திற்கு உள்ளே செல்லும் மின்னோட்டத்தினால் சமன்செய்யப்படுகிறது. எனவே, $I_{\text{மூடப்பட்ட}} = 0$

$$\oint_{\text{வளையம் 3}} \vec{B}_Q.\vec{dl} = 0$$

புள்ளி Q வில் உள்ள காந்தப்புலம் சுழியானால் மட்டுமே இது சாத்தியமாகும். அதாவது

$$\vec{B}_Q = 0$$

(இ) வட்ட வரிச்சுருளின் உள்ளே

S புள்ளியில் உள்ள காந்தப்புலம் B_S ஐக் கணக்கிட, படம் 3.43 இல் உள்ளவாறு S புள்ளியைச் சுற்றி r_2 ஆரமுடைய ஆம்பியரின் வளையம் 2 ஐ அமைக்கலாம்.

வளையத்தின் நீளம் $L_2 = 2\pi r_2$

வளையம் 2 க்கான ஆம்பியரின் சுற்றுவிதி

$$\oint_{\text{வளையம் 2}} \vec{B}_S.\vec{dl} = \mu_0 I_{\text{மூடப்பட்ட}}$$

வட்டவரிச்சுருளின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தை I எனவும் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையை N எனவும் கொண்டால்

$$I_{\text{மூடப்பட்ட}} = NI$$

மேலும் $\oint_{\text{வளையம் 2}} \vec{B}_S.\vec{dl} = \oint_{\text{வளையம் 2}} B_S dl \cos\theta = B_S 2\pi r_2$

$$\oint_{\text{வளையம் 2}} \vec{B}_S.\vec{dl} = \mu_0 NI$$

$$B_S = \mu_0 \frac{NI}{2\pi r_2}$$

ஓரலகு நீளத்திற்கு சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை $n = \frac{N}{2\pi r_2}$. எனவே S புள்ளியில் உள்ள காந்தப்புலம்

$$B_S = \mu_0 nI \qquad (3.53)$$

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 167 23-12-2022 18:07:18

3.10 லாரன்ஸ் விசை

காந்தப்புலம் ஒன்றினுள் ஓய்வு நிலையிலுள்ள q மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகள் ஒன்றை வைக்கும்போது அதன்மீது எந்த விசையும் செயல்படுவதில்லை. அதே நேரத்தில் அம்மின்துகள் காந்தப்புலத்தில் இயங்கும்போது, ஒரு விசையை உணர்கிறது. இந்த விசை அலகு 1 இல் பயின்ற கூலூம் விசையிலிருந்து வேறுபட்டதாகும். இவ்விசைக்கு காந்தவிசை என்று பெயர். இது பின்வரும் சமன்பாட்டினால் குறிப்பிடப்படுகிறது.

$$\vec{F} = q\left(\vec{v} \times \vec{B}\right) \quad (3.54)$$

பொதுவாக, மின்துகளானது மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலம் இவ்விரண்டிலும் இயங்கும்போது உணரும் மொத்த விசை $\vec{F} = q\left(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}\right)$ ஆகும். இதற்கு லாரன்ஸ் விசை என்று பெயர்.

3.10.1 காந்தப்புலத்தில் இயங்கும் மின்துகளொன்று உணரும் விசை

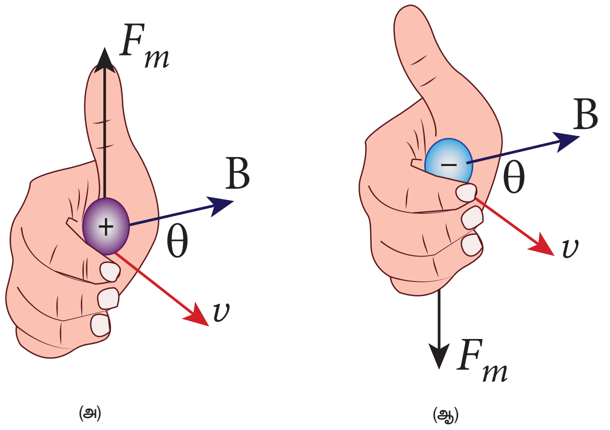
$\vec{B}$ காந்தப்புலத்தில், q மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகளானது, $\vec{v}$ திசைவேகத்தில் இயங்கும்போது அது ஒரு விசையை உணர்கிறது. அவ்விசைக்கு லாரன்ஸ் விசை என்று பெயர். கவனமாக செய்யப்பட்ட சோதனைகளுக்குப் பின்பு காந்தப்புலத்தில் இயங்கும் மின்துகள் உணரும் விசையை லாரன்ஸ் கண்டறிந்தார்.

$$\vec{F}_m = q\left(\vec{v} \times \vec{B}\right) \quad (3.55)$$

எண் மதிப்பில், $F_m = qvB\sin\theta \quad (3.56)$

சமன்பாடுகள் (3.55) மற்றும் (3.56) விருந்து நாம் அறிந்து கொள்வது

1. $\vec{F}_m$ ஆனது காந்தப்புலம் $\vec{B}$ க்கு நேர்த்தகவு
2. $\vec{F}_m$ ஆனது திசைவேகம் $\vec{v}$ க்கு நேர்த்தகவு
3. $\vec{F}_m$ ஆனது திசைவேகம் மற்றும் காந்தப்புலத்திற்கு இடைப்பட்ட கோணத்தின் சைன் மதிப்பிற்கு நேர்த்தகவு
4. $\vec{F}_m$ ஆனது மின்னூட்டத்தின் எண்மதிப்பிற்கு நேர்த்தகவு
5. $\vec{F}_m$ இன் திசை, $\vec{v}$ மற்றும் $\vec{B}$ இன் திசைகளுக்கு எப்போதும் செங்குத்தாகவே இருக்கும். ஏனென்றால் $\vec{F}_m$ ஆனது $\vec{v}$ மற்றும் $\vec{B}$ இன் குறுக்குப்பெருக்கல் மூலமாக வரையறை செய்யப்பட்டுள்ளது.



படம் 3.44 லாரன்ஸ் விசையின் திசை (அ) நேர் மின் துகளுக்கு (ஆ) எதிர் மின் துகளுக்கு

6. மற்ற காரணிகள் ஒன்றாக உள்ள நிலையில், படம் 3.44 (ஆ) இல் உள்ளவாறு, எதிர்மின்துகள் உணரும் $\vec{F}_m$ இன் திசையானது, நேர்மின்துகள் உணரும் $\vec{F}_m$ இன் திசைக்கு எதிர்த்திசையில் இருக்கும்.
7. மின்துகள் q வின் திசைவேகம் $\vec{v}$ யானது காந்தப்புலம் $\vec{B}$ இன் திசையில் இருந்தால் $\vec{F}_m$ சுழியாகும்.

டெஸ்லா வரையறை

ஓரலகு திசை வேகத்தில் காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தாக இயங்கும் ஓரலகு மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகளானது ஓரலகு விசையை உணர்ந்தால், அக்காந்தப்புலத்தின் வலிமை 1 டெஸ்லாவாகும்.

$$1\ \text{T} = \frac{1\,\text{N s}}{\text{C m}} = 1\frac{\text{N}}{\text{A m}} = 1\,\text{N A}^{-1}\text{m}^{-1}$$

எடுத்துக்காட்டு 3.17

q மின்னூட்டம் பெற்ற துகளொன்று $\vec{B}$ காந்தப்புலத்தில் $\vec{v}$ என்ற திசைவேகத்தில் நேர்க்குறி y – திசையில் செல்கிறது. பின்வரும் நிபந்தனைகளின்படி லாரன்ஸ் விசையைக் கணக்கிடுக. (அ) காந்தப்புலம் நேர்க்குறி

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 168 23-12-2022 18:07:24

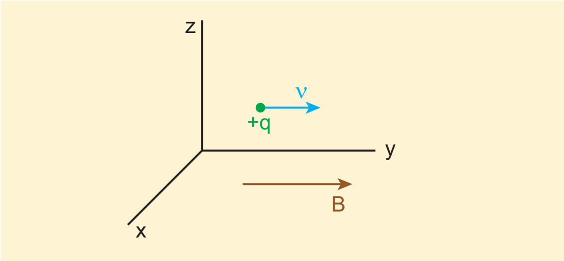
y – திசையில் உள்ளபோது (ஆ) காந்தப்புலம் நேர்க்குறி z – திசையில் உள்ளபோது (இ) துகளின் திசைவேகத்துடன் θ கோணத்தை ஏற்படுத்தும் காந்தப்புலம் zy தளத்தில் உள்ளபோது. மேற்கண்ட ஒவ்வொரு நிபந்தனைகளிலும் காந்தவிசையின் திசையினைக் குறிப்பிட்டு காட்டுக.

தீர்வு:

துகளின் திசைவேகம் $\vec{v} = v\hat{j}$

(அ) காந்தப்புலம், நேர்க்குறி y திசையில் உள்ளது

இதிலிருந்து $\vec{B} = B\hat{j}$

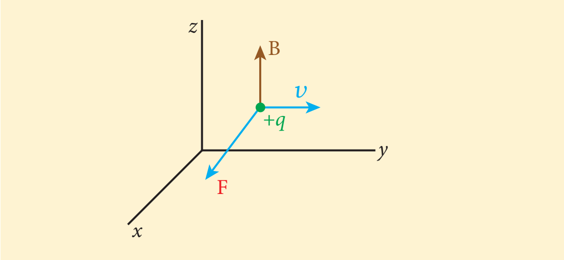


லாரன்ஸ்விசையிலிருந்து, $\vec{F}_m = q\left(v\hat{j} \times B\hat{j}\right) = \vec{0}$

எனவே, மின்துகள் காந்தப்புலத்தின் திசையில் இயங்கும்போது அதன் மீது எவ்வித விசையும் செயல்படுவதில்லை.

(ஆ) காந்தப்புலம் நேர்க்குறி z – திசையில் உள்ளது

இதிலிருந்து, $\vec{B} = B\hat{k}$



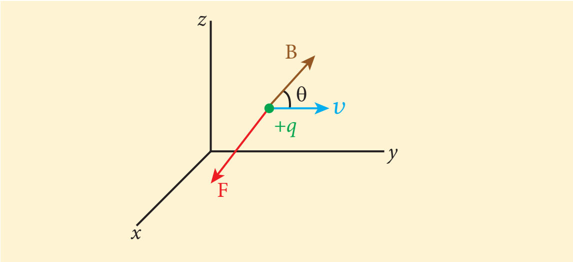
லாரன்ஸ் விசையிலிருந்து, $\vec{F}_m = q(v\hat{j} \times B\hat{k})$

$= qvB\hat{i}$

எனவே, லாரன்ஸ் விசையின் எண்மதிப்பு qvB. மேலும் அதன்திசை நேர்க்குறி x–திசையின் வழியே அமையும்.

(இ) zy தளத்திலுள்ள காந்தப்புலம், துகளின் திசைவேகத்துடன் θ கோணத்தை ஏற்படுத்துகிறது. இதிலிருந்து

$$\vec{B} = B\cos\theta\,\hat{j} + B\sin\theta\,\hat{k}$$



லாரன்ஸ் விசையிலிருந்து,

$$\vec{F}_m = q\left(v\hat{j}\right)\times(B\cos\theta\hat{j} + B\sin\theta\hat{k})$$
$$= q\,v\,B\sin\theta\;\hat{i}$$

எடுத்துக்காட்டு 3.18

$\vec{v}$ திசைவேகத்தில் இயங்கும், q மின்னூட்டம் கொண்ட துகள் மீது செயல்படும் லாரன்ஸ் விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை மற்றும் விடுவிக்கப்பட்ட திறன் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடு. மேலும் லாரன்ஸ் விசைக்கும், மின்துகளின் திசைவேகத்திற்கும் இடையே ஏற்படும் கோணத்தையும் காண்க. இறுதியாக முடிவுகளின் உட்கருத்தை விளக்குக.

தீர்வு

காந்தப்புலத்தில் இயங்கும் மின்னூட்டப்பட்ட துகளின் மீது செயல்படும் விசை $\vec{F} = q\left(\vec{v}\times\vec{B}\right)$

காந்தப்புலத்தால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$W = \int \vec{F}.d\vec{r} = \int \vec{F}.\vec{v}\,dt$$
$$W = q\int\left(\vec{v}\times\vec{B}\right).\vec{v}\,dt = 0$$

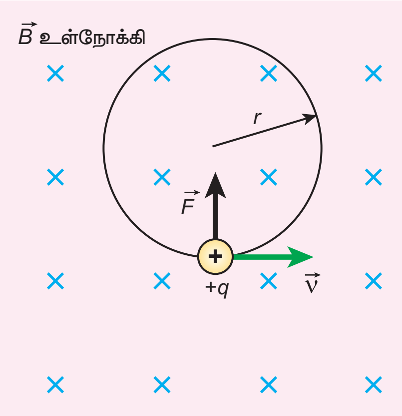
இங்கு $\vec{v}\times\vec{B}$, ஆனது $\vec{v}$க்கு செங்குத்தாக உள்ளது. எனவே, $\left(\vec{v}\times\vec{B}\right)\cdot\vec{v} = \vec{0}$ அதாவது லாரன்ஸ் விசை மின்துகளின் மீது எவ்வித வேலையும் செய்யவில்லை என்பது இதன் பொருளாகும். வேலை இயக்க ஆற்றல் தேற்றத்தின்படி (11 – ஆம் வகுப்பு தொகுதி 1 – இல் பாடம் 4 இல் பகுதி 4.2.6 ஐப் பார்க்கவும்)

$$\frac{dW}{dt} = P = 0$$

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 169 23-12-2022 18:07:27

$\vec{F}.\vec{v}=0 \Rightarrow \vec{F}$ மற்றும் $\vec{v}$ இரண்டும் ஒன்றுக் கொன்று செங்குத்தாகும். எனவே லாரன்ஸ் விசைக்கும், மின்துகளின் திசைவேகத்திற்கும் உள்ள கோணம் 90° ஆகும். லாரன்ஸ் விசையானது திசைவேகத்தின் திசையை மட்டும் மாற்றும். ஆனால் திசைவேகத்தின் எண்மதிப்பை மாற்றாது. முடிவாக லாரன்ஸ் விசை எவ்வித வேலையைவும் செய்யவில்லை. மேலும் மின்துகளின் இயக்க ஆற்றலில் எந்த மாற்றத்தையும் நிகழ்த்தவில்லை.

3.10.2 சீரான காந்தப்புலத்திலுள்ள மின்துகளின் இயக்கம்



படம் 3.45 செங்குத்தாகச் செயல்படும் சீரான காந்தப்புலத்தில் உள்ள மின்துகளின் வட்டப்பாதை இயக்கம்.

m நிறையும், q மின்னூட்டமும் கொண்ட மின்துகளொன்று, காந்தப்புலம் $\vec{B}$ க்கு செங்குத்தாக, $\vec{v}$ திசைவேகத்துடன்காந்தப்புலத்தினுள்நுழைகின்றது எனக் கருதுக. துகள் காந்தப்புலத்தினுள் நுழைந்த உடன், அத்துகளின் மீது, காந்தப்புலம் $\vec{B}$ மற்றும் திசைவேகம் $\vec{v}$ இவற்றிற்கு செங்குத்தான திசையில் லாரன்ஸ் விசையானது செயல்படும்.

இதன் பயனாக மின்துகளானது வட்டப்பாதையில் சுற்றிவருகிறது. இது படம் 3.45 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இம்மின்துகளின் மீது செயல்படும் லாரன்ஸ் விசை

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

இங்கு துகளின் மீது லாரன்ஸ் விசை மட்டுமே செயல்படுவதால், இதன்மீது செயல்படும் நிகர விசையின் எண்மதிப்பு

$$\sum_i F_i = F_m = qvB$$

இந்த லாரன்ஸ் விசை வட்டப்பாதையில் துகள் இயங்கத் தேவைப்படும் மையநோக்கு விசையை அளிக்கிறது. எனவே

$$qvB = m\frac{v^2}{r}$$

வட்டப்பாதையின் ஆரம்

$$r=\frac{mv}{qB}=\frac{p}{qB} \quad (3.57)$$

இங்கு $p = mv$ என்பது துகளின் நேர்க்கோட்டு உந்தத்தின் எண்மதிப்பாகும். T என்பது ஒரு முழுவட்டப்பாதையை நிறைவு செய்வதற்கான நேரம் எனக் கொண்டால்

$$T=\frac{2\pi r}{v} \quad (3.58)$$

(3.57) ஐ (3.58) இல் பிரதியிடும்போது

$$T=\frac{2\pi m}{qB} \quad (3.59)$$

சமன்பாடு (3.59) ற்கு **சைக்ளோட்ரான் அலைவு நேரம்** என்று பெயர். அலைவு நேரத்தின் தலைகீழ் மதிப்பு அதிர்வெண் f எனப்படும். அதாவது

$$f=\frac{1}{T}$$

$$f=\frac{qB}{2\pi m} \quad (3.60)$$

கோண அதிர்வெண் ω வின் அடிப்படையில்

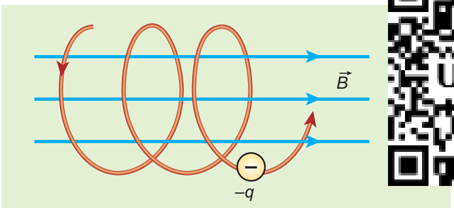
$$\omega = 2\pi f = \frac{q}{m}B \quad (3.61)$$

சமன்பாடுகள் (3.60) மற்றும் (3.61) ஐ சைக்ளோட்ரான் அதிர்வெண் அல்லது சுழல் அதிர்வெண் என்று அழைக்கலாம்.

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 170 23-12-2022 18:07:31

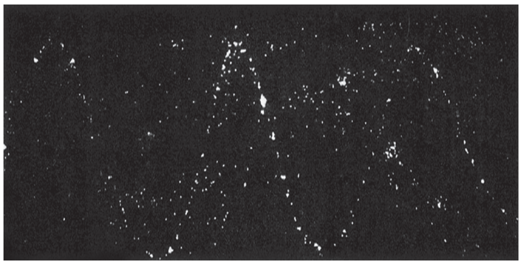
சமன்பாடுகள் (3.59), (3.60) மற்றும் (3.61) லிருந்து அலைவுநேரம் மற்றும் அதிர்வெண் இரண்டும் மின்னூட்ட நிறை தகவை (charge to mass ratio – தன் மின்னூட்டம் அல்லது ஓரலகு நிறைக்கான மின்னூட்டம்) மட்டுமே சார்ந்துள்ளது, மாறாக திசைவேகத்தையோ அல்லது வட்டப்பாதையின் ஆரத்தையோ சார்ந்ததில்லை என்பதை அறிந்து கொள்ளலாம்.

திசைவேகம், காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தாக இல்லாத நிலையில் மின்துகளொன்று சீரான காந்தப்புலத்தினுள் நுழையும்போது, துகளின் திசைவேகம் இரண்டு கூறுகளாக பிரியும்; ஒன்று காந்தப்புலத்திற்கு இணையாகவும், மற்றொன்று காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தாகவும் இருக்கும். காந்தப்புலத்திற்கு இணையாக உள்ள திசைவேகத்தின் கூறு எவ்வித மாற்றத்திற்கும் உட்படாது. ஆனால் காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தான கூறு லாரன்ஸ் விசையினால் தொடர்ந்து மாற்றமடையும். எனவே மின்துகள் வட்டப்பதையில் சுற்றாமல் படம் 3.46 இல் காட்டியுள்ளவாறு காந்தப்புலக்கோடுகளைச் சுற்றி ஒரு சுருள்வட்டப் பாதையில் (helical path) சுற்றும்.



படம் 3.46 சீரான காந்தப்புலத்தில் சுருள்வட்டப்பாதையில் சுற்றும் எலக்ட்ரான்

காந்தப்புலத்தில் சுருள் வட்டப்பாதையை மேற்கொள்ளும் எலக்ட்ரானின் இயக்கம் படம் 3.47 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதற்கு ஒரு சிறந்த எடுத்துக்காட்டாகும்.



படம் 3.47 முகிற் கூடத்தினுள் (Cloud chamber) எலக்ட்ரானின் சுருள்வட்டப்பாதை

எடுத்துக்காட்டு 3.19

0.500 T அளவுள்ள சீரான காந்தப்புலத்திற்குச் செங்குத்தாக செல்லும் எலக்ட்ரான் ஒன்று 2.50 mm ஆரமுடைய வட்டப்பாதையை மேற்கொள்கிறது எனில் அதன் வேகத்தைக் காண்க.

தீர்வு

எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டம் $q = -1.60 \times 10^{-19}$ C

$\Rightarrow |q| = 1.60 \times 10^{-19} C$

காந்தப்புலத்தின் எண்மதிப்பு $B = 0.500$ T

எலக்ட்ரானின் நிறை, $m = 9.11 \times 10^{-31}$ kg

சுற்றுப்பாதையின் ஆரம்,

$r = 2.50$ mm $= 2.50 \times 10^{-3}$ m

எலக்ட்ரானின் திசைவேகம், $v = |q|\dfrac{rB}{m}$

$$v = 1.60 \times 10^{-19} \times \frac{2.50 \times 10^{-3} \times 0.500}{9.11 \times 10^{-31}}$$

$$v = 2.195 \times 10^{8} \text{ ms}^{-1}$$

எடுத்துக்காட்டு 3.20

X – அச்சு திசையில் செயல்படும் 0.500 T வலிமை கொண்ட காந்தப்புலத்தினுள் புரோட்டான் ஒன்று செல்கிறது. தொடக்க நேரம் $t = 0\ s$ இல், புரோட்டானின் திசைவேகம் $\vec{v} = \left(1.95 \times 10^{5}\,\hat{i} + 2.00 \times 10^{5}\,\hat{k}\right) \text{ms}^{-1}$ எனில், பின்வருவனவற்றைக் காண்க.

(அ) தொடக்க நேரத்தில் புரோட்டானின் முடுக்கம்

(ஆ) புரோட்டானின் பாதை வட்டப் பாதையா? அல்லது சுருள் வட்டப்பாதையா ?

சுருள் வட்டப்பாதை எனில் அதன் ஆரத்தைக் காண்க. மேலும் ஒரு முழு சுழற்சிக்கு சுருள் வட்டப்பாதையின் அச்சின் வழியே புரோட்டான் கடந்த தொலைவைக் காண்க.

தீர்வு

காந்தப்புலம் $\vec{B} = 0.500\hat{i}$ T

துகளின் திசைவேகம்

$$\vec{v} = \left(1.95 \times 10^{5}\,\hat{i} + 2.00 \times 10^{5}\,\hat{k}\right) \text{ms}^{-1}$$

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 171 23-12-2022 18:07:34

புரோட்டானின் மின்னூட்டம் $q = 1.60\times10^{-19}$ C

புரோட்டானின் நிறை $m = 1.67\times10^{-27}$ kg

(அ) புரோட்டான் உணரும் விசை

$$\vec{F} = q(\vec{v}\times\vec{B})$$
$$= 1.60\times10^{-19}\times\left(\left(1.95\times10^{5}\hat{i} + 2.00\times10^{5}\hat{k}\right)\times\left(0.500\hat{i}\right)\right)$$
$$\vec{F} = 1.60\times10^{-14}\hat{j}\ \text{N}$$

எனவே, நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியிலிருந்து,

$$\vec{a} = \frac{1}{m}\vec{F} = \frac{1}{1.67\times10^{-27}}\left(1.60\times10^{-14}\right)\hat{j}$$
$$= 9.58\times10^{12}\hat{j}\ \text{m s}^{-2}$$

(ஆ) புரோட்டானின் பாதை ஒரு சுருள் வட்டப்பாதை. சுருள் வட்டப்பாதையின் ஆரம்

$$R = \frac{mv_z}{|q|B} = \frac{1.67\times10^{-27}\times2.00\times10^{5}}{1.60\times10^{-19}\times0.500}$$
$$= 4.175\times10^{-3}\,\text{m} = 4.18\,\text{mm}$$

T நேரத்தில், x- அச்சு வழியே சுருள் வட்டப்பாதையில் புரோட்டான் கடந்த தொலைவு $P = v_x$ T

T இன் மதிப்பு

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi m}{|q|B} = \frac{2\times3.14\times1.67\times10^{-27}}{1.60\times10^{-19}\times0.500}$$
$$= 13.1\times10^{-8}\,\text{s}$$

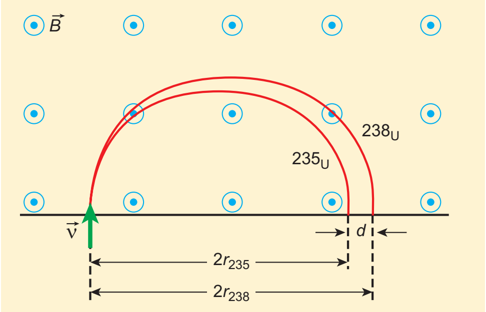
எனவே கடந்த தொலைவு

$$P = v_x T = \left(1.95\times10^{5}\right)\left(13.1\times10^{-8}\right)$$
$$= 25.5\times10^{-3}\,\text{m} = 25.5\ \text{mm}$$

புரோட்டான், காந்தப்புலத்தில் குறிப்பிடத்தக்க முடுக்கத்தைப் பெறுகிறது. எனவே ஒரு முழு சுற்றுக்கு அச்சின் வழியே கடந்த தொலைவானது, சுருள் வட்டப்பாதையின் ஆரத்தைப் போன்று ஆறு மடங்காகும்.

எடுத்துக்காட்டு 3.21

ஒற்றை அயனியாக்கம் செய்யப்பட்ட இரண்டு யுரேனியம் ஐசோடோப்புகள் ${}^{235}_{92}U$ மற்றும் ${}^{238}_{92}U$ (ஒரே அணு எண்ணும், வேறுபட்ட நிறை எண்ணும் கொண்டிருப்பவை ஐசோடோப்புகளாகும்) 0.500 T வலிமைகொண்ட காந்தப்புலத்தினுள் $1.00\times10^{5}\,\text{m s}^{-1}$ திசைவேகத்துடன் காந்தப்புலத்திற்குச் செங்குத்தாக செலுத்தப்படுகின்றன. அரைவட்டப்பாதையை இவ்விரண்டு ஐசோடோப்புகளும் நிறைவு செய்த உடன் அவற்றிற்கு இடையே உள்ள தொலைவைக் காண்க. மேலும் இவ்விரண்டு ஐசோடோப்புகளும் அரைவட்டப்பாதையை நிறைவு செய்ய எடுத்துக்கொண்ட நேரத்தையும் கணக்கிடு. (கொடுக்கப்பட்டவை: ஐசோடோப்புகளின் நிறைகள் $m_{235} = 3.90\times10^{-25}$ kg மற்றும் $m_{238} = 3.95\times10^{-25}$ kg)



தீர்வு

இவ்விரண்டு ஐசோடோப்புகள் ஒற்றை அயனியாக்கம் செய்யப்பட்டவை. எனவே அவை இரண்டும் ஒரே மின்னூட்டத்தைப் பெற்றிருக்கும் அதாவது எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டத்திற்குச் சமமான மின்னூட்டத்தைப் பெற்றிருக்கும். எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டம் $q = -1.6\times10^{-19}$ C. ${}^{235}_{92}U$ மற்றும் ${}^{238}_{92}U$ இன் நிறைகள் முறையே 3.90×10^{-25} kg மற்றும் 3.95×10^{-25} kg ஆகும். கொடுக்கப்படும் காந்தப்புலம் $B = 0.500$ T. ஐசோடோப்புகளின் திசைவேகம் $1.00\times10^{5}\ \text{m s}^{-1}$, எனில்

(அ) ${}^{235}_{92}U$ இன், பாதையின் ஆரம் r_{235} என்க.

$$r_{235} = \frac{m_{235}v}{|q|B} = \frac{3.90\times10^{-25}\times1.00\times10^{5}}{1.6\times10^{-19}\times0.500}$$
$$= 48.8\times10^{-2}\,m$$
$$r_{235} = 48.8\ \text{cm}$$

${}^{235}_{92}U$ ஐசோடோப்பு மேற்கொண்ட அரைவட்டப் பாதையின் விட்டம் $d_{235} = 2r_{235} = 97.6$ cm

${}^{238}_{92}U$ இன் பாதையின் ஆரம் r_{238} என்க

$$r_{238} = \frac{m_{238}v}{|q|B} = \frac{3.95\times10^{-25}\times1.00\times10^{5}}{1.6\times10^{-19}\times0.500}$$
$$= 49.4\times10^{-2}\,m$$
$$r_{238} = 49.4\ \text{cm}$$

${}^{238}_{92}U$ ஐசோடோப்பு மேற்கொண்ட அரைவட்டப் பாதையின் விட்டம் $d_{238} = 2r_{238} = 98.8$ cm

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 172 23-12-2022 18:07:40

எனவே, இவ்விரண்டு ஐசோடோப்புகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவு

$\Delta d = d_{238} - d_{235} = 1.2\,\text{cm}$

(ஆ) ஒவ்வொரு ஐசோடோப்பும் அரை வட்டப்பாதையை நிறைவு செய்ய எடுத்துக்கொண்ட நேரங்கள் முறையே

$$t_{235} = \frac{\text{இடப்பெயர்ச்சியின் எண்மதிப்பு}}{\text{திசைவேகம்}}$$

$$= \frac{97.6 \times 10^{-2}}{1.00 \times 10^{5}} = 9.76 \times 10^{-6}\,s = 9.76\,\mu s$$

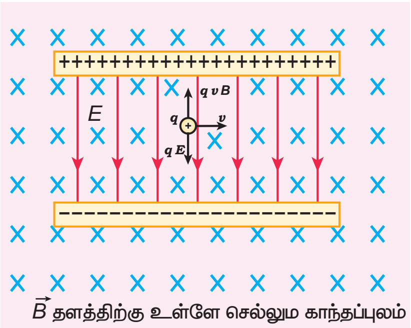
$$t_{238} = \frac{\text{இடப்பெயர்ச்சியின் எண்மதிப்பு}}{\text{திசைவேகம்}}$$

$$= \frac{98.8 \times 10^{-2}}{1.00 \times 10^{5}} = 9.88 \times 10^{-6}\,s = 9.88\,\mu s$$

இவ்விரண்டு ஐசோடோப்புகளின் நிறைகளின் வேறுபாடு மிகக் குறைவானதாக இருந்தாலும் இவ்வமைப்பு இக்குறைந்த நிறை வேறுபாட்டை அளந்தறியத்தக்க பிரிந்துள்ள தூரமாக மாற்றியுள்ளது. இவ்வமைப்பிற்கு நிறைமாலைமானி (mass spectrometer) என்று பெயர். நிறைமாலைமானி அறிவியலின் பல்வேறு பகுதிகளில் குறிப்பாக மருத்துவம், விண்வெளி அறிவியல், மண்ணியல் போன்றவற்றில் பயன்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டாக மருத்துவத்தில் சுவாச வாயுக்களின் அளவை அளந்தறியவும், உயிரியலில் ஒளிச்சேர்க்கை நிகழ்ச்சியில் ஏற்படும் எதிர்வினை இயக்கத்தைக் கண்டறியவும் பயன்படுகிறது.

3.10.3 ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாகச் செயல்படும் மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலத்தில் மின்துகளின் இயக்கம் (திசைவேகத் தேர்ந்தெடுப்பான்)



படம் 3.48 திசைவேகத் தேர்ந்தெடுப்பான்

திசைவேகத் தேர்ந்தெடுப்பானை விளக்குவதற்காக ஒரு செய்முறை ஆய்வு அமைப்பைக் கருதுவோம் (படம் 3.48). மின்தேக்கியின் இணைத் தட்டுகளுக்கு இடையே உள்ள பகுதியில் சீரான மின்புலமும் ($\vec{E}$) அதற்கு செங்குத்தான திசையில் சீரான காந்தப் புலமும் ($\vec{B}$) நிறுவப்பட்டுள்ளன. மின்னூட்ட மதிப்பு q கொண்ட துகள் ஒன்று இடப்பக்கத்திலிருந்து $\vec{v}$ திசை வேகத்துடன் இவ்வெளியில் நுழையும்போது அதன்மீது செலுத்தப்படும் நிகர விசை

$$\vec{F} = q\left(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}\right)$$

துகள் நேர்மின்துகளாக இருந்தால் அதன் மீது செயல்படும் மின்விசை கீழ்நோக்கிய திசையிலும், லாரன்ஸ் விசை மேல் நோக்கிய திசையிலும் செயல்படும். இவ்விரண்டு விசைகளும் ஒன்றை ஒன்று சமன் செய்யும் போது

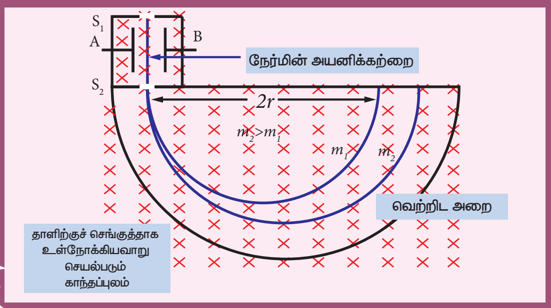
$$qE = qvB$$

$$\Rightarrow v = \frac{E}{B} \qquad (3.62)$$

குறிப்பு

ஐசோடோப்புகளைப் பிரித்தெடுக்க திசைவேகத் தேர்ந்தெடுப்பானின் தத்துவம் பெயின்பிரிட்ஜ் நிறைமாலைமானியில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதன் கருத்து எடுத்துக்காட்டு (3.21)ல் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

பெயின்பிரிட்ஜ் நிறைமாலைமானியின் திட்ட வரைபடம்



12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 173 23-12-2022 18:07:43

இதன் கருத்து என்னவென்றால் கொடுக்கப்பட்ட எண்மதிப்புடைய மின்புலம் $(\vec{E})$ மற்றும் காந்தப்புலம் $(\vec{B})$ யில் இயங்கும் குறிப்பிட்ட வேகம் கொண்ட $\left(v = \frac{E}{B}\right)$ மின்துகளின் மீது மட்டும் இவ்விசைகள் செயல்படுகின்றன என்பதாகும். இந்த வேகம் மின்துகளின் நிறையையோ, மின்னூட்ட அளவையோ சார்ந்ததல்ல.

எனவே முறையான மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலங்களை தேர்வு செய்வதன் மூலம் குறிப்பிட்ட வேகத்தில் செல்லும் மின்துகளை தேர்வு செய்ய இயலும். இதுபோன்ற புலங்களின் அமைப்பிற்கு **திசைவேகத் தேர்ந்தெடுப்பான்** என்று பெயர்.

எடுத்துக்காட்டு 3.22

6.0×10^6 N C^{-1} எண்மதிப்புடைய மின்புலம் E மற்றும் 0.83 T எண்மதிப்புடைய காந்தப்புலம் B இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக செயல்படும் பகுதியில் 200 V மின்னழுத்தத்தால் எலக்ட்ரான் ஒன்று முடுக்கிவிடப்படுகிறது. முடுக்கமடைந்த எலக்ட்ரான் சுழி விலக்கத்தைக் காட்டுமா? இல்லை எனில் எந்த மின்னழுத்தத்திற்கு அது சுழி விலக்கத்தைக் காட்டும்.

தீர்வு:

மின்புலம், $E = 6.0 \times 10^6$ N C^{-1} மற்றும் காந்தப்புலம், $B = 0.83$ T. எனவே,

$$v = \frac{E}{B} = \frac{6.0\times10^6}{0.83}$$
$$= 7.23\times10^6 \text{ ms}^{-1}$$

எலக்ட்ரான் இந்த திசைவேகத்தில் செல்லும்போது சுழி விலக்கத்தைக் காட்டும். இங்கு எலக்ட்ரானை முடுக்குவிக்கப் பயன்படும் மின்னழுத்தம் 200 V. இம்மின்னழுத்தத்தினால் எலக்ட்ரான் இயக்க ஆற்றலைப் பெறும். எனவே,

$$\frac{1}{2}mv^2 = eV$$
$$v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$$

எலக்ட்ரானின் நிறை $m = 9.1\times10^{31}$ kg. மேலும் அதன் மின்னூட்டம் $|q| = e = 1.6\times10^{-19}$ C. முடுககுவிக்கும் மின்னழுத்தத்தால் எலக்ட்ரான் பெறும் திசைவேகம்

$$v_{200} = \sqrt{\frac{2\left(1.6\times10^{-19}\right)(200)}{\left(9.1\times10^{-31}\right)}} = 8.39\times10^6 \text{ m s}^{-1}$$

இங்கு $v_{200} > v$ எனவே எலக்ட்ரான் லாரன்ஸ் விசையின் திசையில் விலக்கமடையும். எலக்ட்ரான் விலக்கமடையாமல் நேரான பாதையில் செல்லத் தேவையான முடுக்குவிக்கும் மின்னழுத்தம்

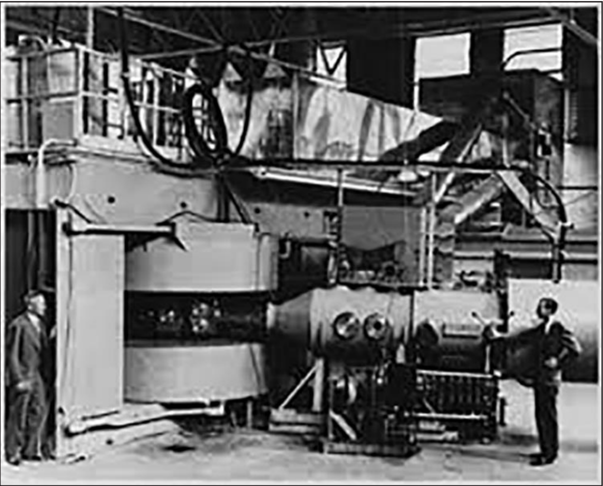
$$V = \frac{1}{2}\frac{mv^2}{e} = \frac{\left(9.1\times10^{-31}\right)\times\left(7.23\times10^6\right)^2}{2\times\left(1.6\times10^{-19}\right)}$$
$$V = 148.65 \text{ V}$$

3.10.4 சைக்ளோட்ரான்

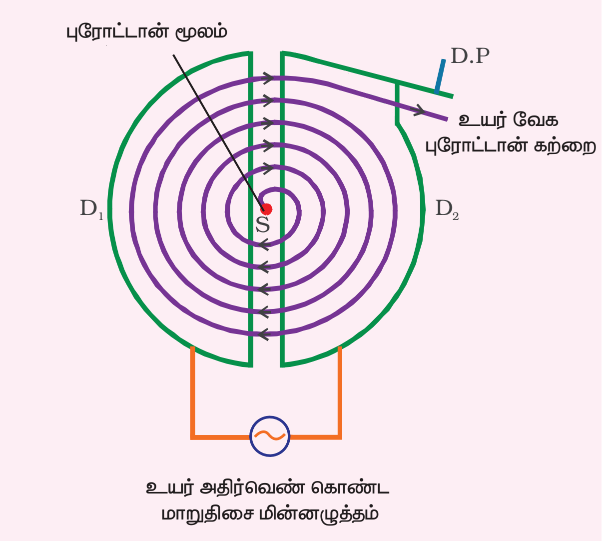
மின்துகள்களை முடுக்குவித்து, அவை பெறும் இயக்க ஆற்றலைப் பயன்படுத்த உதவும் கருவியே சைக்ளோட்ரான் ஆகும். இது படம் 3.49 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதனை உயர் ஆற்றல் முடுக்குவிப்பான் என்றும் அழைக்கலாம். இது லாரன்ஸ் மற்றும் லிவிங்ஸ்டன் என்பவர்களால் 1934 இல் உருவாக்கப்பட்டது.

தத்துவம்

மின்துகள் காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தாக செல்லும்போது, அது லாரன்ஸ் விசையை உணரும்.



படம் 3.49 லாரன்ஸ் மற்றும் லிவிங்ஸ்டன் என்பவர்களால் உருவாக்கப்பட்ட சைக்ளோட்ரான்



படம் 3.50 சைக்ளோட்ரான் வேலை செய்யும் விதம்

கட்டமைப்பு

சைக்ளோட்ரானின் திட்ட வரைபடம் படம் 3.50 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆங்கில எழுத்து 'D' வடிவில் உள்ள இரண்டு அரைவட்ட உலோகக் கொள்கலன்களுக்கு நடுவே மின்துகள்கள் செலுத்தப்படுகின்றன. இந்த அரைவட்ட உலோகக் கொள்கலன்கள் டீக்கள் (Dees) என்று அழைக்கப்படுகிறது. இந்த டீக்கள் வெற்றிட அறையினுள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இப்பகுதி முழுவதும் மின்காந்தங்களினால் கட்டுப்படுத்தப்பட்ட சீரான காந்தப்புலத்தினால் சூழப்பட்டுள்ளது. டீக்களின் தளத்திற்கு செங்குத்தாக காந்தப்புலத்தின் திசை உள்ளது. இரண்டு டீக்களும் ஒரு சிறிய இடைவெளியால் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. அவ்விடைவெளியின் நடுவே முடுக்குவிக்க வேண்டிய மின்துகள்களை உமிழும் மூலம் S உள்ளது. உயர் அதிர்வெண் கொண்ட மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டு மூலம் ஒன்றும் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.

வேலை செய்யும் முறை

அயனிமூலம் S, நேர்மின்னூட்டம் கொண்ட அயனி ஒன்றை உமிழ்கிறது எனக் கருதுக. அயனி உமிழப்பட்ட அதே நேரத்தில் எதிர் மின்னழுத்தம் கொண்ட Dயினால் அந்த அயனி முடுக்கப்படுகிறது. (D_1 என்க). இங்கு டீக்களின் தளத்திற்கு செங்குத்தாக காந்தப்புலம் செயல்படுவதால் அயனி வட்டப்பாதையை மேற்கொள்ளும். D_1 இல் அரை வட்டப்பாதையை அயனி நிறைவு செய்த உடன், டீக்களுக்கு நடுவே உள்ள இடைவெளியை அடையும் அந்நேரத்தில் டீக்களின் துருவம் (Polarity) மாற்றப்படும். (டீக்களின் மின்னழுத்தம் மாற்றப்படும்). எனவே அயனி D_2 ஐ நோக்கி அதிக திசைவேகத்துடன் முடுக்கப்படும் இதனால் அயனி ஒரு வட்டப்பாதையை நிறைவு செய்யும். மின்துகள் q வட்டப்பாதை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளத் தேவையான மையநோக்கு விசையை லாரன்ஸ் விசை கொடுக்கிறது.

$$\frac{mv^2}{r} = qvB$$

$$\Rightarrow r = \frac{m}{qB}v$$

$$\Rightarrow r \propto v \qquad (3.63)$$

சமன்பாடு (3.63) லிருந்து, திசைவேகத்தில் ஏற்படும் அதிகரிப்பை அறியலாம். இவ்வாறு தொடர்ந்து நிகழும்போது மின்துகள் சுற்றும் சுருள் வட்டப்பாதையின் ஆரம் அதிகரித்துக் கொண்டே செல்லும். மின்துகளானது டீக்களின் ஓரத்தை நெருங்கும்போது, விலக்கத்தகட்டின் (Deflection plate) உதவியுடன் அதனை வெளியேற்றி இலக்கின் (T) மீது மோதச் செய்யலாம்.

சைக்ளோட்ரான் செயல்பாட்டின் மிக முக்கிய நிபந்தனை ஒத்திசைவு நிபந்தனையாகும். காந்தப்புலத்தில் சுழலும் நேர்மின் அயனியின் அதிர்வெண் f ஆனது, மாறாத அதிர்வெண் கொண்ட மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டு மூலத்தின் அதிர்வெண்ணுக்குச் $f_{\text{அலையியற்றி}}$ சமமாக இருக்கும்போது மட்டுமே ஒத்திசைவு நிபந்தனை பூர்த்தி அடைகிறது.

சமன்பாடு (3.60) இல் இருந்து

$$f_{\text{அலையியற்றி}} = \frac{qB}{2\pi m}$$

மின்துகளின் அலைவுநேரம்

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

மின்துகளின் இயக்க ஆற்றல்

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{q^2B^2r^2}{2m} \qquad (3.64)$$

சைக்ளோட்ரானின் வரம்புகள்

(அ) அயனியின் வேகம் வரம்புக்குட்பட்டது.

(ஆ) எலக்ட்ரானை முடுக்குவிக்க இயலாது.

(இ) மின்னூட்டமற்ற துகள்களை முடுக்குவிக்க இயலாது.

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 175 23-12-2022 18:07:48

குறிப்பு டியூட்ரான்களை (ஒரு புரோட்டான் மற்றும் ஒரு நியூட்ரான் கொண்ட தொகுப்பு) முடுக்கமுடியும். ஏனெனில், இதன் மின்னூட்டம், ஒரு புரோட்டானின் மின்னூட்டத்திற்குச் சமமானதாகும். ஆனால் நியூட்ரானை (சுழி மின்னூட்டம் கொண்ட துகள்) சைக்ளோட்ரான் கொண்டு முடுக்க இயலாது

பெரிலியத்தை, டியூட்ரான் கொண்டு மோதச் செய்யும்போது உயர் ஆற்றலுடைய நியூட்ரான் கற்றை வெளியேறும். இந்த நியூட்ரான் கற்றையை புற்றுநோய் தாக்கப்பட்ட பகுதியில் செலுத்தும்போது அது புற்றுநோய் செல்லின் DNA வைத்தாக்கி அழிக்கும் இதற்கு வேக – நியூட்ரான் புற்றுநோய் சிகிச்சை முறை (Fast – neutron cancer therapy) என்று பெயர்.

எடுத்துக்காட்டு 3.23

1T காந்தப்புல வலிமையில் செயல்படும் சைக்ளோட்ரானைப் பயன்படுத்தி புரோட்டான்களை முடுக்குவிக்கும் நிகழ்வில் Dக்களுக்கிடையே உள்ள மாறும் மின்புலத்தின் அதிர்வெண்ணைக் காண்க.

தீர்வு

காந்தப்புல வலிமை $B = 1\text{ T}$

புரோட்டானின் நிறை, $m_p = 1.67\times10^{-27}\text{ kg}$

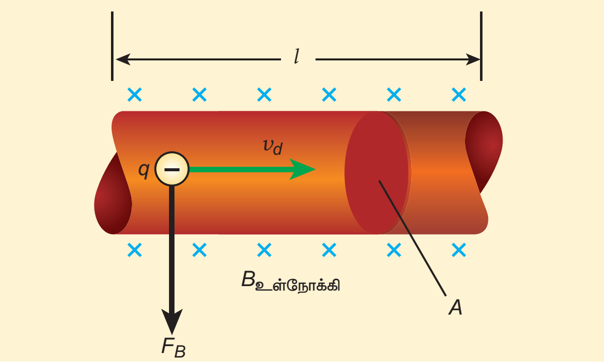
புரோட்டானின் மின்னூட்டம், $q = 1.60\times10^{-19}\text{ C}$

$$f = \frac{qB}{2\pi m_p} = \frac{\left(1.60\times10^{-19}\right)(1)}{2(3.14)(1.67\times10^{-27})}$$

$$= 15.3\times10^{6}\text{ Hz} = 15.3\text{ MHz}$$

3.10.5 காந்தப்புலத்தில் உள்ள மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியின் மீது செயல்படும் விசை

மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தி ஒன்றை காந்தப்புலத்தில் வைக்கும்போது, கடத்தி உணரும் விசை, அக்கடத்தியில் உள்ள ஒவ்வொரு மின்துகளின் மீதும் செயல்படும் லாரன்ஸ் விசையின் கூடுதலுக்குச் சமமாகும். படம் 3.51 இல் காட்டியுள்ளவாறு, I மின்னோட்டம் பாயும் A குறுக்குவெட்டுப்பரப்பு கொண்ட dl நீளமுள்ள கம்பியின் (கடத்தியின்) சிறுபகுதி ஒன்றைக் கருதுக. மின்னோட்டம் பாயும் கம்பியிலுள்ள கட்டுறா



படம் 3.51 காந்தப்புலத்திலுள்ள மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தி

எலக்ட்ரான்கள் மின்னோட்டத்தின் (I) திசைக்கு எதிராக நகர்கின்றன. எனவே மின்னோட்டம் I மற்றும் இழுப்பு திசைவேகம் v_d யின் எண்மதிப்பு இவற்றுக்கான தொடர்பு பின்வருமாறு (அலகு 2 ஐப் பார்க்கவும்)

$$I = neAv_d \qquad (3.65)$$

மின்னோட்டம் பாயும் இந்த கடத்தியை காந்தப்புலத்தினுள் $\vec{B}$ வைக்கும்போது, கடத்தியிலுள்ள மின்துகள் உணரும் சராசரி விசை (இங்கு எலக்ட்ரான்)

$$\vec{f} = -e\left(\vec{v}_d\times\vec{B}\right)$$

n என்பதை ஓரலகு பருமனுக்கான கட்டுறா எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை எனக் கொண்டால்

$$n = \frac{N}{V}$$

இங்கு N என்பது $V = Adl$ பருமனுள்ள கடத்தியின் சிறுபகுதியில் உள்ள கட்டுறா எலக்ட்ரான்களின் மொத்த எண்ணிக்கையாகும்.

எனவே dl நீளமுள்ள கடத்தியின் சிறுபகுதியின் மீது செயல்படும் லாரன்ஸ் விசையானது அப்பகுதியில் உள்ள எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையையும் ($N = nAdl$), ஒரு எலக்ட்ரானின் மீது செயல்படும் லாரன்ஸ் விசையையும் பெருக்கினால் கிடைப்பதாகும்.

$$d\vec{F} = -enAdl\left(\vec{v}_d\times\vec{B}\right)$$

dl இன் நீளம், கம்பியின் நீளத்தின் திசையிலேயே உள்ளது. எனவே கடத்தியின் மின்னோட்டக்கூறு $Id\vec{l} = -enA\vec{v}_d dl$. எனவே கடத்தியின் மீது செயல்படும் விசை

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 176 23-12-2022 18:07:50

$$d\vec{F} = \left(I\, d\vec{l} \times \vec{B}\right) \qquad (3.66)$$

சீரான காந்தப்புலத்தில் உள்ள l நீளமுள்ள I மின்னோட்டம் பாயும் நேர்க்கடத்தி உணரும் விசை

$$\vec{F}_{\text{மொத்தம்}} = \left(I\vec{l} \times \vec{B}\right) \qquad (3.67)$$

எண்மதிப்பில்,

$$F_{\text{மொத்தம்}} = BIl\sin\theta$$

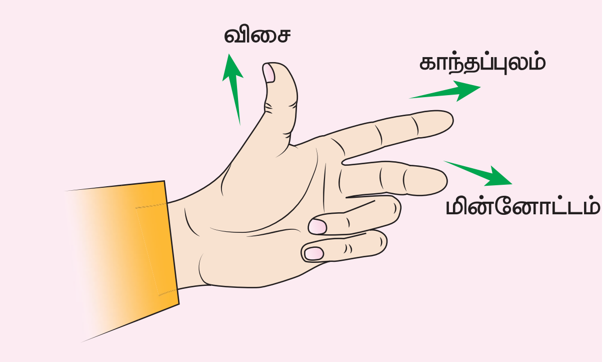
சிறப்பு நேர்வுகள்

(அ) காந்தப்புலத்தின் திசைக்கு இணையாக மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியை வைக்கும்போது, இவற்றுக்கிடையேயான கோணம் $\theta = 0^{\circ}$. எனவே மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தி உணரும் விசை சுழியாகும்.

(ஆ) காந்தப்புலத்தின் திசைக்கு செங்குத்தாக மின்னோட்டம்பாயும்கடத்தியைவைக்கும்போது, இவற்றுக்கிடையேயான கோணம் $\theta = 90^{\circ}$. எனவே, மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தி பெரும விசையை உணரும் $F_{\text{மொத்தம்}} = BIl$.

பிளெமிங்கின் இடதுகை விதி

காந்தப்புலத்திலுள்ள மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தி ஒன்றின் மீது செயல்படும் விசையின் திசையை படம் 3.52 இல் காட்டியுள்ளவாறு பிளெமிங்கின் இடதுகை விதியிலிருந்து (FLHR) அறியலாம்.

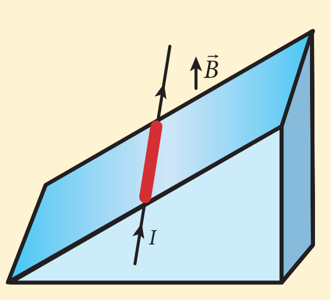


படம் 3.52 பிளெமிங்கின் இடதுகை விதி (FLHR)

ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான திசையில் உள்ளவாறு இடதுகையின் ஆள்காட்டி விரல், நடுவிரல் மற்றும் பெருவிரலை நீட்டிவைக்கும்போது, ஆள்காட்டிவிரல் காந்தப்புலத்தின் திசையையும், நடுவிரல் மின்னோட்டத்தின் திசையையும் காட்டினால், பெருவிரல் கடத்தி உணரும் விசையின் திசையைக் காட்டும்.

எடுத்துக்காட்டு 3.24

நீள் அடர்த்தி 0.25 kg m^{-1} கொண்ட உலோகத் தண்டு ஒன்று வழுவழுப்பான சாய்தளத்தின் மீது கிடைமட்டமாக வைக்கப்பட்டுள்ளது. சாய்தளம் கிடைத்தளப்பரப்புடன் ஏற்படுத்தும் கோணம் 45°. உலோகத்தண்டு சாய்தளத்தில் வழுக்கிச் செல்லாமல் இருப்பதற்காக, அதன் வழியே குறிப்பிட்ட அளவு மின்னோட்டம் செலுத்தப்பட்டு, செங்குத்துத்திசையில் 0.25 T வலிமை கொண்ட காந்தப்புலம் உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. உலோகத்தண்டு வழுக்காமல், சாய்தளத்தின்மீது நிலையாக இருக்க உலோகத்தண்டின் வழியே பாய வேண்டிய மின்னோட்டத்தின் அளவைக் காண்க.

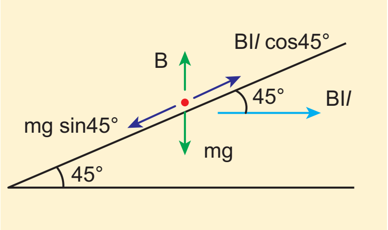


தீர்வு

தண்டின் நீள் அடர்த்தி அதாவது ஓரலகு நீளத்திற்கான நிறை 0.25 kg m^{-1} ஆகும்.

$$\Rightarrow \frac{m}{l} = 0.25 \text{ kg m}^{-1}$$

I அளவுள்ள மின்னோட்டம் இந்த உலோகத்தண்டின் வழியாக செல்வதாகக் கருதுக. இம்மின்னோட்டம் இப்புத்தகத்தாளின் உள்நோக்கிய திசையில் செல்ல வேண்டும். காந்தவிசை IBL இன் திசையை பிளெமிங்கின் இடதுகை விதியிலிருந்து அறியலாம்.



12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 177 23-12-2022 18:07:52

உலோகத்தண்டு சமநிலை அடைவதற்கு

$$mg\sin 45^\circ = IBl\cos 45^\circ$$

$$\Rightarrow I = \frac{1}{B}\frac{m}{l} g\tan 45^\circ$$

$$= \frac{0.25\,\text{kg m}^{-1}}{0.25\,T}\times 1\times 9.8\ \text{m s}^{-2}$$

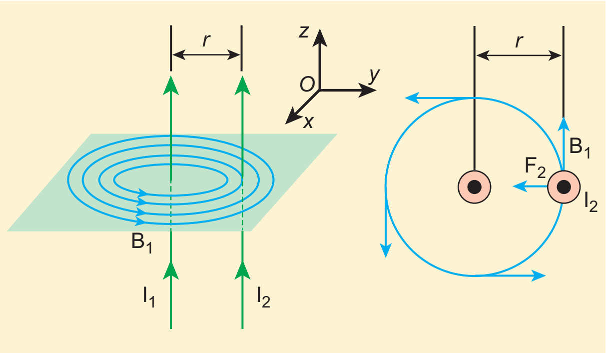
$$\Rightarrow I = 9.8\,\text{A}$$

எனவே உலோகத்தண்டு வழுக்காமல் நிலையாக சாய்தளத்தின்மீது நிற்க செலுத்த வேண்டிய மின்னோட்டம் 9.8 A ஆகும்.

3.10.6 நீண்ட இணையான மின்னோட்டம் பாயும் இரு கடத்திகளுக்கிடையே ஏற்படும் விசை

நீண்ட இணையான மின்னோட்டம் பாயும் இரண்டு கடத்திகள் r இடைவெளியில் காற்றில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. இவை படம் 3.53 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன. கடத்திகள் A மற்றும் B யின் வழியே ஒரே திசையில் பாயும் மின்னோட்டங்கள் I_1 மற்றும் I_2 என்க. (அதாவது z – அச்சுதிசையில்) A கடத்தியில் பாயும் I_1 மின்னோட்டத்தினால் r தொலைவில் ஏற்படும் நிகர காந்தப்புலம்

$$\vec{B}_1 = \frac{\mu_\circ I_1}{2\pi r}(-\hat{i}) = -\frac{\mu_\circ I_1}{2\pi r}\hat{i}$$



படம் 3.53 இரு நீண்ட இணையான மின்னோட்டக் கடத்திகள்

வலதுகை பெருவிரல் விதியிலிருந்து, காந்தப்புலத்தின் திசை தாளின் தளத்திற்கு செங்குத்தாகவும் உள்நோக்கிச் செயல்படும் வகையிலும் காணப்படும் (அம்புக்குறி தாளுக்கு உள்ளே செல்லும் வகையில் ⊗). அதாவது எதிர்க்குறி $\hat{i}$ திசையில்

கடத்தி B யில் dl நீளமுள்ள சிறு கூறு ஒன்றைக் கருதுக. அச்சிறு கூறு $\vec{B}_1$ காந்தப்புலத்தில் உள்ளது என்க. சமன்பாடு 3.66 லிருந்து B கடத்தியின் dl நீளமுள்ள சிறு கூறின்மீது செயல்படும் லாரன்ஸ் விசை

$$d\vec{F} = \left(I_2 d\vec{l}\times\vec{B}_1\right) = -I_2 dl\frac{\mu_\circ I_1}{2\pi r}(\hat{k}\times\hat{i})$$

$$= -\frac{\mu_\circ I_1 I_2 dl}{2\pi r}\hat{j}$$

எனவே B கடத்தியிலுள்ள dl நீள சிறு கூறு மீது செயல்படும் விசையின் திசை A கடத்தியை நோக்கி காணப்படும். எனவே dl நீளமுள்ள சிறுகூறு கடத்தி A வை நோக்கி ஈர்க்கப்படும். A கடத்தியினால், B கடத்தியின் ஓரலகு நீளத்தில் செயல்படும் விசை

$$\frac{\vec{F}}{l} = -\frac{\mu_\circ I_1 I_2}{2\pi r}\hat{j}$$

இதேபோன்று, I_2 மின்னோட்டம்பாயும் B கடத்தியினால் r தொலைவிலுள்ள A கடத்தியின் dl நீளமுள்ள சிறு கூறினைச் சுற்றி உருவான காந்தப்புலத்தின் ($\vec{B}_2$) மதிப்பைக் காணலாம்.

$$\vec{B}_2 = \frac{\mu_\circ I_2}{2\pi r}\hat{i}$$

வலதுகை பெருவிரல் விதியிலிருந்து, காந்தப்புலத்தின் திசை தாளின் தளத்திற்கு செங்குத்தாகவும் வெளிநோக்கிச் செயல்படும் வகையிலும் காணப்படும் (அம்புக்குறி தாளிலிருந்து வெளியேறி செல்லும் வகையில் ⊙) அதாவது நேர்க்குறி $\hat{i}$ திசையில்.

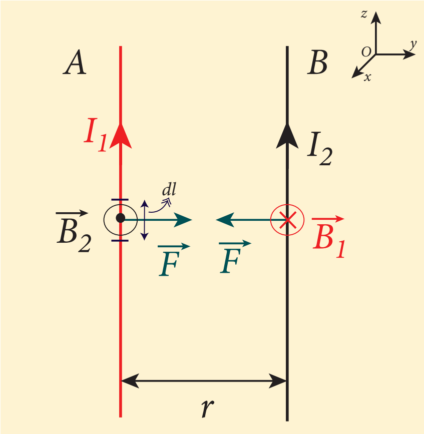
எனவே கடத்தி A யில் உள்ள dl நீள சிறு கூறின் மீது செயல்படும் காந்தவிசை

$$d\vec{F} = \left(I_1 d\vec{l}\times\vec{B}_2\right) = I_1 dl\frac{\mu_\circ I_2}{2\pi r}(\hat{k}\times\hat{i})$$

$$= \frac{\mu_\circ I_1 I_2 dl}{2\pi r}\hat{j} \qquad (3.68)$$

எனவே, A கடத்தியிலுள்ள dl நீள சிறு கூறு மீது செயல்படும் விசையின் திசை B கடத்தியை நோக்கி காணப்படும். எனவே dl நீளமுள்ள சிறு கூறு B கடத்தியை நோக்கி ஈர்க்கப்படும் இது படம் (3.54) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 178 23-12-2022 18:07:57

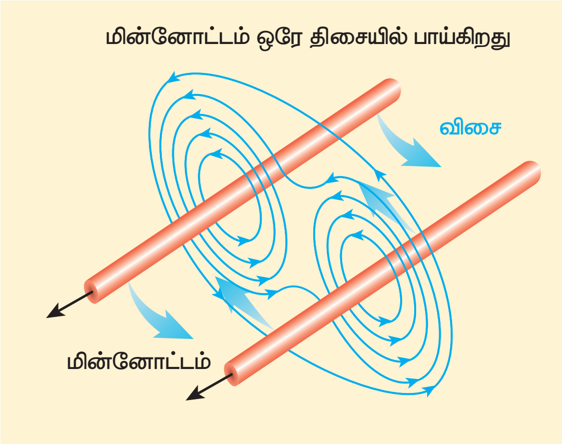


படம் 3.54 ஒரே திசையில் மின்னோட்டம் பாயும் இரண்டு கடத்திகள் – ஒன்றை ஒன்று ஈர்க்கும்.

B கடத்தியினால், A கடத்தியின் ஓரலகு நீளத்தில் செயல்படும் விசை

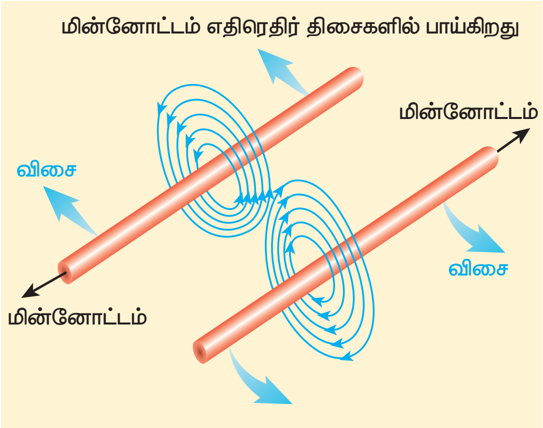
$$\frac{\vec{F}}{l} = \frac{\mu_\circ I_1 I_2}{2\pi r}\hat{j}$$

இரு இணை கடத்திகளின் வழியே, ஒரே திசையில் மின்னோட்டம் பாயும்போது, அவற்றுக்கிடையே ஈர்ப்புவிசை தோன்றும் .இது படம் 3.55 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 3.55 ஒரே திசையில் மின்னோட்டம் பாயும் இரு இணை கடத்திகள் ஈர்ப்பு விசையை உணரும்

இரு இணைகடத்திகளின் வழியே, எதிரெதிர் திசைகளில் மின்னோட்டம் பாயும்போது அவற்றுக்கிடையே விலக்குவிசை தோன்றும். இது படம் 3.56 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 3.56 விலக்கு விசையை உணரும், எதிரெதிர் திசையில் மின்னோட்டம்பாயும் இரு இணைகடத்திகள்

ஆம்பியர் வரையறை

வெற்றிடத்தில் ஒரு மீட்டர் இடைவெளியில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ள முடிவிலா நீளம் கொண்ட இரு இணைகடத்திகள் ஒவ்வொன்றின் வழியாகவும் பாயும் மின்னோட்டத்தினால், ஒவ்வொரு கடத்தியும் ஓரலகு நீளத்திற்கு 2×10^{-7} N விசையை உணர்ந்தால், ஒவ்வொரு கடத்தியின் வழியாகவும் பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவு ஒரு ஆம்பியராகும்.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

நவம்பர் 2018இல், கிலோகிராம் (நிறை), கெல்வின் (வெப்பநிலை) மற்றும் மோல் (பொருளின் அளவு) ஆகிய அலகுகளுடன் ஆம்பியர் மறுவரையறை செய்யப்படுவதற்கான ஒப்புதல் அளிக்கப்பட்டது. 2019 மே 20 முதல் அடிப்படை மின்னூட்டம் என்கிற ஓர் அடிப்படை இயற்பியல் மாறிலியை மூலமாகக் கொண்டு ஆம்பியர் வரையறுக்கப்படுகிறது. எனவே, ஓர் ஆம்பியர் என்பது ஒரு வினாடியில் $1/(1.602\ 176\ 634 \times 10^{-19})$ அடிப்படை மின்துகள்கள் பாய்வதால் உருவாகும் மின்னோட்டம் ஆகும்.

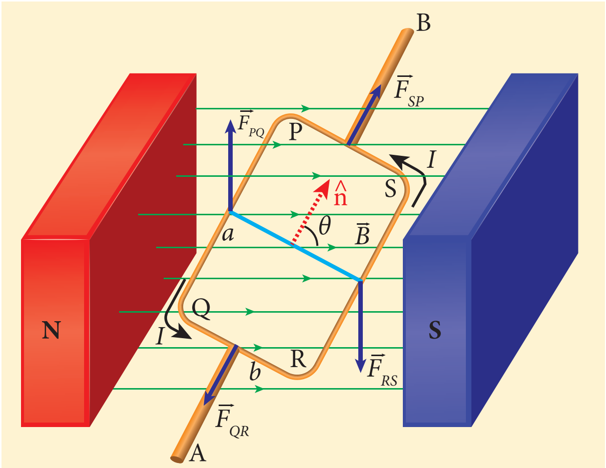
3.11 மின்னோட்டச் சுற்றின் மீது செயல்படும் திருப்பு விசை

காந்தப்புலத்திலுள்ள மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியின் மீது செயல்படும் விசை, விசைப்பொறி (motor) ஒன்றின் செயல்பாட்டிற்கு அடிப்படையாக அமைகிறது.

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 179 23-12-2022 18:07:58

3.11.1 காந்தப்புலத்திலுள்ள மின்னோட்டச் சுற்றின் மீது செயல்படும் திருப்பு விசை

சீரான காந்தப்புலம் $\vec{B}$ ல் வைக்கப்பட்டுள்ள மின்னோட்டம் I பாயும் செவ்வகச் சுருள் PQRS-ஐக் கருதுக. சுருளின் நீளம் மற்றும் அகலம் முறையே a மற்றும் b என்க. படம் 3.57ல் காட்டியுள்ளபடி சுருளின் தளத்திற்கு செங்குத்தாக வரையப்பட்ட ஓரலகு வெக்டர் $\hat{n}$ காந்தப்புலத்திற்கு θ கோணத்தில் உள்ளது.



படம் 3.57 காந்தப்புலத்தில் உள்ள செவ்வகக் கம்பிச்சுருள்

மின்னோட்டம் தாங்கிய பகுதி PQ ன் மீது செயல்படும் விசையின் எண்மதிப்பு $F_{PQ} = IaB\sin\left(\pi/2\right) = IaB$. இது மேல்நோக்கிய திசையில் செயல்படுகிறது என்பதை வலக்கைத் திருகு விதியைப் பயன்படுத்தி அறியலாம்.

பகுதி QR மீது செயல்படும் விசையின் எண்மதிப்பு $F_{QR} = IbB\sin\left(\pi/2 - \theta\right) = IbB\cos\theta$. இவ்விசையின் திசை படம் 3.57ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

பகுதி RS மீது செயல்படும் விசையின் எண் மதிப்பு $F_{RS} = IaB\sin\left(\pi/2\right) = IaB$. இவ்விசை கீழ்நோக்கிய திசையில் செயல்படுகிறது.

பகுதி SP மீது செயல்படும் விசையின் எண் மதிப்பு $F_{SP} = IbB\sin\left(\pi/2 + \theta\right) = IbB\cos\theta$. இவ்விசையின் திசை படம் 3.57ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

F_{QR} மற்றும் F_{SP} ஆகிய இவ்விரு விசைகள் சமமாகவும் ஒன்றுக்கொன்று எதிர்த்திசையில் அமைந்து ஒரே நேர்க்கோட்டிலும் செயல்படுவதால்

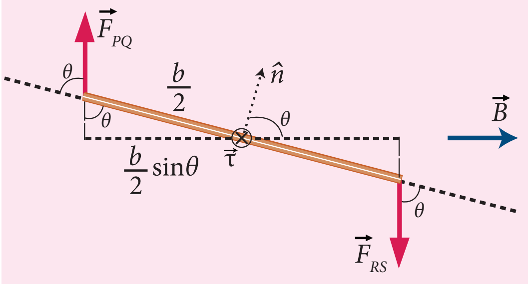


Figure 3.58 மின்னோட்ட வளையத்தின் பக்கவாட்டுத் தோற்றம்

அவை ஒன்றையொன்று சமன் செய்துவிடுகின்றன. ஆனால், F_{PQ} மற்றும் F_{RS} ஆகிய இவ்விரு விசைகள் சமமாகவும் ஒன்றுக்கொன்று எதிர்த்திசையில் இருந்தாலும் ஒரே நேர்க்கோட்டில் செயல்படாததால், அவை இரட்டையை உருவாக்கி வளையத்தின் மீது ஒரு திருப்புவிசையை செலுத்துகின்றன.

அச்சு ABஜப் பொறுத்து பகுதி PQன் மீது செயல்படும் திருப்புவிசையின் எண்மதிப்பு

$$\tau_{PQ} = \left(\frac{b}{2}\sin\theta\right) IaB$$

இது AB திசையில் செயல்படுகின்றது. அச்சு ABஜப் பொறுத்து பகுதி RSன் மீது செயல்படும் திருப்புவிசையின் எண்மதிப்பு

$$\tau_{RS} = \left(\frac{b}{2}\sin\theta\right) IaB$$

மேலும் இதுவும் ABன் திசையிலேயே செயல்படுகின்றது (படம் 3.58).

அச்சு ABஜப் பொறுத்து வளையத்தின் மீது செயல்படும் மொத்த திருப்புவிசை

$$\tau = \left(\frac{b}{2}\sin\theta\right) F_{PQ} + \left(\frac{b}{2}\sin\theta\right) F_{RS}$$
$$= Ia(b\sin\theta)B$$
$$\tau = IAB\sin\theta$$

இது ABன் திசையில் செயல்படுகிறது.

வெக்டர் வடிவில், $\vec{\tau} = \left(I\vec{A}\right) \times \vec{B}$

மேலேயுள்ள சமன்பாட்டினை காந்த இருமுனை திருப்புத்திறனின் அடிப்படையில் எழுதினால்,

$$\vec{\tau} = \vec{p}_m \times \vec{B} \qquad \text{இங்கு } \vec{p}_m = I\vec{A}$$

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 180 23-12-2022 18:08:01

இத்திருப்புவிசை வளையத்தை சுழலச் செய்து அதன் ஓரலகு செங்குத்து வெக்டரை காந்தப்புலத்தின் திசையில் ஒருங்கமைக்கும் விதத்தில் செயல்படுகின்றது.

செவ்வக வளையத்தில் சுற்றுகள் இருப்பின்,

திருப்புவிசை, $\tau = NIAB\sin\theta$

சிறப்பு நேர்வுகள்:

(அ) $\theta = 90°$ அல்லது வளையத்தின் தளம் காந்தப்புலத்திற்கு இணையாக உள்ளபோது, மின்னோட்ட வளையத்தின் மீதான திருப்புவிசை பெருமம் ஆகும்.

$$\tau_{max} = IAB$$

(ஆ) $\theta = 0°/180°$ அல்லது வளையத்தின் தளம் காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ளபோது, மின்னோட்ட வளையத்தின் மீதான திருப்புவிசை சுழியாகும்.

3.11.2 இயங்கு சுருள் கால்வனோமீட்டர்

ஒரு மின்சுற்றின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தைக் கண்டறியப் பயன்படும் ஒரு கருவி, இயங்குசுருள் கால்வனோமீட்டராகும்.

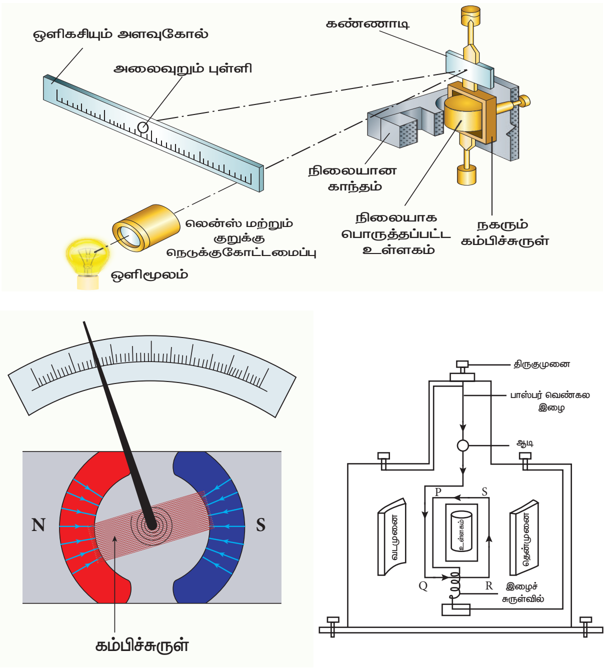
தத்துவம்

மின்னோட்டம் பாயும் வளையம் ஒன்றை சீரான காந்தப்புலத்தில் வைக்கும்போது அது ஒரு திருப்புவிசையை உணரும்.

அமைப்பு

இயங்கு சுருள் கால்வனோ மீட்டரில், மெல்லிய காப்பிடப்பட்ட தாமிரக் கம்பியால் சுற்றப்பட்ட செவ்வக வடிவ கம்பிச்சுருள் PQRS ஒன்று உள்ளது. அதிக சுற்றுக்களை உடைய இக்கம்பிச்சுருள் இலேசான உலோகச் சட்டத்தின் மீது நெருக்கமாக சுற்றப்பட்டுள்ளது. படம் 3.59 இல் காட்டியுள்ளவாறு உருளைவடிவ தேனிரும்பு உள்ளகம் ஒன்று கம்பிச்சுருளின் உள்ளே சமச்சீராகப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இந்த செவ்வகவடிவ கம்பிச்சுருள் குதிரைலாட காந்தத்தின் இரண்டு முனைகளுக்கு நடுவே தடையின்றி தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது.

செவ்வகக் கம்பிச்சுருளின் மேல்முனை பாஸ்பர் வெண்கல இழையினால் பிணைக்கப்பட்டுள்ளது. இதேபோன்று கம்பிச்சுருளின் கீழ்முனை பாஸ்பர் வெண்கலத்தால் செய்யப்பட்ட இழைச் சுருள் வில்லுடன் பிணைக்கப்பட்டுள்ளது. மெல்லிய தொங்கு இழையில் சிறிய சமதள ஆடி ஒன்று பொருத்தப்பட்டுள்ளது. விளக்கு மற்றும் அளவுகோல் அமைப்பின் உதவியுடன் இந்த சமதள ஆடியைப் பயன்படுத்தி கம்பிச்சுருளில் ஏற்படும் விலகலை அளவிடலாம். அதன் மறுமுனை ஒரு திருகுமுனையுடன்இணைக்கப்பட்டுள்ளது.கம்பிச்சுருள் வழியே மின்னோட்டத்தைச் செலுத்த மெல்லிய கம்பி இழை மற்றும் இழைச்சுருள்வில் S ஆகியவை மின்முனைகளுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.



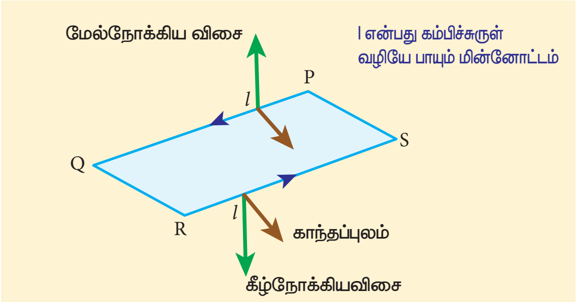
படம் 3.59 இயங்குசுருள் கால்வனோமீட்டர் மற்றும் அதன் பாகங்கள்

வேலை செய்யும் முறை

l நீளமும் b அகலமும் கொண்ட PQRS செவ்வக கம்பிச்சுருளின் ஒரே ஒரு சுற்றை மட்டும் கருதுவோம். $PQ = RS = l$ மற்றும் $QR = SP = b$. I என்ற மின்னோட்டம் கம்பிச்சுருள் PQRS வழியே படம் 3.60 இல் காட்டியுள்ளவாறு பாய்கிறது என்க. குதிரைலாட வடிவ காந்தத்தில் அரைக்கோள காந்த முனைகள் உள்ளன. இவை ஓர் ஆரவகை காந்தப்புலத்தைத் (Radial magnetic field) தோற்றுவிக்கும். இந்த ஆரவகை காந்தப்புலத்தினால் QR மற்றும் SP பக்கங்கள் எப்போதும் காந்தப்புலத்திற்கு B இணையாக இருக்கும். மேலும் எவ்வித விசையையும் உணராது. PQ மற்றும் RS பக்கங்கள் எப்பொழுதும் காந்தப்புலத்திற்கு B செங்குத்தாக இருப்பதால் விசையை உணரும். இக்காரணத்தினால் திருப்பு விசை ஏற்படும்.

கம்பிச்சுருளின் ஒரு சுற்றுக்கு, விலகு இரட்டை

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 181 23-12-2022 18:08:03



படம் 3.60 மின்னோட்டம் பாயும் கம்பிச்சுருளின் மீது செயல்படும் விசை

$$\tau = bF = bBIl = (lb)\,BI = ABI$$

இங்கு கம்பிச்சுருளின் பரப்பு $A = lb$. எனவே N சுற்றுகள் கொண்ட கம்பிச்சுருளுக்கு நாம் பெறுவது

$$\tau = NABI \qquad (3.69)$$

இந்த விலகு திருப்புவிசையினால் கம்பிச்சுருள் முறுக்கப்பட்டு, கம்பியில் ஓர் மீட்சி திருப்புவிசை (restoring torque) (மீட்சி இரட்டை என்றும் அழைக்கலாம்) உருவாகும். எனவே மீட்சி இரட்டையின் எண்மதிப்பு, முறுக்குக் கோணம் θ விற்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும். எனவே

$$\tau = K\theta \qquad (3.70)$$

இங்கு K என்பது ஓரலகு முறுக்கத்திற்கான மீட்சி இரட்டை அல்லது சுருள்வில்லின் முறுக்குமாறிலி ஆகும்.

சமநிலையில், விலகு இரட்டை மீட்சி இரட்டைக்குச் சமமாகும். எனவே,

$$NABI = K\theta$$

$$\Rightarrow I = \frac{K}{NAB}\theta \text{ (அல்லது) } I = G\theta \qquad (3.71)$$

இங்கு $G = \dfrac{K}{NAB}$ என்பது கால்வனோமீட்டர் மாறிலி அல்லது கால்வனோமீட்டரின் மின்னோட்ட சுருக்கக் கூற்றெண் எனப்படும்.

தொங்கவிடப்பட்ட இயங்கு சுருள் கால்வனோமீட்டர் மிகவும் உணர்திறன் (Sensitivity) வாய்ந்ததாகும். மிக்க கவனத்துடன் இதனைக் கையாள வேண்டும். நாம் பயன்படுத்தும் பெரும்பான்மையான கால்வனோமீட்டர்கள் குறிமுள் வகை கால்வனோ மீட்டர்களாகும்.

கால்வனோமீட்டரின் தகுதியொப்பெண்

கால்வனோமீட்டர் அளவுகோலின் ஒரு பிரிவுக்கான விலகலை ஏற்படுத்தும் மின்னோட்டத்தின் அளவே, கால்வனோ மீட்டரின் தகுதியொப்பெண் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

கால்வனோமீட்டரின் உணர்திறன்

ஒரு கால்வனோமீட்டர் வழியே செலுத்தப்படும் மிகக்குறைந்த மின்னோட்டத்திற்கு அல்லது அதன் முனைகளுக்கிடைய அளிக்கப்படும் மிகக்குறைந்த மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு, மிக அதிக அளவு விலக்கத்தை ஏற்படுத்தினால், அந்த கால்வனோமீட்டரை உணர்திறன் வாய்ந்தது எனக் கூறலாம்.

மின்னோட்ட உணர்திறன்

கால்வனோ மீட்டர் வழியே பாயும் ஓரலகு மின்னோட்டத்திற்கு ஏற்படும் விலகலே அதன் மின்னோட்ட உணர்திறன் எனப்படும்.

$$I_S = \frac{\theta}{I} = \frac{NAB}{K} \Rightarrow I_S = \frac{1}{G} \qquad (3.72)$$

கால்வனோ மீட்டரின் மின்னோட்ட உணர்திறனை பின்வரும் வழிமுறைகளில் அதிகரிக்கலாம்.

(1) சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையை அதிகரிப்பதனால் (N)

(2) காந்தப்புலம் Bயை அதிகரிப்பதனால்

(3) கம்பிச் சுருளின் பரப்பு Aயை அதிகரிப்பதனால்

(4) கம்பிச்சுருளைத் தொங்கவிடப் பயன்படும் இழையின் ஓரலகு முறுக்கத்திற்கான இரட்டையை K குறைப்பதன் மூலம் மின்னோட்ட உணர்திறனை அதிகரிக்கலாம்.

இங்கு பாஸ்பர் வெண்கல இழை கம்பிச்சுருளை தொங்கவிடப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஏனெனில் இதன் ஓரலகு முறுக்கத்திற்கான இரட்டையின் மதிப்பு மிகக் குறைவானதாகும்.

மின்னழுத்த வேறுபாட்டு உணர்திறன்

கால்வனோமீட்டரின் முனைகளுக்கிடையே அளிக்கப்படும் ஓரலகு மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கான விலகலே, அதன் மின்னழுத்த வேறுபாட்டு உணர்திறன் எனப்படும்.

$$V_S = \frac{\theta}{V}$$

$$V_S = \frac{\theta}{IR_g} = \frac{NAB}{KR_g} \Rightarrow V_S = \frac{1}{GR_g} = \frac{I_S}{R_g} \quad (3.73)$$

இங்கு Rg என்பது கால்வனோமீட்டரின் மின்தடையாகும்.

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 182 23-12-2022 18:08:04

எடுத்துக்காட்டு 3.25

ஒரு இயங்குசுருள் கால்வனோமீட்டர் ஒன்றின் கம்பிச்சுருளின் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை ஐந்து. ஒவ்வொரு சுற்றின் நிகர பரப்பும் 2×10^{-2} m². இக்கம்பிச்சுருள் 4×10^{-2} Wb m^{-2} வலிமை கொண்ட காந்தப்புலம் ஒன்றினுள் 4×10^{-9} N m deg^{-1} முறுக்கு மாறிலி K கொண்ட இழையினால் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது.

(அ) கால்வனோமீட்டரின் மின்னோட்ட உணர்திறன் டிகிரி / மைக்ரோ – ஆம்பியரில் காண்க.

(ஆ) 50 பிரிவுகள் கொண்ட அளவுகோலின் முழு விலக்கத்திற்கான மின்னழுத்தம் 25 mV என்ற நிபந்தனையில் அதன் மின்னழுத்த உணர்திறனைக் காண்க.

(இ) கால்வனோமீட்டரின் மின்தடையைக் காண்க.

தீர்வு

கம்பிச் சுருளின் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை = 5

ஒவ்வொரு சுற்றும் 2×10^{-2} m² பரப்பு கொண்டது.

காந்தப்புலத்தின் வலிமை = 4×10^{-2} Wb m^{-2}

கம்பிச்சுருளைத் தொங்கவிடப் பயன்படும் இழையின் முறுக்கு மாறிலி $K = 4 \times 10^{-9}$ N m deg^{-1}

(அ) மின்னோட்ட உணர்திறன்

$$I_S = \frac{NAB}{K} = \frac{5 \times 2 \times 10^{-2} \times 4 \times 10^{-2}}{4 \times 10^{-9}}$$

பிரிவுகள் / ஆம்பியர் அல்லது ஆம்பியர் ஒன்றுக்கு 10^6 பிரிவுகள்

$1 \mu A = 1$ மைக்ரோ ஆம்பியர் = 10^{-6} ஆம்பியர்

எனவே,

$$I_S = 10^6 \frac{\text{பிரிவு}}{\text{A}} = 1 \frac{\text{பிரிவு}}{10^{-6}\text{A}} = 1 \frac{\text{பிரிவு}}{\mu\text{A}}$$

$I_S = 1$ பிரிவு $(\mu A)^{-1}$

(ஆ) மின்னழுத்த வேறுபாட்டு உணர்திறன்

$$V_S = \frac{\theta}{V} = \frac{50 \text{ பிரிவு}}{25\text{mV}} = 2 \times 10^3 \text{ பிரிவு } V^{-1}$$

(இ) கால்வனோ மீட்டரின் மின்தடை

$$R_g = \frac{I_S}{V_S} = \frac{10^6 \frac{\text{பிரிவு}}{\text{A}}}{2 \times 10^3 \frac{\text{பிரிவு}}{\text{V}}} = 0.5 \times 10^3 \frac{\text{V}}{\text{A}} = 0.5\text{k}\Omega$$

எடுத்துக்காட்டு 3.26

கால்வனோ மீட்டரின் மின்னோட்ட உணர்திறனை 50% அதிகரிக்கும்போது, அதன் மின்தடை, தொடக்க மின்தடையைப் போன்று இருமடங்காகிறது. இந்த நிபந்தனையில் கால்வனோமீட்டரின் மின்னழுத்த உணர்திறன் மாறுமா? அவ்வாறு மாற்றமடைந்தால் எவ்வளவு மாற்றமடையும்?

தீர்வு

ஆம், மின்னழுத்த வேறுபாட்டு உணர்திறன் மாற்றமடையும். மின்னழுத்த வேறுபாட்டு உணர்திறன்

$V_S = \frac{I_S}{R}$ கால்வனோ மீட்டரின் மின்தடை இருமடங்காக்கப்பட்டால், புதிய மின்தடை $R' = 2R$

மின்னோட்ட உணர்திறனில் ஏற்பட்ட அதிகரிப்பு

$$I'_S = \left(1 + \frac{50}{100}\right) I_S = \frac{3}{2} I_S$$

புதிய மின்னழுத்த வேறுபாட்டு உணர்திறன்

$$V'_S = \frac{\frac{3}{2} I_S}{2R} = \frac{3}{4} V_S$$

எனவே, மின்னழுத்த வேறுபாட்டு உணர்திறன் குறையும். மின்னழுத்த வேறுபாட்டு உணர்திறனின் சதவிகிதக் குறைவு

$$\frac{V_S - V'_S}{V_S} \times 100\% = 25\% \text{ ஆகும்.}$$

ஒரு கால்வனோமீட்டரை அம்மீட்டர் மற்றும் வோல்ட் மீட்டராக மாற்றுதல்

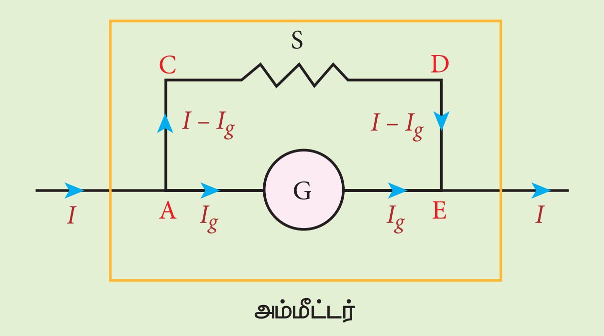
மின்னோட்டத்தைக் கண்டறியும் கால்வனோ மீட்டர் ஓர் உணர்திறன் வாய்ந்த கருவியாகும். இதனை எளிமையாக அம்மீட்டர் (Ammeter) மற்றும் வோல்ட் மீட்டராக (Voltmeter) மாற்றலாம்.

கால்வனோமீட்டரை அம்மீட்டராக மாற்றுதல்

மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்தை அளக்கப்பயன்படும் கருவியே அம்மீட்டராகும். அம்மீட்டர் மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்திற்கு மிகக் குறைந்த மின்தடையையே கொடுப்பதால் இது மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்தை தடுக்காது. எனவே மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்தை அளக்க, அம்மீட்டரை மின்சுற்றில் தொடரிணைப்பில் இணைக்க வேண்டும்.

கால்வனோமீட்டரை அம்மீட்டராக மாற்ற, அந்த கால்வனோ மீட்டருடன் குறைந்த மின்தடை ஒன்றை பக்க இணைப்பில் இணைக்க வேண்டும்.

இக்குறைந்த மின்தடைக்கு இணைதட மின்தடை (Shunt resistance) S என்று பெயர். கால்வனோமீட்டரின் அளவுகோல் இப்போது ஆம்பியரில் குறிக்கப்பட்டு, அம்மீட்டரின் நெடுக்கம் இணைதட மின்தடையின் மதிப்பைப் பொறுத்து அமைகிறது.



படம் 3.61 இணைத்தட மின்தடை கால்வனோமீட்டருக்கு பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது

மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம் I என்க. இம்மின்னோட்டம் A சந்தியை அடையும்போது இரு கூறுகளாகப் பிரிகிறது. இது படம் 3.61 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. AGE என்ற பாதை வழியே, R_g மின்தடை கொண்ட கால்வனோமீட்டர் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தை I_g என்க. இணைதட மின்தடை S வழியே ACDE பாதை வழியே பாயும் மின்னோட்டம் $(I - I_g)$ என்க. இணைதட மின்தடையை சரிசெய்து முழு அளவுகோல் விலக்கத்தைக் காட்டும் வகையில் கால்வனோமீட்டர் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தைச் I_g சரி செய்ய வேண்டும். கால்வனோமீட்டருக்குக் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடும், இணைதட மின்தடைக்குக் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடும் ஒன்றுக்கொன்று சமமாகும்.

$$V_{\text{கால்வனோமீட்டர்}} = V_{\text{இணைதடம்}}$$

$$\Rightarrow I_g R_g = \left(I - I_g\right) S$$

$$S = \frac{I_g}{\left(I - I_g\right)} R_g \qquad \text{(அல்லது)}$$

$$I_g = \frac{S}{S + R_g} I \Rightarrow I_g \propto I$$

எனவே கால்வனோமீட்டரில் ஏற்படும் விலக்கம், அதன் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்திற்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும்.

$$\theta = \frac{1}{G} I_g \Rightarrow \theta \propto I_g \Rightarrow \theta \propto I$$

எனவே கால்வனோமீட்டரில் ஏற்படும் விலக்கம், மின்சுற்றின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தை அளக்கும் (அம்மீட்டர்) கருவியாக செயல்படும்.

இணைதட மின்தடை கால்வனோமீட்டருக்கு பக்க இணைப்பாக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே, தொகுபயன் மின்தடையை கணக்கிடுவதன் மூலம் அம்மீட்டரின் மின்தடையைக் கணக்கிடலாம்.

$$\frac{1}{R_{\text{நிகர}}} = \frac{1}{R_g} + \frac{1}{S} \Rightarrow R_{\text{நிகர}} = \frac{R_g S}{R_g + S} = R_a$$

இங்கு இணைத்தடத்தின் மின்தடை மதிப்பு மிகக்குறைவு. எனவே, $\frac{S}{R_g}$ இன் விகிதமும் குறைவாகவே இருக்கும். இதன்பொருள் R_a மதிப்பும் குறைவு என்பதாகும். அதாவது அம்மீட்டர் மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்திற்கு குறைவான மின்தடையையே அளிக்கும். எனவே மின்சுற்றில் அம்மீட்டரை தொடராக இணைக்கும்போது சுற்றின் மின்தடை மற்றும் மின்னோட்டத்தில் குறிப்பிடத்தக்க மாற்றம் எதையும் ஏற்படுத்தாது. ஒரு நல்லியல்பு அம்மீட்டரின் மின்தடை சுழியாகும். ஆனால் நடைமுறையில் அம்மீட்டர் காட்டும் மின்னோட்டத்தின் அளவு, மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவைவிட சற்றுக் குறைவாகவே இருக்கும். $I_{\text{நல்லியல்பு}}$ என்பது நல்லியல்பு அம்மீட்டர் அளக்கும் மின்னோட்டம் எனவும் $I_{\text{இயல்பு}}$ என்பது அம்மீட்டர் அளக்கும் மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம் எனவும் கொண்டால்

$$\frac{\Delta I}{I} \times 100\% = \frac{I_{\text{நல்லியல்பு}} - I_{\text{இயல்பு}}}{I_{\text{நல்லியல்பு}}} \times 100\%$$

முக்கியக் குறிப்புகள்

1. அம்மீட்டர் குறைந்த மின்தடை கொண்ட ஒரு கருவியாகும். இதனை எப்போதும் மின்சுற்றில் தொடராகவே இணைக்க வேண்டும்.
2. ஓர் நல்லியல்பு அம்மீட்டர் சுழி மின்தடையைப் பெற்றிருக்கும்.
3. அம்மீட்டரின் நெடுக்கத்தை n மடங்கு அதிகரிக்க, பக்க இணைப்பில் இணைக்க வேண்டிய இணைதட மின்தடையின் மதிப்பு

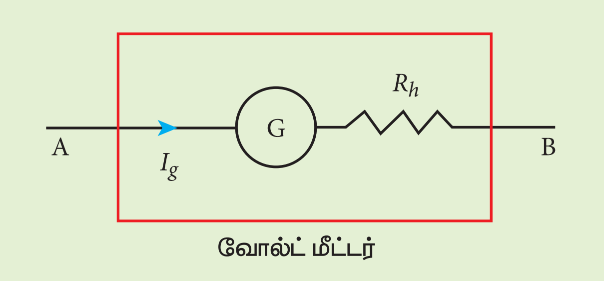
12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 184 23-12-2022 18:08:10

$$S = \frac{R_g}{n-1}$$

கால்வனோமீட்டரை வோல்ட்மீட்டராக மாற்றுதல்

மின்சுற்றில் ஏதேனும் இரண்டு புள்ளிகளுக்கு இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டை அளவீடு செய்யப் பயன்படும் கருவியே வோல்ட்மீட்டராகும். வோல்ட்மீட்டர் மின்சுற்றிலிருந்து எவ்விதமான மின்னோட்டத்தையும் பெறாது. அவ்வாறு மின்னோட்டத்தைப் பெற்றால் வோல்ட்மீட்டர் அளவிடும் மின்னழுத்தத்தில் மாற்றம் ஏற்பட்டு விடும்.

வோல்ட்மீட்டர் உயர்ந்த மின்தடையைப் பெற்றிருக்கும். இதனை மின்சுற்றில் பக்க இணைப்பில் இணைக்கும்போது, குறிப்பிடத்தக்க மின்னோட்டம் எதையும் மின்சுற்றிலிருந்து பெறாது. எனவே இது உண்மையான மின்னழுத்த வேறுபாட்டையே காட்டும்.



படம் 3.62 தொடராக இணைக்கப்பட்ட உயர் மின்தடை

ஒரு கால்வனோமீட்டரை வோல்ட்மீட்டராக மாற்ற, கால்வனோமீட்டருடன் தொடரிணைப்பாக உயர் மின்தடை ஒன்றை இணைக்க வேண்டும். இது படம் 3.62 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. கால்வனோமீட்டரின் அளவீடுகள் இப்போது வோல்ட்டில் குறிக்கப்பட்டு, வோல்ட்மீட்டரின் நெடுக்கம் உயர் மின்தடையைச் சார்ந்து அமைகிறது. அதாவது மின்னோட்டம் I_g கால்வனோ மீட்டரின் அளவுகோலில் முழு விலக்கத்தைக் காட்டும் வகையில், உயர் மின்தடையின் மதிப்பு சரிசெய்யப்படுகிறது.

கால்வனோமீட்டரின் மின்தடை R_g மற்றும் கால்வனோமீட்டரில் முழு விலக்கத்திற்கான மின்னோட்டம் I_g என்க. இங்கு உயர் மின்தடையுடன் கால்வனோமீட்டர் தொடராக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டமும், கால்வனோமீட்டர் வழியாக பாயும் மின்னோட்டமும் ஒன்றுக்கொன்று சமமாகும். அதாவது

$$I = I_g$$

$$I = I_g \Rightarrow I_g = \frac{\text{மின்னழுத்த வேறுபாடு}}{\text{மொத்த மின்தடை}}$$

கால்வனோமீட்டரும், உயர் மின்தடையும் தொடராக இணைக்கப்பட்டுள்ளதால், மொத்த மின்தடை அல்லது தொகுபயன் மின்தடை வோல்ட்மீட்டரின் மின்தடையைக் கொடுக்கும். வோல்ட்மீட்டரின் மின்தடை

$$R_v = R_g + R_h \text{ ஆகும்}$$

எனவே,

$$I_g = \frac{V}{R_g + R_h}$$

$$\Rightarrow R_h = \frac{V}{I_g} - R_g$$

இங்கு $I_g \propto V$ என்பதை கவனிக்கவும்

கால்வனோமீட்டரில் ஏற்படும் விலக்கம் மின்னோட்டம் I_g க்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும். ஆனால் மின்னோட்டம் I_g மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு நேர்த்தகவில் உள்ளதால் கால்வனோமீட்டரில் ஏற்படும் விலக்கம் மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும். வோல்ட்மீட்டரின் மின்தடை மிக அதிகம். எனவே மிகக்குறைந்த மின்னோட்டத்தையே மின்சுற்றிலிருந்து வோல்ட்மீட்டர் பெறும். ஒரு நல்லியல்பு வோல்ட்மீட்டர் முடிவிலா மின்தடையைப் (Infinite resistance) பெற்றிருக்கும்.

முக்கியக் குறிப்புகள்

1. வோல்ட்மீட்டரின் மின்தடை மிக அதிகம் என்பதால், மின்சுற்றில் எந்த பகுதியின் மின்னழுத்த வேறுபாட்டைக் கண்டறிய வேண்டுமோ அதற்கு பக்க இணைப்பாக வோல்ட்மீட்டரை இணைக்க வேண்டும்.
2. ஒரு நல்லியல்பு வோல்ட் மீட்டர் முடிவிலா மின்தடையைப் பெற்றிருக்கும்.
3. வோல்ட்மீட்டரின் நெடுக்கத்தை n மடங்கு உயர்த்த, கால்வனோமீட்டருடன் தொடரிணைப்பில் இணைக்க வேண்டிய மின்தடையின் மதிப்பு $R_h = (n-1) R_g$ ஆகும்.

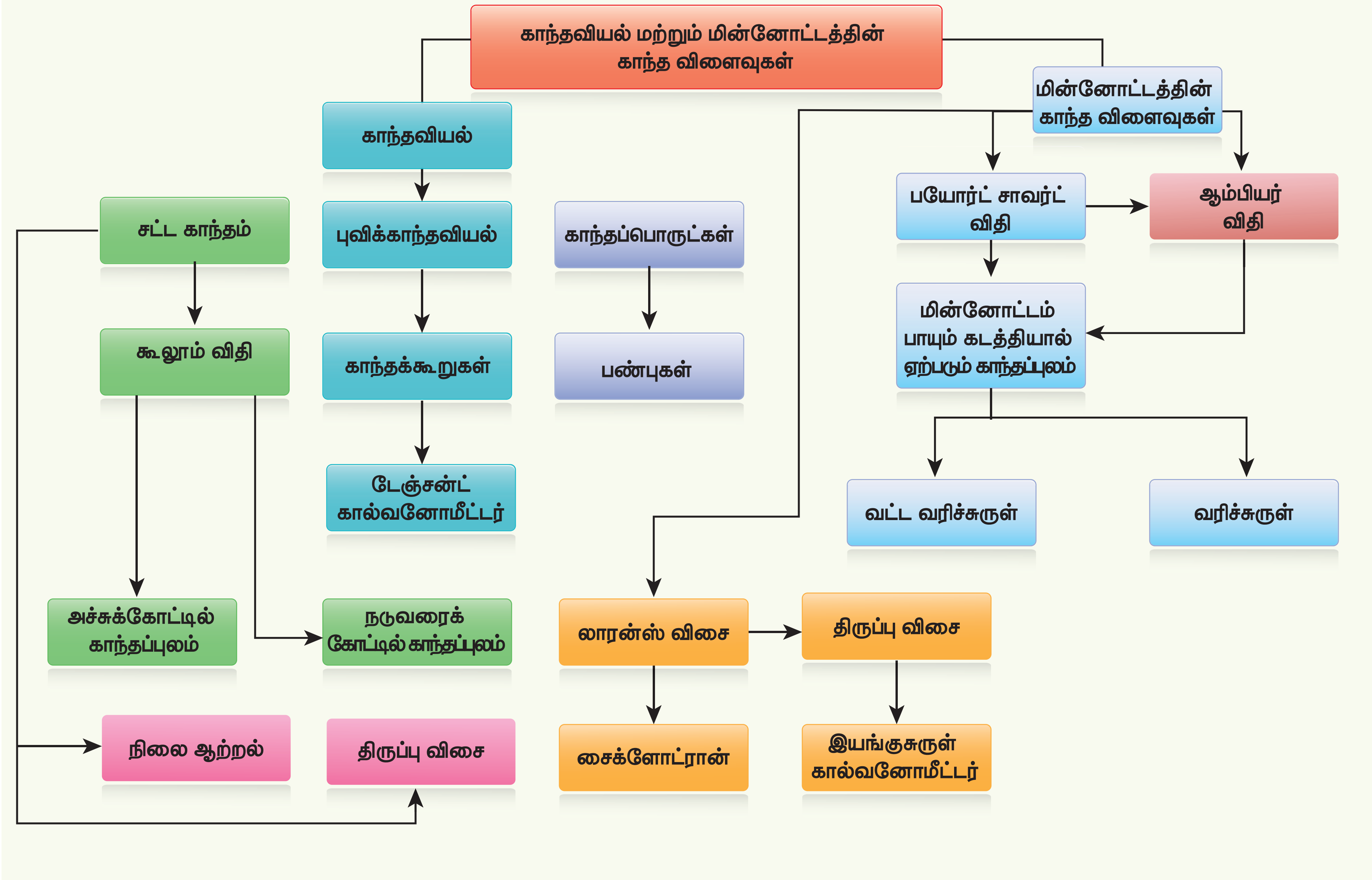
12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 185 23-12-2022 18:08:13

பாடச்சுருக்கம்

- புவி அச்சின் வழியேச் செல்லும் செங்குத்துத் தளத்திற்கு புவி துருவத்தளம் என்று பெயர்.
- காந்த அச்சின் வழியேச் செல்லும் செங்குத்துத் தளத்திற்கு காந்த துருவத்தளம் என்று பெயர்.
- புள்ளி ஒன்றில் காந்தத்துருவத்தளத்திற்கும், புவிதுருவத்தளத்திற்கும் இடையே உள்ள கோணத்திற்கு சரிவு அல்லது காந்தச் சரிவு என்று பெயர்.
- புள்ளி ஒன்றில் புவியின் மொத்த காந்தப்புலம் $\vec{B}$ காந்த துருவத்தளத்தின் கிடைத்தள திசையுடன் ஏற்படும் கோணத்திற்கு, ஒதுக்கம் அல்லது காந்த ஒதுக்கம் என்று பெயர்.
- ஒரு காந்தத்தின் முனை வலிமை மற்றும் காந்த நீளத்தின் பெருக்கல் பலனுக்கு, காந்தத்திருப்புத்திறன் என்று பெயர். இது ஒரு வெக்டர் அளவாகும் இதனை $\vec{p}_m$ எனக் குறிப்பிடலாம்.
- ஒரு காந்தத்தைச் சுற்றியுள்ள வெளியில் ஓரலகு வலிமை கொண்ட காந்த முனை உணரக்கூடிய விசைக்கு காந்தப்புலம் என்று பெயர். இது ஒரு வெக்டர் அளவாகும். இதனை $\vec{B}$ எனக் குறிப்பிடலாம். இதன் அலகு $\mathrm{N\,A^{-1}\,m^{-1}}$ ஆகும்.
- ஓரலகு பரப்பின் வழியே செங்குத்தாகக் கடந்து செல்லும் காந்தப்புலக் கோடுகளின் எண்ணிக்கைக்கு காந்தப்பாயம் Φ_B என்று பெயர். இது ஒரு ஸ்கேலர் அளவாகும். காந்தப்பாயத்தின் SI அலகு வெபர். குறியீடு Wb.
- காந்தவியலின் கூலூம் விதியின்படி இரு காந்த முனைகளுக்கு இடையே உள்ள ஈர்ப்பு விசை அல்லது விலக்கு விசையானது, அவற்றின் முனைவலிமைகளின் பெருக்கல் பலனுக்கு நேர்த்தகவிலும், அக்காந்த முனைகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர்த்தகவிலும் இருக்கும்.
- சீரான காந்தப்புலத்தில் உள்ள காந்த இருமுனை, திருப்புவிசையை உணரும்.
- மிகக்குறைந்த மின்னோட்டங்களை அளக்கப்பயன்படும் ஒரு கருவி டேஞ்சன்ட் கால்வனோ மீட்டராகும். இது ஒரு இயங்கு காந்தவகை கால்வனோ மீட்டராகும். இது டேஞ்சன்ட் விதியின் அடிப்படையில் இயங்குகிறது. $B = B_H \tan\theta$.
- பொருள் அல்லது மாதிரி ஒன்றினை காந்தமாக்கப் பயன்படும் காந்தப்புலத்திற்கு காந்தமாக்குப்புலம் என்று பெயர். இது ஒரு வெக்டர் அளவாகும். இதனை $\vec{H}$ என குறிப்பிடலாம். இதன் அலகு $\mathrm{A\,m^{-1}}$ ஆகும்.
- காந்தப்புலக் கோடுகளை அல்லது காந்தவிசை கோடுகளை தன்வழியே பாய அனுமதிக்கும் பொருளின் திறமையை அளவிடுவதற்கு காந்த உட்புகுதிறன் என்றுபெயர்.
- பொருளின் ஓரலகு பருமனுக்கான நிகர காந்தத்திருப்புத்திறனே, காந்தமாகும் செறிவு அல்லது காந்தமாகும் வெக்டர் அல்லது காந்தமாகுதல் என்று பெயர்.
- பொருளின் காந்தமாக்குப்புலத்திற்கும் $\left(\vec{H}\right)$, அக்காந்தமாக்குப்புலத்தினால் பொருளில் தூண்டப்பட்ட காந்தமாகும் செறிவிற்கும் $\left(\vec{M}\right)$ உள்ள தகவு பொருளின் காந்த ஏற்புத்திறன் எனப்படும்.
- காந்தப்பொருட்கள் மூன்று வகைகளாக வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன அவை: டயாகாந்தப்பொருட்கள், பாரா காந்தப்பொருட்கள் மற்றும் ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருட்கள் ஆகும்.
- பொருளொன்றை காந்தமாக்கும் சுற்றில், காந்தமாக்கு புலத்தில் $\vec{H}$ ஏற்படும் மாறுபாட்டிற்கு காந்தப்புலம் $\vec{B}$ பின்தங்கும் நிகழ்ச்சிக்கு காந்தத்தயக்கம் என்று பெயர்.
- வலதுகை பெருவிரல் விதி: வலதுகையின் பெருவிரல் கடத்தியின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தின் திசையைக் காட்டும் வகையில் பிடிக்கும் போது, கடத்தியைச் சுற்றி பிடித்திருக்கும் மற்ற விரல்கள் கடத்தியைச் சுற்றி உருவாகும் காந்தப்புலக் கோடுகளின் திசையைக் காட்டும்.
- மேக்ஸ்வெல்லின் வலதுகை திருகுவிதி: வலதுகை திருகு ஒன்றினை திருகு சுழற்றியால் சுழற்றும்போது, திருகு முன்னேறும் திசையில் மின்னோட்டத்தின் திசையும், திருகு சுழலும் திசை கடத்தியைச் சுற்றி உருவாகும் காந்தப்புலத்தின் திசையையும் காட்டும்.

