GOVERNMENT OF TAMIL NADU

ഹയർ സെക്കന്ററി രണ്ടാം വർഷം

HIGHER SECONDARY SECOND YEAR

ഊർജ്ജതന്ത്രം

PHYSICS

വാല്യം - II

VOLUME - II

MALAYALAM MEDIUM

Department of School Education

Untouchability is Inhuman and a Crime

XII Std Physics Vol-2 Introduction Malayalam.indd 1 2/14/2023 2:46:08 PM

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

യൂണിറ്റ്	ശീർഷകം	പേജ് നമ്പർ	മാസം
6	രശ്മി പ്രകാശികം	01	സെപ്റ്റംബർ
7	തരംഗ പ്രകാശികം	53	സെപ്റ്റംബർ/ ഒക്ടോബർ
8	വികിരണത്തിന്റെയും ദ്രവ്യത്തിന്റെയും ദ്വൈത സ്വഭാവം	108	ഒക്ടോബർ
9	അണുവും അണുകേന്ദ്ര ഭൗതികവും	141	നവംബർ
10	ഇലക്ട്രോണിക്സും വാർത്താ വിനിമയവും	195	നവംബർ
11	ഭൗതിക വിജ്ഞാനത്തിന്റെ ആധുനിക പുരോഗതികൾ	253	ഡിസംബർ
	പദവിവരണ സഞ്ചയം	285	

GU405

E-ബുക്ക്

2A0OH

വിലയിരുത്തൽ

XII Std Physics Vol-2 Introduction Malayalam.indd 3 2/14/2023 2:46:09 PM

പുസ്തകം എപ്രകാരം ഉപയോഗിക്കണം

ഊർജ്ജതന്ത്രത്തിന്റെ സാദ്ധ്യത

- ഉന്നതപഠനത്തെ കുറിച്ചുള്ള അവബോധം കോഴ്സുകൾ, സ്ഥാപനങ്ങൾ കൂടാതെ മത്സരപരീക്ഷകൾക്കായും
- വിദ്യാർത്ഥികൾക്ക് ഉന്നത വിദ്യാഭ്യാസത്തിനു വേണ്ടുന്ന സാമ്പത്തിക സഹായം
- ഇന്ത്യാ ഗവൺമെന്റിന്റെ ലിംഗപരമായ സംരംഭങ്ങൾ.

പഠന ലക്ഷ്യങ്ങൾ :

- യൂണിറ്റിന്റെ അവലോകനം
- വിഷയങ്ങളുടെ ഉദ്ദേശ്യവും ലക്ഷ്യത്തിലുമുള്ള വ്യക്തത

- പഠനം സുഗമമാക്കുന്നതിന് ഉൾപ്പെടുന്ന വിഷയങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ട അധിക വസ്തുതകൾ ജിജ്ഞാസയെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ള രീതി

ഉദാഹരണ പ്രശ്നങ്ങൾ

- മനസ്സിലാക്കുന്നത് ഉറപ്പാക്കാൽ, എല്ലാ സ്റ്റേജിലും പ്രശ്നങ്ങൾദാഹരണങ്ങൾ എന്നിവ അടുത്ത തലത്തിലേക്ക് പോകുന്നതിനു മുമ്പ് തന്നിരിക്കുന്നു.

- ചിത്രീകരണങ്ങളുള്ള ആശയങ്ങളുടെ വിഷ്വൽ പ്രാതിനിധ്യം
- വീഡിയോകൾ, അനിമേഷനുകൾ, ട്യൂട്ടോറിയലുകൾ

- ക്ലാസ്മുറി പഠനത്തിനും ഡിജിറ്റൽ കഴിവുകളെ പരിപോഷിക്കുക

സംഗ്രഹം

- പാഠത്തിലെ പ്രധാന പോയിന്റുകളുടെ പുനരവലോകനം

ആശയ ഭൂപടം

- യൂണിറ്റിലെ പ്രധാന പാഠ്യഭാഗത്തിന്റെ രൂപരേഖ

മൂല്യ നിർണ്ണയം

- സംഖ്യാപരവും ആശയപരവുമായ ചോദ്യങ്ങൾക്ക് ഭൗതിക ആശയങ്ങൾ പ്രയോഗിക്കാൻ വിദ്യാർത്ഥികളുടെധാരണ വിലയിരുത്തി അവരെ പരിചയപ്പെടുത്തുക.

പരാമർശ ഗ്രന്ഥങ്ങൾ

- കൂടുതൽ വായിക്കുവാനയി പ്രസക്തമായ പുസ്തകങ്ങളുടെ പട്ടിക നൽകുക

നിർദ്ധാരണം ചെയ്യപ്പെട്ട ഉദാഹരണങ്ങൾ

- അഭ്യാസ ചോദ്യങ്ങളുടെ ഉത്തരങ്ങൾ ഇവിടെ ലഭ്യമാണ് ഇതു കൂടാതെ വിദ്യാർത്ഥികൾക്ക് പഠിച്ച ആശയങ്ങൾ പ്രയോഗിക്കാൻ ഉതകുന്ന ഉദാഹരണങ്ങളും നൽകിയിരിക്കുന്നു.

മത്സരാധിഷ്ടിത പരീക്ഷാടിസ്ഥാനത്തിൽ ഉള്ളടക്ക കേന്ദ്രം

- മാതൃകാചോദ്യങ്ങൾ - NEET, JEE, Physics Olympiad, JIPMER തുടങ്ങിയ മത്സര പരീക്ഷകളിൽ പങ്കെടുക്കാൻ ആഗ്രഹിക്കുന്ന വിദ്യാർത്ഥികളെ പ്രചോദിപ്പിക്കുന്നതിന്

പദവിവരണ സഞ്ചയം

- ശാസ്ത്രീയ പദങ്ങൾ തമിഴിൽ സാധാരണയായി ഉപയോഗിക്കുന്നവ

ഉള്ളടക്ക ഫോക്കസ്സ്

- രശ്മി, തരംഗപ്രകാശികം എന്നിവ വ്യാപകമായി ഉൾപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു. കൂടാതെ വികിരണത്തിന്റേയും ദ്രവ്യത്തിന്റേയും ദ്വൈത സ്വഭാവം, അണുവും അണുകേന്ദ്രവും ആശയങ്ങൾ അർദ്ധചാലകങ്ങൾ, വാർത്താവിനിമയങ്ങ എന്നിവയെ ഒപന്റ്റിമൈസ്സ് ചെയ്തിരിക്കുന്നു. ഭൗതിക വിജ്ഞാനത്തിന്റെ ആധുനിക പുരോഗതികൾ എന്ന പ്രത്യേക പാഠത്തിൽ ഭൗതിക ശാസ്ത്രത്തിന്റെ സ്വാധീനം എഞ്ചിനീയറിംഗിൽ, വൈദ്യ മേഖലയിൽ, സാങ്കേതിക വിദ്യയിൽ, സയൻസിന്റെ അടിസ്ഥാന നിർമ്മാണ ഘടകമായി വ്യക്തമായിരിക്കുന്നു. ഇതോടെ വിദ്യാർത്ഥികൾ ആത്മവിശ്വാസത്തോടെ ഉന്നത വിദ്യാഭ്യാസം നേടാൻ പ്രചോദനം ലഭിക്കുന്നു.

പുറകിലത്തെ കവർ

റിച്ചാർഡ് ഫിലിപ്പ് ഫെയ്ൻമാൻ, *(1918–1988)* ഒരു സൈദ്ധാന്തിക ഭൗതിക ശാസ്ത്രജ്ഞൻ *1965* ൽ ക്വാണ്ടം ഇലക്ട്രോഡൈനമിക്സിന്റെ വികസനത്തിൽ അദ്ദേഹം നൽകിയ സംഭവനകൾക്ക് നോബൈൽ സമ്മാനം ലഭിച്ചു. നാനോ ടെക്നോളജിക്ക് വിത്തുപാകിയ അണു കൃത്രിമത്വത്തിന്റെ സാധ്യതകളെ കുറിച്ച് പ്രതിപാദിച്ച ആദ്യവ്യക്തി ഇദ്ദേഹമാണ്. ഭൗതിക ശാസ്ത്രത്തിലെ വിവിധ വിഷയങ്ങളെ കറിച്ചുള്ള അദ്ദേഹത്തിന്റെ പ്രഭാഷണങ്ങൾ ഭൗതിക ശാസ്ത്രജ്ഞർക്കിടയിൽ പ്രശസ്തമാണ്.

രണ്ടു ബ്ലാക്ക് ഹോളുകളുടെ മെർജിംഗിൽ നിന്നുമുള്ള ഗുരുത്വാകർഷണ തരംഗങ്ങളുടെ ചിത്രീകരണം ഒരു സൂപ്പർ കൂറ്റൻ ബ്ലാക്ക് ഹോൾ *M87 ന്റെ യഥാർത്ഥ ഫോട്ടോഗ്രാഫ്**

XII Std Physics Vol-2 Introduction Malayalam.indd 4 2/14/2023 2:46:09 PM

Scope of Physics - Higher Education

Entrance Examinations After +2

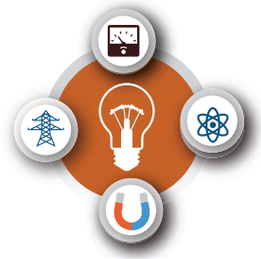
- Physics Olympiad Exam
- NEET-National Eligibility cum Entrance Test
- IIT JEE-Joint Entrance Examination (Mains & Advanced)
- NEST- National Entrance Screening Test
- KVPY-Kishore Vaigyanik Protsahan Yojana
- JEE Mains Paper II for B.Arch
- AIIMS - All Indian Institute of Medical Science's Examination
- 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 NET - National Eligibility Test for JRF and Lectureship



Education Career

After Completing +2

- Integrated M.Sc. 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 Ph.D 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 Ph.D in IMSc, TIFR, JNCASR through JEST score
- Integrated Ph.D in TIFR through JEST and TIFR exam
- M.Sc Photonics, Reactor physics, Nuclear Engineering ,
- M.Sc Medical Physics
- M.Sc Biophyiscs
- Research Institutes 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.

XII Std Physics Vol-2 Introduction Malayalam.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

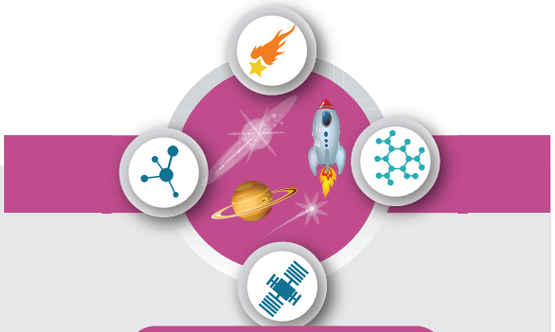
Scholarships

- 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 +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
- 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.
- Maulana Azad scholarship for minorities.

2/14/2023 2:46:13 PM

XII Std Physics Vol-2 Introduction Malayalam.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), Mumbai	www.tifr.res.in
Bhaba Atomic Research Centre (BARC), Mumbai	www.barc.gov.in
Indira Gandhi Centre for Atomic Research (IGCAR), Kalpakkam	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), Delhi	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 2:46:15 PM

XII Std Physics Vol-2 Introduction Malayalam.indd 8

Gender Initiatives by the Government of India

Women Scientist Scheme by the Department of Science and Technology (DST)

- Under this scheme, women scientists are being encouraged to pursue research in frontier areas of science and engineering, on problems of societal relevance and to take up S&T-based internship followed by self-employment. Following three categories of fellowships, with research grants, are available for Indian citizen:

1. Women Scientist Scheme-A(WOS-A): Research in Basic/Applied Science
2. Women Scientist Scheme-B (WOS-B): S&T interventions for Societal Benefit
3. Women Scientist Scheme-C (WOS-C): Internship in Intellectual Property Rights (IPRs) for the Self-Employment

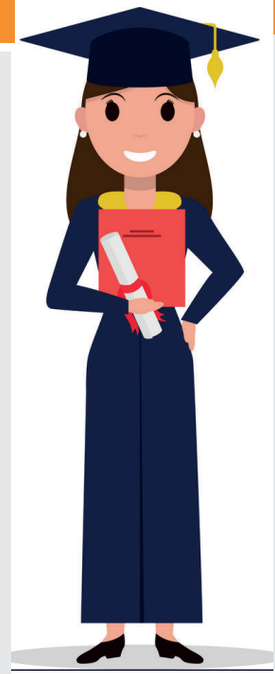
Eligibility:

The scheme is meant to encourage women in S&T domain, preferably those having a break in career and not having regular employment, to explore possibility of re-entry into the profession.

Qualifications:

1. Minimum Post Graduate degree, equivalent to M.Sc. in Basic or Applied Sciences or B.Tech. or MBBS or other equivalent professional qualifications
2. M.Phil/M.Tech/M.Pharm/M.VSc or equivalent qualifications
3. Ph.D. in Basic or Applied Sciences

- http://www.dst.gov.in/ scientific-programmes/ scientific-engineering- research/women-scientists- programs



Global STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) Scholarships for Indian Women in Science

- A list of some STEM scholarships offered to Indian Women if they would like to pursue their higher education abroad.

1. Society of Women Engineers (SWE) Scholarship
2. The Google Anita Borg Memorial Scholarship Program
3. Women In Aviation International Scholarships
4. Amelia Earhart Fellowship by Zonta International
5. The Graduate Women In Science (GWIS) National Fellowships Program

- https://feminisminindia.com/2017/06/14/global-stem-scholarships/

KIRAN (Knowledge Involvement in Research Advancement through Nurturing) Scheme of DST

- https://www.ugc.ac.in/pdfw/

2/14/2023 2:46:15 PM

അധ്യായം

6

രശ്മി പ്രകാശികം

രണ്ടു വഴികളിലൂടെ പ്രകാശം പരത്താം മെഴുകുതിരിയാകുന്നത് അല്ലെങ്കിൽ അത് പ്രതിഫലിപ്പിക്കുന്ന കണ്ണാടിയാകുന്നത്.
— എഡിറ്റ് വാർട്ടൻ

പഠന ലക്ഷ്യങ്ങൾ

ഈ അദ്ധ്യായത്തിൽ വിദ്യാർത്ഥികൾ മനസ്സിലാക്കുന്നത്,

- പ്രകാശത്തിന്റെ രശ്മി എന്ന സവിശേഷത.
- പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രതിഫലനം, അപവർത്തനം എന്നീ പ്രതിഭാസങ്ങൾ.
- പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗത നിർണ്ണയിക്കൽ.
- ദർപ്പണങ്ങൾ, ലെൻസുകൾ, പ്രിസങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ആശയങ്ങൾ.
- പ്രകാശപ്രകീർണ്ണനം, പ്രകാശത്തിന്റെ വിസരണം തുടങ്ങിയ വ്യത്യസ്ത പ്രതിഭാസങ്ങൾ.

CIF9G

6.1 ആമുഖം

പ്രകാശം നിഗൂഢമാണ്. എന്നിരുന്നാലും അതിന്റെ സ്വഭാവം നമ്മെ അശ്ചര്യപ്പെടുത്തുന്നു. ഒരൊറ്റ എന്റിറ്റിയായി പ്രകാശത്തെ മനസ്സിലാക്കാൻ പ്രയാസമാണ്. രശ്മി പ്രകാശികം പ്രകാശത്തെ നേർരേഖയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഒരു രശ്മിയായി കൈ കാര്യം ചെയ്യുന്നു. രശ്മികൾ കൊണ്ട് വരയ്ക്കപ്പെട്ട രശ്മി ചിത്രങ്ങൾ പ്രകാശ രശ്മികളുടെ പല സവിശേഷതകൾ മനസ്സിലാക്കാൻ നമ്മെ സഹായിക്കുന്നു. തരംഗ പ്രകാശികം കൊണ്ടു മാത്രം വിശദീകരിക്കാൻ കഴിയുന്ന മറ്റ് നിരവധി പ്രകാശ പ്രതിഭാസങ്ങളുണ്ട്. തരംഗപ്രകാശികം അടുത്ത അദ്ധ്യായത്തിൽ പഠിക്കുന്നു. മാത്രമല്ല പ്രകാശത്തിന് കാണ്ടം എന്ന സവിശേഷതയും ഉണ്ട്. കാണ്ടം പ്രകാശത്തെ കുറിച്ച് ഗ്രാജുവേറ്റ് ലെവൽ കോഴ്സുകളിലാണ് പഠിക്കുന്നത്.

6.1.1 രശ്മി പ്രകാശികം

രശ്മിപ്രകാശികത്തിൽ,പ്രകാശം ഒരു രശ്മിയായി കരുതപ്പെടുന്നു. പ്രകാശ രശ്മി ഒരു മാദ്ധ്യമത്തിൽ നേർരേഖയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഈ പ്രകാശം മറ്റൊരു മാദ്ധ്യമത്തിൽ പ്രവേശിക്കുമ്പോൾ അല്ലെങ്കിൽ തടസ്സത്തിൽ പതിക്കുമ്പോൾ പ്രകാശത്തിന്റെ പാത വ്യതിചലിക്കുന്നു. പ്രകാശ രശ്മി പ്രകാശത്തിന്റെ ദിശയെ കുറിച്ചുള്ള വിവരങ്ങൾ മാത്രം നൽകുന്നു. പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത നിറം തുടങ്ങിയ മറ്റു സ്വഭാവ സവിശേഷതകളെക്കുറിച്ചുള്ള വിവരങ്ങൾ ഇതു നൽകുന്നില്ല. എന്നിരുന്നാലും പ്രകാശത്തെ കുറിച്ചു മനസ്സിലാക്കാൻ പ്രകാശത്തെ രശ്മിയായി കരുതുന്ന ഈ രീതി ബുദ്ധി പൂർവ്വമായതാണ്. പ്രകാശത്തിന്റെ പാതയെ പ്രകാശ രശ്മി എന്നും അത്തരം രശ്മികളുടെ കൂട്ടത്തെ പ്രകാശ കിരണം എന്നും പറയുന്നു. ഈ അധ്യായത്തിൽ രശ്മി പ്രകാശികത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രതിഫലനം, അപവർത്തനം, പ്രകീർണ്ണനം വിസരണം എന്നീ പ്രതിഭാസങ്ങൾ നമുക്ക് മനസ്സിലാക്കാം.

6.1.2 പ്രതിഫലനം

ഒരു മാധ്യമത്തിൽ കൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്ന പ്രകാശ രശ്മി പ്രതിഫലന പ്രതലത്തിൽ പതിച്ച് അതേ മാധ്യമത്തിൽ തന്നെ പിന്നിലേക്കു വരുന്ന പ്രതിഭാസത്തെ പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രതിഫലനം എന്നു പറയുന്നു. മിനുസമുള്ള ഏതു പ്രതലത്തിനും പ്രകാശത്തെ പ്രതിഫലിപ്പിക്കാൻ കഴിയും. പുറകിൽ വെള്ളി പൂശിയ കണ്ണാടികളിൽ പതിക്കുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ 90% വും പ്രതിഫലിപ്പിക്കാൻ കഴിയുന്നു. പതന കോൺ i പ്രതിഫലനകോൺ r എന്നിവ പ്രകാശ പ്രതിഫലന

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 1 2/14/2023 5:30:53 PM

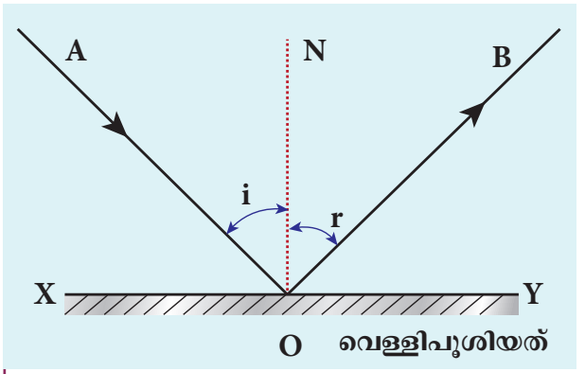
ബിന്ദുവിൽ, പ്രതിഫലനപ്രതലത്തിനു ലംബമായി വരച്ചിട്ടുള്ള ലംബരേഖയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അളക്കാൻ സാധിക്കും. പ്രതിഫലന നിയമങ്ങളനുസരിച്ച്

(i) പതന രശ്മി, പ്രതിഫലന രശ്മി, പ്രതിഫലന പ്രതലത്തിലെ ലംബരേഖ എന്നിവ ഒരേതലത്തിലായിരിക്കും.

(ii) പതനകോൺ i പ്രതിഫലനകോൺ r നു സമമായിരിക്കും.

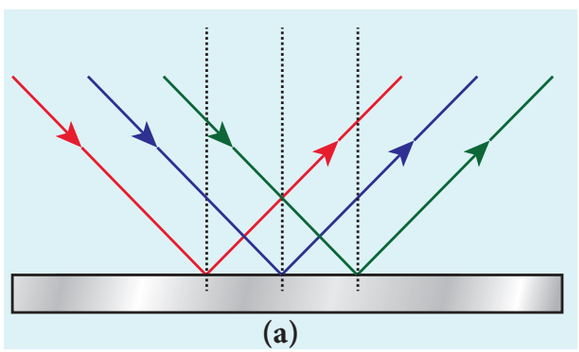
$$i = r \qquad (6.1)$$

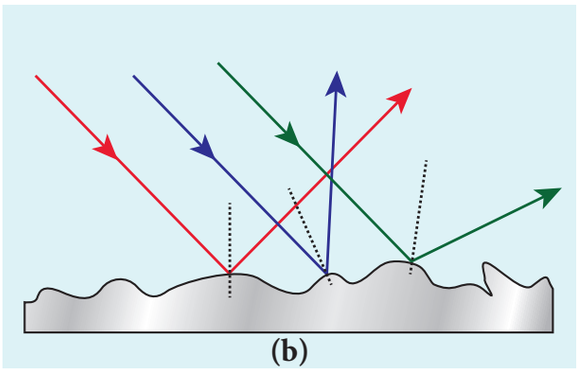
പ്രകാശ പ്രതിഫലന നിയമങ്ങൾ ചിത്രം 6.1 ൽ കൊടുത്തിട്ടുണ്ട്.



ചിത്രം 6.1 പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രതിഫലനം

പ്രതിഫലന പ്രതലം സമതലമായോ അല്ലെങ്കിൽ വക്ര പ്രതലമായോ എങ്ങിനെയായാലും പ്രതലത്തിന്റെ ഓരോ ബിന്ദുവിലും പ്രകാശ പ്രതിഫലന നിയമങ്ങൾ അനുയോജ്യമായിരിക്കും. പ്രതിഫലന പ്രതലം സമതലമായിട്ടാണെങ്കിൽ സമാന്തരമായി പോകുന്ന പതന രശ്മികൾ പ്രതിഫലനത്തിനു ശേഷവും സമാന്തരമായി തന്നെ വരുന്നു. ഇത് ചിത്രം 6.2(a). ൽകാണിച്ചിരിക്കുന്നു. പ്രതിഫലന പ്രതലം ക്രമരഹിതമാണെങ്കിൽ സമാന്തരമായി പോകുന്ന പതനരശ്മികൾ പ്രതിഫലനത്തിനുശേഷം ക്രമരഹിതമായി വരും. എന്നാലും, പ്രതിഫലനത്തിന്റെ നിയമങ്ങൾ ഓരോ ബിന്ദുവിലും അനുസരിക്കപ്പെടുന്നു. ഇത് ചിത്രം 6.2(b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.





ചിത്രം 6.2 (a) ക്രമ മറ്റും (b) ക്രമരഹിതമായ പ്രതിഫലനങ്ങൾ

6.1.3 പ്രകാശ പ്രതിഫലനത്താൽ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യതി ചലനകോൺ

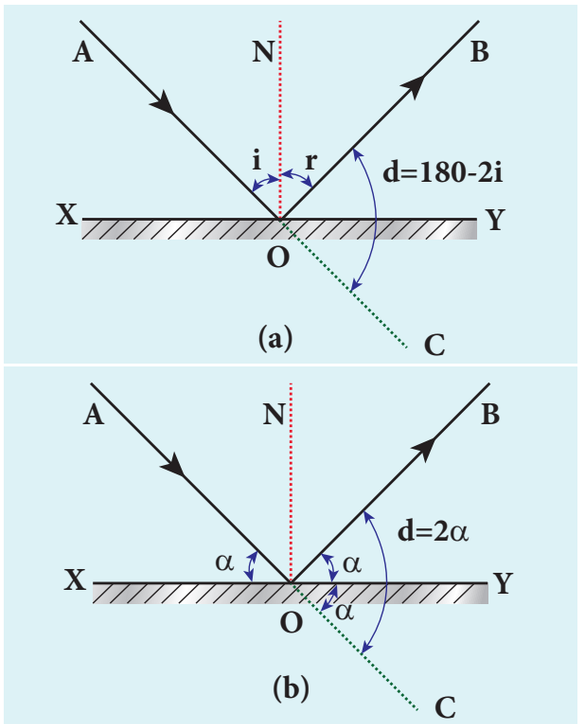
പ്രതിഫലനത്തിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യതിചലന കോൺ എന്നത് പതന കിരണ ദിശയും പ്രതിഫലന കിരണത്തിനും ഇടക്കുള്ള കോൺ ആകുന്നു. ചിത്രം 6.3(a) ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതു പോലെ ലളിതമായ ജ്യാമിതിയിലൂടെ കണക്കാക്കാം. പതന രശ്മിയെ AO എന്നും പ്രതിഫലന രശ്മിയെ OB എന്നും കരുതുക. പതനരശ്മിക്ക് തുടർച്ചയായു ള്ളതും വ്യതിചലിക്കാത്തതുമായ പ്രകാശ രശ്മിയാണ് OC; OB ക്കും OC ക്കും ഇടയ്ക്കുള്ള കോൺ വ്യതിചലന കോൺ d ആകുന്നു. ജ്യാമിതി അനുസരിച്ച്, $d = 180 - (i+r)$. പ്രകാശ പ്രതിഫലന നിയമമനുസരിച്ച്, $i = r$. അതുകൊണ്ട്, പ്രകാശ പ്രതിഫലനത്താൽ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യതിചലന കോൺ താഴെ കൊടുത്തിട്ടുള്ളപോലെ എഴുതാം,

$$d = 180 - 2i \qquad (6.2)$$

പ്രകാശ പ്രതിഫലനത്താൽ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യതിചലനകോൺ, പാർശ്വകോൺ α യുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ കണക്കാക്കാം. ചിത്രം 6.3(b). ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ പതന രശ്മി AO പ്രതിഫലന സമതല പ്രതലം XY ഇവയ്ക്കിടയ്ക്കുള്ള കോൺ പാർശ്വകോൺ α ആകുന്നു. ജ്യാമിതി അനുസരിച്ച് കോണുകൾ $\angle AOX = \alpha$, $\angle BOY = \alpha$ $\angle YOC = \alpha$ (ഇവയെല്ലാം ഒന്നുപോലെയാകുന്നു) ചിത്രത്തിൽ നിന്ന് വ്യതിചലനകോൺ d എന്നത് കോൺ $\angle BOC$ ആകുന്നു, ആയതിനാൽ

$$d = 2\alpha \qquad (6.3)$$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 2 2/14/2023 5:30:53 PM



ചിത്രം 6.3 പ്രകാശ പ്രതിഫലനത്താൽ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യതിചലനകോൺ

ഉദാഹരണം 6.1

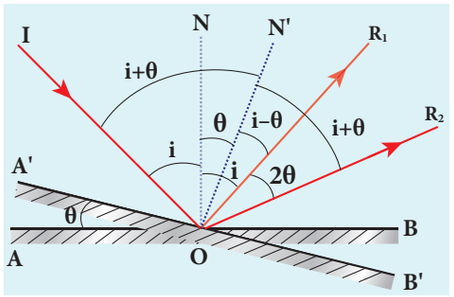
ഒരേ പതന രശ്മിക്ക് പ്രതിഫലന പ്രതലം θ കോൺ ചരിയുമ്പോൾ പ്രതിഫലന രശ്മി 2θ കോൺ ചരിയും എന്നും തെളിയിക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

പ്രതിഫലന പ്രതലം AB ക്ക് പതന രശ്മി IO യുടെ പ്രതിഫലന രശ്മി OR_1 ആകുന്നു. ഇവിടെ പ്രതിഫലന പ്രതലത്തിലെ ലംബത്തിനെ അടിസ്ഥാനമാക്കി (N) i എന്നത് പതന കോണാകുന്നു. ഇത് പ്രതിഫലന കോണിനു സമം. പ്രതിഫലന പ്രതലം AB θ കോണിൽ ചരിഞ്ഞ് $A'B'$ സ്ഥാനത്ത് ആകുമ്പോൾ ലംബരേഖയും Nൽ നിന്നും θ കോൺ ചരിഞ്ഞ് N' ലേക്ക് വരുന്നു. ഓർമ്മിക്കുക ഇവിടെ പതന രശ്മി IO മാറുന്നില്ല. പ്രതിഫലന രശ്മി OR ആകുന്നു. ചരിഞ്ഞ അവസ്ഥയിൽ പതന കോൺ $\angle N'OI = i+\theta$, അതുകൊണ്ട് പ്രതിഫലന കോണും $\angle N'OR_2 = i+\theta$ ആകുന്നു. ON' നും OR_1 നും ഇടയ്ക്കുള്ള കോൺ $\angle N'OR_1 = i-\theta$ OR_1 നും OR_2 നും ഇടയ്ക്കുള്ള കോൺ പ്രതിഫലന രശ്മിയുടെ ചായ്വു കോൺ ആകുന്നു. അതായത് $\angle R_1OR_2$ ജ്യാമിതി അനുസരിച്ച് OR_2 നും OR_1 നും ഇടയ്ക്കുള്ള കോൺ,

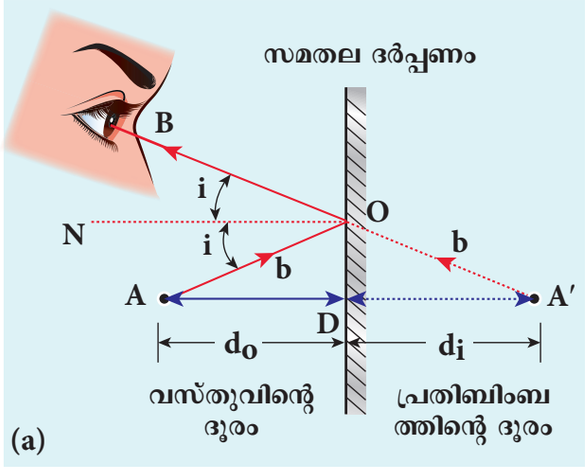
$\angle R_1OR_2 = \angle N'OR_2 - \angle N'OR_1 = (i+\theta) - (i-\theta)$

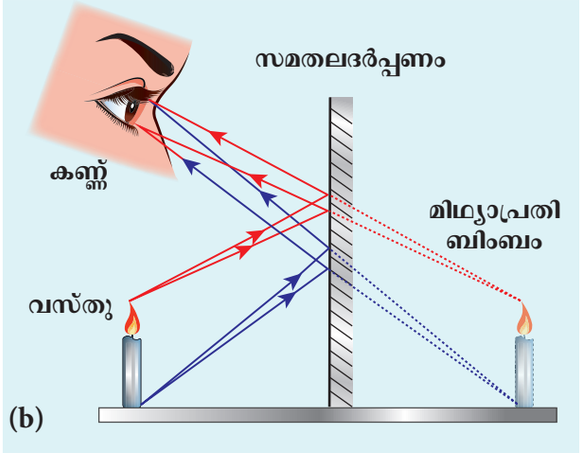
$\angle R_1OR_2 = 2\theta$ ആകുന്നു.



6.1.4 സമതല ദർപ്പണത്തിലെ പ്രതിബിംബ രൂപീകരണം

ഒരു സമതലദർപ്പണത്തിനു മുമ്പിൽ A എന്ന പോയിന്റ് ഒബ്ജക്ട്ടുള്ളതായികരുതുക. ചിത്രം6.4(a)ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ O എന്നത് പതന





ചിത്രം6.4 സമതലദർപ്പണത്തിലെ പ്രതിബിംബ രൂപീകരണം (a) പോയിന്റ് ഒബ്ജക്ടിനാൽ (b) വലുതാക്കപ്പെട്ട വസ്തുവിനാൽ ഉണ്ടായ പ്രതിബിംബം

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 3 2/14/2023 5:30:54 PM

രശ്മി സമതല ദർപ്പണത്തിൽ പതിക്കുന്ന ബിന്ദു ആകുന്നു. പോയിന്റ് ഒബ്ജക്ടിൽ നിന്നും സമതല ദർപ്പണത്തിലേക്കു വരുന്ന പതന രശ്മി AO, പ്രതിഫലന രശ്മി OB; ON എന്നത് ലംബരേഖയാകുന്നു.

പതന കോൺ $\angle AON$ = പ്രതിഫലന കോൺ $\angle BON$

സമതല ദർപ്പണത്തിനു ലംബമായിട്ടുള്ള AD എന്ന മറ്റൊരു പതന രശ്മി സമതല ദർപ്പണത്തിൽ D എന്ന ബിന്ദുവിൽ പതിച്ച് DA യിലൂടെ പ്രതിഫലിക്കുന്നു. BO, AD എന്നീ രശ്മികളെ ദർപ്പണത്തിനു പിന്നിലൂടെ നീട്ടുമ്പോൾ അവ A' എന്ന ബിന്ദുവിൽ എത്തുന്നു. ആയതിനാൽ ഈ രണ്ടു രശ്മികളും ദർപ്പണത്തിനു പിന്നിലുള്ള A' എന്ന ബിന്ദുവിൽ നിന്നും വരുന്നതായി തോന്നും. ഒരു സമതല ദർപ്പണത്തിൽ വസ്തുവും അതിന്റെ പ്രതിബിംബവും, സമതല ദർപ്പണത്തിൽ നിന്നും സമലംബദൂരത്തിൽ ആയിരിക്കും. ഇത് താഴെകൊടുത്തിട്ടുള്ളതുപോലെ വിശദീകരിക്കാം.

$\angle AON = \angle DAO$ [ഒന്നിടവിട്ട കോണുകൾ]

$\angle BON = \angle OA'D$ [അനുക്രമ കോണുകൾ]

ആയതിനാൽ, $\angle DAO = \angle OA'D$

ത്രികോണങ്ങൾ ΔODA, $\Delta ODA'$ ഇവ രണ്ടും സർവ്വ സമത്രികോണങ്ങൾ ആകുന്നു.

$$\therefore AD = A'D$$

ഇതിൽ നിന്നും സമതലദർപ്പണത്തിനു മുമ്പിൽ വസ്തുവിന്റെദൂരം d_o ദർപ്പണത്തിനുള്ളിൽകാണുന്ന പ്രതിബിംബത്തിന്റെ ദൂരത്തിനു d_i സമമായിരിക്കും എന്നു മനസ്സിലാക്കാം. വലുതാക്കപ്പെട്ട വസ്തുവിനാൽഉണ്ടായ പ്രതിബിംബം ചിത്രം6.4(b) ൽകാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

6.1.5 സമതല ദർപ്പണത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രതിബിംബത്തിന്റെ സവിശേഷതകൾ

(i) സമതല ദർപ്പണത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രതിബിംബം ഇടംവലം മാറ്റമുള്ളതും നിവർന്നതും മിഥ്യയുമാകുന്നു.

(ii) വസ്തുവിന്റെ വലുപ്പത്തിനു സമമായിരിക്കും പ്രതിബിംബത്തിന്റെ വലുപ്പം.

(iii) സമതലദർപ്പണത്തിനു മുമ്പിൽ വസ്തു എത്ര ദൂരത്തിലാണോ ഉള്ളത് അതേ ദൂരത്തിലായിരിക്കും ദർപ്പണത്തിനുള്ളിൽ പ്രതിബിംബം ഉണ്ടാകുക.

(iv) ഒരു വസ്തു θ കോണിൽ വയ്ക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ള രണ്ടു സമതല ദർപ്പണങ്ങൾക്കിടക്ക് വയ്ക്കുമ്പോൾഉണ്ടാകുന്നപ്രതിബിംബങ്ങളുടെഎണ്ണം n പട്ടിക6.1 ൽകൊടുത്തിരിക്കുന്നു ചിത്രം6.5 ൽ പ്രതിബിംബങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നത് കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

പട്ടിക 6.1 ചരിച്ച് വയ്ക്കപ്പെട്ട സമതല ദർപ്പണത്തിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രതിബിംബങ്ങൾ

$\left(\frac{360}{\theta}\right)$	വസ്തുവിന്റെ സ്ഥാനം	പ്രതിബിംബങ്ങളുടെ എണ്ണം n
ഇരട്ട സംഖ്യ	സമമിതി	$n = \left(\frac{360}{\theta} - 1\right)$
	അസമമായ	$n = \left(\frac{360}{\theta} - 1\right)$
ഒറ്റ സംഖ്യ	സമമിതി	$n = \left(\frac{360}{\theta} - 1\right)$
	അസമമായ	$n = \left(\frac{360}{\theta}\right)$

ചിത്രം 6.5 ചായ്വായി വയ്ക്കപ്പെട്ട സമതല ദർപ്പണങ്ങളാൽ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രതിബിംബങ്ങൾ

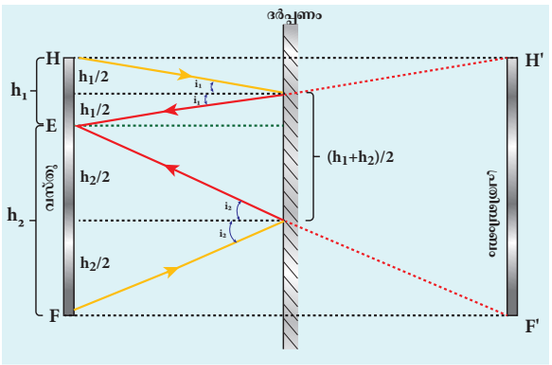
ഉദാഹരണം 6.2

ഒരു വ്യക്തി തന്റെ പൂർണ്ണ പ്രതിബിംബം ദർപ്പണത്തിൽ കാണുന്നതിന് ആ ദർപ്പണത്തിന്റെ ഉയരം എത്രയായിരിക്കണം?

നിർദ്ധാരണം

h ഉയരമുള്ള ഒരു വ്യക്തി ലംബമായ ദർപ്പണത്തിനു മുമ്പിൽ നിൽക്കുകയാണ് എന്ന് കരുതുക അയാളുടെ ശിരസ്സിൽ നിന്നും പാദത്തിൽ നിന്നും പോകുന്ന പ്രകാശ രശ്മികൾ ദർപ്പണത്തിൽ പതിച്ച് പ്രതിഫലിച്ച് അയാളുടെ കണ്ണുകളിൽ എത്തിയതും അയാൾ തന്റെ ശിരസ്സും പാദങ്ങളും കാണുന്നു.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 4 2/14/2023 5:30:55 PM



വ്യക്തിയുടെ ശിരസ്സിനും (H) കണ്ണിനും (E) ഇടയ്ക്കുള്ള ദൂരം h_1 എന്നും അയാളുടെ പാദത്തിനും (F) കണ്ണിനും (E) ഇടയ്ക്കുള്ള ദൂരം h_2. എന്നും കരുതുക അപ്പോൾ ആകെ ഉയരം $h = h_1 + h_2$ ആകുന്നു.

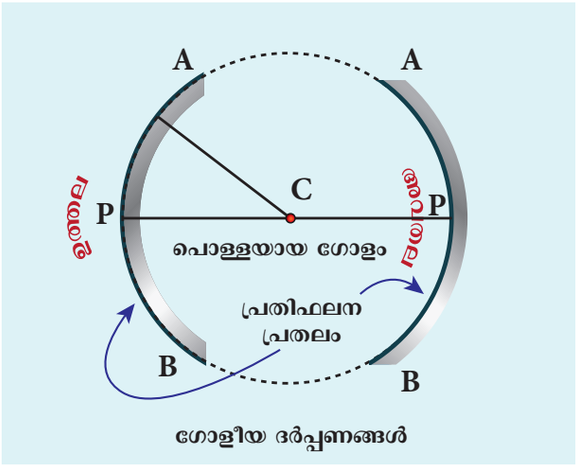
പ്രതിഫലന നിയമമനുസരിച്ച് രണ്ട് അവസാന ബിന്ദുക്കളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രതിഫലനങ്ങളിലും പതന കോണും പ്രതിഫലനകോണും സമമായിരിക്കും. മാത്രമല്ല, ഈ രണ്ടു പ്രതിഫലനങ്ങളിലും പതന രശ്മിക്കും പ്രതിഫലന രശ്മിക്കും ഇടയ്ക്കുള്ള കോണിന്റെ ദ്വിസമഭാജി ലംബരേഖയാകുന്നു. ജ്യാമിതിയനുസരിച്ച് വ്യക്തിയുടെ പൂർണ്ണരൂപം കാണുന്നതിന് ദർപ്പണത്തിന്റെ ഉയരം വ്യക്തിയുടെ ഉയരത്തിന്റെ പകുതിയായിരിക്കണം. $\frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{h}{2}$

ദർപ്പണത്തിന്റെ ഉയരം വ്യക്തിക്കും ദർപ്പണത്തിനും ഇടയ്ക്കുള്ള ദൂരത്തെ ആശ്രയിക്കുന്നുണ്ടോ?

6.2 ഗോളീയ ദർപ്പണങ്ങൾ

നമുക്ക് ഗോളീയ പ്രതിഫലന പ്രതലങ്ങളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രതിഫലനത്തെ കുറിച്ച് പഠിക്കാം.

ഒരു പൊള്ളയായ ഗോളത്തിൽ നിന്ന് വിഭജിക്കപ്പെട്ട ഒരു ഭാഗമാകുന്നു ഗോളീയ പ്രതലം. സാധാരണയായി ഗോളീയ ദർപ്പണങ്ങൾ കണ്ണാടിയാൽ നിർമ്മിതമായതാണ്. കണ്ണാടിയുടെ ഒരു പ്രതലം വെള്ളി പൂശപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടായിരിക്കും. മറ്റേ പ്രതലത്തിൽ പ്രകാശ പ്രതിഫലനം നടക്കും. ഗോളീയ ദർപ്പണ ത്തിന്റെ ഉത്തലപ്രതലത്തിൽ പ്രകാശ പ്രതിഫലനം നടന്നാൽ അതിനെ ഉത്തല ദർപ്പണം എന്നും അവതല പ്രതലത്തിൽ പ്രകാശ പ്രതിഫലനം നടന്നാൽ അതിനെ അവതല ദർപ്പണം എന്നും വിളിക്കുന്നു. ഇവ ചിത്രം 6.6 ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 6.6 ഗോളീയ ദർപ്പണങ്ങൾ

ഗോളീയ ദർപ്പണങ്ങളെ കുറിച്ചുള്ള ചില പദങ്ങൾ നമുക്ക് മനസ്സിലാക്കാം.

വക്രതാ കേന്ദ്രം: ഗോളീയ ദർപ്പണം ഒരു ഭാഗമായിട്ടുള്ള ഗോളത്തിന്റെ കേന്ദ്രം ഗോളീയ ദർപ്പണത്തിന്റെ വക്രതാ കേന്ദ്രം Cഎന്നു പറയുന്നു.

വക്രതാ വ്യാസാർഥം: ഗോളീയ ദർപ്പണം ഒരു ഭാഗമായിട്ടുള്ള ഗോളത്തിന്റെ വ്യാസാർദ്ധം ഗോളീയ ദർപ്പണത്തിന്റെ വക്രതാ വ്യാസാർദ്ധം R എന്നു പറയുന്നു.

ധ്രുവം: ഗോളീയ ദർപ്പണ പ്രതലത്തിലെ മധ്യ ബിന്ദു അല്ലെങ്കിൽ ഗോളീയ ദർപ്പണത്തിന്റെ ജ്യാമിതീയ കേന്ദ്രം ധ്രുവം അല്ലെങ്കിൽ പ്രകാശിക കേന്ദ്രം എന്നു പറയുന്നു.

മുഖ്യ അക്ഷം: ദർപ്പണ ധ്രുവവും വക്രതാ കേന്ദ്രവും ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന രേഖയ്ക്കു മുഖ്യ അക്ഷം എന്നു പറയുന്നു. മുഖ്യ അക്ഷത്തിലൂടെ ദർപ്പണത്തിൽ പതിച്ച് പ്രതിഫലിക്കുന്ന പ്രകാശ രശ്മി അതേ മുഖ്യ അക്ഷത്തിലൂടെ തിരിച്ചു വരുന്നു. ഇതിനെ പ്രകാശ അക്ഷം എന്നു വിളിക്കുന്നു.

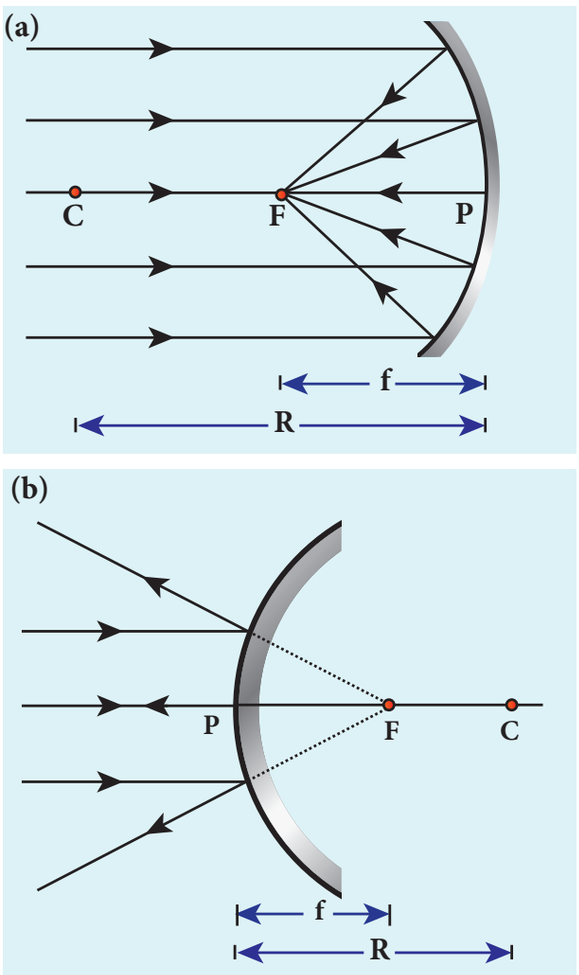
XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 5 2/14/2023 5:30:56 PM

ഫോക്കസ് അല്ലെങ്കിൽ ഫോക്കസ് ബിന്ദു : മുഖ്യഅക്ഷത്തിനുസമാന്തരമായിപോകുന്നപ്രകാശ രശ്മികൾ ഗോളീയ ദർപ്പണപ്രതലത്തിൽ പതിച്ച് പ്രതിഫലിച്ചതിനു ശേഷം, അവതല ദർപ്പണമാണെങ്കിൽ മുഖ്യ അക്ഷത്തിൽ ഒരു ബിന്ദുവിൽ കേന്ദ്രീകരിക്കും. ഉത്തല ദർപ്പണമാണെങ്കിൽ മുഖ്യ അക്ഷത്തിൽ ഒരു ബിന്ദുവിൽ നിന്ന് ശിഥിലീകരിക്കുന്നതു പോലെ കാണാം. ഈ ബിന്ദു ഗോളീയ ദർപ്പണത്തിന്റെ ഫോക്കസ് അല്ലെങ്കിൽ ഫോക്കസ് ബിന്ദു F ആകുന്നു.

ഫോക്കസ് ദൂരം ദർപ്പണ ധ്രുവത്തിനും (P) മുഖ്യ ഫോക്കസ്സിനും (F) ഇടയ്ക്കുള്ള ദൂരത്തെ ഫോക്കസ് ദൂരത്തെ (f) എന്നു പറയുന്നു.

ഫോക്കസ് തലം ഫോക്കസ് വഴി, മുഖ്യ അക്ഷത്തിനു ലംബമായിട്ടുള്ള തലത്തിനു ദർപ്പണത്തിന്റെ ഫോക്കസ് തലം എന്നു പറയുന്നു.

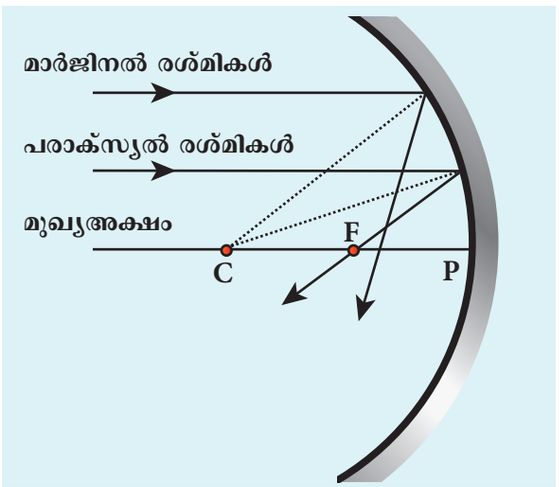
ഉത്തലദർപ്പണം, അവതലദർപ്പണം എന്നിവയെ കുറിച്ച് മുകളിൽ പറഞ്ഞിട്ടുള്ള എല്ലാ പദങ്ങളും ചിത്രം 6.7 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 6.7 (a) അവതല (b) ഉത്തല ദർപ്പണങ്ങളെ കുറിച്ചുള്ള പദങ്ങളുടെ വിശദീകരണചിത്രങ്ങൾ

6.2.1 പരാക്സ്യൽ രശ്മികളും മാർജിനൽ രശ്മികളും

മുഖ്യ അക്ഷത്തിനു വളരെ അടുത്തും മുഖ്യ അക്ഷവുമായി വളരെ ചെറിയ കോണിൽ പോകുന്ന രശ്മികൾക്ക് പരാക്സ്യൽ രശ്മികൾ എന്നു പറയുന്നു. ഇവ ദർപ്പണ ധ്രുവത്തിന് വളരെ അടുത്ത് ദർപ്പണത്തിൽ പതിക്കുന്നു. നേരെ മറിച്ച് മുഖ്യ അക്ഷത്തിൽനിന്ന് വളരെദൂരംപോകുന്നധ്രുവത്തിൽനിന്ന് അകലെ ദർപ്പണത്തിൽ പതിക്കുന്നതുമായ രശ്മികൾക്ക് മാർജിനൽ രശ്മികൾ എന്നു പറയുന്നു. ഇവ രണ്ടും വ്യത്യസ്തമായ സ്വഭാവമുള്ളതാണ്. (വ്യത്യസ്ത ബിന്ദുക്കളിൽ ഫോക്കസ് ചെയ്യുന്നു.) ഇത് ചിത്രം 6.8. ൽകാണിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഈ അദ്ധ്യായത്തിൽ നാം പാരക്സ്യൽ രശ്മികൾക്ക് മാത്രം പ്രാധാന്യം നൽകിപഠിക്കുന്നു.എന്തെന്നാൽഇവമുഖ്യഅക്ഷവുമായി വളരെ ചെറുകോണുകളെ ഉണ്ടാക്കുന്നതുകൊണ്ട് ഇവരശ്മിപ്രകാശികത്തിൽ കോണുകളുടെ ഏകദേശ കണക്കാക്കലിന് സഹായകമാകുന്നു.

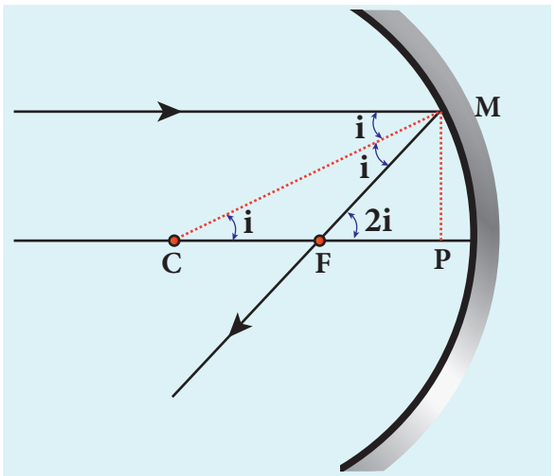


ചിത്രം 6.8 പരാക്സ്യൽ രശ്മികളും മാർജിനൽ രശ്മികളും

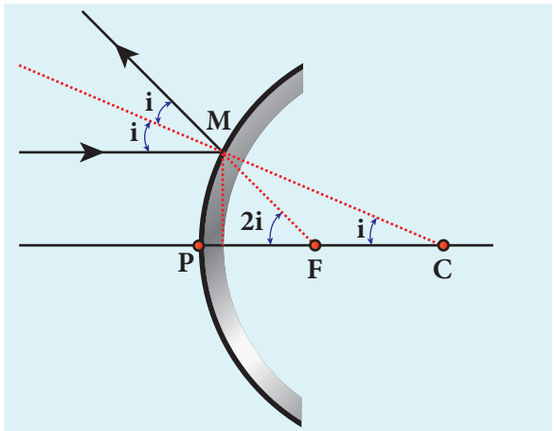
6.2.2 ഫോക്കസ് ദൂരം f നും വക്രതാ വ്യാസാർദ്ധം R നും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം

ഒരു ഗോളീയ ദർപ്പണത്തിന്റെ വക്രതാ കേന്ദ്രം C എന്നു കരുതുക. മുഖ്യ അക്ഷത്തിനു സമാന്തരമായി പോകുന്ന പ്രകാശ രശ്മി ദർപ്പണത്തിൽ M എന്ന ബിന്ദുവിൽ പതിച്ച് പ്രതിഫലിച്ചതിനുശേഷം മുഖ്യ ഫോക്കസ് F ലൂടെ പോകുന്നു. ഇതിന്റെ ജ്യാമിതീയ വിശദീകരണം ചിത്രം 6.9(a). ൽ കൊടുത്തിട്ടുണ്ട്. M എന്ന ബിന്ദുവിൽ ദർപ്പണത്തിലെ ലംബരേഖ CM. ആകുന്നു. പതന കോൺ i പ്രതിഫലന കോണിനു സമം.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 6 2/14/2023 5:30:56 PM



(a) അവതല ദർപ്പണം



(b) ഉത്തല ദർപ്പണം

ചിത്രം 6.9 വക്രതാ വ്യാസാർത്ഥം R നും ഫോക്കസ് ദൂരം f നും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം

M എന്ന ബിന്ദുവിൽ നിന്ന് മുഖ്യ അക്ഷത്തിനു ലംബമായുള്ള രേഖ MP ആണെങ്കിൽ, ജ്യാമിതിയ നുസരിച്ച്

കോൺ $\angle MCP = i$, $\angle MFP = 2i$

സമകോണത്രികോണങ്ങൾ ΔMCP, ΔMFP, എന്നിവയിൽ നിന്നും,

$$\tan i = \frac{PM}{PC} \text{ , } \tan 2i = \frac{PM}{PF}$$

ചെറുകോണുകൾക്ക്, $\tan i \approx i$, $\tan 2i \approx 2i$,

$$i = \frac{PM}{PC}, \; 2i = \frac{PM}{PF}$$

വീണ്ടും ലളിതമാക്കുമ്പോൾ,

$$2\frac{PM}{PC} = \frac{PM}{PF}; \; 2PF = PC$$

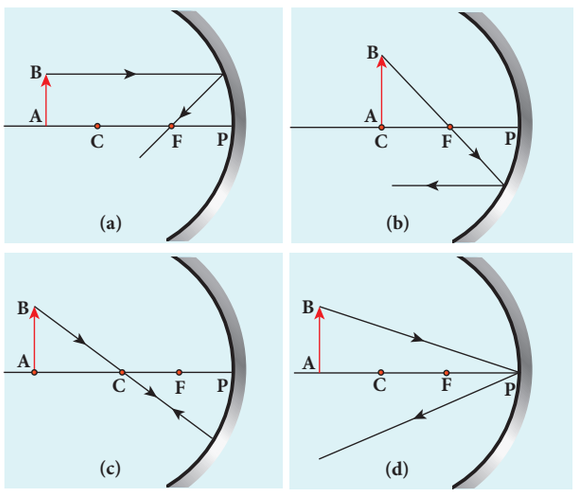
PF എന്നത് ഫോക്കസ് ദൂരം f, PC എന്നത് വക്രതാ വ്യാസാർഥം R അതുകൊണ്ട്.

$$2f = R \text{ (അല്ലെങ്കിൽ) } f = \frac{R}{2} \qquad (6.4)$$

സമീകരണം (6.4) f നും R. നും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം കുറിക്കുന്നു. ഉത്തലദർപ്പണത്തിന്റെ വിശദീകരണ ചിത്രം 6.9(b) ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

6.2.3 ഗോളീയ ദർപ്പണങ്ങളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രതിബിംബങ്ങൾ

ഗോളീയ ദർപ്പണങ്ങളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രതിബിംബങ്ങളെ രേഖാചിത്രങ്ങൾ കൊണ്ടു മനസ്സിലാക്കുന്നരീതിക്ക്പ്രതിബിംബംരേഖപ്പെടുത്തൽഎന്നു പറയുന്നു. ഒരു പ്രതിബിംബ ബിന്ദുവിനെ കണ്ടെത്തുന്നതിന് കുറഞ്ഞത് രണ്ടു രശ്മികൾ ആ ബിന്ദുവിൽ സന്ധിക്കേണ്ടതാണ്. പ്രതിബിംബ ബിന്ദുവിനെ മനസ്സിലാക്കാൻ ചിത്രം 6.10 ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതു പോലെ താഴെയുള്ള രശ്മികളിൽ ഏതെങ്കിലും രണ്ടെണ്ണം ഉപയോഗിക്കാം.



ചിത്രം 6.10 പ്രതിബിംബങ്ങളുടെ രേഖപ്പെടുത്തൽ

(i) മുഖ്യ അക്ഷത്തിനു സമാന്തരമായി വരുന്ന രശ്മി, പ്രതിഫലനത്തിനു ശേഷം മുഖ്യ ഫോക്കസ്സിലൂടെ വരും അല്ലെങ്കിൽ വരുന്നതു പോലെ കാണും (ചിത്രം 6.10(a))

(ii) മുഖ്യ ഫോക്കസ് വഴി പോകുന്ന അല്ലെങ്കിൽ പോകുന്നതുപോലെ കാണുന്ന രശ്മി, പ്രതിഫലനത്തിനു ശേഷം മുഖ്യ അക്ഷത്തിനു സമാന്തരമായി സഞ്ചരിക്കുന്നു (ചിത്രം 6.10(b))

(iii) വക്രതാ കേന്ദ്രത്തിലൂടെ പോകുന്ന രശ്മി, പ്രതി ഫലനത്തിനു ശേഷം വക്രതാ കേന്ദ്രം വഴി ലംബപതന രശ്മിയെ പോലെ ബഹിർഗമിക്കുന്നു. (ചിത്രം 6.10(c))

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 7 2/14/2023 5:31:00 PM

(iv) ദർപ്പണ ധ്രുവത്തിൽ പതിക്കുന്ന രശ്മി മുഖ്യ അക്ഷം ലംബരേഖയാക്കി പ്രതിഫലന നിയമങ്ങളനുസരിച്ച് പ്രതിഫലിക്കുന്നു. (ചിത്രം 6.10(d))

6.2.4 കാർട്ടീഷ്യൻ ചിഹ്ന രീതി

പ്രതിബിംബം വരയ്ക്കുമ്പോൾ, വസ്തുവിന്റെ ദൂരം u, പ്രതിബിംബത്തിന്റെ ദൂരം v, വസ്തുവിന്റെ ഉയരം h, പ്രതിബിംബ ഉയരം h', ഫോക്കസ് ദൂരം f, വക്രതാ വ്യാസാർദ്ധം R തുടങ്ങിയവ കുറിക്കേണ്ടത് അല്ലെങ്കിൽ അളക്കേണ്ടത് ആവശ്യമാണ്. മേല്പറഞ്ഞ അളവുകൾ തമ്മിലുള്ള ബന്ധം എല്ലാ സന്ദർഭങ്ങൾക്കും അനുയോജ്യമാകണമെങ്കിൽ അവ ഒരു ചിഹ്നരീതിപിൻതുടരേണ്ടതുണ്ട്. ഇവിടെ നാം കാർട്ടീഷ്യൻ ചിഹ്ന രീതി പിൻതുടരുന്നു. ഈ രീതി അന്താരാഷ്ട്രതലത്തിൽ അനുകരിക്കപ്പെടുന്ന ഒരു ചിഹ്ന രീതിയാകുന്നു. കാർട്ടീഷ്യൻ ചിഹ്ന രീതി ചിത്രം 6.11 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. അത് താഴെ പറയുന്നതു പോലെയാണ്.

(i) പതന പ്രകാശം ഇടതുനിന്ന് വലത്തോട്ടാണ് കണക്കാക്കേണ്ടത് (അതായത് വസ്തു ദർപ്പണത്തിന് ഇടതുവശത്തായിരിക്കണം).

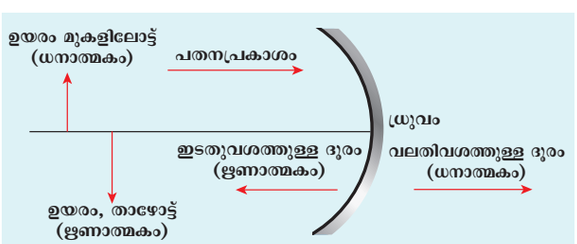
(ii) എല്ലാ ദൂരങ്ങളും ദർപ്പണ ധ്രുവത്തിൽ നിന്നാണ് അളക്കേണ്ടത് (ദർപ്പണ ധ്രുവത്തെ ആരംഭ ബിന്ദുവായി കരുതേണ്ടതാണ്)

(iii) ദർപ്പണധ്രുവത്തിന് വലത്ത്, മുഖ്യഅക്ഷത്തിന് സമാന്തരമായി അളക്കപ്പെടുന്ന ദൂരം ധനാത്മകമായി കരുതേണ്ടതാണ്.

(iv) ദർപ്പണധ്രുവത്തിന് ഇടത്ത്, മുഖ്യഅക്ഷത്തിന് സമാന്തരമായി അളക്കപ്പെടുന്ന ദൂരം ഋണാത്മകമായി കരുതേണ്ടതാണ്.

(v) മുഖ്യ അക്ഷത്തിന് ലംബമായി മുകളിലോട്ട് അളക്കുന്ന ഉയരം ധനാത്മകമായി കരുതേണ്ടതാണ്.

(vi) മുഖ്യഅക്ഷത്തിനു ലംബമായി താഴോട്ടുള്ള ഉയരം ഋണാത്മകമായി കരുതേണ്ടതാണ്.

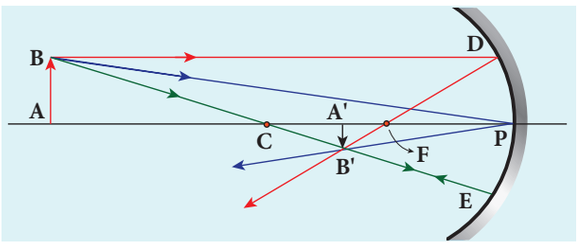


ചിത്രം 6.11 കാർട്ടിഷ്യൻ ചിഹ്നരീതി

6.2.5 ദർപ്പണ സമീകരണം

വസ്തുവിന്റെ ദൂരം u, പ്രതിബിംബത്തിന്റെ ദൂരം v ഫോക്കസ് ദൂരം f എന്നിവ തമ്മിലുള്ള ബന്ധം തരുന്ന സമീകരണമാണ് ദർപ്പണ സമീകരണം.

AB എന്ന വസ്തു ഒരു ഉത്തല ദർപ്പണത്തിന്റെ മുഖ്യഅക്ഷത്തിൽ, വക്രതാകേന്ദ്രം C യ്ക്ക് അപ്പുറത്ത് ഉള്ളതായി കരുതുക. ഈ വസ്തുവിനാൽ ഉണ്ടാകുന്നപ്രതിബിംബം ചിത്രം6.12. ൽകൊടുത്തിരിക്കുന്നു. വസ്തുവിൽ B എന്നബിന്ദുവിൽനിന്ന്മൂന്ന് പരാക്സിയൽ രശ്മികൾ വരുന്നതായി കരുതുക. ആദ്യത്തെ പരാക്സിയൽ രശ്മി BD മുഖ്യ അക്ഷത്തിന് സമാന്തരമായി ദർപ്പണ ധ്രുവം P യ്ക്ക് അടുത്തുള്ള D എന്ന ബിന്ദുവിൽ പതിക്കുന്നു. പ്രതിഫലനത്തിനു ശേഷം ഈ രശ്മി മുഖ്യഫോക്കസ് F ലൂടെ പോകുന്നു. രണ്ടാമത്തെ പരാക്സിയൽ രശ്മി BP, ദർപ്പണ ധ്രുവം P യിൽ പതിച്ച് PB' ലൂടെ പ്രതിഫലിക്കുന്നു. മൂന്നാമത്തെ പരാക്സിയൽ രശ്മി BC വക്രതാകേന്ദ്രം C വഴി ദർപ്പണത്തിൽ E എന്ന ബിന്ദുവിൽ പ്രതിഫലിച്ച് വക്രതാകേന്ദ്രം C യിലൂടെ പുറത്തു വരുന്നു. ഈ മൂന്ന് പ്രതിഫലന രശ്മികളും B' എന്ന ബിന്ദുവിൽ ഛേദിക്കുന്നു. മുഖ്യഅക്ഷത്തിനു ലംബമായി വരച്ചിട്ടുള്ള $A'B'$ എന്നത് വസ്തു AB യുടെ യഥാർത്ഥ തലകീഴായ പ്രതിബിംബമാകുന്നു.



ചിത്രം 6.12 ദർപ്പണ സമീകരണം

പ്രതിഫലന നിയമം അനുസരിച്ച് പതനകോൺ $\angle BPA$ പ്രതിഫലനകോൺ $\angle B'PA'$ ന് സമം.

ത്രികോണങ്ങൾ ΔBPA, $\Delta B'PA'$ ഇവ രണ്ടും സദൃശ ത്രികോണങ്ങളാകുന്നു. ആയതിനാൽ,

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{PA'}{PA} \qquad (6.5)$$

അടുത്ത ജോടി സദൃശ ത്രികോണങ്ങൾ, ΔDPF, $\Delta B'A'F$. എന്നിവ ആകുന്നു. (ഇവിടെ PD ഏകദേശം ഒരു നേർലംബ രേഖയാകുന്നു)

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 8 2/14/2023 5:31:02 PM

$$\frac{A'B'}{PD} = \frac{A'F}{PF}$$

ദൂരങ്ങൾ, $PD = AB$ ആയതിനാൽ, മേല്പറഞ്ഞ സമീകരണം താഴെക്കാണുന്നതു പോലെ മാറുന്നു,

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{A'F}{PF} \qquad (6.6)$$

സമീകരണങ്ങൾ (6.5), (6.6) ൽ നിന്ന്,

$$\frac{PA'}{PA} = \frac{A'F}{PF}$$

$A'F = PA' - PF$, ആയതിനാൽ മുകളിൽ കൊടുത്തിട്ടുള്ള സമീകരണം താഴെക്കാണുന്നതു പോലെ മാറുന്നു,

$$\frac{PA'}{PA} = \frac{PA' - PF}{PF} \qquad (6.7)$$

PA, PA' എന്നിവ വെറും ദൂരങ്ങളാണ്. ഇവിടെ നമ്മൾ അടയാള കൺവെൻഷനുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു. അതിനാൽ ഉരുത്തിരിഞ്ഞ പദപ്രയോഗം പൊതുവായതാണ്. ഇങ്ങനെ ലഭിക്കുന്ന പദപ്രയോഗം ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നത് ഒഴികെയുള്ള സാഹചര്യങ്ങൾക്ക് സാധുവായിരിക്കും.

മുകളിൽ കൊടുത്തിട്ടുള്ള സമീകരണത്തിൽ വ്യത്യസ്ത ദൂരങ്ങൾക്ക് കാർട്ടീഷ്യൻ ചിഹ്ന രീതി പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ.

$$PA = -u, \qquad PA' = -v, \qquad PF = -f$$

കാർട്ടീഷ്യൻ ചിഹ്ന രീതി അനുസരിച്ച് മൂന്ന് ദൂരങ്ങൾക്കുംനെഗറ്റീവ്മൂല്യമാണുള്ളത്.എന്തെന്നാൽ, ഇവദർപ്പണധ്രുവത്തിന്ഇടത്തുനിന്ന്അളക്കപ്പെട്ടവയാകുന്നു. ആയതിനാൽ സമീകരണം (6.7) താഴെക്കാണുന്നതു പോലെ മാറുന്നു,

$$\frac{-v}{-u} = \frac{-v-(-f)}{-f}$$

വീണ്ടും ഇതിനെ ലഘൂകരിക്കുമ്പോൾ,

$$\frac{v}{u} = \frac{v-f}{f}; \qquad \frac{v}{u} = \frac{v}{f} - 1$$

ഇരുവശവും v കൊണ്ട് ഹരിക്കുമ്പോൾ,

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

പുനക്രമീകരണത്തിനുശേഷം,

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \qquad (6.8)$$

മുകളിൽ കൊടുത്തിട്ടുള്ള സമീകരണം (6.8) ദർപ്പണ സമീകരണമാകുന്നു. ഇത് ചിത്രം (6.12), നു മാത്രമായിട്ടുള്ളതാണെങ്കിലും ഈ സമീകരണം എല്ലാസന്ദർഭങ്ങളിലുംഎല്ലാതരത്തിലുള്ളഗോളീയ ദർപ്പണങ്ങൾക്കും അനുയോജ്യമായതാകുന്നു. എന്തെന്നാൽ, സമീകരണം (6.7) ൽ u, v, f എന്നിവയ്ക്ക് അനുയോജ്യമായ ചിഹ്ന രീതി നാം ഉപയോഗിക്കുന്നു.

6.2.6 ഗോളീയ ദർപ്പണങ്ങളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന പാർശ്വസ്ഥ ആവർധനം

പ്രതിബിംബത്തിന്റെഉയരത്തിനുംവസ്തുവിന്റെ ഉയരത്തിനുമുള്ള അനുപാതം പാർശ്വസ്ഥമല്ലെങ്കിൽ തിരശ്ചീന ആവർധനം m എന്ന് നിർവചിക്കപ്പെടുന്നു. വസ്തുവിന്റെഉയരം,പ്രതിബിംബത്തിന്റെഉയരം എന്നിവ രണ്ടും മുഖ്യഅക്ഷത്തിനു ലംബമായി, മുഖ്യ അക്ഷത്തിൽ നിന്നും അളക്കപ്പെടേണ്ടതാണ്.

$$\text{ആവർധനം}(m) = \frac{\text{പ്രതിബിംബത്തിന്റെ ഉയരം}\,(h')}{\text{വസ്തുവിന്റെ ഉയരം}\,(h)}$$

$$m = \frac{h'}{h} \qquad (6.9)$$

ചിത്രം 6.12 ൽ നിന്ന്, നാം സാധൂകരിച്ച സമീകരണം (6.5) നെ ഇവിടെ ഉപയോഗിക്കുക,

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{PA'}{PA}$$

അനുയോജ്യമായ ചിഹ്നങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ

$$A'B' = -h', \mathrm{AB} = \mathrm{h}, PA' = -v, PA = -u$$

$$\frac{-h'}{h} = \frac{-v}{-u}$$

വീണ്ടും ഇതിനെ ലളിതമാക്കുമ്പോൾ,

$$m = \frac{h'}{h} = -\frac{v}{u} \qquad (6.10)$$

ദർപ്പണ സമീകരണം ഉപയോഗിച്ച് ആവർധന സമീകരണം താഴെക്കാണുന്ന പോലെ എഴുതാം,

$$m = \frac{h'}{h} = \frac{f-v}{f} = \frac{f}{f-u} \qquad (6.11)$$

കുറിപ്പ്

വിദ്യാർത്ഥികൾ 9 ാം ക്ലാസ്സിൽ പഠിച്ച ഉത്തല, അവതല ദർപ്പണങ്ങളുപയോഗിച്ച് പ്രതിബിംബങ്ങൾ വരയ്ക്കുന്ന രീതി ഓർമ്മപുതുക്കുക. അതായത് വസ്തുവിനെ വ്യത്യസ്ത സ്ഥാനങ്ങളിൽ വച്ചിട്ട് പ്രതിബിംബത്തിന്റെ സ്ഥാനം പ്രതിബിംബത്തിന്റെ സ്വഭാവം തുടങ്ങിയവ മനസ്സിലാക്കേണ്ടതാണ്.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 9 2/14/2023 5:31:06 PM

ഉദാഹരണം 6.3

15.0 സെ.മീ ഫോക്കസ് ദൂരമുള്ള ഉത്തല ദർപ്പണത്തിനു മുമ്പിൽ 20.0 സെ.മീ ദൂരത്തിൽ ഒരു വസ്തു വയ്ക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്.

(a) വ്യക്തമായ പ്രതിബിംബം കിട്ടുന്നതിനായി, ഉത്തല ദർപ്പണത്തിൽ നിന്ന് തിരശ്ശീല എത്ര ദൂരത്തിലായിരിക്കണം?

(b) പ്രതിബിംബത്തിന്റെ സ്വഭാവം എങ്ങനെയുള്ളതായിരിക്കും?

നിർദ്ധാരണം

$f = -15$ സെ.മീ, $u = -20$ സെ.മീ

(a) ദർപ്പണ സമീകരണത്തിൽ നിന്ന്, $\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$

v, കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിനായി താഴെ കൊടുത്തിട്ടുള്ളതു പോലെ മാറ്റി ക്രമീകരിക്കുക $\frac{1}{v}=\frac{1}{f}-\frac{1}{u}$

f, u എന്നിവയ്ക്കു പകരം അവയുടെ മൂല്യം കൊടുക്കുക, $\frac{1}{v}=\frac{1}{-15}-\frac{1}{-20}$

$$\frac{1}{v}=\frac{(-20)-(-15)}{300}=\frac{-5}{300}=\frac{-1}{60}$$

$v = -60.0$ സെ.മീ

തിരശ്ശീല ഉത്തല ദർപ്പണത്തിനു ഇടതു വശത്തായി 60.0 സെ.മീ ദൂരത്തിലായിരിക്കണം.

(b) ആവർധനം, $m=\frac{h'}{h}=-\frac{v}{u}$

$$m=\frac{h'}{h}=-\frac{(-60)}{(-20)}=-3$$

ആവർത്തനം ഋണാത്മകമായതിനാൽ, തലകീഴായ പ്രതിബിംബമാണ് കിട്ടുന്നത്.

ആവർത്തനത്തിന്റെ അളവ് 3 ആയതിനാൽ പ്രതിബിംബം മൂന്നു മടങ്ങ് വലുതായി കാണപ്പെടും.

ഉത്തല ദർപ്പണത്തിന്റെ ഇടതു വശത്ത് പ്രതിബിംബം കാണപ്പെടുന്നതിനാൽ പ്രതിബിംബം യഥാർത്ഥ പ്രതിബിംബമാകുന്നു.

ഉദാഹരണം 6.4

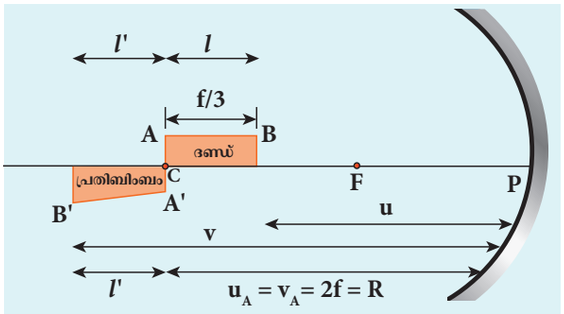
$f/3$ നീളമുള്ള ഒരു നേരീയ ദണ്ഡ് f ഫോക്കസ് ദൂരമുള്ള ഉത്തല ദർപ്പണത്തിന്റെ മുഖ്യ അക്ഷത്തിൽ ആ ദണ്ഡിന്റെ നീളമുള്ള യഥാർത്ഥ പ്രതിബിംബത്തെ തൊടുന്നതായി വയ്ക്കപ്പെടുകയാണെങ്കിൽ ഉത്തല ദർപ്പണത്തിന്റെ തിരശ്ചീനമായ ആവർത്തനം കണക്കാക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

തിരശ്ചീനമായ ആവർത്തനം $(m_l) = \frac{\text{പ്രതിബിംബത്തിന്റെ നീളം } (l')}{\text{വസ്തുവിന്റെ നീളം } (l)}$

വസ്തുവിന്റെ നീളം, $l = \frac{f}{3}$

തന്നിട്ടുള്ള നിബന്ധനയനുസരിച്ച് ഉണ്ടാകുന്ന പ്രതിബിംബം ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



l എന്നത് പ്രതിബിംബത്തിന്റെ നീളമാണെങ്കിൽ

$m_l = \frac{l'}{l} = \frac{l'}{f/3}$ (അല്ലെങ്കിൽ) $l' = \frac{m_l f}{3}$

പ്രതിബിംബത്തിന്റെ ഒരറ്റം വസ്തുവിനോടു യോജിച്ചു കാണുന്നു. ആയതിനാൽ യോജിച്ചിട്ടുള്ള അറ്റം തീർച്ചയായും വക്രതാ കേന്ദ്രമായിരിക്കും.

$$u_B = u_A - \frac{f}{3} = 2f - \frac{f}{3} = \frac{5f}{3}$$

$v_B = u_B + l + l'$

$$v_B = \frac{5f}{3}+\frac{f}{3}+\frac{m_l f}{3}=\frac{f(6+m_l)}{3}$$

ദർപ്പണ സമീകരണം, $\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$

$$\frac{1}{-\left(\frac{f(6+m_l)}{3}\right)}+\frac{1}{-\left(\frac{5f}{3}\right)}=\frac{1}{-f}$$

ലളിതമാക്കിയതിനു ശേഷം,

$$\frac{3}{f(6+m_l)}+\frac{3}{5f}=\frac{1}{f};\frac{3}{(6+m_l)}=\frac{2}{5}$$

$$6+m_l=\frac{15}{2};\ m_l=\frac{15}{2}-6$$

$$m_l=\frac{3}{2}=1.5$$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 10 3/3/2023 6:40:08 PM

6.3 പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗത

ശൂന്യതയിൽ പ്രകാശം ഏറ്റവും ഉയർന്ന വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. ശൂന്യതയിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം c എന്ന് കുറിക്കപ്പെടുന്നു. അതിന്റെ മൂല്യം, $c = 3 \times 10^8\ \text{m s}^{-1}$ ആകുന്നു. ഫ്രഞ്ച് ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ഹിപ്പോലൈറ്റ് ഫിസിയൂ (1819–1896) പ്രകാശത്തിന്റെവേഗംകണ്ടുപിടിക്കുന്നതിനായുള്ളശ്രമംആദ്യം നടത്തി. ഈ ശ്രമം മറ്റ് ശാസ്ത്രജ്ഞർക്കും പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം നിർണ്ണയിക്കാനുള്ള അടിസ്ഥാനമുണ്ടാക്കി കൊടുത്തു.

6.3.1 പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം നിർണ്ണയിക്കാനുള്ള ഫിസിയൂ രീതി

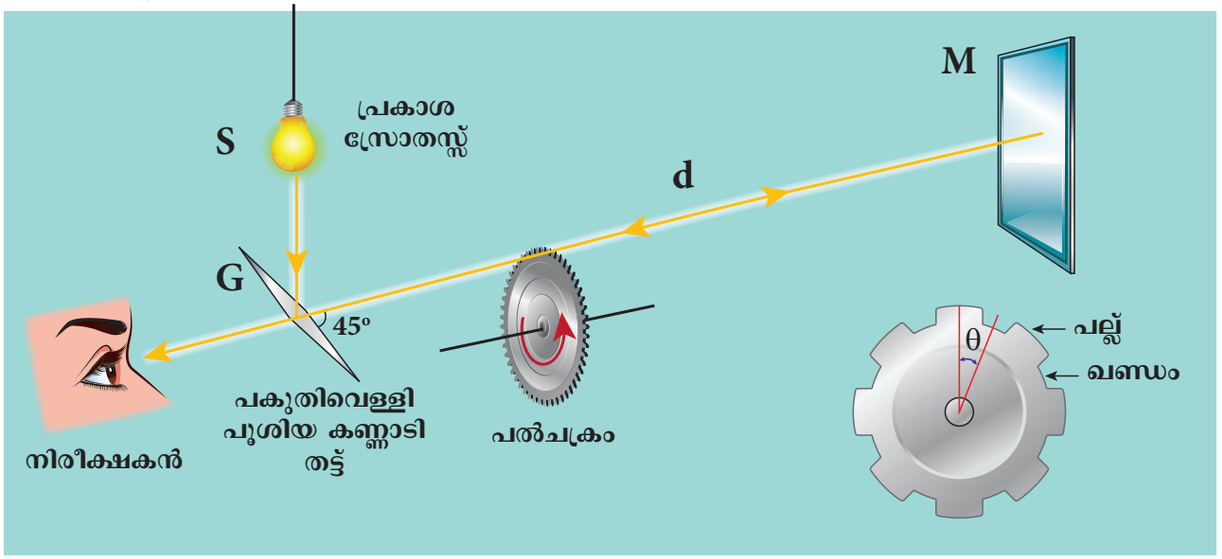
ഉപകരണങ്ങൾ: വായുവിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗത നിർണ്ണയിക്കാനുള്ള ഉപകരണം ചിത്രം 6.13. ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. പ്രകാശ സ്രോതസ് S ൽ നിന്ന് വരുന്ന പ്രകാശം ആദ്യം പകുതിവെള്ളി പൂശിയ കണ്ണാടിത്തട്ട് G യിൽ പതിക്കുന്നു. ഈ കണ്ണാടിത്തട്ട് പ്രകാശത്തിനനുസരിച്ച് 45° കോണിൽ ചായ്വായിട്ടുണ്ട്. N പല്ലുകളും, സമവീതിയുള്ള N ഖണ്ഡങ്ങളുംഉള്ള ചുറ്റുന്നപൽച്ചക്രംവഴിപ്രകാശരശ്മികടന്നുപോകുന്നു. പൽച്ചക്രത്തിന്റെ ഭ്രമണവേഗം ബാഹ്യയന്ത്രസംവിധാനം മൂലം നിയന്ത്രിക്കപ്പെടുന്നു. (ഈ സംവിധാനം ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിട്ടില്ല) പൽ ച്ചക്രത്തിന്റെ ഒരു ഖണ്ഡത്തിലൂടെ പോകുന്ന പ്രകാശം പൽച്ചക്രത്തിൽ നിന്ന് വളരെ ദൂരെ d, യിൽ വയ് ക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ള സമതല ദർപ്പണം M ൽ പ്രതിഫലിക്കപ്പെടുന്നു. പൽച്ചക്രം കറങ്ങുന്നില്ലാ എങ്കിൽ പ്രതിഫലിക്കപ്പെട്ട പ്രകാശം അതേ ഖണ്ഡം വഴി വീണ്ടും പകുതി വെള്ളി പൂശിയ കണ്ണാടിവഴി സഞ്ചരിച്ച് നിരീക്ഷകന്റെ കണ്ണുകളിൽ എത്തുന്നു.

