GOVERNMENT OF TAMIL NADU

ഹയർ സെക്കന്ററി രണ്ടാം വർഷം

HIGHER SECONDARY SECOND YEAR

ഭൗതിക ശാസ്ത്രം

PHYSICS

വാല്യം - I

VOLUME - I

MALAYALAM MEDIUM

Department of School Education

Untouchability is Inhuman and a Crime

MAL XII_Physics_First 8 pages Higher.indd 1 2/14/2023 11:57:30 AM

Government of Tamil Nadu

First Edition - 2021

Revised Edition - 2022, 2023

Reprint - 2024

(Published under new syllabus)

Content Creation

State Council of Educational
Research and Training

© SCERT 2021

Printing & Publishing

Tamil Nadu Textbook and Educational
Services Corporation

www.textbooksonline.tn.nic.in

EE_Malayalam_FM.indd 2 03-01-2024 10:50:21

ഉള്ളടക്കം

ഊർജ്ജതന്ത്രം

അദ്ധ്യായം	ശീർഷകം	പേജ് നമ്പർ.	മാസം
1	ഇലക്ട്രോസ്റ്റാറ്റിക്സ് സ്ഥിരവൈദ്യുതി	01	ജൂൺ
2	ധാരാ വൈദ്യുതി	80	ജൂൺ, ജൂലൈ
3	കാന്തികതയും വിദ്യുത്ധാരയാൽ ഉണ്ടാകുന്ന കാന്തിക പ്രഭാവവും	125	ജൂലൈ
4	വൈദ്യുത കാന്തിക പ്രേരണവും പ്രത്യാവർത്തി ധാരാ വൈദ്യുതിയും	195	ജൂലൈ
5	വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ	266	ആഗസ്റ്റ്
	പ്രായോഗിക പരീക്ഷണങ്ങൾ	286	
	അനുബന്ധം	319	
	പദശേഖരം	328	

LS87YE

E-പുസ്തകം

TZRYE

മൂല്യനിർണ്ണയം

MAL XII_Physics_First 8 pages Higher.indd 3 2/14/2023 11:57:30 AM

പുസ്തകം ഉപയോഗിക്കുന്ന വിധം?

ഭൗതിക ശാസ്ത്രത്തിന്റെ വ്യാപ്തി
- ഉന്നത പഠനത്തെ കുറിച്ചുള്ള അവബോധം, കോഴ്സുകൾ, സ്ഥാപനങ്ങൾ
- ആവശ്യമായ മത്സര പരീക്ഷകൾ
- വിദ്യാർത്ഥികളെ സഹായിക്കാൻ സാധ്യമായ സാമ്പത്തിക സഹായം

പഠന ലക്ഷ്യങ്ങൾ
- അദ്ധ്യായങ്ങളുടെ അവലോകനം
- വിഷയങ്ങളുടെ ലക്ഷ്യങ്ങളെയും ലക്ഷ്യങ്ങളുടെ വ്യക്തതയേയും നൽകുന്നു

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ
- ബന്ധപ്പെട്ട വിഷയങ്ങളുമായി കൂടുതൽ വസ്തുതകളിലേയ്ക്ക് നയിക്കുന്ന പഠനം സംഗമമാക്കുന്നതിന് ആവരണം ചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു

ഉദാഹരണ പ്രശ്നങ്ങൾ
- അടുത്ത ഘട്ടത്തിലേക്ക് കടക്കുന്നതിന് മുമ്പ് ഓരോ ഘട്ടത്തിലും ഉള്ള പ്രശ്നങ്ങൾ / ചിത്രീകരണങ്ങൾ എന്നിവ നൽകിയിരിക്കുന്നു

QR CODE
- ആശയങ്ങളുടെ ദൃശ്യ ശ്രവ്യ വിഷയങ്ങൾ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്ന വീഡിയോകൾ, അനിമേഷനുകൾ

ഐ.സി.ടി
- ക്ലാസ്സ് മുറി പഠനത്തിനും പരീക്ഷണത്തിനും ഡിജിറ്റൽ സാങ്കേതിക വിദ്യ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നതിനുള്ള കഴിവ് നേടുന്നു

സംഗ്രഹം
- പാഠഭാഗത്തിന്റെ പ്രധാനപ്പെട്ട സവിശേഷതകളെ സംഗ്രഹിക്കുക

ഭൂപട ആശയം
- വിവിധ അദ്ധ്യായങ്ങളുടെ സവിശേഷതയാർന്ന വിഷയങ്ങളുടെ രൂപരേഖ സൃഷ്ടിക്കുക

മൂല്യനിർണ്ണയം
- വിദ്യാർത്ഥികളുടെ ധാരണകളെ വിലയിരുത്തുകയും സംഖ്യാ ആശയപരമായ ചോദ്യങ്ങൾക്ക് ഭൗതിക ആശയങ്ങളെ പ്രയോഗത്തിൽ വരുത്തുകയും ചെയ്യുക

പരാമർശ ഗ്രന്ഥങ്ങൾ
- വായനയ്ക്കു വേണ്ടി പ്രസക്തമായ പുസ്തകങ്ങളുടെ പട്ടിക തയ്യാറാക്കുക

പ്രായോഗികം
- പ്രായോഗിക പട്ടികയും ഓരോന്നിന്റെയും വിവരണവും എളുപ്പത്തിൽ ക്രോഡീകരിക്കുക.

പദപരിചയം
- തമിഴ് ഭാഷയിൽ തുല്യതകളായി നിരന്തരം പ്രയോഗിക്കുന്ന ശാസ്ത്രീയ പദങ്ങളെ പരിചയപ്പെടുത്തുന്നു

ഉള്ളടക്ക പ്രതിഫലനം
- സ്ഥിരമായ ചാർജുകൾ, ചലിക്കുന്ന ചാർജുകൾ, വൈദ്യുതി, വൈദ്യുതി കാന്തിക പ്രതിഭാസങ്ങൾ ഇവ തമ്മിലുള്ള പരസ്പര ബന്ധം എന്നിവയെ കുറിച്ചുള്ള തുടർച്ചയായ ധാരണ.

പുസ്തകാവരണത്തിന്റെ പിൻഭാഗം : നിക്കോള ടെസ്ല

ഒരു സെർബിയൻ - അമേരിക്കൻ എഞ്ചിനീയർ **(10 ജൂലൈ 1856 – 7 ജനുവരി 1943)**

വൈദ്യുത പവറിന്റെ ഉൽപ്പാദനം, പ്രക്ഷേപണം, പ്രയോഗം എന്നിവയിൽ നിക്കോള ടെസ്ല മികച്ച മുന്നേറ്റം നടത്തി. പ്രത്യാവർത്തിധാര മോട്ടോർ ആദ്യമായി അദ്ദേഹം കണ്ടുപിടിക്കുകയും എ.സിയുടെ ഉൽപ്പാതന വിതരണ സാങ്കേതിക വിദ്യ വികസിപ്പിക്കുകയും ചെയ്തു. 1884 ൽ അദ്ദേഹത്തെ എഡിസൺ (ഡി.സി ഡൈനമോ കണ്ടുപിടിച്ചയാൾ) നിയമിക്കുകയും പിന്നീട് ടെസ്ല ഈ രംഗത്ത് അദ്ദേഹത്തിന്റെ എതിരാളി ആകുകയും ചെയ്തു.

മെക്കാനിക്കൽ ഓസിലേറ്റർ, ജനറേറ്റർ, ഇലക്ട്രിക്കൽ ഡിസ്ചാർജ് ട്യൂബുകൾ, ആദ്യകാല എക്സ് റേ ഇമേജിംഗ് തുടങ്ങിയവ ഉപയോഗിച്ച് ടെസ്ല നിരവധി പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തി. 1890 ൽ തന്നെ ടെസ്ല ന്യൂയോർക്കിൽ അദ്ദേഹത്തിന്റെ ഉയർന്ന വോൾട്ടത, ഉയർന്ന ആവൃത്തി പവർ പരീക്ഷണങ്ങളിൽ വയർലെസ് മിന്നലിനും ലോകമെമ്പാടുമുള്ള വയർലെസ് ഇലക്ട്രിക് പവർ വിതരണത്തിനുമായി ഗവേഷണം നടത്തി. നിർഭാഗ്യവശാൽ ഫണ്ടുകളുടെ അഭാവം മൂലം ടെസ്ലയ്ക്ക് തന്റെ ആശയങ്ങൾ പ്രായോഗിക ഉപയോഗത്തിൽ ഉൾപ്പെടുത്താൻ കഴിഞ്ഞില്ല

MAL XII_Physics_First 8 pages Higher.indd 4 2/14/2023 11:57:30 AM

MAL XII_Physics_First 8 pages Higher.indd 5

Scope of Physics - Higher Education



Entrance Examinations After +2

- 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

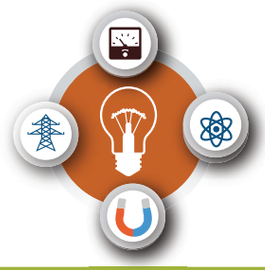
After Graduation

- 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

After Post Graduation



- CSIR - National Eligibility Test for JRF and Lectureship



Education Career



After Completing +2

- 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



After B.Sc Physics

- 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.

2/14/2023 11:57:33 AM

MAL XII_Physics_First 8 pages Higher.indd 6

Opportunities after B.Sc. Physics



Jobs in Government Sector

- 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



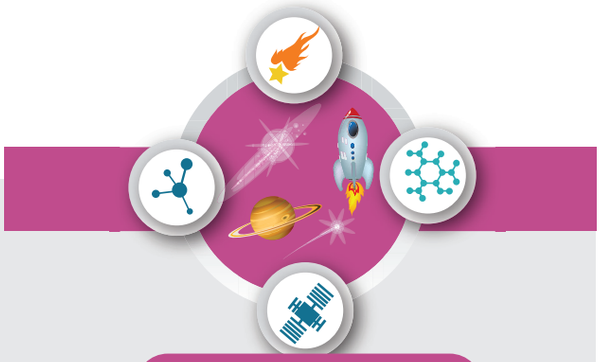
Scholarships

- INSPIRE Scholarship - Scholarship for Higher Education(SHE) - 80000 per annum, for B.Sc/B.S/Int M.Sc/Int M.S
  Eligibility Criteria:- Top 1% students in their plus 2 board exam
  Top 10000 rank holders in JEE or NEET
- Students studying at NIISER, IISER, Department of Atomic Energy Centre for Basic Science
  NTSE, KVPY, JBNSTS Scholars
- International Olympiad Medalists
- Indira Gandhi Scholarship for single girl child for full time regular Master's Degree
- Post Graduate Merit Scholarship for University rank holders in UG level
- Women Scientist Scheme (WOS -A)
  Eligibility Criteria:- Women who are pursuing M.Sc or Ph.D
- Mathematics Training and Talent Search(MTTS) Programme
  Eligibility Criteria:- Students who studied Maths at UG or PG level
- Dr. K S Krishnan Research Associateship (KSKRA)
  Eligibility Criteria:- Students who posses Master's Degree or Ph.D in science or engineering
- IGCAR JRF
  Eligibility Criteria:- Passing JEST, GATE, NET Exams
- Promotion of Science Education (POSE) Scholarship Scheme
- Dhirubhai Ambani Scholarship Programme
- Foundation for Academic Excellence and Access Scholarship(FAEA)
- Central Sector Scheme of National Fellowship and Scholarship for Higher Education of ST students
- Pre - Matric and Post - Matric Scholarship for students belonging to minority communities to pursue their School and Collegiate education by the Ministry of Minority affairs, Government of India.
- Pre Matric and Post Matric Scholarship for students with Disabilities to pursue their School and Collegiate Education by the Department of Empowerment of Persons with Disabilities, Government of India.

2/14/2023 11:57:35 AM

MAL XII_Physics_First 8 pages Higher.indd 7

Institutes in india to pursue research in physics



Research Areas

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

Famous Research Institutes for Physics in India

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	

2/14/2023 11:57:36 AM

ഭൗതിക ശാസ്ത്രം

PHYSICS

വാല്യം - I

VOLUME - I

MALAYALAM MEDIUM

MAL XII_Physics_First 8 pages Higher.indd 8 2/14/2023 11:57:36 AM

അദ്ധ്യായം

1

ഇലക്ട്രോസ്റ്റാറ്റിക്സ് സ്ഥിരവൈദ്യുതി

വൈദ്യുതി ശരിയ്ക്കും സംഘടിതമിന്നലാണ്
– ജോർജ്ജ് കാർലിൻ

പഠന ലക്ഷ്യങ്ങൾ

ഈ അദ്ധ്യായത്തിൽ നിന്ന് വിദ്യാർത്ഥികൾക്ക് വെളിപ്പെടുത്തുന്നത്

- വൈദ്യുതിയുടെയും കാന്തികതയുടെയും ചരിത്രപശ്ചാത്തലം
- ദൈനംദിന ജീവിതത്തിൽ സ്ഥിരവൈദ്യുതബലത്തിന്റെ പ്രാധാന്യം
- കൂളുംബ നിയമവും സൂപ്പർപൊസിഷൻ തത്വവും
- വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന്റെ ആശയം
- വ്യത്യസ്ത ചാർജ്ജ് ക്രമീകരണത്തിനുള്ള വൈദ്യുതമണ്ഡലം കണക്കാക്കൽ
- സ്ഥിരവൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യലും സ്ഥിരവൈദ്യുത സ്ഥിതികോർജ്ജവും
- വൈദ്യുത ഡൈപ്പോളും ഡൈപോൾ മൊമന്റും
- ഡൈപോളിന്റെ വൈദ്യുത മണ്ഡലവും സ്ഥിരവൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യലും
- വൈദ്യുതഫ്ളക്സ്
- ഗോസ്സ് നിയമവും അതിന്റെ വിവിധ പ്രായോഗികതകളും
- ചാലകങ്ങളുടെയും ഡൈഇലക്ട്രിക്കുകളുടെയും സ്ഥിരവൈദ്യുത സ്വഭാവങ്ങൾ
- ധ്രുവീകരണം
- കപ്പാസിറ്ററുകളുടെ ശ്രേണീയ മറ്റും സമാന്തര സംയോജനങ്ങൾ
- കപ്പാസിറ്ററിൽ ഡൈഇലക്ട്രിക്കിന്റെ ഫലങ്ങൾ
- ചാലകങ്ങളിൽ ചാർജ്ജുകളുടെ വിന്യാസവും, കൊറോണ ഡിസ്ചാർജ്ജും
- വാൻഡേ ഗ്രാഫ് ജനറേറ്ററിന്റെ പ്രവർത്തനം

PYOZC

1.1 ആമുഖം

ഭൗതീകശാസ്ത്രത്തിന്റെ ഒരു പ്രധാന ശാഖയാണ് വൈദ്യുതകാന്തികത. 21-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ സാങ്കേതിക വികസനത്തിന്റെ പ്രധാനകാരണം വൈദ്യുത കാന്തികതയാണ്. നമ്മുടെ ദൈനംദിന ജീവിതത്തിൽ നമുക്ക് അനുഭവപ്പെടുന്ന പല ബലങ്ങളും വൈദ്യുത കാന്തിക സ്വഭാവമുള്ളതാണ്. പ്രത്യേകിച്ചും ഗുരുത്വാകർഷണബലം.

XI-ാം ക്ലാസ്സിൽ നമ്മൾ ഗുരുത്വാകർഷണബലം, ഘർഷണം, സാധാരണ ബലം മുതലായവയെപ്പറ്റി പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്. ന്യൂട്ടൺ ഓരോ ബലങ്ങളും ഒന്നിനൊന്ന് സ്വതന്ത്രമായവയാണെന്നും അവ ഓരോന്നും സ്വതന്ത്ര ബലവുമാകുന്നു എന്ന് കരുതി ഈ ബലങ്ങളുടെ ഉറവിടം എന്താണ്? ഇപ്പോഴത്തെ നിഗമനപ്രകാരം നമ്മുടെ ദൈനംദിന ജീവിതത്തിൽ നമ്മൾ അനുഭവിക്കുന്ന ഓരോ ബലങ്ങളും ഗുരുത്വാകർഷണ ബലം ഒഴികെയുള്ള മറ്റു ബലങ്ങൾ അണുക്കൾക്ക് ഇടയേയുള്ള വൈദ്യുതകാന്തിക ബലങ്ങളാകുന്നു. ചില ഉദാഹരണങ്ങൾ താഴെ കൊടുക്കുന്നു.

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 1 2/14/2023 12:08:57 PM

(i) ഒരു വസ്തുവിനെ തള്ളപ്പെടുമ്പോൾ നമ്മുടെ കൈയിലുള്ള അണുക്കൾ വസ്തുവിലെ അണുക്കളുമായി സംവദിക്കുന്നു. ഈ സംവേദനം വൈദ്യുതകാന്തിക സ്വഭാവമുള്ളതാകുന്നു.

(ii) ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നമ്മൾ നിൽക്കുമ്പോൾ നമ്മുടെ മേൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഭൂഗുരുത്വബലം കീഴ്നോക്കി ദിശയിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. തറയിൽ നിന്നുള്ള ലംബബലം മേൽനോക്കി പ്രവർത്തിച്ച് അതിനെ സമമാക്കാൻ ശ്രമിക്കുന്നു. ഈ ലംബബലത്തിന്റെ ഉറവിടം എന്താണ്?

ഇത് ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ ഉള്ള അണുക്കൾക്കും നിൽക്കുന്ന ആളിന്റെ പാദത്തിലെ അണുക്കൾക്കും ഇടയിലുള്ള സംവദനം കാരണമാകുന്നു. ഭൂഗുരുത്വാകർഷണത്താൽ നമ്മൾ ആകർഷിക്കപ്പെടുമ്പോൾ അണുക്കൾക്കിടയിലുള്ള വൈദ്യുതകാന്തികബലം നമ്മെ ഭൂമിയിൽ നിൽക്കാൻ സഹായിക്കുന്നു.

(iii) ഒരു വസ്തു പ്രതലത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ സ്ഥാര ഘർഷണം വസ്തുവിന്റെ സഞ്ചാരത്തെ തടസ്സപ്പെടുത്തുന്നു. ഈ സ്ഥിര ഘർഷണം വസ്തുവിന്റെ അണുക്കൾക്കും പ്രതലത്തിലെ അണുക്കൾക്കും ഇടയേയുള്ള വൈദ്യുത കാന്തിക സംവദനത്തിലൂടെയാണ്. ഗതികഘർഷണം ഇതേ രീതിയിൽ ഉത്ഭവിക്കുന്നു.

ഈ ഉദാഹരണങ്ങളിൽ നിന്നും പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ സമഗ്രമായ രീതികളെക്കുറിച്ച് മനസ്സിലാക്കാൻ വൈദ്യുതകാന്തികതവളരെപ്രധാനപ്പെട്ടതാകുന്നു. സമയത്തിനനുസരിച്ച് ചലിക്കാത്തതോ വ്യത്യാസപ്പെടാത്തതോ ആയ എന്തിനെയും സ്ഥിരം എന്നു പറയാറുണ്ട്. നിശ്ചലമായ വൈദ്യുത ചാർജ്ജുകൾ സൃക്ഷിക്കുന്ന ബലത്തെയും അവയുടെ മണ്ഡലത്തിനെയും പൊട്ടൻഷ്യലിനെയും പറ്റി പ്രതിപാദിക്കുന്ന ഭൗതീക ശാസ്ത്ര ശാഖയാണ് ഇലക്ട്രോസ്റ്റാറ്റിക്സ്.

1.1.1 വൈദ്യുതചാർജ്ജിന്റെ ചരിത്രം

രണ്ട് മില്ലിയൻ നൂറ്റാണ്ടുകൾക്കു മുമ്പ് പ്രാചീന ഗ്രീസിലാണ് വൈദ്യുതചാർജ്ജുകളുമായി ബന്ധപ്പെട്ട കണ്ടെത്തലുകൾ നടന്നത്. ആംബർ പട്ടുതുണിയുമായി ഉരസുമ്പോൾ അതു മറ്റു ചെറിയ വസ്തുക്കളെ ആകർഷിക്കുന്നു. ആംബർ കണ്ടുപിടിച്ച ഈ പ്രതിഭാസത്തിന് ചാർജ്ജു ചെയ്യൽ (വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെടുന്നു) എന്നു പറയുന്നു. ആദ്യകാലത്ത് ആംബർ മാത്രമാണ് ഈ സവിശേഷത കാണിക്കുന്നു എന്ന് വിശ്വസിച്ചു. പിന്നീട് പട്ടുതുണിയെ ഗ്ലാസ് ദണ്ഡിൽ ഉരസുമ്പോൾ അത് പേപ്പർ കഷ്ണങ്ങളെ ആകർഷിക്കുന്നതായി കണ്ടറിഞ്ഞു. ഇതിൽ നിന്നും ഗ്ലാസ്ദണ്ഡിനെ അനുയോജ്യമായ പദാർത്ഥത്തിൽ ഉരസുമ്പോൾ ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെടുന്നു എന്ന് കണ്ടറിഞ്ഞു.

മൃദുരോമവുമായി ഉരസിയ റബ്ബർ ദണ്ഡ് നൈലോൺ അഥവാ പട്ടുനൂൽ കൊണ്ട് തൂക്കി ഇട്ടിരിക്കുന്നു. ഇതുപോലെ ചാർജ്ജ് ചെയ്യുന്ന റബ്ബർ ദണ്ഡിനെ ആദ്യ ദണ്ഡിനടുത്ത് കൊണ്ട് ചെല്ലുമ്പോൾ അത് വികർഷിക്കപ്പെടുന്നു. ഇതുപോലെ ചാർജ്ജ് ചെയ്ത ഒരു ഗ്ലാസ് ദണ്ഡിനെ റബ്ബർ ദണ്ഡിനടുത്ത് കൊണ്ടുചെല്ലുമ്പോൾ അത് ആകർഷിക്കുന്നു. അതേസമയം ഗ്ലാസ് ദണ്ഡിനടുത്ത മറ്റൊരു ചാർജ് ചെയ്ത ഗ്ലാസ്ദണ്ഡിനെ കൊണ്ടുചെല്ലുമ്പോൾ അത് വികർഷിക്കുന്നു.

ഈ നിരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നും താഴെ പറയുന്ന നിഗമനത്തിൽ എത്താം.

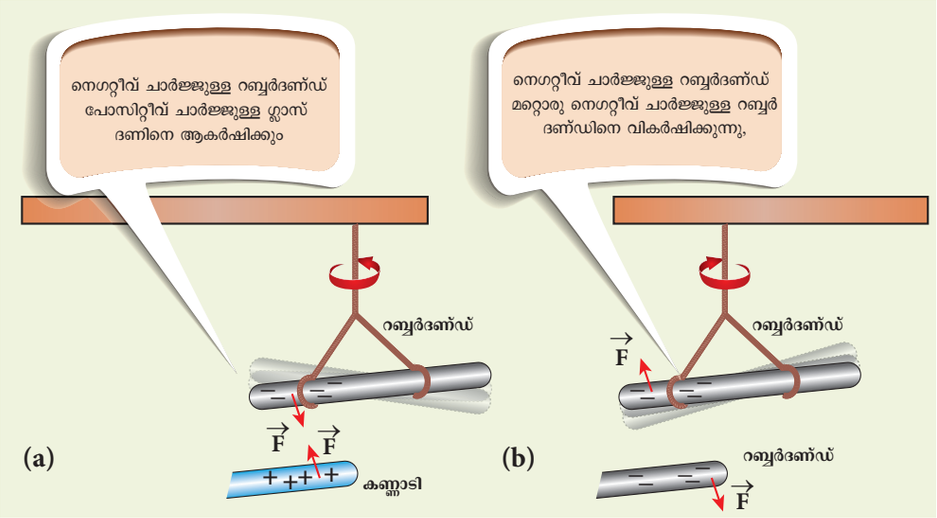
(i) വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട റബ്ബർദണ്ഡ് കണ്ണാടി (ഗ്ലാസ്) ദണ്ഡിൽ നിന്നും വ്യത്യാസപ്പെട്ടതാകുന്നു.

(ii) വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട റബ്ബർദണ്ഡ് മറ്റൊരു റബ്ബർദണ്ഡിനെ വികർഷിക്കുന്നു. ഇതിൽ നിന്നും ഒരേ ചാർജ്ജുകൾ ഒന്നിനൊന്ന് വികർഷിക്കപ്പെടുന്നു. വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട ഗ്ലാസ്ദണ്ഡിലും ഇതേ പ്രതിഭാസം നടക്കുന്നു.

(iii) വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട റബ്ബർദണ്ഡ് വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട ഗ്ലാസ്ദണ്ഡിനെ ആകർഷിക്കും. ഇതിൽ നിന്നും ഗ്ലാസ്ദണ്ഡിലുള്ള ചാർജ്ജും റബ്ബർ ദണ്ഡിലുള്ള ചാർജ്ജും വ്യത്യാസപ്പെട്ടതാകുന്നു. വ്യത്യസ്തചാർജ്ജുകൾ ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നതായി കണ്ടെത്തി.

പ്രപഞ്ചത്തിൽ രണ്ട് തരത്തിലുള്ള ചാർജ്ജുകൾ ഉണ്ട്. ഒന്ന് ധന (+) ചാർജ്ജെന്നും മറ്റൊന്നു ഋണ (-) ചാർജ്ജെന്നും ബെൻജമിൻ -ഫ്രാങ്ക്ളിങ് എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ 18-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട റബ്ബർ, ആംബർ ദണ്ഡുകളിൽ നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജും വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട ഗ്ലാസ് ദണ്ഡിൽ പോസിറ്റീവ് ചാർജുമാണുള്ളത്. വസ്തുവിലെ മൊത്ത ചാർജ് പൂജ്യമാണെങ്കിൽ വസ്തു വൈദ്യുതപരമായി ന്യൂട്രലാണെന്ന് പറയാം.

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 2 2/14/2023 12:08:57 PM



ചിത്രം 1.1 (a) വ്യത്യസ്ത ചാർജ്ജുകൾ ഒന്നിനോടൊന്ന് ആകർഷിക്കുന്നു (b) ഒരേ ചാർജ്ജുകൾ പരസ്പരം വികർഷിക്കുന്നു

19-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ അവസാനഘട്ടത്തിൽ മറ്റും 20-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ തുടക്കകാലത്തിൽ ജെ.ജെ. തോംസൺ മറ്റും റൂഥർഫോർഡിന്റെ പരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നും അണു വൈദ്യുതപരമായി ന്യൂട്രലാണെന്ന് കണ്ടെത്തി. അണു നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജുള്ള ഇലക്ട്രോണാലും പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജുള്ള പ്രോട്ടാണാലും, ചാർജ്ജില്ലാത്ത ന്യൂട്രോണാലും നിർമ്മിതമാണ്. അണുക്കളാൽ നിർമ്മിതമായ എല്ലാ വസ്തുക്കളും വൈദ്യുതപരമായി ന്യൂട്രലാണ്. ഒരു വസ്തുവിനെ മറ്റൊരു വ്തുവിന്മേൽ ഉരസുമ്പോൾ (റബ്ബർ ദണ്ഡ് പട്ടുതുണിയിൽ ഉരസുമ്പോൾ) ഘർഷണഫലമായി ഒരു വസ്തുവിൽ നിന്നും ചാർജ്ജ് മറ്റൊരു വസ്തുവിലേക്ക് കടത്തപ്പെട്ട് വസ്തു വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെടുന്നു. ഉരസലിനാൽ ഒരു വസ്തു വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസത്തിന് ട്രൈബോ ഇലക്ട്രിക് ചാർജ്ജിംഗ് എന്നു പറയുന്നു.

1.1.2 ചാർജ്ജിന്റെ അടിസ്ഥാന ഗുണങ്ങൾ

(i) വൈദ്യുതചാർജ്ജ്

പ്രപഞ്ചത്തിലെ ഭൂരിഭാഗം വസ്തുക്കളും അണുക്കളാൽ നിർമ്മിതമായവയാകുന്നു, അണുക്കൾ, പ്രോട്ടോൺ, ന്യൂട്രോൺ, മറ്റും ഇലക്ട്രോണാൽ നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ ഘടകങ്ങൾക്ക് ദ്രവ്യമാനം കാണപ്പെടുന്നു. ഇതുപോലെ തന്നെ പദാർത്ഥത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന ഘടകങ്ങളിൽ ഒന്നാണ് വൈദ്യുത ചാർജ്ജും. വൈദ്യുത ചാർജ്ജിന്റെ സ്വഭാവം 19 മറ്റും 20-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ തന്നെ വിവിധ പരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ തെളിയിച്ചിട്ടുള്ളവയാകുന്നു. വൈദ്യുത ചാർജ്ജിന്റെ SI മാത്ര കൂളുംബ്

(ii) ചാർജ്ജുകളുടെ സംരക്ഷണം

ബെൻജമിൻ ഫ്രാങ്കിളിൻ പറയുന്നതെന്തെന്നാൽ ഒരു വസ്തുവിനെ മറ്റൊരു വസ്തുവിന്മേൽ ഉരസുമ്പോൾ വൈദ്യുതചാർജ്ജ് ഒന്നിൽ നിന്നും മറ്റൊന്നിലേക്ക് മാറ്റപ്പെടുന്നു. ഉരസലിനു മുമ്പ് രണ്ട് വസ്തുക്കളും വൈദ്യുതപരമായി ന്യൂട്രലാണ്. ഉരസുമ്പോൾ ചാർജ്ജ് ഒരു വസ്തുവിൽ നിന്നും മറ്റൊരു വസ്തുവിലേക്ക് മാറ്റപ്പെടുന്നു. (ഉദാഹരണം: ഗ്ലാസ് ദണ്ഡ് പട്ടുതുണിയിൽ ഉരസുമ്പോൾ ഇലക്ട്രോൺ ഗ്ലാസിൽ നിന്നും പട്ടുതുണിയിലേക്ക് മാറ്റപ്പെടുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി ഗ്ലാസ് ദണ്ഡ് പോസിറ്റീവായും പട്ടുതുണി നെഗ്റ്റീവായും മാറുന്നു.

ഈ നിരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നും വസ്തുക്കൾ ഉരസലിലൂടെ വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെടുമ്പോൾ ഒരു വസ്തുവിൽ നിന്നും അടുത്തതിലേക്ക് ഇലക്ട്രോൺ കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുമെന്നും പുതിയ ചാർജ്ജുകൾ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുകയോ ഉള്ളവ നശിപ്പിക്ക്പെടുകയോ ചെയ്യുന്നില്ലായെന്നുമുള്ള വസ്തുത മനസ്സിലാക്കി. ഇതിനെ വൈദ്യുതസംരക്ഷണം എന്നു പറയുന്നു. ഇത് ഭൗതീകശാസ്ത്രത്തിലെ അടിസ്ഥാന സംരക്ഷണനിയമങ്ങളിൽ ഒന്നാകുന്നു. പൊതുവായി ഇതിനെ താഴെപറയുന്ന രീതിയിൽ നിർവചിക്കാം.

പ്രപഞ്ചത്തിലെ മൊത്ത വൈദ്യുതചാർജ്ജും സ്ഥിരമായതാകുന്നു. ചാർജ്ജിനെ സൃഷ്ടിക്കുവാനോ, നശിപ്പിക്കുവാനോ സാധ്യമല്ല. അതുകൊണ്ട് ഈ പ്രക്രിയയ്ക്ക് മുൻപും പിൻപും

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 3 2/14/2023 12:08:57 PM

ആകെ ചാർജ്ജ് പൂജ്യമായി തന്നെ നിലനിൽക്കുന്നു.

(iii) ചാർജ്ജിന്റെ ക്വാണ്ടീകരണം

ഒരു ഇലക്ട്രോണിന്റെ ചാർജ്ജിനെയോ ഒരു പ്രോട്ടോണിന്റെ ചാർജ്ജിനെയോ ആണ് അടിസ്ഥാന വൈദ്യുതചാർജ്ജായി പരിഗണിക്കുന്നത്. അടിസ്ഥാനപരമായി ഇലക്ട്രോണിന്റെ ചാർജ്ജ് $(-e)$ എന്നും പ്രോട്ടോണിന്റെ ചാർജ്ജ് $(+e)$ എന്നും എഴുതുന്നു. വൈദ്യുതചാർജ്ജ് എപ്പോഴും ഇലക്ട്രോണിന്റെ ചാർജ്ജായ e- യുടെ അവിഭാജ്യ ഗുണിതങ്ങളാണ് എന്നത് പരീക്ഷണത്തിലൂടെ സാധൂകരിക്കപ്പെടുന്ന വസ്തുതയാണ്. ഒരു വസ്തുവിലെ q എന്ന ചാർജ്ജിനെ എല്ലായ്പ്പോഴും ഈ രീതിയിൽ അവതരിപ്പിക്കാം.

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

ഇവിടെ n പോസിറ്റീവോ, നെഗറ്റീവോ (0, ±1, ±2, ±3, ±4.....) ആയ ഒരു സംഖ്യയാണ്. ഇതിനെ ചാർജ്ജിന്റെ ക്വാണ്ടീകരണം എന്നുപറയുന്നു.

മില്ലിക്കൻ പരീക്ഷണത്തിലൂടെ e യുടെ വില 1.6×10^{-19} C എന്നു കണ്ടുപിടിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഇലക്ട്രോണിന്റെ ചാർജ്ജ് -1.6×10^{-19} C പ്രോട്ടോണിന്റെ ചാർജ്ജ് $+1.6 \times 10^{-19}$ C.

ഗ്ലാസ് ദണ്ഡ് പട്ടുതുണിയിൽ ഉരസുമ്പോൾ മാറ്റപ്പെടുന്ന ചാർജ്ജുകളുടെ എണ്ണം 10^{10} എന്ന അളവിലാണ്. ഇത്ര വലിയ അളവുകളിൽ ചാർജ്ജിന്റെ ക്വാണ്ടീകരണം സാധ്യമല്ല. അതിനാൽ ചാർജ്ജുകൾ തുടർസ്വഭാവമുള്ളതാണെന്ന് പറയാം. ചെറിയ യൂണിറ്റുകളിൽ ചാർജ്ജിന്റെ ക്വാണ്ടീകരണം പ്രധാനപങ്ക് വഹിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 1.1

ഒരു കൂളും നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജിലെ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം കണക്കാക്കുക.

പരിഹാരം

ചാർജിന്റെ ക്വാണ്ടീകരണം അനുസരിച്ച്,

$$q = ne$$

ഇവിടെ q = 1C അതിനാൽ ഒരു കൂളും ചാർജ്ജിലെ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം.

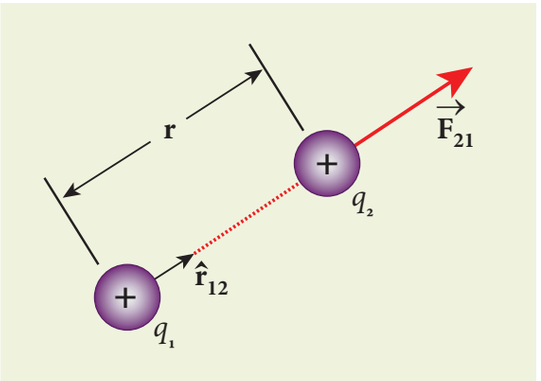
$$n = \frac{q}{e} = \frac{1C}{1.6\times10^{-19}} = 6.25\times10^{18} \text{ ഇലക്ട്രോണുകൾ}$$

1.2 കൂളോം നിയമം

രണ്ട് പോയിന്റുചാർജ്ജുകൾക്കിടയിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലത്തിനെക്കുറിച്ച് 1786-ൽ കൂളോം എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ പ്രസ്താവിച്ചു. ശൂന്യതയിൽ q_1, q_2 എന്ന രണ്ട് പോയിന്റ് ചാർജ്ജുകൾ r ദൂരത്തിൽ അകന്നു നിൽക്കുകയാണെങ്കിൽ അവയ്ക്കിടയിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലത്തിന്റെ അളവ്.

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

$\hat{r}_{12}$ എന്നത് q_1ൽ നിന്നും q_2 വിലേയ്ക്ക് കുറിക്കുന്ന യൂണിറ്റ് വെക്ടറാണ്. k എന്നത് സ്ഥിരാങ്കം



ചിത്രം 1.2 രണ്ട് പോയിന്റു ചാർജ്ജുകൾക്കിടയിലുള്ള കൂളോം നിയമം

കൂളോം നിയമത്തിൽ പ്രധാനവശങ്ങൾ

(i) കൂളോം നിയമപ്രകാരം രണ്ട് പോയിന്റു ചാർജ്ജുകൾക്കിടയിലുള്ള ബലം അവയ്ക്കിടയിലുള്ള ദൂരത്തിന്റെ വർഗ്ഗത്തിനു വിപരീതാനുപാതത്തിലും അവയുടെ അളവുകളുടെ ഗുണനഫലത്തിന് നേർ അനുപാതത്തിലുമായിരിക്കും.

(ii) q_1 -നാൽ q_2 വിന്മേൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം എല്ലായ്പ്പോഴും രണ്ട് പോയിന്റു ചാർജ്ജുകളെയും

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 4 2/14/2023 12:08:58 PM

യോജിപ്പിക്കുന്ന രേഖയുടെ ദിശയിലായിരിക്കും. $\hat{r}_{12}$ q_1 ൽ നിന്നും q_2 വിലേയ്ക്കുള്ള യൂണിറ്റ് വെക്ടർ q_2-വിനാൽ q_1 ന്മേൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം $\hat{r}_{12}$ ന് എതിർദിശയിൽ അതായത് $\hat{r}_{12}$ ആയിരിക്കും.

(iii) SI മാത്രയനുസരിച്ച് $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_o}$ ഇതിന്റെ വില 9×10^9 N m^2 C^{-2} ഇതിൽ ϵ_o എന്നത് ശൂന്യതയിലെ പെർമിറ്റിവിറ്റി ആകുന്നു.

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

(iv) ശൂന്യതയിൽ 1 മീറ്റർ അകലത്തിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന രണ്ട് തുല്യ ചാർജ്ജുകൾക്കിടയിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന വൈദ്യുത വികർഷണബലം:

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

ഇത് വലിയ ബലമാകുന്നു. ഏകദേശം 1 മില്ലിയൻ ടൺ ഭാരത്തിന് തുല്യമാകുന്നു. നമ്മുടെ ദൈനംദിന ജീവിതത്തിൽ ഉൾക്കൊള്ളിച്ചിരിക്കുന്ന ചാർജ്ജിന്റെ അളവ് μC or nC ആയിരിക്കും.

(v) SI യൂണിറ്റ് വ്യവസ്ഥയനുസരിച്ച് ശൂന്യതയിൽ കൂളോം നിയമത്തെ $\vec{F}_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q_1q_2}{r^2}\hat{r}_{12}$. എന്നെഴുതാം. മാദ്ധ്യമത്തിന്റെ പെർമിറ്റിവിറ്റി ϵ ആയതിനാൽ രണ്ട് പോയിന്റ് ചാർജ്ജുകൾക്കിടയിലുള്ള ബലം $\vec{F}_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon}\frac{q_1q_2}{r^2}\hat{r}_{12}$. $\epsilon>\epsilon_o$ അതായത് മാദ്ധ്യമത്തിൽ വച്ചിരിക്കുന്ന രണ്ട് പോയിന്റ് ചാർജ്ജുകൾക്കിടയിലുള്ള ബലം ശൂന്യതയിലുള്ള ബലത്തിനേക്കാൾ കുറവായിരിക്കും. തന്നിരിക്കുന്ന മാദ്ധ്യമത്തിന്റെ റിലേറ്റീവ് പെർമിറ്റിവിറ്റി $\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_\circ}$ എന്ന് നിർവ്വചിക്കാം. ശൂന്യതയിൽ $\epsilon_r = 1$ മറ്റു മാദ്ധ്യമങ്ങൾക്ക് $\epsilon_r > 1$.

(vi) കൂളോം നിയമം ന്യൂട്ടന്റെ ഭൂഗുരുത്വാകർഷണത്തിന് സമമായതാണ്. രണ്ട് ബലവും ദൂരത്തിന്റെ വർഗ്ഗത്തിന് വിപരീതാനുപാതത്തിലായിരിക്കും. സ്ഥിര വൈദ്യുതബലം രണ്ട് പോയിന്റുചാർജ്ജുകളുടെ അളവിന് ക്രമാനുപാതത്തിലും ഭൂഗുരുത്വബലം ദ്രവ്യമാനത്തിന്റെ ഗുണനഫലത്തിന് ക്രമാനുപാതത്തിലുമായിരിക്കും. പക്ഷേ ഈ രണ്ട് നിയമത്തിനും ചില വ്യത്യാസങ്ങളുമുണ്ട്.

- രണ്ട് ദ്രവ്യത്തിനിടയിലുള്ള ഗുരുത്വബലം എല്ലായ്പ്പോഴും ആകർഷണബലമായിരിക്കും. കൂളോം ബലം ചാർജ്ജിനനുസരിച്ച് ആകർഷണമോ, വികർഷണമോ ആയിരിക്കും.

- ഗുരുത്വാകർഷണ സ്ഥിരാങ്കം $G = 6.67\times10^{-11}\,\text{N m}^2\text{kg}^{-2}$ കൂളോം നിയമത്തിലെ സ്ഥിരാങ്കം $k = 9\times10^9$ N m^2 C^{-2} k, G യെക്കാൾ വളരെ കൂടുതലാണ്. അതായത് സ്ഥിരവൈദ്യുതബലം ചെറിയ വസ്തുക്കളിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഗുരുത്വാകർഷണ ബലത്തെക്കാൾ വളരെ വലുതാണ്.

- രണ്ട് പിണ്ഡങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള ഭൂഗുരുത്വബലം മാദ്ധ്യമത്തിൽ നിന്നും സ്വതന്ത്രമാണ്. ഉദാഹരണത്തിന് കാറ്റിലോ, വെള്ളത്തിലോ വയ്ക്കപ്പെട്ട 1 കി.ഗ്രാം. ദ്രവ്യമാനുള്ള രണ്ട് പിണ്ഡങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള ഗുരുത്വബലം സമമായിരിക്കും. എന്നാൽ രണ്ട് ചാർജ്ജുകൾക്കിടയിലുള്ള സ്ഥിരവൈദ്യുതബലം അത് വയ്ക്കപ്പെട്ട മാദ്ധ്യമത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും.

(vii) q_1 ന്മേൽ q_2. വാൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം

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

$\hat{r}_{21}$ എന്നത് q_2 ൽ q_1 ലുള്ള യൂണിറ്റ് വെക്ടർ

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

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 5 2/14/2023 12:09:01 PM

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

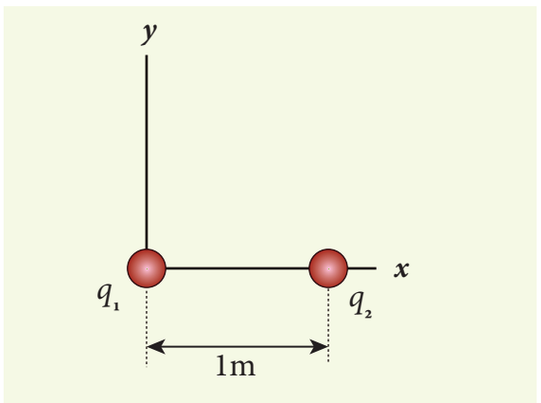
(or) $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$

ആയതിനാൽ സ്ഥിരവൈദ്യുതബലം ന്യൂട്ടന്റെ മൂന്നാം ചലനനിയമത്തിനെ അനുസരിക്കുന്നു.

(viii) കൂളോം ചാർജ്ജിന്റെ വിശദീകരണം പോയിന്റു ചാർജ്ജുകൾക്ക് മാത്രം ശരിയാണ്. എന്നാൽ പോയിന്റ് ചാർജ്ജ് ഒരു അനുയോജ്യ മായ ആശയമാണ്. എന്നിരുന്നാലും വിഭജന ദൂര ത്തെക്കാൾ വലിപ്പം കുറവായ വൈദ്യുതീകരിക്ക പ്പെട്ട രണ്ട് വസ്തുക്കൾക്കിടയേ കൂളോം നിയമം പ്രയോഗിക്കാൻ കഴിയും. വാസ്തവത്തിൽ ടോർ ഷൻ ബാലൻസിലെ ചാർജ്ജ് ചെയ്ത ഗോളങ്ങളെ പോയിന്റ് ചാർജ്ജുകളായി പരിഗണിച്ചാണ് കൂളോം തന്റെ നിയമം കണ്ടെത്തിയത്. ചാർജ്ജ് ചെയ്ത രണ്ട് ഗോളങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള ദൂരം ഗോളങ്ങളുടെ വ്യാസാർദ്ധത്തെക്കാൾ വളരെ കൂടുതലാണ്.

ഉദാഹരണം 1.2

രണ്ട് പോയിന്റ് ചാർജുകൾ q_1 , q_2 എന്നിവ ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു.



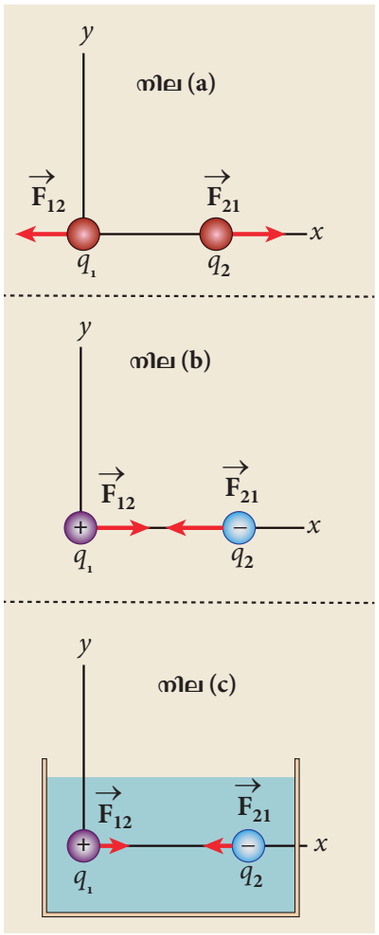
അവ 1 മീ. അകലം കൊണ്ട് വേർതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന നിലകളിൽ ഈ രണ്ട് ചാർജ്ജുകൾക്കും ഇടയിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം കണക്കാക്കുക:

(a) $q_1 = +2\ \mu C,\ q_2 = +3\ \mu C$

(b) $q_1 = +2\ \mu C,\ q_2 = -3\ \mu C$

(c) $q_1 = +2\ \mu C,\ q_2 = -3\ \mu C$ വെള്ളത്തിൽ സൂക്ഷിക്കുന്നു ($\epsilon_r = 80$)

പരിഹാരം



(a) $q_1 = +2\ \mu C,\ q_2 = +3\ \mu C,\ r = 1$ മീ. രണ്ടും പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജുകളായതിനാൽ

ബലം വികർഷണബലമായിരിക്കും q_2, വിനാൽ q_1 ന് അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം

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

ഇവിടെ $\hat{r}_{12}$ എന്നത് q_1 ൽ q_2 വിലുള്ള യൂണിറ്റ് വെക്ടറാണ്. എന്തെന്നാൽ q_2 ന്റെ വലതുവശത്ത് q_1 സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു.

$\hat{r}_{12} = \hat{i}$ ഉം $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9\times10^9$ ആയതിനാൽ

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

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 6 2/14/2023 12:09:03 PM

ന്യൂട്ടന്റെ മൂന്നാം ചലനനിയമത്തിനനുസരിച്ച് q_1 വിനാൽ q_2 ൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ബലം $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$

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

$\vec{F}_{21}$ $\vec{F}_{12}$ ദിശകൾ ചിത്രത്തിൽ സൂചിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു

(b) $q_1 = +2\ \mu\text{C}, q_2 = -3\ \mu\text{C}, r = 1$ മീ ഇവ വിപരീത ചാർജ്ജുകൾ ആയതിനാൽ ഇവയ്ക്കിടയിൽ ആകർഷണബലം പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

q_1 നാൽ q_2 ൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ബലം.

$$\vec{F}_{21} = \frac{9\cdot 10^{9}\ \left(2\cdot 10^{-6}\right)\cdot\left(-3\cdot 10^{-6}\right)}{1^2}\hat{r}_{12}$$
$$= -54\cdot 10^{-3}\text{N}\,\hat{i} \qquad (\hat{r}_{12} = \hat{i})$$

ഇതുകാരണം ചാർജ്ജ് q_1, q_2, x ന്റെ ദിശയിൽ ഒരു ആകർഷണബലത്തെ പ്രയോഗിക്കുന്നു.

ന്യൂട്ടന്റെ മൂന്നാം ചലന നിയമമനുസരിച്ച് q_1 ൽ q_2 വിനാൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ബലം,

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

$\vec{F}_{21}$ $\vec{F}_{12}$ ന്റെ ദിശകൾ ചിത്രത്തിൽ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

(c) രണ്ട് ചാർജ്ജുകളും വെള്ളത്തിൽ വയ്ക്കപ്പെട്ടാൽ q_2 വിന് അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം

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

ആയതിനാൽ $\epsilon = \epsilon_r\epsilon_o$

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

അതുകൊണ്ട്,

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

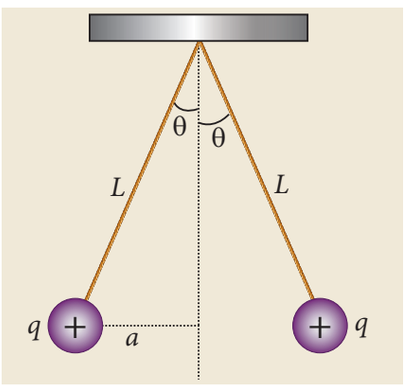
കുറിപ്പ്:

ശൂന്യതയിൽ രണ്ട് ചാർജ്ജുകൾ ക്കിടയിലുള്ള ബലവുമായി താരതമ്യപ്പെടുമ്പോൾ വെള്ളത്തിൽ രണ്ട് ചാർജ്ജുകൾക്കിടയിലുള്ള ബലം 80 മടങ്ങ് കുറവായി കാണപ്പെടുന്നു.

വെള്ളത്തിൽ സാധാരണ ഉപ്പ് (*NaCl*) എടുക്കുമ്പോൾ വെള്ളത്തിന്റെ ഉയർന്ന ആപേക്ഷിക പെർമിറ്റിവിറ്റി കാരണം *Na* മറ്റും *Cl* അയണുകൾക്കിടയിലുള്ള സ്ഥിരവൈദ്യുതബലം കുറയുന്നു. ഇതിനാലാണ് വെള്ളം ($\epsilon_r = 80$) നല്ല ലായകമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നത്.

ഉദാഹരണം 1.3

ഓരോന്നും ഒരു മില്ലിഗ്രാം പിണ്ഡമുള്ള രണ്ട് ചെറിയ വലിപ്പമുള്ള സമാന തുല്യചാർജ്ജ് ഗോളങ്ങൾ സംതുലനാവസ്ഥയിൽ നിൽക്കും വിധം തൂക്കിയിരിക്കുന്നു. നൂലിന്റെ നീളം 10 സെ.മി. ലംബവുമായി ഏർപ്പെടുത്തുന്ന കോണം θ is 30° ആണെങ്കിൽ ഗോളങ്ങളുടെ ചാർജ്ജിന്റെ അളവ് കണക്കാക്കുക?
($g = 10\ \text{ms}^{-2}$ എന്ന് എടുക്കുക)



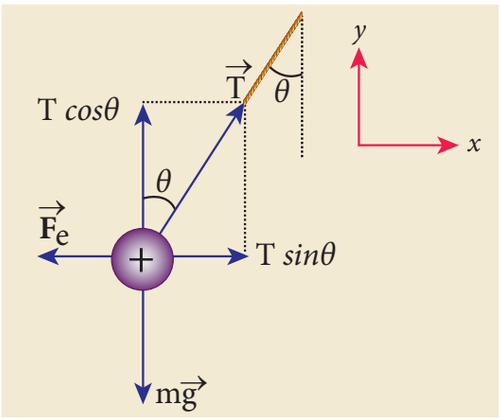
പരിഹാരം

രണ്ട് ഗോളങ്ങളും നിഷ്പക്ഷമാണെങ്കിൽ അവയ്ക്കിടയിലുള്ള കോണം 0° ആയിരിക്കും. രണ്ട് ഗോളങ്ങളും പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജ് ആയതിനാൽ

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 7 2/14/2023 12:09:05 PM

അവയ്ക്കിടയിലുള്ള ബലം വികർഷണബലമായിരിക്കും. അവ 30° കോണിൽ പരസ്പരം സംതുലനാവസ്ഥയിലായിരിക്കും. ഓരോ ചാർജ്ജും ഓരോ ദിശയിൽ പ്രയോഗിക്കുന്ന ആകെബലം പൂജ്യമാകുന്നു. ചാർജ്ജ് ചെയ്ത ഗോളത്തിന്റെ ജന്യ ബോഡി ചിത്രം വരച്ച് തിരശ്ചീന മറ്റും ലംബ ദിശയിൽ ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാംചലന നിയമം പ്രയോഗിക്കുന്നു.

ജന്യബോഡി ചിത്രം താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.



x-ദിശയിൽ ചാർജ്ജ് ചെയ്ത ഗോളത്തിന്റെ ത്വരണം പൂജ്യമാകുന്നു.

ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാം ചലനനിയമമനുസരിച്ച് $\left(\vec{F}_{tot} = m\vec{a}\right)$,

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

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

T എന്നത് നൂലിനാൽ ചാർജ്ജിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന പിരിമുറുക്കം. F_e എന്ന് രണ്ട് ഗോളങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള സ്ഥിരവൈദ്യുതബലം.

y- ദിശയിലും ചാർജ്ജിനാൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ആകെ ത്വരണം പൂജ്യമാകുന്നു.

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

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

സമവാക്യം (1) നെ (2) നാൽ വിഭജിച്ചാൽ,

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

രണ്ട് ഗോളങ്ങളും തുല്യചാർജ്ജായതിനാൽ സ്ഥിരവൈദ്യുതബലത്തിന്റെ അളവ്

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

$r = 2a = 2L\sin\theta$. ഇതിനെ സമവാക്യം (3) പ്രസ്താവിച്ചാൽ,

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

eq (4) നെ പുനസ്ഥാപിച്ചാൽ q

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

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

$$q = 8.01\times10^{-8}\ \text{C} = 80.1\ \text{nC}$$

ഉദാഹരണം 1.4

ഹൈഡ്രജൻ അണുവിലെ ഇലക്ട്രോണിനും പ്രോട്ടണിനും ഇടയിലുള്ള സ്ഥിരവൈദ്യുത ബലം മറ്റു ഗുരുത്വബലം കണക്കാക്കുക. പ്രോട്ടോണിനും ഇലക്ട്രോണിനും ഇടയിലുള്ള ദൂരം 5.3×10^{-11} m ഇലക്ട്രോണിന്റെയും പ്രോട്ടോണിന്റെയും ചാർജ്ജിന്റെ അളവ് 1.6×10^{-19} C ഇലക്ട്രോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനം $m_e = 9.1\times10^{-31}$ kg മറ്റും പ്രോട്ടോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനം $m_p = 1.6\times10^{-27}$ kg.

പരിഹാരം

ഇലക്ട്രോണും പ്രോട്ടോണും പരസ്പരം ആകർഷിക്കുന്നു. ഈ രണ്ടു കണികകൾക്കും ഇടയിലുള്ള സ്ഥിരവൈദ്യുതബലത്തിന്റെ അളവ്

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

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

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 8 2/14/2023 12:09:09 PM

പ്രോട്ടോണിനും ഇലക്ട്രോണിനും ഇടയിലുള്ള ഗുരുത്വബലവും ആകർഷണബലമാകുന്നു. പ്രോട്ടോണിനും ഇലക്ട്രോണിനും ഇടയിലുള്ള ഗുരുത്വബലത്തിന്റെ അളവ്

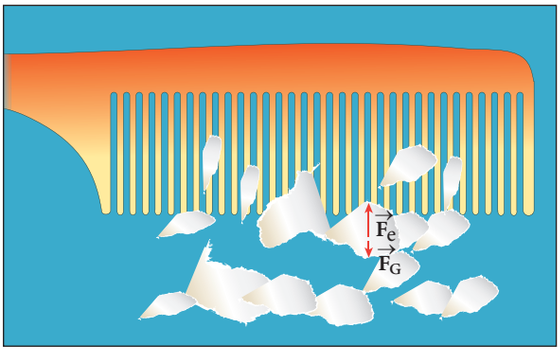
$$F_G = \frac{Gm_e m_p}{r^2}$$
$$= \frac{6.67\times10^{-11}\times9.1\times10^{-31}\times1.6\times10^{-27}}{\left(5.3\times10^{-11}\right)^2}$$
$$= \frac{97.11}{28.09}\times10^{-47} = 3.4\times10^{-47}\ \text{N}$$

സ്ഥിരവൈദ്യുതബലത്തിനും ഗുരുത്വബലത്തിനും ഇടയിലുള്ള അനുപാതം

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

$$F_e \approx 10^{39} F_G$$

പ്രോട്ടോണിനും ഇലക്ട്രോണിനും ഇടയിലുള്ള സ്ഥിരവൈദ്യുതബലം അവയ്ക്കിടയിലുള്ള ഗുരുത്വബലത്തിനെക്കാൾ വളരെ കൂടുതലാണ്. ആകയാൽ ചില സാഹചര്യത്തിൽ വളരെ ചെറിയ വസ്തുക്കളിലും അണുകണികകളിലും ഉള്ള ഗുരുത്വബലം സ്ഥിര വൈദ്യുതബലത്തെ താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ വളരെ നിസ്സാരമാണ്. ഇതിനാലാണ് വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട ചീപ്പ് ചാർജ്ജില്ലാത്ത പേപ്പർ കഷ്ണങ്ങളെ ഗുരുത്വബലത്തെക്കാൾ അധികബലത്തോടെ ആകർഷിക്കുന്നത്.



ചിത്രം 1.3 ചീപ്പിനും പേപ്പറിനുമിടയിലുള്ള സ്ഥിരവൈദ്യുത ആകർഷണം

1.2.1 സൂപ്പർ പൊസിഷൻ തത്വം

കൂളോം നിയമത്തിന്റെ സഹായത്താൽ രണ്ട് ചാർജ്ജുകൾക്കിടയിലുള്ള പരസ്പര വൈദ്യുത ബലം കണ്ടെത്താം. എന്നാൽ സമീപത്തുള്ള ഒന്നിലധികം ചാർജ്ജുകളാൽ ഒരു നിശ്ചിത ചാർജ്ജിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം എങ്ങനെ കണക്കാക്കാം. കൂളോം നിയമപ്രകാരം ഈ ചോദ്യത്തിനുള്ള ഉത്തരം കണ്ടെത്താനാവില്ല. **ഒന്നിലധികം ചാർജ്ജുകൾ മൂലം ഒരു ചാർജ്ജിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന സ്ഥിരവൈദ്യുതബലം ഓരോ ചാർജ്ജുമൂലം ആ ചാർജ്ജിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലങ്ങളുടെ സദിശ പരമായ തുകയാകുന്നു. ഇതിനെ സൂപ്പർപൊസിഷൻ തത്വം എന്നു വിളിക്കുന്നു.**

$q_1, q_2, q_3 \ldots q_n$ എന്നീ n ചാർജ്ജുകളെ പരിഗണിക്കുക. q_2 ചാർജ്ജിനാൽ q_1 ൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം

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

$\hat{r}_{21}$ എന്നത് q_2 ൽ q_1 ലുള്ള യൂണിറ്റ് വെക്ടറാണ്. r_{21} എന്നത് q_1 , q_2 ചാർജ്ജുകൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരം. രണ്ട് ചാർജ്ജുകൾക്കിടയിലുള്ള ബലത്തെ മറ്റു ചാർജ്ജുകളുടെ സാമീപ്യം ബാധിക്കുന്നില്ല.

q_3 ചാർജ്ജിനാൽ q_1 ൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം

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

മറ്റുചാർജ്ജുകളാൽ q_1 ൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ആകെ ബലം

$$\vec{F}_1^{tot} = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{14} + \ldots\ldots\ldots\vec{F}_{1n}$$
$$\vec{F}_1^{tot} = k\left\{\frac{q_1 q_2}{r_{21}^2}\hat{r}_{21} + \frac{q_1 q_3}{r_{31}^2}\hat{r}_{31} + \frac{q_1 q_4}{r_{41}^2}\hat{r}_{41} + \ldots \right.$$
$$\left. \ldots. + \frac{q_1 q_n}{r_{n1}^2}\hat{r}_{n1}\right\} \qquad (1.3)$$

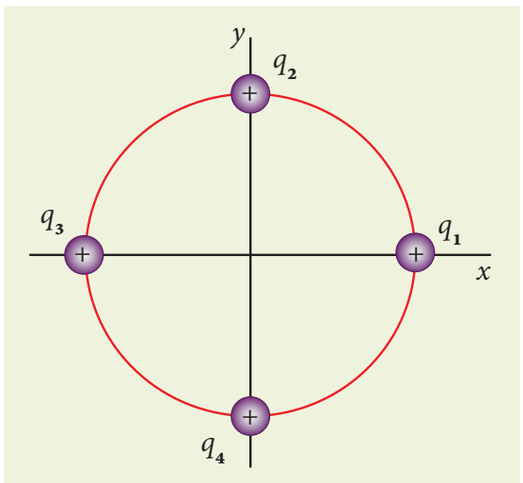
Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 9 2/14/2023 12:09:11 PM

കുറിപ്പ്:

സൂപ്പർപൊസിഷൻതത്വമില്ലാതെ രണ്ട് ചാർജ്ജുകളിൽ കൂടുതൽ കൊളുംബിന്റെ നിയമം പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ അത് അപൂർണ്ണമായിരിക്കും. സൂപ്പർപൊസിഷൻ തത്വവും കൂളോബിന്റെ നിയമവും ഇലക്ട്രോസ്റ്റാറ്റിക്സിന്റെ അടിസ്ഥാന തത്വങ്ങൾ രൂപപ്പെടുത്തുകയും ഇലക്ട്രോസ്റ്റാറ്റിക്സിലെ എല്ലാ പ്രതിഭാസങ്ങളെയും വിശദീകരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. എന്നാൽ അവ പരസ്പരം ഉരുത്തിരിഞ്ഞതല്ല.

ഉദാഹരണം 1.5

ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ q_1, q_2, q_3 , $q_4 = q = +1\ \mu C$ എന്നീ നാല് തുല്യ ചാർജ്ജുകൾ പരിഗണിക്കുക. മറ്റെല്ലാ ചാർജ്ജുകൾ കാരണം q_1 ചാർജ്ജിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന മൊത്തം ബലം കണക്കാക്കുക?

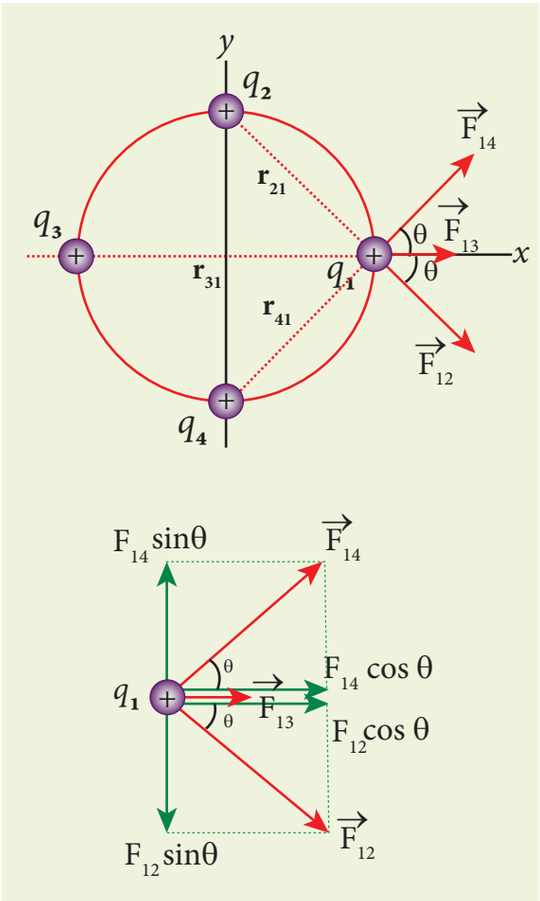


പരിഹാരം

ചാർജ്ജ് q_1-ലെ മൊത്ത സ്ഥിരവൈദ്യുതബലം മറ്റു ചാർജ്ജുകൾ കാരണം ഉണ്ടാകുന്ന ബലത്തിന്റെ സദിശപരമായ തുകയാകുന്നു,

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

q_2, q_4 ചാർജ്ജുകൾ q_1ൽ നിന്നും സമദൂരത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു. അതിന്റെ ഫലമായി $\vec{F}_{12}$, $\vec{F}_{14}$ സമമായും വ്യത്യസ്ത ദിശയിലുമായിരിക്കും.



അതുകൊണ്ട് രണ്ട് ബലങ്ങളും തുല്യനീളത്തിൽ വരയ്ക്കുന്നു. എന്നാൽ ചാർജ്ജ് q_3, q_2, q_4 എന്നിവയുമായി താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ വളരെ അകലത്തിലാണുള്ളത്. സ്ഥിരവൈദ്യുത ബലം ദൂരം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് കുറയുന്നു. $\vec{F}_{13}$, $\vec{F}_{12}$ മറ്റും $\vec{F}_{14}$ നെക്കാൾ കുറവായിരിക്കും. $\vec{F}_{12}$, $\vec{F}_{14}$ മായി താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ $\vec{F}_{13}$ കുറഞ്ഞ നീളത്തിൽ വരയ്ക്കപ്പെടുന്നു.

ചിത്രത്തിൽ നിന്നും, $r_{21} = \sqrt{2}$ മീ $= r_{41}$, $r_{31} = 2$ മീ

ബലങ്ങളുടെ അളവുകൾ

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

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 10 2/14/2023 12:09:14 PM

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

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

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

ചിത്രത്തിൽ നിന്നും കോണം $\theta = 45^{\circ}$.

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

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

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

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

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

മൊത്ത ബലം q_1

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

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

എന്തുകൊണ്ടെന്നാൽ $F_{12} = F_{14}$, j^{th} ഘടകം പൂജ്യമാകുന്നു അതുകൊണ്ട്

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

മൂല്യങ്ങൾ മേൽപറഞ്ഞ സമവാക്യത്തിൽ പ്രസ്താവിക്കുകയാണെങ്കിൽ,

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

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

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

മൊത്തബലം പോസിറ്റീവ് x അക്ഷത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു.

1.3 വൈദ്യുതമണ്ഡലം മറ്റും വൈദ്യുത മണ്ഡലരേഖകൾ

1.3.1 വൈദ്യുതമണ്ഡലം

രണ്ട് ചാർജ്ജുകൾക്കിടയിലുള്ള സംവദനം കൂളോം നിയമം കണ്ടുപിടിച്ചിട്ടുണ്ട്. എങ്ങനെയാണ് ഈ സംവദനം സംഭവിക്കുന്നത്. ശൂന്യതയിൽ വയ്ക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന ഒരു പോയിന്റ് ചാർജ്ജിനെ കരുതുക. ഈ ചാർജ്ജിൽ നിന്നും കുറച്ച് അകലത്തിൽ മറ്റൊരു ചാർജ്ജ് വയ്ക്കുക. ഈ രണ്ട് ചാർജ്ജുകൾക്കിടയിൽ ആകർഷണ ബലമോ അല്ലെങ്കിൽ വികർഷണബലമോ അനുഭവപ്പെടാം. എന്നാൽ എങ്ങനെയാണ് രണ്ടാമത്തെ ചാർജ്ജ് അറിയുന്നത് അതിന് കുറച്ച് അകലത്തിൽ മറ്റൊരു ചാർജ്ജുണ്ടെന്നത് ഇതിന്റെ ഉത്തരമാണ് മൈക്കൽ ഫാരഡേ വൈദ്യുത മണ്ഡലം എന്നതിലൂടെ നിർവ്വചിക്കുന്നത്.

ഫാരഡേയുടെ നിഗമനത്തിൽ നിന്നും പ്രപഞ്ചത്തിലുള്ള ഓരോ ചാർജ്ജും അവയ്ക്ക് ചുറ്റും ഒരു വൈദ്യുതമണ്ഡലം രൂപീകരിച്ച് മറ്റൊരു ചാർജ്ജിനെ ആ മണ്ഡലത്തിലോട്ട് കൊണ്ടുവരുന്നു. ഈ ചാർജ്ജ് ആ ബിന്ദുവിലെ മണ്ഡലവുമായി പ്രവർത്തിച്ച് ഒരു ബലം സൃഷ്ടിക്കുന്നു.

ശൂന്യതയിൽ ഒരു ബിന്ദുവിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന q എന്ന പോയിന്റ് ചാർജ്ജ് പരിഗണിക്കുക. അതിൽ നിന്നും r ദൂരത്തിലുള്ള P എന്ന ബിന്ദുവിൽ q_0 എന്ന മറ്റൊരു ചാർജ്ജ് വയ്ക്കുക. കൂളോം നിയമപ്രകാരം q വിനാൽ q_0 ൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന സ്ഥിരവൈദ്യുതബലം.

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

ചാർജ്ജ് q അതിനു ചുറ്റുമുള്ള സ്ഥലത്ത് ഒരു വൈദ്യുതമണ്ഡലം $\vec{E}$ സൃഷ്ടിക്കുന്നു. പോയിന്റ് ചാർജ്ജിൽ നിന്ന് $\boldsymbol{r}$ അകലെയുള്ള **P** ബിന്ദുവിലെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം ഒരു യൂണിറ്റ് ചാർജ്ജി

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 11 2/14/2023 12:09:18 PM

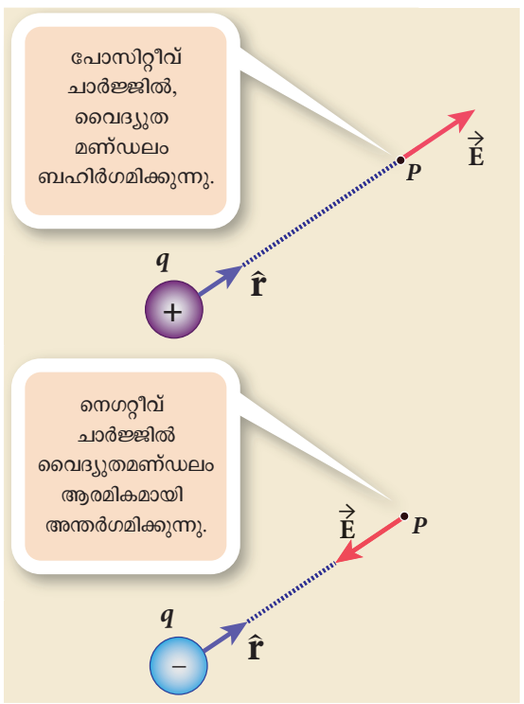
നാൽ ആ ബിന്ദുവിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലമാണ് എന്ന് നിർവചിക്കാം.

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

$\hat{r}$ എന്നത് q ൽ നിന്നും P ലേയ്ക്കുള്ള യൂണിറ്റ് വെക്ടറാണ്. വൈദ്യുതമണ്ഡലം ഒരു സദിശ അളവാണ്. ഇതിന്റെ SI മാത്ര (NC^{-1}).

വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിനെ കുറിച്ചുള്ള വസ്തുതകൾ

(i) പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജ് സൃഷ്ടിക്കുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലം q ചാർജ്ജിൽ നിന്നു ആരമികമായി ബഹിർഗമിക്കുന്നു. എന്നാൽ ഉറവിടചാർജ്ജ് നെഗറ്റീവ് ആണെങ്കിൽ ഓരോ ബിന്ദുവിലും വൈദ്യുതമണ്ഡലം ആരമികമായി അന്തർഗമിക്കുന്നു. ചിത്രത്തിൽ നിന്നും ഇത് വ്യക്തമാക്കാം.

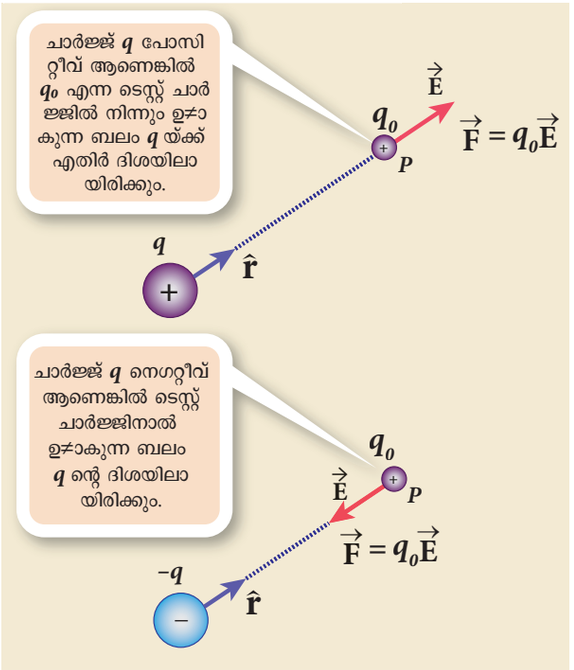


ചിത്രം 1.4 നെഗറ്റീവ് മറ്റും പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജുകളുടെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം

(ii) P ബിന്ദുവിലെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം $\vec{E}$, അതേ ബിന്ദുവിലെ ടെസ്റ്റ് ചാർജ്ജ് q_0 പ്രയോഗിക്കുന്ന ബലം

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

ഇത് വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഉള്ള കൂളോം നിയമം ആകുന്നു. (ചിത്രം 1.5)



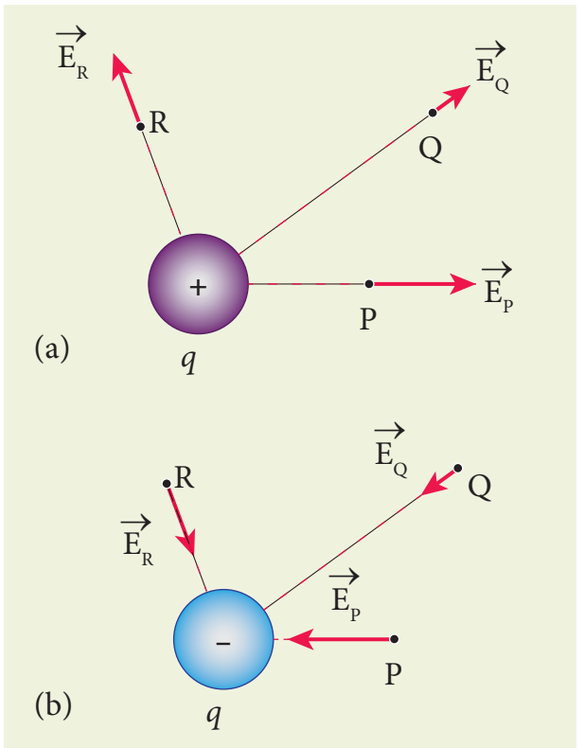
ചിത്രം 1.5 വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിനനുസൃതമായി കൂളും നിയമം

(iii) വൈദ്യുതമണ്ഡലം ടെസ്റ്റ് ചാർജ്ജിനെ q_0 ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. എന്നാൽ ചാർജ്ജിന്റെ ഉറവിടത്തെ ആശ്രയിക്കുന്നു.

(iv) വൈദ്യുതമണ്ഡലം ഒരു സദിശഅളവാകുന്നു. സ്പെയിസിൽ ഏതൊരു ബിന്ദുവിലും വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന് ഒരേ തരത്തിലുള്ള അളവു മറ്റും ദിശ കാണപ്പെടുന്നു. സമവാക്യം 1.4-ൽ നിന്നും രണ്ടു ചാർജ്ജുകൾക്ക് ഇടയിലുള്ള ദൂരം അധികരിക്കുമ്പോൾ വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ അളവ് കുറയുന്നു.

ചിത്രം 1.6 (a) മറ്റും 1.6 (b) ൽ മൂന്നു വ്യത്യസ്ത ബിന്ദുവിൽ വരയ്ക്കപ്പെടുന്ന വൈദ്യുത മണ്ഡല വെക്ടറുകളിൽ നീളങ്ങൾ വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും.

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 12 2/14/2023 12:09:20 PM

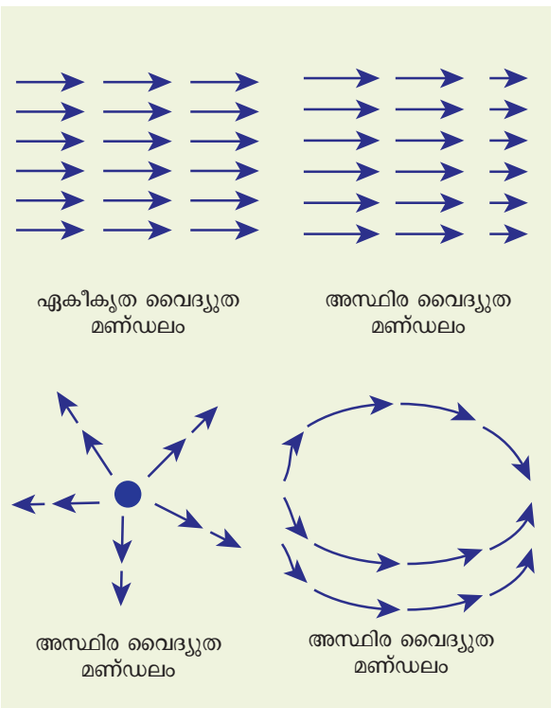


ചിത്രം 1.6 (a) പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലം (b) നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലം

(v) വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന്റെ നിർവ്വചനത്തിൽ നിന്നും ടെസ്റ്റ് ചാർജ്ജ് q_0 വയ്ക്കപ്പെടുമ്പോൾ ഉറവിട ചാർജ്ജ് ചലിക്കാത്തവിധം q_0 വളരെ ചെറിയ അളവായി എടുക്കുക. അല്ലെങ്കിൽ ഉറവിട ചാർജ്ജിന്റെ വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തെ ബാധിക്കാത്തവിധം ടെസ്റ്റ് ചാർജ്ജ് q_0 വളരെ ചെറുതായിരിക്കണം.

(vi) സമവാക്യം (1.4) പോയിന്റ് ചാർജ്ജിന് മാത്രം യോജിച്ചതാണ്. പരിമിതമായ വലിപ്പമുള്ള ചാർജ്ജിന്റെ തുടർച്ചയായിട്ടുള്ള വിതരണത്തിന് സംയോജന വിദ്യയെ ഉപയോഗിക്കുന്നു. എങ്ങനെയായാലും പരിമിത വലിപ്പമുള്ള ഉറവിടചാർജ്ജിൽ നിന്നും വളരെ അകലത്തിൽ ഉള്ള ഒരു ടെസ്റ്റ് പോയിന്റിൽ ഏർപ്പെടുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ ഏകദേശരൂപത്തിന് ഈ വിദ്യ ഉപയോഗിക്കാവുന്നതാണ്. ഭൂമിയുടെ മേൽ സൂര്യൻ ഏർപ്പെടുത്തുന്ന വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തെ കണക്കാക്കുമ്പോൾ ഭൂമിയെ ഒരു പോയിന്റ് പിണ്ഡമായി കരുതപ്പെടുന്നു. (+1, ഭൗതികശാസ്ത്രം, അദ്ധ്യായം 6)

(vii) രണ്ട് വിധത്തിലുള്ള വൈദ്യുതമണ്ഡലങ്ങളാണുള്ളത്. സ്ഥിരമായ വൈദ്യുതമണ്ഡലവും അസ്ഥിര വൈദ്യുതമണ്ഡലവുമാണുള്ളത്. ശൂന്യതയിലെ എല്ലാ പോയിന്റുകളിലും ഏകീകൃത (സ്ഥിര) വൈദ്യുതമണ്ഡലം ഒരേ ദിശയിലും സ്ഥിരമായ വ്യാപ്തിയും ഉണ്ടായിരിക്കും. അസ്ഥിര വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന് ശൂന്യതയിലെ വ്യത്യസ്ത പോയിന്റുകളിൽ വ്യത്യസ്ത ദിശയും വ്യത്യസ്ത അളവും ആയിരിക്കും. ഒരു പോയിന്റ് ചാർജ്ജ് സൃഷ്ടിക്കുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലം അടിസ്ഥാനപരമായി അസ്ഥിരമായിരിക്കും. ഈ അസ്ഥിരത ദിശയിലും, അളവിലും (വ്യാപ്തിയിലും) പ്രകടമാകുന്നു. ദിശ ആരമികമായി ബഹിർഗമിക്കുകയോ, അന്തർഗമിക്കുകയോ ചെയ്യുന്നു. ദൂരം അധികരിക്കുന്തോറും വ്യാപ്തിയിൽ മാറ്റം ഏർപ്പെടുന്നു. ഇത് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 1.7 ഏകീകൃത മറ്റും അസ്ഥിര വൈദ്യുത മണ്ഡലം

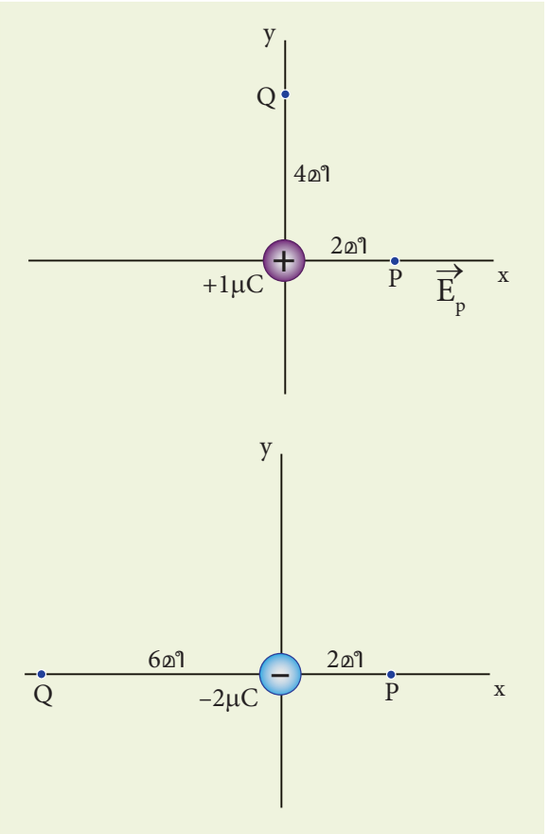
ഉദാഹരണം 1.6

ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന രണ്ട് സംഭവങ്ങൾക്കും P, Q പോയിന്റുകളിലെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം കണക്കാക്കുക?.

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 13 2/14/2023 12:09:20 PM

(a) +1 μC പോയിന്റ് ചാർജ്ജ് മൂലബിന്ദുവിൽ വയ്ക്കപ്പെട്ടാൽ

(b) −2 μC എന്ന പോയിന്റ് ചാർജ്ജ് മൂലബിന്ദുവിൽ വയ്ക്കപ്പെട്ടാൽ



പരിഹാരം

നില (a)

P പോയിന്റിലെ വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ അളവ്

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

ഉറവിടചാർജ്ജ് പോസിറ്റീവ് ആയതിനാൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലം ചാർജ്ജിൽ നിന്നും പുറത്തോട്ടുള്ള ദിശയിലായിരിക്കും. അതുകൊണ്ട് P ബിന്ദുവിലെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം

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

ബിന്ദു Q വിൽ

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

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

നില (b)

P ബിന്ദുവിൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ അളവ്

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

ഉറവിട ചാർജ്ജ് നെഗറ്റീവ് ആയതിനാൽ വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന്റെ ദിശ ചാർജ്ജിനെ നോക്കിയ ദിശയിലായിരിക്കും. ബിന്ദു P യിൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലം

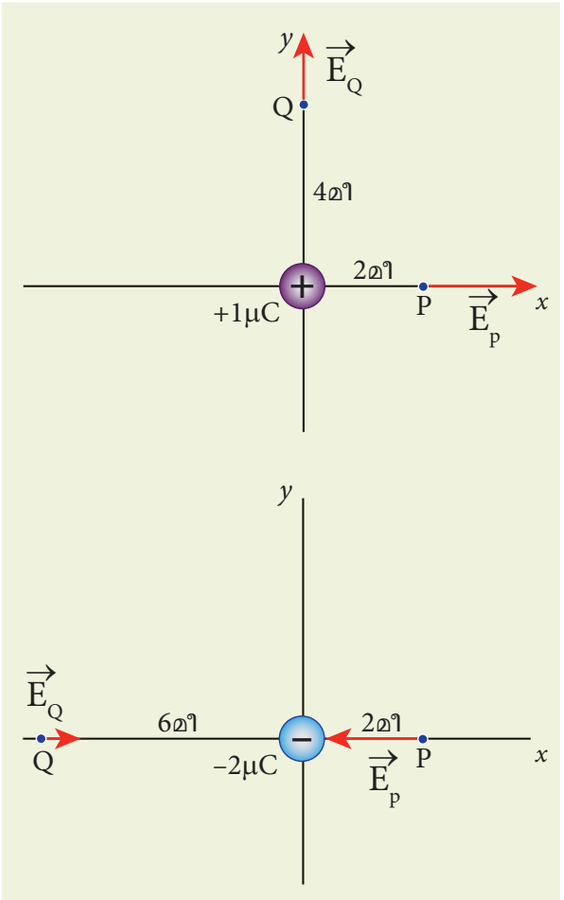
$$\vec{E}_P = -4.5\times10^3\,\hat{i}\ \mathrm{NC^{-1}}$$

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

$$= 0.5\times10^3\,\mathrm{NC^{-1}}$$

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

ബിന്ദു Q യിൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലം x- അക്ഷത്തിലെ നേർഅക്ഷാംശത്തിലായിരിക്കും.



Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 14 2/14/2023 12:09:23 PM

1.3.2 ചാർജ്ജുകളുടെ വ്യവസ്ഥ മൂലമുള്ള വൈദ്യുതമണ്ഡലം

ഒരു ചാർജ്ജുമൂലം സ്പേസിലെ ഒരു ബിന്ദു വിലനുഭവപ്പെടുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലം പോലെ, ഒട്ടേറെ ചാർജ്ജുകൾ ചേർന്ന വ്യവസ്ഥമൂലം ഒരു ബിന്ദുവിലനുഭവപ്പെടുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തെ സൂപ്പർപൊസിഷൻ തത്വം ഉപയോഗിച്ച് നിർവ്വ ചിക്കാവുന്നതാണ്. ഒട്ടേറെ ചാർജ്ജുകൾ ചേർന്ന് ഏതെങ്കിലും ഒരു ബിന്ദുവിൽ സൃഷ്ടിക്കുന്ന ആകെ വൈദ്യുതമണ്ഡലമെന്നത് തനിത്തനി ചാർജ്ജുകൾ സൃഷ്ടിക്കുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡല ത്തിന്റെ സദിശപരമായ തുകയ്ക്ക് സമമാകുന്നു.

സ്പെസിൽ വ്യത്യസ്ത ബിന്ദുവിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന $q_1, q_2, q_3 \ldots\ldots\ldots q_n$ പോയിന്റ് ചാർജ്ജു കളെ കരുതുക Pബിന്ദുവിൽ ഈ മൊത്ത n ചാർജ്ജുകളാലും ഉാകുന്ന വൈദ്യുത മണ്ഡലം

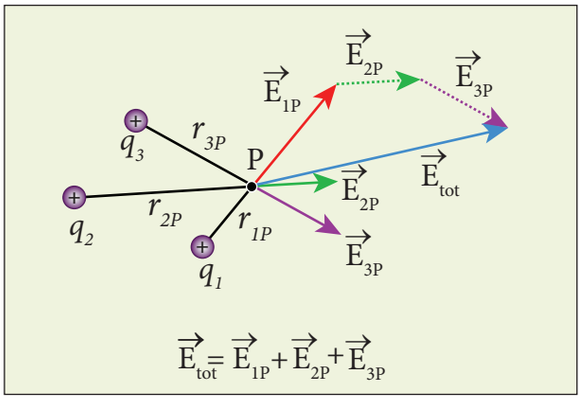
$$\vec{E}_{tot} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \ldots\ldots + \vec{E}_n \qquad (1.6)$$

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

$r_{1P}, r_{2P}, r_{3P} \ldots\ldots\ldots r_{nP}$ എന്നീ സ്ഥാന സദിശങ്ങ ളോടുകൂടിയ വൈദ്യുത ചാർജ്ജുകളാണ് യഥാ ക്രമം $q_1, q_2, q_3 \ldots\ldots\ldots q_n$ എന്നിവ $q_1, q_2, q_3 \ldots\ldots\ldots q_n$ ൽ നിന്നും P യിലേക്ക് നയിക്കുന്ന ഏകസദിശ അള വുകളാണ്. ചാർജ്ജുകളുടെ വ്യവസ്ഥ മൂലം P ബിന്ദുവിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ആകെ വൈദ്യു തമണ്ഡലം (ചിത്രം 1.7)

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

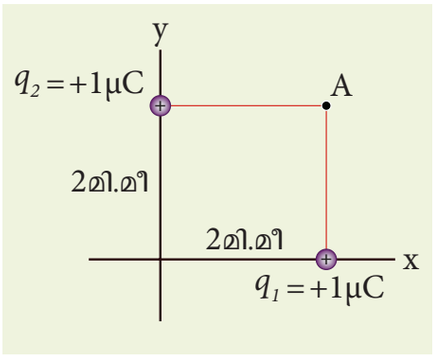
ഉദാഹരണമായി q_1, q_2, q_3 പോയിന്റ് ചാർ ജ്ജുകളാൽ P ബിന്ദുവിൽ ഉണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുത മണ്ഡലം ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു (ചിത്രം 1.8).



ചിത്രം 1.8 വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിൽ സൂപ്പർ പൊസിഷൻ

ഉദാഹരണം 1.7

ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന ചാർജ്ജിന്റെ ക്രമീ കരണത്തിൽ നിന്നും A ബിന്ദുവിലെ വൈദ്യുത മണ്ഡലം കണക്കാക്കുക. A ബിന്ദുവിൽ ഒരു ഇലക്ട്രോൺ വയ്ക്കപ്പെട്ടാൽ ഇലക്ട്രോണിന് അനുഭവപ്പെടുന്നത്വരണംകണ്ടുപിടിക്കുക.(ഇലക് ട്രോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനം = 9.1×10^{-31} കിഗ്രാം, ഇലക്ട്രോണിന്റെ ചാർജ്ജ് = -1.6×10^{-19} C)



പരിഹാരം

സൂപ്പർ പൊസിഷൻ തത്ത്വമനുസരിച്ച് A ബിന്ദു വിലെ ആകെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം.

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

r_{1A} , r_{2A} എന്നത് A ബിന്ദുവിൽ നിന്നും q_1 , q_2 വിലേക്കുള്ള ദൂരം

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

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 15 2/14/2023 12:09:26 PM

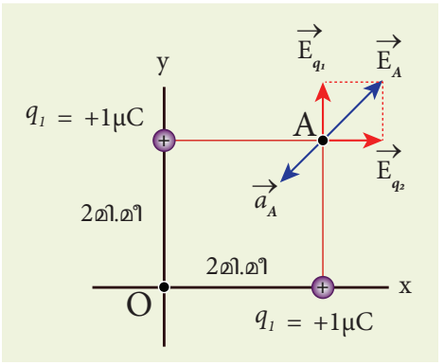
$$= 2.25\times10^{9}\ \hat{j} + 2.25\times10^{9}\hat{i} = 2.25\times10^{9}\left(\hat{i}+\hat{j}\right)$$

വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ അളവ്

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

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

$\vec{E}_A$ ഇത് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന പോലെ OA യിലേക്കുള്ള ഏകസദിശ അളവാകുന്നു.



A ബിന്ദുവിലെ ഇലക്ട്രോണിന് അനുഭവപ്പെടുന്ന ത്വരണം

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

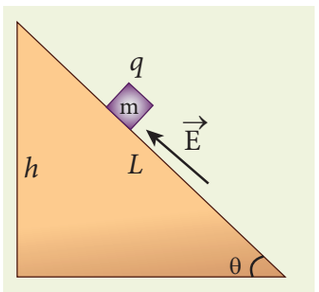
$\vec{E}_A$ വെക്ടറിന് എതിർദിശയിൽ ത്വരണപ്പെടുന്നു.

1.3.3 തുടർചാർജ്ജിന്റെ വിതരണം മൂലമുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലം

സൂക്ഷ്മതലത്തിൽ ഇലക്ട്രിക് ചാർജ്ജുകൾ ക്വാണ്ടൈസ്ഡ് ചാർജ്ജുകളാണ്. നാളിതുവരെ കണ്ടത് $q_1, q_2, q_3 \ldots\ldots\ldots q_n$ പോലുള്ള വെവ്വേറെ ചാർജ്ജു കൾ ഉൾപ്പെട്ട ചാർജ്ജ് വിന്യാസമാണ് ഭിന്നമായ ചാർജ്ജുകളിലേക്ക് നാം ഒതുങ്ങാനുള്ള ഒരു കാരണം കാൽക്കുലസിന്റെ ഉപയോഗമില്ലാതെ വളരെ ലളിതമായി ഗണിതക്രിയകൾ ചെയ്യാൻ കഴിയുമെന്നുള്ളതാണ്. തുടർച്ചയില്ലാതെ. (discrete) ചാർജ്ജുകൾ എപ്പോഴും ലഭ്യമാകണമെന്നില്ല. പല പ്പോഴും തുടർ ചാർജ്ജ് വിതരണവുമായി നമുക്ക് ഇടപെടേണ്ടി വരാറുണ്ട്. ഉദാഹരണത്തിന് വൈദ്യുതവാഹിയായ ഒരു ചാലകത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിലെ ചാർജ്ജ് വിതരണം സൂക്ഷ്മങ്ങളായ ചാർജ്ജ് ഘടകങ്ങളുടെ സ്ഥാനങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ പ്രതിപാദിക്കുക പ്രായോഗികമല്ല.

ഉദാഹരണം 1.8

ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ m ദ്രവ്യമാനവും q പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജുള്ള ഒരു വസ്തു ഘർഷണമറ്റ, അചാലകമായ ഒരു ചരിവുതലത്തിൽ വയ്ക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഈ വസ്തു ചരിവുതലത്തിൽ സ്ഥിരമായിരിക്കുന്നതിനായി ചരിവുതലത്തിന് സമാന്തരമായി ഒരു വൈദ്യുതമണ്ഡലം E പ്രയോഗിക്കുകയാണെങ്കിൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ അളവ് കണ്ടുപിടിക്കുക?



പരിഹാരം

കുറിപ്പ്: XIലെ ഭൗതീകശാസ്ത്രം, പാർട്ട് I അദ്ധ്യായം 3 ഭാഗം 3.3.2 ലെ ഇതേ പ്രശ്നത്തിന് പരിഹാരം കണ്ടുപിടിച്ചിട്ടുണ്ട്. m പിണ്ഡത്തിന്മേൽ മൂന്നു വിധത്തിലുള്ള ബലം പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്നു.

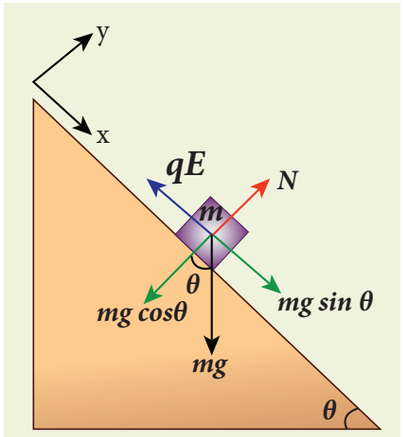
(i) കീഴ്നോക്കിയ ദിശയിൽ ഭൂമി പ്രയോഗിക്കുന്ന ഭൂഗുരുത്വബലം (mg)

(ii) ചരിവുതലം പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന സാധാരണ ബലം (N)

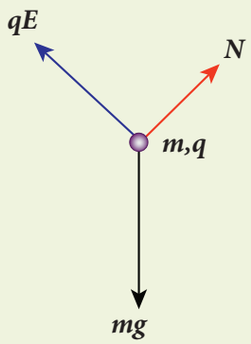
(iii) ഏകീകൃത വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിനാലുള്ള കൂളുംബലം (qE)

m ദ്രവ്യമാനത്തിനുള്ള ജന്യബോഡി ചിത്രം ചുവടെ വരച്ചിരിക്കുന്നു.

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 16 2/14/2023 12:09:28 PM



m- ന്മേൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ബലങ്ങൾ



ജന്യബോഡി ചിത്രം

ചരിഞ്ഞ പ്രതലത്തിൽ ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നപോലെ ഒരു നിഷ്ക്രിയ കോർഡിനേറ്റ് സംവിധാനം സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. x, y-ദിശകളിൽ m പിണ്ഡത്തിന്റെ ത്വരണം പൂജ്യമാകുന്നു.

ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാം ചലനനിയമ പ്രകാരം x-ദിശയിൽ

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

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

$$E = \frac{mg\sin\theta}{q}$$

വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ അളവ് ദ്രവ്യമാനത്തിന് m നേർ അനുപാതത്തിലും ചാർജ്ജ് q ന് എതിർ അനുപാതത്തിലുമാണെന്ന് മനസ്സിലാക്കാം. ചാർജ്ജ് സ്ഥിരമായി നിലനിർത്തുന്നതിലൂടെ ദ്രവ്യമാനം m വർദ്ധിക്കുകയാണെങ്കിൽ വസ്തു ചരിവുതലത്തിൽ സഞ്ചരിക്കാതെ തടയാൻ ശക്തമായ വൈദ്യുതമണ്ഡലം ആവശ്യമാണെന്ന് ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ദ്രവ്യമാനം സ്ഥിരമായി നിലനിർത്തുന്നതിലൂടെ ചാർജ്ജ് വർദ്ധിക്കുകയാണെങ്കിൽ ചരിവുതലത്തിലെ വസ്തുവിന്റെ സഞ്ചാരത്തെ തടയാൻ കുറഞ്ഞ വൈദ്യുതമണ്ഡലം ആവശ്യമാകുന്നു.

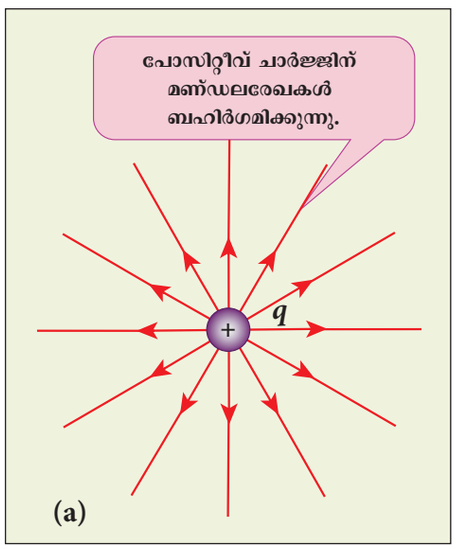
ചരിവുതലത്തിന്റെ നീളം, ഉയരത്തിനനുസരിച്ച് വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തെ താഴെപറയുന്ന രീതിയിൽ പ്രതിപാദിക്കാം.

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

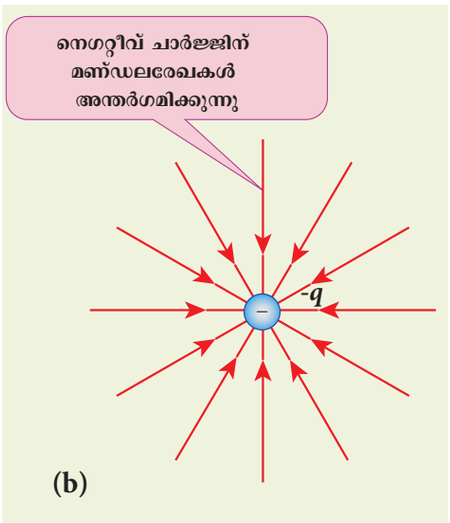
1.3.4 വൈദ്യുതമണ്ഡല രേഖകൾ

വൈദ്യുതമണ്ഡലം സദിശമായതിനാൽ സാധാരണ സദിശങ്ങളെ ചിത്രീകരിക്കുന്ന രീതിയിൽ തന്നെ ചിത്രീകരിക്കാൻ കഴിയും. ഒരു പോയിന്റ് ചാർജ്ജ് മൂലബിന്ദുവിൽ ഇരിക്കുന്നതായി സങ്കൽപ്പിക്കുക. ഈ ചാർജ്ജ് അതിനുചുറ്റുമുള്ള ഓരോ ബിന്ദുവിലും ഉണ്ടാക്കുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ ദിശയിൽ അതിന്റെ തീവ്രതയ്ക്ക് അനുപാതികമായ നീളത്തോടുകൂടിയ സദിശങ്ങൾ വരയ്ക്കുക

- മണ്ഡലരേഖകൾ പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജിൽ നിന്നും ആരംഭിക്കുകയും നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജ് അല്ലെങ്കിൽ അനന്തതയിൽ അവസാനിക്കുന്നു. ഒരു പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജിന്റെ മണ്ഡലരേഖകൾ ആരമികമായി ബഹിർഗമിക്കുമ്പോൾ ഒരു നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജിന്റെ മണ്ഡലരേഖകൾ ആരമികമായി അന്തർഗമിക്കുന്നു. ഇത് ചിത്രത്തിൽ രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു.



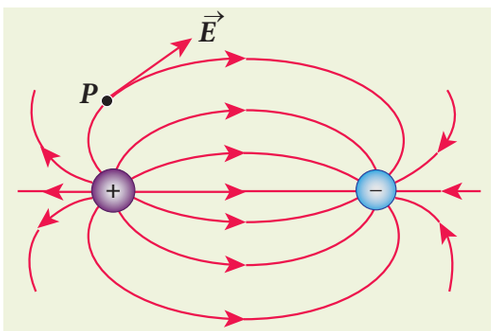
Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 17 2/14/2023 12:09:30 PM



ചിത്രം 1.9 ഒറ്റപ്പെട്ട പോസിറ്റീവ് മറ്റും നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജുകളുടെ വൈദ്യുതമണ്ഡല രേഖകൾ

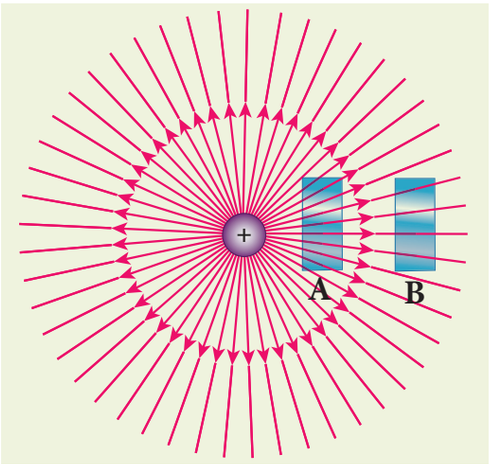
ഒരു ഒറ്റപ്പെട്ട ചാർജ്ജാണെങ്കിൽ അവ ആരം ഭിക്കുന്നതോ, അവസാനിക്കുന്നതോ അനന്തതയി ലായിരിക്കും. ഒരു ഒറ്റപ്പെട്ട പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജിന് മണ്ഡലരേഖകൾ ആ ചാർജ്ജിൽ നിന്നും തുടങ്ങി അനന്തതയിൽ അവസാനിക്കുകയും ഒരു ഒറ്റപ്പെട്ട നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജിന് മണ്ഡലരേഖകൾ അനന്ത തയിൽ നിന്നും തുടങ്ങി നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജിൽ അവസാനിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

- സ്പെയിസിലെ ഏതൊരു ബിന്ദുവിലെയും പരിണിത വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ ദിശ ആ ബിന്ദുവിൽ നാം വരയ്ക്കുന്ന സ്പർശരേഖയുടെ ദിശയിലായിരിക്കും. ഇത് ചിത്രത്തിൽ രേഖപ്പെടു ത്തിയിരിക്കുന്നു (ചിത്രം 1.10).



ചിത്രം 1.10 P ബിന്ദുവിലെ വൈദ്യുത മണ്ഡലം

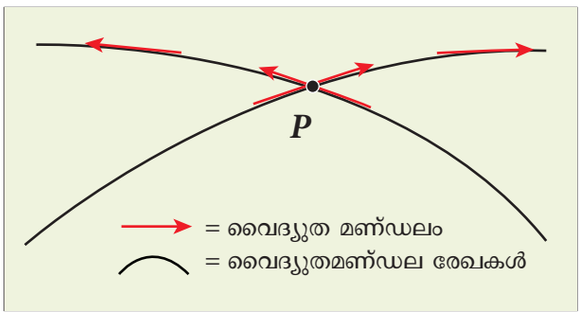
- മണ്ഡലരേഖകളുടെ സാന്ദ്രത മണ്ഡലതീ വ്രതയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ചാർജ്ജിനു സമീപം E ശക്തമായതിനാൽ അവിടെ മണ്ഡലരേഖകൾ കൂടുതൽ അടുത്തിരിക്കുകയും, അതിന്റെ സാന്ദ്രത കൂടുതലായിരിക്കുകയും ചെയ്യും. ചാർജ്ജിൽ നി ന്നുമകലെ മണ്ഡലം ദുർബലമായതിനാൽ മണ്ഡലരേഖകളുടെ സാന്ദ്രത കുറയുകയും തത്ഫ ലമായി രേഖകൾ നന്നായി അകലുകയും ചെ യ്യും. മണ്ഡലരേഖകൾക്ക് ലംബമായി പ്രതല വിസ്തീർണ്ണത്തെ മുറിച്ചുകടക്കുന്ന മണ്ഡലരേഖ കളുടെ എണ്ണം ആ ബിന്ദുക്കളിലെ മണ്ഡലത്തിന്റെ അളവിന് അനുപാതത്തിലായിരിക്കും. ഇത് ചിത്രം 1.11 ൽ രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 1.11 A പ്രതലത്തിൽ വൈദ്യുത മണ്ഡലം B യെക്കാൾ അധികമായിരിക്കും

ചിത്രം 1.11-ൽ പോസിറ്റീവ് പോയിന്റ് ചാർജ്ജി നുള്ള മണ്ഡലരേഖകൾ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ദൂരം അധികമാകുംതോറും ഒരു പോയിന്റ് ചാർജ്ജിന്റെ വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന്റെ അളവ് കുറയുന്നു $\left(|\vec{E}| \propto \frac{1}{r^2}\right)$. ആയതിനാൽ A മറ്റും B പ്രതലങ്ങ ളിൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ അളവ് വളരെ കൂടുതലാണ്. അതുകൊണ്ട് A പ്രതലത്തെ മുറി ച്ചുകടക്കുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലരേഖകൾ B പ്രത ലത്തെ മുറിച്ചുകടക്കുന്നവയെക്കാൾ കൂടുതലാണ്. B പ്രതലത്തിലെ വൈദ്യുതമണ്ഡല രേഖകൾ A പ്രതലത്തിനെ താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ അകന്നി രിക്കുന്നു.

- രണ്ട് മണ്ഡലരേഖകൾ ഒരിക്കലും പസ്പരം മുറിച്ചു കടക്കുന്നില്ല. അങ്ങനെ സംഭവിച്ചാൽ അവ കൂടിചേരുന്ന ബിന്ദുവിൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തി ന്റെഏകദിശാസ്വഭാവംനഷ്ടപ്പെടുന്നതായികാണാം. അതിനാൽ ഇത് യുക്തിരഹിതമാണ് (ചിത്രം 1.12).

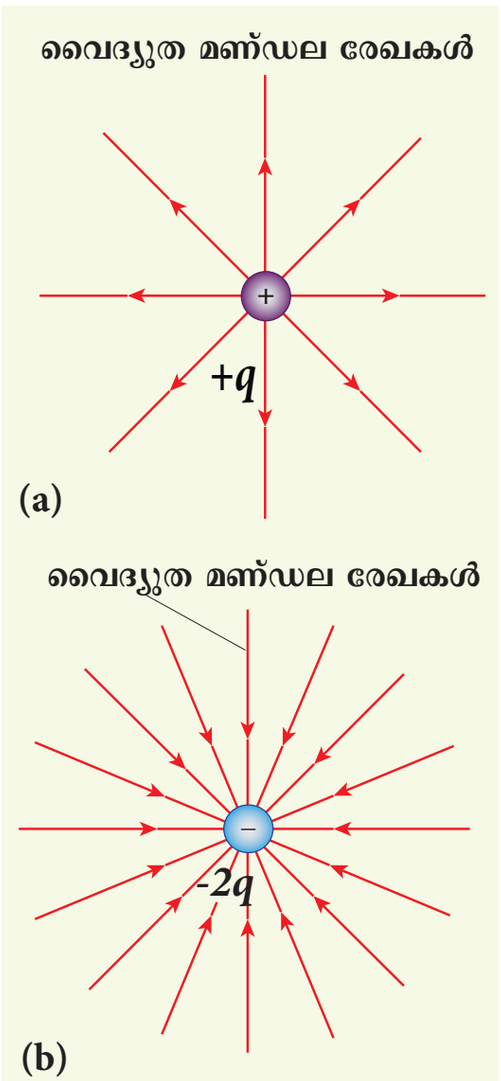


ചിത്രം 1.12 രണ്ട് വൈദ്യുതമണ്ഡല രേഖകൾ പരസ്പരം കൂട്ടിമുട്ടുന്നില്ല

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 18 2/14/2023 12:09:31 PM

- പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജിൽ നിന്നും ആരംഭിക്കുന്ന അല്ലെങ്കിൽ നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജിൽ അവസാനിക്കുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡല രേഖകളുടെ എണ്ണം ചാർജ്ജിന്റെ അനുപാതത്തിന് നേർ അനുപാതത്തിലായിരിക്കും.

ഉദാഹരണത്തിന് ചിത്രം 1.13-ൽ $+q$ മറ്റും $-2q$ ചാർജ്ജിലുള്ള വൈദ്യുതമണ്ഡല രേഖകൾ ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. $+q$ ചാർജ്ജിൽ നിന്നും ഉത്ഭവിക്കുന്ന മണ്ഡലരേഖകളുടെ എണ്ണം 8 മറ്റും $-2q$ ചാർജ്ജിൽ അവസാനിക്കുന്ന രേഖകളുടെ എണ്ണം 16. രണ്ടാമത്തെ ചാർജ്ജിന്റെ അളവ് ആദ്യ ചാർജ്ജിന്റെ ഇരു മടങ്ങാകുന്നു.$-2q$ ചാർജ്ജിൽ

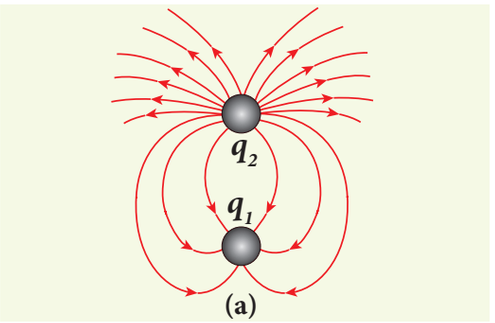


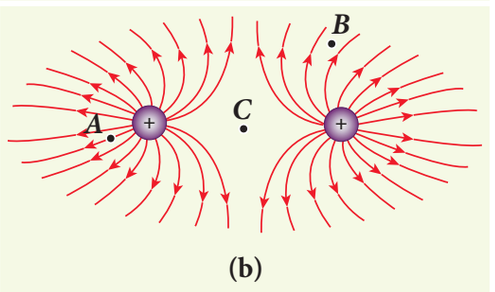
ചിത്രം 1.13 വൈദ്യുത മണ്ഡല രേഖകളും ചാർജ്ജിന്റെ പരിണാമവും

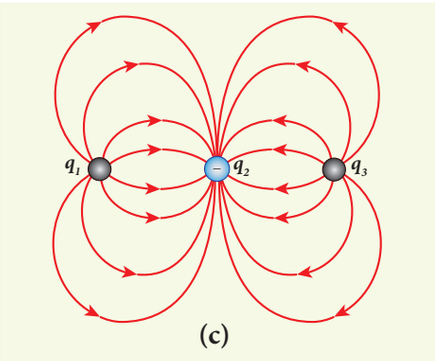
വരയ്ക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ള മണ്ഡലരേഖകളുടെ എണ്ണം $+q$ ചാർജ്ജിലുള്ള എണ്ണത്തിന്റെ ഇരട്ടിയാകുന്നു.

ഉദാഹരണം 1.9

വ്യത്യസ്ത ക്രമീകരണത്തിലുള്ള ചാർജ്ജിന്റെ വൈദ്യുതമണ്ഡലരേഖകൾ താഴെ തന്നിട്ടുള്ള ചിത്രങ്ങളിൽ ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു.







(i) ചിത്രം(a)ൽ രണ്ടു ചാർജ്ജുകളുടെയും തരത്തിനെ കണ്ടറിഞ്ഞ് $\left|\frac{q_1}{q_2}\right|$ അനുപാതം കണക്കാക്കുക.

(ii) ചിത്രം (b) ൽ രണ്ട് പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജിന്റെ വിഹിതം കണ്ടുപിടിച്ച് A, B മറ്റും C ബിന്ദുവിലെ വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ തീവ്രത കണക്കിടുക.

(iii) ചിത്രം (c) ൽ മൂന്നു ചാർജ്ജുകളുടെയും വൈദ്യുതമണ്ഡലരേഖകൾ തന്നിട്ടുണ്ട്. ചാർജ്ജ് $q_2 = -20$ nC, ആണെങ്കിൽ q_1 മറ്റും q_3 കണക്കാക്കുക?

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 19 2/14/2023 12:09:31 PM

പരിഹാരം

(i) വൈദ്യുതമണ്ഡലരേഖകൾ q_2 ൽ തുടങ്ങി q_1 ൽ അവസാനിക്കുന്നു. ചിത്രം (a) ൽ q_2 പോസിറ്റീവും q_1 നെഗറ്റീവുമാണ്. q_2 ൽ നിന്നും ഉത്ഭവിക്കുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലരേഖകളുടെ എണ്ണം 18 മറ്റും q_1 ൽ അവസാനിക്കുന്ന വൈദ്യുത മണ്ഡലരേഖകളുടെ എണ്ണം 6. ആയതിനാൽ q_2 ന്റെ അളവ് കൂടുതലാണ്. $\left|\frac{q_1}{q_2}\right| = \frac{N_1}{N_2} = \frac{6}{18} = \frac{1}{3}$.

$|q_2| = 3|q_1|$

(ii) ചിത്രം (b) ൽ രണ്ട് പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജിൽ നിന്നും ഉത്ഭവിക്കുന്ന വൈദ്യുത മണ്ഡല രേഖകൾ തുല്യമായിരിക്കും (N=18) അതുകൊണ്ട് തന്നെ ചാർജ്ജും തുല്യമാണ്. A ബിന്ദുവിൽ വൈദ്യുത മണ്ഡല രേഖകൾ B ബിന്ദുവിനെ താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ വളരെ അടുത്തിരിക്കുന്നു. C ബിന്ദുവഴി വൈദ്യുത മണ്ഡലരേഖകൾ ഒന്നുംതന്നെ കടക്കുന്നില്ല. അതായത് C ബിന്ദുവിൽ ഈ രണ്ട് ചാർജ്ജുകൾ മൂലമുണ്ടാകുന്ന ആകെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം പൂജ്യമാകുന്നു.

(iii) ചിത്രം (c) ൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലരേഖകൾ q_1 മറ്റും q_3 ൽ നിന്നും ആരംഭിച്ച് q_2 ൽ അവസാനിക്കുന്നു. അതായത് q_1 ഉം q_3 ഉം പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജുകളാണ് മണ്ഡലരേഖകളുടെ എണ്ണത്തിന്റെ വിഹിതം $\left|\frac{q_1}{q_2}\right| = \frac{8}{16} = \left|\frac{q_3}{q_2}\right| = \frac{1}{2}$, അതായത് q_1, q_3 യുടെ അളവ് q_2 ന്റെ പകുതിയാണ്. അതുകൊണ്ട് $q_1 = q_3 = +10$ nC.

1.4 വൈദ്യുത ഡൈപോളും അതിന്റെ സ്വഭാവും

1.4.1 വൈദ്യുത ഡൈപോൾ

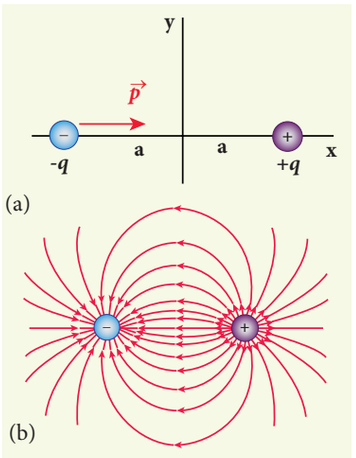
തുല്യവും വിപരീതവുമായ രണ്ട് ചാർജ്ജുകൾ ഒരു നിശ്ചിത അകലത്തിൽ വയ്ക്കപ്പെടുമ്പോൾ ഒരു വൈദ്യുത ഡൈപോൾ രൂപം കൊള്ളുന്നു. പല മൂലകങ്ങളിലും പോസിറ്റീവ് മറ്റും നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജിന്റെ കേന്ദ്രങ്ങൾ തമ്മിൽ കൂട്ടിമുട്ടുന്നില്ല. ഇത്തരം മൂലകങ്ങൾ ഒരു സ്ഥിരഡൈപോളായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഉദാഹരണം : CO, ജലം, അമോണിയ, HCl തുടങ്ങിയവ.

തുല്യവും, വിപരീതവുമായ $(+q, -q)$ ചാർജ്ജുകൾ $2a$ അകലത്തിൽ ഇരിക്കുന്നത് ചിത്രം 1.14 (a) ൽ ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു.

വൈദ്യുതഡൈപോൾ മൊമന്റിന്റെ നിർവ്വചനം.

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

$\vec{r}_+$ മൂലബിന്ദുവിൽ നിന്നും $+q$ വിനുള്ള സ്ഥാനവെക്ടറാണ് മറ്റും $\vec{r}_-$ മൂലബിന്ദുവിൽ നിന്നും $-q$ വിനുള്ള സ്ഥാനവെക്ടറാണ്. ചിത്രം 1.14 (a) ൽ നിന്നും,



ചിത്രം 1.14 (a) വൈദ്യുത ഡൈപോൾ (b) വൈദ്യുത ഡൈപോളിന്റെ വൈദ്യുത മണ്ഡലരേഖകൾ

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

അതായത് ചാർജ്ജിന്റെ വൈദ്യുത ഡൈപോൾ മൊമന്റ് $-q$ ൽ നിന്നു $+q$ ലേക്കു നേർരേഖാദിശയിലാണ് ഈ സദിശം അനുഭവപ്പെടുന്നത്. ഡൈപോൾ മൊമന്റിന്റെ SI മാത്ര കൂളും-മീറ്റർ (Cm) വൈദ്യുത ഡൈപോളിന്റെ വൈദ്യുതമണ്ഡല രേഖകൾ ചിത്രം 1.14 (b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

- ലളിതമായി, രണ്ടു ചാർജ്ജുകളെയും x- അക്ഷത്തിൽ വയ്ക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. y ലോ z- ലോ വച്ചിരുന്നാലും ഡൈപോൾ മൊമന്റ് $-q$ ൽ നിന്ന് $+q$ ന്റെ ദിശയിലായിരിക്കും.
- വൈദ്യുത ഡൈപോൾ മൊമന്റിന്റെ അളവ് ഏതെങ്കിലും ഒരു ചാർജ്ജിന്റെയും ഇരു ചാർജ്ജുകൾക്കിടയിലുള്ള അകലത്തിന്റെയും ഗുണനഫലമാണ്.

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 20 2/14/2023 12:09:33 PM

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

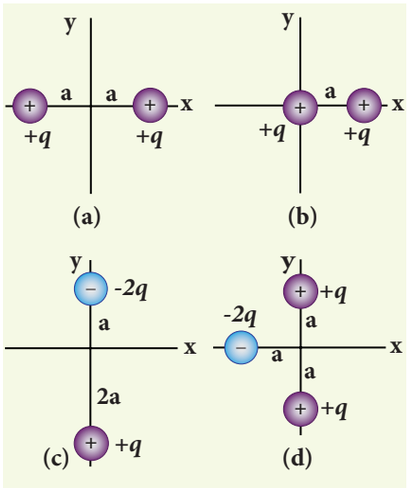
- ഇരുതുല്യവും വിപരീതവുമായ വൈദ്യുത ചാർജ്ജുകളുടെ ഡൈപോൾ മൊമന്റ് നിർവചിച്ച തുപോലെ തന്നെ ഒട്ടേറെ ചാർജ്ജുകളുടെ ഡൈപോൾ മൊമന്റ് കണ്ടുപിടിച്ച് നിർവ്വചിക്കുക സാധ്യമാണ്. n പോയിന്റ് ചാർജ്ജുകളുടെ വൈദ്യുത ഡൈപോൾ മൊമന്റ്

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

ഇവിടെ $\vec{r}_i$ എന്നത് q_i യ്ക്ക് മൂലബിന്ദുവിൽ നിന്നുമുള്ള സ്ഥിരവെക്ടറാകുന്നു.

ഉദാഹരണം 1.10

തന്നിട്ടുള്ള ചാർജ്ജ് ക്രമീകരണത്തിന്റെ വൈദ്യുത ഡൈപോൾ മൊമന്റ് കണ്ടുപിടിക്കുക.



പരിഹാരം

നില (a) നേർ x- അക്ഷത്തിൽ $+q$ ന്റെ സ്ഥാനവെക്ടർ $a\hat{i}$ എതിർ x അക്ഷത്തിൽ $+q$ ന്റെ സ്ഥാനവെക്ടർ $-a\hat{i}$ എന്നാൽ ഡൈപോൾ മൊമന്റ്,

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

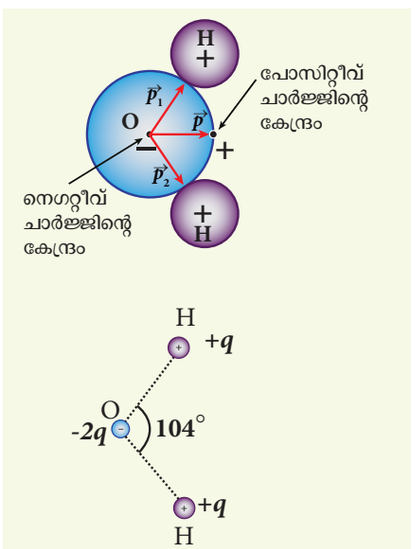
നില (b) ഈ ഘട്ടത്തിൽ ഒരു ചാർജ്ജ് മൂലബിന്ദുവിൽ വച്ചിരിക്കുന്നു. അതിനാൽ സ്ഥാനവെക്ടർ പൂജ്യമാകുന്നു. $a\hat{i}$ സ്ഥാനവെക്ടർ ഉള്ള രണ്ടാമത്തെ ചാർജ്ജ് $+q$ ഡൈപോൾമൊമന്റിന് കാരണമാകുന്നു. $\vec{p} = qa\hat{i}$.

ഈ രണ്ട് നില (a) മറ്റും (b) ൽ നിന്നും ഡൈപോൾ മൊമന്റ് മൂലബിന്ദു മറ്റും ചാർജ്ജിന്റെ ക്രമീകരണം എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു എന്ന നിഗമനത്തിലെത്താം. പക്ഷേ ഒരു പ്രത്യേക നിലയിൽ വൈദ്യുത ഡൈപോൾ മൊമന്റ് മൂലബിന്ദുവിനെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. മൊത്ത ചാർജ്ജ് പൂജ്യമായാൽ വൈദ്യുത ഡൈപോൾ മൊമന്റ് സമമായിരിക്കും. (മൂലബിന്ദുവിനെ ആശ്രയിക്കില്ല). ഇതിനാലാണ് വൈദ്യുത ഡൈപോളിന്റെ ഡൈപോൾ മൊമന്റ് $-q$ ൽ നിന്നും $+q$ നെ നോക്കിയ ദിശയിലായിരിക്കും. മൂലബിന്ദുവിനെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല.

നില (c) $\vec{p} = (-2q)a\hat{j} + q(2a)(-\hat{j}) = -4qa\hat{j}$. ഈ നിലയിൽ $\vec{p}$ ൽ നിന്നും $-2q$ ൽ നിന്നും $+q$ വിലേക്കുള്ള ദിശയിലായിരിക്കും.

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

ഈ ചാർജ്ജ് വിന്യാസമാണ് ജലമൂലകങ്ങളിലും (H_2O) കാണപ്പെടുന്നത്. ജലത്തിൽ 3 അണുക്കളാണുള്ളത് 2 H അണുവും ഒരു O അണുവും). ജലത്തിൽ പോസിറ്റീവ് (H) കേന്ദ്രവും നെഗറ്റീവ് (O) കേന്ദ്രവും വ്യത്യസ്തബിന്ദുവിലാണുള്ളത്. അതിനാൽ ജലത്തിന് ഒരു സ്ഥിര ഡൈപോൾ മൊമന്റ് കാണപ്പെടുന്നു. ഡൈപോൾമൊമന്റ് $\vec{p}$ നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജിന്റെ കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജിന്റെ കേന്ദ്രത്തിലേക്കുള്ള ദിശയിലായിരിക്കും. ഇത് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

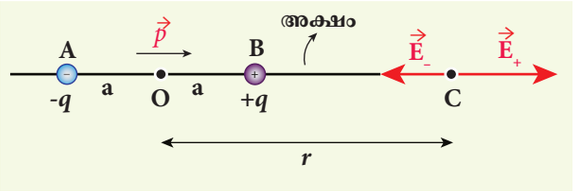


Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 21 2/14/2023 12:09:35 PM

1.4.2 വൈദ്യുത ഡൈപോൾ മണ്ഡലം

നില (i) അക്ഷത്തിലെ ബിന്ദുവിൽ വൈദ്യുത ഡൈപോൾ കാരണമുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുത മണ്ഡലം

ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നപോലെ x- അക്ഷത്തിൽ ഒരു ഡൈപോൾ വച്ചിരിക്കുന്നു. ഡൈപോളിന്റെ മദ്ധ്യബിന്ദു O ൽ നിന്നും r അകലത്തിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന അക്ഷത്തിലെ ഒരു ബിന്ദുവാണ് C.



ചിത്രം1.15 അക്ഷത്തിൽ ഡൈപോളിന്റെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം

C അക്ഷത്തിലെ ബിന്ദുവിൽ വൈദ്യുത ഡൈപോൾ കാരണം ഉണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലം $+q$ ചാർജ്ജിനാൽ BC ബിന്ദുവിലുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുത മണ്ഡലം) $\vec{E}_+ = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{(r-a)^2}$

വൈദ്യുത ഡൈപോൾ മൊമന്റ് വെക്ടർ $\vec{p}$, $-q$ ൽ നിന്നും $+q$ വിലേക്കുള്ള ദിശ BC യിലായിരിക്കും. മേൽപറഞ്ഞ സമവാക്യത്തെ മാറ്റിയെഴുതാം.

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

$\hat{p}$ എന്നത് $-q$ ൽ നിന്നും $+q$ വിലുള്ള വൈദ്യുത ഡൈപോൾമൊമന്റ് ഏകസദിശമാകുന്നു.

$-q$ നാൽ C ബിന്ദുവിൽ ഏർപ്പെടുന്ന വൈദ്യുത മണ്ഡലം

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

$-q$ ചാർജ്ജിനെക്കാൾ $+q$ ചാർജ്ജ് C യ്ക്ക് അരികിലുള്ളതിനാൽ $\vec{E}_+$, $\vec{E}_-$ നെക്കാൾ ശക്തമായിരിക്കും. അതുകൊണ്ട് $\vec{E}_+$ വെക്ടർ $\vec{E}_-$ വെക്ടറിനേക്കാൾ നീളം കൂടുതലായി വരച്ചിരിക്കുന്നു.

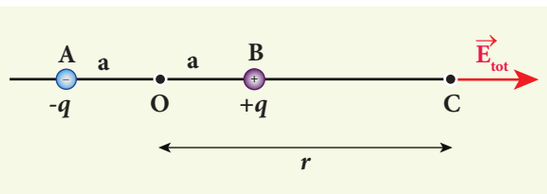
C ബിന്ദുവിലെ ആകെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം. വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ സൂപ്പർപൊസിഷൻ തത്ത്വമനുസരിച്ച് കണക്കിടാം

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

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

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

C $+q$, $-q$ മൊത്ത വൈദ്യുതമണ്ഡലവും $\vec{E}_+$ വെക്ടറിന്റെ ദിശയിലായിരിക്കും. $\vec{E}_{tot}$ ദിശ ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 1.16 അക്ഷത്തിലെ ബിന്ദുവിലെ മൊത്ത വൈദ്യുതമണ്ഡലം

വൈദ്യുത ഡൈപോളിലിരുന്നും ബിന്ദു C വളരെ അകലത്തിലാണെങ്കിൽ $(r >> a)$, $\left(r^2-a^2\right)^2 \approx r^4$.

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

since $2aq\,\hat{p} = \vec{p}$

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

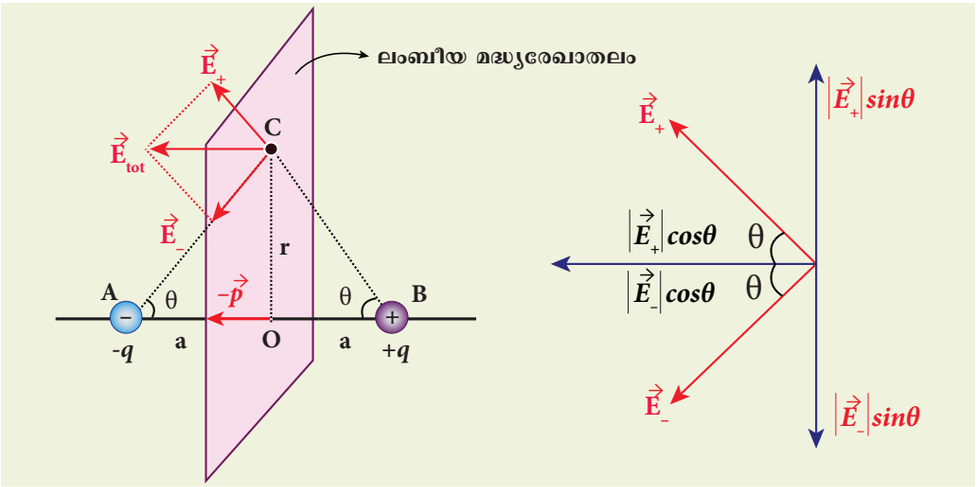
ബിന്ദു C വൈദ്യുത ഡൈപോളിന്റെ ഇടതു വശത്തിലാണെങ്കിൽ മൊത്ത വൈദ്യുതചാർജ്ജും $\vec{p}$ ദിശയിലായിരിക്കും. ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലരേഖകളിൽ നിന്നും ഇത് മനസ്സിലാക്കാം.

നില (ii) ലംബീയ മദ്ധ്യരേഖാതലത്തിലെ ബിന്ദുവിൽ വൈദ്യുതഡൈപോൾ മൂലമുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലം.

ഡൈപോളിന്റെ മദ്ധ്യബിന്ദു O ൽ നിന്നും r ദൂരത്തിൽ ലംബീയ മദ്ധ്യരേഖാതലത്തിലുള്ള ബിന്ദു C നെ കരുതുക (ചിത്രം 1.17).

C മറ്റും $-q$ ചാർജ്ജിൽ നിന്നും സമഅകലത്തിൽ ഉള്ളതിനാൽ $+q$ മറ്റും $-q$ ചാർജ്ജിനാൽ C ബിന്ദുവിലുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ അളവ് സമമായിരിക്കും. എന്നാൽ BC ദിശയിലും $\vec{E}_-$ CA

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 22 2/14/2023 12:09:40 PM



ചിത്രം 1.17 ലംബീയ മദ്ധ്യരേഖാതലത്തിലെ ഒരു ബിന്ദുവിൽ ഡൈപോളിനാലുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ

ദിശയിലുമായിരിക്കും. $\vec{E}_+$ മറ്റും $\vec{E}_-$ രണ്ട് ഘടക സദിശങ്ങളായി പിരിക്കപ്പെടുന്നു. ഒരു ഘടകം ഡൈപോൾ അക്ഷത്തിന് സമാന്തരമായും മറ്റൊരു ഘടകം ഡൈപോൾ അക്ഷത്തിന് ലംബമായുംമാണുള്ളത്. ഇവയിൽ ലംബസദിശങ്ങൾ തുല്യവും വിപരീതവുമായതിനാൽ $|\vec{E}_+|\sin\theta$ മറ്റും $|\vec{E}_-|\sin\theta$ നീർവീര്യമാക്കപ്പെടുന്നു. C ബിന്ദുവിലെ ആകെ വൈദ്യുതമണ്ഡലമെന്നത് സമാന്തര ഘടകസദിശങ്ങളുടെ $\vec{E}_+$ മറ്റും $\vec{E}_-$ സങ്കലനമാണ്. ഇതിന്റെ ദിശ $-\hat{p}$ ദിശയിലായിരിക്കും. (ചിത്രം 1.17).

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

$\vec{E}_+$ മറ്റും $\vec{E}_-$ അളവുകൾ സമമായതിനാൽ

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

സമവാദ്യം (1.19) നെ (1.18)-ൽ പ്രസ്താവിച്ചാൽ

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

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

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

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

എന്തെന്നാൽ $\vec{p} = 2qa\hat{p}$ (1.20)

വളരെ അകലത്തിൽ $(r >> a)$ ആണെങ്കിൽ സമവാക്യം (1.20)

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

പ്രധാന വസ്തുതകൾ

(i) സമവാക്യം (1.17) മറ്റും (1.21) ലിരുന്ന് വളരെ അകലത്തിൽ, ഡൈപോളിന്റെ അക്ഷത്തിലെ ഒരു ബിന്ദുവിലെ വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ അളവ് അതേ ദൂരത്തിൽ ഡൈപോളിന്റെ ലംബീയ മദ്ധ്യരേഖാതലത്തിലെ ഒരു ബിന്ദുവിലെ വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ അളവിന്റെ ഇരട്ടിയാകുന്നു. ഡൈപോളിന്റെ അക്ഷത്തിലെ ഒരു ബിന്ദുവിൽ വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന്റെ ദിശ ഡൈപോൾ മൊമന്റ് വെക്ടർ $\vec{p}$ ദിശയിലായിരിക്കും. എന്നാൽ ലംബീയ മദ്ധ്യരേഖാതലത്തിലെ ഒരു ബിന്ദുവിൽ വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന്റെ ദിശ $-\vec{p}$ എതിർദിശയിലായിരിക്കും.

(ii) വലിയ ദൂരങ്ങളിലെ ഡൈപോൾ മൊമന്റിന്റെ തീവ്രത $\dfrac{1}{r^3}$ ആശ്രിതത്വത്തിലാണ് നിലനിൽക്കുന്നത്. എന്നാൽ പോയിന്റ് ചാർജ്ജിനാണെങ്കിൽ

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 23 2/14/2023 12:09:44 PM

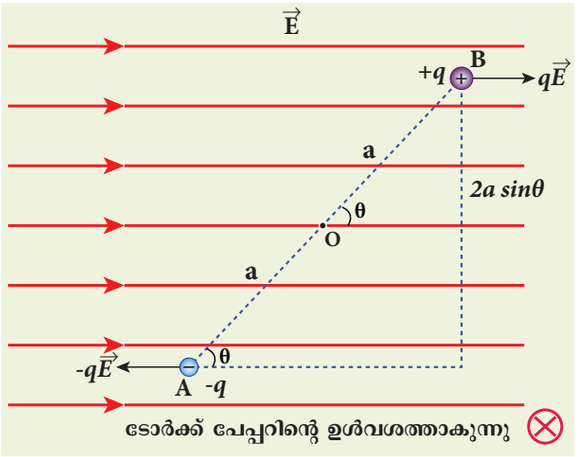
വൈദ്യുതമണ്ഡലം $\frac{1}{r^2}$. എന്ന ആശ്രിതത്വത്തിലാണ്. ഇതിൽ നിന്നും ഡൈപോളിന്റെ വൈദ്യുത മണ്ഡലം പോയിന്റ് ചാർജ്ജിന്റെ വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തെക്കാൾ വേഗത്തിൽ പൂജ്യമാകുന്നുവെന്ന് മനസ്സിലാക്കാം. എന്തുകൊണ്ടെന്നാൽ വളരെ അകലത്തിൽ നിന്നു നോക്കുമ്പോൾ ഡൈപോളിലെ രണ്ട് ചാർജ്ജുകളും ഒന്നിനൊന്ന് അടുത്തിരിക്കുന്നതായി തോന്നുന്നതിനാൽ രണ്ട് ചാർജ്ജുകളും ഒന്നിനൊന്ന് നിർവീര്യമാക്കപ്പെടുന്നു.

(iii) സമവാക്യം(1.17) മറ്റും (1.21) വളരെ വലിയ അകലം $(r>>a)$ യ്ക്ക് മാത്രം യോജിച്ചതാണ്. ഡൈപോളിന്റെ അകലം $2a$ പൂജ്യത്തോടടുക്കുമ്പോൾ q ന്റെ മൂല്യം അനന്തതയോടടുക്കുന്നു. ആയതിനാൽ $2aq = p$ നിശ്ചിതമൂല്യമാകുന്നു. ഇത്തരമൊരു ഡൈപോളിനെ പോയിന്റ് ഡൈപോൾ എന്നുവിളിക്കുന്നു. ഒരു പോയിന്റ് ഡൈപോളിന്റെ എല്ലാ r മൂല്യങ്ങൾക്കും (1.17) മറ്റും (1.21) സാധുവായിരിക്കും.

1.4.3 വൈദ്യുതഡൈപോൾ ഒരു സമബാഹ്യമണ്ഡലത്തിൽ വയ്ക്കപ്പെടുമ്പോൾ അനുഭവപ്പെടുന്ന ടോർക്ക്

ചിത്രത്തിൽ കാണുന്നതുപോലെ $\vec{p}$ ഡൈപോൾ മൊമന്റുള്ള ഒരു വൈദ്യുതഡൈപോൾ $\vec{E}$ എന്ന സമ-ബാഹ്യവൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നതായി കരുതുക. ഈ വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന്റെ വൈദ്യുതബലരേഖകൾ സമഅകലത്തിലും ഒരേ ദിശയിലുമാണുള്ളത്. $+q$ ചാർജ്ജിന് വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന്റെ ദിശയിൽ $q\vec{E}$ എന്ന ബലവും $-q$ ചാർജ്ജിന് വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ എതിരായ ദിശയിൽ $-q\vec{E}$ എന്ന ബലവും അനുഭവപ്പെടുന്നു. ബാഹ്യവൈദ്യുതമണ്ഡലം $\vec{E}$ സമമായതിനാൽ ഡൈപോളിന്മേൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ആകെ ബലം പൂജ്യമാകുന്നു. ബലങ്ങൾ വ്യത്യസ്ത ബിന്ദുക്കളിൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്നതിനാൽ ഡൈപോളിൽ ഒരു ടോർക്ക് അഥവാ കപ്പിൾ അനുഭവപ്പെടുന്നു. ഡൈപോളിനെ മണ്ഡലം $\vec{E}$ യുടെ ദിശയിലാക്കാൻ ഈ ടോർക്ക് ശ്രമിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. (ചിത്രം 1.18) ൽ സമബാഹ്യമണ്ഡലത്തിന്റെ വൈദ്യുത ബലരേഖകൾ സമദിശയിലും ഉള്ളതിനെ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.)

O ബിന്ദുവിൽ ഡൈപോളിന് അനുഭവപ്പെടുന്ന ആകെ ടോർക്ക്



ചിത്രം 1.18 ടോർക്ക് ഉൾനോക്കിയ ദിശയിൽ ഉള്ളത്

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

XI പാർട്ട് 1 അദ്ധ്യായം 2) വലതുകൈ കോർക്ക് സ്ക്രൂനിയമമനുസരിച്ച് മൊത്ത ടോർക്കും പേപ്പറിന്റെ തലത്തിന് ലംബമായും ഉൾനോക്കിയ ദിശയിലുമായിരിക്കും.

ആകെ ടോർക്കിന്റെ പരിണാമം

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

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

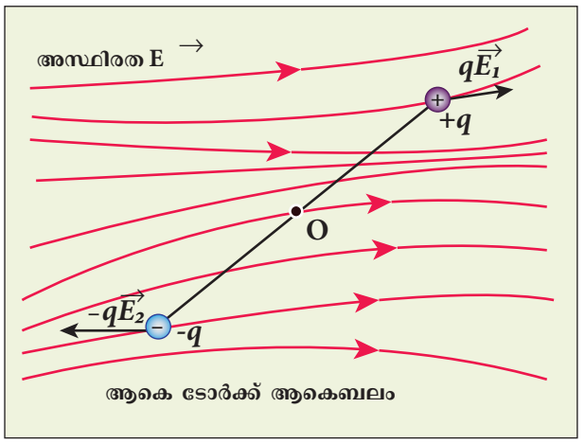
θ എന്നത് $\vec{p}$, $\vec{E}$ ഇടയിലുള്ള കോൺ ആകുന്നു $p = 2aq$, വെക്ടർ ഗുണനനിയമനനുസരിച്ച് ടോർക്കിനെ ഇങ്ങനെയും എഴുതാം.

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

ടോർക്കിന്റെ അളവ് $\tau = pE\sin\theta$ ആകുമ്പോൾ $\theta = 90^\circ$ ടോർക്ക് അതിന്റെ പരമാവധി അളവിലെത്തും. ഈ ടോർക്ക് വൈദ്യുത ഡൈപോളിനെ വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ ദിശയിൽ കൊണ്ടുവരാൻ ശ്രമിക്കുന്നു.

$\vec{p}$, $\vec{E}$ വുമായി ഒരേ ദിശയിൽ വന്നു കഴിഞ്ഞാൽ ഡൈപോളിൻ അനുഭവപ്പെടുന്ന മൊത്ത ടോർക്കും പൂജ്യമാകുന്നു. വൈദ്യുതമണ്ഡലം സമമല്ലെങ്കിൽ $+q$ ന്മേലുള്ള ബലവും $-q$ ന്മേലുള്ള ബലവും വ്യത്യാസമായിരിക്കും. ഈ അവസ്ഥയിൽ ഡൈപോളിൽ ടോർക്കും മറ്റൊരു പരിണിതബലവും അനുഭവപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 1.19)

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 24 2/14/2023 12:09:46 PM



ചിത്രം 1.19 അസ്ഥിര വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിലെ ഡൈപോൾ

ഉദാഹരണം 1.11

3×10^4 N C^{-1} അളവുള്ള സമവൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിൽ HCl വായു മാതൃക വച്ചിട്ടുണ്ട്. ഓരോ HCl തന്മാത്രകളുടെയും ഡൈപോൾ മൊമന്റ് 3.4×10^{-30} Cm ആണെങ്കിൽ ഓരോ HCl തന്മാത്രയിലും അനുഭവപ്പെടുന്ന പരമാവധി ടോർക്ക് കണ്ടുപിടിക്കുക.

പരിഹാരം

പ്രയോഗിക്കപ്പെട്ട വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന് ലംബമായ ദിശയിൽ ഡൈപോൾ ഉള്ളപ്പോൾ അനുഭവപ്പെടുന്ന പരമാവധി ടോർക്ക്.

$$\tau_{\text{പരമാവധി}} = pE\sin 90^\circ = 3.4\times10^{-30}\times\ 3\times10^{4}$$

$$\tau_{\text{പരമാവധി}} = 10.2\times10^{-26}\,\text{N m}$$

1.5 സ്ഥിരവൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യലും സ്ഥിതികോർജ്ജവും

ആമുഖം

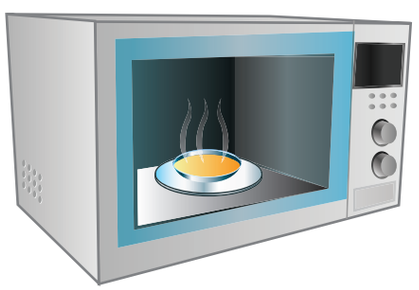
മെക്കാനിക്സിൽ, യഥാസ്ഥികബലത്തിനാൽ സ്ഥിതികോർജ്ജം നിർവ്വചിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ഭൂഗുരുത്വബലം ഒരു യഥാസ്ഥികബലമാണ്. അതിന്റെ ഭൂഗുരുത്വ സ്ഥിതികോർജ്ജം (XI ഭൗതിക ശാസ്ത്രം അദ്ധ്യായം-6-ൽ നിർവ്വചിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്) കൂളുംബ് ബലം ഒരു വിപരീത വർഗ്ഗനിയമാണ്. ഇതും ഭൂഗുരുത്വബലത്തെ പോലെ തന്നെ ഒരു യഥാസ്ഥിതിക ബലമാണ്. അതുകൊണ്ട് ചാർജ്ജിന്റെ വിന്യാസത്തിൽ സ്ഥിതികോർജ്ജത്തെ നിർവ്വചിക്കാം.

1.5.1 സ്ഥിരവൈദ്യുത സ്ഥിതികോർജ്ജവും, സ്ഥിരവൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യലും

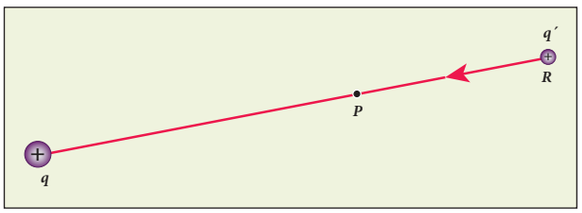
തനിക്ക് ചുറ്റും $\vec{E}$ എന്ന മണ്ഡലത്തെ ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്ന q എന്ന ചാർജ്ജ് ഒരു മൂലബിന്ദുവിൽ വച്ചിട്ടുള്ളതായി കരുതുക. അതിനും ടെസ്റ്റ് ചാർജ്ജ് q' നും ഇടയിലുള്ള വികർഷണ ബലത്തിന് എതിരായി ബിന്ദു R ലിരുന്ന് P ബിന്ദുവിലേക്ക് q' എന്ന ചാർജ്ജ് മാറ്റപ്പെടുന്നു. ഇങ്ങനെ മാറ്റുന്നതിന് വികർഷണബലത്തിന് എതിരായി പ്രവൃത്തി ചെയ്യേണ്ടതുണ്ട്. ഈ പ്രവൃത്തി സ്ഥിതികോർജ്ജമായി മാറ്റപ്പെടുന്നു.

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

ഒരു വൈദ്യുത ഡൈപോളിൽ ടോർക്ക് പ്രവർത്തിക്കുക എന്ന തത്വത്തിൽ മൈക്രോവേവ് ഓവൻ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. നമ്മൾ കഴിക്കുന്ന ഭക്ഷണത്തിൽ സ്ഥിര വൈദ്യുതഡൈപോളായ ജല തന്മാത്രയാണുള്ളത്. ഓവൻ മൈക്രോവേവ് ഉത്പാദിപ്പിച്ച് അത് വൈദ്യുതകാന്തിക ക്ഷേത്രങ്ങളെ ആന്ദോളനം ചെയ്യുകയും ജലതന്മാത്രകളിൽ ടോർക്ക് ഉത്പാദിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഓരോ ജലതന്മാത്രകളും ഈ ടോർക്ക് കാരണം വളരെ വേഗത്തിൽ കറങ്ങുകയും ഒരു താപോർജ്ജം ഉത്പാദിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ താപം ഭക്ഷണം ചൂടാക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു.



Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 25 2/14/2023 12:09:47 PM



ചിത്രം 1.20 ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി സ്ഥിതികോർജ്ജത്തിന് തുല്യമാകുന്നു

ടെസ്റ്റ് ചാർജ്ജ് q' ബിന്ദു R ൽ നിന്നു ബിന്ദു P യിലേക്ക് സമപ്രവേഗത്തിൽ മാറ്റണമെങ്കിൽ അതിന്മേൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ബാഹ്യബലം കൂളുംബ് ബലത്തിന് സമമായും എതിരായ ദിശയിലും പ്രയോഗിക്കപ്പെടണം $\left(\vec{F}_{\text{ബാഹ്യ}} = -\vec{F}_{\text{കൂളും}}\right)$

$$W = \int_R^P \vec{F}_{\text{ബാഹ്യ}}\, d\vec{r} \qquad (1.25)$$

ഇവിടെ കൂളുംബ് ബലം യഥാസ്ഥികമാണ്. ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രവൃത്തി സഞ്ചാരപാതയെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. എന്നാൽ ടെസ്റ്റ് ചാർജ്ജിന്റെ ആരംഭ സ്ഥാനത്തെയും അവസാന സ്ഥാനത്തെയും ആശ്രിയിച്ചിരിക്കുന്നു. P ബിന്ദുവിൽ ടെസ്റ്റ് ചാർജ്ജ് q' ന്റെ സ്ഥിതികോർജ്ജം U_P ആയും R ബിന്ദുവിൽ U_R ആണെങ്കിൽ സ്ഥിതികോർജ്ജം എന്നത് ചാർജ്ജ് q' നെ R ബിന്ദുവിലിരുന്ന് P ബിന്ദുവിലേക്ക് കൊണ്ടുവരാൻ ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രവൃത്തിക്ക് സമമാകുന്നു.

$U_P - U_R = W = \Delta U$

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

ആയതിനാൽ $\vec{F}_{\text{ബാഹ്യ}} = -\vec{F}_{\text{കൂളുംബ്}} = -q'\vec{E}$ (1.27)

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

ഒരു യൂണിറ്റ് ചാർജ്ജിനുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം

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

സമവാക്യം (1.29) q' നെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. $\frac{\Delta U}{q'} = -\int_R^P \vec{E}\cdot d\vec{r}$ ഇതിനെ P യ്ക്കും q വിനും ഇടയിലുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം $V_P - V_R = \Delta V$ എന്നു പറയുന്നു.

ഒരു യൂണിറ്റ് പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജിനെ R ബിന്ദുവിലിരുന്ന് P ബിന്ദുവിലേക്ക് കൊണ്ടുവരാൻ ബാഹ്യബലത്തിനാൽ ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രവൃത്തി എന്ന് വൈദ്യുതപൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസത്തെ നിർവ്വചിക്കാം.

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

വൈദ്യുതസ്ഥിതികോർജ്ജ വ്യത്യാസം $\Delta U = q'\,\Delta V$. ഭൗതീകമായി രണ്ട് ബിന്ദുക്കൾക്കിടയിലുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം ഒരു അർത്ഥവത്തായ അളവാണ്. ഒരു ബിന്ദുവിലെ പൊട്ടൻഷ്യൽ എന്നത് അർത്ഥമറ്റതാണ്. അതിനാൽ R ബിന്ദുവിനെ അനന്തതയിലുള്ള ബിന്ദുവായും അതിന്റെ പൊട്ടൻഷ്യൽ മൂല്യം പൂജ്യമായും കരുതപ്പെടുന്നു $\left(V_\infty = 0\right)$.

P ബിന്ദുവിലെ വൈദ്യുതപൊട്ടൻഷ്യൽ എന്നത് ഒരു യൂണിറ്റ് പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജിനെ അനന്തതയിൽ നിന്നും ആ ബിന്ദുവിലേക്ക് സമപ്രവേഗത്തിൽ കൊണ്ടുവരാൻ ബാഹ്യബലത്തിനാൽ ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രവൃത്തിയ്ക്ക് സമമാകുന്നു. $\vec{E}$. ഗണിതപരമായി

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

പ്രധാന കുറിപ്പുകൾ

1. P ബിന്ദുവിലെ വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇത് ഉറവിടചാർജ്ജ് q വിനാലാണ് ടെസ്റ്റ് ചാർജ്ജ് q' നാലല്ല. ഒരു യൂണിറ്റ് പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജിനെ അനന്തതയിൽ നിന്നും P ബിന്ദുവിലേക്ക് സമപ്രവേഗത്തിൽ കൊണ്ടുവരുന്നത് എന്തുകൊണ്ടെന്നാൽ ടെസ്റ്റ് ചാർജ്ജിന്മേൽ ബാഹ്യമായി ഏതൊരുവിധ ത്തിലുള്ള ഗതികോർജ്ജവും പ്രയോഗിക്കപ്പെടാത്തതിനാലാണ്.

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 26 2/14/2023 12:09:49 PM

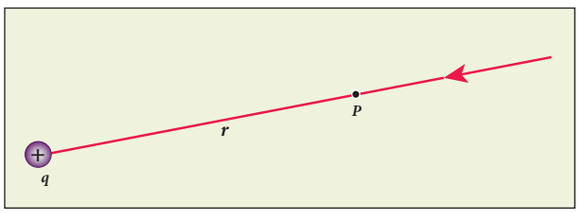
2. സമവാക്യം (1.29) ലിരുന്ന് വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യലിന്റെ മാത്ര ജൂൾ/കൂളുംബ്. പ്രായോഗികമായി അതിന്റെ മാത്ര വോൾട്ട്. (V) ഇത് വൈദ്യുതബാറ്ററി ആദ്യമായി കണ്ടുപിടിച്ച അലക്സാണ്ടർ വോൾട്ട (1745–1827)യുടെ ഓർമ്മയ്ക്കായാണ്. രണ്ട് ബിന്ദുക്കൾക്കിടയിലുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം വോൾട്ടിനാൽ കുറിക്കപ്പെടുന്നു.

കുറിപ്പ്

വസ്തുക്കളുടെ ചലനം സ്ഥിതികോർജ്ജം അല്ലെങ്കിൽ പൊട്ടൻഷ്യൽ ഉപയോഗിച്ച് വിവരിക്കുന്നത് മണ്ഡലത്തിന്റെ ആശയം ഉപയോഗിക്കുന്നതിനേക്കാൾ ലളിതമാണ്.

1.5.2 ഒരു പോയിന്റ് ചാർജ്ജിനാലുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ

q പോയിന്റ് ചാർജ്ജ് മൂലബിന്ദുവിൽ വച്ചിട്ടുള്ളതായി കരുതുക. ചിത്രത്തിൽ (1-21) കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ P എന്ന ബിന്ദു ചാർജ്ജ് q ൽ നിന്നും r അകലത്തിലാണുള്ളത്.



ചിത്രം 1.21 P ബിന്ദുവിലെ സ്ഥിര വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ

P ബിന്ദുവിലെ വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ

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

q പോസിറ്റീവ് പോയിന്റ് ചാർജ്ജിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുത മണ്ഡലം

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

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

വളരെ ചെറിയ സ്ഥാനാന്തരണ വെക്ടർ $d\vec{r} = dr\hat{r}$, $\hat{r}.\hat{r} = 1$, ഉപയോഗിച്ചാൽ

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

സമാകലനത്തിന് ശേഷം,

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

r അകലത്തിൽ പോയിന്റ് ചാർജ്ജ് q വിനാലുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ

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

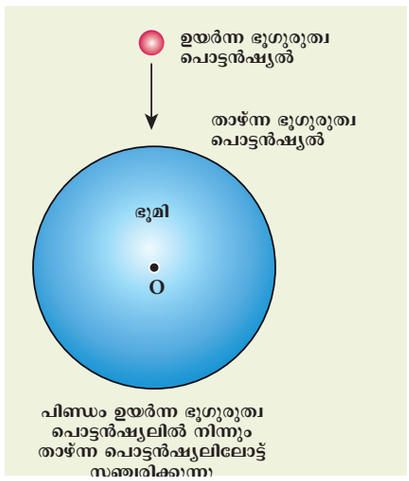
പ്രധാന കുറിപ്പുകൾ

(i) q പോസിറ്റീവാണെങ്കിൽ $V > 0$. q നെഗറ്റീവായാൽ V യും നെഗറ്റീവായിരിക്കും

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

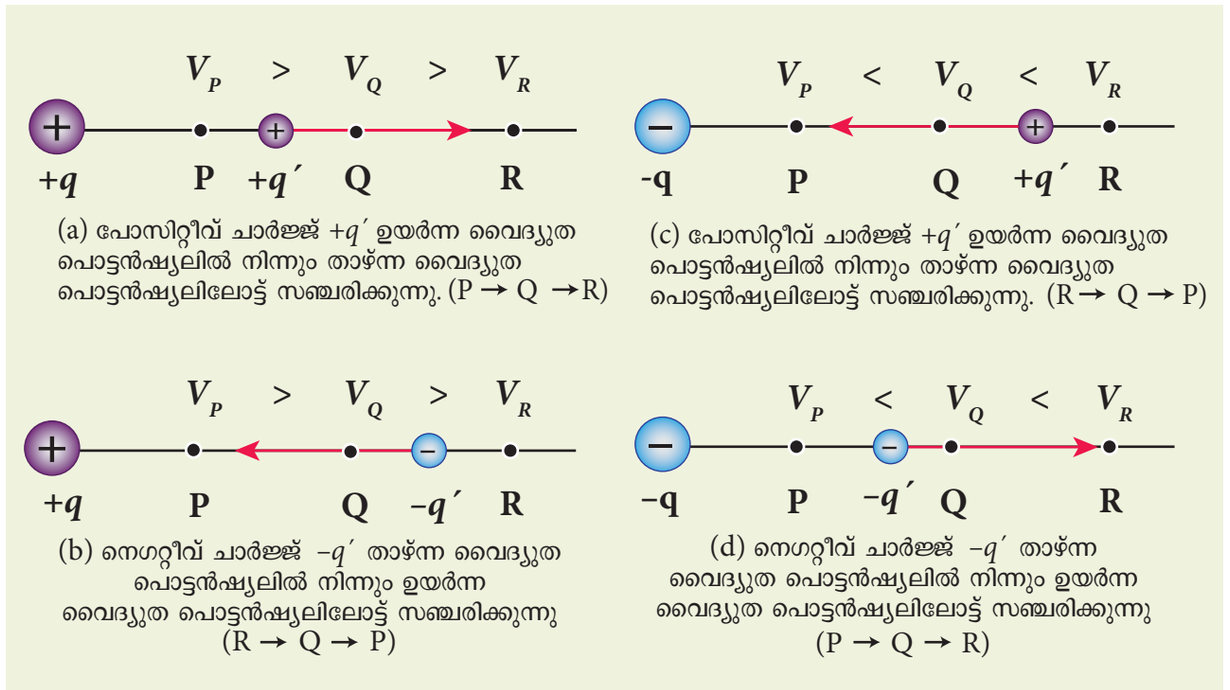
(ii) ദൂരം കൂടുന്നതനുസരിച്ച് പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജിനാൽഉണ്ടാകുന്നവൈദ്യുതപൊട്ടൻഷ്യൽകുറയുന്നതും നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ ദൂരം കൂട്ടുന്നതനുസരിച്ച് കൂടുന്നതും സമവാക്യം(1.33)-ൽ നിന്നും വ്യക്തമാണ്. അനന്തതയിൽ ($r = \infty$) സ്ഥിത വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ പൂജ്യമാകുന്നു (V = 0).

ഭൂഗുരുത്വബലത്തിലാണെങ്കിൽ പിണ്ഡം ഉയർന്ന ഭൂഗുരുത്വ പൊട്ടൻഷ്യലിൽ നിന്നും താഴ്ന്ന ഭൂഗുരുത്വ പൊട്ടൻഷ്യലിലോട്ട് സഞ്ചരിക്കുന്നു. ചിത്രം 1.22-ൽഇത് കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇതുപോലെ



ചിത്രം 1.22 ഭൂഗുരുത്വ പൊട്ടൻഷ്യലിനനുസൃതമായ പിണ്ഡങ്ങളുടെ ചലനം

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 27 2/14/2023 12:09:52 PM



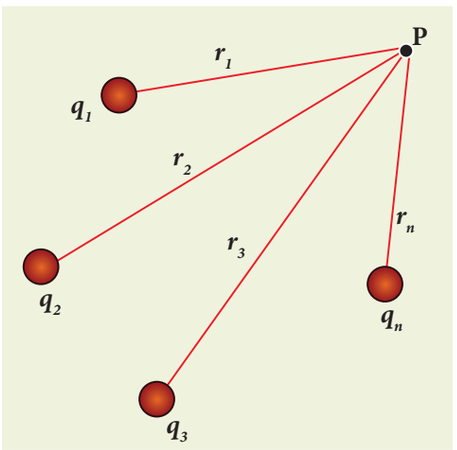
ചിത്രം 1.23 വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യലിനെ ആസ്പതമാക്കിയുള്ള ചാർജ്ജുകളുടെ ചലനം

പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജ് ഉയർന്ന സ്ഥിത വൈദ്യുതപൊട്ടൻഷ്യലിൽ നിന്നും താഴ്ന്ന സ്ഥിത വൈദ്യുതപൊട്ടൻഷ്യലിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഇപ്രകാരം നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജ് താഴ്ന്ന വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യലിൽ നിന്നും ഉയർന്ന വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യലിലേക്ക് ചലിക്കുന്നു. ഈ താരതമ്യത്തെ ചിത്രം 1.23-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

(iii) ഒട്ടേറെ ചാർജ്ജുകൾ ചേർന്ന് P ബിന്ദുവിലുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ എന്നത് തനിതനി ചാർജ്ജുകൾ $q_1, q_2, q_3 \ldots . q_n$ ബിന്ദുവിലുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യലിന്റെ സങ്കലനത്തിന് സമമാകുന്നു.

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

ഇവിടെ $r_1, r_2, r_3 \ldots\ldots . r_n$ എന്നത് P ൽ നിന്നും $q_1, q_2, q_3 \ldots . q_n$ ന്റെ അകലങ്ങളാകുന്നു. (ചിത്രം 1.24).



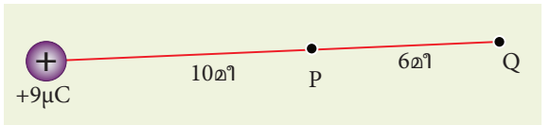
ചിത്രം 1.24 ഒരു കൂട്ടം ചാർജ്ജുകളാലുണ്ടാകുന്ന സ്ഥിര വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ

ഉദാഹരണം 1.12

(a) ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന P മറ്റും Q ബിന്ദുവിലെ വൈദ്യുതപൊട്ടൻഷ്യൽ കണക്കാക്കുക.

(b) +9 μC പകരം −9 μC ചാർജ്ജ് വയ്ക്കപ്പെട്ടാൽ P, Q ബിന്ദുവിലെ വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ കണക്കാക്കുക.

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 28 2/14/2023 12:09:52 PM



(c) ടെസ്റ്റ് ചാർജ്ജ് +2μC യെ അനന്തതയിൽ നിന്നും Q ബിന്ദുവിലേക്ക് കൊണ്ടുവരുന്നതിനുള്ള പ്രവൃത്തി കണക്കാക്കുക. (+9 μC മൂലബിന്ദുവിൽ സ്ഥിരമായി വച്ചിട്ടുണ്ട്. +2 μC അനന്തതയിൽ നിന്നും Q ബിന്ദുവിലേക്ക് ചലിക്കുന്നതായി കരുതുക).

പരിഹാരം

(a) P ബിന്ദുവിലെ വൈദ്യുതപൊട്ടൻഷ്യൽ

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

Q ബിന്ദുവിലെ വൈദ്യുതപൊട്ടൻഷ്യൽ

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

Q ബിന്ദുവിലെ വൈദ്യുതപൊട്ടൻഷ്യൽ P ബിന്ദുവിലെ വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യലിനെക്കാൾ കുറവായിരിക്കും. പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജ് P ൽ വയ്ക്കപ്പെട്ടാൽ അത് P യിൽ നിന്നും Q വിലേക്ക് നീങ്ങുന്നു. നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജ് P ൽ വയ്ക്കപ്പെട്ടാൽ ഇത് +9 μC ലേക്ക് നീങ്ങുന്നു.

P മറ്റും Q വിനിടയിലുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം

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

(b) +9 μC നുപകരം −9 μC വയ്ക്കപ്പെട്ടാൽ, P മറ്റും Q ബിന്ദുവിലെ വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ,

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

Q ബിന്ദുവിലെ വൈദ്യുതപൊട്ടൻഷ്യൽ P ബിന്ദുവിലെ വൈദ്യുതപൊട്ടൻഷ്യലിനേക്കാൾ കൂടുതലാണ്.

P മറ്റും Q വിനിടയിലുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം

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

(c) ചില ചാർജ്ജുകളാൽ Q ബിന്ദുവിലുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യലിനെ ഒരു യൂണിറ്റ് പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജിനെ അനന്തതയിൽ നിന്നും Q ബിന്ദുവിലേക്ക് കൊണ്ടുവരാൻ ബാഹ്യബലത്തിനാൽ ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രവൃത്തി എന്ന് നിർവ്വചിക്കാം. ആയതിനാൽ q ചാർജ്ജിനെ അനന്തതയിൽ നിന്നും Q ബിന്ദുവിലേക്ക് കൊണ്ടുവരാൻ ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രവൃത്തി

$$W = qV$$

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

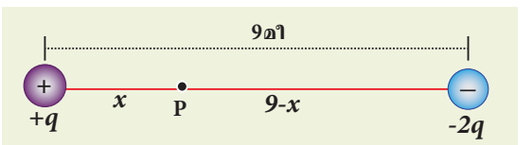
ഉദാഹരണം 1.13

$+q$ എന്ന ചാർജ്ജ് ഒരു മൂലബിന്ദുവിൽ വച്ചിട്ടുള്ളതായി കരുതുക. മറ്റൊരു ചാർജ്ജ് $-2q$, $+q$ വിൽ നിന്നും 9 m അകലത്തിലാണ്. ഈ രണ്ട് ചാർജ്ജുകൾക്കുമിടയിൽ വൈദ്യുതപൊട്ടൻഷ്യൽ പൂജ്യമാകുന്ന ബിന്ദുവിനെ കണ്ടുപിടിക്കുക.

പരിഹാരം

സൂപ്പർപൊസിഷൻ തത്ത്വമനുസരിച്ച്, ഒരു ബിന്ദുവിലെ ആകെ വൈദ്യുതപൊട്ടൻഷ്യൽ എന്നത് ഓരോരോ ചാർജ്ജിനാൽ ആ ബിന്ദുവിലുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതപൊട്ടൻഷ്യലിന്റെ തുകയ്ക്ക് സമമാണ്.

ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ആകെ വൈദ്യുതപൊട്ടൻഷ്യൽ പൂജ്യമാകുന്ന ബിന്ദു $+q$ ചാർജ്ജിൽ നിന്നും x അകലത്തിലാണെന്ന് കരുതുക.



P ബിന്ദുവിലെ ആകെ വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ പൂജ്യമാകുന്നു,

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

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

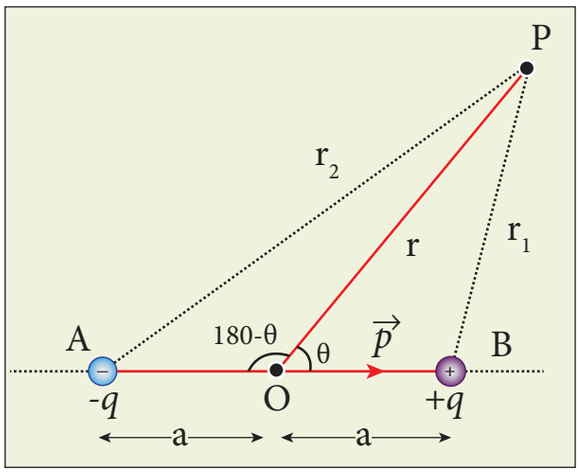
$$\frac{1}{x} = \frac{2}{(9-x)}$$

$$x = 3 \text{ മീ}$$

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 29 2/14/2023 12:09:55 PM

1.5.3 വൈദ്യുത ഡൈപോൾ പൊട്ടൻഷ്യൽ

ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ $2a$ അകലത്തിൽ വച്ചിട്ടുള്ള തുല്യവും വിപരീതവു (ചിത്രം 1.25) മായ രണ്ട് ചാർജ്ജിനെ കരുതുക ഡൈപോളിന്റെ മദ്ധ്യബിന്ദുവിൽ നിന്നും r അകലത്തിലുള്ള ബിന്ദുന വാണ് P, θ എന്നത് രേഖ OP യ്ക്കും ഡൈപോളി ന്റെ അക്ഷം AB യ്ക്കും ഇടയിലുള്ള കോണം ആകുന്നു.



ചിത്രം 1.25 വൈദ്യുത ഡൈപോളിനാലുണ്ടാകുന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ

r_1 എന്നത് $+q$ ചാർജ്ജിൽ നിന്നും P ബിന്ദുവിലുള്ള അകലമാകുന്നു r_2 എന്നത് $-q$ ൽ നിന്നും P യിലേക്കുള്ള അകലമാകുന്നു.

$+q$ ചാർജ്ജിനാൽ
P ൽ ഉണ്ടാകുന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ $= \dfrac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\dfrac{q}{r_1}$

$-q$ ചാർജ്ജിനാൽ
P ൽ ഉണ്ടാകുന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ $= -\dfrac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\dfrac{q}{r_2}$

P ബിന്ദുവിലെ ആകെ പൊട്ടൻഷ്യൽ

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

ബിന്ദു P ഡൈപോളിൽ നിന്നും വളരെ അകലത്തിലാണെങ്കിൽ $r >> a$, സമവാക്യം (1.35) നെ r നെ വിധേയമായി എഴുതിയാൽ

ജ്യാമിതീയ തത്ത്വമനുസരിച്ച് BOP

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

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

ഇവിടെ ബിന്ദു P ഡൈപോളിൽ നിന്നും വളരെ അകലത്തിലായതിനാൽ $(r>>a)$ ഇതിന്റെ ഫലമായി $\dfrac{a^2}{r^2}$ വളരെ ചെറുതാണ്. അതിനാൽ നിർവീര്യമാക്കാം.

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

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

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

ബൈനോമിയൽ സിദ്ധാന്തപ്രകാരം $\dfrac{a}{r} << 1$ ലെ ഒന്നായിട്ടുള്ള പദങ്ങൾ നിലനിർത്തിയാൽ

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

ഇതുപോലെ AOP യെ ജ്യാമിതീയ തത്ത്വത്തിന് വിധേയമാക്കിയാൽ.,

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

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

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

$\dfrac{a^2}{r^2}$ നിർവീര്യമാക്കുക (എന്തുകൊണ്ടെന്നാൽ $r>>a$)

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

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 30 2/14/2023 12:10:00 PM

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

ബൈനോമിയൽ സിദ്ധാന്തത്തെ ഉപയോഗിച്ചാൽ

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

സമവാക്യം (1.37) മറ്റും (1.36) നെ (1.35) ൽ പ്രസ്താവിച്ചാൽ,

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

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

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

വൈദ്യുതഡൈപോൾ മൊമന്റ് $p = 2qa$ ആണെങ്കിൽ,

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

$p\cos\theta = \vec{p}\cdot\hat{r}$, $\hat{r}$ എന്നത് O ബിന്ദുവിൽ നിന്നും P ബിന്ദുവിലേക്കുള്ള ഏകസദിശമാകുന്നു. ആകയാൽ P ബിന്ദുവിൽ വൈദ്യുത ഡൈപോളിനാലുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ

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

ഡൈപോളിന്റെ വലിപ്പത്തേക്കാൾ ബിന്ദുവിലേക്കുള്ള ദൂരം കൂടുതലായിരിക്കുമ്പോൾ മാത്രമേ സമവാക്യം (1.38) ശരിയാവുകയുള്ളൂ. മൂലബിന്ദുവിലിരിക്കുന്ന ഒരു പോയിന്റ് ഡൈപോളിന്റെ കാര്യത്തിൽ ഏതു ദൂരത്തിനും (1.38) ശരിയാണ്.

വിവിധ നിലകൾ

നില (i) ബിന്ദു P ഡൈപോളിന്റെ അക്ഷത്തിൽ $+q$ ന്റെ വശത്താണെങ്കിൽ $\theta = 0$

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

നില (ii) ബിന്ദു P, $-q$ ന്റെ വശത്താണെങ്കിൽ $\theta = 180^\circ$

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

നില (iii) ഡൈപോളിന്റെ മദ്ധ്യരേഖാബിന്ദു P ആണെങ്കിൽ $\theta = 90^\circ$.

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

കുറിപ്പ്

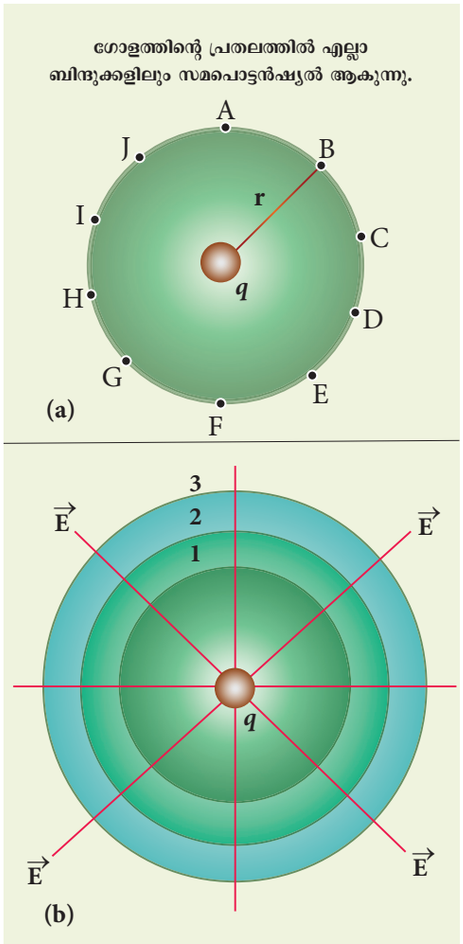
വൈദ്യുത ഡൈപോളിന്റെ വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ $\frac{1}{r^2}$ ന് അനുസൃതമായി കുറയുന്നു. അതേ സമയം പോയിന്റ് ചാർജ്ജിന്റെ വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ $\frac{1}{r}$ ന് അനുസൃതമായി കുറയുന്നു. ഒരു പോയിന്റ് ചാർജ്ജിനേക്കാൾ വൈദ്യുത ഡൈപോളിന്റെ വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ വളരെ വേഗത്തിൽ കുറയുന്നു. എന്തുകൊണ്ടെന്നാൽ ഡൈപോളിൽ നിന്നും ദൂരം കൂടുന്തോറും പോസിറ്റീവ് മറ്റും നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജിന്റെ ഫലങ്ങൾ ഒന്നിനൊന്ന് നിർവീര്യമാകുന്നു.

1.5.4 സമപൊട്ടൻഷ്യൽ പ്രതലങ്ങൾ

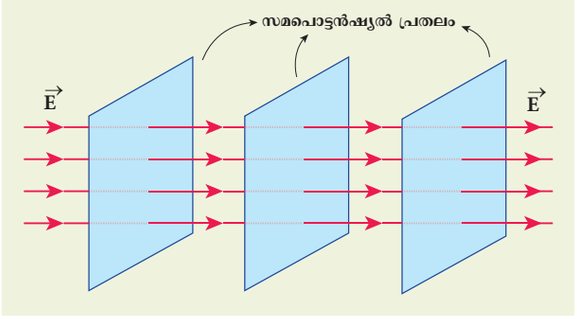
സ്പെയിസിൽ ഒരു ബിന്ദുവിൽ വച്ചിട്ടുള്ള പോയിന്റ് ചാർജ്ജ് q കേന്ദ്രമായും r വ്യാസാർദ്ധവുമുള്ള ഒരു സങ്കൽപ്പ ഗോളത്തെ കരുതുക. (ചിത്രം 1.26(a)) ഈ ഗോളത്തിന്റെ പ്രതലത്തിലുള്ള എല്ലാ ബിന്ദുവിലും വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ സമമായിരിക്കും. ഇത്തരം പ്രതലത്തെ സമ പൊട്ടൻഷ്യൽ പ്രതലം എന്നുപറയുന്നു.

ഒരു പ്രതലത്തിലെ എല്ലാ ബിന്ദുക്കളിലും ഒരേ പൊട്ടൻഷ്യൽ അനുഭവപ്പെടുകയാണെങ്കിൽ അത്തരം പ്രതലത്തെ സമപൊട്ടൻഷ്യൽ പ്രതലം എന്നുവിളിക്കുന്നു. (ചിത്രം 1.26 a). ഒരു പോയിന്റ് ചാർജ്ജി ന്റെ സമപൊട്ടൻഷ്യൽ പ്രതലങ്ങൾ ഏകകേന്ദ്ര ഗോളീയ പ്രതലങ്ങൾ

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 31 2/14/2023 12:10:03 PM



ചിത്രം 1.26 ഒരു പോയിന്റ് ചാർജ്ജിന്റെ സമപൊട്ടൻഷ്യൽ പ്രതലം



ചിത്രം 1.27 ഏകീകൃത വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന്റെ സമ പൊട്ടൻഷ്യൽ പ്രതലം

ആണെങ്കിലും ഓരോ ഗോളീയ പ്രതലത്തിനും വ്യത്യസ്ത പൊട്ടൻഷ്യൽ ആയിരിക്കും.

സമവൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന് ലംബമായ തലങ്ങൾ സമപൊട്ടൻഷ്യൽ പ്രതലങ്ങളായിരിക്കും. $\vec{E}$. ഇത് ചിത്രം 1.27 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഗുണങ്ങൾ

(i) q ചാർജ്ജിനെ A മറ്റും B ബിന്ദുവിനിടയിലൂടെ ചലിപ്പിക്കാൻ ചെയ്യുന്ന പ്രവൃത്തി $W = q (V_B - V_A)$. A, B ബിന്ദുക്കൾ സമപൊട്ടൻഷ്യൽ പ്രതലത്തിലാണെങ്കിൽ പ്രവൃത്തി പൂജ്യം ആണ് $V_A = V_B$.

(ii) സമപൊട്ടൻഷ്യൽ പ്രതലത്തിന് ലംബമായി വൈദ്യുതമണ്ഡലം കാണപ്പെടുന്നു. ലംബമല്ലെങ്കിൽ സമാന്തരമായിരിക്കും. ആയതിനാൽ ആ പ്രതലത്തിലെ രണ്ട് ബിന്ദുവിനിടയിലൂടെ ഒരു ചാർജ്ജിനെ ചലിപ്പിക്കാൻ പ്രവൃത്തി ചെയ്യേണ്ടതുണ്ട്. ഇത് ഒരു വൈരുദ്ധ്യമാണ്. ആയതിനാൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലം എല്ലായ്പ്പോഴും സമപൊട്ടൻഷ്യൽ പ്രതലത്തിന് ലംബമായിരിക്കേണ്ടതുണ്ട്.

1.5.5 വൈദ്യുതമണ്ഡലവും പൊട്ടൻഷ്യലും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം

മൂലബിന്ദുവിൽ q പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജ് വച്ചിട്ടുള്ളതായി കരുതുക. വൈദ്യുതമണ്ഡലം E ൽ ഒരു യൂണിറ്റ് പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജിനെ dx ദൂരം ചലിപ്പിക്കാനാവശ്യമായ പ്രവൃത്തി.$dW = -E\,dx$. ഇവിടെ (-) വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിനെതിരായി പ്രവൃത്തി ചെയ്യുന്നതിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഈ പ്രവൃത്തി വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസത്തിന് സമമായിരിക്കും,

$$dW = dV.$$

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

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

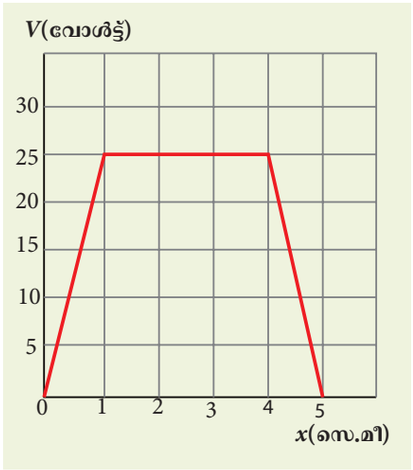
വൈദ്യുതമണ്ഡലം വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യലിന്റെ എതിർചരിവുമാനത്തിന് സമമായിരിക്കും,

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

ഉദാഹരണം 1.14

താഴെ കാണിക്കുന്ന ചിത്രത്തിൽ വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യലിനെ x – ന്റെ ഫംഗ്ഷനായി ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം x ന്റെ ഫംഗ്ഷനായി വരയുക.

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 32 2/14/2023 12:10:04 PM



പരിഹാരം

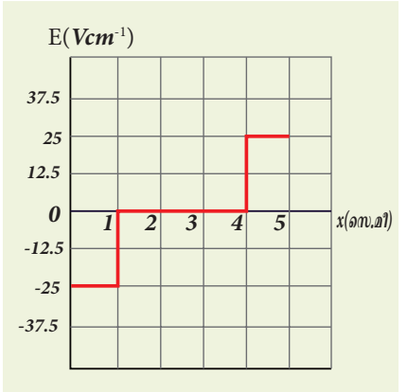
തന്നിരിക്കുന്ന പ്രശ്നത്തിൽ പൊട്ടൻഷ്യൽ x നെ മാത്രം ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. $\vec{E} = -\frac{dV}{dx}\hat{i}$ (മറ്റു രണ്ട് ഘടകങ്ങളും $\frac{\partial V}{\partial y}$ and $\frac{\partial V}{\partial z}$ പൂജ്യമാകുന്നു)

0 -ൽ നിന്ന് 1 സെ.മി. വരെ (ചരിവ് സ്ഥിരമായിരിക്കും) $\frac{dV}{dx} = 25\,\mathrm{V\,cm^{-1}}$. അതുകൊണ്ട് $\vec{E} = -25\,\mathrm{V\,cm^{-1}}\,\hat{i}$

1 മുതൽ 4 സെ.മി. വരെ പൊട്ടൻഷ്യൽ സ്ഥിരമായി, V = 25 V. ആയതിനാൽ $\frac{dV}{dx} = 0$. അതുകൊണ്ട് $\vec{E} = 0$

4 മുതൽ 5 cm വരെ ചരിവ് $\frac{dV}{dx} = -25\,\mathrm{V\,cm^{-1}}$. $\vec{E} = +25\,\mathrm{V\,cm^{-1}}\,\hat{i}$.

x അക്ഷത്തിൽ വ്യത്യസ്ത ബിന്ദുക്കളിലുള്ള വൈദ്യുതമണ്ഡലം താഴെ തന്നിട്ടുള്ള ചിത്രത്തിൽ ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു.



1.5.6 ചാർജ്ജ് വ്യൂഹത്തിന്റെ സ്ഥിരവൈദ്യുതോർജ്ജം

പോയിന്റ് ചാർജ്ജ് q_1 ൽ നിന്ന് r അകലത്തിലുള്ള ഒരു ബിന്ദുവിൽ വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ

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

ഈ പൊട്ടൻഷ്യൽ V ഒരു യൂണിറ്റ് പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജിനെ അനന്തതയിൽ നിന്ന് ആ ബിന്ദുവിലേക്ക് കൊണ്ടുവരുന്നതിന് ആവശ്യമായ പ്രവൃത്തിയാണ്. q_2 ചാർജ്ജിനെ അനന്തതയിൽ നിന്നും q_1 ചാർജ്ജിലിരുന്ന് r ദൂരത്തിലുള്ള ഒരു ബിന്ദുവിൽ കൊണ്ടുവരാനാവശ്യമായ പ്രവൃത്തി q_2 ന്റെയും ആ ബിന്ദുവിലെ വൈദ്യുതപൊട്ടൻഷ്യലിന്റെയും ഗുണനഫലത്തിന് സമമാണ്.

$$W = q_2 V$$

ഈ പ്രവൃത്തി r ദൂരത്തിൽ അകന്നിരിക്കുന്ന q_1, q_2 ചാർജ്ജ് വ്യൂഹത്തിൽ സ്ഥിതവൈദ്യുത ഊർജ്ജമായി U ശേഖരിക്കുന്നു.

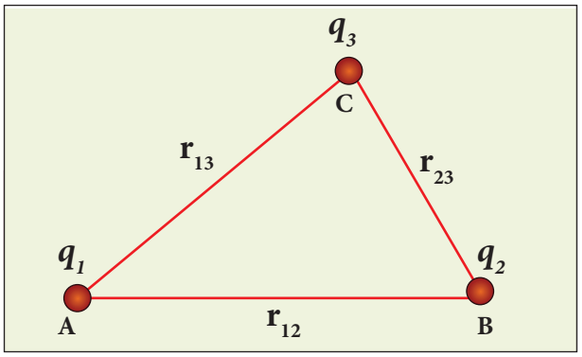
$$U = q_2 V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r} \qquad (1.45)$$

സ്ഥിതവൈദ്യുതോർജ്ജം രണ്ട് ചാർജ്ജുകൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരത്തിനെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. q_1 സ്ഥിരമായും q_2 വിനെ അനന്തതയിലിരുന്ന് കൊണ്ടുവരുന്നതും സമവാക്യം (1.45)-ൽ സാധൂകരിച്ചിരിക്കുന്നു. q_2 സ്ഥിരമായി വച്ച് q_1 നെ അനന്തതയിലിരുന്ന് കൊണ്ടുവന്നാലും അല്ലെങ്കിൽ q_1 , q_2 രണ്ടിനെയും അനന്തതയിലിരുന്നു r ദൂരത്തിൽ കൊണ്ടുവന്നാലും സമവാക്യം (1.45) അനുയോജ്യമായതാണ്.

മൂന്നു ചാർജ്ജുകൾ ചുവടെ തന്നിരിക്കുന്ന ചിത്രത്തിൽ (1.28) കാണിച്ചിരിക്കുന്നതപോലെ വിന്യാസപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു.

മൊത്ത സ്ഥിതവൈദ്യുതോർജ്ജം കണക്കാക്കുന്നതിന് താഴെ പറയുന്ന രീതി പിൻതുടരാം. ചാർജ്ജുകൾ ഓരോന്നും ചിത്രത്തിൽ കാണുന്നപോലെ വിന്യാസപ്പെടുത്താം. ചിത്രം 1.28 ചാർജ്ജ് വ്യൂഹത്തിന്റെ സ്ഥിതവൈദ്യുതോർജ്ജം

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 33 2/14/2023 12:10:07 PM



ചിത്രം 1.28 ചാർജ്ജ് വ്യാഹത്തിന്റെ സ്ഥിര വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ

(i) q_1 ചാർജ്ജിനെ അനന്തതയിൽ നിന്നും A ബിന്ദുവിൽ കൊണ്ടുവരുന്നതിന് പ്രവൃത്തി ചെയ്യേണ്ട ആവശ്യമില്ല. എന്തെന്നാൽ q_1 ചാർജ്ജിന്റെ സമീപത്ത് മറ്റു ചാർജ്ജുകൾ ഒന്നും തന്നെ ഇല്ല.

(ii) q_2 എന്ന രണ്ടാമത്തെ ചാർജ്ജിനെ B ബിന്ദുവിൽ കൊണ്ടുവരുന്നതിന് q_1 ചാർജ്ജിന്റെ വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന് വിപരീതമായി പ്രവൃത്തി ചെയ്യപ്പെടുന്നു. q_2 ചാർജ്ജിൽ ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രവൃത്തി. $W = q_2\ V_{1B}$ ഇവിടെ V_{1B} എന്നത് B ബിന്ദുവിൽ q_1 ചാർജ്ജിനാലുണ്ടാകുന്ന സ്ഥിതവൈദ്യുതോർജ്ജമാകുന്നു.

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

ഈ സമവാക്യം q_2 നെ ആദ്യവും q_1 പിന്നീട് കൊണ്ടുവന്നിരുന്നാലും സമമായിരിക്കും.

(iii) ഇതുപോലെ ചാർജ്ജ് q_3 യെ C ബിന്ദുവിൽ കൊണ്ടുവരുന്നതിന് q_1 മറ്റും q_2 ചാർജ്ജിന്റെ മൊത്ത വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന് വിപരീതമായി പ്രവൃത്തി ചെയ്യപ്പെടുന്നു. അതുകൊണ്ട് q_3 ചാർജ്ജിനെ കൊണ്ടുവരുന്നതിന് ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രവൃത്തി $W = q_3\ (V_{1C} + V_{2C})$. ഇവിടെ V_{1C} എന്നത് C ബിന്ദുവിൽ q_1 ചാർജ്ജിനാലുണ്ടാകുന്ന സ്ഥിത വൈദ്യുതോർജ്ജവും V_{2C} എന്നത് C ബിന്ദുവിൽ q_2 ചാർജ്ജിനാലുണ്ടാകുന്ന സ്ഥിതവൈദ്യുതോർജ്ജവുമാകുന്നു.

സ്ഥിതവൈദ്യുതോർജ്ജം

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

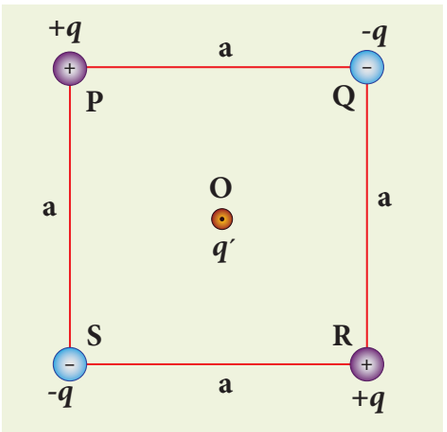
(iv) സമവാക്യം (1.46) (1.47) കൂട്ടിയാൽ q_1, q_2, q_3 ചേർന്ന ചാർജ്ജു വ്യൂഹത്തിന്റെ മൊത്ത സ്ഥിത വൈദ്യുതോർജ്ജം ലഭിക്കുന്നു. $U = U_I + U_{II}$

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

ഈ ശേഖരിക്കപ്പെട്ട സ്ഥിതികോർജ്ജം U തന്നിരിക്കുന്ന സ്ഥാനത്ത് ഈ ചാർജ്ജുകളെ സ്ഥാപിക്കാൻ ആവശ്യമായ മൊത്ത ബാഹ്യ പ്രവൃത്തിയ്ക്ക് സമമാണ്. സമവാക്യം 1 (48) പോയിന്റു ചാർജ്ജുകളുടെ വിന്യാസത്തിന് ബാധകമാകത്തക്കവിധത്തിൽ സമാനവത്കരിക്കാൻ കഴിയും. കുളുംബ് ബലം ഒരു യാഥാസ്ഥിതികബലമായതിനാൽ സ്ഥിതവൈദ്യുതോർജ്ജം ചാർജ്ജ് വിന്യാസം നിർമ്മിക്കാനുപയോഗിച്ച രീതിയെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല.

ഉദാഹരണം 1.15

ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ a വശമുള്ള ഒരു സമചതുരം $PQRS$ ന്റെ മൂലകളിലായി 4 ചാർജ്ജുകൾ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. (a) ഈ 4 ചാർജ്ജുകളെയും തന്നിരിക്കുന്ന ക്രമീകരണത്തിൽ വിന്യസിപ്പിക്കാനാവശ്യമായ പ്രവൃത്തി കാണുക. (b) ഈ 4 ചാർജ്ജുകളെയും അതേ മൂലകളിൽ സ്ഥാപിച്ചുകൊണ്ട് q' എന്ന ചാർജ്ജിനെ ചതുരത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിൽ കൊണ്ടുവരാനാവശ്യമായ പ്രവൃത്തി കാണുക



പരിഹാരം

(a) ചതുരത്തിന്റെ മൂലകളിൽ ചാർജ്ജിനെ ക്രമീകരിക്കാനാവശ്യമായ പ്രവൃത്തി അത് വിന്യസിപ്പിക്കുന്ന രീതിയെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല.

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 34 2/14/2023 12:10:09 PM

(i) ആദ്യമായി ചാർജ്ജ് $+q$ നെ P മൂലയിൽ കൊണ്ടുവരിക ഇതിനായി പ്രവൃത്തി ആവശ്യമില്ല. എന്തെന്നാൽ അവിടെ നേരത്തെ ഒരു ചാർജ്ജും ഇല്ല, $W_P = 0$

(ii) $-q$ ചാർജ്ജിനെ Q മൂലയിൽ കൊണ്ടുവരാൻ ആവശ്യമായ പ്രവൃത്തി = $(-q) \times$ Q ബിന്ദുവിൽ P ബിന്ദുവിലുള്ള $+q$ ചാർജ്ജിനാലുണ്ടാകുന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ

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

(iii) $+q$ ചാർജ്ജിനെ R മൂലയിൽ കൊണ്ടുവരാൻ ആവശ്യമായ പ്രവൃത്തി = $q \times$ P മറ്റും Q ബിന്ദുവിലെ ചാർജ്ജുകളാൽ R ൽ ഏർപ്പെടുന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ

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

(iv) നാലാമത്തെ ചാർജ്ജ് $-q$ നെ S ൽ കൊണ്ടുവരാൻ ആവശ്യമായ പ്രവൃത്തി S = $q \times$ P, Q മറ്റും R ബിന്ദുവിലെ ചാർജ്ജുകളാൽ S ബിന്ദുവിലുണ്ടാകുന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ

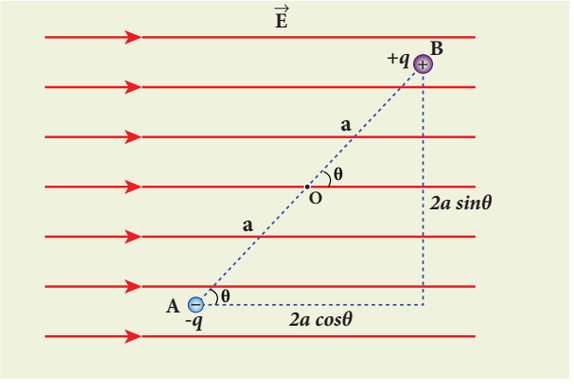
$$W_S = -q \times \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\left(\frac{q}{a} + \frac{q}{a} - \frac{q}{\sqrt{2}a}\right)$$
$$W_S = -\frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q^2}{a}\left(2 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$$

(b) q' ചാർജ്ജിനെ ചതുരത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിൽ കൊണ്ടുവരാൻ ആവശ്യമായ പ്രവൃത്തി = $q' \times 4$ മൂലകളിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന നാല് ചാർജ്ജുകളാലും കേന്ദ്രത്തിൽ ഏർപ്പെടുന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ. രണ്ട് $+q$ ചാർജ്ജുകളാലും ഉണ്ടാകുന്ന പൊട്ടൻഷ്യലിനെ എതിർമൂലകളിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന $-q$ ചാർജ്ജുകൾ ഉണ്ടാകുന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ നിർവീര്യമാക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട് O കേന്ദ്രത്തിൽ മൂലകളിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന മൊത്ത ചാർജ്ജുകളാൽ ഏർപ്പെടുന്ന വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ പൂജ്യമാകുന്നു.

ആയതിനാൽ O കേന്ദ്രബിന്ദുവിലേക്ക് ഏത് ചാർജ്ജിനെ കൊണ്ടുവരുന്നതിനും പ്രവൃത്തി ചെയ്യേണ്ടതില്ല. ഭൗതീകമായി ഏതൊരു ചാർജ്ജ് q' ന് അരുകിൽ കൊണ്ടുവന്നാലും അത് ബാഹ്യ ബലം കൂടാതെ തന്നെ O യിലോട്ട് ചലിക്കുന്നു.

1.5.7 സമവൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിലെ സ്ഥിതവൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ

ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഒരു ഡൈപോൾ സമവൈദ്യുതമണ്ഡലം $\vec{E}$ വച്ചിട്ടുള്ളതായി കരുതുക. ഡൈപോളിനെ സമവൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിൽ വയ്ക്കുമ്പോൾ ഒരു ടോർക്ക് അനുഭവപ്പെടുന്നു. ഈ ടോർക്ക് ഡൈപോളിനെ വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ ദിശയിലാക്കാൻ ശ്രമിക്കുന്നു. ഡൈപോളിനെ ഒരു സ്ഥിര കോണീയ പ്രവേഗത്തിൽ ആരംഭകോൺ θ' ൽ നിന്ന് θ കോൺ വൈദ്യുതമണ്ഡലം പ്രയോഗിക്കുന്ന ടോർക്കിന് വിപരീതമായി ചുറ്റുന്നതിന് ഡൈപോളിൽ തുല്യവും വിപരീതവുമായ ഒരു ബാഹ്യടോർക്ക് പ്രയോഗിക്കപ്പെടേണ്ടതായിട്ടുണ്ട്.



ചിത്രം 1.29 സമവൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിലുള്ള വൈദ്യുത ഡൈപോൾ

ഡൈപോളിനെ സ്ഥിര കോണീയ പ്രവേഗത്തിൽ θ' കോണിൽ നിന്ന് θ കോൺ ചുറ്റുന്നതിന് ബാഹ്യടോർക്കിനാൽ ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രവൃത്തി

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

ഇവിടെ ബാഹ്യ എന്നത് $\vec{\tau}_{\text{ബാഹ്യ}}$ $\vec{\tau}_E = \vec{p} \times \vec{E}$, ന് തുല്യവും വിപരീതവുമായിരിക്കും

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 35 2/14/2023 12:10:11 PM

$$\left|\vec{\tau}_{\text{ബാഹ്യ}}\right| = \left|\vec{\tau}_E\right| = \left|\vec{p}\cdot\ \vec{E}\right| \qquad (1.50)$$

സമവാക്യം (1.50) യെ സമവാക്യം (1.49)-ൽ പ്രസ്താവിച്ചാൽ

$$W = \int_{\theta'}^{\theta} pE\sin\theta\, d\theta$$
$$W = pE\left(\cos\theta' - \cos\theta\right)$$

ഈ പ്രവൃത്തി θ മറ്റും θ' കോണീയ സ്ഥാനങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസത്തിന് സമമാകുന്നു

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

ആരംഭകോൺ $\theta' = 90^\circ$ യെ സൂചകബിന്ദുവായി എടുത്താൽ $U\left(\theta'\right) = pE\cos 90^\circ = 0$.

സമവൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിൽ വച്ചിട്ടുള്ള ഒരു ഡൈപോൾ വ്യൂഹത്തിൽ ശേഖരിക്കപ്പെടുന്ന സ്ഥിതികോർജ്ജം

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

p യും E യും കൂടാതെ സ്ഥിതികോർജ്ജം ബാഹ്യമണ്ഡലത്തിനനുസൃതമായ വൈദ്യുത ഡൈപോളിന്റെ വിന്യാസം θ യെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഡൈപോൾ ബാഹ്യമണ്ഡലത്തിന് അസമാന്തരമായി വിന്യസിക്കുകയാണെങ്കിൽ ($\theta = \pi$) സ്ഥിതികോർജ്ജം പരമാവധി അളവിലും ബാഹ്യമണ്ഡലത്തിന് സമാന്തരമാണെങ്കിൽ ($\theta = 0$) സ്ഥിതികോർജ്ജം വളരെ കുറവും ആയിരിക്കും.

ഉദാഹരണം 1.16

ഒരു ജലതന്മാത്രയുടെ വൈദ്യുതഡൈപോൾ മൊമന്റ് 6.3×10^{-30} Cm ഒരു മാതൃകയിൽ 10^{22} ജലതന്മാത്രകളാണുള്ളത്. എല്ലാ തന്മാത്രകളുടെയും ഡൈപോൾ മൊമന്റ് ബാഹ്യവൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന് സമാന്തരമായിരിക്കുന്നവിധം ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. ബാഹ്യ വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ അളവ് 3×10^5 N C^{-1} എങ്കിൽ ജലതന്മാത്രകളെ $\theta = 0^\circ$ ൽ നിന്നും 90° കറക്കുന്നതിനാവശ്യമായ പ്രവൃത്തി കണക്കാക്കുക?

പരിഹാരം

ജലതന്മാത്രകൾ ബാഹ്യവൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന്റെ ദിശയിൽ ക്രമീകരിക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ സ്ഥിതികോർജ്ജം വളരെ കുറഞ്ഞ അളവിലെത്തുന്നു. ഡൈപോളിനെ $\theta = 0^\circ$ ൽ നിന്നു 90° കറക്കുന്നതിനാവശ്യമായ പ്രവൃത്തി ഈ രണ്ട് ക്രമീകരണങ്ങൾക്കുമിടയിലുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസത്തിന് സമമാകുന്നു.

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

സമീകരണം (1.51)ൽ നിന്ന്, $U = -pE\cos\theta$, എന്നെഴുതാം. അടുത്ത് ജലതന്മാത്രകളെ $\theta = 0^\circ$ ൽ നിന്ന് 90° വരെ കറക്കുന്നതിനാവശ്യമായ പ്രവൃത്തി കണക്കാക്കാം.

ഒരു ജലതന്മാത്രയ്ക്ക്

$$W = -pE\cos 90^\circ + pE\cos 0^\circ = pE$$
$$W = 6.3\times10^{-30}\times3\times10^{5} = 18.9\times10^{-25}\,\text{J}$$

10^{22} ജലതന്മാത്രയ്ക്കുള്ള ആകെ പ്രവൃത്തി

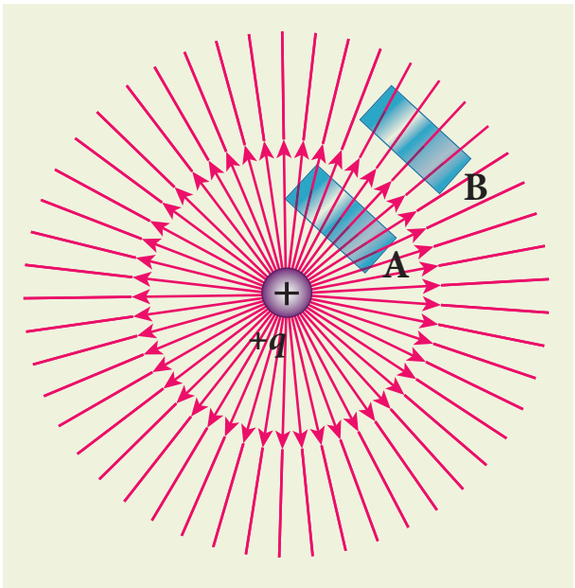
$$W_{tot} = 18.9\times10^{-25}\times10^{22} = 18.9\times10^{-3}\,\text{J}$$

1.6 ഗോസ്സ് നിയമവും അതിന്റെ പ്രായോഗികതയും

1.6.1 വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ്

വൈദ്യുതമണ്ഡലരേഖകൾക്ക് ലംബമായ പരപ്പ് വഴി കടന്നുചെല്ലുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലരേഖകളുടെ എണ്ണത്തിന് വൈദ്യുതഫ്ളക്സ് എന്നു പറയുന്നു. ഗ്രീക്ക് അക്ഷരമായ Φ_E . ഉപയോഗിച്ച് ഇതിനെ കുറിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ മാത്ര N m^2 C^{-1} ആകുന്നു. വൈദ്യുതഫ്ളക്സ് ഒരു അദിശ അളവാകുന്നു. ഇത് പോസിറ്റീവോ, നെഗറ്റീവോ ആയിരിക്കും. ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചിത്രത്തിൽ നിന്നും വൈദ്യുതഫ്ളക്സ് ലളിതമായി മനസ്സിലാക്കാം.

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 36 2/14/2023 12:10:14 PM



ചിത്രം 1.30 വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ്

ഒരു പോയിന്റ് ചാർജ്ജിന്റെവൈദ്യുതമണ്ഡലം ചിത്രത്തിൽ വരച്ചിരിക്കുന്നു A മറ്റും B ഭാഗത്തെ മണ്ഡലത്തിന് ലംബമായി വച്ചിട്ടുള്ള 2 ദീർഘ ചതുര പരപ്പുകളെ കരുതുക. ഈ രണ്ട് പരപ്പും ഒരേ വിസ്തീർണ്ണമായതിനാൽ A ഭാഗത്തെ കടന്നുചെല്ലും വൈദ്യുതമണ്ഡല രേഖകളുടെ എണ്ണം ഭാഗം B യിലുള്ള ദീർഘചതുരത്തെ കടന്നുചെല്ലുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡല രേഖകളെക്കാൾ അധികമായിരിക്കും. ദൂരം അധികരിക്കുന്തോറും ഒരു പോയിന്റ് ചാർജ്ജിന്റെ മണ്ഡല തീവ്രത കുറയുന്നതുപോലെ തന്നെ ദൂരം അധികരിക്കുന്തോറും വൈദ്യുത ഫ്ളക്സും കുറയുന്നു. ഇതുവരെയുള്ള വിവരണങ്ങൾ വൈദ്യുത ഫ്ളക്സിനെ കുറിച്ചുള്ള നിലവാരമുള്ള ആശയം നൽകുന്നു. എന്നിരുന്നാലും വൈദ്യുത ഫ്ളക്സിനെക്കുറിച്ചുള്ള വ്യക്തമായ നിർവ്വചനം ആവശ്യമാണ്.

സമവൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിലെ വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ്

സ്പെയ്സിലെ ഒരു ഭാഗത്തുള്ള ഒരു സമ വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തെ കരുതുക. ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ വൈദ്യുത മണ്ഡല രേഖകൾക്ക് ലംബമായ ഒരു പരപ്പിനെതിരഞ്ഞെടുക്കുക. ഈ നിലയ്ക്കുള്ള വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ്

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

ചിത്രത്തിൽ കാണുന്നതുപോലെ ഇതേ പരപ്പ് A സമവൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന് സമാന്തരമാണെങ്കിൽ A വഴി വൈദ്യുതമണ്ഡല രേഖകൾ ഒന്നും തന്നെ കടന്നുപോകുന്നില്ല. ഈ നിലയിൽ വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ് പൂജ്യമാകുന്നു.

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

വൈദ്യുതമണ്ഡലം പരപ്പുമായി θ കോണത്തിൽ വയ്ക്കപ്പെട്ടാൽ പരപ്പിന് ലംബമായ ദിശയിൽ ഉള്ള വൈദ്യുതമണ്ഡലഘടകം മാത്രമേ വൈദ്യുതഫ്ളക്സ്ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നുള്ളൂ.പരപ്പിന് സമാന്തരമായ ദിശയിൽ ഉള്ള വൈദ്യുതമണ്ഡല ഘടകങ്ങൾ വൈദ്യുതഫ്ളക്സ് ഉണ്ടാക്കുന്നില്ല. ഇത് ചിത്രം 1.31 (c).യിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ നിലയിൽ വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ്

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

θ എന്നത് വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിനും പരപ്പിന് ലംബമായ ദിശയ്ക്കും ഇടയിലുള്ള കോൺ ആകുന്നു. പൊതുവായി സമവൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിൽ വൈദ്യുതഫ്ളക്സിന്റെ നിർവചനം.

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

ഇവിടെ $\vec{A}$ എന്നത് പരപ്പ് ദിശമാകുന്നു $\vec{A} = A\hat{n}$ ഇതിന്റെ അളവ് A യ്ക്ക് സമവും, ദിശ ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ പരപ്പിന് ലംബമായ ഏകസദിശം $\hat{n}$ ന്റെ ദിശയിലുമായിരിക്കും. ഫ്ളക്സിന്റെ നിർവ്വചനം ഉപയോഗിച്ച് $\Phi_E = \vec{E}\cdot\vec{A}$ സമീകരണം (1.53), (1.54) വ്യത്യസ്തനിലയിൽ രൂപീകരിക്കാം..

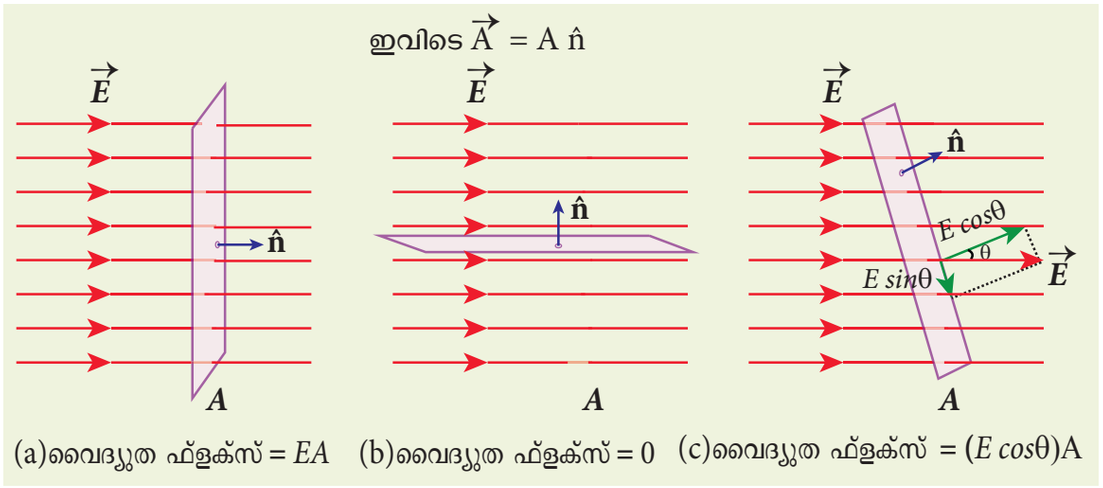
ചിത്രം 1.31 (a), $\theta = 0^o$. അതുകൊണ്ട്,

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

ചിത്രം 1.31 (b), $\theta = 90^o$. എങ്കിൽ,

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

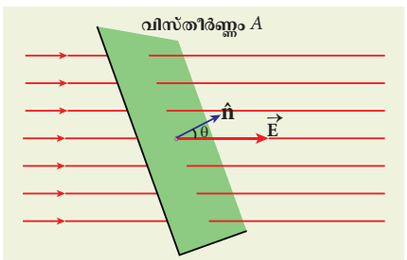
Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 37 2/14/2023 12:10:15 PM



ചിത്രം 1.31 ഏകീകൃത വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിലെ വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ്

ഉദാഹരണം 1.17

5 സെ.മി. ഉം 10 സെ.മി. വശങ്ങളുള്ള 100 NC^{-1} സമവൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിൽ വച്ചിട്ടുള്ള ദീർഘ ചതുരം വഴി കടന്നുചെല്ലുന്ന വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ് കണക്കാക്കുക. കോൺ 60° ആകുന്നു. θ ആകുമ്പോൾ വൈദ്യുതഫ്ളക്സ് കാണുക?



പരിഹാരം

ദീർഘചതുര പരപ്പിലൂടെ ചെല്ലുന്ന വൈദ്യുതഫ്ളക്സ്

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

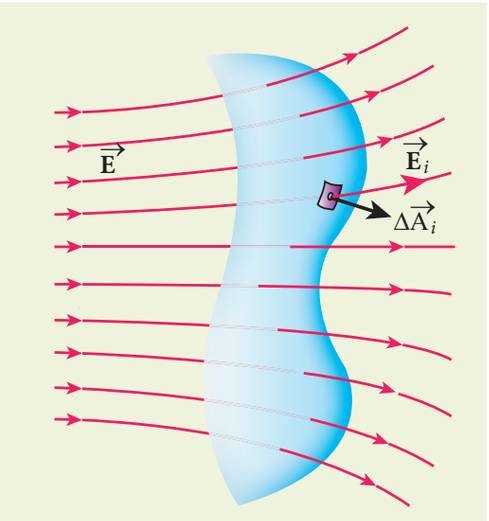
$\theta = 0^{o}$, ആണെങ്കിൽ

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

സമമല്ലാത്ത വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിലെ ഏതെങ്കിലും ഒരു പരപ്പുവഴി ചെല്ലുന്ന വൈദ്യുത ഫ്ളെക്സ്

വൈദ്യുതമണ്ഡലം സമമല്ലെന്നും പരപ്പ് (വിസ്തീർണ്ണം) നിരപ്പായ പ്രതലമല്ലെന്നും കരുതുക. (ചിത്രം 1.32). ഇതിന്റെ മൊത്ത വിസ്തീർണ്ണവും ഏകദേശം നിരപ്പായ പ്രതലങ്ങളായ $\Delta\vec{A}_1, \Delta\vec{A}_2, \Delta\vec{A}_3 \ldots\ldots \Delta\vec{A}_n$ തുടങ്ങിയ ചെറിയ വിസ്തീർണ്ണഘടകങ്ങളായി പിരിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ ഓരോ വിസ്തീർണ്ണഘടകവും സമമായ വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിലാണെന്ന് കരുതുക.

മൊത്ത വിസ്തീർണ്ണത്തിലുമുള്ള A വൈദ്യുത ഫ്ളക്സിന്റെ അളവ്



ചിത്രം 1.32 സമമല്ലാത്ത വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിലെ വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ്

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 38 2/14/2023 12:10:17 PM

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

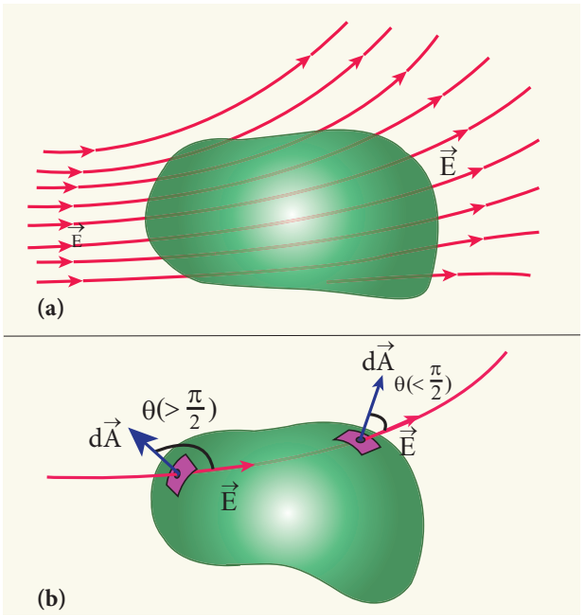
(മൊത്ത i യ്ക്കും) $\Delta\vec{A}_i \to 0$ എന്ന പരിധിയിലാണെങ്കിൽ സമീകരണം (1.56) സങ്കലന വ്യവഹാരം സമാകലനത്തിലേക്ക് വഴിമാറുന്നു. മൊത്ത വിസ്തീർണ്ണത്തിലുമുള്ള മൊത്ത വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ്

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

ഒരു നിശ്ചിത പ്രതലത്തിന്റെ വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ് എന്നത് ഉപരിതലത്തിലൂടെ ചെല്ലും വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തെയും, വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിനനുസരിച്ചുള്ള പ്രതലത്തിന്റെ ക്രമീകരണത്തിനെയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു എന്നു സമീകരണം (1.57)-ൽ നിന്നും വ്യക്തമാകുന്നു.

1.6.2 ഒരു അടഞ്ഞ പ്രതലത്തിലെ വൈദ്യുതഫ്ളക്സ്

കഴിഞ്ഞഭാഗത്ത് ഏതെങ്കിലും ഒരു വളഞ്ഞ പ്രതലത്തിലെ വൈദ്യുത ഫ്ളക്സിനെ കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കപ്പെട്ടു. ചിത്രം 1.33 (a) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഈ അടഞ്ഞ പ്രതലം ഒരു സമമല്ലാത്ത വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിലാണെന്നിരിക്കട്ടെ.



ചിത്രം 1.33 ഒരു അടഞ്ഞ പ്രതലത്തിലെ വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ്

സമമില്ലാത്ത വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിലെ ആകെ വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ്

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

ഈ അടഞ്ഞ പ്രതലത്തിലെ മൊത്ത വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ് .....(1.58) സമീകരണം (1.57) ഉം (1.58) ഉം തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. സമീകരണം (1.58) ൽ ഉപയോഗിച്ചിട്ടുള്ള സമാകലനം ഒരു അടഞ്ഞ പ്രതലം അല്ലെങ്കിൽ ഒരു അടഞ്ഞ പരപ്പിന്റെ സമാകലനമാകുന്നു. മാത്രമല്ല അതിലെ ഓരോ വിസ്തീർണ്ണ (പരപ്പ്) ഘടകങ്ങളും പുറത്തോട്ടുള്ള ലംബരേഖ $d\vec{A}$ ന്റെ ദിശയിലായിരിക്കും (ചിത്രം 1.33 (b)).

ഒരു അടഞ്ഞ പ്രതലത്തിലെ മൊത്ത വൈദ്യുതഫ്ളക്സും പോസിറ്റീവോ, നെഗറ്റീവോ അല്ലെങ്കിൽ പൂജ്യമോ ആയിരിക്കും. ചിത്രം 1.33(b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഒരു വിസ്തീർണ്ണ ഘടകത്തിന് $d\vec{A}$ നും $\vec{E}$ നും ഇടയിലുള്ള കോൺ 90° യെക്കാൾ കുറവാണെങ്കിൽ മൊത്ത വൈദ്യുതഫ്ളക്സും പോസിറ്റീവും മറ്റൊരു വിസ്തീർണ്ണഘടകത്തിന് $d\vec{A}$ നും $\vec{E}$ നും ഇടയിലുള്ള കോൺ 90° യെക്കാൾ കൂടുതലാണെങ്കിൽ മൊത്ത വൈദ്യുതഫ്ളക്സും നെഗറ്റീവും ആയിരിക്കും.

പൊതുവായി പറഞ്ഞാൽ വൈദ്യുത മണ്ഡല രേഖകൾ ഒരു അടഞ്ഞ പ്രതലത്തിന്റെ ഉൾവശത്തേക്ക് കടക്കുമ്പോൾ നെഗറ്റീവും അടഞ്ഞ പ്രതലത്തിന് പുറത്തു കടക്കുമ്പോൾ പോസിറ്റീവുമായിരിക്കും.

1.6.3 ഗോസ്സ് നിയമം

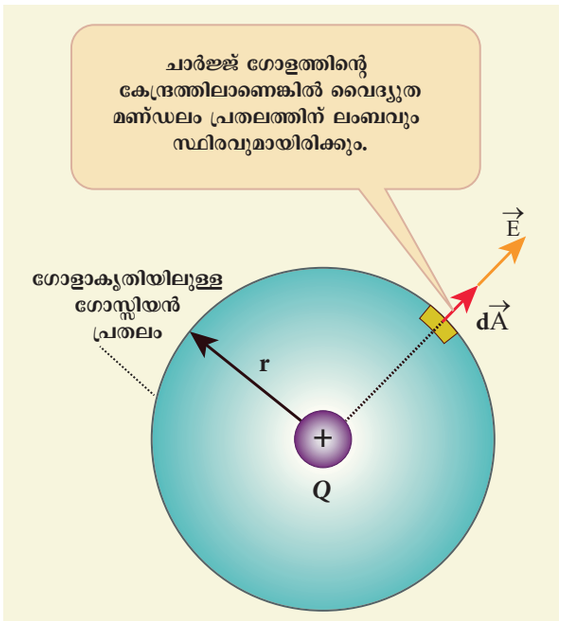
ചിത്രത്തിൽ കാണുന്നതുപോലെ Q ചാർജ്ജ് വഹിക്കുന്ന r ആരമുള്ള ഒരു ഗോളം സങ്കൽ ചിത്രം 1.34 പ്പിക്കുക. ചിത്രം 1.34 ഗോളത്തിന്റെ അടഞ്ഞ പ്രതലത്തിലൂടെ കടക്കുന്ന വൈദ്യുതഫ്ളക്സിനെ സമീകരണം (1.58) ഉപയോഗിച്ച് കണക്കാക്കാം.

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

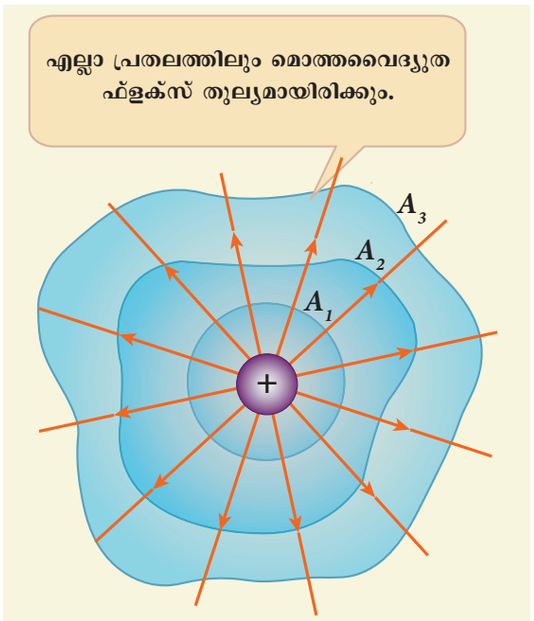
ഒരു പോയിന്റ് ചാർജ്ജിന്റെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം ഗോള ഉപരിതലത്തിന്റെ എല്ലാ ബിന്ദുക്കളിൽ നിന്നും പുറത്തോട്ടുള്ള ദിശയിലായിരിക്കും. ആയതിനാൽ പ്രതലഅംശത്തിന്റെ ദിശ $d\vec{A}$ വൈദ്യുത മണ്ഡലം $\vec{E}$ ന്റെ ദിശയിലായിരിക്കും. $\theta = 0^\circ$

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

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 39 2/14/2023 12:10:21 PM



ചിത്രം 1.34 പോയിന്റ് ചാർജ്ജിന്റെ ആകെ വൈദ്യുതഫ്ളക്സ്



ചിത്രം 1.35 അനിയന്ത്രിത ആകൃതിയിലുള്ള പ്രതലത്തിന്റെ ഗോസ്സ് നിയമം

ഗോളത്തിന്റെ പ്രതലത്തിൽ വൈദ്യുത മണ്ഡലം E സമമായിരിക്കും.,

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

$\oint dA = 4\pi r^2$ ഉം $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r^2}$ നെയും സമീകരണം (1.60)ൽ പ്രസ്താവിച്ചാൽ

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

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

സമീകരണം (1.61) നെ ഗോസ്സിയൻ നിയമം എന്നു വിളിക്കുന്നു. സമീകരണം (1.61) ൽ നിന്ന് ശ്രദ്ധേയമായതുപോലെ Q ചാർജ്ജ് ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ഏതാകൃതിയിലുള്ള പ്രതലത്തിനും (1.61) അനുയോജ്യമാണ്. A_1, A_2, A_3 തുടങ്ങിയ അടഞ്ഞ പ്രതലങ്ങളിലുള്ള ആകെ വൈദ്യുതഫ്ളക്സ് തുല്യമായിരിക്കുന്നത് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു (ചിത്രം 1.35).

Q ചാർജ്ജ് ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ഏതൊരു അടഞ്ഞ പ്രതലത്തിലെയും മൊത്ത വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ് Φ_E എന്നത്

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

ഇതാണ് ഗോസ്സ് നിയമത്തിന്റെ നിർവചനം. ഇവിടെ $Q_{\text{അടഞ്ഞത്}}$ എന്നുപറയുന്നത് ഒരു അടഞ്ഞ പ്രതലത്തിലെ ആകെ ചാർജ്ജാകുന്നു.

ഗോസ്സ് നിയമത്തിന്റെ വസ്തുതകൾ

(i) ഒരു അടഞ്ഞ പ്രതലത്തിലെ ആകെ വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ് ആ പ്രതലം ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ചാർജ്ജിനെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. പ്രതലത്തിന് ബാഹ്യഭാഗത്തുള്ള ചാർജ്ജുകൾ വൈദ്യുത ഫ്ളക്സിന് കാരണമാകുന്നില്ല. ചാർജ്ജ് ഉൾക്കൊള്ളുന്ന പ്രതലം ഏത് വലിപ്പമോ, ആകൃതിയിലോ ആയിരിക്കാം.

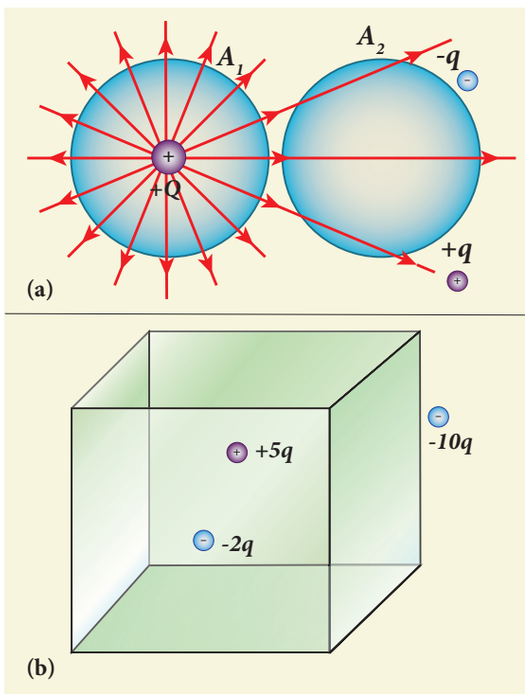
(ii) ആകെ വൈദ്യുതഫ്ളക്സ് എന്നത് ഒരിക്കലും പ്രതലത്തിനുള്ളിലുള്ള ചാർജ്ജിന്റെ സ്ഥാനത്തെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല.

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 40 2/14/2023 12:10:23 PM

(iii) ഗോസ്സ് നിയമം (1.62) ന്റെ പ്രയോഗത്തിനായി നാം പരിഗണിക്കുന്ന അടഞ്ഞ പ്രതലത്തെ ഗോസ്സിയൻ പ്രതലം എന്നുവിളിക്കുന്നു. ഗോസ്സിയൻ പ്രതലത്തിന്റെ ആകൃതി ചാർജ്ജ് ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്ന രീതിയെയും ചാർജ്ജ് ക്രമീകരണത്തിലുള്ള സമമിതിയുടെ തരത്തിനെയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ഒരു പോയിന്റ് ചാർജ്ജിന്റെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം ഗോളീയ സമമിതിയിലായിരിക്കും. അതുകൊണ്ട് ഗോളാകൃതിയിലുള്ള ഗോസ്സിയൻ പ്രതലത്തെ തിരഞ്ഞെടുക്കുന്നു. സിലിണ്ടറും സമതല ഗോസ്സിയൻ പ്രതലത്തെയും മറ്റു ചാർജ്ജ് ക്രമീകരണത്തിന് ഉപയോഗിക്കുന്നു.

(iv) സമീകരണം (1.62) ന്റെ ഇടതുഭാഗത്തുള്ള $\vec{E}$ എന്നത് ഗോസ്സിയൻ പ്രതലത്തിനും അകത്തും പുറത്തും ഉള്ള ചാർജ്ജിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തെ കുറിക്കുന്നു എങ്കിലും $Q_{\text{അടഞ്ഞത്}}$ ഗോസ്സിയൻ പ്രതലത്തിന്റെ ഉൾഭാഗത്തുള്ള ചാർജ്ജിനെ മാത്രം കുറിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 1.18



(i) ചിത്രം (a), ൽ അടഞ്ഞ പ്രതലം A_1 , A_2 ലുള്ള വൈദ്യുതഫ്ളക്സ് കണക്കാക്കുക.

(ii) ചിത്രം (b), ൽ നിന്ന് ക്യൂബിലുള്ള വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ് കണക്കാക്കുക.

പരിഹാരം

(i) ചിത്രം (a), ൽ പ്രതലം A_1, Qചാർജ്ജിനെ ഉൾക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നതിനാൽ A_1 എന്ന അടഞ്ഞ പ്രതലത്തിലെ വൈദ്യുതഫ്ളക്സ് $\frac{Q}{\epsilon_0}$. ആകുന്നു. പക്ഷേ പ്രതലം A_2 ചാർജ്ജുകൾ ഒന്നും തന്നെ ഉൾക്കൊള്ളുന്നില്ല. അതിനാൽ A_2 പ്രതലത്തിലെ ആകെ വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ് പൂജ്യമാകുന്നു.

(ii) ചിത്രം (b), ൽ ക്യൂബിനുള്ളിലെ മൊത്ത ചാർജ്ജ് $3q$ ആകുന്നു. ക്യൂബിലെ മൊത്ത വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ് $\Phi_E = \frac{3q}{\epsilon_0}$. ചാർജ്ജ് -10 q ക്യാബിന്റെ പുറം വശത്തുള്ളതിനാൽ അത് ക്യൂബിനുള്ളിലെ ആകെ വൈദ്യുതഫ്ളക്സിന് കാരണമാകുന്നില്ല.