- ஆம்பியரின் சுற்றுவிதி $\oint_C \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0\ I_{\text{மூடப்பட்ட}}$.
- வரிச்சுருள் ஒன்றின் உட்புறம் ஏற்படும் காந்தப்புலம் $B = \mu_0 nI$, இங்கு n என்பது வரிச்சுருளின் ஓரலகு நீளத்திலுள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையாகும்.
- வட்ட வரிச்சுருள் ஒன்றின் உள்ளே ஏற்படும் காந்தப்புலம் $B = \mu_0 nI$, இங்கு n என்பது வட்ட வரிச்சுருளின் ஓரலகு நீளத்திலுள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையாகும்.
- லாரன்ஸ் விசை: $\vec{F} = q\left(\vec{E} + \vec{v}\times\vec{B}\right)$.
- சீரான காந்தப்புலத்தில் செல்லும் மின்துகள் வட்ட இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும்.
- பிளெமிங்கின் இடதுகை விதி: இடதுகையின் ஆள்காட்டிவிரல், நடுவிரல் மற்றும் பெருவிரல் மூன்றையும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்ததாக நீட்டும்போது, ஆள்காட்டிவிரல் காந்தப்புலத்தின் திசையையும், நடுவிரல் மின்னோட்டத்தின் திசையையும் காட்டினால் பெருவிரல் கடத்தியின் மீது செயல்படும் விசையின் திசையைக் காட்டும்.
- வெற்றிடத்தில் ஒரு மீட்டர் இடைவெளியில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ள முடிவிலா நீளம் கொண்ட இரு இணைகடத்திகள் ஒவ்வொன்றின் வழியாகப்பாயும் மின்னோட்டத்தினால், ஒவ்வொரு கடத்தியும் ஓரலகு நீளத்திற்கு 2×10^{-7}N விசையை உணர்ந்தால், ஒவ்வொரு கடத்தியின் வழியாகவும் பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவு ஒரு ஆம்பியராகும்.
- மின்னோட்டம் பாயும் கம்பிச்சுருள் ஒன்றை சீரான காந்தப்புலத்தில் வைக்கும்போது அக்கம்பிச் சுருளின் மீது செயல்படும் நிகரவிசை சுழி. ஆனால் நிகர திருப்புவிசை சுழியல்ல. நிகரத்திருப்பு விசையின் எண்மதிப்பு $\tau = NABI\sin\theta$ ஆகும்.
- இயங்கு சுருள் கால்வனோ மீட்டரைக் கொண்டு சிறிய மின்னோட்டங்களைக் கண்டறியவும், அளக்கவும் முடியும்.
- இயங்கு சுருள் கால்வனோ மீட்டரில், கம்பிச்சுருள் வழியே பாயும் மின்னோட்டம். விலகலுக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். கணிதவியல்படி $I = G\theta$. இங்கு $G = \dfrac{K}{NAB}$ ஆகும். இதற்கு கால்வனோ மீட்டர் மாறிலி அல்லது மின்னோட்ட சுருக்கக் கூற்றெண் என்று பெயர்.
- ஓரலகு மின்னோட்டத்திற்கு ஏற்படும் விலகலே மின்னோட்ட உணர்திறன் எனப்படும். $I_s = \dfrac{\theta}{I} = \dfrac{NAB}{K} \Rightarrow I_s = \dfrac{1}{G}$.
- கால்வனோமீட்டர் முனைகளுக்கு இடையே அளிக்கப்படும் ஓரலகு மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கான விலகலே, மின்னழுத்த வேறுபாட்டு உணர்திறன் எனப்படும். $V_s = \dfrac{\theta}{V} = \dfrac{1}{GR_g} = \dfrac{I_S}{R_g}$, இங்கு R_g என்பது கால்வனோ மீட்டரின் மின்தடையாகும்.
- மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்தை அளக்க பயன்படும் கருவிக்கு அம்மீட்டர் என்று பெயர்.
- ஒரு கால்வனோ மீட்டரை தகுந்த நெடுக்கமுள்ள அம்மீட்டராக மாற்ற, கால்வனோ மீட்டருடன் பக்க இணைப்பில் குறைந்த மின்தடை S ஒன்றை அதன் நெடுக்கத்திற்கு ஏற்ப இணைக்க வேண்டும். இக்குறைந்த மின்தடைக்கு இணைதடம் என்று பெயர்.
- ஒரு நல்லியல்பு அம்மீட்டர் சுழி மின்தடையைப் பெற்றிருக்கும்.
- ஒரு மின்சுற்றில் உள்ள எந்த ஒரு பகுதியின் மின்னழுத்தத்தையும் அளக்கப்பயன்படும் கருவியே வோல்ட் மீட்டராகும்.
- வோல்ட் மீட்டராக மாற்ற அதனுடன் உயர் மின்தடை R ஒன்றை நெடுக்கத்திற்கு ஏற்ப தொடராக இணைக்க வேண்டும்.
- ஒரு நல்லியல்பு வோல்ட் மீட்டர் முடிவிலா மின்தடையைப் பெற்றிருக்கும்.

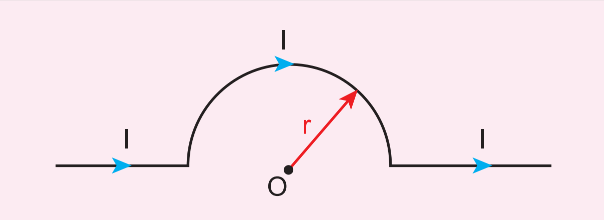
கருத்து வரைபடம்



12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 188 23-12-2022 18:08:18

I சரியான விடையை தேர்ந்தெடுத்து எழுதுக

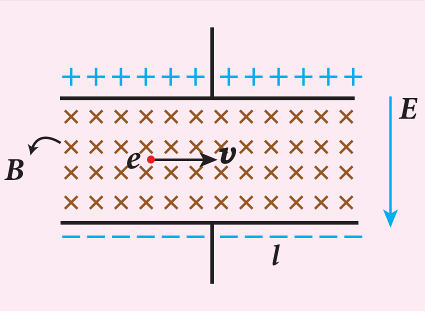
1. பின்வரும் மின்னோட்டச் சுற்றின் மையம் O வில் உள்ள காந்தப்புலத்தின் மதிப்பு



(a) $\frac{\mu_\circ I}{4r} \otimes$ (b) $\frac{\mu_\circ I}{4r} \odot$

(c) $\frac{\mu_\circ I}{2r} \otimes$ (d) $\frac{\mu_\circ I}{2r} \odot$

2. சீரான மின்னூட்ட அடர்த்தி σ கொண்ட மின்னூட்டப்பட்ட இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் இரண்டு தகடுகளுக்கு நடுவே எலக்ட்ரான் ஒன்று நேர்க்கோட்டுப்பாதையில் செல்கிறது. சீரான காந்தப்புலத்திற்கு $(\vec{B})$ நடுவே இந்த அமைப்பு உள்ளபோது, எலக்ட்ரான் தகடுகளைக் கடக்க எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம்



(a) $\varepsilon_\circ \frac{elB}{\sigma}$ (b) $\varepsilon_\circ \frac{lB}{\sigma l}$

(c) $\varepsilon_\circ \frac{lB}{e\sigma}$ (d) $\varepsilon_\circ \frac{lB}{\sigma}$

3. செங்குத்தாக செயல்படும் காந்தப்புலத்தில் $(\vec{B})$ உள்ள, q மின்னூட்டமும் m நிறையும் கொண்ட துகளொன்று V மின்னழுத்த வேறுபாட்டால் முடுக்கப்படுகிறது. அத்துகளின் மீது செயல்படும் விசையின் மதிப்பு என்ன?

(a) $\sqrt{\frac{2q^3BV}{m}}$ (b) $\sqrt{\frac{q^3B^2V}{2m}}$

(c) $\sqrt{\frac{2q^3B^2V}{m}}$ (d) $\sqrt{\frac{2q^3BV}{m^3}}$

4. 5 cm ஆரமும், 50 சுற்றுகளும் கொண்ட வட்டவடிவக் கம்பிச்சுருளின் வழியே 3 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாய்கிறது. அக்கம்பிச்சுருளின் காந்த இருமுனைத் திருப்புத்திறனின் மதிப்பு என்ன?

(a) 1.0 A m² (b) 1.2 A m²

(c) 0.5 A m² (d) 0.8 A m²

5. மெல்லிய காப்பிடப்பட்ட கம்பியினால் செய்யப்பட்ட சமதள சுருள் (plane spiral) ஒன்றின் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை $N = 100$. நெருக்கமாக சுற்றப்பட்ட சுற்றுகளின் வழியே $I = 8$ mA அளவு மின்னோட்டம் பாய்கிறது. கம்பிச்சுருளின் உட்புற மற்றும் வெளிப்புற ஆரங்கள் முறையே $a = 50$ mm மற்றும் $b = 100$ mm எனில், சுருளின் மையத்தில் ஏற்படும் காந்தத்தூண்டலின் மதிப்பு

(a) 5 μT (b) 7 μT

(c) 8 μT (d) 10 μT

6. சமநீளமுடைய மூன்று கம்பிகள் வளைக்கப்பட்டு சுற்றுகளாக மாற்றப்பட்டுள்ளன. ஒன்று வட்ட வடிவிலும் மற்றொன்று அரை வட்ட வடிவிலும் மூன்றாவது சதுர வடிவிலும் உள்ளன. மூன்று சுற்றுகளின் வழியாகவும் ஒரே அளவு மின்னோட்டம் செலுத்தப்பட்டு சீரான காந்தப்புலம் ஒன்றில் வைக்கப்பட்டுள்ளன. மூன்று சுற்றுகளின் எந்த வடிவமைப்பில் உள்ள சுற்று பெரும திருப்பு விசையை உணரும் ?.

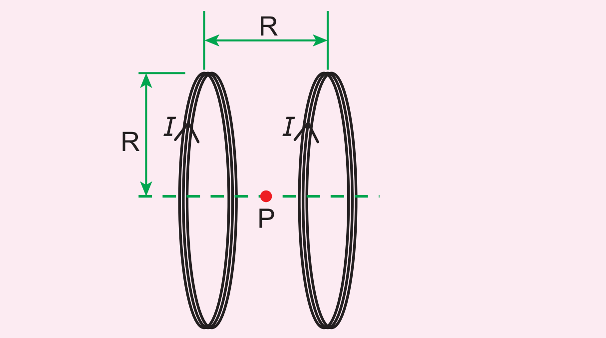
(a) வட்ட வடிவம் (b) அரைவட்ட வடிவம்

(c) சதுர வடிவம் (d) இவை அனைத்தும்

7. N சுற்றுக்களும் R ஆரமும் கொண்ட இரு கம்பிச்சுருள்கள் படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு R தொலைவில் பொது அச்சில் அமையும் படி வைக்கப்பட்டுள்ளன. கம்பிச்சுருள்களின் வழியே ஒரே திசையில் I மின்னோட்டம் பாயும்போது கம்பிச்சுருள்களின் நடுவே மிகச்சரியாக $\frac{R}{2}$

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 189 23-12-2022 18:08:23

தொலைவில் உள்ள P புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புலம்



(a) $\frac{8N\mu_\circ I}{\sqrt{5}R}$ (b) $\frac{8N\mu_\circ I}{5^{3/2}R}$

(c) $\frac{8N\mu_\circ I}{5R}$ (d) $\frac{4N\mu_\circ I}{\sqrt{5}R}$

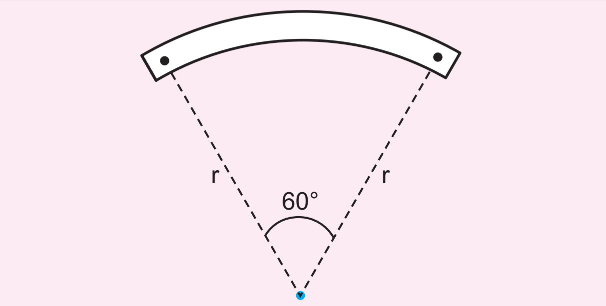
8. l நீளமுள்ள கம்பி ஒன்றின் வழியே Y திசையில் I மின்னோட்டம் பாய்கிறது. இக்கம்பியை $\vec{B} = \frac{\beta}{\sqrt{3}}(\hat{i}+\hat{j}+\hat{k})T$ என்ற காந்தப்புலத்தில் வைக்கும்போது, அக்கம்பியின் மீது செயல்படும் லாரன்ஸ் விசையின் எண்மதிப்பு

(a) $\sqrt{\frac{2}{3}}\beta Il$ (b) $\sqrt{\frac{1}{3}}\beta Il$

(c) $\sqrt{2}\beta Il$ (d) $\sqrt{\frac{1}{2}}\beta Il$

9. l நீளமும் p_m திருப்புத்திறனும் கொண்ட சட்டகாந்தமொன்று படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு வில் போன்று வளைக்கப்பட்டுள்ளது. சட்டகாந்தத்தின் புதிய காந்த இருமுனை திருப்புத்திறனின் மதிப்பு

(NEET 2013)



(a) p_m (b) $\frac{3}{\pi}p_m$

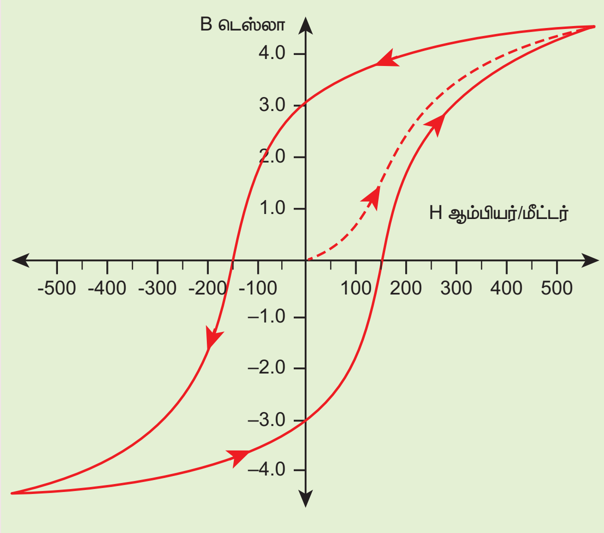
(c) $\frac{2}{\pi}p_m$ (d) $\frac{1}{2}p_m$

10. q மின்னூட்டமும், m நிறையும் மற்றும் r ஆரமும் கொண்ட மின்கடத்தா வளையம் ஒன்று ω என்ற சீரான கோண வேகத்தில் சுழற்றப்படுகிறது எனில், காந்தத்திருப்புத்திறனுக்கும் கோண உந்தத்திற்கும் உள்ள விகிதம் என்ன

(a) $\frac{q}{m}$ (b) $\frac{2q}{m}$

(c) $\frac{q}{2m}$ (d) $\frac{q}{4m}$

11. ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருள் ஒன்றின் B–H வளைகோடு பின்வரும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இப்பெர்ரோ காந்தப்பொருள் 1 cm க்கு 1000 சுற்றுகள் கொண்ட நீண்ட வரிச்சுருளின் உள்ளே வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருளின் காந்தத் தன்மையை முழுவதும் நீக்க வேண்டுமெனில் வரிச்சுருள் வழியே எவ்வளவு மின்னோட்டத்தை செலுத்த வேண்டும்?



(a) 1.00 mA

(b) 1.25 mA

(c) 1.50 mA

(d) 1.75 mA

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 190 23-12-2022 18:08:29

12. இரண்டு குட்டையான சட்ட காந்தங்களின் காந்தத்திருப்புத்திறன்கள் முறையே 1.20 A m^2 மற்றும் 1.00 A m^2 ஆகும். இவை ஒன்றுக்கொன்று இணையாக உள்ளவாறு அவற்றின் வடமுனை, தென்திசையை நோக்கி இருக்கும்படி கிடைத்தள மேசை மீது வைக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்விரண்டு குட்டை காந்தங்களுக்கும் காந்த நடுவரை (Magnetic equator) பொதுவானதாகும். மேலும் அவை 20.0 cm தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்விரண்டு காந்தமையங்களையும் இணைக்கும் கோட்டின் நடுவே O புள்ளியில் ஏற்படும் நிகர காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தள மதிப்பு என்ன? (புவிக் காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தள மதிப்பு 3.6×10^{-5} Wb m^{-2})

(NSEP 2000-2001)

(a) 3.60×10^{-5} Wb m^{-2}

(b) 3.5×10^{-5} Wb m^{-2}

(c) 2.56×10^{-4} Wb m^{-2}

(d) 2.2×10^{-4} Wb m^{-2}

13. புவி காந்தப்புலத்தின் செங்குத்துக்கூறும், கிடைத்தளக்கூறும் சமமதிப்பைப் பெற்றுள்ள இடத்தின் சரிவுக் கோணத்தின் மதிப்பு?

(a) 30° (b) 45°

(c) 60° (d) 90°

14. R ஆரமும், σ பரப்பு மின்னூட்ட அடர்த்தியும் கொண்ட மின்காப்புப்பெற்ற தட்டு அதன் பரப்பின் மீது அதிகப்படியான மின்னூட்டங்களைப் பெற்றுள்ளது. தட்டின் பரப்பிற்கு செங்குத்தாக உள்ள அச்சைப்பொறுத்து ω என்ற கோணதிசைவேகத்துடன் இது சுற்றுகிறது. சுழலும் அச்சுக்கு செங்குத்தான திசையில் செயல்படும் B வலிமை கொண்ட காந்தப்புலத்திற்கு நடுவே இத்தகடு சுழன்றால், அதன் மீது செயல்படும் திருப்புத்திறனின் எண்மதிப்பு என்ன?

(a) $\frac{1}{4}\sigma\omega\pi BR$ (b) $\frac{1}{4}\sigma\omega\pi BR^2$

(c) $\frac{1}{4}\sigma\omega\pi BR^3$ (d) $\frac{1}{4}\sigma\omega\pi BR^4$

15. $\vec{p}_m = (-0.5\hat{i} + 0.4\hat{j})\ \text{Am}^2$ என்ற வெக்டர் மதிப்புடைய காந்த இருமுனையானது, $\vec{B} = 0.2\,\hat{i}\,\text{T}$ என்ற சீரான காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டால் அதன் நிலையாற்றல் மதிப்பு

(a) –0.1 J (b) –0.8 J

(c) 0.1 J (d) 0.8 J

விடைகள்:

1) a	**2)** d	**3)** c	**4)** b	**5)** b
6) a	**7)** b	**8)** a	**9)** b	**10)** c
11) c	**12)** c	**13)** b	**14)** d	**15)** c

II சிறு வினாக்கள்:

1. காந்தப்புலம் என்றால் என்ன?
2. காந்தப்பாயத்தை வரையறு.
3. காந்த இருமுனை திருப்புத்திறனை வரையறு.
4. கூலூம் எதிர்த்தகவு இருமடி விதியைக் கூறு.
5. காந்த ஏற்புத்திறன் என்றால் என்ன?
6. பயட் – சாவர்ட் விதியைக் கூறு.
7. காந்த உட்புகுதிறன் என்றால் என்ன?
8. ஆம்பியர் சுற்று விதியைக் கூறு?
9. டயா, பாரா மற்றும் ஃபெர்ரோ காந்தவியலை ஒப்பிடு?
10. காந்தத் தயக்கம் என்றால் என்ன ?
11. காந்த ஒதுக்கம் மற்றும் காந்த சரிவு — வரையறு?
12. சைக்ளோட்ரானில் ஒத்ததிர்வு என்றால் என்ன?
13. ஆம்பியர் — வரையறு?
14. பிளெமிங் இடக்கை விதியைக் கூறு?
15. மின்சுற்று ஒன்றில் அம்மீட்டர் இணைக்கப்படுவது தொடரிணைப்பிலா அல்லது பக்க இணைப்பிலா ஏன்?
16. திசைவேகத் தேர்ந்தெடுப்பானின் கருத்தை விளக்குக?
17. காந்தப்புலத்தின் திசைக்கு செங்குத்தாக திசைவேகத்தின் திசை இல்லாத போது அதன் பாதை ஏன் வட்டமாக இருப்பதில்லை?
18. டயா / பாரா / பெர்ரோ காந்தப் பொருள்களின் பண்புகளைக் கூறுக?
19. புற காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்படும் போது ஒரு பெர்ரோ காந்தப் பொருளில் காணப்படும் பெருங்கூறுகளுக்கு என்ன நேரிடுகிறது?
20. திசைவேகத் தேர்ந்தெடுப்பான் என்றால் என்ன? அதன் வாய்ப்பாட்டைத் தருவி.

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 191 23-12-2022 18:08:31

III நெடுவினாக்கள்:

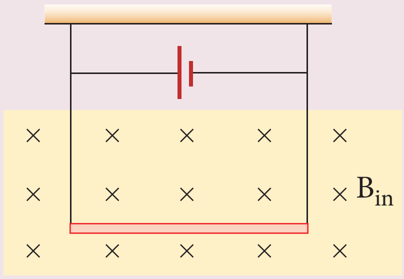
1. புவி காந்தப்புலத்தைப் பற்றி விரிவாக விளக்கவும்.
2. பயட்–சாவர்ட் விதி உதவியுடன் மின்னோட்டம் பாயும் முடிவிலா நீளம் கொண்ட நேர்க்கடத்தியால் ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புலத்துக்கான கோவையைப் பெறுக.
3. பயட்–சாவர்ட் விதி உதவியுடன் மின்னோட்டம் பாயும் வட்டவடிவக் கம்பிச் சுருளின் அச்சில் ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புலத்துக்கான கோவையைப் பெறுக.
4. சீரான காந்தப்புலத்திலுள்ள காந்த ஊசி ஒன்றின் மீது செயல்படும் திருப்பு விசைக்கான கோவையைப் பெறுக.
5. சட்ட காந்தமொன்றின் அச்சுக்கோட்டில் ஏதேனும் ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புலத்துக்கான கோவையைப் பெறுக.
6. சட்ட காந்தமொன்றின் நடுவரைக்கோட்டில் ஏதேனும் ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புலத்துக்கான கோவையைப் பெறுக.
7. ஆம்பியரின் சுற்றுவிதியைக் கொண்டு, மின்னோட்டம் பாயும் நீண்ட நேரான கடத்தியினால் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தைக் காண்க.
8. சைக்ளோட்ரான் இயங்கும் முறையை விரிவாக விளக்கவும்.
9. டேஞ்சன்ட் விதியைக்கூறி, அதனை விரிவாக விளக்கவும்.
10. காந்தப்புலத்தில் உள்ள மின்னோட்டச்சுற்றின் மீது செயல்படும் திருப்புவிசைக்கான கோவையை வருவி.
11. கால்வனோமீட்டர் ஒன்றை அம்மீட்டர் மற்றும் வோல்ட்மீட்டராக எவ்வாறு மாற்றுவது என்பதை விவரிக்கவும்.
12. ஆம்பியரின் சுற்று விதியின் உதவியுடன் நீண்ட வரிச்சுருளின் உட்புறம் மற்றும் வெளிப்புறத்தில் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தைக் கணக்கிடுக.
13. மின்னோட்டம் பாயும் இரு இணைக் கடத்திகளுக்கு இடையே உருவாகும் விசைக்கான கோவையைத் தருவி.
14. காந்தவியல் லாரன்சு விசையைப் பற்றி குறிப்பு வரைக.
15. மென் மற்றும் வன் பெர்ரோ காந்தப் பொருள்களின் பண்புகளை ஒப்பிடுக.
16. காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியின் மீது செயல்படும் விசைக்கான கோவையை வருவி.
17. இயங்கு சுருள் கால்வனோ மீட்டர் ஒன்றின் தத்துவம் மற்றும் இயங்கும் முறையை விளக்கவும்.

IV கணக்குகள்:

1. காந்தத்திருப்புத்திறன் $\vec{p}_m$ கொண்ட சட்ட காந்தமொன்று நான்கு துண்டுகளாக வெட்டப்படுகிறது. அதாவது முதலில் காந்தத்தின் அச்சைப்பொறுத்து இரண்டு துண்டுகளாகவும் பின்பு ஒவ்வொரு துண்டும், மேலும் இரண்டு துண்டுகளாகவும் வெட்டப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு துண்டின் காந்தத்திருப்புத்திறனையும் காண்க.

   [விடை: $\vec{p}_{m_{\text{புதிய}}} = \frac{1}{4}\vec{p}_m$]

2. நீள்அடர்த்தி $0.2\,\text{g}\,\text{m}^{-1}$ கொண்ட கடத்தி ஒன்று படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு இரண்டு நெகிழ்ச்சித்தன்மை கொண்ட கம்பிகளினால் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. தாளுக்கு உள்ளே செல்லும் திசையில் 1 T வலிமை கொண்ட காந்தப்புலத்திற்குள் இவ்வமைப்பு வைக்கப்படும்போது, கடத்தி தொங்க விடப்பட்டுள்ள கம்பிகளின் இழுவிசை சுழியாகிறது எனில், கடத்தியின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் மற்றும் மின்னோட்டம் பாயும் திசை ஆகிவற்றைக் காண்க. $g = 10\ \text{m s}^{-2}$ எனக் கருதுக.



   [விடை: 2 mA]

3. குறுக்குவெட்டுப்பரப்பு $0.1\ \text{cm}^2$ கொண்ட வட்டக்கம்பிச்சுருள் ஒன்று 0.2 T வலிமை கொண்ட சீரான காந்தப்புலம் ஒன்றினுள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. கம்பிச்சுருள் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் 3 A மேலும் கம்பிச்சுருளின் பரப்பு காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ளபோது பின்வருவனவற்றைக் காண்க.

   (அ) கம்பிச் சுருளின் மீது செயல்படும் மொத்த திருப்புவிசை

   (ஆ) கம்பிச் சுருளின் மீது செயல்படும் மொத்த விசை

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 192 23-12-2022 18:08:32

(இ) காந்தப்புலத்தினால் கம்பிச்சுருளில் உள்ள ஒவ்வொரு எலக்ட்ரானின் மீதும் செயல்படும் சராசரி விசை (கம்பிச்சுருள் செய்யப்பட்டுள்ள பொருளின் கட்டுறா எலக்ட்ரான் அடர்த்தி 10^{28} m^{-3} எனக் கொள்க).

[விடை: (அ) சுழி (ஆ) சுழி (இ) 0.6×10^{-23} N]

4. 0.8 T வலிமை கொண்ட சீரான காந்தப்புலம் ஒன்றினுள் சட்ட காந்தமானது வைக்கப் பட்டுள்ளது. சட்டகாந்தம் காந்தப்புலத்துடன் 30° கோணத்தை ஏற்படுத்தும்படி ஒருங்கமைந்து, 0.2 Nm திருப்புவிசையை உணர்கிறதெனில் பின்வருவனவற்றைக் கணக்கிடுக.

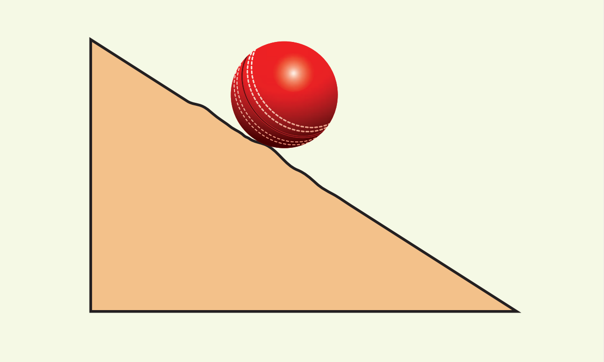
(i) சட்ட காந்தத்தின் காந்தத்திருப்புத்திறன்

(ii) மிகவும் உறுதியான ஒருங்கமைப்பில் (Most stable configuration) இருந்து மிகவும் உறுதியற்ற (Most unstable configuration) ஒருங்கமைப்பிற்கு சட்ட காந்தத்தை நகர்த்துவதற்கு அளிக்கப்படும் விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை மற்றும் செலுத்தப்படும் காந்தப்புலத்தால் செய்யப்படும் வேலை ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

[விடை: (i) 0.5 A m^2 (ii) W = 0.8 J மற்றும் $W_{\text{காந்தப்புலம்}}$ = -0.8 J]

5. 100 g நிறையும் 20 cm ஆரமும் கொண்ட மின்கடத்தா கோளத்தைச் சுற்றி தட்டையான கம்பியைக் கொண்டு 5 சுற்றுக்கள் இறுக்கமாக சுற்றப்படுகிறது. கம்பிச்சுருளின் தளம் சாய்தளத்திற்கு இணையாக இருக்கும்படி கோளம் சாய்தளத்தின் மீது வைக்கப்பட்டுள்ளது. 0.5 T வலிமை கொண்ட காந்தப்புலம் செங்குத்தாக மேல் நோக்கிச் செயல்படும்படி அமைக்கப்பட்டு கம்பிச்சுருள் வழியே மின்னோட்டம் செலுத்தப்படுகிறது. எவ்வளவு மின்னோட்டத்தை கம்பிச்சுருள் வழியே செலுத்தினால் கோளம் சாய்தளத்தின் மீது சமநிலையில் நிற்கும்.

[விடை: $\frac{2}{\pi}A$]



6. 1.5 A மின்னோட்டம் பாயும் சதுர வடிவ கடத்தியின் மையத்தில் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தைக் காண்க. சதுரத்தின் ஒவ்வொரு பக்கங்களின் நீளமும் 50 cm ஆகும்.

[விடை: 3.4×10^{-6} T]

மேற்கோள் நூல்கள் (BOOKS FOR REFERENCE)

1. H. C. Verma, *Concepts of Physics – Volume 2*, Bharati Bhawan Publisher.
2. Halliday, Resnick and Walker, *Fundamentals of Physics*, Wiley Publishers, 10th edition.
3. Serway and Jewett, *Physics for scientist and engineers with modern physics*, Brook/Coole publishers, Eighth edition.
4. David J. Griffiths, *Introduction to Electrodynamics*, Pearson publishers.
5. Rita John, *Solid State Physics (Magnetism chapter)*, McGraw Hill Education (India) Pvt. Ltd.
6. Paul Tipler and Gene Mosca, *Physics for scientist and engineers with modern physics*, Sixth edition, W.H. Freeman and Company.

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 193 23-12-2022 18:08:32

இணையச் செயல்பாடு

காந்தவியல்

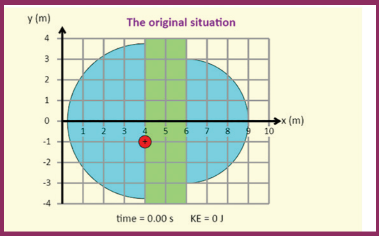
நோக்கம்: இந்த செயல்பாட்டின் மூலம் மாணவர்கள் சைக்ளோட்ரானின் அமைப்பு மற்றும் அது செயல்படும் விதம் பற்றி புரிந்து கொள்வார்கள்.

தலைப்பு:
சைக்ளோட்ரான்

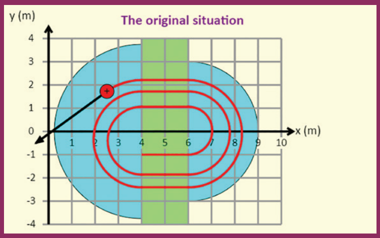
படிகள்

- 'physics.bu.edu/~duffy/HTML5/cyclotron.html' என்ற வலைப்பக்கத்துக்கு செல்லுங்கள்.
- 'play' என்ற பொத்தானை சொடுக்கி இரண்டு டீக்களுக்கிடையே இருக்கும் நேர்மின்னூட்டத்தை விடுவியுங்கள்.
- காந்தப்புலத்தில் இரண்டு டீக்களுக்கிடையே நேர்மின்னூட்டம் நகர்ந்து செல்லும் பாதையை கூர்ந்து கவனியுங்கள் .
- நேரத்தைப் பொறுத்து இயக்க ஆற்றல் அதிகரிப்பதை கவனியுங்கள்.

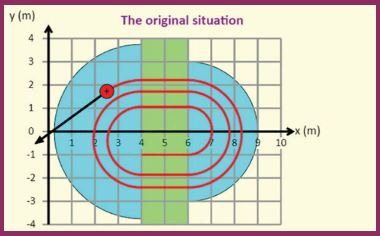
படி 1



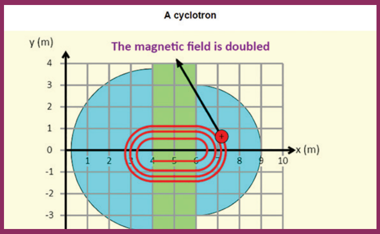
படி 2



படி 3



படி 4



ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் காந்தப்புலத்தையும் மின்புலத்தையும் இருமடங்காக்கும் போது இயக்க ஆற்றல் எவ்வாறு மாறுபடுகிறது என்பதை விவாதியுங்கள்.

உரலி:

http://physics.bu.edu/~duffy/HTML5/cyclotron.html

*படங்கள் அடையாளத்திற்கு மட்டும்.

* தேவையெனில் Flash Player or Java Script அனுமதிக்க.

12th Physics_Vol-1_Unit 3_Tamil Medium.indd 194 23-12-2022 18:08:34

அலகு
4

மின்காந்தத்தூண்டலும் மாறுதிசை மின்னோட்டமும்

"சோதனை அறிவியலில் இயற்கை உணர்த்துவதை நம் மனம் விருப்புவெறுப்பற்று ஏற்றுக்கொண்டால், இயற்கையே நமது அன்புத்தோழியாகவும் சிறந்த விமர்சகராகவும் திகழ்வார்" – மைக்கேல் ஃபாரடே

கற்றலின் நோக்கங்கள்:

இந்த அலகில் மாணவர்கள் அறிந்துகொள்வது

- மின்காந்தத்தூண்டல் நிகழ்வு
- தூண்டப்பட்ட மின் இயக்குவிசையின் திசையை அறிய லென்ஸ் விதியைப் பயன்படுத்துதல்
- சுழல் மின்னோட்டம் பற்றிய கருத்து மற்றும் அதன் பயன்கள்
- தன் மின்தூண்டல் மற்றும் பரிமாற்று மின்தூண்டல் நிகழ்வுகள்
- தூண்டப்பட்ட மின் இயக்குவிசையை உருவாக்கும் பல்வேறு முறைகள்
- *AC* மின்னியற்றிகளின் அமைப்பு மற்றும் செயல்பாடு
- மின் மாற்றிகளின் தத்துவம் மற்றும் நீண்ட தொலைவிற்கு மின்திறன் அனுப்புதலில் அதன் பங்கு
- மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் *RMS* மதிப்பு
- வெவ்வேறு *AC* சுற்றுகளில் கட்டம் மற்றும் கட்டத் தொடர்புகள் பற்றிய கருத்து
- *AC* சுற்றில் திறன் மற்றும் சுழித்திறன் மின்னோட்டம் பற்றிய நுண்ணறிவு
- *LC* அலைவுகளின் போது ஆற்றல் மாறா நிலையைப் புரிந்துகொள்ளுதல்

H3TZG

4.1. மின்காந்தத் தூண்டல் (ELECTROMAGNETIC INDUCTION)

4.1.1 அறிமுகம்

ஒரு கடத்தியின் வழியே மின்னோட்டம் பாயும்போது, அது கடத்தியைச் சுற்றி ஒரு காந்தப்புலத்தை உருவாக்குகிறது என்பதை முந்தைய பாடப்பகுதியில் கற்றோம். இது கிறிஸ்டியன் ஆர்ஸ்டெட் என்பவரால் கண்டறியப்பட்டது. பின்னர் மின்னோட்டம்–தாங்கிய சுற்று ஒன்று, சட்டக்காந்தத்தைப் போல செயல்படுகிறது என ஆம்பியர் நிரூபித்தார். இவை மின்னோட்டத்தால் உருவாக்கப்பட்ட காந்த விளைவுகள் ஆகும்.

இயற்பியலாளர்கள் மறுதலை விளைவை யோசிக்கத் தொடங்கினர். அதாவது காந்தப்புலத்தின் உதவியுடன் மின்னோட்டத்தை உருவாக்க முடியுமா? மறுதலை விளைவை நிறுவ தொடர்ச்சியாக பல சோதனைகள் நடத்தப்பட்டன. இந்தச் சோதனைகள் இங்கிலாந்தின் மைக்கேல் பாரடே மற்றும் அமெரிக்காவின் ஜோசப் ஹென்றி ஆகியோரால் ஒரே காலகட்டத்தில் தனித்தனியாக மேற்கொள்ளப்பட்டன. இந்த முயற்சிகள் வெற்றியடைந்து மின்காந்தத் தூண்டல் என்ற நிகழ்வு கண்டறியப்பட்டது. 1831 இல் மின்காந்தத் தூண்டலைக் கண்டுபிடித்தவர் என்ற பாராட்டை மைக்கேல் பாரடே பெற்றார்.

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 195 08-12-2022 12:09:37

இந்தப் பாடப்பகுதியில் பாரடேயின் சில சோதனைகள், அதன் முடிவுகள் மற்றும் மின்காந்தத் தூண்டல் நிகழ்வு ஆகியவற்றைக் காண்போம். அதற்கு முன் ஒரு மேற்பரப்புடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் பற்றி நினைவு படுத்துவோம்.

ஒரு நிகழ்வு !

மைக்கேல் பாரடே அவருடைய விரிவுரைகளுக்காகவும் மிகவும் பிரபலமாக இருந்தார். ஒரு விரிவுரையில் மின்காந்தத் தூண்டலை கண்டுபிடிப்பதற்கு வழிவகுத்த அவரது சோதனைகளைப் பற்றி செயல் விளக்கமளித்தார்.

விரிவுரையின் இறுதியில் பார்வையாளர்களில் ஒருவர் பாரடேவை அணுகி, "பாரடே அவர்களே, காந்தம் மற்றும் கம்பிச்சுருளின் செயல்பாடு ஆர்வமூட்டுவதாக இருந்தது. ஆனால் அதன் பயன் என்ன?" என்று வினவினார். பாரடே சாந்தமாக பதிலளித்தார், "ஐயா, புதிதாய் பிறந்த ஒரு குழந்தையின் பயன் என்ன?"

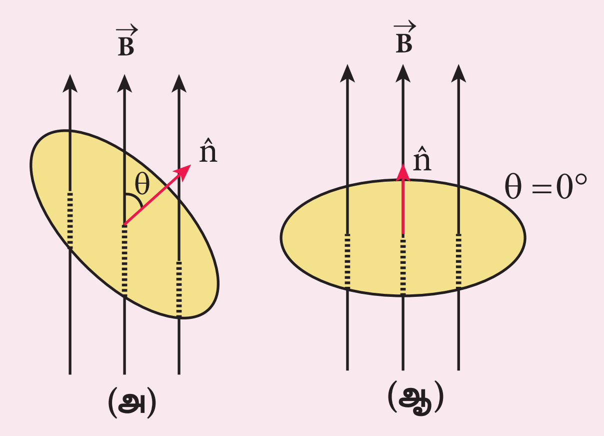
குறிப்பு: தற்போது பெரியவராக வளர்ந்து, ஆற்றல் தேவைகளை பூர்த்தி செய்யும் அந்த சிறிய குழந்தையின் பெருமையை விரைவில் காணலாம்.

4.1.2 காந்தப்பாயம் (Φ_B): (Magnetic flux)

ஒரு காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள பரப்பு A உடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் Φ_B என்பது அந்தப் பரப்பின் வழியே செங்குத்தாக கடந்து செல்லும் காந்தப்புலக் கோடுகளின் எண்ணிக்கை என வரையறுக்கப்படுகிறது. மேலும் அதற்கான சமன்பாடு பின்வருமாறு (படம் 4.1(அ)).

$$\Phi_B = \int_A \vec{B}.\, d\vec{A} \qquad (4.1)$$

இங்கு தொகையீடானது பரப்பு A இன் மேல் எடுக்கப்பட்டுள்ளது. θ என்பது காந்தப்புலத்தின் திசைக்கும், பரப்பின் வெளிநோக்கிய செங்குத்துக்கும் இடையே உள்ள கோணமாகும்.



படம் 4.1 காந்தப்பாயம்

படம் 4.1(ஆ) இல் காட்டியுள்ளவாறு காந்தப்புலம் $\vec{B}$ ஆனது பரப்பு A இன் மீது சீராகவும் மற்றும் பரப்பிற்கு செங்குத்தாகவும் இருந்தால், மேற்கண்ட சமன்பாடானது

$$\Phi_B = \int_A \vec{B}.\, d\vec{A} = BA\cos\theta$$

$$= BA \quad \text{ஏனெனில் } \theta = 0°, \ \cos 0° = 1$$

காந்தப்பாயத்தின் SI அலகு T m^2. இது வெபர் அல்லது Wb எனவும் அளவிடப்படுகிறது.

$$1\ \text{Wb} = 1\ \text{T m}^2$$

எடுத்துக்காட்டு 4.1

3 m^2 பரப்பு கொண்ட வட்ட விண்ணலைக்கம்பி (Circular Antenna) ஒன்று மதுரையில் உள்ள ஒரு இடத்தில் நிறுவப்பட்டுள்ளது. விண்ணலைக் கம்பியின் பரப்பின் தளம் புவிகாந்தப்புலத் திசைக்கு 47° சாய்வாக உள்ளது. அந்த இடத்தில் புவிகாந்தப்புலத்தின் மதிப்பு 4.1×10^{-5} T எனில், விண்ணலைக் கம்பியுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயத்தை கணக்கிடுக.

தீர்வு:

$B = 4.1 \times 10^{-5}$ T; $\theta = 90^o - 47^o = 43^\circ$; $A = 3m^2$

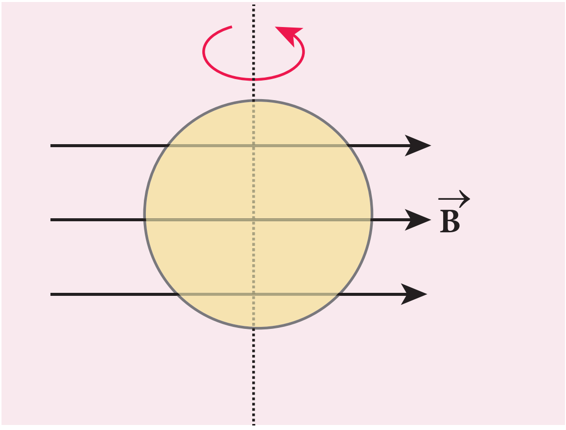
நாம் அறிந்த வகையில், $\Phi_B = BA\cos\theta$

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 196 08-12-2022 12:09:39

$$\Phi_B = 4.1 \times 10^{-5} \times 3 \times \cos 43^{\circ}$$
$$= 4.1 \times 10^{-5} \times 3 \times 0.7314$$
$$= 89.96\ \mu\text{Wb}$$

எடுத்துக்காட்டு 4.2

$5 \times 10^{-2}\ m^2$ பரப்புள்ள ஒரு வட்ட வடிவச் சுற்று, 0.2 T சீரான காந்தப்புலத்தில் சுழல்கிறது. படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு சுற்றானது காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ள அதன் விட்டத்தைப் பொருத்து சுழன்றால், சுற்றின் தளமானது (i) புலத்திற்கு செங்குத்தாக (ii) புலத்திற்கு 60° சாய்வாக மற்றும் (iii) புலத்திற்கு இணையாக உள்ளபோது சுற்றுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயத்தைக் கணக்கிடுக.



தீர்வு:

$A = 5 \times 10^{-2} m^2; B = 0.2\ T$

(i) $\theta = 0^{\circ}$;

$$\Phi_B = BA\cos\theta = 0.2 \times 5 \times 10^{-2} \times \cos 0^{\circ}$$
$$\Phi_B = 1 \times 10^{-2}\ \text{Wb}$$

(ii) $\theta = 90^{\circ} - 60^{\circ} = 30^{\circ}$;

$$\Phi_B = BA\cos\theta = 0.2 \times 5 \times 10^{-2} \times \cos 30^{\circ}$$
$$\Phi_B = 1 \times 10^{-2} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 8.66 \times 10^{-3}\ \text{Wb}$$

(iii) $\theta = 90^{\circ}$;

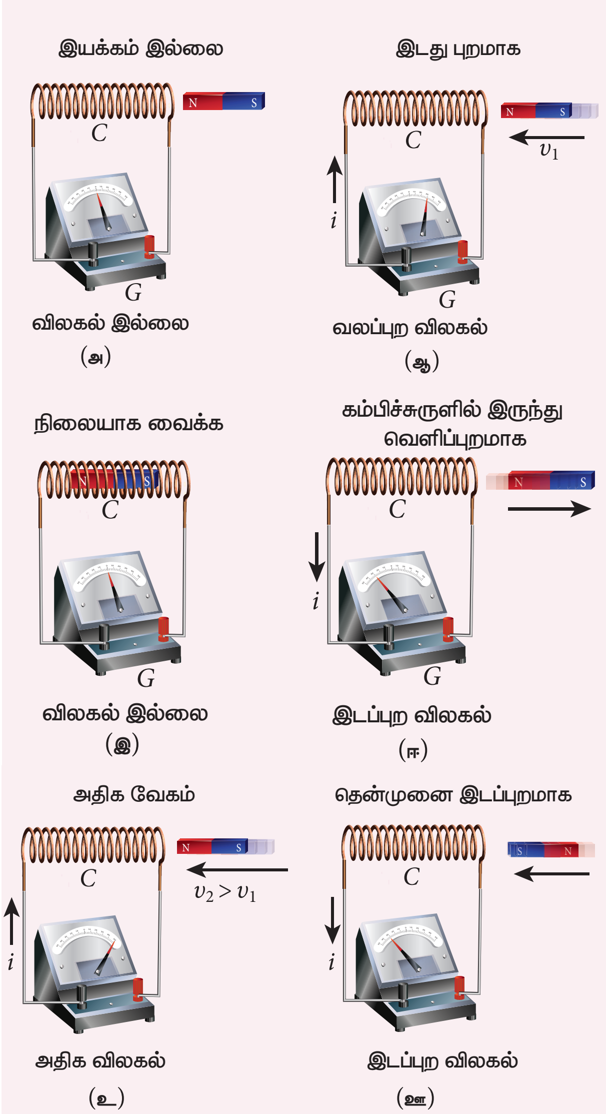
$$\Phi_B = BA\cos 90^{\circ} = 0$$

4.1.3 பாரடேயின் மின்காந்தத் தூண்டல் சோதனைகள்:

முதல் சோதனை:

காப்பிடப்பட்ட கம்பிச்சுருள் C மற்றும் கால்வனோமீட்டர் G ஆகியவற்றைக் கொண்டுள்ள மூடிய சுற்று ஒன்றைக் கருதுக (படம் 4.2 (அ)). சுற்றில் மின்னோட்டம் இல்லாததால் கால்வனோமீட்டர் விலகல் அடையாது.

நிலையான கம்பிச்சுருளினுள் சட்ட காந்தமானது அதன் வடமுனை கம்பிச்சுருளை நோக்கிஇருக்குமாறு நுழைக்கப்படும்போது கால்வனோமீட்டரில் ஒரு விலகல் ஏற்படுகிறது. இது கம்பிச்சுருளில் ஒரு மின்னோட்டம் பாய்வதைக் குறிக்கிறது (படம் 4.2(ஆ)). கம்பிச்சுருளினுள் காந்தத்தை நிலையாக வைக்கும்



படம் 4.2 பாரடேயின் முதல் சோதனை

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 197 08-12-2022 12:09:43

பொழுது கால்வனோமீட்டர் விலகலைக் காட்டாது (படம் 4.2 (இ)).

சட்டகாந்தமானது தற்போது கம்பிச்சுருளினுள் இருந்து வெளியே எடுக்கப்படும் பொழுது கால்வனோமீட்டரில் மீண்டும் ஒரு கணநேர விலகல் எதிர்த்திசையில் ஏற்படுகிறது. எனவே மின்னோட்டமானது எதிர்த்திசையில் பாய்கிறது (படம் 4.2 (ஈ)). காந்தம் வேகமாக நகர்த்தப்பட்டால் சுற்றில் அதிக மின்னோட்டம் உருவாகி, அதிக விலகலை ஏற்படுத்துகிறது (படம் 4.2 (உ)).

தற்போது சட்ட காந்தம் திருப்பப்பட்டு, தென்முனை கம்பிச்சுருளை நோக்கி இருக்குமாறு வைக்கப்படுகிறது. மேற்கண்ட சோதனையை மீண்டும் செய்தால், வடமுனைக்கு தோன்றிய விலகல்களுக்கு எதிர்த்திசையில் விலகல்கள் ஏற்படுகின்றன (படம் 4.2 (ஊ)).

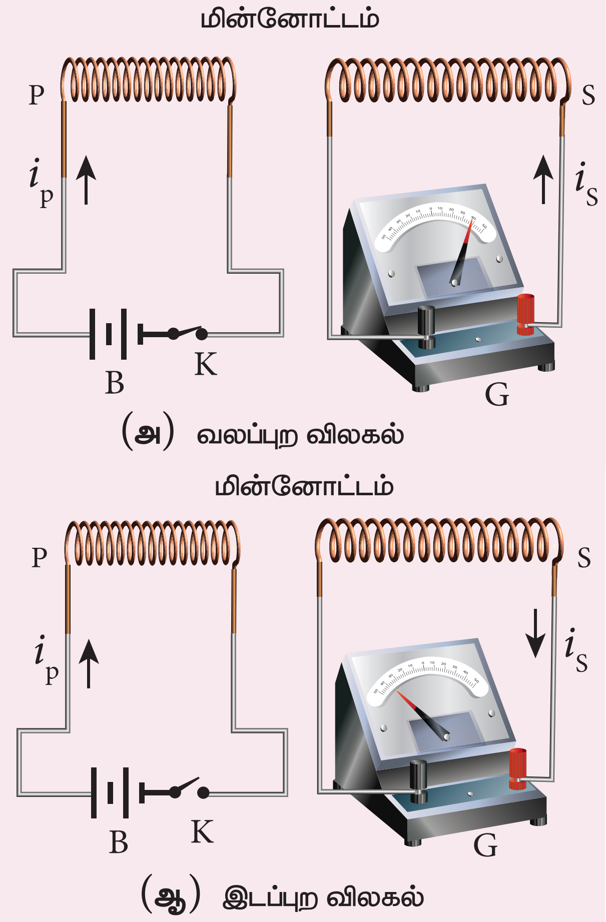
காந்தத்தை நிலையாக வைத்து கம்பிச்சுருளை காந்தத்தை நோக்கி அல்லது வெளிப்புறமாக நகர்த்தினால் அதே முடிவுகள் கிடைக்கின்றன. முடிவாக, காந்தம் மற்றும் கம்பிச்சுருளுக்கு இடையே ஒரு சார்பு இயக்கம் உள்ளபோதெல்லாம் கம்பிச்சுருளில் மின்னோட்டம் உருவாவதைக் குறிக்கும் வகையில் கால்வனோமீட்டரில் விலகல் தோன்றுகிறது.

இரண்டாவது சோதனை:

படம் 4.3(அ) இல் காட்டியுள்ளவாறு இரு மூடிய சுற்றுகளைக் கருதுக. கம்பிச்சுருள் P, மின்கலன் B மற்றும் சாவி K ஆகியவற்றைக் கொண்டுள்ள சுற்று முதன்மைச் சுற்று எனப்படும். கம்பிச்சுருள் S மற்றும் கால்வனோமீட்டர் G ஆகியவை உள்ள சுற்று துணைச் சுற்று எனப்படும். கம்பிச்சுருள்கள் P மற்றும் S இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று அருகில் ஓய்வு நிலையில் வைக்கப்பட்டுள்ளன.

முதன்மைச்சுற்று மூடப்பட்டால் அதில் மின்னோட்டம் பாயத் தொடங்குகிறது. அந்த நேரத்தில் கால்வனோமீட்டரில் ஒரு கணநேர விலகல் தோன்றுகிறது (படம் 4.3(அ)). மின்னோட்டம் ஒரு நிலையான மதிப்பை அடைந்தவுடன் கால்வனோமீட்டரில் விலகல் தோன்றுவதில்லை.

அதே போல முதன்மைச்சுற்று முறிக்கப்பட்டால், மின்னோட்டம் குறையத் தொடங்குகிறது. அப்போது எதிர்த்திசையில் ஒரு உடனடி விலகல் மீண்டும் ஏற்படுகிறது (படம் 4.3 (ஆ)).



படம் 4.3 பாரடேயின் இரண்டாவது சோதனை

மேற்கண்ட காட்சிப்பதிவுகளில் இருந்து பெறப்படும் முடிவானது, முதன்மைச்சுற்றில் மின்னோட்டம் மாறும்போதெல்லாம் கால்வனோமீட்டர் விலகலைக் காட்டுகிறது.

பாரடேயின் மின்காந்தத்தூண்டல் விதி:

பாரடேயின் சோதனை முடிவுகளில் இருந்து அவர் உணர்ந்து கொண்டது யாதெனில்,

ஒரு மூடிய கம்பிச்சுருளுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் மாறும்போதெல்லாம், ஒரு மின்னியக்கு விசை தூண்டப்பட்டு அதனால் சுற்றில் ஒரு மின்னோட்டம் பாய்கிறது. இந்த மின்னோட்டம் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் எனப்படும். அந்த மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்திய மின்னியக்கு விசை தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை எனப்படுகிறது. இந்த நிகழ்வு மின்காந்தத்தூண்டல் என அழைக்கப்படுகிறது.

இந்தக் கருத்துகளின் அடிப்படையில் பாரடேயின் சோதனைகளை கீழ்க்காணும் வகையில் புரிந்து கொள்ளலாம்.

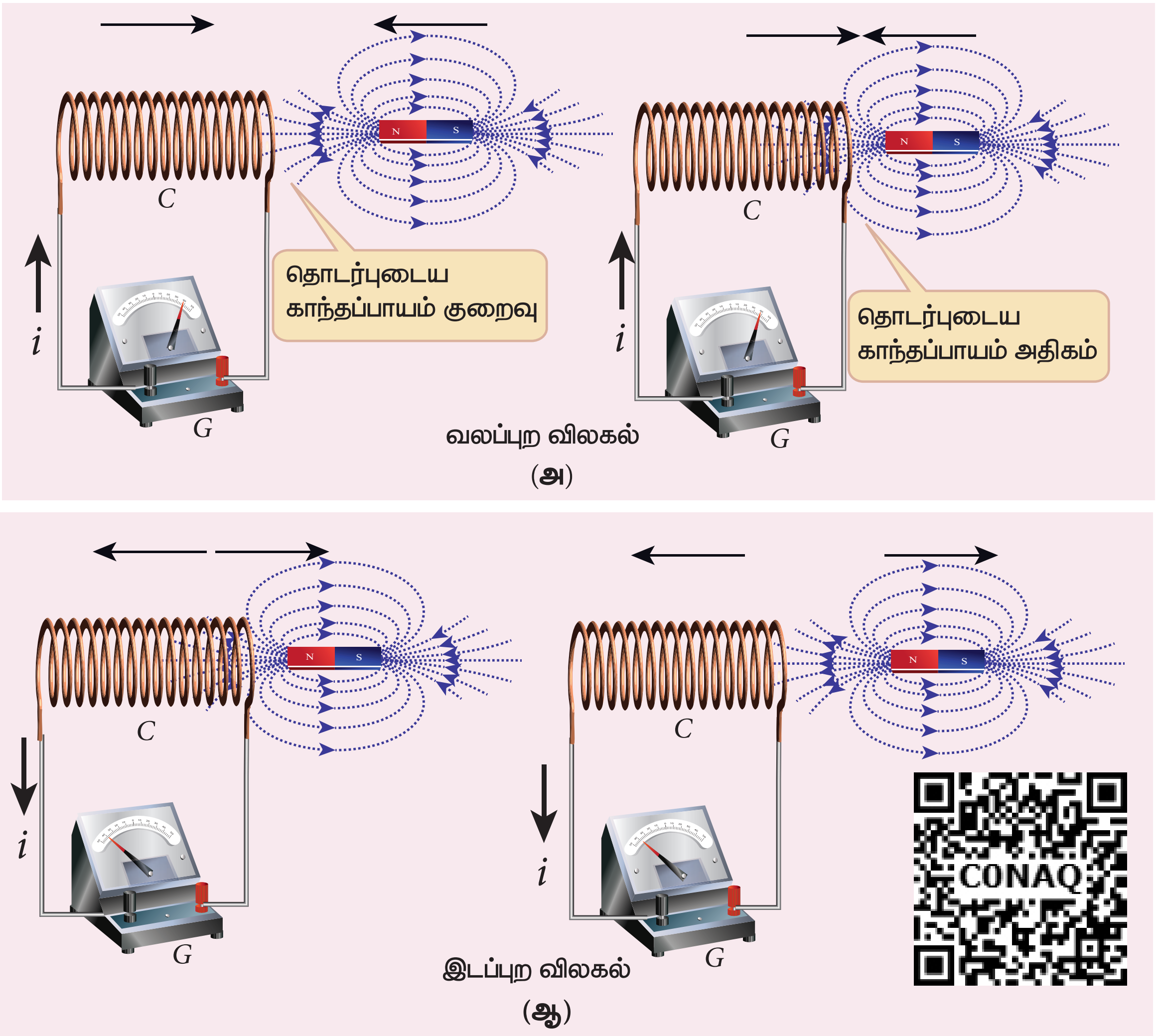
12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 198 08-12-2022 12:09:44

முதலாவது சோதனையில், சட்ட காந்தம் ஒன்று கம்பிச்சுருளுக்கு அருகில் வைக்கப்பட்டால் சட்ட காந்தத்தின் சில காந்தப்புலக் கோடுகள் கம்பிச்சுருளின் வழியே செல்கின்றன. அதாவது கம்பிச்சுருளுடன் காந்தப்பாயம் தொடர்புடையதாக ஆகிறது. சட்டகாந்தமும் கம்பிச்சுருளும் ஒன்றை ஒன்று நெருங்கும்போது கம்பிச்சுருளுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் அதிகரிக்கிறது. எனவே இந்த காந்தப்பாய அதிகரிப்பு ஒரு மின்னியக்கு விசையைத் தூண்டுகிறது. அதனால் சுற்றில் கணநேர மின்னோட்டம் ஒரு திசையில் பாய்கிறது (படம் 4.4 (அ)).

அதே நேரத்தில் அவை ஒன்றைவிட்டு ஒன்று விலகும் போது கம்பிச்சுருளுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் குறைகிறது. காந்தப்பாயக்குறைவு ஒரு மின்னியக்கு விசையை எதிர்த்திசையில் தூண்டி, ஒரு எதிர்த்திசை மின்னோட்டம் சுற்றில் பாய்கிறது (படம் 4.4 (ஆ)). எனவே கம்பிச்சுருள் மற்றும் காந்தம் இடையே சார்பு இயக்கம் உள்ளபோது கால்வனோமீட்டரில் விலகல் உள்ளது.

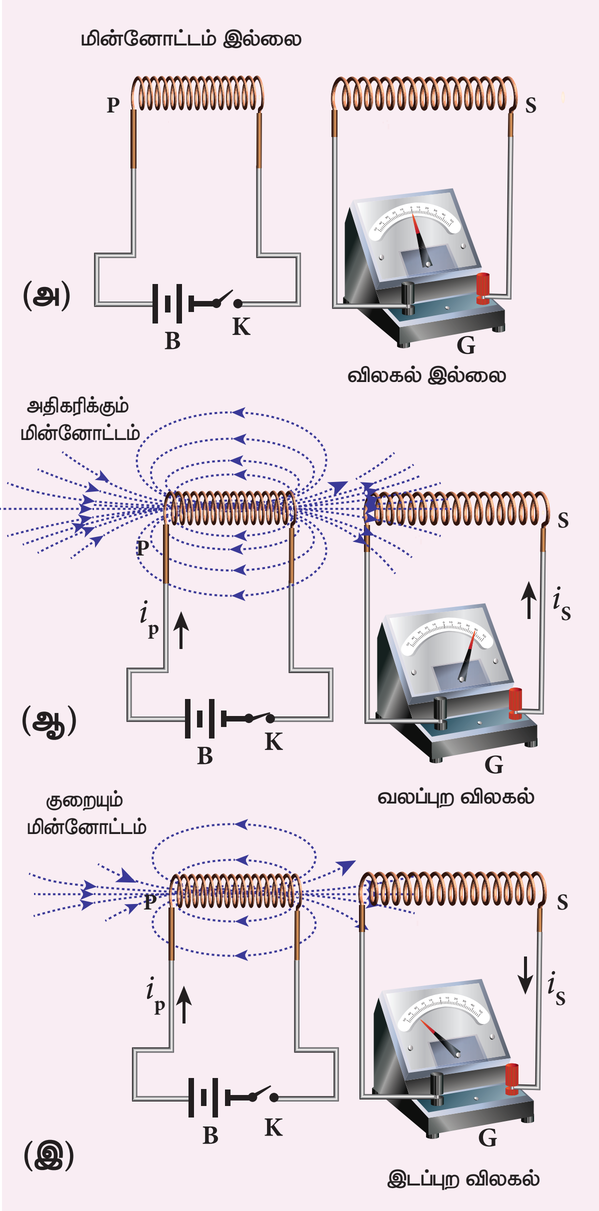
இரண்டாவது சோதனையில், முதன்மைச்சுருள் P இல் மின்னோட்டம் செல்லும் போது அதனைச் சுற்றி காந்தப்புலம் ஒன்று உருவாகிறது. இந்த காந்தப்புலத்தின் கோடுகள் அச்சுருள் வழியேயும், அருகமை துணைச்சுருள் S இன் வழியேயும் கடந்து செல்லும்.

முதன்மைச்சுற்று திறந்தநிலையில் உள்ளபோது அதில் மின்னோட்டம் பாய்வதில்லை. எனவே, துணைச்சுருளோடு தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் சுழியாகும் (படம் 4.5 (அ)).



படம் 4.4 பாரடேயின் முதலாவது சோதனையை விளக்குதல்

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 199 08-12-2022 12:09:45



படம் 4.5 பாரடேயின் இரண்டாவது சோதனையை விளக்குதல்

எனினும், முதன்மைச்சுற்று மூடப்படும்போது அதிகரிக்கும் மின்னோட்டம் முதன்மைச்சுருளைச் சுற்றி உள்ள காந்தப்புலத்தை அதிகரிக்கிறது. ஆகையால், துணைச்சுருளோடு தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் அதிகரிக்கிறது. அதிகரிக்கும் காந்தப்பாயம் துணைச் சுருளில் ஒரு கணநேர மின்னோட்டத்தை தூண்டுகிறது (படம் 4.5 (ஆ)).

முதன்மைச்சுருளில் உள்ள மின்னோட்டம் ஒரு நிலையான மதிப்பை அடைந்த பிறகு துணைச்சுருளோடு தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் மாறாது. எனவே துணைச்சுருளில் மின்னோட்டம் மறையும்.

அதேபோலமுதன்மைச்சுற்றுதிறக்கப்படும்போது மின்னோட்டம் குறைகிறது. அது துணைச்சுருளில் மின்னோட்டத்தை எதிர்த்திசையில் தூண்டுகிறது (படம் 4.5 (இ)). எனவே எப்போதெல்லாம் முதன்மைச்சுருள் மின்னோட்டத்தில் மாற்றம் உள்ளதோ அப்போது கால்வனோமீட்டரில் விலகல் உள்ளது.

பாரடேயின் சோதனை முடிவுகள் இரு விதிகளாகக் கூறப்பட்டுள்ளன.

முதல் விதி:

ஒரு மூடிய சுற்றுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் மாறும் போதெல்லாம் சுற்றில் ஒரு மின்னியக்குவிசை தூண்டப்படுகிறது. காந்தப்பாயம் மாறுகின்ற வரை மின்னியக்கு விசை சுற்றில் இருக்கும்.

இரண்டாம் விதி:

ஒரு மூடிய சுற்றில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் எண்மதிப்பு, நேரத்தைப் பொருத்து சுற்றுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் மாறும் வீதத்திற்கு சமமாகும்.

dt என்ற நேரத்தில் ஒரு சுற்றுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் $d\Phi_B$ என்ற அளவு மாறினால், அச்சுற்றில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை

$$\varepsilon = \frac{d\Phi_B}{dt}$$

N சுற்றுகள் கொண்ட கம்பிச்சுருளில் ஒவ்வொரு சுற்றின் பரப்பும் சமமாக உள்ளவாறு இறுக்கமாக சுற்றப்பட்டால், ஒவ்வொரு சுற்றின் வழியே செல்லும் பாயமும் சமமாகும். எனவே கம்பிச்சுருளில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையானது

$$\varepsilon = N\frac{d(\Phi_B)}{dt} = \frac{d(N\Phi_B)}{dt} \qquad (4.2)$$

இங்கு $N\Phi_B$ என்பது பாயத்தொடர்பு எனப்படும். அது சுருளின் மொத்த சுற்றுகள் N மற்றும் ஒவ்வொரு சுற்றுடன் தொடர்புள்ள காந்தப்பாயம் Φ_B ஆகியவற்றின் பெருக்குத் தொகை என வரையறுக்கப்படுகிறது.

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 200 08-12-2022 12:09:46

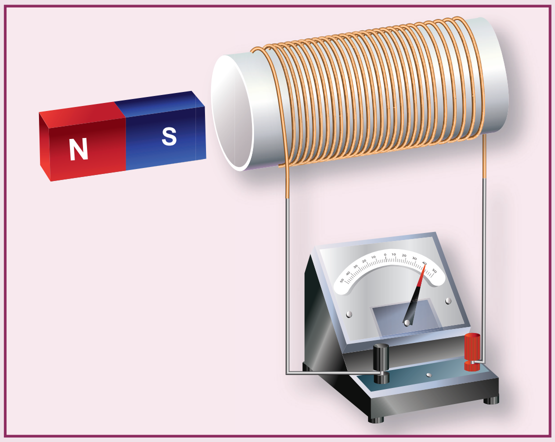
மின்காந்தத் தூண்டலின் முக்கியத்துவம்!

மின்காந்தத்தூண்டல் நிகழ்வின் பயன்பாடு இன்றைய வாழ்க்கையில் எல்லா இடங்களிலும் உள்ளது. வீட்டு உபயோக சாதனங்கள் முதல் பெரிய தொழிற்சாலை இயந்திரங்கள் வரை, கைபேசி முதல் கணினி மற்றும் இணையம் வரை, மின்சார கிடார் முதல் செயற்கைக்கோள் தகவல் தொடர்பு வரை, அனைத்தும் செயல்பட மின்சாரம் தேவை. மின்திறனுக்கான தேவை எப்போதும் அதிகரித்துக் கொண்டே உள்ளது.

மின்காந்தத்தூண்டல் நிகழ்வின்படி செயல்படும் மின்னியற்றிகள் மற்றும் மின்மாற்றிகளின் உதவியுடன் மின்திறனுக்கான தேவை நிறைவு செய்யப்படுகிறது. எனவே மின்காந்தத் தூண்டல் கண்டுபிடிப்பு இல்லையென்றால், மனிதனின் நவீன சொகுசு வாழ்க்கை சாத்தியமாகி இருக்காது .

செயல்பாடு

மின்காந்தத் தூண்டலை ஆராய்தல்



படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு ஒரு காப்பிடப்பட்ட கம்பிச்சுருளை மென்மையான உள்ளீடற்ற உள்ளகத்தின் மீது சுற்றியும் அதனுடன் கால்வனோமீட்டரை இணைத்தும் ஒரு சுற்றினை உருவாக்குக. மெல்லிய கம்பியைப் பயன்படுத்தினால் நல்லது. ஏனெனில் கிடைக்கும் இடைவெளியில் அதிக சுற்றுகளை சுற்றலாம். ஒரு வலிமையான சட்டகாந்தத்தின் உதவியுடன், பாரடேயின் முதலாவது சோதனையில் விவரிக்கப்பட்டவாறு மின்காந்தத் தூண்டல் பற்றிய நேரடி அனுபவத்தை மாணவர்கள் பெறலாம்.

எடுத்துக்காட்டு 4.3

ஒரு உருளை வடிவ சட்டக்காந்தம் ஒரு வரிச்சுருளின் அச்சின் வழியே வைக்கப்பட்டுள்ளது. காந்தமானது சுருளின் அச்சைப் பொருத்து சுழற்றப்பட்டால், சுருளில் மின்னோட்டம் தூண்டப்படுமா என்பதைக் காண்க.

தீர்வு:

ஒரு உருளை வடிவ காந்தத்தின் காந்தப்புலம் அதன் அச்சைப் பொருத்து சமச்சீராக உள்ளது. காந்தமானது வரிச்சுருளின் அச்சின் வழியே சுழற்றப்படுவதால் வரிச்சுருளில் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் உருவாகாது. ஏனெனில் காந்தத்தின் சுழற்சியால் வரிச்சுருளோடு தொடர்புடைய பாயம் மாறுவதில்லை.

எடுத்துக்காட்டு 4.4

2 T என்ற ஒரு காந்தப்புலத்தில் 40 சுற்றுகள் மற்றும் 200 cm^2 பரப்பு கொண்ட மூடிய சுருள் ஒன்று சுழற்றப்படுகிறது. அது 0.2 விநாடி நேரத்தில் அதன் தளம் புலத்திற்கு 30° கோணத்தில் இருக்கும் நிலையில் இருந்து, புலத்திற்கு செங்குத்தாக இருக்கும் நிலைக்கு சுழலுகிறது. அதன் சுழற்சியின் காரணமாக சுருளில் தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசையைக் காண்க.

தீர்வு:

$N = 40$ சுற்றுகள்; $B = 2\ \text{Wb m}^{-2}$

$A = 200\ \text{cm}^2 = 200 \times 10^{-4}\ \text{m}^2$;

தொடக்க பாயம், $\Phi_i = BA\cos\theta$

$$= 2\times200\times10^{-4}\times\cos60^\circ$$

ஏனெனில் $\theta = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$

$$\Phi_i = 2\times10^{-2}\,\text{Wb}$$

இறுதி பாயம், $\Phi_f = BA\cos\theta$

$$= 2\times200\times10^{-4}\times\cos0^\circ$$

ஏனெனில் $\theta = 0^\circ$

$$\Phi_f = 4\times10^{-2}\,\text{Wb}$$

தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் எண்மதிப்பு

$$\varepsilon = N\frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$= \frac{40\times\left(4\times10^{-2}-2\times10^{-2}\right)}{0.2} = 4\text{V}$$

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 201 08-12-2022 12:09:49

எடுத்துக்காட்டு 4.5

ஒரு நேரான கடத்தக்கூடிய கம்பியானது ஒரு குறிப்பிட்ட உயரத்திலிருந்து அதன் நீளம் கிழக்கு – மேற்கு திசையில் உள்ளவாறு கிடைமட்டமாக விழச் செய்யப்படுகிறது. அதில் ஒரு மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுமா? உனது விடையை நியாயப்படுத்துக.

தீர்வு:

ஆம்! கம்பியில் ஒரு மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படும். ஏனெனில் அது புவி காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக் கூறுக்கு செங்குத்தாக இயங்குகிறது. அப்பொழுது புவிக்காந்தப்புலத்தின் காந்தப்புலக் கோடுகளை வெட்டுகிறது.

4.1.4 லென்ஸ் விதி:

ஜெர்மன் இயற்பியலாளர் ஹென்றிச் லென்ஸ் மின்காந்தத் தூண்டலைப் பற்றி தொடர்ச்சியான ஆய்வுகளை மேற்கொண்டு தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையை தீர்மானிக்க ஒரு விதியை உருவாக்கினார். இந்த விதி லென்ஸ் விதி என அழைக்கப்படுகிறது.

லென்ஸ் விதியின்படி தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையானது அதன் உருவாக்கத்திற்கு காரணமானதை எப்போதும் எதிர்க்கும் விதத்தில் அமையும்.

ஒரு கம்பிச் சுருளோடு தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் மாறும் போதெல்லாம் சுற்றில் மின்னோட்டம் தூண்டப்படுகிறது என்பதை பாரடே கண்டுபிடித்தார். இங்கு பாய மாற்றம் காரணமாகவும், தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் விளைவாகவும் உள்ளன. விளைவானது எப்போதும் காரணத்தை எதிர்க்கும் என லென்ஸ் விதி கூறுகிறது. எனவே தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் காந்தப்பாய மாற்றத்தை எதிர்க்கக்கூடிய திசையில் பாய வேண்டும்.

பாரடே விதியுடன் லென்ஸ் விதியை இணைத்து, சமன்பாடு (4.2) பின்வருமாறு மாற்றி எழுதப்படுகிறது.

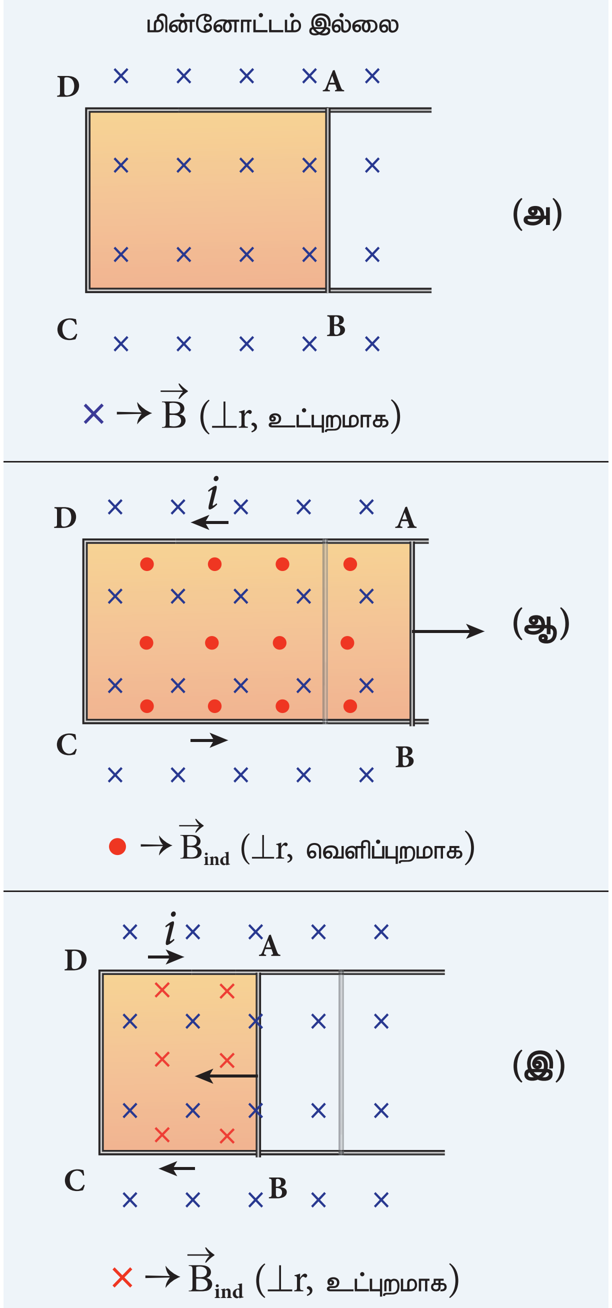
$$\varepsilon = -\frac{d(N\Phi_B)}{dt} \qquad (4.3)$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டில் உள்ள எதிர்க்குறியானது தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் திசை, காந்தப்பாய மாறுதலை எதிர்க்கும் வகையில் அமையும் என்பதைக் குறிக்கிறது.

லென்ஸ் விதியைப் புரிந்து கொள்ள நாம் இரு காட்சி விளக்கங்களை கருதி, அவற்றின் மூலம் சுற்றில் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையைக் காணலாம்.

காட்சி விளக்கம் 1:

ஒரு சீரான காந்தப்புலத்தைக் கருதுக. அதன் புலக்கோடுகள் தாளின் தளத்திற்கு செங்குத்தாகவும் உள்நோக்கியும் உள்ளன. படம் 4.6 (அ) இல் காட்டியுள்ளவாறு இந்த புலக்கோடுகள்



படம் 4.6 லென்ஸ் விதியின் முதல் காட்சி விளக்கம்

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 202 08-12-2022 12:09:50

குறுக்குக்கோடுகளால் (×) குறிக்கப்படுகின்றன. புலத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ளவாறு ஒரு செவ்வக உலோக சட்டம் $ABCD$ காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. AB என்ற புயம் (கம்பித் துண்டு) வலது அல்லது இடது புறமாக நகரும் வகையில் அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

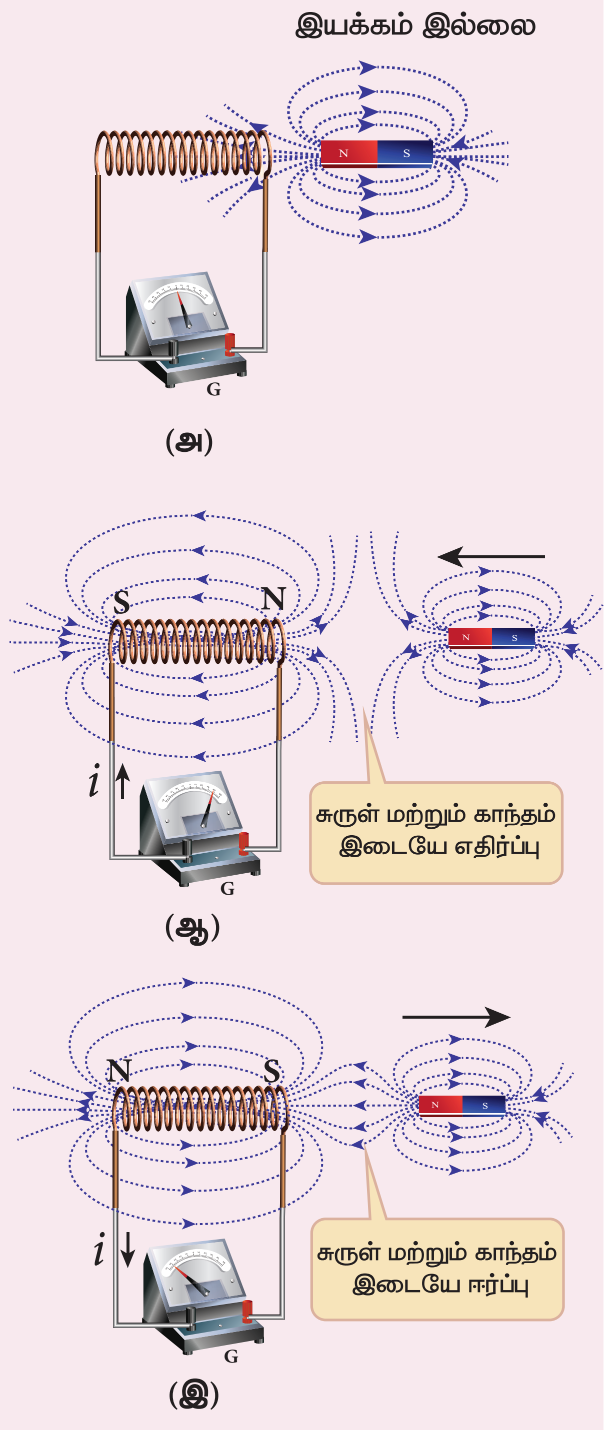
புயம் AB நமக்கு வலது புறமாக நகர்ந்தால், $ABCD$ சட்டத்தின் வழியே செல்லும் புலக்கோடுகளின் எண்ணிக்கை (காந்தப்பாயம்) அதிகரிக்கிறது. அதனால் ஒரு மின்னோட்டம் தூண்டப்படுகிறது. லென்ஸ் விதியில் கூறியபடி தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் பாய அதிகரிப்பை எதிர்க்கிறது. **காந்தப்பாயத்தை குறைக்கும் வகையில் வெளிப்புறம் நோக்கிய திசையில் மற்றொரு காந்தப்புலத்தை உருவாக்குகிறது. அது தற்போதுள்ள காந்தப் புலத்திற்கு எதிர்த்திசையில் அமையும்.**

இவ்வாறு தூண்டப்பட்ட காந்தப்புலக் கோடுகள் படம் 4.6(ஆ) இல் சிவப்பு நிற வட்டங்களால் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. வலக்கை பெருவிரல் விதியைப் பயன்படுத்தி, தூண்டப்பட்ட காந்தப்புலத்தின் திசையில் இருந்து மின்னோட்டத்தின் திசை இடஞ்சுழியாக உள்ளதை அறியலாம்.

புயம் AB இடப்புறமாக நகர்ந்தால் காந்தப்பாயம் குறைகிறது. அப்போது தூண்டப்படும் மின்னோட்டமானது **காந்தப்பாயத்தை அதிகரிக்கும் வகையில், அதாவது உள்நோக்கிய திசையில் காந்தப்புலத்தை (சிவப்பு நிற குறுக்குக்கோடுகள்) உருவாக்குகிறது**. அது ஏற்கனவே உள்ள காந்தப்புலத்தின் திசையில் அமையும் (படம் 4.6 (இ)). எனவே தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தால் பாயக்குறைவு எதிர்க்கப்படுகிறது. இதிலிருந்து தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் வலஞ்சுழியாக பாய்வது தெரிய வருகிறது.

காட்சி விளக்கம் 2:

வடமுனை வரிச்சுருளை நோக்கி இருக்குமாறு ஒரு சட்டக்காந்தத்தை வரிச்சுருளை நோக்கி நகர்த்துவோம் (படம் 4.7(ஆ)). இந்த இயக்கம் கம்பிச்சுருளின் காந்தப்பாயத்தை அதிகரிக்கிறது. அதனால் ஒரு மின்னோட்டம் தூண்டப்படுகிறது. தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் பாய்வதால் வரிச்சுருள் அதன் இருமுனைகளிலும் காந்த முனைகளைக் கொண்டுள்ள காந்த இருமுனையாக மாறுகிறது.



படம் 4.7 லென்ஸ் விதியின் இரண்டாம் காட்சி விளக்கம்

இந்த நேர்வில் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தை உருவாக்கும் காரணி காந்தத்தின் இயக்கம் ஆகும். லென்ஸ் விதிப்படி தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் கம்பிச்சுருளை நோக்கிய வடமுனையின் இயக்கத்தை எதிர்க்கும் விதத்தில் பாய வேண்டும். காந்தத்திற்கு அருகில் உள்ள வரிச்சுருளின் முனை வடமுனையாக அமைந்தால் இது சாத்தியமாகும் (படம் 4.7(ஆ)). பிறகு அது சட்ட காந்தத்தின் வட முனையை விரட்டும் அதாவது

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 203 08-12-2022 12:09:50

காந்தத்தின் இயக்கத்தை எதிர்க்கும். வரிச்சுருளின் காந்த முனைகளை அறிந்ததும் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையை வலக்கை பெருவிரல் விதியின் மூலம் அறியலாம்.

சட்டக்காந்தத்தை வெளிப்புறமாக நகர்த்தினால் அருகில் உள்ள வரிச்சுருளின் முனை தென்முனையாக அமையும். இது சட்ட காந்தத்தின் வடமுனையை கவர்ந்து இழுத்து, காந்தத்தின் விலகிச் செல்லும் இயக்கத்தை எதிர்க்கிறது (படம் 4.7(இ)).

இதன் மூலம் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையை லென்ஸ் விதியிலிருந்து அறியலாம்.

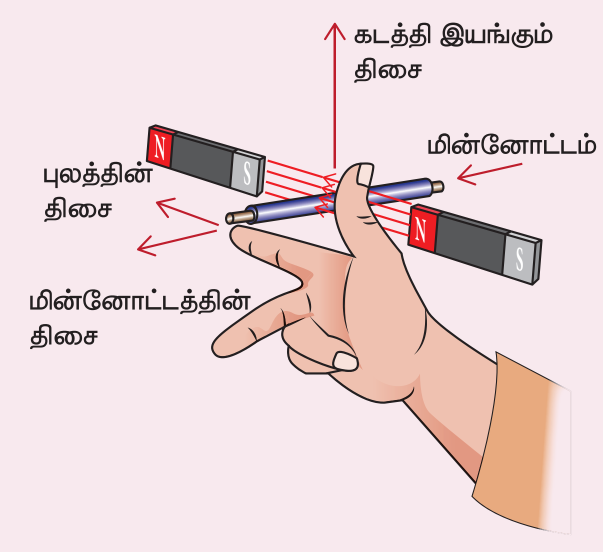
ஆற்றல் மாறா நிலை:

லென்ஸ் விதியை ஆற்றல் மாறா விதியின் அடிப்படையிலும் மெய்ப்பிக்கலாம். அதன் விளக்கம் வருமாறு: லென்ஸ் விதிப்படி காந்தம் ஒன்று கம்பிச்சுருளை நோக்கி அல்லது விலகி நகர்த்தப்படும் போது உருவாகும் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் அதன் இயக்கத்தை எதிர்க்க வேண்டும். அதன் விளைவாக நகரும் காந்தத்தின் மீது எப்போதும் ஒரு எதிர்ப்பு விசை இருக்கும். இந்த எதிர்ப்பு விசைக்கு எதிராக காந்தத்தை நகர்த்த வேண்டுமெனில் புறக் காரணியால் வேலை செய்யப்பட வேண்டும். இங்கு நகரும் காந்தத்தின் இயந்திர ஆற்றல் மின் ஆற்றலாக மாற்றப்படுகிறது. பின்னர் கம்பிச்சுருளில் அது ஜூல் வெப்பமாக மாற்றப்படுகிறது. அதாவது ஆற்றலானது ஒரு வடிவத்திலிருந்து மற்றொரு வடிவமாக மாற்றப்படுகிறது.

லென்ஸ் விதிக்கு மாறாக, தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் அது உருவாகக் காரணமான காந்தத்தின் இயக்கத்திற்கு உதவுவதாக கருதுவோம். தற்போது நாம் காந்தத்தை கம்பிச்சுருளை நோக்கி சிறிதளவு நகர்த்தும் போது, தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் கம்பிச்சுருளை நோக்கிய காந்தத்தின் இயக்கத்திற்கு உதவும். பிறகு காந்தமானது எவ்வித ஆற்றல் செலவின்றி கம்பிச்சுருளை நோக்கி நகரத் துவங்கும். பிறகு நிரந்தர இயக்கம் கொண்ட இயந்திரமாக மாறுகிறது. நடைமுறையில் அத்தகைய இயந்திரம் சாத்தியமற்றது. எனவே தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் காரணிக்கு உதவுவதாக கருதியது தவறாகும். எனவே லென்ஸ் விதியானது ஆற்றல் மாறா விதிக்கு மிகச்சிறந்த உதாரணமாகும்.

4.1.5 பிளமிங் வலக்கை விதி:

காந்தப்புலத்தில் ஒரு கடத்தி இயங்கும் போது கடத்தியின் இயக்கம், காந்தப்புலம் மற்றும் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் ஆகியவற்றின் திசைகளை பிளமிங் வலக்கை விதி கூறுகிறது. அது பின்வருமாறு:



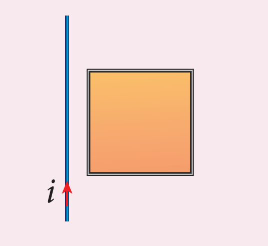
படம் 4.8 பிளமிங் வலக்கை விதி

வலது கையின் பெருவிரல், சுட்டுவிரல் மற்றும் நடுவிரல் ஆகியவை ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான திசைகளில் நீட்டப்படுகின்றன (படம் 4.8 இல் காட்டியுள்ளவாறு). காந்தப்புலத்தின் திசையை சுட்டுவிரலும், கடத்தி இயங்கும் திசையை பெருவிரலும் குறித்தால், தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையை நடுவிரல் குறிக்கும்.

பிளமிங் வலக்கை விதியை மின்னியற்றி விதி எனவும் அழைக்கலாம்.

எடுத்துக்காட்டு 4.6

படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு நேரான கடத்தும் கம்பியில் பாயும் மின்னோட்டம் i குறைகிறது எனில், அதன் அருகில் வைக்கப்பட்டுள்ள உலோக சதுரசுற்றில் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையைக் காண்க.

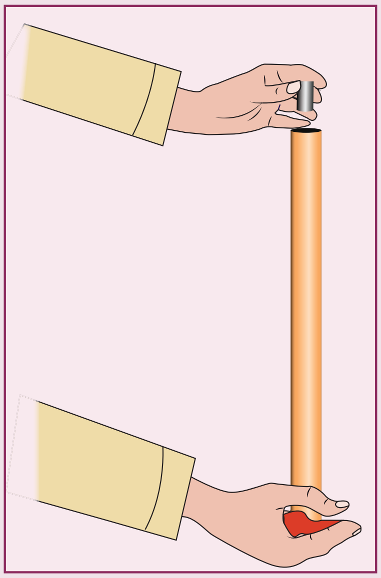


12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 204 08-12-2022 12:09:51

தீர்வு:

வலக்கை விதியிலிருந்து நேரான கம்பியினால் உருவாகும் காந்தப்புலமானது அருகில் உள்ள சதுர சுற்றின் தளத்திற்கு செங்குத்தாக உள்நோக்கிய திசையில் உள்ளது. கம்பியில் பாயும் மின்னோட்டம் i குறைகிறது எனில், சுற்றுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயமும் குறைகிறது. அதனால் சுற்றில் தூண்டப்படும் மின்னோட்டம் ஏற்கனவே உள்ள காந்தப்புலத்தின் திசையில் மற்றொரு காந்தப்புலத்தை உருவாக்கி, பாயக்குறைவை எதிர்க்கிறது. மீண்டும் வலக்கை விதியைப் பயன்படுத்தி, உள்நோக்கித் தூண்டப்பட்ட காந்தப்புலத்தின் திசையில் இருந்து தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசை வலஞ்சுழி என்பதைக் காணலாம்.

செயல்பாடு

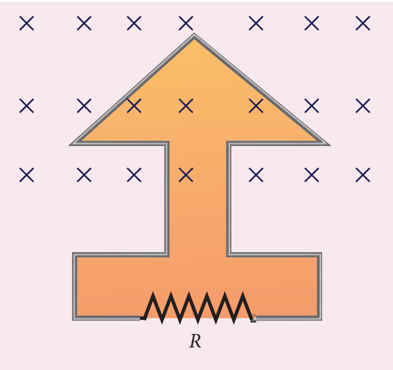


லென்ஸ் விதியின் செயல் விளக்கம்

படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு ஒரு குறுகிய தாமிரக்குழாய் மற்றும் ஒரு வலிமையான பொத்தான் காந்தம் ஆகியவற்றை எடுத்துக் கொள்க. தாமிரக் குழாயை செங்குத்தாக வைத்து அதனுள் காந்தத்தை விழச் செய்க. காந்தத்தின் இயக்கத்தை கவனித்தால், காந்தமானது அதன் இயல்பாக கீழே விழும் வேகத்தைவிட மெதுவாக விழுவதைக் காணலாம். காரணம் நகரும் காந்தத்தால் உருவாக்கப்படும் மின்னோட்டம், அதை உருவாக்கிய காந்தத்தின் இயக்கத்தை எப்போதும் எதிர்க்கிறது.

எடுத்துக்காட்டு 4.7

சுற்றின் தளத்திற்கு செங்குத்தாகச் செல்லும் காந்தப்பாயமானது தாளின் தளத்தில் உள்நோக்கி உள்ளது. $\Phi_B = (2t^3 + 3t^2 + 8t + 5)\,\text{mWb}$ என்ற தொடர்பின்படி காந்தப்பாயம் நேரத்தைப் பொருத்து மாறினால், $t = 3$ s எனும் கால அளவில் கொடுக்கப்பட்ட சுற்றில் தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசையின் எண்மதிப்பு யாது? சுற்றின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தின் திசையைக் காண்க.



தீர்வு:

$$\Phi_B = (2t^3 + 3t^2 + 8t + 5)\,\text{mWb};\ N = 1;\ t = 3\text{ s}$$

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

$$= \frac{d}{dt}(2t^3 + 3t^2 + 8t + 5) \times 10^{-3}$$

$$= (6t^2 + 6t + 8) \times 10^{-3}\ V$$

$t = 3$ s எனில்,

$$\varepsilon = [(6\times 9) + (6\times 3) + 8] \times 10^{-3}$$

$$= 80 \times 10^{-3}\,\text{V} \ = 80\,\text{mV}$$

(ii) நேரம் கடக்கும்போது சுற்றுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் அதிகரிக்கிறது. லென்ஸ் விதிப்படி தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசை பாயஅதிகரிப்பை எதிர்க்கும் வகையில் இருக்க வேண்டும். எனவே, தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் கொடுக்கப்பட்ட காந்தப்புலத்திற்கு எதிர்த்திசையில் ஒரு காந்தப்புலத்தை உருவாக்கும் விதமாக பாய்கிறது. இந்த காந்தப்புலம் செங்குத்தாக வெளிநோக்கி உள்ளது. எனவே தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் இடஞ்சுழியாக பாய்கிறது.

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 205 08-12-2022 12:09:53

4.1.6 லாரன்ஸ் விசையிலிருந்து இயக்க மின்னியக்கு விசை (Motional emf from Lorentz force)

l நீளமுள்ள நேரான கடத்தும் தண்டு AB ஆனது ஒரு சீரான காந்தப்புலம் $\vec{B}$ இல் உள்ளதாகக் கருதுக. படம் 4.9 (அ) இல் காட்டியுள்ளவாறு காந்தப்புலமானது தாளின் தளத்திற்கும் தண்டின் நீளத்திற்கும் செங்குத்தாக உள்ளது. தண்டானது வலது பக்கமாக $\vec{v}$ என்ற மாறா திசைவேகத்தில் இயங்குவதாகக் கொள்க.

தண்டு இயங்கும்போது அதில் உள்ள கட்டுறா எலக்ட்ரான்களும் அதே $\vec{v}$ திசைவேகத்தில் காந்தப்புலத்தில் இயங்கும். அதன் விளைவாக கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் மீது B இல் இருந்து A இன் திசையில் லாரன்ஸ் விசை செயல்படுகிறது. அதன் தொடர்பானது

$$\vec{F}_B = -e\left(\vec{v}\times\vec{B}\right) \qquad (4.4)$$

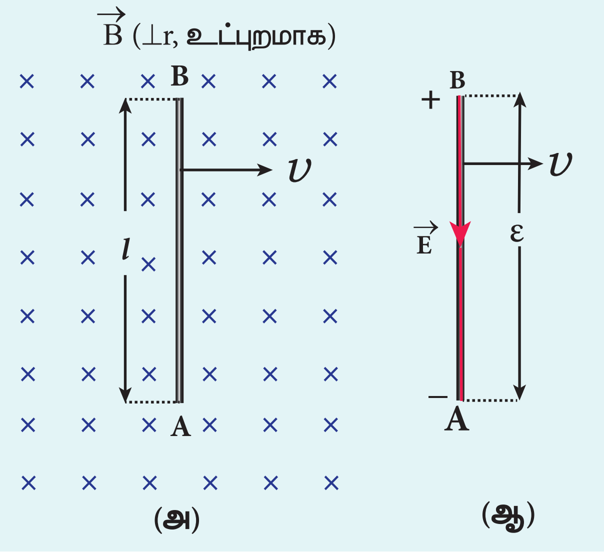
இந்த லாரன்ஸ் விசையானது கட்டுறா எலக்ட்ரான்களை முனை A இல் குவிக்கிறது. கட்டுறா எலக்ட்ரான்களின் இந்தக் குவியல் தண்டிற்கு குறுக்கே மின்னழுத்த வேறுபாட்டை உருவாக்கி, BA திசையில் $\vec{E}$ என்ற மின்புலத்தை தோற்றுவிக்கிறது (படம் 4.9(ஆ)). இந்த மின்புலம் காரணமாக கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் மீது கூலும் விசையானது AB திசையில் செயல்படத் தொடங்கும். அதன் சமன்பாடானது

$$\vec{F}_E = -e\vec{E} \qquad (4.5)$$

A முனையில் எலக்ட்ரான்கள் குவிகிற வரை மின்புலம் $\vec{E}$ இன் எண்மதிப்பு அதிகரித்துக் கொண்டே இருக்கும். சமநிலை அடையும் வரை $\vec{F}_E$ விசையும் அதிகரிக்கிறது. சமநிலையில் லாரன்ஸ் விசை $\vec{F}_B$ மற்றும் கூலும் விசை $\vec{F}_E$ ஒன்றையொன்று சமன் செய்கின்றன. A முனையில் கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் மேற்கொண்டு குவியாது.

அதாவது, $\left|\vec{F}_B\right| = \left|\vec{F}_E\right|$

$$\left|-e\,(\vec{v}\times\vec{B})\right| = \left|-e\vec{E}\right|$$



படம் 4.9 லாரன்ஸ் விசையிலிருந்து இயக்க மின்னியக்கு விசை

$$vB\sin 90° = E$$

$$vB = E \qquad (4.6)$$

தண்டின் இரு முனைகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு

$$V = El$$

$$V = vBl$$

இந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு உருவாவதற்கு கட்டுறா எலக்ட்ரான்களின் மீதான லாரன்ஸ் விசையே காரணமாகும். எனவே அது உருவாக்கிய மின்னியக்கு விசை

$$\varepsilon = Blv \qquad (4.7)$$

இந்த மின்னியக்கு விசை தண்டின் இயக்கத்தால் உருவாக்கப்படுவதால் இது பெரும்பாலும் **இயக்க மின்னியக்கு விசை** என்றழைக்கப்படுகிறது. மொத்த மின்தடை R கொண்ட ஒரு புறச்சுற்றில் முனைகள் A மற்றும் B இணைக்கப்பட்டால், $i = \dfrac{\varepsilon}{R} = \dfrac{Blv}{R}$ என்ற மின்னோட்டம் அதில் பாயும். மின்னோட்டத்தின் திசை வலக்கை பெருவிரல் விதியிலிருந்து அறியப்படுகிறது.

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 206 08-12-2022 12:09:57

எடுத்துக்காட்டு 4.8

சென்னையில் புவி காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறு 4.04×10^{-5} T கொண்ட ஒரு இடத்தில் 7.2 m உயரமுள்ள ஒரு கட்டிடத்தின் மேற்புறத்தில் இருந்து 0.5 m நீளமுள்ள கடத்தும் தண்டு தடையின்றி விழுகிறது. தண்டின் நீளம் புவிகாந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறுக்கு செங்குத்தாக இருப்பின், தண்டானது தரையை தொடும்போது தண்டில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையைக் காண்க (தண்டானது 10 m s^{-2} என்ற சீரான முடுக்கத்துடன் விழுவதாகக் கொள்க).

தீர்வு:

$l = 0.5$ m; $h = 7.2$ m; $u = 0 \text{ m s}^{-1}$;

$g = 10 \text{ m s}^{-2}$; $B_H = 4.04 \times 10^{-5}$ T

தண்டின் இறுதி திசைவேகம்

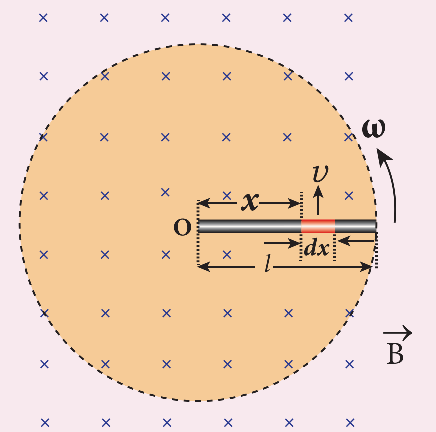
$$v^2 = u^2 + 2gh = 0 + (2 \times 10 \times 7.2) = 144$$
$$v = 12 \text{ m s}^{-1}$$

தண்டானது தரையைத் தொடும்போது தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் எண்மதிப்பு

$$\varepsilon = B_H l v = 4.04 \times 10^{-5} \times 0.5 \times 12$$
$$= 242.4 \ \mu\text{V}$$

எடுத்துக்காட்டு 4.9

படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு B என்ற காந்தப்புலத்தில் l நீளமுள்ள தாமிரத்தண்டு அதன் ஒரு முனையைப் பொருத்து ω என்ற கோணத்திசைவேகத்தில் சுழலுகிறது. சுழலும் தளமானது புலத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ளது. தண்டின் இரு முனைகளுக்கிடையே தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையைக் காண்க.