പ്രവർത്തനം: കറങ്ങുന്നപൽച്ചക്രത്തിന്റെ വർത്തുള വേഗം പൂജ്യത്തിൽ നിന്നും ω യിലേക്ക് അധികരിക്കുന്നു. അതായത്, ഒരു ഖണ്ഡം വഴിയായിപ്പോകുന്ന പ്രകാശ രശ്മി സമതല ദർപ്പണത്തിനാൽ പ്രതിഫലിക്കപ്പെട്ടതിനു ശേഷം അടുത്ത പല്ലിനാൽ പൂർണ്ണമായും തടയുന്നതു വരെ പൽച്ചക്രത്തിന്റെ വേഗം അധികരിക്കപ്പെടുന്നു. പകുതി വെള്ളിപൂശപ്പെട്ട കണ്ണാടിവഴി നോക്കുമ്പോൾ, പ്രകാശം പൂർണ്ണമായും മറയുന്നതിൽ നിന്ന് ഇത് ഉറപ്പുവരുത്താം.

സമീകരണം സാധൂകരിക്കൽ: വായുവിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം v, പ്രകാശം പൽച്ചക്രത്തിൽ നിന്ന് ദർപ്പണത്തിലെത്തി, വീണ്ടും പൽച്ചക്രത്തിൽ എത്തുന്നതു വരെയുള്ള ദൂരം $2d$ യ്ക്കും അതിനെടുത്ത സമയത്തിനുമുള്ള അനുപാതമാകുന്നു.

$$v = \frac{2d}{t} \qquad (6.12)$$

ദൂരം d, പരീക്ഷണ സംവിധാനത്തിൽ നിന്ന് കണക്കാക്കാം, എടുത്ത സമയം t പൽച്ചക്രത്തിന്റെ വർത്തുള വേഗം ω യിൽ നിന്നും കണക്കാക്കാം.



ചിത്രം 6.13 പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം നിർണ്ണയിക്കുന്നതിനുള്ള ഫീസിയൂ രീതി

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 11 2/14/2023 5:31:10 PM

പ്രകാശം ആദ്യം മറയുന്ന സമയത്തിൽ, പൽച്ചക്രത്തിന്റെ വർത്തുളവേഗം ω (മാത്ര rad s^{-1}) താഴെ കൊടുത്തിട്ടുള്ളതു പോലെ,

$$\omega = \frac{\theta}{t} \qquad (6.13)$$

ഇവിടെ, θ എന്നത്, t സമയ ഇടവേളയിൽ പൽച്ചക്രം കറങ്ങുമ്പോൾ, പൽച്ചക്രത്തിന്റെ ഒരു പല്ലിനും, ഒരു ഖണ്ഡത്തിനും ഇടയ്ക്കുള്ള കോണാകുന്നു.

$$\theta = \frac{\text{വൃത്തത്തിന്റെ ആകെ കോൺ റേഡിയനിൽ}}{\text{പല്ലുകളുടെ എണ്ണം + ഖണ്ഡങ്ങളുടെ എണ്ണം}}$$

$$\theta = \frac{2\pi}{2N} = \frac{\pi}{N}$$

θയുടെമൂല്യംസമീകരണം(6.13)ൽപ്രസ്താവിക്കുമ്പോൾ,

$$\omega = \frac{\pi / N}{t} = \frac{\pi}{Nt}$$

മേല്ക്കാണിച്ച സമീകരണം t യ്ക്കയി പുനഃക്രമീകരിക്കുമ്പോൾ,

$$t = \frac{\pi}{N\omega} \qquad (6.14)$$

ഇത് സമീകരണം (6.12) ൽ പ്രസ്താവിക്കുമ്പോൾ,

$$\upsilon = \frac{2d}{\pi / N\omega}$$

സമീകരണം ക്രമീകരിച്ചതിനു ശേഷം,

$$\upsilon = \frac{2dN\omega}{\pi} \qquad (6.15)$$

തൊട്ടടുത്ത പല്ലുകളിനാൽ പ്രകാശം മറയ്ക്കപ്പെടുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ പ്രകാശതീവ്രത കണക്കാക്കുന്നതിന് ഫീസിയൂവിന് ചില പ്രയാസങ്ങളുണ്ടായി എന്നാലും അദ്ദേഹം നിർണ്ണയിച്ച പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം, യഥാർത്ഥ പ്രകാശവേഗത്തിന് വളരെ അടുത്തതായിരുന്നു. ഇതിനുശേഷം ഫിസിയൂവിന്റെ ഇതേ പരീക്ഷണ സംവിധാനത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ മറ്റു ചില സങ്കീർണ്ണമായ ഉപകരണങ്ങളുപയോഗിച്ച് വായുവിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം, $\upsilon = 2.99792 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ എന്ന് നിർണ്ണയിക്കപ്പെട്ടു.

കുറിപ്പ്

പൽച്ചക്രത്തിന്റെ വേഗം പൂജ്യത്തിൽ നിന്ന് ω, വരെ അധികരിക്കുമ്പോൾ പ്രകാശം മറയുന്നു. പൽച്ചക്രത്തിന്റെ വേഗം വീണ്ടും അധികരിച്ച് 2ω മൂല്യം എത്തുമ്പോൾ പ്രതിഫലിക്കപ്പെട്ട പ്രകാശം അടുത്ത ഖണ്ഡം വഴി സഞ്ചരിച്ച് നിരീക്ഷകനിൽ എത്തുന്നു. ആയതിനാൽ ω യുടെ ഒറ്റസംഖ്യാ മൂല്യങ്ങൾക്കെല്ലാം പ്രകാശം അദൃശ്യമാകുകയും (പല്ലുകളിനാൽ തടസ്സപ്പെടുത്തുന്നു). ഇരട്ട സംഖ്യാ മൂല്യങ്ങൾക്കെല്ലാം പ്രകാശം ദൃശ്യമാകുകയും (ഖണ്ഡം വഴി അനുവദിക്കപ്പെടുന്നു) ചെയ്യുന്നു.

6.3.2 ശൂന്യതയിലും വ്യത്യസ്തമാധ്യമങ്ങളിലും പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗത

ഫോക്കാൾട്ട് (1819–1868) മൈക്കൾസൻ (1852–1931) തുടങ്ങിയവർ ഗ്ലാസ്, ജലം തുടങ്ങിയ വ്യത്യസ്ത സുതാര്യമാധ്യങ്ങളെ പ്രകാശത്തിന്റെ പാതയിൽവച്ചിട്ട് പ്രകാശത്തിന്റെവേഗം ആമധ്യമങ്ങളിൽ നിർണ്ണയിക്കപ്പെട്ടു. മാത്രമല്ല ശൂന്യമാക്കപ്പെട്ട കുഴലുകളെ പ്രകാശത്തിന്റെ പാതയിൽ വയ്ക്കപ്പെട്ട് ശൂന്യതയിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം നിർണ്ണയിക്കപ്പെട്ടു. മേല്പ്പറഞ്ഞ പരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നും മറ്റെല്ലാമാധ്യമങ്ങളെക്കാളും, ശൂന്യതയിൽ പ്രകാശത്തിന്റെവേഗംകൂടുതലാണെന്ന് മനസ്സിലാക്കി. ശൂന്യതയിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$. എന്ന് നിർണ്ണയിക്കപ്പെട്ടു. ശൂന്യത, വായു ഇവ രണ്ടിലും പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം ഏകദേശം സമമൂല്യമാണുള്ളത് എന്നത് നാം ഓർമ്മിക്കേണ്ടതാണ്.

6.3.3 അപവർത്തനാങ്കം

ശൂന്യതയിലുള്ള പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗത്തിനും c മാധ്യമത്തിലെ പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗത്തിനും υ തമ്മിലുള്ള അനുപാതം, ആ മാധ്യമത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കമാകുന്നു.

$$\left.\begin{matrix}\text{മാധ്യമത്തിലെ}\\ \text{അപവർത്തനാങ്കം } n\end{matrix}\right\} = \frac{\text{ശൂന്യതയിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം } (c)}{\text{മാധ്യമത്തിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം } (\upsilon)}$$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 12 2/14/2023 5:31:12 PM

$$n = \frac{c}{v} \qquad (6.16)$$

ഒരു സുതാര്യമാധ്യമത്തിന്റെഅപവർത്തനാങ്കം, ആ മാധ്യമത്തിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗത്തെ കുറിച്ച് അറിയാൻ സഹായിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 6.5

അപവർത്തനാങ്കം 1.33. ഉള്ള ശുദ്ധജലം വഴി പോകുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം കണക്കാക്കുക

നിർദ്ധാരണം

$$n = \frac{c}{v}; \qquad v = \frac{c}{n}$$

$$v = \frac{3\times10^{8}}{1.33} = 2.26\times10^{8}\ \mathrm{m\,s^{-1}}$$

തന്നിട്ടുള്ള ശുദ്ധജലം വഴി $2.26\times10^{8}\,\mathrm{m\,s^{-1}}$ വേഗത്തിൽ പ്രകാശം സഞ്ചരിക്കുന്നു.

അപവർത്തനാങ്കത്തിന് മാത്രയില്ല. ശൂന്യതയിലാണ് ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ അപവർത്തനാങ്കം ഉള്ളത്. അതിന്റെ മൂല്യം 1 ആകുന്നു. മറ്റെല്ലാ മാധ്യമങ്ങൾക്കും അപവർത്തനാങ്കം 1 നെക്കാൾ കൂടുതലായിരിക്കും. അപവർത്തനാങ്കത്തിനെ മാധ്യമത്തിന്റെ പ്രകാശ സാന്ദ്രത എന്നും റയാം ഉയർന്ന അപവർത്തനാങ്കമുള്ള മാധ്യമത്തിന് പ്രകാശസാന്ദ്രത കൂടുതലായിരിക്കും. ആ മാധ്യമം വഴി പ്രകാശം വേഗം കുറഞ്ഞ് സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഇതുപോലെ കുറഞ്ഞ അപകർത്തനാങ്കമുള്ള മാധ്യമത്തിൽ പ്രകാശ സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞതായിരിക്കും. ആ മാധ്യമം വഴി പ്രകാശം വേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. (കുറിപ്പ്: പ്രകാശസാന്ദ്രതയെ മാധ്യമ വസ്തുവിന്റെ ദ്രവ്യമാന സാന്ദ്രതയുമായി ആശയക്കുഴപ്പം ചെയ്യേണ്ട ഇവ രണ്ടും വ്യത്യസ്തമാണ്) വ്യത്യസ്ത സുതാര്യ മാധ്യമങ്ങളുടെ അപവർത്തനാങ്കങ്ങൾ പട്ടിക 6.2 കൊടുത്തിട്ടുണ്ട്.

പട്ടിക 6.2 വ്യത്യസ്ത മാധ്യമങ്ങളുടെ അപവർത്തനാങ്കങ്ങൾ

മാധ്യമം	അപവർത്തനാങ്കം
ശൂന്യത	1.00
വായു	1.0003
കാർബൺഡൈഓക്സൈഡ്	1.0005
ഐസ്	1.31
ശുദ്ധജലം	1.33
ഈഥൈൽ ആൾക്കഹോൾ	1.36
ക്വാട്സ്	1.46
ഭക്ഷ്യഎണ്ണ	1.47
ഒലിവ് എണ്ണ	1.48
അക്രലിക്	1.49
പൊടിയുപ്പ്	1.51
ഗ്ലാസ്സ്	1.52
സഫയർ	1.77
സിർക്കോൺ	1.92
ക്യൂബിക് സിർക്കോണിയ	2.16
വജ്രം	2.42
ഗാലിയം ഫോസ്ഫൈഡ്	3.50

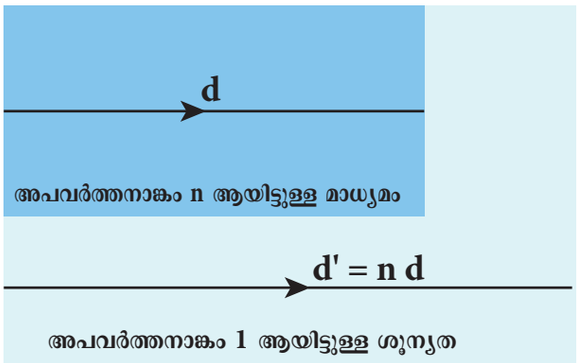
6.3.4 പ്രകാശ പാത

ഒരു മാധ്യമത്തിൽ പ്രകാശം d ദൂരം കടക്കാൻ എത്ര സമയമാകുന്നോ അതേ സമയത്തിൽ ശൂന്യതയിലൂടെ പ്രകാശം കടന്നു ചെല്ലുന്ന ദൂരം d' മാധ്യമത്തിന്റെ പ്രകാശപാത എന്ന് നിർവ്വചിക്കപ്പെടുന്നു.

ഒരു മാധ്യമത്തിന് അപവർത്തനാങ്കം n ഉം ഘനം d യും ഉള്ളതായി കരുതുക. ആ മാധ്യമത്തിലൂടെ v വേഗതയിൽ t സമയത്തിൽ പ്രകാശം സഞ്ചരിക്കുന്നുവെങ്കിൽ,

$$v = \frac{d}{t} \quad \text{സമീകരണം } t \text{ യ്ക്കായി ക്രമീകരിക്കുമ്പോൾ} \quad t = \frac{d}{v}$$

ഇതേ സമയത്തിൽ, ശൂന്യതയിൽ പ്രകാശം ദീർഘദൂരം d' സഞ്ചരിച്ചിട്ടുണ്ടാകും. എന്തെന്നാൽ, പ്രകാശം ശൂന്യതയിൽ കൂടുതൽ വേഗത്തിൽ c സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഇത് ചിത്രം 6.14. ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട്,



ചിത്രം 6.14 പ്രകാശ പാത

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 13 2/14/2023 5:31:13 PM

$c = \frac{d'}{t}$; സമീകരണം t യ്ക്കായി ക്രമീകരിക്കുമ്പോൾ, $t = \frac{d'}{c}$

രണ്ടു സംഭവങ്ങളിലും എടുത്ത സമയം t സമമായിരിക്കും. ആയതിനാൽ സമയത്തെ തുല്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ,

$$\frac{d'}{c} = \frac{d}{\upsilon}$$

പ്രകാശപാത d' നായി മാറ്റി എഴുതുമ്പോൾ, $d' = \frac{c}{\upsilon} d$

ഇവിടെ, $\frac{c}{\upsilon} = n$; ആയതിനാൽ, പ്രകാശപാത d'

$$d' = nd \qquad (6.17)$$

ഒരു മാധ്യമത്തിന് n എല്ലായ്പ്പോഴും ഒന്നിനെക്കാൾകൂടുതലായിരിക്കും. അതുകൊണ്ട്മാധ്യമത്തിന്റെ പ്രകാശപാത d' എല്ലായ്പ്പോഴും d യെക്കാൾ കൂടുതലായിരിക്കും.

ഉദാഹരണം 6.6

പ്രകാശം, വായുവിൽ നിന്ന് അപവർത്തനാങ്കം 1.5 ഉം ഘനം 50 സെ.മീഉള്ള ഗ്ലാസ്സിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നു

(a) ഗ്ലാസ്സിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം എത്രയാകുന്നു?

(b) പ്രകാശം ഗ്ലാസ്സിലൂടെ കടന്നു പോയ സമയം കണക്കാക്കുക

(c) ഗ്ലാസ്സിന്റെ പ്രകാശപാത കണക്കാക്കുക?

നിർദ്ധാരണം

ഘനം, d = 50 സെ.മീ = 0.5 മീ,

അപവർത്താനാങ്കം, n = 1.5

അപവർത്തനാങ്കം $n = \frac{c}{\upsilon}$

(a) ഗ്ലാസ്സിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം,

$$\upsilon = \frac{c}{n} = \frac{3\times10^8}{1.5} = 2\times10^8\,\mathrm{m\,s^{-1}}$$

(b) പ്രകാശംഗ്ലാസ്സിലൂടെകടന്നുപോകാൻഎടുത്ത സമയം,

$$t = \frac{d}{\upsilon} = \frac{0.5}{2\times10^8} = 2.5\times10^{-9}\,\mathrm{s}$$

(c) പ്രകാശ പാത,

$$d' = n\,d = 1.5\times0.5 = 0.75\ \text{മീ} = 75\ \text{സെ.മീ}$$

പ്രകാശം, കണ്ണാടിയിലൂടെകടന്നുപോകുന്നഅതേ സമയത്ത് 25 സെ.മീ കൂടുതലായി (75 സെ.മീ – 50 സെ.മീ) പ്രകാശം ശൂന്യതയിലൂടെ കടന്നുപോകുന്നു.

6.4 അപവർത്തനം

പ്രകാശംഒരുപ്രകാശമാധ്യമത്തിൽനിന്ന്മറ്റൊരു പ്രകാശമാധ്യമത്തിലേക്ക്ആരണ്ടുമാധ്യമങ്ങളേയും വേർതിരിക്കുന്ന അതിർത്തിയിലൂടെ കടന്നുപോകുന്ന പ്രതിഭാസത്തെ അപവർത്തനം എന്നു പറയുന്നു. അപവർത്തനത്തിൽ, ഒരു മാധ്യമത്തിന്റെ പതന കോൺ i, മറ്റൊരു മാധ്യമത്തിന്റെ അപവർത്തന കോൺ r തുടങ്ങിയവ, പ്രകാശ രശ്മി പതിക്കുന്ന ബിന്ദുവിൽ രണ്ട് മാധ്യമങ്ങളേയും വേർതിരിക്കുന്ന തലത്തിൽ വരയ്ക്കപ്പെട്ട ലംബരേഖയനുസരിച്ച് അളക്കപ്പെടുന്നു. അപവർത്തന നിയമങ്ങളനുസരിച്ച്

(i) പതനരശ്മി, അപവർത്തന രശ്മി, അപവർത്തനതലം, അപവർത്തന തലത്തിൽ വരയ്ക്കപ്പെട്ട ലംബരേഖ ഇവയെല്ലാം ഒരേ തലത്തിലായിരിക്കും.

(ii) ആദ്യമാധ്യമത്തിലെപതനകോണിന്റെസൈൻ മൂല്യത്തിനും, $(\sin i)$ രണ്ടാമത്തെ മാധ്യമത്തിലെ അപവർത്തന കോണിന്റെ സൈൻ മൂല്യത്തിനും $(\sin r)$ ഇടയ്ക്കുള്ള അനുപാതം, രണ്ടാമത്തെ മാധ്യമത്തിലെ അപവർത്തനാങ്കത്തിനും n_2 ആദ്യ മാധ്യമത്തിലെ അപവർത്തനാങ്കത്തിനും n_1 ഉള്ള അനുപാതത്തിന് സമമായിരിക്കും.

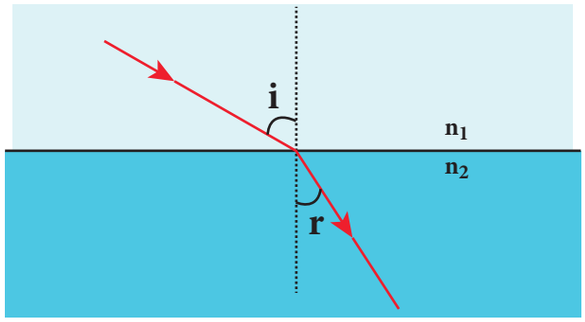
$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} \qquad (6.18)$$

മുകളിൽ കൊടുത്തിട്ടുള്ള സമീകരണം അനുപാത രൂപത്തിലാണുള്ളത്. ഇതിനെ ഗുണന രൂപത്തിൽ താഴെ കൊടുത്തിട്ടുള്ളതു പോലെ എഴുതാം

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \qquad (6.19)$$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 14 2/14/2023 5:31:16 PM

രണ്ടു മാധ്യമങ്ങളെ വേർതിരിക്കുന്ന അതിർത്തിയിൽ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രകാശ അപവർത്തനം ചിത്രം 6.15 ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.



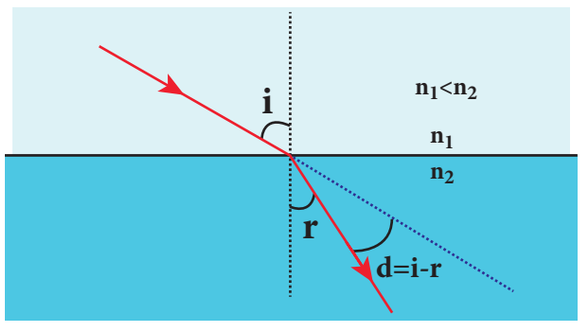
ചിത്രം 6.15 പ്രകാശ അപവർത്തനം

പതനരശ്മി ലംബമായി തലത്തിൽ പതിക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ പതന കോൺ പൂജ്യം ആയിരിക്കും.

6.4.1 അപവർത്തനത്തിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യതിചലനകോൺ

അപവർത്തനത്തിനാലുണ്ടാകുന്ന വ്യതിചലന കോൺ എന്നത് പതനകത കിരണത്തിന്റെ ദിശയ്ക്കും അപവർത്തന കിരണത്തിന് ഇടയ്ക്കുള്ള കോൺ ആകുന്നു. പ്രകാശരശ്മി സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് സാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ ലംബരേഖയെ നോക്കി വ്യതിചലിക്കുന്നു. ഇത് ചിത്രം 6.16. ൽ കൊടുത്തിട്ടുണ്ട്. ഇത്തരത്തിലുള്ള പ്രതിഭാസത്തിലെ വ്യതിചലന കോൺ,

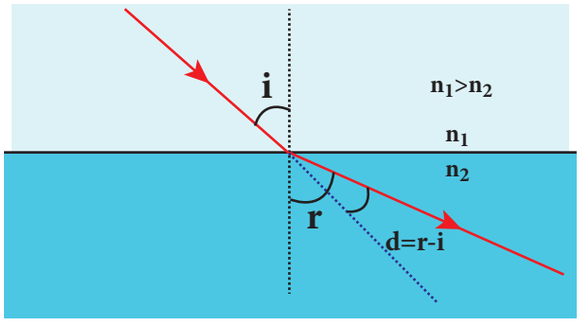
$$d = i - r \qquad (6.20)$$



ചിത്രം6.16 പ്രകാശ രശ്മി സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധമത്തിൽ നിന്ന് സാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യതിചലന കോൺ

നേരേ മറിച്ച്, പ്രകാശ രശ്മി സാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിലോട്ട് സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ, ലംബരേഖയിൽ നിന്ന് അകലുന്നു. ഇത് ചിത്രം 6.17. ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. ഇതിലെ വ്യതിചലന കോൺ,

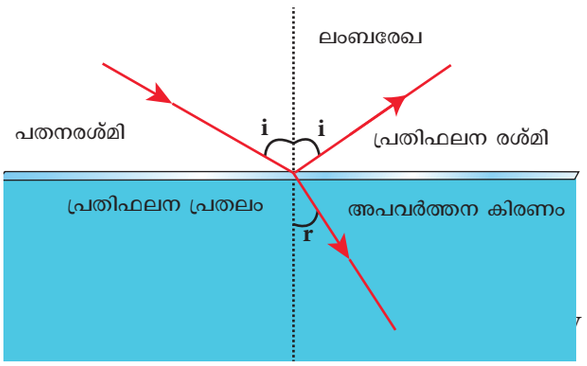
$$d = r - i \qquad (6.21)$$



ചിത്രം6.17 പ്രകാശരശ്മി സാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യതിചലന കോൺ

6.4.2 ഒരേ സമയ പ്രതിഫലനം അല്ലെങ്കിൽ ഒരേ സമയ പ്രകാശ അപവർത്തനം

ഏതൊരു അപവർത്തന പ്രതലമായാലും അതിൽ കുറഞ്ഞ അളവ് പ്രകാശം പ്രതിഫലിക്കുന്നു. ആയതിനാൽ, അപവർത്തനം നടന്ന പ്രകാശ രശ്മിയുടെ തീവ്രത, പതന രശ്മിയുടെ തീവ്രതയെക്കാൾ കുറവായിരിക്കും. ഇപ്രകാരം ഒരേ പ്രകാശ സ്രോതസ്സിൽ നിന്ന് വരുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ ഒരു ഭാഗം പ്രകാശ പ്രതി ഫലനവും മറ്റൊരു ഭാഗം പ്രകാശ അപവർത്തനവും നടത്തുകയാണെങ്കിൽ അതിന് ഒരേ സമയ പ്രതിഫലനം അല്ലെങ്കിൽ ഒരേ സമയ പ്രകാശ അപവർത്തനം എന്നു പറയുന്നു. ഇത് ചിത്രം6.18. ൽ കൊടുത്തിട്ടുണ്ട്. പകുതി വെള്ളി പൂശിയ കണ്ണാടി ഇതുപോലെ ഒരേ സമയ പ്രതിഫലനവും അപവർത്തനവും നടക്കുന്ന പ്രതലങ്ങളുള്ളതാണ്.

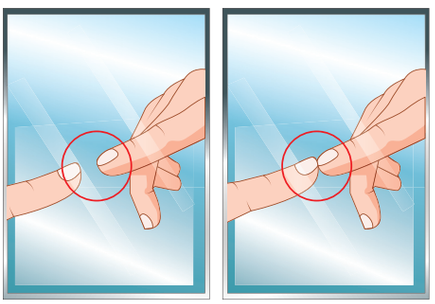


ചിത്രം 6.18 ഒരേ സമയ പ്രതിഫലനം അല്ലെങ്കിൽ ഒരേ സമയ പ്രകാശ അപവർത്തനം

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 15 2/14/2023 5:31:16 PM

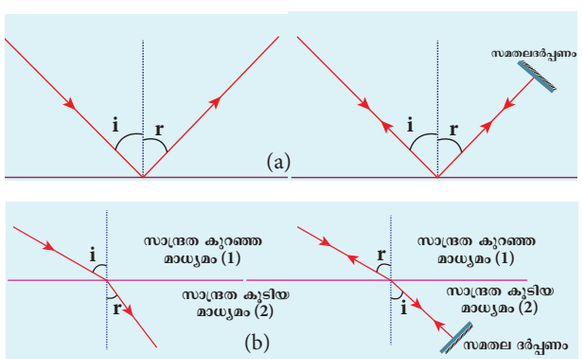
നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

പ്രതലങ്ങളിൽ അനുയോജ്യമായ വസ്തുക്കളാൽപൂശുന്നതുകൊണ്ട്ഒരേ സമയ പ്രതിഫലനം അല്ലെങ്കിൽ ഒരേ സമയ പ്രകാശ അപവർത്തനം നടക്കുന്ന പ്രകാശ പ്രതലങ്ങളെ ഉണ്ടാക്കാം. ഇപ്രകാരം ഒരു കണ്ണാടി പ്രതലത്തിൽ പൂശുന്ന വസ്തുവിന്റെ അളവ് മാറ്റി അതിനെപകുതിസുതാര്യമായപ്രതലമായുംപകുതി പ്രകാശപ്രതിഫലനപ്രതലമായുംമാറ്റാൻസാധിക്കും ഇതുപോലെ നിർമ്മിച്ച കണ്ണാടിയെ വാണിജ്യപര മായി ഇരുവഴി കണ്ണാടി, പകുതി വെള്ളി പൂശിയ കണ്ണാടിഎന്നുപറയുന്നു.ഇരുവഴികണ്ണാടിയിൽപിൻ വശം പൂർണ്ണമായും ഇരുളാക്കപ്പെട്ടാൽ അത് കാണാൻ സാധാരണ ഒരുവഴി കണ്ണാടി പോലെ കാണപ്പെടും. എന്നാൽ ഇരുവഴി കണ്ണാടിയുടെ പിൻ വശം ക്യാമറകൾ മറച്ചു വയ്ക്കപ്പെട്ടിരിക്കാം. ആയതി നാൽ അപരിചിതമായ സ്ഥലങ്ങളിൽ വയ്ക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ള കണ്ണാടി കൾക്കു മുമ്പിൽ നാം നിൽക്കുമ്പോൾ വളരെ ജാഗ്രതപുലർത്തേ ണ്ടതാണ്. ഇരുവഴികണ്ണാടിയാണോ എന്ന് പരിശോധിക്കാനായി ഒരു രീതിയുണ്ട്. വിരൽ കൊണ്ട് കണ്ണാടിയിൽ തൊടുമ്പോൾ വിരലിനും അതിന്റെ പ്രതിബിംബത്തിനുമിടയ്ക്ക് വിടവ് ഉണ്ടെ ങ്കിൽഅത്സാധാരണകണ്ണാടിയാകുന്നു.അതുപോലെയല്ലാതെ വിരൽ നേരിട്ട് പ്രതിബിംബത്തെ ത്തൊട്ടാൽ അത് ഇരു വഴി കണ്ണാടിയാകുന്നു.



6.4.3 റിവേർസിബിലിറ്റി തത്ത്വം

റിവേർസിബിലിറ്റി തത്ത്വമനുസരിച്ച് പ്രകാശം സഞ്ചരിക്കുന്ന പാതയുടെ ദിശ പിന്നിലോട്ട് തിരിക്കു മ്പോൾ പ്രകാശം കൃത്യമായി കടന്നുവന്ന പാത വഴി തിരിച്ചു പോകുന്നു. ഈ തത്വം പ്രകാശ പ്രതിഫലനം പ്രകാശ അപവർത്തനം ഇവ രണ്ടിനും അനുയോ ജ്യമാണ്. ഇത് ചിത്രം 6.19 ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 6.19 (a) പ്രകാശ പ്രതിഫലനം (b) പ്രകാശ അപവർത്തനം എന്നിവയ്ക്കുള്ള പ്രകാശത്തിന്റെ റിവേഴ്സിബിലിറ്റി തത്ത്വം

6.4.4 ആപേക്ഷിക അപവർത്തനാങ്കം

സമീകരണം(6.18), ലുള്ള $\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$ പദത്തിനു ആദ്യ മാധ്യമത്തിനനുസരിച്ച്, രണ്ടാമത്തെ മാധ്യമത്തിന്റെ ആപേക്ഷിക അപവർത്തനാങ്കം എന്നു പറയുന്നു. ഇതിനെ n_{21} എന്നെഴുതാം.

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} \qquad (6.22)$$

ആപേക്ഷിക അപവർത്തനാങ്ക സമീകരണത്തിൽ നിന്ന് വീണ്ടും ചില ഉപയോഗപ്രദമായ ബന്ധങ്ങൾ സാധൂകരിക്കാം, അവ

(i) വ്യുൽക്രമാനുപാത നിയമം:

$$n_{12} = \frac{1}{n_{21}} \text{ (അല്ലെങ്കിൽ) } \frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{n_2 / n_1} \qquad (6.23)$$

(ii) ശ്രേണീ നിയമം:

$$n_{32} = n_{31} \times n_{12} \text{ (അല്ലെങ്കിൽ) } \frac{n_3}{n_2} = \frac{n_3}{n_1} \times \frac{n_1}{n_2} \qquad (6.24)$$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 16 2/14/2023 5:31:18 PM

ഉദാഹരണം 6.7

സുതാര്യ എണ്ണയിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്ന പ്രകാശ രശ്മി, അപവർത്തനാങ്കം 1.5. ഉള്ള ഗ്ലാസ്സിലൂടെ കടന്നു പോകുന്നു. എണ്ണയ്ക്കനുസൃതമായി ഗ്ലാസ്സിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം 1.25, ആണെങ്കിൽ എണ്ണയുടെ അപവർത്തനാങ്കം എത്ര?

നിർദ്ധാരണം

തന്നിട്ടുള്ളത്, $n_{go}=1.25$, $n_g=1.5$

എണ്ണക്കനുസരിച്ച് ഗ്ളാസ്സിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം,

$$n_{go}=\frac{n_g}{n_o}$$

സമീകരണം ക്രമീകരിക്കുമ്പോൾ,

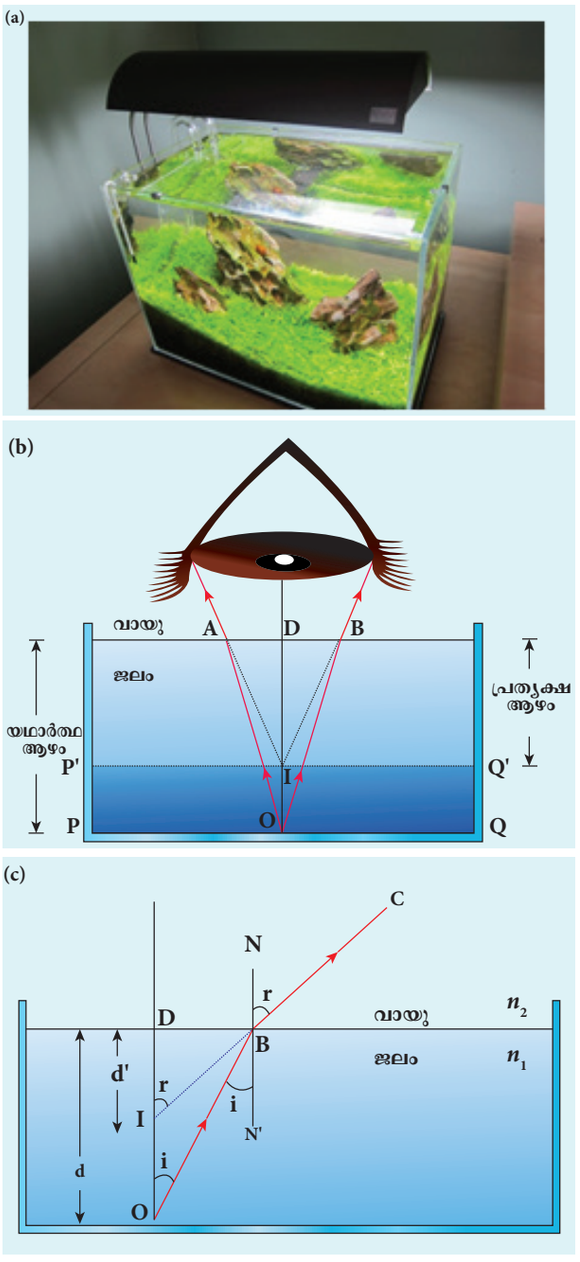
$$n_o=\frac{n_g}{n_{go}}=\frac{1.5}{1.25}=1.2$$

എണ്ണയുടെ അപവർത്തനാങ്കം, $n_o=1.2$ ആകുന്നു

6.4.5 പ്രത്യക്ഷ ആഴം

സാധാരണയായിവായുമാധ്യമത്തിൽനിന്ന്ജലം നിറയ്ക്കപ്പെട്ട സംഭരണിക്കുള്ളിൽ നോക്കുമ്പോൾ, സംഭരണിയുടെ അടിത്തട്ട് കുറച്ച് മുകളിൽ ഉള്ളതു പോലെ കാണും. ഇത് ചിത്രം6.19(a). ൽ കൊടുത്തിണ്ട്.

ലംബമായി നോക്കുമ്പോൾ കാണുന്ന പ്രത്യക്ഷ ആഴത്തിനുള്ളസമീകരണംനമുക്ക്സാധൂകരിക്കാം. അതിനായുള്ള രശ്മി ചിത്രം ചിത്രം 6.20 (b),(c) എന്നിവയിൽകൊടുത്തിട്ടുണ്ട്. സംഭരണിയുടെ അടി ഭാഗത്തുള്ള O എന്ന വസ്തുവിൽ നിന്ന് വരുന്ന പ്രകാശംസാന്ദ്രതകൂടിയമാധ്യമത്തിൽനിന്ന്(ജലം) സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിലേക്ക് (വായു) പ്രവേശിച്ച് നമ്മുടെ കണ്ണുകളിലെത്തുന്നു. ഈ പ്രകാശ രശ്മി സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിൽ പതനരശ്മി പതിക്കുന്ന ബിന്ദുവിൽ B വരയ്ക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ള ലംബ രേഖയിൽനിന്ന്അകന്നുപോകുന്നു. സാന്ദ്രതകൂടിയ മാധ്യമത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം n_1, സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം n_2. ഇവിടെ $n_1>n_2$ സാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിൽ പതനകോണിന്റെ മൂല്യം i സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിൽ അപവർത്തനകോണിന്റെമൂല്യംr. ലംബരേഖകൾ NN', OD ഇവ രണ്ടും സമാന്തരമായതാണ്. ആയതിനാൽ കോൺ $\angle DIB$ യും r ആകുന്നു. കോണുകൾ i, r ഇവ രണ്ടും വളരെ ചെറുതാണ്. അതുകൊണ്ട് വസ്തു O യിൽ നിന്ന് നമ്മുടെകണ്ണുകളിലെത്തുന്നരശ്മികളും വളരെ നേരിയതായിരിക്കും. ഈ പ്രകാശ അപവർത്തനത്തിനായിട്ടുള്ള സ്നെൽ നിയമത്തിന്റെ ഗുണനരൂപം,



ചിത്രം 6.20 പ്രത്യക്ഷ ആഴം

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r$$

കോണുകൾ i, r എന്നിവയുടെ മൂല്യം വളരെ ചെറുതാണ്. അതുകൊണ്ട്, ഇതിനെ താഴെക്കാണുന്നതു പോലെ ഏകദേശമാക്കിയെഴുതാം, $\sin i \approx \tan i$, $\sin r \approx \tan r$.

$$n_1 \tan i = n_2 \tan r$$

ത്രികോണങ്ങൾ ΔDOB, ΔDIB ഇവയിൽ,

$$\tan i = \frac{DB}{DO} \text{ and } \tan r = \frac{DB}{DI}$$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 17 2/14/2023 5:31:19 PM

$$n_1 \frac{DB}{DO} = n_2 \frac{DB}{DI}$$

ഇരുവശത്തുമുള്ള DBകളുംഒന്നിനൊന്ന്തുലനം ചെയ്യുന്നു. അതുകൊണ്ട് DO എന്നത് യഥാർത്ഥ ആഴം d ഉം DI എന്നത് പ്രത്യക്ഷ ആഴം d'ഉം ആകുന്നു.

$$n_1 \frac{1}{d} = n_2 \frac{1}{d'}$$

$$\frac{d'}{d} = \frac{n_2}{n_1} \qquad (6.25)$$

മുകളിൽ കാണിച്ച സമീകരണത്തിന്റെ d' നായി മാറ്റിയെഴുതുമ്പോൾ,

$$d' = \frac{n_2}{n_1} d \qquad (6.26)$$

ഇവിടെ സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമം വായുവാണ് അതിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം 1, $(n_2=1)$. മാത്രമല്ല സാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം n_1 നെ n എന്നെടുത്താൽ, $(n_1=n)$. ഇതിനായിട്ടുള്ള പ്രത്യക്ഷ ആഴം സമീകരണം,

$$d' = \frac{d}{n} \qquad (6.27)$$

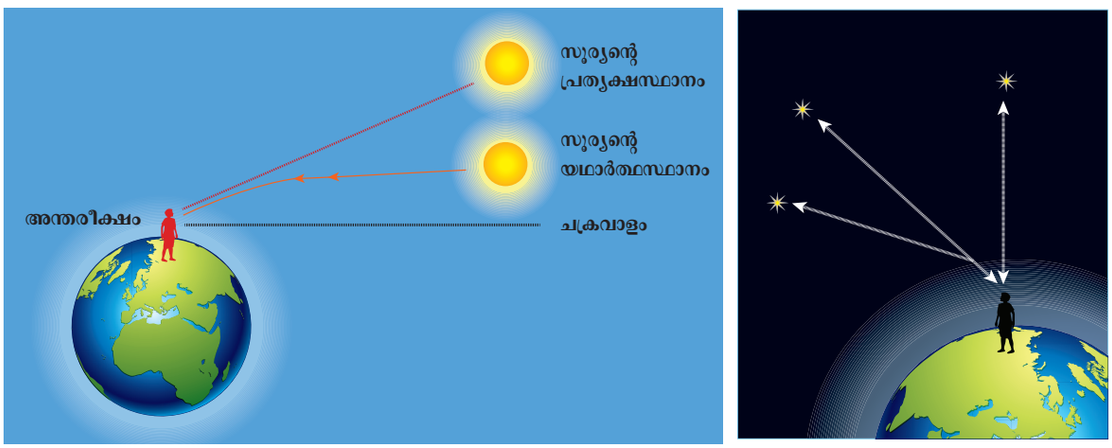
സംഭരണിയുടെ അടിത്തട്ട് d-d' അളവിൽ മുകളിലോട്ട് ഉയർന്നു കാണപ്പെടുന്നു. അതുകൊണ്ട്,

$$d - d' = d - \frac{d}{n} \text{ അല്ലെങ്കിൽ}$$

$$d - d' = d\left(1 - \frac{1}{n}\right) \qquad (6.28)$$

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

അന്തരീക്ഷ പ്രകാശ അപവർത്തനം: വ്യത്യസ്ത അപവർത്തനാങ്കങ്ങളുള്ള അന്തരീക്ഷത്തിലെ വ്യത്യസ്ത അടുക്കുകൾ വഴി പ്രകാശം സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ തുടർന്ന് അപവർത്തനം നടക്കുന്നതിനാൽ അതിന്റെ പാത തുടർച്ചയായി നടക്കുന്നതിനാൽ വ്യതിചലിക്കുന്നു. ഉദാഹരണമായി സൂര്യോദയ സമയത്ത് നാം കാണുന്ന സൂര്യൻ, യഥാർത്ഥത്തിൽ സൂര്യൻ ഉദിക്കുന്നതിനു കുറച്ചു സമയത്തിനു മുൻപേ കാണാൻ തുടങ്ങും. ഇതുപോലെ, സൂര്യൻ യഥാർത്ഥത്തിൽ അസ്തമിച്ചതിനു ശേഷവും നമുക്ക് സൂര്യനെ കാണാൻ കഴിയും. ഈ രണ്ട് പ്രതിഭാസങ്ങൾക്കും കാരണം അന്തരീക്ഷത്തിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന അപവർത്തനമാണ്. യഥാർത്ഥ സൂര്യോദയം എന്നത് സൂര്യൻ ചക്രവാള സീമയെ കടക്കുന്നതിനെ കുറിക്കുന്നു. താഴെക്കൊടുത്തിട്ടുള്ള ചിത്രങ്ങൾ ചക്രവാളത്തിനനുസരിച്ച് സൂര്യന്റെ യഥാർത്ഥവും പ്രത്യക്ഷവുമായ സ്ഥാനങ്ങളെ കാണിക്കുന്നു. ഈ ചിത്രം അന്തരീക്ഷത്തിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന അപവർത്തനത്തെ വിശദീകരിക്കാനായിട്ടുള്ളതാണ്. സൂര്യന്റെ ദിശയിൽ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രത്യക്ഷമാറ്റം ഏകദേശം അരഡിഗ്രിയാകുന്നു. ഇതിനായിട്ടുള്ള സമയ വ്യത്യാസം രണ്ട് മിനിട്ടാകുന്നു. ഇതേ പ്രതിഭാസത്താൽ തന്നെ സൂര്യോദയം അസ്തമയം എന്നീ സമയത്ത് സൂര്യൻ കുറച്ച് പരന്ന് കാണപ്പെടുന്നു. ചിത്രത്തിൽ കൊടുത്തിട്ടുള്ള നക്ഷത്രങ്ങളുടെ സ്ഥാനങ്ങൾക്കു കാരണവും ഇതേ പ്രതിഭാസം തന്നെയാണ് യഥാർത്ഥത്തിൽ നക്ഷത്രങ്ങൾ തിളങ്ങുന്നില്ല, അവ തിളങ്ങുന്നതുപോലെ കാണുന്നതാണ്. ഇതിനു കാരണം വ്യത്യസ്ത അപവർത്തനാങ്കങ്ങളുള്ള അന്തരീത്തിലെ അടുക്കുകളുടെ ചലനമാകുന്നു. രാത്രി ആകാശത്തിൽ നമുക്ക് ഇത് വ്യക്തമായി കാണാൻ കഴിയും.



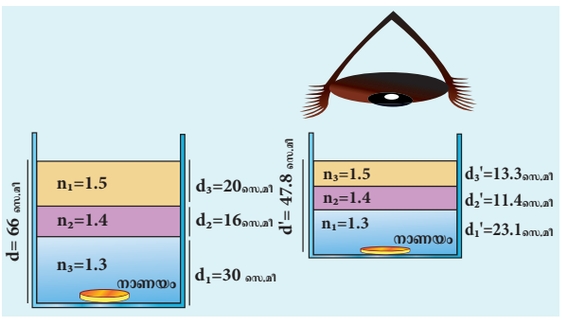
XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 18 2/14/2023 5:31:22 PM

ഉദാഹരണം 6.8

ഒരു സംഭരണിയിൽ 1.3, 1.4, 1.5 എന്നീ അപവർത്തനാങ്കങ്ങൾ ഉള്ള മൂന്ന് ദ്രാവകങ്ങൾ 30 സെ.മീ, 16 സെ.മീ, 20 സെമീ ഉയരത്തിൽ ഒന്നിനു മുകളിൽ ഒന്നായി നിറച്ചിയ്ക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. സംഭരണിയിലെ താഴത്തെ പ്രതലത്തിൽ ഒരു നാണയമുണ്ട്. ബാഹ്യ വായുമാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് നാണയത്തെ നോക്കുമ്പോൾ എത്ര പ്രത്യക്ഷആഴത്തിൽ നാണയം കാണാൻ സാധിക്കും? ഏത് മാധ്യമത്തിലാണ് നാണയമുള്ളതായി കാണുന്നത്?

നിർദ്ധാരണം

മുകളിലൂടെ നോക്കുമ്പോൾ (വായു മാധ്യമം) നാണയം അടിപ്പരപ്പിൽ തന്നെ തുടർന്ന് കാണും. മാത്രമല്ല ഓരോ മാധ്യമവും ബാഹ്യ വായുമാധ്യമത്തിനനുസരിച്ച് ചുരുങ്ങിക്കാണുന്നു. ഇത് താഴെയുള്ള ചിത്രത്തിൽ വ്യക്തമാക്കിയിട്ടുണ്ട്.



ഓരോ മാധ്യമത്തിന്റെയും പ്രത്യക്ഷ ആഴ സമീകരണങ്ങൾ,

$$d_1' = \frac{d_1}{n_1};\quad d_2' = \frac{d_2}{n_2};\qquad d_3' = \frac{d_3}{n_3}$$

$$d' = d_1' + d_2' + d_3' = \frac{d_1}{n_1} + \frac{d_2}{n_2} + \frac{d_3}{n_3}$$

$$d' = \frac{30}{1.3} + \frac{16}{1.4} + \frac{20}{1.5} = 23.1 + 11.4 + 13.3$$

$$d' = 47.8 \text{ സെ.മീ}$$

6.4.6 ക്രാന്തികകോണും പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനവും

ഒരു പ്രകാശരശ്മി സാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിലോട്ട് സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ, അതിന്റെ പാതയിൽ നിന്ന് വ്യതിചലിച്ച് ലംബരേഖയിൽ നിന്ന് അകന്നു പോകുന്നു. ഇതു മൂലം സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിൽ അപവർത്തന കോൺ r സാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിലെ പതന കോൺ i യെക്കാൾ കൂടുതലാണ്. പതനകോൺ i യെ ക്രമേണ അധികരിക്കുമ്പോൾ അപവർത്തന കോൺ r അതിവേഗം അധികരിക്കുന്നു. ഒരു സന്ദർഭത്തിൽ ഇതിന്റെ മൂല്യം 90° യിൽ എത്തുന്നു. അല്ലെങ്കിൽ അപവർത്തന രശ്മി രണ്ട് മാധ്യമങ്ങളെയും വേർതിരിക്കുന്ന അതിർത്തിയെ തഴുകിച്ചെല്ലുന്നു. സാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിൽ ഏതൊരു പതനകോൺ മൂല്യത്തിനു, അപവർത്തന രശ്മി മാധ്യമങ്ങളെ വേർതിരിക്കുന്ന അതിർത്തിയെ തഴുകിച്ചെല്ലുന്നോ, ആപതന കോണിനെ ക്രാന്തിക കോൺ i_c എന്ന് പറയുന്നു. സാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിലെ പതനകോണിന്റെ മൂല്യം ക്രാന്തികകോണിനെക്കാൾ കൂടുമ്പോൾ സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിൽ അപവർത്തനം നടക്കാൻ സാധ്യമല്ല. അപ്പോൾ പ്രകാശം പൂർണ്ണമായും സാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിൽ തന്നെ പ്രതിഫലിക്കുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസത്തിന് പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനം എന്ന് പറയുന്നു. ഇത് ചിത്രം 6.21 ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനം നടക്കുന്നതിനായുള്ള രണ്ട് നിബന്ധനകൾ

(i) പ്രകാശം സാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിലോട്ടാണ് സഞ്ചരിക്കേണ്ടത്,

(ii) സാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിൽ പതനകോണിന്റെ മൂല്യം, ക്രാന്തികകോണിന്റെ മൂല്യത്തെക്കാൾ അധികമായിരിക്കണം ($i > i_c$).

ക്രാന്തിക പതനകോണിന് സ്നെൽ നിയമത്തിന്റെ ഗുണനരൂപം (6.19) താഴെ കാണുന്നതു പോലെയാണ്,

$$n_1 \sin i_c = n_2 \sin 90^\circ \qquad (6.29)$$

$$n_1 \sin i_c = n_2 \qquad \because \sin 90^\circ = 1$$

$$\sin i_c = \frac{n_2}{n_1} \qquad (6.30)$$

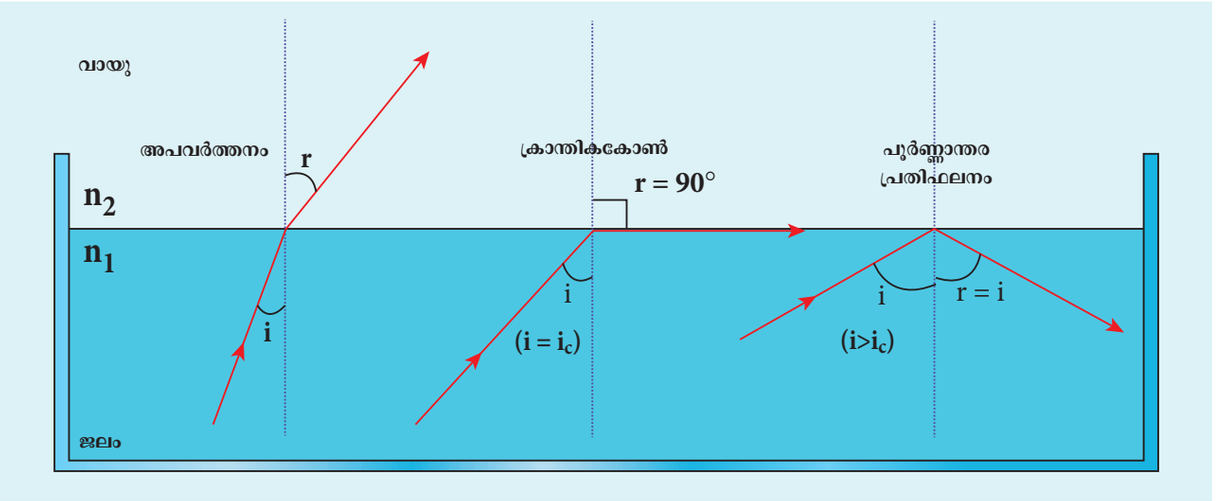
ഇവിടെ, $n_1 > n_2$

സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമം വായു മാധ്യമമാണെങ്കിൽ അതിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം 1 എന്നും, സാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം n എന്നും കരുതാം. അതായത് $(n_2 = n)$ $(n_1 = n)$,

$$\sin i_c = \frac{1}{n} \text{ (അല്ലെങ്കിൽ) } i_c = \sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right) \qquad (6.31)$$

ക്രാന്തികകോൺ i_c മാധ്യമത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. വ്യത്യസ്ത വസ്തുക്കളിൽ പ്രകാശ അപവർത്തനാങ്കം, ക്രാന്തിക കോൺഎന്നിവ പട്ടിക 6.3 ൽ നൽകപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 19 2/14/2023 5:31:25 PM



ചിത്രം 6.21 ക്രാന്തികകോണും പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനവും

പട്ടിക 6.3 വ്യത്യസ്ത വസ്തുക്കളുടെ അപവർത്തനാങ്കവും ക്രാന്തികകോണും

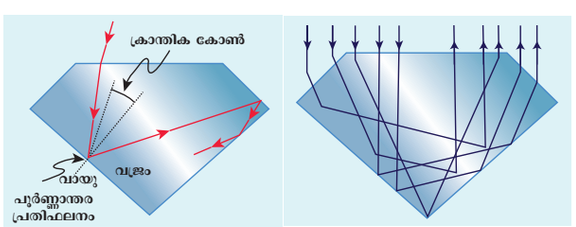
വസ്തുക്കൾ	അപവർത്തനാങ്കം	ക്രാന്തികകോൺ
ഐസ്	1.310	49.8°
ജലം	1.333	48.6°
ഉരുകിയ ക്വാട്സ്	1.458	43.3°
ക്രൗൺ ഗ്ലാസ്സ്	1.541	40.5°
ഫ്ളിന്റ് ഗ്ലാസ്സ്	1.890	31.9°
ക്യാൽസൈറ്റ്	1.658	37.0°
സ്ട്രോൺഷ്യം ടൈറ്റനേറ്റ്	2.394	24.7°
വജ്രം	2.417	24.4°
റൂട്ടൈൽ	2.621	22.4°

ഉദാഹരണമായി ഗ്ലാസ്സിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം 1.5. ഗ്ലാസ്സ് വായു ഇവയുടെ സമ്പർക്കമുഖത്തിന്റെ കാന്തിക കോൺ,, $i_c = \sin^{-1}\left(\frac{1}{1.5}\right) = 41.8^{\circ}$. ജലം വായു സമ്പർക്കമുഖത്തിന്റെ കാന്തികകോൺ, $i_c = \sin^{-1}\left(\frac{1}{1.3}\right) = 48.6^{\circ}$.

6.4.7 പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനത്തിന്റെ പ്രഭാവങ്ങൾ

6.4.7.1 വജ്രത്തിന്റെ തിളക്കം

വജ്രം തിളങ്ങുന്നതിനു കാരണം, അതിനുള്ളിൽ നടക്കുന്ന പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനമാകുന്നു. വജ്രത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം ഏതാണ്ട് 2.417 ആകുന്നു. ഈ മൂല്യം സാധാരണ ഗ്ലാസ്സിന്റെ അപവർത്തനാങ്ക മൂല്യമായ ഏതാണ്ട് 1.5 നെക്കാൾ വളരെക്കൂടുതലാണ്. വജ്രത്തിന്റെ ക്രാന്തികകോൺ ഏകദേശം 24.4° ആകുന്നു. ഇത് ഗ്ലാസ്സിന്റെ ക്രാന്തികകോണിനെക്കാൾ വളരെകുറഞ്ഞതാണ്.പ്രഗത്ഭരായ വജ്രപ്പണിക്കാർ പതനകോണിന്റെ ദീർഘപരിധി (24.4° ൽ നിന്നും 90° വരെ), തന്നായി പ്രയോജനപ്പെടുത്തുന്നു. ചിത്രം 6.22. ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതു പോലെ വജ്രത്തിനുള്ളിൽ പ്രവേശിച്ച പ്രകാശം ബഹിർഗമിക്കുന്നതിനു മുൻപായി വജ്രത്തിനുള്ളിലുള്ള ഛേദമുഖങ്ങളിൽ പല പ്രാവശ്യം പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനം സംഭവിക്കുന്നു. ഇപ്രകാരം പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനം നടക്കുന്നതിനാൽ വജ്രം നന്നായി തിളങ്ങുന്നു.



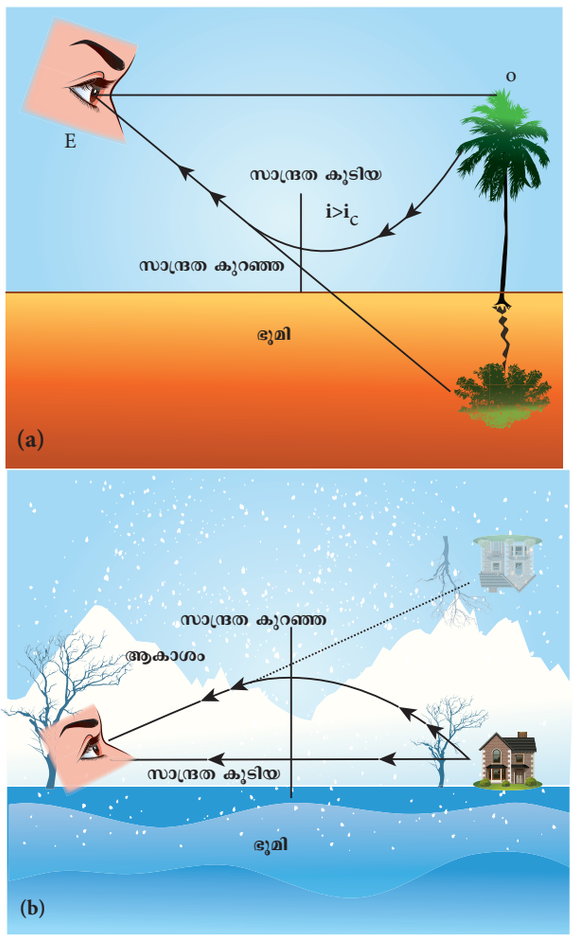
ചിത്രം 6.22 വജ്രത്തിനുള്ളിൽ നടക്കുന്ന പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനം

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 20 2/14/2023 5:31:26 PM

6.4.7.2 മരീചികയും ലൂമിംഗും

വായുവിന്റെ സാന്ദ്രതയനുസരിച്ച് അപവർത്തനാങ്കം അധികരിക്കും. ചൂടായ സ്ഥലങ്ങളിൽ ഉയർന്ന ഭാഗത്തുള്ള വായുവിനെക്കാൾ നിലത്തിനരുകിലുള്ള വായുവിന് താപം അധികമായിരിക്കും. ചൂടായ വായുവിന്റെ സാന്ദ്രത കുറവായിരിക്കും. അതുകൊണ്ട് ഒരേ സ്ഥലത്തുള്ള നിശ്ചലമായ വായുവിന് ഉയരം കൂടുന്തോറും അപവർത്തനാങ്കം കൂടും. ഇതിനാൽ മരം തുടങ്ങിയ ഉയരമുള്ള വസ്തുക്കളിൽ നിന്ന് വരുന്ന പ്രകാശം ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലോട്ട് ചെല്ലുന്തോറും മാധ്യമത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം കുറയുന്നു. ഇത്തരം അപവർത്തനാങ്കം ഉള്ള മാധ്യമത്തിലൂടെ പ്രകാശരശ്മി സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ, വായുവിന്റെ വ്യത്യസ്ത പാളികളിൽ, ലംബരേഖയിൽ നിന്ന് പ്രകാശരശ്മി തുടർച്ചയായിവ്യതിചലിക്കുന്നു. മാത്രമല്ല ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിനരുകിൽ പതനകോൺ കാന്തികകോണിനെക്കാൾ കൂടുതലായാൽ പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനം നടക്കുന്നു. അതായത് പ്രകാശം നിലത്തിനടിയിൽ നിന്ന് വരുന്നതുപോലെ ഒരു മിഥ്യാബോധം ഉണ്ടാക്കുന്നു. വായു പാളികളുടെ ചലന സ്വഭാവത്തിനാൽ ജലാവസ്ഥയിൽ നിന്ന് പ്രതിഫലിക്കുന്നതു പോലെ കാണും. അല്ലെങ്കിൽ വസ്തുവിനടിയിൽ നനഞ്ഞ പ്രതലം ഉള്ളതു പോലെ കാണും. ഇത് ചിത്രം 6.23(a) ൽ കൊടുത്തിട്ടുണ്ട്. ഈ പ്രതിഭാസത്തിന് മരീചിക എന്നു പറയുന്നു.

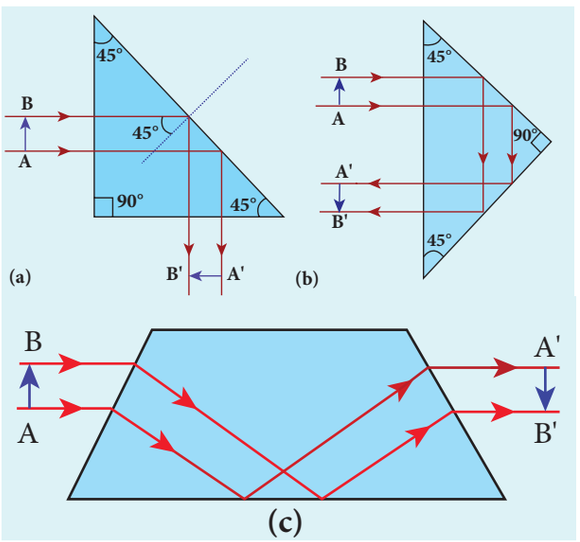
തണുത്ത പ്രദേശങ്ങളിൽ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിനടുത്തേക്ക് വരുന്തോറും അപവർത്തനാങ്കം അധികരിക്കുന്നു. എന്തെന്നാൽ, മുകളിലുള്ള വായുവിനെക്കാൾ നിലത്തിനരികിലുള്ള വായു പാളിയുടെ താപനില കുറവായി കാണപ്പെടുന്നു. അതു കൊണ്ട്, നിലത്തിനരികിലുള്ള വായുവിന്റെ സാന്ദ്രത, അപവർത്തനാങ്കം എന്നിവ ഉയരത്തിലുള്ള വായുവിനെക്കാൾ കൂടുതലായിരിക്കും. മഞ്ഞുമലകൾ, ഉറഞ്ഞ തടാകങ്ങൾ, കടൽ തുടങ്ങിയവയിൽ മരീചികയുടെ വിപരീത പ്രഭാവം ഉണ്ടാകുന്നു. അതുകൊണ്ട് തലകീഴായ പ്രതിബിംബം നിലത്തിൽ നിന്ന് കുറച്ചുയരത്തിൽ ചിത്രം 6.23(b). ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതു പോലെ കാണുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസത്തിന് ലൂമിംഗ് എന്നു പറയുന്നു.



ചിത്രം 6.23 (a) മരീചികയും (b) ലൂമിഗും

6.4.7.3 പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനം ഉപയോഗിച്ച് പ്രിസം രൂപപ്പെടുത്തൽ

പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനം ഉപയോഗിച്ച് പ്രകാശത്തെ 90^o അല്ലെങ്കിൽ 180^o പ്രതിഫലിക്കും വിധം പ്രിസങ്ങളെ രൂപപ്പെടുത്താം. ഇത് ചിത്രം 6.24(a), 6.24(b) എന്നിവയിൽ കൊടുത്തിട്ടുണ്ട്. ആദ്യത്തെ



ചിത്രം 6.24 പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനം ഉപയോഗിച്ച് പ്രിസങ്ങളെ രൂപപ്പെടുത്തൽ

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 21 2/14/2023 5:31:28 PM

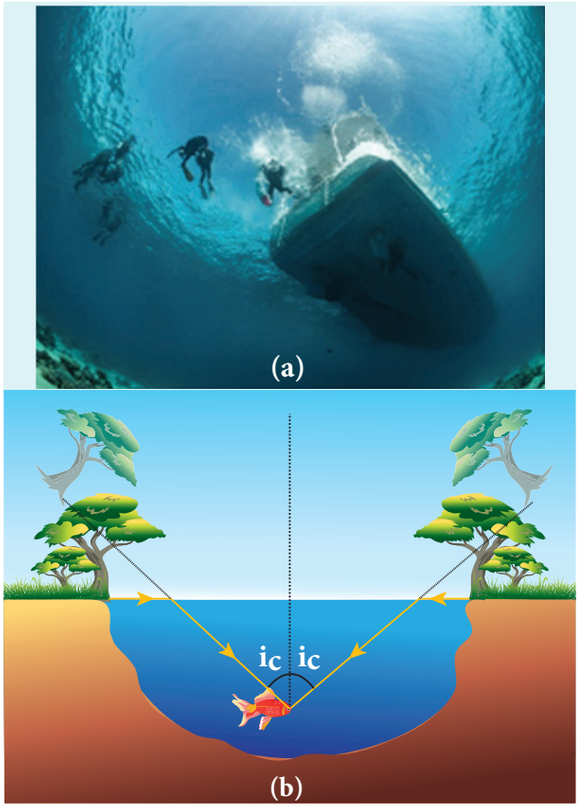
രണ്ട് പ്രതിഭാസങ്ങളിൽ അസംസ്കൃതവസ്തുവിന്റെ കാന്തികകോണിന്റെ മൂല്യം i_c, 45° യെക്കാൾ കുറവാണ്. പ്രിസങ്ങളുപയോഗിച്ച് പ്രതിബിംബത്തിന്റെ അളവ് മാറ്റാതെ പ്രതിബിംബങ്ങളെ തലകീഴാക്കാം. ഇത് ചിത്രം 6.24(c) ൽ കൊടുത്തിട്ടുണ്ട്.

6.4.7.4 പ്രകാശിപ്പിക്കലിന്റെ വ്യാസാർദ്ധം (സ്നെൽസ് ജാലകം)

ചിത്രം 6.25 ജലസംഭരണിയ്ക്കുള്ളിലുള്ള പ്രകാശ സ്രോതസ്സ്

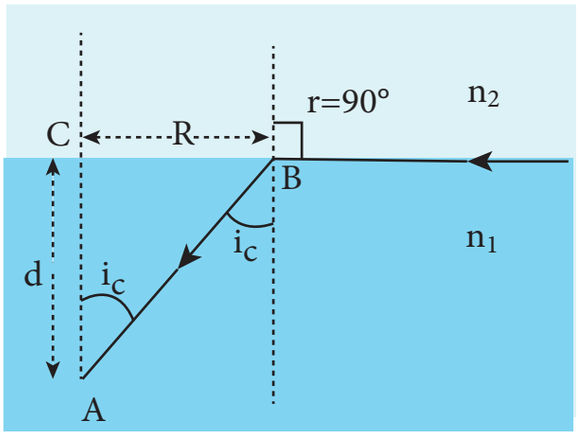
വൈദ്യുത ബൾബ് തുടങ്ങിയ പ്രകാശ സ്രോതസ്സിനെ ജലസംഭരണിയ്ക്കുള്ളിൽ വയ്ക്കപ്പെടുമ്പോൾ, പ്രകാശസ്രോതസ്സിൽ നിന്ന് വരുന്ന പ്രകാശം ജലത്തിനുള്ളിൽ എല്ലാ ദിശകളിലും സഞ്ചരിക്കുന്നു. ക്രാന്തികകോണിനെക്കാൾ കുറവായ പതനകോണിൽ ജലപ്രതലത്തിൽ പതിക്കുന്ന പ്രകാശ രശ്മികൾ അപവർത്തനം സംഭവിച്ച് ജലപ്രതലത്തിൽ നിന്ന് പുറത്തുവരുന്നു. ക്രാന്തികകോണിനെക്കാൾ കൂടിയ പതനകോണിൽ ജലപ്രതലത്തിൽ പതിക്കുന്ന പ്രകാശരശ്മികളിൽ പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനം നടക്കുന്നു. ക്രാന്തികകോണിന് സമമായ പതനകോണിൽ ജലപ്രതലത്തിൽ പതിക്കുന്ന പ്രകാശരശ്മികൾ ത്രലത്തെതഴുകിച്ചെല്ലുന്നു. അതുകൊണ്ട്, പുറത്തുനിന്ന് നോക്കുമ്പോൾ ജലപ്പരപ്പ് പൂർണ്ണമായും പ്രകാശിപ്പിക്കപ്പെട്ടതു പോലെ കാണും. ഇത് ചിത്രം 6.25 ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

നേരേ മറിച്ച് ബാഹ്യ പ്രകാശത്തിനെ ജലത്തിനുള്ളിൽ നിന്നുനോക്കുമ്പോൾ നമ്മുടെ വീക്ഷണം ക്രാന്തിക കോണിന് i_c സമമായ ഒരു കോണിനകത്ത് നിയന്ത്രിക്കപ്പെടുന്നു. ഇപ്രകാരം ഒരു നിശ്ചിത വ്യാസാർദ്ധമുള്ള പ്രകാശിപ്പിക്കപ്പെട്ട വൃത്ത പ്രതലത്തിന് സ്നെൽ ജാലകം എന്നു പറയുന്നു. സ്നെൽ ജാലകം ചിത്രം 6.26(a) യിൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്. ജലജീവികളുടെ വീക്ഷണ കോൺ ചിത്രം 6.26(b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 6.26 (a) സ്നെൽസ് ജാലകവും (b) ജലജീവികളുടെ വീക്ഷണകോണും

ജലജീവികളുടെവീക്ഷണകോൺക്രാന്തികകോണിന്റെ ഇരുമടങ്ങിനു സമമായ $2i_c$ കോണിനുള്ളിൽ നിയന്ത്രിക്കപ്പെടുന്നു. ജലത്തിന്റെ ക്രാന്തിക കോൺ 48.6° ആയതിനാൽ മുകളിലോട്ടുള്ള ആകെ വീക്ഷണകോൺ 97.2° ആകുന്നു. വൃത്തപ്രതലത്തിന്റെ വ്യാസാർദ്ധം R, ജലജീവികൾ എത്ര ആഴത്തിൽ നിന്ന് (d) മുകളിലോട്ടു നോക്കുന്നു. എന്നതിനെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും. സ്നെൽസ് ജാലകത്തിന്റെ വ്യാസാർദ്ധം ചിത്രം6.27 ൽ വ്യക്തമായി വരച്ചുകാട്ടുന്നുണ്ട്.



ചിത്രം 6.27 സ്നെൽസ്ജാലകത്തിന്റെ വ്യാസാർദ്ധം

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 22 2/14/2023 5:31:29 PM

പ്രകാശം d ആഴത്തിൽ A എന്ന ബിന്ദുവിൽ നിന്ന്വീക്ഷിക്കപ്പെടുന്നു.രണ്ടുമാദ്ധ്യമങ്ങളേയുംവേർതിരിക്കുന്ന തലത്തിൽ B എന്ന ബിന്ദുവിൽ ഉണ്ടാകുന്ന അപവർത്തനത്തിനു സ്നെൽ നിയമത്തിന്റെ ഗുണന രൂപം (6.19) ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ,

$$n_1 \sin i_c = n_2 \sin 90^0 \qquad (6.32)$$

$$n_1 \sin i_c = n_2 \qquad \because \sin 90^0 = 1$$

$$\sin i_c = \frac{n_2}{n_1} \qquad (6.33)$$

സമകോണ ത്രികോണം ΔABC, ൽ നിന്ന്

$$\sin i_c = \frac{CB}{AB} = \frac{R}{\sqrt{d^2 + R^2}} \qquad (6.34)$$

സമീകരണങ്ങൾ (6.33), (6.34) എന്നിവയെ തുലനം ചെയ്യുമ്പോൾ, $\frac{R}{\sqrt{d^2 + R^2}} = \frac{n_2}{n_1}$

രണ്ടുവശവും വർഗ്ഗീകരിച്ച് പുനക്രമീകരിക്കുമ്പോൾ, $\frac{R^2}{R^2 + d^2} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$

തലകീഴാക്കുമ്പോൾ, $\frac{R^2 + d^2}{R^2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$

വീണ്ടും ലഘുകരിച്ചാൽ,

$$1 + \frac{d^2}{R^2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2; \qquad \frac{d^2}{R^2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 - 1;$$

$$\frac{d^2}{R^2} = \frac{n_1^2}{n_2^2} - 1 = \frac{n_1^2 - n_2^2}{n_2^2}$$

വീണ്ടും വർഗ്ഗീകരിച്ച് പുനക്രമീകരിക്കുമ്പോൾ,

$$\frac{R^2}{d^2} = \frac{n_2^2}{n_1^2 - n_2^2}; \qquad R^2 = d^2\left(\frac{n_2^2}{n_1^2 - n_2^2}\right)$$

പ്രകാശിപ്പിക്കപ്പെട്ട പ്രതലത്തിന്റെ വ്യാസാർദ്ധം,

$$R = d\sqrt{\frac{n_2^2}{\left(n_1^2 - n_2^2\right)}} \qquad (6.35)$$

പുറത്തുള്ള സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമം വായു ആണെങ്കിൽ, $n_2 = 1, n_1 = n$ എന്ന് കരുതിയാൽ

$$R = d\left(\frac{1}{\sqrt{n^2 - 1}}\right) \text{ (അല്ലെങ്കിൽ) } R = \frac{d}{\sqrt{n^2 - 1}} \qquad (6.36)$$

ഉദാഹരണം 6.9

നീന്തൽ കുളത്തിൽ 10 മീ ആഴത്തിൽ നിന്ന് മുകളിലോട്ട് നോക്കുമ്പോൾ കാണുന്ന പ്രകാശിപ്പിക്കലിന്റെ വ്യാസാർദ്ധം എത്രയാകുന്നു? ആകെ വീക്ഷണകോൺ എത്ര? [തന്നിട്ടുള്ളവ, ജലത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം 4/3]

നിർദ്ധാരണം

$n = 4/3$, $d = 10$ മീ.

പ്രകാശിപ്പിക്കലിന്റെ വ്യാസാർദ്ധം, $R = \frac{d}{\sqrt{n^2 - 1}}$

$$R = \frac{10}{\sqrt{(4/3)^2 - 1}} = \frac{10 \times 3}{\sqrt{16 - 9}}$$

$$R = \frac{30}{\sqrt{7}} = 11.32 \text{ മീ}$$

കാന്തിക കോൺ നിർണ്ണയിക്കൽ,

$$i_c = \sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right)$$

$$i_c = \sin^{-1}\left(\frac{1}{4/3}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{3}{4}\right) = 48.6^\circ$$

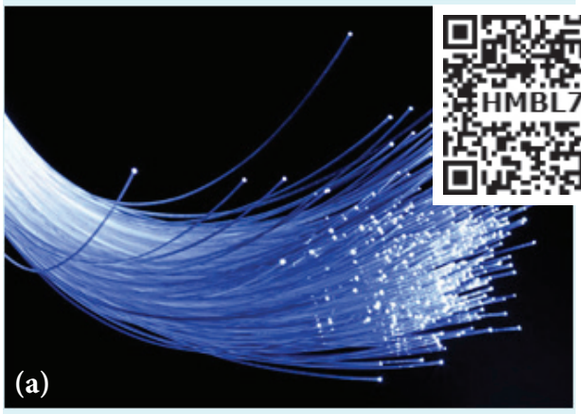
വീക്ഷണ വൃത്തസ്തൂപികയുടെ ആകെ കോൺ,

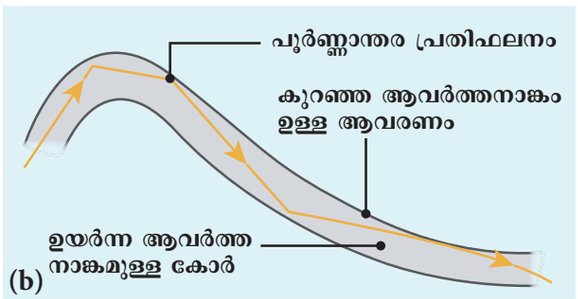
$$2i_c = 2 \times 48.6^\circ = 97.2^\circ$$

6.4.7.5 പ്രകാശതന്തുക്കൾ

പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലന പ്രതിഭാസത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി പ്രകാശതന്തുക്കൾ വഴി സന്ദേശം അയയ്ക്കാൻ സാധിക്കുന്നു. പ്രകാശതന്തുക്കളുടെ ഉൾഭാഗംകോർഎന്നുംപുറഭാഗംആവരണംഎന്നും പറയുന്നു. പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനം സംഭവിക്കുന്നതിന് ഉൾഭാഗത്തിലെ വസ്തുവിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം, പുറഭാഗത്തുള്ള ആവരണത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കത്തെക്കാൾ അധികമായിരിക്കേണ്ടതാണ്. പ്രകാശരൂപത്തിലുള്ള സന്ദേശം, പ്രകാശതന്തുവിന്റെ കോർ, ആവരണം എന്നിവ ചേരുന്ന പ്രതലത്തിന്റെഉൾഭാത്തായിഒരുനിശ്ചിതപതനകോണിൽ, അതായത്, ക്രാന്തികകോണിനെക്കാൾ അധിക

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 23 2/14/2023 5:31:33 PM



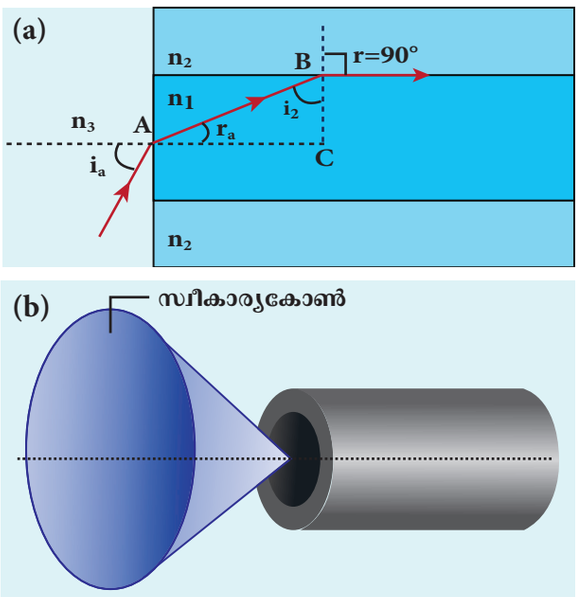


ചിത്രം 6.28 പ്രകാശതന്തുക്കൾ

പതനകോണിൽ പതിക്കുമ്പോൾ പ്രകാശതന്തുവിലുടനീളം യാതൊരു വിധ പ്രകാശനഷ്ടവും സംഭവിക്കാതെ തുടർച്ചയായി പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനം നടന്ന് മറ്റേയറ്റത്ത് എത്തുന്നു. കോറിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്ന പ്രകാശം, അതിന്റെ തീവ്രതയിൽ പറയത്തക്ക നഷ്ടമൊന്നും സംഭവിക്കാതെ ഒരറ്റത്ത് നിന്ന് മറ്റേയറ്റത്ത് എത്തുന്നു. ഇത് ചിത്രം 6.28(a) ൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്. പ്രകാശതന്തുവിനെ വളയ്ക്കപ്പെട്ട അവസ്ഥയിലും കോറും ആവരണവും ചേരുന്ന പ്രതലത്തിൻ മേൽ പതിക്കുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ പതനകോൺ എല്ലായ്പ്പോഴും ക്രാന്തികകോണിനെക്കാൾ കൂടുതലും ആയിരിക്കും ചിത്രം 6.28(b) ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ ഓരോ പ്രതിഫലനത്തിലും പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനം നടക്കുന്നതിനെ ഇത് ഉറപ്പുവരുത്തുന്നു.

6.4.7.6 പ്രകാശതന്തുക്കളുടെ സ്വീകാര്യ കോൺ

പ്രകാശതന്തുവിന്റെ ഉൾഭാഗത്ത്, കോറും ആവരണവും ചേരുന്ന പ്രതലത്തിൽ പതിക്കുന്ന പ്രകാശരശ്മിയുടെ പതനകോൺ, ക്രാന്തികകോണിൽ ആകണമെങ്കിൽ, പ്രകാശതന്തുവിന്റെ അറ്റത്ത് ഒരു നിശ്ചിത പതനകോണിൽ പ്രകാശരശ്മി പതിക്കേണ്ടതാണ്. ഈ പതനകോണിനെ പ്രകാശതന്തുവിന്റെ സ്വീകാര്യകോൺ എന്നു പറയുന്നു. സ്വീകാര്യകോൺ കോറിന്റെ അപവർത്താനാങ്കം n_1, ആവരണത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം n_2 ബാഹ്യ മാധ്യമത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം n_3. എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ബാഹ്യ മാധ്യമവും കോറും ചേരുന്ന പ്രതലത്തിൽ A എന്ന ബിന്ദുവിൽ പ്രകാശം സ്വീകാര്യകോണിൽ i_a പതിക്കുന്നു എന്നു കരുതുക.