1.6.4 ഗോസ്സ് നിയമത്തിന്റെ പ്രായോഗികത

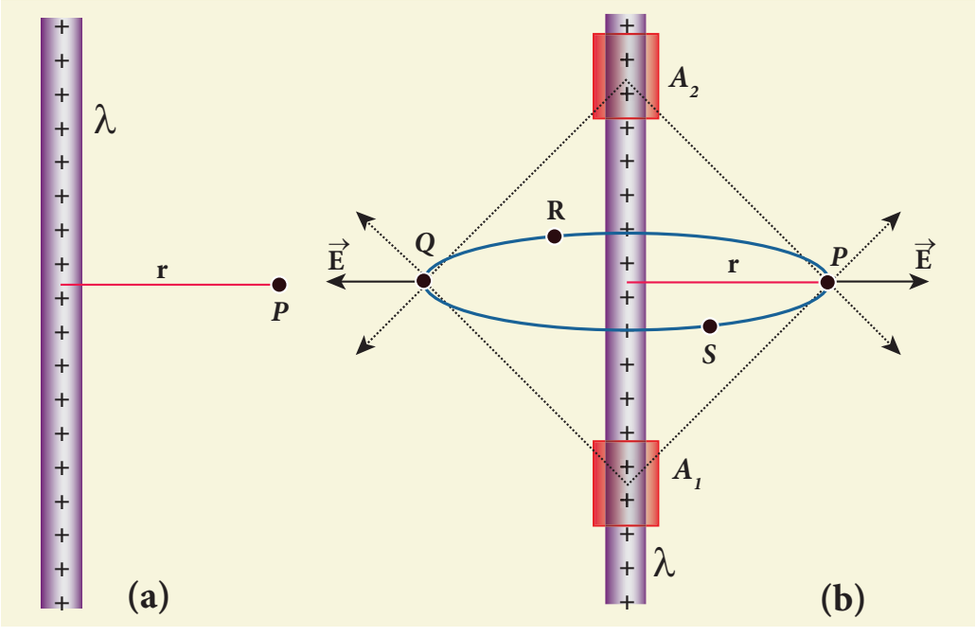
ഏതെങ്കിലും ഒരു ചാർജ്ജ് ക്രമീകരണത്തിന്റെ ഫലമായുണ്ടാക്കുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തെ കൂളും നിയമം അല്ലെങ്കിൽ ഗോസ്സ് നിയമം ഉപയോഗിച്ച് കണക്കാക്കാം. ചാർജ്ജ് ക്രമീകരണം ചില തരത്തിലുള്ള സമിതിയ്ക്ക് വിധേയമാണെങ്കിൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലം കണ്ടുപിടിക്കാൻ ഏറ്റവും അനുയോജ്യമായ മാർഗ്ഗം ഗോസ്സ് നിയമം ഉപയോഗിക്കുക എന്നതാണ്.

(i) അനന്തമായ നീളമുള്ള ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെട്ട ഒരു കമ്പി മൂലം ഉണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലം

അനന്തമായി നീളമുള്ളതും നിവർന്നതും രേഖീയ ചാർജ്ജ് സാന്ദ്രത λ തുല്യമായതുമായ ഒരു ലോഹകമ്പി പരിഗണിക്കുക. (ഒരു യൂണിറ്റ് നീളത്തിലെ ചീർജ്ജിനെ രേഖീയ ചാർജ്ജ് സാന്ദ്രത എന്നുപറയുന്നു. കമ്പിയിൽ നിന്നും ലംബമായി r ദൂരത്തിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന P എന്ന ബിന്ദുവിനെ കരുതുക (ചിത്രം 1.36(a)) ബിന്ദുവിലെ വൈദ്യുത മണ്ഡലം ഗോസ്സ് നിയമം ഉപയോഗിച്ച് കണക്കാക്കാം.

P ബിന്ദുവിൽ നിന്നും സമഅകലത്തിലുള്ള ചാർജ്ജ് അംഗങ്ങൾ A_1, A_2 പരിഗണിക്കുക. ഈ രണ്ട് അംശങ്ങളും സൃഷ്ടിക്കുന്ന വൈദ്യുത മണ്ഡലം എപ്പോഴും ആരമികമായി പുറത്തേക്കായിരിക്കും. r വ്യാസാർദ്ധമുള്ള ഗോളത്തിന്റെ എല്ലാ ബിന്ദുവിലും വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ അളവ് സമമായിരിക്കും. ഇത് ചിത്രം 1.36(b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെട്ട കമ്പി സിലിണ്ടർ സമമിതിയിലാണുള്ളത്. ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരി

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 41 2/14/2023 12:10:23 PM



ചിത്രം 1.36 അനന്തമായ നീളമുള്ള ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെട്ട കമ്പി മൂലമുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലം.

ക്കുന്നതുപോലെ വ്യാസാർദ്ധം r ഉം നീളം L മുള്ള സിലിണ്ടറാകൃതിയിലുള്ള ഒരു ഗോസ്സിയൻ പ്രതലം സങ്കൽപ്പിക്കുക. (ചിത്രം 1.37)

ഈ അടഞ്ഞ പ്രതലത്തിലെ മൊത്ത വൈദ്യു തഫ്ളക്സിനെ താഴെകാണുന്നവിധം കണക്കാ ക്കാം.

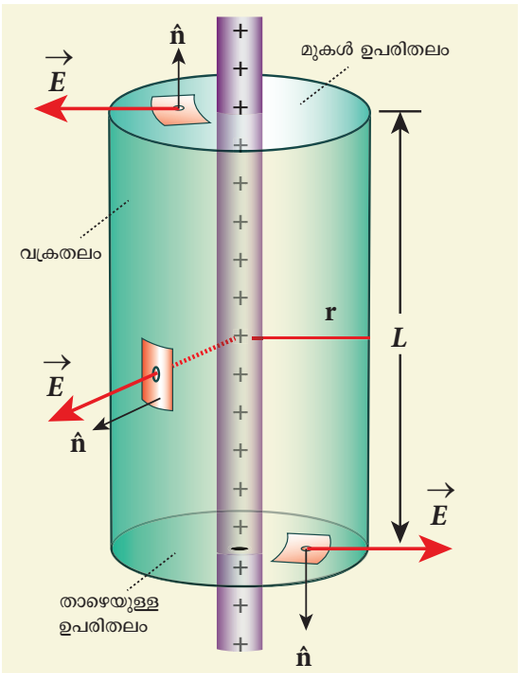
$$\Phi_E = \oint \vec{E}\cdot d\vec{A}$$
$$= \int_{\text{വക്രതലം}} \vec{E}\cdot d\vec{A} + \int_{\substack{\text{മുകൾ}\\ \text{ഉപരിതലം}}} \vec{E}\cdot d\vec{A} + \int_{\substack{\text{താഴെയുള്ള}\\ \text{ഉപരിതലം}}} \vec{E}\cdot d\vec{A} \qquad (1.63)$$

ഇത് ചിത്രം 1.37-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. വക്രതലത്തിൽ $\vec{E}$, $\vec{A}$ സമാന്തരമായിട്ടാണുള്ളത്. $\vec{E}\cdot d\vec{A} = E\,dA$ മുകൾ ഉപരിതലത്തിനും താഴെയു ള്ള ഉപരിതലത്തിനും $\vec{E}$, $\vec{A}$ ലംബമായിരിക്കും. അതിനാൽ $\vec{E}\cdot d\vec{A} = 0$

ഇതിനെ (1.63-ൽ) പ്രസ്താവിച്ച് സിലിണ്ടറിന്റെ ഉപരിതലത്തിന് ഗോസ്സ് നിയമം പ്രയോഗിച്ചാൽ

$$\Phi_E = \int_{\text{വക്രതല}} E\,dA = \frac{Q_{\text{അടഞ്ഞ}}}{\epsilon_0} \qquad (1.64)$$

മൊത്തവക്രതലത്തിലുമുള്ള വൈദ്യുത മണ് ഡലത്തിന്റെ അളവ് സ്ഥിരമായിരിക്കും. E യെ



ചിത്രം 1.37 സിലിണ്ടറാകൃതിയിലുള്ള ഗോസ്സിയൻ ഉപരിതലം

സമാകലനത്തിന് പുറത്തെടുക്കുക. $Q_{\text{അടഞ്ഞ}} = \lambda L$ λ എന്നത് രേഖീയ ചാർജ്ജ് സാന്ദ്രത ആകുന്നു. (ഒരു യൂണിറ്റ് നീളത്തിലുള്ള ചാർജ്ജ്)

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

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 42 2/14/2023 12:10:25 PM

ഇവിടെ $\int_{\text{വക്രതലം}} dA =$ വക്രതലത്തിന്റെ മൊത്ത വിസ്തീർണ്ണം = $2\pi rL$. ഇതിനെ സമവാക്യം (1.65) ൽ പ്രസ്താവിച്ചാൽ

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

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

വെക്ടർ രീതിയിൽ,

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

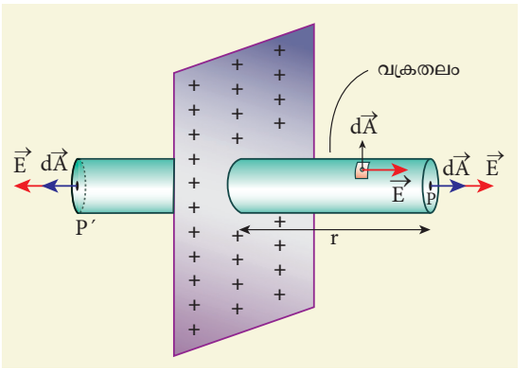
അനന്തമായ നീളമുള്ള കമ്പിമൂലമുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലം ഒരു പോയിന്റ് ചാർജ്ജിന് $\frac{1}{r^2}$ നെക്കാൾ $\frac{1}{r}$ നെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

സമവാക്യം(1.67) ൽനിന്ന്വൈദ്യുതമണ്ഡലം ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെട്ട കമ്പിയ്ക്ക് എല്ലായ്പ്പോഴും ലംബമായിരിക്കും. ($\hat{r}$) $\lambda > 0$ ആയിരുന്നാൽ $\vec{E}$ ലംബമായി കമ്പിയിൽ നിന്ന് പുറത്തോട്ടുള്ള ദിശയിലും $\lambda < 0$. ആയിരുന്നാൽ $\vec{E}$ ലംബമായി ഉൾനോക്കി (കമ്പിയെ നോക്കി)യ ദിശയിലും ആയിരിക്കും.

സമവാക്യം (1.67) അനന്തമായ നീളമുള്ള ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെട്ട കമ്പിയ്ക്ക് മാത്രം യോജിച്ചതാണ്. പരിമിത നീളമുള്ള ചാർജ്ജ് ചെയ്ത കമ്പിയ്ക്ക് വൈദ്യുതമണ്ഡലം എല്ലാ ബിന്ദുവിലും ആരമിക മായിരിക്കില്ല. എന്നിരുന്നാലും കമ്പിയുടെ മദ്ധ്യ ബിന്ദുവിനരികിലും കമ്പിയുടെ അഗ്രത്തിൽ നിന്ന് വളരെ അകലത്തിലുള്ള ബിന്ദുവിലും ഈ സമ വാക്യം ഉപയോഗിക്കാവുന്നതാണ്.

(ii) ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെട്ട അനന്തമായ പരന്നഷീറ്റ് മൂലമുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലം

സമമായ പ്രതല ചാർജ്ജ് സാന്ദ്രത σ ഉള്ള ഒരു അനന്തമായ പരന്നഷീറ്റിനെ കരുതുക. (ഒരു യൂണിറ്റ് വിസ്തീർണ്ണത്തിലുള്ള ചാർജ്ജിനെ ചാർജ്ജ് സാന്ദ്രത എന്നുപറയുന്നു) ഷീറ്റിൽ നിന്നും r ദൂരത്തിലുള്ള P എന്ന ബിന്ദുവിനെ കരുതുക.



ചിത്രം 1.38 ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെട്ട അനന്തമായ ഷീറ്റ് മൂലമുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലം.

ഇവിടെ ഷീറ്റ് അനന്തമായതിനാൽ ഷീറ്റിൽ നിന്നും ഒരേ അകലത്തിലുള്ള എല്ലാ ബിന്ദുക്കളിലും വൈദ്യുതമണ്ഡലം സമമായും ആരമികമായി പുറത്തേക്കുള്ള ദിശയിലുമായിരിക്കും. നീളം $2r$ ഉം രണ്ട് പരന്ന പ്രതലത്തിലെ വിസ്തീർണ്ണം A യും ഉള്ള സിലിണ്ടറാകൃതിയിലുള്ള ഗോസ്സിയൻ പ്രതലത്തെ സങ്കൽപ്പിക്കുക. ഈ ഗോസ്സിയൻ പ്രതലത്തിന്റെ മദ്ധ്യഭാഗത്തിന് ലംബമായി അനന്തമായ പരന്നഷീറ്റ് കടന്നുചെല്ലുന്നു.

സിലിണ്ടറിന്റെ പ്രതലത്തിലൂടെയുള്ള ആകെ വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ്,

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

$$= \int_{\text{വക്രതലം}} \vec{E}\cdot d\vec{A} + \int_P \vec{E}\cdot d\vec{A} + \int_{P'} \vec{E}\cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\text{അടഞ്ഞ}}}{\epsilon_0} \qquad (1.68)$$

വൈദ്യുതമണ്ഡലം വക്രതലത്തിലെ എല്ലാ ബിന്ദുക്കളിലും ഉള്ള പ്രതല അംശങ്ങൾക്ക് ലംബവും P മറ്റും P' ലെ പ്രതലവിസ്തീർണ്ണത്തിന് സമാന്തരവുമായിരിക്കും. (ചിത്രം 1.38) ഗോസ്സിയൻ നിയമം പ്രയോഗിച്ചാൽ

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

ഈ രണ്ട് തുല്യപരന്ന പ്രതലത്തിലും വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ അളവ് $Q_{\text{അടഞ്ഞ}}$ സമമായിരിക്കും. E യെ സമാകലനത്തിന് പുറത്തെടുക്കുക. $Q_{\text{അടഞ്ഞ}} = \sigma A$

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 43 2/14/2023 12:10:28 PM

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

P അല്ലെങ്കിൽ P′ ലെ മൊത്ത പ്രതലവിസ്തീർണ്ണം

$$\int_P dA = A$$

$$\text{ഇവിടെ } 2EA = \frac{\sigma A}{\epsilon_0} \text{ or } E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \qquad (1.70)$$

$$\text{വെക്ടർ രൂപത്തിൽ, } \vec{E} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}\hat{n} \qquad (1.71)$$

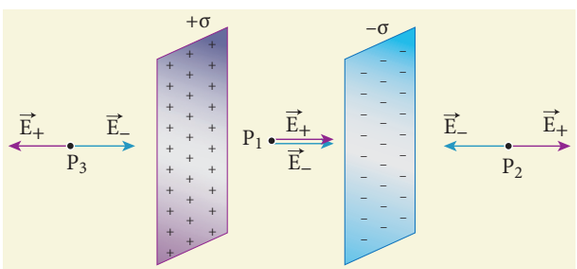
$\hat{n}$ ഷീറ്റിന് ലംബമായി പുറത്തേക്കുള്ള ഏക സദിശമാകുന്നു. അനന്തമായ പരന്ന ഷീറ്റ് മൂല മുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലം പ്രതലചാർജ്ജ് സാന്ദ്രതയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ദൂരം r നെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല.

ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെട്ട ഷീറ്റിൽ നിന്നും വളരെ അകലത്തിലുള്ള ഏതൊരു ബിന്ദുവിലും വൈ ദ്യുതമണ്ഡലം സമമായിരിക്കും. സമവാക്യം (1.71) -ൽ $\sigma > 0$, P ബിന്ദുവിലെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം ഷീറ്റിന് ലംബമായി വരയ്ക്കപ്പെട്ട $\hat{n}$ ൽ നിന്ന് പുറത്തേക്കുള്ള ദിശയിലായിരിക്കും. $\sigma < 0$ വൈ ദ്യുതമണ്ഡലം ഷീറ്റിന് ലംബമായ $-\hat{n}$ ന് ഉൾ നോക്കിയ ദിശയിലായിരിക്കും.

പരിമിതമായി ചാർജ്ജ്ചെയ്യപ്പെട്ട പരന്ന ഷീറ്റി ന്റെ മദ്ധ്യഭാഗത്തിനും ഷീറ്റിന്റെ രണ്ട് അഗ്രങ്ങളിൽ നിന്നും അനന്തതയിൽ ഉള്ള ബിന്ദുക്കളിലും സമീ കരണം (1.71) ഏകദേശം ശരിയാണ്.

(iii) ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെട്ട അനന്തമായ രണ്ട് സമാന്തര ഷീറ്റ് മൂലമുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലം

തുല്യവും വിപരീതവും ആയ ചാർജ്ജ് സാന്ദ്ര കൾ $+\sigma$ മറ്റും $-\sigma$ ഉള്ള അനന്തമായ രണ്ട് ഷീറ്റുകളെ ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെട്ട അനന്തമായ രണ്ട് ഷീറ്റുകളെ



ചിത്രം 1.39 ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെട്ട സമാന്തരമായ രണ്ട് ഷീറ്റുകൾ മൂലമുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലം

കരുതുക. ഇവ പരസ്പരം സമാന്തരമായി ചിത്ര ത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ വച്ചിരിക്കുന്നു

ഈ രണ്ട് സീറ്റുകൾക്കിടയിലും, പുറത്തുമുള്ള വൈദ്യുതമണ്ഡലം കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിന് ഗോസ്സ് നിയമം ഉപയോഗിക്കാം. അനന്തമായ ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെട്ട പരന്ന ഷീറ്റ് മൂലമുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന്റെ അളവ് $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ ആകുന്നു $\sigma > 0$ ഇത് പുറത്തോട്ടുള്ള ദിശയിലും $\sigma > 0$ അക ത്തേക്കുള്ള ദിശയിലുമായിരിക്കും.

P_2, P_3 ബിന്ദുക്കളിൽ രണ്ട് ഷീറ്റുകൾ കാരണം ഉണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലവും സമവും എതിർ ദിശയിലുമായിരിക്കും (ചിത്രം 1.39). ഇതിന്റെ ഫല മായി ഷീറ്റിന്റെ വെളിയിലുള്ള ഏതൊരു ബിന്ദു വിലും വൈദ്യുതമണ്ഡലം പൂജ്യമാകുന്നു. എന്നാ ൽ ഷീറ്റുകൾക്കിടയിൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലം ഒരേ ദിശയിലായിരിക്കും. അതായത് വലതുവശത്തോട്ട് ഇരിക്കും. P_1 ബിന്ദുവിലെ ആകെ വൈദ്യുതമണ് ഡലമെന്നത്

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

രണ്ട് ഷീറ്റുകൾക്കിടയിലുള്ള വൈദ്യുത മണ്ഡ ലം പോസിറ്റീവ് ഷീറ്റിൽ നിന്നും നെഗറ്റീവ് ചാർ ജ്ജുള്ള ഷീറ്റിലായിരിക്കും. ഷീറ്റുകൾക്കിടയിൽ എല്ലായിടത്തും വൈദ്യുതമണ്ഡലം സമമായിരി ക്കും.

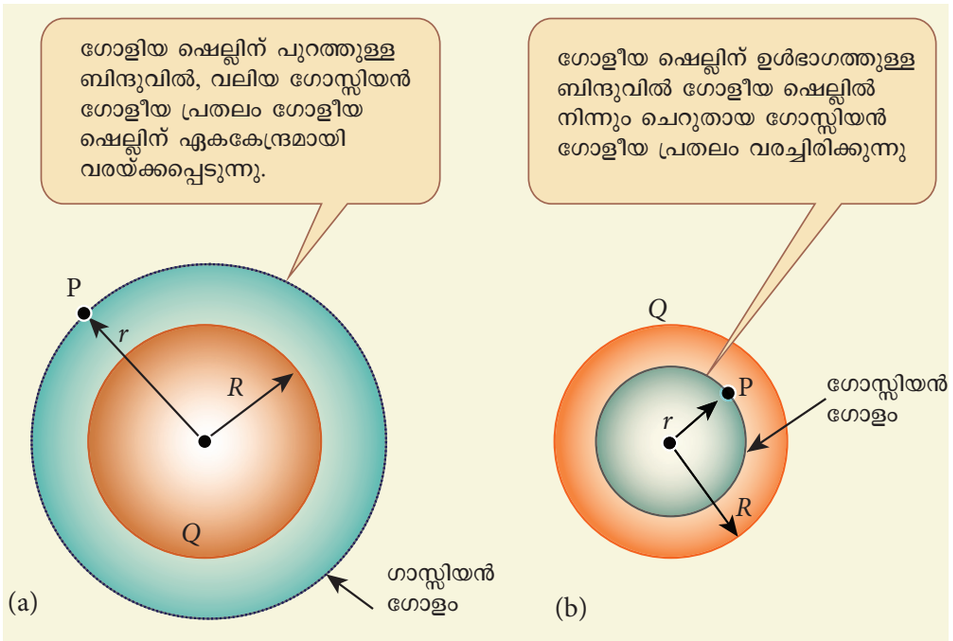
(iv) സമമായി ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെട്ട ഗോളീയ ഷെൽ മൂലമുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലം

ചിത്രം (1.40)-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ R വ്യാസാർദ്ധവും മൊത്ത ചാർജ്ജ് Q വുമുള്ള ഒരു ഗോളീയഷെൽ കരുതുക. ഗോളത്തിന്റെ ഉൾ ഭാഗത്തും ബാഹ്യഭാഗത്തുമുള്ള ബിന്ദുക്കളിലെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം ഗോസ്സ് നിയമത്തിലിരുന്ന് കണക്കാക്കാം.

നില (a) ഗോളത്തിനു പുറത്തുള്ള ബിന്ദുവിലെ വൈദ്യുത മണ്ഡലം ($r > R$)

P എന്ന ബിന്ദു ഷെല്ലിന്റെ കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും r അകലത്തിലാണെന്ന് കരുതുക. (ചിത്രം 1.40 (a)) ചാർജ്ജ് ഗോള ത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ സമമായി വിന്യാസം ചെയ്തിരിക്കുന്നു. $Q > 0$ ആയാൽ വൈദ്യുത മണ്ഡലം ആരമികമായി പുറത്തേക്കും $Q < 0$ ആയാൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലം ആരമികമായി ഉള്ളിലോട്ടും ആയിരിക്കും. അതുകൊണ്ട് r വ്യാസാ

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 44 2/14/2023 12:10:30 PM



ചിത്രം 1.40 ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെട്ട ഗോളീയ ഷെല്ലിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലം

ർദ്ധമുള്ള ഒരു ഗോളീയ ഗോസ്സിയൻ പ്രതലം സങ്കൽപ്പിക്കുക. ഗോസ്സിയൻ പ്രതലം ഉൾക്കൊള്ളുന്ന മൊത്തചാർജ്ജ് Q ആണ്. ഗോസ്സ് നിയമം പ്രയോഗിക്കപ്പെട്ടാൽ

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

ഗോസ്സിയൻ പ്രതലത്തിന്റെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം $\vec{E}$ ഉം $d\vec{A}$ ഉം എല്ലാ ബിന്ദുവിലും ഒരേ ദിശയിലാണുള്ളത് (ലംബത്തിന് പുറത്തോട്ട്) ചാർജ്ജ് വിന്യാസത്തിലുള്ള ഗോളീയ സമമിതി കാരണം ഗോസ്സിയൻ പ്രതലത്തിലെ എല്ലാ ബിന്ദുക്കളിലും വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ അളവ് സമമായിരിക്കും.

$$\text{അതായത്}\quad E\oint_{\substack{\text{ഗോസ്സിയൻ}\\ \text{പ്രതലം}}} dA = \frac{Q}{\epsilon_0} \qquad (1.74)$$

എന്നാൽ $\int_{\substack{\text{ഗോസ്സിയൻ}\\ \text{പ്രതലത്തിന്}}} dA =$ ഗോസ്സിയൻ പ്രതലത്തിന്റെ മൊത്ത വിസ്തീർണ്ണം $= 4\pi r^2$. ഈ മൂല്യത്തെ സമവാക്യം (1.74)ൽ പ്രസ്തവിച്ചാൽ

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

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

വെക്ടർ രൂപത്തിൽ,

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

$Q > 0$ ആയിരുന്നാൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലം ആരമികമായി പുറത്തേക്കുള്ള ദിശയിലും $Q < 0$ ആയിരുന്നാൽ ആരമികമായ ഉള്ളിലേക്കുള്ള ദിശയിലുമായിരിക്കും. സമവാക്യം (1.75) ൽ നിന്ന് ഗോളത്തിനു വെളിയിലുള്ള ഏതൊരു ബിന്ദുവിലെയും വൈദ്യുതമണ്ഡലം അത്രയും ചാർജ്ജുകൾ പൂർണമായും ഗോളകേന്ദ്രത്തിൽ കേന്ദ്രീകരിച്ചിരിക്കുമ്പോൾ അതേ ബിന്ദുവിലനുഭവപ്പെടുന്ന മണ്ഡലത്തിന് തുല്യമാണെന്ന് വ്യക്തമാകുന്നു. (ഭൂഗുരുത്വാകർഷണത്തിലും M ദ്രവ്യമാനമുള്ള ഗോളീയഷെൽ കാരണമുണ്ടാകുന്ന ഭൂഗുരുത്വ ബലം ഈ ഫലത്തിന് തുല്യമാണെന്ന് നിരീക്ഷിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്.)

നില (b): ഗോളീയഷെല്ലിന്റെ ഉപരിതലത്തിലെ ഒരു ബിന്ദുവിൽ ($r = R$)

ഗോളീയ ഷെല്ലിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ ($r = R$) ഉള്ള വൈദ്യുതമണ്ഡലം

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

നില (c): ഗോളീയഷെല്ലിന്റെ ഉള്ളിലെ ബിന്ദുവിൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലം ($r < R$)

ഷെല്ലിന്റെ കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും r ദൂരത്തിൽ ഷെല്ലിന്റെ ഉൾഭാഗത്തുള്ള ബിന്ദു P നെ കരുതുക. ചിത്രത്തിൽ 1.40 (b)കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 45 2/14/2023 12:10:32 PM

r വ്യാസാർദ്ധമുള്ള ഒരു ഗോസ്സിയൻ ഗോളത്തെ രൂപീകരിക്കുക. ഗോസ്സ് നിയമം പ്രയോഗിക്കുക യാണെങ്കിൽ ചിത്രം 1.40 (b)

$$\oint_{\substack{\text{ഗോസിയൻ}\\\text{പ്രതലം}}} \vec{E}\cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

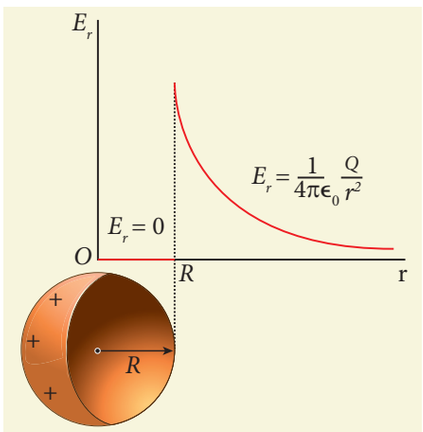
$$E\cdot 4\pi r^2 = \frac{Q}{\epsilon_0} \qquad (1.77)$$

ഇവിടെ ഗോസ്സിയൻ പ്രതലം ഏതൊരു വിധത്തിലുള്ള ചാർജ്ജും ഉൾക്കൊള്ളുന്നില്ല $Q = 0$. സമവാക്യം(1.77)

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

സമമായി ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെട്ട ഗോളീയ ഷെല്ലിന്റെ ഉൾഭാഗത്തുള്ള ബിന്ദുക്കളിൽ വൈദ്യുത മണ്ഡലം പൂജ്യമാകുന്നു.

വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിനും ആരമികദൂരത്തിനും ഇടയിൽ ഒരു ഗ്രാഫ് വരയ്ക്കുക. ഇത് ചിത്രം (1.41)-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 1.41 R വ്യാസാർദ്ധമുള്ള ഗോളീയഷെല്ലിന്റെ ദൂരത്തിനും വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിനും ഇടയിലുള്ള ഗ്രാഫ്

കുറിപ്പ്

കൊടുക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന വൈദ്യുത ചാർജ്ജ് ക്രമീകരണം ഗോളീയ സിലിണ്ടർ അല്ലെങ്കിൽ സമതല സമമിതിയിലായിരിക്കുമ്പോൾ ഇത്തരം ചാർജ്ജ് ക്രമീകരണത്തിന്റെ വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തെ ലളിതമായി കണ്ടുപിടിക്കാൻ ഗോസ്സ് വിധി ഒരു അനുയോജ്യമായ മാർഗ്ഗമാണ്. ഇത്തരം സമമിതി ഇല്ലാത്ത ക്രമീകരത്തിൽ കുളുംബ് നിയമമോ, കാൽക്കുലസ് നിയമത്തെയോ ഉപയോഗിക്കാവുന്നതാണ്. ഗോളീയ സിലിണ്ടർ മറ്റും സമതല സമമിതി ഇല്ലാത്ത വൈദ്യുത ഡൈപോളിന്റെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം ഗോസ്സ് നിയമം ഉപയോഗിച്ച് കണ്ടുപിടിക്കുക പ്രയാസകരമാണ്.

1.7 ചാലകങ്ങളുടെ സ്ഥിരവൈദ്യുതശാസ്ത്രവും ഡൈഇലക്ട്രിക്സും

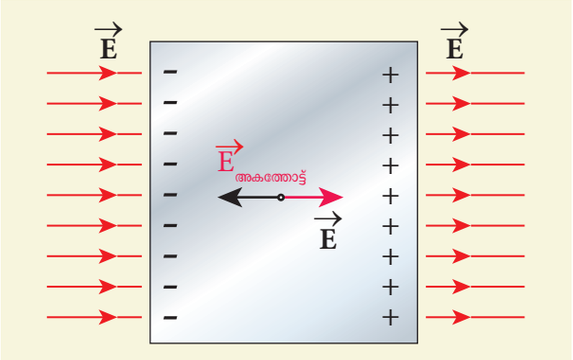
1.7.1 സ്ഥിരവൈദ്യുത സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ ചാലകങ്ങൾ

ചാലകങ്ങളിൽ എപ്പോഴും ചാർജ്ജ് വാഹക കണികകൾ ഉണ്ടായിരിക്കും. ലോഹീയ ചാലകങ്ങളിൽ ഈ ചാർജ്ജ് വാഹികൾ ഇലക്ട്രോണാണ്. ലോഹങ്ങളിൽ ഏറ്റവും പുറമേയുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾ അവയുടെ ആറ്റങ്ങളിൽ നിന്നും വേർപിരിഞ്ഞ് സ്വതന്ത്രമായി ചലിക്കാനുള്ള ശേഷി ആർജ്ജിക്കും. ഇത്തരം ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് ലോഹത്തിനുള്ളിൽ മാത്രമേ ചലിക്കാൻ സാധിക്കുകയുള്ളൂ. ലോഹത്തിന് പുറത്തേക്ക് പോകാൻ സാധ്യമല്ല. ബാഹ്യവൈദ്യുതമണ്ഡലം ഇല്ലാത്തതിനാൽ ഈ സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾ തുടർച്ചയായി വ്യത്യസ്ത ദിശകളിലേക്ക് ക്രമരഹിതമായി ചലിക്കുന്നു. ഒരു നിശ്ചിതദിശയിൽ ഇലക്ട്രോണിന്റെ സഞ്ചാരം ഇല്ലാത്തതിനാൽ ചാലകം സ്ഥിരവൈദ്യുത സന്തുലനാവസ്ഥയിലായിരിക്കും. അതിനാൽ ഈ സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ ചാലകത്തിൽ ഏതൊരു വൈദ്യുതിയും ഉണ്ടാകുന്നില്ല. സ്ഥിരവൈദ്യുത സംതുലനാവസ്ഥയിൽ ഉള്ള ചാലകത്തിന് താഴെ പറയുന്ന സവിശേഷതകൾ ഉണ്ട്.

(i) ചാലകത്തിനുള്ളിൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലം പൂജ്യം ആയിരിക്കും. ഖരം മറ്റും പൊള്ളയായ ചാലകത്തിനും ഇത് യോജിച്ചതാകുന്നു.

ഇത് ഒരു പരീക്ഷണവസ്തുതയാണ്. ചാലകത്തിനുള്ളിലെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം പൂജ്യമല്ലെങ്കിൽ തത്ഫലമായി സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോൺ ഒരു നിശ്ചിതദിശയിൽ ക്രമമായി സഞ്ചരിക്കുന്നു.ഒരു ചാലകത്തിനുള്ളിലെ എല്ലാ ബിന്ദുക്കളിലും ഉള്ള വൈദ്യുതമണ്ഡലം സദാസമയം പൂജ്യമായിരിക്കും. സമമായ ബാഹ്യവൈദ്യുതമണ്ഡലത്തെ ചാലകത്തിന്മേൽ പ്രവർത്തിപ്പിച്ച് ഈ വസ്തുത മനസ്സിലാക്കാം. (ചിത്രം 1.42)

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 46 2/14/2023 12:10:33 PM



ചിത്രം 1.42 ചാലകത്തിന്റെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം

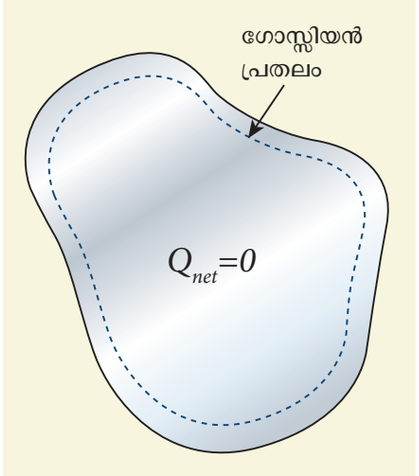
ബാഹ്യവൈദ്യുതമണ്ഡലം പ്രയോഗിക്കുന്നതിന് മുമ്പ് ചാലകത്തിലുള്ള സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾ ചാലകത്തിനുള്ളിൽ എല്ലായിടവും സമമായി വിതരണം ചെയ്യുന്നു. ബാഹ്യവൈദ്യുതമണ്ഡലം പ്രയോഗിക്കപ്പെടുമ്പോൾ ഇടതുഭാഗത്തെ പ്ലേറ്റിലോട്ട് സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾ ത്വരിതപ്പെട്ട് ഇടതുപ്ലേറ്റിനെ നെഗറ്റീവായും വലതു പ്ലേറ്റ് പോസിറ്റീവായും ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെടുന്നത് ചിത്രം 1. 42-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളിലെ ഈ പുനർവിന്യാസം കാരണം ബാഹ്യവൈദ്യുതമണ്ഡലം നിർവീര്യമാകുംവരെ ചാലകത്തിനുള്ളിൽ ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്ന ആന്തരിക വൈദ്യുതമണ്ഡലം വർദ്ധിക്കപ്പെടുന്നു. ഒരിക്കൽ ബാഹ്യവൈദ്യുതമണ്ഡലം നിർവീര്യമാക്കപ്പെടുകയാണെങ്കിൽ ചാലകം സ്ഥിരവൈദ്യുത സംതുലനാവസ്ഥയിലാണെന്ന് പറയാം. ഒരു ചാലകം സ്ഥിരവൈദ്യുത സംതുലനാവസ്ഥയിലാകാൻ എടുക്കുന്ന സമയം 10^{-16}s ഇത് തത്ക്ഷണമായി നടക്കുന്ന ഒരു പ്രവർത്തനമാണ്.

(ii) ചാലകത്തിന്റെ ഉൾഭാഗത്ത് ചാർജ്ജുകൾ ഒന്നും തന്നെ കാണുന്നില്ല. ചാലകത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ മാത്രം ചാർജ്ജുകൾ നിലനിൽക്കുന്നു.

ഗോസ്സ്നിയമം ഉപയോഗിച്ച് ഈ സവിശേഷതനമുക്ക് തെളിയിക്കാനാകും. ചിത്രം (1.43)-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ അനിയന്ത്രിതമായ ആകൃതിയിലുള്ള ചാലകത്തെ പരിഗണിക്കുക.

ചാലകത്തിന്റെ ഉൾഭാഗത്ത് ചാലകത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിന് വളരെ അടുത്തായി ഒരു ഗോസ്സിയൻ ഉപരിതലം വരയ്ക്കുക. ചാലകത്തിന്റെ ഉൾഭാഗത്ത് എല്ലായിടവും വൈദ്യുതമണ്ഡലം പൂജ്യമാകുന്നു. ഗോസ്സിയൻ പ്രതലത്തെ കടക്കുന്ന മൊത്ത വൈദ്യുത ഫ്ളക്സും പൂജ്യമാകുന്നു. ചാലകത്തിന്റെ ഉൾവശത്ത് മൊത്തചാർജ്ജും പൂജ്യം എന്നത് ഗോസ്സ് നിയമം വ്യക്തമാക്കുന്നു.

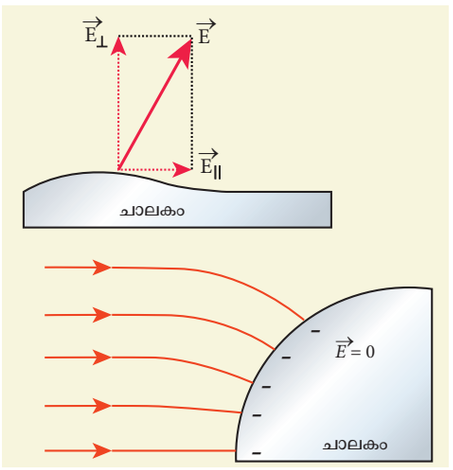


ചിത്രം 1.43 ചാലകത്തിനുള്ളിൽ മൊത്ത ചാർജ്ജും പൂജ്യമാകുന്നു

ചില ചാർജ്ജുകളെ ചാലകത്തിന്റെ ഉൾവശത്തേക്ക് കടത്തിവിട്ടാൽ ആ ചാർജ്ജുകൾ വളരെ പെട്ടന്ന് ഉപരിതലത്തിലെത്തുന്നു.

(iii) ചാലകത്തിന്റെ പുറത്തുള്ള വൈദ്യുത മണ്ഡലം ചാലകത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിന് ലംബവും $\frac{\hat{}}{\epsilon_0}$ അളവുള്ളതുമായിരിക്കും. ഇവിടെ σ എന്നത് ആ ബിന്ദുവിലെ ഉപരിതല ചാർജ്ജ് സാന്ദ്രതയാകുന്നു.

വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ ഘടകങ്ങൾ ചാലകത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിന് സമാന്തരമാണെങ്കിൽ ഉപരിതലത്തിന്റെ സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് ഒരു ത്വരണം അനുഭവപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 1.44(a)).

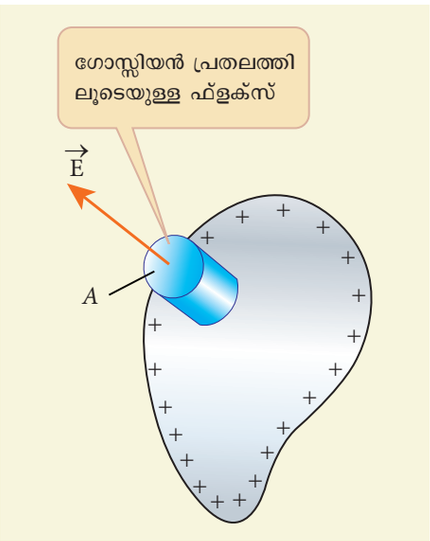


ചിത്രം 1.44 (a) വൈദ്യുതമണ്ഡലം ഉപരിതലത്തിന് സമാന്തരം (b) വൈദ്യുത മണ്ഡലം ഉപരിതലത്തിന് ലംബം

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 47 2/14/2023 12:10:34 PM

ചാലകം സംതുലനാവസ്ഥയിലല്ല, എന്നതാണ് ഇത് അർത്ഥമാക്കുന്നത്. അതായത് സ്ഥിര വൈദ്യുത സംതുലനാവസ്ഥയ്ക്ക് വൈദ്യുതമണ്ഡലം ചാലകത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിന് ലംബമായിരിക്കണം എന്നത് ചിത്രം 1.44 (b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

ചാലകത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിന് വെളിയിൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലം $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$ അളവിലായിരിക്കും എന്ന് തെളിയിക്കാം. ചിത്രം (1.45)-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഒരു ചെറിയ സിലിണ്ടറാകൃതിയിലുള്ള ഗോസ്സിയൻ പ്രതലം സങ്കൽപ്പിക്കുക. സിലിണ്ടറിന്റെ ഒരു ഭാഗം ചാലകത്തിന്റെ ഉൾവശത്താണെന്ന് കരുതുക.



ചിത്രം 1.45 ചാലകത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിലെ വൈദ്യുത മണ്ഡലം

ഇവിടെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം ചാലകത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിന് ലംബമായിരിക്കുന്നതാൽ സിലിണ്ടറിന്റെ വക്രഭാഗത്ത് വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ് പൂജ്യം ആകുന്നു. അതുപോലെ തന്നെ ചാലകത്തിന്റെ ഉൾഭാഗത്ത് വൈദ്യുതമണ്ഡലം പൂജ്യമാകുന്നു. താഴത്തെ പരന്ന പ്രതലത്തിനും വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ് ഒന്നും തന്നെ ഇല്ല. ആയതിനാൽ മുകളിലത്തെ പരന്ന പ്രതലം വൈദ്യുത ഫ്ളക്സിന് കാരണമാകുന്നു. വൈദ്യുതമണ്ഡലം വിസ്തീർണ്ണ സദിശത്തിന് സമാന്തരമായിരിക്കും, ഉപരിതലത്തിനുള്ള മൊത്ത ചാർജ്ജ് σA ഗോസ്സ് നിയമം പ്രയോഗിച്ചാൽ

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

വെക്ടർ രൂപത്തിൽ,

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

ഇവിടെ $\hat{n}$ ചാലകത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിന് ലംബമായി പുറത്തേക്കുള്ള ദിശയിലുള്ള ഏകസദിശമാണ് $\sigma < 0$ ആയിരുന്നാൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലം ഉപരിതലത്തിന് ലംബമായി ഉൾനോക്കിയ ദിശയിലായിരിക്കും.

(iv) സ്ഥിരവൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ ഉപരിതലത്തിലും, ചാലകത്തിന്റെ ഉൾവശത്തും സമമായിരിക്കും.

ചാലകത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ സമാന്തര വൈദ്യുത ഘടകങ്ങൾ ഒന്നും തന്നെ ഇല്ലാത്തതിനാൽ പ്രവൃത്തി ചെയ്യാതെ തന്നെ വൈദ്യുത ചാർജ്ജുകൾ ഉപരിതലത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഉപരിതലത്തിലെ എല്ലാ ബിന്ദുക്കളിലും സ്ഥിരവൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ സമമായിരുന്നാൽ മാത്രമേ ഇത് സാധ്യമമാകുകയുള്ളൂ. ഉപരിതലത്തിലെ രണ്ട് ബിന്ദുക്കൾക്കിടയിൽ പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം പൂജ്യമാകുന്നു.

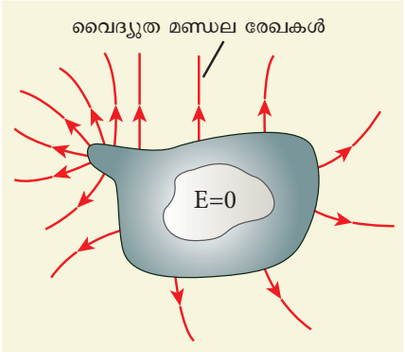
ചാലകത്തിന്റെ ഉൾവശത്തുള്ള വൈദ്യുത മണ്ഡലം പൂജ്യമായതിനാൽ ചാലകത്തിന്റെ പുറത്തുള്ള പൊട്ടൻഷ്യലും ഉള്ളിലുള്ള പൊട്ടൻഷ്യലും സമമായിരിക്കണം. അതായത് സ്ഥിരവൈദ്യുത സംതുലനാവസ്ഥയിൽ ചാലകം സമപൊട്ടൻഷ്യലിലായിരിക്കും.

1.7.2 സ്ഥിരവൈദ്യുത കവചം

ഗോസ്സ് നിയമമനുസരിച്ച് ചാർജ്ജ് ചെയ്ത ഒരു ഗോളീയ ഷെല്ലിനുള്ളിൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലം പൂജ്യമാണ് എന്ന് നാം തെളിയിച്ചിട്ടുണ്ട്. കൂടാതെ ഖരം മറ്റും പൊള്ളയായ ചാലകങ്ങൾക്കും ഉൾഭാഗത്ത് വൈദ്യുതമണ്ഡലം പൂജ്യമാണെന്ന് വ്യക്തമായിട്ടുണ്ട്. ഇത് വളരെ താത്പര്യമുള്ള പ്രധാനപ്പെട്ട ഫലങ്ങൾ തരുന്നതുമായ സവിശേഷതയാകുന്നു.

ചിത്രത്തിൽ 1.46 (a)- കാണിച്ചിരിക്കുന്നപോലെചാലകത്തിന് ഒരു പൊള്ളയായ ഭാഗത്തെ സങ്കൽപ്പിക്കുക. ചാലകത്തിന്റെ പുറത്തുള്ള ചാർജ്ജ് ഏത് തരത്തിലുള്ളതാണെങ്കിലും, ഏത് തരം വൈദ്യുത വ്യതിയാനങ്ങൾക്കും പൊള്ളയായ ഭാഗത്തിനുള്ളിൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലം പൂജ്യമായിരിക്കും. പുറത്തുള്ള വൈദ്യുത വ്യതിയാനങ്ങളിൽ നിന്നും വൈദ്യുതോപകരണങ്ങളെ സംരക്ഷിക്കാൻ അവയെ പൊള്ളയായ ഭാഗത്തായി വച്ചിരിക്കുന്നു. ഇതിനെ സ്ഥിരവൈദ്യുത കവചം എന്നു വിളിക്കുന്നു.

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 48 2/14/2023 12:10:35 PM



GTH19



ചിത്രം 1.46 (a) പൊള്ളയായ ഭാഗത്തിനുള്ളിലെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം (b) ഫാരഡേ കവചം

ഈ പ്രഭാവം പ്രകടമാക്കുന്നതിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന ഒരു ഉപകരണമാണ് ഫാരഡേ കവചം. ചിത്രം 1.46 (b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഫാരഡേ കവചം ലോഹദണ്ഡുകളാൽ നിർമ്മിതമാണ്. ഈ കവചത്തിന് വെളിയിൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന കൃത്രിമ ഇടിമിന്നലിനാൽ ബാധിക്കപ്പെട്ടാലും ഇതിനുള്ളിലെ വ്യക്തി ബാധിക്കപ്പെടുന്നില്ല.

ഇടിമിന്നൽ സമയത്ത് തുറസ്സായ സ്ഥലത്തോ, മരത്തിനടിഭാഗത്തോ നിൽക്കുന്നിനേക്കാൾ ബസ്സിനുള്ളിൽ ഇരിക്കുന്നത് സുരക്ഷിതമാണ് എന്തുകൊണ്ടെന്നാൽ ബസ്സിന്റെ ലോഹഭാഗം സ്ഥിരവൈദ്യുത കവചമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. അതിനാൽ ബസ്സിന്റെ ഉൾഭാഗത്ത് വൈദ്യുതമണ്ഡലം പൂജ്യമാകുന്നു. മിന്നൽ സമയത്ത് ചാർജ്ജുകൾ ചാലകത്തിന്റെ പുറംഭാഗത്തുകൂടി നിലത്തിലെത്തുന്നു. അതിനാൽ ബസ്സിനുള്ളിലെ വ്യക്തി ഏതൊരു വിധത്തിലും ബാധിക്കപ്പെടുന്നില്ല.

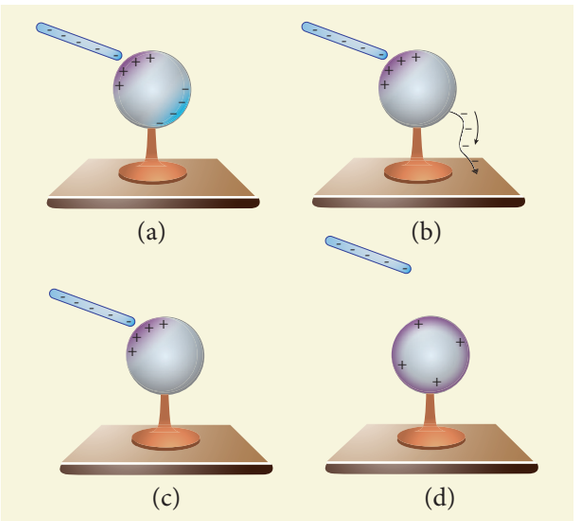
1.7.3 സ്ഥിരവൈദ്യുത പ്രേരണം

ഉചിതമായ വസ്തുക്കളെ തമ്മിൽ ഉരസുമ്പോൾ ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെടുന്നതായി വിഭാഗം (1.1)-ൽ പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്. ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെട്ട ഒരു വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട ദണ്ഡിനെ മറ്റൊരു ചാലകത്തിനാൽ സ്പർശിക്കുമ്പോൾ ചാർജ്ജ് വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട ദണ്ഡിൽ നിന്ന് ചാലകത്തിലോട്ട് പ്രവഹിക്കുന്നു. സ്പർശനമില്ലാതെ തന്നെ ചാലകത്തിന്റെ വൈദ്യുതീകരണം സാധ്യമാകുമോ? ഉത്തരം അതെ എന്നാകുന്നു. സ്പർശനമില്ലാതെ തന്നെ ഒരു വസ്തുവിനെ വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെടുന്ന പ്രതിഭാസത്തിന് സ്ഥിരവൈദ്യുത പ്രേരണം എന്നു പറയുന്നു.

(i) കുചാലക സ്റ്റാൻഡിൽ ഉറപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന ചാർജ്ജ് രഹിത ഒരു ഗോളീയ ചാലകത്തെ സങ്കൽപ്പിക്കുക. ചിത്രം 1.47(a) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജുള്ള വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട ദണ്ഡിനെ ഗോളത്തിനരികിൽ സ്പർശിക്കാതെ കൊണ്ടുവരുന്നതിനായി കരുതുക. ദണ്ഡിലെ നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജ് ചാലകത്തിലെ ഇലക്ട്രോണുകളെ എതിർദിശയിലേക്ക് വികർഷിക്കുന്നു. തത്ഫലമായി വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട ദണ്ഡിന് ചാലകത്തിന്റെ അടുത്തോട്ടുള്ള വശങ്ങളിൽ പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജും എതിർവശത്ത് നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജും പ്രേരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു.

വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട ദണ്ഡിനെ കൊണ്ടുവരുന്നതിന് മുമ്പ് ചാലകത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾ സമമായി വിന്യാസം ചെയ്തിരിക്കുന്നു. ആയതിൽ ആകെ ചാർജ്ജ് പൂജ്യമാകുന്നു. വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട ദണ്ഡ് ചാലകത്തിനരികിൽ കൊണ്ടുവരുമ്പോൾ ചാർജ്ജിന്റെ വിന്യാസം സമമായിരിക്കില്ല.

ദണ്ഡിന്റെ ചാലകത്തിൽ നിന്നും അകന്ന വശത്ത് ധാരാളം ഇലക്ട്രോണുകളും സമീപവശത്ത് പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജുകളുമായിരിക്കും. എന്നാൽ മൊത്തചാർജ്ജ് പൂജ്യമാകുന്നു.



ചിത്രം 1.47 വൈദ്യുത പ്രേരണത്തിന്റെ വിവിധ നിലകൾ

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 49 2/14/2023 12:10:35 PM

(ii) ഇപ്പോൾ ഗോളീയചാലകത്തെ ഒരു ചാലക കമ്പിമൂലം നിലവുമായിബന്ധിപ്പിച്ചിരുന്നു. ഇതിനെ ഗ്രൗൺഡിംഗ് എന്നുപറയുന്നു ഗ്രൗൺഡിംഗിൽ. എത്ര ഇലക്ട്രോണുകളെയും ശേഖരിക്കാൻ നിലത്തിനാകും. ആയതിനാൽ ഗോളീയ ചാലകത്തിൽ ഉള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾ ഗ്രാൺഡിംഗിനാൽ നിലത്തിൽ ശേഖരിക്കപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ ഗോളത്തിലുള്ള പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജുകൾ ദണ്ഡിലുള്ള നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജ് മൂലം ഉണ്ടാകുന്ന ആകർഷണബലത്തിന് വിധേയമാകുന്നതിനാൽ പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജ് നിലത്തിൽ ശേഖരിക്കപ്പെടുന്നില്ല. (ചിത്രം 1.47(b)).

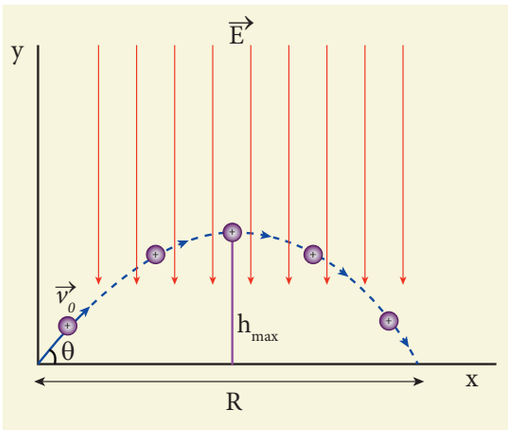
(iii) ഇപ്പോൾ നിലവുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന ചാലക കമ്പിയെ നീക്കം ചെയ്താൽ ഗോളത്തിലെ പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജ് വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട ദണ്ഡിന് സമീപത്തിലായിരിക്കും. (ചിത്രം 1.47(c)).

(iv) വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട ദണ്ഡിനെ ചാലകത്തിൽ നിന്നും അകറ്റുക. ഇങ്ങനെ അകറ്റിയ ഉടനെ പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജ് ചാലകത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽസമമായിവിന്യസിക്കുന്നു. ചിത്രം1.47(d)). ഇത്തരം പ്രതിഭാസത്തിനാൽ ചാർജ്ജ് രഹിതമായ ഒരു ഗോളീയ ചാലകം പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജുള്ള ചാലകമായി വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെടുന്നു.

അനിയന്ത്രിക അകൃതിയിലുള്ള ചാലകത്തിന്റെ കാര്യത്തിൽ ഇടയിലെ ഘട്ടവും സംഗ്രഹവും ശരിയാണെങ്കിലും അവസാനഘട്ടം വ്യത്യസ്തമാണ്. അനിയന്ത്രിത ആകൃതിയിലുള്ള ചാലകത്തിൽ പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജിന്റെ വിന്യാസം വ്യത്യാസമായിരിക്കും (സമമായിരിക്കില്ല). എന്തുകൊണ്ടാണ് സമമല്ലാത്തത് എന്നത് 1.9-ൽ ചർച്ച ചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 1.19

ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ m ദ്രവ്യമാനവും $+q$ ചാർജ്ജുമുള്ള ഒരു ചാലക വസ്തുവായ ചെറിയ പന്ത് തിരശ്ചീനതലത്തിൽ നിന്നും θ കോണിൽ ആരംഭ പ്രവേഗം v_0 ൽ മുകളിലോട്ട് എറിയുന്നു. സമവൈദ്യുതബലം E ഭൂഗുരുത്വമണ്ഡലം g യുടെ ദിശയിൽ നിലകൊള്ളുന്നു. വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട പന്തിന്റെ സഞ്ചാരത്തിന്റെ പരിധി, പരമാവധി ഉയരം, പറക്കുന്ന സമയം എന്നിവ കണക്കാക്കുക. കാറ്റിന്റെ പ്രഭാവത്തെ അവഗണിക്കുകയും പന്തിനെ ഒരു യൂണിറ്റ് ദ്രവ്യമാനമുള്ളതായും പരിഗണിക്കുക?



പരിഹാരം

ചാലകത്തിന് ചാർജ്ജില്ലെങ്കിലും ഇതിന്റെ സഞ്ചാരം m ദ്രവ്യമാനമുള്ള വസ്തുവിന്റെ സാധാരണ ക്ഷേപണീയ ചലനത്തിന് സമമാണെന്ന് ചലനാത്മകത (അദ്ധ്യായം 2, പാർട്ട് XI ഭൗതീക ശാസ്ത്രം) യിൽ പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഈ പ്രശ്നത്തിൽ കീഴോട്ടുള്ള ഭൂഗുരുത്വബലത്തിനോടൊപ്പം ചാർജ്ജ് ഒരു സമ സ്ഥിരവൈദ്യുതബലത്തെ കീഴോട്ടുള്ള ദിശയിൽ പ്രയോഗിക്കുന്നു.

ഭൂഗുരുത്വത്തിനാൽ വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട പന്തിനേർപ്പെടുന്ന ത്വരണം = $-g\,\hat{j}$

സമവൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിനാൽ വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട പന്തിനേർപ്പെടുന്ന ത്വരണം= $-\frac{qE}{m}\hat{j}$

കീഴോട്ടുള്ള ദിശയിൽ വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട പന്തിന്റെ ആകെ ത്വരണം $\vec{a} = -\left(g + \frac{qE}{m}\right)\hat{j}$

ഇവിടെ ത്വരണം പന്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നത് ശ്രദ്ധിക്കുക. എല്ലാ വസ്തുക്കളും ഭൂമിയെ നോക്കി സമത്വരണത്തിൽ താഴോട്ട് പതിക്കുന്നു എന്ന ഗലീലിയയുടെ സംഗ്രഹം സമഗുരുത്വമണ്ഡലത്തിന് മാത്രം യോജിച്ചതാണ്. സമ വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തെ പരിഗണിക്കുമ്പോൾ വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട വസ്തുവിന്റെ ത്വരണം ദ്രവ്യമാനത്തെയും ചാർജ്ജിനെയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

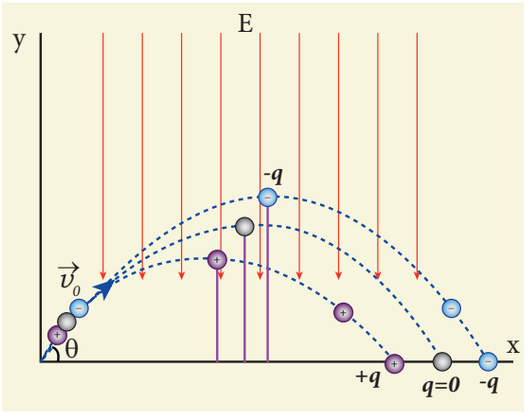
പക്ഷേ ത്വരണം $a = \left(g + \frac{qE}{m}\right)$ ചലനാവസ്ഥയിൽ സ്ഥിരമായിരിക്കും. ആയതിനാൽ ചലന നിയമങ്ങളുപയോഗിച്ച് പരിധി, പരമാവധി ഉയരം, പറക്കുന്ന സമയം എന്നിവ കണക്കാക്കാം.

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 50 2/14/2023 12:10:36 PM

ചുരുക്ക രൂപത്തിനായി g യെ $g+\frac{qE}{m}$ എന്ന് പരിധി, പരമാവധി ഉയരം, പറക്കുന്ന സമയം എന്നിവയുടെ സാധാരണ സമവാക്യത്തിൽ മാറ്റി എഴുതാം.

	ചാർജ്ജില്ലാത്തപ്പോൾ	+q ചാർജ്ജിൽ
പറക്കുന്ന സമയം T	$\frac{2v_0 \sin\theta}{g}$	$\frac{2v_0 \sin\theta}{\left(g+\frac{qE}{m}\right)}$
പരമാവധി ഉയരം h_{max}	$\frac{v_0^2 \sin^2\theta}{2g}$	$\frac{v_0^2 \sin^2\theta}{2\left(g+\frac{qE}{m}\right)}$
പരിധി R	$\frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$	$\frac{v_0^2 \sin 2\theta}{\left(g+\frac{qE}{m}\right)}$

ഇവിടെ പറക്കുന്നസമയം, പരമാവധി ഉയരം, പരിധി എന്നിവ വസ്തുവിന്റെ ത്വരണത്തിന് വിപരീതാനുപാതത്തിലായിരിക്കുമെന്ന് കുറിച്ചിരിക്കുന്നു. $+q$ ചാർജ്ജിന് $\left(g+\frac{qE}{m}\right) > g$ m ദ്രവ്യമാനവും ചാർജ്ജ് രഹിതവുമായ വസ്തുവിന്റെ ചലനത്തിനനുസരിച്ച് T, h_{max}, R തുടങ്ങിയ അളവുകൾ കുറയുന്നു. ചാർജ്ജ് ഒരുപക്ഷേ $-q$ ആണെങ്കിൽ $\left(g-\frac{qE}{m}\right) < g$ T, h_{max}, R തുടങ്ങിയ അളവുകൾ വർദ്ധിക്കുന്നു. എറിയപ്പെട്ട വസ്തുവിന്റെ സഞ്ചാരപാത ഒരു പാരബോള ആണെന്ന് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



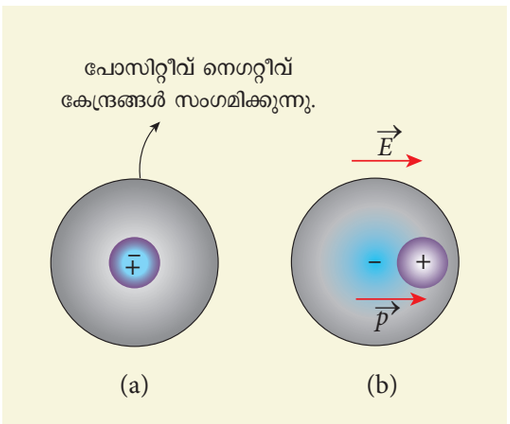
1.7.4 ഡൈഇലക്ട്രിക്സുകൾ അഥവാ കുചാലകങ്ങൾ

ചാലകത ഇല്ലാത്ത വസ്തുക്കളാണ് ഡൈഇലക്ട്രിക്സുകൾ. ഇവയിൽ ചാർജ്ജ് വാഹകർ ഇല്ല. ഡൈഇലക്ട്രിക്സുകളിൽ ഉള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾ അണുക്കളോട് ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. എബോണൈറ്റ്, കണ്ണാടി, മൈക്ക എന്നിവ ഡൈഇലക്ട്രിക്സുകൾക്ക് ചില ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. ബാഹ്യ വൈദ്യുതമണ്ഡലം പ്രയോഗിക്കപ്പെടുമ്പോൾ ചാലകത്തിന്റെ ഈ സ്വതന്ത്രചലനം സാധ്യമല്ല എന്നാൽ അവ നിശ്ചിത മാർഗ്ഗത്തിൽ പുനക്രമീകരണം ചെയ്യുന്നു. ഡൈഇലക്ട്രിക് ധ്രുവിത (polar) തന്മാത്രകളാലോ അധ്രുവിത (non-polar) തന്മാത്രകളാലോ നിർമ്മിതമാണ്.

അധ്രുവിത തന്മാത്രകൾ

അധ്രുവിത തന്മാത്രകളിൽ (non-polar molecule) പോസിറ്റീവ് നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജുകളുടെ കേന്ദ്രങ്ങൾ ഒരു ബിന്ദുവിൽ സംഗമിക്കുന്നു. അതിന്റെ ഫലമായി ഇത്തരം തന്മാത്രകൾക്ക് സ്ഥിരമായ ഡൈപോൾ മൊമന്റ് ഇല്ല. ഹൈഡ്രജൻ (H_2) ഓക്സിജൻ (O_2), കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ് (CO_2) തുടങ്ങിയവ അധ്രുവിത തന്മാത്രകൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.

ഒരു ബാഹ്യവൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിൽ ധ്രുവീകരിക്കാത്ത (non-polar) തന്മാത്രകളിലെ പോസിറ്റീവ് നെഗറ്റീവ് കേന്ദ്രങ്ങൾക്ക് സ്ഥാനമാറ്റം സംഭവിക്കുകയും ബാഹ്യവൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ ദിശയിൽ ഒരു ഡൈപോൾ മൊമന്റ് പ്രേരിതമാകുന്നു. അതായത് ഒരു ബാഹ്യവൈദ്യുത മണ്ഡലം കാരണം ഡൈഇലക്ട്രിക് ധ്രുവീകരിക്കപ്പെട്ടു എന്നു പറയാം. ഇത് ചിത്രം 1.48 കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



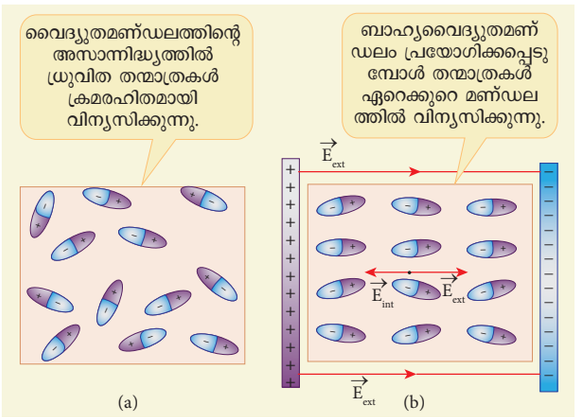
ചിത്രം 1.48 (a) അധ്രുവിത തന്മാത്രകൾ ബാഹ്യ മണ്ഡലം ഇല്ലാത്തപ്പോൾ (b) അധ്രുവിത തന്മാത്രകൾ ബാഹ്യമണ്ഡലത്തിൽ

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 51 2/14/2023 12:10:39 PM

ധ്രുവിത തന്മാത്രകൾ

ധ്രുവിത തന്മാത്രകളിൽ ബാഹ്യ വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ അസാന്നിധ്യത്തിലും പോസിറ്റീവ് നെഗറ്റീവ് കേന്ദ്രങ്ങൾ വേർപിരിഞ്ഞിരിക്കുന്നു. ഇത്തരം തന്മാത്രകൾക്ക് ഒരു സ്ഥിരഡൈപോൾ മൊമന്റ് ഉണ്ട്. എന്നാൽ താപവിക്ഷോഭം കാരണം ഇത്തരം തന്മാത്രകളിലെ സ്ഥിര ഡൈപോൾ ക്രമരഹിതമായി വിന്യസിച്ചിരിക്കുന്നു (ചിത്രം 1.49(a)) അതുകൊണ്ട് വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ അസാന്നിദ്ധ്യത്തിൽ ഇതിന്റെ ആകെ ഡൈപോൾമൊമന്റ് പൂജ്യമാകുന്നു. H_2O, N_2O, HCl, NH_3 തുടങ്ങിയവ ധ്രുവിത തന്മാത്രകൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.

ബാഹ്യവൈദ്യുതമണ്ഡലം പ്രയോഗിക്കപ്പെടുമ്പോൾ- പദാർത്ഥങ്ങളിലെ ഡൈപോളുകൾ മണ്ഡലത്തിനനുസരിച്ച് വിന്യസിക്കുന്നു. ആയതിനാൽ ഇതിൽ ഒരു ആകെ ഡൈപോൾമൊമന്റ് പ്രേരിതമാകുന്നു. അതായത് ബാഹ്യവൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിനാൽ ഡൈഇലക്ട്രിക് ധ്രുവീകരിക്കപ്പെട്ടു എന്ന് പറയാം. (ചിത്രം 1.49(b))



ചിത്രം 1.49 (a) ധ്രുവിതന്മാത്രകളിലെ ക്രമരഹിതമായ വിന്യാസം (b) ബാഹ്യവൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിൽ വിന്യസിച്ചിരിക്കുന്നു

ധ്രുവീകരണം

ഒരു ബാഹ്യമണ്ഡലത്തിന്റെ സാന്നിധ്യത്തിൽ ഡൈഇലക്ട്രിക്സിൽ ഡൈപോൾമൊമന്റ് പ്രേരിതമാകുന്നു. **ഒരു ഡൈഇലക്ട്രിക്സിന്റെ യൂണിറ്റ് ഉള്ളളവിൽ ഉള്ള ഡൈപോൾമൊമന്റിനെ ധ്രുവീകരണം $\vec{P}$ എന്നു പറയുന്നു.** രേഖീയ ഏകാത്മക ഡൈഇലക്ട്രിക്സുകളുടെ ധ്രുവീകരണം ബാഹ്യവൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ തീവ്രതയ്ക്ക് നേർ അനുപാതത്തിലായിരിക്കും.

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

χ_e എന്നത് സ്ഥിരാങ്കമാണ്. ഇതിനെ ഡൈഇലക്ട്രിക്സിന്റെ വൈദ്യുത സസപ്റ്റബിലിറ്റി (electric susceptibility) എന്നു പറയുന്നു. χ_e വസ്തുവിന്റെ തന്മാത്രയുടെ സ്വഭാവങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

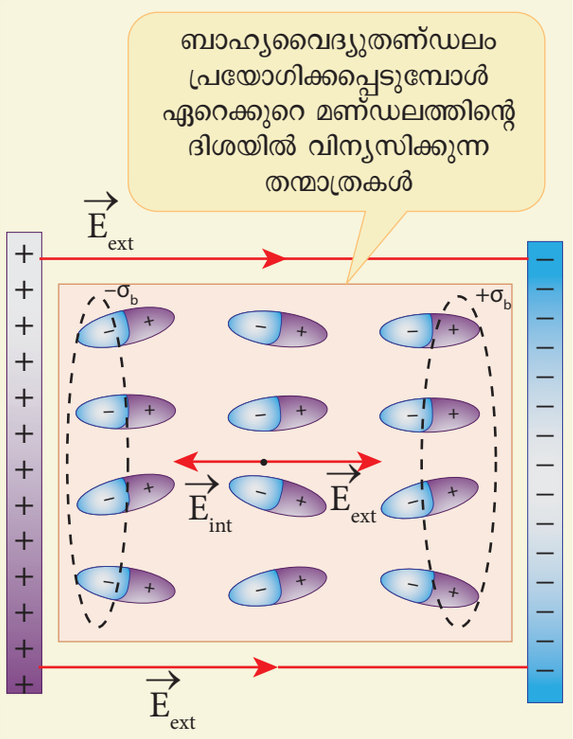
1.7.5 ഡൈഇലക്ട്രിക്സിലെ പ്രേരിത വൈദ്യുതമണ്ഡലം

ചാലകത്തിന്മേൽ ഒരു ബാഹ്യവൈദ്യുതമണ്ഡലം പ്രയോഗിക്കപ്പെടുമ്പോൾ ചാർജ്ജുകൾ ഒരു നിശ്ചിത ക്രമീകരണത്തിൽ ആകുന്നു. ഇതിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന ആന്തരിക വൈദ്യുതമണ്ഡലം ബാഹ്യ വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തെ നിർവീര്യമാക്കുന്നു. എന്നാൽ ഡൈഇലക്ട്രിക്സിനെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾ ഇല്ലാത്തതിനാൽ ബാഹ്യവൈദ്യുതമണ്ഡലം ചാർജ്ജുകളെ പുനർവിന്യസിച്ച് ഒരു ആന്തരികവൈദ്യുത മണ്ഡലം സൃഷ്ടിക്കുന്നു. ആന്തരിക വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ അളവ് ബാഹ്യവൈദ്യുത മണ്ഡലത്തേക്കാൾകുറവായിരിക്കും.അതുകൊണ്ട്മൊത്ത വൈദ്യുതമണ്ഡലം പൂജ്യമാകുന്നില്ല. എന്നിരുന്നാലും ആകെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം ബാഹ്യവൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന് സമാന്തരവും ബാഹ്യവൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിനേക്കാൾ കുറവുമായിരിക്കും. ഇതിനായി ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ദീർഘചതുരാകൃതിയിലുള്ള ഒരു ഡൈഇലക്ട്രിക് പാളി രണ്ട് വിപരീത ചാർജ്ജുകളുള്ള തട്ടുകൾക്കിടയിൽ വച്ചിരിക്കുന്നതായി സങ്കൽപ്പിക്കുക.

തട്ടുകൾക്കിടയിലുള്ള ചിത്രം 1.50 സ്ഥിരവൈദ്യുത മണ് ഡലം ാഹ്യവൈദ്യുത മണ്ഡലമായി പ്രവർത്തി ച്ച് തട്ടുകൾക്കിടയിൽ വച്ചിരിക്കുന്ന ഡൈഇലക്ട്രി ക് പാളി $\vec{E}_{ബാഹ്യ}$ ധ്രുവീകരിക്കപ്പെടുന്നു. ഡൈഇലക് ട്രിക് പാളിയുടെ ഒരു വശത്ത് പോസിറ്റീവ് ചാർ ജ്ജും മറുവശത്ത് നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജും പ്രേരിതമാകുന്നു.

എന്നാൽ ഡൈഇലക്ട്രിക്കിന്റെ ഉൾഭാഗത്ത് ഒരു ചെറിയ വ്യാപ്തത്തിലും ഉള്ള സകല ചാർജ്ജ് പൂജ്യമാകുന്നു. അതുകൊണ്ട് ബാഹ്യമണ്ഡലത്തിലെ ഡൈഇലക്ട്രിക് രണ്ട് വിപരീത ചാർജ്ജുകളുള്ള ഷീറ്റുകൾക്ക് തുല്യമാണ്. ഇവയുടെ പ്രതലചാർജ്ജ് സാന്ദ്രതകൾ $+\sigma_b$ യും $-\sigma_b$ യുമാണ്. ഈ ചാർജ്ജുകൾക്ക് ബന്ധിതചാർജ്ജുകൾ (bound charges) എന്നു പറയുന്നു. ഇവയ്ക്ക് ചാലകത്തിലുള്ള സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളെ

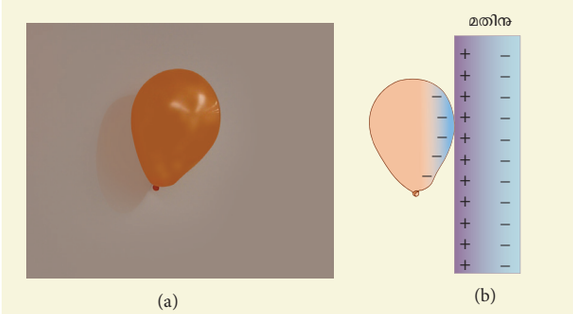
Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 52 2/14/2023 12:10:40 PM



ചിത്രം 1.50 ഡൈഇലക്ട്രിക്കിനുള്ളിലെ പ്രേരിത വൈദ്യുതമണ്ഡല രേഖകൾ

പോലെ സ്വതന്ത്ര ചലനം സാധ്യമല്ല. ഇത് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണമായി വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട ബലൂൺ ഉരസൽ കാരണം ചുമരിലോട്ട് ഒട്ടുന്നു. നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജുള്ള ബലൂൺ ചുമരിനരികിൽ കൊണ്ടുവരുമ്പോൾ അത് ചുമരിൽ വിപരീതചാർജ്ജ് സൃഷ്ടിക്കുന്നതിനാൽ ധ്രുവീകരണം സംഭവിക്കുന്നു. ഇതിനാലാണ് ചുമരിൽ ബലൂൺ ഒട്ടുന്നത് (ചിത്രം 1.51).



ചിത്രം 1.51 (a) ചുമരിലോട്ട് ബലൂൺ ഒട്ടുന്നത് (b) ബലൂൺ സൃഷ്ടിച്ച വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിനാൽ ചുമരിൽ ധ്രുവീകരണം ഏർപെടൽ

1.7.6 ഡൈഇലക്ട്രിക് തീവ്രത

ഡൈഇലക്ട്രിക്സിൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന ബാഹ്യവൈദ്യുതമണ്ഡലം അധികമായാൽ അതു അണുക്കളിൽഉള്ളഇലക്ട്രോൺക്രമീകരണത്തെ മാറ്റുന്നു. അതിനാൽ ബന്ധിതചാർജ്ജുകൾ സ്വതന്ത്ര ചാർജ്ജുകളായി മാറുന്നു. ആയതിനാൽ ഡൈഇലക്ട്രിക് വൈദ്യുതി കടത്തുന്നു. ഇതിന് ഡൈഇലക്ട്രിക് തകർച്ച (dielectric breakdown) എന്നു പറയുന്നു. തകർച്ചയ്ക്ക് മുമ്പായി ഡൈഇലക്ട്രിക്സിന് വഹിക്കാൻ കഴിയുന്ന പരമാവധി വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിനെ ഡൈഇലക്ട്രിക് തീവ്രത എന്നു പറയുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന് വായുവിൽ ഡൈപോളിന്റെ തീവ്രത 3×10^6 V m^{-1} പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന ബാഹ്യവൈദ്യുതമണ്ഡലം ഇതിനെക്കാൾ കൂടുതലാണെങ്കിൽ വായുവിൽ ഒരു തീപ്പൊരിഉണ്ടാകുന്നു. ചിലഡൈഇലക്ട്രിക്കുകളുടെഡൈഇലക്ട്രിക് തീവ്രത പട്ടിക 1.1 യിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

പട്ടിക 1.1 ഡൈഇലക്ട്രിക് തീവ്രത

വസ്തുക്കൾ	ഡൈഇലക്ട്രിക് തീവ്രത (Vm^{-1})
മൈക്ക	100×10^6
ടെഫ്ലോൺ	60×10^6
പേപ്പർ	16×10^6
വായു	3×10^6
പൈറക്സ് കണ്ണാടി	14×10^6

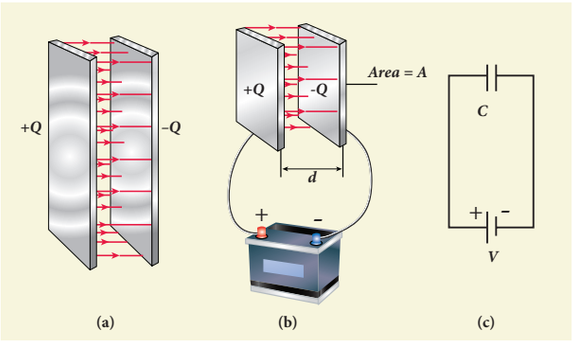
1.8 കപ്പാസിറ്ററുകളും കപ്പാസിറ്റൻസും

1.8.1 കപ്പാസിറ്ററുകൾ

വൈദ്യുതചാർജ്ജും വൈദ്യുത ഊർജ്ജവും ശേഖരിക്കുന്നതിനുള്ള ഉപകരണമാണ് കപ്പാസിറ്റർ. ഒരു നിശ്ചിത അകലത്തിൽ വേർതിരിക്കപ്പെട്ട രണ്ട് ചാലകവസ്തുക്കൾ (സാധാരണയായി തട്ടുകൾ അഥവാ ഷീറ്റുകൾ) ഇതിലുണ്ട്. മിക്കവാറും എല്ലാതരം വൈദ്യുതസർക്യൂട്ടിലും ശാസ്ത്രത്തിന്റെ വിവിധമേഖലകളിലും സാങ്കേതികവിദ്യയിലും കപ്പാസിറ്ററുകൾ ഉപയോഗിച്ചിരിക്കുന്നു.

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 53 2/14/2023 12:10:41 PM

ഒരു ലഘുകപ്പാസിറ്ററിൽ ചാത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ രണ്ട് സമാന്തര ലോഹതട്ടുകൾ ഒരു നിശ്ചിത അകലത്തിൽ വച്ചിരിക്കുന്നു. 1.52 (a).



ചിത്രം 1.52 (a) സമാന്തരപ്ലേറ്റ് കപ്പാസിറ്റർ (b) കപ്പാസിറ്റർ ബാറ്ററിയുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു (c) കപ്പാസിറ്ററിന്റെ സൂചകത്തെ സൂചിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഒരു കപ്പാസിറ്ററിന്റെ V പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസമുള്ള ഒരു ബാറ്ററിയുമായി ഘടിപ്പിക്കുമ്പോൾ ബാറ്ററിയിലിരുന്നു കപ്പാസിറ്ററിന്റെ ഒരു തട്ടിലേക്കും മറ്റൊരു തട്ടിലിരുന്ന് ബാറ്ററിയിലേക്കും ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് സ്ഥാനമാറ്റം ഏർപ്പെടുന്നതിനാൽ ഒരു തട്ടു +Q ചാർജ്ജിനെയും മറ്റൊരു തട്ടു –Q ചാർജ്ജും ആയി വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെടുന്നു. തട്ടുകൾക്കിടയിലുള്ള ഈ പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം ബാറ്ററിയുടെ ധ്രുവങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസത്തിന് സമമാകുന്നു. ഇത് ചിത്രം 1.52 (b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ബാറ്ററിയിലെ വോൾട്ടേജ് അധികരിക്കുമ്പോൾ തട്ടിൽ ശേഖരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന ചാർജ്ജും അധികമാകുന്നു. പൊതുവായി കപ്പാസിറ്ററിൽ ശേഖരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന ചാർജ്ജ് തട്ടുകൾക്കിടയിലുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസത്തിന് നേർഅനുപാതത്തിലായിരിക്കും.

$$Q \propto V$$

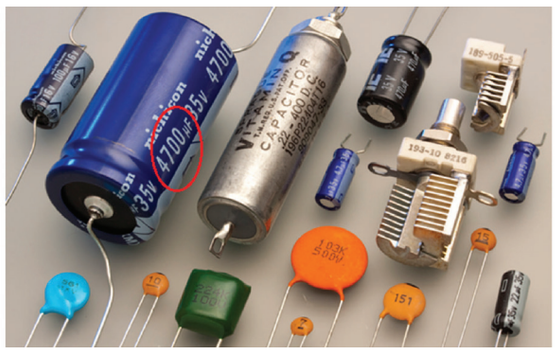
അതുകൊണ്ട് $$Q = CV$$

C എന്നത് സ്ഥിരാങ്കം ആകുന്നു. ഇതിനെ കപ്പാസിറ്റൻസ് എന്നുവിളിക്കുന്നു. **കപ്പാസിറ്റളിലെ കപ്പാസിറ്റൻസ് C എന്നത് ഏതെങ്കിലും ഒരു ചാലകതട്ടിൽ ഉള്ള വൈദ്യുതചാർജ്ജിന്റെ അളവിനും രണ്ട് തട്ടുകൾക്കിടയിലുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസത്തിനും ഇടയിലുള്ള അനുപാതമാണ്.**

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

കപ്പാസിറ്റൻസിന്റെ SI മാത്ര കൂളുംബ്/വോൾട്ട് അഥവാ ഫാരഡ് (F) (മൈക്കൽ ഫാരഡേയുടെ ബഹുമതിയിൽ നിന്ന്) പ്രായോഗികമായി മൈക്രോ ഫാരഡ് ($1\mu F = 10^{-6}$ F) പിക്കോഫാരഡ് ($1pF = 10^{-12}$ F) തുടങ്ങിയ യൂണിറ്റുകളിൽ ലഭ്യമാണ്. ഒരു കപ്പാസിറ്ററിനെ ⊣⊢ അല്ലെങ്കിൽ ⊣(എന്നീ സൂചകങ്ങളിലൂടെ സൂചിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഒരു കപ്പാസിറ്ററിൽ ശേഖരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന മൊത്തചാർജ്ജ് പൂജ്യമാകുന്നു ($Q - Q = 0$) ഒരു കപ്പാസിറ്ററിൽ ചാർജ്ജ് ശേഖരിക്കപ്പെടുന്നു എന്നു പറയുന്നതുകൊണ്ട് അർത്ഥമാക്കുന്നത് ചാർജ്ജ് ഏതെങ്കിലും ഒരു തട്ടിൽ ശേഖരിക്കപ്പെടുന്നു എന്നതാണ്.

ഇന്ന് കപ്പാസിറ്ററുകൾ വിവിധ രൂപത്തിലും (സിലിണ്ടർ, ഡിസ്ക്ക്) വിവിധ തരത്തിലും (tantalum, ceramic and electrolytic) ചിത്രത്തിൽ 1.53 കാണിച്ചിരിക്കുന്നു) ലഭ്യമാണ്. ഇത്തരം കപ്പാസിറ്ററുകൾ പലതരത്തിലുള്ള വൈദ്യുതസർക്യൂട്ടിലും വിപുലമായി ഉപയോഗിച്ചുവരുന്നു.



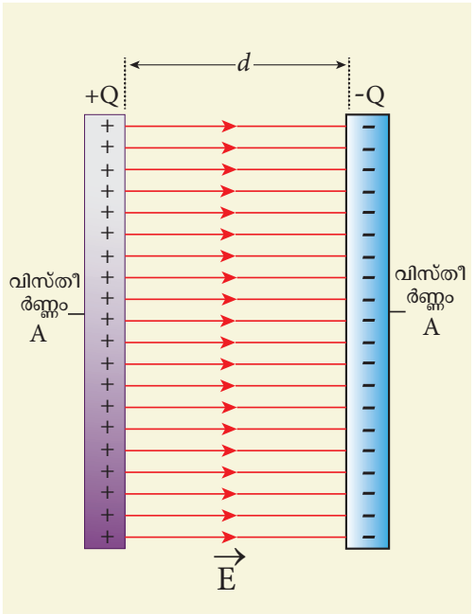
ചിത്രം 1.53 വിവിധതരം കപ്പാസിറ്ററുകൾ

സമാന്തരപ്ലേറ്റ് ക്പാസിറ്ററുകൾ

രണ്ട് സമാന്തരപ്ലേറ്റുകളുള്ള ഒരു കപ്പാസിറ്ററിനെ കരുതുക. ഇവ ഓരോ പ്ലേറ്റിന്റെയും പരിച്ഛേദതലവസ്തീർണ്ണം A യും അവവേർതിരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന അകലം d യും ആകുന്നു. ഇത് ചിത്രം 1.54-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

രണ്ട് സമാന്തര തട്ടുകൾക്കിടയിലുള്ള വൈദ്യുതമണ്ഡലം സമമായിരിക്കും. $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ ഇവിടെ σ എന്നത് ഓരോ തട്ടിലെയും പ്രതലചാർജ്ജ് സാന്ദ്രതയാകുന്നു. $\left(\sigma = \frac{Q}{A}\right)$ രണ്ട് പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിലുള്ള അകലം പ്ലേറ്റിന്റെ വലിപ്പത്തേക്കാൾ d കുറവാണെങ്കിൽ ($d^2 << A$), ഒരു നിശ്ചിത വലിപ്പത്തിലുള്ള കപ്പാസിറ്ററിനും മേൽപറഞ്ഞ സൂത്രം യോജിച്ചതാണ്.

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 54 2/14/2023 12:10:42 PM



ചിത്രം 1.54 രണ്ട് സമാന്തര പ്ലേറ്റ് കപ്പാസിറ്റിലെ കപ്പാസിറ്റൻസ്

രണ്ട് പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിലെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം

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

ഇവിടെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം സമമാകുന്നു. d ൽ വേർതിരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന പ്ലേറ്റിന്റെ വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം

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

കപ്പാസിറ്റിലെ കപ്പാസിറ്റൻസ്

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

സമവാക്യം (1.84)-ൽ നിന്ന് കപ്പാസിറ്റൻസ് ഛേദതലവിസ്തീർണ്ണത്തിന് നേർഅനുപാതത്തിലും പ്ലേറ്റിനിടയിലുള്ള ദൂരത്തിന്റെ വർഗ്ഗത്തിന് വിപരീതാനുപാതത്തിലുമായിരിക്കും എന്ന് വ്യക്തമാകുന്നു. ഇത് താഴെപറയുന്ന രീതിയിൽ നിന്ന് മനസ്സിലാകുന്നു.

(i) കപ്പാസിറ്റർ പ്ലേറ്റ്(തട്ട്)-ലെ പരിഛേദതല വിസ്തീർമ്ണം അധികരിക്കുകയാണെങ്കിൽ ഒരേ പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസത്തിൽ അധിക ചാർജ്ജുകൾ വിതരണം ചെയ്യുന്നു. ഇതിനാൽ കപ്പാസിറ്റൻസ് അധികമാകുന്നു.

(ii) രണ്ട് പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരം d കുറയുകയാണെങ്കിൽ പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിലുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം E. സ്ഥിരമായ നിലയിൽ $(V = Ed)$ കുറയുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി ബാറ്ററിയിലെ ധ്രുവങ്ങൾക്കിടയിലെ വോൾട്ടേജ് വ്യത്യാസം അധികമായി പ്ലേറ്റിൽ നിന്നും ബാറ്ററിയിലേക്ക് ചാർജ്ജിന്റെ അധിക പ്രവാഹം ഉണ്ടാക്കുന്നു. എങ്കിലും കപ്പാസിറ്ററിലെ വോൾട്ടേജ് ബാറ്ററിയിലെ ധ്രുവങ്ങളിലെ വോൾട്ടേജിന് തുല്യമാകുന്നു. ഒരുപക്ഷേ ദൂരം d വർദ്ധിക്കുകയാണെങ്കിൽ കപ്പാസിറ്ററിലെ വോൾട്ടേജും വർദ്ധിച്ച് ബാറ്ററിയിലെ വോൾട്ടേജിനേക്കാൾ അധികമാകുന്നു. ഇതിനാൽ രണ്ട് വോൾട്ടേജും തുല്യമാകുംവരെ കപ്പാസിറ്ററിലെ പ്ലേറ്റുകളിൽ നിന്നും ബാറ്ററിയിലേക്ക് ചാർജ്ജുകൾ പ്രവഹിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 1.20

ഒരു സമാന്തര പ്ലേറ്റ് കപ്പാസിറ്ററിൽ 5 സെ.മി. വശവും 1.മി.മീ. അകലത്തിൽ വേർതിരിച്ചിട്ടുള്ളതുമായ സമചതുര തട്ടുകൾ ഉണ്ട്. (a) ഈ കപ്പാസിറ്ററിലെ കപ്പാസിറ്റൻസ് കണക്കാക്കുക. (b) കപ്പാസിറ്ററുമായി 10 V ബാറ്ററി ബന്ധിപ്പിച്ചിരുന്നാൽ ഏതെങ്കിലും ഒരു പ്ലേറ്റിൽ ശേഖരിക്കപ്പെടുന്ന ചാർജ്ജ് കണക്കാക്കുക? ($\epsilon_{\circ}$യുടെ മൂല്യം = $8.85 \times 10^{-12}\ N^{-1}m^{-2}\ C^2$)

പരിഹാരം

(a) കപ്പാസിറ്ററിലെ കപ്പാസിറ്റൻസ്

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

(b) ഏതെങ്കിലും ഒരു പ്ലേറ്റിൽ ശേഖരിക്കുന്ന ചാർജ്ജ് Q = CV, എങ്കിൽ

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

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 55 2/14/2023 12:10:43 PM



ചില സമയങ്ങളിൽ വൈദ്യുതബന്ധം കൊടുത്താലും സീലിംങ് ഫാൻ ചലിക്കുന്നില്ല. എന്നാൽ അതിന്റെ ചിറക് ചെറുതായി കറക്കിയാൽ ഫാൻ സാധാരണയായി കറങ്ങുന്നു. എന്തുകൊണ്ടാണ് ഇങ്ങനെ സംഭവിക്കുന്നത്? ഏത് വസ്തുവിനെ കറക്കിയലും ആ വസ്തുവിന്മേൽ ഒരു ടോർക്ക് പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്നു എന്ന് നമുക്കറിയാവുന്നതാണ്. സീലിംഗ് ഫാനിൽ ഒരു തുടക്ക ടോർക്ക് സൃഷ്ടിക്കാൻ കൺഡൻസർ (condenser) എന്ന് വിളിക്കുന്ന കപ്പാസിറ്ററുകളാണുള്ളത് ഈ കണ്ടൻസറുകൾ ചീത്തയായാൽ ഇത് ഫാൻ കറങ്ങാൻ ആവശ്യമായ തുടക്ക ടോർക്ക് നൽകുന്നില്ല.

1.8.2 കപ്പാസിറ്ററിൽ ശേഖരിക്കപ്പെടുന്ന ഊർജ്ജം

കപ്പാസിറ്ററുകൾ ചാർജ്ജ് മാത്രമല്ല ശേഖരിക്കുന്നത് ഇവ ഊർജ്ജത്തെയും ശേഖരിക്കുന്നു. ബാറ്ററി കപ്പാസിറ്ററുമായി ബന്ധിക്കുകയാണെങ്കിൽ $-Q$ ചാർജ്ജുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾ ഒരു പ്ലേറ്റിൽ നിന്നും മറ്റൊരു പ്ലേറ്റിലേക്ക് സ്ഥാനമാറ്റം ചെയ്യുന്നു. ചാർജ്ജിനെ സ്ഥാനമാറ്റം ചെയ്യാൻ ബാറ്ററിയാൽ പ്രവൃത്തി ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ഈ പ്രവൃത്തി കപ്പാസിറ്ററിൽ സ്ഥിരവൈദ്യുത സ്ഥിതികോർജ്ജമായി ശേഖരിക്കുന്നു.

V പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസത്തിൽ dQ ചാർജ്ജിനെ സ്ഥാനമാറ്റം ചെയ്യാൻ ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രവൃത്തി

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

ഇവിടെ $V = \frac{Q}{C}$

കപ്പാസിറ്ററിനെ വൈദ്യുതീകരിക്കുവാൻ ചെയ്യപ്പെടുന്ന ആകെ പ്രവൃത്തി

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

ഈ പ്രവൃത്തി കപ്പാസിറ്ററിൽ സ്ഥിരവൈദ്യുത സ്ഥിതികോർജ്ജമായി (U_E) ശേഖരിക്കപ്പെടുന്നു.

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

ഇവിടെ Q = CV ആകുന്നു. ഈ ശേഖരിക്കപ്പെട്ട ഊർജ്ജം കപ്പാസിറ്ററിലെ കപ്പാസിറ്റൻസിനും കപ്പാസിറ്ററിലെ പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിലുള്ള വോൾട്ടേജിന്റെ വർഗ്ഗത്തിനും നേർ അനുപാതത്തിലായിരിക്കും.

പക്ഷേ ഈ ഊർജ്ജം കപ്പാസിറ്ററിൽ എവിടെയാണ് ശേഖരിക്കപ്പെടുന്നത്? ഈ ചോദ്യം മനസ്സിലാക്കുന്നതിന് സമവാക്യം (1.87) $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$, V = Ed തുടങ്ങിയ ഫലങ്ങളുപയോഗിച്ച് താഴെ പറയുന്ന രീതിയിൽ തിരുത്തി എഴുതാം.

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

ഇവിടെ Ad = കപ്പാസിറ്ററിലെ പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിലുള്ള സ്ഥലത്തെ വ്യാപ്തം. ഒരു യൂണിറ്റ് വ്യാപ്തമുള്ള സ്ഥലത്ത് ശേഖരിക്കപ്പെടുന്ന ഊർജ്ജത്തിന് ഊർജ്ജ സാന്ദ്രത എന്നു പറയുന്നു $u_E = \frac{U}{\text{വ്യാപ്തം}}$ സമവാക്യം (1.88)ൽ നിന്ന്

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

സമവാക്യം (1.89)-ൽ നിന്ന് ഊർജ്ജം ശേഖരിക്കപ്പെടുന്ന ഈ വൈദ്യുതമണ്ഡലം കപ്പാസിറ്ററിലെ രണ്ട് പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിൽ നിലനിൽക്കുന്നു. ഒരിക്കൽ കപ്പാസിറ്റർ ഡിസ്ചാർജ്ജാകുമ്പോൾ ഊർജ്ജം തിരിച്ചെടുക്കുന്നു.

വളരെ പ്രധാനമായി കുറിക്കേണ്ടത് എന്തെന്നാൽ ഊർജ്ജസാന്ദ്രത വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. എന്നാൽ കപ്പാസിറ്ററിലെ പ്ലേറ്റിന്റെ വലിപ്പത്തെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. സമീകരണം (1.89) ഏത് തരം ചാർജ്ജ് ക്രമീകരണത്തിന്റെ വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിനും ശരിയാണ്.

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 56 2/14/2023 12:10:46 PM

1.8.3 കപ്പാസിറ്ററിന്റെ പ്രായോഗികത

വിവിധ വൈദ്യുത സർക്യൂട്ടുകളിൽ കപ്പാസിറ്ററുകൾ ഉപയോഗിച്ചിരിക്കുന്നു. ചില പ്രായോഗികതകൾ ചുവടെ കൊടുക്കുന്നു.

(a) ഡിജിറ്റൽ ക്യാമറ നമുക്ക് എല്ലാവർക്കും അറിയാവുന്നതാണ് നമ്മൾ ഫോട്ടോ എടുക്കുമ്പോൾ അതിൽ നിന്ന് വരുന്ന ഫ്ളാഷ് കപ്പാസിറ്ററിൽ നിന്നും പുറത്തുവരുന്ന ഊർജ്ജത്തിനാലാണ്. ഇതിനെ ഫ്ളാഷ് കപ്പാസിറ്ററുകൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു.

(b) ഹൃദയാഘാതം ഏർപ്പെടുമ്പോൾ ഹാർഡ് ഡെഫ്രിബ്രിലേറ്റർ എന്ന ഉപകരണം ഉപയോഗിച്ച് പെട്ടെന്ന് അധിക അളവിലുള്ള വൈദ്യുതോർജ്ജം രോഗിയുടെ നെഞ്ചുഭാഗത്ത് പ്രയോഗിക്കുന്നതുമൂലം ഹൃദയതുടിപ്പുകൾ സാധാരണനിലയിലേക്ക് കൊണ്ടുവരാം. ഇത് ചിത്രം 1.55 (b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

(c) ഓട്ടോമൊബൈലിൽ തീപ്പൊരി ഏർപ്പെടുന്നത് തടയുന്നതിനായി കപ്പാസിറ്ററുകൾ അതിന്റെ ഇഗ്നിഷൻ സിസ്റ്റത്തിൽ ഉപയോഗിച്ചിരിക്കുന്നു.

(d) വൈദ്യുതി വിതരണത്തിലെ ഏറ്റക്കുറച്ചിലുകൾ കുറയ്ക്കുന്നതിനും വൈദ്യുതി പ്രക്ഷേപണത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമത വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നതിനും കപ്പാസിറ്ററുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു. എന്നിരുന്നാലും കപ്പാസിറ്ററുകൾക്കും ചില ദോഷങ്ങളുണ്ട്. ബാറ്ററിയോ വൈദ്യുതി വിതരണമോ നീക്കം ചെയ്തതിനുശേഷവും, കപ്പാസിറ്ററുകൾ ചാർജ്ജും ഊർജ്ജവും കുറച്ച് സമയത്തേക്ക് സംഭരിക്കുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന് ടി.വി. സ്വീച്ച്, ഓഫ് ചെയ്തിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ ടിവി ചാനലിന്റെ പിൻഭാഗത്ത് തൊടാതിരിക്കുന്നത് എല്ലായ്പ്പോഴും നല്ലതാണ്.

1.8.4 കപ്പാസിറ്ററുകളിൽ ഡൈഇലക്ട്രിക്കിന്റെ പ്രഭാവം

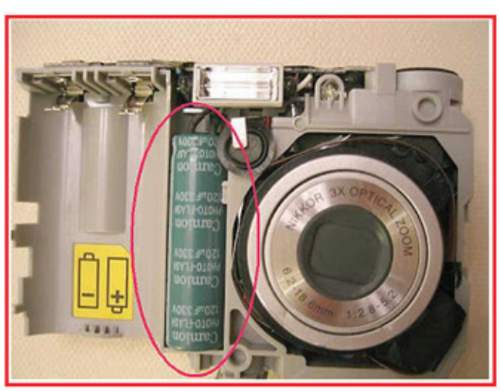
നേരത്തെയുള്ള ചർച്ചകളിൽ നിന്ന് കപ്പാസിറ്ററിലെ രണ്ട് പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിലുള്ള സ്ഥലത്ത് ശൂന്യമായതോ അല്ലെങ്കിൽ വായു നിറഞ്ഞതായോ കാണപ്പെടും എന്ന് വിശ്വസിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ സ്ഥലത്ത് മൈക്ക, കണ്ണാടി, പേപ്പർ പോലുള്ള കുചാലകങ്ങൾ വയ്ക്കുകയാണെങ്കിൽ കപ്പാസിറ്ററിലെ കപ്പാസിറ്റൻസ് വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു. പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിൽ കുചാലകങ്ങളെ രണ്ട് വ്യത്യസ്ത രീതിയിൽ ചേർക്കാം. (i) കപ്പാസിറ്ററുകളെ ബാറ്ററിയിൽ നിന്ന് വിഛേദിക്കപ്പെടുമ്പോൾ (ii) കപ്പാസിറ്ററുകളെ ബാറ്ററിയുമായി ബന്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ.

(i) കപ്പാസിറ്ററിനെ ബാറ്ററിയിൽ നിന്നും വിച്ഛേദിക്കപ്പെടമ്പോൾ

പരിഛേദതലവിസ്തീർണ്ണം A യുള്ള രണ്ട് പ്ലേറ്റുകൾ d അകലത്തിൽ വേർതിരിച്ചുവച്ചിരിക്കുന്ന ഒരു കപ്പാസിറ്ററിനെ സങ്കൽപ്പിക്കുക. Q_0 ചാർജ്ജും V_0 വോൾട്ടേജും ഉള്ള ഒരു ബാറ്ററിയാൽ ഈ കപ്പാസിറ്റർ വൈദ്യുതീകരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. കുചാലകം ഇല്ലാത്ത കപ്പാസിറ്ററിലെ കപ്പാസിറ്റൻസ്

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

കപ്പാസിറ്ററിൽ നിന്ന് ബാറ്ററിയെ വിഛേദിപ്പിച്ച് അതിന്റെ പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിൽ ഒരു കുചാലകത്തെ വയ്ക്കുക. ഇത് ചിത്രം 1.56-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



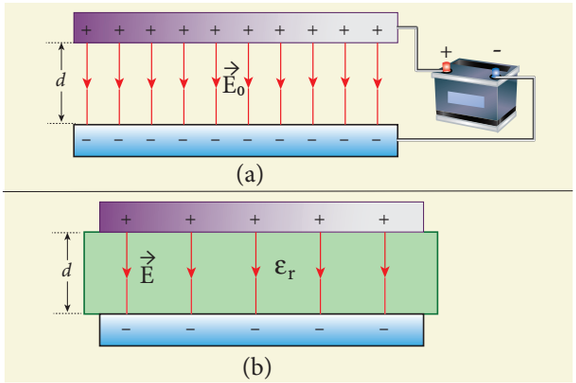
(a)



(b)

ചിത്രം 1.55 (a) ക്യാമറയിലെ ഫ്ളാഷ് കപ്പാസിറ്റർ (b) ഹാർട്ട് ഡെഫിബ്രിലേറ്റർ

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 57 2/14/2023 12:10:46 PM



ചിത്രം 1.56 (a) കപ്പാസിറ്റർ ബാറ്ററിയാൽ വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെടുന്നു (b) ബാറ്ററി വിഛേദിപ്പിച്ചശേഷം കുചാലകത്തെ ചേർക്കൽ

കുചാലകത്തെ പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിൽ വയ്ക്കുമ്പോൾ വൈദ്യുതമണ്ഡലം കുറയുന്നു. പരീക്ഷണത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ മാറ്റം സംഭവിച്ച വൈദ്യുതമണ്ഡലം ചുവടെ കൊടുക്കുന്ന സമീകരണത്തിൽ നിന്ന് അറിയാം

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

ഇവിടെ E_0 എന്നത് കുചാലകം ഇല്ലാത്തപ്പോൾ കപ്പാസിറ്ററിനുള്ളിലെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം ϵ_r എന്നത് ഡൈഇലക്ട്രിക് (കുചാലകം)ലെ ആപേക്ഷിക പെർമിറ്റിവിറ്റി. അല്ലെങ്കിൽ ഡൈഇലക്ട്രിക് സ്ഥിരാങ്കം എന്നുപറയുന്നു. $\epsilon_r > 1$, ആകുമ്പോൾ $E < E_0$.

അതിന്റെ ഫലമായി പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിലുള്ള സ്ഥിരവൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം കുറയുന്നു ($V = Ed$) അതേസമയം ബാറ്ററി വിഛേദിക്കപ്പെട്ടാലും ചാർജ്ജ് Q_0 സ്ഥിരമായിരിക്കും.

പുതിയ പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം

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

കപ്പാസിറ്റൻസ് പൊട്ടൻഷ്യൽവ്യത്യാസത്തിന് വിപരീത അനുപാതത്തിലായിരിക്കുമെന്ന് നമുക്കറിയാം. അതിനാൽ പൊട്ടൻഷ്യൽ V കുറയുമ്പോൾ C വർദ്ധിക്കുന്നു.

ഡൈഇലക്ട്രിക് (കുചാലകം) ഉള്ളപ്പോൾ കപ്പാസിറ്റൻസ്

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

$\epsilon_r > 1$ ആണെങ്കിൽ $C > C_0$ ആയിരിക്കും. കുചാലകം (ഡൈഇലക്ട്രിക്) വയ്ക്കപ്പെടുമ്പോൾ കപ്പാസിറ്റൻസ് വർദ്ധിക്കുന്നു.

സമീകരണം (1.84) ഉപയോഗിച്ച്,

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

ഇവിടെ $\epsilon = \epsilon_r \epsilon_o$ ഡൈഇലക്ട്രിക് മാദ്ധ്യമത്തിന്റെ പെർമിറ്റിവിറ്റി ആക്കുന്നു.

ഡൈഇലക്ട്രിക് വയ്ക്കുന്നതിന് മുമ്പ് കപ്പാസിറ്ററിൽ ശേഖരിക്കപ്പെടുന്ന ഊർജ്ജം

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

ഡൈഇലക്ട്രിക് വച്ചതിനുശേഷം Q_0 സ്ഥിരമായിരിക്കും. കപ്പാസിറ്റൻസ് വർദ്ധിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി ശേഖരിക്കപ്പെട്ട ഊർജ്ജം കുറയുന്നു

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

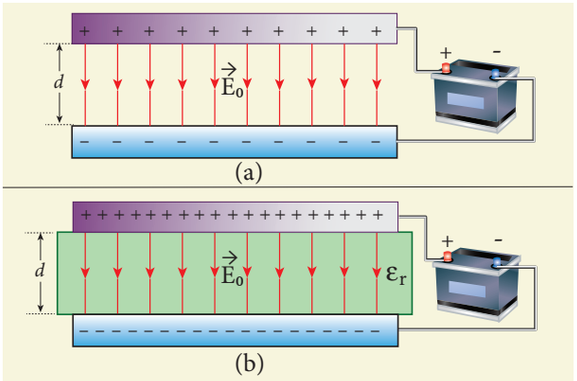
$\epsilon_r > 1$ ആണെങ്കിൽ നമുക്ക് $U < U_o$ എന്ന് ലഭിക്കുന്നു. ഡൈഇലക്ട്രിക് വയ്ക്കുന്നതുകാരണം ഊർജ്ജം കുറയുന്നു, ഡൈഇലക്ട്രിക് ഉള്ളിലോട്ട് തള്ളുന്നതിനായി കപ്പാസിറ്റർ കുറച്ച് ഊർജ്ജം ഉപയോഗിക്കുന്നു.

(ii) കപ്പാസിറ്റർ ബാറ്ററിയുമായി ബന്ധിപ്പിക്കപ്പെടുമ്പോൾ

V_0 വോൾട്ടേജുള്ള ഒരു ബാറ്ററിയെ കപ്പാസിറ്ററുമായി ബന്ധിപ്പിച്ച നിലയിൽ ഒരു കുചാലകത്തെ കപ്പാസിറ്ററിൽ വയ്ക്കപ്പെടുമ്പോൾ എന്തുസംഭവിക്കുന്നുവെന്ന് നോക്കാം. ഇത് ചിത്രം 1.57-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിലുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം V_0 സ്ഥിരമായിരിക്കും. എന്നാൽ പരീക്ഷണത്തിൽ നിന്നും ഒരു കുചാലകം വയ്ക്കപ്പെടുമ്പോൾ കപ്പാസിറ്റർ ശേഖരിക്കപ്പെടുന്ന ചാർജ്ജ് ϵ_r ഘടകമായി വർദ്ധിക്കുന്നു.

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 58 2/14/2023 12:10:48 PM



ചിത്രം 1.57 (a)ബാറ്ററിയാൽ കപ്പാസിറ്റർ വൈദ്യുതീകരിക്കുന്നു (b) ബാറ്ററി ബന്ധിപ്പിച്ച നിലയിൽ ഡൈഇലക്ട്രിക് വയ്ക്കുമ്പോൾ

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

ചാർജ്ജ് വർദ്ധനവിനാൽ കപ്പാസിറ്റൻസും വർദ്ധിക്കുന്നു. വർദ്ധിച്ച് കപ്പാസിറ്റൻസ്

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

എന്തായാലും ബാറ്ററി ബന്ധിപ്പിക്കപ്പെടുമ്പോൾ വർദ്ധിക്കുന്ന കപ്പാസിറ്റൻസിന്റെ കാരണവും ബാറ്ററി വിഛേദിക്കപ്പെടുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന കപ്പാസിറ്റൻസിന്റെ കാരണവും വ്യത്യാസമാണ്.

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

$$C = \frac{\epsilon A}{d} \qquad (1.99)$$

കുചാലകം വയ്ക്കുന്നതിനുമുമ്പായി കപ്പാസിറ്ററിൽ ശേഖരിക്കപ്പെടുന്ന ഊർജ്ജം

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

ഇവിടെ $U_0 = \frac{1}{2}\frac{Q_0^2}{C_0}$ എന്ന സമീകരണം ഉപയോഗിക്കുന്നില്ല എന്നത് ശ്രദ്ധിക്കുക എന്തെന്നാൽ ഇവിടെ ചാർജ്ജും കപ്പാസിറ്റൻസും വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു. V_o മാത്രം സ്ഥിരമായിരിക്കും. ഡൈഇലക്ട്രിക് വച്ചതിനുശേഷം കപ്പാസിറ്റൻസ് വർദ്ധിക്കുന്നു. അതിനാൽ ശേഖരിക്കപ്പെട്ട ഊർജ്ജവും വർദ്ധിക്കുന്നു.

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

$\epsilon_r > 1$ ആണെങ്കിൽ $U > U_o$.

ഇവിടെ കപ്പാസിറ്ററിനിടയിലുള്ള വോൾട്ടേജ് V_0 സ്ഥിരമായിരിക്കുന്നത് മനസ്സിലാക്കാം. രണ്ട് പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിലുള്ള വൈദ്യുത മണ്ഡലവും സ്ഥിരമായിരിക്കും.

ഊർജ്ജസാന്ദ്രത

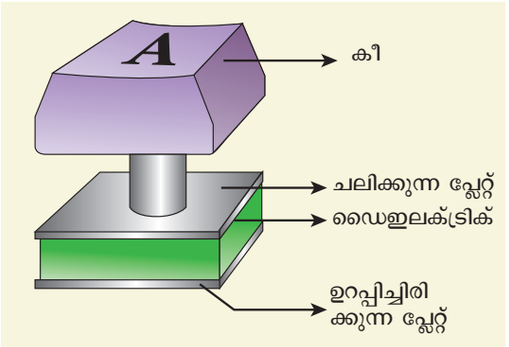
$$u = \frac{1}{2} \epsilon E_0^2 \qquad (1.102)$$

ഇവിടെ ϵ എന്നത് ഡൈഇലക്ട്രിക് (കുചാലക) വസ്തുവിന്റെ പെർമിറ്റിവിറ്റി ആകുന്നു.

മേൽപ്പറഞ്ഞ വിഷയങ്ങൾ പട്ടിക 1.2 -ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ ഡൈഇലക്ട്രിക് ഉപയോഗിച്ചിട്ടുള്ള കപ്പാസിറ്ററുകളാണ് കംമ്പ്യൂട്ടർ കീബോർഡിൽ കീ-കൾ നിർമിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നത്.



കീ അമർത്തുമ്പോൾ രണ്ട് പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരം കുറയുന്നതിനാൽ കപ്പാസിറ്റൻസ് വർദ്ധിക്കുന്നു. ഇതിൽ നിന്ന് ഏത് കീ അമർത്തിയിരിക്കുന്നു എന്നറിയാൻ കമ്പ്യൂട്ടറിലെ വൈദ്യുത സർക്യൂട്ടിനെ പ്രേരിപ്പിക്കുന്നു.

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 59 2/14/2023 12:10:50 PM

പട്ടിക 1.2 കപ്പാസിറ്ററിൽ ഡൈ ഇലക്ട്രിക്കിന്റെ പ്രഭാവം

S. No	ഡൈഇലക്ട്രിക് വയ്ക്കുമ്പോൾ	ചാർജ്ജ് Q	വോൾട്ടേജ് V	വൈദ്യുത മണ്ഡലം E	കപ്പാസിറ്റൻസ് C	ഊർജ്ജം U
1	ബാറ്ററി വിച്ഛേദിക്കുമ്പോൾ	സ്ഥിരം	കുറയുന്നു	കുറയുന്നു	കുറയുന്നു	കുറയുന്നു
2	ബാറ്ററി ബന്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ	കൂടുന്നു	സ്ഥിരം	സ്ഥിരം	കൂടുന്നു	കൂടുന്നു

ഉദാഹരണം 1.21

$\varepsilon_r = 5$ ഉള്ള മൈക്ക കപ്പാസിറ്ററിന്റെ രണ്ട് സമാന്തര പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിൽ നിറച്ചിരിക്കുന്നു. ഇതിനെ 10 V ബാറ്ററിയുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. രണ്ട് പ്ലേറ്റിന്റെവിസ്തീർണ്ണവും6 സെ.മീ^{2} അവയ്ക്കിടയിലുള്ള ദൂരം 6 മി.മീ ഉം ആണെങ്കിൽ (a) കപ്പാസിറ്റൻസും ശേഖരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന ഊർജ്ജവും കണ്ടുപിടിക്കുക. (b) കപ്പാസിറ്റർ പൂർണ്ണമായും വൈ ദ്യുതീകരിച്ച് ബാറ്ററി വിഛേദിപ്പിക്കുകയും ഡൈ ഇലക്ട്രിക് ശ്രദ്ധാപൂർവ്വം നീക്കിയതിനു ശേഷം കപ്പാസിറ്റൻസ് ശേഖരിയ്ക്കപ്പെട്ട ഊർജ്ജം, ചാർ ജ്ജ് എന്നിവയുടെ പുതിയ മൂല്യം കണക്കാക്കുക?

പരിഹാരം

(a) ഡൈഇലക്ട്രിക്കിന്റെ സാന്നിധ്യത്തിൽ കപ്പാസിറ്ററിലെ കപ്പാസിറ്റൻസ്

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

ശേഖരിക്കപ്പെട്ട ഊർജ്ജം

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

ശേഖരിക്കപ്പെട്ട ഊർജ്ജം

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

(b) ബാറ്ററി ബന്ധിപ്പിക്കാത്തതിനാൽ ഡൈഇലക്ട്രിക് നീക്കിയതിനുശേഷവും ചാർജ്ജുകൾ മാറുന്നില്ല. എന്നാൽ പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിലുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം വർദ്ധിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി കപ്പാസിറ്റൻസ് കുറയുന്നു.

പുതിയകപ്പാസിറ്റൻസ്

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

ശേഖരിക്കപ്പെടുന്ന ചാർജ്ജ് 44.25 pC ന് തുല്യമായിരിക്കും. പുതിയതായി ശേഖരിക്കപ്പെട്ട ഊർജ്ജം

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

വർദ്ധിച്ച ഊർജ്ജം

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

ഡൈഇലക്ട്രിക് നീക്കുമ്പോൾ ഇതിൽ പ്ലേറ്റിനാൽ ഒരു ഉൾനോക്കിയ തള്ളുബലം അനുഭവപ്പെടുന്നു. ഇതിന് എതിരായി ഡൈഇലക്ട്രിക് നീക്കുന്നതിന് ബാഹ്യമായി ഒരു പ്രവൃത്തി ചെയ്യേണ്ടതുണ്ട്. ഇത് ഒരു സങ്കലന ഊർജ്ജമായി ശേഖരിക്കപ്പെടുന്നു. ഇത് വർദ്ധിച്ച ഊർജ്ജം 8.84×10^{-10} J ന്റെ ഉറവിടമാകുന്നു.

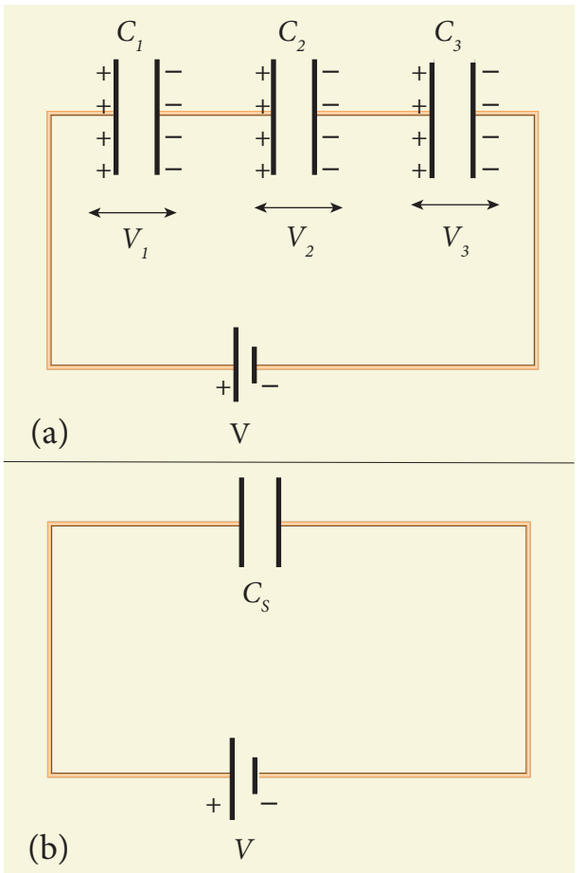
1.8.5 കപ്പാസിറ്ററുകൾ ശ്രേണീരീതിയിൽ മറ്റും സമാന്തര രീതിയിൽ

(i) കപ്പാസിറ്ററുകൾ ശ്രേണീരീതിയിൽ

ചിത്രം 1.58 (a) കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ V വോൾട്ടേജ് ഉള്ള ബാറ്ററിയുമായി C_1, C_2, C_3 കപ്പാസിറ്റൻസുള്ള മൂന്ന് കപ്പാസിറ്ററുകൾ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നതായി സങ്കൽപ്പിക്കുക.

ബാറ്ററി കപ്പാസിറ്ററുമായി ശ്രേണീ രീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിക്കപ്പെടുമ്പോൾ ചാർജ്ജ് –Q നെഗറ്റീവ്

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 60 2/14/2023 12:10:53 PM



ചിത്രം 1.58 (a) കപ്പാസിറ്റർ ശ്രേണീരീതിയിൽ (b) C_S സഫല കപ്പാസിറ്റൻസ്

അഗ്രത്തിൽ നിന്നും വലതു തകിട് C3 യിലേക്ക് മാറ്റുന്നു. തത്ഫലമായി അതേ അളവ് –Q യുടെ ഇടതു ഭാഗത്ത് നിന്നും വലതു തകിട് C_2 യിലേക്ക് സ്ഥിരവൈദ്യുത പ്രേരണം മൂലം തള്ളപ്പെടുന്നു. ഇതുപോലെ ഇടത് പ്ലേറ്റ് C_2 –Q ചാർജ്ജിനെ വലതുപ്ലേറ്റ് C_1 ലേക്ക് തള്ളപ്പെടുന്നു. ഇത് പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജ് +Q പ്ലേറ്റ് C_1 ന്റെ വലതുഭാഗത്ത് പ്രേരിതമാകുന്നു. ഇതേസമയം –Q ചാർജ്ജുള്ള ഇലക്ട്രോൺ C_1 ന്റെ ഇടതുപ്ലേറ്റിൽ നിന്നും ബാറ്ററിയുടെ പോസിറ്റീവ് അഗ്രത്തിലേക്ക് സ്ഥാനമാറ്റം ചെയ്യുന്നു.

ഈ പ്രതിഭാസത്തിനാൽ ഓരോ കപ്പാസിറ്ററും ഒരേ അളവ് ചാർജ്ജ് Q ശേഖരിക്കുന്നു. കപ്പാസിറ്ററിന്റെ കപ്പാസിറ്റൻസ് വ്യത്യാസമായതിനാൽ അവ ഓരോന്നിനുള്ള വോൾട്ടേജും വ്യത്യാസമായിരിക്കും. ഇവയെ യഥാക്രമം V1, V2, V3) എന്ന് കുറിച്ചിരിക്കുന്നു.

കപ്പാസിറ്ററുകളുടെ വോൾട്ടേജിന്റെ ആകെതുക ബാറ്ററിയുടെ വോൾട്ടേജിന് തുല്യമാണ്.

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

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

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

ആ ചിത്രം 1.58(b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നുപോലെ ശ്രേണീരീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന ഈ മൂന്നു കപ്പാസിറ്ററുകളും ചേർന്ന് ഒരു ഏക കപ്പാസിറ്റർ C_s ആയി പ്രവർത്തിച്ചാൽ $V = \frac{Q}{C_S}$ ഈ സമവാക്യം സമീകരണം (1.104) ൽ പ്രയോഗിച്ചാൽ

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

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

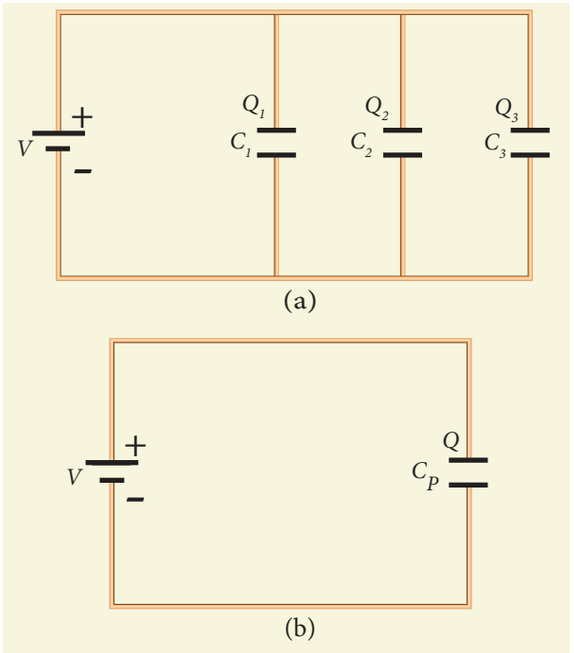
മൂന്നു കപ്പാസിറ്ററുകൾ ശ്രേണീരീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ കിട്ടുന്ന സഫല കപ്പാസിറ്റൻസിന്റെ C_S വ്യുൽക്രമം ഓരോ കപ്പാസിറ്റൻസിന്റെയും വ്യുൽക്രമത്തിന്റെ സങ്കലനത്തിന് സമമായിരിക്കും. ഈ സഫല കപ്പാസിറ്റൻസ് C_S ശ്രേണീ രീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നതിൽ ഉള്ള ഏറ്റവും ചെറിയ കപ്പാസിറ്റൻസ് മൂല്യത്തേക്കാൾ കുറവായിരിക്കും.

(ii) കപ്പാസിറ്റൻസ് സമാന്തര രീതിയിൽ

ചിത്രത്തിൽ 1.59 (a) കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ V വോൾട്ടേജുള്ള ബാറ്ററിയുമായി C_1, C_2, C_3 കപ്പാസിറ്റൻസുള്ള മൂന്നു കപ്പാസിറ്ററുകൾ സമാന്തരമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നതായി സങ്കൽപ്പിക്കുക.

കപ്പാസിറ്ററുകളുടെ അനുയോജ്യമായ വശങ്ങൾ ബാറ്ററിയുടെ യോജിച്ച പോസിറ്റീവ് നെഗറ്റീവ് ധ്രുവങ്ങളിലായി ബന്ധിപ്പിക്കുക. ഓരോ കപ്പാസിറ്ററുകളുടേയും വോൾട്ടേജ് ബാറ്ററിയുടെ വോൾട്ടേജിന് തുല്യമാണ്. കപ്പാസിറ്ററുകളുടെ കപ്പാസി

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 61 2/14/2023 12:10:55 PM



ചിത്രം 1.59 (a) കപ്പാസിറ്ററുകൾ സമാന്തര രീതിയിൽ (b) ഒരേ ചാർജ്ജുള്ള സഫല കപ്പാസിറ്റൻസ്

റ്റൻസ് വ്യത്യാസമായതിനാൽ ഓരോ കപ്പാസിറ്ററിലും ശേഖരിക്കപ്പെടുന്ന ചാർജ്ജ് സമമായിരിക്കില്ലല്ലോ. കപ്പാസിറ്ററിലും ശേഖരിക്കപ്പെടുന്ന ചാർജ്ജുകൾ യഥാക്രമം Q_1, Q_2, Q_3 ആയിരിക്കും. ചാർജ്ജിന്റെ സംരക്ഷണ നിയമപ്രകാരം ഈ മൂന്നു ചാർജ്ജുകളുടെയും സങ്കലനം ബാറ്ററിയിൽ നിന്നും മാറ്റുന്ന ചാർജ്ജ് Q ന് തുല്യമാണ്.

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

$Q = CV$, ആയതിനാൽ

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

ചിത്രം 1.59 (b) കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഈ മൂന്നു കപ്പാസിറ്ററുകളും ചേർന്ന് Q ചാർജ്ജ് ശേഖരിക്കുന്ന ഒരു ഏകസഫല കപ്പാസിറ്റൻസായി C_P മാറിയാൽ $Q = C_PV$ എന്നെഴുതാം. ഇതിനെ സമീകരം (1.107) ൽ പ്രസ്താവിച്ചാൽ.

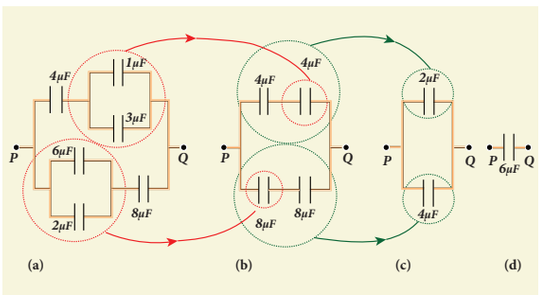
$$C_PV = C_1V + C_2V + C_3V$$

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

സമാന്തരമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന കപ്പാസിറ്ററുകളുടെ സഫല കപ്പാസിറ്റൻസ്, ഓരോരോ കപ്പാസിറ്റൻസിന്റെയും സങ്കലനഫലത്തിന് സമമായിരിക്കും. സമാന്തരബന്ധനത്തിലെ സഫല കപ്പാസിറ്റൻസ് C_P ഈ ബന്ധനത്തിലുള്ള ഏറ്റവും വലിയ കപ്പാസിറ്റൻസിനെക്കാൾ കൂടുതലായിരിക്കും. സമാന്തരബന്ധനത്തിലുള്ള കപ്പാസിറ്റർ ഓരോന്നിന്റെയും വിസ്തീർണ്ണത്തിന്റെ സങ്കലന ഫലം അധികമായതിനാൽ അതിന്റെ മൊത്ത കപ്പാസിറ്റൻസും അധികമായിരിക്കും.

ഉദാഹരണം 1.22

ചിത്രം (a) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന ക്രമീകരണത്തിൽ P, Q ബിന്ദുക്കൾക്കിടയിലുള്ള സഫല കപ്പാസിറ്റൻസ് കണ്ടുപിടിക്കുക.



പരിഹാരം

1 μF മറ്റും 3 μF അളവുകളുള്ള കപ്പാസിറ്ററുകൾ സമാന്തരമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. 6 μF, 2 μF അളവുകളുള്ള കപ്പാസിറ്ററുകൾ പ്രത്യേകമായി സമാന്തരരീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. അവയുടെ ഓരോന്നിന്റെയും സഫല കപ്പാസിറ്റൻസ് അതേ സ്ഥാനത്ത് കുറിക്കപ്പെട്ട് ചിത്രം (b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

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

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

ചിത്രം (b) ൽ നിന്ന് രണ്ട് 4 μF അളവുള്ള കപ്പാസിറ്ററുകൾ ശ്രേണീരീതിയിലും രണ്ട് 8 μF അളവുള്ള കപ്പാസിറ്ററുകൾ ശ്രേണീരീതിയിലും ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. അവയുടെ സഫല കപ്പാസിറ്റൻസ് കണ്ടുപിടിച്ച് ചിത്രം (c) ൽ അതിനുസമമായ സർക്യൂട്ട് വരച്ചിരിക്കുന്നു.

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 62 2/14/2023 12:10:55 PM

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2} \qquad \Rightarrow C = 2\ \mu F$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{8} + \frac{1}{8} = \frac{1}{4} \qquad \Rightarrow C = 4\ \mu F$$

ചിത്രം (c) ൽ നിന്ന് 2 μF, 4 μF എന്നീ കപ്പാസിറ്ററുകൾ സമാന്തരമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നുവെന്ന് മനസ്സിലാക്കാം. അതുകൊണ്ട് സഫല കപ്പാസിറ്റൻസ് ചിത്രം. (d) ൽ രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു.

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

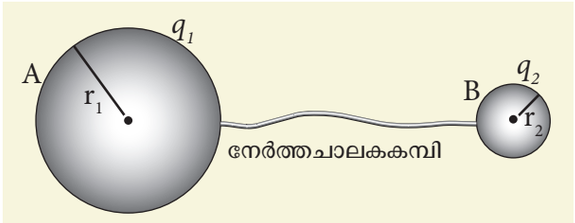
ആയതിനാൽ ചിത്രം (a) ലുള്ള കപ്പാസിറ്റൻസുകളുടെ സംയോജനത്തെ 6 μF എന്ന സഫല കപ്പാസിറ്റൻസിനാൽ മാറ്റപ്പെടുന്നു.

1.9

ചാലകത്തിൽചാർജ്ജിന്റെ വിതരണവും കൂർത്ത അഗ്രത്തിലെ പ്രവർത്തനവും

1.9.1 ചാലകങ്ങളിൽ ചാർജ്ജിന്റെ വിതരണം

ചിത്രം 1.60-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ r_1, r_2 വ്യാസാർദ്ധങ്ങളുള്ള രണ്ട് ചാലക ഗോളങ്ങൾ A മറ്റും B ഒരു നേർത്ത ചാലകകമ്പിമൂലം ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നതായി സങ്കൽപ്പിക്കുക. ഈ ഗോളങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരം അവയുടെ വ്യാസാർദ്ധത്തേക്കാൾ വളരെ കൂടുതലാണ്.



ചിത്രം 1.60 രണ്ട് ചാലകങ്ങൾ ചാലക കമ്പിമൂലം ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു

ഏതെങ്കിലും ഒരു ഗോളത്തിൽ Q ചാർജ്ജ് കൊടുക്കപ്പെടുമ്പോൾരണ്ട്ഗോളങ്ങളുടെയുംസ്ഥിരവൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ സമമാകും വരെ ഈ ചാർജ്ജുകൾ രണ്ട് ഗോളങ്ങളിലും വിതരണം ചെയ്യുന്നു. ഇപ്പോൾ ഗോളങ്ങൾ സമമായ ചാർജ്ജ് വിതരണത്തിലുള്ളതിനാൽ സ്ഥിരവൈദ്യുത സംതുലനാവസ്ഥയിലെത്തുന്നു. ഗോളം A യുടെ പ്രതലത്തിൽ ഉള്ള ചാർജ്ജ് q_1 എന്നും ഗോളം B യുടെ പ്രതലത്തിൽ ഉള്ള ചാർജ്ജ് q_2 വും ആയിരുന്നാൽ $Q = q_1 + q_2$ ചാലകത്തിന്റെ പ്രതലത്തിൽ മാത്രം ചാർജ്ജ് വിതരണം ചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ചാലകത്തിന്റെ ഉൾഭാഗത്ത് ഏതുവിധത്തിലുള്ള ചാർജ്ജും കാണപ്പെടുന്നില്ല.

ഗോളം A യുടെ പ്രതലത്തിലെ സ്ഥിരവൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ

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

ഗോളം B യുടെ പ്രതലത്തിലെ സ്ഥിരവൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ

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

ചാലകത്തിന്റെ പ്രതലങ്ങൾ സമ പൊട്ടൻഷ്യലിലാണുള്ളത്. രണ്ട് ഗോളങ്ങളും ഒരു ചാലക കമ്പി മൂലം ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നതിനാൽ രണ്ട് ഗോളങ്ങളുടെ പ്രതലങ്ങളും ചേർന്ന് ഒരു സമപൊട്ടൻഷ്യൽ പ്രതലം രൂപീകരിക്കുന്നു.

$$V_A = V_B$$

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

ഗോളം A യുടെ പ്രതലത്തിലെ ചാർജ്ജ് സാന്ദ്രത σ_1 ഉം ഗോളം B യുടെ പ്രതലത്തിലെ ചാർജ്ജ് സാന്ദ്രത σ_2 വുമായിരുന്നാൽ $q_1 = 4\pi r_1^2\sigma_1$, q2 = $4\pi r^2 2\sigma 2$, ഈ മൂല്യങ്ങളെ സമവാക്യം (1.112)-ൽ പ്രസ്താവിച്ചാൽ

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

ഇതിൽ നിന്ന്

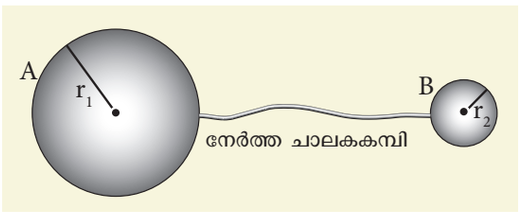
$$\sigma r = \text{സ്ഥിരാങ്കം} \qquad (1.113)$$

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 63 2/14/2023 12:10:57 PM

അതായത് പ്രതലചാർജ്ജ് സാന്ദ്രത σ ഗോളത്തിന്റെ വ്യാസാർദ്ധത്തിന് വിപരീതാനുപാതിലായിരിക്കും. വ്യാസാർദ്ധം കുറവാണെങ്കിൽ ചാർജ്ജ് സാന്ദ്രത അധികമായിരിക്കും.

ഉദാഹരണം 1.23

$r_1 = 8$ സെ.മീ, $r_2 = 2$ സെ.മീ വ്യാസാർദ്ധമുള്ള രണ്ട് ചാലക ഗോളങ്ങൾ 8 സെ.മീ നെക്കാൾ അധിക ദൂരത്തിൽ വേർതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ രണ്ട് ഗോളങ്ങളും നേർത്ത ചാലക കമ്പിമൂലം ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ആകെ ചാർജ്ജ് $Q = +100\,\text{nC}$ യും ഏതെങ്കിലും ഒരു ഗോളത്തിൽ സംഭരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഒരു നിമിഷത്തിനുശേഷം രണ്ട് ഗോളങ്ങളും സ്ഥിര വൈദ്യുത സംതുലനാവസ്ഥയിലാകും വരെ ചാർജ്ജ് Q പുനർവിതരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു.



(a) ഓരോ ഗോളത്തിന്റെയും ചാർജ്ജും പ്രതല ചാർജ്ജ് സാന്ദ്രതയും കണക്കാക്കുക.

(b) ഓരോ ഗോളത്തിന്റെയും പ്രതലത്തിലെ പൊട്ടൻഷ്യൽ കണക്കാക്കുക.

പരിഹാരം

(a) A ഗോളത്തിന്റെ പ്രതലത്തിലെ സ്ഥിരവൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ $V_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q_1}{r_1}$

B ഗോളത്തിന്റെ പ്രതലത്തിലെ സ്ഥിരവൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ $V_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q_2}{r_2}$

അതായത് $V_A = V_B$.

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

എന്നാൽ ചാർജ്ജ് സംരക്ഷണത്തിൽ നിന്ന് $Q = q_1 + q_2$, $q_1 = Q - q_2$ ഈ മൂല്യങ്ങളെ മുകളിൽ പറഞ്ഞ സമവാക്യത്തിൽ പ്രസ്താവിച്ചാൽ,

$$Q - q_2 = \left(\frac{r_1}{r_2}\right) q_2$$

അതുകൊണ്ട് $q_2 = Q\left(\frac{r_2}{r_1 + r_2}\right)$

ആയതിനാൽ,

$$q_2 = 100 \times 10^{-9} \times \left(\frac{2}{10}\right) = 20\ \text{nC}$$

and $q_1 = Q - q_2 = 80\text{nC}$

ഗോളം A യുടെ ചാർജ്ജ് സാന്ദ്രത

$$\sigma_1 = \frac{q_1}{4\pi r_1^2}$$

ഗോളം B യുടെ ചാർജ്ജ് സാന്ദ്രത

$$\sigma_2 = \frac{q_2}{4\pi r_2^2}$$

അതുകൊണ്ട്,

$$\sigma_1 = \frac{80 \times 10^{-9}}{4\pi \times 64 \times 10^{-4}} = 0.99 \times 10^{-6}\,\text{C m}^{-2}$$

$$\sigma_2 = \frac{20 \times 10^{-9}}{4\pi \times 4 \times 10^{-4}} = 3.9 \times 10^{-6}\,\text{C m}^{-2}$$

ചെറിയ ഗോളത്തിലെ പ്രതലചാർജ്ജ് സാന്ദ്രത വലിയ ഗോളത്തെ താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ കൂടുതലാണ് $(\sigma_2 \approx 4\sigma_1)$

$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{r_2}{r_1}$. എന്ന് വ്യക്തമാകുന്നു

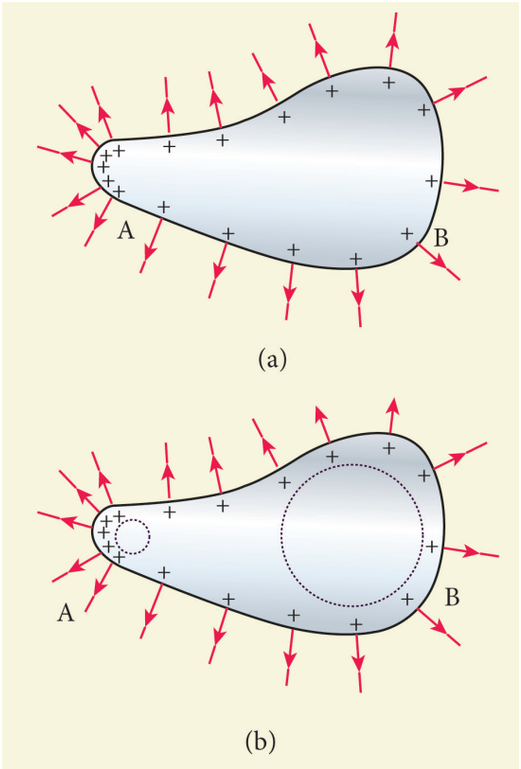
രണ്ട് ഗോളത്തിലെയും പൊട്ടൻഷ്യൽ സമമാകുന്നു. അതിനാൽ നമുക്ക് ഏതെങ്കിലും ഒരു ഗോളത്തിലെ പൊട്ടൻഷ്യൽ കണക്കാക്കാം.

$$V_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q_1}{r_1} = \frac{9 \times 10^9 \times 80 \times 10^{-9}}{8 \times 10^{-2}} = 9\,\text{kV}$$

1.9.2 കൂർത്ത അഗ്രത്തിലെ പ്രവർത്തനം അഥവാ കൊറോണ ഡിസ്ചാർജ്ജ്

ചിത്രം 1.61 (a) കാണിച്ചിരിക്കുന്ന പോലെ അനിയന്ത്രിത ആകൃതിയിലുള്ള വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട ഒരു ചാലകത്തെ സങ്കൽപ്പിക്കുക.

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 64 2/14/2023 12:11:00 PM



ചിത്രം 1.61 കൂർത്ത അഗ്രത്തിലെ പ്രവർത്തനം അഥവാ കൊറോണ ഡിസ്ചാർജ്

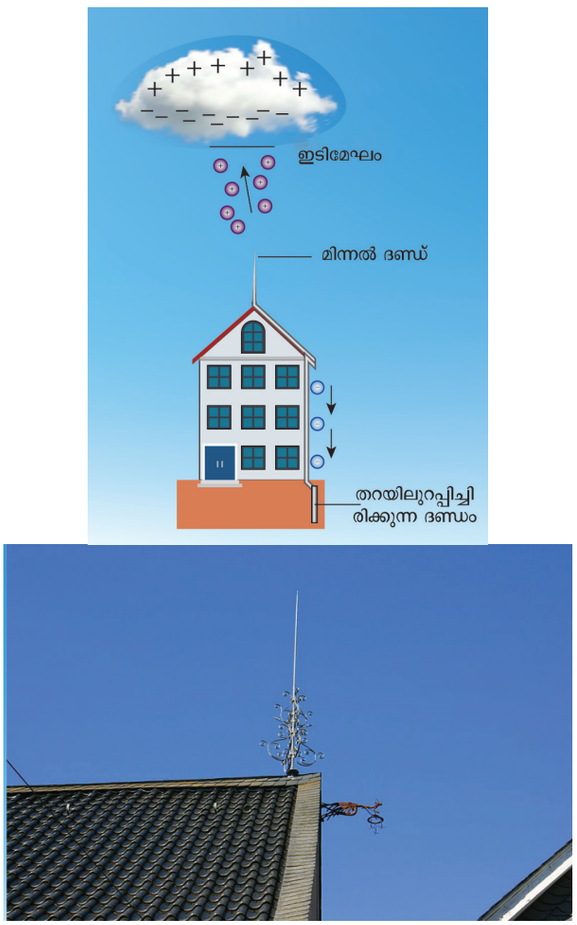
വക്രതാവ്യാസാർദ്ധം കുറവായ ഭാഗത്ത് ചാർജ്ജ് സാന്ദ്രത അധികമായിരിക്കുമെന്ന് നമുക്കറിയാവുന്നതാണ്. ചാലകത്തിന്റെ അഗ്രഭാഗത്ത് വക്രത (larger curvature) കൂടുതലാണെങ്കിൽ (വ്യാസാർദ്ധം കുറവ്) അവിടെ ചാർജ്ജ് ശേഖരണം കൂടുതലായിരിക്കും. 1.61 (b).

ഇതിന്റെ ഫലമായി അഗ്രഭാഗത്ത് വൈദ്യുത മണ്ഡലം വളരെ കൂടുതലായിരിക്കും. ഇത് ചുറ്റുമുള്ള വായുവിനെ അയോണീകരിക്കുന്നു. കൂർത്ത അഗ്രം പോസിറ്റീവ് അയോണിനെ വികർഷിക്കുകയും നെഗറ്റീവ് അയോണിനെ ആകർഷിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. കൂർത്ത അഗ്രം ചാലകത്തിലെ മൊത്തചാർജ്ജിനെ കുറയ്ക്കുന്നു. ഇതിനെ ആക്ഷൻ ഓഫ് പോയിന്റ്സ് അഥവാ കൊറോണ ഡിസ്ചാർജ്ജ് എന്നു വിളിക്കുന്നു.

1.9.3 ഇടിതാങ്ങി

ഉയർന്ന കെട്ടിടങ്ങളെ ഇടിമിന്നലിൽ നിന്നും സംരക്ഷിക്കുവാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന ഉപകരണമാണിത്. ഇത് ആക്ഷൻ ഓഫ് പോയിന്റ്സ് അല്ലെങ്കിൽ കൊറോണ ഡിസ്ചാർജ്ജ് എന്ന തത്വത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

ഈ ഉപകരണത്തിൽ കെട്ടിടത്തിന്റെ മുകൾ ഭാഗത്തു നിന്നും നിലത്തേക്ക് കട്ടിയുള്ളതും നീളമുള്ളതുമായ ഒരു ചെമ്പ് ദണ്ഡ് (copper rod) കാണപ്പെടുന്നു. ചിത്രം 1.62 (a), (b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ദണ്ഡിന്റെ മുകൾഭാഗത്ത് കൂർത്ത മുനകൾ അല്ലെങ്കിൽ മൂർച്ചയുള്ള സൂചി പോലുള്ള ഭാഗം കാണപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം 1.62 (a)ഇടിതാങ്ങിയുടെ ചിത്രം (b) ഇടിതാങ്ങിയോടു കൂടിയ വീട്

ദണ്ഡിന്റെ താഴെയുള്ള ഭാഗം നിലത്തിൽ വളരെ ആഴത്തിൽ കുഴിച്ചിട്ടിരിക്കുന്ന ഒരു കോപ്പർ പ്ലേറ്റുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. കെട്ടിടത്തിന്റെ മുകളിലൂടെ നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജുള്ള മേഘം കടന്നുപോകുമ്പോൾ അത് കൂർത്ത മുനയിൽ പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജ് പ്രേരണം ചെയ്യുന്നു. ആയതിനാൽ കൂർത്ത മുനയിലെ പ്രേരിത ചാർജ്ജ് സാന്ദ്രത അധികമാകുകയും അവ കൊറോണ ഡിസ്ചാർജ്ജിന് കാരണമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജ് ചുറ്റുമുള്ള വായുവിനെ അയോണീകരിക്കുകയും മേഘത്തിലെ നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജി

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 65 2/14/2023 12:11:01 PM

നെ നിർവീര്യമാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. കൂർത്ത മുന യിലേക്ക് തള്ളപ്പെടുന്ന നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജ് ചെമ്പ് ദണ്ഡ് വഴി കടന്നുപോകുകയും സുരക്ഷിതമായി ഭൂമിയിലേക്ക് ഗതിമാറ്റുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇടിതാ ങ്ങി ഒരിക്കലും മിന്നലിനെ നിർത്തുന്നില്ല. മറിച്ച് അത് മിന്നലിനെ സുരക്ഷിതമായി നിലത്തേക്ക് തിരിച്ചുവിടുന്നു.

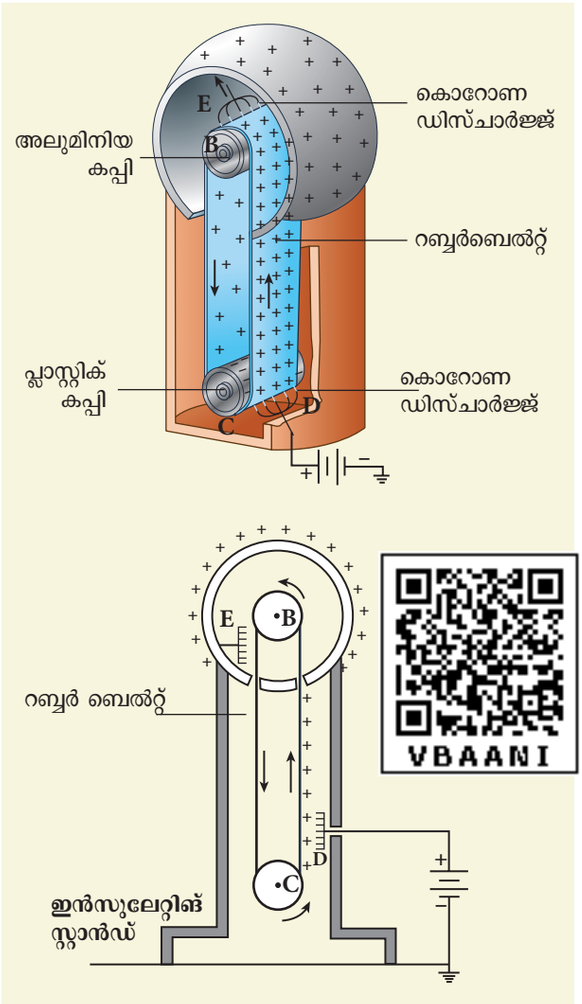
1.9.4 വാൻഡേ ഗ്രാഫ് ജനറേറ്റർ

(10^7 V വോൾട്ടുകളുടെ അളവിൽ) പല മില്യൺ വോൾട്ട് അളവിൽ വളരെ ഉയർന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ നിർമ്മിക്കാൻ കഴിയുന്ന ഒരു യന്ത്രത്തെ 1929-ൽ റോബർട്ട് വാൻഡേ ഗ്രാഫ് രൂപകൽപന ചെയ്തി ട്ടുണ്ട്. ഈ വാൻഡേ ഗ്രാഫ് ജനറേറ്റർ സ്ഥിരവൈ ദ്യുത പ്രേരണം ആക്ഷൻ ഓഫ് പോയിന്റ്ഡ് എന്ന തത്ത്വത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നു..

ചിത്രം 1.63-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഒരു ഇൻസുലേറ്റർ സ്റ്റാൻഡിൽ ഒരു വലിയ പൊള്ള യായ ഗോളീയ ചാലകം ഉറപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. പൊള്ള യായ ഗോളത്തിന്റെ മദ്ധ്യഭാഗത്ത് B എന്ന കപ്പി സ്ഥാപിക്കുകയും മറ്റൊരു കപ്പി C അടിഭാഗത്ത് ഉറപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. രണ്ട് കപ്പി വഴി റബ്ബർ അല്ലെങ്കിൽ പട്ടുതുണിയിലായ ഒരു ബെൽറ്റ് ചലിക്കുന്നു. കപ്പി C വൈദ്യുത മോട്ടോർ ഉപയോഗിച്ച് തുടർച്ചയായി ചുറ്റുന്നു. രണ്ട് ചീപ്പ് ആകൃതിയിലുള്ള ലോഹചാല കങ്ങൾ E മറ്റും D കപ്പിയ്ക്കരികിലായി ഘടിപ്പിച്ചി രിക്കുന്നു.

ചിപ്പ് D യ്ക്ക് ഒരു വൈദ്യുതവിതരണിയുടെ സഹായത്താൽ 10^4 V പോസിറ്റീവ് പൊട്ടൻഷ്യൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. പൊള്ളയായ ഗോളീയ ചാല കത്തിന്റെ ഉൾവശത്ത് ചിപ്പ് E ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.

ചിപ്പ് D യ്ക്ക് അരികിലുള്ള ഉയർന്ന വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിനാൽ, ബെൽറ്റിനും ചീപ്പ് D യ്ക്കും ഇടയിലുള്ള വായു ആക്ഷൻ ഓഫ് പോയിന്റ് എന്ന തത്വത്തിനാൽ അയോണീകരിക്കപ്പെടുന്നു. പോ സിറ്റീവ് ചാർജ്ജുകൾ ബെൽറ്റിലോട്ടും നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജുകൾ ചീപ്പ് D യിലോട്ടും ആകർഷിക്കപ്പെ ടുന്നു. ഈ പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജുകൾ ബെൽറ്റിൽ ഒട്ടിപ്പിടിച്ച് മുകളിലോട്ട് ചലിക്കുന്നു. ബെൽറ്റിലെ പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജുകൾ ചീപ്പ് E യ്ക്ക് അരികി ലുള്ള പോയിന്റുകളിൽ എത്തുമ്പോൾ സ്ഥിരവൈ ദ്യുത പ്രേരണം എന്ന തത്വത്തിനാൽ E ൽ നെഗ റ്റീവ് ചാർജ്ജും ഗോളത്തിൽ പോസിറ്റീവ് ചാർ ജ്ജും ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി പോ സിറ്റീവ് ചാർജ്ജുകൾ ചീപ്പ് E ൽ നിന്നും ഗോള ത്തിന്റെ ബാഹ്യപ്രതലത്തിലോട്ട് തള്ളപ്പെടുന്നു. ഗോളം ഒരു ചാലകമായതിനാൽ പോസിറ്റീവ് ചാർ ജ്ജുകൾ പൊള്ളയായ ഗോളത്തിന്റെ ബാഹ്യപ്ര



ചിത്രം 1.63 വാൻഡേഗ്രാഫ് ജനറേറ്റർ

തലത്തിൽ സമമായി വ്യാപിക്കുന്നു. അതേസമയം കൊറോണ ഡിസ്ചാർജ്ജ് കാരണം നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജുകൾ ബെൽറ്റിലെ പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജി നെ നിർവീര്യമാക്കിയതിനുശേഷം ബെൽറ്റ് കപ്പി വഴിയേ ചലിക്കുന്നു.

ബെൽറ്റ് താഴോട്ട് ചലിക്കുമ്പോൾ ഈ ബെൽ റ്റിൽ ഏതൊരു തരത്തിലുള്ള ചാർജ്ജും ഉണ്ടായിരി ക്കുന്നതല്ല. കീഴ്ഭാഗത്ത് ഇത് വീണ്ടും അധിക പോ സിറ്റീവ് ചാർജ്ജ് ശേഖരിക്കുന്നു. ഈ ബെൽറ്റ് മുകളിലെത്തിയശേഷം ഈ പോസിറ്റീവ് ചാർ ജ്ജിനെ ഗോളത്തിന്റെ ബാഹ്യപ്രതലത്തിൽ വിത രണം ചെയ്യുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസം ബാഹ്യപ്രത ലം 10^7 പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം സൃഷ്ടിക്കും വരെ തുടർച്ചയായി നടക്കുന്നു. ഈ ($10^{7)}$ പരിധി യ്ക്കുമപ്പുറം ചാർജ്ജുകൾ ശേഖരിക്കാൻ സാധ്യ മല്ല. ആയതിനാൽ അധികമായുള്ള ചാർജ്ജുകൾ വായുവിന്റെ അയോണീകരണം കാരണം ചോർ ന്നു പോകുന്നു. ചാർജ്ജുകളുടെ ഈ ചോർച്ച കുറ യ്ക്കുന്നതിന് യന്ത്രത്തെ വായുനിറച്ചിട്ടുള്ള ഉയ

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 66 2/14/2023 12:11:01 PM

ർന്ന മർദ്ദത്തിൽ ഉള്ള ഒരു സ്റ്റീൽ അറയ്ക്കുള്ളിൽ വച്ചിരിക്കുന്നു.

വാൻഡിഗ്രാഫ് ജനറേറ്ററിൽ ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്ന ഈ ഉയർന്ന വോൾട്ടേജ് ന്യൂക്ലിയർ വിഘടനങ്ങൾക്കും മറ്റ് പ്രായോഗികതകൾക്കുമായി (പ്രോട്ടോൺ, ഡ്യൂട്രോൺ, തുടങ്ങിയ) പോസിറ്റീവ് അയോണുകളെ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നതിന് ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 1.24

വായുവിന്റെ ഡൈഇലക്ട്രിക് തീവ്രത 3×10^6 V m^{-1} വാൻഡേ ഗ്രാഫ് ജനറേറ്ററിലെ പൊള്ളയായ ഗോളത്തിന്റെ വ്യാസാർദ്ധം R = 0.5 മീ വാൻഡേ ഗ്രാഫ് ജനറേറ്റർ ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്ന പരമാവധി പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം കണക്കാക്കുക.

പരിഹാരം

ഗോളത്തിന്റെ പ്രതലത്തിലെ വൈദ്യുത മണ്ഡലം (ഗോസ്സ് നിയമത്തിൽ നിന്ന്)

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{R^2}$$

പൊള്ളയായ ലോഹീയ ഗോളത്തിന്റെ പ്രതലത്തിലെ പൊട്ടൻഷ്യൽ

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{R} = ER$$

ആയതിനാൽ $V_{\text{പരമാവധി}} = E_{\text{പരമാവധി}} R$

ഇവിടെ $E_{\text{പരമാവധി}} = 3\times 10^6\ \text{Vm}^{-1}$. ഉത്പാദിപ്പിക്കപ്പെട്ട പരമാവധി പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം

$V_{max} = 3 \times 10^6 \times 0.5$ മില്യൺ വോൾട്ട്

$= 1.5 \times 10^6$ V (or) 1.5 മില്യൺ വോൾട്ട്

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 67 2/14/2023 12:11:02 PM

സംഗ്രഹം

- സമചാർജ്ജുകൾ വികർഷിക്കുന്നു. വിപരീത ചാർജ്ജുകൾ ആകർഷിക്കുന്നു.
- പ്രപഞ്ചത്തിലെ മൊത്തചാർജ്ജും സ്ഥിരമായിരിക്കും.
- ചാർജ്ജുകൾ ക്വാണ്ടീകരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഒരു വസ്തുവിലെ മൊത്തചാർജ്ജ് $q = ne$ ഇവിടെ $n = 0,1,2,3\ldots$ ഇവിടെ e എന്നത് ഇലക്ട്രോണിന്റെ ചാർജ്ജാണ്.
- കൂളും നിയമത്തിന്റെ വെക്ടർ രൂപം $\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r}$ ($\hat{r}$ എന്നത് q_1, q_2 നെ യോജിപ്പിക്കുന്ന ദിശയിലുള്ള ഏകസദിശമാകുന്നു).
- സ്ഥിരവൈദ്യുതബലം സൂപ്പർ പൊസിഷൻ തത്വത്തിന് വിധേയമാണ്.
- ഒരു പോയിന്റ് ചാർജ്ജിൽ നിന്നും r അകലത്തിൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലം $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2}\hat{r}$.
- വൈദ്യുത മണ്ഡലരേഖകൾ പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജിൽ തുടങ്ങി നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജ് അല്ലെങ്കിൽ അനന്തതയിൽ അവസാനിക്കുന്നു.
- വൈദ്യുതഡൈപോളിന്റെ അക്ഷത്തിലെ ഒരു ബിന്ദുവിൽ വൈദ്യുത മണ്ഡലം $\vec{E}_{\text{മൊത്തം}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{2\vec{p}}{r^3}\right)$.
- വൈദ്യുതഡൈപോളിന്റെ ലംബീയമദ്ധ്യരേഖാബിന്ദുവിൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലം$\vec{E}_{\text{മൊത്തം}} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{\vec{p}}{r^3}\right)$.
- ഒരു സ്ഥിരവൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിൽ ഡൈ പോളിന് അനുഭവപ്പെടുന്ന ടോർക്ക് $\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$.
- ഒരു പോയിന്റ് ചാർജ്ജിൽ നിന്നും r ദൂരത്തിലുള്ള സ്ഥിരവൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}$.
- ഒരു വൈദ്യുതഡൈപോളിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന സ്ഥിരവൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{\vec{p}\cdot\hat{r}}{r^2}$.
- ഒരു സമപൊട്ടൻഷ്യൽ പ്രതലത്തിലെ എല്ലാ ബിന്ദുക്കൾക്കും സമ സ്ഥിരവൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യലാണുള്ളത്
- വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിനും വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യലിനും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം:

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

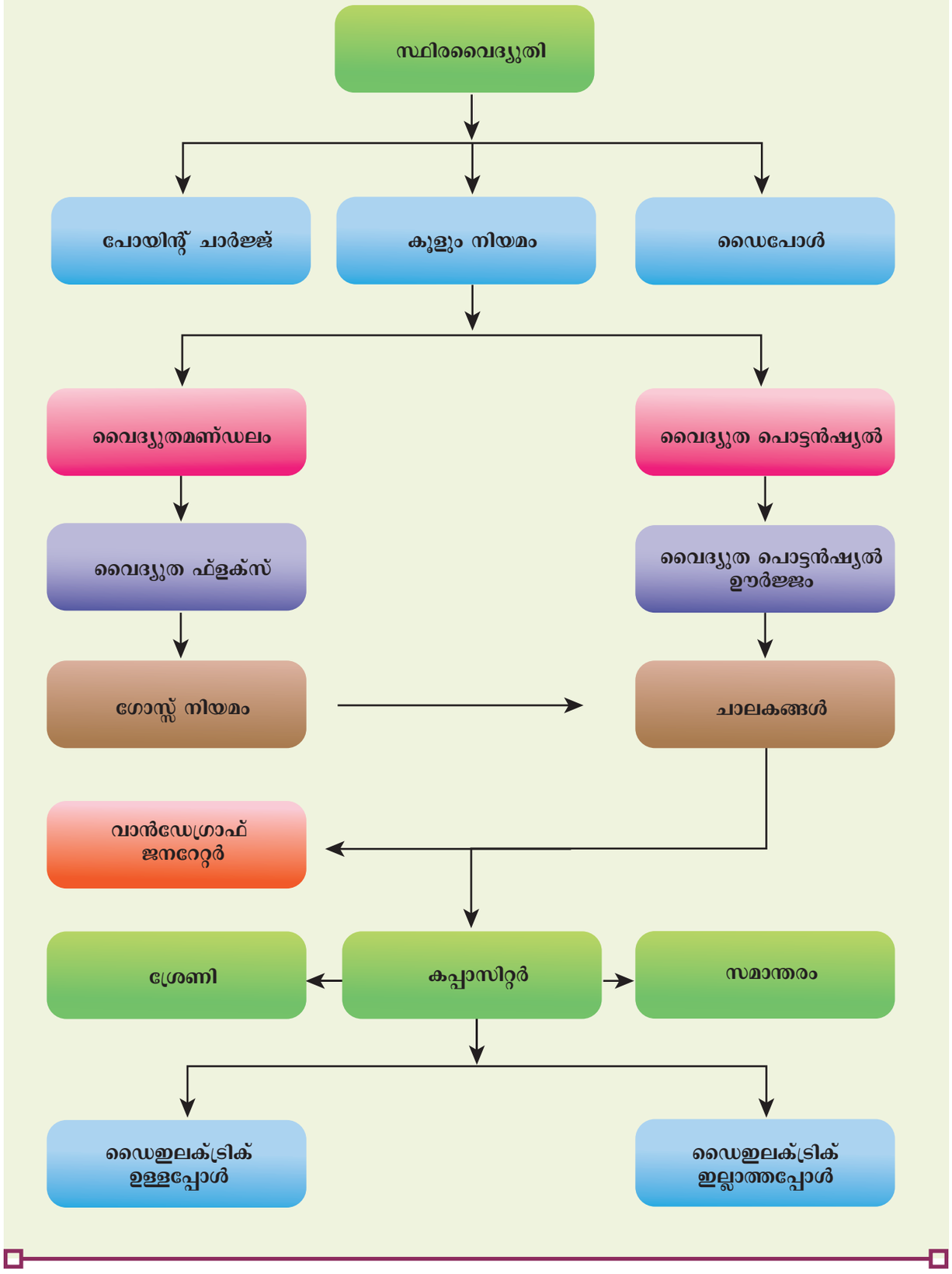
- ഒരു ചാർജ്ജ് വ്യൂഹത്തിന്റെ സ്ഥിരവൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ ഊർജ്ജം എന്നത് ചാർജ്ജുകളുടെ ഒരു നിശ്ചിത ക്രമീകരണത്തിലാക്കാൻ ആവശ്യമായ പ്രവൃത്തിയ്ക്ക് തുല്യമാകുന്നു.
- ഒരു സ്ഥിരവൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിലെ ഡൈപോൾ വ്യൂഹത്തിന്റെ സ്ഥിരവൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ: $U = -\vec{p}\cdot\vec{E}$.
- ഒരു അടഞ്ഞ പ്രതലത്തിലെ വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ് $\Phi_E = \frac{Q}{\epsilon_0}$ ഇവിടെ Q എന്നത് അടഞ്ഞ പ്രതലത്തിനുള്ളിലെ ആകെ ചാർജ്ജ് ആകുന്നു.
- വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട അനന്തമായ കമ്പിമൂലമുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലം $\vec{E} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0}\frac{\lambda}{r}\hat{r}$.
- വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട അനന്തമായ ഫീറ്റിലെ വൈദ്യുത മണ്ഡലം $\vec{E} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}\hat{n}$ ($\hat{n}$ ഷീറ്റിലെ ലംബം).

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 68 2/14/2023 12:11:05 PM

- വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട ഗോളീയഷെല്ലിനുള്ളിലെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം പൂജ്യമാകുന്നു. വെളിയിലെ ബിന്ദുവിൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലം $\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_{\circ} r^2}\hat{r}$.
- ചാലകത്തിനുള്ളിൽ വൈദ്യുതണ്ഡലം പൂജ്യമാകുന്നു. ചാലകത്തിന്റെ പ്രതലത്തിലെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം പ്രതലത്തിന് ലംബമായിരിക്കും. അതിന്റെ അളവ് $E = \frac{\sigma}{\epsilon_{\circ}}$.
- ചാലകത്തിന്റെ പ്രതലത്തിൽ എല്ലാ ബിന്ദുക്കളിലും ഒരേ പൊട്ടൻഷ്യൽ ആയിരിക്കും.
- ചാലകം പ്രേരണത്തിലൂടെ വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെടുന്നു.
- ഡൈഇലക്ട്രിക് അല്ലെങ്കിൽ കുചാലകങ്ങളിൽ സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾ കാണപ്പെടുന്നില്ല. വൈദ്യുതമണ്ഡലം പ്രയോഗിക്കപ്പെടുമ്പോൾ, ഡൈഇലക്ട്രിക് ധ്രുവീകരിക്കപ്പെടുന്നു.
- ചാലകത്തിന്റെ കപ്പാസിറ്റൻസ് $C = \frac{Q}{V}$.
- സമാന്തര പ്ലേറ്റ് കപ്പാസിറ്ററിലെ കപ്പാസിറ്റൻസ് $C = \frac{\epsilon_{\circ} A}{d}$.
- കപ്പാസിറ്ററിൽ ശേഖരിക്കപ്പെടുന്ന സ്ഥിരവൈദ്യുത ഊർജ്ജം $U = \frac{1}{2}CV^2$.
- സമാന്തര രീതിയിലുള്ള കപ്പാസിറ്ററുകളുടെ സഫല കപ്പാസിറ്റൻസ് ഓരോരോ കപ്പാസിറ്ററിന്റെയും കപ്പാസിറ്റൻസിന്റെ സങ്കലനത്തിന് തുല്യമാണ്.
- ശ്രേണീ രീതിയിൽ സഫല കപ്പാസിറ്റൻസിന്റെ വ്യുൽക്രമം ഓരോരോ കപ്പാസിറ്ററുകളുടെയും കപ്പാസിറ്റൻസിന്റെ വ്യുൽക്രമത്തിന്റെ സങ്കലനത്തിന് തുല്യമാണ്.
- ഒരു ചാലകത്തിൽ ചാർജ്ജിന്റെ വിന്യാസം ചാലകത്തിന്റെ ആകൃതിയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും. കൂർത്ത അഗ്രങ്ങളിൽ പ്രതലചാർജ്ജ് സാന്ദ്രത അധികവുമായിരിക്കും. ഈ തത്വം ഇടിതാങ്ങിയിൽ ഉപയോഗിച്ചിരിക്കുന്നു.
- ഉയർന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം ഉത്പാദിപ്പിക്കാൻ വാൻഡേ ഗ്രാഫ് ജനറേറ്റർ ഉപയോഗിക്കുന്നു $(\sim 10^7 \text{V})$.

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 69 2/14/2023 12:11:06 PM

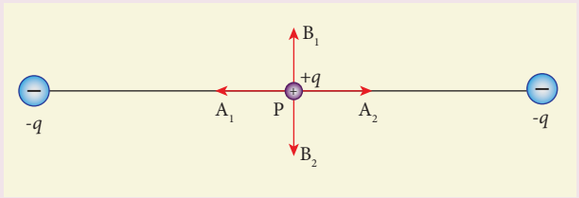
ആശയഭൂപടം



Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 70 2/14/2023 12:11:06 PM

I ശരിയായ ഉത്തരം തിരഞ്ഞെടുത്ത് എഴുതുക

1. $-q$ അളവുള്ള രണ്ട് സമചാർജ്ജുകൾ ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ വച്ചിരിക്കുന്നു. മൂന്നാമത്തെ ചാർജ്ജ് $+q$ ഈ രണ്ട് ചാർജ്ജുകൾക്കിടയിലുള്ള മദ്ധ്യബിന്ദു P യിൽ സ്ഥാപിച്ചിരിക്കുന്നു. P ബിന്ദുവിൽ നിന്നും അമ്പടയാളം കുറിയ്ക്കുന്ന ദിശയിൽ $+q$ ചാർജ്ജിന് സ്ഥാനാന്തരണം സംഭവിക്കുകയാണെങ്കിൽ സ്ഥാനാന്തരണത്തിനനുസൃതമായി ഏത് ദിശയിലാണ് $+q$ സ്ഥിരമാകുന്നത്?



(a) A_1 ലും A_2 ലും (b) B_1 ലും B_2 ലും

(c) രണ്ട് ദിശയിലും (d) സ്ഥിരമല്ല

2. ഏത് ചാർജ്ജ് ക്രമീകരണമാണ് സമവൈദ്യുതമണ്ഡലം സൃഷ്ടിക്കുന്നത്?

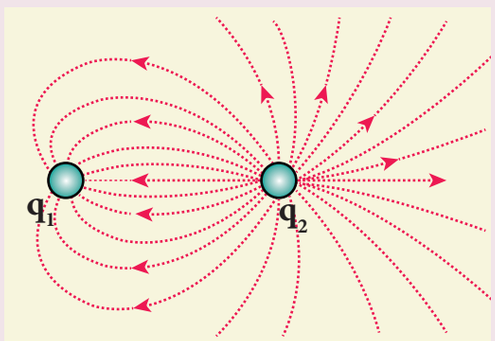
(a) പോയിന്റ് ചാർജ്ജ്

(b) സമമായി വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട അനന്തമായ രേഖ

(c) സമമായി വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട അനന്തമായ തലം

(d) സമമായി വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട ഗോളിയ ഷെൽ

3. ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലരേഖയുടെ മാതൃകയിൽ നിന്നും $\left|\frac{q_1}{q_2}\right|$ ചാർജ്ജുകളുടെ അനുപാതം ഏത്?



(a) $\frac{1}{5}$ (b) $\frac{25}{11}$

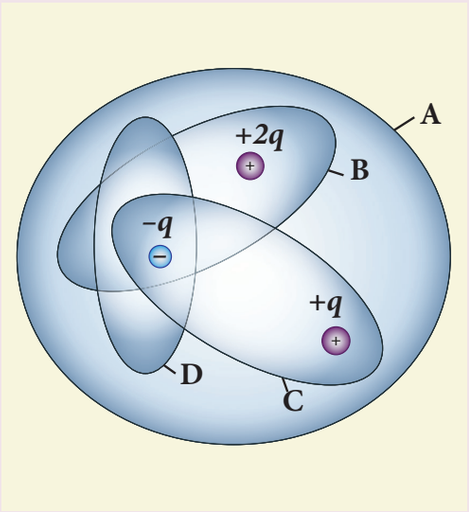
(c) 5 (d) $\frac{11}{25}$

4. 2×10^5 N C^{-1} അളവുള്ള വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിൽ 30° വിന്യാസകോണിൽ ഒരു ഡൈപോൾ വച്ചിരിക്കുന്നു. ഇതിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ടോർക്ക് 8 N m തുല്യമാണ്. ഡൈപോളിന്റെ നീളം 1 സെ.മി. ആണെങ്കിൽ ഡൈപോളിലെ ചാർജ്ജ്

(a) 4 mC (b) 8 mC

(c) 5 mC (d) 7 mC

5. ചാർജ്ജുകൾഉൾകൊണ്ടിട്ടുള്ളനാല്ഗാസ്സിയൻ പ്രതലങ്ങൾ ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. ഓരോ ഗാസ്സിയൻ പ്രതലത്തെയും കടന്നു ചെല്ലുന്ന വൈദ്യുതഫ്ളക്സ് അവരോഹണക്രമത്തിൽ എഴുതുക.



(a) D < C < B < A

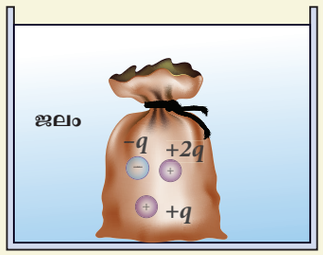
(b) A < B = C < D

(c) C < A = B < D

(d) D > C > B > A

6. ജലത്തിനുള്ളിലിരിക്കുന്ന അടഞ്ഞ പ്രതലത്തിലെ മൊത്ത വൈദ്യുതഫ്ളക്സ്

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 71 2/14/2023 12:11:08 PM



(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, q_2 പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജുള്ള രണ്ട് സമാന ചാലകപന്തുകളുടെ കേന്ദ്രങ്ങൾ r അകലത്തിൽ വേർതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇവ പരസ്പരം സ്പർശിച്ചശേഷം സമദൂരത്തിൽ അകറ്റിവയ്ക്കുകയാണെങ്കിൽ അവയ്ക്കിടയിലുള്ള ബലം (NSEP 04-05)

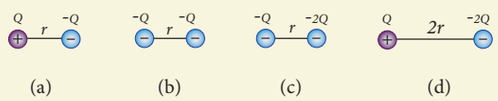
(a) മുൻപത്തേക്കാൾ കുറവ്

(b) മുൻപത്തേതിന് സമം

(c) മുൻപത്തേക്കാൾ കൂടുതൽ

(d) പൂജ്യം

8. കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചാർജ്ജ് വ്യൂഹത്തിന്റെ സ്ഥിരവൈദ്യുത സ്ഥിതികോർജ്ജങ്ങൾ അവരോഹണ ക്രമത്തിൽ എഴുതുക.



(a) 1 = 4 < 2 < 3 (b) 2 = 4 < 3 < 1

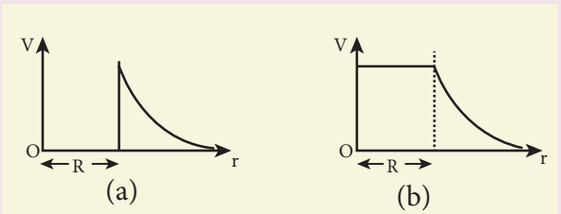
(c) 2 = 3 < 1 < 4 (d) 3 < 1 < 2 < 4

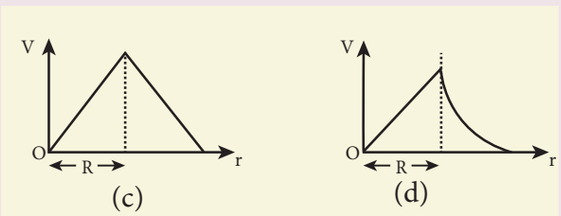
9. അന്തരീക്ഷത്തിൽ ഒരുഭാഗത്ത് $\vec{E} = 10x\hat{i}$ എന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലം നിലനിൽക്കുന്നു. എന്നാൽ പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം $V = Vo - VA$ ഇവിടെ V_o എന്നത് മൂലബിന്ദുവിലെ പൊട്ടൻഷ്യലും V_A എന്നത് $x = 2$ m ലുള്ള പൊട്ടൻഷ്യലും ആകുന്നു.

(a) 10 V (b) –20 V

(c) +20 V (d) –10 V

10. R വ്യാസാർദ്ധമുള്ള നേർത്ത ചാലക ഗോളീയ ഷെല്ലിന്റെ പ്രതലത്തിൽ Q ചാർജ്ജുകൾ സമമായി വിതരണം ചെയ്തിരിക്കുന്നു. ഈ ഗോളീയ ഷെല്ലിനാലുണ്ടാകുന്ന സ്ഥിരവൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യലിന്റെ ശരിയായ ചിത്രം





11. A മറ്റും B എന്ന രണ്ട് ബിന്ദുക്കൾ യഥാക്രമം 7 V, -4 V പൊട്ടൻഷ്യലിൽ വയ്ക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. എങ്കിൽ 50 ഇലക്ട്രോണുകളെ A യിൽ നിന്നും B യിലേക്ക് ചലിപ്പിക്കാനായി ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രവൃത്തി.

(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. ഒരു കപ്പാസിറ്ററിൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന വോൾട്ടേജ് V ൽ നിന്നും $2V$ ആയി വർദ്ധിക്കുകയാണെങ്കിൽ, ശരിയായ സംഗ്രഹം തിരഞ്ഞെടുക്കുക.

(a) Q സമമായിരിക്കും, C ഇരുമടങ്ങാകുന്നു

(b) Q ഇരുമടങ്ങാകുന്നു, Cഇരട്ടിക്കുന്നു

(c) C സമമായിരിക്കും, Q ഇരട്ടിക്കുന്നു

(d) Q യും C യും സമമായിരിക്കും

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 72 2/14/2023 12:11:09 PM

13. ഒരു സമാന്തര പ്ലേറ്റ് കപ്പാസിറ്റർ Q വോൾട്ടേജിൽ V ചാർജ്ജ് ശേഖരിക്കുന്നു. സമാന്തര പ്ലേറ്റ് കപ്പാസിറ്ററിന്റെ വിസ്തീർണ്ണവും ഈ പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരവും ഇരട്ടിക്കുകയാണെങ്കിൽ താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ഏത് അളവിന് മാറ്റമുണ്ടാകുന്നു.

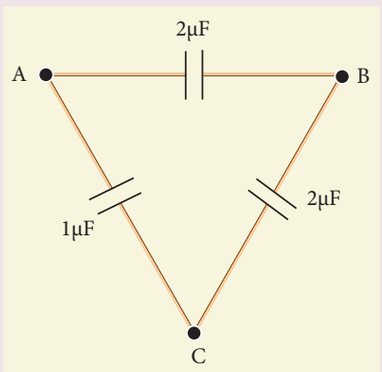
(a) കപ്പാസിറ്റൻസ്

(b) ചാർജ്ജ്

(c) വോൾട്ടേജ്

(d) ഊർജ്ജ സാന്ദ്രത

14. ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ മൂന്നു കപ്പാസിറ്ററുകൾ ത്രികോണാകൃതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. A മറ്റും C ബിന്ദുക്കൾക്കിടയിലുള്ള സഫല കപ്പാസിറ്റൻസ്



(a) 1μF (b) 2 μF

(c) 3 μF (d) $\frac{1}{4}$μF

15. 1 സെ.മീ, 3സെ.മീ വ്യാസാർദ്ധങ്ങളുള്ള രണ്ട് ലോഹ ഗോളങ്ങൾക്ക് യഥാക്രമം -1×10^{-2} C, 5×10^{-2} C ചാർജ്ജുകൾ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. ഈ രണ്ട് ഗോളങ്ങളും ഒരു ചാലകകമ്പി മൂലം ബന്ധിപ്പിക്കുകയാണെങ്കിൽ, വലിയ ഗോളത്തിലെ ചാർജ്ജ് (AIIPMT -2012)

(a) 3×10^{-2} C

(b) 4×10^{-2} C

(c) 1×10^{-2} C

(d) 2×10^{-2} C

ഉത്തരങ്ങൾ

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 ചുരുക്കി ഉത്തരം എഴുതുക

1. ചാർജ്ജുകളുടെ ക്വാണ്ടീകരണം കൊണ്ട് അർത്ഥമാക്കുന്നതെന്താണ്?

2. കൂളുംബ് നിയമത്തിന്റെ വെക്ടർ രൂപം എഴുതി അതിലെ ഓരോ സൂചകങ്ങളും എന്തിനെ കുറിക്കുന്നുവെന്ന് പരാമർശിക്കുക.

3. കൂളുംബ് ബലവും ഭൂഗുരുത്വബലവും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസമെന്ത്?

4. സൂപ്പർപൊസിഷൻ തത്വം കുറിപ്പെഴുതുക.

5. വൈദ്യുതമണ്ഡലം നിർവ്വചിക്കുക.

6. വൈദ്യുതമണ്ഡലരേഖകൾ എന്നതുകൊണ്ട് അർത്ഥമാക്കുന്നത് എന്താണ്?

7. വൈദ്യുതമണ്ഡലരേഖകൾ പരസ്പരം കൂട്ടിമുട്ടുന്നില്ല. ന്യായീകരിക്കുക.

8. വൈദ്യുത ഡൈപോൾ നിർവ്വചിക്കുക? വൈദ്യുത ഡൈപോൾ മൊമന്റിന്റെ അളവിനും ദിശയ്ക്കുമുള്ള സമീകരണം നൽകുക.

9. പോയിന്റു ചാർജ്ജ് ശേഖരണത്തിന്റെ വൈദ്യുത ഡൈപോൾ മൊമന്റിനായുള്ള പൊതുവായ നിർവ്വചനം നൽകുക?

10. സ്ഥിരവൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ നിർവ്വചിക്കുക

11. സമപൊട്ടൻഷ്യൽ പ്രതലം എന്നാൽ എന്ത്?

12. സമപൊട്ടൻഷ്യൽ പ്രതലത്തിന്റെ ഗുണങ്ങൾ ഏവ?

13. വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിനും വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യലിനുമിടയിലുള്ള ബന്ധം എന്താണ്.

14. സ്ഥിരവൈദ്യുത സ്ഥിതികോർജ്ജം നിർവ്വചിക്കുക

15. വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ് നിർവ്വചിക്കുക

16. സ്ഥിരവൈദ്യുത ഊർജ്ജസാന്ദ്രത കൊണ്ട് അർത്ഥമാക്കുന്നത് എന്താണ്?

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 73 2/14/2023 12:11:10 PM

17. സ്ഥിരവൈദ്യുതകവചം – കുറിപ്പെഴുതുക
18. ധ്രുവീകരണം എന്നാൽ എന്ത്?
19. ഡൈഇലക്ട്രിക് തീവ്രത എന്നാൽ എന്ത്?
20. കപ്പാസിറ്റൻസ് നിർവ്വചിക്കുക? ഇതിന്റെ മാത്ര തരുക
21. കൊറോണ ഡിസ്ചാർജ്ജ് എന്നാൽ എന്ത്?

III വിവരിക്കുക

1. വൈദ്യുത ചാർജ്ജുകളുടെ അടിസ്ഥാന ഗുണങ്ങൾ ചർച്ച ചെയ്യുക?
2. കൂളുംബ് നിയമവും അതിന്റെ വിവിധ വീക്ഷണങ്ങൾ വിവരിക്കുക?
3. വൈദ്യുതമണ്ഡലം നിർവ്വചിച്ച് അതിന്റെ വിവിധ വീക്ഷണങ്ങൾ ചർച്ചചെയ്യുക?
4. ഒരു ഡൈപോളിന്റെ അക്ഷരേഖയിലെ ഒരു ബിന്ദുവിലും ലംബീയമദ്ധ്യരേഖാതലത്തിലൂടെ ഒരു ബിന്ദുവിലും ഉള്ള വൈദ്യുതമണ്ഡലം കണക്കാക്കുക?
5. ഏകസമാന(സമ) വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിൽ വച്ചിരിക്കുന്ന ഒരു ഡൈപോളിന് അനുഭവപ്പെടുന്ന ടോർക്കിന്റെ സമീകരണം സാധൂകരിക്കുക?
6. ഒരു പോയിന്റ് ചാർജ്ജിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന സ്ഥിരവൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യലിന്റെ സമീകരണം സാധൂകരിക്കുക?
7. ഒരു വൈദ്യുത ഡൈപോളിനാലുണ്ടാകുന്ന സ്ഥിരവൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യലിന്റെ സമീകരണം സാധൂകരിക്കുക?
8. മൂന്നുചാർജ്ജുകൾ ഒരു നിശ്ചിത അകലത്തിൽ വേർതിരിച്ചിരിക്കുന്ന ചാർജ്ജ് വ്യൂഹത്തിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന സ്ഥിതികോർജ്ജത്തിന്റെ സമീകരണം നൽകുക?
9. ഏകസമാന(സമ) വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിലെ ഡൈപോളിന്റെ സ്ഥിരവൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യലിന്റെ സമീകരണം സാധൂകരിക്കുക?
10. കൂളുംബ് നിയമത്തിലിരുന്ന് ഗാസ്സ് നിയമത്തിന്റെ ആവിഷ്കരണം നൽകുക.
11. വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട അനന്തമായ നീളമുള്ള കമ്പി മൂലം ഉണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുത മണ്ഡലം ആവിഷ്കരിക്കുക?
12. വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട അനന്തമായ പരന്ന ഷീറ്റിനാൽ ഏർപ്പെടുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലം ആവിഷ്കരിക്കുക?
13. സമമായി വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട ഗോളീയ ഷെല്ലിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ സമീകരണം നൽകുക?
14. സ്ഥിരവൈദ്യുത സംതുലനാവസ്ഥിയിലുള്ള ചാലകത്തിന്റെ വിവിധ ഗുണങ്ങൾ ചർച്ച ചെയ്യുക?
15. സ്ഥിരവൈദ്യുതപ്രേരണം വിവരിക്കുക?
16. ഡൈഇലക്ട്രിക് വിശദീകരിക്കുക? ഒരു ഡൈഇലക്ട്രിക്കിനുള്ളിൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലം പ്രേരിതമാകുന്നത് എങ്ങനെ?
17. സമാന്തരപ്ലേറ്റ് കപ്പാസിറ്ററിലെ കപ്പാസിറ്റൻസിനായുള്ള സമീകരണം നൽകുക?
18. സമാന്തരപ്ലേറ്റ് കപ്പാസിറ്ററിൽ ശേഖരിക്കപ്പെടുന്ന ഊർജ്ജത്തിനായുള്ള സമീകരണം നൽകുക?
19. സമാന്തര പ്ലേറ്റ് കപ്പാസിറ്ററിനിടയിൽ ഒരു ഡൈഇലക്ട്രിക് വയ്ക്കപ്പെടുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന ഫലങ്ങൾ വിവരിക്കുക?
20. കപ്പാസിറ്ററുകൾ ശ്രേണീരീതിയിലും സമാന്തരരീതിയിലും ബന്ധിപ്പിക്കപ്പെടുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന സഫല കപ്പാസിറ്റൻസിന്റെ സമീകരണം സാധൂകരിക്കുക?
21. ചാലകത്തിൽ ചാർജ്ജുകളുടെ വിതരണവും ഇടിതാങ്ങിയിലെ തത്ത്വവും വിവരിക്കുക?
22. വാൻഡേ ഗ്രാഫ് ജനറേറ്ററിന്റെ നിർമ്മാണവും പ്രവർത്തനവും വിവരിക്കുക?

പരിശീലന പ്രശ്നങ്ങൾ

1. രണ്ട് വസ്തുക്കൾ തമ്മിൽ ഉരസപ്പെടുമ്പോൾ ഓരോ വസ്തുവിലും ഏകദേശം 50 nC അളവുള്ള ചാർജ്ജ് ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നു. ഈ ചാർജ്ജ് ലഭിക്കുന്നതിന് സ്ഥാനമാറ്റം സംഭവിക്കേണ്ട ഇലക്ട്രോണിന്റെ എണ്ണം കണ്ടുപിടിക്കുക?

   ഉത്തരം : 31.25×10^{10} ഇലക്ട്രോണുകൾ

2. മനുഷ്യശരീരത്തിൽ ഉള്ള മൊത്ത ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം ഏകദേശം 10^{28} ചില കാരണങ്ങളാൽ നിങ്ങൾക്കും നിങ്ങളുടെ സുഹൃത്തിനും ഈ ഇലക്ട്രോണിൽ 1% നഷ്ടപ്പെട്ടു.

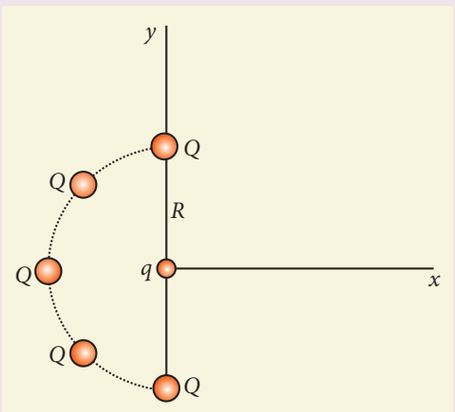
Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 74 2/14/2023 12:11:10 PM

1% അകലത്തിൽ വേർപിരിഞ്ഞിരിക്കുന്ന നിങ്ങൾക്കും നിങ്ങളുടെ സുഹൃത്തിനും ഇടയിലുള്ള സ്ഥിരവൈദ്യുത ബലം കണക്കാക്കുക! അതിനെ നിങ്ങളുടെ ഭാരവുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുക? (ഓരോ വ്യക്തിയുടെയും ഭാരം 60 കി.ഗ്രാം എന്നും പോയിന്റ് ചാർജ്ജിന്റെ ഏകദേശ നിരക്കും സങ്കൽപ്പിക്കുക)

ഉത്തരം: $F_e = 23 \times 10^{23}$ N, W = 588 N,

$$\frac{F_e}{W} = 3.9 \times 10^{21}$$

3. ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ അഞ്ച് തുല്യ ചാർജ്ജുകൾ Q ഒരു അർദ്ധ വൃത്തത്തിൽ സമദൂരത്തിൽ സ്ഥാപിച്ചിരിക്കുന്നു. മറ്റൊരു ചാർജ്ജ് q , R വ്യാസാർദ്ധമുള്ള വൃത്തത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിൽ വച്ചിരിക്കുന്നു. ചാർജ്ജ് q ന് അനുഭവപ്പെടുന്ന സ്ഥിരവൈദ്യുത ബലം കണക്കാക്കുക?



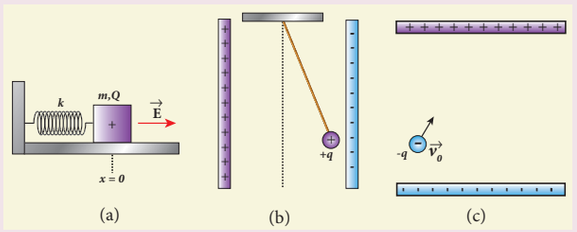
ഉത്തരം: $\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{qQ}{R^2}\left(1+\sqrt{2}\right)\hat{i}$ N

4. $+q$ എന്നൊരു ചാർജ്ജ് ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലും മറ്റൊരു ചാർജ്ജ് $+q$ ചന്ദ്രന്റെ ഉപരിതലത്തിലും വച്ചിരിക്കുകയാണെങ്കിൽ (a) ഭൂമിയ്ക്കും ചന്ദ്രനും ഇടയിലുള്ള ഭൂഗുരുത്വാകർഷണത്തെ സമമാക്കുന്നതിനാവശ്യമായ q യുടെ മൂല്യം കാണുക? (a) ഭൂമിയ്ക്കും സൂര്യനും ഇടയിലുള്ള ദൂരം പകുതിയായാൽ ചാർജ്ജ് q ന്റെ മൂല്യം മാറുമോ?

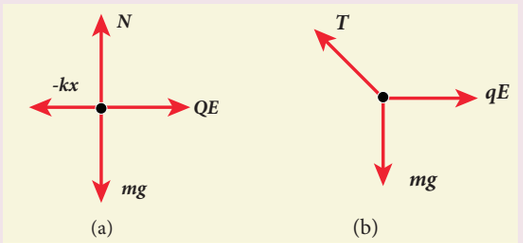
(m_E=5.9×10^{24} കി.ഗ്രാം, m_M=7.9×10^{22} കി.ഗ്രാം)

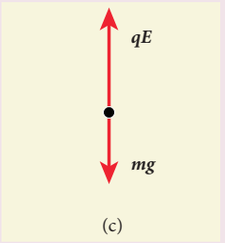
ഉത്തരം: (a) $q \approx +5.87 \times 10^{13}$ C, (b) മാറ്റമില്ല

5. ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന (a), (b) മറ്റും (c) ചാർജ്ജുകൾക്ക് സ്വതന്ത്ര വസ്തു ചിത്രം വരയ്ക്കുക.

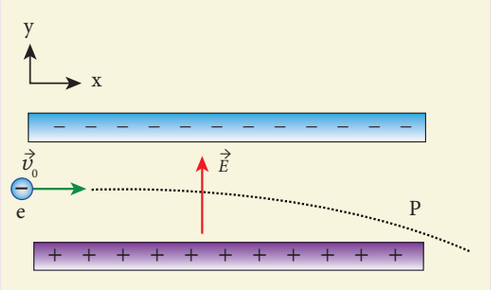


ഉത്തരം:





6. ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ $\upsilon_\circ$ വേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഒരു ഇലക്ട്രോൺ $\vec{\upsilon}_\circ$ ന് ലംബമായ സമവൈദ്യുതമണ്ഡലം $\vec{E}$ യെ കടക്കുന്നുവെന്ന് സങ്കൽപ്പിക്കുക. ഭൂഗുരുത്വത്തെ ഒഴിവാക്കി, സമയത്തിനനുസരിച്ചുള്ള ഇലക്ട്രോണിന്റെ ത്വരണം, പ്രവേഗം, സ്ഥാനം എന്നിവ കണ്ടുപിടിക്കുക.

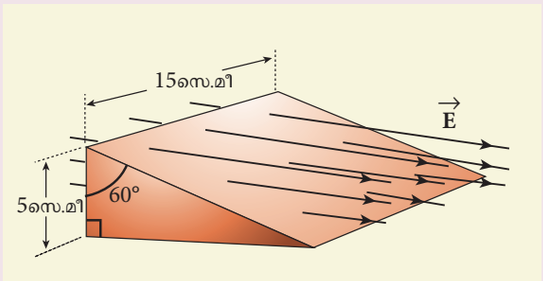


ഉത്തരം :

$$\vec{a} = -\frac{eE}{m}\hat{j}, \vec{\upsilon} = \upsilon_\circ\hat{i} - \frac{eE}{m}t\hat{j}, \vec{r} = \upsilon_\circ t\,\hat{i} - \frac{1}{2}\frac{eE}{m}t^2\hat{j}$$

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 75 2/14/2023 12:11:13 PM

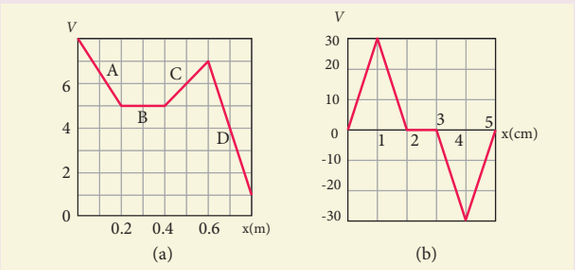
7. ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഒരു അടഞ്ഞ ത്രികോണാകൃതിയിലുള്ള പെട്ടി $E = 2 \times 10^3 N C^{-1}$ അളവുള്ള വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിൽ വച്ചിരിക്കുന്നു.



(a) ദീർഘചതുരത്തിൽ ലംബ ഉപരിതലത്തിൽ (b) ചരിഞ്ഞ ഉപരിതലത്തിൽ (c) ഉപരിതലം മുഴുവനും ആയി ചെല്ലുന്ന വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ് കാണുക.

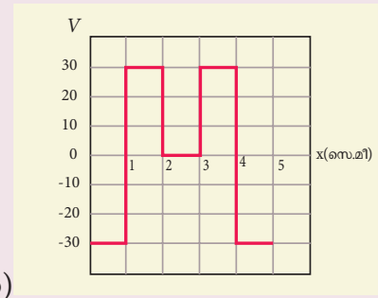
ഉത്തരം: (a) 15 $Nm^2 C^{-1}$ (b) 15 $Nm^2 C^{-1}$ (c) പൂജ്യം

8. ചിത്രം (a), (b) ൽ സ്ഥിര വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ x ന് അനുസൃതമായി കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. A, B, C മറ്റും D ഭാഗങ്ങളിലെ വൈദ്യുത മണ്ഡലം കണക്കാക്കുക. ചിത്രം (b) ൽ x ന് അനുസൃതമായുള്ള വൈദ്യുത മണ്ഡലം രേഖപ്പെടുത്തുക.



ഉത്തരം: (a) $E_X = 15\ Vm^{-1}$ (ഭാഗം A), $E_X = -10\ Vm^{-1}$ (ഭാഗം C)

$E_X = 0$ (ഭാഗം B), $E_X = 30\ Vm^{-1}$ (ഭാഗം D)



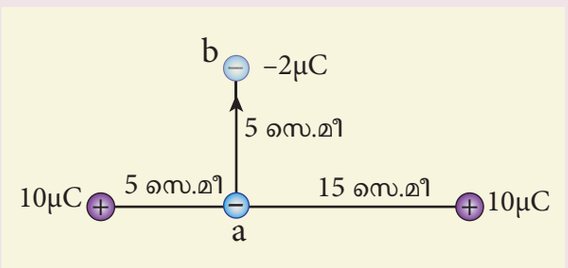
9. എഞ്ചിനിലെ വായു – ഇന്ധന മിശ്രിതം കത്തിക്കുന്നതിനാണ് ബൈക്കിലോ കാറിലോ സ്പാർക്ക് പ്ലഗ് ഉപയോഗിക്കുന്നത്. ഇതിൽ രണ്ട് ഇലക്ട്രോണുകൾ 0.6 മി.മീ അകലത്തിൽ വച്ചിരിക്കുന്നത് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ഒരു സ്പാർക്ക് രൂപീകരിക്കുന്നതിന് $3 \times 10^6\ Vm^{-1}$ അളവുള്ള വൈദ്യുതമണ്ഡലം ആവശ്യമാണ്. (a) സ്പാർക്ക് ഉണ്ടാകുന്നതിന് പ്രയോഗിക്കേണ്ട പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം കണക്കാക്കുക. (b) ഇലക്ട്രോഡുകൾക്കിടയിലുള്ള അകലം വർദ്ധിക്കുകയാണെങ്കിൽ പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം കൂടുമോ, കുറയുമോ, സമമായിരിക്കുമോ? (c) ഇലക്ട്രോഡുകൾക്കിടയിലുള്ള അകലം 1 മി.മീ ആണെങ്കിൽ പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം കണക്കാക്കുക?

ഉത്തരം: (a) 1800 V, (b) കൂടുന്നു (c) 3000 V

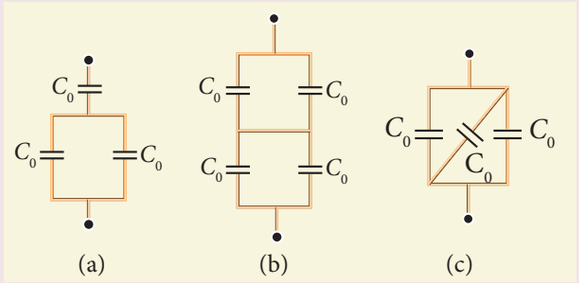
10. ഒരു പോയിന്റ് ചാർജ്ജ് +10 μC തുല്യമായ മറ്റൊരു +10 μC പോയിന്റ് ചാർജ്ജിലിരുന്ന് 20 cm ദൂരത്തിൽ വച്ചിരിക്കുന്നു. ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഒരു പോയിന്റ് ചാർജ്ജ് -2 μC a ബിന്ദുവിൽ നിന്നും b വിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നു. എങ്കിൽ ഈ വ്യൂഹത്തിന്റെ സ്ഥിതികോർജ്ജമാറ്റം കണക്കാക്കുക? നിങ്ങളുടെ ഉത്തരം വ്യാഖ്യാനിക്കുക.

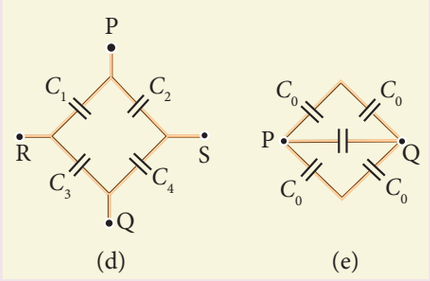


Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 76 2/14/2023 12:11:14 PM

ഉത്തരം: $\Delta U = +1.12$ J, പോസിറ്റീവ് ചിഹ്നം $-2\mu C$ ചാർജ്ജിനെ ചലിപ്പിക്കാൻ ബാഹ്യമായി പ്രവൃത്തി ആവശ്യമാണ് എന്നതിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

11. ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന കപ്പാസിറ്റർ സംയോജനത്തിന്റെ സഫല കപ്പാസിറ്റൻസ് കണക്കാക്കുക





ഉത്തരം: (a) $\frac{2}{3}C_0$ (b) C_0 (c) $3C_0$

(d) PQ ന് കുറുകേ:

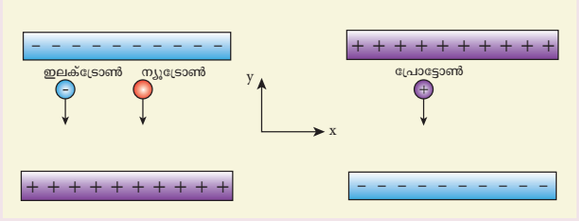
$$\frac{C_1C_2C_3 + C_2C_3C_4 + C_1C_2C_4 + C_1C_3C_4}{(C_1 + C_3)(C_2 + C_4)}$$

RS ന് കുറുകേ:

$$\frac{C_1C_2C_3 + C_2C_3C_4 + C_1C_2C_4 + C_1C_3C_4}{(C_1 + C_2)(C_3 + C_4)}$$

(e) PQ ന് കുറുകേ: $2\ C_o$

12. ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ 5 V വോൾട്ടേജും h = 1 മി.മീ അകലത്തിൽ വേർതിരിച്ചതുമായ ഒരു സമാന്തര പ്ലേറ്റ് കപ്പാസിറ്ററിന്റെ തട്ടുകൾക്കിടയിൽ (plates) ഒരു ഇലക്ട്രോണും പ്രോട്ടോണും വീഴാൻ അനുവദിക്കുക.



(a) ഇലക്ട്രോണിന്റെയും പ്രോട്ടോണിന്റെയും പറക്കുന്ന സമയം കണക്കാക്കുക (b) ഒരു ന്യൂട്രോൺ വീഴുകയാണെങ്കിൽ പറക്കുന്ന സമയം എന്താണ്? (c) ഇവ മൂന്നിലും ഏതാണ് ആദ്യം അടിഭാഗത്ത് എത്തുന്നത്? ($m_p = 1.6 \times 10^{-27}$ കി.ഗ്രാം, $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ കി.ഗ്രാം, $g = 10\ m\ s^{-2}$ എന്നെടുക്കുക)

ഉത്തരം:

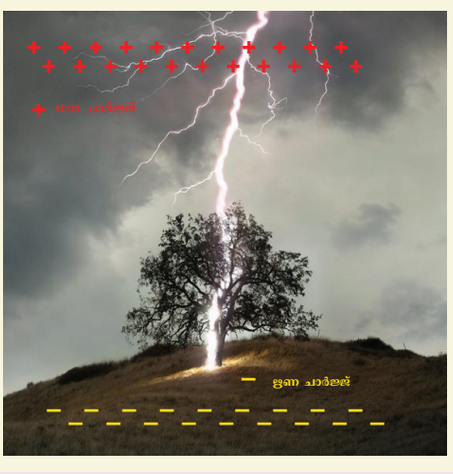
(a) $t_e = \sqrt{\frac{2hm_e}{eE}} \approx 1.5\,ns$ (ഭൂഗുരുത്വത്തെ ഒഴിവാക്കുക),

$t_p = \sqrt{\frac{2hm_p}{eE}} \approx 63\,ns$ (ഇലക്ട്രോൺ ആദ്യമെത്തുന്നു)

(b) $t_n = \sqrt{\frac{2h}{g}} \approx 14.1\,ms$

(c) ഇലക്ട്രോൺ ആദ്യമെത്തുന്നു.

13. ഇടിമിന്നൽ സമയത്ത് മേഘങ്ങൾക്കുള്ളിലെ ജലതന്മാത്രകളുടെ ചലനം ഘർഷണം സൃഷ്ടിക്കുന്നു, ഇത് മേഘങ്ങളുടെ അടിഭാഗത്തെ ഭാഗികമായി നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജാക്കുന്നു. അതായത് മേഘങ്ങളുടെ അടിഭാഗവും നിലവും ചേർന്ന് ഒരു സമാന്തര പ്ലേറ്റ് കപ്പാസിറ്ററായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. മേഘത്തിനും നിലത്തിനുമിടയിലുള്ള വൈദ്യുതമണ്ഡലം വായുവിന്റെ ഡൈഇലക്ട്രിക് ബ്രേക് ഡൗൺ ($3 \times 10^6\ Vm^{-1}$) നെ കടക്കുമ്പോൾ മിന്നൽ സംഭവിക്കുന്നു.



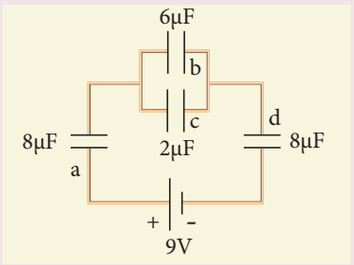
Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 77 2/14/2023 12:11:16 PM

(a) മേഘത്തിന്റെ അടിഭാഗം നിലത്തുനിന്നും 1000 മീ ഉയരത്തിലാണെങ്കിൽ മേഘത്തിനും നിലത്തിനും ഇടയിൽ നിലനിൽക്കുന്ന വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം കണക്കാക്കുക.

(b) സാധാരണ മിന്നൽ പ്രതിഭാസത്തിൽ ഏകദേശം 25 C ഇലക്ട്രോണുകൾ മേഘത്തിൽ നിന്നും നിലത്തിലേക്ക് പ്രവഹിക്കുന്നു. എങ്കിൽ നിലത്തിലേക്ക് പ്രവഹിക്കുന്ന സ്ഥിരവൈദ്യുത സ്ഥിതികോർജ്ജം കണക്കാക്കുക?

ഉത്തരം: (a) $V = 3 \times 10^9$ V, (b) $U = 75 \times 10^9$ J

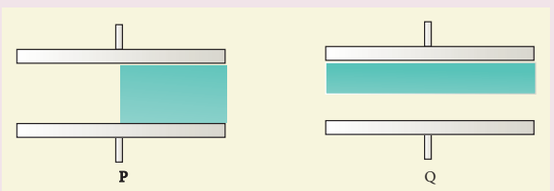
14. തന്നിരിക്കുന്ന കപ്പാസിറ്റർ ക്രമീകരണത്തിൽ നിന്നും (a) ഓരോ കപ്പാസിറ്ററിലെയും ചാർജ്ജ് (b) അവയ്ക്കു കുറുകേയുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം (c) ഓരോ കപ്പാസിറ്ററിലും ശേഖരിക്കുന്ന ഊർജ്ജം എന്നിവ കണക്കാക്കുക?



ഉത്തരം:

$Q_a = 24\ \mu C$, $Q_b = 18\ \mu C$,
$Q_c = 6\ \mu C$, $Q_d = 24\ \mu C$
$V_a = 3V$, $V_b = 3V$,
$V_c = 3V$, $V_d = 3V$,
$U_a = 36\ \mu J$, $U_b = 27\ \mu J$,
$U_c = 9\ \mu J$, $U_d = 36\ \mu J$

15. ഒരേ പരിഛേദതലവിസ്തീർണ്ണം A യും അകലം d യുമുള്ള രണ്ട് കപ്പാസിറ്ററുകളാണ് P യും Q ഉം. ഇവയ്ക്കിടയിലുള്ള ഭാഗത്ത് ϵ_r ഡൈഇലക്ട്രിക് സ്ഥിരാങ്കം ഉള്ള ഒരു ഡൈഇലക്ട്രിക് നിറച്ചിരിക്കുന്നത് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. P, Q കപ്പാസിറ്ററുകളുടെ കപ്പാസിറ്റൻസ് കണക്കാക്കുക?



ഉത്തരം :

$$C_P = \frac{\epsilon_\circ A}{2d}(1+\epsilon_r),\ C_Q = \frac{2\epsilon_\circ A}{d}\left(\frac{\epsilon_r}{1+\epsilon_r}\right)$$

പരാമർശ ഗ്രന്ഥങ്ങൾ

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.

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 78 2/14/2023 12:11:18 PM

ICT കോർണർ

സ്ഥിരവൈദ്യുതി

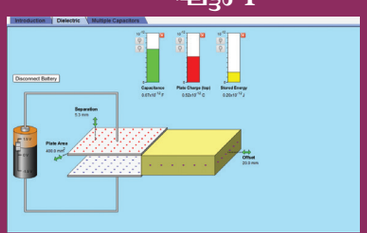
കപ്പാസിറ്ററുകളെ പറ്റിയും കപ്പാസിറ്റൻസിനെ ബാധിക്കുന്ന ഘടകങ്ങളെ പറ്റിയും വിദ്യാർത്ഥികൾ ഈ പ്രവർത്തനത്തിനാൽ മനസ്സിലാക്കുന്നു.

വിഷയം : കപ്പാസിറ്റർ പരീക്ഷണ ശാല

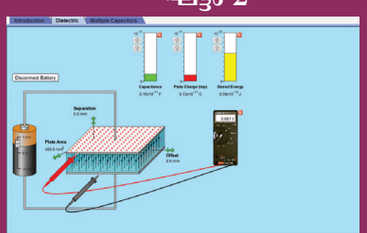
ഘട്ടങ്ങൾ:

- "phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/capacitor-lab" വെബ് പേജിൽ പോയി 'Dielectric' എന്ന് കൊടുക്കുക
- പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിലുള്ള പരപ്പ്, പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിലുള്ള അകലം, ഡൈ ഇലക്ട്രിക് തുടങ്ങിയവ മാറ്റി കപ്പാസിറ്റൻസിൽ ഏർപ്പെടുന്ന മാറ്റം ശ്രദ്ധിക്കുക.
- ചാർജ്ജ്, വോൾട്ടേജ്, കപ്പാസിറ്ററിൽ ശേഖരിക്കപ്പെട്ട ഊർജ്ജം തുടങ്ങിയവയ്ക്കിടയിലുള്ള ബന്ധം നിരീക്ഷിക്കുക.
- ഒരു കുചാലകത്തെ പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിൽ വയ്ക്കപ്പെടുന്നതിനാൽ ഏർപ്പെടുന്ന ഫലങ്ങൾ (വ്യത്യസ്ത കുചാലക വസ്തുക്കളെ ഉപയോഗിക്കുക).

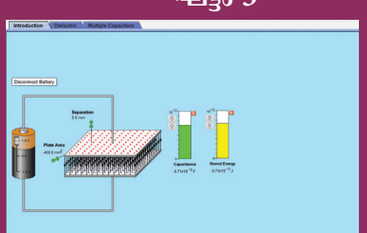
ഘട്ടം 1



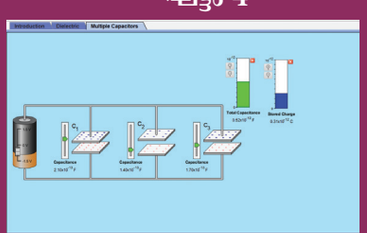
ഘട്ടം 2



ഘട്ടം 3



ഘട്ടം 4



കപ്പാസിറ്ററുകളെ സമാന്തരവും ശ്രേണീരീതിയിലും ബന്ധിപ്പിച്ച് സഫൽ കപ്പാസിറ്റൻസ് കാണുക

കുറിപ്പ്:

നിങ്ങളുടെ ലാപ്പ്ടോപ്പിൽ ജാവ പ്രയോഗത്തെ ഇൻസ്റ്റാൾ ചെയ്യുക. നിങ്ങൾക്ക് https://phet.colorado.edu/en/offline-access ഇത് എടുത്ത് ഓഫ്ലൈനിലും പ്രവർത്തിക്കാം.

URL:

https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/capacitor-lab

* ചിത്രങ്ങൾ സൂചകങ്ങൾ മാത്രമാണ്.

* ആവശ്യമെങ്കിൽ **ഫ്ളാഷ് പ്ലേയർ** അല്ലെങ്കിൽ **ജാവാ സ്കിസ്റ്റ്** അനുവദിക്കുക.

Mal_UNIT-1(XII-Physics_Vol-1).indd 79 2/14/2023 12:11:19 PM

അദ്ധ്യായം

2

ധാര വൈദ്യുതി

ഞങ്ങൾ വൈദ്യുതിയെ വളരെ വില കുറഞ്ഞതാകും. അതിനാൽ ധനികർ മെഴുകുതിരികൾ കത്തിക്കും

– തോമസ് എ. എഡിസൻ

പഠന ലക്ഷ്യങ്ങൾ

ഈ അധ്യായത്തിൽ വിദ്യാർത്ഥി മനസ്സിലാക്കുന്നത്,

- ലോഹ ചാലകത്തിലൂടെയുള്ള ചാർജ്ജുകളുടെ ഒഴുക്ക്
- ഓം നിയമം, വൈദ്യുത പ്രതിരോധം, V-I സവിശേഷതകൾ
- കാർബൺ പ്രതിരോധങ്ങളും, പ്രതിരോധങ്ങളുടെ സംയോജനവും
- കിർച്ചോഫിന്റെ നിയമങ്ങൾ - വീറ്റ്സ്റ്റൺ ബ്രിഡ്ജും, അതിന്റെ പ്രയോജനങ്ങളും
- ഇലക്ട്രിക് പവ്വറും, ഇലക്ട്രിക് ഊർജ്ജവും
- താപീകരണ പ്രഭാവം - ജൂൾ നിയമം - പ്രയോജനങ്ങൾ
- താപവൈദ്യുത പ്രഭാവം - സീബക്ക് പ്രഭാവം - പെൽറ്റിയർ പ്രഭാവം - തോംസൺ പ്രഭാവം.

B4MP7

ആമുഖം



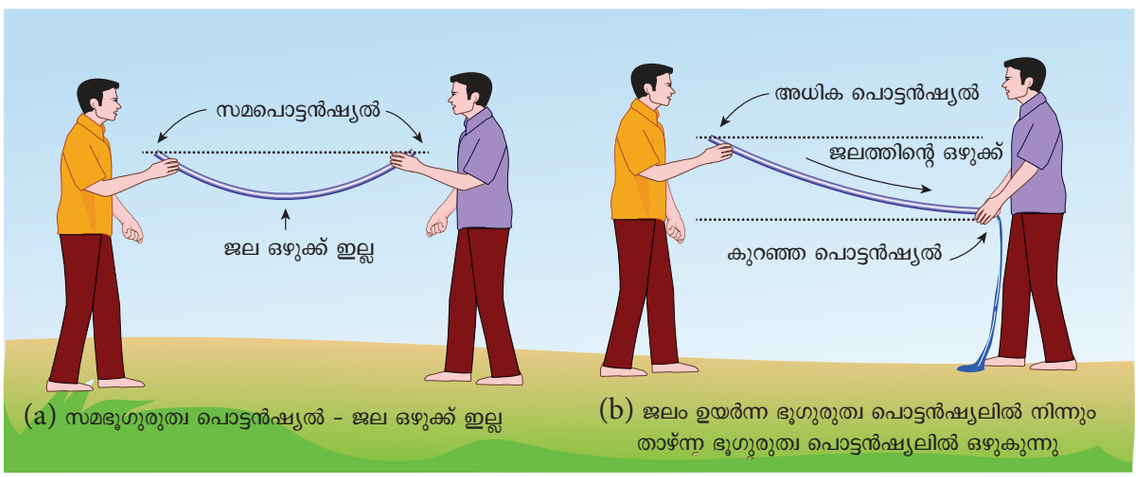
സ്ഥിരാവസ്ഥയിൽ ഇരിക്കുന്ന ചാർജ്ജുകളുടെ ഗുണങ്ങളെക്കുറിച്ച് യൂണിറ്റ് 1-ൽ നമ്മൾ പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്. വാസ്തവത്തിൽ, ചാർജ്ജുകൾ എല്ലായ്പ്പോഴും പദാർത്ഥങ്ങൾക്കുള്ളിൽ ചലിക്കുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന് ഒരു ചെമ്പുകമ്പിയിൽ, ഇലക്ട്രോണുകൾ ഒരിക്കലും സ്ഥിരാവസ്ഥയിൽ ഇരിക്കുന്നില്ല. അത് അങ്ങോട്ടുമിങ്ങോട്ടും തുടർച്ചയായി ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട്, ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ചാർജ്ജുകളുടെ സ്വഭാവത്തെക്കുറിച്ച് പഠിക്കേണ്ടത് അനിവാര്യമാണ്. ചാർജ്ജുകളുടെ ചലനത്തെ വൈദ്യുത പ്രവാഹം എന്നുപറയുന്നു. വൈദ്യുതചാർജ്ജുകളുടെ ഒഴുക്കിനെക്കുറിച്ച് ഉള്ള പഠനമാണ് ധാരാവൈദ്യുതി. ഇതിന്റെ ഉത്ഭവം അലസ്സാൻജ്രോയ്ക്ക് കടപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. അദ്ദേഹമാണ് വൈദ്യുതബാറ്ററി കണ്ടുപിടിച്ചത്. ആധുനിക ലോകം വൈദ്യുതിയെ വളരെയധികം ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. യന്ത്രങ്ങൾ, ആശയവിനിമയ സംവിധാനങ്ങൾ, വീട്ടുപകരണങ്ങൾ എന്നിവയെല്ലാം പ്രവർത്തിപ്പിക്കുന്നതിന് ഇത് ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഈ അധ്യായത്തിൽ വൈദ്യുത പ്രവാഹം, പ്രതിരോധം, പദാർത്ഥങ്ങളുടെ അനുബന്ധ പ്രതിഭാസങ്ങൾ എന്നിവയെക്കുറിച്ച് പഠിക്കാം

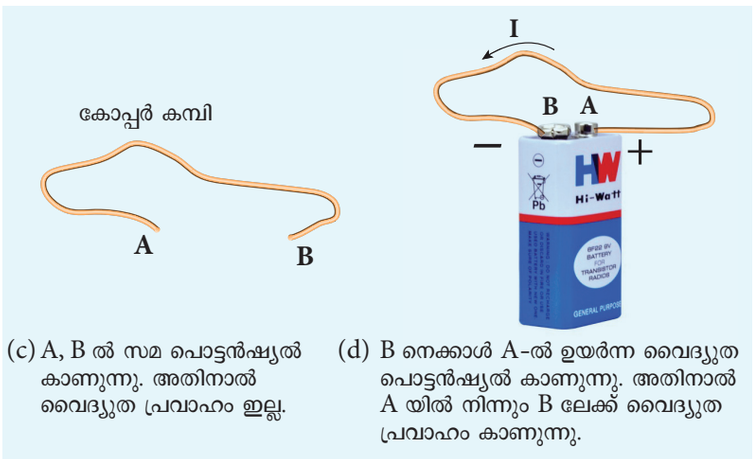
Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 80 2/15/2023 12:34:44 PM

2.1

വൈദ്യുത പ്രവാഹം

പദാർത്ഥങ്ങൾ അണുക്കളാൽ നിർമ്മിതമാണ്. ഓരോ ആറ്റത്തിലും പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജുള്ള ന്യൂക്ലിയസ് കാണുന്നു. ന്യൂക്ലിയസിനെ നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾ ചുറ്റുന്നു. ലോഹങ്ങളിലെ അണുക്കൾ ഒന്നോ അതിലധികമോ ഇലക്ട്രോണുകൾ അയഞ്ഞ രീതിയിൽ ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഈ ഇലക്ട്രോണുകളെ സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾ എന്നു പറയുന്നു. ഇവയെ അണുക്കളിൽ നിന്ന് എളുപ്പത്തിൽ വേർപെടുത്താൻ കഴിയും. സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾ ധാരാളം ഉള്ള പദാർത്ഥങ്ങളെ ചാലകങ്ങൾ എന്നു പറയുന്നു. ഈ സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾ ഒരു നിശ്ചിത താപനിലയിൽ ചാലകങ്ങളിലുടനീളം ക്രമരഹിതമായി നീങ്ങുന്നു. ഈ ക്രമരഹിതമായ ചലനം കാരണം, പൊതുവെ ചാലകങ്ങളുടെ ഒരറ്റത്തുനിന്നും മറ്റൊരറ്റത്തേക്ക് ചാർജ്ജുകൾ പ്രവഹിക്കുന്നില്ല. അതുകാരണം വൈദ്യുതപ്രവാഹം ഉണ്ടാകുന്നില്ല. ഒരു ചാലത്തിന്റെ ഇരുവശങ്ങളിലും ഒരു ബാറ്ററിയാൽ പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം കൊടുക്കുമ്പോൾ, സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾ ബാറ്ററിയുടെ പോസിറ്റീവ് ടെർമിനലിലേക്ക് നീങ്ങുകയും, ഇത് കാരണം ഒരു വൈദ്യുതപ്രവാഹം ഉണ്ടാകുകയും ചെയ്യുന്നു. ചിത്രം 2.1.ൽ നൽകിയിരിക്കുന്ന സാമ്യതയിൽ നിന്ന് ഇത് എളുപ്പത്തിൽ മനസ്സിലാക്കാം. പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജ്, ഉയർന്ന വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യലിൽ നിന്നും താഴ്ന്ന വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യലിലേയ്ക്കും, നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജ് താഴ്ന്ന വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യലിൽ നിന്നും ഉയർന്ന വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യലിലേക്കും ഒഴുകുന്നു. അതുകൊണ്ട് ബാറ്ററി അല്ലെങ്കിൽ വൈദ്യുതസെൽ, ചാലകത്തിനു കുറുകെ ഒരു പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം ഉണ്ടാക്കുന്നു.

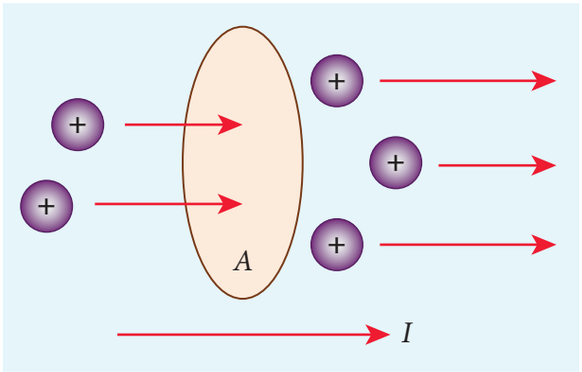




ചിത്രം 2.1 ജലവൈദ്യുതിയും വൈദ്യുത പ്രവാഹവും

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 81 2/15/2023 12:34:44 PM

ഒരു ചാലകത്തിലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹം എന്നത് തന്നിട്ടുള്ള ഛേദതല വിസ്തീർണ്ണം A ലൂടെ ഒഴുകുന്ന ചാർജ്ജുകളുടെ തോതാണ്.



ചിത്രം 2.2 വിസ്തീർണ്ണം A യ്ക്ക് കുറുകെ ഒഴുകുന്ന ചാർജ്ജുകൾ

t സമയത്തിൽ ഒരു ചാലകത്തിന്റെ ഏതൊരു ഛേദതലം വഴി പോകുന്ന മൊത്ത ചാർജ്ജ് Q ആണെങ്കിൽ, വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തെ $I = \frac{Q}{t}$ എന്നും നിർവ്വചിക്കാം. എന്നാൽ ചാർജ്ജിന്റെ ഒഴുക്ക് സ്ഥിരമായിരിക്കില്ല. അതിനാൽ വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തെ പൊതുവായി താഴെ പറയുന്ന രീതിയിൽ നിർവ്വചിക്കാൻ കഴിയും.

$$I = \frac{\varepsilon}{r_{\text{ }p}} \qquad (2.1)$$

ഇവിടെ, ΔQ എന്നത് സമയ ഇടവേളയിൽ, ചാലകത്തിന്റെ ഏതൊരു ഛേദതലം വഴി കടന്നു പോകുന്ന ചാർജ്ജിന്റെ അളവ് Δt ആകുന്നു. ചാർജ്ജ് ഒഴുകുന്ന നിരക്ക് സമയത്തിനനുസരിച്ച് മാറുകയാണെങ്കിൽ, വൈദ്യുത പ്രവാഹവും മാറുന്നു. $\Delta t \longrightarrow 0$ പൂജ്യമായതിനാൽ തൽക്ഷണ വൈദ്യുതധാരയെ ശരാശരി വൈദ്യുതധാരയുടെ പരിധി എന്നു നിർവ്വചിക്കുന്നു.

$$I = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt} \qquad (2.2)$$

വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന്റെ SI യൂണിറ്റ് **ആമ്പിയർ (A)** ആകുന്നു.

$$1\text{A} = \frac{1\text{C}}{1\text{s}}$$

അതായത്, 1A വൈദ്യുതപ്രവാഹം എന്നത് ഒരു സെക്കന്റിൽ ഒരു ചാലകത്തിലെ ലംബമായ ഛേദതലം വഴി പായുന്ന 1 കൂളുംബ് ചാർജ്ജിന് തുല്യമായിരിക്കും. വൈദ്യുതപ്രവാഹം ഒരു സ്കെയിലാർ അളവാകുന്നു.

ഉദാഹരണം 2.1

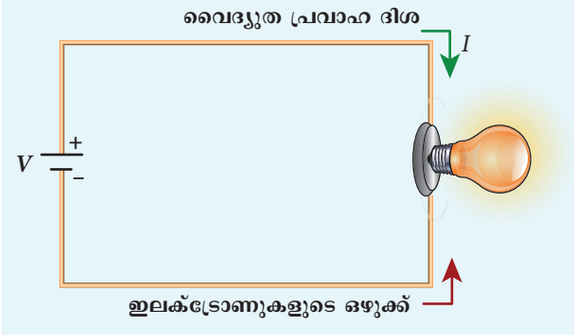
ഒരു മിനിറ്റിൽ ഒരു ചെറു കമ്പി വഴി കടന്നുപോകുന്ന ചാർജ്ജ് 120 C ആണെങ്കിൽ, കമ്പിയിലെ കറന്റ് കണ്ടുപിടിക്കുക?

പരിഹാരം

കമ്പിയിലെ കറന്റ്,

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{120}{60} = 2\text{A}$$

2.1.1 കൺവെൻഷണൽ കറന്റ്



ചിത്രം 2.3 പരമ്പരാഗത വൈദ്യുതധാരയുടെ ദിശയും, ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഒഴുക്കും

ഒരു വൈദ്യുതചുറ്റിൽ, വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന്റെ ദിശ സൂചിപ്പിക്കാൻ അമ്പടയാളങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു. വൈദ്യുതധാരയുടെ ഒഴുക്ക് ബാറ്ററിയുടെ പോസിറ്റീവ് ടെർമിനലിൽ നിന്നും നെഗറ്റീവ് ടെർമിനലിലേക്ക് ആകുന്നു. ഈ കറന്റിനെ പരമ്പരാഗത വൈദ്യുതധാര എന്നു പറയുന്നു. സാധാരണ സർക്യൂട്ടിൽ, ഒഴുകുന്ന ചാർജ്ജുകൾ യഥാർത്ഥത്തിൽ ഇലക്ട്രോണുകൾ ആണ്, ഇവ ബാറ്ററിയുടെ നെഗറ്റീവ് ടെർമിനലിൽ നിന്ന് പോസിറ്റീവ് ടെർമിനലിനെ നോക്കി ഒഴുകുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി, ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഒഴുക്കും, പരമ്പരാഗത വൈദ്യുതധാരയുടെ ദിശയും എതിർദിശയിലായിരിക്കും (ചിത്രം 2.3).



Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 82 2/15/2023 12:34:45 PM



ബാറ്ററിയാൽ മാത്രമല്ല വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഉണ്ടാകുന്നത്. പ്രകൃതിയിൽ, മിന്നൽ, കുറഞ്ഞസമയത്തിൽ ധാരാളം വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഉണ്ടാക്കുന്നു. മിന്നൽ ഉണ്ടാകുമ്പോൾ, മേഘങ്ങൾക്കും, തറയ്ക്കുമിടയിൽ വളരെ ഉയർന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം ഉണ്ടാകുകയും, മേഘങ്ങൾക്കും തറയ്ക്കുമിടയിൽ ചാർജ്ജുകൾ ഒഴുകുകയും ചെയ്യുന്നു.

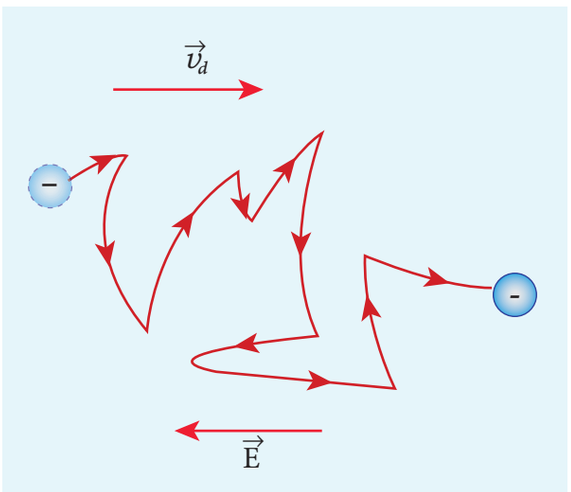
2.1.2 ഡ്രിഫ്റ്റ് പ്രവേഗം

ചാലകത്തിൽ, ചാർജ്ജ് ക്യാരിയർ എന്നത് സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾ ആണ്. ഈ ഇലക്ട്രോണുകൾ ചാലകത്തിൽ സ്വതന്ത്രമായി ചലിക്കുകയും, പോസിറ്റീവ് അയണുകളുമായി പരസ്പരം കൂട്ടിമുട്ടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇവിടെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം ഇല്ലായെങ്കിൽ ഇലക്ട്രോണുകൾ ക്രമരഹിതമായ ദിശയിൽ ചലിക്കുന്നു. അതിനാൽ അവയുടെ പ്രവേഗങ്ങളുടെ ദിശകളും ക്രമരഹിതമായിരിക്കും. ശരാശരി, ഏതു ദിശയിലും സഞ്ചരിക്കുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം വിപരീത ദിശയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണത്തിന് തുല്യമായിരിക്കും. തൽഫലമായി, ഒരു ദിശയിലും ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഒഴുക്ക് കാണുന്നില്ല, അതിനാൽ ഒരു വൈദ്യുതധാരയും ഉണ്ടാകുന്നില്ല.