தீர்வு:

தண்டு உருவாக்கும் வட்டத்தின் மையத்திலிருந்து x தொலைவில் dx நீளமுள்ள சிறு பகுதியைக் கருதுக. இந்தப் பகுதி புலத்திற்கு செங்குத்தாக $v = x\omega$ என்ற நேர்கோட்டு திசைவேகத்தில் இயங்குவதால் dx பகுதியில் உருவான மின்னியக்கு விசை

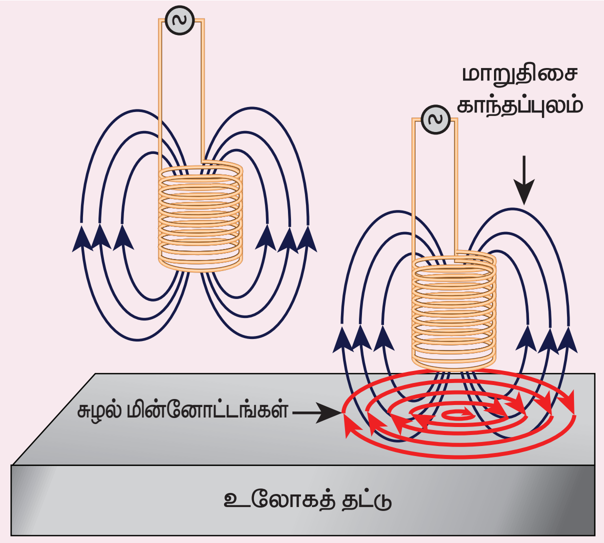
$$d\varepsilon = Bv dx = B(x\omega)dx$$

தண்டானது இது போன்ற பல சிறு பகுதிகளைக் கொண்டு, புலத்திற்கு குத்தாக இயங்குகிறது. அதன் இரு முனைகளுக்கிடையே உருவான மின்னியக்கு விசை

$$\varepsilon = \int d\varepsilon = \int_0^l B\omega x dx = B\omega \left[\frac{x^2}{2}\right]_0^l$$
$$\varepsilon = \frac{1}{2} B\omega l^2$$

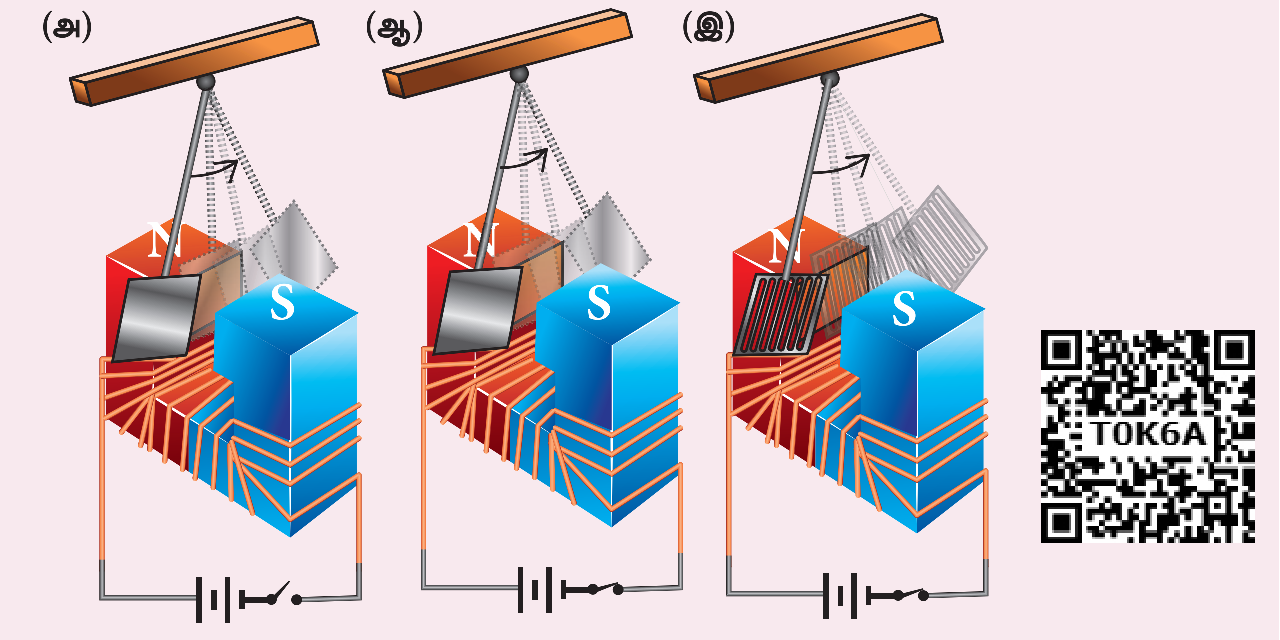
4.2 சுழல் மின்னோட்டங்கள் (EDDY CURRENTS)

பாரடேயின் மின்காந்தத் தூண்டல் விதியின்படி, ஒரு கடத்தியின் வழியே செல்லும் காந்தப்பாயம் மாறினால் அக்கடத்தியில் ஒரு மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது. எனினும் கடத்தியானது கம்பி அல்லது சுருளாக இருக்க வேண்டியதில்லை.



படம் 4.10 சுழல் மின்னோட்டங்கள்

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 207 08-12-2022 12:10:00



படம் 4.11 சுழல் மின்னோட்டங்களின் செயல் விளக்கம்

கடத்தியானது தகடாகவோ அல்லது தட்டாகவோ இருந்தாலும் அதனுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் மாறும்போது ஒரு மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது. ஆனால், வேறுபாடு என்னவெனில் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் பாய்வதற்கு குறிப்பிட்ட சுற்றோ அல்லது பாதையோ இருப்பதில்லை. அதன் விளைவாக, தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டங்கள் ஒரு புள்ளியை மையமாகக் கொண்டு வட்டப்பாதைகளில் செல்கின்றன (படம் 4.10). இந்த மின்னோட்டங்கள் நீர்ச்சுழலைப் போன்று இருப்பதால் இவை **சுழல் மின்னோட்டங்கள்** என்று அழைக்கப்படுகின்றன. அவை **ஃபோகால்ட் மின்னோட்டங்கள்** என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன.

காட்சி விளக்கம்:

சுழல் மின்னோட்டங்கள் உருவாவதை ஒரு எளிய காட்சி விளக்கம் மூலம் காணலாம். ஒரு வலிமையான மின்காந்தத்தின் முனைகளுக்கிடையே அலைவுறக் கூடிய வகையில் உள்ள ஒரு ஊசலைக் கருதுக (படம் 4.11(அ)).

முதலில் மின்காந்தம் நிறுத்தப்பட்ட நிலையில் ஊசல் சிறிது இடம்பெயர்த்து விடப்படுகிறது. அதனால் அலைவுறத்தொடங்கும் ஊசல், ஓய்வு நிலையை அடைவதற்கு முன் அதிக எண்ணிக்கையிலான அலைவுகளை மேற்கொள்கிறது. இங்கு காற்றுத்தடை மட்டுமே தடையுறு விசை ஆகும்.

மின்காந்தம் இயங்குநிலையில் உள்ளபோது ஊசலின் வட்டு அலைவுற்றால், சுழல் மின்னோட்டங்கள் அதில் உருவாகின்றன. அவை அலைவினை எதிர்க்கின்றன. சுழல் மின்னோட்டங்களின் வலிமையான தடையுறு விசையானது ஒரு சில அலைவுகளுக்கு உள்ளாகவே ஊசலை ஓய்வுநிலைக்கு கொண்டு வரும் (படம் 4.11 (ஆ)).

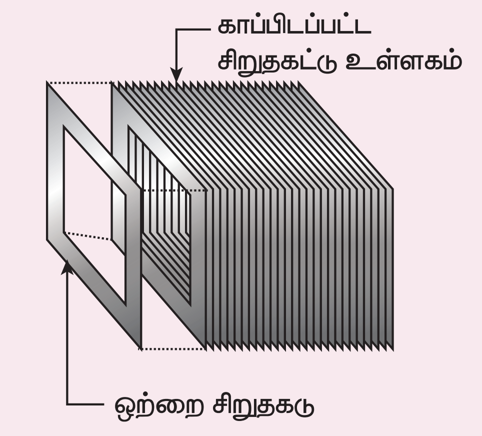
எனினும் வட்டில் சில துளைகள் இடப்பட்டால், சுழல் மின்னோட்டங்கள் குறைக்கப்படுகின்றன. ஊசலானது தற்போது ஓய்வுநிலைக்கு வருமுன் அதிகமான அலைவுகளை மேற்கொள்கிறது. இது ஊசலின் வட்டில் சுழல் மின்னோட்டம் உருவாவதை தெளிவாக விளக்குகிறது (படம் 4.11 (இ)).

சுழல் மின்னோட்டங்களின் குறைபாடுகள் :

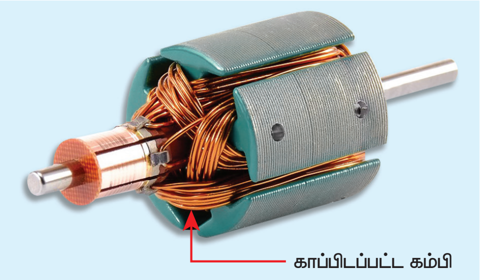
கடத்தியில் சுழல் மின்னோட்டங்கள் பாயும்போது அதிக அளவிலான ஆற்றல் வெப்ப வடிவில் வெளிப்படுகிறது. சுழல் மின்னோட்டம் பாய்வதால் ஏற்படும் ஆற்றல் இழப்பு தவிர்க்க இயலாதது. ஆனால் தகுந்த நடவடிக்கைகள் மூலம் இதனைப் பெருமளவு குறைக்கலாம்.

சுழல் மின்னோட்ட இழப்பை சிறுமமாக குறைக்கும் வகையில் மின்மாற்றி உள்ளகம் மற்றும் மின்மோட்டார் சுருளி (Armature) ஆகியவற்றை வடிவமைப்பது முக்கியமாகும். இந்த இழப்புகளைக் குறைக்க மின்மாற்றியின் உள்ளகம் ஒன்றுடன் ஒன்று காப்பிடப்பட்ட சிறுதகடுகளால் உருவாக்கப்படுகின்றன (படம் 4.12 (அ)). மின்மோட்டாருக்கு கம்பிச்சுற்றுகள் காப்பிடப்பட்ட கம்பிகளின் தொகுப்பால் உருவாக்கப்படுகின்றன (படம் 4.12 (ஆ)). அதிக

அளவிலான சுழல் மின்னோட்டங்கள் பாய்வதை பயன்படுத்தப்பட்ட மின்காப்பு அனுமதிக்காது. எனவே இழப்புகள் சிறுமமாகக் குறைக்கப்படுகின்றன.



படம் 4.12 (அ) மின்மாற்றியின் உள்ளகத்தின் காப்பிடப்பட்ட மென்தகடுகள்



படம் 4.12 (ஆ) மின்மோட்டாரின் காப்பிடப்பட்ட கம்பிச்சுற்றுகள்

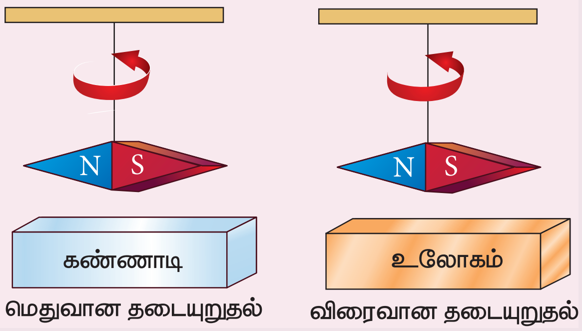
எடுத்துக்காட்டு:

சம அளவு மற்றும் நிறை கொண்ட ஒரு கோளவடிவ கல் மற்றும் கோளவடிவ உலோகப் பந்து ஒரே உயரத்தில் இருந்து விழச் செய்யப்படுகின்றன. கல் அல்லது உலோகப்பந்து, இதில் எது புவிப்பரப்பை முதலில் வந்தடையும்? உனது விடையை நியாயப்படுத்துக. காற்று உராய்வு இல்லையெனக் கருதுக.

விடை:

உலோகப்பந்தை விட கல் முன்னதாக புவிப்பரப்பை வந்தடையும். காரணம், புவிக் காந்தப்புலத்தின் வழியே உலோகப்பந்து விழும்போது அதில் சுழல் மின்னோட்டங்கள் உருவாகி அதன் இயக்கத்தை எதிர்க்கும். ஆனால் கல்லில் சுழல் மின்னோட்டங்கள் ஏதும் உருவாகாததால் அது தடையின்றி விழுகிறது.

செயல்பாடு



முதல் படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு கம்பியின் கீழ்முனையில் தொங்கும் ஒரு வலிமையான காந்தத்தைக் கொண்டு ஒரு ஊசலை உருவாக்குக. அதன் அடியில் ஒரு கண்ணாடித்தட்டை வைத்து அதனை அலைவுறச் செய்து அது ஓய்வு நிலைக்கு வர ஆகும் நேரத்தைக் குறிக்கவும்.

அடுத்து இரண்டாவது படத்தில் உள்ளவாறு அலைவுறும் காந்தத்திற்கு அடியில் ஒரு உலோகத்தட்டை வைத்து ஊசல் ஓய்வுநிலைக்கு வருவதற்கான நேரத்தைக் குறிக்கவும். இரண்டாவது நேர்வில், காந்தமானது விரைவாக ஓய்வுநிலைக்கு வருகிறது. ஏனெனில் உலோகத்தட்டில் உருவான சுழல் மின்னோட்டங்கள் காந்தத்தின் அலைவுகளை எதிர்க்கின்றன.

சுழல் மின்னோட்டங்களின் பயன்பாடுகள்:

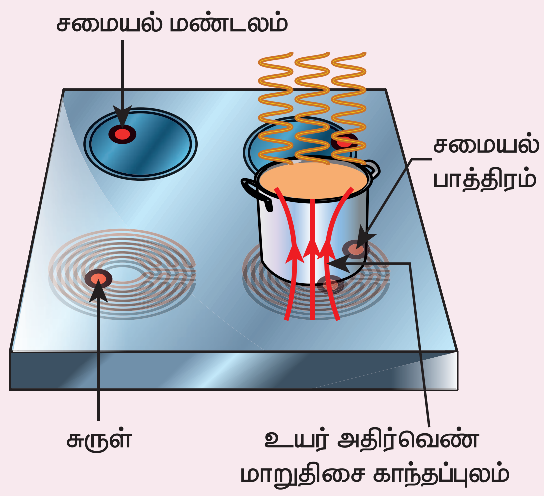
சில நேர்வுகளில் சுழல் மின்னோட்டம் உருவாவது விரும்பத்தகாதது என்றாலும் மற்ற சில நேர்வுகளில் அது பயனுள்ளதாக இருக்கிறது. அவற்றில் சிலவற்றை காண்போம்

i. மின்தூண்டல் அடுப்பு
ii. சுழல் மின்னோட்டத் தடுப்பி
iii. சுழல் மின்னோட்ட சோதனை
iv. மின்காந்தத் தடையுறுதல்

i. மின்தூண்டல் அடுப்பு (Induction stove)

குறைந்த ஆற்றல் நுகர்வுடன், விரைவாகவும், பாதுகாப்பாகவும் உணவைச் சமைக்க மின்தூண்டல் அடுப்பு பயன்படுகிறது. சமைக்கும் பகுதிக்கு கீழ் காப்பிடப்பட்ட கம்பியால் இறுக்கமாகச் சுற்றப்பட்ட கம்பிச்சுருள் உள்ளது. தகுந்த பொருளால் செய்யப்பட்ட சமையல் பாத்திரம் சமைக்கும் பகுதிக்கு மேல் வைக்கப்படுகிறது. அடுப்பை இயக்கும் போது, சுருளில் பாயும் மாறுதிசை மின்னோட்டம் அதிக அதிர்வெண் கொண்ட மாறுதிசை காந்தப்புலத்தை

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 209 08-12-2022 12:10:02



படம் 4.13 மின்தூண்டல் அடுப்பு

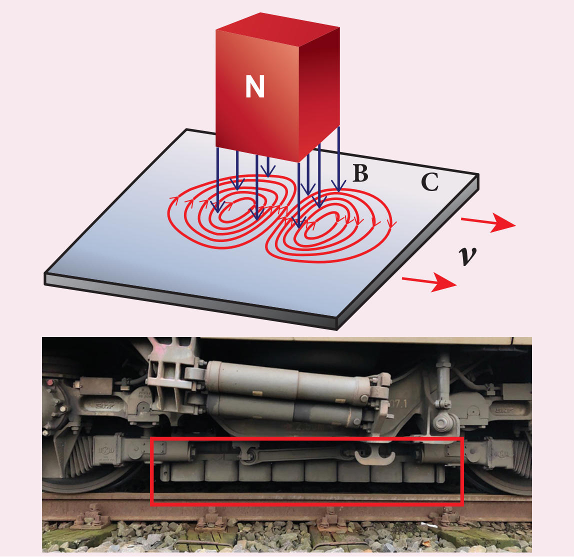
உருவாக்குகிறது. அது மிக வலிமையான சுழல் மின்னோட்டங்களை சமைக்கும் பாத்திரத்தில் உருவாக்குகிறது. பாத்திரத்தில் உருவாகும் சுழல் மின்னோட்டங்கள் ஜூல் வெப்பமாதலால் அதிக அளவு வெப்பத்தை உண்டாக்கி, அதனைப் பயன்படுத்தி உணவு சமைக்கப்படுகிறது (படம் 4.13).

குறிப்பு: வீட்டு உபயோக மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் அதிர்வெண் அதிக அதிர்வெண் கொண்ட மாறும் காந்தப்புலத்தை உருவாக்குவதற்காக கம்பிச்சுருளுக்கு வழங்குவதற்கு முன்னர் 50 – 60 Hz இல் இருந்து 20 – 40 KHz ஆக அதிகரிக்கப்படுகிறது.

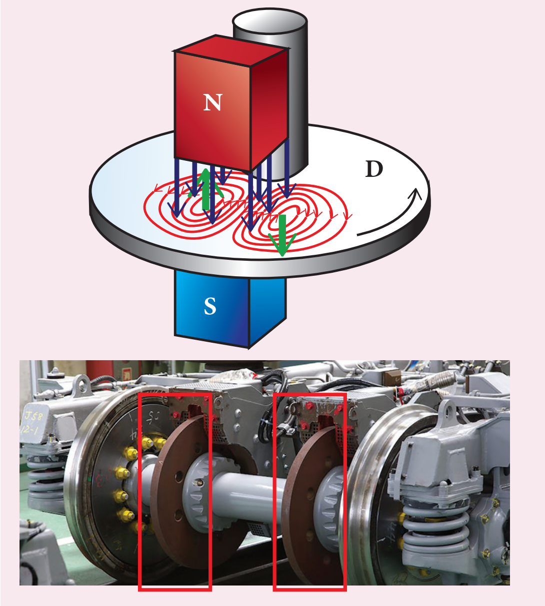
ii. சுழல் மின்னோட்டத்தடுப்பி (Eddy current brake)

இந்த சுழல் மின்னோட்டத் தடுப்பி அமைப்பு பொதுவாக அதிவேக இரயில்களிலும், உருளும் வண்டிகளிலும் (roller coasters) பயன்படுகிறது. வலிமையான மின்காந்தங்கள் தண்டவாளங்களுக்கு சற்று மேலே பொருத்தப்படுகின்றன. இரயிலை நிறுத்துவதற்கு மின்காந்தங்கள் இயக்க நிலைக்கு கொண்டு வரப்படுகின்றன. இந்த காந்தங்களின் காந்தப்புலம் தண்டவாளங்களில் சுழல் மின்னோட்டங்களைத் தூண்டி அவை இரயிலின் இயக்கத்தை எதிர்க்கும் அல்லது தடுக்கும். இதுவே நேரியல் சுழல் மின்னோட்டத் தடுப்பி ஆகும் (படம் 4.14(அ)).

சில நேர்வுகளில் இரயில் சக்கரத்துடன் வட்டத்தட்டானது பொது உருளைத்தண்டு மூலம் இணைக்கப்படுகிறது. ஒரு மின்காந்தத்தின் முனைகளுக்கிடையே தட்டானது சுழல வைக்கப்படுகிறது. தட்டிற்கும் காந்தத்திற்கும் இடையே சார்பு இயக்கம் உள்ளபோது தட்டில் சுழல் மின்னோட்டங்கள் உருவாகி அது இரயிலை



படம் 4.14 (அ) நேரியல் சுழல் மின்னோட்டத் தடுப்பி



படம் 4.14 (ஆ) வட்ட வடிவ சுழல் மின்னோட்டத் தடுப்பி

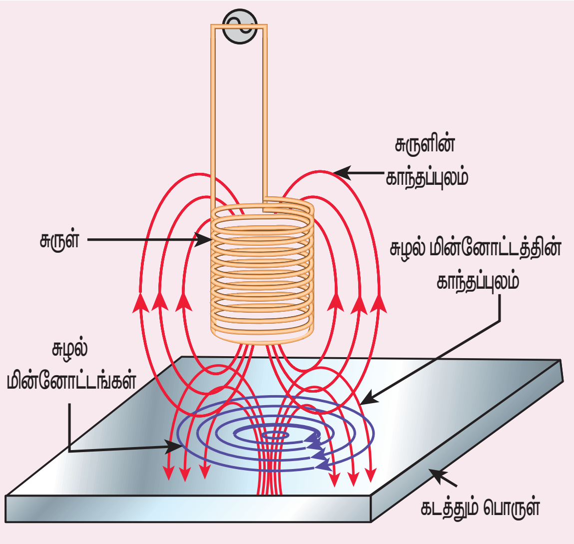
நிறுத்துகிறது. இதுவே வட்ட வடிவ சுழல் மின்னோட்டத் தடுப்பி ஆகும் (படம் 4.14 (ஆ)).

iii. சுழல் மின்னோட்டச் சோதனை (Eddy current testing)

கொடுக்கப்பட்ட மாதிரி (specimen) ஒன்றில் உள்ள மேற்புற வெடிப்புகள், காற்றுக் குமிழ்கள் போன்ற குறைபாடுகளை கண்டறிவதற்கான எளிமையான பழுது ஏற்படுத்தாத சோதனை முறைகளில் இதுவும் ஒன்றாகும். காப்பிடப்பட்ட கம்பிச்சுருள் ஒன்றிற்கு மாறுதிசை காந்தப்புலத்தை உருவாக்கும் வகையில் மாறுதிசை மின்னோட்டம் அளிக்கப்படுகிறது. இந்த கம்பிச்சுருளை சோதனைப்பரப்பிற்கு அருகில் கொண்டு வரும்போது சோதனைப் பரப்பில் சுழல் மின்னோட்டம்

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 210 08-12-2022 12:10:04

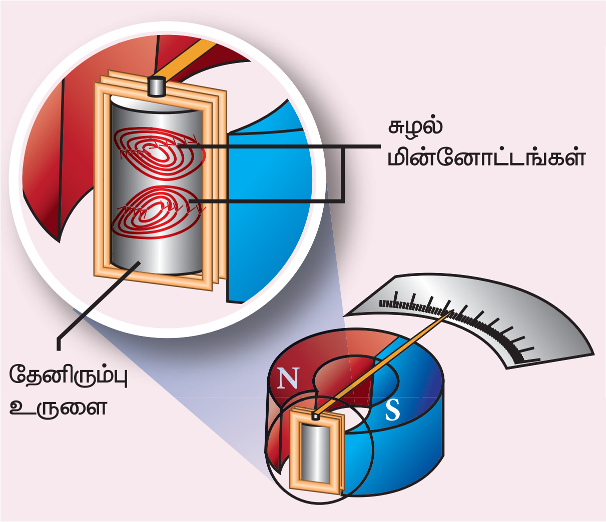
தூண்டப்படுகிறது. பரப்பில் உள்ள குறைபாடுகள், சுழல் மின்னோட்டத்தின் கட்டம் மற்றும் வீச்சில் மாற்றத்தை உருவாக்குகின்றன. இதனை வேறு வழிகளில் கண்டறியலாம். இவ்வாறாக மாதிரியில் உள்ள குறைபாடுகள் கண்டறியப்படுகின்றன (படம் 4.15).



படம் 4.15 சுழல் மின்னோட்டச் சோதனை

iv. மின்காந்தத் தடையுறுதல் (Electro magnetic damping)

கால்வனோமீட்டரின் சுருளிச் சுற்று (Armature winding) ஒரு தேனிரும்பு உருளையின் மீது சுற்றப்பட்டுள்ளது. சுருளிச் சுற்று விலகலடைந்ததும் தேனிரும்பு உருளைக்கும் ஆர வகை காந்தப்புலத்திற்கும் இடையே உள்ள சார்பு இயக்கம் சுழல் மின்னோட்டத்தை உருளையில் தூண்டுகிறது (படம் 4.16). சுழல் மின்னோட்டம் பாய்வதால் உண்டாகும் தடையுறு விசை சுருளிச் சுற்றை உடனடியாக ஓய்வுநிலைக்கு கொண்டு வருகிறது. ஆகவே கால்வனோமீட்டர் நிலையான விலகலைக் காட்டுகிறது. இதுவே **மின்காந்தத் தடையுறுதல்** எனப்படுகிறது.



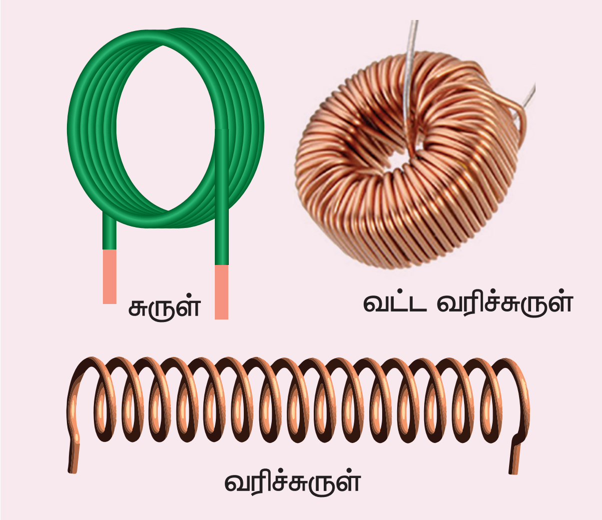
படம் 4.16 மின்காந்தத் தடையுறுதல்

4.3 தன் மின்தூண்டல் (SELF – INDUCTION)

4.3.1 அறிமுகம்

மின்தூண்டி என்பது அதன் வழியாக மின்னோட்டம் பாயும்போது காந்தப்புலத்தில் ஆற்றலைச் சேமிக்க உதவும் ஒரு சாதனம் ஆகும். படம் 4.17 இல் காட்டியுள்ள கம்பிச்சுருள்கள், வரிச்சுருள்கள் மற்றும் வட்ட வரிச்சுருள்கள் ஆகியவை வழக்கமான எடுத்துக்காட்டுகள் ஆகும்.

மின்தூண்டல் என்பது ஒரு சுற்றில் பாயும் மின்னோட்ட மாற்றத்தின் காரணமாக (தன் மின்தூண்டல்) அல்லது அதனுடன் காந்தவியலாக தொடர்புள்ள அருகமை சுற்றில் பாயும் மின்னோட்ட மாற்றத்தின் காரணமாக (பரிமாற்று மின்தூண்டல்) மின்னியக்கு விசையை உருவாக்கும் மின்தூண்டிகளின் பண்பாகும். தன் மின்தூண்டல் மற்றும் பரிமாற்று மின்தூண்டல் பற்றி நாம் அடுத்த பகுதியில் கற்கலாம்.

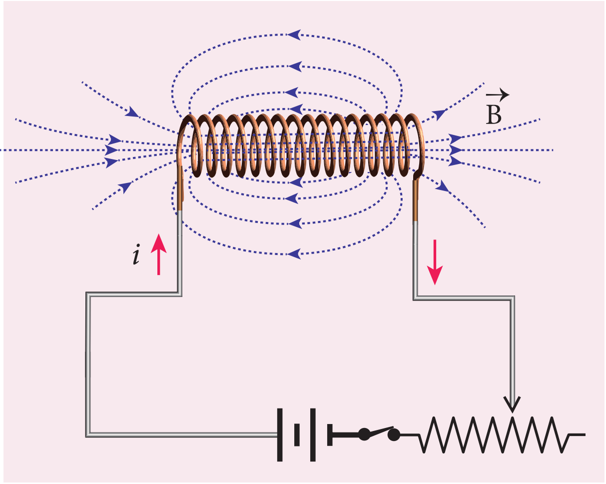


படம் 4.17 மின்தூண்டிக்கான எடுத்துக்காட்டுகள்

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 211 08-12-2022 12:10:05

தன் மின்தூண்டல்

ஒரு கம்பிச்சுருள் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் அதனைச் சுற்றி ஒரு காந்தப்புலத்தை உருவாக்கும். எனவே, காந்தப்புலத்தின் காந்தப்பாயமானது அந்த கம்பிச்சுருளுடனேயே தொடர்பு கொண்டிருக்கும். மின்னோட்டத்தை மாற்றுவதன் மூலம் இந்த பாயம் மாற்றப்பட்டால், அதே கம்பிச்சுருளில் ஒரு மின்னியக்குவிசை தூண்டப்படுகிறது (படம் 4.18). இந்த நிகழ்வு **தன் மின்தூண்டல்** எனப்படும். தூண்டப்பட்ட மின் இயக்குவிசையானது தன் மின்தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை என அழைக்கப்படுகிறது.



படம் 4.18 தன் மின்தூண்டல்

N சுற்றுகள் கொண்ட கம்பிச்சுருளில் ஒவ்வொரு சுருளோடு தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் Φ_B எனக்கொண்டால், கம்பிச்சுருளோடு தொடர்புடைய மொத்த காந்தப்பாயமானது ($N\Phi_B$, பாயத்தொடர்பு), கம்பிச்சுருளில் பாயும் மின்னோட்டத்திற்கு நேர்த்தகவில் உள்ளது.

$$N\Phi_B \propto i$$

$$N\Phi_B = Li \qquad (4.8)$$

$$(\text{அல்லது})\ L = \frac{N\Phi_B}{i}$$

விகித மாறிலி L கம்பிச்சுருளின் தன் மின்தூண்டல் எண் அல்லது தன் மின்தூண்டல் குணகம் என அழைக்கப்படுகிறது. i = 1A எனில், $L = N\Phi_B$. **கம்பிச்சுருளின் தன் மின்தூண்டல் எண் அல்லது சுருக்கமாக மின்தூண்டல் என்பது 1A மின்னோட்டம் பாயும்போது அக்கம்பிச்சுருளில் ஏற்படும் பாயத்தொடர்பு எனப்படும்.**

மின்னோட்டம் i நேரத்தைப் பொருத்து மாறினால், அதில் ஒரு மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது. பாரடேயின் மின்காந்தத்தூண்டல் விதியிலிருந்து இந்த கம்பிச்சுருளில் தன் மின்தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையானது

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

$$= -\frac{d(Li)}{dt} \qquad (\text{சமன்பாடு 4.8 ஐ பயன்படுத்த})$$

$$\therefore\ \varepsilon = -L\frac{di}{dt} \qquad (4.9)$$

$$(\text{அல்லது})\ L = \frac{-\varepsilon}{di/dt}$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டில் உள்ள எதிர்குறியானது தன் மின்தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை நேரத்தைப் பொருத்து மின்னோட்டம் மாறுவதை எப்போதும் எதிர்க்கிறது என்பதை உணர்த்துகிறது. $di/dt = 1\ \text{A s}^{-1}$, எனில் $L = -\varepsilon$. **கம்பிச்சுருள் ஒன்றில் மின்னோட்டம் மாறும் வீதம் $1\ \text{A s}^{-1}$ எனும் போது அக்கம்பிச்சுருளில் தூண்டப்படும் எதிர் மின்னியக்கு விசை கம்பிச்சுருளின் தன் மின்தூண்டல் எண் எனவும் வரையறுக்கப்படுகிறது**

மின்தூண்டலின் அலகு

மின்தூண்டல் ஒரு ஸ்கேலர் ஆகும். இதன் அலகு Wb A^{-1} அல்லது V s A^{-1}. இது ஹென்றி (H) எனவும் அளவிடப்படுகிறது.

$$1\ \text{H} = 1\ \text{Wb A}^{-1} = 1\ \text{V s A}^{-1}$$

மின்தூண்டலின் பரிமாண வாய்ப்பாடு $M\,L^2\,T^{-2}A^{-2}$.

i = 1A மற்றும் $N\Phi_B = 1$ வெபர்–சுற்றுகள் எனில், $L = 1\text{H}$.

எனவே, கம்பிச்சுருள் ஒன்றில் பாயும் 1A மின்னோட்டம் ஓரலகு பாயத்தொடர்பை உருவாக்கினால், அக்கம்பிச்சுருளின் தன் மின்தூண்டல் எண் ஒரு ஹென்றி ஆகும்.

$di/dt = 1\text{A s}^{-1}$ மற்றும் $\varepsilon = -1$ V எனில், $L = 1\text{H}$.

எனவே, **கம்பிச்சுருள் ஒன்றில் மின்னோட்டம் மாறும் வீதம் 1As^{-1} எனும் போது, கம்பிச்சுருளில் தூண்டப்படும் எதிர் மின்னியக்குவிசை 1V**

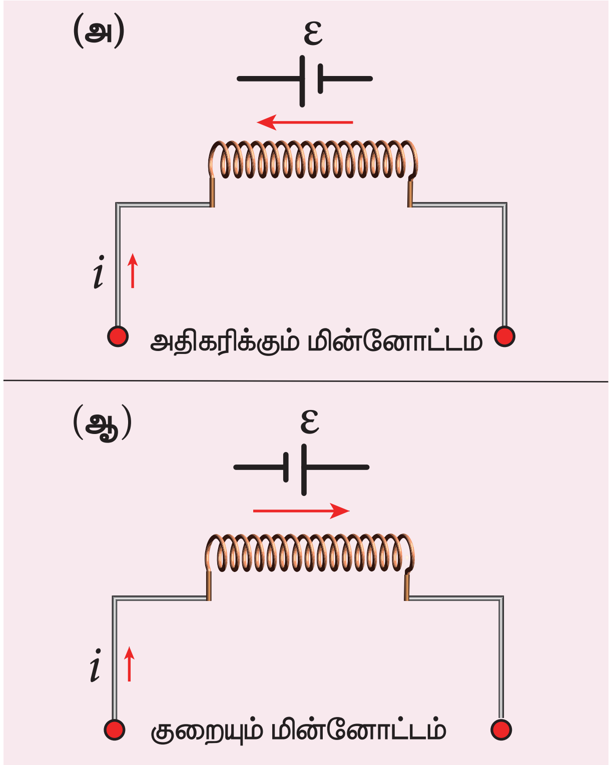
12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 212 08-12-2022 12:10:12

என அமையுமானால் அக்கம்பிச்சுருளின் தன் மின்தூண்டல் எண் ஒரு ஹென்றி ஆகும்.

மின்தூண்டலின் முக்கியத்துவம்

11 ஆம் வகுப்பில் நாம் நிலைமம் பற்றி அறிந்துகொண்டோம். நேர்க்கோட்டு இயக்கத்தில் நேர்க்கோட்டு நிலைமத்தின் அளவாக நிறை உள்ளது. அதே வகையில் வட்ட இயக்கத்தில் சுழல் நிலைமத்தின் அளவாக நிலைமத்திருப்புத்திறன் உள்ளது (XI இயற்பியல் பாடப்புத்தகத்தில் பகுதிகள் 3.2.1 மற்றும் 5.4 ஐக் காண்க). பொதுவாக, நிலைமம் என்பது அதன் நிலையில் ஏற்படும் மாற்றத்தின் எதிர்ப்பு எனப்படுகிறது.

இயந்திரவியல் இயக்கத்தில் நிறை மற்றும் நிலைமத்திருப்புத்திறன் ஆற்றும் அதே பங்கினை ஒரு மின்சுற்றில் மின்தூண்டல் ஆற்றுகிறது. ஒரு சுற்று மூடப்பட்டால், அதிகரிக்கும் மின்னோட்டம் ஒரு மின்னியக்கு விசையைத் தூண்டுகிறது. இந்த மின்னியக்கு விசை சுற்றில் ஏற்படும் மின்னோட்ட அதிகரிப்பை எதிர்க்கிறது (படம் 4.19(அ)). இதேபோல் ஒரு சுற்று திறக்கப்பட்டால், குறையும் மின்னோட்டம் எதிர்த்திசையில் ஒரு மின்னியக்கு விசை தூண்டுகிறது. அது தற்போது மின்னோட்டம் குறைவதை எதிர்க்கிறது (படம் 4.19 (ஆ)).



படம் 4.19 தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசை மாறும் மின்னோட்டத்தை எதிர்த்தல்

இவ்வாறாக, கம்பிச்சுருளின் மின்தூண்டல் மின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் எந்த மாற்றத்தையும் எதிர்த்து அதன் தொடக்க நிலையிலேயே பராமரிக்க முயலுகிறது. எனவே, இது மின்நிலைமம் எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

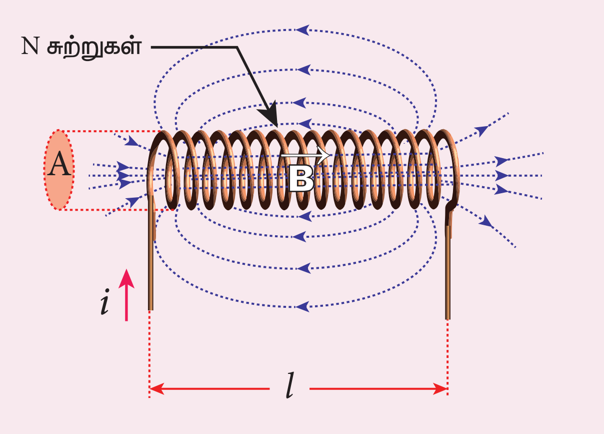
4.3.2 நீண்ட வரிச்சுருளின் தன் மின்தூண்டல் எண்

l நீளமும் A குறுக்குவெட்டுப்பரப்பும் கொண்ட நீண்ட வரிச்சுருள் ஒன்றைக் கருதுக. வரிச்சுருளின் ஓரலகு நீளத்தில் உள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை (அல்லது சுற்று அடர்த்தி) n என்க. வரிச்சுருளின் வழியே i என்ற மின்னோட்டம் பாயும்போது, சீரான காந்தப்புலம் ஒன்று வரிச்சுருளின் அச்சின் திசையில் உருவாகிறது (படம் 4.20). வரிச்சுருளினுள் எந்தவொரு புள்ளியிலும் உள்ள காந்தப்புலம் (பகுதி 3.9.3 ஐக் காண்க)

$$B = \mu_\circ ni$$

வரிச்சுருளின் வழியே செல்லும் காந்தபுலக்கோடுகள் ஒவ்வொரு சுற்றுடனும் தொடர்பு கொள்கிறது. ஒரு சுற்றுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம்

$$\Phi_B = \int_A \vec{B}.d\vec{A} = BA\cos\theta$$
$$= BA \qquad \because \theta = 0°$$
$$= (\mu_0 ni)A$$



படம் 4.20 ஒரு நீண்ட வரிச்சுருளின் தன் மின்தூண்டல் எண்

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 213 08-12-2022 12:10:13

வரிச்சுருளின் N சுற்றுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம் அல்லது மொத்த காந்தப்பாயத் தொடர்பு (மொத்தச் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை N ஆனது $N = nl$)

$$N\Phi_B = (nl)(\mu_0 ni)A$$
$$N\Phi_B = (\mu_\circ n^2 Al)\, i$$

நமக்குத் தெரியும்

$$N\Phi_B = Li$$

மேற்கண்ட சமன்பாடுகளை ஒப்பிட

$$L = \mu_\circ n^2 Al \qquad (4.10)$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து மின்தூண்டலானது வரிச்சுருளின் வடிவத்தையும் (சுற்று அடர்த்தி n, குறுக்கு வெட்டுப்பரப்பு A, நீளம் l) மற்றும் வரிச்சுருளினுள் உள்ள ஊடகத்தையும் பொருத்து அமையும். μ_r ஒப்புமை உட்புகுதிறன் கொண்ட மின்காப்புப் பொருளால் வரிச்சுருள் நிரப்பப்பட்டால்,

$$L = \mu n^2 Al \quad \text{அல்லது} \quad L = \mu_\circ \mu_r n^2 Al$$

ஒரு மின்தூண்டியில் சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றல்:

சுற்று ஒன்றில் மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தும் போது, மின்தூண்டலானது மின்னோட்டம் அதிகரிப்பதை எதிர்க்கிறது. எனவே சுற்றில் மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்துவதற்கு எதிர்ப்பு விசைக்கு எதிராக புறக்காரணிகள் மூலம் வேலை செய்யப்படுகிறது. இவ்வாறு செய்யப்பட்ட வேலை காந்த நிலைஆற்றலாக சேமிக்கப்படுகிறது.

மின்தூண்டியின் மின்தடை புறக்கணிக்கத்தக்க அளவில் உள்ளதாகக் கொள்வோம். அதன் மின்தூண்டல் விளைவை மட்டும் கருதுவோம். எந்த ஒரு நேரம் t–இல் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை

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

dq என்ற மின்னூட்டத்தை dt நேரத்தில் எதிர்ப்பு விசைக்கு எதிராக நகர்த்துவதற்கு செய்யப்படும் வேலை dW என்க.

$$dW = -\varepsilon dq$$
$$= -\varepsilon idt \qquad \because dq = idt$$

சமன்பாடு (4.9) இல் இருந்து ε மதிப்பைப் பிரதியிட

$$= -\left(-L\frac{di}{dt}\right)idt$$
$$dW = Lidi$$

i என்ற மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்துவதற்கு செய்யப்பட்ட மொத்த வேலை

$$W = \int dW = \int_0^i Lidi = L\left[\frac{i^2}{2}\right]_o^i$$
$$W = \frac{1}{2}Li^2$$

செய்யப்பட்ட இந்த வேலை, காந்த நிலைஆற்றலாக சேமிக்கப்படுகிறது.

$$\therefore U_B = \frac{1}{2}Li^2 \qquad (4.11)$$

ஆற்றல் அடர்த்தி என்பது வரிச்சுருளின் உள்ளே ஓரலகு பருமனில் சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றல் ஆகும். அதன் மதிப்பு

$$u_B = \frac{U_B}{Al} \qquad \because \text{வரிச்சுருளின் பருமன்} = Al$$
$$u_B = \frac{Li^2}{2Al} = \frac{(\mu_0 n^2 Al)i^2}{2Al} \qquad \because L = \mu_0 n^2 Al$$
$$= \frac{\mu_0 n^2 i^2}{2}$$
$$u_B = \frac{B^2}{2\mu_0} \qquad \because B = \mu_0 ni$$

எடுத்துக்காட்டு 4.10

ஒப்புமை உட்புகுதிறன் 800 கொண்ட ஒரு இரும்பு உள்ளகத்தின் மீது 500 சுற்றுகள் கொண்ட வரிச்சுருள் ஒன்று சுற்றப்பட்டுள்ளது. வரிச்சுருளின் நீளம் மற்றும் ஆரம் முறையே 40 cm மற்றும் 3 cm ஆகும். வரிச்சுருளில் மின்னோட்டம் சுழியில் இருந்து 3A க்கு 0.4 நொடி நேரத்தில் மாறினால், அதில் தூண்டப்பட்ட சராசரி மின்னியக்குவிசையைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

$N = 500$ சுற்றுகள்; $\mu_r = 800$;
$l = 40$ cm $= 0.4$ m; $r = 3$ cm $= 0.03$ m;
$di = 3 - 0 = 3$ A; $dt = 0.4$ s

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 214 08-12-2022 12:10:18

தன் மின்தூண்டல் எண்

$$L = \mu n^2 Al \quad \left(\because \mu = \mu_\circ \mu_r ; A = \pi r^2 ; n = \frac{N}{l}\right)$$

$$= \frac{\mu_\circ \mu_r N^2 \pi r^2}{l}$$

$$= \frac{4 \times 3.14 \times 10^{-7} \times 800 \times 500^2 \times 3.14 \times (3 \times 10^{-2})^2}{0.4}$$

$$L = 1.77 \text{ H}$$

தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை

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

$$= -\frac{1.77 \times 3}{0.4}$$

$$\varepsilon = -13.275 \text{ V}$$

எடுத்துக்காட்டு 4.11

காற்று உள்ளகம் கொண்ட ஒரு வரிச்சுருளின் தன் மின்தூண்டல் எண் 4.8 mH ஆகும். அதன் உள்ளகம், இரும்பு உள்ளகமாக மாற்றப்பட்டால் அதன் தன் மின்தூண்டல் எண் 1.8 H ஆக மாறுகிறது. இரும்பின் ஒப்புமை உட்புகுத்திறனைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

$$L_{\text{காற்று}} = 4.8 \times 10^{-3} \text{H}$$

$$L_{\text{இரும்பு}} = 1.8 \text{H}$$

$$L_{\text{காற்று}} = \mu_\circ n^2 Al = 4.8 \times 10^{-3} \text{H}$$

$$L_{\text{இரும்பு}} = \mu n^2 Al = \mu_\circ \mu_r n^2 Al = 1.8 \text{H}$$

$$\therefore \mu_r = \frac{L_{\text{இரும்பு}}}{L_{\text{காற்று}}} = \frac{1.8}{4.8 \times 10^{-3}} = 375$$

4.3.3 பரிமாற்று மின்தூண்டல் (Mutual Induction):

கம்பிச்சுருள் ஒன்றின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் நேரத்தைப் பொருத்து மாறினால், அதனருகில் உள்ள கம்பிச்சுருளில் மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது. இந்த நிகழ்வு **பரிமாற்று மின்தூண்டல்** எனப்படுகிறது. இந்த தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை பரிமாற்று மின்தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை எனப்படும்.

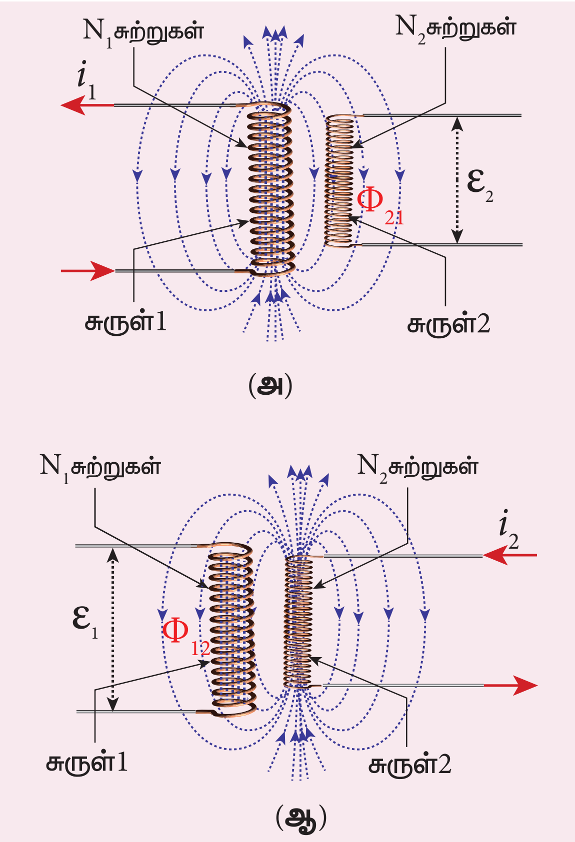
ஒன்றுக்கொன்று அருகில் வைக்கப்பட்ட இரு கம்பிச்சுருள்களைக் கருதுக. i_1 என்ற மின்னோட்டம் கம்பிச்சுருள் 1–இன் வழியே செல்லும்போது உருவாகும் காந்தப்புலமானது கம்பிச்சுருள் 2–லும் தொடர்பு கொள்கிறது (படம் 4.21 (அ)).

கம்பிச்சுருள் 1–ல் பாயும் மின்னோட்டம் காரணமாக கம்பிச்சுருள் 2–ன் ஒரு சுற்றுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம் Φ_{21} என்க. N_2 சுற்றுகள் கொண்ட கம்பிச்சுருள் 2–உடன் தொடர்பு கொண்ட மொத்த காந்தப்பாயமானது $(N_2\Phi_{21})$, கம்பிச்சுருள் 1–இல் பாயும் மின்னோட்டத்திற்கு நேர்த்தகவில் உள்ளது.

$$N_2\Phi_{21} \propto i_1$$

$$N_2\Phi_{21} = M_{21}\, i_1 \qquad (4.12)$$

$$(\text{அல்லது}) \quad M_{21} = \frac{N_2\Phi_{21}}{i_1}$$



படம் 4.21 பரிமாற்று மின்தூண்டல்

இங்கு விகிதமாறிலி M_{21} என்பது கம்பிச்சுருள் 1–ஐச் சார்ந்து கம்பிச்சுருள் 2–இன் பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் அல்லது பரிமாற்று மின்தூண்டல் குணகம் என அழைக்கப்படுகிறது. $i_1 = 1\text{A}$ எனில், $M_{21} = N_2\Phi_{21}$. எனவே **1A மின்னோட்டம் கம்பிச்சுருள் 1–இல் பாயும்போது, கம்பிச்சுருள் 2–இல் ஏற்படும் பாயத்தொடர்பு பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் M_{21} எனப்படும்.**

மின்னோட்டம் i_1 ஆனது நேரத்தைப் பொருத்து மாறினால், கம்பிச்சுருள் 2–இல் ஒரு மின்னியக்கு விசை ε_2 தூண்டப்படுகிறது.

பாரடேயின் மின்காந்தத்தூண்டல் விதிப்படி, இந்த பரிமாற்று மின் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை ε_2 ஆனது

$$\varepsilon_2 = -\frac{d(N_2\Phi_{21})}{dt} = -\frac{d(M_{21}i_1)}{dt}$$

$$\varepsilon_2 = -M_{21}\frac{di_1}{dt}$$

$$(\text{அல்லது})\ M_{21} = \frac{-\varepsilon_2}{di_1/dt}$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டில் உள்ள எதிர்க்குறியானது, பரிமாற்று மின்தூண்டப்பட்ட மின்னியக்குவிசை நேரத்தைப் பொருத்து மின்னோட்டம் i_1 மாறுவதை எப்போதும் எதிர்க்கிறது என்பதைக் காட்டுகிறது. $di_1/dt = 1\text{A s}^{-1}$ எனில், $M_{21} = -\varepsilon_2$. **கம்பிச்சுருள் 1–இல் மின்னோட்டம் மாறும் வீதம் 1As^{-1} எனும் போது கம்பிச்சுருள் 2–இல் தூண்டப்படும் எதிர் மின்னியக்கு விசை, பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் M_{21} எனவும் வரையறுக்கப்படுகிறது.**

இதுபோல கம்பிச்சுருள் 2–இன் வழியே செல்லும் மின்னோட்டம் i_2 நேரத்தைப் பொருத்து மாறினால், கம்பிச்சுருள் 1–இல் மின்னியக்கு விசை ε_1 தூண்டப்படுகிறது. எனவே,

$$M_{12} = \frac{N_1\Phi_{12}}{i_2} \quad \text{மற்றும்} \quad M_{12} = \frac{-\varepsilon_1}{di_2/dt}$$

இங்கு M_{12} என்பது கம்பிச்சுருள் 2–ஐச் சார்ந்து கம்பிச்சுருள் 1–இன் பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் ஆகும். கொடுக்கப்பட்ட ஒரு சோடி கம்பிச்சுருள்களுக்கு பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் சமமாகும். அதாவது

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

பொதுவாக இரு கம்பிச்சுருள்களுக்கிடையே உள்ள பரிமாற்று மின்தூண்டலானது கம்பிச் சுருள்களின் அளவு, வடிவம், சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை, அவற்றின் சார்பு அமைப்புமுறை மற்றும் ஊடகத்தின் உட்புகுத்திறன் ஆகியவற்றைச் சார்ந்தது.

பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்ணின் அலகு:

பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்ணின் அலகும் ஹென்றி (H) ஆகும்.

$i_1 = 1\text{A}$ மற்றும் $N_2\Phi_{21} = 1$ வெபர்–சுற்றுகள் எனில், $M_{21} = 1\text{H}$.

எனவே, **கம்பிச்சுருள் ஒன்றில் பாயும் 1 A மின்னோட்டம் அருகில் உள்ள கம்பிச்சுருளில் ஓரலகு பாயத் தொடர்பை உருவாக்கினால், கம்பிச்சுருள்களுக்கு இடையிலான பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் ஒரு ஹென்றி ஆகும்.**

$di_1/dt = 1\text{As}^{-1}$ மற்றும் $\varepsilon_2 = -1\text{ V}$ எனில், $M_{21} = 1\text{H}$.

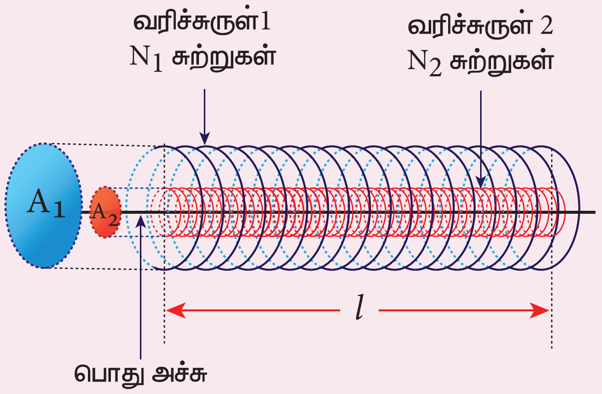
எனவே, **கம்பிச்சுருள் ஒன்றில் மின்னோட்டம் மாறும் வீதம் 1As^{-1} எனும் போது அருகில் உள்ள கம்பிச்சுருளில் தூண்டப்படும் எதிர் மின்னியக்குவிசை 1V என அமையுமானால், கம்பிச்சுருள்களுக்கு இடையிலான பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் ஒரு ஹென்றி ஆகும்.**

4.3.4 இரு நீண்ட பொது அச்சு கொண்ட வரிச்சுருள்களுக்கிடையே பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்:

சமநீளம் l கொண்ட இரண்டு பொது–அச்சு வரிச்சுருள்களைக் கருதுக. வரிச்சுருள்களின் ஆரங்களுடன் ஒப்பிடும் போது அவற்றின் நீளம் அதிகமாதலால், வரிச்சுருள்களுக்கு உட்புறம் உருவாகும் காந்தப்புலம் சீரானதாக அமையும். மேலும் முனைகளில் ஏற்படும் சீரற்ற காந்தப்புல விளைவு (fringing effect) புறக்கணிக்கத்தக்கது எனக்கொள்வோம். படம் 4.22 இல் காட்டியுள்ளவாறு A_1 மற்றும் A_2 என்பன வரிச்சுருள்களின்

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 216 08-12-2022 12:10:30

குறுக்குவெட்டுப்பரப்புகள் என்க. A_2 –ஐ விட A_1 பெரியது என்போம். இவற்றின் சுற்று அடர்த்திகள் முறையே n_1 மற்றும் n_2 ஆகும்.



படம் 4.22 இரு நீண்ட பொது அச்சு கொண்ட வரிச்சுருள்களின் பரிமாற்று மின்தூண்டல்

வரிச்சுருள் 1–இன் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் i_1 என்க. அதனுள் உருவாகும் காந்தப்புலம்

$$B_1 = \mu_\circ\ n_1\ i_1$$

வரிச்சுருள் 2–இன் பரப்பு வழியே செல்லும் $\vec{B_1}$ –இன் காந்தபுலக்கோடுகள் அதன் ஒவ்வொரு சுற்றுடனும் தொடர்பு கொள்கிறது. வரிச்சுருள் 2–இல் ஒரு சுற்றுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம்

$$\Phi_{21} = \int_{A_2} \vec{B_1}.d\vec{A} = B_1 A_2 \quad \text{ஏனெனில் } \theta = 0^\circ$$
$$= (\mu_\circ n_1 i_1) A_2$$

வரிச்சுருள் 2–இல் உள்ள N_2 சுற்றுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம் அல்லது மொத்த காந்தப்பாயத் தொடர்பு

$$N_2\Phi_{21} = (n_2 l)(\mu_\circ n_1 i_1) A_2 \quad \text{ஏனெனில் } N_2 = n_2 l$$
$$N_2\Phi_{21} = (\mu_\circ n_1 n_2 A_2 l) i_1$$

நமக்குத் தெரியும் $N_2\Phi_{21} = M_{21} i_1$. மேற்கண்ட சமன்பாடுகளை ஒப்பிட

$$M_{21} = \mu_\circ n_1 n_2 A_2 l \qquad (4.13)$$

இதுவே வரிச்சுருள் 1–ஐப் பொருத்து வரிச்சுருள் 2–இன் பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்ணிற்கான (M_{21}) கோவை ஆகும். இதுபோன்றே கீழ்கண்டவாறு வரிச்சுருள் 2–ஐப் பொருத்து வரிச்சுருள் 1–இன் பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் M_{12}–ஐக் காணலாம்.

வரிச்சுருள் 2–இன் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் i_2 எனில், அதனுள் உருவாக்கும் காந்தப்புலம்

$$B_2 = \mu_\circ n_2 i_2$$

இந்த காந்தப்புலம் B_2 வரிச்சுருள் 2–ன் உள்புறம் சீராகவும், வெளிப்புறம் ஏறக்குறைய சுழியாகவும் இருக்கும். எனவே, வரிச்சுருள் 1–இல் காந்தப்புலம் B_2 உள்ள விளைவுப்பரப்பு (effective area) A_2 ஆகும். பரப்பு A_1 அல்ல. வரிச்சுருள் 1–இல் ஒரு சுற்றுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம்

$$\Phi_{12} = \int_{A_2} \vec{B_2} \cdot d\vec{A} = B_2 A_2 = (\mu_\circ n_2 i_2) A_2$$

வரிச்சுருள் 1–இல் உள்ள N_1 சுற்றுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம் அல்லது மொத்த காந்தப்பாயத் தொடர்பு

$$N_1\Phi_{12} = (n_1 l)(\mu_o n_2 i_2) A_2 \qquad \therefore N_1 = n_1 l$$
$$N_1\Phi_{12} = (\mu_o n_1 n_2 A_2 l) i_2$$

$N_1\Phi_{12} = M_{12} i_2$ என்பதால், நாம் பெறுவது

$$M_{12} = \mu_\circ n_1 n_2 A_2 l \qquad (4.14)$$

சமன்பாடு (4.13) மற்றும் (4.14) இல் இருந்து நாம் இவ்வாறு எழுதலாம்.

$$M_{12} = M_{21} = M \qquad (4.15)$$

பொதுவாக இரு நீண்ட பொது–அச்சு வரிச்சுருள்களுக்கு இடையேயான பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் ஆனது

$$M = \mu_\circ n_1 n_2 A_2 l \qquad (4.16)$$

ஒப்புமை உட்புகுதிறன் μ_r கொண்ட மின்காப்பு ஊடகம் வரிச்சுருள்களுக்கு உட்புறம் இருந்தால்,

$$M = \mu n_1 n_2 A_2 l \qquad \text{(அல்லது)}$$
$$M = \mu_\circ \mu_r n_1 n_2 A_2 l$$

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 217 08-12-2022 12:10:36

எடுத்துக்காட்டு 4.12

முதலாவது கம்பிச்சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம் 2 A இல் இருந்து 10 A ஆக 0.4 விநாடியில் மாறுகிறது. இரண்டாவது கம்பிச்சுருளில் 60 mV மின்னியக்கு விசை தூண்டப்பட்டால், இரு கம்பிச்சுருள்களுக்கு இடையே உள்ள பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்ணைக் காண்க. மேலும் முதலாவது கம்பிச்சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம் 4 A இல் இருந்து 16 A ஆக 0.03 விநாடியில் மாறும்போது, இரண்டாவது கம்பிச்சுருளில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையைக் கணக்கிடுக. தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் எண்மதிப்பை மட்டும் கருதுக.

தீர்வு:

நேர்வு (i) :

$$di_1 = 10 - 2 = 8\text{ A};\ dt = 0.4\text{ s};$$
$$\varepsilon_2 = 60\times10^{-3}\text{ V}$$

நேர்வு (ii) :

$$di_1 = 16 - 4 = 12\text{ A}; \qquad dt = 0.03\text{ s}$$

(i) கம்பிச்சுருள்கள் இடையேயான பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்

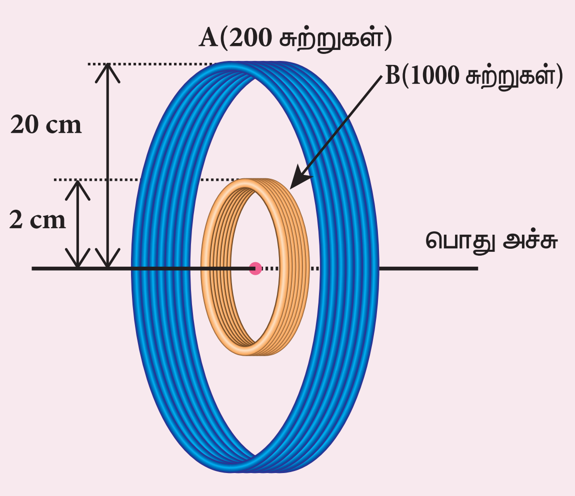
$$M = \frac{\varepsilon_2}{di_1/dt} = \frac{60\times10^{-3}\times0.4}{8}$$
$$M = 3\times10^{-3}\text{ H}$$

(ii) முதல் கம்பிச்சுருளில் மின்னோட்டம் மாறும் வீதத்தால் இரண்டாவது கம்பிச்சுருளில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை

$$\varepsilon_2 = M\frac{di_1}{dt} = \frac{3\times10^{-3}\times12}{0.03}$$
$$\varepsilon_2 = 1.2\text{ V}$$

எடுத்துக்காட்டு 4.13

படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு, இரண்டு ஒரு–தள, பொது–அச்சு கொண்ட வட்ட கம்பிச்சுருள்கள் A மற்றும் B–ஐக் கருதுக. கம்பிச்சுருள் A–இன் ஆரம் 20 cm மற்றும் கம்பிச்சுருள் B–இன் ஆரம் 2 cm ஆகும். கம்பிச்சுருள்கள் A மற்றும் B–இல் உள்ள சுற்றுகள் முறையே 200 மற்றும் 1000 ஆகும். கம்பிச்சுருள்கள் இடையேயான பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்ணைக் கணக்கிடுக. கம்பிச்சுருள் A–இல் உள்ள மின்னோட்டம் 2 A இல் இருந்து 6 A ஆக 0.04 விநாடியில் மாறினால், கம்பிச்சுருள் B–இல் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை மற்றும் அந்தக் கணத்தில் கம்பிச்சுருள் B வழியேயான காந்தப்பாயம் மாறும் வீதம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.



தீர்வு:

$$N_A = 200\text{ சுற்றுகள்};\quad N_B = 1000\text{ சுற்றுகள்};$$
$$r_A = 20\times10^{-2}\text{ m};\quad r_B = 2\times10^{-2}\text{ m};$$
$$dt = 0.04\text{ s};\qquad di_A = 6-2 = 4\text{A}$$

கம்பிச்சுருள் A–இல் பாயும் மின்னோட்டம் i_A என்க. வட்ட கம்பிச்சுருள் A–இன் மையத்தில் உள்ள காந்தப்புலம் B_A ஆனது

$$B_A = \frac{\mu_\circ N_A i_A}{2r_A} = \frac{4\pi\times10^{-7}N_A i_A}{2r_A}$$
$$= \frac{10^{-7}\times2\times3.14\times200}{20\times10^{-2}}\times i_A$$
$$= 6.28\times10^{-4}i_A\ \text{Wb m}^{-2}$$

கம்பிச்சுருள் B–இன் காந்தப்பாயத்தொடர்பு

$$N_B\Phi_B = N_B B_A A_B$$
$$= 1000\times6.28\times10^{-4}\times i_A\times3.14\times\left(2\times10^{-2}\right)^2$$
$$= 7.89\times10^{-4}i_A\ \text{ Wb turns}$$

கம்பிச்சுருள்கள் இடையேயான பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 218 08-12-2022 12:10:39

$$M = \frac{N_B \Phi_B}{i_A} = 7.89 \times 10^{-4}\,\text{H}$$

கம்பிச்சுருள் B–இல் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை

$$\varepsilon_B = -M \frac{di_A}{dt}$$

$$\varepsilon_B = \frac{7.89 \times 10^{-4} \times (6-2)}{0.04}$$

(எண்மதிப்பை மட்டும் கருத)

$$\varepsilon_B = 78.9\,\text{mV}$$

கம்பிச்சுருள் B–இல் காந்தப்பாயம் மாறும் வீதம்

$$\frac{d(N_B \Phi_B)}{dt} = \varepsilon_B = 78.9\ \text{m Wb s}^{-1}$$

4.4 தூண்டப்பட்ட மின்னியக்குவிசையை உருவாக்கும் முறைகள்

4.4.1 அறிமுகம்

மின்னியக்குவிசை என்பது ஒரு மின்சுற்றின் வழியாக மின்னூட்டத்தைச் செலுத்தக்கூடிய ஆற்றல் மூலத்தின் பண்பாகும். உண்மையில் இது ஒரு விசையல்ல என்பதை நாம் ஏற்கனவே அறிந்துள்ளோம். இது, முழுச்சுற்றின் வழியாக ஓரலகு மின்னூட்டத்தை நகர்த்துவதற்குச் செய்யப்பட்ட வேலையாகும். J C^{-1} அல்லது வோல்ட் என்ற அலகினால் அளக்கப்படுகிறது.

மின்னியக்கு விசையை அளிக்கக்கூடிய ஆற்றல் மூலங்களின் சில எடுத்துக்காட்டுகள் வருமாறு: மின் வேதிகலன்கள், வெப்ப மின்சாதனங்கள், சூரிய ஒளிக்கலன்கள் மற்றும் மின்னியற்றிகள் ஆகும். இவற்றில் பெரிய அளவிலான மின் உற்பத்திக்கு திறன் மிகுந்த இயந்திரங்களான மின்னியற்றிகள் பயன்படுகின்றன.

பாரடேயின் மின்காந்தத்தூண்டல் விதியின்படி, ஒரு சுற்றுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயத்தில் மாற்றம் ஏற்பட்டால் அச்சுற்றில் ஒரு மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது. இந்த மின்னியக்கு விசை தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை எனப்படும். தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் எண் மதிப்பானது

$$\varepsilon = \frac{d\Phi_B}{dt} \quad \text{(அல்லது)}$$

$$\varepsilon = \frac{d}{dt}(BA\cos\theta) \qquad (4.17)$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து கீழ்கண்ட ஏதேனும் ஒரு வழியில் காந்தப்பாயத்தை மாற்றி, மின்னியக்கு விசையை உருவாக்கலாம் என்பது தெளிவாகிறது.

(i) காந்தப்புலத்தை (B) மாற்றுவதன் மூலம்

(ii) கம்பிச்சுருளின் பரப்பை (A) மாற்றுவதன் மூலம் மற்றும்

(iii) காந்தப்புலத்தைச் சார்ந்த கம்பிச்சுருளின் திசையமைப்பை (θ) மாற்றுவதன் மூலம்

4.4.2 காந்தப்புலத்தை மாற்றுவதன் மூலம் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்குவிசையை உருவாக்குதல்

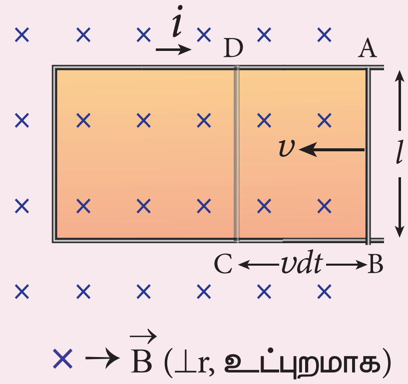
பாரடேயின் மின்காந்தத்தூண்டல் பரிசோதனையில் இருந்து ஒரு சுற்றின் வழியே செல்லும் காந்தப்புலத்தின் பாயத்தை மாற்றுவதன் மூலம் ஒரு மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது என கண்டறியப்பட்டது. காந்தப்பாய மாற்றமானது (i) மின் சுற்று மற்றும் காந்தத்திற்கு இடையே உள்ள சார்பு இயக்கம் (முதல் சோதனை) (ii) அருகில் உள்ள சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்தை மாற்றுதல் (இரண்டாவது சோதனை) ஆகியவற்றால் மேற்கொள்ளப்படுகிறது.

4.4.3 கம்பிச்சுருளின் பரப்பை மாற்றுவதன் மூலம் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்குவிசையை உருவாக்குதல்

படம் 4.23–இல் காட்டியுள்ளவாறு l நீளமுள்ள கடத்தும் தண்டு ஒரு பொருத்தப்பட்ட செவ்வக உலோகச் சட்டத்தில் v திசைவேகத்தில் இடதுபுறமாக நகர்வதாகக் கொள்க. இந்த மொத்த அமைப்பும் $\vec{B}$ என்ற சீரான காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் காந்தப்புலக்கோடுகள் தாளின் தளத்திற்கு செங்குத்தாக, உள்நோக்கிய திசையில் உள்ளன.

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 219 08-12-2022 12:10:41

தண்டானது AB–இல் இருந்து DC–க்கு dt நேரத்தில் நகரும்போது சட்டம் உள்ளடக்கிய பரப்பு குறைகிறது. அதனால் சட்டத்தின் வழியேயான காந்தப்பாயமும் குறைகிறது.



படம் 4.23 சட்டம் உள்ளடக்கிய பரப்பை மாற்றுவதன் மூலம் மின்னியக்கு விசையைத் தூண்டுதல்

dt நேரத்தில் ஏற்படும் காந்தப்பாய மாற்றம்

$$d\Phi_B = B\times \text{ பரப்பில் ஏற்படும் மாற்றம் } (dA)$$

$$= B\times \text{ பரப்பு } ABCD$$

பரப்பு $ABCD = l(vdt)$ ஆகையால்,

$$d\Phi_B = Blvdt \text{ (அல்லது)}$$

$$\frac{d\Phi_B}{dt} = Blv$$

காந்தப்பாய மாற்றம் காரணமாக சட்டத்தில் மின்னியக்குவிசை தூண்டப்படுகிறது. தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் எண்மதிப்பு

$$\varepsilon = \frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$\varepsilon = Blv \qquad (4.18)$$

இந்த மின்னியக்குவிசை **இயக்க மின்னியக்குவிசை** எனப்படும். ஏனெனில் இது காந்தப்புலத்தில் தண்டின் இயக்கத்தால் உருவானதாகும். பிளமிங் வலக்கை விதியிலிருந்து தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசை வலஞ்சுழியாக உள்ளது என அறியலாம்.

R என்பது சுற்றின் மின்தடை எனில், தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம்

$$i = \frac{\varepsilon}{R}$$

$$i = \frac{Blv}{R} \qquad (4.19)$$

ஆற்றல் மாறாநிலை:

செங்குத்து காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள மின்னோட்டம் தாங்கிய நகரக்கூடிய தண்டு AB மீது விசை $\vec{F}_B$ செயல்படுகிறது. இவ்விசை தண்டின் இயக்கத்திற்கு எதிர்த்திசையில் வெளிப்புறமாக செயல்படுகிறது. இவ்விசையானது

$$\vec{F}_B = i\,\vec{l}\times\vec{B}$$

$$\left|\vec{F}_B\right| = ilB\sin\theta$$

$$F_B = ilB \qquad \text{ஏனெனில் } \theta = 90^\circ$$

$\vec{v}$ என்ற மாறா திசைவேகத்தில் தண்டினை நகர்த்துவதற்கு, காந்தவிசைக்கு சமமான மாறா விசை ஒன்று எதிர்த்திசையில் செலுத்தப்படவேண்டும்.

$$\left|\vec{F}_{app}\right| = \left|\vec{F}_B\right| = ilB$$

எனவே தண்டினை நகர்த்துவதற்கு வெளிப்புற விசையினால் இயந்திரவேலை செய்யப்படுகிறது. வேலை செய்யப்படும் வீதம் அல்லது திறன்

$$P = \vec{F}_{app}\cdot\vec{v} = F_{app}\,v\cos\theta \qquad \text{இங்கு } \theta = 0^\circ$$

$$= ilBv$$

$$= \left(\frac{Blv}{R}\right)lBv$$

$$P = \frac{B^2l^2v^2}{R}$$

தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் சுற்றில் பாயும்போது ஜூல் வெப்பமாதல் நடைபெறுகிறது. சுற்றில் வெப்ப ஆற்றல் வெளிப்படும் வீதம் அல்லது வெளிப்படும் திறன்

$$P = i^2R$$

$$P = \left(\frac{Blv}{R}\right)^2 R$$

$$P = \frac{B^2l^2v^2}{R} \qquad (4.21)$$

இந்த சமன்பாடானது சமன்பாடு (4.20) போலவே அமைந்துள்ளது. எனவே தண்டினை நகர்த்துவதற்கு செய்யப்படும் இயந்திர ஆற்றலானது

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 220 08-12-2022 12:10:47

மின்னாற்றலாக மாற்றப்படுகிறது. பின்னர் சுற்றில் உருவாகும் வெப்ப ஆற்றலாக தோன்றுகிறது. ஆற்றல் மாறா விதியின்படி இந்த ஆற்றல் மாற்றம் அமைந்துள்ளது.

எடுத்துக்காட்டு 4.14

சீரான காந்தப்புலம் 0.4 T இல் 0.03 m^2 பரப்பு கொண்ட வட்ட உலோகவட்டு ஒன்று சுழலுகிறது. சுழற்சி அச்சானது வட்டின் மையம் வழியாகவும் அதன் தளத்திற்கு செங்குத்தாகவும் அமைந்துள்ளது. மேலும் சுழற்சி அச்சானது காந்தப்புலத்தின் திசைக்கு இணையாக உள்ளது. வட்டு ஒரு விநாடி நேரத்தில் 20 சுழற்சிகளை நிறைவு செய்கிறது. வட்டின் மின்தடை 4 Ω எனில், அதன் அச்சுக்கும் விளிம்புக்கும் இடையே தூண்டப்படும் மின்னியக்குவிசை மற்றும் வட்டில் பாயும் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

$A = 0.03\ m^2;\ B = 0.4\ T;\ f = 20\ rps;\ R = 4\ \Omega$

ஒரு வினாடி நேரத்தில் வட்டு ஏற்படுத்திய பரப்பு

= வட்டின் பரப்பு × அதிர்வெண்

$$\frac{dA}{dt} = 0.03 \times 20$$

$$= 0.6\ m^2s^{-1}$$

தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் எண்மதிப்பு,

$$\varepsilon = \frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{d(BA)}{dt} = B\frac{dA}{dt}$$

$$\varepsilon = \frac{0.4 \times 0.6}{1} = 0.24\,V$$

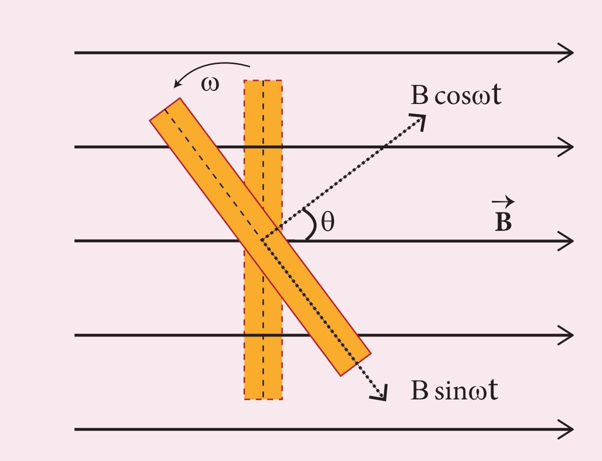
தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம், $i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{0.24}{4} = 0.06\,A$

குறிப்பு

கம்பிச்சுருளுக்கும் காந்தப்புலத்திற்கும் இடையே உள்ள சார்பு திசையமைப்பை மாற்றுவதன் மூலம் மின்னியக்கு விசையை உருவாக்கலாம். இதனை காந்தப்புலத்தில் கம்பிச்சுருளை சுழற்றியோ அல்லது நிலையான கம்பிச்சுருளுக்குள் காந்தப்புலத்தை சுழற்றியோ சாத்தியமாக்கலாம். இங்கு சுழலும் கம்பிச்சுருள் வகை கருதப்படுகிறது.

4.4.4 காந்தப்புலத்தைச் சார்ந்து கம்பிச்சுருளின் சார்புத் திசையமைப்பை மாற்றுவதன் மூலம் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்குவிசையை உருவாக்குதல்

படம் 4.24–இல் காட்டியுள்ளவாறு B என்ற சீரான காந்தப்புலத்தில் N சுற்றுகள் கொண்ட செவ்வக கம்பிச்சுருள் ஒன்று வைக்கப்பட்டுள்ளதாகக் கருதுக. கம்பிச்சுருளானது புலம் மற்றும் தாளின் தளத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ள அச்சைப் பொருத்து ω என்ற கோணத்திசைவேகத்துடன் இடஞ்சுழியாகச் சுழலுகிறது.



படம் 4.24 கம்பிச்சுருள் $\theta = \omega t$ என்ற கோணம் சுழற்றப்பட்டுள்ளது

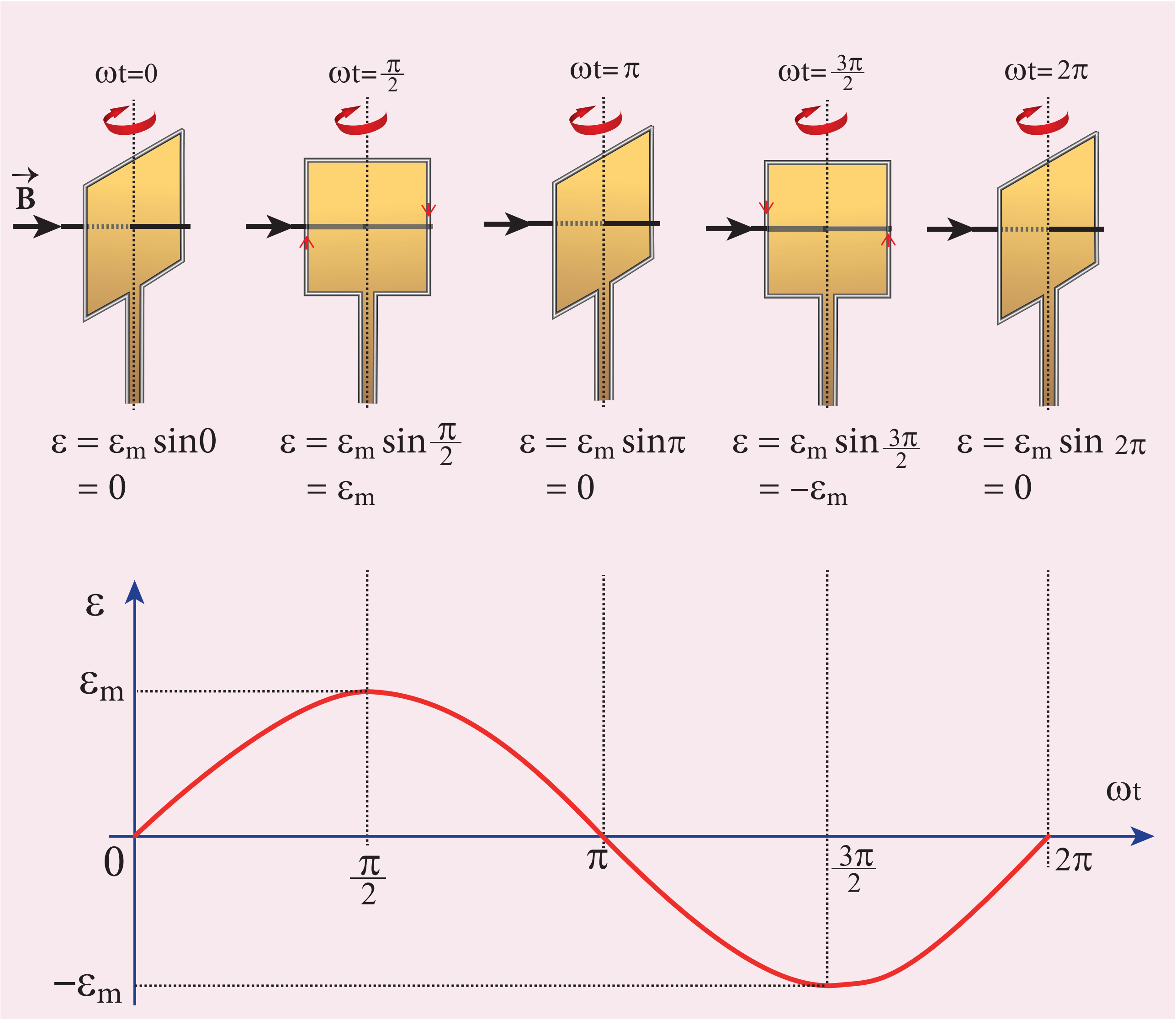
நேரம் $t = 0$ எனும்போது, சுருளின் தளம் புலத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ளது. சுருளுடன் தொடர்பு கொண்ட பாயம் அதன் பெரும மதிப்பு $\Phi_m = NBA$ ஐக் கொண்டிருக்கும் (இங்கு A என்பது சுருளின் பரப்பு ஆகும்).

t வினாடி நேரத்தில், கம்பிச்சுருள் இடஞ்சுழியாக $\theta\ (= \omega t)$ என்ற கோணம் சுழற்றப்படுகிறது. இந்த நிலையில், தொடர்பு கொண்ட பாயமானது $NBA\cos\omega t$ –ஆக இருக்கும். இது சுருளின் தளத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ள $\vec{B}$ –இன் கூறு மூலம் ஏற்படுகிறது. தளத்திற்கு இணையான கூறு $(B\sin\omega t)$ மின் காந்தத்தூண்டலில் பங்கேற்பதில்லை. எனவே, விலக்கப்பட்ட நிலையில் கம்பிச்சுருளின் பாயத்தொடர்பு

$$N\Phi_B = NBA\cos\theta = NBA\cos\omega t$$

பாரடேயின் விதிப்படி, அந்தக் கணத்தில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 221 08-12-2022 12:10:50



படம் 4.25 ωt –யைப் பொருத்து தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை மாறுபடுதல்

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

கம்பிச்சுருளானது அதன் தொடக்க நிலையிலிருந்து 90° சுழற்றப்பட்டால், $\sin\omega t = 1$. எனவே தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் பெரும மதிப்பு

$$\varepsilon_m = NBA\omega$$

எனவே எந்தவொரு கணத்திலும் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையானது

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin\omega t \quad (4.22)$$

தூண்டப்பட்ட மின்னியக்குவிசையானது நேரக்கோணத்தின் (ωt) சைன் சார்பாக மாறுவதைத் தெரிந்து கொள்ளலாம். தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசை மற்றும் நேரக்கோணத்திற்கு இடையேயான வரைபடம் ஒரு சைன் வளைகோடாக அமையும் (படம் 4.25). இந்த வகையில் மாறும் மின்னியக்குவிசை **சைன் வடிவ மின்னியக்குவிசை** அல்லது **மாறுதிசை மின்னியக்கு விசை** எனப்படும்.

இந்த மாறுதிசை மின்னியக்குவிசை ஒரு மூடிய சுற்றுக்கு அளிக்கப்பட்டால், சைன் வளைகோடு வடிவில் மாறுகின்ற மின்னோட்டம் அதில் பாய்கிறது. இந்த மின்னோட்டம் **மாறுதிசை மின்னோட்டம்** எனப்படும். அதனை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$i = I_m \sin\omega t \quad (4.23)$$

இங்கு I_m என்பது தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் பெரும மதிப்பு ஆகும்.

எடுத்துக்காட்டு 4.15

600 சுற்றுகள் மற்றும் 70 cm^2 பரப்பு கொண்ட செவ்வக கம்பிச்சுருள் ஒன்று 0.4 T என்ற காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தான அச்சைப் பொருத்து சுழலுகிறது. கம்பிச்சுருள் நிமிடத்திற்கு 500 சுழற்சிகள் நிறைவு செய்தால், கம்பிச்சுருளின் தளமானது (i) புலத்திற்கு குத்தாக (ii) புலத்திற்கு இணையாக மற்றும் (iii) புலத்துடன் 60° கோணம் சாய்வாக உள்ளபோது தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசையைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

$A = 70 \times 10^{-4} m^2$; $N = 600$ சுற்றுகள்

$B = 0.4$ T; $f = 500$ சுழற்சிகள் / நிமிடம்

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin \omega t$$

ஏனெனில் $\varepsilon_m = N\Phi_m \omega = N(BA)(2\pi f)$

$$\varepsilon = NBA \times 2\pi f \times \sin \omega t$$

(i) $\omega t = 0^\circ$ எனில்

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin 0 = 0$$

(ii) $\omega t = 90^\circ$ எனில்

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin 90^\circ = NBA \times 2\pi f \times 1$$

$$= 600 \times 0.4 \times 70 \times 10^{-4} \times 2 \times \frac{22}{7} \times \left(\frac{500}{60}\right)$$

$$= 88\,V$$

(iii) $\omega t = 90° - 60° = 30°$ எனில்

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin 30^\circ = 88 \times \frac{1}{2} = 44\ V$$

4.5 மாறுதிசை மின்னோட்ட மின்னியற்றி (AC GENERATOR)

4.5.1 அறிமுகம்

மாறுதிசை மின்னோட்ட மின்னியற்றி (*AC* மின்னியற்றி) அல்லது மின்னாக்கி என்பது ஆற்றல் மாற்றம் செய்யும் கருவியாகும். இது கம்பிச்சுருள் அல்லது புலக்காந்தத்தை சுழற்றுவதற்கு பயன்படும் இயந்திர ஆற்றலை மின் ஆற்றலாக மாற்றுகிறது. இல்லங்கள் மற்றும் தொழிற்சாலைகளில் பயன்படும் பெரிய அளவிலான மின்திறனை மின்னியற்றி உற்பத்தி செய்கிறது. படம் 4.26 இல் *AC* மின்னியற்றி மற்றும் அதன் பாகங்கள் காட்டப்பட்டுள்ளன.

படம் 4.26 AC மின்னியற்றி மற்றும் அதன் பாகங்கள்

4.5.2 தத்துவம்

மின்காந்தத்தூண்டல் விதிப்படி மின்னாக்கிகள் வேலைசெய்கின்றன. கடத்திக்கும், காந்தப்புலத்திற்கும் இடையிலான சார்பு இயக்கம் கடத்தியுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயத்தை மாற்றுகிறது.

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 223 08-12-2022 12:10:55

இதனால் கடத்தியில் மின்னியக்குவிசையானது தூண்டப்படுகிறது. இந்த மின்னியக்குவிசையின் எண்மதிப்பை பாரடேயின் மின்காந்தத்தூண்டல் விதியில் இருந்தும், அதன் திசையை பிளமிங் வலக்கை விதியில் இருந்தும் அறியலாம்.

குறிப்பு காந்தப்புலத்தில் கம்பிச்சுருளை ஒன்றைச் சுழற்றியோ அல்லது நிலையான கம்பிச்சுருளுக்குள் காந்தப்புலத்தை சுழற்றியோ மாறுதிசை மின்னியக்குவிசையானது உருவாக்கப்படுகிறது. இவற்றில் முதல் வகை சிறிய AC மின்னியற்றிகளிலும், இரண்டாம் வகை பெரிய AC மின்னியற்றிகளிலும் பயன்படுகின்றன. பெரும்பாலான மின்திறன் உற்பத்தி நிலையங்களில் சுழலும் காந்தப்புலம் வகையே பயன்படுத்தப்படுகிறது.

4.5.3 அமைப்பு

மின்னியற்றியானது நிலையி (Stator) மற்றும் சுழலி (Rotor) என இரு பெரும் பாகங்களைக் கொண்டுள்ளது. அவற்றின் பெயருக்கேற்றபடி நிலையி நிலையாகவும், சுழலி சுழன்று கொண்டும் உள்ளன. வணிகரீதியிலான மின்னாக்கிகளில் சுருளிச் சுற்று (Armature winding) நிலையியிலும், புலக்காந்தமானது (Field magnet) சுழலியிலும் பொருத்தப்படுகின்றன.

i) நிலையி (Stator)

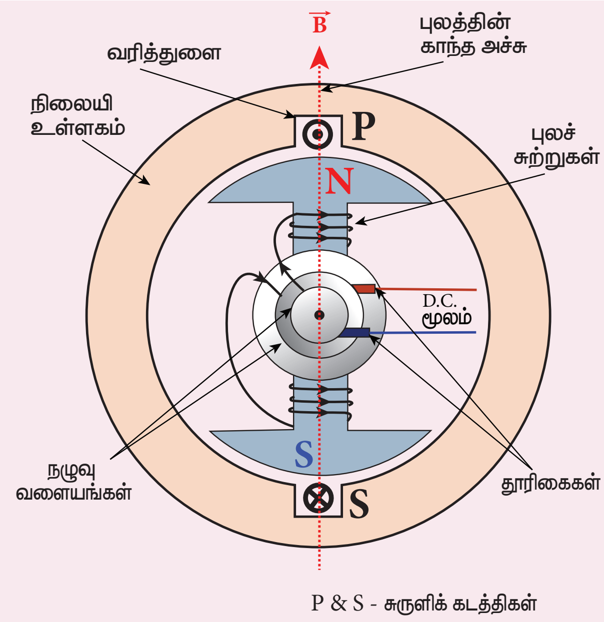
சுருளிச் சுற்று பொருத்தப்பட்டுள்ள நிலையான பகுதி நிலையி எனப்படும். அது நிலையி உள்ளகம் மற்றும் சுருளிச் சுற்று ஆகிய இரண்டு பாகங்களைக் கொண்டுள்ளது.

நிலையி உள்ளகம் அல்லது சுருளி உள்ளகம் இரும்பு அல்லது எஃகு உலோகக் கலவையில் ஆன உள்ளீடற்ற உருளையாகும். சுழல் மின்னோட்ட இழப்புகளைக் குறைப்பதற்கு காப்பிடப்பட்ட தகடுகளால் உள்ளகம் கட்டப்படுகிறது. சுருளிச் சுற்றுகளை பொருத்தும் வகையில் உள்ளகத்தின் உட்புறமாக வரித்துளைகள் (Slots) வெட்டப்பட்டுள்ளன.

நிலையி உள்ளகத்தில் உள்ள வரித்துளைகளில் அமைந்துள்ள கம்பிச்சுருள்கள், சுருளிச் சுற்றுகள் எனப்படும் (படம் 4.27).

ii) சுழலி (Rotor)

சுழலியானது காந்தப்புல கம்பிச்சுற்றுகளைக் (Magnetic field winding) கொண்டுள்ளது.



படம் 4.27 நிலையி உள்ளகம், சுருளிச் சுற்று மற்றும் 2 – துருவச் சுழலி

நேர்த்திசை மின்னோட்டமூலம் (DC source) ஒன்றினால் கம்பிச்சுற்றுகளில் காந்தப்புலம் ஏற்படுத்தப்படுகிறது. காந்தப்புல கம்பிச்சுற்றுகளின் முனைகள் ஒரு சோடி நழுவு வளையங்களுடன் இணைக்கப்பட்டு, சுழலி சுழலக்கூடிய தண்டுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். நழுவு வளையங்கள் சுழலியுடன் சேர்ந்து சுழலுகின்றன. நேர்த்திசை மின்னோட்டமூலம் மற்றும் காந்தப்புல கம்பிச்சுற்றுகள் இடையே இணைப்பை ஏற்படுத்த நழுவு வளையங்களின் மீது தொடர்ச்சியாக நழுவிச்செல்லும் இரு தூரிகைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. (படம் 4.27)-ல் 2–துருவச் சுழலி கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

ஒரு–கட்ட மற்றும் மூன்று–கட்ட மின்னியற்றிகளின் அமைப்பு, வேலை செய்யும் விதம் ஆகியவற்றைப் பார்ப்போம்.

4.5.4 நிலையான சுருளிச் சுற்று – சுழலும் புல மின்னியற்றியின் நன்மைகள்

பொதுவாக மின்னியற்றிகள் அதிக மின்னோட்டம் மற்றும் அதிக மின்னழுத்த வேறுபாடு கொண்டுள்ள இயந்திரங்கள் ஆகும். நிலையான சுருளிச் சுற்று–சுழலும் புல அமைப்பு பல நன்மைகளைக் கொண்டது. அவற்றில் சில வருமாறு.

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 224 08-12-2022 12:10:55

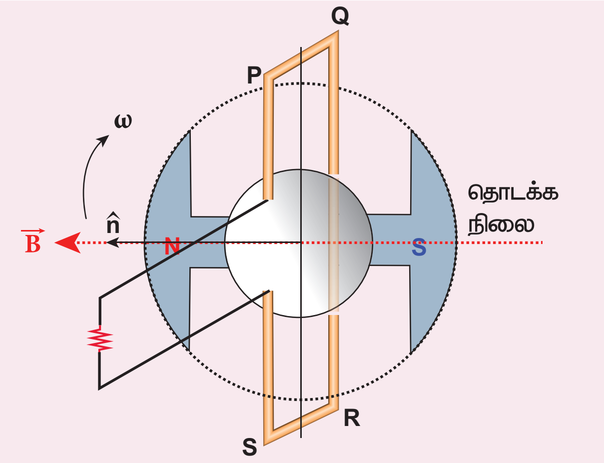
1) தூரிகைத் தொடர்புகளைப் பயன்படுத்தாமல், மின்னோட்டமானது நேரடியாக நிலையி பகுதியில் பொருத்தப்பட்டுள்ள முனைகளில் இருந்து பெறப்படுகிறது.
2) நிலையான சுருளிச் சுற்றை மின்காப்பு செய்வது எளிமையானதாகும்.
3) நழுவும் தொடர்புகளின் (நழுவு வளையங்கள்) எண்ணிக்கை குறைக்கப்பட்டுள்ளது. மேலும் நழுவும் தொடர்புகள் குறைந்த மின்னழுத்த நேர்த்திசை மின்னோட்ட மூலத்திற்கு மட்டுமே பயன்படுகின்றன.
4) சுருளிச் சுற்றுகள் இயந்திரவியல் தகைவின் காரணமாக உருக்குலைவதைத் தடுக்கும் வகையில் அதிக உறுதியாக அமைக்க முடியும்.

4.5.5 ஒரு–கட்ட மாறுதிசை மின்னோட்ட மின்னியற்றி

ஒரு–கட்ட *AC* மின்னியற்றியில், சுருளிச் சுற்றுகள் தொடர் இணைப்பில் ஒரே சுற்றாக அமைக்கப்பட்டு ஒரு–கட்ட மின்னியக்குவிசை உருவாக்கப்படுகிறது. எனவே இது ஒரு–கட்ட மின்னாக்கி எனப்படுகிறது.

எளிய வகை *AC* மின்னியற்றியில் ஒரு சுற்று கொண்ட செவ்வகச்சுற்று *PQRS*, நிலையி உட்புறத்தில் பொருத்தப்படுகிறது. நிலையி உள்ளே புலச்சுற்றுகள் தாளின் தளத்திற்கு செங்குத்தான அச்சைப் பொருத்து சுழலுமாறு அமைக்கப்படுகிறது

சுற்று *PQRS* நிலையாகவும் மற்றும் தாளின் தளத்திற்கு குத்தாகவும் உள்ளது. புலச் சுற்றுகள் வழியே மின்னோட்டம் செலுத்தப்பட்டால், அதனைச் சுற்றி காந்தப்புலம் உருவாக்கப்படுகிறது. வெளிப்புற



படம் 4.28 தொடக்க நிலையில் PQRS கம்பிச் சுற்று மற்றும் புலக்காந்தம்

இயக்கியால் புலக்காந்தமானது வலஞ்சுழியாக சுழற்றப்படுவதாகக் கொள்க (படம் 4.28).

புலக்காந்தத்தின் தொடக்கநிலை கிடைமட்டமாக உள்ளதாகக் கருதுக. அந்த கணத்தில், காந்தப்புலத்தின் திசை *PQRS* சுற்றின் தளத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ளது. எனவே தூண்டப்பட்ட மின்னியக்குவிசை சுழியாகும் (பகுதி 4.4 இல் நேர்வு (iii) ஐக் காண்க). இது, தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை மற்றும் நேரக்கோணம் இடையேயான வரைபடத்தில் தொடக்கப்புள்ளி *O* – ஆல் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது (படம் 4.29).

புலக்காந்தம் 90° கோணம் சுழன்றால், காந்தப்புலம் *PQRS* –க்கு இணையாகிறது. *PQ* மற்றும் *RS* ஆகியவற்றில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசைகள் பெரும மதிப்பை அடைகின்றன. அவை தொடரிணைப்பில் உள்ளதால், மின்னியக்குவிசைகள் ஒன்றுடன் ஒன்று கூட்டப்படுகிறது. தூண்டப்பட்ட மின்னியக்குவிசையின் திசையை பிளமிங் வலக்கை விதியில் இருந்து அறியலாம்.

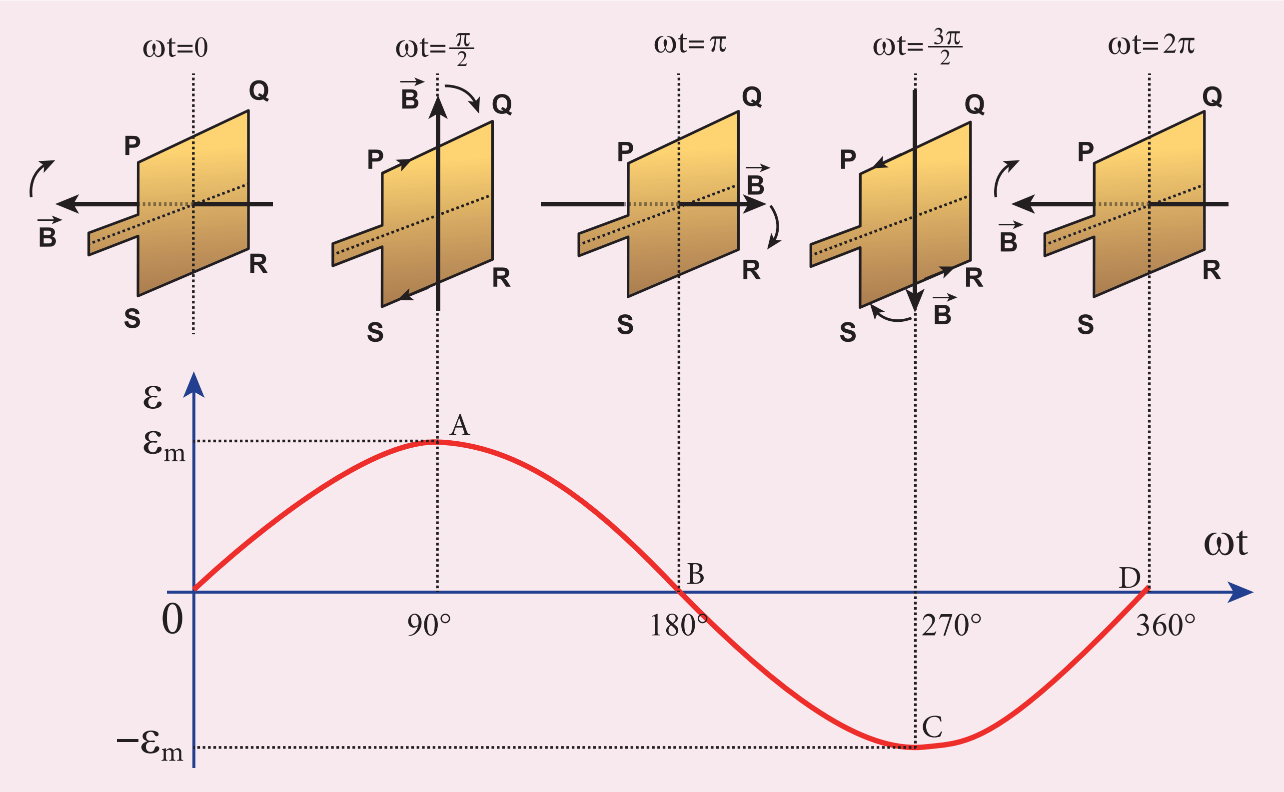
இந்த விதியைப் பயன்படுத்தும்போது கவனம் தேவை. புலத்தைப் பொருத்து, கடத்தியின் இயக்கத்திசையை பெருவிரல் குறிக்கிறது. வலஞ்சுழியாக சுழலும் துருவங்களுக்கு, கடத்தியானது இடஞ்சுழியாக சுழலுவதாக தோன்றும். எனவே, பெருவிரல் இடதுபக்கத்தை நோக்கி இருக்கவேண்டும். தூண்டப்பட்ட மின்னியக்குவிசையின் திசை தாளின் தளத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ளது. மின்னியக்குவிசையானது *PQ*–வில் உள்நோக்கியும், *RS*–இல் வெளிநோக்கியும் உள்ளது. எனவே, மின்னோட்டம் *PQRS* வழியே பாய்கிறது. வரைபடத்தில் *A* என்ற புள்ளி இந்த பெரும மின்னியக்குவிசையைக் குறிக்கிறது.

தொடக்கநிலையிலிருந்து 180° சுழற்சிக்குப் பின், புலமானது *PQRS*–க்கு செங்குத்தாக அமைகிறது. தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை சுழியாகிறது. இது *B* என்ற புள்ளியால் குறிக்கப்படுகிறது.

புலக்காந்தத்தின் 270° சுழற்சிக்கு, புலமானது மீண்டும் *PQRS*–க்கு இணையாக அமைகிறது. தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை பெருமமாக உள்ளது. ஆனால் அதன் திசை எதிர்த்திசையாக மாறுகிறது. இதனால் மின்னோட்டம் *SRQP* வழியே பாய்கிறது. இது *C* என்ற புள்ளியால் குறிக்கப்படுகிறது.

360° நிறைவு செய்யும்போது, தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை சுழியாகிறது. அது *D* என்ற புள்ளியால் குறிக்கப்படுகிறது. வரைபடத்திலிருந்து, *PQRS*–இல் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்குவிசை மாறுதிசையாக உள்ளது தெளிவாகிறது.

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 225 08-12-2022 12:10:56



படம் 4.29 நேர கோணத்தைப் பொருத்து தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை மாறுபடுதல்

எனவே, புலக்காந்தம் ஒரு சுழற்சியை நிறைவுசெய்யும் போது, *PQRS* –இல் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை ஒரு சுற்றை முடிக்கிறது. இந்த அமைப்பிற்கு, தூண்டப்பட்ட மின்னியக்குவிசையின் அதிர்வெண், புலக்காந்தம் சுழலும் வேகத்தைச் சார்ந்துள்ளது.

4.5.6 பல–கட்ட மாறுதிசை மின்னோட்ட மின்னியற்றி

சில *AC* மின்னியற்றிகள் சுருளி உள்ளகத்தில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட கம்பிச்சுருளைக் கொண்டிருக்கும். ஒவ்வொரு கம்பிச்சுருளும் மாறுதிசை மின்னியக்குவிசை ஒன்றை உருவாக்குகிறது. இந்த மின்னியற்றிகளில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட மின்னியக்குவிசைகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இதனால் அவை **பல–கட்ட மின்னியற்றிகள்** என்றழைக்கப்படுகின்றன.

மின்னியற்றியில் இரண்டு மாறுதிசை மின்னியக்குவிசைகள் உருவாக்கப்பட்டால், அது **இரு–கட்ட மின்னியற்றி** எனப்படும். சில *AC* மின்னியற்றிகளில் மூன்று தனித்தனியான கம்பிச்சுருள்கள் உள்ளன. அவை மூன்று தனித்தனியான மின்னியக்கு விசைகளைத் தருகின்றன. எனவே அவை **மூன்று–கட்ட மின்னியற்றிகள்** எனப்படுகின்றன.