ചിത്രം 6.29 (a) സ്വീകാര്യ കോണും (b) സ്വീകാര്യ വ്യൂത്ത സ്തൂപികയും

ചിത്രം (6.29) (a) ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ള പോലെ A എന്ന ബിന്ദുവിൽ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രകാശ അപവർത്തനത്തിനുള്ള സ്നെൽ നിയമത്തിന്റെ ഗുണനരൂപം (6.19) താഴെ കൊടുത്തിട്ടുണ്ട്.

$$n_3 \sin i_a = n_1 \sin r_a \qquad (6.37)$$

പ്രകാശ തന്തുവിന്റെ ഉൾഭാഗത്ത് പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനം സംഭവിക്കണമെങ്കിൽ കോറും ആവരണവും ചേരുന്ന പ്രതലത്തിൽ B എന്ന ബിന്ദുവിൽ പതിക്കുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ പതനകോൺ കുറഞ്ഞ (iC) പക്ഷം ക്രാന്തിക കോണായിരിക്കേണ്ടതാണ്. സ്നെൽ നിയമത്തിന്റെ ഗുണന രൂപം B എന്ന ബിന്ദുവിൽ ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ,

$$n_1 \sin i_c = n_2 \sin 90^\circ \qquad (6.38)$$

$$n_1 \sin i_c = n_2 \qquad \because \sin 90^\circ = 1$$

$$\therefore \sin i_c = \frac{n_2}{n_1} \qquad (6.39)$$

സമകോണത്യകോണം ΔABC യിൽ നിന്ന്,

$$i_c = 90^\circ - r_a$$

സമീകരണം (6.39) താഴെകാണിച്ചതു പോലെ മാറ്റപ്പെടുന്നു.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 24 2/14/2023 5:31:35 PM

$$\sin\left(90^\circ - r_a\right) = \frac{n_2}{n_1} \text{ (അല്ലെങ്കിൽ) } \cos r_a = \frac{n_2}{n_1} \quad (6.40)$$

$$\sin r_a = \sqrt{1 - \cos^2 r_a}$$

$\cos r_a$ യുടെ മൂല്യം പ്രസ്താവിക്കുമ്പോൾ

$$\sin r_a = \sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2} = \sqrt{\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2}} \quad (6.41)$$

ഇത് സമീകരണം (6.37) ൽ പ്രസ്താവിക്കുമ്പോൾ.

$$n_3 \sin i_a = n_1 \sqrt{\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2}} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (6.42)$$

വീണ്ടും ഇതിനെ ലഘൂകരിക്കുമ്പോൾ,

$$\sin i_a = \frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{n_3} \text{ (അല്ലെങ്കിൽ) } \sin i_a = \sqrt{\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_3^2}} \quad (6.43)$$

$$i_a = \sin^{-1}\left(\sqrt{\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_3^2}}\right) \quad (6.44)$$

ബാഹ്യ മാധ്യമം വായു ആണെങ്കിൽ $n_3 = 1$. അതുകൊണ്ട് സ്വീകാര്യകോൺ i_a താഴെ കാണുന്നതു പോലെ മാറുന്നു,

$$i_a = \sin^{-1}\left(\sqrt{n_1^2 - n_2^2}\right) \quad (6.45)$$

പ്രകാശം 0 മുതൽ i_a വരെയുള്ള ഏതൊരു പതന കോണിനേയും പ്രകാശ തന്തുവിന്റെ അറ്റത്ത് ലംബ രേഖയ്ക്കനുസരിച്ച് രൂപപ്പെടുത്തും. പതന കോണിന്റെ മൂല്യത്തിൽ രൂപപ്പെടുത്തുന്ന വൃത്തസ്തൂപിക യെ സ്വീകാര്യ വൃത്ത സ്തൂപിക എന്നു പറയുന്നു. ഇതു ചിത്രം 6.29(b) ൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഈ വൃത്ത സ്തൂപികയ്ക്കുള്ളിൽ പ്രകാശം ഏതു ദിശയിലും പ്രകാശതന്തുവിനുള്ളിൽ പ്രവേശിക്കാം. സമീകരണം (6.42), ൽ ഉള്ള $(n_3 \sin i_a)$ പദത്തിനു പ്രകാശ തന്തുവിന്റെ സംഖ്യാ വിടവ് എന്ന് പറയുന്നു.

$$NA = n_3 \sin i_a = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (6.46)$$

ബാഹ്യ മാധ്യമം വായു ആണെങ്കിൽ $n_3 = 1$. അതുകൊണ്ട്, സംഖ്യാ വിടവ് NA താഴെ കാണുന്നതു പോലെ മാറുന്നു,

$$NA = \sin i_a = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (6.47)$$

ഉദാഹരണം 6.10

ഒരു പ്രകാശ തന്തുവിന്റെ കോറിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം 1.68 അതിന്റെ ആവരണത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം 1.44. ഈ പ്രകാശതന്തു വായു മാധ്യമത്തിലുള്ളപ്പോൾ അതിന്റെ സ്വീകാര്യകോൺ എത്ര? ആവരണം ഇല്ലാത്ത അവസ്ഥയിൽ അതിന്റെ സ്വീകാര്യകോൺ കണക്കാക്കുക?

നിർദ്ധാരണം

$n_1 = 1.68, \quad n_2 = 1.44, \quad n_3 = 1$

സ്വീകാര്യകോൺ, $i_a = \sin^{-1}\left(\sqrt{n_1^2 - n_2^2}\right)$

$$i_a = \sin^{-1}\left(\sqrt{(1.68)^2 - (1.44)^2}\right) = \sin^{-1}(0.865)$$

$i_a \approx 60^\circ$

ആവരണം ഇല്ലാത്ത അവസ്ഥയിൽ, $n_2 = 1$

സ്വീകാര്യകോൺ, $i_a = \sin^{-1}\left(\sqrt{n_1^2 - 1}\right)$

$$i_a = \sin^{-1}\left(\sqrt{(1.68)^2 - 1}\right) = \sin^{-1}(1.35)$$

$\sin^{-1}$ (ഒന്നിനേക്കാൾ അധികം) സാധ്യമല്ല പക്ഷെ, ഇത് 0^o യിൽ നിന്നും 90^o വരെയുള്ള പരിധിയിൽ വരുന്നു. അതുകൊണ്ട് എല്ലാ രശ്മികളും സമതല പ്രതലത്തിൽ നിന്ന് കോറിൽ പ്രവേശിച്ച് പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനത്തിനു വിധേയമാകുന്നു.

കുറിപ്പ്: ആവരണം ഇല്ലാ എങ്കിൽ കോറിന്റെ ആവർത്തനാങ്കത്തിനായുള്ള (n_1) നിബന്ധന.

$$i_a = \sin^{-1}\left(\sqrt{n_1^2 - 1}\right)$$

ഇവിടെ ഗണിത നിയമമനുസരിച്ച്,

$\left(n_1^2 - 1\right) \le 1$ (അല്ലെങ്കിൽ) $\left(n_1^2\right) \le 2$

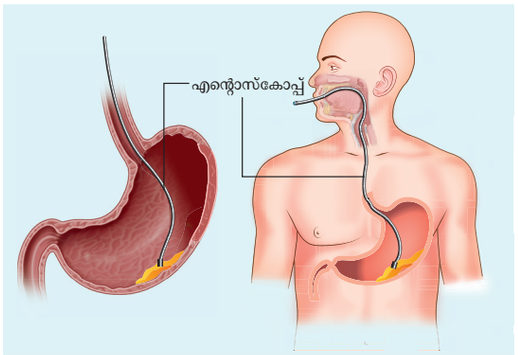
അല്ലെങ്കിൽ $\quad n_1 \le \sqrt{2}$

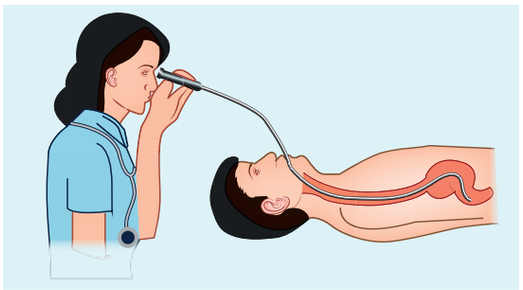
ആയതിനാൽ, വായുവിൽ (ആവരണം ഇല്ലാത്ത അവസ്ഥയിൽ) കോറിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം n_1 ന്റെ മൂല്യം, $n_1 \le 1.414$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 25 2/14/2023 5:31:40 PM

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

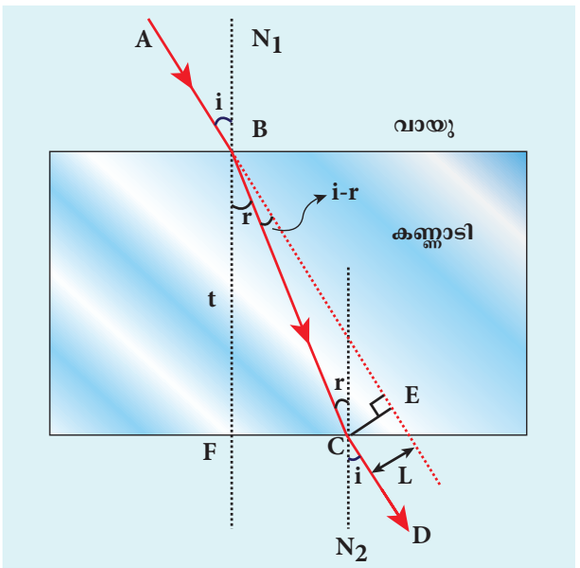
എന്റോസ്കോപ്പ് എന്നത് പ്രകാശ തന്തുക്കളുടെ കൂട്ടമാകുന്നു. രോഗികളുടെ ശരീരത്തിനുള്ളിൽ ഇത് കടത്തി ഉള്ളിലുള്ള ഭാഗങ്ങൾ ഡോക്ടർമാർ നിരീക്ഷിക്കുന്നു. എന്റോസ്കോപ്പ് പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനതത്വത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. പ്രകാശ തന്തുക്കളെ വായ, മൂക്ക് അല്ലെങ്കിൽ ശരീരത്തിലെ ഏതെങ്കിലും ഒരു പ്രത്യേക ദ്വാരത്തിലൂടെ രോഗിയുടെ ശരീരത്തിനുള്ളിൽ കടത്തുന്നു. ഇപ്രകാരം കടത്തി, ശസ്ത്രക്രിയകളും ചെയ്യുന്നു.





6.4.8 കണ്ണാടിപ്പാളത്തിലെ പ്രകാശഅപവർത്തനം

കണ്ണാടിപ്പാളം എന്നത് ഘന ചതുര കണ്ണാടിയാകുന്നു. ഇതിലൂടെ പ്രകാശം സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ കണ്ണാടിപ്പാളത്തിന്റെ രണ്ടു അപവർത്തന പ്രതലങ്ങളിലും അപവർത്തനം സംഭവിക്കുന്നു. കണ്ണാടിപ്പാളത്തിൽ പ്രകാശം പ്രവേശിക്കുമ്പോൾ, സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് (വായു) സാന്ദ്രത കൂടിയ (കണ്ണാടി) മാധ്യമത്തിലോട്ട് പ്രകാശം സഞ്ചരിക്കുന്നു. ആയതിനാൽ പ്രകാശം ലംബ രേഖയിലോട്ട് വ്യതിചലിക്കുന്നു. കണ്ണാടിപ്പാളത്തിൽ നിന്ന് പ്രകാശം പുറത്തുവരുമ്പോൾ അത് സാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിലേക്ക് വരുന്നു. അതുകൊണ്ട് പ്രകാശം ലംബ രേഖയിൽ നിന്നും അകലുന്നു. രണ്ടു പ്രകാശ അപവർത്തനങ്ങളും പൂർത്തീകരിച്ചതിനു ശേഷം കണ്ണാടിപ്പാളത്തിൽ നിന്ന് പുറത്തുവരുന്ന പ്രകാശ രശ്മിക്ക് തിരശ്ചീന സ്ഥാന ചലനം L സംഭവിച്ച് പതന രശ്മിയുടെ ദിശയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. അതായത് പ്രകാശരശ്മിയുടെ ദിശയിൽ യാതൊരു മാറ്റവും സംഭവിക്കുന്നില്ല. എന്നാൽ, പതന രശ്മി, അപവർത്തന രശ്മി ഇവ രണ്ടും ഒന്നിനൊന്നു സമാന്തരമായി വ്യത്യസ്ത പാതകളിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. തിരശ്ചീന സ്ഥാനചലനം കണക്കാക്കാൻ ചിത്രം 6.30 ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ പതന രശ്മി, അപവർത്തന രശ്മി എന്നിവയുടെ പാതകൾക്ക് മധ്യത്തിൽ ലംബരേഖ വരയ്ക്കേണ്ടതാണ്.



ചിത്രം 6.30 കണ്ണാടിപ്പാളത്തിലുണ്ടാകുന്ന അപവർത്തനം

ഒരു കണ്ണാടിപ്പാളത്തിന്റെ ഘനം t യും അപവർത്തനാങ്കം n ഉം ആയി കരുതുക ഈ പാളം വായു മാധ്യമത്തിൽ വയ്ക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. പ്രകാശത്തിന്റെ പാത $ABCD$, എന്നു കരുതുക. പതന കോൺ i അപവർത്തനകോൺ r ഇവരണ്ടും ലംബരേഖകൾ N_1, N_2 എന്നിവയ്ക്കനുസരിച്ച് കണ്ണാടിപ്പാളത്തിൽ B, C എന്നീ ബിന്ദുക്കളിൽ അളക്കപ്പെടുന്നു C എന്ന ബിന്ദുവിൽ അപവർത്തന രശ്മി, ദിശമാറാത്ത പതന രശ്മി എന്നിവയ്ക്കിടയ്ക്ക് വരയ്ക്കപ്പെട്ട ലംബ രേഖ CE തിരശ്ചീന സ്ഥാനചലനം L ആകുന്നു.

സമകോണത്രികോണം ΔBCE, ൽ

$$\sin(i-r)=\frac{L}{BC};\quad BC=\frac{L}{\sin(i-r)} \qquad (6.48)$$

സമകോണത്രികോണം ΔBCF, ൽ

$$\cos(r)=\frac{t}{BC};\quad BC=\frac{t}{\cos(r)} \qquad (6.49)$$

സമീകരണങ്ങൾ (6.48), (6.49) ഇവ രണ്ടും തുലനം ചെയ്യുമ്പോൾ,

$$\frac{L}{\sin(i-r)}=\frac{t}{\cos(r)}$$

സമീകരണം പുനക്രമീകരിക്കുമ്പോൾ,

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 26 2/14/2023 5:31:43 PM

$$L = t\left(\frac{\sin(i-r)}{\cos(r)}\right) \qquad (6.50)$$

തിരശ്ചീന സ്ഥാനചലനം താഴെപ്പറയുന്നവയെ ആശ്രയിച്ചുകാണപ്പെടുന്നു.(i) കണ്ണാടിപ്പാളത്തിന്റെ ഘനം(ii) പതനകോൺ(iii) അപവർത്തനകോണിനെനിശ്ചയിക്കുന്നകണ്ണാടിപ്പാളത്തിന്റെഅപവർത്തനാങ്കം.ഘനമുള്ളകണ്ണാടിപ്പാളംകൂടുതൽതിരശ്ചീന സ്ഥാനചലനം ഉണ്ടാക്കുന്നു. ഉയർന്ന പതന കോൺ മൂല്യങ്ങൾക്ക് തിരശ്ചീനസ്ഥാന ചലനവും ഉയർന്നതായിരിക്കും. അതുപോലെ അധിക അപവർത്തനാങ്കത്തിനുള്ള തിരശ്ചീന സ്ഥാനചലനവും അധികമായിരിക്കും.

ഉദാഹരണം 6.11

0.25 മീ ഘനമുള്ള കണ്ണാടിപ്പാളത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം1.5.ആകുന്നു.ഒരുപ്രകാശരശ്മികണ്ണാടിപ്പാളത്തിന്റെ ഒരു പ്രതലത്തിൽ 60^{o} കോണിൽ പതിച്ച് അടുത്ത പ്രതലത്തിലൂടെ പുറത്തു വരുന്നു എങ്കിൽ, പ്രകാശത്തിനു സംഭവിച്ച തിരശ്ചീന സ്ഥാനചലനം കണക്കാക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

കണ്ണാടിപ്പാളത്തിന്റെ ഘനം, $t = 0.25$ മീ, അപവർത്തനാങ്കം, $n = 1.5$, പതനകോൺ, $i = 60^{o}$.

സ്നെൽ നിയമമനുസരിച്ച്, $1 \sin i = n \sin r$

$$\sin r = \frac{\sin i}{n} = \frac{\sin 60^{\circ}}{1.5} = 0.58$$

$$r = \sin^{-1}(0.58) = 35.25^{\circ} = 35^{\circ}15'0''$$

തിരശ്ചീനസ്ഥാനചലനം, $L = t\left(\frac{\sin(i-r)}{\cos(r)}\right)$

$$L = (0.25)\times\left(\frac{\sin(60-35.25)}{\cos(35.25)}\right) = 0.1281 \text{ മീ}$$

തിരശ്ചീന സ്ഥാന ചലനം, $L = 12.81$ സെ.മീ

6.5 ഏകഗോളീയ പ്രതലത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന അപവർത്തനം

ഇതുവരെനാംസമതലപ്രതലത്തിൽഉണ്ടാകുന്ന അപവർത്തനത്തെക്കുറിച്ചുമാത്രം പഠിച്ചു. രണ്ട് സുതാര്യമായമാധ്യമങ്ങൾക്കുനടുവിലുള്ളഗോളീയ പ്രതലത്തിലും പ്രകാശ അപവർത്തനം നടക്കുന്നു. ഗോളീയപ്രതലത്തിന്റെഓരോബിന്ദുവിലുംപ്രകാശ അപവർത്തന നിയമം അനുയോജ്യമാണ്. പ്രകാശ രശ്മി പതിക്കുന്ന ബിന്ദുവിലുള്ള ലംബരേഖ, ആ ബിന്ദുവിൽ ഗോളീയ പ്രതലത്തിൽ വരയ്ക്കപ്പെട്ട സ്പർശരേഖാ പ്രതലത്തിനു ലംബമാകുന്നു. ആയതിനാൽ,ലംബരേഖ എല്ലായിപ്പോഴും വക്രതാ കേന്ദ്രത്തിലൂടെ കടന്നു പോകുന്നു. ഏക ഗോളീയ പ്രതലത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന അപവർത്തനത്തെ കുറിച്ചുള്ള അറിവ്, ദ്വിപ്രതല ലെൻസുകളെ കുറിച്ച് മനസ്സിലാക്കാൻസഹായകമാകുംലെൻസിന്റെരണ്ടുപ്രതലങ്ങളിൽ ഏതെങ്കിലും ഒരു പ്രതലം അല്ലെങ്കിൽ രണ്ടുപ്രതലങ്ങളും ഗോളീയ പ്രതലങ്ങളായിരിക്കാം.

ഗോളീയപ്രതലത്തിൽഉണ്ടാകുന്നപ്രകാശഅപവർത്തനത്തെ കുറിച്ച് പഠിക്കുമ്പോൾ, താഴെപറയുന്ന അനുമാനങ്ങൾ പരിഗണിക്കേണ്ടതാണ്.

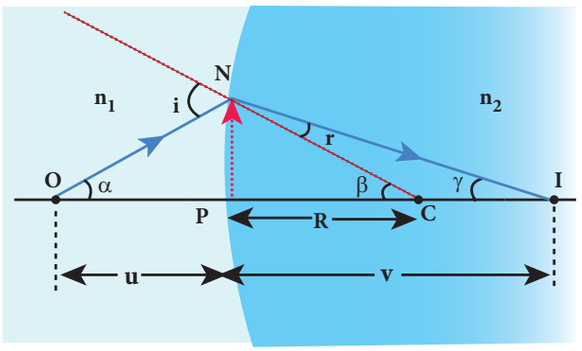
(i) പതനപ്രകാശ രശ്മി ഏകവർണ്ണമുള്ളതായി (മോണോക്രമാറ്റിക്) കരുതേണ്ടതാണ്.

(ii) പതനരശ്മി, മുഖ്യ അക്ഷത്തിനു വളരെ അടുത്തായിരിക്കും. (പരാക്സ്യൽ രശ്മി).

ഗോളീയദർപ്പണങ്ങൾക്ക്ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്ന സാങ്കേതിക ചിഹ്നങ്ങൾ ഇവയിലും ഉപയോഗപ്പെടുത്താം.

6.5.1 ഏകഗോളീയ പ്രതലത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന അപവർത്തനത്തിനായുള്ള സമീകരണം

n_1, n_2 എന്നീ അപവർത്തനാങ്കങ്ങൾ ഉള്ള രണ്ടു സുതാര്യ മാധ്യമങ്ങൾ ചിത്രം 6.31. ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതു പോലെ ഒരു ഗോളീയ പ്രതലത്തിനാൽ വേർതിരിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ഗോളീയ പ്രതലത്തിന്റെ വക്രതാകേന്ദ്രം C ആകുന്നു. O എന്ന ഒരു പോയിന്റ് ഓബ്ജക്ട് n_1 അപവർത്തനാങ്കമുള്ള മാധ്യമത്തിലാണ് എന്ന് കരുതുക. OC എന്ന രേഖ, ഗോളീയ പ്രതലത്തെ പ്രതല ധ്രുവം P ൽ ഛേദിക്കുന്നു. പ്രകാശരശ്മികളെ പരാക്സ്യൽ രശ്മികളായി കരുതുന്നതിനാൽ പതനബിന്ദുവിനും, മുഖ്യ അക്ഷത്തിനും വരയ്ക്കപ്പെട്ട ലംബരേഖ പ്രതല ധ്രുവം P യ്ക്ക് അടുത്തായി അല്ലെങ്കിൽ P യിലൂടെ പോകുന്നു.



ചിത്രം 6.31 ഏകഗോളീയ പ്രതലത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രകാശ പ്രവർത്തനം

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 27 2/14/2023 5:31:45 PM

ബിന്ദു Oൽ നിന്നു വരുന്ന പ്രകാശ രശ്മി പ്രകാശ അപവർത്തന പ്രതലത്തിൽ N എന്ന ബിന്ദുവിൽ പതിക്കുന്നു. ഈ പതന ബിന്ദുവിൽ വരയ്ക്കപ്പെട്ട ലംബരേഖ വക്രതാകേന്ദ്രം C യിലൂടെ കടന്നു പോകുന്നു. ഇവിടെ $n_2 > n_1$, ആയതിനാൽ സാന്ദ്രതകൂടിയ മാധ്യമത്തിലുള്ള പ്രകാശ രശ്മി ലംബരേഖയെ നോക്കി വ്യതിചലിച്ച് മുഖ്യഅക്ഷത്തിൽ I എന്ന ബിന്ദുവിൽ ഖണ്ഡിക്കുന്നു. ആ ബിന്ദുവിൽ പ്രതിബിംബം ഉണ്ടാകുന്നു.

N എന്ന ബിന്ദുവിൽ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രകാശ അപവർത്തനത്തിനായുള്ള സ്നെൽ നിയമത്തിന്റെ ഗുണനരൂപം താഴെ കൊടുത്തിട്ടുണ്ട് സമീകരണം (6.19),

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r$$

കോണുകൾ വളരെ ചെറുതായതിനാൽ കോണുകളുടെ സൈൻമൂല്യങ്ങളെ, നേരിട്ട് കോണുകളായെടുക്കാം.

$$n_1 i = n_2 r \qquad (6.51)$$

കോണുകൾ,

$\angle NOP = \alpha$, $\angle NCP = \beta$, $\angle NIP = \gamma$

സമകോണത്രികോണങ്ങൾ ΔNOP, ΔNCP മറ്റും ΔNIP, എന്നിവയിൽ നിന്ന്

$$\tan\alpha = \frac{PN}{PO}; \quad \tan\beta = \frac{PN}{PC}; \quad \tan\gamma = \frac{PN}{PI}$$

ഈ കോണുകളും വളരെ ചെറുതാണ്. അതുകൊണ്ട് കോണുകളുടെ ടേൻ മൂല്യത്തിനു പകരം കോണുകളായിത്തന്നെ എടുക്കാം.

$$\alpha = \frac{PN}{PO}; \ \beta = \frac{PN}{PC}; \ \gamma = \frac{PN}{PI} \qquad (6.52)$$

ത്രികോണം, ΔONC, യിൽ നിന്ന്

$$i = \alpha + \beta \qquad (6.53)$$

ത്രികോണം, ΔINC, യിൽ നിന്ന്

$$\beta = r + \gamma \text{ (അല്ലെങ്കിൽ) } r = \beta - \gamma \qquad (6.54)$$

സമീകരണം 6.53, 6.54 എന്നിവയിൽ നിന്ന് i, r എന്നീ മൂല്യങ്ങളെ സമീകരണം (6.51) ൽ പ്രസ്താവിക്കുമ്പോൾ.

$$n_1(\alpha + \beta) = n_2(\beta - \gamma)$$

സമീകരണം പുനക്രമീകരിക്കുമ്പോൾ,

$$n_1\alpha + n_2\gamma = (n_2 - n_1)\beta$$

സമീകരണം 6.52 ൽ നിന്ന് α, β, γ എന്നീ മൂല്യങ്ങളെ പ്രസ്താവിക്കുമ്പോൾ,

$$n_1\left(\frac{PN}{PO}\right) + n_2\left(\frac{PN}{PI}\right) = (n_2 - n_1)\left(\frac{PN}{PC}\right)$$

PN മാറ്റിയിട്ട് വീണ്ടും ലഘൂകരിക്കുമ്പോൾ,

$$\frac{n_1}{PO} + \frac{n_2}{PI} = \frac{n_2 - n_1}{PC} \qquad (6.55)$$

സമീകരണം 6.55 ൽ സാങ്കേതിക ചിഹ്നങ്ങളുപയോഗിക്കുമ്പോൾ, $PO = -u$, $PI = +v$, $PC = +R$ ആയതിനാൽ സമീകരണം (6.55) നെ ഇങ്ങനെ എഴുതാം.

$$\frac{n_1}{-u} + \frac{n_2}{v} = \frac{(n_2 - n_1)}{R}$$

സമീകരണം മാറ്റി ക്രമീകരിച്ച്, അവസാനമായി നമുക്ക് കിട്ടുന്നത്,

$$\frac{n_2}{v} - \frac{n_1}{u} = \frac{(n_2 - n_1)}{R} \qquad (6.56)$$

സമീകരണം (6.56), വസ്തുവിന്റെ ദൂരം, പ്രതിബിംബത്തിന്റെ ദൂരം, രണ്ടു മാധ്യമങ്ങളുടെ അപവർത്തനാങ്കങ്ങൾ, വക്രതാ പ്രതലത്തിന്റെ വക്രതാ വ്യാസാർത്ഥം എന്നിവയെ തമ്മിൽ ബന്ധപ്പെടുത്തുന്നു. ഈ സമീകരണം ഏതൊരു വക്രതാ പ്രതലത്തിനും അല്ലെങ്കിൽ ഗോളീയ പ്രതലത്തിനും അനുയോജ്യമായതാണ്. ആദ്യത്തെ മാധ്യമം വായു ആണെങ്കിൽ $n_1 = 1$ രണ്ടാമത്തെ മാധ്യമത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം n_2 വിനെ n എന്നും എടുത്താൽ, മേൽപറഞ്ഞ സമീകരണം താഴെ കാണുന്നതു പോലെ ലഘൂകരിക്കാം.

$$\frac{n}{v} - \frac{1}{u} = \frac{(n-1)}{R} \qquad (6.57)$$

കുറിപ്പ്

മുകളിലെ സാധൂകരണത്തിൽ അപവർത്തനത്തിനു ശേഷം കിരണങ്ങൾ ഒരു ബിന്ദുവിൽ കേന്ദ്രീകരിക്കുന്നതായി പരിഗണിക്കുന്നു. പക്ഷേ പൊതുവായി അപവർത്തനത്തിനു ശേഷം കിരണങ്ങൾ കേന്ദ്രീകരിക്കുകയോ അകന്ന് പോകുകയോ ചെയ്യുന്നു. ഇത് n_1 മേൽ n_2 വിന്റെ മൂല്യത്തേയും R നേയും വസ്തുവിന്റെ സ്ഥാനത്തിനേയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. മറ്റൊരു സാധ്യത ഉദാഹരണം 6.12ൽ ചർച്ച ചെയ്യുന്നു

ഉദാഹരണം 6.12

താഴെ കൊടുത്തിട്ടുള്ള സന്ദർഭങ്ങളിൽ പേയിന്റ് ഒബ്ജക്ട് O യുടെ സ്ഥാനം ചിത്രത്തിൽ കത്തുക വക്രതാ വ്യാസാർദ്ധം 'R' 15 സെ.മീ. ആയി എടുക്കുക. n1=1,. n2 =2.

കേസ് 1) പ്രതലത്തിന്റെ ഇടതു വശത്തായി 10 സെ.മീ. അകലത്തിൽ വസ്തു 'o' നെ വയ്ക്കുക.

കേസ് 2) പ്രതലത്തിൽ ഇടത് വശത്തായി 30 സെ.മീ.അകലത്തിൽ വസ്തു 'o' നെ വയ്ക്കുക.

ഉത്തരം

കേസ് 1:

$$\frac{n_2}{v} - \frac{n_1}{u} = \frac{(n_2 - n_1)}{R};$$

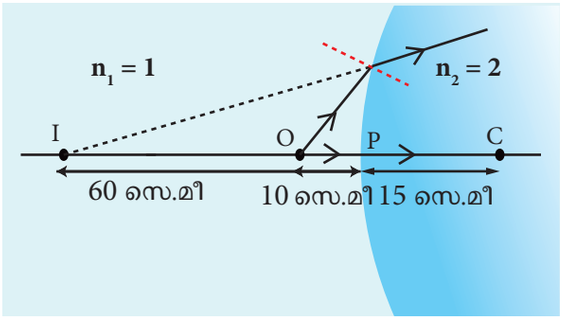
XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 28 2/14/2023 5:31:48 PM

സൈൻ കൺവെൻഷൻ പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ u = 10 സെ.മീ. R=15 സെ.മീ. ∴ v= 60 സെ.മീ.

$$\frac{2}{v}-\frac{1}{(-10)}=\frac{(2-1)}{15};\ \frac{2}{v}=\frac{1}{15}-\frac{1}{10}$$

$$\therefore v=-60 \text{ സെ.മീ}$$

പ്രതലത്തിന് ഇടതു വശത്തായി 60 സെ.മീ. അകലത്തിൽ മിഥ്യാ പ്രതിബിംബം ലഭിക്കുന്നു.



കേസ് 2:

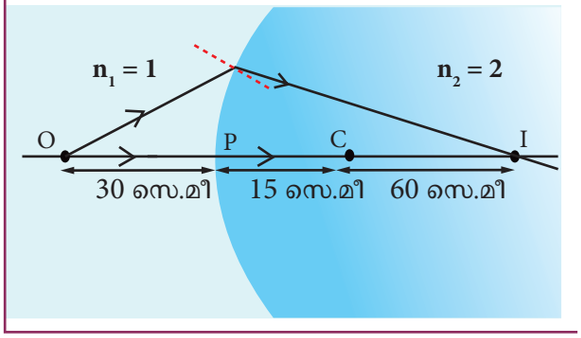
$$\frac{n_2}{v}-\frac{n_1}{u}=\frac{(n_2-n_1)}{R};$$

സൈൻ കൺവെൻഷൻ പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ u= 30 സെ.മീ. R=15 സെ.മീ. v=60 സെ.മീ.

$$\frac{2}{v}-\frac{1}{(-30)}=\frac{(2-1)}{15};\ \frac{2}{v}+\frac{1}{30}=\frac{1}{15}$$

$$\therefore v=60 \text{ സെ.മീ}$$

പ്രതലത്തിന് വലത് വശത്തായി 60 സെ.മീ. അകലത്തിൽ യഥാർത്ഥ പ്രതിബിംബം ലഭിക്കുന്നു.



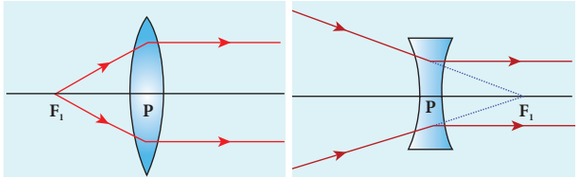
6.6 നേർത്ത ലെൻസ് (മെല്ലിയ ലെൻസ്)

രണ്ടു ഗോളാകൃതിയിലുള്ള അല്ലെങ്കിൽ ഒരു ഗോളാകൃതിയിലുള്ള പ്രതലം ഒരു സമതല പ്രതലം ഇവയ്ക്കു ഇടയിൽ പ്രകാശം കടത്തിവിടുന്ന പദാർത്ഥം ഉണ്ടായിരുന്നാൽ അവ ലെൻസുകളായി രൂപാന്തരപ്പെടുന്നു. രണ്ടു സമതലങ്ങൾക്ക് ഇടയിലുള്ള ദൂരം വളരെ കുറവായിരുന്നാൽ അവ നേർത്ത ലെൻസുകൾ എന്നറിയപ്പെടും. ലെൻസുകൾക്ക് രണ്ടു ഗോളക സമതലങ്ങൾ ഉള്ളതിനാൽ രണ്ടു വക്രതാ കേന്ദ്രങ്ങൾ C_1, മറ്റും C_2 കാണപ്പെടും. അതുപോലെ രണ്ടു വക്രതാവ്യാസാർദ്ധങ്ങളും R_1 മറ്റും R_2. ഉണ്ടായിരിക്കുന്നതാണ്. സമതലപ്രതലത്തിന്റെ വക്രതാകേന്ദ്രം C അനന്തതയിലായിരിക്കും. വക്രതാവ്യാസാർദ്ധം R ഉം $(R=\infty)$. അനന്തതയിലായിരിക്കും. ഗോളകദർപ്പണങ്ങൾക്ക് നാം ഉപയോഗിച്ച എല്ലാ പദാവലികളും നേർത്തലെൻസുകൾക്കും അനുയോജ്യമാണ്.

6.6.1 പ്രാഥമിക മറ്റും ദ്വിതീയ ഫോക്കസ്

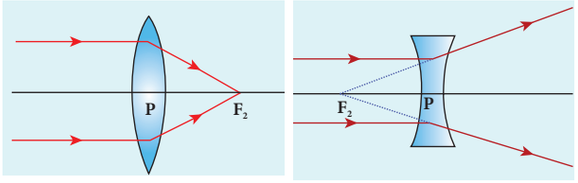
രണ്ടു ഗോളക സമതലങ്ങളാൽ ലെൻസുകൾ രൂപീകരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതാൽ, ഒരു ലെൻസ് രണ്ടു വെവ്വേറു മാധ്യമങ്ങളെയും വേർതിരിക്കുന്നു. ലെൻസിന്റെ വലതുവശം ഒരു മാധ്യമവും ഇടതുവശം മറ്റൊരു മാധ്യമവും ഉണ്ട്. അതുകൊണ്ട് നമുക്ക് രണ്ടു ഫോക്കസ് ദൂരങ്ങൾ കിട്ടുന്നു.

ലെൻസിൽ നിന്നും പുറത്തുവരുന്ന രശ്മികൾ മുഖ്യ അക്ഷത്തിനു സമാന്തരമായി വരുവാൻ, വസ്തുവിനെ ലെൻസിന്റെ മറുവശത്ത് ഏതു ബിന്ദുവിലാണോ വെയ്ക്കേണ്ടത് ആ ബിന്ദു മുഖ്യ ഫോക്കസ് എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഇതു ചിത്രം *6.32 (a)* യിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഉത്തല ലെൻസുകൾക്ക് ആ വസ്തു യാഥാർത്ഥ്യവും അവതലലെൻസുകൾക്ക് ആ വസ്തു മിഥ്യയുമാകുന്നു. ദൂരം PF_1 പ്രാഥമിക ഫോക്കസ് ദൂരം F_1 എന്നറിയപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം 6.32 പ്രാഥമിക ഫോക്കസ്

സമാന്തരമായ പതനരശ്മികൾ ലെൻസിൽ പതിച്ച് അപവർത്തനത്തിനുശേഷം മുഖ്യ അക്ഷത്തിൽ ഏതു ബിന്ദുവിലാണോ കേന്ദ്രീകരിക്കുന്നത് ആ ബിന്ദുവിന് ദ്വിതീയ ഫോക്കസ് എന്ന് പറയുന്നു. ദൂരം PF_2 ദ്വിതീയ ഫോക്കസ് F_2 എന്ന് പറയുന്നു. ഇത് ചിത്രം *(b)* യിൽകാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഉത്തലലെൻസുകളാൽ ഇപ്രകാരം ഉണ്ടാകുന്ന ബിംബം യഥാർത്ഥ ബിംബമാകുന്നു. അവതല ലെൻസുകളാൽ കിട്ടുന്ന ബിംബം മിഥ്യാബിംബമാകുന്നു.



ചിത്രം 6.33 ദ്വിതീയ ഫോക്കസ്

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 29 2/14/2023 5:31:49 PM

നേർത്ത ലെൻസിന്റെ രണ്ടുവശങ്ങളിലും ഉള്ള മാധ്യമങ്ങൾ ഒരേ പ്രകാശ അപവർത്തനാങ്കം ഉള്ള തായിരുന്നാൽ രണ്ടു ഫോക്കസ് ദൂരങ്ങളും സമമാ യിരിക്കും. ഇനിവരുന്ന പാഠഭാഗങ്ങളിൽ പ്രധാനമാ യുംദ്വിതീയഫോക്കസ്ദൂരയാണെങ്കിൽനാംഉപയോ ഗപ്പെടുത്തുന്നത്.

6.6.2 ലെൻസുകളിൽ ഫോക്കസ് ദൂരത്തിനായുള്ള ചിഹ്നരീതി

നേർത്ത ലെൻസുകൾക്കായുള്ള ചിഹ്ന രീതി ഫോക്കസ് ദൂരത്തിൽ മാത്രം വ്യത്യാസപ്പെടും.

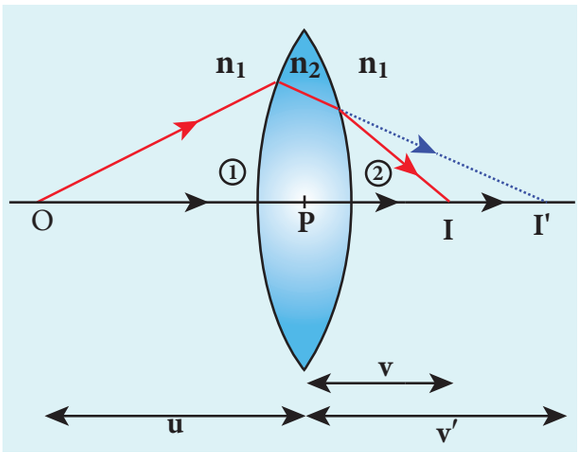
(i) ലെൻസിന്റെ ധ്രുവത്തിൽ നിന്നും ഫോക്കസ് ദൂര ത്തിനെ അളക്കുന്ന ദിശയ്ക്കനുസരിച്ച് ഫോക്ക സ് ദൂരത്തിന് ചിഹ്നം അനുവദിക്കരുത്. കാരണം ലെൻസുകൾക്ക് രണ്ടു ഫോക്കസ് ദൂരങ്ങൾഉണ്ട്. ഒന്ന് ഇടതുവശത്തും മറ്റൊന്നു വലതു വശത്തു മാണ് ഉള്ളത്. (ലെൻസിന്റെ ഒരു വശത്ത് പ്രാഥ മിക ഫോക്കസ് ദൂരവും, മറുവശത്ത് ദ്വിതീയ ഫോക്കസ് ദൂരവുമാണ് ഉള്ളത്).

(ii) കേന്ദ്രീകരിക്കുന്ന നേർത്ത ലെൻസുകൾക്ക് (ഉത്തല ലെൻസ്) ഫോക്കസ് ദൂരം പോസിറ്റീവാ യും നിർഗമിക്കുന്ന നേർത്ത ലെൻസുകൾക്ക് (അവതലലെൻസ്) ഫോക്കസ് ദൂരം നെഗറ്റീവാ യും എടുക്കണം.

വസ്തുവിന്റെ ദൂരം, ബിംബത്തിന്റെ ദൂരം, വക്ര തല വ്യാസാർദ്ധം, വസ്തുവിന്റെ ഉയരം എന്നിവ യ്ക്ക് ഗോളക ദർപ്പണങ്ങൾക്ക് ഉപയോഗിച്ചതു പോ ലെ തന്നെ നേർത്ത ലെൻസുകൾക്ക് ഉപയോഗി ക്കണം.

6.6.3 ലെൻസ് രൂപീകരണ സമവാക്യം ലെൻസ് സമീകരണം

n_2 അപവർത്തനാങ്കമുള്ള ഒരു മെല്ലിയ ലെൻ സിസ് n_1 അപവർത്തനാകമുള്ള ഒരു മാധ്യമത്തിൽ ഇരിക്കുന്നതായി കരുതുക. R_1, R_2 എന്നിവ ഒന്നാ മത്തെയും ര ണ്ടാമത്തെയും ഗോളക പ്രതലത്തിന്റെ വക്രതാ ആരമെന്നു കരുതുക. ചിത്രത്തിൽ P ചിത്രം 6.34. എന്നത് ലെൻസിന്റെ പ്രകാശിക കേന്ദ്രമാണ്. മുഖ്യ അക്ഷത്തിൽ Oഎന്ന ബിന്ദുവിൽ ഒരു ബിന്ദു വസ്തു ഉള്ളതായി കരുതുക. O യിൽ നിന്നു പുറപ്പെ ടുന്നപ്രകാശരശ്മിഗോളകപ്രതലം① ൽവീണ്അപ വർത്തനത്തിനു ശേഷം I' എന്ന പ്രതിബിംബത്തെ രൂപീകരിക്കേണ്ടതാണ്. എന്നാൽ ഇതു സംഭവിക്കു ന്നതിനുമുമ്പ്പ്രകാശരശ്മിഗോളകപ്രതലം② നാൽ അപവർത്തനം സംഭവിച്ച് അവസാന ബിംബം ചിത്രം 6.34 ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതു പോലെ I ൽ കിട്ടുന്നു.



ചിത്രം 6.34 നേർത്ത ലെൻസിലൂടെയുള്ള അപവർത്തനം

ഗോളക പ്രതലത്തിനാൽ ഏർപ്പെടുന്ന പ്രകാശ അപവർത്തനത്തിനായുള്ള പൊതുവായ സമീകര ണം (6.56) അനുസരിച്ച്,

$$\frac{n_2}{v}-\frac{n_1}{u}=\frac{(n_2-n_1)}{R}$$

സമ്പർക്കതലം①, ൽപ്രകാശരശ്മിn_1 ൽനിന്നും n_2 വിലേക്ക് ചെല്ലുന്നു.

$$\frac{n_2}{v'}-\frac{n_1}{u}=\frac{(n_2-n_1)}{R_1} \qquad (6.58)$$

സമ്പർക്കതലം ②, ൽ പ്രകാശ രശ്മി n_2 മാധ്യമ ത്തിൽ നിന്നും n_1 മാധ്യമത്തിലേക്ക് ചെല്ലുന്നു.

$$\frac{n_1}{v}-\frac{n_2}{v'}=\frac{(n_1-n_2)}{R_2} \qquad (6.59)$$

$$\frac{n_1}{v}-\frac{n_1}{u}=(n_2-n_1)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$$

സമവാക്യങ്ങൾ 6.58 മറ്റും 6.59 നെ കൂട്ടുമ്പോൾ,

$$\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\left(\frac{n_2-n_1}{n_1}\right)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$$

$$\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\left(\frac{n_2}{n_1}-1\right)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right) \qquad (6.60)$$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 30 2/14/2023 5:31:51 PM

വസ്തു അനന്തതയിലായിരിക്കുമ്പോൾ പ്രതിബിംബം മുഖ്യ ഫോക്കസിൽ ആയിരിക്കും $u = \infty$, $v = f$ ആണെങ്കിൽ സമവാക്യം.

$$\frac{1}{f} - \frac{1}{\infty} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) \qquad (6.61)$$

ലെൻസിനെ വായുവിൽവെയ്ക്കുകയാണെങ്കിൽ $n_1 = 1$, $n_2 = n$ അതുകൊണ്ട് സമവാക്യം (6.61),

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) \qquad (6.62)$$

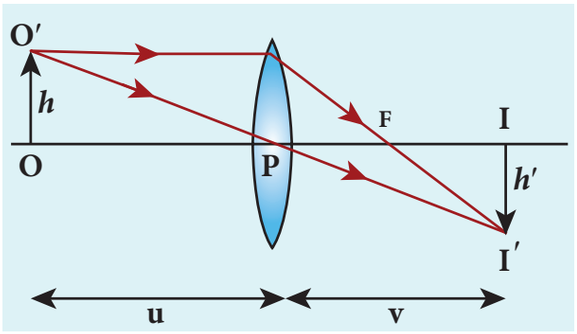
മുകളിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന സമവാക്യം, ലെൻസ് രൂപീകരണ സമവാക്യം എന്നറിയപ്പെടുന്നു. കാരണം ഈ സമവാക്യത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കികൊണ്ട് നാം ആഗ്രഹിക്കുന്ന ഫോക്കസ് ദൂരത്തിന് അനുയോജ്യമായ വക്രതാ ആരമുള്ള ഗോളാക പ്രതലം ആവശ്യമാണ്. എന്നതും കുറിപ്പിട്ട അപവർത്തനാങ്കം ഉള്ള പദാർത്ഥത്തെ ഉപയോഗിക്കണം. എന്നതും ലെൻസ് നിർമ്മിക്കുന്നവർക്ക് അറിയാൻ സാധിക്കും. ഈ സമവാക്യം എല്ലാത്തരം ലെൻസുകൾക്കും ഉപയോഗിക്കാം. സമവാക്യം (6.60) മറ്റും (6.61) താരതമ്യപ്പെടുത്തുകയാണെങ്കിൽ,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \qquad (6.63)$$

എന്ന് എഴുതാം. ഈ സമവാക്യം ലെൻസുകളുടെ സമവാക്യം എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഇത് വസ്തുവിന്റെ ദൂരം പ്രതിബിംബത്തിന്റെ ദൂരം മറ്റും ഫോക്കസ് ദൂരം എന്നിവയെ ബന്ധിപ്പിക്കുന്നു. ഈ സമവാക്യം ഏതുതരം ലെൻസുകൾക്കും അനുയോജ്യമാണ്.

6.6.4 നേർത്ത ലെൻസുകളുടെ പാർശ്വസ്ഥമായ ആവർധനം (രേഖീയ ആവർധനം)

h_1 ഉയരമുള്ള OO' എന്ന വസ്തു ചിത്രം 6.35 ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതു പോലെ പോൾ വഴിയായി കടന്നു പോകുന്ന OP രശ്മി യാതൊരു വ്യതിയാനവുമില്ലാതെ നേർരേഖയിൽ ചെല്ലുന്നു. മുഖ്യ അക്ഷത്തിനു സമാന്തരമായ രശ്മി ദ്വിതീയ ഫോക്കസ് വഴിയായി ചെല്ലുന്നു. ഈ രണ്ടു രശ്മികളും സന്ധിക്കുന്ന ബിന്ദുവിൽ h_2 ഉയരമുള്ള തലകീഴായ യഥാർത്ഥ പ്രതിബിംബം II' കിട്ടുന്നു.



ചിത്രം 6.35 നേർത്ത ലെൻസുകളുടെ രേഖീയ ആവർധനം

പ്രതിബിംബത്തിന്റെ ഉയരത്തിനും വസ്തുവിന്റെ ഉയരത്തിനും തമ്മിലുള്ള അനുപാതത്തെയാണ് ലെൻസിന്റെ പാർശ്വസ്ഥമായ ആവർധനം അല്ലെങ്കിൽ രേഖീയ ആവർധനം എന്ന് നിർവചിക്കാം.

$$m = \frac{II'}{OO'} \qquad (6.64)$$

$\Delta POO'$ മറ്റും $\Delta PII'$, എന്നീ സമാന ത്രികോണങ്ങളിൽ നിന്നും,

$$\frac{II'}{OO'} = \frac{PI}{PO} \qquad (6.65)$$

ചിഹ്നരീതി പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ,

$$\frac{-h'}{h} = \frac{v}{-u}$$

സമവാക്യം (6.65) ൽ ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ,

$$m = \frac{-h'}{h} = \frac{v}{-u}$$

പുനർക്രമീകരണത്തിനുശേഷം,

$$m = \frac{h'}{h} = \frac{v}{u} \qquad (6.66)$$

ആവർധനം യഥാർത്ഥ പ്രതിബിംബങ്ങൾക്ക് നെഗറ്റീവും മിഥ്യാപ്രതിബിംബങ്ങൾക്ക് പോസിറ്റീവും ആയിരിക്കും. ഒന്നിനേക്കാൾ കുറവും ആയിരിക്കും.

ലെൻസ് സമവാക്യത്തെയും ആവർധന സമവാക്യത്തെയും ഏകീകരിച്ച് താഴെ കൊടുത്തിട്ടുള്ള സമവാക്യം രൂപീകരിക്കാം,

$$m = \frac{h'}{h} = \frac{f}{f+u} \text{ (അല്ലെങ്കിൽ) } m = \frac{h'}{h} = \frac{f-v}{f} \qquad (6.67)$$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 31 2/14/2023 5:31:54 PM

ഉദാഹരണം 6.13

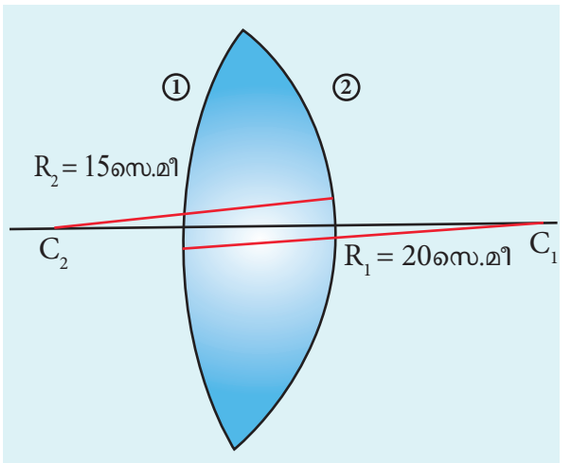
ഇരുപാർശ്വഉത്തലലെൻസിന്റെവക്രതാആരങ്ങൾ യഥാക്രമം 200 സെ.മീ മറ്റും 15 സെ.മീ ആണ് ലെൻസിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം 1.5 എങ്കിൽ.

(a) ഫോക്കസ് ദൂരം എത്രയാണ്?

(b) ലെൻസിന്റെ വശങ്ങൾ തമ്മിൽ മാറ്റിയാൽ ഫോക്കസ് ദൂരം വ്യത്യാസപ്പെടുമോ?

നിർദ്ധാരണം

ഇരുപാർശ്വ ഉത്തര ലെൻസിന്റെ ആദ്യ പ്രതല ത്തിന്റെ വക്രതാ ആരം പോസിറ്റീവും രണ്ടാമത്തെ പ്രതലത്തിന് നെഗറ്റീവും ആയിരിക്കും ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്.



n = 1.5, R_1=20 സെ.മീ, R_2= –15 സെ.മീ

(a) ലെൻസ് രൂപീകരണ സമവാക്യം, $\frac{1}{f}=(n-1)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$ തന്നിട്ടുള്ള മൂല്യങ്ങൾ പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ,

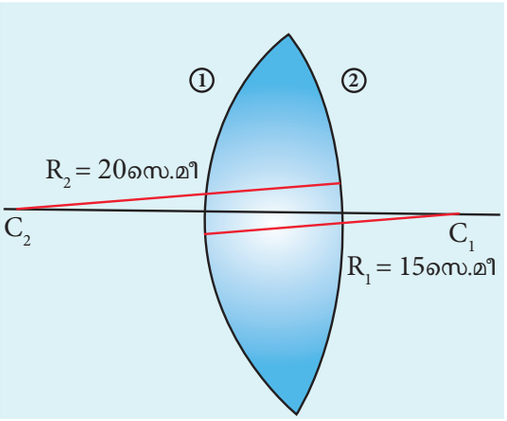
$$\frac{1}{f}=(1.5-1)\left(\frac{1}{20}-\frac{1}{-15}\right)=(1.5-1)\left(\frac{1}{20}+\frac{1}{15}\right)$$

$$\frac{1}{f}=(0.5)\left(\frac{1}{20}+\frac{1}{15}\right)=(0.5)\left(\frac{3+4}{60}\right)=\left(\frac{1}{2}\times\frac{7}{60}\right)=\frac{7}{120}$$

$$f=\frac{120}{7}=17.14 \text{ സെ.മീ}$$

ഫോക്കസ് ദൂരം പോസിറ്റീവായതാൽ ഇത് ഒരു ഉത്തല ലെൻസ് ആയിരിക്കും.

(b) ലെൻസിന്റെ വശങ്ങൾ തമ്മിൽ മാറ്റുമ്പോൾ,



ഇപ്പോൾ, n = 1.5, R_1= 15 സെ.മീ, R_2= –20 സെ.മീ തന്നിട്ടുള്ള മൂല്യങ്ങളെ ലെൻസ് രൂപീകരണ സമവാക്യത്തിൽ പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ,

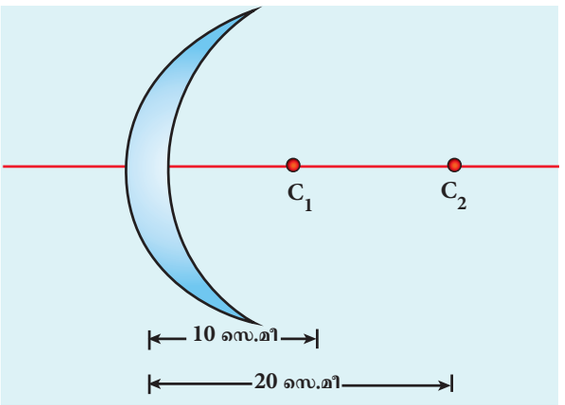
$$\frac{1}{f}=(1.5-1)\left(\frac{1}{15}-\frac{1}{-20}\right)$$

$$\frac{1}{f}=(1.5-1)\left(\frac{1}{15}+\frac{1}{20}\right)$$

ഇതിൽ നിന്നും, f = 17.14 സെ.മീ എന്ന് കിട്ടുന്നു. ഇതിൽനിന്നുംലെൻസിന്റെമുൻവശത്തെപിൻവശ മായി മാറ്റി ഉപയോഗിച്ചാലും അതിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരം മാറുന്നില്ല എന്ന് മനസ്സിലാക്കാം. ഇത് എല്ലാ ത്തരം ലെൻസുകൾക്കും യോജ്യമാണ്. വിദ്യാർ ത്ഥികൾ ഏതു തരം ലെൻസിനും ഇത് ശരിയാണ് എന്ന് സ്ഥിരീകരിക്കാം.

ഉദാഹരണം 6.14

ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ അപവർ ത്തനാങ്കം 1.52 ഉള്ള പദാർത്ഥത്താൽ നിർമ്മി ച്ചിരി ക്കുന്ന ഒരു ലെൻസിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരം കണ്ടുപി ടിക്കുക.C_1 മറ്റുംC_2 എന്നത് യഥാക്രമംആദ്യത്തെയും രണ്ടാമത്തെയും വക്രതാ കേന്ദ്രങ്ങളെ കുറിക്കുന്നു.)



XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 32 2/14/2023 5:31:56 PM

നിർദ്ധാരണം

ഇത്തരത്തിലുള്ള ലെൻസുകൾ ഉത്തല അവതല ലെൻസുകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

തന്നിട്ടുള്ളവ, $n = 1.52$, $R_1 = 10$ സെ.മീ, $R_2 = 20$ സെ.മീ

ലെൻസ് രൂപീകരണ സമവാക്യത്തിൽ

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

തന്നിട്ടുള്ള മൂല്യങ്ങളെ പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ,

$$\frac{1}{f} = (1.52-1)\left(\frac{1}{10} - \frac{1}{20}\right)$$

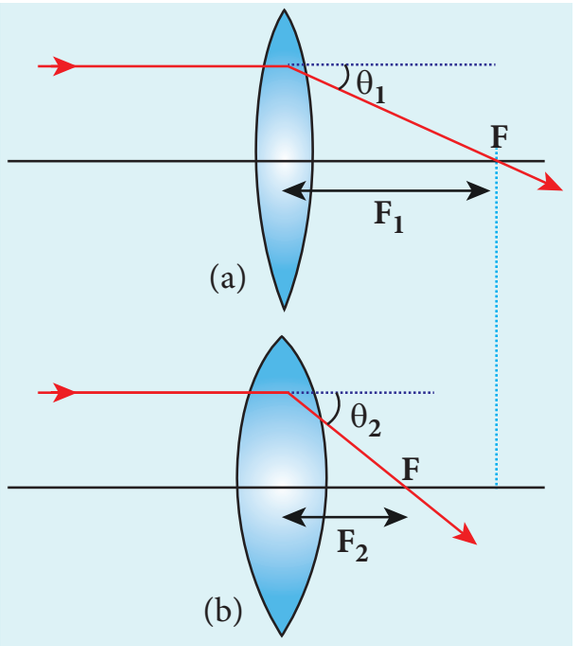
$$\frac{1}{f} = (0.52)\left(\frac{2-1}{20}\right) = (0.52)\left(\frac{1}{20}\right) = \frac{0.52}{20}$$

$$f = \frac{20}{0.52} = 38.46 \text{ സെ.മീ}$$

ഫോക്കസ് ദൂരം പോസിറ്റീവായതു കൊണ്ട് ഇതൊരു സംവ്രജന ലെൻസ് ആണ്.

6.6.5 ലെൻസിന്റെ പവർ

ലെൻസിന്റെ പവർ എന്നത്. പ്രകാശ രശ്മികളെ വളയ്ക്കാനുള്ളകഴിവിനെകുറിയ്ക്കുന്നു.അതായത് ലെൻസിൽ പതിയ്ക്കുന്ന പ്രകാശരശ്മികളെ ആ ലെൻസ് എത്രമാത്രം വളയ്ക്കുന്നു എന്നതിനെ ലെൻസിന്റെ പവർ അളക്കുന്നു. ലെൻസിന്റെ പവർ അതിന്റെ ഫോക്കൽ ദൂരത്തിന് എതിർ അനുപാതത്തിൽ



ചിത്രം 6.36 ലെൻസിന്റെ പവർ

ആയിരിക്കും. അതായത് അധിക പവർ ഉള്ള ലെൻസ് പ്രകാശ രശ്മികളെ അധികം വളയ്ക്കുകയും കുറഞ്ഞ ഫോക്കസ് ദൂരത്തെയും കൊണ്ടുള്ളതായിരിക്കും. ചിത്രത്തിൽ 6.36, ലെൻസ് (b) യേക്കാൾ അധികം വളയ്ക്കുന്ന ശക്തി ഉള്ളതാൽ അതിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരം കുറവായിരിക്കും. അതുപോലെ ലെൻസ് (a) യുടെ വളയ്ക്കുന്ന ശക്തി കുറവായതാൽ അതിന്റെ ദൂരം അധികമായിരിക്കും.

മറ്റൊരു രീതിയിൽ പറയുകയാണെങ്കിൽ ഒരു ലെൻസിന്റെ പവർ, ആ ലെൻസിൽ പതിയ്ക്കുന്ന പ്രകാശ രശ്മികളെ അത് എത്രമാത്രം സംവർജിക്കുന്നു. അല്ലെങ്കിൽ വിവർജിക്കുന്നു. എന്നതിനെ അളക്കുന്നു എന്നു പറയാം. ഒരു ലെസിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരത്തിന്റെ വ്യുൽക്രമം അതിന്റെ പവർ എന്ന് നിർവ്വചിക്കാം.

$$P = \frac{1}{f} \qquad (6.68)$$

പവറിന്റെ മാത്ര ഡയോപ്റ്റർ (D). $1\ D = 1\ m^{-1}$ സംവർജിത ലെൻസുകളുടെ പവർ പോസിറ്റീവും വിവർജിത ലെൻസുകളുടെ പവർ നെഗറ്റീവും ആയിരിക്കും.

ലെൻസ് രൂപീകരണ സമവാക്യത്തിൽ നിന്നും സമവാക്യം (6.62), സമവാക്യം (6.68) നെ താഴെ കൊടുത്തിരിയ്ക്കുന്ന രീതിയിൽ എഴുതാം,

$$P = \frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) \qquad (6.69)$$

ഇതിൽ നിന്നും അധിക അപവർത്തനാങ്കം ഉള്ള ലെൻസിന്റെ പവർ അധികമാണെന്ന് മനസ്സിലാക്കാം. മാത്രമല്ല അപവർത്തനാങ്കം കുറവായ ലെൻസുകളുടെ പവർ കുറവായിരിക്കും. കൂടാതെ കുറഞ്ഞ വക്രതാ ആരമുള്ള ഭീമമായ ലെൻസുകൾക്ക് അധിക പവറും, അധിക വക്രതാ ആരം കൊണ്ട ലെൻസുകൾക്ക് കുറഞ്ഞ പവറും ഉണ്ടായിരിക്കും.

ഉദാഹരണം 6.15

ഒരു ലെൻസിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരം 150 സെ.മീ അതിന്റെ പവർ എത്ര?

നിർദ്ധാരണം

തന്നിട്ടുള്ളവ ഫോക്കസ് ദൂരം, f = 150 സെ.മീ = 1.5 മീ

പവർ, $P = \frac{1}{f}$

തന്നിട്ടുള്ള മൂല്യങ്ങൾ സമവാക്യത്തിൽ പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ,

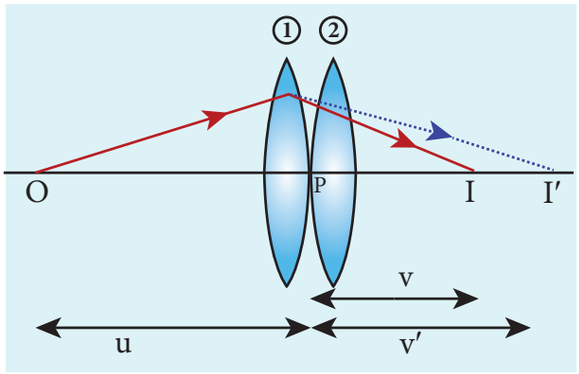
XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 33 2/14/2023 5:31:58 PM

$$P = \frac{1}{1.5\,\text{m}} = 0.67\,\text{D}$$

പവർ പോസിറ്റീവായതുകൊണ്ട് ഇതൊരു സംവർജിത ലെൻസുകൾ ആണ്.

6.6.6 സംബർക്ക സംയോജനത്തിലുള്ള രണ്ടുലെൻസുകളുടെ ഫോക്കസ് ദൂരം

f_1, f_2 എന്നീ ഫോക്കസ് ദൂരമുള്ള രണ്ടു ലെൻസുകൾ ① മറ്റും ② സ്പർശിക്കുന്ന വിധം കൂട്ടിച്ചേർത്തു ഒരേ മുഖ്യ അക്ഷത്തിൽ വച്ചിരിക്കുന്നതായി കരുതുക. ആദ്യത്തെ ലെൻസ് ① ന്റെ ഫോക്കസിന് അപ്പുറമുള്ള ബിന്ദു O യിൽ ഒരു വസ്തു വച്ചിരിക്കുന്നതായികരുതുക. ഇതിന്റെപ്രതിബിംബം I'. എന്ന ബിന്ദുവിൽകിട്ടുന്നു. പ്രതിബിംബംI' രണ്ടാമത്തെ② ലെൻസിന്റെവസ്തുവായിപ്രവർത്തിക്കുകയുംഅവസാനപ്രതിബിംബം(6.37) ചിത്രത്തിൽകാണിച്ചതുപോലെ I യിൽ കിട്ടുന്നു. ഈ രണ്ടു ലെൻസുകളും നേർത്ത ലെൻസുകളായതു കൊണ്ട്. എല്ലാ അളവുകളുംപൊതുവായപ്രകാശികകേന്ദ്രം P യിൽനിന്നും അളക്കുന്നു.



ചിത്രം. 6.37 ലെൻസുകളുടെ സമ്പർക്ക സംയോജനം

ലെൻസ് ①, ൽ വസ്തുവിന്റെ ദൂരം PO എന്നത് u ഉം പ്രതിബിംബത്തിന്റെ ദൂരം PI' എന്നത് v' ഉം ആകുന്നു. ലെൻസ് ② ൽ വസ്തുവിന്റെ ദൂരം PI' എന്നത് v' ഉം പ്രതിബിംബത്തിന്റെ ദൂരം v ഉം ആകുന്നു.

ഒന്നാമത്തെ ലെൻസിന്റെ സമവാക്യം (6.63)

$$\frac{1}{v'} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f_1} \qquad (6.70)$$

രണ്ടാമത്തെ ലെൻസിന്റെ സമവാക്യം (6.63)

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{v'} = \frac{1}{f_2} \qquad (6.71)$$

സമവാക്യങ്ങൾ (6.70) മറ്റും (6.71) കൂട്ടുമ്പോൾ,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \qquad (6.72)$$

ഈ ലെൻസുകളുടെ സമ്പർക്ക സംയോജനം f ഫോക്കസ് ദൂരമുള്ള ഒറ്റലെൻസ് പോലെ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. അതിനാൽO, എന്നബിന്ദുവിൽഉള്ളവസ്തുവിന്റെ പ്രതിബിംബം, I എന്ന ബിന്ദുവിൽ കിട്ടുന്നതായികരുതിയാൽ,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \qquad (6.73)$$

സമവാക്യം (6.72) മറ്റും (6.73) താരതമ്യം ചെയ്താൽ,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \qquad (6.74)$$

മുകളിൽ കൊടുത്തിട്ടുള്ള സമവാക്യം, സമ്പർക്ക സംയോജനത്തിൽ ലെൻസുകൾ എത്ര ഉണ്ടെങ്കിലും വിപുലീകരിക്കാം,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_3} + \frac{1}{f_4} + \ldots\ldots\ldots \qquad (6.75)$$

ഈ സമവാക്യത്തെ ലെൻസുകളുടെ പവറിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ എഴുതുകയാണെങ്കിൽ,

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + \ldots\ldots\ldots \qquad (6.76)$$

ഇവിടെ, P എന്നത് സമ്പർക്ക സംയോജനത്തിലുള്ള ലെൻസുകളുടെ സഫലപവർ ആയിരിക്കും. സമവാക്യം(6.76)ൽ നിന്നും സമ്പർക്ക സംയോജനത്തിലുള്ള ലെൻസുകളുടെ സഫല പവർ എന്നത് തനിത്തനി ലെൻസുകളുടെ പവറിന്റെ ബീജഗണിതതുകആണെന്ന്മനസ്സിലാക്കാം. തനിത്തനിലെൻസുകളുടെ പവർപോസിറ്റീവോ (സംവർജിത ലെൻസുകൾ) അല്ലെങ്കിൽ നെഗറ്റീവോ (വിവർജിതലെൻസുകൾ) ആയിരിക്കാം. ലെൻസുകളുടെ സമ്പർക്ക സംയോജനത്താൽ നമുക്ക് അഭികാമ്യമായ ആവർധനം കിട്ടും. മാത്രമല്ല പ്രതിബിംബത്തിന് ആവശ്യമായ തീവ്രതയും നൽകുവാൻ കഴിയും. ആദ്യത്തെ ലെൻസിന്റെപ്രതിബിംബംരണ്ടാമത്തെലെൻസിന്റെ വസ്തുവായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഇത്യാദി അടുത്തടുത്ത ലെൻസുകൾക്ക് ഇത് ബാധകമാണ്. അതിനാൽ ലെൻസുകളുടെ സമ്പർക്ക സംയോജനത്തിന്റെസഫലആവർധനം, തനിത്തനിലെൻസുകളുടെ ആപവർത്തനത്തിന്റെഗുണനഫലത്തിനുസമമായിരിക്കും. ആകയാൽ,

$$m = m_1 \times m_2 \times m_3 \ldots\ldots \qquad (6.77)$$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 34 2/14/2023 5:32:00 PM

m_1, m_2, m_3 . . . . . എന്നത് തനിത്തനി ലെൻസുകളുടെ ആവർധനമാണ്.

ഉദാഹരണം 6.16

ഫോക്കസ്ദൂരം−70 സെ.മീഉള്ളഒരുലെൻസ്ഫോക്കസ്ദൂരം, 150 സെ.മീഉള്ളമറ്റൊരുലെൻസുമായി സ്പർശിക്കുന്ന രീതിയിൽ വെച്ചിട്ടുണ്ട്. ഈ സമ്പർക്ക സംയോജനത്തിന്റെ സഫലഫോക്കസ് ദൂരം മറ്റും പവർ കണ്ടുപിടിക്കുക?

നിർദ്ധാരണം

തന്നിട്ടുള്ളവ ആദ്യത്തെ ലെൻസിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരം, $f_1 = -70$ സെ.മീ, രണ്ടാമത്തെ ലെൻസിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരം, $f_2 = 150$ സെ.മീ.

സഫലഫോക്കസ് ദൂരം കാണാനുള്ള സമവാക്യം,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

തന്നിട്ടുള്ള മൂല്യങ്ങൾ പ്രയോഗിച്ചാൽ,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{-70} + \frac{1}{150} = -\frac{1}{70} + \frac{1}{150}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{-150+70}{70\times150} = \frac{-80}{70\times150} = -\frac{80}{10500}$$

$$f = \frac{-1050}{8} = -131.25 \text{ സെ.മീ}$$

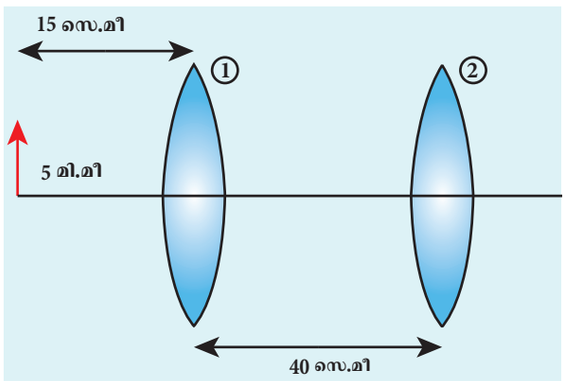
ഫോക്കസ് ദൂരം നെഗറ്റീവായതാൽ ലെൻസുകളുടെ സമ്പർക്ക സംയോജനം ഒരു വിവർജിതലെൻസാണ്. സഫല പവർ,

$$P = \frac{1}{f} = \frac{1}{-1.3125 \text{ മീ}} = -0.76 \text{ D}$$

വിചിന്തന വിഷയങ്ങൾ

ലെൻസുകളുടെ വ്യൂഹം ഉപയോഗിച്ച് ക്യാമറ സൂക്ഷ്മദർശിനി ദൂരദർശിനി മുതലായ പ്രകാശിക ഉപകരണങ്ങളുടെ ലെൻസുകൾ രൂപകൽപ്പന ചെയ്യാൻ കഴിയും ഇവ മികച്ച ആവർധനം മറ്റും തീക്ഷ്ണതയുള്ള പ്രതിബിംബം ഉണ്ടാക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 6.17



5 മി.മീ ഉയരമുള്ള ഒരു വസ്തു ഫോക്കസ് ദൂരം10 സെ.മീഉള്ള ഒരു ഉത്തല ലെൻസിൽ നിന്നും 15 സെ.മീ. ഉള്ളമറ്റൊരു ലെൻസ് ആദ്യത്തെ ലെൻസിൽ നിന്നും 40 സെ.മീ അകലത്തിലും വസ്തുവിൽ നിന്ന് 55 സെ.മീഅകലത്തിലും വച്ചിട്ടുണ്ട്. (a) പ്രതിബിംബത്തിന്റെ സ്ഥാനം, (b) സ്വാഭാവം (c) വലിപ്പം കണ്ടുപിടിക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

തന്നിട്ടുള്ളവ, $h = 5$ മി.മീ $= 0.5$ സെ.മീ, $u_1 = -15$ സെ.മീ, $f_1 = 10$ സെ.മീ, $f_2 = 5$ സെ.മീ, $d = 40$ സെ.മീ

ആദ്യത്തെ ലെൻസ് സമവാക്യം,

$$\frac{1}{v_1} - \frac{1}{u_1} = \frac{1}{f_1}$$

മൂല്യങ്ങൾ പ്രയോഗിക്കുകയാണെങ്കിൽ,

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 35 2/14/2023 5:32:01 PM

$$\frac{1}{v_1}-\frac{1}{-15}=\frac{1}{10}; \qquad \frac{1}{v_1}+\frac{1}{15}=\frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{v_1}=\frac{1}{10}-\frac{1}{15}=\frac{15-10}{150}=\frac{5}{150}=\frac{1}{30}$$

$v_1 = 30$ സെ.മീ

ആദ്യത്തെ ലെൻസിന്റെ വലതു വശത്ത് 30 സെ.മീ അകലത്തിൽ പ്രതിബിംബം ഉണ്ടാക്കുന്നു. ഈ പ്രതിബിംബത്തിന്റെ ഉയരം കണ്ടുപിടിക്കാം.

ആവർധന സമവാക്യം, $m=\frac{h'}{h}=\frac{v_1}{u_1}$

മൂല്യങ്ങൾ പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ, $\frac{h'}{0.5}=\frac{30}{-15}$

$$h'=0.5\times\frac{30}{-15}=-1 \text{ സെ.മീ}$$

പ്രതിബിംബത്തിന്റെ ഉയരം നെഗറ്റീവായതാൽ പ്രതിബിംബം യഥാർത്ഥവും തലകീഴായതുമാണ് ഈ പ്രതിബിംബം രണ്ടാമത്തെ ലെൻസിന്റെ വസ്തുവായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു,

(40–30=10 സെ.മീ), $u_2 = -10$ സെ.മീ

രണ്ടാമത്തെ ലെൻസിന് ലെൻസ് സമവാക്യം,

$$\frac{1}{v_2}-\frac{1}{u_2}=\frac{1}{f_2}$$

മൂല്യങ്ങൾ പ്രയോഗിക്കുകയാണെങ്കിൽ,

$$\frac{1}{v_2}-\frac{1}{-10}=\frac{1}{5}; \quad \frac{1}{v_2}+\frac{1}{10}=\frac{1}{5}$$

$$\frac{1}{v_2}=\frac{1}{5}-\frac{1}{10}=\frac{10-5}{50}=\frac{5}{50}=\frac{1}{10}$$

$v_2 = 10$ സെ.മീ

അവസാന പ്രതിബിംബം രണ്ടാമത്തെ ലെൻസിന്റെ വലതുവശത്ത് രണ്ടാമത്തെ ലെൻസിൽ നിന്നും 10 സെ.മീ അകലത്തിൽ ലഭിക്കുന്നു.

നമുക്ക് അവസാന പ്രതിബിംബത്തിന്റെ ഉയരം കണ്ടുപിടിക്കാം അവസാന പ്രതിബിംബത്തിന്റെ ഉയരം h'' എന്നും രണ്ടാമത്തെ ലെൻസിന്റെ വസ്തുവിന്റെ ഉയരം h' എന്നും കരുതുക.

രണ്ടാമത്തെ ലെൻസിന്റെ ആവർധന സമവാക്യം,

$$m'=\frac{h''}{h'}=\frac{v_2}{u_2}$$

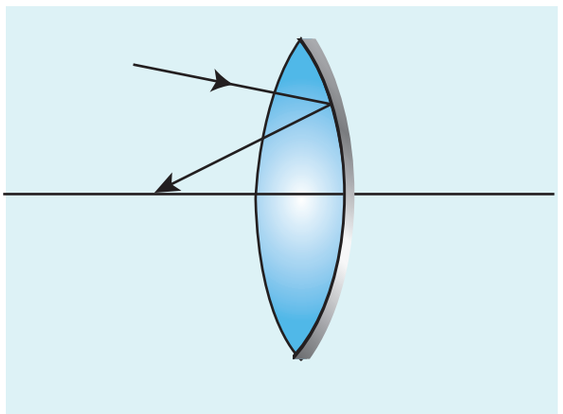
മൂല്യങ്ങൾ പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ, $\frac{h''}{-1}=\frac{10}{-10}$

$$h''=(-1)\times\left(\frac{10}{-10}\right)=1 \text{ സെ.മീ} = 10 \text{ മി.മീ}$$

പ്രതിബിംബത്തിന്റെ ഉയരം പോസിറ്റീവായതു കൊണ്ട് പ്രതിബിംബം നിവർന്നതും യഥാർത്ഥവുമായിരിക്കും.

6.6.7 വെള്ളി പൂശപ്പെട്ട ലെൻസുകൾ

ഒരു ലെൻസിന്റെ ഏതെങ്കിലും ഒരു പ്രതലം പുറത്തു നിന്ന് വെള്ളി പൂശിയാൽ കിട്ടുന്ന ലെൻസിനെ വെള്ളിപൂശപ്പെട്ട ലെൻസ് എന്നു പറയുന്നു. ഒരു വെള്ളിപൂശപ്പെട്ട ലെൻസ് എന്ന് പറയുന്നത് ഒരു ലെൻസിന്റേയും ഒരു ദർപ്പണത്തിന്റേയും സമ്പർക്ക സംയോജനമാകുന്നു. ലെൻസിന്റെ സുതാര്യമായ പ്രതലം വഴി പ്രകാശം കടന്ന് വെള്ളി പൂശിയ വശത്തിൽ പതിച്ച് പ്രതിഫലിക്കുന്നു. അതിനാൽ പ്രകാശം രണ്ടു പ്രാവശ്യം ലെൻസു വഴിയായി കടക്കുന്നു. ഇത് ചിത്രം 6.38 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 6.38 വെള്ളിപൂശപ്പെട്ട ലെൻസ്

വെള്ളിപൂശപ്പെട്ട ലെൻസിന്റെ പവർ,

$$P = P_l + P_m + P_l$$

$$P = 2P_l + P_m \qquad (6.78)$$

ഇവിടെ, P_l എന്നത് ലെൻസിന്റെ പവറും P_m എന്നത് ദർപ്പണത്തിന്റെ പവറുമാണ്. എന്നാൽ ലെൻസിന്റെ പവർ എന്നത് ഫോക്കസ് ദൂരത്തിന്റെ വ്യുൽക്രമമാണെന്ന് നമുക്കറിയാം. കാരണം നെഗറ്റീവ് ഫോക്കസ് ദൂരമുള്ള ഒരു അവതല ദർപ്പണം ഒരു പോസിറ്റീവ് പവർ ഉള്ള സംവർജിത ദർപ്പണമാണ്. മാത്രമല്ല അടിസ്ഥാനപരമായി ഒരു വെള്ളിപൂൾപ്പെട്ട ലെൻസ്

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 36 2/14/2023 5:32:03 PM

എന്നത് രൂപാന്തരം പ്രാപിച്ച ദർപ്പണമാണ്. അതിനാൽ,

$$P = \frac{1}{-f};\ P_l = \frac{1}{f_l};\ P_m = \frac{1}{-f_m} \qquad (6.79)$$

സമവാക്യം (6.78)

$$\left(\frac{1}{-f}\right) = \left(\frac{2}{f_l}\right) + \left(\frac{1}{-f_m}\right) \qquad (6.80)$$

സമവാക്യം (6.80) ക്ക് ഉചിതമായ ചിഹ്ന രീതി പ്രയോഗിക്കേണ്ടതാണ്.

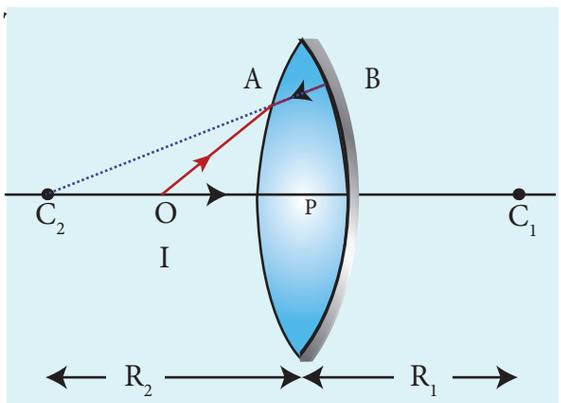
വസ്തുവിന്റെ ദൂരം u പ്രതിബിംബത്തിന്റെ ദൂരം v കണ്ടുപിടിക്കണമെങ്കിൽ നമുക്ക് സുപരിചിതമായ ദർപ്പണ സമവാക്യം (6.8), ഉപയോഗിക്കാം. കാരണം വെള്ളി പൂശപ്പെട്ട ലെൻസ് എന്നത് ഒരു രൂപാന്തരം പ്രാപിച്ച ദർപ്പണമാണ്.

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

ഉദാഹരണം 6.18

അപവർത്തനാങ്കം 1.5. ഉള്ള ഗ്ലാസ്സിനാൽ നിർമ്മിതമായ ഇരുപാർശ്വ ഉത്തല ലെൻസിന്റെ രണ്ടു പ്രതലത്തിന്റെ വക്രതാവ്യാസാർദ്ധങ്ങളും 30 സെ.മീ ആണ്. ലെൻസിന്റെ ഒരു വശം വെള്ളി പൂശി പ്രതിഫലനപ്രതലമാക്കിമാറ്റിയാൽ (a) വെള്ളിപൂശപ്പെട്ട ലെൻസിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരവും പവറും എത്രയാണ്? (b) വസ്തുവിനു മീതേ പ്രതിബിംബം കിട്ടാൻ വസ്തുവിനെ ലെൻസിനു മുമ്പിൽ എവിടെയാണ് വെയ്ക്കേണ്ടത്?