വൈദ്യുത മണ്ഡലം, ഇലക്ട്രോണുകളെ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നു, അതേസമയം അയണുകൾ ഇലക്ട്രോണുകളെ ചിതറിപ്പിക്കുകയും അവയുടെ ചലനദിശ മാറ്റുകയും ചെയ്യുന്നു. അങ്ങനെ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ സിഗ്സാഗ് ചലനം നമുക്ക് കാണാൻ സാധിക്കുന്നു. കൂട്ടിയിടി മൂലമുള്ള സിഗ്സാഗ് ചലനത്തിനു പുറമെ, ചിത്രം 2.4-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഇലക്ട്രോണുകൾ ചാലകത്തിനുള്ളിൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലം $\vec{E}$ ടെ ദിശയ്ക്ക് എതിരായി സാവധാനം ചലിക്കുന്നു.

അയോണുകൾ

ഏതൊരു വസ്തുവും തുല്യ എണ്ണം ഇലക്ട്രോണുകളും, പ്രോട്ടോണുകളും ഉള്ള ന്യൂട്രൽ അണുക്കളാൽ നിർമ്മിതമാണ്. ബാഹ്യഷെല്ലിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾ, അണുക്കളെ ഉപക്ഷിക്കുകയാണെങ്കിൽ, അവ സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളായി മാറുകയും, വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിനും കാരണമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. ബാഹ്യഷെല്ലിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളെ നഷ്ടപ്പെടുത്തിയ അണുക്കളിൽ കൂടുതൽ പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജുകൾ കാണുന്നു. അതുകാരണം, അവയെ പോസിറ്റീവ് അയോണുകൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഈ അയോണുകൾക്ക്, സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളെപോലെ വസ്തുക്കൾക്കുള്ളിൽ സ്വതന്ത്രമായി ചലിക്കാൻ സാധിക്കില്ല. അതിനാൽ പോസിറ്റീവ് അയോണുകൾ വൈദ്യുതപ്രവാഹം ഉണ്ടാക്കുന്നില്ല.



ചിത്രം 2.4 സിഗ്സാഗ് ചലനം, ഡ്രിഫ്റ്റ് പ്രവേഗം

ഈ പ്രവേഗത്തെ ഡ്രിഫ്റ്റ് പ്രവേഗം $\vec{v}_d$ എന്നു പറയുന്നു. ഒരു ചാലകം, വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന് വിധേയമാകുമ്പോൾ, ചാലകത്തിനുള്ളിലെ ഇലക്ട്രോണുകൾ നേടുന്ന ശരാശരി പ്രവേഗമാണ് ഡ്രിഫ്റ്റ് പ്രവേഗം. തുടർച്ചയായ രണ്ടു കൂട്ടിമുട്ടലു

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 83 2/15/2023 12:34:46 PM

കൾക്കിടയിലുള്ള ശരാശരി സമയത്തെ ശരാശരി സ്വതന്ത്ര സമയം എന്നു പറയുന്നു. ഇതിനെ τ എന്ന അക്ഷരം കൊണ്ട് സൂചിപ്പിക്കാം. വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിലിരിക്കുന്ന ഇലക്ട്രോണിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന ത്വരണം $\vec{a}$ എന്നത്

$$\vec{a} = \frac{-e\vec{E}}{m} \quad \left(\text{ആയതിനാൽ } \vec{F} = -e\vec{E}\right) \qquad (2.3)$$

ഡ്രിഫ്റ്റ് പ്രവേഗം $\vec{v}_d$ എന്നത്,

$$\vec{v}_d = \vec{a}\,\tau$$

$$\vec{v}_d = -\frac{e\tau}{m}\vec{E} \qquad (2.4)$$

$$\vec{v}_d = -\mu\vec{E} \qquad (2.5)$$

ഇവിടെ $\mu = \frac{e\tau}{m}$ എന്നത് ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഗതിശീലതയാകുന്നു. യൂണിറ്റ് വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിലെ ഡ്രിഫ്റ്റ് പ്രവേഗത്തിന്റെ പരിമാണമാണ് ഗതിശീലത

$$\mu = \frac{|\vec{v}_d|}{|\vec{E}|} \qquad (2.6)$$

ഗതിശീലതയുടെ SI യൂണിറ്റ് $m^2V^{-1}s^{-1}$ ആണ്..

കുറിപ്പ്

കമ്പിയിലെ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ സാധാരണ ഡ്രിഫ്റ്റ് പ്രവേഗം $10^{-4}\,m\,s^{-1}$ ആണ്. ഒരു ഇലക്ട്രോൺ ഈ വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുകയാണെങ്കിൽ ബാറ്ററിയിൽ നിന്നും പുറപ്പെടുന്ന ഇലക്ട്രോണുകൾ ലൈറ്റ് ബൾബിൽ എത്താൻ മണിക്കൂറുകൾ എടുക്കും. നമ്മൾ ബാറ്ററി സ്വിച്ച് ഓൺ ചെയ്യുമ്പോൾ, ബാറ്ററിയുടെ നെഗറ്റീവ് ടെർമിനലിൽ നിന്നും ഇലക്ട്രോണുകൾ ദൂരത്തേക്ക് പോകുകയും, അടുത്തുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെമേൽ ഒരു ബലം പ്രയോഗിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ പ്രവർത്തനത്തിന്റെ ഫലമായി ഒരു വൈദ്യുതമണ്ഡലം ഉണ്ടാകുകയും, അത് കമ്പി വഴി പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. മറ്റൊരു രീതിയിൽ പറഞ്ഞാൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലം വഴി പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗതയിൽ ഊർജ്ജം, ബാറ്ററിയിൽ നിന്നും ബൾബിലേക്ക് കൊണ്ടുപോകുന്നു. ഇതുകൊണ്ടാണ്, ബാറ്ററി സ്വിച്ച് ഓൺ ചെയ്യുന്നതും ബൾബ് കത്തുന്നത്.

ഉദാഹരണം 2.2

ഒരു ചെമ്പുകമ്പിയിൽ കൊടുക്കപ്പെട്ട വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന്റെ പരിമാണം $570\ N\ C^{-1}$ ആണ്. ഇലക്ട്രോണാൽ ഉണ്ടാകുന്ന ത്വരണം കണ്ടുപിടിക്കുക

പരിഹാരം:

$E = 570\ N\ C^{-1}$, $e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$,
$m = 9.11 \times 10^{-31}\ kg$ and $a = ?$

$F = ma = eE$

$$a = \frac{eE}{m} = \frac{570\times1.6\times10^{-19}}{9.11\times10^{-31}}$$

$$= \frac{912\times10^{-19}\times10^{31}}{9.11}$$

$$= 1.001 \times 10^{14}\ m\ s^{-2}$$

തെറ്റിദ്ധാരണകൾ

(i) ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഉറവിടം ബാറ്ററിയാണെന്ന് സാധാരണമായ ഒരു തെറ്റിദ്ധാരണയാണ്. ഇത് ശരിയല്ല. തന്നിട്ടുള്ള വയറിനു കുറുകെ ബാറ്ററി ബന്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ സർക്യൂട്ടിലെ ഇലക്ട്രോണുകൾ കാരണം വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഉണ്ടാകുന്നു. ബാറ്ററി ഒരു പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം സജ്ജമാക്കുന്നതുകാരണം, ഈ ഇലക്ട്രോണുകൾ ചാലക കമ്പി വഴി ഒരു പ്രത്യേക ദിശയിൽ ഒഴുകുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുത ഊർജ്ജം വൈദ്യുത ബൾബ്, വൈദ്യുത ഫാൻ എന്നിവയിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നു. കൂടാതെ വൈദ്യുതബോൾഡ് നമ്മുടെ വീടുകളിലേക്ക് വൈദ്യുത ഊർജ്ജം വിതരണം ചെയ്യുന്നു.

(ii) നമ്മൾ സാധാരണ ഉപയോഗിക്കുന്ന ശൈലികളാണ് എന്റെ മൊബൈലിൽ ബാറ്ററി ചാർജ്ജ് ചെയ്യുന്നു എന്നും എന്റെ മൊബൈലിൽ ചാർജ്ജില്ല എന്നും. ഈ രണ്ടു വാചകങ്ങളും ശരിയല്ല.

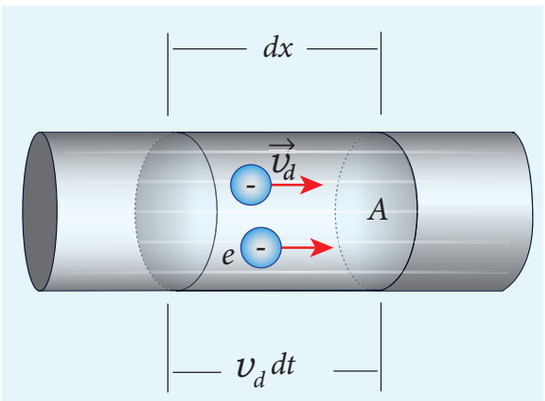


Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 84 2/15/2023 12:34:48 PM

നമ്മൾ ബാറ്ററിയിൽ ചാർജ്ജില്ല എന്നു പറയുമ്പോൾ അർത്ഥമാക്കുന്നത് ബാറ്ററിയ്ക്ക് ഊർജ്ജം നൽകാനോ അല്ലെങ്കിൽ സർക്യൂട്ടിലെ ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം നൽകാനോ ഉള്ള കഴിവ് നഷ്ടപ്പെട്ടു എന്നാണ്. നമ്മൾ മൊബൈൽ ചാർജ്ജ് ചെയ്യുന്നു എന്ന് പറയുമ്പോൾ ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത് AC പവർ സപ്ലൈയിൽ നിന്നും ബാറ്ററി ഊർജ്ജം സ്വീകരിക്കുന്നു എന്നാണ് അല്ലാതെ ഇലക്ട്രോണുകളിൽ നിന്നല്ല.

2.1.3 വൈദ്യുതധാരയുടെ മൈക്രോസ്കോപ്പിക് രൂപം

ഛേദതല വിസ്തീർണ്ണം A ഉള്ള ഒരു ചാലകത്തിനെ കരുതുക. അതിന്റെ വലത്തുനിന്നും ഇടത്തോട്ട് പ്രയോഗിക്കപ്പെട്ട വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തെ $\vec{E}$ എന്നും കരുതുക, ചാലകത്തിലെ ഒരു യൂണിറ്റ് വ്യാപ്തത്തിലെ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം n ആണെന്നും, എല്ലാ ഇലക്ട്രോണുകളും സമമായ ഡ്രിഫ്റ്റ് പ്രവേഗം $\vec{v}_d$ ൽ ചലിക്കുന്നുവെന്നും കരുതുക.



ചിത്രം 2.5 വൈദ്യുതധാരയുടെ മൈക്രോസ്കോപ്പിക് മോഡൽ

ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഡ്രിഫ്റ്റ് പ്രവേഗം = v_d

dt എന്ന ചെറിയ ഇടവേളയിൽ ഇലക്ട്രോണുകൾ dx ദൂരം ചലിക്കുന്നുവെങ്കിൽ,

$$v_d = \frac{dx}{dt}\ ; \quad dx = v_d\,dt \qquad (2.7)$$

A എന്നത് ചാലകത്തിന്റെ ഛേദതല വിസ്തീർണ്ണം ആണെങ്കിൽ dx നീളത്തിലുള്ള വ്യാപ്തത്തിൽ കാണുന്ന ഇലക്ട്രോണുകൾ എന്നത്,

= വ്യാപ്തം × ഒരു യൂണിറ്റ് വ്യാപ്തത്തിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം

$$= A\,dx \times n \qquad (2.8)$$

(2.8) ൽ dx നു പകരമായി (2.7) സമവാക്യം ചേർക്കുമ്പോൾ,

$$= (A\ v_d\,dt)\ n$$

വോള്യം എലിമെന്റിൽ വരുന്ന മൊത്ത ചാർജ്ജ് dQ = (ചാർജ്ജ്) × (വോള്യം എലിമെന്റിൽ വരുന്ന മൊത്ത ഇലക്ട്രോണുകൾ)

$$dQ = (e)(A v_d dt)n$$

വൈദ്യുത പ്രവാഹം $I = \frac{dQ}{dt}$

$$I = ne\,A v_d \qquad (2.9)$$

വൈദ്യുത പ്രവാഹ സാന്ദ്രത (J)

ചാലകത്തിലെ യൂണിറ്റ് പരപ്പളവിലൂടെയുള്ള വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തെ വൈദ്യുത പ്രവാഹ സാന്ദ്രത (J)എന്ന് പറയുന്നു.

$$J = \frac{I}{A}$$

വൈദ്യുത പ്രവാഹ സാന്ദ്രതയുടെ S.I യൂണിറ്റ് $\frac{\text{A}}{\text{m}^2}$ അല്ലെങ്കിൽ A m^{-2} ആണ്.

$J = \frac{neAv_d}{A}$ (സമവാക്യം (2.9)ൽ നിന്നും)

$$J = nev_d \qquad (2.10)$$

വൈദ്യുതപ്രവാഹത്തിന്റെ ദിശ, വിസ്തീർണ്ണം A ന് ലംബമായിരിക്കുമ്പോൾ മാത്രമാണ് മുകളിലത്തെ സമവാക്യം സാധുവായിരിക്കുകയുള്ളൂ. പൊതുവായി, വൈദ്യുത പ്രവാഹ സാന്ദ്രത ഒരു വെക്ടർ അളവാണ്,

$$\vec{J} = ne\vec{v}_d$$

സമവാക്യം (2.4)-ൽ നിന്നും $\vec{v}_d$ യോജിപ്പിച്ചാൽ,

$$\vec{J} = -\frac{n \cdot e^2 \tau}{m}\vec{E} \qquad (2.11)$$

$$\vec{J} = -\sigma\vec{E}$$

പക്ഷെ പരമ്പരാഗതമായി, വൈദ്യുത പ്രവാഹ സാന്ദ്രതയുടെ ദിശ വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ ദിശയായാണ് നമ്മൾ എടുക്കുന്നത്. അതുകൊണ്ട്, മുകളിലത്തെ സമവാക്യം ഇങ്ങനെ മാറുന്നു,

$$\vec{J} = \sigma\vec{E} \qquad (2.12)$$

ഇവിടെ $\sigma = \frac{ne^2\tau}{m}$ എന്നത് വൈദ്യുതചാലകത എന്നുവിളിക്കുന്നു. സമവാക്യം (2.12)-നെ ഓം വിധിയുടെ മൈക്രോസ്കോപ്പിക് രൂപം എന്നു വിളിക്കുന്നു.

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 85 2/15/2023 12:34:50 PM

വൈദ്യുതചാലകതയുടെ വിപരീതം പ്രതിരോധകത (ρ) എന്നു പറയുന്നു

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{m}{ne^2\tau} \qquad (2.13)$$

ഉദാഹരണം 2.3

ഒരു ചെമ്പുകമ്പിയുടെ ഛേദതല വിസ്തീർണ്ണം $0.5\ mm^2$ കൊണ്ടുപോകുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹം 0.2 A ആകുന്നു. ചെമ്പിന്റെ സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളുടെ സാന്ദ്രത $8.4 \times 10^{28}\ m^{-3}$ ആണെങ്കിൽ, സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഡ്രിഫ്റ്റ് പ്രവേഗം കണ്ടുപിടിക്കുക.

പരിഹാരം

ഛേദതല വിസ്തീർണ്ണം A ഉള്ള ഒരു കമ്പിയുടെ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഡ്രിഫ്റ്റ് പ്രവേഗത്തിനും, വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിനും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം എന്നത്,

$$v_d = \frac{I}{neA} = \frac{0.2}{8.4\times10^{28}\times1.6\times10^{-19}\times0.5\times10^{-6}}$$

$$v_d = 0.03 \times 10^{-3}\ m\ s^{-1}$$

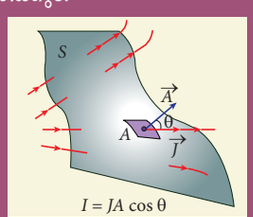
കുറിപ്പ്

എന്തുകൊണ്ട് വൈദ്യുതപ്രവാഹതീവ്രത വെക്ടറും, എന്നാൽ വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഒരു സ്കെയിലാറും ആകുന്നു?

പൊതുവായി, വൈദ്യുതപ്രവാഹം എന്നത് വൈദ്യുതപ്രവാഹതീവ്രതയുടെയും, ചാർജ്ജുകൾ കടന്നുപോകുന്ന പരപ്പ് വെക്ടറിന്റെയും സ്കെയിലാർ ഗുണനഫലമാണ്.

$$I = \vec{J} \cdot \vec{A}$$

ഛേദതലവിസ്തീർണ്ണം A യ്ക്ക് ലംബമായി വരുന്ന യൂണിറ്റ് വെക്ടറിന് അനുസരിച്ച് വൈദ്യുത പ്രവാഹം പോസിറ്റീവ് അല്ലെങ്കിൽ നെഗറ്റീവ് ആയിരിക്കും.



ചിത്രം 2.6 വൈദ്യുത പ്രവാഹം സ്കെയിലാർ ആകുന്നു

ഉദാഹരണം 2.4

ഒരു ചാലകം വഴി 32 A വൈദ്യുതപ്രവാഹം കടന്നുപോകുമ്പോൾ, ഒരു സെക്കന്റിൽ കടന്നുപോകുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം കണ്ടുപിടിക്കുക.

പരിഹാരം

$I = 32\ A\ ,\ t = 1\ s$

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

ഒരു സെക്കന്റിൽ കടന്നുപോകുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം, $n = ?$

$$I = \frac{q}{t} = \frac{ne}{t}$$

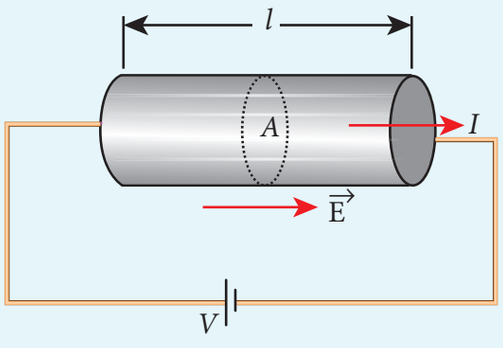
$$n = \frac{It}{e}$$

$$n = \frac{32\times1}{1.6\times10^{-19}\,C}$$

$n = 20 \times 10^{19} = 2 \times 10^{20}$ ഇലക്ട്രോണുകൾ

2.2 ഓം വിധി

സമവാക്യം $J = \sigma E$ യിൽ നിന്നും ഓം വിധി കണ്ടുപിടിക്കാൻ സാധിക്കും. ചിത്രം 2.7-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ l നീളവും, A ഛേദതല പരപ്പളവും കൊണ്ട കമ്പിയുടെ ഒരു ഭാഗം കരുതുക.



ചിത്രം 2.7 ചാലകത്തിലൂടെ പോകുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹം

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 86 2/15/2023 12:34:52 PM

കമ്പിയ്ക്കു കുറുകെ V എന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം കൊടുക്കുമ്പോൾ, കമ്പിയിൽ ഒരു മൊത്ത വൈദ്യുതമണ്ഡലം ഉണ്ടാകുന്നു. ഇതു കാരണം കമ്പിയിൽ വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഉണ്ടാകുന്നു. ലളിതമായി, കമ്പിയുടെ മുഴുവൻ നീളത്തിലും വൈദ്യുതമണ്ഡലം ഒരുപോലെയാണെന്ന് കരുതുക. എങ്കിൽ, പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസത്തെ താഴെ കാണുന്ന രീതിയിൽ എഴുതാവുന്നതാണ്.

$$V = El$$

നമുക്കറിയാം, വൈദ്യുതപ്രവാഹ തീവ്രതയുടെ പരിമാണമെന്നത്

$$J = \sigma E = \sigma \frac{V}{l} \qquad (2.14)$$

എന്നാൽ $J = \frac{I}{A}$, അതുകൊണ്ട്, നമുക്ക് സമവാക്യം (2.14) താഴെ പറയുന്ന രീതിയിൽ എഴുതാവുന്നതാണ്.

$$\frac{I}{A} = \sigma \frac{V}{l}.$$

മുകളിലത്തെ സമവാക്യത്തെ പുനർക്രമീകരിക്കുമ്പോൾ

$$V = I\left(\frac{l}{\sigma A}\right) \qquad (2.15)$$

$\frac{l}{\sigma A}$ അളവിനെ ചാലകത്തിന്റെ പ്രതിരോധം എന്നു പറയുന്നു. ഇതിനെ R എന്ന അക്ഷരംകൊണ്ടു സൂചിപ്പിക്കാം. പ്രതിരോധം, ചാലകത്തിന്റെ നീളത്തിന് നേർ അനുപാതത്തിലും, ഛേദതല വിസ്തീർണ്ണത്തിന് വിപരീതാനുപാതത്തിലുമായിരിക്കും.

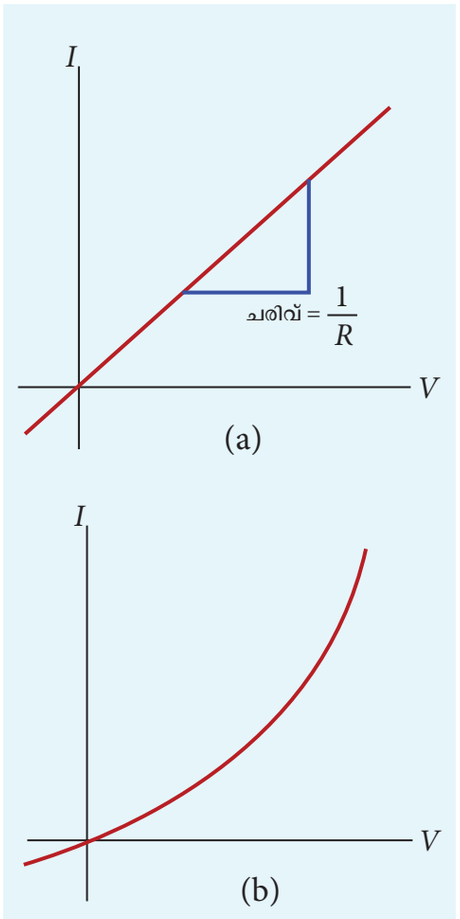
അതുകൊണ്ട് ഓംവിധിയുടെ വളരെ വലിയ രൂപത്തെ താഴെ പറയുന്ന രീതിയിൽ നിർവ്വചിക്കാൻ കഴിയും. ഊഷ്മാവ് സ്ഥിരമായി ഇരിക്കുമ്പോൾ ഒരു ചാലകത്തിലൂടെ പ്രവഹിക്കുന്ന വൈദ്യുതി ചാലകത്തിലെ രണ്ടഗ്രത്തിലെ പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യയാസത്തിനു നേർഅനുപാതത്തിലായിരിക്കും

$$V = IR \qquad (2.16)$$

മുകളിലത്തെ സമവാക്യത്തിൽ നിന്നും, **പ്രതിരോധം എന്നത് തന്നിട്ടുള്ള ചാലകത്തിന് കുറുകെയുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസത്തിനും ചാലകത്തിലൂടെ കടന്നുപോകുന്ന വൈദ്യുതപ്രവാഹത്തിനും തമ്മിലുള്ള അനുപാതമാണ്.**

$$R = \frac{V}{I} \qquad (2.17)$$

പ്രതിരോധത്തിന്റെ SI യൂണിറ്റ് ഓം (Ω) ആകുന്നു. സമവാക്യം (2.16) ൽ നിന്നും, വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിനും, വോൾട്ടേജിനും ഇടയിലുള്ള ഗ്രാഫ്, നേർരേഖയായിരിക്കും. ഇതിലുള്ള ചരിവ് ചാലകത്തിലെ പ്രതിരോധം R ന്റെ വിപരീതം ആയിരിക്കും. ഇത് ചിത്രം 2.8 (a) ൽ കാണാൻ സാധിക്കും.



ചിത്രം 2.8 വൈദ്യുതിക്കും വോൾട്ടേജിനും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം. (a) ഓം വിധിയെ അനുസരിക്കുന്ന ചാലകം (b) ഓം വിധിയെ അനുസരിക്കാത്ത ഉപകരണം(ഓമിക് അല്ലാത്ത ഉപകരണം ഉദാഹരണം XII ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിൽ അധ്യായം 9 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു)

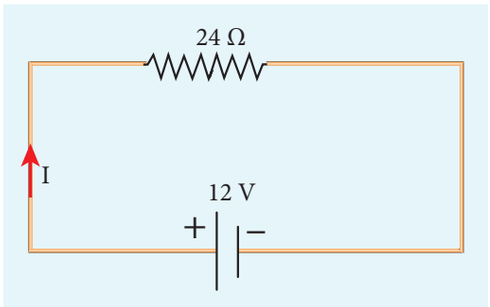
ഏതു പദാർത്ഥങ്ങളിലാണോ വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിനും, വോൾട്ടേജിനും തമ്മിലുള്ള ഗ്രാഫ് മൂലബിന്ദുവഴി നേർരേഖയിൽ ഇരിക്കുന്നത് അത്തരം പദാർത്ഥങ്ങൾ ഓംനിയമം അനുസരിക്കുന്നു. ഈ സ്വഭാവത്തെ ഓമിക് എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഓം നിയമം അനുസരിക്കാത്ത പദാർത്ഥങ്ങൾ അല്ലെങ്കിൽ ഉപകരണങ്ങളെ ഓമിക് അല്ലാത്ത ഉപകരണങ്ങൾ എന്നു പറയുന്നു. ഓമിക അല്ലാത്ത പദാർത്ഥങ്ങൾക്ക്, I നും V നും ഇടയിൽ വരയ്ക്കുന്ന ഗ്രാഫ് നേർരേഖയായിരിക്കില്ല. കൂടാതെ സ്ഥിരമായ പ്രതിരോധവും അതിന് ഉണ്ടായിരിക്കില്ല. (ചിത്രം 2.8(b)).

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 87 2/15/2023 12:34:53 PM

ഉദാഹരണം 2.5

24 Ω പ്രതിരോധത്തിന് കുറുകെ കൊടുക്കുന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം 12 V ആകുന്നു. പ്രതിരോധത്തിലൂടെ പോകുന്ന വൈദ്യുതപ്രവാഹം കണ്ടുപിടിക്കുക?

പരിഹാരം



$V = 12$ V, $R = 24\ \Omega$

വൈദ്യുതപ്രവാഹം, $I = ?$

ഓം വിധിയിൽ നിന്നും, $I = \frac{V}{R} = \frac{12}{24} = 0.5\,\text{A}$

2.2.1 പ്രതിരോധകത

മുൻപത്തെ വിഭാഗത്തിൽ, ചാലകത്തിലെ പ്രതിരോധം R എന്നത്,

$$R = \frac{l}{\sigma A} \qquad (2.18)$$

ഇവിടെ σ പദാർത്ഥത്തിന്റെ വൈദ്യുതചാലകത എന്നു പറയുന്നു. ഇത് പദാർത്ഥത്തിന്റെ തരത്തെ മാത്രം ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. അളവിനെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല.

ഒരു പദാർത്ഥത്തിന്റെ പ്രതിരോധകത അതിന്റെ വൈദ്യുതചാലകതയുടെ വിപരീതമായിരിക്കും.

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \qquad (2.19)$$

ഇപ്പോൾ സമവാക്യം (2.19) ഉപയോഗിച്ച് സമവാക്യം (2.18) എഴുതാൻ കഴിയും.

$$R = \rho \frac{l}{A} \qquad (2.20)$$

പദാർത്ഥത്തിന്റെ പ്രതിരോധം ചാലകത്തിന്റെ നീളത്തിന് നേർഅനുപാതത്തിലും, ചാലകത്തിന്റെ ഛേദതലവിസ്തീർണ്ണത്തിന് വിപരീതാനുപാതത്തിലായിരിക്കും. അനുപാതസ്ഥിരാങ്കം ρ നെ പദാർത്ഥത്തിന്റെ പ്രതിരോധകത എന്നു പറയുന്നു.

$l = 1$ മീ ഉം $A = 1$ മീ^{2} ആണെങ്കിൽ പ്രതിരോധം $R = \rho$ മറ്റൊരു രീതിയിൽ പറഞ്ഞാൽ യൂണിറ്റ് ഛേദതലവിസ്തീർണ്ണവും, യൂണിറ്റ് നീളവുമുള്ള ഒരു ചാലകത്തിലൂടെ ഒഴുകുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന് ഏർപ്പെടുത്തുന്ന പ്രതിരോധത്തെ ആ പദാർത്ഥത്തിന്റെ വൈദ്യുത പ്രതിരോധകത എന്നുപറയുന്നു. ഇതിന്റെ SI യൂണിറ്റ് ഓം-മീറ്റർ (Ω m) ആകുന്നു. പ്രതിരോധകതയെ അടിസ്ഥാനപ്പെടുത്തി പദാർത്ഥങ്ങളെ ചാലകങ്ങൾ, അർധചാലകങ്ങൾ, വിദ്യുത്രോധികൾ എന്നു തിരിക്കാം. ചാലകങ്ങൾക്ക് വളരെ കുറഞ്ഞ പ്രതിരോധകതയും, വിദ്യുത്രോധികൾക്ക് വളരെ കൂടിയ പ്രതിരോധകതയും, അർധചാലകങ്ങൾക്ക് പ്രതിരോധകത, ചാലകങ്ങളെക്കാൾ കൂടിയും എന്നാൽ വിദ്യുത്രോധികളെക്കാൾ കുറഞ്ഞും കാണുന്നു. ചില ചാലകങ്ങൾ, വിദ്യുത്രോധികൾ, അർധചാലകങ്ങൾ എന്നിവയുടെ സാധാരണ പ്രതിരോധകതയും വിലകൾ പട്ടിക 2.1-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

പട്ടിക 2.1 വിവിധ പദാർത്ഥങ്ങളിലെ പ്രതിരോധകത

പദാർത്ഥം	പ്രതിരോധകത, ρ (Ω m) at 20°C
വിദ്യുത്രോധികൾ	
ശുദ്ധജലം	2.5×10^{5}
ഗ്ലാസ്	$10^{10} - 10^{14}$
കട്ടിയായ റബ്ബർ	$10^{13} - 10^{16}$
NaCl	10^{14}
ഉരുകിയ ക്വാർട്ട്സ്	10^{16}
അർധചാലകങ്ങൾ	
ജെർമാനിയം	0.46
സിലിക്കൺ	640
ചാലകങ്ങൾ	
വെള്ളി	1.6×10^{-8}
ചെമ്പ്	1.7×10^{-8}
അലുമിനിയം	2.7×10^{-8}
ടങ്സ്റ്റൺ	5.6×10^{-8}
ഇരുമ്പ്	10×10^{-8}

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 88 2/15/2023 12:34:54 PM

ഉദാഹരണം 2.6

ഒരു കമ്പിയുടെ പ്രതിരോധം 20 Ω ആകുന്നു. ഈ കമ്പിയെ അതിന്റെ യഥാർത്ഥ നീളത്തെക്കാളും 8 മടങ്ങ് സമമായി വലിച്ചു നീട്ടുകയാണെങ്കിൽ അതിന്റെ പുതിയ പ്രതിരോധം കണ്ടുപിടിക്കുക.

പരിഹാരം

$R_1 = 20\ \Omega, R_2 = ?$

കമ്പിയുടെ യഥാർത്ഥ നീളം (l_1) എന്നത് l ആണ്.

പുതിയ നീളം, $l_2 = 8l_1$ (അതായത്) $l_2 = 8l$

യഥാർത്ഥ പ്രതിരോധം, $R_1 = \rho\frac{l_1}{A_1}$

പുതിയ പ്രതിരോധം $R_2 = \rho\frac{l_2}{A_2} = \frac{\rho(8l)}{A_2}$

കമ്പിയെ വലിച്ചു നീട്ടുമ്പോൾ, അതിന്റെ വ്യാപ്തത്തിന് മാറ്റം വരുന്നില്ല.

ആദ്യ വ്യാപ്തം = അവസാന വ്യാപ്തം

$A_1 l_1 = A_2 l_2, \qquad A_1 l = A_2(8l)$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{8l}{l} = 8$$

R_2 സമവാക്യത്തെ R_1 സമവാക്യം കൊണ്ട് ഹരിക്കുമ്പോൾ

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho(8l)}{A_2} \times \frac{A_1}{\rho l}$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{A_1}{A_2} \times 8$$

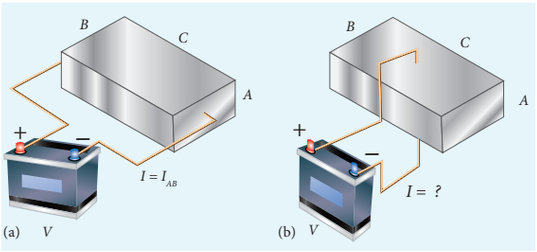
$\frac{A_1}{A_2}$ ന്റെ വില യോജിപ്പിക്കുമ്പോൾ,

$$\frac{R_2}{R_1} = 8 \times 8 = 64$$

$$R_2 = 64 \times 20 = 1280\ \Omega$$

ഉദാഹരണം 2.7

ഉയരം A ഉം, വീതി B യും, നീളം C യുമുള്ള ദീർഘചതുരാകൃതിയിലുള്ള ലോഹബ്ലോക്ക് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ കരുതുക.



ബ്ലോക്കിന്റെ A, B എന്നീ മുഖങ്ങളിൽ V എന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം പ്രയോഗിച്ചാൽ (ചിത്രം (a)) വൈദ്യുതപ്രവാഹം I_{AB} കാണാൻ സാധിക്കുന്നു. ബ്ലോക്കിന്റെ രണ്ടു മുഖങ്ങളായ B, C യ്ക്കിടയിൽ സമമായ പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം V പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതപ്രവാഹം കണ്ടുപിടിക്കുക? I_{AB}.

പരിഹാരം

ആദ്യത്തെ നിലയിൽ, ബ്ലോക്കിന്റെ പ്രതിരോധം

$$R_{AB} = \rho\frac{\text{നീളം}}{\text{വിസ്തീർണ്ണം}} = \rho\frac{C}{AB}$$

വൈദ്യുത പ്രവാഹം $I_{AB} = \frac{V}{R_{AB}} = \frac{V}{\rho}\cdot\frac{AB}{C}$ (1)

രണ്ടാമത്തെ നിലയിൽ, ബ്ലോക്കിന്റെ പ്രതിരോധം

$$R_{BC} = \rho\frac{A}{BC}$$

വൈദ്യുത പ്രവാഹം $I_{BC} = \frac{V}{R_{BC}} = \frac{V}{\rho}\cdot\frac{BC}{A}$ (2)

I_{AB} യ്ക്കു പകരം I_{BC} പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ AC യാൽ സമവാക്യം(2)-നെ ഗുണിക്കുകയും, ഹരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. അപ്പോൾ കിട്ടുന്നത്

$$I_{BC} = \frac{V}{\rho}\cdot\frac{BC}{A}\frac{AC}{AC} = \left(\frac{V}{\rho}\cdot\frac{AB}{C}\right)\cdot\frac{C^2}{A^2} = \frac{C^2}{A^2}\cdot I_{AB}$$

കാരണം $C > A$, വൈദ്യുത പ്രവാഹം $I_{BC} > I_{AB}$

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

ഏകദേശം 200 Ω കുറഞ്ഞ പ്രതിരോധം ഉള്ള ധാരാളം ജലം അടങ്ങിയതാണ് മനുഷ്യ ശരീരം. മനുഷ്യശരീരത്തിലെ വരണ്ടതൊലിയുടെ പ്രതിരോധം വളരെ അധികമാണ്, ഏകദേശം 500 k Ω കാണുന്നു. പക്ഷെ നനഞ്ഞ തൊലിയാകുമ്പോൾ, പ്രതിരോധ ഏകദേശം 1000 Ω ആയി കുറയുന്നു. ഇതുകൊണ്ടാണ്, നനഞ്ഞ തൊലിയോടുകൂടി വൈദ്യുതബന്ധം നന്നാക്കുന്നത് ആപത്താണ് എന്നു പറയുന്നതിന്റെ കാരണം.

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 89 2/15/2023 12:34:57 PM

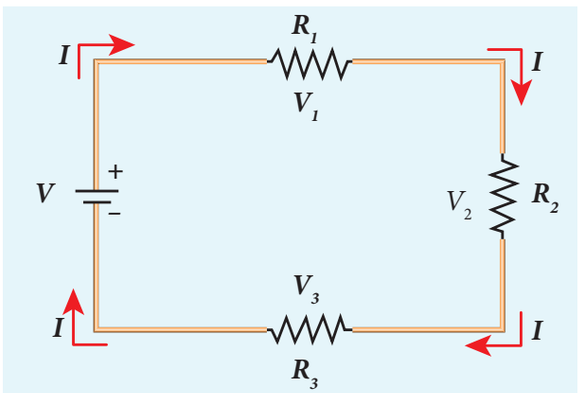
2.2.2 പ്രതിരോധകങ്ങളുടെ സംയോജകം – ശ്രേണിയും സമാന്തരവും

വ്യത്യസ്ത വഴികളിൽ യോജിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന ധാരാളം പ്രതിരോധങ്ങൾ അടങ്ങിയതാണ് ഒരു വൈദ്യുത സർക്യൂട്ട്. സർക്യൂട്ടിന്റെ ഓരോ തരത്തിലും പ്രതിരോധങ്ങളുടെ ഗ്രൂപ്പിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന സഫല പ്രതിരോധം കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിയും.

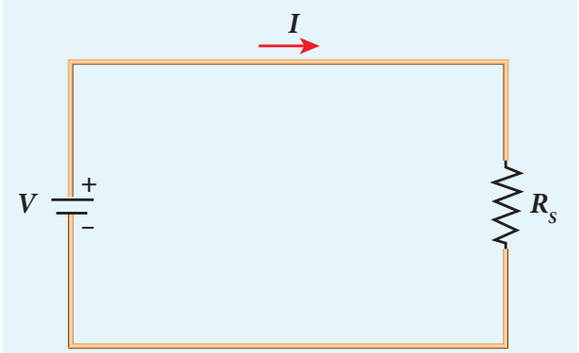
ശ്രേണിയിലുള്ള പ്രതിരോധകങ്ങൾ

രണ്ടു പ്രതിരോധകങ്ങളുടെയും ഓരോ അഗ്രം മാത്രം കൂട്ടി യോജിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ അവ ശ്രേണിയിലാണെന്നു പറയാം. ചിത്രം 2.9 (a) ൽ ശ്രേണിയിലുള്ള മൂന്നു പ്രതിരോധകങ്ങളായ R_1, R_2, R_3 എന്നിവ കാണാൻ സാധിക്കുന്നു.

R_1 വഴി പോകുന്ന ചാർജ്ജിന്റെ അളവ് R_2, R_3 എന്നീ പ്രതിരോധകങ്ങൾ വഴി ഉറപ്പായും കടന്നുപോകുന്നു, കാരണം സർക്യൂട്ടിൽ ഏതൊരു സ്ഥലത്തും ചാർജ്ജുകൾ ശേഖരിക്കപ്പെടുന്നില്ല. ഇതുകാരണം, മൂന്നു പ്രതിരോധകങ്ങൾ വഴി കടന്നുപോകുന്ന വൈദ്യുതപ്രവാഹം സമമായിരിക്കും.



(a) ശ്രേണിയിലെ മൂന്ന് റെസിസ്റ്ററുകൾ



(b) തുല്യമായ പ്രതിരോധം (R_S) സമാന കറന്റുണ്ട്

ചിത്രം 2.9 ശ്രേണിയിൽ ഉള്ള പ്രതിരോധകങ്ങൾ

ഓം നിയമം അനുസരിച്ച്, വ്യത്യസ്ത വിലകളുള്ള വ്യത്യസ്ത പ്രതിരോധകങ്ങൾ വഴി സമമായ വൈദ്യുതപ്രവാഹം കടുന്നുപോകുകയാണെങ്കിൽ,ഓരോ പ്രതിരോധകങ്ങൾക്കും കുറുകെയുള്ളപൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം വേറിട്ടതായിരിക്കും. R_1, R_2, R_3 എന്നീ പ്രതിരോധകങ്ങൾക്ക് കുറുകെയുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം V_1, V_2, V_3 ആണെങ്കിൽ, $V_1 = IR_1$, $V_2 = IR_2$, $V_3 = IR_3$ എന്ന് എഴുതാം. പക്ഷെ വിതരണം ചെയ്യുന്ന വോൾട്ടേജ് ഓരോ പ്രതിരോധകങ്ങൾക്കും കുറുകെയുള്ള വോൾട്ടേജുകളുടെ (പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസങ്ങൾ) പരിണിതഫലത്തിന് സമമായിരിക്കും.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = IR_1 + IR_2 + IR_3 \quad (2.21)$$

$$V = I\,(R_1 + R_2 + R_3)$$

$$V = IR_S \quad (2.22)$$

ഇവിടെ R_S എന്നത് സഫലപ്രതിരോധം എന്നു പറയുന്നു.

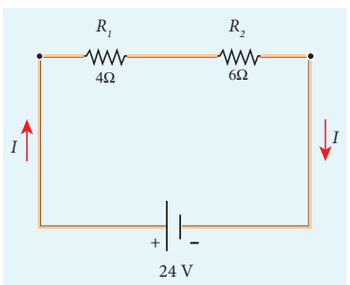
$$R_S = R_1 + R_2 + R_3 \quad (2.23)$$

ധാരാളം പ്രതിരോധങ്ങളെ ശ്രേണിയിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ, സഫല പ്രതിരോധം എന്നത് ഓരോ പ്രതിരോധകങ്ങളുടെ പരിണിതഫലം ആയിരിക്കും. ചിത്രം 2.9 (b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

കുറിപ്പ്: ശ്രേണീ സംയോജനത്തിൽ സഫല പ്രതിരോധത്തിന്റെ വില ഓരോ പ്രതിരോധത്തിന്റെ വിലയെക്കാളും കൂടുതലായിരിക്കും.

ഉദാഹരണം 2.8

24 V ബാറ്ററി ബന്ധിപ്പിച്ചിട്ടുള്ള സർക്യൂട്ടിലെ സഫല പ്രതിരോധം കണ്ടുപിടിക്കുക. അതോടൊപ്പം സർക്യൂട്ടിലെ ഓരോ പ്രതിരോധങ്ങളുടെയും കുറുകെയുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം കണ്ടുപിടിക്കുക?



Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 90 2/15/2023 12:34:57 PM

പരിഹാരം

പ്രതിരോധങ്ങളെ ശ്രേണീരീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നതിനാൽ, സർക്യൂട്ടിലെ സഫല പ്രതിരോധം

$= 4\ \Omega + 6\ \Omega = 10\ \Omega$

I സർക്യൂട്ടിലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹം $= \frac{V}{R_{eq}} = \frac{24}{10} = 2.4\,\text{A}$

4Ω പ്രതിരോധത്തിനു കുറുകെയുള്ള വോൾട്ടേജ്

$$V_1 = IR_1 = 2.4\,\text{A} \times 4\Omega = 9.6\,\text{V}$$

6 Ω പ്രതിരോധത്തിന് കുറുകെയുള്ള വോൾട്ടേജ്

$$V_2 = IR_2 = 2.4\,\text{A} \times 6\Omega = 14.4\,\text{V}$$

പ്രതിരോധകങ്ങളുടെ സമാന്തര സംയോജനം

ഒന്നോ അതിലധികമോ പ്രതിരോധകങ്ങളുടെ ഓരോ അഗ്രവും പരസ്പരം കൂട്ടിയോജിപ്പിച്ചാൽ അവ സമാന്തര സംയോജനത്തിലാണ് (ചിത്രം 2.10 (a)) എന്നു പറയാം.

ഇവിടെ മൊത്ത വൈദ്യുത പ്രവാഹം I മൂന്നു ഘടകങ്ങളായി പിരിയുന്നു. R_1, R_2, R_3 പ്രതിരോധങ്ങൾ വഴി പോകുന്ന വൈദ്യുതപ്രവാഹത്തെ I_1, I_2, I_3 എന്നു കരുതുക. സർക്യൂട്ടിലെ മൊത്തവൈദ്യുത പ്രവാഹം I എന്നത് ഓരോ പ്രതിരോധങ്ങൾ വഴി കടന്നുപോകുന്ന വൈദ്യുതപ്രവാഹത്തിന്റെ പരിണിതഫലത്തിന് സമമായിരിക്കും.

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \qquad (2.24)$$

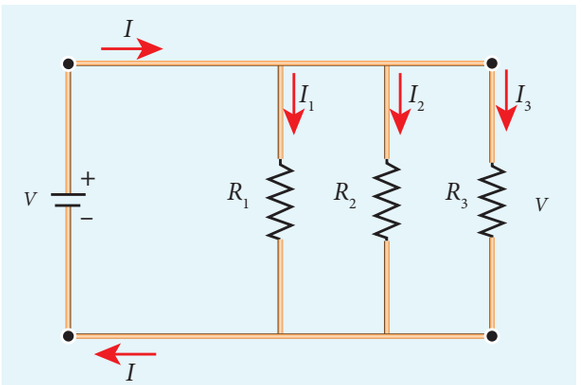
ഓരോ പ്രതിരോധങ്ങൾക്കും കുറുകെയുള്ള വോൾട്ടേജ് സമമായിരിക്കുന്നതിനാൽ, ഓരോ പ്രതിരോധത്തിലും ഓം നിയമം പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ,

$$I_1 = \frac{V}{R_1}, I_2 = \frac{V}{R_2}, I_3 = \frac{V}{R_3} \qquad (2.25)$$

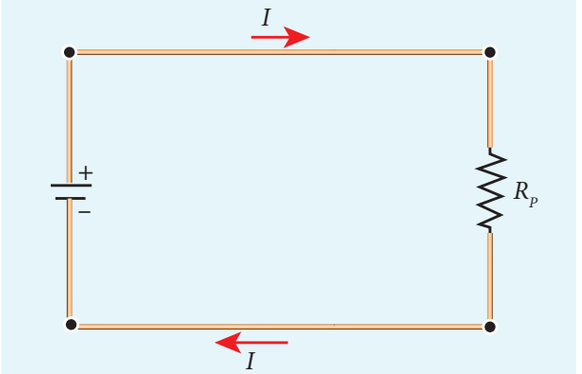
സമവാക്യം (2.24)-ൽ വിലകൾ യോജിപ്പിക്കുമ്പോൾ

$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} = V\left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right]$$

$$I = \frac{V}{R_P}$$



(a) സമാന്തരമായ മൂന്നു പ്രതിരോധകങ്ങൾ



(b) സഫലപ്രതിരോധത്തിന് (R_p) സമവൈദ്യുത പ്രവാഹം കാണുന്നു

ചിത്രം 2.10 സമാന്തര സംയോജനത്തിലുള്ള പ്രതിരോധങ്ങൾ

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \qquad (2.26)$$

ഇവിടെ R_P എന്നത് സമാന്തരസംയോജനത്തിലെ സഫല പ്രതിരോധം ആകുന്നു. പ്രതിരോധകങ്ങളെ സമാന്തരമായി സംയോജിപ്പിക്കുമ്പോൾ, ഓരോ പ്രതിരോധങ്ങളുടെയും പ്രതിരോധത്തിന്റെ വിപരീതാനുപാതത്തിന്റെ പരിണിതഫലം. സംയോജകത്തിന്റെ സഫലപ്രതിരോധത്തിന്റെ വിപരീതാനുപാതത്തിന് സമമായിരിക്കും. (ചിത്രം 2.10 (b)

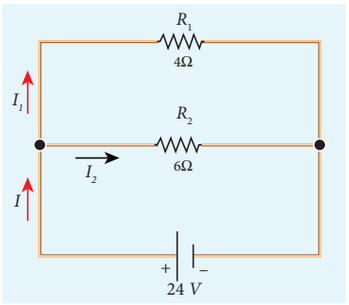
കുറിപ്പ്: സമാന്തരസംയോജനത്തിൽ സഫല പ്രതിരോധത്തിന്റെ വില ഓരോ പ്രതിരോധത്തിന്റെയും വിലയെക്കാളും കുറവായിരിക്കും.

ഗാർഹികവീട്ടുപകരണങ്ങളെല്ലാം എപ്പോഴും സമാന്തരമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട് ഏതെങ്കിലും ഒന്ന് അണയുമ്പോൾ മറ്റുള്ള ഉപകരണങ്ങൾ നന്നായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 91 2/15/2023 12:34:59 PM

ഉദാഹരണം 2.9

താഴെ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന സർക്യൂട്ടിലെ സഫല പ്രതിരോധം കണ്ടുപിടിക്കുക. കൂടാതെ തന്നിട്ടുള്ള സർക്യൂട്ടിലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹം I, I_1, I_2 ന്റെ വിലയും കണ്ടുപിടിക്കുക.



പരിഹാരം

പ്രതിരോധങ്ങൾ സമാന്തരമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നതിനാൽ, സർക്യൂട്ടിലെ സഫലപ്രതിരോധം എന്നത്

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6}$$

$$\frac{1}{R_P} = \frac{5}{12}\Omega \quad \text{or } R_P = \frac{12}{5}\Omega$$

പ്രതിരോധങ്ങൾ സമാന്തരമായി സംയോജിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു; അവയ്ക്കു കുറുകെയുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം സമമായിരിക്കും.

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{24\text{V}}{4\Omega} = 6\,\text{A}$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{24}{6} = 4\,\text{A}$$

വൈദ്യുതപ്രവാഹം I എന്നത് രണ്ടു ശാഖകളുടെയും വൈദ്യുതപ്രവാഹത്തിന്റെ പരിണിതഫലമാണ്.

$$I = I_1 + I_2 = 6\text{ A} + 4\text{ A} = 10\text{ A}$$

ഉദാഹരണം 2.10

ശ്രേണീരീതിയിലും, സമാന്തരമായും രണ്ടു പ്രതിരോധങ്ങളെ യോജിപ്പിക്കുമ്പോൾ, അവയുടെ സഫല പ്രതിരോധങ്ങൾ യഥാക്രമം 15 Ω, $\frac{56}{15}\Omega$ ആകുന്നു. പ്രതിരോധങ്ങളുടെ വിലകൾ കണ്ടുപിടിക്കുക?

പരിഹാരം

$$R_s = R_1 + R_2 = 15\ \Omega \qquad (1)$$

$$R_P = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{56}{15}\Omega \qquad (2)$$

സമവാക്യം (1)-ൽ നിന്നും സമവാക്യം(2)ലെ $R_1 + R_2$ യോജിപ്പിക്കുമ്പോൾ

$$\frac{R_1 R_2}{15} = \frac{56}{15}\Omega$$

$$\therefore\ R_1 R_2 = 56$$

$$R_2 = \frac{56}{R_1}\Omega \qquad (3)$$

സമവാക്യം (1) ൽ സമവാക്യം (3)ൽ നിന്നും R_2 യോജിപ്പിക്കുമ്പോൾ

$$R_1 + \frac{56}{R_1} = 15$$

$$\text{Then, } \frac{R_1^2 + 56}{R_1} = 15$$

$$R_1^2 + 56 = 15\, R_1$$

$$R_1^2 - 15\, R_1 + 56 = 0$$

മുകളിലത്തെ സമവാക്യത്തെ ഘടകങ്ങളിലൂടെ പരിഹരിക്കാൻ കഴിയും.

$$R_1 = 8\ \Omega \text{ (or) } R_1 = 7\ \Omega$$

If $R_1 = 8\ \Omega$

സമവാക്യം (1)-ൽ യോജിപ്പിക്കുമ്പോൾ

$$8 + R_2 = 15$$

$$R_2 = 15 - 8 = 7\ \Omega\ ,$$

$$R_2 = 7\ \Omega \text{ i.e , (when } R_1 = 8\ \Omega\ ;\ R_2 = 7\ \Omega)$$

If $R_1 = 7\ \Omega$

സമവാക്യം (1)-ൽ യോജിപ്പിക്കുന്നു

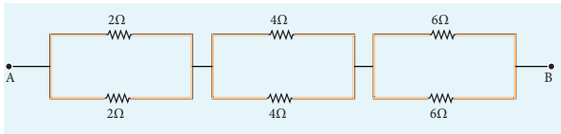
$$7 + R_2 = 15$$

$$R_2 = 8\ \Omega\ \text{, i.e , } (R_1 = 7\ \Omega\ ;\ R_2 = 8\ \Omega\ )$$

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 92 2/15/2023 12:35:02 PM

ഉദാഹരണം 2.11

തന്നിട്ടുള്ള സർക്യൂട്ടിൽ A, B യ്ക്കിടയിലുള്ള സഫലപ്രതിരോധം കണ്ടുപിടിക്കുക?



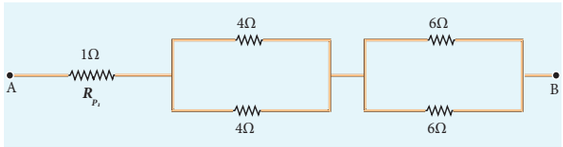
പരിഹാരം

എല്ലാ വിഭാഗങ്ങളിലും, പ്രതിരോധം സമാന്തര മായി യോജിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.

വിഭാഗം 1

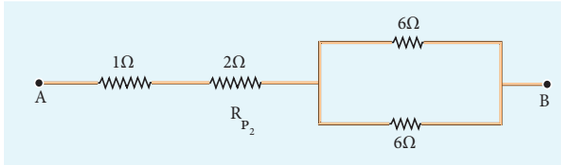
$$\frac{1}{R_{p_1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_{p_1}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = \frac{2}{2} \qquad R_{p_1} = 1\Omega$$



വിഭാഗം II

$$\frac{1}{R_{p_2}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{2}{4}, \quad \frac{1}{R_{p_2}} = \frac{1}{2}, \quad R_{p_2} = 2\Omega$$



വിഭാഗം III

$$\frac{1}{R_{p_3}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{2}{6}$$

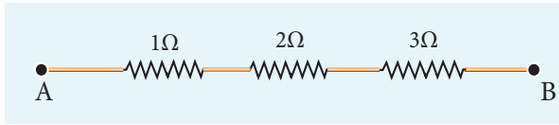
$$\frac{1}{R_{p_3}} = \frac{1}{3}, \quad R_{p_3} = 3\ \Omega$$

സഫല പ്രതിരോധം എന്നത്

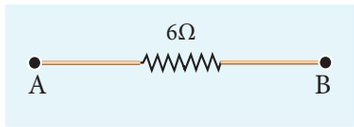
$$R = R_{p_1} + R_{p_2} + R_{p_3}$$

$$R = 1\ \Omega + 2\ \Omega + 3\ \Omega = 6\ \Omega$$

സർക്യൂട്ട് താഴെകാണിക്കുന്ന രീതിയിൽ മാറുന്നു.

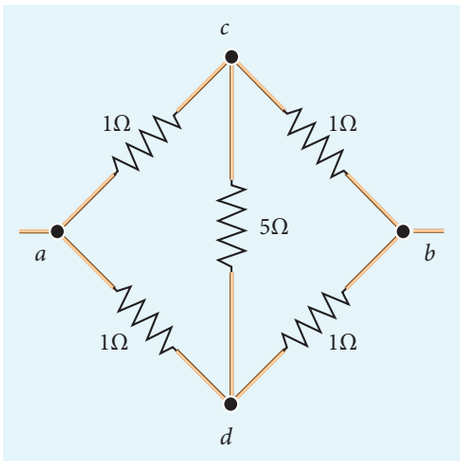


A, B യ്ക്ക് ഇടയിലുള്ള സഫല പ്രതിരോധം എന്നത്



ഉദാഹരണം 2.12

അഞ്ച് പ്രതിരോധങ്ങളെ ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചി രിക്കുന്നതുപോലെ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. a, b എന്നീ ബിന്ദുക്കൾക്കിടയിലുള്ള സഫല പ്രതി രോധം കണ്ടുപിടിക്കുക.

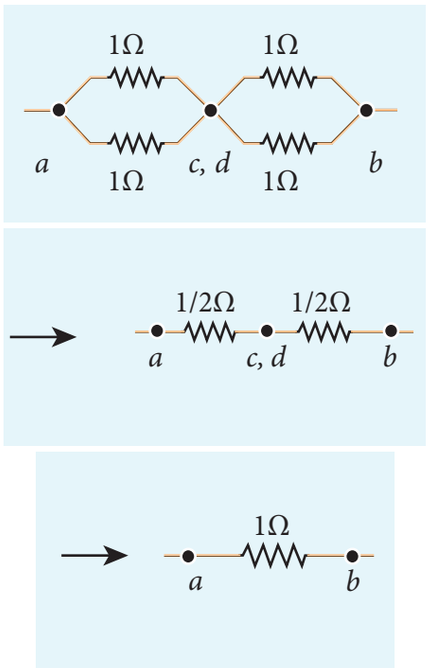


പരിഹാരം

നില (a)

a, b എന്നീ ബിന്ദുക്കൾക്കിടയിലുള്ള സഫല പ്രതിരോധത്തെ കണ്ടുപിടിക്കാൻ, a എന്ന സന്ധി യിലേക്ക് വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്നതായി കരു തുക. പുറത്തുള്ള ചുരുളിലെ എല്ലാ പ്രതിരോധ ങ്ങളും സമമായതിനാൽ (1Ω) ac, ad ശാഖക ളിലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹം സമമായിരിക്കും. അതുകാരണം C, D ബിന്ദുക്കളിൽ പൊട്ടൻഷ്യ ൽ സമമായിരിക്കും. കൂടാതെ 5 Ω വഴി വൈദ്യു ത പ്രവാഹം ഉണ്ടാകുന്നില്ല. 5 Ω നും സഫല പ്രതിരോധംകണ്ടുപിടിക്കാൻ5Ω നീക്കംചെയ്യാവു ന്നതാണ്. അതിനാൽ താഴെ കൊടുക്കുന്ന രീതി യിൽ വരയ്ക്കാവുന്നതാണ്.

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 93 2/15/2023 12:35:05 PM



a, b എന്നിവയ്ക്കിടയിലുള്ള സർക്യൂട്ടിലെ സഫല പ്രതിരോധം R_{eq} = 1 Ω ആകുന്നു.

2.2.3 കാർബൺ പ്രതിരോധകങ്ങളുടെ കളർകോഡ്



ചിത്രം 2.11 പരീക്ഷണശാലയിൽ ഉപയോഗിക്കുന്ന പ്രതിരോധങ്ങൾ

സ്ഫടിക കാർബണിന്റെ നേരിയ പാളി നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട സെറാമിക്-കോർ ആണ് കാർബൺ പ്രതിരോധകങ്ങൾ. (ചിത്രം 2.11) ഇത്തരം പ്രതിരോധകങ്ങൾ, ചിലവ് കുറഞ്ഞതും, സ്ഥിരമായതും, വലിപ്പം കുറഞ്ഞതും ആകുന്നു. പട്ടിക 2.2-ൽ തന്നിട്ടുള്ള നിയമങ്ങൾ അനുസരിച്ച് പ്രതിരോധകങ്ങളുടെ വില കുറിയ്ക്കാൻ കാർബൺ വളയങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

പ്രതിരോധകങ്ങളുടെ പുറത്ത് ഒരു കൂട്ടം നിറമുള്ള വലയങ്ങൾ രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു. ഒരറ്റത്തു നിന്നുള്ള രണ്ടു വലയങ്ങൾ ഓമിലുള്ള പ്രതിരോധത്തിന്റെ ആദ്യ രണ്ട് സാർത്ഥക അക്കങ്ങളെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. 3-ാമത്തെ വലയം 10-ന്റെ ഗുണിതസംഖ്യയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. അവസാനത്തെ വലയം പ്രതിരോധവിലയിൽ നിന്നുള്ള അനുവദനീയമായ വ്യത്യാസത്തിന്റെ ശതമാനം കാണിക്കുന്നു. ചിലപ്പോൾ അവസാനത്തെ വലയം ഇല്ലാതിരിക്കാം. അങ്ങനെയാണെങ്കിൽ അത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്, അനുവദനീയമായ വ്യത്യാസം 20% ആയിരിക്കും എന്നാണ്.

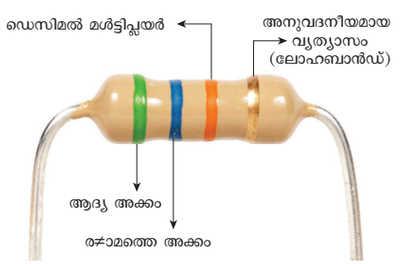
പട്ടിക 2.2 പ്രതിരോധകങ്ങളുടെ കളർകോഡ്

നിറം	സംഖ്യ	ഗുണിതം	അനുവദനീയമായ വ്യത്യാസം (%)
കറുപ്പ്	0	1	
തവിട്ടുനിറം	1	10^1	
ചുവപ്പ്	2	10^2	
ഓറഞ്ച്	3	10^3	
മഞ്ഞ	4	10^4	
പച്ച	5	10^5	
നീല	6	10^6	
വയലറ്റ്	7	10^7	
ചാരനിറം	8	10^8	
വെള്ള	9	10^9	
സ്വർണ്ണം		10^{-1}	5%
വെള്ളി		10^{-2}	10%
നിറമില്ല			20%

ചിത്രം 2.12--ൽ പ്രതിരോധകത്തിൽ, ആദ്യ അക്കം = 5(പച്ച); രണ്ടാമത്തെ അക്കം = 6(നീല), ഗുണിതം = 10^3 (ഓറഞ്ച്), അനുവദനീയമായ വ്യത്യാസം = 5%(സ്വർണ്ണം). പ്രതിരോധത്തിന്റെ വില = 56 × 10^3 Ω അല്ലെങ്കിൽ 56 kΩ അനുവദനീയമായ വ്യത്യാസം എന്നത് 5%.

കുറിപ്പ്

കളർകോഡ് വായിക്കുമ്പോൾ, ഇടതുവശത്ത് കളർബാൻഡ് വരുന്ന രീതിയിൽ പ്രതിരോധകങ്ങളെ പിടിക്കണം. പ്രതിരോധകങ്ങൾ ഒരിക്കലും ഇടതുഭാഗത്ത് ലോഹബാൻഡ് വരുന്ന രീതിയിൽ തുടങ്ങില്ല.



ചിത്രം 2.12 പ്രതിരോധകങ്ങളുടെ കളർകോഡിങ്

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 94 2/15/2023 12:35:06 PM

2.2.4 താപനിലയോട് പ്രതിരോധകതയുടെ ആശ്രിതത്വം

ഒരു പദാർത്ഥത്തിന്റെ പ്രതിരോധകത അതിന്റെ താപനിലയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. താഴെ പറയുന്ന സമവാക്യത്തിൽ നിന്നും താപനില കൂടുന്നതനുസരിച്ച് ചാലകത്തിന്റെ പ്രതിരോധകത വർദ്ധിക്കുന്നു എന്ന് പരീക്ഷണാർത്ഥം കണ്ടുപിടിച്ചിട്ടുണ്ട്

$$\rho_T = \rho_0\left[1+\alpha\left(T-T_0\right)\right] \qquad (2.27)$$

ഇവിടെ ρ_T എന്നത് $T\,^{o}C$ ൽ ഒരു ചാലകത്തിന്റെ പ്രതിരോധകതയും ρ_0 എന്നത് ചില സൂചകാതാപനില T_0 (സാധാരണയായി 20°C) -ലെ ചാലകത്തിന്റെ പ്രതിരോധകതയും α എന്നത് പ്രതിരോധകതാ താപനില ഗുണാങ്കവും ആണ്. **ഒരു ഡിഗ്രി താപ ഉയർച്ചയാൽ ഉണ്ടാകുന്ന താപധാരിതയുടെ വർദ്ധനവിനും, T_0 താപനിലയിലെ താപധാരികതയ്ക്കും തമ്മിലുള്ള അനുപാതത്തെ പ്രതിരോധകതാ താപനില ഗുണാങ്കം എന്നു പറയുന്നു.**

സമവാക്യം (2.27)-ൽ നിന്നും, നമുക്കിങ്ങനെ എഴുതാം.

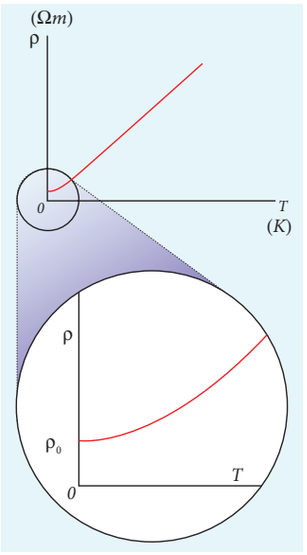
$$\rho_T - \rho_0 = \alpha\rho_0\left(T-T_0\right)$$

$$\therefore \alpha = \frac{\rho_T-\rho_0}{\rho_0\left(T-T_0\right)} = \frac{\Delta\rho}{\rho_0\Delta T}$$

ഇവിടെ $\Delta\rho = \rho_T - \rho_0$ എന്നത് $\Delta T = T - T_0$ എന്ന താപനിലമാറ്റത്തിനും ഉണ്ടാകുന്ന പ്രതിരോധകതയുടെ മാറ്റമാണ്. ഇതിന്റെ യൂണിറ്റ് °C ആണ്.

ചാലകത്തിലെ α

ചാലകത്തിനും α പോസിറ്റീവാണ്. ചാലകത്തിന്റെ താപനില വർദ്ധിക്കുമ്പോൾ, ചാലകത്തിലെ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ശരാശരി ഗതികോർജ്ജം വർദ്ധിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി ഇടയ്ക്കിടയ്ക്കുള്ള കൂട്ടിമുട്ടലുകൾ ഉണ്ടാകുകയും അതുകാരണം, പ്രതിരോധകത വർദ്ധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ചിത്രം 2.13-ൽ സമവാക്യം (2.27) -ന്റെ ഗ്രാഫ് കാണാവുന്നതാണ്. ഉയർന്ന താപനിലയിൽ ലോഹങ്ങൾ പോലുള്ള ചാലകങ്ങളുടെ പ്രതിരോധകത രേഖീയമായി വ്യത്യാസപ്പെടുന്നെങ്കിലും, വളരെ കുറഞ്ഞ താപനിലയിൽ ഇവിടെ രേഖീയതയല്ലാത്ത പരിധിയും നിലനിൽക്കുന്നു. ചിത്രം 2.13(b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ, താപനില കേവലപൂജ്യത്തോടടുക്കുമ്പോൾ പ്രതിരോധകത പരിമിതമൂല്യത്തിലേക്ക് അടുക്കുന്നു.



ചിത്രം 2.13 (a) താപനിലയോട് പ്രതിരോധകതയുടെ ആശ്രിതത്വം (b) വളരെ കുറഞ്ഞ താപനിലയിലുള്ള രേഖീയതയല്ലാത്ത പകുതി

സമവാക്യം (2.27) -ൽ സമവാക്യം $I = \frac{n\varepsilon}{r+nR}$ ഉപയോഗിക്കുന്നു. T °C താപനിലയിലെ ഒരു ചാലകത്തിന്റെ പ്രതിരോധം താഴെപറയുന്ന രീതിയിൽ ലഭിക്കുന്നു.

$$R_T = R_0\left[1+\alpha\left(T-T_0\right)\right] \qquad (2.28)$$

സമവാക്യം (2.28)-ൽ നിന്നും പ്രതിരോധകത താപനില ഗുണാങ്കം ലഭിക്കുന്നു.,

$$R_T - R_0 = \alpha R_0\left(T-T_0\right)$$

$$\therefore \alpha = \frac{R_T-R_0}{R_0\left(T-T_0\right)} = \frac{1}{R_0}\frac{\Delta R}{\Delta T}$$

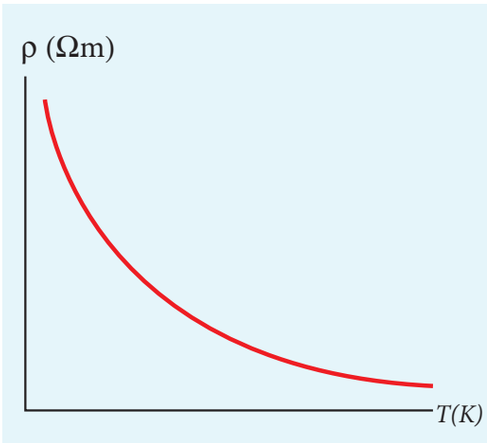
$$\alpha = \frac{1}{R_0}\frac{\Delta R}{\Delta T} \qquad (2.29)$$

ഇവിടെ $\Delta R = R_T - R_0$ എന്നത് താപനിലമാറ്റം $\Delta T = T - T_0$ സമയത്ത് പ്രതിരോധത്തിനുണ്ടാകുന്ന മാറ്റം ആകുന്നു.

അർദ്ധചാലകങ്ങളുടെ α

അർദ്ധചാലകങ്ങൾക്ക്, താപനില കൂടുന്നതനുസരിച്ച് പ്രതിരോധകത കുറയുന്നു. താപനില കൂടുന്നതിനാൽ, അവയുടെ അണുക്കളിൽ നിന്നും ധാരാളം ഇലക്ട്രോണുകൾ സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്നു. അർദ്ധചാലകത്തിലെ താപനിലയോട് പ്രതിരോധകതയുടെ ആശ്രിതത്വം ചിത്രം 2.14-ൽ കാണിക്കുന്നതുപോലെ, വൈദ്യുതപ്രവാഹം

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 95 2/15/2023 12:35:08 PM



ചിത്രം 2.14 അർദ്ധചാലകത്തിൽ പ്രതിരോധകതയുടെ താപനില ആശ്രിതത്വം

വർദ്ധിക്കുകയും, അതിനാൽ പ്രതിരോധകത കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു. നെഗറ്റീവ് പ്രതിരോധകതാ താപനിലഗുണാങ്കം ഉള്ള അർദ്ധചാലകങ്ങളെ തെർമിസ്റ്റർ എന്നു പറയുന്നു.

വിവിധതരം പദാർത്ഥങ്ങളുടെ പ്രതിരോധകതാ താപനില ഗുണാങ്കത്തിന്റെ സാധാരണ വിലകൾ, പട്ടിക 2.3-ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

പട്ടിക 2.3

പദാർത്ഥം	പ്രതിരോധകതാ താപനില ഗുണാങ്കം α $[(°C)^{-1}]$
വെള്ളി	3.8×10^{-3}
ചെമ്പ്	3.9×10^{-3}
സ്വർണ്ണം	3.4×10^{-3}
അലുമിനിയം	3.9×10^{-3}
ടങ്സ്റ്റൺ	4.5×10^{-3}
ഇരുമ്പ്	5.0×10^{-3}
പ്ലാറ്റിനം	3.92×10^{-3}
ലെഡ്	3.9×10^{-3}
നിക്രോം	0.4×10^{-3}
കാർബൺ	-0.5×10^{-3}
ജെർമാനിയം	-48×10^{-3}
സിലിക്കൺ	-75×10^{-3}

താഴെപറയുന്ന രീതിയിൽ താപനിലയോട് പ്രതിരോധകതയുടെ ആശ്രിതത്വം നമുക്ക് മനസ്സിലാക്കാൻ കഴിയും. 2.1.3 വിഭാഗത്തിൽ, വൈദ്യുത ചാലകത എന്നത് $\sigma = \frac{ne^2\tau}{m}$ പ്രതിരോധകത σ യുടെ വിപരീതമായതിനാൽ,

$$\rho = \frac{m}{ne^2\tau}$$ എന്നെഴുതാവുന്നതാണ് (2.30)

പദാർത്ഥങ്ങളുടെ പ്രതിരോധകത എന്നത്

i) ഇലക്ട്രോണുകളുടെ സംഖ്യ സാന്ദ്രത (n) യ്ക്ക് വിപരീതാനുപാതത്തിൽ ആയിരിക്കും

ii) കൂട്ടിമുട്ടലുകൾക്കിടയിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ശരാശരി സമയത്തിന് വിപരീതാനുപാതത്തിൽ ആയിരിക്കും. (τ).

ലോഹങ്ങളിൽ, താപനില കൂടുകയാണെങ്കിൽ, കൂട്ടിമുട്ടലുകൾക്ക് ഇടയിലുള്ള ശരാശരി സമയം കുറയുന്നു. n താപനിലയെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. അർദ്ധചാലകങ്ങളിൽ, താപനില കൂടുമ്പോൾ, τ, n കുറയുന്നു. എന്നാൽ τ കുറയുന്നതിനെക്കാളും n കൂടുന്നതിനാണ് പ്രാധാന്യം. അതിനാൽ ഇത്തരത്തിലുള്ള പ്രതിരോധകത കുറയുന്നു.

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

ചില പദാർത്ഥങ്ങളുടെ പ്രതിരോധം ഒരു നിശ്ചിതമായ താപനിലയ്ക്കും താഴെ പൂജ്യമായിമാറുന്നു. ഈ താപനിലയെ ക്രിട്ടിക്കൽ താപനില അല്ലെങ്കിൽ സംക്രമണ താപനില എന്നു പറയുന്നു. ഏതു പദാർത്ഥമാണോ ഇത്തരത്തിലുള്ള സ്വഭാവം പ്രകടമാക്കുന്നത് അത്തരം പദാർത്ഥങ്ങളെ സൂപ്പർ കൺടക്ടറുകൾ (അതിചാലകങ്ങൾ) എന്നു പറയുന്നു. 1911-ൽ കാമർലിംഗ്ഒൺസ്ആണ്ഈപ്രതിഭാസത്തെകണ്ടറിഞ്ഞത്. 4.2 K-ൽ രസം (mercury) സൂപ്പർ കൺടക്ടർ സ്വഭാവം കാണിക്കുന്നു എന്ന് അദ്ദേഹം കണ്ടുപിടിച്ചു. $R = 0$,ആയതിനാൽ, പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം ഇല്ലാതെ സൂപ്പർ കണ്ടക്ടറുകളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹം സ്ഥിരമായിരിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 2.13

20^0 C ൽ ഒരു കമ്പിച്ചുരുളിന്റെ പ്രതിരോധം 3 Ω ഉം α = 0.004/^{0}C യും ആണെങ്കിൽ 100 ^{0}C ൽ അതിന്റെ പ്രതിരോധം കണ്ടുപിടിക്കുക?.

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 96 2/15/2023 12:35:08 PM

പരിഹാരം

$R_0 = 3\ \Omega, \quad T = 100^0C, \quad T_0 = 20^0C$

$\alpha = 0.004/^0C, \quad R_T = ?$

$R_T = R_0(1 + \alpha(T - T_0))$

$R_{100} = 3(1 + 0.004 \times 80)$

$R_{100} = 3.96\ \Omega$

ഉദാഹരണം 2.14

20^0C, 40^0C-ൽ ഒരു പദാർത്ഥത്തിന്റെ പ്രതിരോധം യഥാക്രമം 45 Ω ഉം 85 Ω ഉം ആകുന്നു. ഇതിന്റെ പ്രതിരോധകതാ താപനില ഗുണാങ്കം കണ്ടുപിടിക്കുക.

പരിഹാരം

$T_0 = 20\ ^0C, T = 40\ ^0C, R_0 = 45\ \Omega, R = 85\ \Omega$

$$\alpha = \frac{1}{R_0}\frac{\Delta R}{\Delta T}$$

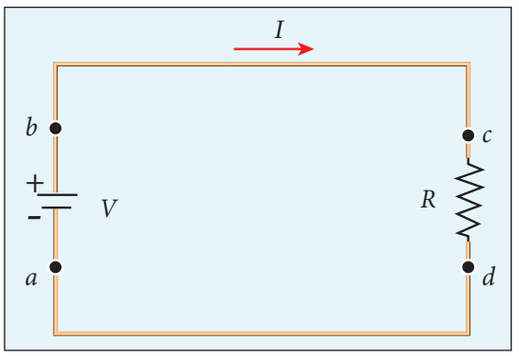
$$\alpha = \frac{1}{45}\left(\frac{85-45}{40-20}\right) = \frac{1}{45}(2)$$

$$\alpha = 0.044\ \text{per}^\circ C$$

2.3 വൈദ്യുത സർക്യൂട്ടുകളിലെ ഊർജ്ജം, പവ്വർ

ചാലകത്തിനും ഇരുവശങ്ങൾക്കിടയിൽ ഒരു ബാറ്ററി ബന്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ, വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഉണ്ടാകുന്നു. സർക്യൂട്ടുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന ബാറ്ററി, ഉപകരണത്തിന് ഊർജ്ജം വിതരണം ചെയ്യുന്നു. ചിത്രം 2.15-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഒരു സർക്യൂട്ടിനെ കരുതുക. ഇതിൽ V വോൾട്ടേജ് ഉള്ള ഒരു ബാറ്ററി, പ്രതിരോധകവുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഒരു പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജ് dQ ബിന്ദു a ൽ നിന്നും b യിലേക്ക് ബാറ്ററി വഴി ചലിക്കുന്നു എന്നും, ബിന്ദു c-യിൽ നിന്നും d യിലേക്ക് പ്രതിരോധകം വഴി ചലിക്കുന്നുവെന്നും തിരിച്ചു ബിന്ദു a ലേക്ക് വരുന്നുവെന്നും കരുതുക. ചാർജ്ജ് a ൽ



ചിത്രം 2.15 ബാറ്ററിയാൽ കൊടുക്കപ്പെടുന്ന ഊർജ്ജം

നിന്നും b യിലേക്ക് ചലിക്കുമ്പോൾ, അത് സ്ഥിതികോർജ്ജം നേടുന്നു. $dU = V.dQ$ അതേ അളവിൽ ബാറ്ററിയുടെ രാസ സ്ഥിതികോർജ്ജം കുറയുന്നു. ഈ ചാർജ്ജ് dQ പ്രതിരോധകം വഴി പോകുമ്പോൾ, അത് പ്രതിരോധകത്തിലെ അണുക്കൾക്കിടയിലുള്ള കൂട്ടിമുട്ടലുകൾ കാരണം സ്ഥികോർജ്ജത്തെ നഷ്ടപ്പെടുത്തുന്നു. വീണ്ടും ബിന്ദു a-ൽ എത്തിച്ചേരുന്നു. സർക്യൂട്ടിൽ ബാറ്ററി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നതുവരെ ഈ പ്രക്രിയ തുടർന്നുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. പ്രതിരോധകത്തിൽ ചാർജ്ജ് അതിന്റെ വൈദ്യുത സ്ഥിതികോർജ്ജത്തെ നഷ്ടപ്പെടുത്തുന്നതിന്റെ തോത് കണ്ടുപിടിക്കാൻ സാധിക്കും.

വൈദ്യുത പവ്വർ P എന്നത് വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ ഊർജ്ജം വിതരണം ചെയ്യുന്ന നിരക്ക് ആകുന്നു,

$$P = \frac{dU}{dt} = \frac{(V.dQ)}{dt} = V\frac{dQ}{dt} \qquad (2.31)$$

വൈദ്യുതപ്രവാഹം $I = \frac{dQ}{dt}$ ആയതിനാൽ, സമവാക്യം (2.31)-നെ എന്നെഴുതാവുന്നതാണ്.

$$P = VI \qquad (2.32)$$

ഈ സമവാക്യം ഏതൊരു വൈദ്യുതസംവിധാനത്തിലെയും ബാറ്ററിയാൽ കൈമാറപ്പെടുന്ന പവ്വറിനെ പ്രതിനിധാനംചെയ്യുന്നു. ഇവിടെ I എന്നത് വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തെയും, V എന്നത് പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസവുമാണ്. വൈദ്യുത പവ്വറിന്റെ SI യൂണിറ്റ് വാട്ട് ($1W = 1\ J\ s^{-1}$) ആണ്. വാണിജ്യപരമായി, വീടുകളിൽ ഉപയോഗിക്കുന്ന വൈദ്യുതബൾബുകളിൽ വരുന്ന പവ്വറും, വോൾട്ടേജും 5W-220V, 30W-220V, 60W-220V എന്നിവയായിരിക്കും (ചിത്രം 2.16)

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 97 2/15/2023 12:35:09 PM



ചിത്രം 2.16 പവ്വർ റേറ്റിങ്ങോടുകൂടിയ വൈദ്യുത ബൾബുകൾ

സാധാരണയായി ഇത്തരം വോൾട്ടേജ് റേറ്റിങ് സൂചിപ്പിക്കുന്നത് AC യുടെ RMS വോൾട്ടേജുകളെയാണ്. ബൾബിനു കുറുകെയുള്ള വോൾട്ടേജിന്റെ കുറവ് വോൾട്ടേജ് റേറ്റിങ്ങിനെക്കാൾ കൂടുതലാണെങ്കിൽ, ബൾബ് ഫ്യൂസ് ആകുന്നു.

ഓം നിയമം ഉപയോഗിച്ച്, പ്രതിരോധം R ന് കൈമാറപ്പെടുന്ന പവ്വറിന്റെ മറ്റൊരു രൂപം എന്നത്,

$$P = IV = I\,(IR) = I^2R \qquad (2.33)$$

$$P = IV = \frac{V}{R}V = \frac{V^2}{R} \qquad (2.34)$$

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

ഒരുപ്രതിരോധകത്തിൽഉണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതപവ്വർ I^2R ആകുന്നു. ഇത് വിദ്യുത് പ്രവാഹത്തിന്റെ വർഗ്ഗത്തിനെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. അതിനാൽ, വിദ്യുത് പ്രവാഹം ഇരട്ടിയാകുമ്പോൾ, പവ്വർ, നാലുമടങ്ങാകുന്നു. വോൾട്ടേജിനും ഇത് ബാധകമാണ്.

ഏതൊരു ഉപകരണത്തിന്റെയും മൊത്ത വൈദ്യുത ഊർജ്ജം, പവ്വറിന്റെയും ഉപകരണം പ്രവർത്തിക്കുന്ന സമയദൈർഘ്യത്തിന്റെയും ഗുണനഫലത്തിൽ നിന്നും ലഭിക്കുന്നു. പവ്വർ വാട്ട് ലും, സമയം സെക്കന്റ് ലുമാണെങ്കിൽ, ഊർജ്ജം ജൂൾ -ൽ ആയിരിക്കും. പ്രായോഗികമായി, വൈദ്യുത ഊർജ്ജത്തെ കിലോവാട്ട് അവർ (kWh) ൽ അളക്കുന്നു. 1 kWh നെ 1 യൂണിറ്റ് വൈദ്യുത ഊർജ്ജം എന്നു പറയുന്നു.

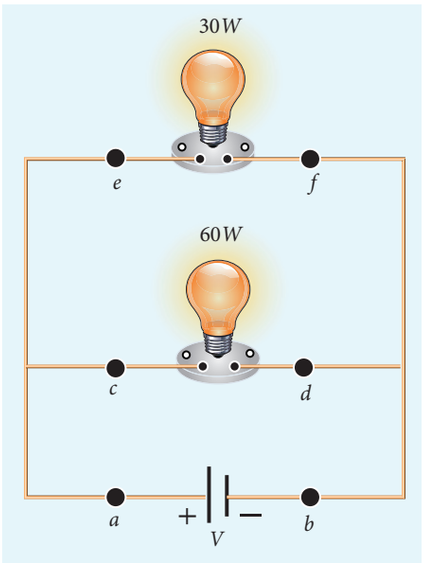
(1 kWh = 1000 Wh = (1000 W) (3600 s) = 3.6×10^6 J)

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

തമിഴ്നാട് വൈദ്യുതബോർഡ് ഈടാക്കുന്നത് നിങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കുന്ന ഊർജ്ജത്തിന്റെ അളവാണ്, പവ്വറിനല്ല. 1V പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യസം വഴി കടന്നുപോകുന്ന 1A വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്ന പവ്വർ 1W ആകുന്നു.

ഉദാഹരണം 2.15

ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ V വോൾട്ടേജുള്ള ബാറ്ററിയിൽ, 30 W ബൾബ് 60 W ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. (a) ഏറ്റവുംതിളക്കമുള്ളബൾബ് തിരിച്ചറിയുക. (b) കൂടിയ പ്രതിരോധം ഉള്ള ബൾബ് ഏതാണ്? (c) രണ്ടു ബൾബുകളെ ശ്രേണീരീതിയിൽ ഘടിപ്പിച്ചാൽ, തിളക്കത്തോടെ പ്രകാശിക്കുന്ന ബൾബ് ഏതാണ്?



പരിഹാരം

(a) ബാറ്ററിയാൽ കൈമാറപ്പെടുന്ന പവ്വർ $P = VI$ ബൾബുകൾ സമാന്തരമായി ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നതിനാൽ, ഓരോ ബൾബിനും കുറുകെയുള്ള വോൾട്ടേജ് കുറവ് സമമായിരിക്കും. വോൾട്ടേജിനെ സ്ഥിരമായി വയ്ക്കുകയാണെങ്കിൽ പവ്വർ വിദ്യുത് പ്രവാഹത്തിന് നേർ അനുപാതത്തിലാകുന്നു ($P \propto I$). 60 W ബൾബ് 30 W നെക്കാൾ ഇരട്ടി വൈദ്യുതപ്രവാഹം കൊടുക്കുന്നു. ഇത് 30 W ബൾബിനെക്കാൾ തിളക്കത്തോടെ പ്രകാശിക്കുന്നു.

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 98 2/15/2023 12:35:10 PM

(b) ബൾബുകളുടെ പ്രതിരോധം കണ്ടുപിടിക്കാൻ,നമുക്ക്$P = \frac{V^2}{R}$ എന്നസമവാക്യംഉപയോഗിക്കാം. രണ്ടു ബൾബുകളിലും, വോൾട്ടേജ് വ്യത്യാസം സമമായിരിക്കും. അതുകൊണ്ട്, പവ്വർ പ്രതിരോധത്തിനും വിപരീതാനുപാതത്തിലായിരിക്കും അല്ലെങ്കിൽ പ്രതിരോധം പവ്വറിന് $\left(R \propto \frac{1}{P}\right)$ വിപരീതാനുപാതത്തിലായിരിക്കും. 30W ന് 60W ബൾബിനേക്കാൾ ഇരട്ടി പ്രതിരോധം ഉണ്ടെന്ന് ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

(c) ബൾബുകളെ ശ്രേണീരീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ, ഓരോ ബൾബു വഴിയും കടന്നുപോകുന്ന വൈദ്യുതപ്രവാഹം സമയമാകുന്നു. ഇത് രണ്ടു പ്രതിരോധകങ്ങൾ ശ്രേണീ രീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുന്നതിന് തുല്യമാണ്. ഉയർന്ന പ്രതിരോധം ഉള്ള ബൾബിന്, ഉയർന്ന വോൾട്ടേജ് കുറവ് ഉണ്ടായിരിക്കും. അതിനാൽ 30W ബൾബിനെക്കാൾ 60W ബൾബ് തിളക്കത്തോടെ കത്തുന്നു. അതിനാലാണ് ഉയർന്ന പവ്വർ റേറ്റിങ് എല്ലായ്പ്പോഴും കൂടുതൽ തെളിച്ചത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്നില്ല. ഇത് ആശ്രയിക്കുന്നത്ബൾബുകൾശ്രേണീരീതിയിലാണോ അല്ലെങ്കിൽ സമാന്തരമായാണോ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നത് എന്നതാണ്.

ഉദാഹരണം 2.16

20 W – 220 V , 100 W – 220 V എന്ന രീതിയിൽ അടയാളപ്പെടുത്തിയ രണ്ടു ബൾബുകൾ 440 V സപ്ലൈയുമായി ശ്രേണീരീതിയിൽ ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഏതു ബൾബ് ആയിരിക്കും ഫ്യൂസ് ആകുന്നത്?

പരിഹാരം

ഏതു ബൾബാണ് ഫ്യൂസ് ആകുന്നത് എന്നു കണ്ടുപിടിക്കാൻ, ഓരോ ബൾബിനും കുറുകെയുള്ള വോൾട്ടേജ് ഡ്രോപ് കണ്ടുപിടിക്കണം.

ബൾബിലെ പ്രതിരോധം,

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{(\text{റേറ്റ് ചെയ്ത വോൾട്ടേജ്})^2}{\text{റേറ്റ് ചെയ്ത പവ്വർ}}$$

20W-220V ബൾബിന്,

$$R_1 = \frac{(220)^2}{20}\Omega = 2420\,\Omega$$

100W-220V ബൾബിന്,

$$R_2 = \frac{(220)^2}{100}\Omega = 484\,\Omega$$

രണ്ടു ബൾബുകളും ശ്രേണിയായി ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. അതനാൽ രണ്ടു ബൾബുകളിലും സമമായി വിദ്യുത് പ്രവാഹം കടന്നുപോകുന്നു. സർക്യൂട്ട് വഴി കടന്നുപോകുന്ന വിദ്യുത്പ്രവാഹം, $I = \frac{V}{R_{tot}}$.

$$R_{tot} = (R_1 + R_2)$$

$$R_{tot} = (484 + 2420)\Omega = 2904\Omega$$

$$I = \frac{440V}{2904\Omega} \approx 0.151\text{A}$$

20Wബൾബിന് കുറുകെയുടെ വോൾട്ടേജ് കുറവ് എന്നത്,

$$V_1 = IR_1 = \frac{440}{2904} \times 2420 \approx 366.6\text{ V}$$

100W ബൾബിന് കുറുകെയുള്ള വോൾട്ടേജ് കുറവ് എന്നത്

$$V_2 = IR_2 = \frac{440}{2904} \times 484 \approx 73.3\text{ V}$$

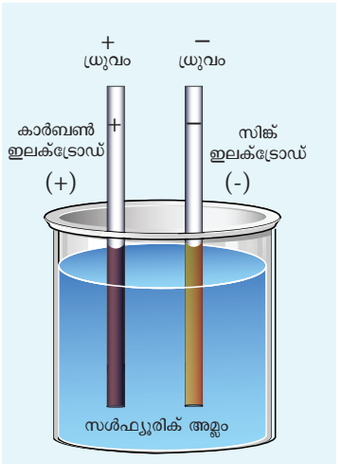
20 Wബൾബ് ഫ്യൂസ് ആകുന്നു, കാരണം ഇതിനു കുറുകെയുള്ള വോൾട്ടേജ് കുറവ് വോൾട്ടേജ് റേറ്റിങ്ങിനെക്കാളും കൂടുതലായിരിക്കും.

2.4 വൈദ്യുത സെല്ലുകളും, ബാറ്ററികളും

ഒരു വൈദ്യുത സെൽ രാസ ഊർജ്ജത്തെ വൈദ്യുത ഊർജ്ജമാക്കി മാറ്റി വൈദ്യുതി ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു. ഇതിൽ രണ്ടു ഇലക്ട്രോഡുകൾ (കാർബൺ, സിങ്ക്) ഒരു വൈദ്യുത വിശ്ലേഷണലായനി (സൽഫ്യൂരിക് ആസിഡ്) യിൽ ചിത്രം 2.17-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ മുക്കി വച്ചിരിക്കുന്നു.

ധാരാളം വൈദ്യുത സെല്ലുകൾ ചേർത്ത് ബന്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ ഒരു ബാറ്ററി ഉണ്ടാകുന്നു. ഒരു സെൽ അല്ലെങ്കിൽ ബാറ്ററി സർക്യൂട്ടുമായി ബന്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ, സർക്യൂട്ട് വഴി ഇലക്ട്രോണുകൾ നെഗറ്റീവ് ടെർമിനലിൽ നിന്നും പോസിറ്റീവ് ടെർമിനലിലേക്ക് പോകുന്നു. രാസപ്രവർത്തനങ്ങ

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 99 2/15/2023 12:35:12 PM



ചിത്രം 2.17 ലളിതമായ വൈദ്യുത സെൽ

ളാൽ, ഒരു ബാറ്ററിയുടെ ടെർമിനലുകൾക്കിടയിൽ ഒരു പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം സർക്യൂട്ടിലൂടെ ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് ചലിക്കുന്നതിനുള്ള ഊർജ്ജം നൽകുന്നു. വാണിജ്യപരമായി ലഭ്യമാകുന്ന വൈദ്യുതസെല്ലുകളും, ബാറ്ററികളും ചിത്രം 2.18-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 2.18 ഇലക്ട്രിക് സെല്ലുകളും, ബാറ്ററികളും

2.4.1 വിദ്യുത്ചാലകബലം, ആന്തരിക പ്രതിരോധം

ഒരു ബാറ്ററി അല്ലെങ്കിൽ സെല്ലിനെ വിദ്യുത്ചാലകബലത്തിന്റെ (emf) ഉറവിടം എന്നു പറയുന്നു. വിദ്യുത്ചാലക ബലമെന്നത് ഒരു തെറ്റായ നാമമാണ് കാരണം യഥാർത്ഥത്തിൽ ഇത് ഒരു പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസമാണ് അല്ലാതെ ഒരു ബലമല്ല. ബാഹ്യസർക്യൂട്ടിൽ വൈദ്യുതപ്രവാഹമില്ലാതിരിക്കുമ്പോൾ ബാറ്ററിയാൽ നൽകപ്പെടുന്ന വോൾട്ടേജ് ആണ് ഒരു ബാറ്ററി അല്ലെങ്കിൽ സെല്ലിന്റെ ഇ.എം.എഫ്. ഇത് ചിത്രം 2.19-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഒരു സർക്യൂട്ടിനുചുറ്റും ചലിക്കുന്ന ഒരു നിശ്ചിത അളവ് ചാർജ്ജ് നീക്കാൻ ഒരു ബാറ്ററിയോ, സെല്ലോ ചെയ്യേണ്ട ജോലിയുടെ അളവിനെ



ചിത്രം 2.19 ഒരു സെല്ലിലെ emf അളക്കുന്നു

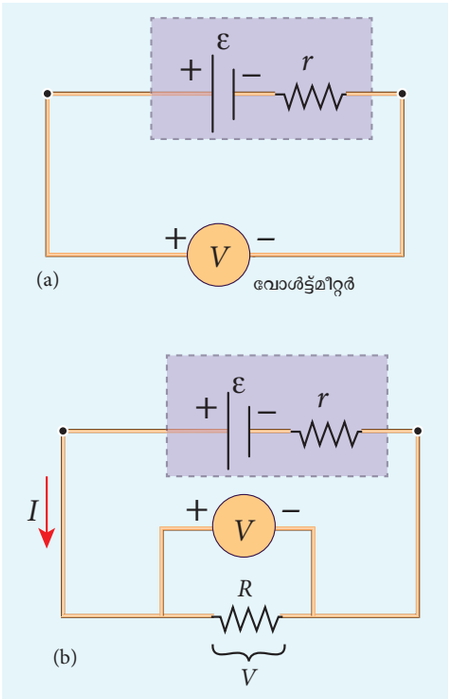
വിദ്യുത് ചാലകബലം നിർണ്ണയിക്കുന്നു.ഇതിനെ ε എന്ന അക്ഷരം കൊണ്ട് സൂചിപ്പിക്കാം. ഒരു ഐഡിയൽ ബാറ്ററിയുടെ ആന്തരിക പ്രതിരോധം പൂജ്യവും, ബാറ്ററിയ്ക്ക് കുറുകെയുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം അതിന്റെ emf ന് തുല്യവും ആയിരിക്കും. യഥാർത്ഥത്തിൽ ബാറ്ററി ഉണ്ടാക്കിയിരിക്കുന്നത് ഇലക്ട്രോഡുകളും, വൈദ്യുത വിശ്ലേഷണ ലായനിയും കൊണ്ടാണ്, ബാറ്ററിയ്ക്കുള്ളിൽ ചാർജ്ജിന്റെ ഒഴുക്കിനെതിരെ ഒരു പ്രതിരോധം ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ പ്രതിരോധത്തെ ആന്തരിക പ്രതിരോധം r എന്നു പറയുന്നു. ഒരു യഥാർത്ഥ ബാറ്ററിയിൽ, ടെർമിനൽ വോൾട്ടേജ്, ബാറ്ററിയുടെ emf നും സമമായിരിക്കില്ല. പുതുതായി തയ്യാറാക്കിയ സെല്ലിനും വളരെകുറഞ്ഞ ആന്തരിക പ്രതിരോധമായിരിക്കും എന്നാൽ കാലപ്പഴക്കം വരുമ്പോൾ ഇത് കൂടുന്നു.

2.4.2 ആന്തരിക പ്രതിരോധം നിർണ്ണയിക്കൽ

ചിത്രം 2.20-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ സർക്യൂട്ട് ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.

ചിത്രം 2.20(a) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ബാഹ്യ പ്രതിരോധം R ബന്ധിപ്പിക്കാതെ ഉയർന്ന പ്രതിരോധമുള്ള വോൾട്ട്മീറ്റർ സെല്ലിന് കുറുകെ ബന്ധിപ്പിച്ചുകൊണ്ട് സെല്ലിന്റെ emf അളക്കുന്നു. വ്യതിചലനത്തിനു വേണ്ടി വളരെ കുറച്ച് വിദ്യുത് പ്രവാഹം മാത്രം വോൾട്ട്മീറ്റർ എടുക്കുന്നതിനാൽ, സർക്യൂട്ടിനെ തുറന്നതായി കരുതുന്നു. അതിനാൽ വോൾട്ടമീറ്ററിലെ അളവുകൾ സെല്ലിന്റെ emf -നെ നൽകുന്നു. അതിനുശേഷം, ബാഹ്യപ്രതിരോധം R സർക്യൂട്ടിൽ ഉൾപ്പെടുത്തുകയും, വിദ്യുത് പ്രവാഹം I സർക്യൂട്ടിൽ ഉണ്ടാകുകയും ചെയ്യുന്നു. R നു കുറുകെയുള്ള

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 100 2/15/2023 12:35:13 PM



ചിത്രം 2.20 സെല്ലിലെ ആന്തരിക പ്രതിരോധം

പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം സെല്ലിനു കുറുകെയുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസത്തിനും (V) സമമായിരിക്കും (ചിത്രം 2.20(b).

R പ്രതിരോധകത്തിനു കുറുകെയുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം,

$$V = IR \text{ ആകുന്നു} \qquad (2.35)$$

സെല്ലിലെ ആന്തരിക പ്രതിരോധം r നാൽ, വോൾട്ട് മീറ്ററിലെ വില V എന്ന് വായിക്കുന്നു, ഇത് സെല്ലിന്റെ emf ε നെക്കാൾ കുറവായിരിക്കും. ഇതിനുകാരണം, ഒരു നിശ്ചിത അളവ് വോൾട്ടേജ് (Ir) ആന്തരിക പ്രതിരോധം r നു കുറുകെ ഉപേക്ഷിക്കുന്നു.

അതിനാൽ $V = \varepsilon - Ir$

$$Ir = \varepsilon - V \qquad (2.36)$$

സമവാക്യം (2.36)-നെ സമവാക്യം (2.35)-നാൽ ഹരിക്കുമ്പോൾ,

$$\frac{Ir}{IR} = \frac{\varepsilon - V}{V}$$

$$r = \left[\frac{\varepsilon - V}{V}\right] R \qquad (2.37)$$

ε, V, R എന്നിവ അറിയാവുന്നതുകാരണം, ആന്തരിക പ്രതിരോധം r കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിയും. സർക്യൂട്ടിൽ ഒഴുകുന്ന മൊത്ത വൈദ്യുതപ്രവാഹവും നമുക്ക് കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിയും.

ഈ ആന്തരിക പ്രതിരോധം കാരണം, സർക്യൂട്ടിൽ കൈമാറുന്ന പവ്വർ, ബാറ്ററിയിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന പവ്വർ റേറ്റിങിന് സമമായിരിക്കില്ല. emf ε യുള്ള ബാറ്ററിയുടെ ആന്തരിക പ്രതിരോധം r ആയാൽ, R പ്രതിരോധമുള്ള സർക്യൂട്ടിന് കൈമാറുന്ന പവ്വർ എന്നത്,

$P = I\varepsilon = I\,(V + Ir)$ (സമവാക്യം 2.36-ൽ നിന്നും)

ഇവിടെ V, R പ്രതിരോധത്തിനു കുറുകെയുള്ള വോൾട്ടേജ് കുറവ് ആകുന്നു. ഇത് IR ന് സമമാകുന്നു.

അതിനാൽ, $P = I\,(IR + Ir)$

$$P = I^2 R + I^2 r \qquad (2.38)$$

ഇവിടെ I^2r ആന്തരിക പ്രതിരോധത്തിന് കൈമാറിയ പവ്വറും I^2R വൈദ്യുത ഉപകരണത്തിന് (ഇവിടെ പ്രതിരോധം R) കൈമാറിയ പവ്വറും ആകുന്നു. ഒരു നല്ല ബാറ്ററിയ്ക്ക്, ആന്തരിക പ്രതിരോധം r വളരെ കുറവായിരിക്കും. $I^2r << I^2R$ ഏകദേശം മൊത്ത പവ്വറും, ബാഹ്യ പ്രതിരോധത്തിന് കൈമാറുന്നു.

ഉദാഹരണം 2.17

ഒരു ബാറ്ററിയുടെ emf 12 V ആകുന്നു. ഇതിൽ 3 Ω പ്രതിരോധകം ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. സർക്യൂട്ടിലെ വൈദ്യുതപ്രവാഹം 3.93 A ആകുന്നു. (a) ടെർമിനൽ വോൾട്ടേജ്, ബാറ്ററിയുടെ ആന്തരിക പ്രതിരോധം കണ്ടുപിടിക്കുക. (b) ബാറ്ററിയാൽ കൈമാറപ്പെടുന്ന പവ്വറും, പ്രതിരോധകത്തിൽ കൈമാറുന്ന പവ്വറും കണ്ടുപിടിക്കുക.

പരിഹാരം

തന്നിട്ടുള്ള വിലകൾ $I = 3.93$ A, $\varepsilon = 12$ V, $R = 3\ \Omega$

(a) ബാറ്ററിയുടെ ടെർമിനൽ വോൾട്ടേജ് പ്രതിരോധകത്തിനു കുറുകെയുള്ള വോൾട്ടേജ് കുറവിന് സമമാകുന്നു.

$V = IR = 3.93 \times 3 = 11.79$ V

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 101 2/15/2023 12:35:14 PM

ബാറ്ററിയുടെ ആന്തരികപ്രതിരോധം,

$$r = \left[\frac{\varepsilon - V}{V}\right] R = \left[\frac{12 - 11.79}{11.79}\right] \times 3 = 0.05\ \Omega$$

(b) ബാറ്ററി P -നാൽ കൈമാറപ്പെടുന്ന പവ്വർ $= I\varepsilon = 3.93 \times 12 = 47.1$ W

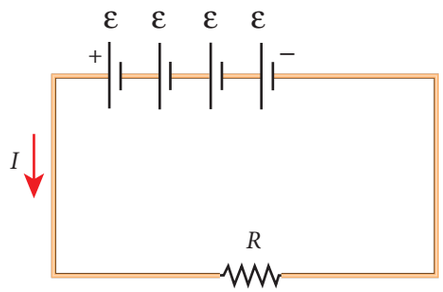
പ്രതിരോധത്തിൽ കൈമാറുന്ന പവ്വർ $= I^2R$ = 46.3 W

$P = (47.1 - 46.3) = 0.8$ W ആണ് ആന്തരിക പ്രതിരോധത്തിൽ കൈമാറുന്ന ബാക്കിയുള്ള പവ്വർ എന്നാൽ ഇത് ഉപയോഗപ്രദമായ ജോലിയ്ക്ക് ഉപയോഗിക്കാൻ കഴിയില്ല. (ഇത് I^2r ന് തുല്യമാണ്)

2.4.3 ശ്രേണീരീതിയിലുള്ള സെല്ലുകൾ

ധാരാളം സെല്ലുകളെ ബന്ധിപ്പിച്ച് ഒരു ബാറ്ററിയ്ക്ക് രൂപം നൽകാൻ കഴിയും. ശ്രേണീരീതിയിൽ, ഒരു സെല്ലിന്റെ നെഗറ്റീവ് ടെർമിനൽ, രണ്ടാമത്തെ സെല്ലിലെ പോസിറ്റീവ് ടെർമിനലുമായി ബന്ധിപ്പിക്കുന്നു. രണ്ടാമത്തെ സെല്ലിന്റെ നെഗറ്റീവ് ടെർമിലനൽ, മൂന്നാമത്തെ സെല്ലിന്റെ പോസിറ്റീവ് ടെർമിനലുമായി ബന്ധിപ്പിക്കുന്നു. അങ്ങനെ തുടരുന്നു. ആദ്യത്തെ സെല്ലിലെ സ്വതന്ത്രമായ പോസിറ്റീവ് ടെർമിനലും, അവസാനത്തെ സെല്ലിലെ സ്വതന്ത്രമായ നെഗറ്റീവ് ടെർമിനലുമാണ് ബാറ്ററിയുടെ ടെർമിനലുകൾ.

n -സെല്ലുകൾ ഉണ്ടെങ്കിൽ, ഓരോന്നിന്റെയും emf ε വോൾട്ടും, ആന്തരിക പ്രതിരോധം r ഓമും ആയിരിക്കും. ഇവയെ ഒരു ബാഹ്യ പ്രതിരോധം R -ൽ ശ്രേണീരീതിയിൽ ചിത്രം 2.21-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 2.21 ശ്രേണീരീതിയിലെ സെല്ലുകൾ

ബാറ്ററിയുടെ മൊത്ത emf $= n\varepsilon$

സർക്യൂട്ടിലെ മൊത്ത വിദ്യുത് പ്രവാഹം $= nr + R$

ഓം നിയമത്തിൽ നിന്നും, സർക്യൂട്ടിലെ വിദ്യുത് പ്രവാഹം

$$I = \frac{\text{മൊത്ത emf}}{\text{മൊത്ത പ്രവാഹം}} = \frac{n\varepsilon}{nr + R} \qquad (2.39)$$

നില (a) $r << R$, ആണെങ്കിൽ,

$$I = \frac{n\varepsilon}{R} \approx nI_1 \qquad (2.40)$$

ഇവിടെ I_1 ഒറ്റ സെല്ലിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹം ആകുന്നു.

$$\left(I_1 = \frac{\varepsilon}{R}\right)$$

അതിനാൽ, R മായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ, r തള്ളിക്കളയാവുന്നതാണെങ്കിൽ, ബാറ്ററിയാൽ വിതരണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഒറ്റ സെല്ലിനാൽ വിതരണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന്റെ n മടങ്ങായിരിക്കും.

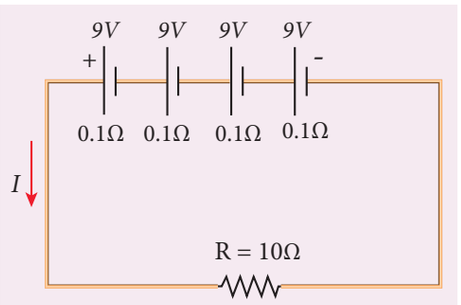
നില (b) $r>>R$ ആണെങ്കിൽ, $I = \frac{n\varepsilon}{nr} \approx \frac{\varepsilon}{r}$ (2.41)

ഇത് ഒരു സെല്ലിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹം ആകുന്നു. അതായത് മൊത്ത ബാറ്ററിയാൽ ഉണ്ടാകുന്ന വിദ്യുത് പ്രവാഹം ഒറ്റ സെല്ലിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന വിദ്യുത് പ്രവാഹത്തിനും സമമായിരിക്കും. അതിനാൽ ധാരാളം സെല്ലുകളെ ബന്ധിപ്പിക്കുന്നതിനാൽ ഗുണം ഉണ്ടാകുന്നില്ല.

അതിനാൽ, സെല്ലുകളുടെ ആന്തരിക പ്രതിരോധം R മായി താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ തള്ളിക്കളയാവുന്നത്ര കുറവാണെങ്കിൽ മാത്രമേ സെല്ലുകളുടെ ശ്രേണീരീതി ഗുണപ്രദമാകുകയുള്ളൂ.

ഉദാഹരണം 2.18

താഴെ കൊടുക്കുന്ന സർക്യൂട്ടിൽ നിന്നും,



Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 102 2/15/2023 12:35:15 PM

i) സംയോജനത്തിലെ സഫല വിദ്യുത്ചാലകബലം (Equivalent emf)

ii) സഫല ആന്തരിക പ്രതിരോധം

iii) മൊത്ത വൈദ്യുത പ്രവാഹം

iv) ബാഹ്യ പ്രതിരോധത്തിലെ പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം

v) ഓരോ സെല്ലിലെയും പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം കണ്ടുപിടിക്കുക

പരിഹാരം

i) സംയോജനത്തിലെ സഫലവിദ്യുത്ചാലകബലം $\varepsilon_{eq} = n\varepsilon = 4 \times 9 = 36$ V

ii) സഫല ആന്തരിക പ്രതിരോധം $r_{eq} = nr = 4 \times 0.1 = 0.4\ \Omega$

iii) മൊത്ത വൈദ്യുത പ്രവാഹം $I = \dfrac{n\varepsilon}{R + nr}$

$$= \frac{4 \times 9}{10 + (4 \times 0.1)}$$

$$= \frac{4 \times 9}{10 + 0.4} = \frac{36}{10.4}$$

$$I = 3.46 \text{ A}$$

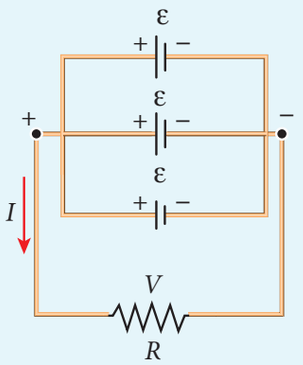
iv) ബാഹ്യപ്രതിരോധത്തിനു കുറുകെയുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം $V = IR = 3.46 \times 10 = 34.6$ V ബാക്കിയുള്ള 1.4 V സെല്ലുകളുടെ ആന്തരിക പ്രതിരോധങ്ങൾക്കു കുറുകെ ഉപേക്ഷിക്കുന്നു.

v) ഓരോ സെല്ലിനും കുറുകെയുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം $\dfrac{V}{n} = \dfrac{34.6}{4} = 8.65$ V

2.4.4 സമാന്തരരീതിയിലുള്ള സെല്ലുകൾ

സമാന്തരരീതിയിൽ, സെല്ലുകളുടെ എല്ലാ പോസിറ്റീവ് ടെർമിനലുകളും ഒരു ബിന്ദുവിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. എല്ലാ നെഗറ്റീവ് ടെർമിനലുകളും രണ്ടാമത്തെ ബിന്ദുവിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ രണ്ടു ബിന്ദുക്കളും ബാറ്ററിയുടെ പോസിറ്റീവ്, നെഗറ്റീവ് ടെർമിനലുകളായി മാറുന്നു.

ചിത്രം 2.22-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ A, B ബിന്ദുക്കൾക്കിടയിൽ n സെല്ലുകളെ സമാന്തരരീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. A, B ബിന്ദുക്കൾക്കിടയിൽ R എന്ന പ്രതിരോധത്തെ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഓരോ സെല്ലിലെയും emf ε യും, ആന്തരിക പ്രതിരോധം r ഉം ആകുന്നു.



സമാന്തര രീതിയിലുള്ള സെല്ലുകൾ സർക്യൂട്ട്

ചിത്രം 2.22 സമാന്തര രീതിയിലുള്ള സെല്ലുകൾ

ബാറ്ററിയുടെ സഫല ആന്തരിക പ്രതിരോധം $\dfrac{1}{r_{eq}} = \dfrac{1}{r} + \dfrac{1}{r} + ... \dfrac{1}{r} (n \text{ തവണകൾ}) = \dfrac{n}{r}$. ആകുന്നു. അതിനാൽ $r_{eq} = \dfrac{r}{n}$ സർക്യൂട്ടിലെ മൊത്ത പ്രതിരോധം = $R + \dfrac{r}{n}$. മൊത്ത emf എന്നത് A, B ബിന്ദുക്കൾക്കിടയിലുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം ആകുന്നു. ഇത് ε നും സമമാണ്. സർക്യൂട്ടിലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹം,

$$I = \frac{\varepsilon}{\frac{r}{n} + R}$$

$$I = \frac{n\varepsilon}{r + nR} \qquad (2.42)$$

നില (a) $r >> R$ ആണെങ്കിൽ, $I = \dfrac{n\varepsilon}{r} = nI_1$ (2.43)

ഇവിടെ I_1 എന്നത് R തള്ളിക്കളയുമ്പോൾ ഒറ്റ സെല്ലിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന വിദ്യുത് പ്രവാഹമാകുന്നു $\left(\dfrac{\varepsilon}{r}\right)$ അതിനാൽ, മൊത്ത ബാറ്ററിയാൽ, ബാഹ്യ പ്രതിരോധത്തിലൂടെയുള്ള വിദ്യുത്പ്രവാഹം ഒറ്റ സെല്ലിനാലുണ്ടാകുന്ന വിദ്യുത് പ്രവാഹത്തിന്റെ n മടങ്ങായിരിക്കും.

നില (b) $r << R$ ആണെങ്കിൽ, $I = \dfrac{\varepsilon}{R}$ (2.44)

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 103 2/15/2023 12:35:17 PM

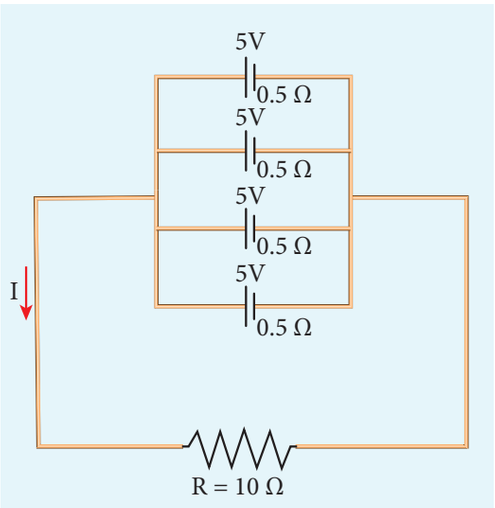
മുകളിലത്തെ സമവാക്യം സൂചിപ്പിക്കുന്നത്, മൊത്ത ബാറ്ററിയാൽ ഉണ്ടാകുന്നു. വിദ്യുത് പ്രവാഹം ഒറ്റ സെല്ലിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന വിദ്യുത് പ്രവാഹത്തിന് സമമായിരിക്കും. സെല്ലുകളുടെ ആന്തരിക പ്രതിരോധവുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ, ബാഹ്യപ്രതിരോധം വളരെ കുറവ് ആയിരിക്കുമ്പോൾ മാത്രമേ, സെല്ലുകളുടെ സമാന്തര രീതി ഫലപ്രദമാകുകയുള്ളൂ.

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

ഹെഡ്ലൈറ്റുകളോടുകൂടി കാർ എൻജിൻ ഓണാക്കുമ്പോൾ, അവ ചിലസമയം മങ്ങിപ്പോകുന്നു. അതിനുകാരണം, കാർ ബാറ്ററിയുടെ ആന്തരിക പ്രതിരോധമാണ്.

ഉദാഹരണം 2.19

താഴെകൊടുത്തിരിക്കുന്ന സർക്യൂട്ടിൽ നിന്നും



i) സഫല വിദ്യുത്ചാലകബലം
ii) സഫല ആന്തരിക പ്രതിരോധം
iii) മൊത്ത വൈദ്യുത പ്രവാഹം (I)
iv) ഓരോ സെല്ലിലേയും പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം
v) ഓരോ സെല്ലിൽ നിന്നുള്ള വൈദ്യുത പ്രവാഹം കണ്ടുപിടിക്കുക

പരിഹാരം

i) സഫല വിദ്യുത്ചാലകബലം $\varepsilon_{eq} = 5$ V

ii) സഫല ആന്തരിക പ്രതിരോധം,

$$R_{eq} = \frac{r}{n} = \frac{0.5}{4} = 0.125\Omega$$

iii) മൊത്ത വൈദ്യുത പ്രവാഹം, $I = \dfrac{\varepsilon}{R + r/n}$

$$I = \frac{5}{10 + 0.125} = \frac{5}{10.125}$$

$$I \approx 0.5 \text{ A}$$

iv) ഓരോ സെല്ലിലെയും പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം

$$V = IR = 0.5 \times 10 = 5 \text{ V}$$

v) ഓരോ സെല്ലിൽ നിന്നുമുള്ള വൈദ്യുത പ്രവാഹം, $I' = \dfrac{I}{n}$

$$I' = \frac{0.5}{4} = 0.125 \text{A}$$

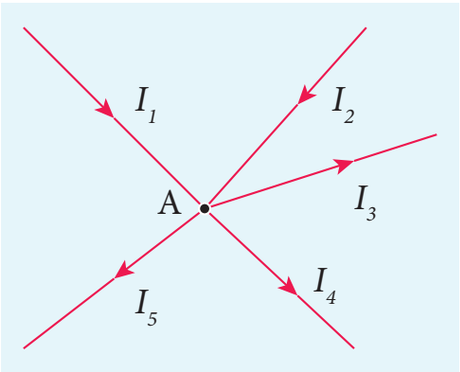
2.5 കിർച്ചോഫിന്റെ നിയമങ്ങൾ

ലളിതമായ സർക്യൂട്ടുകളിൽ മാത്രമാണ് ഓം നിയമം ഫലപ്രദമാകുന്നത്. കൂടുതൽ സങ്കീർണ്ണമായ സർക്യൂട്ടുകളിൽ, വിദ്യുത് പ്രവാഹം, വോൾട്ടത കണ്ടുപിടിക്കാൻ കിർച്ചോഫിന്റെ നിയമങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

2.5.1 കിർച്ചോഫിന്റെ ആദ്യനിയമം (വദ്യുത് പ്രവാഹ നിയമം)

ഒരു ഇലക്ട്രിക് സർക്യൂട്ടിലെ ഏതെങ്കിലും ഒരു സന്ധിയിലെ വിദ്യുത് പ്രവാഹങ്ങളുടെ പരിണിതഫലം പൂജ്യം ആയിരിക്കും. ഇത് ചാർജ്ജ് സംരക്ഷണ നിയമത്തിന്റെ പ്രസ്ഥാവനയാകുന്നു. ഒരു സർക്യൂട്ടിൽ തന്നിയിട്ടുള്ള സന്ധിയിൽ വന്നു ചേരുന്ന ചാർജ്ജുകൾ ഉറപ്പായും അതേ സന്ധിയിൽ നിന്ന് വിട്ടുപോകണം കാരണം സന്ധിയിൽ ചാർജ്ജുകൾ നിർമ്മിക്കപ്പെടുകയോ, അപ്രത്യക്ഷമാകുകയോ ചെയ്യുന്നില്ല. സന്ധിയിൽ വന്നുചേരുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തെ പോസിറ്റീവ് ആയും സന്ധിയിൽ നിന്നും പുറത്തേയ്ക്ക് പോകുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തെ നെഗറ്റീവായും എടുക്കുന്നു.

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 104 2/15/2023 12:35:18 PM



ചിത്രം 2.23 കിർച്ചോഫിന്റെ വൈദ്യുത പ്രവാഹ നിയമം

സന്ധി A യിൽ ഈ വിധി പ്രയോഗിക്കുന്നു. ചിത്രം 2.23

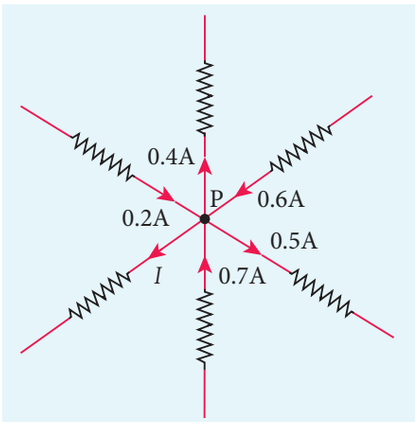
$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 - I_5 = 0$$

(അല്ലെങ്കിൽ)

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$$

ഉദാഹരണം 2.20

തന്നിട്ടുള്ള സർക്യൂട്ടിൽ, I ന്റെ വില കണ്ടുപിടിക്കുക.



പരിഹാരം

സർക്യൂട്ടിലെ P എന്ന ബിന്ദുവിൽ കിർച്ചോഫിന്റെ ആദ്യ നിയമം പ്രയോഗിക്കുന്നു.

P നെ നോക്കിപ്പോകുന്ന അമ്പടയാളങ്ങൾ പോസിറ്റീവും P യിൽ നിന്നും പുറത്തേക്ക് പോകുന്നവയെ നെഗറ്റീവും ആയിരിക്കും

$$0.2\text{A} - 0.4\text{A} + 0.6\text{A} - 0.5\text{A} + 0.7\text{A} - I = 0$$

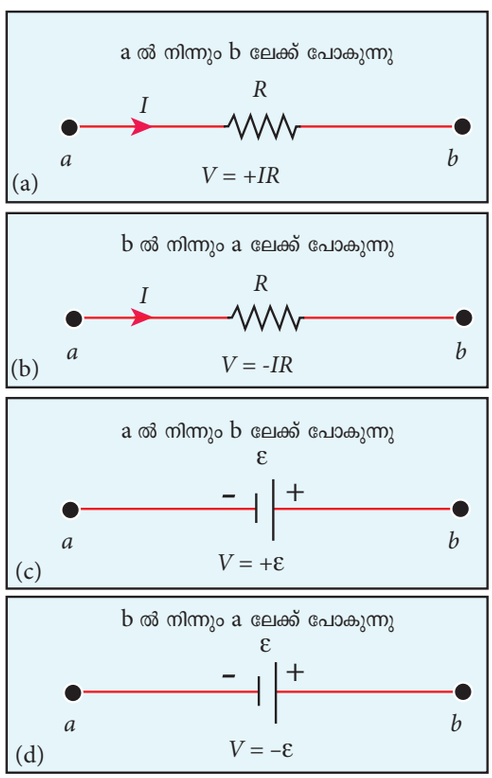
$$1.5\text{A} - 0.9\text{A} - I = 0$$

$$0.6\text{A} - I = 0$$

$$I = 0.6\ \text{A}$$

2.5.2 കിർച്ചോഫിന്റെ രണ്ടാം നിയമം (വോൾട്ടത നിയമം അല്ലെങ്കിൽ വലയനിയമം)

ഒരു അടഞ്ഞ സർക്യൂട്ടിലെ ഓരോ ഭാഗങ്ങളിലുമുള്ള വിദ്യുത് പ്രവാഹം, പ്രതിരോധം എന്നിവയുടെ ഗുണനഫലങ്ങളുടെ പരിണിതഫലം, സർക്യൂട്ടിൽ ഉൾപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്ന മൊത്ത വിദ്യുത് ചാലകബലത്തിന് (emf) സമമായിരിക്കും. ഊർജ്ജസംരക്ഷണ നിയമത്തെ ഈ നിയമം പിൻതുടരുന്നു. (വിദ്യുത് ചാലകബല (emf) ത്തിന്റെ സ്രോതസ്സുകളിൽ നിന്നും വിതരണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന ഊർജ്ജം, എല്ലാ പ്രതിരോധകങ്ങളിലേയ്ക്കും കൈമാറുന്ന ഊർജ്ജത്തിന്റെ കൂട്ടുതുകയ്ക്ക് സമമായിരിക്കും) വിദ്യുത് പ്രവാഹത്തിന്റെ ദിശയെ പിൻതുടരുമ്പോൾ, വിദ്യുത് പ്രവാഹം, പ്രതിരോധത്തിന്റെ ഗുണനഫലത്തെ പോസിറ്റീവ് ആയി എടുക്കുന്നു. വിദ്യുത് പ്രവാഹത്തിന്റെ ദിശ, വലയത്തിന്റെ ദിശയ്ക്ക് എതിരാണെന്നു കരുതിയാൽ, പ്രതിരോധകത്തിന് കുറുകെയുള്ള വിദ്യുത് പ്രവാഹം, വോൾട്ടത എന്നിവയുടെ ഗുണനഫലം നെഗറ്റീവ് ആകുന്നു. ഇത് ചിത്രം 2.24 (a), (b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. സെല്ലിന്റെ നെഗറ്റീവിൽ നിന്നും പോസിറ്റീവ് ടെർമിനലിലേയ്ക്ക് പോകുമ്പോൾ, emf നെ പോസിറ്റീവ് ആയി കരുതുന്നു. ഇത് ചിത്രം 2.24 (c), (d) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



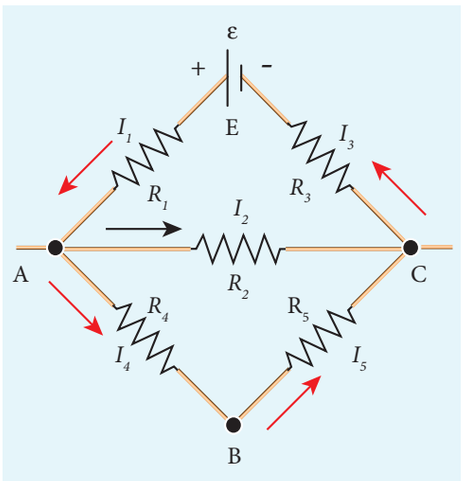
ചിത്രം 2.24 കിർച്ചോഫിന്റെ വോൾട്ടത നിയമം

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 105 2/15/2023 12:35:19 PM

സർക്യൂട്ടിലെ എല്ലാ വിദ്യുത് പ്രവാഹങ്ങളും സ്ഥിരമായ അവസ്ഥയിൽ എത്തിച്ചേരുമ്പോൾ (വിവിധ ശാഖകളിലെ വിദ്യുത് പ്രവാഹം സ്ഥിര മാകുന്നു) മാത്രമേ കിർച്ചോഫിന്റെ വോൾട്ടത നിയമം പ്രയോഗിക്കേണ്ടതുള്ളൂ.

ഉദാഹരണം 2.21

ചാലകങ്ങളുടെ സങ്കീർണ്ണമായ ഒരു നെറ്റ്‌വർക്ക് താഴെ ചിത്രത്തിൽ കാണിക്കുന്നു. ഇതിനെ രണ്ടു വലയങ്ങളായ EACE, ABCA എന്ന് പിരി ക്കാൻ കഴിയും. കിർച്ചോഫിന്റെ വോൾട്ടത നിയമം (KVR) പ്രയോഗിക്കുക,



പരിഹാരം

അടഞ്ഞ വലയമായ EACE-ൽ കിർച്ചോഫിന്റെ രണ്ടാം നിയമം പ്രയോഗിക്കുന്നു

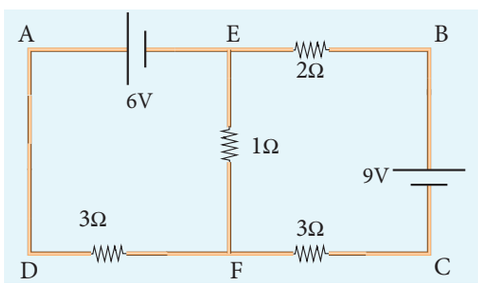
$$I_1R_1 + I_2R_2 + I_3R_3 = \varepsilon$$

ABCA എന്ന അടഞ്ഞ വലയത്തിൽ,

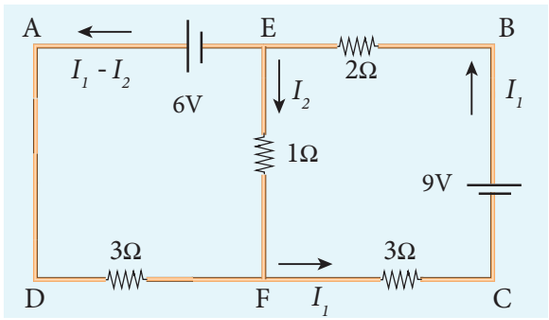
$$I_4R_4 + I_5R_5 - I_2R_2 = 0$$

ഉദാഹരണം 2.22

താഴെകൊടുത്തിരിക്കുന്ന സർക്യൂട്ടിൽ 1 Ω പ്രതി രോധകം വഴി പോകുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹം കണ്ടുപിടിക്കുക?



പരിഹാരം



9V ബാറ്ററിയിൽ നിന്നും ഒഴുകുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തെ നമുക്ക് I_1 എന്ന് എടുക്കാം. ഇത് കിർച്ചോഫിന്റെ വിദ്യുത് പ്രവാഹ നിയമം അനു സരിച്ച്, E എന്ന സന്ധിയിൽ I_2 $(I_1 - I_2)$ എന്ന് വേർതിരിയുന്നു. (KCR).

ഇപ്പോൾ EFCBE എന്ന വലയം കരുതുക. ഇതിൽ KVR പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ,

$$1I_2 + 3I_1 + 2I_1 = 9$$

$$5I_1 + I_2 = 9 \qquad (1)$$

വലയം EADFE പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ KVR

$$3\,(I_1 - I_2) - 1I_2 = 6$$

$$3I_1 - 4I_2 = 6 \qquad (2)$$

സമവാക്യം (1), (2)-നെ പരിഹരിക്കുമ്പോൾ

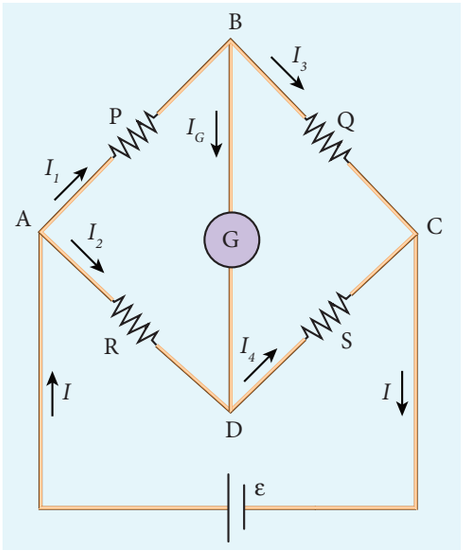
$$I_1 = 1.83 \text{ A}, \quad I_2 = -0.13 \text{ A}$$

F മുതൽ E വരെ പ്രതിരോധകം 1 ഓം-ൽ ഒഴുകു ന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തെ ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

2.5.3 വീറ്റ്സ്റ്റൺ ബ്രിഡ്ജ്

കിർച്ചോഫിന്റെ നിയമങ്ങളുടെ ഒരു പ്രധാന പ്രയോഗം വീറ്റ്സ്റ്റൺ ബ്രിഡ്ജ് ആകുന്നു. പ്രതിരോധങ്ങളെ താരതമ്യം ചെയ്യുന്നതിനും, വൈദ്യുത നെറ്റ്‌വർക്കിൽ അജ്ഞാത പ്രതിരോധ ത്തെ കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിനും ഇത് ഉപയോഗിക്കു ന്നു. ചിത്രം 2.25-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ബ്രിഡ്ജിൽ *P, Q, R, S* എന്നീ നാലു പ്രതിരോധ ങ്ങൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ബിന്ദുക്കൾ *B, D* യ്ക്കിടയിൽ ഒരു ഗാൽവനോമീറ്റർ *G* ബന്ധിപ്പി ച്ചിരിക്കുന്നു. ബിന്ദുക്കൾ *A, C* യ്ക്കിടയിൽ ഒരു ബാറ്ററി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഗാൽവനോമീ

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 106 2/15/2023 12:35:19 PM



ചിത്രം 2.25 വീറ്റ്സ്റ്റൺ ബ്രിഡ്ജ്

റ്റർ വഴി പോകുന്ന വിദ്യുത് പ്രവാഹം G ആണ്. ഇതിന്റെ പ്രതിരോധം I_G ആകുന്നു.

സന്ധി B, D-യിൽ കിർച്ചോഫിന്റെ വിദ്യുത് പ്രവാഹ നിയമം പ്രയോഗിക്കുന്നു.

$$I_1 - I_G - I_3 = 0 \qquad (2.45)$$

$$I_2 + I_G - I_4 = 0 \qquad (2.46)$$

വലയം $ABDA$ യിൽ കിർച്ചോഫിന്റെ വോൾട്ടത നിയമം പ്രയോഗിക്കുന്നു,

$$I_1P + I_GG - I_2R = 0 \qquad (2.47)$$

വലയം $ABCDA$ യിൽ കിർച്ചോഫിന്റെ വോൾട്ടത നിയമം പ്രയോഗിക്കുന്നു,

$$I_1P + I_3Q - I_4S - I_2R = 0 \qquad (2.48)$$

ബിന്ദുക്കൾ B, D യിൽ സമപൊട്ടൻഷ്യൽ ആയിരിക്കുമ്പോൾ, ബ്രിഡ്ജ് സമനിലയിലാണെന്ന് പറയാം. B, D യ്ക്കിടയിൽ പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം ഇല്ലാത്തതിനാൽ, ഗാൽവാനോ മീറ്റർ വഴി വിദ്യുത് പ്രവാഹം ഉണ്ടാകുന്നില്ല ($I_G = 0$). സമവാക്യം (2.45), (2.46), (2.47)ൽ $I_G = 0$ കൊടുക്കുമ്പോൾ

$$I_1 = I_3 \qquad (2.49)$$

$$I_2 = I_4 \qquad (2.50)$$

$$I_1P = I_2R \qquad (2.51)$$

സമവാക്യം (2.48)-ൽ സമവാക്യം (2.51) ഉപയോഗിക്കുന്നു.

$$I_3Q = I_4S \qquad (2.52)$$

സമവാക്യം (2.52) നെ സമവാക്യം (2.51) കൊണ്ട് ഹരിക്കുന്നു

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S} \text{ എന്നു ലഭിക്കുന്നു} \qquad (2.53)$$

ഇതാണ് ബ്രിഡ്ജ് സമനിലയ്ക്കുള്ള നിബന്ധന. ഈ നിബന്ധനയിൽ മാത്രമേ, ഗാൽവനോമീറ്ററിലെ വ്യതിചലനം പൂജ്യം കാണിക്കുകയുള്ളൂ. രണ്ടു അടുത്തടുത്തുള്ള പ്രതിരോധങ്ങളുടെ വിലകൾ നമുക്ക് അറിയാമെന്ന് കരുതിയാൽ, മറ്റു രണ്ടു പ്രതിരോധങ്ങളെ താരതമ്യപ്പെടുത്താൻ കഴിയും. മൂന്നു പ്രതിരോധങ്ങളും അറിയാമെങ്കിൽ, അജ്ഞാത പ്രതിരോധം (നാലാമത്തേത്) കണ്ടിപിടിക്കാൻ സാധിക്കും.





വളരെ ചെറിയ വൈദ്യുതപ്രവാഹങ്ങൾ പോലും കണ്ടെത്തുന്നതിനും അളക്കുന്നതിനുമുള്ള ഉപകരണമാണ് ഗാൽവനോമീറ്റർ. സർക്യൂട്ടിലെ വിവിധ ഭാഗങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസത്തെ താരതമ്യം ചെയ്യാൻ ഇത് വളരെയധികം ഉപയോഗപ്രദമാണ്.

ഉദാഹരണം 2.23

വീറ്റ്സ്റ്റൺ ബ്രിഡ്ജിൽ $P = 100\ \Omega$, $Q = 1000\ \Omega$, $R = 40\ \Omega$ ഗാൽവാനോമീറ്ററിൽ പൂജ്യം വ്യതിചലനം കാണിക്കുകയാണെങ്കിൽ, S-ന്റെ വില കണ്ടുപിടിക്കുക.

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 107 2/15/2023 12:35:20 PM

പരിഹാരം

$$\frac{P}{Q}=\frac{R}{S}$$

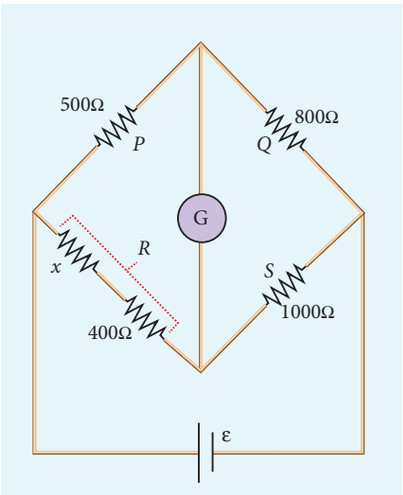
$$S=\frac{Q}{P}\times R$$

$$S=\frac{1000}{100}\times 40 \quad S = 400\ \Omega$$

ഉദാഹരണം 2.24

വീറ്റ്സ്റ്റൺ നെറ്റ്വർക്ക് സമനിലയിലാകുമ്പോൾ x ന്റെ വില എന്താണ്?

$P = 500\ \Omega$, $Q = 800\ \Omega$, $R = x + 400$,
$S = 1000\ \Omega$



പരിഹാരം

$\frac{P}{Q}=\frac{R}{S}$, (നെറ്റ്വർക്ക് സമനിലയാകുമ്പോൾ)

$$\frac{500}{800}=\frac{x+400}{1000}$$

$$x+400=\frac{5}{8}\times 1000$$

$$x + 400 = 625$$

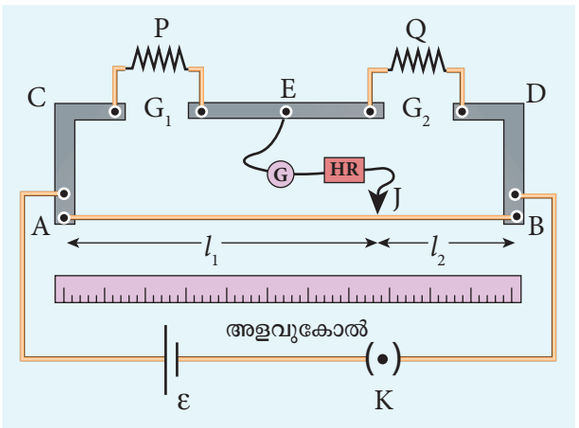
$$x = 625 - 400$$

$$x = 225\ \Omega$$

2.5.4 മീറ്റർ ബ്രിഡ്ജ്

വീറ്റ്സ്റ്റോൺ ബ്രിഡ്ജിന്റെ മറ്റൊരു രൂപമാണ് മീറ്റർ ബ്രിഡ്ജ്. ഒരു മീറ്റർ നീളമുള്ള മാൻഗനിൻ AB എന്ന വയർ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. C, D എന്നീ രണ്ടു ചെമ്പു സ്ട്രിപ്പുകൾക്കിടയിൽ ഒരു മരപ്പലകയിൽ ഒരു മീറ്റർ സ്കെയിലിനോടൊപ്പം ഈ വയർ വലിച്ചു മുറുക്കി കെട്ടിയിരിക്കുന്നു. ഈ രണ്ടു ചെമ്പു സ്ട്രിപ്പുകൾക്കുമിടയിൽ മറ്റൊരു ചെമ്പു സ്ട്രിപ്പ് E ചിത്രം 2.26-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ രണ്ടും വിടവുകൾ G_1, G_2 വരുന്ന രീതിയിൽ വച്ചിരിക്കുന്നു.

മൂല്യമറിയാത്ത ഒരു പ്രതിരോധം P, G_1 നിടയ്ക്കും, അടിസ്ഥാന പ്രതിരോധം Q, G_2 നിടയ്ക്കും ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഒരു ജോക്കി (ചാലക കമ്പി) ഒരു ഗാൽവനോമീറ്റർ (G), ഉയർന്ന പ്രതിരോധം (HR) വഴി മധ്യത്തിലുള്ള ചെമ്പു സ്ട്രിപ്പിനും പുറത്തുള്ള ടെർമിനൽ E-മായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. വയറിനു പുറത്തുള്ള ജോക്കിയുടെ കൃത്യമായ സ്ഥാനം സ്കെയിലിൽ നിന്നും വായിക്കാൻ കഴിയും. ബ്രിഡ്ജ് വയറിനു രണ്ടറ്റത്തിനുമിടയിൽ ഒരു ലെക്ലാഞ്ചി സെൽ, ഒരു കീ (K) എന്നിവ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 2.26 മീറ്റർ ബ്രിഡ്ജ്

കമ്പിയുടെ പുറത്തുള്ള ജോക്കിയുടെ സ്ഥാനം ക്രമീകരിച്ച് ഗാൽവനോമീറ്ററിൽ പൂജ്യം വ്യതിചലനം കാണിക്കുന്നു. കമ്പിയിൽ ജോക്കിയുടെ സ്ഥാനം J ആണെന്നു കരുതുക. ബ്രിഡ്ജ് വയറിലെ AJ, JB യ്ക്ക് അനുബന്ധമായി വരുന്ന പ്രതിരോധങ്ങൾ വീറ്റ്സ്റ്റോൺ ബ്രിഡ്ജിലെ പ്രതിരോധങ്ങൾ R, S ന് രൂപം നൽകുന്നു. അതിനാൽ ബ്രിഡ്ജ് സമനിലയ്ക്കായി

$$\frac{P}{Q}=\frac{R}{S}=\frac{r.\mathrm{AJ}}{r.\mathrm{JB}} \qquad (2.54)$$

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 108 2/15/2023 12:35:22 PM

ഇവിടെ r എന്നത് കമ്പിയുടെ ഒരു യൂണിറ്റ് നീളത്തിലുള്ള പ്രതിരോധം ആകുന്നു

$$\frac{P}{Q}=\frac{\text{AJ}}{\text{JB}}=\frac{l_1}{l_2} \qquad (2.55)$$

$$P=Q\frac{l_1}{l_2} \qquad (2.56)$$

കോപ്പർസ്ട്രിപ്പുകളുടെ അറ്റത്ത് ബ്രിഡ്ജ് വയറിനെ ചേർത്ത് വച്ചിരിക്കുന്നു. കൃത്യമായ സമ്പർക്കമില്ലാത്തതിനാൽ ചേരുന്ന ഭാഗത്ത് ചില പ്രതിരോധങ്ങൾഉണ്ടാകാം.ഇതിനെഅവസാനപ്രതിരോധങ്ങൾ എന്നുപറയുന്നു, P, Q നെ പരസ്പരം കൈമാറ്റം ചെയ്ത്, മറ്റൊരു കൂട്ടം അളവുകൾ എടുക്കുകയും, P യുടെ ശരാശരി വില കണ്ടുപിടിക്കുകയും ചെയ്താൽ ഈ തെറ്റിനെ ഇല്ലാതാക്കാൻ സാധിക്കും.

P യിൽ കമ്പിയുടെ നിർദ്ദിഷ്ട പ്രതിരോധം കണ്ടുപിടിക്കാൻ വയറിന്റെ ആരം a നീളം l അളക്കണം. നിർദ്ദിഷ്ട പ്രതിരോധം അല്ലെങ്കിൽ പ്രതിരോധത്തെ ρ താഴെ പറയുന്ന സമവാക്യം ഉപയോഗിച്ച് കണ്ടുപിടിക്കാം.

$$\text{പ്രതിരോധം}=\rho\frac{l}{A}$$

മുകളിലത്തെ സമവാക്യത്തെ മാറ്റി എഴുതിയാൽ

$$\rho=\text{പ്രതിരോധം}\,\frac{A}{l} \qquad (2.57)$$

P എന്നത് മൂല്യമറിയാത്ത പ്രതിരോധമാണെങ്കിൽ, സമവാക്യം (2.57),

$\rho=P\dfrac{\pi a^2}{l}$ എന്നു മാറുന്നു.

ഉദാഹരണം 2.25

സമനില നീളത്തിന്റെ അനുപാതം 3:2 ഉം, വലതുവിടവിലെ അടിസ്ഥാന പ്രതിരോധം 15 Ω ഉം ആയ മീറ്റർ ബ്രിഡ്ജ് പരീക്ഷണത്തിന്റെ, മറ്റു പ്രതിരോധത്തിന്റെ വില കണ്ടുപിടിക്കുക.

പരിഹാരം

$Q = 15\ \Omega, \quad l_1:l_2 = 3:2$

$$\frac{l_1}{l_2}=\frac{3}{2}$$

$$\frac{P}{Q}=\frac{l_1}{l_2}$$

$$P=Q\,\frac{l_1}{l_2}$$

$$P=15\times\frac{3}{2}=22.5\ \Omega$$

ഉദാഹരണം 2.26

മീറ്റർ ബ്രിഡ്ജ് പരീക്ഷണത്തിൽ, വലതുവിടവിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന പ്രതിരോധത്തിന്റെ വില 10 Ω ആകുന്നു. സമനിലനീളം l_1 = 55 cm ആണ്. മൂല്യമറിയാത്ത പ്രതിരോധം കണ്ടുപിടിക്കുക?

പരിഹാരം

$Q = 10\ \Omega$

$$\frac{P}{Q}=\frac{l_1}{100-l_1}=\frac{l_1}{l_2}$$

$$P=Q\times\frac{l_1}{100-l_1}$$

$$P=\frac{10\times55}{100-55}$$

$$P=\frac{550}{45}=12.2\ \Omega$$

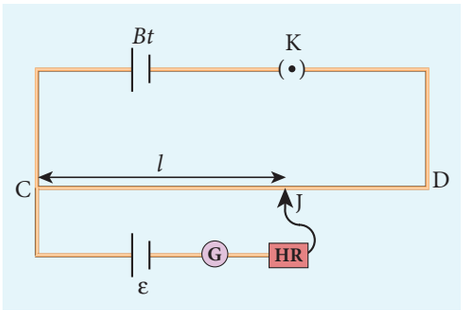
2.5.5 പൊട്ടൻഷ്യോമീറ്റർ

പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം, വൈദ്യുത പ്രവാഹം, പ്രതിരോധങ്ങൾ എന്നിവയുടെ കൃത്യമായ അളവുകൾക്ക് പൊട്ടൻഷ്യോമീറ്റർ ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഒരു മരപ്പലകയിൽ പത്തുമീറ്റർ നീളമുള്ള മാംഗനിൻ അല്ലെങ്കിൽ കോൺസ്റ്റൻടൻ ഒരുപോലുള്ള കമ്പിയെ ഒരു മീറ്റർ നീളമുള്ള സമാന്തര വരികളിലായി നീട്ടി വച്ചിരിക്കുന്നു. രണ്ടു സ്വതന്ത്ര അറ്റങ്ങൾ A, B നെ ഒരേ വശത്ത് കൊണ്ടുവന്ന് ബൈൻഡിങ് സ്ക്രൂ ഉപയോഗിച്ച് കോപ്പർ സ്ട്രിപ്പുകളിൽ ഉറപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. കമ്പിയ്ക്ക് സമാന്തരമായ ഒരു മീറ്റർസ്കെയിൽ ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. സമ്പർക്കം ഉണ്ടാക്കുന്നതിനായി ഒരു ജോക്കി അനുവദിച്ചിരിക്കുന്നു.

ചിത്രം 2.27-ൽ പൊട്ടൻഷ്യോമീറ്ററിന്റെ തത്വം പ്രതിപാദിച്ചിരിക്കുന്നു. ബാറ്ററി Bt യാൽ കമ്പി

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 109 2/15/2023 12:35:24 PM

CD യ്ക്കു കുറുകെ സ്ഥിരമായ വൈദ്യുതപ്രവാഹം നിലനിർത്തുന്നു. ബാറ്ററി, കീ, പൊട്ടൻഷ്യോമീറ്റർ വയർ എന്നിവ ശ്രേണീരീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു, ഇതാണ് പ്രാഥമിക സർക്യൂട്ട്, emf ε ഉള്ള പ്രഥമ സെല്ലിന്റെ പോസിറ്റീവ് ടെർമിനൽ, ബിന്ദു C യിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുകയും, നെഗറ്റീവ് ടെർമിനൽ, ഗാൽവാനോമീറ്റർ G ഉയർന്ന പ്രതിരോധം HR വഴി വരുന്ന ജോക്കിയുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇതാണ് ദ്വിതീയ സർക്യൂട്ട്.



ചിത്രം 2.27 പൊട്ടൻഷ്യോമീറ്റർ

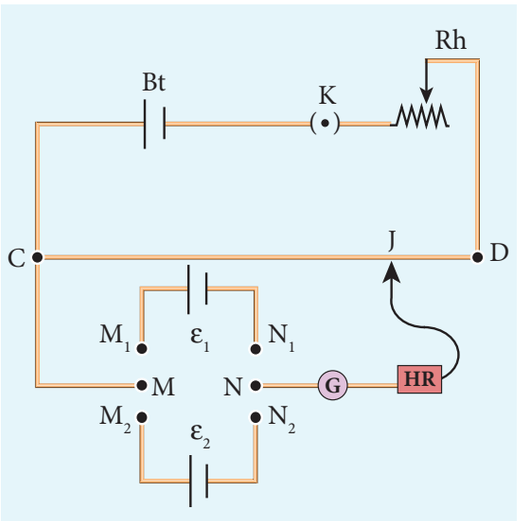
ജോക്കി ഉപയോഗിച്ച് കമ്പിയുടെ ഏതെങ്കിലുമൊരു ബിന്ദുവിൽ J സമ്പർക്കം ഉണ്ടാക്കുന്നു എന്നു കരുതുക, CJ യ്ക്ക് കുറുകെയുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം, സെല്ലിന്റെ emf ε നും സമമാകുമ്പോൾ, ഗാൽവനേമീറ്റർ വഴി വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഉണ്ടാകുന്നില്ല. അതിനാൽ ഇതിൽ പൂജ്യം വ്യതിചലനം കാണിക്കുന്നു. CJ യെ സന്തുലന നീളം l എന്ന് പറയുന്നു. CJ യ്ക്കു കുറുകെയുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം Irl നും സമമാകുന്നു. ഇവിടെ I എന്നത് കമ്പിയിലൂടെയുള്ള വൈദ്യുത പ്രവാഹവും, r. എന്നത് കമ്പിയുടെ ഒരു യൂണിറ്റ് നീളത്തിലെ പ്രതിരോധവും ആണ്.

അതിനാൽ $\varepsilon = Irl$ (2.58)

I, r സ്ഥിരമായതിനാൽ, $\varepsilon \propto l$ സെല്ലിന്റെ ഇ.എം.എഫ്., സന്തുലന നീളത്തിന് നേർഅനുപാതത്തിലായിരിക്കും.

2.5.6 പൊട്ടൻഷ്യോമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് രണ്ടു സെല്ലുകളുള്ള ഇ.എം.എഫ്.കളുടെ താരതമ്യം

രണ്ടു സെല്ലുകളുടെ ഇ.എം.എഫ്. താരതമ്യം ചെയ്യുന്നതിനായി ചിത്രം 2.28-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ സർക്യൂട്ട് ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഒരു ബാറ്ററി *Bt*, കീ K എന്നിവയെ ശ്രേണീരീതിയിൽ പൊട്ടൻഷ്യോമീറ്റർ വയർ CD യുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇതാണ് പ്രാഥമിക സർക്യൂട്ട്. കമ്പിയുടെ അറ്റം C, DPDT (Double Pole Double Throw) സ്വിച്ചിലെ ടെർമിനൽ M മായും, അടുത്ത ടെർമിനൽ N, ഗാൽവനോമീറ്റർ G, ഉയർന്ന പ്രതിരോധം HR വഴി ഒരു ജോക്കിയുമായും ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. താരതമ്യം ചെയ്യേണ്ട ഇ.എം.എഫ്. ε_1, ε_2 ഉള്ള സെല്ലുകളെ DPDT സ്വിച്ചിലെ ടെർമിനലുകളായ M_1,N_1 മായും M_2,N_2 മായും ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ബാറ്ററിയുടെ *Bt* പോസിറ്റീവ് ടെർമിനൽ, ε_1, ε_2 എന്നിവയെ അറ്റം C യിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 2.28 രണ്ടു സെല്ലുകളുടെ ഇ.എം.എഫ്. കളുടെ താരതമ്യം.

M_1, N_1 ലേയ്ക്ക് DPDT സ്വിച്ച് അമർത്തുന്നു. അതിനാൽ സെൽ ε_1 ദ്വിതീയ സർക്യൂട്ടിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു. പൂജ്യം വ്യതിചലനത്തിലേയ്ക്കായി ജോക്കീയെ ക്രമീകരിച്ച് സന്തുലന നീളം l_1 കണ്ടുപിടിക്കുന്നു. അതിനുശേഷം രണ്ടാമത്തെ സെൽ ε_2 സർക്യൂട്ടുമായി ചേർക്കുകയും, സന്തുലനനീളം l_2 കണ്ടുപിടിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. r എന്നത് പൊട്ടൻഷ്യോമീറ്റർ കമ്പിയുടെ യൂണിറ്റ് നീളത്തിലുള്ള പ്രതിരോധവും, I എന്നത് കമ്പി വഴി പോകുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹവും ആകുന്നു.

$$\varepsilon_1 = Irl_1 \quad (2.59)$$

$$\varepsilon_2 = Irl_2 \quad (2.60)$$

സമവാക്യം (2.59)-നെ (2.60) കൊണ്ട് ഹരിക്കുമ്പോൾ,

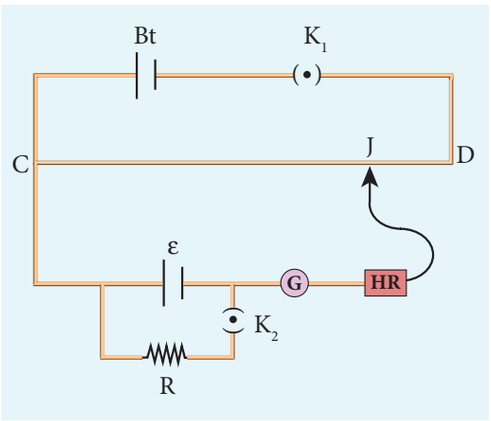
$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{l_1}{l_2} \quad (2.61)$$

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 110 2/15/2023 12:35:25 PM

പ്രഥമസർക്യൂട്ടിൽ റിയോസ്റ്റാറ്റ് (Rh) ഉൾപ്പെടുത്തിയാൽ, ഇതുവഴി പോകുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തെ വ്യത്യാസപ്പെടുത്തി പരീക്ഷണം നിരവധി തവണ ആവർത്തിക്കാം.

2.5.7 പൊട്ടൻഷ്യോമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് ഒരു സെല്ലിന്റെ ആന്തരിക പ്രതിരോധം കണ്ടുപിടിക്കൽ

ഒരു സെല്ലിലെ ആന്തരിക പ്രതിരോധം അളക്കുന്നതിനായി, ചിത്രം 2.29-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ സർക്യൂട്ട് ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. പൊട്ടൻഷ്യോമീറ്റർ കമ്പിയുടെ അറ്റം C നെ ബാറ്ററി Bt യുടെ പോസിറ്റീവ് ടെർമിനലുമായും, ബാറ്ററിയുടെ നെഗറ്റീവ് ടെർമിനലിനെ കീ K_1 വഴി അറ്റം D യുമായും ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇതാണ് പ്രാഥമിക സർക്യൂട്ട്.



ചിത്രം 2.29 ആന്തരിക പ്രതിരോധം അളക്കൽ

ആന്തരിക പ്രതിരോധം കണ്ടുപിടിക്കേണ്ട emf ε ഉള്ള സെല്ലിന്റെ പോസിറ്റീവ് ടെർമിനൽ, കമ്പിയുടെ അറ്റം C യുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. സെൽ ε യുടെ നെഗറ്റീവ് ടെർമിനൽ, ഗാൽവനോമീറ്റർ, ഉയർന്ന പ്രതിരോധം വഴി ജോക്കീയുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഒരു പ്രതിരോധ പെട്ടി R, കീ K_2 എന്നിവയെ സെൽ ε നു കുറുകെ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. K_2 തുറന്നിരിക്കുമ്പോൾ, സന്തുലന ബിന്ദു J ലഭിക്കുകയും, സന്തുലന നീളം $CJ = l_1$, അളക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. സെൽ, തുറന്ന സർക്യൂട്ടിൽ ആയതിനാൽ, ഇതിന്റെ ഇ.എം.എഫ്.

$$\varepsilon \propto l_1 \qquad (2.62)$$

അനുയോജ്യമായ ഒരു പ്രതിരോധം (ഉദാഹരണം 10 Ω) പ്രതിരോധ പെട്ടിയിൽ ചേർക്കുകയും, കീ K_2 അടയ്ക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. സെല്ലിന്റെ ആന്തരിക പ്രതിരോധം r ആണെന്ന് കരുതുക. സെല്ലുവഴി പോകുന്ന വൈദ്യുതപ്രവാഹം, പ്രതിരോധം R എന്നിവ നൽകുന്നത്.

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r}$$

R നു കുറുകെയുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം

$V = \frac{\varepsilon R}{R+r}$ ആകുന്നു.

പൊട്ടൻഷ്യോമീറ്റർ കമ്പിയിൽ പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം സന്തുലനമാകുമ്പോൾ, l_2 നെ സന്തുലന നീളം എന്നു കരുതുക.

$$\text{എന്നാൽ } \frac{\varepsilon R}{R+r} \propto l_2 \qquad (2.63)$$

സമവാക്യം (2.62), (2.63)-ൽ നിന്നും

$$\frac{R+r}{R} = \frac{l_1}{l_2} \qquad (2.64)$$

$$1+\frac{r}{R} = \frac{l_1}{l_2};$$

$$r = R\left[\frac{l_1}{l_2} - 1\right]$$

$$\therefore\ r = R\left(\frac{l_1 - l_2}{l_2}\right) \qquad (2.65)$$

R, l_1, l_2 എന്നിവയുടെ വിലകൾ ചേർക്കുമ്പോൾ, സെല്ലിലെ ആന്തരിക പ്രതിരോധം കണ്ടുപിടിക്കുന്നു. R ന്റെ വ്യത്യസ്ത വിലകൾ കൊണ്ട് പരീക്ഷണം തുടരാൻ കഴിയും. സെല്ലിലെ ആന്തരിക പ്രതിരോധം സ്ഥിരമല്ല, എന്നാൽ ടെർമിലനലുകൾക്ക് കുറുകെ ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന ബാഹ്യ പ്രതിരോധം കൂടുന്നതനുസരിച്ച്, ആന്തരിക പ്രതിരോധം കൂടുന്നു.

2.6 വൈദ്യുതധാരയുടെ താപീകരണ പ്രഭാവം

ഒരു പ്രതിരോധകത്തിലൂടെ വൈദ്യുതപ്രവാഹം ഒഴുകുമ്പോൾ, പ്രതിരോധത്തിലേയ്ക്ക് കൈമാറുന്ന കുറച്ച് വൈദ്യുത ഊർജ്ജം താപ ഊർജ്ജമായി മാറുകയും, അത് അലിഞ്ഞു പോകുകയും ചെയ്യുന്നു. വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന്റെ ഇത്തരത്തിലുള്ള താപീകരണ പ്രഭാവത്തെ

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 111 2/15/2023 12:35:26 PM

ജൂളിന്റെ താപീകരണ പ്രഭാവം എന്നു പറയുന്നു. വൈദ്യുത പ്രഭാവം, താപ ഊർജ്ജത്തെ ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നതുപോലെ താപഊർജ്ജം വിദ്യുത് ചാലക ബലത്തെ (emf) ഉൽപാദിപ്പിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

2.6.1 ജൂൾ നിയമം

t സമയത്തിൽ V പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസത്തിനു കുറുകെ വച്ചിരിക്കുന്ന ചാലകത്തിലൂടെ പ്രവഹിക്കുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹം I ആണെങ്കിൽ, ചെയ്യപ്പെടുന്ന ജോലി അല്ലെങ്കിൽ ചിലവാകുന്ന വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ ഊർജ്ജം എന്നത്

$$W = VIt \text{ ആകുന്നു} \qquad (2.66)$$

മറ്റേതൊരു ബാഹ്യപ്രഭാവത്തിന്റെയും അഭാവത്തിൽ, ഈ ഊർജ്ജം ചാലകത്തിന്റെ താപീകരണത്തിന് ചിലവാകുന്നു. (H) ഉണ്ടാകുന്ന താപത്തിന്റെ അളവ്,

$$H = VIt \text{ ആകുന്നു} \qquad (2.67)$$

R പ്രതിരോധത്തിന്,

$$H = I^2Rt \qquad (2.68)$$

ഈ ബന്ധം, ജൂൾ പരീക്ഷണാത്മകമായി പരിശോധിക്കുകയും ഇത്, താപീകരണത്തിന്റെ ജൂൾ നിയമം എന്നറിയപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. **ഇത് പ്രസ്ഥാവിക്കുന്നത്, വൈദ്യുത പ്രവാഹത്താൽ, വൈദ്യുത സർക്യൂട്ടിൽ ഉണ്ടാകുന്ന താപത്തിന്റെ മാറ്റം, താഴെ പറയുന്നവയ്ക്ക് നേർ അനുപാതത്തിലായിരിക്കും.**

(i) **വൈദ്യുതപ്രവാഹത്തിന്റെ സ്കയർ**

(ii) **സർക്യൂട്ടിലെ പ്രതിരോധം**

(iii) **ഒഴുകുന്നതിന്റെ സമയം.**

ഉദാഹരണം 2.27

5 A വൈദ്യുത പ്രവാഹം 5 മിനിറ്റിൽ ഒരു പ്രതിരോധം 10 Ω വഴി ഒഴുകുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന താപ ഊർജ്ജം കണ്ടുപിടിക്കുക?

പരിഹാരം

$R = 10\ \Omega$, $I = 5$ A, $t = 5$ മിനിറ്റ് $= 5 \times 60$ s

$H = I^2Rt$

$= 5^2 \times 10 \times 5 \times 60$

$= 25 \times 10 \times 300$

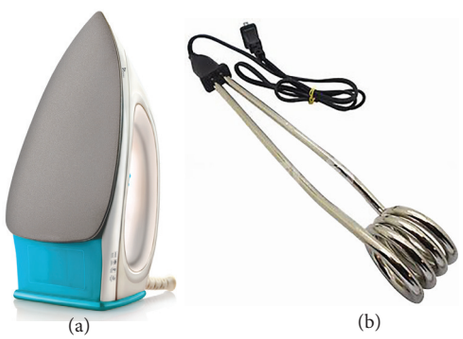
$= 25 \times 3000$

$= 75000$ J (അല്ലെങ്കിൽ) 75 kJ

2.6.2 ജൂൾ താപീകരണ പ്രഭാവത്തിന്റെ പ്രയോജനങ്ങൾ

1. ഇലക്ട്രിക് ഹീറ്ററുകൾ

വൈദ്യുതിയുടെ താപീകരണ പ്രഭാവം ഉപയോഗിച്ച് പ്രവർത്തിക്കുന്ന ചില വീട്ടുപകരണങ്ങളായ ഇലക്ട്രിക് അയൺ ബോക്സ്, ഇലക്ട്രിക് ഹീറ്റർ, ഇലക്ട്രിക് ടോസ്റ്റർ എന്നിവ ചിത്രം 2.30 -ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ ഉപകരണങ്ങളിൽ, താപീകരണ ഘടകമായി ഉപയോഗിച്ചിരിക്കുന്നത് നിക്കലാണ്, ഇത് നിക്കൽ, ക്രോമിയത്തിന്റെ ലോഹക്കൂട് ആണ്. നിക്രോമിന്റെ നിർദ്ദിഷ്ട പ്രതിരോധം വളരെ കൂടുതലാണ്. ഓക്സീകരണം ഇല്ലാതെ വളരെ ഉയർന്ന താപനിലയിൽ ഇതിനെ താപീകരിക്കാൻ കഴിയുന്നു.



(a) (b)



(c)

ചിത്രം 2.30 (a) ഇലക്ട്രിക് അയൺ ബോക്സ്, (b) ഇലക്ട്രിക് ഹീറ്റർ (c) ഇലക്ട്രിക് ടോസ്റ്റർ

ഉദാഹരണം 2.28

220 V പവർ സപ്ലൈയറുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന 10 Ω പ്രതിരോധമുള്ള ഒരു ഇലക്ട്രിക് ഹീറ്ററിനെ 1 kg വെള്ളത്തിൽ മുക്കിവച്ചിരിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ താപനില 30°C -ൽ നിന്നും 60°C ആയി ഉയർത്തുന്നതിന്, ഇലക്ട്രിക് ഹീറ്ററിനെ എത്ര കാലം പ്രവർത്തനത്തിൽ വയ്ക്കണം? (ജലത്തിന്റെ പ്രത്യേക താപശേഷി $s = 4200$ J kg^{-1} K^{-1} ആകുന്നു.)

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 112 2/15/2023 12:35:27 PM

പരിഹാരം

ജൂളിന്റെ താപീകരണ നിയമം അനുസരിച്ച് $H = I^2Rt$

ഇലക്ട്രിക് ഹീറ്ററിലൂടെയുള്ള വൈദ്യുത പ്രവാഹം $= \frac{220\text{V}}{10\Omega} = 22\,\text{A}$

$H = I^2R$

ഇലക്ട്രിക് ഹീറ്ററിനാൽ ഒരു സെക്കന്റിൽ ഉണ്ടാകുന്ന താപം $H = (22)^2 \times 10 = 4840\ \text{J} = 4.84\ \text{k J}$. ഈ ഇലക്ട്രിക് ഹീറ്ററിന്റെ പവ്വർ റേറ്റിങ് 4.84 k W ആകുന്നു.

1 കി.ഗ്രാം ജലത്തിന്റെ താപനില 30°C -ൽ നിന്നും 60°C -ൽ ഉയർത്തുന്നതിന് ആവശ്യമായിട്ടുള്ള താപ ഊർജ്ജത്തിന്റെ അളവ്,

$Q = ms\,\Delta T$ (XI ഭൗതികശാസ്ത്രം, വോള്യം 2, അധ്യായം 8 ൽനിന്നും)

ഇവിടെ $m = 1$ കി.ഗ്രാം,

$s = 4200\ \text{J കി.ഗ്രാം}^{-1}\ \text{K}^{-1}$,

$\Delta T = 30\ \text{K}$,

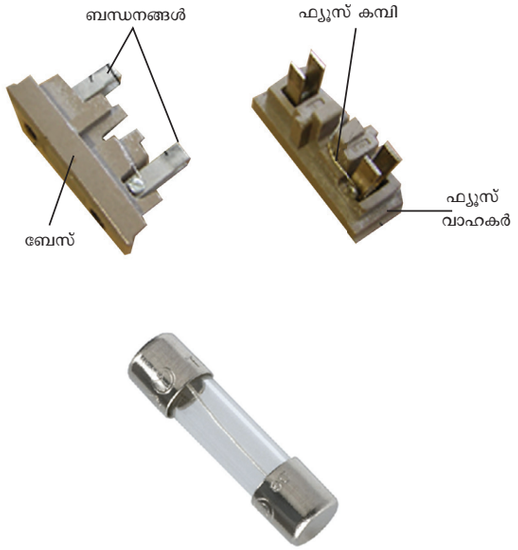
അതിനാൽ, $Q = 1 \times 4200 \times 30 = 126\ \text{kJ}$

ഈ താപഊർജ്ജത്തെ ഉണ്ടാക്കാൻ ആവശ്യമുള്ള സമയം $t = \frac{Q}{I^2R} = \frac{126 \times 10^3}{4840} \approx 26.03\ \text{s}$

2. ഇലക്ട്രിക് ഫ്യൂസുകൾ

അമിത വൈദ്യുത പ്രവാഹങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്ന താപത്തിൽ നിന്നും വൈദ്യുത ഉപകരണങ്ങളെ സംരക്ഷിക്കുന്നതിനായി, സർക്യൂട്ടിൽ ശ്രേണീരീതിയിൽ ചിത്രം 2.31-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഫ്യൂസുകൾ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. വളരെ കുറഞ്ഞ ദ്രവണാങ്കം ഉള്ള പദാർത്ഥത്താൽ നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്ന ഹ്രസ്വനീളമുള്ള ഒരു കമ്പിയാണിത്. വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഒരു നിശ്ചിതമൂല്യം കവിയുമ്പോൾ, ഇത് ഉരുകുകയും, സർക്യൂട്ടിനെ പൊട്ടിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. വൈദ്യുത പ്രവാഹ റേറ്റിങ് 15 A നെക്കാൾ താഴെ ആകുമ്പോൾ ലെഡ്-ടീൻ ലോഹകൂട്ട്, ഫ്യൂസുകളായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. വൈദ്യുതപ്രവാഹ റേറ്റിങ് 15 A നേക്കാൾ കൂടുതൽ ആകുമ്പോൾ, ചെമ്പ് ഫ്യൂസ് വയറുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

മുകളിലത്തെ ഫ്യൂസുകളുടെ ഒരേയൊരു പോരായ്മ എന്നത്, അമിത വൈദ്യുത പ്രവാഹത്താൽ, ഒരിക്കൽ ഫ്യൂസ് വയർ കത്തിപ്പോയാൽ, അവ മാറ്റി സ്ഥാപിക്കേണ്ടതുണ്ട്. ഇപ്പോൾ വീടുകളിൽ, ഫ്യൂസുകൾക്ക് പകരം സർക്യൂട്ട് ബ്രേക്കറുകൾ (ട്രിപ്പോഴ്സ്) ഉപയോഗിക്കുന്നു. തെറ്റായ വയർ കണക്ഷൻ കാരണം അമിത വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഉണ്ടാകുമ്പോഴെല്ലാം സർക്യൂട്ട് ബ്രേക്കറിന്റെ സ്വിച്ച് തുറക്കുന്നു. തെറ്റായ കണക്ഷൻ നന്നാക്കിയ ശേഷം, നമുക്ക് സർക്യൂട്ട് ബ്രേക്കറിന്റെ സ്വിച്ച് അടയ്ക്കാൻ കഴിയും. ഇത് ചിത്രം 2.32-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 2.31 ഇലക്ട്രിക് ഫ്യൂസ്



ചിത്രം 2.32 സർക്യൂട്ട് ബ്രേക്കറുകൾ

3. ഇലക്ട്രിക് ഫർണസ്

ചിത്രം 2.33-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഫർണസുകൾ ധാരാളം സാങ്കേതികമായി പ്രധാനപ്പെട്ട പദാർത്ഥങ്ങളായ സ്റ്റീൽ, സിലിക്കൺ കാർബൈഡ്, കോർട്സ്, ഗാലിയം ആർസനൈഡ് എന്നിവ നിർമ്മിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു. താപനില 1500°C വരെ ഉൽപാദിപ്പിക്കൻ, സിലിക്ക ട്യൂബിനു പുറത്ത് ചുറ്റിവച്ചിരിക്കുന്നു മോളിബ്ഡിനം - നിക്രോം വയറുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു. കാർബൺ ആർക്ക് ഫർണസുകൾ 3000°C താപനിലവരെ ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു.

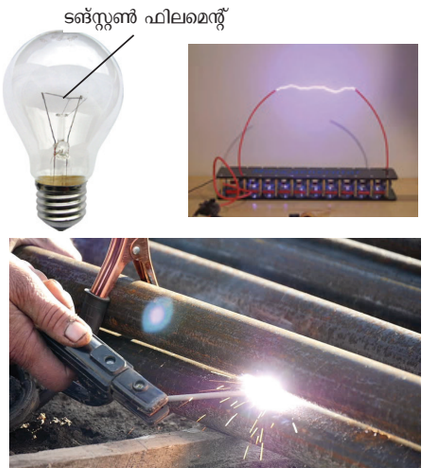
Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 113 2/15/2023 12:35:28 PM



ചിത്രം 2.33 ഇലക്ട്രിക് ഫർണസ്

4. ഇലക്ട്രിക് ലാംബ്

ഒരു കണ്ണാടി ബൾബിനുള്ളിൽ വച്ചിരിക്കുന്ന ടങ്സ്റ്റൺ ഫിലമെന്റ് (ദ്രവണാങ്കം 3380^0C) ആണ് ഇതിലെ പ്രധാന ഭാഗം. ഇതിനെ തിളക്കത്തിനായി വൈദ്യുത പ്രവാഹത്താൽ ചൂടാക്കുന്നു. ഇലക്ട്രിക് ലാമ്പുകളിൽ, 5% വൈദ്യുത ഊർജ്ജം മാത്രം പ്രകാശമായി മാറുകയും, ബാക്കിയുള്ളത് താപമായി നഷ്ടപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇലക്ട്രിക ഡിസ്ചാർജ്ജ് ലാമ്പുകൾ, ഇലക്ട്രിക് വെൽഡിങ്, ഇലക്ട്രിക് ആർക്ക് എന്നിവയിൽ വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന്റെ താപീകരണ പ്രഭാവം ഉപയോഗിക്കുന്നു ചിത്രം 2.34.



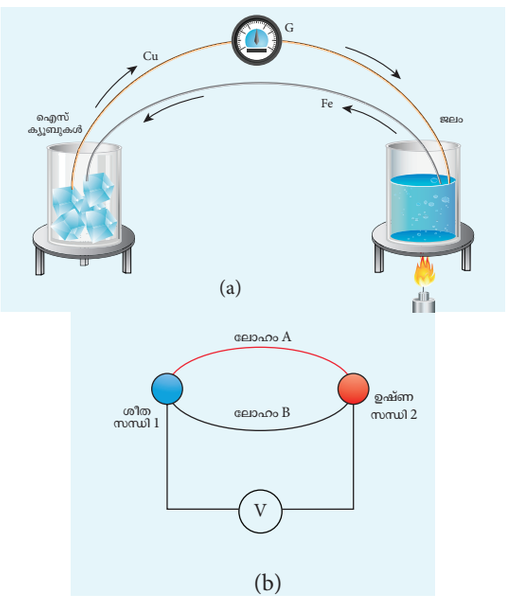
ചിത്രം 2.34 ഇലക്ട്രിക് ബൾബ്, ഇലക്ട്രിക് ആർക്ക്, ഇലക്ട്രിക് വെൽഡിംങ്

2.7 താപവൈദ്യുത പ്രഭാവം

താപനില വ്യത്യാസങ്ങൾ, വൈദ്യുത വോൾട്ടതയായും, വൈദ്യുത വോൾട്ടതയെ താപനില വ്യത്യാസങ്ങളായും പരിവർത്തനം ചെയ്യുന്നതിനെ താപവൈദ്യുത പ്രഭാവം എന്നു പറയുന്നു. ഓരോ വശങ്ങളിലും താപനില വ്യത്യാസം ഉണ്ടാകുമ്പോൾ, താപവൈദ്യുത ഉപകരണം വോൾട്ടതയെ സൃഷ്ടിക്കുന്നു.

2.7.1 സീബക്ക് പ്രഭാവം

രണ്ടു വ്യത്യസ്ത ലോഹങ്ങൾ അടങ്ങിയ ഒരു അടഞ്ഞ സർക്യൂട്ടിൽ, സന്ധികളിൽ വ്യത്യസ്ത താപനിലകൾ നിലനിർത്തുമ്പോൾ, ഒരു emf (പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം) ഉണ്ടാകുന്നു എന്ന് സീബക്ക് കണ്ടുപിടിച്ചു. ഈ ഇ.എം.എഫ്.നാൽ ഒഴുകുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തെ താപവിദ്യുത് പ്രവാഹം എന്നു പറയുന്നു. രണ്ടു സന്ധികൾ രൂപം നൽകുന്നതിനായി ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന രണ്ടു വ്യത്യസ്ത ലോഹങ്ങളെ തെർമോകപ്പിൾ എന്നു പറയുന്നു (ചിത്രം 2.35)



ചിത്രം 2.35 സീബക്ക് ഫലം (തെർമോ കപ്പിൾ)

തണുത്തതും ചൂടുള്ളതുമായ സന്ധികൾ പരസ്പരം മാറ്റിയാൽ, വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന്റെ ദിശയും മാറുന്നു. അതിനാൽ ഈ പ്രഭാവം വിപരീതമാകുന്നു.

തെർമോകപ്പിളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ഇ.എം.എഫ്. ന്റെ അളവ് താഴെ പറയുന്നവയെ ആശ്രയിക്കുന്നു.
(i) കപ്പിൾ ഉണ്ടാക്കുന്ന ലോഹങ്ങളുടെ സ്വഭാവം
(ii) സന്ധികൾക്കിടയിലുള്ള താപനില വ്യത്യാസം.

സീബക്ക് പ്രഭാവത്തിന്റെ പ്രയോജനങ്ങൾ

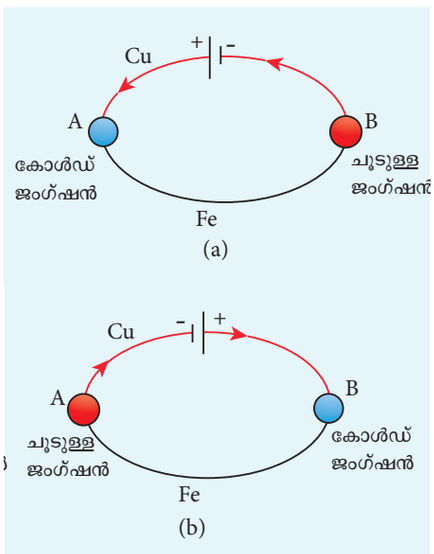
1. താപവൈദ്യുത ജനറേറ്ററുകളിൽ സീബക്ക് പ്രഭാവം ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഈ വൈദ്യുത താപ വൈദ്യുത ജനറേറ്ററുകൾ വൈദ്യുതി നിലയങ്ങളിൽ മാലിന്യതാപത്തെ വൈദ്യുതിയായി പരിവർത്തനം ചെയ്യാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 114 2/15/2023 12:35:30 PM

2. ഇന്ധനക്ഷമത വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നതിന്, ഓട്ടോമോട്ടീവ് തെർമോ ഇലക്ട്രിക് ജനറേറ്ററുകളിൽ ഇത് ഉപയോഗിക്കുന്നു.
3. രണ്ടു വസ്തുക്കളുടെ താപനില വ്യത്യാസം അളക്കുന്നതിന് തെർമോകപ്പിളുകളിലും, തെർമോപൈലുകളിലും സീബക്ക് പ്രഭാവം ഉപയോഗിക്കുന്നു.

2.7.2 പെൽറ്റിയർ പ്രഭാവം

1834-ൽ ഒരു തെർമോകപ്പിളിലെ സർക്യൂട്ട് വഴി വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുമ്പോൾ, ഒരു സന്ധിയിൽ താപം ഉണ്ടാകുകയും, മറ്റൊരു സന്ധിയിൽ താപം ആഗിരണം ചെയ്യുകയും ചെയ്യുന്നു എന്ന് പെൽറ്റിയർ കണ്ടുപിടിച്ചു. ഇതിനെ പെൽറ്റിയർ പ്രഭാവം എന്നു പറയുന്നു.

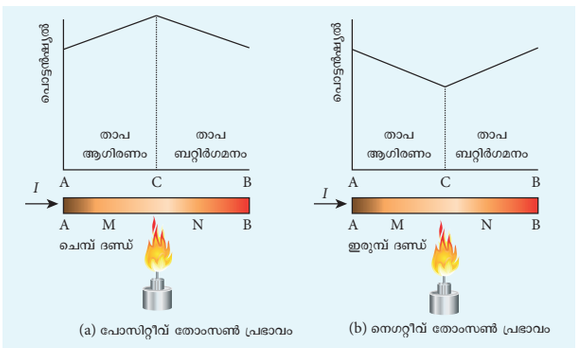


ചിത്രം 2.36 പെൽറ്റിയർ പ്രഭാവം Cu – Fe തെർമോകപ്പിൾ

Cu-Fe തെർമോകപ്പിളിൽ, സന്ധികൾ A, B യിൽ സമതാപനില നിലനിർത്തിയിരിക്കുന്നു. ബാറ്ററിയിൽ നിന്നും തെർമോകപ്പിൾ വഴി ഒരു വിദ്യുത് പ്രവാഹം ഒഴുകുന്നുവെന്ന് കരുതുക. (ചിത്രം 2.36 (a) സന്ധി A യിൽ, വൈദ്യുത പ്രവാഹം Cu ൽ നിന്നും Fe ലേക്ക് ഒഴുകുന്നതിനാൽ താപം ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുകയും, സന്ധി A തണുക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. സന്ധി B യിൽ വൈദ്യുത പ്രവാഹം Fe ൽ നിന്നും Cu ലേക്ക് ഒഴുകുന്നതിനാൽ, താപം ഉണ്ടാകുകയും, ഇത് ചൂടാകുകയും ചെയ്യുന്നു. വിദ്യുത് പ്രവാഹത്തിന്റെ ദിശ മാറുമ്പോൾ, സന്ധി A ചൂടാക്കുകയും, സന്ധി B തണുക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. (ചിത്രം 2.36 (b) അതിനാൽ പെൽറ്റിയർ പ്രഭാവം നേർവിപരീതമാകുന്നു.

2.7.3 തോംസൺ പ്രഭാവം

ഒരു ചാലകത്തിലെ രണ്ടു ബിന്ദുക്കൾക്കിടയിലുള്ള താപനില വ്യത്യസ്തമാണെങ്കിൽ, ഈ ബിന്ദുക്കളിലെ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ സാന്ദ്രത വ്യത്യാസപ്പെടുകയും, ഇതിന്റെ ഫലമായി ഈ ബിന്ദുക്കൾക്കിടയിൽ ഒരു പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം ഉണ്ടാകുകയും ചെയ്യുന്നുവെന്ന് തോംസൺ കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. തോംസൺ പ്രഭാവം എപ്പോഴും വിപരീതമായിരിക്കും.



ചിത്രം 2.37 (a) പോസിറ്റീവ് തോംസൺ പ്രഭാവം (b) നെഗറ്റീവ് തോംസൺ പ്രഭാവം

മധ്യബിന്ദു C ചൂടാക്കുന്ന ഒരു ചെമ്പു ബാർ AB വഴി വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുകയാണെങ്കിൽ, ബിന്ദു C ൽ ഉയർന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ ആയിരിക്കും. ഇതു സൂചിപ്പിക്കുന്നത് ചാലകത്തിലെ AC ൽ താപം ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുകയും, CB യിൽ താപം ഉണ്ടാകുകയും ചെയ്യുന്നുവെന്നാണ്. ചിത്രം 2.37(a) വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന്റെ ദിശയിലേക്ക് ഒഴുകുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹം കാരണം താപം കൈമാറപ്പെടുന്നു. ഇതിനെ പോസിറ്റീവ് തോംസൺ പ്രഭാവം എന്നു പറയുന്നു. ലോഹങ്ങളായ സിൽവർ, സിങ്ക്, കാഡ്മിയം എന്നിവയിൽ സമാനമായ പ്രഭാവം കാണാൻ സാധിക്കുന്നു.

ഒരു ഇരുമ്പു ദണ്ഡിനു പകരം ദണ്ഡ്, ചെമ്പു ഉപയോഗിച്ചാൽ, CA മേഘലയിൽ താപം ഉണ്ടാകുകയും, BC മേഘലയിൽ താപം ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. അതിനാൽ, വൈദ്യുത പ്രവാഹ ദിശകൾ എതിരായി പ്രവഹിക്കുന്ന വൈദ്യുതപ്രവാഹം കാരണം താപം കൈമാറപ്പെടുന്നു. ഇതിനെ തോംസൺ പ്രഭാവം എന്നു പറയുന്നു. ചിത്രം 2.37(b) ലോഹങ്ങളായ പ്ലാറ്റിനം, നിക്കൽ, കോബാൾട്ട്, മെർക്കുറി എന്നിവയിൽ സമാനപ്രഭാവം കാണാൻ സാധിക്കുന്നു.

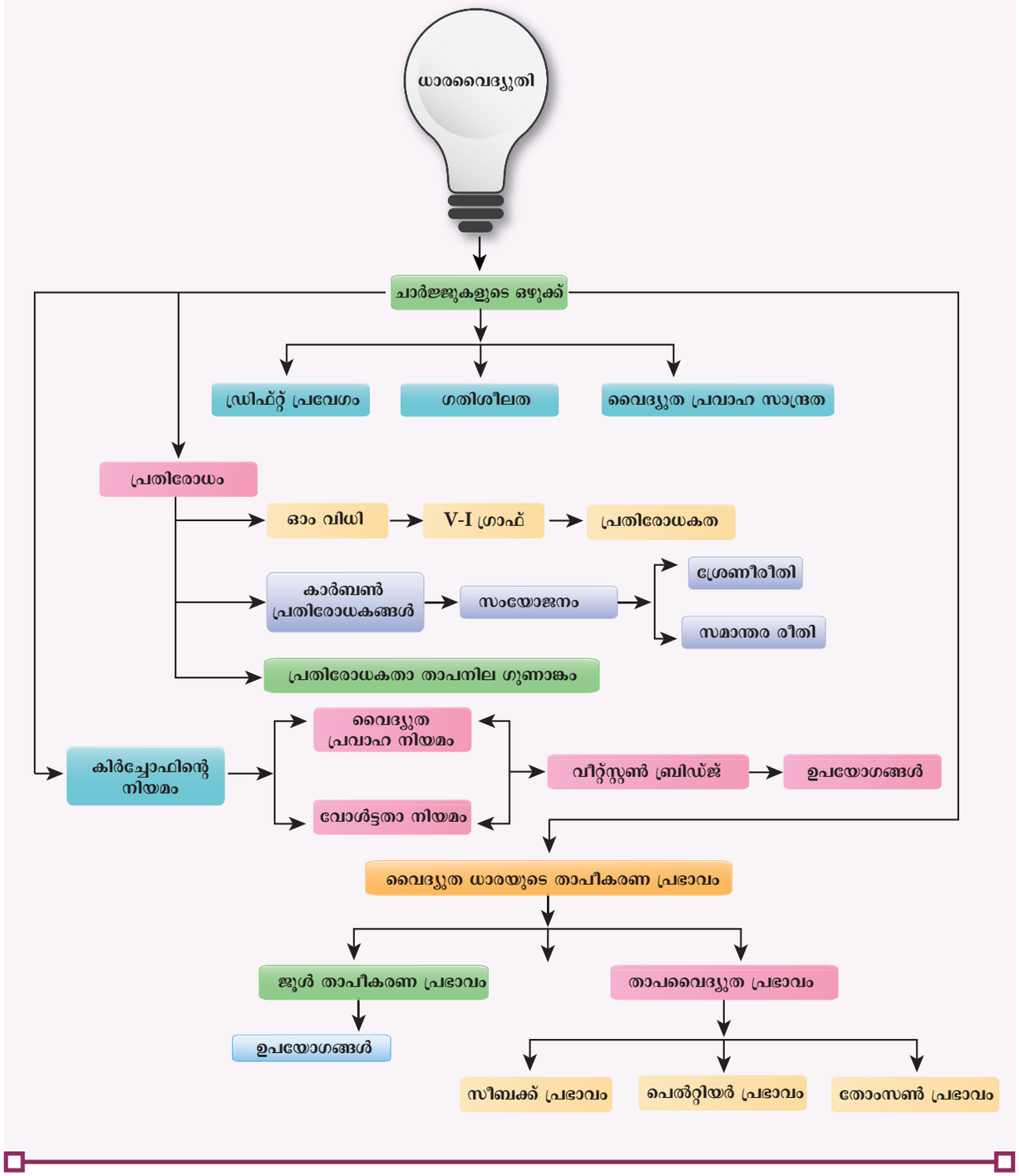
Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 115 2/15/2023 12:35:30 PM

സംഗ്രഹം

- ചാലകത്തിലൂടെ ഒഴുകുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹം $I = \frac{dQ}{dt}$, ഇവിടെ dQ എന്നത് dt സമയപരിധിയിൽ ഛേദതലത്തിലൂടെ ഒഴുകുന്ന ചാർജ്ജ് ആകുന്നു. വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന്റെ SI യൂണിറ്റ് ആമ്പിയർ (A) ആകുന്നു $1\text{A} = 1\ \text{C s}^{-1}$
- ഒരു ചാലകത്തിലെ വൈദ്യുതപ്രവാഹ സാന്ദ്രത J എന്നത് ഒരു യൂണിറ്റ് പരപ്പുവഴി ഒഴുകുന്ന വൈദ്യുതപ്രവാഹം ആകുന്നു $\left(J = \frac{I}{A}\right)$.
- വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഒരു സ്കെയിലാറും, വൈദ്യുത പ്രവാഹ സാന്ദ്രത, ഒരു വെക്ടറും ആകുന്നു.
- ഓം വിധിയുടെ പൊതുരൂപം $\vec{J} = \sigma\vec{E}$
- ഓം വിധിയുടെ പ്രായോഗിക രൂപത്തെ $V \propto I$ എന്നു നിർവ്വചിക്കാം. അല്ലെങ്കിൽ $V = IR$ എന്നും നിർവ്വചിക്കാം. ഇവിടെ I എന്നത് വൈദ്യുത പ്രവാഹവും, R എന്നത് പ്രതിരോധവും V എന്നത് ചാലകത്തിന്റെ രണ്ടുവശങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസവും ആകുന്നു.
- ഒരു ചാലകത്തിലെ പ്രതിരോധം R എന്നത് $R = \frac{V}{I}$. ആകുന്നു. പ്രതിരോധത്തിന്റെ SI യൂണിറ്റ് ഓം (Ω) ആകുന്നു $1\ \Omega = \frac{1V}{1A}$
- ഒരു ചാലകത്തിന്റെ പ്രതിരോധം $R = \rho\frac{l}{A}$ ഇവിടെ, ചാലകത്തിന്റെ നീളം l ഉം ഛേദതല വിസ്തീർണ്ണം A യും ആകുന്നു.
- ഒരു പദാർത്ഥത്തിന്റെ പ്രതിരോധകത, വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന്റെ ഒഴുക്കിന് എത്രമാത്രം പ്രതിരോധം വാഗ്ദാനം ചെയ്യുന്നു എന്നതിനെ കണ്ടുപിടിക്കുന്നു.
- ശ്രേണീരീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന അനേകം പ്രതിരോധങ്ങളുടെ (R_S) $(R_1, R_2, R_3\ldots)$ സഫല പ്രതിരോധം $R_S = (R_1 + R_2 + R_3\ldots\ldots)$ ആകുന്നു.
- സമാന്തര രീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന അനേകം പ്രതിരോധങ്ങളുടെ (R_P) $(R_1, R_2, R_3\ldots)$ സഫല പ്രതിരോധം $\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots\ldots$ ആകുന്നു.
- കിർച്ചോഫിന്റെ ആദ്യനിയമം : (വൈദ്യുത പ്രവാഹനിയമം അല്ലെങ്കിൽ സന്ധി നിയമം) ഒരു ഇലക്ട്രിക് സർക്യൂട്ടിലെ ഏതെങ്കിലും ഒരു സന്ധിയിലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹങ്ങളുടെ കൂട്ടുതുക പൂജ്യം ആയിരിക്കും.
- കിർച്ചോഫിന്റെ രണ്ടാം നിയമം (വോൾട്ടേജ് നിയമം അല്ലെങ്കിൽ വലയ നിയമം) ഒരു അടഞ്ഞ സർക്യൂട്ടിലെ ഓരോ ഭാഗങ്ങളിലുമുള്ള വൈദ്യുത പ്രവാഹം, പ്രതിരോധം എന്നിവയുടെ ഗുണനഫലങ്ങളുടെ കൂട്ടുതുക സർക്യൂട്ടിൽ ഉൾപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്ന മൊത്ത വിദ്യുത്ചാലകബലത്തിനും സമമായിരിക്കും.
- വൈദ്യുത പവ്വർ എന്നത് വൈദ്യുത ഊർജ്ജം കൈമാറുന്നതിന്റെ തോത് ആകുന്നു.
- പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം V നു കുറുകെയുള്ള ഒരു വൈദ്യുത പ്രവാഹം I ഒഴുകുന്നുവെങ്കിൽ, സർക്യൂട്ടിൽ കൈമാറപ്പെടുന്ന പവ്വർ എന്നത് $P = IV$ ആകുന്നു.
- പ്രതിരോധം R-ൽ താപമായി മാറുന്ന വൈദ്യുത പവ്വർ $P = I^2R = \frac{V^2}{R}$ ആകുന്നു.
- ഒരു കിലോവാട്ട് - അവറിന് (kWh) തുല്യമായ ഊർജ്ജം എന്നത് $1\text{kWh} = 3.6 \times 10^6\ \text{J}$ ആകുന്നു. വീറ്റ്സൺ ബ്രിഡ്ജിന്റെ ഒരു രൂപമാണ് മീറ്റർ ബ്രിഡ്ജ്.
- സെല്ലുകളുടെ ഇ.എം.എഫ്. താരതമ്യം ചെയ്യുന്നതിനായി പൊട്ടൻഷ്യോമീറ്റർ ഉപയോഗിക്കുന്നു.
- താപീകരണത്തിന്റെ ജൂൾ വിധി $H = VIt$ അല്ലെങ്കിൽ $H = I^2Rt$ ആകുന്നു.

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 116 2/15/2023 12:35:32 PM

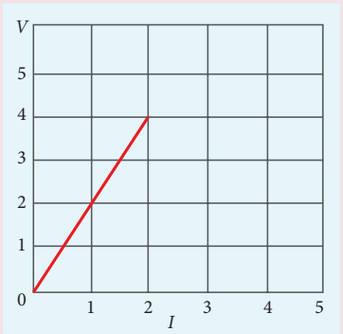
കോൺസെപ്റ്റ് മേപ്പ് (ആശയ ചിത്രീകരണം)



Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 117 2/15/2023 12:35:32 PM

I ശരിയായ ഉത്തരം തിരഞ്ഞെടുത്തെഴുതുക

1. ഒരു ജ്ഞാതചാലകത്തിന്റെ വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിനും വോൾട്ടതയ്ക്കും തമ്മിലുള്ള ഗ്രാഫ് താഴെ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ ചാലകത്തിന്റെ പ്രതിരോധം എന്താണ്?

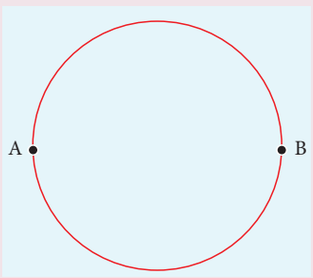


O20LT

(a) 2 ഓം (b) 4 ഓം

(c) 8 ഓം (d)1 ഓം

2. 2 ഓം /മീ പ്രതിരോധമുള്ള ഒരു വയർ, ആരം 1മീ ഉള്ള ഒരു ഗോളമായി വളച്ചുവച്ചിരിക്കുന്നു. ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ രണ്ടു എതിർ ബിന്ദുക്കൾ A, B നടിയിലുള്ള സഫല പ്രതിരോധം.



(a) $\pi\ \Omega$ (c) $\frac{\pi}{2}\ \Omega$

(c) $2\pi\ \Omega$ (d) $\frac{\pi}{4}\ \Omega$

3. 240 V ൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഒരു ടോസ്റ്ററിന്റെ പ്രതിരോധം 120 Ω ആകുന്നു. ഇതിന്റെ പവർ എന്നത്

a) 400 W b) 2 W

c) 480 W d) 240 W

4. $(47 \pm 4.7)\ k\ \Omega$ ന്റെ കാർബൺ പ്രതിരോധങ്ങൾ അവയുടെ തിരിച്ചറിയലിനായി വ്യത്യസ്ത നിറങ്ങളിലുള്ള വളയങ്ങളാൽ അടയാളപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു. ഇവയുടെ കളർകോഡ് സ്വീകൻസ് എന്തായിരിക്കും?

a) മഞ്ഞ – പച്ച – വയലറ്റ് – സ്വർണ്ണനിറം

b) മഞ്ഞ – വയലറ്റ് – ഓറഞ്ച് – സിൽവർ

c) വയലറ്റ് – മഞ്ഞ – ഓറഞ്ച് – സിൽവർ

d) പച്ച – ഓറഞ്ച് – വയലറ്റ് - സ്വർണ്ണനിറം

5. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന പ്രതിരോധകത്തിന്റെ, പ്രതിരോധവില എന്താണ്?



(a)100 k Ω (b)10 k Ω

(c) 1k Ω (d)1000 k Ω

6. ഒരേ നീളവും, ഒരേ മെറ്റീരിയൽ കൊണ്ടുണ്ടാക്കിയിട്ടുള്ളതുമായ വൃത്താകാരമായ ഛേദതലമുള്ള രണ്ടു വയറുകളാണ് A യും B യും. $R_A = 3\ R_B$ എന്നു കരുതുക. എങ്കിൽ വയർ A യുടെ ആരത്തിനും വയർ B യുടെ ആരത്തിനുമുള്ള അനുപാതം എന്താണ്?

(a) 3 (b) $\sqrt{3}$

(c) $\frac{1}{\sqrt{3}}$ (d) $\frac{1}{3}$

7. 230 V ഉള്ള ഒരു പവ്വർ സപ്ലൈയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന ഒരു വയറിലെ പവ്വർ വ്യാപനം P_1 ആണ്. ഈ വയർ രണ്ടു സമ പകുതികളായി മുറിച്ച്, അതേ പവ്വർ P_2 സപ്ലൈയുമായി സമാന്തര രീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുന്നുവെന്ന് കരുതുക. അനുപാതം $\frac{P_2}{P_1}$ എന്നത്

(a)1 (b) 2

(c) 3 (d) 4

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 118 2/15/2023 12:35:33 PM

8. ഇന്ത്യയിൽ ഗാർഹിക ഉപയോഗത്തിനായി വിതരണം ചെയ്യുന്ന വൈദ്യുതി 220 V ആണ്. USA യിൽ ഇത് 110 V ആണ്. ഇന്ത്യയിൽ 60W ബൾബിലെ പ്രതിരോധം R ആയാൽ, USA യിൽ 60W ബൾബിലെ പ്രതിരോധം എന്നത്,

(a) R (b) $2R$

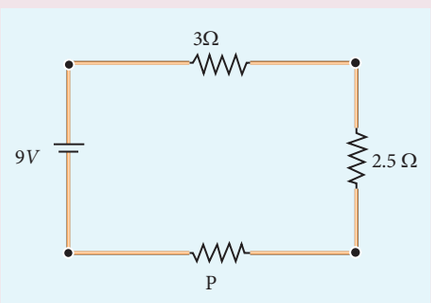
(c) $\frac{R}{4}$ (d) $\frac{R}{2}$

9. ഒരു വലിയ കെട്ടിടത്തിൽ 40 W ലുള്ള 15 ബൾബുകൾ, 100 W ലുള്ള 5 ബൾബുകൾ, 80 W ലുള്ള 5 ഫാനുകൾ, 1kW ലുള്ള 1 ഹീറ്റർ എന്നിവ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇലക്ട്രിക് മെയിനിലെ വോൾട്ടത 220 V ആകുന്നു. കെട്ടിടത്തിന്റെ മെയിൻ ഫ്യൂസിലെ പരമാവധി ശേഷി എന്നത്, (IIT-JEE 2014)

(a) 14 A (b) 8 A

(c) 10 A (d) 12 A

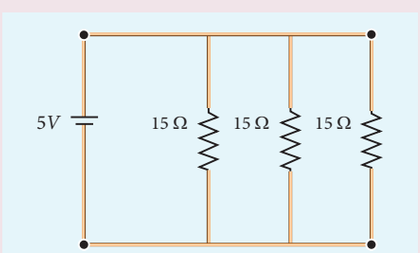
10. 1.0 A വൈദ്യുത പ്രവാഹമുള്ള ഒരു സർക്യൂട്ടിനെ താഴെ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. P യുടെ പ്രതിരോധം എന്താണ്?



a) 1.5 Ω b) 2.5 Ω

c) 3.5 Ω d) 4.5 Ω

11. ബാറ്ററിയിൽ നിന്നും പുറത്തുവരുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹം എന്താണ്?



a) 1A b) 2A

c) 3A d) 4A

12. ഒരു വയറിന്റെ പ്രതിരോധകതാ താപനില ഗുണാങ്കം 0.00125/ °C ആകുന്നു. 20°C ൽ ഇതിന്റെ പ്രതിരോധം 1 Ω ആണ്. ഏതു താപനിലയിലാണ് വയറിന്റെ പ്രതിരോധം 2 Ω ആകുന്നത്

a) 800 °C b) 700 °C

c) 850 °C d) 820 °C

13. 2.1 V സെല്ലിൽ നിന്നും ലഭിക്കുന്ന 0.2 A വൈദ്യുത പ്രവാഹം 10 Ω പ്രതിരോധം വഴി കടന്നുപോകുന്നു. ഈ സെല്ലിലെ ആന്തരിക പ്രതിരോധം എന്നത്

a) 0.2 Ω b) 0.5 Ω

c) 0.8 Ω d) 1.0 Ω

14. ഒരു കഷ്ണം ചെമ്പ്, ജെർമാനിയം എന്നിവയെ മുറിയുടെ താപനിലയിൽ നിന്നും 80 K താപനിലയിൽ തണുപ്പിക്കുമ്പോൾ, അവയുടെ പ്രതിരോധം

a) ഓരോന്നും അധികരിക്കുന്നു

b) ഓരോന്നും കുറയുന്നു

c) ചെമ്പ് കൂടുന്നു, ജെർമാനിയം കുറയുന്നു

d) ചെമ്പ് കുറയുന്നു, ജെർമാനിയം കൂടുന്നു

15. ജൂൾ താപീകരണ നിയമത്തിൽ R, t എന്നിവ സ്ഥിരമാകുമ്പോൾ, y അക്ഷത്തിൽ H ഉം, x അക്ഷത്തിൽ I^2 ഉം എടുത്താൽ ഗ്രാഫ്

a) നേർരേഖ b) പാരബോള

c) ഗോളം d) ദീർഘവൃത്തം

ഉത്തരങ്ങൾ

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 ഉത്തരങ്ങൾ ചുരുക്കി എഴുതുക

1. വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഒരു സ്കെയിലാർ ആകുന്നു. എന്തുകൊണ്ട്?
2. വൈദ്യുത പ്രവാഹ സാന്ദ്രത നിർവ്വചിക്കുക.
3. ഡിഫ്റ്റ് പ്രവേഗവും, ഗതിശീലതയും തമ്മിൽ വേർതിരിച്ചെഴുതുക.

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 119 2/15/2023 12:35:34 PM

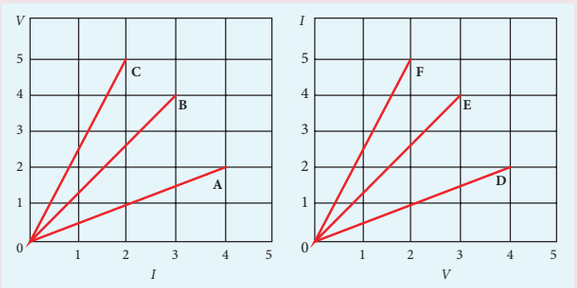
4. ഓം നിയമത്തിന്റെ മൈക്രോസ്കോപ്പിക് രൂപം പ്രസ്ഥാവിക്കുക.
5. ഓം വിധിയുടെ മാക്രോസ്കോപ്പിക് രൂപം പ്രസ്ഥാവിക്കുക
6. ഓമിക്, ഓമിക് അല്ലാത്ത ഉപകരണങ്ങൾ എന്താണ്?
7. വൈദ്യുത പ്രതിരോധകത നിർവ്വചിക്കുക.
8. പ്രതിരോധകതാ താപനില ഗുണാങ്കം - നിർവ്വചിക്കുക.
9. സൂപ്പർകൺടക്ടറുകളെ കുറിച്ച് ചെറുകുറിപ്പ് എഴുതുക?
10. വൈദ്യുത പവ്വർ, വൈദ്യുത ഊർജ്ജം എന്നാൽ എന്താണ്??
11. ഒരു വൈദ്യുത സർക്യൂട്ടിൽ പവ്വർ P=VI നായുള്ള പദപ്രയോഗം കണ്ടുപിടിക്കുക.
12. ഒരു വൈദ്യുത സർക്യൂട്ടിലെ പവ്വറിന്റെ വ്യത്യസ്ത രൂപങ്ങൾ എഴുതുക.
13. കിർച്ചോഫിന്റെ വൈദ്യുതപ്രവാഹ നിയമം നിർവ്വചിക്കുക.
14. കിർച്ചോഫിന്റെ വോൾട്ടതാ നിയമം നിർവ്വചിക്കുക.
15. പൊട്ടൻഷ്യോമീറ്ററിന്റെ തത്വം നിർവ്വചിക്കുക.
16. ഒരു സെല്ലിലെ ആന്തരിക പ്രതിരോധം കൊണ്ട് അർത്ഥമാക്കുന്നത് എന്താണ്?
17. ജൂൾ താപീകരണ നിയമം നിർവ്വചിക്കുക.
18. സീബക്ക് പ്രഭാവം എന്നാൽ എന്ത്?
19. തോംസൺ പ്രഭാവം എന്നാൽ എന്ത്?
20. പെൽറ്റിയർ പ്രഭാവം എന്നാൽ എന്ത്?
21. സീബക്ക് പ്രഭാവത്തിന്റെ ഉപയോഗങ്ങൾ നിർവ്വചിക്കുക.

III ഉത്തരങ്ങൾ വിവരിച്ചെഴുതുക

1. വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന്റെ മൈക്രോസ്കോപ്പിക് മോഡലും, ഓം നിയമത്തിന്റെ മൈക്രോസ്കോപിക് മാതൃക വിവരിക്കുക.
2. മൈക്രോസ്കോപ്പിക് രൂപത്തിൽ നിന്നും ഓം നിയമത്തിന്റെ മാക്രോസ്കോപ്പിക് രൂപം കണ്ടുപിടിക്കുക? ഇവയുടെ അതിർവരമ്പുകളും ചർച്ച ചെയ്യുക.
3. ശ്രേണീരീതി, സമാന്തര രീതിയിലുള്ള പ്രതിരോധക നെറ്റ്വർക്കിലെ സഫല പ്രതിരോധം വിവരിക്കുക.
4. വോൾട്ട്മീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് ഒരു സെല്ലിലെ ആന്തരിക പ്രതിരോധം നിർണ്ണയിക്കുക.
5. കിർച്ചോഫിന്റെ നിയമങ്ങളെ നിർവ്വചിക്കുകയും, വിവരിക്കുകയും ചെയ്യുക.
6. വീറ്റ്സ്റ്റൺ ബ്രിഡ്ജിലെ, ബ്രിഡ്ജ് സമനിലയ്ക്കുള്ള നിബന്ധന കണ്ടുപിടിക്കുക.
7. മീറ്റർ ബ്രിഡ്ജ് ഉപയോഗിച്ച് അജ്ഞാത പ്രതിരോധത്തെ നിർണ്ണയിക്കുക.
8. പൊട്ടൻഷ്യോമീറ്റർഉപയോഗിച്ച്രണ്ടുസെല്ലുകളുടെ emf താരതമ്യപ്പെടുത്തുന്നത് എങ്ങനെ?

IV കണക്കുകൾ

1. ആറു ചാലകങ്ങളായ A,B,C,D,E, F ന്റെ വൈദ്യുതപ്രവാഹത്തിനും,വോൾട്ടതയ്ക്കും തമ്മിലുള്ള ഗ്രാഫും, വോൾട്ടതയ്ക്കും, വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിനും തമ്മിലുള്ള ഗ്രാഫും താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. ഏതു ചാലകത്തിനാണ് ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ പ്രതിരോധം എന്നും ഏതിനാണ് വളരെ കൂടിയ പ്രതിരോധം എന്നും കണ്ടുപിടിക്കുക?



ഉത്തരം: കുറഞ്ഞത്: $R_F = 0.4\ \Omega$, കൂടിയത് $R_C = 2.5\ \Omega$

2. സ്വാഭാവിക വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിനുള്ള ഏറ്റവും നല്ല ഉദാഹരണമാണ്, മിന്നൽ. സാധാരണ മിന്നലിൽ, 0.2 s സമയദൈർഘ്യത്തിൽ, 5×10^7 V പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസത്തിനു കുറുകെ കൈമാറുന്ന ഊർജ്ജം 10^9 J ആകുന്നു.



Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 120 2/15/2023 12:35:34 PM

ഈ അറിവുകൾ ഉപയോഗിച്ച്, താഴെ പറയുന്ന അളവുകൾ കണ്ടുപിടിക്കുക. (a) മേഘങ്ങൾക്കും, തറയ്ക്കുമിടയിൽ കൈമാറപ്പെടുന്ന ചാർജ്ജിന്റെ മൊത്ത അളവ് (b) മിന്നൽപ്പിളരിൽ ഉണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹം. (c) 0.2 s ൽ കൈമാറപ്പെടുന്ന പവ്വർ.

ഉത്തരം: ചാർജ്ജ് = 20 C, I = 100 A, P = 5 GW

3. $10^{-6}\,m^2$ ഛേദതല വിസ്തീർണ്ണമുള്ള ഒരു ചെമ്പുകമ്പി വഹിക്കുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹം 2 A ആകുന്നു. കമ്പിയിൽ ഒരു ക്യൂബിക് മീറ്ററിൽ ഉള്ള സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം 8×10^{28} ആണെങ്കിൽ, ഇലക്ട്രോണുകളുടെ വൈദ്യുത പ്രവാഹ സാന്ദ്രത, ശരാശരി ഡ്രിഫ്റ്റ് പ്രവേഗം എന്നിവ കണ്ടുപിടിക്കുക?

ഉത്തരം: $J = 2 \times 10^6\ Am^{-2}$

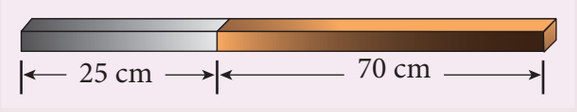
$v_d = 15.6 \times 10^{-5}\ ms^{-1}$

4. 20^0C-ൽ നിക്രോം കമ്പിയുടെ പ്രതിരോധം 10 Ω ആകുന്നു. നിക്രോമിന്റെ പ്രതിരോധകതാ താപനില ഗുണാങ്കം $0.004/^0C$ ആണെങ്കിൽ, ജലത്തിന്റെ തിളനിലയിൽ, കമ്പിയുടെ പ്രതിരോധം കണ്ടുപിടിക്കുക. ഉത്തരത്തിന്റെ അഭിപ്രായമിടുക?

ഉത്തരം : $R_T = 13.2\ \Omega$.

താപനില കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച്, കമ്പിയുടെ പ്രതിരോധം കൂടുന്നു.

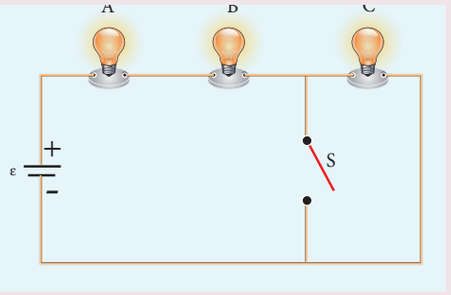
5. ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന ദണ്ഡ് രണ്ടു വ്യത്യസ്ത പദാർത്ഥങ്ങളാൽ ഉണ്ടാക്കിയിരിക്കുന്നു.



രണ്ടിനും 3 മി.മീ വശമുള്ള ചതുര ഛേദതലങ്ങൾ കാണുന്നു. ആദ്യ പദാർത്ഥത്തിന്റെ പ്രതിരോധകത $4 \times 10^{-3}\ \Omega m$ ഉം രണ്ടാമത്തെ പദാർത്ഥത്തിന്റെ പ്രതിരോധകത $5 \times 10^{-3}\ \Omega m$ ഉം ആകുന്നു. ദണ്ഡിന്റെ ഇരു വശങ്ങൾക്കും ഇടയിലുള്ള പ്രതിരോധം എന്താണ്?

ഉത്തരം : 500 Ω

6. R പ്രതിരോധമുള്ള മൂന്നു സമാനമായ വിളക്കുകൾ ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ emf ε ഉള്ള ഒരു ബാറ്ററിയുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.



വേഗത്തിൽ സ്വിച്ച് S അടയുന്നു. (a) തുറന്നിരിക്കുമ്പോഴും, അടഞ്ഞിരിക്കുമ്പോഴും സർക്യൂട്ടിലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹം കണ്ടുപിടിക്കുക? (b) A, B, C എന്നീ ബൾബുകളുടെ തീവ്രതയ്ക്ക് എന്തു സംഭവിക്കുന്നു (c) S തുറന്നിരിക്കുമ്പോഴും, അടഞ്ഞിരിക്കുമ്പോഴും ബൾബുകൾക്ക് കുറുകെയുള്ള വോൾട്ടത കണ്ടുപിടിക്കുക? (d) S തുറന്നും, അടഞ്ഞും ഇരിക്കുമ്പോൾ, സർക്യൂട്ടിനും കൈമാറുന്ന പവ്വർ കണ്ടുപിടിക്കുക? (e) സർക്യൂട്ടിനും കൈമാറുന്ന പവ്വർ കുറയുമോ, കൂടുമോ അല്ലെങ്കിൽ സമമായിരിക്കുമോ?

ഉത്തരം :

വൈദ്യുത അളവുകൾ	സ്വിച്ച് S തുറന്നിരിക്കുന്നു	സ്വിച്ച് S അടഞ്ഞിരിക്കുന്നു
a) വൈദ്യുത പ്രവാഹം	$\frac{\varepsilon}{3R}$	$\frac{\varepsilon}{2R}$
b) വോൾട്ടത	$V_A = \frac{\varepsilon}{3}$ $V_B = \frac{\varepsilon}{3}$ $V_C = \frac{\varepsilon}{3}$	$V_A = \frac{\varepsilon}{2}$ $V_B = \frac{\varepsilon}{2}$ $V_C = 0$
c) പവ്വർ	$P_A = \frac{\varepsilon^2}{9R}$ $P_B = \frac{\varepsilon^2}{9R}$ $P_C = \frac{\varepsilon^2}{9R}$	$P_A = \frac{\varepsilon^2}{4R}$ $P_B = \frac{\varepsilon^2}{4R}$ $P_C = 0$ മൊത്ത പവ്വർ കൂടുന്നു
d) തീവ്രത	എല്ലാ ബൾബുകളും സമതീവ്രതയോടെ എരിയുന്നു	ബൾബുകൾ A, B യുടെ തീവ്രതകൾ സമമായി കൂടുന്നു. ബൾബ് C എരിയുന്നില്ല. കാരണം ഇതുവഴി വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഉണ്ടാകുന്നില്ല.
e) കൂടുന്നു		

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 121 2/15/2023 12:35:35 PM

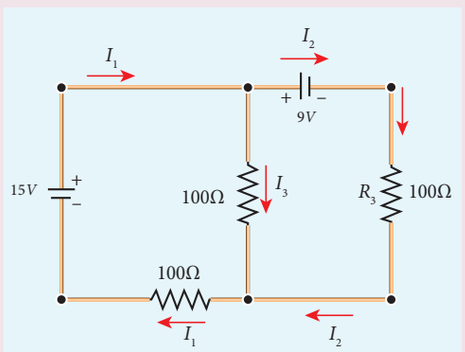
7. ഇലക്ട്രോണിക് വിനോദങ്ങളിൽ താൽപര്യം ഉള്ളവർ ഒരു റേഡിയോ ഉണ്ടാക്കുന്നു. നിർമ്മിക്കുന്നത് അവയുടെ സർക്യൂട്ടിൽ 150 Ω പ്രതിരോധം. ആവശ്യമാകുന്നു എന്നാൽ അവയ്ക്ക് ലഭ്യമായിട്ടുള്ള പ്രതിരോധങ്ങൾ 220 Ω, 79 Ω, 92 Ω എന്നിവ മാത്രമാണ്. ആവശ്യമുള്ള പ്രതിരോധത്തിന്റെ വില ലഭിക്കുന്നതിനായി ലഭ്യമായ പ്രതിരോധങ്ങളെ എങ്ങനെ അവർ ബന്ധിപ്പിക്കും?

ഉത്തരം : 220 Ω, 79 Ω കളുടെ സമാന്തര സംയോജനം 92 Ω മായി ശ്രേണീരീതിയിൽ

8. ഒരു സെൽ, 2 Ω പ്രതിരോധം വഴി 0.9 A വൈദ്യുത പ്രവാഹവും, 7 Ω പ്രതിരോധം വഴി 0.3 A വൈദ്യുത പ്രവാഹവും വിതരണം ചെയ്യുന്നു. സെല്ലിന്റെ ആന്തരിക പ്രതിരോധം കണ്ടുപിടിക്കുക?

ഉത്തരം : 0.5 Ω

9. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന സർക്യൂട്ടിലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹങ്ങൾ കണ്ടുപിടിക്കുക?

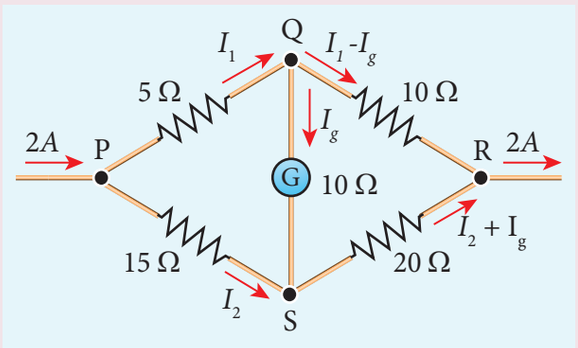


ഉത്തരം : $I_1 = 0.070$ A, $I_2 = -0.010$ A
കൂടാതെ $I_3 = 0.080$ A

10. ഒരു പൊട്ടൻഷ്യോമീറ്റർ വയറിന്റെ നീളം 4 m ഉം പ്രതിരോധം 20 Ω ഉം ആകുന്നു. ഇതിനെ 2980 Ω പ്രതിരോധം 4 V ഇ.എം.എഫ്. ഉള്ള ഒരു സെൽ എന്നിവയുമായ ശ്രേണീരീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. കമ്പിയിലൂടെയുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ ഗ്രേഡിയന്റ് കണ്ടുപിടിക്കുക?

ഉത്തരം : പൊട്ടൻഷ്യൽ = 0.65×10^{-2} V m^{-1}.

11. ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഗാൽവനോമീറ്റർ (G) വഴി ഒഴുകുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹം കണ്ടുപിടിക്കുക?



ഉത്തരം : $I_g = \frac{1}{11}$ A

12. ഓരോന്നും 5V വരുന്ന രണ്ടു സല്ലുകൾ 8 Ω പ്രതിരോധത്തിന് ശ്രേണിയായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. അതോടൊപ്പം 4 Ω, 6 Ω, 12 Ω എന്നീ മൂന്നു സമാന്തര പ്രതിരോധങ്ങളും ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. മുകളിൽ പറഞ്ഞിരിക്കുന്ന ക്രമീകരണത്തിന് ഒരു സർക്യൂട്ട് ഡയഗ്രം വരയുക. (i) സെല്ലിൽ നിന്നും ലഭിക്കുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹം, (ii) ഓരോ പ്രതിരോധത്തിനും കുറുകെയുള്ള വൈദ്യുത പ്രവാഹം എന്നിവ കണ്ടുപിടിക്കുക.

ഉത്തരം :

i) 8 Ω കുറുകെയുള്ള വൈദ്യുത പ്രവാഹം = 1A

ii) 4 Ω ലൂടെയുള്ള വൈദ്യുത പ്രവാഹം $I = \frac{2}{4} = 0.5$A,

6 Ω ലൂടെയുള്ള വൈദ്യുത പ്രവാഹം $I = \frac{2}{6} = 0.33$A,

12 Ω ലൂടെയുള്ള വൈദ്യുത പ്രവാഹം $I = \frac{2}{12} = 0.17$A

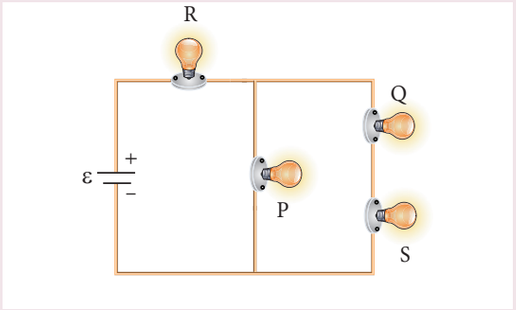
13. അജ്ഞാതമായ ക്രമീകരണത്തിന്റെ സർക്യൂട്ടിൽ നാലു ബൾബുകൾ P, Q, R, S ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഓരോ ബൾബും ഒരു സമയം നീക്കം ചെയ്യുകയും, പകരം വയ്ക്കുകയും ചെയ്യുമ്പോൾ, താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന സ്വഭാവം കാണിക്കുന്നു

	P	Q	R	S
P നീക്കം ചെയ്യുന്നു	*	കത്തുന്നു	കത്തുന്നു	കത്തുന്നു
Q നീക്കം ചെയ്യുന്നു	കത്തുന്നു	*	കത്തുന്നു	അണയുന്നു
R നീക്കം ചെയ്യുന്നു	അണയുന്നു	അണയുന്നു	*	അണയുന്നു
S നീക്കം ചെയ്യുന്നു	കത്തുന്നു	അണയുന്നു	കത്തുന്നു	*

ഈ ബൾബുകളുടെ സർക്യൂട്ട് ഡയഗ്രം വരയുക.

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 122 2/15/2023 12:35:36 PM

ഉത്തരം :



14. ഒരു പൊട്ടൻഷ്യോ മീറ്റർ, ക്രമീകരണത്തിൽ, ഇ.എം.എഫ്. 1.25 V ഉള്ള ഒരു സെൽ, 35 cm നീളമുള്ള കമ്പിയിൽ, ഒരു സമനില ബിന്ദു നൽകുന്നു. സെല്ലിനു പകരം, മറ്റൊരു സെൽ മാറ്റുകയും സമനില ബിന്ദു 63 cm ആയി, മാറുകയും ചെയ്താൽ, രണ്ടാമത്തെ സെല്ലിന്റെ ഇ.എം.എഫ്.എന്തായിരിക്കും.

ഉത്തരം : രണ്ടാമത്തെ സെല്ലിന്റെ emf 2.25 V ആകുന്നു

പരാമർശ ഗ്രന്ഥങ്ങൾ :

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.

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 123 2/15/2023 12:35:37 PM

ICT കോർണർ

വൈദ്യുത പ്രവാഹം

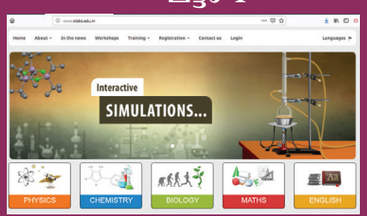
(a)സെല്ലുകളുടെ പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം കണക്കാക്കൽ (b) തന്നിട്ടുള്ള പ്രാരംഭ സെല്ലിലെ ആന്തരിക പ്രതിരോധം കണക്കാക്കൽ തുടങ്ങിയവ ഈ പ്രവർത്തനത്തിൽ നിന്നും മനസ്സിലാക്കുന്നു

വിഷയം: പൊട്ടൻഷ്യോമീറ്റർ

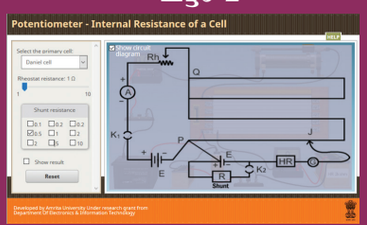
ഘട്ടങ്ങൾ:

- ബ്രൗസ്സറിൽ "olabs.edu.in" എന്ന് ടൈപ്പ് ചെയ്യുക. physics tab ക്ലിക്ക് ചെയ്ത് class 12 ലെ ക്ലിക്ക് ചെയ്യുക. "Potentiometer-Internal Resistance of a Cell" ൽ പോയി പരീക്ഷണം നിരീക്ഷിക്കുക.
- "show circuit diagram" എന്ന tab നെ ക്ലിക്ക് ചെയ്ത് അതിലെ ചിത്രത്തിന് അനുസരിച്ച് സർക്യൂട്ട് രൂപീകരിക്കുക. മൗസ്സ് ഉപയോഗിച്ച് വൈദ്യുത ഉപകരണങ്ങളെ തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിക്കാം.
- കമ്പിയുടെ ഇരു അഗ്രങ്ങളിലും ജോക്കിയെ ചലിപ്പിച്ച് സർക്യൂട്ട് ബന്ധനം ശരിയാണോ എന്ന് പരിശോധിക്കുക. ഗാൽവനോമീറ്റർ വിപരീത ദിശയിൽ വ്യതിചലനം കാണിക്കുകയാണെങ്കിൽ സർക്യൂട്ട് ബന്ധനം ശരിയാണ് (രണ്ട് കീകളും ഒന്നിൽ വയ്ക്കുക)

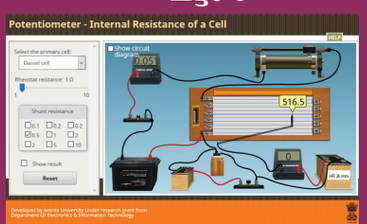
ഘട്ടം 1



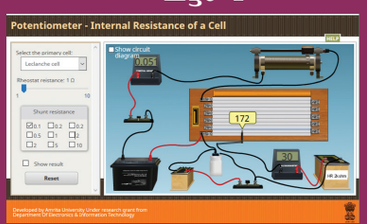
ഘട്ടം 2



ഘട്ടം 3



ഘട്ടം 4



(സംതുലിത നീളം കണക്കാക്കുക. നിരീക്ഷിക്കപ്പെട്ട സംതുലിത നീളങ്ങൾക്ക് ആന്തരിക പ്രതിരോധം കണക്കാക്കുക. പരീക്ഷണം അഞ്ച് പ്രാവശ്യം ആവർത്തിച്ച് ശരാശരി എടുക്കുക).

കുറിപ്പ്:

1. സിമുലേഷൻ ചെയ്യുന്നതിന് ഒറ്റ സമയം സൈൽ അപ്പ് ആവശ്യമാണ് തുടർന്ന് ആ ഉപയോക്തൃനാമവും പാസ്വേഡും ഉപയോഗിച്ച് ലോഗിൻ ചെയ്യുക.
2. അനുബന്ധം ടേബ് ക്ലിക്ക് ചെയ്ത് സിദ്ധാന്തം, പ്രവർത്തന രീതി, അനിമേഷൻ എന്നിവ നിരീക്ഷിക്കുക.

URL:

http://amrita.olabs.edu.in/?sub=1&brch=6&sim=147&cnt=4

EM6U1

* ചിത്രങ്ങൾ സൂചകങ്ങൾ മാത്രമാണ്.

* ആവശ്യമെങ്കിൽ **ഫ്ളാഷ് പ്ലേയർ** അല്ലെങ്കിൽ **ജാവാ സ്ക്രിപ്റ്റ്** അനുവദിക്കുക.