4.5.7 மூன்று–கட்ட மாறுதிசை மின்னோட்ட மின்னியற்றி

எளிமையான மூன்று–கட்ட *AC* மின்னியற்றி அமைப்பில், சுருளி உள்ளகத்தின் உட்புற பரப்பில் 6 வரித்துளைகள் வெட்டப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு வரித்துளையும் ஒன்றுக்கொன்று 60° இடைவெளியில் உள்ளன. இந்த வரித்துளைகளில் ஆறு கடத்திகள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. கடத்திகள் 1 மற்றும் 4 தொடராக இணைக்கப்பட்டு கம்பிச்சுருள் 1 உருவாக்கப்படுகிறது. கடத்திகள் 3 மற்றும் 6–ஐ இணைத்து கம்பிச்சுருள் 2–உம், கடத்திகள் 5 மற்றும் 2–ஐ இணைத்து கம்பிச்சுருள் 3–உம் உருவாக்குப்படுகின்றன. எனவே செவ்வக வடிவிலான இந்த கம்பிச்சுருள்கள் ஒன்றுக்கொன்று 120° இடைவெளியுடன் உள்ளன (படம் 4.30).

புலக்காந்தத்தின் தொடக்கநிலை கிடைமட்டமாகவும், புலத்தின் திசை கம்பிச்சுருள் 1–இன் தளத்திற்கு செங்குத்தாகவும் உள்ளது. ஒரு–கட்ட *AC* மின்னியற்றியில் கண்டவாறு, புலக்காந்தமானது அந்த நிலையிலிருந்து வலஞ்சுழியாக சுழற்றப்பட்டால் கம்பிச்சுருள் 1–இல் தூண்டப்படும் மாறுதிசை

t

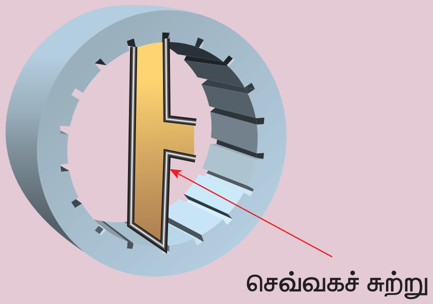
12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 226 08-12-2022 12:10:56

AC மின்னியற்றின் அமைப்பு (தேர்வுக்கு உரியதன்று)

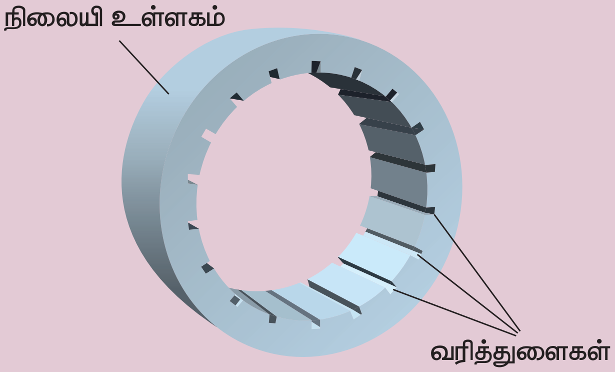
மின்னாக்கியானது நிலையி (Stator) மற்றும் சுழலி (Rotor) என இரு பெரும் பாகங்களைக் கொண்டுள்ளது. நிலையி மற்றும் சுழலி ஆகியவற்றின் அமைப்பைப் புரிந்து கொள்வதற்காக இப்பகுதி கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

(i) நிலையி (stator)

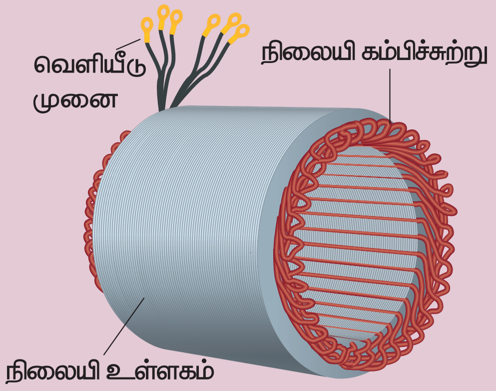
நிலையி இரண்டு பாகங்களைக் கொண்டுள்ளது. அவை நிலையி உள்ளகம் மற்றும் சுருளிச் சுற்றுகள்.



படம்: (ஆ) செவ்வகச் சுற்று கொண்ட நிலையி உள்ளகம்



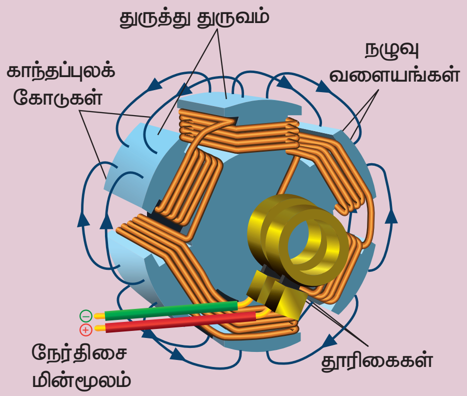
படம்: (அ) வரித்துளைகளுடன் கூடிய நிலையி உள்ளகம்



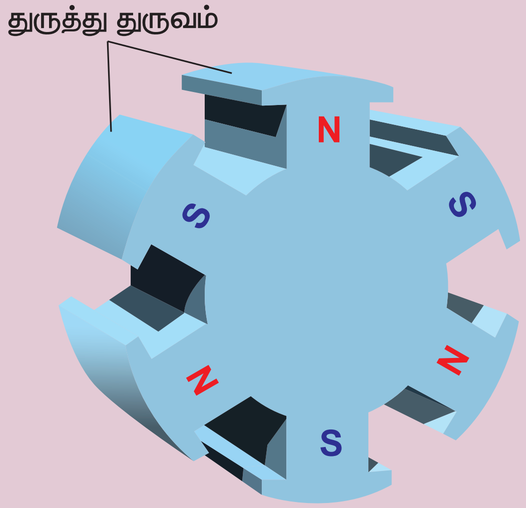
படம்: (இ) சுருளிச் சுற்றுகளைக் கொண்ட நிலையி உள்ளகம்

ii) சுழலி (Rotor)

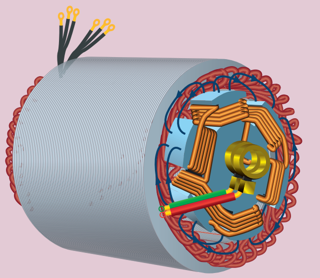
சுழலியானது ஒரே தண்டில் பொருத்தப்பட்டுள்ள காந்தப்புலச் கம்பிச்சுற்றுகள், நழுவு வளையங்கள் மற்றும் தூரிகைகளைக் கொண்டுள்ளது. படம் (ஈ) (உ) (ஊ).



படம்: (உ) புல கம்பிச்சுற்றுகள், நழுவு வளையங்கள் மற்றும் தூரிகைகள் கொண்ட 6 – துருவ சுழலி

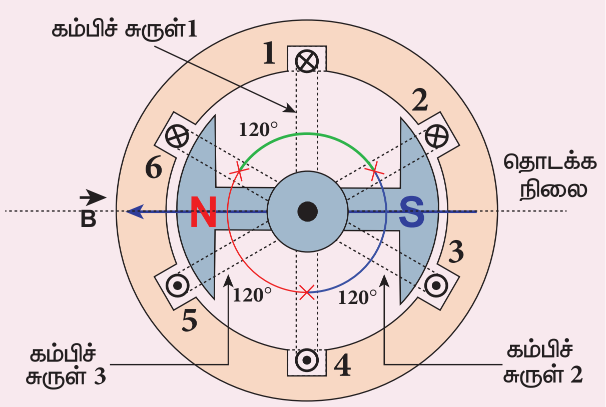


படம்: (ஈ) 6 – துருவ சுழலி

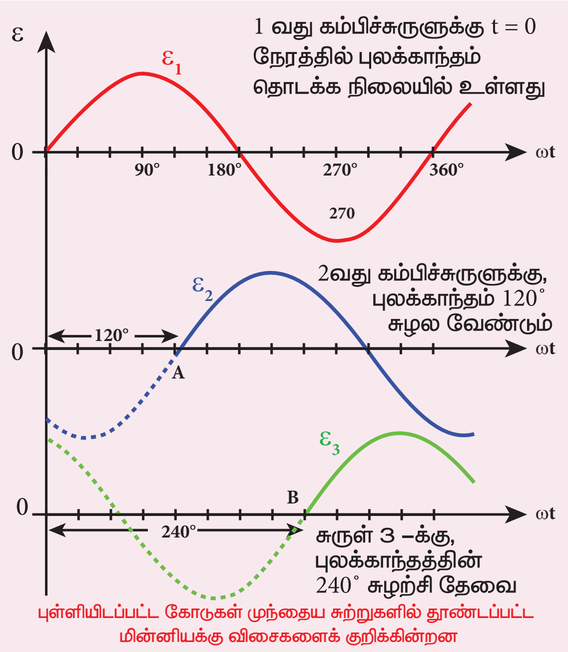


படம்: (ஊ) நிலையி உள்ளகம் மற்றும் சுழலி

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 227 08-12-2022 12:10:59



படம் 4.30 மூன்று – கட்ட AC மின்னியற்றியின் அமைப்பு



படம் 4.31 மின்னியக்கு விசைகள் ε_1, ε_2 மற்றும் ε_3 நேர கோணத்தைப் பொருத்து மாறுபடுதல்

மின்னியக்குவிசை ε_1 தனது சுற்றை புள்ளி *O*– இல் இருந்து தொடங்குகிறது. இது படம் 4.31 – இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

புலக்காந்தம் 120° சுழன்ற பிறகு, கம்பிச்சுருள் 2–இல் உள்ள மின்னியக்குவிசை ε_2–ஆனது தனது சுற்றை புள்ளி *A*–யில் தொடங்குகிறது. எனவே ε_1 மற்றும் ε_2 இடையிலான கட்டவேறுபாடு 120° ஆகும். தொடக்கநிலையிலிருந்து புலக்காந்தம் 240° சுழன்ற பிறகு, கம்பிச்சுருள் 3–இல் உள்ள மின்னியக்குவிசை ε_3 அதன் சுற்றை புள்ளி *B*–யில் தொடங்குகிறது. இவ்வாறு மூன்று–கட்ட *AC* மின்னியற்றியில் தூண்டப்படும் மின்னியக்குவிசைகள் ஒன்றுக்கொன்று 120° கட்டவேறுபாட்டைக் கொண்டுள்ளன.

4.5.8 மூன்று–கட்ட மின்னாக்கியின் நன்மைகள்

ஒரு–கட்ட அமைப்பை விட மூன்று–கட்ட அமைப்பு பல நன்மைகளை கொண்டுள்ளது. அவற்றில் சிலவற்றைக் காண்போம்.

1) கொடுக்கப்பட்ட மின்னியற்றியின் பரிமாணத்திற்கு, ஒரு–கட்ட இயந்திரத்தை விட மூன்று–கட்ட இயந்திரம் அதிகமான வெளியீடு திறனை உருவாக்குகிறது.
2) ஒரே அளவிலான திறனுக்கு, ஒரு–கட்ட மின்னாக்கியை விட மூன்று–கட்ட மின்னாக்கி அளவில் சிறியதாக உள்ளது.
3) மூன்று–கட்ட மின்திறன் அனுப்புவதற்கான செலவு குறைவு. ஒப்பீட்டளவில் மூன்று–கட்ட மின்திறன் அனுப்ப மெல்லிய கம்பியே போதுமானதாகும்.

4.6 மின்மாற்றி (TRANSFORMER)

மின்மாற்றி என்பது ஒரு சுற்றிலிருந்து மற்றொன்றிற்கு மின்திறனை அதன் அதிர்வெண் மாறாமல் மாற்றுவதற்குப் பயன்படும் கருவியாகும். இதில் கொடுக்கப்பட்ட மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடு அதிகரிக்கிறது அல்லது குறைகிறது மற்றும் தொடர்புடைய சுற்றின் மின்னோட்டத்தை குறைத்தோ அல்லது அதிகரித்தோ இது நிகழ்கிறது.

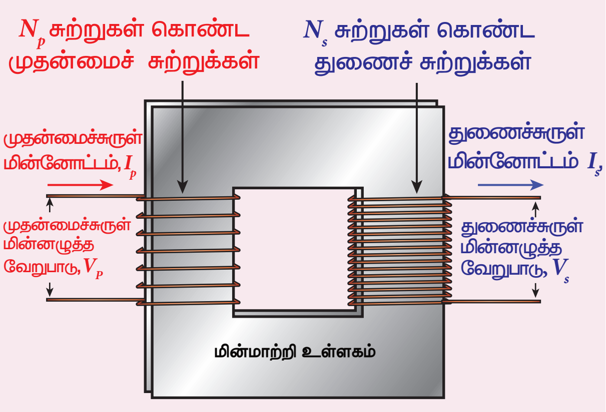
குறைந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு கொண்ட மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை அதிக மின்னழுத்த வேறுபாடு கொண்ட மின்னோட்டமாக மாற்றினால், அது **ஏற்று மின்மாற்றி** எனப்படும். மாறாக, மின்மாற்றியானது அதிக மின்னழுத்த வேறுபாடு கொண்ட மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை குறைந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு கொண்ட மாறுதிசை மின்னோட்டமாக மாற்றினால் அது **இறக்கு மின்மாற்றி** எனப்படும்.

4.6.1 மின்மாற்றியின் அமைப்பு மற்றும் செயல்பாடு

தத்துவம்

மின்மாற்றியின் தத்துவமானது இரு கம்பிச்சுருள்களுக்கு இடையே உள்ள பரிமாற்று மின்தூண்டல் ஆகும். அதாவது ஒரு கம்பிச்சுருளின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் நேரத்தைப் பொருத்து மாறினால், அதனருகில் உள்ள கம்பிச்சுருளில் மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது.

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 228 08-12-2022 12:11:00



படம் 4.32 (அ) மின்மாற்றியின் அமைப்பு

படம் 4.32 (ஆ) சாலையோர மின்மாற்றி

அமைப்பு

மின்மாற்றிகளின் எளிமையான அமைப்பில், மின்மாற்றி உள்ளகத்தின் மீது அதிக பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் கொண்ட இரு கம்பிச்சுருள்கள் சுற்றப்பட்டுள்ளன.பொதுவாக,உள்ளகமானதுசிலிக்கன் எஃகு போன்ற நல்ல காந்தப்பொருளினால் செய்யப்பட்ட மெல்லிய தகடுகளால் கட்டமைக்கப்பட்டுள்ளது. கம்பிச்சுருள்கள் மின்னியலாக காப்பிடப்பட்டு இருந்தாலும், உள்ளகம் மூலம் காந்தவியலாக இணைக்கப்பட்டுள்ளன (படம் 4.32 (அ)).

மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடு அளிக்கப்படும் கம்பிச்சுருள் முதன்மைச்சுருள் P எனப்படும். வெளியீடு திறன் எடுக்கப்படும் கம்பிச்சுருள் துணைச்சுருள் S எனப்படும்.

கட்டமைக்கப்பட்ட உள்ளகம் மற்றும் கம்பிச்சுருள்கள் ஆகியவை சிறப்பான மின்காப்பு மற்றும் குளிர்ச்சியை தரத்தகுந்த ஊடகத்தால் நிரப்பப்பட்ட கொள்கலனில் வைக்கப்பட்டுள்ளன.

செயல்பாடு

முதன்மைச்சுருளானது மாறுதிசை மின்னழுத்த மூலத்துடன் இணைக்கப்பட்டால், மெல்லிய தகடுகளால் ஆன உள்ளகத்துடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம் மாறுகிறது. காந்தப்பாயக்கசிவு இல்லையென்றால், முதன்மைச்சுருளோடு தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் முழுவதும் துணைச்சுருளோடும் தொடர்பில் இருக்கும். இதன் பொருள் ஒரு சுற்று வழியே செல்லும் காந்தப்பாயம் மாறும் வீதம், முதன்மைச்சுருள் மற்றும் துணைச்சுருளுக்கு ஒரே அளவாக உள்ளது.

பாயமாற்றத்தின் விளைவாக, முதன்மைச்சுருள் மற்றும் துணைச்சுருள் இரண்டிலும் மின்னியக்குவிசை தூண்டப்படுகிறது. முதன்மைச்சுருளில் தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசை அல்லது பின்னோக்கிய மின்னியக்கு விசை ε_p பின்வரும் சமன்பாட்டால் தரப்படுகிறது.

$$\varepsilon_p = -N_p \frac{d\Phi_B}{dt}$$

முதன்மைச்சுருளுக்கு அளிக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு v_p ஆனது பின்னோக்கிய மின்னியக்கு விசை சமமாகும். எனவே

$$v_p = -N_p \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (4.24)$$

உள்ளகத்தில் உள்ள மாறுதிசை காந்தப்பாயத்தின் அதிர்வெண் அளிக்கப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் அதிர்வெண்ணுக்கு சமமாகும். எனவே துணைச்சுருளில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்குவிசையும் அளிக்கப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் அதிர்வெண்ணையே கொண்டிருக்கும். துணைச்சுருளில் தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசை ε_s பின்வருமாறு:

$$\varepsilon_s = -N_s \frac{d\Phi_B}{dt}$$

இங்கு N_p மற்றும் N_s என்பவை முறையே முதன்மைச்சுருள் மற்றும் துணைச்சுருள்களில் உள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை ஆகும். துணைச்சுற்று திறந்த நிலையில் இருந்தால், $\varepsilon_s = v_s$. இங்கு v_s என்பது துணைச்சுருள் இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகும்.

$$v_s = -N_s \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (4.25)$$

சமன்பாடுகள் (4.24) மற்றும் (4.25) – இல் இருந்து,

$$\frac{v_s}{v_p} = \frac{N_s}{N_p} = K \quad (4.26)$$

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 229
08-12-2022 12:11:02

இங்கு மாறிலி K ஆனது மின்னழுத்த மாற்றவிகிதம் எனப்படும். ஒரு இலட்சிய மின்மாற்றிக்கு

$$\text{உள்ளீடு திறன் } \upsilon_p i_p = \text{வெளியீடு திறன் } \upsilon_s i_s$$

இங்கு i_p மற்றும் i_s என்பவை முறையே முதன்மைச்சுருள் மற்றும் துணைச்சுருளில் உள்ள மின்னோட்டம் ஆகும். எனவே,

$$\frac{\upsilon_s}{\upsilon_p} = \frac{N_s}{N_p} = \frac{i_p}{i_s} \qquad (4.27)$$

சமன்பாடு 4.27–இல் உள்ள அளவுகளை அவற்றின் பெரும மதிப்புகளில் எழுதினால்

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p} = \frac{I_p}{I_s} = K$$

i) $N_s > N_P (K > 1)$ எனில், $V_s > V_P$ மற்றும் $I_s < I_P$ ஆகும். இந்த நேர்வு ஏற்று மின்மாற்றி ஆகும். இதில் மின்னழுத்த வேறுபாடு அதிகரிக்கிறது மற்றும் தொடர்புடைய மின்னோட்டம் குறைகிறது.

ii) $N_s < N_P (K < 1)$ எனில், $V_s < V_P$ மற்றும் $I_s > I_P$ ஆகும். இது இறக்கு மின்மாற்றி ஆகும். இதில் மின்னழுத்த வேறுபாடு குறைகிறது மற்றும் தொடர்புடைய மின்னோட்டம் அதிகரிக்கிறது.

மின்மாற்றியின் பயனுறுதிறன் (Efficiency of a transformer):

மின்மாற்றியின் பயனுறுதிறன் η என்பது பயனுள்ள வெளியீடு திறனுக்கும் உள்ளீடு திறனுக்கும் உள்ள தகவு என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$\eta = \frac{\text{வெளியீடு திறன்}}{\text{உள்ளீடு திறன்}} \times 100\% \qquad (4.28)$$

மின்மாற்றிகள் அதிக பயனுறு திறன் கொண்ட கருவிகள் ஆகும். $96-99\%$ என்ற வரம்பில் இவற்றின் பயனுறு திறன் அமையும். மின்மாற்றிகளில் உள்ள பல்வேறு ஆற்றல் இழப்புகள், அவற்றை 100% பயனுறு திறன் கொண்டதாக இருக்க அனுமதிக்காது.

4.6.2 மின்மாற்றியில் ஏற்படும் ஆற்றல் இழப்புகள்

மின்மாற்றிகளில் இயங்கும் பாகங்கள் ஏதும் இல்லை என்பதால் அவற்றின் பயனுறுதிறன், சுழலும் இயந்திரங்களான மின்னியற்றிகள் மற்றும் மின்மோட்டார்களை விட அதிகமாக இருக்கும். இருந்தபோதிலும் மின்மாற்றியில் ஆற்றல் இழப்பை ஏற்படுத்தும் பல காரணிகள் உள்ளன. அவற்றில் சில பின்வருமாறு.

i) உள்ளக இழப்பு அல்லது இரும்பு இழப்பு

இந்த இழப்பு மின்மாற்றியின் உள்ளகத்தில் ஏற்படுகிறது. காந்தத்தயக்க இழப்பு (பகுதி 3.6 ஐக் காண்க) மற்றும் சுழல் மின்னோட்ட இழப்பு ஆகியவை உள்ளக இழப்பு அல்லது இரும்பு இழப்பு எனப்படும். முதன்மைச்சுருளில் அளிக்கப்படும் மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டால் மின்மாற்றி உள்ளகம் திரும்பத்திரும்ப காந்தமாக்கப்பட்டும் மற்றும் காந்தநீக்கம் செய்யப்படும்போது, காந்தத் தயக்கம் ஏற்படுகிறது. அதனால் குறிப்பிட்ட அளவு ஆற்றல் இழப்பு வெப்ப வடிவில் ஏற்படுகிறது. அதிக சிலிக்கன் கொண்ட எஃகினால் மின்மாற்றியின் உள்ளகத்தை செய்வதன் மூலம் காந்தத்தயக்க இழப்பானது சிறுமமாக குறைக்கப்படுகிறது.

உள்ளகத்தில் மாறுகின்ற காந்தப்பாயம், அதில் சுழல் மின்னோட்டத்தை தூண்டுகிறது. எனவே சுழல் மின்னோட்டம் பாய்வதால் ஏற்படும் ஆற்றல் இழப்பு, சுழல் மின்னோட்ட இழப்பு எனப்படும். மெல்லிய தகடுகளால் உள்ளகம் செய்யப்படுவதன் மூலம் இது சிறுமமாக குறைக்கப்படுகிறது.

ii) தாமிர இழப்பு

மின்மாற்றியின் கம்பிச்சுற்றுகளுக்கு மின்தடை உள்ளது. அவற்றின் வழியே மின்னோட்டம் பாயும்போது, ஜூல் வெப்பவிளைவினால் குறிப்பிட்ட அளவிலான வெப்பஆற்றல் வெளிவிடப்படுகிறது. இந்த ஆற்றல் இழப்பு தாமிர இழப்பு எனப்படும். அதிக விட்டம் கொண்ட கம்பிகளைப் பயன்படுத்தி இது குறைக்கப்படுகிறது.

iii) பாயக்கசிவு

முதன்மைச்சுருளின் காந்தப்புலக்கோடுகள் துணைச்சுருளோடு முழுமையாக தொடர்பு கொள்ளாத போது பாயக்கசிவு ஏற்படுகிறது. கம்பிச்சுருள் சுற்றுகளை ஒன்றின் மீது ஒன்றாக சுற்றுவதன் மூலம் பாயக்கசிவினால் ஏற்படும் ஆற்றல் இழப்பானது குறைக்கப்படுகிறது.

4.6.3 நீண்ட தொலைவு மின்திறன் அனுப்புகையில் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் நன்மைகள்

மின்திறன் பெரும் அளவில் AC மின்னியற்றியை பயன்படுத்தி, மின்திறன் நிலையங்களில் உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது. பயன்படுத்தப்படும் எரிபொருள் வகையைப் பொருத்து இந்த மின்திறன் நிலையங்கள் அனல், நீர் மற்றும் அணு

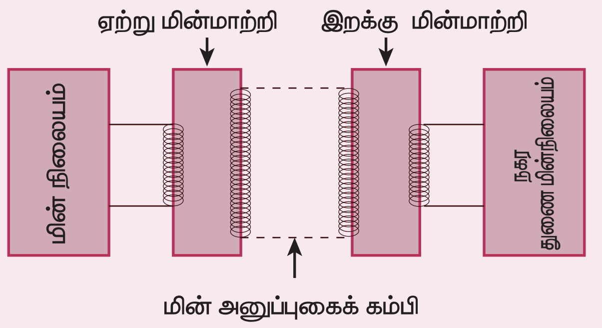
12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 230 08-12-2022 12:11:03

மின்நிலையங்கள் என வகைப்படுத்தப்படுகின்றன. பெரும்பாலான மின்நிலையங்கள் தொலைதூர இடங்களில் அமைந்துள்ளன. எனவே, உற்பத்தி செய்யப்படும் மின்திறனானது அவை நுகரப்படும் நகரங்கள் மற்றும் பெருநகரங்களை அடைய நீண்ட தொலைவுகளுக்கு அனுப்புகை கம்பிகள் வழியாக அனுப்பப்படுகிறது. இந்த செயல்முறை **மின்திறன் அனுப்புகை** எனப்படுகிறது.

ஆனால் திறன் அனுப்புகையில் ஒரு சிரமம் உள்ளது. சில நூறு கிலோமீட்டர் நீளம் உள்ள அனுப்புகை கம்பிகளில் ஏற்படும் ஜூல் வெப்பவிளைவினால் (I^2R) ஒரு குறிப்பிடத்தக்க அளவிலானமின்திறன்இழப்புஏற்படுகிறது.இந்ததிறன் இழப்பை i என்ற மின்னோட்டத்தை குறைப்பதாலோ அல்லது மின் அனுப்புகைக்கம்பிகளின் மின்தடை R ஐக் குறைப்பதாலோ சமாளிக்கலாம். மின்தடை R–ஐ தடிமனான தாமிரம் அல்லது அலுமினிய கம்பிகளை கொண்டு குறைக்கலாம். ஆனால், இது அனுப்புகை கம்பிகளின் உற்பத்தி விலை மற்றும் தொடர்புடைய செலவீனங்களை அதிகரிக்கிறது. எனவே இந்த வகையில் திறன் இழப்பைக் குறைக்கும் முறை பொருளாதார ரீதியாக சாத்தியமில்லை.

உற்பத்தி செய்யப்பட்ட திறன் மாறுதிசைப்பண்பு கொண்டதால், ஒரு வழி உள்ளது. மின்மாற்றிகளைக் கொண்டு, மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டை உயர்த்தவோ அல்லது குறைக்கவோ முடியும். மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் மிக முக்கியமான இந்தப் பண்பைப் பயன்படுத்தி, மின்னோட்டத்தை குறைத்து திறன் இழப்பை பெரும் அளவில் குறைக்கலாம்.

அனுப்பும் இடத்தில் ஏற்று மின்மாற்றியைப் பயன்படுத்தி மின்னழுத்த வேறுபாடு உயர்த்தப்படுகிறது மற்றும் தொடர்புடைய மின்னோட்டம் குறைக்கப்படுகிறது (படம் 4.33). பிறகு அது மின் அனுப்புகை கம்பிகள் மூலம் அனுப்பப்படுகிறது. இந்த அதிக மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் உள்ள குறைக்கப்பட்ட மின்னோட்டமானது, எவ்வித கணிசமான இழப்பும் இன்றி சேரும் இடத்தை சென்றடைகிறது. ஏற்கப்படும் இடத்தில் இறக்கு மின்மாற்றியைப் பயன்படுத்தி மின்னழுத்த வேறுபாடு குறைக்கப்படுகிறது மற்றும் மின்னோட்டம் தகுந்த அளவுகளுக்கு உயர்த்தப்படுகிறது. பிறகு நுகர்வோர்களுக்கு விநியோகிக்கப்படுகிறது. இவ்வாறு மின்திறன் அனுப்புகை திறமையாகவும், சிக்கனமாகவும் செய்யப்படுகிறது.



படம் 4.33 நீண்ட தொலைவிற்கான மின்திறன் அனுப்புகை

விளக்கம்:

இரு வேறுபட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டில், 2 MW மின்திறனானது மொத்த மின்தடை $R = 40\ \Omega$ கொண்ட மின்அனுப்புகை கம்பிகள் வழியாக ஓரிடத்திற்கு அனுப்படுகிறது. ஒன்று குறைவான மின்னழுத்த வேறுபாடு (10 kV) மற்றும் மற்றொன்று உயர் மின்னழுத்த வேறுபாடு (100 kV). இந்த இரு நேர்வுகளிலும் உள்ள திறன் இழப்புகளை தற்போது நாம் கணக்கிட்டு, பின் ஒப்பிடுவோம்.

நேர்வு (i):

$P = 2\ \text{MW};\ R = 40\ \Omega;\ V = 10\ \text{kV}$

திறன், $P = VI$

$\therefore$ மின்னோட்டம், $I = \frac{P}{V} = \frac{2\times10^6}{10\times10^3} = 200\text{A}$

திறன் இழப்பு = உருவாக்கப்பட்ட வெப்பம் $= I^2R$

$$= (200)^2 \times 40 = 1.6\times10^6\ \text{W}$$

திறன் இழப்பு % $= \frac{1.6\times10^6}{2\times10^6}\times100\%$

$$= 0.8\times100\% \ = 80\%$$

நேர்வு (ii):

$P = 2\ \text{MW};\ R = 40\ \Omega;\ V = 100\ \text{kV}$

$\therefore$ மின்னோட்டம், $I = \frac{P}{V} = \frac{2\times10^6}{100\times10^3} = 20\text{A}$

திறன் இழப்பு $= I^2R$

$$= (20)^2 \times 40 = 0.016\times10^6\ \text{W}$$

திறன் இழப்பு % $= \frac{0.016\times10^6}{2\times10^6}\times100\%$

$$= 0.008\times100\% = 0.8\%$$

ஆகவே, உயர் மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் மின்திறன் அனுப்பப்பட்டால், திறன் இழப்பு பெருமளவு குறைக்கப்படுகிறது என்பது தெளிவாகிறது.

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 231 08-12-2022 12:11:09

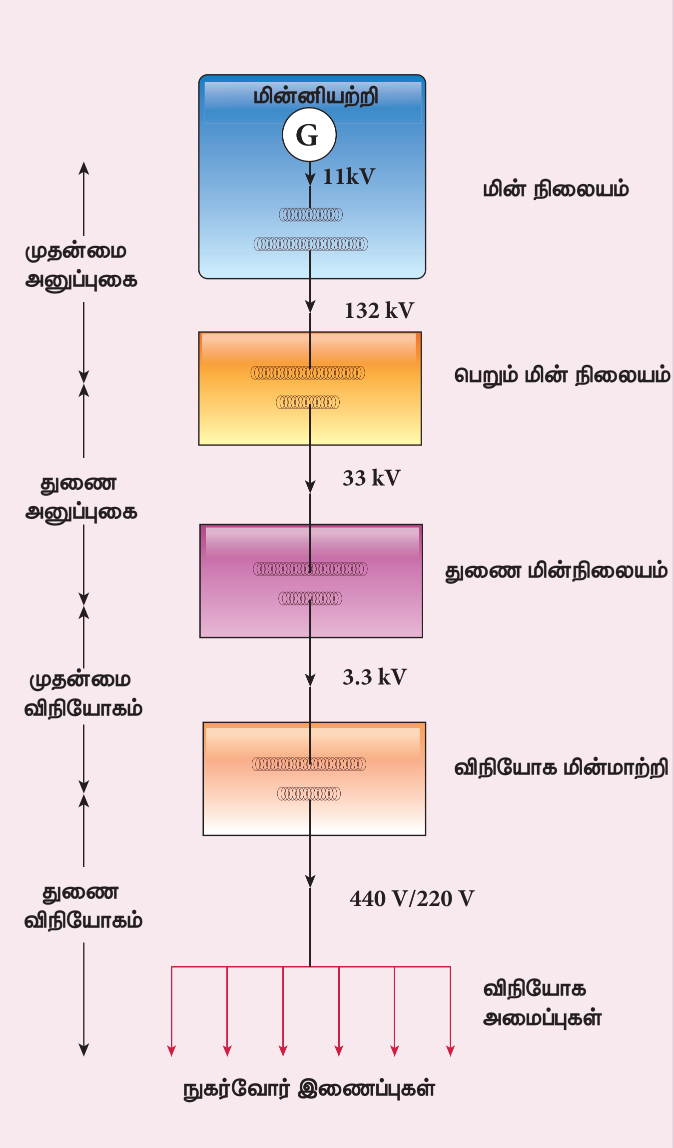
திறன் அமைப்பு – ஒரு பார்வை (தேர்வுக்கு உரியதன்று)

ஒரு பகுதியில் அமைந்துள்ள மின் திறன் நிலையங்கள் ஒன்றுடன் ஒன்று இணைக்கப்பட்டு, பொதுவான மின்வலை அமைப்பு ஏற்படுத்தப்படுகிறது. அமைப்பில் உள்ள உற்பத்தி நிலையங்கள் அனைத்தும் பக்க இணைப்பில் செயல்படுகின்றன. எந்த ஒரு மின் திறன் நிலையத்திலும் மின் உற்பத்தி தடை பட்டாலோ அல்லது உற்பத்தி நிலையத்தின் திறனை விட திடீரென பளு (மின்தேவை) அதிகரித்தாலோ, அதிக அளவிலான பயனாளர்களுக்கு தடையற்ற மின்திறன் வழங்குவதற்கு இந்த மின்வலை அமைப்பு பயன்படுகிறது.

இதன் பல்வேறு உறுப்புகளான மின் உற்பத்தி நிலையங்கள், மின் அனுப்புகை கம்பிகள், துணை மின் நிலையங்கள் மற்றும் திறன் வழங்கிகள் முதலிய அனைத்தும் மின் ஆற்றலின் தொடர்ச்சியான உற்பத்தி மற்றும் நுகர்வுக்காக ஒன்றாக இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இதுவே திறன் அமைப்பு (Power system) எனப்படுகிறது. திறன் அமைப்பின் பகுதியான துணை நிலையங்கள் மற்றும் அனுப்புகை கம்பிகள் ஆகியவை மின் இணைத்தொகுதி (Electric grid) எனப்படுகிறது.

திறன் அமைப்பில் உற்பத்தி செய்யப்பட்ட மின்திறன் இரு கட்டங்களாக நுகர்வோர்களுக்கு கொண்டு செல்லப்படுகிறது. அவை மேலும் இரு கட்டங்களாக பிரிக்கப்படுகின்றன.

1) அனுப்புகை கட்டம்
   a) முதன்மை அனுப்புகை கட்டம்
   b) துணை அனுப்புகை கட்டம்
2) விநியோகக் கட்டம்
   a) முதன்மை விநியோகக் கட்டம்
   b) துணை விநியோகக் கட்டம்



பிறகு அது தனித்தனி நுகர்வோர்களுக்கு வழங்கப்படுகிறது. திறன் அனுப்புகையின் இரு கட்டங்களும் ஒற்றை வரிப்படமாக காட்டப்பட்டுள்ளன. மைய அமைப்பு பொதுவாக 11 kV அளவிற்கு திறனை உற்பத்தி செய்கிறது. பின்னர் அது 132 kV ஆக உயர்த்தப்பட்டு மின் அனுப்புகை கம்பிகள் வழியாக அனுப்பப்படுகிறது. இது முதன்மை அல்லது உயர் மின்னழுத்த அனுப்புகை எனப்படுகிறது.

இந்த உயர்–மின்னழுத்த திறன் நகரங்களின் புறப்பகுதியில் அமைந்துள்ள ஏற்பு நிலையங்களை அடைகிறது. அங்கு 33 kV அளவிற்கு குறைக்கப்பட்டு துணை அல்லது குறை–மின்னழுத்த அனுப்புகையாக நகர எல்லைக்குள் அமைந்துள்ள துணை–மின்நிலையங்களுக்கு அனுப்பப்படுகிறது.

முதன்மை விநியோக அமைப்பில் மின்னழுத்தமானது 33 kV–இல் இருந்து துணை மின்நிலையங்களில் 3.3kV ஆக குறைக்கப்பட்டு, விநியோக மின்மாற்றிகளுக்கு வழங்கப்படுகிறது. இறுதியாக மின்னழுத்த வேறுபாடு 440 V அல்லது 230 V ஆகக் குறைக்கப்பட்டு, அங்கிருந்து விநியோக வலை அமைப்புகளின் வழியாக தொழிற்சாலைகளுக்கும் (440 V) மற்றும் இல்லங்களுக்கு (230 V) விநியோகிக்கப்படுகிறது.

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 232 08-12-2022 12:11:10

எடுத்துக்காட்டு 4.16

ஒரு இலட்சிய மின்மாற்றியானது முதன்மைச்சுருள் மற்றும் துணைச்சுருள்களில் முறையே 460 மற்றும் 40,000 சுற்றுகளைக் கொண்டுள்ளது. மின்மாற்றியானது 230 V *AC* மூலத்துடன் இணைக்கப்பட்டால், துணைச்சுருளின் ஒரு சுற்றில் உருவான மின்னழுத்த வேறுபாட்டைக் காண்க. துணைச்சுருளுடன் 10^4 Ω மின்தடைப் பளு இணைக்கப்படுகிறது. பளுவிற்கு வழங்கப்பட்ட திறனைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

$N_P = 460$ சுற்றுகள்; $N_S = 40{,}000$ சுற்றுகள்

$V_P = 230\text{ V}; R_S = 10^4\ \Omega$

(i) துணைச்சுருள் மின்னழுத்த வேறுபாடு,

$$V_S = \frac{V_P N_S}{N_P} = \frac{230\times 40{,}000}{460} = 20{,}000\text{ V}$$

துணைச்சுருளில் ஒரு சுற்றுக்கான மின்னழுத்த வேறுபாடு, $\frac{V_S}{N_S} = \frac{20{,}000}{40{,}000} = 0.5\ \text{V}$

(ii) வழங்கப்பட்ட திறன்

$$= V_S I_S = \frac{V_S^2}{R_S} = \frac{20{,}000\times 20{,}000}{10^4} = 40\text{ kW}$$

எடுத்துக்காட்டு 4.17

மின்புரட்டி (inverter) என்பது நமது இல்லங்களின் பயன்படுத்தப்படும் மின்கருவி ஆகும். வீட்டில் மின்சாரம் இல்லாதபோது, மின்விசிறி அல்லது மின்விளக்கு போன்ற சில கருவிகளை இயக்கத்தேவையான மாறுதிசை மின்னோட்டத்திறனை மின்புரட்டி வழங்குகிறது. மின்புரட்டியின் உள்ளே ஒரு ஏற்று மின்மாற்றி பொருத்தப்பட்டுள்ளது. அது 12V *AC* ஐ 240V *AC* ஆக மாற்றுகிறது. முதன்மைச்சுருள் 100 சுற்றுகளைக் கொண்டுள்ளது. 50 mA மின்னோட்டத்தை புறச்சுற்றுக்கு மின்புரட்டி அளிக்கிறது. துணைச்சுருளில் உள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை மற்றும் முதன்மை மின்னோட்டம் ஆகியவற்றைக் காண்க.

தீர்வு:

$V_p = 12\text{ V}; \quad V_s = 240\text{ V}$

$I_s = 50\text{mA}; N_p = 100$ சுற்றுகள்

$$\frac{V_S}{V_P} = \frac{N_S}{N_P} = \frac{I_P}{I_S} = K$$

மின்மாற்று விகிதம், $K = \frac{240}{12} = 20$

துணைச்சுருளில் உள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை

$$N_S = N_P \times K = 100\times 20 = 2000$$

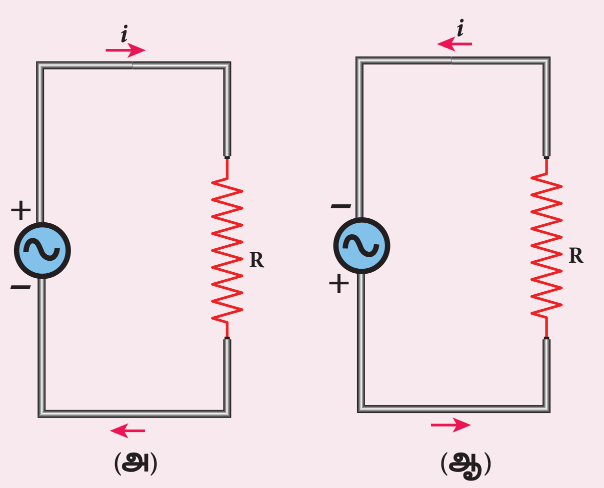
முதன்மை மின்னோட்டம்,

$$I_P = K \times I_s = 20 \times 50\text{ mA} = 1\text{ A}$$

4.7 மாறுதிசை மின்னோட்டம் (ALTERNATING CURRENT)

4.7.1 அறிமுகம்

பாடப்பகுதி 4.5–இல், காந்தப்புலத்தைச் சார்ந்த ஒரு கம்பிச்சுருளின் திசையமைப்பை மாற்றினால் மாறுதிசை மின்னியக்குவிசை தூண்டப்பட்டு, அதனால் மூடிய சுற்றில் மாறுதிசை மின்னோட்டம் பாய்வதை நாம் அறிந்தோம். **மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடு என்பது சீரான நேர இடைவெளியில் முனைவுத்தன்மை (Polarity) மாறுகின்ற மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகும் மற்றும் அதனால் விளையும் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் திசையும் அதற்கேற்ப மாறுகின்றது.**



படம் 4.34 மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் அதற்கான மாறுதிசை மின்னோட்டம்

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 233 08-12-2022 12:11:13

படம் 4.34(அ)–வில், ஒரு மாறுதிசை மின்னழுத்த மூலம் R என்ற மின்தடையுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரு கணத்தில் மூலத்தின் மேல்முனை நேர்க்குறியாகவும், கீழ்முனை எதிர்க்குறியாகவும் உள்ளன. எனவே மின்னோட்டம் வலஞ்சுழி திசையில் பாய்கிறது. சிறிது நேரம் கழித்து மின்மூலத்தின் முனைகள் திருப்பப்படுகின்றன. அதனால் தற்போது மின்னோட்டம் இடஞ்சுழி திசையில் பாய்கிறது (படம் 4.34(ஆ)). மாறுபட்ட திசைகளில் சுற்றில் பாயும் இந்த மின்னோட்டம் மாறுதிசை மின்னோட்டம் எனப்படுகிறது.

சைன் வடிவ மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடு

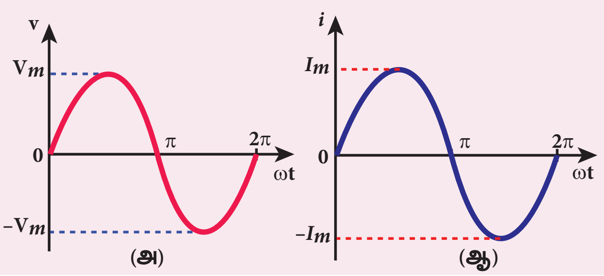
மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் அலை வடிவம் சைன் அலை என்றால், அது சைன்வடிவ மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடு எனப்படுகிறது. அதற்கான தொடர்பு

$$v = V_m \sin \omega t \qquad (4.29)$$

இங்கு v ஆனது மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் கணநேர மதிப்பு (Instantaneous value), V_m ஆனது பெரும மதிப்பு (வீச்சு) மற்றும் ω ஆனது மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் கோண அதிர்வெண் ஆகும். ஒரு மூடிய சுற்றுக்கு சைன்வடிவ மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடு அளிக்கப்பட்டால், விளையும் மாறுதிசை மின்னோட்டமும் சைன் வடிவில் உள்ளது. அதன் தொடர்பு

$$i = I_m \sin \omega t \qquad (4.30)$$

இங்கு I_m என்பது மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் பெரும மதிப்பு (வீச்சு). ஒவ்வொரு அரை சுற்றுக்குப் பிறகும், சைன் வடிவ மின்னழுத்த வேறுபாடு அல்லது மின்னோட்டத்தின் திசை எதிர்த்திசையில் திருப்பப்படுகிறது. படம் 4.35 – இல் காட்டியுள்ளவாறு அதன் எண் மதிப்பும் தொடர்ச்சியாக மாறுகின்றது.



படம் 4.35 (அ) சைன் வடிவ மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடு (ஆ) சைன் வடிவ மாறுதிசை மின்னோட்டம்

குறிப்பு

சுவாரசியம் என்னவெனில், இயற்கையில் சைன் அலைகள் பொதுவாக காணப்படுபவை. நீரின் அலைகள், ஊசல் அலைவுகள் போன்ற காலமுறை இயக்கங்கள் சைன் அலைகளுடன் தொடர்புடையவை. இதனால் சைன் அலையானது இயற்கையின் தேர்வு எனத்தெரிகிறது. மேலும் XI இயற்பியல் பாடப்புத்தகத்தின் அலகு 11 ஐக் காண்க.

4.7.2 மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்பு (Mean or Average value of AC)

ஒரு நேர்திசை மின்னோட்ட அமைப்பில் மின்னோட்டம் மற்றும் மின்னழுத்த வேறுபாடு நேரத்தைப் பொருத்து மாறாமல் உள்ளன. எனவே அவற்றின் எண்மதிப்புகளைக் குறிப்பிடுவதில் சிரமம் ஏதுமில்லை. ஆனால் ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டம் அல்லது மின்னழுத்த வேறுபாடு நேரத்திற்கு நேரம் மாறுபடுகிறது. ஆகவே, ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டம் அல்லது மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் எண்மதிப்பை எவ்வாறு குறிப்பிடுவது என்ற கேள்வி எழுகிறது. அதனைக் குறிப்பிட பல வழிகள் இருந்தாலும், மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்பு மற்றும் *RMS* (Root Mean Square) மதிப்பு ஆகிய இரு வழிகளை மட்டும் நமது விவாதத்திற்கு எடுத்துக்கொள்வோம்.

மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்பு

ஒரு சுற்றில் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் எண் மதிப்பு நேரத்திற்கு நேரம் மாறிக் கொண்டே இருக்கிறது மற்றும் அதன் திசையானது ஒவ்வொரு அரை சுற்றிற்கும் எதிர்த்திசையில் திருப்பப்படுகிறது என அறிந்துள்ளோம். நேர் அரை சுற்றின்போது மின்னோட்டம் நேர்க்குறியாக கொள்ளப்படுகிறது மற்றும் எதிர் அரைசுற்றில் அது எதிர்க்குறியாகும். எனவே ஒரு முழு சுற்றிற்கான சமச்சீர் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்பு சுழி ஆகும்.

எனவே, சராசரி மதிப்பானது ஒரு சுற்றின் பாதிக்கு மட்டும் அளவிடப்படுகிறது. சராசரி மின்னோட்டம் மற்றும் சராசரி மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகிய மின் சொற்கள், மாறுதிசை மற்றும் நேர்திசை மின்னோட்ட சுற்றுகளை பகுப்பாய்வு செய்வதிலும், கணக்கீடுகளிலும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

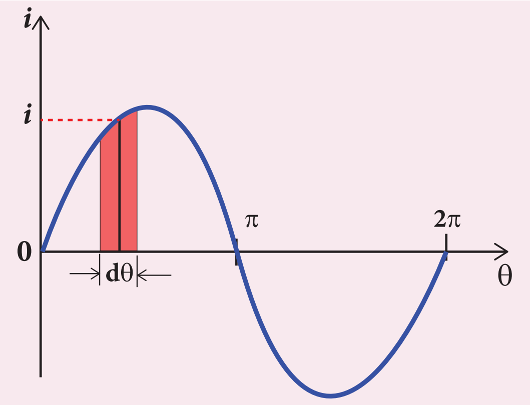
மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்பு என்பது ஒரு நேர் அரைச்சுற்று அல்லது எதிர் அரைச்சுற்றில் உள்ள மின்னோட்டத்தின் அனைத்து மதிப்புகளின் சராசரி என வரையறுக்கப்படுகிறது.

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 234 08-12-2022 12:11:14

சைன் வடிவ மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் கணநேர மதிப்பு $i = I_m \sin \omega t = I_m \sin \theta$ (இங்கு $\theta = \omega t$) என்ற சமன்பாட்டால் குறிப்பிடப்படுகிறது. அதன் வரைபடம் படம் 4.36– இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

ஒரு அரைச்சுற்றில் உள்ள அனைத்து மின்னோட்டங்களின் கூடுதல், நேர் அரைச்சுற்றின் (அல்லது எதிர் அரைச்சுற்று) பரப்பிற்குச் சமமாகும். எனவே,

$$I_{av} = \frac{\text{நேர் அரைச்சுற்றின் பரப்பு (அல்லது எதிர் அரைச்சுற்றின் பரப்பு)}}{\text{அரைச்சுற்றின் அடிப்பக்க நீளம்}} \quad (4.31)$$



படம் 4.36 மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் சைன் அலைவடிவம்

மின்னோட்ட அலையின் நேர் அரைச்சுற்றில் $d\theta$ தடிமன் கொண்ட ஒரு சிறு பட்டையைக் கருதுக (படம் 4.36). i என்பது அந்த பட்டையின் மையப்புள்ளிக்கான மின்னோட்ட மதிப்பு எனக்கொள்க.

சிறு பட்டையின் பரப்பு = $i\, d\theta$

நேர் அரைச்சுற்றின் பரப்பு

$$= \int_0^{\pi} i d\theta = \int_0^{\pi} I_m \sin\theta d\theta$$

$$= I_m \left[-\cos\theta\right]_0^{\pi} = -I_m\left[\cos\pi - \cos 0\right] \quad = 2I_m$$

அரைச்சுற்றின் அடிப்பக்க நீளம் π ஆகும். இதனை சமன்பாடு (4.31) இல் பிரதியிட, நாம் பெறுவது மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்பு

$$I_{av} = \frac{2I_m}{\pi}$$

$$I_{av} = 0.637\, I_m \quad (4.32)$$

எனவே மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்பானது, அதன் பெரும மதிப்பின் 0.637 மடங்கு ஆகும். எதிர் அரைச்சுற்றுக்கு, $I_{av} = -0.637\, I_m$.

குறிப்பு

உதாரணமாக மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் ஒரு அரைச்சுற்றில் $i_1, i_2, \ldots i_n$ என n மின்னோட்டங்களை நாம் கருதினால், அதன் சராசரி மதிப்பு வருமாறு

$$I_{av} = \frac{\text{அரைச்சுற்றில் உள்ள அனைத்து மின்னோட்டங்களின் கூடுதல்}}{\text{மின்னோட்டங்களின் எண்ணிக்கை}}$$

$$I_{av} = \frac{i_1 + i_2 + \ldots + i_n}{n}$$

4.7.3 மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் *RMS* மதிப்பு

RMS என்ற பதம் நேரத்தைப் பொருத்து மாறுகின்ற சைன்வடிவ மின்னோட்டங்கள் மற்றும் மின்னழுத்த வேறுபாடுகளைக் குறிக்கின்றது மற்றும் இது நேர்த்திசை மின்னோட்ட அமைப்புகளில் பயன்படுவதில்லை.

ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டங்களின் RMS மதிப்பு என்பது ஒரு சுற்றில் உள்ள அனைத்து மின்னோட்டங்களின் இருமடிகளின் சராசரியின் இருமடி மூலம் என வரையறுக்கப்படுகிறது. இது I_{RMS} எனக் குறிப்பிடப்படுகிறது. மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடுகளுக்கு *RMS* மதிப்பானது V_{RMS} என குறிப்பிடப்படுகிறது.

மாறுதிசை மின்னோட்டம் $i = I_m \sin \omega t$ அல்லது $i = I_m \sin\theta$, வரைபடமாக படம் 4.37 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. தொடர்புடைய இருமடியாக்கப்பட்ட மின்னோட்ட அலையும் புள்ளியிடப்பட்ட கோட்டால் காட்டப்பட்டுள்ளது.

ஒரு முழுச்சுற்றில் உள்ள அனைத்து இருமடியாக்கப்பட்ட மின்னோட்டங்களின் கூடுதல், இருமடியாக்கப்பட்ட அலையின் ஒரு சுற்றின் பரப்பிற்குச் சமமாகும்.

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{\text{இரு மடியாக்கப்பட்ட அலையின் ஒரு சுற்றின் பரப்பு}}{\text{ஒரு சுற்றின் அடிப்பக்க நீளம்}}} \quad (4.33)$$

படம் 4.37 – இல் காட்டியுள்ளவாறு இருமடியாக்கப்பட்ட மின்னோட்ட அலையின் முதல் அரைச்சுற்றில் $d\theta$ அகலம் கொண்ட சிறு பட்டையின்

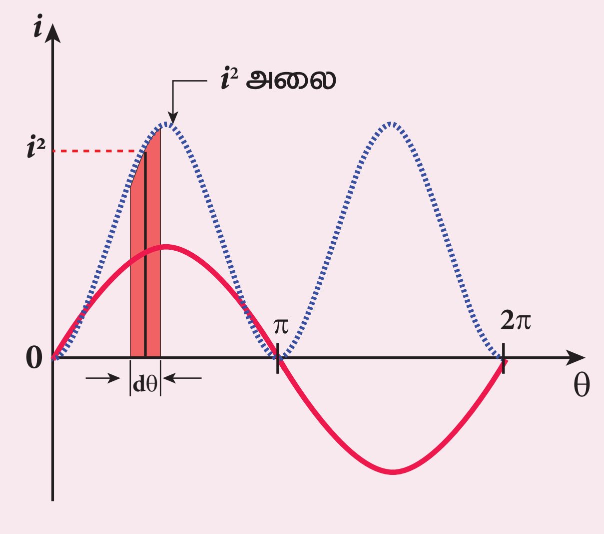
12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 235 08-12-2022 12:11:18

பரப்பு கருதப்படுகிறது. i^2 என்பது அந்த பட்டையின் மையப்புள்ளிக்கான இருமடி மின்னோட்ட மதிப்பு எனக் கொள்க.

சிறு பட்டையின் பரப்பு = $i^2 d\theta$

இருமடியாக்கப்பட்ட அலையின் ஒரு சுற்றின் பரப்பு

$$= \int_0^{2\pi} i^2 d\theta$$



படம் 4.37 *AC*-இன் இருமடியாக்கப்பட்ட அலை

$$= \int_0^{2\pi} I_m^2 \sin^2\theta d\theta = I_m^2 \int_0^{2\pi} \sin^2\theta d\theta \qquad (4.34)$$

$$= I_m^2 \int_0^{2\pi} \left[\frac{1-\cos 2\theta}{2}\right] d\theta$$

ஏனெனில் $\sin^2\theta = \dfrac{1-\cos 2\theta}{2}$

$$= \frac{I_m^2}{2}\left[\int_0^{2\pi} d\theta - \int_0^{2\pi} \cos 2\theta d\theta\right]$$

$$= \frac{I_m^2}{2}\left[\theta - \frac{\sin 2\theta}{2}\right]_0^{2\pi}$$

$$= \frac{I_m^2}{2}\left[\left(2\pi - \frac{\sin 2\times 2\pi}{2}\right) - \left(0 - \frac{\sin 0}{2}\right)\right]$$

$$= \frac{I_m^2}{2} \times 2\pi = I_m^2 \pi \qquad [\because \sin 0 = \sin 4\pi = 0]$$

ஒரு சுற்றின் அடிப்பக்க நீளம் 2π ஆகும். இதனை சமன்பாடு (4.33) இல் பிரதியிட, நாம் பெறுவது

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{I_m^2 \pi}{2\pi}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$I_{RMS} = 0.707\, I_m \qquad (4.35)$$

ஆகையால், ஒரு சமச்சீரான சைன் வடிவ மின்னோட்டத்திற்கு அதன் RMS மதிப்பானது அதன் பெரும மதிப்பில் 70.7 % உள்ளது என காண்கிறோம். இது போன்றே மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு,

$$V_{RMS} = 0.707\, V_m \qquad (4.36)$$

எனக் கண்டறியலாம்.

குறிப்பு

மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் RMS மதிப்பானது பயனுறு மதிப்பு எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. அது $I_{பயன்}$ என குறிப்பிடப்படுகிறது. மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் RMS மதிப்பை அதற்குச் சமமான நேர்திசை மின்னோட்டத்துடன் ஒப்பிடப் பயன்படுகிறது. மாறுதிசை மின்னோட்டமானது சுற்று ஒன்றின் வழியே குறிப்பிட்ட நேரம் பாயும்பொழுது உருவாக்கும் வெப்ப ஆற்றலை, அதே நேரத்தில் அதே சுற்றில் உருவாக்கும் மாறாத நேர்மின்னோட்டத்தின் மதிப்பு, மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் பயனுறு மதிப்பு எனப்படுகிறது. மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் பயனுறு மதிப்பு $V_{பயன்}$ என குறிப்பிடப்படுகிறது.

குறிப்பு

உதாரணமாக மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் ஒரு சுற்றில் $i_1, i_2, \ldots i_n$ என n மின்னோட்டங்களைக் கருதினால், அதன் RMS மதிப்பு வருமாறு

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{\text{ஒரு சுற்றில் உள்ள இருமடியாக்கப்பட்ட அனைத்து மின்னோட்டங்களின் கூடுதல்}}{\text{மின்னோட்டங்களின் எண்ணிக்கை}}}$$

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{i_1^2 + i_2^2 + \ldots + i_n^2}{n}}$$

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

வீட்டு உபயோக மின்கருவிகளில் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்ட மதிப்பீடுகள் பொதுவாக அதன் RMS மதிப்பால் குறிப்பிடப்படுகின்றன. வீடுகளுக்கான AC மின்விநியோகம் 230 V, 50 Hz ஆகும். இங்கு 230 V என்பது RMS அல்லது பயனுறு மதிப்பு ஆகும். அதன் பெரும மதிப்பு $V_m = \sqrt{2}\ V_{rms} = \sqrt{2} \times 230 = 325\,V$.

எடுத்துக்காட்டு 4.18

50 Hz அதிர்வெண் மற்றும் பெரும மதிப்பு 20 V கொண்ட ஒரு சைன் வடிவ மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கான சமன்பாட்டை எழுதுக. தொடர்புடைய மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் நேரம் இடையேயான வரைபடத்தை வரைக.

தீர்வு:

$f = 50\,Hz;\ V_m = 20\ V$

கணநேர மின்னழுத்த வேறுபாடு, $\upsilon = V_m \sin\omega t$

$= V_m \sin 2\pi f t$

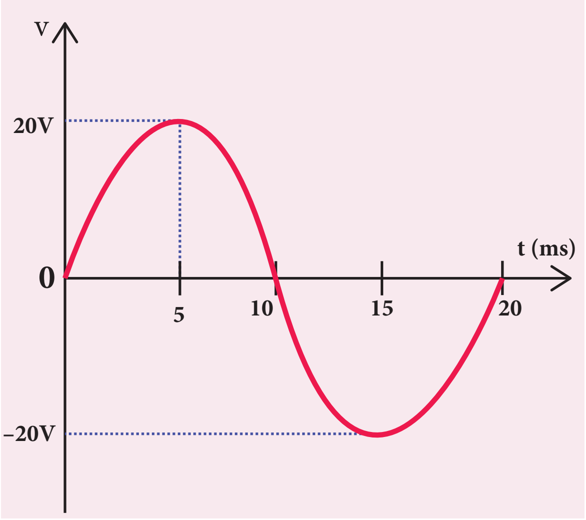
$= 20\sin(2\pi \times 50)t\ = 20\sin(100 \times 3.14)t$

$\upsilon = 20\sin 314t$

ஒரு சுற்றுக்கான நேரம், $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0.02\,s$

$= 20 \times 10^{-3}\,s\ = 20\ ms$

அலைவடிவமானது கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது



எடுத்துக்காட்டு 4.19

ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் சமன்பாடு $i = 77\sin 314t$ ஆகும். அதன் பெரும மதிப்பு, அதிர்வெண், அலைவுநேரம் மற்றும் t = 2 ms–இல் கணநேர மதிப்பு ஆகியவற்றைக் காண்க.

தீர்வு:

$i = 77\sin 314\,t\ ;\ t = 2\ m\,s = 2 \times 10^{-3}\,s$

மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் பொதுவான சமன்பாடு $i = I_m \sin\omega t$ உடன் ஒப்பிடும் போது

(i) பெரும மதிப்பு, $I_m = 77\,A$

(ii) அதிர்வெண், $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{314}{2 \times 3.14} = 50\ Hz$

(iii) அலைவுநேரம், $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0.02\ s$

(iv) $t = 2\ m\,s$, இல் கண மதிப்பு

$i = 77\sin(314 \times 2 \times 10^{-3})$

$= 77\sin\left(314 \times 2 \times 10^{-3} \times \frac{180^\circ}{3.14}\right)$

$= 77\sin 36^\circ = 77 \times 0.5878$

$= 45.26\,A$

கட்ட வெக்டர் மற்றும் கட்ட விளக்கப்படம் (Phasor and phasor diagram)

கட்ட வெக்டர் (Phasor)

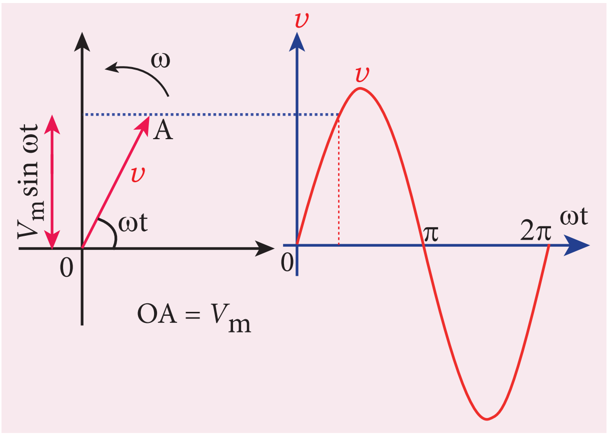
ஒரு சைன் வடிவ மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடானது (அல்லது மின்னோட்டம்) தொடக்கப்புள்ளியைப் பொருத்து, இடஞ்சுழியாக ω என்ற கோணத்திசைவேகத்துடன் சுழலும் ஒரு வெக்டரால் குறிப்பிடப்படுகிறது. அத்தகைய ஒரு சுழலும் வெக்டர் கட்ட வெக்டர் எனப்படும். கட்ட வெக்டர் பின்வரும் வகையில் வரையப்படுகிறது.

- கோட்டுத் துண்டின் நீளம், மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் (அல்லது மின்னோட்டத்தின்) பெரும மதிப்புக்கு V_m (அல்லது I_m) சமமாக உள்ளது.
- அதன் கோணத்திசைவேகம் ω, மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் (அல்லது மின்னோட்டத்தின்) கோண அதிர்வெண்ணிற்கு சமமாக உள்ளது.

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 237 08-12-2022 12:11:29

- எந்த ஒரு செங்குத்து அச்சிலும் உள்ள கட்ட வெக்டரின் வீழ்ச்சியானது மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் (அல்லது மின்னோட்டத்தின்) கணநேர மதிப்பைத் தருகிறது.
- கட்ட வெக்டருக்கும், குறிப்பு அச்சுக்கும் (நேர் X – அச்சு) இடையே உள்ள கோணம் மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் (அல்லது மின்னோட்டத்தின்) கட்டத்தைக் குறிக்கிறது.

கட்ட வெக்டர் என்ற கருத்து வெவ்வேறு மாறுதிசை மின்னோட்ட சுற்றுகளின் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையே உள்ள கட்ட தொடர்பை ஆராய்வதற்காக அறிமுகப்படுத்தப்படுகிறது.



படம் 4.38 மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடு $v = V_m \sin \omega t$ –ற்கான கட்ட விளக்கப்படம்

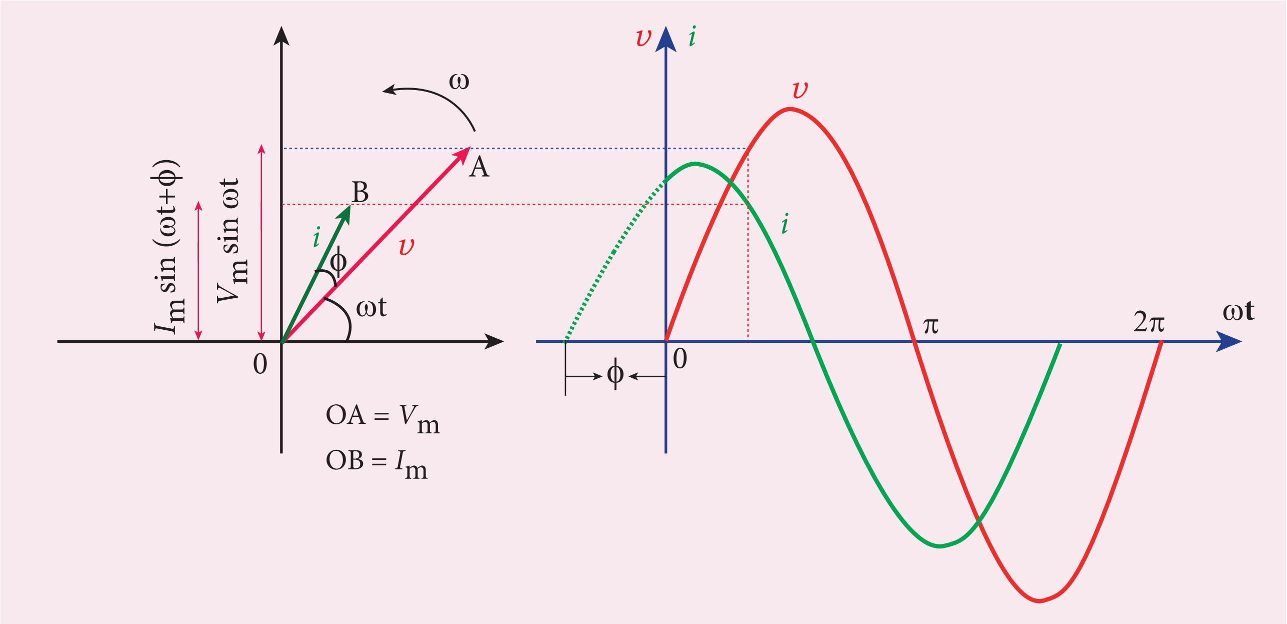
கட்ட விளக்கப்படம்

பல்வேறு கட்ட வெக்டர்கள் மற்றும் அவற்றின் கட்டத் தொடர்புகளைக் காட்டும் வரைபடம் கட்ட விளக்கப்படம் எனப்படுகிறது. ஒரு சுற்றுக்கு அளிக்கப்பட்ட $v = V_m \sin \omega t$ என்ற சைன் வடிவ மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டை கருதுக. இந்த மின்னழுத்த வேறுபாட்டை படம் 4.38 இல் காட்டியுள்ளவாறு $\overrightarrow{OA}$ என்ற கட்ட வெக்டரால் குறிக்கலாம்.

இங்கு $\overrightarrow{OA}$ இன் நீளம் பெரும மதிப்புக்கு (V_m) சமமாகும். Y – அச்சின் மீதான அதன் வீழ்ச்சி அந்த நேரத்தின் கணநேர மதிப்பு ($V_m \sin \omega t$) ஐத் தருகிறது. இது X – அச்சுடன் ஏற்படுத்தும் கோணம் அளிக்கப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் கட்டத்தைத் (ωt) தருகிறது.

O ஐப் பொருத்து, $\overrightarrow{OA}$ ஆனது இடஞ்சுழித் திசையில் ω என்ற கோணத்திசைவேகத்துடன் சுழன்றால், மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் அலை வடிவம் தோன்றுகிறது. $\overrightarrow{OA}$–இன் ஒரு முழுச் சுழற்சிக்கு மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் ஒரு சுற்று உருவாகிறது.

அதே சுற்றில் உள்ள மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை $i = I_m \sin(\omega t + \phi)$ என்ற தொடர்பால் குறிப்பிடலாம். அது மற்றொரு கட்ட வெக்டர் $\overrightarrow{OB}$ ஆல் குறிக்கப்படுகிறது. இங்கு ϕ என்பது மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையே உள்ள கட்டக்கோணமாகும். இந்த நேர்வில் படம் 4.39–இல் காட்டியுள்ளவாறு மின்னழுத்த வேறுபாட்டை விட மின்னோட்டமானது

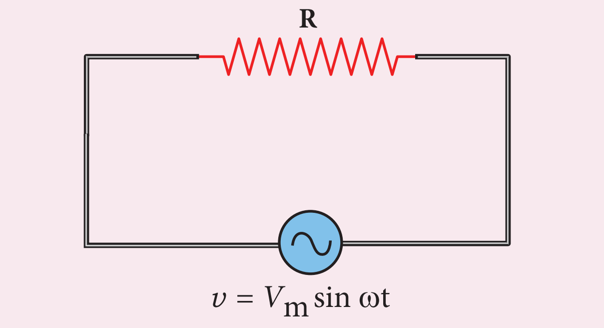


படம் 4.39 i ஆனது v – ஐ φ கட்டம் முந்திச் செல்வதற்கான கட்ட விளக்கப்படம் மற்றும் அலை வரைபடம்

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 238 08-12-2022 12:11:31

ϕ என்ற கட்ட அளவில் முந்தி உள்ளது. மின்னழுத்த வேறுபாட்டை விட மின்னோட்டம் பின்தங்கி இருப்பின், $i = I_m \sin(\omega t - \phi)$ என நாம் எழுதலாம்.

4.7.4 மின்தடையாக்கி மட்டும் உள்ள AC சுற்று



படம் 4.40 மின்தடையாக்கி உள்ள AC சுற்று

ஒரு மாறுதிசை மின்னழுத்த மூலத்துடன் R மின்தடை கொண்ட மின்தடையாக்கி இணைக்கப்பட்டுள்ள சுற்று ஒன்றைக் கருதுக (படம் 4.40). மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் கணநேர மதிப்பானது

$$v = V_m \sin \omega t \quad (4.37)$$

இந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு காரணமாக இச்சுற்றில் பாயும் மாறுதிசை மின்னோட்டம் i ஆனது R இடையே ஒரு மின்னழுத்த வேறுபட்டை உருவாக்குகிறது. அதனை இவ்வாறு எழுதலாம்.

$$V_R = iR \quad (4.38)$$

கிர்க்காஃபின் சுற்று விதியின் படி, (பகுதி 2.5.2 ஐக் காண்க) ஒரு மூடிய சுற்றில் உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடுகளின் குறியியல் கூட்டுத்தொகை சுழியாகும். இந்த மின்தடைச் சுற்றுக்கு

$$v - V_R = 0$$

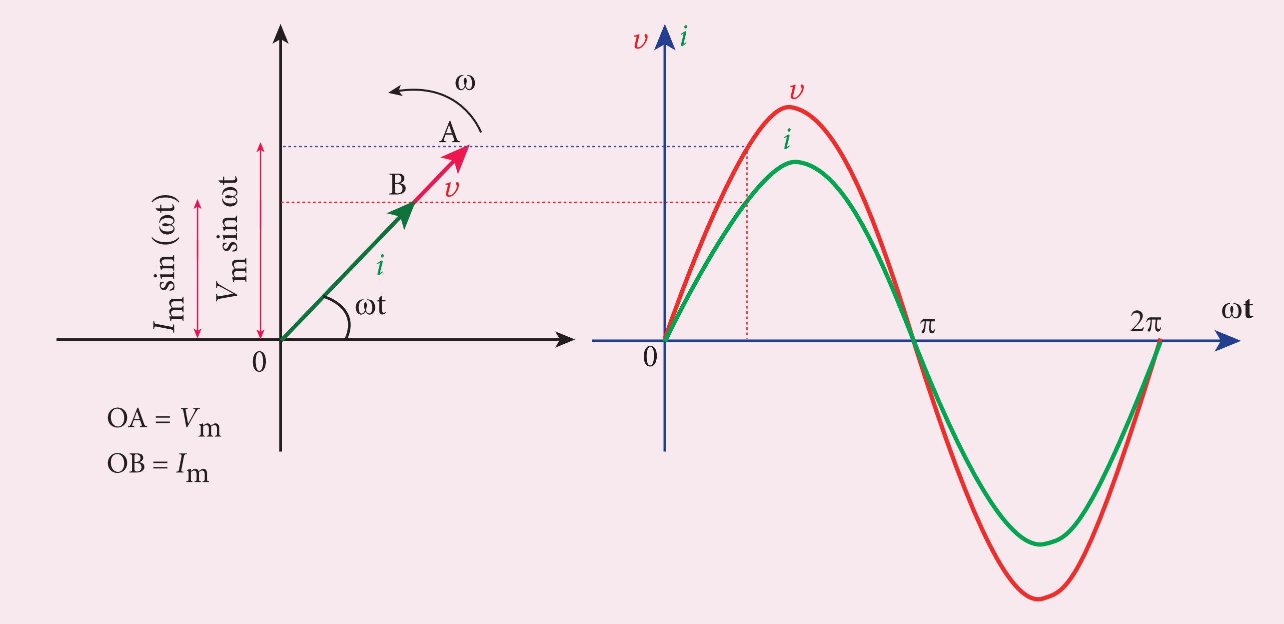
சமன்பாடு (4.37) மற்றும் (4.38) – இல் இருந்து

$$V_m \sin \omega t = iR$$

$$i = \frac{V_m}{R} \sin \omega t$$

$$i = I_m \sin \omega t \quad (4.39)$$

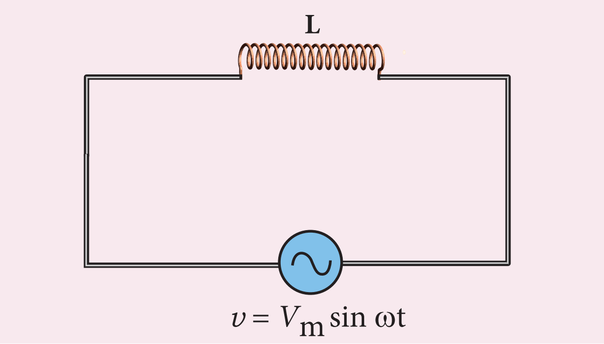
இங்கு $\frac{V_m}{R} = I_m$ என்பது சுற்றில் உள்ள மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் பெரும மதிப்பு ஆகும். சமன்பாடுகள் (4.37) மற்றும் (4.39) இல் இருந்து, ஒரு மின்தடைச் சுற்றில் செலுத்தப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் ஒரே கட்டத்தில் உள்ளன என்பது தெளிவாகிறது. அதன் பொருள், அவற்றின் பெருமம் மற்றும் சிறுமத்தை ஒரே நேரத்தில் அவை அடைகின்றன. இதை கட்ட விளக்கப் படத்தில் காணலாம் (படம் 4.41). மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் ஒரே கட்டத்தில் உள்ளதை அலை வரைபடமும் காட்டுகிறது (படம் 4.41).



படம் 4.41 R மட்டும் உள்ள AC சுற்றின் கட்ட விளக்கப்படம் மற்றும் அலை வரைபடம்

4.7.5 மின்தூண்டி மட்டும் உள்ள AC சுற்று

ஒரு மாறுதிசை மின்னழுத்த மூலத்துடன் L மின்தூண்டல் எண் கொண்ட மின்தூண்டி இணைக்கப்பட்டுள்ள சுற்று ஒன்றைக் கருதுக (படம் 4.42). மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் கணநேர மதிப்பானது



படம் 4.42 மின்தூண்டி உள்ள AC சுற்று

$$v = V_m \sin \omega t \qquad (4.40)$$

மின்தூண்டி வழியே பாயும் மாறுதிசை மின்னோட்டம் சுற்றில் தன் மின்–தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை அல்லது பின்னோக்கிய மின்னியக்கு விசையை தூண்டுகிறது. இந்தப் பின்னோக்கிய மின்னியக்கு விசையானது

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

மின்தூண்டிச் சுற்றுக்கு கிர்க்கா·ஃபின் சுற்று விதியை பயன்படுத்தினால், நாம் பெறுவது

$$v + \varepsilon = 0$$

$$V_m \sin \omega t = L\frac{di}{dt}$$

$$di = \frac{V_m}{L}\sin \omega t \; dt$$

இருபுறமும் தொகைப்படுத்த, நாம் பெறுவது

$$i = \frac{V_m}{L}\int \sin \omega t \, dt$$

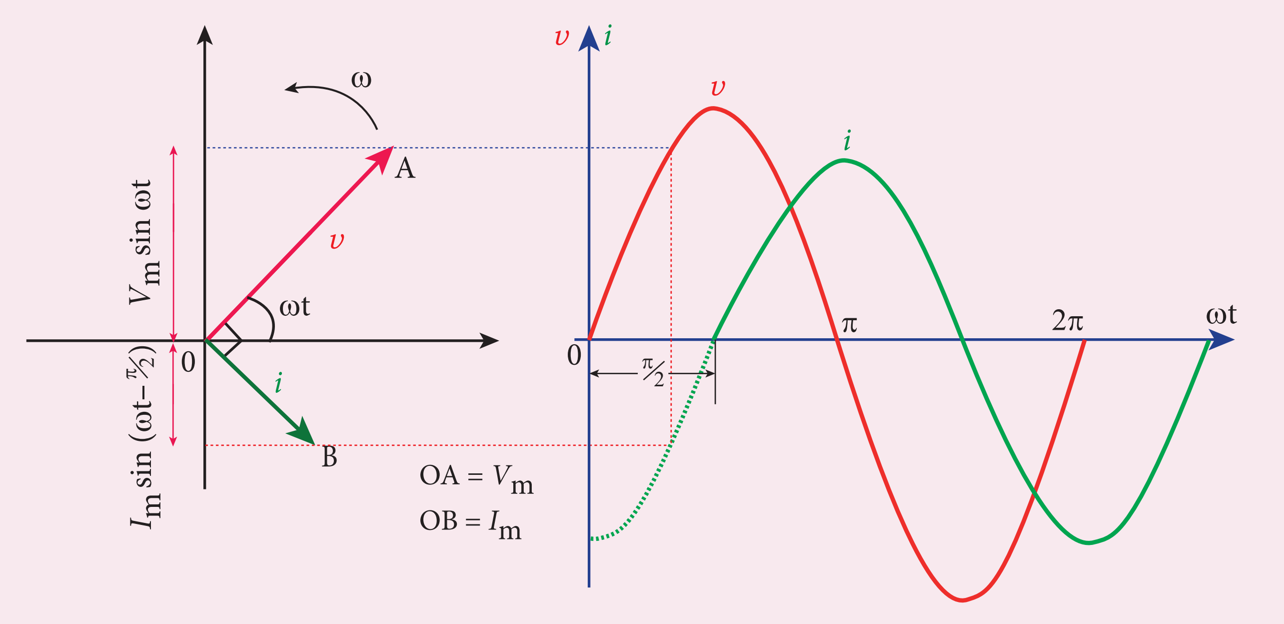
$$i = \frac{V_m}{L\omega}\left(-\cos \omega t\right) + \text{மாறிலி}$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டில் உள்ள தொகை மாறிலி நேரத்தைச் சார்ந்ததல்ல. சுற்றில் உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு நேரத்தைச் சார்ந்துள்ள பகுதியை மட்டுமே கொண்டுள்ளதால், நாம் மின்னோட்டத்தில் உள்ள நேரச்சார்பு இல்லாத பகுதியை (தொகை மாறிலி) சுழியாக்கலாம்.

$$\left(\begin{aligned} \because -\cos \omega t &= \sin\left(\pi/2 - \omega t\right) \\ &= \sin\left(\omega t - \pi/2\right) \end{aligned}\right)$$

$$i = \frac{V_m}{\omega L}\sin\left(\omega t - \pi/2\right) \quad \text{(அல்லது)}$$

$$i = I_m \sin\left(\omega t - \pi/2\right) \qquad (4.41)$$



படம் 4.43 L மட்டும் உள்ள AC சுற்றின் கட்ட விளக்கப்படம் மற்றும் அலை வரைபடம்

இங்கு $\frac{V_m}{\omega L} = I_m$ என்பது சுற்றில் உள்ள மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் பெரும மதிப்பு ஆகும். சமன்பாடு (4.40) மற்றும் (4.41)–இல் இருந்து, மின்தூண்டிச் சுற்றில் உள்ள மின்னோட்டமானது செலுத்தப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டை விட $\frac{\pi}{2}$ என்ற கட்ட அளவில் பின்தங்கி உள்ளது என்பது தெளிவாகிறது. இது கட்ட விளக்கப்படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. மின்னோட்டம் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை விட $90°$ பின்தங்கி உள்ளதை அலை வரைபடத்திலும் காணலாம் (படம் 4.43).

மின்தூண்டியின் மின்மறுப்பு X_L

மின்னோட்டத்தின் பெரும மதிப்பு $I_m = \frac{V_m}{\omega L}$ ஆகும். இந்தச் சமன்பாட்டை மின்தடைச் சுற்றின் $I_m = \frac{V_m}{R}$ என்ற சமன்பாட்டுடன் நாம் ஒப்பிடுவோம். மின்தடைச்சுற்றில் மின்தடை ஆற்றிய பங்கினை, இங்கு ωL என்ற அளவு செய்கிறது. மின்தூண்டி அளிக்கும் இந்த மின்தடையானது மின்தூண்டியின் மின்மறுப்பு (X_L) எனப்படும். இது ஓம் என்ற அலகால் அளக்கப்படுகிறது.

$$X_L = \omega L$$

ஒரு மின்தூண்டி மாறுதிசை மின்னூட்டத்தை (AC) தடுக்கிறது. ஆனால் அது நேர்த்திசை மின்னோட்டத்தை (DC) அனுமதிக்கிறது. ஏன்? மற்றும் எவ்வாறு ?

ஒரு மின்தூண்டி L என்பது நெருக்கமாக சுற்றப்பட்ட திருகு சுழலான கம்பிச்சுருள் ஆகும். L வழியே பாயும் சீரான நேர்த்திசை மின்னோட்டம் (DC) அதனைச் சுற்றி சீரான காந்தப்புலத்தை உருவாக்குகிறது. அதனால் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் மாறாது. எனவே, தன் மின்தூண்டல் மற்றும் தன் மின்தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை (பின்னோக்கிய மின்னியக்கு விசை) ஏதுமில்லை. மின்தூண்டியானது ஒரு மின்தடையைப் போன்று செயல்படுவதால் நேர்த்திசை மின்னோட்டம் மின்தூண்டி வழியே பாய்கிறது.

L வழியே பாயும் மாறுதிசை மின்னோட்டம் (AC), நேரத்தைச் சார்ந்து மாறுபடும் காந்தப்புலத்தை உருவாக்குகிறது. அதனால் தன் மின்தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை (பின்னோக்கிய மின்னியக்கு விசை) உருவாக்கப்படுகிறது. லென்ஸ் விதியின்படி, இந்த பின்னோக்கிய மின்னியக்குவிசை மின்னோட்டத்தின் எந்த மாற்றத்தையும் எதிர்க்கிறது. மாறுதிசை மின்னோட்டம் எண் மதிப்பு மற்றும் திசை இரண்டிலும் மாறுபடுவதால் L இல் அதன் ஓட்டம் எதிர்க்கப்படுகிறது. சுழி மின்தடை கொண்ட ஒரு இலட்சிய மின்தூண்டிக்கு பின்னோக்கிய மின்னியக்கு விசையானது செலுத்தப்பட்ட மின்னியக்கு விசைக்கு சமமாகவும், எதிர்த்திசையிலும் உள்ளது. எனவே L ஆனது மாறுதிசை மின்னோட்டத்தைத் தடுக்கிறது.

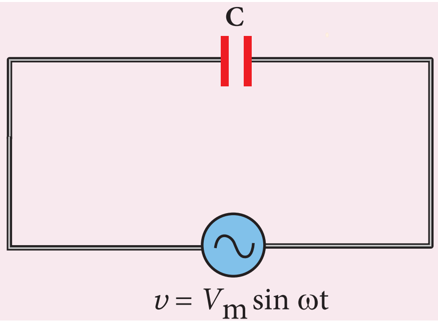
$$X_L = 2\pi f L \qquad (4.42)$$

இங்கு f என்பது மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் அதிர்வெண் ஆகும். ஒரு நேர்த்திசை மின்னோட்டத்திற்கு $f = 0$. எனவே, $X_L = 0$. இதனால் நேர்த்திசை மின்னோட்டத்திற்கு ஒரு இலட்சிய மின்தூண்டி மின்மறுப்பை அளிக்காது.

4.7.6 மின்தேக்கி மட்டும் உள்ள AC சுற்று

ஒரு மாறுதிசை மின்னழுத்த மூலத்துடன் C மின்தேக்குத்திறன் கொண்ட மின்தேக்கி இணைக்கப்பட்ட சுற்று ஒன்றைக் கருதுக (படம் 4.44). மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் கணநேர மதிப்பானது

$$v = V_m \sin \omega t \qquad (4.43)$$



படம் 4.44 மின்தேக்கி உள்ள AC சுற்று

மின்தேக்கியில் உள்ள கணநேர மின்னூட்டம் q என்க. அந்தக் கணத்தில் மின்தேக்கியில் உள்ள மின்னியக்கு விசை $\frac{q}{c}$ ஆகும்.

கிர்க்காஃபின் சுற்று விதிப்படி,

$$v - \frac{q}{C} = 0$$

$$q = CV_m \sin \omega t$$

மின்னோட்டத்தின் வரையறைப்படி

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}\left(CV_m \sin \omega t\right)$$

$$= CV_m \frac{d}{dt}\left(\sin \omega t\right)$$

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 241 08-12-2022 12:11:39

$$= CV_m \omega \cos\omega t \qquad \text{(அல்லது)}$$

$$i = \frac{V_m}{\frac{1}{C\omega}} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

மின்னோட்டத்தின் கணநேர மதிப்பு

$$i = I_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \qquad (4.44)$$

இங்கு $\frac{V_m}{\frac{1}{C\omega}} = I_m$ என்பது மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் பெரும மதிப்பு ஆகும். சமன்பாடுகள் (4.43) மற்றும் (4.44) இல் இருந்து, மின்தேக்கிச்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டமானது செலுத்தப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டை விட $\frac{\pi}{2}$ என்ற கட்ட அளவில் முந்தி உள்ளது என்பது தெளிவாகிறது. படம் 4.45 இல் இது வரைபடமாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒரு மின்தேக்கிச் சுற்றுக்கான அலை வரைபடமும், மின்னோட்டம் செலுத்தப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டை விட 90° முந்திச் செல்வதைக் காட்டுகிறது.

மின்தேக்கியின் மின்மறுப்பு X_C

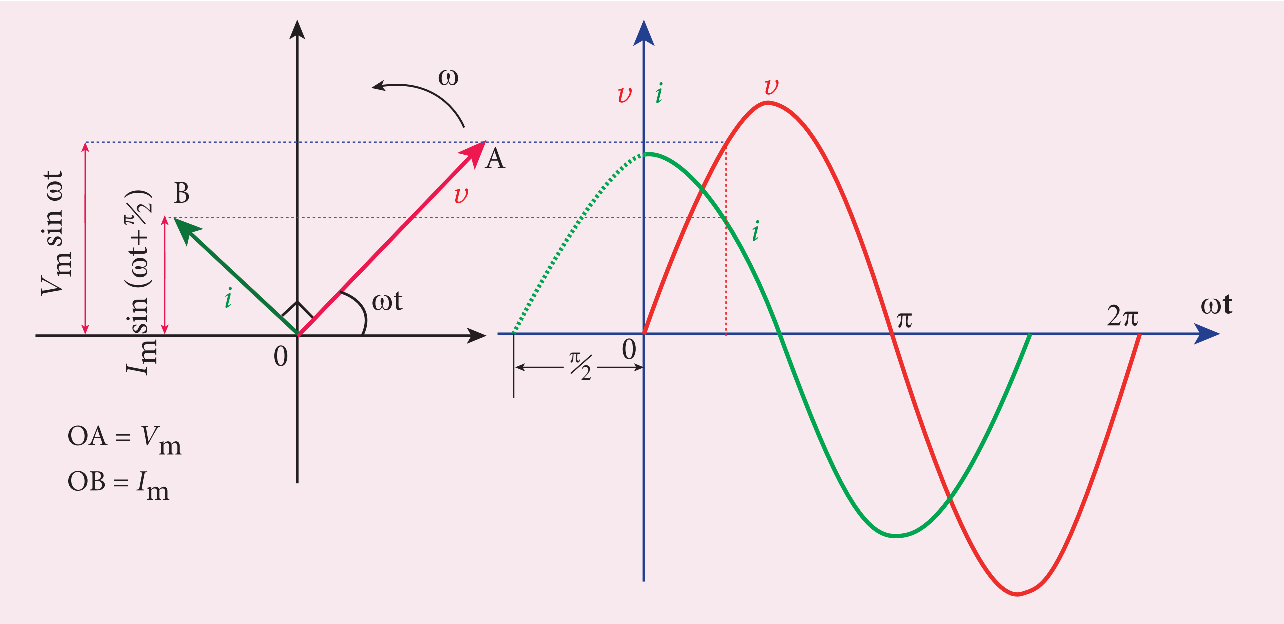
மின்னோட்டத்தின் பெரும மதிப்பு $I_m = \frac{V_m}{\frac{1}{C\omega}}$ ஆகும். இந்தச் சமன்பாட்டை மின்தடைச் சுற்றின் $I_m = \frac{V_m}{R}$ என்ற சமன்பாட்டுடன் நாம் ஒப்பிடுவோம். மின்தடைச்சுற்றில் மின்தடை ஆற்றிய பங்கினை, இங்கு $\frac{1}{C\omega}$ என்ற அளவு செய்கிறது. மின்தேக்கி அளிக்கும் இந்த மின்தடையானது மின்தேக்கியின் மின்மறுப்பு (X_C) எனப்படும். இது ஓம் என்ற அலகால் அளக்கப்படுகிறது.

$$X_c = \frac{1}{\omega C} \qquad (4.45)$$

மின்தேக்கியின் மின்மறுப்பு (X_C) அதிர்வெண்ணிற்கு எதிர்த்தகவில் மாறுகிறது. நேர்த்திசை மின்னோட்டத்திற்கு $f = 0$.

$$\therefore X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{0} = \infty$$

இவ்வாறு, ஒரு மின்தேக்கிச் சுற்று நேர்த்திசை மின்னோட்டத்திற்கு முடிவிலா மின்மறுப்பை அளிக்கிறது. அதனால் நேர்த்திசை மின்னோட்டம் மின்தேக்கியின் வழியே பாய இயலாது.



படம் 4.45 C மட்டும் உள்ள AC சுற்றின் கட்ட விளக்கப்படம் மற்றும் அலை வரைபடம்

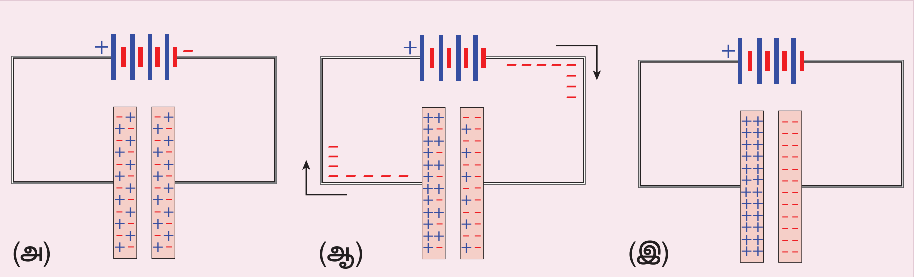
12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 242 08-12-2022 12:11:42

ஒரு மின்தேக்கி நேர்த்திசை மின்னோட்டத்தை தடுக்கிறது. ஆனால் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை அனுமதிக்கிறது. ஏன்? மற்றும் எவ்வாறு? (தேர்வுக்கு உரியதன்று)

மின்தேக்கியில் இரு உலோகத் தட்டுகள் இணையாக, ஒன்றுக்கொன்று நெருக்கமாக வைக்கப்பட்டுள்ளன. தட்டுகளுக்கு இடையே இடைவெளி உள்ளது. ஒரு மின்தேக்கி C உடன் மின்னழுத்த மூலம் (நேர்த்திசை அல்லது மாறுதிசை மின்னழுத்தவேறுபாடு) இணைக்கப்படும் போதெல்லாம் மூலத்திலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் தட்டை அடைந்து நின்று விடுகின்றன. அவை தட்டுகளுக்கிடையே உள்ள இடைவெளியை தாண்டி சுற்றில் பாய்வதைத் தொடர இயலாது. எனவே, ஒரு திசையில் பாயும் எலக்ட்ரான்கள் (அதாவது நேர்த்திசை மின்னோட்டம்) மின்தேக்கியின் வழியே கடக்க இயலாது. ஆனால் மாறுதிசை மின்னோட்ட மூலத்திலிருந்து வரும் எலக்ட்ரான்கள் C வழியே பாய்வதாகத் தெரிகிறது. உண்மையிலேயே என்ன நிகழ்கிறது என நாம் காண்போம்!

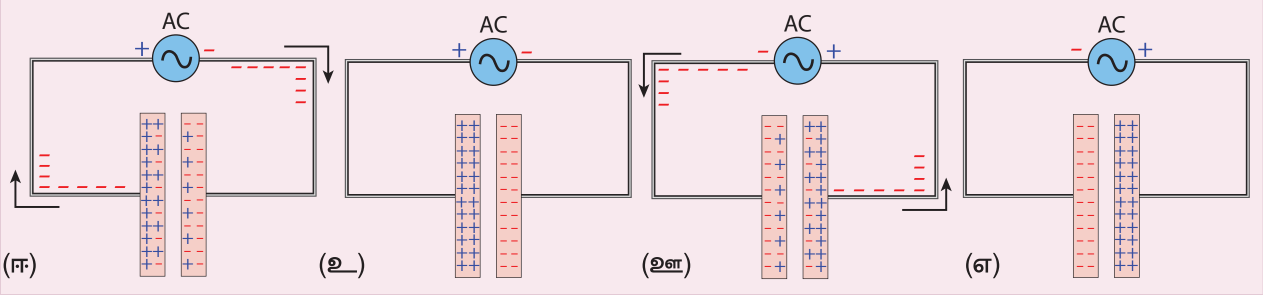
நேர்த்திசை மின்னோட்டம் மின்தேக்கி வழியே பாயாது:

ஒரு இணைத்தட்டு மின்தேக்கியைக் கருதுக. அதன் தட்டுகள் மின்னூட்டம் அற்றவை (சம அளவான நேர் மற்றும் எதிர் மின்னூட்டங்கள்). படம் (அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு ஒரு நேர்த்திசை மின்னோட்ட மூலம் (மின்கலன்) C க்கு குறுக்காக இணைக்கப்படுகிறது.



மின்கலன் இணைக்கப்பட்ட உடனேயே எதிர் முனையிலிருந்து எலக்ட்ரான் பாயத்தொடங்கி, வலது தட்டில் குவிந்து அதனை எதிர் மின்னூட்டம் உடையதாக்குகிறது. இந்த எதிர் மின்னழுத்தம் காரணமாக அருகில் உள்ள இடது தட்டில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் விரட்டப்பட்டு, மின்கலனின் நேர்முனையை நோக்கி நகர்த்தப்படுகின்றன. எலக்ட்ரான்கள் இடது தட்டை விட்டு விலகியதும் அது நேர் மின்னூட்டம் உடையதாகிறது (படம் (ஆ)). இந்த செயல்முறை மின்னேற்றம் (Charging) எனப்படுகிறது. எலக்ட்ரான்கள் பாயும் திசை அம்புக்குறிகளால் காட்டப்பட்டுள்ளன.

தட்டுகளின் மின்னேற்றம் மின்கலனின் மின்னழுத்தவேறுபாட்டிற்குச் சமமாகும் வரை தொடர்கிறது. C முழுவதுமாக மின்னேற்றம் அடைந்ததும் மின்னோட்டம் நின்றுவிடுகிறது. இப்போது மின்தேக்கி நேர்த்திசை மின்னோட்டத்தை தடுக்கிறது (படம் இ) என நாம் கூறுகிறோம்.



மாறுதிசை மின்னோட்டம் மின்தேக்கியின் வழியே பாய்கிறது (?!)

C க்கு குறுக்காக தற்போது ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்ட மூலம் இணைக்கப்படுகிறது. ஒரு கணத்தில் மூலத்தின் வலது பக்கம் எதிர் மின்னழுத்தத்தில் உள்ளது. பிறகு எலக்ட்ரான்கள் எதிர் முனையிலிருந்து வலது தட்டுக்கும் மற்றும் இடது தட்டிலிருந்து நேர்முனைக்கும் படம் (ஈ) இல் காட்டியுள்ளவாறு பாய்கிறது. ஆனால் எந்த எலக்ட்ரானும் தட்டுகளுக்கு இடையே உள்ள இடைவெளியைக் கடப்பதில்லை. இந்த எலக்ட்ரான் பாய்வது அம்புக்குறிகளால் குறிக்கப்படுகிறது. இவ்வாறு தட்டுகள் மின்னேற்றம் அடைவது நடைபெறுகிறது மற்றும் தட்டுகள் முழுவதுமாக மின்னேற்றம் அடைகின்றன (படம் (உ)).

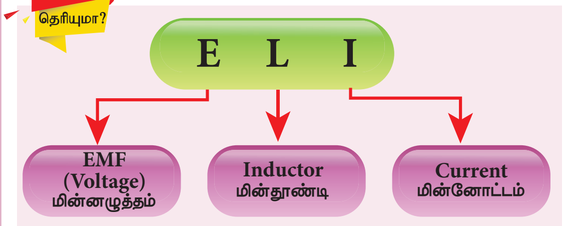
சிறிது நேரம் கழித்து, மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் முனைவுத்தன்மை நேர் எதிராக மாறுகிறது. மூலத்தின் வலது பக்கம் தற்போது நேர் மின்னழுத்தத்தில் உள்ளது. வலது தட்டில் குவிந்துள்ள எலக்ட்ரான்கள் நேர்முனைக்கு பாயத் தொடங்குகிறது மற்றும் எதிர் முனையிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் இடது தட்டுக்கு பாய்ந்து, அதில் சேமிக்கப்பட்டுள்ள நேர் மின்னூட்டத்தை நடுநிலையாக்குகிறது (படம் (ஊ)). இதன் விளைவாக தட்டுகளில் உள்ள நிகர மின்னூட்டங்கள் குறையத் தொடங்குகிறது. இது மின்னிறக்கம் (Discharging) எனப்படுகிறது. படம் (எ) –இல் காட்டியுள்ளவாறு C ஆனது மீண்டும் மாறிய முனைவுத்தன்மையுடன் மின்னேற்றம் அடைகிறது.

ஆகையால், மின்தேக்கி மின்னேற்றம் அடையும் போது எலக்ட்ரான்கள் ஒரு திசையில் பாய்கின்றன மற்றும் மின்னிறக்கம் நடைபெறும்போது அதன் திசை திருப்பப் படுகிறது (இரு நேர்வுகளிலும் மரபு மின்னோட்டமும் எதிரெதிராக உள்ளன). சுற்றில் எலக்ட்ரான்கள் பாய்ந்தாலும், தட்டுகளுக்கு இடையே உள்ள இடைவெளியை எந்த எலக்ட்ரானும் கடந்து செல்லாது. இவ்வாறாக, மாறுதிசை மின்னோட்டம் மின்தேக்கி வழியே பாய்கிறது.

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 243 08-12-2022 12:11:42

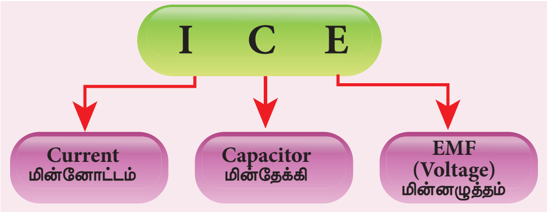
உங்களுக்குத் தெரியுமா?

***ELI* என்றால் என்ன?**



ELI என்பது ஒரு சுருக்கப்பெயர் (Acronym) ஆகும். அதன் பொருள் ஒரு மின்தூண்டிச் சுற்றில் மின்னியக்கு விசை (*EMF*) மின்னோட்டத்தை (Current) முந்திச் செல்கிறது என்பதாகும்.

***ICE* என்றால் என்ன?**



ICE என்பது ஒரு சுருக்கப் பெயர் ஆகும். அதன் பொருள் ஒரு மின்தேக்கிச் சுற்றில் மின்னோட்டம் (Current)மின்னியக்கு விசையை(*EMF*மின்னழுத்த வேறுபாடு) முந்திச் செல்கிறது என்பதாகும்.

எடுத்துக்காட்டு 4.20

பயனுறு மின்னோட்டம் 6 mA பாயும் ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டச் சுற்றில் புறக்கணித்தக்க அளவில் மின்தடை கொண்ட ஒரு 400 mH கம்பிச்சுருள் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. அதிர்வெண் 1000 Hz எனில், கம்பிச்சுருளின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டைக் காண்க.

தீர்வு:

$L = 400 \times 10^{-3}$ H; $I_{eff} = 6 \times 10^{-3}$A

$f = 1000$ Hz

மின்தூண்டியின் மின்மறுப்பு, $X_L = L\omega = L \times 2\pi f$

$$= 2 \times 3.14 \times 1000 \times 0.4$$
$$= 2512\ \Omega$$

L க்கு குறுக்கே மின்னழுத்த வேறுபாடு,

$$V = I X_L = 6 \times 10^{-3} \times 2512$$
$$V = 15.072\ \text{V}(RMS)$$

எடுத்துக்காட்டு 4.21

220 V, 50 Hz மாறுதிசை மின்னோட்ட மூலத்திற்கு குறுக்கே $\frac{10^2}{\pi}\mu\text{F}$ மின்தேக்குத்திறன் கொண்ட ஒரு மின்தேக்கி இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மின்தேக்கியின் மின்மறுப்பு, மின்னோட்டத்தின் RMS மதிப்பு ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக. மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டத்தின் சமன்பாடுகளை எழுதுக.

தீர்வு:

$$C = \frac{10^2}{\pi} \times 10^{-6}\text{F},\ V_{RMS} = 220\ \text{V};\ f = 50\,\text{Hz}$$

(i) மின்தேக்கியின் மின்மறுப்பு,

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$
$$= \frac{1}{2 \times \pi \times 50 \times \frac{10^{-4}}{\pi}} = 100\ \Omega$$

(ii) மின்னோட்டத்தின் RMS மதிப்பு

$$I_{RMS} = \frac{V_{RMS}}{X_C} = \frac{220}{100} = 2.2\ \text{A}$$

(iii) $V_m = 220 \times \sqrt{2} = 311$ V

$$I_m = 2.2 \times \sqrt{2} = 3.1\text{A}$$

எனவே,

$$v = 311 \sin 314 t$$
$$i = 3.1 \sin\left(314t + \pi/2\right)$$

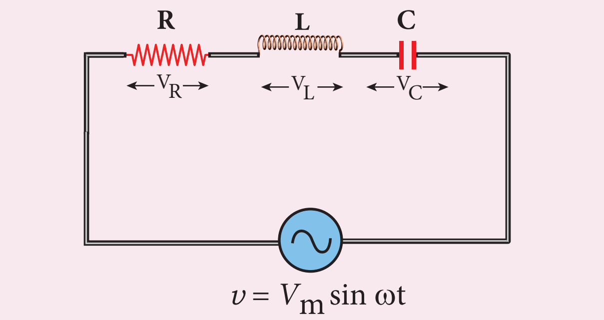
4.7.7 மின்தடையாக்கி, மின்தூண்டி மற்றும் மின்தேக்கி ஆகியவற்றை தொடரிணைப்பில் கொண்ட AC சுற்று – தொடர் RLC சுற்று

ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்ட மூலத்திற்கு குறுக்காக மின்தடை R கொண்ட மின்தடையாக்கி, மின்தூண்டல் எண் L கொண்ட மின்தூண்டி மற்றும் மின்தேக்குத்திறன் C கொண்ட மின்தேக்கி

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 244 08-12-2022 12:11:49

ஆகியவற்றை தொடரிணைப்பில் கொண்ட சுற்று ஒன்றைக் கருதுக (படம் 4.46). செலுத்தப்பட்ட மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் கணநேர மதிப்பானது

$$v = V_m \sin \omega t$$



படம் 4.46 R, L மற்றும் C உள்ள AC சுற்று

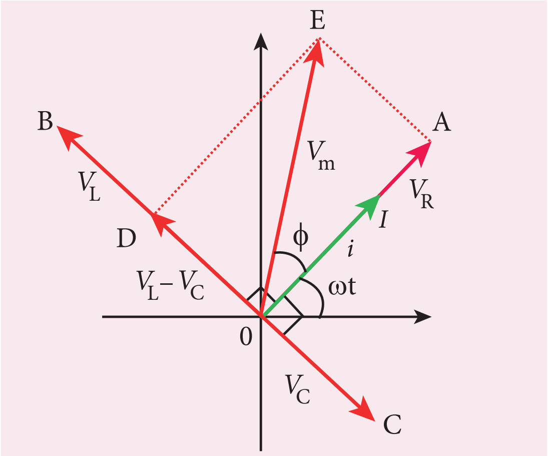
சுற்றில் அக்கணத்தில் விளையும் மின்னோட்டம் i என்க. அதன் விளைவாக R, L மற்றும் C – க்கு குறுக்காக மின்னழுத்த வேறுபாடு உருவாகிறது.