നിർദ്ധാരണം



തന്നിട്ടുള്ളവ, $n = 1.5$; $R_1 = 30$ സെ.മീ; $R_2 = -30$ സെ.മീ;

(a) f_l മറ്റും f_m പ്രത്യേകം പ്രത്യേകം കണ്ടുപിടിക്കാം. ലെൻസ് രൂപീകരണ സമവാക്യം ഉപയോഗിച്ച് f_l കണ്ടുപിടിക്കുക.

$$\frac{1}{f_l} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

മൂല്യങ്ങൾ പ്രയോഗിച്ചാൽ, $\frac{1}{f_l} = (1.5-1)\left(\frac{1}{30} - \frac{1}{-30}\right)$

$$\frac{1}{f_l} = (0.5)\left(\frac{1}{30} + \frac{1}{30}\right) = \left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{2}{30}\right) = \frac{1}{30\,\text{cm}}$$

$f_1 = 30$ സെ.മീ $= 0.3$ മീ

ദർപ്പണത്തിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരം, $f_m = \frac{R_2}{2}$

മൂല്യങ്ങൾ പ്രയോഗിച്ചാൽ, $f_m = \frac{-30}{2} = -15$ സെ.മീ

$f_m = 15$ സെ.മീ $= -0.15$ മീ

ഇപ്പോൾ സിൽവേഡ് ലെൻസിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരം, $\frac{1}{-f} = \frac{2}{f_l} + \frac{1}{-f_m} = \frac{2}{30} + \frac{1}{15} = \frac{2}{15} = \frac{1}{7.5}$

$f = -7.5$ സെ.മീ $= -0.075$ മീ

ഈ വെള്ളിപൂശിയ ലെൻസ് ഇടതുവശത്ത് ഫോക്കസ് ദൂരമുള്ള ഒരു അവതല ദർപ്പണമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. വെള്ളിപൂശിയ ലെൻസിന്റെ പവർ കണ്ടുപിടിക്കാൻ, $P = 2P_l + P_m$

$$P = \frac{2}{f_l} + \frac{1}{-f_m} = \frac{2}{0.3} + \frac{1}{-(0.15)}$$

$$= \frac{2}{0.3} + \frac{1}{0.15} = \frac{4}{0.3} = 13.33D$$

പവർ പോസിറ്റീവായതു കൊണ്ട് ഇത് ഒരു സംവർജിത ഘടനയാകുന്നു.

[കുറിപ്പ്: പോസിറ്റീവ് പവറും നെഗറ്റീവ് ഫോക്കസ് ദൂരമുള്ള ഒരു വെള്ളിപൂശപ്പെട്ട ലെൻസാണ് നമ്മൾ കണ്ടത് ഈ സംവർജിത ഘടനയുടെ ഇടതു ഭാഗത്താണ് ഫോക്കസ് ദൂരം എന്ന് സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഇങ്ങനെയുള്ള സാഹചര്യങ്ങൾ ഒരു വെള്ളിപൂശപ്പെട്ട ലെൻസിനു സാധ്യമാണ് കാരണം അടിസ്ഥാനപരമായി വെള്ളിപൂശപ്പെട്ട ലെൻസ് എന്നത് ഒരു രൂപാന്തരം പ്രാപിച്ച ദർപ്പണമാണ്.]

(b) ദർപ്പണ സമവാക്യം എഴുതുകയാണെങ്കിൽ,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$$

ഇവിടെ u മറ്റും v സമമാണ്. കാരണം വസ്തുവിന്റെയും പ്രതിബിംബത്തിന്റേയും സ്ഥാനം സമാനമാണ്.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 37 2/14/2023 5:32:06 PM

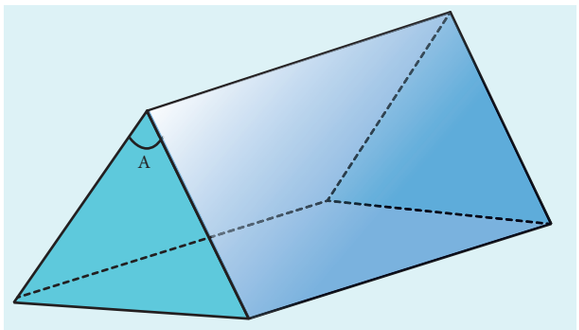
$$\frac{1}{-7.5\text{സെ.മീ}} = \frac{1}{u} + \frac{1}{u} = \frac{2}{u};\ u = -2 \times 7.5 \text{ സെ.മീ}$$

$u = -15$ സെ.മീ $= -0.15$ മീ

വെള്ളിപൂശപ്പെട്ട ലെൻസിന്റെ ഇടതുവശത്തായി 15 സെ.മീ ദൂരത്തിൽ വസ്തുവിനെ വയ്ക്കണം.

6.7 പ്രിസം

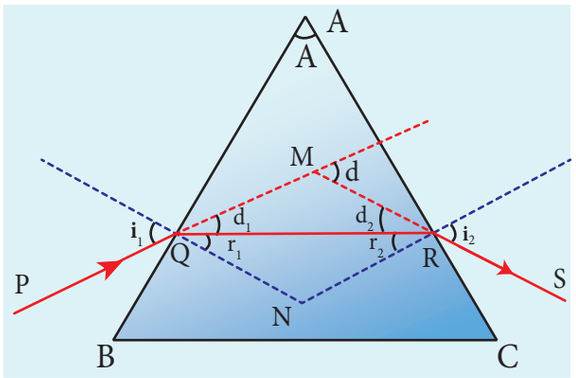
സുതാര്യ സ്ഫടികത്താൽ നിർമ്മിതമായ ത്രികോണഫലകമാണ് പ്രിസം. ഇതിൽ മൂന്ന് സമതല പ്രതലങ്ങൾ കൊണ്ട് ആവരണം ചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഈ മൂന്നു ഭാഗങ്ങളിൽ പരുക്കനായിരിക്കുന്ന ഭാഗത്തെ ബേസ് എന്ന് പറയുന്നു. മറ്റു രണ്ടു പ്രതലങ്ങളും അപവർത്തന പ്രതലങ്ങൾക്ക് ഇടയിലുള്ള കോണത്തിനെ പ്രിസത്തിന്റെ കോണം അല്ലെങ്കിൽ അപവർത്തന കോണം അല്ലെങ്കിൽ അഗ്രകോണം എന്നു പറയുന്നു. ഈ കോണത്തെ A എന്ന് ചിത്രം 6.39 ൽ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.



ചിത്രം 6.39 പ്രിസം

6.7.1 പ്രിസത്താൽ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന വ്യതിചലനകോണം

ABC എന്ന ത്രികോണ പ്രിസത്തിന്റെ AB, AC പ്രതലങ്ങൾ മിനുസപ്പെടുത്തിയതും BC പരുക്കനുമാണ്. PQ എന്ന പ്രകാശരശ്മി പ്രിസത്തിന്റെ അപവർത്തന പ്രതലത്തിൽ പതിയ്ക്കുന്നു. AB എന്ന പ്രതലത്തിൽ പതന കോണും i_1, അപവർത്തന കോൺ r_1 പ്രിസത്തിനുള്ളിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ പാത QR രണ്ടാമത്തെ പ്രതലം AC യിൽ പതനകോൺ r_2 അപവർത്തന കോൺ i_2 രണ്ടാമത്തെ പ്രതലത്തിൽ നിന്നും ബഹിർഗമിക്കുന്ന കിരണം RS കോണം i_2 വിനെ ബഹിർഗമനകോൺ എന്നും പറയാം. പതന രശ്മിക്കും ബഹിർഗമന രശ്മിക്കും ഇടയിലുള്ള കോണം പ്രിസത്തിലെ വ്യതിചലന കോൺ $\boldsymbol{d}$ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. പതനബിന്ദു Q വിലും ബഹിർഗമന ബിന്ദു R ലും വരയ്ക്കുന്ന ലംബങ്ങൾ N എന്ന ബിന്ദുവിൽ സന്ധിക്കുന്നു. പതനരശ്മിയേയും ബഹിർഗമന രശ്മിയേയും നീട്ടിവരയ്ക്കുമ്പോൾ M എന്ന ബിന്ദുവിൽ സന്ധിക്കുന്നു.



ചിത്രം 6.40 പ്രിസത്തിൽ കൂടെയുള്ള അപവർത്തനം

d_1 പ്രതലം AB യിലെ വ്യതിചലന കോൺ,

$$\angle RQM = d_1 = i_1 - r_1 \qquad (6.81)$$

d_2 പ്രതലം AC യിലെ വ്യതിചലന കോൺ,

$$\angle QRM = d_2 = i_2 - r_2 \qquad (6.82)$$

d ആകെ വ്യതിചലന കോൺ,

$$d = d_1 + d_2 \qquad (6.83)$$

സമവാക്യം 6.83 ൽ d_1 മറ്റും d_2, പ്രസ്താവിച്ചാൽ

$$d = (i_1 - r_1) + (i_2 - r_2)$$

ക്രമീകരണത്തിനു ശേഷം,

$$d = (i_1 + i_2) - (r_1 + r_2) \qquad (6.84)$$

ചതുർഭുജം $AQNR$, ൽ (Q, R എന്നീ മൂലകളിൽ) രണ്ട് കോണങ്ങൾ മട്ടകോണങ്ങളാണ്. അതുകൊണ്ട് ചതുർഭുജത്തിലെ മറ്റു കോണങ്ങളുടെ തുക 180^o.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 38 2/14/2023 5:32:08 PM

$$\angle A + \angle QNR = 180^{o} \qquad (6.85)$$

ത്രികോണം ΔQNR,

$$r_1 + r_2 + \angle QNR = 180^{o} \qquad (6.86)$$

സമവാക്യങ്ങൾ (6.85) മറ്റും (6.86) താരതമ്യം ചെയ്യുകയാണെങ്കിൽ,

$$r_1 + r_2 = A \qquad (6.87)$$

ഇതിനെ സമവാക്യം (6.84) ൽ പ്രസ്താവിച്ചാൽ,

$$d = i_1 + i_2 - A \qquad (6.88)$$

വ്യതിചലന കോണം പതനകോണം i_1 ബഹിർഗമനകോണം i_2 പ്രിസത്തിന്റെ കോണം A എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. എന്നാൽ തന്നിട്ടുള്ള പതന കോണിന് ബഹിർഗമന കോണം ഏതായിരിക്കുമെന്ന് പ്രിസത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം തീരുമാനിക്കുന്നു. ഒരു ഏക വർണ്ണ പ്രകാശത്തിന് വ്യതിചലന കോൺ എങ്ങനെയായിരിക്കുമെന്ന് താഴെ പറയുന്ന ഘടകങ്ങൾ നിർണ്ണയിക്കുന്നു.

(i) പതനകോണം

(ii) പ്രിസത്തിന്റെ കോണം (അപവർത്തന കോണം)

(iii) പ്രിസത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം (ബഹിർഗമന കോണത്തെ നിർണ്ണയിക്കുന്നു)

ഉദാഹരണം 6.19

ഒരു ഏകവർണ്ണ പ്രകാശം ഒരു സമഭുജത്രികോണത്തിൽ 30^{o} കോണത്തിൽ പതിയ്ക്കുകയും 75^{o} കോണത്തിൽ ബഹിർഗമിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. പ്രിസത്തിന്റെ വ്യതിചലനകോൺ കണ്ടുപിടിക്കുക?

നിർദ്ധാരണം

സമഭുജത്രികോണമായതിനാൽ, $A = 60°$;

$i_1 = 30°$; $i_2 = 75°$

വ്യതിചലനകോൺ കാണാനുള്ള സൂത്രം, $d = i_1 + i_2 - A$

തന്നിരിക്കുന്ന മൂല്യങ്ങൾ പ്രസ്താവിച്ചാൽ, $d = 30°+75°-60°=45°$

വ്യതിചലന കോൺ , $d = 45°$

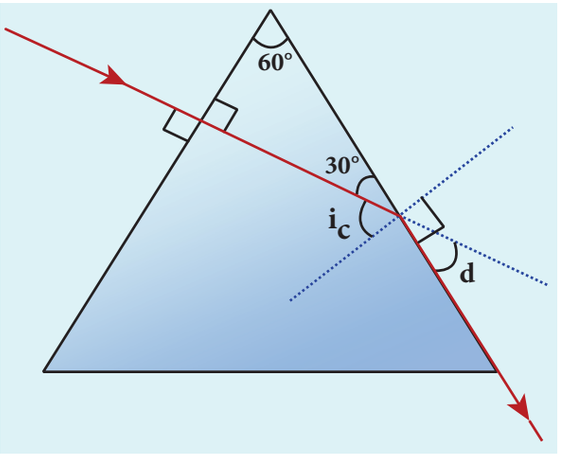
ഉദാഹരണം 6.20

ഒരു സമഭുജ പ്രിസത്തിന്റെ ആദ്യത്തെ അപവർതന പ്രതലത്തിൽ പ്രകാശം ലംബമായി പതിച്ച് രണ്ടാമത്തെ പ്രതലത്തിൽ സമ്പർക്ക തലത്തിലൂടെ കടന്നു പോകുന്നു.

(a) വ്യതിചലനകോൺ എത്രയാണ്?

(b) പ്രിസം ഉണ്ടാക്കിയിരിക്കുന്ന മാധ്യമത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം എത്രയാണ്?

നിർദ്ധാരണം



തന്നിട്ടുള്ള സാഹചര്യം ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്.

തന്നിട്ടുള്ളവ, $A = 60°$; $i_1 = 0°$; $i_2 = 90°$

(a) വ്യതിചലനകോൺ കാണാനുള്ള സമവാക്യം,

$d = i_1 + i_2 - A$

മൂല്യങ്ങൾ പ്രസ്ഥാപിച്ചാൽ,

$d = 0° + 90° - 60° = 30°$

വ്യതിചലനകോൺ, $d = 30°$

(b) പ്രകാശം പ്രിസത്തിനകത്ത് രണ്ടാമത്തെ അപവർത്തന തലത്തിൽ കാന്തിക കോണിൽ പതിക്കുന്നതു കൊണ്ടാണ് സമ്പർക്ക തലത്തിലൂടെ വെളിയിൽ വരുന്നത്. $i_c = 90° - 30° = 60°$

കാന്തിക കോണിനുള്ള സമവാക്യം, $\sin i_c = \frac{1}{n}$

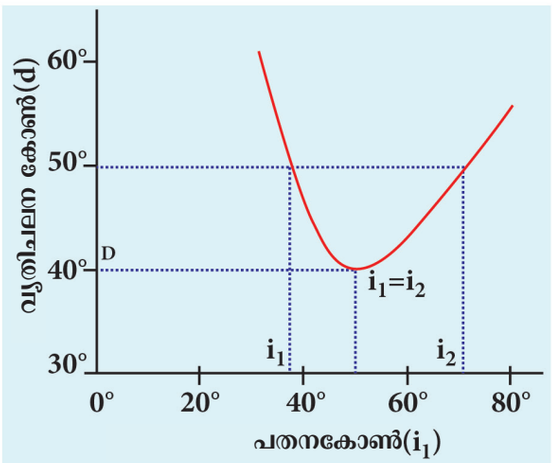
$$n = \frac{1}{\sin i_c}; \quad n = \frac{1}{\sin 60^{\circ}} = \frac{1}{\sqrt{3}/2} = \frac{2}{\sqrt{3}} = 1.15$$

പ്രിസത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം, $n = 1.15$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 39 2/14/2023 5:32:11 PM

6.7.2 ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ വ്യതിചലന കോൺ

പതനകോണും വ്യതിചലനകോണും തമ്മിലുള്ള ഗ്രാഫാണ് ചിത്രം 6.41. ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നത് പതനകോൺ അധികരിക്കുമ്പോൾ വ്യതിചലന കോൺ കുറഞ്ഞുക്കൊണ്ടോയിരിക്കുന്നു ഒരുനിശ്ചിത പതനകോണിന് ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ മൂല്യം നേടുന്നു. പതനകോണിനെ വീണ്ടും അധികരിക്കുമ്പോൾ വ്യതിചലന കോണും അധികരിക്കാൻ തുടങ്ങുന്നു.

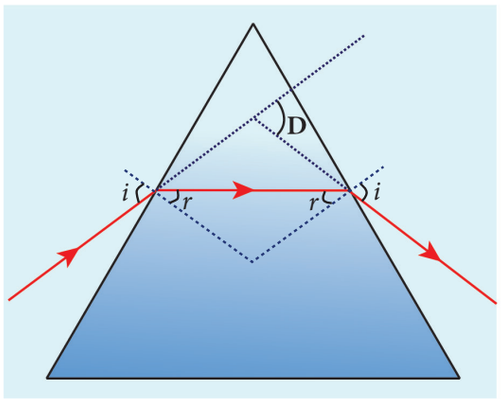


ചിത്രം 6.41 i മറ്റും d ക്കു ഇടയിലുള്ള ഗ്രാഫ്

വ്യതിചലനകോണിന്റെ ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ മൂല്യത്തിന് ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ വ്യതിചലനകോൺ എന്നു പറയുന്നു,

(i) പതനകോണവും ബഹിൽഗമനകോണവും സമം, $i_1 = i_2$.

(ii) ആദ്യത്തെ പ്രതലത്തിന്റെ വ്യതിചലനകോണവും രണ്ടാമത്തെ പ്രതലത്തിന്റെ പതനകോണവും സമം, $r_1 = r_2$).



ചിത്രം 6.42 ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ വ്യതിചലന കോണം

(iii) പ്രിസത്തിനകത്ത് അപവർത്തന രശ്മി ബേസിനു സമാന്തരമായി ചെല്ലുന്നു.

വ്യതിചലനകോണിനെ പടം 6.42 ൽ ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു.

6.7.3 പ്രിസത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം

ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ വ്യതിചലനകോണിൽ, $i_1 = i_2 = i$ മറ്റും $r_1 = r_2 = r$

സമവാക്യം (6.88)

$$D = i_1 + i_2 - A \Rightarrow 2i - A \text{ (അല്ലെങ്കിൽ) } i = \frac{(A+D)}{2}$$

സമവാക്യം (6.87),

$$r_1 + r_2 = A \Rightarrow 2r = A \text{ (അല്ലെങ്കിൽ) } r = \frac{A}{2}$$

i നെയും r നെയും സ്നെൽ നിയമത്തിൽ പ്രസ്താവിച്ചാൽ, $n = \dfrac{\sin i}{\sin r}$

$$n = \frac{\sin\left(\frac{A+D}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)} \qquad (6.89)$$

മേലെ കൊടുത്തിട്ടുള്ള സമവാക്യം ഉപയോഗിച്ച് പ്രിസം ഉണ്ടാക്കിയിരിക്കുന്ന പദാർത്ഥത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം കണ്ടുപിടിക്കാം A മറ്റും D യുടെ മൂല്യങ്ങളെ പരീക്ഷണം മൂലം കണ്ടുപിടിക്കാം.

ഉദാഹരണം 6.21

ഒരു സമഭുജ പ്രിസത്തിന്റെ ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ വ്യതിചലന കോൺ 37°. പ്രിസം ഉണ്ടാക്കിയിരിക്കുന്ന പദാർത്ഥത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം കണ്ടുപിടിക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

തന്നിട്ടുള്ളവ, $A = 60°$; $D = 37°$

അപവർത്തനാങ്കം കണ്ടുപിടിക്കാനുള്ള സമവാക്യം,

$$n = \frac{\sin\left(\frac{A+D}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

മൂല്യങ്ങളെ പ്രസ്താവിച്ചാൽ,

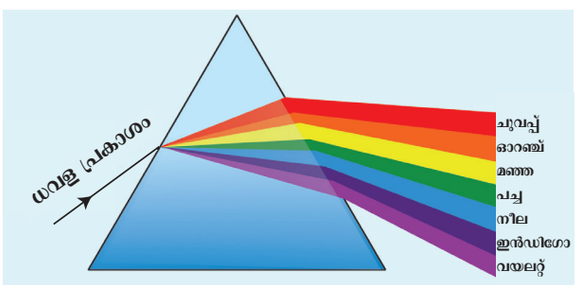
XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 40 2/14/2023 5:32:13 PM

$$n = \frac{\sin\left(\frac{60^0 + 37^0}{2}\right)}{\sin\left(\frac{60^0}{2}\right)} = \frac{\sin\left(48.5^0\right)}{\sin\left(30^0\right)} = \frac{0.75}{0.5} = 1.5$$

പ്രിസത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം, $n = 1.5$

6.7.4 പ്രിസത്തിലൂടെയുള്ള ധവള പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രകീർണ്ണനം

പ്രിസത്തിലൂടെ കടന്നുപോകുന്ന ഏകവർണ്ണ പ്രകാശത്തിന്റെ വ്യതിചലന കോണിനെ കുറിച്ച് ഇതുവരെയുള്ള പാഠഭാഗങ്ങളിൽ നിന്നു പഠിച്ചു. പ്രിസത്തിലൂടെ കടന്നുപോകുന്ന പ്രകാശരശ്മി അതിന്റെ ഘടക വർണ്ണങ്ങളായി വിഘടിക്കുന്ന പ്രതിഭാസത്തെയാണ് പ്രകീർണ്ണനം എന്നു വിളിക്കുന്നത്. പ്രകാശത്തിലെ വർണ്ണങ്ങളുടെ ക്രമത്തെയാണ് പ്രകാശത്തിന്റെ വർണ്ണരാജി എന്ന് പറയുന്നത്. ധവളപ്രകാശത്തിന്റെ നേരിയ സമാന്തര രശ്മി ഒരു പ്രിസത്തിലൂടെ കടത്തിവിട്ട് അപവർത്തന കിരണങ്ങളെ ഒരു തിരയിൽ പിടിക്കുന്നു. ബഹിർഗമന രശ്മിയിൽ വർണ്ണങ്ങൾ ക്രമമായി വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു. വയലറ്റ്, നീല, പച്ച, മഞ്ഞ, ഓറഞ്ച്, ചുവപ്പ് എന്നിങ്ങനെ വർണ്ണങ്ങൾ ക്രമമായി കാണുന്നു. എളുപ്പത്തിൽ VIBGYOR എന്ന് ഓർമ്മിക്കാം. വയലറ്റ് കിരണം ഏറ്റവും അധികം വ്യതിചലിക്കുകയും ചുവപ്പ് വളരെ കുറിച്ച് വ്യതിചലിക്കുകയും ചെയ്യുന്നത് ചിത്രം 6.43 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 6.43 ധവള പ്രകാശം പ്രകീർണ്ണനം മൂലം ഘടകവർണ്ണങ്ങളായി മാറുന്നത്

വർണ്ണരാജിയിലുള്ള വർണ്ണങ്ങൾ പ്രകാശസ്രോതസ്സിന്റെ സ്വഭാവത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ഓരോ വർണ്ണത്തിനും ഒരു നിശ്ചിത തരംഗദൈർഘ്യം ഉണ്ടായിരിക്കും. ചുവന്ന നിറത്തിന് ഏറ്റവും അധികമായ തരംഗദൈർഘ്യം 700 nm വയലറ്റ് നിറത്തിന് ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ തരംഗദൈർഘ്യം 400 nm ആയിരിക്കും. എല്ലാ വർണ്ണങ്ങൾക്കും വ്യത്യസ്തമായ തരംഗദൈർഘ്യമാണ് ഉള്ളതെങ്കിലും, ശൂന്യതയിൽ എല്ലാ വർണ്ണങ്ങളും തുല്യ പ്രവേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. ശൂന്യതയിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം തരംഗദൈർഘ്യത്തെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. അതിനാൽ ശൂന്യത ഒരു പ്രകീർണ്ണന മാദ്ധ്യമമല്ല.

ഓർത്തിരിക്കേണ്ട വസ്തുതകൾ

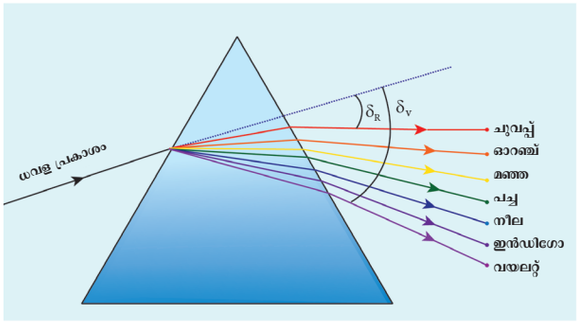
സർ. ഐസക് ന്യൂട്ടൻ തന്റെ പ്രശസ്തമായ പരീക്ഷണത്തിലൂടെ വർണ്ണ രാജിയിലെ വർണ്ണങ്ങളെ യോജിപ്പിച്ച് ധവളപ്രകാശം ഉണ്ടാക്കാം എന്ന് തെളിയിച്ചു. ഒരു പ്രിസം ഉപയോഗിച്ച് പ്രകാശപ്രകീർണ്ണനം നടത്തി വർണ്ണരാജിയെ തലകീഴായി വെച്ചവേറൊരു പ്രിസത്തിൽ കൂടെ കടത്തിവിട്ടാൽ എല്ലാ വർണ്ണങ്ങളും ചേർന്ന് ധവള പ്രകാശം കിട്ടുന്നു. (ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു) എന്ന് തെളിയിച്ചു.

എന്നാൽ ധവള പ്രകാശം ഒരു മാധ്യമത്തിൽ കൂടെ കടക്കുമ്പോൾ ചവന്ന വർണ്ണം അധികവേഗത്തിലും വയലറ്റ് വർണ്ണം കുറഞ്ഞ വേഗത്തിലും ചെല്ലുന്നു. അതിനാൽ ഒരു മാധ്യമത്തിൽ വർണ്ണങ്ങളുടെ തരംഗദൈർഘ്യം ശൂന്യതയിൽ ഉള്ളതു പോലെ സമമല്ല. മാധ്യമത്തിൽ പ്രകാശ പ്രകീർണ്ണനം സംഭവിക്കാനുള്ള കാരണം വർണ്ണങ്ങളുടെ വിവിധ വേഗമാണ്. വേറൊരു തരത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ മാധ്യമത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം ഓരോ വർണ്ണത്തിനും വ്യത്യാസമാണ്. വയലറ്റ് നിറത്തിന് അധിക അപവർത്തനാങ്കവും ചുവപ്പ് നിറത്തിന് കുറഞ്ഞ അപവർത്തനാങ്കവുമായിരിക്കും പട്ടിക 6.4 ൽ രണ്ടു വ്യത്യസ്ത കണ്ണാടി മാധ്യമങ്ങളിൽ വ്യത്യസ്ത വർണ്ണങ്ങൾക്കുള്ള അപവർത്തനാങ്കം കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 41 2/14/2023 5:32:13 PM

പട്ടിക 6.4 വിവിധ തരംഗദൈർഘ്യങ്ങൾക്കുള്ള അപവർത്തനാങ്കം

വർണ്ണം	ശൂന്യതയിൽ തരംഗദൈർഘ്യം (nm)	ക്രൌൺ ഗ്ലാസ്സ്	ഫ്ളിന്റ് ഗ്ലാസ്സ്
വയലറ്റ്	396.9	1.533	1.663
നീല	486.1	1.523	1.639
മഞ്ഞ	589.3	1.517	1.627
ചുവപ്പ്	656.3	1.515	1.622



ചിത്രം 6.44 വ്യത്യസ്ത വർണ്ണങ്ങളുടെ വ്യതിചലനകോൺ

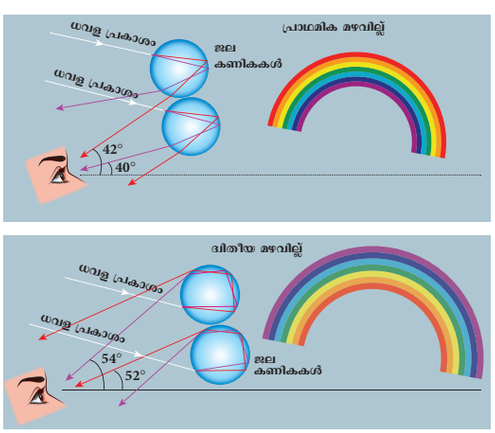
6.7.5 പ്രകീർണ്ണന ശക്തി

ധവള പ്രകാശം പ്രിസത്തിലൂടെ കടന്ന് ഘടക വർണ്ണങ്ങളായി വിഘടിക്കുന്നതിനെ ചിത്രം 6.44 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

പ്രിസത്തിന്റെ കോണം 10^o, യേക്കാൾ കുറവാണെങ്കിൽ അതിനെ ന്യൂനകോൺ പ്രിസം എന്നു പറയാം. അങ്ങനെയുള്ള പ്രിസം വഴിയായി പ്രകാശം കടക്കുമ്പോൾ വ്യതിചലനകോണും കുറവായിരിക്കും. A പ്രിസത്തിന്റെ കോൺ എന്നും δ ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ വ്യതിചലന കോൺ എന്നും കരുതാം. സമവാക്യം (6.89) ഇങ്ങനെയായിത്തീരുന്നു,

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

അന്തരീക്ഷത്തിലെ ജലതുള്ളികളിലൂടെയുള്ള സൂര്യപ്രകാശത്തിന്റെ പ്രകീർണ്ണനത്തിന് ഉദാഹരണമാണ് മഴവില്ല്. ചാറ്റൽ മഴയിലോ നീർക്കുഴലിന്റെ അടുത്തോ അല്ലെങ്കിൽ വെള്ളച്ചാട്ടത്തിനടുത്തോ ആണ് സാധാരണയായി മഴവില്ല് കാണുന്നത്. സൂര്യൻ ആകാശത്ത് ഒരുവശത്ത് ജ്വലിക്കുകയും എതിർവശത്ത് മഴപെയ്തു കൊണ്ടിരിക്കുകയും ചെയ്യുന്ന സമയത്താണ് മഴവില്ല് പ്രത്യക്ഷപ്പെടാറുള്ളത്. അതായത് സൂര്യരശ്മികളുടെ സഞ്ചാരദിശയുടെ അതേദിശയിലേക്ക് നോക്കുമ്പോഴാണ് ഒരു നിരീക്ഷകൻ മഴവില്ല് കാണുന്നത് (നിരീക്ഷകന് പുറകിലായിരിക്കും സൂര്യൻ) സൂര്യപ്രകാശം ജലതുള്ളിയിൽ പതിക്കുമ്പോൾ പ്രകീർണ്ണനം നടന്ന് ഏഴു നിറങ്ങളായി വിഭജിക്കും. വായുവിൽ സഞ്ചരിച്ചു കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ജലകണികകളിൽ കണ്ണാടി പ്രിസം പോലെ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ജല കണികയിൽ പ്രവേശിക്കുന്ന പ്രകാശരശ്മി ഒരു പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനം സംഭവിച്ച് പ്രാഥമിക മഴവില്ല് ഉണ്ടാകുന്നു. പ്രാഥമിക മഴവില്ലിലെ വർണ്ണങ്ങൾ വയലറ്റു മുതൽ ചുവപ്പുവരെയായിരിക്കണം പ്രാഥമിക മഴവില്ലിന്റെ വീക്ഷണ കോൺ 40^o മുതൽ 42^o. വരെ ജലകണികയിൽ പ്രവേശിക്കുന്ന പ്രകാശരശ്മി ബഹിർഗമിക്കുന്നതിന് മുമ്പ് രണ്ട് പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനത്തിന്വിധേയമായാൽ ദ്വിതീയ മഴവില്ല് രൂപാന്തരപ്പെടുന്നു. ദ്വിതീയ മഴവില്ലിന്റെ വർണ്ണ വിന്യാസം ചുവപ്പിൽ മുതൽ വയലറ്റ് വരെയും വീക്ഷണ കോൺ 52^o മുതൽ 54^o വരെയും ആയിരിക്കും.



XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 42 2/14/2023 5:32:14 PM

$$n = \frac{\sin\left(\frac{A+\delta}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)} \qquad (6.90)$$

A മറ്റും δ ന്യൂനകോണുകളാണെങ്കിൽ,

$$\sin\left(\frac{A+\delta}{2}\right) \approx \left(\frac{A+\delta}{2}\right)$$

$$\sin\left(\frac{A}{2}\right) \approx \left(\frac{A}{2}\right)$$

$$\therefore n = \frac{\left(\frac{A+\delta}{2}\right)}{\left(\frac{A}{2}\right)} = \frac{A+\delta}{A} = 1 + \frac{\delta}{A}$$

വീണ്ടും ചുരുക്കുമ്പോൾ, $\frac{\delta}{A} = n - 1$

$$\delta = (n-1)A \qquad (6.91)$$

ധവളപ്രകാശം പ്രിസത്തിനുള്ളിൽ കടക്കുമ്പോൾ വ്യത്യസ്ത വർണ്ണങ്ങൾക്കുള്ള വ്യതിചലനം വ്യത്യാസമായിരിക്കും. അതിനാൽ വ്യത്യസ്ത വണ്ണങ്ങൾക്കുള്ള അപവർത്തനാങ്കവും വ്യത്യാസമായിരിക്കും.

δ_V, δ_R എന്നിവ വയലറ്റ്, ചുവപ്പ് നിറങ്ങൾക്കുള്ള ഏറ്റവും ചെറിയ വ്യതിചലനകോണങ്ങൾ എന്ന് കരുതുക. n_V, n_R എന്നിവ യഥാക്രമം വയലറ്റ്, ചുവപ്പ് വർണ്ണങ്ങൾക്കുള്ള അപവർത്തനാങ്കമാണ്.

വയലറ്റ് നിറത്തിന്, $\delta_V = (n_V - 1)A$ (6.92)

ചുവപ്പു നിറത്തിന്, $\delta_R = (n_R - 1)A$ (6.93)

വയലറ്റ് നിറത്തിന്റെ വ്യതിചലന കോൺ δ_V ചുവപ്പ്നിറത്തിന്റെവ്യതിചലനകോൺδ_R, നേക്കാൾ അധികമായതിനാൽ വയലറ്റിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം ചുവപ്പിന്റെ അപവർത്തനാങ്കത്തേക്കാൾ അധികമായിരിക്കും.

δ_V യിൽ നിന്ന് δ_R കുറയ്ക്കുമ്പോൾ

$$\delta_V - \delta_R = (n_V - n_R)A \qquad (6.94)$$

വർണ്ണരാജിയിലെ രണ്ടഗ്രത്തിലുള്ള നിറങ്ങളായ വയലറ്റിനും ചുവപ്പിനും ഇടയിലുള്ള കോണീയ വ്യതിയാനം $(\delta_V - \delta_R)$ കോണീയ പ്രകീർണ്ണനം എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

ഏതെങ്കിലും രണ്ടു പിറങ്ങളുടെ ശരാശരി വ്യതിചലനകോൺ δ (പച്ച അല്ലെങ്കിൽ മഞ്ഞ) എന്നും n അതിനനുസൃതമായ അപവർത്തനാങ്കം എന്നും എടുക്കുകയാണെങ്കിൽ,

$$\delta = (n - 1)A \qquad (6.95)$$

രണ്ട് അഗ്രത്തിലുള്ള നിറങ്ങളുടെ കോണീയ പ്രകീർണ്ണനത്തിനും ശരാശരി നിറം ഒന്നിന്റെ വ്യതിചലനകോണിനും ഉള്ള അനുപാതം പ്രകീർണ്ണന ശക്തി എന്നറിയപ്പെടുന്നു. പ്രിസത്തിന്റെ പ്രകീർണ്ണന ശക്തി.

$$\omega = \frac{\text{കോണീയ പ്രകീർണ്ണനം}}{\text{ശരാശരി വ്യതിചലനം}} = \frac{\delta_V - \delta_R}{\delta} \qquad (6.96)$$

$(\delta_V - \delta_R)$, (δ), എന്നിവയും മൂല്യങ്ങളെ പ്രസ്താവിച്ചാൽ

$$\omega = \frac{(n_V - n_R)}{(n-1)} \qquad (6.97)$$

പ്രകീർണ്ണനശക്തി ω ക്ക് പരിമാണവും മാത്രയും ഇല്ല. ഇതിന്റെ മൂല്യം എപ്പോഴും പോസിറ്റീവായിരിക്കും. പ്രകീർണ്ണനശക്തി എപ്പോഴും പ്രിസം ഉണ്ടാക്കിയിരിക്കുന്ന പദാർത്ഥത്തിന്റെ സ്വഭാവത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. പ്രിസത്തിന്റെ കോണിനെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല.

ഉദാഹരണം 6.22

ഫ്ളിന്റ് ഗ്ലാസ്സ് വഴിയേ ചെല്ലുന്ന ചുവപ്പ്, പച്ച മറ്റും വയലറ്റ് നിറങ്ങളുടെ അപവർത്തനാങ്കങ്ങൾ യഥാക്രമം 1.613, 1.620, 1.632 ആണ് പ്രിസത്തിന്റെ പ്രകീർണ്ണന ശക്തി കണ്ടുപിടിക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

തന്നിട്ടുള്ളവ, n_V=1.632; n_R=1.613; n_G=1.620

പ്രകിർണ്ണന ശക്തി,

$$\omega = \frac{(n_V - n_R)}{(n_G - 1)}$$

മൂല്യങ്ങൾ പ്രസ്താവിച്ചാൽ,

$$\omega = \frac{1.632 - 1.613}{1.620 - 1} = \frac{0.019}{0.620} = 0.0306$$

പ്രിസത്തിന്റെ പ്രകീർണ്ണനശക്തി, $\omega = 0.0306$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 43 2/14/2023 5:32:18 PM

6.7.6 സൂര്യപ്രകാശത്തിന്റെ വിസരണം

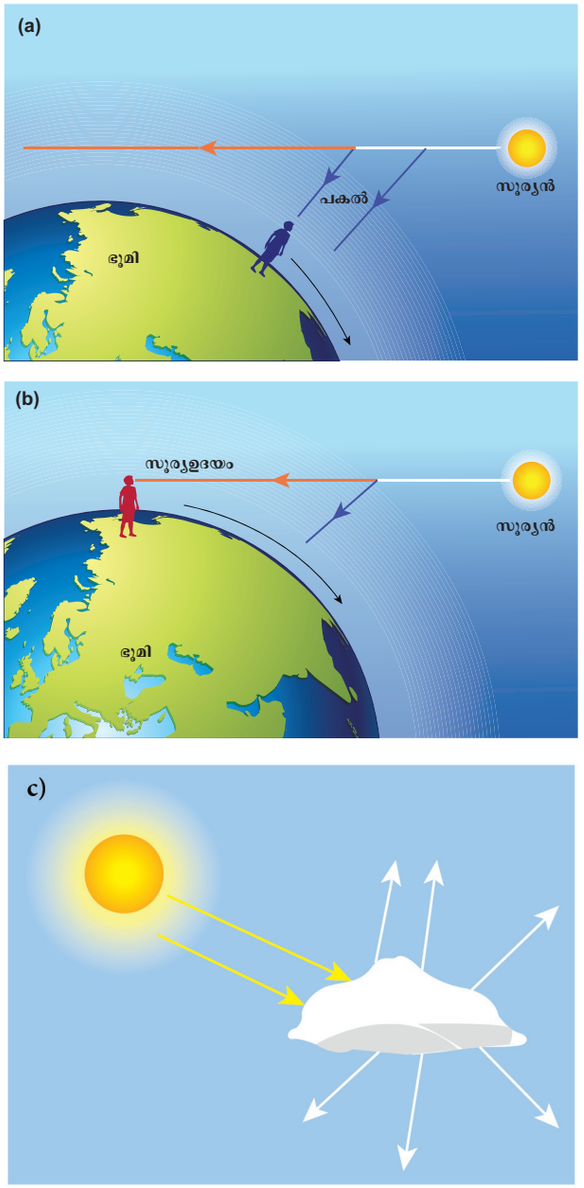
ഭൗമാന്തരീക്ഷത്തിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്ന സൂര്യപ്രകാശം അന്തരീക്ഷ കണികകളിൽ തട്ടി അവയുടെ പാതയ്ക്ക് വ്യതിയാനം ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയ്ക്ക് പ്രകാശത്തിന്റെ വിസരണം എന്നു പറയുന്നു.

വിസരണ വിധേയമാകുന്ന അണുക്കളുടെയോ തൻമാത്രകളുടേയോ വലിപ്പം പ്രകാശ തരംഗ ദൈർഘ്യത്തേക്കാൾ വളരെ കുറവാണെങ്കിൽ $(a<<\lambda)$, ആ വിസരണം റാലേ വിസരണം എന്നറിയപ്പെടുന്നു. റാലേ വിസരണ നിയമമനുസരിച്ച് വിസരണത്തിന്റെ തീവ്രത തരംഗദൈർഘ്യത്തിന്റെ നാലാം വർഗത്തിന് വിപരീത അനുപാതത്തിലാണ്.

$$I \propto \frac{1}{\lambda^4} \qquad (6.98)$$

സമവാക്യം 6.98, അനുസരിച്ച് പകൽ സമയത്ത് തരംഗദൈർഘ്യം കുറഞ്ഞ വയലറ്റു നിറത്തിന് മറ്റു നിറങ്ങളേക്കാൾ കൂടുതൽ വിസരണം സംഭവിക്കുന്നു. അടുത്തതായി കൂടുതൽ വിസരണം സംഭവിക്കുന്നത് നീലനിറത്തിനാണ്. നമ്മുടെ നേത്രങ്ങൾക്ക് സംവേദനക്ഷമത വയലറ്റു നിറത്തേക്കാൾ കൂടുതൽ നീലനിറത്തോട് ആയതു കൊണ്ടാണ് ആകാശം നീലനിറത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നത്. ചിത്രം 6.45(b). എന്നാൽ സൂര്യോദയത്തിലും, സൂര്യാസ്തമയത്തിലും പ്രകാശ രശ്മികൾ നിരീക്ഷകന്റെ നേത്രത്തിൽ എത്തുന്നത് വളരെ ദൂരം അന്തരീക്ഷത്തിലൂടെ സഞ്ചരിച്ചാണ്. അതുകൊണ്ട് കുറഞ്ഞ തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള വയലറ്റ്, നീലവർണ്ണങ്ങൾ കൂടുതൽ നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുകയും കൂടുതൽ തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള ചുവപ്പ് നിറം ഓറഞ്ച് നിറം മുതലായവ നിരീക്ഷകന്റെ നേത്രത്തിൽ കൂടുതൽ പതിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. അതുകൊണ്ടാണ് സൂര്യോദയത്തിലും സൂര്യാസ്തമയത്തിലും ചക്രവാളം ചുവപ്പു നിറമായികാണുന്നത് ഇത് ചിത്രം 6.45(a) യിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

അന്തരീക്ഷത്തിലെപൊടിപടലങ്ങളുടേയും ജലത്തിന്റേയും വലിയ കണികകൾ റാലെയുടെ വിസരണ നിയമം അനുസരിക്കുന്നില്ല കണികകളുടെ വലിപ്പംപ്രകാശത്തിന്റെതരംഗദൈർഘ്യത്തേക്കാൾ വളരെ കൂടുതലായിരിക്കും, $(a >> \lambda)$, ഈ കണിക



ചിത്രം 6.45 വ്യത്യസ്ത തരത്തിലുള്ള വിസരണം

കളിൽ എല്ലാ തരംഗദൈർഘ്യങ്ങൾക്കും തുല്യമായാണ് വിസരണം സംഭവിക്കുന്നത് അതുകൊണ്ടാണ് വലിയ ജലകണികകൾ കൊണ്ട് രൂപപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന മേഘങ്ങൾ വെള്ള നിറത്തിൽ കാണുന്നത്. ചിത്രം 6.45(c). ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ജലകണികകൾ പൊടിപടലങ്ങളിൽ ഘനീഭവിച്ച് മേഘങ്ങൾ അതാര്യമായി മാറുന്നു. അതിനാൽമഴമേഘങ്ങൾ ഇരുണ്ടു കാണുന്നു.

ഭൂമിയ്ക്ക് അന്തരീക്ഷം ഇല്ലാതിരുന്നാൽ പ്രകാശവിസരണം നടക്കുകയില്ലആകാശം കറുത്ത നിറത്തിൽ കാണപ്പെടും. അതുകൊണ്ടാണ് ബഹിരാകാശ സഞ്ചാരികൾക്ക് അന്തരീക്ഷത്തിനപ്പുറം ആകാശ കറുത്തതായി കാണുന്നത്.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 44 2/14/2023 5:32:18 PM

സംഗ്രഹം

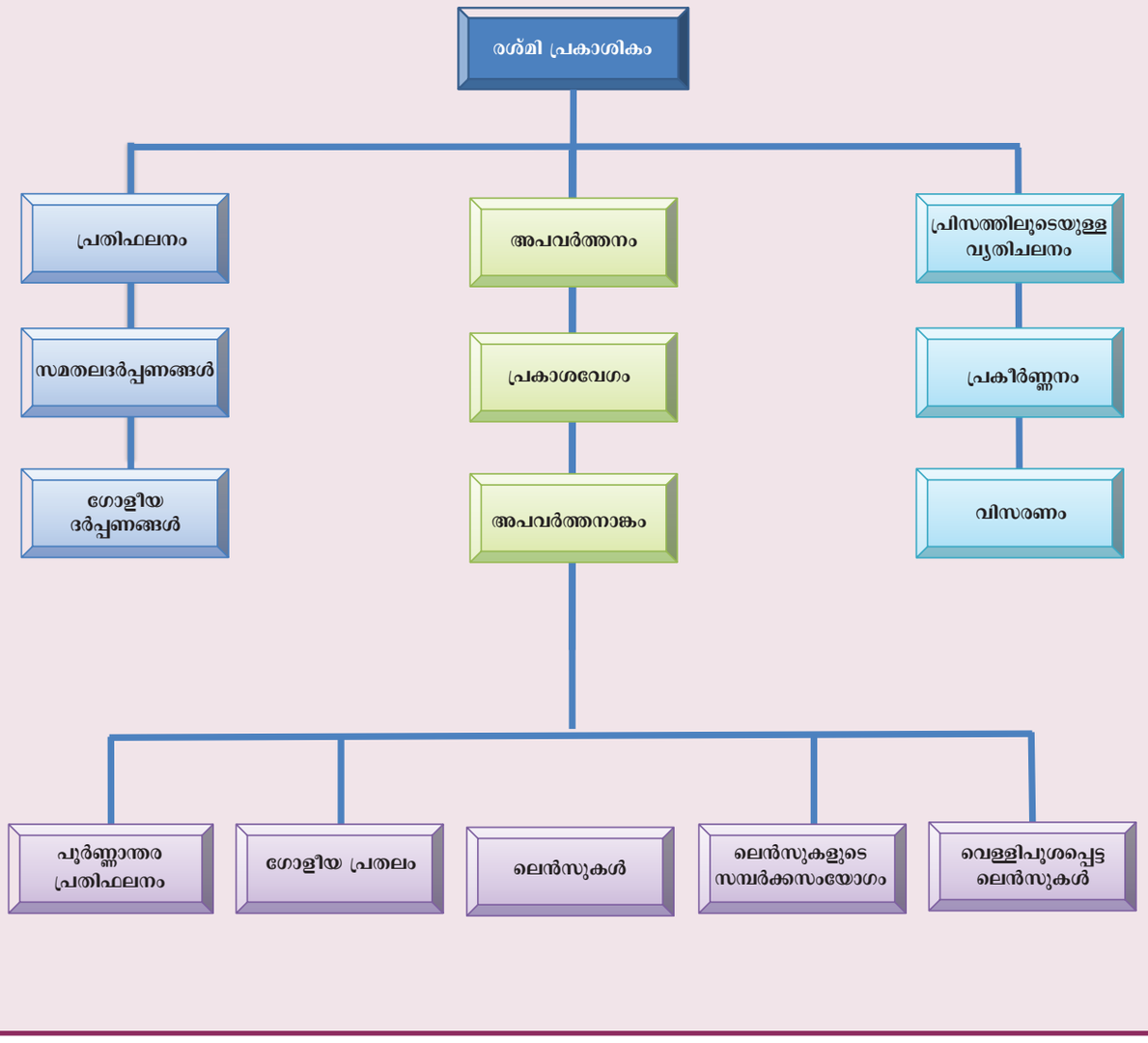
- പ്രകാശത്തിന്റെ ദിശ പ്രകാശ രശ്മിയിൽ നിന്നും മനസ്സിലാക്കാം.
- പ്രതിഫലന നിയമം, $i = r$.
- പരാക്സിയൽ കിരണങ്ങൾ എന്നത് മുഖ്യഅക്ഷത്തിന് വളരെ അടുത്തുകൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്നവയും വളരെ ചെറിയ കോണുകൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നവയുമാണ്.
- ഒരു ഗോളീയ ദർപ്പണത്തിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരവും വക്രതാ ആരവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം, $2f = R$ (അല്ലെങ്കിൽ) $f = \frac{R}{2}$ എന്നതാണ്.
- ഗോളീയ ദർപ്പണങ്ങളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രതിബിംബങ്ങൾ കാർട്ടീഷ്യൻ ചിഹ്ന രീതി അനുസരിക്കുന്നു.
- ദർപ്പണ സമവാക്യം, $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ ആകുന്നു.
- ഗോളീയ ദർപ്പണത്തിന്റെ ആവർധനം എന്നത്, $m = \frac{h'}{h} = -\frac{v}{u}$, $m = \frac{h'}{h} = \frac{f - v}{f} = \frac{f}{f - u}$.
- പ്രകാശം സാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിൽ പ്രകാശം കുറഞ്ഞ പ്രവേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു.
- ശൂന്യതയിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗതയ്ക്കും മാധ്യമത്തിലുള്ള പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗതയ്ക്കും തമ്മിലുള്ള അനുപാതമാണ് അപവർത്തനാങ്കം എന്നത്, $n = \frac{c}{v}$.
- പ്രകാശിക പാത എന്നത് ഒരു മാധ്യമം വഴിയേ പ്രകാശം സഞ്ചരിക്കുന്ന നിശ്ചിത നേരത്തിൽ ശൂന്യ തയിൽ കൂടെ പ്രകാശം സഞ്ചരിക്കുന്ന ദൂരമാണ്. $d' = nd$.
- അപവർത്തന നിയമം അഥവാ സ്നെൽ നിയമം അനുപാത രീതിയിൽ ഇങ്ങനെ വ്യക്തമാക്കാം, $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$.
- ഗുണന മാതൃകയിൽ, $n_1 \sin i = n_2 \sin r$.
- രണ്ടാമത്തെ മാധ്യമത്തിന്റെ ആപേക്ഷിക അപവർത്തനാങ്കം ആദ്യമാധ്യമവുമായി താരതമ്യം ചെയ്താൽ, $n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$.
- ആപേക്ഷിക ആഴം എന്നത് യഥാർത്ഥ ആഴത്തെക്കാൾ എല്ലായ്പ്പോഴും ചെറുതായിരിക്കും, $d' = \frac{d}{n}$.
- സാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിൽ നിന്നും സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിലോട്ട് കടക്കുന്ന ഒരു രശ്മിയുടെ ക്രാന്തിക കോൺ എന്നത് അപവർത്തന കോൺ $90°$. ആകുന്ന പതന കോണിന് സമമാണ്. $i > i_c$, ആകുമ്പോൾ പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനം നടക്കുന്നു.
- ക്രാന്തികകോൺ കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിനുള്ള സമവാക്യം, $\sin i_c = \frac{1}{n}$ (അഥവാ) $i_c = \sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right)$.
- സ്നെൽ ജാലകം എന്നത് ക്രാന്തകോണിനാൽ വെള്ളത്തിനുള്ളിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഒരു പ്രത്യേക വൃത്താകൃതിയുള്ള നിയന്ത്രിത പ്രദേശമായി കണക്കാക്കുന്നു. ഈ വൃത്ത പ്രതിദീപ്തിയുടെ ആരം എന്നത്, $R = d\left(\frac{1}{\sqrt{n^2 - 1}}\right)$ അഥവാ $R = \frac{d}{\sqrt{n^2 - 1}}$.
- ക്രാന്തിക കോണിനെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയാണ് പ്രകാശിക തന്തുക്കൾ നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നത്. പ്രകാശിക പ്രകാശിക തന്തുക്കളുടെ സ്വീകാര്യക കോൺ, ഇവിടെ, n_1, n_2, n_3 എന്നത് കവചം, ക്ലാഡിംഗ്, ചുറ്റുപാടുമുള്ള മാധ്യമം എന്നിവയുടെ അപവർത്തനാങ്കങ്ങളാണ്.
- പ്രകാശിക കിരണങ്ങൾ സ്ഫടിക സ്ലാബിൽ പതിക്കുമ്പോൾ പാർശ്വസ്ഥാനാരണം ഉണ്ടാകുന്നു. പാർശ്വ സ്ഥാനാന്തരത്തിന്റെ സമവാക്യം, $L = t\left(\frac{\sin(i - r)}{\cos(r)}\right)$ ആകുന്നു.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 45 2/14/2023 5:32:19 PM

- ഒരു ഒറ്റ വക്രതല പ്രതലത്തിന്റെ സമവാക്യം, $\frac{n}{v}-\frac{1}{u}=\frac{(n-1)}{R}$
- നേർത്ത സംവർജിത ലെൻസിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരം പോസിറ്റീവും നേർത്ത വിവർജിത ലെൻസിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരം നെഗറ്റീവും ആകുന്നു. ഫോക്കസ് ബിന്ദുവിന്റെ സ്ഥാനത്തെ ഇത് ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നില്ല.
- ലെൻസ് രൂപീകരണ സമവാക്യം, $\frac{1}{f}=(n-1)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$
- ലെൻസ് സമവാക്യം, $\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$
- ലെൻസിന്റെ ആവർധനം എന്നത്, $m=\frac{h'}{h}=\frac{v}{u}$, $m=\frac{h'}{h}=\frac{f}{f+u}$ അഥവാ $m=\frac{h'}{h}=\frac{f-v}{f}$
- ഒരു ലെൻസിന്റെ ക്ഷമത എന്നത് സംവ്രജിക്കാനുള്ള അഥവാ വിവർജിക്കാനുള്ള അളവാണ്. ക്ഷമതയും ഫോക്കസ് ദൂരവും എതിർ അനുപാതത്തിലാണ്. $P=\frac{1}{f}$
- ക്ഷമതയുടെ മാത്ര ഡയോപ്റ്റർ ആണ്, (D) ഫോക്കസ് ദൂരം മീറ്ററിൽ ആകുമ്പോൾ.
- സമ്പർക്ക സംയോഗത്തിന്റെ സഫലഫോക്കസ് ദൂരം എന്നത്, $\frac{1}{f}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}$
- പതന കിരണങ്ങൾ പ്രിസത്തിൽ പതിക്കുമ്പോൾ വ്യതിചലനം നടക്കുന്നു.
- വ്യതിചലനകോൺ എന്നത് പ്രിസത്തിന്റെ കോണിനേയും പതനകോണിനേയും, പ്രിസമാധ്യമത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കത്തെയും തരുന്ന സമവാക്യം, $d=i_1+i_2-A$
- ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ വ്യതിചലന കോണിൽ, $i_1=i_2$, $r_1=r_2$, പ്രിസത്തിനുള്ളിലൂടെ ചെല്ലുന്ന രശ്മി പ്രിസത്തിന്റെ ബേസിനു സമാന്തരമായിരിക്കും.
- പ്രിസത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം പ്രിസത്തിന്റെ കോണിനേയും ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ വ്യതിചലന കോണിനേയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. സമവാക്യത്തിൽ ഇപ്രകാരം എഴുതാം, $n=\frac{\sin\left(\frac{A+D}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$
- ഒരു മാദ്ധ്യമത്തിൽ കൂടി ധവള പ്രകാശം സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ അതിലെ വ്യത്യസ്ത നിറങ്ങൾ വ്യത്യസ്ത വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുകയും ഇത് പ്രകീർണ്ണനത്തിന് വഴിയൊരുക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. മാദ്ധ്യമത്തിൽ ചുവന്ന വർണ്ണം, വയലറ്റ് വർണ്ണത്തെക്കാൾ വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. ശൂന്യതയിൽ എല്ലാ നിറങ്ങളും ഒരേ വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു.
- ചെറിയ കോണളവുള്ള പ്രിസങ്ങളിലെ വ്യതിചലന കോൺ എന്നത്, $\delta=(n-1)A$
- വർണ്ണരാജിയിലെ രണ്ട് അഗ്രങ്ങളിലുള്ള നിറങ്ങളുടെ (വയലറ്റും, ചുവപ്പും) വർത്തുളവ്യതിയാനമാണ് വർത്തുള പ്രകീർണ്ണനം $\delta_V-\delta_R=(n_V-n_R)A$
- ധവളപ്രകാശത്തെ പ്രകീർണ്ണനം നടത്താൻ വേണ്ട മാദ്ധ്യമത്തിന്റെ കഴിവിനെ പ്രകീർണ്ണനക്ഷമത എന്ന് പറയുന്നു. $\omega=\frac{(n_V-n_R)}{(n-1)}$
- വെള്ളത്തിലെ കണികകൾക്ക് പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രകീർണ്ണനം നടക്കുന്നതിനാൽ മഴവില്ലുകൾ ഉണ്ടാവുന്നു.
- പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗ ദൈർഘ്യത്തേക്കാൾ കുറഞ്ഞ വലിപ്പമുള്ള കണികകൾക്ക് പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രസരണം നടക്കുന്നതിനെ റാലേ വിസരണം എന്നു പറയുന്നു. റാലേ വിസരണത്താൽ രൂപീകൃതമാകുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത എന്നത്, $I\propto\frac{1}{\lambda^4}$
- പ്രകാശ തരംഗ ദൈർഘ്യത്തേക്കാൾ കൂടുതൽ വലിപ്പമുള്ള പൊടിപടലങ്ങൾ നോൺ റാലയ് വിസരണത്തിന് വിധേയമാവുന്നു. വിസരണം തരംഗദൈർഘ്യത്തെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 46 2/14/2023 5:32:20 PM

ആശയ ചിത്രീകരണം



XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 47 2/14/2023 5:32:20 PM

യോജിച്ച ഉത്തരം തെരഞ്ഞെടുക്കുക

1. ഒരു ഐസോട്രോപിക് മാധ്യമം വഴിയേ ചെല്ലുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നത്,

(a) പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത

(b) തരംഗ ദൈർഘ്യം

(c) പ്രചരണ രീതി

(d) മാധ്യമത്തിനനുസരിച്ച്പ്രകാശ സ്രോതത്തിന്റെ ചലനം

2. 10 സെ.മീ നീളമുള്ള ഒരു ദണ്ഡിനെ 10 സെ.മീ ഫോക്കസ് ദൂരമുള്ള ഒരു അവതല ദർപ്പണത്തിന്റെ മുഖ്യഅക്ഷത്തിൽ വെച്ചിട്ടുണ്ട്. ദണ്ഡിന്റെ ഒരുഅഗ്രംദർപ്പണത്തിന്റെധ്രുവത്തിൽനിന്നും 20 സെ.മീ ദൂരത്തിൽ ഇരുന്നാൽ പ്രതിബിംബത്തിന്റെ നീളം എത്ര? (AIPMT Main 2012)

(a) 2.5 സെ.മീ (b) 5 സെ.മീ

(c) 10 സെ.മീ (d) 15 സെ.മീ

3. f ഫോക്കസ് ദൂരമുള്ള ഒരു ഉത്തലലെൻസിനു മുമ്പിൽ ഒരു വസ്തു വെച്ചിട്ടുണ്ട്. വലുതാക്കപ്പെട്ട യഥാർത്ഥബിംബം കിട്ടണമെങ്കിൽ വസ്തുവിനെ വയ്ക്കേണ്ട അധികമറ്റും കുറഞ്ഞ ദൂരങ്ങൾ. (JEE Main 2009)]

(a) $2f, c$ (b) c, ∞

(c) f, O (d) ഇവയിൽ ഒന്നുമല്ല

4. വായുവിൽ നിന്നും അപവർത്തനാങ്കം 2 ഉള്ള ഒരു ഗ്ലാസ്സ് സ്ലാബിലേക്ക് പ്രകാശം പതിക്കുന്നു. എങ്കിൽ സാധ്യമായ വലിയ അപവർത്തന കോണത്തിന്റെ മൂല്യം എത്ര,

(a) **30°** (b) 45°

(c) **60°** (d) 90°

5. കാറ്റിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രവേഗം മറ്റും തരംഗ ദൈർഘ്യം യഥാക്രമം V_a മറ്റും λ_a ജലത്തിൽ V_w മറ്റും λ_w, ആണെങ്കിൽ ജലത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം,

(a) $\frac{V_w}{V_a}$ (b) $\frac{V_a}{V_w}$

(c) $\frac{\lambda_w}{\lambda_a}$ (d) $\frac{V_a\lambda_a}{V_w\lambda_w}$

6. നക്ഷത്രങ്ങൾ തിളങ്ങാനുള്ള കാരണം,

(a) പ്രതിഫലനം

(b) പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനം

(c) അപവർത്തനം

(d) ധ്രുവീകരണം

7. അപവർത്തനാങ്കം 1.47 ഉള്ള ഒരു ഇരുപാർശ്വ ഉത്തലലെൻസിനെ ഒരു ദ്രാവകത്തിൽ മുക്കുമ്പോൾ അത് ഒരു കണ്ണാടി പ്രതലം പോലെ പ്രവർത്തിച്ചാൽ ദ്രാവകത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം എങ്ങനെയായിരിക്കണം,

(a) ഒന്നിനേക്കാൾ കുറവ്

(b) ഗ്ലാസ്സിനേക്കാൾ കുറവ്

(c) ഗ്ലാസ്സിനേക്കാൾ കൂടുതൽ

(d) ഗ്ലാസ്സിനു തുല്യമായി

8. ഒരു നേർത്ത സമതല ഉത്തല ലെൻസിന്റെ ഗോളാകൃതിയിലുള്ള പ്രതലത്തിന്റെ വക്രതല ആരം10 സെ.മീഉം അപവർത്തനാങ്കം 1.5. ഉം ആണ്. ലെൻസിന്റെ സമതല പ്രതലം വെള്ളി പൂശിയാൽ, ഫോക്കസ് ദൂരം,

(a) 5 സെ.മീ (b) 10 സെ.മീ

(c) 15 സെ.മീ (d) 20 സെ.മീ

9. അപവർത്തനാങ്കം 1.5 ഉള്ള ഒരു ഗ്ലാസ്സ് സ്ലാബിനുള്ളിൽ ഒരു വായു കുമിള ഉണ്ട് (ലംബ പതന രശ്മിക്കരുകിൽ) ഒരു വശത്തു നിന്ന് നോക്കുമ്പോൾ വായു കുമിള 5 സെ.മീആഴത്തിലും മറ്റൊരു വശത്തു കൂടി നോക്കുമ്പോൾ3 സെ.മീ ആഴത്തിലുമാണുള്ളത് എങ്കിൽ ഗ്ലാസ്സ് സ്ലാബിന്റെ ഘനം എത്ര,

(a) 8 സെ.മീ (b) 10 സെ.മീ

(c) 12 സെ.മീ (d) 16 സെ.മീ

10. അപവർത്തനാങ്കം n ഉള്ള ഒരു സുതാര്യ മാധ്യമം വഴിയായി ചെല്ലുന്ന പ്രകാശരശ്മി വായുവിൽനിന്നുംആമാധ്യമത്തെവിഭജിക്കുന്നപ്രതലത്തിൽ 45°. കോണിൽ പതിച്ച് പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനം നടക്കുന്നു. എങ്കിൽ n ന്റെ മൂല്യം എത്ര,

(a) $n = 1.25$ (b) $n = 1.33$

(c) $n = 1.4$ (d) $n = 1.5$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 48 2/14/2023 5:32:21 PM

ഉത്തരം

1) b	2) b	3) d	4) a	5) b
6) c	7) d	8) b	9) c	10) d

ഹ്രസ്വ ഉത്തര ചോദ്യങ്ങൾ

1. പ്രതിഫലനത്താലുണ്ടാകുന്ന വ്യതിചലന കോൺ എന്താണ്?
2. ഗോളീയ ദർപ്പണത്തിൽ f നും R നും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം സാധൂകരിക്കുക.
3. ഗോളീയ ദർപ്പണത്തിനുള്ള കാർട്ടീഷ്യൻ ചിഹ്നരീതികൾ എന്തെല്ലാം?
4. പ്രകാശിക പാത എന്നാൽ എന്ത് പ്രകാശിക പാതയ്ക്കുള്ള സമവാക്യം കണ്ടുപിടിക്കുക.
5. സ്നെൽ നിയമം/അപവർത്തന നിയമം നിർവ്വചിക്കുക.
6. അപവർത്തനത്താലുണ്ടാകുന്ന വ്യതിചലന കോൺ എന്താണ്?
7. റിവേഴ്സ്ബിലിറ്റി തത്വം എന്നാൽ എന്ത്?
8. ആപേക്ഷിക അപവർത്തനാങ്കം എന്നാൽ എന്ത്?
9. ആപേക്ഷിക ആഴത്തിന്റെ സമവാക്യം ലഭ്യമാക്കുക.
10. നക്ഷത്രങ്ങൾ തിളങ്ങാനുള്ള കാരണം എന്താണ്?
11. ക്രാന്തിക കോൺ മറ്റും പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനം എന്നാൽ എന്ത്?
12. ക്രാന്തിക കോണിനുള്ള സമവാക്യം കരസ്ഥമാക്കുക.
13. വജ്രം ജ്വലിക്കാനുള്ള കാരണം വിവരിക്കുക.
14. മരീചിക, ലൂമിംഗ് എന്താണെന്ന് വ്യക്തമാക്കുക?
15. പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനം ഉണ്ടാകുന്ന പ്രിസങ്ങളെ കുറിച്ച് ഒരു കുറിപ്പ് തയ്യാറാക്കുക.
16. സ്നെൽ ജാലകം വ്യക്തമാക്കുക?
17. എൻഡോസ്കോപ്പിന്റെ പ്രവർത്തനം വിശദമാക്കുക?
18. ഒരു ലെൻസിന്റെ പ്രാഥമിക ഫോക്കസ്, മറ്റു ദ്വിതീയ ഫോക്കസ് എന്നാൽ എന്ത്?
19. ലെൻസുകൾക്കായി പിന്തുടരുന്ന ചിഹ്നരീതി എന്താണ്?
20. ലെൻസ് രൂപീകരണ സമവാക്യത്തിൽ നിന്നും ലെൻസ് സമവാക്യം നേടുക.
21. നേരീയ ലെൻസിന്റെ പാർശ്വസ്ത ആവർധനത്തിനുള്ള സമവാക്യം കൊണ്ടു വരുക.
22. ലെൻസിന്റെ ക്ഷമത നിർവ്വചിക്കുക?
23. ലെൻസുകളുടെ സമ്പർക്കസംയോജനത്തിന്റെ സഫലഫോക്കസ് ദൂരം കരസ്ഥമാക്കുക.
24. ഏറ്റവുംകുറഞ്ഞവ്യതിചലനകോൺഎന്നാൽ എന്ത്?
25. പ്രകീർണ്ണനം എന്നാൽ എന്ത്?
26. മഴവില്ല് രൂപാന്തരപ്പെടുന്നത് എങ്ങനെ?
27. റാലേയുടെ വിസരണം വ്യക്തമാക്കുക?
28. ആകാശം നീലനിറമായി കാണുന്നതെന്തുകൊണ്ട്?
29. സൂര്യോദയത്തിലും സൂര്യാസ്തമയത്തിലും ആകാശം ചുവന്നതായികാണപ്പെടുന്നതെന്തുകൊണ്ട്?
30. മേഘങ്ങൾ വെളുത്ത നിറത്തിൽ കാണുന്നതെന്തുകൊണ്ട്?

ദീർഘ ഉത്തര ചോദ്യങ്ങൾ

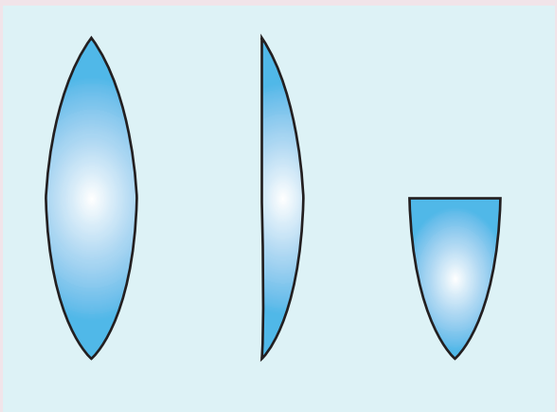
1. ദർപ്പണ സമവാക്യവും പാർശ്വസ്ത ആവർധന സമവാക്യവും നേടുക.
2. പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗത അളക്കുന്ന ഫിസിയൂ പ്രക്രിയയെ കുറിച്ച് പ്രതിപാദിക്കുക.
3. പ്രദീപ്തിയുടെ ആരം അഥവാ സ്നെൽസ് ജാലകത്തിന്റെ സമവാക്യം നേടുക.
4. വര്യേണ്യ കോൺ മറ്റും പ്രകാശിക തന്തുക്കളുടെ ന്യൂമരിക്കൽ അപെർച്ചർ എന്നിവയുടെ സമവാക്യം ഉരുത്തിരിക്കുക.
5. സ്ഫടിക സ്ലാബിൽ കൂടെ കടന്നുപോകുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെപാർശ്വസ്ഥാനാന്തരണംകണ്ടുപിടിക്കുന്നതിനുള്ള സമവാക്യം നേടുക.
6. ഒരു ഒറ്റ ഗോളീയ പ്രതലത്തിൽ നടക്കുന്ന അപവർത്തനത്തിന്റെ സമവാക്യത്തെ ഉരുത്തിരിക്കുക.
7. ലെൻസ്രൂപീകരണസമവാക്യത്തെയുംഅതിന്റെ സവിശേഷതകളെയും വ്യക്തമാക്കുക.
8. നേർത്ത ലെൻസിന്റെ സമവാക്യവും അതിന്റെ ആവർധനവും രൂപീകരിക്കുക.
9. പ്രിസത്തിലൂടെയുള്ള പ്രകാശത്തിന്റെ വ്യതിചലന കോൺ കണ്ടുപിടിച്ച് അതിൽ നിന്നും പ്രകാശത്തിന്റെഅപവർത്തനാങ്കത്തിന്റെസമവാക്യം ഉരുത്തിരിക്കുക.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 49 2/14/2023 5:32:21 PM

10. പ്രകീർണ്ണനം എന്നാൽ എന്ത്? മാധ്യമത്തിന്റെ പ്രകീർണ്ണന ക്ഷമതയുടെ സമവാക്യം ഉരുത്തിരിയിക്കുക.

ആശയ വിശദീകരണ ചോദ്യങ്ങൾ

1. ഡിഷ് ആന്റിനകൾ വളഞ്ഞിരിക്കാനുള്ള കാരണം എന്ത്?
2. വെള്ളത്തിനുള്ളിലെ കുമിള ഉപയോഗിച്ച് ഏതു തരത്തിലുള്ള ലെൻസ് രൂപീകരിക്കാം?
3. രണ്ടു ലെൻസുകൾ ഉപയോഗിച്ച് ക്ഷമത പൂജ്യമാക്കാൻ സാധ്യമാണോ?
4. f ഫോക്കസ് ദൂരവും I തീവ്രതയുള്ള ഒരു പ്രകാശം ഒരു ഇരുപാർശ്വ ഉത്തലലെൻസിൽ കൂടെ കടന്നുപോകുന്നു. ഇതിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരം കണ്ടുപിടിക്കുക. കൂടാതെ ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ ലംബമായും തിരശ്ചീനമായും മുറിച്ചു കഴിയുമ്പോൾ കിട്ടുന്ന ലെൻസിന്റെ ഭാഗങ്ങളിലെ തീവ്രത കണക്കാക്കുക?



5. മൂടൽ മഞ്ഞുള്ളപ്പോൾ മഞ്ഞനിറം തിരഞ്ഞെടുക്കാൻ കാരണമെന്ത്?

സംഖ്യാ പ്രശ്നങ്ങൾ

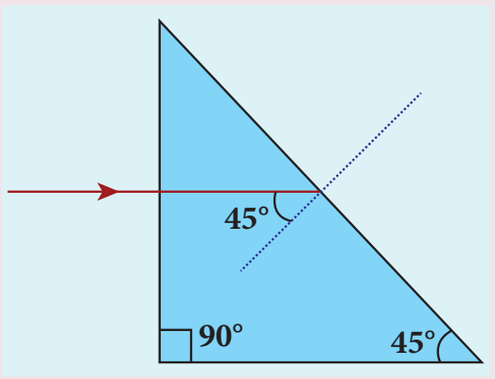
1. വക്രതല ആരം 24 സെ.മീ ഉള്ള ഒരു അവതല ദർപ്പണത്തിൽ നിന്നും 6 സെ.മീ മുൻഭാഗത്ത് 4 സെ.മീ ഉയരമുള്ള ഒരു വസ്തുവിനെ വെച്ചിരിക്കുന്നു. പ്രതിബിംബത്തിന്റെ സ്ഥാനം, പ്രകൃതം, ഉയരം, ആവർധനം ഇവ കണ്ടുപിടിക്കുക.

[ഉത്തരം: $v = 12$ സെ.മീ, $h' = 8$ സെ.മീ, $m = 2$, പ്രതിബിംബം നിവർന്നതും അവാസ്തവികവും വസ്തുവിന്റെ ഉയരത്തിന്റെ ഇരുമടങ്ങും ദർപ്പണത്തിന്റെ വലതു ഭാഗത്തും ലഭിക്കുന്നു.]

2. ഫോക്കസ് ദൂരം 20 സെ.മീ ഉള്ള ഒരു അവതല ദർപ്പണത്തിന്റെ മുൻഭാഗത്ത് വസ്തുവിനെവെച്ചിരിക്കുന്നു. പ്രതിബിംബം വസ്തുവിനേക്കാൾ മൂന്നിരട്ടി വലിപ്പമേറിയതാണെങ്കിൽ ദർപ്പണത്തിൽ നിന്നും വസ്തു സ്ഥിതി ചെയ്യേണ്ട രണ്ടു സാധ്യമായ അകലങ്ങളെ കണക്കാക്കുക.

[ഉത്തരം $+m$ ആയിരിക്കുമ്പോൾ $u = -40/3$ സെ.മീ $-m$ ആയിരിക്കുമ്പോൾ $u = -80/3$ സെ.മീ]

3. ചിത്രത്തിൽ കാണിക്കുന്നതു പോലെ ചുവപ്പ്, നീല എന്നിവ അടങ്ങുന്ന ഒരു പ്രകാശ കിരണം ലംബ പ്രിസത്തിൽ പതിക്കുന്നു. ചുവപ്പ്, പച്ച, നീല എന്നീ നിറങ്ങളുടെ പ്രിസത്തിലെ അപവർത്തനാങ്കം യഥാക്രമം 1.39, 1.44, 1.47 എന്നിവയാണ്, ഏതൊക്കെ നിറങ്ങളാണ് പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിഫലനത്തിൽ വിധേയമാകുന്നത്?



[ഉത്തരം: പച്ച, നീല എന്നീ നിറങ്ങൾ പൂർണ്ണാന്തര പ്രതി ഫലനത്തിന് വിധേയമാകുന്നു.]

4. 20 സെ.മീ ഫോക്കസ് ദൂരമുള്ള ഒരു ഉത്തല ലെൻസിൽ നിന്നും കുറച്ചു ദൂരമകലെ ഒരു വസ്തു വെച്ചിരിക്കുന്നു. 4 മടങ്ങു ആവർധനം ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രതിബിംബം കിട്ടണമെങ്കിൽ വസ്തു എത്ര ദൂരത്തിൽ വെയ്ക്കണം.

[ഉത്തരം: $u = -15$ സെ.മീ.]

5. n_1, n_3 എന്നീ അപവർത്തനാങ്കമുള്ള രണ്ടു മാധ്യമത്തിൽ n_2 അപവർത്തനാങ്കമുള്ള ഒരു ലെൻസ് വെച്ചിട്ടുണ്ട്. ലെൻസ് രൂപീകരണ സമവാക്യം കൊണ്ടുവരിക.

ഉത്തരം $\left[\frac{n_3}{v} - \frac{n_1}{u} = \frac{(n_2 - n_1)}{R_1} + \frac{(n_3 - n_2)}{R_2} \right.$

$\left. \frac{1}{f} = \frac{1}{n_3}\left(\frac{(n_2 - n_1)}{R_1} + \frac{(n_3 - n_2)}{R_2} \right) \right]$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 50 2/14/2023 5:32:22 PM

6. ഒരു നേരിയ സംവർജിത ലെൻസിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം 1.5 ക്ഷമത + 5.0 യും ആണ്. n, അപവർത്തനാങ്കമുള്ള ഒരു ദ്രാവകത്തിൽ ഇതിനെ നിമജ്ഞനം ചെയ്താൽ 100 സെ.മീ ഫോക്കസ് ദൂരമുള്ള ഒരു വിവർജിത ലെൻസായി അത് പ്രവർത്തിക്കുന്നു എങ്കിൽ n ന്റെ മൂല്യം കണക്കാക്കുക?

[ഉത്തരം: $n = 5/3$]

7. ഒരു ഉത്തല ലെൻസിന്റെ വസ്തുവിനും തിരയ്ക്കുമുള്ള അകലം D എന്നത് അതിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരത്തിന്റെ 4 മടങ്ങാണ് എങ്കിൽ വലുപ്പം കൂടിയതും വലുപ്പം കുറഞ്ഞതുമായ പ്രതിബിംബം കിട്ടുന്ന രണ്ട് സ്ഥാനങ്ങൾ ഉണ്ട്. ഇതിനെ കോൺജുഗേറ്റ് ഫോക്കസ് പ്രക്രിയ എന്നു പറയുന്നു. ലെൻസിന്റെ രണ്ടു സ്ഥാനങ്ങൾക്കിടയ്ക്കുള്ള അകലം d ആണെങ്കിൽ ആ ഉത്തല ലെൻസിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരം കണ്ടുപിടിക്കേണ്ട സമവാക്യം ഉരുത്തിരിക്കുക.

$$\left[\text{ഉത്തരം: } f = \frac{D^2 - d^2}{4D}\right]$$

8. അവസ്തവികവും നിവർന്നതും വളരെ ചെറുതുമായ പ്രതിബിംബം മാത്രം സൃഷ്ടിക്കാൻ കഴിവുള്ള ഒന്നാണ് ഉത്തല ലെൻസ് എന്നു തെളിയിക്കുക.

9. പരന്ന ഉപരിതലം രസം പൂശിയിട്ടുള്ള ഒരു കനം കുറഞ്ഞ ഫ്ളനോ കോൺവെക്സ് ലെൻസിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരം 15 സെ.മീ ആണ്. ഇതിൽ 20 സെ.മീ അകലെ ഒരു വസ്തുവിനെ പ്രതിഷ്ഠിക്കുന്നു. അവസാന പ്രതിബിംബത്തിന്റെ സ്ഥാനവും പ്രകൃതവും വ്യക്തമാക്കുക.

[ഉത്തരം: $v = -12$ സെ.മീ]

10. റാലേ വിസരണത്തിൽ വിധേയമാകുന്ന രണ്ടു പ്രകാശ രശ്മികളുടെ തരംഗ ദൈർഘ്യം യഥാക്രമം 500 nm, 300 nm ആണെങ്കിൽ അവയുടെ തീവ്രതയുടെ അനുപാതം കണ്ടുപിടിക്കുക.

[ഉത്തരം: 81:625]

പരാമർശ ഗ്രന്ഥങ്ങൾ

1. Frances A. Jenkins and Harvey E. White, Fundamentals of Optics, 4th Edition, McGraw Hill Book Company, (2011).
2. David Halliday, Robert Resnick and Jearl Walker, Fundamentals of Physics, 6th Edition, John Wiley & Sons Inc., (2004).
3. H.C. Verma,Concepts of Physics [Part-1], 1st Edition, Bharathi Bhawan Publishers & Distributers Pvt. Ltd., (2008).
4. Roger A. Freedman, Hugh D. Young, Sears and Zemansky's University Physics, 12th Edition, Pearson, (2011).

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 51 2/14/2023 5:32:22 PM

ഐ.സി.ടി കോർണർ

രശ്മി പ്രകാശികം

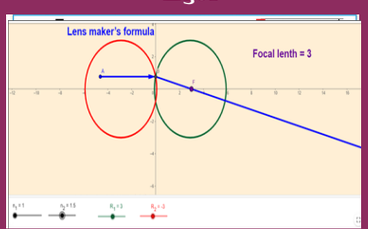
ഈ പ്രവർത്തനത്തിൽ നിന്നും നിശ്ചിത ഫോക്കസ് ദൂരത്തിലുള്ള ലെൻസുകൾ നിർമ്മിക്കാനാവശ്യമായ വക്രതാ വ്യാസാർദ്ധം കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിയുന്നു

പ്രതിപാദ്യം : ലെൻസ് രൂപീകൃത സൂത്രം

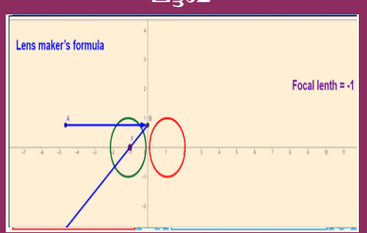
ഘട്ടങ്ങൾ:

- ബ്രൗസറിൽ "https://www.geogebra.എന്ന പേജിലേക്ക് പോകുക.
- ഇവിടെ n_1 = വായുവിന്റെ അപവർത്തനാങ്കവും $(n_1 = 1)$. n_2 എന്നത് ലെൻസിന്റെ അപവർത്തനാങ്കവും ആകുന്നു. R_1, R_2 എന്നിവ ലെൻസിന്റെ വക്രതാ വ്യാസാർദ്ധവുമാകുന്നു.
- $n_2 = 1.5$, $R_1 = 3$ സെ.മീ $R_2 = -3$ സെ.മീ എന്നെടുക്കുക $\frac{1}{f} = (n_2 - 1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$. എന്ന സൂത്രം ഉപയോഗിച്ച് ലെൻസിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരം കണക്കാക്കുക. n_2, R_1, R_2 എന്നിവയുടെ മൂല്യങ്ങൾ ക്രമീകരിച്ച് സ്ക്രീനിൽ ലഭ്യമാകുന്ന മൂല്യവുമായി നിങ്ങളുടെ ഉത്തരം താരതമ്യം ചെയ്ത് ശരി നോക്കുക.
- 7 സെ.മീ ഫോക്കസ് ദൂരമുള്ള ലെൻസ് നിർമ്മിക്കാനാവശ്യമായ വക്രതാ ദൂരങ്ങൾ R_1, R_2 കണ്ടുപിടിക്കുക.
- $R_1 = -1$സെ.മീ ഉം, $R_2 = 1$ സെ.മീ ഉം ആകുമ്പോൾ -1 സെ.മീ ഫോക്കസ് ദൂരമുള്ള ഒരു അവതലദർപ്പണം ലഭിക്കുന്നു. R_1 മറ്റും R_2 വിനെ ക്രമീകരിച്ച് ഒരു അവതല മറ്റും ഉത്തല ലെൻസുകൾ നിർമ്മിക്കാൻ ശ്രമിക്കുക.
- അപവർത്തനാങ്കം n_2, വിനെ ക്രമീകരിച്ച് അപവർത്തനാങ്കത്തിനനുപ്രതമുള്ള ഫോക്കസ് ദൂരത്തിന്റെ വ്യതിയാനം വിശകലനം ചെയ്യുക.
- അപവർത്തനാങ്കം n_1 നെ ക്രമീകരിച്ച് ലെൻസിനെ ചുറ്റിയുള്ള മാദ്ധ്യമത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കത്തിനനുസൃതമായ ഫോക്കസ് ദൂരത്തില വ്യതിയാനം വിശകലനം ചെയ്യുക.