Mal_UNIT-2(XII-Physics_Vol-1).indd 124 2/15/2023 12:35:38 PM

അദ്ധ്യായം

3

കാന്തികതയും വിദ്യുത്ധാരയാൽ ഉണ്ടാകുന്ന കാന്തിക പ്രഭാവവും

"കാന്തികശക്തി ഒരു ആത്മാവിനെ ആനിമേറ്റ് ചെയ്യുന്നു, അല്ലെങ്കിൽ അനുകരിക്കുന്നു. ഒരു ജൈവ ശരീരവുമായി ഐക്യപ്പെട്ടിരിക്കുമ്പോൾ അതു പല രീതിയിലും മനുഷ്യ ആത്മാവിനെ അതിജീവിക്കുന്നു " – വില്യം ഗിൽബേർട്ട്

പഠന ലക്ഷ്യങ്ങൾ

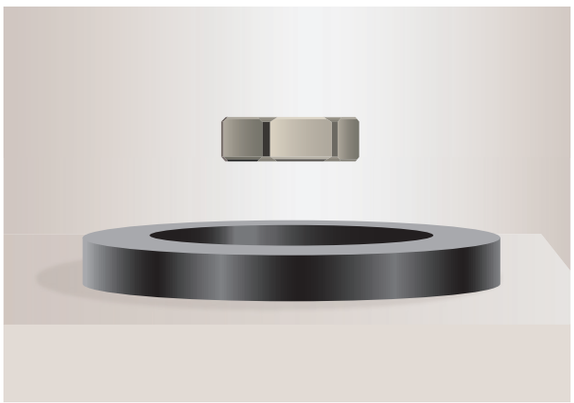
ഈ അധ്യായത്തിൽ വിദ്യാർത്ഥി മനസിലാക്കുന്നത്

- ഭൂമിയുടെ കാന്തികക്ഷേത്രവും കാന്തിക മൂലകങ്ങളും
- കാന്തങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാന ഗുണങ്ങൾ
- കൂലോംബ് വിപരീത വർഗ്ഗനിയമത്തിന്റെ കാന്തികത
- കാന്തിക ദ്വിധ്രുവം
- അക്ഷീയ രേഖയ്ക്കും മധ്യരേഖയ്ക്കും ഒപ്പം ഒരു ദ്വിധ്രുവം കാരണം ഉണ്ടാകുന്ന കാന്തികപ്രേരണം
- ഏകീകൃത കാന്തികക്ഷേത്രത്തിലെ ദണ്ഡ കാന്തത്തിന്റെ ആഘൂർണ്ണം
- ഏകീകൃത കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിൽ സ്ഥാപിച്ചിരിക്കുന്ന ദണ്ഡകാന്തത്തിന്റെ സ്ഥിതികോർജ്ജം
- കാന്തിക സവിശേഷതകൾ – പ്രവേശനക്ഷമത, കാന്തിക സ്വാധീനം, തുടങ്ങിയവ
- കാന്തിക വസ്തുക്കളുടെ വകഭേദങ്ങൾ – ഡയ, പാരാ, ഫെറോ, കാന്തിക വസ്തുക്കൾ
- ഹിസ്റ്ററിസിസ് ആശയം
- വൈദ്യുത ധാരയാലുണ്ടാകുന്ന കാന്തിക പ്രഭാവങ്ങൾ – നീളമുള്ള നേരായ ചാലകത്തിലെയും, വൃത്താകൃതിയിലുള്ള കമ്പിച്ചുരുളിന്റെയും കാന്തിക പ്രഭാവങ്ങൾ
- വലതു കൈവിരൽ നിയമവും മാക്സ്വെല്ലിന്റെ വലതു കൈ കോർക്ക് സ്ക്രൂ നിയമവും
- ബയോട്ട് – സവർട്ടിന്റെ നിയമവും അതിന്റെ പ്രായോഗികതയും
- വൈദ്യുത വലയം ഒരു കാന്തിക ധ്രുവമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു
- ചുഴലുന്ന ഇലക്ട്രോണിന്റെ കാന്തിക ദ്വിധ്രുവമൊമന്റ്
- ആംപിയറിന്റെ സർക്യൂട്ടൽ നിയമവും അതിന്റെ പ്രായോഗികതയും
- സോളിനോയിഡും ടോറോയിഡും വൈദ്യുത കാന്തിക മണ്ഡലത്തിൽ ചലിക്കുന്ന വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട ലോറൻസ് ബലം
- ഒരു കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെട്ട ചാലകങ്ങളിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ബലം
- ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെട്ട രണ്ടു സമാന്തര ചാലകങ്ങൾക്കിടയിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ബലം
- കാന്തിക മണ്ഡലത്തിൽ വെച്ചിട്ടുള്ള വൈദ്യുത വലയത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ആഘൂർണ്ണം
- ചലിക്കുന്ന കമ്പിച്ചുരുൾ ഗാൽവനോമീറ്റൽ

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 125 2/15/2023 12:51:12 PM

3.1

കാന്തികത ആമുഖം



ചിത്രം 3.1: കാന്തിക പ്ലവനത

കാന്തം അതിന്റെ കാന്തിക സവിശേഷതകളാൽ ഏവരേയുംആകർഷിക്കും എന്നുള്ളതിൽ യാതൊരു സംശയവുമില്ല.(ചിത്രം3.1ശ്രദ്ധിക്കുക)ഒരുആധുനികആഡംബരജീവിതംനയിക്കുന്നതിനായിഅതിന്റെനൻമകളെ ലോകജനത അറിയേണ്ടതുണ്ട് കാന്തങ്ങളെ കുറിച്ചുള്ള പഠനം നിരവധി നൂറ്റാണ്ടുകളായി നമ്മുടെ ലോകമെമ്പാടുമുള്ള ശാസ്ത്രജ്ഞരെ ആകർഷിക്കുന്നു. ഇപ്പോൾ പോലും കാന്തങ്ങളെ കുറിച്ചുള്ള ഗവേഷണത്തിനുള്ള വാതിൽ തുറന്നിരിക്കുന്നു.

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

ഭൂമിയുടെ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിനെ പ്രയോജനപ്പെടുത്തി ദിശയറിയാൻ പല പക്ഷികളുടെയും മൃഗങ്ങളുടെയും കണ്ണുകളിൽ കാന്തിക സംവേദകമുണ്ട് അതിനെ അവ കടൽ സഞ്ചാരത്തിനായി പ്രയോജനപ്പെടുത്തുന്നു.



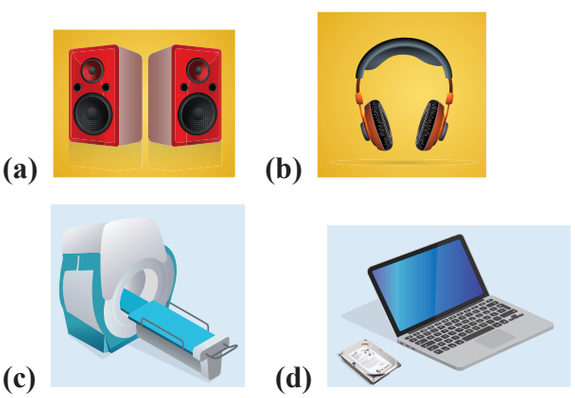
കണ്ണുകളിൽ കാന്തിക സംവേദനം കണ്ണിലെ റെറ്റിനയിലുള്ള പ്രോട്ടീൻ ക്രിപ്റ്റോക്രോമസ് Cry4 ന്റെ പ്രവർത്തനത്താൽ ഭൂമിയുടെ കാന്തികക്ഷേത്രത്തെ പ്രയോജനപ്പെടുത്തി സീബ്രാഫ്രിൻജസ്സ് പക്ഷി കടൽ സഞ്ചാരം നടത്തുന്നു.

പ്രപഞ്ചം മുഴുവൻ ചെറിയ കണികകളായ ഇലക്ട്രോൺ മുതൽ എല്ലായിടത്തും കാന്തികത നിലനിൽക്കുന്നു. ചരിത്രപരമായി കാന്തികത എന്ന വാക്ക് ഇരുമ്പിന്റെ അയിരായ മാഗ്നറ്റൈറ്റിൽ (Fe_3O_4) നിന്നാണ് ഉരുത്തിരിഞ്ഞത്. പ്രാചീന കാലങ്ങളിൽ കടൽസഞ്ചാരത്തിനായി കാന്തിക കോമ്പസുകളിലും, കാന്തിക ചികിത്സയ്ക്കും മാജിക് ഷോകളിലും കാന്തങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ചിരിക്കുന്നു.

ആധുനിക കാലത്ത് നമ്മുടെ ദൈനംദിന ജീവിതത്തിൽനാംഉപയോഗിക്കുന്നമിക്കവസ്തുക്കളിലുംകാന്തങ്ങൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. (ചിത്രം 3.2) മോട്ടോറുകൾ, സൈക്കിൾ ഡൈനാമോ, ഉച്ചഭാഷിണി, ഓഡിയോ കൂടാതെ വീഡിയോ റെക്കോർഡുകളിൽ ഉപയോഗിക്കുന്ന കാന്തിക നാടകൾ, മൊബൈൽ ഫോണുകൾ, ഹെഡ് ഫോണുകൾ, സിഡി, വെൻറൈഡവ്, ലാപ്ടോപ്പിന്റെ ഹാൻഡ് ഡിസ്ക്, റഫ്രിജറേറ്റിന്റെ വാതിലുകൾ, ജനറേറ്ററുകൾ എന്നിവ ചില ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.

പ്രാചീനകാലങ്ങളിൽവൈദ്യുതിയുംകാന്തികതയും ഊർജ്ജതന്ത്രത്തിലെ രണ്ട് സ്വതന്ത്ര ശാഖകളായി കരുതിയിരുന്നു. 1820 ൽ വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന കമ്പിയുടെ അരുകിൽവച്ചിട്ടുള്ള കാന്തസൂചിവ്യതിചലിക്കുന്നതായി എച്ച്.സി ഒയർസ്റ്റെഡ് നിരീക്ഷിച്ചു. ഈ കണ്ടുപിടിത്തം. ഊർജ്ജതന്ത്രത്തിലെ രണ്ട് വ്യത്യസ്ത വിഭാഗങ്ങളായ വിദ്യുശക്തിയെയും കാന്തികതയെയും ഏകീകരിച്ച് വിദ്യുത്കാന്തികത എന്ന ഏകീയ വിഷയമാക്കി മാറ്റി.

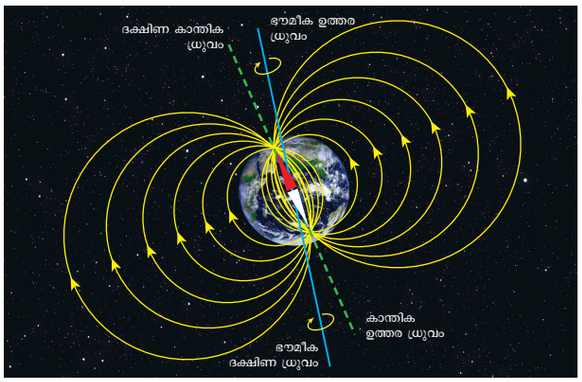
ഈ അധ്യായത്തിൽ കാന്തങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തെപ്പറ്റിയും അവയുടെ ഗുണങ്ങളെപ്പറ്റിയും പഠിക്കാം. പിന്നീട് എങ്ങനെയാണ് വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന ചാലകം (ഇവിടെ കാലത്തിനനുസരിച്ച് മാറുന്ന വൈദ്യുതി അല്ലാതെ സ്ഥിര വൈദ്യുതിയാണ് കണക്കാക്കുന്നത്) കാന്തമായിട്ട് പ്രവർത്തിക്കുന്നു എന്നതിനെ കുറിച്ച് പ്രതിപാദിക്കുന്നു



ചിത്രം 3.2 ആധുനിക ലോകത്ത് കാന്തങ്ങളുടെ പ്രയോജനങ്ങൾ – (a) ഉച്ചഭാഷിണി (b) ഹെഡ് ഫോൺ (c) MRI സ്കാൻ (d) ലാപ്ടോപിന്റെ ഹാർഡ് ഡിസ്ക്

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 126 2/15/2023 12:51:13 PM

3.1.1 ഭൂമിയുടെ കാന്തികക്ഷേത്രവും കാന്തിക മൂലകങ്ങളും



ചിത്രം 3.3 ഭൂമിയുടെ കാന്തികക്ഷേത്രം

താഴെക്ലാസ്സുകളിൽ പഠിച്ചിട്ടുള്ള പ്രവർത്തനങ്ങളിൽ നിന്ന് വെറുതെ തൂക്കിയിട്ടുള്ള കാന്തസൂചി ഭൂമിയുടെ ഉത്തര ദക്ഷിണ ദിശയിൽ തുലനം ചെയ്യുന്നതായി മനസ്സിലാക്കാം.

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

1600-ൽ വില്യം ഗിൽബെർട്ട് ഭൂമി ഒരു ഭൃഗത്തായ ശക്തിയുള്ള ദണ്ഡ കാന്തത്തെപ്പോലെ പ്രവർത്തിക്കുന്നു എന്ന് കണ്ടുപിടിച്ചു. പക്ഷേ ഈ സിദ്ധാന്തം വിജയിച്ചില്ല. കാരണമെന്തെന്നാൽ ഭൂമിയ്ക്കുള്ളിലെ താപനില വളരെ കൂടുതലാണ് ആയതിനാൽ ഒരു കാന്തത്തിന് അതിന്റെ കാന്തികതയെ നിലനിർത്താൻ സാധിക്കുന്നില്ല.

സൂര്യനിൽ നിന്ന് പ്രവഹിക്കുന്ന താപരശ്മികളാണ് ഭൂമിയുടെ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിനു കാരണമെന്ന് ഗവർ നിർദ്ദേശിച്ചത്. ഈ കിരണങ്ങൾ ഭൂമധ്യരേഖയ്ക്കരികിലുള്ള കാറ്റിനെ താപീകരിക്കുന്നു. ഒരു തവണ കാറ്റ് ചൂടായിക്കഴിഞ്ഞാൽ അത് മുകളിലോട്ട് ചെല്ലുകയും ഭൂമിയുടെ ഉത്തര ദക്ഷിണ അർദ്ധഗോളങ്ങൾക്കരികേ നീങ്ങുകയും അവിടെ വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഭൂമിയുടെ പ്രതലത്തിലുള്ള ഫെറോകാന്തിക വസ്തുക്കളെ കാന്തീകരിക്കുന്നതിന് ഇവ കാരണമാകുന്നു. ഭൂമിയുടെ കാന്തികതയെപ്പറ്റി വളരെ അധികം സിദ്ധാന്തങ്ങൾ നിർദ്ദേശിച്ചിട്ടുണ്ട് എന്നാൽ ഒരു സിദ്ധാന്തവും പൂർണ്ണമായി അതിന്റെ കാന്തികതയെപ്പറ്റി വിശദീകരിച്ചിട്ടില്ല.

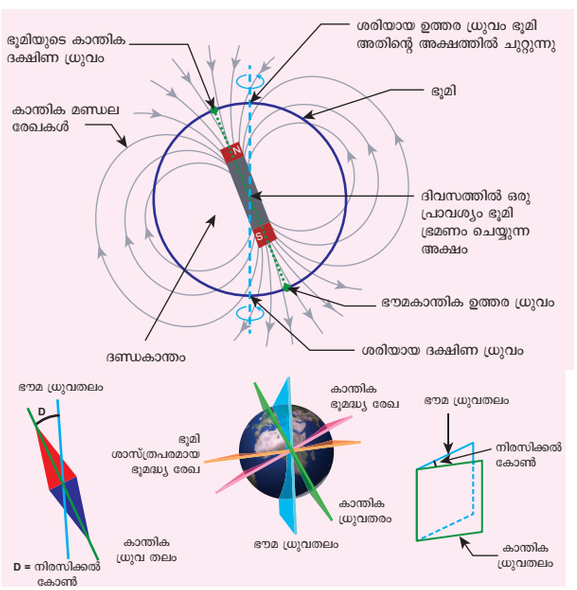
കാന്തസൂചിയുടെ ഉത്തരധ്രുവം ഭൂമി ശാസ്ത്രപരമായി ഭൂമിയുടെ ഉത്തരധ്രുവത്തിന് അരികിലുള്ള കാന്തസൂചിയുടെദക്ഷിണധ്രുവത്താൽആകർഷിക്കപ്പെടുന്നു. (ചിത്രം 3.3) ഇതേ രീതിയിൽ തന്നെ കാന്തസൂചിയുടെ ദക്ഷിണധ്രുവം ഭൂമിശാസ്ത്രപരമായി ഭൂമിയുടെ ഉത്തര ധ്രുവത്തിനടുത്തുള്ള കാന്ത സൂചിയുടെ ഉത്തരധ്രുവത്താൽ ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നു. ഭൂമിയുടെ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിനെ കുറിച്ചുള്ള ഊർജ്ജതന്ത്രത്തിന്റെ വിഭാഗത്തിനെ ജിയോ മാഗ്നറ്റിസം അല്ലെങ്കിൽ ടെറസ്ട്രിയൽ മാഗ്നറ്റിസം എന്ന് പറയുന്നു.

ഭൂമിയുടെ പ്രതലത്തിൽ അതിന്റെ കാന്തിക മണ്ഡലത്തെ പ്രതിപാദിക്കുന്നതിനായി മൂന്ന് അളവുകൾ ആവശ്യമായി വരുന്നു. ഇവയെ നാം ഭൂമിയുടെ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ ഘടകങ്ങൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു. അവ

(a) കാന്തിക തകർച്ച (D)

(b) കാന്തിക ചായ്വ് അല്ലെങ്കിൽ ചെരിവ് (I)

(c) ഭൂമിയുടെ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ തിരശ്ചീന ഘടകം (B_H)



ചിത്രം 3.4 നിരസിക്കൽ കോൺ

ഭൂമി തന്റെ ഭൗമതല അക്ഷത്തിൽ കറങ്ങുന്നതിനാൽ രാവും പകലും ഉണ്ടാകുന്നു. ഭൂമിയുടെ ഭൗമതല അക്ഷത്തിന് ലംബമായി കടന്നു ചെല്ലുന്ന തലത്തെ ജിയോഗ്രാഫിക് മെറിഡിയൻ എന്നും കൂടാതെ ഭൂമിയുടെ ഭൗമതല അക്ഷത്തിന് ലംബമായിട്ടുള്ള വലിയ വൃത്തത്തെ ജിയോഗ്രാഫിക് മധ്യരേഖ എന്നും വിളിക്കുന്നു.

ഭൂമിയുടെ കാന്തിക ധ്രുവങ്ങളെ ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന നേർരേഖയെ കാന്തിക അക്ഷം എന്നു വിളിക്കുന്നു.

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 127 2/15/2023 12:51:13 PM

കാന്തിക അക്ഷം എന്നു വിളിക്കുന്നു. കാന്തിക അക്ഷത്തിന് ലംബമായി കടന്നു പോകുന്ന തലത്തെ കാന്തിക ധ്രുവരേഖ എന്നും കൂടാതെ ഭൂമിയുടെ കാന്തിക അക്ഷത്തിന് ലംബമായിട്ടുള്ള വലിയ വൃത്തത്തെ കാന്തിക മധ്യരേഖ എന്നും പറയുന്നു

ഒരു കാന്തസൂചിയെ സ്വതന്ത്രമായി തൂക്കിയിടുകയാണെങ്കിൽ കാന്തത്തിന്റെ ക്രമീകരണം കൃത്യമായും അതിന്റെ ഭൗമതല ധ്രുവരേഖയിൽ ആയിരിക്കില്ല. ഒരു ബിന്ദുവിൽ കാന്തിക ധ്രുവരേഖ ഭൗമതല ധ്രുവരേഖയ്ക്കും ഇടയ്ക്കുള്ള കോണിനെ നിരസിക്കൽ അല്ലെങ്കിൽ കാന്തിക നിരസിക്കൽ എന്നു പറയുന്നു. ഉയർന്ന അക്ഷാംശങ്ങളിൽ നിരസിക്കൽ കൂടുതലായിരിക്കും അതേ സമയം ഭൂമധ്യരേഖയിൽ നിരസിക്കൽ കുറവായിരിക്കും. ഇന്ത്യയിൽ നിരസിക്കൽ കോൺ വളരെ കുറവാണ്. ചെന്നൈയിൽ കാന്തിക നിരസിക്കൽ $1^{o}\,16'$ (നെഗറ്റീവ് പടിഞ്ഞാറ്).

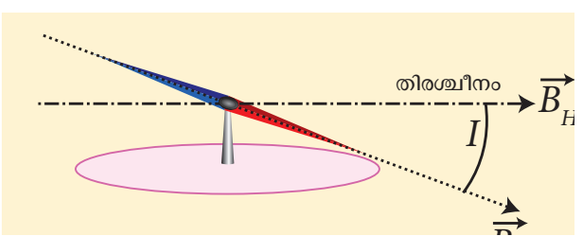
ഭൂമിയുടെ ആകെ കാന്തക്ഷേത്രം B യ്ക്കും തിരശ്ചീന ദിശയിൽ കാന്തിക ധ്രുവരേഖയ്ക്കും ഇടയ്ക്കുള്ള കോണിനെ തകർച്ച അല്ലെങ്കിൽ കാന്തിക ചെരിവ് (I) എന്ന് വിളിക്കുന്നു (ചിത്രം 3.5) ചെന്നൈയിൽ ചെരിവ് കോൺ

$14^{0}28^{1}$ കാന്തിക ധ്രുവരേഖയിൽ തിരശ്ചീന ദിശയിൽ ഭൂമിയുടെ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന്റെ ഘടകത്തിന് ഭൂമിയുടെ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിലെ തിരശ്ചീന ഘടകം B_H എന്ന് പറയുന്നു. P എന്ന ബിന്ദുവിൽ B_E എന്നത് ഭൂമിയുടെ ആകെ കാന്തിക ക്ഷേത്രമെന്നിരിക്കട്ടെ B_E എന്നതിനെ രണ്ട് ലംബ ഘടകങ്ങളായി പിരിക്കുകയാണെങ്കിൽ

തിരശ്ചീന ഘടകം $B_H = B_E \cos I$ (3.1)

ലംബ ഘടകം $B_V = B_E \sin I$ (3.2)

സമവാക്യം (3.2) നാൽ (3.1), നെ ഹരിച്ചാൽ



ചിത്രം 3.5 ചായ്വ് കോൺ

$$\tan I = \frac{B_V}{B_H} \qquad (3.3)$$

(i) കാന്തിക മധ്യരേഖയിൽ

ഭൂമിയുടെ പ്രതലത്തിൽ ഭൂമിയുടെ കാന്തിക്ഷേത്രം സമാന്തരമായിരിക്കും (തിരശ്ചീനമായി) ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത് കാന്തിക കോമ്പസിന്റെ സൂചി തിരശ്ചീനമായി ചായ്വ്കോൺ $I = 0^{o}$ യിൽ നിലകൊള്ളുന്നു.

$$B_H = B_E$$
$$B_V = 0$$

ഇത് ഭൂമധ്യരേഖയിൽ തിരശ്ചീന ഘടകം പരമാവധിയും ലംബ ഘടകം പൂജ്യവുമായിരിക്കും.

(ii) കാന്തിക ധ്രുവങ്ങളിൽ

ഭൂമിയുടെ പ്രതലത്തിന് ഭൂമിയുടെ കാന്തിക ക്ഷേത്രം ലംബമായിരിക്കും. ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത് കാന്തസൂചി ലംബമായി ചായ്വ് കോൺ $I = 90^{o}$ യിൽ നിലകൊള്ളുന്നു.,

$$B_H = 0$$
$$B_V = B_E$$

ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത് ധ്രുവങ്ങളിൽ തിരശ്ചീന ഘടകം പൂജ്യവും ലംബഘടകം പരമാവധിയുമായിരിക്കും.

ഉദാഹരണം 3.1

ഭൂമിയുടെ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ തിരശ്ചീന ഘടകവും, ലംബ ഘടകവും യഥാക്രമം 0.15 G, 0.26 G ആകുന്നു. എങ്കിൽ ചായ്വ് കോൺ കൂടാതെ ആകെ കാന്തിക ക്ഷേത്രം കണക്കാക്കുക.

(G-ഗാസ്സ് കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിനായുള്ള cgs മാത്ര $1G = 10^{-4}$ T)

നിർദ്ധാരണം :

$B_H = 0.15$ G ഉം $B_V = 0.26$ G

$$\tan I = \frac{0.26}{0.15} \Rightarrow I = \tan^{-1}(1.732) = 60^{\circ}$$

ഭൂമിയുടെ ആകെ കാന്തികക്ഷേത്രം

$$B = \sqrt{B_H^2 + B_V^2} = 0.3 \text{ G}$$

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 128 2/15/2023 12:51:14 PM

ഉത്തരധ്രുവ ദീപ്തിയും ദക്ഷിണധ്രുവ പ്രഭാപടലവും

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

ഉയർന്ന അക്ഷാംശ പ്രദേശങ്ങളിൽ(ആർട്ടിക് അല്ലെങ്കിൽ അന്റാർട്ടിക്) സമീപം താമസിക്കുന്ന ആളുകൾക്ക് രാത്രി കാലങ്ങളിൽ ആകാശത്തിലുടനീളം മിന്നുന്ന നിറമുള്ള പ്രകൃതിദത്ത വെളിച്ചങ്ങൾ കാണാൻ സാധിക്കാറുണ്ട്. ആകാശത്ത് കാണുന്ന ഈ അത്ഭുത പ്രതിഭാസത്തെ ദക്ഷിണധ്രുവ പ്രഭാപടലം എന്ന് വിളിക്കുന്നു. അല്ലെങ്കിൽ ഉത്തരധ്രുവ ദീപ്തി ഈ വെളിച്ചങ്ങളെ പലപ്പോഴും ധ്രുവ വെളിച്ചങ്ങൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. (പോളാർ ലൈറ്റ്സ്) ഈ വെളിച്ചങ്ങൾ ഭൂമിയുടെ ഉത്തര ദക്ഷിണ അർദ്ധഗോളങ്ങളിലെ കാന്തധ്രുവങ്ങൾക്ക് മുകളിൽ കാണാൻ സാധിക്കുന്നു. ഇവയിൽ ഉത്തരഭാഗത്ത് ഉള്ളവയെ ഉത്തരധ്രുവ ദീപ്തി എന്നും ദക്ഷിണ ഭാഗത്തുള്ളവയെ ദക്ഷിണധ്രുവ പ്രഭാപടലം എന്നും വിളിക്കുന്നു. സൂര്യന്റെ അന്തരീക്ഷത്തിൽ നിന്ന് വരുന്ന സൗര പ്രവാഹത്തിലുള്ള ശക്തമായ ചാർജ് കണങ്ങൾ ഭൂമിയുടെ അന്തരീക്ഷത്തിൽ ഉള്ള വായു കണങ്ങളുമായി സംയോജിക്കുമ്പോൾ ഇവ ഉണ്ടാകുന്നു. സംഘർഷണത്തിൽപ്പെട്ടിട്ടുള്ള വായു കണങ്ങളുടെ തരം അനുസരിച്ചായിരിക്കും നിറങ്ങളും നിറവ്യത്യാസങ്ങളും അയോണീകൃതഓക്സിജൻ സംഘടനത്തിൽ ഉൾകൊള്ളുകയാണെങ്കിൽ വിളറിയ മഞ്ഞകലർന്ന പച്ചനിറം ഉണ്ടാകുന്നു. അയോണീകൃത നൈട്രജൻ തൻമാത്രകളാണ് പങ്കെടുക്കുന്നതെങ്കിൽ നീല അല്ലെങ്കിൽ പർപ്പിൾ ചുവപ്പ് നിറത്തിലുള്ള പ്രഭാപടലം ഉണ്ടാകുന്നു.









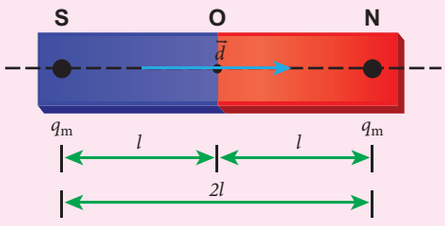
MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 129 2/15/2023 12:51:14 PM

3.1.2 കാന്തങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാന സവിശേഷതകൾ

ചട്ട കാന്തത്തിനെ നിർവചിക്കാനായി പ്രയോജന പ്പെടുത്തുന്ന ചില അടിസ്ഥാന പദങ്ങളും ഗുണങ്ങളും.

(a) കാന്തിക ദ്വിധ്രുവ മൊമെന്റ്

ചിത്രം 3.6 ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ ഒരു ചട്ടകാന്ത ത്തിനെ കണക്കാക്കുക. q_m എന്നത് കാന്തധ്രുവത്തിന്റെ ധ്രുവബലം എന്നിരിക്കട്ടെ. ചട്ടകാന്തത്തിന്റെ കേന്ദ്രബിന്ദു വിനും (O) ഒരു ധ്രുവത്തിനും ഇടയ്ക്കുള്ള ദൂരം $'l'$ എന്നി രിക്കട്ടെ. കാന്തിക ദ്വിധ്രുവമൊമെന്റ് എന്നത് ധ്രുവബല ത്തിനും കാന്തത്തിന്റെ നീളത്തിനും ഉള്ള ഗുണനഫല മാകുന്നു ഇത് ഒരു സദിശ അളവാണ്. ഇതിനെ $\vec{p}_m$ എന്ന് എഴുതാം.



ചിത്രം 3.6 ഒരു ദണ്ഡകാന്തം

$$\vec{p}_m = q_m \vec{d} \qquad (3.4)$$

ഇതിൽ $\vec{d}$ എന്നത് ദക്ഷിണധ്രുവത്തിൽ നിന്ന് ഉത്തര ധ്രുവത്തിൽ വരയ്ക്കുന്ന വെക്ടറാണ്. ഇതിന്റെ പരിമാണം $|\vec{d}| = 2l$.

കാന്തിക ദ്വിധ്രുവ മൊമെന്റിന്റെ പരിമാണം $p_m = 2q_m l$

കാന്തിക ദ്വിധ്രുവമൊമെന്റിന്റെ SI മാത്ര A m^2 ഇതിന്റെ ദിശ ദക്ഷിണധ്രുവത്തിൽ നിന്ന് ഉത്തരധ്രുവ ത്തിലോട്ടായിരിക്കും.

(b) കാന്തികക്ഷേത്രം

ഒരു കാന്തത്തിനെ ചുറ്റിയുള്ള ഭാഗത്ത് അല്ലെങ്കിൽ സ്ഥലത്ത് മറ്റൊരു കാന്തം വയ്ക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ സ്വാധീനം എവിടെ വരെ അനുഭവപ്പെടുന്നുവോ ആമേഖ ലയെ കാന്തികക്ഷേത്രം എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഒരു ബിന്ദു വിൽ കാന്തികക്ഷേത്രം $\vec{B}$ എന്നത് ഒരു യൂണിറ്റ് ധ്രുവ ബലത്താൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലമാകുന്നു.

$$\vec{B} = \frac{1}{q_m}\vec{F} \qquad (3.5)$$

ഇതിന്റെ മാത്ര N A^{-1} m^{-1}.

(c) കാന്തങ്ങളുടെ തരങ്ങൾ

കാന്തങ്ങളെ പ്രകൃതിദത്ത കാന്തങ്ങൾ കൃത്രിമ കാന്തങ്ങൾ എന്നിങ്ങനെ തരം തിരിക്കാം ഉദാഹരണ ത്തിന് ഇരുമ്പ്, കൊബാൾട്ട്, നിക്കൽ മുതലായ പ്രകൃതി ദത്ത കാന്തങ്ങളാണ്. പ്രകൃതിദത്ത കാന്തങ്ങളുടെ ശക്തി വളരെ കുറവാണ്, കൂടാതെ അതിന്റെ ആകൃതിയും ക്രമരഹിതമാണ്. മനുഷ്യരുടെ ആവശ്യാനുസരണ ഉള്ള ആകൃതിയിലും ബലത്തിലും കൃത്രിമ കാന്തങ്ങളെ നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നു. കാന്തത്തിന്റെ ആകൃതി ദീർഘ ചതുരമോ അല്ലെങ്കിൽ സിലിട്രിക്കലോ ആണെങ്കിൽ അതിനെ ദണ്ഡകാന്തം എന്ന് പറയുന്നു.

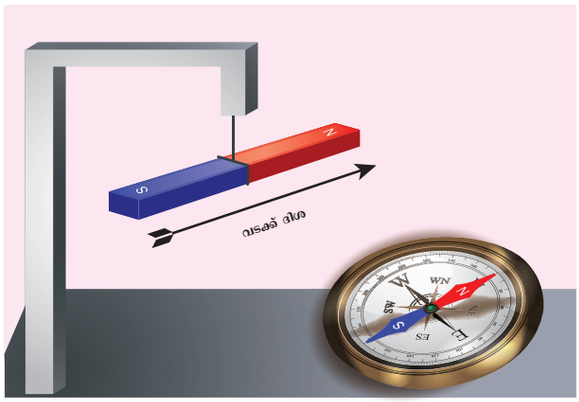
കാന്തത്തിന്റെ സവിശേഷതകൾ

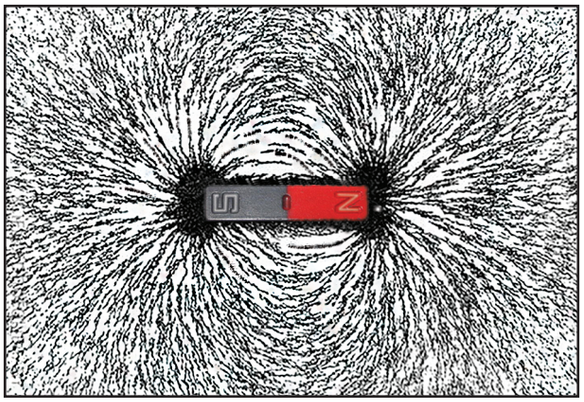
താഴെപ്പറയുന്നവയാണ് കാന്തത്തിന്റെ സവിശേഷത കൾ (ചിത്രം 3.7),

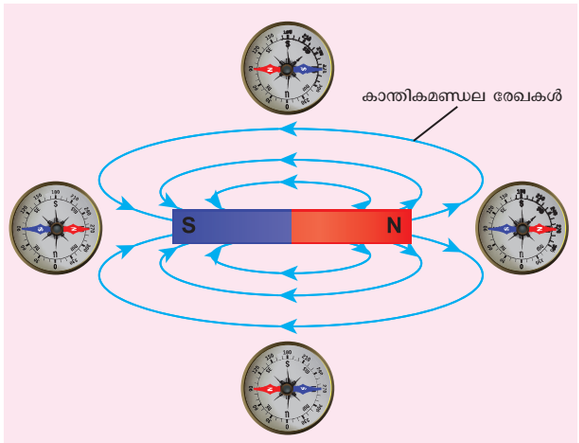
1. ഒരു കാന്തത്തെ സ്വതന്ത്രമായി തൂക്കിയിട്ടാൽ എല്ലായ് പ്പോഴും അത് ഉത്തര ദക്ഷിണ ദിശയിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു.
2. ഒരു കാന്തം മറ്റൊരു കാന്തത്തെയോ അല്ലെങ്കിൽ കാന്ത വസ്തുക്കളെയോ തന്നിലേക്ക് ആകർഷിക്കു ന്നു. ദണ്ഡകാന്തത്തിന്റെ അഗ്രങ്ങളിൽ അതിന്റെ ആകർ ഷണ ബലം പരമാവധിയായിരിക്കും. ഒരു ദണ്ഡകാന്ത ത്തിനെ ഇരുമ്പ് കണികയിൽ മുക്കുമ്പോൾ അവ കാന്തത്തിന്റെ അഗ്രങ്ങളിൽ ഒട്ടിപ്പിടിക്കുന്നു.
3. ഒരു കാന്തത്തിന്റെ ചെറിയ കക്ഷണങ്ങളായി മുറിക്കുക യാണെങ്കിൽ, ഓരോ കക്ഷണവും ദക്ഷിണമറ്റും ഉത്തര ധ്രുവങ്ങളുള്ള ഒരു കാന്തമായി പ്രവർത്തിക്കും.
4. ഒരു കാന്തത്തിന്റെ രണ്ട് ധ്രുവങ്ങളും ഒരേ ധ്രുവബല മുള്ളവയായിരിക്കും.
5. ഒരു ദണ്ഡകാന്തത്തിന്റെ ആകെ നീളം അതിന്റെ ജ്യാമി തീയ നീളം എന്നും, കാന്തത്തിന്റെ രണ്ട് ധ്രുവങ്ങൾ ക്കിടയിലുള്ള നീളത്തെ കാന്തത്തിന്റെ നീളം എന്നും പറയപ്പെടുന്നു. കാന്തത്തിന്റെ നീളം എപ്പോഴും ജ്യാമിതീയ നീളത്തെക്കാളും കുറവായിരിക്കും. കാന്ത ത്തിന്റെ നീളത്തിനും ജ്യാമിതീയ നീളത്തിനുമുള്ള അനുപാതം $\frac{5}{6}$.

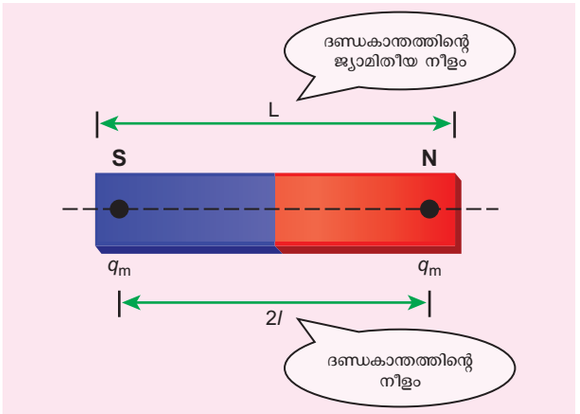
$$\frac{\text{കാന്തത്തിന്റെ നീളം}}{\text{ജ്യാമിതീയ നീളം}} = \frac{5}{6} = 0.833$$

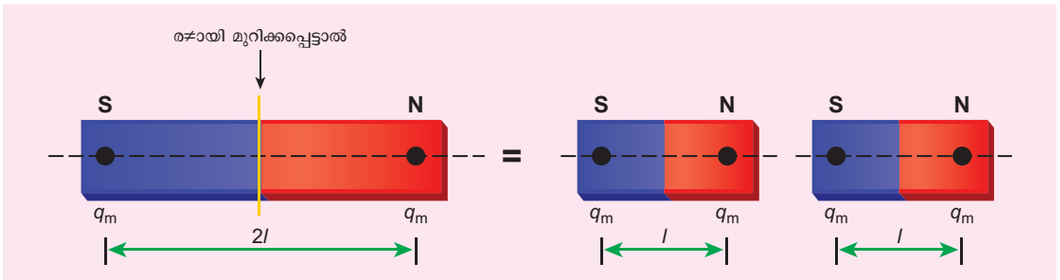
MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 130 2/15/2023 12:51:16 PM











ചിത്രം 3.7 കാന്തത്തിന്റെ സവിശേഷതകൾ

ഉദാഹരണം 3.2

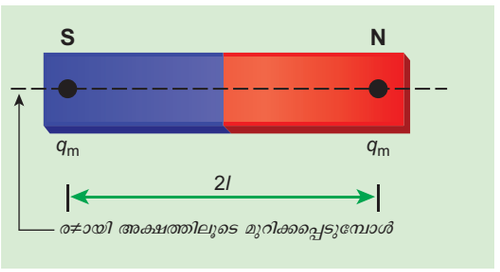
ഒരു ദണ്ഡകാന്തത്തിന്റെ കാന്തിക മൊമെന്റ് $\vec{p}_m$ എന്നിരിക്കട്ടെ അതിന്റെ കാന്തിക നീളം $d = 2l$ ും ധ്രുവബലം q_m നും ആണ്. ദണ്ഡകാന്തത്തിനെ രണ്ട് ക്ഷണങ്ങളായി മുറിക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ കാന്തികമൊമെന്റിനെ കണക്കാക്കുക

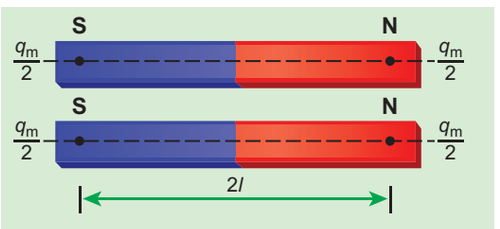
(a) രേഖീയമായി

(b) നീളത്തിന് ലംബമായി.

പരിഹാരം

(a) ദണ്ഡകാന്തത്തിനെ രേഖീയമായി രണ്ടായി മുറിക്കുമ്പോൾ:





MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 131 2/15/2023 12:51:17 PM

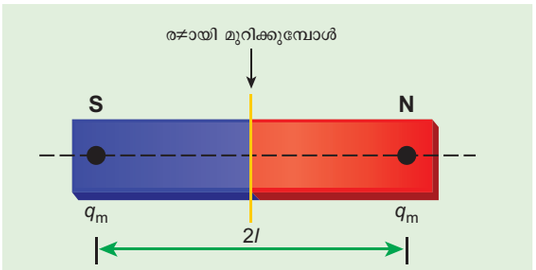
ദണ്ഡകാന്തത്തിനെ രേഖീയമായി അതിന്റെ അക്ഷം വഴിയേ രണ്ടു കക്ഷണങ്ങളായി മുറിക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ കാന്തീയ ധ്രുവബലം എന്നത് $q'_m = \frac{q_m}{2}$ എന്നാൽദണ്ഡകാന്തത്തിന്റെകാന്തനീളംമാറുന്നില്ല. ആയതിനാൽ കാന്തീക മൊമെന്റ് എന്നത്

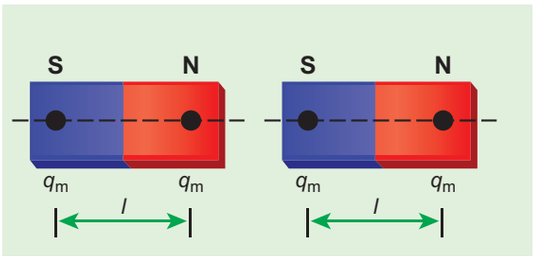
$$p'_m = q'_m 2l$$

$$p'_m = \frac{q_m}{2} 2l = \frac{1}{2}(q_m 2l) = \frac{1}{2} p_m$$

വെക്ടർ രൂപത്തിൽ, $\vec{p}'_m = \frac{1}{2}\vec{p}_m$

(b) ദണ്ഡകാന്തത്തിനെ അക്ഷത്തിനു ലംബമായി രണ്ടു കക്ഷണങ്ങളായി മുറിക്കുമ്പോൾ





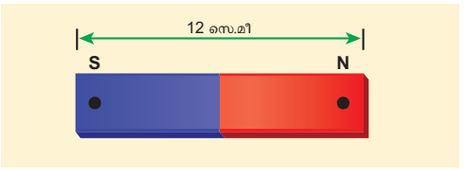
ദണ്ഡ കാന്തത്തിന്റെ അക്ഷത്തിനു ലംബമായി രണ്ടു സമകക്ഷണങ്ങളായിമുറിക്കുമ്പോൾഅതിന്റെധ്രുവ ബലത്തിന് യാതൊരു മാറ്റവും സംഭവിക്കുന്നില്ല. എന്നാൽ കാന്തത്തിന്റെ നീളം പകുതിയായി കുറയും ആയതിനാൽ കാന്തിക മൊമെന്റ് എന്നത്

$$p'_m = q_m \times \frac{1}{2}(2l) = \frac{1}{2}(q_m \cdot 2l) = \frac{1}{2} p_m$$

വെക്ടർ രൂപത്തിൽ, $\vec{p}'_m = \frac{1}{2}\vec{p}_m$

ഉദാഹരണം 3.3

ജ്യാമിതീയ നീളം 12 സെ.മി. ഉള്ള ക്രമമായ ദണ്ഡ കാന്ത ഒന്നിന്റെ കാന്തനീളത്തെ കണക്കാക്കി. കാന്ത ധ്രുവം സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന ബിന്ദുക്കളെ രേഖപ്പെടുത്തുക.



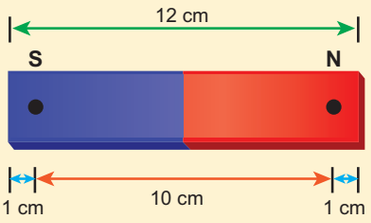
നിർദ്ധാരണം

ദണ്ഡ കാന്തത്തിന്റെ ജ്യാമിതീയ നീളം 12 സെ.മി.

$$\text{Magnetic length} = \frac{5}{6} \times (\text{geometrical length}$$

$$= \frac{5}{6} \times 12 = 10\,\text{cm}$$

ഈ ചിത്രത്തിൽ പോയ്ന്റുകൾ ധ്രുവങ്ങളെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.



കുറിപ്പ്

(i) ധ്രുവബലം ഒരു അദിശ അളവാകുന്നു. അതിന്റെ ഡൈമൻഷൻ $[M^0LT^0A]$ ഇതിന്റെ SI മാത്ര NT^{-1} അല്ലെങ്കിൽ Am ((ആമ്പിയർ - മീറ്റർ).

(ii) സ്ഥിര വൈദ്യുതിയിലുള്ള പോസിറ്റീവ് കൂടാതെ നെഗറ്റീവ് വിദ്യുത്കണങ്ങളെ പ്പോലെ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിലുള്ള ഒരു കാന്തത്തിന്റെ ഉത്തരധ്രുവം കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ ദിശയിൽ തന്നെബലത്തെയുംഉണ്ടാക്കുന്നു. അതേസമയം കാന്തത്തിന്റെ ദക്ഷിണധ്രുവം കാന്തക്ഷേത്രത്തിന്റെ ദിശയ്ക്ക് എതിർദിശയിലായിരിക്കും ബലത്തെ ഉണ്ടാക്കുക.

(iii) ധ്രുവബലം കാന്തവസ്തുവിന്റെ തരം, ഛേദവിസ്തീർണ്ണം കൂടാതെ കാന്തവൽക്കരണത്തിന്റെ നില എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും.

(iv) കാന്തം ഒന്നിനെ അക്ഷം വഴി രണ്ടു സമകക്ഷണങ്ങളായി മുറിച്ചാൽ അതിന്റെ ധ്രുവബലം പാതിയായിട്ട് കുറയും.

(v) കാന്തം ഒന്നിനെ അക്ഷത്തിന് ലംബമായി രണ്ടു സമകക്ഷണങ്ങളായി മുറിച്ചാൽ അതിന്റെ ധ്രുവബലത്തിന് യാതൊരു വിധ മാറ്റവും ഉണ്ടാകുന്നില്ല.

(vi) കാന്തം ഒന്നിനെ രണ്ടു കക്ഷണങ്ങളായി മുറിച്ച് അതിൽ നിന്ന് ഉത്തരധ്രുവത്തെ തനിച്ചോ അല്ലെങ്കിൽ ദക്ഷിണധ്രുവത്തെ തനിച്ചോ എടുക്കാൻ സാധിക്കില്ല. മറിച്ച് രണ്ട് പ്രത്യേക കാന്തങ്ങൾ കിട്ടും. മറ്റൊരു രീതിയിൽ പറയുകയാണെങ്കിൽ പ്രകൃതിയിൽ ഏകധ്രുവം നിലനിൽക്കുന്നില്ല

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 132 2/15/2023 12:51:19 PM

കാന്തിക മണ്ഡല രേഖകൾ

1. കാന്തിക മണ്ഡല രേഖകൾ തുടർച്ചയായ അടഞ്ഞ വലയങ്ങളാണ്. കാന്തിക മണ്ഡല രേഖകളുടെ ദിശ കാന്തത്തിന് വെളിയിൽ ഉത്തരധ്രുവത്തിൽ നിന്ന് ദക്ഷിണധ്രുവത്തിലോട്ടും കാന്തത്തിന് ഉള്ളിൽ ദക്ഷിണധ്രുവത്തിൽ നിന്ന് ഉത്തരധ്രുവം നോക്കിയും ആയിരിക്കും.

2. കാന്തിക മണ്ഡലരേഖയിലെ ഏതെങ്കിലും ഒരു ബിന്ദുവിൽ വരയ്ക്കുന്ന സ്പർശരേഖ ആ ബിന്ദുവിലെ കാന്തിക മണ്ഡലത്തിന്റെ ദിശ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

3. കാന്തികമണ്ഡല രേഖകൾ ഒരിക്കലും പരസ്പരം മുറിച്ചു കടക്കുന്നില്ല അവ മുറിച്ചുകടക്കുകയാണെങ്കിൽ കാന്തിക കോമ്പസ്സിലുള്ള സൂചി ഒരേ ബിന്ദുവിൽ രണ്ട് ദിശയെ കാണിക്കും. ഇത് പ്രായോഗികമല്ല.

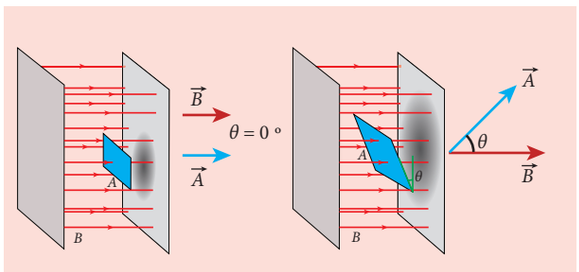
4. കാന്തികമണ്ഡലത്തിന്റെ ബലത്തിനനുസരിച്ചായിരിക്കും കാന്തികമണ്ഡലരേഖകൾ അതായത് ശക്തമായ കാന്തികമണ്ഡലത്തിന് രേഖകൾ വളരെ ഞെരുങ്ങിയും ശക്തികുറഞ്ഞ കാന്തികമണ്ഡലത്തിന് രേഖകൾ അകന്നും കാണപ്പെടും.

(d) കാന്തിക ഫ്ളക്സ് (കാന്തിക പ്രവാഹം)

ഒരു യൂണിറ്റ് വിസ്തീർണ്ണത്തിലൂടെ കടന്നു ചെല്ലുന്ന കാന്തികമണ്ഡലരേഖകളുടെ എണ്ണത്തിന് കാന്തിക ഫ്ളക്സ് എന്നു പറയുന്നു. ΦB ഗണിതശാസ്ത്രപരമായി ഒരു ക്രമമായ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിൽ A വിസ്തീർണ്ണത്തിൽ കടന്നു ചെല്ലുന്ന കാന്തിക ഫ്ളക്സിനെ താഴെ പറയുന്ന രീതിയിൽ നിർവചിക്കാം.

$$\Phi_B = \vec{B}.\vec{A} = BA\cos\theta = B_{\perp}A \qquad (3.6)$$

ഇവിടെ θ എന്നത് $\vec{B}$ യ്ക്കും $\vec{A}$ യ്ക്കും ഇടയിലുള്ള കോണാകുന്നു. ഇത് ചിത്രം 3.8 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 3.8 കാന്തിക പ്രവാഹം

സവിശേഷ നിലകൾ

(a) പ്രതലത്തിന് ലംബമായി $\vec{B}$ ഉള്ളപ്പോൾ, അതായത്, $\theta = 0°$, എങ്കിൽ കാന്തികഫ്ളക്സ് $\Phi_B = BA$ (പരമാവധി).

(b) പ്രതലത്തിന് സമാന്തരമായി $\vec{B}$ ഉള്ളപ്പോൾ അതായത് $\theta = 90°$,എങ്കിൽ കാന്തികഫ്ളക്സ് $\Phi_B = 0$.

അസമകാന്തിക ക്ഷേത്രമുള്ള പ്രതലത്തിന് സമവാക്യം (3.6) നെ താഴെപ്പറയുന്ന രീതിയിൽ എഴുതാം.

$$\Phi_B = \int \vec{B}.\mathrm{d}\vec{A}$$

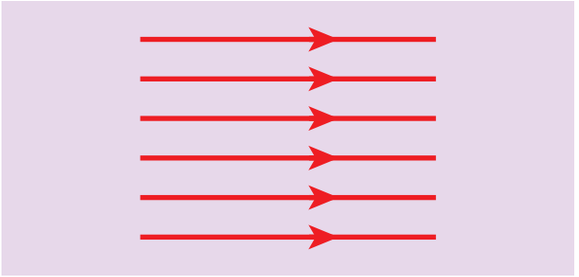
കാന്തിക ഫ്ളക്സ് ഒരു അദിശ അളവാകുന്നു. ഇതിന്റെ SI മാത്ര വെബർ ആണ് Wb എന്ന് എഴുതാം കാന്തിക ഫ്ളക്സിന്റെ ഡൈമൻഷൻ സൂത്രവാക്യം $\left[ML^2T^{-2}A^{-1}\right]$ ഇതിന്റെ CGSമാത്ര മാക്സ്വെൽ ആകുന്നു.

1 വെബർ = 10^8 മാക്സ്വെൽ

കാന്തിക ഫ്ളക്സിന്റെ സാന്ദ്രതയെ താഴെപ്പറയുന്ന രീതിയിൽ പ്രവചിക്കാം. കാന്തിക മണ്ഡല രേഖകൾക്ക് ലംബമായിട്ടുള്ള ഒരു യൂണിറ്റ് വിസ്തീർണ്ണം വഴിയായി കടന്നുപോകുന്ന കാന്തികമണ്ഡലരേഖകളുടെ എണ്ണത്തിനെ കാന്തിക ഫ്ളക്സ് സാന്ദ്രത എന്നു പറയുന്നു. ഇതിന്റെ മാത്രWb m^{-2} അല്ലെങ്കിൽ ടെസ്ല (T).

(e) ക്രമമായ കൂടാതെ ക്രമരഹിത കാന്തികക്ഷേത്രം

ക്രമമായ കാന്തികമണ്ഡലം



ചിത്രം 3.9 ക്രമമായ കാന്തികക്ഷേത്രം

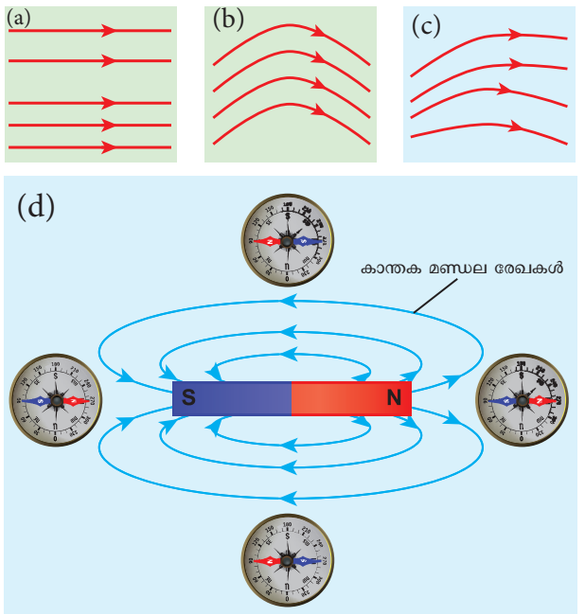
തന്നിട്ടുള്ള പ്രതലത്തിലുള്ള എല്ലാ ബിന്ദുവിലും കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ പരിമാണം കൂടാതെ ദിശ എന്നിവ മാറാതിരുന്നാൽ ആ പ്രതലത്തെ ക്രമമായ

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 133 2/15/2023 12:51:21 PM

കാന്തിക ക്ഷേത്രം എന്നു വിളിക്കാം. ഉദാഹരണമായി നിങ്ങളുടെ സ്കൂളിന്റെ പ്രദേശം മുഴുവനും ഭൂമിയുടെ കാന്തിക ക്ഷേത്രം ഒരു സ്ഥിര മൂല്യമുള്ളവയായിരിക്കും.

ക്രമരഹിത കാന്തികക്ഷേത്രം

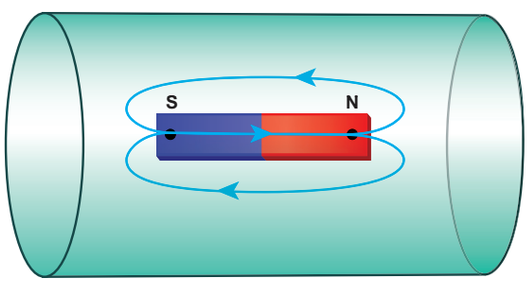
തന്നിരിക്കുന്ന പ്രതലത്തിലുള്ള എല്ലാ ബിന്ദുവിലും കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന്റെ പരിമാണം അല്ലെങ്കിൽ ദിശ അല്ലെങ്കിൽ രണ്ടും മാറുകയാണെങ്കിൽ ആ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിനെ ക്രമരഹിതകാന്തികക്ഷേത്രം എന്നു പറയാം. ഉദാഹരണം ദണ്ഡകാന്തത്തിന്റെ കാന്തികക്ഷേത്രം



ചിത്രം 3.10 ക്രമരഹിത കാന്തികക്ഷേത്രം
(a) ദിശ സ്ഥിരമാണ് (b) ദിശ സ്ഥിരമല്ല
(c) പരിമാണവും ദിശയും സ്ഥിരമല്ല (d) ദണ്ഡ കാന്തത്തിന്റെ കാന്തിക ക്ഷേത്രം

ഉദാഹരണം 3.4

ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ള പ്രകാരം കാന്തിക ദിധ്രുവം (ദണ്ഡകാന്തം) വച്ചിട്ടുള്ള പ്രതലത്തിൽ നിന്നും പുറത്തു വരുന്ന കാന്തിക ഫ്ളക്സിനെ കണക്കാക്കുക.



നിർദ്ധാരണം

കാന്തിക ദിധ്രുവം വച്ചിട്ടുള്ള അടഞ്ഞ S പ്രതലത്തിൽ നിന്ന് പുറത്തു വരുന്ന ആകെ കാന്തിക ഫ്ളക്സ് പൂജ്യമാകുന്നു,

$$\Phi_B = \oint \vec{B}.\mathrm{d}\vec{A} = 0$$

ഇവിടെ അടഞ്ഞ പ്രതലം S മുഴുവനും സമാകലനം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ഇതിന്റെ മൂല്യം എപ്പോഴും പൂജ്യമാവുന്നു. എന്തെന്നാൽ കാന്തത്തിന് ഏകധ്രുവം ഇല്ല ആയതിനാൽ

$$\oint \vec{B}.\mathrm{d}\vec{A} = 0$$

സ്ഥിരവൈദ്യുതിയിൽ പറഞ്ഞിട്ടുള്ളതു പോലെ ഗാസ്സിന്റെ നിയമത്തിന് സാമ്യമുള്ളതാണ്

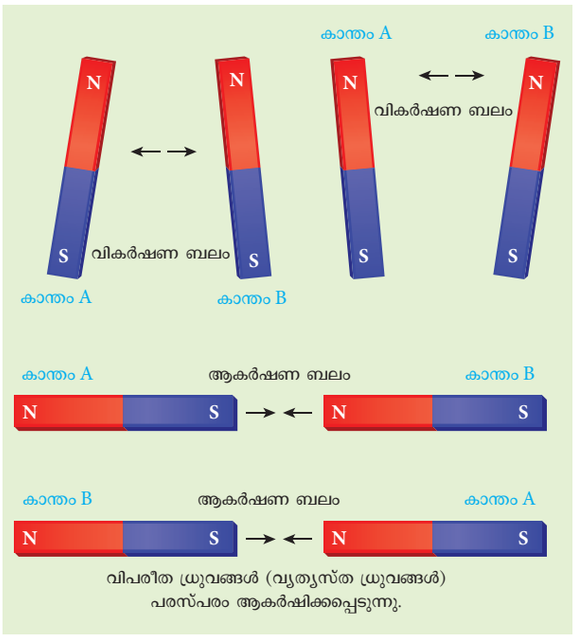
3.2 കാന്തികതയുടെ കൂളൂംബ് വിപരീത വർഗ്ഗ നിയമം

A കൂടാതെ B എന്നിവ രണ്ട് ദണ്ഡകാന്തങ്ങളായി കണക്കാക്കുക. ഇവയെ ചിത്രം 3.11. ൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട് കാന്തം A കൂടാതെ കാന്തം B യുടെ ഉത്തരധ്രുവങ്ങളെ അല്ലെങ്കിൽ ദക്ഷിണധ്രുവങ്ങളെ അരുകിൽ കൊണ്ടു വരുകയാണെങ്കിൽ അവ വികർഷിക്കപ്പെടുന്നു.

മറ്റൊരു രീതിയിൽ കാന്തം A യുടെ ഉത്തരധ്രുവങ്ങളെ കാന്തം B യുടെ ദക്ഷിണ ധ്രുവത്തിനരുകിൽ അല്ലെങ്കിൽ B യുടെ ഉത്തര ധ്രുവത്തെ A യുടെ ദക്ഷിണധ്രുവത്തിനരുകിൽ കൊണ്ടു വരുകയാണെങ്കിൽ അവ ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നു.

ഇത് നാം അദ്ധ്യായം ഒന്നിൽ പഠിച്ചിട്ടുള്ള സ്ഥിതിക ചാർജുകളുടെ കൂളൂംബ് വിപരീത വർഗ്ഗീയ നിയമത്തിന് സാമ്യമുള്ളതായി അറിയാം. (വിപരീത ചാർജുകൾ ആകർഷിക്കപ്പെടും, ഒരേ ചാർജുകൾ വികർഷിക്കപ്പെടും) ആയതിനാൽ സ്ഥിര വൈദ്യുതിയിൽ പഠിച്ചിട്ടുള്ളതു പോലെ തന്നെ കാന്തികതയിൽ കൂളുംബ് നിയമത്തെ താഴെ പറയുന്ന രീതിയിൽ നിർവചിക്കാം.

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 134 2/15/2023 12:51:22 PM



ചിത്രം 3.11: കാന്തികധ്രുവങ്ങള വിദ്യുത് ചാർജുകൾ പോലെ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഒരേ ധ്രുവങ്ങൾ വികർഷിക്കപ്പെടുന്നു വിപരീത ധ്രുവങ്ങൾ ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നു

രണ്ട് കാന്തിക ധ്രുവങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള ആകർഷണ ബലം അല്ലെങ്കിൽ വികർഷണബലം അവയുടെ ധ്രുവബലങ്ങളുടെ ഗുണനഫലത്തിന് ക്രമാനുപാത ത്തിലും അവയ്ക്കിടയിലുള്ള ദൂരത്തിന്റെ വർഗ്ഗത്തിന് വ്യുൽക്രമാനുപാതത്തിലായിരിക്കും.

ഗണിതശാസ്ത്രപരമായി ഇതിനെ നാം താഴെ പ്പറയുന്ന രീതിയിൽ എഴുതാം.

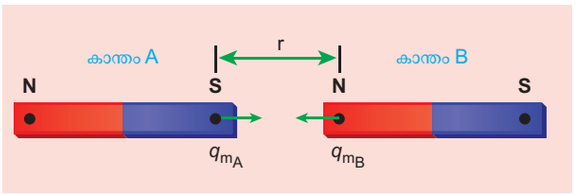
$$\vec{F} \propto \frac{q_{m_A} q_{m_B}}{r^2} \hat{r}$$

ഇവിടെ q_{m_A} കൂടാതെ, q_{m_B} എന്നിവ രണ്ട് കാന്ത ധ്രുവങ്ങളുടെധ്രുവബലങ്ങളെകുറിക്കുന്നുr എന്നത് രണ്ട് ധ്രുവങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരത്തിനെ കുറി ക്കുന്നു.

$$\vec{F} = k\frac{q_{m_A} q_{m_B}}{r^2} \hat{r} \qquad (3.7)$$

പരിമാണം, $F = k\frac{q_{m_A} q_{m_B}}{r^2}$ (3.8)

ഇവിടെ k എന്നത് അനുപാത സ്ഥിരാങ്കമാണ് ഇതിന്റെവിലകാന്തധ്രുവങ്ങളെ ചുറ്റിയുള്ള മാധ്യമങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചായിരിക്കും. SI മാത്രയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ശൂന്യതയിൽ $k = \frac{\mu_\circ}{4\pi} \approx 10^{-7}\,\mathrm{H\,m^{-1}}$ ഇവിടെ μ_0 എന്നത് ശൂന്യതയിൽ അല്ലെങ്കിൽ വായുവിലെ കാന്തിക പ്രവേശന ക്ഷമത ആകുന്നു.



ചിത്രം 3.12 കൂളൂംബിന്റെ നിയമം - (രണ്ട് കാന്തി കധ്രുവങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള ബലം)

ഉദാഹരണം 3.5

വായുവിൽ രണ്ടു കാന്തധ്രുവങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള വികർ ഷണ ബലം 9×10^{-3}N ആണ്. രണ്ടുകാന്തധ്രുവങ്ങളു ടെയും ധ്രുവബലങ്ങൾ തുല്യവും അവയ്ക്കിടയിലുള്ള ദൂരം 10 സെ.മീ ഉം ആണെങ്കിൽ ഓരോന്നിന്റെയും ധ്രുവബലം കണക്കാക്കുക.

നിർദ്ധാരണം:

ധ്രുവങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള ബലം

$$F = k\frac{q_{m_A} q_{m_B}}{r^2}$$

തന്നിട്ടുള്ളവ

: $F = 9 \times 10^{-3}$N, $r = 10$ സെ.മീ $= 10 \times 10^{-2}$ മീ

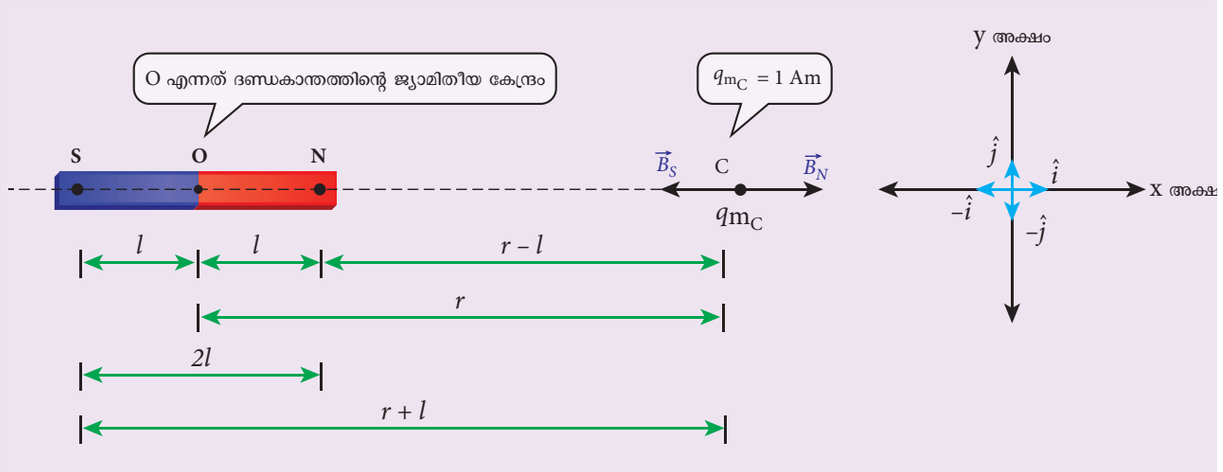
ആയതിനാൽ $q_{m_A} = q_{m_B} = q_m$,

$$9\times10^{-3} = 10^{-7} \times \frac{q_m^2}{\left(10\times10^{-2}\right)^2} \Rightarrow q_m = 30\ \mathrm{N\,T^{-1}}$$

3.2.1 ഒരു കാന്തിക ദ്വിധ്രുവത്തിന്റെ (ദണ്ഡ കാന്തം) അക്ഷരേഖയിലുള്ള (രേഖീയ) ഒരു ബിന്ദുവിൽ കാന്തിക ക്ഷേത്രം

ചിത്രം 3.13 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നുതു പോലെ NS എന്ന ഒരുദണ്ഡകാന്തംകരുതുക.N എന്നത്ഉത്തരധ്രുവ വും S എന്നത് ദക്ഷിണ ധ്രുവവും ആണ്. ഓരോന്നിന്റെ യും കാന്തിക ധ്രുവ ബലം q_m എന്നും അവയ്ക്കിടയി ലുള്ള ദൂരം $2l$ എന്നും കരുതുക. കാന്തത്തിന്റെ അക്ഷ രേഖയിൽ C എന്ന ബിന്ദുവിലുള്ള കാന്തികക്ഷേത്രം

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 135 2/15/2023 12:51:24 PM



ചിത്രം 3.13 ഒരു കാന്തിക ദ്വിധ്രുവത്തിന്റെ അക്ഷരേഖയിലുള്ള ഒരു ബിന്ദുവിൽ കാന്തികബലം

കണ്ടുപിടിക്കാൻ ബിന്ദു C കാന്തത്തിന്റെ ജ്യാമിതീയ കേന്ദ്രം O യിൽ നിന്നും r ദൂരത്തിലാണ് എന്നും C യിൽ വയ്ക്കപ്പെടുന്ന ഉത്തരധ്രുവബലം $(q_{m_C} = 1\ \text{Am})$ എന്നും കരുതുക.

ഉത്തരധ്രുവത്താൽ C യിൽ ഉണ്ടാകുന്ന കാന്തിക ക്ഷേത്രം

$$\vec{B}_N = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{(r-l)^2}\hat{i} \qquad (3.9)$$

ഇവിടെ $(r-l)$ എന്നത് ദണ്ഡകാന്തത്തിന്റെ ഉത്തരധ്രുവത്തിനും C യിലുള്ള യൂണിറ്റ് ഉത്തരധ്രുവത്തിനും ഇടയിലുള്ള ദൂരമാണ്.

ദക്ഷിണധ്രുവത്താൽ C യിൽ ഉണ്ടാകുന്ന കാന്തിക ക്ഷേത്രം

$$\vec{B}_S = -\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{(r+l)^2}\hat{i} \qquad (3.10)$$

$(r+l)$ എന്നത് ദണ്ഡകാന്തത്തിന്റെ ദക്ഷിണ ധ്രുവത്തിനും C യിലുള്ള ഏകമാന ഉത്തരധ്രുവത്തിനും ഇടയിലുള്ള ദൂരമാണ്.

ദണ്ഡ കാന്തത്താൽ C യിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ആകെ കാന്തിക ക്ഷേത്രം

$$\vec{B} = \vec{B}_N + \vec{B}_S$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{(r-l)^2}\hat{i} + \left(-\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{(r+l)^2}\hat{i}\right)$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ q_m}{4\pi}\left(\frac{1}{(r-l)^2} - \frac{1}{(r+l)^2}\right)\hat{i}$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ 2r}{4\pi}\left(\frac{q_m\cdot(2l)}{\left(r^2-l^2\right)^2}\right)\hat{i} \qquad (3.11)$$

കാന്തിക ദ്വിധ്രുവ മൊമന്റ് പരിമാണം $|\vec{p}_m| = p_m = q_m \cdot 2l$ ആയതിനാൽ C യിലുള്ള കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തെ ഇപ്രകാരം എഴുതാം.

$$\vec{B}_{\text{അക്ഷത്തിൽ}} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\left(\frac{2rp_m}{\left(r^2-l^2\right)^2}\right)\hat{i} \qquad (3.12)$$

ദണ്ഡകാന്തത്തിന്റെ രണ്ടു ധ്രുവങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരം ദണ്ഡകാന്തത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിനും C യ്ക്കും ഇടയിലുള്ള ദൂരത്തെ താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ വളരെ കുറവാണെങ്കിൽ $(r >> l)$,

$$(r^2-l^2)^2 \approx r^4 \qquad (3.13)$$

സമവാക്യം (3.13) നെ സമവാക്യം (3.12) ൽ പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ നമുക്ക്

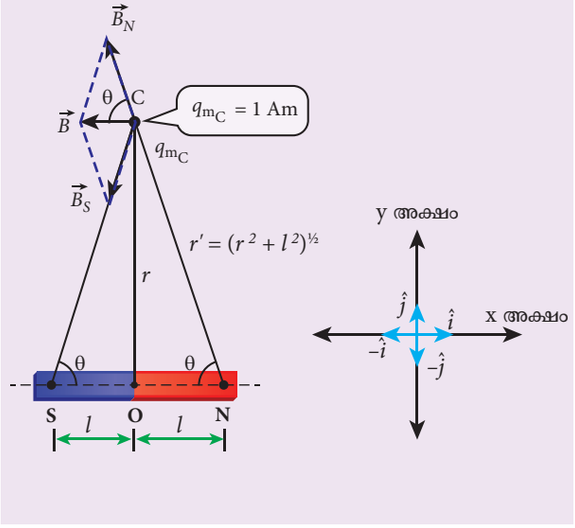
$$\vec{B}_{\text{അക്ഷത്തിൽ}} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\left(\frac{2p_m}{r^3}\right)\hat{i} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{2}{r^3}\vec{p}_m \qquad (3.14)$$

ഇവിടെ $\vec{p}_m = p_m\hat{i}$.

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 136 2/15/2023 12:51:27 PM

3.2.2. കാന്തികദ്വിധ്രുവത്തിന്റെലംബീയ മധ്യരേഖയിലുള്ള ഒരു ബിന്ദുവിൽ കാന്തിക ക്ഷേത്രം (ദണ്ഡ കാന്തം)

ചിത്രം 3.14 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഒരു ദണ്ഡകാന്തം കരുതുക. N എന്നത് ഉത്തരധ്രുവവും S എന്നത് ദക്ഷിണധ്രുവവും ആണ്. ഓരോ ധ്രുവത്തിന്റെ കാന്തികധ്രുവബലം q_m മറ്റും അവയ്ക്കിടയിലുള്ള ദൂരം $2l$ ഉം ആണ്. ജ്യാമിതീയ കേന്ദ്രം O യിൽ നിന്നും r ദൂരത്തിൽ മധ്യരേഖയിൽ C എന്ന ബിന്ദുവിൽ കാന്തിക്ഷേത്രം കണ്ടുപിടിക്കാൻ, C യിൽ ഒരു യൂണിറ്റ് ഉത്തരധ്രുവം വെച്ചിട്ടുണ്ട് $(q_{mC} = 1\ \text{A m})$.



ചിത്രം 3.14 കാന്തിക ദ്വിധ്രുവത്തിന്റെ ലംബീയ മധ്യരേഖയിലുള്ള ഒരു ബിന്ദുവിൽ കാന്തികക്ഷേത്രം

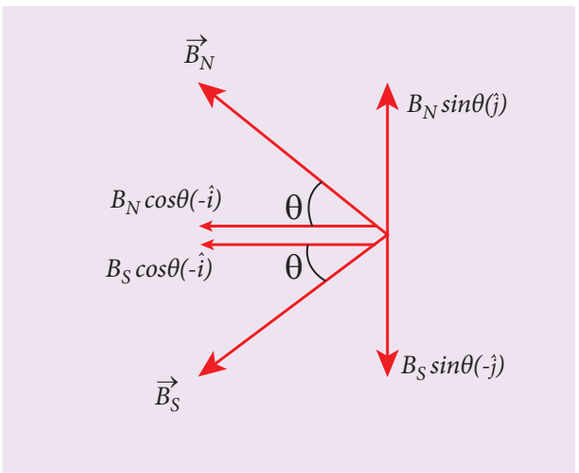
ഉത്തരധ്രുവത്താൽ C യിൽ ഉണ്ടാകുന്ന കാന്തിക ക്ഷേത്രം

$$\vec{B}_N = -B_N \cos\theta\,\hat{i} + B_N \sin\theta\,\hat{j} \qquad (3.15)$$

$$B_N = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{r'^2}$$

ഇവിടെ $r' = (r^2 + l^2)^{\frac{1}{2}}$

ദക്ഷിണധ്രുവത്താൽ C യിൽ ഉണ്ടാകുന്ന കാന്തിക ക്ഷേത്രം



ചിത്രം 3.15 കാന്തിക മണ്ഡലത്തിലെ ഘടകങ്ങൾ

$$\vec{B}_S = -B_S \cos\theta\,\hat{i} - B_S \sin\theta\,\hat{j} \qquad (3.16)$$

ഇവിടെ, $B_S = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{r'^2}$

സമവാക്യം (3.15) മറ്റും (3.16) ൽ നിന്നും C എന്ന ബിന്ദുവിലെ ഡൈപോളിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന സഫല കാന്തിക ക്ഷേത്രം $\vec{B} = \vec{B}_N + \vec{B}_S$.

$$\vec{B} = -(B_N + B_S)\cos\theta\,\hat{i}$$

എന്തുകൊണ്ടെന്നാൽ, $B_N = B_S$

$$\vec{B} = -\frac{2\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{r'^2}\cos\theta\,\hat{i} = -\frac{2\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{(r^2 + l^2)}\cos\theta\,\hat{i} \qquad (3.17)$$

ചിത്രം 3.14 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന NOC എന്ന മട്ടത്രികോണത്തിൽ

$$\cos\theta = \frac{\text{സമീപ വശം}}{\text{കർണ്ണം}} = \frac{l}{r'} = \frac{l}{\left(r^2 + l^2\right)^{\frac{1}{2}}} \qquad (3.18)$$

സമവാക്യം (3.18) നെ സമവാക്യം (3.17) ൽ പ്രയോഗിച്ചാൽ നമുക്ക് കിട്ടുന്നത്

$$\vec{B} = -\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m \times (2l)}{(r^2 + l^2)^{\frac{3}{2}}}\,\hat{i} \qquad (3.19)$$

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 137 2/15/2023 12:51:29 PM

കാന്തിക ദ്വിധ്രുവ മൊമെന്റിന്റെ പരിമാണം $|\vec{p}_m| = p_m = q_m \cdot 2l$ ആയതിനാൽ സമവാക്യം (3.19) ൽ C യിൽ കാന്തികക്ഷേത്രം

$$\vec{B}_{\substack{\text{ലംബീയ}\\ \text{മധ്യരേഖയിൽ}}} = -\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{p_m}{(r^2+l^2)^{\frac{3}{2}}}\hat{i} \qquad (3.20)$$

കാന്തത്തിന്റെ രണ്ടു ധ്രുവങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരം കാന്തിക കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും C വരെയുള്ള ദൂരം r നെക്കാൾ വളരെ ചെറുതാണെങ്കിൽ C ($r >> l$),

$$(r^2+l^2)^{\frac{3}{2}} \approx r^3 \qquad (3.21)$$

സമവാക്യം (3.21) നെ (3.20) ൽ പ്രയോഗിച്ചാൽ

$$\vec{B}_{\substack{\text{ലംബീയ}\\ \text{മധ്യരേഖയിൽ}}} = -\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{p_m}{r^3}\hat{i}$$

$p_m\hat{i} = \vec{p}_m$, ആയതിനാൽ, മധ്യരേഖയിലുള്ള ബിന്ദുവിൽ കാന്തിക ക്ഷേത്രം എന്നത്

$$\vec{B}_{\substack{\text{ലംബീയ}\\ \text{മദ്ധ്യരേഖ}}} = -\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{\vec{p}_m}{r^3} \qquad (3.22)$$

$B_{\text{രേഖീയം}}$ പരിമാണം എന്നത് $B_{\text{മധ്യരേഖ}}$ യുടെ പരിമാണ ത്തേക്കാൾ രണ്ടു മടങ്ങ് അധികവും $B_{\text{രേഖീയ}}$ മറ്റും $B_{\text{മധ്യരേഖ}}$ യുടെ ദിശ എതിർദിശയിലുമാണെന്ന് മനസ്സിലാക്കാം.

ഉദാഹരണം 3.6

ഒരു ചെറിയ ദണ്ഡകാന്തത്തിന്റെ കാന്തിക മൊമന്റ് $0.5\ \text{J T}^{-1}$ ആണ്. ദണ്ഡകാന്തത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും 0.1 മീ ദൂരത്തുള്ള ഒരു ബിന്ദുവിലുള്ള കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ പരിമാണവും ദിശയും (a) ദണ്ഡകാന്തത്തിന്റെ അക്ഷരേഖയിൽ (b) ദണ്ഡകാന്തത്തിന്റെ മധ്യരേഖയിൽ കണ്ടുപിടിക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

തന്നിട്ടുള്ളവ കാന്തിക മൊമന്റ് = $0.5\ \text{J T}^{-1}$

ദൂരം $r = 0.1$ മീ

(a) ബിന്ദു ദണ്ഡകാന്തത്തിന്റെ അക്ഷരരേഖയിലാണെങ്കിൽ, കാന്തിക ക്ഷേത്രം

$$\vec{B}_{\text{അക്ഷത്തിൽ}} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\left(\frac{2p_m}{r^3}\right)\hat{i}$$

$$\vec{B}_{\text{അക്ഷത്തിൽ}} = 10^{-7}\times\left(\frac{2\times0.5}{(0.1)^3}\right)\hat{i} = 1\times10^{-4}\ \hat{i}\ \text{T}$$

അതിനാൽ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന്റെ വലുപ്പം എന്നത് $B_{\text{അക്ഷത്തിൽ}} = 1\times10^{-4}$ T ദിശ ദക്ഷിണത്തിൽ നിന്നും ഉത്തരദിശയിലോട്ടുമായിരിക്കും.

(b) ബിന്ദു ദണ്ഡകാന്തത്തിന്റെ ലംബമധ്യരേഖയിലാണെങ്കിൽ കാന്തികക്ഷേത്രം എന്നത്

$$\vec{B}_{\substack{\text{ലംബീയ}\\ \text{മധ്യരേഖയിൽ}}} = -\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{p_m}{r^3}\hat{i}$$

$$\vec{B}_{\substack{\text{ലംബീയ}\\ \text{മധ്യരേഖയിൽ}}} = -10^{-7}\left(\frac{0.5}{(0.1)^3}\right)\hat{i} = -0.5\times10^{-4}\ \hat{i}\ \text{T}$$

അതിനാൽ മധ്യരേഖയിലുള്ള ഒരു ബിന്ദുവിൽ കാന്തിക ക്ഷേത്രം $B_{\text{മധ്യരേഖ}} = 0.5\times10^{-4}$T യും അതിന്റെ ദിശ ഉത്തരദിശയിൽ നിന്നും ദക്ഷിണദിശയിലോട്ടുമായിരിക്കും.

$B_{\text{രേഖീ}}$ യുടെ പരിമാണം $B_{\text{മധ്യരേഖ}}$ യുടെ പരിമാണത്തിന്റെ ഇരട്ടിയാണെന്നും, $B_{\text{രേഖീയ}}$ ദിശ $B_{\text{മധ്യരേഖ}}$ യുടെ ദിശയ്ക്ക് എതിരാണെന്നും മനസ്സിലാക്കാം.

3.3 സമാനകാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിൽ ഉള്ള ഒരു ദണ്ഡ കാന്തത്തിൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന ആഘൂർണം

$2l$ നീളവും q_m ധ്രുവതീവ്രതയുമുള്ള ഒരു ദണ്ഡകാന്തം സമാന കാന്തികക്ഷേത്രം $\vec{B}$ യിൽ വെച്ചിട്ടുള്ളതായി കരുതുക (ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതു പോലെ) ഓരോ ധ്രുവത്തിലും അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം $q_m B$ എന്നാൽ അവ എതിർദിശയിലായിരിക്കും. അതിനാൽ ദണ്ഡകാന്തത്തിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന സഫലബലം പൂജ്യമായിരിക്കും. അതു കൊണ്ട് രേഖീയ ചലനം ഉണ്ടാകുന്നില്ല. ഈ രണ്ടു സമമായതും എതിരായതുമായ ബലങ്ങളുടെ സംയോജനം (ദണ്ഡകാന്തത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിൽ) കാന്തത്തെ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ $\vec{B}$ ദിശയിൽ വിന്യസിക്കാൻ പ്രേരിപ്പിക്കുന്നു.

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 138 2/15/2023 12:51:31 PM

ഉത്തരധ്രുവത്തിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം,

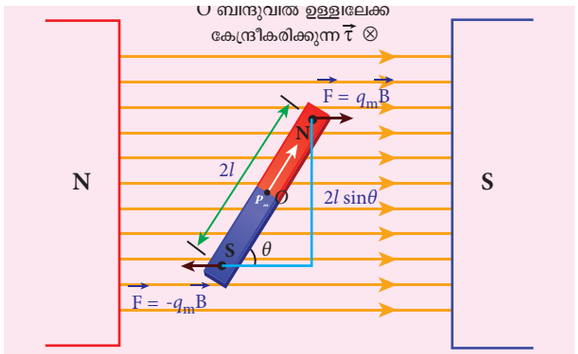
$$\vec{F}_N = q_m \vec{B} \qquad (3.23)$$

ദക്ഷിണധ്രുവത്തിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം,

$$\vec{F}_S = -q_m \vec{B} \qquad (3.24)$$

സമവാക്യം (3.23) മറ്റും (3.24) നെ സംയോജിപ്പിക്കുകയാണെങ്കിൽ ദ്വിധ്രുവത്തിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന സഫലബലം

$$\vec{F} = \vec{F}_N + \vec{F}_S = \vec{0}$$



ചിത്രം 3.16 സമാന കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ വെച്ചിട്ടുള്ള കാന്തദ്വിധ്രുവം

ഉത്തരധ്രുവം മറ്റും ദക്ഷിണധ്രുവത്താൽ O എന്ന ബിന്ദുവിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ക്ഷണബലം അല്ലെങ്കിൽ ആഘൂർണം എന്നത്

$$\vec{\tau} = \overrightarrow{ON} \times \vec{F}_N + \overrightarrow{OS} \times \vec{F}_S$$
$$\vec{\tau} = \overrightarrow{ON} \times q_m\vec{B} + \overrightarrow{OS} \times \left(-q_m\vec{B}\right)$$

വലതുകൈ കോർക്ക് സ്ക്രൂ വിധി അനുസരിച്ച് സഫല ആഘൂർണം പേപ്പറിന് ഉള്ളിലോട്ടാണ് എന്ന നിഗമനത്തിൽ എത്താം. പരിമാണം $\left|\overrightarrow{ON}\right| = \left|\overrightarrow{OS}\right| = l$ മറ്റും $\left|q_m\vec{B}\right| = \left|-q_m\vec{B}\right|$, ആയതിനാൽ Oയിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന സഫല ആഘൂർണം

$$\tau = l \times q_m B\sin\theta + l \times q_m B\sin\theta$$
$$= 2l \times q_m B\sin\theta$$
$$\tau = p_m B\sin\theta \qquad \left(\therefore q_m \times 2l = p_m\right)$$

വെക്ടർ രീതിയിൽ, $\vec{\tau} = \vec{p}_m \times \vec{B}$ (3.25)

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

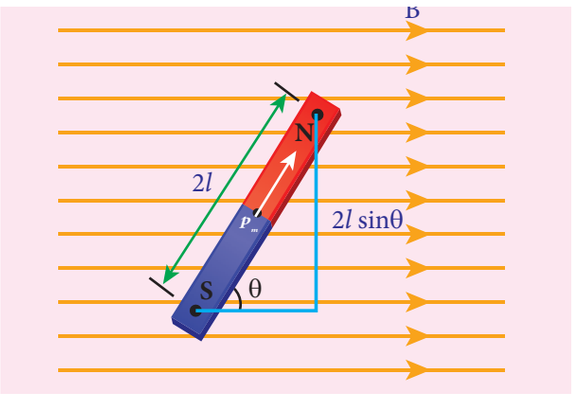
(a) ഭൂമിക്ക് സമാനമല്ലാത്ത ഒരു കാന്തികക്ഷേത്രം ഉണ്ടെങ്കിലും, പരീക്ഷണശാലയിൽ സ്വതന്ത്രമായി തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്ന ഒരു ദണ്ഡകാന്തത്തിൽ രേഖീയ ചലനം അനുഭവപ്പെടാതെ ആഘൂർണം (ഭ്രമണചലനം) മാത്രം അനുഭവപ്പെടുന്നതെന്തു കൊണ്ട്?

ചില ഭാഗങ്ങളിൽ (പരീക്ഷണശാല സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നിടത്ത്) ഭൂമിയുടെ കാന്തികക്ഷേത്രം ഏക സമാനമായതാണ് ഇതിനു കാരണം.

(b) ഒരു ദണ്ഡകാന്തത്തെ സമാനമല്ലാത്ത കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിൽ തൂക്കി ഇടുകയാണെങ്കിൽ എന്തു സംഭവിക്കും?

അതിന് രേഖീയ ചലനവും (സഫലബലം കാരണം) ഭ്രമണ ചലനവും (ആഘൂർണം കാരണം) അനുഭവപ്പെടുന്നതാണ്.

3.3.1. സമാനകാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ ഒരു ദണ്ഡകാന്തത്തിന്റെ സ്ഥിതികോർജം



ചിത്രം 3.17: സമാനകാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ ഒരു ദണ്ഡകാന്തം (കാന്തിക ദ്വിധ്രുവം)

ചിത്രം 3.17 ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതു പോലെ $\vec{p}_m$ ഡൈപോൾ മൊമെന്റ് ഉള്ള ഒരു ദണ്ഡകാന്തത്തെ ഒരു ഏക സമാന കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ θ കോണത്തിൽ വെച്ചിട്ടുണ്ട്. ദ്വിധ്രുവത്തിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ആഘൂർണത്തിന്റെ പരിമാണം

$$\left|\vec{\tau}_B\right| = \left|\vec{p}_m\right|\left|\vec{B}\right|\sin\theta$$

C_B യ്ക്കു എതിരായി ഒരു സ്ഥിര കോണീയ പ്രവേഗത്തിൽ $d\theta$ എന്ന ചെറിയ സ്ഥാനാന്തരണം ഉണ്ടാ

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 139 2/15/2023 12:51:34 PM

ക്കുകയാണെങ്കിൽ, ബാഹ്യ ആഘൂർണത്തിനെതിരായി ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രവൃത്തി

$$dW = |\vec{\tau}_{ext}|d\theta$$

ദണ്ഡകാന്തത്തെ സ്ഥിര കോണീയ പ്രവേഗത്തിൽ ചലിപ്പിക്കുന്നു എന്നത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത് $|\vec{\tau}_B| = |\vec{\tau}_{ext}|$

$$dW = p_m B \sin\theta \, d\theta$$

(ദ്വിധ്രുവം) θ' ൽ നിന്നും θ യിലോട്ട് ചുഴറ്റുകയാണെങ്കിൽ സഫല പ്രവൃത്തി

$$W = \int_{\theta'}^{\theta} \tau d\theta = \int_{\theta'}^{\theta} p_m B \sin\theta \, d\theta = p_m B\left[-\cos\theta\right]_{\theta'}^{\theta}$$

$$W = -p_m B(\cos\theta - \cos\theta')$$

ദണ്ഡകാന്തത്തിൽ(ഇതിനെθ'ൽനിന്നുംθകോണം ചുഴറ്റുമ്പോൾ) ഉണ്ടാകുന്ന ഈ പ്രവൃത്തി ദണ്ഡകാന്തത്തിന്റെ സ്ഥിതികോർജമായി സംഭരിക്കുന്നു.

$$U = -p_m B(\cos\theta - \cos\theta') \qquad (3.26)$$

വാസ്തവത്തിൽ സമവാക്യം (3.26) നൽകുന്നത് ദണ്ഡകാന്തത്തിനെ θ'ൽ നിന്നും θ യിലോട്ട് ചുഴറ്റുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന സ്ഥിതികോർജ്ജ വ്യതിയാനമാണ്. നാം $\theta' = 90^\circ$ എന്നത് നിർദ്ദിഷ്ടിത ബിന്ദുവായി എടുക്കുകയാണെങ്കിൽ, സമവാക്യം (3.26) ൽ രണ്ടാമത്തെ ഘടകം പൂജ്യമാവുകയും സമവാക്യം (3.26) നെ ഇപ്രകാരം എഴുതാം.

$$U = -p_m B\,(\cos\theta) \qquad (3.27)$$

സമാനകാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽവെച്ചിട്ടുള്ളദണ്ഡകാന്തത്തിൽ സംഭരിച്ചു വച്ചിട്ടുള്ള സ്ഥിതികോർജ്ജം താഴെതന്നിട്ടുണ്ട്.

$$U = -\vec{p}_m \bullet \vec{B} \qquad (3.28)$$

ഘട്ടം 1

(i) $\theta = 0^\circ$, ആണെങ്കിൽ

$$U = -p_m B\,(\cos 0^\circ) = -p_m \mathrm{B}$$

(ii) $\theta = 180^\circ$, ആണെങ്കിൽ

$$U = -p_m B\,(\cos 180^\circ) = p_m \mathrm{B}$$

മുകളിൽ തന്നിട്ടുള്ള ഘട്ടങ്ങളിൽ നിന്നും ദണ്ഡകാന്തത്തിന്റെ സ്ഥിതികോർജം, ദണ്ഡകാന്തം ബാഹ്യകാന്തികക്ഷേത്രത്തിന് സമാന്തരമായി വിന്യസിക്കുകയാണെങ്കിൽ വളരെ ചെറുതും ബാഹ്യകാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിനു എതിർ ദിശയിൽ വിന്യസിക്കുകയാണെങ്കിൽ വളരെ അധികമാണെന്നും മനസ്സിലാക്കാൻ സാധിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 3.7

ഒരു കാന്തിക ദ്വിധ്രുവം ബാഹ്യകാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിൽ രണ്ടു സാധ്യമായ വഴികളിൽ അതായത് ഒന്ന് കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ സമാന്തരമായും മറ്റൊന്ന് കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന് സമാന്തര വിരുദ്ധമായും വിന്യസിക്കുന്നു എന്ന് കരുതുക. സാധ്യമായ ക്രമീകരണത്തിന്റെ ഊർജ്ജം കണക്കാക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

$\vec{p}_m$ എന്നത് കാന്തിക ദ്വിധ്രുവ മൊമന്റ് ആകുന്നു. ബാഹ്യകാന്തിക മണ്ഡലം പ്രവർത്തിക്കാത്തപ്പോൾ ഏതൊരു വിധത്തിലുള്ള ക്രമീകരണവും ഇല്ലാത്തതിനാൽ ഊർജ്ജം U = 0.

ബാഹ്യകാന്തിക ക്ഷേത്രം പ്രവർത്തിക്കുമ്പോൾ, കാന്തിക ദ്വിധ്രുവം കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിനു സമാന്തരമായി ($\theta = 0^\circ$)ക്രമീകരിക്കുന്നു. ഊർജ്ജം

$$U_{\text{സമാന്തരം}} = U_{\text{കുറഞ്ഞത്}} = -p_m B\cos 0$$

$$U_{\text{സമാന്തരം}} = -p_m B$$

$\cos 0^\circ = 1$

അല്ലെങ്കിൽ, കാന്തിക ദ്വിധ്രുവം സമാന്തരവിരുദ്ധമായി വിന്യസിക്കുകയാണെങ്കിൽ ($\theta = 180^\circ$) ഊർജ്ജം,

$$U_{\text{വിരുദ്ധസമാന്തരം}} = U_{\text{പരമാവധി}} = -p_m B\cos 180^\circ$$

$$\Rightarrow U_{\text{വിരുദ്ധസമാന്തരം}} = p_m B$$

$\cos 180^\circ = -1$

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 140 2/15/2023 12:51:37 PM

3.4 കാന്തത്തിന്റെ സവിശേഷതകൾ

പ്രകൃതിയിൽ ഉള്ള വസ്തുക്കളിൽ എല്ലാവസ്തുക്കളും കാന്തികമല്ല. കൂടാതെ എല്ലാ കാന്തിക വസ്തുക്കളും സമാന സ്വഭാവമുള്ളവയല്ല അതിനാൽ ഒരു കാന്തിക പദാർത്ഥത്തെ മറ്റൊരു കാന്തികപദാർത്ഥത്തിൽ നിന്നും വേർതിരിക്കാൻ ചില അടിസ്ഥാന ഘടകങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു. അവ:

(a) കാന്തവൽകൃത ക്ഷേത്രം

ഒരു വസ്തുവിനെ അല്ലെങ്കിൽ പദാർത്ഥത്തെ കാന്ത മാക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന കാന്തികക്ഷേത്രത്തെ കാന്തിക വൽക്കൃതക്ഷേത്രം എന്നു പറയുന്നു. ഇത് ഒരു സദിശ അളവ് ആകുന്നു. ഇതിനെ $\vec{H}$ എന്നു സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ മാത്ര $\mathrm{A\ m^{-1}}$.

(b) കാന്തിക പ്രവേശന ക്ഷമത

കാന്തിക പ്രവേശന ക്ഷമത എന്നത് ഒരു പദാർത്ഥത്തിലൂടെ കാന്തിക ക്ഷേത്ര രേഖകളെ കടന്നു ചെല്ലാൻ അനുവദിക്കുന്ന കഴിവിനെ അളക്കുന്നതാണ് അല്ലെങ്കിൽ ഒരു പദാർത്ഥത്തെ കാന്തവൽക്കരിക്കാനുള്ള ശേഷി അല്ലെങ്കിൽ കാന്തികക്ഷേത്രത്തെ ആ പദാർത്ഥം വഴി പ്രവേശിപ്പിക്കാനുള്ള തോതിനെയാണ് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്

ശൂന്യതയിൽ, കാന്തിക പ്രവേശനക്ഷമതയെ (അല്ലെങ്കിൽ കേവല പ്രവേശനക്ഷമതയെ) μ_0 എന്നും ഏതെങ്കിലും ഒരു മാധ്യമത്തിൽ ഇതിനെ μ എന്നും കുറിക്കുന്നു. ആപേക്ഷിക പ്രവേശന ക്ഷമതയെ മാധ്യമത്തിന്റെ കേവല പ്രവേശന ക്ഷമതയ്ക്കും ശൂന്യതയിൽ പ്രവേശന ക്ഷമതയ്ക്കും ഉള്ള അനുപാതമാണെന്ന് നിർവ്വചിക്കാം.

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_\circ} \qquad (3.29)$$

ആപേക്ഷികപ്രവേശനക്ഷമതയ്ക്ക്ഡൈമൻഷനും മാത്രയും ഇല്ല. ശൂന്യതയിൽ (വായുവിൽ അല്ലെങ്കിൽ ശൂന്യത) ആപേക്ഷിക പ്രവേശന ക്ഷമതയുടെ മൂല്യം ഒന്നാകും. അതായത് $\mu_r = 1$.

(c) കാന്തികവൽക്കരണത്തിന്റെ തീവ്രത

ഏതൊരു സ്ഥൂലമായ (നിശ്ചിതവലുപ്പമുള്ള) പദാർത്ഥത്തിലും ധാരാളം അണുക്കൾ, ഉണ്ടാകും. ഓരോ അണുവിലും ഉള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾ ക്രമീകൃത പരിക്രമണ ചലനത്തിൽ ഏർപ്പെട്ടിരിക്കും. ഈ പരിക്രമണചലനത്തിനാൽ ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് കാന്തിക മൊമെന്റ് ഉണ്ടായിരിക്കുന്നതാണ്. പൊതുവായി ഈ കാന്തിക മൊമെന്റ് ക്രമരഹിതമായി വിന്യസിച്ചിരിക്കുന്നതിനാൽ ഓരോ യൂണിറ്റ് വ്യാപ്തത്തിനുള്ള സഫല കാന്തിക മൊമെന്റ് പൂജ്യമായിരിക്കും.

ഇങ്ങനെയുള്ള പദാർത്ഥത്തെ ബാഹ്യ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിൽ വെയ്ക്കുകയാണെങ്കിൽ അറ്റോമിക് ഡൈപോ.ളുകൾ ഉണ്ടാകുകയും അവ പൂർണ്ണമായോ ഭാഗികമായോ ബാഹ്യകാന്തികക്ഷേത്രത്തിനും സമാന്തരമായി വിന്യസിക്കാൻ പരിശ്രമിക്കുന്നു. ഓരോ യൂണിറ്റ് വ്യാപ്തത്തിലുള്ള പദാർത്ഥത്തിന്റെ സഫല കാന്തിക മൊമെന്റിനെ കാന്തിക വൽക്കരണത്തിന്റെ തീവ്രത എന്നു പറയുന്നു. ഇത് ഒരു സദിശ അളവാണ് ഗണിതപരമായി,

$$\vec{M} = \frac{\text{കാന്തിക മൊമെന്റ്}}{\text{വ്യാപ്തം}} = \frac{\vec{p}_m}{V} \qquad (3.30)$$

കാന്തികവൽക്കരണത്തിന്റെ തീവ്രതയുടെ SI മാത്ര ആമ്പിയർ മീറ്റർ$^{-1}$ ആകുന്നു. ഒരു ദണ്ഡകാന്തത്തിന്റെ ധ്രുവബലം q_m നീളം $2l$ ഛേദ വിസ്തീർണ്ണം A ആണെങ്കിൽ ദണ്ഡകാന്തത്തിന്റെ കാന്തിക മൊമെന്റ് $\vec{p}_m = q_m \vec{2l}$ വും അതിന്റെ വ്യാപ്തം $V = A\left|\vec{2l}\right| = 2lA.$ കാന്തിക വൽക്കരണത്തിന്റെ തീവ്രത എന്നത്

$$\vec{M} = \frac{\text{കാന്തിക മൊമെന്റ്}}{\text{വ്യാപ്തം}} = \frac{q_m \vec{2l}}{2lA} \qquad (3.31)$$

പരിമാണത്തിൽ എഴുതുകയാണെങ്കിൽ സമവാക്യം 3.31

$$\left|\vec{M}\right| = M = \frac{q_m \times 2l}{2l \times A} \Rightarrow M = \frac{q_m}{A}$$

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 141 2/15/2023 12:51:38 PM

ഇതിനർത്ഥം, ഒരു ദണ്ഡകാന്തത്തിന്റെ കാന്തിക വൽക്കരണത്തിന്റെ തീവ്രത എന്നത് ഓരോ യൂണിറ്റ് വിസ്തീർണ്ണത്തിലും ഉള്ള കാന്തിക ധ്രുവ ബലമാണ് എന്ന് നിർവചിക്കാം

(d) കാന്തിക പ്രേരണ അഥവാ സഫലകാന്തിക ക്ഷേത്രം

മൃദുവായ ഇരുമ്പ് ചട്ടംപോലുള്ള പദാർത്ഥത്തെ ഒരു സമാനമായ കാന്തികവൽക്കരിത ക്ഷേത്രത്തിൽ വെയ്ക്കുകയാണെങ്കിൽ പദാർത്ഥം കാന്തമായി മാറുന്നു വസ്തുവിന്റെ ഉള്ളിലുള്ള കാന്തിക പ്രേരണ അഥവാ സഫലകാന്തികക്ഷേത്രം $\vec{B}$ എന്നത് ശൂന്യതയിൽ കാന്തവൽക്കൃത ക്ഷേത്രത്താൽ നിർമ്മിക്കപ്പെടുന്ന കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിനും $\vec{B}_o$ പദാർത്ഥത്തിലുള്ള പ്രേരിതമായ കാന്തത്തിന്റെ പ്രേരിതകാന്തികക്ഷേത്രം $\vec{B}_m$ ത്തിനും ഉള്ള ആകെത്തുകയാകുന്നു.

$$\vec{B} = \vec{B}_o + \vec{B}_m = \mu_\circ \vec{H} + \mu_\circ \vec{M}$$

$$\Rightarrow \vec{B} = \vec{B}_o + \vec{B}_m = \mu_\circ (\vec{H} + \vec{M}) \qquad (3.32)$$

(e) കാന്തിക സംവേദകത്വം

ഒരു പദാർത്ഥത്തെ കാന്തവൽക്കൃത ക്ഷേത്രത്തിൽ $\vec{H}$, വയ്ക്കുകയാണെങ്കിൽ ബാഹ്യ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിൽ ആ പദാർത്ഥം എങ്ങനെ പ്രതികരിക്കുന്നു എന്നതിനെ പറ്റിയുള്ള കാന്തിക വിശദീകരണം സംവേദകത്വം നൽകുന്നു. വേറൊരു തരത്തിൽ പറയുകയാണെങ്കിൽ എത്രശക്തമായും, സുഗമമായും ഒരു പദാർത്ഥത്തെ കാന്തമാക്കാം എന്നതിനെ അളക്കുന്നതാണ് കാന്തിക സംവേദകത്വം പദാർത്ഥത്തിൽ പ്രേരിതമായ കാന്തിക വൽക്കരണത്തിന്റെ തീവ്രതയ്ക്കും $\left(\vec{M}\right)$ കാന്തികവൽക്കൃത ക്ഷേത്രത്തിനും $\left(\vec{H}\right)$ ഉള്ള അനുപാതമാണ് കാന്തിക സംവേദകത്വം

$$\chi_m = \frac{\left|\vec{M}\right|}{\left|\vec{H}\right|} \qquad (3.33)$$

ഇത് ഒരു ഡൈമൻഷൻ ഇല്ലാത്ത അളവാകുന്നു. ചില ഒരു പോലെയുള്ള പദാർത്ഥങ്ങളുടെ കാന്തിക സംവേദകത്വം പട്ടിക 3.1 ൽ തന്നിട്ടുണ്ട്.

പട്ടിക 3.1 വിവിധ വസ്തുക്കളുടെ കാന്തിക സംവേദകത്വം

വസ്തു	കാന്തിക സംവേദകത്വം (χ_m)
അലുമിനീയം	2.3×10^{-5}
ചെമ്പ്	-0.98×10^{-5}
വജ്രം	-2.2×10^{-5}
സ്വർണ്ണം	-3.6×10^{-5}
രസം	-3.2×10^{-5}
വെള്ളി	-2.6×10^{-5}
ടൈറ്റാനിയം	7.06×10^{-5}
ടങ്സ്റ്റൺ	6.8×10^{-5}
കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ് (1 atm)	-2.3×10^{-9}
ഓക്സിജൻ (1 atm)	2090×10^{-9}

ഉദാഹരണം 3.8

ഒരു ദണ്ഡകാന്തത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനം, കാന്തിക മൊമെന്റ്, സാന്ദ്രത എന്നിവ യഥാക്രമം 200 ഗ്രാം, $2\,\mathrm{A\,m^2}$ മറ്റും 8 ഗ്രാം സെ.മീ$^{-3}$ ആണ്. കാന്തവൽക്കരണത്തിന്റെ തീവ്രത കണക്കാക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

കാന്തത്തിന്റെ സാന്ദ്രത

$$\text{സാന്ദ്രത} = \frac{\text{ദ്രവ്യമാനം}}{\text{വ്യാപ്തം}} \Rightarrow \text{വ്യാപ്തം} = \frac{\text{ദ്രവ്യമാനം}}{\text{സാന്ദ്രത}}$$

$$\text{വ്യാപ്തം} = \frac{200\times10^{-3}\,\mathrm{kg}}{\left(8\times10^{-3}\,\mathrm{kg}\right)\times10^{6}\,\mathrm{m^{-3}}} =$$

$$: 25\times10^{-6}\,\mathrm{m^3}$$

കാന്തിക മൊമെന്റിന്റെ പരിമാണം $p_m = 2\,\mathrm{A\,m^2}$

കാന്തവൽക്കരണത്തിന്റെ തീവ്രത,

$$M = \frac{\text{കാന്തിക മൊമെന്റ്}}{\text{വ്യാപ്തം}} = \frac{2}{25\times10^{-6}}$$

$$M = 0.8\times10^{5}\,\mathrm{A\,m^{-1}}$$

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 142 2/15/2023 12:51:44 PM

ഉദാഹരണം 3.9

$\vec{B} = \mu_{\circ}(\vec{H} + \vec{M})$, എന്ന ബന്ധം ഉപയോഗിച്ച് $\chi_m = \mu_r - 1$. എന്ന് തെളിയിക്കുക

നിർദ്ധാരണം

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

സമവാക്യം (3.33), ൽ വെക്ടർ രീതിയിൽ,

$$\vec{M} = \chi_m \vec{H}$$

അതിനാൽ, $\vec{B} = \mu_{\circ}(\chi_m + 1)\vec{H} \Rightarrow \vec{B} = \mu\vec{H}$

ഇവിടെ, $\mu = \mu_{\circ}(\chi_m + 1) \Rightarrow \chi_m + 1 = \dfrac{\mu}{\mu_{\circ}} = \mu_r$

$$\Rightarrow \chi_m = \mu_r - 1$$

ഉദാഹരണം 3.10

X മറ്റും Y എന്നീ രണ്ടു പദാർത്ഥങ്ങളെ കാന്തവൽക്കൃതമാക്കുന്നു. അവയുടെ കാന്തവൽക്കരണത്തിന്റെ തീവ്രത യഥാക്രമം 500 A m^{-1} മറ്റും 2000 A m^{-1} ആണ്. കാന്തവൽക്കൃത ക്ഷേത്രം 1000 A m^{-1} ആണെങ്കിൽ തന്നിട്ടുള്ളവയിൽ ഏതുപദാർത്ഥമാണ് സുഗമമായി കാന്തവൽക്കരിക്കാൻ സാധിക്കുന്നത്.

നിർദ്ധാരണം

പദാർത്ഥം X ന്റെ കാന്തിക സംവേദകത്വം

$$\chi_{m,\mathrm{X}} = \frac{|\vec{M}|}{|\vec{H}|} = \frac{500}{1000} = 0.5$$

പദാർത്ഥം Y ന്റെ കാന്തിക സംവേദകത്വം

$$\chi_{m,\mathrm{Y}} = \frac{|\vec{M}|}{|\vec{H}|} = \frac{2000}{1000} = 2$$

കാരണം പദാർത്ഥം Y ന്റെ കാന്തിക സംവേദകത്വം X പദാർത്ഥത്തെക്കാൾ കൂടുതലാണ്. അതിനാൽ പദാർത്ഥം Y നെ സുഗമമായി കാന്തവൽക്കരിക്കാൻ സാധിക്കുന്നതാണ്.

3.5 കാന്തിക വസ്തുക്കളുടെ വർഗ്ഗീകരണം

കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിൽ വച്ചിട്ടുള്ള കാന്തിക വസ്തുക്കളുടെ പ്രവർത്തനരീതിയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അവയെ മൂന്നു വിഭാഗങ്ങളായി തരം തിരിക്കാം. അവ യഥാക്രമം ഡയാമാഗ്നറ്റിക് പാരാമാഗ്നറ്റിക് ഫെറോമാഗ്നറ്റിക് എന്നിവയാണ്. ഈ ഭാഗത്തിൽ ഇവയെപ്പറ്റി കൂടുതൽ പഠിക്കാവുന്നതാണ്.

(a) ഡയാമാഗ്നറ്റിക് പദാർത്ഥങ്ങൾ

ന്യൂക്ലിയസിനു ചുറ്റും പരിക്രമണം ചെയ്യുന്ന ഇലക്ട്രോണുകൾ ഭ്രമണപഥത്തിന്റെ തലത്തിന് ലംബമായി ഒരു കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തെ ഉണ്ടാക്കുന്നു. തത്ഫലമായി പരിക്രമണത്തിലുള്ള ഓരോ ഇലക്ട്രോണിനും ഒരു നിശ്ചിത ഓർബിറ്റൽ കാന്തിക ദ്വിധ്രുവ മൊമന്റ് ഉണ്ടായിരിക്കുന്നതാണ്. എന്നാൽ പരിക്രമണ തലങ്ങൾ ക്രമരഹിതമായി ക്രമീകരിക്കുമ്പോൾ കാന്തിക മൊമന്റിന്റെ ആകെ വെക്ടർ മൂല്യം പൂജ്യമായിരിക്കും. അതുകൊണ്ട് ആറ്റങ്ങളിൽ പരിണത കാന്തിക മൊമന്റ് ഉണ്ടായിരിക്കുന്നതല്ല.

ഇവയെ ബാഹ്യമായ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ വയ്ക്കുമ്പോൾ ചില ഇലക്ട്രോണുകൾ ശക്തി കൂടുകയും ചില ഇലക്ട്രോണുകൾ ശക്തി കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു. ലെൻസിന്റെ നിയമമനുസരിച്ച് കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന് സമാന്തര വിരുദ്ധ ദിശയിൽ കാന്തിക മൊമന്റിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെ വേഗം വർദ്ധിക്കുകയും ഇത് ഒരു പ്രേരിത കാന്തിക മൊമന്റിനെ സൃഷ്ടിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ബാഹ്യ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തെ ഒഴിവാക്കുമ്പോൾ പ്രേരിത മൊമന്റ് അപ്രത്യക്ഷമാകും.

ഈ പദാർത്ഥത്തെ അസമകാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ വയ്ക്കുമ്പോൾ പ്രേരിത കാന്തിക മൊമന്റിനും ബാഹ്യ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിനും ഇടയിലുള്ള പ്രവർത്തനം ഒരു ബലത്തെ സൃഷ്ടിക്കുന്നു. ഈ ബലം പദാർത്ഥത്തെ ബാഹ്യമായ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ ശക്തി കൂടിയ ഭാഗത്തുനിന്ന് ശക്തി കുറഞ്ഞ ഭാഗത്തേക്ക് ചലിക്കാനുള്ള പ്രവണത കാണിക്കുന്നു. ഇതിനർത്ഥം കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ ഡയാമാഗ്നറ്റിക് പദാർത്ഥങ്ങൾ വികർഷിക്കുന്നു എന്നാണ്.

ഈ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് ഡയാമാഗ്നറ്റിക് പ്രവർത്തനം എന്നും ഇപ്രകാരം ഉള്ള പദാർത്ഥങ്ങൾക്ക് ഡയാമാഗ്നറ്റിക് പദാർത്ഥങ്ങൾ എന്നും പറയുന്നു.

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 143 2/15/2023 12:51:46 PM

ഉദാഹരണങ്ങൾ ബിസ്മത്ത്, കോപ്പർ, ജലം മുതലായവ.

ഡയാമാഗ്നറ്റിക് പദാർത്ഥങ്ങളുടെ സവിശേഷതകൾ

i) കാന്തിക സംവേദകത്വം നെഗറ്റീവ് ആണ്.

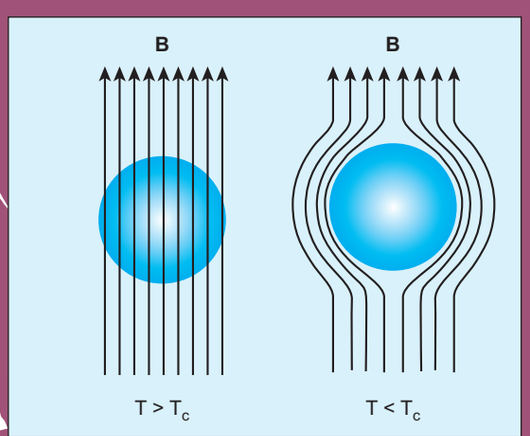
ii) ആപേക്ഷിക പ്രവേശന ക്ഷമത ഒന്നിനേക്കാൾ അല്പം കുറവാണ്.

iii) ബാഹ്യ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ ഡയാമാഗ്നറ്റിക് പദാർത്ഥങ്ങളെ വയ്ക്കുമ്പോൾ കാന്തിക ബലരേഖകൾ വികർഷിക്കപ്പെടുന്നു. അല്ലെങ്കിൽ പുറന്തള്ളപ്പെടുന്നു.

iv) കാന്തിക സംവേദകത്വം ഏറെക്കുറെ താപനിലയെ ആശ്രയിച്ചതല്ല

കുറിപ്പ്

അതിചാലകങ്ങൾ പൂർണ്ണമായും ഡയാമാഗ്നറ്റിക് പദാർത്ഥങ്ങളാണ് ഡയാമാഗ്നറ്റിക്പദാർത്ഥങ്ങൾഅതിചാലകങ്ങളായി പരിവർത്തനം ചെയ്യുമ്പോൾ അതിചാലകത്തിലുള്ള കാന്തിക ഫ്ളക്സ് പുറന്തള്ളപ്പെടുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസത്തെ മീസ്നർ പ്രഭാവം എന്നു വിളിക്കുന്നു. (ചിത്രം 3.18 കാണുക)



ചിത്രം 3.18 മീസ്നർ പ്രഭാവം പരിവർത്തന താപനില T_C യ്ക്ക് താഴെ അതിചാലകങ്ങൾ പൂർണ്ണമായും ഒരു ഡയാമാഗ്നറ്റിക് പദാർത്ഥങ്ങളെ പോലെ പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

(b) പാരാമാഗ്നറ്റിക് പദാർത്ഥങ്ങൾ

ചില കാന്തിക പദാർത്ഥങ്ങളിൽ ഓരോ ആറ്റത്തിനും അല്ലെങ്കിൽ തൻമാത്രകൾക്കും തനതായ സ്ഥിര കാന്തിക ദ്വിധ്രുവ മൊമന്റുണ്ട്. ഇതിനു കാരണം ആറ്റത്തിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഓർബിറ്റലിന്റെയും സ്പിന്നിന്റെയും കാന്തിക മൊമന്റിന്റെ വെക്ടർ തുകയാണ്. ഈ കാന്തിക മൊമന്റിനെ ക്രമരഹിതമായ ക്രമീകരണത്താൽ പദാർത്ഥങ്ങളുടെ ആകെ കാന്തിക മൊമന്റിന്റെ മൂല്യം പൂജ്യമായിരിക്കും.

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

മാഗ്നറ്റിക് ലെവിറ്റേറ്റട് ട്രെയിനിനെ മാഗ്ലീവ് ട്രെയിൻ എന്നു പറയാം. വൈദ്യുത കാന്തങ്ങളെ പ്രയോജനപ്പെടുത്തി അവയുടെ റെയിൽ പാളത്തിൽ നിന്ന് ചില സെന്റീമീറ്റർ ഉയരത്തിൽ മിതക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു. മാഗ്ലീവ് ട്രെയിൻ വണ്ടികൾക്ക് ചക്രങ്ങൾ ആവശ്യമില്ല. കൂടാതെ ഇവ വളരെ ഉയർന്ന വേഗത്തിൽ പോകുന്നവയാണ്. ഇവയുടെ അടിസ്ഥാനയാന്ത്രിക സൂക്ഷ്മത രണ്ട് ജോഡി കാന്തങ്ങളാൽ നിയന്ത്രിക്കപ്പെടുന്നു. ഒരു ജോഡി കാന്തം വികർഷണ ബലത്തെ പ്രയോജനപ്പെടുത്തി അതിന്റെ റെയിൽ പാളത്തിൽ നിന്ന് ചില സെന്റീമീറ്റർ ഉയരത്തിൽ കാറ്റിൽ മിതക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു. മറ്റൊരു ജോഡി കാന്തം മിതക്കുന്ന ഈ ട്രെയിൻ വണ്ടിയെ വളരെ ഉയർന്ന വേഗത്തിൽ മുന്നോട്ടു നയിക്കുന്നു. പാരമ്പര്യമായി നാം ഉപയോഗിക്കുന്ന ട്രെയിൻ വണ്ടിയെ മാഗ്ലീവ് ട്രെയിൻ വണ്ടിയോട് താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ ഇത് ശബ്ദം, കമ്പനം കൂടാതെ ചുറ്റുപാടിനു യാതൊരു ദോഷവും ഉണ്ടാക്കാത്തവയാണ്. ഭാവിയിൽ സാങ്കേതിക വിദ്യ ഉപയോഗിച്ച് മാഗ്ലീവ് ട്രെയിൻ വണ്ടികൾ ഇപ്പോഴുള്ള വേഗത്തെക്കാളും കൂടുതൽ വേഗത്തിൽ ചലിക്കുവാൻ സാധ്യതയുള്ളവയാണ്.



ഒരു ബാഹ്യകാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ സാന്നിധ്യത്തിൽ ഓരോ ആറ്റത്തിന്റെയും ദ്വിധ്രുവങ്ങളിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന അഘൂർണ്ണം അവയെ കാന്തികത്രേത്തിന്റെ ദിശയിൽവിന്യസിക്കപ്പെടുന്നു.ഇതിന്റെഫലമായിഒരുസ്ഥിര കാന്തിക ദ്വിധ്രുവ മൊമന്റ് ബാഹ്യ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ ദിശയിൽ പ്രേരിതമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ പ്രേരിത ദ്വിധ്രുവ മൊമന്റ് ബാഹ്യ കാന്തിക ക്ഷേത്രം ഉള്ളതു വരെ നിലനിൽക്കും.

ഒരു അസമ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിലാണ് ഇതിനെ വയ്ക്കുന്നതെങ്കിൽ പാരാമാഗ്നറ്റിക് പദാർത്ഥങ്ങൾ ശക്തി കുറഞ്ഞിടത്തു നിന്നു ശക്തി കൂടിയ ഇടത്തേക്കു ചലിക്കുന്നതായി കാണാം. ബാഹ്യമായ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിൽ വയ്ക്കുമ്പോൾ ദുർബലമായി കാന്തവൽക്കരിക്കപ്പെടുന്ന പദാർത്ഥങ്ങളാണ് പാരാമാഗ്നറ്റിക്

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 144 2/15/2023 12:51:46 PM

പദാർത്ഥങ്ങൾ ഉദാഹരണങ്ങൾ അലുമിനിയം, പ്ലാറ്റിനം, ക്രോമിയം മുതലായവ.

പാരാമാഗ്നറ്റിക് പദാർത്ഥങ്ങളുടെ സവിശേഷതകൾ:

i) ഇവകുറഞ്ഞപോസിറ്റീവ്സംവേദകത്വമുള്ളതാണ്.

ii) ആപേക്ഷിത പ്രവേശനക്ഷമത ഒന്നിനേക്കാൾ കൂടുതലാണ്.

iii) കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ വയ്ക്കുമ്പോൾ പാരാമാഗ്നറ്റിക് പദാർത്ഥങ്ങളുടെ ഉള്ളിലേക്ക് കാന്തികബല രേഖകൾ ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നു.

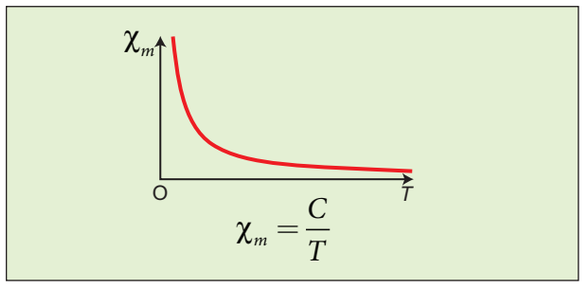
iv) കാന്തികസംവേദകത്വം കേവല താപനിലയ്ക്ക് വിപരീതാനുപാതത്തിലാണ്.

ക്യൂറിയുടെ നിയമം

താപനില ഉയരുമ്പോൾ കാന്തിക ദ്വിധ്രുവ മൊമന്റിന്റെ വിന്യാസം താപപ്രകമ്പനത്തിനാൽ ക്രമരഹിതമാകുന്നു. ആയതിനാൽ താപനില ഉയരുന്നതിന് അനുസരിച്ച് കാന്തിക സംവേദനകത്വം കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു. പല അവസരങ്ങളിലും പദാർത്ഥങ്ങളുടെ കാന്തിക സംവേദകത്വം

$$\chi_m \propto \frac{1}{T} \text{ അഥവാ } \chi_m = \frac{C}{T}$$

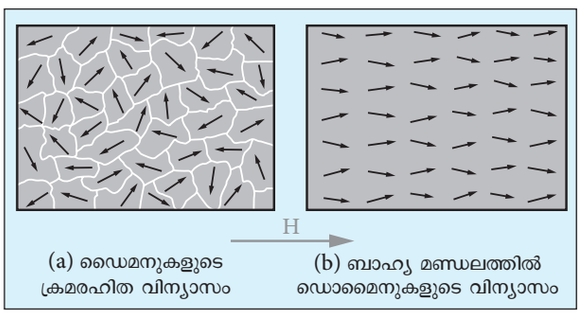
ഈ വിവരണത്തെ ക്യൂറിയുടെ നിയമം എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇതിൽ C എന്നത് ക്യൂറിയുടെ സ്ഥിരാങ്കവും താപനില കെൽവിനിലുമാണ് ഉള്ളത്. കാന്തികസംവേദകത്തിനുംതാപനിലയ്ക്കുംഇടയിൽഗ്രാഫ്വരയുകയാണെങ്കിൽ (ചിത്രം 3.19) ൽ കാണിച്ചതു പോലെ ദീർഘ ചതുരാകൃതിയിലുള്ള ഹൈപർബോള ആയിരിക്കും.



ചിത്രം 3.19 ക്യൂറിയുടെ നിയമം കാന്തിക സംവേദകത്വത്തിനും താപനിലയ്ക്കുമിടയിലുള്ള ബന്ധം

(c) ഫെറോ മാഗ്നറ്റിക് പദാർത്ഥങ്ങൾ

ഫെറോമാഗ്നറ്റിക് പദാർത്ഥത്തിലെ ഓരോ അണു അല്ലെങ്കിൽ തൻമാത്രയിലും പാരാമാഗ്നറ്റിക് വസ്തുവിലുള്ളതു പോലെ കാന്തിക ദ്വിധ്രുവ മൊമന്റ് ഉണ്ട്. ഒരു ഫെറോമാഗ്നറ്റിക് പദാർത്ഥം എന്നത് ചിത്രം 3.20 ൽ കാണിച്ച പ്രകാരം ഫെറോമാഗ്നറ്റിക് ഡൊമെയ്ൻ എന്നറിയപ്പെടുന്ന ചെറിയ മേഖലകളാൽ നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടവയാണ്. ഓരോ ഡൊമെയ്ന്റെ ഉള്ളിലും കാന്തിക മൊമന്റ് സ്വയം ഒരു നിശ്ചിത ദിശയിൽ വിന്യസിക്കപ്പെടുന്നു. അണുക്കളുടെ ദൂരത്തിനനുസരിച്ച് ഉണ്ടാകുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളുടെ പരിക്രമത്തിന്റെ ശക്തമായ ഇടപെടൽ കൊണ്ടാണ് ഈ വിന്യാസം സംഭവിക്കുന്നത് ഓരോ ഡൊമെയ്നും ഒരു നിശ്ചിത ദിശയിൽ കാന്തവൽക്കരിക്കപ്പെടുന്നു. എന്നിരുന്നാലും അടുത്തടുത്ത ഡൊമെയ്നുകളിലെകാന്തവൽക്കരണത്തിന്റെദിശവെവ്വേറെ ആയതിനാൽ വസ്തുവിന്റെ പരിണത കാന്തവൽക്കരണം പൂജ്യമായിരിക്കും.



ചിത്രം 3.20 കാന്തികഡൊമെയ്ൻ ഫെറോ മാഗ്നറ്റിക് പദാർത്ഥങ്ങൾ

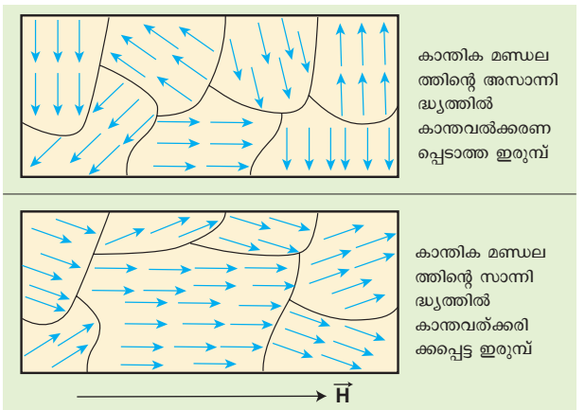
ബാഹ്യ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ സാന്നിധ്യത്തിൽ രണ്ടു പ്രക്രിയകൾ നടക്കുന്നതാണ്

(1) ബാഹ്യകാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന് സമാന്തരമായി കാന്തിക മൊമന്റ്കളുടെ ഡൊമെയ്നുകളുടെ വലുപ്പം വർദ്ധിക്കുന്നു.

(2) ബാഹ്യകാന്തികക്ഷേത്രത്തിന്സമാന്തരമല്ലാത്തമറ്റ് ഡൊമെയ്നുകൾ കറങ്ങി കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന്റെ ദിശയിൽ വിന്യസിക്കുന്നു.

ഈ പ്രക്രിയയുടെ ഫലമായി പദാർത്ഥത്തിൽ ശക്തമായ പരിണത കാന്തവൽക്കരണം ബാഹ്യ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ ദിശയിൽ തന്നെ നടക്കുന്നു (ചിത്രം 3.21).

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 145 2/15/2023 12:51:47 PM



ചിത്രം 3.21 ഡൊമെയ്നുകളുടെ കാന്തവൽക്കരണ പ്രക്രിയകൾ

ഒരു അസമ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിലാണ് വയ്ക്കുന്നതെങ്കിൽ ഫെറോമാഗ്നറ്റിക് പദാർത്ഥങ്ങൾ ശക്തി കുറഞ്ഞ ഭാഗത്തു നിന്നും ശക്തി കൂടിയ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിലേക്ക് ചലിക്കാനുള്ള പ്രവണത കാണിക്കുന്നു. ഒരു ബാഹ്യമായ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ വയ്ക്കുമ്പോൾ ശക്തമായി കാന്തവൽക്കരിക്കപ്പെടുന്ന വയാണ് ഫെറോമാഗ്നറ്റിക് പദാർത്ഥങ്ങൾ ഉദാഹരണങ്ങൾ ഇരുമ്പ്, നിക്കൽ, കൊബാൾട്ട് മുതലായവ.

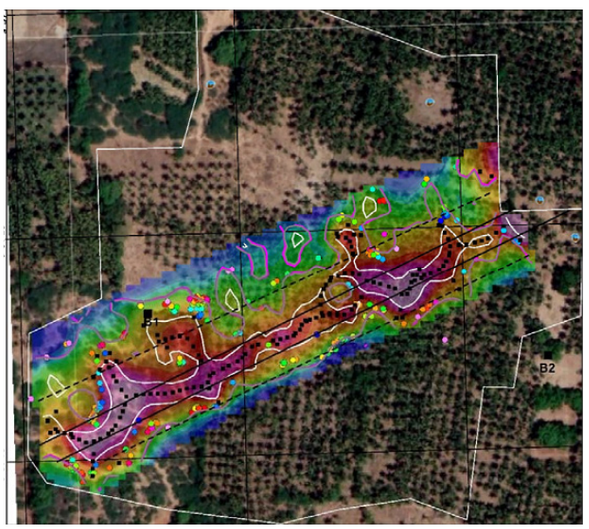
നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

നമ്മുടെജീവിതത്തിൽകാന്തികതപലവിഭാഗങ്ങളിൽ പ്രധാന പങ്കു വഹിക്കുന്നു. ഇവ പുരാവസ്തു കേന്ദ്രമായ കീഴാടി എന്ന സ്ഥലത്തോടും ബന്ധമുള്ളവയാണ് ഒരു സ്ഥലത്ത് പുരാവസ്തു ഘടകങ്ങൾ നിലവിലുണ്ടോ എന്നറിയാൻ വളരെ വിപുലമായ സാങ്കേതികവിദ്യ മാഗ്നറ്റോമീറ്റർ സർവേയിങ്ങ് പ്രയോജനപ്പെടുത്തുന്നു.



ചിത്രം 2

ഈ സാങ്കേതിക വിദ്യയിൽ പുരാവസ്തു കേന്ദ്രത്തിലും അതിനരുകിലുള്ള സ്ഥലത്തും കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ വ്യതിയാനം കണക്കാക്കുന്നു. മാഗ്നറ്റൈറ്റ് എന്ന കാന്തിക ധാതു അടങ്ങിയിട്ടുള്ള മണ്ണിനടിയിലുള്ള ചുമരുകൾ, മൺപാത്രങ്ങൾ, ഇഷ്ടികകൾ, ശവക്കുഴികൾ, സ്മാരകങ്ങൾ അടങ്ങിയുള്ള സ്ഥലങ്ങൾ ഉള്ളതു കൊണ്ടാണ് കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ വ്യതിയാനം ഉണ്ടാകുന്നത് ഈ ധാതുക്കൾ ഡയാകാന്തങ്ങളോ അല്ലെങ്കിൽ പാരാകാന്തങ്ങളോ അല്ലെങ്കിൽ ഫെറോകാന്തങ്ങളോ ഉള്ളവയായിരിക്കും. ഇവ ഓരോന്നും ഓരോ പരിധിയിലുള്ള കാന്തിക സംവേദകത്വം ഉള്ളവയാണ്.



ചിത്രം 1

മുംബൈയിലുള്ള ഇന്ത്യൻ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ട് ഓഫ് ജിയോ മാഗ്നറ്റിസം (IIG) കീഴാടി എന്ന സ്ഥലത്തു നടത്തിയ മാഗ്നറ്റോമീറ്റർ എന്ന സർവ്വേയിൻ പുരാവസ്തു ഘടകങ്ങളായ ചുമരുകൾ, മൺപാത്രങ്ങൾ മുതലായവ കണ്ടെടുക്കപ്പെട്ടു. (ചിത്രം 1) ൽ നിന്ന് 10- മുതൽ 100nT കാന്തികക്ഷേത്ര വ്യതിയാനം ആ നിശ്ചിത സ്ഥലത്തിൽ കണക്കാക്കപ്പെട്ടു (വർണ്ണ ചിത്രം) യഥാർത്ഥത്തില കീഴാടി എന്ന സ്ഥലത്ത് കണ്ടെടുക്കപ്പെട്ട ഭീമമായ ഇഷ്ടികാ ഘടകങ്ങൾ കാന്തികത മുഖേനയാണ് വെളിപ്പെടുത്തപ്പെട്ടത്.

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 146 2/15/2023 12:51:47 PM

ഫെറോ മാഗ്നറ്റിക് പദാർത്ഥങ്ങളുടെ സവിശേഷതകൾ:

i) കാന്തിക സംവേദകത്വം പോസിറ്റീവും മൂല്യം അധികവുമാണ്.

ii) ആപേക്ഷിത പ്രവേശനക്ഷമത അധികമാണ്.

iii) കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽവയ്ക്കുമ്പോൾഫെറോമാഗ്നറ്റിക് പദാർത്ഥങ്ങളുടെ ഉള്ളിലേക്ക് കാന്തിക ബല രേഖകൾ ശക്തമായി ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നു.

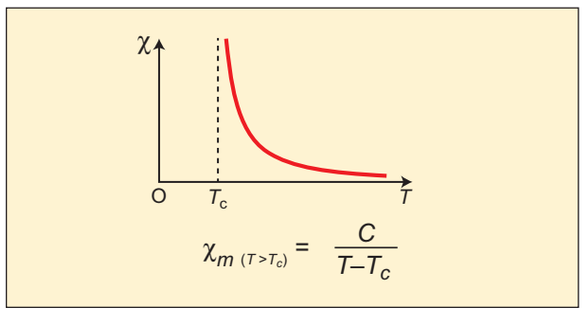
iv) കാന്തിക സംവേദകത്വം കേവല താപനിലയ്ക്ക് വിപരീതാനുപാതത്തിലാണ്.

ക്യൂറി-വീസ്സ് നിയമം

താപനില ഉയരുന്നതിനനുസരിച്ച് അണു ദ്വിധ്രുവത്തിന്റെ അധിക താപപ്രക്ഷോഭത്താൽ ഫെറോമാഗ്നറ്റിസം കുറയുന്നു. ഒരു നിശ്ചിത താപനിലയിൽ ഫെറോമാഗ്നറ്റിക് പദാർത്ഥം പാരാമാഗ്നറ്റിക് പദാർത്ഥമായി മറുന്നു. ഈ താപനിലയെ ക്യൂറി താപനില. T_C എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ക്യൂറി താപനിലയ്ക്ക് മുകളിലുള്ള കാന്തിക സംവേദകത്വത്തെ ഇങ്ങനെ വിശദീകരിക്കാം

$$\chi_m = \frac{C}{T - T_C}$$

ഈ സമവാക്യത്തെ ക്യൂറി വീസ്സ് നിയമം എന്ന് പറയുന്നു. ഇതിൽ C എന്നത് ക്യൂറിസ്ഥിരാങ്കമാണ് താപനില T കെൽവിനിലാണ് കാന്തികസംവേദകത്വ താപനിലയ്ക്കും ഉള്ള ബന്ധം ഗ്രാഫിൽ കാണിക്കുന്നു. ചിത്രം 3.22.

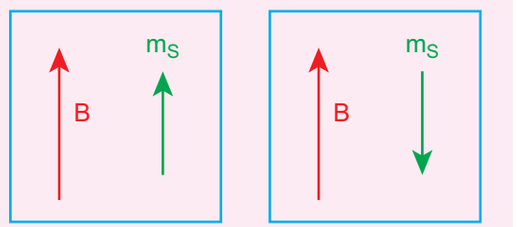


ചിത്രം 3.22 ക്യൂറി-വീസ് നിയമം- കാന്തിക സംവേദകത്വത്തിനും താപനിലയ്ക്കുമിടയിലുള്ള ബന്ധം

സ്പിൻ

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

ദ്രവ്യമാനം, ചാർജ് മുതലായവപ്പോലെ അടിസ്ഥാന കണങ്ങളുടെ മറ്റൊരു സവിശേഷതയാണ് സ്പിൻ. സ്പിൻ എന്നത് ക്വാണ്ടം മെക്കാനിക്സിലെ ഒരു പ്രതിഭാസമാണ്. ഇത് അദ്ധ്യായം 2 ൽ വിമർശിച്ചിട്ടുണ്ട്. വസ്തുക്കളുടെ കാന്തികസവിശേഷതകൾക്ക് ഇത് ഒരു പ്രധാന കാരണമാണ് ക്ലാസ്സിക്കൽ മെക്കാനിക്സിൽ നാം വിവരിക്കുന്ന സ്പിൻ ക്വാണ്ടം മെക്കാനിക്സിൽ വിവരിക്കുന്ന സ്പിന്നിൽനിന്നുംആകെവ്യത്യസ്തമുള്ളവയാണ്. ക്വണ്ടംണ്ടം മെക്കാനിക്സിൽ പറയപ്പെടുന്ന സ്പിൻ യഥാർത്ഥത്തിൽ സ്പിന്നിനെ കുറിക്കുന്നില്ല. ഇത് ഇൻട്രിൻസിങ്ക് കോണീയ സംവേഗത്തിനെകുറിക്കുന്നു. ഇൻട്രിൻസിക് കോണീയ സംവേഗത്തിനെപ്പറ്റി ക്ലാസിക്കൽ മെക്കാനിക്സിൽ യാതൊരു കുറിപ്പും ഇല്ല. വളരെക്കാലമായി ബാഹ്യകാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ സ്പിൻ വെക്ടറിന്റെ ക്രമീകരണം പോസിറ്റീവ് അല്ലെങ്കിൽ നെഗറ്റീവ് സംഖ്യയുള്ളവയാണ് ഉദാഹരണമായി ഇലക്ട്രോണിന്റെ സ്പിൻ $s = \frac{1}{2}$



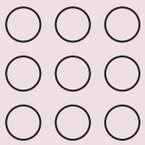
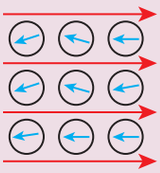
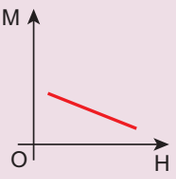
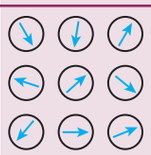
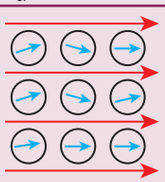
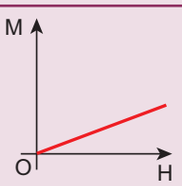
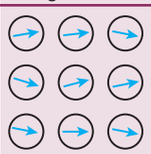
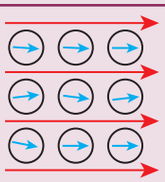
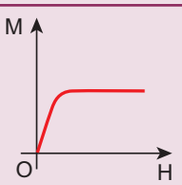
കാന്തിക മണ്ഡലത്തിന്റെ ദിശയിൽ സ്പിൻ (മുകളിലോട്ടുള്ള സ്പിൻ)

കാന്തിക മണ്ഡലവുമായി സമാന്തര വിരുദ്ധ ദിശയിൽ സ്പിൻ (സ്പിൻ താഴോട്ട്)

ബാഹ്യകാന്തികക്ഷേത്രംപ്രവർത്തിക്കുമ്പോൾ സ്പിൻ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന്റെദിശയ്ക്ക് സമാന്തരമായോ അല്ലെങ്കിൽ സമാന്തര വിരുദ്ധമായോ ക്രമീകരിക്കപ്പെടുന്നു. ഇതിൽനിന്നുംഇലക്ട്രോണിന്റെ കാന്തിക സ്പിൻ രണ്ട് മൂല്യങ്ങൾ ഉള്ളവയാണ് അവ യഥാക്രമം. $m_s = \frac{1}{2}$ (സ്പിൻ മുകളിലോട്ട്) കൂടാതെ $m_s = \frac{1}{2}$(സ്പിൻ താഴേക്ക്) പ്രോട്ടോൺ കൂടാതെ ന്യൂട്രോണിന്റെ സ്പിൻ $s = \frac{1}{2}$ കൂടാതെ ഫോട്ടാണിന്റെ സ്പിൻ $s = 1$.

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 147 2/15/2023 12:51:49 PM

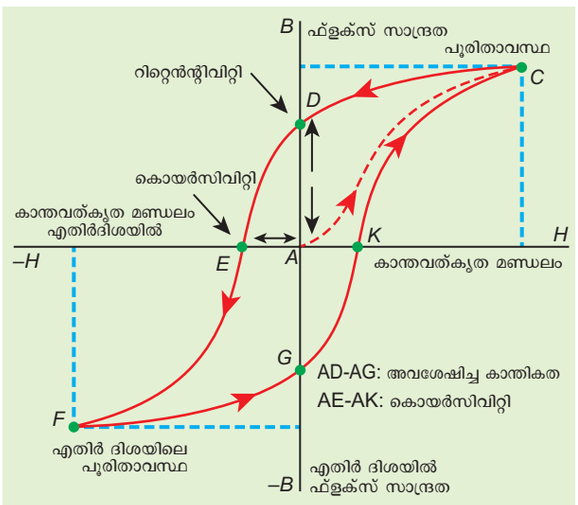
കാന്തങ്ങളുടെ തരങ്ങളെ താരതമ്യം ചെയ്യൽ (പരീക്ഷയ്ക്ക് ഉൾപ്പെട്ടവയല്ല)

തരം	കാന്തികവൽക്കൃത ക്ഷേത്രം ഇല്ല (H = 0)	കാന്തികവൽക്കൃത ക്ഷേത്രം ഉണ്ട് ($H \neq 0$)	കാന്തവൽക്കരണ തീവ്രത	കാന്തിക സംവേദകത്വം	ആപേക്ഷിക പ്രവേശന ക്ഷമത
ഡയാമാഗ്നറ്റിസം	 (കാന്തിക മൊമന്റ് പൂജ്യം)	 കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന് എതിർ ദിശയിൽ വിന്യാസം		നെഗറ്റീവ്	ഒന്നിനെക്കാൾ കുറവ്
പാരാമാഗ്നറ്റിസം	 (സ്ഥിര കാന്തിക മൊമന്റ് ഉണ്ട്. പക്ഷേ ക്രമരഹിത വിന്യാസം)	 (കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന്റെ ദിശയിൽ വിന്യാസം)		പോസിറ്റീവും കുറഞ്ഞ മൂല്യവും	ഒന്നിനേക്കാൾ കൂടുതൽ
ഫെറോമാഗ്നറ്റിസം	 (ഡൊമെയ്നിൽ സ്ഥിര കാന്തിക മൊമന്റ് ഉണ്ട് പക്ഷേ ഡൊമെയ്നിൽ ക്രമരഹിത വിന്യാസം)	 (കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന്റെ ദിശയിൽ വിന്യാസം)		പോസിറ്റീവും അധിക മൂല്യവും	വളരെ അധികം

3.6 ഹിസ്റ്റെറിസിസ്

ഒരു ഫെറോമാഗ്നറ്റിക് പദാർത്ഥത്തെ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ വയ്ക്കുമ്പോൾ പ്രേരണത്താൽ അവ കാന്തമാക്കപ്പെടുന്നു. ഫെറോമാഗ്നറ്റിക് പദാർത്ഥത്തിന്റെ പ്രത്യേകത എന്തെന്നാൽ കാന്തിക പ്രേരണ $\vec{B}$ ന്റെയും കാന്തവൽക്കൃത ക്ഷേത്രം $\vec{H}$ ന്റെയും വ്യതിയാനം രേഖീയമല്ല. അതായത് അനുപാതം $\frac{B}{H} = \mu$ സ്ഥിരാങ്കമല്ല. ഈ സ്വഭാവത്തെ കുറിച്ച് വിശദമായി പഠിക്കാം.

ഒരു ഫെറോമാഗ്നറ്റിക് പദാർത്ഥം (ഉദാഹരണം ഇരുമ്പ്) സാവധാനത്തിൽ കാന്തവൽക്കരിത ക്ഷേത്രത്തിൽ $\vec{H}$ വയ്ക്കുമ്പോൾ കാന്തവൽക്കരിക്കപ്പെടുന്നു. വസ്തുവിന്റെ കാന്തിക പ്രേരണ $\vec{B}$ ബിന്ദു A യിൽ നിന്നും കാന്തവൽക്കൃത ക്ഷേത്രത്തിന്റെ പരിമാണത്തോടൊപ്പം വർദ്ധിക്കുകയും ഒരു ഘട്ടത്തിൽ അതിന്റെ പൂരിതാവസ്ഥയിൽ എത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. വസ്തുവിന്റെ ഈ മാറ്റം ചിത്രം 3.23. ൽ AC എന്ന വക്രരേഖയിലൂടെ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. കാന്തവൽക്കരണത്തിന്റെ പാരമ്യത എന്നു പറയുന്നത് കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന്റെ പ്രഭാവം കൊണ്ട് വസ്തു ഏറ്റവുമധികം കാന്തവൽക്കരിക്കപ്പെടുന്നതിനെയാണ്



ചിത്രം 3.23 ഹിസ്റ്റെറിസിസ് – B യ്ക്കും H നുമുള്ള രേഖാ ചിത്രം

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 148 2/15/2023 12:51:51 PM

കാന്തവൽക്കൃത ക്ഷേത്രം കുറയ്ക്കുമ്പോൾ കാന്തിക ക്ഷേത്രവും കുറയുന്നു. എന്നാൽ CA. സ്വയം അതേപാത യിലൂടെ പിന്തുടരുന്നില്ല. CD എന്ന മറ്റൊരു പാത സ്വീക രിക്കുന്നു. കാന്തിക ക്ഷേത്രം പൂജ്യമായാലും കാന്തിക പ്രേരണം പൂജ്യമാകാതെ ഒരു പോസിറ്റീവ് വിലയിലായി രിക്കും. ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത് $H = 0$. ആയിരിക്കുമ്പോൾ വസ്തുവിൽ കുറച്ച് കാന്തികത അവശേഷിക്കും. എന്ന താണ്. വസ്തുവിലുള്ള അവശേഷിച്ച കാന്തികത AD എന്നതിനെ റെമനെൻസ് അല്ലെങ്കിൽ റീടെൻറിവിറ്റി (അവ ശേഷിപ്പ്) എന്ന് പറയുന്നു. കാന്തവൽക്കൃത ക്ഷേത്രം ഇല്ലെങ്കിലും വസ്തുക്കളിൽ കാന്തികത നിലനിർത്താ നുള്ള കഴിവിനെ റെമനെൻസ് എന്നു പറയുന്നു.

വസ്തുക്കളുടെ കാന്തികശക്തിയെ ഇല്ലാതാക്കുന്ന തിനു വേണ്ടി കാന്തവൽക്കൃത ക്ഷേത്രത്തെ സാവധാനം വിപരീത ദിശയിൽ കൂട്ടണം. ഇപ്പോൾ കാന്തിക പ്രേ രണം DE വഴിയേ കുറഞ്ഞ് E. ൽ എത്തുമ്പോൾ പൂജ്യ മാകുന്നു. വിപരീത ദിശയിലുള്ള കാന്തവൽക്കൃത ക്ഷേത്രം AE എന്നത് അവശേഷിക്കുന്ന കാന്തികതയെ പൂജ്യത്തിലോട്ട് നയിക്കുന്നു. വസ്തുക്കളുടെ അവശേ ഷിക്കുന്ന കാന്തികതയെ ഇല്ലാതാക്കാൻ ആവശ്യമായി വരുന്ന വിപരീത ദിശയിലുള്ള കാന്തവൽക്കൃത ക്ഷേത്ര ത്തിന്റെ പരിമാണത്തെ കോയേഴ്സിവിറ്റി എന്നു പറയുന്നു.

കൂടാതെ വിപരീത ദിശയിൽ $\vec{H}$ നെ കൂട്ടുകയാണെ ങ്കിൽ, കാന്തിക പ്രേരണം EF പാതയായി F എന്ന പൂരിത ബിന്ദുവിൽ എത്തുന്നതു വരെ വിപരീത ദിശയിൽ കൂടികൊണ്ടേ പോകുന്നു. വിപരീതദിശയിൽ കാന്തിക പ്രേരണത്തെ കുറച്ച് വീണ്ടും കൂട്ടുമ്പോൾ കാന്തിക ക്ഷേത്രം FGKC. എന്ന പാതയിലായിരിക്കും ACDEFGKC എന്ന അടഞ്ഞ ഈ പാതയ്ക്ക് ഹിസ്റ്റി റിസിസ് എന്നു പറയുന്നു. ഇതു വസ്തുക്കളുടെ കാന്തികവൽക്കരണത്തിന്റെ ഒരു ചുറ്റിനെ കാണിക്കുന്നു.

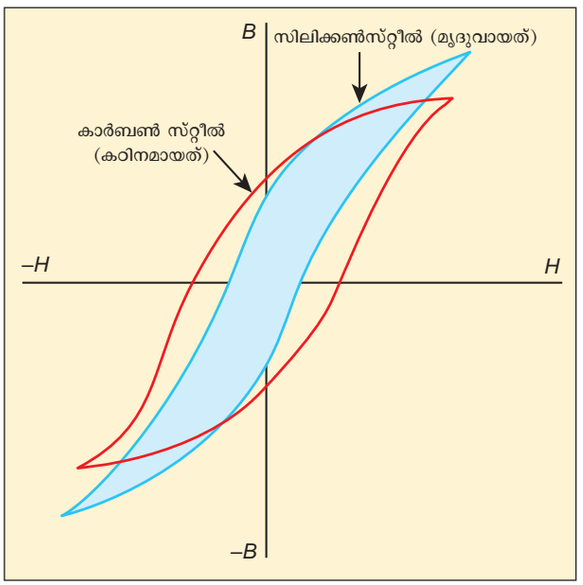
ഈ പൂർണ്ണ ചുറ്റിൽ കാന്തികപ്രേരണം B കാന്തവ ൽക്കൃതക്ഷേത്രം H നെക്കാൾ പുറകിലാണ് ഇങ്ങനെ കാന്തിക പ്രേരണം കാന്തവൽക്കരിത ക്ഷേത്രത്തിന് പുറകിലാവുന്ന സംഭവവികാസത്തെ ഹിസ്റ്ററിസിസ് എന്നു പറയുന്നു. ഹിസ്റ്ററിസിസ് എന്നത് പിറകിലാ ക്കപ്പെടുക എന്നതാണ്.

ഹിസ്റ്ററിസിസ് നഷ്ടം

വസ്തുവിനെ കാന്തവൽക്കരിക്കുന്ന ചുറ്റിൽ താപ രൂപത്തിൽ ഊർജ്ജം നഷ്ടപ്പെടുന്നു. ഈ ഊർജ്ജ നഷ് ടത്തിന് കാരണം പല ദിശകളിൽ ഉള്ള തൻമാത്രകളുടെ ഭ്രമണവും ക്രമീകരണവും കൊണ്ടാണ്. ഒരു പൂർണ്ണ ചുറ്റിൽ കാന്തവൽക്കരിക്കപ്പെടുന്ന വസ്തുവിന്റെ ഒരു യൂണിറ്റ് വ്യാപ്തത്തിന്റെ ഊർജ്ജ നഷ്ടം ഹിസ്റ്ററി സിസ് വലയത്തിന്റെ വിസ്തീർണ്ണത്തിന് സമം എന്ന് കണ്ടറിയപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്.

കഠിനവും മൃദുലവുമായ കാന്തവസ്തുക്കൾ

ഹിസ്റ്ററിസിസ് വലയത്തിന്റെ ആകൃതി കൂടാതെ അളവ് എന്നിവയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഫെറോമാഗ്ന റ്റിക് പദാർത്ഥങ്ങളെ കുറഞ്ഞ വിസ്തീർണ്ണമുള്ള മൃദുല കാന്തിക വസ്തുക്കൾ എന്നും കൂടുതൽ വിസ്തീർണ്ണ മുള്ള കഠിന കാന്തിക വസ്തുക്കൾ എന്നും തരം തിരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ രണ്ടു കാന്തിക വസ്തുക്കളുടെ ഹിസ്റ്ററിസിസ് വലയങ്ങളുടെ ചിത്രം 3.24 ൽ കാണി ച്ചിട്ടുണ്ട്.



ചിത്രം 3.24 ഹിസ്റ്ററിസിസ് വലയങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ രണ്ട് ഫെറോമാഗ്നറ്റിക് പദാർത്ഥങ്ങളെ താരതമ്യം ചെയ്യൽ

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 149 2/15/2023 12:51:51 PM

നമ്പർ	സവിശേഷതകൾ	മൃദുവായ ഫെറോമാഗ്നറ്റിക് പദാർത്ഥങ്ങൾ	കഠിനമായ ഫെറോമാഗ്നറ്റിക് പദാർത്ഥങ്ങൾ
1	കാന്തികക്ഷേത്രം നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുമ്പോൾ	കാന്തിക വൽക്കരണം ഇല്ലാതാകുന്നു	കാന്തികത നില നിൽക്കുന്നു
2	വലയത്തിന്റെ വിസ്തീർണ്ണം	ചെറുത്	വലുത്
3	റീടെന്റിവിറ്റി	താഴ്ന്നത്	ഉയർന്നത്
4	കോയേഴ്സിവിറ്റി	കൂടുതൽ	കുറവ്
5	കാന്തിക സംവേദകത്വം, കാന്തിക പ്രവേശന ക്ഷമത	കൂടുതൽ	കുറവ്
6	ഹിസ്റ്ററിസിസ് വലയം	കുറവ്	കൂടുതൽ
7	പ്രയോജനങ്ങൾ	സോളിനോയ്ഡ് കോർ വിദ്യുത് കാന്തികത	സ്ഥിരമായ കാന്തങ്ങൾ
8	ഉദാഹരണം	പച്ചിരുമ്പ്, മ്യൂമെറ്റൽ സ്റ്റെലോയ്	സ്റ്റീൽ അൽനിക്കോ ലോഡ് സ്റ്റോൺ

ഹിസ്റ്ററിസിസ് വലയത്തിന്റെ പ്രയോജനങ്ങൾ

ഓരോ ഫെറോമാഗ്നറ്റിക് വസ്തുക്കളുടെയും റീടെന്റിവിറ്റി, കാന്തിക പ്രവേശന ക്ഷമത കാന്തിക സംവേദകത്വം കൂടാതെ ഊർജ്ജ നഷ്ടം തുടങ്ങിയ ആശയങ്ങൾ നൽകുന്നതിൽ ഹിസ്റ്റ റിസിസ് വലയം പ്രാധാന്യം വഹിക്കുന്നു. ആയതിനാൽ ഒരു പ്രത്യേക ആവശ്യത്തിനായി വസ്തുക്കളെ തിര ഞ്ഞെടുക്കാനായിട്ട്കാന്തികഹിസ്റ്ററിസിസ്വലയത്തെ ക്കുറിച്ചുള്ള അറിവ് ആവശ്യമാകുന്നു ചില ഉദാഹര ണങ്ങൾ.:

i) സ്ഥിരകാന്തങ്ങൾ:

ഉയർന്ന റീടെന്റിവിറ്റി, ഉയർന്ന കോയേഴ്സിറ്റിവിറ്റി കൂടാതെ ഉയർന്ന കാന്തിക പ്രവേശന ക്ഷമത സ്ഥിര കാന്തങ്ങൾ ഉണ്ടാകാൻ അനുയോജ്യമാണ്

ഉദാഹരണം : സ്റ്റീൽ, അൽനിക്കോ

ii) വൈദ്യുത കാന്തങ്ങൾ:

കൂടുതൽ പ്രാരംഭ കാന്തിക പ്രവേശന ക്ഷമത, കുറഞ്ഞ കോയേഴ്സിവിറ്റി, കൂടാതെ വിസ്തീർണ്ണമുള്ള ലോലമായ കാന്ത ഹിസ്റ്ററിസിസ് വലയമുള്ള വസ്തു ക്കൾ വൈദ്യുതകാന്തങ്ങൾ ഉണ്ടാകാൻ അനുയോജ്യ മാണ്.

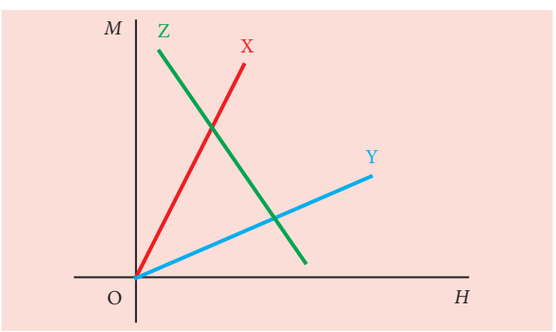
ഉദാഹരണങ്ങൾ : പച്ചിരുമ്പ്, മ്യൂമെറ്റൽ (നിക്കൽ, ഇരു മ്പ്, ചേർന്ന ലോഹ സങ്കരം)

iii) ട്രാൻസ്ഫോർമറിന്റെ കോറ്:

കൂടുതൽ പ്രാരംഭ കാന്തിക പ്രവേശനക്ഷമത, ഉയ ർന്ന കാന്തിക ക്ഷേത്രം കൂടാതെ കുറഞ്ഞ വിസ്തീർണ്ണ മുള്ള ലോലമായ ഹിസ്റ്ററിസിസ് വലയമുള്ള വസ്തു ക്കൾ ട്രാൻസ്ഫോർമർ കോറ് ഉണ്ടാകാൻ അനുയോജ്യ മാണ്. ഉദാഹരണം : പച്ചിരുമ്പ്

ഉദാഹരണം 3.11

X, Y, Z എന്ന മൂന്നു കാന്തിക പദാർത്ഥങ്ങളുടെ കാന്തികവൽക്കരണത്തിന്റെ തീവ്രത കൂടാതെ കാന്തികവൽക്കൃത ക്ഷേത്രം എന്നിവയ്ക്കിടയിലുള്ള വ്യത്യാസത്തെ താഴെക്കൊടുത്തിട്ടുള്ള ഗ്രാഫിൽ കാണിക്കുന്നു. ഈ ഗ്രാഫിന്റെ സഹായത്തോടെ ഈ മൂന്നു പദാർത്ഥങ്ങളെ കണ്ടുപിടിക്കുക.



MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 150 2/15/2023 12:51:51 PM

നിർദ്ധാരണം

ഗ്രാഫിന്റെ ചായ്‌വ് കാന്തിക സംവേദകത്വത്തെ കൊടുക്കുന്നു.

$$\chi_m = \frac{M}{H}$$

X പദാർത്ഥം : ചായ്‌വ് പോസിറ്റീവും കൂടുതൽ മൂല്യമുള്ളതാണ് ആയതിനാൽ ഇത് ഒരു ഫെറോകാന്ത പദാർത്ഥം.

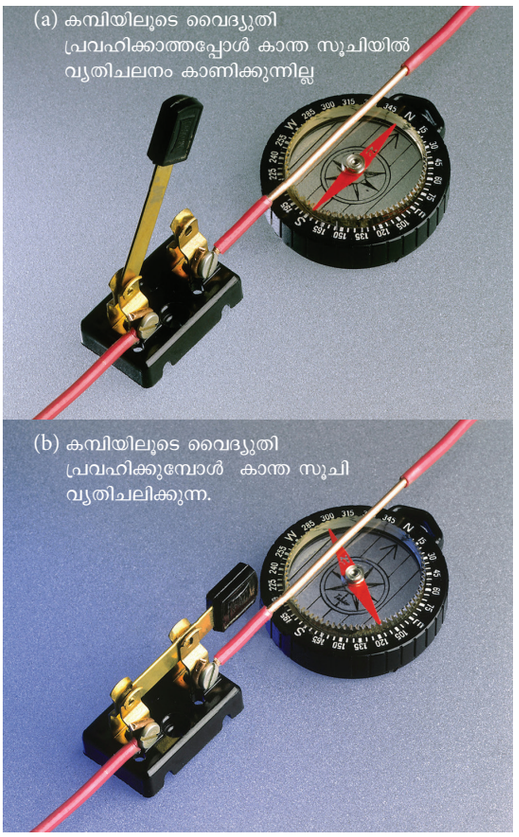
Y പദാർത്ഥം : ചായ്‌വ് പോസിറ്റീവും X നെക്കാളും കുറഞ്ഞ മൂല്യമുള്ളവയുമാണ്. ആയതിനാൽ ഇത് ഒരു പാരാകാന്ത പദാർത്ഥമാണ്.

Z പദാർത്ഥം : ചായ്‌വ് നെഗറ്റീവാണ് ആയതിനാൽ ഇത് ഒരു ഡയാകാന്ത പദാർത്ഥമാണ്.

3.7 വൈദ്യുതിയുടെ കാന്തിക പ്രഭാവങ്ങൾ

3.7.1 ഓർസ്റ്റഡ് പരീക്ഷണം

1820 ൽ ഹാൻസ്ക്രിസ്റ്റ്യൻ ഓർസ്റ്റഡ് തന്റെ ഭൗതിക ശാസ്ത്ര ക്ലാസ്സിന് തയ്യാറാകുമ്പോൾ കമ്പിയിലൂടെ പ്രവഹിക്കുന്ന വൈദ്യുതി അരുകിലുള്ള ദിശ കാണിക്കുന്ന ഉപകരണത്തിൽ വ്യതിചലനം ഉണ്ടാക്കുന്നു എന്ന് മനസ്സിലാക്കി. ശരിയായ പരീക്ഷണങ്ങൾക്കു ശേഷം ദിശ കാണിക്കുന്ന ഉപകരണത്തിൽ വ്യതിചലനം ഉണ്ടാകുന്നതിനു കാരണം വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന കമ്പിക്കു ചുറ്റിലും ഉണ്ടായ കാന്തിക മണ്ഡലത്തിൽ സംഭവിച്ച് മാറ്റമാകുന്നു എന്ന് മനസ്സിലാക്കി. ചിത്രം (3.25) വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന ദിശ എതിർദിശയിലാണെങ്കിൽ ദിശ കാണിക്കുന്ന ഉപകരണത്തിലും എതിർ ദിശയിൽ വ്യതി ചലനം ഉണ്ടാകുന്നതായി മനസ്സിലാക്കി. ഇത് വിദ്യുത് കാന്തിക സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ വികസനത്തിനു വഴി തെളിച്ച് ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിന്റെ രണ്ടു ശാഖകളായ വൈദ്യുതിയേയും കാന്തികതയേയും ഏകീകൃത മാക്കപ്പെട്ടു.



ചിത്രം 3.25 ഓർസ്റ്റഡിന്റെ പരീക്ഷണം – വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന കമ്പിയും കാന്തസൂചിയിൽ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യതിചലനവും.

3.7.2 വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന ഋജുവായ ചാലകത്തിനും വൃത്താകൃതിയിലുള്ള കമ്പിച്ചുരുളിനെ ചുറ്റിയും ഉണ്ടാകുന്ന കാന്തികക്ഷേത്രം

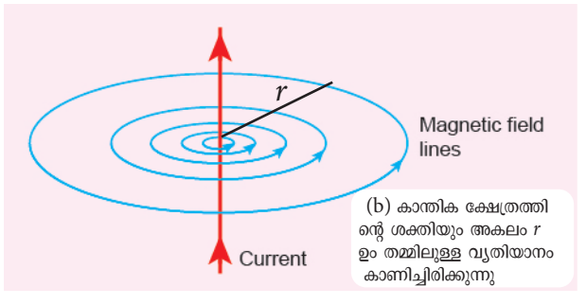
(a) വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്നനേരേയുള്ള ചാലകം:

വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന നേരേയുള്ള ചാലകത്തിനരുകിൽ ദിശ കാണിക്കുന്ന ഉപകരണം വയ്ക്കുമ്പോൾ, അതിലുള്ള കാന്ത സൂചിക്ക് ആഘൂർണ്ണം അനുഭവപ്പെട്ട് വ്യതിചലിച്ച് ആ ബിന്ദുവിലുള്ള കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ ദിശയിൽ ക്രമീകരിക്കും. കാന്തസൂചി വ്യതിചലിക്കുന്ന ദിശ കുറിക്കുകയാണെങ്കിൽ കാന്തിക മണ്ഡല രേഖകൾ വരയ്ക്കാം. ഒരു ഋജുവായ വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന ചാലകത്തിന്, ചിത്രം3.26 (a) ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതു പോലെ ചാലകത്തിന്റെ അക്ഷത്തിനെ ചുറ്റി ഒരു ഏക കേന്ദ്രീയ വൃത്തങ്ങളായി ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു.

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 151 2/15/2023 12:51:52 PM



(a) വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന ചാലകത്തിനു ചുറ്റുമുള്ള കാന്തിക മണ്ഡല രേഖകളുടെ ഫോട്ടോഗ്രാഫ്



(b) കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ ശക്തിയും അകലം r ഉം തമ്മിലുള്ള വ്യതിയാനം കാണിച്ചിരിക്കുന്നു

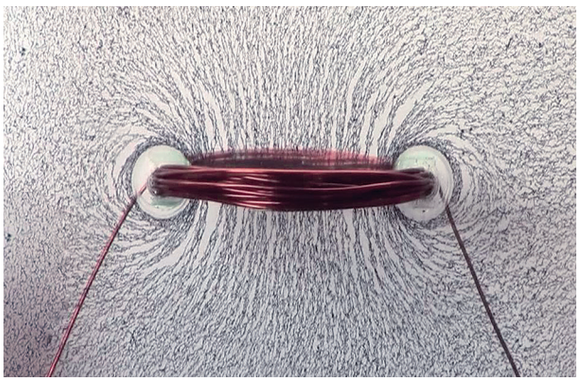
ചിത്രം 3.26 ഋജുവായ, നീളമുള്ള വൈദ്യുതധാര വഹിക്കുന്ന കമ്പിക്ക് ചുറ്റുമുള്ള കാന്തിക ബലരേഖകൾ

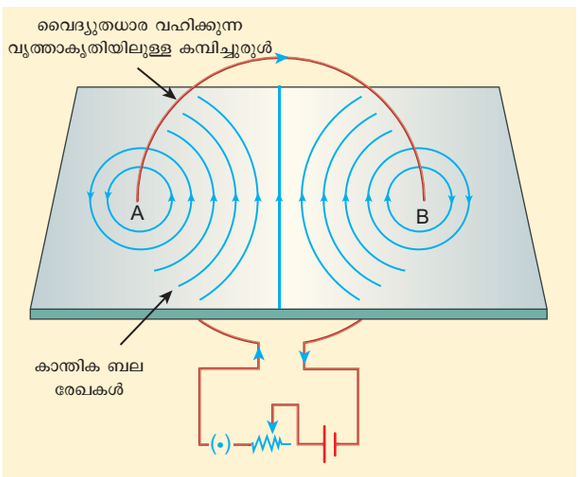
ചാലകത്തിലെ വിദ്യുത്ധാരയുടെ ദിശയെ ആശ്രയിച്ച് വൃത്താകൃതിയിലുള്ള കാന്തിക ബലരേഖകളുടെ ദിശ ഘടികാര ദിശയിലോ, എതിർ ഘടികാര ദിശയിലോ ആയിരിക്കും. വൈദ്യുതധാരയുടെ ശക്തി (അല്ലെങ്കിൽ സംഖ്യാവില) വർദ്ധിക്കുകയാണെങ്കിൽ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയും വർദ്ധിക്കും. ചാലകത്തിൽ നിന്നുള്ള ദൂരം (r) കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ (B) ശക്തി കുറയുന്നു (ചിത്രം 3.26(b)).

(b) വിദ്യുത്ധാര വഹിക്കുന്ന വൃത്താകൃതിയിലുള്ള കമ്പിച്ചുരുൾ

വിദ്യുത്ധാര വഹിക്കുന്ന വൃത്താകൃതിയിലുള്ള ചാലകത്തിനു സമീപം നമ്മൾ ഒരു വടക്കുനോക്കിയന്ത്രത്തെ വയ്ക്കുകയാണെന്ന് സങ്കല്പിക്കുക. തുടർന്ന്, വടക്കുനോക്കി യന്ത്രത്തിലെ സൂചിയിൽ ഒരു ആഘൂർണ്ണബലം അനുഭവപ്പെടുകയും വ്യതിചലിച്ച് ആ ബിന്ദുവിലെ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ ദിശക്ക് അനുസരിച്ച് വിന്യസിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ആ ഘട്ടത്തിൽ കമ്പിച്ചുരുളിന് സമീപത്തുള്ള A, B എന്നീ ബിന്ദുക്കളിൽ കാന്തിക ബലരേഖകൾ വൃത്താകൃതിയിൽ ആണെന്ന് നമുക്ക് ശ്രദ്ധിക്കാം. കാന്തിക ബലരേഖകൾ വളയത്തിന്റെ മദ്ധ്യഭാഗത്ത് പരസ്പരം സമാന്തരമാണ്. ഇത് കമ്പിച്ചുരുളിന്റെ മദ്ധ്യഭാഗത്ത് കാന്തിക ക്ഷേത്രം ഏതാണ്ട് സമാനമാണെന്ന് സൂചിപ്പിക്കുന്നു. (ചിത്രം 3.27)

കമ്പിച്ചുരുളിലെ വൈദ്യുതധാരയോ, അല്ലെങ്കിൽ ചുരുളുകളുടെ എണ്ണമോ അല്ലെങ്കിൽ രണ്ടും വർദ്ധിച്ചാൽ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ ശക്തി വർദ്ധിക്കുന്നു. ധ്രുവീയത (ഉത്തര ധ്രുവം അല്ലെങ്കിൽ ദക്ഷിണധ്രുവം) വളയത്തിലെ വിദ്യുത്ധാരയുടെ ദിശയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.





ചിത്രം 3.27 വിദ്യുത്ധാര വഹിക്കുന്ന വൃത്താകൃതിയിലുള്ള കമ്പിച്ചിരുളിലെ ഇടതൂർന്ന കാന്തിക ബലരേഖകൾ

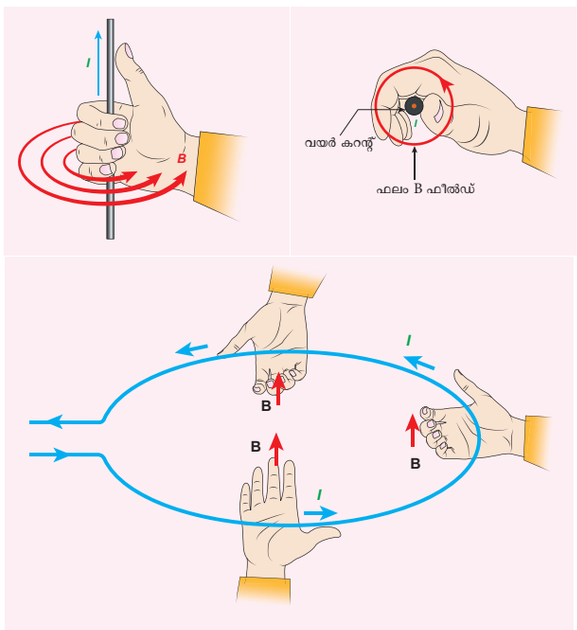
3.7.3 വലതുകൈ പെരുവിരൽ നിയമം

ചാലകത്തിൽ പ്രവഹിക്കുന്ന വിദ്യുത്ധാരയുടെ ദിശ അറിയാമെങ്കിൽ അതിലെ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ ദിശ കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിന് വലതുകൈ പെരുവിരൽ നിയമം ഉപയോഗിക്കുന്നു.

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 152 2/15/2023 12:51:52 PM

നമ്മുടെ വലതുകൈയ്യിലെ പെരുവിരൽ വിദ്യുത്പ്രവാഹം സൂചിപ്പിക്കത്തക്ക രീതിയിൽ വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന ഒരു ചാലകത്തെ പിടിക്കുന്നതായി സങ്കല്പിക്കുക. അങ്ങനെയാണെങ്കിൽ ചാലകത്തെ ചുറ്റി കാണുന്ന വിരലുകൾ അവിടെ ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്ന കാന്തിക ബലരേഖകളുടെ ദിശയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

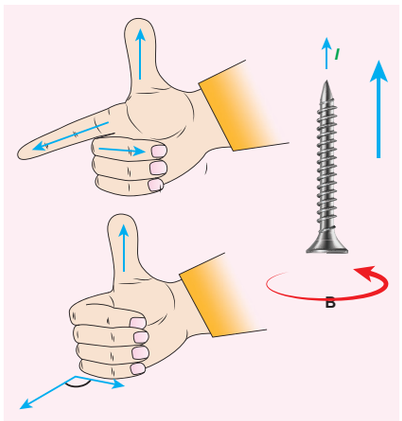
വിദ്യുത്ധാര പ്രവഹിക്കുന്ന നേരായ ചാലകം, വൃത്താകൃതിയിലുള്ള കമ്പിച്ചുരുൾ ഇവയിലെ വലതുകൈ നിയമം ചിത്രം 3.28 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 3.28 വലതുകൈ നിയമം – നേരായ ചാലകം, വൃത്താകൃതിയിലുള്ള വലയം എന്നിവ

3.7.4 മാക്സ്വെല്ലിന്റെ വലതുകൈ കോർക്ക് സ്ക്രൂ നിയമം

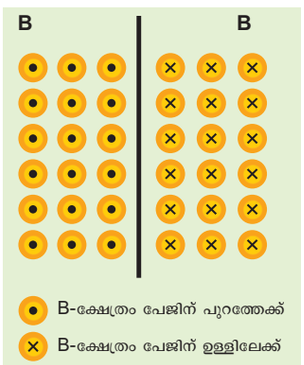
വിദ്യുത്ധാര വഹിക്കുന്ന ചാലകത്തിനു ചുറ്റുമുള്ള കാന്തിക മണ്ഡലത്തിന്റെ ദിശ കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിനും ഈ നിയമം ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഒരു സ്ക്രൂഡ്രൈവർ ഉപയോഗിച്ച് നമ്മൾ ഒരു വലതുകൈ സ്ക്രൂവിനെ തിരിക്കുകയാണെങ്കിൽ കറന്റിന്റെ ദിശ സ്ക്രൂ മുന്നേറുന്ന ദിശയും, കൂടാതെ സ്ക്രൂവിന്റെ ഭ്രമണ ദിശ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ ദിശയും പ്രദാനം ചെയ്യുന്നു. (ചിത്രം 3.29)



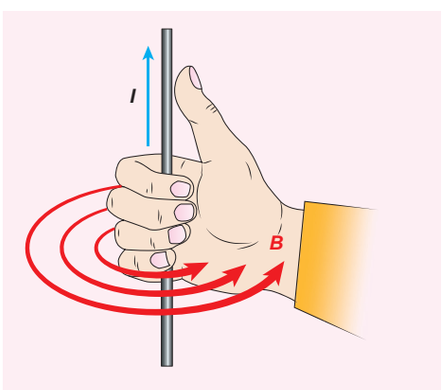
ചിത്രം 3.29 മാക്സ്വെല്ലിന്റെ വലതുകൈ കോർക്ക് സ്ക്രൂ നിയമം

ഉദാഹരണം 3.12

വിദ്യുത്ധാര വഹിക്കുന്ന കമ്പിയാൽ ഉണ്ടാകുന്ന കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തെ ചിത്രത്തിൽ പ്രദർശിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. കമ്പിയിൽ ഏത് ദിശയിലാണ് വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്നതെന്ന് കണ്ടുപിടിക്കുക.



നിർദ്ധാരണം



വലതുകൈ നിയമപ്രകാരം വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്നത് മുകളിലേക്ക്.

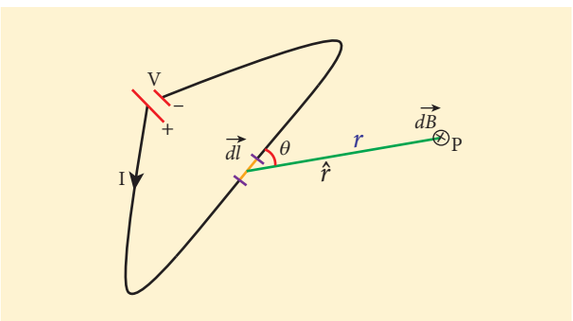
MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 153 2/15/2023 12:51:53 PM

3.8

ബയോട്ട് - സാവാർട്ട് നിയമം

ഓർസ്റ്റെഡിന്റെ കണ്ടെത്തലിന് തൊട്ടുപിന്നാലെ ജീൻ ബാപ്റ്റിസ്റ്റ് ബയോട്ടു ഫെലിക്സ് സാവാർട്ടും 1819 ൽ വൈദ്യുതി വഹിക്കുന്ന കമ്പിയുടെ സമീപത്ത് വയ്ക്കപ്പെട്ട കാന്തത്തിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലത്തെ കുറിച്ചുള്ള ഗണിതക സമീകരണങ്ങളെ കണക്കാക്കപ്പെട്ടു. ഈ സമീകരണം ശൂന്യതയിൽ ഒരു ബിന്ദുവിൽ ഉണ്ടാകുന്ന കാന്തമണ്ഡലത്തെ, ആ കാന്തമണ്ഡലത്തെ ഉണ്ടാക്കുന്നു. വൈദ്യുതിയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ കണക്കിടുന്നു. ഏതു ആകൃതിയിലുള്ള ചാലകത്തിനും ഇത് യോജിച്ചതാണ്.

3.8.1 ബയോട്ട് - സാവാർട്ട് നിയമത്തിന്റെ നിർവചനവും, വിശദീകരണവും



ചിത്രം 3.30 വിദ്യുത്ധാര വഹിക്കുന്ന ചാലകത്തിനാൽ P എന്ന ബിന്ദുവിൽ ഉണ്ടാകുന്ന കാന്തിക മണ്ഡലം

ബയോട്ട്, സാവാർട്ട് എന്നിവരുടെ പരീക്ഷണാത്മകമായ നിരീക്ഷണത്തിൽ വൈദ്യുതി വഹിക്കുന്ന ചാലകത്തിന്റെ വളരെ ചെറിയ നീളമുള്ള ഭാഗത്തിനാൽ r ദൂരം അകലെയുള്ള P എന്ന ബിന്ദുവിൽ ഉണ്ടാകുന്ന കാന്തിക മണ്ഡലം $d\vec{B}$ ന്റെ പരിമാണം വ്യതിയാനപ്പെടുന്നത്.

(i) വിദ്യുത്ധാര I യുടെ ശക്തിക്ക് നേർ അനുപാതത്തിൽ

(ii) ചാലകത്തിലെ ചെറിയ നീളത്തിന്റെ $d\vec{l}$ പരിമാണത്തിന് നേർ അനുപാതത്തിൽ

(iii) $d\vec{l}$ നും $\hat{r}$ നും ഇടയിലുള്ള സൈൻ കോൺ θ യ്ക്ക് നേർഅനുപാതത്തിൽ.

(iv) P യ്ക്കും ചെറിയ നീളഘടകം $d\vec{l}$ നും ഇടയ്ക്കുള്ള അകലത്തിന്റെ വർഗ്ഗത്തിന് വിപരീതാനുപാതത്തിലും ആയിരിക്കും.

ഇതിനെ ഇപ്രകാരം പ്രതിനിധാനം ചെയ്യാം

$$dB \propto \frac{Idl}{r^2}\sin\theta$$

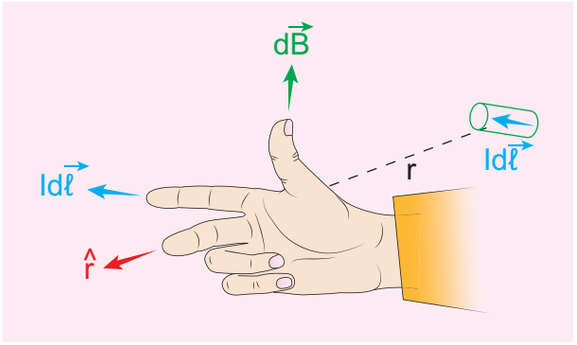
$$dB = k\frac{I\,dl}{r^2}\sin\theta$$

ഇവിടെ $k = \frac{\mu_\circ}{4\pi}$ (SI മാത്രയിൽ)

വെക്ടർ സമ്പ്രദായത്തിൽ,

$$d\vec{B} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{I\,d\vec{l}\times\hat{r}}{r^2} \qquad (3.34)$$

ഇവിടെ വെക്റ്റർ $d\vec{B}$, $Id\vec{l}$ (വൈദ്യുത പ്രവാഹ ദിശയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു) നും $d\vec{l}$ ൽ നിന്നും P യിലേയ്ക്കുള്ള മാത്രാ സദിശം $\hat{r}$ ഇവ രണ്ടിനും ലംബമായിട്ടാണ് (ചിത്രം 3.31)



ചിത്രം 3.31 വലതുകൈ നിയമപ്രകാരമുള്ള കാന്തിക മണ്ഡലത്തിന്റെ ദിശ

ചാലകത്തിലെ വളരെ ചെറിയ പ്രതീകാത്മകമായ നീള (dl) ത്തിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന കാന്തിക മണ്ഡലത്തെ കണക്കാക്കാനാണ് സമീകരണം (3.34) ഉപയോഗിക്കുന്നത്. ഇപ്രകാരമുള്ള എല്ലാ വൈദ്യുതി ഘടകങ്ങളേയും $Id\vec{l}$ ഉൾപ്പെടുത്തി സൂപ്പർ പൊസിഷൻ തത്വപ്രകാരം നമുക്ക് വിദ്യുത്ധാര വഹിക്കുന്ന ചാലകത്തിനാൽ P എന്ന ബിന്ദുവിൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന പരിണിത കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തെ കണ്ടുപിടിക്കാം. സമീകരണം 3.34-നെ ഇൻറ്റഗ്രേറ്റ് ചെയ്യുമ്പോൾ നമുക്ക് ഇപ്രകാരം ലഭിക്കുന്നു.

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 154 2/15/2023 12:51:57 PM

$$\vec{B} = \int d\vec{B} = \frac{\mu_{\circ} I}{4\pi} \int \frac{d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2} \qquad (3.35)$$

ഇവിടെ ഇൻറ്റഗ്രൽ എല്ലാ കറന്റ് വിഭാജകത്തിനും ബാധകമാണ്.

നിലകൾ

1. P എന്ന ബിന്ദു ചാലകത്തിൽ തന്നെ സ്ഥിതി ചെയ്താൽ $\theta = 0^{\circ}$, അതിനാൽ $|d\vec{B}|$ എന്നത് പൂജ്യം.

2. ബിന്ദു, ചാലകത്തിന് ലംബമായി സ്ഥിതിചെയ്താൽ $\theta = 90^{\circ}$ അതിനാൽ $d\vec{B}$ പരമാവധിയിൽ എത്തുന്നു. അപ്പോൾ $d\vec{B} = \frac{\mu_{\circ}}{4\pi} \frac{I\,dl}{r^2} \hat{n}$ ഇവിടെ $\hat{r}$ എന്ന മാത്ര സദിശം $I\,d\vec{l}$ ഇവ രണ്ടിനും ലംബമാണ്

കുറിപ്പ്

വിദ്യുത്പ്രവാഹം എന്നത് ഒരു സദിശ അളവല്ല. ഇത് അദിശ അളവാണ്. എന്നാൽ ചാലകത്തിൽ പ്രവഹിക്കുന്ന വിദ്യുത്ധാരയ്ക്ക് സഞ്ചരിക്കാൻ പ്രത്യേക ദിശയുണ്ട്. അതിനാൽ ചാലകത്തിലെ ചെറിയ ഘടകത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന വിദ്യുത്ധാരയെ ഒരു സദിശ അളവായി കണക്കാക്കുന്നു. അതായത് $Id\vec{l}$

വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിനും (കൂളും നിയമത്തിൽ നിന്ന്) കാന്തിക മണ്ഡലത്തിനും (ബയോട്ട് - സാവാർട്ട് നിയമത്തിൽ നിന്ന്) തമ്മിലുള്ള സാദൃശ്യങ്ങൾ,

വൈദ്യുത കാന്തിക മണ്ഡലങ്ങൾ

- ഇൻവേഴ്സ് വർഗ്ഗ നിയമം അനുസരിക്കുന്നു. അതിനാൽ ഇവ രണ്ടും ദീർഘവ്യാപ്തി മണ്ഡലങ്ങൾ ആകുന്നു.

- സൂപ്പർ പൊസിഷൻ തത്വം അനുസിക്കുന്നു. കൂടാതെ ഉറവിടത്തിൽ നിന്നും രേഖീയതയുള്ളവയാണ്. പരിമാണം നോക്കുമ്പോൾ,

$$E \propto q$$
$$B \propto Idl$$

വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിനും (കൂളും നിയമത്തിൽ നിന്ന്) കാന്തിക മണ്ഡലത്തിനും (ബയോട്ട് - സാവാർട്ട് നിയമത്തിൽ നിന്ന്) തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങൾ

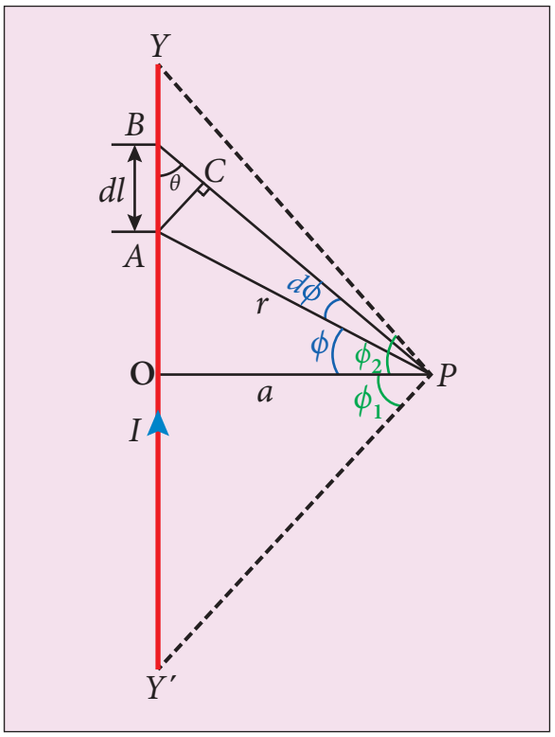
നമ്പർ	വൈദ്യുതമണ്ഡലം	കാന്തിക മണ്ഡലം
1	ഉണ്ടാകുന്നത് അദിശ ഉറവിടത്തിൽ നിന്നുമാണ്. അതായത് വൈദ്യുത ചാർജ് q	സദിശ ഉറവിടത്തിൽ നിന്നും ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു. അതായത് കറന്റ് എലിമെന്റ് $I\,d\vec{l}$
2	ഇതിന്റെ ദിശ ഉറവിടത്തിനും വൈദ്യുത മണ്ഡലം കണ്ടുപിടിക്കേണ്ട ബിന്ദുവിനേയും യോജിപ്പിക്കുന്ന രേഖയിലൂടെയുള്ള പൊസിഷൻ വെക്ടർ ആകുന്നു	ഇതിന്റെ ദിശ പൊസിഷൻ വെക്ടർ $\vec{r}$ നും കറന്റ് എലിമെന്റ് $I\,d\vec{l}$ നും ലംബമായ ദിശയിലാകുന്നു
3	കോണിനെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല	പൊസിഷൻ വെക്ടർ $\vec{r}$ നും കറന്റ് എലിമെന്റ് $Id\vec{l}$ നും ഇടയ്ക്കുള്ള കോണിനെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

കുറിപ്പ്

ചാർജ് q (ഉറവിടം) ന്റെ എക്സ്പൊണന്റും വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന്റെ എക്സ് പൊണന്റിന്റെ മൂല്യവും ഒന്നാണ്. അതുപോലെ കറന്റ് എലിമെന്റിന്റെ Idl (സ്രോതസ്സ്) എക്സ്പൊണന്റും കാന്തിക മണ്ഡലത്തിന്റെ B എക്സ്പൊണന്റിന്റേയും മൂല്യം ഒന്നാണ്. മറ്റൊരു രീതിയിൽ പറഞ്ഞാൽ വൈദ്യുത മണ്ഡലം E ചാർജിനും (സ്രോതസ്സ്) മാത്രം നേർ അനുപാതത്തിൽ ആണ്. ചാർജിന്റെ ഉയർന്ന പവറുകളെ (q^2, q^3, etc) ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. അതുപോലെ കാന്തിക മണ്ഡലം B കറന്റ് എലമെന്റ് $Id\vec{l}$ (ഉറവിടം) നു നേരനുപാതത്തിൽ ആയിരിക്കും. വർഗ്ഗം, ക്യൂബ് തുടങ്ങിയ കറന്റ് എലിമെന്റിന്റെ ഉയർന്ന പവറുകളെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. കാരണത്തിനും ഫലത്തിനും നേരിയ ബന്ധമാണുള്ളത്.

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 155 2/15/2023 12:52:00 PM

3.8.2 ഋജുവായ നീളമുള്ള വിദ്യുത്ധാര വഹിക്കുന്ന ചാലകത്തിനാലുണ്ടാകുന്ന കാന്തിക മണ്ഡലം



ചിത്രം 3.32 ഋജുവായ നീളമുള്ള വിദ്യുത്ധാര വഹിക്കുന്ന ചാലകത്തിനാലുണ്ടാകുന്ന കാന്തിക മണ്ഡലം

ചിത്രം 3.32-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ YY′ എന്നത് സ്ഥിര വിദ്യുത്ധാര I വഹിക്കുന്ന അനന്തമായ നീളമുള്ള ഋജുവായ ചാലകമാണെന്ന് സങ്കല്പിക്കുക. കമ്പിയിൽ നിന്നും a അകലെയുള്ള ഒരു ബിന്ദു P യിലുള്ള കാന്തികക്ഷേത്രം കണ്ടു പിടിക്കുന്നതിന് വളരെ ചെറിയ ഒരു രേഖാഘടകം dl നെ (AB യിലെ ഘടകം) സങ്കല്പിക്കുക.

ബയോട്ട് - സാവാർട്ട് നിയമം ഉപയോഗിച്ച് കറന്റ് എലിമെന്റ് Idl ൽ P എന്ന ബിന്ദുവിൽ ഉണ്ടാകുന്ന കാന്തികക്ഷേത്രം കണ്ടുപിടിക്കാം. അത്,

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Idl\sin\theta}{r^2}\hat{n}$$

ഇവിടെ $\hat{n}$ എന്നത് പേജിലേക്ക് കടന്ന് പോകുന്ന മാത്രാസദിശവും, θ എന്നത് Idl നും dl ബിന്ദു P എന്നിവയെ യോജിപ്പിക്കുന്ന രേഖയ്ക്കും ഇടയ്ക്കുള്ള കോൺ ആകുന്നു. A യിലെ ലൈൻ എലിമെന്റിനും P എന്ന ബിന്ദുവിനും ഇടയ്ക്കുള്ള അകലമാണ് r.

ചിത്രം 3.32-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ത്രികോണമിതി പ്രയോഗിച്ച് BP എന്ന രേഖയ്ക്ക് AC എന്ന ലംബം വരയ്ക്കുക.

ΔABC എന്ന ത്രികോണത്തിൽ, $\sin\theta = \frac{AC}{AB}$

$\Rightarrow AC = AB\sin\theta$

എന്നാൽ $AB = dl \Rightarrow AC = dl\sin\theta$

AP യ്ക്കും BP യ്ക്കും ഇടയ്ക്കുള്ള കോൺ ആണ് $d\phi$

i.e., $\angle APB = \angle BPA = d\phi$

ΔAPC എന്ന ത്രികോണത്തിൽ $\sin(d\phi) = \frac{AC}{AP}$

$d\phi$ വളരെ ചെറുതായതിനാൽ $\sin(d\phi) \simeq d\phi$

എന്നാൽ $AP = r \Rightarrow AC = rd\phi$

$\therefore AC = dl\sin\theta = rd\phi$

$$\therefore d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I}{r^2}(rd\phi)\hat{n} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Id\phi}{r}\hat{n}$$

BP യ്ക്കും OP യ്ക്കും ഇടയ്ക്കുള്ള കോൺ ϕ ആകുന്നു.

ΔOPA ൽ, $\cos\phi = \frac{OP}{AP} = \frac{a}{r}$

$\Rightarrow r = \frac{a}{\cos\phi}$

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I}{a/\cos\phi}d\phi\hat{n}$$

$$\Rightarrow d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}\cos\phi d\phi\hat{n}$$

YY′ എന്ന ചാലകത്താൽ P എന്നതിൽ ഉള്ള മൊത്തം കാന്തിക മണ്ഡലം

$$\vec{B} = \int_{-\phi_1}^{\phi_2} d\vec{B} = \int_{-\phi 1}^{\phi_2}\frac{\mu_0 I}{4\pi a}\cos\phi d\phi\hat{n}$$

$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi a}\left[\sin\phi\right]_{-\phi_1}^{\phi_2}\hat{n}$$

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 156 2/15/2023 12:52:04 PM

$$= \vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}\left(\sin\phi_1 + \sin\phi_2\right)\hat{n}$$

അനന്തമായ നീളമുള്ള ചാലകത്തിൽ,

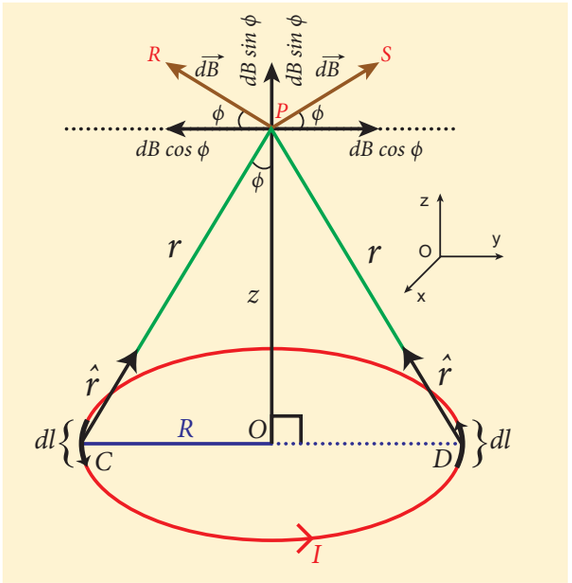
$\phi_1 = \phi_2 = 90°$

$$\therefore \vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \times 2\,\hat{n} \Rightarrow \vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}\,\hat{n} \qquad (3.36)$$

3.8.3 വിദ്യുത്ധാര വഹിക്കുന്ന വൃത്താകൃതിയിലുള്ള കമ്പിച്ചുരുളിന്റെ അക്ഷത്തിൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന കാന്തിക മണ്ഡലം

ആരം R ഉള്ള വിദ്യുത്ധാര വഹിക്കുന്ന ഒരു വൃത്താകൃതിയിലുള്ള വലയത്തെ സങ്കല്പിക്കുക. കമ്പിയിൽ പ്രവേശിക്കുന്ന വിദ്യുത്ധാര I യുടെ ദിശ, ചിത്രം 3.33 -ൽ ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു

വൃത്താകൃതിയിലുള്ള കോയിലിന്റെ മദ്ധ്യ ഭാഗത്ത് നിന്ന് z അകലെയുള്ള കോയിലിന്റെ അച്ചുതണ്ടിലുള്ള P എന്ന ബിന്ദുവിലെ കാന്തിക ക്ഷേത്രം കണക്കാക്കുന്നതിന്, C,D എന്നിവയിൽ നിന്നും dl നീളമുള്ള വ്യതിരിക്തമായ രണ്ട് രേഖാഘടകങ്ങളെ എടുക്കുക. C യിലെ കറന്റ് എലിമെന്റ് Idl നും ബിന്ദു P നേയും യോജിപ്പിക്കുന്ന സദിശമാണ് $\vec{r}$



ചിത്രം 3.33 വിദ്യുത്ധാര വഹിക്കുന്ന വൃത്താകൃതിയിലുള്ള കമ്പിചുരുളിനാലുണ്ടാകുന്ന കാന്തികക്ഷേത്രം

ബയോട്ട് - സാവാർട്ട് നിയമപ്രകാരം, കറന്റ് എലിമെന്റ് C യിനാൽ P യിലുള്ള കാന്തിക ക്ഷേത്രം

$$d\vec{B} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{I\,d\vec{l}\times\hat{r}}{r^2}$$

$d\vec{B}$ യുടെ സംഖ്യാവില

$$dB = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{I\,dl\sin\theta}{r^2} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{I\,dl}{r^2}$$

ഇവിടെ θ എന്നത് $Id\vec{l}$, $\vec{r}$ എന്നിവയ്ക്കിടയിലുള്ള കോൺ ആകുന്നു. ഇപ്പോൾ $\theta = 90°$.

$d\vec{B}$ യുടെ ദിശ വൈദ്യുത പ്രവാഹ ഘടകം $Id\vec{l}$ മറ്റും CP യുടെ ദിശയ്ക്ക് ലംബമാണ്. ആയതിനാൽ ഇത് CP യ്ക്ക് ലംബമായ PR ന്റെ ദിശയിലായിരിക്കും.

വൈദ്യുത പ്രവാഹഘടകം D യിനാൽ P ബിന്ദുവിലുണ്ടാകുന്ന കാന്തികമണ്ഡലത്തിന്റെ പരിമാണം C ഘടകത്തിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന കാന്തികമണ്ഡലത്തിന് സമമായിരിക്കും. എന്തെന്നാൽ ഇവ രണ്ടും വളയത്തിൽ നിന്നും തുല്യ അകലത്തിലാണുള്ളത് എന്നാൽ ഇതിന്റെ ദിശ PS ന്റെ ദിശയിലായിരിക്കും.

ഓരോ വൈദ്യുത പ്രവാഹ ഘടകങ്ങളാലും ഏർപ്പെടുന്ന കാന്തികമണ്ഡലം $d\vec{B}$ രണ്ട് ഘടകങ്ങളായി പിരിയുന്നു. $dB\cos\phi$ y ദിശയിലേക്കും, $dB\sin\phi$ z ദിശയിലുമായിരിക്കും. തിരശ്ചീന ഘടകങ്ങൾ പരസ്പരം സമമാക്കപ്പെടുന്നു. ലംബ ഘടകങ്ങൾ ($dB\sin\phi\,\hat{k}$) P ബിന്ദുവിലെ മൊത്ത കാന്തികമണ്ഡലം $\vec{B}$ നൽകുന്നു.

$$\vec{B} = \int d\vec{B} = \int dB\sin\phi\,\hat{k}$$

$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi}\int \frac{dl}{r^2}\sin\phi\,\hat{k}$$

ΔOCP, ൽ നിന്നും

$$\sin\phi = \frac{R}{\left(R^2+z^2\right)^{1/2}}\ ,\ r^2 = R^2 + z^2\ .$$

ഇവ മേൽപ്പറഞ്ഞ സമവാക്യത്തിൽ പ്രസ്താവിക്കുന്നു.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{R}{\left(R^2+z^2\right)^{3/2}}\hat{k}\left(\int dl\right)$$

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 157 2/15/2023 12:52:07 PM

രേഖീയ ഘടകം 0 മുതൽ $2\pi R$ വരെ സംയോജിപ്പിക്കുകയാണെങ്കിൽ, വൈദ്യുതി വഹിക്കുന്ന വൃത്താകാര വളയത്തിനാൽ P ബിന്ദുവിലേർപ്പെടുന്ന മൊത്ത കാന്തികമണ്ഡലം $\vec{B}$ ലഭിക്കുന്നു.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2} \frac{R^2}{\left(R^2 + z^2\right)^{3/2}} \hat{k}$$

വൃത്തകാര വളയത്തിൽ N ചുറ്റുകളുണ്ടെങ്കിൽ കാന്തികമണ്ഡലം

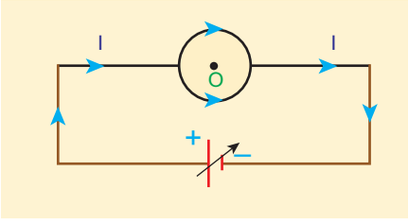
$$\vec{B} = \frac{\mu_0 NI}{2} \frac{R^2}{\left(R^2 + z^2\right)^{3/2}} \hat{k} \qquad (3.37)$$

വളയത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിൽ കാന്തികമണ്ഡലം

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 NI}{2R} \hat{k} \quad \text{എന്തെന്നാൽ } z = 0 \qquad (3.38)$$

ഉദാഹരണം 3.13

ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന വളയത്തിന്റെ മദ്ധ്യത്തിലെ കാന്തികമണ്ഡലം കണക്കാക്കുക?



നിർദ്ധാരണം

മുകളിലത്തെ അർദ്ധവൃത്തത്തിലും, കീഴ് ഭാഗത്തെ അർദ്ധവൃത്തത്തിലും വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിനാലുണ്ടാകുന്ന കാന്തികമണ്ഡലത്തിന്റെ പരിമാണം സമമാകുന്നു എന്നാൽ എതിർദിശയിലുമായിരിക്കും. ആയതിനാൽ വളയത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിലെ മൊത്ത കാന്തിക മണ്ഡലം (O ബിന്ദുവിൽ) പൂജ്യമാകുന്നു $\vec{B} = \vec{0}$.

3.8.4 ടാൻജെൻഡ് നിയമവും ടാൻജെൻഡ് ഗാൽവനോമീറ്ററും

വളരെ ചെറിയ വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തെയും കണ്ടെത്താനുപയോഗിക്കുന്ന ഉപകരണമാണ് ടാൻജെൻഡ് ഗാൽവനോമീറ്റർ. ഇത് ചലിക്കുന്ന കാന്തവകഭേദത്തിലുള്ള ഗാൽവനോമീറ്ററാകുന്നു. ഇത് ടാൻജെൻഡ് നിയമത്തിനെ അടിസ്ഥാനമാക്കി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.



ചിത്രം 3.34 ടാൻജെൻഡ് ഗാൽവനോമീറ്റർ

ടാൻജെൻഡ് നിയമം

രണ്ട് ലംബമായ ഏകീകൃത കാന്തികമണ്ഡലത്തിൽ ഒരു കാന്തസൂചി അല്ലെങ്കിൽ കാന്തത്തെ തൂക്കിയിടുകയാണെങ്കിൽ അത് ഈ കാന്തികമണ്ഡലത്തിന്റെ ഫലമായുണ്ടാകുന്ന ദിശയിൽ നിശ്ചലാവസ്ഥയിലെത്തുന്നു.

B എന്നത് ടാൻജൻഡ് ഗാൽവനോമീറ്ററിന്റെ വളയത്തിലൂടെ വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്നതിനാലുണ്ടാകുന്ന കാന്തികമണ്ഡലം B_H എന്നത് ഭൗമകാന്തീക മണ്ഡലത്തിന്റെ തിരശ്ചീന ഘടകമാകുന്നു. രണ്ട് കാന്തികമണ്ഡലത്തിന്റെ പ്രവർത്തന ഫലമായി നിശ്ചലാവസ്ഥയിലെത്തുന്ന സൂചി B_H മായി θ എന്ന കോൺ ഉണ്ടാക്കുന്നു. ആയതിനാൽ

$$B = B_H \tan\theta \qquad (3.39)$$

നിർമ്മിതി

ടാൻജെൻഡ് ഗാൽവനോമീറ്ററിൽ ധാരാളം ചെമ്പ് കമ്പികൾ ഒരു അകാന്തിക വൃത്താകാര ചട്ടത്തിൻമേൽ ചുറ്റപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. പിച്ചള അല്ലെങ്കിൽ മരത്തിനാൽ നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന ചട്ടം ഒരു തിരശ്ചീന പീഠത്തിൻമേൽ ലംബമായി മൂന്നു സ്ക്രൂവിനാൽ ഉറപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 158 2/15/2023 12:52:09 PM

TG ൽ വ്യത്യസ്ത ചുറ്റുകളുള്ള രണ്ടോ അതിലധികമോ വളയങ്ങൾ നൽകിയിട്ടുണ്ട്. നമ്മൾ പരീക്ഷണശാലയിൽ ഉപയോഗിക്കുന്ന ഉപകരണങ്ങൾ 2,5 മറ്റും 50 എന്നിങ്ങനെ വ്യത്യസ്ത കനത്തിലുള്ള ചുറ്റുകളുള്ളതാകുന്നു. ഇവ വ്യത്യസ്ത തീവ്രതയിലുള്ള വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തെ അളക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

പീഢത്തിന്റെ മദ്ധ്യത്തിൽ ഒരു ചെറിയ പ്രബലഭാഗത്തായി കോംപസ് പെട്ടി വച്ചിരിക്കുന്നു. കോംപസ് പെട്ടിയുടെ കേന്ദ്രത്തിൽ ഒരു ചെറിയ കാന്തസൂചി കാണപ്പെടുന്നു. ആയതിനാൽ കാന്തിക സൂചിയുടെയും വൃത്താകാര വളയത്തിന്റെയും കേന്ദ്രങ്ങൾ ഒന്നു ചേരുന്നു. കാന്തസൂചിയ്ക്ക് ലംബമായി ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന ഒരു നേരീയ അലുമിനിയ സൂചകം അടയാളം ചെയ്തിരിക്കുന്ന ഒരു വൃത്താകാര അളവുകോലിൻമേൽ ചലിക്കുന്നു. വൃത്താകാര അളവുകോൽ നാല് ഘടകങ്ങളായി പിരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു ഇവ ഡിഗ്രിയിൽ അടയാളപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു. ഓരോ ഘടകവും 0° മുതൽ 90° വരെ രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു. അളക്കലിലെ സമാന്തര പിശക്കിനെ ഒഴിവാക്കാനായി അലുമിനിയ സൂചകത്തിനു താഴെ ഒരു സ്ഫടികം വച്ചിട്ടുണ്ട്

മുൻകരുതലുകൾ

1. ഉപകരണത്തിന്റെ സമീപത്തുനിന്നും എല്ലാ കാന്തിക വസ്തുക്കളെയും കാന്തത്തെയും നീക്കം ചെയ്യുക.
2. സ്പിരിറ്റ് ലെവൽ ഉപയോഗപ്പെടുത്തി, കാന്തസൂചി തിരശ്ചീനമായും വളയം (ചട്ടത്തിൽ ഉറപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു) ലംബമായും വരത്തക്കവിധം പീഢത്തിന്റെ അടിവശത്തു സ്ക്രൂകൾ ക്രമീകരിക്കുക.
3. വളയത്തെ അതിന്റെ ലംബ അക്ഷത്തിൽ തിരിച്ച് കാന്തസൂചി വളയത്തിന്റെ തലത്തിന് സമാന്തരമാകും വിധം വയ്ക്കുക. വളയം കാന്തീക ധ്രുവരേഖയിലായിരിക്കും.
4. അലുമിനിയ സൂചകം $0^\circ - 0^\circ$ കാണിക്കത്തക്കവിധം കാംപസ് പെട്ടി മാത്രം തിരിക്കുക

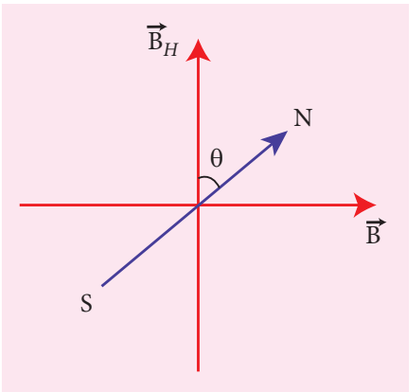
സിദ്ധാന്തം

ടാൻജെൻഡ് ഗാൽവനോമീറ്റർ പരീക്ഷണത്തിൽ വളയത്തിലൂടെ വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്നില്ലെങ്കിൽ കാന്തസൂചി ഭൗമകാന്തമണ്ഡലത്തിന്റെ തിരശ്ചീന ഘടകത്തിന്റെ ദിശയിലായിരിക്കും. സർക്യൂട്ട് അടയ്ക്കുകയാണെങ്കിൽ വൃത്താകാര വളയത്തിലൂടെ വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുകയും വളയത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിൽ കാന്തിക മണ്ഡലം ഉണ്ടാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇപ്പോൾ രണ്ട് മണ്ഡലങ്ങളും പരസ്പരം ലംബമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

രണ്ട് മണ്ഡലങ്ങൾ:

(1) വളയത്തിലൂടെ വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുമ്പോൾ വളയത്തിന്റെ തലത്തിന് ലംബമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. കാന്തിക മണ്ഡലം (B).

(2) ഭൗമ കാന്തികമണ്ഡലത്തിന്റെ തിരശ്ചീന ഘടകം (B_H)



ചിത്രം 3.35 കേന്ദ്രസ്ഥാനീയ സൂചിയുടെ റിസൾട്ടന്റ് സ്ഥാനം

ഈ രണ്ട് കാന്തമണ്ഡലങ്ങൾ കാരണം, കേന്ദ്രസ്ഥാനീയ കാന്തസൂചി θ കോൺ വ്യതിചലിക്കുന്നു. ടാൻജെൻഡ് നിയമത്തിൽ നിന്ന്,

$$B = B_H \tan\theta$$

R വ്യാസാർദ്ധവും N ചുരുളുകളുമുള്ള ഒരു വൃത്താകാര വളയത്തിലൂടെ വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുകയാണെങ്കിൽ കേന്ദ്രത്തിലെ കാന്തിക മണ്ഡലത്തിന്റെ പരിമാണം (സമീകരണം 3.38 ൽ നിന്ന്)

$$B = \mu_\circ \frac{NI}{2R} \qquad (3.40)$$

സമീകരണം (3.39) മറ്റും സമീകരണം (3.40), ൽ നിന്നും

$$\mu_\circ \frac{NI}{2R} = B_H \tan\theta$$

ഭൂമിയുടെ കാന്തിക മണ്ഡലത്തിന്റെ തിരശ്ചീന ഘടകം

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 159 2/15/2023 12:52:09 PM

$$B_H = \frac{\mu_\circ N}{2R}\frac{I}{\tan,} \qquad (3.41)$$

ഉദാഹരണം 3.14

0.24 മീ വ്യാസമുള്ള ടാൻജൻഡ് ഗാൽവനോ മീറ്ററിന്റെ വളയത്തിൽ 100 ചുരുളുകളുണ്ട്. ഭൗമകാന്തിക മണ്ഡലത്തിന്റെ തിരശ്ചീനഘടകം 25×10^{-6} 7 ആണെങ്കിൽ 60° വ്യതിചലനം ഉണ്ടാക്കുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹം കണക്കാക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

വളയത്തിന്റെ വ്യാസം 0.24 മീ.

അതുകൊണ്ട് വ്യാസാർദ്ധം 0.12 മീ.

ചുരുകളുടെ എണ്ണം 100

ഭൗമ കാന്തികമണ്ഡലം 25×10^{-6} T

വ്യതിചലനം

$$\theta = 60^\circ \Rightarrow \tan 60^\circ = \sqrt{3} = 1.732$$

$$I = \frac{2RB_H}{\mu_\circ N}\tan\theta$$

$$= \frac{2\times0.12\times25\times10^{-6}}{4\times10^{-7}\times3.14\times100}\times1.732 = 0.82\times10^{-1}\text{A}.$$

$$I = 0.082 \text{ A}$$

3.8.5 വൈദ്യുത വളയം കാന്തിക ഇരുധ്രുവങ്ങളുള്ള ഒരു കാന്തമായി പ്രവർത്തിക്കൽ

R വ്യാസാർദ്ധമുള്ള വൈദ്യുതി വഹിക്കുന്ന ഒരു വളയത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും Z അകലത്തിൽ അക്ഷത്തിലുള്ള ഒരു ബിന്ദുവിലെ കാന്തിക മണ്ഡലം

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{2}\frac{R^2}{\left(R^2+z^2\right)^{\frac{3}{2}}}\hat{k} \quad \text{(സമീകരരണം 3.37)}$$

വളരെ ദൂരത്തിൽ $z >> R$, $R^2 + z^2 \approx z^2$,

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{2}\frac{R^2}{z^3}\hat{k} \text{ അല്ലെങ്കിൽ } \vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{2\pi}\frac{\pi R^2}{z^3}\hat{k} \qquad (3.42)$$

A എന്നത് വൃത്താകാര വളയത്തിന്റെ വിസ്തീർണ്ണം ആകുന്നു. $A = \pi R^2$ ആയതിനാൽ സമീകരണം (3.42) വളയത്തിന്റെ വിസ്തീർണ്ണത്തിനനുസരിച്ച് മാറ്റി എഴുതാം

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{2\pi}\frac{A}{z^3}\hat{k}$$

(അല്ലെങ്കിൽ)

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{2IA}{z^3}\hat{k} \qquad (3.43)$$

സമീകരണം (3.43), (3.14) മായി താരതമ്യം ചെയ്യുകയാണെങ്കിൽ

$$p_m = I\,A$$

ഇവിടെ p_m എന്നത് കാന്തിക ഡൈവോൾ മൊമന്റ് ആകുന്നു. വെക്ടർ സൂചകത്തിൽ,

$$\vec{p}_m = I\,\vec{A} \qquad (3.44)$$

ഈ സമവാക്യത്തിൽനിന്നും വൈദ്യുതി വഹിക്കുന്ന വളയം കാന്തിക മൊമന്റ് $\vec{p}_m$ ഉള്ള ഒരു കാന്ത ഇരുധ്രുവമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നുവെന്ന് വ്യക്തമാകുന്നു. ആയതിനാൽ ഏതൊരു വൈദ്യുതവളയത്തിന്റെയും കാന്തിക ഇരുധ്രുവമൊമന്റ് എന്നത് വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന്റെയും വളയത്തിന്റെ വിസ്തീർണ്ണത്തിന്റെയും ഗുണനഫലത്തിന് സമമാകുന്നു.

വതുകൈ പെരുവിരൽ നിയമം

കാന്തികമൊമന്റിന്റെ ദിശയെ കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിന് നമുക്ക് വലതുകൈ പെരുവിരൽ നിയമം ഉപയോഗിക്കാം

ഈ നിയമപ്രകാരം വലയത്തിലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹദിശയിൽ വലതുകൈയ്യിലെ മറ്റു വിരൽകളാൽ വലയത്തെ ചുറ്റിപിടിക്കുമ്പോൾ, നീട്ടിയ പെരുവിരൽ ആ വൈദ്യുത പ്രവാഹ വളയത്തിനാലുണ്ടാകുന്ന കാന്തിക മൊമന്റിന്റെ ദിശ നൽകുന്നു.

പട്ടിക 3.3 അഗ്രനിയമം വൃത്താകാര വളയത്തിലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന്റെ ദിശയ്ക്കനുസരിച്ചുള്ള ധ്രുവത

വൃത്താകാര വളയത്തിലെ വൈദ്യുതി	ധ്രുവത	ചിത്രം
എതിർ ഘടികാര ദിശയിൽ	ഉത്തര ധ്രുവം	 എതിർഘടികാര ദിശയിൽ ധ്രുവത: ഉത്തരധ്രുവം
ഘടികാര ദിശയിൽ	ദക്ഷിണ ധ്രുവം	 ഘടികാരദിശയിൽ വൈദ്യുതി ധ്രുവത : ദക്ഷിണധ്രുവം

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 160 2/15/2023 12:52:13 PM

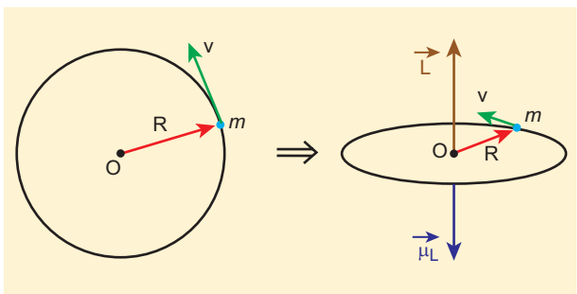
3.8.6 ഭ്രമണം ചെയ്യുന്ന ഇലക്ട്രോണിന്റെ കാന്തിക ദ്വിധ്രുവ ചലനം

ചിത്രം 3.36 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ ഒരു ഇലക്ട്രോൺ ന്യൂക്ലിയസിന് ചുറ്റും വൃത്താകൃതിയിലുള്ള ചലനത്തിന് വിധേയമാകുന്നുവെന്ന് കരുതുക. ഒരു വളയത്തിൽ ഭ്രമണം ചെയ്യുന്ന ഇലക്ട്രോൺ ഒരു വൃത്താകൃതിയിലുള്ള വളയത്തിലെ വൈദ്യുതി പോലെയാണ് (ചാർജ്ജ്ഫ്ളോ നിലയിലുള്ളതിനാൽ) വൈദ്യുതി വഹിക്കുന്ന വൃത്താകൃതിയിലുള്ള വളയം മൂലമുള്ള കാന്തിക ദ്വിധ്രുവ മൊമന്റ്

$$\vec{\mu}_L = I\vec{A} \qquad (3.45)$$

സംഖ്യാവിലയിൽ,

$$\mu_L = IA$$



ചിത്രം 3.36 (a) വൃത്താകാര ഭ്രമണപഥത്തിൽ കറങ്ങുന്ന ഇലക്ട്രോൺ (b) മാഗ്നറ്റിക് ഡിപോൾ മൊമന്റ് വെക്റ്ററിന്റെയും പരിക്രമണ കോണീയ മൊമന്റ് വെക്റ്ററിന്റെയും ദിശ വിപരീതമാണ്

T എന്നത് ഒരു ഇലക്ട്രോണിന്റെ ദോലനകാലമാണെങ്കിൽ വൃത്താകൃതിയിലുള്ള ചലനം മൂലമുള്ള വൈദ്യുതധാര

$$I = \frac{-e}{T} \qquad (3.46)$$

ഇവിടെ $-e$ എന്നത് ഒരു ഇലക്ട്രോണിന്റെ ചാർജ് ആണ് R എന്നത് വൃത്താകാര ഭ്രമണപഥത്തിന്റെ ദൂരവും υ വൃത്താകാരഭ്രമണപഥത്തിലെ ഇലക്ട്രോണിന്റെ പ്രവേഗവുമാണെങ്കിൽ

$$T = \frac{2\pi R}{\upsilon} \qquad (3.47)$$

സമവാക്യം (3.46), (3.47) സമവാക്യം (3.45), ൽ ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ നമുക്ക് ലഭിക്കുന്നത്.

$$\mu_L = -\frac{e}{\frac{2\pi R}{\upsilon}}\pi R^2 = -\frac{e\upsilon R}{2} \qquad (3.48)$$

ഇവിടെ $A = \pi R^2$ എന്നത് വൃത്താകൃതിയിലുള്ള ലൂപ്പിന്റെ വിസ്തീർണ്ണമാണ് നിർവചനം അനുസരിച്ച് O നെ കുറിച്ചുള്ള ഇലക്ട്രോണിന്റെ കോണീയ ആവേഗം

$$\vec{L} = \vec{R} \times \vec{p}$$

സംഖ്യാവിലയിൽ,

$$L = Rp = m\upsilon R \qquad (3.49)$$

സമവാക്യം (3.48) സമവാക്യം (3.49), എന്നിവ ഉപയോഗിച്ച് നമുക്ക് ലഭിക്കുന്നത്.

$$\frac{\mu_L}{L} = -\frac{e\upsilon R/2}{m\upsilon R} = -\frac{e}{2m} \Rightarrow \vec{\mu}_L = -\frac{e}{2m}\vec{L} \qquad (3.50)$$

നെഗറ്റീവ് ചിഹ്നം കാന്തിക ചലനവും കോണീയ ആവേഗവും വിപരീത ദിശയിലാണെന്ന് സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

സംഖ്യാവിലയിൽ,

$$\frac{\mu_L}{L} = \frac{e}{2m} = \frac{1.60\times10^{-19}}{2\times9.11\times10^{-31}} = 0.0878\times10^{12}\ \mathrm{C\,kg^{-1}}$$

$$\frac{\mu_L}{L} = 8.78\times10^{10}\ \mathrm{C\ kg^{-1}} = \text{സ്ഥിരാങ്കം}$$

L എന്ന അനുപാതം സ്ഥിരവും ഗൈറോമാഗ്നറ്റിക് അനുപാതമായി $\left(\frac{e}{2m}\right)$. അറിയപ്പെടുന്നു. ഗൈറോമാഗ്നറ്റിക് അനുപാതം ആനുപാതിക സ്ഥിരാങ്കമാണ് ഇത് ഇലക്ട്രോണിന്റെ കോണീയ ആവേഗത്തെയും ഇലക്ട്രോണിന്റെ കാന്തിക ചലനത്തെയും ബന്ധിപ്പിക്കുന്നു.

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 161 2/15/2023 12:52:16 PM

നീൽസ് ബോർ ക്വാണ്ടൈസേഷൻ റൂൾ അനുസരിച്ച് ഒരു നിശ്ചല ഭ്രമണപഥത്തിൽ ചലിക്കുന്ന ഒരു ഇലക്ട്രോണിന്റെ കോണീയ ആവേഗം കണക്കാക്കുന്നു.

$$L = n\hbar = n\frac{h}{2\pi}$$

ഇവിടെ h എന്നത് പ്ലാങ്ങിന്റെ ($h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js) സ്ഥിരാങ്കം n എന്നത് പരിക്രമണ സംഖ്യയാണ്,

$$\mu_L = \frac{e}{2m}L = n\frac{eh}{4\pi m}$$

$$\mu_L = n \times \frac{(1.60\times10^{-19})h}{4\pi m}\,\mathrm{A\,m^2}$$

$$= n \times \frac{(1.60\times10^{-19})(6.63\times10^{-34})}{4\times3.14\times(9.11\times10^{-31})}$$

$$\mu_L = n\times9.27\times10^{-24}\,\mathrm{A\,m^2}$$

n = 1, എന്നതിന് പകരമായി കാന്തിക ചലനത്തിന്റെ ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ മൂല്യം ലഭിക്കും.

$$\propto_L = 9.27\cdot 10^{-24}\,\mathrm{A\,m^2} = 9.27\cdot 10^{-24}\,\mathrm{JT^{-1}}$$
$$= (\propto_L)_{\text{കുറഞ്ഞ}} = \propto_B$$

ഇവിടെ $\mu_B = \frac{eh}{4\pi m} = 9.27\times10^{-24}\,\mathrm{A\,m^2}$ ബോർ മാഗ്ടോൺ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. അത് അറ്റോമിക് കാന്തിക ചലനം അളക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

3.9 ആമ്പിയറിന്റെ സർക്യൂട്ടൽ നിയമം

ഗണിതത്തിൽ ഒരു സമമിതി ഉണ്ടാകുമ്പോഴെല്ലാം ഒരു ഘട്ടത്തിൽ കാന്തികക്ഷേത്രം കണക്കാക്കാൻ ആമ്പിയറിന്റെ സർക്യൂട്ടൽ നിയമം ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഇത് ഇലക്ട്രോസ്റ്റാറ്റിക്സിലെ ഗാസ് നിയമത്തിന് സമാനമാണ്

3.9.1 ആംപെയറിന്റെ സർക്യൂട്ടൽ നിയമത്തിന്റെ നിർവചനവും വിശദീകരണവും

ആമ്പിയറിന്റെ നിയമം ഒരു അടഞ്ഞ വലയത്തിൻ മേലുള്ള കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന്റെ സമാകലനം പ്രതലത്തിലൂടെ കടന്നുപോകുന്ന ആകെ വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന്റെ μ_o മടങ്ങിനു തുല്യമാണ്

$$\oint_C \vec{B}.\vec{dl} = \mu_\circ I_{\text{അടഞ്ഞ}} \qquad (3.51)$$

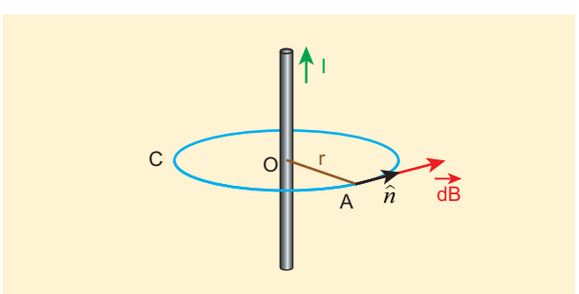
ഇവിടെ I അടഞ്ഞ എന്നത് വളയം ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ആകെ വൈദ്യുതി ആകുന്നു. രേഖാ സമാകലനം പാതയുടെ ആകൃതിയേയോ അല്ലെങ്കിൽ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിലെ ചാലകത്തിന്റെ സ്ഥാനത്തേയോ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല എന്നത് ശ്രദ്ധിക്കുക.

കുറിപ്പ്

രേഖാസമാകലനം എന്നത് ഒരു രേഖ അല്ലെങ്കിൽ വളയത്തിൻ മേലുള്ള സമാകലനത്തെ കുറിക്കുന്നു. $\int$ എന്ന അടയാളമാണ് ഉപയോഗിക്കുന്നത്

വലിയ സമാകലനം എന്നത് ഒരു അടഞ്ഞ വലയ (അല്ലെങ്കിൽ രേഖ) ത്തിൽ മേലുള്ള സമാകലനമാകുന്നു. $\oint$ *or* $\oint_c$ എന്ന അടയാളം ഉപയോഗിക്കുന്നു

3.9.2 ആംപിയറിന്റെ നിയമം അനുസരിച്ച് അനന്തമായ നീളമുള്ള വൈദ്യുതി വഹിക്കുന്ന കമ്പിയിൽ ഉണ്ടാകുന്ന കാന്തിക ക്ഷേത്രം



ചിത്രം 3.37 വൈദ്യുതി വഹിക്കുന്ന നേരായ കമ്പിയിലുള്ള ആമ്പീയരിയൻ ലൂപ്പ്

അനന്തമായ നീളമുള്ളതും I വൈദ്യുതി വഹിക്കുന്നതുമായ നേരെയുള്ള ഒരു ചാലകത്തിനെ കരു

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 162 2/15/2023 12:52:18 PM

തുക ചിത്രം 3.37. ൽ കൊടുത്തിട്ടുള്ളതു പോലെയാണ് കാന്തികമണ്ഡലരേഖകളുടെദിശയുള്ളത്ജ്യാമിതിയിൽ കമ്പി സിലിണ്ടറാകൃതിയിലും അക്ഷത്തിനനുസരിച്ച് സമമിതിയിലുമാണ്. ആയതിനാൽ ചിത്രം 3.37 ൽ കൊടുത്തിട്ടുള്ളതു പോലെ ചാലകത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്ന് r ദൂരത്തിൽ വൃത്താകൃതിയിലുള്ള ആംപീരിയൻ വലയം ഉണ്ടാക്കാം.

$$\oint_C \vec{B}.d\vec{l} = \mu_\circ I$$

ഇവിടെ $d\vec{l}$ എന്നത് ആംപീരിയൻ വലയത്തിലൂടെ ചെല്ലുന്ന രേഖാ ഘടകം (വൃത്ത വലയത്തിലെ സ്പർശ രേഖ) ആകുന്നു. കാന്തികമണ്ഡല വെക്ടറിനും രേഖാ ഘടകത്തിനും ഇടയ്ക്കുള്ള കോൺ പൂജ്യമാകുന്നു. ആയതിനാൽ

$$\oint_C B\,dl = \mu_\circ I$$

ഇവിടെ I എന്നത് ആംപീരിയൻ വലയത്തിലെ വൈദ്യുതിയെ കുറിക്കുന്നു. സമമിതിയുടെ ഫലമായി ആംപീരിയൻ വലയത്തിൽ കാന്തിക മണ്ഡലത്തിന്റെ മൂല്യം സ്ഥിരമായിരിക്കും. ആയതിനാൽ

$$B\oint_C dl = \mu_\circ I$$

വൃത്താകാര വലയത്തിന്റെ ചുറ്റളവ് $2\pi r$, ഇതിൽ നിന്ന്,

$$B\int_0^{2\pi r} dl = \mu_\circ I$$

$$B\cdot 2\pi r = \mu_\circ I$$

$$B = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r}$$

വെക്ടർ രൂപത്തിൽ കാന്തിക മണ്ഡലം

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r}\hat{n}$$

ഇവിടെ $\hat{n}$ എന്നത് ചിത്രം 3.37 ൽ കൊടുത്തിട്ടുള്ളതു പോലെ സ്പർശരേഖവഴി ആംപിരിയൻ വലയത്തിൽ ചെല്ലുന്ന ഒരു മാത്ര വെക്ടർ ആകുന്നു.

ഉദാഹരണം 3.15

1A വൈദ്യുത പ്രവഹിക്കുന്ന നീളമുള്ളതും ഋജുവായതുമായ കമ്പിയിൽ നിന്ന് 1 മീ ദൂരത്തിൽ ഉാകുന്ന കാന്തികമണ്ഡലത്തിന്റെ മൂല്യം കണക്കാക്കുക. ഇതിനെ ഭൂമിയുടെ കാന്തിക മണ്ഡലവുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുക

നിർദ്ധാരണം

$I = 1$ A വ്യാസാർദ്ധം $r = 1$ മീ

$$B_{\substack{\text{ഋജുവായ}\\ \text{കമ്പി}}} = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r} = \frac{4\pi\cdot 10^{-7}\cdot 1}{2\pi\cdot 1} = 2\cdot 10^{-7}\ \text{T}$$

എന്നാൽ ഭൂമിയുടെ കാന്തികക്ഷേത്രം$B_{\text{ഭൂമി}}$ 10^{-5} T

അതിനാൽ, $B_{\text{ഭൂമി}}$. യേക്കാൾ 100 മടങ്ങ് ചെറുതാണ് $B_{\text{ഋജുവായ കമ്പി}}$

സോളിനോയിഡ്

സോളിനോയിഡ് എന്നത് ഹെലിക്കൽ രൂപത്തിൽ അടുപ്പിച്ച് ചുറ്റപ്പെട്ട നീണ്ട കമ്പിച്ചുരുൾ ആകുന്നു. ഇത് ചിത്രം 3.38 ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. സോളിനോയ്ഡിലൂടെ വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുമ്പോൾ കാന്തികമണ്ഡലംഉണ്ടാകുന്നു. ആകെ കാന്തികമണ്ഡലം എന്നത് എല്ലാ ചുറ്റുകളുടേയും ഫലമായുണ്ടാകുന്ന മണ്ഡലങ്ങളുടെ സദിശ സങ്കലനമാണ്. സോളിനോയ്ഡിനാൽ ഉണ്ടായ കാന്തിക മണ്ഡലത്തിന്റെ ദിശ വലതു കൈപ്പടം നിയമത്തിൽ നിന്നും മനസ്സിലാക്കാം.