R க்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு (V_R), i உடன் ஒரே கட்டத்தில் உள்ளது. L க்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு (V_L), i ஐ விட $\pi/2$ முந்தி உள்ளது மற்றும் C–க்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு (V_C), i ஐ விட $\pi/2$ பின்தங்கி உள்ளது என்பதை நாம் அறிவோம்.

மின்னோட்டம் மற்றும் மின்னழுத்த வேறுபாடுகளின் கட்ட விளக்கப்படம் வரையப்படுகிறது. மின்னோட்டமானது கட்ட வெக்டர் $\overrightarrow{OI}$ – ஆல் குறிக்கப்படுகிறது. படம் 4.47 இல் காட்டியுள்ளவாறு V_R, V_L மற்றும் V_C ஆகிய மின்னழுத்த வேறுபாடுகள் முறையே $\overrightarrow{OA}$, $\overrightarrow{OB}$ மற்றும் $\overrightarrow{OC}$ என்கிற கட்ட வெக்டர்களால் குறிக்கப்படுகின்றன.

$$OI = I_m,\ OA = I_m R,\ OB = I_m X_L;\ OC = I_m X_C$$

இந்த கட்ட வெக்டர்களின் நீளம் V_L மற்றும் V_C இன் மதிப்பைப் பொருத்து மின்சுற்றானது, மின்தூண்டல் அல்லது மின்தேக்கி அல்லது மின்தடைப் பண்புள்ளதாக அமையும். $V_L > V_C$ என நாம் கருதுவோம். எனவே, L–C இணைக்கு குறுக்கே உள்ள நிகர மின்னழுத்த வேறுபாடு $V_L - V_C$ ஆகும். இது கட்ட வெக்டர் $\overrightarrow{OD}$ ஆல் குறிக்கப்படுகிறது.



படம் 4.47 $V_L > V_C$ என்ற நிலையில் தொடர் RLC சுற்றின் கட்ட விளக்கப்படம்

இணைகர விதியின்படி, மூலைவிட்டம் $\overrightarrow{OE}$ ஆனது V_R மற்றும் (V_L – V_C) ஆகியவற்றின் தொகுபயன் மின்னழுத்த வேறுபாடு v – ஐத் தருகிறது. அதன் நீளம் OE ஆனது V_m க்குச் சமமாகும். எனவே

$$V_m^2 = V_R^2 + \left(V_L - V_C\right)^2$$

$$V_m = \sqrt{\left(I_m R\right)^2 + \left(I_m X_L - I_m X_C\right)^2}$$

$$= I_m \sqrt{R^2 + \left(X_L - X_C\right)^2} \quad \text{அல்லது}$$

$$I_m = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + \left(X_L - X_C\right)^2}} \quad \text{அல்லது} \qquad (4.46)$$

$$I_m = \frac{V_m}{Z}$$

$$\text{இங்கு} \quad Z = \sqrt{R^2 + \left(X_L - X_C\right)^2} \qquad (4.47)$$

Z என்பது சுற்றின் மின்எதிர்ப்பு (Impedance) எனப்படுகிறது. இது தொடர் RLC சுற்றால் மின்னோட்டத்திற்கு அளிக்கப்பட்ட பயனுறு மின்எதிர்ப்பைக் குறிக்கிறது. மின்னழுத்த முக்கோணம் மற்றும் மின்எதிர்ப்பு முக்கோணம் ஆகியவை படம் 4.48 இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

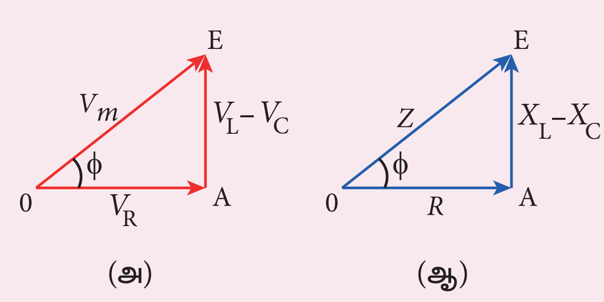
v மற்றும் i இடையேயான கட்டக்கோணம் கீழ்க்கண்ட தொடர்பிலிருந்து பெறலாம்.

$$\tan\phi = \frac{V_L - V_C}{V_R} = \frac{X_L - X_C}{R} \qquad (4.48)$$

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 245 08-12-2022 12:11:54

அட்டவணை 4.1 மாறுதிசை மின்னோட்ட (AC) சுற்றுகளின் முடிவுகள்

மின்எதிர்ப்பின் வகை	மின்எதிர்ப்பின் மதிப்பு	மின்னழுத்த வேறுபாட்டுடன் மின்னோட்டத்தின் கட்ட கோணம்	திறன் காரணி
மின்தடை	R	0°	1
மின்தூண்டல்	$X_L = \omega L$	90° பின்தங்கி	0
மின்தேக்கி	$X_C = \frac{1}{\omega C}$	90° முந்தி	0
R- L - C	$\sqrt{R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}$	0° மற்றும் 90° இடையே பின்தங்கி அல்லது முந்தி	0 மற்றும் 1 இடையே



படம் 4.48 $X_L > X_C$ என்ற நிலையில் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்எதிர்ப்பு முக்கோணம்

சிறப்பு நேர்வுகள்

(i) $X_L > X_C$ எனில், (X_L-X_C) நேர்க்குறியாகும் மற்றும் ϕ என்ற கட்ட கோணமும் நேர்க்குறியாகும். இதன் பொருள்: செலுத்தப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு, மின்னோட்டத்தை விட ϕ முந்தி உள்ளது (அல்லது மின்னோட்டம் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை விட ϕ பின்தங்கி உள்ளது). மின்சுற்று மின்தூண்டி பண்புடையதாக உள்ளது.

$$\therefore i = I_m \sin\omega t; v = V_m \sin(\omega t+\phi)$$

(ii) $X_L < X_C$ எனில், $(X_L - X_C)$ எதிர்க்குறியாகும் மற்றும் ϕ என்ற கட்ட கோணமும் எதிர்க்குறியாகும். இதன் பொருள்: செலுத்தப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு, மின்னோட்டத்தை விட ϕ பின்தங்கி உள்ளது (அல்லது மின்னோட்டம் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை விட ϕ முந்தி உள்ளது). சுற்றானது மின்தேக்கிப் பண்புடையதாக உள்ளது.

$$\therefore i = I_m \sin\omega t; v = V_m \sin(\omega t-\phi)$$

(iii) $X_L = X_C$ எனில், ϕ ஆனது சுழி ஆகும். எனவே, மின்னோட்டம் மற்றும் மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகியவை ஒரே கட்டத்தில் உள்ளன. சுற்றானது மின்தடைப் பண்புடையதாக உள்ளது.

$$\therefore v = V_m \sin\omega t; \quad i = I_m \sin\omega t$$

4.7.8 தொடர் RLC சுற்றில் ஒத்ததிர்வு (Resonance in series RLC Circuit)

செலுத்தப்படும் மாறுதிசை மின்மூலத்தின் அதிர்வெண் (ω_r) ஆனது *RLC* சுற்றின் இயல்பு அதிர்வெண்ணிற்கு $\left[\frac{1}{\sqrt{LC}}\right]$ சமமாக இருந்தால், சுற்றில் உள்ள மின்னோட்டம் பெரும மதிப்பை அடைகிறது. தற்போது சுற்றானது **மின் ஒத்ததிர்வில்** உள்ளதாகக் கூறப்படுகிறது. ஒத்ததிர்வு ஏற்படும் மின்மூலத்தின் அதிர்வெண், **ஒத்ததிர்வு அதிர்வெண்** எனப்படுகிறது.

ஒத்ததிர்வு கோண அதிர்வெண், $\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

$$(\text{அல்லது}) \quad f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad (4.49)$$

தொடர் ஒத்ததிர்வில்,

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (\text{அல்லது}) \quad \omega_r^2 = \frac{1}{LC}$$

$$\omega_r L = \frac{1}{\omega_r C} \quad (\text{அல்லது})$$

$$X_L = X_C \qquad (4.50)$$

இதுவே தொடர் *RLC* சுற்றில் ஒத்ததிர்வுக்கான நிபந்தனை ஆகும்.

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 246 08-12-2022 12:11:58

X_L மற்றும் X_C ஆகியவை அதிர்வெண்ணைச் சார்ந்திருப்பதால், செலுத்தப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் அதிர்வெண்ணை மாற்றுவதன் மூலம் ஒத்ததிர்வு நிபந்தனையை $(X_L = X_C)$ அடையலாம்.

தொடர் ஒத்ததிர்வின் விளைவுகள்

தொடர் ஒத்ததிர்வு நிகழும்போது சுற்றின் மின்எதிர்ப்பு சிறுமமாகும் மற்றும் அது சுற்றின் மின்தடைக்குச் சமமாகும். இதன் விளைவாக, சுற்றில் உள்ள மின்னோட்டம் பெருமமாகிறது. மின்னோட்டம் மற்றும் அதிர்வெண் இடையே வரையப்பட்ட ஒத்ததிர்வு வளைகோட்டில் இது காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது (படம் 4.49).

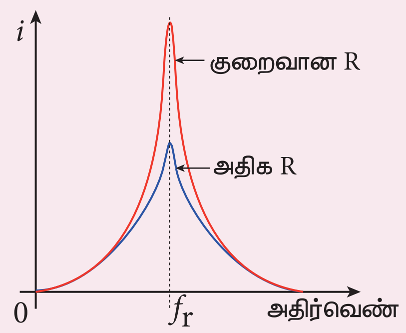
ஒத்ததிர்வு நிலையில், மின்எதிர்ப்பானது

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = R \text{ ஏனெனில் } X_L = X_C$$

எனவே, சுற்றில் உள்ள மின்னோட்டமானது

$$I_m = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

$$I_m = \frac{V_m}{R} \qquad (4.51)$$



படம் 4.49 ஒத்ததிர்வு வளைகோடு

தொடர் ஒத்ததிர்வினால் விளையும் பெரும மின்னோட்டமானது சுற்றில் உள்ள மின் தடையைப் பொருத்து அமையும். சிறிய மின்தடை மதிப்புகளுக்கு, கூர்மையான வளைகோட்டுடன் அமைந்த அதிக மின்னோட்டம் கிடைக்கிறது. மின்தடை அதிகமெனில், தட்டையான வளைகோட்டுடன் அமைந்த குறைந்த மின்னோட்டம் கிடைக்கிறது.

தொடர் *RLC* ஒத்திசைவுச் சுற்றின் பயன்பாடுகள்

RLC சுற்றானது வடிப்பான் சுற்றுகள், அலையியற்றிகள், மின்னழுத்த பெருக்கிகள், முதலியவற்றில் பயன்படுகிறது. தொடர் *RLC* சுற்றின் ஒரு முக்கிய பயன்பாடானது வானொலி மற்றும் தொலைக்காட்சி அமைப்புகளின் ஒத்திசைவுச் சுற்றுகள் (Tuning circuits) ஆகும். ஒலிபரப்பு நிலையங்களில் இருந்து பல்வேறுபட்ட அதிர்வெண்களில் சைகைகள் வானவெளியில் பரப்பப்படுகின்றன. ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையத்தின் சைகையைப் பெற ஒத்திசைவு செய்யப்படுகிறது.

பொதுவாக ஒத்திசைவானது பின்வருமாறு செய்யப்படுகிறது. இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் மாறுபாட்டு மின்தேக்குத்திறனை மாற்றுவதன் மூலம் சுற்றின் ஒத்ததிர்வு அதிர்வெண் மாற்றப்படுகிறது. ஒத்ததிர்வு அதிர்வெண் ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையத்தின் அதிர்வெண்ணிற்கு சமமாகும் போது, சுற்றில் மின்னோட்டத்தின் வீச்சு பெருமமாகிறது. அதன் மூலம் அந்த நிலையத்தின் சைகை மட்டும் ஏற்கப்படுகிறது.

குறிப்பு

மின் ஒத்ததிர்வு நிகழ்வு சுற்றில் *L* மற்றும் *C* இரண்டும் இருந்தால் மட்டுமே சாத்தியமாகிறது. அப்போது தான் 180° கட்ட வேறுபாடு கொண்டுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடுகள் V_L மற்றும் V_C இரண்டும் ஒன்றையொன்று நீக்கிவிடுகின்றன. சுற்றானது மின்தடைப்பண்பு உடையதாகிறது. இது *RL* மற்றும் *RC* சுற்றுகளில் ஒத்ததிர்வு ஏற்படாது என்பதைக் குறிக்கிறது.

4.7.9 தரக் காரணி அல்லது Q – காரணி (Quality factor or Q – factor)

தொடர் *RLC* சுற்றில் ஒத்ததிர்வின்போது மின்னோட்டம் பெரும மதிப்பை அடைகிறது. மின்னோட்டம் அதிகரிப்பதால் *L* மற்றும் *C* க்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடுகளும் அதிகரிக்கின்றன. தொடர் ஒத்ததிர்வில் மின்னழுத்த வேறுபாடுகளின் பெருக்கம் *Q* – காரணியால் குறிக்கப்படுகிறது.

***Q* – காரணி என்பது ஒத்ததிர்வின் போது *L* அல்லது *C* க்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கும், செலுத்தப்படும் மின்னழுத்த**

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 247 08-12-2022 12:12:00

வேறுபாட்டிற்கும் இடையே உள்ள தகவு என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$Q-\text{காரணி} = \frac{\text{ஒத்ததிர்வின் போது } L \text{ அல்லது } C \text{ க்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு}}{\text{செலுத்தப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு}}$$

ஒத்ததிர்வின்போதுசுற்றானதுமின்தடைப்பண்பு கொண்டுள்ளது. எனவே செலுத்தப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு, R – க்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்குச் சமமாகும்.

$$Q\text{-காரணி} = \frac{I_m X_L}{I_m R} = \frac{X_L}{R} \quad (4.52)$$

$$= \frac{\omega_r L}{R}$$

$$= \frac{L}{R\sqrt{LC}} \qquad \text{இங்கு } \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$Q\text{-காரணி} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} \quad (4.53)$$

இதன் அர்த்தம் வருமாறு: ஒத்ததிர்வின் போது செலுத்தப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை விட L அல்லது C க்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு எத்தனை மடங்கு உள்ளது என்பதை குறிக்கிறது.

எடுத்துக்காட்டு 4.22

தொடர் RLC சுற்றில் உள்ள மின்தூண்டியின் மின்மறுப்பு, மின்தேக்கியின் மின்மறுப்பு மற்றும் மின்தடை ஆகியவை முறையே 184 Ω, 144 Ω மற்றும் 30 Ω எனில் சுற்றின் மின்எதிர்ப்பைக் காண்க. மேலும் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையிலான கட்டக் கோணத்தையும் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

$X_L = 184\ \Omega;\ X_C = 144\ \Omega;\ R = 30\ \Omega$

(i) மின்எதிர்ப்பானது

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$= \sqrt{30^2 + (184-144)^2}$$

$$= \sqrt{900+1600}$$

$$Z = 50\ \Omega$$

(ii) மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையிலான கட்ட கோணம் ϕ ஆனது

$$\tan\phi = \frac{X_L - X_C}{R}$$

$$= \frac{184-144}{30} = 1.33$$

$$\phi = 53.1^\circ$$

கட்டக் கோணம் நேர்க்குறி என்பதால், இந்த மின்தூண்டி சுற்றுக்கு மின்னழுத்த வேறுபாடானது மின்னோட்டத்தை விட 53.1° முந்தி உள்ளது.

எடுத்துக்காட்டு 4.23

500 μH மின்தூண்டி, $\frac{80}{\pi^2}$ pF மின்தேக்கி மற்றும் 628 Ω மின்தடை ஆகியவை இணைக்கப்பட்டு தொடர் RLC சுற்று உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த சுற்றின் ஒத்ததிர்வு அதிர்வெண் மற்றும் ஒத்ததிர்வில் Q – காரணியைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

$$L = 500\times10^{-6}\,\text{H};\ C = \frac{80}{\pi^2}\times10^{-12}\,\text{F};\ R = 628\,\Omega$$

(i) ஒத்ததிர்வு அதிர்வெண்

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{500\times10^{-6}\times\frac{80}{\pi^2}\times10^{-12}}}$$

$$= \frac{1}{2\sqrt{40{,}000\times10^{-18}}}$$

$$= \frac{10{,}000\times10^3}{4} = 2500\ \text{KHz}$$

(ii) Q–காரணி

$$= \frac{\omega_r L}{R} = \frac{2\times3.14\times2500\times10^3\times500\times10^{-6}}{628}$$

$$Q = 12.5$$

எடுத்துக்காட்டு 4.24

$v = 10\sin(3\pi\times10^4\ t)$ வோல்ட் என்ற மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் கணநேர மதிப்பை கொடுக்கப்பட்டுள்ள கணங்களில் கண்டுபிடி i) 0 s ii) 50 μs iii) 75 μs.

தீர்வு:

கொடுக்கப்பட்ட சமன்பாடு $v = 10\sin\left(3\pi \times 10^4 t\right)$

(i) t = 0 s இல்

$$v = 10\sin 0^\circ = 0 \text{ V}$$

(ii) t = 50 μs இல்

$$\begin{aligned} v &= 10\sin\left(3\pi \times 10^4 \times 50 \times 10^{-6}\right) \\ &= 10\sin\left(150\pi \times 10^{-2} \times \frac{180^\circ}{\pi}\right) \\ &= 10\sin(270^\circ) = 10 \times -1 \\ &= -10 \text{ V} \end{aligned}$$

(iii) t = 75 μs இல்

$$\begin{aligned} v &= 10\sin\left(3\pi \times 10^4 \times 75 \times 10^{-6}\right) \\ &= 10\sin\left(225\pi \times 10^{-2} \times \frac{180^\circ}{\pi}\right) \\ &= 10\sin(405^\circ) = 10\sin 45^\circ \\ &= 10 \times 1/\sqrt{2} = 7.07 \text{ V} \end{aligned}$$

எடுத்துக்காட்டு 4.25

ஒரு மின்தூண்டிச் சுற்றில் உள்ள மின்னோட்டம் $0.3\ sin\,(200t - 40^\circ)$ A ஆகும். மின்தூண்டல் எண் 40mH எனில், அதன் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கான சமன்பாட்டை எழுதுக.

தீர்வு:

$L = 40 \times 10^{-3}$ H; $i = 0.3 \sin(200t - 40^\circ)$

$$X_L = \omega L = 200 \times 40 \times 10^{-3} = 8\ \Omega$$
$$V_m = I_m X_L = 0.3 \times 8 = 2.4 \text{ V}$$

ஒரு மின்தூண்டிச்சுற்றின் மின்னழுத்த வேறுபாடு மின்னோட்டத்தைவிட 90° முந்தி உள்ளது. எனவே,

$$v = V_m \sin\left(\omega t + 90^\circ\right)$$
$$v = 2.4\sin\left(200t - 40^\circ + 90^\circ\right)$$
$$v = 2.4\sin\left(200t + 50^\circ\right) \text{V}$$

4.8 மாறுதிசை மின்னோட்டச் சுற்றுகளின் திறன் (POWER IN AC CIRCUITS)

4.8.1 மாறுதிசை மின்னோட்டச் சுற்றுகளில் திறன் – அறிமுகம்

ஒரு சுற்றின் திறன் என்பது அச்சுற்றில் **மின் ஆற்றல் நுகரப்படும் வீதம் என வரையறுக்கப்படுகிறது.** அது மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் ஆகியவற்றின் பெருக்குத்தொகையால் குறிக்கப் படுகிறது. ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டச் சுற்றில் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் நேரத்தைப் பொருத்து தொடர்ச்சியாக மாறுகின்றன. முதலில் ஒரு கணத்தில் உள்ள திறனை நாம் கணக்கிட்டு, பிறகு ஒரு முழுச்சுற்றுக்கு அதன் சராசரியை மதிப்பிடலாம்.

தொடர் மின்தூண்டி *RLC* சுற்றில், கணநேர மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னேட்டமானது

$$v = V_m \sin\omega t \quad \text{மற்றும்} \quad i = I_m \sin\left(\omega t + \phi\right)$$

இங்கு ϕ என்பது v மற்றும் i இடையே உள்ள கட்டக்கோணம் ஆகும். கணநேர திறனை (Instantaneous power) இவ்வாறு எழுதலாம்.

$$\begin{aligned} P &= v\,i \\ &= V_m I_m \sin\omega t \sin\left(\omega t + \phi\right) \\ &= V_m I_m \sin\omega t\left[\sin\omega t\cos\phi + \cos\omega t\sin\phi\right] \\ P &= V_m I_m \left[\cos\phi\sin^2\omega t + \sin\omega t\cos\omega t\sin\phi\right] \end{aligned} \qquad (4.54)$$

இங்கு ஒரு சுற்றுக்கான $\sin^2\omega t$ இன் சராசரி $1/2$ ஆகும் மற்றும் $\sin\omega t\cos\omega t$ இன் சராசரி சுழியாகும். இந்த மதிப்புகளைப் பிரதியிட்டு, ஒரு சுற்றுக்கான சராசரி திறனைப் பெறலாம்.

$$\begin{aligned} P_{av} &= V_m I_m \cos\phi \times 1/2 \\ &= \frac{V_m}{\sqrt{2}}\frac{I_m}{\sqrt{2}}\cos\phi \\ P_{av} &= V_{RMS}\, I_{RMS} \cos\phi \end{aligned} \qquad (4.55)$$

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 249 08-12-2022 12:12:10

இங்கு $V_{RMS}I_{RMS}$ என்பது தோற்றத்திறன் (Apparent power) எனப்படும். cos ϕ என்பது திறன் காரணி (Power factor) ஆகும். ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டச் சுற்றின் சராசரி திறன் சுற்றின் உண்மைத் திறன் (True power) எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

சிறப்பு நேர்வுகள்

(i) மின்தடைப் பண்புள்ள சுற்றுக்கு, மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையே உள்ள கட்டக்கோணம் சுழியாகும் மற்றும் $\cos\phi = 1$.

$$\therefore P_{av} = V_{RMS}\, I_{RMS}$$

(ii) மின்தூண்டல் அல்லது மின்தேக்கிப் பண்புள்ள சுற்றுக்கு கட்டக் கோணமானது $\pm \pi/2$ மற்றும் $\cos\left(\pm\pi/2\right) = 0$.

$$\therefore P_{av} = 0$$

(iii) தொடர் RLC சுற்றுக்கு கட்டக் கோணம் $\phi = \tan^{-1}\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right)$

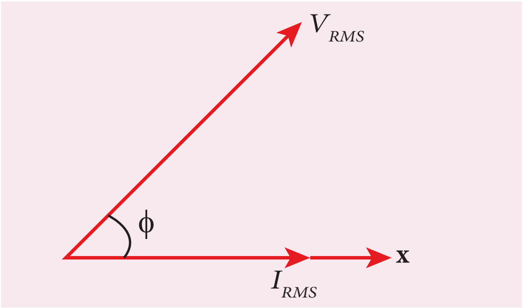
$$\therefore P_{av} = V_{RMS}\, I_{RMS}\, \cos\phi$$

(iv) ஒத்ததிர்வில் உள்ள தொடர் RLC சுற்றுக்கு கட்டக்கோணம் சுழியாகும் மற்றும் $\cos 0^\circ = 1$.

$$\therefore P_{av} = V_{RMS}\, I_{RMS}$$

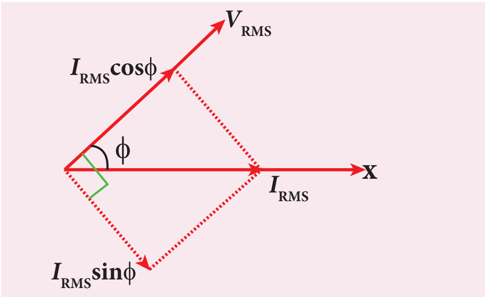
4.8.2 சுழித்திறன் மின்னோட்டம் (Wattless current)

V_{RMS} மற்றும் I_{RMS} இடையே கட்டக்கோணம் ϕ கொண்ட ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டச் சுற்றைக் கருதுக. கட்ட விளக்கப்படத்தில் (படம் 4.50) காட்டியுள்ளவாறு மின்னழுத்த வேறுபாடானது மின்னோட்டத்தைவிட ϕ கோணம் முந்தி இருப்பதாகக் கொள்க.



படம் 4.50 V_{RMS} ஆனது I_{RMS} ஐ ϕ கட்டம் முந்திச் செல்கிறது

தற்போது படம் 4.51 இல் காட்டியுள்ளவாறு I_{RMS} ஆனது V_{RMS} வழியே $I_{RMS}\cos\phi$ எனவும், V_{RMS} க்கு குத்தாக $I_{RMS}\sin\phi$ எனவும் இரு செங்குத்துக் கூறுகளாக பகுக்கப்படுகிறது.



படம் 4.51 I_{RMS} இன் கூறுகள்

(i) மின்னழுத்த வேறுபாட்டுடன் ஒரே கட்டத்தில் உள்ள மின்னோட்டத்தின் கூறு $(I_{RMS}\cos\phi)$ செயற்படு கூறு எனப்படுகிறது. இக்கூறினால் நுகரப்பட்ட திறன் $= V_{RMS}I_{RMS}\cos\phi$. எனவே இதை முழுத்திறன் கொண்ட மின்னோட்டம் (Wattful current) என அழைக்கப்படுகிறது.

(ii) மின்னழுத்த வேறுபாட்டுடன் கட்டக்கோணம் $\pi/2$ கொண்டுள்ள மற்றொரு கூறு $(I_{RMS}\sin\phi)$ ஆனது மின்மறுப்புக்கூறு எனப்படுகிறது. இக்கூறினால் நுகரப்பட்ட திறன் சுழியாகும். எனவே இது 'சுழித்திறன்' மின்னோட்டம் (Wattless current) எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டச்சுற்றில் நுகரப்பட்ட திறன் சுழியெனில், அந்தச் சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம் சுழித்திறன் மின்னோட்டம் என அழைக்கப்படுகிறது. இந்த சுழித்திறன் மின்னோட்டம் மின்தூண்டல் அல்லது மின்தேக்கி பண்புள்ள சுற்றில் நிகழ்கிறது.

4.8.3 திறன் காரணி (Power factor)

ஒரு சுற்றின் திறன் காரணி கீழ்க்கண்ட வழிகளில் வரையறுக்கப்படுகிறது.

(i) **திறன் காரணி = cos ϕ = முந்தி அல்லது பின்தங்கி உள்ள கட்டக்கோணத்தின் கொசைன் மதிப்பு**

(ii) **திறன் காரணி** $= \frac{R}{Z} = \frac{\text{மின்தடை}}{\text{மின்னெதிர்ப்பு}}$

(iii) **திறன் காரணி** $= \frac{P_{av}}{V_{RMS}I_{RMS}}$

$$= \frac{\text{உண்மைத் திறன்}}{\text{தோற்றத்திறன்}}$$

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 250 08-12-2022 12:12:14

திறன் காரணிகளுக்கான சில எடுத்துக்காட்டுகள்:

(i) மின்தடைப் பண்புள்ள ஒரு சுற்றுக்கு திறன் காரணி = $\cos 0° = 1$. ஏனெனில் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையே உள்ள கட்ட கோணம் சுழியாகும்.

(ii) மின்தூண்டல் அல்லது மின்தேக்கிப் பண்புள்ள ஒரு சுற்றுக்கு திறன் காரணி $= \cos\left(\pm \pi/2\right) = 0$. ஏனெனில் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையே உள்ள கட்ட கோணம் $\pm \pi/2$.

(iii) R, L மற்றும் C ஐ மாறுபட்ட விகிதங்களில் கொண்டுள்ள ஒரு சுற்றுக்கு திறன் காரணி 0 முதல் 1 வரை இருக்கும்.

4.8.4 நேர்த்திசை மின்னோட்டத்தை விட மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் நன்மைகள் மற்றும் குறைபாடுகள்

நேர்த்திசை மின்னோட்ட அமைப்பை விட மாறுதிசை மின்னோட்ட அமைப்பில் பல நன்மைகள் மற்றும் சில குறைபாடுகள் உள்ளன.

நன்மைகள்:

(i) நேர்த்திசை மின்னோட்டத்தை விட மாறுதிசை மின்னோட்ட உற்பத்திச் செலவு குறைவாகும்.

(ii) மாறுதிசை மின்னோட்டம் உயர் மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் விநியோகிக்கப்பட்டால் அனுப்புகை இழப்புகள் நேர்த்திசை அனுப்புகையை ஒப்பிட குறைவானதாகும்.

(iii) திருத்திகளின் உதவியால் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை எளிதாக நேர்த்திசை மின்னோட்டமாக மாற்றலாம்.

குறைபாடுகள்

(i) மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடுகளை சில பயன்பாடுகளில் பயன்படுத்த இயலாது. உதாரணமாக மின்கலன்களை மின்னேற்றம் செய்தல், மின்முலாம் பூசுதல், மின் இழுவை போன்றவை.

(ii) உயர் மின்னழுத்த வேறுபாடுகளில் நேர்த்திசை மின்னோட்டத்தைக் காட்டிலும் மாறுதிசை மின்னோட்டத்துடன் வேலை செய்வது அதிக ஆபத்தானது.

எடுத்துக்காட்டு 4.26

400 kHz இல் ஒத்ததிரும் தொடர் RLC சுற்றானது 80 μH மின்தூண்டி, 2000 pF மின்தேக்கி மற்றும் 50 Ω மின்தடை ஆகியவற்றைக் கொண்டுள்ளது. (i) சுற்றின் Q – காரணி (ii) மின்தூண்டல் எண் மதிப்பு இரு மடங்கானால், மின்தேக்குத்திறனின் புதிய மதிப்பு மற்றும் (iii) Q – காரணியின் புதிய மதிப்பு ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

$L = 80 \times 10^{-6}$H; $C = 2000 \times 10^{-12}$ F

$R = 50\ \Omega$; $f_r = 400 \times 10^3$Hz

(i) Q-காரணி, $Q_1 = \dfrac{1}{R}\sqrt{\dfrac{L}{C}}$

$$= \frac{1}{50}\sqrt{\frac{80 \times 10^{-6}}{2000 \times 10^{-12}}} = 4$$

(ii) $L_2 = 2\,L$ எனில்

$= 2 \times 80 \times 10^{-6}$ H

$= 160 \times 10^{-6}$ H,

$$C_2 = \frac{1}{4\pi^2 f_r^2 L_2}$$

$$= \frac{1}{4 \times 3.14^2 \times \left(400 \times 10^3\right)^2 \times 160 \times 10^{-6}}$$

$$\simeq 1000 \times 10^{-12}\,\text{F}$$

$$C_2 \simeq 1000\,\text{pF}$$

(iii) $Q_2 = \dfrac{1}{R}\sqrt{\dfrac{L_2}{C_2}} = \dfrac{1}{50}\sqrt{\dfrac{160 \times 10^{-6}}{1000 \times 10^{-12}}}$

$$= \frac{1}{50}\sqrt{\frac{16 \times 10^{-5}}{10^{-9}}} = \frac{4 \times 10^2}{50} = 8$$

எடுத்துக்காட்டு 4.27

$\dfrac{10^{-4}}{\pi}$ F மின்தேக்குத்திறன் கொண்ட மின்தேக்கி, $\dfrac{2}{\pi}H$ மின்தூண்டல் எண் கொண்ட மின்தூண்டி மற்றும் 100 Ω மின்தடை கொண்ட மின்தடையாக்கி ஆகியவை இணைக்கப்பட்டு, ஒரு தொடர் RLC சுற்று உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. 220 V, 50 Hz உள்ள ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டம் சுற்றுக்கு அளிக்கப்பட்டால் (i) சுற்றின் மின்னெதிர்ப்பு (ii) சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்தின் பெரும மதிப்பு (iii) சுற்றின் திறன் காரணி மற்றும் (iv) ஒத்ததிர்வில் சுற்றின் திறன் காரணி ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 251 08-12-2022 12:12:18

தீர்வு:

$$L = \frac{2}{\pi}\text{ H};\ C = \frac{10^{-4}}{\pi}\text{ F};\ R = 100\ \Omega$$
$$V_{RMS} = 220\text{ V};\ f = 50\text{ Hz}$$

$$X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 50 \times {}^{2}\!/_{\pi} = 200\ \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times \frac{10^{-4}}{\pi}} = 100\ \Omega$$

(i) மின்எதிர்ப்பு, $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$

$$= \sqrt{100^2 + (200-100)^2} = 141.4\ \Omega$$

(ii) மின்னோட்டத்தின் பெரும மதிப்பு,

$$I_m = \frac{V_m}{Z} = \frac{\sqrt{2}\,V_{RMS}}{Z}$$
$$= \frac{\sqrt{2}\times 220}{141.4} = 2.2\text{ A}$$

(iii) சுற்றின் திறன் காரணி,

$$\cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{100}{141.4} = 0.707$$

(iv) ஒத்ததிர்வில் திறன் காரணி,

$$\cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{R} = 1$$

4.9 LC சுற்றுகளில் அலைவு (OSCILLATION IN LC CIRCUITS)

4.9.1 LC அலைவுகள் – அறிமுகம்

மின்தூண்டிகள் மற்றும் மின்தேக்கிகளில் ஆற்றலை சேமிக்கலாம் என நாம் அறிந்துள்ளோம். (பகுதிகள் 1.8.2 மற்றும் 4.3.2). ஆற்றலானது மின்தூண்டிகளில் காந்தப்புல வடிவிலும், மின்தேக்கிகளில் மின்புல வடிவிலும் சேமிக்கப்படுகிறது.

மின்தூண்டல் எண் L கொண்ட மின்தூண்டி மற்றும் மின்தேக்கத்திறன் C கொண்ட மின்தேக்கி ஆகியவற்றை கொண்டுள்ள ஒரு சுற்றுக்கு ஆற்றல் அளிக்கப்படும் போதெல்லாம், ஆற்றலானது மின்தூண்டியின் காந்தப்புலம் மற்றும் மின்தேக்கியின் மின்புலம் இடையே முன்னும் பின்னுமாக அலைவுறுகிறது. இதனால் வரையறுக்கப்பட்ட அதிர்வெண் கொண்ட மின் அலைவுகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இந்த அலைவுகள் **LC அலைவுகள்** எனப்படுகிறது.

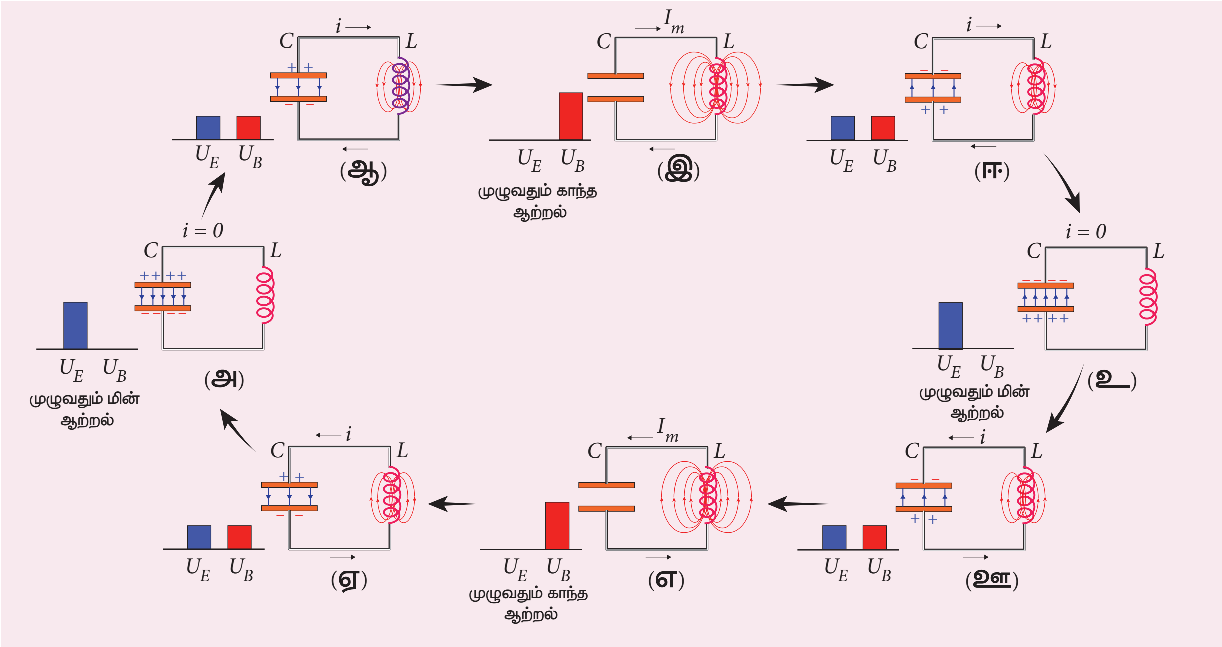
LC அலைவுகள் உருவாதல்

தொடக்க நிலையில் மின்தேக்கியானது Q_m என்ற பெருமமின்னூட்டத்தைக் கொண்டு முழுவதும் மின்னேற்றம் செய்யப்பட்டதாகக் கருதுவோம். ஆகையால் மின்தேக்கியில் சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றல் பெருமமாகும் மற்றும் அது $U_E = {Q_m^2}/{2C}$ என குறிக்கப்படுகிறது. மின்தூண்டியில் மின்னோட்டம் இல்லாததால் அதில் சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றல் சுழியாகும். அதாவது $U_B = 0$. எனவே ஆற்றல் முழுவதும் மின் ஆற்றலாகும். இது படம் 4.52 (அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

மின்தேக்கி தற்போது மின்தூண்டி வழியே மின்னிறக்கம் அடையத் தொடங்கி வலஞ்சுழியாக i என்ற மின்னோட்டத்தை நிறுவுகிறது. இந்த மின்னோட்டம் மின்தூண்டியைச் சுற்றி ஒரு காந்தப்புலத்தை உருவாக்குகிறது மற்றும் மின்தூண்டியில் சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றல் $U_B = {Li^2}/{2}$. மின்தேக்கியில் உள்ள மின்னூட்டம் குறைவதால், அதனுள் சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றலும் குறைகிறது மற்றும் அதனை $U_E = {q^2}/{2C}$ என எழுதலாம். இவ்வாறு ஆற்றலின் ஒரு பகுதி மின்தேக்கியில் இருந்து, மின்தூண்டிக்கு மாறுகிறது. அந்தக் கணத்தில் மொத்த ஆற்றலானது மின் மற்றும் காந்த ஆற்றல்களின் கூடுதலாகும் (படம் 4.52(ஆ)).

மின்தேக்கியில் உள்ள மின்னூட்டங்கள் தீர்ந்தவுடன், அதன் ஆற்றல் சுழியாகிறது. அதாவது $U_E = 0$. ஆற்றலானது மின்தூண்டியின் காந்தப்புலத்திற்கு முழுவதுமாக மாற்றப்படுகிறது மற்றும் அதன் ஆற்றல் பெருமமாகிறது. இந்த பெரும ஆற்றல் $U_B = {LI_m^2}/{2}$. இங்கு I_m என்பது சுற்றில்

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 252 08-12-2022 12:12:23



படம் 4.52 LC அலைவுகள்

பாயும் பெரும மின்னோட்டம் ஆகும். தற்போது ஆற்றல் முழுவதும் காந்த ஆற்றலாகும் (படம் 4.52(இ)).

மின்தேக்கியில் உள்ள மின்னூட்டம் சுழியானாலும், அதே திசையில் மின்னோட்டம் தொடர்ந்து பாயும். ஏனெனில், மின்னோட்டம் உடனடியாக நிற்பதற்கு மின்தூண்டி அனுமதிப்பதில்லை. மின்தூண்டியின் சரிகின்ற காந்தப்புலமானது, சுற்றில் மின்னோட்டம் பாய்வதை உறுதி செய்கிறது. ஆனால் மின்னோட்டத்தின் எண்மதிப்பு குறைகிறது. தற்போது மின்தேக்கியானது எதிர்த்திசையில் மின்னேற்றம் அடையத் தொடங்கும். ஆற்றலின் ஒரு பகுதி மின்தூண்டியில் இருந்து மீண்டும் மின்தேக்கிக்கு மாறுகிறது. மொத்த ஆற்றலானது மின் மற்றும் காந்த ஆற்றல்களின் கூடுதலாகும் (படம் 4.52(ஈ)).

சுற்றில் மின்னோட்டம் சுழியாகக் குறையும் போது மின்தேக்கியானது எதிர்த்திசையில் முழுவதுமாக மின்னேற்றம் அடைகிறது. மின்தேக்கியில் சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றல் பெருமமாகிறது. மின்னோட்டம் சுழி என்பதால் மின்தூண்டியில் சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றல் சுழியாகும். ஆற்றல் முழுவதும் மின் ஆற்றலாகும் (படம் 4.52(உ)).

மின்சுற்றின் தற்போதைய நிலையானது தொடக்க நிலையைப் போன்றதே. ஆனால் மின்தேக்கி எதிர்த்திசையில் மின்னேற்றம் அடைந்துள்ளது என்பது வேறுபாடாகும். மின்தேக்கியானது இடஞ்சுழி மின்னோட்டத்துடன் மின்தூண்டி வழியாக மின்னிறக்கம் அடையத் தொடங்குகிறது. மொத்த ஆற்றலானது மின் மற்றும் காந்த ஆற்றல்களின் கூடுதலாகும் (படம் 4.52(ஊ)).

ஏற்கனவே விளக்கியவாறு, செயல்முறைகள் யாவும் எதிர்த்திசையில் மீண்டும் நிகழ்கின்றன (படம் 4.52(எ) மற்றும் (ஏ). இறுதியாக சுற்று அதன் தொடக்க நிலைக்கு திரும்புகிறது (படம் 4.52(அ)). இவ்வாறு சுற்று இந்த நிலைகளைக் கடந்து சென்றால், சுற்றில் ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டம் பாய்கிறது. இந்த செயல்முறை மீண்டும் மீண்டும் நிகழ்ந்தால், வரையறுக்கப்பட்ட அதிர்வெண் கொண்ட மின் அலைவுகள் உருவாக்கப்படுகிறது. இவை *LC* அலைவுகள் எனப்படுகிறது.

இலட்சிய *LC* சுற்றில், ஆற்றல் இழப்பு இல்லை. எனவே அலைவுகள் காலவரையின்றி நடைபெறும். அத்தகைய அலைவுகள் தடையற்ற அலைவுகள் எனப்படுகிறது.

குறிப்பு ஆனால் நடைமுறையில், ஜூல் வெப்பமாதல் மற்றும் சுற்றிலிருந்து மின்காந்த அலைகளின் கதிர்வீச்சு ஆகியவை அமைப்பின் ஆற்றலைக் குறைக்கின்றன. எனவே, அலைவுகள் தடையுறு அலைவுகளாகின்றன.

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 253 08-12-2022 12:12:24

4.9.2 LC அலைவுகளில் ஆற்றல் மாறா நிலை

LC சுற்றுகளில் நடைபெறும் LC அலைவுகளின் போது அமைப்பின் ஆற்றலானது, மின்தேக்கியின் மின்புலம் மற்றும் மின்தூண்டியின் காந்தப்புலம் இடையே அலைவுறுகிறது. இந்த இரு ஆற்றல் வடிவங்களும் நேரத்தைப் பொருத்து மாறினாலும் மொத்த ஆற்றல் மாறாமல் உள்ளது. அதன் பொருள், ஆற்றல் மாறா விதிக்கு ஏற்ப LC அலைவுகள் நடைபெறுகின்றன என்பதாகும்.

மொத்த ஆற்றல் $U = U_E + U_B = \frac{q^2}{2C} + \frac{1}{2}Li^2$

LC அலைவுகளின் போது 3 வேறுபட்ட நிலைகளைக் கருதுவோம் மற்றும் அமைப்பின் மொத்த ஆற்றலைக் கணக்கிடுவோம்.

நேர்வு (i) மின்தேக்கியின் மின்னூட்டம் $q = Q_m$ மற்றும் மின்தூண்டியின் வழியே செல்லும் மின்னோட்டம் $i = 0$ எனும் போது, மொத்த ஆற்றலானது

$$U = \frac{Q_m^2}{2C} + 0 = \frac{Q_m^2}{2C} \qquad (4.56)$$

இங்கு மொத்த ஆற்றல் முழுவதும் மின் ஆற்றலாக உள்ளது.

நேர்வு (ii) மின்னூட்டம் = 0 ; மின்னோட்டம் = I_m எனும் போது, மொத்த ஆற்றலானது

$$U = 0 + \frac{1}{2}LI_m^2 = \frac{1}{2}LI_m^2$$

$$= \frac{L}{2} \times \left(\frac{Q_m^2}{LC}\right) \qquad \because I_m = Q_m\omega = \frac{Q_m}{\sqrt{LC}}$$

$$= \frac{Q_m^2}{2C} \qquad (4.57)$$

இங்கு மொத்த ஆற்றல் முழுவதும் காந்த ஆற்றலாக உள்ளது.

நேர்வு (iii) மின்னூட்டம் = q; மின்னோட்டம் = i எனும் போது, மொத்த ஆற்றலானது

$$U = \frac{q^2}{2C} + \frac{1}{2}Li^2$$

இங்கு $q = Q_m \cos\omega t,\ i = -\frac{dq}{dt} = Q_m\omega\sin\omega t.$

மின்னூட்டத்தில் உள்ள எதிர்குறியானது, நேரத்தைச் சார்ந்து மின்தேக்கியில் உள்ள மின்னூட்டம் குறைவதைக் காட்டுகிறது. எனவே

$$U = \frac{Q_m^2\cos^2\omega t}{2C} + \frac{L\omega^2 Q_m^2 \sin^2\omega t}{2}$$

$$= \frac{Q_m^2\cos^2\omega t}{2C} + \frac{LQ_m^2 \sin^2\omega t}{2LC}$$

ஏனெனில் $\omega^2 = \frac{1}{LC}$

$$= \frac{Q_m^2}{2C}\left(\cos^2\omega t + \sin^2\omega t\right)$$

$$U = \frac{Q_m^2}{2C} \qquad (4.58)$$

மேற்கண்ட மூன்று நேர்வுகளில் இருந்து, அமைப்பின் மொத்த ஆற்றல் மாறாமல் உள்ளது என்பது தெளிவாகிறது.

4.9.3 LC அலைவுகள் மற்றும் தனிச்சீரிசை அலைவுகள் இடையே உள்ள ஒப்புமைகள்

பண்புசார் முறை (Qualitative treatment)

LC அமைப்பின் மின்காந்த அலைவுகளை ஒரு சுருள்வில்–நிறை அமைப்பின் இயந்திரவியல் அலைவுகளுடன் ஒப்பிடலாம்.

LC அலைவுகளில் இரு வகையான ஆற்றல் உள்ளன. ஒன்று மின்னேற்றம் செய்யப்பட்ட மின்தேக்கியின் மின் ஆற்றல்; மற்றொன்று மின்னோட்டம் தாங்கிய மின்தூண்டியின் காந்த ஆற்றல்.

இதுபோன்று, சுருள்வில் – நிறை அமைப்பின் இயந்திர ஆற்றலும் இரு வகையாக உள்ளன; அமுக்கப்பட்ட அல்லது நீட்டப்பட்ட சுருள்வில்லின் நிலையாற்றல் மற்றும் நிறையின் இயக்க ஆற்றல். இந்த இரு ஆற்றல் சோடிகள் அட்டவணை 4.3 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 254 08-12-2022 12:12:29

அட்டவணை 4.2 இரு அலைவுறு அமைப்புகளின் ஆற்றல்

LC அலையியற்றி		சுருள்வில் – நிறை அமைப்பு	
பாகம்	ஆற்றல்	பாகம்	ஆற்றல்
மின்தேக்கி	மின் ஆற்றல் $= \frac{1}{2}\left(\frac{1}{C}\right)q^2$	சுருள்வில்	நிலை ஆற்றல் $= \frac{1}{2}k\,x^2$
மின்தூண்டி	காந்த ஆற்றல் $= \frac{1}{2}Li^2$ $\quad i = \frac{dq}{dt}$	நிறை	இயக்க ஆற்றல் $= \frac{1}{2}mv^2$ $\quad v = \frac{dx}{dt}$

அட்டவணை 4.3 மின் மற்றும் இயந்திர அளவுகளுக்கு இடையே உள்ள ஒப்புமைகள்

மின் அமைப்பு	இயந்திர அமைப்பு
மின்னூட்டம் q	இடப்பெயர்ச்சி x
மின்னோட்டம் $i = \frac{dq}{dt}$	திசைவேகம் $v = \frac{dx}{dt}$
மின்தூண்டல் எண் L	நிறை m
மின்தேக்குத்திறனின் தலைகீழி $\frac{1}{C}$	விசை மாறிலி k
மின் ஆற்றல் $= \frac{1}{2}\left(\frac{1}{C}\right)q^2$	நிலை ஆற்றல் $= \frac{1}{2}k\,x^2$
காந்த ஆற்றல் $= \frac{1}{2}Li^2$	இயக்க ஆற்றல் $= \frac{1}{2}mv^2$
மின்காந்த ஆற்றல் $U = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{C}\right)q^2 + \frac{1}{2}Li^2$	இயந்திர ஆற்றல் $E = \frac{1}{2}k\,x^2 + \frac{1}{2}mv^2$

அட்டவணை 4.2 ஐ ஆய்வு செய்வதன் மூலம், பல்வேறு அளவுகளுக்கு இடையே உள்ள ஒப்புமைகளைப் புரிந்து கொள்ளலாம். இந்தத் தொடர்புகள் அட்டவணை 4.3 இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

சுருள்வில் – நிறை அமைப்பில் நடைபெறும் அலைவுகளின் கோண அதிர்வெண் ஆனது பின்வருமாறு (XI இயற்பியல் பாடப்புத்தகத்தின் பகுதி 10.4.1 – இன் சமன்பாடு 10.22 ஐக் காண்க).

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

அட்டவணை 4.3 இல் இருந்து $k \rightarrow 1/C$ மற்றும் $m \rightarrow L$. எனவே LC அலைவுகளின் கோண அதிர்வெண் ஆனது

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \qquad (4.59)$$

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 255 08-12-2022 12:12:39

பாடச்சுருக்கம்

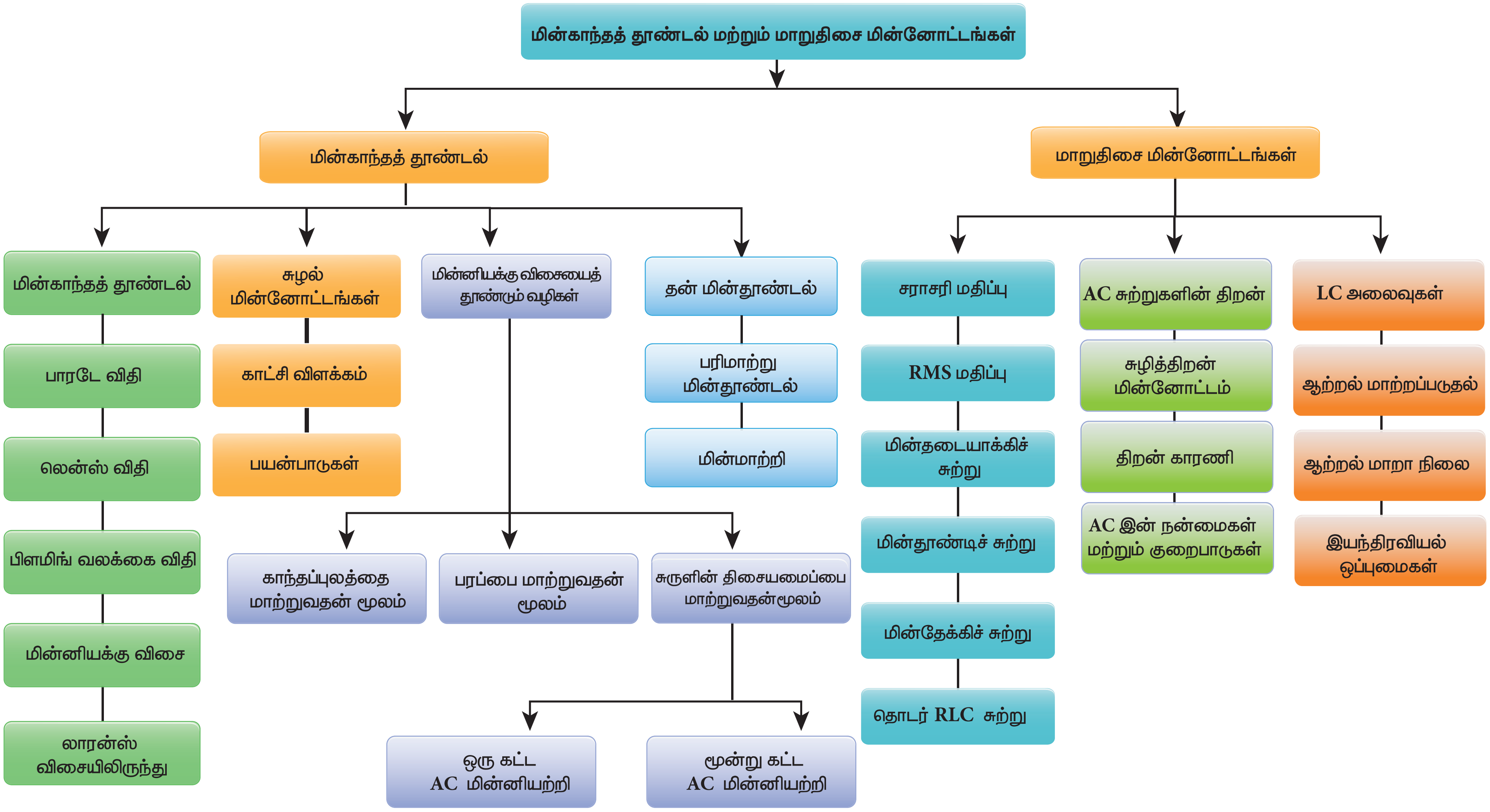
- ஒரு மூடிய கம்பிச்சுருளுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் மாறும் போதெல்லாம் ஒரு மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது.அதனால் சுற்றில் ஒரு மின்னோட்டம் பாய்கிறது. இந்த நிகழ்வு மின்காந்தத்தூண்டல் எனப்படும்.
- பாரடேயின் முதல் விதிப்படி, ஒரு மூடிய சுற்றுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் மாறும் போதெல்லாம் சுற்றில் ஒரு மின்னியக்குவிசை தூண்டப்படுகிறது. காந்தப்பாயம் மாறுகின்ற வரை மின்னியக்கு விசை சுற்றில் இருக்கும்.
- பாரடேயின் இரண்டாம் விதிப்படி, ஒரு மூடிய சுற்றில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் எண்மதிப்பு, நேரத்தைப் பொறுத்து சுற்றுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் மாறும் வீதத்திற்கு சமமாகும்.
- லென்ஸ் விதியின்படி, தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையானது அதன் உருவாக்கத்திற்கு காரணமானதை எப்போதும் எதிர்க்கும் விதத்தில் அமையும்.
- லென்ஸ் விதியானது ஆற்றல் மாறா விதியின் அடிப்படையில் அமைந்துள்ளது.
- பிளமிங் வலக்கை விதியின்படி, காந்தப்புலத்தின் திசையை சுட்டுவிரலும், கடத்தி இயங்கும் திசையை பெருவிரலும் குறித்தால், தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையை நடுவிரல் குறிக்கும்.
- தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டங்கள் ஒரு மைய வட்டப் பாதைகளில் பாய்வது சுழல் மின்னோட்டங்கள் அல்லது போகால்ட் மின்னோட்டங்கள் என அழைக்கப்படுகின்றன.
- மின்தூண்டி என்பது அதன் வழியே மின்னோட்டம் பாயும்போது காந்தப்புலத்தில் ஆற்றலை சேமிக்க உதவும் ஒரு கருவியாகும்.
- கம்பிச் சுருளோடு தொடர்புடைய பாயம் மாறினால் அதே சுருளில் ஒரு மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது. இந்த நிகழ்வு தன் மின்தூண்டல் எனப்படுகிறது. தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை தன்மின்தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை எனப்படும்.
- ஒரு சுருளின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் நேரத்தைப் பொருத்து மாறினால் அருகில் உள்ள சுற்றில் மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது. இந்த நிகழ்வு பரிமாற்று மின்தூண்டல் எனப்படுகிறது. தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை பரிமாற்று மின் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை எனப்படுகிறது.
- AC மின்னியற்றி அல்லது மின்னாக்கி ஒரு ஆற்றல் மாற்றும் கருவி ஆகும். இது கம்பிச்சுருள் அல்லது புலக்காந்தத்தை சுழற்றப் பயன்படும் இயந்திர ஆற்றலை மின்ஆற்றலாக மாற்றுகிறது.
- சில AC மின்னியற்றிகளில் மூன்று தனித்தனி கம்பிச்சுருள்கள் உள்ளன. அவை மூன்று தனி மின்னியக்கு விசைகளைத் தரும். எனவே அவை மூன்று – கட்ட AC மின்னியற்றிகள் எனப்படும்.
- மின் மாற்றி என்பது AC மின் திறனை ஒரு சுற்றிலிருந்து மற்றொன்றிற்கு அதன் அதிர்வெண் மாறாமல் மாற்றப் பயன்படும் ஒரு நிலையான கருவியாகும்.
- மின் மாற்றியின் பயனுறுதிறன் பயனுள்ள வெளியீடு திறனுக்கும் உள்ளீடு திறனுக்கும் உள்ள தகவு என வரையறுக்கப்படுகிறது.
- ஒரு மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடு என்பது சீரான நேர இடைவெளியில் அதன் முனைப்புத்தன்மையை மாறுகின்ற மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகும் மற்றும் அதற்கேற்ப விளையும் மாறுதிசை மின்னோட்டமும் திசையும் மாறுகிறது.
- மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்பு ஆனது நேர் அல்லது எதிர் அரைசுற்றில் உள்ள மின்னோட்டத்தின் அனைத்து மதிப்புகளின் சராசரி என வரையறுக்கப்படுகிறது.
- ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் இருமடிச் சராசரியின் இருமடிமூல மதிப்பு அல்லது பயனுறு மதிப்பு ஆனது ஒரு சுற்றில் அனைத்து மின்னோட்டங்களின் இருமடிகளின் சராசரியின் இருமடிமூலம் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 256 08-12-2022 12:12:39

- ஒரு சைன் வடிவ மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடு (அல்லது மின்னோட்டம்) ஆனது தொடக்க புள்ளியைப் பொருத்து மாறா கோணத் திசைவேகத்தில் இடஞ்சுழியாக சுழலும் ஒரு வெக்டரால் குறிப்பிடப்படுகிறது. அத்தகைய சுழலும் வெக்டர் கட்ட வெக்டர் எனப்படுகிறது.
- செலுத்தப்பட்ட மாறுதிசை மின்மூலத்தின் அதிர்வெண் RLC சுற்றின் இயல்பு அதிர்வெண்ணிற்கு சமமானால் சுற்றில் மின்னோட்டம் அதன் பெரும மதிப்பைப் பெறுகிறது. பிறகு சுற்றானது மின் ஒத்ததிர்வில் உள்ளதாகக் கருதப்படுகிறது.
- தொடர் ஒத்ததிர்வில் மின்னழுத்த வேறுபாட்டுப் பெருக்கம் Q – காரணி எனப்படுகிறது.
- சுற்றின் திறன் என்பது அச்சுற்றில் மின் ஆற்றல் நுகரப்படும் வீதம் என வரையறுக்கப்படுகிறது.
- ஒரு LC சுற்றிற்கு ஆற்றல் அளிக்கப்படும் போதெல்லாம் ஒரு வரையறுக்கப்பட்ட அதிர்வெண் கொண்ட மின் அலைவுகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இந்த அலைவுகள் LC அலைவுகள் எனப்படுகிறது.
- LC அலைவுகளின் போது, மொத்த ஆற்றல் மாறாமல் உள்ளது. அதன் பொருள் LC அலைவுகளானது ஆற்றல் மாறா விதிப்படி நடைபெறுகிறது என்பதாகும்.

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 257 08-12-2022 12:12:39

கருத்து வரைபடம்

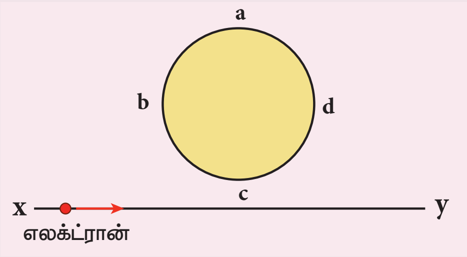


12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 258 08-12-2022 12:12:39

I சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடுத்து எழுதுக

1. படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு ஒரு எலக்ட்ரான் நேர்க்கோட்டுப்பாதை *XY* – இல் இயங்குகிறது. கம்பிச்சுற்று *abcd* எலக்ட்ரானின் பாதைக்கு அருகில் உள்ளது. கம்பிச்சுற்றில் ஏதேனும் மின்னோட்டம் தூண்டப்பட்டால் அதன் திசை யாது?

(NEET – 2015)



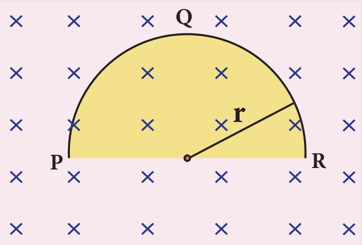
(a) எலக்ட்ரான் கம்பிச்சுருளைக் கடக்கும்போது, மின்னோட்டம் அதன் திசையை திருப்புகிறது

(b) மின்னோட்டம் தூண்டப்படாது

(c) *abcd*

(d) *adcb*

2. படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு, ஒரு மெல்லிய அரைவட்ட வடிவ *r* ஆரமுள்ள கடத்தும் சுற்று *(PQR)* கிடைத்தள காந்தப்புலம் *B* – இல் அதன் தளம் செங்குத்தாக உள்ளவாறு விழுகிறது.



அதன் வேகம் *v* உள்ளபோது சுற்றில் உருவான மின்னழுத்த வேறுபாடு

(NEET 2014)

(a) சுழி

(b) $\frac{Bv\pi r^2}{2}$ மற்றும் *P* உயர் மின்னழுத்தத்தில் இருக்கும்

(c) πrBv மற்றும் *R* உயர் மின்னழுத்தத்தில் இருக்கும்

(d) $2rBv$ மற்றும் *R* உயர் மின்னழுத்தத்தில் இருக்கும்

3. *t* என்ற கணத்தில், ஒரு சுருளோடு தொடர்புடைய பாயம் $\Phi_B = 10t^2 - 50t + 250$ என உள்ளது. $t = 3\,s$ – இல் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையானது

(a) –190 V (b) –10 V

(c) 10 V (d) 190 V

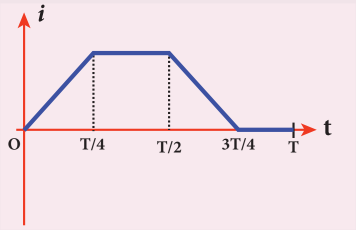
4. மின்னோட்டமானது 0.05 s நேரத்தில் +2A லிருந்து –2A ஆக மாறினால், சுருளில் 8 V மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது. சுருளின் தன் மின் தூண்டல் எண்

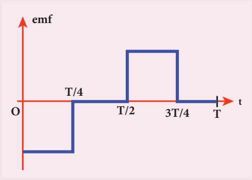
(a) 0.2 H (b) 0.4 H

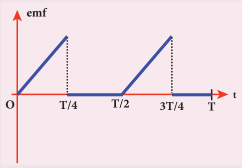
(c) 0.8 H (d) 0.1 H

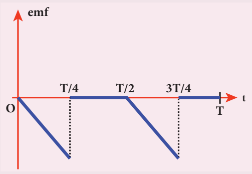
5. படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு, ஒரு சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம் *i* நேரத்தைப் பொருத்து மாறுகிறது. நேரத்தைப் பொருத்து தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் மாறுபாடானது

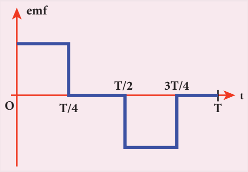
(NEET – 2011)




(a)


(b)


(c)


(d)

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 259 08-12-2022 12:12:43

6. 4 cm^2 குறுக்குவெட்டுப் பரப்பு கொண்ட ஒரு வட்ட கம்பிச்சுருள் 10 சுற்றுகளைக் கொண்டுள்ளது. அது சென்டிமீட்டருக்கு 15 சுற்றுகள் மற்றும் 10 cm^2 குறுக்கு–வெட்டுப்பரப்பு கொண்ட ஒரு 1 m நீண்ட வரிச்சுருளின் மையத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. கம்பிச்சுருளின் அச்சானது வரிச்சுருளின் அச்சுடன் பொருந்துகிறது. அவற்றின் பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் யாது ?

(a) 7.54 μH (b) 8.54 μH
(c) 9.54 μH (d) 10.54 μH

7. ஒரு மின்மாற்றியில் முதன்மை மற்றும் துணைச்சுற்றுகளில் முறையே 410 மற்றும் 1230 சுற்றுகள் உள்ளன. முதன்மைச்சுருளில் உள்ள மின்னோட்டம் 6A எனில், துணைச்சுருளின் மின்னோட்டமானது

(a) 2 A (b) 18 A
(c) 12 A (d) 1 A

8. ஒரு இறக்கு மின்மாற்றி மின்மூலத்தின் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை 220 V இல் இருந்து 11 V ஆகக் குறைக்கிறது மற்றும் மின்னோட்டத்தை 6 A இல் இருந்து 100 A ஆக உயர்த்துகிறது. அதன் பயனுறுதிறன்

(a) 1.2 (b) 0.83
(c) 0.12 (d) 0.9

9. ஒரு மின்சுற்றில் R, L, C மற்றும் AC மின்னழுத்த மூலம் ஆகிய அனைத்தும் தொடராக இணைக்கப்பட்டுள்ளன. L ஆனது சுற்றிலிருந்து நீக்கப்பட்டால், மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையே உள்ள கட்ட வேறுபாடு $\pi/3$ ஆகும். மாறாக, C ஆனது நீக்கப்பட்டால், கட்ட வேறுபாடானது மீண்டும் $\pi/3$ என உள்ளது. சுற்றின் திறன் காரணி

(NEET 2012)

(a) $1/2$ (b) $1/\sqrt{2}$
(c) 1 (d) $\sqrt{3}/2$

10. ஒரு தொடர் RL சுற்றில், மின்தடை மற்றும் மின்தூண்டல் மின்மறுப்பு இரண்டும் சமமாக உள்ளன. சுற்றில் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையே உள்ள கட்ட வேறுபாடு

(a) $\frac{\pi}{4}$ (b) $\frac{\pi}{2}$
(c) $\frac{\pi}{6}$ (d) zero

11. ஒரு தொடர் RLC சுற்றில், 100 Ω மின்தடைக்குக் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு 40 V ஆகும். ஒத்ததிர்வு அதிர்வெண் ω ஆனது 250 rad/s. C இன் மதிப்பு 4 μF எனில், L க்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு

(a) 600 V (b) 4000 V
(c) 400V (d) 1 V

12. ஒரு 20 mH மின்தூண்டி, 50 μF மின்தேக்கி மற்றும் 40 Ω மின்தடை ஆகியவை ஒரு மின்னியக்கு விசை $v = 10\sin 340\,t$ கொண்ட மூலத்துடன் தொடராக இணைக்கப்பட்டுள்ளன. AC சுற்றில் திறன் இழப்பு

(a) 0.76 W (b) 0.89 W
(c) 0.46 W (d) 0.67 W

13. ஒரு சுற்றில் மாறுதிசை மின்னோட்டம் மற்றும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் கணநேர மதிப்புகள் முறையே $i = \frac{1}{\sqrt{2}}\sin(100\pi t)$ A மற்றும் $v = \frac{1}{\sqrt{2}}\sin\left(100\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$ V ஆகும். சுற்றில் நுகரப்பட்ட சராசரித்திறன் (வாட் அலகில்)

(IIT Main 2012)

(a) $\frac{1}{4}$ (b) $\frac{\sqrt{3}}{4}$
(c) $\frac{1}{2}$ (d) $\frac{1}{8}$

14. ஒரு அலைவுறும் LC சுற்றில் மின்தேக்கியில் உள்ள பெரும மின்னூட்டம் Q ஆகும். ஆற்றலானது மின் மற்றும் காந்தப்புலங்களில் சமமாக சேமிக்கப்படும் போது, மின்னூட்டத்தின் மதிப்பு

(a) $\frac{Q}{2}$ (b) $\frac{Q}{\sqrt{3}}$
(c) $\frac{Q}{\sqrt{2}}$ (d) Q

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 260 08-12-2022 12:12:47

15. $\frac{20}{\pi^2}$ H மின்தூண்டியானது மின்தேக்குத்திறன் C கொண்ட மின்தேக்கியுடன் இணைக்கப் பட்டுள்ளது. 50 Hz இல் பெருமத் திறனை செலுத்தத் தேவையான C இன் மதிப்பானது

(a) 50 μF (b) 0.5 μF

(c) 500 μF (d) 5 μF

விடைகள்:

1) a	2) d	3) b	4) d	5) a
6) a	7) a	8) b	9) c	10) a
11) c	12) c	13) d	14) c	15) d

II சிறு வினாக்கள்

1. மின்காந்தத்தூண்டல் என்றால் என்ன ?
2. மின்காந்தத்தூண்டலின் பாரடே விதிகளைக் கூறுக.
3. லென்ஸ் விதியைக் கூறுக.
4. பிளமிங் வலக்கை விதியைக் கூறுக.
5. சுழல் மின்னோட்டம் எவ்வாறு உருவாகிறது? அவை எவ்வாறு ஒரு கடத்தியில் பாய்கிறது?
6. தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையை உருவாக்கும் வழிகளைக் கூறுக.
7. ஒரு மின்தூண்டி எதற்குப் பயன்படுகிறது? சில உதாரணங்களைத் தருக.
8. தன் மின்தூண்டல் என்றால் என்ன?
9. மின்தூண்டல் எண்ணின் அலகை வரையறு.
10. ஒரு கம்பிச்சுருளின் தன் மின்தூண்டல் எண் குறித்து நீ புரிந்து கொண்டது யாது? அதன் இயற்பியல் முக்கியத்துவம் யாது?
11. பரிமாற்று மின்தூண்டல் என்றால் என்ன?
12. மாறுதிசை மின்னோட்ட மின்னியற்றியின் தத்துவத்தைக் கூறுக.
13. AC மின்னியற்றியின் நிலையான சுருளி – சுழலும் புல அமைப்பின் நன்மைகளைப் பட்டியலிடுக.
14. ஏற்று மற்றும் இறக்கு மின்மாற்றிகள் என்றால் என்ன?
15. ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்பை வரையறு.
16. ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் *RMS* மதிப்பை வரையறு.
17. கட்ட வெக்டர்கள் என்றால் என்ன?
18. மின் ஒத்ததிர்வு – வரையறு.
19. ஒத்ததிர்வு அதிர்வெண் என்றால் என்ன?
20. Q – காரணி – வரையறு.
21. சுழித்திறன் மின்னோட்டம் என்றால் என்ன?
22. திறன் காரணியின் ஒரு வரையறையைத் தருக.
23. LC அலைவுகள் என்றால் என்ன?

III நெடு வினாக்கள்

1. ஒரு மூடிய சுற்றில் கம்பிச்சுருள் மற்றும் காந்தம் இடையே உள்ள சார்பு இயக்கம், கம்பிச்சுருளில் மின்னியக்கு விசையைத் தூண்டுகிறது என்ற உண்மையை நிறுவுக.
2. லென்ஸ் விதியைப் பயன்படுத்தி, தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையை கண்டறிவதை விளக்குக.
3. லென்ஸ் விதியானது ஆற்றல் மாறா விதியின் அடிப்படையில் உள்ளது எனக் காட்டுக.
4. லாரன்ஸ் விசையிலிருந்து இயக்க மின்னியக்கு விசைக்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.
5. போகால்ட் மின்னோட்டத்தின் பயன்களைத் தருக.
6. ஒரு கம்பிச்சுருளின் தன் மின்தூண்டல் எண்ணை (i) காந்தப்பாயம் மற்றும் (ii) தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை ஆகியவற்றின் படி வரையறு.
9. வரிச்சுருளின் நீளமானது அதன் விட்டத்தைவிட பெரியது எனக் கருதி, அதன் மின்தூண்டல் எண்ணிற்கான சமன்பாட்டைத் தருவி.
10. மின்தூண்டல் எண் L கொண்ட ஒரு மின்தூண்டி i என்ற மின்னோட்டத்தைக் கொண்டுள்ளது. அதில் மின்னோட்டத்தை நிறுவ சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றல் யாது?
11. ஒரு சோடி கம்பிச்சுருள்கள் இடையே உள்ள பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் சமமாகும் என்பதைக் காட்டுக ($M_{12} = M_{21}$).

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 261 08-12-2022 12:12:48

12. ஒரு சுருள் உள்ளடக்கிய பரப்பை மாற்றுவதன் மூலம், ஒரு மின்னியக்கு விசையை எவ்வாறு தூண்டலாம்?

13. ஒரு காந்தப்புலத்தில் கம்பிச்சுருளின் ஒரு சுழற்சி மாறுதிசை மின்னியக்கு விசையின் ஒரு சுற்றை தூண்டுகிறது என்பதைக் கணிதவியலாக காட்டுக.

14. AC மின்னியற்றின் பொதுவான அமைப்பு விபரங்களை விவரி.

15. தேவையான படத்துடன் ஒரு – கட்ட AC மின்னியற்றியின் செயல்பாட்டை விளக்குக.

16. மூன்று–கட்ட AC மின்னியற்றியில் மூன்று வெவ்வேறு மின்னியக்கு விசைகள் எவ்வாறு தூண்டப்படுகின்றன? இந்த மூன்று மின்னியக்கு விசைகளின் வரைபடத்தை வரைக.

17. மின்மாற்றியின் அமைப்பு மற்றும் செயல்பாட்டை விளக்குக.

18. மின்மாற்றியில் ஏற்படும் பல்வேறு ஆற்றல் இழப்புகளைக் குறிப்பிடுக.

19. நீண்ட தொலைவு திறன் அனுப்புகையில் AC யின் நன்மையை ஒரு உதாரணத்துடன் தருக.

20. மின்தூண்டிச்சுற்றில் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையே உள்ள கட்டத் தொடர்பைக் காண்க.

21. தொடர் RLC சுற்றில், செலுத்தப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையே உள்ள கட்டக்கோணத்திற்கான சமன்பாட்டைத் தருவி.

22. மின்தூண்டி மற்றும் மின்தேக்கி மின்மறுப்பை வரையறு. அதன் அலகுகளைத் தருக.

23. ஒரு சுற்றில் AC–இன் சராசரி திறனுக்கான கோவையைப் பெறுக. அதன் சிறப்பு நேர்வுகளை விவரி.

24. மின்தூண்டல் எண் L கொண்ட மின்தூண்டி மற்றும் மின்தேக்குத்திறன் C கொண்ட மின்தேக்கி உள்ள ஒரு சுற்றில் LC அலைவுகள் உருவாவதை விளக்குக .

25. LC அலைவுகளின் போது மொத்த ஆற்றல் மாறாது எனக் காட்டுக.

26. LC சுற்றின் மின்காந்த அலைவுகளை சுருள்வில்–நிறை அமைப்பின் இயந்திரவியல் அலைவுகளுடன் ஒப்பிடுக. LC அலையியற்றியின் கோண அதிர்வெண்ணிற்கான கோவையை பண்புசார் முறைப்படி தருவி.

IV பயிற்சிக் கணக்குகள்

1. 500 சுற்றுகள் மற்றும் 30 cm பக்கம் உள்ள ஒரு சதுர கம்பிச்சுருளானது, 0.4 T சீரான காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. கம்பிச்சுருளின் தளமானது, புலத்திற்கு 30° சாய்வாக உள்ளது. கம்பிச்சுருளின் வழியேயான காந்தப்பாயத்தைக் கணக்கிடுக.

(விடை: 9 Wb)

2. ஒரு நேரான உலோகக் கம்பியானது, 4 mWb பாயம் கொண்ட காந்தப்புலத்தை 0.4 s நேரத்தில் கடக்கிறது. கம்பியில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் எண்மதிப்பைக் காண்க.

(விடை: 10 mV)

3. ஒரு கம்பிச்சுருளின் தளத்திற்கு செங்குத்தாகப் பாயும் காந்தப்பாயம் நேரத்தின் சார்பாக உள்ளது. அது $\Phi_B = (2t^3 + 4t^2 + 8t + 8)$ Wb ஆகும். கம்பிச்சுருளின் மின்தடை 5 Ω எனில், $t = 3$s நேரத்தில் கம்பிச்சுருள் வழியே தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடுக.

(விடை: 17.2A)

4. 0.02 m ஆரமுள்ள ஒரு நெருக்கமாக சுற்றப்பட்ட வட்டவடிவ கம்பிச்சுருளின் தளம், காந்தப்புலத்திற்கு குத்தாக வைக்கப்பட்டுள்ளது. 6 விநாடி நேரத்தில் காந்தப்புலமானது 8000 T இல் இருந்து 2000 T ஆக மாறினால், 44 V மின்னியக்கு விசை கம்பிச்சுருளில் தூண்டப்படுகிறது. கம்பிச்சுருளில் உள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடுக. (π இன் மதிப்பு $\frac{22}{7}$ என எடுத்துக்கொள்க)

(விடை: 35 சுற்றுகள்)

5. 6 cm^2 பரப்பும் 3500 சுற்றுகளும் கொண்ட ஒரு செவ்வக கம்பிச்சுருள் 0.4 T சீரான காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. தொடக்கத்தில், கம்பிச்சுருளின் தளம் புலத்திற்கு குத்தாக உள்ளது. பிறகு 180° கோணம் சுழற்றப்படுகிறது. கம்பிச்சுருளின் மின்தடை 35 Ω எனில், கம்பிச்சுருள் வழியே பாயும் மின்னூட்டத்தின் மதிப்பைக் காண்க.

(விடை: 48 $\times 10^{-3}$ C)

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 262 08-12-2022 12:12:48

6. 100 Ω மின்தடை கொண்ட ஒற்றை கடத்தியின் வழியாக 2.5 mA தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் பாய்கிறது. கடத்தியால் காந்தப்பாயம் வெட்டப்படும் வீதத்தைக் காண்க.

(விடை: 250 $mWbs^{-1}$)

7. 0.4 m நீள இறக்கைகள் கொண்ட ஒரு விசிறி 4×10^{-3} T காந்தப்புலத்திற்கு குத்தாக சுழலுகிறது. இறக்கையின் மையத்திற்கும் விளிம்பிற்கும் இடையே தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை 0.02 V எனில், இறக்கை சுழலும் வீதத்தைக் கணக்கிடுக.

(விடை: 9.95 சுழற்சிகள்/விநாடி)

8. 1 m நீள உலோக ஆரக்கம்பிகளைக் கொண்ட ஒரு மிதிவண்டிச் சக்கரம் புவிகாந்தப்புலத்தில் சுழலுகிறது. சக்கரத்தின் தளமானது புவிகாந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக் கூறு 4×10^{-5} T க்கு குத்தாக உள்ளது. ஆரக் கம்பிகளில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை 31.4 mV எனில், சக்கரத்தின் சுற்றும் வீதத்தைக் கணக்கிடுக (விடை: 250 சுழற்சிகள்/விநாடி)

9. 2m நீளம், 0.04 m விட்டம் மற்றும் 4000 சுற்றுகள் கொண்ட காற்று – உள்ளக வரிச்சுருளின் தன் மின்தூண்டல் எண்ணைக் கணக்கிடுக.

(விடை: 12.62 mH)

10. 200 சுற்றுகள் கொண்ட ஒரு கம்பிச்சுருள் 4 A மின்னோட்டத்தை கொண்டுள்ளது. கம்பிச்சுருள் வழியே செல்லும் காந்தப்பாயம் 6×10^{-5} Wb எனில், கம்பிச்சுருளைச் சுற்றியுள்ள ஊடகத்தில் சேமிக்கப்பட்ட காந்த ஆற்றலைக் கணக்கிடுக.

(விடை: 0.024 J)

11. 50 cm நீள வரிச்சுருள் ஒரு சென்டி மீட்டருக்கு 400 சுற்றுகள் கொண்டுள்ளது. வரிச்சுருளின் விட்டம் 0.04 m. 1 A மின்னோட்டம் பாயும்போது ஒரு சுற்றுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயத்தைக் காண்க.

(விடை: 0.63×10^{-4} Wb)

12. 200 சுற்றுகள் கொண்ட கம்பிச்சுருள் 0.4 A மின்னோட்டத்தை கொண்டுள்ளது. 4 mWb காந்தப்பாயம் கம்பிச்சுருளின் ஒரு சுற்றுடன் தொடர்பில் இருந்தால், கம்பிச்சுருளின் மின்தூண்டல் எண்ணைக் காண்க.

(விடை: 2H)

13. இரு காற்று – உள்ளக வரிச்சுருள்கள் 80 cm சம நீளத்தையும் 5 cm^2 சம குறுக்கு – வெட்டுப்பரப்பையும் கொண்டுள்ளன. முதல் சுருளில் 1200 சுற்றுகளும் இரண்டாவது சுருளில் 400 சுற்றுகளும் இருந்தால், அவற்றிற்கிடையே உள்ள பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்ணைக் காண்க.

(விடை: 0.38 mH)

14. ஒரு செமீ நீளத்தில் 400 சுற்றுகள் கொண்ட நீண்ட வரிச்சுருள் 2A மின்னோட்டத்தைக் கொண்டுள்ளது. 4 cm^2 குறுக்குவெட்டுப் பரப்பு மற்றும் 100 சுற்றுகள் கொண்ட கம்பிச்சுருள் ஒன்று வரிச்சுருளின் உள்ளே பொது அச்சுள்ள (co–axial) வகையில் வைக்கப்படுகிறது. வரிச்சுருளின் காந்தப்புலத்தில் கம்பிச்சுருள் உள்ளவாறு வைக்கப்படுகிறது. 0.04 விநாடியில் வரிச்சுருளில் செல்லும் மின்னோட்டத்தின் திசை திருப்பப்பட்டால், கம்பிச்சுருளில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையைக் காண்க.

(விடை: 0.20 V)

15. 2 cm ஆரம் மற்றும் 200 சுற்றுகள் கொண்ட வட்டவடிவ கம்பிச்சுருளானது 3 cm ஆரமுள்ள நீண்ட வரிச்சுருளுக்குள் பொது அச்சுள்ள வகையில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. வரிச்சுருளின் சுற்று அடர்த்தி 90 சுற்றுகள் / செமீ எனில், சுருள் மற்றும் வரிச்சுருள் இடையிலான பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்ணைக் கணக்கிடுக.

(விடை: 2.84 mH)

16. ஒப்புமை உட்புகுதிறன் 900 கொண்ட ஒரு இரும்பு உள்ளகத்தின் மீது வரிச்சுருள்கள் S_1 மற்றும் S_2 சுற்றப்பட்டுள்ளன. அவை முறையே 4 cm^2 மற்றும் 0.04 m என்ற சம குறுக்குப்பரப்பும் மற்றும் சம நீளமும் கொண்டுள்ளன. S_1 இல் உள்ள சுற்றுகள் 200 மற்றும் S_2 இல் உள்ள சுற்றுகள் 800 எனில், வரிச்சுருள்களுக்கு இடையே உள்ள பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்ணைக் கணக்கிடுக. வரிச்சுருள் S_1 இல் மின்னோட்டம் 2 A இல் இருந்து 8A ஆக 0.04 நொடியில் அதிகரிக்கப்படுகிறது எனில், வரிச்சுருள் S_2 இல் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையைக் கணக்கிடுக.

(விடை: 1.81 H; –271.5 V)

17. 220 V மின் மூலத்துடன் இணைக்கப்பட்ட ஒரு இறக்க மின்மாற்றியானது 11V, 88W விளக்கை செயல்பட வைக்கிறது. (i) மின்னழுத்த வேறுபாடு மாற்றவிகிதம் மற்றும் (ii) முதன்மைச் சுருளில் மின்னோட்டம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

(விடை: 1/20 and 0.4A)

18. 90% பயனுறுதிறன் கொண்ட 200V / 120V இறக்கு மின்மாற்றி ஒன்று 40 Ω மின்தடை கொண்ட மின்தூண்டல் அடுப்புடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மின்மாற்றியின் முதன்மைச்சுருளில் பாயும் மின்னோட்டத்தைக் காண்க.

(விடை: 2A)

19. ஒரு மின்மாற்றியின் 300 சுற்றுள்ள முதன்மைச்சுருள் 0.82 Ω மின்தடையும், 1200 சுற்றுள்ள துணைச்சுருள் 6.2 Ω மின்தடையும் கொண்டுள்ளன. 1600 V மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் துணைச்சுருளில் இருந்து வெளியீடு திறன் 32 kW எனில், முதன்மைச் சுருளில் மின்னழுத்த வேறுபாட்டைக் காண்க. மின்மாற்றியின் பயனுறுதிறன் 80% எனும்போது இரு சுருள்களிலும் திறன் இழப்புகளைக் கணக்கிடுக.

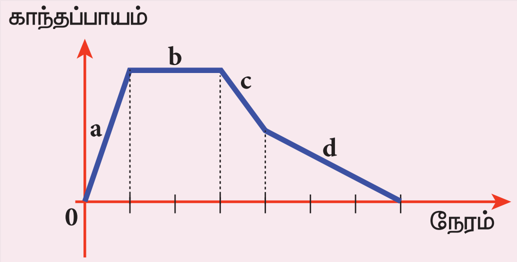
(விடை: 400 V, 8.2 kW மற்றும் 2.48 kW)

20. பெரும மதிப்பு 20 A கொண்ட ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் 60° கட்டக்கோணத்தில் கணநேர மதிப்பு, சராசரி மதிப்பு மற்றும் RMS மதிப்பு ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

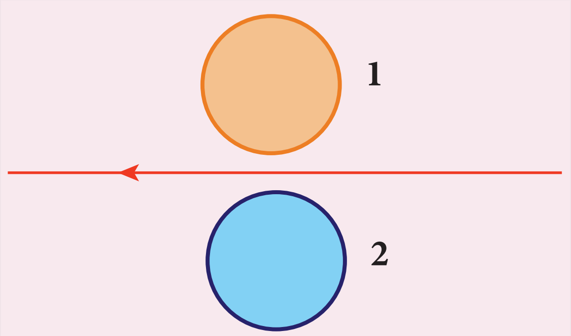
(விடை: 17.32A, 12.74A, 14.14 A)

V கருத்துரு வினாக்கள்

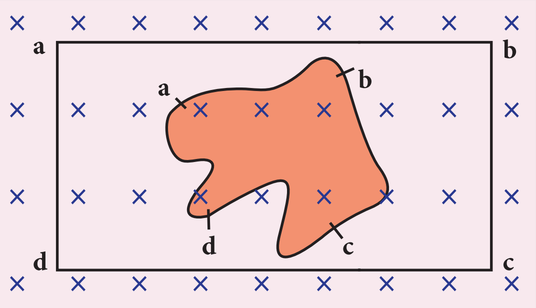
1. ஒரு மூடிய சுற்றுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயத்தின் எண்மதிப்புக்கும் நேரத்திற்கும் இடையே வரையப்பட்ட வரைபடம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. சுற்றில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் மதிப்புகளின் அடிப்படையில் வரைபடத்தின் பகுதிகளை ஏறு வரிசையில் வரிசைப்படுத்துக.



2. கம்பியில் உள்ள மின்னோட்டம் சீராக குறையும்போது, லென்ஸ் விதியைப் பயன்படுத்தி கடத்தும் வளையங்கள் 1 மற்றும் 2–இல் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையைக் கண்டுபிடி.

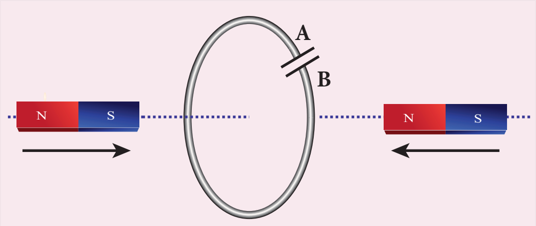


3. ஒரு சதுர வடிவில் உள்ள உலோகச் சுற்று *abcd* ஆனது வளையக்கூடியது. அதன் தளம் புலத்திற்கு குத்தாக உள்ளவாறு ஒரு காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. காந்தப்புலமானது தாளின் தளத்திற்கு குத்தாக உள்நோக்கி உள்ளது. படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு சதுரச் சுற்று ஒரு ஒழுங்கற்ற வடிவத்திற்கு நசுக்கப்பட்டால் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையைக் காண்க.



12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 264 08-12-2022 12:12:50

4. படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு இரு சட்டக் காந்தங்கள் நகர்த்தப்பட்டால் மூடிய வட்டச் சுற்றில் உள்ள மின்தேக்கியின் முனைப்புத் தன்மையைக்கூறுக.



5. தொடர் *LC* சுற்றில், *L* மற்றும் *C* இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடுகள் 180° கட்ட வேறுபாட்டில் உள்ளன. இது சரியா? விளக்குக.

6. ஒரு தொடர் *RLC* சுற்றில், திறன் காரணி எப்போது பெருமமாகும் ?

ரேற்கோள் நூல்கள் (BOOKS FOR REFERENCE)

1. H.C.Verma, Concepts of Physics, Volume 1 and 2, Bharathi Bhawan publishers.
2. Halliday, Resnick and Walker, Principles of Physics, Wiley publishers.
3. D.C.Tayal, Electricity and Magnetism, Himalaya Publishing House.
4. K.K.Tewari, Electricity and Magnetism with Electronics, S.Chand Publishers.
5. B.L.Theraja and A.K.Theraja, A text book of Electrical Technology, Volume 1 and 2, S.Chand publishers.

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 265 08-12-2022 12:12:50

இணையச் செயல்பாடு

மின்காந்த தூண்டல் மற்றும் மாறுதிசை மின்னோட்டமும்

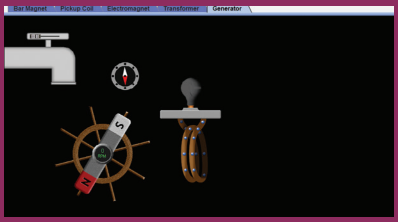
நோக்கம்: இந்த செயல்பாட்டின் மூலம் மாணவர்கள் (1) மின்காந்த தூண்டல் என்றால் என்ன என புரிந்து கொள்வார்கள். (2) ஃபாரடேவின் மின்காந்த தூண்டல் விதிகளை சரி பார்ப்பார்கள்.

தலைப்பு : ஃபாரடேவின் மின்காந்த தூண்டல் ஆய்வகம்

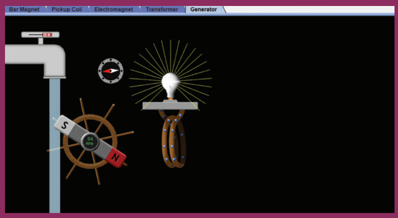
படிகள்

- "phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/faraday" என்ற வலைப்பக்கத்திற்கு சென்று 'pickup coil' என்ற தாவலை சொடுக்கவும்.
- சட்ட காந்தத்தினை கம்பிச் சுருள் நோக்கி நகர்த்துங்கள். அப்போது கம்பிச் சுருளோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப்புலம் எவ்வாறு மாறுகிறது என்பதனை கவனியுங்கள்.
- சுருளின் பரப்பு மற்றும் காந்தப் பாயம் மாறும் போது எரியும் மின்விளக்கின் செறிவு எவ்வாறு மாற்றமடைகிறது என்பதை கவனியுங்கள்.
- 'Electromagnet' என்ற தாவலை சொடுக்கி, பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவினை மாற்றம் செய்து அதனால் உருவாகும் காந்தப் பாய மாற்றத்தை கவனியுங்கள்.
- 'Generator' என்ற தாவலை சொடுக்கி, கம்பிச் சுருளின் கோணத் திசைவேகம் மாறும் போது தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை எவ்வாறு மாறுகிறது என்பதை கவனியுங்கள்.

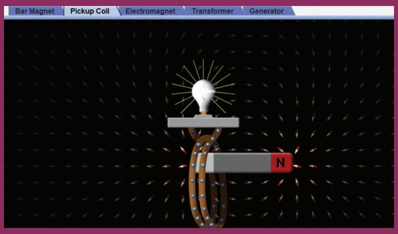
படி 1



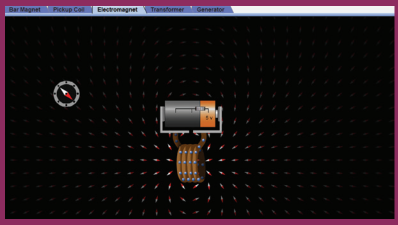
படி 2



படி 3



படி 4



குறிப்பு:

உங்கள் உலாவியில் flash player இல்லையென்றால் அதனை நிறுவவும். நீங்கள் 'phet' பாவிப்பியை அகல்நிலையில் பயன்படுத்த இந்த உரலியை சொடுக்குங்கள். https://phet.colorado.edu/en/offline–access.

உரலி:

https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/faraday

*படங்கள் அடையாளத்திற்கு மட்டும்.

* தேவையெனில் Flash Player or Java Script அனுமதிக்க.

12th Physics_Vol-1_Unit 4_Tamil Medium.indd 266 08-12-2022 12:12:54

அலகு

5

மின்காந்த அலைகள்

"ஓர் அறிவியல் சகாப்தம் முடிவுற்று, அடுத்த அறிவியல் சகாப்தம் ஜேம்ஸ் கிளார்க் மேக்ஸ்வெல்லில் இருந்து தொடங்குகிறது"
– ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீன்

கற்றலின் நோக்கங்கள்:

இந்த அலகில் மாணவர்கள் அறிந்து கொள்வது

- இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம்
- ஆம்பியரின் சுற்றுவிதியில் மேக்ஸ்வெல்லின் திருத்தம்
- மேக்ஸ்வெல் சமன்பாடுகளின் தொகை நுண் கணித வடிவம்
- மின்காந்த அலைகள் உருவாக்கம் மற்றும் அவற்றின் பண்புகள் – ஹெர்ட்ஸ் ஆய்வு
- மின்காந்த அலைகளின் மூலங்கள்
- மின்காந்த நிறமாலை

DH1G3

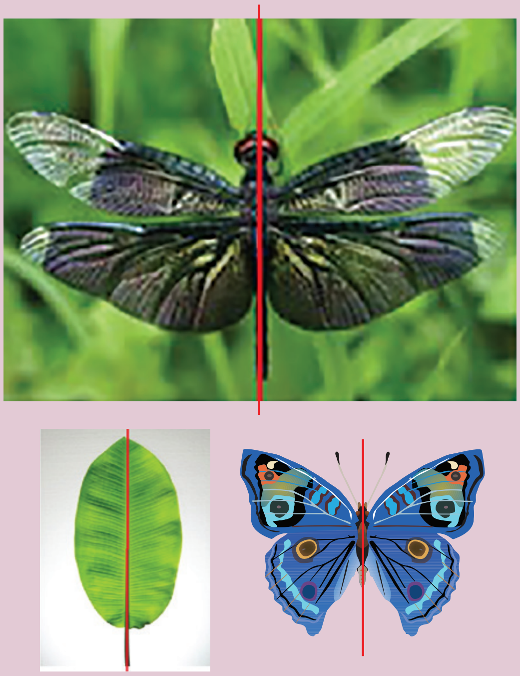
5.1. அறிமுகம்

படம் 5.1 கண்ணுறு நிறமாலை – வானவில் மற்றும் மின்னல்

நம்மைச் சுற்றியுள்ள உலகை ஒளியின் வழியே நாம் கண்டு மகிழ்கிறோம். சூரியனிடமிருந்து கிடைக்கும் ஒளி என்பது நமக்கு கிடைக்கும் ஆற்றலின் ஒருமுக்கியமான மூலமாகும். இவ்வாற்றல் இல்லையெனில் மனித உயிர்கள் இக்கோளில் வாழ முடியாது. அணுவிலிருந்து பிரபஞ்சம் வரை உள்ள பல்வேறு பொருட்களின் அமைப்பு மற்றும் பண்புகளை நாம் புரிந்து கொள்ள ஒளியின் பங்களிப்பு மகத்தானதாகும். ஒளி இல்லையென்றால் நம் கண்களால் பொருட்களைப் பார்க்க முடியாது. இத்தகைய சிறப்புமிக்கது ஒளியாகும். ஒளி என்றால் என்ன? 19 ஆம் நூற்றாண்டின் நடுப்பகுதிவரை பல்வேறு அறிஞர்களை உறங்கவிடாமல் செய்தது இந்த மாபெரும் புதிர். தொடக்கத்தில் பெரும்பாலான அறிவியலாளர்கள் ஒளியியல் மற்றும் மின்காந்தவியல் இரண்டும் இயற்பியலின் இருவேறு பிரிவுகள் என நம்பியிருந்தனர். ஆனால் ஒளி பற்றிய புரிதலுக்கு புது பரிணாமம் கொடுத்த பெருமை ஜேம்ஸ் கிளார்க் மேக்ஸ்வெல்லையே சாரும். அவரின் கருத்தியல் கோட்பாட்டின்படி ஒளி ஒரு மின்காந்த அலையாகும். அது வெற்றிடத்தில் $3 \times 10^8\ m\ s^{-1}$ என்ற திசைவேகத்தில் செல்லும். காமா கதிரிலிருந்து ரேடியோ அலைவரை பரவியுள்ள மின்காந்த நிறமாலையின் ஒரு சிறுபகுதியே கண்ணுறு ஒளி என பின்னர் உறுதிபடுத்தப்பட்டது.

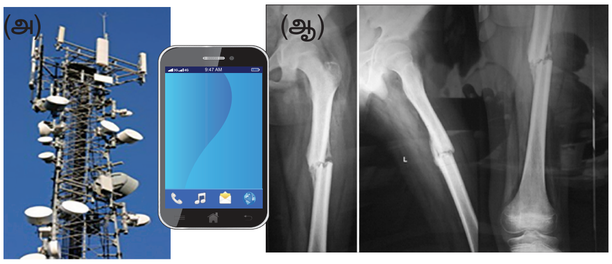
அலகு 4 இல் நேரத்தைப் பொறுத்து மாற்றமடையும் காந்தப்புலம், மின்புலத்தை உருவாக்கும் என பயின்றோம் (பாரடேயின்

மின்காந்தத் தூண்டல் விதிகள்). இயற்கையானது சமச்சீர் (symmetry) பெற்றிருக்கும் என மேக்ஸ்வெல் உறுதியாக நம்பிக்கைக் கொண்டு பின்வரும் கேள்வியை முன்வைத்தார். அதாவது "நேரத்தைப்பொறுத்து மாற்றமடையும் காந்தப்புலம் மின்புலத்தை உருவாக்கும்போது, ஏன் நேரத்தைப்பொறுத்து மாற்றமடையும் மின்புலம் காந்தப்புலத்தை உருவாக்காது?"



இயற்கையின் சமச்சீர் அமைப்பு

உண்மையில் இவ்வாறு இருப்பதை பின்னர் அவர் மெய்ப்பித்தார். இது மேக்ஸ்வெல்லின் தூண்டல் விதி என்று சில நேரங்களில் அழைக்கப்படும். மேக்ஸ்வெல் முன்மொழிந்த கருத்தை, 1888 இல் எச். ஹெர்ட்ஸ் ஆய்வு மூலமாக நிரூபித்தார். இது நவீன தொழில் நுட்பக் கண்டுபிடிப்புகளான, முக்கியமாக கம்பியில்லா தொலைத் தொடர்பு, லேசர் (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation),



படம் 5.2 (அ) கைப்பேசி கோபுரம் மற்றும் கைப்பேசி (ஆ) X – கதிர் வரைபடம்

ரேடார் [RADAR (**Ra**dio **D**etection **A**nd **R**anging) தொழில்நுட்பம் மற்றும் பல கண்டுபிடிப்புகளுக்கு வழிவகுத்தது.

இன்றைய நவீன தொழில்நுட்ப உலகில், நமது அன்றாட வாழ்க்கையில் கைப்பேசியின் தாக்கம் மிகவும் அதிகம் (படம் 5.2 (அ)) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது). ஓரிடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு செய்திகளை விரைவாகவும், பயனுள்ளவகையிலும் அனுப்புவதற்கு இது ஒரு சிறந்த வழிமுறையாகும். ஒளி ஓர் மின்காந்த அலை என்ற தத்துவத்தின் அடிப்படையில் இது வேலை செய்கிறது. படம் 5.2 (ஆ) வில் காட்டியுள்ளவாறு, X – கதிர்கள் நம் உடலில் எலும்புமுறிவு ஏற்பட்டுள்ள இடத்தினை கண்டுபிடிக்க பயன்படுகிறது. உணவு சமைப்பதற்கு மைக்ரோ அலை சமையற்கலன் (Microwave oven) பயன்படுகிறது. மைக்ரோ அலையும் ஒரு மின்காந்த அலையாகும். பொறியியல், மருத்துவம் (லேசர் அறுவைசிகிச்சை), பாதுகாப்புத்துறை (ரேடார் சைகைகள்) போன்றவை மற்றும் அடிப்படை அறிவியல் ஆராய்ச்சி போன்ற துறைகளில் மின்காந்த அலைகளின் பயன்பாடு எண்ணிலடங்காததாகும். இந்த அலகில் மின்காந்த அலைகள் பற்றிய சில அடிப்படைக் கருத்துக்களை நாம் கற்க உள்ளோம்.

5.1.1 இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் மற்றும் ஆம்பியரின் சுற்று விதியில் மேக்ஸ்வெல் மேற்கொண்ட திருத்தம்

தூண்டப்பட்ட காந்தப்புலம்

பாரடேயின் மின்காந்தத்தூண்டல் விதியிலிருந்து காந்தப்புலத்தில் ஏற்படும் மாற்றம், மின்புலத்தை உருவாக்குகிறது என்று பயின்றோம். கணிதவடிவில் அதனை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$\oint_l \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt}\Phi_B = -\frac{d}{dt}\oint_S \vec{B}\cdot d\vec{A} \quad (5.1)$$

மூடப்பட்ட சுற்று வழியே தூண்டப்படும் மின்புலம் = நேரத்தைப் பொறுத்து மாற்றமடையும் காந்தப்பாயம் = மின்சுற்றால் மூடப்பட்ட பரப்புக்குள் மாற்றமடையும் காந்தப்பாயம் Φ_B

இங்கு Φ_B என்பது காந்தப்பாயம் மற்றும் $\frac{d}{dt}$ என்பது நேரத்தைப் பொறுத்து வகைக்கெழு. மின்சுற்றால் மூடப்பட்ட பகுதியில் உள்ள காந்தப்பாயத்தில் (Φ_B) மாற்றம் ஏற்படும்போது, மூடப்பட்ட சுற்றின் வழியே மின்புலம் $\left(\vec{E}\right)$ தூண்டப்படுகிறது என்பதை சமன்பாடு (5.1) நமக்கு உணர்த்துகிறது.