ഘട്ടം1



ഘട്ടം2



കുറിപ്പ്:

ഫ്ളാഷ് പ്രാപ്തമാക്കിയ ബ്രൗസർ ഉപയോഗിക്കുക അല്ലെങ്കിൽ നിങ്ങളുടെ സിസ്റ്റത്തിൽ ഫ്ളാഷ് പ്ലേയർ ഇൻസ്റ്റാൾ ചെയ്യുക.

URL:

https://www.geogebra.org/m/wv7ecvc

* ചിത്രങ്ങൾ സൂചകങ്ങൾ മാത്രമാണ്.

* ആവശ്യമെങ്കിൽ ഫ്ളാഷ് പ്ലേയർ അഥവാ ജാവാസ്ക്രിപ്റ്റ് അനുവദിക്കുക.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-6 Malayalam.indd 52 2/14/2023 5:32:23 PM

അദ്ധ്യായം

7

തരംഗ പ്രകാശികം

അന്ധകാരമായിനാം വിളിക്കുന്നതെല്ലാം പ്രകാശം പതിക്കാത്തവയല്ല, മറിച്ച് നാം കാണാൻ ശ്രമിക്കാത്തതിനാലാണ്.
— ജെയിംസ് ആൽബർട്ട് മിഷെനർ

പഠന ഉദ്ദേശങ്ങൾ

ഈ യൂണിറ്റിൽ കുട്ടികൾക്ക് മനസ്സിലാകുന്നവ,

- പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗസ്വഭാവം.
- പ്രതിഫലനത്തിനും അപവർത്തനത്തിനും ഉള്ള തെളിവ്.
- വ്യതികലനം, വ്യതിയാനം, ധ്രുവീകരണം എന്നീ പ്രതിഭാസങ്ങൾ.
- വിപുലീകരണം വേർപിരിക്കൽ എന്നീ പദങ്ങൾ.
- സൂക്ഷ്മദർശിനി, ദൂരദർശിനി എന്നീ വ്യത്യസ്ത പ്രകാശ ഉപകരണങ്ങൾ.

IKQWT

7.1 പ്രകാശത്തിലെ സിദ്ധാന്തങ്ങൾ

ഒരു സ്ഥലത്തുനിന്നും മറ്റൊരു സ്ഥലത്തേക്ക് കടത്തിവിടാവുന്ന ഒരുതരം ഊർജ്ജമാണ് പ്രകാശം. ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ മുന്നോട്ടുവച്ച പ്രകാശത്തെക്കുറിച്ചുള്ള പല സിദ്ധാന്തങ്ങളും കേവലം പ്രകാശത്തിന്റെ തരങ്ങളെ മാത്രമല്ല പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രതിഭാസങ്ങളെക്കുറിച്ചും പരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ തെളിയിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്.

7.1.1 കോർപ്പസ്കുലാർ സിദ്ധാന്തം

1672-ൽ ഐസക്ന്യൂട്ടനാണ് പ്രകാശത്തിന്റെ കോർപ്പസ്കുലാർ സിദ്ധാന്തം പരിചയപ്പെടുത്തിയത്. എന്നാൽ അതിനുമുമ്പ് 1637-ൽ സെസ്കാർട്ടിസ് എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രതിഫലനം, അപവർത്തനം എന്നിവയെക്കുറിച്ചു പ്രതിപാദിക്കുന്നതിനായി കോർപ്പസ്കുലാർ സിദ്ധാന്തം നിർദ്ദേശിച്ചിരുന്നു. ഈ സിദ്ധാന്തപ്രകാരം പ്രകാശം വളരെ ചെറിയ പിണ്ഡമില്ലാത്ത (താരതമ്യേന) ഇലാസ്തികതയുള്ള കണികകളായി (കോർപ്പുസെൽ) സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഈ കോർപ്പുസെൽ വളരെ ചെറിയ കണികളായതിനാൽ പ്രകാശം എത്രദൂരം സഞ്ചരിച്ചാലും അവയുടെ സ്രോതസ്സിന് ഗണ്യമായ പിണ്ഡനഷ്ടം സംഭവിക്കുന്നില്ല. ഇവയുടെ വേഗത കൂടുതലായതിനാൽ ഗുരുത്വാകർഷണബലം ഇതിനെ ബാധിക്കുന്നില്ല. മാത്രമല്ല, ഏകീകൃത റിഫ്രാക്ടീവ് സൂചിക മാധ്യമത്തിൽ പ്രകാശം നേർരേഖയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. പ്രകാശത്തിന്റെ ഈ കണികകൾ നമ്മുടെ കണ്ണിന്റെ ദൃഷ്ടിപടലത്തിൽ പതിക്കുമ്പോൾ നമുക്ക് വസ്തുവിനെ കാണാൻ സാധിക്കുന്നു. വ്യത്യസ്ഥ വലുപ്പത്തിലുള്ള കണികകൾ വ്യത്യസ്ഥ നിറങ്ങളെ തരുന്നു. ഈ കണികകൾ രണ്ടു മാധ്യമങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള പ്രതലത്തിൽ പ്രവേശിക്കുമ്പോൾ അവ ആകർഷിക്കപ്പെടുകയോ, വികർഷിക്കപ്പെടുകയോ ചെയ്യുന്നില്ല. മാധ്യമത്തിൽ തട്ടുന്ന കണികകളുടെ വികർഷണത്താലാണ് പ്രകാശ പ്രതിഫലനം നടക്കുന്നത്. മാധ്യമത്താൽ കണികകൾ ആകർഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്നുവെങ്കിൽ അപവർത്തനം നടക്കുന്നു.

എന്നാൽ ഈ സിദ്ധാന്തത്തിന് പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗത, സാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിൽ കുറവാകുന്നതിനും സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിൽ, കൂടുന്നതിനുള്ള കാരണം, കൂടാതെ പ്രകാശത്തിന്റെ വ്യതികലനം, വ്യതിയാനം, ധ്രുവീകരണം എന്നിവയ്ക്കുള്ള കാരണങ്ങളെക്കുറിച്ച് പ്രതിപാദിക്കാൻ കഴിഞ്ഞിട്ടില്ല.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 53 28-06-2022 16:27:02

7.1.2 തരംഗ സിദ്ധാന്തം

ക്രിസ്റ്റ്യൻഹൈജൻസ് 1678-ൽ തരംഗസിദ്ധാന്തം പ്രസ്ഥാവിച്ചു. ഒരു മാധ്യമത്തിലൂടെയുള്ള പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രവാഹത്തെയാണ് ഈ സിദ്ധാന്തം പ്രതിപാദിക്കുന്നത്. ഈ സിദ്ധാന്ത പ്രകാരം പ്രകാശം എന്നത് ഒരു സ്രോതസ്സിൽ നിന്നുള്ള തടസ്സം അത് പ്രവഹിക്കുന്നതിന് ഒരു മാധ്യമം ആവശ്യമായതിനാൽ ഇത് തിരശ്ചീനമായി ഒരു യാന്ത്രിക തരംഗമായി ഈഥർ മാധ്യമത്തിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്നു. തരംഗസിദ്ധാന്തത്തിന് പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രതിഫലനം അപവർത്തനം വ്യതികലനം വ്യതിയാനം എന്നിവയെക്കുറിച്ച് വിജയകരമായി വിശദീകരിക്കാൻ കഴിഞ്ഞു.

പിൽക്കാലത്ത് ഈഥറിന്റെ സാന്നിധ്യം പ്രപഞ്ചത്തിൽ എല്ലായിടത്തും ഉണ്ട് എന്നുള്ളത് തെറ്റാണെന്ന് തെളിയിച്ചു. അതിനാൽ ഈ സിദ്ധാന്തത്തിന് ശൂന്യതയിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രവാഹത്തെക്കുറിച്ച് വ്യക്തമാക്കാൻ കഴിഞ്ഞിട്ടില്ല. ധ്രുവീകരണം എന്ന പ്രതിഭാസം അനുപ്രസ്ഥ തരംഗങ്ങളുടെ പ്രത്യേകതയായതിനാൽ തരംഗ സിദ്ധാന്തത്തിന് ധ്രുവീകരണത്തെക്കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കാൻ കഴിഞ്ഞിട്ടില്ല.

7.1.3 വിദ്യുത്കാന്തിക തരംഗ സിദ്ധാന്തം

1864-ൽ തെളിയിച്ചതെന്തെന്നാൽ പ്രകാശം എന്നത് വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗമാകുന്നു. കാരണം അവ പ്രകൃതിയിലെ വൈദ്യുത കാന്തിക ഊർജ്ജത്തെ വഹിക്കുന്ന അനുപ്രസ്ഥ തരംഗങ്ങളാകുന്നു. അദ്ദേഹം അതോടൊപ്പം പറഞ്ഞത് വൈദ്യുതകാന്തികതരംഗങ്ങൾക്ക് സഞ്ചരിക്കാൻ ഒരു മാധ്യമം ആവശ്യമല്ല. പ്രകാശത്തിന്റെ എല്ലാ പ്രതിഭാസങ്ങളും ഈ സിദ്ധാന്തത്താൽ വിശദീകരിക്കാൻ സാധിച്ചിട്ടുണ്ട്.

എന്തായാലും പ്രകാശത്തിന്റെ ദ്രവ്യവുമായുള്ള പ്രവർത്തന പ്രതിഭാസങ്ങളായ പ്രകാശ വൈദ്യുത പ്രഭാവം, കോംറ്റൺ പ്രഭാവം എന്നിവയെക്കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കാൻ ഈ സിദ്ധാന്തത്തിനു കഴിഞ്ഞിട്ടില്ല.

7.1.4 ക്വാണ്ടം സിദ്ധാന്തം

(1905) ആൽബർട്ട് ഐൻസ്റ്റീൻ (1900) ന്റെ സിദ്ധാന്തത്തെ അംഗീകരിക്കുന്നു. അതായത് പ്രകാശവൈദ്യുത പ്രഭാവത്തിൽ പ്രകാശം ഫോട്ടോണുകളുടെ രൂപത്തിൽ ദ്രവ്യവുമായി സംവദിക്കുമ്പോൾ ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉൽസർജ്ജിക്കപ്പെടുന്നു. ഫോട്ടോണുകളെന്നാൽ വിഭിന്നങ്ങളായ എനർജി പാക്കെറ്റുകളാണ്. ഓരോ ഫോട്ടോണിനും ഉള്ള ഊർജ്ജം E.

എന്നത് $E = h\nu$ (7.1)

h പ്ലാങ്കിന്റെ സ്ഥിര മൂല്യം. അതായത് ($h = 6.625 \times 10^{-34}$ Js), ν എന്നത് വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ ആവൃത്തിയാണ്.

പ്രകാശത്തിന് തരംഗസ്വഭാവവും കണിക സ്വഭാവവുമുള്ളതിനാൽ അതിനെ ദ്വൈതസ്വഭാവം ഉള്ളവയെന്നു പറയപ്പെടുന്നു. ആയതിനാൽ പ്രകാശം ഒരു തരംഗമായി ചലിക്കുന്നു എന്നും കണികകളായി ദ്രവ്യവുമായി സംവദിക്കുന്നു എന്നും പറയാം.

7.2 പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗ സ്വഭാവം

പ്രകാശം ഒരു അനുപ്രസ്ഥ വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗമാകുന്നു. പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗ സ്വഭാവത്തെ തെളിയിക്കുന്ന പരീക്ഷണങ്ങളാണ് വ്യതികലനവും വ്യതിയാനവും അനുപ്രസ്ഥ തരംഗ സ്വഭാവത്തിനുദാഹരണമാണ് ധ്രുവീകരണം എന്ന പ്രതിഭാസം. മറ്റെല്ലാ വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളെപ്പോലെ പ്രകാശവും ശൂന്യതയിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്നു.

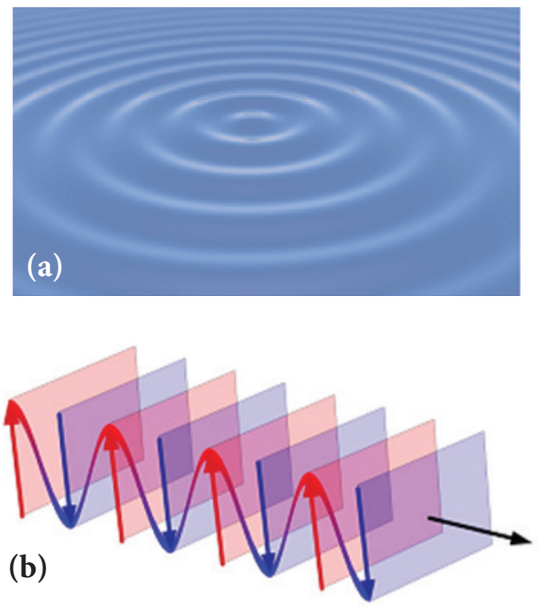
7.2.1 തരംഗപ്രകാശികം

തരംഗപ്രകാശികം പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗ സ്വഭാവത്തെക്കുറിച്ചു പ്രതിപാദിക്കുന്നു. പ്രതിഫലനം അപവർത്തനം എന്നിവപോലും തരംഗ പ്രകാശത്തിന്റെ സഹായത്തോടുകൂടിയാണ് തെളിയിച്ചിട്ടുള്ളത്. പ്രകാശം ഒരു തരംഗമായി പ്രവഹിക്കുന്നു എങ്കിൽ പോലും അതിന്റെ ചലനദിശ (പ്രവാഹ ദിശ) ഇപ്പോഴും ഒരു കിരണമായി (രശ്മി) തന്നെയാണ് പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നത്.

തരംഗ ചലനത്തിന് ഉത്തമ ഉദാഹരണമെന്നത് ഒരു സ്ഥായിയായ ജലോപരിതലത്തിൽ ഒരു കല്ലെടുത്തെറിയുമ്പോൾ ജലഉപരിതലത്തിലുണ്ടാവുന്ന വൃത്തവലയങ്ങളാണ്. ഒരു ബിന്ദുവിലെ ജലതന്മാത്രകൾ അതിലൂടെ വൃത്തവലയം സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ മുകളിലോട്ടും താഴോട്ടും ദോലനം ചെയ്യുന്നു. ഇത്തരത്തിലുണ്ടാകുന്ന വൃത്തവലയങ്ങളിലെ എല്ലാ കണികകളുടെ കമ്പനവും ഒരേ ഫേസിൽ ആയിരിക്കും. കാരണം എല്ലാ കണികകളും ആ വൃത്തത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും തുല്യ അകലത്തിൽ ആയിരിക്കും ചിത്രത്തിൽ 7.1(a) സൂചിപ്പിച്ച പോലെ ഈ വലയങ്ങൾ ഒരു തരംഗമുഖത്തെ

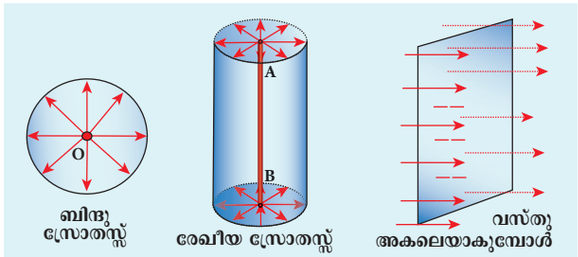
XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 54 28-06-2022 16:27:02

പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നു. ഒരു തരംഗമുഖമെന്നത് ഒരേ അവസ്ഥയിലും ഘട്ടത്തിലും കമ്പനം ചെയ്യപ്പെടുന്ന ബിന്ദുക്കളുടെ ലോക്കസ് ആണ്. ഒരു തരംഗം ചലിക്കപ്പെടുമ്പോൾ അതിനെതരംഗമുഖത്തിന്റെ പ്രവാഹമായി കണക്കാക്കപ്പെടുന്നു. തരംഗമുഖം എന്നത് എല്ലായിപ്പോഴും തരംഗത്തിന്റെ ദിശക്ക് ലംബ ദിശയിലായിരിക്കും. ചിത്രം 7.1(b).



ചിത്രം 7.1 (a) ജലഉപരിതലത്തിലെ വലയങ്ങൾ (b) തരംഗമുഖവും രശ്മിയും

ഒരു ബിന്ദുവിൽ വീക്ഷിക്കപ്പെടുന്ന തരംഗ മുഖം സ്രോതസ്സിന്റെ ആകൃതിയെയും ആ സ്രോതസ്സിരിക്കുന്ന ദൂരത്തെയും ആശ്രയിച്ചി രിക്കുന്നു. ഒരു ബിന്ദു വലുപ്പത്തിലുള്ള സ്രോത സ്സാണ് ഒരു നിശ്ചിത ദൂരത്തിൽ ഇരിക്കുന്നുവെ ങ്കിൽ കിട്ടുന്ന തരംഗമുഖം ഗോളീയാകൃതിയാണ്. ഒരു രേഖീയ സ്രോതസ്സ് ആണ് ഒരു നിശ്ചിത ദൂരത്തിലുള്ളത് എങ്കിൽ ലഭിക്കുന്നത് സിലിണ്ടറാ കൃതിയിലുള്ള തരംഗമുഖമാണ്.

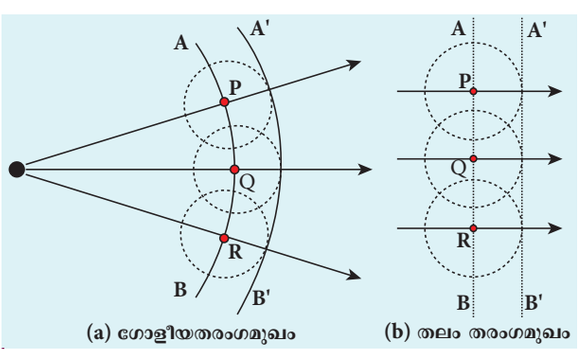


ചിത്രം 7.2 തരംഗമുഖം

7.2.2 ഹൈജൻസ് തത്വം

ഹൈജൻസ് പ്രിൻസിപ്പൽ (തത്വം) അടിസ്ഥാ നപരമായി ഒരു ജ്യാമിതീയ രൂപീകരണമാണ്. ഇതിൻപ്രകാരം $t = 0$ ആയിരിക്കുമ്പോൾ ഒരു തരംഗമുഖത്തിന്റെ ആകൃതി നമുക്ക് അറിയാൻ സാധിക്കുമെങ്കിൽ t യുടെ (സമയം) മൂല്യം എത്ര തന്നെ ആയാലും നമുക്ക് തരംഗമുഖത്തിന്റെ ആകൃതി കണ്ടുപിടിക്കാൻ സാധിക്കും. ഹൈജൻസ് തത്വപ്രകാരം തരംഗമുഖത്തിൻ മേലുള്ള ഓരോ ബിന്ദുക്കളും തരംഗത്തിന്റെ തുല്യവേഗതയിൽ എല്ലാ ദിശകളിലോട്ടും പ്രവേശിക്കുന്ന ദ്വിതീയ തരംഗങ്ങളുടെ സ്രോതസ്സായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഇത്തരം തരംഗങ്ങളുടെ ആവരണം ഒടുവിൽ പുതിയതരംഗമുഖങ്ങളുടെ സ്ഥാനവും ആകൃതി യും നിർണ്ണയിക്കുന്നു. അപ്രകാരം ഹൈജൻസ് തത്വം ഒരു തരംഗമുഖത്തിന്റെ പ്രവാഹത്തെ അഥവാ പ്രചാരണത്തെ വിശദീകരിക്കുന്നു.

ഒരു തലം തരംഗമുഖം ഗോളീയ തരംഗമുഖം എന്നിവയുടെ പ്രചരണത്തെ ഹൈജൻ തത്വം ഉപ യോഗിച്ച് വിശദീകരിക്കാവുന്നതാണ്. ഒരു നിശ്ചി തസമയത്ത് $t = 0$ ഉണ്ടാവുന്ന തരംഗമുഖം AB എന്നിരിക്കട്ടെ, ഹൈജൻസ് തത്വപ്രകാരം AB യിലെ ഓരോ ബിന്ദുക്കളും ദ്വിതീയ തരംഗങ്ങൾക്ക് സ്രോതസ്സ് ആയിരിക്കും മാത്രമല്ല. (ആ ദ്വിതീയ തരംഗങ്ങൾ പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗതയിൽ (c) സഞ്ചരിക്കുന്നവയായിരിക്കും). t സമയം കഴിഞ്ഞു ള്ള തരംഗമുഖത്തിന്റെ സ്ഥാനം കാണുന്നതിന് ct വ്യാസാർദ്ധവും P, Q, R എന്നീ ബിന്ദുക്കൾ കേന്ദ്രവുമായ വൃത്തങ്ങൾ AB യിൽ വരയ്ക്കുക. $A'B'$ എന്ന സ്പർശരേഖ ചെറിയ വൃത്തങ്ങൾക്കു വരയ്ക്കുമ്പോൾ അത് അപ്പോഴുള്ള (t) പുതിയ തരംഗമുഖമായി മാറുന്നു. $A'B'$ എന്നത് ചിത്ര ത്തിൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ ഒരു നിശ്ചിത ദൂരത്തിൽ നിന്നും ഒരു ബിന്ദു വലിപ്പത്തിലുള്ള വസ്തുവിനാൽ ഉണ്ടാകപ്പെടുന്ന ഗോളീയ തരംഗ മുഖമാകുന്നു. പ്രകാശ സ്രോതസ്സ് അകലെയാണ് എങ്കിൽ ഉണ്ടാവുന്ന തരംഗമുഖം ഒരു തലം തരംഗ മുഖമാകുന്നു 7.3(b).



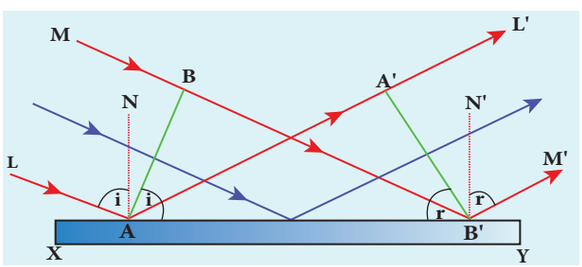
ചിത്രം 7.3 ഹൈജൻസ് തത്വം

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 55 28-06-2022 16:27:03

ഹൈജൻ തത്വപ്രകാരമുള്ള തരംഗമുഖ പ്രചരണത്തിന്റെ രൂപീകരണത്തിൽ ഒരു കുറവ് ഉണ്ട്. അതായത് പിന്നിലോട്ടുള്ള തരംഗങ്ങളുടെ അഭാവത്തെക്കുറിച്ച് ഇതിന് വിശദീകരിക്കാൻ കഴിഞ്ഞിട്ടില്ല. എന്നാൽ വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗ സിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് പിന്നിലോട്ടുള്ള തരംഗങ്ങൾ സാധ്യമല്ല എന്നിരുന്നാലും ഹൈജൻതത്വം തരംഗമുഖങ്ങളുടെ പ്രചരണത്തിന് ഒരു നല്ല ചിത്ര രൂപേണ വിശദീകരണം നൽകുന്നു.

7.2.3 ഹൈജൻ സിദ്ധാന്ത പ്രകാരം പ്രകാശ ചലന നിയമങ്ങൾക്കുള്ള തെളിവ്

ചിത്രം 7.4 ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ XY എന്ന ഒരു സമതല തർപ്പണത്തിന്റെ പ്രതിഫലന പ്രതലത്തിന്മേൽ പ്രകാശത്തിന്റെ ഒരു കൂട്ടം സമാന്തര കിരണങ്ങൾ പതിക്കുന്നു എന്നിരിക്കട്ടെ. പതന തരംഗമുഖം AB പ്രതിഫലന തരംഗമുഖം $A'B'$ ഈ തരംഗമുഖങ്ങൾ പതന കിരണങ്ങൾ L, M പ്രതിഫലന കിരണങ്ങൾ L', M' എന്നിവയ്ക്ക് ക്രമേണ ലംബമായിരിക്കും. A എന്ന ബിന്ദു പ്രതിഫലന തലത്തിൽ സ്പർശിക്കുമ്പോൾ B എന്ന ബിന്ദു B' എന്ന ബിന്ദുവിൽ പ്രതിഫലന തലത്തിൽ സ്പർശിക്കുവാൻ BB' എന്ന കൂടുതൽ ദൂരം സഞ്ചരിക്കേണ്ടതുണ്ട്. B എന്ന ബിന്ദു B' ൽ സ്പർശിക്കുന്ന സമയത്ത് A എന്ന ബിന്ദു A' എന്ന ബിന്ദുവിൽ എത്തുന്നു. ഇത് തരംഗമുഖത്തിലെ എല്ലാ ബിന്ദുക്കൾക്കും ബാധകമാണ്. (പൊതുവായ സാധ്യതയാണ്) പ്രതിഫലിപ്പിക്കപ്പെട്ട തരംഗമുഖം $A'B'$ ഒരു തല തരംഗമുഖമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. N, N' എന്നീ രണ്ടു ലംബകങ്ങളും കിരണങ്ങൾ L, M എന്നിവ പ്രതലത്തിൽ സ്പർശിക്കുന്ന ബിന്ദുവിനെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. പ്രതിഫലനം ഒരേ മാധ്യമത്തിൽ നടക്കുന്നതിനാൽ പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗത പ്രതിഫലനത്തിനു മുമ്പും പിമ്പും തുല്യമാകുന്നു. പ്രകാശത്തിനു B ൽ നിന്ന് B' ലേക്കും A ൽ നിന്ന് A' ലേക്കും സഞ്ചരിക്കാനെടുത്ത സമയം തുല്യമാണ്. അതിനാൽ BB' ദൂരവും AA' ദൂരവും തുല്യമാണ് $(AA' = BB')$.



ചിത്രം 7.4 പ്രതിഫലന നിയമങ്ങൾ

(i) പതനകിരണം പ്രതിഫലന കിരണം അവയ്ക്കിടയിലെ ലംബം ഇവ മൂന്നും ഒരേ തലത്തിലാണ്.

(ii) പതനകോൺ,

$$\angle i = \angle NAL = 90^\circ - \angle NAB = \angle BAB'$$

പ്രതിഫലനകോണം,

$$\angle r = \angle N'B'M' = 90^\circ - \angle N'B'A' = \angle A'B'A$$

രണ്ടുമട്ടത്രികോണങ്ങളിൽ, $\Delta ABB'$, $\Delta B'A'A$, എന്നിവയുടെ മട്ടകോണങ്ങൾ, $\angle B$ യും $\angle A'$ എന്നിവ തുല്യമാകുന്നു. $(\angle B, \angle A' = 90^\circ)$; , AA', BB' എന്നീ വശങ്ങളും തുല്യമാകുന്നു, $(AA' = BB')$ വശം AB' പൊതുവാകുന്നു. അതിനാൽ രണ്ടു ത്രികോണങ്ങളും സർവ്വസമമാകുന്നു. സർവ്വസമത്തിന്റെ ഗുണപ്രകാരം രണ്ടു കോണുകൾ $\angle BAB'$ ഉം $\angle A'B'A$ യും തുല്യമായിരിക്കണം.

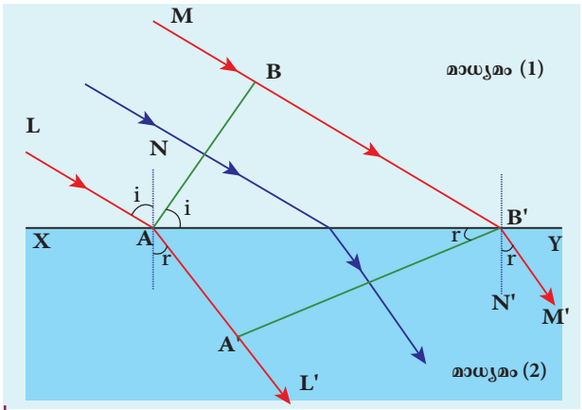
$$i = r \qquad (7.2)$$

പതനകോൺ = പ്രതിഫലനകോൺ ഇപ്രകാരം പ്രതിഫലന നിയമങ്ങൾ തെളിയിക്കാം.

7.2.4 അപവർത്തന നിയമങ്ങൾക്ക് ഹൈജൻസ് തത്വത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഉള്ള തെളിവ്

ചിത്രം 7.5-ൽ ഉള്ളതുപോലെ XY എന്ന ഒരു സമതല ദർപ്പണത്തിന്റെ അപവർത്തന തലത്തിൽ ഒരു കൂട്ടം സമാന്തര കിരണങ്ങൾ പതിക്കുന്നു എന്നിരിക്കട്ടെ. പതന തരംഗമുഖം AB എന്നത് സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമം (1)-ലും അപവർത്തന തരംഗമുഖം $A'B'$ എന്നത് സാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമം (2) ലും ആകുന്നു. ഈ തരംഗമുഖങ്ങൾ L, M എന്നീ പതനകിരണങ്ങൾക്കും L',M' എന്നീ അപവർത്തന കിരണങ്ങൾക്കും ക്രമേണ ലംബദിശയിലായിരിക്കും. പതന തരംഗമുഖത്തിന്റെ ബിന്ദു A അപവർത്തന തലത്തിൽ സ്പർശിക്കുന്ന സമയത്ത് ബിന്ദു B, B' എന്ന അപവർത്തന

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 56 28-06-2022 16:27:10



ചിത്രം 7.5 അപവർത്തന നിയമങ്ങൾ

തലത്തെ സ്പർശിക്കുവാൻ BB' എന്ന ദൂരം സഞ്ചരിക്കേണ്ടതായി വരുന്നു. B എന്ന ബിന്ദു B'ൽ സ്പർശിക്കുമ്പോൾ A എന്ന ബിന്ദു A' എന്ന അടുത്ത മാധ്യമത്തിൽ എത്തേണ്ടതുണ്ട്. ഇത് തരംഗമുഖത്തിലെ എല്ലാ ബിന്ദുക്കൾക്കും ബാധകമാണ്. ഇപ്രകാരം അപവർത്തന തരംഗമുഖം $A'B'$ ഒരു തലം തരംഗമുഖമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. L, M എന്നിവ അപവർത്തന തലത്തിൽ പതിക്കുന്ന ബിന്ദുവിൽ N, N' എന്നീ ലംബങ്ങൾ വരയ്ക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. അപവർത്തനം സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിൽ നിന്നും (1) സാന്ദ്രത കൂടിയ (2) മാധ്യമത്തിലേക്കു സംഭവിക്കുന്നതിനാൽ പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗത അപവർത്തനത്തിനു മുമ്പ് v_1 ഉം ശേഷം v_2 ഉം, $v_1 > v_2$ ആകുന്നു. പക്ഷേ ഒരു പ്രകാശകിരണം B-ൽ നിന്നും B' ലേക്കു പോകുവാനെടുത്ത സമയവും A ൽ നിന്നും A' ലേക്കു പോകുവാനെടുത്ത t സമയവും തുല്യമാകുന്നു.

$$t = \frac{BB'}{v_1} = \frac{AA'}{v_2} \text{ (അഥവാ) } \frac{BB'}{AA'} = \frac{v_1}{v_2}$$

(i) പതനകിരണം, അപവർത്തന കിരണവും ഇവയ്ക്കിടയിൽ വരയ്ക്കപ്പെടുന്ന ലംബവും ഒരേ തലത്തിൽ ആയിരിക്കും.

(ii) പതനകോൺ,

$i = \angle NAL = 90^\circ - \angle NAB = \angle BAB'$

അപവർത്തന കോൺ,

$r = \angle N'B'M' = 90^\circ - \angle N'B'A' = \angle A'B'A$

$\Delta ABB'$ ഉം $\Delta AA'B'$ എന്നിവയിൽ,

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{BB'/AB'}{AA'/AB'} = \frac{BB'}{AA'} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{v_1}{v_2} \times \frac{c}{c} = \frac{c/v_2}{c/v_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

ഇവിടെ c എന്നത് പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗതയാകുന്നു. c/v എന്നത് ഒരു സ്ഥിരസംഖ്യയാകുന്നു. ഇതിനെ മാധ്യമത്തിൽ റിഫ്രാക്ടീവ് ഇൻഡക്സ് എന്നു പറയുന്നു. മാധ്യമം (1) ലെ റിഫ്രാക്ടീവ് ഇൻഡക്സ്, $c/v_1 = n_1$, മാധ്യമം (2) ലെ റിഫ്രാക്ടീവ് ഇൻഡക്സ് , $c/v_2 = n_2$.

അനുപാതരൂപം,

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} \qquad (7.3)$$

ഗുണാങ്കരൂപം,

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \qquad (7.4)$$

ഇപ്രകാരം അപവർത്തന നിയമങ്ങൾ തെളിയിക്കപ്പെട്ടു.

ഇപ്രകാരം സാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിൽ നിന്നും സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിലേക്കുള്ള തരംഗമുഖത്തിന്റെ പ്രചരണങ്ങൾക്ക് അപവർത്തന നിയമങ്ങൾ തെളിയിക്കാൻ സാധിക്കും.

പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗത മാധ്യമത്തിന്റെ (അപവർത്തനങ്കത്തിന്) റിഫ്രാക്ടീവ് ഇൻഡക്സിന് വ്യുൽക്രമാനുപാതത്തിൽ ആയിരിക്കും. $(v \propto 1/n)$ അതോടൊപ്പം തരംഗ ദൈർഘ്യത്തിന് നേർ അനുപാതത്തിലും ആയിരിക്കും $(v \propto \lambda)$ അതിനാൽ,

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1} \qquad (7.5)$$

കുറിപ്പ്

ഒരു നിശ്ചിത ആവൃത്തിയിലുള്ള പ്രകാശം വ്യത്യസ്ത മാധ്യമത്തിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ ആവൃത്തിക്ക് മാറ്റം സംഭവിക്കുന്നില്ല. എന്നാൽ തരംഗ ദൈർഘ്യം λ പ്രകാശത്തിന്റെ ആ മാധ്യമത്തിലെ വേഗതയ്ക്കനുസരിച്ച് വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു.

ഉദാഹരണം 7.1

ശൂന്യതയിൽ സോഡിയം സ്രോതസിൽ നിന്നുള്ള പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം 5893Å ആകുന്നു. എങ്കിൽ അതേ പ്രകാശം ജലത്തിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ (ഫിഫ്രാക്ടീവ് ഇൻഡക്സ് 1.33) അതിന്റെ (a) തരംഗദൈർഘ്യം (b) വേഗത (c) ആവൃത്തി ഇവ കാണുക.

അപവർത്തനാങ്കം

റിഫ്രാക്ടീവ് ഇൻഡക്സ് ശൂന്യതയിൽ, $n_1 = 1$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 57 28-06-2022 16:27:13

ശൂന്യതയിൽ തരംഗ ദൈർഘ്യം, $\lambda_1 = 5893$ Å.
ശൂന്യതയിൽ വേഗത, $c = \upsilon_1 = 3 \times 10^8$ m s^{-1}
ജലത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം റിഫ്രാക്ടീവ് ഇൻഡക്സ്, $n_2 = 1.33$
ജലത്തിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം, λ_2
ജലത്തിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗത, υ_2

(a) തരംഗ ദൈർഘ്യത്തിനും റിഫ്രാക്ടീവ് ഇൻഡക്സിനും തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്ന സമവാക്യം,

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\lambda_2 = \frac{n_1}{n_2} \times \lambda_1$$

മൂല്യം പുനഃസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ,

$$\lambda_2 = \frac{1}{1.33} \times 5893\,\text{Å} = 4431\,\text{Å}$$

$$\lambda_2 = 4431\,\text{Å}$$

(b) വേഗതയ്ക്കും റിഫ്രാക്ടീവ് ഇൻഡക്സിനും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം സൂചിപ്പിക്കുന്ന സമവാക്യം,

$$\frac{\upsilon_1}{\upsilon_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\upsilon_2 = \frac{n_1}{n_2} \times \upsilon_1$$

മൂല്യം പുനഃസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ,

$$\upsilon_2 = \frac{1}{1.33} \times 3 \times 10^8 = 2.256 \times 10^8$$

$$\upsilon_2 = 2.256 \times 10^8\,\text{m s}^{-1}$$

(c) പ്രകാശത്തിന്റെ ശൂന്യതയിലെ ആവൃത്തി,

$$\nu_1 = \frac{c}{\lambda_1}$$

മൂല്യം പുനഃസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ,

$$\nu_1 = \frac{3 \times 10^8}{5893 \times 10^{-10}} = 5.091 \times 10^{14}\,\text{Hz}$$

പ്രകാശത്തിന്റെ ആവൃത്തി ജലത്തിൽ, $\nu_2 = \frac{\upsilon}{\lambda_2}$

$$\nu_2 = \frac{2.256 \times 10^8\,\text{m s}^{-1}}{4431 \times 10^{-10}} = 5.091 \times 10^{14}\,\text{Hz}$$

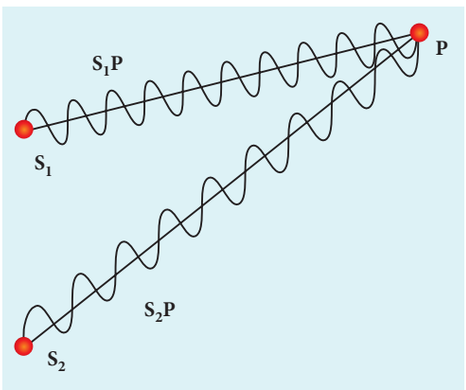
എല്ലാ ഫലങ്ങളും സൂചിപ്പിക്കുന്നത് എല്ലാ മാധ്യമത്തിലും ആവൃത്തി തുല്യമെന്നുള്ളതാണ്.

7.3 വ്യതികലനം

രണ്ടു പ്രകാശ കിരണങ്ങളുടെ സൂപ്പർപൊസിഷൻ എന്ന പ്രതിഭാസത്താൽ ചില ബിന്ദുക്കളിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത കൂടുന്നു, മറ്റുചില ബിന്ദുക്കളിൽ കുറയുന്നു. ഇതിനെയാണ് വ്യതികലനം എന്നു പറയുന്നത്.

സൂപ്പർ പോസിഷൻ എന്നാൽ തരംഗങ്ങളുടെ സങ്കലനമാണ്. യാന്ത്രിക തരംഗങ്ങളുടെ സൂപ്പർ പൊസിഷൻ എന്ന ആശയം നിങ്ങൾ XI ക്ലാസിൽ പഠിച്ചിരിക്കും. രണ്ടു തരംഗങ്ങൾ അടുത്തടുത്ത് മാധ്യമത്തിലൂടെ ഒരു കണികയിലൂടെ കടന്നു പോകുമ്പോൾ ആ കണികയുടെ ആകെ വിസ്ഥാപനം എന്നത് വെവ്വേറെ തരംഗങ്ങളാലുണ്ടാകുന്ന ആകെ വിസ്ഥാപനത്തിന്റെ വെക്ടാർ സങ്കലന മാകുന്നു. ഒന്നിനൊന്നു കൂട്ടിമുട്ടുന്ന തരംഗങ്ങളുടെ വ്യത്യസത്തെ ആശ്രയിച്ച് ആകെ വിസ്ഥാപനം കൂടിയും കുറഞ്ഞും ഇരിക്കുന്നു. ഈ ആശയം പ്രകാശത്തിനും ബാധകമാണ്.

S_1, S_2 എന്നീ രണ്ടു സ്രോതസ്സിൽ നിന്നും വരുന്ന രണ്ടു പ്രകാശ തരംഗങ്ങൾ ഒന്നിനൊന്ന് P എന്ന ബിന്ദുവിൽ സന്ധിക്കുന്നുവെന്നിരിക്കട്ടെ.



ചിത്രം 7.6 സൂപ്പർപൊസിഷൻ തത്വം

S_1 എന്ന സ്രോതസ്സിൽ നിന്നുള്ള തരംഗം t സമയത്തിൽ P എന്ന ബിന്ദുവിൽ തരംഗസമീകരണം

$$y_1 = a_1 \sin \omega t \qquad (7.6)$$

S_2 എന്ന സ്രോതസ്സിൽ നിന്നുള്ള തരംഗം t സമയത്തിൽ P എന്ന ബിന്ദുവിൽ സമീകരണം

$$y_2 = a_2 \sin (\omega t + \phi) \qquad (7.7)$$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 58 28-06-2022 16:27:15

രണ്ടു തരംഗങ്ങൾക്കും a_1 , a_2 എന്നിങ്ങനെ വ്യത്യസ്ത ആയാമവും ω എന്ന വർതുള ആവൃത്തിയും ϕ എന്ന ഒരു ഘട്ടവ്യത്യാസവും ഉണ്ട്. എങ്കിലുണ്ടാകുന്ന ആകെ വിസ്ഥാപനം എന്നത്,

$$y = y_1 + y_2 = a_1 \sin \omega t + a_1 \sin (\omega t + \phi) \quad (7.8)$$

ത്രികോണമിതി സൂത്രവാക്യങ്ങളുപയോഗിച്ച് ഈ സമവാക്യങ്ങളെ ലഘൂകരിക്കുമ്പോൾ(XI ഭൗതികശാസ്ത്രം 11.7) നൽകുന്നത്,

$$y = A \sin (\omega t + \theta) \quad (7.9)$$

ആകുമ്പോൾ, $A = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + 2a_1 a_2 \cos\phi}$ (7.10)

$$\theta = \tan^{-1} \frac{a_2 \sin\phi}{a_1 + a_2 \cos\phi} \quad (7.11)$$

ആകെ ആയാമം കൂടുതലാകുന്നു,

$A_{\text{അധികതമം}} = \sqrt{(a_1 + a_2)^2}$; അപ്പോൾ $\phi = 0, \pm 2\pi, \pm 4\pi,$ (7.12)

ആകെ ആയാമം കുറയുമ്പോൾ (ലഘുതമം),

$A_{\text{ന്യൂനതമം}} = \sqrt{(a_1 - a_2)^2}$; അപ്പോൾ $\phi = \pm\pi, \pm 3\pi, \pm 5\pi..,$ (7.13)

പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത ആയാമത്തിന്റെ വർഗ്ഗത്തിന് നേർ അനുപാതത്തിലായിരിക്കും,

$$I \propto A^2 \quad (7.14)$$

ഇപ്പോൾ സമീകരണം (7.10) ,

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos\phi \quad (7.15)$$

മേൽപ്പറഞ്ഞ സമീകരണത്തിൽ (7.15) $\phi = 0, \pm 2\pi, \pm 4\pi \ldots$, ഇത് പ്രകാശത്തിന്റെ അധിക മത തീവ്രതയെ കുറിക്കുന്നു. ഇതിനെ കൺസ്ട്ര ക്ടീവ്കലനം വ്യതിയാനം എന്നു പറയുന്നു.

ആകെ അധികതമ തീവ്രത എന്നത്,

$$I_{\text{അധികതമം}} \propto (a_1 + a_2)^2$$
$$I_{\text{അധികതമം}} = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \quad (7.16)$$

സമീകരണം (7.15) ൽ ഘട്ട വ്യത്യാസം $\phi = \pm\pi$, $\pm 3\pi$, $\pm 5\pi$. . . , ആകുമ്പോൾ അത് ന്യൂനതമ തീവ്രതയ്ക്കുള്ള നിബന്ധന നൽകുന്നു. ഇതിനെ ഡിസ്ട്രിക്റ്റീവ് വ്യതികലനം എന്നുപറയുന്നു.

പരിണിത ലഘുതമ തീവ്രത എന്നത്,

$$I_{\text{ന്യൂനതമം}} \propto (a_1 - a_2)^2$$
$$I_{\text{ന്യൂനതമം}} = I_1 + I_2 - 2\sqrt{I_1 I_2} \quad (7.17)$$

പ്രത്യേക സാഹചര്യങ്ങളിൽ $a_1 = a_2 = a$, എങ്കിൽ സമീകരണം (7.10) എന്നത്,

$$A = \sqrt{2a^2 + 2a^2 c\cos\phi} = \sqrt{2a^2(1 + c\cos\phi)}$$
$$= \sqrt{2a^2 2\cos^2(\phi/2)}$$

$$A = 2a\cos(\phi/2) \quad (7.18)$$

$$I \propto 4a^2 \cos^2(\phi/2) \quad \left[\because I \propto A^2\right] \quad (7.19)$$

$$I = 4\ I_0 \cos^2(\phi/2) \quad \left[\because I_0 \propto a^2\right] \quad (7.20)$$

$I_{\text{അധികതമം}} = 4I_0$ എങ്കിൽ, $\phi = 0, \pm 2\pi, 4\pi \ldots,$ (7.21)

$I_{\text{ന്യൂനതമം}} = 0$ എങ്കിൽ, $\phi = \pm\pi, \pm 3\pi, \pm 5\pi \ldots,$ (7.22)

ϕ, ഇതിൽ നിന്നെല്ലാം മനസ്സിലാകുന്നത് രണ്ടു തരംഗങ്ങൾ ഒരു ബിന്ദുവിൽ സന്ധിക്കുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത എന്നത് ആരണ്ടു തരംഗങ്ങൾക്കുമിടയിലുള്ള ഘട്ട വ്യത്യാസത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും.

ഉദാഹരണം 7.2

ആയാമം 5, 3 എന്നീ അളവുകളുള്ള രണ്ടു പ്രകാശം സ്രോതസ്സുകൾ തമ്മിൽ കൂട്ടിമുട്ടുക യാണെങ്കിൽ അവയുടെ അധികതമ ന്യൂനതമ തീവ്രതകളുടെ അനുപാതം കാണുക.

നിർദ്ധാരണം

ആയാമം, $a_1 = 5$, $a_2 = 3$

ആകെ ആയാമം,

$$A = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + 2a_1 a_2 \cos\phi}$$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 59 28-06-2022 16:27:19

ആകെ ആയാമം അധികതമമാകുമ്പോൾ,

$\phi = 0, \cos 0 = 1, A_{\text{അധികതമം}} = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2}$

$A_{\text{അധികതമം}} = \sqrt{(a_1 + a_2)^2} = \sqrt{(5+3)^2} = \sqrt{(8)^2}$

$= 8$ മാത്രകൾ

ആകെ ആയാമം ന്യൂനതമമാകുമ്പോൾ,

$\phi = \pi, \cos \pi = -1, A_{\text{അധികതമം}} = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 - 2a_1a_2}$

$A_{\text{അധികതമം}} = \sqrt{(a_1 - a_2)^2} = \sqrt{(5-3)^2} = \sqrt{(2)^2}$

$= 2$ *മാത്രകൾ*

$I \propto A^2$

$\frac{I_{\text{അധികതമം}}}{I_{\text{ന്യൂനതമം}}} = \frac{(A_{\text{അധികതമം}})^2}{(A_{\text{ന്യൂനതമം}})^2}$

പ്രതിസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ,

$\frac{I_{\text{അധികതമം}}}{I_{\text{ന്യൂനതമം}}} = \frac{(8)^2}{(2)^2} = \frac{64}{4} = 16$ (അഥവാ)

$I_{\text{അധികതമം}} : I_{\text{ന്യൂനതമം}} = 16:1$

ഉദാഹരണം 7.3

തുല്യ ആയാമങ്ങളുള്ള രണ്ടു സ്രോതസ്സുകൾ തമ്മിൽ കൂട്ടിമുട്ടുകയാണെങ്കിൽ അവയുടെ തീവ്രതയുടെ അധികതമ ന്യൂനതമനിരക്കുകൾ കാണുക.

നിർദ്ധാരണം

ആയാമം a എന്നിരിക്കട്ടെ.

തീവ്രത, $I \propto 4a^2 \cos^2(\phi/2)$

അഥവാ $I = 4I_0 \cos^2(\phi/2)$

ആകെ തീവ്രത അധികതമമാകുന്നത് എപ്പോഴെന്നാൽ,

$\phi = 0, \cos 0 = 1, I_{\text{അധികതമം}} \propto 4a^2$

ആകെ തീവ്രത ന്യൂനതമമാകുന്നത് എപ്പോഴെന്നാൽ,

$\phi = \pi, \cos(\pi/2) = 0, I_{\text{ന്യൂനതമം}} = 0$

$I_{\text{അധികതമം}} : I_{\text{ന്യൂനതമം}} = 4a^2 : 0$

ഉദാഹരണം 7.4

രണ്ടു പ്രകാശ സ്രോതസ്സുകളുടെ തീവ്രത I_0. രണ്ടുതരംഗങ്ങളുടെ ഘട്ട വ്യത്യാസം $\pi/3$ എങ്കിൽ ഒരു ബിന്ദുവിലുള്ള ആകെ തീവ്രത എന്ത്?

നിർദ്ധാരണം

തീവ്രതകൾ I_0 എന്നിരിക്കട്ടെ.

എങ്കിൽ ആകെ തീവ്രത, $I = 4 I_0 \cos^2(\phi/2)$

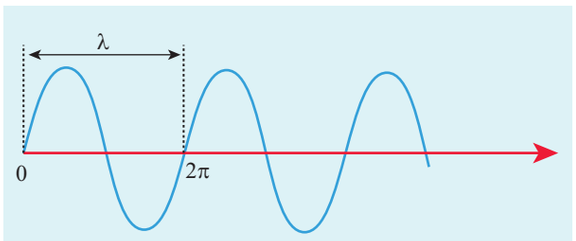
ആകെ തീവ്രത, $\phi = \pi/3$, ആകുമ്പോൾ

$I = 4I_0 \cos^2(\pi/6)$

$I = 4I_0 (\sqrt{3}/2)^2 = 3I_0$

7.3.1 ഘട്ടവ്യത്യാസവും പാതവ്യത്യാസവും

ഘട്ടവ്യത്യാസവും പാതവ്യത്യാസവും അഥവാ ഘട്ടം എന്നത് കമ്പനത്തിന്റെ വർതുള സ്ഥാനം ആകുന്നു. തരംഗം സഞ്ചരിച്ച ദൂരത്തിനും കമ്പ നത്തിന്റെ ഘട്ടത്തിനും തമ്മിൽ അഭേദ്യമായ ബ ന്ധമുണ്ട്. ഘട്ടത്തെ നമുക്ക് പാതയുടെ രൂപത്തിലും മറിച്ചും വിശദീകരിക്കാം. തരംഗത്തിന്റെ പാതയിൽ ഒരു തരംഗത്തിന്റെ ദൈർഘ്യം λ എന്നത് ഘട്ടം 2π ന് സമാനമാണ്. (ചിത്രം.7.7) പാതവ്യത്യാസം (δ) ഘട്ടവ്യത്യാസം ϕ ന് സമാനമാണ്,



ചിത്രം 7.7 പാതവ്യത്യാസവും ഘട്ടവ്യത്യാസവും

$$\delta = \frac{\lambda}{2\pi} \times \phi \text{ (അഥവാ) } \phi = \frac{2\pi}{\lambda} \times \delta \qquad (7.23)$$

കൺസ്ട്രക്റ്റീവ് വ്യതിയാനത്തിൽ ഘട്ട വ്യത്യാ സം, $\phi = 0, 2\pi, 4\pi \ldots$ എങ്കിൽ പാതവ്യത്യാസം,

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 60 28-06-2022 16:27:21

$\delta = 0, \lambda, 2\lambda \ldots$ എന്നിങ്ങനെ ആയിരിക്കും. പൊതുവായി λ യുടെ ഗുണിതങ്ങളായി വരും.

$$\delta = n\lambda \text{ ഇവിടെ, } n = 0, 1, 2, 3 \ldots \quad (7.24)$$

ഡിസ്ട്രക്റ്റീവ് വ്യതിയാനത്തിൽ ഘട്ട വ്യത്യാസം, $\phi = \pi, 3\pi, 5\pi \ldots$ എങ്കിൽ, പാത വ്യത്യാസം, $\delta = \frac{\lambda}{2}, \frac{3\lambda}{2} \ldots\ldots$ പൊതുവായി അർത്ഥ സംഖ്യകളുടെ ഗുണിതങ്ങളായിരിക്കും λ.

$$\delta = (2n-1)\frac{\lambda}{2} \text{ ഇവിടെ, } n = 1, 2, 3 \ldots \quad (7.25)$$

ഉദാഹരണം 7.5

ഒരു പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം 450 nm എങ്കിൽ 3 മി.മീ പാതയുടെ ഘട്ടവ്യത്യാസം കാണുക?

നിർദ്ധാരണം

തരംഗദൈർഘ്യം, $\lambda = 450 \text{ nm} = 450\times10^{-9}$ മീ

തരംഗവ്യത്യാസം, $\delta = 3$ മി.മീ 3×10^{-3} മീ

ഘട്ടവ്യത്യാസത്തിനും പാതവ്യത്യാസത്തിനും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം, $\phi = \frac{2\pi}{\lambda}\times\delta$

പ്രതിസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ,

$$\phi = \frac{2\pi}{450\times10^{-9}}\times3\times10^{-3} = \frac{\pi}{75}\times10^{6}$$

$\phi = \frac{\pi}{75}\times10^{6}$ റേഡിയൽ= 4.19×10^{4} റേഡിയൻ.

7.3.2 കൊഹിറന്റ് സ്രോതസ്സ്

രണ്ടു പ്രകാശ സ്രോതസ്സുകൾ ഒരേ ഘട്ടത്തിലും അഥവാ തുല്യഘട്ടവ്യത്യാസത്തിലും ആണെങ്കിൽ അവ തുല്യ ആവൃത്തി അഥവാ തരംഗദൈർഘ്യം (ധവളപ്രകാശം) തുല്യം ആയാമമുള്ള തുല്യ തരംഗ രൂപങ്ങളെ ഉണ്ടാക്കുന്നു എങ്കിൽ അവയെ കൊഹിറന്റ് സ്രോതസ്സ് എന്നു പറയുന്നു. കൊഹിറൻസ് എന്നത് തരംഗങ്ങൾക്ക് സ്ഥിര വ്യതിയാന രൂപങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുവാനുള്ള ഒരു ഗുണമാകുന്നു.

രണ്ടു വ്യത്യസ്ഥ ധവളപ്രകാശ സ്രോതസ്സുകൾ ഒരിക്കലും കൊഹിറന്റ് ആവുകയില്ല കാരണം അവ തുല്യ ആവൃത്തിയിലും ആയാമത്തിലും ഉള്ള തരംഗങ്ങളെ വിതരണം ചെയ്യുന്നു എങ്കിലും തുല്യ ഘട്ടം തരംഗങ്ങളായിരിക്കില്ല. ഇക്കാരണത്താലാണ് അണുക്കൾ പ്രകാശം വിതരണം ചെയ്യുമ്പോൾ താപീയ കമ്പനത്താൽ ഘട്ടവ്യത്യാസം ഉണ്ടാക്കുന്നു. അതിനാൽ ഇത്തരം സ്രോതസ്സുകളെ ഇൻകൊഹീറന്റ് സ്രോതസ്സുകൾ എന്നു പറയുന്നു.

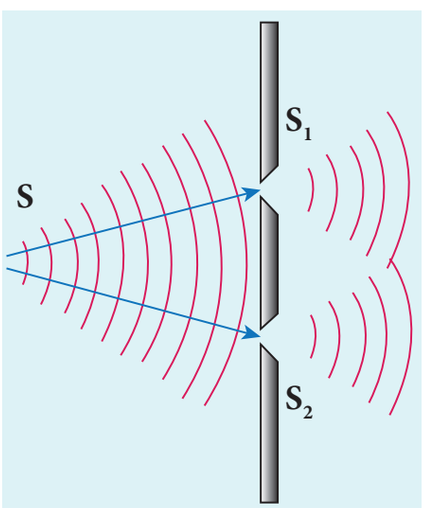
കൊഹീറന്റ് പ്രകാശതരംഗങ്ങൾ കിട്ടുന്നതിന് ചില നിബന്ധനകൾ.

(i) തരംഗമുഖ വിഭജനം

(ii) തീവ്രത (അഥവാ) ആയാമ വിഭജനം

(iii) സ്രോതസ്സും, പ്രതിബിംബവും.

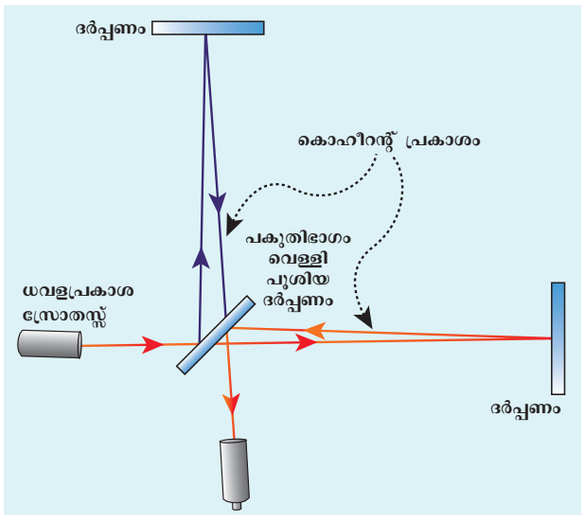
(i) തരംഗമുഖ വിഭജനം: കൊഹിറന്റ് സ്രോതസ്സിന്റെ ഉൽപ്പാദനത്തിന് അധികമായും ഉപയോഗിക്കുന്ന രീതിയാണിത്. നമുക്കറിയാം ഒരു ബിന്ദു സ്രോതസ്സ് ഗോളീയ തരംഗമുഖം ഉണ്ടാക്കുന്നു. തരംഗമുഖത്തിലെ എല്ലാ ബിന്ദുക്കളും ഒരേ ഘട്ടത്തിലായിരിക്കും. ദ്വിസുഷരം ഉപയോഗിച്ച് തരംഗമുഖത്തിൽ രണ്ടു ബിന്ദുക്കളെടുത്താൽ ആ രണ്ടു ബിന്ദുക്കളും കൊഹിറന്റ് സ്രോതസ്സായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു ചിത്രം 7.8.



ചിത്രം 7.8 തരംഗമുഖ വിഭജനം

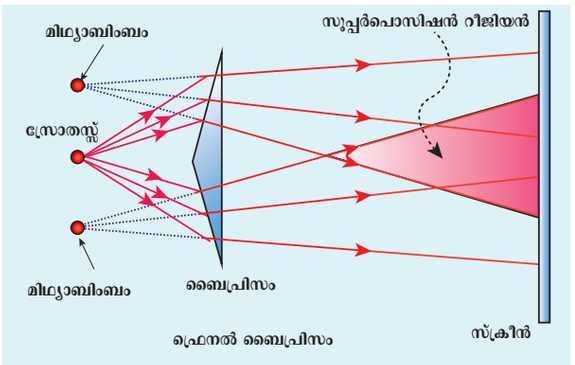
XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 61 28-06-2022 16:27:22

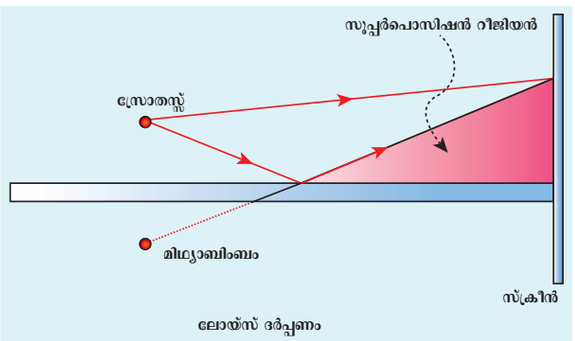
(ii) തീവ്രത (അഥവാ) ആയാമവിഭജനം: പ്രകാശത്തെ ഒരു അർത്ഥ സുതാര്യ ദർപ്പണത്തിലൂടെ കടത്തിവിടുമ്പോൾ പ്രതിഫലനവും അപവർത്തനവും അടുത്തടുത്ത് നടക്കുന്നു. രണ്ടു പ്രകാശ പ്രവാഹങ്ങളും ഒരേ സ്രോതസ്സിൽ നിന്നുള്ളതാണെങ്കിൽ വിഭജിക്കപ്പെട്ട രണ്ടു പ്രകാശപ്രവാഹങ്ങളും കൊഹിന്റെ ആയിരിക്കും, അവ ഒരേ ഘട്ടത്തിൽ അല്ലെങ്കിൽ ഒരേ ഘട്ടവ്യത്യാസത്തിൽ ആയിരിക്കും ചിത്രം 7.9. മൈക്കൽസന്റെ ഇന്റർഫെറോ ഫീറ്റർ ഫെബ്ര പെരോട്ട് എറ്റലൻ എന്നീ ഉപകരണങ്ങൾ ഈ തത്വത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നവയാണ്.



ചിത്രം 7.9 എൻറ്റൻസിറ്റി അഥവാ ആംപ്ലിറ്റ്യൂട് വിഭജനം

(iii) സ്രോതസ്സും പ്രതിബിംബവും: ഈ രീതിയിൽ സ്രോതസ്സും ബിംബവും കൊഹിറന്റായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. കാരണം സ്രോതസ്സും ബിംബവും ഒരേഘട്ടത്തിൽ അഥവാ ഘട്ട വ്യത്യാസത്തിൽ ആയിരിക്കും. ചിത്രം 7.10 ഫ്രെനൽ ബൈപ്രിസം സ്രോതസ്സിന്റെ രണ്ടു മിഥ്യാബിംബങ്ങൾ രണ്ടു കൊഹിന്റ് സ്രോതസ്സായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. എന്നാൽ ലോയ്ഡ് ദർപ്പണത്തിൽ ഒരു സ്രോതസ്സും ഒരു മിഥ്യാബിംബവും രണ്ടു കൊഹിറന്റ് സ്രോതസ്സായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.





ചിത്രം 7.10 സ്രോതസ്സും പ്രതിബിംബവും കൊഹിറന്റ് സ്രോതസ്സായി വരുമ്പോൾ

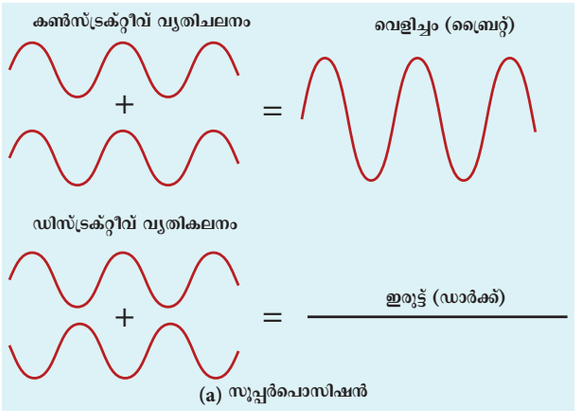
7.3.3 ദ്വിസുഷിര കൊഹിറന്റ് സ്രോതസ്സ്

ദ്വിസുഷിരം തരംഗമുഖ വിഭജന തത്വത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ഒരു ധവളപ്രകാശ സ്രോതസ്സ് S നാൽ, S_1 , S_2 എന്നീ സുഷിരങ്ങളെ പ്രകാശിപ്പിക്കുമ്പോൾ അവരണ്ടുകൊഹിറന്റ് സ്രോതസ്സായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഇവയിൽ നിന്നുള്ള തരംഗങ്ങൾ ഒരേ മാധ്യമത്തിലൂടെ സഞ്ചരിച്ച് പരസ്പരം കൂട്ടിമുട്ടുന്നു. അതിനാലുണ്ടാകുന്ന കൺസ്ട്രക്റ്റീവ് വ്യതികലനവും ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്. ചിത്രം 7.11(a) തരംഗങ്ങളുടെ ശ്രിംഗം കൂട്ടമായി കട്ടിയുള്ള രേഖകളാലും ഗർത്തം ഇടവിട്ട രേഖകളാലും സൂചിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ട് ചിത്രം 7.11(b).

ഒരു തരംഗത്തിന്റെ ശ്രിംഗം മറ്റൊരു തരംഗത്തിന്റെ ശ്രിംഗവുമായി ബന്ധിക്കുന്ന അഥവാ ഒരു തരംഗത്തിന്റെ ഗർത്തം മറ്റൊരുതരംഗത്തിന്റെ ഗർത്തവുമായി സന്ധിക്കുന്ന ബിന്ദുക്കളിൽ രണ്ടു തരംഗങ്ങളും പരസ്പരം ഒരേ ഘട്ടം (phase) ൽ ആയിരിക്കും. അതിനാൽ വിസ്ഥാപനം അധികതമവുംഇത്തരത്തിലുള്ളകൺസ്ട്രക്റ്റീവ് വ്യതിയാനത്തിന്റെ ഫലത്താൽ ആ ബിന്ദുക്കൾ പ്രകാശഭരിതമായി കാണപ്പെടുന്നു.

അതുപോലെ ഒരുതരംഗത്തിന്റെ ശ്രിംഗം മറ്റൊരു തരംഗത്തിന്റെ ഗർത്തവുമായോ നേരെ തിരിച്ചോ സംഭവിക്കുകിൽ ആ തരംഗങ്ങൾ ഒരേ

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 62 28-06-2022 16:27:23



ചിത്രം 7.11 ഡബിൾ സ്ലിറ്റിനാലുള്ള വ്യതികലനം

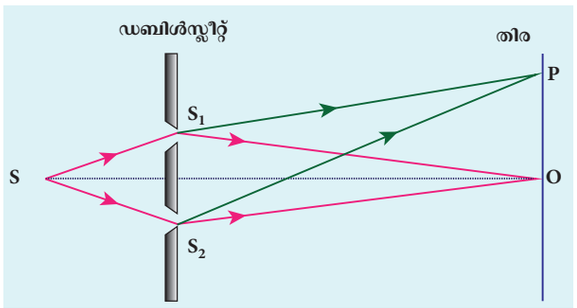
ഘട്ടത്തിൽ ആയിരിക്കില്ല. അതിനാൽ വിസ്ഥാപനം, കുറവ് അധവാ ന്യൂനതമമാകുന്നു. ആ ബിന്ദുക്കൾ ഡിസ്ട്രക്റ്റീവ് വ്യതികലനത്തിന്റെ കാരണത്താൽ ഇരുണ്ടു കാണപ്പെടുന്നു.

ഒരു തിരയിൽ ഈ പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത ഒന്നിടവിട്ട് കൂടുകയും കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു. ബ്രൈറ്റും ഡാർക്കും ആയ ബാൻഡുകൾ ഉണ്ടാകുന്നു. ഇവയെ വ്യതികലന ഫ്രിൻജുകൾ എന്നു പറയുന്നു.

7.3.4 യങ്സ് ഡബിൾ സ്ലിറ്റ് പരീക്ഷണം

പരീക്ഷണ സംവിധാനം

1801-ൽ ഒരു ബ്രിട്ടീഷ് ഭൗതിക ശാസ്ത്രജ്ഞൻ തോമസ് യങ് ഒരു അതാര്യതിര അതിൽ രണ്ടു സുഷിരങ്ങൾ S_1 , S_2 എന്നിവ ഒരു സ്രോതസ്സ് S ൽ നിന്നും തുല്യ അകലത്തിൽ ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളപോലെ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. 7.12 ഓരോ സുഷിരത്തിന്റെയും അകലം 0.03 മി.മീ ആകുന്നു. S_1 ഉം S_1 ഉം S ൽ നിന്നും തുല്യ അകലത്തിലായതിനാൽ അവിടെ ഉണ്ടാകുന്ന തരംഗങ്ങളും തുല്യമാകുന്നു. S_1, S_2 ൽ നിന്നുള്ള പ്രകാശ തരംഗങ്ങൾ ഒരേ ഘട്ടത്തിലാകുന്നു. അതിനാൽ S_1, S_2 എന്നിവ കൊഹിറന്റ് സ്രോതസ്സായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഇതുതന്നെയാണ് വ്യതികലന രൂപം കിട്ടുന്നതിനുള്ള ആവശ്യകത.



ചിത്രം 7.12 യങ്സ് ഡബിൾസ്ലിറ്റ് പരീക്ഷണം

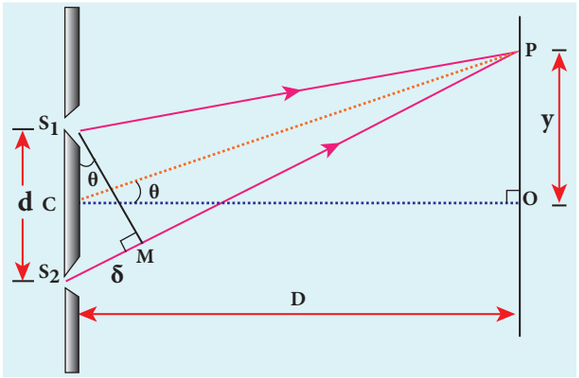
S_1 , S_2 എന്നിവയിൽ നിന്നുള്ള തരംഗമുഖങ്ങൾ ഡബിൾ സ്ലിറ്റിന്റെ മറുവശത്ത് ഓവർലാപ്പ് ചെയ്യുന്നു. ഈ സ്ലിറ്റിൽ നിന്നും 1 മീ അകലത്തിൽ ഒരു തിര വച്ചാൽ ഒന്നിടവിട്ട കറുപ്പും വെളുപ്പുമായ അതിരുകൾ തിരയിൽ കാണാൻ സാധിക്കുന്നു. ഇവയെ വ്യതികലന അതിരുകൾ എന്നു പറയുന്നു. ഒരു ഐപീസുപയോഗിച്ച് ഈ ഫ്രിൻജുകളെ നേരിട്ട് കാണാൻ സാധിക്കുന്നു. O എന്ന കേന്ദ്ര ബിന്ദുവിൽ S_1 , S_2 എന്നീ സ്രോതസ്സിൽ നിന്നുള്ള തരംഗങ്ങൾ തുല്യ ദൂരം സഞ്ചരിച്ച് ഒരേ ഘട്ടത്തിൽ എത്തിച്ചേരുന്നു. ചിത്രം 7.12 ഈ രണ്ടു തരംഗങ്ങളും കൺസ്ട്രക്റ്റീവ് വ്യതിയാനംചെയ്യുന്നതിനാൽ വെളുത്ത അതിരുകൾ O എന്ന ബിന്ദുവിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഇതിനെ കേന്ദ്രബ്രൈറ്റ് ഫ്രിൻജ് എന്നു പറയുന്നു. രണ്ടു സ്ലിറ്റുകളിലൊന്നിനെ അടച്ചാൽ ഫ്രിൻജുകൾ അപ്രത്യക്ഷമാവുകയും തിരയിൽ ഒന്നുപോലുള്ള പ്രകാശം പതിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതിൽ നിന്നും നമുക്ക് മനസ്സിലാകുന്നത് വ്യതികലനത്താലാണ് ഇപ്രകാരം സംഭവിച്ചത്.

പാതവ്യത്യാസത്തിനുള്ള സമീകരണം

ചിത്രത്തിലുള്ള പരീക്ഷണ സംവിധാനം ചിത്രം 7.13 S_1, S_2 എന്നിവയ്ക്കിടയിലെ അകലം d യും അവ λ തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള ഒരു കൊഹിറന്റ് സ്രോതസ്സായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. D അകലത്തിൽ

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 63 28-06-2022 16:27:23

S_1, S_2 വിന് സമാന്തരമായി ഒരു തിര വയ്ക്കുക. S_1, S_2 എന്നിവയുടെ മദ്ധ്യബിന്ദു C യും തിരയുടെ മദ്ധ്യബിന്ദു O എന്നത് S_1, S_2 വിൽ നിന്നും തുല്യ അകലത്തിലും ആയിരിക്കും. രണ്ടു തരംഗങ്ങളുടെ പാത വ്യത്യാസത്തിനനുസരിച്ച് S_1, S_2 എന്നിവയിൽ നിന്നുള്ള തരംഗങ്ങൾ ഒരേ ഘട്ടത്തിലോ അല്ലാതെയോ ഇരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 7.13 യങ്സ് ഡബിൾ സ്ലിറ്റ് സംവിധാനം

S_1 , S_2 എന്നിവയിൽ നിന്നുള്ള പ്രകാശ തരംഗങ്ങളുടെ ഒരു ബിന്ദു P ൽ ഉണ്ടാവുന്ന പാത വ്യത്യാസം δ എന്നത്, $\delta = S_2P - S_1P$

S_1 ൽ നിന്നും S_2P എന്ന രേഖയിലേക്ക് ഒരു ലംബം വരയ്ക്കുന്നെങ്കിൽ അത് M എന്ന ബിന്ദുവിൽ സന്ധിക്കുന്നു. എങ്കിൽ.

$$\delta = S_2P - MP = S_2M \qquad (7.26)$$

C ൽ നിന്ന് P എന്ന ബിന്ദുവിന്റെ വർതുള സ്ഥാനം θ. $\angle OCP = \theta$.

ജ്യാമിതിയിൽ നിന്നും $\angle OCP$ ഉം $\angle S_2S_1M$ ഉം തുല്യമാകുന്നു.

$\angle OCP = \angle S_2S_1M = \theta$.

ΔS_1S_2M, എന്ന മട്ടത്രികോണത്തിൽ പാത വ്യത്യാസം, $S_2M = d \sin\theta$

$$\delta = d \sin\theta \qquad (7.27)$$

θ വളരെ ചെറുതായതിനാൽ, $\sin\theta \approx \tan\theta \approx \theta$

മട്ടത്രികോണം ΔOCP, $\tan\theta = \dfrac{y}{D}$

$$\text{പാതവ്യത്യാസം, } \delta = \frac{d\,y}{D} \qquad (7.28)$$

പാതവ്യത്യാസ നിബന്ധനകളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ P എന്ന ബിന്ദുവിൽ കറുത്തതോ വെളുത്തതോ ആയ ഫ്രിൻജ് ഉണ്ടാകുന്നു.

ബ്രൈറ്റ് ഫ്രിൻജ് അഥവാ അധികതമം ഉണ്ടാകുന്നതിനുള്ള നിബന്ധനകൾ

ഒരു കൺസ്ട്രക്റ്റീവ് വ്യതികലനം അഥവ ഒരു ബ്രൈറ്റ് ഫ്രിൻജ് P എന്ന ബിന്ദുവിൽ ഉണ്ടാകുന്നതിനുള്ള നിബന്ധന,

പാതവ്യത്യാസം, $\delta = n\lambda$

എങ്കിൽ, $n = 0, 1, 2, \ldots$

$$\therefore \frac{d\,y}{D} = n\lambda$$

$$y = n\frac{\lambda D}{d} \text{ (അഥവാ) } y_n = n\frac{\lambda D}{d} \qquad (7.29)$$

ഇതാണ് P എന്ന ബിന്ദുവിൽ y_n ബ്രൈറ്റ് ഫ്രിൻജ് ഉണ്ടാകുന്നതിനുള്ള കാരണം. ഇവിടെ ..... എന്നത് n ാം ബ്രൈറ്റ് ഫ്രിൻജിന്റെ O ൽ നിന്നുള്ള ദൂരമാകുന്നു.

കറുത്ത ഫ്രിൻജ് ഉണ്ടാകുന്നതിനുള്ള നിബന്ധനകൾ

ഡിസ്ട്രക്റ്റീവ് വ്യതികലനം അഥവാ P എന്ന ബിന്ദുവിൽ ഒരു കറുത്ത ഫ്രിൻജ് ഉണ്ടാവുന്നതിനുള്ള നിബന്ധന,

പാതവ്യത്യാസം, $\delta = (2n-1)\dfrac{\lambda}{2}$

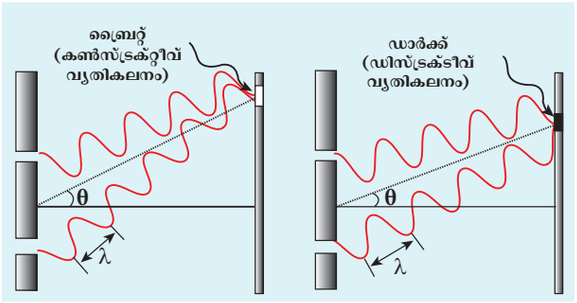
$n = 1, 2, 3 \ldots$ ആകുമ്പോൾ

$$\therefore \frac{d\,y}{D} = (2n-1)\frac{\lambda}{2}$$

$$y = \frac{(2n-1)}{2}\frac{\lambda D}{d} \text{ (അഥവാ) } y_n = \frac{(2n-1)}{2}\frac{\lambda\, D}{d} \qquad (7.30)$$

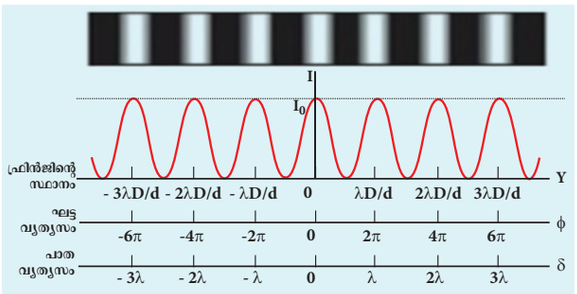
XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 64 28-06-2022 16:27:25

ഇതാണ് ഡാർക്ക് ഫ്രിൻജിന്റെ നിബന്ധന y_n എന്നത് ബിന്ദു O ൽ നിന്നുള്ള n ാം ഡാർക്ക് ഫ്രിൻജിന്റെ അകലമാകുന്നു. ചിത്രം 7.14.



ചിത്രം 7.14 ഡാർക്ക് ബ്രൈറ്റ് ഫ്രിൻജുകൾ ഉണ്ടാകുന്ന വിധം

മുകളിലത്തെ ചിത്രത്തിൽ കറുപ്പും വെളുപ്പുമായ ഫ്രിൻജുകൾ ഉണ്ടാകുന്നതിനെപ്പറ്റി സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഇതിൽ നിന്നും കേന്ദ്രത്തിലെ വെളുത്ത ഫ്രിൻജുകളിന്റെ ഇരുവശങ്ങളിലുമായി ഒന്നിടവിട്ട് ഡാർക്കും, ബ്രൈറ്റും ആയ ഫ്രിൻജുകൾ ഉണ്ടാകുന്നു എന്നു മനസ്സിലാക്കാം. കേന്ദ്രത്തിലെ ബ്രൈറ്റ് ഫ്രിൻജു എന്നത് 1^{st} ഡാർക്ക്, 1^{st} ബ്രൈറ്റ്, 2^{nd} ഡാർക്ക്, 2^{nd} ബ്രൈറ്റ് മുതലായവയെ പിന്തുടർന്നു വരുന്നവയാണ്. ഇവ O യുടെ ഇരുവശങ്ങളിലുമായി മുന്നേറുന്നു. ചിത്രം 7.15.



ചിത്രം 7.15 വ്യതികലന ഫ്രിൽജിന്റെ മാതൃക

ബാൻഡുവിഡ്ത്തിന്റെ സമീകരണം

അടുത്തടുത്തുള്ള രണ്ടു ബ്രൈറ്റ് അല്ലെങ്കിൽ രണ്ടു ഡാർക്ക് ഫ്രിൻജുകൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരത്തെ ബാൻഡ്‌വിഡ്ത്ത് β എന്നു പറയുന്നു.

O ൽ നിന്നും $(n+1)^{th}$, n^{th} എന്നിങ്ങനെ അടുത്തടുത്ത രണ്ടു ഫ്രിൻജുകൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരം,

$$\beta = y_{(n+1)} - y_n = \left((n+1)\frac{\lambda D}{d}\right) - \left(n\frac{\lambda D}{d}\right)$$

$$\beta \text{ ബ്രൈറ്റിന് }, \quad \beta = \frac{\lambda D}{d} \qquad (7.31)$$

അതുപോലെ O ൽ നിന്നും $(n+1)$ാം , n ാം എന്നിങ്ങനെ അടുത്തടുത്ത രണ്ട് ഡാർക്ക് ഫ്രിൻജുകൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരം,

$$\beta = y_{(n+1)} - y_n = \left(\frac{(2(n+1)-1)}{2}\frac{\lambda D}{d}\right) - \left(\frac{(2n-1)}{2}\frac{\lambda D}{d}\right)$$

$$\beta \text{ ഡാർക്കിന്, } \quad \beta = \frac{\lambda D}{d} \qquad (7.32)$$

മേൽപ്പറഞ്ഞ സമീകരണം (7.31), (7.32) വിശദീകരിക്കുന്നതെന്തെന്നാൽ കേന്ദ്ര ബ്രൈറ്റ് ഫ്രിൻജിന്റെ ഇരുവശത്തുമായി തുല്യ അകലത്തിലുള്ള ഡാർക്കും ബ്രൈറ്റും ആയ ഫ്രിൻജ് ഉണ്ടാവുന്നു.

വ്യക്തവും വിശാലവുമായ വ്യതിയാന ബാൻഡുകൾ ഉണ്ടാവുന്നതിനുള്ള നിബന്ധനകൾ:

(i) D തിര കഴിയുന്നത്ര സ്രോതസ്സിൽ നിന്നും അകലത്തു വയ്ക്കുക.

(ii) λ ഉപയോഗിക്കുന്ന പ്രകാശം കൂടുതൽ തരംഗ ദൈർഘ്യം ഉളവായിരിക്കണം.

(iii) S_1, S_2 d എന്നീ രണ്ടു കൊഹിറന്റ് സ്രോതസ്സുകളും കഴിയുന്നത്ര അടുത്തായിരിക്കണം.