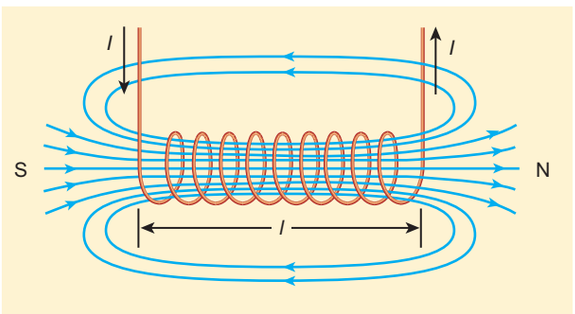
സോളിനോയിഡിനുള്ളിൽ കാന്തികമണ്ഡലം ഏകദേശം ഒന്നുപോലെയും അക്ഷത്തിനു സമാന്തരവുമായിരിക്കും എന്നാൽ സോളിനോയ്ഡിനു പുറത്ത് കാന്തികമണ്ഡലം അവഗണിക്കത്തക്ക അളവിൽ ചെറിയ മൂല്യത്തിലും കാണപ്പെടുന്നു. സോളിനോയ്ഡിലൂടെ ഉള്ള വൈദ്യുതിയുടെ ദിശയനുസരിച്ച് സോളിനോയിഡിന്റെ ഒരറ്റം ദക്ഷിണധ്രുവമായും മറ്റേയറ്റം ഉത്തര ധ്രുവമായും പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

വൈദ്യുതി വഹിക്കുന്ന ഒരു സോളിനോയ്ഡിനെ വലതു കൈ കൊണ്ട് പിടിക്കുമ്പോൾ വിരലുകൾ വൈദ്യുതിയുടെ ദിശയിലും നേരെയുള്ള പെരുവിരൽ വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന സോളിനോയ്ഡിനാൽ ഉണ്ടായ കാന്തിക മണ്ഡലത്തിന്റെ ദിശയെയും കുറിക്കുന്നു. ഇത് ചിത്രം 3.39 ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

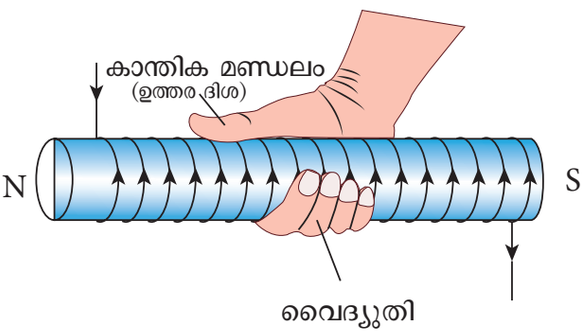
MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 163 2/15/2023 12:52:20 PM



ചിത്രം 3.38 സോളിനോയ്ഡ്



ചിത്രം 3.39 ദാണ്ഡ്കാന്തമായി സോളിനോയിഡ്



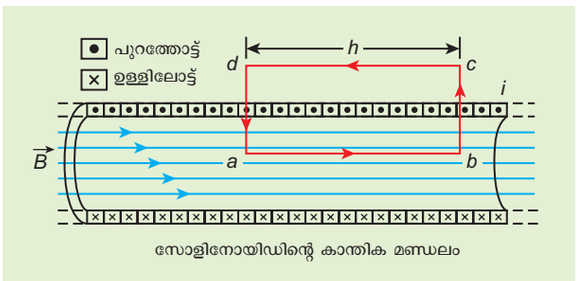
ചിത്രം 3.40 ഒരു സോളിനോയിഡിന്റെ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന്റെ ദിശ

ആയതിനാൽ സോളിനോയ്ഡിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന കാന്തിക മണ്ഡലം ദണ്ഡകാന്തത്തിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന കാന്തികമണ്ഡലത്തേ പോലെയിരിക്കും.

സോളിനോയ്ഡ് ദൈർഘ്യമേറിയതാണെന്ന് കാണക്കാക്കപ്പെടുന്നു. അതിനർത്ഥം അതിന്റെ വ്യാസവുമായി താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ സോളിനോയിഡിന്റെ നീളം വലുതായിരിക്കും. ചുറ്റുന്നത് എല്ലായ്പ്പോഴും വൃത്താകൃതിയിലായിരിക്കണമെന്നില്ല. അത് മറ്റ് ആകൃതിയിലും ആകാം ചിത്രം 3.40 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ വൃത്താകൃതിയിൽ ചുറ്റപ്പെട്ട സോളിനോയിഡ് മാത്രമാണ് ഇവിടെ പരിഗണിക്കുന്നത്.

3.9.3 ഒരു നീണ്ട വൈദ്യുതി വഹിക്കുന്ന സോളിനോയിഡിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന കാന്തികക്ഷേത്രം

N ചുറ്റുകളും L നീളവുമുള്ള ഒരു സോളിനോയിഡ് പരിഗണിക്കുക. സോളിനോയിഡിന്റെ വ്യാസം അതിന്റെ നീളവുമായി താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ വളരെ ചെറുതാണെന്ന് കണക്കാക്കുക കമ്പിച്ചുരുൾ വളരെ അടുപ്പിച്ച് ചുറ്റിയിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 3.41 സോളിനോയ്ഡിന്റെ ആംപിരിയൻ വളയം

സോളിനോയിഡിനുള്ളിലെ ഏത് ബിന്ദുവിലും കാന്തികക്ഷേത്രം കണക്കാക്കാൻ ആമ്പിയർ സർക്യൂട്ടിൽ നിയമം ഉപയോഗിക്കുന്നു. ചിത്രം 3.41 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ ദീർഘചതുരാകൃതിയിലുള്ള വലയം a,b,c,d പരിഗണിക്കുക ആമ്പിയറിന്റെ സർക്യൂട്ടിൽ നിയമത്തിൽ നിന്ന്,

$$\oint_C \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{അടഞ്ഞ}}$$
$$= \mu_0 \times (\text{ആംപിരിയൻ വലയത്താൽ മൂടപ്പെട്ട ആകെ വൈദ്യുതി})$$

സമവാക്യത്തിന്റെ ഇടതു കൈവശം താഴെ കാണുന്നതു പോലെ എഴുതാം

$$\oint_C \vec{B}\cdot d\vec{l} = \int_a^b \vec{B}.d\vec{l} + \int_b^c \vec{B}.d\vec{l} + \int_c^d \vec{B}.d\vec{l} + \int_d^a \vec{B}.d\vec{l}$$

bc, da എന്നീ വശങ്ങളുടെ നീൾഘടകങ്ങൾ സോളി

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 164 2/15/2023 12:52:21 PM

നോയ്ഡിന്റെ അക്ഷത്തിലൂടെയാണുള്ളത് മാത്രമല്ല കാന്തിക മണ്ഡലത്തിനു ലംബവുമാണ് ആയതിനാൽ

$$\int_b^c \vec{B}.d\vec{l} = \int_b^c \left|\vec{B}\right|\left|d\vec{l}\right| \cos 90^\circ = 0$$

അതുപോലെ

$$\int_d^a \vec{B}.d\vec{l} = 0$$

കാന്തികക്ഷേത്രം സോളിനോയിഡിനു പുറത്ത് പൂജ്യമാണ്. സമാകലനം $\int_c^d \vec{B}.d\vec{l} = 0$

ab, വഴിയുള്ള പാതയ്ക്ക് സമാകലനം

$$\int_a^b \vec{B}.d\vec{l} = B\int_a^b dl\cos 0^\circ = B\int_a^b dl$$

ചിത്രം 3.41 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ ab വലയത്തിന്റെ നീളം h ആണ്. എന്നാൽ ലൂപ്പിന്റെ ദൈർഘ്യം ab തിരഞ്ഞെടുക്കുന്നത് ഏകപക്ഷീയമാണ്. നമുക്ക് വളരെ വലിയ വളയം എടുക്കാം, അത് സോളിനോയിഡ് L ന്റെ നീളത്തിന് തുല്യമാണ്. അതിനാൽ സമാകലനം

$$\int_a^b \vec{B}.d\vec{l} = BL$$

N ചുറ്റുകളുള്ള സോളിനോയിഡിലൂടെ കടന്നു പോകുന്ന വൈദ്യുതി I ആയിരിക്കട്ടെ

$$\int_a^b \vec{B}.d\vec{l} = BL = \mu_0 NI \Rightarrow B = \mu_0 \frac{NI}{L}$$

ഒരു യൂണിറ്റ് ദൈർഘ്യത്തിന് ചുറ്റുകളുടെ എണ്ണം $\frac{N}{L} = n$,

$$B = \mu_0 \frac{nLI}{L} = \mu_0 nI \qquad (3.52)$$

തന്നിട്ടുള്ള ഒരു സോളിനോയിഡിന് n സ്ഥിരാങ്കമാകുന്നു മാത്രമല്ല μ_0 യും സ്ഥിരാങ്കമാകുന്നു നിശ്ചിത വൈദ്യുത ധാരയ്ക്ക് സോളിനേയിഡിനുള്ളിലെ കാന്തികക്ഷേത്രവും ഒരു സ്ഥിരാങ്കമായിരിക്കും.

കുറിപ്പ്

സോളിനോയിഡ് വൈദ്യുതകാന്തമായി ഉപയോഗിക്കാം. ഇത് പ്രവർത്തിപ്പിക്കാനോ അല്ലെങ്കിൽ നിറുത്താനോ കഴിയുന്നശക്തമായകാന്തിക ക്ഷേത്രം ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു. സ്ഥിര കാന്തത്തിന്റെ കാര്യത്തിൽഇത് സാധ്യമല്ല. സോളിനോയിഡിനുള്ളിൽ ഇരുമ്പ് ബാർ സൂക്ഷിക്കുന്നതിലൂടെ കാന്തികക്ഷേത്രതിന്റെ ശക്തി വർദ്ധിപ്പിക്കാൻ കഴിയും കാരണം സോളിനോയിഡിന്റെ കാന്തികക്ഷേത്രം ഇരുമ്പ് ബാറിനെയും കാന്തമാക്കും. അതിനാൽ ആകെ കാന്തികക്ഷേത്രം സോളിനോയ്ഡിന്റെ ആകെ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന്റെയും ഇരുമ്പ് ബാർ മൂലമുള്ള കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന്റേയും കൂട്ടുതൊകയാകുന്നു. ഈ സവിശേഷതകൾ കാരണം വിവിധതരം വൈദ്യുത ഉപകരണങ്ങൾ രൂപകൽപ്പന ചെയ്യാൻ സോളിനോയ്ഡുകൾ ഉപയോഗപ്രദമാണ്

ഉദാഹരണം 3.16

ഒരു സോളിനോയിഡിനുള്ളിലെ കാന്തിക ക്ഷേത്രം കണക്കാക്കുക

(a) ചുറ്റുകളുടെ എണ്ണം മാറ്റാതെ ദൈർഘ്യം മാത്രം രണ്ടു മടങ്ങാക്കുമ്പോൾ

(b) സോളിനോയിഡിന്റെ നീളവും ചുറ്റുകളുടെ എണ്ണവും ഇരട്ടിയക്കുമ്പോൾ

(c) സോളിനോയിഡിന്റെ നിശ്ചിത ദൈർഘ്യത്തിന് ചുറ്റുകളുടെ എണ്ണം രണ്ടു മടങ്ങ് ആക്കുമ്പോൾ ഫലങ്ങൾ താരതമ്യം ചെയ്യുക.

നിർദ്ധാരണം

ഒരു സോളിനോയ്ഡിന്റെ കാന്തികക്ഷേത്രം (ഉള്ളിൽ)

$$B_{L,N} = \mu_0 \frac{NI}{L}$$

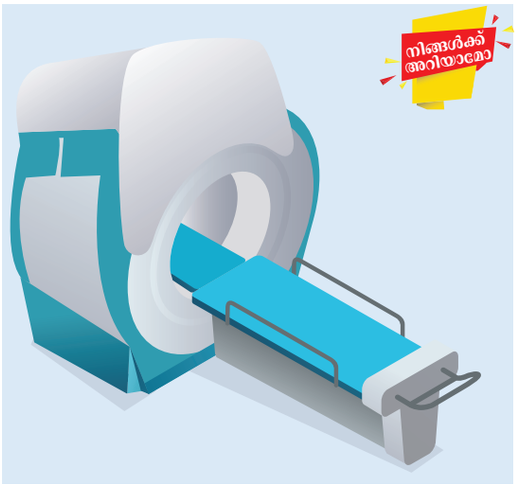
(a) നിശ്ചിത എണ്ണം ചുറ്റുകൾ ഉള്ള സോളിനോയിഡിന്റെ നീളം രണ്ടു മടങ്ങാകുമ്പോൾ

$L \to 2L$ (നീളം രണ്ട് മടങ്ങ്)

$N \to N$ (ചുറ്റുകളുടെ എണ്ണം സ്ഥിരമായി തുടരുന്നു)

കാന്തികക്ഷേത്രം

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 165 2/15/2023 12:52:24 PM



MRI **മാഗ്നറ്റിക് സെണൻസ് ഇമേജിംഗ്** എന്നത് കാന്തിക അനുരണന പ്രതിബിംബമാകുന്നു. തല, നെഞ്ച്, അടിവയറ്, മറ്റും ഇടുപ്പെല്ല് തുടങ്ങിയവയിലുണ്ടാകുന്ന അസാധാരണാവയെ കണ്ടുപിടിക്കാനും ചികിത്സിക്കാനും ഇത് ഡോക്ടർമാരെ സഹായിക്കുന്നു. ഇത് ശരീരത്തിനു ദോഷം ചെയ്യാത്ത മെഡിക്കൽ പരിശോധനയാകുന്നു. വൃത്താകൃതിയിലുള്ള തുറന്ന ഭാഗത്തിനുള്ളിൽ രോഗിയെ കിടത്തിയിരിക്കുന്നു. (യഥാർത്ഥത്തിൽ സൂപ്പർ കണ്ടക്ടിംഗ് വയറിനാൽ നിർമ്മിക്കപ്പെട്ട സോളിനോയ്ഡിന്റെഉൾഭാഗമാകുന്നു) സൂപ്പർ കണ്ടക്ടിംഗ് വയറിലൂടെ ശക്തമായ വൈദ്യുതി പ്രയോഗിക്കപ്പെട്ട് ശക്തമായ കാന്തികക്ഷേത്രംഉണ്ടാക്കപ്പെടുന്നു.ഇത്റേഡിയോഫ്രീകൻസി പൾസുകളെ ഉണ്ടാക്കി. കംപ്യൂട്ടറിനു കൊടുക്കുന്നു. കംപ്യൂട്ടർ ആന്തരീകാവയവങ്ങളുടെ ചിത്രം തരുന്നു. ഇതിന്റെ സഹായത്താൽ ഡോക്ടർമാർക്ക് ചികിത്സിക്കാൻ കഴിയുന്നു.

$$B_{2L,N} = \mu_0 \frac{NI}{2L} = \frac{1}{2} B_{L,N}$$

(b) സോളിനോയിഡിന്റെ നീളവും ചുറ്റുകളും എണ്ണവും ഇരട്ടിയാക്കുന്നു

L→2L (നീളം രണ്ട് മടങ്ങ്)

N→2N (ചുറ്റുകളുടെ എണ്ണം ഇരട്ടിയായി തുടരുന്നു)

കാന്തികക്ഷേത്രം

$$B_{2L,2N} = \mu_0 \frac{2NI}{2L} = B_{L,N}$$

(c) ചുറ്റുകളുടെ എണ്ണം രണ്ടുമടങ്ങാണെങ്കിലും സോളിനോയിഡിന്റെ ദൈർഘ്യം മാറുന്നില്ല.

L→L (നീളം സ്ഥിരമാണ്)

N→2N (ചുറ്റുകളുടെ എണ്ണം ഇരട്ടിയായി തുടരുന്നു)

കാന്തികക്ഷേത്രം

$$B_{L,2N} = \mu_0 \frac{2NI}{L} = 2B_{L,N}$$

മുകളിലുള്ള ഫലത്തിൽ നിന്ന്,

$$B_{L,2N} > B_{2L,2N} > B_{2L,N}$$

തന്നിരിക്കുന്ന വൈദ്യുതധാരയിൽ ഒരേ നീളത്തിൽ കൂടുതൽ ചുറ്റുകൾ അടുപ്പിച്ച് ഉണ്ടാകുമ്പോൾ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന്റെ ശക്തി വർധിക്കുന്നു.

3.9.4 ടോറോയിഡ്

ഒരു സോളിനോയിഡ് വളച്ച് അതിന്റെ അറ്റങ്ങൾ ചേർത്ത് ഒരു അടഞ്ഞ വളയം രൂപപ്പെടുത്തുന്നു. ഇതിനെ ടോറോയിഡ് എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇത് ചിത്രം 3.42. ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ടോറോയിഡിനുള്ളിൽ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന് സ്ഥിരമായ മൂല്യം ഉണ്ട്. എന്നാൽ ആന്തരിക മേഖലയിലും (പോയിന്റ് P) ബാഹ്യമേഖലയിലും (പോയിന്റ് Q) കാന്തികക്ഷേത്രം പൂജ്യമാണ്.

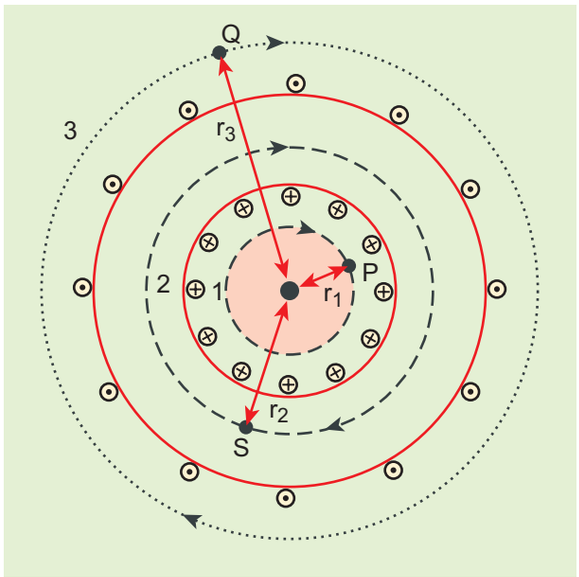


ചിത്രം 3.42 ടോറോയ്ഡ്

(a) ടൊറോയിഡിന്റെ ഉള്ളിലെ തുറന്ന ഭാഗം

പോയിന്റ് P യിൽ കാന്തികക്ഷേത്രം B_P കണക്കാക്കാം. ചിത്രം 3.43 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ P. പോയിന്റിനു ചുറ്റും r_1 ആരത്തിൽ ആംപിരിയൻ വലയം ഒന്ന്

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 166 2/15/2023 12:52:26 PM



ചിത്രം 3.43 ടോറോയ്ഡ് ആമ്പിയറിംഗ് ലൂപ്പ്

നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നു. ലളിതമായി കണക്കാക്കാൻ വത്താകൃതിയിലുള്ള വലയം എടുക്കുന്നതിലൂടെ വലയത്തിന്റെ നീളം അതിന്റെ ചുറ്റളവായി കരുതാം.

$$L_1 = 2\pi r_1$$

വളയം 1 നുള്ള ആമ്പിയറിന്റെ സർക്യൂട്ടൽ നിയമം

$$\int_{\text{വളയം 1}} \vec{B}_P . \vec{dl} = \propto_0 I_{\text{അടഞ്ഞ}}$$

വളയം 1 ൽ വൈദ്യുതി ഇല്ലാത്തതിനാൽ, $I_{\text{അടഞ്ഞ}} = 0$

$$\int_{\text{വളയം 1}} \vec{B}_P . \vec{dl} = 0$$

P പോയിന്റിലെ കാന്തികക്ഷേത്രം അപ്രത്യക്ഷമായാൽ മാത്രമേ ഇത് സാധ്യമാകൂ. അതായത്

$$\vec{B}_P = 0$$

(b) ടൊറോയ്ഡിനു പുറത്തുള്ള തുറന്ന ഭാഗം

ടൊറോയിഡിന് പുറമേയുള്ള Q എന്ന ബിന്ദുവിൽ കാന്തികക്ഷേത്രം B_Q കണക്കാക്കാം. ചിത്രം 3.43 കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ Q എന്ന പോയിന്റിന് ചുറ്റും വ്യാസാർത്ഥം r_3 യിൽ ഒരു ആംപിരിയൻ വളയം നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നു. വളയത്തിന്റെ നീളം

$$L_3 = 2\pi r_3$$

വളയം 3 നായുള്ള ആമ്പിയറിന്റെ സർക്യൂട്ടൽ നിയമം

$$\int_{\text{വളയം 3}} \vec{B}_Q . \vec{dl} = \propto_0 I_{\text{അടഞ്ഞ}}$$

ഓരോ ചുറ്റിലും പേപ്പറിന്റെ പ്രതലത്തിൽ നിന്ന് പുറത്തു വരുന്ന വൈദ്യുതി പേപ്പറിന്റെ തലത്തിലേക്ക് പോകുന്ന വൈദ്യുതിയാൽ സംതുലനം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. അതുകൊണ്ട്, $I_{\text{അടഞ്ഞ}} = 0$

$$\int_{\text{വളയം 3}} \vec{B}_Q . \vec{dl} = 0$$

Q പോയിന്റിലെ കാന്തികക്ഷേത്രം അപ്രത്യക്ഷമായാൽ മാത്രമേ ഇത് സാധ്യമാകൂ.

$$\vec{B}_Q = 0$$

(c) ടോറോയിഡിനുള്ളിൽ

പോയിന്റ് S ൽ B_S കാന്തികക്ഷേത്രം കണക്കാക്കാം. ചിത്രം 3.43 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ S പോയിന്റിന് ചുറ്റും ആരം r_2 ൽ ആംപിരിയൻ വളയം 2 നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നു. ലൂപ്പിന്റെ നീളം.

$$L_2 = 2\pi r_2$$

വളയം 2 നുള്ള ആമ്പിയറിന്റെ സർക്യൂട്ടൽ നിയമം

$$\int_{\text{വളയം 2}} \vec{B}_S . \vec{dl} = \propto_0 I_{\text{അടഞ്ഞ}}$$

ടെറോയിഡിലൂടെ കടന്നുപോകുന്ന വൈദ്യുതി I യും ചുറ്റുകളുടെ എണ്ണം N ഉം ആകുന്നു

$$I_{\text{അടഞ്ഞ}} = NI$$

ആണെങ്കിൽ,

$$\int_{\text{വളയം 2}} \vec{B}_S . \vec{dl} = \int_{\text{വളയം 2}} B_S \, dl \cos\theta = B_S \, 2\pi r_2$$

$$\int_{\text{വളയം 2}} \vec{B}_S . \vec{dl} = \propto_0 NI$$

$$B_S = \mu_0 \frac{NI}{2\pi r_2}$$

ഒരു മാത്ര ദൈർഘ്യത്തിന് ചുറ്റുകളുടെ എണ്ണം $n = \dfrac{N}{2\pi r_2}$, തുടർന്ന് S പോയിന്റിലെ കാന്തികക്ഷേത്രം

$$B_S = \mu_0 nI \qquad (3.53)$$

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 167 2/15/2023 12:52:29 PM

3.10 ലോറൻസ് ബലം

ഒരു വൈദ്യുത ചാർജ് q ഒരു കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ വിശ്രമിക്കുമ്പോൾ ഒരു ബലവും അതിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നില്ല. അതേ സമയം ചാർജ് കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ ചലിക്കുന്നുവെങ്കിൽ അതിന് ഒരു ബലം അനുഭവപ്പെടുന്നു അധ്യായം 1 ൽ പഠിച്ച കൂളുംബ് ബലത്തിൽ നിന്ന് ഈ ബലം വ്യത്യസ്തമാണ്. ഇത് താഴെ കാണുന്ന സമവാക്യത്തിൽ എഴുതാം.

$$\vec{F} = q\left(\vec{v} \times \vec{B}\right) \qquad (3.54)$$

പൊതുവായി വൈദ്യുത കാന്തിക ക്ഷേത്രങ്ങളിൽ ചാർജ് ചലിക്കുന്നുവെങ്കിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന മൊത്തം ബലം $\vec{F} = q\left(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}\right)$. ലോറൻസ് ബലം എന്നാണ് ഇത് അറിയപ്പെടുന്നത്.

3.10.1 ഒരു കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ ചലിക്കുന്ന ചാർജിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം

ഒരു വൈദ്യുത ചാർജ് q കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ പ്രവേഗം $\vec{v}$ ൽ ചലിക്കുമ്പോൾ, അതിന് $\vec{F}_m$ എന്ന ഒരു ബലം അനുഭവപ്പെടുന്നു. ഇതിനെ കാന്തിക ബലം എന്നു പറയപ്പെടുന്നു. ശ്രദ്ധാപൂർവ്വമായ പരീക്ഷണങ്ങൾക്ക് ശേഷം ലോറൻസ് $\vec{F}_m$ എന്ന കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിൽ ചലിക്കുന്ന ചാർജിന് അനുഭവപ്പെട്ട ബലത്തെ കുറിച്ചു മനസ്സിലാക്കി.

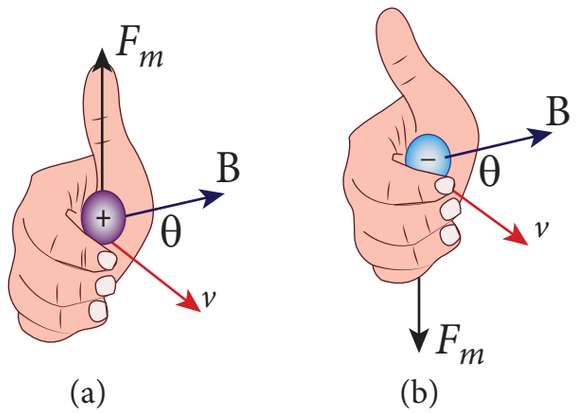
$$\vec{F}_m = q\left(\vec{v} \times \vec{B}\right) \qquad (3.55)$$

സംഖ്യാവിലയിൽ,

$$F_m = qvB\sin\theta \qquad (3.56)$$

സമീകരണങ്ങൾ (3.55), (3.56) എന്നിവയിൽ നിന്നും സൂചിപ്പിക്കുന്നത്

1. $\vec{F}_m$ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന് നേർ ആനുപാതികമാണ്
2. $\vec{F}_m$ ചലിക്കുന്ന ചാർജിന്റെ പ്രവേഗം $\vec{v}$ ക്ക് നേർ അനുപാതത്തിലാണ്
3. പ്രവേഗത്തിനും കാന്തികക്ഷേത്രത്തിനു തമ്മിലുള്ള കോണിന്റെ സൈനിന് $\vec{F}_m$ നേർ ആനുപാതികമാണ്
4. ചാർജ് q ന്റെ സംഖ്യാവിലയ്ക്ക് $\vec{F}_m$ നേർ ആനുപാതികമാണ്
5. $\vec{F}_m$ ന്റെ ദിശ എല്ലായ്പ്പോഴും $\vec{v}$ യ്ക്കും $\vec{B}$ യ്ക്കും ലംബമാണ്. എന്തെന്നാൽ $\vec{F}_m$ $\vec{v}$ മറ്റും $\vec{B}$ ന്റെ ക്രോസ് പ്രോഡക്റ്റ് ആണ്.



ചിത്രം 3.44 ലാറൻസ് ബലത്തിന്റെ ദിശ
(a) പോസിറ്റീവ് ചാർജ് (b) നെഗറ്റീവ് ചാർജ്

6. നെഗറ്റീവ് ചാർജിലുള്ള $\vec{F}_m$ ന്റെ ദിശ പോസിറ്റീവ് ചാർജിലെ $\vec{F}_m$ ദിശയ്ക്ക് വിപരീതമാണ്. മറ്റ് ഘടകങ്ങൾ ചിത്രം 3.44 (b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ സമാനമാണ്
7. ചാർജ് q യുടെ പ്രവേഗം $\vec{v}$ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന്റെ ദിശ ആണെങ്കിൽ, $\vec{F}_m$ പൂജ്യമാണ്

ടെസ്ലയുടെ നിർവചനം

ഒരു യൂണിറ്റ് ചാർജ് കാന്തികക്ഷേത്രത്തിനു ലംബമായി ഒരു യൂണിറ്റ് പ്രവേഗത്തിൽ ചലിക്കുമ്പോൾ ഒരു യൂണിറ്റ് ബലം അനുഭവപ്പെടുന്നെങ്കിൽ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ ദൃഢത ഒരു ടെസ്ലയാണ്.

$$1\ \mathrm{T} = \frac{1\,\mathrm{N\,s}}{\mathrm{C\,m}} = 1\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A\,m}} = 1\,\mathrm{N\,A^{-1}m^{-1}}$$

ഉദാഹരണം 3.17

q ചാർജുള്ള ഒരു കണിക $\vec{B}$ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ $\vec{v}$ എന്ന പ്രവേഗത്തിൽ ധനാത്മക y ദിശയിൽ ചെല്ലുന്നു. കണികയിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ലാറൻസ് ബലം കണക്കാക്കുക. (a) കാന്തിക്ഷേത്രം ധനാത്മക y

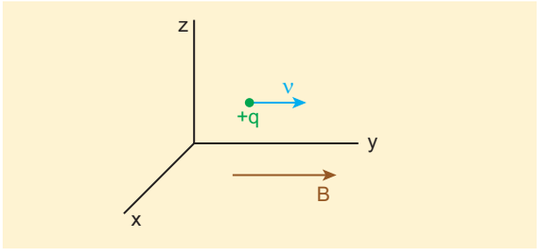
MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 168 2/15/2023 12:52:33 PM

ദിശയിലുള്ളപ്പോൾ (b) കാന്തികക്ഷേത്രം ധനാത്മക Z ദിശയിലാണെങ്കിൽ (c) കണികയുടെ പ്രവേഗവുമായി θ കോൺ ഉണ്ടാക്കുന്ന കാന്തികക്ഷേത്രം zy തലത്തിലുള്ളപ്പോൾ മേൽപ്പറഞ്ഞിട്ടുള്ള ഓരോ നിലയിലും കാന്തികബലത്തിന്റെദിശഅടയാളപ്പെടുത്തുക

നിർദ്ധാരണം

കണത്തിന്റെ പ്രവേഗം $\vec{v} = v\,\hat{j}$

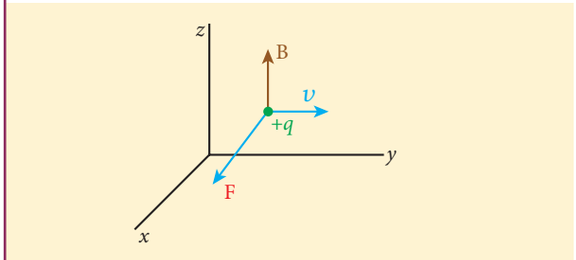
(a) കാന്തികക്ഷേത്രം ധനാത്മക y - ദിശയിലാണ് ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്, $\vec{B} = B\hat{j}$



ലോറൻസ് ബലത്തിൽ നിന്നും, $\vec{F}_m = q\left(v\,\hat{j} \times B\,\hat{j}\right) = \vec{0}$

കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ ദിശയിലേക്ക് നീങ്ങുമ്പോൾ കണികയിൽ ഒരു ബലവും പ്രവർത്തിക്കില്ല.

(b) കാന്തികക്ഷേത്രം ധനാത്മക z - ദിശയിലാണ് ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്, $\vec{B} = B\,\hat{k}$

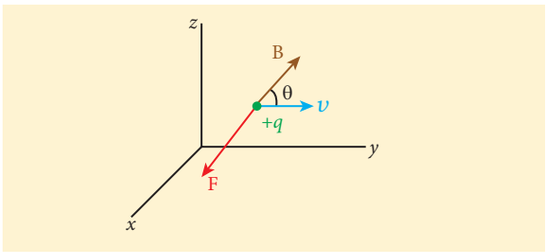


ലോറൻസ് ബലത്തിൽ നിന്ന്, $\vec{F}_m = q(v\hat{j} \times B\hat{k})$

$= qvB\hat{i}$

അതിനാൽ ലോറൻസ് ബലത്തിന്റെ സംഖ്യാവില qvB ദിശ ധനാത്മക x - ദിശയിലാണ്.

(c) zy-തലത്തിലുള്ളകാന്തികക്ഷേത്രംകണികയുടെ പ്രവേഗവുമായി θ കോൺ ഉണ്ടാക്കുന്നു. ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. $\vec{B} = B\cos\theta\,\hat{j} + B\sin\theta\,\hat{k}$



ലോറൻസ് ബലത്തിൽ നിന്നും,

$$\vec{F}_m = q\left(v\hat{j}\right)\times(B\cos\theta\hat{j} + B\sin\theta\hat{k})$$
$$= \mathrm{q}\,v\,\mathrm{B}\sin\theta\,\hat{i}$$

ഉദാഹരണം 3.18

$\vec{v}$ പ്രവേഗത്തിൽ ചലിക്കുന്ന q ചാർജുള്ള കണികയിൽ പ്രവൃത്തിക്കുന്ന ലാറൻസ് ബലത്തിനാൽ ചെയ്യപ്പെട്ടപ്രവൃത്തികൊടുക്കപ്പെട്ടശക്തിഎന്നിവകണക്കാക്കുക. മാത്രമല്ല ലാറൻസ് ബലത്തിനും കണികയുടെ പ്രവേഗത്തിനും ഇടയ്ക്കുള്ള കോണും കണക്കാക്കുക ഫലത്തിനെക്കുറിച്ച് വ്യാഖ്യാനം തരുക.

നിർദ്ധാരണം

ഒരു കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ചാർജ് ചെയ്യപ്പെട്ട കണികയിൻ മേൽ പ്രവൃത്തിക്കുന്ന ബലം, $\vec{F} = q\left(\vec{v}\times\vec{B}\right)$ കാന്തികക്ഷേത്രത്താൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി

$$W = \int \vec{F}.d\vec{r} = \int \vec{F}.\vec{v}\,dt$$
$$W = q\int \left(\vec{v}\times\vec{B}\right).\vec{v}\,dt = 0$$

$\left(\vec{v}\times\vec{B}\right)\cdot\vec{v} = \vec{0}$ യ്ക്ക് ലംബമായതിനാൽ

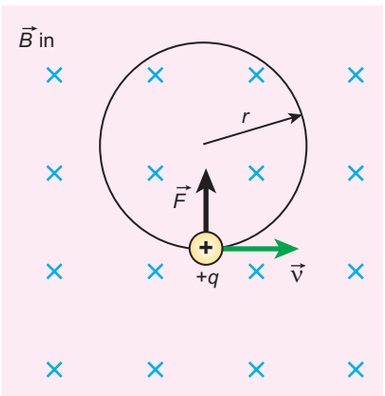
ഇതിനർത്ഥം ലോറൻസ് ബലം കണികയിൽ ഒരു പ്രവർത്തിയും ചെയ്യുന്നില്ല എന്നാണ്, പ്രവൃത്തി ഗതികോർജ സിദ്ധാന്തത്തിൽ നിന്ന്,(വിഭാഗം 4.2.6, XI സ്റ്റാൻഡേർഡ് വാല്യം I കാണുക)

$$\frac{dW}{dt} = P = 0$$

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 169 2/15/2023 12:52:36 PM

$\vec{F}.\vec{v} = 0 \Rightarrow \vec{F}, \vec{v}$ എന്നിവ പരസ്പരം ലംബമാകുന്നു. ലോറൻസ് ബലത്തിനും ചാർജ്ജുള്ള കണത്തിന്റെ പ്രവേഗത്തിനും തമ്മിലുള്ള കോൺ 90°. അതുകൊണ്ട് ലോറൻസ് ബലം പ്രവേഗത്തിന്റെ ദിശ മാറ്റുന്നു. പക്ഷെ പ്രവേഗത്തിന്റെ സംഖ്യാവില മാറ്റുന്നില്ല. ലോറൻസ്ബലംയാതൊരുപ്രവർത്തിയുംചെയ്യുന്നില്ല. മാത്രമല്ല കണികയുടെഗതികോർജ്ജത്തിൽ മാറ്റം വരുത്തുന്നില്ല.

3.10.2 ഒരു സമാനമായ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിൽ ചാർജ്ജ് ചെയ്ത കണത്തിന്റെ ചലനം



ചിത്രം 3.45 ലംബമായ സമാനമായ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിലെ ചാർജ്ജ് ചെയ്ത കണത്തിന്റെ വൃത്താകാര ചലനം

m ദ്രവ്യമാനവും q ചാർജുമുള്ള ഒരു കണിക, കാന്തികക്ഷേത്രം $\vec{B}$ ക്കു ലംബമായി $\vec{v}$ പ്രവേഗത്തിൽ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിനുള്ളിൽ കടക്കുന്നു എന്നു കരുതുക. കണിക കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിനുള്ളിൽ കടന്ന ഉടൻ, ആ കണികയിൻ മേൽ കാന്തികക്ഷേത്രം $\vec{B}$ പ്രവേഗം $\vec{v}$ എന്നിവയ്ക്ക് ലംബമായ ദിശയിൽ ലാറൻസ് ബലം പ്രവൃത്തിക്കുന്നു.

ഇതിന്റെ ഫലമായി കണിക വൃത്താകൃതിയിലുള്ള പാതയിൽ ചുറ്റി വരുന്നു. ഇത് ചിത്രം 3.45 ൽ കൊടുത്തിട്ടുണ്ട്.

വൈദ്യുത കണികയിൽ പ്രവൃത്തിക്കുന്ന ലോറൻസ് ബലം

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

ലോറൻസ് ബലം മാത്രം കണികകളിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നതിനാൽ, കണികയിലെ ആകെ ബലത്തിന്റെ സംഖ്യാവില

$$\sum_i F_i = F_m = qvB$$

ലോറൻസ് ബലം കണത്തിന് വൃത്തപാതയിൽ ചലിക്കാനാവശ്യമായ അഭികേന്ദ്ര ബലം കൊടുക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട്,

$$qvB = m\frac{v^2}{r}$$

വൃത്താകൃതിയിലുള്ള പാതയുടെ വ്യാസാർത്ഥം

$$r = \frac{mv}{qB} = \frac{p}{qB} \qquad (3.57)$$

ഇവിടെ $p = mv$ എന്നത് കണത്തിന്റെ രേഖീയ ആവേഗത്തിന്റെ സംഖ്യാ വിലയാകുന്നു ഒരു പൂർണ്ണ വൃത്താകൃതിയിലുള്ള ചലനംപൂർത്തിയാക്കാൻകണിക എടുക്കുന്ന സമയം T

$$T = \frac{2\pi r}{v} \qquad (3.58)$$

അതിനാൽ (3.57) നെ (3.58) ൽ പ്രസ്താവിക്കുമ്പോൾ

$$T = \frac{2\pi m}{qB} \qquad (3.59)$$

സമവാക്യം (3.59) നെ സൈക്ലോട്രോൺ പിരീഡ് എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ വ്യുൽക്രമം ആവൃത്തിയാകുന്നു

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = \frac{qB}{2\pi m} \qquad (3.60)$$

കോണീയ ആവൃത്തിയുടെ ω അടിസ്ഥാനത്തിൽ

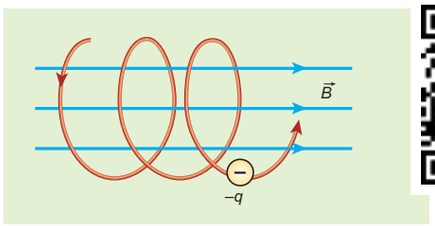
$$\omega = 2\pi f = \frac{q}{m}B \qquad (3.61)$$

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 170 2/15/2023 12:52:40 PM

സമവാക്യങ്ങൾ (3.60), (3.61) എന്നിവയെ സൈക്ലോട്രോൺ ആവൃത്തി അല്ലെങ്കിൽ ഗൈറോ ആവൃത്തി എന്നു വിളിക്കുന്നു.

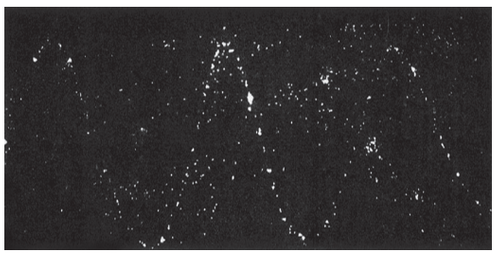
സമീകരണങ്ങൾ (3.59), (3.60), (3.61), എന്നിവയിൽ നിന്ന് ദോലനകാലം, ആവൃത്തി ഇവ രണ്ടും ചാർജ് ദ്രവ്യമാന അനുപാതത്തെ മാത്രമേ (വിശിഷ്ട ചാർജ്) ആശ്രയിച്ചിട്ടുള്ളൂ. മാത്രമല്ല പ്രവേഗം വൃത്തപാതയുടെ ആരം നന്നിവയെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല.

പ്രവേഗം കാന്തികക്ഷേത്രത്തിനു ലംബമല്ലാത്ത അവസ്ഥയിൽ ഒരു വൈദ്യുത കണിക സമമായ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിനുള്ളിൽ കടക്കുമ്പോൾ കണികയുടെ പ്രവേഗം രണ്ടു ഘടകങ്ങളായി വേർതിരിയുന്നു. ഒന്ന് കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിനു സമാന്തരമായും മറ്റൊന്ന് കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിനു ലംബമായിട്ടും ആയിരിക്കും. കാന്തികക്ഷേത്രത്തിനും സമാന്തരമായുള്ള പ്രവേഗ ഘടകത്തിന് യാതൊരു വിധമാറ്റവും സംഭവിക്കുന്നില്ല. എന്നാൽ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിനു ലംബമായ ഘടകം ലാറൻസ് ബലത്തിനാൽ തുടർച്ചയായി മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. അതു കൊണ്ട് വൈദ്യുത കണിക വൃത്താകൃതിയിലുള്ള പാതയിൽ ചുറ്റാതെ ചിത്രം 3.46 ൽ കൊടുത്തിട്ടുള്ളതുപോലെ കാന്തികക്ഷേത്ര രേഖകളെ ചുറ്റി ഒരു ഹെലിക്കൽ പാതയിൽ ചുറ്റുന്നു.



ചിത്രം 3.46 ഒരു ഏകീകൃതകാന്തികക്ഷേത്രത്തിലെ ഇലക്ട്രോണിന്റെ ഹെലിക്കൽപാത

കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ ഹെലിക്കൽ പാതയിലെ ഇലക്ട്രോണിന്റെ ചലനം ചിത്രം 3.47. ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. ഇതിനൊരു മികച്ച ഉദാഹരണമാണ് ക്ലാഡ് ചേസറിനുള്ളിൽ ജലത്തുള്ളികളുടെ ഘനീഭവിക്കലിൽ പാത ദൃശ്യമാകുന്നത്.



ചിത്രം 3.47 ക്ലൗഡ് ചേംബറിനുള്ളിലെ ഇലക്ട്രോണിന്റെ ഹെലിക്കൽ പാത

ഉദാഹരണം 3.19

0.500 T അളവുള്ള ഏകീകൃത കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന് ലംബമായിനീങ്ങുന്ന ഒരു ഇലക്ട്രോൺ 2.50 മി.മീ വ്യാസാർത്ഥമുള്ള വൃത്താകൃതിയിലുള്ള ചലനത്തിന് വിധേയമാകുന്നു എങ്കിൽ അതിന്റെ വേഗത എന്താണ്?

നിർദ്ധാരണം

ഇലക്ട്രോണിന്റെ ചാർജ് $q = -1.60 \times 10^{-19}$ C

$\Rightarrow |q| = 1.60 \times 10^{-19}$ C

കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന്റെ സംഖ്യാവില $B = 0.500$ T

ഇലക്ട്രോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനം, $m = 9.11 \times 10^{-31}$ kg

ഭ്രമണപഥത്തിന്റെ വ്യാസാർത്ഥം, $r = 2.50$ mm $= 2.50 \times 10^{-3}$ m

ഇലക്ട്രോണിന്റെ വേഗത, $\upsilon = |q| \dfrac{rB}{m}$

$$\upsilon = 1.60 \times 10^{-19} \times \frac{2.50 \times 10^{-3} \times 0.500}{9.11 \times 10^{-31}}$$

$$\upsilon = 2.195 \times 10^{8} \text{ ms}^{-1}$$

ഉദാഹരണം 3.20

X അക്ഷത്തിന്റെ ദിശയിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന 0.500 T ശക്തിയുള്ള കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിനുള്ളിൽ ഒരു പ്രോട്ടോൺ ചെല്ലുന്നു. പ്രാരംഭ സമയം, $t = 0$ s, ൽ പ്രോട്ടോണിന്റെ പ്രവേഗം $\vec{v} = \left(1.95 \times 10^{5}\, \hat{i} + 2.00 \times 10^{5}\, \hat{k}\right)$ ms^{-1} ആണെങ്കിൽ താഴെ പറയുന്നവ കണക്കാക്കുക

(a) പ്രാരംഭ സമയത്ത് പ്രോട്ടോണിന്റെ ത്വരണം എന്താണ്.

(b) പാതവൃത്താകൃതിയിലാണോ അതോ ഹെലിക്കൽ ആണോ? ഹെലിക്കൽ ആണെങ്കിൽ ഹെലിക്കൽ പാതയുടെ ആരം കണക്കാക്കുക. കൂടാതെ ഹെലിക്സിന്റെ പിച്ച് കണക്കാക്കുക.

കുറിപ്പ് : ഹെലിക്സിന്റെ പിച്ച് എന്നത് ഒരു ചുറ്റിൽ പ്രോട്ടോൺ ഹെലിക്സ് അക്ഷത്തിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്ന ദൂരമാണ്

നിർദ്ധാരണം

കാന്തികക്ഷേത്രം $\vec{B} = 0.500\hat{i}$ T

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 171 2/15/2023 12:52:42 PM

കണികയുടെ പ്രവേഗം

$\vec{v} = \left(1.95\times10^{5}\,\hat{i} + 2.00\times10^{5}\,\hat{k}\right)\text{ms}^{-1}$

പ്രോട്ടോണിന്റെ ചാർജ് $q = 1.60\times10^{-19}\,\text{C}$

പ്രോട്ടോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനം $m = 1.67\times10^{-27}\,\text{kg}$

(a) പ്രോട്ടോണിന് അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം

$$\vec{F} = q\left(\vec{v}\times\vec{B}\right)$$
$$= 1.60\times10^{-19}\times\left(\left(1.95\times10^{5}\,\hat{i} + 2.00\times10^{5}\,\hat{k}\right)\times\left(0.500\,\hat{i}\right)\right)$$
$$\vec{F} = 1.60\times10^{-14}\,\hat{j}\ \text{N}$$

അതിനാൽ ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാമത്തെ നിയമത്തിൽ നിന്ന്,

$$\vec{a} = \frac{1}{m}\vec{F} = \frac{1}{1.67\times10^{-27}}\left(1.60\times10^{-14}\right)\hat{j}$$
$$= 9.58\times10^{12}\,\hat{j}\,\text{m s}^{-2}$$

(b) പാത ഹെലിക്കൽ ആണ് ഹെലിക്കൽ പാതയുടെ ആരം

$$R = \frac{mv_z}{|q|B} = \frac{1.67\cdot\ 10^{-27}\ \ 2.00\cdot\ 10^{5}}{1.60\cdot\ 10^{-19}\ \ 0.500}$$
$$= 4.175\cdot\ 10^{-3}\,\text{m} = 4.18\,\text{മി.മീ}$$

T സമയത്തിൽ x-അക്ഷത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ദൂരമാണ് ഹെലിക്സിന്റെ പിച്ച്, ഇത് $P = v_x\,T$

എന്നാൽ സമയം,

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi m}{|q|B} = \frac{2\times3.14\times1.67\times10^{-27}}{1.60\times10^{-19}\times0.500}$$
$$= 13.1\times10^{-8}\,\text{s}$$

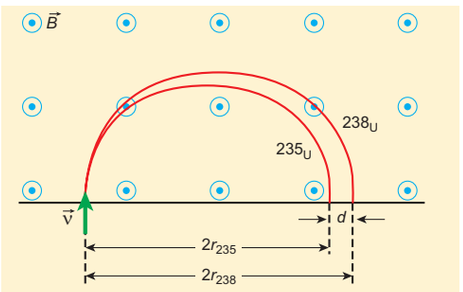
അതിനാൽ ഹെലിക്സിന്റെ പിച്ച്

$$P = v_x T = \left(1.95\cdot\ 10^{5}\right)\left(13.1\cdot\ 10^{-8}\right.$$
$$= 25.5\cdot\ 10^{-3}\,\text{m} = 25.5\ \text{മി.മീ}$$

പ്രോട്ടോണിന് കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ ഗണ്യമായ ത്വരണം അനുഭവപ്പെട്ടു. അതിനാൽ ഹെലിക്സിന്റെ പിച്ച് ഏകദേശം 6 മടങ്ങ് ഹെലിക്സിന്റെ രത്തെക്കാൾ കടുതലാണ്.

ഉദാഹരണം 3.21

ഒറ്റയായി അയോണീകരിക്കപ്പെട്ട രണ്ടു യുറേനിയം ഐസോടോപ്പുകൾ $^{235}_{92}U$, $^{238}_{92}U$ (ഒരേ അണുസംഖ്യയും വ്യത്യസ്ത അണുഭാരവുമുള്ളത് ഐസോടോപ്പുകളാകുന്നു) 0.500 T ശക്തിയുള്ള കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിനുള്ളിൽ $1.00\times10^{5}\ \text{m s}^{-1}$ പ്രവേഗത്തിൽ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിനു ലംബമായി അയയ്ക്കപ്പെടുന്നു. അർത്ഥ വൃത്തപാത ഈ രണ്ടു ഐസോടോപ്പുകളും പൂർത്തീകരിച്ചതും അവയ്ക്കിടയിലെദൂരം കണക്കാക്കുക. ഈ രണ്ടു ഐസോടോപ്പുകളും അർത്ഥവൃത്ത പാത പൂർത്തീകരിക്കാൻ എടുത്ത സമയം കണക്കാക്കുക. (തന്നിട്ടുള്ളവ ഐസോടോപ്പുകളുടെ ദ്രവ്യമാനങ്ങൾ : $m_{235} = 3.90\times10^{-25}\ \text{kg}$ $m_{238} = 3.95\times10^{-25}\ \text{kg}$)



നിർദ്ധാരണം

രണ്ടു ഐസോടോപ്പുകൾ ഒറ്റയായി അയോണീകരിക്കപ്പെട്ടവയാണ് ആയതിനാൽ അവ രണ്ടിനും ഒരേ ചാർജ് ലഭിച്ചിരിക്കും. അതായത് ഇലക്ട്രോണിന്റെ ചാർജിന് സമമായ ചാർജ് ലഭിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇലക്ട്രോണിന്റെ ചാർജ്, $q = -1.6\times10^{-19}$ C. $^{235}_{92}U$, $^{238}_{92}U$ ഇവയുടെദ്രവ്യമാനംക്രമത്തിൽ,3.90×10^{-25} കി.ഗ്രാം, 3.95×10^{-25} കി.ഗ്രാം ആകുന്നു. തന്നിട്ടുള്ള കാന്തിക ക്ഷേത്രം, $B = 0.500$ T. ഐസോടോപ്പുകളുടെ പ്രവേഗം $1.00\times10^{5}\ \text{ms}^{-1}$ ആണെങ്കിൽ,

(a) $^{235}_{92}U$ ന്റെ പാതയുടെ ആരം അല്ലെങ്കിൽ r_{235}

$$r_{235} = \frac{m_{235}v}{|q|B} = \frac{3.90\times10^{-25}\times1.00\times10^{5}}{1.6\times10^{-19}\times0.500}$$
$$= 48.8\times10^{-2}\,m$$
$$r_{235} = 48.8\ \text{സെ.മീ}$$

$^{235}_{92}U$ മൂലമുള്ള അർദ്ധവൃത്തത്തിന്റെ വ്യാസം

$d_{235} = 2r_{235} = 97.6$ സെ.മീ

$^{238}_{92}U$ ന്റെ പാതയുടെ ആരം r_{238}

$$r_{238} = \frac{m_{238}v}{|q|B} = \frac{3.95\times10^{-25}\times1.00\times10^{5}}{1.6\times10^{-19}\times0.500}$$
$$= 49.4\times10^{-2}\,m$$
$$r_{238} = 49.4\ \text{സെ.മീ}$$

$^{238}_{92}U$ മൂലമുള്ള അർദ്ധവൃത്തത്തിന്റെ വ്യാസം

$d_{238} = 2r_{238} = 98.8$ സെ.മീ

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 172 2/15/2023 12:52:46 PM

അതിനാൽ ഐസോടോപ്പുകൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരം $\Delta d = d_{238} - d_{235} = 1.2$ സെ.മീ

(b) ഒരു അർദ്ധവൃത്ത പാത പൂർത്തിയാക്കാൻ ഓരോ ഐസോടോപ്പും എടുക്കുന്ന സമയം

$$t_{235} = \frac{\text{വിസ്ഥാപനത്തിന്റെ സംഖ്യാവില}}{\text{പ്രവേഗം}}$$

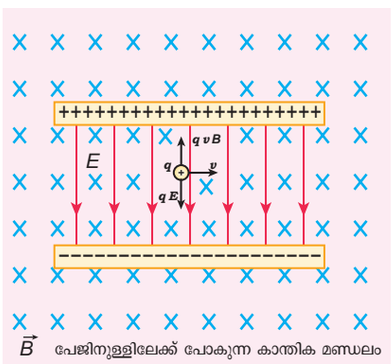
$$= \frac{97.6 \times 10^{-2}}{1.00 \times 10^{5}} = 9.76 \times 10^{-6}\,\text{s} = 9.76\,\mu\text{s}$$

$$t_{238} = \frac{\text{വിസ്ഥാപനത്തിന്റെ സംഖ്യാവില}}{\text{പ്രവേഗം}}$$

$$= \frac{98.8 \times 10^{-2}}{1.00 \times 10^{5}} = 9.88 \times 10^{-6}\,\text{s} = 9.88\,\mu\text{s}$$

രണ്ട് ഐസോടോപ്പുകളുടെ ദ്രവ്യമാനം തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം വളരെ ചെറുതാണെങ്കിലും ഈ ചെറിയ വ്യത്യാസം എളുപ്പത്തിൽ അളക്കാവുന്ന വേർതിരിക്കൽ ദൂരമായി പരിവർത്തനം ചെയ്യാൻ ഈ ക്രമീകരണം സഹായിക്കുന്നു. ഈ ക്രമീകരണത്തെ മാസ്സെപ്ക് ട്രോമീറ്റർ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ശാസ്ത്രത്തിൽ പ്രത്യേകിച്ചും വൈദ്യശാസ്ത്രത്തിൽ, ബഹിരാകാശ ശാസ്ത്രത്തിൽ, ജിയോളജിയിൽ മാസ്സെപക്ട്രോ മീറ്റർ ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന് വൈദ്യശാസ്ത്രത്തിൽ, അനസ്തീഷ്യോളജിസ്റ്റുകൾ ശ്വസനവാതകങ്ങൾ അളക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു. പ്രകാശ സംശ്ലേഷണത്തിലെ പ്രതികരണ സംവിധാനങ്ങൾ നിർണയിക്കാൻ ബയോളജിസ്റ്റ് ഇത് ഉപയോഗിക്കുന്നു.

3.10.3 ഒന്നിനൊന്ന് ലംബമായി പ്രവർത്തിക്കുന്ന വൈദ്യുത കാന്തിക മണ്ഡലങ്ങളിൽ ചാർജ് ചെയ്യപ്പെട്ട കണികയുടെ ചലനം



ചിത്രം 3.48 പ്രവേഗ സെലക്ടർ

പ്രവേഗ സെലക്ടർനെപ്പറ്റി മനസ്സിലാക്കാൻ ചിത്രം 3.48. ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ള പരീക്ഷണ ക്രമീകരണത്തെ കരുതുക കപ്പാസിറ്ററിന്റെ സമാന്തര തലങ്ങൾക്കിടയ്ക്കുള്ള ഭാഗത്ത് വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിനു ലംബമായി ഏകീകൃതമായ ഒരു കാന്തിക മണ്ഡലം നിലനിറുത്തപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ഒരു വൈദ്യുത കണിക പ്രവേഗം $\vec{v}$ ൽ ഇടതു വശത്തു നിന്ന് ഈ ഭാഗത്തിലോട്ട് കടന്നാൽ അതിൻമേലുള്ള ആകെ ബലം.

$$\vec{F} = q\left(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}\right)$$

ധനാത്മക വൈദ്യുത കണികയാണെങ്കിൽ അതിൻമേൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന വൈദ്യുത ബലം കീഴ്പ്പോട്ടുള്ള ദിശയിലും ലാറൻസ് ബലം മേൽപ്പോട്ടുള്ള ദിശയിലും പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഈ രണ്ടു ബലങ്ങളും ഒന്നിനൊന്ന് സംതുലനം ചെയ്യുമ്പോൾ

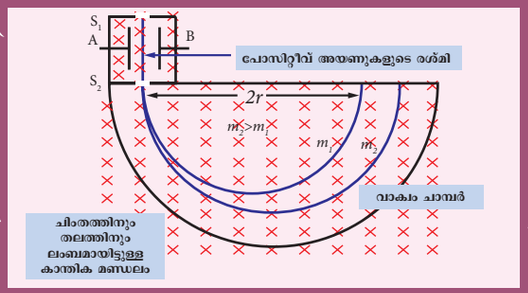
$$qE = qv\,B$$

$$\Rightarrow v = \frac{E}{B} \qquad (3.62)$$

കുറിപ്പ്

ഐസോടോപ്പുകളെ വേർതിരിക്കുന്ന ബെയ്ൻ ബ്രിഡ്ജ് മാസ് സ്പെക്ട്രോഗ്രാഫിൽ ഈ തത്വം ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഉദാഹരണം (3.21)ൽ ഈ ആശയം വിശദീകരിച്ചിരിക്കുന്നു.

ചിത്ര രൂപത്തിലുള്ള ബെയ്ൻ ബ്രിഡ്ജ് മാസ്സ് സ്പെക്ട്രോമീറ്റർ



MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 173 2/15/2023 12:52:48 PM

ഇതിനർത്ഥം കൊടുക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ള സംഖ്യാവിലയുള്ള വൈദ്യുതമണ്ഡലം $\vec{E}$- കാന്തികമണ്ഡലം $\vec{B}$- ൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന നിശ്ചിത വേഗതയുള്ള $v = \frac{E}{B}$ വൈദ്യുത കണികയിൽ മാത്രം ഈ ബലങ്ങൾ പ്രവർത്തിക്കുന്നു എന്നതാണ്. ഈ വേഗത വൈദ്യുത കണികയുടെ ദ്രവ്യമാനത്തേയോ, ചാർജിനേയോ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല.

ശരിയായ വൈദ്യുത മണ്ഡലം കാന്തികമണ്ഡലം എന്നിവ തെരഞ്ഞെടുക്കുന്നതു മൂലം നിശ്ചിത വേഗത്തിൽ ചെല്ലുന്ന വൈദ്യുത കണികയെ തെരഞ്ഞെടുക്കാൻ കഴിയും. ഇതുപോലുള്ള മണ്ഡല സജ്ജീകരണങ്ങൾക്ക് പ്രവേഗ സെലക്ടർ എന്നു പറയുന്നു.

ഉദാഹരണം 3.22

6.0×10^6 N C^{-1}, സംഖ്യാ വിലയുള്ള വൈദ്യുത മണ്ഡലം E, 0.83 T സംഖ്യാവിലയുള്ള കാന്തിക മണ്ഡലം B ഇവ രണ്ടും ഒന്നിനൊന്ന് ലംബമായി പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഭാഗത്ത് 200 V, പൊട്ടൻഷ്യലിനാൽ ഒരു ഇലക്ട്രോൺ ത്വരണമടയുന്നു. ഇത് പൂജ്യം വ്യതിചലനം കാണിക്കുമോ? ഇല്ല എങ്കിൽ ഏതു പൊട്ടൻഷ്യലിനു അത് പൂജ്യം വ്യതിചലനം കാണിക്കുന്നു.

നിർദ്ധാരണം:

വൈദ്യുത മണ്ഡലം, $E = 6.0 \times 10^6$ N C^{-1}

കാന്തികമണ്ഡലം, $B = 0.83$ T.

ആണെങ്കിൽ

$$v = \frac{E}{B} = \frac{6.0\times10^6}{0.83}$$
$$= 7.23\times10^6 \text{ ms}^{-1}$$

ഒരു ഇലക്ട്രോൺ ഈ വേഗതയിൽ പോകുമ്പോൾ അത് പൂജ്യം വ്യതിചലനം കാണിക്കുന്നു. കാരണം ത്വരണമടയപ്പെട്ട പൊട്ടൻഷ്യൽ 200 V, ഈ പൊട്ടൻഷ്യലിൽ ഇലക്ട്രോൺ ഗതികോർജ്ജം നേടിയതിനാൽ,

$$\frac{1}{2}mv^2 = eV$$
$$v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$$

ഇലക്ട്രോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനം, $m = 9.1\times10^{-31}$ kg

ചാർജ്, $|q| = e = 1.6\times10^{-19}$ C. ത്വരണം ചെയ്യുന്ന പൊട്ടൻഷ്യലിനാൽ ഇലക്ട്രോൺ നേടുന്ന പ്രവേഗം

$$v_{200} = \sqrt{\frac{2\left(1.6\times10^{-19}\right)(200)}{\left(9.1\times10^{-31}\right)}} = 8.39\times10^6 \text{ ms}^{-1}$$

ഇവിടെ $v_{200} > v$, ആയതിനാൽ ഇലക്ട്രോൺ ലോറൻസ് ബലത്തിന്റെ ദിശയിൽ വ്യതിചലിക്കുന്നു. ഇലക്ട്രോൺ വ്യതിചലിക്കാതെ നേർപാതയിൽ സഞ്ചരിക്കാൻ ആവശ്യമായ പൊട്ടൻഷ്യൽ

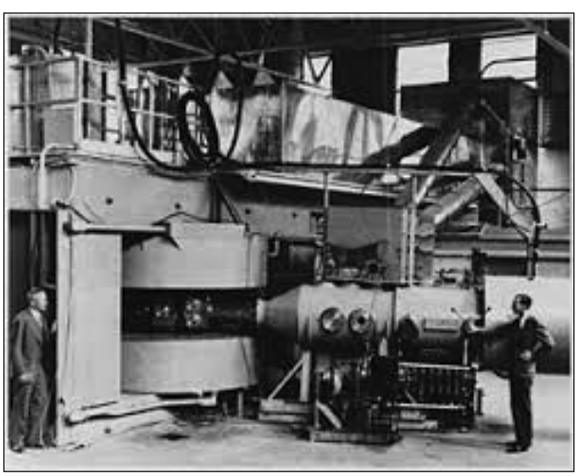
$$V = \frac{1}{2}\frac{mv^2}{e} = \frac{\left(9.1\times10^{-31}\right)\times\left(7.23\times10^6\right)^2}{2\times\left(1.6\times10^{-19}\right)}$$
$$V = 148.65 \text{ V}$$

3.10.4 സൈക്ലോട്രോൺ

വലിയ ഗതികോർജ്ജം ലഭിക്കുന്നതിന് ചാർജ് ചെയ്ത കണങ്ങളെ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നതിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന ഉപകരണമാണ് സൈക്ലോട്രോൺ (ചിത്രം 3.49) ഇതിനെ ഉയർന്ന ഊർജ്ജ ആക്സിലറേറ്റർ എന്നും വിളിക്കുന്നു. 1934 ൽ ലോറൻസും ലിവിംഗ്സ്റ്റണും ഇത് കണ്ടുപിടിച്ചു.

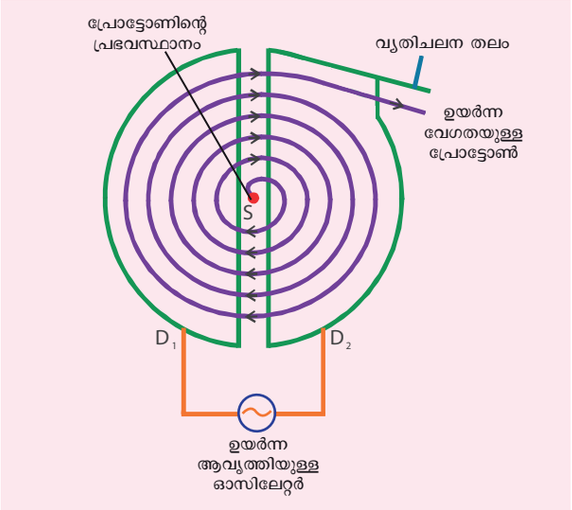
തത്വം

ഒരു ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെട്ട കണിക ലംബമായി കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിൽ ചലിക്കുമ്പോൾ അതിന് കാന്തിക ലോറൻസ് ബലം അനുഭവപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം 3.49 ലോറൻസും ലിവിങ്സ്റ്റണും കണ്ടുപിടിച്ച സൈക്ലോട്രോൺ

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 174 2/15/2023 12:52:51 PM



ചിത്രം 3.50 സൈക്ലോട്രോണിന്റെ പ്രവർത്തനം

നിർമ്മാണം

സൈക്ലോട്രോണിന്റെ ക്രമത്തിലുള്ള രേഖാ ചിത്രം 3.50 ൽ കൊടുത്തിട്ടുണ്ട്. D - അക്ഷരത്തിന്റെ ആകൃതിയിലുള്ള രണ്ടു അർദ്ധവൃത്ത ലോഹപാത്രങ്ങൾക്കു മധ്യത്തിൽ വൈദ്യുത കണികകൾ കൊടുക്കപ്പെടുന്നു. ഈ അർദ്ധവൃത്ത ലോഹ പാത്രങ്ങൾ ഡീസ് എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഡീസ് ശൂന്യമാക്കപ്പെട്ട അറയ്ക്കുള്ളിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഈ ഭാഗം വിദ്യുത് കാന്തങ്ങളാൽ നിയന്ത്രിക്കപ്പെട്ട ഏകീകൃത കാന്തമണ്ഡലം ഉള്ളതാകുന്നു. ഡീസിന്റെ തലത്തിനു ലംബമായിട്ടാണ് കാന്തിക മണ്ഡലത്തിന്റെ ദിശയുള്ളത്. രണ്ടു ഡീസും ഒരു ചെറിയ വിടവിൽ വേർതിരിച്ചിട്ടുണ്ട്. ആ വിടവിനു മധ്യത്തിലാണ് ത്വരണം ചെയ്യപ്പെടേണ്ട വൈദ്യുത കണികയെ പുറത്തു കൊണ്ടു വരേണ്ട പ്രഭവസ്ഥാനം S ഉള്ളത്. ഉയർ ആവൃത്തിയുള്ള ഒരു ഓസിലേറ്ററും ബന്ധിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ട്.

പ്രവർത്തനം

ഉറവിടം S ൽ നിന്ന് ധനാത്മക ചാർജുള്ള ഒരു അയോൺ പുറത്തു വരുന്നു എന്നു കരുതുക. അപ്പോൾ തന്നെ ഋണാത്മക പൊട്ടൻഷ്യലുള്ള ഡി-യിനാൽ അയോൺ ത്വരണമടയുന്നു. (D-1) ഇവിടെ ഡീസിന്റെ തലത്തിനു ലംബമായി കാന്തികമണ്ഡലം പ്രവർത്തിക്കുന്നതിനാൽ അയോൺ വൃത്താകൃതിയിലുള്ള പാതയിലായിരിക്കും ചലിക്കുന്നത്D-1 ൽഅർദ്ധവൃത്തപാത അയോൺ പൂർത്തീകരിച്ചതും ഡീസിനു മധ്യേയുള്ള വിടവിലെത്തിച്ചേരുന്നു. ആ സമയത്ത് ഡീസിന്റെ ധ്രുവം മാറ്റപ്പെടുന്നു. ആയതിനാൽ അയോൺ D-2 വിലോട്ട് വർദ്ധിച്ച പ്രവേഗത്തോടെ ത്വരണമടയുന്നു. ഇതിനാൽ അയോൺ ഒരു വൃത്തപാത പൂർത്തീകരിക്കുന്നു. വൈദ്യുത കണിക q വൃത്താകൃതിയിലുള്ള പാതയിൽ ചലിക്കാൻ ആവശ്യമായ അഭികേന്ദ്ര ബലം ലാറൻസ് ബലം നൽകുന്നു

$$\frac{mv^2}{r} = qvB$$

$$\Rightarrow r = \frac{m}{qB}v$$

$$\Rightarrow r \propto v \qquad (3.63)$$

സമീകരണം (3.63), ൽ നിന്ന് പ്രവേഗത്തിലുണ്ടാകുന്ന വർധന വൃത്താകൃതിയിലുള്ള പാതയുടെ ആരം വർധിപ്പിക്കുന്നു. ഇതു തുടർന്നു നടക്കുന്നു. അങ്ങനെ വൈദ്യുത കണിക ഡീസിന്റെ അറ്റത്തടുക്കുമ്പോൾ വ്യതിചലന തലത്തിന്റെ സഹായത്തോടെ പുറത്ത് ലക്ഷ്യ സ്ഥാനത്ത് മുട്ടുന്നു.

സൈക്ലോട്രോണിന്റെ പ്രവർത്തനത്തിന്റെ മുഖ്യമായ നിബന്ധന റസണൊൻസ് നിബന്ധനയാകുന്നു. കാന്തികമണ്ഡലത്തിൽ ചുറ്റിത്തിരിയുന്ന ധനാത്മക അയോണിന്റെ ആവൃത്തി f ഓസിലേറ്ററിന്റെ സ്ഥിരമായ

ആ വൃത്തിക്ക് f_{osc} സമമാകുമ്പോൾ മാത്രമേ റസണൻസ് നിബന്ധന പൂർത്തീകരിക്കുന്നുള്ളൂ.

സമവാക്യം (3.60), ൽ നിന്ന്

$$f_{osc} = \frac{qB}{2\pi m}$$

ദോലന കാലം

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

ചാർജ് ചെയ്ത കണത്തിന്റെ ഗതികോർജം

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{q^2B^2r^2}{2m} \qquad (3.64)$$

സൈക്ലോട്രോണിന്റെ പരിമിതികൾ

(a) അയോണിന്റെ വേഗത പരിമിതമാണ്

(b) ഇലക്ട്രോൺ ത്വരിതപ്പെടുത്താൻ കഴിയില്ല

(c) ചാർജ് ചെയ്യാത്ത കണങ്ങളെ ത്വരിതപ്പെടുത്താൻ കഴിയില്ല

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 175 2/15/2023 12:52:52 PM

കുറിപ്പ്

ന്യൂട്രോണുകളെ (ഒരു പ്രോട്ടോണും ഒരു ന്യൂട്രോണും ചേർന്ന കെട്ടുകൾ) ത്വരണം ചെയ്യിക്കാൻ കഴിയും. എന്തെന്നാൽ ഇതിന്റെ ചാർജ്ജ് ഒരു പ്രോട്ടോണിന്റെ ചാർജിനു സമമാകുന്നു. എന്നാൽ ന്യൂട്രോണിനെ (പൂജ്യം ചാർജുള്ള കണിക) സൈക്ലോട്രോൺ കൊണ്ട് ത്വരണം ചെയ്യിക്കാൻ കഴിയില്ല. ബെറിലിയത്തിനെ ഡ്യൂട്രോൺ കൊണ്ട് മുട്ടിക്കുമ്പോൾ ഉയർന്ന ഊർജ്ജമുള്ള ന്യൂട്രോൺ കറ്റപുറത്തു വരുന്നു. ഇത് ക്യാൻസർ ബാധിച്ചഭാഗത്ത് പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ അത് ക്യാൻസർ സെല്ലിന്റെ ഡി.എൻ.എ യെ നശിപ്പിക്കുന്നു. ഇതിന് വേഗ ന്യൂട്രോൺ ക്യാൻസർ ചികിത്സാരീതി എന്നു പറയുന്നു

ഉദാഹരണം 3.23

1T കാന്തികമണ്ഡല ശക്തിയിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന സൈക്ലോട്രോൺ ഉപയോഗിച്ച് പ്രോട്ടോണുകളെ ത്വരണം ചെയ്യിക്കുന്ന പ്രക്രിയയിൽ ഡീസിനിടയ്ക്കുള്ള മാറുന്ന വിദ്യുത് മണ്ഡലത്തിന്റെ ആവൃത്തി കണക്കാക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

കാന്തികക്ഷേത്രം $B = 1\ \text{T}$

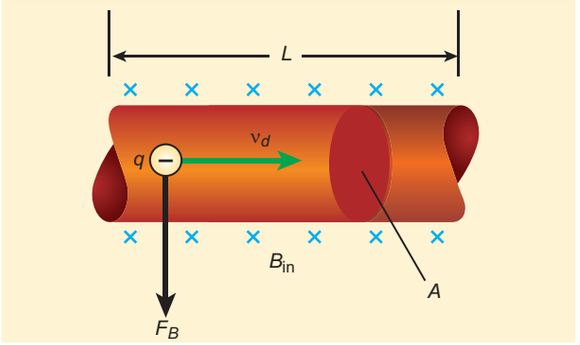
പ്രോട്ടോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനം, $m_p = 1.67\times10^{-27}\,\text{kg}$

പ്രോട്ടോണിന്റെ ചാർജ്, $q = 1.60\times10^{-19}\,\text{C}$

$$f = \frac{qB}{2\pi m_p} = \frac{\left(1.60\times10^{-19}\right)(1)}{2(3.14)(1.67\times10^{-27})}$$
$$= 15.3\times10^{6}\,\text{Hz} = 15.3\,\text{MHz}$$

3.10.5 കാന്തികക്ഷേത്രത്തിലെ വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന ചാലകത്തിൻ മേലുള്ള ബലം

വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന ഒരു ചാലകത്തിനെ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിൽ വയ്ക്കുമ്പോൾ, ചാലകത്തിനനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം ആ ചാലകത്തിലുള്ള ഓരോ വൈദ്യുത കണികയിൽ മേലും ഉണ്ടാകുന്ന ലാറൻസ് ബലത്തിനെ കൂട്ടുന്നതിനു സമമാകുന്നു. ചിത്രം 3.51 ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതു പോലെ I വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന A ഛേദതലമുള്ള dl ദൈർഘ്യമുള്ള കമ്പിയുടെ ഒരു



ചിത്രം 3.51 ഒരു കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ വൈദ്യുതി വഹിക്കുന്ന ചാലകം

ചെറിയ ഭാഗം കരുതുക. വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന കമ്പിയിലുള്ള സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾ വൈദ്യുതിയുടെ (I) ദിശയ്ക്ക് എതിർ ദിശയിൽ ചെല്ലുന്നു. അതു കൊണ്ട് വൈദ്യുതി I ഡ്രിഫ്റ്റ് പ്രവേഗം V_d യുടെ സംഖ്യാവില ഇവയുടെ ബന്ധം (അധ്യായം 2 നോക്കുക) താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

$$I = neA\upsilon_d \qquad (3.65)$$

ചാലകത്തിനെ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ $\vec{B}$ വയ്ക്കുമ്പോൾ ചാലകത്തിലുള്ള വൈദ്യുത കണിക (ഇലക്ട്രോൺ) യ്ക്കുണ്ടാകുന്ന ശരാശരി ബലം

$$\vec{f} = -e\left(\vec{\upsilon}_d \times \vec{B}\right)$$

n എന്നത് ഒരു മാത്ര വ്യാപ്തിയ്ക്കുള്ള സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണമാകുന്നു

$$n = \frac{N}{V}$$

ഇവിടെ N എന്നത് $V = Adl$ വ്യാപ്തിയുള്ള ചാലകത്തിന്റെ ചെറുഭാഗത്തിലുള്ള സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ആകെ എണ്ണമാകുന്നു. ആയതിനാൽ dl ദൈർഘ്യമുള്ള ചാലകത്തിന്റെ ചെറുഭാഗത്തിൻ മേലുള്ള ലാറൻസ് ബലം ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണത്തിന്റെ ഗുണനഫലമാകുന്നു $(N = nAdl)$ ചെറുഭാഗത്തുള്ള ഒരു ഇലക്ട്രോണിൻ മേലുള്ള ബലം.

$$d\vec{F} = -enAdl\left(\vec{\upsilon}_d \times \vec{B}\right)$$

dl ന്റെ ദൈർഘ്യം കമ്പിയുടെ ദൈർഘ്യത്തിന്റെ ദിശയിലാണുള്ളത്. അതിനാൽ ചാലകത്തിന്റെ വൈദ്യുതഘടകം $Id\vec{l} = -enA\vec{\upsilon}_d dl$. അതുകൊണ്ട് ചാലകത്തിൻമേലുള്ള ബലം

$$d\vec{F} = \left(I\,d\vec{l} \times \vec{B}\right) \qquad (3.66)$$

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 176 2/15/2023 12:52:55 PM

ഏകീകൃതകാന്തികക്ഷേത്രത്തിലെ l ദൈർഘ്യമുള്ള I വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന നേരായുള്ള ചാലകത്തിൻ മേലുള്ള ബലം

$$\vec{F}_{\text{ആകെ}} = \left(I\vec{l} \times \vec{B}\right) \qquad (3.67)$$

സംഖ്യാവിലയിൽ,

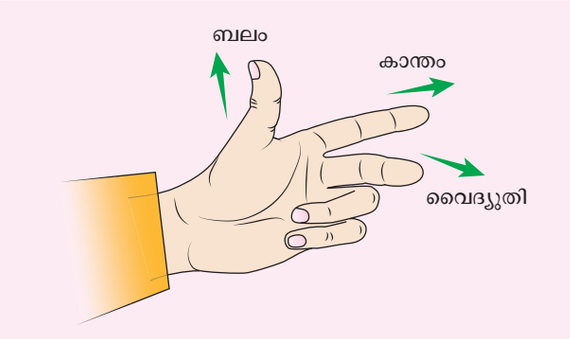
$$F_{\text{ആകെ}} = BIl\sin\theta$$

(a) കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ ദിശയ്ക്ക് സമാന്തര മായി വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന ചാലകം വയ് ക്കുമ്പോൾ ഇവയ്ക്കിടയിലെ കോൺ $\theta = 0^{o}$. അതുകൊണ്ട് വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന ചാല കത്തിൻ മേലുള്ള ബലം പൂജ്യമാകുന്നു.

(b) കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന്റെ ദിശയ്ക്ക് ലംബമായി ചാലകത്തിനെ വയ്ക്കുമ്പോൾ ഇവയ്ക്കിടയി ലെ കോൺ $\theta = 90^{o}$ അതുകൊണ്ട് ചാലകത്തിൻ മേൽ പരമാവധി ബലം ഉണ്ടാകുന്നു $F_{\text{ആകെ}} = BIl$ ആണ്.

ഫ്ളെമിംഗിന്റെ ഇടത് കൈ നിയമം

കാന്തിക മണ്ഡലത്തിലെ വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന ഒരു ചാലകത്തിൻമേലുള്ള ബലത്തിന്റെ ദിശ ചിത്രം 3.52 ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതു പോലെ ഫ്ളമിംഗിന്റെ ഇടതു കൈ നിയമത്തിൽ നിന്ന് (FLHR) മനസ്സിലാക്കാം.

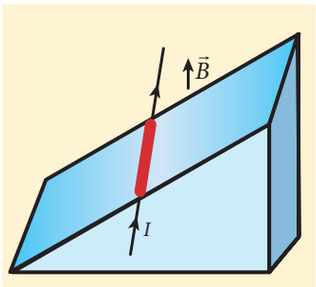


ചിത്രം 3.52 ഫ്ളമിംഗിന്റെ ഇടതു കൈ നിയമം (FLHR)

ഒന്നിനൊന്നു ലംബമായ ദിശയിൽ ഇടതു കൈ യുടെ ചൂണ്ടുവിരൽ, നടുവിരൽ മറ്റും പെരുവിരലിനെ നിവർത്തിവയ്ക്കുമ്പോൾ, ചൂണ്ടുവിരൽ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ ദിശയും, നടുവിരൽ വൈദ്യുതിയുടെ ദിശയും കുറിച്ചാൽ പെരുവിരൽ ചാലകത്തിൻമേലുള്ള ബലത്തിന്റെ ദിശയെ കുറിക്കുന്നു

ഉദാഹരണം 3.24

രേഖീയ സാന്ദ്രത $0.25\ \text{kg m}^{-1}$ ഉള്ള ഒരു ലോഹ ദണ്ഡ് മിനുസമായ ചായ്വ് തലത്തിൻ മേൽ തിരശ്ചീന മായി വയ്ക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ചായ്വ് തലം നിരശ്ചീന തലവുമായി ഉണ്ടാക്കുന്ന കോൺ 45° ലോഹ ദണ്ഡ് ചായ്വുതലത്തിൽ വഴിതിപ്പോകാതിരിക്കാൻ അതി ലൂടെ നിശ്ചിത അളവ് വൈദ്യുതി പ്രയോഗിച്ച് ലംബ ദിശയിൽ 0.25 T ശക്തിയുള്ള കാന്തികക്ഷേത്രം ഉണ്ടാക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട് ലോഹദണ്ഡ് വഴിതിപ്പോകാതെ ചായ്വു തലത്തിൻമേൽ സ്ഥിരമായിരിക്കാൻ ലോഹദണ്ഡിലൂടെ പ്രവഹിക്കാനാവശ്യമായ വൈദ്യു തിയുടെ അളവ് കണക്കാക്കുക.

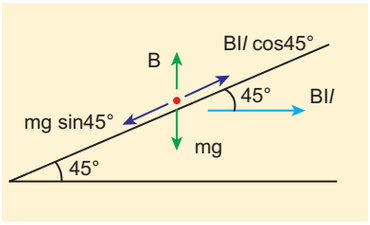


നിർദ്ധാരണം

ദണ്ഡിന്റെ രേഖീയ സാന്ദ്രത അതായത് ഒരു മാത്ര നീള ത്തിനായുള്ള ദ്രവ്യമാനം $0.25\ \text{kg m}^{-1}$ ആകുന്നു

$$\Rightarrow \frac{m}{l} = 0.25\ \text{kg m}^{-1}$$

I വൈദ്യുതി ലോഹദണ്ഡിലൂടെ ചെല്ലുന്നതായി കരുതുക. വൈദ്യുതിയുടെ ദിശ പേപ്പറിലോട്ടാണ്. കാന്തികബലം IBl ന്റെ ദിശ ഫ്ളമിംഗിന്റെ ഇടതു കൈ നിയമത്തിൽ നിന്നറിയാൻ സാധിക്കും.



MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 177 2/15/2023 12:52:56 PM

ദണ്ഡ് സംതുലനാവസ്ഥയിലെത്തുന്നതിന്,

$$mg\sin 45^\circ = IBl\cos 45^\circ$$

$$\Rightarrow I = \frac{1}{B}\frac{m}{l}g\tan 45^\circ$$

$$= \frac{0.25\,\text{kg m}^{-1}}{0.25\,T}\times 1\times 9.8\ \text{m s}^{-2}$$

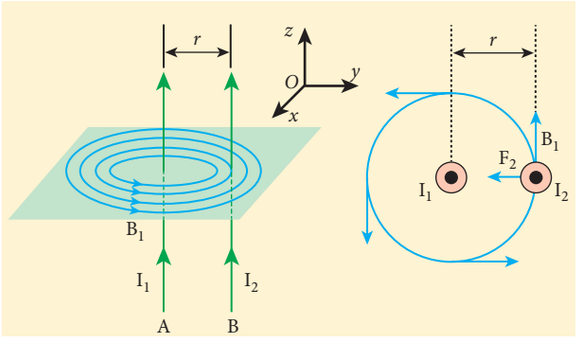
$$\Rightarrow I = 9.8\,\text{A}$$

ആയതിനാൽ ലോഹദണ്ഡ് വഴുതിപ്പോകാതെ സ്ഥിരമായി ചായ്വ് തലത്തിൻ മേൽ നിൽക്കാൻ പ്രയോഗിക്കേണ്ട വൈദ്യുതി 9.8 A ആകുന്നു.

3.10.6 ദൈർഘ്യമേറിയ സമാന്തരമായ വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന രണ്ടു ചാലകങ്ങൾക്കിടയിലുണ്ടാകുന്ന ബലം

ദൈർഘ്യമേറിയ സമാന്തരമായ വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന രണ്ടു ചാലകങ്ങൾ r ദൂരത്തിൽ കാറ്റിൽ വയ്ക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ഇത് ചിത്രം.3.53 ൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്. ചാലകങ്ങൾ A,B എന്നിവയിലൂടെ ഒരേ ദിശയിൽ പ്രവഹിക്കുന്ന വൈദ്യുതികൾ I_1, I_2 എന്നു കരുതുക. (അതായത് z - അക്ഷദിശയിൽ) A ചാലകത്തിൽ പ്രവഹിക്കുന്ന I_1 വൈദ്യുതിയാൽ r ദൂരത്തിൽഉണ്ടാകുന്ന ആകെകാന്തിക മണ്ഡലം

$$\vec{B}_1 = \frac{\mu_\circ I_1}{2\pi r}(-\hat{i}) = -\frac{\mu_\circ I_1}{2\pi r}\hat{i}$$



ചിത്രം 3.53 രണ്ടു ദൈർഘ്യമേറിയ സമാന്തര വൈദ്യുത ചാലകങ്ങൾ

തമ്പ് റൂളിൽ നിന്ന് കാന്തികമണ്ഡലത്തിന്റെ ദിശ പേപ്പറിന്റെ തലത്തിനു ലംബമായും ഉള്ളിലോട്ടുമായിരിക്കും. (അമ്പടയാളം പേപ്പറിനുള്ളിലോട്ട്) അതായത് നെഗറ്റീവ് i ദിശയിൽ

ചാലകം B ൽ dl ദൈർഘ്യമുള്ള ഒരു ചെറു ഘടകം കരുതുക. ചെറുഘടകം $\vec{B}_1$ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിലുള്ളതായി കരുതുക. സമീകരണം. 3.66 ൽ നിന്ന് B ചാലകത്തിന്റെ dl ദൈർഘ്യമുള്ള ചെറുഘടകത്തിൻ മേലുള്ള ലോറൻസ് ബലം

$$d\vec{F} = \left(I_2 d\vec{l}\times\vec{B}_1\right) = -I_2 dl\frac{\mu_\circ I_1}{2\pi r}(\hat{k}\times\hat{i})$$

$$= -\frac{\mu_\circ I_1 I_2 dl}{2\pi r}\hat{j}$$

ആയതിനാൽ B ചാലകത്തിലെ dl ദൈർഘ്യ ചെറു ഘടകത്തിൻമേലുള്ള ബലത്തിന്റെ ദിശ A ചാലകത്തിലോട്ട് കാണപ്പെടും. അതുകൊണ്ട് dl ദൈർഘ്യമുള്ള ചെറുഘടകചാലകം A ലോട്ട് ആകർഷിക്കപ്പെടും A ചാലകത്തിനാൽ, ചാലകത്തിന്റെ ഒരു മാത്ര നീളത്തിൻ മേലുള്ള ബലം

$$\frac{\vec{F}}{l} = -\frac{\mu_\circ I_1 I_2}{2\pi r}\hat{j}$$

ഇതുപോലെ I_2 വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന B ചാലകത്തിനാൽ r ദൂരത്തിലുള്ള A ചാലകത്തിന്റെ dl നീളമുള്ള ചെറുഘടകത്തിനെ ചുറ്റിയുണ്ടാകുന്ന കാന്തിക മണ്ഡലത്തിന്റെ $\vec{B}_2$ മൂല്യം കണക്കാക്കാം

$$\vec{B}_2 = \frac{\mu_\circ I_2}{2\pi r}\hat{i}$$

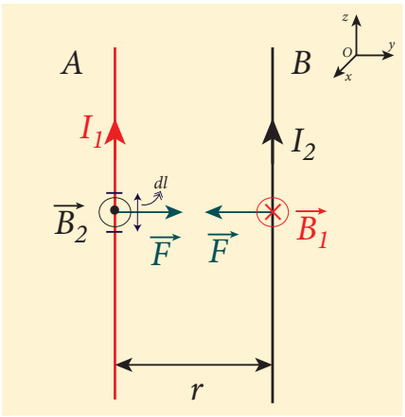
തമ്പ്റൂളിൽനിന്ന്കാന്തികമണ്ഡലത്തിന്റെദിശപേപ്പറിന്റെ തലത്തിനു ലംബമായും പുറത്തോട്ടും കാണപ്പെടുന്നു. (അമ്പടയാളം പേപ്പറിൽ നിന്ന് പുറത്തോട്ട്) അതായത് പോസിറ്റീവ് ദിശയിൽ ആയതിനാൽ ചാലകം A ലുള്ള dl നീള ചെറുഘടകത്തിൻ മേലുള്ള കാന്തികബലം

$$d\vec{F} = \left(I_1 d\vec{l}\times\vec{B}_2\right) = I_1 dl\frac{\mu_\circ I_2}{2\pi r}(\hat{k}\times\hat{i})$$

$$= \frac{\mu_\circ I_1 I_2 dl}{2\pi r}\hat{j} \qquad (3.68)$$

അതുകൊണ്ട് A ചാലകത്തിലുള്ള dl നീളചെറുഘടകത്തിൻ മേലുള്ള ബലത്തിന്റെ ദിശ B ചാലകത്തിലോട്ടായി കാണപ്പെടുന്നു. അതിനാൽ dl നീളമുള്ള ചെറുഘടകംB ചാലകത്തിലോട്ട്ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നു. ഇത് ചിത്രം(3.54) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 178 2/15/2023 12:53:00 PM

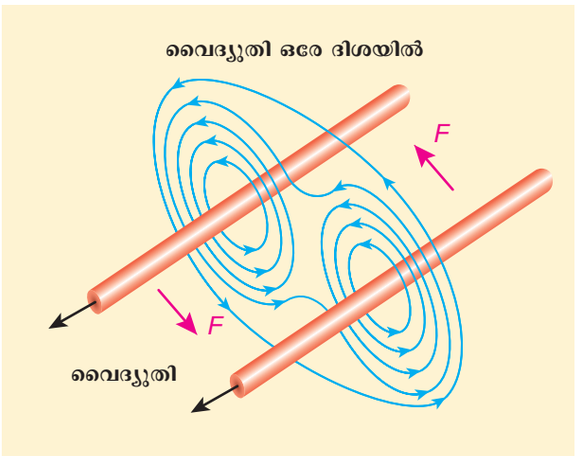


ചിത്രം3.54 ഒരേദിശയിൽവൈദ്യുതിപ്രവഹിക്കുന്ന രണ്ടു ചാലകങ്ങൾ പരസ്പരം ആകർഷിക്കും

ചാലകം B യിലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിനാൽ ചാലകം A യിൽ ഒരു യൂണിറ്റ് നീളത്തിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം

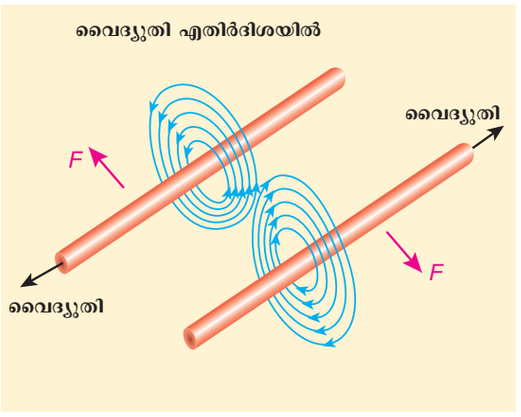
$$\frac{\vec{F}}{l} = \frac{\mu_\circ I_1 I_2}{2\pi r}\hat{j}$$

രണ്ടു സമാന്തര വൈദ്യുത വാഹികളായ ചാലകങ്ങളിൽ വൈദ്യുതി ഒരേ ദിശയിൽ പ്രവഹിക്കുകയാണെങ്കിൽ അവയ്ക്കിടയിലുള്ള ബലം ആകർഷണ ബലമാകുന്നു



ചിത്രം 3.55 രണ്ടു സമാന്തര ചാലകങ്ങൾ ഒരേ ദിശയിൽ വൈദ്യുതി വഹിക്കുമ്പോൾ ആകർഷണ ബലം അനുഭവപ്പെടുന്നു.

രണ്ടു വൈദ്യുത വാഹികളായ രണ്ടു സമാന്തര ചാലകങ്ങളിൽ വൈദ്യുതി വിപരീത ദിശകളിൽ പ്രവഹിക്കുകയാണെങ്കിൽ അവയ്ക്കിടയിലുള്ള ബലം വികർഷണ ബലം ആകുന്നു (ചിത്രം 3.56)



ചിത്രം 3.56 രണ്ടു സമാന്തരചാലകങ്ങൾ എതിർ ദിശകളിൽ വൈദ്യുതി വഹിക്കുകയാണെങ്കിൽ വികർഷണ ബലം അനുഭവപ്പെടുന്നു

ആമ്പിയർ നിർവചനം

ശൂന്യതയിൽ ഒരു മീറ്റർ അകലത്തിൽ വേർതിരിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ള അനന്തമായ നീളമുള്ള രണ്ടു സമാന്തര ചാലകങ്ങൾ വഴി പ്രവഹിക്കും വൈദ്യുതിയാൽ ഓരോ ചാലകത്തിലും ഒരു യൂണിറ്റ് നീളത്തിൽ 2×10^{-7} ബലം അനുഭവപ്പെടുകയാണെങ്കിൽ ഓരോ ചാലകം വഴിയും പ്രവഹിക്കുന്ന വൈദ്യുതിയുടെ അളവ് ഒരു ആംപിയർ ആകുന്നു.

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

2018 നവംബറിൽ മറ്റ് മൂന്ന് SI യൂണിറ്റുകൾക്കുമൊപ്പം ആംപിയറിന്റെ പുനർ നിർവ്വചനം അംഗീകരിച്ചു. കിലോഗ്രാം (ദ്രവ്യമാനം), കെൽവിൻ (ഊഷ്മാവ്), മോൾ (പദാർത്ഥത്തിന്റെ അളവ്). 2019 മേയ് 20 മുതൽ ആംപിയർ ഒരു അടിസ്ഥാന ഭൗതിക സ്ഥിരാങ്കമായ പ്രാഥമിക ചാർജ്ജിനെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ളതാണ്. അങ്ങനെ ഒരു ആംപിയർ എന്നത് സെക്കന്റിൽ 1/1.6 x 1.602176634 x 10^{-19} പ്രാഥമിക ചാർജ്ജുകളുടെ ഒഴുക്കിന് അനുയോജ്യമായ വൈദ്യുത പ്രവാഹമായി നിർവചിക്കപ്പെട്ടു

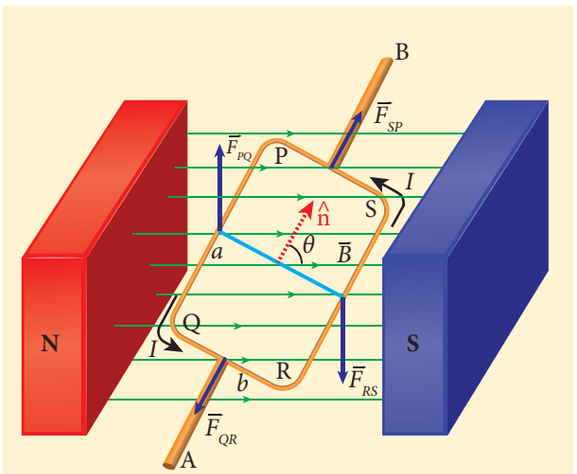
3.11 ഒരു വൈദ്യുത ചുരുളിലെ ടോർക്ക്

കാന്തിക മണ്ഡലത്തിലുള്ള വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന കമ്പിയിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം ഒരു യന്ത്രത്തിന്റെ പ്രവർത്തനത്തിന് കാരണമാകുന്നു.

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 179 2/15/2023 12:53:01 PM

3.11.1 കാന്തികമണ്ഡലത്തിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന വൈദ്യുത ചുരുളിൽ ഏർപ്പെടുന്ന ആഘൂർണം

ഏകീകൃത കാന്തികമണ്ഡലം B ൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന വൈദ്യുതി വഹിക്കുന്ന ദീർഘചതുര ചുരുൾ PQRS നെ സങ്കൽപ്പിക്കുക. ദീർഘ ചതുര ചുരുളിന്റെ നീളവും വീതിയും യഥാക്രമം a മറ്റും b ആകുന്നു. ദീർഘചതുര ചുരുളിന്റെ വിസ്തീർണ്ണത്തിന് ലംബമായി പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഏകസദിശം n കാന്തിക മണ്ഡലവുമായി θ കോണം ഏർപ്പെടുത്തുന്നു. ഇത് ചിത്രം 3.57 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 3.57 കാന്തികമണ്ഡലത്തിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ദീർഘചതുര ചുരുൾ

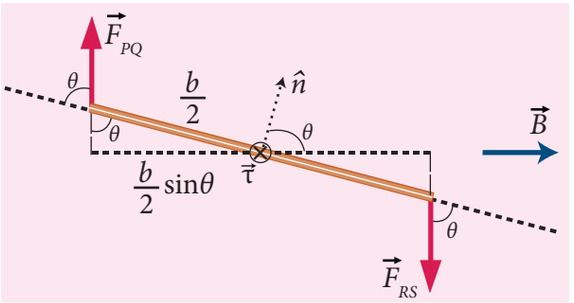
വൈദ്യുതി വഹിക്കുന്ന ഭുജം PQ ൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന കാന്തികബലത്തിന്റെ പരിണാമം $F_{PQ} = IaB\sin\left(\pi/2\right) = IaB$ ഈ ബലത്തിന്റെ ദിശ വലതുകൈ കോർക്ക് സ്ക്രൂ നിയമം ഉപയോഗിച്ച് കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടു. ഇത് മേൽനോക്കിയ ദിശയിലായിരിക്കും.

ഭുജം QR ലെ ബലത്തിന്റെ പരിമാണം $F_{QR} = IbB\sin\left(\pi/2 - \theta\right) = IbB\cos\theta$ ഇതിന്റെ ദിശ ചിത്രം 3.57 ൽ രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു.

RS ഭുജത്തിലെ ബലത്തിന്റെ പരിമാണം $F_{RS} = IaB\sin\left(\pi/2\right) = IaB$ ഇതിന്റെ ദിശ കീഴ് നോക്കിയതാകുന്നു.

SP ഭുജത്തിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം $F_{SP} = IbB\sin\left(\pi/2 + \theta\right) = IbB\cos\theta$ ഇതിന്റെ ദിശ ചിത്രം 3.57 ൽ രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു.

F_{QR}, F_{SP} ഉം തുല്യവും, വിപരീതവും ഒരേ രേഖയിൽ നിലകൊള്ളുന്നതും ആയതിനാൽ അവ പരസ്പരം നിർവീര്യമാകുന്നു. എന്നാൽ ബലങ്ങൾ F_{PQ} ന്റെയും F_{RS}, ന്റെയും പരിമാണങ്ങൾ സമവും ദിശകൾ വിപരീതവുമായിരിക്കും എന്നാൽ അവ ഒരേ നേർരേഖയിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നില്ല. ആയതിനാൽ F_{PQ} ഉം F_{RS} ഒരു കപ്പിൾ രൂപീകരിക്കുന്നു. ഈ കപ്പിൾ ചുരുളിൽ ഒരു ആഘൂർണം ഏർപ്പെടുത്തുന്നു.



ചിത്രം 3.58 വൈദ്യുത ചുരുളിന്റെ പാർശ്വ വീക്ഷണം

AB ൽ PQ ഭുജത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ആഘൂർണന്റെ പരിമാണം $\tau_{PQ} = \left(\frac{b}{2}\sin\theta\right)IaB$ ഉം അതിന്റെ ദിശ AB. യുടെ ദിശയിലും കേന്ദ്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. AB ൽ RS ഭുജത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ആഘൂർണം $\tau_{RS} = \left(\frac{b}{2}\sin\theta\right)IaB$ ചിത്രം 3.58 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ ഇതും AB യുടെ ദിശയിലായിരിക്കും

HU6RL

AB അക്ഷത്തിൽ മൊത്ത ചുരുളിലും അനുഭവപ്പെടുന്ന ആകെ ആഘൂർണം.

$$\tau = \left(\frac{b}{2}\sin\theta\right)F_{PQ} + \left(\frac{b}{2}\sin\theta\right)F_{RS}$$
$$= Ia(b\sin\theta)B$$

$\tau = IAB\sin\theta$ AB ദിശയിലായിരിക്കും

വെക്റ്റർ രൂപത്തിൽ,

$$\vec{\tau} = \left(I\vec{A}\right)\times\vec{B}$$

മുകളിലത്തെ സമീകരണത്തെ കാന്തിക ഇരുധ്രുവ മൊമെന്റിനെ ആസ്പദമാക്കി എഴുതിയാൽ

$\vec{\tau} = \vec{p}_m \times \vec{B}$ ഇവിടെ $\vec{p}_m = I\vec{A}$

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 180 2/15/2023 12:53:05 PM

ഈ ടോർക്ക് ചുരുളിന്റെ ലംബ സദിശത്തെ കാന്തിക മണ്ഡലത്തിന്റെ ദിശയിൽ ക്രമീകരിക്കുന്നതിനുള്ള പ്രവണതയുള്ളതാകുന്നു.

ദീർഘചതുര ചുരുളിൽ N ചുറ്റുകളുണ്ടെങ്കിൽ ആഘൂർണം

$$\tau = NIAB\sin\theta$$

വ്യത്യസ്ത നിലകൾ:

(a) θ = 90°അഥവാ ചുരുളിന്റെ തലം കാന്തിക മണ്ഡലത്തിന് സമാന്തരമാകുമ്പോൾവൈദ്യുതിപ്രവഹിക്കുന്ന ചുരുളിലെ ആഘൂർണം പരമാവധി ആകുന്നു.

$$\tau_{\text{പരമാവധി}} = IAB$$

(b) θ = 0°/180° അഥവാ ചുരുളിന്റെ തലം കാന്തികമണ്ഡലത്തിന് ലംബമാകുമ്പോൾ വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന ചുരുളിലെ ആഘൂർണം പൂജ്യമാകുന്നു.

3.11.2 ചലിക്കുന്ന ചുരുൾ ഗാൽവനോമീറ്റർ

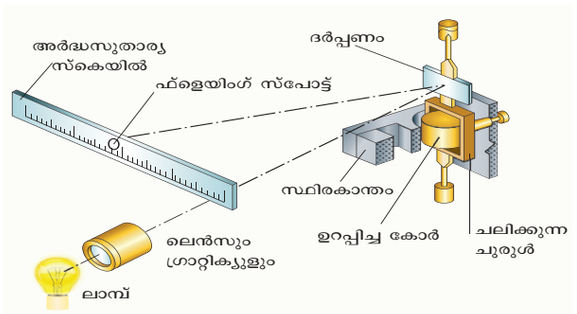
ഒരു വൈദ്യുത സർക്യൂട്ടിൽ പ്രവഹിക്കുന്ന വൈദ്യുതിയെ അളക്കുന്നതിന് ചലിക്കുന്ന ചുരുൾ ഗാൽവനോ മീറ്റർ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

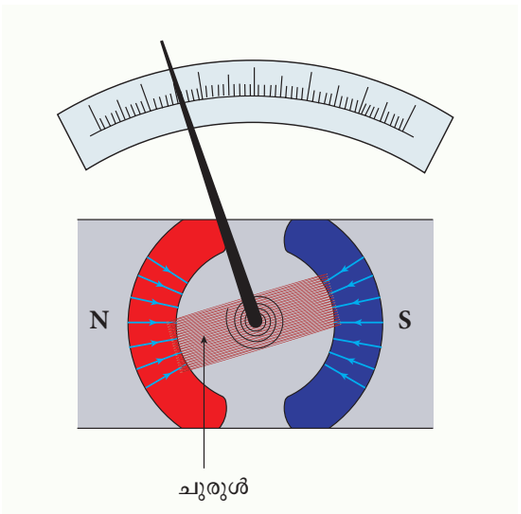
തത്വം : വൈദ്യുതി വഹിക്കുന്ന ചുരുളിനെ ഒരു ഏകീകൃത കാന്തികമണ്ഡലത്തിൽ വയ്ക്കുകയാണെങ്കിൽ ആഘൂർണം അനുഭവപ്പെടുന്നു.

നിർമ്മിതി

ചലിക്കുന്ന ചുരുൾ ഗാൽവനോമീറ്ററിൽ വിദ്യുത്രോധികളായ നേർത്ത ചെമ്പ് കമ്പികളാലായ ദീർഘചതുര ചുരുൾ PQRS കാണുന്നു. ചുരുളിൽ നേരീയ ലോഹചട്ടത്തിൽ ചുറ്റപ്പെട്ട ധാരാളം ചുറ്റുകൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. സിലിണ്ടറാകൃതിയിലുള്ള നേർത്ത ഇരുമ്പ് കോർ ചുരുളിനുള്ളിൽ സമമിതിയിൽ ചിത്രത്തിൽ 3.59. കണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ വച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ ദീർഘചതുരചുരുൾ കുതിരലാഡത്തിന്റെ ആകൃതിയിലുള്ള കാന്തത്തിന്റെ ഇരുധ്രുവങ്ങൾക്കിടയിൽ തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്നു.

ഒരു ഫോസ്ഫർ വെങ്കല നൂലിന്റെ ഒരഗ്രത്തിൽ ദീർഘചതുര ചുരുളിന്റെ മേലഗ്രം ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ചുരുളിന്റെ കീഴ് അഗ്രം ഫോസ്ഫർ വെങ്കലത്തിനാൽ നിർമ്മിതമായ ഒരു ഹെയർ സ്പ്രിംഗുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്ന നൂലിൽ ഒരു സമതല ദർപ്പണം ലാമ്പ് സ്കെയിൽ ക്രമീകരണത്തിന്റെ സഹായത്തോടെ കോയിലിന്റെ വ്യതിചലനമളക്കാനായി ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നദർപ്പണത്തിന്റെമറ്റേഅഗ്രംടോർഷൻഹെഡുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ചുരുൾ വഴി വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്നതിന് തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്ന നൂലും സ്പ്രിംഗ് ധ്രുവങ്ങളിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.





ചിത്രം 3.59 ചലിക്കുന്ന ചുരുൾ ഗാൽവനോ മീറ്ററിന്റെ ഭാഗങ്ങൾ

\നീളം l ഉം വീതി b യുമുള്ള ദീർഘചരുത ചുരുളിന്റെ ഒരു ചുറ്റിനെ സങ്കൽപ്പിക്കുക PQ = RS = l ചിത്രം 3.60 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ PQRS വഴിയെ പ്രവഹിക്കുന്ന വൈദ്യുതി I കുതിരലാഡ കാന്തത്തിൽ ആരമിക കാന്തിക മണ്ഡലം രൂപീകരിക്കുന്ന രണ്ട് അർദ്ധ വൃത്താകൃതിയിലുള്ള കാന്തികധ്രുവങ്ങളുണ്ട്. ഈ ആരമിക കാന്തികമണ്ഡലത്തിനാൽ QR, SP വശങ്ങൾ കാന്തിക മണ്ഡലം B യ്ക്ക് സമാന്തരമായിരിക്കും. ഇവയ്ക്ക് ഏതൊരു ബലവും അനുഭവപ്പെടുന്നില്ല PQ, RS വശങ്ങൾകാന്തികമണ്ഡലത്തിന് ലംബമായിരിക്കും. ഇവയ്ക്ക് തുല്യ ബലങ്ങൾ വിപരീത ദിശകളിൽ അനുഭവപ്പെടുന്നു. ഇതിനാൽ ഒരു ആഘൂർണം ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നു.

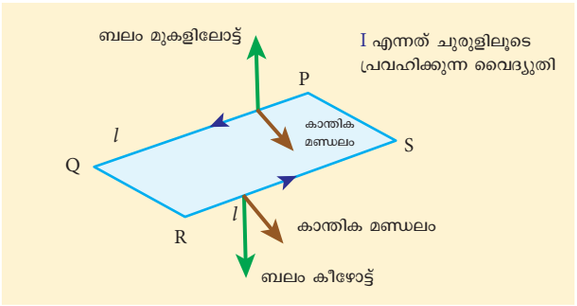
ഒരു ചുരുളിന് വ്യതിചലനടോർക്ക്

$$\tau = bF = bBIl = (lb)\,BI = ABI$$

എന്തെന്നാൽ ചുരുളിന്റെ വിസ്തീർണ്ണം, $A = lb$

N ചുറ്റുകളുടെ എണ്ണം

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 181 2/15/2023 12:53:06 PM



ചിത്രം 3.60 വൈദ്യുതി വാഹക ചുരുളിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ബലം

$$\tau = NABI \qquad (3.69)$$

ഈ വ്യതിചലന ആഘൂർണത്തിനാൽ ചുരുൾ തിരിയുകയും ഒരു പുനഃസ്ഥാപിത ആഘൂർണം (പുനഃസ്ഥാപിത കപ്പിൾ എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു) രൂപം കൊള്ളുന്നു. ആയതിനാൽ പുനഃ സ്ഥാപിത ആഘൂർണത്തിന്റെ മൊമെന്റ് തിരിയലിന്റെ (θ) അളവിന് നേർ അനുപാതത്തിലായിരിക്കും. അതുകൊണ്ട്.

$$\tau = K\theta \qquad (3.70)$$

K എന്നത് ഒരു യൂണിറ്റ് തിരിയലിലെ പുനഃസ്ഥാപിത കപ്പിൾ ആകുന്നു. സംതുലാവസ്ഥയിൽ വ്യതിചലന കപ്പിൾ പുനഃസ്ഥാപിത കപ്പിളിന് തുല്യമാകുന്നു. അതുകൊണ്ട്.

$$NABI = K\theta$$

$$\Rightarrow I = \frac{K}{NAB}\theta \qquad (3.71)$$

$$(\text{or})\ I = G\theta$$

ഇവിടെ $G = \dfrac{K}{NAB}$ ഗാൽവനോമീറ്ററിന്റെ സ്ഥിരാങ്കം അഥവാ ഗാൽവനോമീറ്ററിലെ വൈദ്യുതി ന്യൂനീകൃത ഘടകം എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്ന ചലിക്കുന്ന ചുരുൾ ഗാൽവനോമീറ്റർ വളരെയധികം സംവേദനമുള്ള ഉപകരണമാണ്. അതിനാൽ പരീക്ഷണങ്ങൾ ചെയ്യുമ്പോൾ വളരെ ശ്രദ്ധാപൂർവ്വം കൈകാര്യം ചെയ്യേണ്ടതുണ്ട്. നമ്മൾ ഉപയോഗിക്കുന്ന മിക്കവാറും എല്ലാ ഗാൽവനോമീറ്ററും സൂചക രീതിയിലുള്ള ചലിക്കുന്ന ചുരുൾ ഗാൽവനോമീറ്ററാകുന്നു.

ഗാൽവനോമീറ്ററിന്റെ ഫിഗർ ഓഫ് മെറിറ്റ്

ഗാൽവനോമീറ്ററിൽ ഒരു അളവുകോൽ പിരിവിൽ വ്യതിചലനം ഏർപ്പെടുത്തുന്നതിനാവശ്യമായ വൈദ്യുതി എന്ന് ഇതിനെ നിർവ്വചിക്കാം.

ഗാൽവനോമീറ്ററിന്റെ സംവേദകത

ഗാൽവനോമീറ്ററിൽ വളരെ കുറഞ്ഞ വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുമ്പോഴോ അഥവാ വളരെ ചെറിയ വോൾട്ടേജ് പ്രയോഗിക്കുമ്പോഴോ അളവുകോലിൽ വലിയ വ്യതിചലനം കാണിക്കുകയാണെങ്കിൽ ഗാൽവനോമീറ്റർ സംവേദനം ഉള്ളതാണെന്ന് പറയാം.

വൈദ്യുത സംവേദന ക്ഷമത

ഗാൽവനോമീറ്ററിൽ ഒരു യൂണിറ്റ് വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുമ്പോൾ ഏർപ്പെടുന്ന വ്യതിചലനം എന്ന് ഇതിനെ നിർവ്വചിക്കാം

$$I_S = \frac{\theta}{I} = \frac{NAB}{K} \Rightarrow I_S = \frac{1}{G} \qquad (3.72)$$

ഗാൽവനോമീറ്ററിന്റെ സംവേദനക്ഷമത താഴെപ്പറയുന്ന രീതിയിൽ വർദ്ധിപ്പിക്കാം

(i) ചുരുളുകളുടെ എണ്ണം N വർദ്ധിക്കുകയാണെങ്കിൽ
(ii) കാന്തിക പ്രേരണം B വർദ്ധിക്കുകയാണെങ്കിൽ
(iii) ചുരുളിന്റെ വിസ്തീർണ്ണം A വർദ്ധിക്കുകയാണെങ്കിൽ
(iv) തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്ന കമ്പിയിലെ ഒരു യൂണിറ്റ് തിരിയലിന്റെ കപ്പിൾ കുറയുകയാണെങ്കിൽ K.

ഒരു യൂണിറ്റ് തിരിയലിന്റെ കപ്പിൾ വളരെ കുറവായതിനാൽ തൂക്കിയിടുന്നതിന് ഫോസ്ഫർ വെങ്കല കമ്പി ഉപയോഗിച്ചിരിക്കുന്നു.

വോൾട്ടേജിന്റെ സംവേദനക്ഷമത

ഗാൽവനോമിറ്ററിന് കുറുകെ ഒരു യൂണിറ്റ് വോൾട്ടേജ് പ്രയോഗിക്കുമ്പോഴുണ്ടാകുന്ന വ്യതിചലനം എന്ന് നിർവ്വചിക്കാം.

$$V_S = \frac{\theta}{V}$$

$$V_S = \frac{\theta}{IR_g} = \frac{NAB}{KR_g} \quad (\text{അഥവാ})$$

$$V_S = \frac{1}{GR_g} = \frac{I_S}{R_g} \qquad (3.73)$$

ഇവിടെ R_g എന്നത് ഗാൽവനോമീറ്ററിന്റെ പ്രതിരോധകമാകുന്നു.

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 182 2/15/2023 12:53:07 PM

ഉദാഹരണം 3.25

ഒരു ചലിക്കുന്ന ചുരുൾ ഗാൽവനോമീറ്ററിലെ ഒരു ചുരുളിലെ ചുറ്റുകളുടെ എണ്ണം 5 ഓരോ ചുറ്റിലെയും സഫല വിസ്തീർണ്ണം 2×10^{-2} മീ^{2}. ഇത് 4×10^{-2} വെബൽ മീറ്റർ$^{-2}$ തീവ്രതയുള്ള ഒരു കാന്തിക മണ്ഡലത്തിൽ തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്നു. തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്ന ഇഴയുടെ ടോർഷണൽ സ്ഥിരാങ്കം K, 4×10^{-9} N m deg^{-1} ആണെങ്കിൽ.

(a) ഗാൽവനോമീറ്ററിന്റെ വൈദ്യുത സംവേദനക്ഷമത ഡിവിഷൻ/മൈക്രോ ആംപിയറിൽ കാണുക.

(b) 50 പിരിവുകൾ ഉള്ള അളവുകോലിലെ പൂർണ്ണ വ്യതിചലനത്തിനാവശ്യമായ വോൾട്ടേജ് 25 mv എന്ന നിബന്ധനയിൽ വോൾട്ടേജ് സംവേദന ക്ഷമത കാണുക.

(c) ഗാൽവനോമിറ്ററിന്റെ പ്രതിരോധകം കണ്ടുപിടിക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

$N = 5$ ചുറ്റുകൾ

$A = 2 \times 10^{-2}$ മീറ്റർ^2

$B = 4 \times 10^{-2}$ വെബർ മീറ്റർ$^{-2}$

$K = 4 \times 10^{-9}\,\text{N m deg}^{-1}$

(a) വൈദ്യുത സംവേദന ക്ഷമത

$$I_S = \frac{NAB}{K} = \frac{5\times2\times10^{-2}\times4\times10^{-2}}{4\times10^{-9}}$$

$= 10^6$ ഡിവിഷൻ ആംപിയർ

$1\propto A = 1$ മൈക്രോ ആംബിയർ $= 10^{-6}$ആംബിയർ

അതുകൊണ്ട്

$$I_S = 10^6\,\frac{\text{div}}{\text{A}} = 1\frac{\text{div}}{10^{-6}\,\text{A}} = 1\frac{\text{div}}{\mu\text{A}}$$

$$I_S = 1\,\text{div}\,(\mu\text{A})^{-1}$$

(b) വോൾട്ടേജിന്റെ സംവേദനക്ഷമത

$$V_S = \frac{\theta}{V} = \frac{50\,\text{div}}{25\,\text{mV}} = 2\times10^3\,\text{div V}^{-1}$$

(c) ഗാൽവനോ മീറ്ററിന്റെ പ്രതിരോധകം

$$R_g = \frac{I_S}{V_S} = \frac{10^6\,\frac{\text{div}}{\text{A}}}{2\times10^3\,\frac{\text{div}}{\text{V}}} = 0.5\times10^3\,\frac{\text{V}}{\text{A}} = 0.5\ \text{k}\Omega$$

ഉദാഹരണം 3.26

ഗാൽവനോമീറ്ററിൽ വൈദ്യുത സംവേദനക്ഷമത 50%. വർദ്ധിക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ പ്രതിരോധകം യഥാർത്ഥ മൂല്യത്തിനെക്കാൾ ഇരട്ടിയാകുന്നു. ഈ നിബന്ധനയിൽ ഗാൽവനോമീറ്ററിന്റെ വോൾട്ടേജ് സംവേദന ക്ഷമത മാറുമോ? മാറുകയാണെങ്കിൽ എത്ര അളവ് വ്യത്യാസപ്പെടും.

നിർദ്ധാരണം

വോൾട്ടേജ് സംവേദന ക്ഷമത $V_S = \frac{I_S}{R_g}$

പ്രതിരോധകം ഇരട്ടിയാകുമ്പോൾ പ്രതിരോധകം $R_g' = 2R_g$

വൈദ്യുത സംവേദനക്ഷമതയുടെ വർദ്ധനവ്

$$I_S' = \left(1+\frac{50}{100}\right)I_S = \frac{3}{2}I_S$$

പുതിയ വോൾട്ടേജ് സംവേദന ക്ഷമത

$$V_S' = \frac{\frac{3}{2}I_S}{2R_g} = \frac{3}{4}V_S$$

വോൾട്ടേജിന്റെ സംവേദനക്ഷമത കുറയുന്നു കുറയുന്ന വോൾട്ടേജ് സംവേദനത്തിന്റെ ശതമാനം

$$\frac{V_S - V_S'}{V_S}\times100\% = 25\%$$

ഗാൽവനോമീറ്ററിനെ അമീറ്ററായും വോൾട്ട് മീറ്ററായും മാറ്റൽ

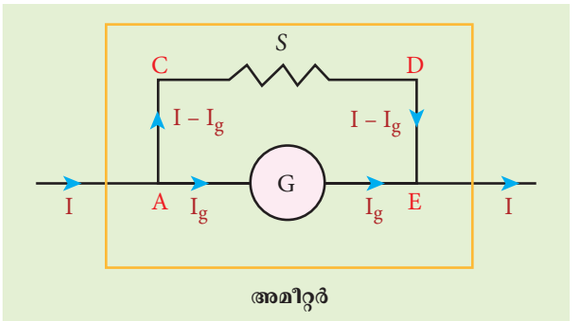
വൈദ്യുത പ്രവാഹം അറിയുന്നതിനുള്ള വളരെ സംവേദനയുള്ള ഉപകരണമാണ് ഗാൽവനോമീറ്റർ ഇതിനെ വളരെ ലളിതമായി അമീറ്ററായും വോൾട്ട് മീറ്ററായും മാറ്റാം.

ഗാൽവിനോമീറ്ററിനെ അമ്മീറ്ററായി മാറ്റൽ

ഒരു വൈദ്യുത സർക്യൂട്ടിലൂടെ പ്രവഹിക്കുന്ന വൈദ്യുതിയെ അളക്കുന്നതിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന ഉപകരണമാണ് അമീറ്റർ അമീറ്റർ സർക്യൂട്ടിൽ വളരെ ചെറിയ പ്രതിരോധകം ഏർപ്പെടുത്തുന്നനാൽ സർക്യൂട്ടിലെ വൈദ്യുതിയിൽ മാറ്റം ഏർപ്പെടുന്നില്ല. അതുകൊണ്ട് സർക്യൂട്ടിലെ വൈദ്യുതിയെ അളക്കുന്നതിന് അമീറ്റർ സർക്യൂട്ടിൽ ശ്രേണീരീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുന്നു.

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 183 2/15/2023 12:53:11 PM

ഗാൽവനോമീറ്ററിന് സമാന്തരമായി ഒരു കുറഞ്ഞ പ്രതിരോധകം ബന്ധിപ്പിക്കുന്നതിലൂടെ ഗാൽവനോ മീറ്ററെ അമിറ്ററായി മാറ്റപ്പെടുന്നു. ഈ കുറഞ്ഞ പ്രതി രോധകത്തെ നിരാകരണ പ്രതിരോധകം എന്നു വിളി ക്കുന്നു. അളവുകൾ ആംപിയറിൽ രേഖപ്പെടുത്തിയി രിക്കുന്നു. അമീറ്ററിന്റെ പരിധി നിരാകരണ പ്രതിരോധ കത്തിന്റെ മൂല്യത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.



അമീറ്റർ

ചിത്രം 3.61 സമാന്തരമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന നിരാകണ പ്രതിരോധകം.

ചിത്രം 3.61. ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ സർ ക്യൂട്ടിൽ പ്രവഹിക്കുന്ന വൈദ്യുതി I. ആകുന്നു. വൈ ദ്യുതി A സന്ധിയിലെത്തുമ്പോൾ രണ്ട് ഘടകങ്ങളായി പിരിയുന്നു. I_g എന്നത് AGE പാതയിലൂടെ R_g പ്രതി രോധകമുള്ള ഗാൽവനോമീറ്ററിലൂടെ പ്രവഹിക്കുന്ന വൈദ്യുതി ശേഷിക്കുന്ന വൈദ്യുതി $(I - I_g)$ ACDE പാതയിലൂടെ നിരാകരണ പ്രതിരോധകത്തിലൂടെ പ്ര വഹിക്കുന്ന വൈദ്യുതി I_g വൈദ്യുതി ഗാൽവനോ മീറ്ററിൽ പൂർണ്ണ വ്യതിചലനം ഏർപ്പെടുത്തവിധം നിരാ കരണ പ്രതിരോധകം ക്രമീകരിക്കുക. ഗാൽവനോമീറ്റ റിന് കുറുകെയുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം നിരാ കരണ പ്രതിരോധത്തിന് കുറുകെയുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസത്തിന് തുല്യമാണ്.

$$V_{\text{ഗാൽവനോമീറ്റർ}} = V_{\text{നിരാകരണം}}$$

$$\Rightarrow I_g R_g = \left(I - I_g\right) S$$

$$S = \frac{I_g}{\left(I - I_g\right)} R_g \text{ or}$$

$$I_g = \frac{S}{S + R_g} I$$

ആയതിനാൽ ഗാൽവനോമീറ്ററിൽ ഏർപ്പെടുന്ന വ്യതിചലനം അതിൽ പ്രവഹിക്കുന്ന വൈദ്യുതിയ്ക്ക് നേർഅനുപാതത്തിലായിരിക്കും,

$$\theta = \frac{1}{G} I_g \Rightarrow \theta \propto I_g \Rightarrow \theta \propto I \text{ അതിനാൽ,}$$

ഗാൽവനോമീറ്ററിൽ സൃഷ്ടിക്കുന്ന വ്യതിചലനം സർക്യൂട്ടിൽ പ്രവഹിക്കുന്ന വൈദ്യുതിയുടെ അളവിനെ കുറിക്കുന്നു

നിരാകരണ പ്രതിരോധകം ഗാൽവനോ മീറ്ററിന് സമാന്തരമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട് അമീറ്ററിന്റെ പ്രതിരോധകം സഫല പ്രതിരോധം കണക്കാക്കുന്നതിലൂടെ കണ്ടുപിടിക്കാം

$$\frac{1}{R_{eff}} = \frac{1}{R_g} + \frac{1}{S} \Rightarrow R_{eff} = \frac{R_g S}{R_g + S} = R_a$$

നിരാകരണ പ്രതിരോധകം വളരെ ചെറിയ പ്രതി രോധകം ആയതിനാൽ $\frac{S}{R_g}$ അനുപാതം വളരെ ചെറുതാ യിരിക്കും ഇതിന്റെ അർത്ഥം, R_a ചെറുതാണ് എന്നാ ണ്. അതായത് അമീറ്റർ നൽകുന്ന പ്രതിരോധകം ചെറു താകുന്നു. അതുകൊണ്ട് അമീറ്റർ ശ്രേണീ രീതിയിൽ ബ ന്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ സർക്യൂട്ടിലെ വൈദ്യുതിയിൽ വലിയ മാറ്റം ഉണ്ടാകുന്നില്ല ഒരു മാതൃകാ അമീറ്ററിൽ, പ്രതിരോ ധകം പൂജ്യമായിരിക്കും. യഥാർത്ഥത്തിൽ അമീറ്ററിലെ അളവുകൾ സർക്യൂട്ടിലെ യഥാർത്ഥ വൈദ്യുതിയെ ക്കാൾ കുറവായിരിക്കും. $I_{\text{മാതൃകാ}}$ എന്നത് മാതൃകാ അമീറ്റ റിനാൽ അളക്കപ്പെടുന്ന വൈദ്യുതി ആകുന്നു $I_{\text{യഥാർത്ഥം}}$ എന്നത് സർക്യൂട്ടിലെ യഥാർത്ഥ വൈദ്യുതി ആകുന്നു. അതുകൊണ്ട് അമീറ്ററിൽ പ്രവഹിക്കുന്ന വൈദ്യുതിയു ടെ അളവിലെ ശതമാനപ്പിശക്.

$$\frac{\Delta I}{I} \cdot 100\% = \frac{I_{\text{അനുയോജ്യമായത്}} - I_{\text{യഥാർത്ഥം}}}{I_{\text{അനുയോജ്യമായത്}}} \cdot 100\%$$

പ്രധാന വസ്തുതകൾ

1. അമീറ്റർ വളരെ ചെറിയ പ്രതിരോധകമുള്ള ഒരു ഉപക രണമാകുന്നു. ഇതിനെ സർക്യൂട്ടുമായി എല്ലായ്പ്പോ ഴും ശ്രേണീ രീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.
2. മാതൃകാ അമീറ്ററിന് പ്രതിരോധകം പൂജ്യമാകുന്നു.

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 184 2/15/2023 12:53:13 PM

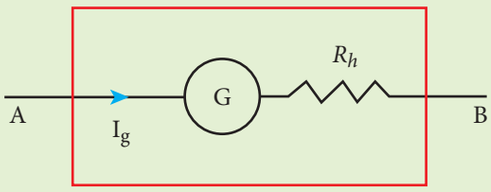
3. അമീറ്ററിന്റെ പരിധി n മടങ്ങ് വർദ്ധിക്കുകയാണെങ്കിൽ, സമാന്തരമായി ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന നിരാകരണ പ്രതിരോധകത്തിന്റെ മൂല്യം

$$S = \frac{R_g}{n-1}$$

ഗാൽവനോമീറ്ററിനെ വോൾട്ട് മീറ്ററായി മാറ്റൽ

ഒരു വൈദ്യുത സർക്യൂട്ടിലെ ഇരു ബിന്ദുക്കൾക്കിടയിലുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം അളക്കുന്നതിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന ഉപകരണമാണ് വോൾട്ട്മീറ്റർ. വോൾട്ട്മീറ്റർ സർക്യൂട്ടിൽ നിന്നും ഏതൊരു വൈദ്യുതിയും സ്വീകരിക്കുന്നില്ല. ഇപ്രകാരം സ്വീകരിക്കുകയാണെങ്കിൽ വോൾട്ട്മീറ്ററിനാൽ അളക്കപ്പെടുന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസത്തിൽ മാറ്റം ഏർപ്പെടും.

വോൾട്ട്മീറ്ററിന് ഉയർന്ന പ്രതിരോധകമാണുള്ളത് ഇതിനെ സമാന്തരമായി ബന്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ വളരെ വലിയ വൈദ്യുതിയൊന്നും സ്വീകരിക്കാത്തതിനാൽ ശരിയായ പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം കാണിക്കുന്നു.



വോൾട്ട്മീറ്റർ

ചിത്രം 3.62 ഉയർന്ന പ്രതിരോധകം ശ്രേണി രീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു

ചിത്രം 3.62. ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ ഗാൽവനോമീറ്ററുമായി ഒരു ഉയർന്ന പ്രതിരോധകത്തെ ശ്രേണീ രീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുന്നതു മൂലം ഗാൽവനോമീറ്ററെ വോൾട്ട്മീറ്ററായി മാറ്റാം അളവുകൾ വോൾട്ടിൽ രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു. വോൾട്ട് മീറ്ററിന്റെ പരിധി ശ്രേണി രീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന പ്രതിരോധകം R_h ന്റെ മൂല്യത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. I_g എന്ന വൈദ്യുതി ഗാൽവനോമീറ്ററിൽ പൂർണ്ണ വ്യതിചലനം ഏർപ്പെടുത്തും വിധം പ്രതിരോധകത്തിന്റെ മൂല്യം ക്രമീകരിക്കുക.

R_g എന്നത് ഗാൽവനോമീറ്ററിൽ പ്രതിരോധകവും I_g എന്നത് ഗാൽവനോമീറ്ററിൽ പൂർണ്ണവ്യതിചലനം ഏർപ്പെടുത്തുന്ന വൈദ്യുതി ഗാൽവനോമീറ്റർ ഉയർന്ന പ്രതിരോധകവുമായി ശ്രേണീരീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നതിനാൽ വൈദ്യുത സർക്യൂട്ടിലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഗാൽവനോമീറ്ററിലൂടെ പ്രവഹിക്കുന്ന വൈദ്യുതിയ്ക്ക് തുല്യമാണ്

$$I = I_g$$

$$I = I_g \Rightarrow I_g = \frac{\text{പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം}}{\text{ആകെ പ്രതിരോധം}}$$

ഗാൽവനോമീറ്ററും ഉയർന്ന പ്രതിരോധകവും ശ്രേണീ രീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നതിനാൽ, ആകെ പ്രതിരോധകം അഥവാ സഫല പ്രതിരോധകം എന്നത് സർക്യൂട്ടിലെ പ്രതിരോധകങ്ങളുടെ സങ്കലനത്തിന് തുല്യമാണ്. അതുകൊണ്ട് വോൾട്ട്മീറ്ററിലെ പ്രതിരോധകം

$$R_v = R_g + R_h$$

ആയതിനാൽ,

$$I_g = \frac{V}{R_g + R_h}$$

$$\Rightarrow R_h = \frac{V}{I_g} - R_g$$

$I_g \propto V$ എന്നത് കുറിക്കുക

ഗാൽവനോമീറ്ററിലെ വ്യതിചലനം വൈദ്യുതി I_g യ്ക്ക് നേർ അനുപാതത്തിലായിരിക്കും. എന്നാൽ I_g പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസത്തിന് നേർ അനുപാതത്തിലാണ്. ആയതിനാൽ ഗാൽവനോമീറ്ററിന്റെ വ്യതിചലനം പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസത്തെ കുറിക്കുന്നു. വോൾട്ട് മീറ്ററിലെ പ്രതിരോധകം വളരെ കൂടുതലായതിനാൽ വോൾട്ട്മീറ്റർ വൈദ്യുത സർക്യൂട്ടുമായി സമാന്തര രീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇത് സർക്യൂട്ടിൽ നിന്നും വളരെ കുറഞ്ഞ വൈദ്യുതി സ്വീകരിക്കുന്നു. ഒരു മാതൃകാ വോൾട്ട് മീറ്ററിന്റെ പ്രതിരോധകം അനന്ത പ്രതിരോധകമായിരിക്കും.

പ്രധാന വസ്തുതകൾ

1. വോൾട്ട്മീറ്റർ എന്നത് ഉയർന്ന പ്രതിരോധകമുള്ള ഒരു ഉപകരണമാണ് ഇത് എല്ലായ്പ്പോഴും സർക്യൂട്ടിലെ ഘടകങ്ങൾക്ക് കുറുകെയുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം അളക്കുന്നതിനായി സമാന്തരമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.
2. മാതൃകാ വോൾട്ട്മീറ്ററിന് അനന്തമായ പ്രതിരോധകമാണുള്ളത്
3. വോൾട്ട്മീറ്ററിന്റെ പരിധി n മടങ്ങു വർദ്ധിക്കുകയാണെങ്കിൽ ഗാൽവനോമീറ്ററുമായി ശ്രേണീരീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന പ്രതിരോധകത്തിന്റെ മൂല്യം

$$R_h = (n\text{-}1)\, R_g$$

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 185 2/15/2023 12:53:14 PM

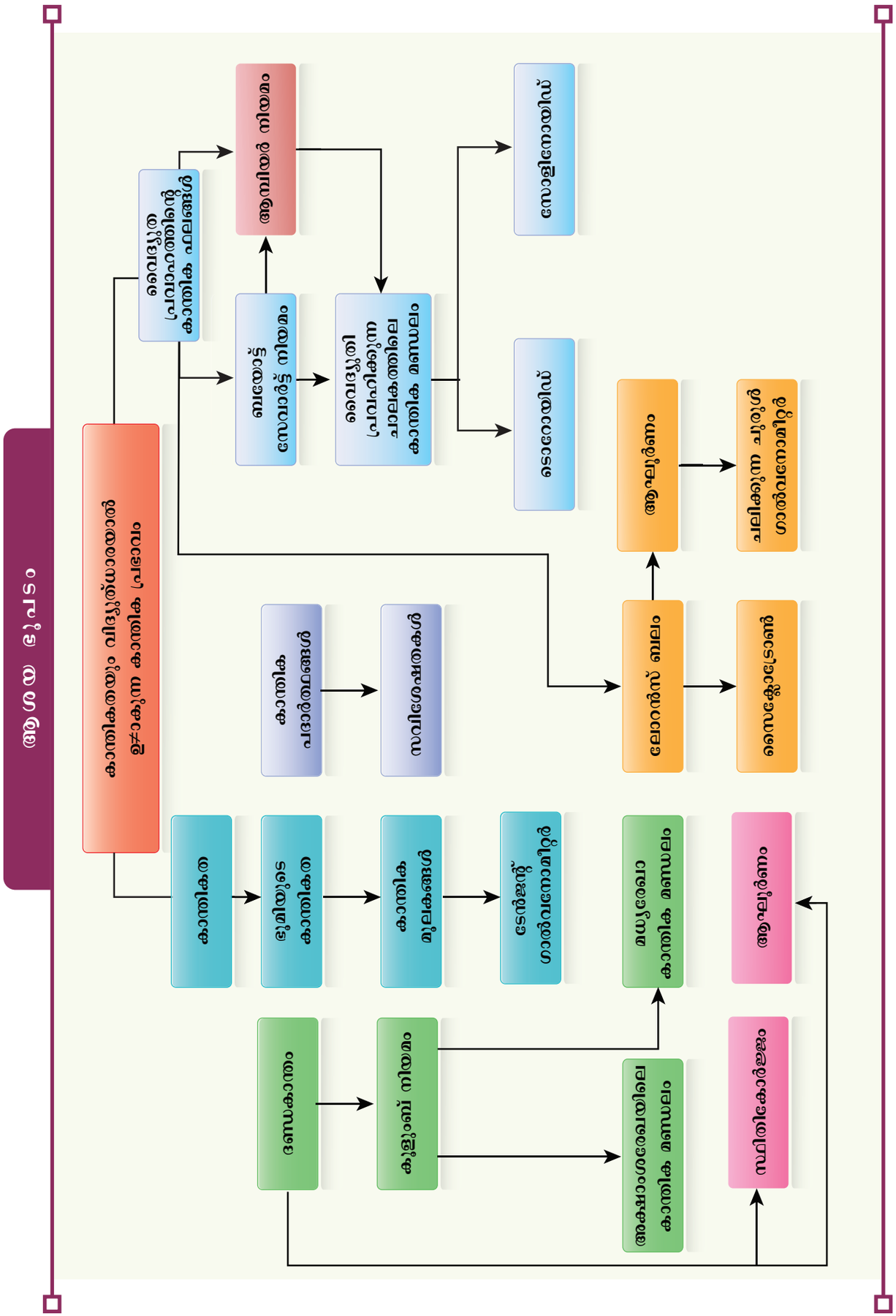
സംഗ്രഹം

- ഭൂമിയുടെ അക്ഷം വഴിയേ പോകുന്ന ലംബമായ തലത്തിനെ ഭൗമധ്രുവതലം എന്നു പറയുന്നു.
- കാന്ത അക്ഷം വഴിയേ പോകുന്ന ലംബമായ തലത്തിനെ കാന്തധ്രുവ തലം എന്നു പറയുന്നു.
- ഒരു ബിന്ദുവിൽ ഭൗമധ്രുവതലത്തിനും, കാന്ത ധ്രുവതലത്തിനും ഇടയെയുള്ള കോണിനെ തകർച്ച അല്ലെങ്കിൽ കാന്തിക തകർച്ച എന്നു പറയുന്നു.
- ഒരു ബിന്ദുവിൽ ഭൂമിയുടെ മൊത്ത കാന്തമണ്ഡലം $\vec{B}$ കാന്തധ്രുവതലത്തിനെ തിരശ്ചീനമായ ദിശയിൽ ഏർപ്പെടുത്തുന്ന കോണിനെ ചരിവ് അല്ലെങ്കിൽ കാന്തിക ചരിവ് എന്നു പറയുന്നു.
- കാന്തിക മൊമെന്റ് എന്നതിനെ ധ്രുവബലത്തിന്റെയും കാന്തിക നീളത്തിന്റെയും ഗുണനഫലമെന്ന് നിർവ്വചിക്കാം. ഇത് ഒരു സദിശ അളവാകുന്നു. ഇതിനെ $\vec{P}_m$ എന്ന് കുറിയ്ക്കുന്നു.
- ഒരു കാന്തത്തിനെ ചുറ്റിയുള്ള സ്ഥലത്ത് ഒരു യൂണിറ്റ് കാന്തിക ധ്രുവബലത്തിനാൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലത്തിനെ കാനികമണ്ഡലം എന്നു പറയുന്നു. ഇത് ഒരു സദിശ അളവാകുന്നു. ഇതിനെ $\vec{B}$. എന്നു കുറിയ്ക്കാം. ഇതിന്റെ മാത്ര $\mathrm{N\ A^{-1}\ m^{-1}}$ ആകുന്നു.
- തന്നിട്ടുള്ള പരപ്പിനെ ലംബമായി കടന്നു പോകുന്ന കാന്തികമണ്ഡല രേഖകളുടെ എണ്ണത്തെ കാന്തിക ഫ്ളക്സ് Φ_B എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇത് ഒരു അദിശ അളവാകുന്നു. SI യൂണിറ്റിൽ Φ_B യുടെ മാത്ര വെബർ ആകുന്നു. ഇതിനെ Wb എന്ന് കുറിക്കുന്നു.
- കാന്തികതയിലെ കൂളും നിയമത്തിന്റെ നിർവ്വചനം ഇരു കാന്തിക ധ്രുവങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള ആകർഷ അല്ലെങ്കിൽ വികർഷണബലം ധ്രുവബലത്തിന്റെ ഗുണനഫലത്തിന് നേർ അനുപാതത്തിലും, അവയ്ക്കിടയിലുള്ള ദൂരത്തിന്റെ വർഗ്ഗത്തിനും വിപരീതാനുപാതത്തിലുമായിരിക്കും.
- ഒരു ഏകീകൃത കാന്തികമണ്ഡലത്തിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന കാന്തിക ഇരുധ്രുവത്തിന് ടോർക്ക് അനുഭവപ്പെടുന്നു.
- വളരെകുറഞ്ഞവൈദ്യുതപ്രവാഹത്തെഅളക്കുന്നതിന്ഉപയോഗിക്കുന്നഉപകരണമാണ് ടേൻജന്റ് ഗാൽവനോമീറ്റർ. ഇത് ചലിക്കുന്ന കാന്ത തരത്തിലുള്ള ഗാൽവനോമീറ്റർ ആകുന്നു. ഇത് ടേൻജന്റ് നിയമത്തെ ആസ്പദമാക്കി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.
- ടേൻജന്റ് നിയമം എന്നത് $B = B_H \tan \theta$ ആകുന്നു.
- ഒരു പദാർത്ഥത്തെ അല്ലെങ്കിൽ ഒരു വസ്തുവിനെ കാന്തവൽക്കരിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന കാന്തികമണ്ഡലത്തെ കാന്തവൽക്കരണ മണ്ഡലം എന്നു പറയുന്നു. ഇത് ഒരു സദിശ അളവാകുന്നു. ഇതിനെ $\vec{H}$ എന്നു കുറിയ്ക്കുന്നു. ഇതിന്റെ മാത്ര $\mathrm{A\ m^{-1}}$ ആകുന്നു.
- കാന്തികരേഖകളെ കടത്തിവിടുന്നതിനുള്ള പദാർത്ഥത്തിന്റെ കഴിവിന്റെ അളവിനെ കാന്തിക പെർമിയബിലിറ്റി എന്നു പറയുന്നു.
- ഒരു പദാർത്ഥത്തിന്റെ ഒരു യൂണിറ്റ് വ്യാപ്തത്തിലുള്ള ആകെ കാന്തിക മൊമെന്റിനെ കാന്തവൽകരണ തീവ്രത എന്നു പറയുന്നു.
- കാന്തിക സംവേദകത്വം എന്നത് കാന്തവൽക്കരണ മണ്ഡലത്തിനാൽ ഒരു പദാർത്ഥത്തിൽ പ്രേരിതമാകുന്ന കാന്തവൽക്കരണ തീവ്രതയുടെ അനുപാതം എന്നു നിർവ്വചിക്കാം
- കാന്തിക വസ്തുക്കളെ മൂന്നായി തരം തിരിക്കാം ഡയാ, പാരാ, ഫെറോ കാന്തിക വസ്തുക്കൾ.
- വസ്തുവിനെ കാന്തവൽക്കരിക്കുന്ന പ്രക്രിയയിൽ കാന്തവൽക്കരണ മണ്ഡലത്തിൽ $\vec{H}$ ഏർപ്പെടുത്തുന്ന മാറ്റത്തിന് കാന്തമണ്ഡലം $\vec{B}$ പിന്നിലാകുന്ന പ്രതിഭാസത്തിന് ഹിസ്റ്ററിസിസ് എന്നു പറയുന്നു.
- വലതു കൈ പെരുവിരൽ നിയമം : വലതുകൈയുടെ പെരുവിരൽ ചാലകം വഴിയേ പ്രവഹിക്കുന്ന വൈദ്യുതിയുടെ ദിശയെ കുറിയ്ക്കും വിധം പിടിക്കുകയാണെങ്കിൽ ചാലകത്തെ ചുറ്റിപ്പിടിച്ചിരിക്കുന്ന മറ്റു വിരലുകൾ ചാലകത്തെ ചുറ്റി രൂപം കൊള്ളുന്ന കാന്തമണ്ഡല രേഖകളുടെ ദിശയെ കുറിയ്ക്കും.
- മാക്സ്വെല്ലിന്റെ വലതുകൈ കോർക്ക് സ്ക്രൂ നിയമം: ഒരു സ്ക്രൂവിനെ ഒരു സ്ക്രൂ ഡ്രൈവർ ഉപയോഗിച്ച് തിരിയ്ക്കുകയാണെങ്കിൽ സ്ക്രൂ നീങ്ങുന്ന ദിശ വൈദ്യുക പ്രവാഹദിശയെയും, സ്ക്രൂ തിരിയുന്ന ദിശ ചാലകത്തെ ചുറ്റി രൂപം കൊള്ളുന്ന കാന്തമണ്ഡലത്തിന്റെ ദിശയെയും നൽകുന്നു.

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 186 2/15/2023 12:53:15 PM

- ആമ്പിയറിന്റെ സർക്യൂട്ടൽ നിയമം $\oint_C \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{enclosed}$.
- സോളിനോയിഡിനുള്ളിലെ കാന്തികക്ഷേത്രം $B = \mu_0 nI$, ഇവിടെ n എന്നത് ഒരു യൂണിറ്റ് നീളത്തിലുള്ള തിരിവുകളുടെ എണ്ണം ആകുന്നു.
- ടൊറോയിഡിനുള്ളിലെ കാന്തികമണ്ഡലം $B = \mu_0 nI$, ആകുന്നു. ഇവിടെ n എന്നത് ഒരു യൂണിറ്റ് നീളത്തിലുള്ള തിരിവുകളുടെ എണ്ണം ആകുന്നു.
- ലോറൻസ് ബലം $\vec{F} = q\left(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}\right)$. ആകുന്നു
- ഏകീകൃത കാന്തികമണ്ഡലത്തിൽ ചലിക്കുന്ന ചാർജ്ജ് ചെയ്ത കണിക, വൃത്താകൃതിയിലുള്ള ചലനത്തിന് വിധേയമാകുന്നു.
- ഫ്ളെമിങ്ങിന്റെ ഇടതു കൈ നിയമം ഇടതു കൈയിലെ ചൂണ്ടുവിരൽ, നടുവിരൽ, പെരുവിരൽ എന്നിവ പരസ്പരം ലംബമായ ദിശയിൽ പിടിക്കുക. ചൂണ്ടുവിരൽ കാന്തികമണ്ഡലത്തിന്റെ ദിശയെയും, നടുവിരൽ വൈദ്യുത പ്രവാഹ ദിശയെയും കാണിക്കുന്നുവെങ്കിൽ, പെരുവിരൽ ചാലകങ്ങളാൽ, അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലത്തിന്റെ ദിശയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.
- ശൂന്യതയിൽ ഒരു മീറ്റർ ദൂരത്തിൽ പിരിച്ചുവച്ചിരിക്കുന്ന അനന്തമായ നീളമുള്ള രണ്ടു സമാന്തര ചാലകങ്ങൾ ഓരോന്നു വഴി കടന്നു പോകുന്ന സ്ഥിരമായ വൈദ്യുത പ്രവാഹത്താൽ ഓരോ ചാലകത്തിലും ഒരു മീറ്റർ നീളത്തിൽ 2×10^{-7} ബലം അനുഭവപ്പെട്ടാൽ ഓരോ ചാലകം വഴി കടന്നുപോകുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന്റെ അളവിനെ ഒരു ആമ്പിയർ എന്നു പറയുന്നു.
- വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന ഒരു കമ്പിച്ചുരുൾ ഏകീകൃത കാന്തികമണ്ഡലത്തിൽ വയ്ക്കുമ്പോൾ, അതിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന മൊത്ത ബലം പൂജ്യം ആകുന്നു. എന്നാൽ മൊത്ത ടോർക്ക് പൂജ്യമല്ല. മൊത്ത ടോർക്കിന്റെ അളവ് $\tau = NABI \sin\theta$ ആകുന്നു.
- വളരെ ചെറിയ വൈദ്യുത പ്രവാഹങ്ങളെ കണ്ടറിയുന്നതിനും, അളക്കുന്നതിനും മൂവിങ് കോയിൽ ഗാൽവനോമീറ്റർ (ചലിക്കും കമ്പിച്ചുരുൾ ഗാൽവനോമീറ്റർ) ഉപയോഗിക്കുന്നു.
- ചലിക്കും കമ്പിച്ചുരുൾ ഗാൽവനോമീറ്ററിൽ, ഗാൽവനോമീറ്റർ വഴി കടന്നുപോകുന്ന വൈദ്യുതി പ്രവാഹം, വ്യതിചലനത്തിന് നേൽ അനുപാതത്തിലായിരിക്കും. ഗണിതശാസ്ത്രപരമായി $I = G\theta$, ഇവിടെ $G = \frac{K}{NAB}$ എന്നത് ഗാൽവനോമീറ്റർ സ്ഥിരാങ്കം അല്ലെങ്കിൽ ഗാൽവനോമീറ്ററിന്റെ വൈദ്യുത പ്രവാഹ റിഡക്ഷൻ ഫാക്ടർ എന്നു പറയുന്നു.
- ഗാൽവനോമീറ്റർ വഴി ഒരു യൂണിറ്റ് വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യതിചലനത്തെ വൈദ്യുത പ്രവാഹ സെൻസിറ്റിവിറ്റി എന്നു പറയുന്നു, $I_s = \frac{\theta}{I} = \frac{NAB}{K} \Rightarrow I_s = \frac{1}{G}$.
- ഗാൽവനോമീറ്ററിനു കുറുകെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ഒരു യൂണിറ്റ് വോൾട്ടേജിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യതിചലനത്തെ വോൾട്ടേജ് സെൻസിറ്റിവിറ്റി എന്നു പറയുന്നു, $V_s = \frac{\theta}{V} = \frac{1}{GR_g} = \frac{I_S}{R_g}$, ഇവിടെ, R_g എന്നത് ഗാൽവനോമീറ്ററിന്റെ പ്രതിരോധം ആകുന്നു.
- ഒരു വൈദ്യുത സർക്യൂട്ടിലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹം അളക്കുന്നതിനും ഉപയോഗിക്കുന്ന ഉപകരണമാണ് അമീറ്റർ.
- തന്നിരിക്കുന്ന ഗാൽവനോമീറ്ററിന് സമാന്തരമായി ഷണ്ട് എന്ന് വിളിക്കുന്ന അനുയോജ്യമായ കുറഞ്ഞ പ്രതിരോധത്തെ ബന്ധിപ്പിച്ച് ഒരു ഗാൽവനോമീറ്ററിനെ തന്നിരിക്കുന്ന പരിധിയുടെ അമ്മീറ്ററാക്കി മാറ്റാം.
- ഒരു യഥാർത്ഥ അമീറ്ററിന്റെ പ്രതിരോധം പൂജ്യം ആണ്.
- ഒരു വൈദ്യുത സർക്യൂട്ടിലെ ഏതൊരു ഭാഗത്തിനും കുറുകെയുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം അളക്കുന്നതിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന ഉപകരണമാണ് വോൾട്ട് മീറ്റർ.
- തന്നിരിക്കുന്ന ഗാൽവനോമീറ്ററിനെ ശ്രേണീ രീതിയിൽ ഒരു അനുയോജ്യമായ ഉയർന്ന പ്രതിരോധം (R_h) ബന്ധിപ്പിച്ച് ഒരു ഗാൽവനോമീറ്ററിനെ തന്നിരിക്കുന്ന പരിധിയുടെ അനുയോജ്യ വോൾട്ട് മീറ്റർ ആക്കി മാറ്റാം
- ഒരു യഥാർത്ഥ വോൾട്ട് മീറ്ററിന് അനന്തമായ പ്രതിരോധം ഉണ്ട്.

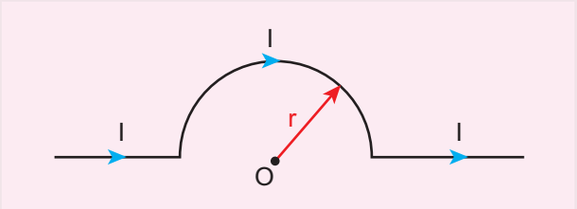
MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 187 2/15/2023 12:53:16 PM



MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 188 2/15/2023 12:53:17 PM

I ശരിയായ ഉത്തരം തെരഞ്ഞെടുക്കുക

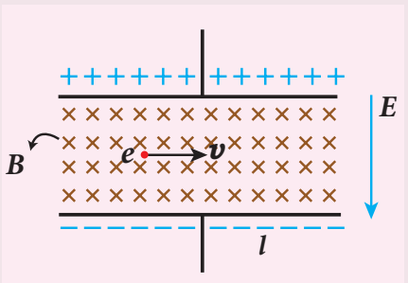
1. താഴെകൊടുത്തിരിക്കുന്നവൈദ്യുത വലയത്തിൽ മധ്യം O യിലുള്ള കാന്തികമണ്ഡലം



(a) $\frac{\mu_0 I}{4r}\otimes$ (b) $\frac{\mu_0 I}{4r}\odot$

(c) $\frac{\mu_0 I}{2r}\otimes$ (d) $\frac{\mu_0 I}{2r}\odot$

2. ഏകീകൃത ചാർജ്ജ് സാന്ദ്രത σ യുള്ള ഒരു സമാന്തര പ്ലേറ്റ് കപ്പാസിറ്ററിനുള്ളിൽ ഒരു ഇലക്ട്രോൺ നേർ രേഖയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. കപ്പാസിറ്റുകളുടെ പ്ലേറ്റുകൾ ഒരു സ്ഥിരപ്രേരിത കാന്തിക മണ്ഡലം ($\vec{B}$) യിൽ വയ്ക്കപ്പെടുമ്പോൾ ഇലക്ട്രോണുകൾ വ്യതിചലിക്കാതെ അതിനുള്ളിൽ കടക്കാൻ എടുക്കുന്ന സമയം



(a) $\varepsilon_0 \frac{elB}{\sigma}$ (b) $\varepsilon_0 \frac{lB}{\sigma l}$

(c) $\varepsilon_0 \frac{lB}{e\sigma}$ (d) $\varepsilon_0 \frac{lB}{\sigma}$

3. മാസ് m ഉം ചാർജ്ജ് q വും ഉള്ള ഒരു കണിക പൊട്ടൻഷ്യൽവ്യത്യാസം V യിൽത്വരിതപ്പെടുന്നു. ഇതിനെ ലംബമായ കാന്തികമണ്ഡലത്തിൽ വയ്ക്കുമ്പോൾ അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം കണ്ടു പിടിക്കുക.

(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 സെ.മീ ആരവും 50 തിരിവുകളുമുള്ള ഒരു വൃത്താകൃതിയിലുള്ള കമ്പിച്ചുരുൾ 3 ആമ്പിയർ വൈദ്യുതിയെ വഹിക്കുന്നു. കാന്തിക ദ്വിധ്രുവ ചലനം (ഡൈപോൾ മൊമെന്റ്) ഏകദേശം

(a) 1.0 A m² (b) 1.2 A m²

(c) 0.5 A m² (d) 0.8 A m²

5. ഒരു നേരിയഇൻസുലേഷൻചെയ്യപ്പെട്ടകമ്പിയാൽ രൂപം കൊണ്ട ഒരു സമതല ചുരുളിന്റെ ഞെരുക്കമായികാണുന്നതിരിവുകളുടെഎണ്ണം$N=100$ഉം, ഇത് വഹിക്കുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹം $I=8$ m A (മില്ലി ആമ്പിയർ) ഉം ആകുന്നു. തിരിവുകൾക്ക് അകത്തും പുറത്തും ഉള്ള ആരങ്ങൾ യഥാക്രമം $a=50$ മി.മീ, $b=100$ മി.മീ ആകുന്നു. ചുരുളിന്റെ മധ്യത്തിലുള്ള കാന്തിക ഇൻഡക്ഷൻ എന്നത്

(a) 5 μT (b) 7 μT

(c) 8 μT (d) 10 μT

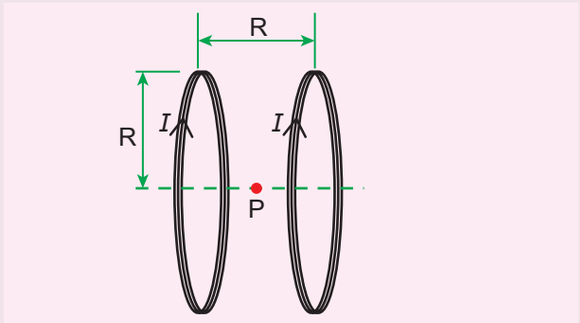
6. സമമായ നീളമുള്ള മൂന്ന് കമ്പികളെ ഒരു വലയത്തിന്റെ രൂപത്തതിൽ വളച്ചു വച്ചിരിക്കുന്നു. വലയങ്ങളിൽ ഒന്ന് വൃത്തവും, മറ്റൊന്നു അർദ്ധ വൃത്തവും, മൂന്നാമത്തേത് സമചതുരവുമാണ്. ഇവയെ ഒരു ഏകീകൃത കാന്തിക മണ്ഡലത്തിൽ വയ്ക്കുകയും, ഇവയിലൂടെ സമ വൈദ്യുത പ്രവാഹം കടത്തിവിടുകയും ചെയ്യുന്നു. താഴെകൊടുത്തിരിക്കുന്ന ഏതു വലയഘടനയാണ് ഏറ്റവും വലിയ ആഘൂർണ്ണം ഉണ്ടാക്കുന്നത് ?

(a) വൃത്തം (b) അർദ്ധവൃത്തം

(c) സമചതുരം (d) ഇവയെല്ലാം

7. തിരിവുകളുടെ എണ്ണം N ഉം ആരം R ഉം ഉള്ള രണ്ടു ഒരുപോലുള്ളകമ്പിച്ചുരുളുകൾRദൂരത്തിൽ ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ വച്ചിരിക്കുന്നു. വലയത്തിന്റെ ഒരേ ദിശയിൽ വൈദ്യുത പ്രവാഹം I കടന്നുപോകുകയാണെങ്കിൽ, ഓരോ കമ്പിച്ചുരുളിനും $R/2$ ദൂരത്തിലുള്ള പുള്ളി P യിലെ കാന്തികമണ്ഡലം എന്നത്

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 189 2/15/2023 12:53:22 PM



(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) $\frac{4N\mu_{\circ}I}{\sqrt{5}R}$

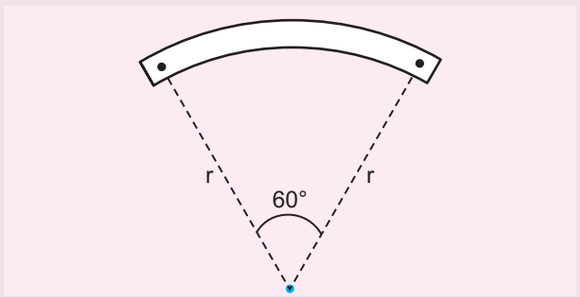
8. l നീളമുള്ള കമ്പി വഴി Y ദിശയിൽ വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്നു. ഈ കമ്പിയെ $\vec{B}=\frac{\beta}{\sqrt{3}}(\hat{i}+\hat{j}+\hat{k})T$. എന്നകാന്തികമണ്ഡലത്തിൽ വയ്ക്കുമ്പോൾ ആ കമ്പിയുടെ മേൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ലോറൻസ് ബലത്തിന്റെ അളവ് എന്താണ്.

(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 നീളവും p_m കാന്തിക മൊമെന്റും ഉള്ള ഒരു ചട്ട കാന്തം ആർക്കിന്റെ രൂപത്തിൽ ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ വളച്ചു വച്ചിരിക്കുന്നു. എന്നാൽ പുതിയ കാന്തിക ദ്വിധ്രുവ ചലനം (കാന്തിക ഡൈപോൾ മൊമെന്റ്) കണക്കാക്കുക.

(NEET 2013)



(a) p_m (b) $\frac{3}{\pi}p_m$

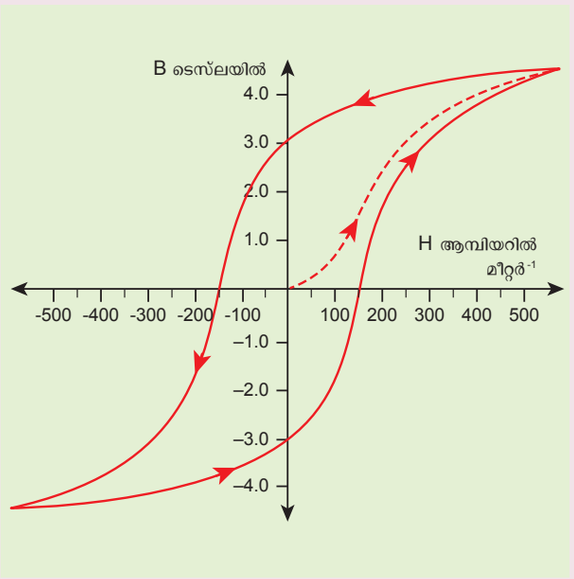
(c) $\frac{2}{\pi}p_m$ (d) $\frac{1}{2}p_m$

10. ചാർജ്ജ് q, ദ്രവ്യമാനം m ആരം r ഉള്ള ഒരു ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെട്ട കുചാലക വളയം, സ്ഥിരമായ വർത്തുള വേഗത ω. യോടുകൂടി അതിന്റെ അക്ഷത്തിൽ ചുറ്റുന്നു. ഇതിൽ, കാന്തിക മൊമെന്റിനും വർത്തുള ആവേഗത്തിനും തമ്മിലുള്ള അനുപാതം കണ്ടുപിടിക്കുക.

(a) $\frac{q}{m}$ (b) $\frac{2q}{m}$

(c) $\frac{q}{2m}$ (d) $\frac{q}{4m}$

11. ഒരു ഫെറോ കാന്തിക പദാർത്ഥത്തിന്റെ BH കർവ് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. 1000 തിരിവുകൾ/സെ.മീ അടങ്ങിയ ഒരു നീളമുള്ള സോളിനോയിഡിനുള്ളിലാണ് ഈ പദാർത്ഥത്തെ വച്ചിരിക്കുന്നത്. ഫെറോ കാന്തിക പദാർത്ഥത്തിന്റെ ഗുണങ്ങളെമുഴുവനായനീക്കുന്നതിനായിസോളിനോയിഡു വഴി കടത്തിവിടേണ്ട വൈദ്യുത പ്രവാഹം എന്താണ്.



(a) 1.00 m A (b) 1.25 mA

(c) 1.50 mA (d) 1.75 mA

12. രണ്ടു ചെറിയ ചട്ടകാന്തങ്ങളുടെ കാന്തിക മൊമെന്റുകൾ യഥാക്രമം $1.20\ Am^2$, $1.00\ Am^2$ ആകുന്നു. ഇവയുടെ ഉത്തരധ്രുവം തെക്കുദിശയിൽ

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 190 2/15/2023 12:53:27 PM

വരുന്ന രീതിയിൽ പരസ്പരം സമാന്തരമായി ഒരു തിരശ്ചീന മേശമേൽ വച്ചിരിക്കുന്നു. ഇവയ്ക്ക് പൊതുവായ കാന്തിക മധ്യരേഖ കാണുന്നു. ഇവയെ 20.0 സെ.മീ ദൂരത്തിൽ വേർതിരിച്ചു വച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ രണ്ടു കാന്തിക മധ്യങ്ങളെയും ചേർക്കുന്നവരിയുടെ മധ്യം O എന്ന പുള്ളിയിൽ ഏർപ്പെടുന്ന തിരശ്ചീന കാന്തിക ഇൻഡക്ഷൻ എന്താണ്. (ഭൂമിയുടെ തിരശ്ചീന കാന്തിക ഇൻഡക്ഷന്റെ തിരശ്ചീന ഘടകം 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. ഒരു സ്ഥലത്തെ ഭൂമിയുടെ കാന്തികമണ്ഡലത്തിന്റെ ലംബഘടകവും തിരശ്ചീന ഘടകവും സമമാകുന്നു. ഈ സ്ഥലത്തെ ചരിവു കോണിന്റെ വില എന്താണ്?

(a) **30°** (b) 45°

(c) **60°** (d) 90°

14. R വ്യാസാർദ്ധമുള്ള ഒരു കുചാലക ഡിസ്ക് അതിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ അധിക ചാർജ്ജ് വഹിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ ഉപരിതല ചാർജ്ജ് സാന്ദ്രത σ. ആണ് ഡിസ്കിന്റെ തലത്തിന് ലംബമായ അക്ഷത്തിനനുസരിച്ച് ω. എന്ന വർത്തുള ആവേഗത്തോടു കൂടി ഇതു ചുറ്റുന്നു. ചുറ്റുന്ന അക്ഷത്തിനു ലംബമായ ദിശയിൽ പ്രവർക്കുന്ന B ശക്തിയുള്ള ഏകീകൃത കാന്തികമണ്ഡലത്തിൽ ഡിസ്ക് വയ്ക്കുകയാണെങ്കിൽ, ഡിസ്കിനു പുറത്ത് ഉണ്ടാകുന്ന ടോർക്കിന്റെ അളവ് കണ്ടുപിടിക്കുക

(a) $\frac{1}{4}\sigma\omega\pi BR$ (b) $\frac{1}{2}\sigma\omega\pi BR^2$

(c) $\frac{1}{4}\sigma\omega\pi BR^3$ (d) $\frac{1}{4}\sigma\omega\pi BR^4$

15. ദ്വിധ്രുവ മൊമന്റ് $\vec{p}_m = (-0.5\hat{i} + 0.4\hat{j})$ Am^2 ഉള്ള ഒരു കാന്തിക ദ്വിധ്രുവം ഏകീകൃത കാന്തിക മണ്ഡലം $\vec{B} = 0.2\,\hat{i}\,T$ ത്തിൽ വയ്ക്കുകയാണെങ്കിൽ ഉണ്ടാകുന്ന സ്ഥിതികോർജ്ജം എന്തായിരിക്കും

(a) –0.1 J (b) –0.8 J

(c) 0.1 J (d) 0.8 J

ഉത്തരങ്ങൾ

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 ചുരുക്കി ഉത്തരമെഴുതുക:

1. കാന്തിക മണ്ഡലം എന്നാൽ എന്ത്?

2. കാന്തിക ഫ്ളക്സ് നിർവ്വചിക്കുക.

3. കാന്തിക ദ്വിധ്രുവ ചലനം നിർവ്വചിക്കുക.

4. കൂളുംബിന്റെ വിപരീത നിയമം നിർവ്വചിക്കുക.

5. കാന്തിക സസെപ്റ്റിബിലിറ്റി എന്താണ്?

6. ബയോട്ട് സവാർട്ട് നിയമം നിർവചിക്കുക.

7. കാന്തിക സംവേകേത്വം എന്താണ്?

8. ആമ്പിയറിന്റെ സർക്ക്യൂട്ടൽ നിയമം നിർവ്വചിക്കുക.

9. ഡയാ, പാരാ, ഫെറോ കാന്തികത താരതമ്യം ചെയ്യുക.

10. ഹിസ്റ്ററിസസ് എന്നാൽ എന്ത്?

11. കാന്തിക തകർച്ച, (നിരസിക്കൽ) ചായ്വ് എന്നിവ നിർവ്വചിക്കുക.

12. സൈക്ലോട്രോണിന്റെ അനുരക്ത അവസ്ഥ നിർവ്വചിക്കുക?

13. ആംപിയർ നിർവ്വചിക്കുക.

14. ഫ്ളെമിങ്ങിന്റെ ഇടതു കൈനിയമം നിർവ്വചിക്കുക.

15. ഒരു സർക്യൂട്ടിൽ അമ്മീറ്ററിനെ ശ്രേണിരീതിയിലാണോ സമാന്തര രീതിയിലാണോ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നത് എന്തുകൊണ്ട്?

16. പ്രവേഗ സെലക്ടർ എന്ന ആശയത്തെ വിശദീകരിക്കുക.

17. വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട കണികകളുടെ പ്രവേഗം കാന്തിക മണ്ഡലത്തിന് ലംബമല്ലാതിരിക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ പാത വൃത്തമല്ല എന്തുകൊണ്ട്?

18. ഡയാ, പാരാ, ഫെറോ തുടങ്ങിയ കാന്തിക പദാർത്ഥങ്ങളുടെ സവിശേഷത വിവരിക്കുക.

19. ബാഹ്യ കാന്തികമണ്ഡലത്തിന്റെ സാന്നിധ്യത്തിൽ ഫെറോ കാന്തികപദാർത്ഥത്തിന്റെ ഡൊമൈൻ എന്ത് സംഭവിക്കുന്നു?

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 191 2/15/2023 12:53:29 PM

20. ഒരു ഗാൽവനോമീറ്ററെ എങ്ങനെ അമീറ്ററും വോൾട്ടീമീറ്ററുമായി മാറ്റാം?

III വിവരിച്ച് ഉത്തരമെഴുതുക

1. ഭൂമിയുടെ കാന്തികമണ്ഡലത്തെ കുറിച്ച് വിശദമായി എഴുതുക.

2. വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന അനന്തമായ നീളമുള്ള നേരായ ചാലകം കാരണംഒരു പുള്ളിയിൽ ഉണ്ടാകുന്ന കാന്തിക മണ്ഡലത്തിന്റെ ബന്ധം കണ്ടുപിടിക്കുക.

3. വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന വൃത്താകൃതിയിലുള്ള കമ്പിച്ചുരുളിന്റെ അച്ചുതണ്ടിലെ ഒരു പുള്ളിയിൽ ഉള്ള കാന്തിക മണ്ഡലത്തിന്റെ ബന്ധം കണ്ടുപിടിക്കുക.

4. ഒരു ഏകീകൃത കാന്തികമണ്ഡലത്തിൽ ഒരു കാന്തിക സൂചിയാൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ടോർക്ക് കണ്ടുപിടിക്കുക.

5. ഒരു ബാർ കാന്തത്തിന്റെ അക്ഷരേഖയിലുള്ള ഒരു പുള്ളിയിലെ കാന്തികമണ്ഡലം കണ്ടുപിടിക്കുക.

6. ഒരു ബാർ കാന്തത്തിന്റെ മധ്യരേഖയിലുള്ള ഒരു പുള്ളിയിലെ കാന്തികമണ്ഡലം കണ്ടുപിടിക്കുക.

7. ആമ്പിയറിന്റെ സർക്യൂട്ടൽ നിയമം ഉപയോഗിച്ച് നീളമുള്ള നേരായ ചാലകം കാരണം ഉണ്ടാകുന്ന കാന്തിക മണ്ഡലം കണ്ടുപിടിക്കുക.

8. സൈക്ലോട്രോണിന്റെ പ്രവർത്തനത്തെക്കുറിച്ച് വിശദമായി ചർച്ച ചെയ്യുക.

9. ടാൻജന്റ് നിയമം എന്നാൽ എന്ത്? വിശദമായി ചർച്ച ചെയ്യുക.

10. കാന്തിക മണ്ഡലത്തിലുള്ള വൈദ്യുതി വഹിക്കുന്ന കമ്പിച്ചുരുളിൽ ഏർപ്പെടുന്ന ടോർക്കിന്റെ സമവാക്യം കണ്ടുപിടിക്കുക.

11. ഗാൽവനോമീറ്ററിനെ അമീറ്ററായും വോൾട്ട് മീറ്ററായും പരിവർത്തനം ചെയ്യുന്നതിനെ കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കുക.

12. ആമ്പിയറിന്റെ സർക്യൂട്ടൽ നിയമം ഉപയോഗിച്ച് നീളമുള്ള സോളിനോയിഡിന്റെ അകത്തും പുറത്തുമുള്ള കാന്തികമണ്ഡലം കണ്ടുപിടിക്കുക.

13. രണ്ടു സമാന്തര, വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന ചാലകങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള ബലത്തിന്റെ സമവാക്യം കണക്കാക്കുക.

14. കാന്തിക ലോറൻസ് ബലത്തെക്കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കുക.

15. മൃദുലവും, കഠിനവുമായ ഫെറോ കാന്തിക പദാർത്ഥങ്ങളുടെ സവിശേഷതകൾ താരതമ്യം ചെയ്യുക.

16. കാന്തിക മണ്ഡലത്തിലുള്ള വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന ചാലകത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ബലത്തിന്റെ സമവാക്യം കണ്ടുപിടിക്കുക.

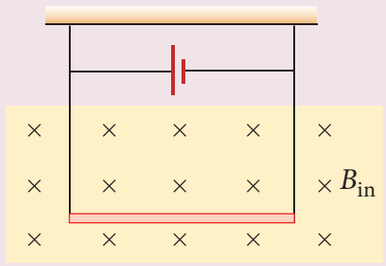
17. ചലിക്കുന്ന ചുരുൾ ഗാൽവനോമീറ്ററിന്റെ തത്വവും പ്രവർത്തനവും വിവരിക്കുക

IV. സംഖ്യാപ്രശ്നങ്ങൾ

1. ഒരു കാന്തിക മൊമന്റ് $\vec{p}_m$ ഉള്ള ഒരു ബാർ കാന്തത്തെ 4 കഷ്ണങ്ങളായി മുറിയ്ക്കുന്നു. അതായത് ആദ്യം കാന്തത്തിന്റെ അക്ഷത്തിനനുസരിച്ച് രണ്ടു കഷ്ണങ്ങളായും പിന്നീട് ഓരോ കഷ്ണവും വീണ്ടും രണ്ടു കഷ്ണങ്ങളായും മുറിയ്ക്കുന്നു. ഓരോ കഷ്ണത്തിന്റെയും കാന്തികമൊമന്റ് കണ്ടുപിടിക്കുക.

ഉത്തരം $\vec{p}_{m_{\text{പുതിയ}}} = \frac{1}{4}\vec{p}_m$

2. രേഖീയ മാസ് സാന്ദ്രത $0.2\ \text{g m}^{-1}$ ഉള്ള ഒരു ചാലകത്തെ ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ രണ്ടു വഴക്കമുള്ള കമ്പികളാൽ തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്നു. പേജിനുള്ളിലേയ്ക്ക് പോകുന്ന ദിശയിൽ IT ഉള്ള കാന്തികമണ്ഡലത്തിൽ ഇതിനെ വയ്ക്കുമ്പോൾ ചാലകം തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്ന കമ്പികളുടെ വലിവുബലം പൂജ്യം ആകുന്നു. ചാലകത്തിനുള്ളിലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹവും അതോടൊപ്പം വൈദ്യുത പ്രവാഹ ദിശയും കണക്കാക്കുക (ഇവിടെ $g = 10\ \text{m s}^{-2}$



ഉത്തരം 2 mA

3. ഛേദതല വിസ്തീർണ്ണം 0.1 സെ.മീ^{2} ഉള്ള വൃത്താകൃതിയിലുള്ള കമ്പിച്ചുരുൾ ഒരു ഏകീകൃത കാന്തിക മണ്ഡലം 0.2 T ൽ വയ്ക്കുന്നു. കമ്പിച്ചുരുൾ വഴി പോകുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹം 3A ഉം വലയത്തിന്റെ തലം കാന്തികമണ്ഡല ദിശയ്ക്ക് ലംബമായും ഇരുന്നാൽ താഴെ പറയുന്നവ കണ്ടുപിടിക്കുക

(a) കമ്പിച്ചുരുളിന്റെ മൊത്ത ആഘൂർണ്ണം

(b) കമ്പിച്ചുരുളിന്റെ മൊത്തം ബലം

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 192 2/15/2023 12:53:30 PM

(c) കാന്തിക മണ്ഡലത്താൽ കമ്പിച്ചുരുളിലെ ഓരോ ഇലക്ട്രോണിനു പുറത്തും ഉള്ള ശരാശരി ബലം (കമ്പിയുടെ സ്വതന്ത്ര്യ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ സാന്ദ്രത 10^{28} മീ$^{-3}$) ആകുന്നു.

ഉത്തരം (a) 0 (b) 0 (c) 0.6 x 10^{-23} N

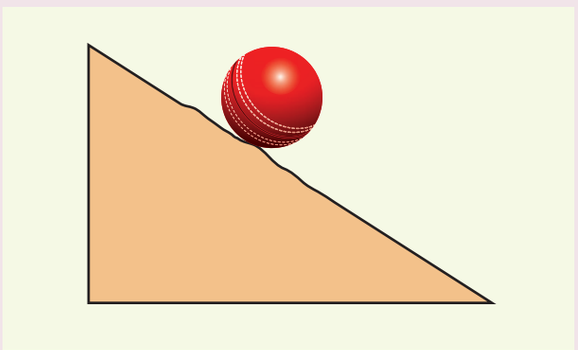
4. 0.8 T. ഉള്ള ഏകീകൃത കാന്തിക മണ്ഡലത്തിൽ ഒരു ബാർ കാന്തം വച്ചിരിക്കുന്നു. ബാർ കാന്തം ബാഹ്യ മണ്ഡലത്തോടുകൂടി 30° കോണിൽ ക്രമീകരിക്കുമ്പോൾ അനുഭവപ്പെടുന്ന ടോർക്ക് 0.2 Nm ആകുന്നു. താഴെ പറയുന്നവ കണ്ടുപിടിക്കുക.

(i) കാന്തത്തിന്റെ കാന്തിക മൊമന്റ്

(ii) ഒരു കാന്തിക മണ്ഡലത്തിൽ ഏറ്റവും സ്ഥിരതയുള്ള ക്രമീകരണത്തിൽ നിന്നും അസ്ഥിര ക്രമീകരണത്തിലേയ്ക്ക് ഒരു ബാർ കാന്തത്തെ ചലിപ്പിക്കുന്നതിനാൽ ചെയ്യപ്പെടുന്നജോലിയും, കൊടുക്കപ്പെടും കാന്തിക മണ്ഡലത്താൽ ചെയ്യപ്പെടുന്ന ജോലിയും കണ്ടുപിടിക്കുക.

ഉത്തരം (i) 0.5 A m^2 (ii) W = 0.8 J ഉം $W_{\text{കാന്തിക മണ്ഡലത്തിൽ}}$ = -0.8 J

5. ഒരു കുചാലകഗോളത്തിന്റെ മാസ് 100 ഉം, 20 സെ.മീ. ഉം ആകുന്നു. ഇതിനെ ചുറ്റി 5 തിരിവുകളുള്ള ഒരു ഫ്ളാറ്റ് കോംപാക്റ്റ് കമ്പിച്ചുരുൾ കാണുന്നു ഓരോ തിരിവുകളും ഗോളവുമായി കേന്ദ്രീകൃതമാണ്. കമ്പിച്ചുരുളിന്റെ തളം ചരിഞ്ഞ തളത്തിനു സമാന്തരമായി ഇരിക്കും വിധം ഗോളം ചരിഞ്ഞ തളത്തിൽ വച്ചിരിക്കുന്നു. 5 തീവ്രതയുള്ള ഏകീകൃത കാന്തികമണ്ഡലം ലംബമായി മുകൾദിശയിൽ നിലനിൽക്കുന്നു. ഗോളം സമ നിലയിൽ നിൽക്കുന്നതിനാവശ്യമായുള്ള വൈദ്യുത പ്രവാഹം I കണ്ടുപിടിക്കുക. ഉത്തരം $\frac{2}{\pi}A$



6. 1.5 A വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന ഒരു സമചതുര വലത്തിന്റെ മധ്യത്തിലുള്ള കാന്തിക മണ്ഡലം കണ്ടു പിടിക്കുക. സമചതുരത്തിന്റെ ഓരോ ഭാഗത്തെയും നീളം 50സെ.മീ ആകുന്നു.

ഉത്തരം 3.4 x 10^{-6} T

പരാമർശ ഗ്രന്ഥങ്ങൾ

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.

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 193 2/15/2023 12:53:30 PM

ICT കോർണർ

കാന്തികത

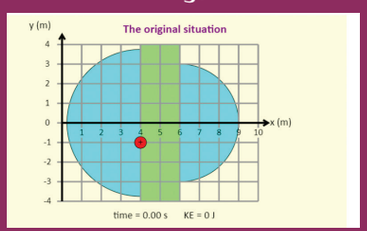
ഈ പ്രവർത്തനത്തിൽ നിന്നും വിദ്യാർത്ഥികൾ സൈക്ലോട്രോണിന്റെ നിർമ്മിതിയും പ്രവർത്തനവും മനസ്സിലാക്കുന്നു

വിഷയം: സൈക്ലോട്രോൺ

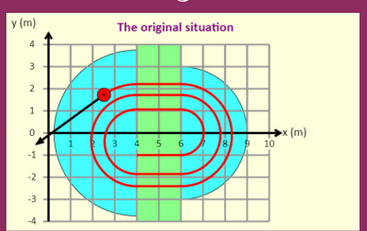
ഘട്ടങ്ങൾ:

- 'physics.bu.edu/~duffy/HTML5/cyclotron.html' എന്ന ലിങ്കിൽ പോകുക.
- പ്ലേ ക്ലിക്ക് ചെയ്ത് D-ആകൃതിയിലുള്ള വിഭാഗങ്ങൾക്കിടയിൽ പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജ് ചെയ്ത കണിക വിടുക.
- D-ആകൃതിയിലുള്ള വിഭാഗങ്ങൾക്കിടയിൽ പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജ് ചെയ്ത കണികയുടെ പാത ഉറ്റുനോക്കുക.
- കുറച്ചു സമയത്തിനുശേഷം (t = 20 s) എന്നു കരുതിയാൽ കണികയുടെ ഗതികോർജ്ജം കുറിയ്ക്കുക

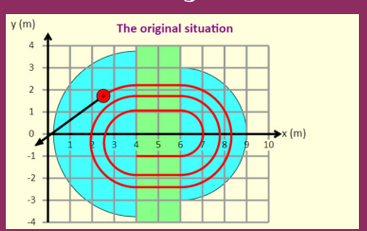
ഘട്ടം1



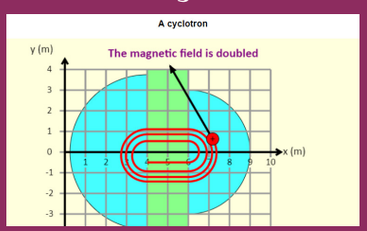
ഘട്ടം1



ഘട്ടം1



ഘട്ടം1



ഒരു കുറിപ്പിട്ട നേരത്തിൽ കാന്തികമണ്ഡലത്തേയും, വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തേയും രണ്ടുമടങ്ങാക്കുമ്പോൾ ഗതികോർജ്ജം എങ്ങനെ മാറുന്നുവെന്ന് കണ്ടറിയുക

URL:

http://physics.bu.edu/~duffy/HTML5/cyclotron.html

* ചിത്രങ്ങൾ അടയാളത്തിനു മാത്രം.

* ആവശ്യമെങ്കിൽ ഫ്ളാഷ് പ്ലേയർ അല്ലെങ്കിൽ ജാവാ സ്ക്രിപ്റ്റ് അനുവദിക്കുക.

SN3ZA

MAL_UNIT-3(XII-Physics_Vol-1).indd 194 2/15/2023 12:53:32 PM

അദ്ധ്യായം

4

വൈദ്യുത കാന്തിക പ്രേരണവും പ്രത്യാവർത്തി ധാരാ വൈദ്യുതിയും

"പ്രകൃതി നൽകുന്ന മുന്നറിയിപ്പുകളും ദർശനങ്ങളും യഥാവിധി സ്വീകരിച്ചാൽ ശാസ്ത്ര പരീക്ഷണങ്ങൾക്ക് ഉതകും വിധം പ്രകൃതി നമ്മുടെ പ്രിയ സുഹൃത്തും ഉത്തമ വഴികാട്ടിയും ആയിരിക്കും." — മൈക്കൽ ഫാരഡേ

പഠന ലക്ഷ്യങ്ങൾ

ഈ യൂണിറ്റിൽ, വിദ്യാർത്ഥികൾക്ക് തുറന്നുകാട്ടപ്പെടുന്നത്.

- വൈദ്യുതകാന്തിക പ്രേരണം എന്ന പ്രതിഭാസം
- ലെൻസ് നിയമപ്രകാരം പ്രേരിത ഇ.എം.എഫിന്റെ ദിശ കണ്ടുപിടിക്കൽ.
- ചുഴലിധാരയും അതിന്റെ ഉപയോഗങ്ങളും എന്ന ആശയം
- സ്വയം പ്രേരണം, പരസ്പര പ്രേരണം എന്നീ പ്രതിഭാസങ്ങൾ
- പ്രേരിത ഇ.എം.എഫ് ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നതിനുള്ള വ്യത്യസ്ത മാർഗ്ഗങ്ങൾ
- എ.സി ജനറേറ്ററിന്റെ നിർമ്മാണവും പ്രവർത്തനവും
- പരിണാമിത്രത്തിന്റെ തത്വവും ദീർഘദൂര പവർ വിനിമയത്തിൽ ഇതിന്റെ പങ്കും
- പ്രത്യാവർത്തി ധാരാ വൈദ്യുതിയുടെ റൂട്ട്മീൻ സ്കയർ സമ്പ്രദായം എന്ന ആശയം
- വ്യത്യസ്ത എ.സി പരിപഥത്തിലെ ഫേസറുകളും ഫേസ് ബന്ധങ്ങളുടേയും ആശയം
- എ.സി പരിപഥത്തിലെ ഊർജ്ജ ശക്തിയെ കുറിച്ചുള്ള ഉൾക്കാഴ്ചയും വാട്ട്ലെസ്സ് കറന്റും
- എൽ.സി ഓസിലേഷനുകളിലെ ഊർജ്ജ സംരക്ഷണത്തെ കുറിച്ച് ഗ്രഹിക്കുക

4.1 വൈദ്യുത കാന്തിക പ്രേരണം

4.1.1 ആമുഖം

മുമ്പത്തെ അധ്യായത്തിൽ, ഞങ്ങൾ പഠിച്ചത് എന്തെന്നാൽ, ഒരു ചാലകത്തിലൂടെ ഒരു വൈദ്യുതി പ്രവാഹിക്കുമ്പോഴെല്ലാം അത്, അതിനുചുറ്റും ഒരു കാന്തിക മണ്ഡലം ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു എന്നാണ്. ഇത് കണ്ടെത്തിയത് ക്രിസ്റ്റ്യൻ ഓർസ്റ്റെഡ് ആകുന്നു. പിന്നീട്, ആമ്പിയർ തെളിയിച്ചു കറന്റ് വഹിക്കുന്ന വളയം ദണ്ഡ കാന്തം പോലെ പ്രവർത്തിക്കുന്നു എന്ന്. ഇതാണ് വൈദ്യുത പ്രവാഹം സൃഷ്ടിക്കുന്ന കാന്തിക പ്രഭാവം.

ഭൗതികശാസ്ത്രജ്ഞർ പിന്നീട് എതിർ പ്രഭാവത്തെക്കുറിച്ച് ചിന്തിക്കാൻ തുടങ്ങി. കാന്തിക ഫീൽഡിന്റെ സഹായത്തോടെ വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന്റെ ഉൽപ്പാദനം സാധ്യമാണോ? എതിർ പ്രഭാവം സ്ഥാപിക്കുന്നതിനായി ഒരു കൂട്ടം പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തി. മിക്കവാറും ഒരേസമയത്തും, സ്വതന്ത്രവുമായിട്ടാണ് യുകെയുടെ മൈക്കൽ ഫാരഡെയും, യു.എസ്.എ.യുടെ ജോസഫ് ഹെൻറിയും, ഈ പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തിയത്. ഈ ശ്രമങ്ങൾ വിജയിക്കുകയും ഒപ്പം വൈദ്യുത കാന്തിക ഇൻഡക്ഷൻ എന്ന് വിളിക്കുന്ന പ്രതിഭാസത്തിന്റെ കണ്ടെത്തലിലേക്ക് നയിക്കുകയും ചെയ്തു. 1831-ൽ വൈദ്യുതകാന്തിക ഇൻഡക്ഷൻ കണ്ടെത്തലിന്റെ ബഹുമതി മൈക്കൽ ഫാരഡേയ്ക്ക് നൽകുകയും ചെയ്തു.

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 195 29-06-2022 14:51:47

ഈ അധ്യായത്തിൽ ഫാരഡെയുടെ ചില പരീക്ഷണങ്ങളും, പരിണിത ഫലങ്ങളും, വൈദ്യുത കാന്തിക ഇൻഡക്ഷൻ പ്രതിഭാസവും നമുക്ക് കുറച്ച് നോക്കാം. അതിനുമുമ്പ്, കാന്തിക പ്രവാഹം ഉപരിതല വിസ്തീർണ്ണവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു എന്ന ആശയം നമുക്ക് ഓർത്തെടുക്കാം.

ഒരു കഥ!

മൈക്കൽ ഫാരഡെ അദ്ദേഹത്തിന്റെ പ്രഭാഷണങ്ങൾക്കു വളരെയധികം ജനപ്രീതി നേടിയിരുന്നു. അദ്ദേഹത്തിന്റെ ഒരു പ്രഭാഷണത്തിൽ അദ്ദേഹം തന്റെ പരീക്ഷണങ്ങൾ പ്രദർശിപ്പിക്കുകയും അത്, അദ്ദേഹം വൈദ്യുത കാന്തിക പ്രേരണം കണ്ടെത്തുന്നതിന് നയിക്കുകയും ചെയ്തു.

പ്രഭാഷണത്തിന്റെ അവസാനം, സദസ്സിലെ ഒരു അംഗം അദ്ദേഹത്തെ സമീപിച്ചിട്ട് പറഞ്ഞു, മിസ്റ്റർ ഫാരഡെ, കാന്തത്തിന്റെ സ്വഭാവവും, കമ്പിച്ചുരുളുകളും രസകരമായിരുന്നു. പക്ഷേ എന്താണ് അതിന്റെ ഉപയോഗം? ഫാരഡെ മാന്യമായി മറുപടി പറഞ്ഞു. സർ, ഒരു നവജാത ശിശുവിന്റെ ഉപയോഗമെന്താണ്?

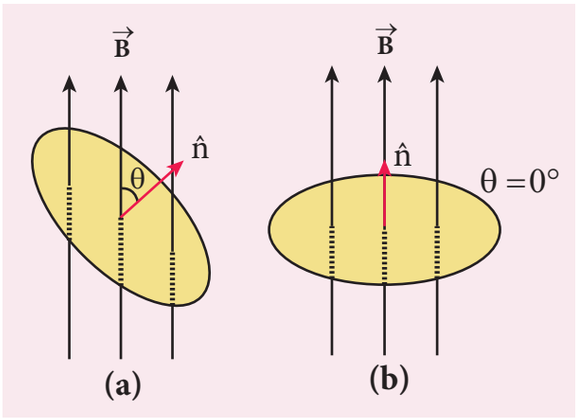
കുറിപ്പ്: ഊർജ്ജ ആവശ്യകത നിറവേറ്റാനുതകുന്ന പക്വതയുള്ള ഒന്നായി മാറും. ആ കൊച്ചുകുട്ടി എന്ന മഹത്വം നമ്മൾ ഉടൻ തന്നെ തിരിച്ചറിയും.

4.1.2 മാഗ്നെറ്റിക് ഫ്ളക്സ് (Φ_B)

A വിസ്തീർണ്ണമുള്ള ഒരു കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ ലംബമായി കടന്നു പോകുന്ന കാന്തികബല രേഖയുടെ എണ്ണമാണ് അവിടുത്തെ കാന്തിക ഫ്ളക്സ് Φ_B സമവാക്യം ഇപ്രകാരമാണ്. (ചിത്രം 4.1. (എ)).

$$\Phi_B = \int_A \vec{B}.\, d\vec{A} \qquad (4.1)$$

ഇവിടെ വിസ്തീർണ്ണം മുഴുവനായും ഇന്റഗ്രേറ്റ് ചെയ്യുക. θ എന്നത് കാന്തിക ക്ഷേത്ര ദിശക്കും വിസ്തീർണ്ണത്തിന്റെ പുറത്തേക്കുള്ള ലംബത്തിനും ഇടയ്ക്കുള്ള കോൺ ആകുന്നു.



ചിത്രം 4.1 മാഗ്നറ്റിക് ഫ്ളക്സ്

ചിത്രം 4.1.(ബി)ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ, കാന്തികക്ഷേത്രം $\vec{B}$, ഏരിയ A യ്ക്ക് ഏകതാനവും, പ്രദേശത്തിന് ലംബവുമാണ് (perpendicular) എങ്കിലും, മുകളിൽ പറഞ്ഞ സമവാക്യം ഇപ്രകാരം മാറുന്നു.

$$\Phi_B = \int_A \vec{B}.\, d\vec{A} = BA\cos\theta$$

$$= BA \quad \text{എന്തെന്നാൽ } \theta = 0°,\ \cos 0° = 1$$

മാഗ്നറ്റിക് ഫ്ളക്സിന്റെ എസ്ഐ യൂണിറ്റ് T m^2 ന് ആണ്. അത് വെബർ (weber) അല്ലെങ്കിൽ Wb യിലും അളക്കുന്നു.

$$1\ \text{Wb} = 1\ \text{T m}^2$$

ഉദാഹരണം 4.1

മധുരയിലെ ഒരു സ്ഥലത്ത് 3 m^2 വിസ്തീർണ്ണത്തിൽവൃത്താകൃതിയിലുള്ള ആന്റിന ഇൻസ്റ്റാൾ ചെയ്തു. ആ തലത്തിന്റെ (plane) ആന്റിനയുടെ വിസ്തീർണ്ണം ഭൂമിയുടെ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ ദിശയിൽ 47° ചരിഞ്ഞിരിക്കുന്നു. ആ സ്ഥലത്തെ ഭൂമിയുടെ കാന്തിക പ്രവാഹത്തിന്റെ വ്യാപ്തി 4.1×10^{-5} T ആണെങ്കിൽ, ആന്റിനയയിലെ അനുബന്ധിത കാന്തിക പ്രവാഹം കണ്ടെത്തുക.

പരിഹാരം

$B = 4.1 \times 10^{-5}$ T; $\theta = 90° - 47° = 43°$; $A = 3\text{m}^2$

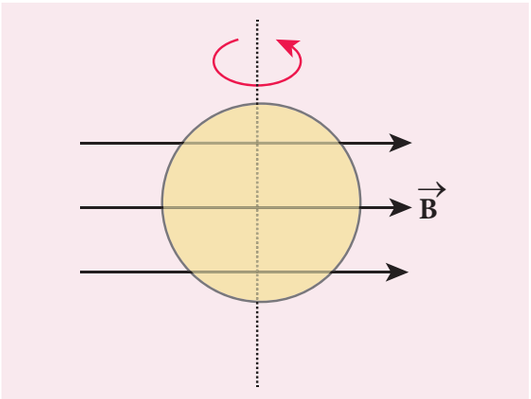
Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 196 29-06-2022 14:51:48

$\Phi_B = BA\cos\theta$ എന്ന് നമുക്കറിയാം

$$\Phi_B = 4.1 \times 10^{-5} \times 3 \times \cos 43^\circ$$
$$= 4.1 \times 10^{-5} \times 3 \times 0.7314$$
$$= 89.96\ \mu\text{Wb}$$

ഉദാഹരണം 4.2

വിസ്തീർണ്ണം $5\times10^{-2}\,m^2$ ഉള്ള വൃത്താകൃതിയിലുള്ള ലൂപ്പ് 0.2 T ഏകീകൃത കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ കറങ്ങുന്നു. ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ, കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന് ലംബമായിട്ട്, ലൂപ്പ് അതിന്റെ വ്യാസത്തെ ആധാരമാക്കി കറങ്ങുകയാണെയങ്കിൽ, ലൂപ്പുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന കാന്തിക ഫ്ളക്സ് കണ്ടെത്തുക, അതായത് തലം (i) ഫീൽഡിന് ലംബമായിരിക്കുമ്പോഴും (ii) ഫീൽഡിന് 60° ചരിഞ്ഞിരിക്കുമ്പോഴും (iii) ഫീൽഡിന് സമാന്തരവും ആയിരിക്കുമ്പോഴും



പരിഹാരം

$A = 5 \times 10^{-2}\,m^2$; $B = 0.2$ T

(i) $\theta = 0^\circ$;

$$\Phi_B = BA\cos\theta = 0.2\times5\times10^{-2}\times\cos0^\circ$$
$$\Phi_B = 1\times10^{-2}\,\text{Wb}$$

(ii) $\theta = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$;

$$\Phi_B = BA\cos\theta = 0.2\times5\times10^{-2}\times\cos30^\circ$$
$$\Phi_B = 1\times10^{-2}\times\frac{\sqrt{3}}{2} = 8.66\times10^{-3}\,\text{Wb}$$

(iii) $\theta = 90^\circ$;

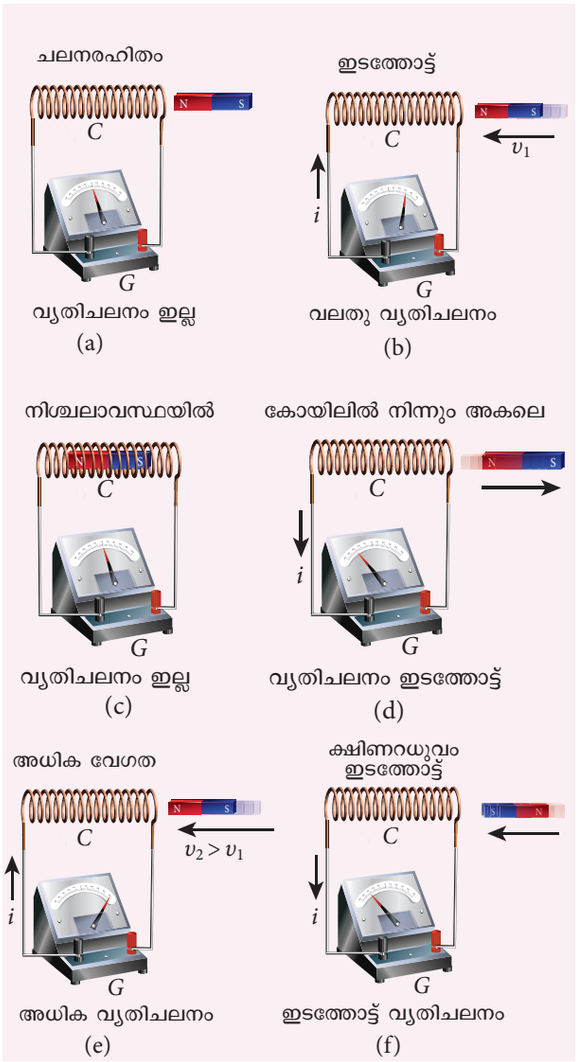
$$\Phi_B = BA\cos90^\circ = 0$$

4.1.3 വൈദ്യുതകാന്തിക പ്രേരണത്തെക്കുറിച്ചുള്ള ഫാരഡെയുടെ പരീക്ഷണങ്ങൾ

ആദ്യപരീക്ഷണം

ഇൻസുലേറ്റഡ് വയർ കോയിൽ C, ഗാൽവനോമീറ്റർ G എന്നിവ അടങ്ങിയ ഒരു അടച്ച പരിപഥം പരിഗണിക്കുക (ചിത്രം 4.2(എ)). സർക്യൂട്ടിൽ വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഇല്ലാത്തതിനാൽ ഗാൽവനോമീറ്റർ വ്യതിചലനത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്നില്ല.

സ്റ്റേഷണറി കോയിലിലേക്ക് ഒരു ബാർ മാഗ്നറ്റ് കടത്തുമ്പോൾ, അതിന്റെ ഉത്തരധ്രുവം കോയിലിന് അഭിമുഖമായിരിക്കുമ്പോൾ, ഒരു നിമിഷനേരത്തെ വ്യതിചലനം ഗാൽവനോമീറ്ററിൽ സംഭവിക്കുന്നു. കോയിലിൽ ഒരു ഇലക്ട്രിക് കറന്റിന്റെ സാനിദ്ധ്യത്തെ ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നു. (ചിത്രം 4.2(ബി)) കാന്തത്തിനെ കോയിലിനുള്ളിൽ നിശ്ചലമായി സൂക്ഷിക്കുകയാണെങ്കിൽ ഗാൽവനോമീറ്ററിൽ



ചിത്രം 4.2 ഫാരഡയുടെ ആദ്യ പരീക്ഷണം

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 197 29-06-2022 14:51:52

വ്യതിചലനം സൂചിപ്പിക്കുകയില്ല. (ചിത്രം 4.2.(സി)).

ബാർമാഗ്നറ്റിനെ ഇപ്പോൾ കോയിലിൽ നിന്ന് പിൻവലിക്കുക. ഗാൽവനോമീറ്ററിൽ വീണ്ടും ഒരു ക്ഷണികമായ വ്യതിചലനം ഉണ്ടാകുന്നു. പക്ഷേ വിപരീത ദിശയിലാണ്. അതിനാൽ വൈദ്യുത പ്രവാഹം വിപരീതദിശയിലേക്ക് പ്രവഹിക്കുന്നു (ചിത്രം.4.2.(ഡി)). ഇപ്പോൾ കാന്തത്തെ വേഗത്തിൽ ചലിക്കുകയാണെങ്കിൽ, സർക്യൂട്ടിലെ ഉയർന്ന വൈദ്യുതധാരകാരണം ഒരു വലിയ വ്യതിചലനം ഇതിൽ (ചിത്രം 4.2.(ഇ)) ഉണ്ടാകുന്നു

ദണ്ഡകാന്തത്തെ വിപരീതദിശയിലാക്കുക, അതായത്, ദക്ഷിണധ്രുവം ഇപ്പോൾ കോയിലിനെ അഭിമുഖീകരിക്കുന്നു. മുകളിൽ പറഞ്ഞ പരീക്ഷണം ആവർത്തിക്കുമ്പോൾ, ഉത്തരധ്രുവത്തിന്റെ കാര്യത്തിൽ ലഭിച്ചതിന് വിപരീതമായ വ്യതിചലനങ്ങൾ (ചിത്രം 4.2 (എഫ്)) ലഭിക്കുന്നു.

കാന്തം നിശ്ചലമായി സൂക്ഷിക്കുമ്പോഴും, കമ്പിച്ചുരുളിനെ ഉള്ളിലേക്കോ പുറത്തേക്കോ നീക്കുകയാണെങ്കിലും സമാന ഫലങ്ങൾ ലഭിക്കും. കോയിലും കാന്തവും തമ്മിൽ ആപേക്ഷിക ചലനം ഉണ്ടാകുമ്പോഴെല്ലാം ഗാൽവനോമീറ്ററിൽ വ്യതിചലനം ഉണ്ടാകുന്നു. കോയിലിലെ വൈദ്യുത കറന്റിന്റെ സാധ്യതയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നതാണ് ഈ ഗാൽവനോമീറ്ററിലെ വ്യതിചലനം എന്നു നമുക്ക് അനുമാനിക്കാം.

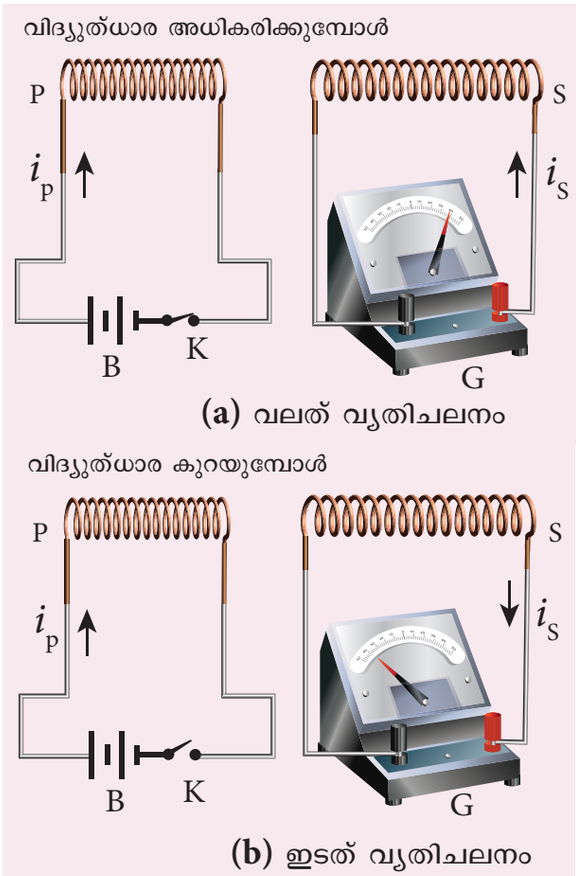
രണ്ടാമത്തെ പരീക്ഷണം

ചിത്രം 4.3(എ)ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ രണ്ട് അടച്ച പരിപഥങ്ങളെ പരിഗണിക്കുക. കോയിൽ പി, ബാറ്ററി ബി, കീ കെ എന്നിവ അടങ്ങിയ സർക്യൂട്ടിനെ പ്രാഥമിക സർക്യൂട്ട് എന്നും കോയിൽ എസ്, ഗാൽവനോമീറ്റർ ജി എന്നിവയുള്ള സർക്യൂട്ടിനെ സെക്കൻഡറി സർക്യൂട്ട് എന്നും വിളിക്കുന്നു. പി.എസ്. എന്നീ കോയിലുകൾ പരസ്പരം വളരെ അടുത്തു സ്ഥാപിക്കുക.

പ്രാഥമിക സർക്യൂട്ട് അടച്ചാൽ, പ്രാഥമിക സർക്യൂട്ടിൽ വൈദ്യുത പ്രവാഹം ആരംഭിക്കുന്നു. ആ സമയത്ത്, ഗാൽവനോമീറ്ററൽ ഒരു ക്ഷണികമായി വ്യതിചലനം സൃഷ്ടിക്കുന്നു. (ചിത്രം 4.3.(എ))

അതിനുശേഷം, വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഒരു നിശ്ചിത മൂല്യത്തിൽ എത്തുമ്പോൾ, ഗാൽവനോമീറ്ററിൽ ഒരു വ്യതിചലനവും കാണിക്കുന്നില്ല.

അതുപോലെ തന്നെ പ്രാഥമിക സർക്യൂട്ട് വിഛേദിച്ചാൽ വൈദ്യുത പ്രവാഹം കുറയാൻ തുടങ്ങുന്നു. പെട്ടെന്ന് ഒരു വ്യതിചലനം സംഭവിക്കുന്നു. പക്ഷേ അത് വിപരീത ദിശയിലാണ്. (ചിത്രം 4.3(ബി)) വൈദ്യുത പ്രവാഹം പൂജ്യമാകുമ്പോൾ ഗാൽവനോമീറ്റർ വ്യതിചലനം കാണിക്കുന്നില്ല.



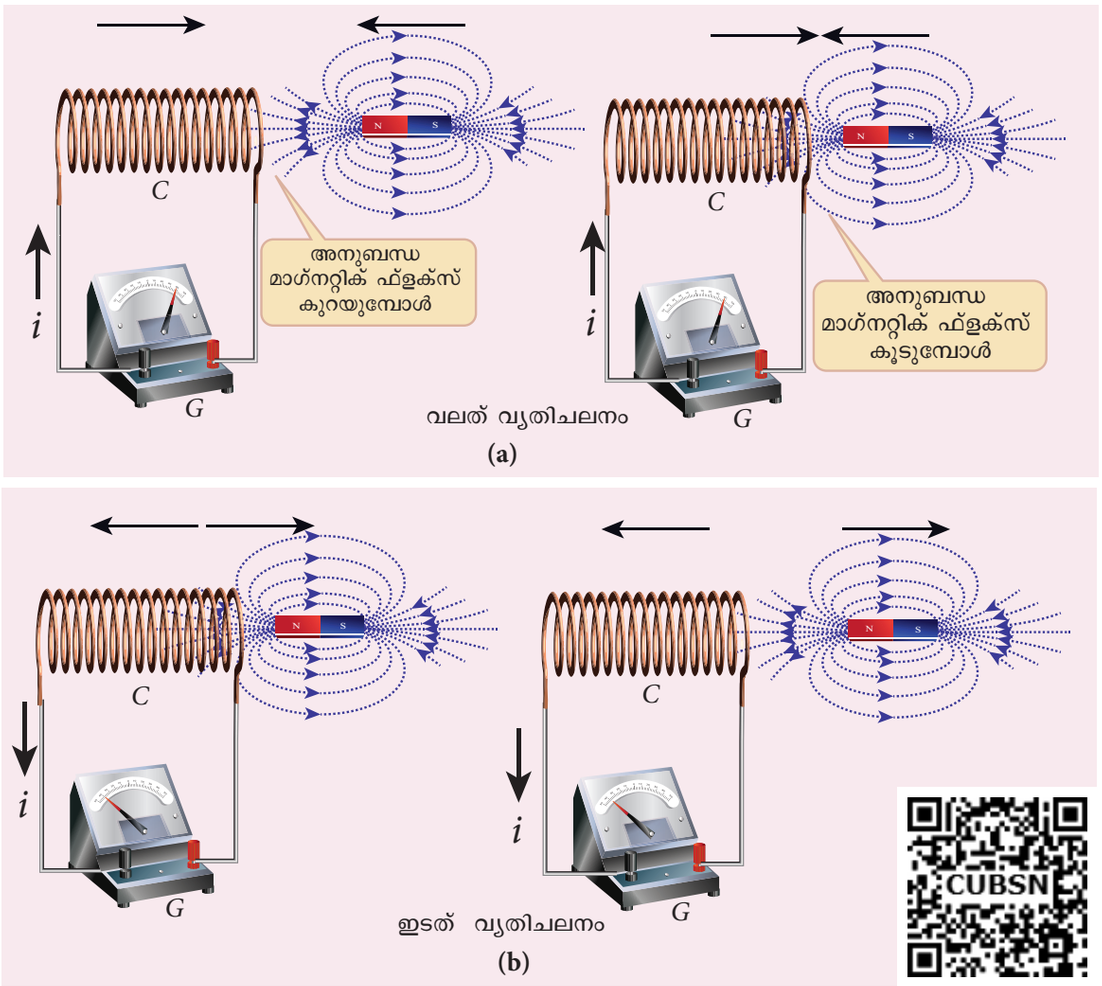
ചിത്രം 4.3 ഫാരഡെയുടെ രണ്ടാമത്തെ പരീക്ഷണം

മുകളിലുള്ള നിരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്ന്, പ്രാഥമിക സർക്യൂട്ടിലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹം മാറുമ്പോഴെല്ലാം ഗാൽവനോമീറ്റർ ഒരു വ്യതിചലനം കാണിക്കുന്നു എന്ന് നമുക്ക് സമാഹരിക്കാം.

ഫാരഡെയുടെ വൈദ്യുതകാന്തിക പ്രേരണ നിയമം

തന്റെ പരീക്ഷണഫലങ്ങളിൽ നിന്ന് ഒരു അടഞ്ഞ കമ്പിച്ചുരുളിനുള്ളിൽ കാന്തിക പ്രവാഹം മാറുമ്പോഴെല്ലാം ഒരു ഇലക്ട്രോ മോട്ടീവ് ഫോഴ്സ് (electromotive force) പ്രേരിപ്പിക്കപ്പെടുന്നുവെന്നും അതിനാൽ ഒരു വൈദ്യുത പ്രവാഹം സർക്യൂട്ടിൽ ഒഴുകുന്നുവെന്നും ഫാരഡെ മനസ്സിലാക്കി. ഈ വൈദ്യുതധാരയെ ഒരു പ്രേരിത വിദ്യുത്ധാര എന്നും അത്തരം വൈദ്യുതധാരയ്ക്ക് കാരണമാകുന്ന emf നെ പ്രേരിത emf എന്നും വിളിക്കുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസത്തെ വൈദ്യുത കാന്തിക പ്രേരണം എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 198 29-06-2022 14:51:53



ചിത്രം 4.4 ഫാരഡെയുടെ ആദ്യ പരീക്ഷണത്തിന്റെ വിശദീകരണം

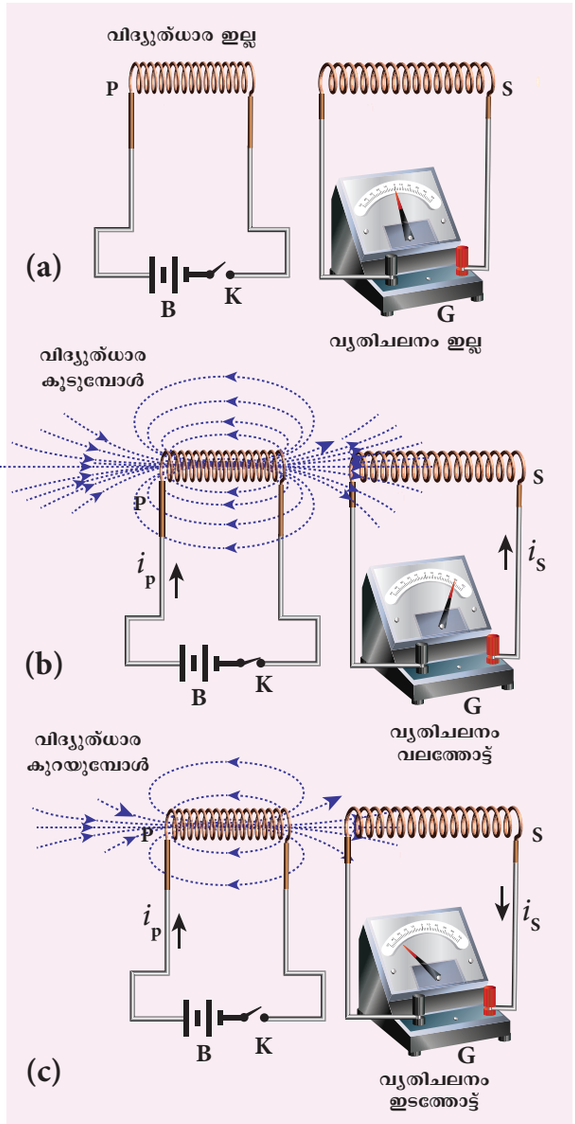
ഈ ആശയത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി, ഫാരഡെയുടെ പരീക്ഷണങ്ങൾ ഇനിപ്പറയുന്ന രീതിയിൽ മനസ്സിലാക്കുന്നു. ആദ്യ പരീക്ഷണത്തിൽ, ഒരു ദണ്ഡം കാന്തം ഒരു കോയിലിനടുത്ത് സ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ, ബാർ മാഗ്നറ്റിന്റെ ചില കാന്തികക്ഷേത്ര രേഖകൾ കോയിലിലൂടെ കടന്നുപോകുന്നു. അതായത്, കാന്തിക പ്രവാഹം കോയിലുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ബാർ മാഗ്നറ്റും കോയിലും പരസ്പരം അടുക്കുമ്പോൾ കോയിലുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന കാന്തിക പ്രവാഹം വർദ്ധിക്കുന്നു. അതിനാൽ കാന്തിക പ്രവാഹത്തിലെ (മാഗ്നറ്റിക് ഫ്ളെക്സിലെ) ഈ വർദ്ധനവ് ഒരു emf നെ പ്രേരിപ്പിക്കുന്നു. അതിനാൽ ഒരു ദിശയിൽ ഒരു ക്ഷണിക വൈദ്യുത പ്രവാഹം സർക്യൂട്ടിൽ പ്രവഹിക്കുന്നു. (ചിത്രം 4.4(a))

അതേസമയം, അവ പരസ്പരം അകത്തിവക്കുമ്പോൾ, കമ്പിച്ചുരുളിലെ അനുബന്ധ കാന്തിക പ്രഭാവം കുറയുന്നു. കാന്തിക പ്രവാഹത്തിലെ കുറവ്, ഇ.എം.എഫ്. നെ എതിർദിശയിലേക്ക് നയിക്കുന്നു. അതിനാൽ ഒരു വൈദ്യുത പ്രവാഹം വിപരീത ദിശയിലേക്ക് പ്രവഹിക്കുന്നു. (ചിത്രം 4.4(ബി)) അതിനാൽ കോയിലും കാന്തവും തമ്മിൽ ആപേക്ഷിക ചലനം ഉണ്ടാകുമ്പോഴെല്ലാം ഗാൽവനോമീറ്ററിൽ വ്യതിചലനം ഉണ്ടാകുന്നു.

രണ്ടാമത്തെ പരീക്ഷണത്തിൽ, പ്രാഥമിക കോയിൽ പിയിൽ ഒരു വൈദ്യുതി പ്രവാഹിക്കുമ്പോൾ, അതിനു ചുറ്റും ഒരു കാന്തികക്ഷേത്രം സ്ഥാപിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ ഫീൽഡിന്റെ കാന്തിക രേഖകൾ അതിലൂടെയും അടുത്തുള്ള ദ്വിതീയ കോയിലിലൂടെയും കടന്നുപോകുന്നു.

പ്രാഥമിക സർക്യൂട്ട് തുറക്കുമ്പോൾ, അതിൽ വൈദ്യുത പ്രവാഹമൊന്നും പ്രവഹിക്കപ്പെടുന്നില്ല, അതിനാൽ ദ്വിതീയ കോയിലുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന കാന്തിക പ്രവാഹം പൂജ്യമാണ്. (ചിത്രം 4.5.(എ))

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 199 29-06-2022 14:51:54



ചിത്രം 4.5 ഫാരഡെയുടെ രണ്ടാമത്തെ പരീക്ഷണത്തിന്റെ വിശദീകരണം

എന്നിരുന്നാലും, പ്രാഥമിക സർക്യൂട്ട് അടയ്ക്കുമ്പോൾ, വർദ്ധിച്ചുവരുന്ന വൈദ്യുതധാര പ്രാഥമിക കോയിലിനു ചുറ്റും കാന്തികക്ഷേത്രം ഉണ്ടാക്കുന്നു. അതിനാൽ ദ്വിതീയ കോയിലുമായി അനുബന്ധിത കാന്തിക പ്രവാഹം വർദ്ധിക്കുന്നു. ഈ അനുബന്ധിതമായി വർദ്ധിച്ചുവരുന്ന ഫ്ളക്സ് ഒരു ദ്വിതീയ കോയിലിൽ ക്ഷണിക വിദ്യുത്ധാര പ്രേരിപ്പിക്കുന്നു. (ചിത്രം 4.5(ബി))

പ്രാഥമിക കോയിലിലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹം സ്ഥിരമായ ഒരു മൂല്യത്തിൽ എത്തുമ്പോൾ, ദ്വിതീയ കോയിലുമായിബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നകാന്തികപ്രവാഹം മാറുന്നില്ല, വൈദ്യുത പ്രവാഹം ദ്വിതീയ കോയിലിൽ അപ്രത്യക്ഷമാകും. അതുപോലെ പ്രാഥമിക സർക്യൂട്ട് വിഛേദിക്കുമ്പോൾ, കുറയുന്ന വൈദ്യുതധാര, ദ്വിതീയ കോയിലിൽ ഒരു വൈദ്യുത പ്രവാഹംപ്രേരിപ്പിക്കുന്നു.എന്നാൽഅത്വിപരീതദിശയിലാണ് ചിത്രം4.5(സി)അതിനാൽപ്രാഥമികകറന്റിന് മാറ്റം വരുമ്പോഴെല്ലാം ഗാൽവനോമീറ്ററിൽ വ്യതിചലനം ഉണ്ടാകുന്നു.

ഫാരഡെയുടെ പരീക്ഷണങ്ങളുടെ പരിസമാപ്തികളെ രണ്ട് നിയമങ്ങളായി പ്രതിപാദിച്ചാൽ.

ആദ്യനിയമം

അടഞ്ഞപരിപഥത്തിൽഅനുബന്ധിതമാഗ്നറ്റിക് ഫ്ളക്സ്മാറുമ്പോഴെല്ലാം,സർക്യൂട്ടിൽ ഒരു emf പ്രേരിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. ഇത് കാന്തിക പ്രവാഹം മാറുന്നിടത്തോളം കാലം സർക്യൂട്ടിൽ നിലനിൽക്കും.

രണ്ടാമത്തെ നിയമം

ഒരുഅടഞ്ഞപരിപഥത്തിലെപ്രേരിതഇ.എം.എഫിന്റെവ്യാപ്തിപരിപഥത്തിലെഅനുബന്ധിത കാന്തിക ഫ്ളക്സിന്റെ വ്യതിയാന നിരക്കിനു തുല്യമായിരിക്കും.

ഒരു കോയിലിലെ ഓലോ ചുരുളുകളിലുമുള്ള അനുബന്ധിത മാഗ്നറ്റിക് ഫ്ളക്സ് $d\Phi_B$, dt സമയത്തിൽ വ്യതിചലിക്കുമ്പോൾ, ഓരോ ചുരുളുകളിലും ഉള്ള പ്രേരിത ഇ.ഇം.എഫ് എന്നത്

$$\varepsilon = \frac{d\Phi_B}{dt}$$

N ചുരുളുകളാൽ ദൃഢമായി ചുറ്റപ്പെട്ടതും ഒരേ വിസ്തീർണ്ണമുള്ളതുമായ ഒരു കമ്പിച്ചുരുളിൽ ഓരോ ചുരുളിലും പ്രേരിതപ്പെടുന്ന ഫ്ളക്സ് ഒരു പോലെ ആയിരിക്കും. കമ്പിച്ചുരുളിൽ പ്രേരിതമാകുന്ന മൊത്തം ഇ.എം.എഫ് ഇങ്ങനെ എഴുതാം.

$$\varepsilon = N\frac{d(\Phi_B)}{dt} = \frac{d(N\Phi_B)}{dt} \qquad (4.2)$$

ഇവിടെ $N\Phi_B$ എന്നത് ഫ്ളക്സ് ലിങ്കേജ് ആകുന്നു. N ചുരുവുകളുടെ എണ്ണത്തെ Φ_B കോയിലിലെ ഓരോ കമ്പിച്ചുരുളിലും പ്രേരിതമാകുന്ന കാന്തിക ഫ്ളക്സ് കൊണ്ട് ഗുണിക്കുമ്പോൾ കിട്ടുന്നതാണെന്നു പ്രതിപാദിക്കാം.

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 200 29-06-2022 14:51:55

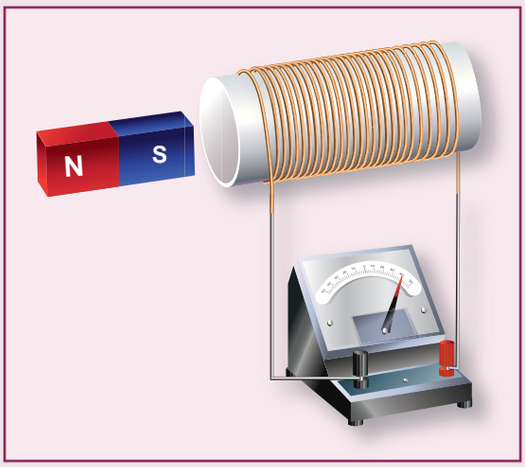
വൈദ്യുതകാന്തിക പ്രേരണത്തിന്റെ പ്രാധാന്യം!

വൈദ്യുതകാന്തിക പ്രേരണം എന്ന പ്രതിഭാസത്തിന്റെ പ്രയോജനം ഇന്നത്തെ ജീവിതത്തിൽ മിക്കവാറും എല്ലായിടത്തും ഉണ്ട്. ഗാർഹിക വീട്ടുപകരണങ്ങൾ മുതൽ വലിയ ഫാക്ടറി യന്ത്രങ്ങൾ വരെ, സെൽഫോൺ മുതൽ കമ്പ്യൂട്ടറുകളും, ഇന്റർനെറ്റും വരെ, ഇലക്ട്രിക് ഗിത്താർ മുതൽ സാറ്റലൈറ്റ് ആശയവിനിമയം വരെ എല്ലാവസ്തുതകൾക്കും അവയുടെ പ്രവർത്തനത്തിന് വൈദ്യുതി ആവശ്യമാണ്. വൈദ്യുതോർജ്ജത്തിന് ആവശ്യക്കാർ വർദ്ധിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു.

വൈദ്യുതകാന്തിക പ്രേരണയിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഇലക്ട്രിക് ജനറേറ്ററുകളുടെയും ട്രാൻസ്ഫോർമറുകളുടെയും സഹായത്തോടെയാണ് ഇവയെല്ലാം നിറവേറ്റുന്നത്. ആധുനികവും സങ്കീർണ്ണവുമായ മനുഷ്യജീവിതം വൈദ്യുതകാന്തിക പ്രേരണയുടെ കണ്ടെത്തൽ ഇല്ലാതെ സാധ്യമല്ല.

പ്രവർത്തനം

വൈദ്യുതകാന്തിക പ്രേരണത്തിന്റെ സൂക്ഷ്മ പരിശോധന.



മൃദുവും പൊള്ളയുമായ ഒരു പച്ചിരുമ്പ് ദണ്ഡിനു ചുറ്റും വിദ്യുത്രോധിയായ വയർ കൊണ്ട് ചുറ്റപ്പെട്ട ഒരു കമ്പിച്ചുരുളും, ഗാൽവനോമീറ്ററും ഉപയോഗിച്ച് ചിത്രത്തിൽകാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഒരു പരിപഥം നിർമ്മിക്കുക. നേർത്ത കമ്പികൾഉപയോഗിക്കുന്നതാണ് അഭികാമ്യം. എന്തെന്നാൽ നിശ്ചിത പ്രദേശത്ത് ധാരാളം ചുരുളുകൾ വരുത്തുവാൻ സാധിക്കും ശക്തിയുള്ള ഒരു ദണ്ഡകാന്തംഉപയോഗിച്ച്ഫാരഡെയുടെആദ്യ പരീക്ഷണത്തിൽ വിവരിച്ച ഘട്ടങ്ങൾ നടപ്പിലാക്കുക. വിദ്യാർത്ഥികൾക്ക് വിദ്യുത്കാന്തിക പ്രേരണത്തെ കുറിച്ച് നല്ലൊരു അനുഭവം ലഭിക്കും.

ഉദാഹരണം 4.3

വൃത്താകൃതിയിലുള്ള സോളിനോയിഡിന്റെ അക്ഷത്തിൽ ഒരു സിലിണ്ട്രിക്കൽ ദണ്ഡ് കാന്തം സൂക്ഷിച്ചിരിക്കുന്നു. കാന്തം അതിന്റെ അച്ചുതണ്ടിൽ കറങ്ങുകയാണെങ്കിൽ, കോയിലിൽ ഒരു വൈദ്യുത പ്രവാഹം നടക്കുന്നുണ്ടോയെന്ന് കണ്ടത്തുക.

പരിഹാരം

ഒരു സിലിണ്ടറിക്കൽ കാന്തത്തിന്റെ കാന്തിക ക്ഷേത്രം അതിന്റെ അക്ഷത്തിന് സമമിതിയാണ്. (symmetrical) കാന്തം സോളിനോയിഡിന്റെ അച്ചുതണ്ടിൽ കറങ്ങുന്നതിനാൽ, സോളിനോയിഡിൽ ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് കറന്റ് ഇല്ല. കാരണം സോളനോയിഡുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന ഫ്ളക്സ് കാന്തിക ഭ്രമണം കാരണം മാറില്ല.

ഉദാഹരണം 4.4

40 ചുരുളുകളും 200 സെന്റിമീറ്റർ വിസ്തൃതിയുമുള്ള ഒരു അടച്ച കോയിലിനെ, ഫ്ളക്സ് ഡെൻസിറ്റി $2\,\text{Wb}\,\text{m}^{-2}$ ഉള്ള കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ തിരിക്കുന്നു (കറക്കുന്നു). ഒരു തലം 30° കോണാക്കി മാറ്റുന്ന ഒരു സ്ഥാനത്ത് നിന്ന് 0.2 സെക്കൻഡിനുള്ളിൽ ഫീൽഡിന് ലംബമായി ഒരു സ്ഥാനത്തേക്ക് മാറുന്നത് വരെ ഇത് കറങ്ങുന്നു. ഭ്രമണം കാരണം കോയിലിൽ പ്രേരിപ്പിച്ച emf ന്റെ വ്യാപ്തി കണ്ടെത്തുക.

പരിഹാരം

$N = 40$ (ചുരുളുകൾ); $B = 2\ \text{Wb m}^{-2}$

$A = 200\ \text{cm}^2 = 200 \times 10^{-4}\ \text{m}^2$;

പ്രാരംഭ ഫ്ളക്സ്, $\Phi_i = BA\cos\theta$

$= 2 \times 200 \times 10^{-4} \times \cos 60^\circ$

എന്തെന്നാൽ $\theta = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$

$\Phi_i = 2 \times 10^{-2}\,\text{Wb}$

അന്തിമ ഫ്ളക്സ്, $\Phi_f = BA\cos\theta$

$= 2 \times 200 \times 10^{-4} \times \cos 0^\circ$

എന്തെന്നാൽ $\theta = 0^\circ$

$\Phi_f = 4 \times 10^{-2}\,\text{Wb}$

പ്രേരിത emf ന്റെ വ്യാപ്തി

$$\varepsilon = N\frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$= \frac{40 \times \left(4 \times 10^{-2} - 2 \times 10^{-2}\right)}{0.2} = 4\text{V}$$

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 201 29-06-2022 14:51:58

ഉദാഹരണം 4.5

ഒരു ഋജുവായ ചാലക കമ്പി ഒരു നിശ്ചിത ഉയരത്തിൽ നിന്ന് തിരശ്ചീനമായി കിഴക്ക്-പടിഞ്ഞാറ് ദിശയിൽ പതിക്കുന്നു. അതിൽ ഒരു emf പ്രേരിപ്പിക്കുമോ? നിങ്ങളുടെ ഉത്തരം ന്യായീകരിക്കുക.

പരിഹാരം

അതെ! ഭൂമിയുടെ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന്റെ തിരശ്ചീന ഘടകത്തിലേക്ക് ലംബമായി നീങ്ങുന്നതിനാൽ ഒരു വയറിൽ emf പ്രേരിപ്പിക്കും, അതിനാൽ ഇത് ഭൂമിയുടെ കാന്തിക ബലരേഖകളെ വിഛേദിക്കുന്നു.