12th Physics_Vol-1_Unit 5_Tamil Medium.indd 268 23-12-2022 17:37:54

சமச்சீர் இயல்பின் அடிப்படையில், மின்புலத்தில் ஏற்படும் மாற்றம் காந்தப்புலத்தை உருவாக்கும் என்று ஜேம்ஸ் கிளார்க் மேக்ஸ்வெல் காண்பித்தார். இது பின்வரும் சமன்பாட்டால் தரப்படுகிறது.

$$\underbrace{\oint_l \vec{B}\cdot\vec{dl}} = \underbrace{-\frac{d}{dt}\Phi_E} = \underbrace{-\frac{d}{dt}\oint_S \vec{E}\cdot\vec{dA}} \qquad (5.2)$$

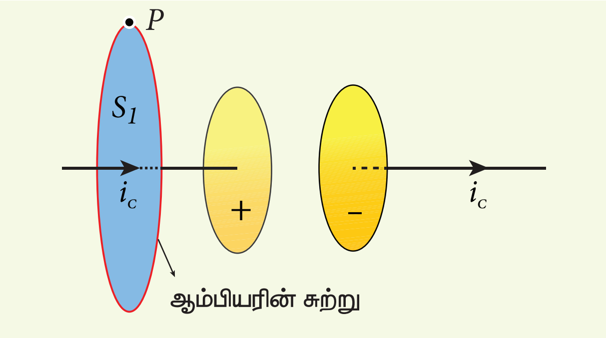
மூடப்பட்ட சுற்றின் வழியே தூண்டப்படும் காந்தப்பாயம் = நேரத்தைப் பொறுத்து மாற்றமடையும் மின்புலபாயம் Φ_E = மின்சுற்றால் மூடப்பட்ட பரப்புக்குள் மாற்றமடையும் மின்புலபாயம் Φ_E

இங்கு Φ_E என்பது மின்புலபாயமாகும். இதற்கு **மேக்ஸ்வெல்லின் தூண்டல் விதி** என்று பெயர். மின்சுற்றால் மூடப்பட்ட பகுதிக்குள் உள்ள மின்புலபாயத்தில் (Φ_E) மாற்றம் ஏற்படும்போது, மூடப்பட்ட சுற்று வழியே காந்தப்புலம் ($\vec{B}$) தூண்டப்படுகிறது என்பதை இது விளக்குகிறது. மேலும் ரேடியோ அலைகள், காமா கதிர்கள், அகச்சிவப்புக் கதிர்கள் போன்ற மின்காந்த அலைகளின் இருப்பை இந்த மின் மற்றும் காந்தப்புலங்களுக்கு இடையேயான சமச்சீர் தன்மை விளக்குகிறது.

இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் – மேக்ஸ்வெல்லின் திருத்தம்

மாறுபடும் மின்புலம் எவ்வாறு காந்தப்புலத்தை உருவாக்குகின்றது என்பதைப் புரிந்து கொள்ள இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் தகடுகளை மின்னேற்றம் செய்யும் நிகழ்வினைக் கருதுவோம். இணைத்தகடுகளுக்கு இடையே மின்கடத்தா ஊடகம் உள்ளதாகக் கருதுக.

கம்பியின் வழியே பாயும் நேரத்தைப் பொறுத்து மாறும் மின்னோட்டத்தை கடத்து மின்னோட்டம் (conduction current) i_C என்க. இந்த கடத்து



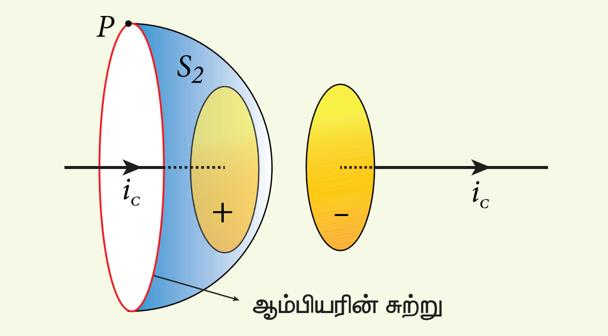
படம் 5.3 பரப்பு S_1ஐ மூடும் சுற்றிற்கு ஆம்பியரின் சுற்று விதியைப் பயன்படுத்துதல்

மின்னோட்டத்தால் மின்தேக்கி மின்னேற்றம் செய்யப்படுகிறது. மின்னோட்டம் தாங்கிய கம்பியைச் சுற்றி உருவாகும் காந்தப்புலத்தைக் கணக்கிட ஆம்பியரின் சுற்று விதியைப் பயன்படுத்தலாம்.

கம்பிக்கு அருகிலும் மின்தேக்கிக்கு வெளியிலுமாக அமைந்துள்ள புள்ளி Pல் காந்தப்புலத்தைக் கணக்கிட, வட்ட வடிவப் பரப்பு S_1 ஐ மூடியவாறு ஒரு வட்டவடிவ ஆம்பியரின் சுற்று ஒன்றை வரைவோம் (படம் 5.3). இச்சுற்றுக்கு ஆம்பியரின் விதியைப் பயன்படுத்த,

$$\oint_{S_1} \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_\circ i_c \qquad (5.3)$$

இங்கு μ_o என்பது வெற்றிடத்தின் உட்புகுதிறனாகும்.



படம் 5.4 பரப்பு S_2 ஐ மூடும் சுற்றிற்கு ஆம்பியரின் சுற்று விதியைப் பயன்படுத்துதல்

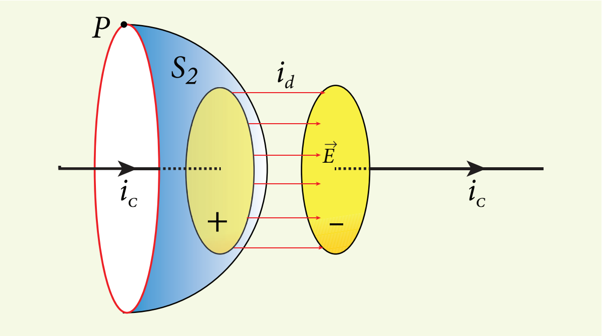
இப்போது அதே சுற்று பலூன் வடிவம் கொண்ட பரப்பு S_2வினால் மூடப்பட்டுள்ளது (படம் 5.4). அதாவது S_1 மற்றும் S_2 இரண்டு பரப்புகளின் எல்லைகளுமே ஒன்றாக இருந்தாலும், அப்பரப்புகளின் வடிவம் வெவ்வேறாக உள்ளது. ஒரு மூடப்பட்ட சுற்றுக்கு ஆம்பியர் விதியைப் பயன்படுத்தும்போது, அது சூழும் பரப்பினுடைய வடிவத்தைப் பொறுத்து அமையாது என்பதால் இரு தொகையீடுகளும் ஒரே மதிப்பைத் தர வேண்டும். ஆனால் பரப்பு S_2க்கு ஆம்பியரின் சுற்று விதியைப் பயன்படுத்தினால்,

$$\oint_{S_2} \vec{B}\cdot d\vec{l} = 0 \qquad (5.4)$$

ஏனெனில் கடத்து மின்னோட்டத்தைத் தாங்கும் கம்பியை பரப்பு S_2 எவ்விடத்திலும் தொடவில்லை; மேலும், மின்தேக்கித் தகடுகளின் இடைவெளியிலும் எந்த மின்னோட்டமும் இல்லை என்பதால், சமன்பாடு (5.4)ன் வலதுகைப் பக்கம்

சுழி மதிப்பை அடைகிறது;. எனவே, புள்ளி Pல் காந்தப்புலம் சுழியாகும். ஆகையால், சமன்பாடு (5.3) க்கும் (5.4)க்கும் இடையே முரண்பாடு உள்ளதைக் காணலாம்.

இம்முரண்பாட்டிற்கு மேக்ஸ்வெல் பின்வரும் முறையில் தீர்வு கண்டார். மின்னேற்றம் அடைந்து கொண்டிருக்கும் நேரத்தில் மின்தேக்கியின் தகடுகளுக்கிடையே மாறுபடும் மின்புலம் உருவாகின்றது. இம்மாறுபடும் மின்புலத்தினால் ஒரு மின்னோட்டம் அத்தகடுகளுக்கிடையே பாய வேண்டும். அதாவது நேரத்தைப் பொறுத்து மாறுபடும் மின்புலம் (அல்லது மின்பாயம்) ஒரு மின்னோட்டத்தை உருவாக்குகிறது. மின்தேக்கியின் தகடுகளுக்கிடையே பாயும் இம்மின்னோட்டம் **இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம்** (displacement current) என்றழைக்கப்படும் (படம் 5.5)



படம் 5.5 மின்தேக்கியின் தகடுகளுக்கு நடுவே காஸ் விதியைப் பயன்படுத்துதல்

நிலைமின்னியலின் காஸ் விதியைப் பயன்படுத்த, மின்தேக்கியின் தகடுகளுக்கிடையே மின்பாயமானது,

$$\Phi_E = \oint_S \vec{E}\cdot d\vec{A} = EA = \frac{q}{\epsilon_\circ}$$

இங்கு A என்பது மின்தேக்கித் தகடுகளின் பரப்பளவு. மின்பாயத்தின் மாறுபாடு,

$$\frac{d\Phi_E}{dt} = \frac{1}{\epsilon_o}\frac{dq}{dt} \quad \text{(அல்லது)}$$

$$\frac{dq}{dt} = \epsilon_o \frac{d\Phi_E}{dt}$$

$$i_d = \epsilon_o \frac{d\Phi_E}{dt} \qquad (5.5)$$

இங்கு $\frac{dq}{dt} = i_d$ என்பது இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் அல்லது மேக்ஸ்வெல்லின் இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் என்றழைக்கப்படும்.

குறிப்பிட்ட ஒரு பகுதியில் நேரத்தைப் பொறுத்து மின்புலம் (அல்லது மின்பாயம்) மாற்றமடையும்போது, அதனால் உருவாகும் மின்னோட்டமே இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் என வரையறுக்கப்படுகிறது. அதாவது, எப்போதெல்லாம் மின்புலத்தில் மாற்றம் நிகழ்கிறதோ அங்கு இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் உருவாகின்றது.

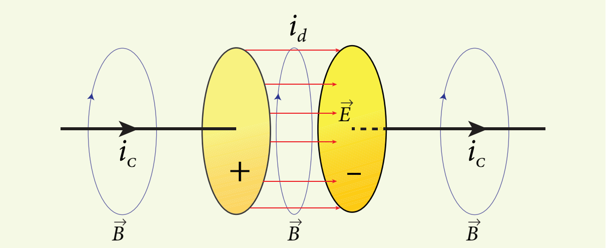
ஆம்பியர் விதியை மேக்ஸ்வெல் பின்வரும் வகையில் மாற்றம் செய்தார்:

$$\oint_l \vec{B}.d\vec{l} = \mu_0 i = \mu_0[i_c + i_d]$$

$$\oint_l \vec{B}.d\vec{l} = \mu_0 i_c + \mu_0\epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \qquad (5.6)$$

இங்கு பரப்பினால் சூழப்பட்ட மொத்த மின்னோட்டமானது கடத்து மின்னோட்டம் மற்றும் இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் ஆகியவற்றின் கூடுதல் ஆகும். அதாவது, $i = i_c + i_d$. சமன்பாடு (5.6) **ஆம்பியர்–மேக்ஸ்வெல் விதி** எனப்படுகிறது. மின்சுற்றில் மின்னோட்டம் மாறாமல் உள்ளபோது, இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் சுழியாகும்.

மின்தேக்கியின் தகடுகளுக்கிடையே கடத்து மின்னோட்டம் சுழியாகவும், இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் சுழியற்றதாகவும் உள்ளது. இந்த இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் அல்லது நேரத்தைப் பொறுத்து மாறுபடும் மின்புலம் ஆனது இத்தகடுகளுக்கு இடையே ஒரு காந்தப்புலத்தை உருவாக்குகிறது. படம் (5.6)ல் காட்டியுள்ளவாறு இக்காந்தப்புலம் மின்புலத்தின் திசைக்கு செங்குத்தாக அமைந்துள்ளது. இக்காந்தப்புலத்தின் மதிப்பை சமன்பாடு (5.6) ஆல் அறியலாம்.



படம் 5.6 கடத்து மற்றும் இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டங்களால் காந்தப்புலம் உருவாதல்

12th Physics_Vol-1_Unit 5_Tamil Medium.indd 270 23-12-2022 17:37:56

மேக்ஸ்வெல் திருத்தத்தின் முக்கியத்துவம்:

சூரியனிலிருந்தும் பிற விண்மீன்களிலிருந்தும் கதிர்வீச்சுகளை பூமி பெறுகிறது. மின்துகளோ மின்னோட்டமோ ஏதுமற்ற வெற்றிட வெளியினூடே இக்கதிர்வீச்சுகள் பரவுகின்றன. ஆம்பியர் விதிப்படி, மின்னோட்டத்தினால் மட்டுமே காந்தப்புலத்தை உருவாக்க முடியும். இவ்விதி மட்டுமே மெய்யாக இருக்குமேயானால், எந்தக் கதிர்வீச்சுமே உருவாக இயலாது.

நேரத்தைப் பொறுத்து மாறுபடும் மின்புலம் அல்லது இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டமும் கூட காந்தப்புலத்தை உருவாக்கும் என்பதை ஆம்பியர் விதியில் மேக்ஸ்வெல் செய்த திருத்தமான $\left(\mu_0\epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}\right)$ என்ற பதம் உறுதி செய்கிறது. வெற்றிடமாகவுள்ள புறவெளியில் கடத்து மின்னோட்டம் சுழியாக இருப்பினும், இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் இருக்கிறது. எனவே, சமன்பாடு (5.6),

$$\oint_l \vec{B}.d\vec{l} = \mu_0\epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

விண்மீன்களிலுள்ள அணுக்களின் வெப்பக் கிளர்வினால், நேரத்தைப் பொறுத்து மாறுபடும் மின்புலம் உருவாகின்றது; இதனால் நேரத்தைப் பொறுத்து மாறுபடும் காந்தப்புலம் உருவாகின்றது. பாரடேயின் விதிப்படி, நேரத்தைப் பொறுத்து மாறுபடும் இக்காந்தப்புலத்தால் நேரத்தைப் பொறுத்து மாறும் மின்புலம் மீண்டும் உருவாக்கப்படுகிறது; (புலங்களை உருவாக்கும்) இந்நிகழ்வுகள் தொடர்ந்து ஏற்படுகின்றன. ஒன்றுக்கொன்று தொடர்புடைய, நேரத்தைப் பொறுத்து மாறுபடும் மின்புலமும் காந்தப்புலமும் வெற்றிட வெளியில் ஒளியின் வேகத்தில் பரவுகின்றன; இதையே **மின்காந்த அலை** என்பர்.

சமச்சீர் இயல்பின் அடிப்படையில் மட்டுமே மேக்ஸ்வெல் தன் வாதத்தை வைத்துத் தொடங்கினாலும், அண்டத்தின் ஒரு முக்கிய இயல்பான மின்காந்த அலைகளின் இருப்பை ஆம்பியர் சமன்பாட்டில் அவர் அளித்த திருத்த பதம் விளக்குகின்றது.

குறிப்பு

இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம்

மேக்ஸ்வெல்தான் இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் என்ற சொல்லைத் தேர்வு செய்தார். ஆனால் உண்மையில் இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டத்தில் எந்த மின்துகளும் இடப்பெயர்ச்சி அடைவதில்லை. வரலாற்றுக் காரணங்களுக்காக நாம் அதே பெயரை பயன்படுத்துகிறோம்.

எடுத்துக்காட்டு 5.1

230 V RMS மதிப்பும் 50 Hz அதிர்வெண்ணும் கொண்ட மாறுதிசை மின்னழுத்த மூலத்துடன் இணைத்தட்டு மின்தேக்கி ஒன்று இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மின்தேக்கியின் தட்டுகளுக்கு இடையேயான தொலைவு 1 mm மற்றும் அவற்றின் பரப்பளவு 20 cm^2 எனில் நேரம் $t = 1$ s –ல் இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டத்தின் மதிப்பைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

மின்தேக்கியின் தகடுகளுக்கு இடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு,

$$V = V_{max}\sin 2\pi ft$$

$$= 230\sqrt{2}\ \sin(2\pi \times 50t)$$

$$\therefore V = 325\sin 100\pi t$$

$$d = 1\ \text{mm} = 1 \times 10^{-3}\ \text{m}$$

$$A = 20\ \text{cm}^2 = 20 \times 10^{-4}\ \text{m}^2$$

இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம்,

$$i_d = \epsilon_\circ \frac{d\Phi_E}{dt} = \epsilon_\circ \frac{d(EA)}{dt}$$

$$\therefore i_d = \frac{\epsilon_0 A}{d}\left[\frac{dV}{dt}\right] \qquad \left[\because E = \frac{V}{d}\right]$$

$$= \frac{\epsilon_0 A}{d}(325)(100\pi)\cos 100\pi t$$

$$= \left(\begin{matrix}8.85\times10^{-12}\times20\times10^{-4}\times325\\ \times 100\times3.14\times\cos(100\pi\times1)\end{matrix}\right)\Big/\left(1\times10^{-3}\right)$$

$$= 1.81\times10^{-6}\ \text{A} = 1.81\ \mu\text{A} \quad [\because \cos(100\pi\times1) = 1]$$

5.1.2 மேக்ஸ்வெல் சமன்பாடுகளின் தொகை நுண்கணித வடிவம்

மின்னியக்கவியலை, மேக்ஸ்வெல்லின் சமன்பாடுகள் என்று அழைக்கப்படும் நான்கு அடிப்படைச் சமன்பாடுகளாக சுருக்கி விடலாம். இவை இயக்கவியலில் உள்ள நியூட்டனின் விதிகளுக்கு இணையாக உள்ளன. மின்துகள்கள், மின்னோட்டங்கள் ஆகியவற்றின் இயல்புகளையும், மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலங்களின் பண்புகளையும் மேக்ஸ்வெல் சமன்பாடுகள் முழுமையாக விளக்குகின்றன. இச்சமன்பாடுகளை தொகை நுண்கணித வடிவிலோ அல்லது வகை நுண்கணித

12th Physics_Vol-1_Unit 5_Tamil Medium.indd 271 23-12-2022 17:37:56

வடிவிலோ எழுதலாம். மேக்ஸ்வெல் சமன்பாடுகளின் வகை நுண்கணித வடிவம் நமது பாடத்திட்டத்திற்கு அப்பாற்பட்டது. எனவே, நமது கவனத்தை மேக்ஸ்வெல் சமன்பாடுகளின் தொகை நுண்கணித வடிவத்தில் மட்டும் இங்கு செலுத்துவோம். அவை பின்வருமாறு:

முதல் சமன்பாடு

முதல் சமன்பாடு மின்னியலின் காஸ் விதி சமன்பாடு ஆகும். இது நிகர மின்புலபாயத்தை, மூடப்பட்ட பரப்பிலுள்ள நிகர மின்னூட்டத்தோடு தொடர்பு படுத்துகிறது. கணித சமன்பாட்டின்படி பின்வருமாறு இதனை எழுதலாம்.

$$\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\text{மூடப்பட்ட}}}{\epsilon_\circ} \quad \text{(மின்னியலின் காஸ்விதி)} \qquad (5.7)$$

இங்கு $\vec{E}$ என்பது மின்புலம் மற்றும் $Q_{\text{மூடப்பட்ட}}$ என்பது மூடப்பட்ட பரப்பிலுள்ள மின்துகள் களின் நிகர மின்னூட்டமாகும். இச்சமன்பாடு தனித்தனியான (discrete) மின்துகள்கள் மற்றும் மின்துகள்களின் தொடர்பகிர்வு (continuous distribution) ஆகிய இரண்டிற்கும் பொருந்தும்.

மேலும் மின்புலக் கோடுகள் நேர்மின்துகள்களில் தொடங்கி எதிர் மின்துகள்களில் முடிவடைகின்றன என்பதையும் இது நமக்கு விளக்குகிறது. மேலும் மின்புலக்கோடுகள் ஒரு மூடப்பட்ட வளைவுப்பாதையை உருவாக்குவதில்லை என்பதையும் நமக்கு உணர்த்துகிறது. வேறுவகையில் கூறுவோமாயின் தனித்த நேர்மின்துகள் அல்லது எதிர் மின்துகள் இயற்கையில் தோன்றுகின்றன.

இரண்டாவது சமன்பாடு

இது நிலைமின்னியலின் காஸ்விதியை ஒத்துள்ளது. எனவே இவ்விதியை காந்தவியலின் காஸ்விதி என்று அழைக்கலாம். இவ்விதியின்படி, ஒரு மூடப்பட்ட பரப்பிலுள்ள காந்தப்புலத்தின் பரப்பு தொகையீட்டு மதிப்பு சுழியாகும். கணிதவியல் சமன்பாட்டின்படி

$$\oint_S \vec{B}\cdot d\vec{A} = 0 \quad \text{(காந்தவியலின் காஸ்விதி)} \quad (5.8)$$

இங்கு $\vec{B}$ என்பது காந்தப்புலத்தை குறிக்கிறது.

காந்தவிசைக் கோடுகள் அல்லது காந்தப்புலக் கோடுகள் ஒரு மூடப்பட்ட தொடர்பாதையை உருவாக்கும் என்பதை இவ்விதி நமக்கு உணர்த்துகிறது. வேறுவகையில் கூறுவோமாயின் தனித்த காந்த ஒருமுனை (வடமுனை அல்லது தென்முனை) எப்போதும் இயற்கையில் உருவாகாது என்பதை நமக்கு இது உணர்த்துகிறது.

மூன்றாவது சமன்பாடு

இது பாரடேயின் மின்காந்தத் தூண்டல் விதியாகும். இவ்விதி மாறுபடும் காந்தப்பாயத்துடன் மின்புலத்தைத் தொடர்புபடுத்துகிறது. கணிதவியல் சமன்பாட்டின்படி

$$\oint_l \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt}\Phi_B \quad \text{(பாரடேயின் விதி)} \quad (5.9)$$

இங்கு, $\vec{E}$ என்பது மின்புலமாகும்.

ஒரு மூடப்பட்ட பாதையைச் சுற்றியுள்ள மின்புலத்தின் கோட்டுவழித் தொகையீட்டு மதிப்பு, மூடப்பட்ட பாதையால் சூழப்பட்ட பரப்பு வழியே செல்லும் காந்தப்பாயத்தின் நேரத்தைப் பொறுத்த மாற்றத்திற்குச் சமம்.

நமது நவீன தொழில் நுட்பப்புரட்சிக்குக்காரணம் பாரடேயின் மின்காந்தத்தூண்டல் விதிகளாகும்.

நான்காவது சமன்பாடு

இது ஆம்பியர் சுற்றுவிதியின் மாற்றியமைக்கப்பட்ட வடிவமாகும். இதனை ஆம்பியர் – மேக்ஸ்வெல் விதி என்றும் அழைக்கலாம். இவ்விதி ஒரு மூடப்பட்ட பாதையைச் சுற்றியுள்ள காந்தப்புலத்தையும், அம்மூடப்பட்டப்பாதையில் பாயும் கடத்து மின்னோட்டம் மற்றும் இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டத்தையும் தொடர்பு படுத்துகிறது.

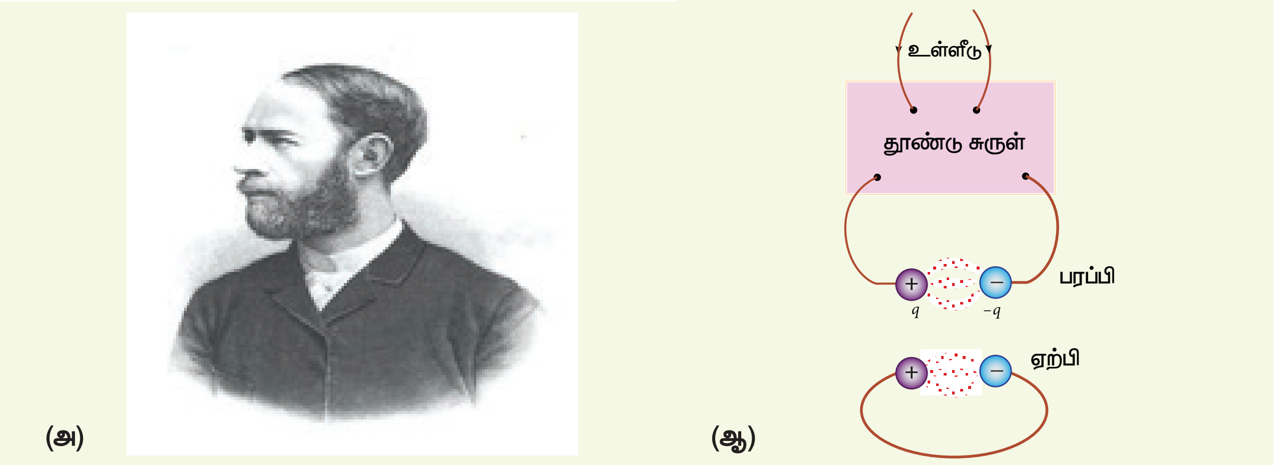
$$\oint_l \vec{B}.\vec{dl} = \mu_0 i_C + \mu_0\epsilon_0 \frac{d}{dt}\oint_S \vec{E}.\overrightarrow{dA}$$

(ஆம்பியர் – மேக்ஸ்வெல் விதி) (5.10)

இங்கு $\vec{B}$ என்பது காந்தப்புலமாகும். இவ்விதி கடத்து மின்னோட்டம் மற்றும் இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் இரண்டுமே காந்தப்புலத்தை உருவாக்கும் எனக் காட்டுகிறது.

இந்த நான்கு சமன்பாடுகள் மின்னியக்கவியலின் மேக்ஸ்வெல் சமன்பாடுகள் என அழைக்கப்படுகின்றன. இச்சமன்பாடுகள் மின்காந்த அலைகளின் இருப்பை உறுதிசெய்கின்றன. விண்மீன்கள், விண்மீன் தொகுப்புகள், கோள்கள் போன்றவற்றைப்பற்றிய புரிதல், இவ்வான் பொருட்களிலிருந்து வெளியிடப்படும் மின்காந்த அலைகளை ஆய்வு செய்வதாலேயே ஏற்படுகின்றது.

12th Physics_Vol-1_Unit 5_Tamil Medium.indd 272 23-12-2022 17:37:58



படம் 5.7 (அ) ஹென்றிக் ருடால்ப் ஹெர்ட்ஸ் (ஆ) ஹெர்ட்ஸ் ஆய்வுக்கருவியின் கருத்துப்படம்

5.2 மின்காந்த அலைகள்

மின்காந்த அலைகள் என்பவை இயந்திர அலைகளிலிருந்து மாறுபட்ட வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகத்திற்குச் சமமான வேகத்தில் செல்லும் அலைகளாகும். இது ஒரு குறுக்கலையாகும். இப்பகுதியில் நாம் மின்காந்த அலைகளின் உருவாக்கம், அவற்றின் பண்புகள், மின்காந்த அலைகளின் மூலங்கள் மற்றும் மின்காந்த அலைகளின் வகைப்பாட்டினைப்பற்றி கற்கலாம்.

5.2.1 மின்காந்த அலைகளின் உருவாக்கம் மற்றும் பண்புகள் – ஹெர்ட்ஸ் ஆய்வு

மேக்ஸ்வெல்லின் கணிப்பு, ஆராய்ச்சி பூர்வமாக 1888 இல் ஹென்றிக் ருடால்ப் ஹெர்ட்ஸ் என்பாரால் நிரூபிக்கப்பட்டது. ஆய்வு அமைப்பு படம் 5.7 (ஆ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இக்கருவியில் சிறிய உலோக கோளங்களால் செய்யப்பட்ட இரண்டு உலோக மின்வாய்கள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இவை பெரிய கோளங்களுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. மின்வாய்களின் மறுமுனைகள் மிக அதிக சுற்றுகளையுடைய தூண்டு சுருளுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்வமைப்பு மிக அதிக மின்னியக்கு விசையை (emf) உருவாக்கும்.

கம்பிச்சுருள் மிக உயர்ந்த மின்னழுத்தத்தைப் பெற்றுள்ளதால் மின்வாய்களுக்கு இடையே உள்ள காற்று அயனியாகி தீப்பொறி ஏற்படுகின்றது (மின்னிறக்கத்தால் தீப்பொறி ஏற்படுகின்றது). மின்வாய்களுக்கிடையே உள்ள சிறிய இடைவெளியிலும் தீப்பொறி ஏற்படுகிறது (மின்வாய் முழுவதும் மூடப்படாமல் வளைய வடிவில் சிறிய இடைவெளியுடன் காணப்படுகின்றன). மின்வாயிலிருந்து ஆற்றல் ஏற்கும் முனைக்கு (வளைய மின்வாய்க்கு) ஆற்றல் அலை வடிவில் கடத்தப்படுகின்றது. இந்த அலையே மின்காந்த அலையாகும்.

ஏற்கும் முனையை 90° சுழற்றினால் ஏற்கும் முனை தீப்பொறி எதையும் பெறாது. இது மேக்ஸ்வெல் கணிப்புப்படி மின்காந்த அலைகள் குறுக்கலைகள்தான் என்பதை உறுதிப்படுத்துகிறது. ஹெர்ட்ஸ் இந்த ஆய்விலிருந்து ரேடியோ அலைகளை உருவாக்கினார். மேலும் இவை ஒளியின் வேகத்திற்கு சமமான வேகத்தில் (3×10^{8} m s^{-1}) செல்வதை உறுதிப்படுத்தினார்.

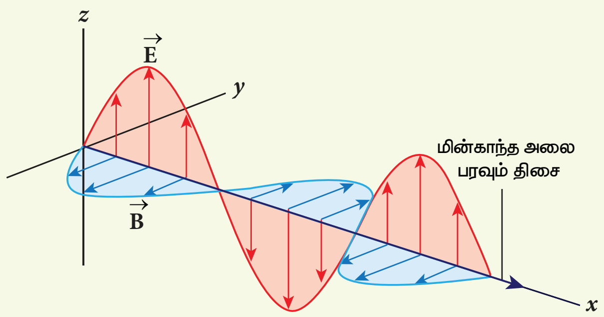
குறிப்பு

முறையான அமைப்பைக் கொண்ட LC அலையியற்றி சுற்று மூலம் ரேடியோ அலைகளை உருவாக்கலாம். இந்த ரேடியோ அலைகளின் அதிர்வெண்ணானது LC அலையியற்றியின் அதிர்வெண்ணுக்கு சமமாக இருக்கும் $\left(f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{Hz}\right)$.

மின்காந்த அலைகளின் பண்புகள்

1. முடுக்கிவிடப்பட்ட மின்துகள்கள் (accelerated charges) மின்காந்த அலைகளை உருவாக்குகின்றன.
2. மின்காந்த அலைகள் பரவுவதற்கு எவ்விதமான ஊடகமும் தேவையில்லை. எனவே, மின்காந்த அலை இயந்திர அலையல்ல.

12th Physics_Vol-1_Unit 5_Tamil Medium.indd 273 23-12-2022 17:37:58



படம் 5.8 மின்காந்த அலைகள் – குறுக்கலை

3. மின்காந்த அலைகள் குறுக்கலைப் பண்புடையவை. அதாவது அலைவுறும் மின்புல வெக்டர், அலைவுறும் காந்தப்புல வெக்டர் மற்றும் பரவு வெக்டர் (அலை பரவும் திசையைக் கொடுக்கும் வெக்டர்) ஆகிய மூன்று வெக்டர்களும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்து என்பதை இது காட்டுகிறது. மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலம் இரண்டும் படம் (5.8)ல் காட்டப்பட்டுள்ள திசையில் இருந்தால் மின்காந்த அலை X திசையில் பரவும்.
4. வெற்றிடத்தில் ஒளி செல்லும் வேகத்திற்கு சமமான வேகத்தில் மின்காந்த அலைகள் செல்கின்றன. $\left[c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 3 \times 10^8 \, \text{m s}^{-1}\right]$.

   இங்கு ϵ_0 என்பது வெற்றிடத்தின் விடுதிறன் μ_0 என்பது வெற்றிடத்தின் உட்புகுதிறன் ஆகும். (விடுதிறன் பற்றி அறிய அலகு 1 மற்றும் உட்புகுதிறன் பற்றி அறிய அலகு 3 ஐப் பார்க்கவும்)
5. வெற்றிடத்தில் மின்காந்த அலையின் வேகத்தைவிட, விடுதிறன் ϵ மற்றும் உட்புகுதிறன் μ கொண்ட ஊடகத்தில் மின்காந்த அலையின் வேகம் குறைவாகும். அதாவது $v < c$; μ ஒளிவிலகல் எண் கொண்ட ஊடகத்தில்

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}}{\frac{1}{\sqrt{\epsilon \mu}}} \quad \therefore n = \sqrt{\epsilon_r \mu_r}$$

   இங்கு ϵ_r என்பது ஊடகத்தின் ஒப்புமை விடுதிறன் (இதனை மின்காப்பு மாறிலி என்றும் அழைக்கலாம்). மேலும் μ_r என்பது ஊடகத்தின் ஒப்புமை உட்புகுதிறனாகும்.
6. மின்காந்த அலைகள் மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலத்தால் விலகல் அடையாது.
7. மின்காந்த அலைகள் குறுக்கீட்டு விளைவு, விளிம்பு விளைவு ஆகியவற்றை ஏற்படுத்தும். மேலும் இவை தளவிளைவிற்கும் உட்படும்.
8. பிற அலைகளைப் போன்றே மின்காந்த அலைகளுக்கும் ஆற்றல், நேர்க்கோட்டு உந்தம் மற்றும் கோண உந்தம் ஆகியவை உள்ளன.
9. ஒரு பொருளின் பரப்பின் மீது விழும் மின்காந்த அலை முழுவதும் அப்பரப்பினால் உட்கவரப் பட்டால், செலுத்தப்பட்ட ஆற்றலானது (U) பரப்பின்மீது செலுத்திய உந்தம் $p = \frac{U}{c}$.
10. படுகின்ற மின்காந்த அலையின் ஆற்றல் (U) முழுவதும் பரப்பினால் எதிரொளிக்கப்பட்டால், பரப்பிற்கு அளிக்கப்பட்ட உந்தம் $\Delta p = \frac{U}{c} - \left(-\frac{U}{c}\right) = 2\frac{U}{c}$ ஆகும்.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

- துகள்களைப் போன்றே மின்காந்த அலைகளுக்கும் நேர்க்கோட்டு உந்தம் மற்றும் கோண உந்தம் ஆகிய பண்புகள் உள்ளன என்பது ஒரு வியப்பளிக்கும் இயல்பாகும். ஒளியியல் கிடுக்கிகளின் (optical tweezers) கண்டுபிடிப்பு மற்றும் உயர் செறிவு ஒளித் துடிப்புகளின் உருவாக்கம் ஆகியவற்றிற்காக 2018 ஆம் ஆண்டு நோபெல் பரிசு வழங்கப்பட்டது.
- நுண்துகள்கள் மற்றும் மூலக்கூறுகள் ஆகியவற்றை ஓரிடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு நகர்த்தப் பயன்படும் ஒரு கருவியே ஒளியியல் கிடுக்கி ஆகும். மருத்துவத் துறையில் இதற்கு பல பயன்பாடுகள் உள்ளன. உடலில் உள்ள திசுக்களிலிருந்து (normal tissues) பாக்டீரியா மற்றும் வைரசுகளைப் பிரித்தெடுக்கவும் புற்றுநோய் செல்களிலிருந்து நல்ல நிலையிலுள்ள செல்களை மட்டும் தனியே பிரித்தெடுக்கவும் இவை பயன்படுகின்றன. மின்காந்த அலைகளின் நேர்க்கோட்டு உந்த பண்பைப் பயன்படுத்தியே ஒளியியல் கிடுக்கிகள் செயல்படுகின்றன.
- அதிகளவிலான நேர்க்கோட்டு உந்தத்தை சூரிய ஒளி அளிப்பதால் ஒரு வால் விண்மீனின் பருப்பொருள் நிறை பின்னோக்கி தள்ளப்படுவதால் தான் அதற்கு வால் போன்ற அமைப்பு உருவாகின்றது.
- மின்காந்த அலைகளின் கோண உந்த பண்பை எளிதில் புரிந்து கொள்ளலாம். எதிரெதிர் மின்னூட்டம் தாங்கிய, ஓரச்சில் அமைந்த இரு உள்ளீடற்ற உருளைகளுக்கு இடையில் வரிச்சுருள் ஒன்று வைக்கப்பட்டுள்ள அமைப்பு ஒன்றைக் கருதுக. அவ்வுருளைகளில் பாய்ந்து கொண்டிருக்கும் மாறுதிசை மின்னோட்டம் திடீரென நிறுத்தப்பட்டால், உள் உருளையும் வெளி உருளையும் எதிரெதிர் திசையில் சுழல ஆரம்பிக்கும். மாறுதிசை மின்னோட்டத்தினால் உருவாகும் மின்காந்தப் புலத்தின் கோண உந்தம் இவ்வுருளைகளுக்கு அளிக்கப்படுவதனாலேயே அவை சுழல்கின்றன.

12th Physics_Vol-1_Unit 5_Tamil Medium.indd 274 23-12-2022 17:38:00

எடுத்துக்காட்டு 5.2

ஊடகம் ஒன்றின் ஒப்புமை காந்த உட்புகுதிறன் 2.5 மற்றும் ஒப்புமை மின் விடுதிறன் 2.25 எனில் அவ்வூடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் காண்க.

தீர்வு

ஊடகத்தின் மின்காப்பு மாறிலி (ஒப்புமை விடுதிறன்) $\epsilon_r = 2.25$

காந்த உட்புகுதிறன் $\mu_r = 2.5$

ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்,

$$n = \sqrt{\epsilon_r \mu_r} = \sqrt{2.25 \times 2.5} = 2.37$$

5.2.2 மின்காந்த அலைகளின் மூலங்கள்

ஓய்வில் உள்ள எந்த ஒரு மின்துகளும், மின்புலத்தை மட்டுமே உருவாக்கும் (அலகு 1 ஐ பார்க்கவும்). ஆனால் அம்மின்துகள் சீரான திசைவேகத்தில் இயங்கும்போது மாறாத மின்னோட்டத்தை கடத்தியில் உருவாக்கி, மின்துகள் பாயும் கடத்தியைச் சுற்றிலும் காந்தப்புலத்தை உருவாக்குகிறது (இக்காந்தப்புலம் நேரத்தைச் சார்ந்தல்ல, வெளியைச் சார்ந்தது). மின்னூட்டப்பட்டத் துகள்கள் முடுக்கமடையும் போது, மின்புலத்துடன் கூடுதலாக காந்தப்புலத்தையும் உருவாக்குகிறது. மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலம் இவ்விரண்டு புலங்களும் நேரத்தைப்பொறுத்து மாற்றமடையும் புலங்களாகும். மின்காந்த அலைகள் குறுக்கலைகளாகும். எனவே மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலம் உள்ள தளங்களுக்கு செங்குத்தாக உள்ள திசையில் மின்காந்த அலை பரவும்.

எந்த ஒரு அலைவு இயக்கமும், முடுக்கப்பட்ட இயக்கமாகும்.எனவே,படம் 5.9 இல்காட்டியுள்ளவாறு ஒரு மின்துகளானது மையப்புள்ளியைப் பொறுத்து அலைவுறும்போது, (அல்லது மூலக்கூறு இருமுனை அலைவுறும்போது) மின்காந்த அலைகளைத் தோற்றுவிக்கும்.

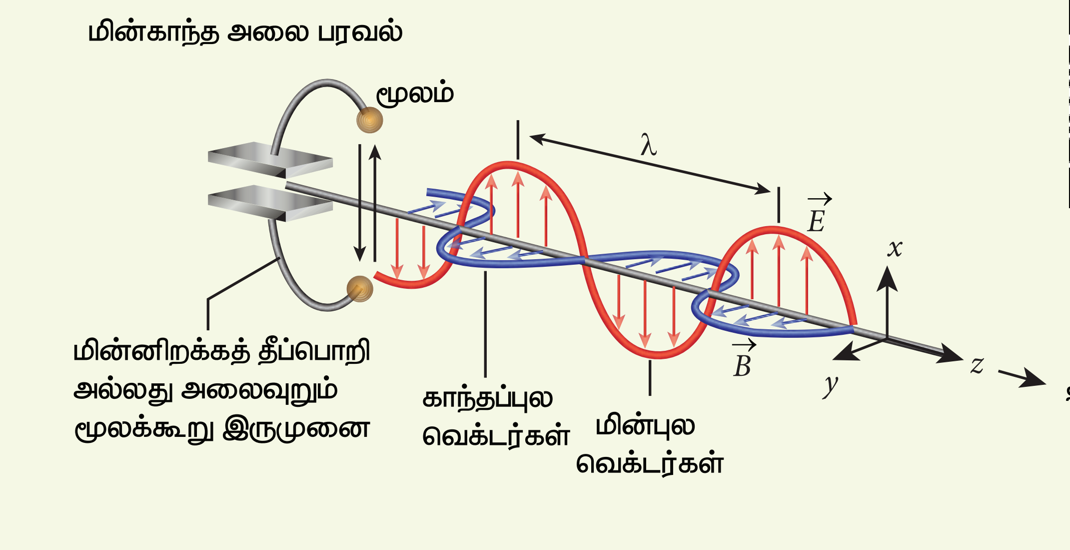
வெற்றிடத்தில் மின்காந்த அலைபரவும் திசை z-அச்சு எனவும், அதன் மின்புல வெக்டரின் திசை x-அச்சு எனவும் கொண்டால் காந்தப்புல வெக்டரின் திசை, அலைபரவும் திசை மற்றும் மின்புல வெக்டரின் திசை இவ்விரண்டு திசைகளுக்கும் செங்குத்தான திசையில் செயல்படும். அதாவது

$$E_x = E_0 \sin(kz - \omega t)$$

$$B_y = B_0 \sin(kz - \omega t)$$

இங்கு E_0 மற்றும் B_0 என்பவை முறையே அலைவுறும் மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலங்களின் வீச்சுக்கள் (amplitude) ஆகும். k என்பது அலை எண், ω என்பது அலையின் கோண அதிர்வெண் மற்றும் $\hat{k}$ (ஓரலகு வெக்டர். இதற்கு பரவு வெக்டர் என்று பெயர்) மின்காந்த அலை பரவும் திசையினைக் காட்டுகிறது.

மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலம் இரண்டும் ஒரு குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணில் (மின்காந்த அலையின் அதிர்வெண்) அதிர்வுறுகின்றன. அந்த அதிர்வெண்



படம் 5.9 அலைவுறும் மின்துகள்கள் – மின்காந்த அலைகளின் மூலங்கள்

12th Physics_Vol-1_Unit 5_Tamil Medium.indd 275 23-12-2022 17:38:01

மின்காந்த அலையின் மூலத்தின் (source of EM wave) அதிர்வெண்ணுக்குச் சமமாகும். (இங்கு அலைவுறும் மின்துகள் மின்காந்த அலைகளைத் தோற்றுவிக்கும் மூலமாகச் செயல்படுகிறது). வெற்றிடத்தில் E_o மற்றும் B_o இன் விகிதம் மின்காந்த அலையின் வேகத்திற்குச் சமமாகும். அதாவது ஒளியின் வேகத்திற்கு (c) சமமாகும்.

$$c = \frac{E_0}{B_0}$$

எந்த ஒரு ஊடகத்திலும் E_o மற்றும் B_o இன் விகிதம் அந்த ஊடகத்தில் பரவும் மின்காந்த அலையின் வேகத்திற்கு (v) சமமாகும். எனவே,

$$v = \frac{E_0}{B_0} < c$$

மேலும் மின்காந்த அலையின் ஆற்றல், அலைவுறும் மின்துகள்களின் இயக்க ஆற்றலிலிருந்து கிடைக்கிறது.

எடுத்துக்காட்டு 5.3

மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலத்தின் வீச்சுகள் முறையே 3×10^4 N C^{-1} மற்றும் 2×10^{-4} T கொண்ட, ஊடகத்தின் வழியே செல்லும் மின்காந்த அலையின் வேகத்தைக் காண்க.

தீர்வு

மின்புலத்தின் வீச்சு, $E_o = 3 \times 10^4$ N C^{-1}

காந்தப்புலத்தின் வீச்சு, $B_o = 2 \times 10^{-4}$ T.

ஊடகத்தின் வழியே பாயும் மின்காந்த அலையின் வேகம்

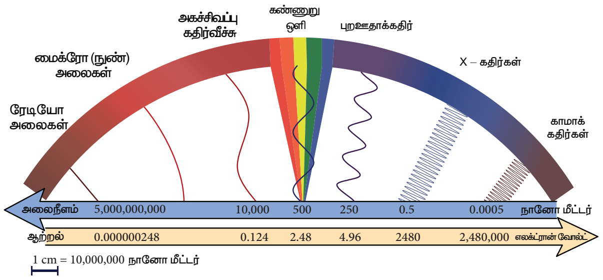
$$v = \frac{E_0}{B_0} = \frac{3\times10^4}{2\times10^{-4}} = 1.5\times10^8\,\mathrm{m\,s^{-1}}$$

5.2.3 மின்காந்த அலை நிறமாலை

அலைநீளம் அல்லது அதிர்வெண்ணின் அடிப்படையில் வரிசைக்கிரமமாக அமைக்கப்பட்ட மின்காந்த அலைகளின் தொகுப்பே, மின்காந்த நிறமாலை (Electromagnetic spectrum) என்று அழைக்கப்படும். இது படம் 5.10 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

ரேடியோ அலைகள் (Radio waves)

மின்சுற்றில் உள்ள அலையியற்றிகளினால் ரேடியோ அலைகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இதன் அதிர்வெண் நெடுக்கம் சில Hz முதல் 10^9 Hz வரை இருக்கும்.



படம் 5.10 மின்காந்த அலை நிறமாலை

இவ்வகை அலைகள் எதிரொளிப்பு மற்றும் விளிம்பு விளைவிற்கு உட்படுகின்றன.

இது வானொலி மற்றும் தொலைக்காட்சி செய்தித்தொடர்பு அமைப்பில் பயன்படுகிறது. மேலும் மீஉயர் அதிர்வெண் பட்டைகளில் செயல்படும் கைப்பேசிகளில் குரல் தகவல் தொடர்பிலும் ரேடியோ அலைகள் பயன்படுகின்றன.

மைக்ரோ அலைகள் (Micro waves)

சிறப்பு வெற்றிடக் குழாய்களான கிளிஸ்ட்ரான், மேக்னட்ரான் மற்றும் கன் டையோடு (gunn diode) ஆகியவற்றால் மைக்ரோ அலைகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இதன் அதிர்வெண் நெடுக்கம் 10^9 Hz முதல் 10^{11} Hz வரை இருக்கும். இவ்வகை அலைகள் எதிரொளிப்பு மற்றும் தளவிளைவிற்கு உட்படுகின்றன.

இது ரேடார் கருவிகளில் விமானங்களை வழிநடத்தியும், அவற்றின் வேகங்களை கண்டறியவும் பயன்படுகிறது. மைக்ரோ அலை சமையல்கலனில் பயன்படுகிறது. மேலும் செயற்கைக்கோள் வழியே நடைபெறும் நீண்டதூர கம்பியில்லா செய்தித்தொடர்பிற்கும் இது பயன்படுகிறது.

அகச்சிவப்புக் கதிர்கள் (infrared rays)

வெப்ப மூலங்களினால் அகச்சிவப்புக் கதிர்வீச்சு உருவாகிறது (இதனை வெப்ப அலைகள் என்றும் அழைக்கலாம்). மேலும் மூலக்கூறுகள் சுழற்சி இயக்கத்தையோ அல்லது அதிர்வியக்கத்தையோ மேற்கொள்ளும்போது அகச்சிவப்புக் கதிர்வீச்சு உருவாகிறது. இதன் அதிர்வெண் நெடுக்கம் 10^{11} Hz முதல் 4×10^{14} Hz வரை காணப்படும்.

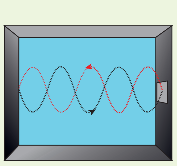
இவை சூரிய மின்கலன் வடிவில் செயற்கைக்கோள்களுக்கு ஆற்றலை அளிக்கிறது. அகச்சிவப்பு கதிர்களைக் கொண்டு பழங்களில் உள்ள நீரினை நீக்கி உலர் பழங்களை உருவாக்குகின்றனர். பசுமை இல்லங்களில் வெப்பக்காப்பனாக இவை பயன்படுகின்றன, தசையில் ஏற்படும் வலி மற்றும் சுளுக்கினை சரிசெய்ய வெப்ப மருத்துவ சிகிச்சை முறையில் இது பயன்படுகிறது. தொலைக்காட்சி பெட்டியில் பயன்படும்

12th Physics_Vol-1_Unit 5_Tamil Medium.indd 276 23-12-2022 17:38:02

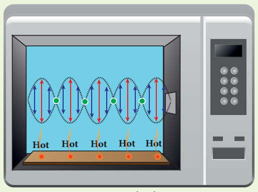
செயல்பாடு

மைக்ரோ அலை சமையல்கலன் கொண்டு ஒளியின் வேகத்தை அளத்தல்:

தற்காலத்தில் உணவுப்பொருட்களை சூடாக்க மைக்ரோ அலை சமையல்கலன் பெரும்பாலும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இந்த வகை சமையல்கலன்களில் 1 mm முதல் 30 cm வரை அலைநீளமுடைய மைக்ரோ அலைகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இந்த அலைகள் மைக்ரோ அலை சமையல்கலனின் உட்புற சுவர்களுக்கிடையே ஓர் நிலைஅலை அமைப்பை (standing wave pattern) உருவாக்குகின்றன. இவ்வமைப்பினைப் பயன்படுத்தி ஒளியின் வேகத்தை பின்வரும் செயல்முறையின் மூலம் அளிக்க முடியும்.



(அ)



(ஆ)

(இ)

(ஈ)

நிலை அலைகளைப்பற்றி நாம் +1 வகுப்பு தொகுதி இரண்டு, அலகு 11 – இல் பயின்றோம். நிலை அலைகள் கணுக்கள் மற்றும் எதிர்க்கணுக்களை குறிப்பிட்ட புள்ளிகளில் பெற்றிருக்கும். கணுப்பகுதியில் அலையின் வீச்சு சுழியாகும். எதிர்க்கணுவில் அலையின் வீச்சு பெருமமாகும். வேறுவகையில் கூறுவோமாயின் மைக்ரோ அலையின் பெரும ஆற்றல் எதிர்கணுப்பகுதியில் அமைந்துள்ளது. சமையல்கலனின் உட்புறம் உள்ள சுழலும் மேடையை நீக்கிவிட்டு சப்பாத்தி அல்லது சாக்லேட் போன்ற உணவுப்பொருளை வைக்கும்போது எதிர்கணுப்பகுதிகள் மற்ற பகுதிகளைவிட அதிகம் சூடாகியிருப்பதைக் காணலாம். இது படம் (இ) மற்றும் (ஈ) யில் காட்டப்பட்டுள்ளது. அதிகம் சூடாகியுள்ள இரண்டு அடுத்தடுத்த பகுதிகளுக்கு இடையேயுள்ள தொலைவு மைக்ரோ அலையின் அரை அலை நீளத்தைக் கொடுக்கும். மைக்ரோ அலையின் அதிர்வெண் சமையல்கலனில் பதிவு செய்யப்பட்டிருக்கும். மைக்ரோ அலையின் அலைநீளம் மற்றும் அதிர்வெண் தெரிந்தால் $v\lambda = c$ என்ற சமன்பாட்டினைப் பயன்படுத்தி ஒளியின் வேகத்தைக் கணக்கிடலாம்.

தொலைக்கட்டுப்பாட்டு உணர்வியில் (Remote) இது பயன்படுகின்றது. மங்கலான மூடுபனியில் எதிரே வரும் வாகனங்களை பார்ப்பதற்கும், இரவு நேரங்களில் பார்ப்பதற்கும், அகச்சிவப்பு புகைப்படம் எடுக்கவும் அகச்சிவப்புக் கதிர்கள் பயன்படுகிறது.

கண்ணுறு ஒளி (Visible light)

வெந்தழல் நிலையில் உள்ள பொருட்களிலிருந்து கண்ணுறு ஒளி கிடைக்கிறது. மேலும் வாயுக்களில் உள்ள கிளர்ச்சியுற்ற அணுக்களும் கண்ணுறு ஒளியை உமிழ்கின்றன. இதன் அதிர்வெண் நெடுக்கம் 4×10^{14} Hz முதல் 8×10^{14} Hz வரை காணப்படும்.

எதிரொளிப்பு, ஒளிவிலகல், குறுக்கீட்டு விளைவு, விளிம்பு விளைவு, தளவிளைவு, ஒளிமின் விளைவு விதிகளுக்கு உட்படுகின்றது. மேலும் புகைப்படம் எடுப்பதிலும் பயன்படுகின்றது. மூலக்கூறு அமைப்பை ஆராயவும், அணுக்களின் வெளிக்கூட்டிலுள்ள எலக்ட்ரான்களின் அமைப்பை அறியவும், கண்களுக்கு பார்வை உணர்வை அளிக்கவும் கண்ணுறு ஒளி பயன்படுகிறது.

புறஊதாக் கதிர்கள் (ultraviolet rays)

சூரியன், மின்வில் மற்றும் அயனியாக்கப்பட்ட வாயுக்களிலிருந்து புறஊதாக் கதிர்வீச்சு கிடைக்கிறது. இதன் அதிர்வெண் நெடுக்கம் 8×10^{14} Hz முதல் 10^{17} Hz வரை காணப்படும்.

இதன் ஊடுருவும் திறன் குறைவு. இப்புற ஊதாக்கதிர்கள் வளிமண்டலத்திலுள்ள ஓசோன் படலத்தால் உட்கவரப்படும். அதே நேரத்தில் இது மனித உடலுக்கு தீமை தரக்கூடியதாகும். பாக்டீரியாக்களைக் கொல்வதற்கும், அறுவை சிகிச்சை கருவிகளிலிருந்து நோய்க்கிருமிகளை நீக்குவதற்கும், திருடர் அறிவிப்பு மணியிலும், மறைந்துள்ள எழுத்துக்களை கண்டுணரவும் விரல் ரேகைகளை கண்டறியவும் மேலும் மூலக்கூறு அமைப்பை அறியவும் பயன்படுகிறது.

X–கதிர்கள் (X-rays)

உயர் அணு எண் கொண்ட தனிமத்தினால் வேகமாகச் செல்லும் எலக்ட்ரானை திடீரென எதிர்முடுக்கமடையச் செய்யும்போது(தடுக்கும்போது) X–கதிர்கள் கிடைக்கின்றன. மேலும் அணுவின் உட்புற சுற்றுப்பாதையில் உள்ள எலக்ட்ரான்களின் மாற்றத்தினாலும் X–கதிர்கள் உருவாகின்றன. இதன் அதிர்வெண் நெடுக்கம் 10^{17} Hz முதல் 10^{19} Hz வரை காணப்படும்.

புறஊதாக்கதிர்களைவிட X–கதிர்களின் ஊடுருவுதிறன் அதிகம். அணுவின் உட்புற எலக்ட்ரான் கூடுகளின் அமைப்பை ஆராயவும், படிக அமைப்பை ஆராயவும் X–கதிர்கள் அதிகமாக பயன்படுகின்றன. மேலும எலும்புமுறிவைக் கண்டறியவும், எலும்புகள் மற்றும் சிறுநீரகக் கற்களின் உருவாக்கத்தை

12th Physics_Vol-1_Unit 5_Tamil Medium.indd 277 23-12-2022 17:38:02

கண்டறியவும், சரிசெய்யப்பட்ட எலும்பின் வளர்ச்சியை கண்டறியவும் இது பயன்படுகிறது. மேலும் உலோக வார்ப்புகளில் உள்ள வெடிப்புகளையும், குறைபாடுகளையும் மற்றும் துளைகளையும் கண்டறிய X–கதிர்கள் பயன்படுகின்றன.

காமா கதிர்கள் (Gamma rays)

அணுக்கருக்களின் மாற்றத்தினாலும், சில அடிப்படைத் துகளின் சிதைவினாலும் காமா கதிர்வீச்சு பெறப்படுகிறது. புகைப்படத்தகடுகளில் வேதி வினையினை காமா கதிர்கள் ஏற்படுத்துகின்றன. ஒளிர்தல், அயனியாதல், விளிம்புவிளைவு போன்றவற்றை ஏற்படுத்துகிறது. இதன் அதிர்வெண் நெடுக்கம் 10^{18} Hzக்கு மேலாக இருக்கும்.

X–கதிர் மற்றும் புறஊதாக்கதிரைவிட காமாகதிரின் ஊடுருவுதிறன் அதிகம். இக்கதிர்வீச்சில் எவ்வித மின்னூட்டமும் இல்லை. ஆனால் இது மனித உடலுக்கு மிகவும் ஆபத்தானதாகும். அணுக்கருவின் அமைப்பை அறிவதற்கு காமாகதிர் பயன்படுகிறது. புற்றுநோய் சிகிச்சைக்குப்பயன்படும் கதிர்வீச்சு மருத்துவ முறையில் காமா கதிர்வீச்சு பெருமளவு பயன்படுகிறது. உணவுப்பொருட்கள் தயாரிப்பிலும், நோய் உருவாக்கும் நுண்கிருமிகளை கொல்வதற்கும் காமாக் கதிர்கள் பயன்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 5.4

மைக்ரோ அலை சமையல்கலனில் உள்ள மேக்னட்ரான் ஒன்று f = 2450 MHz அதிர்வெண் கொண்ட மின்காந்த அலையை உமிழ்கிறது. இந்த அதிர்வெண்ணில் எவ்வளவு காந்தப்புல வலிமைக்கு எலக்ட்ரான்கள் வட்டப்பாதையில் இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும்.

தீர்வு

மின்காந்த அலையின் அதிர்வெண் $f = 2450$ MHz

இதற்கான கோண அதிர்வெண்

$$\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 2450 \times 10^6$$
$$= 15{,}386 \times 10^6 \text{ Hz}$$
$$= 1.54 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$$

காந்தப்புலம் $B = \dfrac{m_e \omega}{|q|}$

எலக்ட்ரானின் நிறை, $m_e = 9.11 \times 10^{-31}$ kg

எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டம்

$$q = -1.60 \times 10^{-19} \text{C}$$
$$\Rightarrow |q| = 1.60 \times 10^{-19} \text{C}$$

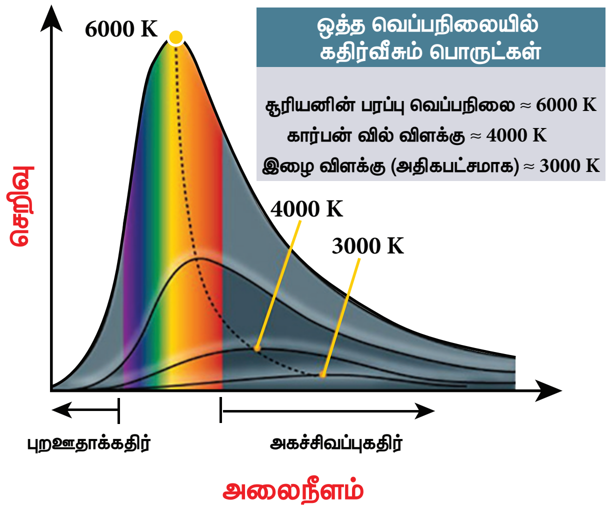
$$B = \frac{(9.11 \times 10^{-31})(1.54 \times 10^{10})}{(1.60 \times 10^{-19})} = 8.7683 \times 10^{-2} \text{T}$$

$$B = 0.08768 \text{ T}$$

இந்த காந்தப்புலத்தை ஓர் நிலையான காந்தத்தைக் கொண்டு உருவாக்கலாம். எனவே 2450 MHz அதிர்வெண் கொண்ட மின்காந்த அலைகளைக் கொண்டு உணவுப்பொருட்களை சூடாக்கலாம் மற்றும் சமைக்கலாம். ஏனெனில் இம் மின்காந்த அலைகளை நீர்மூலக்கூறுகள் வலிமையாக உட்கவரும்.

5.3 நிறமாலையின் வகைகள் – வெளியிடு மற்றும் உட்கவர் நிறமாலை – ஃபிரனாஃபர் வரிகள்

பொருளொன்று எரியும்போது, வண்ணங்களை உமிழ்கிறது. அதாவது அப்பொருள் மின்காந்த கதிர்வீச்சை உமிழ்கிறது. அது வெப்பநிலையைச் சார்ந்ததாகும். பொருளொன்றை வெப்பப்படுத்தும் போது அப்பொருள் வெப்பமடைந்த உடன் சிவப்புநிறத்தில் ஒளிரத் தொடங்குகிறது. மேலும் அப்பொருளை தொடர்ந்து வெப்பப்படுத்தும்போது செம்மை கலந்த ஆரஞ்சு நிறத்தில் ஒளிரும். மேலும் வெப்பப்படுத்தும்போது வெண்ணிறத்தில் ஒளிரும். படம் 5.11 இல் காட்டப்பட்டுள்ள நிறமாலை



படம் 5.11 கரும்பொருள் கதிர்வீச்சு நிறமாலை – வெப்பநிலையைப் பொறுத்து மாற்றம்

பொதுவாக கரும்பொருள் நிறமாலை என்று அழைக்கப்படும் (பதினோராம் வகுப்பு தொகுதி 2 அலகு 8 ஐப் பார்க்கவும்). இது தொடர் அதிர்வெண் (அல்லது அலைநீள) வளைகோடாகும். மேலும் இது பொருளின் வெப்பநிலையைச் சார்ந்ததாகும்.

படம் 5.12 இல் காட்டியுள்ளவாறு வெள்ளொளி ஒன்றை முப்பட்டகம் வழியாக செலுத்தும்போது ஏழுவண்ணங்களாகப் பிரிகை அடையும் திரையில் இதனை தொடர் நிறமாலையாகக் கணக்கிடலாம். இந்நிகழ்ச்சிக்கு ஒளியின் நிறப்பிரிகை என்று பெயர். நிறப்பிரிகையினால் திரையில் பெறப்பட்ட வண்ணங்களின் தொகுப்பே நிறமாலையாகும். இந்த நிறமாலைகள் இரண்டு மிகப்பெரிய பிரிவுகளாக வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன.

படம் 5.12 முப்பட்டகத்தின் வழியே வெள்ளொளியை செலுத்தும்போது நிறப்பிரிகை

(அ) வெளியிடு நிறமாலைகள் (Emission spectra)

சுயஒளிர்வுகொண்ட மூலத்திலிருந்து பெறப்படும் நிறமாலை சுய ஒளிர்வு கொண்ட வெளியிடு நிறமாலையாகும். ஒவ்வொரு ஒளிமூலமும் தனிச்சிறப்பான வெளியிடு நிறமாலையை பெற்றுள்ளது. வெளியிடு நிறமாலையை மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

(i) தொடர் வெளியிடு நிறமாலை (Continuous emission spectrum) அல்லது தொடர் நிறமாலை

ஒளிரும் விளக்கு (மின்னிழை விளக்கு) ஒன்றிலிருந்து வரும் ஒளியை முப்பட்டகத்தின் வழியே செலுத்தும்போது (எளிய நிறமாலைமானி) அது ஏழு வண்ணங்களாகப் பிரிகை அடையும். அதாவது ஊதாவிலிருந்து சிவப்பு வரை உள்ள கண்ணுறு வண்ணங்களின் அலைநீளங்கள் அனைத்தையும் இது பெற்றுள்ளது (படம் 5.13) எடுத்துக்காட்டுகள் : கார்பன் வில் விளக்கிலிருந்து பெறப்படும் நிறமாலை

ஒளிரும் திட, திரவப்பொருட்கள் போன்றவையும் தொடர் நிறமாலைகளைக் கொடுக்கும்.

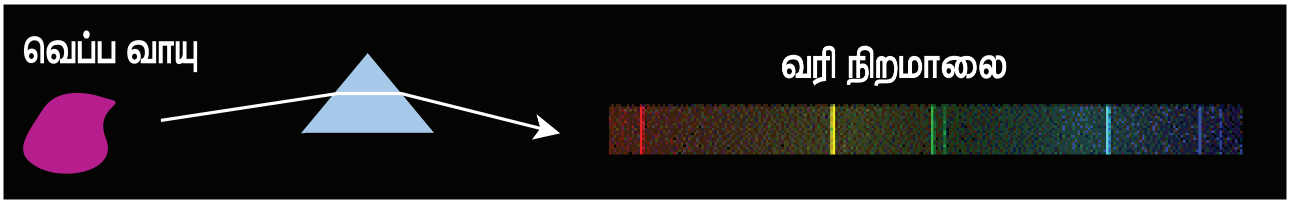
(ii) வரி வெளியிடு நிறமாலை (line emission spectrum) அல்லது வரிநிறமாலை

உயர் வெப்ப நிலையிலுள்ள வாயுவிலிருந்து வெளிவரும் ஒளியை முப்பட்டகத்தின் வழியாக செலுத்தும்போது வரி நிறமாலை பெறப்படுகிறது. இது படம் 5.14 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வரி நிறமாலையை தொடரற்ற நிறமாலை என்றும் அழைக்கலாம். வரையறுக்கப்பட்ட அலைநீளங்கள் அல்லது அதிர்வெண்களைக் கொண்ட கூர்மையான வரிகளை இந்நிறமாலை பெற்றிருக்கிறது. இவ்வகை நிறமாலைகளை கிளர்ச்சியுள்ள அணுக்கள் அல்லது அயனிகள் வெளியிடும். ஒவ்வொரு வரியும் தனிமங்களின் தனித்துவமான பண்புகளை பிரதிபலிக்கின்றன. அதாவது வெவ்வேறு தனிமங்களுக்கு வெவ்வேறு வரிகள் கிடைக்கும். எடுத்துக்காட்டுகள்: அணுநிலையிலுள்ள ஹைட்ரஜன், ஹீலியம் போன்றவை.

(iii) பட்டை வெளியிடு நிறமாலை (Band emission spectra) அல்லது பட்டை நிறமாலை

பட்டை நிறமாலையில் அதிக எண்ணிக்கையிலமைந்த, மிகவும் நெருக்கமான நிறமாலை வரிகள் ஒன்றின் மீது மற்றொன்று

படம் 5.13 தொடர் வெளியிடு நிறமாலை



படம் 5.14 வரி வெளியிடு நிறமாலை

12th Physics_Vol-1_Unit 5_Tamil Medium.indd 279 23-12-2022 17:38:04

மேற்பொருந்தி குறிப்பிட்ட பட்டைகளை உருவாக்குகிறது. இப்பட்டைகள் கருமையான இடைவெளிகளினால் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன, இவ்வகை நிறமாலைகளே பட்டை நிறமாலைகள் ஆகும். இந்நிறமாலையில், பட்டையின் ஒருபுறம் கூர்மையாகவும் (அதிக ஒளிச்செறிவு) மறுபுறம் செல்லச்செல்ல மங்கலாகவும் (குறைந்த ஒளிச்செறிவுடன்) காணப்படும். கிளர்ச்சி நிலையிலுள்ள மூலக்கூறுகள் பட்டை நிறமாலைகளை வெளியிடுகின்றன.

மூலக்கூறுகளின் தனித்துவமான பண்புகளை பட்டை நிறமாலைகள் பிரதிபலிக்கின்றன. எனவே, மூலக்கூறுகளின் கட்டமைப்பை பட்டை நிறமாலையைக் கொண்டு அறியலாம். எடுத்துக்காட்டுகள்: மின்னிறக்கக் குழாயில் உள்ள ஹைட்ரஜன் வாயு, அமோனியா வாயு போன்றவை பட்டை நிறமாலைகளை உமிழ்கின்றன.

(ஆ) உட்கவர் நிறமாலை (Absorbtion spectra)

ஒரு உட்கவர் பொருள் அல்லது ஊடகத்தின் வழியே ஒளியை செலுத்தி, அதிலிருந்து பெறப்படும் நிறமாலையே உட்கவர் நிறமாலையாகும். உட்கவர் பொருளின் பண்புகளை இந்நிறமாலை பெற்றுள்ளது இவை மூன்று வகைகளாக வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன.

(i) தொடர் உட்கவர் நிறமாலை (continuous absorption spectrum)

நீலநிறக் கண்ணாடி வழியே வெள்ளை ஒளியை செலுத்தினால், நீல நிறத்தைத்தவிர மற்ற அனைத்து நிறங்களையும் அக்கண்ணாடி உட்கவர்ந்து கொள்ளும். இது தொடர் உட்கவர் நிறமாலைக்கு ஓர் எடுத்துக்காட்டாகும்.

(ii) வரி உட்கவர் நிறமாலை (line absorption spectrum)

ஒளிரும் மின்னிழை விளக்கலிருந்து வரும் ஒளியை, குளிர்நிலையிலுள்ள வாயுவின் வழியே (ஊடகம்) செலுத்தியபின், முப்பட்டகத்தின் நிறப்பிரிகையினால் பெறப்பட்ட நிறமாலை வரி உட்கவர் நிறமாலையாகும். (படம் 5.15 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது) இதேபோன்று, கார்பன் வில் விளக்கிளிருந்து வரும் ஒளியை சோடிய ஆவி வழியே செலுத்திய பின் கிடைக்கும் நிறமாலையில், தொடர் நிறமாலையின் மஞ்சள் வண்ணப்பகுதியில் இரண்டு கருங்கோடுகள் காணப்படும்.

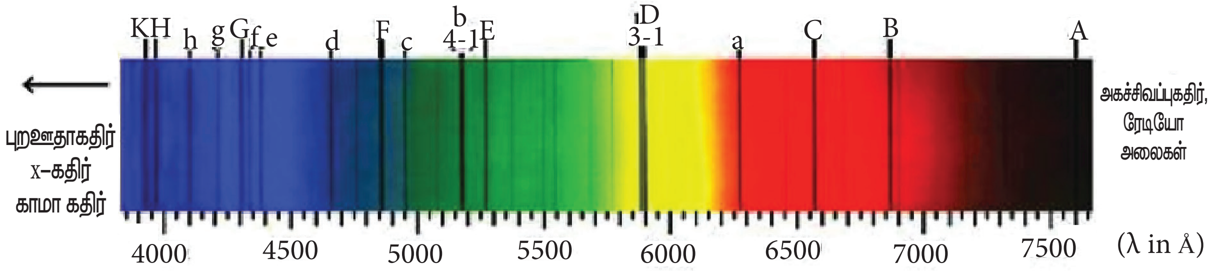
(iii) பட்டை உட்கவர் நிறமாலை (Band absorption spectrum)

வெள்ளை ஒளியை அயோடின் வாயுத்துகள்கள் வழியே செலுத்திய பின் கிடைக்கும் நிறமாலையில், பிரகாசமான தொடர் வெண்மைநிற பின்னணியில் கரும்பட்டைகள் காணப்படும். இக்கரும்பட்டைகள் பட்டை உட்கவர் நிறமாலையாகும். இது போன்றே, வெள்ளை ஒளியை நீர்த்த நிலையிலுள்ள இரத்தம் அல்லது தாவரத்தின் பச்சையம் (chlorophyll) அல்லது சில கனிம அல்லது கரிம கரைசல்களின் வழியே செலுத்தும்போது பட்டை உட்கவர் நிறமாலைகளைப் பெறலாம்.

ஃபிரனாஃபர் வரிகள்

சூரியனிலிருந்து பெறப்பட்ட நிறமாலையை ஆய்வுசெய்யும்போது, அந்நிறமாலையில் பல கருங்கோடுகள் காணப்படுகின்றன (வரி உட்கவர் நிறமாலை). சூரிய நிறமாலையில் காணப்படும் இக்கருங்கோடுகளுக்கு ஃபிரனாஃபர் வரிகள் என்று பெயர் (படம் 5.16 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது). பல்வேறு பொருட்களின் உட்கவர் நிறமாலைகளை சூரிய நிறமாலையிலுள்ள ஃபிரனாஃபர் வரிகளுடன் ஒப்பிட்டு, சூரிய வளிமண்டலத்தில் காணப்படும் தனிமங்களை கண்டறியலாம்.

படம் 5.15 வரி உட்கவர் நிறமாலை



படம் 5.16 சூரியநிறமாலை – ஃபிரனாஃபர் வரிகள்

12th Physics_Vol-1_Unit 5_Tamil Medium.indd 280 23-12-2022 17:38:04

பாடச்சுருக்கம்

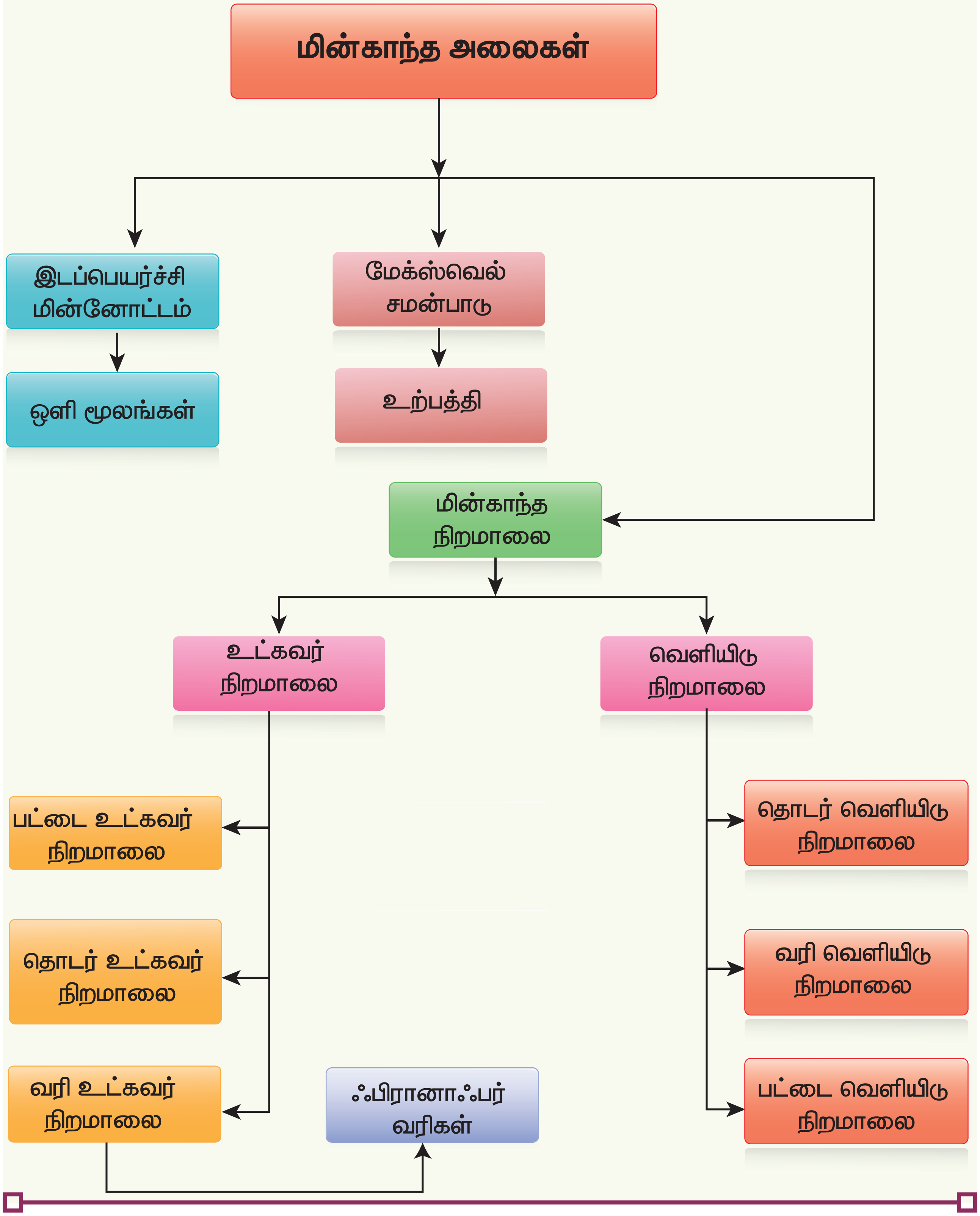
- நேரத்தைப் பொறுத்து எங்கெல்லாம் மின்புலமும், மின்புலபாயமும் மாற்றமடைகிறதோ அங்கெல்லாம் இடம்பெறுகின்ற மின்னோட்டமே இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டமாகும்.
- மேக்ஸ்வெல்லினால் சீரமைக்கப்பட்ட ஆம்பியரின் விதி

$$\oint \vec{B} \cdot \vec{dl} = \mu_o i = \mu_o \left(i_c + i_d \right).$$

- முடுக்கப்பட்ட மின்துகள்கள் மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலங்களுடன் இணைந்த மின்காந்த அலைகளை வெளியில் கதிர்வீசுகின்றன. மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலம் இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாகவும் மேலும், மின்காந்த அலை பரவும் திசைக்கு செங்குத்தாகவும் அலைவுறுகின்றன.
- மின்காந்த அலைகள் குறுக்கலைகளாகும். அவை இயந்திர அலைகள் அல்ல. எனவே அவை பரவுவதற்கு எவ்விதமான ஊடகமும் அவசியமில்லை.
- மின்காந்த அலையின் மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புல வெக்டர்களின் எண்மதிப்பு பின்வருமாறு தொடர்புபடுத்தப்பட்டுள்ளது, $c = E/B$.
- மின்காந்த அலைகள் குறுக்கீட்டு விளைவு, விளிம்பு விளைவு மேலும் தளவிளைவையும் அடைகின்றன.
- மின்காந்த அலைகளானது ஆற்றல் மற்றும் உந்தத்தை மட்டுமல்லாமல் கோண உந்தத்தையும் சுமந்து செல்கிறது.
- வெளியிடு நிறமாலை மற்றும் உட்கவர் நிறமாலை என்று நிறமாலையை இரண்டு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.
- தானாக ஒளிரும் ஒளி மூலத்திலிருந்து வெளியிடு நிறமாலையைப் பெறலாம். ஒவ்வொரு ஒளி மூலமும் அவற்றின் தனித்துவமான வெளியிடு நிறமாலையைப் பெற்றுள்ளன. வெளியிடு நிறமாலையை மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். தொடர், வரி மற்றும் பட்டை நிறமாலைகள்.
- சூரியனிடமிருந்து கிடைக்கும் நிறமாலையை பகுத்து ஆராயும்போது, அதில் அதிக எண்ணிக்கையில் கருங்கோடுகள் (வரி உட்கவர் நிறமாலை) காணப்படும். சூரிய நிறமாலையில் காணப்படும் இக்கருங்கோடுகளுக்கு ஃபிரனாஃபர் வரிகள் என்று பெயர்.

12th Physics_Vol-1_Unit 5_Tamil Medium.indd 281 23-12-2022 17:38:04

கருத்து வரைபடம்



12th Physics_Vol-1_Unit 5_Tamil Medium.indd 282 23-12-2022 17:38:04

I சரியான விடையை தேர்ந்தெடுத்து எழுதுக

1. $\frac{1}{\mu_o \varepsilon_o}$ இன் பரிமாணம்
   (a) $[L\,T^{-1}]$ (b) $[L^2\,T^{-2}]$
   (c) $[L^{-1}\,T]$ (d) $[L^{-2}\,T^2]$

2. மின்காந்த அலை ஒன்றின் காந்தப்புலத்தின் எண்மதிப்பு 3×10^{-6} T எனில், அதன் மின்புலத்தின் மதிப்பு என்ன ?
   (a) 100 V m^{-1} (b) 300 V m^{-1}
   (c) 600 V m^{-1} (d) 900 V m^{-1}

3. எந்த மின்காந்த அலையைப் பயன்படுத்தி மூடுபனியின் வழியே பொருட்களைக் காண இயலும்
   (a) மைக்ரோ அலை
   (b) காமாக்கதிர்வீச்சு
   (c) X- கதிர்கள்
   (d) அகச்சிவப்புக்கதிர்கள்

4. மின்காந்த அலைகளைப் பொறுத்து பின்வருவனவற்றுள் எவை தவறான கூற்றுகளாகும்?
   (a) குறுக்கலை
   (b) இயந்திர அலைகள் அல்ல
   (c) நெட்டலை
   (d) முடுக்கப்பட்ட மின்துகள்களினால் உருவாக்கப்படுகின்றன

5. அலையியற்றி ஒன்றைக் கருதுக. அதில் உள்ள மின்னூட்டப்பட்டத் துகளொன்று அதன் சராசரிப்புள்ளியைப் பொறுத்து 300 MHz அதிர்வெண்ணில் அலைவுறுகிறது எனில், அலையியற்றியால் உருவாக்கப்பட மின்காந்த அலையின் அலைநீளத்தின் மதிப்பு
   (a) 1 m (b) 10 m
   (c) 100 m (d) 1000 m

6. மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலத்தோடு இணைந்த மின்காந்த அலையொன்று எதிர்க்குறி x அச்சுத்திசையில் பரவுகிறது. பின்வருவனவற்றுள் எச்சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி அந்த மின்காந்த அலையினை குறிப்பிடலாம்.
   (a) $\vec{E} = E_o\hat{j}$ மற்றும் $\vec{B} = B_o\hat{k}$
   (b) $\vec{E} = E_o\hat{k}$ மற்றும் $\vec{B} = B_o\hat{j}$
   (c) $\vec{E} = E_o\hat{i}$ மற்றும் $\vec{B} = B_o\hat{j}$
   (d) $\vec{E} = E_o\hat{j}$ மற்றும் $\vec{B} = B_o\hat{i}$

7. வெற்றிடத்தில் பரவும் மின்காந்த அலை ஒன்றின் மின்புலத்தின் சராசரி இருமடிமூல மதிப்பு (rms) 3 V m^{-1} எனில் காந்தப்புலத்தின் உச்சமதிப்பு என்ன?
   (a) 1.414×10^{-8} T (b) 1.0×10^{-8} T
   (c) 2.828×10^{-8} T (d) 2.0×10^{-8} T

8. $\vec{v} = v\hat{i}$ என்ற திசைவேகத்துடன் மின்காந்த அலை ஒரு ஊடகத்தில் பரவுகின்றது. இவ்வலையின் மாறுதிசை மின்புலம் $+y$-அச்சின் திசையில் இருந்தால், அதன் மாறுதிசை காந்தப்புலம் ________ இருக்கும்.
   (a) $-y$ திசையில் (b) $-x$ திசையில்
   (c) $+z$ திசையில் (d) $-z$ திசையில்

9. காந்த ஒரு முனை (magnetic monopole) ஒன்று தோன்றுகிறது எனக் கருதினால், பின்வரும் மேக்ஸ்வெல் சமன்பாடுகளில் எச்சமன்பாட்டை மாற்றியமைக்க வேண்டும்?
   (a) $\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\text{மூடப்பட்ட}}}{\epsilon_o}$ (b) $\oint \vec{B}\cdot d\vec{A} = 0$
   (c) $\oint \vec{B}\cdot\overrightarrow{dl} = \mu_o I_{\text{மூடப்பட்ட}} + \mu_0\varepsilon_0 \frac{d}{dt}\int_s \vec{E}.\overrightarrow{dA}$
   (d) $\oint \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt}\Phi_B$

10. பிரான்ஹோபர் வரிகள் எவ்வகை நிறமாலைக்கு எடுத்துக்காட்டு?
    (a) வரி வெளியிடு (b) வரி உட்கவர்
    (c) பட்டை வெளியிடு (d) பட்டை உட்கவர்

12th Physics_Vol-1_Unit 5_Tamil Medium.indd 283 23-12-2022 17:38:07

11. பின்வருவனவற்றுள் எது மின்காந்த அலையாகும்?

(a) α - கதிர்கள் (b) β - கதிர்கள்

(c) γ - கதிர்கள் (d) இவை அனைத்தும

12. பின்வருவனவற்றுள் எது மின்காந்த அலையை உருவாக்கப்பயன்படுகிறது?

(a) முடுக்குவிக்கப்பட்ட மின்துகள்

(b) சீரான திசைவேகத்தில் இயங்கும் மின்துகள்

(c) ஓய்வுநிலையிலுள்ள மின்துகள்

(d) மின்னூட்டமற்ற ஒரு துகள்

13. ஒரு சமதள மின்காந்த அலையின் மின்புலம் $E = E_o \sin [10^6 x - \omega t]$ எனில் ω வின் மதிப்பு என்ன?

(a) 0.3×10^{-14} rad s^{-1}

(b) 3×10^{-14} rad s^{-1}

(c) 0.3×10^{14} rad s^{-1}

(d) 3×10^{14} rad s^{-1}

14. பின்வருவனவற்றுள் மின்காந்த அலையைப் பொறுத்து தவறான கூற்றுகள் எவை?.

(a) இது ஆற்றலைக் கடத்துகிறது

(b) இது உந்தத்தைக் கடத்துகிறது

(c) இது கோண உந்தத்தைக் கடத்துகிறது

(d) வெற்றிடத்தில் அதன் அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்து வெவ்வேறு வேகங்களில் பரவுகிறது.

15. மின்காந்த அலையின் மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலங்கள்

(a) ஒரே கட்டத்தில் உள்ளன. மேலும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்து

(b) ஒரே கட்டத்தில் இல்லை. மேலும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்து இல்லை

(c) ஒரே கட்டத்தில் உள்ளன. மேலும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்து இல்லை

(d) ஒரே கட்டத்தில் இல்லை. மேலும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்து

விடைகள்:

1) b	**2)** d	**3)** d	**4)** c	**5)** a
6) b	**7)** a	**8)** c	**9)** b	**10)** b
11) c	**12)** a	**13)** d	**14)** d	**15)** a

II சிறு வினாக்கள்

1. இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் என்றால் என்ன?
2. மின்காந்த அலைகள் என்றால் என்ன?
3. சீரமைக்கப்பட்ட ஆம்பியரின் சுற்று விதியின் தொகையீட்டு வடிவத்தை எழுதுக.
4. காந்தவியலின் காஸ் விதியைப் பற்றி குறிப்பு வரைக.
5. பின்வருவனவற்றின் பயன்பாடுகளைக் கூறுக: (i) அகச்சிகப்பு கதிர்கள், (ii) மைக்ரோ அலைகள் மற்றும் (iii) புற ஊதாக் கதிர்கள்
6. பிரான்ஹோபர் வரிகள் என்றால் என்ன? சூரியனிலுள்ள தனிமங்களைக் கண்டறிவதில் அவை எவ்வாறு உதவுகின்றன?
7. ஆம்பியர்–மேக்ஸ்வெல் விதியைப் பற்றி குறிப்பு வரைக.
8. மின்காந்த அலைகள் ஏன் இயந்திர அலைகள் அல்ல?

III நெடுவினாக்கள்

1. மேக்ஸ்வெல் சமன்பாடுகளை தொகை நுண்கணித வடிவில் எழுதுக.
2. சிறு குறிப்பு வரைக (அ) மைக்ரோ அலை (ஆ) X–கதிர் (இ) ரேடியோ அலைகள் (ஈ) கண்ணுறு நிறமாலை
3. ஹெர்ட்ஸ் ஆய்வை விளக்கவும்.
4. ஆம்பியரின் சுற்று விதியில் மேக்ஸ்வெல் செய்த மாற்றத்தை விளக்கவும்.
5. மேக்ஸ்வெல் செய்த திருத்தத்தின் முக்கியத்துவத்தை விளக்குக.
6. மின்காந்த அலைகளின் பண்புகளைக் கூறுக.
7. மின்காந்த அலைகளின் மூலங்களைப் பற்றி விளக்கவும்.
8. வெளியிடு நிறமாலையின் வகைகளை விளக்கவும்.
9. உட்கவர் நிறமாலையின் வகைகளை விளக்கவும்.

IV கணக்குகள்

1. இலேசான பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ள இணைத்தட்டு மின்தேக்கி ஒன்றைக் கருதுக. தகடுகளின் ஆரம் R எனவும் இரண்டு தகடுகளையும் இணைக்கும் கடத்தியின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் 5A எனவும் கொண்டு, தகடுகளின் வழியே ஓரலகு நேரத்தில் மாற்றமடையும் மின்புலபாயத்தை நேரடியாகக்

கணக்கிட்டு, அதன்மூலம் இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் தகடுகளுக்கு நடுவே உள்ள சிறிய இடைவெளியில் தகடுகளின் வழியே பாயும் இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடுக

விடை: $I_d = I_c = 5$ A

2. பரப்பி ஒன்றின் LC சுற்றில் உள்ள மின்தூண்டியின் மதிப்பு 1 μH மற்றும் மின்தேக்கியின் மதிப்பு 1 μF என்க. இப்பரப்பியில் தோற்றுவிக்கப்படும் மின்காந்த அலையின் அலைநீளம் என்ன ?

விடை : 18.84×10^2 m

3. 10^{-6} s நேர அளவு கொண்ட ஒளித்துடிப்பு ஒன்று தொடக்கத்தில் ஓய்வு நிலையில் உள்ள சிறிய பொருளினால் முழுவதும் உட்கவரப்படுகிறது. ஒளித்துடிப்பின் திறன் 60×10^{-3} W எனில், அச்சிறிய பொருளின் இறுதி உந்தத்தைக் கணக்கிடு

விடை: 20×10^{-17} kg m s^{-1}

4. x அச்சுத்திசையில் பரவும் மின்காந்த அலை ஒன்றைக் கருதுக. y அச்சுத்திசையில் செயல்படும் காந்தப்புலத்தின் அலைவுகளின் அதிர்வெண் 10^{10} Hz மற்றும் அதன் வீச்சு 10^{-5} T எனில், மின்காந்த அலையின் அலைநீளத்தைக் கணக்கிடு. மேலும் இந்நிகழ்வில் தோன்றும் மின்புலத்தின் சமன்பாட்டினையும் எழுதுக.

விடை: $\lambda = 3 \times 10^{-2}$ m மற்றும்

$$\vec{E}(x,t) = 3\times10^3 \sin\left(2.09\times10^2 x - 6.28\times10^{10} t\right)(-\hat{k}\ )\mathrm{N\,C^{-1}}$$

5. ஊடகம் ஒன்றின் ஒப்புமை உட்புகுதிறன் மற்றும் ஒப்புமை விடுதிறன்கள் முறையே 1.0 மற்றும் 2.25 எனில், அவ்வூடகத்தின் வழியே பரவும் மின்காந்த அலையின் வேகத்தைக் காண்க.

விடை: $v = 2 \times 10^8$ m s^{-1}

மேற்கோள் நூல்கள் (BOOKS FOR REFERENCE)

1. H. C. Verma, *Concepts of Physics – Volume 2*, Bharati Bhawan Publisher.
2. Halliday, Resnick and Walker, *Fundamentals of Physics*, Wiley Publishers, 10th edition.
3. Serway and Jewett, *Physics for scientist and engineers with modern physics*, Brook/Coole publishers, Eighth edition.
4. David J. Griffiths, *Introduction to electrodynamics*, Pearson publishers.
5. Paul Tipler and Gene Mosca, *Physics for scientist and engineers with modern physics*, Sixth edition, W.H.Freeman and Company.

12th Physics_Vol-1_Unit 5_Tamil Medium.indd 285 23-12-2022 17:38:07

இணையச் செயல்பாடு

மின்காந்த அலைகள்

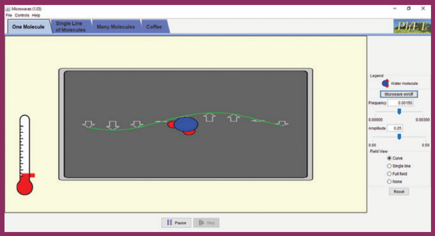
நோக்கம்: மைக்ரோ அலை சமையல்கலன் மூலம் உணவு எவ்வாறு சமைக்கப்படுகிறது என்பதை மாணவர்கள் புரிந்துகொள்வார்கள்.

தலைப்பு:
மைக்ரோ அலை சமையல்கலன்

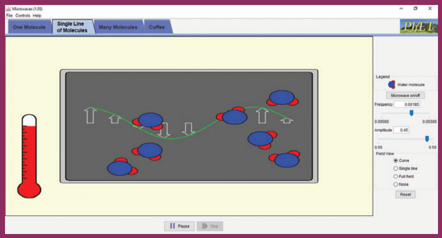
படிகள்

- "phet.colorado.edu/en/simulation/microwaves" என்ற வலைப்பக்கத்திற்கு செல்லுங்கள்.
- 'one molecule' என்ற தாவலை சொடுக்கவும். வலது பக்கத்தில் இருக்கும் on பொத்தானை சொடுக்கி சமையல்கலனை செயல்படச் செய்யுங்கள்.
- 'one molecule' என்ற தாவலை சொடுக்கி மைக்ரோ அலைகளின் விசை உணவிலிருக்கும் நீர் மீது எவ்வாறு செயல்படுகிறது என்பதை கவனியுங்கள்.
- மைக்ரோ அலைகள், உணவிலுள்ள நீர் மூலக்கூறுகளை சுழலச் செய்து வெப்ப ஆற்றலை உருவாக்கி உணவினை சமைப்பதை கவனியுங்கள்.
- மைக்ரோ அலைகளின் வீச்சு மற்றும் அதிர்வெண்ணை மாற்றம் செய்யும் போது நீர் மூலக்கூறுகளின் சுழற்சி வேகம் மாறுகிறதா ? எவ்வாறு மாறுகிறது?

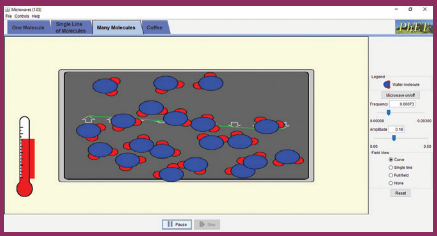
படி 1



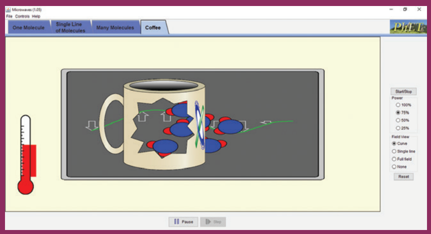
படி 2



படி 3



படி 4



நீர் மூலக்கூறுகளின் சுழற்சி வேகத்திற்கும் சமைக்கும் நேரத்திற்கான தொடர்பை விவாதியுங்கள்.

குறிப்பு:

உங்கள் உலாவியில் flash player இல்லையென்றால் அதனை நிறுவவும். நீங்கள் 'phet' பாவிப்பியை அகல்நிலையில் பயன்படுத்த இந்த உரலியை சொடுக்குங்கள். https://phet.colorado.edu/en/offline–access.

உரலி:

https://phet.colorado.edu/en/simulation/microwaves

*படங்கள் அடையாளத்திற்கு மட்டும்.

* தேவையெனில் Flash Player or Java Script அனுமதிக்க.

12th Physics_Vol-1_Unit 5_Tamil Medium.indd 286 23-12-2022 17:38:08

மேனிலை இரண்டாம் ஆண்டு

இயற்பியல்

செய்முறை

சோதனைகளின் பட்டியல்

1. மீட்டர் சமனச்சுற்றைப் பயன்படுத்தி, கொடுக்கப்பட்ட கம்பிச்சுருள் செய்யப்பட்ட பொருளின் மின்தடை எண்ணைக் கண்டறிதல்.

2. டேஞ்சன்ட் கால்வனாமீட்டரைப் பயன்படுத்தி, புவிக்காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறின் மதிப்பை கண்டுபிடித்தல்.

3. மின்னழுத்தமானியைப் பயன்படுத்தி, கொடுக்கப்பட்டுள்ள மின்கலன்களின் மின்னியக்குவிசையை ஒப்பிடுதல்.

4. நிறமாலைமானியைப் பயன்படுத்தி, முப்பட்டகத்தின் கோணம் மற்றும் சிறும திசை மாற்றக்கோணம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிட்டு, முப்பட்டகம் செய்யப்பட்ட பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் கண்டறிதல்.

5. விளிம்பு விளைவு கீற்றணி மற்றும் நிறமாலைமானி ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்தி செங்குத்து படுகதிர் முறை மூலம் ஒரு தொகுப்பு ஒளியின் (வெள்ளை நிற ஒளி) அலைநீளத்தை கண்டுபிடித்தல் (கீற்றணியின் ஓரலகு நீளத்தில் உள்ள கோடுகளின் எண்ணிக்கை கொடுக்கப்பட்டுள்ளது).

6. PN சந்தி டையோடின் மின்னழுத்த வேறுபாடு–மின்னோட்ட $(V - I)$ பண்பு வரைகோடுகளை (Characteristic curves) ஆராய்தல்.

7. செனார் டையோடின் மின்னழுத்த வேறுபாடு–மின்னோட்ட $(V - I)$ பண்பு வரைகோடுகளை (Characteristic curves) ஆராய்தல்.

8. பொது உமிழ்ப்பான் சுற்று அமைப்பில் NPN சந்தி டிரான்சிஸ்டரின் நிலையான பண்பு வரைகோடுகளை (Static characteristic curves) ஆராய்தல்.

9. தொகுப்புச்சுற்றுகளைக் கொண்டு, தர்க்க வாயில்களின் உண்மை அட்டவணைகளைச் சரிபார்த்தல்.

10. தொகுப்புச் சுற்றுகளைப் பயன்படுத்தி, டீ மார்கன் தேற்றங்களைச் சரிபார்த்தல்.

3IJ8P

12th Physics_Vol-1_Pratical_Tamil Medium.indd 288 23-12-2022 17:23:17

1. மீட்டர் சமனச்சுற்றைப் பயன்படுத்தி கம்பிச்சுருள் செய்யப்பட்ட பொருளின் மின்தடை எண் கண்டறிதல்

நோக்கம் மீட்டர் சமனச்சுற்றைப் பயன்படுத்தி கொடுக்கப்பட்ட கம்பிச்சுருள் செய்யப்பட்ட பொருளின் மின்தடை எண்ணை கண்டுபிடித்தல்.

தேவையான கருவிகள் மீட்டர் சமனச்சுற்று, கால்வனாமீட்டர், சாவி, மின்தடைப்பெட்டி, இணைப்புக் கம்பிகள், லெக்லாஞ்சி மின்கலம், தொடுசாவி மற்றும் உயர் மின்தடை.

வாய்ப்பாடு

$$\rho = \frac{X\pi r^2}{L} \quad (\Omega m)$$

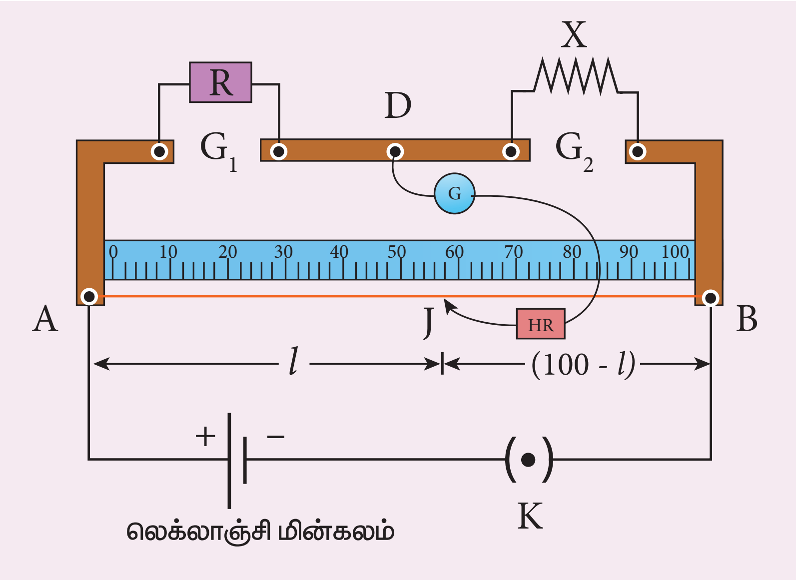
இங்கு, $\rho \rightarrow$ கம்பிச்சுருளின் மின்தடை எண் (Ωm)

$X \rightarrow$ கொடுக்கப்பட்ட கம்பிச்சுருளின் மின்தடை (Ω)

$L \rightarrow$ கம்பிச்சுருளின் நீளம் (m)

$r \rightarrow$ கம்பியின் ஆரம் (m)

மின்சுற்று வரைப்படம்



செய்முறை:

- மீட்டர் சமனச்சுற்றின் இடது இடைவெளியில் மின்தடைப்பெட்டி R–ம், வலது இடைவெளியில் கண்டறிய வேண்டிய மின்தடை X–ம் இணைக்கப்படுகின்றன.
- $1\ m$ நீளமுள்ள கம்பிக்கு குறுக்கே லெக்லாஞ்சி மின்கலம் ஒன்று சாவி வழியே இணைக்கப்படுகிறது.
- உணர்திறன் மிக்க கால்வனாமீட்டர் G–ஆனது தாமிரப்பட்டையின் மையப்புள்ளிக்கும் தொடுசாவி J–க்கும் இடையே உயர் மின்தடை (HR) வழியே இணைக்கப்படுகிறது.
- மின்தடைப்பெட்டியில் தகுந்த மின்தடை தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டு, மின்சுற்று இயக்கப்படுகிறது.
- மின்சுற்றின் இணைப்புகளைச் சரிபார்ப்பதற்கு தொடுசாவியானது கம்பியின் A முனையில் தொடப்படுகிறது. கால்வனாமீட்டரின் விலகல் ஒரு திசையில் அமையும். தொடுசாவியை கம்பியின்

12th Physics_Vol-1_Pratical_Tamil Medium.indd 289 23-12-2022 17:23:18

மறுமுனையான B–ல் தொடும் போது கால்வனாமீட்டர் விலகல் எதிர்திசையில் அமைகிறது. இது மின்சுற்றின் இணைப்புகள் சரியாக உள்ளன என்பதை உறுதி செய்கிறது.

- தொடுசாவியை கம்பியின் மீது நகர்த்தி, கால்வனாமீட்டரில் சுழி விலகலை ஏற்படுத்தும் சமன்செய் புள்ளி J கண்டறியப்படுகிறது.
- அதிலிருந்து சமன்செய் நீளம் $AJ = l$ அளவிடப்படுகிறது.
- $X_1 = \frac{R(100-l)}{l}$ எனும் வாய்ப்பாட்டைப் பயன்படுத்தி, மின்தடையின் மதிப்பு X_1 கண்டறியப்படுகிறது.
- R–ன் வெவ்வேறு மதிப்புகளுக்கு சோதனை மீண்டும் செய்யப்படுகிறது.
- R மற்றும் X ஆகியவற்றை இடப்பரிமாற்றம் செய்து, சோதனை மீண்டும் செய்யப்படுகிறது.
- $X_2 = \frac{Rl}{(100-l)}$ எனும் வாய்ப்பாட்டைப் பயன்படுத்தி, மின்தடையின் மதிப்பு X_2 கண்டறியப்படுகிறது.
- முதல் நேர்வில் பயன்படுத்திய R–இன் மதிப்புகளுக்கு சோதனை மீண்டும் செய்யப்படுகிறது.
- X_1 மற்றும் X_2 ஆகியவற்றின் சராசரி மதிப்பானது கொடுக்கப்பட்ட கம்பிச்சுருளின் மின்தடை X ஆகும்.
- திருகு அளவியைப் பயன்படுத்தி, கம்பியின் ஆரம் r கண்டுபிடிக்கப்படுகிறது.
- மீட்டர் அளவுகோலின் மூலம் கம்பிச்சுருளின் நீளம் L அளவிடப்படுகிறது.
- X, r மற்றும் L ஆகியவற்றின் மதிப்புகளிலிருந்து கம்பிச்சுருள் செய்யப்பட்ட பொருளின் மின்தடை எண் கண்டறியப்படுகிறது.