ഉദാഹരണം 7.6

യങ്ങ്സ് ദ്വിസുഷിര പരീക്ഷണത്തിൽ രണ്ടു സ്ലിറ്റുകളും 0.15 മി.മീ അകലത്തിൽ ആണ്. പ്രകാശ സ്രോതസ്സിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം 450 നാ.മീ തിരയ്ക്കും സ്ലിറ്റിനും തമ്മിലുള്ള അകലം 2 മീ.

(a) കേന്ദ്ര അധികതമത്തിൽ നിന്നും രണ്ടാമത്തെ ബ്രൈറ്റ് ഫ്രിൻജിനും മൂന്നാമത്തെ ഡാർക്കു ഫ്രിൻജിനും ഉള്ള അകലം കാണുക.

(b) ഫ്രിൻജിന്റെ അകലം കാണുക.

(c) തിരയ്ക്കും സ്ലിറ്റിനും തമ്മിലുള്ള അകലം കൂട്ടുമ്പോൾ ഫ്രിൻജ് രൂപങ്ങൾ എങ്ങനെ മാറ്റം സംഭവിക്കുന്നു?

(d) മൊത്ത സംവിധാനവും അപവർത്തനാങ്കവും 4/3 ഉള്ള ജലത്തിൽ സൂക്ഷിച്ചാൽ ഫ്രിൻജ് എങ്ങനെ മാറുന്നു.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 65 28-06-2022 16:27:26

നിർദ്ധാരണം

d = 0.15 മി.മീ = 0.15× 10^{-3} മീ; D = 2 മീ; λ = 450 nm = 450 × 10^{-9} മീ; RI = 4/3

(a) n - ാം ബ്രൈറ്റ് ഫ്രിൻജിന്റെ സമീകരണം,

$$y_n = n\frac{\lambda D}{d}$$

2-ാമത്തെ ബ്രൈറ്റ് ഫ്രിൻജിന്റെ ദൂരം,

$$y_2 = 2\times\frac{450\times10^{-9}\times2}{0.15\times10^{-3}}$$

$$y_2 = 12\times10^{-3}\,\text{m} = 12 \text{ മിമീ}$$

n- ാം കറുത്ത ഫ്രിൻജിന്റെ സമീകരണം,

$$y_n = \frac{(2n-1)}{2}\frac{\lambda D}{d}$$

3-ാമത്തെ കറുത്ത ഫ്രിൻജിന്റെ ദൂരം,

$$y_3 = \frac{5}{2}\times\frac{450\times10^{-9}\times2}{0.15\times10^{-3}}$$

$$y_2 = 15\times10^{-3}\,\text{m} = 15 \text{ മിമീ}$$

(b) ഫ്രിൻജിന്റെ അകലത്തിന്റെ സമീകരണം,

$$\beta = \frac{\lambda D}{d}$$

പ്രതിസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ, $\beta = \dfrac{450\times10^{-9}\times2}{0.15\times10^{-3}}$

$$\beta = 6\times10^{-3}\,\text{m} = 6 \text{ മി.മീ}$$

(c) D യുടെ മൂല്യം കൂടുമ്പോൾ ഫ്രിൻജ് അകലം കൂടുന്നു, $\beta = \dfrac{\lambda D}{d}$ (അല്ലെങ്കിൽ) $\beta \propto D$

(d) മൊത്ത സംവിധാനവും ജലത്തിൽ താഴ്ത്തിവയ്ക്കുമ്പോൾ ഫ്രിൻജ് അകലം കുറയുന്നു അപവർത്തനാങ്കം 4/3

$$\beta = \frac{\lambda D}{d} \text{ (അല്ലെങ്കിൽ) } \beta \propto \lambda$$

തരംഗദൈർഘ്യം അപവർത്തനാങ്കത്തെ..... പ്രാവശ്യം കുറയ്ക്കുന്നു. അതിനാൽ, $\beta \propto \lambda$, $\beta' \propto \lambda'$

നമുക്കറിയാം, $\lambda' = \dfrac{\lambda}{RI}$

$$\frac{\beta'}{\beta} = \frac{\lambda'}{\lambda} = \frac{\lambda/RI}{\lambda} = \frac{1}{RI} \text{ (അഥവാ) } \beta' = \frac{\beta}{RI} = \frac{6\times10^{-3}}{4/3}$$

$$\beta' = 4.5\times10^{-3}\,\text{m} = 4.5 \text{ മി.മീ}$$

7.3.5 പോളിക്രൊമാറ്റിക് പ്രകാശത്താലുള്ള വ്യതിയാനം

ഒരു ധവള പ്രകാശം (വെള്ള പ്രകാശം) ഒരു വ്യതിയാന പരീക്ഷണത്തിൽ ഉപയോഗിക്കുകയാണെങ്കിൽ വർണ്ണങ്ങളിലുള്ള ഫ്രിൻജുകൾ അതും വ്യത്യസ്ത ഘനത്തിലുള്ളവ തിരയിൽ പതിക്കുന്നു. കാരണം ഓരോ നിറത്തിനും ഓരോ തരംഗദൈർഘ്യമാണുള്ളത്. എങ്കിലും കേന്ദ്ര ഫ്രിൻജ് അഥവാ O ഫ്രിൻജ് എല്ലായ്പ്പോഴും പ്രകാശപൂരിതവും വെളുത്തനിറത്തിലും ഉള്ളതാകുന്നു. അതിനാൽ കൺസ്ട്രക്റ്റീവ് വ്യതിയാനം എല്ലാ നിറങ്ങൾക്കും O എന്ന കേന്ദ്രബിന്ദുവിൽ സാധ്യമാണ്.

ഉദാഹരണം 7.7

560 nm, 420 nm എന്നീ തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള പ്രകാശങ്ങൾ യങ്സ് ഡബിൾസ്ലിറ്റ് പരീക്ഷണത്തിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നു എങ്കിൽ രണ്ടു ബ്രൈറ്റ് ഫ്രിൻജിന്റെയും തരംഗ ദൈർഘ്യങ്ങൾ തമ്മിൽ കൂട്ടിമുട്ടുന്നത് കേന്ദ്ര ഫ്രിൻജിൽ നിന്നും എത്ര കുറഞ്ഞ ദൂരത്തിലാണ്. D = 1 മീ and d = 3 മീ.മീ.

നിർദ്ധാരണം

λ_1 = 560 മിമീ = 560×10^{-9} മീ

λ_2 = 420 മിമീ = 420×10^{-9} മീ

D = 1 മീ; d = 3 മീമീ = 3×10^{-3} മീ

തന്നിട്ടുള്ള y യ്ക്ക് n ഉം λ യും വിപരീതം അനുപാതത്തിലാണ്.

λ_1 ന്റെ n ാം അടുക്ക് λ_2 ന്റെ $(n+1)$ ാം ബ്രൈറ്റ് ഫ്രിൻജിമായി കൂട്ടിമുട്ടുന്നു.

n ബ്രൈറ്റ് ഫ്രിൻജിന്റെ സമീകരണം, $y_n = n\dfrac{\lambda D}{d}$

ഇവിടെ, $n\dfrac{\lambda_1 D}{d} = (n+1)\dfrac{\lambda_2 D}{d}$ $\quad (\lambda_1 > \lambda_2)$

$$n\lambda_1 = (n+1)\lambda_2 \text{ (അഥവാ) } \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{(n+1)}{n};\ 1+\frac{1}{n} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

$$1+\frac{1}{n} = \frac{560\times10^{-9}}{420\times10^{-9}} \text{ (അഥവാ) } 1+\frac{1}{n} = \frac{4}{3}$$

$$\frac{1}{n} = \frac{1}{3} \text{ (അഥവാ) } n = 3$$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 66 28-06-2022 16:27:30

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

എണ്ണയുടെ നേരിയ പടലം ജലഉപരിതലത്തിൽ പടരുമ്പോഴും സോപ്പിന്റെ കുമിളകളാലും മനോഹരമായ വർണ്ണങ്ങൾ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നു. കാരണം വെള്ളപ്രകാശത്തിന്റെ വ്യതിയാനം നേരിയ പടലത്തിന്റെ മുകളിൽ നിന്നും താഴെ നിന്നും മൾട്ടിപ്പിൾ റിഫ്ളക്ഷൻ ഉണ്ടാക്കുന്നതിലാണ്. ഉണ്ടാകുന്ന നിറങ്ങൾ നേരിയ പടലത്തിന്റെ ഘനം അപവർത്തനാങ്കം, കൂടാതെ പ്രകാശത്തിന്റെ പതന കോൺ എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

അങ്ങനെ λ_1 ന്റെ 3-ാമത്തെ ബ്രൈറ്റ് ഫ്രിൻജ് λ_2 ന്റെ 4-ാമത്തെ ബ്രൈറ്റ് ഫ്രിൻജും ചേരുന്ന ചെറിയ ദൂരം y.

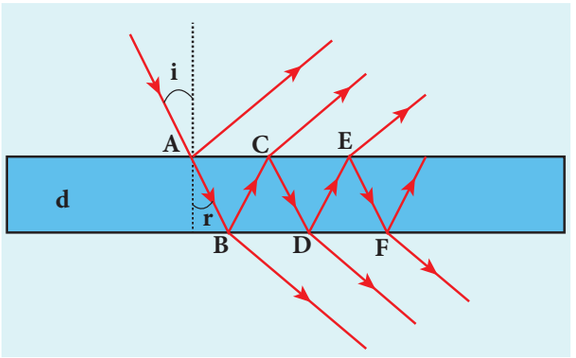
കേന്ദ്ര ഫ്രിൻജിൽ നിന്നുള്ള കുറഞ്ഞ ദൂരം രണ്ടു തരംഗങ്ങളുടെ ബ്രൈറ്റ് ഫ്രിൻജുകൾ ഒന്നുചേരുമ്പോൾ, $y_n = n\dfrac{\lambda D}{d}$

$$y_n = 3\times\frac{560\times10^{-9}\times1}{3\times10^{-3}} = 560\times10^{-6} \text{ മീ}$$

$$y_n = 0.560\times10^{-3} \text{ മീ} = 0.560 \text{ മി.മീ}$$

7.3.6 നേരിയ പടലത്തിലെ വ്യതികലനം

അപവർത്തനാങ്കം μ ഘനം d ഉള്ള ഒരു നേരിയ സുതാര്യപടലത്തെ പരിഗണിക്കുക. ഒരു സമാന്തര പ്രകാശ പ്രവാഹത്തെ i എന്ന കോണിൽ നേരിയ പടലത്തിൽ വീഴുന്നവിധം ചിത്രത്തിലുള്ള (7.16) പോലെ സജ്ജീകരിക്കുക. തരംഗം ഉപരിതലത്തിൽ രണ്ടു ഭാഗങ്ങളായി വിഭജിക്കുന്നു. ഒന്ന് പ്രതിഫലിച്ചതും മറ്റൊന്നു അപവർത്തനം സംഭവിച്ചതുമാകുന്നു. അപവർത്തനം സംഭവിച്ച ഭാഗം നേരിയപടലത്തിൽ പ്രവേശിച്ച് വീണ്ടും രണ്ടു ഭാഗങ്ങളായി നേരിയ പടലത്തിലെ അടിതട്ടിൽ സംഭവിക്കുന്നു. ഇവയിൽ ഒന്ന് പുറത്തേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്നു. മറ്റൊന്ന് പ്രതിഫലനം സംഭവിച്ച് പടലത്തിന്റെ ഉള്ളിലേക്കു പോകുന്നു. പ്രതിഫലനം, അപവർത്തനം സംഭവിച്ച തരംഗങ്ങൾ നേരിട പടലത്താൽ മൾട്ടിപ്പിൾ പ്രതിഫലനം സംഭവിക്കപ്പെടുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ പ്രതിഫലിപ്പിക്കപ്പെട്ടതും കടത്തിവിട്ടതുമായ പ്രകാശത്താൽ വ്യതിയാനം ഉണ്ടാകുന്നു.



ചിത്രം 7.16 നേരിയ പടലത്തിലൂടെയുള്ള വ്യതികലനം

കടത്തിവിടപ്പെട്ട പ്രകാശം

കടത്തിവിടപ്പെട്ട പ്രകാശം തമ്മിൽ സമ്പർക്കത്തിലേർപ്പെട്ട് ഒരു പരിണത തീവ്രതയെ നൽകുന്നു. B ൽ നിന്നും D ൽ നിന്നും കടത്തിവിടപ്പെട്ട രണ്ടു പ്രകാശ തരംഗങ്ങളുടെ പാതവ്യത്യാസത്തെ കണക്കാക്കുക, രണ്ടു തരംഗങ്ങളും ഒന്നിച്ച് പ്രവഹിച്ച് B വരെ ഒരേ ഘട്ടത്തിൽ ആയിരിക്കും. B വച്ച് പിരിയുന്നു. D ൽ നിന്നുള്ള തരംഗം കൂടുതലായി സഞ്ച

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 67 28-06-2022 16:27:31

രിച്ച ദൂരം എന്നത് ഫിലിമിനുള്ളിലെ പാതയാണ്, $BC + CD$ പതനകോൺ ലംബത്തിനു സമാന മാണെങ്കിൽ $(i = 0)$ B, D എന്നീ ബിന്ദുക്കൾ വളരെ അടുത്തായി സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു. തരംഗം കൂടുതലായി സഞ്ചരിച്ച ദൂരം എന്നത് ഫിലിമിന്റെ ഘനത്തിന് ഇരട്ടിയായിരിക്കും അതായത് $BC + CD = 2d$ ഈ കൂടുതൽപാത സഞ്ചരിച്ചത് μ എന്ന അപവർത്തനാങ്കമുള്ള മാധ്യമത്തിലായതിനാൽ പ്രകാശിക പാതവ്യത്യാസം എന്നത്, $\delta = 2\mu d$.

കടത്തിവിടപ്പെട്ട പ്രകാശത്തിന്റെ വ്യതിയാന ത്തിനുള്ള നിബന്ധന,

$$2\mu d = n\lambda \qquad (7.33)$$

അതുപോലെ വ്യതിയാനത്തിന്റെ നിബന്ധന,

$$2\mu d = (2n-1)\frac{\lambda}{2} \qquad (7.34)$$

പ്രതിഫലിപ്പിക്കപ്പെട്ട പ്രകാശത്തിന്

പരീക്ഷണത്താലും സിദ്ധാന്തത്താലും തെളി യിക്കപ്പെട്ട ഒന്നാണ്, ഒരു തരംഗം സാന്ദ്രതകുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിൽ സഞ്ചരിച്ച് സാന്ദ്രതകൂടിയ മാധ്യമ ത്താൽ പ്രതിഫലിപ്പിക്കപ്പെട്ടാൽ ആ തരംഗ ങ്ങളുടെ ഘട്ടവ്യത്യാസം എന്നത് π ആകുന്നു. ഒരു കൂടുതൽ പാതവ്യത്യാസം $\lambda/2$ ഉം കൂടെ കണക്കാക്കപ്പെടേണ്ടതാണ്.

ഉപരിതലത്തിലെ A എന്ന ബിന്ദുവിൽ പ്രതി ഫലിപ്പിക്കപ്പെട്ട പ്രകാശതരംഗത്തിനും ഫിലിമി ലൂടെ C ലേക്കു വന്ന പ്രകാശ തരംഗത്തിനും ഇടയിലുള്ള പാതവ്യത്യാസത്തെ കണക്കാക്കുക. C ൽ നിന്നും പുറത്തേക്കു കൂടുതൽ പാത സഞ്ചരിച്ച തരംഗത്തിന്റെ പാത എന്നത് $AB + BC$ ഒരു ലംബപതനത്തിന് ഈ ദൂരം എന്നത് ഏക ദേശം $AB + BC = 2d$ ഈ പാത എന്നത് അപ വർത്തനാങ്കം μ ഉള്ള മാധ്യമത്തിലായതിനാൽ പാതവ്യത്യാസം, $\delta = 2\mu d$.

പ്രതിഫലിപ്പിക്കപ്പെട്ട തരംഗങ്ങൾക്കുള്ള ..... വ്യതിയാനത്തിനുള്ള നിബന്ധന,

$$2\mu d + \frac{\lambda}{2} = n\lambda \text{ (അല്ലെങ്കിൽ) } 2\mu d = (2n-1)\frac{\lambda}{2} \qquad (7.35)$$

കൂടുതൽ പാതവ്യത്യാസം $\lambda/2$ ഘട്ട വ്യത്യാസം π നാലാണ് (സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിൽ നിന്നും സാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിൽ പ്രതിഫലനം നടക്കുന്നതിനാലാണ്) A.

പ്രതിഫലിപ്പിക്കപ്പെട്ട തരംഗങ്ങൾക്കുള്ള ..... വ്യതിയാനത്തിന്റെ നിബന്ധന,

$$2\mu d + \frac{\lambda}{2} = (2n+1)\frac{\lambda}{2} \text{ (അഥവാ) } 2\mu d = n\lambda \qquad (7.36)$$

കുറിപ്പ്

പതനം ലംബദിശയിലല്ല എങ്കിൽ പതനകോൺ i ഉം പ്രതിഫലന കോൺ r ഉം ആകുന്നു. എങ്കിൽ മേൽപ്പറഞ്ഞ നിബന്ധനയിൽ $2\mu d$ എന്നത് $2\mu d \cos r$ ആകുന്നു.

ഉദാഹരണം 7.8

ഒരു ഫിലിമിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം 1.25 അത് 589 nm തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള പ്രകാശത്തെ ശക്ത മായി പ്രതിഫലിപ്പിക്കുന്നു. എങ്കിൽ ഫിലിമിന്റെ കുറഞ്ഞ പക്ഷഘടനയും, ഫിലിം എതിർ പ്രതി ഫലനം നടത്തുന്നു എങ്കിലുള്ള കുറഞ്ഞപക്ഷ ഘനവും കാണുക?

നിർദ്ധാരണം

λ = 589 nm = 589×10^{-9} മീ

ഒരു ശക്തമായ പ്രതിഫലനം നടക്കണമെങ്കിൽ പ്രതിഫലിപ്പിക്കപ്പെട്ട തരംഗങ്ങൾ തമ്മിൽ വ്യതി യാനം നടക്കണം. കുറഞ്ഞപക്ഷ പ്രകാശികപാത വ്യത്യാസം $\lambda/2$ആയിരിക്കണം. ഫിലിമിലെ രണ്ടു ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും പ്രതിഫലിപ്പിക്കപ്പെട്ട തരംഗങ്ങളുടെ പ്രകാശികപാത വ്യത്യാസം $2\mu d$ ആകുന്നു., $2\mu d = \lambda/2$ [സമീകരണം (7.35) ൽ ഉള്ളതുപോലെ $n = 1$]

എങ്കിൽ, $d = \frac{\lambda}{4\mu}$

പ്രതിസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ, $d = \frac{589\times10^{9}}{4\times1.25} = 117.8\times10^{-9}$

$d = 117.8\times10^{-9} = 117.8$: നാ.മീ

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 68 28-06-2022 16:27:32

എതിർ പ്രതിഫലനത്തിന്, പ്രതിഫലിപ്പിക്കപ്പെട്ട തരംഗങ്ങൾ ..... വ്യതിചലനത്തിൽ ഏർപ്പെടുന്നു. കുറഞ്ഞപക്ഷപാത വ്യത്യാസം λ പ്രതിഫലിപ്പിക്കപ്പെട്ട തരംഗങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള പ്രകാശിക പാതവ്യത്യാസം എന്നത് $2\mu d$ ശക്തമായ പ്രതിഫലനത്തിന്, $2\mu d = \lambda$ [സമീകരണം (7.36) ൽ $n = 1$].

$$d = \frac{\lambda}{2\mu}$$

പ്രതിസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ, $d = \frac{589\times10^{9}}{2\times1.25} = 235.6\times10^{-9}$

$d = 235.6\times10^{-9} = 235.6$ നാനോമീ

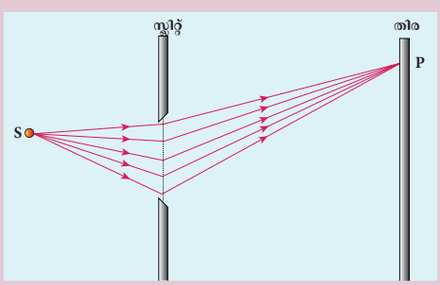
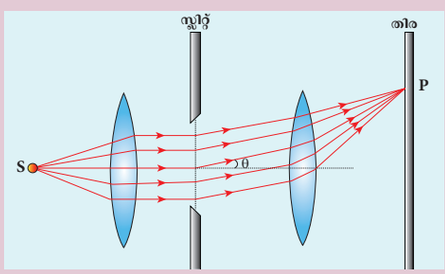
7.4 വ്യതിയാനം

എല്ലാ തരംഗങ്ങളുടെയും പൊതുവായ സ്വഭാവമാണ് വ്യതിയാനം (ശബ്ദ തരംഗം, പ്രകാശതരംഗം, ജലതരംഗം). കൂർത്ത അഗ്രങ്ങളിൽ തട്ടി പ്രകാശ തരംഗങ്ങൾ വളഞ്ഞു പോകുന്നതിനെ വ്യതിയാനം എന്നുപറയുന്നു. പ്രകാശത്തിന്റെ നേർരേഖാ ചലനത്തിനു വിപരീതമാണിത്. റേ ഓപ്ടിക്സിൽ നാം പഠിച്ചത് പ്രകാശം നേർ രേഖയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു എന്നാണ്. പക്ഷേ തടസ്സത്തിന്റെ വലിപ്പം താരതമ്യേന പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗ ദൈർഘ്യം പോലെയാണെങ്കിൽ മാത്രമേ വ്യതിയാനം നടക്കുന്നുള്ളൂ. ഇക്കാരണത്താലാണ് ശബ്ദ തരംഗങ്ങൾ, വാതിലുകൾ, ജനലുകൾ, കെട്ടിടങ്ങൾ എന്നീ തടസ്സങ്ങളിൽ തട്ടി വ്യതിയാനം സംഭവിക്കുന്നത്. ശബ്ദതരംഗത്തിന്റെ ദൈർഘ്യം ഈ വസ്തുക്കളുടെ വലിപ്പത്തെ അപേക്ഷിച്ച് വളരെ വലുതാണ്. പക്ഷേ പ്രകാശതരംഗങ്ങളുടെ തരംഗദൈർഘ്യത്തിന്റെ അനുസൃതമാണ് വസ്തുക്കളുടെ വലിപ്പം എങ്കിൽ വ്യതിയാനം വളരെ നന്നായി നടക്കുന്നു.

7.4.1 ഫ്രെനൽ ഫ്രാൻഹോഫർ വ്യതിയാനങ്ങൾ

വ്യതിയാനം സംഭവിക്കുന്ന തരംഗമുഖത്തെ ആശ്രയിച്ച് വ്യതിയാനത്തെ രണ്ടായി തരം തിരിക്കാം. ഫ്രനൽ വ്യതിയാനം മറ്റൊന്ന് ഫ്രാൻഹോഫർ വ്യതിയാനം ഫ്രെനൽ വ്യതിയാനം, ഫ്രാൻഹോഫർ വ്യതിയാനം ഇവയ്ക്കിടയിലുള്ള വ്യത്യാസം പട്ടിക 7.1 കൊടുത്തിട്ടുണ്ട്.

പട്ടിക 7.1 ഫ്രെനൽ, ഫ്രാൻഹോഫർ വ്യതിയാനങ്ങളുടെ വ്യത്യാസങ്ങൾ

ക്ര.ന	ഫ്രെനൽ വ്യതിയാനം	ഫ്രാൻഹോഫർ വ്യതിയാനം
1	ഗോളീയ അഥവാ സിലിണ്ടറാകൃതിയിലുള്ള തരംഗ മുഖങ്ങൾ വ്യതിയാനത്തിൽ ഏർപ്പെടുന്നു	തലതരംഗമുഖം വ്യതിയാനത്തിൽ ഏർപ്പെടുന്നു
2	നിശ്ചിത ദൂരത്തിൽ നിന്നുള്ള പ്രകാശ സ്രോതസ്സിൽ നിന്നാണ് പ്രകാശതരംഗമുണ്ടാകുന്നത്	പ്രകാശതരംഗത്തിന്റെ സ്രോതസ്സ് അകലെയാണ്
3	ഉത്തല ലെൻസുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നില്ല	ഉത്തല ലെൻസ് ഉപയോഗിക്കുന്നു
4	നിരീക്ഷണവും വിശകലനവും പ്രയാസമാണ്	നിരീക്ഷണവും വിശകലനവും സാധ്യമാണ്.
5		

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 69 28-06-2022 16:27:33

ഫ്രാൻഹോഫർ വ്യതിയാനം നിരീക്ഷിക്കുന്നതിനും വിശകലനം ചെയ്യുന്നതിനും എളുപ്പമായതിനാൽ നമുക്ക് അവയെക്കുറിച്ച് കൂടുതൽ വിവാദിക്കാം.

7.4.2. ഒറ്റ സുഷിരത്തിലൂടെയുള്ള വ്യതിയാനം

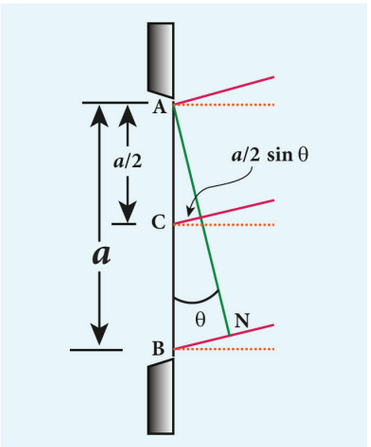
ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ AB അകലത്തിലുള്ള ഒരു സ്ലിറ്റിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ സമാന്തര രേഖകൾ പ്രവേശിക്കുന്നു എന്നിരിക്കട്ടെ. വ്യതിയാനം സംഭവിച്ച കിരണങ്ങൾ അടുത്തുള്ള തിരയിൽ പതിക്കുന്നു. സ്ലിറ്റിന്റെ കേന്ദ്രം C.-ൽ നിന്നും ഒരു രേഖ വരച്ചാൽ അത് തിരയുടെ മധ്യബിന്ദു O ൽ അവസാനിക്കുന്നു. ഏതെങ്കിലും ഒരു ബിന്ദു P -ൽ നാം പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത കണ്ടുപിടിക്കണം. P ൽ നിന്നും സ്ലിറ്റിൽ ഉള്ള വെവ്വേറെ ബിന്ദുക്കളിൽ രേഖവരയ്ക്കുമ്പോൾ അവയെ സമാന്തരമായി കണക്കാക്കപ്പെടുന്നു. കാരണം അവ ലംബം CO യുമായി θ കോണം ഉണ്ടാക്കുന്നു..

സ്ലിറ്റിൽ വെവ്വേറെ ബിന്ദുക്കളിൽ ആരംഭിച്ച് *P* എന്ന ബിന്ദുവിൽ സമ്പർക്കത്തിലേർപ്പെടുന്നു. എല്ലാ തരംഗങ്ങളും മറ്റു ബിന്ദുക്കളും പരിണിത തീവ്രതയെ നൽകുന്നു. ബിന്ദു *P* എന്നത് ജ്യാമിതീയ നിഴലി പ്രദേശങ്ങളാണ് അതുവരെ കേന്ദ്ര അധികതമം വ്യാപിച്ചിരിക്കുന്നു. ചിത്രം ബിന്ദു *P* കൂടുതൽ ലഘുതമ കിട്ടുന്നിനുള്ള നിബന്ധനകൾ നമുക്കാവശ്യമാണ്..

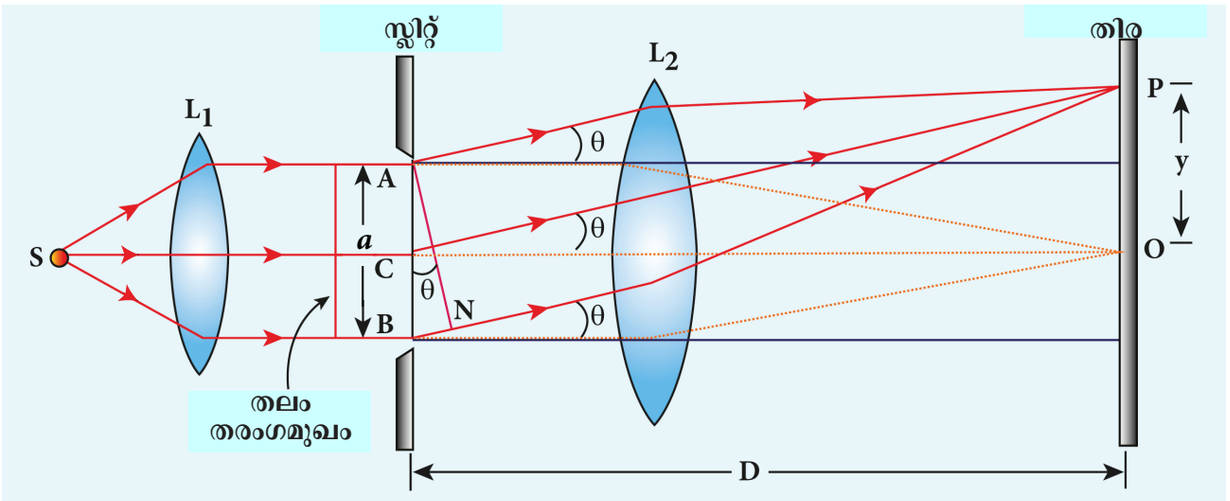
അടിസ്ഥാന ആശയം എന്നത് സ്ലിറ്റിനെ കൂടുതൽ ചെറിയ ഇരട്ട അക്കമുള്ള സുഷിരങ്ങളായി വിഭജിക്കുക എന്നതാണ്. കൂടുതൽ മിനിമം ലഭിക്കുന്നതിനായി ഡിസ്ട്രിക്റ്റീവ് വ്യതിയാനം നടക്കുന്നതിനായി P യിലെ എല്ലാ രേഖകളുടെയും ഒട്ടുമൊത്ത പാതവ്യത്യാസം കണക്കാക്കുക. മാക്സിമം (അധികതരം) വിശദീകരിക്കുന്നതിന് സ്ലിറ്റിനെ ഒറ്റഅക്കമുള്ള എണ്ണമായി വിഭജിക്കുക.

3P എന്നത് ആദ്യമിനിമം ആകുന്നതിനുള്ള നിബന്ധന

AB യെ ആദ്യം രണ്ടുപകുതി *AC*, *CB* എന്നിങ്ങനെ വിഭജിക്കുക. *AC* യുടെ അകലം *a*/2 വെവ്വേറെ ബിന്ദുക്കൾ അതേ അകലത്തിലുള്ളവയാണെങ്കിൽ അവയെ അനുക്രമ ബിന്ദുക്കൾ എന്നുപറയുന്നു.



ചിത്രം 7.18 അനുക്രമ ബിന്ദുക്കൾ



ചിത്രം 7.17 വ്യത്യസ്ത അനുക്രമം

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 70 28-06-2022 16:27:33

പാതവ്യത്യാസം ഒരു ബിന്ദുവിൽ സന്ധിച്ച് P ഉണ്ടാക്കി ആദ്യത്തെ മിനിമം ഉണ്ടാക്കുന്നു. ഈ തംരഗങ്ങളുടെ ഈ അനുക്രമ ബിന്ദുക്കളിൽ നിന്നുള്ള പാതവ്യത്യാസം, $\delta = \frac{a}{2}\sin\theta$

ആദ്യമിനിമം ആകുന്നതിനുള്ള നിബന്ധന, $\frac{a}{2}\sin\theta = \frac{\lambda}{2}$

$$a \sin\theta = \lambda \qquad (7.37)$$

P രണ്ടാമത്തെ മിനിമം ആകുന്നതിനുള്ള നിബന്ധന

AB യെ നാലുതുല്യഭാഗങ്ങളായി വിഭജിക്കുക. ഇപ്പോൾ ഓരോ ഭാഗത്തിന്റെയും അകലം $a/4$ ന മുക്കിപ്പോൾ ധാരാളം അനുക്രമ ബിന്ദുക്കൾ ഒരേ അകലത്തിൽ $a/4$ സുഷിരത്തിൽ കിട്ടുന്നു. ഈ അനുക്രമബിന്ദുക്കളിൽ നിന്നുമുള്ള തരംഗങ്ങളുടെ പാത വ്യത്യാസം δ എന്നത്, $\delta = \frac{a}{4}\sin\theta$.

P രണ്ടാമത്തെ മിനിമം ആകുന്നതിനുള്ള നിബന്ധന, $\frac{a}{4}\sin\theta = \frac{\lambda}{2}$

$$a \sin\theta = 2\lambda \qquad (7.38)$$

P മൂന്നാമത്തെ മിനിമം ആകുന്നതിനുള്ള നിബന്ധന

ഇത്തരത്തിൽ സ്ലിറ്റിനെ ആറുതുല്യഭാഗങ്ങളായി വിഭജിക്കുക, $\frac{a}{6}\sin\theta = \frac{\lambda}{2}$

$$a \sin\theta = 3\lambda \qquad (7.39)$$

P - n^{th} ാം പദ മിനിമം ആകുന്നതിനുള്ള നിബന്ധന

ഇപ്പോൾ സ്ലിറ്റിനെ $2n$ എണ്ണമായി വിഭജിക്കുക. ഒരു അനുക്രമ ബിന്ദുവിൽ നിന്നും വരുന്ന പ്രകാശതരംഗം അതിന്റെ എതിർ തരംഗത്താൽ നിർവീര്യമാക്കുന്നു. അപ്പോൾ n ..... എന്നത് മിനിമം,

$\frac{a}{2n}\sin\theta = \frac{\lambda}{2}$

$$a \sin\theta = n\lambda \qquad (7.40)$$

$n = 1, 2, 3 \ldots$ എന്നതിനാണ് വ്യതിയാന ന്യൂനതമത്തിന്റെ ഓഡർ.

മാക്സിമം കിട്ടുന്നതിനുള്ള നിബന്ധന

അധികതമം ലഭിക്കുന്നതിന് സ്ലിറ്റിനെ ഒറ്റ അക്കമുള്ള സുഷിരങ്ങളായി വിഭജിക്കുക. അപ്പോൾ ഒരു ഭാഗംനിർത്തലാക്കാൻ.പറ്റാത്തവിധംബിന്ദു*P*പ്രകാശപൂരിതമാകുന്നു. ആദ്യ മാസ്കിമം (അധികതമം) കിട്ടുന്നതിനുള്ള നിബന്ധന.

$$\frac{a}{3}\sin\theta = \frac{\lambda}{2} \text{ (അഥവാ) } a\sin\theta = \frac{3\lambda}{2} \qquad (7.41)$$

രണ്ടാമത്തെ മാക്സിമം കിട്ടുന്നതിനുള്ള നിബന്ധന,

$$\frac{a}{5}\sin\theta = \frac{\lambda}{2} \text{ (അഥവാ) } a\sin\theta = \frac{5\lambda}{2} \qquad (7.42)$$

മൂന്നാമത്തെ അധികതമം (മാക്സിമം) കിട്ടുന്നതിനുള്ള നിബന്ധന,

$$\frac{a}{7}\sin\theta = \frac{\lambda}{2} \text{ (അഥവാ) } a\sin\theta = \frac{7\lambda}{2} \qquad (7.43)$$

അതുപോലെ n അധികതമം (മാക്സിമം) കിട്ടുന്നതിനുള്ള നിബന്ധന

$$a\sin\theta = (2n+1)\frac{\lambda}{2} \ (n^{\text{th}} \text{ മാക്സിമം}) \qquad (7.44)$$

$n = 0, 1, 2, 3, \ldots,$ എന്നതാണ് വ്യതിയാന അധികതമത്തിന്റെ അടുക്കുകൾ.

കേന്ദ്രഅധികതമത്തെ 0 അടുക്ക് അധികതമം എന്നുപറയുന്നു. അധികതമ തീവ്രതയുടെ ബിന്ദുക്കൾ ഏകദേശം അടുത്തടുത്ത മിനിമത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്തായി ലഭിക്കുന്നു.

കുറിപ്പ്

ഇവിടെ $\sin\theta$എന്നത് വ്യതിയാനത്തിന്റെ കോണീയ വിതരണത്തെ കുറിക്കുന്നു. അധികതമ ന്യൂനതമ സ്ഥാനങ്ങൾ y ന്റെ രൂപത്തിൽ സൂചിപ്പിക്കുന്നിന് $\sin\theta$ പകരം $\tan\theta$ ഉപയോഗിക്കുന്നു. θ വളരെ ചെറുതായതിനാൽ $\sin\theta = \tan\theta = \frac{y}{D}$

y എന്നത് അധികതമം, ന്യൂനതമം ഇവയുടെ സ്ഥാനം D എന്നത് ഒരു സുഷിരം തിരയ്ക്കും ഇടയിലുള്ള ദൂരമാകുന്നു..

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 71 28-06-2022 16:27:35

ഉദാഹരണം 7.9

തരംഗദൈർഘ്യം 500 nm ഉള്ള ഒരു പ്രകാശം 0.2 മി.മീ അകലമുള്ള ഒരു സുഷിരത്തിലൂടെ പ്രവേശിക്കുമ്പോൾ 60 സെ.മീ അകലത്തിൽ വ്യതിയാനരൂപം ലഭിക്കുന്നു.,
(a) കേന്ദ്ര അധികതമത്തിന്റെ വക്രീയ വ്യാപനം കാണുക
(b) കേന്ദ്രഅധികതമത്തിനും രണ്ടാമത്തെ ലഘു തമത്തിനും ഇടയിലുള്ള ദൂരം കാണുക.

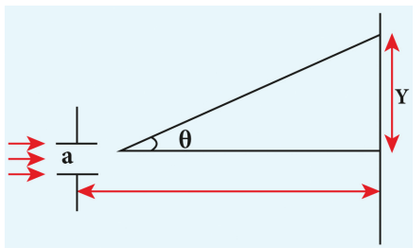
നിർദ്ധാരണം

$\lambda = 500 \text{ nm} = 500\times10^{-9}$ മീ

$a = 0.2 \text{ mm} = 0.2\times10^{-3}$ മീ

$D = 60 \text{ cm} = 60\times10^{-2}$ മീ

(a) വ്യതിയാന ന്യൂനതമം നിബന്ധന, $a \sin\theta = n\lambda$
കേന്ദ്ര അധികതമം ആദ്യന്യൂനതമം വരെ വ്യാപനം ചെയ്തിട്ടുണ്ട്, $n = 1$



$$\sin\theta = \frac{\lambda}{a} \quad \text{അഥവാ} \quad \theta = \sin^{-1}\left(\frac{\lambda}{a}\right)$$

പ്രതിസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ,

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{500\times10^{-9}}{0.2\times10^{-3}}\right) = \sin^{-1}\left(2.5\times10^{-3}\right)$$

$\theta = 0.0025$ റേഡിയൻ

(b) കേന്ദ്ര അധികതമത്തിന് y_1 ന്റെ മൂല്യം കാണുന്നതിന്, (അത് ആദ്യമിനിമം വരെ വ്യാപനം ചെയ്തിട്ടുള്ളതാണ്) $(n = 1)$,

$a \sin\theta = \lambda$

θ വളരെ ചെറുതായതിനാൽ, $\sin\theta \approx \tan\theta = \frac{y_1}{D}$

$$a\frac{y_1}{D} = \lambda \quad , \quad y_1 = \frac{\lambda D}{a}$$

പ്രതിസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ,

$$y_1 = \frac{500\times10^{-9}\times60\times10^{-2}}{0.2\times10^{-3}} = 1.5\times10^{-3} = 1.5 \text{ mm}$$

രണ്ടാമത്തെ മിനിമം y_2 ന്റെ മൂല്യം കാണുന്നതിന് $(n = 2)$,

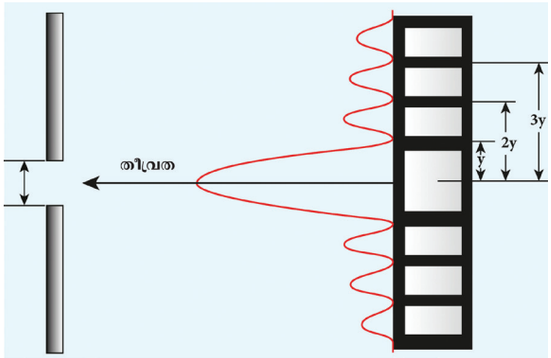
$a \sin\theta = 2\lambda$

$$a\frac{y_2}{D} = 2\lambda \quad , \quad y_2 = \frac{2\lambda D}{a}$$

$$y_2 = \frac{2\times500\times10^{-9}\times60\times10^{-2}}{0.2\times10^{-3}} = 3\times10^{-3} = 3 \text{ മി.മീ}$$

കേന്ദ്ര അധികതമത്തിനും രണ്ടാമത്തെ മിനിമത്തിനും തമ്മിലുള്ള ദൂരം എന്നത്, $y_2 - y_1$

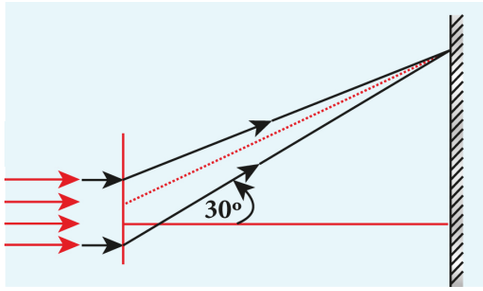
$y_2 - y_1 = 3$ മി.മീ $- 1.5$ മി.മീ $= 1.5$ മി.മീ



കുറിപ്പ് : മുകളിലുള്ള കണക്കിൽ നിന്നും മനസ്സിലാവുന്നത് ഒറ്റ സുഷിരത്താലുണ്ടാകുന്ന വ്യതിയാന രൂപങ്ങൾ ഓരോ അധികതമത്തിന്റേയും അകലം കേന്ദ്ര അധികതമവുമായി തുല്യമാകുന്നു (മറ്റുള്ളവയുടെ ഇരട്ടിയാണ് എന്നാൽ കറുപ്പും വെളുപ്പുമായ ഫ്രിൻജുകൾ തുല്യ അകലം ഉള്ളവയല്ല(വീതി).

ഉദാഹരണം 7.10

5000 Å തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള ഒരു മോണോക്രൊമാറ്റിക് പ്രകാശം ഒറ്റസുഷിരത്തിലൂടെ കടന്നുപോകുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യതിയാനത്താലുള്ള കേന്ദ്ര അധികതമം ചിത്രത്തിൽ സൂചിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ട്. എങ്കിൽ സ്ലിറ്റിന്റെ അകലം കാണുക..



XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 72 28-06-2022 16:27:38

നിർദ്ധാരണം

λ = 5000 Å = 5000×10^{-10} മീ; $\sin 30^{o} = 0.5$; $n = 1$; a =?

ന്യൂനതമ വ്യതിയാന സമീകരണം,
$a\sin\theta = n\lambda$

കേന്ദ്ര അധികതമം ആദ്യന്യൂനതമം വരെ വ്യാപനം ചെയ്തിട്ടുണ്ട്. അതുകൊണ്ട്, $n = 1$

$$a = \frac{\lambda}{\sin\theta}$$

അതായത്, $a = \dfrac{5000\times10^{-10}}{0.5}$

$a = 1\times10^{-6}$ മീ $= 0.001\times10^{-3}$ മീ $= 0.001$ മി.മീ

7.4.3 ആദ്യലഘുതമത്തെക്കുറിച്ചുള്ള അഭിപ്രായം

ആദ്യ ന്യൂനതമത്തിനുള്ള നിബന്ധന കണക്കാക്കുക $\theta = \lambda$ ആദ്യ ലഘുതമത്തിന് ഒരു വക്രീയ വ്യാപനം $\sin\theta = \dfrac{\lambda}{a}$ ഉണ്ട്. മുകളിൽ പറഞ്ഞ സമീകരണത്തെക്കുറിച്ചുള്ള പ്രത്യേക ചർച്ചകൾ.

(i) $a < \lambda$ ആകുമ്പോൾ വ്യതിയാനം സാധ്യമല്ല. കാരണം $\sin\theta > 1$ ഒരിക്കലും ഒന്നിനേക്കാൾ വലുതാവില്ല.

(ii) $a = \lambda$ ആകുമ്പോൾ വ്യതിയാനം സാധിക്കുന്നു. $a = \lambda$ ആകുമ്പോൾ $\sin\theta = 1$, $\theta = 90^{o}$ അതിനാൽ ആദ്യ ലഘുതമം 90^{o} കിട്ടുന്നു. അതിനാൽ കേന്ദ്ര അധികതമം പൂർണ്ണമായും ജ്യാമിട്രിക്കലി ഷാഡോവിട് പ്രദേശത്ത് വ്യാപനം ചെയ്യുന്ന, അതിനാലാണ് പ്രകാശം 90^{o} ൽ വ്യതിയാനം സംഭവിച്ച പ്രകാശം വളഞ്ഞുപോകുന്നത്.

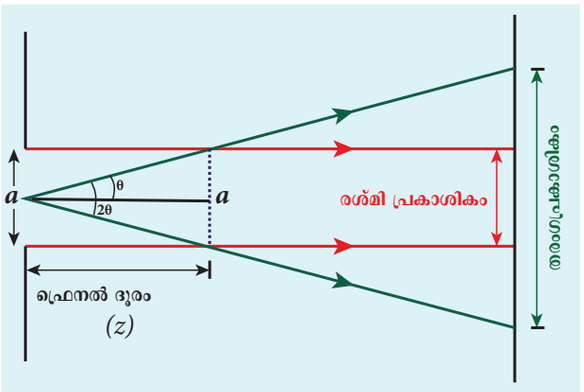
(iii) $a > \lambda$ ആകുമ്പോൾ $a = 2\lambda$, $\sin\theta = \dfrac{1}{2}$ (അഥവാ) $\theta = 30^{o}$.

വ്യതിയാനം നിരീക്ഷണ പരിധിയിലുൾപ്പെട്ട താണ് അതിനാൽ വ്യതിയാനം വ്യക്തമായി കാണണമെങ്കിൽ സ്ലീറ്റ് a യുടെ അകലം പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗ ദൈർഘ്യത്തിനേക്കാൾ കുറച്ച് മടങ്ങ് അധികമായിരിക്കണം.

(iv) $a >> \lambda$ ആകുമ്പോൾ $\sin\theta << 1$ ആദ്യ ലഘുതമം സ്ലിറ്റിന്റെ പരിധിയിൽ തന്നെ വീഴുന്നു. വ്യതിയാനം സംഭവിക്കുന്നില്ല.

7.4.4 ഫ്രെനൽസ് ദൂരം

ഫ്രെനൽസ് ദൂരം എന്നത് റേ ഓപ്ടിക്സിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ രേഖീയ പ്രചരണം വരെയുള്ള ദൂരമാകുന്നു. വ്യതിയാനത്തിൽ പ്രകാശത്തിനു വളവു സംഭവിക്കുന്നതിനെ രേഖീയ പ്രചരണത്തിനും ഭംഗം ഏർപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ ഈ വളവ് വ്യതിയാനം സംഭവിച്ച രശ്മി കേന്ദ്ര അധികതമം z നെ കടന്നു ചെല്ലുന്നവരെ മതിയായ അളവിലില്ല. ചിത്രം (7.19) അതിനാൽ ഫ്രെനൽ ദൂരം എന്നത് രശ്മിപ്രകാശികം അനുസരിക്കപ്പെട്ട ദൂരം വരെയുള്ള ദൂരം മാത്രമാണ്. അതിനുമപ്പുറം റേ ഓപ്ടിക്സ് അനുസരിക്കുന്നില്ല. പക്ഷേ തരംഗ പ്രകാശികം അനുസരിച്ചുള്ളതാണ്.



ചിത്രം 7.19 ഫ്രെനൻസ് ദൂരം

വ്യതിയാനം ആദ്യലഘുതമത്തിനുള്ള സമീകരണം, $\sin\theta = \dfrac{\lambda}{a}$; $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$

ഫ്രെനലിന്റെ ദൂരം നിർവചനത്തിൽ നിന്നും,

$2\theta = \dfrac{a}{z}$ (അഥവാ) $\theta = \dfrac{a}{2z}$

മുകളിലത്തെ രണ്ടു സമീകരണവും സംയോജിപ്പിക്കുമ്പോൾ, $\dfrac{\lambda}{a} = \dfrac{a}{2z}$

പുനർക്രമീകരിക്കുമ്പോൾ ഫ്രെനൽ ദൂരം,

$$z = \frac{a^{2}}{2\lambda} \qquad (7.45)$$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 73 28-06-2022 16:27:40

ഉദാഹരണം 7.11

ഒരു അപ്പർച്ചറിന്റെ അകലം 0.5 മി.മീ ഉം തരംഗ ദൈർഘ്യം 500 nm ഉം ഉള്ള റേ ഓപ്ടിക്സിന്റെ ഏകദേശ മൂല്യത്തിനുള്ള ദൂരം കാണുക.

നിർദ്ധാരണം

$a = 0.5$ മീമീ $= 0.5 \times 10^{-3}$ മീ $= 5 \times 10^{-4}$ മീ

$\lambda = 500$ മിമീ $= 500 \times 10^{-9}$ മീ; $z = ?$

ഫ്രെനൽ ദൂരത്തിനുള്ള സമീകരണം, $z = \frac{a^2}{2\lambda}$

മൂല്യം പുനഃസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ,

$$z = \frac{\left(5\times10^{-4}\right)^2}{2\times500\times10^{-9}} = \frac{25\times10^{-8}}{1\times10^{-6}} = 0.25 \text{ മീ}$$

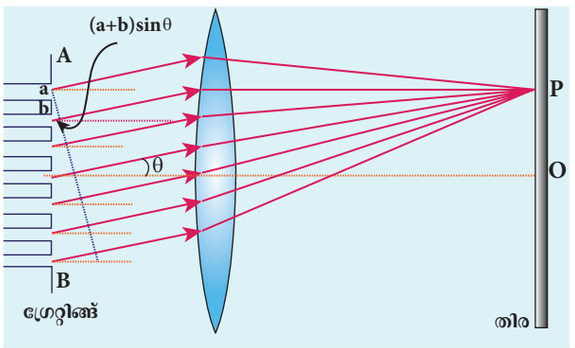
$z = 0.25$ മീ $= 25$ സെ.മീ

7.4.5 ഇന്റർഫെറൻസിനും വ്യതിയാനത്തിനും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം

ഇവയ്ക്കു രണ്ടും ഉള്ള വ്യത്യാസം അത്ര എളുപ്പമല്ല കാരണം രണ്ടും തന്നെ പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗസ്വഭാവങ്ങളാണ്. രണ്ടു പ്രതിഭാസത്തിലും പ്രകാശം ജ്യാമിതീയ നിഴലിട്ട പ്രദേശത്ത് എത്തിച്ചേർന്ന് തമ്മിൽ കൂട്ടിമുട്ടുന്നു അതിന്റെ ഫലമായി അധികതമം ലഘുതമം എന്നിവ ഉണ്ടാകുന്നു. എന്നിരുന്നാലും അവയുടെ പ്രത്യക്ഷത്തിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങൾ പട്ടികയിൽ കൊടുത്തിട്ടുണ്ട്. 7.2.

7.4.6 ഗ്രേറ്റിങ്ങിലൂടെയുള്ള വ്യതിയാനം

ഗ്രൊറ്റിങ്ങിൽ ധാരാളം തുല്യ അകലം ഉള്ള സ്ലിറ്റുകൾ ഉണ്ട്. സ്ലിറ്റുകളുടെ അകലം വ്യതിയാനം സംഭവിക്കുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗ ദൈർഘ്യത്തിനു താരതമ്യമുള്ളതാകുന്നു. ഗ്രേറ്റിങ്ങ് എന്നത് ഒരു സുതാര്യ വസ്തുവിന്മേലുള്ള ഡയമണ്ട് സൂചിക ഉപയോഗിച്ചുള്ള ഒപ്പാക്ക് രേഖകൾ ആകുന്നു. ആധുനിക വാണിജ്യ ഗ്രേറ്റിങ്ങിൽ ഏകദേശം ഒരു സെന്റീമീറ്ററിന് 6000 രേഖകൾഉണ്ട്. ഈ രേഖകൾ അകലം b ഉള്ള തടസ്സങ്ങളായും സുതാര്യ സ്ഥലങ്ങൾ a അകലം ഉള്ള സ്ലിറ്റുകളായും പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഇവയുടെ രണ്ടിന്റേയും ആകെ അകലം $(e = a + b)$ഗ്രേറ്റിങ്ങ് എലിമെന്റ് എന്നു പറയപ്പെടുന്നു. അടുത്തടുത്ത സ്ലിറ്റുകളാൽ ഭേദിക്കപ്പെട്ട (വേർ പിരിക്കപ്പെട്ട) ദൂരത്തിലുള്ള ബിന്ദുക്കളെ അനുക്രമ ബിന്ദുക്കൾ എന്നു പറയുന്നു.



ചിത്രം 7.20 ഡൈഫ്രക്ഷൻ പരീക്ഷണം

ഒരു തലപ്രേക്ഷണ ഗ്രേറ്റിഹ്ങ് എന്നത് AB എന്നതാകുന്നു. ചിത്രത്തിൽ തരംഗദൈർഘ്യം λ ഉള്ള ഒരു മോണോ ക്രൊമാറ്റിക് പ്രകാശത്തിൽ നിന്നുള്ള തരംഗമുഖം ലംബ ദിശയിൽ ഒരു ഗ്രേറ്റിങ്ങിൽ പതിക്കുന്നു. എന്ന് കരുതുക. സ്ലിറ്റിന്റെ വലിപ്പം പ്രകാശത്തിന്റെ ദൈർഘ്യവുമായി താര തമ്യം ഉള്ളതിനാൽ ഗ്രേറ്റിങ്ങിൽ വ്യതിയാനം സംഭ വിക്കുന്നു.

പട്ടിക 7.2 വ്യതികലനം വ്യതിയാനം ഇവ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം

ക്ര.ന	വ്യതികലനം	വ്യതിയാനം
1	തുല്യഅകലത്തിൽ ഡാർക്ക്, ബ്രൈറ്റ് ഫ്രിൻജുകൾ	കേന്ദ്രബ്രൈറ്റ് മറ്റു ഫ്രിൻജുകളുടെ വലിപ്പത്തിന് ഇരട്ടിയായിരിക്കും
2	എല്ലാ ബ്രൈറ്റ് ഫ്രിൻജിനും തുല്യ തീവ്രത	ഉയർന്ന ഓഡർ ഫ്രിൻജുകളിൽ തീവ്രത പെട്ടെന്ന് കുറയുന്നു
3	ധാരാളം ഫ്രിൻജുകൾ ഉണ്ടാകുന്നു	കുറച്ചു ഫ്രിൻജുകൾ മാത്രം ഉണ്ടാകുന്നു.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 74 28-06-2022 16:27:40

ഒരു ഉത്തലലെൻസിന്റെ സഹായത്തോടെ വ്യതിയാനം സംഭവിച്ച തരംഗങ്ങളെ തിരയിൽ പതിപ്പിച്ചാൽ ഒരു വ്യതിയാന രൂപീകരണം തിരയിൽ ഉണ്ടാകുന്നു. നോർമൽ (ലംബവു)മായി θ കോണം ഉണ്ടാക്കത്തക്ക വിധത്തിൽ ഗ്രേറ്റിങ്ങിന്റെ കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും തിരയുടെ മധ്യബിന്ദുവായ θ കോൺ ഉണ്ടാക്കത്തവിധത്തിൽ P ൽ നിന്നും ഒരു ലംബം വരച്ചാൽ ഒരു ജോഡി അനുക്രമ ബിന്ദുക്കളിൽ നിന്നുള്ള വ്യതിയാനം സംഭവിച്ച തരംഗങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള പാത വ്യത്യാസം δ എന്നത്,

$$\delta = (a + b) \sin\theta \qquad (7.46)$$

ഇത് ഏതൊരു ജോഡി അനുക്രമ ബിന്ദുക്കൾക്കും തുല്യമാണ്. P പ്രകാശപൂരിതമാകുന്നത് എപ്പോഴെന്നാൽ,

$$\delta = m\,\lambda \; m = 0, 1, 2, 3 \qquad (7.47)$$

മുകളിലത്തെ രണ്ടു സമീകരണവും സംയോജിപ്പിക്കുമ്പോൾ നമുക്ക് ലഭിക്കുന്നത്,

$$(a + b) \sin\theta = m\,\lambda \qquad (7.48)$$

ഇവിടെ m എന്നത് വ്യതിയാനത്തിന്റെ ഓടറാണ് (അടുക്കാണ്).

P ആദ്യ അധികതമം ലഭിക്കുന്നതിനുള്ള നിബന്ധന $m = 0$ (പൂജ്യത്തിൽ)

$(a+b)\ \sin\theta = 0$ എങ്കിൽ, $\sin\theta = 0$, ഇതിനെ പൂജ്യത്തിന്റെ വ്യതിയാനം അഥവാ കേന്ദ്ര അധികതമം എന്നു പറയുന്നു.

P ഫസ്റ്റ് ഓഡർ അധികതമം കിട്ടുന്നതിനുള്ള നിബന്ധന $m = 1$

$(a+b)\ \sin\theta_1 = \lambda$ എങ്കിൽ വ്യതിയാനം സംഭവിച്ച പ്രകാശ പതനദിശക്ക് θ_1 കോണം ഉണ്ടാക്കുന്നു. അങ്ങനെ ആദ്യ ഓഡർ അധികതമം അഥവാ കേന്ദ്ര അധികതമം ലഭിക്കുന്നു.

P സെക്കന്റ് ഓഡർ അധികതമം കിട്ടുന്നതിനുള്ള നിബന്ധന $m = 2$

$(a+b)\ \sin\theta_2 = 2\lambda$ ആയിരിക്കുമ്പോൾ സെക്കന്റ് ഓഡർ അധികതമം വർതുളസ്ഥാന θ_2 ൽ ലഭിക്കുന്നു.

ഉയർന്ന ഓഡർ അധികതമം ലഭിക്കുന്നതിനുള്ള നിബന്ധന

കേന്ദ്ര അധികതമിത്തിന്റെ ഇരുവശങ്ങളിലുമായി വ്യതിയാനത്തിന്റെ അധികതമങ്ങൾ വെവ്വേറെ കോണീയ സ്ഥാനങ്ങളിൽ ലഭ്യമാണ്.

$$N = \frac{1}{a+b} \text{ എങ്കിൽ} \qquad (7.49)$$

N എന്നത് ഗ്രേറ്റിങ്ങ് എലിമെന്റിന്റെ എണ്ണങ്ങളെക്കുറിക്കുന്നു. ഗ്രേറ്റിങ്ങിൽ തന്നെ N ന്റെ എണ്ണം കുറിച്ചിരിക്കും. അപ്പോൾ സമീകരണം,

$$\frac{1}{N}\sin\theta = m\lambda \text{ അഥവാ } \sin\theta = N\,m\,\lambda \qquad (7.50)$$

കുറിപ്പ്

ഒരു സിംഗിൾ സ്ലിറ്റ് പരീക്ഷണത്തിൽ $a\ \sin\theta = n\lambda$ ആണ് ലഘുതരമം കിട്ടുന്നതിനുള്ള നിബന്ധന. ഇവിടെ n എന്നത് ലഘുതമത്തിന്റെ ഓഡറാണ്. പക്ഷേ ഗ്രേറ്റിങ്ങ് വ്യതിയാനത്തിൽ അധികതമം ലഭിക്കുന്നതിനുള്ള നിബന്ധന $\sin\theta = Nm\lambda$ ആകുന്നു. ഇവിടെ m എന്നത് വ്യതിയാനത്തിന്റെ ഓഡറാണ്.

ഉദാഹരണം 7.12

4000 സ്ലിറ്റ്/ സെ.മീ ഉള്ള ഒരു വ്യതിയാന എലിമെന്റിലൂടെ ഒരു മോണോക്രൊമാറ്റിക് പ്രകാശം കടത്തിവിടുമ്പോൾ സെക്കന്റ് ഓഡർ വ്യതിയാനം 30° കോണിൽ ഉണ്ടാവുന്നു. എങ്കിൽ ആ പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം കാണുക?

നിർദ്ധാരണം

ഒരു സെന്റീമീറ്ററിലുള്ള രേഖകൾ = 4000 സെ.മീ$^{-1}$; ഓഡർ $m = 2$;

$\theta = 30°$; $\lambda = ?$

ഒരുമാത്ര ദൂരത്തിലുള്ള രേഖകളുടെ എണ്ണം,

$$N = \frac{4000}{1\times10^{-2}} = 4\times10^{5}\ \text{m}^{-1}$$

ഗ്രേറ്റിങ്ങ് അധികതമം ഗ്രേറ്റിങ്ങ് എലിമെന്റിൽ കിട്ടുന്നതിനുള്ള സമീകരണം, $\sin\theta = Nm\lambda$

$$\lambda = \frac{\sin\theta}{Nm}$$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 75 28-06-2022 16:27:42

മൂല്യം പ്രതിസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ,

$$\lambda = \frac{\sin 30^\circ}{4\times10^5\times2} = \frac{0.5}{4\times10^5\times2}$$
$$= \frac{1}{2\times4\times10^5\times2} = \frac{1}{16\times10^5}$$

$$\lambda = 6250\times10^{-10}\,\text{m} = 6250\ \text{Å}$$

ഉദാഹരണം 7.13

500 nm തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള ഒരു മോണോ ക്രൊമാറ്റിക് പ്രകാശം ഒരു ഗ്രേറ്റിങ്ങിൽ പതിച്ച് 4-ാം ഓഡർ ബ്രൈറ്റ് രേഖ 30° കോണിൽ ഉണ്ടാവുന്നു. എങ്കിൽ സ്ലിറ്റ്സ് / സെ.മീ കാണുക.

നിർദ്ധാരണം

λ = 500 nm = 500×10^{-9} മീ; m = 4;

θ = 30°; സെന്റീമീറ്ററിന് രേഖകളുടെ എണ്ണം = ?

വ്യതിയാന അധികമത്തം ഗ്രേറ്റിങ്ങിൽ നടക്കുന്നതിനുള്ള സമീകരണം, $\sin\theta = Nm\lambda$

അതായത്, $N = \frac{\sin\theta}{m\lambda}$

മൂല്യം പ്രതിസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ കിട്ടുന്നത്,

$$N = \frac{0.5}{4\times500\times10^{-9}}$$
$$= 2.5\times10^5\ \text{m}^{-1}$$
$$= 2.5\times10^3\ \text{സെ.മീ}^{-1}$$

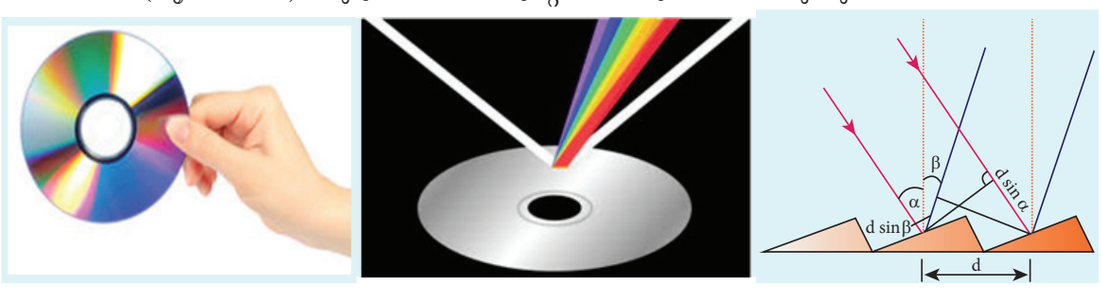
7.4.7 മോണോക്രൊമാറ്റിക് പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം പരീക്ഷണം മൂലം കണ്ടുപിടിക്കുക

ഒരു സെപെക്ട്രൽ ലൈനിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം ഒരു വ്യതിയാനം ഗ്രേറ്റിങ്ങും ഒരു സ്പെക്ട്രോമീറ്ററും ഉപയോഗിച്ച് വ്യക്തമായി കണ്ടുപിടിക്കാം. ആദ്യമായി സ്പെക്ട്രോമീറ്റർ സജ്ജീകരിക്കുക. കോളിമേറ്ററിന്റെ സ്ലിറ്റിലൂടെ പ്രകാശം കടത്തിവിടുക. ടെലിസ്കോപ്പിനെ കോളിമേറ്ററിന്റെ നേരെ ഒരേ രേഖയിൽ വരത്തക്കവിധം വയ്ക്കുക. എന്നിട്ട് സ്ലിറ്റിന്റെ പ്രതിബിംബം കിട്ടത്തക്കരീതിയിൽ സജ്ജീകരിക്കുക. തലം പ്രേക്ഷണ ഗ്രേറ്റിങ്ങിനെ പ്രിസം ടേബിളിൽ വയ്ക്കുക. കോളിമേറ്ററിൽ നിന്നുള്ള പ്രകാശം ഗ്രേറ്റിങ്ങിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ ലംബമായി പതിക്കത്തക്കവിധം പ്രിസം ടേബിൾ ശരിയായി വയ്ക്കുക. ടെലിസ്ക്കോപ്പിനെ ഒരു വശത്തേയ്ക്ക് തിരിച്ച് സ്ലിറ്റിന്റെ ഒന്നാം ഓഡർ വ്യതിയാന ബിംബം ഐപീസിന്റെ ക്രോസ് വയറുമായി ലംബമായി അന്നതുവരെ ടെലിസ്ക്കോപ്പിനെ സജ്ജീകരിച്ച് അതിന്റെ ക്രമമായ അളവും രേഖപ്പെടുത്തുക.

അതുപോലെ ആദ്യ ഓഡർ ബിംബം മറുവശത്തേക്ക് ടെലിസ്കോപ്പിനെ തിരിച്ചു കണ്ടുപിടിക്കുക, അളവു രേഖപ്പെടുത്തുക. രണ്ടുസ്ഥാനത്തും ഉള്ള പ്രതിബിംബത്തിന്റെ വ്യത്യാസത്തെ 2θ എന്നു കണക്കാക്കുക. അതിന്റെ പകുതി θ എന്നത് ആദ്യം അധികതമത്തിന്റെ വ്യതിയാനകോണം ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ച പോലെയാണ്. പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം താഴെപറയുന്ന സമീകരണം ഉപയോഗിച്ച് കാണാവുന്നതാണ്.

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

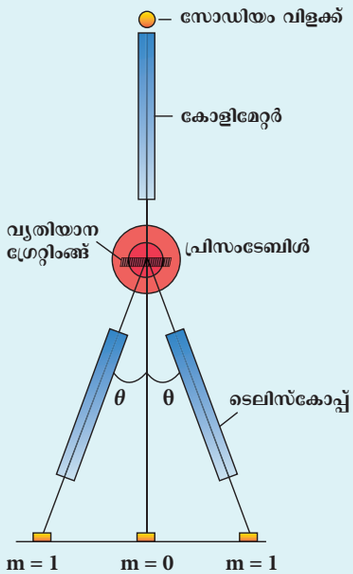
ഒരു കോമ്പാക്ട് ഡിസ്ക് (CD) എല്ലായിപ്പോഴും വർണ്ണമായിരിക്കും. വെള്ള നിറത്തിലുള്ള എഴുതാവുന്ന വശം വളരെ തിളക്കമുള്ളതായിരിക്കും. അതിൽ വളരെ അടുത്തടുത്ത വൃത്താകാരപാതകൾ ഉണ്ടായിരിക്കും (തുല്യ അകലം ഉള്ള) അതായത് ധവളപ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യത്തിനു താരതമ്യം ഉള്ളതായിരിക്കും. അതിനാൽ പ്രകാശം പതിക്കുമ്പോൾ പ്രതിഫലനം സംഭവിച്ചു കഴിഞ്ഞ് വ്യാതിയാനം നടക്കുന്നതിനാൽ ഒരു വർണ്ണാഭമുണ്ടാക്കുന്നു. അപ്പോൾ ഈ പാതകൾ (വൃത്താകാര) ഒരു പ്രതിഫലന ഗ്രേറ്റിങ്ങായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.



XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 76 28-06-2022 16:27:43

$$\lambda = \frac{\sin\theta}{Nm} \qquad (7.51)$$

ഇവിടെ N ഗ്രേറ്റിങ്ങിലെ ഒരു മീറ്റർ ഉള്ള വരകളുടെ എണ്ണമാണ് m എന്നത് വ്യതിയാന ബിംബം ആകുന്നു.



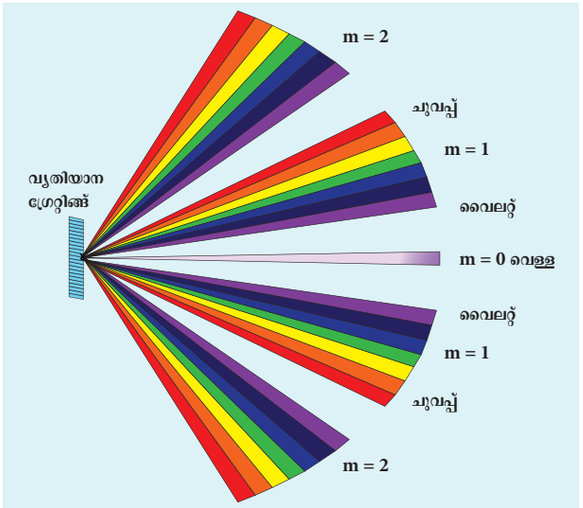
ചിത്രം 7.21 ഗ്രേറ്റിങ്ങും സ്പെക്ട്രോമീറ്ററും ഉപയോഗിച്ച് തരംഗദൈർഘ്യം കാണുന്നവിധം

7.4.8 വ്യത്യസ്ത നിറങ്ങൾക്കുള്ള തരംഗദൈർഘ്യം കാണുന്നവിധം

വെള്ളപ്രകാശം ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ വ്യതിയാന രൂപീകരണത്തിൽ കേന്ദ്ര അധികതമം ഉണ്ടാകുന്നു. ഇരുവശത്തുമായി വ്യത്യസ്ത നിറങ്ങളിലുള്ള തുടർച്ചയായ വ്യതിയാന രൂപീകരണം കാണപ്പെടുന്നു. ഇവിടെയുണ്ടാകുന്ന കേന്ദ്ര അധികതമം വെള്ളനിറവും അതുപോലെ ഇവ കൺസ്ട്രക്റ്റീവായി സന്ധിക്കുന്നതിനാൽ ഇവയുടെ പാത വ്യത്യാസം പൂജ്യമാകുന്നു. θ മൂല്യം കൂടുമ്പോൾ പാതവ്യത്യാസം അധികതമത്തിന്റെ സാധ്യതയെ പിൻതാങ്ങുന്നു. അപ്പോൾ വ്യതിയാനം സംഭവിക്കുന്ന് എല്ലാ നിറങ്ങൾക്കും ഇതിന്റെ ഫലമായി കേന്ദ്ര അധികതമത്തിന്റെ ഇരുവശങ്ങളിലുമായിഒരുവ്യതിയാനരൂപീകരണംഉണ്ടാകുന്നു. ഇത്തരം വ്യതിയാന രൂപീകരണത്തിന്റെ ഓരോ കോണും അറിഞ്ഞിരുന്നാൽ അരയുടെ തരംഗദൈർഘ്യം കാണുന്നതിനുള്ള സൂത്രവാക്യം ചിത്രം 7.22. കോണിന്റെ വില സമീകരണം (7.51) ൽ നിന്നും കണ്ടുപിടിക്കുക,

$$\lambda = \frac{\sin\theta}{Nm}$$

ഇവിടെ N എന്നത് ഗ്രേറ്റിങ്ങിൽ ഒരു മീറ്ററിൽ ഉള്ള വരകളുടെ എണ്ണമാണ്. m എന്നത് വ്യതിയാന ബിംബത്തിന്റെ ഓഡറാണ്.



ചിത്രം 7.22 വെള്ള പ്രകാശത്തിലുള്ള വ്യതിയാനം

7.4.9 പ്രകാശത്തിന്റെ വ്യക്തത

മൈക്രോസ്കോപ്പ്, ടെലിസ്കോപ്പ് എന്നിവയാലുള്ള പ്രതിബിംബത്തിന് വ്യതിയാനത്തിന്റെ വ്യതിയാനത്താൽ നല്ലഫലമാമുള്ളത്. ഒരു ചെറിയ ദീർഘചതുരാകൃതിയിലുള്ള സ്ലിറ്റിന് കേന്ദ്ര അധികതമത്തെ ചുറ്റിയുള്ള അർദ്ധകോണം θ കാണുന്നതിനുള്ള ബന്ധം $a\sin\theta = \lambda$ (അഥവാ ആദ്യ ലഘുതമത്തിന്റെ സ്ഥാനം)

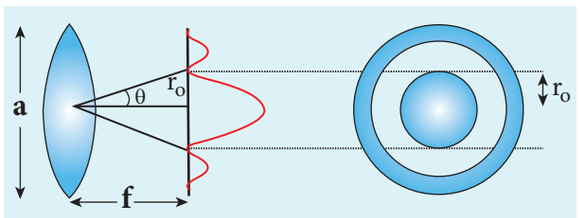
XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 77 28-06-2022 16:27:44

അതുപോലെ ഒരു ദീർഘചതുരാകൃതിയിലുള്ള സ്ലിറ്റിന് ഒരു വൃത്താകൃതിയിലുള്ള അപ്പർച്ചർ (ഒരു ലെൻസ് അഥവാ കണ്ണിന്റെ കൃഷ്ണമണി) ഒരു ബിന്ദു വലുപ്പത്തിലുള്ള വസ്തുവിന്റെ ബിംബം ഉണ്ടാക്കുന്നു. ഉണ്ടാവുന്ന പ്രതിബിംബം ഒരു ബിന്ദു വലിപ്പം ആയിരിക്കില്ല. പക്ഷേ ഏക കേന്ദ്രവൃത്തങ്ങളുടെ വ്യതിയാന രൂപീകരണം ആയിരിക്കും. ഇവ കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും അകന്നു പോകുന്തോറും അവ്യക്തമായിക്കൊണ്ടിരിക്കും. ചിത്രം 7.23 ഇവയാണ് ഏറീസ് ഡിസ്ക് എന്നു പറയുന്നത്. കേന്ദ്ര അധികതമത്തിന്റെ വൃത്തത്തിന് അർത്ഥവക്രതാ വ്യാപനം കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന സമീകരണം,

$$a \sin\theta = 1.22\,\lambda \qquad (7.52)$$

വൃത്താകൃതിയിലുള്ള അപ്പർച്ചർ ഉപയോഗിച്ചാൽ ഇത്തരത്തിലുള്ള സംഖ്യ 1.22 കേന്ദ്ര അധികതമത്തിന് ലഭിക്കുന്നത്. ഇതിന് ഉയർന്ന തരത്തിലുള്ള ഗണിതശാസ്ത്രം ആവശ്യമാണ്.

GZ30W



ചിത്രം 7.23 എയറീസ് ഡിസ്ക്

ചെറിയ കോണുകൾക്ക്, $\sin\theta \approx \theta$, മുകളിൽ പറഞ്ഞ സമീകരണം,

$a\,\theta = 1.22\,\lambda$

അതിൽ നിന്നും,

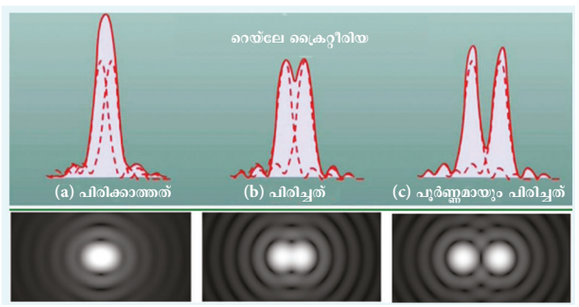
$$\theta = \frac{1.22\lambda}{a} \qquad (7.53)$$

$$\theta = \frac{r_0}{f}$$

θ യുടെ മൂല്യം (7.53) എന്ന സമീകരണത്തിൽ പ്രതിസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ

$$r_0 = \frac{1.22\lambda f}{a} \qquad (7.54)$$

രണ്ടു ബിന്ദു സ്രോതസ്സുകൾ (ഒന്നിനൊന്ന് അടുത്ത) ഒരു തിരയിൽ ബിംബരൂപീകരിക്കുമ്പോൾ രണ്ടു ബിന്ദു സ്രോതസ്സുകളും ഒന്നിനൊന്ന് ഓവർലാപ്പ് ചെയ്ത് ഒരു അവ്യക്തമായ പ്രതിബിംബം ഉണ്ടാകുന്നു. ചിത്രം 7.24(a) അതിനാൽ വ്യത്യസ്ഥമായതും വ്യക്തവുമായ വ്യതിയാന രൂപീകരണം ലഭിക്കുന്നതിന് സ്രോതസ്സുകൾ നിശ്ചിത അകലത്തിൽ സൂക്ഷിക്കണം. റെയ്ലേ നിബന്ധന പ്രകാരം രണ്ടു ബിന്ദു വസ്തുക്കളും വ്യക്തമായ വ്യതിയാനം രൂപീകരണം സംഭവിക്കണമെങ്കിൽ അവ തമ്മിൽ നിശ്ചിത അകലം പാലിക്കണം. അതെങ്ങനെയെന്നാൽ ഈ ദൂരം കേന്ദ്ര അധികതമം ആദ്യ ലഘുതമവുമായി ഒന്നിനൊന്നു പൊരുത്തപ്പെടുന്ന വിധത്തിലും നേരെ തിരിച്ചും ആയിരിക്കണം. ചിത്രം 7.24(c).



ചിത്രം 7.24 റെയ്ലേയുടെ ക്രൈറ്റീരിയ

റെയ്ലേയുടെ ക്രൈറ്റീരിയ പ്രകാരം ഒരു പ്രതിബിംബത്തിലെ രണ്ടു ബിന്ദുക്കളും പരസ്പരം വേർപിരിഞ്ഞു കാണണമെങ്കിൽ ഒരു വ്യതിയാന പാറ്റേണിന്റെ കേന്ദ്ര അധികതമം മറ്റൊന്നിന്റെ ആദ്യലഘുതമവുമായി ചേർന്നു വരണം (തിരിച്ചും അതുപോലെ) ചിത്രം 7.24(b) മറ്റൊരു വിധത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ രണ്ടു കേന്ദ്ര അധിക തമങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരം കുറഞ്ഞത് r_0 ആയിരിക്കണം. എങ്കിൽ r_0 യെ സ്പെഷ്യൽറെസൊലൂഷൻ എന്നു പറയുന്നു. സമീകരണം (7.54) അതിന്റെ കോൺ θ യെ വർതുള റെസൊലൂഷൻ എന്നു പറയുന്നു. സമീകരണം (7.53) ഇതിൽ നിന്നും മനസ്സിലാകുന്നത് ഒരു വ്യക്തമായ റെസൊലൂഷന് പ്രകാശസ്രോതസ്സിന്റെ തരംഗ ദൈർഘ്യം കുറവും, സ്ലിറ്റിന്റെ വലിപ്പം കൂടുതലും ആയിരിക്കണം.

ഇത്തരത്തിൽ ഒരു വസ്തുവിലെ രണ്ടു വ്യത്യസ്ഥ ബിന്ദുക്കളെ തരം തിരിച്ചു കാണിക്കാനുള്ള പ്രകാശിക ഉപകരണത്തിന്റെ കഴിവിനെ റിസോൾവിങ്ങ് പവർ എന്നു പറയുന്നു.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 78 28-06-2022 16:27:45

റെസൊലൂഷൻ എന്നത് പ്രതിബിംബത്തിന്റെ വ്യക്തതയെ കുറിക്കുന്നു. അതുപോലെ റിസോൾ വിങ്ങ് പവർ എന്നത്, പ്രകാശിക ഉപകരണത്തിന്റെ കഴിവിനെ കുറിക്കുന്നു. റെസൊലൂഷനും റിസോൾ വിങ്ങ് പവറും പരസ്പരം വിപരീതാനുപാതത്തിലാണ്.

ഉദാഹരണം 7.14

കാവലൂരിൽ ഉള്ള വൈനു ബാബു നിരീക്ഷണ കേന്ദ്രത്തിലെ പ്രകാശിക ടെലിസ്കോപ്പിന്റെ ഓബ്ജക്ടീവ് ലെൻസിന്റെ വ്യാസം 2.3 മീ ഉപയോഗിച്ച പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം 589 nm ആണെങ്കിൽ അതിന്റെ വർതുള വ്യക്തത കാണുക?

നിർദ്ധാരണം

$a = 2.3$ മീ; $\lambda = 589\ \text{nm} = 589\times10^{-9}$ മീ; $\theta = ?$

കോണീയ വ്യക്തതയുടെ സമീകരണം,

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

മൂല്യം പ്രതിസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ,

$$\theta = \frac{1.22\times589\times10^{-9}}{2.3} = 3.124\times10^{-7}$$

$$\theta = 3.124\times10^{-7}\,\text{rad}\ \ (\text{or})\ \theta = 0.0011'$$

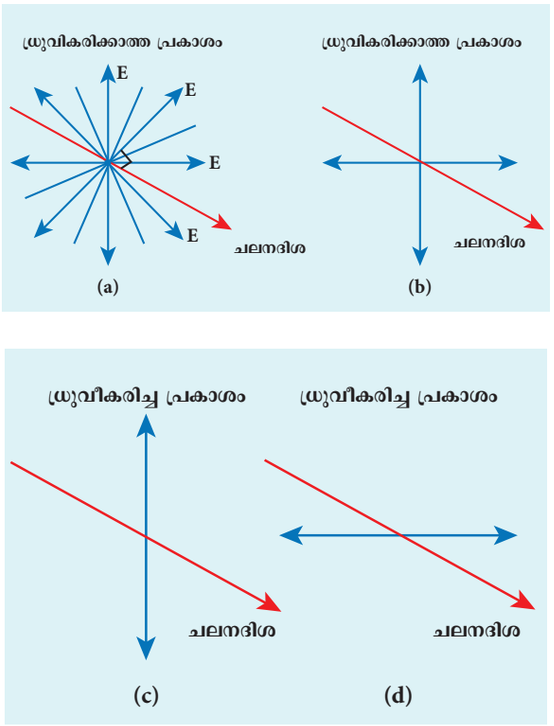
കുറിപ്പ് : വർതുള വ്യക്തത മനുഷ്യനേത്രത്തിന്, $3\times10^{-4}\,\text{rad} \approx 1.03'$.