4.1.4 ലെൻസിന്റെ നിയമം

ഒരു ജെർമ്മൻ ഭൗതികശാസ്ത്രജ്ഞൻ ഹെന്റിക് ലെൻസ് വൈദ്യുത കാന്തിക പ്രേരണയെക്കുറിച്ച് നിരവധി പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തി, പ്രേരിത വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന്റെ ദിശ നിർണ്ണയിക്കാൻ ഒരു നിയമം അനുമാനിച്ചു. ഈ നിയമം ലെൻസിന്റെ നിയമം എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു.

പ്രേരിത വൈദ്യുതധാരയുടെ ദിശ അതിന്റെ ഉത്പാദനത്തിന് ഹേതുവായ വ്യവസ്ഥയെ എല്ലായ്പ്പോഴും എതിർക്കുന്ന തരത്തിലുള്ളതാണെന്ന് ലെൻസിന്റെ നിയമം പറയുന്നു.

ഒരു കോയിലുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന മാഗ്നറ്റിക് ഫ്ളക്സ് മാറുമ്പോഴെല്ലാം, സർക്യൂട്ടിൽ വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഉണ്ടാകുന്നു എന്ന് ഫാരഡെ കണ്ടെത്തി. ഇവിടെ ഫ്ളക്സിന്റെ മാറ്റം കാരണവും, വൈദ്യുത പ്രേരണം ഫലവുമാണ്. ഫലം എല്ലായ്പ്പോഴും കാരണത്തെ എതിർക്കുന്നുവെന്ന് ലെൻസിന്റെ നിയമം പറയുന്നു. അതിനാൽ ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് കറന്റ് ഒരു ദിശയിലേക്ക് പ്രവഹിക്കുന്നതിനാൽ അത് ഫ്ളക്സ് മാറ്റത്തെ എതിർക്കും.

ഫാരഡെയുടെ നിയമത്തിൽ ലെൻസിന്റെ നിയമം ഉൾപ്പെടുത്തുന്നതിലൂടെ, സമവാക്യം (4.2) ഇങ്ങനെ തിരുത്തിയെഴുതുന്നു.

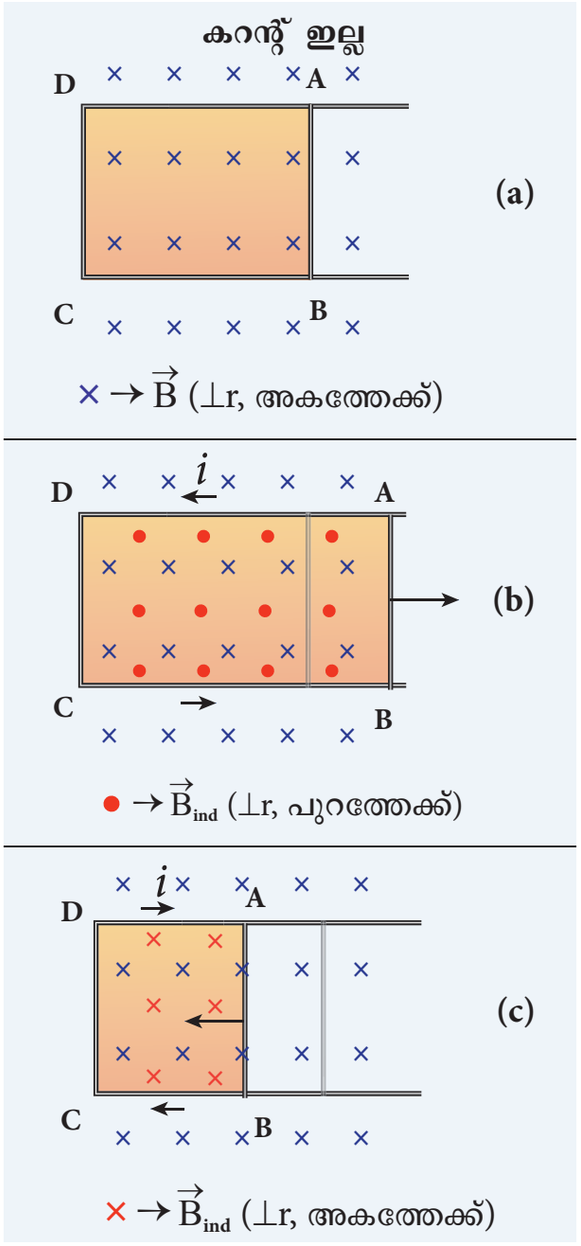
$$\varepsilon = -\frac{d(N\Phi_B)}{dt} \qquad (4.3)$$

നെഗറ്റീവ് ചിഹ്നം സൂചിപ്പിക്കുന്നത് ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് emf ന്റെ ദിശ കാന്തിക ഫ്ളക്സിന്റെ മാറ്റത്തെ എതിർക്കുന്നു എന്നാണ്.

ലെൻസിന്റെ നിയമം മനസ്സിലാക്കാൻ നമുക്ക് രണ്ട് ചിത്രീകരണങ്ങൾ പരിഗണിക്കാം. അതിൽ ഒരു സർക്യൂട്ടിലെ ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് കറന്റിന്റെ ദിശ കണ്ടെത്തുക.

ചിത്രീകരണം 1

ഒരു ഏകീകൃത കാന്തികക്ഷേത്രം പരിഗണിക്കുക, അതിന്റെ ഫീൽഡ് ലൈനുകൾ പേപ്പറിന്റെ തലവുമായി ലംബമായിരിക്കുകയും, അകത്തേക്ക് ചൂണ്ടിയിരിക്കുന്നവയുമാണ്. ചിത്രം 4.6.(എ) യിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഈ ഫീൽഡ് ലൈനുകൾ കുരിശുകൾ (crosses (×) പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. ഈ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ ഒരു ചതുരാകൃതിയിലുള്ള മെറ്റാലിക് ഫ്രെയിം *ABCD* സ്ഥാപിച്ചി



ചിത്രം 4.6 ലെൻസ് നിയമത്തിന്റെ ആദ്യ ചിത്രീകരണം

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 202 29-06-2022 14:51:59

രിക്കുന്നു. അതിന്റെ തലം ഫീൽഡിന് ലംബമായി. *AB* ഭുജം ചലിക്കുന്നതിനാൽ വലത്തോട്ടോ ഇടത്തോട്ടോ നീങ്ങാൻ കഴിയും.

ഭുജം AB നമ്മുടെ വലതു വശത്തേക്ക് സ്ലൈഡു ചെയ്യുകയാണെങ്കിൽ, *ABCD* ഫ്രെയിമിലൂടെ കടന്നു പോകുന്ന ഫീൽഡ് ലൈനുകളുടെ (മാഗ്നറ്റിക് ഫ്ളക്സ്) എണ്ണം വർദ്ധിക്കുകയും ഒരു വൈദ്യുതധാരയെ പ്രേരിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ലെൻസിന്റെ നിയമം നിർദ്ദേശിച്ചതുപോലെ, ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് കറന്റ് ഈ ഫ്ളക്സ് വർദ്ധനവിനെ എതിർക്കുന്നു, മാത്രമല്ല അത് കുറക്കാൻ ശ്രമിക്കുന്നതിനോടൊപ്പം **മറ്റൊരു കാന്തികക്ഷേത്രം പുറത്തേക്ക് ഉണ്ടാക്കുന്നു. അതായത് അത് നിലവിലുള്ള കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന് വിപരീതമാണ്.**

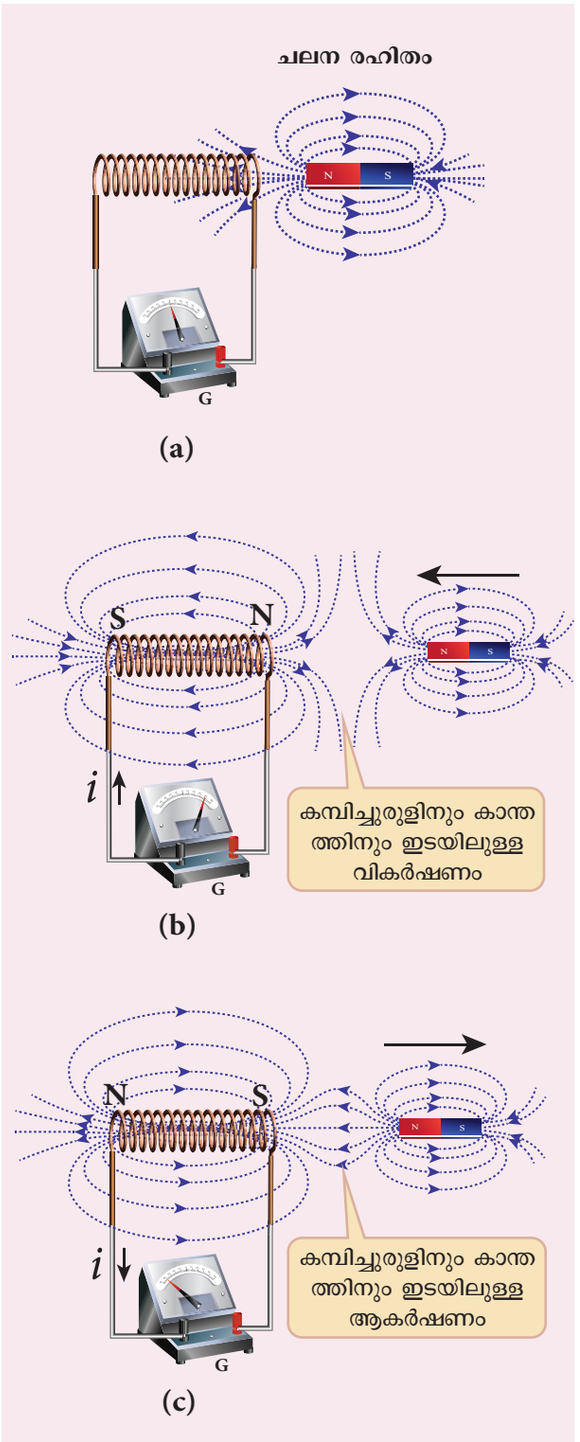
ചിത്രം 4.6(ബി) ലെ ചുവന്ന നിറമുള്ള സർക്കിളുകളാൽ ഈ ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് ഫീൽഡിന്റെ കാന്തിക രേഖകളെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. ഇങ്ങനെ ഉൽപാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന്റെ ദിശയിൽ നിന്ന്, വലതു കൈവിരൽ നിയമം ഉപയോഗിച്ച്, പ്രേരിപ്പിച്ച വൈദ്യുത ധാരയുടെ ദിശ ഘടികാര ദിശയിൽ കാണപ്പെടുന്നു എന്ന് കണ്ടുപിടിക്കാം.

ഭുജം *AB* യുടെ ഇടത് ഭാഗത്തേക്കുള്ള ചലനം കാന്തിക പ്രവാഹം കുറയ്ക്കുന്നു. ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് കറന്റ്, ഇത്തവണ, ആന്തരിക ദിശയിൽ (ചുവപ്പ് നിറമുള്ള കുരിശുകൾ (crosses) അതായത് നിലവിലുള്ള കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന്റെ ദിശയിൽ ഒരു കാന്തിക ക്ഷേത്രം ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു. (ചിത്രം 4.6(c)) അതിനാൽ, ഫ്ളക്സിന്റെ കുറവിനെ ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് കറന്റ് എതിർക്കുന്നു. ഇതിൽ നിന്ന്, ഘടികാരദിശയിൽ വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഒഴുകുന്നതായി കണ്ടെത്തി.

ചിത്രീകരണം 2

നമുക്ക് ബാർ മാഗ്നറ്റിന്റെ ഉത്തരധ്രുവത്തെ സോളനോയിഡിനടുത്തോട്ട് നീക്കാം. (ചിത്രം 4.7(b)) ഈ ചലനം കോയിലിന്റെ കാന്തിക പ്രവാഹത്തെ വർദ്ധിപ്പിക്കുകയും, അത് ഒരു വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തെ പ്രേരിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. പ്രേരിത വൈദ്യുത പ്രവാഹം കാരണം, കോയിൽ ഒരു രണ്ടു ധ്രുവങ്ങളുള്ള കാന്തമായി മാറുന്നു, അതിന്റെ രണ്ട് കാന്തികധ്രുവങ്ങൾ കോയിലിന്റെ ഇരുവശത്തും കാണപ്പെടുന്നു.

ഈ സാഹചര്യത്തിൽ, ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് കറന്റ് ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നതിനുള്ള കാരണം കാന്തത്തിന്റെ ചലനമാണ്. ലെൻസ് നിയമം അനുസരിച്ച്, ഉത്തരധ്രുവത്തിന്റെ കോയിലിലേക്കുള്ള



ചിത്രം 4.7 ലെൻസ് നിയമത്തിന്റെ രണ്ടാമത്തെ ചിത്രീകരണം

ചലനത്തെ എതിർക്കുന്ന രീതിയിൽ ആയിരിക്കണം ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് കറന്റ് ഒഴുകാനുള്ളത്. കാന്തത്തോട് അടുത്തുള്ള ഭാഗം ഉത്തരധ്രുവവുമായി മാറിയാൽ അത് സാധ്യമാണ്. (ചിത്രം (b)). ഇത് ദണ്ഡ കാന്തത്തിന്റെ ഉത്തരധ്രുവത്തെ

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 203 29-06-2022 14:51:59

വികർഷിക്കപ്പെടുന്നു. കൂടാതെ കാന്തത്തിന്റെ ചലനത്തെ എതിർക്കുന്നു.

ധ്രുവത്തിന്റെ അഗ്രങ്ങൾ അറിഞ്ഞുകഴിഞ്ഞാൽ, വലത് കൈവിരൽ നിയമം ഉപയോഗിച്ച് ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് കറന്റിന്റെ ദിശ കണ്ടെത്താനാകും. ബാർ മാഗ്നറ്റ് പിൻവലിക്കുമ്പോൾ, അടുത്തുള്ള അറ്റം ദക്ഷിണധ്രുവവുമായി മാറുന്നു, ഇത് ദണ്ഡ കാന്തത്തിന്റെ ഉത്തരധ്രുവത്തെ ആകർഷിക്കുന്നു, കാന്തത്തിന്റെ പിൻ വാങ്ങൽ ചലനത്തെ എതിർക്കുന്നു. (ചിത്രം 4.7(സി))

അങ്ങനെ പ്രേരിത വൈദ്യുതധാരയുടെ ദിശ ലെൻസിന്റെ നിയമത്തിൽ നിന്ന് കണ്ടെത്താൻ കഴിയും.

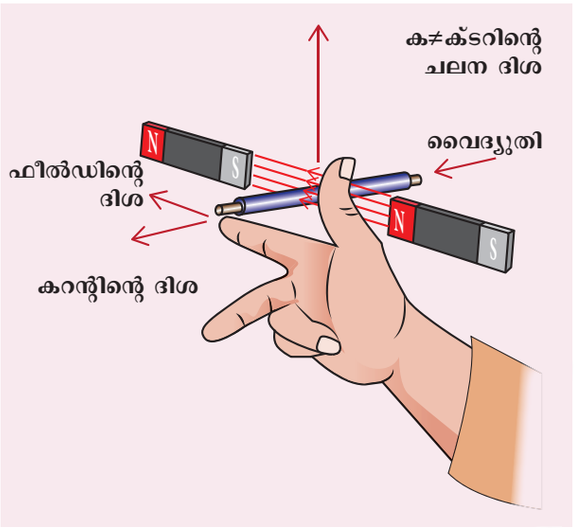
ഊർജ്ജ സംരക്ഷണം

ഊർജ്ജ സംരക്ഷണ നിയമത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ലെൻസിന്റെ നിയമത്തിന്റെ യാഥാർത്ഥ്യം മനസ്സിലാക്കാൻ കഴിയും. വിശദീകരണം ഇപ്രകാരമാണ്: ലെൻസിന്റെ നിയമമനുസരിച്ച്, ഒരു കാന്തം ഒരു കോയിലിലേക്കോ അതിൽ നിന്നോ നീങ്ങുമ്പോൾ, ഉൽപാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന വൈദ്യുതധാര അതിന്റെ ചലനത്തെ എതിർക്കുന്നു. തൽഫലമായി, ചലിക്കുന്ന കാന്തത്തിൽ എല്ലായ്പ്പോഴും ഒരു പ്രതിരോധബലം ഉണ്ടാകും. ഈ പ്രതിരോധ ശക്തിക്കെതിരെ കാന്തം ചലിക്കണമെങ്കിൽ ചില ബാഹ്യ ഏജൻസികൾ പ്രവർത്തിക്കേണ്ടതുണ്ട്. ഇവിടെ ചലിക്കുന്ന കാന്തത്തിന്റെ യാന്ത്രികോർജ്ജം വൈദ്യുതോർജ്ജമായി പരിവർത്തനം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. അത് കോയിലിൽ ജൂളിലുള്ള താപം ആയി മാറുന്നു. അതായത് ഊർജ്ജം ഒരു രൂപത്തിൽ നിന്ന് മറ്റൊന്നിലേക്ക് പരിവർത്തനം ചെയ്യപ്പെടുന്നു.

ലെൻസിന്റെ നിയമത്തിന് വിരുദ്ധമായി, അതിന്റെ ഉൽപാദനത്തിന് കാരണമായ കാരണത്തെ പ്രേരിപ്പിച്ച വൈദ്യുതധാര സഹായിക്കുന്നുവെന്ന് കരുതുക. ഇപ്പോൾ നമ്മൾ കാന്തത്തെ കോയിലിലേക്ക് അല്പം തള്ളുമ്പോൾ, പ്രേരിതം വൈദ്യുതധാര കോയിലിലേക്കുള്ള ചലനത്തെ സഹായിക്കുന്നു. അപ്പോൾ കാന്തം ഊർജ്ജച്ചെലവ് കൂടാതെ കോയിലിലേക്ക് നീങ്ങാൻ തുടങ്ങുന്നു. ഇത് ഒരു സുസ്ഥിര ചലന യന്ത്രമായി മാറുന്നു. പ്രായോഗികമായി, അത്തരം യന്ത്രങ്ങളൊന്നും സാധ്യമല്ല. അതിനാൽ, ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് കറന്റ് കാരണത്തെ സഹായിക്കുന്നു എന്ന അനുമാനം തെറ്റാണ്. അതിനാൽ ഊർജ്ജ സംരക്ഷണത്തിന്റെ ഉത്തമ ഉദാഹരണമാണ് ലെൻസിന്റെ നിയമം.

4.1.5 ഫ്ളെമിംഗിന്റെ വലതു കൈ നിയമം

ഒരു കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിൽ ഒരു ചാലകം നീങ്ങുമ്പോൾ, ചാലകത്തിന്റെ ചലനത്തിന്റെ ദിശ, ഫീൽഡ്, ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് കറന്റ് എന്നിവ ഫ്ളെമിംഗിന്റെ വലതു കൈ നിയമം നൽകുന്നു. അത് ഇപ്രകാരമാണ്.



ചിത്രം 4.8 ഫ്ളെമിംഗിന്റെ വലതുകൈ നിയമം

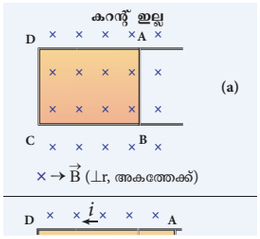
വലതു കൈയുടെ തള്ളവിരൽ, ചൂണ്ടുവിരൽ, നടുവിരൽ എന്നിവ പരസ്പരം ലംബ ദിശകളിലേക്ക് നീട്ടിവയ്ക്കുക. (ചിത്രം 4.8-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നുപോലെ). ചൂണ്ടു വിരൽ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ ദിശയും പെരുവിരൽ ചാലകത്തിന്റെ ചലന ദിശയും സൂചിപ്പിക്കുന്നുവെങ്കിൽ, നടുവിരൽ ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് കറന്റിന്റെ ദിശയെ സൂചിപ്പിക്കും.

ഫ്ളെമിംഗിന്റെ വലതുകൈ നിയമം ജനറേറ്റർ നിയമം എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു.

ഉദാഹരണം 4.6

ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഏതു വായ ചാലക വയറിൽ പ്രവഹിക്കുന്ന കറന്റ് കുറയുകയാണെങ്കിൽ, അതിനടുത്തായി സ്ഥാപിച്ചിരിക്കുന്ന മെറ്റാലിക് സ്ക്വയർ ലൂപ്പിൽ ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് കറന്റിന്റെ ദിശ കണ്ടെത്തുക.

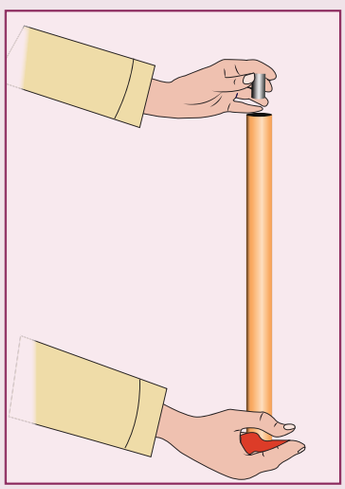
Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 204 29-06-2022 14:51:59



പരിഹാരം

വലതുകൈ നിയമത്തിൽ നിന്നും ഋതുവായ കമ്പിയിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന കാന്തിക മണ്ഡലം ചതുര വളയത്തിന്റെ പ്രതലത്തിന് ലംബമായിരിക്കുകയും,കാന്തികഫ്ളക്സ്കുറയ്ക്കുകയുംചെയ്യുന്നു. കുറയ്ക്കപ്പെടുന്ന കാന്തിക ഫ്ളക്സ് കമ്പിയിൽ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ അതേ മിശയിൽ കാന്തികമണ്ഡലം ഉണ്ടാക്കി വളയത്തിലെ പ്രേരിത വിദ്യുത് പ്രവാഹത്തെ എതിർക്കുന്നു. കൂടാതെ വലതുകൈ നിയമ പ്രകാരം ഉള്ളിലോട്ടുള്ള ഈ കാന്തിക മണ്ഡലത്തിനാൽ വളയത്തിലെ പ്രേരിത വിദ്യുത്പ്രവാഹം ഘടികാര ദിശയിലായിരിക്കും.

പ്രവർത്തനം

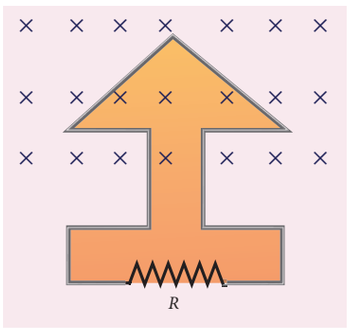


ലെൻസിന്റെ നിയമത്തിന്റെ പ്രദർശനം

ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ ഇടുങ്ങിയ ചെമ്പ് പൈപ്പും ശക്തമായ കാന്തിക ബട്ടൺ മാഗ്നറ്റും എടുക്കുക. ചെമ്പ് പൈപ്പ് ലംബമായി വയ്ക്കുക, പൈപ്പിലേക്ക് കാന്തം ഇടുക. കാന്തത്തിന്റെ ചലനം ശ്രദ്ധിക്കുക, അതായത്, കാന്തത്തിന്റെ സ്വതന്ത്ര വീഴ്ചയേക്കാൾ വേഗത കുറഞ്ഞതായിരിക്കും ഇത്. കാരണം, ചലിക്കുന്ന കാന്തം സൃഷ്ടിക്കുന്ന ഒരു വൈദ്യുത പ്രവാഹം വൈദ്യുതധാര ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്ന കാന്തത്തിന്റെ യഥാർത്ഥ ചലനത്തെ എപ്പോഴും എതിർക്കും.

ഉദാഹരണം 4.7

കാന്തിക ഫ്ളക്സ് പരിപഥ പ്രതലത്തിന് ലംബമായും പേപ്പറിനുള്ളിലേക്ക് കടന്നുപോകുന്നു. ഇനിപ്പറയുന്ന ബന്ധത്തിനനുസരിച്ച് കാന്തിക ഫ്ളക്സ് സമയത്തിനനുസരിച്ച് വ്യതിയാനപ്പെടുന്നുവെങ്കിൽ $\Phi_B = \left(2t^3 + 3t^2 + 8t + 5\right)\text{mWb}$, t = 3 s ൽ വളയത്തിലെ പ്രേരിത ഇ.എം.എഫിന്റെ മൂല്യം എന്താണ്? പരിപഥത്തിലെ വിദ്യുത്ധാര ദിശ കണ്ടുപിടിക്കുക?



പരിഹാരം

$\Phi_B = \left(2t^3 + 3t^2 + 8t + 5\right)\text{mWb};\ N = 1;\ t = 3\ \text{s}$

(i) $$\varepsilon = \frac{d\left(N\Phi_B\right)}{dt}$$

$$= \frac{d}{dt}\left(2t^3 + 3t^2 + 8t + 5\right)\times 10^{-3}$$

$$= \left(6t^2 + 6t + 8\right)\times 10^{-3}\ V$$

At t = 3 s,

$$\varepsilon = \left[\left(6\times 9\right) + \left(6\times 3\right) + 8\right]\times 10^{-3}$$

$$= 80\times 10^{-3}\text{V} \ = 80\text{mV}$$

(ii) സമയം കടന്നുപോകുമ്പോൾ, ലൂപ്പുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന കാന്തിക ഫ്ളക്സ് വർദ്ധിക്കുന്നു. ലെൻസിന്റെ നിയമമനുസരിച്ച്, ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് കറന്റിന്റെ ദിശ കാന്തിക ഫ്ളക്സിന്റെ വർദ്ധനവിനെ എതിർക്കുന്ന ദിശയിൽ ആയിരിക്കും. അതായത് പ്രേരിത വിദ്യുത് പ്രവാഹത്തിനാലുണ്ടാകുന്ന കാന്തികമണ്ഡലം, കൊടുക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ള കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന് എതിർദിശയിലായിരിക്കുന്നു. ഈ കാന്തിക ക്ഷേത്രം ലംബമായി പുറത്തേക്കാണ്. അതിനാൽ, പ്രേരിത വൈദ്യുത പ്രവാഹം എതിർ ഘടികാരദിശയിൽ പ്രവഹിക്കുന്നു.

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 205 29-06-2022 14:52:01

4.1.6 ലോറന്റ്സ് ഫോഴ്സിൽ നിന്നുള്ള ചലനാത്മക വിദ്യുത്ചാലകബലം

ചിത്രം 4.9(എ) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ, പേപ്പറിന്റെ തലത്തിലേക്ക് ലംബമായി നയിക്കപ്പെടുന്ന ഒരു ഏകീകൃത കാന്തികക്ഷേത്രം $\vec{B}$ ൽ l നീളമുള്ള ഒരു ഏകീകൃതവടി (AB) പരിഗണിക്കുക. വടിയുടെ നീളം കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന് ലംബമാണ്. ദണ്ഡ് ഒരു സ്ഥിരമായ പ്രവേഗം $\vec{v}$ ഉപയോഗിച്ച് വലതുവശത്തേക്ക് നീങ്ങട്ടെ.

ദണ്ഡ് നീങ്ങുമ്പോൾ, അതിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളും ബിയിലെ അതേ വേഗതയിൽ നീങ്ങുന്നു. തൽഫലമായി, ലോറന്റ്സ് ഫോഴ്സ് സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളിൽ B മുതൽ A വരെയുള്ള ദിശയിൽ പ്രവർത്തിക്കുകയും, അതിനെ ഇപ്രകാരം എഴുതാം.

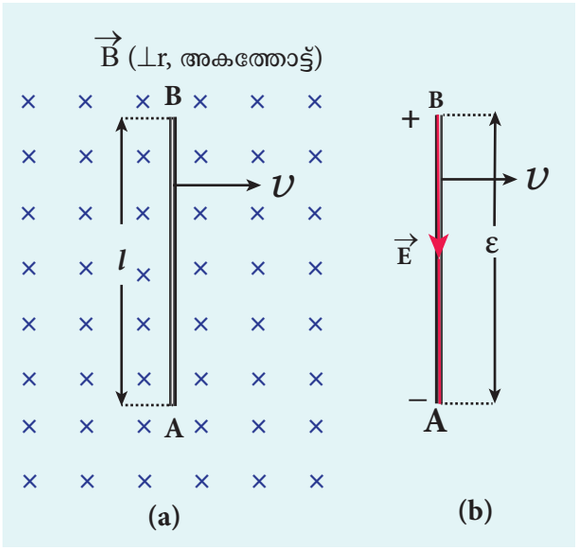
$$\vec{F_B} = -e\left(\vec{v} \times \vec{B}\right) \qquad (4.4)$$

ലോറന്റ്സ് ഫോഴ്സിന്റെ പ്രവർത്തനം എന്നത്, അഗ്രം A യിൽ സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളെ ശേഖരിക്കുക എന്നതാണ്. സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഈ ശേഖരണം വടിയിലുടനീളം ഒരു സാധ്യതയുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ $\vec{E}$ വ്യത്യാസം സൃഷ്ടിക്കുന്നു. ഇത് BA ദിശയിൽ ഒരു ഇലക്ട്രിക് ഫീൽഡ് സ്ഥാപിക്കുന്നു. (ചിത്രം 4.9(ബി)). ഈ ഇലക്ട്രിക് ഫീൽഡ് $\vec{E}$ കാരണം, കൂളമ്പ് ഫോഴ്സ് AB ദിശയിൽ സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളിൽ പ്രവർത്തിക്കാൻ തുടങ്ങുന്നു, ഇത് നൽകുന്നത്

$$\vec{F_E} = -e\vec{E} \qquad (4.5)$$

A യുടെ അഗ്രത്ത് ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ശേഖരണം തുടരുന്നിടത്തോളം വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന്റെ വ്യാപ്തി വർദ്ധിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. സന്തുലിതാവസ്ഥ എത്തുന്നതുവരെ ഫോഴ്സ് $\vec{F}_E$ യും വർദ്ധിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. സന്തുലിതാവസ്ഥയിൽ, കാന്തിക ലോറൻസ് ഫോഴ്സ് $\vec{F}_B$ കൂലോംബ് ഫോഴ്സ് $\vec{F}_E$ എന്നിവപരസ്പരംസന്തുലിതമാക്കുകയും അഗ്രം A-ൽ സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ശേഖരണം നടക്കുകയും ചെയ്യുന്നില്ല. അതായത്,

$$\left|\vec{F_B}\right| = \left|\vec{F_E}\right|$$



ചിത്രം 4.9 ലോറന്റ്സ് ഫോഴ്സിൽ നിന്നുള്ള ചലനാത്മകബലം

$$\left|-e\ (\vec{v} \times \vec{B})\right| = \left|-e\vec{E}\right|$$

$$vB\sin 90^\circ = E$$

$$vB = E \qquad (4.6)$$

ദണ്ഡിലെ രണ്ട് അറ്റങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം

$$V = El$$

$$V = vBl$$

ആയതിനാൽ സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളിലെ ലോറന്റ്സ് ഫോഴ്സിന് പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം നിലനിർത്താൻ ഉത്തരവാദിത്തമുണ്ട്, അതിനാൽ ഒരു emf ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു.

$$\varepsilon = Blv \qquad (4.7)$$

ദണ്ഡിന്റെ ചലനം കാരണം ഈ emf ഉൽപാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നതിനാൽ, പലപ്പോഴും **ചലനാത്മക emf** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. മൊത്ത പ്രതിരോധകം R നെ ബാഹ്യ സർക്യൂട്ട് A, B അറ്റങ്ങൾ വഴി ബന്ധിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ, അതിൽ കറന്റ് $i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{Blv}{R}$ ഒഴുകുന്നു. വലതുകൈവിരൽ നിയമത്തിൽ നിന്ന് വൈദ്യുത ധാരയുടെ ദിശ കണ്ടെത്താൻ കഴിയും.

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 206 29-06-2022 14:52:05

ഉദാഹരണം 4.8

ഭൂമിയുടെ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന്റെ തിരശ്ചീന ഘടകം 4.04×10^{-5} T ഉള്ള ചെന്നൈയിലെ ഒരു സ്ഥലത്ത് 7.2 മീറ്റർ ഉയരമുള്ള ഒരു കെട്ടിടത്തിന്റെ മുകളിൽ നിന്ന് 0.5 മീറ്റർ നീളമുള്ള ഒരു വടി സ്വതന്ത്രമായി വീഴുന്നു. വടിയുടെ നീളം ഭൂമിയുടെ തിരശ്ചീന (horizontal) കാന്തികക്ഷേത്രത്തിനു ലംബമായിരുന്നാൽ വടി നിലത്തു തൊടുമ്പോൾ കണ്ടക്ടറിലുടനീളം പ്രേരിതമാകുന്ന ഇ.എം.എഫ് കണ്ടെത്തുക. ($10\,\mathrm{m\,s^{-2}}$ സ്ഥിര ത്വരണത്തോടെ ഉപയോഗിച്ച് വടി താഴേക്ക് വീഴുന്നുവെന്ന് കരുതുക.)

പരിഹാരം

$l = 0.5$ m; $h = 7.2$ m; $u = 0$ m s^{-1};
$g = 10$ m s^{-2}; $B_H = 4.04 \times 10^{-5}$ T

വടിയുടെ അന്ത്യ പ്രവേഗം

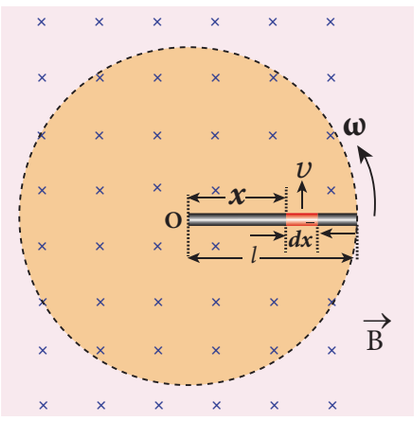
$$v^2 = u^2 + 2gh = 0 + (2 \times 10 \times 7.2) = 144$$
$$v = 12\,\mathrm{m\,s^{-1}}$$

വടി നിലത്തു തൊടാൻ പോകുമ്പോൾ പ്രേരിത emf ന്റെ മൂല്യം.

$$\varepsilon = B_H l v = 4.04 \times 10^{-5} \times 0.5 \times 12$$
$$= 242.4\ \mu\mathrm{V}$$

ഉദാഹരണം 4.9

ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഒരു കാന്തിക മണ്ഡലം B ൽ l നീളമുള്ളതും, വർത്തുള (angular) പ്രവേഗം (ω) യോടുകൂടിയ ഒരു ചെമ്പ് ദണ്ഡ് അതിന്റെ ഒരറ്റത്ത് കറങ്ങുന്നു. ഭ്രമണത്തിന്റെ തലം ഫീൽഡിന് ലംബമാണ്. വടിയുടെ രണ്ട് അറ്റങ്ങൾക്കിടയിൽ പ്രേരിപ്പിച്ച emf കണ്ടെത്തുക.



പരിഹാരം

ദണ്ഡ് ചിത്രീകരിച്ച വൃത്തത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്ത് നിന്ന് x അകലെയുള്ള dx നീളത്തിന്റെ ഒരു ചെറിയ ഘടകം പരിഗണിക്കുക. ഈ ഘടകം ഒരു ലീനിയർ പ്രവേഗം $v = x\omega$ ഉപയോഗിച്ച് ഫീൽഡിന് ലംബമായി നീങ്ങുമ്പോൾ dx എന്ന ഘടകത്തിൽ രൂപം കൊണ്ട emf

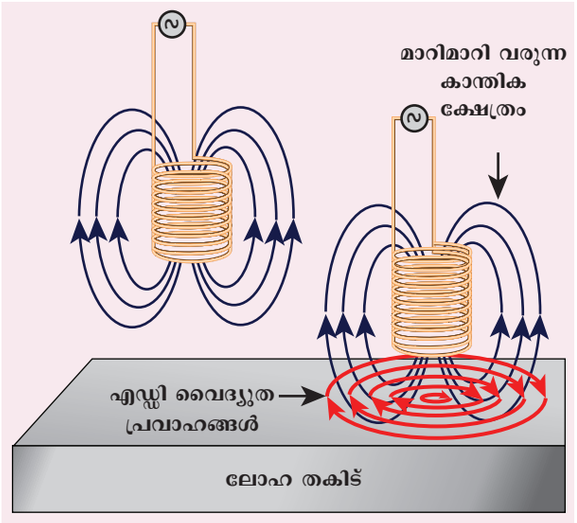
$$d\varepsilon = Bv\,dx \quad = B(x\omega)dx \text{ ആണ്.}$$

ഈ ദണ്ഡ് അത്തരം നിരവധി ഘടകങ്ങളാൽ നിർമ്മിതമാണ്, ഫീൽഡിന് ലംബമായി നീങ്ങുന്നു. രണ്ട് അറ്റങ്ങൾ രൂപം കൊണ്ട emf

$$\varepsilon = \int d\varepsilon = \int_0^l B\omega x\,dx = B\omega\left[\frac{x^2}{2}\right]_0^l$$
$$\varepsilon = \frac{1}{2}B\omega l^2$$

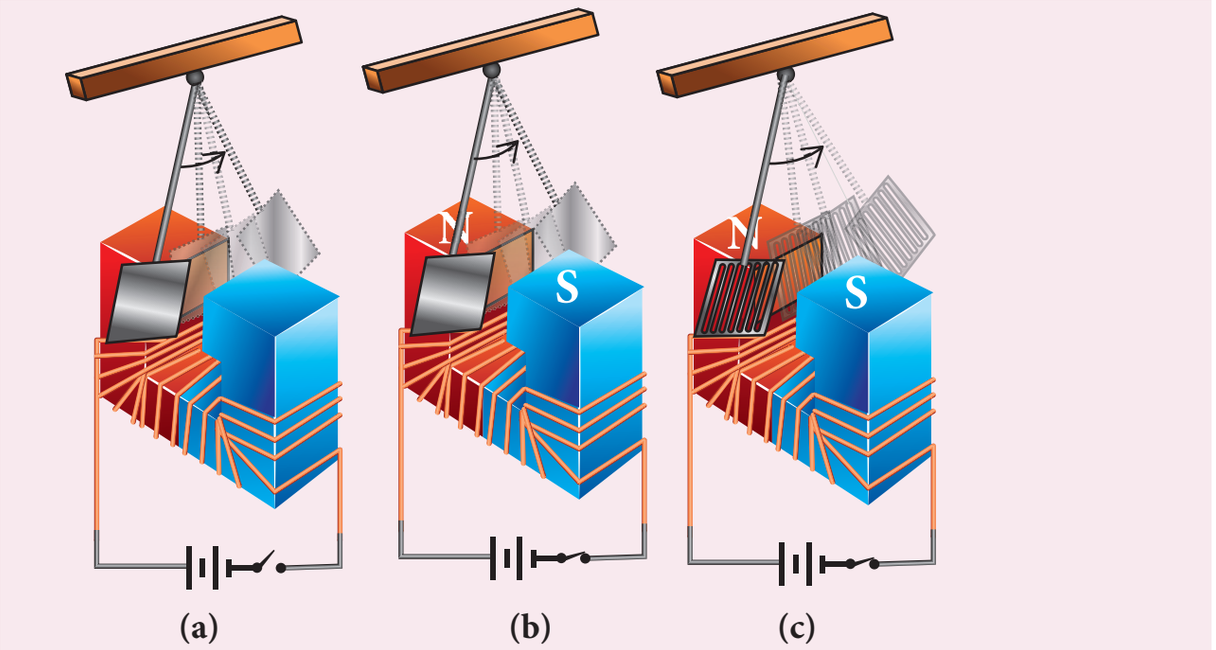
4.2 എഡ്ഡി വൈദ്യുത പ്രവാഹങ്ങൾ (ചുഴലി ധാര)

ഫാരഡെയുടെ വൈദ്യുത കാന്തിക പ്രേരണ നിയമമനുസരിച്ച്, അതിലൂടെ കടന്നുപോകുന്ന കാന്തിക പ്രവാഹം മാറുമ്പോൾ ഒരു ചാലകത്തിൽ ഒരു emf പ്രേരിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു, എങ്ങനെയായാലും, കണ്ടക്ടർ വയറിന്റെയോ, കോയിലിന്റെയോ രൂപത്തിൽ ആയിരിക്കേണ്ടതില്ല.



ചിത്രം 4.10 എഡ്ഡി വൈദ്യുത പ്രവാഹങ്ങൾ

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 207 29-06-2022 14:52:08



ചിത്രം 4.11 എഡ്ഡി വൈദ്യുത പ്രവാഹങ്ങളുടെ ചിത്രീകരണം

ഒരു ഷീറ്റിന്റെയോ പ്ലേറ്റിന്റെയോ രൂപത്തിലുള്ള ഒരു കണ്ടക്ടറിനു പോലും, മാഗ്നറ്റിക് ഫ്ളക്സ് മാറുമ്പോൾ ഒരു emf പ്രേരിപ്പിക്കുന്നു. എന്നാൽ പ്രേരിപ്പിച്ച വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഒഴുകുന്നതിന് കൃത്യമായ ലൂപ്പോ പാതയോ ഇല്ല എന്നതാണ് വ്യത്യാസം. തൽഫലമായി, പ്രേരിത പ്രവാഹങ്ങൾ കേന്ദ്രീകൃത വൃത്താകൃതിയിലുള്ള പാതകളിലൂടെ ഒഴുകുന്നു (ചിത്രം 4.10). ഈ വൈദ്യുത പ്രവാഹങ്ങൾ ജലത്തിന്റെ എഡ്ഡികളോട് സാമ്യമുള്ളതിനാൽ ഇവയെ **എഡ്ഡി കറന്റ്സ്** എന്ന് വിളിക്കുന്നു അവയെ **ഫോക്കോൾട്ട് കറന്റ്** എന്നും വിളിക്കുന്നു.

ചിത്രീകരണം

എഡ്ഡി വൈദ്യുത പ്രവാഹങ്ങളുടെ ലളിതമായ ചിത്രീകരണം പ്രകടനം ഇവിടെയുണ്ട്. ശക്തമായ ഒരു വൈദ്യുതകാന്തിക ധ്രുവങ്ങൾക്കിടയിൽ ആന്ദോളനം ചെയ്യാൻ കഴിയുന്ന ഒരു പെൻഡുലം പരിഗണിക്കുക. (ചിത്രം 4.11(എ))

ആദ്യം വൈദ്യുതകാന്തികത്തെ സ്വിച്ച് ഓഫ് ചെയ്യുക. പെൻഡുലത്തെ ചെറുതായി സ്ഥാനഭ്രംശം സംഭവിപ്പിക്കുകയും വിട്ടയക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. നിർത്തുന്നിനുമുമ്പ് ഇത് ഓസ്സിലേറ്റ് (ആന്ദോളനം) ചെയ്യാൻ ആരംഭിക്കുകയും, ഒരുപാട് തവണ ഓസ്സിലേറ്റ് (ആന്ദോളനം) ചെയ്യുകയും ചെയ്യുന്നു. വായുവിന്റെ ഘർഷണം മാത്രമാണ് ഒരേ ഒരു അവമന്ദന (ഡാബിംഗ്) ശക്തി.

വൈദ്യുതകാന്തിക സ്വിച്ച് ഓൺ ചെയ്ത് പെൻഡുലത്തിന്റെ ഡിസ്ക് ഇൻസുലേറ്റ് ചെയ്യുമ്പോൾ, എഡ്ഡി വൈദ്യുത പ്രവാഹങ്ങൾ അതിൽ ഉൽപാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. ഇത് ആന്ദോളനത്തെ എതിർക്കുന്നു. എഡ്ഡി കറന്റുകളുടെ കനത്ത നിഷ്ഫല ശക്തിയാൽ കുറച്ച് ആന്ദോളനങ്ങൾക്കുള്ളിൽ പെൻഡുലം നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ എത്തുന്നു (ചിത്രം 4.11(ബി)).

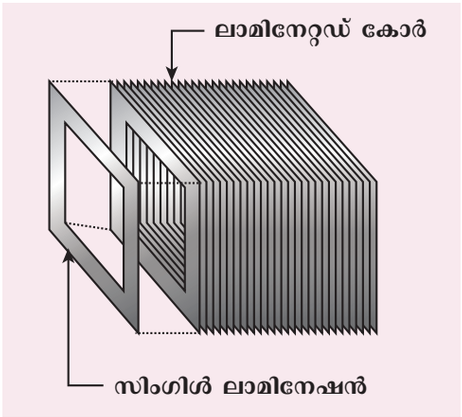
എന്നിരുന്നാലും ഡിസ്കിൽ ചില വിടവുകൾ ഉണ്ടാക്കുകയാണെങ്കിൽ (ചിത്രം 4.11(സി)), എഡ്ഡി വൈദ്യുതപ്രവാഹങ്ങൾ കുറയുന്നു. നിശ്ചലാവസ്ഥയാകുന്നതിനുമുമ്പ് പെൻഡുലം ഇപ്പോൾ നിരവധി ആന്ദോളനങ്ങൾ നടത്തുന്നു. ഇത് പെൻഡുലത്തിന്റെ ഡിസ്കിൽ എഡ്ഡി കറന്റ് ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നതിനെ വ്യക്തമായി ചിത്രീകരിക്കുന്നു.

എഡ്ഡി വൈദ്യുത പ്രവാഹങ്ങളുടെ പോരായ്മകൾ

എഡ്ഡി വൈദ്യുത ധാരകൾ കണ്ടക്ടറിൽ പ്രവഹിക്കുമ്പോൾ, ഒരു വലിയ ഭാഗം ഊർജ്ജം താപത്തിന്റെ രൂപത്തിൽ ദുർവ്യയം ചെയ്യുന്നു. എഡ്ഡി കറന്റിലെ ഒഴുക്ക് മൂലമുള്ള ഊർജ്ജനഷ്ടം അനിവാര്യമാണെങ്കിലും അനുയോജ്യമായ നടപടികളിലൂടെ ഇത് വളരെ വലിയ പരിധിയിൽ കുറയ്ക്കാൻ കഴിയും.

എഡ്ഡി കറന്റ് നഷ്ടം കുറയ്ക്കുന്നരീതിയിലുള്ള ട്രാൻസ്ഫോർമർ കോർ ഇലക്ട്രിക് മോട്ടോർ അർമേച്ചർ എന്നിവയുടെ രൂപകൽപ്പന നിർണായകമാണ്. ഈ നഷ്ടങ്ങൾ കുറയ്ക്കുന്നിന്, ട്രാൻസ്ഫോർമറിന്റെ കോർ പരസ്പരം ഇൻസുലേറ്റ് ചെയ്ത് നേർത്ത പാളികളാൽ നിർമ്മിതമാണ് (ചിത്രം 4.12(എ)), എന്നാൽ ഇലക്ട്രിക് മോട്ടാറിൽ, പരസ്പരം ഇൻസുലേറ്റ് ചെയ്ത വയറുകളുടെ ശൃംഖലയായി വൈന്റിംഗ് ചെയ്തിരിക്കുന്നു.

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 208 29-06-2022 14:52:09



ചിത്രം 4.12 (a) ഒരു ട്രാൻസ്ഫോർമർ കോളിലെ ഇൻസുലേറ്റഡ് പാളികൾ



ചിത്രം 4.12 (b) ഇലക്ട്രിക് മോട്ടോറിന്റെ ഇൻസുലേറ്റഡ് വൈൻഡിംഗ്

വിദ്യുത്രോധീകരിച്ച് ചിത്രം 4.12 (b) ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ അത് വലിയ എഡ്ഡി വൈദ്യുത പ്രവാഹങ്ങളെ അനു വദിക്കുന്നില്ല, അതിനാൽ ഊർജ്ജം നഷ്ടം ഗണ്യ മായി കുറയുന്നു.

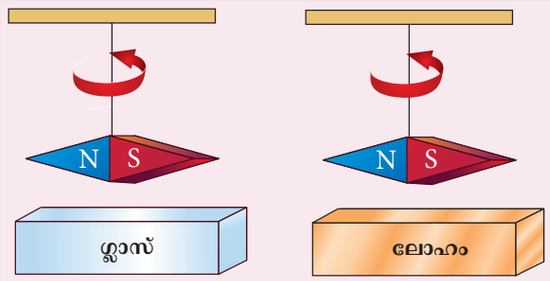
ഉദാഹരണം

ഒരു ഗോളാകൃതിയിലുള്ള കല്ലും ഒരേ വലുപ്പത്തിലും ദ്രവ്യമാനത്തിലും ഉള്ള ഒരു ഗോളാകൃതിയിലുള്ള ലോഹ പന്തും ഒരേ ഉയരത്തിൽ നിന്ന് താഴേക്ക് ഇടുക. ഏതാണ്, അതായത് ഒരു കല്ലോ, ഒരു ലോഹ പന്താണോ ആദ്യം ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലെത്തുക? നിങ്ങളുടെ ഉത്തരം ന്യായീകരിക്കുക. വായു ഘർഷണം ഇല്ലെന്ന് കരുതുക.

ഉത്തരം

മെറ്റൽ ബോളിനേക്കാൾ (ലോഹ പന്തിനേക്കാൾ) മുമ്പുതന്നെ കല്ല് ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ എത്തും. കാരണം, ലോഹ പന്ത് ഭൂമിയുടെ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിലൂടെ വീഴുമ്പോൾ, എഡ്ഡി വൈദ്യുത ധാരകൾ അതിൽ ഉൽപാദിപ്പിക്കപ്പെടുകയും അതിന്റെ ചലനത്തെ എതിർക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. എന്നാൽ കല്ലിന്റെ കാര്യത്തിൽ, എഡ്ഡി വൈദ്യുത പ്രവാഹങ്ങളൊന്നും ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നില്ല. അത് സ്വതന്ത്രമായി വീഴുന്നു.

പ്രവർത്തനം



സാവകാശ അവമന്ദനം ദ്രുതഗതിയിലുള്ള അവമന്ദനം

ആദ്യ ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ സസ്പെൻഷൻ വയറിന്റെ താഴത്തെ അറ്റത്ത് സസ്പെൻഡ് ചെയ്ത ശക്തമായ കാന്തം ഉപയോഗിച്ച് ഒരു പെൻഡുലം ഉണ്ടാക്കുക. അതിനു താഴെയായി ഒരു ഗ്ലാസ് പ്ലേറ്റ് ഉപയോഗിച്ച് ആന്ദോളനം ചെയ്യുക, നിശ്ചലാവസ്ഥ പ്രാപിക്കാൻ എടുത്ത സമയം കുറിച്ചെടുക്കുക.

അടുത്തതായി രണ്ടാമത്തെ ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഇൻസുലേറ്റിംഗ് കാന്തത്തിന് താഴെ ഒരു മെറ്റാലിക് പ്ലേറ്റ് സ്ഥാപിക്കുക, നിർത്താൻ എടുക്കുന്ന സമയം വീണ്ടും ശ്രദ്ധിക്കുക.

രണ്ടാമത്തെ കേസിൽ, കാന്തത്തിന്റെ ഓസിലേഷനെ എതിർക്കുന്ന രീതിയിൽ പ്ലേറ്റിൽ എഡ്ഡി വൈദ്യുത പ്രവാഹങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നതിനാൽ കാന്തം വളരെ വേഗം നിശ്ചലാവസ്ഥ പ്രാപിക്കുന്നു

എഡ്ഡി കറന്റുകളുടെ പ്രയോജനങ്ങൾ

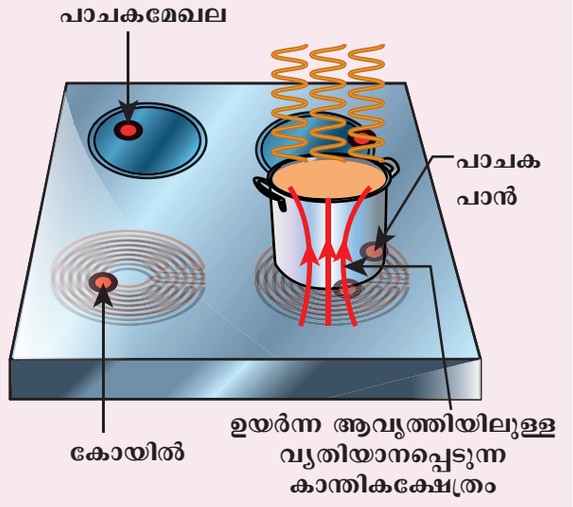
ചില സന്ദർഭങ്ങളിൽ എഡ്ഡി കറന്റ് ഉൽപാദനം അഭികാമ്യമല്ലെങ്കിലും മറ്റ് ചില സാഹചര്യങ്ങളിൽ ഇത് ഉപയോഗപ്രദമാണ്. അവയിൽ ചിലത്,

i. ഇൻഡക്ഷൻ സ്റ്റൗവ്
ii. എഡ്ഡി കറന്റ് ബ്രേക്ക്
iii. എഡ്ഡി കറന്റ് പരിശോധന
iv. വൈദ്യുത കാന്തിക അവമന്ദനം

i. ഇൻഡക്ഷൻ സ്റ്റൗവ്

കുറഞ്ഞ ഊർജ്ജ ഉപഭോഗം ഉപയോഗിച്ച് ഭക്ഷണം വേഗത്തിലും സുരക്ഷിതമായും പാചകം ചെയ്യാൻ ഇൻഡക്ഷൻ സ്റ്റൗവ് ഉപയോഗിക്കുന്നു. പാചക മേഖലയ്ക്ക് താഴെ, ഇൻസുലേറ്റഡ് വയർ കൊണ്ട് ദൃഢമായി ചുറ്റിയ കോയിൽ ഉണ്ട്. അനുയോജ്യമായ മെറ്റീരിയൽ ഉപയോഗിച്ച് നിർമ്മിച്ച പാചക പാൻ പാചക മേഖലയ്ക്ക് മുകളിൽ സ്ഥാപിച്ചിരിക്കുന്നു. സ്റ്റവ് ഓണാക്കുമ്പോൾ, കോയിലിൽ ഒഴുകുന്ന ഒരു പ്രത്യാവർത്തി വൈദ്യുതധാര ഉയർന്ന ഫ്രീക്വൻസി ആൾട്ടർനേറ്റീവ് മാഗ്നറ്റിക് ഫീൽഡ് ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു, ഇത് വളരെ ശക്തമായ എഡ്ഡി കറന്റുകൾ പാചക പാനിൽ പ്രേരിപ്പിക്കുന്നു. ഭക്ഷണം പാകം

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 209 29-06-2022 14:52:09



ചിത്രം 4.13 ഇൻഡക്ഷൻ സ്റ്റവ്

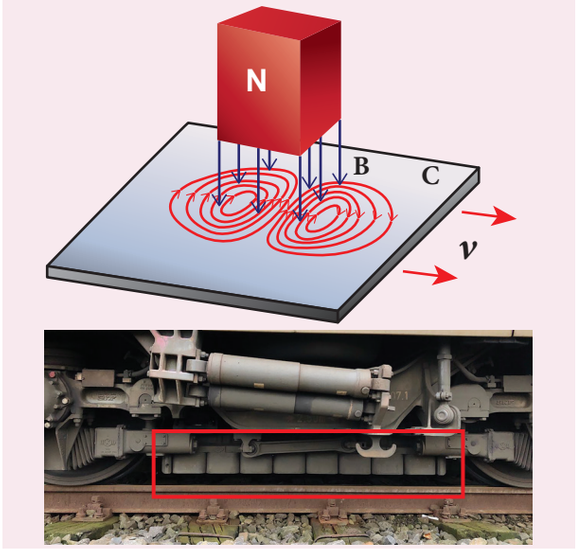
ചെയ്യാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന പാത്രത്തിൽ എഡ്ഡി വൈദ്യുത ധാരകൾ വളരെയധികം താപം ജൂളിന്റെ താപ പ്രഭാവത്തിനാൽ ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു. (ചിത്രം 4.13).

കുറിപ്പ്: ഉയർന്ന ആവൃത്തി ആൾട്ടർനേറ്റീവ് കാന്തികക്ഷേത്രം ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നതിനായി കോയിലിന് നൽകുന്നതിന് മുമ്പ് തന്നെ ഗാർഹിക എസി (AC) വിതരണത്തിന്റെ ആവൃത്തി 50–60 Hz മുതൽ20-40 കിലോ ഹെർട്സ് (KHz) വരെ വർദ്ധിപ്പിച്ചുണ്ട്.

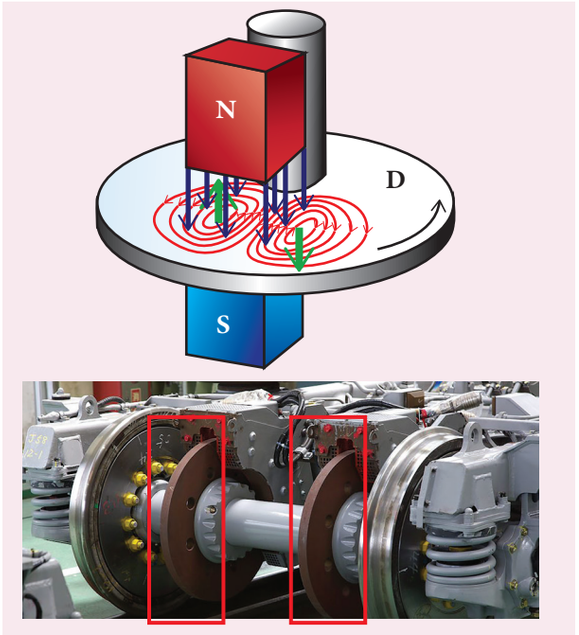
ii. എഡ്ഡി കറന്റ് ബ്രേക്ക്

ഇത്തരം എഡ്ഡി കറന്റ് ബ്രോക്കിംഗ് സംവിധാനം സാധാരണയായി അതിവേഗ ട്രെയിനുകളിലും റോളർ കോസ്റ്ററുകളിലും ഉപയോഗിക്കുന്നു. ശക്തമായ വൈദ്യുത മാഗ്നറ്റുകൾ റെയിലുകൾക്ക് മുകളിലാണ് ഉറപ്പിച്ചിരിക്കുന്നത്. ട്രെയിൻ നിർത്താൻ, വൈദ്യുത കാന്തികങ്ങൾ സ്വിച്ച് ഓൺ ചെയ്യുന്നു. ഈ കാന്തങ്ങളുടെ കാന്തികക്ഷേത്രം ട്രെയിനിലെ ചലനത്തെ എതിർക്കുന്നതായ എഡ്ഡി വൈദ്യുത പ്രവാഹങ്ങളെ പ്രേരിപ്പിക്കുന്നു. (ചിത്രം 4.14(എ)).

ചില സന്ദർഭങ്ങളിൽ, ഒരു സാധാരണ ഷാഫ്റ്റിലൂടെ ട്രെയിനിന്റെ ചക്രവുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന വൃത്താകൃതിയിലുള്ള ഡിസ്ക് ഒരു വൈദ്യുതകാന്തിക ധ്രുവങ്ങൾക്കിടയിൽ കറങ്ങുന്നതിന് നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നു. ഡിസ്കും കാന്തവും തമ്മിൽ ആപേക്ഷിക ചലനം ഉണ്ടാകുമ്പോൾ, ട്രെയിൻ നിർത്തുന്ന ഡിസ്കിൽ എഡ്ഡി വൈദ്യുത പ്രവാഹങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. ഇതാണ് എഡ്ഡി കറന്റിലെ വൃത്താകൃതിയിലുള്ള ബ്രേക്ക് (ചിത്രം 4.14 (ബി)).



ചിത്രം 4.14(a) ലീനിയർ എഡ്ഡി കറന്റ് ബ്രേക്ക്

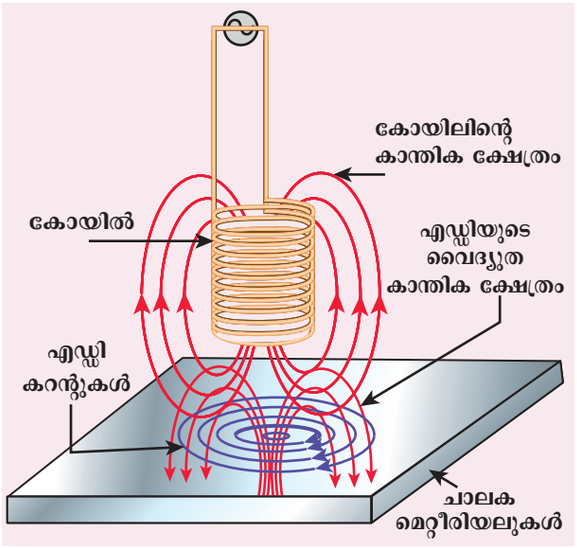


ചിത്രം 4.14(b) സർക്കുലർ എഡ്ഡി കറന്റ് ബ്രേക്ക്

iii. എഡ്ഡി കറന്റ് ടെസ്റ്റിംഗ്

ഉപരിതല വിള്ളലുകൾ, ഒരു മാതൃകസ്പെസമനിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന വായുകുമിളകൾ തുടങ്ങിയ വൈകല്യങ്ങൾ കണ്ടെത്തുന്നതിനുള്ള ലളിതമായ വിനാശരഹിതമായ പരീക്ഷണ രീതികളിൽ ഒന്നാണിത്. ഇൻസുലേറ്റഡ് വയറുകളാൽ ചുറ്റപ്പെട്ട കോയിലിൽ ഒരു പ്രത്യാവർത്തി വൈദ്യുത പ്രവാഹം നൽകുന്നതിനാൽ അത് ഒരു മാറിമാറി വരുന്ന ഒരു കാന്തിക ക്ഷേത്രം ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു. ഈ കോയിൽ പരീക്ഷണ ഉപരിതലത്തിനടുത്ത് കൊണ്ടുവരുമ്പോൾ, ടെസ്റ്റ് ഉപരിതലത്തിൽ എഡ്ഡി കറന്റ് പ്രേരിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു.

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 210 29-06-2022 14:52:11

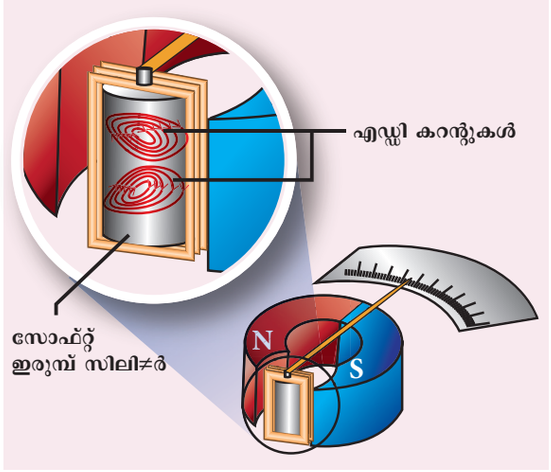


ചിത്രം 4.15 എഡ്ഡി കറന്റ് ടെസ്റ്റിംഗ്

വൈകല്യങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യം എഡ്ഡി കറന്റിലെ പ്രാവസ്ഥയിലും ആയതിയിലും മാറ്റം വരുത്തുന്നു, അത് മറ്റ് മാർഗ്ഗങ്ങളിലൂടെ കണ്ടെത്താനാകും. ഈ രീതിയിൽ, സ്പെസിമനിൽ നിലവിലുള്ള വൈകല്യങ്ങൾ തിരിച്ചറിയാൻ സാധിക്കുന്നു. (ചിത്രം 4.15)

iv. ഇലക്ട്രോ മാഗ്നറ്റിക് ഡാമ്പിംഗ്

ഗാൽവനോമീറ്റർ കോയിലിന്റെ ആർമേച്ചർ മൃദുവായ ഇരുമ്പ് സിലിണ്ടറിൽ ഘടിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ട്. അർമേച്ചർ വ്യതിചലിച്ചു കഴിഞ്ഞാൽ, മൃദുവായ ഇരുമ്പ് സിലിണ്ടറും റേഡിയൽ കാന്തികക്ഷേത്രവും തമ്മിലുള്ള ആപേക്ഷിക ചലനം സിലിണ്ടറിൽ എഡ്ഡി കറന്റിനെ പ്രേരിപ്പിക്കുന്നു. (ചിത്രം 4.16) എഡ്ഡി കറന്റിലെ ഒഴുക്ക് മൂലം വരുന്ന വൈദ്യുത കാന്തിക അവമന്ദന (damping force) ശക്തി, ഉടനടി ആർമേച്ചറിനെ, നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ എത്തിക്കുന്നു, തുടർന്ന് ഗാൽവനോമീറ്റർ സ്ഥിരമായ ഒരു വ്യതിചലനം കാണിക്കുന്നു. ഇതിനെ വൈദ്യുത കാന്തിക ഡാമ്പിംഗ് എന്ന് വിളിക്കുന്നു.



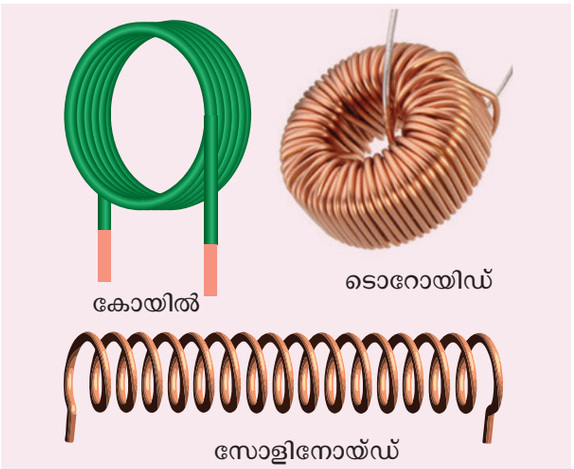
ചിത്രം 4.16 വൈദ്യുത കാന്തിക അവമന്ദനം

4.3 സ്വയം - പ്രേരണം

4.3.1 ആമുഖം

ഒരു വൈദ്യുത പ്രവാഹം പ്രവഹിക്കുമ്പോൾ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിനാൽ കാന്തികഊർജ്ജം സംഭരിക്കുന്നതിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന ഒരു ഉപകരണമാണ് ഇൻഡക്റ്റർ. (ചിത്രം 4.17)ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന കോയിലുകൾ, സോളിനോയിഡുകൾ, ടൊറോയിഡുകൾ എന്നിവയാണ് സാധാരണ ഉദാഹരണങ്ങൾ.

ഒരു പരിപഥത്തിലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിനുണ്ടാകുന്ന വ്യതിയാനം (സ്വയം പ്രേരണം) അല്ലെങ്കിൽ കാന്തികമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന സമീപ പരിപഥത്തിലെ വൈദ്യുതധാരയിലെ മാറ്റം (പരസ്പര പ്രേരണം) എന്നിവയിൽ വിദ്യുത് ചാലക ബലം ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുവാനുള്ള ഇൻഡക്ടറുകളുടെ സവിശേഷ സ്വഭാവമാണ് ഇൻഡക്റ്റൻസ്. അടുത്ത ഭാഗങ്ങളിൽ സ്വയം പ്രേരണത്തെ കുറിച്ചും, പരസ്പര പ്രേരണത്തെ കുറിച്ചും നമുക്ക് പഠിക്കാം.



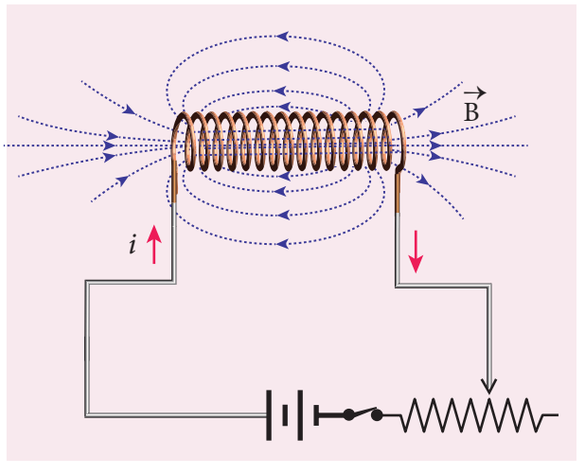
ചിത്രം 4.17 ഇൻഡക്റ്ററിനുള്ള ഉദാഹരണങ്ങൾ

സ്വയം-ഇൻഡക്ഷൻ

ഒരു കോയിലിലൂടെ ഒഴുകുന്ന ഒരു വൈദ്യുത പ്രവാഹം അതിനു ചുറ്റും ഒരു കാന്തികക്ഷേത്രം സജ്ജമാക്കും. അതിനാൽ, കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന്റെ കാന്തിക പ്രവാഹം ആ കോയിലുമായി തന്നെ ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. കറന്റ് മാറ്റിക്കൊണ്ട് ഈ ഫ്ളക്സ് മാറ്റുകയാണെങ്കിൽ, അതേ കോയിലിൽ ഒരു

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 211 29-06-2022 14:52:12

emf പ്രേരിപ്പിക്കുന്നു. (ചിത്രം 4.18). ഈ പ്രതിഭാസത്തെ **സ്വയം ഇൻഡക്ഷൻ** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. പ്രേരിപ്പിച്ച emf നെ സ്വയം പ്രേരിത emf എന്ന് വിളിക്കുന്നു.



ചിത്രം 4.18 സ്വയം-പ്രേരണം

N ചുരുളുകൾ ഉള്ള കോയിലിന്റെ ഓരോ ചുരുളുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന മാഗ്നറ്റിക് ഫ്ളക്സ് Φ_B ആകട്ടെ, തുടർന്ന് $N\Phi_B$ (ഫ്ളക്സ് ലിങ്കേജ്) മായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന മൊത്തം ഫ്ളക്സ് കോയിലിലെ കറന്റ് i ന് ആനുപാതികമാണ്.

$$N\Phi_B \propto i$$
$$N\Phi_B = Li \qquad (4.8)$$
$$\text{(or) } L = \frac{N\Phi_B}{i}$$

ആനുപാതികത സ്ഥിരാങ്കം L നെ സ്വയം ഇൻഡക്റ്റൻസ് അല്ലെങ്കിൽ കോയിലിന്റെ സ്വയം ഇൻഡക്ഷന്റെ ഗുണകം എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

$i = 1\text{A}$ ആണെങ്കിൽ $L = N\Phi_B$ ആകുന്നു. **ഒരു കോയിലിന്റെ സ്വയം-ഇൻഡക്റ്റൻസ് അല്ലെങ്കിൽ ലളിതമായി ഇൻഡക്റ്റൻസ് നിർവചിച്ചിരിക്കുന്നത്, എങ്ങനെയെന്നാൽ 1A കറന്റ് പ്രവഹിക്കുമ്പോൾ അനുബന്ധകോയിലുണ്ടാകുന്ന ഫ്ളക്സ് ലിങ്കേജാണ്.**

കറന്റ് i സമയത്തിനനുസരിച്ച് മാറുമ്പോൾ, അതിൽ ഒരു emf പ്രേരിപ്പിക്കുന്നു. ഫാരഡെയുടെ വൈദ്യുതകാന്തിക പ്രേരണ നിയമത്തിൽ നിന്ന്, കോയിലിലെ ഈ സ്വയം പ്രേരിത emf നെ ഇങ്ങനെ നൽകുന്നുഎഴുതാം.

$$\varepsilon = -\frac{d(N\Phi_B)}{dt}$$
$$= -\frac{d(Li)}{dt} \quad \text{(സമവാക്യം ഉപയോഗിച്ച് 4.8)}$$
$$\therefore \varepsilon = -L\frac{di}{dt} \qquad (4.9)$$
$$\text{(or) } L = \frac{-\varepsilon}{di/dt}$$

മുകളിലുള്ള നെഗറ്റീവ് ചിഹ്നം സൂചിപ്പിക്കുന്നത് സ്വയം പ്രേരിപ്പിച്ച emf കാലാകാലങ്ങളിൽ നിലവിലുള്ള മാറ്റത്തെ എതിർക്കുന്നു എന്നാണ്. $di/dt = 1\ \text{A s}^{-1}$ ആണെങ്കിൽ $L = -\varepsilon$ ഒരു കോയിലിന്റെ ഇൻഡക്റ്റൻഡ് നിർവചിക്കപ്പെടുന്നത് കോയിലിൽ ഉണ്ടാകുന്ന എതിർവശത്തെ emf ൽ നിന്നുമാണ്. **1 A s^{-1}.**

ഇൻഡക്റ്റൻസിന്റെ യൂണിറ്റ്

ഇൻഡക്റ്റൻസ് ഒരു അദിശ അളവാണ്, അതിന്റെ യൂണിറ്റ് Wb A^{-1} അല്ലെങ്കിൽ V s A^{-1} ആണ്. അല്ലെങ്കിൽ ഇതിനെ ഹെന്റി (H) ലും അളക്കുന്നു.

$$1\ \text{H} = 1\ \text{Wb A}^{-1} = 1\ \text{V s A}^{-1}$$

ഇൻഡക്റ്റൻസിന്റെ ഡൈമൻഷണൽ ഫോർമുല $M L^2 T^{-2} A^{-2}$. ആണ്.

If $i = 1$ A, $N\Phi_B = 1$ Wb ചുരുളുകൾ എങ്കിൽ $L = 1\text{H}$.

അപ്പോൾ, **കോയിലിന്റെ ഇൻഡക്റ്റൻഡ് 1 ഹെന്റി എന്നാൽ 1 A യിലുള്ള കറന്റ് കോയിലിൽ യൂണിറ്റ് ഫ്ളക്സ് ലിങ്കേജ് ഉണ്ടാക്കുകയാണെങ്കിൽ.**

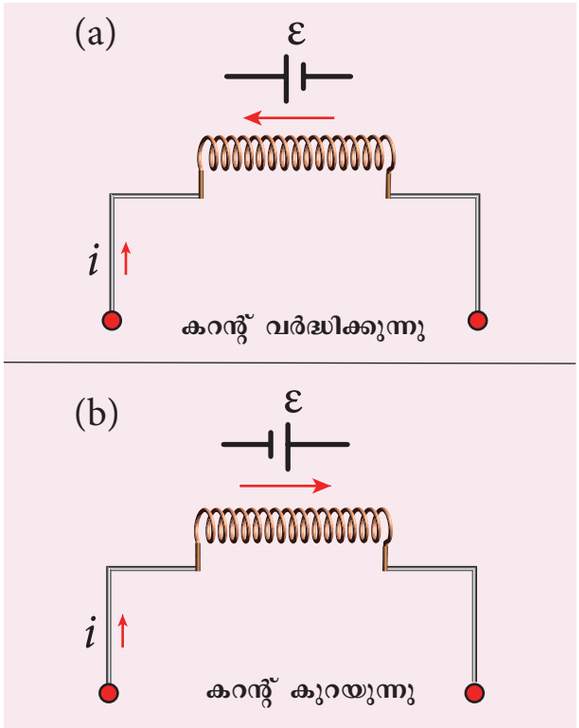
$di/dt = 1\text{A s}^{-1}$ കൂടാതെ $\varepsilon = -1\ \text{V}$, ആണെങ്കിൽ $L = 1\text{H}$.

അതിനാൽ, **1AS^{-1} എന്ന നിരക്കിൽ ഒരു കോയിലിൽ വിദ്യുത്ധാര മാറുകയാണെങ്കിൽ അതിൽ 1 V എതിർ വിദ്യുത്ചാലക ബലം പ്രേരിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. അങ്ങനെ എങ്കിൽ കോയിലിന്റെ ഇൻഡക്റ്റൻസ് ഒരു ഹെന്റി എന്നു പറയാം.**

ഇൻഡക്റ്റൻസിന്റെ ഭൗതിക പ്രാധാന്യം

XI -ാം ക്ലാസിൽ ജഡത്വത്തെക്കുറിച്ച് ഞങ്ങൾ പഠിച്ചു. രേഖീയ ചലനത്തിൽ, ദ്രവ്യമാനം രേഖീയ ജഡത്വത്തിന്റെ അളവാണ്, അതുപോലെ തന്നെ, ഭ്രമണ ചലനത്തിന്, ജഡത്വാഘൂർണ്ണം ഭ്രമണ ജഡത്വത്തിൽ നിർണ്ണായകമാണ് XI ഭൗതികശാസ്ത്ര പാഠപുസ്തകത്തിലെ 3.2.1, 5.4 വിഭാഗങ്ങൾ കാണുക) സാധാരണയായി, ജഡത്വം എന്നാൽ അതിന്റെ അവസ്ഥ മാറ്റുന്നതിനുള്ള കഴിവില്ലായ്മ ആകുന്നു.

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 212 29-06-2022 14:52:16



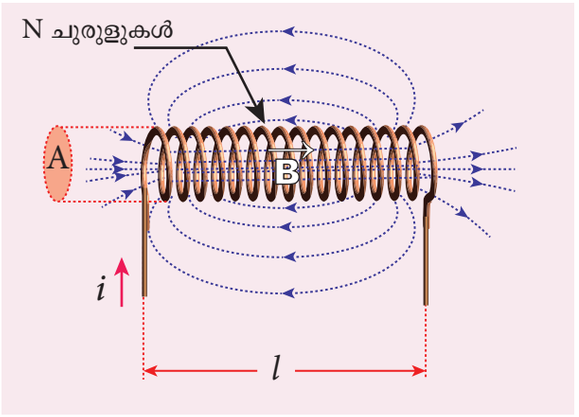
ചിത്രം 4.19 വ്യതിചലിക്കുന്ന വിദ്യുത്ധാര i നെ പ്രേരിത ഇ.എം.എഫ് എതിർക്കുന്നു.

യാന്ത്രിക ചലനത്തിൽ ദ്രവ്യമാനവും ജഡത്വാഘൂർണ്ണവും പ്രവർത്തിക്കുന്നതു പോലെയാണ് ഒരു പരിപഥത്തിലെ ഇൻഡക്റ്റൻസും ഒരു സർക്യൂട്ട് സ്വിച്ച് ഓൺ ചെയ്യുമ്പോൾ,വർദ്ധിക്കുന്ന വൈദ്യുത ധാര ഒരു സർക്യൂട്ടിലെ വൈദ്യുതധാരയുടെ വളർച്ചയെ എതിർക്കുന്ന ഒരു emf നെ പ്രേരിപ്പിക്കുന്നു. (ചിത്രം 4.19(a)). അതുപോലെ, സർക്യൂട്ട് വിഛേദിക്കപ്പെട്ടാൽ, കുറഞ്ഞുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന കറന്റ് വിപരീതദിശയിൽ ഒരു emf നെ പ്രേരിപ്പിക്കുന്നു. ഈ emf ഇപ്പോൾ വൈദ്യുത ധാര (ചിത്രം 4.19(b)) യുടെ അപചയത്തെ എതിർക്കുന്നു.

അതിനാൽ, കോയിലിന്റെ ഇൻഡക്റ്റൻസ് വൈദ്യുത ധാരയിലെ ഏത് മാറ്റത്തെയും എതിർക്കുകയും യഥാർത്ഥ അവസ്ഥ നിലനിർത്താൻ ശ്രമിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

4.3.2 വളരെ നീളമുള്ള ഒരു സോളിനോയ്ഡിന്റെ സ്വയം ഇൻഡക്റ്റൻസ്

നീളം l,ഉള്ളതും പ്രതലവിസ്തീർണ്ണം A യുമുള്ള ഒരു നീളം കൂടിയ സോളിനോയിഡിനെ സങ്കല്പിക്കുക. സോളിനോയിഡിന്റെ ഒരു മാത്ര നീളത്തിലെ ചുരുളുകളുടെ എണ്ണം (ചുരുൾ സാന്ദ്രത) n ആണെന്നും കരുതുക. വിദ്യുത് പ്രവാഹം i സോളിനോയിഡിൽ പ്രവഹിക്കുമ്പോൾ അതിനുള്ളിൽ ഏകാത്മകതയുള്ളതും, സോളിനോയിഡിന്റെ അക്ഷത്തിനു സമാന്തരമായതുമായ കാന്തിക മണ്ഡലം രൂപം കൊള്ളുന്നു (ചിത്രം 4.20) സോളിനോയിഡിനുള്ളിലെ ഏതെങ്കിലും ഒരു ബിന്ദുവിലെ കാന്തിക ക്ഷേത്രം (ഭാഗം 3.9.3 പരിശോധിക്കുക)



ചിത്രം 4.20 നീളമുള്ള ഒരു സോളിനോയിഡിന്റെ സ്വയം ഇൻഡക്റ്റൻസ്

$$B = \mu_{\circ} ni$$

ഈ കാന്തികക്ഷേത്രം സോളിനോയിഡിലൂടെ കടന്നുപോകുമ്പോൾ, അതിൽ ചുറ്റപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന ചുരുളുകളിലും കാന്തിക ബലരേഖകൾ ഇണയുന്നു. ഓരോ വളയത്തിലും കടന്നു പോകുന്ന കാന്തിക ഫ്ളക്സ്,

$$\Phi_B = \int_A \vec{B}.d\vec{A} = BA\cos\theta$$
$$= BA \qquad \text{എന്തെന്നാൽ } \theta = 0°$$
$$= (\mu_0 ni)A$$

ഇണയ്ക്കപ്പെട്ട മൊത്ത കാന്തിക ഫ്ളക്സ് അഥവാ N ചുരുളുകളുള്ള സോളിനോയിഡിന്റെ മൊത്ത ഫ്ളക്സ് ലിങ്കേജ് എന്നത് ($N = n\,l$).

$$N\Phi_B = (nl)(\mu_0 ni)\,A$$
$$N\Phi_B = (\mu_{\circ} n^2 Al)\,i$$

നമുക്കറിയാം

$$N\Phi_B = Li$$

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 213 29-06-2022 14:52:18

മുകളിലുള്ള സമവാക്യങ്ങളുമായി താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ, നമുക്ക്,

$$L = \mu_{\circ} n^2 Al \qquad (4.10)$$

ലഭിക്കുന്നു. മുകളിലുള്ള സമവാക്യത്തിൽ നിന്ന്, ഇൻഡക്റ്റൻസ് സോളിനോയിഡിന്റെ ജ്യാമിതിയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നുവെന്നും (ടേൺ ഡെൻസിറ്റി n ക്രോസ്-സെക്ഷണൽ ഏരിയ A, നീളം l), കൂടാതെ സോളിനോയിഡിനുള്ളിൽ കാണപ്പെടുന്ന മീഡിയത്തേയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ആപേക്ഷിക പരഗമ്യത μ_r ഉള്ള ഒരു വിദ്യുത്രോധക മീഡിയം ഉപയോഗിച്ച് സോളിനോയിഡ് നിറഞ്ഞിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ,

$$L = \mu n^2 Al \quad \text{അല്ലെങ്കിൽ} \quad L = \mu_{\circ}\mu_r n^2 Al$$

ഇൻഡക്ടറിൽ സംഭരിച്ചിരിക്കുന്ന ഊർജ്ജം

സർക്യൂട്ടിൽ ഒരു വൈദ്യുതധാര നിലനിർത്തുമ്പോഴെല്ലാം, ഇൻഡക്റ്റൻസ് വൈദ്യുതധാരയുടെ വളർച്ചയെ എതിർക്കുന്നു. സർക്യൂട്ടിൽ ഒരു കറന്റ് നിലനിർത്തുന്നതിന്, ചില ബാഹ്യ ഏജൻസികൾ ഈ എതിർപ്പിനെതിരെ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ചെയ്ത ഈ ജോലി കാന്തിക സാധ്യതയുള്ള ഊർജ്ജമായി സംഭരിക്കപ്പെടുന്നു.

ഇൻഡക്ടറിന്റെ വൈദ്യുത പ്രതിരോധം നിസാരമാണെന്നും ഇൻഡക്റ്റർ പ്രഭാവം മാത്രം കണക്കാക്കുന്നുവെന്നും കരുതുക. ഒരു പ്രത്യേക സമയം t ലെ പ്രേരിത ഇ.എം.എഫ് ε ആയാൽ

$$\varepsilon = -L\frac{di}{dt}$$

ഈ എതിർപ്പിനു വിപരീതമായി dq ചാർജിനെ dt സമയത്തിൽ ചലിപ്പിക്കുന്നതിനു ആവശ്യമായ ജോലി dW ആയാൽ

$$dW = -\varepsilon dq$$
$$= -\varepsilon i dt \qquad \because\ dq = idt$$

സമവാക്യം (4.9) ൽ നിന്നും, ε യുടെ മൂല്യം ഇടുമ്പോൾ,

$$= -\left(-L\frac{di}{dt}\right) idt$$
$$dW = Lidi$$

കറന്റ് i സ്ഥാപിക്കാൻ ഉള്ള മൊത്ത പ്രവൃത്തി എന്നത്,

$$W = \int dW = \int_0^i Lidi = L\left[\frac{i^2}{2}\right]_o^i$$
$$W = \frac{1}{2}Li^2$$

ഈ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി കാന്തിക സ്ഥിതികോർജ്ജം ആയി സംഭരിക്കപ്പെടുന്നു.

$$\therefore U_B = \frac{1}{2}Li^2 \qquad (4.11)$$

ഒരു മാത്ര വ്യാപ്ത പ്രതലത്തിൽ സംഭരിച്ചിരിക്കുന്ന ഊർജ്ജമാണ് ഊർജ്ജസാന്ദ്രത എന്നത്.

$$u_B = \frac{U_B}{Al} \quad \because \text{സോളിനോയ്ഡിന്റെ വ്യാപ്തം} = Al$$
$$u_B = \frac{Li^2}{2Al} = \frac{\left(\mu_0 n^2 Al\right) i^2}{2Al} \qquad \because L = \mu_0 n^2 Al$$
$$= \frac{\mu_0 n^2 i^2}{2}$$
$$u_B = \frac{B^2}{2\mu_0} \qquad \because B = \mu_0 ni$$

ഉദാഹരണം 4.10

ആപേക്ഷിക പാരഗമ്യത 800 ഉള്ള ഇരുമ്പ് കോറിൽ 500 വളയങ്ങൾ ഉള്ള ഒരു സോളിനോയിഡ് വച്ചിട്ടുണ്ട്. സോളിനോയിഡിന്റെ നീളവും ആരവും യഥാക്രമം 40 സെന്റീമീറ്ററും, 3 സെന്റീമീറ്ററുമാണ്. ഇതിലെ വൈദ്യുതധാര 0.4 സെക്കൻഡിനുള്ളിൽ 0 മുതൽ 3 A വരെ മാറുകയാണെങ്കിൽ സോളിനോയിഡിൽ പ്രേരിപ്പിക്കുന്ന ശരാശരി emf കണക്കാക്കുക.

പരിഹാരം

$N = 500$ ചുരുളുകൾ; $\mu_r = 800$;
$l = 40$ സെ.മീ $= 0.4$ മീ; $r = 3$ സെ.മീ $= 0.03$ മീ;
$di = 3 - 0 = 3$ A; $dt = 0.4$ s

സ്വയം - ഇൻഡക്റ്റൻസ്,

$$L = \mu n^2 Al \quad \left(\because \mu = \mu_{\circ}\mu_r; A = \pi r^2; n = \frac{N}{l}\right)$$
$$= \frac{\mu_{\circ}\mu_r N^2 \pi r^2}{l}$$
$$= \frac{4\times 3.14\times 10^{-7}\times 800\times 500^2\times 3.14\times\left(3\times 10^{-2}\right)^2}{0.4}$$

ഘ = 1.77 ഒ

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 214 29-06-2022 14:52:23

പ്രേരിത emf $\varepsilon = -L\frac{di}{dt}$

$$= -\frac{1.77\times 3}{0.4}$$

$$\varepsilon = -13.275 \text{ V}$$

ഉദാഹരണം 4.11

ഒരു എയർ-കോർ സോളിനോയിഡിന്റെ സ്വയം-ഇൻഡക്റ്റൻസ് 4.8 mH ആണ്. അതിന്റെ കോറിനെ ഇരുമ്പ് കോർ ഉപയോഗിച്ച് മാറ്റിസ്ഥാപിക്കുകയാണെങ്കിൽ, അതിന്റെ സ്വയം ഇൻഡക്റ്റൻസ് 1.8 H ആയി മാറുന്നു. ഇരുമ്പിന്റെ ആപേക്ഷിക പാരഗവ്യത കണ്ടെത്തുക.

പരിഹാരം

$$L_{air} = 4.8\times 10^{-3}\text{H}$$

$$L_{iron} = 1.8\text{H}$$

$$L_{air} = \mu_{\circ} n^2 Al = 4.8\times 10^{-3}\text{H}$$

$$L_{iron} = \mu n^2 Al = \mu_{\circ}\mu_r n^2 Al = 1.8\text{H}$$

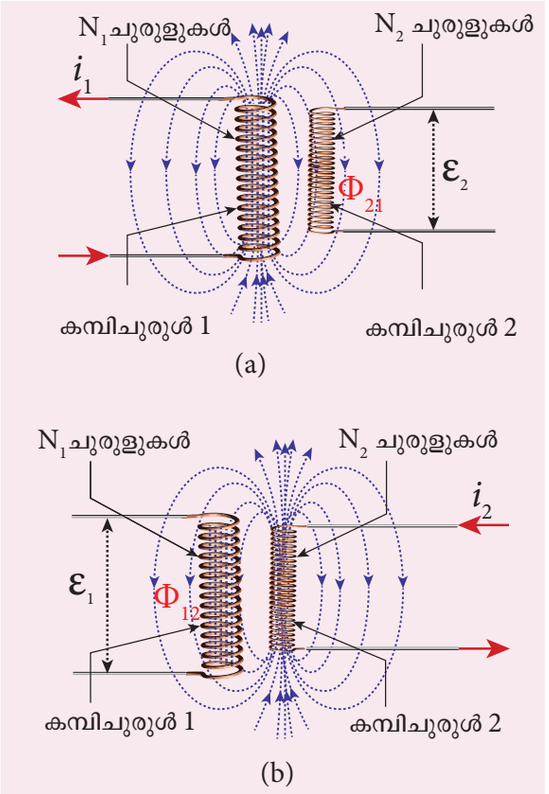
$$\therefore \mu_r = \frac{L_{iron}}{L_{air}} = \frac{1.8}{4.8\times 10^{-3}} = 375$$

4.3.3 പരസ്പര പ്രേരണം

ഒരു കോയിലിലൂടെ കടന്നുപോകുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹം സമയത്തിനനുസരിച്ച് മാറുമ്പോൾ, സമീപ കോയിലിൽ ഒരു emf പ്രേരിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസത്തെ മ്യൂച്ചൽ ഇൻഡക്ഷൻ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. കൂടാതെ പ്രേരിപ്പിച്ച emf നെ പരസ്പരം പ്രേരിപ്പിച്ച emf എന്നാണ് വിളിക്കുന്നത്.

പരസ്പരം അടുത്ത് സ്ഥാപിച്ചിരിക്കുന്ന രണ്ട് കോയിലുകൾ പരിഗണിക്കുക. ഒരു വൈദ്യുത പ്രവാഹം i_1 കോയിൽ 1 വഴി അയച്ചാൽ, അത് ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്ന കാന്തികക്ഷേത്രവും കോയിൽ 2 മായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ചിത്രം 4.21 (a) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ.

Φ_{21} എന്നത് കമ്പിച്ചുരുൾ 1 ലെ വിദ്യുത്പ്രവാഹത്തിനാൽ N_2 ചുരുളുകളുള്ള കമ്പിച്ചുരുൾ 2 ലെ ഓരോ ചുരുളുകളിലും രൂപാന്തരപ്പെടുന്ന കാന്തിക ഫ്ളക്സ് ആകുന്നു. അങ്ങനെയാണെങ്കിൽ കമ്പിച്ചുരുൾ 2 ൽ $(N_2\Phi_{21})$ ഉള്ള മൊത്ത കാന്തിക ഫ്ളക്സ് കമ്പിച്ചുരുൾ 1 ലെ വിദ്യുത്ധാര i_1 നു ആനുപാതികമായിരിക്കും.



ചിത്രം 4.21 പരസ്പര പ്രേരണ

$$N_2\Phi_{21} \propto i_1$$

$$N_2\Phi_{21} = M_{21}\, i_1 \qquad (4.12)$$

$$\text{(or) } M_{21} = \frac{N_2\Phi_{21}}{i_1}$$

ആനുപാതികതയുടെ സ്ഥിരാങ്കം M_{21} എന്നത് പരസ്പര ഇൻഡക്റ്റൻസ് അഥവാ കമ്പിച്ചുരുൾ 1 നെ അടിസ്ഥാനമാക്കി കമ്പിച്ചുരുൾ 2 ന്റെ പരസ്പര പ്രേരക ഗുണാങ്കം എന്നതാണ്.

$i_1 = 1A$ ഉം $M_{21} = N_2\Phi_{21}$ ആയതിനാൽ മ്യൂച്ചൽ ഇൻഡക്റ്റൻസ് M_{21} **എന്നതിനെ കമ്പിച്ചുരുൾ *1* ൽ *1A* വിദ്യുത്ധാര പ്രവഹിക്കുമ്പോൾ കമ്പിച്ചുരുൾ *2* ൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന കാന്തിക ഫ്ളക്സ് ലിങ്കേജാണെന്നു പ്രതിപാദിക്കാം.**

കറന്റ് i_1 സമയത്തിനനുസരിച്ച് മാറുമ്പോൾ, ഒരു emf ε_2 കോയിലിൽ പ്രേരിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. ഫാരഡെയുടെ വൈദ്യുത കാന്തിക നിയമത്തിൽ നിന്ന്, പരസ്പരമുള്ള പ്രേരിതമായ emf ε_2. നെ ഇങ്ങനെ നൽകുന്നു.

$$\varepsilon_2 = -\frac{d\left(N_2\Phi_{21}\right)}{dt} = -\frac{d(M_{21}i_1)}{dt}$$

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 215 29-06-2022 14:52:28

$$\varepsilon_2 = -M_{21}\frac{di_1}{dt}$$

(അല്ലെങ്കിൽ) $$M_{21} = \frac{-\varepsilon_2}{di_1/dt}$$

മുകളിലുള്ള സമവാക്യത്തിലെ നെഗറ്റീവ് ചിഹ്നം കാണിക്കുന്നത് പരസ്പരം പ്രേരിപ്പിച്ച emf എല്ലായ്പ്പോഴും സമയാനുസൃതമായുള്ള i_1 ലെ മാറ്റത്തെ എതിർക്കുന്നു എന്നാണ്. $di_1/dt = 1\,\text{A s}^{-1}$, ആണെങ്കിൽ, പിന്നെ $M_{21} = -\varepsilon_2$ **മ്യൂച്വൽ ഇൻഡക്റ്റൻസ് M_{21} എന്നത് കോയിൽ 1 വഴിയുള്ള വൈദ്യുതധാരയുടെ മാറ്റം 1As^{-1} ആണെങ്കിൽ, കോയിൽ 2-ൽ പ്രേരിപ്പിക്കുന്ന എതിർ emf എന്നും നിർവചിക്കപ്പെടുന്നു.**

അതുപോലെ, ഒരു വൈദ്യുത പ്രവാഹം i_2 കോയിൽ 2 വഴി സമയത്തിനനുസരിച്ച് മാറുകയാണെങ്കിൽ ε_1 കോയിൽ 1 ൽ പ്രചോദിക്കപ്പെടുന്നു. അതിനാൽ

$$M_{12} = \frac{N_1\Phi_{12}}{i_2} \quad \text{കൂടാതെ} \quad M_{12} = \frac{-\varepsilon_1}{di_2/dt}$$

ഇവിടെ M_{12} എന്നത് കോയിൽ 2 വുമായി ബന്ധപ്പെട്ട കോയിൽ 1-ന്റെ മ്യൂച്വൽ ഇൻഡക്റ്റൻസ് ആണ്. ഒരു നിശ്ചിത ജോഡി കോയിലുകൾക്ക്, മ്യൂച്വൽ ഇൻഡക്റ്റൻസ് തുല്യമാണെന്ന് കാണിക്കാൻ കഴിയും. അതായത്,

$$M_{21} = M_{12} = M$$

രണ്ട് കോയിലുകൾ തമ്മിലുള്ള പരസ്പര ഇൻഡക്റ്റൻസ് വലുപ്പം, ആകൃതി, കോയിലുകളുടെ ചുരുളുകളുടെ (turns)എണ്ണം, അവയുടെ ആപേക്ഷിക ഓറിയന്റേഷൻ, മീഡിയത്തിന്റെ പാരഗമ്യത എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു

പരസ്പര ഇൻഡക്റ്റൻസിന്റെ യൂണിറ്റ്

പരസ്പര ഇൻഡക്റ്റൻസിന്റെ യൂണിറ്റും ഹെൻറി (H) ആണ്.

$i_1 = 1\text{A}$ യും, കൂടാതെ $N_2\Phi_{21} = 1$ ചുരുളുകളാണെങ്കിൽ $M = 1\text{H}$.

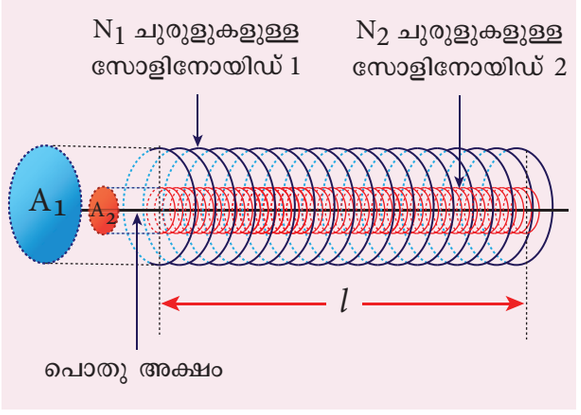
അതിനാൽ, **ഒരു കോയിലിനെ വൈദ്യുതധാര സമീപ കോയിലിൽ യൂണിറ്റ് ഫ്ളക്സ് ലിങ്കേജ് ഉണ്ടാക്കുകയാണെങ്കിൽ രണ്ട് സമീപ കോയിലുകൾ തമ്മിലുള്ള പരസ്പര ഇൻഡക്റ്റൻസ് ഒരു ഹെൻറിയാണെന്ന് പറയപ്പെടുന്നു.**

$di_1/dt = 1\text{As}^{-1}$ കൂടാതെ $\varepsilon_2 = -1\text{ V}$, യുമാണെങ്കിൽ പിന്നെ $M = 1\text{H}$.

അതിനാൽ, രണ്ട് **അയൽ കോയിലുകൾ തമ്മിലുള്ള മ്യൂച്വൽ ഇൻഡക്റ്റൻസ് ഒരു ഹെൻറിയാണ്, എന്നത് ഒരു കോയിലിലെ 1A s^{-1} എന്ന നിരക്കിൽ മാറുന്ന കറന്റ്, അയൽ കോയിലിൽ 1V യുടെ എതിർവശത്തെ emf നെ പ്രേരിപ്പിക്കുമ്പോൾ ആകുന്നു.**

4.3.4 രണ്ട് നീളമുള്ള കോ-ആക്സിയൽ സോളിനോയിഡുകൾ തമ്മിലുള്ള പരസ്പര ഇൻഡക്റ്റൻസ്

ഒരേ നീളം l ഉള്ള രണ്ട് കോ-ആക്സിയൽ സോളിനോയിഡുകൾ പരിഗണിക്കുക. ഈ സോളിനോയിഡുകളുടെ ആരവുമായി താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ അവയുടെ ദൈർഘ്യം വലുതാണ്, അതിനാൽ സോളിനോയ്ഡുകൾക്കുള്ളിൽ ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്ന കാന്തികക്ഷേത്രം ഏകതാനമാണ്, കൂടാതെ അറ്റത്തുള്ള അഗ്ര പ്രഭാവം അവഗണിക്കാം. A_1, A_2 എന്നിവ സോളിനോയിഡുകളുടെ ക്രോസ് സെക്ഷന്റെ വിസ്തൃതിയായിരിക്കട്ടെ, ചിത്രം 4.22-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ A_1, A_2 വിനേക്കാൾ വലുതാണ്. ഈ സോളിനോയ്ഡുകളുടെ ടേൺ ടെൻസിറ്റി n_1, n_2 എന്നിവയാണ്.



ചിത്രം 4.22 രണ്ട് നീളമുള്ള കോ-ആക്സിയൽ സോളിനോയിഡുകൾ തമ്മിലുള്ള പരസ്പര ഇൻഡക്റ്റൻസ്

സോളിനോയ്ഡ് 1-ൽ കൂടെ പ്രവഹിക്കുന്ന കറന്റ് i_1 ആണെങ്കിൽ അതിനുള്ളിൽ ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്ന കാന്തികക്ഷേത്രം,

$$B_1 = \mu_\circ\, n_1\, i_1$$

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 216 29-06-2022 14:52:32

$\vec{B_1}$ ന്റെ ഫീൽഡ് ലൈനുകൾ, സോളിനോയ്ഡ് 2-ന്റെ അതിർത്തിയിലൂടെ കടന്നുപോകുമ്പോൾ, സോളിനോയിഡ് 1ലെവൈദ്യുതപ്രവാഹംകാരണം കാന്തിക പ്രവാഹം സോളിനോയിഡ് 2 ന്റെ ഓരോ ചുരുളുകളിലും അനുബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു, ഇത്

$$\Phi_{21} = \int_{A_2} \vec{B_1}.d\vec{A} = B_1 A_2 \text{ എന്തെന്നാൽ } \theta = 0^\circ$$
$$= (\mu_\circ n_1 i_1) A_2$$

N_2 ചുരുളുകളുള്ള സോളിനോയിഡ് 2 ലെ ഫ്ളക്സ് ലിങ്കേജ്.

$$N_2\Phi_{21} = (n_2 l)(\mu_\circ n_1 i_1) A_2 \text{ എന്തെന്നാൽ } N_2 = n_2 l$$
$$N_2\Phi_{21} = (\mu_\circ n_1 n_2 A_2 l) i_1$$

നമുക്കറിയാം $N_2\Phi_{21} = M_{21} i_1$ മുകളിലുള്ള സമവാക്യങ്ങൾ താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ, നമുക്ക് ലഭിക്കുന്നത്,

$$M_{21} = \mu_\circ n_1 n_2 A_2 l \qquad (4.13)$$

ഇത് സോളിനോയ്ഡ് 1 മായി ബന്ധപ്പെട്ട് സോളിനോയ്ഡ് 2 ന്റെ പരസ്പര പ്രേരണയ്ക്കുള്ള M_{21} പദപ്രയോഗം നൽകുന്നു. അതുപോലെ, താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നതുപോലെ സോളിനോയ്ഡ് 2 നോടനുബന്ധിച്ച് സോളിനോയ്ഡ് 1 ന്റെ പരസ്പര ഇൻഡക്റ്റൻസ് M_{12} കണ്ടെത്താം. ഒരു കറന്റ് i_2 വഹിക്കുമ്പോൾ സോളിനോയിഡ് 2 രൂപം കൊള്ളുന്ന കാന്തികക്ഷേത്രം.

$$B_2 = \mu_\circ n_2 i_2$$

ഈ കാന്തികക്ഷേത്രം B_2 സോളിനോയിഡ് 2 നുള്ളിൽ ഏകതാനമാണ്, എന്നാൽ സോളിനോയിഡ് 2 ന് പുറത്ത് ഇത് ഏതാണ്ട് പൂജ്യമാണ്. അതിനാൽ സോളിനോയിഡ് 1 ന് A_2 എന്ന പ്രദേശം കാന്തികക്ഷേത്രം B_2 ഉള്ള ഫലപ്രദമായ മേഖലയാണ്,വിസ്തീർണ്ണംA_1 അല്ല,ഓരോടേണുമായിബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന മാഗ്നറ്റിക് ഫ്ളക്സ് Φ_{12} എന്നത് സോളിനോയ്ഡ് 2 ലെ കറന്റ് കാരണം സോളിനോയിഡ് 1 രൂപം കൊള്ളുന്നതാണ്.

$$\Phi_{12} = \int_{A_2} \vec{B_2} \cdot d\vec{A} = B_2 A_2 = (\mu_\circ n_2 i_2) A_2$$

ആകെ ചുരുളുകൾ N_1 ഉള്ള സോളിനോയിഡ് 1 ന്റെ ഫ്ളക്സ് ലിങ്കേജ്

$$N_1\Phi_{12} = (n_1 l)(\mu_\circ n_2 i_2) A_2 \text{ എന്തെന്നാൽ } N_1 = n_1 l$$
$$N_1\Phi_{12} = (\mu_\circ n_1 n_2 A_2 l) i_2$$

നമുക്കറിയാവുന്നതാണ്, $N_1\Phi_{12} = M_{12} i_2$ മേൽപ്പറഞ്ഞ സമവാക്യങ്ങളെ താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ നമുക്ക്

$$M_{12} = \mu_\circ n_1 n_2 A_2 l \text{ ലഭിക്കുന്നു.} \qquad (4.14)$$

സമവാക്യം (4.13), (4.14) ൽ നിന്നും, നമുക്ക് ഇങ്ങനെ എഴുതാം,

$$M_{12} = M_{21} = M \qquad (4.15)$$

പൊതുവേ, രണ്ട് നീളമുള്ള കോ-ആക്സിയൽ സോളിനോയിഡുകൾ തമ്മിലുള്ള പരസ്പര ഇൻഡക്റ്റൻസ് നൽകുന്നത്.

$$M = \mu_\circ n_1 n_2 A_2 l \qquad (4.16)$$

ഒരു ഡൈഇലക്ട്രിക് മീഡിയത്തിന്റെ ആപേക്ഷിക പെർമാബിലിറ്റി μ_r സോളിനോയിഡുകൾക്കുള്ളിൽ ഉണ്ടായിരുന്നാൽ

$$M = \mu n_1 n_2 A_2 l \text{ (അല്ലെങ്കിൽ)}$$
$$M = \mu_\circ \mu_r n_1 n_2 A_2 l$$

ഉദാഹരണം 4.12

ആദ്യത്തെ കോയിലിലെ പ്രവാഹം 0.4 സെക്കൻഡിൽ 2 A മുതൽ 10 A വരെ മാറുന്നു. രണ്ടാമത്തെ കോയിലിൽ 60 mV ന്റെ ഒരു emf പ്രേരിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ രണ്ടു കോയിലുകൾ തമ്മിലുള്ള പരസ്പര ഇൻഡക്റ്റൻസ് കണ്ടെത്തുക. ആദ്യ കോയിലിലെ കറന്റ് 0.03 സെക്കൻഡിൽ 4 A ൽ നിന്ന് 16 A യിലേക്ക് മാറ്റുകയാണെങ്കിൽ രണ്ടാമത്തെ കോയിലിലെ ഇൻഡ്യൂഡ്സ് emf ന്റെ വ്യാപ്തിയും നിർണ്ണയിക്കുക. ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് emf ന്റെ വ്യാപ്തി മാത്രം പരിഗണിക്കുക.

പരിഹാരം

കേസ് (i):

$di_1 = 10 - 2 = 8$ A; $dt = 0.4$ s;

$\varepsilon_2 = 60 \times 10^{-3}$ V

കേസ് (ii):

$di_1 = 16 - 4 = 12$ A; $dt = 0.03$ s

(i) കോയിലുകൾ തമ്മിലുള്ള പരസ്പര ഇൻഡക്റ്റൻസ്.

$$M = \frac{\varepsilon_2}{di_1/dt} = \frac{60 \times 10^{-3} \times 0.4}{8}$$
$$M = 3 \times 10^{-3} \text{ H}$$

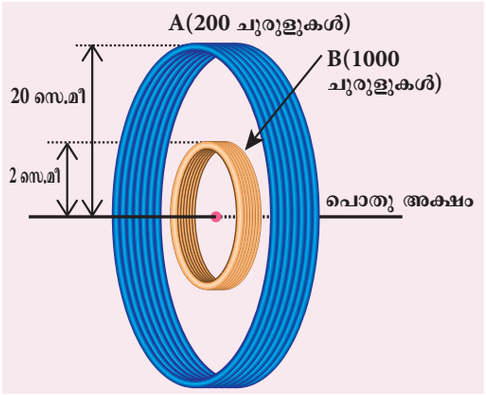
Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 217 29-06-2022 14:52:39

(ii) ആദ്യ കോയിലിലെ വൈദ്യുതധാരയുടെ നിരക്ക് വ്യതിയാനം കാരണം രണ്ടാമത്തെ കോയിലിലെ ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് ഇ.എം.എഫ്

$$\varepsilon_2 = M\frac{di_1}{dt} = \frac{3\times10^{-3}\times12}{0.03}$$
$$\varepsilon_2 = 1.2\,\text{V}$$

ഉദാഹരണം 4.13

രണ്ട് കോപ്ലാനാർ, കോ-ആക്സിയൽ വൃത്താകൃതിയിലുള്ള കോയിലുകൾ A, B എന്നിവ ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. കോയിൽ A യുടെ ദൂരം 20 സെന്റീമീറ്ററും, കോയിൽ B 2 സെന്റിമീറ്ററുമാണ്. A, B കോയിലുകളിലെ ചുരുളുകളുടെ എണ്ണം യഥാക്രമം *200* ും *1000* ും ആണ്. കോയിലുകൾ തമ്മിലുള്ള പരസ്പര ഇൻഡക്റ്റൻസ് കണക്കാക്കുക. കോയിൽ A യിലെ വൈദ്യുതധാര 0.04 സെക്കന്റിൽ *2 A* യിൽ നിന്ന് 6 A ലേക്ക് മാറുകയാണെങ്കിൽ, കോയിൽ B ലെ ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് emf നിർണ്ണയിക്കുക, ആ സമയത്ത് കോയിൽ B വഴി ഉണ്ടാകുന്ന ഫ്ളക്സ് വ്യതിയാന നിരക്ക്,



പരിഹാരം

$N_A = 200$ ചുരുളുകൾ; $N_B = 1000$ ചുരുളുകൾ;
$r_A = 20\times10^{-2}$ മീ; $r_B = 2\times10^{-2}$ മീ;
$dt = 0.04$ s; $di_A = 6-2 = 4$ A

കോയിൽ A യിൽ പ്രവഹിക്കുന്ന കറന്റ് i_A ആയിരിക്കട്ടെ, വൃത്താകൃതിയിലുള്ള A കോയിലിന്റെ മധ്യഭാഗത്തുള്ള കാന്തികക്ഷേത്രം B_A ആണെങ്കിൽ.

$$B_A = \frac{\mu_\circ N_A i_A}{2r_A} = \frac{4\pi\times10^{-7}N_A i_A}{2r_A}$$
$$= \frac{10^{-7}\times2\times3.14\times200}{20\times10^{-2}}\times i_A$$
$$= 6.28\times10^{-4} i_A\ \text{Wb m}^{-2}$$

കോയിൽ B യിൽ ഉള്ള കാന്തിക ഫ്ളക്സ് ലിങ്കേജ്,

$$N_B\Phi_B = N_B B_A A_B$$
$$= 1000\times6.28\times10^{-4}\times i_A\times3.14\times\left(2\times10^{-2}\right)^2$$
$$= 7.89\times10^{-4} i_A\ \text{Wb}$$ ചുരുളുകൾ

കോയിലുകൾ തമ്മിലുള്ള പരസ്പര പ്രേരണാങ്കം,

$$M = \frac{N_B\Phi_B}{i_A} = 7.89\times10^{-4}\,\text{H}$$

കോയിൽ B യിലുള്ള പ്രേരിത ഇ.എം.എഫ്

$$\varepsilon_B = -M\frac{di_A}{dt}$$
$$\varepsilon_B = \frac{7.89\times10^{-4}\times(6-2)}{0.04}$$ (പരിമാണം മാത്രം)
$$\varepsilon_B = 78.9\,\text{mV}$$

B കോയിൽ ന്റെ കാന്തിക പ്രവാഹ മാറ്റത്തിന്റെ നിരക്ക്,

$$\frac{d(N_B\Phi_B)}{dt} = \varepsilon_B = 78.9\ \text{mWbs}^{-1}$$ ആകുന്നു.

4.4 പ്രേരിത വിദ്യുത്ചാലക ബലം ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന രീതികൾ

4.4.1 ആമുഖം

ഒരു പരിപഥത്തിൽ വിദ്യുത് ചാർജ് പ്രവാഹത്തെ പ്രചോദിപ്പിക്കുക്കാൻ കഴിവുള്ള ഏതെങ്കിലും ഊർജ്ജ സ്രോതസ്സിന്റെ സവിശേഷതയാണ് ഇലക്ട്രോമോട്ടീവ് ഫോഴ്സ്. ഇത് യഥാർത്ഥത്തിൽ ഒരു ശക്തിയല്ലെന്ന് ഇതിനകം മനസ്സിലാക്കി. സർക്യൂട്ടിന് ചുറ്റും യൂണിറ്റ് ഇലക്ട്രിക് ചാർജ് കൊണ്ടുപോകുന്ന ജോലിയാണിത്. ഇത് J C^{-1} അല്ലെങ്കിൽ വോൾട്ടിലാണ് അളക്കുന്നത്.

ഇലക്ട്രോകെമിക്കൽ സെല്ലുകൾ, തെർമോ ഇലക്ട്രിക് ഉപകരണങ്ങൾ, സോളാർ സെല്ലുകൾ, ഇലക്ട്രിക്കൽ ജനറേറ്ററുകൾ എന്നിവയാണ് emf നൽകുന്ന ഊർജ്ജ സ്രോതസ്സിന്റെ ചില ഉദാഹരണ

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 218 29-06-2022 14:52:43

ങ്ങൾ. ഇവയിൽ ഇലക്ട്രിക്കൽ ജനറേറ്ററുകളാണ് ഏറ്റവും ശക്തമായ യന്ത്രങ്ങൾ. വലിയ തോതിലുള്ള വൈദ്യുതി ഉൽപാദനത്തിനായി ഉപയോഗിക്കുന്നവയാണ് അവ.

ഫാരഡെയുടെ വൈദ്യുതകാന്തിക പ്രേരണ പ്രകാരം, മാഗ്നറ്റിക് ഫ്ളക്സ് മാറുമ്പോൾ, ഒരു സർക്യൂട്ടിൽ പ്രേരിത emf ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ emf നെ ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് emf എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് emf ന്റെ മൂല്യം നൽകുന്നത്,

$$\varepsilon = \frac{d\Phi_B}{dt} \quad \text{അല്ലെങ്കിൽ}$$

$$\varepsilon = \frac{d}{dt}(BA\cos\theta) \qquad (4.17)$$

മുകളിലുള്ള സമവാക്യത്തിൽ നിന്ന്, ഇനിപ്പറയുന്ന ഏതെങ്കിലും വഴികളിൽ കാന്തിക പ്രവാഹം മാറ്റുന്നതിലൂടെ ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് emf നിർമ്മിക്കാൻ കഴിയുമെന്ന് വ്യക്തമാണ്.

(i) കാന്തികക്ഷേത്രം B മാറ്റുന്നതിലൂടെ

(ii) കോയിലിന്റെ വിസ്തീർണ്ണം A മാറ്റുന്നതിലൂടെ

(iii) കോയിലിന്റെ ആപേക്ഷിക ഓറിയന്റേഷൻ θ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിനനുസരിച്ച് മാറ്റുന്നതിലൂടെ

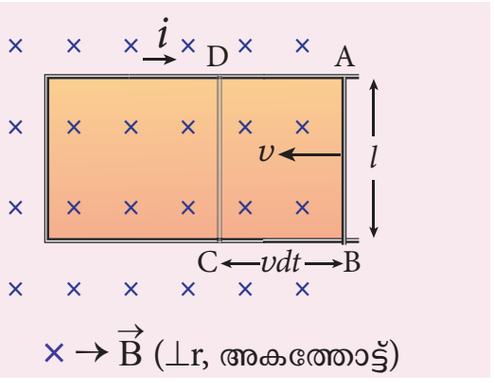
4.4.2 കാന്തികക്ഷേത്രത്തെ മാറ്റം വരുത്തി വിദ്യുത്ചാലകബലം (emf) ത്തിന്റെ ഉത്പാദനം

ഫാരഡയുടെ വൈദ്യുത കാന്തിക പ്രേരണ പരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നും ഒരു പരിപഥത്തിലെ കാന്തിക മണ്ഡലത്തിലൂടെയുള്ള കാന്തിക ഫ്ളക്സിനെ മാറ്റം വരുത്തിയാൽ അവിടെ പ്രേരിത വിദ്യുത്ചാലകബലം ഉണ്ടാകുമെന്നു കണ്ടുപിടിച്ചു കാന്തിക ഫ്ളക്സിനെ മാറ്റുന്നതിന് (i) പരിപഥവും കാന്തവും തമ്മിലുള്ള ആപേക്ഷിക ചലനം വഴി (ആദ്യ പരീക്ഷണം) (ii) തൊട്ടടുത്ത കമ്പിച്ചുരുളിലെ വിദ്യുത് പ്രവാഹത്തെ വ്യതിയാനപ്പെടുത്തി (രണ്ടാമത്തെ പരീക്ഷണം).

4.4.3 കമ്പിച്ചുരുളിന്റെ വിസ്തീർണ്ണം മാറ്റികൊണ്ടുള്ള പ്രേരിത വിദ്യുത്ചാലക ബലത്തിന്റെ ഉത്പാദനം

ചിത്രം 4.23 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ ദീർഘ ചതുരാകൃതിയിലുള്ള ദൃഢമായ ലോഹച ട്ടക്കൂടിൽ l നീളമുള്ളതും v പ്രവേഗത്തിൽ ഇടത്തോട്ട് ചലിക്കുന്ന ഒരു ചാലകദണ്ഡിനെ പരിഗണിക്കുക. മുഴുവൻക്രമീകരണവും കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ സ്ഥാപിച്ചിരിക്കുന്നു. $\vec{B}$ അവയുടെ കാന്തിക രേഖകൾ പേപ്പറിന്റെ തലത്തിലേക്ക് ലംബമായി നയിക്കുന്നു.

ഒരു ദണ്ഡ് AB ൽ നിന്ന് DC യിലേക്ക് dt സമയത്തിൽ നീങ്ങുമ്പോൾ, ലൂപ്പിനാൽ ചുറ്റപ്പെട്ട വിസ്തീർണ്ണം, അതിനാൽ ലൂപ്പിലൂടെയുള്ള കാന്തിക പ്രഭാവവും കുറയുന്നു.



ചിത്രം 4.23 ലൂപ്പ് ഉൾക്കൊള്ളുന്ന പ്രദേശം മാറ്റിക്കൊണ്ട് ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് emf ന്റെ ഉദ്പാദനം

dt സമയത്തിലെ കാന്തിക ഫ്ളക്സിലുണ്ടാകുന്ന മാറ്റം എന്നത്

$d\Phi_B = B \times$ വിസ്തീർണ്ണത്തിലുണ്ടാകുന്ന വ്യതിയാനം (dA)

$= B \times ABCD$ വിസ്തീർണ്ണം

വിസ്തീർണ്ണം $ABCD = l(vdt)$

$d\Phi_B = Blvdt$ (അഥവാ)

$$\frac{d\Phi_B}{dt} = Blv$$

ഫ്ളക്സിലെ മാറ്റത്തിന്റെ ഫലമായി, ലൂപ്പിലെ ഒരു emf ജനറേറ്റു ചെയ്യുന്നു. ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് emf ന്റെ വ്യാപ്തി.

$$\varepsilon = \frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$\varepsilon = Blv \qquad (4.18)$$

ഈ emf നെ **ചലനാത്മക emf**. എന്ന് വിളിക്കുന്നു. കാരണം ഇത് കാന്തികക്ഷേത്രത്തിലെ കണ്ടക്ടറിന്റെ ചലനം മൂലമാണ് ഉത്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നത്. ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് കറന്റിന്റെ ദിശ ഫ്ളെമിംഗിന്റെ വലതു കൈ നിയമത്തിൽ നിന്ന് ഘടികാര ദിശയിലാണ് കാണപ്പെടുന്നു.

R ആണ് ലൂപ്പിന്റെ പ്രതിരോധം എങ്കിൽ, ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് കറന്റ് നൽകുന്നത്

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 219 29-06-2022 14:52:45

$$i = \frac{\varepsilon}{R}$$

$$i = \frac{Bl\upsilon}{R} \qquad (4.19)$$

ഊർജ്ജ സംരക്ഷണം

ലംബമായ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ സൂക്ഷിച്ചിരിക്കുന്ന കറന്റ് വഹിക്കുന്ന ചലിക്കുന്ന ദണ്ഡ് AB യിൽ അതിന്റെ ചലനത്തിന് വിപരീതമായി ബാഹ്യദിശയിൽ $\vec{F}_B$ ബലം അനുഭവിക്കുന്നു. ഈ ബലത്തിനെ ഇങ്ങനെ എഴുതാം,

$$\vec{F}_B = i\vec{l} \times \vec{B}$$
$$|\vec{F}_B| = ilB\sin\theta \qquad \text{എന്തെന്നാൽ } \theta = 90°$$
$$F_B = ilB$$

സ്ഥിരമായ പ്രവേഗം $\vec{\upsilon}$ ഉപയോഗിച്ച് ദണ്ഡ് നീക്കുന്നതിന് കാന്തികശക്തിക്ക് തുല്യവും വിപരീതവുമായ ഒരു സ്ഥിരമായ ശക്തി പ്രയോഗിക്കണം.

$$\left|\vec{F}_{app}\right| = \left|\vec{F}_B\right| = ilB$$

അതിനാൽ, ദണ്ഡ് നീക്കാൻ പ്രയോഗിച്ച ബലം ഉപയോഗിച്ച് മെക്കാനിക്കൽ പ്രവൃത്തികൾ ചെയ്യുന്നു. പ്രവൃത്തിയുടെ നിരക്ക് അഥവാ പവർ,

$$P = \vec{F}_{app} \cdot \vec{\upsilon} = F_{app}\upsilon\cos\theta \qquad \text{ഇവിടെ } \theta = 0^\circ$$
$$= ilB\upsilon$$
$$= \left(\frac{Bl\upsilon}{R}\right) lB\upsilon$$
$$P = \frac{B^2l^2\upsilon^2}{R} \qquad (4.20)$$

ലൂപ്പിൽ പ്രേരിത വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഒഴുകുമ്പോൾ, ജൂളിന്റെ ചൂടാക്കൽ പ്രക്രിയ നടക്കുന്നു. താപ ഊർജ്ജം ലൂപ്പിൽ വ്യാപിക്കുന്നു അല്ലെങ്കിൽ വ്യാപരിക്കുന്ന നിരക്ക്,

$$P = i^2R$$
$$P = \left(\frac{Bl\upsilon}{R}\right)^2 R$$
$$P = \frac{B^2l^2\upsilon^2}{R} \qquad (4.21)$$

ഈ സമവാക്യം (4.20) സമവാക്യത്തിന് തുല്യമാണ്. അതിനാൽ ദണ്ഡിനെ ചലിപ്പിക്കാൻ ആവശ്യമായ മെക്കാനിക്കൽ ഊർജ്ജം വൈദ്യുതോർജ്ജമായി പരിവർത്തനം ചെയ്യപ്പെടുകയും അത് ലൂപ്പിലെ താപോർജ്ജമായി പ്രത്യക്ഷപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ ഊർജ്ജ പരിവർത്തനം ഊർജ്ജ സംരക്ഷണ നിയമവുമായി പൊരുത്തപ്പെടുന്നു.

ഉദാഹരണം 4.14

0.03 m2 വിസ്തീർണ്ണമുള്ള ഒരു വൃത്താകൃതിയിലുള്ള ലോഹം 0.4 T യുടെ ഏകീകൃത കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിൽ കറങ്ങുന്നു. ഭ്രമണത്തിന്റെ അക്ഷം മധ്യത്തിലൂടെ കടന്നുപോകുകയും അതിന്റെ തലത്തിന് ലംബമായികടന്നുപോകുകയുംഫീൽഡിന് സമാന്തരവുമാണ്. ഡിസ്ക് ഒരു സെക്കൻഡിൽ 20 പ്രദക്ഷിണം പൂർത്തിയാക്കുകയും ഡിസ്കിന്റെ പ്രതിരോധം 4 Ω ആണെങ്കിൽ, അച്ചുതണ്ടിനും അരുകിനുമിടയിലുള്ള ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് emf ഡിസ്കിൽ ഒഴുകുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹം കണക്കാക്കുക.

പരിഹാരം

$A = 0.03\ \text{m}^2$; $B = 0.4\ \text{T}$; $f = 20\ \text{rps}$;
$R = 4\ \Omega$

യൂണിറ്റ് സമയത്തിൽ ഡിസ്ക് കടന്ന് പോയ വിസ്തീർണ്ണം

= ഡിസ്കിന്റെ വിസ്തീർണ്ണം × ആവൃത്തി

$$\frac{dA}{dt} = 0.03 \times 20$$
$$= 0.6\ \text{m}^2$$

ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് emf ന്റെ വ്യാപ്തി,

$$\varepsilon = \frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{d(BA)}{dt} = B\frac{dA}{dt}$$
$$\varepsilon = \frac{0.4 \times 0.6}{1} = 0.24\ \text{V}$$

ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് കറന്റ് $i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{0.24}{4} = 0.06\ \text{A}$

കുറിപ്പ്

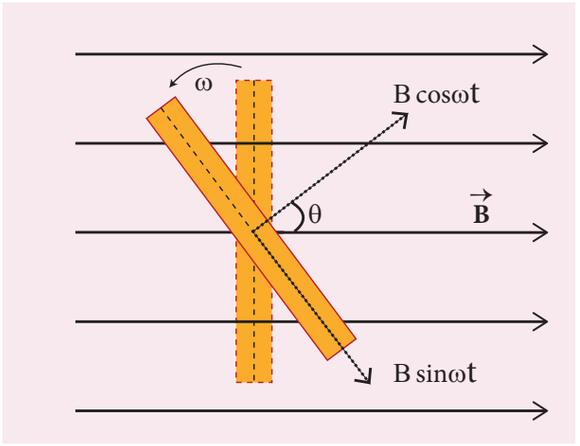
കോയിലും മാഗ്നറ്റിക് ഫീൽഡും തമ്മിലുള്ള ആപേക്ഷിക ഓറിയന്റേഷൻ മാറ്റുന്നതിലൂടെ emf നെ പ്രേരിപ്പിക്കാൻ കഴിയും. ഒരു കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ ഒരു കോയിൽ തിരിക്കുന്നതിലൂടെയോ ഒരു നിശ്ചല കോയിലിനുള്ളിൽ ഒരു കാന്തികക്ഷേത്രം തിരിക്കുന്നതിലൂടെയോ ഇത് നേടാനാകും. ഇവിടെ കറങ്ങുന്ന കോയിലിന്റെ തരം പരിഗണിക്കേണ്ടതുണ്ട്.

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 220 29-06-2022 14:52:49

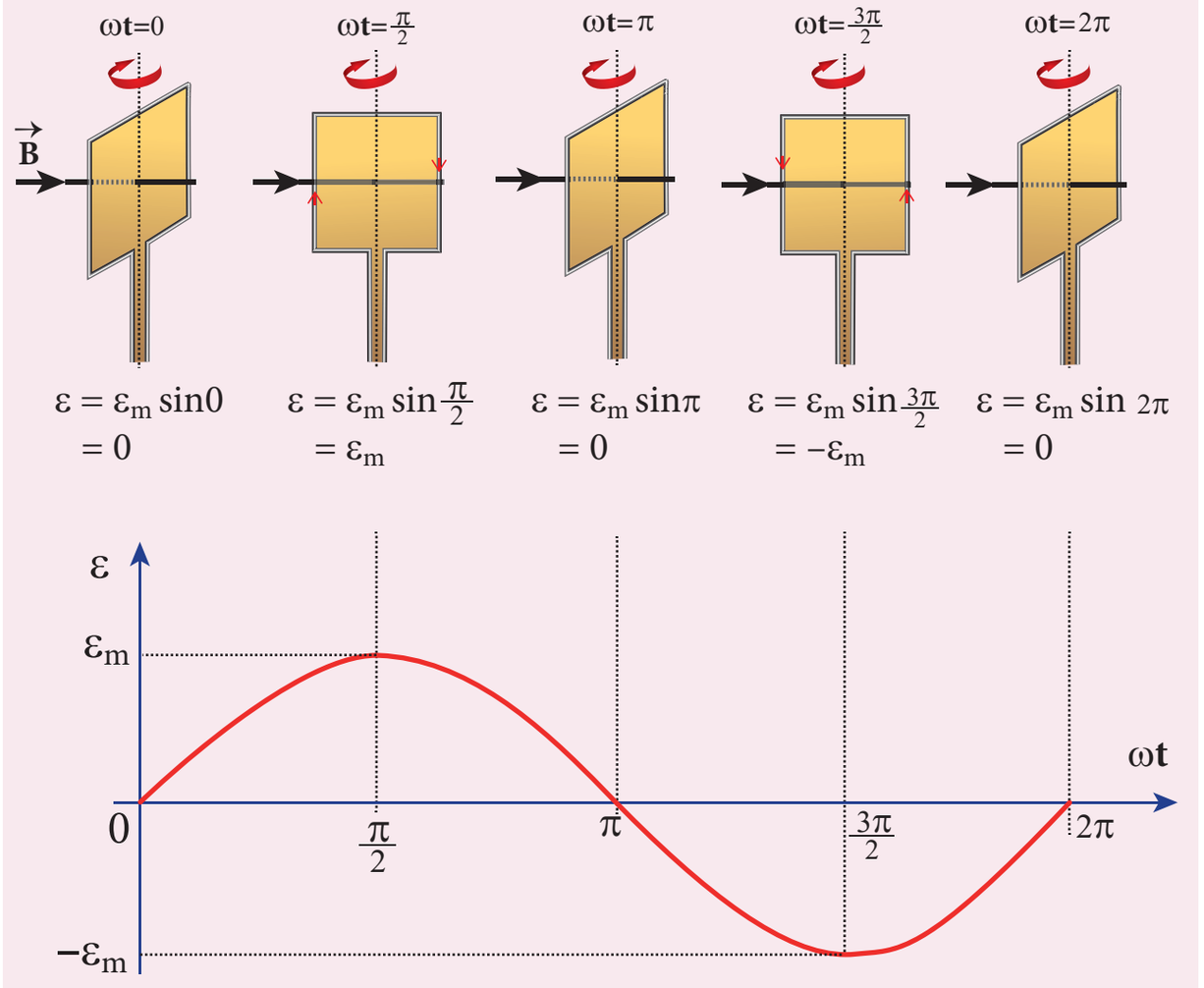
4.4.4 കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ കോയിലിന്റെ ആപേക്ഷിക ഓറിയന്റേഷൻ മാറ്റിക്കൊ≠ ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് emf ന്റെ ഉത്പാദനം

ചിത്രം 4.24-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ $\vec{B}$ ഏകീകൃത കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ സൂക്ഷിച്ചിരിക്കുന്ന N ചുരുളുകൾ ഉള്ള ദീർഘ ചതുരാകൃതിയിലുള്ള കോയിലിനെ പരിഗണിക്കുക. കോയിൽ എതിർ ഘടികാരദിശയിൽ ഒരു വർത്തുള പ്രവേഗം ω ഉപയോഗിച്ച് ഒരു അച്ചുതണ്ടിൽ ചുറ്റുന്നു. ഫീൽഡിനും, പേപ്പറിന്റെ തലവുമായും ലംബമായി ചുറ്റുന്നു.

$t = 0$ സമയത്ത്, കോയിലിന്റെ തലം ഫീൽഡിന് ലംബവും കോയിലുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന ഫ്ളക്സിന്റെ പരമാവധി മൂല്യം $\Phi_m = NBA$ (ഇവിടെ A എന്നത് കോയിലിന്റെ വിസ്തീർണ്ണം)



ചിത്രം 4.24 കോയിൽ $\theta = \omega t$ കോണിലൂടെ ചുറ്റുന്നു



ചിത്രം 4.25 ωt ന്റെ പ്രവർത്തനമായി ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് emf ന്റെ വ്യതിയാനം

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 221 29-06-2022 14:52:50

സമയം t സെക്കന്റിൽ കോയിലിനെ θ $(= \omega t)$ എന്ന കോണിൽ എതിർ ഘടികാര ദിശയിൽ കറക്കുക. ഈ അവസ്ഥയിൽ കോയിൽ പ്രതലത്തിനു ലംബമായ $\vec{B}$ ഘടകം $NBA\cos\omega t$ എന്ന അനുബന്ധതഫ്ളക്സ്ഉണ്ടാക്കുന്നു. പ്രതലത്തിനു സമാന്തരമായ $(B \sin\omega t)$ ഘടകത്തിന് വൈദ്യുത കാന്തിക പ്രേരണയുമായി യാതൊരു പങ്കും ഇല്ല. അതിനാൽ ഈ വ്യതിചലിച്ച അവസ്ഥയിൽ കോയിലിലെ ഫ്ളക്സ് അനുബന്ധത ലിങ്കേജ് എന്നത്

$$N\Phi_B = NBA\cos\theta = NBA\cos\omega t$$

ഫാരഡെയുടെ നിയമമനുസരിച്ച്, ആ സമയത്ത് പ്രേരിപ്പിച്ച emf

$$\begin{aligned}\varepsilon &= -\frac{d}{dt}(N\Phi_B) = -\frac{d}{dt}(NBA\cos\omega t)\\ &= -NBA(-\sin\omega t)\omega\\ &= NBA\,\omega\sin\omega t\end{aligned}$$

പ്രാരംഭ സ്ഥാനത്ത് നിന്ന് 90° യിൽ കോയിൽ തിരിക്കുമ്പോൾ $\sin\omega t = 1$ അപ്പോൾ ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് emf ന്റെ പരമാവധി മൂല്യം

$$\varepsilon_m = NBA\omega$$

അതിനാൽ ഏത് നിമിഷത്തിലും ഉള്ള ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് emf ന്റെ മൂല്യം,

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin\omega t \qquad (4.22)$$

ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് emf ടൈം ആംഗിളിന്റെ ωt സൈൻ ഫംഗ്ഷനായി വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു. കോയിലിന്റെ ഒരു ഭ്രമണത്തിനായുള്ള ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് emf ടൈം ആംഗിളും തമ്മിലുള്ള ഗ്രാഫ് ഒരു സൈൻ കർവ് ആയിരിക്കും (ചിത്രം 4.25). ഈ രീതിയിൽ വ്യത്യാസപ്പെടുന്ന emf നെ **സിനുസോയ്ഡൽ emf അല്ലെങ്കിൽ വ്യതിയാനപ്പെടുന്ന emf** എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

ഈ പ്രത്യാവർത്തി വോൾട്ടേജ് ഒരു അടച്ച സർക്യൂട്ടിന് നൽകിയിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ, അതിൽ ഒരു സിനുസോയിഡായി വ്യത്യാസപ്പെടുന്ന കറന്റ് ഒഴുകുന്നു. ഈ വൈദ്യുതധാരയെ **ആൾട്ടർനേറ്റീവ് കറന്റ്** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇത് നൽകുന്നത്,

$$i = I_m \sin\omega t \qquad (4.23)$$

ഇവിടെ I_m ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് കറന്റിന്റെ പരമാവധി മൂല്യമാണ്.

ഉദാഹരണം 4.15

70 cm^2 വിസ്തീർണ്ണവും, 600 തിരിവുകളും ഉള്ള ഒരു ദീർഘ ചതുരാകൃതിയിലുള്ള കോയിൽ 0.4 $Wb\ m^{-2}$ കാന്തികമായി ലംബമായി ഒരു അക്ഷത്തിൽ കറങ്ങുന്നു. കോയിൽ ഒരു മിനിറ്റിനുള്ളിൽ 500 പ്രദക്ഷിണങ്ങൾ പൂർത്തിയാക്കുകയാണെങ്കിൽ, കോയിലിന്റെ തലം (i) ഫീൽഡിന് ലംബമായി (ii) ഫീൽഡിന് സമാന്തരവും (iii) ഫീൽഡിനൊപ്പം 60° ചരിഞ്ഞതുമായ തൽക്ഷണ emf കണക്കാക്കുക.

പരിഹാരം

$A = 70 \times 10^{-4}\,m^2; N = 600$ ചുരുളുകൾ

$B = 0.4\ Wbm^{-2}$; $f = 500$ rpm

തൽക്ഷണ emf

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin\omega t$$

എന്തെന്നാൽ $\varepsilon_m = N\Phi_m\omega = N(BA)(2\pi f)$

$$\varepsilon = NBA \times 2\pi f \times \sin\omega t$$

(i) $\omega t = 0^\circ$, ആയിരിക്കുമ്പോൾ

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin 0 = 0$$

(ii) $\omega t = 90^\circ$, ആയിരിക്കുമ്പോൾ

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin 90^\circ = NBA \times 2\pi f \times 1$$

$$= 600 \times 0.4 \times 70 \times 10^{-4} \times 2 \times \frac{22}{7} \times \left(\frac{500}{60}\right)$$

$$= 88\ V$$

(iii) $\omega t = 90° - 60° = 30°$ ആയിരിക്കുമ്പോൾ,

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin 30^\circ = 88 \times \frac{1}{2} = 44\ V$$

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 222 29-06-2022 14:52:55

4.5 AC ജനറേറ്റർ

4.5.1 ആമുഖം

ഊർജ്ജ പരിവർത്തന ഉപകരണമാണ് AC ജനറേറ്റർ അല്ലെങ്കിൽ ആൾട്ടർനേറ്റർ. കോയിൽ അല്ലെങ്കിൽ ഫീൽഡ് മാഗ്നറ്റിനെ കറക്കുന്നതിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന യാന്ത്രിക ഊർജ്ജത്തെ വൈദ്യുതോർജ്ജമായി ഇത് പരിവർത്തനം ചെയ്യുന്നു. വീടുകളിലും വ്യവസായങ്ങളിലും ഉപയോഗിക്കുന്നതിന് ആൾട്ടർനേറ്റർ വലിയ തോതിലുള്ള വൈദ്യുതോർജ്ജം ഉത്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. AC ജനറേറ്ററും അതിന്റെ ഘടകങ്ങളും ചിത്രം 4.26ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 4.26 AC ജനറേറ്ററും അതിന്റെ ഘടകങ്ങളും

4.5.2 തത്വം

ആൾട്ടർനേറ്ററുകൾ വൈദ്യുതകാന്തിക പ്രേരണയുടെ തത്വത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഒരു കണക്ടറും, ഒരു കാന്തികക്ഷേത്രവും തമ്മിലുള്ള ആപേക്ഷിക ചലനം കണ്ടക്ടറുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന കാന്തിക പ്രവാഹത്തെ ഫ്ളക്സിനെ മാറ്റുന്നു, കൂടാതെ ചാലകത്തിൽ ഒരു emf നെ പ്രേരണം ചെയ്യപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഫാരഡെയുടെ വൈദ്യുത കാന്തിക പ്രേരണാ നിയമം ഉപയോഗിച്ച് പ്രേരിത emf ന്റെ പരിമാണവും ഫ്ളെമിംഗിന്റെ വലതു കൈ നിയമവും വഴി ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് emf ന്റെ ദിശയും അറിയാൻ സാധിക്കും.

കുറിപ്പ്

ഒരു കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന് ഒരു കോയിൽ തിരിക്കുന്നതിലൂടെയോ ഒരു നിശ്ചല കോയിലിനുള്ളിൽ ഒരു കാന്തികക്ഷേത്രം തിരിക്കുന്നതിലൂടെയോ പ്രത്യാവർത്തി emf ജനറേറ്റു ചെയ്യുന്നു. ആദ്യ രീതി ചെറിയ AC ജനറേറ്ററുകൾക്കും രണ്ടാമത്തെ രീതി വലിയ AC ജനറേറ്ററുകൾക്കുമായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. കറങ്ങുന്ന ഫീൽഡ് രീതിയാണ് പവർ സ്റ്റേഷനുകളിൽ കൂടുതലായി ഉപയോഗിക്കുന്നത്.

4.5.3 നിർമ്മാണം

ആൾട്ടർനേറ്ററിൽ രണ്ട് പ്രധാന ഭാഗങ്ങളുണ്ട്, അതായത് സ്റ്റേറ്റർ, റോട്ടർ. അവയുടെ പേരുകൾ സൂചിപ്പിക്കുന്നത് പോലെ, സ്റ്റേറ്റർ നിശ്ചലമാണ്. അതേസമയം റോട്ടർ സ്റ്റേറ്ററിനുള്ളിൽ കറങ്ങുന്നു. വാണിജ്യ ആൾട്ടർനേറ്ററുകളുടെ ഏതൊരു സ്റ്റാന്റേർഡ് നിർമ്മാണത്തിലും, അർമേച്ചർ വൈൻഡിംഗ് സ്റ്റേറ്ററിലും, ഫീൽഡ് മാഗ്നറ്റിൽ റോട്ടറും സ്ഥാപിച്ചിരിക്കുന്നു.

i) സ്റ്റേറ്റർ

അർമേച്ചർ ചുരുളുകളിൽ ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന സ്റ്റേഷണറി ഭാഗത്തെ സ്റ്റേറ്റർ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇതിന് രണ്ട് ഘടകങ്ങളുണ്ട്, അതായത് സ്റ്റേറ്റർ കോർ, അർമേച്ചർ കമ്പിച്ചുരുൾ.

ഇരുമ്പ് അല്ലെങ്കിൽ സ്റ്റീൽ ലോഹസങ്കരം ഉപയോഗിച്ചാണ് സ്റ്റേറ്റർ കോർ അല്ലെങ്കിൽ അർമേച്ചർ കോർ നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നത്. ഇത് പൊള്ളയായ സിലിണ്ടറാണ്, കൂടാതെ എഡ്ഡി കറന്റ് നഷ്ടം കുറയ്ക്കുന്നതിന് ലാമിനേറ്റ് ചെയ്യുന്നു. അർമേച്ചർ ചുരുളുകൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്നതിനായി കോറിന്റെ ആന്തരിക ഉപരിതലത്തിൽ സ്ലോട്ടുകൾ ഉണ്ടാക്കുന്നു.

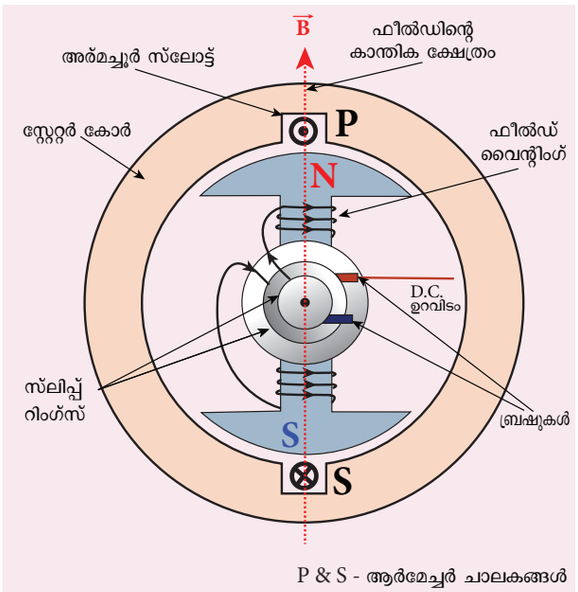
അർമേച്ചർ കോറിൽ നൽകിയിരിക്കുന്ന സ്ലോട്ടുകളിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന കോയിലാണ്, അർമേച്ചർ വൈൻഡിംഗ് (ചിത്രം 4.27)



ii) റോട്ടർ

റോട്ടറിൽ കാന്തികക്ഷേത്ര വൈൻഡിംഗുകൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. കാന്തിക ധ്രുവങ്ങളെ

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 223 29-06-2022 14:52:56



ചിത്രം 4.27 സ്റ്റേറ്റർ കോർ, അർമേച്ചർ വൈൻഡിംഗ് കൂടാതെ 2 പോൾ റോട്ടർ

കാന്തികമാക്കുന്നത് DC ഉറവിടം ആകുന്നു. ഫീൽഡ് വൈൻഡിംഗുകളുടെ അറ്റങ്ങൾ ഒരു ജോടി സ്ലിപ്പ് റിംഗുകളുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു, റോട്ടർ കറങ്ങുന്ന ഒരു സാധാരണ ഷാഫ്റ്റിൽ ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. റോട്ടറിനൊപ്പം സ്ലിപ്പ് വളയങ്ങളും കറങ്ങുന്നു. DC ഉറവിടവും ഫീൽഡ് വിൻഡിംഗുകളും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം നിലനിർത്തുന്നതിന്, രണ്ട് ബ്രഷുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു, അത് തുടർച്ചയായി സ്ലൈഡു ചെയ്യുന്നു. 2-പോൾ റോട്ടർ ചിത്രം 4.17 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

സിംഗിൾ ഫേസ്, ത്രീഫേസ് AC ജനറേറ്ററുകൾ എന്നിങ്ങനെ രണ്ട് ഉദാഹരണങ്ങളുടെ നിർമ്മാണവും പ്രവർത്തനവും ഞങ്ങൾ ഇനിപ്പറയുന്ന വിഭാഗങ്ങളിൽ ചർച്ച ചെയ്യും.

4.5.4 സ്റ്റേഷണറി അർമേച്ചർ - റൊട്ടേറ്റിംഗ് ഫീൽഡ് ആൾട്ടർനേറ്ററിന്റെ ഗുണങ്ങൾ

ആൾട്ടർനേറ്ററുകൾ സാധാരണയായി ഉയർന്ന കറന്റും ഉയർന്ന വോൾട്ടേജും ഉള്ള യന്ത്രങ്ങളാണ്. സ്റ്റേഷണറി അർമേച്ചർ കറങ്ങുന്ന ഫീൽഡ് നിർമ്മാണത്തിന് ധാരാളം ഗുണങ്ങളുണ്ട്. അവയിൽ ചിലത് ഉൾപ്പെടുത്തുന്നു.

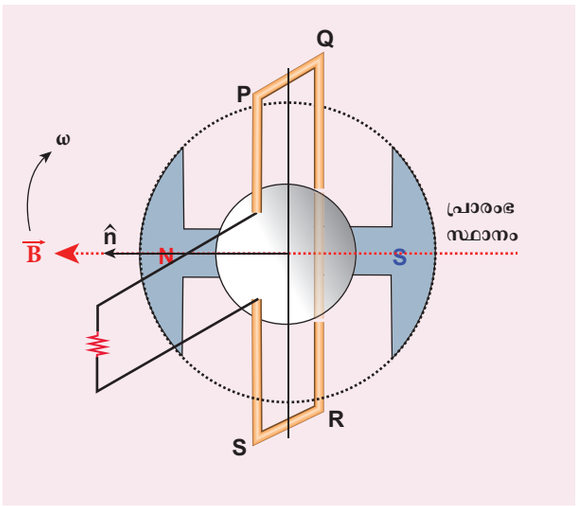
1) ബ്രഷ് കോൺടാക്റ്റുകൾ ഉപയോഗിക്കാതെ സ്റ്റേറ്ററിലെ നിശ്ചിത ടെർമിനലുകളിൽ നിന്ന് കറന്റ് നേരിട്ട് എടുക്കുന്നു
2) സ്റ്റേഷണറി അർമേച്ചർ വൈൻഡിങ്ങിന്റെ ഇൻസുലേഷൻ എളുപ്പമാണ്.
3) സ്ലൈഡിംഗ്കോൺടാക്റ്റുകളുടെഎണ്ണം(സ്ലിപ്പ് റിംഗ്) വീണ്ടും കുറച്ചു. മാത്രമല്ല, സ്ലൈഡിംഗ് കോൺടാക്റ്റ് കുറഞ്ഞ-വോൾട്ടേജ് DC ഉറവിടത്തിനായി ഉപയോഗിക്കുന്നു
4) ഏതെങ്കിലും മെക്കാനിക്കൽ സമ്മർദ്ദം മൂലം രൂപഭേദം സംഭവിക്കുന്നത് തടയാൻ അർമേച്ചർ വൈൻഡിംഗിനെ കൂടുതൽ ദൃഢമായി നിർമ്മിക്കാം.

4.5.5 സിംഗിൾ ഫേസ് AC ജനറേറ്റർ

ഒരൊറ്റ ഘട്ട AC ജനറേറ്ററിൽ, സിംഗിൾ-ഫേസ് ആൾട്ടർനേറ്റിംഗ് emf സൃഷ്ടിക്കുന്ന ഒരൊറ്റ സർക്യൂട്ട് രൂപപ്പെടുത്തുന്നതിനായി അർമേച്ചർ കണ്ടക്ടറുകളെ ശ്രേണിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. അതിനാൽ ഇതിനെ സിംഗിൾ-ഫേസ് ആൾട്ടർനേറ്റർ എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

AC ജനറേറ്ററിന്റെ ലളിതമായ പതിപ്പിൽ, സിംഗിൾ-ടേൺ ചതുരാകൃതിയിലുള്ള ലൂപ്പ് PQRS സ്റ്റേറ്ററിൽ സ്ഥാപിച്ചിരിക്കുന്നു. ഫീൽഡ് വിൻഡിംഗ് സ്റ്റേറ്റിനുള്ളിൽ, ഉറപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. അത് ഒരു അക്ഷത്തിൽ കറക്കാം, പേപ്പറിന്റെ തലത്തിനു ലംബമായി

ലൂപ്പ് PQRS നിശ്ചലവും, പേപ്പറിന്റെ തലം ലംബവുമാണ്. ഫീൽഡ് വൈൻഡിംഗുകൾ ഉദ്ബോധിക്കുമ്പോൾ, ചുറ്റും കാന്തികക്ഷേത്രം ഉൽപാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. ഫീൽഡ് മാഗ്നറ്റിനെ ചില ബാഹ്യ മാർഗങ്ങളിലൂടെ ഘടികാരദിശയിൽ തിരിക്കാൻ അനുവദിക്കുക. (ചിത്രം 4.28)



ചിത്രം 4.28 ലൂപ്പ് PQRS ഫീൽഡ് മാഗ്നറ്റും അതിന്റെ പ്രാരംഭ സ്ഥാനത്ത്.

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 224 29-06-2022 14:52:56

ഫീൽഡ് മാഗ്നറ്റിന്റെ പ്രാരംഭ സ്ഥാനം തിരശ്ചീനമാണെന്ന് കരുതുക. ആ നിമിഷത്തിൽ, കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ ദിശയും PQRS ലൂപ്പിന്റെ തലവും ലംബമാണ്. പ്രേരിപ്പിച്ച emf പൂജ്യമാണ്. (വിഭാഗം 4.4 ന്റെ കേസ് (iii) കാണുക). ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് emf നും ടൈം ആംഗിളിനുമിടയിൽ വരച്ച ഗ്രാഫിലെ ഒറിജിനൽ O ഇത് പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. (ചിത്രം 4.29).

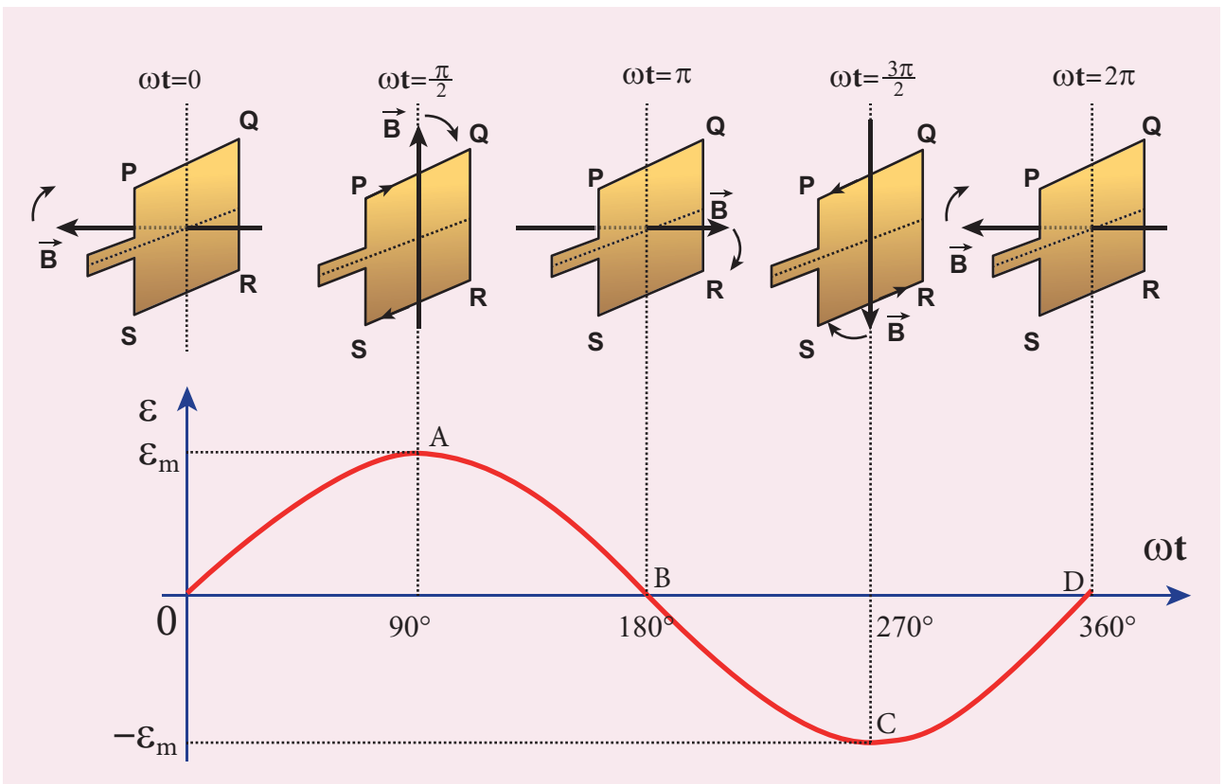
ഫീൽഡ് മാഗ്നറ്റ് 90° കറങ്ങുമ്പോൾ, കാന്തിക ക്ഷേത്രം PQRS ന് സമാന്തരമായി മാറുന്നു. PQ, RS എന്നിവയിലുടനീളമുള്ള ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് emf കൾ പരമാവധി ആകും. അവ ശ്രേണിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നതിനാൽ, emf കൾ ചേർക്കുകയും, കൂടാതെ ഫ്ളെമിംഗിന്റെ വലതു കൈ നിയമപ്രകാരം മൊത്തം ഇൻഡ്യൂസുചെയ്ത emf ന്റെ ദിശ നൽകുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഈ നിയമം പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതുണ്ട്, ഫീൽഡിനെ സംബന്ധിച്ച് കണ്ടക്ടർ ചലനത്തിന്റെ ദിശയെ തള്ളവിരൽ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഘടികാര ദിശയിൽ കറങ്ങുന്ന ധ്രുവങ്ങൾക്ക്, കണ്ടക്ടർ എതിർ ഘടികാരദിശയിൽ കറങ്ങുന്നതായി തോന്നുന്നു. അതിനാൽ, തള്ളവിരൽ ഇടത്തേക്ക് ചൂണ്ടണം, ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് emf ന്റെ ദിശ, പേപ്പറിന്റെ തലത്തിനു ലംബകോണുകളിലാണ്. PQ വിനെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം ഇത് അകത്തേക്കും, RS ന് പുറത്തേക്കും ആണ്. അതിനാൽ കറന്റ് PQRS ലൂടെ ഒഴുകുന്നു. ഗ്രാഫിലെ A പോയിന്റ് ഈ പരമാവധി emf നെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു.

പ്രാരംഭ സ്ഥാനത്ത് നിന്ന് 180° കറങ്ങുന്നതിന്, ഫീൽഡ് വീണ്ടും, PQRS ലേക്ക് ലംബമാവുകയും പ്രേരിപ്പിച്ച emf പൂജ്യമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതിനെ പോയിന്റ് B പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു.

ഫീൽഡ് മാഗ്നറ്റിന്റെ 270° ഭ്രമണത്തിനായി ഫീൽഡ് മാഗ്നറ്റ് വീണ്ടും PQRS ന് സമാന്തരമായി മാറുന്നു. ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് emf പരമാവധി ആണെങ്കിലും ദിശ വിപരീതമാണ്. അങ്ങനെ കറന്റ് SRQP ലൂടെ ഒഴുകുന്നു. ഇത് പോയിന്റ് C പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു..

360°,പൂർത്തിയാകുമ്പോൾ, ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് emf പൂജ്യമാവുകയും അത് പോയിന്റ് D പ്രതിനിധീകരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. അതിനാൽ, ഫീൽഡ് മാഗ്നറ്റ് ഒരു ഭ്രമണം പൂർത്തിയാക്കുമ്പോൾ, PQRS ലെ ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് emf ഒരു ചക്രം പൂർത്തിയാക്കുന്നു.



ചിത്രം 4.29 സമയകോണുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് പ്രേരിതവോൾട്ടതയിലെ വ്യതിയാനം

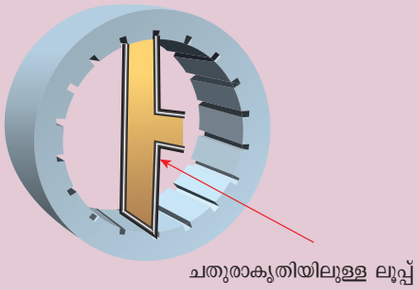
Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 225 29-06-2022 14:52:56

പ്രത്യാവർത്തിധാര ജനറേറ്ററിന്റെ നിർമ്മാണം (പരീക്ഷയ്ക്ക് ഉൾപ്പെട്ടതല്ല)

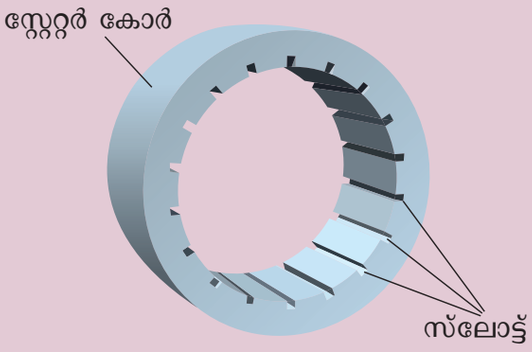
ആൾട്ടർനേറ്ററിൽ രണ്ട് പ്രധാന ഭാഗങ്ങളുണ്ട്. അതായത് സ്റ്റേറ്റർ, റോട്ടർ. (നിർമ്മാണ വിശദാംശങ്ങൾ നന്നായി മനസ്സിലാക്കുന്നതിനാണ് ഈ ബോക്സ് നൽകിയിരിക്കുന്നത്.

i) സ്റ്റേറ്റർ

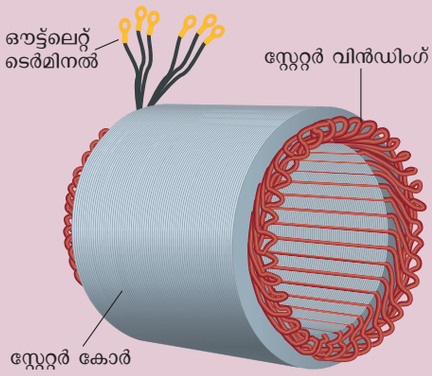
സ്റ്റേറ്ററിനു രണ്ട് പ്രധാന ഭാഗങ്ങൾ ഉണ്ട്, സ്റ്റേറ്റർ കോറും, അർമേച്ചർ വൈൻഡിംഗും



ചിത്രം (b): ചതുരാകൃതിയിലുള്ള ലൂപ്പുള്ള സ്റ്റേറ്റർ കോർ



ചിത്രം (a): ശൂന്യമായ സ്ലോട്ടുകളുള്ള സ്റ്റേറ്റർ കോർ

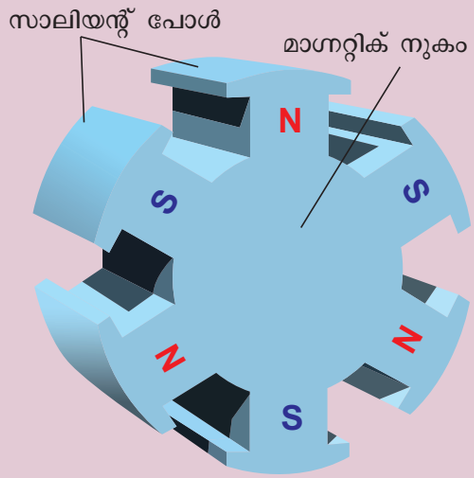


ചിത്രം (c): അർമേച്ചർ വൈൻഡിംഗുകളുള്ള സ്റ്റേറ്റർ കോർ

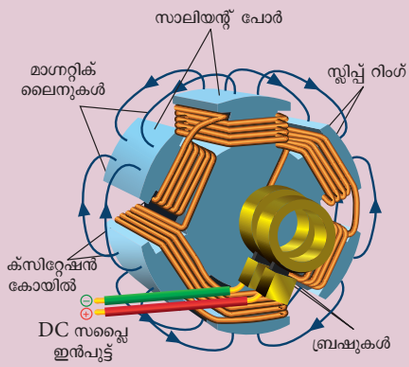
---

ii) റോട്ടർ

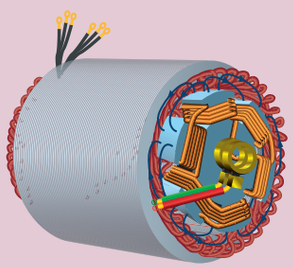
റോട്ടറിൽ കാന്തികക്ഷേത്ര വൈൻഡിംഗുകൾ, സ്ലിപ്പ് റിംഗുകൾ, ബ്രഷുകൾ എന്നിവ ഒരേ ഷാഫ്റ്റിൽ ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം (d): 6-പോൾ റോട്ടർ



ചിത്രം (e): ഫീൽഡ് വൈൻഡിംഗുകൾ, സ്ലിപ്പ് റിംഗുകൾ, ബ്രഷുകൾ എന്നിവയുള്ള 6 പോൾ റോട്ടർ



ചിത്രം (f): സ്റ്റേറ്റർ കോറും, റോട്ടറും.

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 226 29-06-2022 14:52:59

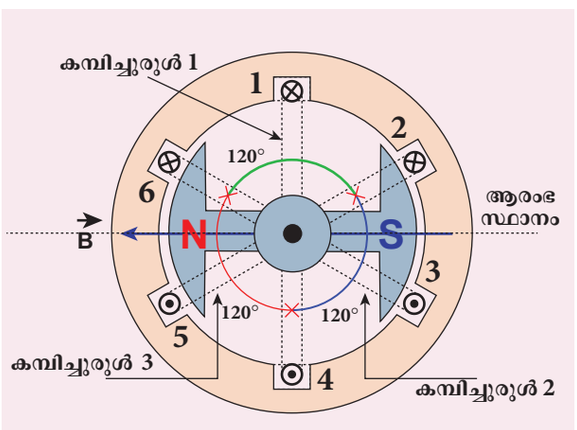
4.5.6 പോളി-ഫേസ് പ്രത്യാവർത്തിധാരാ ജനറേറ്റർ

ചില പ്രത്യാവർത്തിധാരാ ജനറേറ്ററുകൾക്ക് ആർമേചേർകോറിൽ ഒന്നിൽ കൂടുതൽ ചുരുളുകൾ ഉണ്ടായിരിക്കാം. ഓരോ ചുരുളുകളും പ്രത്യാവർത്തി ധാരാ വോൾട്ടത ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു. ഇങ്ങനെയുള്ള ജനറേറ്ററുകളിൽ ഒന്നിൽ കൂടുതൽ വോൾട്ടത ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നതിനാൽ അവയെ പോളിഫേസ് ജനറേറ്ററുകൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു.

ഒരു ജനറേറ്ററിൽ രണ്ട് പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വോൾട്ടതകൾ നിർമ്മിക്കുകയാണെങ്കിൽ, അതിനെ ദിഫേസ് ജനറേറ്റർ എന്നു വിളിക്കുന്നു. ചില പ്രത്യാവർത്തി ധാരാ ജനറേറ്ററുകളിൽ മൂന്ന് വ്യത്യസ്ത വോൾട്ടതകൾ ലഭിക്കും അതിനാൽ അവയെ ത്രീ ഫേസ് പ്രത്യാവർത്തിധാരാ ജനറേറ്ററുകൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു.

4.5.7 ത്രീ-ഫേസ് പ്രത്യാവർത്തിധാരാ ജനറേറ്റർ

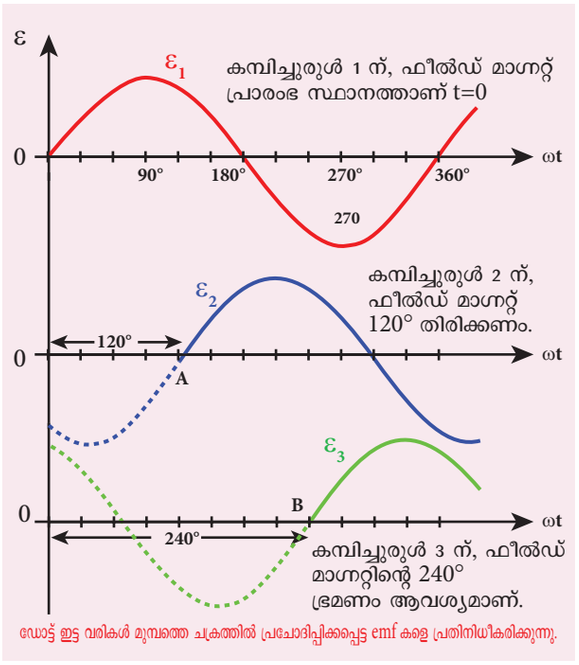
ത്രീ-ഫേസ് AC ജനറേറ്ററിന്റെ ലളിതമായ നിർമ്മാണത്തിൽ, അർമേച്ചർ കോറിന് 6 സ്ലോട്ടുകളുണ്ട്, അതിന്റെ ആന്തരിക അറ്റം മുറിച്ചത് ഓരോ സ്ലോട്ടും പരസ്പരം 60° അകലെയാണ്. ഈ സ്ലോട്ടുകളിൽ ആറ് അർമേച്ചർ ചാലകം സ്ഥാപിച്ചിരിക്കുന്നു. ചാലകം 1,4 എന്നിവ ശ്രേണിയിൽ ചേർന്ന് കോയിൽ 1 ആയി മാറുന്നു. ചാലകം 3 ഉം 6 ഉം കോയിൽ 2 ഉം ചാലകങ്ങൾ 5 ഉം 2 ഉം കോയിൽ 3 ഉം ഉണ്ടാക്കുന്നു. അതിനാൽ, ഈ കോയിലുകൾ ദീർഘ ചതുരാകൃതിയിൽ 120° പരസ്പരം വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. (ചിത്രം 4.30)



ചിത്രം 4.30 ത്രീ-ഫേസ് പ്രത്യാവർത്തിധാര ജനറേറ്ററിന്റെ ഉത്പാദനം

കാന്തത്തിന്റെ പ്രാരംഭ സ്ഥാനം തിരശ്ചീനവും ഫീൽഡ് ദിശ കമ്പിച്ചുരുൾ 1 ന്റെ തലവുമായി ലംബവുമാണ്. ഇത് സിംഗിൾ ഫേസ് AC ജനറേറ്ററിൽ കാണുന്നത് പോലെ, ഫീൽഡ് മാഗ്നറ്റ് ആ സ്ഥാനത്ത് നിന്ന് ഘടികാരദിശയിൽ തിരിക്കുമ്പോൾ, കോയിൽ 1-ൽ ഒരു പ്രത്യാവർത്തി വോൾട്ടത ε_1 ഉത്ഭവം O ൽ നിന്ന് ഒരു ചക്രം ആരംഭിക്കുന്നു. ഇത് ചിത്രം 4.31-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

കോയിൽ 2 ലെ വോൾട്ടത ഒന്നിടവിട്ട് മാറ്റുന്നതിനുള്ള അനുബന്ധ ചക്രം ഫീൽഡ് മാഗ്നറ്റ് 120° തിരിക്കുന്നിന് ശേഷം A പോയിന്റിൽ ആരംഭിക്കുന്നു. അതിനാൽ ε_1 , ε_2 എന്നിവ തമ്മിലുള്ള ഘട്ട വ്യത്യാസം 120° ആണ്. അതുപോലെ, കമ്പിച്ചുരുൾ 3-ലെ വോൾട്ടത ε_3 പ്രാരംഭ സ്ഥാനത്ത് നിന്ന് ഫീൽഡ് മാഗ്നറ്റിന്റെ 240° ഭ്രമണത്തിനുശേഷം B പോയിന്റിൽ അതിന്റെ ചക്രം ആരംഭിക്കും. ത്രീ ഫേസ് AC ജനറേറ്ററിൽ ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്ന ഈ വോൾട്ടത കൾക്ക് പരസ്പരം 120° ഘട്ടം വ്യത്യാസമുണ്ട്.



ചിത്രം 4.31 സമയ കോണിനൊപ്പം emf കൾ ε_1, ε_2 and ε_3 എന്നിവയുടെ വ്യതിയാനം.

4.5.8 ത്രീ-ഫേസ് ആൾട്ടർനേറ്റിന്റെ ഗുണങ്ങൾ

ത്രീ-ഫേസ് സിസ്റ്റത്തിന് സിംഗിൾ ഫേസ് സിസ്റ്റത്തെക്കാൾ ധാരാളം ഗുണങ്ങളുണ്ട്. അവയിൽ ചിലത് നമുക്ക് നോക്കാം.

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 227 29-06-2022 14:53:00

1) ജനറേറ്ററിന്റെ ഒരു നിശ്ചിത പരിമാണത്തിൽ, ത്രീ-ഫേസ് മെഷീൻ സിംഗിൾ-ഫേസ് മെഷീനിനേക്കാൾ ഉയർന്ന ഔട്ട്പുട്ട് ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നു.
2) സിംഗിൾ ഫേസ് ആൾട്ടർനേറ്ററുമായി താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ ത്രീ-ഫേസ് ആൾട്ടർനേറ്റർ വലുപ്പത്തിൽ ചെറുതാണ്.
3) ത്രീ-ഫേസ് ട്രാൻസ്മിഷൻ സിസ്റ്റം വിലകുറഞ്ഞതാണ്. ത്രീ-ഫേസ് പവർ കൈമാറാൻ താരതമ്യേന കനംകുറഞ്ഞ വയർ മതിയാകും.

4.6 പരിണാമിത്രം (ട്രാൻസ്ഫോർമർ)

വൈദ്യുതോർജ്ജത്തെ ഒരു സർക്യൂട്ടിൽ നിന്ന് മറ്റൊന്നിലേക്ക് അതിന്റെ ആവൃത്തിയിൽ മാറ്റം വരുത്താതെ മാറ്റാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന ഉപകരണമാണ് പരിണാമിത്രം. പ്രയോഗിച്ച ആൾട്ടർനേറ്റീവ് വോൾട്ടേജ് കുറയുകയോ വർദ്ധിക്കുകയോ സർക്യൂട്ടിലെ കറന്റും അതിനനുസരിച്ച് കുറയുകയോ വർദ്ധിക്കുകയോ ചെയ്യുന്നു.

പരിണാമിത്രം കുറഞ്ഞ വോൾട്ടേജുള്ള ഒരു പ്രത്യാവർത്തി വൈദ്യുതധാരയെ ഉയർന്ന വോൾട്ടേജുള്ള ഒരു പ്രത്യാവർത്തി വൈദ്യുതധാരയായി പരിവർത്തനം ചെയ്യുന്നുവെങ്കിൽ, അതിനെ **സ്റ്റെപ്പ്-അപ്പ് പരിണാമിത്രം** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. നേരെ മറിച്ച്, പരിണാമിത്രം ഉയർന്ന വോൾട്ടേജുള്ള പ്രത്യാവർത്തി വൈദ്യുതധാരയെ കുറഞ്ഞ വോൾട്ടേജിലെ ഒരു പ്രത്യാവർത്തി വൈദ്യുതധാരയായി പരിവർത്തനം ചെയ്യുന്നുവെങ്കിൽ, അതിനെ **സ്റ്റെപ്പ്-ടൗൺ പരിണാമമിത്രം** എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

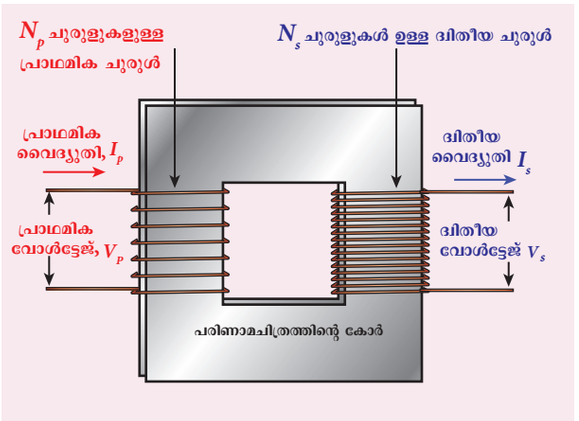
4.6.1 പരിണാമിത്രത്തിന്റെ നിർമ്മാണവും പ്രവർത്തനവും

തത്വം

രണ്ട് കമ്പിച്ചുരുളുകൾ തമ്മിലുള്ള പരസ്പര പ്രേരണമാണ് പരിണാമിത്രത്തിന്റെ തത്വം. അതായത്, ഒരു കമ്പിച്ചുരുളിലൂടെ കടന്നു പോകുന്ന ഒരു വൈദ്യുത പ്രവാഹം കാലത്തിനനുസരിച്ച് മാറുമ്പോൾ, അതിനരുകിലുള്ള കമ്പിച്ചുരുളിൽ ഒരു വോൾട്ടത പ്രേരിതമാകുന്നു.

നിർമ്മാണം

ലളിതമായപരിണാമിത്രങ്ങളുടെ നിർമ്മാണത്തിൽ ഒരേ ട്രാൻസ്ഫോർമർ കോർ ഘടിപ്പിച്ച ഉയർന്ന പരസ്പര ഇൻഡക്റ്റൻസ് അടങ്ങിയ രണ്ട് കോയിലുകൾ ഉണ്ട്. ഈ കോർ സാധാരണയായി.



ചിത്രം 4.32(a) പരിണാമിത്രത്തിന്റെ നിർമ്മാണം



ചിത്രം 4.32(b) റോഡരികിലുള്ള ട്രാൻസ്ഫോർമർ

ലാമിനേറ്റ് ചെയ്യുകയും സിലിക്കൺ സ്റ്റീൽ പോലുള്ള നല്ല കാന്തിക വസ്തുക്കളാൽ നിർമ്മിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ചുരുളുകൾ വൈദ്യുത ഇൻസുലേറ്റ് ചെയ്തിട്ടുണ്ടെങ്കിലും പരിണാമിത്രത്തിന്റെ കോർ വഴി കാന്തികമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. (ചിത്രം 4.32)

പ്രത്യാവർത്തി വോൾട്ടേജ് നൽകുന്ന കമ്പിച്ചുരുളിനെ പ്രാഥമിക ചുരുൾ P എന്നും ഔട്ട്പുട്ട് പവർ നൽകുന്ന കമ്പിച്ചുരുളിനെ ദ്വിതീയ കമ്പിച്ചുരുൾ S എന്നും വിളിക്കുന്നു. കോറും കമ്പിച്ചുരുളുകളും മികച്ച പ്രതിരോധവും ശീതളാവസ്ഥയും നൽകുന്നതിന് അനുയോജ്യമായ മാധ്യമമുള്ള ഒരു കണ്ടയ്നറിൽ വെച്ചിരിക്കുന്നു.

പ്രവർത്തനം

പ്രാഥമിക കമ്പിച്ചുരുൾ പ്രത്യാവർത്തിധാര വോൾട്ടേജിന്റെ ഉറവിടവുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ, ലാമിനേറ്റഡ് കാമ്പിൽ ഒരു മാറി മാറി വരുന്ന കാന്തിക പ്രവാഹം സജ്ജീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. കാന്തിക ഫ്ളക്സ് ചോർച്ച ഇല്ലെങ്കിൽ, പ്രാഥമിക കോയിലുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന മുഴുവൻ കാന്തിക പ്രവാഹവും ദ്വിതീയ കോയിലുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. പ്രാഥമിക, ദ്വിതീയ

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 228 29-06-2022 14:53:01

കോയിലുകൾക്ക് ഓരോ ചുരുളിലൂടെയുള്ള കാന്തിക പ്രവാഹം മാറുന്ന നിരക്ക് തുല്യമാണെന്നാണ് ഇതിനർത്ഥം.

ഫ്ളക്സ് മാറ്റത്തിന്റെ ഫലമായി, പ്രാഥമിക, ദ്വിതീയ കോയിലുകളിൽ വോൾട്ടത പ്രേരിതമാണ്. പ്രൈമറി കോയിലിൽ പ്രേരിതമാകുന്ന വോൾട്ടതയിലോ അല്ലെങ്കിൽ ബാക്ക് emf ലോ ഉള്ള ε_p നൽകുന്നത്.

$$\varepsilon_p = -N_p \frac{d\Phi_B}{dt}$$

എന്നാൽ പ്രൈമറിയിലുടനീളം v_p പ്രയോഗിക്കുന്ന വോൾട്ടേജ് ബാക്ക് emf ന് തുല്യമാണ്. തുടർന്ന്,

$$v_p = -N_p \frac{d\Phi_B}{dt} \qquad (4.24)$$

കോറിലെ ഒന്നിടവിട്ട കാന്തിക പ്രവാഹത്തിന്റെ ആവൃത്തി പ്രായോഗിക്കുന്ന വോൾട്ടതയുടെ ആവൃത്തിക്ക് തുല്യമാണ്. അതിനാൽ, സെക്കൻഡറിയിലെ പ്രേരിത വോൾട്ടതയ്ക്ക് പ്രയോഗിച്ച വോൾട്ടേജിന്റെ അതേ ആവൃത്തിയും ഉണ്ടായിരിക്കും. ദ്വിതീയ കോയിലിൽ പ്രേരിപ്പിക്കുന്ന വോൾട്ടത ε_s നൽകുന്നത്.

$$\varepsilon_s = -N_s \frac{d\Phi_B}{dt}$$

ഇവിടെ N_p , N_s എന്നിവ പ്രാഥമിക, ദ്വിതീയ കോയിലിലൂടെ ചുരുളുകളുടെ എണ്ണം സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ദ്വിതീയ സർക്യൂട്ട് തുറന്നിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ, $\varepsilon_s = v_s$ ആണ്, ഇവിടെ v_s എന്നത് ദ്വിതീയ കോയിലിലുടനീളമുള്ള വോൾട്ടേജാണ്.

$$v_s = -N_s \frac{d\Phi_B}{dt} \qquad (4.25)$$

(4.24), (4.25) എന്നീ സമവാക്യങ്ങളിൽ നിന്ന്,

$$\frac{v_s}{v_p} = \frac{N_s}{N_p} = K \qquad (4.26)$$

ഈ സ്ഥിരമായ K യെ വോൾട്ടേജ് പരിവർത്തന അനുപാതം എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഒരു അനുയോജ്യമായ ട്രാൻസ്ഫോർമറിനായി,

ഇൻപുട്ട് പവർ $v_p i_p$ = ഔട്ട്പുട്ട് പവർ $v_s i_s$

ഇവിടെ i_p, i_s എന്നിവ യഥാക്രമം പ്രാഥമിക, ദ്വിതീയ കോയിലിലെ വൈദ്യുതധാരകളാണ്. അതിനാൽ,

$$\frac{v_s}{v_p} = \frac{N_s}{N_p} = \frac{i_p}{i_s} \qquad (4.27)$$

4.27 എന്ന സമവാക്യം അനുബന്ധ അളവുകളുടെ വ്യാപ്തിയെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയാണ് എഴുതുന്നത്.

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p} = \frac{I_p}{I_s} = K$$

i) $N_s > N_p (K > 1)$, ആണെങ്കിൽ $V_s > V_p$ കൂടാമത $I_s < I_p$. സ്റ്റെപ്പ് അപ്പ് ട്രാൻസ്ഫോർമറിന്റെ കാര്യമാണിത്, അതിൽ വോൾട്ടേജ് വർദ്ധിക്കുകയും അനുബന്ധ കറന്റ് കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു.

ii) $N_s < N_p (K < 1)$, ആണെങ്കിൽ $V_s < V_p$ കൂടാമത $I_s > I_p$. ഇത് സ്റ്റെപ്പ് ഡൗൺ ട്രാൻസ്ഫോർമറാണ്, ഇവിടെ വോൾട്ടേജ് കുറയുകയും കറന്റ് വർദ്ധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഒരു ട്രാൻസ്ഫോർമറിന്റെ കാര്യക്ഷമത:

ഉപയോഗപ്രദമായ ഔട്ട്പുട്ട് പവറിനും ഇൻപുട്ട് പവറിന്റെ തമ്മിലുള്ള അനുപാതമാണ് ഒരു ട്രാൻസ്ഫോർമറിന്റെ കാര്യക്ഷമത η എന്നു നിർവചിക്കാം. അങ്ങനെ

$$\eta = \frac{\text{ഔട്ട്പുട്ട് പവർ}}{\text{ഇൻപുട്ട് പവർ}} \cdot 100\% \qquad (4.28)$$

കാര്യക്ഷമതയുടെ പരിധി 96–99% കാര്യപ്രാപ്തിയുള്ള ഉപകരണങ്ങളാണ് പരിണാമിത്രങ്ങൾ ട്രാൻസ്ഫോർമറുകളിലെ വിവിധ ഊർജ്ജ നഷ്ടങ്ങളിനാൽ 100% കാര്യക്ഷമമായിരിക്കാൻ അനുവദിക്കുന്നില്ല.

4.6.2 ഒരു ട്രാൻസ്ഫോർമറിലെ ഊർജ്ജ നഷ്ടം

ട്രാൻസ്ഫോർമറുകൾക്ക് ചലിക്കുന്ന ഭാഗങ്ങളില്ല, അതിനാൽ അതിന്റെ കാര്യക്ഷമത ജനറേറ്ററുകൾ, മോട്ടോറുകൾ എന്നിവ പോലുള്ള ഭ്രമണം ചെയ്യുന്ന യന്ത്രങ്ങളേക്കാൾ വളരെ കൂടുതലാണ്. എന്നാൽ ഒരു ട്രാൻസ്ഫോർമറിൽ ഊർജ്ജ നഷ്ടത്തിന് കാരണമാകുന്ന നിരവധി ഘടകങ്ങളുണ്ട്.

i) കോർ നഷ്ടം അല്ലെങ്കിൽ അയൺ ലോസ്സ്

ട്രാൻസ്ഫോർമർ കോറിലാണ് ഈ നഷ്ടം സംഭവിക്കുന്നത്. ഹിസ്റ്റെറിസിസ് നഷ്ടം (വിഭാഗം 3.6 കാണുക) എഡ്ഡി കറന്റ് നഷ്ടം എന്നിവ കോർ നഷ്ടം അല്ലെങ്കിൽ ഇരുമ്പ് നഷ്ടം എന്നറിയപ്പെടുന്നു. പ്രാഥമിക കോയിലിലുടനീളം പ്രയോഗിക്കുന്ന ഒന്നിടവിട്ടുള്ള വോൾട്ടേജ് ഉപയോഗിച്ച് ട്രാൻസ്ഫോർമർ കോർ മാഗ്നറ്റൈസ് ചെയ്യു

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 229 29-06-2022 14:53:05

കയും, ഡീമാഗ്നറ്റൈസ് ചെയ്യുകയും ചെയ്യുമ്പോൾ, ഹിസ്റ്റെറിസിസ് സംഭവിക്കുന്നു കാരണം ചില ഊർജ്ജം താപത്തിന്റെ രൂപത്തിൽ നഷ്ടപ്പെടും. ട്രാൻസ്ഫോർമർ കോർ നിർമിക്കുന്നതിൽ ഉയർന്ന സിലിക്കൺ ഉള്ളടക്കത്തിന്റെ സ്റ്റീൽ ഉപയോഗിച്ചാണ് ഹിസ്റ്റെറിസിസ് നഷ്ടം കുറയ്ക്കുന്നത്.

കോറിലെ മാറിമാറി വരുന്ന കാന്തിക പ്രവാഹം അതിലെ എഡ്ഡി പ്രവാഹങ്ങളെ പ്രേരിപ്പിക്കുന്നു. അതിനാൽ എഡ്ഡി കറന്റ് നഷ്ടം എന്ന് വിളിക്കപ്പെടുന്ന എഡ്ഡി കറന്റ് പ്രവാഹം മൂലം ഊർജ്ജ നഷ്ടം സംഭവിക്കുന്നു. ഇത് ട്രാൻസ്ഫോർമർ കോർ വളരെ നേർത്ത ലാമിനേഷനുകൾ ഉപയോഗിച്ച് കുറയ്ക്കുന്നു.

ii) ചെമ്പ് നഷ്ടം

ട്രാൻസ്ഫോർമർ വൈൻഡിംഗുകൾക്ക് വൈദ്യുത പ്രതിരോധമുണ്ട്. ഒരു വൈദ്യുത പ്രവാഹം അവയിലൂടെ ഒഴുകുമ്പോൾ, ജൂൾ ചൂടാക്കൽ പ്രഭാവം കാരണം കുറച്ച് ഊർജ്ജം ഇല്ലാതാകും. ഈ ഊർജ്ജ നഷ്ടത്തെ കോപ്പർ ലോസ് എന്ന് വിളിക്കുന്നു, ഇത് വലിയ വ്യാസമുള്ള വയറുകൾ ഉപയോഗിച്ച് കുറയ്ക്കുന്നു.

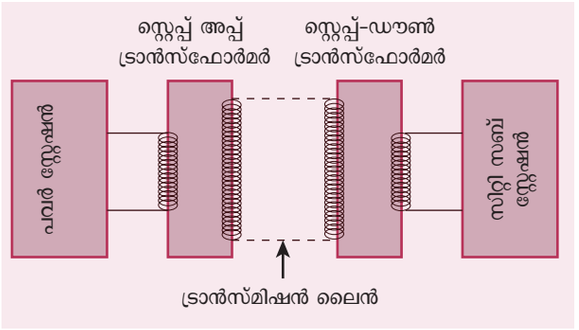
iii) ഫ്ളക്സ് ചോർച്ച

പ്രാഥമിക കോയിലിന്റെ കാന്തിക രേഖകൾ ദ്വിതീയ കോയിലുമായി പൂർണ്ണമായും ബന്ധപ്പെടാത്തപ്പോൾ ഫ്ളക്സ് ചോർച്ച സംഭവിക്കുന്നു. ഈ ഫ്ളക്സ് ചോർച്ച മൂലം ഉണ്ടാകുന്ന ഊർജ്ജ നഷ്ടം കോയിലുകൾ ഒന്നിനു പുറകെ ഒന്നായി കുറയ്ക്കുന്നു.

4.6.3 ദീർഘദൂര വൈദ്യുതി പ്രക്ഷേപണത്തിൽ AC യുടെ പ്രയോജനങ്ങൾ

AC ജനറേറ്ററുകളുടെ സഹായത്തോടെ ഇലക്ട്രിക് പവർ സ്റ്റേഷനുകളിൽ വലിയ തോതിൽ വൈദ്യുതി ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നു. താപ, ജലവൈദ്യുത, ന്യൂക്ലിയർ പവർ സ്റ്റേഷനുകളായി ഉപയോഗിക്കുന്ന ഇന്ധനത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ് ഈ വൈദ്യുത നിലയങ്ങളെ തരംതിരിക്കുന്നത്. ഈ സ്റ്റേഷനുകളിൽ ഭൂരിഭാഗവും വിദൂരസ്ഥലങ്ങളിലാണ്. അതിനാൽ ഉൽപാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന വൈദ്യുതോർജ്ജം പ്രക്ഷേപണ ലൈനുകളിലൂടെ വളരെ ദൂരത്തേക്ക് കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയെ **പവർ ട്രാൻസ്മിഷൻ** എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

എന്നാൽ പവർ ട്രാൻസ്മിഷൻ സമയത്ത് ഒരു ബുദ്ധിമുട്ട് ഉണ്ട്. ഒരു വലിയ ഭാഗം ഇലക്ട്രിക് പവർ ജൂൾ ചൂടാക്കൽ (i^2R) കാരണം നഷ്ടപ്പെടുന്നു. പ്രക്ഷേപണ ലൈനുകൾ ഏതാണ് നൂറുകണക്കിന് കിലോമീറ്റർ നീളമുള്ളതാണ്. കറന്റ് I കുറയ്ക്കുന്നതിലൂടെയോ ട്രാൻസ്മിഷൻ ലൈനുകളുടെ പ്രതിരോധം കുറയ്ക്കുന്നതിലൂടെയോ ഈ വൈദ്യുതി നഷ്ടം പരിഹരിക്കാനാകും. ചെമ്പ് അല്ലെങ്കിൽ അലുമിനിയത്താലുള്ള കട്ടിയുള്ള വയറുകൾ ഉപയോഗിച്ച് പ്രതിരോധം R കുറയ്ക്കാൻ കഴിയും. എന്നാൽ ഇത് ട്രാൻസ്മിഷൻ ലൈനുകളുടെ ഉൽപാദനച്ചെലവും മറ്റ് അനുബന്ധ ചെലവുകളും വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നു. അതിനാൽ വൈദ്യുതി നഷ്ടം കുറയ്ക്കുന്നതിനുള്ള ഈ രീതി സാമ്പത്തികമായി ലാഭകരമല്ല.



ചിത്രം 4.33 ദീർഘദൂര വൈദ്യുതി പ്രക്ഷേപണം

ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്ന ഊർജ്ജം ഒന്നിടവിട്ട് മാറുന്ന സ്വഭാവമുള്ളതിനാൽ, ഒരു പോംവഴി ഉണ്ട്. ആൾട്ടർനേറ്റീവ് വോൾട്ടേജിന്റെ ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ട കാര്യം എന്തെന്നാൽ ട്രാൻസ്ഫോർമറുകൾ ഉപയോഗിച്ച് വോൾട്ടേജിനെ സ്റ്റെപ്പ് അപ്പ് ചെയ്യാനും, സ്റ്റെപ്പ്-ഡൗൺ ചെയ്യാനും കഴിയുന്നു. അതു വഴി വൈദ്യുതി നഷ്ടം ഒരു പരിധിവരെ കുറയ്ക്കുന്നതിനും ഉപയോഗപ്പെടുത്താം.

ട്രാൻസ്മിറ്റിംഗ് പോയിന്റിൽ, സ്റ്റെപ്പ്-അപ്പ് ട്രാൻസ്ഫോർമർ ഉപയോഗിച്ച് വോൾട്ടേജ് വർദ്ധിക്കുകയും അനുബന്ധ കറന്റ് കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു. (ചിത്രം 4.33). പിന്നീട് അത് ട്രാൻസ്മിഷൻ ലൈനുകളിലൂടെ പകരുന്നു. ഉയർന്ന വോൾട്ടേജിൽ ഈ കുറച്ച കറന്റ് കാര്യമായ നഷ്ടം കൂടാതെ ലക്ഷ്യസ്ഥാനത്ത് എത്തുന്നു. സ്വീകരിക്കുന്ന ഘട്ടത്തിൽ, വോൾട്ടേജ് കുറയുകയും സ്റ്റെപ്പ്-ഡൗൺ ട്രാൻസ്ഫോർമർ ഉപയോഗിച്ച് ഉചിതമായ മൂല്യങ്ങളിലേക്ക് കറന്റ് വർദ്ധിപ്പിക്കുകയും തുടർന്ന് അത് ഉപഭോക്താക്കൾക്ക് നൽകുകയും ചെയ്യുന്നു. അങ്ങനെ വൈദ്യുതി പ്രക്ഷേപണം കാര്യക്ഷമമായും മിതവ്യയത്തോടും നടക്കുന്നു.

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 230 29-06-2022 14:53:06

ചിത്രീകരണം:

രണ്ട് വ്യത്യസ്ത വോൾട്ടേജുകളിൽ മൊത്തം പ്രതിരോധം $R = 40\ \Omega$ ഉള്ള ട്രാൻസ്മിഷൻ ലൈനുകളിലൂടെ 2 മെഗാവാട്ടിന്റെ വൈദ്യുത ശക്തി കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ഒന്ന് ലോവർ വോൾട്ടേജും (10 kV), മറ്റൊന്ന് ഉയർന്നതുമാണ്. (100 kV) ഈ രണ്ട് കേസുകളിലും വൈദ്യുതിയുടെ പവർ നഷ്ടം കണക്കാക്കുകയും താരതമ്യം ചെയ്യുകയും ചെയ്യാം.

Case (i):

$P = 2$ MW; $R = 40\ \Omega$; $V = 10$ kV

പവർ, $P = VI$

$$\therefore \text{കറന്റ്}, I = \frac{P}{V}$$

$$= \frac{2\times10^6}{10\times10^3} = 200\text{A}$$

പവർ നഷ്ടം = ഉൽപാദിപ്പിച്ച താപം = I^2R

$$= (200)^2 \times 40 = 1.6\times10^6\ \text{W}$$

$$\%\ \text{പവർ നഷ്ടം} = \frac{1.6\times10^6}{2\times10^6}\times100\%$$

$$= 0.8\times100\% = 80\%$$

കേസ് (ii):

$P = 2$ MW; $R = 40\ \Omega$; $V = 100$ kV

$$\therefore \text{കറന്റ്}, I = \frac{P}{V}$$

$$= \frac{2\times10^6}{100\times10^3} = 20\text{A}$$

പവർ നഷ്ടം = I^2R

$$= (20)^2 \times 40 = 0.016\times10^6\ \text{W}$$

$$\%\ \text{പവർ നഷ്ടം} = \frac{0.016\times10^6}{2\times10^6}\times100\%$$

$$= 0.008\times100\% = 0.8\%$$

അതിനാൽ ഉയർന്ന വോൾട്ടേജിൽ ഒരു വൈദ്യുതോർജ്ജം പ്രക്ഷേപണം ചെയ്യുമ്പോൾ വൈദ്യുതി നഷ്ടം വലിയ അളവിൽ കുറയുന്നു.

ഉദാഹരണം 4.16

ഒരു അനുയോജ്യമായ മാതൃകാ പരിണാമിത്രത്തിന്റെ പ്രാഥമിക, ദ്വിതീയ കമ്പിച്ചുരുളുകളിൽ യഥാക്രമം 460, 40,000 ചുരുളുകൾ ഉണ്ട്. പരിണാമിത്രം 230 V പ്രത്യാവർത്തിധാര മെയിനുകളുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ ദ്വിതീയത്തിന്റെ ഓരോ ചുരുളിലും വികസിപ്പിച്ച വോൾട്ടേജ് കണ്ടെത്തുക. സെക്കന്ററിയിലെ $10^4\ \Omega$ പ്രതിരോധകം ഉള്ള ലോഡിലേക്ക് കൊടുക്കുന്നു. ലോഡിലേക്ക് കൈമാറിയ പവർ കണക്കാക്കുക.

പരിഹാരം

$N_P = 460$ ചുരുളുകൾ; $N_S = 40{,}000$ ചുരുളുകൾ

$V_P = 230$ V; $R_S = 10^4\ \Omega$

(i) ദ്വിതീയ വോൾട്ടേജ്,

$$V_S = \frac{V_P N_S}{N_P} = \frac{230\times40{,}000}{460} = 20{,}000\ \text{V}$$

ഓരോ ചുരുളിലെയും സെക്കന്ററി വോൾട്ടേജ്, $\frac{V_S}{N_S} = \frac{20{,}000}{40{,}000}$

$= 0.5$ V

(ii) പവർ വിതരണം

$$= V_S I_S = \frac{V_S^2}{R_S} = \frac{20{,}000\times20{,}000}{10^4} = 40\ \text{kW}$$

ഉദാഹരണം 4.17

നമ്മുടെ വീടുകളിൽ ഉപയോഗിക്കുന്ന സാധാരണ വൈദ്യുത ഉപകരണമാണ് ഇൻവെർട്ടർ. നമ്മുടെ വീട്ടിൽ വൈദ്യുതി ഇല്ലാത്തപ്പോൾ, ഫാൻ അല്ലെങ്കിൽ ലൈറ്റ് പോലുള്ള കുറച്ച് ഇലക്ട്രോണിക് ഉപകരണങ്ങൾ പ്രവർത്തിപ്പിക്കാൻ ഇൻവെർട്ടർ AC പവർ നൽകുന്നു. ഒരു ഇൻവെർട്ടറിന് ഇൻബിൽറ്റ് സ്റ്റെപ്പ്-അപ്പ് ട്രാൻസ്ഫോർമർ ഉണ്ട്, അത് 12 V AC യെ 240 V AC യാക്കി മാറ്റുന്നു. പ്രാഥമിക കോയിലിന് 100 ചുരുളുകളുണ്ട്, കൂടാതെ ഇൻവെർട്ടർ 50 mA ബാഹ്യ സർക്യൂട്ടിലേക്ക് നൽകുന്നു. ദ്വിതീയ, പ്രാഥമിക പരിപഥത്തിലെ ചുരുളുകളുടെ എണ്ണം കണ്ടെത്തുക.

പരിഹാരം

$V_p = 12$ V; $V_s = 240$ V

$I_s = 50$mA; $N_p = 100$ ചുരുളുകൾ

$$\frac{V_S}{V_P} = \frac{N_S}{N_P} = \frac{I_P}{I_S} = K$$

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 231 29-06-2022 14:53:14

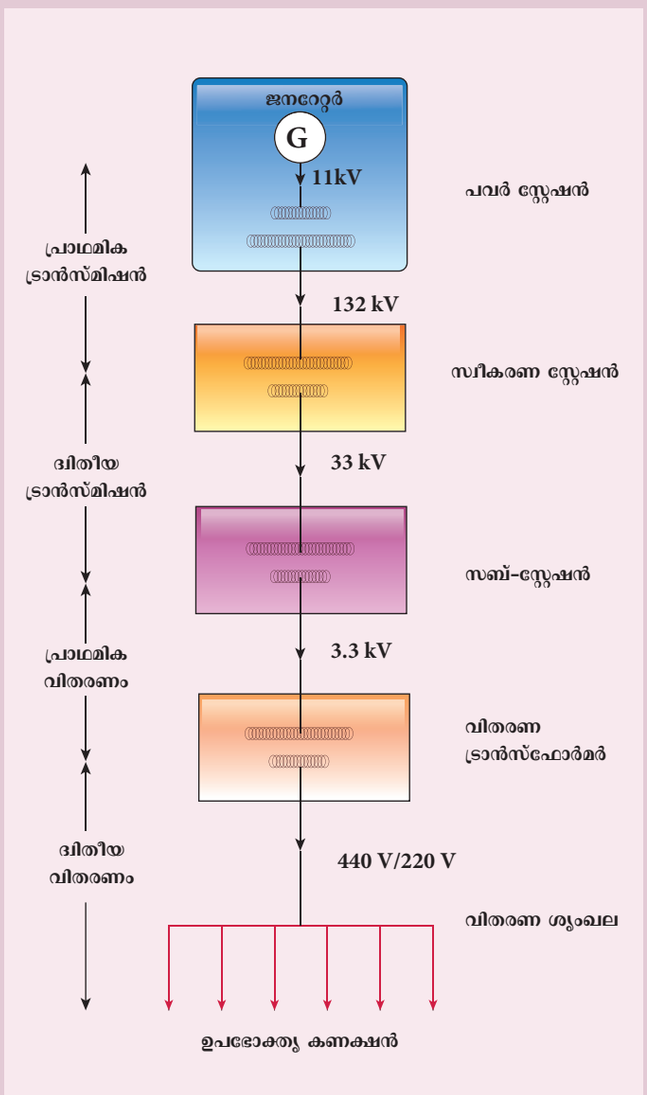
ഒറ്റനോട്ടത്തിൽ പവർ സംവിധാനം (പരീക്ഷയ്ക്ക് ഉൾപ്പെടുത്തിയിട്ടില്ല)

ഒരു പ്രദേശത്തെ ജനറേറ്റിംഗ് സ്റ്റേഷനുകൾ പരസ്പരം ബന്ധിപ്പിച്ച് ഒരു പൊതു വൈദ്യുത ശൃംഖല രൂപീകരിക്കുകയും സമാന്തരമായി പ്രവർത്തിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഏതെങ്കിലും വൈദ്യുത നിലയത്തിന്റെ പരാജയം അല്ലെങ്കിൽ ജനറേറ്റിംഗ് സ്റ്റേഷന്റെ ശേഷിക്കപ്പുറം പെട്ടെന്ന് ലോഡ് വർദ്ധിക്കുന്ന സാഹചര്യത്തിൽ ധാരാളം ഉപഭോക്താക്കൾക്ക് തടസ്സമില്ലാത്ത വൈദ്യുത വിതരണം ഉറപ്പാക്കാനാണിത്.

ജനറേറ്റിംഗ് സ്റ്റേഷനുകൾ, ട്രാൻസ്മിഷൻ ലൈനുകൾ, സബ്സ്റ്റേഷനുകൾ, വിതരണക്കാർ തുടങ്ങിയ വിവിധ ഘടകങ്ങളെ വൈദ്യുതോർജ്ജത്തിന്റെ തുടർച്ചയായ ഉൽപാദനത്തിനും ഉപഭോഗത്തിനുമായി പരസ്പരം ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇതിനെ പവർ സിസ്റ്റം എന്ന് വിളിക്കുന്നു. സബ് സ്റ്റേഷനുകളും ട്രാൻസ്മിഷൻ ലൈനുകളും അടങ്ങുന്ന പവർ സിസ്റ്റത്തിന്റെ ഒരു ഭാഗം ഗ്രിഡ് എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

ഒരു ഊർജ്ജ വ്യവസ്ഥയിൽ, ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്ന വൈദ്യുതോർജ്ജം രണ്ട് ഘട്ടങ്ങളിലായാണ് നടത്തുന്നത്, അവ താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നതുപോലെ, രണ്ടായി വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു.

1) ട്രാൻസ്മിഷൻ ഘട്ടം (പ്രക്ഷേപണ ഘട്ടം)
   a) പ്രാഥമിക ട്രാൻസ്മിഷൻ ഘട്ടം
   b) സെക്കൻഡറി ട്രാൻസ്മിഷൻ സ്റ്റേജ്
2) വിതരണ ഘട്ടം
   a) പ്രാഥമിക വിതരണ ഘട്ടം
   b) ദ്വിതീയ പ്രക്ഷേപണ ഘട്ടം



തുടർന്ന് അത് വ്യക്തിഗത ഉപഭോക്താക്കൾക്ക് വിതരണം ചെയ്യുന്നു. പവർ ട്രാൻസ്മിഷന്റെ ഈ രണ്ട് ഘട്ടങ്ങൾ ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന ഒരൊറ്റ വരി രേഖാചിത്രത്തിലാണ് അവതരിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നത്. കേന്ദ്ര സംവിധാനം സാധാരണയായി 11 kV യിൽ വൈദ്യുതി ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു. ഇത് 132 kV വരെ ഉയരുകയും ട്രാൻസ്മിഷൻ ലൈനുകളിലൂടെ കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതിനെ പ്രാഥമിക അല്ലെങ്കിൽ ഉയർന്ന വോൾട്ടേജ് ട്രാൻസ്മിഷൻ എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

ഈ ഹൈ-വോൾട്ടേജ് പവർ നഗരത്തിന്റെ പ്രാന്തപ്രദേശത്തുള്ള റിസീവിംഗ് സ്റ്റേഷനിൽ എത്തുന്നു. അവിടെ അത് 33 kV യിലേക്ക് താഴുകയും നഗര പരിധിയിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന സബ് സ്റ്റേഷനുകളിലേക്ക് ദ്വിതീയ അല്ലെങ്കിൽ ലോ-വോൾട്ടേജ് ട്രാൻസ്മിഷനായി കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു.

പ്രാഥമിക വിതരണ സമ്പ്രദായത്തിൽ, സബ് സ്റ്റേഷനുകളിൽ വോൾട്ടേജ് 33 kV യിൽ നിന്ന് 3.3kV ആയി കുറയ്ക്കുകയും വിതരണ സബ് സ്റ്റേഷനുകൾക്ക് നൽകുകയും ചെയ്യുന്നു. ഡിസ്ട്രിബ്യൂഷൻ സബ് സ്റ്റേഷനിൽ 440V അല്ലെങ്കിൽ 230V യിലേക്ക് എത്തിക്കുന്ന വോൾട്ടേജ്, അവിടെ നിന്ന് വിതരണ ശൃംഖലകൾ വഴി ഫാക്ടറികൾക്കും (440V) വീടുകൾക്കും (230V) ദ്വിതീയ വിതരണം നടത്തുന്നു.

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 232 29-06-2022 14:53:14

പരിവർത്തന അനുപാതം, $K = \frac{240}{12} = 20$

ദ്വിതീയത്തിലെ ചുരുളുകളുടെ എണ്ണം

$$N_S = N_P \times K = 100 \times 20 = 2000$$

പ്രാഥമിക കറന്റ്,

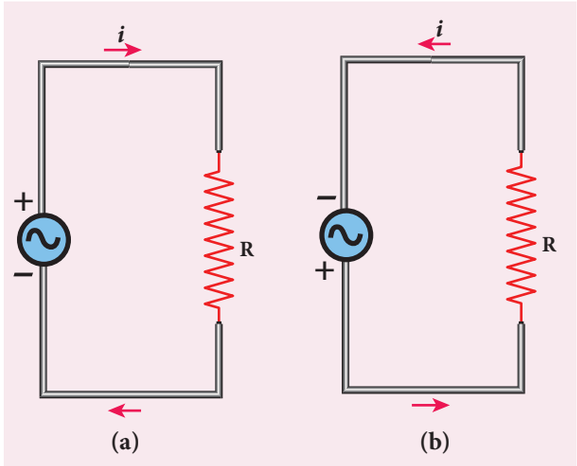
$$I_p = K \times I_s = 20 \times 50 \text{ mA} = 1 \text{ A}$$

4.7 പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വൈദ്യുതി

4.7.1 ആമുഖം

ഒരു കമ്പിച്ചുരുളിന്റെ ക്രമീകരണം കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിൽ മാറുമ്പോൾ ഒരു അടഞ്ഞ പരിപഥത്തിൽ പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വോൾട്ടതയും തല്ഫലമായി പ്രത്യാവർത്തി ധാരാ വൈദ്യുതിയും പ്രവഹിക്കുന്നു എന്ന് വിഭാഗം 4.5 ൽ നാം കണ്ടു. കൃത്യമായ ഇടവേളകളിൽ ധ്രുവത മാറുന്ന വോൾട്ടേജാണ് പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വോൾട്ടത. തൽഫലമായുണ്ടാകുന്ന പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വൈദ്യുതിയുടെ ദിശയും അതിനനുസരിച്ച് മാറുന്നു.

ഒരു പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വോൾട്ടേജ് സ്രോതസ്സ് ഒരു പ്രതിരോധകവുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നതാണ് ചിത്രം (4.34) (എ) യിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നത് ഒരു തൽക്ഷണത്തിൽ സ്രോതസ്സിന്റെ മുകളിലത്തെ അഗ്രം പോസിറ്റീവും താഴത്തെ അഗ്രം നെഗറ്റീവുമാണ്. അതിനാൽ വൈദ്യുതധാര ഘടികാര ദിശയിലായിരിക്കും കുറച്ചു സമയത്തിനുശേഷം സ്രോതസ്സിന്റെ ധ്രുവങ്ങൾ വിപരീതമാക്കപ്പെടുന്നതിനാൽ വൈദ്യുതധാര എതിർഘടികാര ദിശയിൽ (അപ്രദക്ഷിണദിശ) ആയിരിക്കും. (ചിത്രം 4.34 ബി) പരിപഥത്തിൽ പ്രവാഹദിശമാറുന്ന ഈ വൈദ്യുത ധാരയെ പ്രത്യാവർത്തി വൈദ്യുതി എന്നു വിളിക്കുന്നു.



ചിത്രം 4.34 പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വോൾട്ടേജും അനുബന്ധ പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വൈദ്യുതിയും

സൈനുസോയ്ഡൽ പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വോൾട്ടേജ്

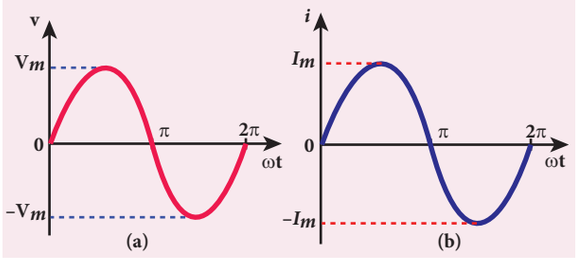
പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വോൾട്ടതയുടെ തരംഗരൂപം ഒരു സൈൻ തരംഗമാണെങ്കിൽ അതിനെ സൈനുസോയ്ഡൽ പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വോൾട്ടേജ് എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ സമവാക്യം.

$$v = V_m \sin \omega t \qquad (4.29)$$

v എന്നത് തൽക്ഷണത്തിലുള്ള പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വോൾട്ടതയുടെ മൂല്യമാണ്. V_m എന്നത് പരമാവധി മൂല്യവും (*ആയതി) ω എന്നത് കോണീയ ആവൃത്തിയുമാണ്. ഒരു അടഞ്ഞ പരിപഥത്തിൽ സൈനുസോയ്ഡൽ വോൾട്ടേജ് പ്രയോഗിക്കുകയാണെങ്കിൽ തൽഫലമായുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതിയും സൈനസോയ്ഡൽ രീതിയിലായിരിക്കും. അതിന്റെ സമവാക്യം,

$$i = I_m \sin \omega t \qquad (4.30)$$

ഇവിടെ I_m എന്നത് പ്രത്യാവർത്തിധാര വൈദ്യുതിയുടെ പരമാവധി മൂല്യമാണ് (ആയതി) ഓരോ അർദ്ധ ചക്രത്തിലും സൈന്യസോയ്ഡൽ വോൾട്ടേജ് അല്ലെങ്കിൽ വൈദ്യുതിയുടെ ദിശ വിപരീതമാകുകയും അതിന്റെ മാഗ്നറ്റ്യൂഡും ചിത്രം 4.35 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ അതിന്റെ വ്യാപ്തിയും തുടർച്ചയായി മാറികൊണ്ടിരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.



ചിത്രം 4.35 (a) പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വോൾട്ടത **(b)** പ്രത്യാവർത്തി ധാരാ വൈദ്യുതി

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 233 29-06-2022 14:53:16

കുറിപ്പ്

രസകരമെന്നു പറയട്ടെ, സൈൻ തരംഗങ്ങൾ പ്രകൃതിയിൽ വളരെ സാധാരണമാണ്, ആനുകാലിക തരംഗങ്ങളായ വെള്ളത്തിലെ തിരമാലകൾ ദോലകത്തിന്റെ ചലനം (പെൻഡുലം) എന്നിവ സൈൻ തരംഗങ്ങളാണ് അങ്ങനെ സൈൻ തരംഗങ്ങൾ പ്രകൃതിയുമായി ബന്ധപ്പെട്ടതാണ്. XI ഭൗതിക ശാസ്ത്രത്തിന്റെ 11 ാം യൂണിറ്റ് പരിശോധിക്കുക.

4.7.2 പ്രത്യാവർത്തി ധാരയുടെ ശരാശരി മൂല്യം

ഒരു നേർധാര വ്യവസ്ഥയിൽ വൈദ്യുതിയും വോൾട്ടതയും ഒരു നിശ്ചിത കാലയളവിൽ സ്ഥിരമായിരിക്കുന്നതിനാൽ അവയുടെ വ്യാപ്തി കണക്കാക്കുന്നതിൽ ഒരു പ്രശ്നവുമില്ല. എന്നാൽ പ്രത്യാവർത്തി ധാരാ വൈദ്യുതി അല്ലെങ്കിൽ വോൾട്ടത കാലാകാലങ്ങളിൽ വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു. അപ്പോൾ പ്രത്യാവർത്തിധാര വൈദ്യുതി അല്ലെങ്കിൽ വോൾട്ടതയുടെ വ്യാപ്തി എങ്ങനെ പ്രകടിപ്പിക്കാമെന്ന ചോദ്യം ഉയരുന്നു. അത് പ്രകടിപ്പിക്കുന്നതിന് ധാരാളം മാർഗങ്ങൾ ഉണ്ടെങ്കിലും നമ്മുടെ ചർച്ചയെ രണ്ട് വഴികളിലൂടെ പരിമിതപ്പെടുത്തുന്നു. അതായത് പ്രത്യാവർത്തി ധാരയുടെ ശരാശരി മൂല്യം മറ്റും ആർ.എം.എസ് (റൂട്ട് മീൻ സ്കയർ) മൂല്യം എന്നിവയാണ്.

പ്രത്യാവർത്തിധാരയുടെ ശരാശരി മൂല്യം

ഒരു പരിപഥത്തിലെ പ്രത്യാവർത്തി ധാരാവൈദ്യുതിയുടെ വ്യാപ്തി ഓരോ നിമിഷവും മാറികൊണ്ടിരിക്കുന്നുവെന്നും അതിന്റെ ദിശ ഓരോ അർദ്ധചക്രത്തിലും വിപരീതമാകുന്നുവെന്നും നാം പഠിച്ചു. പോസിറ്റീവ് അർദ്ധ ചക്രത്തിൽ വൈദ്യുതിയെ പോസിറ്റീവായി കണക്കാക്കുകയും നെഗറ്റീവ് ചിത്രത്തിൽ അത് നെഗറ്റീവായികണക്കാക്കുകയുംചെയ്യുന്നു. അതിനാൽ ഒരു പൂർണ്ണചക്രത്തിൽ സമമിതി പ്രത്യാവർത്തിധാരയുടെ ശരാശരി മൂല്യം പൂജ്യമാണ്.

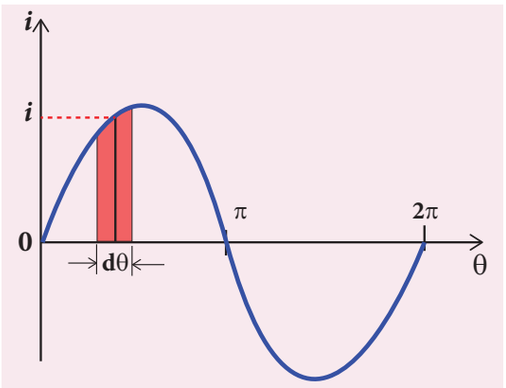
അതിനാൽ ശരാശരി മൂല്യം ഏതെങ്കിലും ഒരു അർദ്ധചക്രത്തിൽ കണക്കാക്കുന്നു. ശരാശരി വൈദ്യുതി, ശരാശരി വോൾട്ടത എന്നീ വൈദ്യുത പദങ്ങൾ നേർധാര മറ്റും പ്രത്യാവർത്തിധാര പരിപഥ വിശകലനത്തിലും കണക്കുകൂട്ടലുകളിലും ഉപയോഗിക്കുന്നു.

പ്രത്യാവർത്തിധാരയുടെ ശരാശരി മൂല്യം എന്നത് ഒരു പോസിറ്റീവ് അർദ്ധചക്രത്തിലോ അല്ലെങ്കിൽ നെഗറ്റീവ് അർദ്ധചക്രത്തിലോ ഉള്ള വൈദ്യുത ധാരയുടെ എല്ലാ മൂല്യങ്ങളുടെയും ശരാശരിയാണെന്ന് നിർവ്വചിക്കാം.

സൈനുസോയ്ഡൽ പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വൈദ്യുതിയുടെ തൽക്ഷണ മൂല്യം $i = I_m \sin\omega t$ അല്ലെങ്കിൽ $i = I_m \sin\theta$ (ഇവിടെ $\theta = \omega t$) എന്ന സമവാക്യം ഉപയോഗിച്ച് കണക്കാക്കാം. ഇവിടെ ഗ്രാഫിക്കൽ പ്രതിപാദ്യം ചിത്രം 4.36 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഒരു അർദ്ധചക്രത്തിലുടനീളമുള്ള എല്ലാ വൈദ്യുതധാരകളുടെയും ആകെത്തുക എന്നത് പോസിറ്റീവ് അർദ്ധചക്രത്തിന്റെ (അല്ലെങ്കിൽ നെഗറ്റീവ് അർദ്ധചക്രം) വിസ്തീർണ്ണതയ്ക്ക് സമമായിരിക്കും. അതിനാൽ ,

$$I_{av} = \frac{\text{ഏരിയാഫോസിറ്റീവ് അർദ്ധചക്രം (അല്ലെങ്കിൽ നെഗറ്റീവ് അർദ്ധചക്രം)}}{\text{ബേസ്ലെങ്തോഫ്-സൈക്കിൾ}} \qquad (4.31)$$



ചിത്രം 4.36 പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വൈദ്യുതിയുടെ സൈൻ തരംഗം

വൈദ്യുത തരംഗത്തിന്റെ പോസിറ്റീവ് അർദ്ധചക്രത്തിൽ $d\theta$ ഘനമുള്ള ഒരു സ്ട്രിപ്പ് കരുതുക. (ചിത്രം 4.41) i എന്നത് സ്ട്രിപ്പിന്റെ മദ്ധ്യത്തിലുള്ള ഓർഡിനേറ്റ് ആകട്ടെ.

സ്ട്രിപ്പിന്റെ വിസ്തീർണ്ണം $= i\, d\theta$

പോസിറ്റീവ് അർദ്ധചക്രത്തിന്റെ വിസ്തീർണ്ണം

$$= \int_0^{\pi} id\theta = \int_0^{\pi} I_m \sin\theta d\theta$$

$$= I_m\left[-\cos\theta\right]_0^{\pi} = -I_m\left[\cos\pi - \cos 0\right] = 2I_m$$

അർദ്ധചക്രത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന നീളം π സമവാക്യം (4.31), ൽ പ്രതിപാദിച്ചാൽ നമുക്ക് പ്രത്യാവർത്തിധാരയുടെ ശരാശരി മൂല്യം ലഭിക്കും.

പ്രത്യാവർത്തിധാരയുടെ ശരാശരി, $I_{av} = \dfrac{2I_m}{\pi}$

$$I_{av} = 0.637\, I_m \qquad (4.32)$$

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 234 29-06-2022 14:53:18

അതിനാൽ പ്രത്യാവർത്തിധാരയുടെ ശരാശരി മൂല്യം പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വൈദ്യുതിയുടെ പരമാവധി മൂല്യത്തിന്റെ, $I_{av} = -0.637\, I_m$ മടങ്ങായിരിക്കും.

കുറിപ്പ്

ഉദാഹരണമായി പ്രത്യാവർത്തിധാരയുടെ ഒരു അർദ്ധചക്രത്തിൽ n വൈദ്യുതധാരകളെപരിഗണിക്കുകയാണെങ്കിൽ, അതായത് $i_1, i_2, \ldots i_n$ ശരാശരി മൂല്യം എന്നത്.

$$I_{av} = \frac{\text{അർദ്ധചക്രത്തിലൂടനീളമുള്ള എല്ലാ വൈദ്യുതധാരകളുടെയും ആകെത്തുക}}{\text{വൈദ്യുതധാരകളുടെ എണ്ണം}}$$

$$I_{av} = \frac{i_1 + i_2 + \ldots + i_n}{n}$$

4.7.3 പ്രത്യാവർത്തിധാരയുടെ R.M.S മൂല്യം

ആർ.എം.എസ് എന്ന പദം സമയത്തിനനുസരിച്ച് വ്യത്യാസം വരുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹങ്ങളേയും വോൾട്ടതകളേയും സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഈ പദം നേർധാര വ്യവസ്ഥകളിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നില്ല.

ഒരുപ്രത്യാവർത്തിധാരാവൈദ്യുതിയിലെമീൻ സ്ക്വയർമൂല്യംഒരുചക്രത്തിലെഎല്ലാവൈദ്യുത ധാരകളുടേയും സ്ക്വയറുകളുടെ ശരാശരിയുടെ സ്ക്വയർ റൂട്ട് ആയി നിർവ്വചിക്കപ്പെടുന്നു. I_{RMS} എന്ന്. ഇതിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വോൾട്ടതകളുടെ ആർ.എം.എസ് മൂല്യം V_{RMS} എന്ന് കുറിക്കുന്നു.

പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വൈദ്യുതി $i = I_m \sin \omega t$ അല്ലെങ്കിൽ $i = I_m \sin \theta$ എന്നത് ചിത്രം 4.37 ൽ രേഖാചിത്രം മൂലം പ്രതിപാദിച്ചിരിക്കുന്നു. അനുബന്ധ സ്ക്വയർ വൈദ്യുത തരംഗം ബിന്ദുക്കളാൽ ആലേഖനം ചെയ്തിരിക്കുന്ന രേഖ.

ഒരു ചക്രത്തിലുള്ള എല്ലാവൈദ്യുതധാരകളുടേയും വർഗ്ഗങ്ങളുടെ ആകെത്തുക സ്ക്വയർ തരംഗത്തിലുള്ള ഒരു ചക്രത്തിന്റെ വിസ്തീർണ്ണം ആകുന്നു. അതിനാൽ,

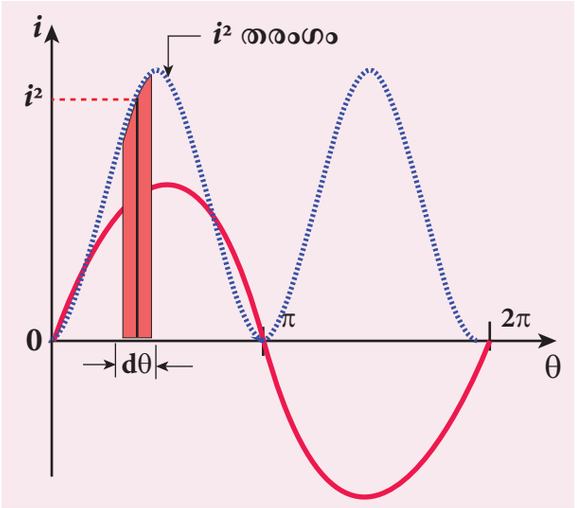
$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{\text{സ്ക്വയർ തരംഗത്തിന്റെ ഒരു ചക്രത്തിന്റെ വിസ്തീർണ്ണം}}{\text{ഒരു ചക്രത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന ദൈർഘ്യം}}} \qquad (4.33)$$

$d\theta$ ഘനമുള്ള ഒരു ഘടകം സ്ക്വയർഡ് വൈദ്യുത തരംഗത്തിന്റെ ആദ്യ അർധ ചക്രത്തിൽ ചിത്രം 4.37 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ പരിഗണിക്കുന്നു. i^2 എന്നത് ഘടകത്തിന്റെ മധ്യഓർഡിനേറ്റ് എന്നിരിക്കട്ടെ.

ഘടകത്തിന്റെ വിസ്തീർണ്ണം = $i^2 d\theta$

സ്ക്വയർ തരംഗത്തിൽ ഒരു ചക്രത്തിന്റെ

വിസ്തീർണ്ണം = $\int_0^{2\pi} i^2 d\theta$



ചിത്രം 4.37 AC യുടെ സ്ക്വയർ തരംഗം

$$= \int_0^{2\pi} I_m^2 \sin^2\theta d\theta = I_m^2 \int_0^{2\pi} \sin^2\theta d\theta \qquad (4.34)$$

$$= I_m^2 \int_0^{2\pi} \left[\frac{1-\cos 2\theta}{2}\right] d\theta$$

കാരണം $\sin^2\theta = \frac{1-\cos 2\theta}{2}$

$$= \frac{I_m^2}{2}\left[\int_0^{2\pi} d\theta - \int_0^{2\pi} \cos 2\theta d\theta\right]$$

$$= \frac{I_m^2}{2}\left[\theta - \frac{\sin 2\theta}{2}\right]_0^{2\pi}$$

$$= \frac{I_m^2}{2}\left[\left(2\pi - \frac{\sin 2\times 2\pi}{2}\right) - \left(0 - \frac{\sin 0}{2}\right)\right]$$

$$= \frac{I_m^2}{2} \times 2\pi = I_m^2 \pi \qquad [\because \sin 0 = \sin 4\pi = 0]$$

ഒരു ചക്രത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന നീളം 2π ആണ്. ഈ മൂല്യങ്ങളെ സമവാക്യം (4.33) ൽ പ്രതിപാദിക്കുമ്പോൾ നമുക്ക് കിട്ടുന്നത്

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 235 29-06-2022 14:53:23

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{I_m^2\,\pi}{2\pi}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$I_{rms} = 0.707\, I_m \qquad (4.35)$$

അങ്ങനെ ഒരു സമമിതി സൈനുസോയ്ഡൽ വൈദ്യുതിയുടെ rms വൈദ്യുതി മൂല്യം അതിന്റെ പരമാവധി ഏറ്റവും ഉയർന്ന മൂല്യത്തിന്റെ 70.7% ആണെന്ന് കണ്ടെത്തി.

അതുപോലെ, പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വോൾട്ടേജ്, എന്ന് കാണിക്കാം.

$$V_{rms} = 0.707\, V_m \qquad (4.36)$$

കുറിപ്പ്

RMS മൂല്യത്തെ ഫലപ്രദമായ മൂല്യം എന്നും വിളിക്കുന്നു, ഇത് I_{eff} എന്ന് കുറിക്കുന്നു. ഇത് AC യുടെ RMS കറന്റിനെ, സമമൂല്യ നേർധാരാ കറന്റുമായി താരതമ്യം ചെയ്യാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

RMS മൂല്യത്തെ നേർധാരാ വൈദ്യുതിയുടെ മൂല്യമായും പ്രതിപാദിക്കാം എങ്ങനെയെന്നാൽ ഒരു നിശ്ചിത സമയത്ത് നിശ്ചിതപരിപഥത്തിലൂടെ പ്രവഹിക്കുന്ന നേർധാരാ വൈദ്യുതി ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന താപോർജത്തിന്റെ തോത് തന്നെയാകണം അതേസമയത്ത് അതേ പരിപഥത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വൈദ്യുതിയുടെ തോതും ഒരു പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വോൾട്ടതയും ഫലപ്രദമായ മൂല്യം V_{eff} പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു.

കുറിപ്പ്

ഉദാഹരണത്തിന്, AC യുടെ ഒരു ചക്രത്തിലെ n വൈദ്യുതധാരകളെ പരിഗണിക്കുകയാണെങ്കിൽ, അതായത് i_1, i_2, ... i_n, തുടർന്ന് RMS മൂല്യം എന്നത്,

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{\text{ഒരു സൈക്കിളിലെ എല്ലാ വൈദ്യുതധാരകളുടെയും സ്കയറുകളുടെ ആകെത്തുക}}{\text{വൈദ്യുതധാരകളുടെ എണ്ണം}}}$$

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{i_1^2 + i_2^2 + \ldots + i_n^2}{n}}$$

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

സാധാരണ ഗാർഹിക ഉപകരണങ്ങളിൽ, വോൾട്ടേജ് റേറ്റിംഗ്, കറന്റ് റേറ്റിംഗ് എന്നിവ സാധാരണയായി അവയുടെ RMS മൂല്യത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ വ്യക്തമാക്കുന്നു. ഗാർഹിക AC വിതരണം 230V, 50 Hz ആണ്. ഇത് RMS അല്ലെങ്കിൽ ഫലപ്രദമായ മൂല്യം. ആണ് ഇതിന്റെ പരമാവധി മൂല്യം, $V_m = \sqrt{2}\ V_{rms} = \sqrt{2} \times 230 = 325\,\text{V}$.

ഉദാഹരണം 4.18

പരമാവധി വോൾട്ടത 20 V ഉം 50 Hz ഉം ഉള്ള ഒരു സൈനുസോയ്ഡൽ വോൾട്ടതയ്ക്കുള്ള സമവാക്യം എഴുതുക. അനുബന്ധ വോൾട്ടേജു സമയവും തമ്മിലുള്ള ഗ്രാഫ് വരയ്ക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

$$f = 50\,\text{Hz};\ V_m = 20\ \text{V}$$

തൽക്ഷണ വോൾട്ടേജ്, $v = V_m \sin\omega t$

$$= V_m \sin 2\pi f t$$

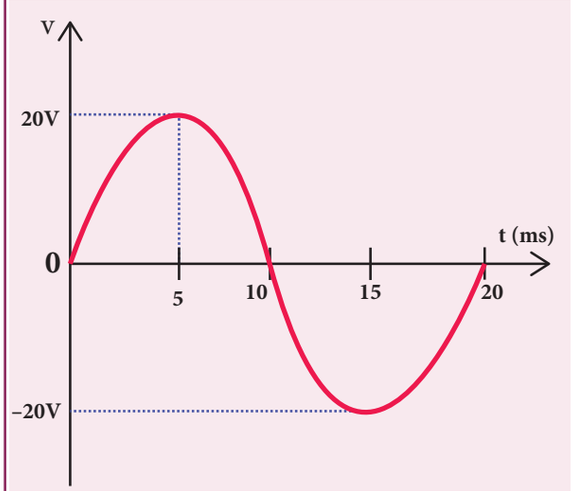
$$= 20\sin(2\pi \times 50)\,t = 20\sin(100 \times 3.14)\,t$$

$$v = 20\sin 314\,t$$

ഒരു ചക്രത്തിനുള്ള സമയം, $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0.02\,\text{s}$

$$= 20 \times 10^{-3}\,\text{s} = 20\,\text{ms}$$

തരംഗത്തിന്റെ രീതി ചുവടെ നൽകിയിരിക്കുന്നു.



Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 236 29-06-2022 14:53:30

ഉദാഹരണം 4.19

ഒരു പ്രത്യാവർത്തിധാര വൈദ്യുതിയുടെ വൈദ്യുതധാരയുടെ സമവാക്യം $i = 77 \sin 314t$ നൽകിയിരിക്കുന്നു. അതിന്റെ പരമാവധി വൈദ്യുത ആവൃത്തി സമയകാലയളവ് മറ്റും $t = 2$ ms ൽ വൈദ്യുത ധാരയുടെ തൽക്ഷണമൂല്യം എന്നിവ കണ്ടെത്തുക.

പരിഹാരം

$i = 77 \sin 314\ t$; $t = 2$ m s $= 2 \times 10^{-3}$ s

ഒരുപ്രത്യാവർത്തി,വൈദ്യുതധാരയുടെപൊതുസമവാക്യം $i = I_m \sin \omega t$ താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ,

(i) പരമാവധി വൈദ്യുതി, $I_m = 77$ A

(ii) ആവൃത്തി, $f = \dfrac{\omega}{2\pi} = \dfrac{314}{2 \times 3.14} = 50$ Hz

(iii) സമയ കാലയളവ്, $T = \dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{50} = 0.02$ s

(iv) $t = 2$ m s, തൽക്ഷമ വൈദ്യുതധാര,

$$i = 77 \sin(314 \times 2 \times 10^{-3})$$

$$= 77 \sin\left(314 \times 2 \times 10^{-3} \times \frac{180^\circ}{3.14}\right)$$

$$= 77 \sin 36^\circ = 77 \times 0.5878$$

$$= 45.26 \text{A}$$

ഫേസറും ഫേസർ രേഖാ ചിത്രവും

ഫേസർ

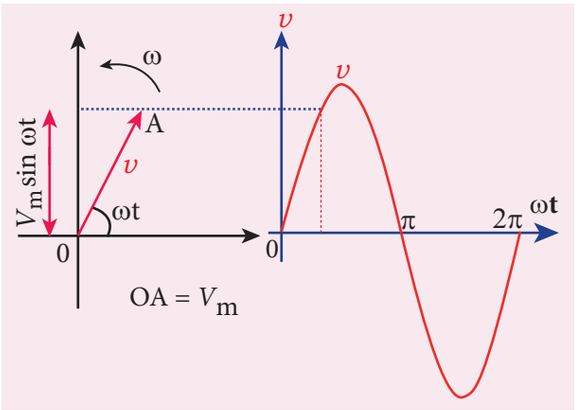
ഒരു സൈനുസോയ്ഡൽ പ്രത്യാവർത്തിധാര വോൾട്ടതയെ അല്ലെങ്കിൽ വൈദ്യുതധാരയെ സ്ഥിരമായ കോണീയ വേഗതയിൽ മൂലബിന്ദുവിനെ ആസ്പദമാക്കി എതിർ ഘടികാര ദിശയിൽ തിരിയുന്ന ഒരു സദിശം (വെക്ടർ) ഉപയോഗിച്ച് പ്രതിനിധീകരിക്കാം. ഇത്തരത്തിൽ തിരിയുന്ന വെക്ടറിനെ ഫേസർ എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഒരു ഫേസർ വരയ്ക്കുന്നത് ഇത്തരത്തിലാണ്,

- രേഖാഖണ്ഡത്തിന്റെ നീളം പ്രത്യാവർത്തി ധാരാ വോൾട്ടത (അല്ലെങ്കിൽ വൈദ്യുത ധാരയുടെ) പരമാവധി മൂല്യമായ V_m (അല്ലെങ്കിൽ I_m) ന് തുല്യമാണ്.
- വർത്തുള പ്രവേഗം ω എന്നത് പ്രത്യാവർത്തി ധാരാ വോൾട്ടതയുടെ (അല്ലെങ്കിൽ വൈദ്യുത ധാരയുടെ) കോണീയ ആവൃത്തിയ്ക്കു തുല്യമാണ്.
- ഫേസറിന്റെ ഏതെങ്കിലും ലംബ അക്ഷത്തിലേക്കുള്ള പ്രക്ഷേപം തൽക്ഷണത്തിലുള്ള പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വോൾട്ടത അല്ലെങ്കിൽ (വൈദ്യുത ധാരയെ) കുറിയ്ക്കുന്നു.
- ഫേസറും മൂലഅക്ഷവും (പോസിറ്റീവ് x അക്ഷം) തമ്മിലുള്ള കോൺ പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വോൾട്ടതയുടെ (അല്ലെങ്കിൽ വൈദ്യുത ധാരയുടെ) ഘട്ടത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

വ്യത്യസ്ത AC പരിപഥങ്ങളിൽ വോൾട്ടതയും വൈദ്യുതധാരയും തമ്മിലുള്ള ഘട്ട ബന്ധം വിശകലനം ചെയ്യുന്നതിനാണ് ഫേസറുകൾ എന്ന ആശയം അവതരിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നത്.

ഫേസർ ചിത്രം

വിവിധ ഫേസറുകളേയും അവയുടെ ഘട്ടബന്ധങ്ങളേയും കാണിക്കുന്ന ചിത്രത്തെ ഫേസർ ചിത്രം എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഒരു പരിപഥത്തിൽ പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വോൾട്ടത $v = V_m \sin \omega t$ പ്രയോഗിക്കുന്നു എന്ന് കരുതുക. ഈ വോൾട്ടതയെ ചിത്രം 4.38-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ ഒരു ഫേസർ $\overrightarrow{OA}$ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു.

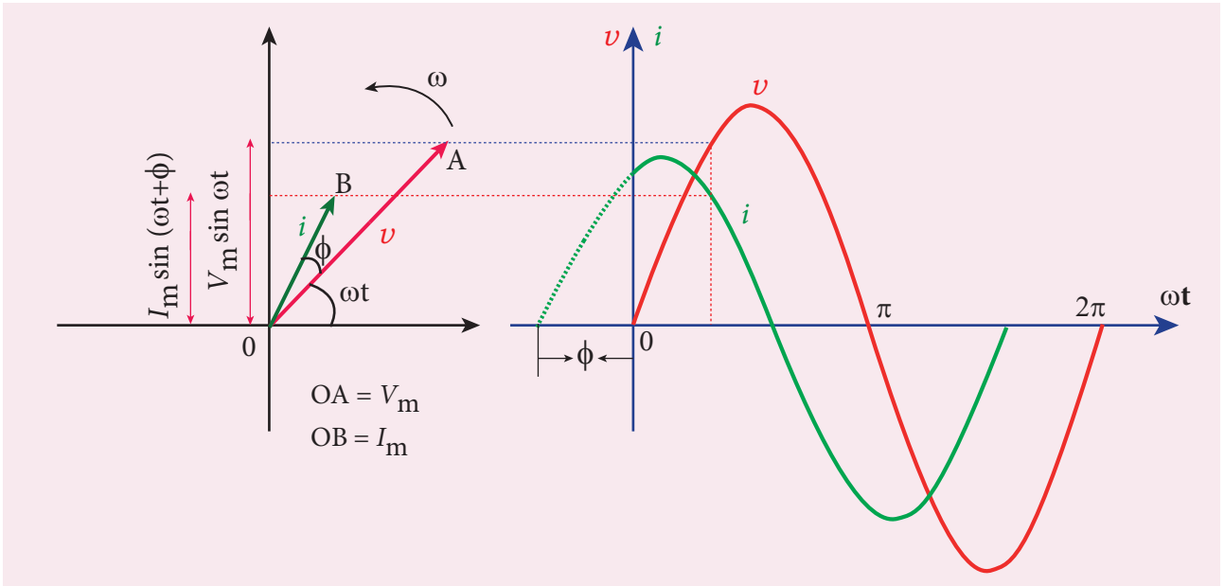


ചിത്രം 4.38 പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വോൾട്ടത $v = V_m \sin \omega t$ യ്ക്കുള്ള ഫേസർ ചിത്രം

ഇവിടെ $\overrightarrow{OA}$ യുടെ നീളം പരമാവധി (V_m) മൂല്യത്തിന് തുല്യമാണ്. ഇത് x- അക്ഷത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന കോൺ പ്രയോഗിച്ച വോൾട്ടതയുടെ ഘട്ടത്തെ (ωt) നൽകുന്നു. y- അക്ഷത്തിൽ അതിന്റെ പ്രക്ഷേപം തൽക്ഷണത്തിലുള്ള തൽക്ഷണമൂല്യം ($V_m \sin \omega t$) നൽകുന്നു.

$\overrightarrow{OA}$ എതിർഘടികാര ദിശയിൽ O യെ മൂലബിന്ദുവാക്കി ω വർത്തുള പ്രവേഗത്തിൽ തിരിയുമ്പോൾ വോൾട്ടതയുടെ തരംഗരൂപം സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു. $\overrightarrow{OA}$ യുടെ ഒരു പൂർണ്ണഭ്രമണത്തിൽ വോൾട്ടതയുടെ ഒരു ചക്രം സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു.

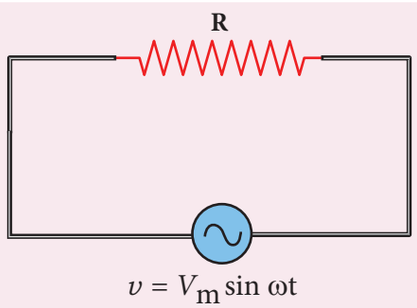
Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 237 29-06-2022 14:53:33



ചിത്രം 4.39 ഫേസർ ചിത്രവും തരംഗചിത്രവും സൂചിപ്പിക്കുന്നത് കറന്റ് വോൾട്ടതയേക്കാളും ϕ മുന്നിലാണ്

അതേ പരിപഥത്തിലുള്ള പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വൈദ്യുതിയെ കുറിക്കുന്ന സമവാക്യം i = Imsin (ωt + ϕ) യെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നത് മറ്റൊരു ഫേസർ $\overline{OB}$ ആണ്. ഇവിടെ വോൾട്ടതയും വൈദ്യുത ധാരയും തമ്മിലുള്ള ഘട്ടം ϕ കോണാണ്. ഈ സാഹചര്യം ചിത്രം 4.33 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ വൈദ്യുതധാര വോൾട്ടതയേക്കാളും ϕ കോണ ഘട്ടം മുന്നിലാണ്. വൈദ്യുതധാര വോൾട്ടതയേക്കാളും ϕ പിന്നിലാണെങ്കിൽ $i = I_m \sin(\omega t - \phi)$ എന്ന് എഴുതുന്നു.

4.7.4 പരിപൂർണ്ണ പ്രതിരോധകം മാത്രം അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ഒരു പ്രത്യാവർത്തി ധാരാ പരിപഥം



ചിത്രം 4.40 പ്രതിരോധകം ഉള്ള പ്രത്യാവർത്തി ധാരാ പരിപഥം

ഒരു പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വോൾട്ടതാ സ്രോതസ്സ് ഒരു പ്രതിരോധകം മാത്രമുള്ള പരിപഥത്തിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നതായി കരുതുക. (ചിത്രം 4.40) പ്രത്യാവർത്തി ധാരാ വോൾട്ടതയുടെ തൽക്ഷണ മൂല്യം,

$$\upsilon = V_m \sin \omega t \qquad (4.37)$$

ഈ വോൾട്ടത കാരണം പരിപഥത്തിൽ പ്രവഹിക്കുന്ന i പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വൈദ്യുതി പ്രതിരോധം R -ൽ വികസിപ്പിക്കുന്ന വോൾട്ടതാ ഡ്രോപ്പ്,

$$V_R = iR \qquad (4.38)$$

കിർച്ചോഫിന്റെ ലൂപ്പ് നിയമമനുസരിച്ച് (വിഭാഗം 2.5.2 പരിശോധിക്കുക), ഒരു അടച്ച പരിപഥത്തിലെ വോൾട്ടതാ വ്യതിയാനങ്ങളുടെ ബീജഗണിതതുക പൂജ്യമാണ്. ഈ പ്രതിരോധകം മാത്രമുള്ള പരിപഥത്തിൽ,

$$\upsilon - V_R = 0$$

സമവാക്യം (4.37), (4.38) ൽ നിന്നും,

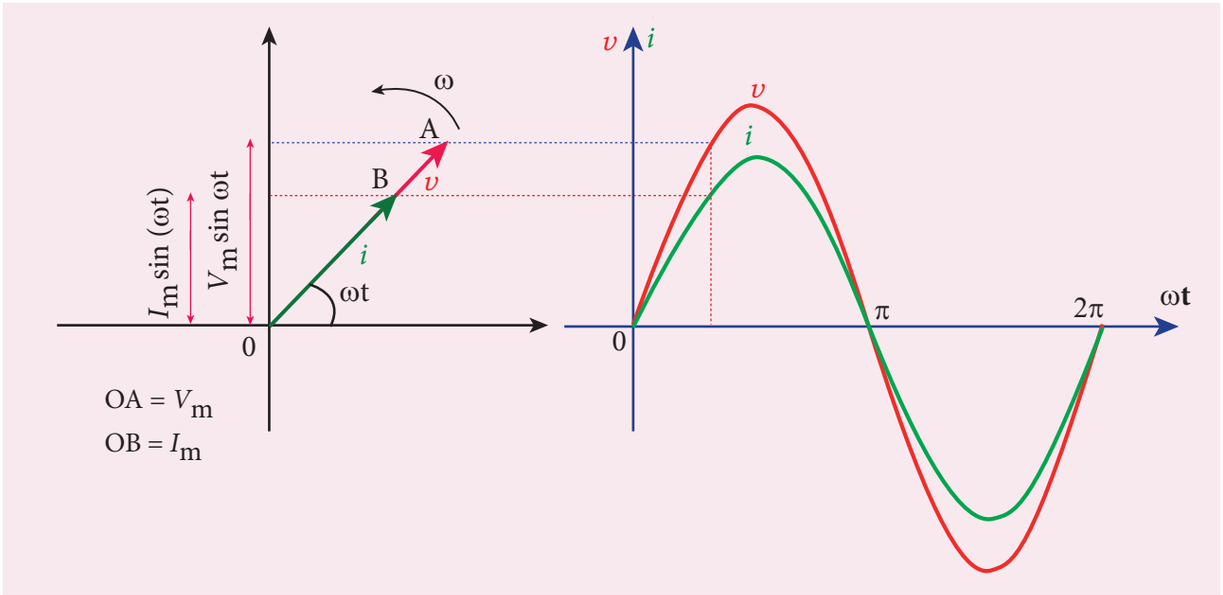
$$V_m \sin \omega t = iR$$

$$i = \frac{V_m}{R} \sin \omega t$$

$$i = I_m \sin \omega t \qquad (4.39)$$

ഇവിടെ $\frac{V_m}{R} = I_m$, പരിപഥത്തിലെ പ്രത്യാവർത്തി വൈദ്യുതധാരയുടെ പരമാവധി മൂല്യമാണ് (4.37), (4.39) എന്നീ സമവാക്യങ്ങളിൽ നിന്ന്, ഒരു കാര്യം വ്യക്തമാണ്, പ്രയോഗിച്ച വോൾട്ടേജും വൈദ്യുത

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 238 29-06-2022 14:53:35



ചിത്രം 4.41 പ്രതിരോധകം R ഉപയോഗിച്ചുള്ള പ്രത്യാവർത്തി പരിപഥത്തിന്റെ ഫേസർ ചിത്രവും തരംഗ ചിത്രവും.

ധാരയും ഒരു പ്രതിരോധക പരിപഥത്തിൽ ഒരേ ഘട്ടത്തിലാണ്. അവ ഒരേ സമയം അവയുടെ മാക്സിമത്തിലും മിനിമത്തിലും എത്തുന്നു എന്നതാണ് ഇതിനർത്ഥം. ഇത് ഫേസർ ചിത്രത്തിൽ സൂചിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. (ചിത്രം 4.41). പ്രയോഗിച്ച വോൾട്ടതയും വൈദ്യുതിയും ഒരേ ഘട്ടത്തിലാണെന്ന് തരംഗ രേഖാചിത്രം ചിത്രീകരിക്കുന്നു. (ചിത്രം 4.41).

4.7.5 വിദ്യുൽ പ്രേരകം (ഇൻഡക്ടർ) മാത്രം ഉള്ള പ്രത്യാവർത്തിധാരാ പരിപഥം

ഒരു പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വോൾട്ടതാസ്രോതസ്സ് ഒരു വിദ്യുത് പ്രേരകം മാത്രമുള്ള ഒരു പരിപഥത്തിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നതായി കരുതുക (ചിത്രം 4.42) പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വോൾട്ടതയുടെ തൽക്ഷണ മൂല്യം

$$\upsilon = V_m \sin \omega t \qquad (4.40)$$

വിദ്യുൽപ്രേരകത്തിലൂടെ പ്രവഹിക്കുന്ന പ്രത്യാവർത്തിധാര വൈദ്യുതി പരിപഥത്തിൽ സ്വയം പ്രേരണ വോൾട്ടത അല്ലെങ്കിൽ ബാക്ക് വോൾട്ടത പ്രേരിപ്പിക്കുന്നു. ബാക്ക് വോൾട്ടത എന്നത്,

$$\text{ബാക്ക് emf}, \varepsilon = -L\frac{di}{dt}$$

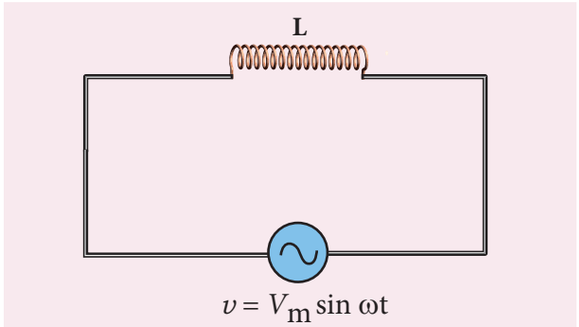
കിർചോഫിന്റെ ലൂപ്പ് നിയമം വിദ്യുത്പ്രേരക പരിപഥത്തിൽ പ്രയോഗിക്കുന്നതിലൂടെ, നമുക്ക് ലഭിക്കുന്നത്,

$$\upsilon + \varepsilon = 0$$
$$V_m \sin \omega t = L\frac{di}{dt}$$
$$di = \frac{V_m}{L}\sin \omega t \; dt$$

ഇരുവശവും സംയോജിപ്പിച്ച്,

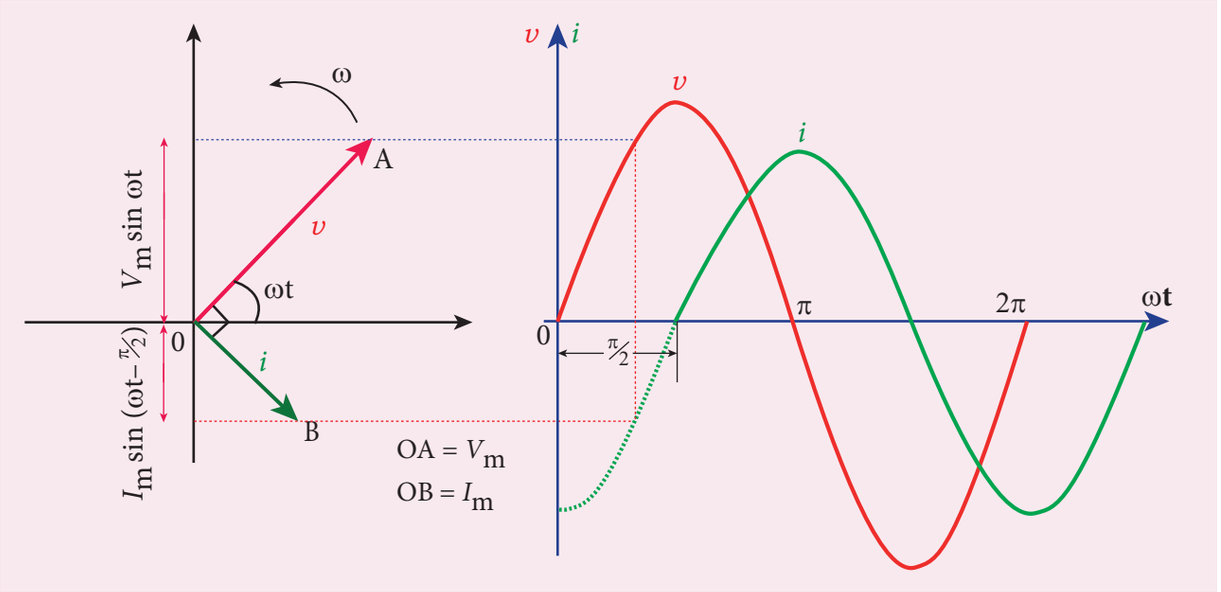
$$i = \frac{V_m}{L}\int \sin \omega t \, dt$$
$$i = \frac{V_m}{L\omega}\left(-\cos \omega t\right) + \text{സ്ഥിരാങ്കം}$$

മുകളിലുള്ള സമവാക്യത്തിലെ സംയോജന സ്ഥിരാങ്കം സമയത്തിനെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. പരിപഥത്തിലെ വോൾട്ടത സമയത്തെ ആശ്രയിച്ചുള്ള ഭാഗം മാത്രമേ ഉള്ളൂ എന്നതിനാൽ, കറന്റിലെ (ഇന്റഗ്രേഷൻ സ്ഥിരാങ്കം) സമയത്തെ ആശ്രയിക്കുന്ന ഭാഗത്തെ പൂജ്യം എന്ന് എടുക്കാം.



ചിത്രം 4.42 വിദ്യുൽപ്രേരകമുള്ള പ്രത്യാവർത്തി പരിപഥം

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 239 29-06-2022 14:53:38



ചിത്രം 4.43 വിദ്യുത്പ്രേരകം ഉള്ള പ്രത്യാവർത്തി പരിപഥത്തിലെ ഫേസർ ചിത്രവും തരംഗ ചിത്രവും.

$$\left(\because \quad -\cos\omega t = -\sin\left(\pi/2 - \omega t\right) \right.$$
$$\left. = \sin\left(\omega t - \pi/2\right) \right)$$

$$i = \frac{V_m}{\omega L}\sin\left(\omega t - \pi/2\right)$$
$$\text{or} \quad i = I_m \sin\left(\omega t - \pi/2\right) \qquad (4.41)$$

ഇവിടെ $\frac{V_m}{\omega L} = I_m$, പ്രത്യാവർത്തിധാതാ മൂല്യം വൈദ്യുതിയുടെ പരമാവധി മൂല്യമാണ് സമവാക്യം (4.40), (4.41) എന്നിവയിൽ നിന്ന്, വിദ്യുത്പ്രേരക പരിപഥത്തിൽ വൈദ്യുതി പ്രയോഗിച്ച വോൾട്ടേജിന് $\pi/2$ പിന്നിൽആണെന്ന് വ്യക്തമാണ്. ഈ വസ്തുത ഫേസർ ചിത്രത്തിൽ ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. തരംഗചിത്രത്തിലും കറന്റ് വോൾട്ടതയേക്കാൾ 90° പുറകിലാണ് എന്ന് കാണാം. (ചിത്രം 4.43)

ഇൻഡക്റ്റീവ് റിയാക്ടൻസ് X_L

വൈദ്യുതിയുടെ പരമാവധി മൂല്യം I_m എന്നത് $I_m = \frac{V_m}{\omega L}$ ആണ് ഇതിനെ പ്രതിരോധക പരിപഥത്തിൽ ഉള്ള $I_m = \frac{V_m}{R}$ എന്ന സമവാക്യവുമായി താരതമ്യം ചെയ്യാം. ωL എന്ന മൂല്യം പ്രതിരോധക പരിപഥത്തിലെപ്രതിരോധത്തിന്റെഅതേപങ്ക്വഹിക്കുന്നു. ഈപ്രതിരോധം ഇൻഡക്റ്റർ വാഗ്ദാനം ചെയ്യുന്ന, ഇൻഡക്റ്റീവ് റിയാക്ടൻസ് (X_L) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇത് ഓമിൽ അളക്കുന്നു.

$$X_L = \omega L$$

ഒരു ഇൻഡക്റ്റർ AC യെ തടയുന്നു, പക്ഷെ ഇത് DC യെ അനുവദിക്കുന്നു. എന്തുകൊണ്ട്? എങ്ങനെ?

ദൃഡമായി പതിപ്പിച്ച ഹെലിക്കൽ കോയിലാണ് ഇൻഡക്റ്റർ L. L വഴി ഒഴുകുന്ന സ്ഥിരമായ DC കറന്റ് ചുറ്റും ഏകമാനമായ കാന്തികക്ഷേത്രം ഉൽപാദിപ്പിക്കുകയും മാഗ്നറ്റിക് ഫ്ളക്സ് ബന്ധിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. അതിനാൽ സ്വയം-പ്രേരണയും സ്വയം-പ്രേരിപ്പിച്ച emf (back emf) ഇല്ല . ഇൻഡക്റ്റർ ഒരു റെസിസ്റ്റർ പോലെ പെരുമാറുന്നതിനാൽ, DC ഒരു ഇൻഡക്ടറിലൂടെ ഒഴുകുന്നു.

L വഴി ഒഴുകുന്ന AC സമയ-വ്യതിയാന കാന്തികക്ഷേത്ര ഉൽപാദിപ്പിക്കുകയും അത് സ്വയം പ്രേരിപ്പിച്ച emf നെ (back emf) പ്രേരിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ലെൻസിന്റെ നിയമമനുസരിച്ച് ഈ ബാക്ക് emf കറന്റിലെ ഏത് മാറ്റത്തെയും എതിർക്കുന്നു. AC മാഗ്നിറ്റ്യൂഡിലും ദിശയിലും വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതിനാൽ, അതിന്റെ ഒഴുക്ക് L ൽ എതിർക്കുന്നു. സീറോ ഓമിക് റെസിസ്റ്റൻസിന്റെ അനുയോജ്യമായ ഇൻഡക്റ്ററിനായി, പിന്നിലെ emf പ്രയോഗിച്ച emf ന് തുല്യവും വിപരീതവുമാണ്. അതിനാൽ L , AC യെ തടയുന്നു.

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 240 29-06-2022 14:53:40

ഇൻഡക്റ്റീവ് റിയാക്ടൻസ് (X_L) ആവൃത്തിയുമായി നേർ അനുപാതത്തിൽ വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു.

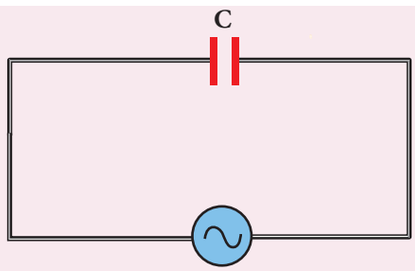
$$X_L = 2\pi f L \qquad (4.42)$$

ഇവിടെ f എന്നത് പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വൈദ്യുതിയുടെ ആവൃത്തിയാണ്. സ്ഥിരമായ വൈദ്യുത ധാരയ്ക്ക് $f = 0$ അതിനാൽ $X_L = 0$ അങ്ങനെ ഒരു ആദർശ വിദ്യുൽപ്രേരകം നേർധാതക വൈദ്യുതിയെ പ്രതിരോധിക്കുന്നില്ല.

4.7.6 ഒരു കപ്പാസിറ്റർ മാത്രമുള്ള പ്രത്യാവർത്തിധാരാ പരിപഥം

ഒരു പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വോൾട്ടതാ സ്രോതസ്സ് കപ്പാസിറ്റൻസ് C ഉള്ള ഒരു കപ്പാസിറ്ററുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന ഒരു പരിപഥം പരിഗണിക്കുക. (ചിത്രം 4.44) പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വോൾട്ടേജിന്റെ തൽക്ഷണ മൂല്യം,

$$v = V_m \sin \omega t \qquad (4.43)$$



ചിത്രം 4.44 കപ്പാസിറ്ററുള്ള പ്രത്യാവർത്തിധാരാ പരിപഥം

q എന്നത് കപ്പാസിറ്ററിലെ തൽക്ഷണ ചാർജ് എന്നിരിക്കട്ടെ. കപ്പാസിറ്ററിലുള്ള തൽക്ഷണ വോൾട്ടത $\frac{q}{C}$. കിർചോഫിന്റെ ലൂപ്പ് നിയമ പ്രകാരം,

$$v - \frac{q}{C} = 0$$

$$q = CV_m \sin \omega t$$

വൈദ്യുതിയുടെ നിർവചനം അനുസരിച്ച്,

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}\left(CV_m \sin \omega t\right)$$

$$= CV_m \frac{d}{dt}\left(\sin \omega t\right)$$

$$= CV_m \omega \cos \omega t \qquad \text{(അല്ലെങ്കിൽ)}$$

$$i = \frac{V_m}{1/C\omega} \sin\left(\omega t + \pi/2\right)$$

വൈദ്യുതിയുടെ തൽക്ഷണ മൂല്യം,

$$i = I_m \sin\left(\omega t + \pi/2\right) \qquad (4.44)$$

ഇവിടെ $\frac{V_m}{1/C\omega} = I_m$, പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വൈദ്യുതി പരമാവധി മൂല്യം. സമവാക്യങ്ങൾ (4.43), (4.44) എന്നിവയിൽ നിന്ന്, ഒരു കപ്പാസിറ്റീവ് പരിപഥത്തിൽ വൈദ്യുതി, പ്രയോഗിച്ച വോൾട്ടേജിനെക്കാൾ $\pi/2$ കൂടുതൽ ഘട്ടത്തിലാണ് എന്ന് വ്യക്തമാണ്. ഇത് ചിത്രം 4.45-ൽ ചിത്രീകരിക്കുന്നു. ഒരു കപ്പാസിറ്റീവ് പരിപഥത്തിന്റെ തരംഗ രേഖാചിത്രവും വൈദ്യുതി പ്രയോഗിച്ച വോൾട്ടേജിനെക്കാൾ 90° ൽ മുന്നിലാണെന്ന് കാണിക്കുന്നു.

കപ്പാസിറ്റീവ് റിയാക്ടൻസ് X_C

വൈദ്യുതിയുടെ പരമാവധി മൂല്യം I_m, നെ $I_m = \frac{V_m}{1/C\omega}$. ഒരു പ്രതിരോധക പരിപഥത്തിലെ സമവാക്യവുമായി ഇതിനെ താരതമ്യം ചെയ്യുക. $I_m = \frac{V_m}{R}$ പ്രതിരോധക പരിപഥത്തിൽ പ്രതിരോധകം R ന്റെ അതേ പങ്ക് എന്നത് $1/C\omega$ വഹിക്കുന്നു. കപ്പാസിറ്റർ വാഗ്ദാനം ചെയ്യുന്ന പ്രതിരോധകമാണ്, കപ്പാസിറ്റീവ് റിയാക്ടൻസ് (X_C) ഇത് ഓമിൽ അളക്കുന്നു.

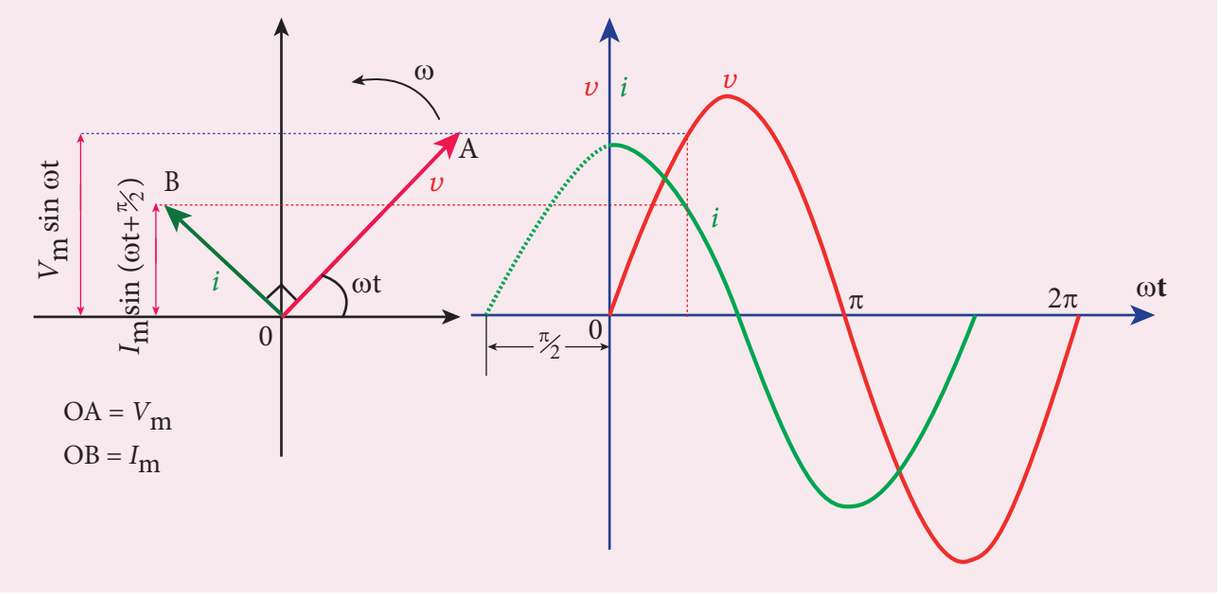
$$X_c = \frac{1}{\omega C} \qquad (4.45)$$

കപ്പാസിറ്റീവ് റിയാക്ടൻസ് (X_C) ആവൃത്തിക്ക് വ്യുൽക്രമാനുപാതത്തിൽ വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു. സ്ഥിരമായ ഒരു വൈദ്യുതധാരയ്ക്ക് $f = 0$.

$$\therefore X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{0} = \infty$$

അങ്ങനെ ഒരു കപ്പാസിറ്റീവ് പരിപഥം സ്ഥിരമായ വൈദ്യുതധാരയ്ക്ക് അനന്തമായ പ്രതിരോധം നൽകുന്നു. അതിനാൽ ആ സ്ഥിരമായ വൈദ്യുതധാരയ്ക്ക് കപ്പാസിറ്ററിലൂടെ ഒഴുകാൻ കഴിയില്ല.

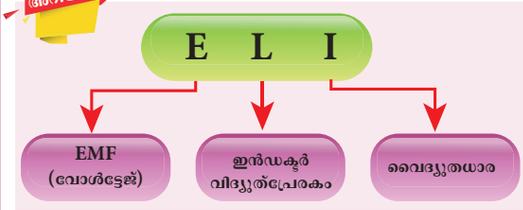
Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 241 29-06-2022 14:53:44



ചിത്രം 4.45 കപ്പാസിറ്റർ ഉള്ള ഒരു പ്രത്യാവർത്തി പരിപഥത്തിന്റെ ഫേസർ ചിത്രവും തരംഗ ചിത്രവും.

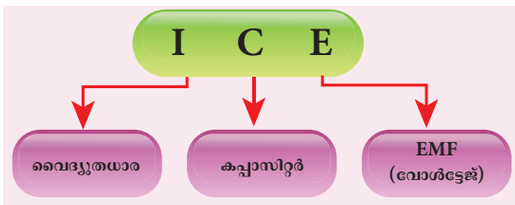


ELI എന്താണ് ?



ELI എന്നത് ഒരു ചുരുക്കമാണ്, അതായത് ഒരു ഇൻഡക്റ്റീവ് പരിപഥത്തിൽ വോൾട്ടേജ് വൈദ്യുത ധാരയെക്കാൾ മുന്നിലാണ്.

എന്താണ് ICE?



ICE എന്നത് ചുരുക്കമാണ്, അതായത് ഒരു കപ്പാസിറ്റീവ് പരിപഥത്തിൽ വൈദ്യുതധാര (I) വോൾട്ടതയേക്കാൾ മുന്നിലാണ് എന്ന് സൂചിപ്പിക്കുന്നു

ഉദാഹരണം 4.20

6 mA യുടെ ഫലപ്രദമായ വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഉള്ള ഒരു പ്രത്യാവർത്തിധാര പരിപഥത്തിൽ 400 mH അവഗണിക്കത്തക്ക പ്രതിരോധമുള്ള ചുരുൾ ബന്ധിപ്പിക്കുന്നു. ആവൃത്തി 1000 Hz ആണെങ്കിൽ ചുരുളിനിടയിലുള്ള വോൾട്ടത കണ്ടെത്തുക.

നിർദ്ധാരണം

$L = 400 \times 10^{-3}$ H; $I_{eff} = 6 \times 10^{-3}$A

$f = 1000$ Hz

ഇൻഡക്റ്റീവ് റിയാക്റ്റൻസ്, $X_L = L\omega = L \times 2\pi f$

$= 2 \times 3.14 \times 1000 \times 0.4$

$= 2512\ \Omega$

L ന് ഇടയിലുള്ള വോൾട്ടത,

$V = I X_L = 6 \times 10^{-3} \times 2512$

$V = 15.072\,\text{V}(RMS)$

ഉദാഹരണം 4.21

$\frac{10^2}{\pi}$ μF കപ്പാസിറ്റൻസ് ഉള്ള ഒരു കപ്പാസിറ്റർ 220 V, 50 Hz. പ്രത്യാവർത്തിധാരയുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. കപ്പാസിറ്റീവ് റിയാക്ടൻസും, RMS മൂല്യവും കണ്ടുപിടിക്കുക. കൂടാതെ വോൾട്ടേജിന്റെയും, കറന്റിന്റെയും സമവാക്യം എഴുതുക.

നിർദ്ധാരണം

$C = \frac{10^2}{\pi} \times 10^{-6}$ F, $V_{RMS} = 220$ V; $f = 50$ Hz

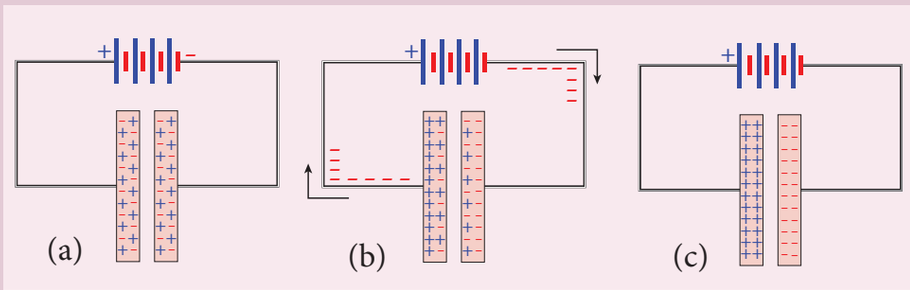
Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 242 29-06-2022 14:53:47

ഒരു കപ്പാസിറ്റർ DC (നേർധാരയെ) തടയുന്നു, പക്ഷേ ഇത് AC (പ്രത്യാവർത്തിധാരയെ) യെ അനുവദിക്കുന്നു. എന്തുകൊണ്ട്? എങ്ങനെ? (പരീക്ഷയ്ക്ക് ഉൾപ്പെടുത്തിയിട്ടില്ല)

കപ്പാസിറ്ററുകൾക്ക് സമാന്തരമായി രണ്ട് സമാന്തര മെറ്റാലിക് പ്ലേറ്റുകളുണ്ട്, കൂടാതെ പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിൽ ഒരു വിടവുമുണ്ട്. ഒരു വോൾട്ടാ സ്രോതസ്സ് ഒരു കപ്പാസിറ്ററിനിടയിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുമ്പോഴെല്ലാം ഉറവിടത്തിൽ നിന്നുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾ പ്ലേറ്റിലെത്തി നിൽക്കും. സർക്യൂട്ടിൽ അതിന്റെ ഒഴുക്ക് തുടരാൻ പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിലുള്ള വിടവ് മറികടക്കാൻ അവർക്ക് കഴിയില്ല. അതിനാൽ ഒരു ദിശയിലേക്ക് (അതായത് DC) ഒഴുകുന്ന ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് കപ്പാസിറ്ററിലൂടെ കടന്നുപോകാൻ കഴിയില്ല. AC ഉറവിടത്തിൽ നിന്നുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾ C യിലൂടെ ഒഴുകുന്നതായി തോന്നുന്നു. യഥാർത്ഥത്തിൽ എന്താണ് സംഭവിക്കുന്നതെന്ന് നമുക്ക് നോക്കാം?

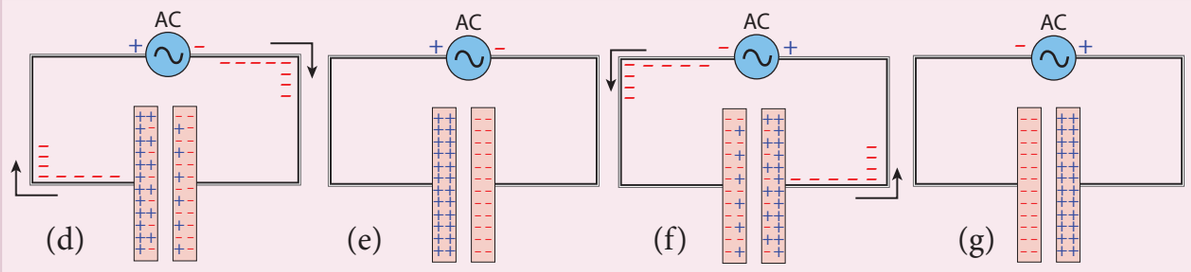
DC ക്ക് ഒരു കപ്പാസിറ്ററിലൂടെ ഒഴുകാൻ കഴിയില്ല:

ഒരു സമാന്തര പ്ലേറ്റ് കപ്പാസിറ്റർ പരിഗണിക്കുക, അതിന്റെ പ്ലേറ്റുകൾ ചാർജ് ചെയ്യാത്തതാണ് (അതേ അളവിൽ പോസിറ്റീവ്, നെഗറ്റീവ് ചാർജുകൾ). ചിത്രം (a) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ C യ്ക്ക് കുറുകെ ഒരു DC ഉറവിടം (ബാറ്ററി) ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.



ബാറ്ററി കണക്റ്റു ചെയ്ത ഉടൻ, നെഗറ്റീവ് ടെർമിനലിൽ നിന്ന് ഇലക്ട്രോണുകൾ ഒഴുകാൻ തുടങ്ങുകയും, വലത് പ്ലേറ്റിൽ അടിഞ്ഞുകൂടുകയും ചെയ്യുന്നു. (AC) നെഗറ്റീവ് ഈ നെഗറ്റീവ് സാധ്യത കാരണം, അടുത്തുള്ള ഇടത് പ്ലേറ്റിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾ പുറന്തള്ളപ്പെടുകയും ബാറ്ററിയുടെ പോസിറ്റീവ് ടെർമിനലിലേക്ക് നീക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇലക്ട്രോണുകൾ ഇടത് പ്ലേറ്റിൽ നിന്ന് പുറത്തു പോകുമ്പോൾ, അത് പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജ് ആകും. ഈ പ്രക്രിയയെ ചാർജിംഗ് എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഒഴുക്കിന്റെ ദിശ അമ്പടയാളങ്ങൾ കാണിക്കുന്നു.

പ്ലേറ്റുകളുടെ ചാർജിംഗ് ബാറ്ററിയുടെ നിലവരെ തുടരുന്നു. C പൂർണമായി ചാർജ്ജ് ചെയ്തു കഴിഞ്ഞാൽ കറന്റ് നിർത്തും. ഈ സമയത്ത്, കപ്പാസിറ്റർ DC ചിത്രം (c) തടയുന്നുവെന്ന് ഞങ്ങൾ പറയുന്നു.



ഒരു കപ്പാസിറ്ററിലൂടെ AC ഒഴുകുന്നു (?!):

ഇപ്പോൾ C കുറുകെ ഒരു AC ഉറവിടം ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഒരു തൽക്ഷണം, ഉറവിടത്തിന്റെ വലതുഭാഗം നെഗറ്റീവ് സാധ്യതയിലാണ്, തുടർന്ന് ഇലക്ട്രോണുകൾ നെഗറ്റീവ് ടെർമിനലിൽ നിന്ന് വലത്തേക്ക് ഒഴുകുന്നു. ചിത്രം (d)യിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നുപോലെ പ്ലേറ്റും ഇടത് പ്ലേറ്റിൽ നിന്ന് പോസിറ്റീവ് ടെർമിനലിലേക്കും എന്നാൽ ഒരു ഇലക്ട്രോണും പ്ലേറ്റുകൾ തമ്മിലുള്ള ദൂരം മറികടക്കുന്നില്ല. ഈ ഇലക്ട്രോൺ, പ്രവാഹങ്ങളെ അമ്പുകളാൽ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. അങ്ങനെ പ്ലേറ്റുകളുടെ ചാർജിംഗ് നടക്കുകയും പ്ലേറ്റുകൾ പൂർണ്ണമായും ചാർജ് ആകുകയും ചെയ്യുന്നു. (ചിത്രം (e)).

കുറച്ച് സമയത്തിനുശേഷം AC ഉറവിടത്തിന്റെ ധ്രുവങ്ങൾ വിപരീതമാക്കുകയും ഉറവിടത്തിന്റെ വലതുവശത്ത് ഇപ്പോൾ പോസിറ്റീവ് ആകുകയും ചെയ്യുന്നു. വലത് പ്ലേറ്റിൽ അടിഞ്ഞുകൂടിയ ഇലക്ട്രോണുകൾ പോസിറ്റീവ് ടെർമിനലിലേക്കും നെഗറ്റീവ് ടെർമിനലിൽ നിന്ന് ഇടത് പ്ലേറ്റിലേക്കും പ്രവഹിക്കുന്ന ഇലക്ട്രോണുകൾ അതിൽ സംഭരിച്ചിരിക്കുന്ന പോസിറ്റീവ് ചാർജുകളെ നിർവീര്യമാക്കുന്നു. തൽഫലമായി, പ്ലേറ്റുകളിൽ നിലവിലുള്ള നെറ്റ് ചാർജ്ജുകൾ കുറയാൻ തുടങ്ങുന്നു. ഇതിനെ ഡിസ്ചാർജിംഗ് എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ചിത്രം (എഫിൽ) കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഈ ഇലക്ട്രോൺ പ്രവാഹത്തെ അമ്പുകളാൽ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. ചാർജുകൾ തീർന്നു കഴിഞ്ഞാൽ, C വീണ്ടും ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെടും, പക്ഷേ ചിത്രം (ജി)ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ വിപരീത ധ്രുവങ്ങളോടെ എന്നു മാത്രം.

അങ്ങനെ കപ്പാസിറ്റർ ചാർജ് ചെയ്യുമ്പോൾ ഇലക്ട്രോണുകൾ ഒരു ദിശയിലേക്ക് പ്രവഹിക്കുകയും ഡിസ്ചാർജ് ചെയ്യുമ്പോൾ അതിന്റെ ദിശ വിപരീതമാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. (പരമ്പരാഗത വൈദ്യുത ധാരയും രണ്ട് സന്ദർഭങ്ങളിലും വിപരീതമാണ്). സർക്യൂട്ടിൽ ഇലക്ട്രോണുകൾ ഒഴുകുന്നുണ്ടെങ്കിലും പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിൽ ഇല്ല. ഈ രീതിയിൽ, ഒരു കപ്പാസിറ്ററിലൂടെ AC പ്രവഹിക്കുന്നു.

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 243 29-06-2022 14:53:48

(i) കപ്പാസിറ്റീവ് റിയാക്ടൻസ്,

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$= \frac{1}{2\times\pi\times 50\times\frac{10^{-4}}{\pi}} = 100\,\Omega$$

(ii) വൈദ്യുതധാരയുടെ RMS മൂല്യം,

$$I_{RMS} = \frac{V_{RMS}}{X_C} = \frac{220}{100} = 2.2\,\text{A}$$

(iii) $V_m = 220\times\sqrt{2} = 311\ \text{V}$

$$I_m = 2.2\times\sqrt{2} = 3.1\text{A}$$

ആയതിനാൽ,

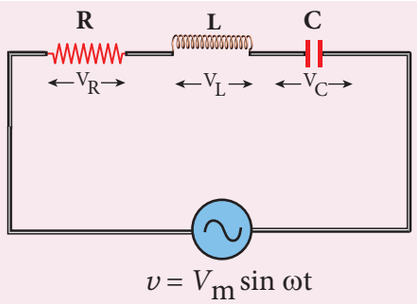
$$\upsilon = 311\sin 314t$$

$$i = 3.1\sin\left(314t + \pi/2\right)$$

4.7.7 ഒരു പ്രതിരോധകം, ഒരു വിദ്യുത്പ്രേരകം, മറ്റും ഒരു കപ്പാസിറ്റർ ശ്രേണിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിട്ടുള്ള ഒരു പ്രത്യാവർത്തി ധാരാ പരിപഥം ശ്രേണി RLC പരിപഥം

R പ്രതിരോധകതയുള്ള ഒരു പ്രതിരോധകവും L വിദ്യുത്പ്രേരണ ഉള്ള ഒരു വിദ്യുത്പ്രേരകവും C കപ്പാസിറ്റൻസ് ഉള്ള ഒരു കപ്പാസിറ്ററും ഒരു പ്രത്യാവർത്തിധാരാസ്രോതസ്സുമായിശ്രേണിയിൽബന്ധിപ്പിക്കുന്നതായി കരുതുക. (ചിത്രം 4.46) പ്രത്യാവർത്തി ധാരാ വോൾട്ടതയുടെ തൽക്ഷണ മൂല്യം

$$\upsilon = V_m \sin\omega t$$



ചിത്രം 4.46 R, L, C ഉൾക്കൊള്ളുന്ന പ്രത്യാവർത്തി ധാരാ പരിപഥം

പരിപഥത്തിലെ തൽക്ഷണത്തിലുള്ള വൈദ്യുതി i എന്നിരിക്കട്ടെ ഇതിന്റെ ഫലമായി R, L, C യ്ക്കടയിൽ വോൾട്ടത വികസിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ട്.

Rലുള്ള വോൾട്ടതയും (V_R) വൈദ്യുതിയും i ഒരേ ഘട്ടത്തിലാണെന്നും L നിടയിലുള്ള വോൾട്ടത (V_L) വൈദ്യുതി i യേക്കാളും $\pi/2$, മുന്നിലാണെന്നും C യിലുള്ള വോൾട്ടത (V_C) വൈദ്യുതി i യേക്കാളും $\pi/2$ പിന്നിലാണെന്നും നമുക്കറിയാം.

വൈദ്യുതിയെ റഫറൻസ് ഫേസറായി എടുത്ത് ഫേസർചിത്രം വരച്ചിട്ടുണ്ട് വൈദ്യുതിയെ പ്രതിനിധീകരിച്ചിരിക്കുന്ന ഫേസർ $\overrightarrow{OI}$, വോൾട്ടത V_R നെ $\overrightarrow{OA}$; എന്നും V_L നെ $\overrightarrow{OB}$ എന്നും V_Cയെ $\overrightarrow{OC}$ എന്നും പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. ഇത് ചിത്രം 4.47 ൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്

ഈ ഫേസറുകളുടെ നീളം

$$OI = I_m,\ OA = I_m R,\ OB = I_m X_L;\ OC = I_m X_C$$

V_L, V_C. എന്നിവയുടെ മൂല്യത്തെ ആശ്രയിച്ച് പരിപഥത്തിന്റെ സഫലം വിദ്യുത്പ്രേരകം അല്ലെങ്കിൽ കപ്പാസിറ്റീവ് അല്ലെങ്കിൽ പ്രതിരോധകമോ ആയിരിക്കും നമുക്ക് $V_L > V_C$ എന്ന് അനുമാനിക്കാം. അതിനാൽ L-C യിലുള്ള പരിണിത വോൾട്ടതാഡ്രോപ്പ് എന്നത് $V_L - V_C$ആണ്. ഇതിനെ ഫേസർ $\overrightarrow{OD}$ എന്ന് സൂചിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.

സമാന്തര ചലന നിയമമനുസരിച്ച് കർണ്ണരേഖ, $\overrightarrow{OE}$ V_R മറ്റും $(V_L - V_C)$ യുടെ സഫല വോൾട്ടത υ ആകുന്നു. ഇതിന്റെ നീളം OE എന്നത് V_m ന് തുല്യമാണ്. അതിനാൽ,

$$V_m^2 = V_R^2 + \left(V_L - V_C\right)^2$$

$$V_m = \sqrt{\left(I_m R\right)^2 + \left(I_m X_L - I_m X_C\right)^2}$$

$$= I_m\sqrt{R^2 + \left(X_L - X_C\right)^2}$$ അല്ലെങ്കിൽ

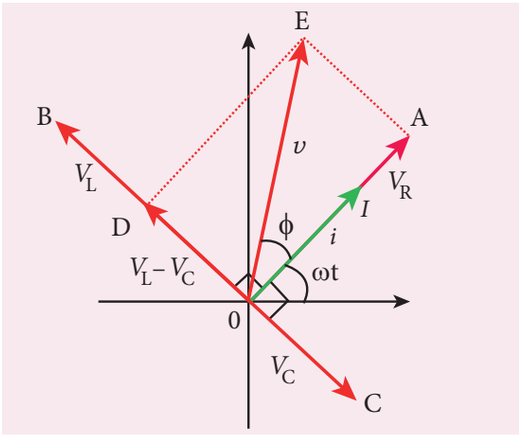
$$I_m = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + \left(X_L - X_C\right)^2}}$$ അല്ലെങ്കിൽ (4.46)

$$I_m = \frac{V_m}{Z}$$

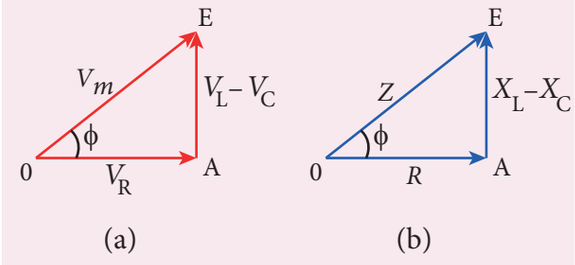
ഇവിടെ, $$Z = \sqrt{R^2 + \left(X_L - X_C\right)^2} \quad (4.47)$$

Z നെ സർക്യൂട്ടിന്റെ ഇംപെഡൻസ് (പ്രതിബദ്ധത) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇത് RLC ശ്രേണി പരിപത്തിൽ വൈദ്യുതധാരയോടുള്ളപ്രതിരോധകതയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 244 29-06-2022 14:53:56



ചിത്രം 4.47 $V_L > V_C$ ആയിരിക്കുമ്പോൾ ഒരു ശ്രേണി *RLC* പരിപഥത്തിലെ ഫേസർ ചിത്രം.



ചിത്രം 4.48 $X_L > X_C$ ആയിരിക്കുമ്പോൾ, വോൾട്ടേജും, ഇംപെഡൻസ് ത്രികോണം.

വോൾട്ടതാ ത്രികോണവും, ഇംപെടൻസ് ത്രികോണവും ചിത്രം 4.48-ൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്.

ഫേസർചിത്രത്തിൽ നിന്ന് v യ്ക്കും i യ്ക്കും ഇടയിലുള്ള കോണഘട്ടം താഴെ കൊടുത്തിട്ടുള്ള സമവാക്യത്തിൽ നിന്നും കണ്ടെത്തുന്നു.

$$\tan\phi = \frac{V_L - V_C}{V_R} = \frac{X_L - X_C}{R} \qquad (4.48)$$

സവിശേഷതകൾ

(i) $X_L > X_C$, ആണെങ്കിൽ $(X_L - X_C)$ പോസിറ്റീവും കോണഘട്ടം ϕ യും പോസിറ്റീവ് ആയിരിക്കും. ഇതിനർത്ഥം, പ്രയോഗിച്ച വോൾട്ടേജ് വൈദ്യുതിയെക്കാളും ϕ കോൺ മുന്നിലാണ് ϕ (അല്ലെങ്കിൽ കറന്റ് വോൾട്ടേജിന് ϕ കോണം പിന്നിലാണ്). പരിപഥം ഇൻഡക്റ്റീവ് ആണ്.

$$\therefore i = I_m \sin\omega t;\ v = V_m \sin(\omega t$$

(ii) $X_L < X_C$, ആണെങ്കിൽ $(X_L - X_C)$ മറ്റും, ϕ നെഗറ്റീവാണ് അതിനാൽ, കറന്റ് വോൾട്ടേജിനെക്കാൾ ϕ മുന്നിലാണ്. കൂടാതെ പരിപഥം കപ്പാസിറ്റീവ് ആണ്.

$$\therefore i = I_m \sin\omega t;\ v = V_m \sin(\omega t -$$

(iii) $X_L = X_C$ ആണെങ്കിൽ ϕ പൂജ്യമാണ്. അതിനാൽ വൈദ്യുതധാരയും വോൾട്ടേജും ഒരേ ഘട്ടത്തിലാണ്, പരിപഥം പ്രതിരോധകമാണ്.

$$\therefore v = V_m \sin\omega t;\quad i = I_m \sin\omega t$$

4.7.8 ശ്രേണി RLC പരിപഥത്തിലെ അനുനാദം (അനുസ്വനം)

പ്രയോഗിച്ചപ്രത്യാവർത്തിധാരാസ്രോതസിന്റെ ആവൃത്തി (ω_r) *RLC* പരിപഥത്തിന്റെ സ്വാഭാവിക ആവൃത്തി $\left[1/\sqrt{LC}\right]$ ക്ക് തുല്യമാകുമ്പോൾ പരിപഥത്തിലെ വൈദ്യുതി അതിന്റെ പരമാവധി മൂല്യത്തിൽ എത്തുന്നു. അപ്പോൾ പരിപഥം വൈദ്യുത അനുനാദത്തിലാണെന്ന് പറയപ്പെടുന്നു. അനുനാദം നടക്കുന്ന ആവൃത്തിയെ അനുരണന ആവൃത്തി എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

പട്ടിക 4.1 AC പ്രത്യാവർത്തിധാരാ പരിപഥങ്ങളുടെ സംഗ്രഹം

ഇംപെഡൻസിന്റെ തരം.	ഇംപെഡൻസിന്റെ മൂല്യം	വോൾട്ടതയ്ക്കും വൈദ്യുതിയ്ക്കുമുള്ള കോണഘട്ടം	പവർ ഫാക്ടർ
പ്രതിരോധകത	R	0°	1
വിദ്യുത്പ്രേരകത	$X_L = \omega L$	90° പിന്നിൽ	0
കപ്പാസിറ്റൻസ്	$X_C = 1/\omega C$	90° മുന്നിൽ	0
R- L - C	$\sqrt{R^2 + \left(\omega L - 1/\omega C\right)^2}$	0° യ്ക്കും 90° യ്ക്കും (മുന്നിലോ പിന്നിലോ)	0-ക്കും 1-നും ഇടയിൽ

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 245 29-06-2022 14:53:58

അനുനാദ വർത്തുള ആവൃത്തി, $\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

$$\text{അല്ലെങ്കിൽ} \quad f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad (4.49)$$

ശ്രേണി അനുരണനത്തിൽ,

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ അല്ലെങ്കിൽ } \omega_r^2 = \frac{1}{LC}$$

$$\omega_r L = \frac{1}{\omega_r C} \text{ അല്ലെങ്കിൽ}$$

$$X_L = X_C \qquad (4.50)$$

RLC പരിപഥത്തിലെ അനുരണത്തിനുള്ള അവസ്ഥയാണിത്.

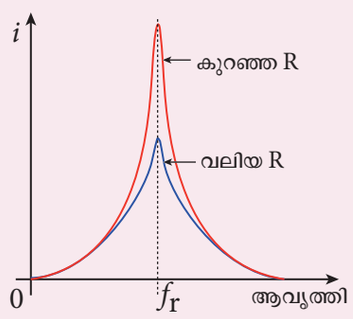
X_L, മറ്റും X_C ആവൃത്തിയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നതിനാൽ അനുരണന അവസ്ഥ $(X_L = X_C)$ കൈവരിക്കാൻ പ്രയോഗിക്കുന്ന വോൾട്ടതയുടെ ആവൃത്തി മാറ്റേണ്ടതാണ്.

ശ്രേണി അനുരണനത്തിന്റെ ഫലങ്ങൾ

ശ്രേണി അനുരണനം സംഭവിക്കുമ്പോൾ, പരിപഥത്തിന്റെ ഇംപെഡൻസ് ഏറ്റവും കുറഞ്ഞതും പരിപഥത്തിന്റെ പ്രതിരോധത്തിന് തുല്യവുമാണ്. ഇതിന്റെ ഫലമായി പരിപഥത്തിലെ വൈദ്യുതി പരമാവധി ആയിത്തീരുന്നു. ഇതു വൈദ്യുതിയും ആവൃത്തിയും തമ്മിലുള്ള അനുരണന വക്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. (ചിത്രം 4.49).

അനുരണനത്തിൽ, ഇംപെഡൻസ് എന്നത്,

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = R \quad \text{കാരണം} X_L = X_C$$



ചിത്രം 4.49 അനുരണന വക്രം

അതിനാൽ പരിപഥത്തിലെ വൈദ്യുതി

$$I_m = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

$$I_m = \frac{V_m}{R} \qquad (4.51)$$

ശ്രേണി അനുരണനത്തിൽ പരമാവധി വൈദ്യുതി പ്രതിരോധത്താൽ പരിമിതപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു. ചെറിയ പ്രതിരോധത്തിന്, മൂർച്ചയേറിയ വക്രമുള്ള കർവും വലിയ വൈദ്യുതധാരയും, ലഭിക്കുന്നു. കൂടാതെ തിരിച്ചും സംഭവിക്കുന്നു.

ശ്രേണി അനുരണന RLC പരിപഥത്തിന്റെ പ്രയോജനങ്ങൾ

RLC പരിപഥങ്ങൾക്ക് നിരവധി പ്രയോജനങ്ങൾ ഉണ്ട്. ഫിൽറ്റർ സർക്യൂട്ടുകൾ, ഓസിലേറ്റുകൾ, വോൾട്ടേജ്, മൾട്ടിപ്ലയറുകൾ എന്നിങ്ങനെ നിരവധി പ്രയോജനങ്ങൾ ഉണ്ട് ശ്രേണീ RLC പരിപഥത്തിന്റെ ഒരു പ്രധാന ഉപയോഗം, റേഡിയോ, ടിവി തുടങ്ങിയ വ്യവസ്ഥകളുടെ ട്യൂണിംഗ് പരിപഥത്തിലാണ്. വ്യത്യസ്ത ആവൃത്തിയിലുള്ള നിരവധി പ്രക്ഷേപണ സ്റ്റേഷനുകളിൽ നിന്നുള്ള സിഗ്നലുകൾ വായുവിൽ ലഭ്യമാണ്, ഒരു പ്രത്യേക സ്റ്റേഷനിൽ നിന്നും സിഗ്നൽ ലഭിക്കുന്നതിന്, ട്യൂണിംഗ് ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ഒരു സമാന്തര പ്ലേറ്റ് കപ്പാസിറ്ററിന്റെ കപ്പാസിറ്റൻസിന് മാറ്റം വരുത്തിയാൽ അനുരണന ആവൃത്തിയിൽ മാറ്റം വരുകയും അതിനാൽ ട്യൂണിംഗിൽ മാറ്റം വരുത്താൻ സാധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. അങ്ങനെ ആവൃത്തി സ്റ്റേഷന്റെ ആവൃത്തിക്ക് സമമാകുമ്പോൾ വൈദ്യുതിയുടെ ആയതി കൂടുതലാകുന്നു. അതിനാൽ പ്രത്യേക സ്റ്റേഷന്റെ സന്ദേശം മാത്രം ലഭിക്കുന്നു.

കുറിപ്പ്

പരിപഥത്തിൽ L, C എന്നിവ അടങ്ങിയിരിക്കുമ്പോൾ വൈദ്യുത അനുരണന പ്രതിഭാസം സാധ്യമാകുന്നു. അപ്പോൾ V_L , V_C എന്നിവ 180° ഘട്ടത്തിലായിരിക്കുകയും L, C എന്നിവയ്ക്കിടയിലുള്ള വോൾട്ടേജ് പരസ്പരം റദ്ദാക്കുകയും പരിപഥം പൂർണ്ണമായും പ്രതിരോധശേഷിയാകുകയും ചെയ്യുന്നു. RL, RC പരിപഥങ്ങളിൽ അനുരണനം ഉണ്ടാകില്ലെന്ന് ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 246 29-06-2022 14:54:02

4.7.9 ഗുണനിലവാര ഘടകം അല്ലെങ്കിൽ ക്യൂ (Q) ഘടകം

RLC സർക്യൂട്ടിലെ വൈദ്യുതി അനുരണനത്തിൽ പരമാവധി ആകുന്നു. വൈദ്യുതിയിലെ വർദ്ധനവ് കാരണം, *L*, *C* എന്നിവയ്ക്കിടയിലുള്ള വോൾട്ടതയും വർദ്ധിക്കുന്നു. ശ്രേണി അനുരണനത്തിലെ വോൾട്ടേജുകളുടെ ഈ വിപുലീകരണത്തെ Q– ഫാക്ടർ എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

അനുരണനത്തിൽ ***L*** അല്ലെങ്കിൽ ***C*** യ്ക്ക് ഇടയിലുള്ള വോൾട്ടതയ്ക്കും പ്രയോഗിച്ച വോൾട്ടതയ്ക്ക് ഇടയിലുള്ള അനുപാതമാണ് ***Q*** ഘടകം എന്ന് നിർവ്വചിക്കാം.

$$\text{Q-ഫാക്ടർ} = \frac{\text{അനുരണനസമയത്ത് L, C യ്ക്ക് കുറുകെയുള്ള വോൾട്ടേജ്}}{\text{പ്രയോഗിച്ച വോൾട്ടേജ്}}$$

അനുരണനത്തിൽ, പരിപഥം പൂർണ്ണമായും പ്രതിരോധിതമായിരിക്കും. അതിനാൽ, പ്രയോഗിച്ച വോൾട്ടത പ്രതിരോധത്തിനിടയിലുള്ള *R* വോൾട്ടതയ്ക്ക് തുല്യമാണ്.

$$Q\text{-ഫാക്ടർ} = \frac{I_m X_L}{I_m R} = \frac{X_L}{R} \qquad (4.52)$$

$$= \frac{\omega_r L}{R}$$

$$= \frac{L}{R\sqrt{LC}} \quad \text{കാരണം } \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$Q\text{-ഫാക്ടർ} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} \qquad (4.53)$$

ഭൗതികമായി പറഞ്ഞാൽ, Q–ഘടകം സൂചിപ്പിക്കുന്നത് *L* അല്ലെങ്കിൽ *C* യ്ക്ക് ഇടയ്ക്കുള്ള വോൾട്ട് അനുരണനത്തിൽ പ്രയോഗിച്ച വോൾട്ടേജിനെക്കാൾ എത്ര മടങ്ങ് കൂടുതലാണ് എന്നാണ്.

ഉദാഹരണം 4.22

വിദ്യുത്പ്രേരക റിയാക്ടൻസ്, കപ്പാസിറ്റീവ് റിയാക്ടൻസ്, പ്രതിരോധകത എന്നിവയഥാക്രമം 184Ω, 144 Ω, 30 Ω ആണെങ്കിൽ ശ്രേണി *RLC* പരിപഥത്തിന്റെ ഇംപെഡൻസ് കണ്ടെത്തുക. വോൾട്ടതയും കറന്റും തമ്മിലുള്ള കോണഘട്ടം കണക്കാക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

$X_L = 184\ \Omega; X_C = 144\ \Omega$

$R = 30\ \Omega$

(i) ഇംപെഡൻസ്

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$= \sqrt{30^2 + (184 - 144)^2}$$

$$= \sqrt{900 + 1600}$$

$$Z = 50\ \Omega$$

(ii) വോൾട്ടതയ്ക്കും, വൈദ്യുതിയ്ക്കും ഇടയിലുള്ള കോണഘട്ടം ϕ

$$\tan\phi = \frac{X_L - X_C}{R}$$

$$= \frac{184 - 144}{30} = 1.33$$

$$\phi = 53.1^\circ$$

കോണ ഘട്ടം പോസിറ്റീവ് ആയതിനാൽ ഈ വിദ്യുത്പ്രേരക പരിപഥത്തിൽ വോൾട്ടത വൈദ്യുതിയേക്കാൾ 53.1° മുന്നിലാണ്.

ഉദാഹരണം 4.23

ഒരു ശ്രേണി *RLC* പരിപഥം രൂപീകരിക്കുന്നതിന് 500μH വിദ്യുത്പ്രേരകം $\frac{80}{\pi^2}pF$ കപ്പാസിറ്റർ 628Ω പ്രതിരോധകം എന്നിവ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. അനുരണനത്തിൽ ഈ പരിപഥത്തിന്റെ അനുരണന ആവൃത്തിയും Q- ഫാക്ടറും കണക്കാക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

$$L = 500\times10^{-6}\text{H}; C = \frac{80}{\pi^2}\times10^{-12}\text{F};\ R = 628\Omega$$

(i) അനുരണന ആവൃത്തി

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{500\times10^{-6}\times\frac{80}{\pi^2}\times10^{-12}}}$$

$$= \frac{1}{2\sqrt{40{,}000\times10^{-18}}}$$

$$= \frac{10{,}000\times10^3}{4} = 2500\ \text{KHz}$$

(ii) Q–ഘടകം

$$= \frac{\omega_r L}{R} = \frac{2\times3.14\times2500\times10^3\times500\times10^{-6}}{628}$$

$$Q = 12.5$$

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 247 29-06-2022 14:54:08

ഉദാഹരണം 4.24

പ്രവൃത്തിധാര വോൾട്ടതയുടെ $\upsilon = 10\sin(3\pi\times10^4\,t)$ തൽക്ഷണ മൂല്യം i) 0 s ii) 50 μs iii) 75 μs ൽ കണ്ടുപിടിക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

തന്നിരിക്കുന്ന സമവാക്യം $\upsilon = 10\sin\left(3\pi\times10^4 t\right)$

(i) At t = 0 s,

$$\upsilon = 10\sin 0^\circ = 0\ \text{V}$$

(ii) At t = 50 μs,

$$\upsilon = 10\sin\left(3\pi\times10^4\times50\times10^{-6}\right)$$
$$= 10\sin\left(150\pi\times10^{-2}\times\frac{180^\circ}{\pi}\right)$$
$$= 10\sin(270^\circ) = 10\times-1$$
$$= -10\ \text{V}$$

(iii) At t = 75 μs,

$$\upsilon = 10\sin\left(3\pi\times10^4\times75\times10^{-6}\right)$$
$$= 10\sin\left(225\pi\times10^{-2}\times\frac{180^\circ}{\pi}\right)$$
$$= 10\sin(405^\circ) = 10\sin 45^\circ$$
$$= 10\times\ {}^{1}\!/_{\sqrt{2}} = 7.07\ \text{V}$$

ഉദാഹരണം 4.25

ഒരു വിദ്യുത്പ്രേരക പരിപഥത്തിലെ വൈദ്യുത ധാര $0.3\sin(200t-40^\circ)$ A എന്ന് നൽകിയിരിക്കുന്നു. വിദ്യുത്പ്രേരണ 40 mH ആണെങ്കിൽ അതിനിടയ്ക്കുള്ള വോൾട്ടതയ്ക്കുള്ള സമവാക്യം എഴുതുക.

പരിഹാരം

$L = 40\times10^{-3}$ H; $i = 0.3\sin(200t - 40^\circ)$

$$X_L = \omega L = 200\times40\times10^{-3} = 8\ \Omega$$
$$V_m = I_m X_L = 0.3\times8 = 2.4\ \text{V}$$

ഒരു വിദ്യുത്പ്രേരക പരിപഥത്തിൽ വോൾട്ടത വൈദ്യുത ധാരയെക്കാൾ 90° മുന്നിലാണ്,

അതിനാൽ $\upsilon = V_m\sin(\omega t + 90^\circ)$

$$\upsilon = 2.4\sin(200t - 40^\circ + 90^\circ)$$
$$\upsilon = 2.4\sin(200t + 50^\circ)\,\text{V}$$

4.8 പ്രത്യാവർത്തിധാര പരിപഥങ്ങളിലെ പവർ

4.8.1 പ്രത്യാവർത്തിധാര പരിപഥങ്ങളിലെ പവർ ആമുഖം

ഒരു പരിപഥത്തിലെ പവർ ആ പരിപഥത്തിലെ വൈദ്യുത ഊർജ്ജ ഉപഭോഗ നിരക്ക് എന്ന് നിർവചിക്കാം. ഇത് വോൾട്ടതയുടെയും വൈദ്യുതധാരയുടെയും ഗുണനഫലമാണ്. ഒരു AC പരിപഥത്തിൽ, വോൾട്ടതയും വൈദ്യുതധാരയും സമയത്തിനനുസരിച്ച് തുടർച്ചയായി വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു. ആദ്യം നമുക്ക് ഒരു തൽക്ഷണം പവർ കണക്കാക്കാം. തുടർന്ന് ഒരു പൂർണ്ണ ചക്രത്തിൽ ശരാശരി പവർ കണക്കാക്കാം.

ശ്രേണി ഇൻഡക്റ്റീവ് *RLC* പരിപഥത്തിലെ പ്രത്യാവർത്തിധാര വോൾട്ടതയും പ്രത്യാവർത്തി ധാര വൈദ്യുതിയും,

$\upsilon = V_m\sin\omega t$ കൂടാതെ $i = I_m\sin(\omega t + \phi)$ ആകുന്നു.

ഇവിടെ ϕ എന്നത് υ യ്ക്കും i യ്ക്കും ഇടയിലുള്ള കോണാന്തരമാണ്. തൽക്ഷണ ശക്തി ഇങ്ങനെ ഇപ്രകാരം എഴുതാം.

$$P = \upsilon\, i$$
$$= V_m I_m\sin\omega t\sin(\omega t + \phi)$$
$$= V_m I_m\sin\omega t\left[\sin\omega t\cos\phi + \cos\omega t\sin\phi\right]$$
$$P = V_m I_m\left[\cos\phi\sin^2\omega t + \sin\omega t\cos\omega t\sin\phi\right] \qquad (4.54)$$

ഇവിടെ ഒരു പൂർണ്ണചക്രത്തിൽ $\sin^2\omega t$ യുടെ ശരാശരി മൂല്യം ${}^{1}\!/_{2}$ ആകുന്നു. കൂടാതെ $\sin\omega t\cos\omega t$ പൂജ്യവുമാണ്. ഈ മൂല്യങ്ങൾ പ്രസ്താവിച്ചാൽ, ഒരു ചക്രത്തിലുള്ള ശരാശരി ശക്തി (പവർ) കിട്ടുന്നു.

$$P_{av} = V_m I_m\cos\phi\times\ {}^{1}\!/_{2}$$
$$= \frac{V_m}{\sqrt{2}}\frac{I_m}{\sqrt{2}}\cos\phi$$
$$P_{av} = V_{RMS}\ I_{RMS}\cos\phi \qquad (4.55)$$

ഇവിടെ $V_{RMS}I_{RMS}$ നെ ആപേക്ഷിക ശക്തി എന്ന് പറയുന്നു, കൂടാതെ ϕ എന്നത് പവർ ഫാക്ടറാണ്. ഒരു AC പരിപഥത്തിന്റെ ശരാശരി പവർ പരിപഥത്തിന്റെ യഥാർത്ഥ പവർ എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു.

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 248 29-06-2022 14:54:14

സവിശേഷതകൾ

(i) പൂർണ്ണമായും പ്രതിരോധക പരിപഥത്തിൽ, വോൾട്ടതയും വൈദ്യുതിയും തമ്മിലുള്ള ഘട്ടം പൂജ്യവും, $\cos\phi = 1$.

$$\therefore P_{av} = V_{RMS}\ I_{RMS}$$

(ii) പൂർണ്ണമായും വിദ്യുത്പ്രേരക അല്ലെങ്കിൽ കപ്പാസിറ്റീവ് പരിപഥത്തിൽ കോണഘട്ടം $\pm \pi/2$ കൂടാതെ $\cos\left(\pm\pi/2\right) = 0$.

$$\therefore P_{av} = 0$$

(iii) ശ്രേണി RLC പരിപഥത്തിൽ കോണ ഘട്ടം, $\phi = \tan^{-1}\left(\dfrac{X_L - X_C}{R}\right)$

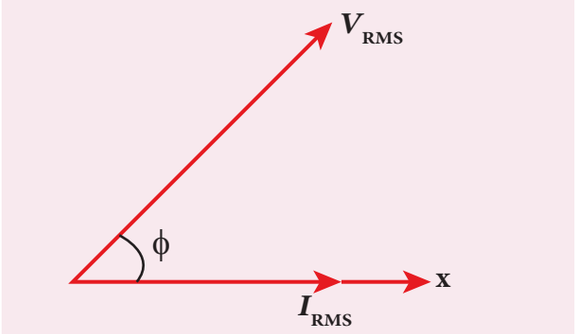
$$\therefore P_{av} = V_{RMS}\ I_{RMS}\cos\phi$$

(iv) അനുരണനത്തിൽ ശ്രേണി RLC പരിപഥത്തിൽ കോണഘട്ടം പൂജ്യവും, $\cos\phi = 1$. ആണ്.

$$\therefore P_{av} = V_{RMS}\ I_{RMS}$$

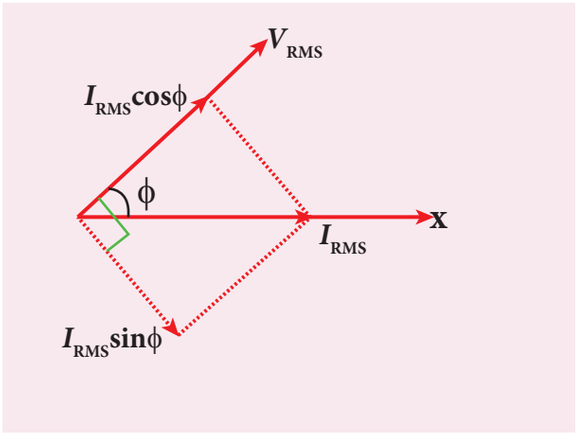
4.8.2 വാട്ട്ലെസ്സ് കറന്റ്

ഫേസർ ചിത്രം (4.50) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ ഒരു പ്രത്യാവർത്തിധാരാ പരിപഥത്തിൽ, V_{RMS} , I_{RMS} ഇവയ്ക്കിടയിലുള്ള കോണഘട്ടം ϕ ആണെന്നും വോൾട്ടത വൈദ്യുതിയേക്കാൾ ϕ കോണം മുന്നിലാണെന്നും കരുതുക



ചിത്രം 4.50 *RMS* വോൾട്ടത *RMS* വൈദ്യുതിയേക്കാൾ ϕ മുന്നിലാണ്

ചിത്രം 4.51 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ ഇപ്പോൾ I_{RMS} രണ്ട് ലംബഘടകങ്ങളായി വേർ തിരിക്കുന്നു, അതായത് V_{RMS} ന് സമാന്തരമായി $I_{RMS}\cos\phi$ V_{RMS} നു ലംബമായി $I_{RMS}\sin\phi$,



ചിത്രം 4.51 I_{RMS} ന്റെ ഘടകങ്ങൾ

(i) വൈദ്യുതിയുടെ $\left(I_{RMS}\cos\phi\right)$ എന്ന ഘടകം ഒരേ ഘട്ടത്തിലായതിനാൽ ഈ ഘടകത്തെ സജീവ ഘടകം എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഈ വൈദ്യുതി ഉപഭോഗം ചെയ്യുന്ന നിരക്ക് $= V_{RMS}I_{RMS}\cos\phi$ അതിനാൽ ഇതിനെ വാട്ട് ഫുൾ വൈദ്യുതി എന്നും വിളിക്കുന്നു.

(ii) മറ്റൊരു ഘടകമായ $\left(I_{RMS}\sin\phi\right)$ വോൾട്ടതയു മായി $\pi/2$ ഘട്ട വ്യത്യാസത്തിലാണ്. ഈ ഘടക ത്തെ പ്രത്യാഘാതകം എന്നു പറയുന്നു. ഉപഭോ ഗം ചെയ്യപ്പെടുന്ന ഊർജ്ജ നിരക്ക് പൂജ്യമാണ് അതിനാൽ ഇതിനെ വാട്ട്ലെസ്സ് വൈദ്യുതി എന്നു പറയുന്നു.

പ്രത്യാവർത്തിധാരാപരിപഥത്തിലെവൈദ്യുതി യെ വാട്ട് ലെസ്സ് വൈദ്യുതി എന്ന് പറയണമെങ്കിൽ ഉപഭോഗം ചെയ്യപ്പെട്ട പവർ പൂജ്യമായിരിക്കണം. ഇത് ഒരു ശുദ്ധമായ വിദ്യുത് പ്രേരണത്തിലോ അല്ലെ ങ്കിൽ കപ്പാസിറ്റീവ് പരിപഥത്തിലോ മാത്രമേ സാധിക്കൂ.

4.8.3 പവർ ഫാക്ടർ

ഒരു പരിപഥത്തിന്റെ പവർ ഫാക്ടർ താഴെ പറയു ന്നതിൽ ഏതെങ്കിലും ഒരു രീതിയിൽ നിർവ്വചിക്കാം.

(i) **പവർ ഫാക്ടർ = cos ϕ = മുന്നോട്ടോ പിന്നോട്ടോ ഉള്ള കോണിന്റെ കൈകൊസൈൻ**

(ii) **പവർ ഫാക്ടർ** $= \dfrac{R}{Z} = \dfrac{\text{പ്രതിരോധകത}}{\text{ഇംപെഡൻസ്}}$

(iii) **പവർ ഫാക്ടർ** $= \dfrac{P_{av}}{V_{RMS}I_{RMS}}$

$= \dfrac{\text{യഥാർത്ഥ ശക്തി}}{\text{പ്രത്യക്ഷ ശക്തി}}$

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 249 29-06-2022 14:54:18

പവർ ഘടകങ്ങൾക്കുള്ള ചില ഉദാഹരണങ്ങൾ:

(i) ശുദ്ധമായ പ്രതിരോധക പരിപഥത്തിൽ പവർ ഫാക്ടർ = cos 0° = 1 കാരണം വോൾട്ടേജും കറന്റും തമ്മിലുള്ള കോണ ഘട്ടം പൂജ്യം ആണ്.

(ii) പൂർണ്ണമായും വിദ്യുത് പ്രതിരോധകം അല്ലെങ്കിൽ കപ്പാസിറ്റീവ് പരിപഥത്തിൽ പവർ ഘടകം $= \cos\left(\pm \pi/2\right) = 0$ അല്ലെങ്കിൽകപ്പാസിറ്റീവ്കാരണം ഒരു വോൾട്ടേജിനും കറന്റിനും തമ്മിലുള്ള കോണഘട്ടം $\phi \ \pm \pi/2$.

(iii) വ്യത്യസ്ത അനുപാതങ്ങളിൽ R, L, C ഉള്ള ഒരു പരിപഥത്തിന് പവർ ഫാക്ടർ 0 നും 1 നും ഇടയിലാണ്.

4.8.4 DC യോട് താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ AC യുടെ ഗുണങ്ങളും പോരായ്മകളും

DC സിസ്റ്റങ്ങളോട് താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ AC സിസ്റ്റത്തിന്റെ ഗുണങ്ങളും, പോരായ്മകളും.

ഗുണങ്ങൾ:

(i) DC യുടെ ഉത്പാദനം AC യേക്കാൾ വിലകുറഞ്ഞതാണ്.

(ii) ഉയർന്ന വോൾട്ടേജിൽ AC വിതരണം ചെയ്യുമ്പോൾ, DC ട്രാൻസ്മിഷനുമായി താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ ട്രാൻസ്മിഷൻ നഷ്ടം വളരെ കുറവാണ്.

(iii) റെക്റ്റിഫയറുകളുടെ സഹായത്തോടെ AC എളുപ്പത്തിൽ DC ആക്കി മാറ്റാം.

പോരായ്മകൾ:

(i) ബാറ്ററികൾ ചാർജ്ജ് ചെയ്യൽ, ഇലക്ട്രോപ്ലേറ്റിംഗ്, ഇലക്ട്രിക് ട്രാക്ഷൻ മുതലായ ചില ആപ്ലിക്കേഷനുകൾക്ക് പ്രത്യാവർത്ത വോൾട്ടേജുകൾ ഉപയോഗിക്കാൻ കഴിയില്ല.

(ii) ഉയർന്ന വോൾട്ടേജുകളിൽ DC യേക്കാൾ AC യുമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നത്, കൂടുതൽ അപകടകരമാണ്.

ഉദാഹരണം 4.26

400 kHz ൽ പ്രതിധ്വനിക്കുന്ന ഒരു ശ്രേണി RLC സർക്യൂട്ടിൽ 80 μH ഇൻഡക്റ്റർ 2000 pF കപ്പാസിറ്റിൽ 50 Ω റെസിസ്റ്റർ എന്നിവയുണ്ട്. (i) സർക്യൂട്ടിന്റെ Q- ഫാക്ടർ കണക്കാക്കുക. (ii) ഇൻഡക്റ്റൻസിന്റെ മൂല്യം ഇരട്ടിയാകുമ്പോൾ കപ്പാസിറ്റൻസിന്റെ പുതിയ മൂല്യം (iii) പുതിയ ക്യൂ ഫാക്ടർ എന്നിവ കണ്ടുപിടിക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

$L = 80 \times 10^{-6}$ H; $C = 2000 \times 10^{-12}$ F

$R = 50\ \Omega$; $f_r = 400 \times 10^3$ Hz

(i) Q-ഫാക്ടർ, $Q_1 = \dfrac{1}{R}\sqrt{\dfrac{L}{C}}$

$$= \frac{1}{50}\sqrt{\frac{80\times10^{-6}}{2000\times10^{-12}}} = 4$$

(ii) $L_2 = 2$ L ആയിരിക്കുമ്പോൾ

$=2 \times 80 \times 10^{-6}$ H

$= 160 \times 10^{-6}$ H,

$$C_2 = \frac{1}{4\pi^2 f_r^2 L_2}$$

$$= \frac{1}{4\times3.14^2\times\left(400\times10^3\right)^2\times160\times10^{-6}}$$

$$\simeq 1000\times10^{-12}\,\text{F}$$

$$C_2 \simeq 1000\,\text{pF}$$

(iii) $Q_2 = \dfrac{1}{R}\sqrt{\dfrac{L_2}{C_2}} = \dfrac{1}{50}\sqrt{\dfrac{160\times10^{-6}}{1000\times10^{-12}}}$

$$= \frac{1}{50}\sqrt{\frac{16\times10^{-5}}{10^{-9}}} = \frac{4\times10^2}{50} = 8$$

ഉദാഹരണം 4.27

ഒരു കപ്പാസിറ്റൻസിന്റെ കപ്പാസിറ്റൻസ് $\dfrac{10^{-4}}{\pi}$ F, ഇൻഡക്റ്റൻസ് $\dfrac{2}{\pi}$ H യും കൂടാതെ 100 Ω റെസിസ്റ്റൻസുള്ള ഒരു റെസിസ്റ്ററും *RLC* സർക്യൂട്ട് രൂപീകരിക്കുന്നതിന് ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. 220 V, 50 Hz ന്റെ ഒരു AC വിതരണം സർക്യൂട്ടിൽ പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ, (i) സർക്യൂട്ടിന്റെ ഇംപെഡൻസ് (ii) സർക്യൂട്ടിൽ ഒഴുകുന്ന വൈദ്യുതധാരയുടെ ഏറ്റവും ഉയർന്ന മൂല്യം, (iii) സർക്യൂട്ടിന്റെ പവർ ഫാക്ടറും (iv) അനുനാദത്തിൽ സർക്യൂട്ടിന്റെ പവർ ഫാക്ടർ എന്നിവ കണ്ടുപിടിക്കുക

നിർദ്ധാരണം

$L = \dfrac{2}{\pi}$ H; $C = \dfrac{10^{-4}}{\pi}$ F; $R = 100\,\Omega$

$V_{RMS} = 220$ V; $f = 50$ Hz

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 250 29-06-2022 14:54:21

$$X_L = 2\pi fL = 2\pi \times 50 \times 2/\pi = 200\,\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times \frac{10^{-4}}{\pi}} = 100\,\Omega$$

(i) ഇംപെഡൻസ്, $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$

$$= \sqrt{100^2 + (200-100)^2} = 141.4\ \Omega$$

(ii) വൈദ്യുതിയുടെ പരമാവധി മൂല്യം,

$$I_m = \frac{V_m}{Z} = \frac{\sqrt{2}\,V_{RMS}}{Z}$$

$$= \frac{\sqrt{2}\times 220}{141.4} = 2.2\ \text{A}$$

(iii) പരിപഥത്തിലെ പവർ ഫാക്ടർ,

$$\cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{100}{141.4} = 0.707$$

(iv) അനുരണനത്തിലെ പവർ ഫാക്ടർ,

$$\cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{R} = 1$$

4.9 പരിപഥങ്ങളിലെ ആന്ദോളനങ്ങൾ

4.9.1 LC ആന്ദോളനങ്ങളിലെ ഊർജ്ജ പരിവർത്തനം

ഇൻഡക്റ്ററുകളിലും, കപ്പാസിറ്ററുകളിലും ഊർജ്ജം സംഭരിക്കാമെന്ന് നാം മനസ്സിലാക്കി (വിഭാഗങ്ങൾ 1.8.2., 4.3.2. എന്നിവ കാണുക) ഇൻഡക്റ്ററുകളിൽ കാന്തികമണ്ഡലത്തിന്റെ രൂപത്തിൽ ഊർജ്ജം സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നു.എന്നാൽ കപ്പാസിറ്ററുകളിൽ, അത് വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന്റെ രൂപത്തിൽ സംഭരിക്കപ്പെടുന്നു. വിദ്യുത് പ്രേരകത Lഉള്ളഒരുവിദ്യുത്പ്രേരകവുംകപ്പാസിറ്റൻസ് Cഉള്ള ഒരു കപ്പാസിറ്ററും അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ഒരു പരിപഥത്തിൽ ഊർജ്ജം നൽകുമ്പോഴെല്ലാം, ഊർജ്ജം ഇൻഡക്റ്ററിന്റെകാന്തികക്ഷേത്രത്തിനുംകപ്പാസിറ്ററിന്റെവൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിനുംഇടയിൽഅങ്ങോട്ടും ഇങ്ങോട്ടും ആന്ദോളനം ചെയ്യുന്നു. അങ്ങനെ നിശ്ചിത ആവൃത്തിയുള്ള വൈദ്യുത ആന്ദോളനങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ ആന്ദോളനങ്ങളെ **LC ആന്ദോളനങ്ങൾ** എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

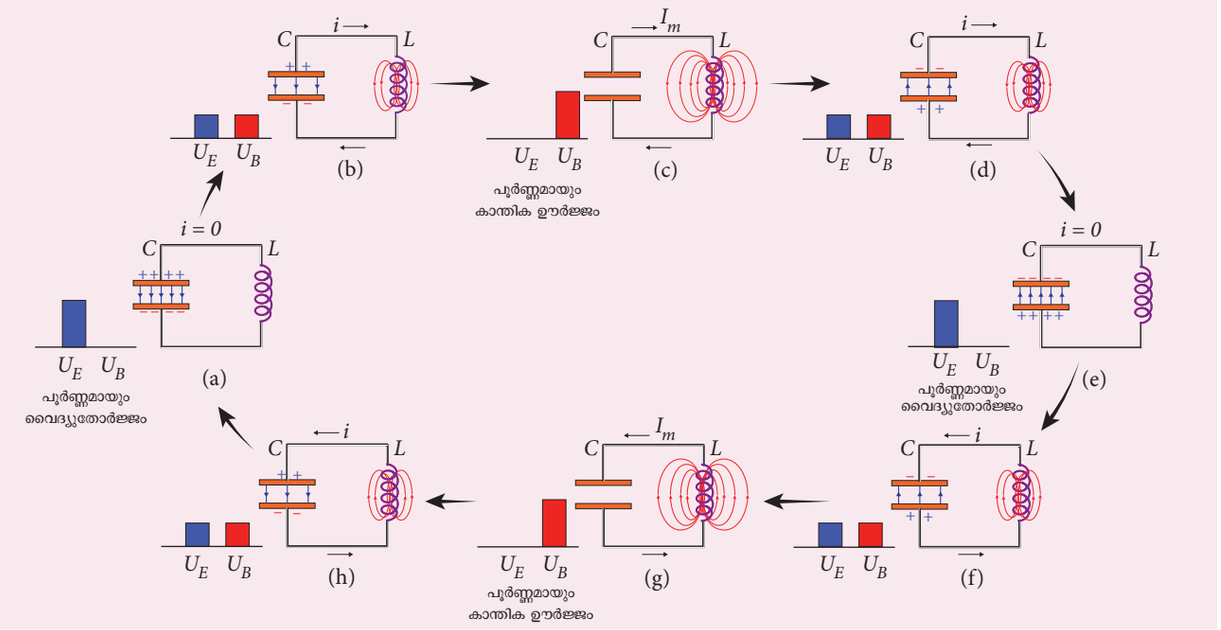
LC ആന്ദോളനങ്ങളുടെ ഉത്പാദനം

പ്രാരംഭത്തിൽ കപ്പാസിറ്ററിന് പരമാവധി ചാർജ്ജ് Q_m, ചെയ്യുന്നതായി നമുക്ക് അനുമാനിക്കാം. അതിനാൽ കപ്പാസിറ്ററിൽ സംഭരിച്ചിരിക്കുന്ന ഊർജ്ജം പരമാവധി $U_E = Q_m^2/2C$ വിദ്യുത്പ്രേരകത്തിൽ വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഇല്ലാത്തതിനാൽ അതിനാൽ സംഭരിച്ചിരിക്കുന്ന ഊർജ്ജം പൂജ്യമാണ്, അതായത് $U_B = 0$-ൽ അതിനാൽ, മൊത്തം ഊർജ്ജം പൂർണ്ണമായും വൈദ്യുതമാണ്. ചിത്രം 4.52(എ) ൽ ഇത് കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഇപ്പോൾകപ്പാസിറ്റർവിദ്യുത്പ്രേരകംവഴിയായി ഡിസ്ചാർജ് ചെയ്യാൻ ആരംഭിക്കുന്നു. അതിനാൽ i എന്ന വിദ്യുത്ധാര ഘടികാരദിശയിൽ ഉണ്ടാകുന്നു ഇതിനാൽ ഇൻഡക്റ്ററിന് ചുറ്റും ഒരു കാന്തിക ക്ഷേത്രം ഉൽപാദിപ്പിക്കുകയും ഇൻഡക്റ്ററിൽ സംഭരിച്ചിരിക്കുന്ന ഊർജ്ജം $U_B = Li^2/2$. ആകുന്നു. കപ്പാസിറ്ററിലെ ചാർജ്ജ് കുറയുമ്പോൾ, അതിൽ സംഭരിച്ചിരിക്കുന്ന ഊർജ്ജവും കുറയുകയും $U_E = q^2/2C$ എന്നാകുന്നു. കപ്പാസിറ്ററിൽ നിന്നും ഇൻഡക്റ്റർലേക്ക് ഒരു ഊർജ്ജ പരിവർത്തനം നടക്കുന്നു. തൽക്ഷണത്തിൽ, മൊത്തം ഊർജ്ജം വൈദ്യുത കാന്തിക ഊർജ്ജങ്ങളുടെ ആകെത്തുകയാണ് (ചിത്രം 4.52(ബി)).

കപ്പാസിറ്ററിലെ ചാർജുകൾ നിഷ്ക്രിയമാകുമ്പോൾ, അതിന്റെ ഊർജ്ജം പൂജ്യമായി മാറുന്നു, അതായത് $U_E = 0$ ഇൻഡക്റ്ററിന്റെ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിലേക്ക്ഊർജ്ജംപൂർണ്ണമായുംപരിവർത്തനം ചെയ്യപ്പെടുകയും അതിന്റെ ഊർജ്ജം പരമാവധി വർദ്ധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ പരമാവധി ഊർജ്ജം $U_B = LI_m^2/2$ ഇവിടെ I_m എന്നത് സർക്യൂട്ടിൽ പ്രവഹിക്കുന്ന പരമാവധി വൈദ്യുതധാരയാണ്. മൊത്തം ഊർജ്ജം, പൂർണ്ണമായും കാന്തികമാണ്. (ചിത്രം 4.52(ഡി)).

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 251 29-06-2022 14:54:25



ചിത്രം 4.52 LC ആന്ദോളനങ്ങൾ

കപ്പാസിറ്ററിലെ ചാർജ്ജ് പൂജ്യമാണെങ്കിലും, വൈദ്യുതധാര അതേ ദിശയിലേക്ക് പ്രവഹിക്കുന്നത് തുടരും, കാരണം ഇൻഡക്ടർ അത് പെട്ടെന്ന് നിർത്താൻ അനുവദിക്കില്ല. ഇൻഡക്ടറിന്റെ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന്റെ വീഴ്ചയാൽ വൈദ്യുത ധാര കുറയുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി കപ്പാസിറ്റർ വിപരീത ദിശയിൽ ചാർജ് ചെയ്യാൻ തുടങ്ങുന്നു. ഊർജ്ജത്തിന്റെ ഒരു ഭാഗം ഇൻഡക്ടറിൽ നിന്ന് കപ്പാസിറ്ററിലേക്ക് തിരികെ മാറ്റുന്നു. മൊത്തം ഊർജ്ജം വൈദ്യുത കാന്തിക ഊർജ്ജങ്ങളുടെ ആകെത്തുകയാണ്. (ചിത്രം 4.52(ഡി)).

പരിപഥത്തിലെ വൈദ്യുതധാര പൂജ്യമായി കുറയുമ്പോൾ, കപ്പാസിറ്റർ പൂർണ്ണമായും വിപരീത ദിശയിൽ ചാർജ്ജ് ആകും. കപ്പാസിറ്ററിൽ സംഭരിച്ചിരിക്കുന്ന ഊർജ്ജം പരമാവധി ആയിത്തീരുന്നു. വൈദ്യുതധാര പൂജ്യമായതിനാൽ, ഇൻഡക്ടറിൽ സംഭരിച്ചിരിക്കുന്ന ഊർജ്ജം പൂജ്യമാണ്. മൊത്തം ഊർജ്ജം പൂർണ്ണമായും വൈദ്യുതമാണ്. (ചിത്രം 4.52(ഇ))

പരിപഥത്തിലെ ഈ അവസ്ഥ എന്നത് പ്രാരംഭ അവസ്ഥയ്ക്ക് തുല്യമാണ്, എന്നാൽ കപ്പാസിറ്റർ എതിർദിശയിൽ ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെടുന്നു എന്ന വ്യത്യാസം ഉണ്ടാകുന്നു. ഇപ്പോൾ കപ്പാസിറ്റർ, ഇൻഡക്റ്ററിൽ കൂടെ, എതിർ ഘടികാര വൈദ്യുത ധാരയോടു കൂടി, ഡിസ്ചാർജ്ജ് ചെയ്യാൻ തുടങ്ങുന്നു. മൊത്തം ഊർജ്ജം വൈദ്യുത കാന്തിക ഊർജ്ജങ്ങളുടെ ആകെത്തുകയാണ്. (ചിത്രം 4.52 (എഫ്)).

ഇതിനകം വിശദീകരിച്ചതുപോലെ, പ്രക്രിയകൾ വിപരീത ദിശയിൽ ആവർത്തിക്കുന്നു. (ചിത്രം 4.52(ജി), മാറ്റും (എച്ച്)). അവസാനമായി, സർക്യൂട്ട് പ്രാരംഭ നിലയിലേക്ക് മടങ്ങുന്നു (ചിത്രം 4.52(എ)). അങ്ങനെ സർക്യൂട്ട് ഈ ഘട്ടങ്ങളിലൂടെ കടന്നു പോകുമ്പോൾ, ഒരു പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വൈദ്യുത പ്രവാഹം പരിപഥത്തിൽ പ്രവഹിക്കുന്നു. ഈ പ്രക്രിയ വീണ്ടും വീണ്ടും ആവർത്തിക്കുന്നതിനാൽ, നിശ്ചിത ആവൃത്തിയുള്ള വൈദ്യുത ആന്ദോളനങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു. ഇവയെ *LC* ആന്ദോളനങ്ങൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

മാതൃക *LC* പരിപഥത്തിൽ, ഊർജ്ജനഷ്ടമില്ല. അതിനാൽ, ആന്ദോളനങ്ങൾ അനിശ്ചിതമായി തുടരും. അത്തരം ആന്ദോളനങ്ങളെ തടസ്സമില്ലാത്ത ആന്ദോളനങ്ങൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 252 29-06-2022 14:54:25

കുറിപ്പ്

എന്നാൽ പ്രായോഗികമായി, പരിപഥത്തിൽ നിന്നുള്ള വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ ജൂൾ ചൂടാക്കലും വികിരണവും വ്യവസ്ഥയുടെ ഊർജ്ജത്തെ കുറയ്ക്കുന്നു. അങ്ങനെ, ആന്ദോളനങ്ങൾ ഡാംബ്ഡ് ആന്ദോളനങ്ങളായി മാറുന്നു.

4.9.2 LC ആന്ദോളനങ്ങളിലെ ഊർജ്ജ സംരക്ഷണം

LC സർക്യൂട്ടുകളിലെ LC ആന്ദോളന സമയത്ത്, സിസ്റ്റത്തിന്റെ ഊർജ്ജം കപ്പാസിറ്ററിന്റെ വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിനും ഇൻഡക്റ്ററിന്റെ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിനും ഇടയിൽ ആന്ദോളനം ചെയ്യുന്നു. ഈ രണ്ട് തരത്തിലുള്ള ഊർജ്ജവും കാലത്തനനുസരിച്ച് വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുമെങ്കിലും, മൊത്തം ഊർജ്ജം സ്ഥിരമായി തുടരുന്നു. ഇതിനർത്ഥം LC ഊർജ്ജസംരക്ഷണ നിയമപ്രകാരം LC ആന്ദോളനങ്ങൾ നടക്കുന്നു എന്നാണ്.

$$\text{മൊത്തം ഊർജ്ജം } U = U_E + U_B = \frac{q^2}{2C} + \frac{1}{2}Li^2$$

നമുക്ക് LC ആന്ദോളനങ്ങളുടെ 3 വ്യത്യസ്ത ഘട്ടങ്ങൾ പരിഗണിച്ച് സിസ്റ്റത്തിന്റെ മൊത്തം ഊർജ്ജം കണക്കാക്കാം.

കേസ് (i) കപ്പാസിറ്ററിലെ ചാർജ്ജ് $q = Q_m$ ആയിരിക്കുമ്പോൾ ഇൻഡക്റ്ററിലൂടെയുള്ള വൈദ്യുതധാര $i = 0$, മൊത്തം ഊർജ്ജം എന്നത്.

$$U = \frac{Q_m^2}{2C} + 0 = \frac{Q_m^2}{2C} \qquad (4.56)$$

മൊത്തം ഊർജ്ജം പൂർണ്ണമായും വൈദ്യുതമാണ്.

കേസ് (ii) ചാർജ്ജ് = 0 ആയിരിക്കുമ്പോൾ കറന്റ് = I_m, മൊത്തം ഊർജ്ജം,

$$U = 0 + \frac{1}{2}LI_m^2 = \frac{1}{2}LI_m^2$$

$$= \frac{L}{2} \times \left(\frac{Q_m^2}{LC}\right) \text{ എന്തെന്നാൽ } I_m = Q_m\omega = \frac{Q_m}{\sqrt{LC}}$$

$$= \frac{Q_m^2}{2C} \qquad (4.57)$$

മൊത്തം ഊർജ്ജം പൂർണ്ണമായും കാന്തികമാണ്.

കേസ് (iii) ചാർജ്ജ് = q; ആയിരിക്കുമ്പോൾ കറന്റ് = i, മൊത്തം ഊർജ്ജം

$$U = \frac{q^2}{2C} + \frac{1}{2}Li^2$$

$q = Q_m \cos\omega t$, $i = -\frac{dq}{dt} = Q_m\omega \sin\omega t$. ആയതിനാൽ കറന്റിലെ നെഗറ്റീവ് ചിഹ്നം സൂചിപ്പിക്കുന്നത് കപ്പാസിറ്ററിലെ ചാർജ് സമയത്തിനനുസരിച്ച് കുറയുന്നു എന്നാണ്.

$$U = \frac{Q_m^2 \cos^2\omega t}{2C} + \frac{L\omega^2 Q_m^2 \sin^2\omega t}{2}$$

$$= \frac{Q_m^2 \cos^2\omega t}{2C} + \frac{LQ_m^2 \sin^2\omega t}{2LC}$$

$$\text{കാരണം } \omega^2 = \frac{1}{LC}$$

$$= \frac{Q_m^2}{2C}\left(\cos^2\omega t + \sin^2\omega t\right)$$

$$U = \frac{Q_m^2}{2C} \qquad (4.58)$$

മുകളിൽ പറഞ്ഞ മൂന്ന് കേസുകളിൽ നിന്ന്, സിസ്റ്റത്തിന്റെ മൊത്തം ഊർജ്ജം സ്ഥിരമായി നിലനിൽക്കുന്നുവെന്ന് വ്യക്തമാണ്.

4.9.3 LC ആന്ദോളനങ്ങളും ലളിതമായ ഹാർമോണിക് ആന്ദോളനങ്ങളും തമ്മിലുള്ള സമാനതകൾ

ഗുണപരമായ പരിചരണം

LC സിസ്റ്റത്തിന്റെ വൈദ്യുതകാന്തിക ആന്ദോളനങ്ങളെ സ്പ്രിങ്ങ് മാസിൽ ഉണ്ടാകുന്ന യാന്ത്രിക ആന്ദോളനങ്ങളുമായി താരതമ്യം ചെയ്യാം. LC ആന്ദോളനങ്ങളിൽ രണ്ടു തരത്തിലുള്ള ഊർജ്ജം ഉൾപ്പെടുന്നു ഒന്ന് ചാർജ്ജുള്ള കപ്പാസിറ്ററിന്റെ

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 253 29-06-2022 14:54:30

പട്ടിക 4.2 രണ്ട് ഓസിലേറ്ററി സിസ്റ്റങ്ങളിലെ ഊർജ്ജം

LC ഓസിലേറ്റർ		സ്പ്രിംഗ്-മാസ് സിസ്റ്റം	
എലമെന്റ്	**ഊർജ്ജം**	**എലമെന്റ്**	**ഊർജ്ജം**
കപ്പാസിറ്റർ	വൈദ്യുതോർജ്ജം $= \frac{1}{2}\left(\frac{1}{C}\right)q^2$	സ്പ്രിംഗ്	സ്ഥിതികോർജം $= \frac{1}{2}k\,x^2$
ഇൻഡക്ടർ	കാന്തികോർജ്ജം $= \frac{1}{2}Li^2 \;\; i = \frac{dq}{dt}$	മാസ്	ഗതികോർജ്ജം $= \frac{1}{2}mv^2 \;\; v = \frac{dx}{dt}$

വൈദ്യുതോർജം മറ്റൊന്ന് വൈദ്യുതോർജം വഹിക്കുന്ന ഇൻഡക്ടറിന്റെ കാന്തികോർജ്ജം.

അതുപോലെ, സ്പ്രിംഗ്-മാസ് സിസ്റ്റത്തിന്റെ യാന്ത്രിക ഊർജ്ജം രണ്ടു വിധത്തിലാണ്. സമ്മർദ്ദിത മറ്റും വലിച്ചു നീട്ടപ്പെട്ടസ്പ്രിങ്ങിലെ സ്ഥിതികോർജ്ജം മറ്റും മാസിന്റെ ഗതികോർജം പട്ടിക 4.2 ൽ ഈ രണ്ട് ഊർജ്ജങ്ങളേയും പട്ടികപ്പെടുത്തുന്നു.

പട്ടിക 4.2 പരിശോധിക്കുന്നതിലൂടെ, വിവിധ അളവുകൾ തമ്മിലുള്ള സമാനതകൾ മനസ്സിലാക്കാനും ഈ അനുരൂപത പട്ടിക 10.3-ൽ നൽകിയിരിക്കുന്നു. ഒരു സ്പ്രിംഗ് മാസിന്റെ ആന്ദോളനങ്ങളുടെ കോണീയ ആവൃത്തി (XI ഭൗതിക ശാസ്ത്ര പാഠത്തിന്റെ വിഭാഗം 10.4.1.ന്റെ 10.22 സമവാക്യം കാണുക.)

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

പട്ടിക 4.3-ൽ നിന്ന് $k \to 1/C$ കൂടാതെ $m \to L$. അതിനാൽ LC ആന്ദോളനങ്ങളുടെ കോണീയ ആവൃത്തി നൽകുന്നത്

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \qquad (4.59)$$

പട്ടിക 4.3 വൈദ്യുത, യാന്ത്രിക അളവുകൾ തമ്മിലുള്ള സമാനത

വൈദ്യുത വ്യവസ്ഥ	**യാന്ത്രിക വ്യവസ്ഥ**
ചാർജ് q	സ്ഥാനാന്തരം x
വൈദ്യുതധാര $i = \frac{dq}{dt}$	പ്രവേഗം $v = \frac{dx}{dt}$
ഇൻഡക്റ്റൻസ് L	ദ്രവ്യമാനം m
കപ്പാസിറ്റൻസിന്റെ വ്യുൽക്രമം $\frac{1}{C}$	ബല സ്ഥിരാങ്കം k
വൈദ്യുത ഊർജ്ജം $= \frac{1}{2}\left(\frac{1}{C}\right)q^2$	സ്ഥിതികോർജ്ജം $= \frac{1}{2}k\,x^2$
കാന്തിക ഊർജ്ജം $= \frac{1}{2}Li^2$	ഗതികോർജ്ജം $= \frac{1}{2}mv^2$
വൈദ്യുത കാന്തിക ഊർജ്ജം $U = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{C}\right)q^2 + \frac{1}{2}Li^2$	യാന്ത്രിക ഊർജ്ജം $E = \frac{1}{2}k\,x^2 + \frac{1}{2}mv^2$

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 254 29-06-2022 14:54:40

സംഗ്രഹം

- ഒരു അടച്ച ചുരുളുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന കാന്തിക പ്രവാഹം മാറുമ്പോഴെല്ലാം, ഒരു വിദ്യുത് ചാലകബലം പ്രേരിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു, അതിനാൽ പരിപഥത്തിൽ ഒരു വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഒഴുകുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസത്തെ വൈദ്യുതകാന്തിക പ്രേരണം എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

- അടച്ച പരിപഥവുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിട്ടുള്ള കാന്തിക ഫ്ളക്സ് മാറുമ്പോഴെല്ലാം, പരിപഥത്തിൽ ഒരു ഇ.എം.എഫ് പ്രേരിതമാകുമെന്ന് ഫാരഡെയുടെ ആദ്യ നിയമം പറയുന്നു.

- ഫാരഡെയുടെ രണ്ടാമത്തെ നിയമം, ഒരു അടച്ച പരിപഥത്തിൽ പ്രേരിതമാകുന്ന വോൾട്ടത എന്നത് ആ പരിപഥത്തെ ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന കാന്തിക ഫ്ളക്സിന്റെ മാറ്റത്തിന്റെ നിരക്കിന് തുല്യമാണെന്ന് പറയുന്നു.

- പ്രേരിത വൈദ്യുതധാരയുടെ ദിശ അതിന്റെ ഉത്പാദനത്തിന്റെ ഉത്തരവാദിത്തത്തെ എല്ലായ്പ്പോഴും എതിർക്കുന്ന തരത്തിലുള്ളതാണെന്ന് ലെൻസിന്റെ നിയമം പറയുന്നു.

- ഊർജ്ജ സംരക്ഷണ നിയമത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ് ലെൻസിന്റെ നിയമം സ്ഥാപിതമായത്.

- ഫ്ളെമിംഗിന്റെ വലതു കൈ നിയമം, ചൂണ്ടുവിരൽ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന്റെ ദിശയും തള്ളവിരൽ ചാലകത്തിന്റെ ചലന ദിശയും സൂചിപ്പിക്കുന്നുവെങ്കിൽ, നടുവിരൽ പ്രേരിത വൈദ്യുതിയുടെ ദിശയെ സൂചിപ്പിക്കും.

- ഒരു ഷീറ്റിന്റെയോ പ്ലേറ്റിന്റെയോ രൂപത്തിലുള്ള ഒരു ചാലകത്തിൽ പോലും, ഇതുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന കാന്തിക പ്രവാഹം മാറുമ്പോൾ ഒരു വോൾട്ടത പ്രേരിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. കേന്ദ്രീകൃത വൃത്താകൃതിയിലുള്ള പാതകളിലൂടെ ഒഴുകുന്ന പ്രേരിത വൈദ്യുത പ്രവാഹങ്ങളെ എഡ്ഡി കറന്റ്സ് അല്ലെങ്കിൽ ഫോകാൾട്ട് കറന്റുകൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

- ഒരു വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഒഴുകുമ്പോൾ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ ഊർജ്ജം സംഭരിക്കുന്നിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന ഉപകരണമാണ് ഇൻഡക്ടർ. (വിദ്യുത്പ്രേരണം)

- ചുരുളുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന ഫ്ളക്സ് മാറുകയാണെങ്കിൽ, അതേ ചുരുളിൽ ഒരു ഇ.എം.എഫ് പ്രേരിപ്പിക്കുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസത്തെ സ്വയം പ്രേരണം എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

- ഒരു ചുരുളിലൂടെ കടന്നുപോകുന്ന ഒരു വൈദ്യുത പ്രവാഹം സമയത്തിനനുസരിച്ച് മാറുമ്പോൾ, അടുത്തുള്ള ചുരുളിൽ ഒരു വോൾട്ടത പ്രേരിതമാകുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസത്തെ പരസ്പര പ്രേരണം എന്നും വോൾട്ടതയെ പരസ്പരം പ്രേരണ വോൾട്ടത എന്നും വിളിക്കുന്നു.

- ഊർജ്ജ പരിവർത്തന ഉപകരണമാണ് AC ജനറേറ്റർ അല്ലെങ്കിൽ ആൾട്ടർനേറ്റർ. ചുരുൾ അല്ലെങ്കിൽ ഫീൽഡ് കാന്തത്തെ ചുഴറ്റാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന യാന്ത്രികോർജ്ജത്തെ വൈദ്യുതോർജമായി പരിവർത്തനം ചെയ്യുന്ന ഉപകരണമാണ്.

- ചില AC ജനറേറ്ററുകളിൽ, മൂന്ന് വ്യത്യസ്ത ചുരുളുകളുണ്ട്, അത് മൂന്ന് വ്യത്യസ്ത വോൾട്ടതകൾ നൽകും. അതിനാൽ അവയെ ത്രീ-ഫേസ് AC ജനറേറ്ററുകൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

- പ്രത്യാവർത്തിധാര വൈദ്യുതശക്തിയെ ഒരു പരിപഥത്തിൽ നിന്നും മറ്റൊന്നിലേക്ക് പരിണമിപ്പിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന ഉപകരണമാണ് പരിണാമിത്രം.

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 255 29-06-2022 14:54:40

- ഒരു പരിണാമിത്രത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമത എന്നത് പ്രയോജനമുള്ള ഔട്ട്പുട്ട് ശക്തിക്കും. ഇൻപുട്ട് ശക്തിക്കും ഉള്ള അനുപാതമാണ്.

- കൃത്യമായ ഇടവേളകളിൽ ധ്രുവീയത മാറ്റുന്ന വോൾട്ടതയാണ് പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വോൾട്ടത തൽഫലമായുണ്ടാകുന്ന പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വൈദ്യുതി അതിനനുസൃതമായി ദിശ മാറ്റുന്നു

- പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വൈദ്യുതിയുടെ ശരാശരി മൂല്യം ഒരു പോസിറ്റീവ് അർദ്ധവൃത്തത്തി ലേയോ നെഗറ്റീവ് അർദ്ധവൃത്തത്തിലേയോ ഉള്ള വൈദ്യുതധാരയുടെ എല്ലാ മൂല്യങ്ങളുടെയും ശരാശരി എന്ന് നിർവചിക്കപ്പെടുന്നു.

- ഒരു പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വൈദ്യുതിയുടെ റൂട്ട് മീൻ സ്കയർ മൂല്യം അല്ലെങ്കിൽ ഫലപ്രദമായ മൂല്യം ഒരു ചക്രത്തിലെ എല്ലാ വൈദ്യുതധാരകളുടെയും സ്കയറുകളുടെ ശരാശരിയുടെ സ്കയർ റൂട്ട് എന്ന് നിർവചിക്കപ്പെടുന്നു.

- ഒരു സൈനുസോയ്ഡൽ പ്രത്യാവർത്തിധാര വോൾട്ടതയെ (അല്ലെങ്കിൽ വൈദ്യുതിയെ) സ്ഥിരമായ കോണീയ വേഗതയിൽ എതിർ ഘടികാരദിശയിൽ ഒരു മൂലബിന്ദുവിനെ ആസ്പദമാക്കി തിരിയുന്ന ഒരു സദിശം ഉപയോഗിച്ച് പ്രതിനിധീകരിക്കാം. ഈ സദിശത്തെ ഫേസർ എന്നു പറയുന്നു.

- പ്രത്യാവർത്തിധാരാസ്രോതസ്സിന്റെ ആവൃത്തി പരിപഥത്തിന്റെ സ്വാഭാവിക ആവൃത്തിക്ക് സമമായാൽ പരിപഥത്തിലെ വൈദ്യുതി പരമാവധി മൂല്യത്തിൽ എത്തുന്നു. ഇപ്പോൾ പരിപഥം വൈദ്യുത അനുരണനനത്തിലാണെന്ന് പറയാം.

- ശ്രേണി അനുരണനത്തിലെ വോൾട്ടതകളുടെ മാഗ്നിഫിക്കേഷനെ Q–ഘടകം എന്ന് വിളിക്കു ന്നു.

- ഒരു പരിപഥത്തിലെ പവർ എന്നത് ആ പരിപഥത്തിലെ വൈദ്യുതോർജ്ജ ഉപഭോഗത്തിന്റെ നിരക്ക് എന്ന് നിർവ്വചിക്കാം. ഇത് പരിപഥത്തിലെ ഘടകങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

- ഒരു LC പരിപഥത്തിൽ ഊർജ്ജം നൽകുമ്പോഴെല്ലാം, കൃത്യമായ ആവൃത്തി ഉള്ള വൈദ്യുത ആന്ദോളനങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ ആന്ദോളനങ്ങളെ LC ആന്ദോളനങ്ങൾ എന്ന് വിളി ക്കുന്നു.

- LC ആന്ദോളനങ്ങളിൽ, മൊത്തം ഊർജ്ജം, സ്ഥിരമായി തുടരും, അതിനർത്ഥം ഊർജ്ജ സംര ക്ഷണ നിയമപ്രകാരം LC ആന്ദോളനങ്ങൾ നടക്കുന്നു എന്നാണ്.

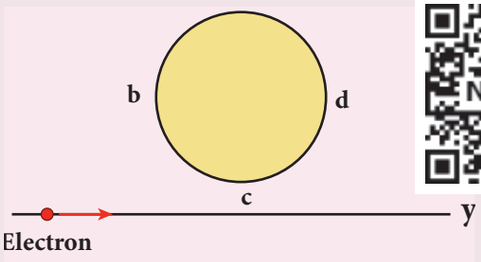
Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 256 29-06-2022 14:54:40

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 257 29-06-2022 14:54:40

I മൾട്ടിപ്പിൾ ചോയ്സ് ചോദ്യങ്ങൾ

1. ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഒരു ഇലക്ട്രോൺ ഒരു നേർരേഖ XY യിൽ ചലിക്കുന്നു. ചുരുൾ *abcd* ഇലക്ട്രോണിന്റെ പാതയോട് ചേർന്നാണ്. സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത് ചുരുളിൽ പ്രേരിത വൈദ്യുതധാരയുടെ ദിശ എന്തായിരിക്കും?

(NEET 2015)



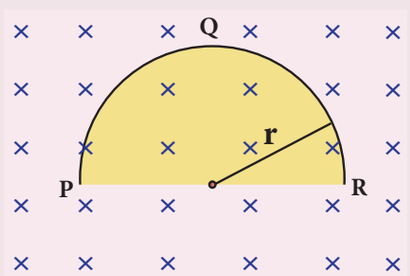
(a) ഇലക്ട്രോൺകോയിലിനെമറികടക്കുമ്പോൾ വൈദ്യുതിയുടെ ദിശ എതിർ ദിശയിലാകുന്നു

(b) വൈദ്യുതധാരയൊന്നും പ്രേരിതമാകുന്നില്ല

(c) abcd

(d) adcb

2. നേർത്ത r ആരം കൊണ്ട അർദ്ധവൃത്താകൃതിയിലുള്ള ചാലക വളയത്തിന്റെ (PQR) പ്രതലം വീഴുന്നു തിരശ്ചീനമായ ഒരു കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന് ലംബമാണ്. ഇത് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



വേഗത v ആയിരിക്കുമ്പോൾ വളയത്തിലുടനീളം ഉണ്ടാകാൻ സാധ്യതയുള്ള വോൾട്ടതാവ്യതിയാനം എന്നാൽ,

(NEET 2014)

(a) പൂജ്യം

(b) $\frac{B\upsilon\pi r^2}{2}$ മറ്റും P ഉയർന്ന വോൾട്ടതയിലാണ്.

(c) $\pi rB\upsilon$ മറ്റും R ഉയർന്ന വോൾട്ടതയിലാണ്.

(d) $2rB\upsilon$ മറ്റും R ഉയർന്ന ശേഷിയിലാണ്.

3. ഏത് തൽക്ഷണ t യിലും ഒരു ചുരുളുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന ഫ്ളക്സ് $\Phi_B = 10t^2 - 50t + 250$ t = 3 പ്രേരിതമാകുന്ന വോൾട്ടത കണക്കാക്കുക

(a) −190 V (b) −10 V

(c) 10 V (d) 190 V

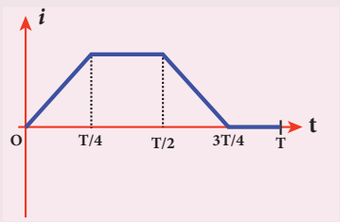
4. 0.05 സെക്കന്റിൽ വൈദ്യുതി +2A ൽ നിന്ന് −2A ലേക്ക് മാറുമ്പോൾ 8 V വോൾട്ടത പ്രേരിതമാകുന്നു. പ്രേരണയുടെ ഗുണകം

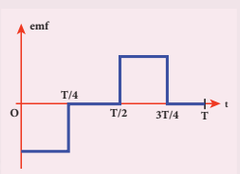
(a) 0.2 H (b) 0.4 H

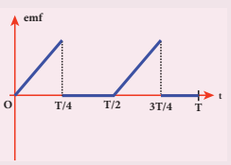
(c) 0.8 H (d) 0.1 H

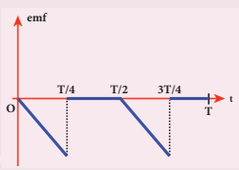
5. ചിത്രത്തിൽകാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെഒരു ചുരുളിലൂടെ പ്രവഹിക്കു വൈദ്യുതി സമയത്തിനനുസൃതമായി സമയത്തിനനുസരിച്ച് പ്രേരണ വോൾട്ടതയുടെ വ്യതിയാനം.

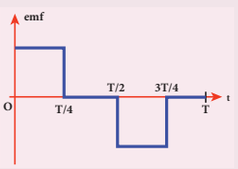
(NEET 2011)



(a)


(b)


(c)


(d)


Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 258 29-06-2022 14:54:44

6. ഒരു വൃത്താകാര ചുരുൾകളുടെ വിസ്തീർണ്ണം 4 cm^2 ഉം ചുരുളുകളുടെ എണ്ണം 10 ഉം ആണ്. ഇതിന്റെ ഒരു യൂണിറ്റ് നീളത്തിന് 15 ചുരുളുകളും ഛേദവിസ്തീർണ്ണം 10 cm^2 ഉം ഉള്ള ഒരു സോളിനോയിഡിന്റെ മധ്യ ഭാഗത്തായി സ്ഥാപിച്ചിരിക്കുന്നു. ചുരുളിന്റെ അക്ഷം സോളിനോയിഡിന്റെഅക്ഷവുമായി പൊരുത്തപ്പെടുന്നു. അവയുടെ പരസ്പര പ്രേരണ എന്താണ്?

(a) 7.54 μH (b) 8.54 μH

(c) 9.54 μH (d) 10.54 μH

7. ഒരു പരിണാമമിത്രത്തിൽ, പ്രാഥമിക, മറ്റും ദ്വിതീയ ചുരുളുകളുടെ യഥാക്രമം 410, 1230 എന്നിവയാണ്. പ്രഥമ ചുരുളിലെ വൈദ്യുത ധാര 6A ആണെങ്കിൽ, ദ്വിതീയ ചുരുളിലെ വൈദ്യുതി,

(a) 2 A (b) 18 A

(c) 12 A (d) 1 A

8. ഒരു സ്റ്റെപ്പ്-ഡൗൺ ട്രാൻസ്ഫോർമർ വിതരണ വോൾട്ടേജ് 220 V ൽ നിന്ന് 11 V യിലേക്ക് കുറയ്ക്കുന്നു. കൂടാതെ വൈദ്യുതി 6 A ൽ നിന്ന് 100 A ലേക്ക് അധികരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. അപ്പോൾ അതിന്റെ കാര്യക്ഷമത

(a) 1.2 (b) 0.83

(c) 0.**12** (d) 0.9

9. ഒരു വിദ്യുത്പരിപഥത്തിൽ മറ്റും *R, L, C,* പ്രത്യാവർത്തിത വോൾട്ട് സ്രോതസ്സ് എന്നിവ ശ്രേണിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. പരിപഥത്തിൽ നിന്ന് *L*നീക്കം ചെയ്യുമ്പോൾ, വോൾട്ടേജും വൈദ്യുതധാരയും തമ്മിലുള്ള ഘട്ട വ്യത്യാസം $\pi/3$ ആണ്. പകരം പരിപഥത്തിൽ നിന്ന് C നീക്കം ചെയ്താൽ, ഘട്ടം വ്യത്യാസം വീണ്ടും $\pi/3$ ആകുന്നു. പരിപഥത്തിന്റെ പവർ ഫാക്ടർ എന്നത്

(NEET 2012)

(a) $1/2$ (b) $1/\sqrt{2}$

(c) 1 (d) $\sqrt{3}/2$

10. ഒരു ശ്രേണി RL പരിപഥത്തിൽ, പ്രതിരോധവും ഇൻഡക്റ്റീവ് പ്രതിപ്രവർത്തനവും തുല്യമാണ്. സർക്യൂട്ടിലെ വോൾട്ടേജും വൈദ്യുതധാരയും തമ്മിലുള്ള ഘട്ട വ്യത്യാസം

(a) $\frac{\pi}{4}$ (b) $\frac{\pi}{2}$

(c) $\frac{\pi}{6}$ (d) പൂജ്യം

11. ഒരു ശ്രേണി അനുരണന *RLC* സർക്യൂട്ടിൽ, 100 Ω പ്രതിരോധത്തിനിടയിലുള്ള വോൾട്ടേജ് 40 V ആണ്. അനുരണന ആവൃത്തി ω 250 റേഡിയൻ/സെക്കന്റ് C യുടെ മൂല്യം 4 μF ആണെങ്കിൽ L ന് ഇടയിലുള്ള വോൾട്ടേജ്,

(a) 600 V (b) 4000 V

(c) **400V** (d) 1 V

12. ഒരു വിദ്യുത്പ്രേരകം 20 mH, ഒരു കപ്പാസിറ്റർ 50 μF ഒരു പ്രതിരോധകം 40 Ω എന്നിവ ശ്രേണിയിൽ V = 10 sin 340 t വോൾട്ടത സ്രോതസ്സുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു AC പരിപഥത്തിലെ ഊർജ്ജ നഷ്ടം എന്നത്

(a) 0.76 W (b) 0.89 W

(c) 0.46 W (d) 0.67 W

13. പ്രവർത്തിധാര വൈദ്യുതധാരയുടെയും വോൾട്ടേജിന്റെയും തൽക്ഷണ മൂല്യങ്ങൾ

$$i = \frac{1}{\sqrt{2}}\sin\left(100\pi t\right) \text{ A മറ്റും}$$

$$\upsilon = \frac{1}{\sqrt{2}}\sin\left(100\pi t + \frac{\pi}{3}\right) \text{ V.}$$

പരിപഥത്തിലെ ഉപയോഗിക്കുന്ന ശരാശരി പവർ വാട്ടിൽ, (IIT Main 2012)

(a) $\frac{1}{4}$ (b) $\frac{\sqrt{3}}{4}$

(c) $\frac{1}{2}$ (d) $\frac{1}{8}$

14. ഒരു ദോലന LC സർക്യൂട്ടിൽ, കപ്പാസിറ്ററിലെ പരമാവധി ചാർജ്ജ് Q വൈദ്യുത കാന്തികക്ഷേത്രങ്ങൾക്കിടയിൽ ഊർജ്ജം തുല്യമായി സംഭരിക്കുന്ന കപ്പാസിറ്ററിലെ ചാർജ്ജ് എന്നത്

(a) $\frac{Q}{2}$ (b) $\frac{Q}{\sqrt{3}}$

(c) $\frac{Q}{\sqrt{2}}$ (d) Q

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 259 29-06-2022 14:54:49

15. $\frac{20}{\pi^2}$ H ഇൻഡക്റ്റർ കപ്പാസിറ്റൻസ് (അടങ്ങിയ ഒരു കപ്പാസിറ്റർ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. പരമാവധി ഊർജ്ജം 50 Hz ൽ കിട്ടാൻ വേണ്ടി C യുടെ മൂല്യം

(a) 50 μF (b) 0.5 μF

(c) 500 μF (d) 5 μF

ഉത്തരങ്ങൾ

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 ഹ്രസ്വ ഉത്തര ചോദ്യങ്ങൾ

1. വൈദ്യുതകാന്തിക പ്രേരണം എന്നാൽ എന്താണ്?
2. ഫാരഡെയുടെ വൈദ്യുത കാന്തിക പ്രേരണ നിയമങ്ങൾ വ്യക്തമാക്കുക?
3. ലെൻസിന്റെ നിയമം വ്യക്തമാക്കുക?
4. ഫ്ളെമിംഗിന്റെ വലതുകൈ നിയമം വ്യക്തമാക്കുക?
5. എഡ്ഡി കറന്റ് എങ്ങനെ ഉണ്ടാകുന്നു? ഒരു ചാലകത്തിൽ അവ എങ്ങനെ പ്രവഹിക്കും?
6. പ്രേരണ വോൾട്ടത ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നതിനുള്ള വഴികൾ പരാമർശിക്കുക?
7. ഒരുവിദ്യുത്പ്രേരകമായിഎന്താണ്ഉപയോഗിക്കുന്നത്? കുറച്ച് ഉദാഹരണങ്ങൾ നൽകുക?
8. സ്വയം പ്രേരണ എന്നാൽ നിങ്ങൾ എന്താണ് അർത്ഥമാക്കുന്നത്?
9. ഇൻഡക്റ്റൻസിന്റെ യൂണിറ്റിനെ നിർവചിക്കുക?
10. ഒരു കമ്പിച്ചുരുളിന്റെ സ്വയപ്രേരകം എന്നതു കൊണ്ട് മനസ്സിലാക്കുന്നത് എന്ത്? ഇതിന്റെ പ്രായോഗിക സവിശേഷതകൾ വ്യക്തമാക്കുക.
11. പരസ്പര പ്രേരണം എന്നാലെന്ത്?
12. AC ജനറേറ്ററിന്റെ തത്വം നൽകുക.
13. ഒരു വർത്തുള മണ്ഡല വ്യൂഹത്തിലെ ജനറേറ്ററിന്റെ സ്റ്റേഷനറി ആർമച്ചറിന്റെ നന്മകൾ എഴുതുക?
14. സ്റ്റെപ്പ്-അപ്പ്, സ്റ്റെപ്പ്-ഡൗൺ പരിണാമമിത്രങ്ങൾ എന്നാൽ എന്താണ്?
15. ഒരു പ്രത്യാവർത്തിധാര വൈദ്യുതിയുടെ ശരാശരി മൂല്യം നിർവചിക്കുക? എന്താണ് ഫേസറുകൾ?
16. ഒരുപ്രത്യാവർത്തിധാരവൈദ്യുതിയുടെRMS മൂല്യം നിങ്ങൾ എങ്ങനെ നിർവചിക്കും?
17. ഫേസർ എന്നാലെന്ത്?
18. വൈദ്യുത അനുരണനം നിർവചിക്കുക?
19. അനുരണന ആവൃത്തി എന്നാൽ നിങ്ങൾ എന്താണ് അർത്ഥമാക്കുന്നത്?
20. Q-ഘടകം നിങ്ങൾ എങ്ങനെ നിർവചിക്കും?
21. വാട്ട്ലസ് കറന്റ് എന്നാൽ എന്താണ്?
22. പവർ ഫാക്ടറിന് ഏതെങ്കിലും ഒരു നിർവചനം നൽകുക.
23. LC ആന്ദോളനങ്ങൾ എന്നാൽ എന്താണ്?

III ദൈർഘ്യമേറിയ ഉത്തര ചോദ്യങ്ങൾ

1. കമ്പി ചുരുളും കാന്തവും തമ്മിൽ ആപേക്ഷിക ചലനം ഉണ്ടാകുമ്പോൾ ഒരു അടഞ്ഞ പരിപഥത്തിൽ കാന്തം ചുരുളിൽ ഒരു പ്രേരിത വോൾട്ടത പ്രേരിപ്പിക്കുന്നു എന്ന വസ്തുത സ്ഥാപിക്കുക.
2. ലെൻസിന്റെ നിയമം ഉപയോഗിച്ച് പ്രേരിത വൈദ്യുത ധാരയുടെ കറന്റിന്റെ ദിശ നിർണ്ണയിക്കുന്നതിനുള്ള ഒരു ദൃഷ്ടാന്തം നൽകുക.
3. ഊർജ്ജ സംരക്ഷണ നിയമത്തിന് അനുസൃതമാണ് ലെൻസിന്റെ നിയമം എന്ന് കാണിക്കുക.
4. ലോറൻസ് ഫോഴ്സിൽ നിന്ന് ചലനാത്മക വോൾട്ടത നേടുന്നതിനുള്ള ആവിഷ്കരണം തരുക.
5. ഫോക്കാൾട്ട് വൈദ്യുതിയുടെ ഉപയോഗങ്ങൾ നൽകുക.
6. (i) കാന്തിക ഫ്ളക്സ് (ii) പ്രേരിത വോൾട്ടത എന്നിവയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ കോയിലിന്റെ സ്വയം ഇൻഡക്റ്റൻസ് നിർവചിക്കുക.
7. ഒരു സോളിനോയിഡിന്റെ നീളം അതിന്റെ വ്യാസവുമായി താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ വലുതാണെന്ന് കരുതുക. അതിന്റെ വിദ്യുത് പ്രേരകത്തിനായുള്ള സമവാക്യം കണ്ടെത്തുക.

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 260 29-06-2022 14:54:49

8. L വിദ്യുത്പ്രേരകത ഉള്ള ഒരു വിദ്യുത്പ്രേരത്തിൽ i വൈദ്യുത പ്രവാഹം വഹിക്കുന്നു. അതിൽ വൈദ്യുതധാര നിലനിറുത്തുന്നതിന് എത്ര ഊർജ്ജം സംഭരിക്കേണ്ടതുണ്ട്.

9. ഒരു ജോഡി ചുരുളുകൾ തമ്മിലുള്ള പരസ്പരം പ്രേരണ തുല്യമാണെന്ന് കാണിക്കുക ($M_{12} = M_{21}$).

10. ചുരുൾ അടക്കം ചെയ്യുന്ന വിസ്തീർണ്ണം മാറ്റുമ്പോൾ നിങ്ങൾ എങ്ങനെ ഒരു വോൾട്ടത പ്രേരിപ്പിക്കും?

11. ഒരു കാന്തികക്ഷേത്രത്തിലെ ഒരു ചുരുളിന്റെ പൂർണ്ണത്താൽ ഒരു പൂർണ്ണ ചക്ര പ്രത്യാവർത്തിധാര വോൾട്ടത പ്രേരിപ്പിക്കുന്നുവെന്ന് ഗണിതശാസ്ത്രപരമായി കാണിക്കുക.

12. AC ജനറേറ്ററിന്റെ അടിസ്ഥാന നിർമ്മാണ വിശദാംശങ്ങൾ വിശദീകരിക്കുക.

13. അനുയോജ്യമായ ചിത്രം വരച്ച് ഏക-ഫേസ് AC ജനറേറ്ററിന്റെ പ്രവർത്തനം വിശദീകരിക്കുക.

14. മൂന്ന് വ്യത്യസ്ഥ വോൾട്ടതകൾ എങ്ങനെയാണ് ത്രീ-ഫേസ് AC ജനറേറ്റർ ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നത്. ഈ മൂന്ന് വോൾട്ടതകളുടെ ഗ്രാഫിക്കൽ ചിത്രീകരണം തരുക.

15. പരിണാമമിത്രത്തിന്റെ നിർമാണവും പ്രവർത്തനവും വിശദീകരിക്കുക.

16. ഒരു പരിണാമമിത്രത്തിലെ വിവിധ ഊർജ്ജ നഷ്ടങ്ങൾ പരാമർശിക്കുക

17. ദീർഘദൂര പവർ സംപ്രേഷണത്തിൽ AC യുടെ ഗുണം ഒരു ഉദാഹരണം മൂലം നൽകുക

18. ശുദ്ധമായ വിദ്യുത്പ്രേരക പരിപഥത്തിൽ വോൾട്ടേജും വൈദ്യുതധാരയും തമ്മിലുള്ള ഘട്ട ബന്ധം കണ്ടെത്തുക.

19. ഒരു ശ്രേണി RLC പരിപഥത്തിൽ പ്രയോഗിച്ച വോൾട്ടേജും, കറന്റും തമ്മിലുള്ള ഘട്ടം കോണിനായിയുള്ള ആവിഷ്ക്കരണം തരുക

20. വിദ്യുത്പ്രേരകം മറ്റും കപ്പാസിറ്റീവ് റിയാക്റ്റൻസ് നിർവചിക്കുക. അവയുടെ മാത്രകൾ നൽകുക?

21. ഒരു പൂർണ്ണ പ്രത്യാവർത്തിധാരാ ചക്രത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ശരാശരി പവർനായുള്ള ആവിഷ്ക്കരണം തരുക. സവിശേഷതകൾ ചർച്ച ചെയ്യുക.

22. വിദ്യുത്പ്രേരകത L ഉള്ള ഒരു വിദ്യുത്പ്രേരകവും, കപ്പാസിറ്റൻസ് C ഉള്ള ഒരു കപ്പാസിറ്ററും അടങ്ങിയ ഒരു പരിപഥത്തിൽ LC ആന്ദോളനങ്ങളുടെ ഉത്പാദനം വിശദീകരിക്കുക

23. LC ആന്ദോളനങ്ങളിൽ ആകെ ഊർജ്ജം സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നുവെന്ന് തെളിയിക്കുക

24. LC പരിപഥത്തിന്റെ വൈദ്യുതകാന്തിക ആന്ദോളനങ്ങളെ ബ്ലോക്ക് സ്പ്രിംഗ് വ്യവസ്ഥയുടെ യാന്ത്രിക ആന്ദോളനങ്ങളുമായി ഗുണാത്മകമായി താരതമ്യം ചെയ്ത് LC ആന്ദോലകത്തിന്റെ വർത്തുള ആവൃത്തിയുടെ ആവിഷ്കരണം കണ്ടുപിടിക്കുക.

IV. സംഖ്യാ പ്രശ്നങ്ങൾ

1. 30 സെന്റീമീറ്റർ വശവും 500 ചുരുളുകളുമുള്ള ഒരു സമചതുര ചുരുൾ 0.4 T എന്ന ഏകീകൃത കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിൽ വെച്ചിട്ടുണ്ട് ചുരുളിന്റെ പ്രതലം കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിൽ 30° കോണം ഉണ്ടാക്കുന്നു. ചുരുളിലുള്ള കാന്തിക ഫ്ളക്സ് കണ്ടുപിടിക്കുക.

(ഉത്തരം: 9 Wb)

2. നേരായ ലോഹ വയർ 0.4 s ൽ 4 mWb അടങ്ങിയ കാന്തിക തലത്തെ തരണം ചെയ്യുന്നു. ലോഹ വയറിൽ പ്രേരിപ്പിച്ച വോൾട്ടതയുടെ വ്യാപ്തി കണ്ടെത്തുക.

(ഉത്തരം : 10 mV)

3. ഒരു ചുരുളിന്റെ തലത്തിന് ലംബമായി കടന്നു ചെല്ലുന്ന കാന്തിക ഫ്ളക്സ് എന്നത് സമയത്തിന്റെ ഫലനമാണ് $\Phi_B = (2t^3 + 4t^2 + 8t + 8)$ Wb ചുരുളിന്റെ പ്രതിരോധം 5 Ω ആണെങ്കിൽ, t = 3 സെക്കന്റിൽ പ്രേരിതമാകുന്ന വൈദ്യുതധാര കണ്ടുപിടിക്കുക.

(ഉത്തരം : 17.2 A)

4. 0.02 m ആരമുള്ള അടുപ്പിച്ച് ചുരുളുകളുള്ള ഒരു വൃത്താകാര ചുരുൾ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന് ലംബമായി സ്ഥാപിച്ചിരിക്കുന്നു 6 സെക്കന്റിൽ കാന്തിക ക്ഷേത്രം 8000 T യിൽ നിന്ന് 2000 T യിലേക്ക് മാറിയപ്പോൾ 44 V വോൾട്ടത പ്രേരിതമായ കോയിലിൽ ഉള്ള ചുരുളുകളുടെ എണ്ണം കണക്കാക്കുക. $\left(\pi = \frac{22}{7}\right)$

(ഉത്തരം : 35 ചുരുളുകൾ)

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 261 29-06-2022 14:54:50

5. 3500 ചുരുളുകളും 6 cm^2 വിസ്തീർണ്ണമുള്ള ഒരു ചതുരാകൃതിയിലുള്ള കോയിൽ .4 T ഏകീകൃത കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ സൂക്ഷിച്ചിട്ടുണ്ട് ആരംഭത്തിൽ കോയിലിന്റെ തലം കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന് ലംബമായിരിക്കുകയും പിന്നീട് 180° കോണത്തിൽ തിരിയ്ക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. കോയിലിന്റെ പ്രതിരോധകത 35 Ω ആണെങ്കിൽ കോയിലിലൂടെ പ്രവഹിക്കുന്ന ചാർജിന്റെ അളവ് കണ്ടുപിടിക്കുക.

(ഉത്തരം: 48×10^{-3} C)

6. 100 Ω പ്രതിരോധകത ഉള്ള ഒരു ഏക ചാലകത്തിലൂടെ പ്രവഹിക്കുന്ന പ്രേരിത വൈദ്യുതി 2.5 mA ആണ്. ചാലകത്തിനാൽ മുറിക്കപ്പെടുന്ന കാന്തിക ഫ്ളക്സിന്റെ നിരക്ക് കണ്ടുപിടിക്കുക.

(ഉത്തരം: 250 $mWbs^{-1}$)

7. 0.4 നീളമുള്ള ലോഹബ്ലേഡുകൾ ഉള്ള ഒരു പങ്ക (ഫാൻ) 4×10^{-3} T കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ കറങ്ങുന്നു. ബ്ളേഡിന്റെ മധ്യത്തിനും അഗ്രത്തിനുമിടയ്ക്കുള്ള പ്രേരണ വോൾട്ടത 0.02 V, ആണെങ്കിൽ, ബ്ലേഡ് കറങ്ങുന്ന നിരക്ക് കണ്ടുപിടിക്കുക.

(ഉത്തരം: 9.95 പ്രദക്ഷിണം/സെക്കൻഡ്)

8. 1 മീറ്റർ നീളമുള്ള മെറ്റൽ സ്പോക്കുകളുള്ള ഒരുസൈക്കിൾചക്രംഭൂമിയുടെകാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ കറങ്ങുന്നു. ചക്രത്തിന്റെ തലം 4×10^{-5} T. എന്ന ഭൂമിയുടെ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന്റെ തിരശ്ചീന ഘടകത്തിന് ലംബമാണ്. സ്പോക്കുകളിൽ പ്രേരിതമാകുന്ന വോൾട്ടത 31.4 mV ആണെങ്കിൽ, ചക്രത്തിന്റെ പ്രദക്ഷിണത്തിന്റെ നിരക്ക് കണക്കാക്കുക.

(ഉത്തരം: 250 പ്രദക്ഷിണം/സെക്കന്റ്)

9. 2m നീളവും 0.04 മീറ്റർ വ്യാസവുമുള്ള 4000 ചുരുളുകളുള്ള കോറിൽ വായു നിറച്ച സോളിനോയിഡിന്റെ സ്വയം പ്രേരണ നിർണ്ണയിക്കുക. (ഉത്തരം: 12.62 mH)

10. 200 ടേണുകളുള്ള ഒരു കോയിൽ 4 *A* കറന്റ് വഹിക്കുന്നു. കോയിലിലൂടെയുള്ള കാന്തിക ഫ്ളക്സ് 6×10^{-5} Wb ആണെങ്കിൽ, കോയിലിന്റെ മാധ്യമത്തിന് ചുറ്റും സംഭരിച്ചിരിക്കുന്ന കാന്തിക ഊർജ്ജം കണ്ടെത്തുക.

(ഉത്തരം: 0.024 J)

11. 50 സെ.മീ നീളമുള്ള ഒരു സോളിനോയിഡിന് 400 ചുരുളുകൾ/സെമി ഉണ്ട് സോളിനോയിഡിന്റെ വ്യാസം, 0.04 മീ ഓരോ ചുരുളിലും, 1 A വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുമ്പോൾ ചുരുളിലുള്ള കാന്തികഫ്ളക്സ് കണ്ടുപിടിക്കുക

(ഉത്തരം: 0.63×10^{-4} Wb)

12. 200 ചുരുളുകളുള്ള ഒരു കോയിൽ 0.4 A വൈദ്യുതി വഹിക്കുന്നു. ഓരോ ചുരുളിലും ഉള്ള കാന്തിക ഫ്ളക്സ് 4 mWb ആണെങ്കിൽ കോയിലിന്റെ സ്വയം പ്രേരണ കണ്ടുപിടിക്കുക (ഉത്തരം: 2H)

13. കോറിൽ വായു നിറച്ചുള്ള രണ്ടു സോളിനോയിഡുകൾക്ക് 80 cm വീതം നീളവും 5 cm^2 വീതം വിസ്തീർണ്ണവുമുണ്ട്. പ്രഥമ കമ്പി ചുരുളിലെ ചുരുളുകളുടെ എണ്ണം 1200 ഉം ദ്വിതീയ കമ്പിച്ചുരുളിലെ ചുരുളുകളുടെ എണ്ണം 400 ഉം ആണെങ്കിൽ പരസ്പര പ്രേണ കണ്ടുപിടിക്കുക. (ഉത്തരം: 0.38 mH

14. ഒരു സെന്റീമീറ്ററിൽ 400 ചുരുളുകൾ ഉള്ള ഒരു നീണ്ട സോളിനോയിഡ് 2A വൈദ്യുതി വഹിക്കുന്നു. 4 cm^2 ഛേദ വിസ്തീർണ്ണവും 100 ചുരുളുകളുള്ള ഒരു കമ്പിച്ചുരുൾ സോളിനോയിഡിനുള്ളിൽ ഒരേ അക്ഷത്തിൽ വെച്ചിട്ടുള്ളതിനാൽ കോയിൽ സോളിനേയിഡിന്റെ മണ്ഡലത്തിലാണ് സോളിനോയിഡിൽ കൂടെ പ്രവഹിക്കുന്ന വൈദ്യുതിയുടെ ദിശ 0.04 സെക്കന്റിൽ എതിർദിശയിൽ ആകുകയാണെങ്കിൽ കോയിലിൽ പ്രേരിതമാകുന്ന വോൾട്ടത കണ്ടുപിടിക്കുക.

(ഉത്തരം: 0.20 V)

15. 2 സെ.മീ ആരവും 200 ചുരുളുകളുമുള്ള ഒരു വൃത്താകാര കമ്പിച്ചുരുൾ 3 സെ.മീ ആരമുള്ള ഒരു വലിയ സോളിനോയിഡിനുള്ളിൽ ഒരേ അക്ഷത്തിൽ വെച്ചിട്ടുണ്ട്. സോളിനോയിഡിന്റെ ചുരുൾ സാന്ദ്രത 90 ചുരുളുകൾ/ സെ.മീ ആണെങ്കിൽ സോളിനോയിഡിന്റെ പരസ്പര പ്രേരണ കണക്കാക്കുക. (ഉത്തരം: 2.84 mH)

16. S_1, S_2 എന്നീ സോളിനോയിഡുകൾ ആപേക്ഷികഭാരവും 900 ഉള്ള ഒരു ഇരുമ്പുകോറിൽ ചുറ്റിയിട്ടുണ്ട്. അവയുടെ ഛേദ വിസ്തീർണ്ണവും നീളവും യഥാക്രമം 4 cm^2ഉം0.04 ആണ്. S_1ലെ ചുരുളുകളുടെ എണ്ണം 400 ഉം, S_2വിലെ ചുരുളുകളുടെ എണ്ണം 800 ആണെങ്കിൽ സോളിനോയിഡുകളുടെ പരസ്പര പ്രേരണ

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 262 29-06-2022 14:54:51

കണക്കാക്കുക. സോളിനോയിഡ് 1 ലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹം 0.04 സെക്കന്റിൽ 2 A ൽ നിന്നും 8 A എന്ന് അധികരിച്ചാൽ രണ്ടാമത്തെ സോളിനോയിഡിൽ പ്രേരിത മായ വോൾട്ടത കണ്ടുപിടിക്കുക.

(ഉത്തരം: 1.81H; –271.5 V)

17. 11V, 88W വിളക്ക് പ്രവർത്തിപ്പിക്കാൻ 220 V മുഖ്യവിതരണത്തിൽ ഒരു സ്റ്റെപ്പ് ഡൗൺ പരിണാമിത്രം ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.
(i) വോൾട്ടത പരിവർത്തന അനുപാതവും
(ii) പ്രാഥമികത്തിലെവൈദ്യുതിയും കണക്കാക്കുക.

(ഉത്തരം: 1/20 മറ്റും 0.4 A)

18. 90% കാര്യക്ഷമതയുള്ള ഒരു 200V/120V സ്റ്റെപ്പ് ഡൗൺ പരിണാമിത്രം. 40Ω പ്രതിരോധകമുള്ള ഒരു ഇൻഡക്ഷൻ സ്റ്റൗവുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. പരിണാമചിത്രത്തിന്റെ പ്രൈമറിയിൽ കൊടുക്കുന്ന വൈദ്യുതി കണക്കാക്കുക.

(ഉത്തരം: 2 A)

19. ഒരു പരിണാമിത്രത്തിന്റെ പ്രൈമറിയിൽ 300 ചുരുളുകളും 0.82 Ω, പ്രതിരോധകതയും അതിന്റെ സെക്കന്ററിയിൽ 1200 ചുരുളുകളും പ്രതിരോധകത 6.2 Ω. ഉം ഉണ്ട് 1600V ൽ സെക്കന്ററിയിലെ പവർ ഔട്ട്പുട്ട് ആണെങ്കിൽ പ്രൈമറിയിലെ വോൾട്ടത കുപിടിക്കുക. പരിണാമചിത്രത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമത 80% ആണെങ്കിൽ രണ്ടു കോയിലുകളിലും ഉള്ള പവർ ചോർച്ച കണക്കാക്കുക.

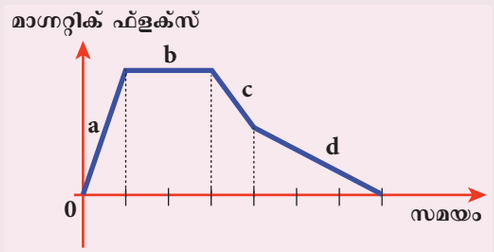
(ഉത്തരം: 8.2 kW മറ്റും 2.48 kW)

20. ഒരു പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വൈദ്യുതിയുടെ പരമാവധി മൂല്യം 20 A ആണെങ്കിൽ അതിന്റെ 60^0 യിലെ തൽക്ഷണ മൂല്യം, ശരാശരി മൂല്യം RMS മൂല്യം എന്നിവ കണക്കാക്കുക.

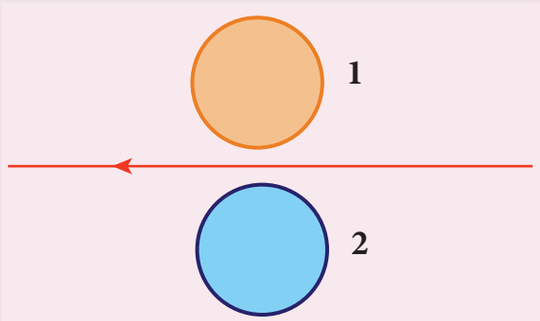
(Ans: 17.32A, 12.74A, 14.14A)

V. ആശയപരമായ ചോദ്യങ്ങൾ

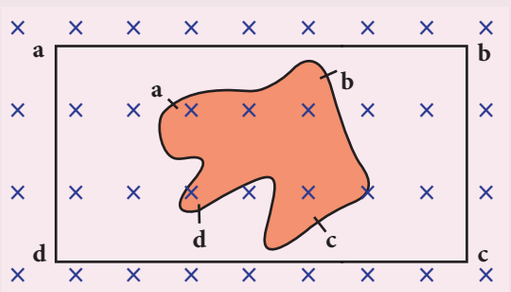
1. കാന്തിക പ്രവാഹ വ്യാപ്തിക്കും സമയത്തിനും തമ്മിലുള്ള ഗ്രാഫ് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു ആരോഹണ ക്രമത്തിൽ ഗ്രാഫിന്റെ പ്രദേശങ്ങൾ ക്രമീകരിക്കുക.



2. ഒരു കമ്പി വഴിയായി പ്രവഹിക്കുന്ന വൈദ്യുതി ക്രമാനുഗതമായി കുറയുമ്പോൾ 1,2 എന്നീ വളയങ്ങളിൽ പ്രേരിതമാകുന്ന വോൾട്ടേജിന്റെ ദിശ ലെൻസ് നിയമ പ്രകാരം പ്രവചിക്കുക.



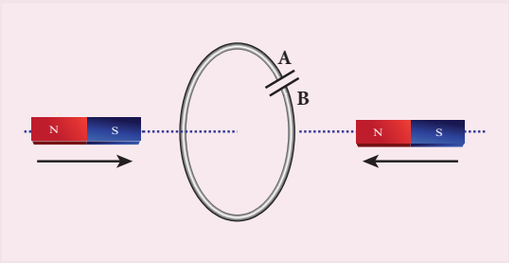
3. ഒരു ചതുരത്തിന്റെ ആകൃതിയിലുള്ള ഒരു വഴക്കമുള്ള മെറ്റാലിക് ലൂപ്പ് abcd ഒരു കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ അതിന്റെ തലം ഫീൽഡിന് ലംബമായി സൂക്ഷിക്കുന്നു കാന്തികക്ഷേത്രം സാധാരണയായി കടലാസിന്റെ പ്രതലത്തിലേക്ക് ലംബമായി നയിക്കപ്പെടുന്നു. ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ചതുര ലൂപ്പ് ക്രമരഹിതമായ ആകൃതിയിൽ തകർക്കുമ്പോൾ പ്രേരിപ്പിച്ച വൈദ്യുതധാരയുടെ ദിശ കണ്ടെത്തുക.



4. ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ രണ്ട് ദണ്ഡ കാന്തങ്ങൾ നീക്കുമ്പോൾ ഒരു

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 263 29-06-2022 14:54:52

അടഞ്ഞ വൃത്താകൃതിയിലുള്ള ലൂപ്പിൽ കപ്പാസിറ്ററിന്റെ ധ്രുവത പ്രവചിക്കുക.



5. ശ്രേണി LC സർക്യൂട്ടിൽ L, C എന്നിവയിലുടനീളമുള്ള വോൾട്ടേജുകൾ 180° ഘട്ടത്തിന് പുറത്താണ്. അതു ശരിയാണോ? വിശദീകരിക്കുക.

6. ഒരു ശ്രേണി RLC സർക്യൂട്ടിന്റെ പവർ ഫാക്ടർ എപ്പോൾ പരമാവധി ആകും?

റഫറൻസുകൾക്കായുള്ള പുസ്തകം

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.

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 264 29-06-2022 14:54:53

ഐ.സി.ടി. കോർണർ

വൈദ്യുത കാന്തിക പ്രേരണയും പ്രത്യാവർത്തിധാര വൈദ്യുത പ്രവാഹവും

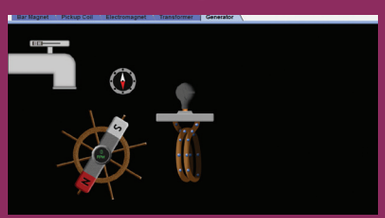
ഈ പ്രവർത്തനം മൂലം കുട്ടികൾക്ക് (1) വൈദ്യുത കാന്തിക പ്രേരണ മനസ്സിലാക്കാൻ കഴിയും. (2) വെർച്വൽ ലാബിൽ ഫാരഡേയുടെ നിയമങ്ങൾ പരിശോധിക്കാൻ സാധിക്കും.

പ്രതിപാദ്യം : ഫാരഡെയുടെ വൈദ്യുതകാന്തിക പരീക്ഷണശാല

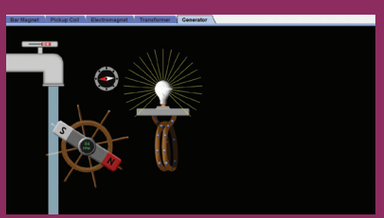
ചുവടുകൾ:

- ബ്രൗസർ തുറന്ന വിലാസബാറിൽ "phet.colorado.edu" എന്ന് ടൈപ്പ് ചെയ്യുക. സിമുലേഷൻ ടാബ് ഉപയോഗിച്ച് പ്ലേ ക്ലിക് ചെയ്യുക.
- തിരയൽ ബോക്സിൽ ഫാരഡെയുടെ വൈദ്യുതകാന്തിക ലാമ്പ് തിരയുക. പിക്ക് കോയിൽ ടേബ് തിരഞ്ഞെടുക്കുക. കമ്പിച്ചുരുളിലൂടെ കാന്തം നീക്കുക. കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ മാറ്റം സംഭവിക്കുമ്പോൾ കോയിലിൽ എന്ത് മാറ്റം സംഭവിക്കുന്നുവെന്നും ശ്രദ്ധിക്കുക. കാന്തികക്ഷേത്രം ബന്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ എന്ത് സംഭവിക്കുന്നു എന്ന് ശ്രദ്ധിക്കുക. കത്തുന്ന ബൾബിന്റെ സഹായത്തോടുകൂടി വിദ്യുത് പ്രവാഹ തീവ്രതയെ വളയ വിസ്തീർണ്ണത്തിൽ വ്യത്യാസം വരുത്തിയും കാന്തിക ഫ്ളക്സിൽ മാറ്റം വരുത്തിയും നിരീക്ഷിക്കുക.
- വൈദ്യുതകാന്തിക ടാബ് തിരഞ്ഞെടുക്കുക. കൂട്ടിയിടിയിലൂടെ ഒഴുകുന്ന വൈദ്യുത ധാര മാറ്റുക. സൃഷ്ടിച്ച കാന്തിക പ്രവാഹത്തിലെ മാറ്റം നിരീക്ഷിക്കുക
- ജനറേറ്റർ ടാബ് തിരഞ്ഞെടുക്കുക. നിങ്ങൾ കോയിലിന്റെ കോണീയ വേഗത മാറ്റുകയാണെങ്കിൽ കോയിലിൽ പ്രേരിത വോൾട്ടത നിരീക്ഷിക്കുക.

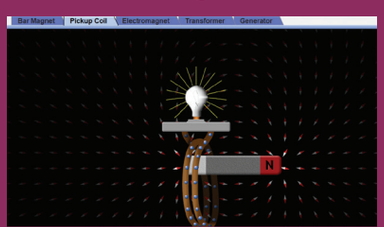
ഘട്ടം 1



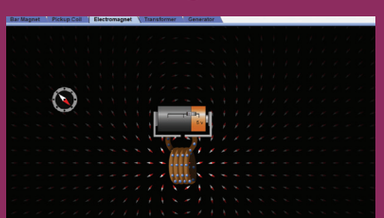
ഘട്ടം 2



ഘട്ടം 3



ഘട്ടം 4



കുറിപ്പ് :

നിങ്ങളുടെ സിസ്റ്റത്തിൽ ഇല്ലെങ്കിൽ ജാവ അപ്ലിക്കേഷൻ ഇൻസ്റ്റാൾ ചെയ്യുക. നിങ്ങൾക്ക് എല്ലാ ഫെറ്റ് സ്റ്റിമുലേഷനും ഡൗൺലോഡ് ചെയ്യാനും https://phet.colorado.edu/en/offline-access. എന്നതിൽ നിന്ന് ഓഫ് ലൈനിൽ പ്രവർത്തിക്കാനും കഴിയും.

URL:

https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/faraday

* ചിത്രങ്ങൾ സൂചിപ്പിക്കുന്നതിന് മാത്രം.

* ബ്രൗസറിന് ആവശ്യമുണ്ടെങ്കിൽ പേജ് ലോഡ് ചെയ്യാൻ ഫ്ളാഷ് പ്ലേയർ അല്ലെങ്കിൽ ജാവ സ്ക്രിപ്റ്റ് അനുവദിക്കുക.

S1GEM

Mal_UNIT-4(XII-Physics_Vol-1).indd 265 29-06-2022 14:54:53

അദ്ധ്യായം

5

വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ

'ശാസ്ത്രത്തിന്റെ ഒരു യുഗം സമാപിച്ച് അടുത്തയുഗം ആരംഭിക്കുന്നത് ജെയിംസ് ക്ലർക്ക് മാക്സ്വെല്ലിലാണ്'
– ആൽബർട്ട് ഐൻസ്റ്റീൻ

പഠന ലക്ഷ്യങ്ങൾ

ഈ അധ്യായത്തിൽ വിദ്യാർത്ഥി മനസ്സിലാക്കുന്നത്

- ഡിസ്പ്ലേസ്മെന്റ് വൈദ്യുതി
- ആമ്പിയറിന്റെ സർക്യൂട്ട് നിയമത്തിൽ മാക്സ്വെല്ലിന്റെ തിരുത്തൽ
- സമാകലന രൂപത്തിലുള്ള മാക്സ്വെൽ സമവാക്യങ്ങൾ
- വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ ഉൽപാദനവും സവിശേഷതകളും ഹെർട്സിന്റെ പരീക്ഷണം
- വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ സ്രോതസ്സുകൾ
- വൈദ്യുത കാന്തിക സ്പെക്ട്രം

5.1 ആമുഖം



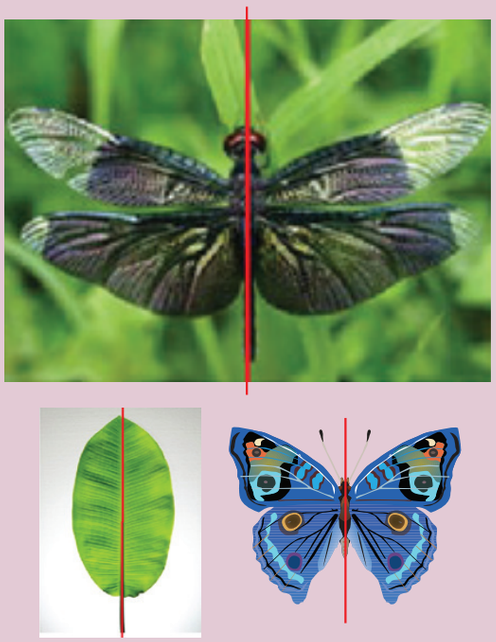
ചിത്രം 5.1 ദൃശ്യപ്രകാശം മഴവില്ലും മിന്നലും

നമുക്ക് ചുറ്റുമുള്ള ലോകം, നാം പ്രകാശത്തിലൂടെ കാണുന്നു. സൂര്യനിൽ നിന്നുള്ള പ്രകാശമാണ് ഊർജ്ജത്തിന്റെ ഒരുപ്രധാന സ്രോതസ്സ്. ഇതില്ലാതെ മനുഷ്യർക്ക് ഈ ഗ്രഹത്തിൽ അതിജീവിക്കാൻ കഴിയില്ല. അണു മുതൽ പ്രപഞ്ചം വരെയുള്ള വിവിധ വസ്തുക്കളുടെ ഘടനയും സവിശേഷതകളും മനസിലാക്കാൻ പ്രകാശം ഒരു പ്രധാന പങ്കുവഹിക്കുന്നു. പ്രകാശമില്ലാതെ നമ്മുടെ കണ്ണുകൾക്കു പോലും വസ്തുക്കളെ കാണാൻ സാധിക്കില്ല. എന്താണ് പ്രകാശം? ഈ പ്രഹേളിക പത്തൊൻപതാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ പകുതി വരെ നിരവധി ഭൗതിക ശാസ്ത്രജ്ഞൻമാരെ ഉറക്കമില്ലാതാക്കിയിരുന്നു. മുൻപ്, ഒപ്റ്റിക്സ്, വൈദ്യുതി കാന്തികത എന്നിവ ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിന്റെ രണ്ടു വ്യത്യസ്ത ശാഖകളാണെന്ന് ശാസ്ത്രജ്ഞൻമാർ ചിന്തിച്ചിരുന്നു. പ്രകാശ സങ്കൽപത്തെ യഥാർത്ഥത്തിൽ സൈദ്ധാന്തിക പ്രവചനത്തിലൂടെ പ്രബുദ്ധമാക്കിയ ജെയിംസ് ക്ലാർക്ക് മാക്സ് വെല്ലിന്റെ പ്രവർത്തനത്തിൽ നിന്നും പ്രകാശം എന്നത് 3×10^8 ms^{-1} (ശൂന്യമായ ഇടം അല്ലെങ്കിൽ ശൂന്യത) വേഗതയ്ക്ക് സമമായി ചലിക്കുന്ന ഒരു വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗമാകുന്നു. ഗാമാകിരണങ്ങൾ മുതൽ റേഡിയോ തരംഗങ്ങൾ വരെയുള്ള വൈദ്യുത കാന്തിക സ്പെക്ട്രത്തിന്റെ ചെറിയ ഭാഗം മാത്രമാണ് ദൃശ്യപ്രകാശം എന്ന് പിന്നീട് സ്ഥിരീകരിച്ചു.

നാലാം അധ്യായത്തിൽ സമയം വ്യത്യാസപ്പെടുന്ന കാന്തിക മണ്ഡലം ഒരു വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തെ ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നുവെന്ന് നമ്മൾ പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്. (വൈദ്യുതകാന്തിക പ്രേരണത്തിന്റെ ഫാരഡെ നിയമം) പ്രകൃതിയ്ക്ക് സമമിതി ഉണ്ടായിരിക്കണമെന്ന് മാക്

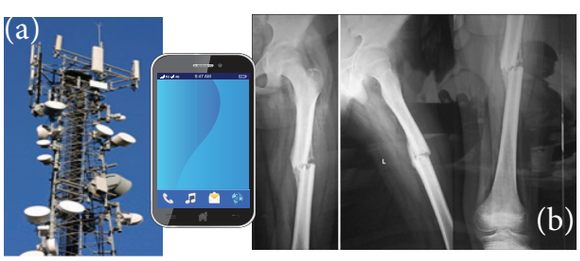
Mala_UNIT-5(XII-Physics_Vol-1).indd 266 29-06-2022 13:13:56

സവെൽ വിശ്വസിക്കുകയും, അദ്ദേഹം ചില ചോദ്യങ്ങൾ ഉന്നയിക്കുകയും ചെയ്തു. സമയാനുസൃതമായി വ്യത്യാസപ്പെടുന്ന കാന്തിക മണ്ഡലം, ഒരു വൈദ്യുത മണ്ഡലം ഉൽപാദിപ്പിക്കുമ്പോൾ എന്തുകൊണ്ട് സമയം വ്യത്യാസപ്പെടുന്ന വൈദ്യുത മണ്ഡലം ഒരു കാന്തികമണ്ഡലം ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നില്ല?"



പ്രകൃതിയിലെ സമമിതി

ഇത് സത്യമാണെന്ന് പിന്നീട് അദ്ദേഹം തെളിയിച്ചു. 1888 ൽ എച്ച്.ഹെർട്സ് പരീക്ഷണാത്മകമായി മാക്സ്വെല്ലിന്റെ പ്രവചനത്തെ പരിശോധിക്കുകയും ഈ ധാരണ പുതിയ സാങ്കേതിക കണ്ടുപിടുത്തങ്ങളായ, കമ്പിയില്ലാ ആശയവിനിമയം (wireless communication, LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) സാങ്കേതിക വിദ്യ, RADAR (Radio Detection And Ranging) തുടങ്ങിയവയ്ക്ക് കാരണമാകുകയും ചെയ്തു.



ചിത്രം 5.2 (a) സെൽ ഫോൺ ടവറും സെൽ ഫോണും (b) X-കിരണം റേഡിയോഗ്രാഫ്

ഇന്നത്തെ ഡിജിറ്റൽ ലോകത്ത് നമ്മുടെ ദൈനംദിന ജീവിതത്തിൽ സെൽഫോണുകൾ കൂടുതൽ സ്വാധീനം ചെലുത്തുന്നു (ചിത്രം 5.2 (a)) ഒരിടത്തു നിന്നും മറ്റൊരിടത്തേയ്ക്ക് വിവരങ്ങൾ കൈമാറുന്നതിനുള്ള വേഗതയേറിയതും, ഫലപ്രദവുമായ ഒരു വഴിയാണിത്. പ്രകാശം ഒരു വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗമാണ് എന്നതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ് ഇത് പ്രവർത്തിക്കുന്നത്. ആശുപത്രികളിൽ, ചിത്രം 5.2 (b), കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ എക്സ് കിരണങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച്അസ്ഥിഒടിവിന്റെസ്ഥാനംകണ്ടെത്താനാകും. എക്സ് കിരണങ്ങളും ഒരു വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗമാണ്. പാചകത്തിന് മൈക്രോവെവ് ഓവൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു. മൈക്രോവേവും ഒരു വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗമാകുന്നു. എഞ്ചിനീയറിംങ്, മെഡിസിൻ (ഉദാഹരണം ലേസർ സർജറി) പ്രതിരോധം (ഉദാഹരണം, റഡാർസിഗ്നലുകൾ) അടിസ്ഥാന ശാസ്ത്ര ഗവേഷണങ്ങൾ എന്നിവയിൽ വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ പ്രയോജനങ്ങൾ ധാരാളം ഉണ്ട്. ഈ അധ്യായത്തിൽ വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാന കാര്യങ്ങൾ ചർച്ച ചെയ്യുന്നു.

5.1.1 വിസ്ഥാപന വൈദ്യുത ആമ്പിയറിന്റെ സർക്യൂട്ട് നിയമത്തിലെ മാസ്ക്വെല്ലിന്റെ തിരുത്തൽ

പ്രേരണ കാന്തിക മണ്ഡലം

ഫാരഡെയുടെ വൈദ്യുതകാന്തിക പ്രേരണ നിയമം നിർവ്വചിക്കുന്നത് കാന്തികമണ്ഡലത്തിന്റെ വ്യതിയാനം വൈദ്യുത മണ്ഡലം ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു എന്നാണ് ഗണിതശാസ്ത്രപരമായി, ഇതിനെ താഴെ പറയുന്ന രീതിയിൽ എഴുതാം

$$\underbrace{\oint_l \vec{E}\cdot d\vec{l}}_{\substack{\text{ഒരു അടഞ്ഞ വലയത്തിലൂടെയുള്ള}\\ \text{വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന്റെ പ്രേരണ}}} = \underbrace{-\frac{d}{dt}\Phi_B}_{\substack{\text{സമയത്തിനനുസരിച്ച്}\\ \text{കാന്തിക ഫ്ളക്സിനുണ്ടാകുന്ന}\\ \text{വ്യതിയാനം}}} = \underbrace{-\frac{d}{dt}\oint_S \vec{B}\cdot d\vec{A}}_{\substack{\text{വലയത്തിനാൽ ചുറ്റപ്പെട്ട}\\ \text{ഭാഗത്തിലെ}\\ \text{കാന്തിക ഫ്ളക്സ് } \Phi_B \text{ ന്റെ മാറ്റം}}} \quad (5.1)$$

ഇവിടെ Φ_B എന്നത് കാന്തിക ഫ്ളക്സ് ആകുന്നു $\frac{d}{dt}$ എന്നത് സമയത്തിനനുസരിച്ചുള്ള മൊത്തം ടെറിവേറ്റീവ് ആകുന്നു. വലയത്തിനാൽ വലയം ചെയ്തിരിക്കുന്ന ഭാഗത്തിലെ കാന്തികമണ്ഡല വ്യതിയാനത്തിനാൽ ഒരു അടഞ്ഞ വലയത്തിലൂടെ പ്രേരണം ചെയ്യുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലം $\vec{E}$ ആണ്. സമവാക്യം (5.1) ൽ അർത്ഥമാക്കുന്നത് സമമിതി പരിഗണനകളിൽ നിന്നും മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന വൈദ്യുത മണ്ഡലം, കാന്തിക മണ്ഡലം

Mala_UNIT-5(XII-Physics_Vol-1).indd 267 29-06-2022 13:13:57

സൃഷ്ടിക്കുന്നുവെന്ന് ജെയിംസ് ക്ലെർക്ക് മാക്സ് വെൽ കാണിക്കുന്നു. ഇത് താഴെ കൊടുക്കുന്നു.

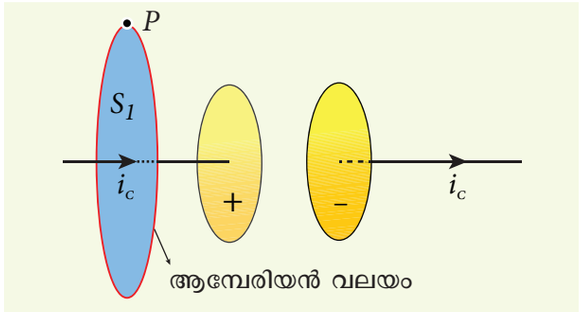
$$\underbrace{\oint_{l} \vec{B}\cdot\vec{dl}}_{\text{ഒരു അടഞ്ഞ വലയത്തിലുള്ള കാന്തിക മണ്ഡല പ്രേരണം}} = \underbrace{-\frac{d}{dt}\Phi_E}_{\text{സമയാനുസൃതമായി വ്യതിയാനപ്പെടുന്ന വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ്}} = \underbrace{-\frac{d}{dt}\oint_{S}\vec{E}\cdot\vec{dA}}_{\text{വലയത്തിനാൽ മൂടിയിരിക്കുന്ന ഭാഗത്തിലെ വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ് വ്യതിയാനം } \Phi_E} \quad (5.2)$$

ഇവിടെ Φ_E എന്നത് വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ് ആകുന്നു. ഇതിനെ മാക്സ്വെല്ലിന്റെ പ്രേരണ നിയമം (**Max well's law of induction**) എന്നു പറയുന്നു. ഒരു അടഞ്ഞവലയത്തിനാൽ മൂടപ്പെട്ട ഒരു ഭാഗത്തിലെ വൈദ്യുതമണ്ഡല വ്യതിയാനത്തിനാൽ, അടഞ്ഞ വലയത്തിനൊപ്പം പ്രേരണം ചെയ്യുന്ന കാന്തിക മണ്ഡലം $\vec{B}$ നെയാണ് ഇത് വിവരിക്കുന്നത്. വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിനും, കാന്തിക മണ്ഡലത്തിനും ഇടയിലുള്ള ഈ സമമിതി സൂചിപ്പിക്കുന്നത്, റേഡിയോ തരംഗങ്ങൾ മുതലായവ പോലുള്ള വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ നിലനിൽക്കുന്നു എന്നാണ്.

വിസ്ഥാപന വൈദ്യുതി – മാക്സ്വെല്ലിന്റെ തിരുത്തൽ

മാറികൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഒരു വൈദ്യുതിമണ്ഡലം എങ്ങനെയാണ് ഒരു കാന്തികമണ്ഡലം സൃഷ്ടിക്കുന്നത് എന്നറിയാൻ ഒരു സമാന്തരഫ്ളേറ്റ് കപ്പാസിറ്റർ ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെടുന്ന അവസ്ഥ പരിഗണിക്കുക, ഈ സമാന്തര ഫ്ളേറ്റുകൾക്കിടയിൽ ചാലക മല്ലാത്ത മാധ്യമം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു.

കപ്പാസിറ്റർ ചാർജ്ജ് ചെയ്യുന്നതിനായി, സമയാനുസൃത വൈദ്യുതി പ്രവാഹം i_c (ചാലക വൈദ്യുതി എന്നു പറയുന്നു) കമ്പി വഴി പ്രവഹിക്കുന്നു എന്നു കരുതുക.



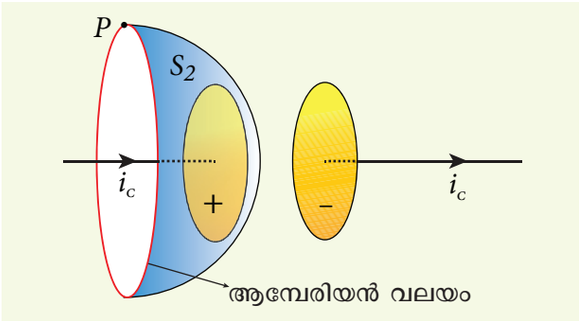
ചിത്രം 5.3 ആമ്പിയറിന്റെ സർക്യൂട്ട് നിയമം പ്രയോഗിക്കുന്നു-വലയം ചുറ്റിയിരിക്കുന്ന പ്രതലം

വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന കമ്പിയ്ക്കു ചുറ്റും ഉണ്ടാകുന്ന കാന്തിക മണ്ഡലം കണ്ടുപിടിക്കാൻ ആമ്പിയർ സർക്യൂട്ട് നിയമം ഉപയോഗിക്കുന്നു.

കമ്പിയുടെ അരികിലെ ബിന്ദു P ലെ കാന്തിക മണ്ഡലം, കപ്പാസിറ്ററിനും പുറത്തുള്ള കാന്തിക മണ്ഡലം എന്നിവ കണ്ടുപിടിക്കാൻ, വൃത്താകാര തലം S_1 നെ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ഒരു വൃത്താകാര ആമ്പേരിയൽ വലയം വരയ്ക്കുന്നുവെന്ന് കരുതുക, (ചിത്രം 5.3). ഈ വലയത്തിൽ ആമ്പിയർ സർക്യൂട്ടൽ നിയമം ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ,

$$\oint_{\text{enclosing } S_1} \vec{B}\cdot\vec{dl} = \mu_0 i_C \quad (5.3)$$

ഇവിടെ μ_0 എന്നത് ശൂന്യതയുടെ പ്രവേശനക്ഷമത എന്നു പറയുന്നു.



ചിത്രം 5.4 ആമ്പിയർ സർക്യൂട്ടൽ നിയമം പ്രയോഗിക്കുന്നു S_2 തലത്തിൽ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന വലയം

ഇപ്പോൾ സമവലയനം ബലൂൺ ആകൃതിയിലുള്ള പ്രതലം S_2 നാൽ അടഞ്ഞിരിക്കുന്നു. അതിനാൽ രണ്ടു പ്രതലങ്ങൾ S_1, S_2 ന്റെ അതിർത്തികൾ സമമായിരിക്കും. എന്നാൽ പ്രതലങ്ങളുടെ ആകൃതി വ്യത്യാസമായിരിക്കും. (ചിത്രം 5.4). കൊടുത്തിരിക്കുന്ന അടഞ്ഞ വലയത്തിലേയ്ക്ക് ആമ്പിയർ നിയമം പ്രയോഗിക്കുന്നതു കാരണം അടഞ്ഞ പ്രതലത്തിന്റെ ആകൃതിയെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല സമാകലനം സമ ഉത്തരം നൽകുന്നു. എന്നാൽ പ്രതലം S_2 ൽ ആമ്പിയർ സർക്യൂട്ട് നിയമം പ്രയോഗിക്കുന്നതിനാൽ)

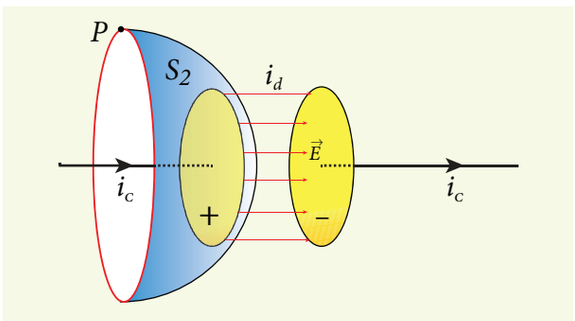
$$\oint_{\text{enclosing } S_2} \vec{B}\cdot\vec{dl} = 0 \quad (5.4)$$

സമവാക്യത്തിന്റെ വലതുവശം പൂജ്യം ആകുന്നു. കാരണം പ്രതലം S_2 ചാലക വൈദ്യുതി കടന്നു പോകുന്ന കമ്പിയുടെ ഒരു ഭാഗത്തും സ്പർശിക്കുന്നില്ല. കൂടാതെ കപ്പാസിറ്ററിന്റെ പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിൽ ഏതൊരു വിവിധ വൈദ്യുത പ്രവാഹവും ഉണ്ടാകുന്നില്ല. അതിനാൽ P എന്ന ബിന്ദുവിൽ കാന്തിക മണ്ഡലം

Mala_UNIT-5(XII-Physics_Vol-1).indd 268 29-06-2022 13:13:59

പൂജ്യം ആയിരിക്കും. അതിനാൽ സമവാക്യം (5.3), (5.4) നിടയിൽ ഒരു പൊരുത്തക്കേട് ഉ≠കുന്നു.

മാക്സ്വെൽ ഈ പൊരുത്തക്കേടുകൾ താഴെ പറയുന്ന രീതിയിൽ പരിഹരിച്ചിട്ടു≠ കപ്പാസിറ്റർ ചാ ർജ്ജ് ചെയ്യുമ്പോൾ, വ്യത്യസ്ത വൈദ്യുതമണ്ഡ ലം കപ്പാസിറ്റർ പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിൽ ഉണ്ടാകുന്നു. കപ്പാസിറ്റർ പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിലെ വൈദ്യുതമണ്ഡല വ്യതിയാനം, ഒരു വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഉണ്ടാക്കുന്നു. മറ്റൊരു രീതിയിൽ പറഞ്ഞാൽ സമയാനുസൃതമായി വ്യതിയാനപ്പെ ടുന്ന വൈദ്യുത മണ്ഡലം (അല്ലെ ങ്കിൽ സമയാനുസൃ തമായി വ്യതിയാനപ്പെടുന്ന ഇലക്ട്രിക് ഫ്ളക്സ്) ഒരു വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു. ഇതിനെ കപ്പാസിറ്റർ പ്ലേറ്റുകൾ ക്കിടയിൽ ഒഴുകുന്ന വിസ്ഥാപന വൈദ്യുതി എന്നു പറയുന്നു (ചിത്രം 5.5).



ചിത്രം 5.5 കപ്പാസിറ്റർ പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിൽ പ്ര യോഗിക്കുന്ന ഗൊസ് നിയമം

സ്ഥിരവൈദ്യുതിയുടെ ഗോസ് നിയമത്തിയിൽ നിന്നും കപ്പാസിറ്റർ പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിലുള്ള ഇലക്ട്രിക് ഫ്ളക്സ് എന്നത്

$$\Phi_E = \oint_S \vec{E}\cdot d\vec{A} = EA = \frac{q}{\epsilon_\circ}$$

ഇവിടെ A എന്നത് കപ്പാസിറ്റർ പ്ലേറ്റുക ളുടെ വിസ് തീർണ്ണം ആകുന്നു. വൈദ്യുത ഫ്ളക് സിന്റെ മാറ്റം എന്നത്

$$\frac{d\Phi_E}{dt} = \frac{1}{\epsilon_o}\frac{dq}{dt} \quad \text{(or)}$$

$$\frac{dq}{dt} = \epsilon_o \frac{d\Phi_E}{dt}$$

$$i_d = \epsilon_o \frac{d\Phi_E}{dt} \qquad (5.5)$$

ഇവിടെ $\frac{dq}{dt} = i_d$ എന്നത് വിസ്ഥാപന വൈദ്യുതി അല്ലെങ്കിൽ മാക്സ്വെല്ലിന്റെ വിസ്ഥാപന വൈദ്യുതി എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

സമയാനുസൃതമായി വ്യതിയാനപ്പെടുന്ന വൈ ദ്യുതി മണ്ഡലം (അല്ലെങ്കിൽ വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ്) കാരണം ഒരു ഭാഗത്തിൽ ഉാകുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാ ഹത്തെ വിസ്ഥാപന വൈദ്യുതി എന്നു പറയുന്നു. മറ്റൊരു രീതിയിൽ പറഞ്ഞാൽ, എപ്പോഴെങ്കിലും വൈ ദ്യുതമണ്ഡലത്തിന് വ്യതിയാനം ഉണ്ടാകുമ്പോൾ, വിസ്ഥാപന വൈദ്യുതി ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു.

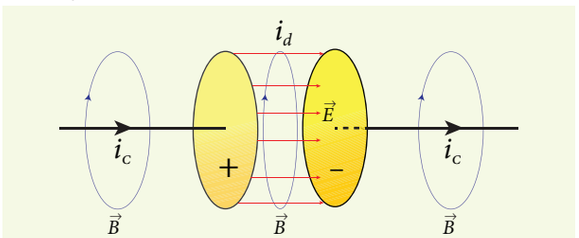
മാക്സ്വെൽ പരിഷ്ക്കരിച്ച ആമ്പിയർ നിയമം എന്നത്

$$\oint_l \vec{B}.d\vec{l} = \mu_0 i = \mu_0 [i_c + i_d]$$

$$\oint_l \vec{B}.d\vec{l} = \mu_0 i_c + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \qquad (5.6)$$

ഇവിടെ ഒരു പ്രതലത്തിൽ ആവരണം ചെയ്യ പ്പെട്ട മൊത്ത വൈദ്യുത പ്രവാഹം എന്നത്, ചാലക വൈദ്യുതി, വിസ്ഥാപന വൈദ്യുതി എന്നിവയുടെ കൂട്ടുതുക ആകുന്നു. അതിനാൽ, $i = i_c + i_d$. സമവാ ക്യം (5.6) നെ ആമ്പിയർ മാക്സ്വെൽ നിയമം എന്നു പറയുന്നു. സർക്യൂട്ടിലെ വൈദ്യുതി പ്രവാ ഹം സ്ഥിര മാകുമ്പോൾ, വിസ്ഥാപന വൈദ്യുതി പൂജ്യം ആയിരിക്കും.

പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിൽ വിസ്ഥാന വൈദ്യുതി പൂജ്യ മല്ലാതിരിക്കുമ്പോൾ, ചാലക വൈദ്യുതി പൂജ്യം ആ കുന്നു. ഈ വിസ്ഥാപന വൈദ്യുതി അല്ലെങ്കിൽ സമ യാനു സൃതമായി വ്യതിയാനപ്പെടുന്ന വൈദ്യുത മണ്ഡലം കപ്പാസിറ്റർ പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിൽ ഒരു കാന്തിക മണ്ഡലം ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു. കപ്പാസിറ്ററി നുള്ളിൽ ഒരു ബിന്ദുവിലെ കാന്തികമണ്ഡലം, വൈ ദ്യുത മണ്ഡലത്തിനും ലംബമായിരിക്കുന്നു. ഇത് ചിത്രം 5.6. ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ കാന്തികബ ലത്തെ സമവാക്യം (5.6) ൽ നിന്നും കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിയും.



ചിത്രം 5.6 ചാലക വൈദ്യുതി വിസ്ഥാപന വൈദ്യു തിയാൽ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന കാന്തികമണ്ഡലം

Mala_UNIT-5(XII-Physics_Vol-1).indd 269 29-06-2022 13:13:59

മാക്സ്വെൽ തിരുത്തലിന്റെ പ്രാധാന്യം:

സൂര്യനിൽ നിന്നും, മറ്റു നക്ഷത്രങ്ങളിൽ നിന്നും ഭൂമി വികിരണങ്ങൾ സ്വീകരിക്കുന്നു ഈ വികിരണങ്ങൾ ശൂന്യമായ ഇടത്തിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്നു. അവിടെ വൈദ്യുത ചാർജ്ജുകളൊന്നും തന്നെ കാണുന്നില്ല അതുകാരണം വൈദ്യുത പ്രവാഹവും ഉണ്ടാകുന്നില്ല. ആമ്പിയർ നിയമം പറയുന്നത് വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന് മാത്രമാണ് കാന്തിമണ്ഡലം ഉൽപാദിപ്പിക്കാൻ കഴിയുന്നത് എന്നാണ്. ആമ്പിയർ നിയമം മാത്രമാണ് സത്യമെങ്കിൽ, ഒരു വികിരണവും ഉണ്ടാകില്ല ആമ്പിയർ നിയമത്തിലെ.

മാക്സ്വൽ തിരുത്തൽ പദം $\left(\mu_0\epsilon_0\frac{d\Phi_E}{dt}\right)$ ഉറപ്പാക്കുന്നത്, വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന്റെ സമയാനുസൃത വ്യതിയാനം അല്ലെങ്കിൽ വിസ്ഥാപന വൈദ്യുതി കാന്തിക മണ്ഡലം ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു. ശൂന്യമായ ഇടത്തിൽ ചാലക വൈദ്യുതി പൂജ്യം ആയാലും വിസ്ഥാപന വൈദ്യുതി നിലനിൽക്കുന്നു. അതിനാൽ സമവാക്യം (5.6)

$$\oint_l \vec{B}.d\vec{l} = \mu_0\epsilon_0\frac{d\Phi_E}{dt}$$ എന്നു മാറുന്നു

നക്ഷത്രങ്ങളിൽ അണുക്കളുടെ താപീയ ഉത്തേജനം കാരണം, സമയാനുസൃതമായി വ്യതിയാനപ്പെടുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലം ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു, അതാകട്ടെ, സമയാനുസൃതമായി വ്യതിയാനപ്പെടുന്ന കാന്തികമണ്ഡലം ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു. ഫാരഡെ നിയമം അനുസരിച്ച് സമയാനുസൃതമായി വ്യതിയാനപ്പെടുന്ന കാന്തികമണ്ഡലം വീണ്ടും സമയാനുസൃതമായി വ്യതിയാനപ്പെടുന്ന വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തെ ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു. അങ്ങനെ ഇത് തുടരുന്നു സമയാനുസൃതമായി വ്യതിയാനപ്പെടുന്ന കാന്തിക മണ്ഡലങ്ങൾ കൂടിച്ചേർന്ന് ശൂന്യമായ സ്ഥലം വഴി പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗതയോടു കൂടി സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഇതിനെ വൈ ദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ എന്നു പറയുന്നു.

മാക്സ്വെൽ തുടക്കത്തിൽ പൂർണ്ണമായും സമമിതിവാദത്തോടെയാണ് ആരംഭിച്ചതെങ്കിലും അദ്ദേഹത്തിന്റെ തിരുത്തൽ പദം പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ തിരുത്തൽ പദത്തിന്റെ ഒരു പ്രധാന വശത്തെ വിശദീകരിക്കുന്നു. അതായത് വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ നില നിൽപിനെ വിശദീകരിക്കുന്നു.

കുറിപ്പ്

വിസ്ഥാപന വൈദ്യുതി

മാക്സ്വെൽനാമകരണംചെയ്തതിനാലാണ് ഇതിനും ഈ പേര് ലഭിച്ചത്. വിസ്ഥാപനം എന്ന പദം തെറ്റായി തിരഞ്ഞെടുത്തിരിക്കുന്നു, കാരണം ഇവിടെ വിസ്ഥാപം ഒന്നും തന്നെ സംഭവിക്കുന്നില്ല.

ഉദാഹരണം 5.1

ഒരു സമാന്തര പ്ലേറ്റ് കപ്പാസിറ്റർ കരുതുക. ഇതിനെ 230 V RMS വില, ആവൃത്തി 50 Hz മായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. കപ്പാസിറ്റർ പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരം, പ്ലേറ്റുകളുടെ വിസ്തീർണ്ണം യഥാക്രമം 1 മി.മീ, 20 സെ.മീ^{2} ആണെങ്കിൽ $t = 1$ s ൽ വരുന്ന വിസ്ഥാപന വൈദ്യുതി കണ്ടുപിടിക്കുക.

പരിഹാരം

കപ്പാസിറ്ററിന്റെ പ്ലേറ്റുകൾക്കിടയിലുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം,,

$$V = V_{max}\sin 2\pi ft$$
$$= 230\sqrt{2}\ \sin(2\pi \times 50t)$$
$$\therefore V = 325\sin 100\pi t$$

$d = 1$ മി.മീ $= 1 \times 10^{-3}$ മീ

$A = 20$ സെ.മീ^{2} $= 20 \times 10^{-4}$ മീ^{2}

വിസ്ഥാപന വൈദ്യുതി, $i_d = \epsilon_\circ\frac{d\Phi_E}{dt} = \epsilon_\circ\frac{d(EA)}{dt}$

$$\therefore i_d = \frac{\epsilon_0 A}{d}\left[\frac{dV}{dt}\right] \qquad \left[\because E = \frac{V}{d}\right]$$
$$= \frac{\epsilon_0 A}{d}(325)(100\pi)\cos 100\pi t$$
$$= \begin{pmatrix} 8.85\times10^{-12}\times20\times10^{-4}\times325 \\ \times 100\times3.14\times\cos(100\pi\times1)\end{pmatrix}\Big/\left(1\times10^{-3}\right)$$
$$= 1.81\times10^{-6}\,\text{A} = 1.81\,\mu\text{A} \quad [\because \cos(100\pi\times1) = 1]$$

5.1.2 സമാകലന രൂപത്തിള്ള മാക്സ് വെല്ലിന്റെ സമവാക്യങ്ങൾ

ഇലക്ട്രോ ഡൈനാമിക്സ് നാലു അടിസ്ഥാന സമവാക്യങ്ങളിൽ സംഗ്രഹിക്കാം. ഈ സമവാക്യങ്ങൾ മെക്കാനിക്സിലെ ന്യൂട്ടന്റെ സമവാക്യങ്ങൾക്ക് സമമാണ്. മാക്സ്വെല്ലിന്റെ സമവാക്യങ്ങൾ മുഴുവനായും വിവരിക്കുന്നത്, ചാർജ്ജുകളുടെയും വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന്റെയും സ്വഭാവം, വൈദ്യുത കാന്തിക മണ്ഡലങ്ങളുടെ ഗുണങ്ങൾ എന്നിവയെ കുറിച്ചാണ്. ഈ സമവാക്യങ്ങളെ ഇൻഡഗ്രേഷൻ രൂപത്തിലും, ഡിഫറൻഷ്യൽ രൂപത്തിലും എഴുതാൻ കഴിയും. മാക്സ്വെൽ സമവാക്യങ്ങളുടെ ഡിഫ റൻഷ്യൽ രൂപം ഹയർസെക്ന്ററി തലത്തിനപ്പുറം ഉൾക്കൊള്ളിച്ചിരിക്കുന്നു. അതിനാൽ നമ്മൾ ഇവിടെ കേന്ദ്രീകരിക്കുന്നത്

Mala_UNIT-5(XII-Physics_Vol-1).indd 270 29-06-2022 13:14:00

മാക്സ്വെൽ സമവാക്യങ്ങളുടെ ഇൻഡഗ്രൽ രൂപം മാത്രമാണ്.

ആദ്യ സമവാക്യം

ഇത് ഗോസ് വൈദ്യുത നിയമമാണ്. ഇത് ഒരു പ്രതലത്തിൽ മൂടപ്പെട്ടമൊത്ത വൈദ്യുത ഫ്ളക്സിനെയും, മൊത്ത വൈദ്യുത ചാർജ്ജിനെയും ബന്ധിപ്പിക്കുന്നു. ഗണിതപരമായി, ഇതിനെ താഴെ പറയുന്ന രീതിയിൽ സൂചിപ്പിക്കാം

$$\oint_s \vec{E}\cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\text{അടുത്ത}}}{\epsilon_\circ}$$

(ഗാസ് വൈദ്യുത നിയമം) (5.7)

ഇവിടെ $\vec{E}$ എന്നത് വൈദ്യുതമണ്ഡലവും Q മൂടപ്പെട്ടത്, പ്രതലം S നാൽ മൂടപ്പെട്ട മൊത്ത ചാർജ്ജും ആകുന്നു. ചാർജ്ജുകളുടെ വ്യതിരിക്തവും, നിരന്തരവുമായ വിതരണത്തിന് ഈ സമവാക്യം ശരിയാകുന്നു.

ഇതോടൊപ്പം ഇത്സൂചിപ്പിക്കുന്നത് വൈദ്യുത മണ്ഡലരേഖകൾ പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജിൽ തുടങ്ങി നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജിൽ അവസാനിക്കുന്നു എന്നാണ്. ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്, വൈദ്യുത മണ്ഡല രേഖകൾ ഒരു നിരന്തരമായഅടഞ്ഞ പാതയെ രൂപപ്പെടുത്തുന്നില്ല എന്നാണ്. മറ്റൊരു രീതിയിൽ പറഞ്ഞാൽ ഇത് അർത്ഥമാക്കു ന്നത് ഒറ്റപ്പെട്ട പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജ് അല്ലെങ്കിൽ നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജ് നിലനിൽക്കുന്നു എന്നാണ്.

രണ്ടാം സമവാക്യം

ഇത് ഗാസ് വൈദ്യുത നിയമത്തിനും സമമാണ്. അതിനാൽ ഈ നിയമത്തെ ഗാസ് കാന്തിക നിയമം എന്നും പറയുന്നു. അടഞ്ഞ ഉപരിതലത്തിൽ കാന്തിക മണ്ഡലത്തിന്റെ ഉപരിതല സമഗ്രത പൂജ്യമാകുന്നു. ഗണിതപരമായി,

$$\oint_s \vec{B}\cdot d\vec{A} = 0$$

(ഗാസ്കാന്തിക നിയമം) (5.8)

ഇവിടെ $\vec{B}$ എന്നത് കാന്തികമണ്ഡലം ആകുന്നു.

ഈ സമവാക്യം സൂചിപ്പിക്കുന്നത് കാന്തിക ബലരേഖകൾ, നിരന്തരമായ അടഞ്ഞ പാത രൂപം നൽകുന്നു എന്നാണ്. മറ്റൊരു രീതിയിൽ പറഞ്ഞാൽ, ഇത് അർത്ഥമാക്കുന്നത് ഒറ്റപ്പെട്ട കാന്തിക ഏകധ്രുവം നിലനിൽക്കില്ല എന്നാണ്.

മൂന്നാം സമവാക്യം

ഇത് ഫാരഡെയുടെ വൈദ്യുതകാന്തിക പ്രേരണ നിയമം ആകുന്നു. ഈ നിയമം ബന്ധിപ്പിക്കുന്നത്, വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തേയും കാന്തിക ഫ്ളക്സിന്റെ വ്യതിയാനത്തെയാണ്. ഗണിതശാസ്ത്രപരമായി താഴെ പറയുന്ന രീതിയിൽ എഴുതാം

$$\oint_l \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt}\Phi_B \quad \text{(ഫാരഡെ നിയമം)} \qquad (5.9)$$

ഇവിടെ $\vec{E}$ എന്നത് വൈദ്യുതമണ്ഡലം ആകുന്നു. ഈ സമവാക്യം സൂചിപ്പിക്കുന്നത് ഏതൊരു അടഞ്ഞ പാതയിലൂടെയുള്ള വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന്റെ ലൈൻ ഇൻഡഗ്രൽ പ്രതലത്തിനാൽ ചുറ്റപ്പെട്ട അടഞ്ഞ പാതയിലൂടെയുള്ള കാന്തിക എക്സിന്റെ മാറ്റത്തിന്റെ തോതിനും സമമായിരിക്കും.

നമ്മുടെ ആധുനിക സാങ്കേതിക വിപ്ലവത്തിനു കാരണം ഫാരഡെയുടെ വൈദ്യുത കാന്തിക പ്രേരണ നിയമമാകുന്നു.

നാലാം സമവാക്യം

ഇത് ആമ്പിയർ സർക്യൂട്ടൽ നിയമത്തിന്റെ തിരുത്തൽ ആകുന്നു. ഇതിനെ മാക്സ്വെൽ ആമ്പിയർ നിയമം എന്നു പറയുന്നു. ഈ നിയമം ബന്ധിപ്പിക്കുന്നത് ഏതൊരു അടഞ്ഞ പാതയിലൂടെയുള്ള കാന്തിക മണ്ഡലം, അതേ പാതയിലൂടെയുള്ള ചാലക വൈദ്യുതി, വിസ്ഥാപന വൈദ്യുതി എന്നിവയെ തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുന്നു.

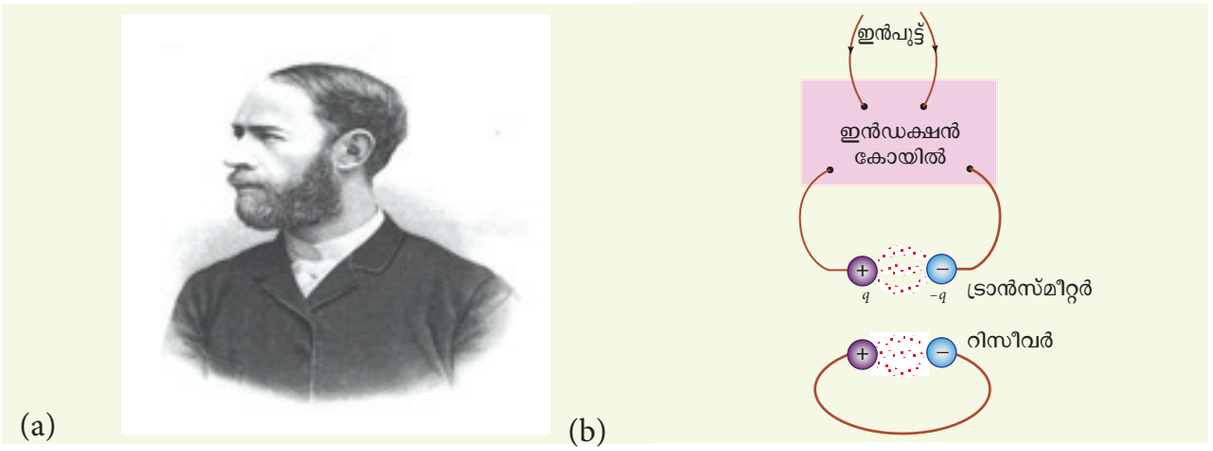
$$\oint_l \vec{B}.\vec{dl} = \mu_0 i_C + \mu_0\epsilon_0 \frac{d}{dt}\oint_s \vec{E}.\vec{dA}$$

(ആമ്പിയർ-മേക്സ്വെൽ നിയമം) (5.10)

ഇവിടെ $\vec{B}$ എന്നത് കാന്തികമണ്ഡലം ആകുന്നു. ഈ സമവാക്യം കാണിക്കുന്നത്, ചാലക വൈദ്യുതിയും വിസ്ഥാപന വൈദ്യുതിയും കാന്തിക മണ്ഡലത്തെ ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു എന്നാണ്.

ഈ നാലു സമവാക്യങ്ങളെയും ഇലക്ട്രോഡൈനാമിക്സിലെ മാക്സ്വെല്ലിന്റെ സമവാക്യങ്ങൾ എന്നു പറയുന്നു. ഈ സമവാക്യങ്ങൾ ഉറപ്പാക്കുന്നത് വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ നിലനിൽപിനെയാണ്. ലോകത്തിലെ മുഴുവൻ ആശയവിനിമയ സംവിധാനവും ആശ്രയിക്കുന്നത്, വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങളെയാണ്. വാസ്തവത്തിൽ ഈ ജ്യോതിശാസ്ത്ര വസ്തുക്കൾ പുറപ്പെടുവിക്കുന്ന വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങളെ വിശകലനം ചെയ്തുകൊണ്ടാണ് നക്ഷത്രങ്ങൾ, ഗാലക്സി, ഗ്രഹങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയെക്കുറിച്ചുള്ള നമ്മുടെ ധാരണ വരുന്നത്.

Mala_UNIT-5(XII-Physics_Vol-1).indd 271 29-06-2022 13:14:01



ചിത്രം 5.7 (a) ഹെൻഡ്രിട്ച്ച് റുടോൾഫ് ഹെർട്സ് (b) ഹെർട്സ് ഉപകരണത്തിന്റെ ചിത്രം

5.2 വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ

വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങൾ പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗതയ്ക്ക് തുല്യമായ വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന യാന്ത്രി കേതര തരംഗങ്ങളാകുന്നു. ഇത് ഒരു അനു പ്രസ്ഥതരംഗമാണ്. ഇനി പറയുന്ന ഉപവിഭാഗങ്ങളിൽ ചർച്ച ചെയ്യപ്പെടുന്നത്, വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ ഉൽപാദനം, അതിന്റെ ഗുണങ്ങൾ, വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ ശ്രോതസ്സുകൾ, വൈദ്യുത കാന്തിക സ്പെക്ട്രത്തിന്റെ വർഗ്ഗീകരണം എന്നിവയാണ്.

5.2.1 വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ ഉൽപാദനവും, ഗുണങ്ങളും

വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ ഉൽപാദനം ഹെർട്സ് പരീക്ഷണം

1888 ൽ ഹെന്റിക് റുഡോർഫ്, ഹെർട്സ് മാക്സ് വെല്ലിന്റെ പ്രവചനം പരീക്ഷണാത്മകമായി സ്ഥിരീകരിച്ചു. ഉപയോഗിച്ച പരീക്ഷണാത്മക സജ്ജീകരണം ചിത്രം 5.7 (b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

ചെറിയ ഗോളാകൃതിയിലുള്ള ലോഹങ്ങളാൽ നിർമ്മിതമായ രണ്ടു ലോഹ ഇലക്ട്രോഡുകൾ ഇതിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഇവവലിയ ഗോളങ്ങളുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. അവയുടെ അഗ്രങ്ങളിൽ വളരെ കൂടുതൽ ചുറ്റുകളുള്ള പ്രേരിത കമ്പിച്ചുരുൾ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇത് വളരെ കൂടുതൽ വൈദ്യുതചാലക ബലം (emf) നെ ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു.

കമ്പിചുരുൾ വളരെ ഉയർന്ന പൊട്ടൻഷ്യലിൽ പരിപാലിക്കപ്പെടുന്നതിനാൽ ഇലക്ട്രോഡുകൾക്കിടയിലുള്ള വായു അയോണീകരിക്കപ്പെടുകയും ഒരു തീപ്പൊരി ഉണ്ടാകുകയും ചെയ്യുന്നു. (സ്പാർക്ക് എന്നത് വൈദ്യുതിയുടെ ഡിസ്ചാർജ്ജ് ആണ്) ഈ വൈദ്യുതിയുടെ ഡിസ്ചാർജ്ജ് വളരെ ദൂരത്തിൽ വച്ചിരിക്കുന്ന മറ്റൊരു ഇലക്ട്രോഡിനെ (വളയത്തിന്റെ തരം മുഴുവനായി അടയാത്തത്) ബാധിക്കുന്നു. ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത് ഊർജ്ജം ഇലക്ട്രോഡിൽ നിന്നും റിസീവറിലേയ്ക്ക് തരംഗത്തിന്റെ രൂപത്തിൽ പ്രേക്ഷ ണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു എന്നാണ്. ഇവയെ വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ എന്നു പറയുന്നു.

റിസീവർ 90°, ൽ തിരിക്കുകയാണെങ്കിൽ, റിസീവറിനാൽ തീപ്പൊരി ഒന്നും ഉണ്ടാകുന്നില്ല. മാക്സ്വെൽ പ്രവചിച്ചതുപോലെ വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ തിരശ്ചീന തരംഗങ്ങൾ ആണെന്ന് ഇത് സ്ഥിരീകരിക്കുന്നു. ഹെർട്സ്, റേഡിയോ തരംഗങ്ങളെ കണ്ടെത്തുകയും, റേഡിയോ തരംഗങ്ങളുടെ വേഗത കണക്കു കൂട്ടുകയും ചെയ്തു. ഇത് പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗത (3×10^8 m s^{-1}) യ്ക്ക് സമമാണ്.

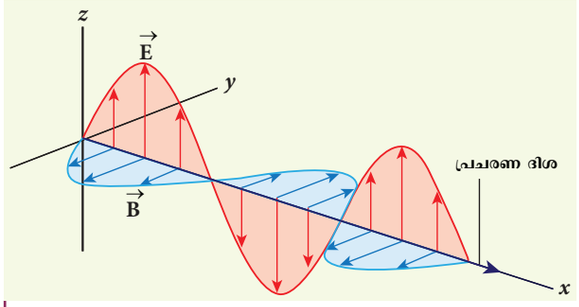
കുറിപ്പ്

LC ദോലനത്തിന്റെ ആവൃതി $\left(f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{Hz}\right)$ നു തുല്യമായ ആവൃത്തിയുള്ള റേഡിയോ തരംഗങ്ങളെ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നതിന് കൃത്യമായ ക്രമീകരണമുള്ള LC ദോലക പരിപഥം ഉപയോഗിക്കുന്നു.

വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ സവിശേഷതകൾ

1. ത്വരിതപ്പെടുത്തിയ ചാർജ്ജുകൾ വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ നിർമ്മിക്കുന്നു.
2. വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ പ്രചരണത്തിന് ഒരു മാധ്യമത്തിന്റെയും ആവശ്യം ഇല്ല. അതിനാൽ വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ ഒരു യാന്ത്രികേതര തരംഗം ആകുന്നു.
3. ആന്തോളനം ചെയ്യപ്പെടുന്ന വൈദ്യുത മണ്ഡല വെക്ടർ, കാന്തിക മണ്ഡല വെക്ടർ,

Mala_UNIT-5(XII-Physics_Vol-1).indd 272 29-06-2022 13:14:02



ചിത്രം 5.8 വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങൾ- അനുപ്രസ്ഥ തരംഗങ്ങൾ

പ്രചാരണ വെക്ടർ എന്നിവ പരസ്പരം ലംബ മായിരിക്കുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന് വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ, ചിത്രം 5.8, ൽ കാണിച്ചി രിക്കുന്നതു പോലെയാണെങ്കിൽ, പ്രചരണ ദിശ, x-ദിശയിലായിരിക്കും.

4. ശൂന്യമായ ഇടം അല്ലെങ്കിൽ ശൂന്യതയിൽ, വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ പ്രകാശത്തി ന്റെ വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു, $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 3\times10^8\,\mathrm{m\,s^{-1}}$, ഇവിടെ ϵ_0 എന്നത് ശൂന്യത അല്ലെങ്കിൽ ശൂന്യമായ ഇടത്തിലെ പെർമിറ്റിവിറ്റിയും μ_0 എന്നത് ശൂന്യതയിലെ പെർമിയബിലിറ്റിയും ആകുന്നു. (പെർമിറ്റിവിറ്റി അധ്യായം 1 ലും പെർമിയബിലിറ്റി അധ്യായം 3 ലും പരാമർശിച്ചിരിക്കുന്നു).

5. ε പെർമിറ്റിവിറ്റിയും μ, പെർമിയബിലിറ്റിയു മുള്ള ഒരു മാധ്യമത്തിൽ വൈദ്യുത കാന്തിക തരം ഗങ്ങളുടെവേഗത, ശൂന്യത അല്ലെങ്കിൽ ശൂന്യ മായ ഇടത്തിലെ വേഗതയെക്കാളും കുറവാ യിരിക്കും ($v < c$).

അപവർത്തനാങ്കം ഉള്ള ഒരു മാധ്യമത്തിൽ,

$$n = \frac{c}{v} = \frac{1/\sqrt{\epsilon_0\mu_0}}{1/\sqrt{\epsilon\mu}} \quad \therefore n = \sqrt{\epsilon_r \mu_r}$$

ഇവിടെ ϵ_r എന്നത് മാധ്യമത്തിലെ റിലേറ്റീവ് പെർമിറ്റിവിറ്റി ആകുന്നു. (ഡൈഇലക്ട്രിക് സ്ഥി രാങ്കം എന്നും പറയുന്നു) μ_r എന്നത് മാധ്യമ ത്തിലെ റിലേറ്റീവ് പെർമിയബിലിറ്റി ആകുന്നു.

6. വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിനാലും, കാന്തിക മണ്ഡലത്തിനാലും വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗ ങ്ങൾ വ്യതി ചലിക്കുന്നില്ല.

7. വൈദ്യുത തരംഗങ്ങൾ വ്യതികലനം, വ്യതി യാനം, ദ്രുവീകരണം പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നു.

8. മറ്റുള്ള തരംഗങ്ങളെ പോലെ, വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ, ഊർജ്ജം, രേഖീയ ആക്കം, വർത്തുള ആക്കം എന്നിവയെ വഹിക്കുന്നു.

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

- EM തരംഗങ്ങൾക്ക് കണികകളെപ്പോലെ രേഖീയ ആവേഗവും, കോണീയ ആവേഗവും ഉണ്ടെന്ന് മനസിലാക്കുന്നത് ആശ്ചര്യകരമാണ്. ഒപ്റ്റിക്കൽ ട്വീസറുകൾ കണ്ടുപിടിച്ചതിനും ഉയർന്ന തീവ്രമായ ലൈറ്റ് പൾസുകളുടെ ഉൽപാദനത്തിനും, 2018 ൽ ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിനുള്ള നോബൽ സമ്മാനം ലഭിച്ചു.
- ട്വീസർ ഒരു ലേസർ ലൈറ്റ് മാത്രമാണ്, മൈക്രോ സൈസ് കാണികളെയോ, തൻമാത്രകളെയോ ഒരു സ്ഥലത്തു നിന്നും മറ്റൊരു സ്ഥലത്തേയ്ക്ക് നീക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു. ആധാര മേഖലയിൽ ഇതിന് ധാരാളം ഉപയോഗങ്ങൾ ഉണ്ട്. ഈ ഒപ്റ്റിക്കൽ ട്വീസർ ഉപയോഗിച്ച് ബാക്ടീരിയയെയും വൈറസിനെയും സാധാരണ ടിഷ്യുവിൽ നിന്നു മാത്രം വേർതിരിക്കാനും, ക്യാൻസർ കോശങ്ങളെ സാധാരണ ആരോഗ്യകരമായ കോശങ്ങളിൽ നിന്നും വേർതിരിക്കാനും കഴിയും. ഒപ്റ്റിക്കൽ ട്വീസർ, EM തരംഗങ്ങളുടെ ആവേഗ സവിശേഷതയെ ഉപയോഗിക്കുന്നു.
- വാസ്തവത്തിൽ, ധൂമക്കേതുവിന് വാൽ ആകൃതിയുണ്ട്. കാരണം സൂര്യപ്രകാശം വലിയ അളവി ലുള്ള രേഖീയ ആവേഗം നൽകുന്നു. ഇത് ധൂമകേതുവിന്റെ പിണ്ഡത്തെ സൂര്യനിൽ നിന്നും അകറ്റുന്നു.
- EM തരംഗങ്ങളുടെ വർത്തുള ആവേഗം ലളിതമായി മനസ്സിലാക്കാൻ കഴിയും. വിപരീതമായി ചാർജ്ജ് ചെയ്ത ഒരു കോ-ആക്സിയൽ സിലിണ്ടറിക്കൽ ഷെല്ലുകൾ പരിഗണിക്കുക അവയ്ക്കിടയിൽ ഒരു സോളിനോയിഡ് വച്ചിരി ക്കുന്നു. ഇതിലൂടെ ഒരു AC വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഒഴുകുന്നു. സോളിനോയിഡിലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹം പൂജ്യമായി കുറയുമ്പോൾ, ആന്തരിക, ബാഹ്യ സിലിണ്ടറിക്കൽ ഷെല്ലുകൾ വിപരീത ദിശകളിൽ കറങ്ങാൻ തുടങ്ങും. ഈ സിലിണ്ടറുകളുടെ ഭ്രമണം AC വൈദ്യുത പ്രവാഹത്താൽ ഉൽപാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന മണ്ഡലത്തിൽ നിന്നുള്ള വർത്തുള ആവേഗം നൽകുന്നു.

Mala_UNIT-5(XII-Physics_Vol-1).indd 273 29-06-2022 13:14:03

ഉദാഹരണം 5.2

ഒരു മാധ്യമത്തിലെആപേക്ഷിക കാന്തിക പെർമിയ ബിലിറ്റി 2.5 ഉം മാധ്യമത്തിലെ ആപേക്ഷിക വൈദ്യുതി പെർമിയബിലിറ്റി 2.25 ഉം ആകുന്നു. മാധ്യമത്തിലെ അപവർത്തനാങ്കം കണ്ടുപിടിക്കുക.

പരിഹാരം

ഡൈഇലക്ട്രിക് സ്ഥിരാങ്കം (മാധ്യമത്തിലെ ആപേക്ഷിക പെർമിയബിലിറ്റി), $\epsilon_r = 2.25$

കാന്തിക പെർമിയബിലിറ്റി, $\mu_r = 2.5$

മാധ്യമത്തിലെ അപവർത്തനാങ്കം,

$$n = \sqrt{\epsilon_r \mu_r} = \sqrt{2.25 \times 2.5} = 2.37$$

5.2.2 വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ സ്രോതസ്സുകൾ

ഏതൊരു നിശ്ചല ചാർജ്ജും വൈദ്യുതമണ്ഡലം മാത്രമേ നിർമ്മിക്കുകയുള്ളൂ. (അധ്യായം 1 ൽ) ചാർജ്ജ് ഏകീകൃത വേഗതയിൽ നീങ്ങുമ്പോൾ അത് സ്ഥിരമായ വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു. അത് ചാർജ്ജ് ഒഴികുന്ന ചാലകത്തിനു ചുറ്റും കാന്തിക മണ്ഡലം നൽകുന്നു. ചാർജ്ജ് കണികകൾ ത്വരിതപ്പെടുത്തിയാൽ, ഇത് വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിനു പുറമേ കാന്തിക മണ്ഡലവും ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു. വൈദ്യുത കാന്തിക മണ്ഡലങ്ങൾ രണ്ടും സമയാനു സൃതമായി വ്യതിയാനപ്പെടുന്ന മണ്ഡലങ്ങളാണ്. വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗ പ്രചാ രണത്തിന്റെ ദിശ, വൈദ്യുത കാന്തിക മണ്ഡല വെ ക്ടറുകൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന തലത്തിന് ലംബമായിരിക്കും.

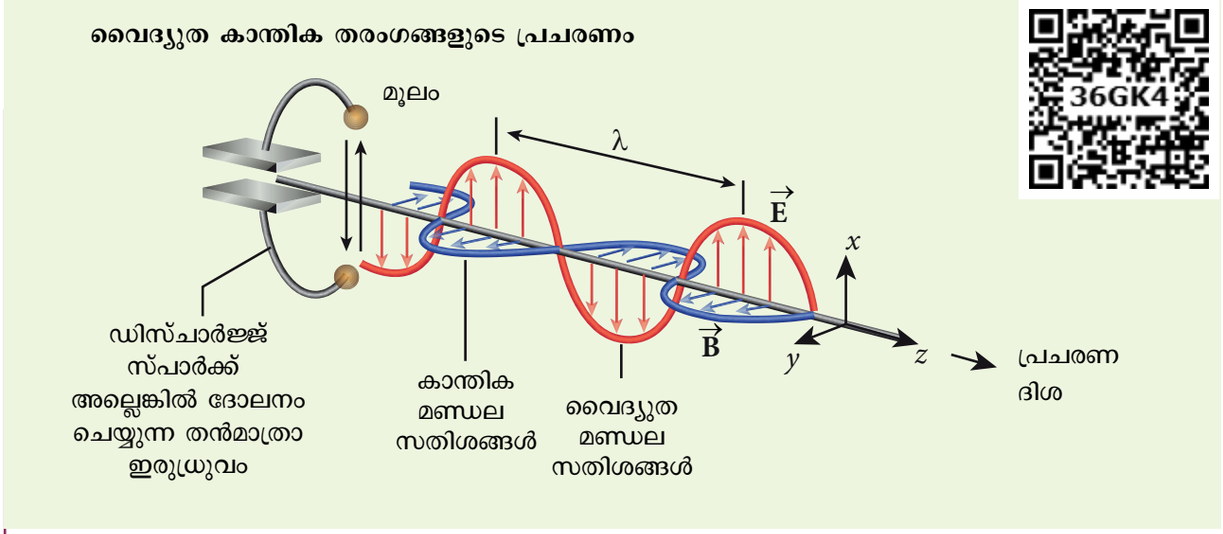
ഏതൊരു ആന്തോളന ചലനവും ഒരു ത്വരിതചലനമാകുന്നു. അതിനാൽ ചാർജ്ജ് അവയുടെ ശരാശരി സ്ഥാനത്തിൽ ആന്തോളനം ചെയ്യുമ്പോൾ (തൻമാത്രകളുടെ ഇരു ധ്രുവത്തിന്റെ ആന്തോളനം) വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു.

വൈദ്യുത കാന്തിക മണ്ഡലം ശൂന്യതയിൽ z-ദിശയിൽ പ്രചരിക്കുകയും വൈദ്യുത മണ്ഡല സതിശ ബിന്ദുക്കൾ x-ദിശയിലുമാണെങ്കിൽ കാന്തിക മണ്ഡല സതിശം വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിലും തരംഗം പ്രചരിക്കുന്ന ദിശയ്ക്കും ലംബമായിരിക്കും. അതിനാൽ

$$E_x = E_\circ \sin\left(kz - \omega t\right)$$

$$B_y = B_\circ \sin\left(kz - \omega t\right)$$

ഇവിടെ $E_\circ$, $B_\circ$ എന്നത് ആന്തോളന വൈദ്യുത കാന്തിക മണ്ഡലത്തിന്റെ ആയതിയും, k എന്നത് തരംഗ സംഖ്യയും, ω എന്നത് തരംഗത്തിന്റെ വർത്തുള ആവൃത്തിയും ആകുന്നു. $\hat{k}$ (യൂണിറ്റ് വെക്ടർ ഇവിടെ ഇതിനെ പ്രചരണ വെക്ടർ



ചിത്രം 5.9 ആന്തോളന ചാർജ്ജുകൾ വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ സ്രോതസ്സുകൾ

Mala_UNIT-5(XII-Physics_Vol-1).indd 274 29-06-2022 13:14:04

എന്നു പറയുന്നു) ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്, വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ ദിശയെയാണ്.

വൈദ്യുതമണ്ഡലവും കാന്തിക മണ്ഡലവും സ്രോതസിന്റെ ആവൃത്തിയ്ക്ക് (ഇവിടെ വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ ഉൽപാദന സ്രോതസ്സ്, ആന്തോളന ചാർജ്ജ് ആകുന്നു) സമമായ ആവൃത്തിയോടു കൂടി (വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ ആവൃത്തി) ആന്തോളനം ചെയ്യുന്നു ശൂന്യതയിൽ E, B_o യ്ക്കിടയിലുള്ള അനുപാതം വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ വേഗതയ്ക്ക് സമമാകുന്നു. ഇത് പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗത c യ്ക്ക് തുല്യവുമാണ്.

$$c = \frac{E_\circ}{B_\circ}$$

ഏതൊരു മാധ്യമത്തിലും E_o, B_o ഇടയിലുള്ള അനുപാതം, അതേ മാധ്യമത്തിലെ വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗത്തിന്റെ വേഗതയ്ക്ക് തുല്യമാണ്

$$v = \frac{E_\circ}{B_\circ} < c$$

വീണ്ടും വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ ഊർജ്ജം, ആന്തോളന ഊർജ്ജത്തിൽ നിന്നും വരുന്നു.

ഉദാഹരണം 5.3

വൈദ്യുത കാന്തിക മണ്ഡലങ്ങളുടെ ആയതിയഥാ ക്രമം 3×10^4 N C^{-1} ,2×10^{-4} T, ആണെങ്കിൽ, മാധ്യമത്തിലെ വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ വേഗത കണ്ടുപിടിക്കുക.

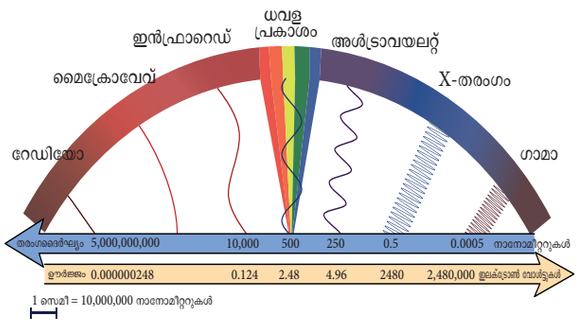
പരിഹാരം

വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന്റെ ആയതി,
$E_o = 3 \times 10^4$ N C^{-1}

കാന്തിക മണ്ഡലത്തിന്റെ ആയതി, $B_o = 2 \times 10^{-4}$ T. അതുകൊണ്ട്, അതേ മാധ്യമത്തിലെ വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ വേഗത എന്നത്

$$v = \frac{3 \times 10^4}{2 \times 10^{-4}} = 1.5 \times 10^8 \, ms^{-1}$$

5.2.3 വൈദ്യുത കാന്തിക സ്പെക്ട്രം



ചിത്രം 5.10 വൈദ്യുത കാന്തിക സ്പെക്ട്രം

തരംഗദൈർഘ്യം അല്ലെങ്കിൽ ആവൃത്തിയെ ആസ്പദമാക്കിയ വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ വർഗ്ഗീകരണമാണ് വൈദ്യുത കാന്തിക സ്പെക്ട്രം (ചിത്രം 5.10).

റേഡിയോ തരംഗങ്ങൾ

വൈദ്യുതചാലക കമ്പികളിലെ ചാർജ്ജുകൾ ത്വരണം ചെയ്യപ്പെടുമ്പോൾ, റേഡിയോ തരംഗങ്ങൾ ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു. ഇവയുടെ ആവൃത്തി, സാധാരണയായി, കുറഞ്ഞ Hz മുതൽ 10^9 Hz വരെയാണ്. അവ പ്രതിഫലനവും, വ്യതിയാനവും കാണിക്കുന്നു. അൾട്രാ ഹൈഫ്രീക്വൻസി ബാൻഡിൽ ശബ്ദ ആശയ വിനിമയം പ്രക്ഷേപണം ചെയ്യുന്നതിന് റേഡിയോ, ടെലിവിഷൻ ആശയ വിനിമയ സംവിധാനങ്ങളിലും സെല്ലുലാർ ഫോണുകളിലും അവ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

മൈക്രോ തരംഗങ്ങൾ

ക്ലൈസ്ട്രോൺ, മാഗ്നെട്രോൺ, ഗൺ ഡയോഡുകൾ തുടങ്ങിയ പ്രത്യേക വാക്വം ട്യൂബുകൾ ഉപയോഗിച്ചാണ് ഇവ ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നത്. മൈക്രോ തരംഗങ്ങളുടെ ആവൃത്തി പരിധി 10^9 Hz മുതൽ 10^{11} Hz. വരെയാണ് ഈ തരംഗങ്ങൾ പ്രതിഫലനത്തിനും വിധേയമാകുകയും, ധ്രുവീകരിക്കാൻ കഴിയുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഇത് വ്യോമസഞ്ചാരത്തിലെ റഡാർ, വാഹനത്തിന്റെ വേഗത, പാചകത്തിനുള്ള മൈക്രോവേവ് ഓവൻ, ഉപഗ്രഹങ്ങളിലൂടെ വളരെ ദൂരെയുള്ള വയർലസ് ആശയ വിനിമയം എന്നിവയിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ഇൻഫ്രാറെഡ് തരംഗങ്ങൾ

ഉയർന്ന താപനിലയുള്ള വസ്തുക്കളാലും (ഇവ താപ തരംഗങ്ങൾ എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു) ഭ്രമണ വൈബ്രേഷണൽ സംക്രമണങ്ങൾക്കും വിധേയമാകുന്ന തൻമാത്രകളാലും, ഇത് ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു. ആവൃത്തി പരിധി 10^{11} Hz മുതൽ 4×10^{14} Hz വരെയാകുന്നു.