காட்சிப்பதிவுகள்

கம்பிச்சுருளின் நீளம், L = ______________ cm

அட்டவணை 1:

கொடுக்கப்பட்ட கம்பிச்சுருளின் மின்தடையைக் கண்டுபிடித்தல்

வ.எண்	மின்தடை R (Ω)	இடப்பரிமாற்றத்திற்கு முன்பு		இடப்பரிமாற்றத்திற்கு பின்பு		சராசரி $X = \frac{X_1+X_2}{2}$ (Ω)
		சமன்செய் நீளம், l (cm)	$X_1 = \frac{R(100-l)}{l}$ (Ω)	சமன்செய் நீளம், l (cm)	$X_2 = \frac{Rl}{(100-l)}$ (Ω)	
1						
2						
3						

சராசரி மின்தடை, X = ________ Ω

12th Physics_Vol-1_Pratical_Tamil Medium.indd 290 23-12-2022 17:23:22

அட்டவணை 2:

கம்பியின் ஆரத்தைக் கண்டுபிடித்தல்

சுழிப்பிழை =

சுழித்திருத்தம் (*zc*) = மீச்சிற்றளவு = 0.01 *mm*

வ.எண்	புரிக்கோல் அளவு *PSR* (*mm*)	தலைக்கோல் ஒன்றிணைவு *HSC* (*div.*)	மொத்த அளவீடு $TR = PSR + (HSC \times LC)$ (*mm*)	சரிசெய்யப்பட்ட அளவீடு $= TR \pm ZC$ (*mm*)
1				
2				
3				

சராசரி விட்டம் 2*r* =………………….. *mm*

கம்பியின் ஆரம் *r* =………………….. *mm*

r = ………………….. $\times 10^{-3} m$

கணக்கீடு

(i) $\rho = \dfrac{X\pi r^2}{L} =$

முடிவு:

கொடுக்கப்பட்ட கம்பிச்சுருளின் மின்தடை எண் = ………………….. (Ωm)

குறிப்பு

1. **மின் இணைப்புகளைச் சரிபார்த்தல்:**

   மின்சுற்றின் இணைப்புகளைச் சரிபார்ப்பதற்கு தொடுசாவியானது கம்பியின் A முனையில் தொடப்படுகிறது. கால்வனாமீட்டரின் விலகல் ஒரு திசையில் அமையும். தொடுசாவியை கம்பியின் மறுமுனையான B–ல் தொடும் போது கால்வனாமீட்டரின் விலகல் எதிர்திசையில் அமைகிறது. இது மின்சுற்றின் இணைப்புகள் சரியாக உள்ளன என்பதை உறுதி செய்கிறது.

2. **உயர் மின்தடையின் பயன்பாடு:** (HR - High resistance)

   கால்வனாமீட்டர் உணர்திறன் அதிகம் உள்ள கருவியாகும். அதிக அளவு மின்னோட்டம் அதன் வழியே பாயும் போது, கால்வனாமீட்டரின் கம்பிச்சுருள் பாதிப்படையும். எனவே, கால்வனாமீட்டரை பாதுகாப்பதற்கு உயர் மின்தடை (HR) பயன்படுத்தப்படுகிறது. கால்வனாமீட்டருடன் உயர் மின்தடை தொடரிணைப்பில் உள்ளபோது, சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம் குறைகிறது. ஆதலால் கால்வனாமீட்டர் பாதுகாக்கப்படுகிறது. ஆனால் சமன்செய் நீளம் துல்லியமாக இருக்காது.

3. **துல்லியமான சமன்செய் நீளத்தை கண்டுபிடித்தல்.**

   முதலில் உயர்மின் தடையை மின்சுற்றில் இணைக்க வேண்டும் (அதாவது, உயர்மின் தடையின் சொருகு சாவியை நீக்க வேண்டும்). தோராயமான சமன்செய் நீளம் கண்டுபிடிக்கப்படுகிறது. பின்னர் உயர் மின்தடையை சுற்றில் இருந்து நீக்க வேண்டும் (அதாவது உயர் மின்தடையின் சொருகு சாவியை பொருத்த வேண்டும்). தற்போது கண்டறியப்படும் சமன்செய் நீளம் துல்லியமாக இருக்கும்.

12th Physics_Vol-1_Pratical_Tamil Medium.indd 291 23-12-2022 17:23:23

2. டேஞ்சன்ட் கால்வனா மீட்டரைப் பயன்படுத்தி புவிக் காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக் கூறு கண்டறிதல்

நோக்கம் டேஞ்சன்ட் கால்வனாமீட்டரைப் பயன்படுத்தி புவி காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறினை கண்டறிதல்.

தேவையான கருவிகள் டேஞ்சன்ட் கால்வனாமீட்டர், திசைமாற்றி, மின்கலத்தொகுப்பு, மின்தடை மாற்றி, அம்மீட்டர், சாவி மற்றும், இணைப்புக்கம்பிகள்

வாய்ப்பாடு:

$$B_H = \frac{\mu_0 n k}{2r} \quad (Tesla)$$

$$k = \frac{I}{\tan\theta} \quad (Ampere)$$

இங்கு, $B_H \rightarrow$ புவிக்காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறு (T)

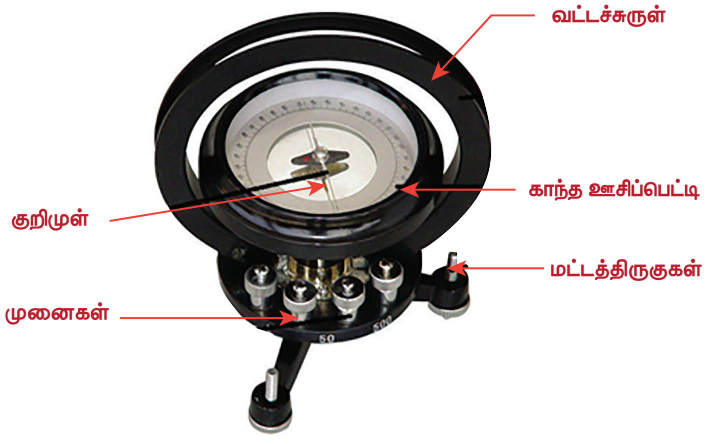
$\mu_o \rightarrow$ வெற்றிடத்தின் உட்புகுதிறன் $(4\pi \; x \; 10^{-7} \; H \; m^{-1})$

$n \rightarrow$ சுற்றில் இணைக்கப்பட்ட டேஞ்சன்ட் கால்வனாமீட்டர் கம்பிச்சுருள்களின் எண்ணிக்கை (அலகு இல்லை)

$k \rightarrow$ டேஞ்சன்ட் கால்வனாமீட்டரின் சுருக்கக்கூற்றெண் (A)

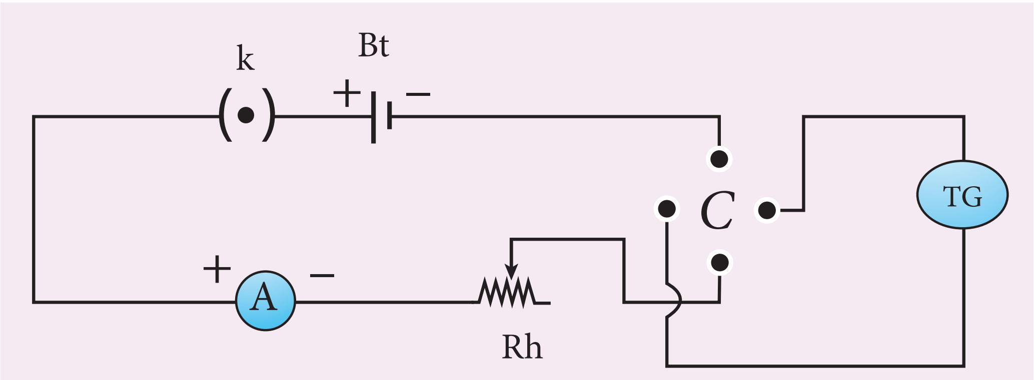
$r \rightarrow$ கம்பிச்சுருளின் ஆரம் (m)

விளக்கப்படம்



படம் (அ) டேஞ்சன்ட் கால்வனாமீட்டர்

படம் (ஆ) சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை



படம் (இ) மின்சுற்று

செய்முறை:

- டேஞ்சன்ட் கால்வனாமீட்டரின் தொடக்க சீரமைவுகள்

  (அ) டேஞ்சன்ட் கால்வனாமீட்டரின் அடிப்பகுதியில் உள்ள மட்டத் திருகுகளை சரி செய்வதன் மூலம், கால்வனாமீட்டரின் சுழலும் வட்டத்தட்டு கிடைத்தளமாகவும், வட்ட வடிவக் கம்பிச்சுருளின் தளம் செங்குத்தாகவும் அமைக்கப்படுகிறது.

  (ஆ) வட்ட வடிவக் கம்பிச்சுருளை சுழற்றி, அதன் தளமானது காந்த துருவத்தளத்தில் (Magnetic meridian) இருக்குமாறு செய்யப்படுகிறது. அதாவது கம்பிச்சுருளின் தளம் வடக்கு – தெற்கு திசையில் அமைய வேண்டும்.

  (இ) காந்த ஊசிப்பெட்டியை (Compass box) மட்டும் சுழற்றி, அலுமினியக் குறிமுள் $0° – 0°$ காட்டுமாறு செய்ய வேண்டும்.
- படம் (இ)–ல் உள்ளவாறு இணைப்புகள் தரப்படுகின்றன.
- கம்பிச்சுருளில் உள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டு, மின்சுற்று இயக்கப்படுகிறது.
- அலுமினியக் குறிமுள்ளில் விலகலானது $30°–60°$ இடையே இருக்குமாறு மின்னோட்டத்தின் நெடுக்கம் (Current range) தேர்ந்தெடுக்கப்படுகிறது.
- தகுந்த மின்னோட்டம் மின்சுற்றில் செலுத்தப்பட்டு, அலுமினியக் குறிமுள் முனைகளின் விலக்கங்கள் θ_1 மற்றும் θ_2 குறித்துக் கொள்ளப்படுகின்றன.
- திசைமாற்றியைப் பயன்படுத்தி, மின்னோட்டத்தின் திசை மாற்றப்படுகிறது. எதிர்த்திசையில் அமையும் அலுமினியக் குறிமுள் விலக்கங்கள் θ_3 மற்றும் θ_4 குறித்துக் கொள்ளப்படுகின்றன.
- $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ மற்றும் θ_4 ஆகியவற்றின் சராசரி மதிப்பு θ கணக்கிடப்பட்டு, அட்டவணைப் படுத்தப்படுகிறது.
- ஒவ்வொரு மின்னோட்ட மதிப்பிற்கும், குறைப்புக்காரணி (Reduction factor) k கணக்கிடப்படுகிறது. அதன் மதிப்பு மாறிலியாக அமைவதைக் காணலாம்.
- பல்வேறு மின்னோட்ட மதிப்புகளுக்கு, சோதனையானது மீண்டும் செய்யப்பட்டு அளவீடுகள் அட்டவணைப் படுத்தப்படுகின்றன.
- கம்பிச்சுருளின் மீது நூலினைச் சுற்றி, அதன் சுற்றளவு அளவிடப்படுகிறது. பின்னர் அதிலிருந்து கம்பிச்சுருளின் ஆரம் கணக்கிடப்படுகிறது.
- r, n மற்றும் k மதிப்புகளைப் பயன்படுத்தி, புவி காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறு கண்டுபிடிக்கப்படுக்கிறது.

திசைமாற்றி (Commutator):

திசைமாற்றி என்பது மின்சுற்றுகள், மின் மோட்டார்கள் மற்றும் மின்னியற்றிகளில் பயன்படும் ஒரு வகை சாவி ஆகும். இது மின் சுற்றில் உள்ள மின்னோட்டத்தின் திசையை எதிர்த்திசையில் மாற்றப் பயன்படுகிறது.

12th Physics_Vol-1_Pratical_Tamil Medium.indd 293 23-12-2022 17:23:24

காட்சிப்பதிவுகள்:

கம்பிச்சுருள் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை $n =$

கம்பிச்சுருளின் சுற்றளவு $(2\pi r) =$

கம்பிச்சுருளின் ஆரம் $r =$

வ.எண்	மின்னோட்டம் I (A)	டேஞ்சன்ட் கால்வனாமீட்டரில் விலக்கம் (டிகிரி)				சராசரி θ (டிகிரி)	$k=\frac{I}{\tan\theta}$
		θ_1	θ_2	θ_3	θ_4		
1							
2							
3							
4							

கணக்கீடு

$$B_H = \frac{\mu_0 n k}{2r} =$$

முடிவு

கொடுக்கப்பட்ட இடத்தில், புவிகாந்தப் புலத்தின் கிடைத்தளக் கூறின் மதிப்பு = ………………Tesla

குறிப்பு

i) டேஞ்சன்ட் கால்வனாமீட்டருக்கு அருகில் இருக்கும் காந்தப்பொருட்கள் மற்றும் காந்தங்கள் ஆகியவை அகற்றப்பட வேண்டும்.

ii) அலுமினியக் குறிமுள்ளின் முனைகளின் நிலையை இடமாறு தோற்றப்பிழை இல்லாதவாறு அளவிட வேண்டும்.

iii) டேஞ்சன்ட் கால்வனா மீட்டரின் விலக்கங்கள் 30° யிலிருந்து 60° வரை இருக்குமாறு செய்யப்படுகிறது. ஏனெனில், இக்கருவியின் உணர்திறன் 45° என்ற கோணத்தில் பெருமம் ஆகும். மேலும் 0° மற்றும் 90° ஆகிய அளவுகளில் உணர்திறன் சிறுமம் ஆகும். அதாவது

$$I = k \tan\theta$$

$$dI = k \sec^2\theta \, d\theta$$

$$\frac{d\theta}{dI} = \frac{\sin 2\theta}{2I}$$

கொடுக்கப்பட்ட மின்னோட்டத்திற்கு, $\sin 2\theta = 1$ அல்லது $\theta = 45^\circ$ எனில், உணர்திறன் $\frac{d\theta}{dI}$ ஆனது பெருமம் ஆகும்.

3. மின்னழுத்தமானியைப் பயன்படுத்தி கொடுக்கப்பட்டுள்ள மின்கலன்களின் மின்னியக்குவிசைகளை ஒப்பிடுதல்

நோக்கம் மின்னழுத்தமானியைப் பயன்படுத்தி இரு மின்கலன்களின் மின்னியக்குவிசைகளை ஒப்பிடுதல்.

தேவையான கருவிகள் மின்கலத்தொகுப்பு, சாவி, மின்தடை மாற்றி, DPDT சாவி, லெக்லாஞ்சி மற்றும் டேனியல் மின்கலன்கள், கால்வனாமீட்டர், உயர் மின்தடைப் பெட்டி, தொடுசாவி, இணைப்புக் கம்பிகள்

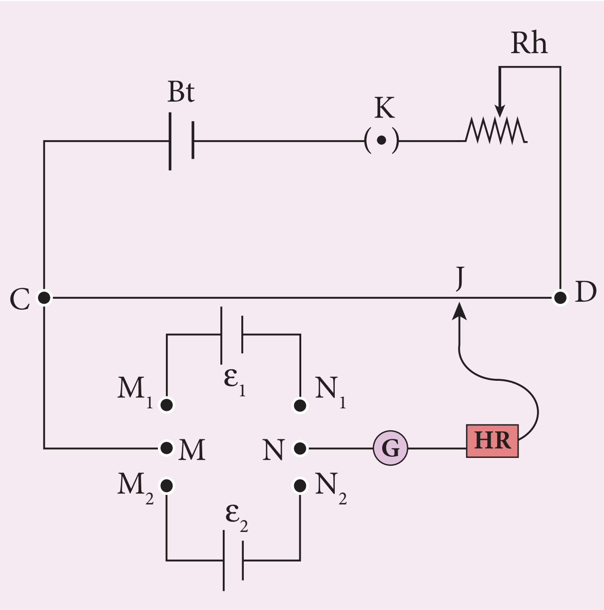
வாய்ப்பாடு

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{l_1}{l_2} \text{ (அலகு இல்லை)}$$

இங்கு ε_1 மற்றும் ε_2 ஆகியவை முறையே லெக்லாஞ்சி மற்றும் டேனியல் மின்கலன்களின் மின்னியக்குவிசைகள்

l_1 மற்றும் l_2 ஆகியவை முறையே லெக்லாஞ்சி மற்றும் டேனியல் மின்கலன்களின் சமன்செய் நீளங்கள்

மின் சுற்று



செய்முறை:

- மின்சுற்றுப் படத்தில் உள்ளவாறு கருவிகளை வைக்கவும்.
- மின்கலத்தொகுப்பு, சாவி மற்றும் மின்தடை மாற்றி ஆகியவற்றை உள்ளடக்கிய முதன்மை சுற்றை மின்னழுத்தமானியுடன் தொடர் இணைப்பில் கொடுக்கவும்.
- DPDT சாவியின் M_1 & M_2 முனைகளுடன் மின்கலன்களின் நேர்மின் முனைகளையும், N_1 & N_2 முனைகளுடன் மின்கலன்களின் எதிர்மின் முனைகளையும் இணைக்கவும். M & N ஆகிய பொது முனைகளுடன் மின்னழுத்தமானியை இணைக்கவும்.
- DPDT சாவியைக் கொண்டு லெக்லாஞ்சி மின்கலனை மின்சுற்றில் இணைக்கவும்; மின்னழுத்தமானியின் கம்பியின் மேல் தொடுசாவியை நகர்த்தி சமன்செய் புள்ளியையும் சமன்செய் நீளத்தையும் குறிக்கவும்.
- இதேபோல் டேனியல் மின்கலனின் சமன்செய் நீளத்தையும் குறித்துக் கொள்ளவும்.
- மின்தடை மாற்றியை சரிசெய்து வெவ்வேறு சமன்செய் நீளங்களை அளவிடவும்.

12th Physics_Vol-1_Pratical_Tamil Medium.indd 295 23-12-2022 17:23:25

- வெவ்வேறு l_1 மற்றும் l_2 மதிப்புகளைக் கொண்டு இரு மின்கலன்களின் மின்னியக்குவிசைகளின் தகவைக் கணக்கிடவும்.

காட்சிப் பதிவு

அட்டவணை: இரு மின்கலன்களின் மின்னியக்குவிசைகளின் தகவைக் கணக்கிடுதல்

வ. எண்	லெக்லாஞ்சி மின்கலனின் சமன்செய் நீளம், l_1 (cm)	டேனியல் மின்கலனின் சமன்செய் நீளம், l_2 (cm)	$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{l_1}{l_2}$
1			
2			
3			
4			
5			

சராசரி $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} =$

கணக்கீடு

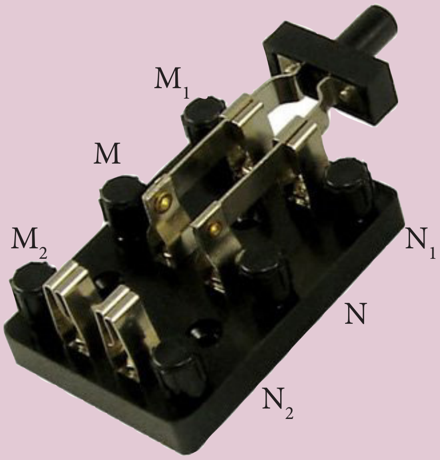
$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{l_1}{l_2}$$

முடிவு:

இரு மின்கலன்களின் மின்னியக்குவிசைகளின் தகவு = …………………….. (அலகு இல்லை).

குறிப்பு:

DPDT சாவி



இருமுனை இருவழி சாவி (Double Pole Double Throw Switch) என்பது பொது முனைகளான M மற்றும் N ஆகியவற்றுடன் இணைப்பைக் கொடுக்கும், உலோகக் கைப்பிடி கொண்ட ஆறுமுனை சாவியாகும். கொடுக்கப்பட்ட இரு மின்கலன்களும் M_1 & N_1 மற்றும் M_2 & N_2 முனைகளுடன் இணைக்கப்படுகின்றன. கைப்பிடியை M_1 & N_1 முனைகளுடன் பொருத்தும்போது, அம்முனைகளுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள மின்கலன் முதன்மை சுற்றில் சேர்க்கப்படுகிறது.

12th Physics_Vol-1_Pratical_Tamil Medium.indd 296 23-12-2022 17:23:25

4. முப்பட்டகப்பொருளின் ஒளி விலகல் எண் கண்டறிதல்

நோக்கம் நிறமாலைமானியைப் பயன்படுத்தி முப்பட்டகம் செய்யப்பட்ட பொருளின் ஒளி விலகல் எண்ணைக் கண்டறிதல்.

தேவையான கருவிகள் நிறமாலைமானி, முப்பட்டகம், முப்பட்டக இறுக்கி, பாதரச மட்டம் மற்றும் சோடியம் வாயு விளக்கு.

வாய்ப்பாடு

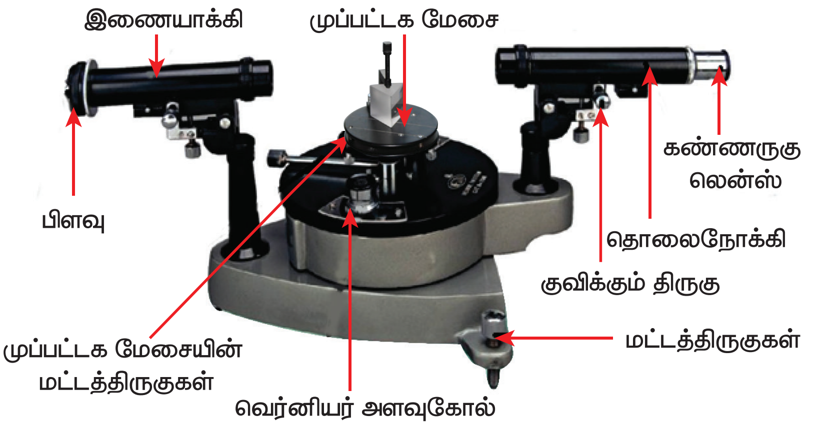
$$\mu = \frac{\sin\left(\frac{A+D}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$ **(அலகு இல்லை)**

இங்கு, $\mu \rightarrow$ முப்பட்டகப்பொருளின் ஒளிவிலகல் எண் (அலகு இல்லை)

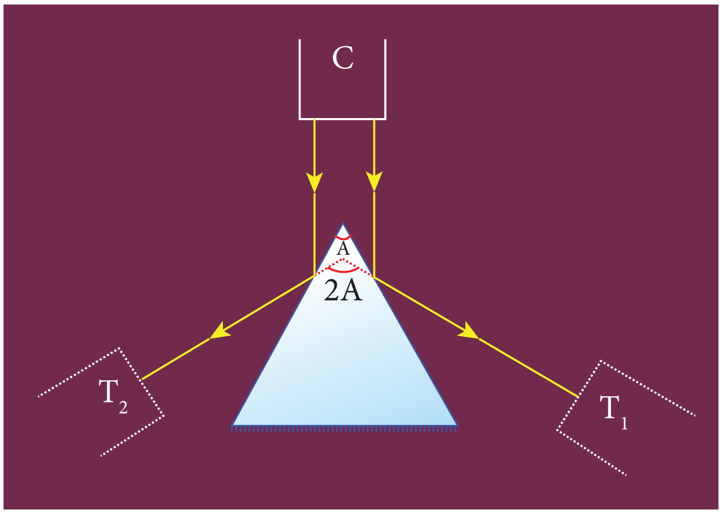
$A \rightarrow$ முப்பட்டகத்தின் கோணம் (டிகிரி)

$D \rightarrow$ சிறும திசைமாற்றக் கோணம் (டிகிரி)

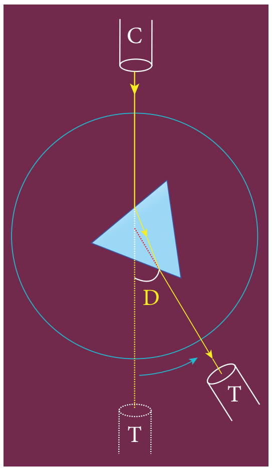
விளக்கப்படம்



படம் (அ) முப்பட்டகத்தின் கோணம்



படம் (ஆ) முப்பட்டகத்தின் கோணம்



படம் (இ) சிறும திசைமாற்றக் கோணம்

செய்முறை

1. **நிறமாலைமானியின் தொடக்கச் சீரமைவுகள்:**

- **கண்ணருகு லென்சு:** குறுக்குக்கம்பிகள் தெளிவாக தெரியுமாறு கண்ணருகு லென்ஸ் சரி செய்யப்படுகிறது.
- **பிளவு:** இணையாக்கியின் பிளவு மெல்லியதாகவும் செங்குத்தாகவும் அமைக்கப்படுகிறது.
- **நிறமாலைமானியின் அடிப்பகுதி:** மட்டத் திருகுகள் மூலம் நிறமாலைமானியின் அடிப்பகுதி கிடைத்தளமாக இருக்குமாறு செய்யப்படுகிறது.
- **தொலைநோக்கி:** தொலைவில் உள்ள பொருளை நோக்கி தொலைநோக்கி திருப்பப்படுகிறது. பொருளின் தெளிவான தலைகீழான பிம்பம் கிடைக்குமாறு செய்யப்படுகிறது. தற்போது இணைக்கதிர்களை பெறுமாறு தொலைநோக்கியானது சரி செய்யப்பட்டுள்ளது.
- **இணையாக்கி:** தொலைநோக்கியும் இணையாக்கியும் ஒரே நேர்க்கோட்டில் அமைக்கப்படுகின்றன. பிளவின் தெளிவான பிம்பம் தொலைநோக்கியில் தெரியுமாறு, இணையாக்கி சரி செய்யப்படுகிறது. தற்போது இணையாக்கி இணையான ஒளிக்கதிர்களை தருகிறது.
- **முப்பட்டக மேசை:** பாதரச மட்டம் மற்றும் மட்டத் திருகுகளைப் பயன்படுத்தி, முப்பட்டக மேசை கிடைமட்டமாக இருக்குமாறு சரி செய்யப்படுகிறது.

2. **முப்பட்டகத்தின் கோணத்தை கண்டறிதல்** (A):

- சோடியம் வாயு விளக்கின் மூலம் பிளவு ஒளியூட்டப்படுகிறது.
- சம பக்க முப்பட்டகமானது அதன் ஒளிவிலகல் விளிம்பு, இணையாக்கியை நோக்கி இருக்குமாறு முப்பட்டக மேசை மீது வைக்கப்படுகிறது.
- இணையாக்கியிலிருந்து வெளிவரும் ஒளியானது முப்பட்டகத்தின் எதிரொளிக்கும் பக்கங்களில் பட்டு எதிரொளிக்கப்படுகிறது.
- முப்பட்டகத்தின் ஒரு பக்கத்தில் இருந்து எதிரொளிக்கப்படும் பிம்பத்தைப் பார்க்கும் வகையில் தொலைநோக்கியானது இடதுபுறம் திருப்பப்படுகிறது.
- பிளவின் எதிரொளிப்பு பிம்பம் செங்குத்து குறுக்குக் கம்பியில் இணையுமாறு, தொடுகோட்டுத் திருகுகள் மூலம் தொலைநோக்கி சரி செய்யப்படுகிறது.
- இரண்டு வெர்னியர் அளவுகோல்களில் இருந்தும் முதன்மைக்கோல் அளவு மற்றும் வெர்னியர் ஒன்றிணைவு ஆகியவை குறித்துக் கொள்ளப்படுகின்றன.
- தற்போது, முப்பட்டகத்தின் மறு பக்கத்தில் இருந்து எதிரொளிக்கப்படும் பிம்பத்தைப் பார்க்கும் வகையில் தொலைநோக்கியானது வலதுபுறம் திருப்பப்படுகிறது.
- மேற்கூறியவாறு மீண்டும் அளவீடுகள் குறித்துக்கொள்ளப்படுகின்றன.
- இந்த இரு அளவீடுகளுக்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடு $2A$ ஆகும். இதிலிருந்து முப்பட்டகத்தின் கோணம் A கணக்கிடப்படுகிறது.

3. **சிறும திசைமாற்றக் கோணத்தை கண்டறிதல்** (D):

- இணையாக்கியில் இருந்து வெளிவரும் ஒளியானது முப்பட்டகத்தின் ஒரு பக்கத்தின் வழியே ஊடுருவி, ஒளிவிலகல் அடைந்து மற்றொரு பக்கம் வழியாக வெளியேறுமாறு முப்பட்டக மேசை குறிப்பிட்ட திசையில் வைக்கப்படுகிறது.
- ஒளிவிலகல் பிம்பத்தை நோக்குமாறு தொலைநோக்கி திருப்பப்படுகிறது.
- தொலைநோக்கியினுள் பார்த்தவாறே, முப்பட்டக மேசை ஒரு குறிப்பிட்ட திசையில் திருப்பப்படுகிறது. அதன் மூலம் படுகதிரின் திசையை நோக்கி பிம்பம் நகருமாறு செய்யப்படுகிறது.

12th Physics_Vol-1_Pratical_Tamil Medium.indd 298 23-12-2022 17:23:26

- படுகதிரை நோக்கி நகரும் பிம்பமானது ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையில் எதிர்திசையில் திரும்புகிறது. இந்நிலையே சிறும திசைமாற்ற நிலை ஆகும்.
- இந்நிலையில், பிம்பமானது செங்குத்து குறுக்குக் கம்பியோடு இணையுமாறு தொலைநோக்கி சுழற்றப்பட்டு பின் பொருத்தப்படுகிறது.
- இரண்டு வெர்னியர் அளவுகோல்களில் இருந்தும் அளவீடுகள் குறித்துக் கொள்ளப்படுகின்றன.
- முப்பட்டக மேசையிலிருந்து முப்பட்டகம் நீக்கப்பட்டு, நேர்க்கதிர் பிம்பம் செங்குத்து குறுக்குக் கம்பியோடு இணையுமாறு தொலைநோக்கி சரி செய்யப்படுகிறது. பின்னர் அளவீடுகள் குறித்துக் கொள்ளப்படுகின்றன.
- அளவீடுகள் அட்டவணைப்படுத்தப்பட்டு, இந்த இரு அளவீடுகளுக்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடு சிறும திசைமாற்றக் கோணம் D–ஐத் தருகிறது.
- A மற்றும் D ஆகியவற்றின் மதிப்புகளைப் பயன்படுத்தி, முப்பட்டகம் செய்யப்பட்ட பொருளின் ஒளி விலகல் எண் கண்டறியப்படுகிறது.

மீச்சிற்றளவு

ஒரு முதன்மைக்கோல் பிரிவு = $30'$

வெர்னியர் அளவுகோல் பிரிவுகள் எண்ணிக்கை = 30

நிறமாலைமானியில், 30 வெர்னியர் பிரிவுகள் 29 முதன்மைக்கோல் பிரிவுகளுடன் பொருந்துகின்றன.

$\therefore$ 30 VSD = 29 MSD

அல்லது 1 VSD = 29 / 30 MSD

மீச்சிற்றளவு (LC) = 1MSD – 1VSD

$$= \left(\frac{1}{30}\right)\text{MSD} = \left(\frac{1}{30}\right) \times 30'$$

$$= 1'$$

காட்சிப் பதிவு

அட்டவணை 1:

முப்பட்டகத்தின் கோணம் கண்டறிதல் (A)

பிம்பம்	வெர்னியர் A (டிகிரி)			வெர்னியர் B (டிகிரி)		
	MSR	*VSC*	*TR*	*MSR*	*VSC*	*TR*
முதல் பக்கத்தில் எதிரொளிக்கப்பட்ட பிம்பம்						
இரண்டாவது பக்கத்தில் எதிரொளிக்கப்பட்ட பிம்பம்						
வேறுபாடு $2A$						

சராசரி $2A$ =

சராசரி A =

12th Physics_Vol-1_Pratical_Tamil Medium.indd 299 23-12-2022 17:23:27

அட்டவணை 2:

சிறும திசைமாற்றக் கோணம் கண்டறிதல் (D)

பிம்பம்	வெர்னியர் A (டிகிரி)			வெர்னியர் B (டிகிரி)		
	MSR	*VSC*	*TR*	*MSR*	*VSC*	*TR*
ஒளிவிலகலடைந்த பிம்பம்						
நேர்க்கதிர் பிம்பம்						
வேறுபாடு D						

சராசரி D =

கணக்கீடு

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

முடிவு:

1. முப்பட்டகத்தின் கோணம் (A) = ………………… (டிகிரி)
2. முப்பட்டகத்தின் சிறும திசைமாற்றக் கோணம் (D) = ……………………….(டிகிரி)
3. முப்பட்டக பொருளின் ஒளிவிலகல் எண் μ = ………………….(அலகு இல்லை)

குறிப்பு:

i. தொடக்கச் சீரமைவுகள் செய்த பிறகு, நிறமாலைமானியின் நிலையை, குறிப்பாக இணையாக்கியை மாற்றுவது கூடாது.

ii. மொத்த அளவீடு TR = MSR + (VSL × LC)

இங்கு,

MSR = முதன்மைக்கோல் அளவீடு

VSC = வெர்னியர் கோல் ஒன்றிணைவு

LC = மீச்சிற்றளவு $(= 1')$

12th Physics_Vol-1_Pratical_Tamil Medium.indd 300 23-12-2022 17:23:27

5. விளம்பு விளைவுக் கீற்றணி மற்றும் நிறமாலைமானியைப் பயன்படுத்தி ஒரு தொகுப்பு ஒளியில் உள்ள நிறங்களின் அலைநீளம் கண்டறிதல்

நோக்கம் விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி மற்றும் நிறமாலைமானி ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்தி ஒரு தொகுப்பு ஒளியில் உள்ள நிறங்களின் அலைநீளத்தைக் கண்டறிதல்.

தேவையான கருவிகள் நிறமாலைமானி, பாதரச வாயு விளக்கு, விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி, கீற்றணி மேசை மற்றும் பாதரச மட்டம்.

வாய்ப்பாடு

$$\lambda = \frac{\sin\theta}{nN} \quad \mathring{A}$$

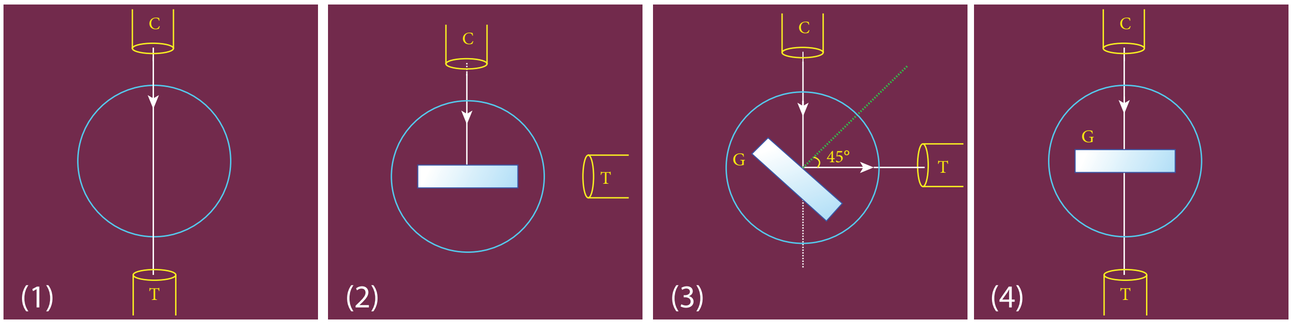
இங்கு, $\lambda \rightarrow$ தொகுப்பு ஒளியில் உள்ள நிறங்களின் அலைநீளம் ($\mathring{A}$)

$N \rightarrow$ கொடுக்கப்பட்ட கீற்றணியின் ஒரு மீட்டர் நீளத்தில் உள்ள கோடுகளின் எண்ணிக்கை (அலகு இல்லை) (N–ன் மதிப்பு கொடுக்கப்பட்டுள்ளது)

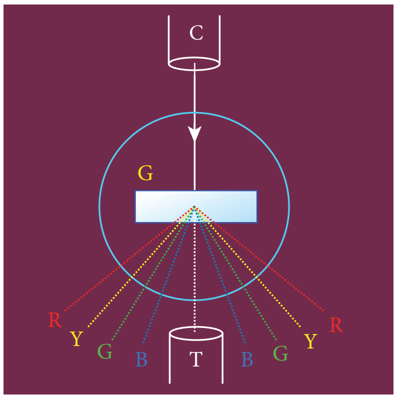
$n \rightarrow$ விளிம்பு விளைவின் வரிசை (அலகு இல்லை)

$\theta \rightarrow$ விளிம்பு விளைவுக் கோணம் (டிகிரி)

விளக்கப்படம்



படம் (அ) நேர்குத்து படுகதிர் முறை



படம் (ஆ) திசைமாற்றக்கோணம்

செய்முறை:

1. நிறமாலைமானியின் தொடக்கச் சீரமைவுகள்

- **கண்ணருகு லென்சு:** குறுக்குக்கம்பிகள் தெளிவாக தெரியுமாறு கண்ணருகு லென்ஸ் சரி செய்யப்படுகிறது.
- **பிளவு:** இணையாக்கியின் பிளவு மெல்லியதாகவும் செங்குத்தாகவும் அமைக்கப்படுகிறது.
- **நிறமாலைமானியின் அடிப்பகுதி:** மட்டத் திருகுகள் மூலம் நிறமாலைமானியின் அடிப்பகுதி கிடைத்தளமாக இருக்குமாறு செய்யப்படுகிறது.

12th Physics_Vol-1_Pratical_Tamil Medium.indd 301 23-12-2022 17:23:28

- **தொலைநோக்கி:** தொலைவில் உள்ள பொருளை நோக்கி தொலைநோக்கி திருப்பப்படுகிறது. பொருளின் தெளிவான தலைகீழான பிம்பம் கிடைக்குமாறு செய்யப்படுகிறது. தற்போது இணைக்கதிர்களை பெறுமாறு தொலைநோக்கியானது சரி செய்யப்பட்டுள்ளது.
- **இணையாக்கி:** தொலை நோக்கியும் இணையாக்கியும் ஒரே நேர்க் கோட்டில் அமைக்கப்படுகின்றன. பிளவின் தெளிவான பிம்பம் தொலைநோக்கியில் தெரியுமாறு, இணையாக்கி சரி செய்யப்படுகிறது. தற்போது இணையாக்கி இணையான ஒளிக்கதிர்களை தருகிறது.
- **கீற்றணி மேசை:** பாதரச மட்டம் மற்றும் மட்டத் திருகுகளைப் பயன்படுத்தி, கீற்றணி மேசை கிடைமட்டமாக இருக்குமாறு சரி செய்யப்படுகிறது.

2. நேர்க்குத்து படுகதிரை பெறுவதற்கு கீற்றணியைச் சரி செய்தல்

- பாதரச வாயு விளக்கின் தொகுப்பு ஒளி (வெள்ளை நிற ஒளி) மூலம் பிளவானது ஒளியூட்டப்படுகிறது.
- இணையாக்கியுடன் ஒரே நேர்க் கோட்டில் இருக்குமாறு தொலைநோக்கியானது சுழற்றப்படுகிறது. பிளவின் பிம்பம் செங்குத்து குறுக்குக்கம்பியில் இணையுமாறு செய்யப்படுகிறது (படம் (அ)1).
- வெர்னியர் அளவுகோலானது $0° - 180°$ என்ற அளவுகளில் இருக்குமாறு, வெர்னியர் வட்டு மட்டும் சுழற்றப்படுகிறது. இதுவே நேர்க்கதிரின் அளவீடு ஆகும்.
- தொலைநோக்கியானது இடஞ்சுழியாக $90°$ சுழற்றப்பட்டு, பின் பொருத்தப்படுகிறது (படம் (அ)2).
- சமதள கீற்றணி ஒன்று கீற்றணி மேசை மீது ஏற்றப்படுகிறது.
- கீற்றணியில் பட்டு எதிரொளிக்கும் ஒளியானது தொலைநோக்கியில் பிடிக்கப்படுகிறது. எதிரொளிக்கப்பட்ட பிளவின் பிம்பம் வெள்ளை நிறத்தில் அமையும். இந்தப் பிம்பம், செங்குத்துக் குறுக்குக் கம்பியில் இணையுமாறு கீற்றணி மேசை மட்டும் சரி செய்யப்படுகிறது (படம் அ(3)).
- தற்போது வெர்னியர் வட்டு விடுவிக்கப்படுகிறது. வெர்னியர் வட்டு, கீற்றணி மேசை ஆகிய இரண்டும் தகுந்த திசையில் $45°$ சுழற்றப்படுகின்றன. இணையாக்கியில் இருந்து வரும் ஒளியானது கீற்றணி மீது நேர்க்குத்தாக விழுகிறது (படம் (அ)4).

3. பாதரச வாயு விளக்கில் உள்ள தொகுப்பு ஒளியின் அலை நீளத்தை கண்டுபிடித்தல்

- தொலைநோக்கி விடுவிக்கப்பட்டு, இணையாக்கியுடன் ஒரே நேர்க்கோட்டில் கொண்டுவரப்படுகிறது. மையத்தில் உள்ள நேர்க்கதிரின் பிம்பத்தை பெறுமாறு தொலைநோக்கி அமைக்கப்படுகிறது. நிறப்பிரிகை அடையாத இந்தப் பிம்பம் வெள்ளை நிறத்தில் இருக்கும்.
- நேர்க்கதிரின் இரு புறங்களிலும் விளிம்பு விளைவு அடைந்த பிம்பங்கள் தோன்றுகின்றன.
- விளிம்பு விளைவு அடைந்த பிம்பமானது பாதரச வாயு விளக்கின் முக்கிய நிறங்களை கொண்டிருக்கும். அலைநீளத்தின் ஏறுவரிசையில் இந்த நிறங்கள் அமைந்திருக்கும்.
- தொலைநோக்கியானது நேர்க்கதிரின் ஏதேனும் ஒரு புறம் திருப்பப்பட்டு (எ.கா. இடது புறம்), முதல் வரிசை விளம்பு விளைவு பிம்பத்தைப் பெறுமாறு சரி செய்யப்படுகிறது.
- தொலைநோக்கியின் செங்குத்து குறுக்குக் கம்பியானது முக்கிய நிறங்களின் (எ.கா. ஊதா, நீலம், மஞ்சள், சிவப்பு) நிறமாலைவரிகளுடன் இணையுமாறு செய்யப்படுகிறது. ஒவ்வொரு நிறத்திற்கும் இரண்டு வெர்னியர் அளவுகோல்களின் அளவீடுகள் குறித்துக் கொள்ளப்படுகின்றன.
- தற்போது தொலைநோக்கி நேர்க்கதிரின் வலது புறம் சுழற்றப்பட்டு, முதல் வரிசை பிம்பம் பெறப்படுகிறது.
- இடது புறம் பெறப்பட்ட அதே நிறங்களின் நிறமாலைவரிகளுடன் செங்குத்து குறுக்குக்கம்பி பொருத்தப்படுகிறது. மீண்டும் ஒவ்வொரு நிறத்திற்கும் இரண்டு வெர்னியர் அளவுகோல்களின் அளவீடுகள் குறித்துக் கொள்ளப்படுகின்றன.
- அளவீடுகள் அட்டவணைப் படுத்தப்படுகின்றன.
- இவ்விரு அளவீடுகளுக்கு இடையே உள்ள வேறுபாடு, குறிப்பிட்ட நிறத்திற்கான 2θ மதிப்பைத் தரும்.
- கொடுக்கப்பட்ட கீற்றணியில் ஒரு மீட்டர் நீளத்தில் உள்ள கோடுகளின் எண்ணிக்கை N ஆனது கீற்றணியிலிருந்து குறித்துக் கொள்ளப்படுகிறது.
- N, n மற்றும் θ ஆகியவற்றின் மதிப்புகளிலிருந்து, பாதரச வாயு விளக்கில் உள்ள முக்கிய நிறங்களின் அலைநீளங்கள் கணக்கிடப்படுகின்றன.

12th Physics_Vol-1_Pratical_Tamil Medium.indd 302 23-12-2022 17:23:28

காட்சிப் பதிவுகள்

பாதரச ஆவி விளக்கில் உள்ள முக்கிய நிறங்களில் அலைநீளத்தை கண்டறிதல்

ஒளியின் நிறம்	விளிம்பு விளைவு அடைந்த ஒளியின் அளவீடு (டிகிரி)												வேறுபாடு 2θ (டிகிரி)			θ (டிகிரி)
	இடது						வலது									
	வெர்னியர் *A*			வெர்னியர் *B*			வெர்னியர் *A*			வெர்னியர் *B*						
	MSR	*VSC*	*TR*	*MSR*	*VSC*	*TR*	*MSR*	*VSC*	*TR*	*MSR*	*VSC*	*TR*	வெர்னியர் *A*	வெர்னியர் *B*	சராசரி	
நீலம்																
பச்சை																
மஞ்சள்																
சிவப்பு																

கணக்கீடு

(i) நீலம், $\lambda = \frac{\sin\theta}{nN}$ (ii) பச்சை, $\lambda = \frac{\sin\theta}{nN}$

(iii) மஞ்சள் $\lambda = \frac{\sin\theta}{nN}$ (iv) சிவப்பு = $\lambda = \frac{\sin\theta}{nN}$

முடிவு:

1. நீல நிற வரியின் அலை நீளம் = ________________ *Å*
2. பச்சை நிற வரியின் அலை நீளம் = ________________ *Å*
3. மஞ்சள் நிற வரியின் அலை நீளம் = ________________ *Å*
4. சிவப்பு நிற வரியின் அலை நீளம் = ________________ *Å*

குறிப்பு:

தொடக்கச் சீரமைவுகள் செய்த பிறகு, நிறமாலைமானியின் நிலையை, குறிப்பாக இணையாக்கியை, மாற்றுவது கூடாது.

மொத்த அளவீடு TR = MSR + (VSL × LC)

இங்கு,

MSR = முதன்மைக்கோல் அளவீடு

VSC = வெர்னியர் கோல் ஒன்றிணைவு

LC = மீச்சிற்றளவு (= 1′)

12th Physics_Vol-1_Pratical_Tamil Medium.indd 303 23-12-2022 17:23:28

6. PN சந்தி டையோடின் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையேயான பண்பு வரைகோடுகளை ஆராய்தல்

நோக்கம்

PN சந்தி டையோடின் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையேயான பண்பு வரைகோடுகள் (Characteristic curves) வரைந்து, அதிலிருந்து வளைவுப்புள்ளி மின்னழுத்த வேறுபாடு (Knee voltage) மற்றும் முன்னோக்குச் சார்பு மின்தடை ஆகியவற்றைக் கண்டறிதல்.

தேவையான கருவிகள்

PN சந்தி டையோடு (*IN* 4007), மாறுபாட்டு *DC* மின்மூலம், மில்லி அம்மீட்டர், மைக்ரோ அம்மீட்டர், வோல்ட் மீட்டர், மின்தடை மற்றும் இணைப்புக் கம்பிகள்.

வாய்ப்பாடு

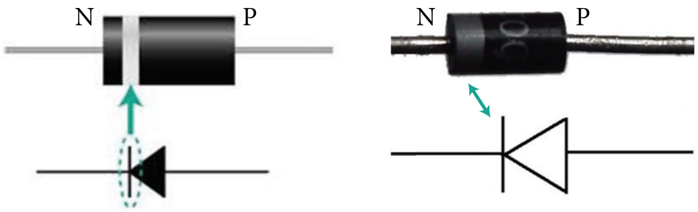
$$R_F = \frac{\Delta V_F}{\Delta I_F}\ (\Omega)$$

இங்கு, $R_F \rightarrow$ டையோடின் முன்னோக்கு மின்தடை (Ω)

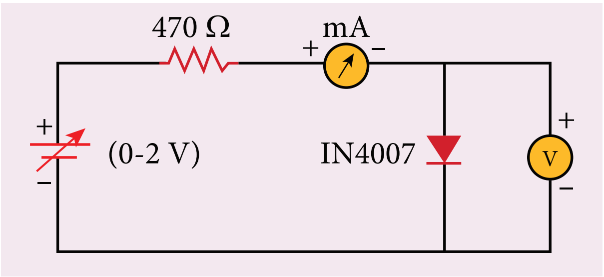
$\Delta V_F \rightarrow$ முன்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் உள்ள மாறுதல் (V)

$\Delta I_F \rightarrow$ முன்னோக்கு மின்னோட்ட மாறுதல் (mA)

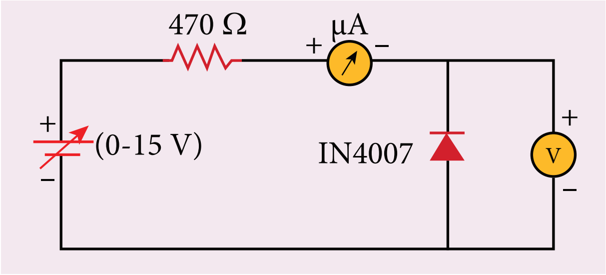
மின் சுற்று



படம் (அ) *PN* சந்திடையோடு மற்றும் அதன் குறியீடு
(வெள்ளி நிற வளையம் டையோடின் எதிர் மின்வாயைக் குறிக்கிறது)



படம் (ஆ) முன்னோக்கு சார்பில் PN சந்திடையோடு



படம் (இ) பின்னோக்கு சார்பில் PN சந்திடையோடு

முன் எச்சரிக்கை:

PN சந்தி டையோடு, அம்மீட்டர், வோல்ட்மீட்டர் மற்றும் DC மின்மூலம் ஆகியவை சரியான முனைகளில் கவனமாக இணைக்கப்பட வேண்டும்.

12th Physics_Vol-1_Pratical_Tamil Medium.indd 304 23-12-2022 17:23:29

செய்முறை

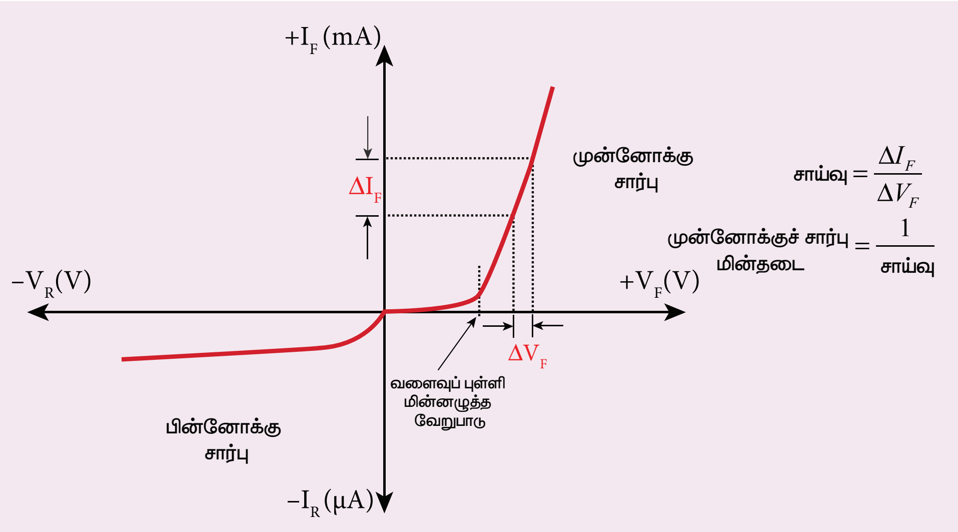
1. முன்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோடு:

- முன்னோக்குச் சார்பில், PN சந்தி டையோடின் P–பகுதி DC மின்மூலத்தின் நேர்மின் முனையிலும், N–பகுதி எதிர்மின் முனையிலும் இணைக்கப்படுகின்றன.
- மின் சுற்றில் உள்ளபடி இணைப்புகள் தரப்படுகின்றன.
- மாறுபடு DC மின்மூலத்தின் உதவியால், டையோடிற்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு மாற்றப்படுகிறது.
- கொடுக்கப்படும் முன்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாடானது (V_F), $0.1V$–இல் இருந்து $0.8V$ வரை $0.1V$–இன் படிகளில் அதிகரிக்கப்படுகிறது. டையோடு வழியே செல்லும் முன்னோக்கு மின்னோட்டம் (I_F) ஆனது மில்லி அம்மீட்டரில் இருந்து குறித்துக் கொள்ளப்படுகிறது. அளவீடுகள் அட்டவணைப் படுத்தப்படுகின்றன.
- முன்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் முன்னோக்கு மின்னோட்டம் ஆகியவை நேர்க்குறியாக கொள்ளப்படுகின்றன.
- மின்னழுத்த வேறுபாட்டை X – அச்சிலும், மின்னோட்டத்தை Y–அச்சிலும் கொண்டு வரைபடம் ஒன்று வரையப்படுகிறது. இது முன்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோடு எனப்படுகிறது.
- முன்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோட்டில் புள்ளியிடப்பட்ட கோட்டினால் குறிக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு, டையோடின் வளைவுப்புள்ளி அல்லது பயன் தொடக்க அல்லது இயங்கு நிலை தொடக்க மின்னழுத்த வேறுபாட்டைக் தருகிறது.
- முன்னோக்குச் சார்பு வரைகோட்டின் நேர்க்கோட்டு பகுதியில் இருந்து கணக்கிடப்படும் சாய்வின் தலைகீழ் மதிப்பு, டையோடின் முன்னோக்கு மின்தடையைத் தருகிறது.

2. பின்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோடு:

- பின்னோக்குச் சார்பில், DC மின்மூலத்தின் முனைகள் மாற்றப்படுகின்றன. அதாவது டையோடின் P–பகுதி எதிர்மின் முனையுடனும், N–பகுதி நேர்மின் முனையுடன் இணைக்கப்படுகின்றன.
- மின்சுற்றில் உள்ளவாறு மின் இணைப்புகள் கொடுக்கப்படுகின்றன.
- மாறுபாட்டு DC மின்மூலத்தின் உதவியால், டையோடிற்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு மாற்றப்படுகிறது.
- கொடுக்கப்படும் பின்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாடானது (V_R) $1V$–இல் இருந்து $5V$ வரை $1V$–இன் படிகளில் அதிகரிக்கப்படுகிறது. பின்னோக்கு சார்பு மின்னோட்டம் (I_R), மைக்ரோ அம்மீட்டர் மூலம் அளவிடப்படுகிறது. அளவீடுகள் அட்டவணைப் படுத்தப்படுகின்றன.
- பின்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் பின்னோக்கு மின்னோட்டம் ஆகியவை எதிர்க்குறியாக மறையாக கொள்ளப்படும்.
- பின்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாட்டை எதிர்மறை X – அச்சிலும், பின்னோக்கு மின்னோட்டத்தை எதிர்மறை Y–அச்சிலும் கொண்டு வரைபடம் வரையப்படுகிறது. இது பின்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோடு எனப்படும்.

12th Physics_Vol-1_Pratical_Tamil Medium.indd 305 23-12-2022 17:23:29



காட்சிப்பதிவுகள்

அட்டவணை 1:

முன்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோடு:

வ.எண்	முன்னோக்குச் சார்பு மின்னழுத்த வேறுபாடு $V_F(V)$	முன்னோக்குச் சார்பு மின்னோட்டம் $I_F(mA)$

அட்டவணை 2:

பின்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோடு:

வ.எண்	பின்னோக்குச் சார்பு மின்னழுத்த வேறுபாடு $V_R(V)$	பின்னோக்குச் சார்பு மின்னோட்டம் $I_R(\mu A)$

கணக்கீடு

i. முன்னோக்கு மின்தடை R_F =

ii. வளைவுப்புள்ளி மின்னழுத்த வேறுபாடு =

முடிவு

PN சந்தி டையோடில் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையேயான பண்பு வரைகோடுகள் வரையப்பட்டன.

i) PN சந்தி டையோடின் வளைவுப் புள்ளி மின்னழுத்த வேறுபாடு = _________ V

ii) PN சந்தி டையோடின் முன்னோக்குச் சார்பு மின்தடை = ___________Ω

செய்முறை குறிப்புகள்

- DC மின்மூலத்தின் மின்னழுத்த வேறுபாடானது குறிப்பிட்ட நெடுக்கங்களில் மட்டுமே முன்னோக்குச் சார்பிலும் $(0 - 2V)$, பின்னோக்குச் சார்பிலும் $(0 - 15V)$ அதிகரிக்கப் படவேண்டும். முன்னோக்குச் சார்பு மிகக் குறைந்த மின்தடையை ஏற்படுத்தும் என்பதால், பாதுகாப்பு காரணங்களுக்கு 470Ω மதிப்புள்ள புற மின்தடையை சுற்றில் இணைக்க வேண்டும்.
- மேற்குறிய நெடுக்கத்திற்கு மாறாக, மின்னழுத்த வேறுபாடுகள் அதிகரித்தால் மின்தடை அல்லது டையோடு பாதிப்படையும்.
- முன்னோக்குச் சார்பில், கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடானது சந்தி அல்லது வளைவுப்புள்ளி மின்னழுத்த வேறுபாட்டை (தோராயமாக $0.7V$) விட அதிகரிக்கும் வரை, டையோடில் ஏறத்தாழ சுழி மின்னோட்டமே ஏற்படும். வளைவுப்புள்ளி மின்னழுத்த வேறுபாட்டைக் கடந்த பிறகு, மின்னோட்டமானது அளிக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டைப் பொருத்து அதிகரிக்கும்.
- முன்னோக்குச் சார்பில், டையோடிற்கு அளிக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடானது பெரும மதிப்பு $0.8\ V$ வரை $0.1\ V$ என்ற படிகளில் அதிகரிக்கப்பட்டு, பின் முன்னோக்குச் சார்பு மின்தடை கணக்கிடப்படுகிறது.
- பின்னோக்குச் சார்பில், மின்னழுத்த வேறுபாடானது பெரும மதிப்பு $5V$ வரை $1V$ என்ற படிகளில் அதிகரிக்கப்படுகிறது. இங்கு மின்னோட்டமானது மிகக் குறைவாக இருப்பதால், மைக்ரோ அம்மீட்டரைப் பயன்படுத்தி மின்னோட்டம் அளவிடப்படுகிறது. சிறுபான்மை மின்துகள்களின் ஓட்டத்தினால் உருவாகும் இந்த மின்னோட்டம், கசிவு மின்னோட்டம் என அழைக்கப்படுகிறது.

7. செனார் டையோடின் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையேயான பண்பு வரைகோடுகளை ஆராய்தல்

நோக்கம் செனார் டையோடின் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையேயான பண்பு வரைகோடுகள் வரைந்து, அதிலிருந்து வளைவுப்புள்ளி மின்னழுத்த வேறுபாடு, முன்னோக்குச் சார்பு மின்தடை மற்றும் பின்னோக்கு முறிவு மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகியவற்றைக் கண்டறிதல்.

தேவையான கருவிகள் செனார் டையோடு 1Z5.6V, மாறுபாட்டு DC மின்மூலம் (0–15V), மில்லி அம்மீட்டர், வோல்ட் மீட்டர், 470 Ω மின்தடை மற்றும் இணைப்புக் கம்பிகள்.

வாய்ப்பாடு:

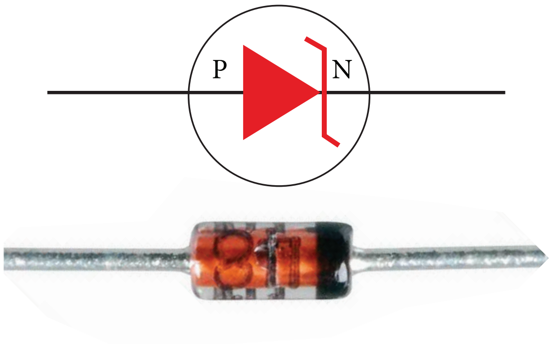
$$R_F = \frac{\Delta V_F}{\Delta I_F} \ (\Omega)$$

இங்கு R_F → டையோடின் முன்னோக்கு மின்தடை (Ω)

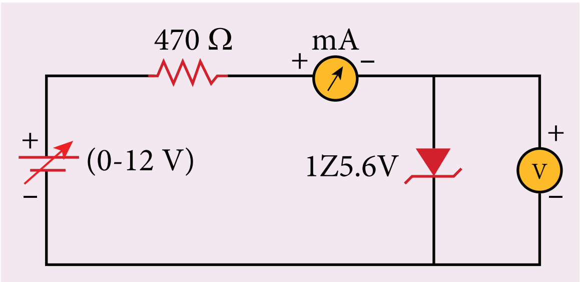
ΔV_F → முன்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் உள்ள மாறுதல் (V)

ΔI_F → முன்னோக்கு மின்னோட்ட மாறுதல் (A)

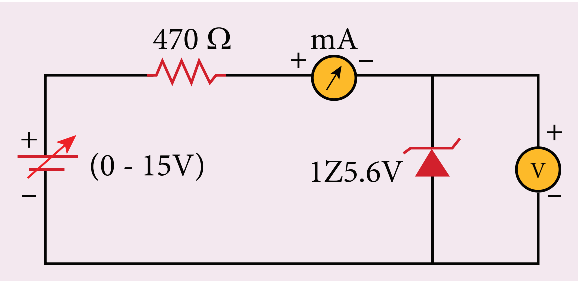
மின்சுற்று



படம் (அ) செனார் டையோடு மற்றும் அதன் குறியீடு
(கருப்பு நிற வளையம் செனார்டையோடின் எதிர் மின்வயைக் குறிக்கிறது)



படம் (ஆ) முன்னோக்குச் சார்பில் செனார் டையோடு



படம் (இ) பின்னோக்குச் சார்பில் செனார் டையோடு

> **முன் எச்சரிக்கை:**
>
> செனார் டையோடு, அம்மீட்டர், வோல்ட்மீட்டர் மற்றும் DC மின்மூலம் ஆகியவை சரியான முனைகளில் கவனமாக இணைக்கப்பட வேண்டும்.

12th Physics_Vol-1_Pratical_Tamil Medium.indd 308 23-12-2022 17:23:31

செய்முறை

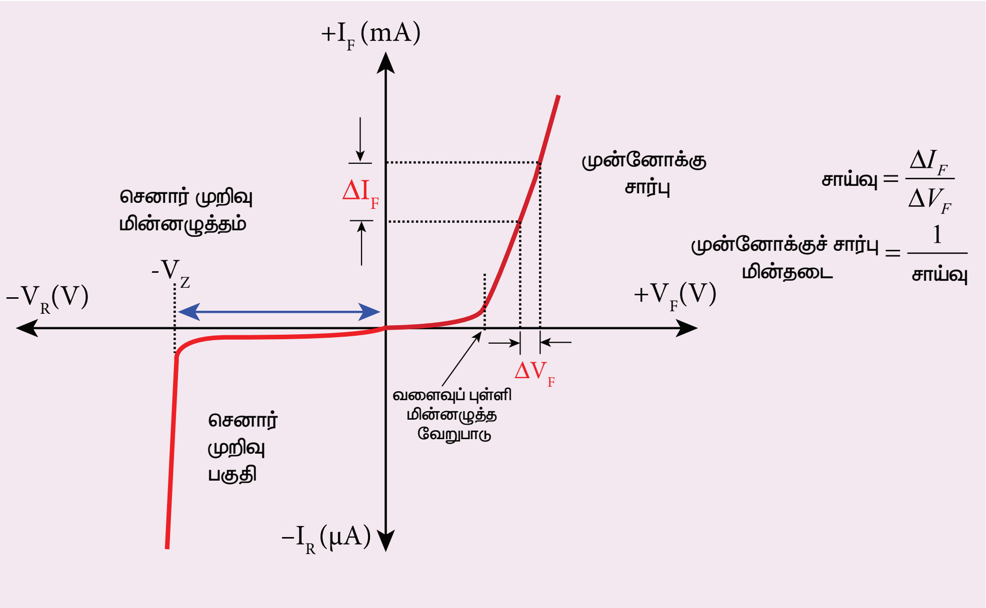
1. முன்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோடு:

- முன்னோக்குச் சார்பில், PN சந்தி டையோடின் P–பகுதி DC மின்மூலத்தின் நேர்மின் முனையிலும், N–பகுதி எதிர்மின் முனையிலும் இணைக்கப்படுகின்றன.
- மின் சுற்றில் உள்ளபடி இணைப்புகள் தரப்படுகின்றன.
- மாறுபாட்டு DC மின்மூலத்தின் உதவியால், டையோடிற்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு மாற்றப்படுகிறது.
- கொடுக்கப்படும் முன்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாடானது (V_F), $0.1V$–இல் இருந்து $0.8V$ வரை $0.1V$–இன் படிகளில் அதிகரிக்கப்படுகிறது. டையோடு வழியே செல்லும் முன்னோக்கு மின்னோட்டம் (I_F) ஆனது மில்லி அம்மீட்டரில் இருந்து குறித்துக் கொள்ளப்படுகிறது. அளவீடுகள் அட்டவணை படுத்தப்படுகின்றன.
- முன்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் முன்னோக்கு மின்னோட்டம் ஆகியவை நேர்க்குறியாக கொள்ளப்படுகின்றன.
- மின்னழுத்த வேறுபாட்டை X – அச்சிலும், மின்னோட்டத்தை Y–அச்சிலும் கொண்டு வரைபடம் ஒன்று வரையப்படுகிறது. இது முன்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோடு எனப்படுகிறது.
- முன்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோட்டில் புள்ளியிடப்பட்ட கோட்டினால் குறிக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு, டையோடின் வளைவுப்புள்ளி அல்லது பயன் தொடக்க அல்லது இயங்கு நிலை தொடக்க மின்னழுத்த வேறுபாடு எனப்படும்.
- முன்னோக்குச் சார்பு வரைகோட்டின் நேர்க்கோட்டு பகுதியில் இருந்து கணக்கிடப்படும் சாய்வின் தலைகீழ் மதிப்பு, டையோடின் முன்னோக்கு மின்தடையைத் தருகிறது.

2. பின்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோடு:

- பின்னோக்குச் சார்பில், DC மின்மூலத்தின் முனைகள் மாற்றப்படுகின்றன. அதாவது டையோடின் P–பகுதி எதிர்மின் முனையுடனும், N–பகுதி நேர்மின் முனையுடன் இணைக்கப்படுகின்றன.
- மின்சுற்றில் உள்ளவாறு மின் இணைப்புகள் கொடுக்கப்படுகின்றன.
- மாறுபாட்டு DC மின்மூலத்தின் உதவியால், டையோடிற்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு மாற்றப்படுகிறது.
- கொடுக்கப்படும் பின்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாடானது (V_R) $1V$–இல் இருந்து $6V$ வரை $0.5V$ என்ற படிகளில் அதிகரிக்கப்படுகிறது. சார்ந்த பின்னோக்கு மின்னோட்டம் (I_R), மில்லி அம்மீட்டர் மூலம் அளவிடப்படுகிறது. அளவீடுகள் அட்டவணைப் படுத்தப்படுகின்றன.
- பின்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் பின்னோக்கு மின்னோட்டம் ஆகியவை எதிர்க்குறியாக கொள்ளப்படும்.
- பின்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாட்டை எதிர்மறை X – அச்சிலும், பின்னோக்கு மின்னோட்டத்தை எதிர்மறை Y–அச்சிலும் கொண்டு வரைபடம் வரையப்படுகிறது. இது பின்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோடு எனப்படும்.
- பின்னோக்குச் சார்பில் ஒரு குறிப்பிட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டில், செனார் முறிவு (≈ 5.6 - $5.8V$) ஏற்படுகிறது. முறிவின் போது, அதிக அளவிலான மின்னோட்டம் டையோடின் வழியே பாய்கிறது. இதுவே செனார் டையோடின் பண்பு ஆகும்.
- பின்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோட்டில் இருந்து, செனார் டையோடின் முறிவு மின்னழுத்த வேறுபாடு காணப்படுகிறது.

12th Physics_Vol-1_Pratical_Tamil Medium.indd 309 23-12-2022 17:23:31



காட்சிப்பதிவுகள்

அட்டவணை 1:

முன்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோடு:

வ.எண்	முன்னோக்குச் சார்பு மின்னழுத்த வேறுபாடு $V_F(V)$	முன்னோக்குச் சார்பு மின்னோட்டம் $I_F(mA)$

அட்டவணை 2:

பின்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோடு:

வ.எண்	பின்னோக்குச் சார்பு மின்னழுத்த வேறுபாடு $V_R(V)$	பின்னோக்குச் சார்பு மின்னோட்டம் $I_R(mA)$

12th Physics_Vol-1_Pratical_Tamil Medium.indd 310 23-12-2022 17:23:31

கணக்கீடு

i) **முன்னோக்கு மின்தடை** R_F =

ii) **வளைவுப்புள்ளி மின்னழுத்த வேறுபாடு** =

iii) **செனார் டையோடின் முறிவு மின்னழுத்த வேறுபாடு** =

முடிவு

செனார் டையோடின் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையேயான பண்பு வரைகோடுகள் வரையப்பட்டன.

i) **செனார் டையோடின் முன்னோக்குச் சார்பு மின்தடை** R_F = __________ Ω

ii) **செனார் டையோடின் வளைவுப் புள்ளி மின்னழுத்த வேறுபாடு** = __________ V

iii) **செனார் டையோடின் முறிவு மின்னழுத்த வேறுபாடு** V_Z = __________ V

செய்முறை குறிப்புகள்

- DC மின்மூலத்தின் மின்னழுத்த வேறுபாடானது குறிப்பிட்ட நெடுக்கங்களில் மட்டுமே முன்னோக்குச் சார்பிலும் $(0 - 2V)$, பின்னோக்குச் சார்பிலும் $(0 - 15V)$ அதிகரிக்கப் படவேண்டும்.
- மேற்குறிய நெடுக்கத்திற்கு மாறாக, மின்னழுத்த வேறுபாடுகள் அதிகரித்தால் மின்தடை அல்லது டையோடு பாதிப்படையும்.
- முன்னோக்குச் சார்பில், செனார் டையோடானது PN சந்தி டையோடைப் போலவே செயல்படும். ஆகவே முன்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோடுகள் இரண்டிற்கும் ஒரே மாதிரியாக அமையும்.
- PN சந்தி டையோடைப் போல் அல்லாமல், செனார் டையோடின் பின்னோக்குச் சார்பு மின்னோட்டம் மிக அதிகமாக இருப்பதால், மில்லி அம்மீட்டர் மூலமே அளவிடப்படும்.

12th Physics_Vol-1_Pratical_Tamil Medium.indd 311 23-12-2022 17:23:31

8. பொது உமிழ்ப்பான் சுற்று அமைப்பில் NPN டிரான்சிஸ்டரின் பண்பு வரைகோடுகளை அராய்தல்

நோக்கம் பொது உமிழ்ப்பான் சுற்று அமைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு *NPN* டிரான்சிஸ்டரின் பண்பு வரைகோடுகள் வரைந்து, அதன் உள்ளீடு மின்னதிர்ப்பு, வெளியீடு மின்னதிர்ப்பு மற்றும் மின்னோட்டப் பெருக்கத்தைக் கண்டறிதல்.

தேவையான கருவிகள் டிரான்சிஸ்டர் *BC* 548 / *BC* 107, மின்சுற்றுப் பலகை (Bread board), மைக்ரோ அம்மீட்டர், மில்லி அம்மீட்டர், வோல்ட் மீட்டர்கள், மாறுபாட்டு *DC* மின்மூலம் மற்றும் இணைப்புக் கம்பிகள்.

வாய்ப்பாடு $r_i = \left[\dfrac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B}\right]_{V_{CE}}$ (Ω), $r_o = \left[\dfrac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C}\right]_{I_B}$ (Ω), $\beta = \left[\dfrac{\Delta I_C}{\Delta I_B}\right]_{V_{CE}}$ (அலகு இல்லை)

இங்கு, r_i → உள்ளீடு மின்னதிர்ப்பு (Ω)

ΔV_{BE} → அடிவாய் – உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் உள்ள மாறுதல் (V)

ΔI_B → அடிவாய் மின்னோட்ட மாறுதல் (μA)

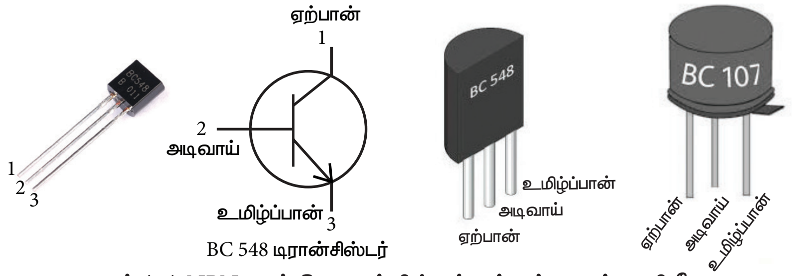
r_o → வெளியீடு மின்னதிர்ப்பு (Ω)

ΔV_{CE} → ஏற்பான் – உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் உள்ள மாறுதல் (V)

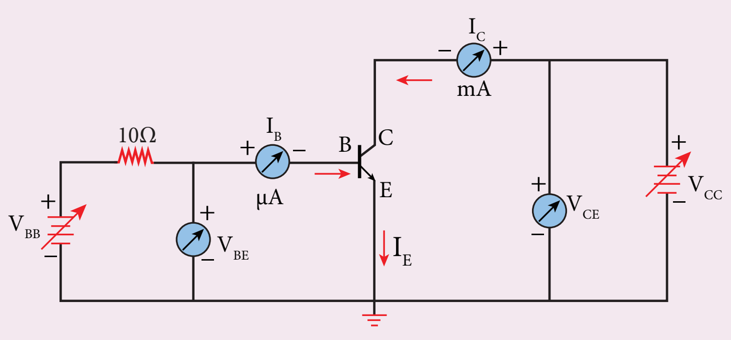
ΔI_C → ஏற்பான் மின்னோட்ட மாறுதல் (mA)

β → டிரான்சிஸ்டரின் மின்னோட்டப் பெருக்கம் (அலகு இல்லை)

மின்சுற்று



படம் (அ) *NPN* – சந்தி டிரான்சிஸ்டர் மற்றும் அதன் குறியீடு
(டிரான்சிஸ்டரின் தட்டைப்பகுதி நம்மை நோக்கியப்படி வைக்கப்பட்டுள்ளது)



படம் (ஆ) *NPN* சந்தி டிரான்சிஸ்டர் – *CE* மின்சுற்றமைப்பு

குறிப்பு

அடிவாயுடன் தொடர் இணைப்பில் ஒரு மின்தடையாக்கியை இணைப்பதால், அடிவாய்க்கு கூடுதலாக பாயும் மின்னோட்டத்தை தடுக்கலாம்.

முன்னெச்சரிக்கைகள்

- டிரான்சிஸ்டர், அம்மீட்டர்கள், வோல்ட்மீட்டர்கள் மற்றும் *DC* மின்மூலம் ஆகியவை சரியான முனைகளில் கவனமாக இணைக்கப்பட வேண்டும்.
- டிரான்சிஸ்டரின் ஏற்பான் மற்றும் உமிழ்ப்பான் முனைகளை மாற்றிப் பயன்படுத்தக்கூடாது.

12th Physics_Vol-1_Pratical_Tamil Medium.indd 312 23-12-2022 17:23:32

செய்முறை

- படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு மின்சுற்றின் இணைப்புகள் தரப்படுகின்றன.
- DC மின்மூலத்தைப் பயன்படுத்தி, உள்ளீடு மற்றும் வெளியீடு மின்னழுத்த வேறுபாடுகளை மாற்ற முடியும்.

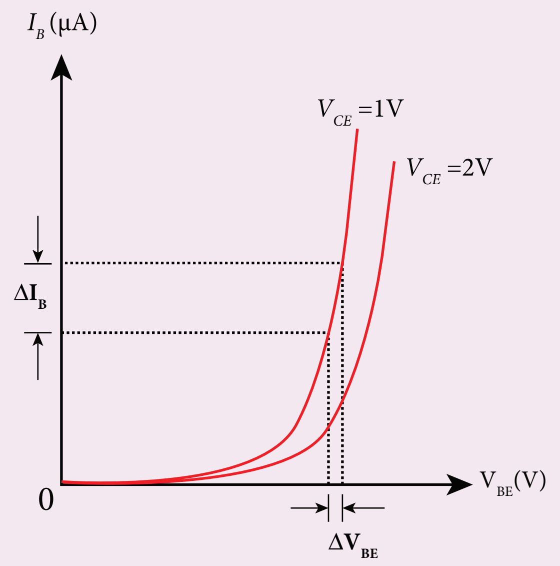
1. உள்ளீடு பண்பு வரைகோடுகள் : V_{BE} *vs* I_B (V_{CE} – மாறிலி)

- ஏற்பான் – உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாடு V_{CE} ஆனது மாறிலியாக வைக்கப்படுகிறது.
- அடிவாய் – உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாடானது (V_{BE}) $0.1V$ என்ற படிகளில் அதிகரிக்கப்படுகிறது. அதனுடன் தொடர்புடைய அடிவாய் மின்னோட்டம் I_B குறித்துக் கொள்ளப்படுகிறது.
- V_{CE} –இன் வெவ்வேறு மதிப்புகளுக்கு, சோதனை மீண்டும் செய்யப்பட்டு அளவீடுகள் அட்டவணைப் படுத்தப்படுகின்றன.
- V_{BE} இன் மதிப்பை X–அச்சிலும், I_B இன் மதிப்பை Y–அச்சிலும் கொண்டு, V_{CE} இன் வெவ்வேறு மதிப்புகளுக்கு வரைகோடுகள் வரையப்படுகின்றன.
- இந்த வரைகோடுகள் டிரான்சிஸ்டரின் உள்ளீடு பண்பு வரைகோடுகள் (Input characteristic curves) என அழைக்கப்படுகின்றன.
- வரைகோட்டில் இருந்து அதன் சாய்வு கணக்கிடப்படுகிறது. சாய்வின் தலைகீழ் மதிப்பு டிரான்சிஸ்டரின் உள்ளீடு மின்எதிர்ப்பின் மதிப்பைத் தருகிறது.

அட்டவணை 1:

உள்ளீடு பண்பு வரைகோடுகள்

வ.எண்	$V_{CE} = 1V$		$V_{CE} = 2V$	
	V_{BE} (V)	I_B (μA)	V_{BE} (V)	I_B (μA)



$$\text{சாய்வு} = \frac{\Delta I_B}{\Delta V_{BE}}$$

$$\text{உள்ளீடு மின்எதிர்ப்பு} = \frac{1}{\text{சாய்வு}}$$

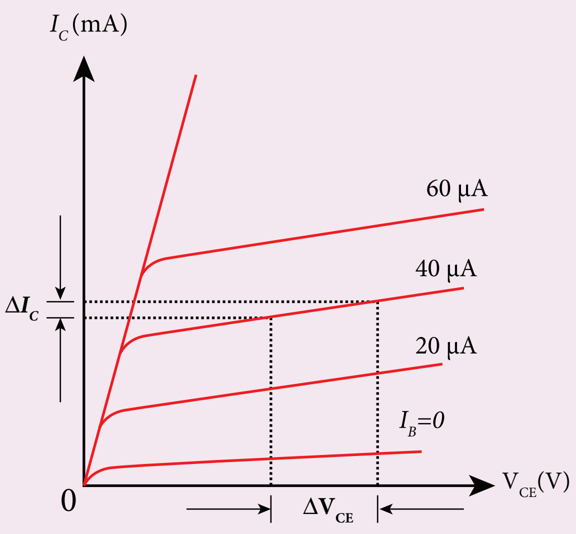
2. வெளியீடு பண்பு வரைகோடுகள் : V_{CE} vs I_c (I_B –மாறிலி)

- அடிவாய் மின்னோட்டம் I_B ஆனது மாறிலியாக வைக்கப்படுகிறது.
- ஏற்பான் – உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாடு V_{CE} ஆனது $1V$ என்ற படிகளில் அதிகரிக்கப்பட்டு, அதற்குரிய ஏற்பான் மின்னோட்டம் I_C குறித்துக் கொள்ளப்படுகிறது. ஏற்பான் மின்னோட்டம் ஏறக்குறைய மாறிலியாகும் வரை அளவீடுகள் மேற்கொள்ளப்படுகின்றன.
- தொடக்கத்தில் I_B ன் மதிப்பு $0\ mA$ ஆக வைத்து, அதற்குரிய ஏற்பான் மின்னோட்டம் I_C குறித்துக் கொள்ளப்படுகிறது. இந்த மின்னோட்டம் பின்னோக்குத் தெவிட்டிய மின்னோட்டம் I_{CEO} ஆகும்.
- I_B இன் வெவ்வேறு மதிப்புகளுக்கு, இச்சோதனை மீண்டும் செய்யப்படுகிறது. அளவீடுகள் அட்டவனைப்படுத்தப்படுகின்றன.
- V_{CE} இன் மதிப்பை X–அச்சிலும், I_C இன் மதிப்பை Y–அச்சிலும் கொண்டு, I_B இன் வெவ்வேறு மதிப்புகளுக்கு வரைகோடுகள் வரையப்படுகின்றன.
- இவ்வாறு கிடைக்கும் வரைகோடுகள் டிரான்சிஸ்டரின் வெளியீடு பண்பு வரைகோடுகள் (Output characteristic curves) எனப்படும்.
- வரைகோட்டில் இருந்து அதன் சாய்வு கணக்கிடப்படுகிறது. சாய்வின் தலைகீழ் மதிப்பு டிரான்சிஸ்டரின் வெளியீடு மின்எதிர்ப்பின் மதிப்பைத் தருகிறது.

அட்டவணை 2:

வெளியீடு பண்பு வரைகோடுகள்

வ.எண்	$I_B = 20\ \mu A$		$I_B = 40\ \mu A$	
	V_{CE} (V)	I_C (mA)	V_{CE} (V)	I_C (mA)



$$\text{சாய்வு} = \frac{\Delta I_C}{\Delta V_{CE}}$$

$$\text{வெளியீடு மின்எதிர்ப்பு} = \frac{1}{\text{சாய்வு}}$$

12th Physics_Vol-1_Pratical_Tamil Medium.indd 314 23-12-2022 17:23:33

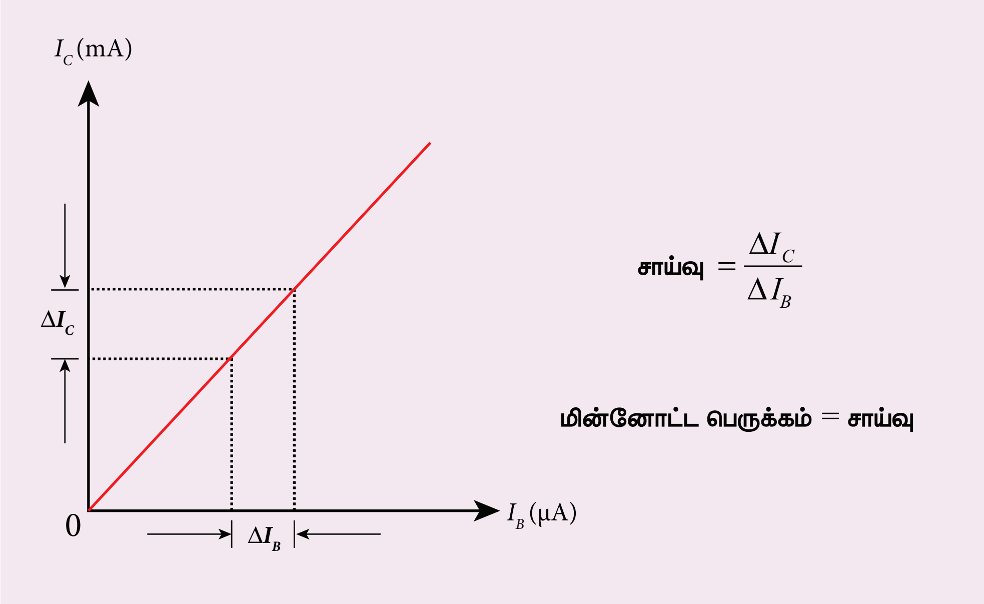
3. **பரிமாற்றுப் பண்பு வரைகோடுகள்: I_B vs I_c (V_{CE} – மாறிலி)**

- ஏற்பான் – உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாடு V_{CE} ஆனது மாறிலியாக வைக்கப்படுகிறது.
- அடிவாய் மின்னோட்டம் I_B ஆனது $10\mu A$ என்ற படிகளில் உயர்த்தப்பட்டு, அதனைச் சார்ந்த ஏற்பான் மின்னோட்டம் I_C குறித்துக் கொள்ளப்படுகிறது.
- V_{CE} யின் வெவ்வேறு மதிப்புகளுக்கு, சோதனை மீண்டும் செய்யப்படுகிறது. அளவீடுகள் அட்டவணைப் படுத்தப்படுகின்றன.
- V_{CE} மதிப்பை மாறிலியாகக் கொண்டு, I_B இன் மதிப்பை X–அச்சிலும், I_C இன் மதிப்பை Y–அச்சிலும் கொண்டு, பரிமாற்று பண்பு வரைகோடுகள் (Transfer characteristic curves) வரையப்படுகின்றன.
- பரிமாற்று பண்பு வரைகோட்டின் சாய்வானது மின்னோட்ட பெருக்கத்தின் β மதிப்பைத் தருகிறது.

அட்டவணை 3:

பரிமாற்று பண்பு வரைகோடுகள்

வ.எண்	$V_{CE}=1V$		$V_{CE}=2V$	
	I_B (μA)	I_C (mA)	I_B (μA)	I_C (mA)



முடிவு:

i) **பொது உமிழ்ப்பான் சுற்று அமைப்பில் இணைக்கப்பட்ட *NPN* டிரான்சிஸ்டரின் உள்ளீடு, வெளியீடு மற்றும் பரிமாற்று பண்பு வரைகோடுகள் வரையப்பட்டன.**

ii) **(அ) உள்ளீடு மின்எதிர்ப்பு** r_i = ___________________ Ω

(ஆ) வெளியீடு மின்எதிர்ப்பு r_0 = ___________________ Ω

(இ) மின்னோட்டப் பெருக்கம் β = ___________________ **அலகு இல்லை**

9. தொகுப்புச் சுற்றுகளைப் பயன்படுத்தி தர்க்க வாயில்களின் உண்மை அட்டவணைகளைச் சரிபார்த்தல்

நோக்கம்

தொகுப்புச் சுற்றுகளைப் பயன்படுத்தி *AND*, *OR*, *NOT*, *EX – OR*, *NAND* மற்றும் *NOR* ஆகிய தர்க்க வாயில்களின் உண்மை அட்டவணைகளைச் சரிபார்த்தல்.

தேவையான கருவிகள்

AND வாயில் (*IC* 7408), *OR* வாயில் (*IC* 7432), *NOT* வாயில் (*IC* 7404), *EX – OR* வாயில் (*IC* 7486), *NAND* வாயில் (*IC* 7400), *NOR* வாயில் (*IC* 7402), மின்மூலம், இலக்க தொகுப்புச்சுற்று பயிற்சிக் கருவி (Digital IC trainer kit) மற்றும் இணைப்புக் கம்பிகள்.

பூலியன் சமன்பாடுகள்:

i) *AND* **வாயில்** $Y = A.B$

ii) *OR* **வாயில்** $Y = A+B$

iii) *NOT* **வாயில்** $Y = \overline{A}$

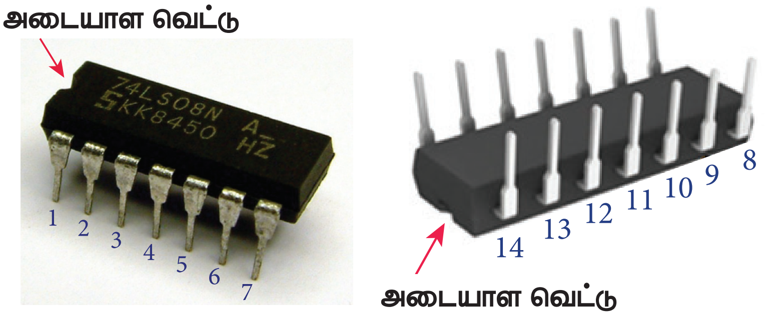
iv) *EX-OR* **வாயில்** $Y = \overline{A}B + A\overline{B}$

v) *NAND* **வாயில்** $Y = \overline{A.B}$

vi) *NOR* **வாயில்** $Y = \overline{A+B}$

மின்சுற்று

IC மின்முனைகள் அடையாளம் காணல்



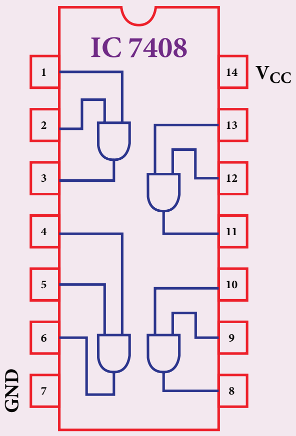
படம் (அ) தொகுப்புச் சுற்று

குறிப்பு:

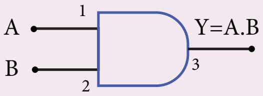
தொகுப்புச் சுற்றினை மின்சுற்றுப் பலகையில் நுழைக்கும் போது, அதன் அடையாள வெட்டு இடது புறமாக இருக்க வேண்டும். பின்னர் படத்தில் உள்ளவாறு *IC* மின்முனைகள் (*IC* pins) எண்ணப்பட வேண்டும். பின்வரும் படங்களில் உள்ள அனைத்து தொகுப்புச் சுற்றுகளுக்கும் மேற்கூறியவாறே, *IC* மின்முனைகள் அடையாளம் காணப்படுகின்றன.

AND வாயில்:

மின்முனைப் படம்-IC 7408



குறியீடு

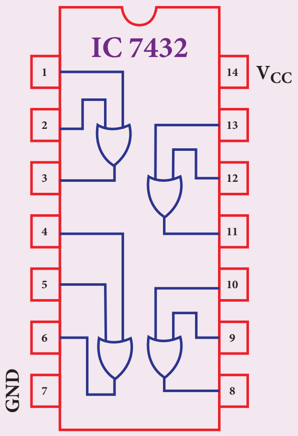


உண்மை அட்டவணை

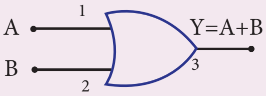
A	B	Y=AB
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

OR வாயில்:

மின்முனைப் படம்-IC 7432



குறியீடு

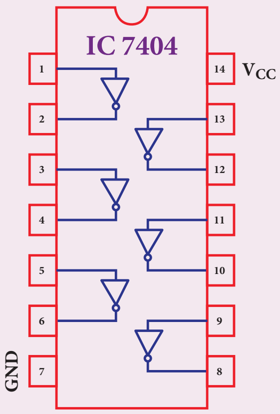


உண்மை அட்டவணை

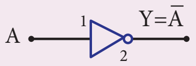
A	B	Y=A+B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

NOT வாயில்:

மின்முனைப் படம்-IC 7404



குறியீடு

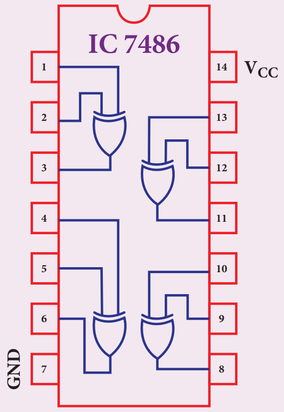


உண்மை அட்டவணை

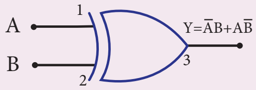
A	$Y=\overline{A}$
0	1
1	0

EX-OR வாயில்:

மின்முனைப் படம்-IC 7486



குறியீடு

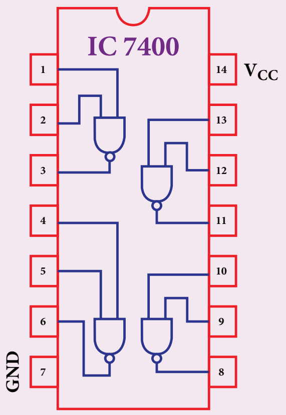


உண்மை அட்டவணை

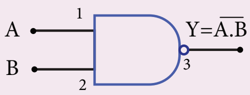
A	B	$Y=\overline{A}B+A\overline{B}$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

NAND வாயில்:

மின்முனைப் படம்-IC 7400



குறியீடு

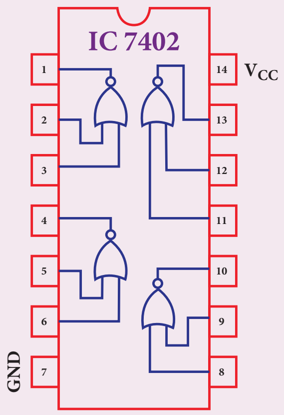


உண்மை அட்டவணை

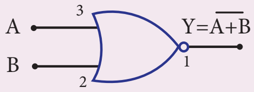
A	B	$Y=\overline{A.B}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

NOR வாயில்:

மின்முனைப் படம்-IC 7402



குறியீடு



உண்மை அட்டவணை

A	B	$Y=\overline{A+B}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

12th Physics_Vol-1_Pratical_Tamil Medium.indd 317 23-12-2022 17:23:34

செய்முறை:

- கொடுக்கப்பட்ட தர்க்க வாயிலின் உண்மை அட்டவணையைச் சரிபார்ப்பதற்கு, உரிய தொகுப்புச் சுற்றினை எடுத்துக் கொண்டு மின்சுற்றில் உள்ளவாறு இணைப்புகள் தரப்படுகிறது.
- அனைத்து தொகுப்புச்சுற்றுகளுக்கும், 14 ஆம் *IC* மின்முனைக்கு 5*V* மின்னழுத்த வேறுபாடும், 7ஆம் *IC* மின்முனைக்கு புவி இணைப்பும் (Earthing) தரப்படுகிறது.
- உண்மை அட்டவணையில் உள்ள உள்ளீடுகளின் சேர்க்கைகளுக்கு, அதற்குரிய வெளியீடுகள் குறிக்கப்பட்டு, அட்டவணைப் படுத்தப்படுகிறது.
- இந்த வகையில், அனைத்து தர்க்க வாயில்களின் உண்மை அட்டவணைகளும் சரி பார்க்கப்படுகின்றன.

முடிவு:

தொகுப்புச் சுற்றுகளை பயன்படுத்தி AND, OR, NOT, EX – OR, NAND மற்றும் NOR ஆகிய தர்க்க வாயில்களின் உண்மை அட்டவனைகள் சரிபார்க்கப்பட்டன.

முன்னெச்சரிக்கைகள்

- V_{CE} மற்றும் புவி இணைப்புகளை மாற்றி இணைத்தல் கூடாது. அவ்வாறு செய்தால் தொகுப்புச் சுற்றுகள் பழுதடைந்து விடும்.
- *NOR* தர்க்க வாயிலின் *IC* மின்முனை வரைபடமானது, மற்ற தர்க்க வாயில்களின் வரைபடங்களில் இருந்து வேறுபட்டது ஆகும்.

12th Physics_Vol-1_Pratical_Tamil Medium.indd 318 23-12-2022 17:23:34

10. டீ மார்கனின் தேற்றங்களைச் சரி பார்த்தல்

நோக்கம் டீ மார்கனின் முதல் மற்றும் இரண்டாவது தேற்றங்களைச் சரிபார்த்தல்.

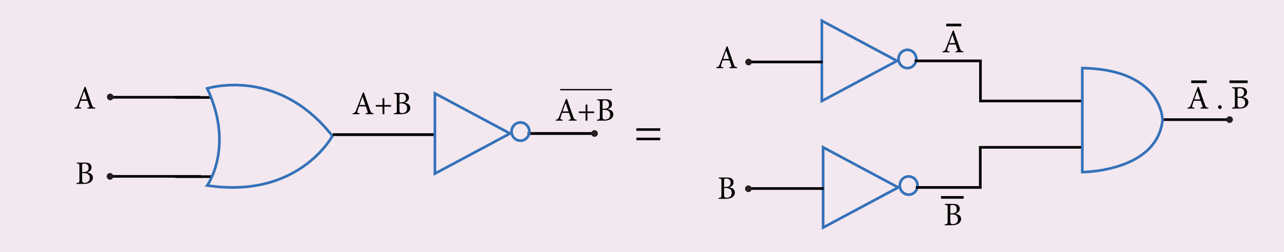
தேவையான கருவிகள் மின்மூலம் (0 – 5V), IC 7400, 7408, 7432, 7404 மற்றும் 7402 இலக்க தொகுப்புச் சுற்று பயிற்சிக்கருவி (Digital IC trainer kit) மற்றும் இணைப்புக் கம்பிகள்.

வாய்ப்பாடு: **டீ மார்கனின் முதல் தேற்றம்** $\overline{A+B} = \overline{A}.\overline{B}$

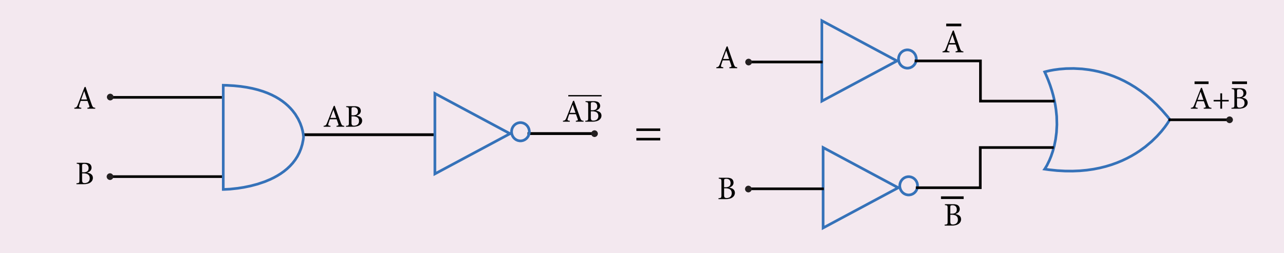
டீ மார்கனின் இரண்டாவது தேற்றம் $\overline{A.B} = \overline{A}+\overline{B}$

மின்சுற்று

டீ மார்கனின் முதல் தேற்றம்



டீ மார்கனின் இரண்டாவது தேற்றம்



செய்முறை:

1) **டீ மார்கனின் முதல் தேற்றத்தைச் சரிபார்த்தல்**

- தேற்றத்தின் இடது பக்கக் கூறுக்கான $\left[\overline{A+B}\right]$ இணைப்புகள் படத்தில் காட்டியவாறு, தகுந்த தொகுப்புச் சுற்றுகளைப் பயன்படுத்தி மேற்கொள்ளப்படுகின்றன.
- உண்மை அட்டவணையில் உள்ள அனைத்து உள்ளீடுகளின் சேர்க்கைகளுக்கும் உரிய வெளியீடுகள் குறித்துக் கொள்ளப்பட்டு, அட்டவணை படுத்தப்படுகின்றன.
- இதே செய்முறை, தேற்றத்தின் வலது பக்கக்கூறுக்கும் $\left[\overline{A}.\overline{B}\right]$ செய்யப்படுகிறது.
- உண்மை அட்டவணையிலிருந்து, $\overline{A+B} = \overline{A}.\overline{B}$ என நிரூபிக்கப்படுகிறது.

2) **டீ மார்கனின் இரண்டாவது தேற்றத்தைச் சரிபார்த்தல்**

- தேற்றத்தின் இடது பக்கக் கூறுக்கான $\left[\overline{A.B}\right]$ இணைப்புகள் படத்தில் காட்டியவாறு தகுந்த தொகுப்புச் சுற்றுகளைப் பயன்படுத்தி மேற்கொள்ளப்படுகின்றன.

12th Physics_Vol-1_Pratical_Tamil Medium.indd 319 23-12-2022 17:23:37

- உண்மை அட்டவணையில் உள்ள அனைத்து உள்ளீடுகளின் சேர்க்கைளுக்கும் உரிய வெளியீடுகள் குறித்துக் கொள்ளப்பட்டு, அட்டவணை படுத்தப்படுகின்றன.
- இதே செய்முறை, தேற்றத்தின் வலது பக்கக்கூறுக்கும் $\left[\overline{A}+\overline{B}\right]$ செய்யப்படுகிறது.
- உண்மை அட்டவனையிலிருந்து, $\overline{A.B}=\overline{A}+\overline{B}$ என நிரூபிக்கப்படுகிறது.

காட்சிப்பதிவுகள்

டீமார்கனின் முதல் தேற்றம்

உண்மை அட்டவனை

A	B	$\overline{A+B}$	$\overline{A}.\overline{B}$
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

டீ மார்கனின் இரண்டாவது தேற்றம்

உண்மை அட்டவனை:

A	B	$\overline{A.B}$	$\overline{A}+\overline{B}$
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

முடிவு:

டீ மார்கனின் முதல் மற்றும் இரண்டாவது தேற்றங்கள் நிரூபிக்கப்பட்டன.

குறிப்பு:

- $IC\,7408$, $IC\,7432$, மற்றும் $IC\,7404$ ஆகியவற்றின் மின் முனை படங்கள், முந்தைய சோதனையில் இருந்து எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும்.
- அனைத்து தொகுப்புச்சுற்றுகளுக்கும், 14 ஆம் IC மின்முனைக்கு $5V$ மின்னழுத்த வேறுபாடும், 7ஆம் IC மின்முனைக்கு புவி இணைப்பும் (Earthing) தரப்படுகிறது.

முன்னெச்சரிக்கை:

- V_{CC} மற்றும் புவி இணைப்பு IC மின்முனைகள் மாற்றி இணைத்தால், தொகுப்புச் சுற்று பழுதடைந்து விடும்.

செய்முறை தேர்வுக்கு பரிந்துரைக்கப்படும் வினாக்கள்

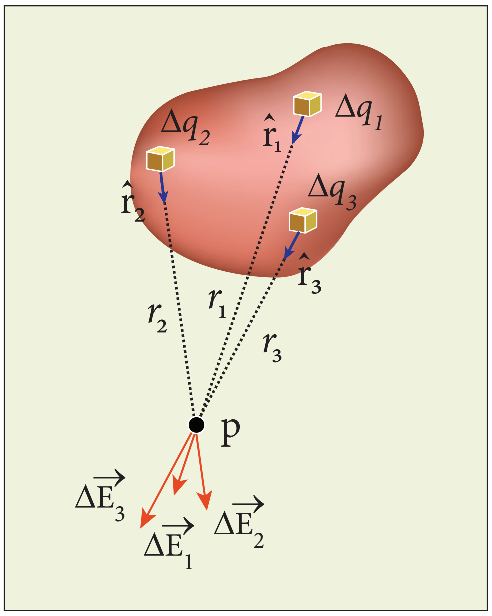
1. மீட்டர் சமனச் சுற்றைப் பயன்படுத்தி, கொடுக்கப்பட்ட கம்பியின் மின்தடையைக் கண்டுபிடி. மேலும் திருகுஅளவியை பயன்படுத்தி கம்பியின் ஆரத்தை அளவிட்டு, அதிலிருந்து கம்பிச்சுருள் செய்யப்பட்ட பொருளின் மின்தடை எண்ணையும் கண்டுபிடிக்கவும் (குறைந்த பட்சம் 4 அளவீடுகள் தேவை).
2. டேஞ்சன்ட் கால்வனா மீட்டரைப் பயன்படுத்தி, புவி காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக் கூறின் மதிப்பினை கண்டறிக (குறைந்த பட்சம் 4 அளவீடுகள் தேவை).
3. மின்னழுத்தமானியைப் பயன்படுத்தி, கொடுக்கப்பட்டுள்ள மின்கலன்களின் மின்னியக்கு விசையை ஒப்பிடுக.
4. நிறமாலைமானியைப் பயன்படுத்தி, கொடுக்கப்பட்ட முப்பட்டகத்தின் கோணம் மற்றும் சிறும திசைமாற்றக் கோணத்தை அளவிட்டு, அதிலிருந்து முப்பட்டகம் செய்யப்பட்ட பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் கணக்கிடுக.
5. நிறமாலைமானியைப் பயன்படுத்தி, கீற்றணியை நேர்க்குத்து படுகதிர் முறையில் சரி செய்து, பாதரச வாயு விளக்கின் நிறமாலையில் உள்ள நீலம், பச்சை, மஞ்சள், மற்றும் சிவப்பு நிறங்களின் அலைநீளத்தைக் கண்டுபிடிக்கவும் (ஒரு மீட்டர் நீளத்திற்கான கோடுகளின் எண்ணிக்கை கீற்றணியிலிருந்து குறித்துக் கொள்ள வேண்டும்).
6. PN சந்தி டையோடின் V – I பண்பு வரைகோடுகளை வரைந்து, முன்னோக்குச் சார்பு வரைகோடுகளில் இருந்து முன்னோக்குச் சார்பு மின்தடை மற்றும் வளைவுப்புள்ளி மின்னழுத்த வேறுபாட்டை கண்டுபிடிக்கவும்.
7. செனார் டையோடின் V – I பண்பு வரைகோடுகளை வரைந்து, முன்னோக்குச் சார்பு வரைகோட்டில் இருந்து முன்னோக்குச் சார்பு மின்தடை மற்றும் வளைவுப்புள்ளி மின்னழுத்த வேறுபாட்டை கண்டுபிடி. மேலும் பின்னோக்குச் சார்பு வரைகோட்டில் இருந்து செனார் டையோடின் முறிவு மின்னழுத்த வேறுபாட்டையும் கண்டுபிடிக்கவும்.
8. கொடுக்கப்பட்ட NPN டிரான்சிஸ்டரை பொது உமிழ்ப்பான் சுற்று முறையில் அமைத்து, உள்ளீடு மற்றும் பரிமாற்று பண்பு வரைகோடுகளை வரைக. மேலும் உள்ளீடு பண்பு வரைகோட்டில் இருந்து உள்ளீடு மின்எதிர்ப்பையும், பரிமாற்று பண்பு வரைகோட்டில் இருந்து மின்னோட்டப் பெருக்கத்தையும் கண்டுபிடிக்கவும்.
9. கொடுக்கப்பட்ட NPN டிரான்சிஸ்டரின் பொது உமிழ்ப்பான் சுற்று முறையில் அமைத்து, வெளியீடு மற்றும் பரிமாற்று பண்பு வரைகோடுகள் வரைக. மேலும் வெளியீடு பண்பு வரைகோட்டில் இருந்து வெளியீடு மின்எதிர்ப்பையும், பரிமாற்று பண்பு வரைகோட்டில் இருந்து மின்னோட்டப் பெருக்கத்தையும் கண்டுபிடிக்கவும்.
10. தொகுப்புச் சுற்றுகளைப் பயன்படுத்தி, AND, NOT, EX – OR, மற்றும் NAND ஆகிய தர்க்க வாயில்களின் உண்மை அட்டவணைகளைச் சரிபார்க்கவும்.
11. தொகுப்புச் சுற்றுகளைப் பயன்படுத்தி OR, NOT, EX – OR மற்றும் NOR ஆகிய தர்க்க வாயில்களின் உண்மை அட்டவணைகளைச் சரிபார்க்கவும்.
12. டீ மார்கனின் முதல் மற்றும் இரண்டாவது தேற்றங்களைச் சரிபார்க்கவும்.