7.5 ധ്രുവീകരണം

ഇന്റർഫറൻസ് അഥവാ പ്രകാശ പ്രചരണം, വ്യതിയാനം എന്നീ പ്രതിഭാസങ്ങളിൽ നിന്നും പ്രകാശം ഒരു തരംഗരൂപത്തിൽ പ്രചരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു എന്നു മനസ്സിലാക്കാം. എന്നാൽ ഇവ പ്രകാശ തരംഗങ്ങൾ അനുദൈർഘ്യതരംഗങ്ങൾ ആണോ അനുപ്രസ്ഥ തരംഗങ്ങളാണോ എന്നുള്ളതിനെക്കുറിച്ച് ഒന്നും തന്നെ പറയുന്നില്ല. കാരണം ഇന്റർഫറൻസ്, ഡൈഫ്രാക്ഷൻ (വ്യതിയാനം) രണ്ടു പ്രതിഭാസങ്ങളും രണ്ടു തരത്തിലുള്ള തരംഗങ്ങളിലും സാധ്യമാണ്. എന്നാൽ ധ്രുവീകരണം പ്രകാശ തരംഗങ്ങൾ അനുപ്രസ്ഥ തരംഗങ്ങളാണ് എന്നു തെളിയിക്കുന്നു. പ്രകാശം വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളായി പ്രവഹിക്കുന്നു. തരംഗ പ്രവാഹത്തിനു ലംബമായി ഒരു പ്രത്യേക ദിശയിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ കമ്പനങ്ങളെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന പ്രതിഭാസത്തെയാണ് ധ്രുവീകരണം എന്നു പറയുന്നത്. ഇവിടെ വൈദ്യുതമണ്ഡലം മാത്രമാണ് ചർച്ചക്കു വിധേയമാക്കുന്നത്.

7.5.1 തലം ധ്രുവീകരിച്ച പ്രകാശം

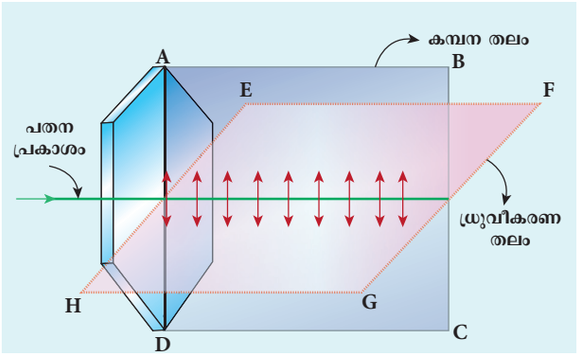
തരംഗങ്ങളുടെ പ്രവാഹത്തിന് ലംബമായി ഒരു തലത്തിലുള്ള എല്ലാ ദിശയിലേക്കും അനുപ്രസ്ഥ തരംഗങ്ങളെ ധ്രുവീകരിക്കാത്ത പ്രകാശം എന്നു പറയുന്നു. ചിത്രം 7.25(a) ഇത്തരത്തിലുള്ള എല്ലാ കമ്പനങ്ങളും സമാന്തരമായും ലംബമായും രണ്ടു ഘടകങ്ങളായി പിരിയുന്നു. (ചിത്രം 7.25(b) ഇത് ധ്രുവീകരിക്കാത്ത പ്രകാശത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. തരംഗത്തിന്റെ കമ്പനങ്ങൾ ഒരു തലത്തിൽ ഒരു ദിശയിൽ മാത്രം തരംഗപ്രവാഹത്തിനു ലംബമായി ഉണ്ട് എങ്കിൽ അവയെ ധ്രുവീകരിച്ച അഥവാ പ്ലെയിൻ ധ്രുവീകരിച്ച പ്രകാശം എന്നു പറയുന്നു. ചിത്രം 7.25(c), 7.25(d).



ചിത്രം 7.25 ധ്രുവീകരിക്കാത്തതും ധ്രുവീകരിച്ചതുമായ പ്രകാശം

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 79 28-06-2022 16:27:45

വൈദ്യുത മണ്ഡല വെക്ടറുകളുടെ കമ്പനം ഉള്ളതലം **കമ്പനങ്ങളുടെ തലം** *ABCD* എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ചിത്രം 7.26. കമ്പനങ്ങളുടെ തലത്തിനു ലംബമായതലം (പ്രകാശരശ്മി ഉള്ള) **ധ്രുവീകരണതലം** *EFGH* എന്നു പറയുന്നു.



ചിത്രം 7.26 കമ്പനതലം, ധ്രുവീകരണതലം

പട്ടിക 7.3 ധ്രുവീകരിച്ച പ്രകാശം ധ്രുവീകരണം നടക്കാത്ത പ്രകാശം ഇവയുടെ സ്വഭാവങ്ങളെപ്പറ്റി പ്രതിപാദിക്കുന്നു.

7.5.2 ധ്രുവീകരണ സൂത്രങ്ങൾ

ധ്രുവീകരിക്കാത്ത പ്രകാശത്തെ ധ്രുവീകരിക്കുന്നതിന് ചില വിദ്യകൾ,

(i) തിരഞ്ഞെടുക്കപ്പെട്ട ആഗീരണത്താൽ ധ്രുവീകരണം
(ii) പ്രകാശ പ്രതിഫലനത്താലുള്ള ധ്രുവീകരണം
(iii) പ്രകാശദ്വി അപവർത്തനത്താലുള്ള ധ്രുവീകരണം
(iv) പ്രകാശചിതറലാൽ ഉള്ള ധ്രുവീകരണം.

7.5.3 തിരഞ്ഞെടുക്കപ്പെട്ട ആഗിരണത്തിലൂടെയുള്ള ധ്രുവീകരണം

തിരഞ്ഞെടുക്കപ്പെട്ട ആഗീരണം എന്നത് ഒരു വസ്തുവിന്റെ ഗുണം അത് തരംഗങ്ങളെ പ്രേഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു അവയുടെ വൈദ്യുതമണ്ഡല കമ്പനങ്ങൾ ഒരുതലത്തിൽ ഒരു പ്രത്യേക ദിശക്ക് സമാന്തരമായി പോവുകയും മറ്റെല്ലാ തരംഗങ്ങളെ അഗീരണം ചെയ്യപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. പോളറോയ്ഡ് അഥവാ പോളറൈസർ എന്നത് കനം കുറഞ്ഞ നേർത്തപാളികളാണ്. ഇവ തിരഞ്ഞെടുക്കപ്പെട്ട ആഗീരണം എന്ന ഗുണത്തെ അനുസരിക്കുന്നു. അതിനാൽ ഒരു കൂട്ടം പ്ലെയിൻ പോളറൈസ്ഡ് പ്രകാശം ഉണ്ടാക്കുന്നു. തിരഞ്ഞെടുക്കപ്പെട്ട ആഗീരണത്തെ സൈക്രോയിസം എന്നു പറയുന്നു.

1932-ൽ എഡ്വിൻ ലാൻഡ് എന്ന അമേരിക്കൻ ശാസ്ത്രജ്ഞൻ പോളറൈസറുകളെ നേർത്ത പാളികളുടെ രൂപത്തിൽ കണ്ടുപിടിച്ചു. ടോർമലൈൻ എന്നത് പ്രകൃതിദത്ത ധ്രുവീകരണ വസ്തുവാണ് പോളറൈഡുകൾ കൃത്രിമമായി ഉണ്ടാക്കിയെടുത്തതാണ്. ചെറിയ സൂചിയുടെ ആകൃതിയിലുള്ള കൈനെൻ അയോഡോ സൾഫേറ്റ് പരലുകൾക്ക് ധ്രുവീകരണ പ്രകാശത്തിന്റെ ഗുണങ്ങൾ ഉണ്ട്. അക്ഷങ്ങൾ പരസ്പരം സമാന്തരമായി സുതാര്യമായ രണ്ടു പ്ലാസ്റ്റിക് പാളികൾക്കിടയിലായി ഈ പരലുകളുടെ കൂട്ടത്തെ അടുക്കിവയ്ക്കുമ്പോൾ അത് ഒരു നല്ല പോളറോയ്ഡ് ആയി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. എന്നാൽ വളരെ അടുത്തകാലത്ത് പോളിവിനൈൽ ആൽക്കഹോളിന്റെ നേരിയ പാളികൾ ഉപയോഗിച്ച് പുതിയ രീതിയിലും പോളറോയ്ഡുകൾ തയ്യാറാക്കിയിട്ടുണ്ട്. ഇവ നിറമില്ല പരലുകളും കൂടുതൽ പ്രകാശത്തെ പ്രേഷണം ചെയ്യുന്നവയും നല്ല ധ്രുവീകരണം നടത്തുന്നവയും ആകുന്നു.

പട്ടിക 7.3 ധ്രുവീകരണം സംഭവിച്ചതും ധ്രുവീകരണം സംഭവിക്കാത്തതുമായ പ്രകാശങ്ങളുടെ സ്വഭാവം

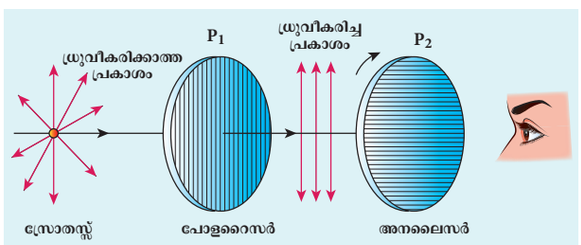
ക്ര.ന	ധ്രുവീകരണം സംഭവിച്ച പ്രകാശം	ധ്രുവീകരണം സംഭവിക്കാത്ത പ്രകാശം
1.	ഇതിൽ ഒരു തലത്തിൽ രശ്മിയുടെ ദിശയ്ക്ക് ലംബമായി വൈദ്യുത മണ്ഡല കമ്പനങ്ങൾ ഉള്ള തരംഗങ്ങൾ ഉണ്ട്.	ഇതിൽ വൈദ്യുതമണ്ഡല കമ്പനങ്ങൾ തുല്യമായി രശ്മിയുടെ ദിശക്ക് ലംബമായി എല്ലാ ദിശകളിലും പങ്കിടുന്നു.
2.	രശ്മിയുടെ ദിശയ്ക്ക് സമമിതിയില്ലാത്തത്.	രശ്മിയുടെ ദിശയ്ക്ക് സമമിതിയുള്ളത്.
3.	ധ്രുവീകരണ ഉപകരണങ്ങളാൽ ധ്രുവീകരിക്കാത്ത പ്രകാശത്തെ ധ്രുവീകരണം നടത്താം.	പരമ്പരാഗത പ്രകാശ സ്രോതസ്സുകളാൽ ലഭിക്കുന്നു.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 80 28-06-2022 16:27:46

7.5.3.1 ധ്രുവീകരണകാരിയും വിശകലന കാരിയും

ഒരു ധ്രുവീകരണം സംഭവിക്കാത്ത പ്രകാശത്തെ കരുതുക കമ്പനങ്ങൾ എല്ലാ ദിശകളിലോട്ടും സാധ്യമാണ്, എല്ലാ കമ്പനങ്ങളും ലംബദിശയിലായിരിക്കും ചിത്രം 7.27. ഈ പ്രകാശം P_1 എന്ന പോളറോയ്ഡിലൂടെ പ്രവേശിക്കുമ്പോൾ കമ്പനങ്ങൾ ഒരു തലത്തിൽ മാത്രം അനുവദിക്കുന്നു. ഉൽസർജിക്കപ്പെട്ട പ്രകാശ പ്രവാഹം മറ്റൊരു പോളറോയ്ഡ് P_2 ലൂടെ കടന്നുപോകുന്നു. P_2 പ്രകാശ രശ്മിയുടെ അക്ഷത്തെ ആസ്പദമാക്കി ചുറ്റുകയാണെങ്കിൽ ഒരു പ്രത്യേക സ്ഥാനത്തിൽ തീവ്രത അധികതമമാകുന്നു. ഈ സ്ഥാനത്തു നിന്ന് P_2 വീണ്ടും ചുറ്റുമ്പോൾ തീവ്രത കുറയുന്നു. P_2 90^o ൽ ചുറ്റുമ്പോൾ പൂർണ്ണമായും പ്രകാശം അപ്രത്യക്ഷമാകുന്നു. വീണ്ടും P_2 ചുറ്റാൻ തുടങ്ങുമ്പോൾ പ്രകാശം വീണ്ടും പ്രത്യക്ഷപ്പെടാൻ തുടങ്ങുന്നു തീവ്രത അധികതമത്തിലെത്തുന്നു. (അടുത്ത 90^o ചുറ്റിന്) അപ്പോൾ P_1 ൽ നിന്നും വരുന്ന പ്രകാശത്തെ തലം ധ്രുവീകരണം ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രകാശം എന്നു പറയുന്നു. ഇപ്പോ പോളറൈഡ് P_1 നെ പോളറൈസർ എന്നു പറയുന്നു. കാരണം ഇത് ധ്രുവീകരണം നടക്കാത്ത പ്രകാശത്തെ ധ്രുവീകരണം നടത്തുന്നു. പോളറൈഡ് P_2 പ്രകാശപ്രവാഹം ധ്രുവീകരിക്കപ്പെട്ടതാണോ എന്നു കണ്ടറിയുന്നതിനാൽ ഇതിനെ അനലൈസർ എന്നു പറയുന്നു.

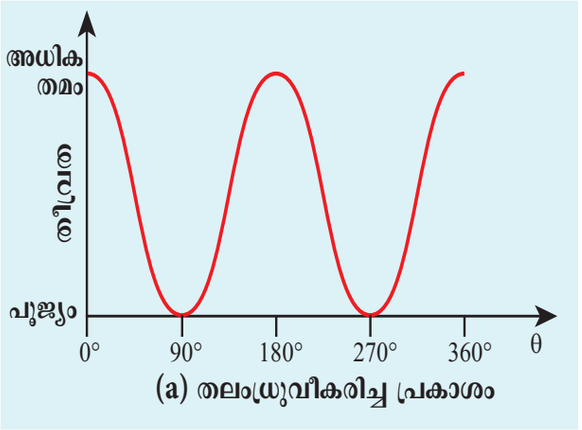
ധ്രുവീകരണം നടക്കാത്ത പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത I ആണെങ്കിൽ തലം ധ്രുവീകരണ പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത $\left(\frac{I}{2}\right)$ തീവ്രതയുടെ ബാക്കി പകുതി പോളറൈസറുകളാൽ തടസ്സപ്പെടുത്തുന്നു.



ചിത്രം 7.27 പോളറൈസറും അനലൈസറും

7.5.3.2 തല ധ്രുവീകരണ പ്രകാശം ഭാഗിക ധ്രുവീകരണ പ്രകാശം

ഒരു ധ്രുവീകരണം സംഭവിച്ച പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത അലലൈസറിന്റെ ഓരോ 90^o ചുറ്റിനും (വർതുളചലനം) അധികതമത്തിൽ നിന്നും പൂജ്യത്തിലെത്തുന്നു. (ചിത്രം 7.28(a)). ഇതിനു കാരണം കമ്പനങ്ങൾ ഒരു അക്ഷത്തിൽ മാത്രമാണ് അനുവദിച്ചിട്ടുള്ളത്. ലംബദിശയിൽ പൂർണ്ണമായും നിരോധിച്ചിരിക്കുന്നു. മറ്റൊരുവിധത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ അനലൈസർ ഓരോ പ്രാവശ്യം 90^o ചുറ്റുകൾ പൂർണ്ണമാക്കുമ്പോഴും പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്ര അധികതമത്തിൽ നിന്നും ന്യൂനതമത്തിലോട്ടു മാറുന്നു. അങ്ങെയാവുമ്പോൾ ആ പ്രകാശത്തെ ഭാഗിക ധ്രുവീകരണം സംഭവിച്ച പ്രകാശം എന്നു പറയുന്നു. (ചിത്രം 7.28(b)) ഇതിൽ നിന്നും മനസ്സിലാകുന്നത് വളരെ കുറഞ്ഞ തീവ്രതയുള്ള പ്രത്യേക അക്ഷത്തിൽ മാത്രമായി പ്രകാശത്തെ പൂർണ്ണമായി നിയന്ത്രിക്കുന്നില്ല.

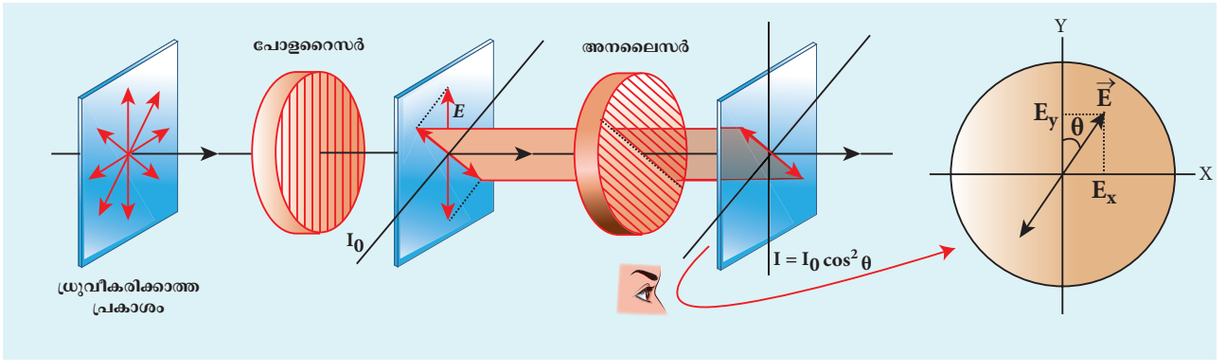


ചിത്രം 7.28 തലത്തിലും, ഭാഗിക ധ്രുവീകരണം സംഭവിച്ച പ്രകാശകിരണങ്ങളിലും ഉള്ള തീവ്രതാ വ്യതിയാനം

7.5.3.3 മാലുവിന്റെ നിയമം

ഒരു തരം ധ്രുവീകരിക്കപ്പെട്ട പ്രകാശം അനലൈസറിലൂടെ വീക്ഷിക്കുമ്പോൾ അനലൈസർ പതനദിശക്ക് ലംബമായി ഒരു പ്രത്യേക കോണിൽ ചുറ്റുന്നതിനനുസരിച്ച് പ്രേക്ഷണം ചെയ്യപ്പെട്ട

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 81 28-06-2022 16:27:47



ചിത്രം 7.29 മാലുവിന്റെ നിയമം

പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു. 1809-ൽ ഫ്രഞ്ച് ശാസ്ത്രജ്ഞനായ E.N. മാളുസ് കണ്ടുപിടിച്ചതെന്തെന്നാൽ, ഒരു കൂട്ടം പ്ലെയിൻ പോളറൈസ്ഡ് പ്രകാശം (തീവ്രത I_0 ഉള്ള) ഒരു അനലൈസറിൽ പതിക്കുമ്പോൾ I തീവ്രതയുള്ള പ്രേക്ഷണം ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രകാശം (അനലൈസറിൽ നിന്നും) മാറുന്നു എങ്ങനെയെന്നാൽ പോളറൈസറിന്റെ പ്രേക്ഷണ അക്ഷത്തിനും അനലൈസറിനും ഇടയിൽ ഉണ്ടാവുന്ന കോൺ θ എങ്കിൽ, തീവ്രത എന്നത് $\cos\theta$ യുടെ വർഗ്ഗത്തിന് നേർ അനുപാതത്തിൽ മാറുന്നു.

$$I = I_0 \cos^2 \theta \qquad (7.55)$$

ഇതിനെയാണ് മാലൂസ് നിയമം എന്നു പറയുന്നത്

മാലൂസ് നിയമത്തിന്റെ തെളിവ് പോളറൈസറിന്റെ തലത്തിനും അനലൈസറിനും ഇടയിലുള്ള കോണം θ എങ്കിൽ ചിത്രം 7.30 I_0 എന്നത് പോളറൈസറിനാൽ പ്രേക്ഷണം ചെയ്യപ്പെട്ട വൈദ്യുത വെക്ടറിന്റെ തീവ്രതയും a എന്നത് അവയുടെ ആയാമവും ആകുന്നു. പതന പ്രകാശത്തിന്റെ ആയാമം a ക്ക് രണ്ട് ദീർഘചതുര ഘടകങ്ങൾഉണ്ട്.$a\cos\theta$, $a\sin\theta$ അനലൈസറിന്റെ പ്രേക്ഷണ അക്ഷത്തിന് സമാന്തരവും ലംബവുമായ ഘടകങ്ങളാണ്. $a\cos\theta$ എന്ന ഘടകം മാത്രമാണ് അനലൈസറിലൂടെ പ്രേഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്നത്. അനലൈസറിലൂടെ പ്രേക്ഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രകാശം അനലൈസർ പ്രേക്ഷണം ചെയ്ത് ആയാമത്തിന്റെ ഘടകത്തിന്റെ വർഗ്ഗത്തിന് നേർ അനുപാതത്തിലായിരിക്കും.

$$I \propto (a\cos\theta)^2$$

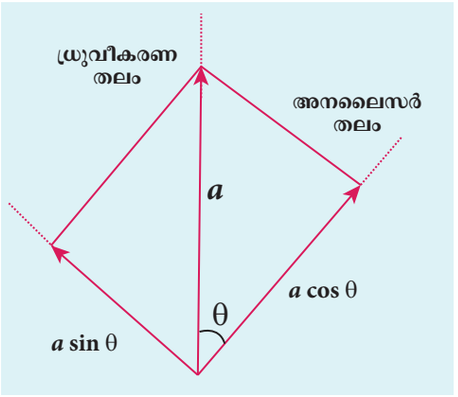
$$I = k(a\cos\theta)^2$$

k എന്നത് സ്ഥിരാങ്കം.

$$I = ka^2 \cos^2 \theta$$

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

$I_0 = ka^2$ എന്നത് അനലൈസറിൽ നിന്നുള്ള പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രതാ അധികതമം.



ചിത്രം 7.30 മാലുവിന്റെ നിയമം

ചില പ്രത്യേക സാഹചര്യങ്ങൾ.

നില *(i)* $\theta = 0^\circ$ ആകുമ്പോൾ, $\cos 0^\circ = 1$, $I = I_0$

ധ്രുവീകരണത്തിന്റെ പ്രേക്ഷണ അക്ഷം അനലൈസിനു നേരെ ആവുമ്പോൾ അനലൈസറിൽ നിന്നും പ്രേക്ഷണം ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത പോളിറൈസറിൽ (ധ്രുവീകരണ ഉപകരണത്തിൽ) നിന്നുള്ള അനലൈസറിൽ പതിക്കുന്ന പ്രകാശത്തിനു തുല്യമാകുന്നു.

നില *(ii)* $\theta = 90^\circ$ ആകുമ്പോൾ, $\cos 90^\circ = 0$, $I = 0$

പോളറൈസിന്റെയും അനലൈസറിന്റെയും പ്രേക്ഷണ അക്ഷം പരസ്പരം ലംബമായിരിക്കുമ്പോൾ അനലൈസറിൽ നിന്നു പ്രേക്ഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത പൂജ്യം ആയിരിക്കും.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 82 28-06-2022 16:27:48

ഉദാഹരണം 7.15

രണ്ടു പോളറൈഡുകൾ അവയുടെ പ്രേക്ഷണ അക്ഷം പരസ്പരം 30° കോണിൽ ഇരിക്കുമ്പോൾ ധ്രുവീകരണം നടക്കാത്ത I തീവ്രതയുള്ള പ്രകാശം ഒന്നാം പോളറൈഡിൽ പതിക്കുന്നു. എങ്കിൽ രണ്ടാമത്തെ പോളറൈഡിൽ നിന്നും ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത കാണുക.

നിർദ്ധാരണം

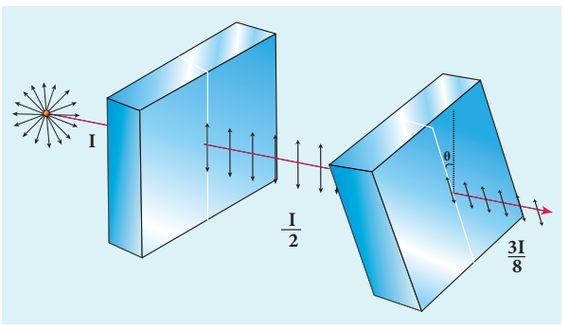
ആദ്യപോളറൈഡിൽ പതിക്കുന്ന ധ്രുവീകരണം നടക്കാത്ത പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത I ആകുമ്പോൾ ധ്രുവീകരണം സംഭവിച്ച പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത, $I_0 = \left(\frac{I}{2}\right)$. രണ്ടാം പോളറൈഡിൽ നിന്നുള്ള പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത I' എന്നിരിക്കട്ടെ.

മാലൂസ് നിയമപ്രകാരം, $I' = I_0 \cos^2\theta$

പ്രതിസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ,

$$I' = \left(\frac{I}{2}\right)\cos^2(30^{\circ}) = \left(\frac{I}{2}\right)\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 = I\frac{3}{8}$$

$$I' = \left(\frac{3}{8}\right)I$$



ഉദാഹരണം 7.16

രണ്ടു പോളറോയിടുകൾ ഒന്നിനൊന്നു ക്രോസായി വയ്ക്കുക. (പ്രേക്ഷണ അക്ഷം 90° ൽ).

(a) ധ്രുവീകരണം നടക്കാത്ത (I തീവ്രതയുള്ള) പ്രകാശം ഒന്നാം പോളറൈഡിൽ പതിക്കുമ്പോൾ രണ്ടാമത്തെ പോളറൈഡിൽ നിന്നും ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത കാണുക?

(b) മൂന്നാമത്തെ പോളറൈഡ്- രണ്ടാമത്തെ പോളറൈഡ് ഇവയ്ക്കിടയിലുള്ള കോണം 45° വരത്തക്കവിധം വയ്ക്കുമ്പോൾ രണ്ടാമത്തെ പോളറൈഡിൽ നിന്നും വരുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രകാണുക.

നിർദ്ധാരണം

(a) ധ്രുവീകരണം നടക്കാതെ ആദ്യ പോളറൈഡിൽ പതിക്കുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത I ആകുമ്പോൾ ധ്രുവീകരണം നടന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത $I_0 = \left(\frac{I}{2}\right)$. I' എന്നത് രണ്ടാമത്തെ പോളറൈഡിൽ നിന്നുള്ള പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത എങ്കിൽ.

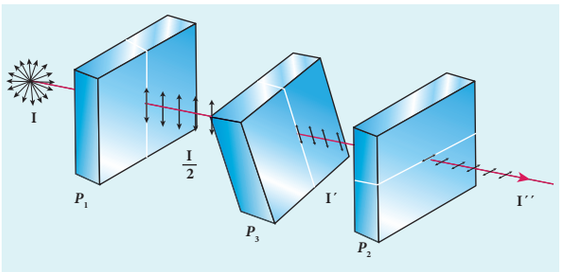
മാലൂസ് നിയമപ്രകാരം, $I' = I_0 \cos^2\theta$

ഇവിടെ $\theta = 90^{\circ}$ കാരണം പ്രേക്ഷണ അക്ഷങ്ങൾ പരസ്പരം ലംബമായിരിക്കുന്നതാണ്.

മൂല്യം പ്രതിസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ,

$$I' = \left(\frac{I}{2}\right)\cos^2(90^{\circ}) = 0 \quad \left[\because \cos(90^{\circ}) = 0\right]$$

രണ്ടാമത്തെ പോളറൈഡിൽ നിന്നും പ്രകാശം പുറപ്പെടുന്നില്ല.



(b) ആദ്യപോളറൈഡ് P_1, രണ്ടാമത്തെ പോളറൈഡ് P_2 എങ്കിൽ അവ 90° ആണ്. മൂന്നാമത്തെ പോളറൈഡ് ഇവയ്ക്കിടയിൽ 45° യിൽ വയ്ക്കുക. P_3 ൽ നിന്നും ഉൽസർജിക്കുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത I' എന്നിരിക്കട്ടെ.

P_1, P_3 ഇവയ്ക്കിടയിലെ കോണം 45°. P_3ൽ നിന്നുള്ള പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത, $I' = I_0 \cos^2\theta$

പ്രതിസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ,

$$I' = \left(\frac{I}{2}\right)\cos^2(45^{\circ}) = \left(\frac{I}{2}\right)\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 = \frac{I}{4'};\ I' = \frac{I}{4}$$

P_3 , P_2 ഇവയ്ക്കിടയിൽ ഉള്ള കോണം 45° , P_2 വിൽ നിന്നുള്ള പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത I'' എങ്കിൽ $I'' = I'\cos^2\theta$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 83 28-06-2022 16:27:51

ഇവിടെ P_3 , P_2 ഇവയ്ക്കിടയിലുള്ള ധ്രുവീകരണം നടന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത $I' = \frac{I}{4}$ ആകുന്നു. മൂല്യം പുനഃസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ,

$$I'' = \left(\frac{I}{4}\right)\cos^2(45^\circ) = \left(\frac{I}{4}\right)\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 = \frac{I}{8}$$

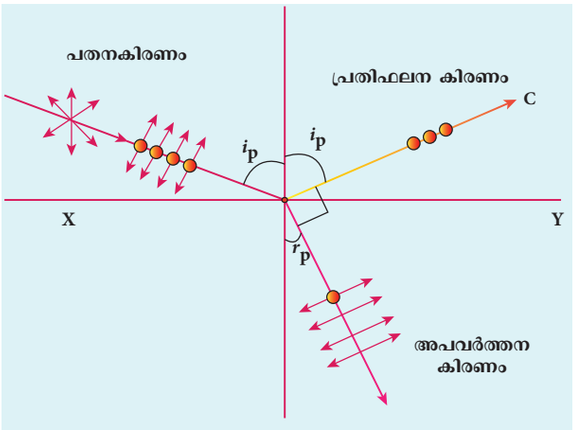
$$I'' = \frac{I}{8}$$

7.5.3.4. പോളറൈഡിന്റെ ഉപയോഗങ്ങൾ

1. മങ്ങിയ കാഴ്ച പരിഹരിക്കുന്നിനായി കണ്ണടകളിലും ക്യാമറയിലും പോളറോയിഡും ഉപയോഗിക്കുന്നു.
2. ഹോളോഗ്രാഫി അതായത് ത്രിമാന ചലച്ചിത്രങ്ങളിൽ ഇത് ഉപയോഗിക്കുന്നു.
3. എണ്ണഛായാചിത്രങ്ങളിൽ പൂർണ്ണതയ്ക്കായി ഇവ ഉപയോഗിക്കുന്നു.
4. പ്രകാശിക പ്രശ്നങ്ങളിൽ വിശകലനം ചെയ്യുന്നതിന് ഇവ ഉപയോഗിക്കുന്നു.
5. ജനാലകളിലെ കണ്ണാടികളിൽ അകത്തേക്കു വരുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രതയെ നിയന്ത്രിക്കാൻ ഇത് ഉപയോഗിക്കുന്നു.
6. കോമ്പാക്ട് ഡിസ്ക് വായിക്കുന്നതിന് പോളറൈസ്ഡ് ലേസർ പ്രവാഹം സൂചിയുടെ രൂപത്തിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നു.
7. പോളറൈസുകൾ ധ്രുവീകരണം സംഭവിച്ച പ്രകാശങ്ങളെ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു. അവ LCD ൽ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

7.5.4 പ്രതിഫലനത്താലുള്ള പോളറൈസേഷൻ (ധ്രുവീകരണം)

തലം ധ്രുവീകരണം എന്നത് പ്രകാശം ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കാനുള്ള ലഘുവായ പ്രതിഫലനരീതിയാണ്. ഒരു സുതാര്യ ഉപരിതലം XY ൽ പതിക്കുന്ന ധ്രുവീകരണം നടക്കാത്ത പ്രകാശത്തിന്റെ പാത AB എന്നു കരുതുക. AB യിലെ കമ്പനങ്ങൾ (തലത്തിനു സമാന്തരമായി) ആരോമാർക്കിനാൽ സൂചിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ട്. ലംബദിശയിലുള്ള കമ്പനങ്ങൾ (സുതാര്യതലത്തിനു സമാന്തരമായി) ഡോട്ടുകളുടെ രൂപത്തിൽ ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്. പ്രകാശത്തിന്റെ ഒരു ഭാഗം BC യിലേക്ക് പ്രതിഫലിക്കുന്നു, മറ്റൊരു ഭാഗം BD എന്ന ദിശയിലേക്കു അപവർത്തനം ചെയ്യുന്നു. പ്രതിഫലനം സംഭവിച്ച പ്രകാശത്തെ അനലൈസറിലൂടെ വിശകലനം ചെയ്യുമ്പോൾ അവ ഭാഗികമായി തലം ധ്രുവീകരിക്കപ്പെട്ടത് എന്നു മനസ്സിലാവുന്നു. എന്നാലിവയെ ഒരു പ്രത്യേക കോണത്തിൽ പതിപ്പിച്ചാൽ അവ പൂർണ്ണമായും തലം ധ്രുവീകരണം സംഭവിക്കുന്നു. പ്രതിഫലനം സംഭവിച്ച പ്രകാശം തലം ധ്രുവീകരിക്കണം നടക്കുമ്പോൾ ഉണ്ടാവുന്ന കോണിനെ പോളറൈസിങ്ങ് കോണം എന്നു പറയുന്നു i_p .



ചിത്രം 7.31 പ്രതിഫലനത്താലുള്ള ധ്രുവീകരണം

7.5.4.1 ബ്രിസ്റ്റേഴ്സ് നിയമം

പിൽക്കാലത്ത് ബ്രിട്ടീഷ് ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ഡേവിഡ് ബ്രിസ്റ്റർ ഈ പ്രത്യേക കോണിൽ പ്രതിഫലിപ്പിക്കപ്പെട്ട രശ്മിയും പ്രേക്ഷണം ചെയ്യപ്പെട്ട രശ്മിയും പരസ്പരം ലംബദിശയിൽ ആയിരിക്കും. i_p എന്നത് പോളറൈസിങ്ങ് കോൺ (ധ്രുവീകരണകോൺ) r_p എന്നത് അതിനു നേരെയുള്ള പ്രതിഫലിപ്പിക്കപ്പെട്ട കോണും ആയാൽ 7.31 ചിത്രത്തിൽ,

$$r_p = 90^0 - i_p \qquad (7.56)$$

സ്നെൽസ് നിയമത്തിൽ നിന്നും അപവർത്ത നാങ്കം എന്നത്,

$$\frac{\sin i_p}{\sin r_p} = n \qquad (7.57)$$

സമീകരണം (7.56) (7.57) ൽ പുനർസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ,

$$\frac{\sin i_p}{\sin\left(90^\circ - i_p\right)} = \frac{\sin i_p}{\cos i_p} = n$$

$$\tan i_p = n \qquad (7.58)$$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 84 28-06-2022 16:27:52

ഈ സമീകരണത്തെ ബ്രിസ്റ്ററുടെ നിയമം എന്നും പറയുന്നു. ഈ നിയമപ്രകാരം ഒരു പ്രതിഫലന മാധ്യമത്തിൽ ധ്രുവീകരണ കോണിന്റെ സ്പർശരേഖ ആ മാധ്യമത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കത്തിനു തുല്യമാണ്. ബ്രിസ്റ്റേർസ് കോൺ എന്നത് മാധ്യമത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം, ഉപയോഗിക്കുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗ ദൈർഘ്യത്തെയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 7.17

ധ്രുവീകരണ കോൺ കാണുക? (i) 1.5 അപവർത്തനാങ്കം ഉള്ള ഗ്ലാസ്സിന് (ii) 1.33 അപവർത്തനാങ്കം ഉള്ള ജലം.

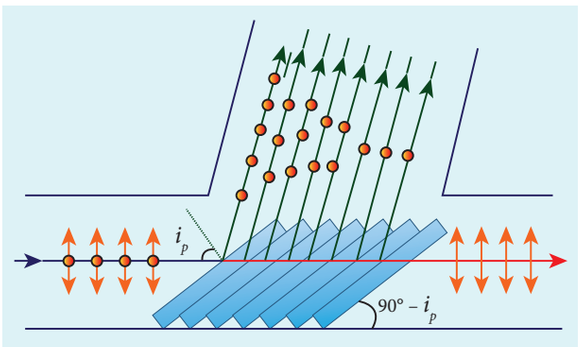
നിർദ്ധാരണം

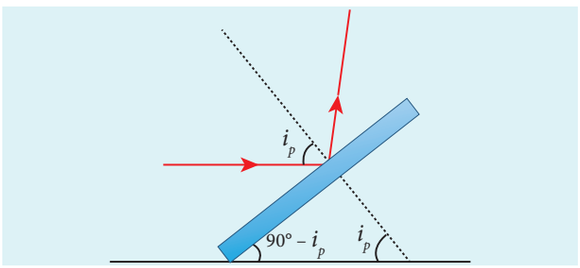
ബ്രിസ്റ്ററിന്റെ നിയമപ്രകാരം, $\tan i_p = n$

ഗ്ലാസ്സിന്, $\tan i_p = 1.5$; $i_p = \tan^{-1} 1.5$; $i_p = 56.3^\circ$

ജലത്തിന്, $\tan i_p = 1.33$; $i_p = \tan^{-1} 1.33$; $i_p = 53.1^\circ$

7.5.4.2 പ്ലേറ്റുകളുടെ അടുക്ക്





ചിത്രം 7.32 പ്ലേറ്റുകളുടെ അടുക്ക്

ഭാഗീകമായി ധ്രുവീകരുക്കപ്പെട്ട അപവർത്തന കിരണത്തെ സംപൂർണ്ണ ധ്രുവീകരണ കിരണമായി മാറ്റുന്നതിനുള്ള ബ്രിസ്റ്റേഴ്സ് നിയമമാണ് പ്ലേറ്റുകളുടെ അടുക്കിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നത് ചിത്രം 7.32 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ തിരശ്ചീന തലത്തിൽ $90° - i_p$ എന്ന കോണിൽ ഒന്നിനു പുറകിൽ മറ്റൊന്നായി അടുക്കിയിരിക്കുന്ന ധാരാളം ഗ്ലാസ്സ് പ്ലേറ്റുകൾ ഇതിൽ ഉണ്ട്. ഈ പ്ലേറ്റുകളിൽ പതിക്കുന്ന സമാന്തര കിരണങ്ങൾ i_p കോണിൽ പതിക്കത്തക്കവണ്ണം ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. ധ്രുവീകരിക്കപ്പെടാത്ത കിരണങ്ങൾ ഈ പ്ലേറ്റുകളിലൂടെ കടക്കുമ്പോൾ അപവർത്തന കിരണത്തിലുള്ള തലത്തിനു സമാന്തരമായ കമ്പനങ്ങൾ തൊട്ടടുത്തുള്ള പ്ലേറ്റുകളിൽ വീണ്ടും പ്രതിഫലനം നടത്താനുള്ള സാധ്യത വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നു. ഇപ്രകാരം പ്രതിഫലന അപവർത്തനകിരണങ്ങൾ സംപൂർണ്ണമായി ധ്രുവീകരിക്കപ്പെടുന്നു.

ഉദാഹരണം 7.18

ഒരു ഗ്ലാസ്സ് പ്ലേറ്റിനെ തലത്തിനു തിരശ്ചീനമായി ധ്രുവീകരണത്തിനു മുമ്പ് പ്രകാശം തിരശ്ചീനമായി സഞ്ചരിക്കുന്നതിനുവേണ്ടിയും തിരശ്ചീനത്തിനു ശേഷം ഒരു ധ്രുവീകരണ പ്രകാശം ലഭിക്കുന്ന വിധത്തിൽ വച്ചിട്ടുണ്ട്. ഗ്ലാസ്സ് പ്ലേറ്റിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം 1.65 ആയാൽ ആ ഗ്ലാസ്സ് പ്ലേറ്റ് ഏത് കോണിൽ (തിരശ്ചീന പ്രതലവുമായി) വയ്ക്കണം.

നിർദ്ധാരണം

$n = 1.65$

ബ്രിസ്റ്ററിന്റെ നിയമപ്രകാരം, $\tan i_p = n$

$\tan i_p = 1.65$; $i_p = \tan^{-1} 1.65$; $i_p = 58.8^0$

അതിനാൽ തിരശ്ചീനതലവുമായുള്ള കോണിന്റെ ചരിവ്, $(90^0 - 58.8^0) = 31.2^0$

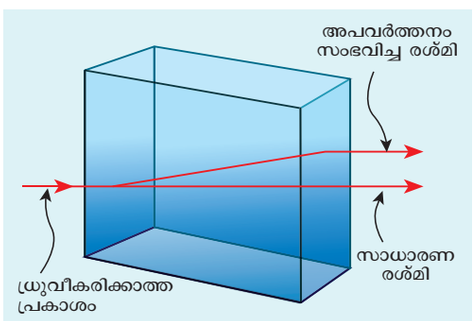
7.5.5 ഇരട്ട അപവർത്തനത്താലുള്ള ധ്രുവീകരണം

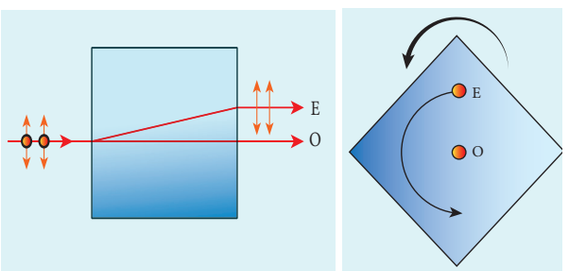
എറാസ്മസ് ബർത്തോലിനസ് എന്ന ഡാനീഷ് ദൗതിക ശാസ്ത്രജ്ഞൻ കണ്ടുപിടിച്ചതെന്തെന്നാൽ ഒരു ധ്രുവീകരണം സംഭവിക്കാത്ത പ്രകാശം ഒരു കാൽസൈറ്റ് ക്രിസ്റ്റലിൽ പതിക്കുമ്പോൾ രണ്ടു അപവർത്തന കിരണങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. അതിനാൽ ഒരു വസ്തുവിന്റെ രണ്ടു പ്രതിബിംബങ്ങൾ ഉണ്ടാവുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസത്തെ ദ്വി അപവർത്തനം എന്നു പറയുന്നു. ചിത്രത്തിലുള്ളതുപോലെ ഇതിനെ ബൈയർ ഫ്രിൻജൻസ് എന്നും പറയുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസം മറ്റു പല

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 85 3/3/2023 6:49:31 PM

ക്രിസ്റ്റലുപയോഗിച്ചും ചെയ്യാവുന്നതാണ്. ഉദാ: ക്വാർട്ട്സ്, മൈക്ക മുതലായവ.

ഒരു പേപ്പറിൻമേൽ മഷികൊണ്ടുള്ള പുള്ളിയെ ഒരു കാൽസൈറ്റ് ക്രിസ്റ്റലിലൂടെ വീക്ഷിക്കുമ്പോൾ രണ്ടു പ്രതിബിംബങ്ങൾ കാണാൻ സാധിക്കുന്നു. ക്രിസ്റ്റലിനെ ചുഴറ്റുമ്പോൾ ഒരു ബിംബം സ്ഥിര മായും മറ്റൊന്ന് ആദ്യ ബിംബത്തെ ചുറ്റിവരുന്ന തായും കാണാം. സ്ഥിരമായി നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ ഇരിക്കുന്ന ബിംബത്തെ സാധാരണ ബിംബം O എന്നു പറയുന്നു. ഇത് അപവർത്തന നിയമങ്ങൾ അനുസരിച്ച് പോകുന്ന അപവർത്തന രശ്മികളാ ലുണ്ടയതാണ്. എന്നാൽ രണ്ടാമത്തെ ബിംബം E എന്നത് അപവർത്തനം നിയമങ്ങൾക്കനുസൃതമ ല്ലാത്ത അപവർത്തന രശ്മികളാൽ ഉണ്ടായതാണ്. ഇവയെ സാധാരണ രശ്മികൾ എന്നു പറയുന്നു. ഇവ തലം ധ്രുവീകരണം ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രകാശമാ കുന്നു. ദ്വി അപവർത്തനം നടത്തപ്പെടുന്ന ക്രിസ്റ്റ ലിനുള്ളിൽ സാധാരണ രശ്മി ഒരേ വേഗത്തിൽ എല്ലാദിശയിലോട്ടും സഞ്ചരിക്കുന്നു എങ്കിൽ സാ ധാരണ രശ്മി വ്യത്യസ്ഥ വേഗതയിൽ വ്യത്യസ്ഥ ദിശകളിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഈ അപവർത്തന ക്രിസ്റ്റലിനുള്ളിലെ ഒരു ബിന്ദു വലിപ്പത്തിലുള്ള സ്രോതസ്സ് സാധാരണ രശ്മിക്കു നേരെ ഒരു ഗോളീയ തരംഗമുഖവും അസാധാരണ രശ്മിക്കു നേരെ അണ്ഡാകൃതിയുള്ള തരംഗമുഖവും ഉണ്ടാ ക്കുന്നു. ക്രിസ്റ്റലിനുള്ളിൽ ഒരു പ്രത്യേക ദിശയിൽ ഈ രണ്ടു രശ്മികളും ഒരേ വേഗതയിൽ അഥവാ പ്രവേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഈ ദിശയെയാണ് പ്രകാശിക അക്ഷം എന്നു പറയുന്നത്. ഈ പ്രകാ ശിക അക്ഷത്തിനുമേൽ ഈ രണ്ടു രശ്മികളുടെയും അപവർത്തനാങ്കവും തുല്യമാകുന്നു മാത്രമല്ല അതേ അക്ഷത്തിൽ ദ്വി അപവർത്തനം നടക്കുന്നില്ല.





ചിത്രം 7.33 ഡബിൾ അപവർത്തനം

7.5.6 പ്രകാശിക ക്രിസ്റ്റലുകളുടെ തരങ്ങൾ

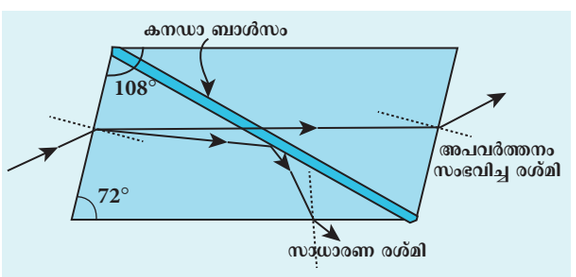
കാൽസൈറ്റ്, ക്വാർട്ട്സ്, ടോർമലൈൻ കൂടാതെ ഐസ് പോലുള്ള പരലുകൾക്ക് (ക്രിസ്റ്റലുകൾക്ക്) ഒരേ ഒരു പ്രകാശിക അക്ഷം മാത്രമേ ഉള്ളൂ ഇവയെ ഏക അക്ഷീയ ക്രിസ്റ്റലുകൾ എന്നു പറയുന്നു.

മൈക്ക, ടോപാസ്, സെലിനൈറ്റ്, അരോഗ നൈറ്റ് എന്നിവയ്ക്ക് രണ്ടു പ്രകാശിക അക്ഷങ്ങൾ ഉണ്ട്. ഇവയെ ദ്വൈ അക്ഷ ക്രിസ്റ്റലുകൾ എന്നു പറയുന്നു.

7.5.7 നിക്കൽ പ്രിസം

നിക്കൽ പ്രിസം ഒരു പ്രകാശിക ഉപകരണ മാണ്. ഇത് ധ്രുവീകരണം സംഭവിച്ച പ്രകാശകിര ണങ്ങളെ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുകയും വിശകലനം ചെയ്യുന്നതുമായ ഉപകരണങ്ങളിൽ ഇതുപയോഗി ക്കുന്നു. നിക്കൽപ്രിസത്തിന്റെ നിർമ്മിതി ദ്വി അപ വർത്തന പ്രതിഭാസത്തെ ആശ്രയിച്ചാണ് ഉള്ളത്. ഇത് കണ്ടുപിടിച്ചത് വില്യം നിക്കൽ ആണ് 1828.

നിക്കൽ പ്രിസത്തിന്റെ പൊതുവായ രൂപങ്ങളി ലൊന്നിൽ ഉണ്ടാക്കിയിരിക്കുന്നത് കാൽസൈറ്റ് ക്രിസ്റ്റൽ കൊണ്ടാണ് അവ ഒരു ദ്വി അപവർത്തന ക്രിസ്റ്റൽ ആകുന്നു മാത്രമല്ല അവയുടെ നീളം വീതിയുടെ മൂന്നു മടങ്ങായിരിക്കും (ചിത്രം 7.34) ABCD എന്നത് കാൽസൈറ്റ് ക്രിസ്റ്റലിന്റെ മുഖ്യ ഭാഗമാണ്. അവ വികർണ്ണങ്ങൾ വഴിയായി രണ്ടായി വിഭജിക്കുന്നു. അതിനാൽ അവയുടെ ഫേസ് കോ ണം 72° യും 108° ഉം ആകുന്നു. രണ്ടുപകുതിയും ഒരു സുതാര്യ സിമന്റ് ആയ കേനഡാബാൾസം കൊണ്ടു യോജിപ്പിച്ചത്.



ചിത്രം 7.34 നിക്കൽ പ്രിസം

ഒരു മോണോക്രോമാറ്റിക് സ്രോതസ്സായ സോ ഡിയം വേപ്പർലാമ്പിൽ നിന്നുള്ള ധ്രുവീകരണം നടക്കാത്ത പ്രകാശം നിക്കൽപ്രിസത്തിന്റെ AC എന്ന വശത്ത് പതിക്കുകയാണെന്നിരിക്കട്ടെ അപ്പോൾ ദ്വി അപവർത്തനം നടക്കുന്നു. അതിന്റെ ഫലമായി പ്രകാശരശ്മികൾ രണ്ടായി പിരിയുന്നു. ഒന്നു സാധാരമ രശ്മി മറ്റൊന്ന് അസാധാരമ

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 86 3/3/2023 6:49:32 PM

രശ്മി അവ വ്യത്യസ്ഥ പ്രവേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. സാധാരണ രശ്മിയുടെ അപവർത്തനാങ്കം (സോഡിയം വേപ്പർ ലാമ്പ്) 1.658 ഉം അസാധാരണ രശ്മിയുടെ അപവർത്തനാങ്കം 1.523 യും ആകുന്നു. കാനഡാ ബാൾസം പ്രകാശത്തെ ധ്രുവീകരിക്കയില്ല 1.486.

സാധാരണ രശ്മി കാനഡാ ബാൾസത്തിൽ (സാധാരണ രശ്മി) പൂർണ്ണ ആന്തരിക പ്രതിഫലനം നടത്തുന്നു മറുവശത്തു നിന്നുമുള്ള പ്രകാശത്തിന്റെ ഉൽസർജനത്തെ ഇതു തടയുന്നു. അസാധാരണ രശ്മി മാത്രമാണ് ക്രിസ്റ്റലിലൂടെ പ്രേക്ഷണം ചെയ്ത് തലം ധ്രുവീകരിക്കപ്പെടുന്നത്.

നിക്കൽ പ്രിസിത്തിന്റെ ഉപയോഗങ്ങൾ

(i) ഇതിന്റെ വില വളരെ വലുതാണ് കാരണം കാൽസൈറ്റുക്രിസ്റ്റലുകളുടെ ഔർല്ലഭ്യമാണ്.

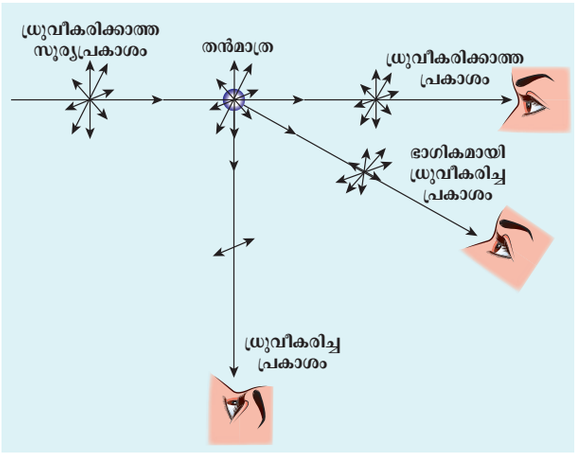
(ii) അപവർത്തന രശ്മി ചരിഞ്ഞു പ്രവേശിക്കുന്നതിനാൽ പുറത്തേക്കുള്ള രശ്മി ഒരൽപ്പം ഒരു വശത്തേക്ക് നീങ്ങി പോകുന്നു.

(iii) ഇതിന്റെ ഫീൽഡ് ഓഫ് വ്യൂ എന്നത് വളരെ പരിമിധമാണ്.

(iv) പുറത്തേക്കു പോകുന്ന രശ്മി എല്ലായിടത്തും ഒന്നു പോലെ ധ്രുവീകരണം സംഭവിക്കുന്നില്ല.

7.5.8 ചിതറലാലുള്ള ധ്രുവീകരണം

ആകാശത്തിന്റെ നീലനിറത്തിലുള്ള ഭാഗത്തിൽ നിന്നും വരുന്ന പ്രകാശം ഒരു ചുഴറ്റപ്പെട്ട പോളറൈസിലൂടെ നോക്കുമ്പോൾ തീവ്രത കൂടിയും കുറഞ്ഞും കാണപ്പെടുന്നു. കാരണം സൂര്യനിൽ നിന്നും വരുന്ന പ്രകാശ കിരണങ്ങൾ അന്തരീക്ഷത്തിലെ പലതന്മാത്രകളാൽ ദിശമാറ്റപ്പെടുന്നതിനാലാണ്. (ചിത്രം 7.34) പതനപ്രകാശം ധ്രുവീകരിക്കാത്തതാണ്. പ്രകാശത്തിന്റെ വൈദ്യുത മണ്ഡലം വായു തന്മാത്രകളിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുമായി സമ്പർക്കത്തിലേർപ്പെടുന്നു. പതന തരംഗത്തിലെ വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിനാൽ തന്മാത്രകളിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് രണ്ടുദിശയിലേക്കുള്ള ചലന ഘടകങ്ങൾ നേടുന്നു. ഒരു നിരീക്ഷകൻ 90^0-ൽ നോക്കുമ്പോൾ (സൂര്യനെ) സമാന്തരമായി വരുന്ന ചാർജ്ജുകൾ ഊർജ്ജവികിരണം നടത്തുന്നില്ല. കാരണം ഈ ചാർജ്ജുകളുടെ ത്വരണത്തിന് അനുപ്രസ്ഥ ഘടകം ഇല്ല. തന്മാത്രകളാൽ ചിതറപ്പെട്ട വികിരണം തലത്തിന് ലംബമായി ധ്രുവീകരിക്കുന്നു (ചിത്രം 7.35). ഇത് സൂര്യപ്രകാശത്തെ ചിതറലാൽ ധ്രുവീകരണം നടത്തുന്നതിനുള്ള വിശദീകരണം നൽകുന്നു.



ചിത്രം 7.35 ചിതറലിനാലുള്ള ധ്രുവികരണം

7.6 പ്രകാശ ഉപകരണങ്ങൾ

ധാരാളം പ്രകാശ ഉപകരണങ്ങൾ നാം നിത്യ ജീവിതത്തിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഇവിടെ നാം സൂക്ഷ്മദർശിനി, ദൂരദർശനി, സ്പെക്ട്രോമീറ്റർ, മനുഷ്യനേത്രം എന്നിവയെക്കുറിച്ച് പഠിക്കാം.

7.6.1 ലഘുസൂക്ഷ്മദർശിനി

ലഘുസൂഷ്മദർശിനി എന്നത് ഒരു ഉത്തല ലെൻസാകുന്നു. ഇത് ഫോക്കസ് ദൂരം കുറഞ്ഞതും നിവർന്ന മിത്യയുമായ പ്രതിബിംബം ഉണ്ടാക്കുന്നതുമായ ഒരു ലെൻസ് ആണ്. അതിനാൽ വസ്തുവിനെ ഫോക്കസ് ദൂരത്തിനുള്ളിൽ വയ്ക്കണം (F നും P യ്ക്കും ഇടയിൽ) ലെൻസിന്റെ മറുവശത്തിലൂടെ വസ്തുവിനെ വീക്ഷിക്കുക. വസ്തുവിനെ വ്യക്തമായി കാണാൻ കഴിയുന്ന കുറഞ്ഞ ദൂരത്തെ ഹ്രസ്വബിന്ദു എന്നും, അധികതമദൂരത്തെ കണ്ണിന്റെ വിദൂര ബിന്ദു എന്നും പറയുന്നു. ഹ്രസ്വബിന്ദു ദൂരം 25 സെ.മീ ആകുന്നു. ഇതിനെ D എന്നു കുറിക്കുന്നു. വിദൂര ബിന്ദു എപ്പോഴും അകലെ ആയിരിക്കും.

7.6.1.1 ഹ്രസ്വബിന്ദു ഫോക്കസ് ചെയ്യുന്ന വിധം

പ്രതിബിംബം ഹ്രസ്വബിന്ദുവിൽ ലഭിക്കുമ്പോൾ 25 സെ.മീ നേത്രത്തിന് കൂടുതൽ ബുദ്ധിമുട്ട് അനുഭവപ്പെടുന്നില്ല. ഹ്രസ്വ ബിന്ദുവിനെ ഡിസ്റ്റിക്റ്റ് മിഷന്റെ ലഘുതമ ദൂരം എന്നും പറയുന്നു ചിത്രം

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 87 28-06-2022 16:27:55

7.36-ൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്. വസ്തുവിന്റെ ദൂരം u എന്നത് f നെക്കാൾ കുറവായിരിക്കും. ബിംബത്തിന്റെ ദൂരം D (ഫ്രസ്ബിന്ദു) എന്നാൽ വിപുലീകരണം m എന്നത് (6.67), $m = \frac{v}{u}$

മൂല്യം പ്രതിസ്ഥാപിച്ചാൽ, $v = -D$, $u = -u$, രണ്ടു ദൂരങ്ങളും ലെൻസിനിടതു വശത്തായി കണക്കാക്കിയതിനാൽ, $m = \frac{-D}{-u}$

$$m = \frac{D}{u} \qquad (7.59)$$

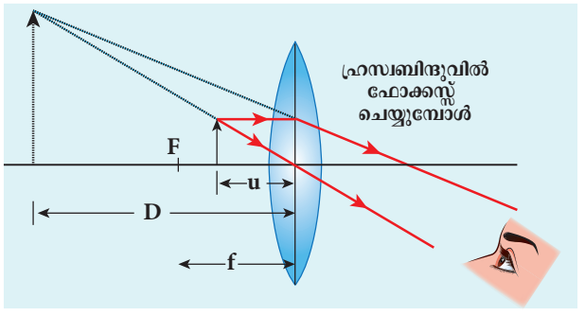
m നു വേണ്ടി നമുക്ക് സമീകരണം ഇപ്രകാരം എഴുതാം. (ലെൻസ് സൂത്രവാക്യം ഉപയോഗിച്ച് f ന്റെ രീതിയിൽ) (6.63), $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ ഇതിനെ സമീകരണം (6.67)ൽ പ്രതിസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ

$m = \frac{v}{u}$, $m = 1 - \frac{v}{f}$

$v = -D$ ഉപയോഗിച്ചാൽ,

$$m = 1 + \frac{D}{f} \qquad (7.60)$$

ഇതാണ് ഫ്രസ്ബിന്ദുവിലെ വിപുലീകരണം.

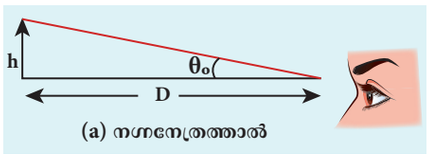


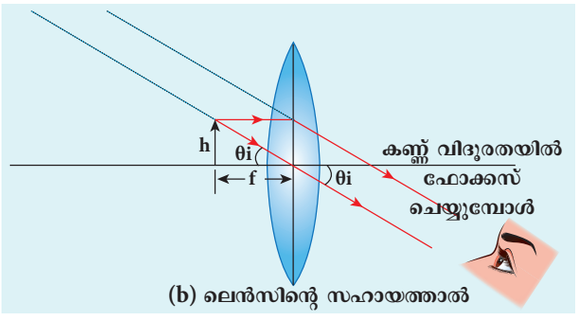
ചിത്രം 7.36 ഫ്രസ്ബിന്ദു ഫോക്കസ്സിങ്ങ്

7.6.1.2 സാധാരണ ഫോക്കസ്സിങ്ങിൽ വിപുലീകരണം (വർതുള വിപുലീകരണം)

ഇവിടെ വിദൂരതയിൽ വസ്തുവിന്റെ വിപുലീകരണം നമുക്ക് കാണുവാൻ സാധിക്കുന്നു. വസ്തുവിന്റെ ഉയരത്തിനും ബിംബത്തിന്റെ ഉയരത്തിനും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം എടുത്താൽ വിപുലീകരണം $\left(m = \frac{h'}{h}\right)$ നമുക്ക് ലഭിക്കും. ഒരു പ്രായോഗിക ബന്ധം നമുക്ക് ലഭിക്കില്ല. കാരണം പ്രതിബിംബം വിദൂരത്തിലായതിനാൽ വ്യക്തമായ ഒരു അളവ് കൃത്യമല്ല. അതിനാൽ നമുക്ക് കോണീയ അഥവാ വർതുള വിപുലീകരണം ഉപയോഗിക്കാം. വർതുള വിപുലീകരണം എന്നത് ലെൻസിലൂടെ വസ്തുവിന്റെ പ്രതിബിംബത്താലുണ്ടാകുന്ന കോണിനും θ_i നഗ്നനേത്രം കൊണ്ടു വസ്തുവിനെ നോക്കുമ്പോഴുണ്ടാകുന്ന കോണിനും θ_0 തമ്മിലുള്ള അനുപാതമാണ്.

$$m = \frac{\theta_i}{\theta_0} \qquad (7.61)$$





ചിത്രം 7.37 സാധാരണ ഫോക്കസ്സിങ്ങ്

നഗ്നനേത്രത്താലുള്ള ചിത്രം 7.37(a),

$$\tan\theta_0 \approx \theta_0 = \frac{h}{D} \qquad (7.62)$$

ലെൻസിനാലുള്ളത് ചിത്രം 7.37(b),

$$\tan\theta_i \approx \theta_i = \frac{h}{f} \qquad (7.63)$$

കോണീയ വിപുലീകരണം,

$$m = \frac{\theta_i}{\theta_0} = \frac{h/f}{h/D}$$

$$m = \frac{D}{f} \qquad (7.64)$$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 88 28-06-2022 16:27:58

ഇതാണ് സാധാരണ ഫോക്കസ്സിങ്ങിനുള്ള വിപുലീകരണം.

സാധാരണ ഫോക്കസ്സിങ്ങിനാലുള്ള വിപുലീകരണം ഹ്രസ്വബിന്ദു ഫോക്കസ്സിങ്ങിലുള്ളതിനേക്കാൾ കുറവാണ്. എന്നാൽ സാധാരണ ഫോക്കസ്സിങ്ങിൽ പ്രതിബിംബ രൂപീകരണം, കാഴ്ച ഇവ സുരക്ഷിതമാണ്. D/f ന്റെ മൂല്യം കൂടുമ്പോൾ വിപുലീകരണ സംഖ്യാവ്യത്യാസം കുറവായിരിക്കും.

ഉദാഹരണം 7.19

ഹ്രസ്വബിന്ദു 25 സെ.മീ. ഉള്ള ഒരാൾ ഒരു പുസ്തകം 5 സെ.മീ. ഫോക്കസ് ദൂരമുള്ള ലെൻസുപയോഗിച്ചു വായിക്കുന്നു എങ്കിൽ അയാൾ ഒരു വിപുലീകരണ ലെൻസ് ഉപയോഗിച്ച് പുസ്തകം വായിക്കണമെങ്കിൽ ലെൻസിനെ താളുകളിൽ നിന്ന് എത്ര അകലത്തിൽ വച്ചാൽ (a) ഹ്രസ്വബിന്ദുവും വിദൂരബിന്ദുവും കണ്ടു പിടിക്കാൻ സാധിക്കും? (b) .ഈ വിപുലീകരണ ലെൻസുപയോഗിച്ച് കാണാവുന്ന അധികതമ, ന്യൂനതമ കോണീയ വിപുലീകരണം കാണുക?

നിർദ്ധാരണം

$D = 25$ സെ.മീ

മാഗ്നിഫൈയിങ്ങ് ലെൻസ് ഫോക്കസ് ദൂരം ധനാത്മകമായ ഉത്തല ലെൻസാണ് $f = 5$ സെ.മീ

വസ്തു അടുത്തിരിക്കുമ്പോൾ വസ്തുവിന്റെ ദൂരം u പ്രതിബിംബ ദൂരം v എന്നത്, -25 സെ.മീ (ഹ്രസ്വബിന്ദു, $v = -D$)

വസ്തു ദൂരെയാവുമ്പോൾ വസ്തുവിന്റെ ദൂരം u', ബിംബത്തിന്റെ രൂപം, v' വിദൂരതയിൽ

(a) അടുത്തുള്ള പ്രതിബിംബ ദൂരം ...

സമീകരണം, $\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$

അടുത്തുള്ള വസ്തുവിന്റെ ദൂരം, $\frac{1}{u}=\frac{1}{v}-\frac{1}{f}$

മൂല്യം പുനഃസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ,

$$\frac{1}{u}=\frac{1}{-25}-\frac{1}{5}=\frac{1}{25}-\frac{1}{5}=\left(\frac{-1-5}{25}\right)=-\frac{6}{25}$$

$$u=-\frac{25}{6}=-4.167 \text{ സെ.മീ}$$

അയാൾ പുസ്തകം സൂക്ഷിക്കേണ്ട കുറഞ്ഞ ദൂരം, $u = -4.167$ സെ.മീ

വിദൂരത്തിലുള്ള പ്രതിബിംബത്തിന്റെ അകലം

ലെൻസ് സമീകരണം, $\frac{1}{v'}-\frac{1}{u'}=\frac{1}{f'}$

വിദൂരതയിലുള്ള വസ്തുവിന്റെ ദൂരം, $\frac{1}{u'}=\frac{1}{v'}-\frac{1}{f'}$

പ്രതിസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ, $\frac{1}{u'}=\frac{1}{\infty}-\frac{1}{5}; u=-5$ സെ.മീ

അയാൾ പുസ്തകം സൂക്ഷിക്കേണ്ട കൂടുതൽ ദൂരം, $u' = -5$ സെ.മീ

(b) ഹ്രസ്വബിന്ദു ഫോക്കസ്സിങ്ങിൽ വിപുലീകരണം, $m=1+\frac{D}{f}=1+\frac{25}{5}=6$

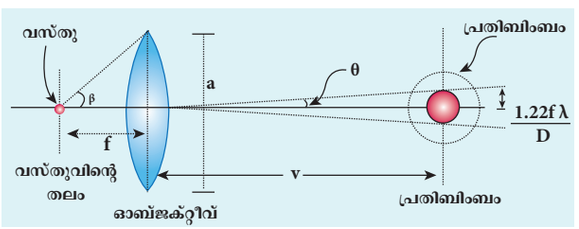
സാധാരണ ഫോക്കസ്സിങ്ങിൽ വിപുലീകരണം,

$m=\frac{D}{f}=\frac{25}{5}=5$

7.6.1.3. സൂക്ഷ്മദർശിനിയുടെ റിസോൾവിങ്ങ് പവർ

ഒരു സൂക്ഷ്മദർശിനിയുടെ മിഴിവിനെ കണക്കാക്കുന്ന (ചിത്രം 7.38). ഒരു വസ്തുവിനെ വ്യക്തമായി കാണുന്നതിന് സൂക്ഷ്മദർശിനി ഉപയോഗിക്കുന്നു. സൂക്ഷ്മദർശിനിയുടെ കഴിവ് വസ്തുവിനെ വിപുലീകരിച്ച് കാണിക്കുക മാത്രമല്ല ചെയ്യുന്നത് വസ്തുവിലുള്ള രണ്ടു ബിന്ദുക്കളെ ഒരു ചെറിയദൂരം $d_{\text{ന്യൂനതമം}}$ ത്താൽ വേർതിരിക്കുന്നു. $d_{\text{ന്യൂനതമം}}$ വളരെ ചെറുതായിരിക്കുമ്പോൾ മിഴിവ് വളരെ കൂടുതലായിരിക്കും.

കേന്ദ്ര അധികതമത്തിന്റെ വ്യാസാർത്ഥം എന്നത് സമീകരണം (7.54), $r_0=\frac{1.22\lambda f}{a}$.



ചിത്രം 7.38 സൂക്ഷ്മദർശിനിയുടെ മിഴിവ്

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 89 28-06-2022 16:28:00

സൂക്ഷ്മദർശിനിയിൽ വസ്തുദൂരം ഫോക്കസ് ദൂരം f നെക്കാൾ കൂടുതലും പ്രതിബിംബം v ദൂരത്തിലും ലഭിക്കുന്നു. ചിത്രം 7.38. അതിനാൽ സമീകരണം 7.54 ൽ f ന്റെ സ്ഥാനത്ത് v ഇടുമ്പോൾ.

$$r_o = \frac{1.22\lambda v}{a} \qquad (7.65)$$

ഫോക്കസ്സ് ദൂരത്തിന്റെ f സ്ഥാനത്ത് ഇവിടെ ബിംബദൂരം v ആണുള്ളത്. റിസോൾവ് ചെയ്യേണ്ടതായ വസ്തുവിലെ രണ്ടു ബിന്ദുക്കൾക്കിടയിലുള്ള വ്യത്യാസം $d_{\text{ന്യൂനതമം}}$ എങ്കിൽ വിപുലീകരണം m എന്നത്,

$$m = \frac{r_o}{d_{\text{ന്യൂനതമം}}} \qquad (7.66)$$

$$d_{\text{ന്യൂനതമം}} = \frac{r_o}{m} = \frac{1.22\lambda v}{am} = \frac{1.22\lambda v}{a(v/u)} = \frac{1.22\lambda u}{a} \quad [\because m = v/u]$$

$$d_{\text{ന്യൂനതമം}} = \frac{1.22\lambda f}{a} \quad [\because u \approx f] \qquad (7.67)$$

വസ്തുവിന്റെ വശത്ത്,

$$2\tan\beta \approx 2\sin\beta = \frac{a}{f} \therefore \quad [a = f\,2\sin\beta \qquad (7.68)$$

$$d_{\text{ന്യൂനതമം}} = \frac{1.22\lambda}{2\sin\beta} \qquad (7.69)$$

$d_{\text{ന്യൂനതമം}}$ മൂല്യം വീണ്ടും കുറയ്ക്കുന്നതിനായി പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രകാശിക പാതയെ കൂട്ടുന്നു എങ്ങനെയെന്നാൽ മൈക്രോസ്കോപ്പിന്റെ ഓബ്ജക്ടീവ് ലെൻസിനെ അപവർത്തനാങ്കം n ഉള്ള എണ്ണയുടെ മാധ്യമത്തിൽ വയ്ക്കുന്നു.

$$d_{\text{ന്യൂനതമം}} = \frac{1.22\lambda}{2n\sin\beta} \qquad (7.70)$$

അത്തരത്തിലുള്ള ഓബ്ജക്റ്റീവിനെ എണ്ണയിൽ മുക്കിയ ഓബ്ജക്ടീവ് എന്നു പറയുന്നു. ***n sin β* യെ നൂമറിക്കൽ അപ്പർച്ചർ *NA* എന്നു പറയുന്നു.**

$$d_{\text{ന്യൂനതമം}} = \frac{1.22\lambda}{2(NA)} \qquad (7.71)$$

സൂഷ്മദർശിനിയുടെ റിസോൾവിങ്ങ് പവർ R_M,

$$R_M = \frac{1}{d_{\text{ന്യൂനതമം}}} = \frac{2(NA)}{1.22\lambda} = \frac{(2n\sin\beta)}{1.22\lambda} \qquad (7.72)$$

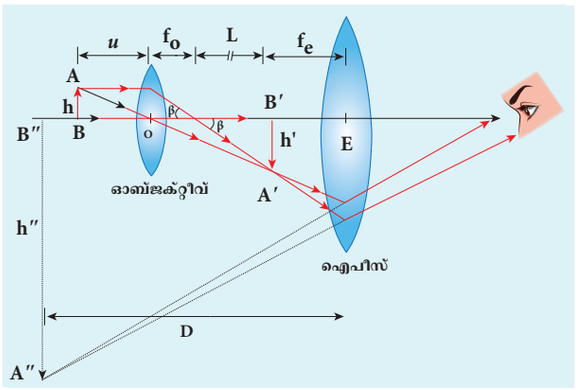
7.6.1.4. റിസോൾവിങ്ങ് പവർ (മിഴിവ്)

ടെലിസ്കോപ്പിന്റെ റിസോൾവിങ്ങ് പവർ സ്പേഷ്യൽ മിഴിവിന്റെ വിപരീതാനുപാതമാണ് സമീകരണം (7.54).

$$R_T = \frac{1}{r_0} = \frac{a}{1.22\lambda f} \qquad (7.73)$$

7.6.2 സംയുക്ത സൂക്ഷ്മദർശിനി

ചിത്രത്തിൽ (7.39) കാണിച്ചിട്ടുള്ള പോലെ വസ്തുവിന്റെ അടുത്തുവച്ചിട്ടുള്ള ലെൻസിനെ ഓബ്ജക്ടീവ് ലെൻസ് എന്നു പറയുന്നു. ഇത് വാസ്തവീകവും തലകീഴായതും വിപുലീകരിച്ചതുമായ പ്രതിബിംബം ലഭിക്കുന്നു. ഇത് ഐപീസ് എന്ന രണ്ടാമത്തെ ലെൻസിന് വസ്തുവായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഐപീസ് ഒരു ലഘൂസൂക്ഷ്മ ദർശിനിയായി പ്രവർത്തിച്ച് വസ്തുവിന്റെ വലുതും മിഥ്യയുമായ ബിംബം തരുന്നു. ഓബ്ജക്ടീവിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന ആദ്യ പ്രതിബിംബത്തെ ഐപീസിനടുത്തും ഐപീസിന്റെ തലത്തിൽ വരുന്ന രീതിയിൽ ക്രമീകരിക്കുക എങ്കിൽ മാത്രമേ പ്രതിബിംബം ഹ്രസ്വബിന്ദുവിൽ അഥവാ വിദൂരത്തിൽ ലഭിക്കുകയുള്ളൂ. അന്ത്യപ്രതിബിംബം വസ്തുവിനെക്കാൾ വലുതും തലകീഴായതും ആയിരിക്കും.



ചിത്രം 7.39 സംയുക്ത സൂഷ്മദർശിനി

7.6.2.1. സംയുക്ത സൂഷ്മദർശിനിയുടെ വിപുലീകരണം

രശ്മി ചിത്രത്തിൽ നിന്നും ഓബ്ജക്ടീവിനാലുള്ള രേഖീയ വിപുലീകരണം എന്നത് (6.66),

$$m_o = \frac{h'}{h}$$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 90 28-06-2022 16:28:02

ചിത്രം (7.39) ൽ നിന്നും, $\tan\beta = \frac{h}{f_o} = \frac{h'}{L}$,

$$\frac{h'}{h} = \frac{L}{f_o} \qquad (7.74)$$

$$m_o = \frac{L}{f_o} \qquad (7.75)$$

ഇവിടെ L എന്നത് ഐപീസിന്റെ ആദ്യ ഫോക്കൽ ബിന്ദുവിനും ഓബ്ജക്ടീവിന്റെ രണ്ടാമത്തെ ഫോക്കൽ ബന്ദുവിനും ഇടയിലുള്ള ദൂരം ആകുന്നു. ഇതിനെ കുഴൽ ദൂരം L എന്നു പറയുന്നു. ഇവിടെ f_o, f_e ഇവ L നെക്കാൾ കുറവായതിനാലാണിത്.

അന്ത്യബിംബം P എന്ന ബിന്ദുവിലാകുമ്പോൾ വിപുലീകരണം m_e (ഐപീസിന്റെ),

$$m_e = 1 + \frac{D}{f_e} \qquad (7.76)$$

ആകെ ഹ്രസ്വഹിന്ദു ഫോക്കസ്സിങ്ങിലാനുണ്ടാകുന്ന m ആകെ വിപുലീകരണം,

$$m = m_o m_e = \left(\frac{L}{f_o}\right)\left(1 + \frac{D}{f_e}\right) \qquad (7.77)$$

അവസാന പ്രതിബിംബം വിദൂരത്തിൽ ആവുമ്പോൾ ഐപീസിന്റെ വിപുലീകരണം m_e,

$$m_e = \frac{D}{f_e} \qquad (7.78)$$

ആകെ വിപുലീകരണം m (സാധാരണ ഫോക്കസ്സിങ്ങിൽ),

$$m = m_o m_e = \left(\frac{L}{f_o}\right)\left(\frac{D}{f_e}\right) \qquad (7.79)$$

ഉദാഹരണം 7.20

ഒരു സൂക്ഷ്മദർശിനിയുടെ ഓബ്ജക്ടീവിന്റെയും ഐപീസിന്റെയും ഫോക്കസ് ദൂരം 5 സെ.മീ, 50 സെ.മീ എന്നിങ്ങനെയാണ്. കുഴൽ നീളം 30 സെ.മീ എങ്കിൽ (a) ഹ്രസ്വബിന്ദുവിലും (b) സാധാരണ ഫോക്കസ്സിങ്ങിലും ഉള്ള സൂക്ഷ്മ ദർശിനിയുടെ വിപുലീകരണം കാണുക.

നിർദ്ധാരണം

$f_0 = 5$ സെ.മീ $= 5\times10^{-2}$ മീ; $f_e = 50$ സെ.മീ $= 50\times10^{-2}$ മീ;

$L = 30$ സെ.മീ $= 30\times10^{-2}$ മീ; $D = 25$ സെ.മീ $= 25\times10^{-2}$ മീ

(a) m ഹ്രസ്വബിന്ദുവിൽ ഉള്ള ആകെ വിപുലീകരണം, $m = m_o m_e = \left(\frac{L}{f_o}\right)\left(1 + \frac{D}{f_e}\right)$

പ്രതിസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ,

$$m = m_o m_e = \left(\frac{30\times10^{-2}}{5\times10^{-2}}\right)\left(1 + \frac{25\times10^{-2}}{50\times10^{-2}}\right)$$

$$= (6)(1.5) = 9$$

(b) സാധാരണ ഫോക്കസ്സിൽ ആകെ വിപുലീകരണം, $m = m_o m_e = \left(\frac{L}{f_o}\right)\left(\frac{D}{f_e}\right)$

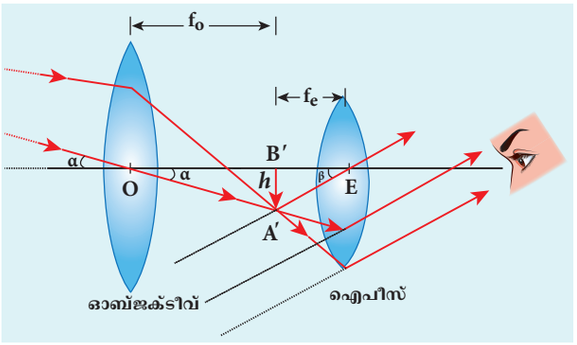
മൂല്യം പുനഃസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ

$$m = m_o m_e = \left(\frac{30\times10^{-2}}{5\times10^{-2}}\right)\left(\frac{25\times10^{-2}}{50\times10^{-2}}\right)$$

$$= (6)(0.5) = 3$$

7.6.3 ഖഗോള ദൂരദർശിനി

ഖഗോള ദൂരദർശിനി അഥവാ അസ്ട്രോണമിക്കൽ ദൂരദർശിനി ബഹിരാകാശ വസ്തുക്കളായ നക്ഷത്രങ്ങൾ ഉപഗ്രഹങ്ങൾ, ചന്ദ്രൻ മുതലായവയു ടെ വിപുലീകരണം നൽകുന്നു. ഈ ദൂരദർശിനി യിൽ ലഭിക്കുന്നത് തലകീഴായ പ്രതിബിംബമാണ്. ഇതിന്റെ ഒബ്ജക്ടീവിന് ഫോക്കസ് ദൂരം കൂടുതലും ചിത്രത്തിലുള്ളത്പോലെ ഐപീസിനെക്കാൾ വലിയ അപ്പർച്ചറുമാണ് ഉള്ളത്. ചിത്രം (7.40). ദൂരെയുള്ള വസ്തുവിന്റെ പ്രകാശം ഓബ്ജക്ടീവ് ലെൻസിൽ തട്ടി വാസ്തവീകമായ പ്രതിബിംബം കുഴലിന്റെ രണ്ടാമത്തെ ഫോക്കസ് ബിന്ദുവിൽ ലഭിക്കുന്നു. ഐപീസ് ഇതിനെ വിപുലീകരിച്ച് ഒരു തലകീഴായ പ്രതിബിംബം ഉണ്ടാകുന്നു.