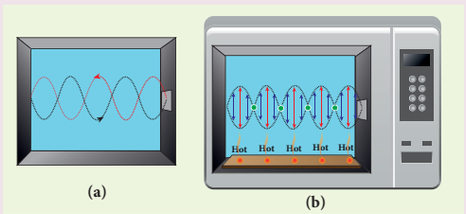
ഇത് സോളാർ സെല്ലുകളാൽ ഉപഗ്രഹങ്ങൾക്ക് വൈദ്യുത ഊർജ്ജം നൽകുന്നു. നിർജ്ജലീകരണം ചെയ്ത പഴങ്ങൾ, ഹരിത ഗൃഹങ്ങളിൽ സസ്യങ്ങളെ

Mala_UNIT-5(XII-Physics_Vol-1).indd 275 29-06-2022 13:14:05

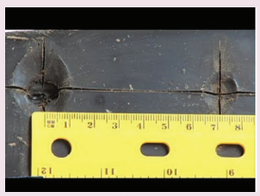
പ്രവർത്തനം

മൈക്രോ വേവ് ഓവൻ ഉപയോഗിച്ച് പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗത അളക്കുന്നു

ഇപ്പോൾ ഭക്ഷ്യ വസ്തുക്കളെ ചൂടാക്കാൻ മൈക്രോവേവ് ഓവൻ സാധാരണയായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. 1 മി.മീ മുതൽ 30 സെ.മി വരെ തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള മൈക്രോ തരംഗങ്ങൾ ഈ ഓവനുകളിൽ ഉൽപാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. ഇത്തരം തരംഗങ്ങൾ ഓവന്റെ ഇരുചുമരുകൾക്കിടയിൽ നിശ്ചലതരംഗങ്ങളായി മാറുന്നു. മൈക്രോവേവ് ഓവൻ ഉപയോഗിച്ച് വേഗത അളക്കാൻ കഴിയുമെന്നത് ശ്രദ്ധേയമാണ്.




(c)


(d)

XI ഭൗതികശാസ്ത്രം, ഭാഗം 2, അധ്യായം 11 ൽ നിശ്ചല തരംഗങ്ങളെ കുറിച്ച് നമ്മൾ പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്. നിശ്ചല തരംഗങ്ങൾക്ക് നിശ്ചിത ബിന്ദുക്കളിൽ നോഡുകളും, ആൻറിനോഡുകളും ഉണ്ട്. നോഡ് ബിന്ദുവിൽ, തരംഗ ത്തിന്റെ ആയതി പൂജ്യവും, ആന്റിനോഡ് ബിന്ദുവിൽ, ആയതി പരമാവധിയും ആകുന്നു. മറ്റൊരു രീതി യിൽ പറഞ്ഞാൽ, മൈക്രോ വേവുകളുടെ പരമാവധി ഊർജ്ജം, ആന്റിനോഡ് ബിന്ദുക്കളിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു. ചപ്പാത്തി അല്ലെങ്കിൽ ചോകേറ്റ് പോലുള്ള ചിലഭക്ഷ്യവസ്തുക്കൾ (കറങ്ങുന്ന പ്ലാറ്റ്ഫോം നീക്കം ചെയ്തതിനു ശേഷം) അടുപ്പിനുള്ളിൽ സൂക്ഷിക്കുമ്പോൾ, ആന്റിനോഡ് ഭാഗങ്ങളിൽ മറ്റ് സ്ഥല ങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച് ചപ്പാത്തി ചൂടാക്കുന്നതായി കാണാം ഇത് ചിത്രം (c), (d) യിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. രണ്ടു അടുത്തടുത്ത ചൂടായ ഭാഗങ്ങൾക്കി ടയിലുള്ള ദൂരം, മൈക്രോ തരംഗങ്ങളുടെ തരംഗ ദൈർഘ്യത്തിന്റെ പകുതിയായിരിക്കും. മൈക്രോതരംഗങ്ങളുടെആവൃത്തി, ഓവന്റെ പാനലിൽ രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു. മൈക്രോ തരംഗങ്ങ ളുടെ ആവൃത്തിയും, തരംഗദൈർഘ്യവും അറിയാമെങ്കിൽ $v\lambda = c$, എന്ന സൂത്രം ഉപ യോഗിച്ച് പ്രകാശ ത്തിന്റെ വേഗം c നമുക്ക് കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിയും.

ഊഷ്മളമാക്കുന്നതിനും പേശി വേദന അല്ലെങ്കിൽ ഉളുക്ക് എന്നിവയ്ക്കുള്ള താപ തെറാപ്പി, സിഗ്നൽ വാഹികളായ റിമോട്ട്, മൂടൽമഞ്ഞിലൂടെയുള്ള കാഴ്ച, രാത്രി കാഴ്ച അല്ലെങ്കിൽ ഇൻഫ്രാറെഡ് ഫോട്ടോഗ്രാഫി തുടങ്ങിയവയിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ദൃശ്യപ്രകാശം

ജ്വലന വസ്തുക്കളാലും, വാതകങ്ങളിലെ ഉത്തേജിപ്പിക്കപ്പെട്ട അണുക്കളുടെ വികിരണത്താലും ഇവ ഉൽപാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. ഇതിന്റെ ആവൃത്തി പരിധി 4×10^{14} Hz മുതൽ 8×10^{14} Hz വരെ.

ഇത് പ്രതിഫലന, അപവർത്തന നിയമങ്ങളെ അനുസരിക്കുന്നു. ഇത് വ്യതിചലനം, വ്യതിയാനം എന്നിവയ്ക്ക് വിധേയമാകുകയും, ധ്രുവീകരിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് തൻമാത്രകളുടെ പ്രഭാവം കാണിക്കുന്നു. ഇത് പ്രകാശ വൈദ്യുത പ്രഭാവം കാണിക്കുന്നു. ഇത് തൻമാത്രകളുടെ ഘടന, അണുക്കളിലെ ബാഹ്യ ഷെല്ലിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ക്രമീകരണം എന്നിവ പഠിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഇത് കാഴ്ചയുടെ സംവേദനത്തിന് കാരണമാകുന്നു.

അൾട്രാവയലറ്റ് തരംഗങ്ങൾ

ഇത് സൂര്യൻ, ആർക്ക്, അയോണീകരിക്കപ്പെട്ട വാതകങ്ങളാൽ ഉൽപാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. ഇതിന്റെ ആവൃത്തി പരിധി 8×10^{14} Hz മുതൽ 10^{17} Hz വരെ യാണ്.

ഇതിന് കുറഞ്ഞ തുളച്ചു കയറുന്നതിനുള്ള ശക്തി യാണുള്ളത് ഇത് അന്തരീക്ഷ ഓസോണുകളാൽ ആഗിര ണം ചെയ്യപ്പെടുകയും, മനുഷ്യ ശരീരത്തിന് ആപത് കരവുമാകുന്നു. ഇത് ശസ്ത്രക്രിയയിൽ ഉപ യോഗിക്കുന്ന ഉപകരണങ്ങളുടെ ബാക്ടീരിയയെ നശിപ്പിച്ച് അണുവിമുക്തമാക്കുന്നതിന് ഉപയോഗി ക്കുന്നു. കവർച്ച അറിയിപ്പ് മണി, അദൃശ്യ എഴുത്ത് കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിനും,വിരലടയാളങ്ങൾ,അണുഘ ടനകളുടെ പഠനത്തിനും ഇത് ഉപയോഗിക്കുന്നു.

X-കിരണങ്ങൾ

ഉയർന്ന അണു സംഖ്യയുള്ള ലോഹങ്ങളിൽ അധിക വേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഇലക്ട്രോണുകൾ കൂട്ടി മുട്ടുമ്പോഴും, അണുക്കളിലെ ഉൾഭാഗത്തെ ഓർബിറ്റു കളിലുള്ള ഇലക്ട്രോണിക് സംക്രമണത്തിനാലും X-കിരണങ്ങൾ ഉൽപാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. കിരണങ്ങളുടെ ആവൃത്തി പരിധി 10^{17} Hz മുതൽ 10^{19} Hz വരെയാണ്.

X-കിരണങ്ങളുടെ തുളച്ചുകയറുന്നതിനുള്ള ശക്തി അൾട്രാവയലറ്റ് തരംഗങ്ങളെക്കാൾ കൂടുതലാണ്. അണു ഇലക്ട്രോൺ ഷെല്ലുകളുടെ ആന്തരിക ഘടനകൾ, ക്രിസ്റ്റൽ ഘടനകൾ എന്നിവയെ കുറിച്ച് പഠിക്കുന്നതിന് X-കിരണങ്ങൾ വ്യാപകമായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഒടിവുകൾ, രോഗബാധിത അവയവങ്ങൾ, അസ്ഥികളുടെയും, കല്ലുകളുടെയും രൂപീകരണം എന്നിവയെ കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിനും അസ്ഥികളുടെ രോഗ ശാന്തിയുടെ പുരോഗമന

Mala_UNIT-5(XII-Physics_Vol-1).indd 276 29-06-2022 13:14:05

ത്തെ നിരീക്ഷിക്കുന്നതിനും ഇത് ഉപയോഗിക്കുന്നു. കൂടാതെ ഒരു ലോഹ ഉൽപ്പന്നത്തിലുള്ള തെറ്റുകൾ, വിള്ളലുകൾ, ദ്വാരങ്ങൾ എന്നിവ കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിനും ഇത് ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ഗാമാ കിരണങ്ങൾ

റേഡിയോ ആക്ടിവതയുള്ള ന്യൂക്ലിയസുകളുടെ സംക്രമണത്താലും, ചില അടിസ്ഥാന കണികകളുടെ വിഘടനത്താലും ഇത് ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ ഫോട്ടോ ഗ്രാഫിക് പ്ലേറ്റുകളിലെ രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ, ഫ്ളൂറസെൻസ്, അയോണീകരണം, വ്യതിയാനം തുടങ്ങിയവ ഉണ്ടാക്കുന്നു. ആവൃത്തി പരിധി 10^{18} Hz ഉം അതിലധികവും ആയിരിക്കും.

ഗാമാകിരണങ്ങളുടെ തുളച്ചുകയറുന്നതിനുള്ള ശക്തി X-കിരണങ്ങൾ, അൾട്രാവയലറ്റ് തരംഗങ്ങൾ എന്നിവയെ അപേക്ഷിച്ച് വളരെ കൂടുതലാണ്. ഇവയ്ക്ക് ചാർജ്ജുകൾ ഇല്ലായെങ്കിലും, മനുഷ്യ ശരീരത്തിന് ദോഷകരമാണ്. അണു ന്യൂക്ലിയസുകളുടെ ഘടനയെക്കുറിച്ചുള്ള വിവരങ്ങൾ, ഗാമാ കിരണങ്ങൾ നൽകുന്നു. കാൻസർ, ട്യൂമർ എന്നിവയുടെ ചികിത്സക്കായുള്ള റേഡിയോ തെറാപ്പിയിലും, ഭക്ഷ്യവ്യവസായത്തിൽ രോഗകാരികളായ സൂക്ഷ്മാണുക്കളെ കൊല്ലുന്നതിനും ഇവ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 5.4

ഒരു മൈക്രോവേവ് ഓവനിലെ ഒരു മാഗ്നട്രോൺ $f = 2450$ MHz ആവൃത്തിയോടു കൂടി വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ പുറപ്പെടുവിക്കുന്നു. ഈ ആവൃത്തി ഉപയോഗിച്ച് വൃത്താകൃതിയിലുള്ള പാതകളിൽ സഞ്ചരിക്കാൻ ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് എന്ത് കാന്തിക മണ്ഡല ശക്തി ആവശ്യമാണ്?

പരിഹാരം

വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ ആവൃത്തി, $f = 2450$ MHz

അനുബന്ധ വർത്തുള ആവൃത്തി

$$\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 2450 \times 10^6$$
$$= 15{,}386 \times 10^6 \text{ Hz}$$
$$= 1.54 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$$

ആവശ്യമുള്ള കാന്തിക മണ്ഡലം, $B = \dfrac{m_e \omega}{|q|}$

ഇലക്ട്രോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനം,

$m_e = 9.11 \times 10^{-31}$ കിലോഗ്രാം

ഇലക്ട്രോണിന്റെ ചാർജ്,

$$q = -1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$$
$$\Rightarrow |q| = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$B = \frac{\left(9.11 \times 10^{-31}\right)\left(1.54 \times 10^{10}\right)}{\left(1.60 \times 10^{-19}\right)} = 8.7683 \times 10^{-2} \text{ T}$$

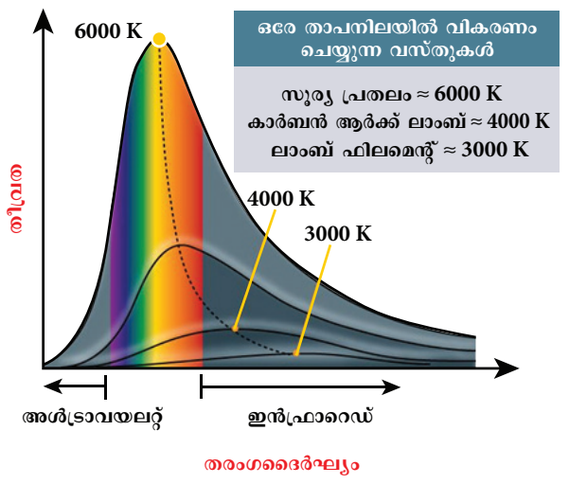
$B = 0.08768$ T

ഒരു സ്ഥിരമായ കാന്തത്താൽ ഈ കാന്തിക മണ്ഡലം എളുപ്പത്തിൽ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കാൻ കഴിയും. അതിനാൽ, ആവൃത്തി 2450 MHz ഉള്ള വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ താപീകരണത്തിനും ആഹാരം പാചകം ചെയ്യുന്നതിനും ഇവ ഉപയോഗിക്കുന്നു ഇവ ജല തൻമാത്രകളാൽ ശക്തിയായി ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു.

5.3

വർണ്ണരാജിയുടെ വകഭേദങ്ങൾ ആഗിരണ മറ്റും വിസ്സരണ വർണ്ണരാജി ഫ്രാൻ ഹോഫർ രേഖകൾ

ഒരു വസ്തു കത്തുമ്പോൾ അത് വികിരണങ്ങൾ പുറപ്പെടുവിക്കുന്നു. താപനിലയ്ക്ക് അനുസൃതമായി വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ പുറപ്പെടുവിക്കുന്നു. വസ്തു ചൂടാകുമ്പോൾ അത് ചുവപ്പ് നിറത്തിൽ തിളങ്ങുന്നു. വസ്തുവിന്റെ താപനില വീണ്ടും വർദ്ധിക്കുകയാണെങ്കിൽ ചുവപ്പ് കലർന്ന ഓറഞ്ച് നിറമായും തിളങ്ങുന്നു. വളരെയധികം ചൂടാകുമ്പോൾ അത് വെള്ളനിറത്തിൽ മാറുന്നു. ചിത്രം 5.11 ലെ വർണ്ണരാജി സാധാരണയായി ബ്ലാക്ക് ബോഡി വർണ്ണരാജി എന്നു വിളിക്കപ്പെടുന്നു. ഇത് വസ്തുവിന്റെ



ചിത്രം 5.11 ബ്ലാക്ക് ബോഡി വികരണ വർണ്ണരാജി താപനിലയ്ക്കനുസരിച്ച്

Mala_UNIT-5(XII-Physics_Vol-1).indd 277 29-06-2022 13:14:06

താപ നിലയ്ക്കനുസരിച്ച് തുടർച്ചയായ ആവൃത്തി (അല്ലെങ്കിൽ തരംഗദൈർഘ്യത്തിൽ) ഉള്ള കർവ് ആകുന്നു.

ചിത്രം 5.12 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ ഒരു ധവള പ്രകാശം പ്രിസത്തിലൂടെ കടന്നു പോകുമ്പോൾ ഏഴ്. വർണ്ണങ്ങളായി പിരിയുന്നു. സ്ക്രീനിൽ ഇതിനെ ഒരു തുടർ വർണ്ണരാജിയായി കാണാം ഈ പ്രതി ഭാസത്തിന് പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രകീർണ്ണനം എന്നു പറയുന്നു. പ്രകീർണ്ണത്തിന് ശേഷം സ്ക്രീനിൽ ലഭിക്കുന്ന നിറങ്ങളുടെ കൃത്യമായ പേറ്റേണിന് വർണ്ണരാജി എന്നു പറയുന്നു. വർണ്ണരാജിയെ രണ്ട് തരങ്ങളായി പിരിക്കാം:



ചിത്രം 5.12 പ്രിസത്തിലൂടെയുള്ള ധവള പ്രകാശം പ്രകീർണ്ണനം

(a) വിസ്സരണ വർണ്ണരാജി

സ്വയം ജ്വലിക്കുന്ന വസ്തുക്കളിൽ (ഉറവിടത്തിൽ) നിന്നും വിസ്സരണ വർണ്ണരാജി ലഭിക്കുന്നു. ഓരോ ഉറവിടവും അതിന്റെ സ്വഭാവത്തിനനുസരിച്ചുള്ള വിസ്സരണ വർണ്ണരാജിയാണുള്ളത്. വിസ്സരണ വർണ്ണരാജിയെ മൂന്നായി തരം തിരിക്കാം:

(i) തുടർ വിസ്സരണ വർണ്ണരാജി

ജ്വലിക്കുന്ന വിളക്കിൽ (ഫിലമെന്റ് ബൾബിൽ) നിന്നും വരുന്ന പ്രകാശത്തെ പ്രിസം (ലളിതമായ സ്പെക്ട്രോ സ്കോപ്പ്) വഴി കടത്തുമ്പോൾ അത് ഏഴ് വർണ്ണമായി പിരിയുന്നു. ഇതിൽ വയലറ്റ് മുതൽ ചുവപ്പ് വരെയുള്ള തരംഗദൈർഘ്യത്തിലുള്ള എല്ലാ ദൃശ്യവർണ്ണങ്ങളും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. (ചിത്രം 5.13). ഉദാഹരണം കാർബൺ ആർക്കിൽ നിന്നും ജ്വലി ക്കുന്ന ഖരങ്ങളിൽ നിന്നും ലഭിക്കുന്ന വർണ്ണരാജി.

(ii) രേഖീയ വിസ്സരണ വർണ്ണരാജി:

ചൂടായ വാതകങ്ങളിൽ നിന്നും വരുന്ന പ്രകാശത്തെ ഒരു പ്രിസത്തിലൂടെ കടത്തുകയാണെങ്കിൽ രേഖാ വർണ്ണരാജി നിരീക്ഷിക്കാം. (ചിത്രം 5.14). രേഖാ വർണ്ണരാജി ഒരു തുടർച്ചയില്ലാത്ത വർണ്ണരാജി ആകുന്നു. ഇതിൽ കൃത്യമായ തരംഗദൈർഘ്യം അല്ലെങ്കിൽ ആവൃത്തിയിലുള്ള മൂർച്ചയുള്ള രേഖകൾ കാണുന്നു. മൂലകങ്ങളിലെ ഉത്തേജിത അണുക്കളിൽ നിന്നുമാണ് ഈ വർണ്ണരാജി പുറപ്പെടുന്നത്. ഈ രേഖകൾ മൂലകങ്ങളിലെ വ്യത്യസ്ത രേഖക ളായിരിക്കും. ഉദാഹരണം : ഹൈഡ്രജൻ, ഹീലിയം അണുക്കളിലെ വർണ്ണരാജി.

(iii) ബാൻഡ് വിസ്സരണ വർണ്ണരാജി

ബാൻഡ് വർണ്ണരാജിയിൽ അധിക എണ്ണത്തിൽ വളരെ ഞെരുക്കത്തിൽ ഉള്ള സ്പെക്ട്രൽ രേഖകൾ ഒന്നിനു മുകളിൽ ഒന്നായി കൂടിച്ചേർന്ന് ഒരു നിർദ്ദിഷ്ട ബാൻഡായി മാറുന്നു. ഇവ ഇരുണ്ട ഇടങ്ങൾ കൊണ്ട് വേർതിരിക്കുന്നു. ഈ വർണ്ണരാജിയുടെ ഒരറ്റം കൂർത്തതായും (പ്രകാശമയമായും) മറ്റേഅറ്റം മങ്ങലായും കാണപ്പെടുന്നു. ഈ വർണ്ണരാജി തൻമാത്രയുടെ ഉത്തേജനത്താൽ രൂപം കൊള്ളുന്നു, അതിനാൽ തൻമാത്രകളുടെ



ചിത്രം 5.13 തുടർ വിസ്സരണ വർണ്ണരാജി



ചിത്രം 5.14 രേഖിയ വിസ്സരണ വർണ്ണരാജി

Mala_UNIT-5(XII-Physics_Vol-1).indd 278 29-06-2022 13:14:07

ഘടന അവയുടെ ബാൻഡ് വർണ്ണരാജിയിൽ നിന്നും മനസ്സിലാക്കാം. ഉദാഹരണം ഡിസ് ചാർജ്ജ് ട്യൂബിലെ (നിർഗ്ഗമന കുഴലിലെ) അമോണിയ വാതകത്തിന്റെ വർണ്ണരാജി.

(b) ആഗിരണ വർണ്ണരാജി

ഒരു മാദ്ധ്യമത്തിലൂടെ അല്ലെങ്കിൽ ഒരു ആഗിരണ വസ്തുവിലൂടെ പ്രകാശം കടത്തിവിടുമ്പോൾ ലഭിക്കുന്ന വർണ്ണരാജി ആഗിരണ വർണ്ണരാജി എന്നു പറയുന്നു. ഇത് ആഗിരണ വസ്തുവിന്റെ സ്വഭാവത്തിനെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ആഗിരണ വർണ്ണരാജിയെ മൂന്നായി തരം തിരിക്കാം:

(i) തുടർ ആഗിരണ വർണ്ണരാജി

ഒരു ധവള പ്രകാശത്തെ നീല നിറത്തിലുള്ള ഒരു കണ്ണാടിതട്ടിലൂടെ കടത്തുകയാണെങ്കിൽ അത് നീലനിറം ഒഴികെ മറ്റെല്ലാനിറങ്ങളെയും ആഗിരണം ചെയ്ത് തുടർ ആഗിരണ വർണ്ണരാജി നൽകുന്നു.

(ii) രേഖീയ ആഗിരണ വർണ്ണരാജി

ജ്വലിക്കുന്ന വിളക്കിൽ നിന്നും വരുന്ന പ്രകാശത്തെ ഒരു ശീതവാതകം (മാദ്ധ്യമം) ത്തിലൂടെ കടത്തുക യാണെങ്കിൽ, പ്രിസത്തിലെ പ്രകീർണ്ണനത്താൽ ലഭിക്കുന്ന വർണ്ണരാജി രേഖീയ ആഗിരണ വർണ്ണ രാജിയായിരിക്കും (ചിത്രം 5.15). ഇതുപോലെ ഒരു കാർബൺവില്ലിൽ നിന്നും വരുന്ന പ്രകാശത്തെ സോഡിയബാഷ്പത്തിലൂടെ കടത്തുമ്പോൾ കാർബൺ വില്ലിന്റെ തുടർവർണ്ണരാജിയിലെ മഞ്ഞ നിറ ഭാഗത്ത് രണ്ട് ഇരുണ്ടരേഖകൾ ലഭിക്കുന്നു.

(iii) ബാൻഡ് ആഗിരണ വർണ്ണരാജി

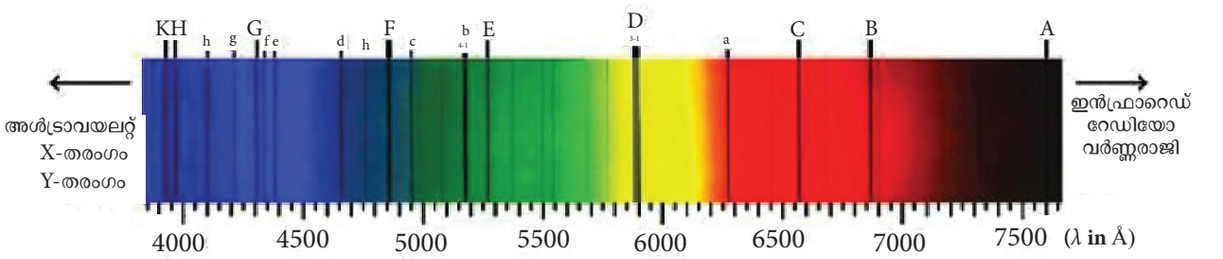
ഒരു ധവള പ്രകാശം അയോഡിൻ ബാഷ്പത്തിലൂടെ കടത്തുകയാണെങ്കിൽ തുടർച്ചയായ പ്രകാശ പൂരിതമായ പശ്ചാത്തലത്തിൽ ഇരു ബാൻഡുകൾ ലഭിക്കുന്നു. ധവള പ്രകാശത്തെ നേർത്ത രക്തം അല്ലെങ്കിൽ ഹരിതകം അതുമല്ലെങ്കിൽ ചില കാർബണീയ (അ) അകാർബണീയ സംയുക്തങ്ങളിലൂടെ കടത്തിവിടുമ്പോഴും ഇത്തരത്തിലുള്ള ബാൻഡു കളാണ് ലഭിക്കുന്നത്.



ചിത്രം 5.15 രേഖീയ ആഗിരണ വർണ്ണരാജി

ഫ്രാൻഹോഫർ രേഖകൾ

സൂര്യനിൽ നിന്നും ലഭിക്കുന്ന വർണ്ണരാജിയെ നിരീക്ഷിക്കുകയാണെങ്കിൽ അതിൽ ധാരാളം ഇരുണ്ടരേഖകൾ കാണപ്പെടുന്നു. (രേഖീയ ആഗിരണ വർണ്ണരാജി) സൗരവർണ്ണരാജിയിലെ ഈ ഇരുണ്ട രേഖകൾ ഫ്രാൻഹോഫർ രേഖകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. സൗര വർണ്ണരാജിയിലെ ഫ്രാൻഹോഫർ രേഖകളുമായി വിവിധ വസ്തുക്കളുടെ വർണ്ണരാജിയെ താരതമ്യം ചെയ്യുന്നതു മൂലം സൂര്യന്റെ അന്തരീ ക്ഷത്തിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന മൂലകങ്ങളെ തിരിച്ചറിയുവാൻ കഴിയും.



ചിത്രം 5.16 സൗരവർണ്ണരാജി ഫ്രാൻഹോഫർ രേഖകൾ

Mala_UNIT-5(XII-Physics_Vol-1).indd 279 29-06-2022 13:14:07

സംഗ്രഹം

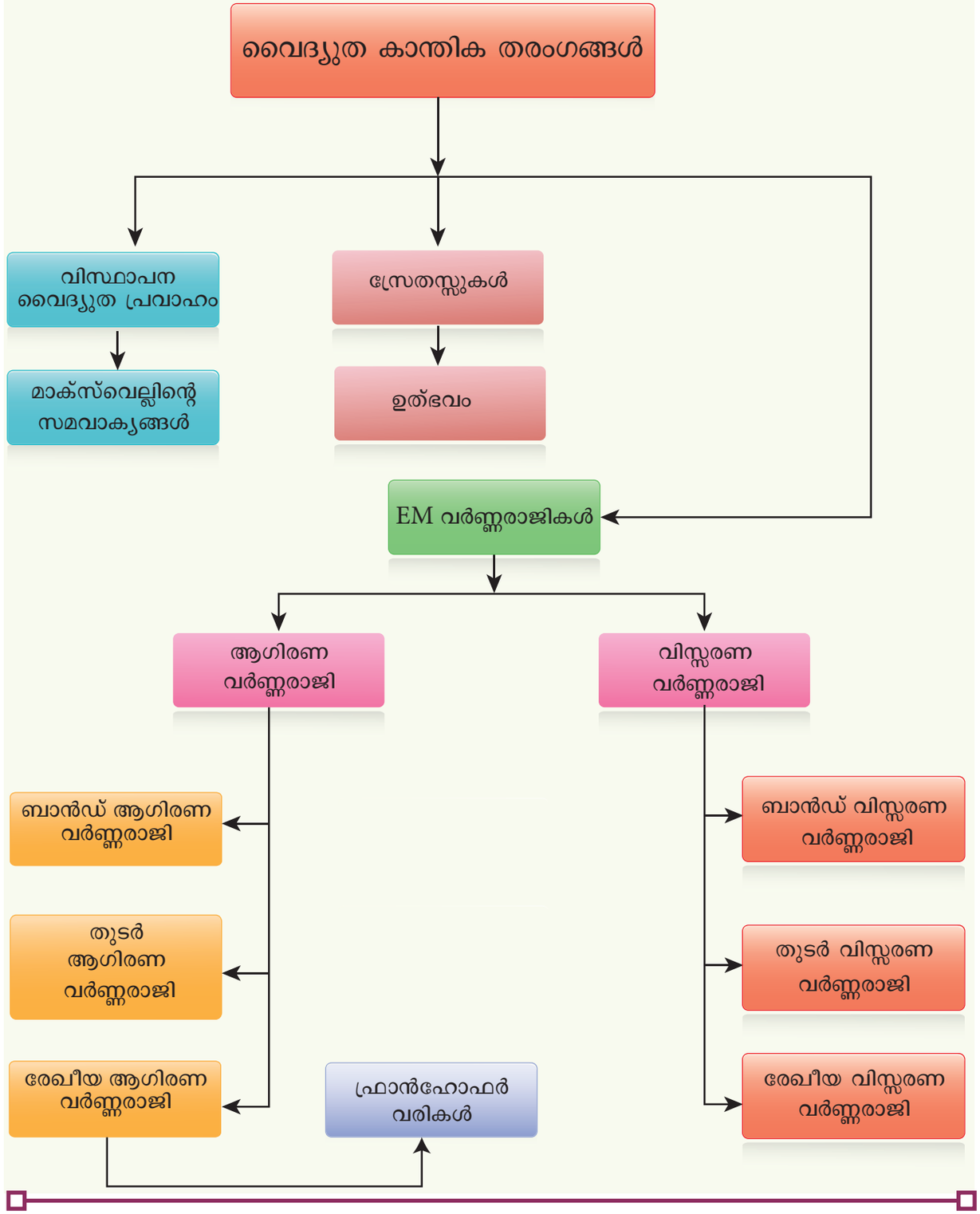
- സമയത്തിനനുസരിച്ച് വൈദ്യുതമണ്ഡലവും വൈദ്യുതഫ്ളക്സും മാറികൊണ്ടിരിക്കുന്ന പ്രദേശത്ത് പ്രവർത്തനക്ഷമമാകുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹം എന്ന് വിസ്ഥാപന വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തെ നിർവ്വചിക്കാം.
- മാക്സ്വെല്ലിന്റെ പരിഷ്ക്കരിക്കപ്പെട്ട ആംപിയർ നിയമം

$$\oint \vec{B}\cdot\vec{dl} = \mu_o\, i = \mu_o\left(i_c + i_d\right).$$

- ത്വരിത ചാർജ്ജുകൾ വൈദ്യുതമണ്ഡലം കാന്തികമണ്ഡലവുമായി ചേർന്ന വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങളെ വികിരണം ചെയ്യുന്നു. വൈദ്യുത മണ്ഡലവും കാന്തികമണ്ഡലവും ഒന്നിനോടൊന്ന് ലംബമായും വൈദ്യുതകാന്തികതരംഗങ്ങളുടെ പ്രചരണ ദിശയ്ക്ക് ലംബമായും ദോലനം ചെയ്യുന്നു.
- വൈദ്യുത കാന്തികതരംഗങ്ങൾ യാന്ത്രികേതര തരംഗങ്ങളാണ്, ആയതിനാൽ ഇതിന് പ്രചരണത്തിന് മാദ്ധ്യമം ആവശ്യമില്ല.
- വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ വൈദ്യുതമണ്ഡല ഫലം മറ്റും കാന്തികമണ്ഡല സദിശങ്ങളുടെ തൽക്ഷണ അളവുകളെ $c = E/B$ എന്ന ബന്ധനത്തിലെഴുതാം.
- വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ അനുപ്രസ്ഥ സ്വഭാവമുള്ളവയാണ്. ഇത് അർത്ഥമാക്കുന്നത് ആന്ദോളിത വൈദ്യുത മണ്ഡല സതിശവും, ആന്ദോളിത കാന്തിക മണ്ഡല സതിശവും, പ്രചാരണ സതിശവും (പ്രചരണ ദിശയെ തരുന്നു) ഒന്നിനോടൊന്ന് ലംബമായിരിക്കും.
- വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ വ്യതികലനം, വ്യതിയാനം എന്നിവ കാണിക്കുന്നു. ഇവയെ ധ്രുവീകരിക്കുന്നതിനും കഴിയും.
- വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ ഊർജ്ജം മാത്രമല്ല വഹിക്കുന്നത്, സംവേഗവും, കോണീയ സംവേഗത്തേയും വഹിക്കുന്നു.
- വർണ്ണരാജിയുടെ തരങ്ങൾ : വിസരണ, ആഗിരണ വർണ്ണരാജി.
- സ്വയം ജ്വലിക്കുന്ന ഉറവിടങ്ങളിലെ വർണ്ണരാജിയെ നിരീക്ഷിക്കുകയാണെങ്കിൽ അത് വിസരണവർണ്ണ രാജിയായിരിക്കും. ഓരോ ഉറവിടത്തിനും അതിന്റെ സ്വഭാവാനുസൃതായ വിസരണ വർണ്ണരാജിയാണുള്ളത്. വിസരണ വർണ്ണരാജിയെ മൂന്നായി തരം തിരിക്കാം. തുടർ, രേഖീയ, ബാൻഡ്, വർണ്ണ രാജി.
- സൂര്യനിൽ നിന്നും ലഭിക്കുന്ന വർണ്ണരാജിയെ നിരീക്ഷിക്കുകയാണെങ്കിൽ അതിൽ ധാരാളം ഇരുണ്ടരേഖകൾ കാണപ്പെടുന്നു. (രേഖീയ, ആഗിരണ വർണ്ണരാജി) സൗര വർണ്ണരാജിയിലെ ഈ ഇരുണ്ടരേഖകൾ ഫ്രാൻഹോഫർ രേഖകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

Mala_UNIT-5(XII-Physics_Vol-1).indd 280 29-06-2022 13:14:07

ആശയ ഭൂപടം



Mala_UNIT-5(XII-Physics_Vol-1).indd 281 29-06-2022 13:14:07

I ശരിയായ ഉത്തരം തിരഞ്ഞെടുത്തെഴുതുക

1. $\frac{1}{\mu_o \epsilon_o}$ യുടെ അളവ്

(a) $[L\ T^{-1}]$ (b) $[L^2\ T^{-2}]$

(c) $[L^{-1}\ T]$ (d) $[L^{-2}\ T^2]$

2. കാന്തിക മണ്ഡലത്തിന്റെ ആയതി 3×10^{-6} T, ആണെങ്കിൽ, വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന്റെ ആയതി

(a) 100 V m^{-1} (b) 300 V m^{-1}

(c) 600 V m^{-1} (d) 900 V m^{-1}

3. മൂടൽ മഞ്ഞിലൂടെ വസ്തുക്കളെ വീക്ഷിക്കുന്നതിന് താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നതിൽ ഏതു വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗമാണ് ഉപയോഗിക്കുന്നത്

(a) മൈക്രോ വേവ് (b) ഗാമാ കിരണങ്ങൾ

(c) X- കിരണങ്ങൾ (d) ഇൻഫ്രാറെഡ്

4. വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾക്ക് താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നതിൽ ശരിയല്ലാത്തത് ഏത്

(a) അനുപ്രസ്ഥ തരംഗങ്ങൾ

(b) യാന്ത്രികേതര തരംഗങ്ങൾ

(c) അനുദൈർഘ്യ തരംഗങ്ങൾ

(d) ത്വരിത ചാർജ്ജുകളാൽ ഉൽപാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു

5. 300 MHz ആവൃത്തിയിൽ ശരാശരി സ്ഥാനത്ത് ദോലനം ചെയ്യുന്ന ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെട്ട കാണികളുള്ള ഓസിലേറ്ററിനെ കരുതുക ഈ ഓസിലേറ്റർ ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്ന വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ തരംഗദൈർഘ്യം.

(a) 1 മീ (b) 10 മീ

(c) 100 മീ (d) 1000 മീ

6. വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ട വൈദ്യുത മറ്റും കാന്തിക മണ്ഡലങ്ങൾ, നെഗറ്റീവ്, X അക്ഷത്തിൽ പ്രചരിക്കുന്നതിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്നത്

(a) $\vec{E} = E_o \hat{i}$, $\vec{B} = B_o \hat{k}$

(b) $\vec{E} = E_o \hat{k}$, $\vec{B} = B_o \hat{j}$

(c) $\vec{E} = E_o \hat{i}$, $\vec{B} = B_o \hat{j}$

(d) $\vec{E} = E_o \hat{j}$, $\vec{B} = B_o \hat{i}$

7. 7. ശൂന്യതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന്റെ rms മൂല്യം 3 V m^{-1}. ആകുന്നു. കാന്തിക മണ്ഡലത്തിന്റെ ഏറ്റവും ഉയർന്ന മൂല്യം എന്നത്

(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. ഒരു മാധ്യമത്തിലൂടെ പ്രചരണം ചെയ്യുന്ന വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗത്തിന്റെ പ്രവേഗം $\vec{v} = v\hat{i}$. ആകുന്നു. ഈ വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ തൽക്ഷണ ദ്വാലന വൈദ്യുത മണ്ഡലം $+y$- അക്ഷത്തിലാണെങ്കിൽ, e.m. തരംഗത്തിന്റെ ദ്വാലിത കാന്തിക മണ്ഡലത്തിന്റെ ദിശ:

(a) $-y$ ദിശ

(b) $-x$ ദിശ

(c) $+z$ ദിശ

(d) $-z$ ദിശ

9. കാന്തിക ഏകധ്രുവം ഉണ്ടാവുകയാണെങ്കിൽ മാക്സ്വെല്ലിന്റെ ഏതു സമവാക്യത്തെയാണ് പരിഷ്ക്കരിക്കുക?.

(a) $\oint_s \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{enclosed}}{\epsilon_o}$

(b) $\oint_s \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$

(c) $\oint_l \vec{B}.\vec{dl} = \mu_0 i_c + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \oint_s \vec{E}.\vec{dA}$

(d) $\oint_l \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt}\Phi_B$

10. ഫ്രാൻഹോഫർ രേഖകൾ _____ വർണ്ണരാജിയ്ക്ക് ഉദാഹരണമാണ്.

(a) രേഖീയവിസരണം (b) രേഖീയ ആഗിരണം

(c) ബാൻഡ്വിസരണം (d) ബാൻഡ് ആഗിരണം

Mala_UNIT-5(XII-Physics_Vol-1).indd 282 29-06-2022 13:14:09

11. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നവയിൽ വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗം ഏത്?

(a) α - കിരണങ്ങൾ (b) β - കിരണങ്ങൾ

(c) γ - കിരണങ്ങൾ (d) ഇവയെല്ലാം

12. പ്രചരണ വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗം ഉൽപാദിപ്പിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നത് ഇവയിൽ ഏതാണ്?

(a) ത്വരിതിത ചാർജ്ജ്

(b) സ്ഥിരപ്രവേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ചാർജ്ജ്

(c) നിശ്ചല ചാർജ്ജ്

(d) ചാർജ്ജില്ലാത്ത കണിക

13. സമതല വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗത്തിന്റെ വൈദ്യുത മണ്ഡലം $E = E_0 \sin[10^6 x - \omega t]$ ആണെങ്കിൽ ω യുടെ മൂല്യം

(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. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നവയിൽ, വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾക്ക് അനുയോജ്യമല്ലാത്തത് ഏത്?

(a) ഇത് ഊർജ്ജം വഹിക്കുന്നു

(b) ഇത് സംവേഗം വഹിക്കുന്നു

(c) ഇത് വർത്തുള സംവേഗത്തെ വഹിക്കുന്നു

(d) ശൂന്യതയിൽ, ആവൃത്തിയ്ക്കനുസരിച്ച് ഇത് വ്യത്യസ്ത വേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു

15. വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ വൈദ്യുത കാന്തിക മണ്ഡലങ്ങൾ

(a) ഒരേ ഫെയ്സിലും പരസ്പരം ലംബവും ആയിരിക്കും

(b) വ്യത്യസ്ത ഫെയ്സിലും, പരസ്പരം ലംബം ആയിരിക്കില്ല

(c) ഒരോ ഫെയ്സിലായിരിക്കും എന്നാൽ പരസ്പരം ലംബമല്ല

(d) വ്യത്യസ്ത ഫെയ്സിലും, പരസ്പര ലംബവും ആയിരിക്കും

ഉത്തരങ്ങൾ

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 ചുരുക്കി ഉത്തരം എഴുതുക

1. വിസ്ഥാപന വൈദ്യുത പ്രവാഹം എന്നാൽ എന്ത്?
2. വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ എന്നാൽ എന്ത് ?
3. ആമ്പിയറിന്റെ സർക്യൂട്ടൽ നിയമത്തിന്റെ പരിഷ്ക്കരിക്കപ്പെട്ട സമകലന രൂപം എഴുതുക.
4. കാന്തികതയിലെ ഗാസ് നിയമം കുറിപ്പെഴുതുക.
5. (i) IR തരംഗങ്ങൾ, (ii) മൈക്രോ തരംഗങ്ങൾ (iii) UV തരംഗങ്ങൾ ഇവ ഓരോന്നിന്റെയും രണ്ടു ഉപയോഗങ്ങൾ എഴുതുക.
6. ഫ്രാൻഹോഫർ രേഖകൾ എന്നാൽ എന്ത്? സൂര്യനിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന മൂലകങ്ങളെ തിരിച്ചറിയാൻ ഇവ എപ്രകാരമാണ് ഉപയോഗിക്കുന്നത്?
7. ആമ്പിയർ മേക്സ്വെൽ നിയമം കുറിപ്പെഴുതുക.
8. വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ യാന്ത്രികേതരമാണ് എന്തു കൊണ്ട്?

III വിവരിച്ച് ഉത്തരം എഴുതുക

1. മേക്സ്വെൽ സമവാക്യങ്ങളുടെ സമകലന രൂപം വിവരിക്കുക.
2. (a) മൈക്രോ തരംഗങ്ങൾ (b) X-കിരണങ്ങൾ (c) റേഡിയോ തരംഗങ്ങൾ (d) ദൃശ്യ വർണ്ണരാജി ചെറുകുറിപ്പെഴുതുക
3. ഹെർട്സ് പരീക്ഷണം വിശദീകരിക്കുക.
4. മാക്സ്വെല്ലിന്റെ പരിഷ്ക്കരിച്ച ആമ്പിയറിന്റെ സർക്യൂട്ടൽ നിയമം വിവരിക്കുക.
5. മാക്സ്വെൽ തിരുത്തലിന്റെ പ്രാധാന്യം വിവരിക്കുക.
6. വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ ഗുണങ്ങൾ എഴുതുക.
7. വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ സ്രോതസ്സുകൾ വിവരിക്കുക.
8. വിസരണ വർണ്ണരാജിയിലെ വകഭേദങ്ങളെ വിവരിക്കുക.
9. ആഗിരണ വർണ്ണരാജിയിലെ വകഭേദങ്ങളെക്കുറിച്ച് വിവരിക്കുക.

Mala_UNIT-5(XII-Physics_Vol-1).indd 283 29-06-2022 13:14:09

IV പ്രശ്നങ്ങൾ

1. അടുത്തടുത്തിരിക്കുന്ന തട്ടുകളുള്ള ഒരു സമാന്തര പ്ലേറ്റ് കപ്പാസിറ്ററെ കരുതുക. പ്ലേറ്റിന്റെ വ്യാസാർത്ഥം R ഉം പ്ലേറ്റുകൾ തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന കമ്പിവഴിയുള്ള വൈദ്യുത പ്രവാഹം 5 A, ആണെന്നും കരുതുക. രണ്ടു തട്ടുകൾക്കിടയിലുള്ള പ്രതലത്തിലൂടെയുള്ള വിസ്ഥാപന വൈദ്യുത പ്രവാഹം കണക്കാക്കുക ഈ പ്രതലത്തിലെ വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന്റെ ഫ്ളക്സ് മാറ്റതോത് കണക്കാക്കുക.

ഉത്തരം : $I_d = I_c = 5$ A

2. ഒരു പ്രേക്ഷിണിയുടെ LC സർക്യൂട്ടിൽ ഉള്ള ഇൻഡക്ടൻസ് 1 μH ഉം, കപ്പാസിറ്റൻസ് 1 μF ഉം ആണ്. ഇത് പുറപ്പെടുവിക്കുന്ന വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ തരംഗ ദൈർഘ്യം എന്താണ്?

ഉത്തരം : 18.84×10^2 മീ

3. 10^{-6} s സമയ പരിധിയുള്ള ഒരു പ്രകാശ പൾസ് തുടക്കത്തിൽ നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ ഇരിക്കുന്ന ഒരു ചെറിയ വസ്തുവിനാൽ മുഴുവനായും ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ഈ പൾസിന്റെ ശക്തി 60×10^{-3} W, ആണെങ്കിൽ, ആ വസ്തുവിന്റെ അന്ത്യ സംവേഗം കണക്കാക്കുക.

ഉത്തരം : 20×10^{-17} kg m s^{-1}

4. x - ദിശയിൽ പ്രചരണം ചെയ്യുന്ന വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗത്തെ സങ്കൽപിക്കുക y - ദിശയിൽ ദ്വാലനം ചെയ്യുന്ന കാന്തിക മണ്ഡലത്തിന്റെ ആവൃത്തി 10^{10} Hz ആയതി 10^{-5} T, യും ആണെങ്കിൽ തരംഗത്തിന്റെ തരംഗ ദൈർഘ്യം കണക്കാക്കുക? ഇതിലെ വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിന്റെ സമീപനം എഴുതുക.

ഉത്തരം : $\lambda = 3 \times 10^{-2}$ മീ,

$\vec{E}(x,t) = 3\times10^3 \sin\left(2.09\times10^2 x - 6.28\times10^{10} t\right)\left(-\hat{k}\right)\text{NC}^{-1}$

5. ഒരു മാധ്യമത്തിലെ ആപേക്ഷിക പെർമിയബിലിറ്റിയും യഥാക്രമം 1.0 ഉം 2.25 ഉം ആണെങ്കിൽ, ഈ മാധ്യമത്തിലെ വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ വേഗത കണ്ടു പിടിക്കുക.

ഉത്തരം : $\upsilon = 2 \times 10^8$ m s^{-1}

പരാമർശ ഗ്രന്ഥങ്ങൾ:

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.

Mala_UNIT-5(XII-Physics_Vol-1).indd 284 29-06-2022 13:14:09

ICT കോർണർ

വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ

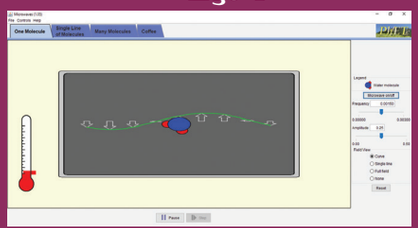
മൈക്രോ തരംഗങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് ഭക്ഷണം എങ്ങനെ ചൂടാക്കാം എന്ന് ഈ പ്രവർത്തനത്തിൽ നിന്നും മനസിലാക്കാം ?

മൈക്രോ തരംഗങ്ങളെയും, ഭക്ഷണം ചൂടാക്കലിന്റെയും ഭൗതികശാസ്ത്രം

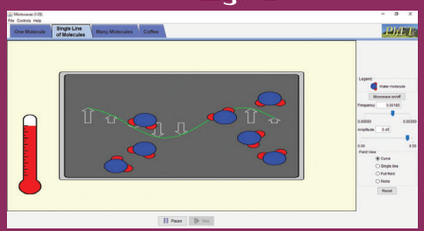
ഘട്ടങ്ങൾ:

- ബ്രൗസർ ഓപ്പൺ ചെയ്ത് “phet.colorado.edu/en/simulation/microwaves” എന്ന് അഡ്രസ്സ് ബാറിൽ ടൈപ്പ് ചെയ്യുക.
- ഒൺ മോളിക്യൂൾ എന്ന ടേബിനെ തിരഞ്ഞെടുത്ത ശേഷം വലതു നിയന്ത്രണ പേനലിലെ ബട്ടൺ ഉപയോഗിച്ച് മൈക്രോവേവ് പ്രവർത്തിപ്പിക്കുക അമ്പടയാളം, ഭക്ഷണത്തിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ജലതൻമാത്രകളിലെ മൈക്രോതരംഗങ്ങളുടെ ശക്തിയും ദിശയും സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഈ ബലത്തിനാസ്പതമാക്കിയുള്ള ജലതൻമാത്രകളുടെ പ്രതികരണം നിരീക്ഷിക്കുക?
- ജലതൻമാത്രകളെ തിരിച്ച് മൈക്രോ തരംഗങ്ങൾ എങ്ങനെയാണ് ഭക്ഷണം ചൂടാക്കുന്നതെന്ന് നിരീക്ഷിക്കുക?
- മൈക്രോ തരംഗങ്ങളുടെ ആയതിയും, ആവൃത്തിയും മാറ്റുകയാണെങ്കിൽ ജലതൻമാത്രകൾ എത്ര വേഗത്തിൽ ചുറ്റുന്നുവെന്ന് മനസിലാക്കുക?

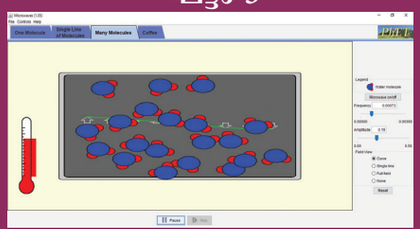
ഘട്ടം 1



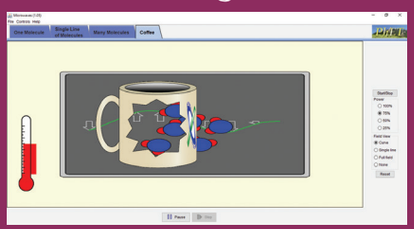
ഘട്ടം 2



ഘട്ടം 3



ഘട്ടം 4



ജലതൻമാത്രകളുടെ ചുറ്റുന്ന വേഗത്തിനും, പാകം ചെയ്യുന്ന സമയത്തിനും ഇടയിലുള്ള ബന്ധം സാധൂകരിക്കുക

Note:

നിങ്ങളുടെ സിസ്റ്റത്തിൽ ജാവാ അപ്ലിക്കേഷൻ ഇല്ലായെങ്കിൽ അത് ഇൻസ്റ്റാൾ ചെയ്യുക https://phet.colorado.edu/en/offline-access ഇത് ഉപയോഗിച്ച് ഓഫ്ലൈനിലും പ്രവർത്തിപ്പിക്കാം

URL:

https://phet.colorado.edu/en/simulation/microwaves

PSN8H

* ചിത്രങ്ങൾ സൂചകങ്ങൾ മാത്രമാണ്.

* ആവശ്യമെങ്കിൽ **ഫ്ളാഷ് പ്ലേയർ,** അല്ലെങ്കിൽ **ജാവാ സ്ക്രിപ്റ്റ്** അനുവദിക്കുക.

Mala_UNIT-5(XII-Physics_Vol-1).indd 285 29-06-2022 13:14:10

ഹയർസെക്കൻഡറി രണ്ടാം വർഷം

ഭൗതികശാസ്ത്രം

പ്രായോഗിക പരീക്ഷണങ്ങൾ

പരീക്ഷണങ്ങളുടെ പട്ടിക

1. മീറ്റർ ബ്രിഡ്ജ് ഉപയോഗിച്ച് കൊടുത്തിരിക്കുന്ന കമ്പി നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്ന പദാർത്ഥത്തിന്റെ നിർദ്ദിഷ്ട പ്രതിരോധം കാണൽ.

2. ടേൻജൻസ് ഗാൽവനോമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് ഭൂമിയുടെ കാന്തികമണ്ഡലത്തിന്റെ തിരശ്ചീന ഘടകത്തിന്റെ മൂല്യം നിർണ്ണയിക്കുക

3. പൊട്ടൻഷ്യോമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് രണ്ട് സെല്ലുകളുടെ emf താരതമ്യം ചെയ്യുക.

4. സ്പെക്ട്രോമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് പ്രിസത്തിന്റെ കോൺ, ചെറിയ വ്യതിചലനകോൺ, പ്രിസം നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്ന വസ്തുവിന്റെ അപവർത്തനസ്ഥിരാങ്കം (അപവർത്തനാങ്കം) എന്നിവ കാണുക?

5. വ്യതിയാന ഗ്രേറ്റിംഗ്, സ്പെക്ട്രോമീറ്റർ എന്നിവ ഉപയോഗിച്ച് സംയോജിത പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം ലംബപതനരീതി ഉപയോഗിച്ച് കണക്കാക്കുക?

6. PN ജംഗ്ഷൻ ഡൈയോഡിന്റെ വോൾട്ടേജ്- വൈദ്യുത പ്രവാഹ (V-I) സവിശേഷതകളെ കണ്ടുപിടിക്കൽ.

7. സെനർ ഡൈയോഡിന്റെ വോൾട്ടേജ്- വൈദ്യുതപ്രവാഹ (V-I) സവിശേഷതകൾ കണ്ടുപിടിക്കുക.

8. സാധാരണ എമിറ്റർ ക്രമീകരണത്തിലുള്ള NPN ജംഗ്ഷൻ ട്രാൻസിസ്റ്ററിന്റെ സ്ഥിരസവിശേഷതകളുടെ അന്വേഷണം.

9. സംയോജിത സർക്യൂട്ടുകളെ പ്രയോജനപ്പെടുത്തി അടിസ്ഥാന ലോജിക് ഗേറ്റുകളുടെ സത്യപട്ടിക സ്ഥിരീകരിക്കൽ.

10. സംയോജിത സർക്യൂട്ടുകളെ പ്രയോജനപ്പെടുത്തി ഡി-മോർഗൻ സിദ്ധാന്തങ്ങൾ സ്ഥിരീകരിക്കൽ.

W6CV8

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 287 28-06-2022 5.48.19 PM

1. കോയിൽ നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്ന പദാർത്ഥത്തിന്റെ നിർദ്ദിഷ്ട പ്രതിരോധം, മീറ്റർ ബ്രിഡ്ജ് ഉപയോഗിച്ച് കണ്ടുപിടിക്കൽ

ലക്ഷ്യം

കോയിൽ നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്ന പദാർത്ഥത്തിന്റെ നിർദ്ദിഷ്ട പ്രതിരോധം, മീറ്റർ ബ്രിഡ്ജ് ഉപയോഗിച്ച് കണ്ടുപിടിക്കുക.

ആവശ്യമായ ഉപകരണങ്ങൾ

മീറ്റർ ബ്രിഡ്ജ്, ഗാൽവനോമീറ്റർ, ചാവി, പ്രതിരോധ പെട്ടി, ബന്ധിപ്പിക്കുന്നതിനുള്ള കമ്പികൾ, ലക്ലാൻചി സെൽ, ജോക്കി, ഉയർന്ന പ്രതിരോധം.

സൂത്രം

$$\rho = \frac{X\pi r^2}{L} \ (\Omega m)$$

ഇവിടെ, ρ → തന്നിരിക്കുന്ന കോയിലിലെ നിർദ്ദിഷ്ട പ്രതിരോധം (Ωm)

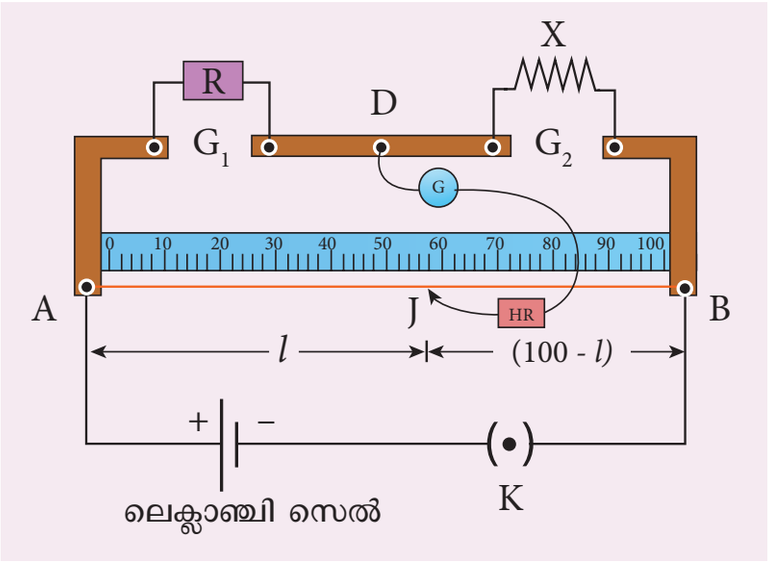
X → തന്നിരിക്കുന്ന കോയിലിലെ പ്രതിരോധം (Ω)

R → വിലയറിയാവുന്ന പ്രതിരോധം (Ω)

L → കോയിലിന്റെ നീളം (മീ)

r → കമ്പിയുടെ വ്യാസാർദ്ധം (മീ)

സർക്യൂട്ട് ചിത്രം



പ്രവർത്തന രീതി

- പ്രതിരോധപെട്ടി R നെ ഇടത് വിടവിലും വിലയറിയാത്ത പ്രതിരോധം X നെ വലത് വിടവിലും ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.
- ഒരു ലക്ലാൻഞ്ചി സെല്ലിനെ 1 മീ നീളമുള്ള ഒരു കമ്പിയ്ക്ക് കുറുകേ ഒരു ചാവി വഴി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.
- കേന്ദ്രത്തിലെ സ്ട്രിപ്പിലായി ഒരു ഗാൽവനോമീറ്റർ, ഉയർന്ന പ്രതിരോധം, ജോക്കി എന്നിവ ശ്രേണീ രീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.
- പ്രതിരോധ പെട്ടിയിൽ അനുയോജ്യമായ പ്രതിരോധത്തെ ചേർത്ത് സർക്യൂട്ട് on ചെയ്യുക.
- സർക്യൂട്ട് ബന്ധനം ശരിനോക്കുന്നതിന് ജോക്കിയെ കമ്പിയുടെ ഒരഗ്രത്തിന് A അരികിലായി അമർത്തുക. ഗാൽവനോമീറ്റർ ഒരു വശത്തേക്ക് വ്യതിചലിക്കുന്നു. കമ്പിയുടെ മറ്റൊരഗ്രത്തിനരികിലായി ജോക്കിയെ അമർത്തുമ്പോൾ ഗാൽവനോമീറ്റർ എതിർദിശയിൽ വ്യതിചലിക്കുന്നു. ഇതിൽ നിന്നും സർക്യൂട്ട് ബന്ധനം ശരിയാണെന്ന് മനസ്സിലാക്കാം.

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 288 28-06-2022 5.48.20 PM

- ജോക്കിയെ കമ്പിയിൽ ചലിപ്പിച്ച് ഗാൽവനോമീറ്റർ പൂജ്യം കാണിക്കുന്ന ബിന്ദുവിനെ കണ്ടുപിടിക്കുക. ഇത് സംതുലിത ബിന്ദു J ആകുന്നു.
- സംതുലിത നീളം $AJ = l$ എന്ന് കുറിക്കുക.
- വിലയറിയാത്ത പ്രതിരോധം X_1 നെ, സൂത്രം $X_1 = \frac{R(100-l)}{l}$. ഉപയോഗിച്ച് കണ്ടുപിടിക്കുക
- R ന്റെ വ്യത്യസ്തമൂല്യങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് പരീക്ഷണം ആവർത്തിക്കുക.
- R, Xസ്ഥാനമാറ്റം വരുത്തിയശേഷം ഈ പ്രവർത്തനം ആവർത്തിക്കുക
- $X_2 = \frac{Rl}{(100-l)}$. എന്ന സൂത്രമുപയോഗിച്ച് വിലയറിയാത്ത പ്രതിരോധം X_2 കണ്ടുപിടിക്കുക
- R ന്റെ അതേ മൂല്യങ്ങളുപയോഗിച്ച് മുമ്പുള്ളതുപോലെ പരീക്ഷണം ആവർത്തിക്കുക
- തന്നിട്ടുള്ള കോയിലിന്റെ പ്രതിരോധം X_1, X_2 ന്റെ ശരാശരി മൂല്യത്തിൽ നിന്നും കണക്കാക്കുക
- സ്ക്രൂ ഗേജുപയോഗിച്ച് കമ്പിയുടെ വ്യാസാർദ്ധം r കണക്കാക്കുക.
- മീറ്റർ അളവുകോലുപയോഗിച്ച് കോയിലിന്റെ നീളം L അളക്കുക.
- X, r, L മൂല്യങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് തന്നിരിക്കുന്ന ലോഹകമ്പിയുടെ നിർദ്ദിഷ്ട പ്രതിരോധം കണക്കാക്കുക

നിരീക്ഷണം

കോയിലിന്റെ നീളം L = _____ സെ.മീ.

പട്ടിക 1 തന്നിരിക്കുന്ന കോയിലിന്റെ പ്രതിരോധം കാണൽ

ക്രമ നമ്പർ	പ്രതിരോധം R (Ω)	സ്ഥാനം മാറ്റുന്നതിന് മുൻപ്		സ്ഥാനമാറ്റത്തിന് ശേഷം		ശരാശരി $X = \frac{X_1 + X_2}{2}$ (Ω)
		സംതുലിത നീളം l (സെ.മീ)	$X_1 = \frac{R(100-l)}{l}(\Omega)$	സംതുലിത നീളം l (സെ.മീ)	$X_2 = \frac{Rl}{(100-l)}$ (Ω)	
1						
2						
3						

ശരാശരി പ്രതിരോധം, X = ----------Ω

പട്ടിക 2 കമ്പിയുടെ വ്യാസാർദ്ധം കാണുക

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 289 28-06-2022 5.48.24 PM

ശൂന്യപിശക് =

ശൂന്യതിരുത്തൽ =

LC = 0.01 mm

ക്രമ നമ്പർ	PSR (മി.മീ)	HSC (ഡിവിഷൻ)	മൊത്ത അളവ് = PSR + (HSC × LC) (മി.മീ)	തിരുത്തപ്പെട്ട അളവ് = TR ± ZC (മി.മീ)
1				
2				
3				
4				
5				
6				

ശരാശരി വ്യാസം 2r = ... മി.മീ

കമ്പിയുടെ വ്യാസാർദ്ധം r = ... മി.മീ

r = ... മീ

കണക്കാക്കൽ

(i) $\rho = \frac{X\pi r^2}{L}$ =

പരീക്ഷണഫലം

തന്നിരിക്കുന്ന കോയിൽ നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്ന പദാർത്ഥത്തിന്റെ നിർദ്ദിഷ്ട പ്രതിരോധം = _____(ഓം- മി)

കുറിപ്പ്:

i) സർക്യൂട്ട് ബന്ധനം ശരിനോക്കൽ:

മീറ്റർബ്രിഡ്ജ് കമ്പിയുടെ ഒരഗ്രം ജോക്കിയാൽ സ്പർശിക്കുക (അഗ്രം A). ഗാൽവനോമീറ്റർ ഒരു വശത്തേക്ക് വ്യതിചലിക്കുന്നു. മറ്റേ അഗ്രം ജോക്കിയാൽ സ്പർശിക്കുമ്പോൾ (അഗ്രം B) ഗാൽവനോമീറ്റർ എതിർവശത്തേക്ക് വ്യതിചലിക്കുന്നു. എങ്കിൽ സർക്യൂട്ട് ശരിയായ രീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നുവെന്ന് മനസ്സിലാക്കാം.

ii) ഉയർന്ന പ്രതിരോധം (HR) ന്റെ ആവശ്യം:

ഗാൽവനോമീറ്റർ വളരെയധികം സംവേദനം ഉള്ള ഒരു ഉപകരണമാണ്. ഉയർന്ന വൈദ്യുതി ഗാൽവനോമീറ്ററിലൂടെ പ്രവഹിക്കുന്നെങ്കിൽ അതിന്റെ കോയിൽ നാശമാകുന്നു. അതുകൊണ്ട് ഗാൽവനോമീറ്ററിനെ സംരക്ഷിക്കുന്നതിന് ഉയർന്ന പ്രതിരോധം ആവശ്യമാണ്. ഉയർന്ന പ്രതിരോധത്തെ ഗാൽവനോമീറ്ററുമായി ശ്രേണീരീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ ഇതിലൂടെയുള്ള വൈദ്യുത പ്രവാഹം കുറയുന്നു. അങ്ങനെ ഗാൽവനോമീറ്റർ സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ സംതുലിതനീളം കൃത്യമായിരിക്കില്ല.

iii) കൃത്യമായ സംതുലിതനീളം കണ്ടുപിടിക്കൽ:

ആദ്യം ഉയർന്ന പ്രതിരോധം സർക്യൂട്ടിൽ ഉൾപ്പെടുത്തുക. (അതായത് ഉയർന്ന പ്രതിരോധം HR ലെ കീ നീക്കം ചെയ്യുക) ഏകദേശം സംതുലിക നീളം കണ്ടുപിടിക്കുക. HR നെ സർക്യൂട്ടിൽ നിന്നും മാറ്റുക (അതായത് HR ലെ കീ അടയ്ക്കുക) എന്നിട്ട് കൃത്യമായ സംതുലിതനീളം കണക്കാക്കുക.

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 290 28-06-2022 5.48.24 PM

2. ടേൻജന്റ് റ് ഗാൽവനോമീറ്ററിനെ പ്രയോജനപ്പെടുത്തി ഭൂമിയുടെ കാന്തികമണ്ഡലത്തിന്റെ തിരശ്ചീന ഘടകത്തെ കണ്ടറിയുക

ലക്ഷ്യം

ഭൂമിയുടെ കാന്തികമണ്ഡലത്തിന്റെ തിരശ്ചീനഘടകത്തെ ടേൻജൻഡ് ഗാൽവനോമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് കണ്ടറിയുക

ആവശ്യമായ ഉപകരണങ്ങൾ

ടേൻജൻഡ് ഗാൽവനോമീറ്റർ, കമ്മ്യൂട്ടേറ്റർ, ബാറ്ററി, റിയോസ്റ്റാറ്റ്, അമീറ്റർ, ചാവി, ബന്ധിപ്പിക്കുന്നതിനുള്ള കമ്പികൾ.

സൂത്രം

$$B_H = \frac{\propto_0 nk}{2r} \text{ (ടെസ്‌ലാ)}$$

$$k = \frac{I}{\tan\theta} \text{ (A)}$$

ഇവിടെ, B_H → ഭൂമിയുടെ കാന്തികമണ്ഡലത്തിന്റെ തിരശ്ചീന ഘടകം (T)

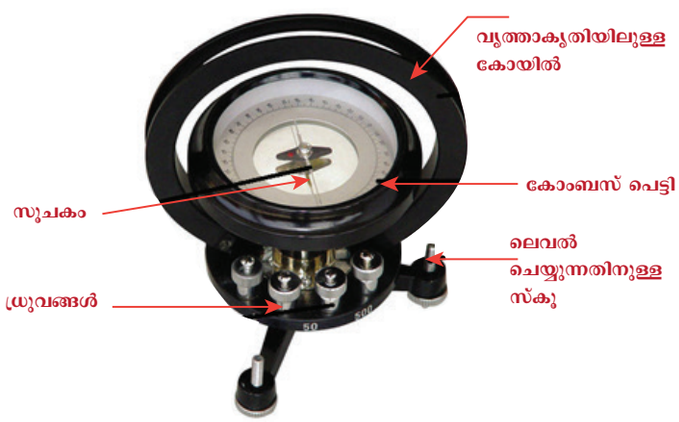
μ_0 → ശൂന്യസ്ഥലത്തെ പെർമിയബിലിറ്റി ($4\pi \times 10^{-7}$ H m^{-1})

n → സർക്യൂട്ടിലെ TG ചുരുൾകളുടെ എണ്ണം (മാത്ര ഇല്ല)

k → TG ലെ റിഡക്ഷൻ ഫാക്ടർ (A)

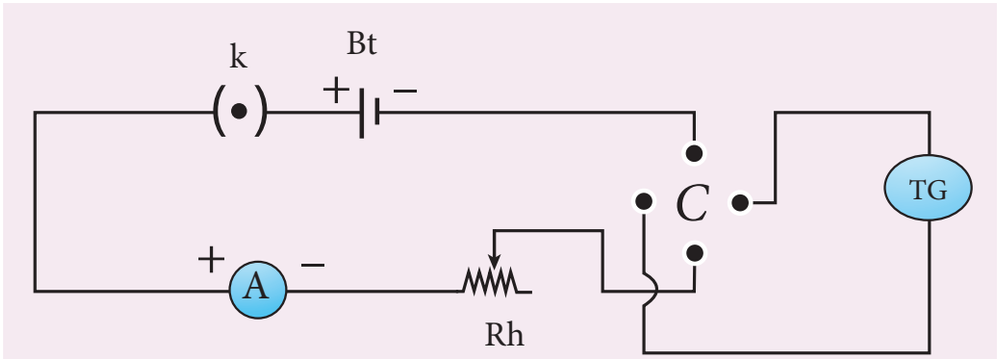
r → കോയിലിന്റെ വ്യാസാർദ്ധം (മീ)

സർക്യൂട്ട് ചിത്രം





ചിത്രം (a) ടേൻജൻഡ് ഗാൽവനോമീറ്റർ ചിത്രം (b) ചുരുളുകളുടെ എണ്ണം



(c) സർക്യൂട്ട് ചിത്രം

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 291 28-06-2022 5.48.25 PM

പ്രവർത്തന രീതി

- പ്രാരംഭ ക്രമീകരണങ്ങൾ ചുവടെ കൊടുക്കുന്നു.

  a. TGയുടെ അടിവശത്തെ സ്ക്രൂ ഉപയോഗിച്ച് വൃത്താകൃതിയിൽ തിരയുന്ന പീഡത്തെ തിരശ്ചീനമായും വൃത്താകൃതിയിലുള്ള കോയിലിന്റെ തലം ലംബമായും ക്രമീകരിക്കുക.

  b. വൃത്താകൃതിയിലുള്ള കോയിലിനെ തിരിച്ച് അതിന്റെ തലം കാന്തികധ്രുവതലത്തിൽ (വടക്ക് - തെക്ക്) ദിശയിൽ വയ്ക്കുക

  c. കോംബസ് പെട്ടിയെ തിരിച്ച് അലുമിനിയ സൂചകം $0° - 0°$ കാണിക്കുംവിധം വയ്ക്കുക

- ചിത്രം (c) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ബന്ധിപ്പിക്കുക.
- ചുരുളുകളുടെ എണ്ണം തിരഞ്ഞെടുത്ത ശേഷം സർക്യൂട്ട് on ചെയ്യുക.
- TGലെ അലുമിനിയ സൂചകത്തിന്റെ വ്യതിചലനം $30° - 60°$ ഇടയിൽ വരുന്നവിധം TG ലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹം ക്രമീകരിക്കുക
- സർക്യൂട്ടിൽ ഒരു നിശ്ചിത വൈദ്യുത പ്രവഹിപ്പിച്ച്, അലുമിനിയ സൂചകത്തിന്റെ രണ്ടഗ്രങ്ങളും കാണിക്കുന്ന വ്യതിചലനങ്ങൾ θ_1, θ_2 കുറിക്കുക.
- കമ്മ്യൂട്ടേറ്റർ പ്രയോജനപ്പെടുത്തി വൈദ്യുതപ്രവാഹത്തിന്റെ ദിശമാറ്റി എതിർദിശകളിലുള്ള രണ്ട് വ്യതിചലനങ്ങൾ θ_3, θ_4 കുറിക്കുക
- θ_1, θ_2, θ_3, θ_4 ന്റെ ശരാശരി കണക്കാക്കി പട്ടികയിലെഴുതുക.
- ഓരോ ഘട്ടത്തിലും റിഡക്ഷൻ ഫേക്ടർ k കണക്കാക്കുക. k ഒരു സ്ഥിരാങ്കം ആയിരിക്കും.
- വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന്റെ വ്യത്യസ്ത അളവുകൾക്ക് ഈ പരീക്ഷണം ആവർത്തിക്കുക. അളവുകൾ പട്ടികയിലെഴുതുക.
- കോയിലിന്റെ ചുറ്റളവ് ഒരു നൂലുപയോഗിച്ച് കണ്ടുപിടിച്ച് അതിൽ നിന്നും കോയിലിന്റെ വ്യാസാർദ്ധം കണക്കാക്കുക.
- *r*, *n* മറ്റും *k* യുടെ മൂല്യം ഉപയോഗിച്ച് ഭൂമിയുടെ കാന്തികമണ്ഡലത്തന്റെ തിരശ്ചീനഘടകം കണക്കാക്കുക.

കമ്മ്യൂട്ടേറ്റർ:



ഇലക്ട്രിക് സർക്യൂട്ടുകൾ, ഇലക്ട്രിക് മോട്ടാർ മറ്റും ഇലക്ട്രിക് ജനറേറ്ററുകൾ എന്നിവയിൽ ഉപയോഗിക്കുന്ന ഒരുതരം സ്വിച്ചാണിത്. ഇത് സർക്യൂട്ടിൽ വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന്റെ ദിശമാറ്റാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 292 28-06-2022 5.48.26 PM

നിരീക്ഷണം

കോയിലിന്റെ ചുരുളുകളുടെ എണ്ണം n =

കോയിലിന്റെ ചുറ്റളവ് $(2\pi r)$ =

കോയിലിന്റെ വ്യാസാർദ്ധം r =

ക്രമ നമ്പർ	വൈദ്യുത പ്രവാഹം I (A)	TG ലെ വ്യതിചലനം (degree)				ശരിശരി θ (ഡിഗ്രി)	$k=\frac{I}{\tan\theta}$
		θ_1	θ_2	θ_3	θ_4		
1							
2							
3							
4							
						ശരാശരി	

കണക്കാക്കൽ

$$B_H = \frac{\propto_0 nk}{2r} =$$

പരീക്ഷണഫലം

ഭൂമിയുടെ കാന്തികമണ്ഡലത്തിന്റെ തിരശ്ചീനഘടകം _____

കുറിപ്പ്:

i) TG യുടെ നിരീക്ഷണതലത്തിൽ ഉള്ള കന്തികവസ്തുക്കളും കാന്തവും നീക്കം ചെയ്യുക.

ii) പാരലാക്സ് പിശക് വരാത്തവിധം അലുമിനിയ സൂചകത്തിന്റെ അഗ്രങ്ങൾ കാണിക്കുന്ന അളവുകൾ കുറിക്കുക.

iii) TG ലെ വ്യതിചലനം 30°, 60° ഇടയിലുള്ള പരിധിയിലായിരിക്കണം. എന്തുകൊണ്ടെന്നാൽ TG 45° വ്യതിചലനത്തിൽ വളരെയധികം സംവേദനം കാണിക്കുന്നു. 0° യ്ക്കും 90°യ്ക്കുമിടയിൽ കുറച്ച് സംവേദനം ആയിരിക്കും.

$$I = k \tan\theta$$

$$\text{or } dI = k \sec^2\theta \, d\theta$$

$$\frac{d\theta}{dI} = \frac{\sin 2\theta}{2I}$$

തന്നിരിക്കുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന് സംവേദനം $\frac{d\theta}{dI}$ പരമാവധിയായിരിക്കും $2\theta = 1$ or $\theta = 45°$

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 293 28-06-2022 5.48.27 PM

3. പൊട്ടൻഷ്യോമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് രണ്ട് സെല്ലുകളുടെ താരതമ്യം

ലക്ഷ്യം

തന്നിട്ടുള്ള രണ്ട് സെല്ലുകളുടെ emf പൊട്ടൻഷ്യോമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് താരതമ്യം ചെയ്യുക.

ആവശ്യമുള്ള ഉപകരണങ്ങൾ

ബാറ്ററി എലിമിനേറ്റർ, ചാവി, റിയോസ്റ്റാറ്റ്, ഡിപിഡിറ്റി സ്വിച്ച്, ലക്ലാൻഞ്ചി മറ്റും ഡാനിയൽ സെൽ, ഗാൽവനോമീറ്റർ, ഉയർന്ന പ്രതിരോധ പെട്ടി, പെൻസിൽ ജോക്കി, ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന കമ്പികൾ

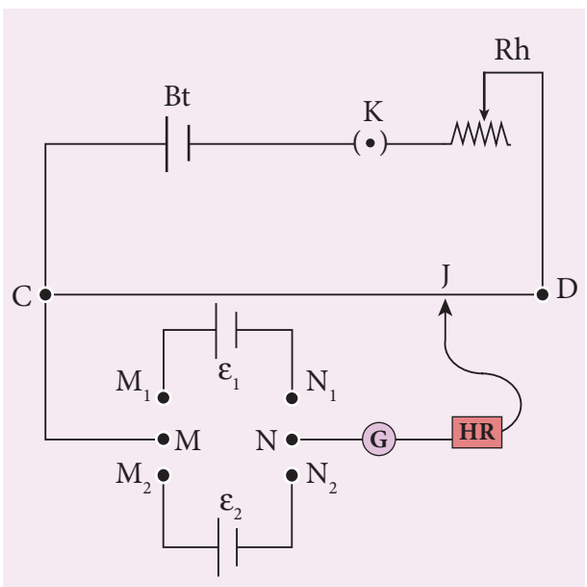
സൂത്രം

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{l_1}{l_2}$$ (മാത്ര ഇല്ല)

ഇവിടെ $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ എന്നത് യഥാക്രമം ലെക്ലാൻഞ്ചി, ഡാനിയൽ സെല്ലിന്റെ ഇ.എം.എഫ് ആകുന്നു. (വോൾട്ട്)

ll_1, l_2 എന്നത് യഥാക്രമം ലെക്ലാൻഞ്ചി, ഡാനിയൽ സെല്ലന്റെ സംതുലിത നീളം ആകുന്നു. (സെ.മീ)

സർക്യൂട്ട് ചിത്രം



പ്രവർത്തന രീതി

- സർക്യൂട്ട് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഉപകരണങ്ങൾ ക്രമീകരിക്കുക.
- പ്രാരംഭ സർക്യൂട്ടിൽ ബാറ്ററി, ചാവി, റിയോസ്റ്റാറ്റ് എന്നിവ പൊട്ടൻഷ്യോമീറ്ററുമായി ശ്രേണീ രീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.
- സെല്ലിന്റെ പോസിറ്റീവ് ധ്രുവം ഡിപിഡിറ്റി സ്വിച്ചിന്റെ M_1 & M_2 അഗ്രങ്ങളിലും നെഗറ്റീവ് ധ്രുവം N_1 & N_2 അഗ്രങ്ങളിലും ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.
- ഇരുവഴിചാവി ഉപയോഗിച്ച് ലക്ലാൻഞ്ചിസെല്ലിനെ സർക്യൂട്ടിൽ ഉൾപ്പെടുത്തുക. ജോക്കിയെ പൊട്ടൻഷ്യോമീറ്റർ കമ്പിയിൽ ചലിപ്പിച്ച് സംതുലിത ബിന്ദു കണ്ടുപിടിച്ച് സംതുലിത നീളം അളക്കുക.
- ഇതുപോലെ ഡാനിയൽ സെല്ലിനെ സർക്യൂട്ടിൽ ഉൾപ്പെടുത്തി സന്തുലിത നീളം കാണുക.
- റിയോസ്റ്റാറ്റിനെ ക്രമീകരിച്ച് പരീക്ഷണം ആവർത്തിച്ച് വ്യത്യസ്ത സംതുലിത നീളങ്ങൾ കണ്ടുപിടിക്കുക.
- l_1, l_2 ന്റെ വിവിധ മൂല്യങ്ങളിൽ നിന്ന് രണ്ട് സെല്ലുകളുടെ emf ന്റെ അനുപാതം കണക്കാക്കുക.

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 294 28-06-2022 5.48.27 PM

നിരീക്ഷണം

പട്ടിക: രണ്ട് സെല്ലുകളുടെ emf ന്റെ അനുപാതം

ക്രമ നമ്പർ	ലക്ലാൻഞ്ചിസെല്ലിന്റെ സംതുലിത നീളം, l_1 (സെ.മീ)	ഡാനിയൽ സെല്ലിന്റെ സംതുലിത നീളം, l_2 (സെ.മീ)	$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{l_1}{l_2}$
1			
2			
3			
4			
5			

ശരാശരി $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} =$

കണക്കാക്കുക

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{l_1}{l_2}$$

പരീക്ഷണഫലം

രണ്ട് സെല്ലുകളുടെ emf ന്റെ അനുപാതം = _____ (മാത്ര ഇല്ല)

കുറിപ്പ് :

ഡിപിഡിറ്റി സ്വിച്ച്



ഇരു ധ്രുവ ഇരുവഴി സ്വിച്ച് ഡിപിഡിറ്റി സ്വിച്ച്) എന്നത് 6-ടെർമിനൽ ഒരു ത്രോസ്വിച്ചുമായി (ലോഹ കൈപിടി) യുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇനി M- N ധ്രുവങ്ങളിൽ ഘടിപ്പിക്കുക. തന്നിട്ടുള്ള രണ്ട് സെല്ലുകളും M_1, M_2 മറ്റും N_1, N_2 ധ്രുവങ്ങളിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുക. കൈപ്പിടി ഒരറ്റത്തിലേക്ക് മാറ്റുക M_1, M_2, അപ്പോൾ ആ അറ്റത്ത് ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന സെൽ മാത്രം സർക്യൂട്ടിൽ ഉൾക്കൊള്ളുന്നു.

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 295 28-06-2022 5.48.27 PM

4. പ്രിസം നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്ന വസ്തുവിന്റെ അപവർത്തന സ്ഥിരാങ്കം

ലക്ഷ്യം പ്രിസം നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്ന വസ്തുവിന്റെ അപവർത്തന സ്ഥിരാങ്കം, സ്പെക്ട്രോ മീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് കണക്കാക്കൽ

ആവശ്യമായ ഉപകരണങ്ങൾ സ്പെക്ട്രോമീറ്റർ, പ്രിസം, സോഡിയം വേപ്പർ ലാംബ്, പ്രിസം ക്ലാമ്പ്, സ്പിരിറ്റ് ലെവൽ.

സൂത്രം

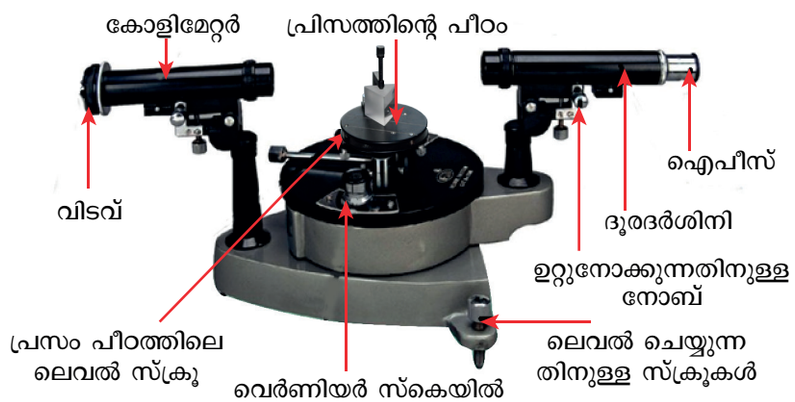
$$\mu = \frac{\sin\left(\frac{A+D}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)} \quad \text{(മാത്ര ഇല്ല)}$$

ഇവിടെ, μ → പ്രിസം നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്ന വസ്തുവിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം

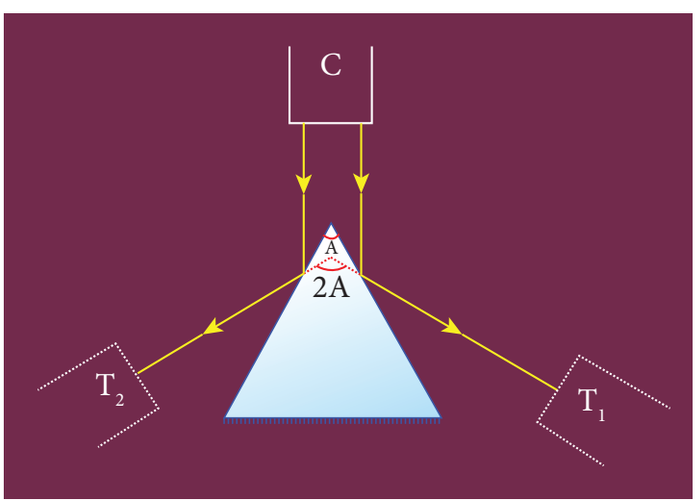
A → പ്രിസത്തിന്റെ കോൺ (ഡിഗ്രി)

D → കുറഞ്ഞ വ്യതിയാനത്തിലെ കോൺ

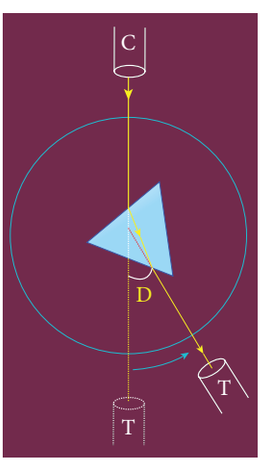
ചിത്രം



ചിത്രം (a) പ്രിസത്തിന്റെ കോൺ



ചിത്രം (b) പ്രിസത്തിന്റെ കോൺ



ചിത്രം (c) കുറഞ്ഞ വ്യതിയാന കോൺ

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 296 28-06-2022 5.48.28 PM

പ്രവർത്തന രീതി

1) സ്പെക്ട്രോമീറ്ററിന്റെ പ്രാരംഭ ക്രമീകരണങ്ങൾ

- ഐപീസ് : കുറുകെയുള്ള കമ്പികൾ വ്യക്തമായി കാണുന്നവിധം ടെലസ്കോപ്പിന്റെ ഐപിസ് ക്രമീകരിക്കുക
- വിടവ് : നേർത്തതും ലംബവും ആയിരിക്കും വിധം കോളിമീറ്ററിലെ വിടവ് ക്രമീകരിക്കുക.
- സ്പെക്ട്രോമീറ്ററിന്റെ അടിഭാഗം : സ്പെക്ട്രോമീറ്ററിന്റെ അടിഭാഗം തിരശ്ചീനമാകും വിധം ലെവൽ ചെയ്യുന്ന സ്ക്രൂ ഉപയോഗിക്കുന്നു.
- ടെലസ്കോപ്പ് : അകലത്തിലുള്ള ഒരു വസ്തുവിനു നേരെ ടെലസ്കോപ്പ് തിരിച്ച് ആ വസ്തുവിന്റെ തല കീഴായ ബിംബം വ്യക്തമായി കാണുംവിധം ടെലസ്കോപ്പ് ക്രമീകരിക്കുക, ഇപ്പോൾ ടെലസ്കോപ്പ് സമാന്തര രശ്മികൾ സ്വീകരിക്കുംവിധം ക്രമീകരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.
- കോളിമേറ്റർ: ടെലസ്കോപ്പ് കോളിമേറ്ററുമായി ഒരേ രേഖയിൽ കൊണ്ടുവരിക, വിടവിന്റെ വ്യക്തമായ ബിംബം ടെലസ്കോപ്പിലൂടെ കാണുംവിധം കോളിമേറ്റർ ക്രമീകരിക്കുക. ഇപ്പോൾ കോളിമേറ്റർ സമാന്തര രശ്മികൾ നൽകുന്നു.
- പ്രിസത്തിന്റെ പീഠം: സ്പിരിറ്റ് ലെവൽ ഉപയോഗിച്ച് പ്രിസത്തിന്റെ പീഠത്തിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന മൂന്നു ലെവൽ ചെയ്യുന്ന സ്ക്രൂവുമായി തിരശ്ചീനമാകും വിധം പ്രിസത്തിന്റെ പീഠം ക്രമീകരിക്കുക.

2) പ്രിസത്തിന്റെ കോൺ കാണൽ (A)

- സോഡിയം വേപ്പർ ലാംബിൽ നിന്നും വരുന്ന മഞ്ഞ നിറത്തിലുള്ള പ്രകാശത്തിനാൽ വിടവ് പ്രകാശമയമാകുന്നു
- തന്നിരിക്കുക സമഭുജ പ്രിസത്തെ, പ്രിസത്തിന്റെ പീഠത്തിൽ വയ്ക്കുക, അതായത്, പ്രിസത്തിന്റെ അപവർത്തന വശങ്ങൾ, കോളിമീറ്ററിന് അഭിമുഖമായി വയ്ക്കുക, കോളിമേറ്ററിൽ നിന്നും വരുന്ന പ്രകാശം പ്രിസത്തിന്റെ പ്രതിഫലന വശങ്ങളിൽ തട്ടി പ്രതിഫലിക്കുന്നു.
- ടെലസ്കോപ്പിനെ ഇടതുവശത്തിലേയ്ക്ക് തിരിച്ച് പ്രിസത്തിന്റെ ഒന്നാമത്തെ മുഖത്തിൽ നിന്നും വിടവിന്റെ പ്രതിഫലന ബിംബം കിട്ടുംവിധം ഉറപ്പിക്കുക.
- ഈ വിടവിന്റെ പ്രതിഫലന ബിംബവുമായി ടെലസ്കോപ്പിന്റെ ലംബമായുള്ള കമ്പി ഒന്നുചേരും വിധം ടെലസ്കോപ്പിനെ തിരശ്ചീന സ്ക്രൂ ഉപയോഗിച്ച് ക്രമീകരിക്കുക.
- പ്രധാന അളവുകോൽ അവും, വെർണിയർ ഒത്തുചേരലും, രണ്ടു വെർണിയർ അളവു കോലിൽ നിന്നും കുറിയ്ക്കുക.
- പ്രിസത്തിന്റെ രണ്ടാം മുഖത്തു നിന്നും വിടവിന്റെ പ്രതിഫലനം ബിബം കിട്ടുംവിധം ടെലസ്കോപ്പിനെ തിരിച്ച് മുൻപുള്ളതുപോലെ അളവുകൾ കുറിയ്ക്കുക.
- ഈ രണ്ടു അളവുകളുടെയും വ്യത്യാസം, 2A ആകുന്നു. ഇതിൽ നിന്നും പ്രിസത്തിന്റെ കോൺ A കണക്കാക്കാം.

3) കുറഞ്ഞ വ്യതിയാന കോൺ കോണൽ (D)

- പ്രിസത്തിന്റെ പീഠത്തെ കോളിമേറ്ററിൽ നിന്നും വരുന്ന പ്രകാശം, പ്രിസത്തിന്റെ ഒരു അപവർത്തന വശത്ത് പതിക്കും വിധം തിരിക്കുക. അപവർത്തനത്തിനുശേഷം, ഈ രശ്മി മറ്റൊരു അപവർത്തന വശത്തിലൂടെ പുറത്തുവരുന്നു.
- ടെലസ്കോപ്പിനെ അപവർത്തന ബിംബം കാണുംവിധം തിരിയ്ക്കുക.
- ബിംബം, പതന രശ്മിയുടെ ദിശയിൽ ചലിക്കുംവിധം ടെലസ്കോപ്പിലൂടെ വീക്ഷിച്ചുകൊണ്ട് പ്രിസത്തിന്റെ പീഠം തിരിയ്ക്കുക.

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 297 28-06-2022 5.48.28 PM

- പതന രശ്മിയെ നോക്കി സഞ്ചരിക്കുന്ന ബിംബം, ഒരു നിശ്ചിത സ്ഥാനത്ത് എതിർദിശയിലോട്ട് തിരിയുന്നു.
- ഈ സ്ഥാനത്തെ കുറഞ്ഞ വ്യതിയാന സ്ഥാനം എന്നു പറയുന്നു.
- ഈ സ്ഥാനത്ത് ബിംബം ടെലസ്കോപ്പിന്റെ ലംബമായ കമ്പിയോട് ഒത്തുചേരുംവിധം ടെലസ്കോപ്പിനെ തിരിച്ച് ആ സ്ഥാനത്ത് ഉറപ്പിക്കുക.
- രണ്ടു വെർണിയർ അളവുകോലിൽ നിന്നും അളവുകൾ കുറിയ്ക്കുക.
- പ്രിസം നീക്കം ചെയ്ത ശേഷം ടെലസ്കോപ്പിനെ പതനരശ്മി ലഭിക്കും വിധം തിരിയ്ക്കുക, അളവുകൾ കുറിക്കുക.
- അളവുകൾ പട്ടികയിൽ എഴുതുക. ഈ രണ്ടു അളവുകൾക്കും ഇടയിലുള്ള വ്യത്യാസം കുറഞ്ഞ വ്യതിയാന കോൺ D ആകുന്നു.
- A, D മൂല്യങ്ങളിൽ നിന്നും പ്രിസം നിർമിച്ചിരിക്കുന്ന അപവർത്തന സ്ഥിരാങ്കം കണക്കാക്കാം.

അൽപതമാങ്കം

1 MSD = 30′

വെർണിയർ അളവുകോലിലെ പിരിവുകളുടെ എണ്ണം = 30
സ്പെക്ട്രോമീറ്ററിൽ 30 വെർണിയർ അളവുകോൽ പിരിവുകൾ 29 പ്രധാന അളവുകോൽ പിരിവുകളെ ഉൾക്കൊള്ളുന്നു.

∴ 30 VSD = 29 MSD

അല്ലെങ്കിൽ1 VSD = $\left(\frac{29}{30}\right)$ MSD

അൻപതാമങ്കം (LC) = 1 MSD – 1 VSD

$= \left(\frac{1}{30}\right)\text{MSD} = \left(\frac{1}{30}\right) \times 30'$

$= 1'$

നിരീക്ഷണം

പട്ടിക **1** പ്രിസത്തിന്റെ കോൺ കോണൽ (A)

പ്രതിബിംബം	വെർണിയർ A (ഡിഗ്രി)			വെർണിയർ B (ഡിഗ്രി)		
	MSR	VSC	TR	MSR	VSC	TR
ഒന്നാമത്തെ മുഖത്തുനിന്നും ഉള്ള പ്രതിഫലന ബിംബം 1						
രണ്ടാമത്തെ മുഖത്തുനിന്നും ഉള്ള പ്രതിഫലന ബിംബം 2						
വ്യത്യാസം 2A						

ശരാശരി 2A =

ശരാശരി A =

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 298 28-06-2022 5.48.29 PM

പട്ടിക 2 കുറഞ്ഞ വ്യതിചലന കോൺ കാണൽ (D)

പ്രതിബിംബം	വെർണിയർ A (ഡിഗ്രി)			വെർണിയർ B (ഡിഗ്രി)		
	MSR	VSC	TR	MSR	VSC	TR
അപവർത്തന ബിംബം						
നേർ ബിംബം						
വ്യത്യാസം D						

ശരാശരി D =

കണക്കാക്കൽ

$$\propto = \frac{\sin\left(\frac{A+D}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

പരീക്ഷണ ഫലം

1. പ്രിസത്തിന്റെ കോൺ (A) = ... (ഡിഗ്രി)

2. പ്രിസത്തിന്റെ വ്യതിയാന കോൺ (D) =..... (ഡിഗ്രി)

3. പ്രിസം നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്ന വസ്തുവിന്റെ അപവർത്തന സ്ഥിരാങ്കം (μ) =..... (മാത്ര ഇല്ല)

കുറിപ്പ്:

i) പ്രാരംഭ ക്രമീകരണങ്ങൾക്കു ശേഷം, സ്പെക്ട്രോ മീറ്ററിനെ അനക്കാൻ പാടില്ല.

ii) മൊത്ത അളവ് TR = MSR + (VSC × LC)

ഇവിടെ

MSR → പ്രധാന അളവുകോൽ അളവ്

VSC → വെർണിയർ അളവിന്റെ ഒത്തുചേരൽ

LC → അൽപതമാങ്കം (= 1′)

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 299 28-06-2022 5.48.29 PM

5. സ്പെക്ട്രോമീറ്ററും, ഡൈഫ്രാക്ഷൻ ഗ്രേറ്റിങ്ങും ഉപയോഗിച്ച സംയോജിത വെളിച്ചത്തിലുള്ള ഘടക വർണ്ണങ്ങളുടെ തരംഗ ദൈർഘ്യം

ലക്ഷ്യം സ്പെക്ട്രോമീറ്ററും, ഡൈഫ്രാക്ഷൻ ഗ്രേറ്റിങ്ങും ഉപയോഗിച്ച സംയോജിത വെളിച്ചത്തിലുള്ള ഘടക വർണ്ണങ്ങളുടെ തരംഗദൈർഘ്യം കണ്ടുപിടിക്കൽ

ആവശ്യമായ ഉപകരണങ്ങൾ സ്പെക്ട്രോമീറ്റർ, മെർക്കുറി വാഷർ ലാംബ്, ഡൈഫ്രാക്ഷൻ ഗ്രേറ്റിങ്, ഗ്രേറ്റിങ് വയ്ക്കുന്നതിനുള്ള പീഠം, സ്പിരിറ്റ് ലെവൽ

സൂത്രം

$$\lambda = \frac{\sin\theta}{nN} \text{ Å}$$

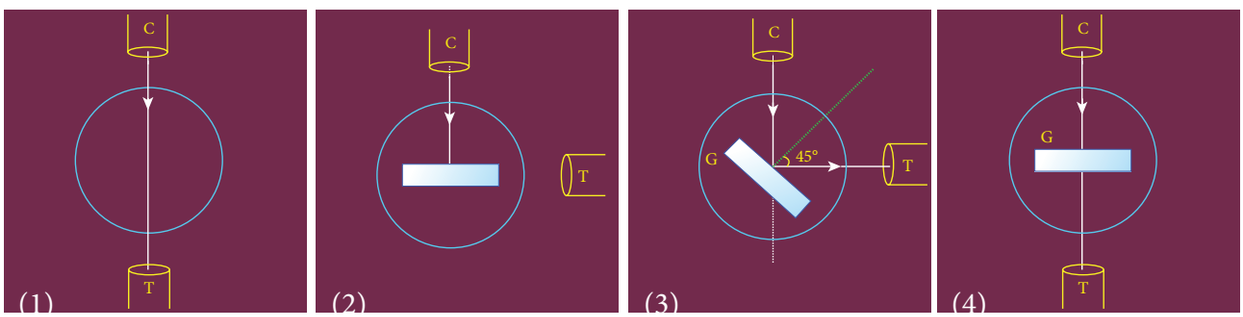
ഇവിടെ, λ → സംയോജിത വെളിച്ചത്തിലെ ഘടക വർണ്ണങ്ങളുടെ തരംഗ ദൈർഘ്യം (Å)

N → തന്നിട്ടുള്ള ഗ്രേറ്റിങ്ങിൽ ഒരു മീറ്റർ നീളത്തിലുള്ള രേഖകളുടെ എണ്ണം(മാത്രയില്ല) (N ന്റെ മൂല്യം - ഗ്രേറ്റിങ്ങിൽ രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു)

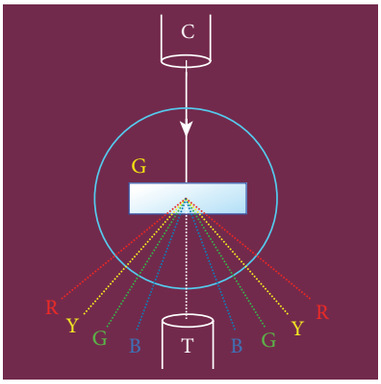
n → വ്യതിയാനത്തിന്റെ ക്രമം (മാത്രയില്ല)

θ → വ്യതിയാന കോൺ (ഡിഗ്രി)

ചിത്രം



ചിത്രം (a) ലംബമായ പതനം



ചിത്രം (b) വ്യതിയാന കോൺ

പ്രവർത്തന രീതി

1) **സ്പെക്ട്രോമീറ്ററിലെ പ്രാരംഭ ക്രമീകരണങ്ങൾ**

- ഐപീസ്: കുറുകെയുള്ള കമ്പികൾ വ്യക്തമായി കാണുംവിധം ടെലസ്കോപ്പിലെ ഐപീസിനെ ക്രമീകരിക്കുക.
- വിടവ്: നേർത്തതും ലംബവും ആകുംവിധം കോളിമേറ്ററിലെ വിടവ് ക്രമീകരിക്കുക.
- സ്പെക്ട്രോമീറ്ററിന്റെ അടിഭാഗം: ലെവൽ ചെയ്യുന്നതിനുള്ള സ്ക്രൂ ഉപയോഗിച്ച് സ്പെക്ട്രോമീറ്ററിന്റെ അടിഭാഗം തിരശ്ചീനമാകും വിധം ക്രമീകരിക്കുക.

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 300 28-06-2022 5.48.29 PM

- ടെലസ്കോപ്പ്: ടെലസ്കോപ്പിനെ വിദൂരതയിലുള്ള ഒരു വസ്തുവിലേയ്ക്ക് തിരിച്ച് വിദൂര വസ്തുവിന്റെ വ്യക്തമായ പ്രതിബിംബം കാണുംവിധം ക്രമീകരിക്കുക. ഇപ്പോൾ ടെലസ്കോപ്പ് സമാന്തര രശ്മികൾ സ്വീകരിക്കുംവിധം ക്രമീകരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.
- കോളിമേറ്റർ : ടെലസ്കോപ്പുമായി കോളിമേറ്റർ ഒരേ രേഖയിൽ കൊണ്ടുവരിക. വിടവിന്റെ വ്യക്തമായ ബിംബം ടെലസ്കോപ്പിൽ കാണുംവിധം കോളിമേറ്റർ ക്രമീകരിക്കുക. ഇപ്പോൾ കോളിമേറ്റർ സമാന്തര രശ്മികളെ നൽകുന്നു.
- ഗ്രേറ്റിങ് വയ്ക്കുന്നതിനുള്ള പീഠം: സ്പിരിറ്റ് ലെവൽ ഉപയോഗിച്ച് ഗ്രേറ്റിങ് പീഠത്തിലുള്ള മൂന്നു ലെവലിങ് സ്ക്രൂവിനും തിരശ്ചീനമാകും വിധം പീഠം ക്രമീകരിക്കുക.

2) ലംബമായ പതനത്തിനു വേണ്ടിയുള്ള ഗ്രേറ്റിങ്ങിന്റെ ക്രമീകരണം

- മെർക്കുറി വേപ്പർ ലാമ്പിൽ നിന്നും വരുന്ന സംയോജിത വെളിച്ചത്തിനാൽ വിടവ് പ്രകാശമയമാക്കപ്പെടുന്നു.
- ടെലസ്കോപ്പ് കോളിമേറ്ററുമായി ഒരേ രേഖയിൽ കൊണ്ടുവരിക. ചിത്രം (a)1).
- വിടവിന്റെ ബിംബവുമായി കുറുകെയുള്ള ലംബമായ കമ്പിയെ കൂട്ടിമുട്ടിയ്ക്കുക.
- ടെലസ്കോപ്പിനെ തിരിച്ച് 90^0 കോണിൽ ഉറപ്പിക്കുക. ചിത്രം (a)2).
- സമതല ഗ്രേറ്റിങ്ങിനെ, ഗ്രേറ്റിങ് പീഠത്തിൽ ഉറപ്പിക്കുക.
- ഗ്രേറ്റിങ് പീഠത്തെ തിരിച്ച് ഗ്രേറ്റിങ്ങിൽ നിന്നും പ്രതിഫലിക്കുന്ന പ്രകാശത്തെ ടെലസ്കോപ്പിന്റെ കുറുകെയുള്ള കമ്പിയുമായി കൂട്ടിമുട്ടിക്കുക. പ്രതിഫലന ബിംബം വെള്ളനിറം ആയിരിക്കും. ചിത്രം (a)3).
- വെർണിയർ ഡിസ്ക്കിനെ മോചിപ്പിക്കുക. ഗ്രേറ്റിങ് പീഠത്തോട് ചേർത്ത് വെർണിയർ ഡിസ്ക്കിനെ 45^0 കോണിൽ തിരിയ്ക്കുക. കോളിമേറ്ററിൽ നിന്നും വരുന്ന പ്രകാശം കോളിമേറ്ററിൽ ലംബമായി പതിക്കുന്നു. ചിത്രം (a)4).

3) മെർക്കുറി സ്പെക്ട്രത്തിലെ ഘടകവർണ്ണങ്ങളുടെ തരംഗ ദൈർഘ്യം കണക്കാക്കൽ

- ടെലസ്കോപ്പിനെ മോചിപ്പിച്ച് മധ്യത്തിലെ നേരായ ബിംബം സ്വീകരിക്കുംവിധം കോളിമേറ്ററുമായി ഒരേ രേഖയിൽ കൊണ്ടുവരിക. ഈ വിവർണ്ണനം സംഭവിക്കാത്ത ബിംബം വെള്ളനിറത്തിലായിരിക്കും.
- നേരായ ബിംബത്തിന്റെ ഇരുവശത്തും വിടവിന്റെ വ്യതിയാനം സംഭവിച്ച ബിംബങ്ങൾ നിരീക്ഷിക്കുക.
- ഈ വ്യതിയാന ബിംബത്തിൽ മെർക്കുറി സ്പെക്ട്രത്തിലുള്ള ഘടകവർണ്ണങ്ങൾ, തരംഗ ദൈർഘ്യത്തിന്റെ അവരോഹണക്രമത്തിൽ കാണുന്നു.
- ടെലസ്കോപ്പിലെ നേരായ ബിംബത്തിന്റെ ഏതെങ്കിലും ഒരു വശത്തേയ്ക്ക് തിരിച്ച് വ്യതിയാന ബിംബത്തിന്റെ ഒന്നാമത്തെ ക്രമം നിരീക്ഷിക്കുക.
- കുറുകെയുള്ള ലംബമായ കമ്പി സ്പെക്ട്രൽ രേഖയുടെ ഒരു നിശ്ചിത വർണ്ണത്തിൽ (വയലറ്റ്, നീല, മഞ്ഞ, ചുമപ്പ്) കൂട്ടിമുട്ടിപ്പിക്കുക. ഓരോ വർണ്ണത്തിനും രണ്ടു വെർണിയർ അളവുകോലിലുള്ള അളവുകളെ കുറിയ്ക്കുക.
- ടെലസ്കോപ്പിനെ നേരായ ബിംബത്തിന്റെ വലതു വശത്തേയ്ക്ക് തിരിച്ച് ബിംബത്തിന്റെ ഒന്നാംക്രമം നിരീക്ഷിക്കുക.
- കുറുകെയുള്ള ലംബമായ കമ്പിയെ സ്പെക്ട്രൽ രേഖയുടെ ഒരു നിശ്ചിത വർണ്ണവുമായി കൂട്ടിമുട്ടിപ്പിച്ച് ഓരോ വർണ്ണത്തിനും രണ്ടു വെർണിയർ അളവുകളെ കുറിയ്ക്കുക.
- അളവുകളെ പട്ടികയിലാക്കുക.
- ഈ രണ്ടു അളവുകൾക്കും ഇടയിലുള്ള വ്യത്യാസം, ഒരു നിശ്ചിത സ്പെക്ട്രൽ രേഖയിലെ 2θ മൂല്യം നൽകുന്നു.
- ഗ്രേറ്റിങ്ങിൽ നിന്നും തന്നിരിക്കുക. ഗ്രേറ്റിങ്ങിൽ ഒരു മീറ്റർ നീളത്തിലുള്ള രേഖകളുടെ എണ്ണം കുറിയ്ക്കുക
- N, n, θ, മൂല്യങ്ങളിൽ നിന്നും മെർക്കുറി വെളിച്ചത്തിലെ ഒരു നിശ്ചിത വർണ്ണത്തിലെ തരംഗദൈർഘ്യം കൊടുത്തിരിക്കുന്ന സൂത്രം ഉപയോഗിച്ച് കണക്കാക്കാം.

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 301 28-06-2022 5.48.29 PM

നിരീക്ഷണം

മെർക്കുറി സ്പെക്ട്രത്തിലെ നിശ്ചിതവർണ്ണത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം കണക്കാക്കൽ

പ്രകാശത്തിന്റെ നിറം	വ്യതിയാനപ്പെട്ട രശ്മിയുടെ അളവ് (ഡിഗ്രി)												വ്യത്യാസം 2θ (ഡിഗ്രി)			θ (ഡിഗ്രി)
	ഇടത്						വലത്									
	വെർണിയർ A			വെർണിയർ B			വെർണിയർ A			വെർണിയർ B						
	MSR	VSC	TR	MSR	VSC	TR	MSR	VSC	TR	MSR	VSC	TR	VER A	VER B	Mean	
നീല																
പച്ച																
മഞ്ഞ																
ചുവപ്പ്																

കണക്കാക്കൽ

(i) നീലനിറത്തിന്, $\lambda = \frac{\sin\theta}{nN}$,

(ii) പച്ചനിറത്തിന്, $\lambda = \frac{\sin\theta}{nN}$

(iii) മഞ്ഞനിറത്തിന്, $\lambda = \frac{\sin\theta}{nN}$,

(iv) ചുവപ്പ് നിറത്തിന്, $\lambda = \frac{\sin\theta}{nN}$

പരീക്ഷണ ഫലം

1. നീലനിറത്തിലുള്ള രേഖയുടെ തരംഗദൈർഘ്യം = ----------മീ
2. പച്ചനിറത്തിലുള്ള രേഖയുടെ തരംഗദൈർഘ്യം = ----------മീ
3. മഞ്ഞനിറത്തിലുള്ള രേഖയുടെ തരംഗദൈർഘ്യം = ----------മീ
4. ചുവപ്പ് നിറത്തിലുള്ള രേഖയുടെ തരംഗദൈർഘ്യം = ----------മീ

കുറിപ്പ്:

i) പ്രാരംഭ ക്രമീകരണങ്ങൾക്ക് ശേഷം, സ്പെക്ട്രോമീറ്ററിനെ ചലിപ്പിക്കാൻ പാടുള്ളതല്ല.

ii) മൊത്ത അളവ് TR = MSR + (VSC × LC)

ഇവിടെ

MSR → പ്രധാന അളവുകോലിലെ അളവ്

VSC → വെർണിയർ അളവിലെ ഒത്തുചേരൽ

LC → അല്പതമാങ്കം (= 1′)

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 302 28-06-2022 5.48.29 PM

6. PN ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡിന്റെ വോൾട്ടത-വൈദ്യുത-പ്രവാഹ സവിശേഷതകൾ

ലക്ഷ്യം

PN ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡിന്റെ വോൾട്ടത വൈദ്യുത പ്രവാഹ സവിശേഷതകൾ ചിത്രീകരിച്ച് ചായ്വു ബിന്ദുവിലെ വോൾട്ടേജും മുന്നോട്ടുള്ള പ്രതിരോധവും കണക്കാക്കുക.

ആവശ്യമായ ഉപകരണങ്ങൾ

PN ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡ് (IN4007) മാറുന്ന DC പവ്വർ സപ്ലൈ, മില്ലി അമീറ്റർ, മൈക്രോ അമീറ്റർ, വോൾട്ട്മീറ്റർ, റെസിസ്റ്റൻസ്, ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന കമ്പികൾ

സൂത്രം

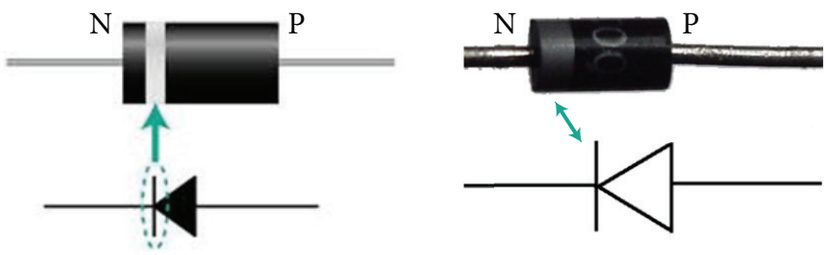
$$R_F = \frac{\Delta V_F}{\Delta I_F} \ (\Omega)$$

ഇവിടെ, $R_F \rightarrow$ ഡയോഡിലെ മുന്നോട്ടുള്ള പ്രതിരോധം (Ω)

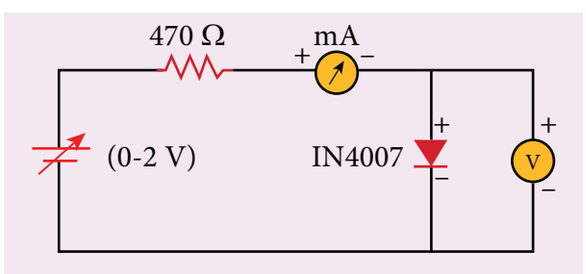
$\varnothing V_F \rightarrow$ മുന്നോട്ടുള്ള വോൾട്ടേജ് മാറ്റം (volt)

$\varnothing I_F \rightarrow$ മുന്നോട്ടുള്ള വൈദ്യുത പ്രവാഹ മാറ്റം (mA)

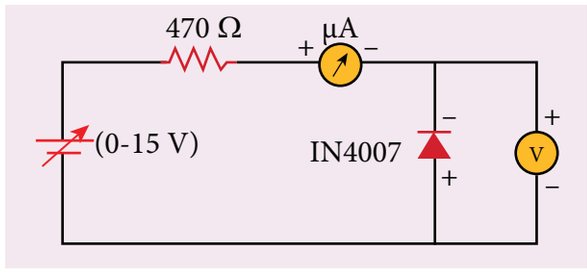
സർക്യൂട്ട് ചിത്രം



ചിത്രം(a) PN ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡും അതിന്റെ സൂചകവും (വെള്ളി വളയം സൂചിപ്പിക്കുന്നത് ഡയോസിന്റെ നെഗറ്റീവ് അഗ്രത്തെയാണ്)



ചിത്രം (b) ഫോർവേഡ് ബയാസിലെ PN ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡ്



ചിത്രം (c) റിവേഴ്സ് ബയാസിലെ PN ജംഗ്ഷൻ ഡയോസ്

മുൻകരുതൽ

അമീറ്റർ, വോൾട്ട്മീറ്റർ,dc പവ്വർ സപ്ലൈ, PN ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡ് എന്നിവ ശരിയായ ധ്രുവത്തിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുവാൻ പ്രത്യേകം ശ്രദ്ധിക്കുക.

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 303 28-06-2022 5.48.30 PM

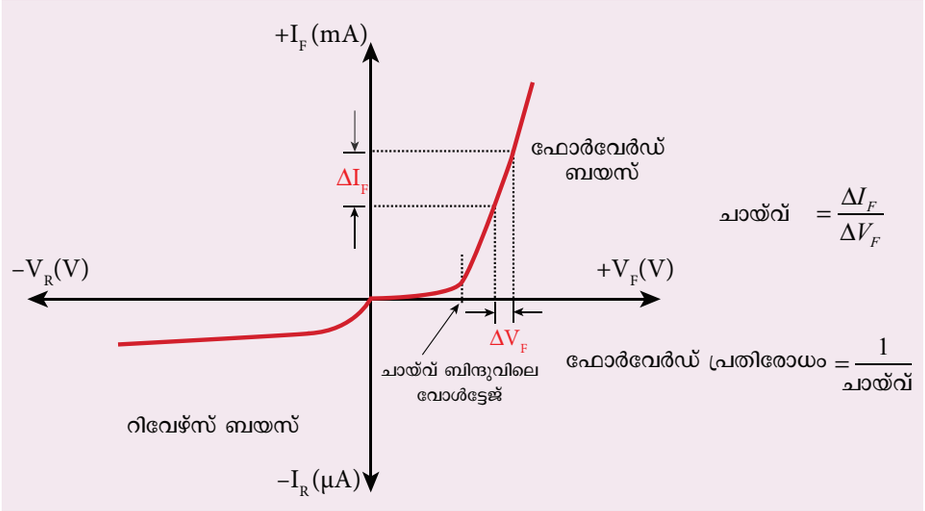
പ്രവർത്തന രീതി

i) ഫോർവേഡ് ബയാസിലെ സവിശേഷതകൾ

- ഫോർവേഡ് ബയാസിൽ, ഡയോസിന്റെ P ഭാഗത്തെ DC പവ്വർ സപ്ലൈയുടെ പോസിറ്റീവ് അഗ്രവുമായും N ഭാഗത്തെ നെഗറ്റീവ് അഗ്രവുമായും ബന്ധിപ്പിക്കുക.
- സർക്യൂട്ട് ചിത്രത്തിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നതുപോലെ ബന്ധിപ്പിക്കുക.
- ഒരു മാറുന്ന DC പവ്വർ സപ്ലൈയുടെ സഹായത്താൽ ഡയോഡിനു കുറുകെയുള്ള വോൾട്ടേജ് വ്യത്യാസപ്പെടുത്തുക.
- ഡയോഡിനു കുറുകെയുള്ള ഫോർവേഡ് വോൾട്ടേജ് 0.1 V ൽ നിന്നും 0.8 V വരെ ഉയർത്തി മില്ലീ അമീറ്ററിൽ നിന്നും ഡയോഡിലെ ഫോർവേഡ് വൈദ്യുതപ്രവാഹം കുറിയ്ക്കുക. അളവുകൾ പട്ടികയിൽ കുറിയ്ക്കുക.
- ഫോർവേഡ് വോൾട്ടേജ് V_F ഉം ഫോർവേഡ് കറന്റ് I_F ഉം പോസിറ്റാവി എടുക്കുക.
- ഫോർവേഡ് വോൾട്ടേജ് V_F നെ X അക്ഷത്തിലും ഫോർവേഡ് കറന്റ് I_F നെ Y അക്ഷത്തിലും എടുത്ത് ഗ്രാഫ് വരയുക.
- ഫോർവേഡ് സവിശേഷതയ്ക്കുള്ള ഗ്രാഫിലെ വോൾട്ടേജിനനുസൃതമായ രേഖാബിന്ദുവിൽ നിന്നും ചായ്വ് ബിന്ദുവിലെ വോൾട്ടേജ് കണക്കാക്കാം.
- ഫോർവേഡ് സവിശേഷ ഗ്രാഫിലെ നേർരേഖാ ഭാഗത്തുനിന്നും ചായ്വ് കണ്ടുപിടിക്കുക. ഈ ചായ്വിന്റെ വ്യുൽക്രമം ഡയോഡിന്റെ മുന്നോട്ടുള്ള പ്രതിരോധം തരുന്നു.

ii) റിവേസ് ബയാസിലെ സവിശേഷതകൾ

- റിവേസ് ബയാസിൽ DC പവ്വർ സപ്ലൈയുടെ ധ്രുവങ്ങൾ മാറ്റുക. അതായത്, ഡയോഡിന്റെ P ഭാഗത്തെ നെഗറ്റീവ് അഗ്രവുമായും, X ഭാഗത്തെ പോസിറ്റീവ് അഗ്രവുമായും ബന്ധിപ്പിക്കുക
- സർക്യൂട്ട് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ബന്ധിപ്പിക്കുക.
- മാറുന്ന DC പവ്വർ സപ്ലൈയുടെ സഹായത്താൽ ഡയോഡിനു കുറുകെയുള്ള വോൾട്ടേജ് വ്യത്യാസപ്പെടുത്തുക.
- ഡയോഡിനു കുറുകെയുള്ള വിപരീത വോൾട്ടേജിനെ V_R ഒരു വോൾട്ടിൽ നിന്നും 5 V വരെ IV ക്രമത്തിൽ അധികരിപ്പിച്ച് മൈക്രോ അമീറ്ററിൽ നിന്നും ഡയോഡിലെ വിപരീത വൈദ്യുത പ്രവാഹം കുറിയ്ക്കുക, അളവുകൾ പട്ടികയിലാക്കുക.
- വിപരീത വോൾട്ടേജ് V_R വിപരീത കറന്റ് I_R എന്നിവ നെഗറ്റീവ് ആയി എടുക്കുക.
- റിവേഴ്സ് ബയാസിലെ വോൾട്ടേജ് V_R നെ നെഗറ്റീവ് X അക്ഷത്തിലും, റിവേഴ്സ് ബയാസ് കറന്റ് I_R നെ നെഗറ്റീവ് Y അക്ഷത്തിലും എടുത്ത് ഗ്രാഫ് വരയ്ക്കുക.



MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 304 28-06-2022 5.48.31 PM

നിരീക്ഷണം

പട്ടിക1 ഫോർവേർഡ് ബയസ് സവിശേഷതയിലെ ചായ്വ്

ക്രമ നമ്പർ	ഫോർവേർഡ് ബയസ് വോൾട്ടേജ് V_F (വോൾട്ട്)	ഫോർവേർഡ് ബയസ് വൈദ്യുത പ്രവാഹം I_F (mA)

പട്ടിക 2 റിവേഴ്സ് ബയസ് സവിശേഷതയിലെ ചായ്വ്

ക്രമ നമ്പർ	റിവേഴ്സ് ബയസ് വോൾട്ടേജ് V_R (വോൾട്ട്)	റിവേഴ്സ് ബയസ് വൈദ്യുത പ്രവാഹം I_R (μA)

കണക്കാക്കൽ

(i) മുന്നോട്ടുള്ള പ്രതിരോധം R_F=

(ii) ചായ്വ് ബിന്ദുവിലെ വോൾട്ടേജ് =

പരീക്ഷണഫലം

PN ജംഗ്ഷൻ ഡൈയോഡിന്റെ V-I സവിശേഷതകളെ കുറിച്ച് പഠിച്ചു.

i) PN ജംഗ്ഷൻ ഡൈയോഡിന്റെ ചായ്വ് ബിന്ദുവിലെ വോൾട്ടേജ് =.....V

ii) ഡൈയോഡിന്റെ മുന്നോട്ടുള്ള പ്രതിരോധം =.....Ω

പരീക്ഷണ നുറുങ്ങുകൾ

- DC പവ്വർ സപ്ലൈയുടെ വോൾട്ടേജ് ഒരു നിശ്ചിത ക്രമത്തിൽ (0 – 2V) മുന്നോട്ടും (0 – 15V) പിന്നോട്ടും വർദ്ധിപ്പിക്കുക. ഫോർവേഡ് ബയാസിൽ വളരെ കുറഞ്ഞ പ്രതിരോധമാണ് കിട്ടുന്നത്. ആയതിനാൽ, സുരക്ഷിത അളവായ 470Ω ബാഹ്യ പ്രതിരോധത്തെ ബന്ധിപ്പിക്കുക.
- ഈ പരിധിയ്ക്കുമപ്പുറം വോൾട്ടേജ് പ്രയോഗിക്കുകയാണെങ്കിൽ അത് പ്രതിരോധത്തെ അല്ലെങ്കിൽ ഡയോഡിനെ നശിപ്പിക്കുന്നു.
- ഫോർവേർഡ് ബയാസിൽ ജംഗ്ഷൻ പൊട്ടൻഷ്യൽ അല്ലെങ്കിൽ ചായ്വ് ബിന്ദുവിലെ വോൾട്ടേജ് (ഏക ദേശം 0.7 V) കടക്കുമ്പോൾ, വൈദ്യുത പ്രവാഹം പൂജ്യത്തോട് അടുക്കുന്നു.
- ചായ്വ് ബിന്ദുവിലെ വോൾട്ടേജിനെ ഒരു പ്രാവശ്യം കടന്നു കഴിഞ്ഞാൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെട്ട വോൾട്ടേജിന നുസരിച്ച് വൈദ്യുത പ്രവാഹം വർദ്ധിക്കുന്നു.
- മുന്നോട്ടുള്ള ദിശയിൽ, ഡയോഡിലെ വോൾട്ടേജ് 0.1 Vൽ നിന്നും പരമാവധി 0.8 V വരെ വർദ്ധിപ്പിച്ച ശേഷം മുന്നോട്ടുള്ള പ്രതിരോധം കണക്കാക്കുക.
- പിന്നോട്ടുള്ള ദിശയിൽ ഡയോഡിലെ വോൾട്ടേജ് 1 V മുതൽ പരമാവധി 5 V വരെ വർദ്ധിപ്പിക്കുക. പിന്നോ ട്ടുള്ള ദിശയിൽ വൈദ്യുത പ്രവാഹ തീവ്രത വളരെ കുറവായതിനാൽ വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തെ മൈക്രോ അമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് അളക്കുക. ഇത് എന്തുകൊണ്ടെന്നാൽ, ന്യൂനപക്ഷചാർജ്ജു വാഹികളാലാണ് വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഉണ്ടാകുന്നത്. ഇതിനെ വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന്റെ ചോർച്ച എന്നു പറയുന്നു.

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 305 28-06-2022 5.48.32 PM

7. സെനർ ഡൈയോഡിന്റെ വോൾട്ടത- വൈദ്യുത പ്രവാഹ സവിശേഷതകൾ

ലക്ഷ്യം

സെനർ ഡൈയോഡിലെ വോൾട്ടത-വൈദ്യുത പ്രവാഹ വളവുകളെ ചിത്രീകരിച്ച് ചായ്വ് ബിന്ദുവിലെ വോൾട്ടേജ്, മുന്നോട്ടുള്ള പ്രതിരോധം, പിന്നോട്ടുള്ള ബ്രാക്ക്ഡൗൺ വോൾട്ടേജ് എന്നിവ കണക്കാക്കുക.

ആവശ്യമായ ഉപകരണങ്ങൾ

സെനർ ഡൈയോഡ് 1Z5.6V മാറുന്ന dc പവ്വർ സപ്ലൈ (0 – 15V) മില്ലി അമീറ്റർ, വോൾട്ട്മീറ്റർ, 470 Ω പ്രതിരോധം, ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന കമ്പികൾ.

സൂത്രം

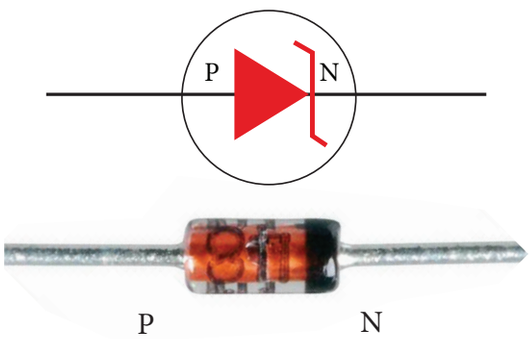
$$R_F = \frac{\Delta V_F}{\Delta I_F} \ (\Omega)$$

ഇവിടെ, $R_F \rightarrow$ ഡൈയോഡിലെ മുന്നോട്ടുള്ള പ്രതിരോധം (Ω)

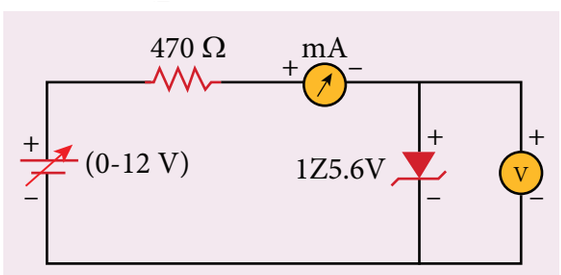
$\Delta V_F \rightarrow$ മുന്നോട്ടുള്ള വോൾട്ടേജ് മാറ്റം (വോൾട്ട്)

$\Delta I_F \rightarrow$ മുന്നോട്ടുള്ള വൈദ്യുത പ്രവാഹ മാറ്റം (mA)

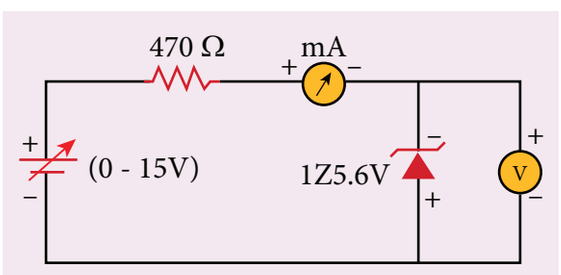
സർക്യൂട്ട് ചിത്രം



ചിത്രം (a) സെനർ ഡൈയോഡും അതിന്റെ സൂചകവും (കറുത്തനിറ വളയം സെനർഡൈയോഡിന്റെ നെഗറ്റീവ് അഗ്രത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു)



ചിത്രം (b) ഫോർവേർഡ് ബയസിലെ സെനർ ഡൈയോസ്



ചിത്രം (c) റിവേഴ്സ് ബയസിലെ സെനർ ഡയോഡ്

മുൻകരുതൽ

അമീറ്റർ, വോൾട്ടമീറ്റർ, dc പവ്വർ സപ്ലൈ, സെനർ ഡൈയോസ് എന്നിവ ശരിയായ ധ്രുവത്തിൽ ബന്ധിപ്പിക്കാൻ പ്രത്യേകം ശ്രദ്ധിക്കുക.

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 306 28-06-2022 5.48.32 PM

പ്രവർത്തന രീതി

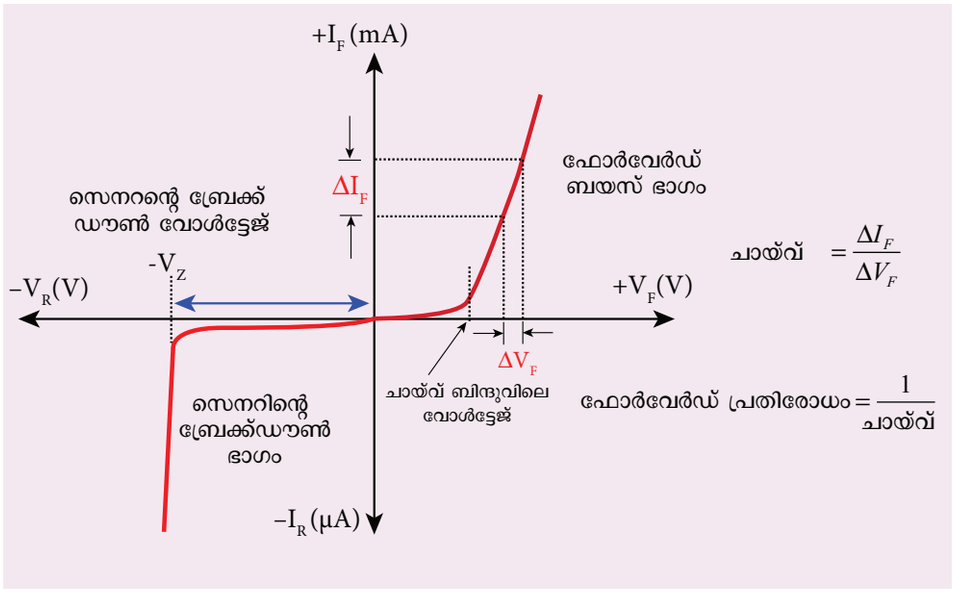
i) ഫോർവേഡ് ബയസിലെ സവിശേഷതകൾ

- ഫോർവേഡ് ബയസിൽ ഡയോസിന്റെ P ഭാഗത്ത് DC പവ്വർ സപ്ലൈയുടെ പോസിറ്റീവ് അഗ്രവുമായും N ഭാഗത്തെ നെഗറ്റീവ് അഗ്രവുമായും ബന്ധിപ്പിക്കുന്നു.
- സർക്യൂട്ട് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ബന്ധിപ്പിക്കുക.
- ഒരു മാറുന്ന DC പവ്വർ സപ്ലൈയുടെ സഹായത്താൽ ഡൈയോഡിന് കുറുകേയുള്ള വോൾട്ടേജ് വ്യത്യാസപ്പെടുത്തുക ഡൈയോഡിന് ഫോർവേഡ് വോൾട്ടേജ് 0.1 V ൽ നിന്നും 0.8 V വരെ ഉയർത്തി മില്ലി അമീറ്ററിൽ നിന്നും ഡയോഡിലെ ഫോർവേഡ് വൈദ്യുത പ്രവാഹം കുറിക്കുക. അളവുകൾ പട്ടികയിലാക്കുക.
- ഫോർവേഡ് വോൾട്ടേജ് V_F ഉം ഫോർവേഡ് കറണ്ട് I_F ഉം പോസിറ്റീവായി എടുക്കുക.
- ഫോർവേഡ് വോൾട്ടേജ് V_F X അക്ഷത്തിലും ഫോർവേഡ് കറണ്ട് I_F Y അക്ഷത്തിലും എടുത്ത് ഗ്രാഫ് വരയ്ക്കുക.
- ഫോർവേഡ് സവിശേഷതയ്ക്കുള്ള ഗ്രാഫിലെ വോൾട്ടേജിനനുസൃതമായ രേഖാബിന്ദുവിൽ നിന്നും ചായ്വ് ബിന്ദുവിലെ വോൾട്ടേജ് കണക്കാക്കാം.
- ഫോർവേഡ് സവിശേഷ ഗ്രാഫിലെ നേർരേഖാഭാഗത്തുനിന്നും ചായ്വ് കണ്ടുപിടിക്കുക. ഈ ചായ്വിന്റെ വ്യുൽക്രമം ഡൈയോഡിന്റെ മുന്നോട്ടുള്ള പ്രതിരോധം നൽകുന്നു.

ii) റിവേഴ്സ് ബയസിലെ സവിശേഷതകൾ

- റിവേഴ്സ് ബയസിൽ DC പവ്വർ സപ്ലൈയുടെ ധ്രുവങ്ങൾ മാറ്റുക. അതായത് ഡൈയോഡിന്റെ P ഭാഗത്തെ നെഗറ്റീവ് അഗ്രവുമായും N ഭാഗത്തെ പോസിറ്റീവ് അഗ്രവുമായും ബന്ധിപ്പിക്കുക
- സർക്യൂട്ട് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ബന്ധിപ്പിക്കുക.
- മാറുന്ന DC പവ്വർ സപ്ലൈയുടെ സഹായത്താൽ ഡൈയോഡിന് കുറുകേയുള്ള വോൾട്ടേജ് വ്യത്യാസപ്പെടുത്തുക.
- ഡൈയോഡിന് കുറുകേയുള്ള വിപരീത വോൾട്ടേജ് $0.5\ V$ മുതൽ $6\ V$ വരെ 0.5 ക്രമത്തിൽ വർദ്ധിപ്പിച്ച്, മില്ലി മഅമീറ്ററിൽ നിന്നും ഡൈയോഡിന് കുറുകേയുള്ള വിപരീത വൈദ്യുത പ്രവാഹം കുറിക്കുക അളവുകൾ പട്ടികയിലെഴുതുക.
- ആരംഭത്തിൽ വോൾട്ടേജ് $0.5V$ എന്ന ക്രമത്തിൽ വർദ്ധിപ്പിച്ച് ഏകദേശം ബ്രോക്ക്ഡൗൺ ഭാഗത്ത് എത്തുമ്പോൾ, വോൾട്ടേജ് $0.1\ V$ എന്ന ക്രമത്തിൽ ഉയർത്തി ബ്രേക്ക്ഡൗൺ വോൾട്ടേജ് കണ്ടുപിടിക്കുക
- വിപരീത വോൾട്ടേജും വിപരീത വൈദ്യുത പ്രവാഹവും നെഗറ്റീവായി എടുക്കുക.
- റിവേഴ്സ് ബയസിലെ വോൾട്ടേജിനെ നെഗറ്റീവ് X അക്ഷത്തിലും റിവേഴ്സ് ബയസിലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തെ നെഗറ്റീവ് Y അക്ഷത്തിലും എടുത്ത് ഗ്രാഫ് വരയ്ക്കുക.
- റിവേഴ്സ് ബയസിൽ ഒരു നിശ്ചിത വോൾട്ടേജിൽ സെനർ ബ്രേക്ക്ഡൗൺ സംഭവിക്കുന്നു. ഇതിനെ സെനർ വോൾട്ടേജ് എന്നു പറയുന്നു (5.6 മുതൽ $0.8V$) ഈ വോൾട്ടേജിൽ ഡൈയോഡിലൂടെ അധിക വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്നു. ഇത് സെനർ ഡൈയോഡിന്റെ സവിശേഷത ആകുന്നു.
- ഗ്രാഫിൽ നിന്നും സെനർ ഡൈയോഡിന്റെ ബ്രേക്ക്ഡൗൺ വോൾട്ടേജ് കണക്കാക്കാം.

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 307 28-06-2022 5.48.32 PM



നിരീക്ഷണം

പട്ടിക 1 ഫോർവേർഡ് ബയസിലെ സവിശേഷ വളവ്

ക്രമ നമ്പർ	ഫോർവേർഡ് ബയസിലെ വോൾട്ടേജ് V_F (വോൾട്ട്)	ഫോർവേർഡ് ബയസിലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹം I_F (mA)

പട്ടിക 2 റിവേഴ്സ് ബയസ് സവിശേഷതയ്ക്കുള്ള വളവ്

ക്രമ നമ്പർ	റിവേഴ്സ് ബയസ് വോൾട്ടേജ് V_R (വോൾട്ട്)	റിവേഴ്സ് ബയസ് വൈദ്യുത പ്രവാഹം I_R (mA)

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 308 28-06-2022 5.48.34 PM

കണക്കാക്കൽ

(i) മുന്നോട്ടുള്ള പ്രതിരോധം R_F=

(ii) ചായ്വ് ബിന്ദുവിലെ വോൾട്ടേജ് =

(iii) സെനർ ഡൈയോഡിലെ ബ്രേക്ക്ഡൗൺ വോൾട്ടേജ് V_Z= ----വോൾട്ട്

പരീക്ഷണഫലം

സെനർ ഡൈയോഡിന്റെ V-I സവിശേഷതകളെക്കുറിച്ച് പഠിച്ചു.

(i) മുന്നോട്ടുള്ള പ്രതിരോധം R_F=

(ii) ചായ്വ് ബിന്ദുവിലെ പ്രതിരോധം =

(iii) സെനർ ഡൈയോഡിന്റെ ബ്രേക്ക്ഡൗൺ വോൾട്ടേജ് V_Z= ----വോൾട്ട്

പരീക്ഷണ നുറുങ്ങുകൾ

- DC പവ്വർ സപ്ലൈയിലെ വോൾട്ടേജ് മുന്നോട്ട് (0 – 2 V) പിന്നോട്ട് (0 – 15 V) എന്ന നിശ്ചിത പരിധിയിൽ വർദ്ധിപ്പിക്കുക.
- ഈ പരിധിയ്ക്കുമപ്പുറം വോൾട്ടേജ് വർദ്ധിപ്പിക്കുകയാണെങ്കിൽ അത് പ്രതിരോധിയെ അല്ലെങ്കിൽ ഡൈയോഡിനെ നശിപ്പിക്കുന്നു.
- സെനർ ഡൈയോഡിന്റെ പ്രവർത്തനം സാധാരണ PN ജംഗ്ഷൻ ഡൈയോഡിന്റെ പ്രവർത്തനം പോലെയാണ്. ആയതിനാൽ PN ജംഗ്ഷൻ ഡൈയോഡിന്റെയും സെനർ ഡൈയോഡിന്റെയും ഫോർവേർഡ് സവിശേഷതകൾ തുല്യമാണ്. അതുകൊണ്ട് മുമ്പുള്ള പരീക്ഷണത്തിൽ വിവരിച്ചതിൽ നിന്നും ഫോർവേർഡ് പ്രതിരോധവും, ചായ്വ് ബിന്ദുവിലെ വോൾട്ടേജും കണക്കാക്കാം.
- PN ജംഗ്ഷൻ ഡൈയോഡിൽ നിന്നും വ്യത്യാസമായി, സെനർ ഡൈയോഡിലെ വിപരീത വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തെ മില്ലി അമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് കണക്കാക്കുന്നു. എന്തെന്നാൽ ഇതിലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹം വളരെ അധികമാണ്.

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 309 28-06-2022 5.48.34 PM

8. സാധാരണ എമിറ്റർ ക്രമീകരണത്തിൽ ഒരു എൻ.പി.എൻ- ജംഗ്ഷൻ ട്രാൻസിസ്റ്ററിന്റെ സവിശേഷതകൾ

ലക്ഷ്യം

സവിശേഷതകളെ കുറിച്ച് പഠിക്കുകയും സാധാരണ എമിറ്റർ ക്രമീകരണത്തിലുള്ള എൻ.പി.എൻ ജംഗ്ഷൻ ട്രാൻസിസ്റ്ററിന്റെ നേട്ടം നിർണ്ണയിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ആവശ്യമായ ഉപകരണങ്ങൾ

ട്രാൻസിസ്റ്റർ BC 548/BC107 ബ്രഡ് ബോഡ്, മൈക്രോ അമീറ്റർ, മില്ലി അമീറ്റർ, വോൾട്ട് മീറ്റർ, മാറുന്ന DC പവ്വർ സപ്ലൈ, ബന്ധിപ്പിക്കാനാവശ്യമായ കമ്പികൾ.

സൂത്രം

$$r_i = \left[\frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B}\right]_{V_{CE}} (\Omega), \quad r_o = \left[\frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C}\right]_{I_B} (\Omega), \quad \beta = \left[\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}\right]_{V_{CE}} \text{(മാത്ര ഇല്ല)}$$

ഇവിടെ, r_i → ഇൻപുട്ട് ഇംപിഡൻസ് (Ω)

ΔV_{BE} → ബേസ് എമിറ്റർ വോൾട്ടേജ് മാറ്റം (വോൾട്ട്)

ΔI_B → ബേസ് വൈദ്യുത പ്രവാഹ മാറ്റം (μA)

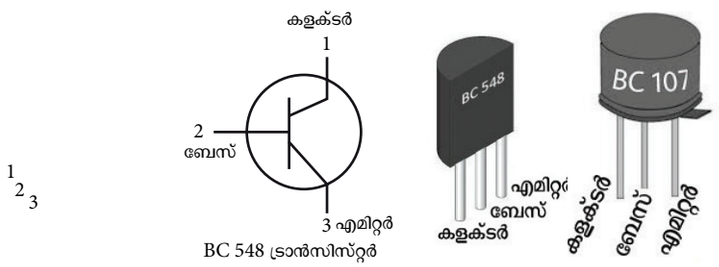
r_o → ഔട്ട്പുട്ട് ഇംപിഡൻസ് (Ω)

ΔV_{CE} → കളക്ടർ എമിറ്റർ വോൾട്ടേജ് (വോൾട്ട്)

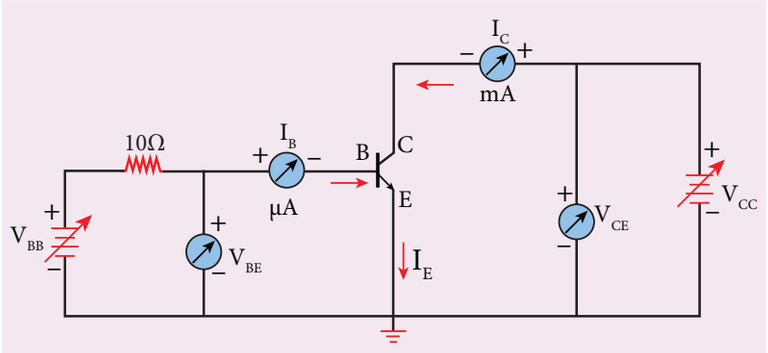
ΔI_C → കളക്ടർ വൈദ്യുത പ്രവാഹം (mA)

β → ട്രാൻസിസ്റ്ററിലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹ നേട്ടം (മാത്ര ഇല്ല)

സർക്യൂട്ട് ചിത്രം



ചിത്രം (a) NPN - ജംഗ്ഷൻ ട്രാൻസിസ്റ്ററും അതിന്റെ സൂചകവും ((ട്രാൻസിസ്റ്ററിന്റെ പരന്ന പ്രതലം അഭിമുഖീകരിക്കുന്ന വിധം വയ്ക്കുക)



ചിത്രം (b) CE ക്രമീകരണത്തിലെ NPN ജംഗ്ഷൻ ട്രാൻസിസ്റ്റർ

കുറിപ്പ്

ബേസിലേക്കുള്ള അധികവൈദ്യുത പ്രവാഹം തടയുന്നതിന് ഒരു പ്രതിരോധത്തെ ബേസുമായി ശ്രേണീരീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 310 28-06-2022 5.48.35 PM

മുൻകരുതലുകൾ

- അമീറ്റർ, വോൾട്ട്മീറ്റർ, dc പവർസപ്ലൈ എന്നിവ ശരിയായ ധ്രുവങ്ങളിൽ ബന്ധിപ്പിക്കാൻ പ്രത്യേകം ശ്രദ്ധിക്കുക.
- ട്രാൻസിസ്റ്ററിലെ കളക്റ്റർ, എമിറ്റർ ധ്രുവങ്ങൾ മാറ്റാൻ പാടുള്ളതല്ല.

പ്രവർത്തന രീതി

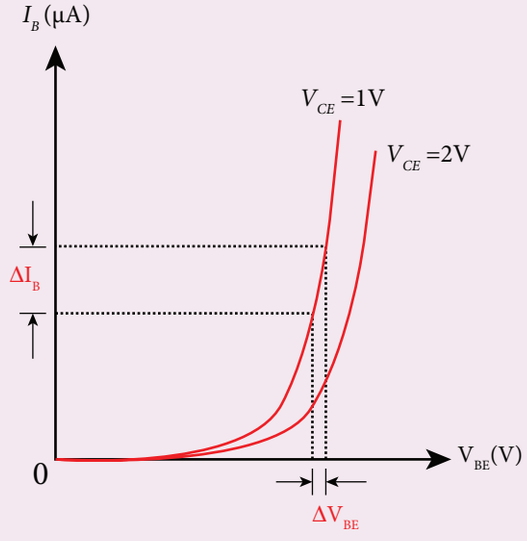
➢ സർക്യൂട്ടിനെ ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ബന്ധിപ്പിക്കുക.

➢ DC പവർസപ്ലൈയെ ക്രമീകരിച്ച് ഇൻപുട്ട്, ഔട്ട്പുട്ട് ഭാഗത്തെ വൈദ്യുത പ്രവാഹവും, വോൾട്ടേജും മാറ്റുക.

(i) ഇൻപുട്ട് സവിശേഷത വളവ്: V_{BE} vs I_B (V_{CE} സ്ഥിരമായത്)

- കളക്റ്റർ - എമിറ്റർ വോൾട്ടേജ് V_{CE} സ്ഥിര അളവിൽ വയ്ക്കുക.
- ബേസ് - എമിറ്റർ വോൾട്ടേജിനെ 0.1V എന്ന ക്രമത്തിൽ മാറ്റി അതിനനുസൃതമായ ബേസിലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹം കുറിക്കുക. V_{CE} സ്ഥിര അളവിൽ എത്തിയശേഷം മാത്രം അളവുകൾ കുറിക്കുക.
- V_{CE} യുടെ വ്യത്യസ്ത മൂല്യങ്ങൾക്ക് ഈ പ്രവർത്തന രീതി ആവർത്തിക്കുക. അളവുകൾ പട്ടികയിലെഴുതുക.
- V_{BE} യെ x അക്ഷത്തിലും I_B യെ y അക്ഷത്തിലും എടുത്ത് V_{CE} യുടെ രണ്ട് മൂല്യങ്ങൾക്കും ഗ്രാഫ് വരയ്ക്കുക.
- ഗ്രാഫിൽ ലഭിക്കുന്ന വളഞ്ഞരേഖ (കർവ്) ട്രാൻസിസ്റ്ററിൽ ഇൻപുട്ട് സവിശേഷതകൾ എന്നുവിളിക്കുന്നു.
- വളഞ്ഞരേഖയിലെ ചായ്വിന്റെ വ്യുൽക്രമം ട്രാൻസിസ്റ്ററിന്റെ ഇൻപുട്ട് ഇംപിഡൻസ് നൽകുന്നു.

ക്രമ നമ്പർ	V_{CE} = 1V		V_{CE} = 2V	
	V_{BE} (V)	I_B (μA)	V_{BE} (V)	I_B (μA)



$$\text{ചായ്വ്} = \frac{\Delta I_B}{\Delta V_{BE}}$$

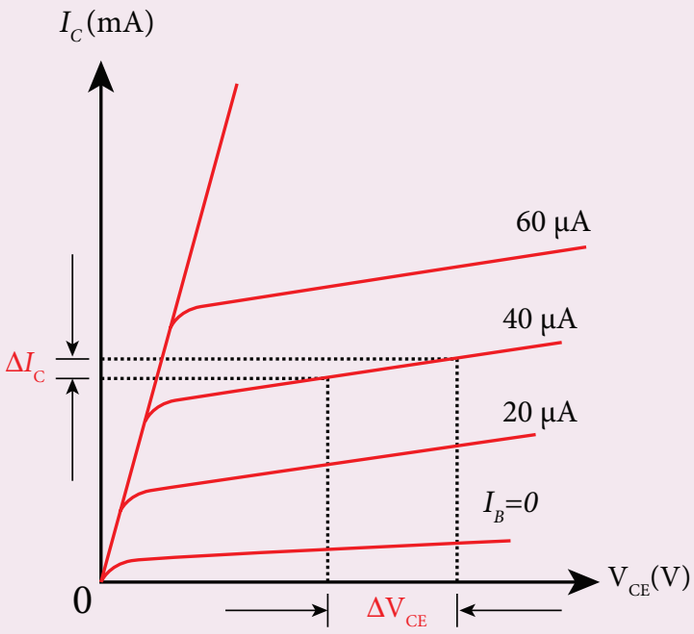
$$\text{ഇൻപുട്ട് ഇംപിഡൻസ്} = \frac{1}{\text{ചായ്വ്}}$$

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 311 28-06-2022 5.48.35 PM

(ii) ഔട്ട്പുട്ട് സവിശേഷതയ്ക്കുള്ള വളവ് : V_{CE} vs I_C (I_B സ്ഥിരം)

- ബേസിലെ വൈദ്യുതപ്രവാഹം I_B യെ ഒരു സ്ഥിരഅളവിൽ വയ്ക്കുക.
- V_{CE} യെ 1V എന്ന ക്രമത്തിൽ വ്യത്യാസപ്പെടുത്തി അതിനനുസൃതമായ കളക്റ്റർ വൈദ്യുത പ്രവാഹം കുറിക്കുക. കളക്റ്ററിലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹം തുല്യ അളവിൽ എത്തുംവരെ അളവുകൾ കുറിക്കുക.
- ആരംഭത്തിൽ I_B യെ 0 mA ൽ വച്ചശേഷം അതിനനുസൃതമായ കളക്റ്റർ വൈദ്യുതപ്രവാഹം കുറിക്കുക. ഈ വൈദ്യുത പ്രവാഹം വിപരീത പൂരിത വൈദ്യുത പ്രവാഹം ആകുന്നു I_{CEO}.
- I_B യുടെ വ്യത്യസ്ത മൂല്യങ്ങൾക്ക് പരീക്ഷണം ആവർത്തിച്ച് അളവുകൾ പട്ടികയിലെഴുതുക.
- V_{CE}യെ x അക്ഷത്തിലും I_C യെ y അക്ഷത്തിലും എടുത്ത് I_B യുടെ വ്യത്യസ്തമൂല്യങ്ങൾക്ക് ഗ്രാഫ് വരയ്ക്കുക.
- ഗ്രാഫിൽ നിന്നും ലഭിക്കുന്ന വളഞ്ഞരേഖകളുടെ കൂട്ടത്തെ ട്രാൻസിസ്റ്ററിന്റെ ഔട്ട്പുട്ട് സവിശേഷതകൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു.
- വളഞ്ഞരേഖയിലെ ചായ്വിന്റെ വ്യുൽക്രമം ട്രാൻസിസ്റ്ററിന്റെ ഔട്ട്പുട്ട് ഇംപിഡൻസ് നൽകുന്നു.

ക്രമ നമ്പർ	I_B =20 μA		I_B =40 μA	
	V_{CE} (V)	I_C (mA)	V_{CE} (V)	I_C (mA)



$$\text{ചായ്വ്} = \frac{\Delta I_C}{\Delta V_{CE}}$$

$$\text{ഔട്ട്പുട്ട് ഇംപിഡൻസ്} = \frac{1}{\text{ചായ്വ്}}$$

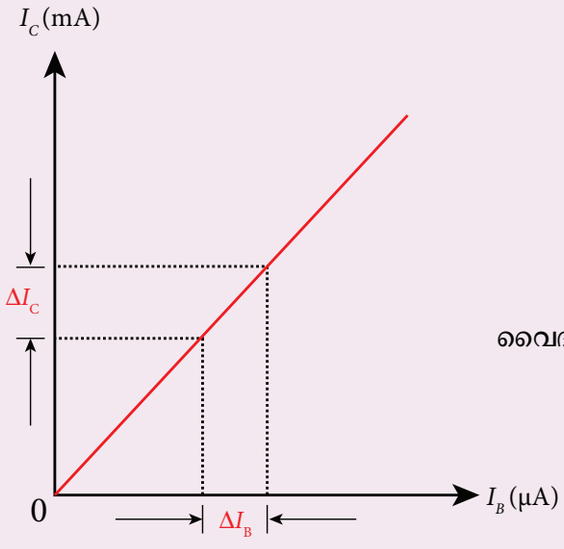
(iii) വ്യതിചലന സവിശേഷതകളുടെ വളവ്: I_B vs I_C (V_{CE} സ്ഥിരം)

- കലക്റ്റർ - എമിറ്റർ വോൾട്ടേജ് V_{CE} സ്ഥിരമായി വയ്ക്കുക.
- ബേസിലെ വൈദ്യുതപ്രവാഹം I_B യെ 10 μA എന്ന ക്രമത്തിൽ വ്യത്യാസപ്പെടുത്തി അതിനനുസൃതമായ കളക്റ്റർ വൈദ്യുത പ്രവാഹം I_Cയെ കുറിക്കുക.

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 312 28-06-2022 5.48.35 PM

- V_{CE} യുടെ മൂല്യങ്ങളെ വ്യത്യാസപ്പെടുത്തി പരീക്ഷണം ആവർത്തിക്കുക. അളവുകളെ പട്ടികയിലെഴുതുക.
- ഇൻപുട്ട് വൈദ്യുത പ്രവാഹം IB യെ x അക്ഷത്തിലും ഔട്ട്പുട്ട് വൈദ്യുത പ്രവാഹം y അക്ഷത്തിലും രേഖപ്പെടുത്തി ഗ്രാഫ് വരയ്ക്കുക. ഇത് വ്യതിചലന സവിശേഷതാ ഗ്രാഫ് ആകുന്നു. ഇതിൽ V_{CE} ഒരു സ്ഥിരഅളവാകുന്നു.
- ട്രാൻസ്ഫർ സവിശേഷതാ ഗ്രാഫിന്റെ ചായ്വിൽ നിന്നും വൈദ്യുത പ്രവാഹനേട്ടം β കണക്കാക്കാം.

ക്രമ നമ്പർ	V_{CE}=1V		V_{CE}=2V	
	I_B (μA)	I_C (mA)	I_B (μA)	I_C (mA)



$$\text{ചായ്വ്} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

വൈദ്യുത പ്രവാഹ നേട്ടം = ചായ്വ്

പരീക്ഷണഫലം

i) സാധാരണ എമിറ്റർ മോഡിലുള്ള NPN ജംഗ്ഷന്റെ ഇൻപുട്ട്, ഔട്ട്പുട്ട്, വ്യതിചലന സവിശേഷതകൾ വരയ്ക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

ii) (a) ഇൻപുട്ട് ഇംപിഡൻസ് = _____Ω

(b) ഔട്ട്പുട്ട് ഇംപിഡൻസ് = _____Ω

(c) വൈദ്യുതപ്രവാഹ നേട്ടം β = _____(മാത്ര ഇല്ല)

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 313 28-06-2022 5.48.36 PM

9. സംയോജിത സർക്യൂട്ടുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്ന ലോജിക് ഗേറ്റുകളുടെ കൃത്യമായ പട്ടികകളുടെ സ്ഥിരീകരണം

ലക്ഷ്യം

സംയോജിത സർക്യൂട്ടുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്ന AND, OR, NOT, EX-OR, NAND, NOR ഗേറ്റുകളുടെ കൃത്യമായ പട്ടികകളുടെ സ്ഥിരീകരിക്കൽ

ആവശ്യമായ ഉപകരണങ്ങൾ

AND ഗേറ്റ് (IC 7408), NOT ഗേറ്റ് (IC 7404), OR ഗേറ്റ് (IC 7432), NAND ഗേറ്റ് (IC 7400), NOR ഗേറ്റ് (IC 7402), X-OR ഗേറ്റ് (IC 7486), പവർ സപ്ലൈ, ഡിജിറ്റൽ IC പരിശീലക കിറ്റ്, ബന്ധിപ്പിക്കുന്നതിനുള്ള കമ്പികൾ.

ബൂലിയൻ സമവാക്യങ്ങൾ

(i) AND ഗേറ്റ് $Y = A.B$

(ii) OR ഗേറ്റ് $Y = A+B$

(iii) NOT ഗേറ്റ് $Y = \overline{A}$

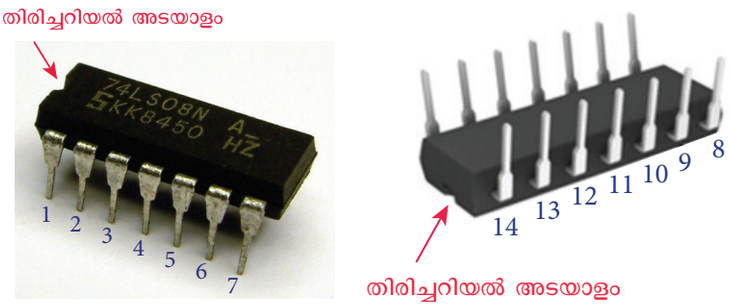
(iv) Ex OR ഗേറ്റ് $Y = \overline{A}B + A\overline{B}$

(v) NAND ഗേറ്റ് $Y = \overline{A.B}$

(vi) NOR ഗേറ്റ് $Y = \overline{A+B}$

സർക്യൂട്ട് ചിത്രം

പിൻ തിരിച്ചറിയൽ

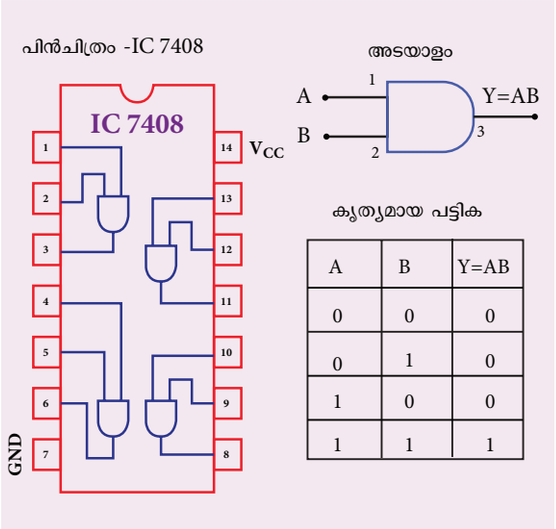


ചിത്രം (a) സംയോജിത സർക്യൂട്ട്

കുറിപ്പ്:

സംയോജിത സർക്യൂട്ടിനെ ബ്രഡ് പലകയിൽ വയ്ക്കുമ്പോൾ തിരിച്ചറിയൽ അടയാളം ഇടതുവശത്തായിരിക്കണം. മുകളിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന ചിത്രത്തിൽ അടയാളപ്പെടുത്തിയിരിക്കും വിധം പിൻ എണ്ണങ്ങൾ എടുക്കുക. എല്ലാ സംയോജിത സർക്യൂട്ടുകൾക്കും പിൻ തിരിച്ചറിയൽ ഒരുപോലെയായിരിക്കും.

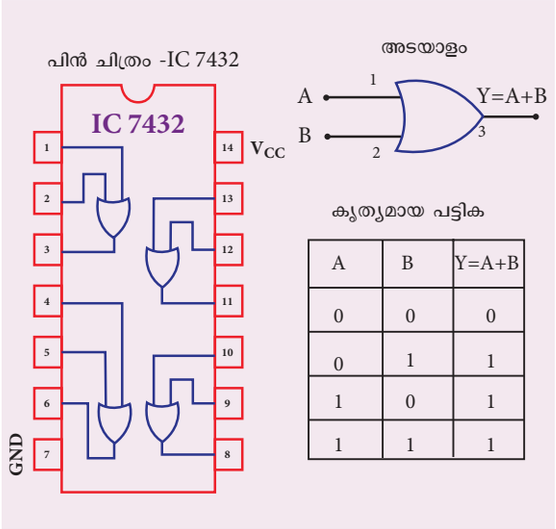
AND ഗേറ്റ്:



കൃത്യമായ പട്ടിക

A	B	Y=AB
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

OR ഗേറ്റ്:



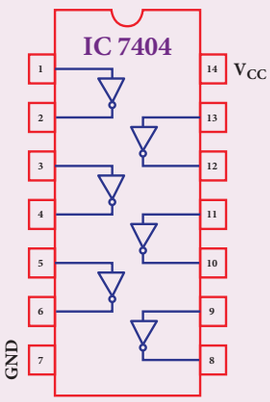
കൃത്യമായ പട്ടിക

A	B	Y=A+B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

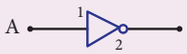
MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 314 28-06-2022 5.48.36 PM

NOT ഗേറ്റ്:

പിൻ ചിത്രം -IC 7404



അടയാളം

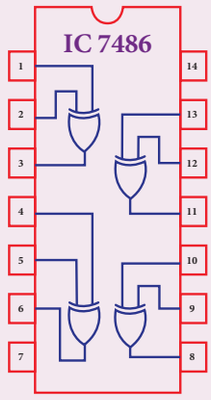


കൃത്യമായ പട്ടിക

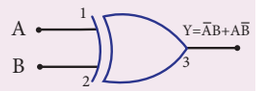
A	$Y=\overline{A}$
0	1
1	0

X-OR ഗേറ്റ് :

പിൻ ചിത്രം -IC 7486



അടയാളം

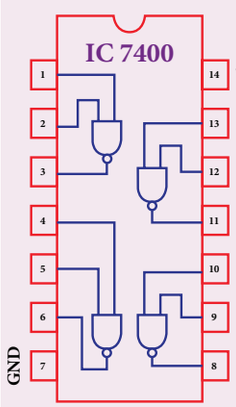


കൃത്യമായ പട്ടിക

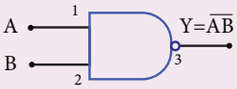
A	B	$Y=\overline{A}B+A\overline{B}$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

NAND ഗേറ്റ്:

പിൻ ചിത്രം -IC 7400



അടയാളം

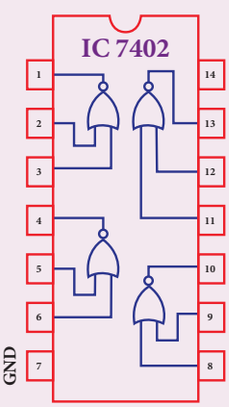


കൃത്യമായ പട്ടിക

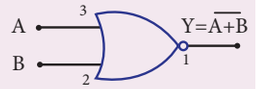
A	B	$Y=\overline{AB}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

NOR ഗേറ്റ്:

പിൻ ചിത്രം -IC 7402



അടയാളം



കൃത്യമായ പട്ടിക

A	B	$Y=\overline{A+B}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

പ്രവർത്തനരീതി

- ലോജിക് ഗേറ്റുകളുടെ കൃത്യമായപട്ടിക സ്ഥിരീകരിക്കുന്നതിന്, അനുയോജ്യമായ IC യെ തിരഞ്ഞെടുത്ത് സർക്യൂട്ട് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നപോലെ ബന്ധിപ്പിക്കുക.
- എല്ലാ IC കൾക്കും പിൻ 14 ൽ 5V ഉം പിൻ 7 നെ ഗ്രൗൺഡുമായി ബന്ധിപ്പിക്കുക.
- കൃത്യമായ പട്ടികയിലെ ലോജിക് ഇൻപുട്ടുകളെ പ്രയോഗിച്ച് അതിനനുസൃതമായ ഔട്ട്പുട്ട് കുറിക്കുക.
- ഇതുപോലെ മറ്റ് ഇൻപുട്ടുകളുടെ സംയോജനങ്ങൾക്കും അതിനനുസൃതമായ ഔട്ട്പുട്ട് കുറിക്കുക.
- ഇതുപോലെ ലോജിക് ഗേറ്റുകളുടെ കൃത്യമായ പട്ടിക സ്ഥിരീകരിക്കുക.

പരീക്ഷണഫലം

സംയോജിത സർക്യൂട്ടുകൾ ഉപയോഗിച്ച് AND, OR, NOT, Ex-OR, NAND, NOR തുടങ്ങിയ ലോജിക് ഗേറ്റുകളുടെ കൃത്യമായപട്ടിക സ്ഥിരീകരിക്കപ്പെട്ടു.

മുൻകരുതലുകൾ

(i) സർക്യൂട്ട് ബന്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ V_{CC} മറ്റും ഗ്രൗണ്ട് പിന്നുകൾ മാറ്റാൻ പാടുള്ളതല്ല. അങ്ങനെ സംഭവിച്ചാൽ അത് ചിപ്പിന്റെ നാശത്തിന് കാരണമാകുന്നു. (ii) NOR ഗേറ്റിന്റെ പിന്നുകളുടെ ക്രമീകരണം മറ്റു ഗേറ്റുകളിൽ നിന്നും വ്യത്യാസമാണ്.

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 315 28-06-2022 5.48.36 PM

10. ഡിമോർഗൻ സിദ്ധാന്തങ്ങളുടെ വിലയിരുത്തൽ

ലക്ഷ്യം: ഡിമോർഗന്റെ ഒന്നും, രണ്ടും സിദ്ധാന്തങ്ങളെ വിലയിരുത്തുക.

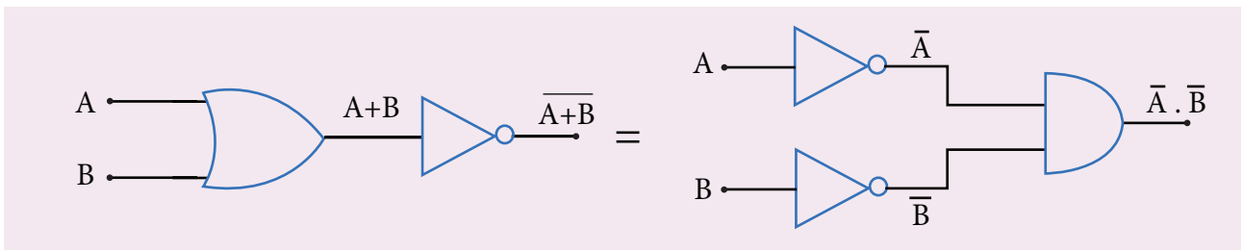
ആവശ്യമായ ഉപകരണങ്ങൾ: പവ്വർ സപ്ലൈ (0 – 5V), IC 7400, 7408, 7432, 7404, 7402, ഡിജിറ്റൽ IC ട്രൈനർ കിറ്റ്, ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന കമ്പികൾ.

സൂത്രം ഡിമോർഗൻ ഒന്നാം സിദ്ധാന്തം $\overline{A+B} = \overline{A}.\overline{B}$

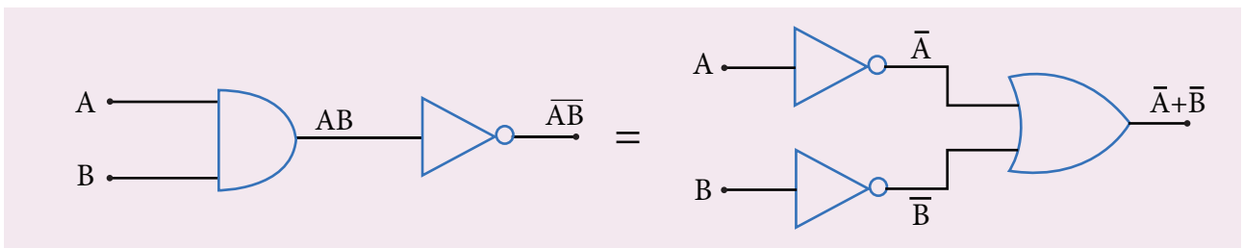
ഡിമോർഗൻ രണ്ടാം സിദ്ധാന്തം $\overline{A.B} = \overline{A} + \overline{B}$

സർക്യൂട്ട് ചിത്രം:

ഡിമോർഗൻ ഒന്നാം സിദ്ധാന്തം



ഡിമോർഗൻ രണ്ടാം സിദ്ധാന്തം



പ്രവർത്തന രീതി:

i) ഡിമോർഗന്റെ ഒന്നാം സിദ്ധാന്തത്തെ സ്ഥിരീകരിക്കൽ

- ഉചിതമായ IC കൾ ഉപയോഗിച്ച് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ വലതുഭാഗം ശരിനോക്കുന്നതിനായി $\left[\overline{A+B}\right]$ സർക്യൂട്ട് ബന്ധിപ്പിക്കുക.
- കൃത്യമായ പട്ടികകളിലെ എല്ലാ ഇൻപുട്ടുകളുടെ സംയോജനങ്ങളെ പട്ടികപ്പെടുത്തുകയും, ഔട്ട്പുട്ട് കുറിയ്ക്കുകയും ചെയ്യുക.
- സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ വലതുവശം ശരിനോക്കുന്നതിനായി ഇതേ പ്രവർത്തനരീതി ആവർത്തിക്കുക $\left[\overline{A}.\overline{B}\right]$.
- കൃത്യമായ പട്ടിക (ട്രൂത്ത് ടേബിൾ) ൽ നിന്ന് $\overline{A+B} = \overline{A}.\overline{B}$ എന്ന് വ്യക്തമാകുന്നു.

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 316 28-06-2022 5.48.39 PM

ii) ഡി-മോർഗന്റെ രണ്ടാം സിദ്ധാന്തം സ്ഥിരീകരിക്കൽ

- അനുയോജ്യമായ IC കൾ ഉപയോഗിച്ച് സർക്യൂട്ട് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ ഇടതുവശം $\left[\overline{A.B}\right]$ ന് വേണ്ടിയുള്ള ബന്ധനങ്ങൾ ഏർപ്പെടുത്തുക.
- കൃത്യമായ പട്ടികകളിലെ എല്ലാ ലോജിക് ഇൻപുട്ട് സംയോജനങ്ങൾക്കും ഔട്ട്പുട്ട് കുറിച്ച് പട്ടികയിലെഴുതുക.
- സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ RHS $\left[\overline{A}+\overline{B}\right]$ ന് ഇതേ പ്രവർത്തനരീതി ആവർത്തിക്കുക.
- കൃത്യമായ പട്ടികയിൽ നിന്നും $\overline{A.B}=\overline{A}+\overline{B}$ എന്ന് വ്യക്തമാകുന്നു.

നിരീക്ഷണം

ഡി-മോർഗന്റെ ഒന്നാം സിദ്ധാന്തം

കൃത്യമായ പട്ടിക

A	B	$\overline{A+B}$	$\overline{A}.\overline{B}$
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

ഡി. മോർഗന്റെ രണ്ടാം സിദ്ധാന്തം

കൃത്യമായ പട്ടിക

A	B	$\overline{A.B}$	$\overline{A}+\overline{B}$
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

പരീക്ഷണഫലം

ഡി-മോർഗന്റെ ഒന്നാമത്തെയും രണ്ടാമത്തെയും സിദ്ധാന്തങ്ങൾ സ്ഥിരീകരിക്കപ്പെട്ടു.

കുറിപ്പ്

IC 7408, IC 7432, IC 7404 തുടങ്ങിയവയുടെ പിൻചിത്രം മുൻപരീക്ഷണങ്ങളിലുള്ളതുപോലെ ബന്ധിപ്പിക്കുക

മുൻകരുതലുകൾ

V_{CC}മറ്റും ഗ്രൗണ്ട് പിന്നുകൾ മാറ്റാൻ, പാടുള്ളതല്ല. അങ്ങനെ സംഭവിക്കുകയാണെങ്കിൽ അത് ചിപ്പ് നാശമാക്കും.

എല്ലാ IC കൾക്കും 5Vപിൻ 14 നോടും പിൻ 7 നെ ഗ്രൗണ്ടുമായും ബന്ധിപ്പിക്കുക.

MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 317 28-06-2022 5.48.41 PM

പ്രായോഗിക പരീക്ഷയ്ക്കായി നിർദ്ദേശിക്കപ്പെട്ട ചോദ്യങ്ങൾ

1. മീറ്റർ ബ്രിഡ്ജ് ഉപയോഗിച്ച് കൊടുത്തിരിക്കുന്ന കമ്പിയുടെ പ്രതിരോധം നിർണ്ണയിക്കുക. സ്ക്രൂഗേജ് ഉപയോഗിച്ച് കമ്പിയുടെ വ്യാസാർദ്ധം കണ്ടുപിടിച്ച് അതിൽ നിന്നും കമ്പി നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്ന പദാർത്ഥത്തിന്റെ നിർദ്ദിഷ്ട പ്രതിരോധത്തെ കണക്കാക്കുക? (കുറഞ്ഞത് 4 അളവുകളെങ്കിലും).

2. ഭൂമിയുടെ കാന്തികമണ്ഡലത്തിന്റെ തിരശ്ചീനഘടകത്തിന്റെ മൂല്യം ഒരു ടേൻജൻഡ് ഗാൽവനോമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് നിർണ്ണയിക്കുക? (കുറഞ്ഞത് 4 അളവുകളെങ്കിലും രേഖപ്പെടുത്തുക).

3. പൊട്ടൻഷ്യോമീറ്ററുപയോഗിച്ച് രണ്ട് സെല്ലുകളുടെ emf താരതമ്യം ചെയ്യുക.

4. കൊടുത്തിരിക്കുന്ന പ്രിസത്തിന്റെ കോൺ, ചെറിയ വ്യതിചലന കോൺ (വ്യതിയാന കോൺ) എന്നിവ സ്പെക്ട്രോമീറ്ററുപയോഗിച്ച് കണ്ടുപിടിക്കുക. അതിൽ നിന്നും പ്രിസം നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്ന പദാർത്ഥത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം കണക്കാക്കുക?

5. ഗ്രേറ്റിംഗിനെ ലംബമായ പതനത്തിന് ഒരു സ്പെക്ട്രോ മീറ്ററുപയോഗിച്ച് ക്രമീകരിക്കുക. പച്ച, നീല, മഞ്ഞ, ചുവപ്പ് തുടങ്ങിയ നിറങ്ങളുടെ മെർക്കുറി സ്പെക്ട്രത്തിൽ നിന്നും നിർണ്ണയിക്കുക. (ഒരു മീറ്റർ നീളത്തിൽ ഉള്ള രേഖകളുടെ എണ്ണം ഗ്രേറ്റിംഗിൽ രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു).

6. PN ജംഗ്ഷൻ ഡൈയോഡിന്റെ V-I സവിശേഷതകൾ രേഖപ്പെടുത്തി അതിൽ നിന്നും മുന്നോട്ടുള്ള പ്രതിരോധം ചായ്വ് ബിന്ദുവിലെ വോൾട്ടേജ്) എന്നിവ ഫോർവേഡ് സവിശേഷതകളിൽ നിന്നും നിർണ്ണയിക്കുക.

7. സെനർ ഡൈയോഡിന്റെ V-I സവിശേഷതകൾ രേഖപ്പെടുത്തി മുന്നോട്ടുള്ള പ്രതിരോധം മറ്റും ചായ്വ് ബിന്ദുവിലെ വോൾട്ടേജ് എന്നിവ ഫോർവേർഡ് സവിശേഷതകളിൽ നിന്നും കണക്കാക്കുക. റിവേഴ്സ് സവിശേഷതകളിൽ നിന്നും സെനർ ഡൈയോഡിന്റെ ബ്രേക്ക്ഡൗൺ വോൾട്ടേജ് കാണുക.

8. CE മോഡിലുള്ള NPN ജംഗ്ഷൻ ട്രാൻസിസ്റ്ററിന്റെ ഇൻപുട്ട്, വ്യതിചലന സവിശേഷതകൾക്കുള്ള വളവുകൾ വരയ്ക്കുക. ഇൻപുട്ട് സവിശേഷതകളിൽ നിന്നും ഇൻപുട്ട് ഇംപിഡൻസും വ്യതിചലന സവിശേഷതകളിൽ നിന്നും വൈദ്യുത പ്രവാഹനേട്ടവും കണക്കാക്കുക.

9. സംയോജിത സർക്യൂട്ടുകളെ പ്രയോജനപ്പെടുത്തി AND, NOT, Ex-OR, NOR തുടങ്ങിയ ലോജിക് ഗേറ്റുകളുടെ സത്യപട്ടിക വിശദീകരിക്കുക.

10. OR, NOT, Ex-OR, NOR തുടങ്ങിയ ലോജിക് ഗേറ്റുകളുടെ കൃത്യമായപട്ടിക സംയോജിത സർക്യൂട്ടുകളെ പ്രയോജനപ്പെടുത്തി സ്ഥിരീകരിക്കുക.

11. ഡി-മോർഗന്റെ ഒന്നാമത്തെയും രണ്ടാമത്തെയും സിദ്ധാന്തങ്ങൾ സ്ഥിരീകരിക്കൽ.

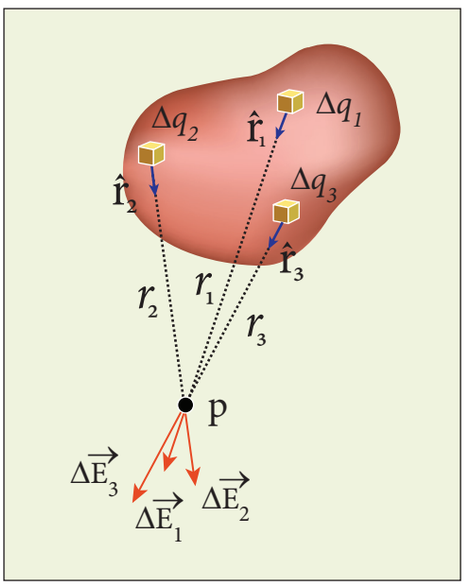
MAL XII-Physics_Vol-1) PRACTICAL.indd 318 28-06-2022 5.48.41 PM

അനുബന്ധം

A1.1

തുടർച്ചയായ ചാർജ്ജ് വിന്യാസത്തിനായുള്ള വൈദ്യുത മണ്ഡലം

ചിത്രം A1.1. ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ അനിയന്ത്രിത ആകൃതിയിലുള്ള ഒരു വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട വസ്തുവിനെ സങ്കൽപ്പിക്കുക. മൊത്ത വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട വസ്തുവിനെയും ധാരാളം വൈദ്യുതമൂലകങ്ങളായി വിഭജിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. $\Delta q_1, \Delta q_2, \Delta q_3 \ldots\ldots \Delta q_n$ ഓരോവൈദ്യുതമൂലകങ്ങൾ Δq നെയും ഒരു പോയിന്റ് ചാർജ്ജായി എടുത്തിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം A1.1 തുടർച്ചയായ ചാർജ്ജിന്റെ വിന്യാസങ്ങൾ

വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെട്ട വസ്തുവിനാൽ P ബിന്ദുവിലുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലം ഏകദേശം എല്ലാ വൈദ്യുത മൂലകങ്ങളാലും P ബിന്ദുവിലുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ സങ്കലനത്തിന് സമമായിരിക്കും.

$$\vec{E} \approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{\Delta q_1}{r_{1P}^2}\hat{r}_{1P}+\frac{\Delta q_2}{r_{2P}^2}\hat{r}_{2P}+\ldots\ldots\ldots+\frac{\Delta q_n}{r_{nP}^2}\hat{r}_{nP}\right)$$
$$\approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\sum_{i=1}^{n}\frac{\Delta q_i}{r_{iP}^2}\hat{r}_{iP} \qquad \text{(A1.1)}$$

ഇവിടെ Δq_i എന്നത് i-ാമത് ചാർജ്ജ് മൂലകമാകുന്നു. r_{iP}എന്നത് i-ാമത് ചാർജ്ജ് മൂലകത്തിൽ നിന്നും P ബിന്ദുവിലേക്കുള്ള ദൂരമാകുന്നു. $\hat{r}_{iP}$ i-ാമത് വൈദ്യുത മൂലകത്തിൽ നിന്നും P ബിന്ദുവിലേക്കുള്ള ഏകസദിശമാകുന്നു.

എന്തായാലും സമീകരണം (A1.1) ഒരു ഏകദേശസമീകരണമാകുന്നു. തുടർച്ചയായ ചാർജ്ജിന്റെ വിതരണത്തിന് നമ്മൾ എടുക്കുന്ന പരിധി $\Delta q \to 0 (= dq)$. ഈ പരിധിയിൽ സമീകരണം (A1.1)ന്റെ സങ്കലനത്തെ താഴെപ്പറയുന്ന സമാകലനരൂപത്തിൽ എഴുതാം.

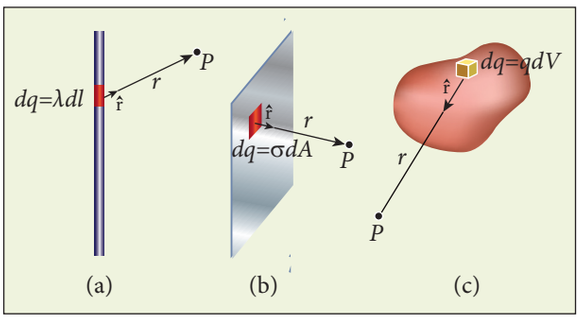
$$\vec{E} = \frac{1}{4\neq\epsilon_0}\int\frac{dq}{r^2}\hat{r} \qquad \text{(A1.2)}$$

ഇവിടെ r എന്നത് അനന്തമായ ചാർജ്ജ് dq ൽ നിന്നും P ബിന്ദുവിലേക്കുള്ള ദൂരം ആകുന്നു. $\hat{r}$ എന്നത് dq ൽ നിന്നും P യിലുള്ള ഏകസദിശമാകുന്നു. തുടർച്ചയായ ചാർജ്ജ വിതരണത്തിനുള്ള വൈദ്യുതമണ്ഡലം വിലയിരുത്താൻ പ്രയാസമാണെങ്കിലും ഈ വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിൽ ഒരു ടെസ്റ്റ് ചാർജ്ജിന് അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം $\vec{F} = q\vec{E}$

(a) ചാർജ്ജ് Q, L നീളമുള്ള കമ്പിയിൽ സമമായി വിതരണം ചെയ്യപ്പെടുകയാണെങ്കിൽ രേഖീയ ചാർജ്ജ് സാന്ദ്രത (യൂണിറ്റ് നീളത്തിലുള്ള ചാർജ്ജ്) $\lambda = \frac{Q}{L}$. ഇതിന്റെ മാത്രകൂളും/മീറ്റർ (Cm^{-1}).

അനന്തമായ നീളം dl ൽ ഉള്ള ചാർജ്ജിന് $dq = \lambda dl$ ആകുന്നു. ഇത് ചിത്രം A1.2 (a) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

Appendix-1.indd 319 28-06-2022 6.00.36 PM



ചിത്രം A1.2 രേഖീയ, പ്രതല, വ്യാപ്ത ചാർജ്ജ് വിതരണം

മൊത്ത ചാർജ്ജ് Q യുള്ള ഒരു രേഖയാൽ ഉണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലം

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

(b) വിസ്തീർണ്ണം A യുള്ള ഒരു പ്രതലത്തിൽ ചാർജ്ജ് Q സമമായി വിന്യസിച്ചിരിക്കുകയാണെങ്കിൽ പ്രതലചാർജ്ജ് സാന്ദ്രത $\sigma = \frac{Q}{A}$ ഇതിന്റെ മാത്ര കൂളും/മീറ്ററിന്റെ വർഗ്ഗം ($C\ m^{-2}$)

അനന്തമായ പ്രതലം dA ൽ ഉള്ള ചാർജ്ജിന് $dq = \sigma\, dA$ ഇത് ചിത്രം A1.2 (b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

മൊത്ത ചാർജ്ജ് Q യുള്ള ഒരു പ്രതലം ഉണ്ടാക്കുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലം

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

ഇത് ചിത്രം A1.2 (b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

(c) വ്യാപ്തം V ൽ ചാർജ്ജ് Q സമമായി വിതരണം ചെയ്യപ്പെടുകയാണെങ്കിൽ, വ്യാപ്തത്തിലെ ചാർജ്ജ് സാന്ദ്രത $\rho = \frac{Q}{V}$ ഇതിന്റെ മാത്ര കൂളും/ മീറ്റർ^3 ($C\ m^{-3}$)

അനന്തമായ വ്യാപ്തത്തിലുള്ള dV ചാർജ്ജിന് $dq = \rho dV$ ഇത് ചിത്രം A1.2 (c) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

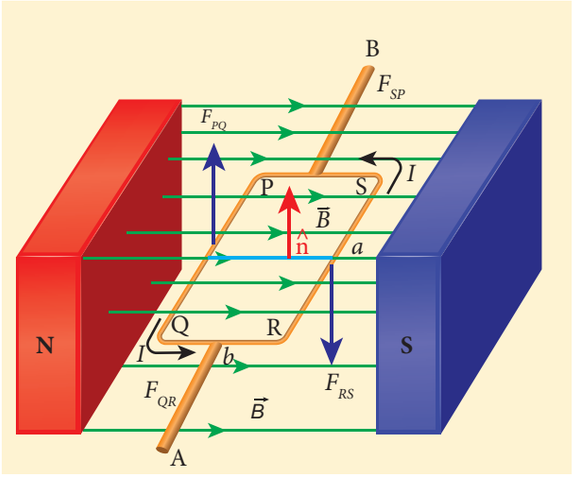
മൊത്തചാർജ്ജ് Q ഉള്ള വ്യാപ്തത്തിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതമണ്ഡലം

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int \frac{\rho dV}{r^2}\hat{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\rho\int \frac{dV}{r^2}\hat{r}.$$

A3.1

സമകാന്തികമണ്ഡലത്തിൽ വച്ചിരിക്കുന്ന വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന ഒരു വളയത്തിലുണ്ടാകുന്ന ടോർക്കിന്റെ സമീകരണം

PQRS എന്ന ഒരു ദീർഘചതുര വളയം (ചുരുളിന്റെ എണ്ണം ഒന്നാകുന്നു) ഒരു സമ കാന്തികമണ്ഡലം $\vec{B}$ ൽ വച്ചിരിക്കുന്നതായി സങ്കൽപ്പിക്കുക. ഈ ദീർഘചതുര വളയത്തിന്റെ നീളം a യും വീതി b യുമാകുന്നു. $\hat{n}$ എന്നത് വളയത്തിന്റെ ക്രമീകരണത്തെ പൂർണ്ണമായും വിവരിക്കുന്ന വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്ന വളയത്തിന്റെ തലത്തിന് ലംബമായ ഏകസദിശമാകുന്നു. കാന്തികമണ്ഡലം $\vec{B}$ ന്റെ ദിശ ചിത്രം A3.1-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



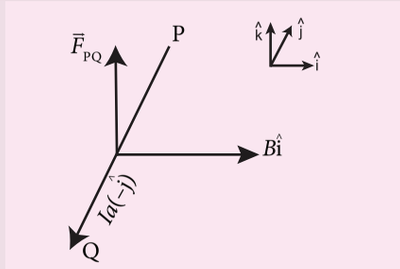
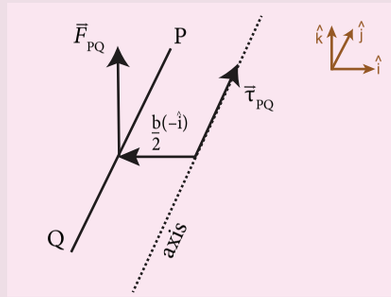
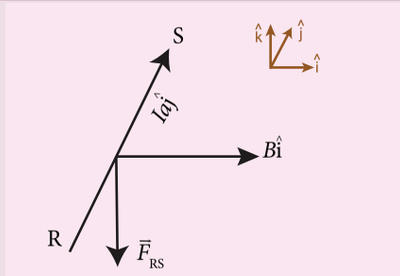
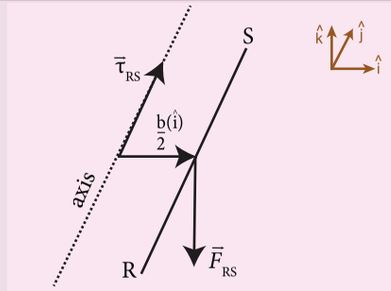
ചിത്രം A3.1 കാന്തികമണ്ഡലത്തിൽ വച്ചിരിക്കുന്ന ദീർഘചതുര കോയിൽ

PQRS വളയത്തിലൂടെ ഒരു വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുമ്പോൾ വളയത്തിനനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം പൂജ്യമാകുന്നു എന്നാൽ മൊത്ത ടോർക്ക് പൂജ്യമാകുന്നില്ല. കണക്കിടുന്നതിനായി ദീർഘചതുരവളയത്തെ നാല് ഭാഗങ്ങളായി വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു. PQ, QR, RS, SP ചുരുളിന്റെ തളം കാന്തികമണ്ഡ

Appendix-1.indd 320 28-06-2022 6.00.37 PM

Appendix-1.indd 321

പട്ടിക A3.1 ഏകസദിശ കാന്തികമണ്ഡലത്തിന് ലംബമാകുന്നു

ഭാഗം	ടോർക്ക്		ടോർക്ക്	
	$\vec{F} = I\vec{l} \times \vec{B}$	ബലം ചിത്രവിവരണം	$\vec{F} = I\vec{l} \times \vec{F}$	ചിത്രവിവരണം
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	$\vec{F}_{SP} = Ib(-\hat{i}) \times B\hat{i} = \vec{0}$		$\vec{\tau}_{SP} = \frac{a}{2}\hat{j} \times \vec{F}_{SP} = \vec{0}$	

28-06-2022 6.00.40 PM

ലത്തിന്റെ ദിശയ്ക്ക് സമാന്തരമായിരിക്കുകയാണെങ്കിൽ ടോർക്ക് കണക്കാക്കുന്നതെങ്ങനെയെന്ന് സങ്കൽപ്പിക്കാം. അതായത് $\hat{n} \perp \vec{B}$

$\hat{n} \perp \vec{B}$ **(ലംബ ഏകസദിശം കാന്തികമണ്ഡലത്തിന് ലംബമായിരിക്കുന്നു)**

വൈദ്യുതി വഹിക്കുന്ന കമ്പി കാന്തികമണ്ഡലത്തിൽ ഒരു ബലം പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്നു, ചുരുളിന്റെ ഓരോ ഭാഗവും പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന ബലവും കേന്ദ്രത്തിലൂടെ കടന്നുപോകുന്ന അക്ഷത്തിലുള്ള ടോർക്ക് എന്നിവ പട്ടികയിലാക്കിയിരിക്കുന്നു.

$\therefore$ മൊത്തബലം $\vec{F}_{net} = \vec{F}_{PQ} + \vec{F}_{QR} + \vec{F}_{RS} + \vec{F}_{SP} = \vec{0}$

മൊത്ത ടോർക്ക്

$$\vec{\tau}_{net} = \vec{\tau}_{PQ} + \vec{\tau}_{QR} + \vec{\tau}_{RS} + \vec{\tau}_{SP} = IabB\hat{j}$$

ദീർഘചതുര ചുരുളിലെ മൊത്തബലം പൂജ്യമാകുന്നു എന്നാൽ മൊത്തടോർക്ക് പൂജ്യമാകുന്നില്ല. A എന്നത് ദീർഘചതുര ചുരുളിന്റെ വിസ്തീർണ്ണമാകുന്നു (A = ab)

എന്നാൽ $\vec{\tau}_{net} = ABI\hat{j}$

N എന്നത് ദീർഘചതുര ചുരുളിലെ ചുറ്റുകളുടെ എണ്ണമാകുന്നു.

$$\vec{\tau}_{net} = NABI\hat{j}$$

ഈ ടോർക്ക് കാരണം, ചുരുൾ ചുറ്റുന്നതിന് തുടങ്ങുന്നു. (ഘടികാര ദിശയിൽ) ആയതിനാൽ കാന്തികമണ്ഡലം ചുരുളിന്റെ തലത്തിൽ നിലനിൽക്കുന്നില്ല. അതുകൊണ്ട് മേൽപ്പറഞ്ഞ സമീകരണം ഒരു പ്രത്യേക നിലയിലാകുന്നു.

കുറിപ്പ്: ചുരുളിൽ തളം കാന്തികമണ്ഡലത്തിന്റെ ദിശയ്ക്ക് ചായ്വായിരിക്കുകയാണെങ്കിൽ $\hat{n} \not\perp \vec{B}$ ടോർക്ക് $\vec{\tau}_{net} = NABI\sin\theta\hat{j}$ എന്ന് കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. കാന്തിക ഇരുധ്രുവ മൊമന്റിനെ ആസ്പദമാക്കി $\vec{\tau}_{net} = \vec{p}_m \times \vec{B}$

വ്യത്യസ്ത നിലകൾ:

(i) $\theta = 90^\circ, \vec{\tau}_{net} = NABI\hat{j}$: പരമാവധി

$\vec{p}_m$, $\vec{B}$ എന്നിവ പരസ്പരം ലംബമാകുന്നു.

(ii) $\theta = 0^\circ, \vec{\tau}_{net} = \vec{0}$

$\vec{p}_m$, $\vec{B}$ ന് സമാന്തരമാകുന്നു

(iii) $\theta = 180^\circ, \vec{\tau}_{net} = \vec{0}$

$\vec{p}_m$, $\vec{B}$ ന് അസമാന്തരമാകുന്നു

ഉദാഹരണം A 3.1

ഏകസമാന കാന്തിക മണ്ഡലത്തിൽ വച്ചിരിക്കുന്ന ഒരു ദണ്ഡകാന്തത്തിന്റെ ദോലനകാലം $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{p_m B}}$ സെക്കൻഡ് എന്ന് നിരീക്ഷിക്കുക. I എന്നത് ദണ്ഡകാന്തത്തിന്റെ ആവേഗജഡത്വം p_m കാന്തിക ആവേഗം B എന്നത് കാന്തികമണ്ഡലവുമാകുന്നു.

പരിഹാരം

ദണ്ഡകാന്തത്തിനെ ഏകസമാനകാന്തിക മണ്ഡലത്തിന്റെ $\vec{B}$ ദിശയ്ക്ക് സമാന്തരമായി ക്രമീകരിക്കുന്നതിന് ദണ്ഡകാന്തത്തിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ടോർക്കിന്റെ അളവ് (വസ്തുവിനെ ചുറ്റുന്നതിനുള്ള ടോർക്ക്)

$$|\vec{\tau}| = p_m B\sin\theta$$

ദണ്ഡകാന്തത്തിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന പുനഃസ്ഥാപന ബലത്തിന്റെ അളവ്

$$|\vec{\tau}| = I\frac{d^2\theta}{dt^2}$$

സംതുലനാവസ്ഥയിൽ, വ്യതിചലനടോർക്കും പുനഃസ്ഥാപന ബലവും സമമാകുന്നു എന്നാൽ വിപരീതദിശയിലായിരിക്കും ഇത് അർത്ഥമാക്കുന്നത്.

Appendix-1.indd 322 28-06-2022 6.00.44 PM

$$I\frac{d^2\theta}{dt^2} = -p_m B\sin\theta$$

നെഗറ്റീവ് ചിഹ്നം ഇവ രണ്ടും എതിർദിശയിലാണെന്നതിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. മേൽപറഞ്ഞ സമീകരണത്തെ ഇപ്രകാരം എഴുതാം.

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{p_m B}{I}\sin\theta$$

ഇത് നേർരേഖയിലല്ലാത്ത രണ്ടാംക്രമ ഏകതാനമായ ഡിഫറൻഷ്യൽ സമീകരണമാകുന്നു. ഇതിനെ രേഖീയമാക്കുന്നതിന് XI ഭാഗം II ൽ ചെയ്തതുപോലെ കോണിനെ ഏകദേശം ചെറിയമൂല്യമായി ഉപയോഗിക്കാം. (അദ്ധ്യായം 10, ദോലനങ്ങൾ 10.4.4.) അതായത് $\sin\theta \approx \theta$,

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

ഈ രണ്ടാംക്രമ രേഖീയ ഏകതാനമായ ഡിഫറൻഷ്യൽ സമീകരണം ലളിതമായ ഹാർമോണിക് ഡിഫറൻഷ്യൽ സമീകരണം ആകുന്നു.

ഈ സമീകരണത്തെ ലളിതമായ ഹാർമോണിക് ഡിഫറൻഷ്യൽ സമീകരണവുമായി താരതമ്യം ചെയ്താൽ,

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 x$$

ഇവിടെ ω എന്നത് ദോലനത്തിന്റെ വർത്തുള ആവൃത്തി ആകുന്നു,

$$\omega^2 = \frac{p_m B}{I} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{p_m B}{I}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{p_m B}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{p_m B_H}} \text{ സെക്കൻഡ്}$$

ഇവിടെ B_H എന്നത് ഭൗമകാന്തികമണ്ഡലത്തിന്റെ തിരശ്ചീന ഘടകമാകുന്നു.

കുറിപ്പ്

1. ഒരു സർക്യൂട്ടിലെ വൈദ്യുതി കണക്കാക്കുന്നത് I = K tan θ ഉപയോഗിക്കാം. ഇവിടെ K എന്നത് ടേൻജൻഡ് ഗാൽവനോമീറ്ററിന്റെ റിഡക്ഷൻ ഫാക്ടർ ആകുന്നു.

$$K = \frac{2RB_H}{\mu_\circ N}$$

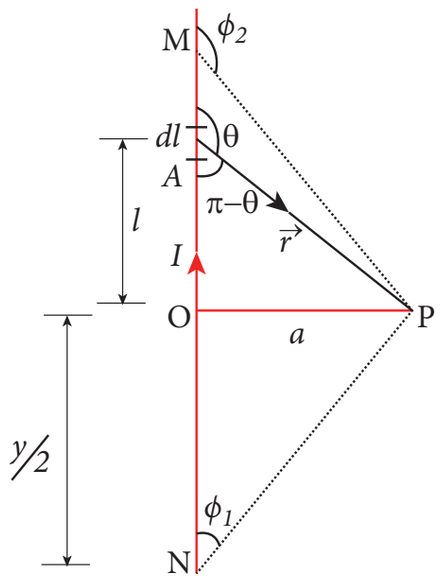
2. യൂണിറ്റ് വൈദ്യുതപ്രവാഹം ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്ന വ്യതിയാനമാറ്റത്തെ സംവേദനത്താൽ അളക്കുന്നു. ഗണിതപരമായ

$$\frac{d\theta}{dI} = \frac{1}{K\left(1+\frac{I^2}{K^2}\right)}$$

3. ടേൻജൻഡ് ഗാൽവനോമീറ്റർ 45°വ്യതിചലനത്തിൽ അധിക സംവേദനം കാണിക്കുന്നു. സാധാരണയായി വ്യതിചലനം 30°യ്ക്ക് ഇടയിലളക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം A 3.2

ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ വൈദ്യുതി വഹിക്കുന്ന നേരായ കമ്പിയിലെ ലംബസമഭാജിയിലെ ബിന്ദു P യിലുണ്ടാകുന്ന കാന്തികമണ്ഡലം കണക്കാക്കുക.



Appendix-1.indd 323 28-06-2022 6.00.46 PM

പരിഹാരം

നീളംMN=yഉംബിന്ദുPലംബസമഭാജ്യത്തിലുമായിരിക്കും. ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ O എന്നത് ചാലകത്തിലെ ഒരു ബിന്ദുവാകുന്നു.

ആയതിനാൽ, $OM = ON = \frac{y}{2}$, എന്നാൽ

$$\cos\varphi_1 = \frac{\text{സമീപ വശത്തിന്റെ നീളം}}{\text{കർണ്ണത്തിന്റെ നീളം}} = \frac{ON}{PN}$$

$$= \frac{\frac{y}{2}}{\sqrt{\frac{y^2}{4}+a^2}} = \frac{y}{\sqrt{y^2+4a^2}}$$

$$\cos(\pi-\varphi_2) = \frac{\text{സമീപ വശനീളം}}{\text{കർണ്ണ നീളം}} = \frac{OM}{PM}$$

$$\cos\varphi_2 = -\frac{OM}{PM}$$

ഈ സമവാക്യത്തെ ഉപയോഗിച്ച്,

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{4\pi a}(\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2)\hat{n}$$

$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{4\pi a}\frac{2y}{\sqrt{y^2+4a^2}}\hat{n}$ എന്ന് ലഭിക്കുന്നു

നീണ്ട നേരായ കമ്പിയ്ക്ക്, $y \to \infty$,

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{2\pi a}\hat{n}$$

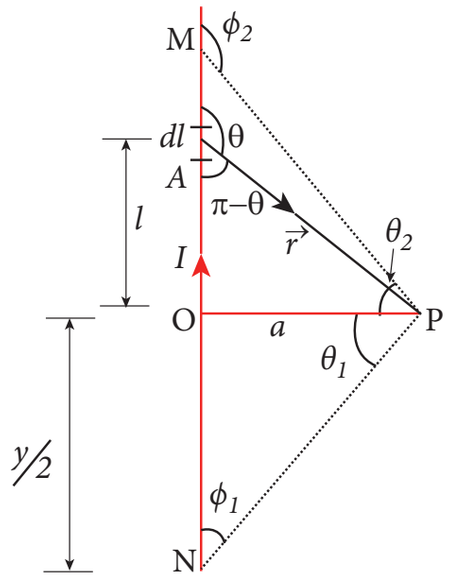
ഈ സമീകരണം, സമീകരണം (3.39)-ൽ നിന്നും ലഭിച്ചതിന് തുല്യമാണ്.

ഉദാഹരണം A3.3

ഒരു നേരായ ചാലകത്തിലെ കാന്തികമണ്ഡലം കണ്ടുപിടിക്കുക?

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{4\pi a}(\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2)\hat{n}$$

$$= \frac{\mu_\circ I}{4\pi a}(\sin\theta_1 + \sin\theta_2)\hat{n}$$



പരിഹാരം:

സമകോണ ത്രികോണം OPN, ൽ കോൺ $\angle OPN = \theta_1$, $\varphi_1 = \frac{\pi}{2} - \theta_1$ എന്നു സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

സമകോണ ത്രികോണം OPM ൽ $\angle OPM = \theta_2$, $\varphi_2 = \frac{\pi}{2} + \theta_2$ എന്ന് സൂചിപ്പിക്കുന്നു

ആയതിനാൽ,

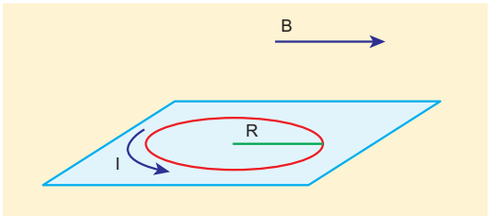
$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{4\pi a}\left(\cos\left(\frac{\pi}{2}-\theta_1\right) - \cos\left(\frac{\pi}{2}+\theta_2\right)\right)\hat{n}$$

$$= \frac{\mu_\circ I}{4\pi a}(\sin\theta_1 + \sin\theta_2)\hat{n}$$

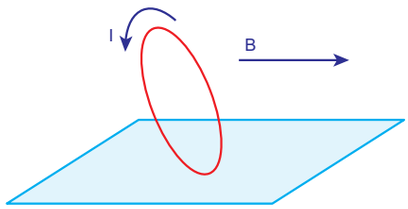
ഉദാഹരണം A3.4

R വ്യാസാർദ്ധവും M ദ്രവ്യമാനവുമുള്ള ഒരു വൃത്താകാര കമ്പി ചുരുൾ ഒരു പരുപരുത്ത പ്രതലത്തിൽ വച്ചിരിക്കുന്നതായി കരുതുക. I എന്നത് ചുരുളിലൂടെ പ്രവഹിക്കുന്ന വൈദ്യുതി ആകുന്നു. $\vec{B}$ എന്നത് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നുപോലെ തിരശ്ചീനമായ പ്രയോഗിക്കുന്ന കാന്തികമണ്ഡലമാകുന്നു. പ്രതലത്തിൽ നിന്നും ചുരുളിന്റെ ഒരു വശത്തെ ഉയർത്തുന്നതിന് പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന വൈദ്യുതി കണക്കാക്കുക.

Appendix-1.indd 324 28-06-2022 6.00.49 PM



പരിഹാരം



ചുരുളിലൂടെ വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുമ്പോൾ, ടോർക്ക് ഉത്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. ചുരുളിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ടോർക്ക് വർദ്ധിക്കപ്പെടുമ്പോൾ ചുരുൾ ചുറ്റുന്നതിന് തുടങ്ങുന്നു. വൈദ്യുതി പ്രയോഗിക്കപ്പെടുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന കാന്തിക ടോർക്ക് ഭൂഗുരുത്വ ടോർക്കിന് സമമാകുമ്പോൾ ചുരുൾ ഉയരാൻ തുടങ്ങുന്നു.

$$\tau_{\text{കാന്തിക}} = \tau_{\text{ഭൂഗുരുത്വ}}$$

$$IAB = mgR$$

എന്നാൽ $p_m = IA = I\left(\neq R^2\right)$

$$\neq IR^2 B = mgR$$

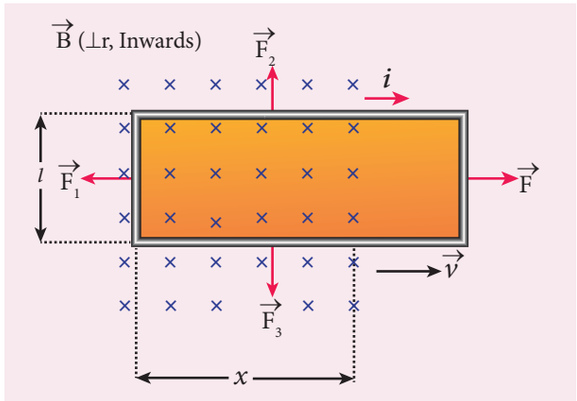
$$\Rightarrow I = \frac{mg}{\neq RB}$$

ഈ സമവാക്യം ഉപയോഗിച്ച് ചുരുളിന്റെ ഒരു വശം പ്രതലത്തിൽ നിന്നും ഉയർത്തുന്നതിന് ആവശ്യമായ വൈദ്യുതി കണക്കാക്കാം.

A4.1

ഫാരഡേ നിയമത്തിൽ നിന്നും മോഷണൽ emf

വീതി l ഉള്ള ഒരു ദീർഘചതുര ചാലക ചുരുൾ, ചുരുളിന്റെ തലത്തിന് ലംബവും ഉൾനോക്കി ദിശയിലുമുള്ള ഏകസമാന കാന്തികമണ്ഡലം $\vec{B}$ ൽ



ചിത്രം A4.1 ഫാരഡേ നിയമത്തിൽ നിന്ന് മോഷണൽ emf

വച്ചിരിക്കുന്നതായി സങ്കൽപിക്കുക ചുരുളിന്റെ ഒരു ഭാഗം കാന്തികമണ്ഡലത്തിലും ബാക്കി ഭാഗങ്ങൾ കാന്തികമണ്ഡലത്തിന് ചിത്രം A4.1 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ വെളിയിലുമായിരിക്കും.

ഒരു സ്ഥിരപ്രവേഗം $\vec{v}$ ൽ ചുരുൾ വലത്തോട്ട് വലിക്കുകയാണെങ്കിൽ, കാന്തിക മണ്ഡലത്തിനുള്ളിലെ പരപ്പ് കുറയുന്നു. ആയതിനാൽ ചുരുളുമായി ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന ഫ്ളക്സും കുറയുന്നു. ഫാരഡേ നിയമപ്രകാരം ചുരുളിൽ, ചുരുളിനെ വലിക്കുന്നതിനെ എതിർക്കുന്ന ദിശയിൽ ഒരു വൈദ്യുതി പ്രേരിതമാകുന്നു.

x എന്നത് കാന്തികമണ്ഡലത്തിലുള്ള ചുരുളിന്റെ നീളം ആകുന്നു. ആയതിനാൽ വിസ്തീർണ്ണം lx ചുരുളുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന കാന്തിക ഫ്ളക്സ്

$$\Phi_B = \int_A \vec{B}\cdot d\vec{A} = BA\cos\theta \quad = BA$$

ഇവിടെ $\theta = 0^\circ$, $\cos 0^\circ = 1$

$$\Phi_B = Blx \qquad \text{(A4.1)}$$

ചുരുളിന്റെ ചലനത്തിനാൽ കാന്തിക ഫ്ളക്സ് കുറയുകയാണെങ്കിൽ പ്രേരിത EMF ന്റെ അളവ്

$$\varepsilon = \frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{d}{dt}(Blx)$$

ഇവിടെ B യും l ഉം സ്ഥിരാങ്കമാകുന്നു.

$$\varepsilon = Bl\frac{dx}{dt} = Blv \qquad \text{(A4.2)}$$

Appendix-1.indd 325 28-06-2022 6.00.52 PM

ഇവിടെ $v = \frac{dx}{dt}$ ചുരുളിന്റെ പ്രവേഗമാകുന്നു. ഈ EMF ന് മോഷണൽ EMF എന്നുപറയുന്നു. എന്തെന്നാൽ ഇത് കാന്തികമണ്ഡലത്തിലെ ചുരുളിന്റെ ചലനത്താലുണ്ടാകുന്നതുകൊണ്ടാണ്.

ലെൻസ് നിയമപ്രകാരം, പ്രേരിതവൈദ്യുതി ഘടികാരദിശയിൽ പ്രവഹിക്കുന്നു. R എന്നത് ചുരുളിന്റെ പ്രതിരോധമാകുന്നു. പ്രേരിത വൈദ്യുതി

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{Blv}{R} \qquad \text{(A4.3)}$$

A 4.2

LC ദോലനങ്ങൾക്കും സരഫാർമോണിക് ദോലനങ്ങൾക്കും ഇടയിലുള്ള സമാനതകൾ

അളവുകളെ ആസ്പദമാക്കി

സ്പ്രിംഗ് - ദ്രവ്യമാന വ്യൂഹത്തിന്റെ യാന്ത്രികോർജ്ജം

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 \qquad \text{(A4.4)}$$

മാറുന്ന x, v മൂല്യങ്ങൾക്ക് ഊർജ്ജം E എന്നത് സ്ഥിരമായിരിക്കും. കാലത്തിനനുസൃതമായി E യെ ഡിഫറൻഷ്യേറ്റ് ചെയ്താൽ

$$\frac{dE}{dt} = \frac{1}{2}m\left(2v\frac{dv}{dt}\right) + \frac{1}{2}k\left(2x\frac{dx}{dt}\right) = 0$$

$$\text{അല്ലെങ്കിൽ } m\frac{d^2x}{dt^2} + kx = 0 \qquad \text{(A4.5)}$$

$$\text{ആയതിനാൽ } \frac{dx}{dt} = v,\ \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$$

ഇത് സ്പ്രിംഗ്. ദ്രവ്യമാന വ്യൂഹത്തിൽ ഡിഫറൻഷ്യൽ സമവാക്യമാകുന്നു. സമീകരണം (4.68) ൽ പൊതുവായ പരിഹാര രൂപം

$$x(t) = X_m \cos(\omega t + \phi) \qquad \text{(A4.6)}$$

ഇവിടെ X_m എന്നത് $x(t)$ യുടെ പരമാവധി മൂല്യമാകുന്നു. ω എന്നത് വർദ്ധുള ആവൃത്തിയും ϕ സ്ഥിരഫേസുമാകുന്നു.

ഇതുപോലെ LC വ്യൂഹത്തിന്റെ വൈദ്യുതകാന്തിക ഊർജ്ജം

$$U = \frac{1}{2}Li^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{C}\right)q^2 = \text{സ്ഥിരാങ്കം} \qquad \text{(A4.7)}$$

U നെ കാലാനുസൃതമായി ഡിഫറൻഷ്യേറ്റ് ചെയ്താൽ

$$\frac{dU}{dt} = \frac{1}{2}L\left(2i\frac{di}{dt}\right) + \frac{1}{2C}\left(2q\frac{dq}{dt}\right) = 0$$

$$\text{അല്ലെങ്കിൽ } L\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{C}q = 0 \qquad \text{(A4.8)}$$

$$\text{ആയതിനാൽ } i = \frac{dq}{dt},\ \frac{di}{dt} = \frac{d^2q}{dt^2}$$

സമവാക്യം (A4.8) ന്റെ പൊതുവായ പരിഹാരത്തിന്റെ രൂപം

$$q(t) = Q_m \cos(\omega t + \phi) \qquad \text{(A4.9)}$$

ഇവിടെ Q_m എന്നത് $q(t)$, യുടെ പരമാവധി മൂല്യവും ω വർദ്ധുള ആവൃത്തിയും ϕ എന്നത് സ്ഥിരഫേസുമാകുന്നു.

A 5.1

വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ സവിശേഷതകൾ

- ശൂന്യതയിൽ പ്രചരണം ചെയ്യുന്ന വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന ഊർജ്ജസാന്ദ്രത (യൂണിറ്റ് വ്യാപ്തത്തിലെ ഊർജ്ജം)

$$u = \frac{1}{2}\varepsilon_\circ E^2 + \frac{1}{2\mu_\circ}B^2$$

Appendix-1.indd 326 28-06-2022 6.00.57 PM

ഇവിടെ, $\frac{1}{2}\varepsilon_{\circ}E^2 = u_E$ വൈദ്യുതി മണ്ഡലത്തിലെ ഊർജ്ജ സാന്ദ്രതയാകുന്നു.

$\frac{1}{2\propto_0}B^2 = u_B$ എന്നത് കാന്തിക മണ്ഡലത്തിലെ ഊർജ്ജസാന്ദ്രതയാകുന്നു.

ആയതിനാൽ, $E = Bc \Rightarrow u_B = u_E$.

- വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗത്തിന്റെ ഊർജ്ജ സാന്ദ്രത

$$u = \varepsilon_0 E^2 = \frac{1}{\mu_0}B^2$$

- വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ ശരാശരി ഊർജ്ജസാന്ദ്രത,

$$\langle u \rangle = \frac{1}{2}\varepsilon_{\circ}E^2 = \frac{1}{2}\frac{1}{\mu_{\circ}}B^2.$$

- വൈദ്യുതകാന്തികതരംഗങ്ങളുടെ പ്രചരണദിശയ്ക്ക് ലംബമായി ഒരു യൂണിറ്റ് കാലയളവിൽ ഒരു യൂണിറ്റ് വിസ്തീർണ്ണത്തെ കടക്കുന്ന ഊർജ്ജത്തിനെ തീവ്രത എന്നു വിളിക്കുന്നു.

തീവ്രത, $= \frac{\text{ഊർജ്ജം}}{\text{വേഗത}} = \frac{U}{c}$ അല്ലെങ്കിൽ

$$I = \frac{\text{ആകെ വൈദ്യുത കാന്തിക ഊർജ്ജം (U)}}{\text{പ്രതല വിസ്തീർണ്ണം (A) x സമയം (t)}}$$

$$= \frac{\text{ശക്തി (P)}}{\text{പ്രതല വിസ്തീർണ്ണം (A)}}$$

കുറിപ്പ്

ഒരു ബിന്ദു സ്രോതസ്സിന് $I = \frac{P}{4\pi r^2} \Rightarrow I \propto \frac{1}{r^2}$

രേഖീയ സ്രോതസ്സിന്, $I \propto \frac{1}{r}$

സമതല സ്രോതസ്സിന്, I, r നെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നില്ല

- മറ്റു തരംഗങ്ങളെപോലെ, വൈദ്യുതകാന്തികതരംഗങ്ങൾ ഊർജ്ജവും, ആവേഗവും വഹിക്കുന്നു. U ഊർജ്ജവും C വേഗതയിലും പ്രചരണം ചെയ്യുന്ന വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ രേഖീയ ആവേഗം $p = \frac{\text{ഊർജ്ജം}}{\text{വേഗത}} = \frac{U}{c}$ പ്രതലത്തിന്റെ ഒരു യൂണിറ്റ് വിസ്തീർണ്ണത്തിൽ വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗം പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന ബലത്തെ വികിരണമർദ്ദം എന്നുവിളിക്കുന്നു.

- ഒരു പദാർത്ഥ പ്രതലത്തിൽ പതിക്കുന്ന വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങൾ പൂർണമായും ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നിനാൽ വിതരണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന ഊർജ്ജം U ഉം പ്രതലത്തിൽ നൽകുന്ന ആവേഗം $p = \frac{U}{c}$. ഉം ആകുന്നു.

- U ഊർജ്ജമുള്ള ഒരു വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗംപ്രതലത്തിലെപതനത്തിനുശേഷം പൂർണ്ണമായും പ്രതിഫലിക്കുകയാണെങ്കിൽ, പ്രതലത്തിൽ വിതരണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന

ആവേഗം $\varnothing p = \frac{U}{c} - \left(-\frac{U}{c}\right) = 2\frac{U}{c}$.

- യൂണിറ്റ് വിസ്തീർണ്ണത്തെ കടക്കുന്ന ഊർജ്ജ പ്രവാഹ നിരക്കിനെ വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ പോയിന്റിംഗ് വെക്ടർ എന്നുപറയുന്നു, അത് $\vec{S} = \frac{1}{\mu_{\circ}}\left(\vec{E} \times \vec{B}\right) = c^2\varepsilon_{\circ}\left(\vec{E} \times \vec{B}\right)$. ആകുന്നു. പോയിന്റിംഗ് വെക്ടറിന്റെ മാത്ര $W\ m^{-2}$. ആകുന്നു. ഒരു ബിന്ദുവിലെ പോയിന്റിംഗ് വെക്ടർ ആ ബിന്ദുവിൽ നിന്നും ഊർജ്ജം മാറ്റപ്പെടുന്ന ദിശയെ തരുന്നു.

Appendix-1.indd 327 28-06-2022 6.00.59 PM

GLOSSARY

പദശേഖരം

1.	Absorption spectra	-	ആഗിരണ വർണ്ണരാജി
2.	Armature	-	ആർമച്ചർ
3.	Axial symmetry	-	അക്ഷസമമിതി
4.	Average current	-	ശരാശരി വൈദ്യുതി
5.	Blackbody radiation	-	കറുത്ത വസ്തുവിന്റെ വികിരണം
6.	Charge	-	ചാർജ്ജ്
7.	Continuous charge distribution	-	തുടർ ചാർജ്ജ് വിന്യാസം
8.	Conventional current	-	പരമ്പരാഗത വൈദ്യുത ധാര
9.	Conservation of charges	-	ചാർജ്ജുകളുടെ സംരക്ഷണം
10.	Capacitor	-	കപ്പാസിറ്റർ
11.	Corona discharge	-	കൊറോണ ഡിസ്ചാർജ്ജ്
12.	Capacitance	-	കപ്പാസിറ്റൻസ്
13.	Coercivity	-	കൊയർസിവിറ്റി
14.	Current density	-	വൈദ്യുത പ്രവാഹ സാന്ദ്രത
15.	Conductivity	-	ചാലകത
16.	Configuration	-	ക്രമീകരണം
17.	Conduction current	-	ചാലക വൈദ്യുതി
18.	Carbon Resistor	-	കാർബൺ പ്രതിരോധകം
19.	Current sensitivity	-	വൈദ്യുത സംവേദനം
20.	Dielectrics	-	വിദ്യുത്രോധികൾ
21.	Displacement current	-	സ്ഥാനാന്തരണ വൈദ്യുതി
22.	Declination angle	-	അധോപതന കോൺ
23.	Dielectric strength	-	ഡൈഇലക്ട്രിക് തീവ്രത
24.	Drift velocity	-	ഡ്രിഫ്റ്റ് പ്രവേഗം
25.	Dielectric constant	-	ഡൈഇലക്ട്രിക് സ്ഥിരാങ്കം
26.	Eddy current	-	എഡി കറന്റ്
27.	Electromagnetic damping	-	വൈദ്യുത കാന്തിക ഡാംബിങ്
28.	Electronic devices	-	വൈദ്യുതോപകരണങ്ങൾ
29.	Electrostatics	-	സ്ഥിരവൈദ്യുതി
30.	Electric charge	-	വൈദ്യുത ചാർജ്ജ്
31.	Electric field	-	വൈദ്യുത മണ്ഡലം
32.	Electric dipole	-	വൈദ്യുത ഡൈപോൾ
33.	Equivalent capacitance	-	സംതുലിക കപ്പാസിറ്റൻസ്

Glossary.indd 328 28-06-2022 6.06.25 PM

34.	Electrostatic induction	-	സ്ഥിര വൈദ്യുത പ്രേരണം
35.	Electrostatic potential energy	-	സ്ഥിരവൈദ്യുത സ്ഥിതികോർജ്ജം
36.	Electric flux	-	വൈദ്യുത ഫ്ളക്സ്
37.	Equi-potential surface	-	സമ പൊട്ടൻഷ്യൽ പ്രതലം
38.	Electrostatic equilibrium	-	സ്ഥിര വൈദ്യുത സംതുലിത
39.	Electrostatic shielding	-	സ്ഥിര വൈദ്യുത കവചം
40.	Energy density	-	ഊർജ്ജ സാന്ദ്രത
41.	Electrostatic potential	-	സ്ഥിര വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ
42.	Electric battery	-	വൈദ്യുത ബാറ്ററി
43.	Emission spectra	-	വിസരണ വർണ്ണരാജി
44.	Equivalent Resistance	-	സന്തുലിത പ്രതിരോധം
45.	Flux leakage	-	ഫ്ളക്സിന്റെ ചോർച്ച
46.	Figure of merit of a galvanometer	-	ഗാൽവനോമീറ്ററിന്റെ ഗുണത്തിന്റെ താരതമ്യ സംഖ്യ
47.	Finitc Value	-	നിശ്ചിത മൂല്യം
48.	Free electrons	-	സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾ
49.	Horizontal component of the Earth's magnetic field	-	ഭൗമകാന്തിക മണ്ഡലത്തിലെ തിരശ്ചീന ഘടകം
50.	Hysteresis	-	ഹിസ്റ്ററിസിസ്
51.	Helical path	-	ഹെലിക്കൽ പാത
52.	superposition principle	-	സൂപ്പർ പൊസിഷൻ തത്വം
53.	Insulators	-	കുചാലകങ്ങൾ
54.	Inverter	-	ഇൻവേർട്ടർ
55.	Inductance	-	ഇൻഡക്റ്റൻസ്
56.	Inductor	-	ഇൻഡക്ടർ
57.	Inclination angle	-	ചായ്വ്കോൺ
58.	Intensity of magnetization	-	കാന്തിക തീവ്രത
59.	Impedance	-	ഇംപിടൻസ്
60.	Linear charge density	-	ചാർജ്ജ് സാന്ദ്രത
61.	Lighthing bolt	-	മിന്നൽ ബോൾട്ട്
62.	Laminated Core	-	കവചിത കോർ
63.	Lightning conductor	-	ഇടിതാങ്ങി
64.	Mutual-induction	-	പരസ്പര പ്രേരണം
65.	Metallic conductor	-	ലോഹ ചാലകം
66.	Moving Coil galvanometer	-	ചലിക്കുന്ന ചുരുൾ ഗാൽവനോമീറ്റർ
67.	Magnetic meridian	-	കാന്ത ധ്രുവ തളം
68.	Magnetic domain	-	കാന്ത ഡൊമൈൻ
69.	Magnetic induction	-	കാന്തിക പ്രേരണം
70.	Magnetising field	-	കാന്തിക മണ്ഡലം
71.	Magnetic Flux	-	കാന്തിക ഫ്ളക്സ്
72.	Magnetic susceptibility	-	കാന്തിക സസെപ്റ്റിബിലിറ്റി

Glossary.indd 329 28-06-2022 6.06.25 PM

73.	Magnetic permeability	-	കാന്തിക പെർമിയബിലിറ്റി
74.	Magnetic flux	-	കാന്തിക ഫ്ളക്സ്
75.	Magnetic dipole moment	-	കാന്തിക ഡൈപോൾ മൊമന്റ്
76.	Magnetic declination	-	കാന്ത വ്യതിയാനം
77.	Magnetic dip or inclination	-	കാന്ത ചായ്തവ്
78.	Non ohmic conductor	-	ഓമികതയ്ക്ക് ഉൾപ്പെടാത്ത ചാലകങ്ങൾ
79.	Propagation vector	-	പ്രചരണ സദിശം
80.	Phasor	-	ഫെയ്സർ
81.	Power factor	-	പവ്വർ ഫാക്ടർ
82.	Potential difference	-	പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം
83.	Permittivity	-	പെർമിറ്റിവിറ്റി
84.	Quantization	-	കോൺടീകരിക്കുക
85.	Resonance	-	അനുരണനം
86.	Rotor	-	ചുഴറ്റി
87.	Relative permeability	-	ആപേക്ഷിക പെർമിയബിലിറ്റി
89.	Resistors in series	-	ശ്രേണീ രീതിയിലെ പ്രതിരോധകങ്ങൾ
90.	Retentivity	-	റിറ്റൻഡിവിറ്റി
91.	Surface charge density	-	പ്രതലചാർജ്ജ്, സാന്ദ്രത
92.	Slip rings	-	സ്ലിപ്പ് റിംങ്സ്
93.	Series and parallel	-	ശ്രേണി മറ്റും സമാന്തരം
94.	Self-induction	-	സ്വയം, പ്രേരണം
95.	Successive collisions	-	അടുത്തടുത്ത കൂട്ടിമുട്ടൽ
96.	Stator	-	സ്റ്റാറ്റർ
97.	Superconductors	-	സൂപ്പർ കക്ടറുകൾ
98.	Semiconductor	-	അർധ ചാലകങ്ങൾ
99.	Solar spectrum	-	സൗര വർണ്ണരാജി
100.	Shunt resistance	-	സമാന്തര പ്രതിരോധം
101.	Solenoid	-	സോളിനോയിഡുകൾ
102.	Temperature coefficient of Resistivity	-	പ്രതിരോധകതയുടെ താപ ഗുണാങ്കം
103.	Toroid	-	ടോറോയിഡ്
104.	Torsional constant	-	ടോർഷണൽ സ്ഥിരാങ്കം
105.	Transverse wave	-	അനുപ്രസ്ഥ തരംഗം
106.	Torsion balance	-	ടോർഷണൽ ബാലൻസ്
107.	Transformer	-	ട്രൻസ്ഫോർമർ
108.	Thermistor	-	തെർമിസ്റ്റർ
109.	Voltage sensitivity	-	വോൾട്ടത സംവേദനം
110.	Volume element	-	വ്യാപ്ത ഘടകം
111.	Wave diagram	-	തരംഗ ചിത്രം
112.	Wattful current	-	വാട്ട്ഫുൾ വൈദ്യുത പ്രവാഹം
113.	Wattless current	-	വാട്ട്ലെസ് വൈദ്യുത പ്രവാഹം
114.	Winding	-	കമ്പിച്ചുരുൾ

Glossary.indd 330 28-06-2022 6.06.25 PM

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 331 28-06-2022 6.06.26 PM

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 332 28-06-2022 6.06.26 PM

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

Glossary.indd 333 28-06-2022 6.06.27 PM

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

Glossary.indd 334 28-06-2022 6.06.27 PM

(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 335 28-06-2022 6.06.27 PM

(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 336 28-06-2022 6.06.27 PM

(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 337 28-06-2022 6.06.28 PM

(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 338 28-06-2022 6.06.28 PM

(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 339 28-06-2022 6.06.28 PM

(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	∞									

Glossary.indd 340 28-06-2022 6.06.28 PM

CLASS 12 VOL-1 -- PHYSICS
MALAYALAM MEDIUM

Academic Coordinator
K. Chandrasekaran,
Lecturer, DIET, Chennai.

Reviewer
V. S. Sreeja, P.G. Asst
G.H.S.S., Mathicode

R.S. Bindhu, P.G. Asst
PPM H.S.S., Anducode

List of Translators
S.R. Bindhulekha, P.G. Asst
G.H.S.S., Kottaram

S. Seena, P.G. Asst
Gtrhss, Kalingarajapuram

P. Usha Kumari, P.G. Asst
Aided H.S.S., Mottakala

J. Janet Sudha, P.G. Asst
TCK H.S.S., Padanthalumoodu

B.U. Ushas, P.G. Asst
Sree Devi H.S.S., Kollemcode

EMIS Technology Team

R.M. Satheesh
State Coordinator Technical,
TN EMIS, Samagra Shiksha.

K.P. Sathya Narayana
IT Consultant,
TN EMIS, Samagra Shikaha

R. Arun Maruthi Selvan
Technical Project Consultant,
TN EMIS, Samagra Shiksha

Layout & Illustrations
Ranjith, Pixels Print Media,
Parassala, Kerala.

Wrapper Design
Kathir Arumugam

In-House QC
V Sridhar, C. Prasanth

Coordination
Ramesh Munisamy

This book has been printed on 80 G.S.M.
Elegant Maplitho paper.

Printed by offset at:

Text Book Development Team Folder.indd 296 29-06-2022 13:15:20

Note

Text Book Development Team Folder.indd 297 29-06-2022 13:15:20

Note

Text Book Development Team Folder.indd 298 29-06-2022 13:15:20

Note

Text Book Development Team Folder.indd 299 29-06-2022 13:15:20