12th Physics_Vol-1_Pratical_Tamil Medium.indd 321 23-12-2022 17:23:39

பின் இணைப்பு

A1.1 மின்துகள்களின் தொடர் பரவலால் உருவாகும் மின்புலம்

ஒழுங்கற்ற வடிவங்கொண்ட, மின்னூட்டம் பெற்ற பொருள் ஒன்றைக் கருதுவோம். [படம் A1.1]. அப்பொருளை $\Delta q_1, \Delta q_2, \Delta q_3 ......\Delta q_n$ ஆகிய மின்துகள் கூறுகளாகப் பகுக்கவும்; ஒவ்வொரு Δq மின்துகள் கூறையும் புள்ளி மின்துகள்களாகக் கருதலாம்.



படம் A1.1 மின்னூட்டங்களின் தொடர் பரவல்

அனைத்து மின்துகள் கூறுகளாலும் ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் மின்புலங்களின் வெக்டர் கூடுதல், அம்மின்னூட்டப் பொருளால் ஏற்படும் மின்புலத்திற்குக் கிட்டத்தட்ட சமமாகும்.

$$\vec{E} \approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{\Delta q_1}{r_{1P}^2}\hat{r}_{1P} + \frac{\Delta q_2}{r_{2P}^2}\hat{r}_{2P} + ... + \frac{\Delta q_n}{r_{nP}^2}\hat{r}_{nP}\right)$$
$$\approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\sum_{i=1}^{n}\frac{\Delta q_i}{r_{iP}^2}\hat{r}_{iP} \qquad (A1.1)$$

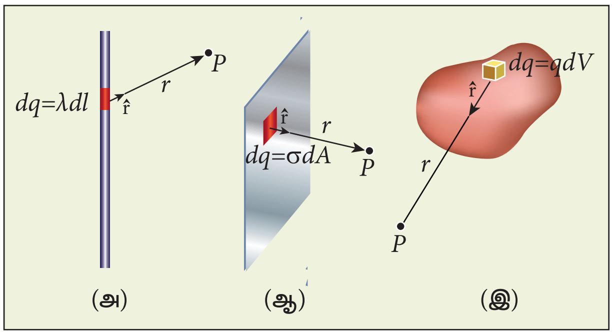
இங்கு Δq_i என்பது $i^{\text{வது}}$ மின்துகள் கூறு, r_{iP} என்பது புள்ளி P யிலிருந்து $i^{\text{வது}}$ மின்துகள் கூறின் தொலைவு மற்றும் $\hat{r}_{iP}$ என்பது $i^{\text{வது}}$ மின்துகள் கூறிலிருந்து புள்ளி P க்கு வரையப்பட்ட ஓரலகு வெக்டர். எனினும் சமன்பாடு (A1.1) ஒரு தோராயமான சமன்பாடே. மின்துகள்களின் தொடர் பரவலைக் கணக்கில் கொள்ள $\Delta q \to 0 (= dq)$ என்ற எல்லையை எடுக்க வேண்டும். இந்த எல்லையில் சமன்பாடு (A1.1) ஒரு தொகையீடாக மாறுகின்றது.

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int\frac{dq}{r^2}\hat{r} \qquad (A1.2)$$

இங்கு r என்பது மீச்சிறு (infinitesimal) மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகள் dq விலிருந்து புள்ளி P உள்ள தொலைவு மற்றும் $\hat{r}$ என்பது dq விலிருந்து புள்ளி (P) யை நோக்கி வரையப்படும் ஓரலகு வெக்டர். மின்துகள்களின் தொடர் பரவல்களால் உருவாகும் மின்புலத்தைக் கணக்கிடுவது சற்று கடினமென்றாலும், அத்தகைய பொருளால் ஒரு சோதனை மின்துகளின் மீது செலுத்தப்படும் விசையைக் கணக்கிட இங்கும் $\vec{F} = q\vec{E}$ என்ற தொடர்பையே நாம் பயன்படுத்துகிறோம்.

(a) L நீளமுள்ள கம்பியொன்றில் Q மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகள்கள் சீராகப் பரவி இருந்தால், அதன் மின்னூட்ட நீள் அடர்த்தி (ஓரலகு நீளத்திலுள்ள மின்துகள்களின் மின்னூட்ட மதிப்பு) $\lambda = \frac{Q}{L}$. இதன் அலகு கூலூம் / மீட்டர் (Cm^{-1}).

மீச்சிறு நீளம் dl ல் உள்ள மின்துகள்களின் மின்னூட்டம் $dq = \lambda dl$. [படம் A1.2 (அ)]



படம் A1.2 நீள், பரப்பு மற்றும் பருமன் மின்துகள் அமைப்புகள்

மொத்த மின்னூட்டம் Q உள்ள நீள் மின் அமைப்பினால் உருவாகும் மின்புலம்

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

(b) A பரப்பளவு கொண்ட பரப்பொன்றில் Q மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகள்கள் சீராகப் பரவியிருந்தால், அதன் மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி (ஓரலகு பரப்பளவிலுள்ள மின்துகள்களின் மின்னூட்ட மதிப்பு) $\sigma = \frac{Q}{A}$. இதன் அலகு கூலூம் / மீட்டர்² (Cm^{-2}).

மீச்சிறு பரப்பளவு dA ல் உள்ள மின்துகள்களின் மின்னூட்டம் $dq = \sigma\, dA$. படம் A1.2 (ஆ).

மொத்த மின்னூட்டம் Q உள்ள பரப்பினால் உருவாகும் மின்புலம்

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\int \frac{\sigma dA}{r^2}\hat{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\sigma\int \frac{dA}{r^2}\hat{r}$$

(c) V பருமன் கொண்ட பொருளில் Q மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகள்கள் சீராகப் பரவியிருந்தால், அதன் மின்னூட்டப் பருமன் அடர்த்தி (ஓரலகு பருமனில் உள்ள மின்துகள்களின் மின்னூட்டமதிப்பு) $\rho = \frac{Q}{V}$. இதன் அலகு கூலூம் / மீட்டர்³ ($C\,m^{-3}$).

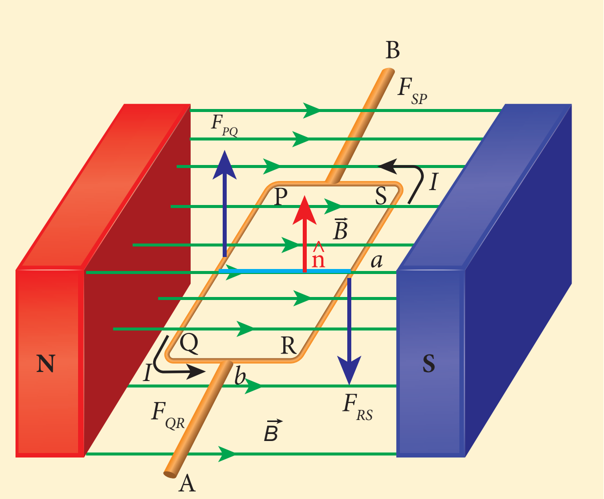
மீச்சிறு பருமன் dV ல் உள்ள மின்துகள்களின் மின்னூட்டம் $dq = \rho dV$ (படம் A1.2 (இ)).

மொத்த மின்னூட்டம் Q கொண்ட பருமப்பொருளால் உருவாகும் மின்புலம்

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\int \frac{\rho dV}{r^2}\hat{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\rho\int \frac{dV}{r^2}\hat{r}.$$

A3.1 சீரான காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள மின்னோட்ட வளையத்தின் மீதான திருப்பு விசை

ஒரு சுற்று கொண்ட PQRS என்ற செவ்வக வளையம் ஒன்று சீரான காந்தப்புலம் $\vec{B}$ –ல் வைக்கப்பட்டுள்ளது எனக் கருதுக. a மற்றும் b முறையே வளையத்தின் நீளம் மற்றும் அகலம். $\hat{n}$ என்பது மின்னோட்ட வளையத் தளத்திற்கு செங்குத்தான திசையில் அமைந்த ஓரலகு வெக்டர்; வளையத்தின் திசையமைப்பை அறிய இது உதவுகிறது. காந்தப்புலத்தின் திசை படம் A3.1ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

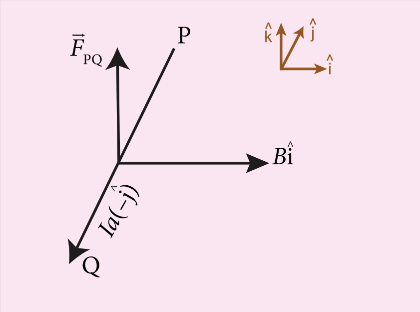
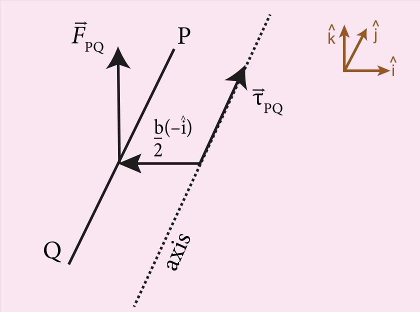
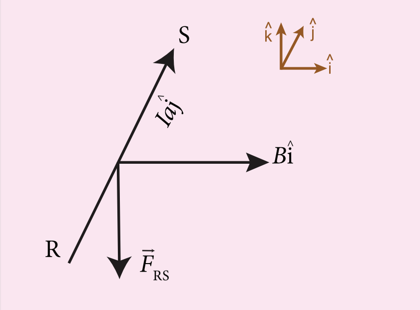
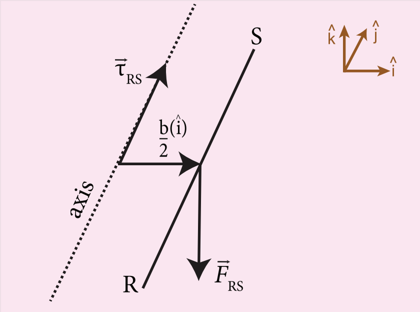


படம் A3.1 காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள செவ்வக வளையம்

வளையம் PQRS வழியே சீரான மின்னோட்டம் I பாயும்போது அதன் மீது செயல்படும் நிகர விசை சுழி ஆனால் நிகர திருப்புவிசை சுழியல்ல. கணக்கிடுவதற்கு எளிதாக இருக்கும் பொருட்டு செவ்வக வளையத்தை PQ, QR, RS மற்றும் SP என்ற நான்கு பகுதிகளாகப் பிரித்துக் கொள்வோம்.

Appendix-1.indd 323 23-12-2021 12:29:35

அட்டவணை **A3.1** ஓரலகு செங்குத்து வெக்டர் காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ள நிலை

பகுதி	விசை		திருப்பு விசை	
	$\vec{F} = I\vec{l} \times \vec{B}$	விளக்கப்படம்	$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$	விளக்கப்படம்
PQ	$\vec{F}_{PQ} = I(-a\hat{j}) \times B\hat{i}$ $= -IaB(\hat{j} \times \hat{i})$ $= IaB\hat{k}$		$\vec{\tau}_{PQ} = \frac{b}{2}(-\hat{i}) \times \vec{F}_{PQ}$ $= \left(-\frac{b}{2}\right)(IaB)(\hat{i} \times \hat{k})$ $= \frac{b}{2} IaB\,\hat{j}$	
QR	$\vec{F}_{QR} = Ib\hat{i} \times B\hat{i} = \vec{0}$		$\vec{\tau}_{QR} = \frac{a}{2}(-\hat{j}) \times \vec{F}_{QR} = \vec{0}$	
RS	$\vec{F}_{RS} = (Ia\hat{j}) \times B\hat{i}$ $= IaB(\hat{j} \times \hat{i})$ $= -IaB\hat{k}$		$\vec{\tau}_{RS} = \frac{b}{2}\hat{i} \times \vec{F}_{RS}$ $= \frac{b}{2}\hat{i} \times (-IaB\hat{k})$ $= \left(-\frac{b}{2}\right) IaB(\hat{i} \times \hat{k})$ $= \frac{b}{2} IaB\,\hat{j}$	
SP	$\vec{F}_{SP} = Ib(-\hat{i}) \times B\hat{i} = \vec{0}$		$\vec{\tau}_{SP} = \frac{a}{2}\hat{j} \times \vec{F}_{SP} = \vec{0}$	

Appendix-1.indd 324 23-12-2021 12:29:38

இப்போது வளையத்தின் தளம் காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ள நிலையில் திருப்பு விசையைக் கணக்கிடுவோம், அதாவது $\hat{n} \perp \vec{B}$

$\hat{n} \perp \vec{B}$ (ஓரலகு செங்குத்து வெக்டர் காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ளது)

காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்படும் மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியின் மீது விசை செயல்படும் ஆதலால், வளையத்தின் ஒவ்வொரு பகுதியின் மீது செயல்படும் விசையையும் மையத்தின் வழியே செல்லும் அச்சைப் பொறுத்து திருப்பு விசையையும் பட்டியலிடுவோம் (அட்டவணை A3.1)

நிகர விசை $\vec{F}_{net} = \vec{F}_{PQ} + \vec{F}_{QR} + \vec{F}_{RS} + \vec{F}_{SP} = \vec{0}$

நிகர திருப்பு விசை

$$\vec{\tau}_{net} = \vec{\tau}_{PQ} + \vec{\tau}_{QR} + \vec{\tau}_{RS} + \vec{\tau}_{SP} = IabB\hat{j}$$

எனவே, செவ்வக வளையத்தின் மீதான நிகர விசை சுழி ஆனால் நிகர திருப்பு விசை சுழியல்ல. A என்பது செவ்வக வளையத்தின் பரப்பளவு $(A = ab)$ எனில்,

$$\vec{\tau}_{net} = ABI\hat{j}$$

செவ்வக வளையத்தின் மொத்த சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை N எனில்,

$$\vec{\tau}_{net} = NABI\hat{j}$$

இத் திருப்பு விசையினால் வளையம் சுழல ஆரம்பிக்கும் (இங்கு வலஞ்சுழியாக). எனவே, காந்தப்புலமும் வளையத்தின் தளமும் ஒரே திசையில் இருக்காது. ஆகையால், மேலே கொடுக்கப்பட்டுள்ள சமன்பாடு ஒரு சிறப்பு நேர்வு ஆகும்.

குறிப்பு: காந்தப்புலத்தின் திசைக்கு சாய்வாக வளையத்தின் தளம் அமையும்போது (அதாவது, $\hat{n} \not\perp \vec{B}$), திருப்பு விசையின் கோவை $\vec{\tau}_{net} = NABI\sin\theta\,\hat{j}$. காந்த இருமுனைத் திருப்புத்திறனின் அடிப்படையில் $\vec{\tau}_{net} = \vec{p}_m \times \vec{B}$,

சிறப்பு நேர்வுகள்:

(i) $\theta = 90^\circ, \vec{\tau}_{net} = NABI\hat{j} =$ பெருமம்

$\vec{p}_m$ மற்றும் $\vec{B}$ ஒன்றுக்கொன்றுசெங்குத்தாக உள்ளன.

(ii) $\theta = 0^\circ, \vec{\tau}_{net} = \vec{0}$

$\vec{p}_m$ மற்றும் $\vec{B}$ இணையாக உள்ளன.

(iii) $\theta = 180^\circ, \vec{\tau}_{net} = \vec{0}$

$\vec{p}_m$ மற்றும் $\vec{B}$ எதிர் இணையாக உள்ளன.

எடுத்துக்காட்டு A3.1

சீரான காந்தப்புலத்தில் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள சட்டகாந்தமொன்றின் அலைவு நேரம் $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{p_m B}}$ வினாடி என நிறுவுக. இங்கு I என்பது சட்டகாந்தத்தின் நிலைமத்திருப்புத்திறன், p_m என்பது காந்தத்திருப்புத்திறன் மற்றும் B என்பது காந்தப்புலம்.

தீர்வு

சீரான காந்தப்புலம் $\vec{B}$ இன் திசைக்கு இணையாக சட்டகாந்தத்தை ஒருங்கமைப்பதற்காக, சட்டகாந்தத்தின் மீது செயல்படும் விலக்கத்திருப்பு விசையின் எண்மதிப்பு (பொருளை சுழற்றும் திருப்புவிசை)

$$|\vec{\tau}| = p_m B\sin\theta$$

சட்டகாந்தத்தின் மீது செயல்படும் மீட்சித்திருப்புவிசையின் எண்மதிப்பு

$$|\vec{\tau}| = I\frac{d^2\theta}{dt^2}$$

சமநிலை நிபந்தனையின்படி, விலக்கத் திருப்புவிசையின் எண்மதிப்பு மற்றும் மீட்சித்திருப்பு விசையின் எண்மதிப்பு ஒன்றுக்கொன்று சமமாகவும் எதிரெதிர் திசைகளிலும் செயல்படும். எனவே,

Appendix-1.indd 325 23-12-2021 12:29:42

$$I\frac{d^2\theta}{dt^2} = -p_m B\sin\theta$$

இரண்டு திருப்புவிசைகளும் எதிரெதிர் திசைகளில் செயல்படுவதை எதிர்க்குறி காட்டுகிறது. மேற்கண்ட சமன்பாட்டினை பின்வருமாறு எழுதலாம்

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{p_m B}{I}\sin\theta$$

இது ஒரு நேர்போக்கற்ற இரண்டாம் படிவரிசை ஒருபடித்தான வகைக்கெழுச் சமன்பாடாகும். இதனை நேர்போக்குச் சமன்பாடாக மாற்ற நாம் சிறுகோண தோராயமாக்கல் நிபந்தனையை பயன்படுத்த வேண்டும். இதனை பதினோராம் வகுப்பு இரண்டாம் தொகுதி அலகு 10 – அலைவுகள் பாடப்பகுதி 10.4.4 இல் பயின்றுள்ளோம். அதாவது $\sin\theta \approx \theta$,

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

நேர்போக்கு இரண்டாம் வரிசை ஒருபடித்தான இச்சமன்பாடு ஒரு தனிச்சீரிசை இயக்க வகைக்கெழுச் சமன்பாடாகும்.

மேலே உள்ள சமன்பாட்டை

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 x$$

என்ற தனிச்சீரிசை வகைக்கெழு சமன்பாட்டுடன் ஒப்பிடவும். இங்கு ω என்பது அலைவுகளின் கோண அதிர்வெண் ஆகும்.

$$\omega^2 = \frac{p_m B}{I} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{p_m B}{I}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{p_m B}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{p_m B_H}} \text{ வினாடி}$$

இங்கு, B_H என்பது புவிகாந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக் கூறாகும்.

குறிப்பு

1. $I = K\tan\theta$ என்ற சமன்பாட்டினைப் பயன்படுத்தி மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடலாம். இங்கு K என்பது டேஞ்சன்ட் கால்வனோ மீட்டரின் சுருக்கைக் கூற்றெண் இங்கு

$$K = \frac{2RB_H}{\mu_\circ N}$$

2. ஓரலகு மின்னோட்டத்திற்கு, குறிமுள்ளில் ஏற்படும் விலக்கத்தை, உணர்வு நுட்பத்தைக் கொண்டு அறியலாம். கணிதவியல் சமன்பாட்டின் அடிப்படையில்

$$\frac{d\theta}{dI} = \frac{1}{K\left(1+\frac{I^2}{K^2}\right)}$$

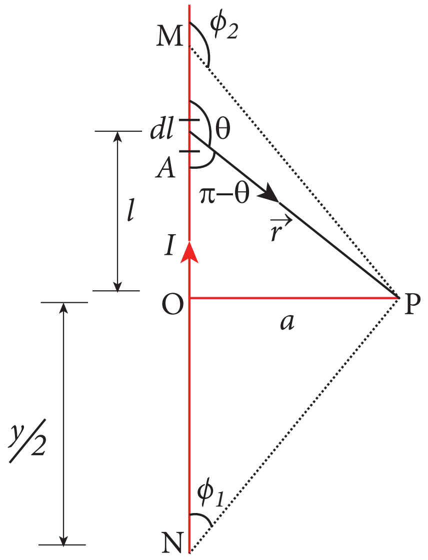
3. டேஞ்சன்ட் கால்வனோமீட்டர் 45° விலகலில் பெரும உணர்வு நுட்பத்தைப் பெற்றிருக்கும். பொதுவாக குறிமுள்ளின் விலக்கம் 30° முதல் 60° வரை இருப்பது சிறப்பு

எடுத்துக்காட்டு A3.2

படத்தில் காட்டியுள்ள மின்னோட்டம் பாயும் நேர்க்கடத்தியை, செங்குத்து இரு சமவெட்டியாக பிரிக்கும் P புள்ளியில் தோன்றும் காந்தப்புலத்தைக் காண்க.

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{4\pi a}(\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2)\hat{n}$$

என்ற சமன்பாடினைப் பயன்படுத்தவும்



Appendix-1.indd 326 23-12-2021 12:29:45

தீர்வு

நீளம் MN = y என்க. மேலும் P புள்ளி கடத்தியின் செங்குத்து இருசமவெட்டி என்க. படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு கடத்தியின் மீதுள்ள புள்ளி O என்க

எனவே $OM = ON = \frac{y}{2}$, எனவே

$$\cos\varphi_1 = \frac{\text{அடுத்துள்ள பக்கம்}}{\text{கர்ணம்}} = \frac{ON}{PN}$$

$$= \frac{\frac{y}{2}}{\sqrt{\frac{y^2}{4}+a^2}} = \frac{y}{\sqrt{y^2+4a^2}}$$

$$\cos(\pi-\varphi_2) = \frac{\text{அடுத்துள்ள பக்கம்}}{\text{கர்ணம்}} = \frac{OM}{PM}$$

$$\cos\varphi_2 = -\frac{OM}{PM}$$

எனவே கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டை பயன்படுத்தினால்

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{4\pi a}(\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2)\hat{n}$$

நமக்கு கிடைப்பது $\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{4\pi a}\frac{2y}{\sqrt{y^2+4a^2}}\hat{n}$

நீண்ட நேர்கடத்திக்கு, $y \to \infty$,

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{2\pi a}\hat{n}$$

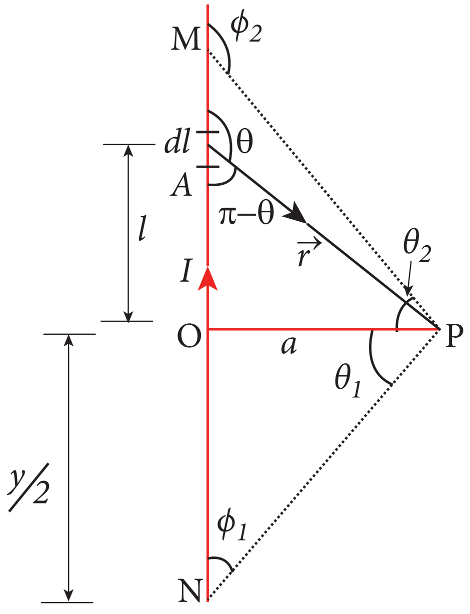
இம்முடிவு சமன்பாடு (3.39) ஐ ஒத்திருப்பதை கவனிக்கவும்.

எடுத்துக்காட்டு A3.3

ஒரு நேர்கடத்தியினால் உருவாகும் காந்தப்புலம்

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{4\pi a}(\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2)\hat{n}$$

$$= \frac{\mu_\circ I}{4\pi a}(\sin\theta_1 + \sin\theta_2)\hat{n}$$ என நிறுவுக.



தீர்வு

செங்கோண முக்கோணம் OPN இல் கோணம் $\angle OPN = \theta_1$. இதிலிருந்து $\varphi_1 = \frac{\pi}{2} - \theta_1$ என அறியலாம். மேலும் செங்கோண முக்கோணம் OPM இல் கோணம் $\angle OPM = \theta_2$. இதிலிருந்து $\varphi_2 = \frac{\pi}{2} + \theta_2$ என அறியலாம்.

எனவே,

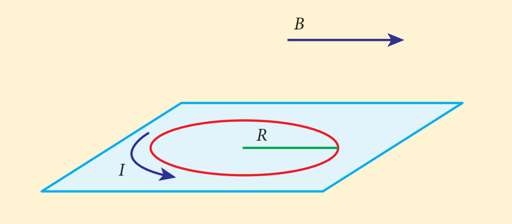
$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{4\pi a}\left(\cos\left(\frac{\pi}{2}-\theta_1\right) - \cos\left(\frac{\pi}{2}+\theta_2\right)\right)\hat{n}$$

$$= \frac{\mu_\circ I}{4\pi a}(\sin\theta_1 + \sin\theta_2)\hat{n}$$

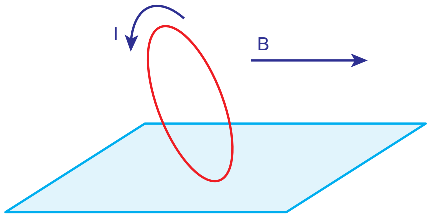
எடுத்துக்காட்டு A3.4

R ஆரமும் m நிறையும் கொண்ட வட்ட வடிவ உலோக வளையம் ஒன்று சொரசொரப்பான பரப்பின் மீது வைக்கப்பட்டுள்ளது. படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு வளையத்தின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் I மற்றும் கிடைத்தளப்பரப்பிற்கு இணையாகச் செயல்படும் காந்தப்புலம் $\vec{B}$ என்க. வளையத்தின் ஒரு முனை சொரசொரப்பான பரப்பிலிருந்து மேலெழும்புவதற்கு எவ்வளவு மின்னோட்டம் வளையத்தின் வழியே செலுத்தப்பட வேண்டும்?

Appendix-1.indd 327 23-12-2021 12:29:49



தீர்வு:



வளையத்தின் வழியே மின்னோட்டம் பாயும்போது, திருப்பு விசை ஏற்படும். வளையத்தின் மீது செயல்படும் திருப்புவிசை அதிகரித்தால் வளையம் சுழல ஆரம்பிக்கும். வளையத்தின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தால் ஏற்படும் காந்தத்திருப்புவிசையின் எண்மதிப்பு, புவியீர்ப்பு விசையால் ஏற்படும் திருப்புவிசைக்கு சமமானால் மட்டுமே படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு வளையத்தின் ஒருமுனை பரப்பிலிருந்து மேலெழும்பும்.

$$\tau_{\text{காந்தப்புலம்}} = \tau_{\text{புவியீர்ப்புப்புலம்}}$$

$$IAB = mgR$$

ஆனால் $p_m = IA = I\left(\pi R^2\right)$

$$\pi IR^2 B = mgR$$

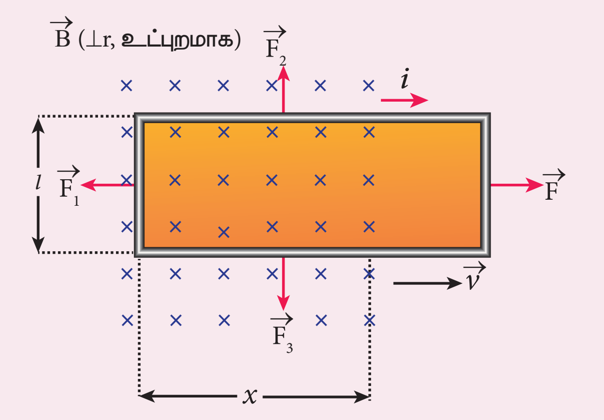
$$\Rightarrow I = \frac{mg}{\pi RB}$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டினைக் கொண்டு கண்டறியப்பட்ட மின்னோட்டத்தை வளையத்தின் வழியே செலுத்தினால் வளையத்தின் ஒருமுனை பரப்பிலிருந்து மேலெழும்பும்.

A4.1

பாரடே விதியில் இருந்து இயக்க மின்னியக்கு விசை மற்றும் ஆற்றல் மாறா நிலை

l அகலம் கொண்ட செவ்வக வடிவ கடத்தும் சுற்று $\vec{B}$ என்ற சீரான காந்தப்புலத்தில் உள்ளதாகக் கொள்க. காந்தப்புலம் சுற்றின் தளத்திற்கு செங்குத்தாகவும் உள்நோக்கியும் உள்ளது. படம் A4.1 இல் காட்டியுள்ளவாறு சுற்றின் ஒரு பகுதி காந்தப்புலத்திலும் எஞ்சிய பகுதி வெளியேயும் உள்ளன.



படம் A4.1 பாரடே விதியிலிருந்து இயக்க மின்னியக்கு விசை

$\vec{v}$ என்ற மாறா திசைவேகத்துடன் சுற்று வலப்புறமாக இழுக்கப்பட்டால் காந்தப்புலத்திற்குள் இருக்கும் பகுதியின் பரப்பு குறையும். அதனால் சுற்றுடன் தொடர்புடைய பாயமும் குறையும். பாரடே விதிப்படி சுற்றில் ஒரு மின்னோட்டம் தூண்டப்பட்டு, அது சுற்றை இழுப்பதை எதிர்க்கும் திசையில் பாயும்.

காந்தப்புலத்தினுள் இருக்கும் சுற்றின் நீளம் x எனக் கொள்க. அதன் பரப்பு lx ஆகும். சுற்றோடு தொடர்புடைய காந்தப்பாயம்

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

இங்கு $\theta = 0^\circ$ மற்றும் $\cos 0^\circ = 1$

$$\Phi_B = Blx \qquad (A4.1)$$

சுற்றின் இயக்கத்தால் இந்த காந்தப்பாயம் குறைவதால், தூண்டப்பட்ட மின் இயக்கு விசையின் எண்மதிப்பு

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

இங்கு B மற்றும் l ஆகியவை மாறிலிகள் ஆகும். எனவே

$$\varepsilon = Bl\frac{dx}{dt} = Blv \qquad (A4.2)$$

Appendix-1.indd 328 23-12-2021 12:29:52

இங்கு $v = \frac{dx}{dt}$ என்பது சுற்றின் திசைவேகம் ஆகும். இந்த மின்னியக்கு விசை இயக்க மின்னியக்கு விசை (motional emf) எனப்படுகிறது.

லென்ஸ் விதியிலிருந்து தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் வலஞ்சுழியாக பாய்கிறது என அறியலாம். R என்பது சுற்றின் மின்தடை எனில், தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம்

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{Blv}{R} \qquad (A4.3)$$

A4.2 LC அலைவுகள் மற்றும் தனிச்சீரிசை அலைவுகள் இடையே உள்ள ஒப்புமைகள்

பண்புசார் முறை (Qualitative treatment)

சுருள்வில் – நிறை அமைப்பின் இயந்திரவியல் ஆற்றல் ஆனது

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 \qquad (A4.4)$$

x மற்றும் v இன் மாறுபடும் மதிப்புகளுக்கு, ஆற்றல் E மாறாமல் இருக்கிறது. நேரத்தைப் பொருத்து E – ஐ வகைப்படுத்த, நாம் பெறுவது

$$\frac{dE}{dt} = \frac{1}{2}m\left(2v\frac{dv}{dt}\right) + \frac{1}{2}k\left(2x\frac{dx}{dt}\right) = 0$$

அல்லது $m\frac{d^2x}{dt^2} + kx = 0 \qquad (A4.5)$

ஏனெனில் $\frac{dx}{dt} = v$ மற்றும் $\frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$

இதுவே சுருள்வில் – நிறை அமைப்பின் அலைவுகளின் வகைக்கெழு சமன்பாடாகும். சமன்பாடு (4.68) – இன் பொதுவான தீர்வு

$$x(t) = X_m \cos(\omega t + \phi) \qquad (A4.6)$$

என்ற வடிவில் இருக்கும். இங்கு X_m என்பது $x(t)$ இன் பெரும மதிப்பு, ω என்பது கோண அதிர்வெண் மற்றும் ϕ என்பது கட்ட மாறிலி ஆகும்.

இது போன்று, LC அமைப்பின் மின்காந்த ஆற்றலானது

$$U = \frac{1}{2}Li^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{C}\right)q^2 = \text{மாறிலி} \qquad (A4.7)$$

நேரத்தைப் பொருத்து U – வை வகைப்படுத்த, நாம் பெறுவது

$$\frac{dU}{dt} = \frac{1}{2}L\left(2i\frac{di}{dt}\right) + \frac{1}{2C}\left(2q\frac{dq}{dt}\right) = 0$$

அல்லது $L\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{C}q = 0 \qquad (A4.8)$

ஏனெனில் $i = \frac{dq}{dt}$ மற்றும் $\frac{di}{dt} = \frac{d^2q}{dt^2}$

இதன் பொதுவான தீர்வு

$$q(t) = Q_m \cos(\omega t + \phi) \qquad (A4.9)$$

என்ற வடிவில் இருக்கும். இங்கு Q_m என்பது $q(t)$ இன் பெருமமதிப்பு, ω என்பது கோண அதிர்வெண் மற்றும் ϕ என்பது கட்ட மாறிலி ஆகும்.

A5.1 மின்காந்த அலைகளின் பண்புகள்

- வெற்றிடம் அல்லது வெளியில் பரவும் மின்காந்த அலையின் ஆற்றல் அடர்த்தி (ஓரலகு பருமனுக்கான ஆற்றல்) பின்வருமாறு

$$u = \frac{1}{2}\varepsilon_\circ E^2 + \frac{1}{2\mu_\circ}B^2$$

Appendix-1.indd 329 23-12-2021 12:29:59

இங்கு, $\frac{1}{2}\varepsilon_{\circ}E^2 = u_E$ என்பது மின்புலத்தின் ஆற்றல் அடர்த்தி ஆகும். மேலும் $\frac{1}{2\mu_0}B^2 = u_B$ என்பது காந்தப்புலத்தின் ஆற்றல் அடர்த்தி ஆகும்.

இங்கு $E = Bc \Rightarrow u_B = u_E$.

எனவே மின்காந்த அலையின் ஆற்றல் அடர்த்தி

$$u = \varepsilon_0 E^2 = \frac{1}{\mu_0}B^2$$

- மின்காந்த அலையின் சராசரி ஆற்றல் அடர்த்தி,

$$\langle u \rangle = \frac{1}{2}\varepsilon_{\circ}E^2 = \frac{1}{2}\frac{1}{\mu_{\circ}}B^2.$$

- மின்காந்த அலைபரவும் திசைக்கு செங்குத்தாக உள்ள ஓரலகு பரப்பின் வழியே ஓரலகு நேரத்தில் கடந்து செல்லும் ஆற்றலே மின்காந்த அலையின் செறிவு எனப்படும்.

$$\text{செறிவு} = \frac{\text{ஆற்றல்}}{\text{வேகம்}} = \frac{U}{c} \text{ (அல்லது)}$$

$$I = \frac{\text{மொத்த மின்காந்த ஆற்றல் } (U)}{\text{மேற்பரப்பு } (A) \times \text{நேரம் } (t)}$$

$$= \frac{\text{திறன் } (P)}{\text{மேற்பரப்பு } (A)}$$

குறிப்பு

ஒரு புள்ளி ஒளிமூலத்திற்கு (point source) $I = \frac{P}{4\pi r^2} \Rightarrow I \propto \frac{1}{r^2}$

ஒரு கோட்டு மூலத்திற்கு (line source), $I \propto \frac{1}{r}$

ஒரு பரப்பு மூலத்திற்கு (area), I ஆனது r ஐச் சார்ந்ததல்ல.

- மற்ற அலைகளைப் போன்றே மின்காந்த அலைகளும் ஆற்றல் மற்றும் உந்தத்தை சுமந்து செல்கின்றன. மின்காந்த ஆற்றல் (U) மற்றும் c வேகத்தில் பரவும் மின்காந்த அலையின் நேர்கோட்டு உந்தம் $p = \frac{\text{ஆற்றல்}}{\text{வேகம்}} = \frac{U}{c}$ ஆகும். மின்காந்த அலையினால் ஓரலகு பரப்பில் செலுத்தப்படும் விசை கதிர்வீச்சு அழுத்தம் (radiation pressure) என அழைக்கப்படுகிறது.

- உலோகப்பரப்பின் மீது விழும் மின்காந்த அலை முழுவதும் உலோகப் பரப்பினால் உட்கவரப் பட்டால், செலுத்தப்பட்ட ஆற்றலானது (U) பரப்பின்மீது செலுத்திய உந்தம் $p = \frac{U}{c}$.

- படுகின்ற மின்காந்த அலையின் ஆற்றல் (U) முழுவதும் பரப்பினால் எதிரொளிக்கப்பட்டால், பரப்பிற்கு அளிக்கப்பட்ட உந்தம் $\Delta p = \frac{U}{c} - \left(-\frac{U}{c}\right) = 2\frac{U}{c}$ ஆகும்.

- ஓரலகு பரப்பு வழியே ஓரலகு நேரத்தில் பாய்ந்து செல்லும் மின்காந்த அலையின் ஆற்றல் மின்காந்த அலையின் பாயின்டிங் வெக்டர் (Poynting vector) எனப்படும். அதனைப் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$\vec{S} = \frac{1}{\mu_{\circ}}\left(\vec{E} \times \vec{B}\right) = c^2\epsilon_{\circ}\left(\vec{E} \times \vec{B}\right).$ பாயிண்டிங் வெக்டரின் அலகு Wm^{-2}. எந்த ஒரு புள்ளியிலும் உள்ள பாயிண்டிங் வெக்டர், அப்புள்ளியிலிருந்து இடம்பெயரும் மின்காந்த ஆற்றலின் திசையைக் கொடுக்கும்.

கலைச்சொற்கள்
GLOSSARY

1.	உட்கவர் நிறமாலை	-	Absorption spectra
2.	சுருள் தொகுப்பு	-	Armature
3.	அச்சுச் சமச்சீர்	-	Axial symmetry
4.	சராசரி மின்னோட்டம்	-	Average current
5.	சமன்செய் நீளம்	-	Balancing Length
6.	கரும்பொருள் கதிர்வீச்சு	-	Blackbody radiation
7.	மின்னூட்டம்	-	Charge(Property)
8.	மின்துகள்	-	Charge(particle)
9.	மின்துகள்களின் தொடர் பரவல்	-	Continuous charge distribution
10.	மரபு மின்னோட்டம்	-	Conventional current
11.	மின்னூட்டம் மாறாத் தன்மை	-	Conservation of charges
12.	மின்தேக்கி	-	Capacitor
13.	ஒளிவட்ட மின்னிறக்கம் அல்லது சிதறொளி மின்னிறக்கம்	-	Corona discharge
14.	மின்தேக்குத்திறன்	-	Capacitance
15.	காந்த நீக்குத்திறன்	-	Coercivity
16.	மின்னோட்ட அடர்த்தி	-	Current density
17.	மின்கடத்து எண்	-	Conductivity
18.	நிலை அமைப்பு	-	Configuration
19.	கடத்து மின்னோட்டம்	-	Conduction current
20.	கார்பன் மின்தடையாக்கி	-	Carbon Resistor
21.	மின்னோட்ட உணர்திறன்	-	Current sensitivity
22.	மின்காப்புகள்	-	Dielectrics
23.	இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம்	-	Displacement current
24.	காந்த ஒதுக்கக்கோணம்	-	Declination angle
25.	மின்காப்பு வலிமை	-	Dielectric strength
26.	இழுப்பு திசைவேகம்	-	Drift velocity
27.	மின்காப்பு மாறிலி	-	Dielectric constant
28.	சுழல் மின்னோட்டம்	-	Eddy current
29.	மின்காந்தத் தணிப்பு	-	Electromagnetic damping
30.	மின்னணு சாதனங்கள்	-	Electronic devices
31.	நிலை மின்னியல்	-	Electrostatics
32.	மின்புலம்	-	Electric field
33.	மின்னிருமுனை (மின் இருமுனை)	-	Electric dipole

34.	தொகுபயன் மின்தேக்குத்திறன் அல்லது இணை மின்தேக்குத்திறன்	-	Equivalent capacitance
35.	நிலைமின் தூண்டல்	-	Electrostatic induction
36.	நிலை மின்னழுத்த ஆற்றல்	-	Electrostatic potential energy
37.	மின்பாயம்	-	Electric flux
38.	சமமின்னழுத்தப் பரப்பு	-	Equi-potential surface
39.	நிலை மின் சமநிலை	-	Electrostatic equilibrium
40.	நிலை மின் தடுப்புறை	-	Electrostatic shielding
41.	ஆற்றல் அடர்த்தி	-	Energy density
42.	நிலை மின்னழுத்தம்	-	Electrostatic potential
43.	மின்கலத் தொகுப்பு	-	Electric battery
44.	வெளியிடு நிறமாலை	-	Emission spectra
45.	தொகுபயன் மின்தடை	-	Equivalent Resistance
46.	பாயக்கசிவு	-	Flux leakage
47.	கால்வானா மீட்டரின் தர ஒப்பீட்டு எண்	-	Figure of merit of a galvanometer
48.	வரம்பிற்குட்பட்ட மதிப்பு	-	Finite value
49.	கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள்	-	Free electrons
50.	புவி காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறு	-	Horizontal component of the Earth's magnetic field
51.	காந்தத் தயக்கம்	-	Hysteresis
52.	சுருள்பாதை	-	Helical path
53.	மேற்பொருந்தல் தத்துவம்	-	superposition principle
54.	காப்பான்கள்	-	Insulators
55.	மின் புரட்டி	-	Inverter
56.	மின்தூண்டல் எண்	-	Inductance
57.	மின்தூண்டி	-	Inductor
58.	காந்தச் சரிவுக்கோணம்	-	Inclination angle
59.	காந்தமாக்கும் செறிவு	-	Intensity of magnetization
60.	மின்மறுப்பு	-	Impedance
61.	மின்னூட்ட நீள் அடர்த்தி	-	Linear charge density
62.	மின்னல் வெட்டு	-	Lighthing bolt
63.	மென்தகட்டு உள்ளகம்	-	Laminated Core
64.	மின்னல் கடத்தி	-	Lightning conductor
65.	பரிமாற்று மின்தூண்டல்	-	Mutual-induction
66.	உலோகக் கடத்தி	-	Metallic conductor
67.	இயங்குசுருள் கால்வானா மீட்டர்	-	Moving Coil galvanometer
68.	காந்த துருவத்தளம்	-	Magnetic meridian
69.	காந்தப் பெருங்கூறு, காந்தக் களம்	-	Magnetic domain
70.	காந்தத்தூண்டல்	-	Magnetic induction
71.	காந்தமாக்கு புலம்	-	Magnetising field
72.	காந்தப்பாயம்	-	Magnetic Flux
73.	காந்த ஏற்புத்திறன்	-	Magnetic susceptibility
74.	காந்த உட்புகுதிறன்	-	Magnetic permeability
75.	காந்தப்பாயம்	-	Magnetic flux

Glossary.indd 332 23-12-2021 12:31:32

76.	காந்த இருமுனை திருப்புத்திறன்	-	Magnetic dipole moment
77.	காந்த ஒதுக்கம்	-	Magnetic declination
78.	காந்தச் சரிவு	-	Magnetic dip or inclination
79.	ஓம் விதிக்கு உட்படாத கடத்தி	-	Non ohmic conductor
80.	பரவும் வெக்டர்	-	Propagation vector
81.	கட்ட வெக்டர்	-	Phasor
82.	திறன் காரணி	-	Power factor
83.	மின்னழுத்த வேறுபாடு	-	Potential difference
84.	விடுதிறன்	-	Permittivity
85.	குவாண்டமாக்கல் அல்லது துளிமமாக்கல்	-	Quantization
86.	ஒத்ததிர்வு	-	Resonance
87.	சுழலி	-	Rotor
88.	சார்பு உட்புகுதிறன்	-	Relative permeability
89.	மின்தடையாக்கிகளின் தொடரிணைப்பு	-	Resistors in series
90.	காந்தப்பற்றுத்திறன்	-	Retentivity
91.	மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி	-	Surface charge density
92.	நழுவு வளையங்கள்	-	Slip rings
93.	தொடரிணைப்பு, பக்கவிணைப்பு	-	Series and parallel
94.	தன்மின்தூண்டல்	-	Self-induction
95.	அடுத்தடுத்த மோதல்கள்	-	Successive collisions
96.	நிலையான பகுதி	-	Stator
97.	மீக்கடத்திகள்	-	Superconductors
98.	குறை கடத்தி	-	Semiconductor
99.	சூரிய நிறமாலை	-	Solar spectrum
100.	இணை மின்தடை	-	Shunt resistance
101.	வரிச்சுருள்	-	Solenoid
102.	வெப்பநிலை மின்தடை எண்	-	Temperature coefficient of Resistivity
103.	வட்ட வரிச்சுருள்	-	Toroid
104.	முறுக்குக் கோணம்	-	Torsional constant
105.	குறுக்கலை	-	Transverse wave
106.	முறுக்குத் தராசு	-	Torsion balance
107.	மின்மாற்றி	-	Transformer
108.	வெப்பமாறு மின்தடை	-	Thermistor
109.	மின்னழுத்த வேறுபாடு	-	Voltage
110.	மின்னழுத்த உணர்திறன்	-	Voltage sensitivity
111.	பருமக் கூறு	-	Volume element
112.	அலை வரைபடம்	-	Wave diagram
113.	முழுத்திறன் மின்னோட்டம்	-	Wattful current
114.	சுழித்திறன் மின்னோட்டம்	-	Wattless current
115.	கம்பிச் சுற்று	-	Winding

மடக்கை அட்டவணை (LOGARITHM TABLE)

											Mean Difference								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374	4	8	12	17	21	25	29	33	37
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755	4	8	11	15	19	23	26	30	34
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106	3	7	10	14	17	21	24	28	31
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430	3	6	10	13	16	19	23	26	29
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732	3	6	9	12	15	18	21	24	27
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014	3	6	8	11	14	17	20	22	25
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279	3	5	8	11	13	16	18	21	24
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529	2	5	7	10	12	15	17	20	22
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765	2	5	7	9	12	14	16	19	21
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989	2	4	7	9	11	13	16	18	20
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	2	4	6	8	11	13	15	17	19
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	2	4	6	8	10	12	14	16	18
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	2	4	6	8	10	12	14	15	17
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784	2	4	6	7	9	11	13	15	17
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	2	4	5	7	9	11	12	14	16
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	2	3	5	7	9	10	12	14	15
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298	2	3	5	7	8	10	11	13	15
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456	2	3	5	6	8	9	11	13	14
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609	2	3	5	6	8	9	11	12	14
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757	1	3	4	6	7	9	10	12	13
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900	1	3	4	6	7	9	10	11	13
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038	1	3	4	6	7	8	10	11	12
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172	1	3	4	5	7	8	9	11	12
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302	1	3	4	5	6	8	9	10	12
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428	1	3	4	5	6	8	9	10	11
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551	1	2	4	5	6	7	9	10	11
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670	1	2	4	5	6	7	8	10	11
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786	1	2	3	5	6	7	8	9	10
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899	1	2	3	5	6	7	8	9	10
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010	1	2	3	4	5	7	8	9	10
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117	1	2	3	4	5	6	8	9	10
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222	1	2	3	4	5	6	7	8	9
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325	1	2	3	4	5	6	7	8	9
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425	1	2	3	4	5	6	7	8	9
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522	1	2	3	4	5	6	7	8	9
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618	1	2	3	4	5	6	7	8	9
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712	1	2	3	4	5	6	7	7	8
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803	1	2	3	4	5	5	6	7	8
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893	1	2	3	4	4	5	6	7	8
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981	1	2	3	4	4	5	6	7	8
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067	1	2	3	3	4	5	6	7	8
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152	1	2	3	3	4	5	6	7	8
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235	1	2	2	3	4	5	6	7	7
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316	1	2	2	3	4	5	6	6	7
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396	1	2	2	3	4	5	6	6	7

Glossary.indd 334 23-12-2021 12:31:33

மடக்கை அட்டவணை (LOGARITHM TABLE)

											Mean Difference								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474	1	2	2	3	4	5	5	6	7
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	1	2	2	3	4	5	5	6	7
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	1	2	2	3	4	5	5	6	7
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	1	1	2	3	4	4	5	6	7
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	1	1	2	3	4	4	5	6	7
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	1	1	2	3	4	4	5	6	6
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	1	1	2	3	4	4	5	6	6
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	1	1	2	3	3	4	5	6	6
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	1	1	2	3	3	4	5	5	6
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	1	1	2	3	3	4	5	5	6
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	1	1	2	3	3	4	5	5	6
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	1	1	2	3	3	4	5	5	6
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319	1	1	2	3	3	4	5	5	6
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	1	1	2	3	3	4	4	5	6
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	1	1	2	2	3	4	4	5	6
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	1	1	2	2	3	4	4	5	6
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	1	1	2	2	3	4	4	5	5
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	1	1	2	2	3	4	4	5	5
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	1	1	2	2	3	4	4	5	5
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	1	1	2	2	3	4	4	5	5
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	1	1	2	2	3	3	4	5	5
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	1	1	2	2	3	3	4	5	5
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	1	1	2	2	3	3	4	4	5
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	1	1	2	2	3	3	4	4	5
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	1	1	2	2	3	3	4	4	5
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079	1	1	2	2	3	3	4	4	5
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133	1	1	2	2	3	3	4	4	5
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186	1	1	2	2	3	3	4	4	5
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238	1	1	2	2	3	3	4	4	5
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289	1	1	2	2	3	3	4	4	5
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340	1	1	2	2	3	3	4	4	5
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390	1	1	2	2	3	3	4	4	5
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440	0	1	1	2	2	3	3	4	4
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489	0	1	1	2	2	3	3	4	4
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538	0	1	1	2	2	3	3	4	4
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586	0	1	1	2	2	3	3	4	4
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633	0	1	1	2	2	3	3	4	4
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680	0	1	1	2	2	3	3	4	4
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727	0	1	1	2	2	3	3	4	4
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773	0	1	1	2	2	3	3	4	4
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818	0	1	1	2	2	3	3	4	4
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863	0	1	1	2	2	3	3	4	4
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908	0	1	1	2	2	3	3	4	4
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952	0	1	1	2	2	3	3	4	4
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996	0	1	1	2	2	3	3	3	4

Glossary.indd 335 23-12-2021 12:31:33

எதிர்மடக்கை அட்டவணை (ANTI LOGARITHM TABLE)

											Mean Difference								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.00	1000	1002	1005	1007	1009	1012	1014	1016	1019	1021	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.01	1023	1026	1028	1030	1033	1035	1038	1040	1042	1045	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.02	1047	1050	1052	1054	1057	1059	1062	1064	1067	1069	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.03	1072	1074	1076	1079	1081	1084	1086	1089	1091	1094	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.04	1096	1099	1102	1104	1107	1109	1112	1114	1117	1119	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.05	1122	1125	1127	1130	1132	1135	1138	1140	1143	1146	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.06	1148	1151	1153	1156	1159	1161	1164	1167	1169	1172	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.07	1175	1178	1180	1183	1186	1189	1191	1194	1197	1199	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.08	1202	1205	1208	1211	1213	1216	1219	1222	1225	1227	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.09	1230	1233	1236	1239	1242	1245	1247	1250	1253	1256	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.10	1259	1262	1265	1268	1271	1274	1276	1279	1282	1285	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.11	1288	1291	1294	1297	1300	1303	1306	1309	1312	1315	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.12	1318	1321	1324	1327	1330	1334	1337	1340	1343	1346	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.13	1349	1352	1355	1358	1361	1365	1368	1371	1374	1377	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.14	1380	1384	1387	1390	1393	1396	1400	1403	1406	1409	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.15	1413	1416	1419	1422	1426	1429	1432	1435	1439	1442	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.16	1445	1449	1452	1455	1459	1462	1466	1469	1472	1476	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.17	1479	1483	1486	1489	1493	1496	1500	1503	1507	1510	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.18	1514	1517	1521	1524	1528	1531	1535	1538	1542	1545	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.19	1549	1552	1556	1560	1563	1567	1570	1574	1578	1581	0	1	1	1	2	2	3	3	3
.20	1585	1589	1592	1596	1600	1603	1607	1611	1614	1618	0	1	1	1	2	2	3	3	3
.21	1622	1626	1629	1633	1637	1641	1644	1648	1652	1656	0	1	1	2	2	2	3	3	3
.22	1660	1663	1667	1671	1675	1679	1683	1687	1690	1694	0	1	1	2	2	2	3	3	3
.23	1698	1702	1706	1710	1714	1718	1722	1726	1730	1734	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.24	1738	1742	1746	1750	1754	1758	1762	1766	1770	1774	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.25	1778	1782	1786	1791	1795	1799	1803	1807	1811	1816	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.26	1820	1824	1828	1832	1837	1841	1845	1849	1854	1858	0	1	1	2	2	3	3	3	4
.27	1862	1866	1871	1875	1879	1884	1888	1892	1897	1901	0	1	1	2	2	3	3	3	4
.28	1905	1910	1914	1919	1923	1928	1932	1936	1941	1945	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.29	1950	1954	1959	1963	1968	1972	1977	1982	1986	1991	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.30	1995	2000	2004	2009	2014	2018	2023	2028	2032	2037	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.31	2042	2046	2051	2056	2061	2065	2070	2075	2080	2084	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.32	2089	2094	2099	2104	2109	2113	2118	2123	2128	2133	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.33	2138	2143	2148	2153	2158	2163	2168	2173	2178	2183	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.34	2188	2193	2198	2203	2208	2213	2218	2223	2228	2234	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.35	2239	2244	2249	2254	2259	2265	2270	2275	2280	2286	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.36	2291	2296	2301	2307	2312	2317	2323	2328	2333	2339	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.37	2344	2350	2355	2360	2366	2371	2377	2382	2388	2393	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.38	2399	2404	2410	2415	2421	2427	2432	2438	2443	2449	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.39	2455	2460	2466	2472	2477	2483	2489	2495	2500	2506	1	1	2	2	3	3	4	5	5
.40	2512	2518	2523	2529	2535	2541	2547	2553	2559	2564	1	1	2	2	3	4	4	5	5
.41	2570	2576	2582	2588	2594	2600	2606	2612	2618	2624	1	1	2	2	3	4	4	5	5
.42	2630	2636	2642	2649	2655	2661	2667	2673	2679	2685	1	1	2	2	3	4	4	5	6
.43	2692	2698	2704	2710	2716	2723	2729	2735	2742	2748	1	1	2	3	3	4	4	5	6
.44	2754	2761	2767	2773	2780	2786	2793	2799	2805	2812	1	1	2	3	3	4	4	5	6
.45	2818	2825	2831	2838	2844	2851	2858	2864	2871	2877	1	1	2	3	3	4	5	5	6
.46	2884	2891	2897	2904	2911	2917	2924	2931	2938	2944	1	1	2	3	3	4	5	5	6
.47	2951	2958	2965	2972	2979	2985	2992	2999	3006	3013	1	1	2	3	3	4	5	5	6
.48	3020	3027	3034	3041	3048	3055	3062	3069	3076	3083	1	1	2	3	4	4	5	6	6
.49	3090	3097	3105	3112	3119	3126	3133	3141	3148	3155	1	1	2	3	4	4	5	6	6

எதிர்மடக்கை அட்டவணை (ANTI LOGARITHM TABLE)

											Mean Difference								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.50	3162	3170	3177	3184	3192	3199	3206	3214	3221	3228	1	1	2	3	4	4	5	6	7
.51	3236	3243	3251	3258	3266	3273	3281	3289	3296	3304	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.52	3311	3319	3327	3334	3342	3350	3357	3365	3373	3381	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.53	3388	3396	3404	3412	3420	3428	3436	3443	3451	3459	1	2	2	3	4	5	6	6	7
.54	3467	3475	3483	3491	3499	3508	3516	3524	3532	3540	1	2	2	3	4	5	6	6	7
.55	3548	3556	3565	3573	3581	3589	3597	3606	3614	3622	1	2	2	3	4	5	6	7	7
.56	3631	3639	3648	3656	3664	3673	3681	3690	3698	3707	1	2	3	3	4	5	6	7	8
.57	3715	3724	3733	3741	3750	3758	3767	3776	3784	3793	1	2	3	3	4	5	6	7	8
.58	3802	3811	3819	3828	3837	3846	3855	3864	3873	3882	1	2	3	4	4	5	6	7	8
.59	3890	3899	3908	3917	3926	3936	3945	3954	3963	3972	1	2	3	4	5	5	6	7	8
.60	3981	3990	3999	4009	4018	4027	4036	4046	4055	4064	1	2	3	4	5	6	6	7	8
.61	4074	4083	4093	4102	4111	4121	4130	4140	4150	4159	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.62	4169	4178	4188	4198	4207	4217	4227	4236	4246	4256	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.63	4266	4276	4285	4295	4305	4315	4325	4335	4345	4355	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.64	4365	4375	4385	4395	4406	4416	4426	4436	4446	4457	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.65	4467	4477	4487	4498	4508	4519	4529	4539	4550	4560	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.66	4571	4581	4592	4603	4613	4624	4634	4645	4656	4667	1	2	3	4	5	6	7	9	10
.67	4677	4688	4699	4710	4721	4732	4742	4753	4764	4775	1	2	3	4	5	7	8	9	10
.68	4786	4797	4808	4819	4831	4842	4853	4864	4875	4887	1	2	3	4	6	7	8	9	10
.69	4898	4909	4920	4932	4943	4955	4966	4977	4989	5000	1	2	3	5	6	7	8	9	10
.70	5012	5023	5035	5047	5058	5070	5082	5093	5105	5117	1	2	4	5	6	7	8	9	11
.71	5129	5140	5152	5164	5176	5188	5200	5212	5224	5236	1	2	4	5	6	7	8	10	11
.72	5248	5260	5272	5284	5297	5309	5321	5333	5346	5358	1	2	4	5	6	7	9	10	11
.73	5370	5383	5395	5408	5420	5433	5445	5458	5470	5483	1	3	4	5	6	8	9	10	11
.74	5495	5508	5521	5534	5546	5559	5572	5585	5598	5610	1	3	4	5	6	8	9	10	12
.75	5623	5636	5649	5662	5675	5689	5702	5715	5728	5741	1	3	4	5	7	8	9	10	12
.76	5754	5768	5781	5794	5808	5821	5834	5848	5861	5875	1	3	4	5	7	8	9	11	12
.77	5888	5902	5916	5929	5943	5957	5970	5984	5998	6012	1	3	4	5	7	8	10	11	12
.78	6026	6039	6053	6067	6081	6095	6109	6124	6138	6152	1	3	4	6	7	8	10	11	13
.79	6166	6180	6194	6209	6223	6237	6252	6266	6281	6295	1	3	4	6	7	9	10	11	13
.80	6310	6324	6339	6353	6368	6383	6397	6412	6427	6442	1	3	4	6	7	9	10	12	13
.81	6457	6471	6486	6501	6516	6531	6546	6561	6577	6592	2	3	5	6	8	9	11	12	14
.82	6607	6622	6637	6653	6668	6683	6699	6714	6730	6745	2	3	5	6	8	9	11	12	14
.83	6761	6776	6792	6808	6823	6839	6855	6871	6887	6902	2	3	5	6	8	9	11	13	14
.84	6918	6934	6950	6966	6982	6998	7015	7031	7047	7063	2	3	5	6	8	10	11	13	15
.85	7079	7096	7112	7129	7145	7161	7178	7194	7211	7228	2	3	5	7	8	10	12	13	15
.86	7244	7261	7278	7295	7311	7328	7345	7362	7379	7396	2	3	5	7	8	10	12	13	15
.87	7413	7430	7447	7464	7482	7499	7516	7534	7551	7568	2	3	5	7	9	10	12	14	16
.88	7586	7603	7621	7638	7656	7674	7691	7709	7727	7745	2	4	5	7	9	11	12	14	16
.89	7762	7780	7798	7816	7834	7852	7870	7889	7907	7925	2	4	5	7	9	11	13	14	16
.90	7943	7962	7980	7998	8017	8035	8054	8072	8091	8110	2	4	6	7	9	11	13	15	17
.91	8128	8147	8166	8185	8204	8222	8241	8260	8279	8299	2	4	6	8	9	11	13	15	17
.92	8318	8337	8356	8375	8395	8414	8433	8453	8472	8492	2	4	6	8	10	12	14	15	17
.93	8511	8531	8551	8570	8590	8610	8630	8650	8670	8690	2	4	6	8	10	12	14	16	18
.94	8710	8730	8750	8770	8790	8810	8831	8851	8872	8892	2	4	6	8	10	12	14	16	18
.95	8913	8933	8954	8974	8995	9016	9036	9057	9078	9099	2	4	6	8	10	12	15	17	19
.96	9120	9141	9162	9183	9204	9226	9247	9268	9290	9311	2	4	6	8	11	13	15	17	19
.97	9333	9354	9376	9397	9419	9441	9462	9484	9506	9528	2	4	7	9	11	13	15	17	20
.98	9550	9572	9594	9616	9638	9661	9683	9705	9727	9750	2	4	7	9	11	13	16	18	20
.99	9772	9795	9817	9840	9863	9886	9908	9931	9954	9977	2	5	7	9	11	14	16	18	20

சைன் மதிப்புகள் (NATURAL SINES)

0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0.0017453	0.0034907	0.0052360	0.0069813	0.0087265	0.010472	0.012217	0.013962	0.015707
1	0.017452	0.019197	0.020942	0.022687	0.024432	0.026177	0.027922	0.029666	0.031411	0.033155
2	0.034899	0.036644	0.038388	0.040132	0.041876	0.043619	0.045363	0.047106	0.04885	0.050593
3	0.052336	0.054079	0.055822	0.057564	0.059306	0.061049	0.062791	0.064532	0.066274	0.068015
4	0.069756	0.071497	0.073238	0.074979	0.076719	0.078459	0.080199	0.081939	0.083678	0.085417
5	0.087156	0.088894	0.090633	0.092371	0.094108	0.095846	0.097583	0.09932	0.101056	0.102793
6	0.104528	0.106264	0.107999	0.109734	0.111469	0.113203	0.114937	0.116671	0.118404	0.120137
7	0.121869	0.123601	0.125333	0.127065	0.128796	0.130526	0.132256	0.133986	0.135716	0.137445
8	0.139173	0.140901	0.142629	0.144356	0.146083	0.147809	0.149535	0.151261	0.152986	0.15471
9	0.156434	0.158158	0.159881	0.161604	0.163326	0.165048	0.166769	0.168489	0.170209	0.171929
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.173648	0.175367	0.177085	0.178802	0.180519	0.182236	0.183951	0.185667	0.187381	0.189095
11	0.190809	0.192522	0.194234	0.195946	0.197657	0.199368	0.201078	0.202787	0.204496	0.206204
12	0.207912	0.209619	0.211325	0.21303	0.214735	0.21644	0.218143	0.219846	0.221548	0.22325
13	0.224951	0.226651	0.228351	0.23005	0.231748	0.233445	0.235142	0.236838	0.238533	0.240228
14	0.241922	0.243615	0.245307	0.246999	0.24869	0.25038	0.252069	0.253758	0.255446	0.257133
15	0.258819	0.260505	0.262189	0.263873	0.265556	0.267238	0.26892	0.2706	0.27228	0.273959
16	0.275637	0.277315	0.278991	0.280667	0.282341	0.284015	0.285688	0.287361	0.289032	0.290702
17	0.292372	0.29404	0.295708	0.297375	0.299041	0.300706	0.30237	0.304033	0.305695	0.307357
18	0.309017	0.310676	0.312335	0.313992	0.315649	0.317305	0.318959	0.320613	0.322266	0.323917
19	0.325568	0.327218	0.328867	0.330514	0.332161	0.333807	0.335452	0.337095	0.338738	0.34038
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	0.34202	0.34366	0.345298	0.346936	0.348572	0.350207	0.351842	0.353475	0.355107	0.356738
21	0.358368	0.359997	0.361625	0.363251	0.364877	0.366501	0.368125	0.369747	0.371368	0.372988
22	0.374607	0.376224	0.377841	0.379456	0.38107	0.382683	0.384295	0.385906	0.387516	0.389124
23	0.390731	0.392337	0.393942	0.395546	0.397148	0.398749	0.400349	0.401948	0.403545	0.405142
24	0.406737	0.40833	0.409923	0.411514	0.413104	0.414693	0.416281	0.417867	0.419452	0.421036
25	0.422618	0.424199	0.425779	0.427358	0.428935	0.430511	0.432086	0.433659	0.435231	0.436802
26	0.438371	0.439939	0.441506	0.443071	0.444635	0.446198	0.447759	0.449319	0.450878	0.452435
27	0.45399	0.455545	0.457098	0.45865	0.4602	0.461749	0.463296	0.464842	0.466387	0.46793
28	0.469472	0.471012	0.472551	0.474088	0.475624	0.477159	0.478692	0.480223	0.481754	0.483282
29	0.48481	0.486335	0.48786	0.489382	0.490904	0.492424	0.493942	0.495459	0.496974	0.498488
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	0.5	0.501511	0.50302	0.504528	0.506034	0.507538	0.509041	0.510543	0.512043	0.513541
31	0.515038	0.516533	0.518027	0.519519	0.52101	0.522499	0.523986	0.525472	0.526956	0.528438
32	0.529919	0.531399	0.532876	0.534352	0.535827	0.5373	0.538771	0.54024	0.541708	0.543174
33	0.544639	0.546102	0.547563	0.549023	0.550481	0.551937	0.553392	0.554844	0.556296	0.557745
34	0.559193	0.560639	0.562083	0.563526	0.564967	0.566406	0.567844	0.56928	0.570714	0.572146
35	0.573576	0.575005	0.576432	0.577858	0.579281	0.580703	0.582123	0.583541	0.584958	0.586372
36	0.587785	0.589196	0.590606	0.592013	0.593419	0.594823	0.596225	0.597625	0.599024	0.60042
37	0.601815	0.603208	0.604599	0.605988	0.607376	0.608761	0.610145	0.611527	0.612907	0.614285
38	0.615661	0.617036	0.618408	0.619779	0.621148	0.622515	0.62388	0.625243	0.626604	0.627963
39	0.62932	0.630676	0.632029	0.633381	0.634731	0.636078	0.637424	0.638768	0.64011	0.64145
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	0.642788	0.644124	0.645458	0.64679	0.64812	0.649448	0.650774	0.652098	0.653421	0.654741
41	0.656059	0.657375	0.658689	0.660002	0.661312	0.66262	0.663926	0.66523	0.666532	0.667833
42	0.669131	0.670427	0.671721	0.673013	0.674302	0.67559	0.676876	0.67816	0.679441	0.680721
43	0.681998	0.683274	0.684547	0.685818	0.687088	0.688355	0.68962	0.690882	0.692143	0.693402
44	0.694658	0.695913	0.697165	0.698415	0.699663	0.700909	0.702153	0.703395	0.704634	0.705872
45	0.707107	0.70834	0.709571	0.710799	0.712026	0.71325	0.714473	0.715693	0.716911	0.718126

Glossary.indd 338 23-12-2021 12:31:34

சைன் மதிப்புகள் (NATURAL SINES)

46	0.71934	0.720551	0.72176	0.722967	0.724172	0.725374	0.726575	0.727773	0.728969	0.730162
47	0.731354	0.732543	0.73373	0.734915	0.736097	0.737277	0.738455	0.739631	0.740805	0.741976
48	0.743145	0.744312	0.745476	0.746638	0.747798	0.748956	0.750111	0.751264	0.752415	0.753563
49	0.75471	0.755853	0.756995	0.758134	0.759271	0.760406	0.761538	0.762668	0.763796	0.764921
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
50	0.766044	0.767165	0.768284	0.7694	0.770513	0.771625	0.772734	0.77384	0.774944	0.776046
51	0.777146	0.778243	0.779338	0.78043	0.78152	0.782608	0.783693	0.784776	0.785857	0.786935
52	0.788011	0.789084	0.790155	0.791224	0.79229	0.793353	0.794415	0.795473	0.79653	0.797584
53	0.798636	0.799685	0.800731	0.801776	0.802817	0.803857	0.804894	0.805928	0.80696	0.80799
54	0.809017	0.810042	0.811064	0.812084	0.813101	0.814116	0.815128	0.816138	0.817145	0.81815
55	0.819152	0.820152	0.821149	0.822144	0.823136	0.824126	0.825113	0.826098	0.827081	0.82806
56	0.829038	0.830012	0.830984	0.831954	0.832921	0.833886	0.834848	0.835807	0.836764	0.837719
57	0.838671	0.83962	0.840567	0.841511	0.842452	0.843391	0.844328	0.845262	0.846193	0.847122
58	0.848048	0.848972	0.849893	0.850811	0.851727	0.85264	0.853551	0.854459	0.855364	0.856267
59	0.857167	0.858065	0.85896	0.859852	0.860742	0.861629	0.862514	0.863396	0.864275	0.865151
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
60	0.866025	0.866897	0.867765	0.868632	0.869495	0.870356	0.871214	0.872069	0.872922	0.873772
61	0.87462	0.875465	0.876307	0.877146	0.877983	0.878817	0.879649	0.880477	0.881303	0.882127
62	0.882948	0.883766	0.884581	0.885394	0.886204	0.887011	0.887815	0.888617	0.889416	0.890213
63	0.891007	0.891798	0.892586	0.893371	0.894154	0.894934	0.895712	0.896486	0.897258	0.898028
64	0.898794	0.899558	0.900319	0.901077	0.901833	0.902585	0.903335	0.904083	0.904827	0.905569
65	0.906308	0.907044	0.907777	0.908508	0.909236	0.909961	0.910684	0.911403	0.91212	0.912834
66	0.913545	0.914254	0.91496	0.915663	0.916363	0.91706	0.917755	0.918446	0.919135	0.919821
67	0.920505	0.921185	0.921863	0.922538	0.92321	0.92388	0.924546	0.92521	0.925871	0.926529
68	0.927184	0.927836	0.928486	0.929133	0.929776	0.930418	0.931056	0.931691	0.932324	0.932954
69	0.93358	0.934204	0.934826	0.935444	0.93606	0.936672	0.937282	0.937889	0.938493	0.939094
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
70	0.939693	0.940288	0.940881	0.941471	0.942057	0.942641	0.943223	0.943801	0.944376	0.944949
71	0.945519	0.946085	0.946649	0.94721	0.947768	0.948324	0.948876	0.949425	0.949972	0.950516
72	0.951057	0.951594	0.952129	0.952661	0.953191	0.953717	0.95424	0.954761	0.955278	0.955793
73	0.956305	0.956814	0.957319	0.957822	0.958323	0.95882	0.959314	0.959805	0.960294	0.960779
74	0.961262	0.961741	0.962218	0.962692	0.963163	0.96363	0.964095	0.964557	0.965016	0.965473
75	0.965926	0.966376	0.966823	0.967268	0.967709	0.968148	0.968583	0.969016	0.969445	0.969872
76	0.970296	0.970716	0.971134	0.971549	0.971961	0.97237	0.972776	0.973179	0.973579	0.973976
77	0.97437	0.974761	0.975149	0.975535	0.975917	0.976296	0.976672	0.977046	0.977416	0.977783
78	0.978148	0.978509	0.978867	0.979223	0.979575	0.979925	0.980271	0.980615	0.980955	0.981293
79	0.981627	0.981959	0.982287	0.982613	0.982935	0.983255	0.983571	0.983885	0.984196	0.984503
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
80	0.984808	0.985109	0.985408	0.985703	0.985996	0.986286	0.986572	0.986856	0.987136	0.987414
81	0.987688	0.98796	0.988228	0.988494	0.988756	0.989016	0.989272	0.989526	0.989776	0.990024
82	0.990268	0.990509	0.990748	0.990983	0.991216	0.991445	0.991671	0.991894	0.992115	0.992332
83	0.992546	0.992757	0.992966	0.993171	0.993373	0.993572	0.993768	0.993961	0.994151	0.994338
84	0.994522	0.994703	0.994881	0.995056	0.995227	0.995396	0.995562	0.995725	0.995884	0.996041
85	0.996195	0.996345	0.996493	0.996637	0.996779	0.996917	0.997053	0.997185	0.997314	0.997441
86	0.997564	0.997684	0.997801	0.997916	0.998027	0.998135	0.99824	0.998342	0.998441	0.998537
87	0.99863	0.998719	0.998806	0.99889	0.998971	0.999048	0.999123	0.999194	0.999263	0.999328
88	0.999391	0.99945	0.999507	0.99956	0.99961	0.999657	0.999701	0.999743	0.999781	0.999816
89	0.999848	0.999877	0.999903	0.999925	0.999945	0.999962	0.999976	0.999986	0.999994	0.999998
90	1	0.999998	0.999994	0.999986	0.999976	0.999962	0.999945	0.999925	0.999903	0.999877

Glossary.indd 339 23-12-2021 12:31:34

கொசைன் மதிப்புகள் (NATURAL COSINES)

x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	0.999998	0.999994	0.999986	0.999976	0.999962	0.999945	0.999925	0.999903	0.999877
1	0.999848	0.999816	0.999781	0.999743	0.999701	0.999657	0.99961	0.99956	0.999507	0.99945
2	0.999391	0.999328	0.999263	0.999194	0.999123	0.999048	0.998971	0.99889	0.998806	0.998719
3	0.99863	0.998537	0.998441	0.998342	0.99824	0.998135	0.998027	0.997916	0.997801	0.997684
4	0.997564	0.997441	0.997314	0.997185	0.997053	0.996917	0.996779	0.996637	0.996493	0.996345
5	0.996195	0.996041	0.995884	0.995725	0.995562	0.995396	0.995227	0.995056	0.994881	0.994703
6	0.994522	0.994338	0.994151	0.993961	0.993768	0.993572	0.993373	0.993171	0.992966	0.992757
7	0.992546	0.992332	0.992115	0.991894	0.991671	0.991445	0.991216	0.990983	0.990748	0.990509
8	0.990268	0.990024	0.989776	0.989526	0.989272	0.989016	0.988756	0.988494	0.988228	0.98796
9	0.987688	0.987414	0.987136	0.986856	0.986572	0.986286	0.985996	0.985703	0.985408	0.985109
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.984808	0.984503	0.984196	0.983885	0.983571	0.983255	0.982935	0.982613	0.982287	0.981959
11	0.981627	0.981293	0.980955	0.980615	0.980271	0.979925	0.979575	0.979223	0.978867	0.978509
12	0.978148	0.977783	0.977416	0.977046	0.976672	0.976296	0.975917	0.975535	0.975149	0.974761
13	0.97437	0.973976	0.973579	0.973179	0.972776	0.97237	0.971961	0.971549	0.971134	0.970716
14	0.970296	0.969872	0.969445	0.969016	0.968583	0.968148	0.967709	0.967268	0.966823	0.966376
15	0.965926	0.965473	0.965016	0.964557	0.964095	0.96363	0.963163	0.962692	0.962218	0.961741
16	0.961262	0.960779	0.960294	0.959805	0.959314	0.95882	0.958323	0.957822	0.957319	0.956814
17	0.956305	0.955793	0.955278	0.954761	0.95424	0.953717	0.953191	0.952661	0.952129	0.951594
18	0.951057	0.950516	0.949972	0.949425	0.948876	0.948324	0.947768	0.94721	0.946649	0.946085
19	0.945519	0.944949	0.944376	0.943801	0.943223	0.942641	0.942057	0.941471	0.940881	0.940288
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	0.939693	0.939094	0.938493	0.937889	0.937282	0.936672	0.93606	0.935444	0.934826	0.934204
21	0.93358	0.932954	0.932324	0.931691	0.931056	0.930418	0.929776	0.929133	0.928486	0.927836
22	0.927184	0.926529	0.925871	0.92521	0.924546	0.92388	0.92321	0.922538	0.921863	0.921185
23	0.920505	0.919821	0.919135	0.918446	0.917755	0.91706	0.916363	0.915663	0.91496	0.914254
24	0.913545	0.912834	0.91212	0.911403	0.910684	0.909961	0.909236	0.908508	0.907777	0.907044
25	0.906308	0.905569	0.904827	0.904083	0.903335	0.902585	0.901833	0.901077	0.900319	0.899558
26	0.898794	0.898028	0.897258	0.896486	0.895712	0.894934	0.894154	0.893371	0.892586	0.891798
27	0.891007	0.890213	0.889416	0.888617	0.887815	0.887011	0.886204	0.885394	0.884581	0.883766
28	0.882948	0.882127	0.881303	0.880477	0.879649	0.878817	0.877983	0.877146	0.876307	0.875465
29	0.87462	0.873772	0.872922	0.872069	0.871214	0.870356	0.869495	0.868632	0.867765	0.866897
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	0.866025	0.865151	0.864275	0.863396	0.862514	0.861629	0.860742	0.859852	0.85896	0.858065
31	0.857167	0.856267	0.855364	0.854459	0.853551	0.85264	0.851727	0.850811	0.849893	0.848972
32	0.848048	0.847122	0.846193	0.845262	0.844328	0.843391	0.842452	0.841511	0.840567	0.83962
33	0.838671	0.837719	0.836764	0.835807	0.834848	0.833886	0.832921	0.831954	0.830984	0.830012
34	0.829038	0.82806	0.827081	0.826098	0.825113	0.824126	0.823136	0.822144	0.821149	0.820152
35	0.819152	0.81815	0.817145	0.816138	0.815128	0.814116	0.813101	0.812084	0.811064	0.810042
36	0.809017	0.80799	0.80696	0.805928	0.804894	0.803857	0.802817	0.801776	0.800731	0.799685
37	0.798636	0.797584	0.79653	0.795473	0.794415	0.793353	0.79229	0.791224	0.790155	0.789084
38	0.788011	0.786935	0.785857	0.784776	0.783693	0.782608	0.78152	0.78043	0.779338	0.778243
39	0.777146	0.776046	0.774944	0.77384	0.772734	0.771625	0.770513	0.7694	0.768284	0.767165
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	0.766044	0.764921	0.763796	0.762668	0.761538	0.760406	0.759271	0.758134	0.756995	0.755853
41	0.75471	0.753563	0.752415	0.751264	0.750111	0.748956	0.747798	0.746638	0.745476	0.744312
42	0.743145	0.741976	0.740805	0.739631	0.738455	0.737277	0.736097	0.734915	0.73373	0.732543
43	0.731354	0.730162	0.728969	0.727773	0.726575	0.725374	0.724172	0.722967	0.72176	0.720551
44	0.71934	0.718126	0.716911	0.715693	0.714473	0.71325	0.712026	0.710799	0.709571	0.70834
45	0.707107	0.705872	0.704634	0.703395	0.702153	0.700909	0.699663	0.698415	0.697165	0.695913

Glossary.indd 340 23-12-2021 12:31:34

கொசைன் மதிப்புகள் (NATURAL COSINES)

46	0.694658	0.693402	0.692143	0.690882	0.68962	0.688355	0.687088	0.685818	0.684547	0.683274
47	0.681998	0.680721	0.679441	0.67816	0.676876	0.67559	0.674302	0.673013	0.671721	0.670427
48	0.669131	0.667833	0.666532	0.66523	0.663926	0.66262	0.661312	0.660002	0.658689	0.657375
49	0.656059	0.654741	0.653421	0.652098	0.650774	0.649448	0.64812	0.64679	0.645458	0.644124
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
50	0.642788	0.64145	0.64011	0.638768	0.637424	0.636078	0.634731	0.633381	0.632029	0.630676
51	0.62932	0.627963	0.626604	0.625243	0.62388	0.622515	0.621148	0.619779	0.618408	0.617036
52	0.615661	0.614285	0.612907	0.611527	0.610145	0.608761	0.607376	0.605988	0.604599	0.603208
53	0.601815	0.60042	0.599024	0.597625	0.596225	0.594823	0.593419	0.592013	0.590606	0.589196
54	0.587785	0.586372	0.584958	0.583541	0.582123	0.580703	0.579281	0.577858	0.576432	0.575005
55	0.573576	0.572146	0.570714	0.56928	0.567844	0.566406	0.564967	0.563526	0.562083	0.560639
56	0.559193	0.557745	0.556296	0.554844	0.553392	0.551937	0.550481	0.549023	0.547563	0.546102
57	0.544639	0.543174	0.541708	0.54024	0.538771	0.5373	0.535827	0.534352	0.532876	0.531399
58	0.529919	0.528438	0.526956	0.525472	0.523986	0.522499	0.52101	0.519519	0.518027	0.516533
59	0.515038	0.513541	0.512043	0.510543	0.509041	0.507538	0.506034	0.504528	0.50302	0.501511
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
60	0.5	0.498488	0.496974	0.495459	0.493942	0.492424	0.490904	0.489382	0.48786	0.486335
61	0.48481	0.483282	0.481754	0.480223	0.478692	0.477159	0.475624	0.474088	0.472551	0.471012
62	0.469472	0.46793	0.466387	0.464842	0.463296	0.461749	0.4602	0.45865	0.457098	0.455545
63	0.45399	0.452435	0.450878	0.449319	0.447759	0.446198	0.444635	0.443071	0.441506	0.439939
64	0.438371	0.436802	0.435231	0.433659	0.432086	0.430511	0.428935	0.427358	0.425779	0.424199
65	0.422618	0.421036	0.419452	0.417867	0.416281	0.414693	0.413104	0.411514	0.409923	0.40833
66	0.406737	0.405142	0.403545	0.401948	0.400349	0.398749	0.397148	0.395546	0.393942	0.392337
67	0.390731	0.389124	0.387516	0.385906	0.384295	0.382683	0.38107	0.379456	0.377841	0.376224
68	0.374607	0.372988	0.371368	0.369747	0.368125	0.366501	0.364877	0.363251	0.361625	0.359997
69	0.358368	0.356738	0.355107	0.353475	0.351842	0.350207	0.348572	0.346936	0.345298	0.34366
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
70	0.34202	0.34038	0.338738	0.337095	0.335452	0.333807	0.332161	0.330514	0.328867	0.327218
71	0.325568	0.323917	0.322266	0.320613	0.318959	0.317305	0.315649	0.313992	0.312335	0.310676
72	0.309017	0.307357	0.305695	0.304033	0.30237	0.300706	0.299041	0.297375	0.295708	0.29404
73	0.292372	0.290702	0.289032	0.287361	0.285688	0.284015	0.282341	0.280667	0.278991	0.277315
74	0.275637	0.273959	0.27228	0.2706	0.26892	0.267238	0.265556	0.263873	0.262189	0.260505
75	0.258819	0.257133	0.255446	0.253758	0.252069	0.25038	0.24869	0.246999	0.245307	0.243615
76	0.241922	0.240228	0.238533	0.236838	0.235142	0.233445	0.231748	0.23005	0.228351	0.226651
77	0.224951	0.22325	0.221548	0.219846	0.218143	0.21644	0.214735	0.21303	0.211325	0.209619
78	0.207912	0.206204	0.204496	0.202787	0.201078	0.199368	0.197657	0.195946	0.194234	0.192522
79	0.190809	0.189095	0.187381	0.185667	0.183951	0.182236	0.180519	0.178802	0.177085	0.175367
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
80	0.173648	0.171929	0.170209	0.168489	0.166769	0.165048	0.163326	0.161604	0.159881	0.158158
81	0.156434	0.15471	0.152986	0.151261	0.149535	0.147809	0.146083	0.144356	0.142629	0.140901
82	0.139173	0.137445	0.135716	0.133986	0.132256	0.130526	0.128796	0.127065	0.125333	0.123601
83	0.121869	0.120137	0.118404	0.116671	0.114937	0.113203	0.111469	0.109734	0.107999	0.106264
84	0.104528	0.102793	0.101056	0.09932	0.097583	0.095846	0.094108	0.092371	0.090633	0.088894
85	0.087156	0.085417	0.083678	0.081939	0.080199	0.078459	0.076719	0.074979	0.073238	0.071497
86	0.069756	0.068015	0.066274	0.064532	0.062791	0.061049	0.059306	0.057564	0.055822	0.054079
87	0.052336	0.050593	0.04885	0.047106	0.045363	0.043619	0.041876	0.040132	0.038388	0.036644
88	0.034899	0.033155	0.031411	0.029666	0.027922	0.026177	0.024432	0.022687	0.020942	0.019197
89	0.017452	0.015707	0.013962	0.012217	0.010472	0.0087265	0.0069813	0.0052360	0.0034907	0.0017453
90	0	0.0017453	0.0034907	0.0052360	0.0069813	0.0087265	0.010472	0.012217	0.013962	0.015707

Glossary.indd 341 23-12-2021 12:31:35

டேஞ்சன்ட் மதிப்புகள் (NATURAL TANGENTS)

x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0.0017453	0.0034907	0.0052360	0.0069814	0.0087269	0.010472	0.012218	0.013964	0.015709
1	0.017455	0.019201	0.020947	0.022693	0.024439	0.026186	0.027933	0.029679	0.031426	0.033173
2	0.034921	0.036668	0.038416	0.040164	0.041912	0.043661	0.04541	0.047159	0.048908	0.050658
3	0.052408	0.054158	0.055909	0.05766	0.059411	0.061163	0.062915	0.064667	0.06642	0.068173
4	0.069927	0.071681	0.073435	0.07519	0.076946	0.078702	0.080458	0.082215	0.083972	0.08573
5	0.087489	0.089248	0.091007	0.092767	0.094528	0.096289	0.098051	0.099813	0.101576	0.10334
6	0.105104	0.106869	0.108635	0.110401	0.112168	0.113936	0.115704	0.117473	0.119243	0.121013
7	0.122785	0.124557	0.126329	0.128103	0.129877	0.131652	0.133428	0.135205	0.136983	0.138761
8	0.140541	0.142321	0.144102	0.145884	0.147667	0.149451	0.151236	0.153022	0.154808	0.156596
9	0.158384	0.160174	0.161965	0.163756	0.165549	0.167343	0.169137	0.170933	0.17273	0.174528
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.176327	0.178127	0.179928	0.181731	0.183534	0.185339	0.187145	0.188952	0.19076	0.19257
11	0.19438	0.196192	0.198005	0.19982	0.201635	0.203452	0.205271	0.20709	0.208911	0.210733
12	0.212557	0.214381	0.216208	0.218035	0.219864	0.221695	0.223526	0.22536	0.227194	0.229031
13	0.230868	0.232707	0.234548	0.23639	0.238234	0.240079	0.241925	0.243774	0.245624	0.247475
14	0.249328	0.251183	0.253039	0.254897	0.256756	0.258618	0.26048	0.262345	0.264211	0.266079
15	0.267949	0.269821	0.271694	0.273569	0.275446	0.277325	0.279205	0.281087	0.282971	0.284857
16	0.286745	0.288635	0.290527	0.29242	0.294316	0.296213	0.298113	0.300014	0.301918	0.303823
17	0.305731	0.30764	0.309552	0.311465	0.313381	0.315299	0.317219	0.319141	0.321065	0.322991
18	0.32492	0.32685	0.328783	0.330718	0.332656	0.334595	0.336537	0.338481	0.340428	0.342377
19	0.344328	0.346281	0.348237	0.350195	0.352156	0.354119	0.356084	0.358052	0.360022	0.361995
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	0.36397	0.365948	0.367928	0.369911	0.371897	0.373885	0.375875	0.377869	0.379864	0.381863
21	0.383864	0.385868	0.387874	0.389884	0.391896	0.39391	0.395928	0.397948	0.399971	0.401997
22	0.404026	0.406058	0.408092	0.41013	0.41217	0.414214	0.41626	0.418309	0.420361	0.422417
23	0.424475	0.426536	0.428601	0.430668	0.432739	0.434812	0.436889	0.438969	0.441053	0.443139
24	0.445229	0.447322	0.449418	0.451517	0.45362	0.455726	0.457836	0.459949	0.462065	0.464185
25	0.466308	0.468434	0.470564	0.472698	0.474835	0.476976	0.47912	0.481267	0.483419	0.485574
26	0.487733	0.489895	0.492061	0.494231	0.496404	0.498582	0.500763	0.502948	0.505136	0.507329
27	0.509525	0.511726	0.51393	0.516138	0.518351	0.520567	0.522787	0.525012	0.52724	0.529473
28	0.531709	0.53395	0.536195	0.538445	0.540698	0.542956	0.545218	0.547484	0.549755	0.55203
29	0.554309	0.556593	0.558881	0.561174	0.563471	0.565773	0.568079	0.57039	0.572705	0.575026
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	0.57735	0.57968	0.582014	0.584353	0.586697	0.589045	0.591398	0.593757	0.59612	0.598488
31	0.600861	0.603239	0.605622	0.60801	0.610403	0.612801	0.615204	0.617613	0.620026	0.622445
32	0.624869	0.627299	0.629734	0.632174	0.634619	0.63707	0.639527	0.641989	0.644456	0.646929
33	0.649408	0.651892	0.654382	0.656877	0.659379	0.661886	0.664398	0.666917	0.669442	0.671972
34	0.674509	0.677051	0.679599	0.682154	0.684714	0.687281	0.689854	0.692433	0.695018	0.69761
35	0.700208	0.702812	0.705422	0.708039	0.710663	0.713293	0.71593	0.718573	0.721223	0.723879
36	0.726543	0.729213	0.731889	0.734573	0.737264	0.739961	0.742666	0.745377	0.748096	0.750821
37	0.753554	0.756294	0.759041	0.761796	0.764558	0.767327	0.770104	0.772888	0.77568	0.778479
38	0.781286	0.7841	0.786922	0.789752	0.79259	0.795436	0.79829	0.801151	0.804021	0.806898
39	0.809784	0.812678	0.81558	0.818491	0.821409	0.824336	0.827272	0.830216	0.833169	0.83613
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	0.8391	0.842078	0.845066	0.848062	0.851067	0.854081	0.857104	0.860136	0.863177	0.866227
41	0.869287	0.872356	0.875434	0.878521	0.881619	0.884725	0.887842	0.890967	0.894103	0.897249
42	0.900404	0.903569	0.906745	0.90993	0.913125	0.916331	0.919547	0.922773	0.92601	0.929257
43	0.932515	0.935783	0.939063	0.942352	0.945653	0.948965	0.952287	0.955621	0.958966	0.962322
44	0.965689	0.969067	0.972458	0.975859	0.979272	0.982697	0.986134	0.989582	0.993043	0.996515
45	1	1.0035	1.00701	1.01053	1.01406	1.01761	1.02117	1.02474	1.02832	1.03192

Glossary.indd 342 23-12-2021 12:31:35

டேஞ்சன்ட் மதிப்புகள் (NATURAL TANGENTS)

46	1.03553	1.03915	1.04279	1.04644	1.0501	1.05378	1.05747	1.06117	1.06489	1.06862
47	1.07237	1.07613	1.0799	1.08369	1.08749	1.09131	1.09514	1.09899	1.10285	1.10672
48	1.11061	1.11452	1.11844	1.12238	1.12633	1.13029	1.13428	1.13828	1.14229	1.14632
49	1.15037	1.15443	1.15851	1.16261	1.16672	1.17085	1.175	1.17916	1.18334	1.18754
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
50	1.19175	1.19599	1.20024	1.20451	1.20879	1.2131	1.21742	1.22176	1.22612	1.2305
51	1.2349	1.23931	1.24375	1.2482	1.25268	1.25717	1.26169	1.26622	1.27077	1.27535
52	1.27994	1.28456	1.28919	1.29385	1.29853	1.30323	1.30795	1.31269	1.31745	1.32224
53	1.32704	1.33187	1.33673	1.3416	1.3465	1.35142	1.35637	1.36134	1.36633	1.37134
54	1.37638	1.38145	1.38653	1.39165	1.39679	1.40195	1.40714	1.41235	1.41759	1.42286
55	1.42815	1.43347	1.43881	1.44418	1.44958	1.45501	1.46046	1.46595	1.47146	1.47699
56	1.48256	1.48816	1.49378	1.49944	1.50512	1.51084	1.51658	1.52235	1.52816	1.534
57	1.53986	1.54576	1.5517	1.55766	1.56366	1.56969	1.57575	1.58184	1.58797	1.59414
58	1.60033	1.60657	1.61283	1.61914	1.62548	1.63185	1.63826	1.64471	1.6512	1.65772
59	1.66428	1.67088	1.67752	1.68419	1.69091	1.69766	1.70446	1.71129	1.71817	1.72509
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
60	1.73205	1.73905	1.7461	1.75319	1.76032	1.76749	1.77471	1.78198	1.78929	1.79665
61	1.80405	1.8115	1.81899	1.82654	1.83413	1.84177	1.84946	1.8572	1.86499	1.87283
62	1.88073	1.88867	1.89667	1.90472	1.91282	1.92098	1.9292	1.93746	1.94579	1.95417
63	1.96261	1.97111	1.97966	1.98828	1.99695	2.00569	2.01449	2.02335	2.03227	2.04125
64	2.0503	2.05942	2.0686	2.07785	2.08716	2.09654	2.106	2.11552	2.12511	2.13477
65	2.14451	2.15432	2.1642	2.17416	2.18419	2.1943	2.20449	2.21475	2.2251	2.23553
66	2.24604	2.25663	2.2673	2.27806	2.28891	2.29984	2.31086	2.32197	2.33317	2.34447
67	2.35585	2.36733	2.37891	2.39058	2.40235	2.41421	2.42618	2.43825	2.45043	2.4627
68	2.47509	2.48758	2.50018	2.51289	2.52571	2.53865	2.5517	2.56487	2.57815	2.59156
69	2.60509	2.61874	2.63252	2.64642	2.66046	2.67462	2.68892	2.70335	2.71792	2.73263
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
70	2.74748	2.76247	2.77761	2.79289	2.80833	2.82391	2.83965	2.85555	2.87161	2.88783
71	2.90421	2.92076	2.93748	2.95437	2.97144	2.98868	3.00611	3.02372	3.04152	3.0595
72	3.07768	3.09606	3.11464	3.13341	3.1524	3.17159	3.191	3.21063	3.23048	3.25055
73	3.27085	3.29139	3.31216	3.33317	3.35443	3.37594	3.39771	3.41973	3.44202	3.46458
74	3.48741	3.51053	3.53393	3.55761	3.5816	3.60588	3.63048	3.65538	3.68061	3.70616
75	3.73205	3.75828	3.78485	3.81177	3.83906	3.86671	3.89474	3.92316	3.95196	3.98117
76	4.01078	4.04081	4.07127	4.10216	4.1335	4.1653	4.19756	4.2303	4.26352	4.29724
77	4.33148	4.36623	4.40152	4.43735	4.47374	4.51071	4.54826	4.58641	4.62518	4.66458
78	4.70463	4.74534	4.78673	4.82882	4.87162	4.91516	4.95945	5.00451	5.05037	5.09704
79	5.14455	5.19293	5.24218	5.29235	5.34345	5.39552	5.44857	5.50264	5.55777	5.61397
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
80	5.67128	5.72974	5.78938	5.85024	5.91236	5.97576	6.04051	6.10664	6.17419	6.24321
81	6.31375	6.38587	6.45961	6.53503	6.61219	6.69116	6.77199	6.85475	6.93952	7.02637
82	7.11537	7.20661	7.30018	7.39616	7.49465	7.59575	7.69957	7.80622	7.91582	8.02848
83	8.14435	8.26355	8.38625	8.51259	8.64275	8.77689	8.9152	9.05789	9.20516	9.35724
84	9.51436	9.6768	9.84482	10.0187	10.1988	10.3854	10.5789	10.7797	10.9882	11.2048
85	11.4301	11.6645	11.9087	12.1632	12.4288	12.7062	12.9962	13.2996	13.6174	13.9507
86	14.3007	14.6685	15.0557	15.4638	15.8945	16.3499	16.8319	17.3432	17.8863	18.4645
87	19.0811	19.7403	20.4465	21.2049	22.0217	22.9038	23.8593	24.8978	26.0307	27.2715
88	28.6363	30.1446	31.8205	33.6935	35.8006	38.1885	40.9174	44.0661	47.7395	52.0807
89	57.29	63.6567	71.6151	81.847	95.4895	114.589	143.237	190.984	286.478	572.957
90	∞									

மேல்நிலை இரண்டாம் ஆண்டு இயற்பியல், தொகுதி – 1
பாடநூல் தயாரிப்பில் பணியாற்றியவர்கள்

பாட வல்லுநர் மற்றும் நெறியாளர்

பேராசிரியர் முனைவர். ரீட்டா ஜான்
பேராசிரியர் மற்றும் துறைத்தலைவர்
கோட்பாட்டு இயற்பியல் துறை
சென்னைப் பல்கலைக்கழகம், சென்னை.

மேலாய்வாளர்கள்

முனைவர். வி.என். மணி
முதன்மை அறிவியல் அறிஞர் F. Head (C– MET)
மின்னணுவியல் மற்றும் தகவல் தொழில்நுட்பத் துறை
ஹைதராபாத், இந்திய அரசு.

பேராசிரியர் முனைவர். பி. ரவீந்திரன்
இயற்பியல் துறை அடிப்படை மற்றும்
பயன்பாட்டு அறிவியல் துறை
தமிழ்நாடு மத்திய பல்கலைக்கழகம், திருவாரூர்.

முனைவர். ரஜீவ் ஷேஷா ஜோஷி
உதவிப்பேராசிரியர்
இயற்பியல் புலம்
கர்நாடகா மத்தியப்பல்கலைக்கழகம்.

பாடநூல் ஆசிரியர்கள்

திரு சி. ஜோசப் பிரபாகர்
உதவிப்பேராசிரியர்
முதுகலை மற்றும் ஆராய்ச்சி இயற்பியல் துறை
லயோலா கல்லூரி (தன்னாட்சி), சென்னை.

முனைவர். சா. ச. நெய்னா முஹம்மது
உதவிப்பேராசிரியர்
முதுகலை மற்றும் ஆராய்ச்சி இயற்பியல் துறை
அரசுக் கலைக் கல்லூரி
உடுமலைப்பேட்டை, திருப்பூர் மாவட்டம்.

முனைவர் ப.பாலமுருகன்
உதவிப்பேராசிரியர்
இயற்பியல் முதுகலை மற்றும் ஆராய்ச்சி துறை
அரசினர் ஆடவர் கலைக்கல்லூரி (தன்னாட்சி)
நந்தனம், சென்னை

முனைவர்.சி.இராமச்சந்திர ராஜா
இணைப்பேராசிரியர், இயற்பியல் துறை
அரசினர் கலைக்கல்லூரி (தன்னாட்சி)
கும்பகோணம்

கலை மற்றும் வடிவமைப்புக் குழு

வரைபடம்
சசிகுமார்.K
துர்காதேவி.S

வடிவமைப்பு
அஸ்கர் அலி.மு, ஸ்ரீதர் வேலு

In-House - QC
ராஜேஷ் தங்கப்பன்

அட்டை வடிவமைப்பு
கதிர் ஆறுமுகம்

ஒருங்கிணைப்பாளர்
ரமேஷ் முனிசாமி

தமிழாக்கம் செய்தோர்

திரு.ஏ.இளங்கோவன்
தலைமை ஆசிரியர்,
அரசு மேல்நிலைப்பள்ளி
இராமநாயக்கன்பேட்டை,
வேலூர் மாவட்டம்.

முனைவர்.கொ.வாசுதேவன்
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர் (இயற்பியல்)
அரசு.ஆ.தி.நல மேல்நிலைப்பள்ளி
களங்காணி,
நாமக்கல் மாவட்டம்

திரு.வா.பாலமுருகன்
முதுகலை ஆசிரியர்,
அரசு மேல்நிலைப் பள்ளி,
கடம்பத்தூர்,
திருவள்ளூர் மாவட்டம்.

திரு.சு.ரவிசங்கர்,
முதுகலை ஆசிரியர்,
எஸ்.ஆர்.எம்.மேல்நிலைப் பள்ளி,
அம்பத்தூர், திருவள்ளூர் மாவட்டம்.

பாட ஒருங்கிணைப்பாளர்கள்

திருமதி. பா. நந்தா
முதுநிலை விரிவுரையாளர்
மாநிலக் கல்வியியல் ஆராய்ச்சி மற்றும் பயிற்சி நிறுவனம்
சென்னை.

திருமதி. த. சண்முகசுந்தரி
பட்டதாரி ஆசிரியை (அறிவியல்)
ஊராட்சி ஒன்றிய நடுநிலைப் பள்ளி
மேலதுலுக்கன்குளம், காரியாபட்டி ஒன்றியம்
விருதுநகர் மாவட்டம்.

திரு. ஞா. அருள்ராஜா
பட்டதாரி ஆசிரியர் (கணிதம்)
ம.க.வி. அரசு ஆண்கள் மேல்நிலைப் பள்ளி
ஆரணி, திருவள்ளூர் மாவட்டம்.

தகவல் தொழிநுட்ப ஒருங்கிணைப்பாளர்கள்

திரு.ஞா. பெர்ஜின்
முதுகலை ஆசிரியர் இயற்பியல்
அரசு ஆண்கள் மேல்நிலைப் பள்ளி
சாயல்குடி, இராமநாதபுரம் மாவட்டம்.

விரைவுக் குறியீடு மேலாண்மைக் குழு

இரா. ஜெகநாதன், இ.நி.ஆ,
ஊ.ஒ.ந.நி.பள்ளி, கணேசபுரம், போளூர்,
திருவண்ணாமலை மாவட்டம்.

சூ.ஆல்பர்ட் வளவன் பாபு, ப.ஆ,
அ.உ.நி.பள்ளி, பெருமாள் கோவில் பரமக்குடி, இராமநாதபுரம்.

ம. முருகேசன், ப.ஆ,
ஊ.ஒ.ந.நி. பள்ளி, பெத்தவலங்கோட்டகம்,
முத்துப்பேட்டை, திருவாரூர்

தட்டச்சு செய்தவர்
திருமதி. தெ. கவிதா

இந்நூல் 80ஜி.எஸ்.எம். எலிகண்ட் மேப்லித்தோ தாளில் அச்சிடப்பட்டுள்ளது.

ஆப்செட் முறையில் அச்சிட்டோர்:

PH XI Std Acknowledgement.indd 344 23-12-2021 12:32:31