ചിത്രം 7.40 അസ്ട്രോണമിക്കൽ ടെലിസ്കോപ്പ്

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 91 28-06-2022 16:28:06

7.6.3.1 അസ്ട്രോണമിക്കൽ (ഖഗോള) ദൂരദർശിനിയുടെ വിപുലീകരണം

വിപുലീകരണം m എന്നത് അന്ത്യപ്രതിബിംബത്തിനും കണ്ണിനും ഇടയിലുള്ള കോൺ β ക്കും വസ്തുവിനും കണ്ണിനും തമ്മിലുള്ള കോൺ α യ്ക്കും ഇടയിലുള്ള അനുപാതമാകുന്നു.

$$m = \frac{\beta}{\alpha} \qquad (7.80)$$

ചിത്രത്തിൽ നിന്നും, $\alpha = \frac{h}{f_0}$ ഉം $\beta = \frac{h}{f_e}$

$$m = \frac{f_o}{f_e} \qquad (7.81)$$

ദൂരദർശിനിയുടെ നീളം ഏകദേശം,

$$L = f_o + f_e \qquad (7.82)$$

ഉദാഹരണം 7.21

ഒരു ലഘുദൂരദർശിനിയുടെ ഓബ്ജക്ടീവ് ലെൻസിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരം 125 സെ.മി. ഉം ഐപീസിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരം 2 സെ.മി. ആകുന്നു എങ്കിൽ ദൂരദർശിനിയുടെ വിപുലീകരണം കാണുക? ഒബ്ജക്ടീവിനും ഐപീസിനും തമ്മിലുള്ള ദൂരം കാണുക? $1'$ നാൽ വേർതിരിക്കപ്പെട്ട രണ്ടു നക്ഷത്രങ്ങൾ തമ്മിൽ എത്ര അകലത്തിൽ കാണാൻ സാധിക്കും ദൂരദർശിനിയിലൂടെ വീക്ഷിക്കുമ്പോൾ?

നിർദ്ധാരണം

f_o = 125 സെ.മീ; f_e = 2 മീ; m = ?; L = ?; θ_i = ?

(a) ദൂരദർശിനിയുടെ മാഗ്നിഫിക്കേഷൻ സമീകരണം, $m = \frac{f_o}{f_e}$

വിപുലീകരണം, $m = \frac{125}{2} = 62.5$

(b) ദൂരദർശിനിയുടെ ഏകദേശ നീളം, $L = f_o + f_e$

L = 125+2 = 127 സെ.മീ = 1.27 മീ

(c) കോണീയ വിപുലീകരണം, $m = \frac{\theta_i}{\theta_0}$

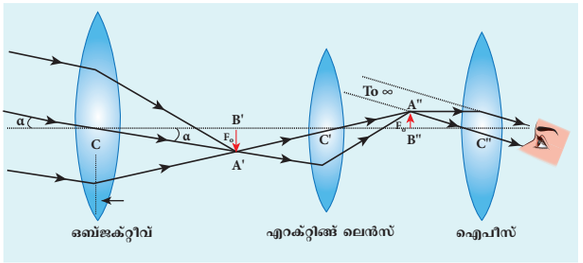
അപ്പോൾ, $\theta_i = m \times \theta_0$

മൂല്യം പുനഃസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ,

$$\theta_i = 62.5 \times 1' = 62.5' = \frac{62.5}{60} = 1.04^\circ = 1°2'30''$$

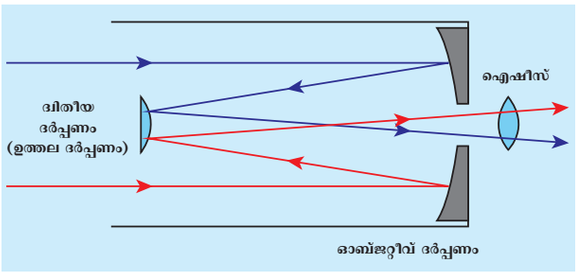
7.6.4 ഭൗമദൂരദർശിനി

ഭൗമദൂരദർശിനി ഭൂമിയിലുള്ള വളരെ അകലത്തിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന വസ്തുക്കളെ കാണുന്നതിനായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. അതിനാൽ പ്രതിബിംബം നിവർന്നതായിരിക്കും. ഭൗമദൂരദർശിനിക്ക് ഒരു നിവർന ലെൻസുകൂടെ ഉണ്ട്. അന്ത്യപ്രതിബിംബത്തെ നിവർന്നതാക്കുന്നതിനാണിത് ഉപയോഗിച്ചിട്ടുള്ളത് ചിത്രം 7.41.



ചിത്രം 7.41 ഭൗമദൂരദർശിനി

7.6.5 പ്രതിഫലന ദൂരദർശിനി



ചിത്രം 7.42 പ്രതിഫലന ദൂരദർശിനി

ആധുനിക ദൂരദർശിനി ഒരു ലെൻസിനുപകരം ഓബ്ജക്ടീവിന് അവതല ദർപ്പണം ഉപയോഗിക്കുന്നു. കാരണം വ്യക്തമായ പ്രതിബിംബം ലഭിക്കുന്നതിനു യോജ്യമായ വലുപ്പം കൂടിയ ലെൻസുകൾ ഉണ്ടാക്കുക എന്നത് ബുദ്ധിമുട്ടും ചിലവേറിയതുമായ കാര്യമാണ്. അവതലദർപ്പണ ഒബ്ജക്റ്റ് ഉള്ള ദൂരദർശിനികളെ പ്രതിഫലന ദൂരദർശിനികൾ എന്നു പറയുന്നു. ഇവയ്ക്ക് ധാരാളം നന്മകൾ ഉണ്ട്. ഒരുവശം മാത്രം മിനുസപ്പെടുത്തുകയും സൂക്ഷിക്കുകയും ചെയ്താൽ മതി. ദർപ്പണത്തിന്റെ പിൻഭാഗത്തുനിന്നുമുള്ള പിൻബലം കിട്ടുന്നു. ലെൻസിലാണെങ്കിൽ ഇത് വശങ്ങളിൽ

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 92 28-06-2022 16:28:07

മാത്രമാണുള്ളത്. ലെൻസിനെ ക്കാൾ ദർപ്പണത്തിനു ഭാരവും കുറവാണ്. ഒരേയൊരു കുഴപ്പം എന്തെന്നാൽ ഇതിൽ ഓബ്ജക്ടീവ് ദർപ്പണം ദൂരദർശിനിയുടെ ഉള്ളിൽ പതിക്കുന്ന പ്രകാശം മാത്രമേ ഫോക്കസ് ചെയ്യാൻ സാധിക്കുകയുള്ളൂ. ഒരു ഐപീസ് ഉള്ളിൽ ഘടിപ്പിച്ചാലേ ഇതു വ്യക്തമായി കാണാൻ സാധിക്കുകയുള്ളൂ. ഇത് പരിഹരിക്കുന്നതിനായി ഒരു ദ്വിതീയ ദർപ്പണം ഉപയോഗിക്കാം എങ്കിൽ കുഴലിനു വെളിയിലോട്ട് പ്രകാശത്തെ കൊണ്ടുവന്ന് പ്രതിബിംബം കിട്ടുന്ന രീതിയിലാക്കാൻ സാധിക്കും. ചിത്രം 7.42.

7.6.6 സെപ്ക്ട്രോമീറ്റർ

സ്പെക്ട്രോമീറ്റർ ഒരു പ്രകാശിക ഉപകരണമാണ് ഇത് വിവിധ സ്രോതസ്സുകളിൽ നിന്നുള്ള സ്പെക്ട്രയെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനത്തിനും മാധ്യമങ്ങളുടെ അപവർത്തനാങ്കം കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിനും ഉപയോഗിക്കുന്നു (ചിത്രം 7.43) ഇതിൽ അടിസ്ഥാനപരമായി മൂന്നുഭാഗങ്ങളുണ്ട്. (i) കോളിമേറ്റർ (ii) പ്രിസംടേബിൾ (iii) ദൂരദർശിനി.

ചിത്രം 7.43 സ്പെക്ട്രോമീറ്റർ

(i) കോളിമേറ്റർ

കോളിമേറ്റർ എന്നത് സമാന്തര രേഖകളുടെ നിർമ്മാണത്തിനായി ഉള്ള ഒരു സജ്ജീകരണമാണ്. ഇതിൽ ഒരു നീളം കൂടിയ സിലിണ്ടറാകൃതിയിലുള്ള കുഴലുണ്ട്. ഇതിന്റെ ഉൾഭാഗത്തായി ഒരു ഉത്തലലെൻസും പുറംഭാഗത്തായി ഒരു ലംബ സ്ലിറ്റും ഉണ്ട്. സ്ലിറ്റ് ലെൻസിന്റെ ഫോക്കസ്സിൽ ആകുന്ന രീതിയിൽ സ്ലിറ്റും ലെൻസും ക്രമീകരിക്കുക. സ്ലിറ്റ് പ്രകാശ സ്രോതസ്സിന് അഭിമുഖമായി വയ്ക്കുക. സ്ലിറ്റിന്റെ അകലം ക്രമീകരിക്കാൻ സാധിക്കും. കോളിമേറ്റർ ഉപകരണത്തിന്റെ ആധാരത്തിൽ നന്നായി ഉറപ്പിച്ചിട്ടുണ്ട്.

(ii) പ്രിസം ടേബിൾ

പ്രിസം വയ്ക്കുന്നതിനാണ് പ്രിസം ടേബിൽ. ഇതിൽ രണ്ട് വൃത്താകൃതിയുള്ള ലോഹ ഡിസ്കും അതിൽ മൂന്നു തരത്തിലുള്ള സ്ക്രൂ ഉണ്ട്. ഒരു ലംബ അക്ഷത്തെ ആധാരമാക്കി ഇത് ചുഴറ്റാവുന്നതാണ്. ഇത് കേന്ദ്രത്തിലൂടെ കടന്നുചെല്ലുന്നതാണ്. ഇതിന്റെ സ്ഥാനം നിർണ്ണയിക്കുന്നത് രണ്ടു വെർണിയറുകൾ V_1, V_2 ഇവയാലാണ്. പ്രിസം ടേബിളിനെ ഉയർത്താനും താഴ്ത്താനും ഉള്ള സംവിധാനം ഉണ്ട്.

(iii) ദൂരദർശിനി

ഇത് ഒരു അസ്ട്രോണമിക്കൽ ദൂരദർശിനി പോലെയാണ് ഇതിൽ ക്രോസ്വയർ ഒരറ്റത്തും ഐപീസ് മറ്റേ അറ്റത്തും വരുന്ന രീതിയിലുള്ള ഒരു ഐപീസ് ഉണ്ട്. ഐപീസിനും, ഓബ്ജക്ടീവിനും ഇടയിലുള്ള ദൂരത്തെ ക്രമീകരിച്ച് കോളിമേറ്ററിൽ നിന്നും വരുന്ന സമാന്തര പ്രകാശത്തെ ക്രോസ്സ് വയറിൽ പ്രതിബിംബം വ്യക്തമായി ലഭിക്കുന്ന വിധത്തിൽ ക്രമീകരിക്കാവുന്നതാണ്.

ടെലിസ്കോപ്പിനെ (ദൂരദർശിനി) ഒരു കൈപ്പിടിയുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ട്. അതുപയോഗിച്ച് അതേ ലംബ അക്ഷത്തിൽ പ്രിസം ടേബിളിനൊപ്പം ചുറ്റുന്നതിനായി ഉള്ള കഴിവുണ്ട്. ഒരു ഗോളീയ സ്കെയിൽ (പകുതി ഡിഗ്രി അടയാളപ്പെടുത്തിയത്) അതോടൊപ്പംഉറപ്പിച്ചിട്ടുണ്ട്. ടെലിസ്കോപ്പും പ്രിസംടേബിളും പ്രത്യേക സ്ഥാനങ്ങളിൽ ഉറപ്പിക്കുന്നതിനായി റേഡിയൽ സ്കൂകളും ചെറിയ തരത്തിലുള്ള ക്രമീകരണത്തിനായി സ്പർശക സ്ക്രൂകളും ഘടിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ട്.

സ്പെക്ട്രോമീറ്ററിന്റെ സജ്ജീകരണം

താഴെ പറയുന്ന ക്രമീകരണങ്ങൾ സ്പെക്ട്രോമീറ്ററിന്റെ പരീക്ഷണങ്ങൾക്കു മുമ്പ് ചെയ്യേണ്ടതുണ്ട്.

(a) **ഐപീസിന്റെ ക്രമീകരണം:** ടെലിസ്കോപ്പിനെ തിരിച്ച് പ്രകാശത്തിന്റെ നേരെയും ഐപീസിനെ മുന്നിലോട്ടും പിന്നിലോട്ടും തിരിച്ച് ക്രോസ്വയർ വ്യക്തമായി കാണുന്നതുവരെ ക്രമീകരിക്കുക.

(b) **ദൂരദർശിനിയുടെ ക്രമീകരണം:** ദൂരദർശിനി അഥവാ ടെലിസ്കോപ്പിനെ അകലെയുള്ള വസ്തുവിനുനേരെ തിരിച്ച് അതിൽ നിന്നുള്ള പ്രിതിബിംബം ക്രോസ്വയറിൽ വ്യക്തമായി ലഭിക്കത്തക്കവിധം ഐപീസിനെ ക്രമീകരിക്കുക.

(c) **കോളിമേറ്ററിന്റെ ക്രമീകരണം:** കോളിമേറ്ററിന്റെ അക്ഷവുമായിനേരെവരത്തക്കവിധത്തിൽ കോളിമേറ്റർ ക്രമീകരിക്കുക. കോളിമേറ്ററിന്റെ സ്ലിറ്റിലൂടെ പ്രകാശം വീഴാനനുവദിക്കുക. ലെൻസും കോളിമേറ്ററും തമ്മിലുള്ള അകലം ക്രമീകരിച്ച് വ്യക്തമായ പ്രതിബിംബം ക്രോസ്വയറിൽ കിട്ടത്തക്കവിധത്തിൽ വയ്ക്കുക. ടെലിസ്കോപ്പ് നേരത്തെ തന്നെ സമാന്തര പ്രകാശത്തിന് ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നതിനാൽ ഒരു വ്യക്തമായ പ്രതിബിംബം ലഭിക്കുന്നു. (കോളിമേറ്ററിൽ നിന്നും വരുന്ന കിരണങ്ങൾ സമാന്തരമായതിനാൽ).

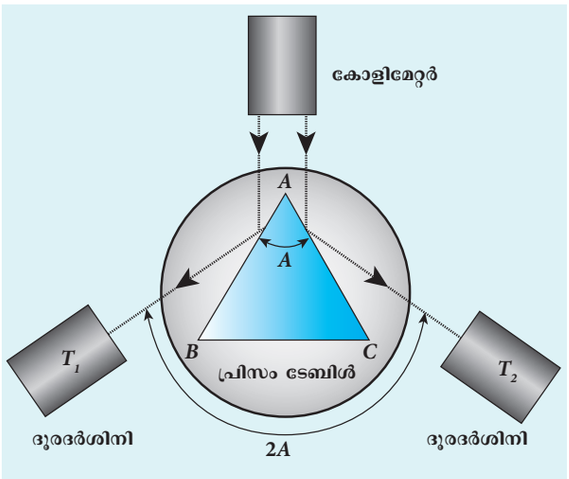
(d) **പ്രിസംടേബിൾ നിരപ്പിലാക്കുക:** പ്രിസംടേബിൾ തിരശ്ചീന സ്ഥാനത്തു ക്രമീകരിക്കുന്നതിനായി ലെവലിങ്ങ് സ്ക്രൂ, സ്പിരിറ്റ് ലെവൽ ഇവ ഉപയോഗിക്കാവുന്നതാണ്.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 93 28-06-2022 16:28:07

7.6.6.1 പ്രിസത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം കാണുന്നവിധം

പ്രാഥമിക ക്രമീകരണങ്ങൾ പ്രിസംടേബിൾ, കോളിമേറ്റർ, ടെലിസ്കോപ്പ് എന്നിവ സ്പെക് ട്രോമീറ്ററിൽ ചെയ്യുക. പ്രിസത്തിന്റെ കോണും മിനിമം ഡീവിയേഷൻ കോണും കണ്ടുപിടിച്ചാൽ പ്രിസത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം കണ്ടുപിടിക്കാം.

(i)* പ്രിസത്തിന്റെ കോണം *A

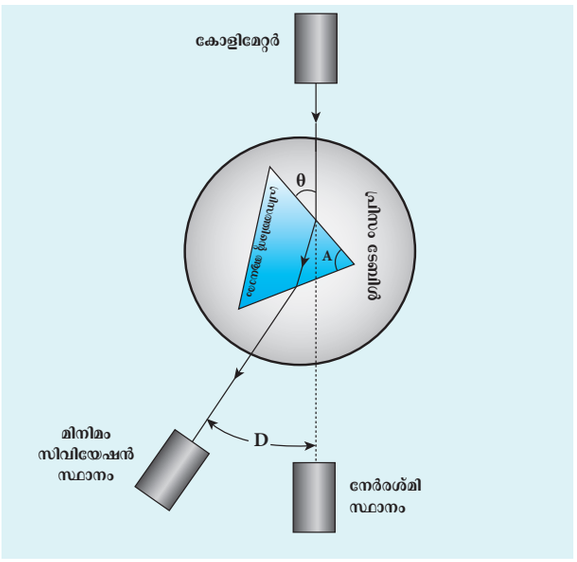


ചിത്രം 7.44 പ്രിസത്തിന്റെ കോണം

പ്രിസത്തെ പ്രിസം ടേബിളിൽ വയ്ക്കുക. അതിന്റെ അപവർത്തനതലം കോളിമേറ്ററിനു നേരെ വരത്തക്കവിധം (ചിത്രം 7.44) ഉള്ളതുപോലെ ക്രമീകരിക്കുക. സോഡിയം പ്രകാശം കൊണ്ട് സ്ലിറ്റിനെ പ്രകാശിപ്പിക്കുക കോളിമേറ്ററിൽ നിന്നും വരുന്ന സമാന്തര പ്രകാശം രണ്ടുവശത്തും പതിക്കുന്നു (പ്രിസത്തിന്റെ AB, AC) ടെലിസ്കോപ്പിനെ T_1 എന്ന സ്ഥാനത്തേക്കു ചുറ്റുക ഏതുവരെയെന്നാൽ AB യിൽ പ്രകാശം പതിച്ച് പ്രതിബിംബം ക്രോസ് വയറിൽ ലഭിക്കുന്നതുവരെ ഇതു തുടരുക. വെർണിയറിന്റെ അളവുകൾ കുറിക്കുക. ടെലിസ്കോപ്പിനെ വീണ്ടും T_2 എന്ന സ്ഥാനത്തേക്കു ചുറ്റുക. ഇപ്പോൾ AC എന്ന തലത്തിൽ പ്രകാശം പതിച്ച് വ്യക്തമായ ബിംബം ക്രോസ് വയറിൽ പതിക്കുന്നവരെ ചെയ്യുക. അളവുകൾ കുറിക്കുക, ഈ രണ്ടു അളവുകളുടെയും വ്യത്യാസം എന്നത് ടെലിസ്കോപ്പിനാലുള്ള ചുഴറ്റപ്പെട്ട ആകെ കോൺ ഇത് പ്രിസത്തിനറെ കോണിന്റെ ഇരട്ടിയായിരിക്കും. അതിനാൽ ഇതിന്റെ പകുതി എന്നതായിരിക്കും പ്രിസത്തിന്റെ കോൺ A.

(ii)* മിനിമം ഡീവിയേഷൻ കോൺ *D

പ്രിസത്തെ പ്രിസം ടേബിളിൽ വയ്ക്കുക. ഇപ്പോൾ പ്രകാശം കോളിമേറ്ററിൽ പതിച്ച് അതിൽ നിന്നും അപവർത്തന പ്രതലത്തിൽ തട്ടി അപവർത്തനം സംഭവിച്ച് വ്യക്തമായ ബിംബം ടെലിസ്കോപ്പിൽ ലഭിക്കുന്നു. പ്രിസം ടേബിൾ ചുഴറ്റുക അതിനാൽ ഡീവിയേഷൻ കോൺ കുറയുന്നു. ഒരു പ്രത്യേക സ്ഥാനം എത്തുമ്പോൾ ബിംബം അപ്രത്യക്ഷമാകുന്നു. വീണ്ടും അതേ ദിശയിൽ പ്രിസം ടേബിൾ ചുറ്റിയാൽ ബിംബം ചെറുതായി കാണുന്നു. അപ്പോ ഡീവിയേഷൻ കോൺ വർദ്ധിക്കുന്നു. ടെലിസ്കോപ്പിന്റെ ക്രേസ് വയറും സ്ലിറ്റിന്റെ ബിംബം തിരിച്ചുപോകുന്ന ആ പൊസിഷനിൽ വയ്ക്കുക ഇത് നമുക്ക് മിനിമം ഡീവിയേഷൻ പൊസിഷൻ നൽകുന്നു.



ചിത്രം 7.45 മിനിമം ഡീവിയേഷൻ കോൺ

വെർണിയറിന്റെ അളവുകൾ രേഖപ്പെടുത്തുക. ഇപ്പോൾ പ്രിസത്തെ മാറ്റി ടെലിസ്കോപ്പിനെ തിരിച്ച് നേരിട്ടുള്ള രശ്മി കിട്ടുന്നതിനായി ക്രോസ് വയറിനെ ബിംബവുമായി നേരെ പതിപ്പിക്കുക. വെർണിയറിലെ അളവുകൾ രേഖപ്പെടുത്തുക. രണ്ടു അളവിനും ഉള്ള വ്യത്യാസം കാണുക ഇത് നമുക്ക് മിനിമം ഡീവിയേഷൻ കോൺ D നൽകുന്നു. അതിനാൽ അപവർത്തനാങ്കം (പ്രിസത്തിന്റെ) n കണ്ടുപിടിക്കാം,

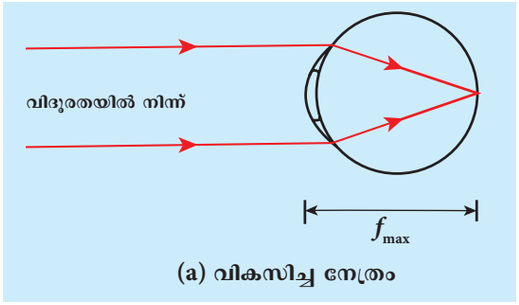
$$n = \frac{\sin\left(\frac{A+D}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

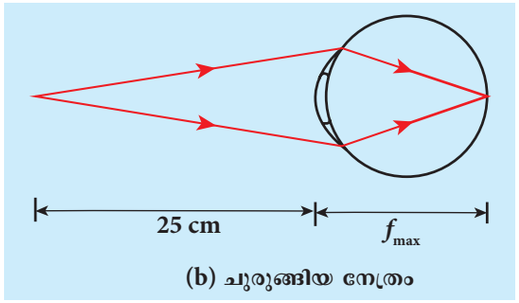
ഒരു ദ്രാവകത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കവും ഇത്തരത്തിൽ കാണാവുന്നതാണ്. ഒരു ഉള്ളുപൊള്ളയായ ഗ്ലാസ്സ് പ്രിസം ദ്രാവകം കൊണ്ടു നിറയ്ക്കുക. എന്നിട്ട് നമുക്ക് ഇത്തരത്തിൽ അപവർത്തനാങ്കം കാണാവുന്നതാണ്. സ്പെക്ട്രോമീറ്റർ പരീക്ഷണങ്ങൾ പുസ്തകത്തിൽ പ്രതിപാദിച്ചിട്ടുണ്ട്

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 94 28-06-2022 16:28:08

7.6.7 മനുഷ്യനേത്രം

കണ്ണ് പ്രകൃത്യാ ഉള്ള ഒരു പ്രകാശിക ഉപകരണം അത് ദൈവം കൊടുത്തതാണ്. ആന്തരീക ഘടനയും പ്രവർത്തനവും നിങ്ങൾ പഠിച്ചിരിക്കും. നേത്ര ലെൻസ് വളരെ ക്രമീകരിക്കത്തക്കതാണ്. ഇതിന്റെ ഫോക്കസ്സ് ദൂരം ഒരു പരിധിവരെ ക്രമീകരിക്കാൻ സാധിക്കും. പൂർണ്ണമായും നേത്രം തുറക്കുമ്പോൾ ഫോക്കസ് ദൂരം അധികമാവുന്നു. പ്രതിബിംബം ദൃഷ്ടിപടലത്തിൽ ലഭിക്കുന്നു. ഒരു സാധാരണ മനുഷ്യന്റെ കണ്ണിന്റെ വ്യാസം 2.5 സെ.മീ ആണ്. അതിനാൽ ബിംബ ദൂരം അതായത് നേത്ര പടലത്തിനും ദൃഷ്ടിപടലത്തിനും ഇടയിലുള്ള ദൂരം 2.5 സെ.മീ. പ്രകാശിക പ്രവർത്തനത്തെക്കുറിച്ച് നമുക്ക് ഇവിടെ പഠിക്കാം. അക്വസ് ഹ്യൂമർ, വിട്രിയസ് ഹ്യൂമർ എന്നി ദ്രാവകങ്ങളിലെ അപവർത്തനാങ്കത്തിന് പ്രാധാന്യം കൊടുക്കുന്നില്ല. വിദൂരത്തിലിരിക്കുന്ന ഒരു വസ്തുവിന്റെ പ്രതിബിംബ ഒരു സാധാരണ മനുഷ്യനു സാധാരണ രീതിയും $f_{\text{അധികതമം}}$ എന്ന ഫോക്കസ് ദൂരത്തിൽ ലഭിക്കുന്നു. ചിത്രം 7.46(a) എന്നാൽ കഷ്ടിച്ച് ഒരു സാഹചര്യത്തിൽ D (25 സെ.മീ ൽ കുറഞ്ഞ ഫോക്കസ് ദൂരം $f_{\text{ന്യൂനതമം}}$ ത്തിലും ലഭിക്കുന്നു. ചിത്രം 7.46 (b).





ചിത്രം 7.46 സാധാരണ നേത്രത്തിന്റെ ഫോക്കസ്സിങ്ങ്

മനുഷ്യനേത്രത്തിന്റെ $f_{\text{അധികതമം}}$, $f_{\text{ന്യൂനതമം}}$ ഇവ കാണുന്ന വിധം - ലെൻസ് സമീകരണത്തിൽ നിന്നും (6.63).

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

വസ്തു വിദൂരത്തിലാവുമ്പോൾ, $u = -\infty$, $v = 2.5$ സെ.മീ (നേത്ര ലെൻസിനും ദൃഷ്ടിപടലത്തിനും ഇടയിലുള്ള ദൂരം) ഒരു സാധാരമ നിലയിൽ നേത്രത്തിന് വസ്തുവിനെ കാണാൻ പറ്റുന്ന ദൂരം f_{max} ലെൻസ് സമീകരണത്തിൽ നിന്നും,

$$\frac{1}{f_{\text{അധികതമം}}} = \frac{1}{2.5\text{സെ.മീ}} - \frac{1}{-\infty}$$

$$f_{\text{അധികതമം}} = 2.5 \text{ സെ.മീ}$$

വസ്തു ഹ്രസ്വബിന്ദുവിലാകുമ്പോൾ, $u = -25$ സെ.മീ, $v = 2.5$ സെ.മീ, കണ്ണിനു ബുദ്ധിമുട്ടി വസ്തുവിനെ $f_{\text{ന്യൂനതമം}}$ കാണാൻ സാധിക്കുന്നു, ലെൻസ് സമീകരണത്തിൽ നിന്നും

$$\frac{1}{f_{\text{ന്യൂനതമം}}} = \frac{1}{2.5\,\text{സെ.മീ}} - \frac{1}{-25\,\text{സെ.മീ}}$$

$$f_{\text{ന്യൂനതമം}} = 2.27 \text{ സെ.മീ}$$

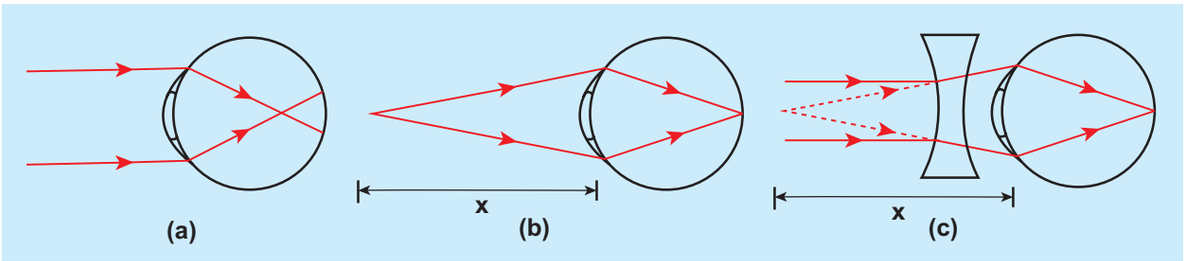
ഇപ്പോഴുള്ള ചെറിയ വ്യതിയാനം $f_{\text{അധികതമം}} - f_{\text{ന്യൂനതമം}} = 0.23$ സെ.മീ, ഈ ഫോക്കസ് ദൂരം കണ്ണിനെ വസ്തുവിദൂരത്തിൽ നിന്നും അടുത്തായി കാണാൻസാധിക്കുന്നു. ഇനി നമുക്ക് കണ്ണിന്റെ ചില സാധാരണ ന്യൂനതകളെപ്പറ്റി നോക്കാം.

7.6.7.1 ഹ്രസ്വദൃഷ്ടി

ഹ്രസ്വദൃഷ്ടി ഉള്ള ഒരാൾക്ക് അടുത്തുള്ള വസ്തുക്കളെ കാണാൻ സാധിക്കും എന്നാൽ അകലെയുള്ള വസ്തുക്കളെ കാണുവാൻ സാധിക്കുകയില്ല. കാരണം കണ്ണിന്റെ ലെൻസിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരം കുറയുന്നതിനാലാണ്. ഇതിനു കാരണം നേത്ര ലെൻസ് കട്ടി കൂടുന്നു, നേത്ര പടലത്തിന്റെ വ്യാസം കൂടുതലാവുന്നതിനാലാണ്. ഇത്തരത്തിലുള്ളവർക്ക ദൂരെയുള്ള വസ്തുവിനെ കാണാൻ പ്രയാസമാണ് അതിനാൽ അവർക്ക് ഇത് പരിഹരിക്കുന്നതിനായി ലെൻസ് ആവശ്യമായി വരുന്നു.

ഇത്തരക്കാർ പ്രകാശകിരണങ്ങൾ വസ്തുവിൽ നിന്നും വന്നു നേത്ര ലെൻസിൽ പതിച്ച് ദൃഷ്ടി പടലത്തിനു മുന്നിലായി പ്രതിബിംബം ലഭിക്കുന്നു. ചിത്രം 7.47(a) എന്നാലിവർക്ക് അടുത്തുള്ള വസ്തുക്കളെ കാണാൻ സാധിക്കുന്നു. x ദൂര

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 95 28-06-2022 16:28:09



ചിത്രം 7.47 ഹ്രസ്വദൃഷ്ടിയും പരിഹാരവും

ത്തിലാണ് (മിനിമം ദൂരം) വസ്തു എങ്കിൽ അവർക്ക് വസ്തുവിനെ കാണാൻ സാധിക്കുന്നു. ചിത്രം 7.47(b) ഈ പ്രശ്നം പരിഹരിക്കുന്നതിനായി ചിത്രം 7.47(c) ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ ഒരു ലെൻസ് ഉപയോഗിച്ച് പരിഹരിക്കാവുന്നതാണ്.

പരിഹാര ലെൻസിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരം ലെൻസ് സമീകരണം ഉപയോഗിച്ച് കാണാവുന്നതാണ്. (6.63).

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

ഇവിടെ, $u = -\infty$, $v = -x$. എങ്കിൽ ആലെൻസിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരം,

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{-x}-\frac{1}{-\infty}$$

f ഹ്രസ്വദൃഷ്ടിയും പരിഹാരവും,

$$f = -x \qquad (7.83)$$

മുകളിൽ പറഞ്ഞ ഋണചിഹ്നം സൂചിപ്പിക്കുന്നത് അവതല ലെൻസാണ് ഇവിടെ ഉപയോഗിക്കുന്നത്. ഇവിടെ അവതല ലെൻസ് പ്രകാശ കിരണങ്ങളെ കൺവെർജ് ചെയ്തു (പിരിച്ചുകൊണ്ട്) പ്രതിബിംബത്തെ ദൃഷ്ടിപടലത്തിൽ പതിപ്പിക്കുന്നു.

7.6.7.2 ദീർഘദൃഷ്ടി (*hypermetropia*)

ദീർഘദൃഷ്ടിയുള്ള ഒരാൾക്ക് അകലെയുള്ള വസ്തുക്കളെ വ്യക്തമായി കാണാൻ സാധിക്കുന്നു. എന്നാൽ അടുത്തുള്ള വസ്തുക്കളെ വ്യക്തമായി കാണാൻ സാധിക്കുന്നില്ല. ഇതിനു കാരണം ഫോക്കൽ ദൂരം കൂടുതലുള്ള നേത്ര ലെൻസുകളാണ്. അല്ലെങ്കിൽ സ്വാഭാവികമായി കാണുന്നതിനേക്കാൾ വലുപ്പം കുറഞ്ഞ കൃഷ്ണമണികളുള്ളതാണ്. ഇത്തരം ആളുകൾക്ക് വ്യക്തമായ കാഴ്ചയ്ക്കുള്ള ഏറ്റവും അടുത്തുള്ള ദൂരം 25 സെന്റീമീറ്ററിൽ കൂടുതലാണ്. ഇതിനാൽ പുസ്തകങ്ങൾ വായിക്കുന്നതിനും കൈ പരിധിക്കുള്ളിൽ വരുന്ന വസ്തുതകളെ വീക്ഷിക്കാനും ബുദ്ധിമുട്ട് അനുഭവപ്പെടുന്നു. ഇപ്രകാരം വാർദ്ധക്യത്തിൽ കണ്ടുവരുന്ന ഇത്തരം ദീർഘ ദൃഷ്ടിയെ പ്രസ്ബയോവിയ എന്നു പറയുന്നു. ഇത്തരക്കാർക്ക് നേത്ര ലെൻസിന്റെ ഫോക്കൽ ദൂരം കുറയ്ക്കാൻ ആയാസപ്പെടാൻ ബുദ്ധിമുട്ടാണ്.

ഇവിടെ അടുത്തുള്ള വസ്തുക്കളിൽ നിന്നും വരുന്ന പ്രകാശ കിരണങ്ങൾ ദൃഷ്ടിപടലത്തിനു പിന്നിലായി കേന്ദ്രീകരിച്ച് അവിടെ പ്രതിബിംബം ഉണ്ടാകുന്നു. ചിത്രം 7.48(a) എന്നാൽ ഇവർക്ക് 25 സെ.മി. അകലെ ഉള്ള വസ്തുക്കളെ കാണുവാൻ സാധിക്കുന്നു. y ആണ് ഇവരുടെ മിനിമം ദൂരം അതിനപ്പുറമുള്ള വസ്തുക്കളെ ഇവർക്കു കാണാൻ സാധിക്കും എങ്കിൽ ചിത്രം 7.48(b) എന്നാൽ ഇതു പരിഹരിച്ച് പ്രതിബിംബം ദൃഷ്ടി പടലത്തിൽ കൊണ്ടുവരുന്നതിനായി ലെൻസ് ഉപയോഗിക്കുന്നു. പരിഹാര ലെൻസിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരം ഒരു ലെൻസ് ഉപയോഗിച്ച് കാണാവുന്നതാണ്.

ദീർഘദൃഷ്ടിയുടെ പരിഹാര ലെൻസിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരം ലെൻസ് സൂത്രവാക്യം ഉപയോഗിച്ച് കണ്ടുപിടിക്കാവുന്നതാണ് (6.63).

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

ഇവിടെ, $u = -25$ സെ.മീ, $v = -y$ മൂല്യങ്ങളെ പ്രതിസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ,

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{-y}-\frac{1}{-25\,\text{സെ.മീ}}$$

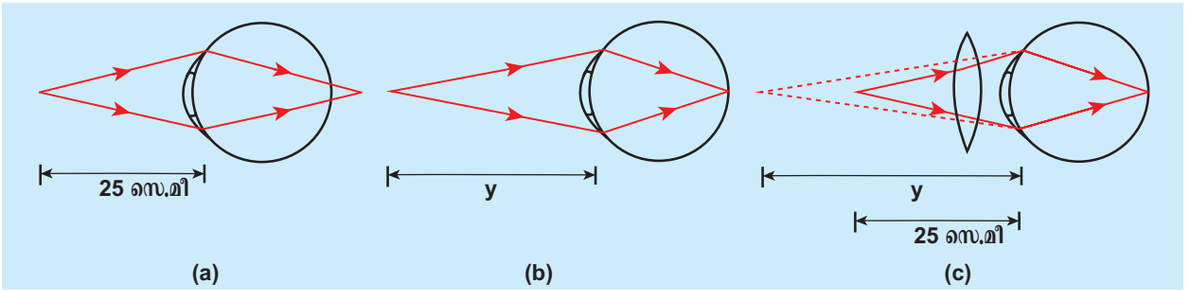
ലഘൂകരിക്കുമ്പോൾ ലഭിക്കുന്നത്,

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{25\,\text{സെ.മീ}}-\frac{1}{y}=\frac{y-25\,\text{സെ.മീ}}{y\times 25\,\text{സെ.മീ}}$$

$$f=\frac{y\times 25\,\text{സെ.മീ}}{y-25\,\text{സെ.മീ}} \qquad (7.84)$$

y എപ്പോഴും 25-നെക്കാൾ കൂടുതലായതിനാൽ ഫോക്കസ് ദൂരം ധനസംഖ്യയായിരിക്കും.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 96 28-06-2022 16:28:10



ചിത്രം 7.48 ദീർഘദൃഷ്ടിയും പരിഹാരവും

അതിനാൽ ലെൻസ് ഉത്തലലെൻസായിരിക്കും. ഇവിടെ ഉത്തലലെൻസ് സമാന്തര പ്രകാശ കിരണങ്ങളെ ദൃഷ്ടി പടലത്തിനു വെളിയിൽ പോകാതെ ദൃഷ്ടി പടലത്തിൽ തന്നെ ക്രോഡീകരിച്ച് പ്രതിബിംബം ദൃഷ്ടി പടലത്തിൽ ഉണ്ടാക്കുന്നു.

7.6.6.3 അസ്റ്റിക്മാറ്റിസം

നേത്രലെൻസിലെ വ്യത്യസ്ഥ തലങ്ങളിലെ വ്യത്യസ്ഥ വക്രതയാണ് ഇതിനുകാരണം. അസ്റ്റിക്മാറ്റിസം ഉള്ള ആൾക്ക് എല്ലാ ദിശയും ഒന്നു പോലെ കാണാൻ സാധിക്കില്ല. ഈ കുറവ് ഹ്രസ്വ ദൃഷ്ടിയെയും ദീർഘദൃഷ്ടിയെയും അപേക്ഷിച്ച് വളരെ ഗുരുതരമാണ്. ഇതിനുള്ള പരിഹാരം വ്യത്യസ്ഥ വക്രതകളുള്ള ലെൻസുകൾ ഉപയോഗിക്കുക എന്നതാണ്. സിലിണ്ടറാകൃതിയിലുള്ള ലെൻസുകളാണ് ഇതുപരിഹരിക്കുന്നതിനായി ഉപയോഗിക്കുന്നത്.

പ്രായം ആകുന്തോറും ആളുകൾക്ക് വ്യത്യസ്ഥ തരത്തിലുള്ള കുറവുകൾ കണ്ണിനു ഒന്നിച്ച് ബാധിക്കുന്നു. ഹ്രസ്വദൃഷ്ടിയും ദീർഘദൃഷ്ടിയും ഒന്നിച്ചൊരാൾക്കു ബാധിക്കുന്നു എങ്കിൽ അടുത്തുള്ള വസ്തുക്കളെ കാണാൻ ഉത്തല ലെൻസും ദൂരെയുള്ള വസ്തുക്കളെ കാണുന്നതിനായി അവതല ലെൻസും ചേർന്ന് ബൈഫോക്കൽ ലെൻസ് ഉപയോഗിക്കുന്നു. അതുപോലെ പ്രോഗ്രസ്സിവ് ലെൻസും ഇത്തരം കുറവുകൾ പരിഹരിക്കുന്നതിനായി ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 7.22

ഹ്രസ്വദൃഷ്ടിയുള്ള ഒരാൾക്ക് 1.8 മീ. വരെയുള്ള വസ്തുക്കളെമാത്രം വ്യക്തമായി കാണാൻ സാധിക്കുന്നു. അയാൾ ഈ പ്രശ്നം പരിഹരിക്കുന്നതിനായി ഉപയോഗിക്കേണ്ട ലെൻസിന്റെ പവർ കാണുക?

നിർദ്ധാരണം

അയാളുടെ ഹ്രസ്വബിന്ദു, $x = 1.8$ മീ.

എങ്കിൽ ലെൻസിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരം,
$f = -x$ മീ $= -1.8$ മീ.

അതിനാൽ ലെൻസ് അവതല ലെൻസാകുന്നു.

ലെൻസിന്റെ പവർ,

$$P = -\frac{1}{1.8\ \text{m}} = -0.56\ \text{D}\ (\text{ഡയോപ്റ്റർ}).$$

ഉദാഹരണം 7.23

ദീർഘദൃഷ്ടിയുള്ള ഒരാളുടെ വസ്തുവിനു കാണാൻ സാധിക്കുന്ന കുറഞ്ഞ ദൂരം 75 സെ.മി. എങ്കിൽ അയാൾ ഉപയോഗിക്കുന്ന ലെൻസിന്റെ പവർ കാണുക.

നിർദ്ധാരണം

അയാൾക്കു കാണാൻ കഴിയുന്ന കുറഞ്ഞ ദൂരം,
$y = 75$ സെ.മീ.

എങ്കിൽ ലെൻസിനുണ്ടാകേണ്ട ഫോക്കസ് ദൂരം,

$$f = \frac{y \cdot\ 25\ \text{സെ.മീ}}{y - 25\ \text{സെ.മീ}}$$

$$f = \frac{75\text{സെ.മീ} \times 25\text{സെ.മീ}}{75\text{സെ.മീ} - 25\text{സെ.മീ}} = 37.5\ \text{സെ.മീ}$$

ഇത് ഒരു ഉത്തല ലെൻസാകുന്നു.

ലെൻസിന്റെ പവർ,

$$P = \frac{1}{0.375\ \text{മീ}} = 2.67\ \text{D}.$$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 97 28-06-2022 16:28:10

സംഗ്രഹം

- പ്രകാശത്തിന് തരംഗസ്വഭാവവും കണങ്ങളുടെ സ്വഭാവവും ഉണ്ട്.
- ഒരു തരംഗമുഖം എന്നത് ഒരേ അവസ്ഥയിലും ഘട്ടത്തിലും ഉള്ള കമ്പനങ്ങളുടെ ലോക്കസ് ആണ്. തരംഗമുഖങ്ങളുടെ പ്രചരണത്തെക്കുറിച്ച് ഹൈജൻസ് തത്വം പ്രതിപാദിക്കുന്നു.
- പ്രകാശം തരംഗമുഖമായി പ്രചരണം ചെയ്യുന്നു. ബിന്ദു പ്രകാശം ഗോളീയ തരംഗമുഖത്തെയും, ദൂരത്തിലുള്ള വസ്തുവിന്റെ പ്രകാശം തലം തരംഗമുഖത്തെയും ഉണ്ടാക്കുന്നു.
- പ്രതിഫലന അപവർത്തന നിയമങ്ങൾ ഹൈജൻസിനാൽ തെളിയിക്കപ്പെട്ടു.
- രണ്ടു പ്രകാശ തരംഗങ്ങളുടെ സങ്കലനം അഥവാ കൂടിച്ചേരൽ എന്ന പ്രതിഭാസം ചില ബിന്ദുക്കളിൽ തീവ്രത കൂടിയും മറ്റു ചില ബിന്ദുക്കളിൽ തീവ്രത കുറഞ്ഞും കാണപ്പെടുന്നതിനെ വ്യതികലനം എന്നു പറയുന്നു.
- I_1 , I_2 എന്നിവ വ്യതികലനം സംഭവിച്ച പ്രകാശങ്ങളുടെ തീവ്രതയെന്നാൽ $I_{\text{അധികതമം}} = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}$; $I_{\text{ന്യൂനതമം}} = I_1 + I_2 - 2\sqrt{I_1 I_2}$
- വ്യതികലന പ്രകാശത്തിന് തുല്യതീവ്രത I_0 , ϕ, എന്ന ഘട്ട വ്യത്യാസത്തിലാണ് എങ്കിൽ $I = 4I_0 \cos^2(\phi/2)$

  $I_{\text{അധികതമം}} = 4I_0$, $\phi = 0, \pm 2\pi, 4\pi...$, ആകുമ്പോൾ

  $I_{\text{ന്യൂനതമം}} = 0$, $\phi = \pm\pi, \pm 3\pi, \pm 5\pi...$, ആകുമ്പോൾ
- രണ്ടു പ്രകാശ സ്രോതസ്സുകൾ കൊഹിറന്റ് ആണെങ്കിൽ ആ തരംഗങ്ങൾ ഒരേ ഘട്ടത്തിലോ ഘട്ടവ്യത്യാസത്തിലോ, ഒരേ ആവൃത്തി അല്ലെങ്കിൽ തരംഗദൈർഘ്യം മോണോക്രൊമാറ്റിക്, തുല്യ ആയാമത്തിലുള്ള തുല്യ തരംഗങ്ങൾ ആയിരിക്കും.
- തരംഗമുഖ വിഭജനത്തിലൂടെയും തീവ്രത വിഭജനം, പ്രകാശത്തിന്റെ വാസ്തവികവും മിഥ്യയുമായ പ്രതിബിംബം എന്നിവകളിലൂടെ കൊഹിറന്റ് സ്രോതസ്സുകൾ നമുക്ക് ലഭ്യമാണ്.
- യങ്സ് ഡബിൾ സ്ലിറ്റ് കൊഹിറന്റ് സ്രോതസ്സ് ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കാൻ തരംഗമുഖ വിഭജനം എന്ന രീതിയുപയോഗിക്കുന്നു.
- യങ്സ്ഡബിൾ സ്ലിറ്റ് പരീക്ഷണത്തിൽ n ാം ബ്രൈറ്റ് ഫ്രിൻജിന്റെ സ്ഥാനം, $y_n = n\frac{\lambda D}{d}$
- യങ്സ് ഡബിൾ സ്ലിറ്റ് പരീക്ഷണത്തിൽ n ാം ഡാർക്ക് ഫ്രിൻജിന്റെ സ്ഥാനം, $y = \frac{(2n-1)}{2}\frac{\lambda D}{d}$
- യങ്സ് ഡബിൾ സ്ലിറ്റ് പരീക്ഷണത്തിൽ ബാൻഡിഡ്ത്ത്, $\beta = \frac{\lambda D}{d}$
- പോളിക്രൊമാറ്റിക് (വെള്ള) പ്രകാശത്താലുള്ള വ്യതികലനം വർണ്ണങ്ങളുള്ള വ്യതികലന ഫ്രിൻജുകൾ ഉണ്ടാക്കുന്നു.
- വെള്ള പ്രകാശത്തിന്റെ വ്യതികലനത്താൽ കനംകുറഞ്ഞ ഫിലിമുകൾ വർണ്ണങ്ങളുള്ളതായി മാറുന്നു.
- കനംകുറഞ്ഞ പാളികളിൽ പ്രതിഫലന കിരണങ്ങളുടെ കൺസ്ട്രക്ടീവ്, ഡിസ്ട്രിക്ടീവ് വ്യതികല
- പ്രേക്ഷണം ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രകാശം, $2\mu d = (2n-1)\frac{\lambda}{2}$; $2\mu d = n\lambda$ എന്നിങ്ങനെയാണ്.
- നങ്ങൾക്കുള്ള സമീകരണം, $2\mu d = n\lambda$; $2\mu d = (2n-1)\frac{\lambda}{2}$ എന്നിങ്ങനെയാണ്.
- വ്യതിയാനം എന്നത് പ്രകാശ തരംഗങ്ങൾ കൂർത്ത അഗ്രങ്ങളിലൂടെ വളവു സംഭവിച്ച് ജ്യാമിതീയ നിഴലിട്ട പ്രദേശങ്ങളിലേക്ക് പോകുന്ന പ്രതിഭാസമാണ്.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 98 28-06-2022 16:28:11

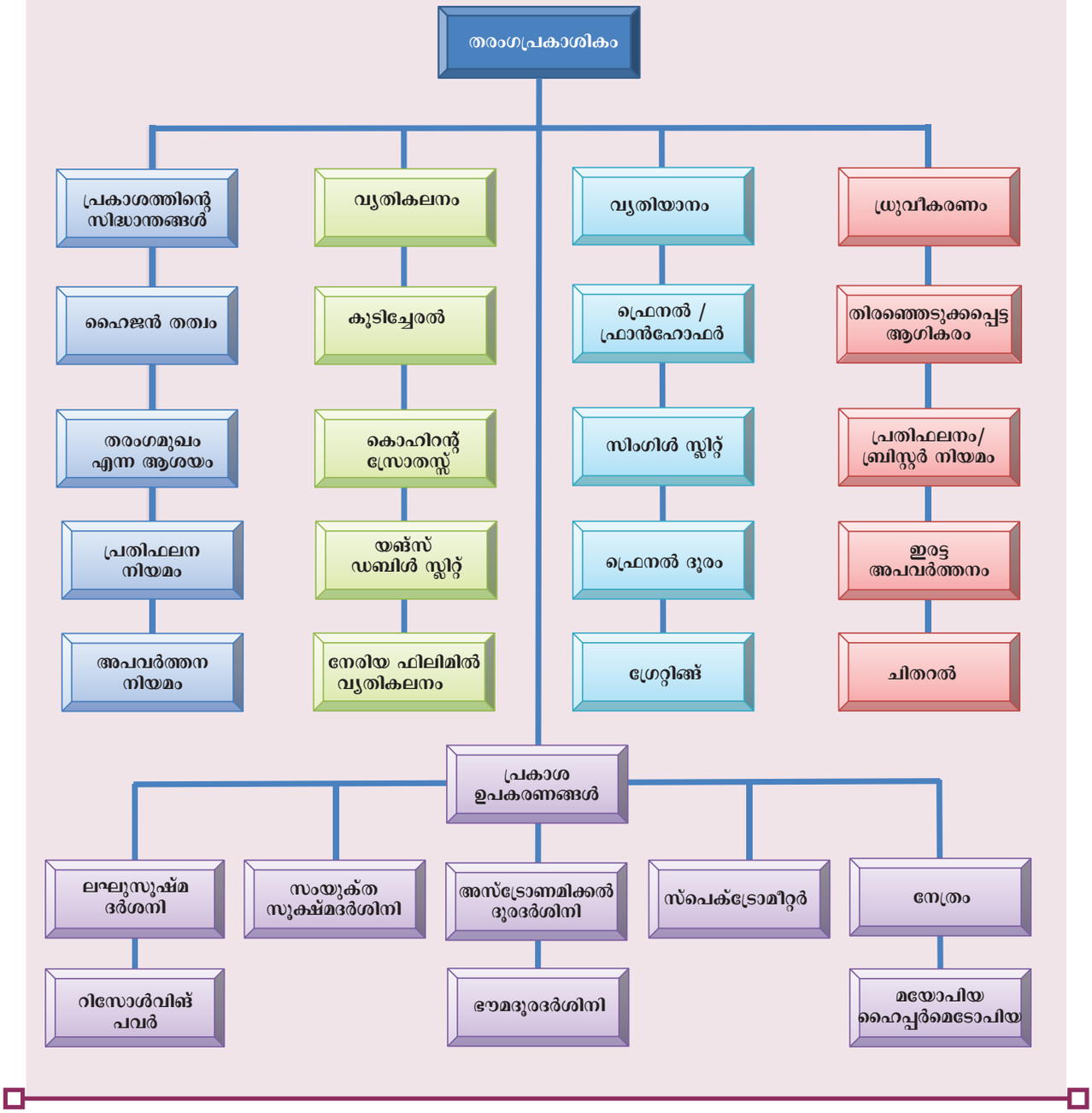
- ഒരു ഗോളിയതരംഗമുഖം ഫ്രെനൽ വ്യതിയാനത്തിൽ വ്യതിയാനം സംഭവിക്കുന്നു.
- ഒരു തലം തരംഗമുഖം വ്യതിയാനം നടക്കുന്നത് ഫ്രാൻഹോഫർ വ്യതിയാനത്തിലാണ്.
- ഒറ്റ സ്ലിറ്റ് വ്യതിയാനത്തിൽ n-ാം ന്യൂനതമം കിട്ടുന്നതിനുള്ള സമീകരണം $\sin\theta = n\lambda$
- ഒറ്റ സ്ലിറ്റ് വ്യതിയാനത്തിൽ n-ാം അധികതമം കിട്ടുന്നതിനുള്ള സമീകരണം, $a\sin\theta = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$
- ഫ്രനൽ ദൂരം എന്നത് ഒരു പ്രത്യേക ദൂരം അതുവരെ മാത്ര രശ്മി പ്രകാശികം അനുസരിക്കുന്നു. അതിനപ്പുറത്ത് രശ്മിപ്രകാശികം അനുസരിക്കുന്നില്ല പക്ഷേ തരംഗപ്രകാശികം പ്രായോഗികമാണ്. $z = \frac{a^2}{2\lambda}$
- ധാരാളം സ്ലിറ്റുകളും വീതി, പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യത്തിന് തുല്യവുമായി ഗ്രേറ്റിങ്ങുകളിൽ വ്യതിയാനം നടക്കുന്നു. $(a + b)\sin\theta = m\lambda;\ \sin\theta = N m\lambda$
- വ്യതിയാന ഗ്രേറ്റിങ്ങ്, സ്പെക്ട്രോമീറ്റർ എന്നിവ ഉപയോഗിച്ച് മോണോക്രൊമാറ്റിക്, പോളിക്രൊമാറ്റിക് പ്രകാശം എന്നിവയുടെ വ്യത്യസ്ഥ നിറങ്ങൾക്ക് തരംഗദൈർഘ്യം കണ്ടുപിടിക്കാൻ സാധിക്കുന്നു.
- റെയ്ലേയുടെ ക്രിറ്റീരിയ പ്രകാരം രണ്ടു ബിന്ദു വലുപ്പത്തിലുള്ള വസ്തുവിന്റെ പിരിക്കൽ നടക്കണമെങ്കിൽ അവയുടെ വ്യതിയാനം സംഭവിച്ച പ്രതിബിംബങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള കുറഞ്ഞ ദൂരം ഒന്നിന്റെ കേന്ദ്ര അധികതമം മറ്റൊന്നിന്റെ ആദ്യ ലഘുതമവുമായും തിരിച്ചും ഒന്നിനൊന്ന് ഏകീഭവിക്കുന്നതായിരിക്കണം
- കോണീയ വേർപിരിക്കൽ, $\theta = \frac{1.22\lambda}{a}$
- പ്രത്യേക വേർപിരിക്കൽ, $r_0 = \frac{1.22\lambda f}{a}$
- വേർപിരിക്കൽ കണക്കാക്കപ്പെടുന്നത് എങ്ങനെയെന്നാൽ വ്യതിയാനം സംഭവിച്ചതിനുശേഷം യാതൊരു അവ്യക്തതയുമില്ലാതെ വ്യക്തമായി കാണാൻ കഴിയുന്ന മിനിമം ദൂരം വച്ചിട്ടാണ്.
- പ്രകാശത്തിന്റെ കമ്പനത്തെ (വൈദ്യുത അഥവാ കാന്തിക മണ്ഡല വെക്ടാർ) തരംഗത്തിന്റെ പ്രചരണത്തിനു ലംബദിശയിൽ നിയന്ത്രിക്കുന്ന പ്രതിഭാസമാണ് ധ്രുവീകരണം.
- തരംഗങ്ങളുടെ കമ്പനം ഒരു ദിശയിൽ മാത്രമാണെങ്കിൽ അതും തരംഗത്തിന്റെ പ്രചരണ ദിശക്ക് ലംബദിശയിലാണെങ്കിൽ അവയെ ധ്രുവീകരിച്ച അഥവാ തലം ധ്രുവീകരിച്ച പ്രകാശം എന്നു പറയുന്നു.
- വൈദ്യുതമണ്ഡല വെക്ടറുകളുടെ കമ്പനങ്ങൾ ഉള്ളതലത്തെ കമ്പന തലം എന്നു പറയുന്നു.
- കമ്പനതലത്തിനു ലംബമായതും പ്രകാശ രശ്മികൾ ഉള്ളതുമായ തലത്തെ ധ്രുവീകരണ തലം എന്നു പറയുന്നു.
- തലം ധ്രുവീകരിക്കപ്പെട്ട പ്രകാശത്തിൽ അനലൈസറിനെ ഓരോ $90°$ ചുഴറ്റുമ്പോഴും പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത. അധികതമത്തിൽ നിന്നും പൂജ്യമായി മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കും.
- അനലൈസറിന്റെ ഓരോ $90°$ ചുറ്റിനും പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത അധികതമത്തിൽ നിന്നും ന്യൂനതമത്തിലോച്ചുമാറുന്നതിനാൽ ആ പ്രകാശത്തെ ഭാഗികമായി ധ്രുവീകരിച്ച പ്രകാശം എന്നു പറയുന്നു
- രണ്ടു എതിരായിവച്ചിട്ടുള്ള പോളറൈഡുകളിലൂടെ പ്രേക്ഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത മാലൂസ് നിയമപ്രകാരം. $I = I_0\cos^2\theta$
- നിക്കൽ പ്രിസം ദ്വൈത അപവർത്തനത്തിലൂടെ സാധാരണ രശ്മിയെയും അസാധരണ രശ്മിയെയും വേർതിരിക്കുന്നു.
- പതനപ്രകാശത്തിനു ലംബമായി തന്മാത്രകളാൽ ചിതറപ്പെട്ട പ്രകാശം തലം ധ്രുവീകരിക്കപ്പെട്ടതാകുന്നു.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 99 28-06-2022 16:28:11

- വസ്തു ഫോക്കസ് ദൂരത്തിനുള്ളിലാകുമ്പോൾ ഒരു ഉത്തരലെൻസ് ലഘു സൂക്ഷ്മദർശിനിയായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.
- ഹ്രസ്വ ബിന്ദു ഫോക്കസ്സിങ്ങിൽ പ്രതിബിംബം കിട്ടുന്നത് $D = 25$ സെ.മീ ആയിരിക്കും.
- അടുത്തബിന്ദു (ഹ്രസ്വ ബിന്ദു) ഫോക്കസ്സിങ്ങിൽ വിപുലീകരണം, $m = 1 + \frac{D}{f}$
- സാധാരണ ഫോക്കസിങ്ങിൽ ബിംബം വിദൂരതയിൽ ലഭിക്കുന്നു. അവിടെ വിപുലീകരണം, $m = \frac{D}{f}$
- സൂഷ്മദർശനിയുടെ വേർപിരിക്കൽ, $R_M = \frac{1}{d_{\text{സൂക്ഷ്മം}}} = \frac{2(NA)}{1.22\lambda} = \frac{(2n \sin \beta}{1.22\lambda}$
- ദൂരദർശിനിയുടെ റിസോൾവിങ്ങ് പവർ, $R_T = \frac{1}{r_0} = \frac{a}{1.22\lambda f}$
- സംയുക്ത സൂക്ഷ്മ ദർശിനിയിൽ ഹ്രസ്വബിന്ദു ഫോക്കസിങ്ങിൽ വിപുലീകരണം, $m = m_o m_e = \left(\frac{L}{f_o}\right)\left(1 + \frac{D}{f_e}\right)$
- സംയുക്ത സൂഷ്മ ദർശിനിയിൽ നോർമൽ ഫോക്കസ്സിങ്ങിലുള്ള മാഗ്നിഫിക്കേഷൻ, $m = m_o m_e = \left(\frac{L}{f_o}\right)\left(\frac{D}{f_e}\right)$
- ഖഗോള ദൂരദർശിനിയിൽ വിപുലീകരണം, $m = \frac{f_o}{f_e}$ യും കുഴലിന്റെ നീളം, $L = f_o + f_e$
- ഹ്രസ്വദൃഷ്ടി പരിഹരിക്കുവാൻ അവതല ലെൻസ് ഉപയോഗിക്കണം. അതിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരം $f = -x$. x എന്നത് ഹ്രസ്വബിന്ദു, അതുവരെയുള്ള വസ്തുവിനെമാത്രമാണ് കാണാൻ സാധിക്കുന്നത്.
- ദീർഘദൃഷ്ടി പരിഹരിക്കുന്നതിനുപയോഗിക്കുന്നത് ഉത്തല ലെൻസാണ്. ഇതിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരം, $f = \frac{y \times 25\text{സെ.മീ}}{y - 25\text{സെ.മീ}}$, 25 സെ.മീ എന്നത് ഹ്രസ്വദൂരം. കൂടാതെ y എന്നത് സപഷ്ടമായി വസ്തുക്കളെ കാണാൻ സാധിക്കുന്ന ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ ദൂരമാണ്.
- പ്രായാധിക്യത്താലുണ്ടാവുന്ന ദീർഘദൃഷ്ടിയെ പ്രസ് ബയോപിയ എന്നു പറയുന്നു.
- അസ്ടിക്മാറ്റിസം എന്നത് വിവിധതലത്തിലുള്ള വ്യത്യസ്ഥ വക്രതയാലുണ്ടാകുന്ന കണ്ണിന്റെ ഒരു കുറവാണ്.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 100 28-06-2022 16:28:11

ആശയ ചിത്രീകരണം



XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 101 28-06-2022 16:28:11

യോജിച്ചവ തിരഞ്ഞെടുക്കുക

1. ഒരു സമതല ഗ്ലാസ്സിനെ വെവ്വേറെ വർണ്ണങ്ങളുള്ള അക്ഷരങ്ങലുടെ പുറത്തായി വയ്ക്കുമ്പോൾ (ചുവപ്പ്, മഞ്ഞ, പച്ച, വൈലറ്റ്) ഏതു നിറത്തിലുള്ള അക്ഷരമാണ് കൂടുതൽ തെളിഞ്ഞുകാണുന്നത്,

(a) ചുവപ്പ് (b) മഞ്ഞ

(c) പച്ച (d) വൈലറ്റ്

2. ഒരു കറുത്ത കടലാസിൽ രണ്ടു വെള്ള ബിന്ദുക്കൾ 1 മി. മീ അകലത്തിൽ അടയാളപ്പെടുത്തുക. അവയെ 3 മി. മീ നേത്രമണ്ഡലം ഉള്ള കണ്ണാൽ നോക്കുമ്പോൾ ഈ രണ്ടു ബിന്ദുക്കളെയും പിരിച്ചു കാണിക്കുന്ന കണ്ണിന്റെ ദൂരം കാണുക, $\lambda = 500$ nm]

(a) 1 മീ (b) 5 മീ

(c) 3 മീ (d) 6 മീ

3. ഒരു യങ്സ് ഡബിൾ സ്ലിറ്റ് പരീക്ഷണത്തിൽ സ്ലിറ്റിന്റെ അകലം ഇരട്ടിയാകുന്നു. തിരയിൽ അതേ ഫ്രിൻജുകൾ ലഭിക്കുന്നതിനായി തിരയ്ക്കും സ്ലിറ്റിനും ഇടയിലുള്ള ദൂരം D മാറ്റേണ്ടത്,

(a) $2D$ (b) $\frac{D}{2}$

(c) $\sqrt{2}D$ (d) $\frac{D}{\sqrt{2}}$

4. രണ്ടു കൊഹിറന്റ് മോണോ ക്രൊമാറ്റിക് പ്രകാശങ്ങൾക്ക് തീവ്രത I , $4I$ എന്നിങ്ങനെയാണ് എങ്കിൽ ഇവ ഒന്നിനൊന്നു കൂട്ടിമുട്ടുന്നു. ഇതിനാലുണ്ടാവുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ അധികതമ ന്യൂനതമ തീവ്രത കാണുക. [IIT-JEE 1988]

(a) $5I$ ഉം I (b) $5I$ ഉം $3I$

(c) $9I$ ഉം I (d) $9I$ ഉം $3I$

5. 5×10^{-5} സെ.മീ ഘനമുള്ള ഒരു സോപ്പുപടലത്തിൽ പ്രകാശം പതിക്കുമ്പോൾ അധികമായി പ്രതിഫലിക്കപ്പെടുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ തംരഗദൈർഘ്യം 5320 Å എങ്കിൽ ആ ഫിലിമിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം കാണുക,

(a) 1.22 (b) 1.33

(c) 1.51 (d) 1.83.

6. ആരു ഒറ്റ സ്ലിറ്റിനാലുള്ള (അകലം 1.0×10^{-5} സെ.മീ) ആദ്യ വ്യതിയാന ന്യൂനതമം 30^{o} ആണെങ്കിൽ അവിടെ ഉപയോഗിച്ച പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം,

(a) 400 Å (b) 500 Å

(c) 600 Å (d) 700 Å

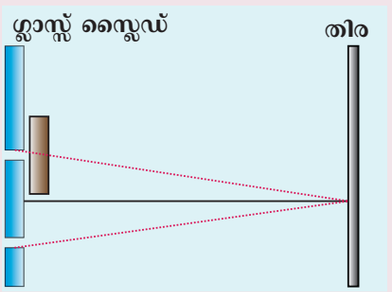
7. ഒരു പ്രകാശകിരണം ഒരു ഗ്ലാസ് പ്ലേറ്റിൽ 60^{o} ൽ പതിക്കുന്നു. പ്രതിഫലന രശ്മിയും അപവർത്തന രശ്മിയും പരസ്പരം ലംബദിശയിലാണെങ്കിൽ ഗ്ലാസ്സിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം,

(a) $\sqrt{3}$ (b) $\frac{3}{2}$

(c) $\sqrt{\frac{3}{2}}$ (d) 2

8. ഒരു യങ്സ് ഡബിൾ സ്ലിറ്റിനെ ക്ലാസ്സ് പ്ലേറ്റിനാൽ ആവരണം ചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു (ചിത്രത്തിലുള്ള പോലെ) എങ്കിൽ കേന്ദ്ര അധികതമത്തിന്റെ സ്ഥാനം,

KF0H6



(a) താഴേയ്ക്കു ചരിഞ്ഞ്

(b) മുകളിലേക്ക് ചരിഞ്ഞ്

(c) അതേ സ്ഥലത്ത്

(d) നിർവ്വചിക്കാൻ സാധ്യമല്ല

9. നിക്കൽ പ്രിസത്താൽ പ്രേക്ഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രകാശം,

(a) ഭാഗികമായി ധ്രുവീകരിക്കുന്നു

(b) ധ്രുവീകരിക്കുന്നില്ല

(c) തലം ധ്രുവീകരിക്കുന്നു

(d) അണ്ഡാകൃതിയിൽ ധ്രുവീകരിക്കുന്നു

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 102 28-06-2022 16:28:12

10. പ്രകാശത്തിന്റെ അനുപ്രസ്ഥ സ്വഭാവം കാണപ്പെടുന്നത്,

(a) വ്യതിയാനം

(b) വ്യതിചലനം

(c) ചിതറൽ

(d) ധ്രുവീകരണം

ഉത്തരങ്ങൾ

1) d	**2)** b	**3)** a	**4)** c	**5)** b
6) b	**7)** a	**8)** b	**9)** c	**10)** d

ലഘു ഉത്തര ചോദ്യങ്ങൾ

1. കോർപ്പസ്കുലർ സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ പ്രത്യേകതകൾ എന്തെല്ലാം?
2. തരംഗസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ പ്രധാനപ്പെട്ട വാക്യങ്ങൾ ഏതൊക്കെയാണ്?
3. വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗ സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ പ്രാധാന്യം എന്ത്?
4. ക്വാണ്ടം സിദ്ധാന്തത്തിനു ചെറുകുറിപ്പെഴുതുക.
5. തരംഗമുഖം നിർവചിക്കുക.
6. തരംഗമുഖങ്ങളുടെ ആകൃതി എഴുതുക (a) സ്രോതസ്സ് വിദൂരതയിൽ (b) ബിന്ദു വലിപ്പമുള്ള വസ്തു (c) രേഖാ സ്രോതസ്സ്?
7. ഹൈജൻസ് തത്വം വ്യക്തമാക്കുക.
8. പ്രകാശത്തിന്റെ ധ്രുവീകരണം എന്നാലെന്ത്?
9. ഒരു തരംഗത്തിന്റെ ഘട്ടം എന്താണ്?
10. ഘട്ടവ്യത്യാസത്തിനും പാതവ്യത്യാസത്തിനും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം കാണുക.
11. കൊഹിറന്റ് സ്രോതസ്സ് എന്നാലെന്ത്?
12. തരംഗമുഖവിഭജനം എങ്ങനെയാണ് ഒരു കൊഹിറന്റ് സ്രോതസ്സിനെ നൽകുന്നത്?
13. തീവ്രത അല്ലെങ്കിൽ ആയാമ (അഥവാ) വിഭജനം എന്നാലെന്ത്?
14. എങ്ങനെയാണ് വസ്തുവും ബിംബവും കൊഹിറന്റ് സ്രോതസ്സായി പ്രവർത്തിക്കുന്നത്?
15. വ്യതികലന രൂപങ്ങളുടെ (മാതൃകകളുടെ) ബാൻഡ് വിഡ്ത്ത് എന്താണ്?
16. വ്യതിയനം എന്നാലെന്ത്?
17. ഫ്രെനൽ, ഫ്രാൻഹോഫർ വ്യതിയാനങ്ങൾക്കുള്ള വ്യത്യാസം കാണുക.
18. ഫ്രാൻഹോഫർ വ്യതിയാനത്തിൽ ആദ്യ മിനിമം കിട്ടുന്നതിനുള്ള പ്രത്യേക സാഹചര്യങ്ങൾ എഴുതുക.
19. ഫ്രെനൽ ദൂരം എന്നാലെന്ത്? ഫ്രെനൽ ദൂരത്തിന്റെ സമീകരണം എഴുതുക.
20. വ്യതികലനത്തിനും, വ്യതിയാനത്തിനും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം എഴുതുക.
21. വ്യതിയാന ഗ്രേറ്റിങ്ങ് എന്നാലെന്ത്?
22. വേർപിരിക്കൽ എന്നാലെന്ത്?
23. ക്രൈറ്റീരിയൻ എന്നാലെന്ത്?
24. വേർപിരിക്കലിനും വ്യതിയാനത്തിനും ഉള്ള വ്യത്യാസം എന്ത്?
25. ധ്രുവീകരണം എന്നാലെന്ത്?
26. ധ്രുവീകരിച്ച പ്രകാശത്തിനും ധ്രുവീകരിക്കാത്ത പ്രകാശത്തിനും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം കാണുക
27. തിരഞ്ഞെടുക്കപ്പെട്ട ആഗിരണത്താലുള്ള ധ്രുവീകരണം വിവരിക്കുക.
28. പോളറൈസർ, അനലൈസർ ഇവ വിശദീകരിക്കുക?
29. ധ്രുവീകരിച്ച പ്രകാശം, ധ്രുവീകരിക്കാത്ത പ്രകാശം, ഭാഗികമായി ധ്രുവീകരിച്ച പ്രകാശം എന്നിവയെക്കുറിച്ച് എഴുതുക?
30. മാലൂസ് നിയമം പ്രസ്ഥാവിച്ച് സമീകരണം രൂപീകരിക്കുക.
31. പോളറൈഡുകളുടെ ഉപയോഗങ്ങൾ എന്തെല്ലാം.
32. ബ്രിസ്റ്ററിന്റെ നിയമം പ്രസ്ഥാവിക്കുക.
33. ധ്രുവീകരണകോണം എനഅനാലെന്ത്? അതിന് ഒരു സമീകരണം എഴുതുക.
34. പ്ലേറ്റിന്റെ പൈൽ വിവരിക്കുക.
35. എന്താണ് ഇരട്ട അപവർത്തനം?

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 103 28-06-2022 16:28:12

36. പ്രകാശിക ക്രിസ്റ്റലുകളുടെ തരങ്ങൾ ഉദാഹരണ സഹിതം എഴുതുക.
37. നിക്കൽ പ്രിസത്തെക്കുറിച്ച് കുറിപ്പെഴുതുക.
38. പ്രകാശത്തിന്റെ ചിതറലിനാൽ ധ്രുവീകരണം നടക്കുന്നതെങ്ങനെ?
39. ഹ്രസ്വബിന്ദു, സാധാരണ ഫോക്കസിങ്ങ് എന്നിവയെക്കുറിച്ച് എഴുതുക?
40. എന്തുകൊണ്ടാണ് സൂക്ഷ്മ ദർശിനികളിൽഎണ്ണയിൽ മുക്കിയ ഓബ്ജക്ടീവ് ഉപയോഗിക്കുന്നത്?
41. പ്രതിഫലന ദൂരദർശിനികളുടെ നന്മകളും പോരായ്മകളും എഴുതുക?
42. ഭൗമ ദൂരദർശിയിൽ നിവർത്തുന്ന ലെൻസുപയോഗിക്കുന്നതെന്തിനുവേണ്ടി?
43. സ്പെക്ട്രോമീറ്ററിൽ കോളിമേറ്റർ എന്തിനാണുപയോഗിക്കുന്നത്?
44. സ്പെക്ട്രോമീറ്ററിന്റെ ഉപയോഗങ്ങൾ എന്തെല്ലാം?
45. മയോപിയ എന്നാലെന്ത്? (ഹ്രസ്വദൃഷ്ടി) അതെങ്ങനെ പരിഹരിക്കാം?
46. എന്താണ് ദീർഘദൃഷ്ടി അതെങ്ങനെ പരിഹരിക്കാം?
47. അസ്ടിക്മാറ്റിസം എന്താണ്? അതിനുള്ള പരിഹാരം എന്താണ്?
48. എന്താണ് പ്രസ്ബയോപിയ?

ദീർഘ ഉത്തര ചോദ്യങ്ങൾ

1. ഹൈജൻസ് തത്വം ഉപയോഗിത്ത് പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രതിഫലന നിയമം തെളിയിക്കുക.
2. ഹൈജൻ തത്വം ഉപയോഗിച്ച് അപവർത്തന നിയമം തെളിയിക്കുക.
3. വ്യതികലനത്താലുണ്ടാകുന്ന പരിണിത തീവ്രതയ്ക്ക് ഒരു സമീകരണം രൂപീകരിക്കുക.
4. യങ്സ് ഡബിൾ സ്ലിറ്റ് പരീക്ഷണ സംവിധാനം ഉപയോഗിച്ച് പാതവ്യത്യാസത്തിന് ഒരു സമീകരണം രൂപീകരിക്കുക.
5. യങ്സ് ഡബിൾ സ്ലിറ്റ് പരീക്ഷണത്തിൽ ബാൻഡ് വിഡ്ക്ക് കാണുന്നതിനുള്ള സമീകരണം എഴുതുക.
6. നേരിയ ഫിലിമിലെ വ്യതികലനത്തിന്റെ സമീകരണം (പ്രതിഫലിപ്പിക്കപ്പെട്ടതും പ്രേക്ഷണം ചെയ്യപ്പെട്ടതുമായ പ്രകാശത്തിന്റെ കൺസ്ട്രക്ടീവ് മറ്റും ഡിസ്ട്രക്റ്റീവു വ്യതികലനത്തിൽ) കാണുക.
7. ഒറ്റ സ്ലിറ്റിലൂടെയുള്ള വ്യതിയാനത്താൽ n-ാം നൂനതമം (മിനിമം) കിട്ടുന്നതിനുള്ള സമീകരണം എഴുതുക.
8. ഒരു ഗ്രേറ്റിങ്ങിലൂടെയുള്ള വ്യതിയാനം വിവരിച്ച് അധികതമം കാണുന്നതിനുള്ള നിബന്ധന കാണുക.
9. വ്യതിയാന ഗ്രേറ്റിങ്ങ് ഉപയോഗിച്ച് ഒരു മോണോക്രൊമാറ്റിക് പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം കാണുന്നതിനുള്ള പരീക്ഷണം വിവരിക്കുക.
10. വ്യതിയാന ഗ്രേറ്റിങ്ങ് ഉപയോഗിച്ച് വ്യത്യസ്ത നിറങ്ങളുടെ തരംഗദൈർഘ്യം കാണുന്നതിനുള്ള പരീക്ഷണം വിവരിക്കുക.
11. പ്രകാശ ഉപകരണങ്ങളുടെ റിസോൾവിങ്ങ് പവർ കാണുന്നതിനുള്ള സമീകരണം വിവരിക്കുക.
12. ലഘൂ സൂക്ഷ്മദർശിനിയെക്കുറിച്ച് വിവരിച്ച് ഹ്രസ്വബിന്ദു ഫോക്കസിങ്ങ്, സാധാരണ ബിന്ദു ഫോക്കസിങ്ങ് എന്നിവയ്ക്കുള്ള സമീകരണങ്ങൾ വിവരിക്കുക.
13. സംയുക്ത സൂക്ഷ്മദർശിനി ഉപയോഗിച്ച് വിപുലീകരണത്തിന് ഒരു സമീകരണം കണ്ടുപിടിക്കുക.
14. സൂക്ഷ്മദർശിനിയുടെ കാണുന്നതിനുള്ള സൂത്രവാക്യം രൂപീകരിക്കുക.
15. വാനശാസ്ത്ര ദൂരദർശിനിയെക്കുറിച്ച് വിവരിക്കുക.
16. സ്പെക്ട്രോമീറ്ററിന്റെ ഭാഗങ്ങൾ വിവരിച്ച് പ്രാഥമിക സംവിധാനങ്ങളെക്കുറിച്ച് എഴുതുക.
17. സ്പെക്ട്രോമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് ഒരു പ്രിസത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം കാണുന്നവിധം പരീക്ഷണംമൂലം വിവരിക്കുക.

പരിശീലന പ്രശ്നങ്ങൾ

1. ഒരു വ്യതികലന മാതൃകയിലുള്ള അധികതമ ന്യൂനതമ തീവ്രതകളുടെ അനുപാതം 36 : 1 എങ്കിൽ അവയുടെ ആയാമത്തിന്റെ അനുപാതം (ആ രണ്ടു വ്യതികലന തരംഗങ്ങളുടെയും) കാണുക?

[ഉത്തരം : 7:5]

2. ഒരു യങ്സ് ഡബിൾ സ്ലിറ്റ് പരീക്ഷണത്തിൽ 5893 Å തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള സോഡിയം പ്രകാശത്തിന് 62 ഫ്രിൻജുകൾ തിരയിൽ കിട്ടുന്നു. എന്നാൽ സോഡിയത്തിനു പകരം 4359 Å തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള വൈലറ്റ് പ്രകാശം ഉപയോഗിച്ചാൽ എത്ര ഫ്രിൻജുകളാണ് ലഭിക്കുന്നത്?

[ഉത്തരം : 84]

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 104 28-06-2022 16:28:12

3. 600 nm തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള ഒരു പ്രകാശം ഒരു ജോഡി സ്ലിറ്റുകളിൽ പതിക്കുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യതികലന മാതൃകയിവ് 7.2 മി.മീ വ്യത്യാസത്തിൽ (അകലത്തിൽ) ഫ്രിൻജുകൾ ഉണ്ടാവുന്നു. അതേ ഉപകരണത്തിൽ 8.1 മി.മീ അകലത്തിൽ ഫ്രിൻജുകൾ ലഭിക്കണമെങ്കിൽ ഉപയോഗിക്കേണ്ട പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം കാണുക?

[ഉത്തരം : 675 nm]

4. തരംഗദൈർഘ്യം 600 nm ഉള്ള ഒരു പ്രകാശം ഒരു വിദൂരത്തിലുള്ള വസ്തുവിൽ നിന്നും ഒരു സ്ലിറ്റിൽ 1 മി.മീ അകലത്തിൽ പതിക്കുന്നു. വ്യതിയാന മാതൃക 2 m അകലത്തിലുള്ള തിരയിൽ ലഭിക്കുന്നു. കേന്ദ്ര ബ്രൈറ്റ് ഫ്രിൻജിന്റെ ഇരുവശത്തുമായി ഉണ്ടാകുന്നു ആദ്യ കറുത്ത ഫ്രിൻജുകളുടെ അകലം കാണുക?

[ഉത്തരം : 2.4 മി.മീ]

5. 5000 Å തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള പ്രകാശം 2.5 μm അകലമുള്ള സ്ലിറ്റിന്റെ വ്യതിയാന രൂപീകരണം നടത്തുന്നു. എങ്കിൽ വ്യതിയാനത്തിന്റെ അധികതമ ഓഡർ എന്തായിരിക്കും?

[ഉത്തരം : 5]

6. അക്ഷങ്ങൾ പരസ്പരം ലംബമായുള്ള രണ്ടു ക്രോസായി വച്ചിട്ടുള്ള പോളറൈസുകളിലുള്ള പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത I_0 ആകുന്നു. അവയ്ക്കിടയിലായി മൂന്നാമത്തെ പോളറൈഡുവയ്ക്കുക. എങ്കിൽ ആദ്യത്തെ പോളറൈഡിന്റെ അക്ഷത്തിനും മൂന്നാമത്തെ പോളറൈഡിന്റെ അക്ഷത്തിനും ഇടയിലുള്ള കോൺ കാണുക? (പൂർണ്ണ പ്രകാശം ലഭിക്കുന്നതിനായി)?

[ഉത്തരം : 45°]

7. ധ്രുവീകരിക്കാത്ത തീവ്രത 32 Wm^{-2} ഉള്ള പ്രകാശം മൂന്നു പോളറൈഡുകളിലൂടെ കടന്നു പോകുമ്പോൾ ആദ്യത്തെ പോളറൈഡിനും മൂന്നാമത്തെ പോളറൈഡിന്റെയും അക്ഷങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള കോൺ 90° ആകുന്ന നിർഗമന പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത 3 Wm^{-2} ആണെങ്കിൽ ആദ്യത്തെയും മധ്യത്തിലെയും പോളറൈഡുകളുടെ അക്ഷങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള കോൺ കാണുക?

[ഉത്തരം : 30°]

8. ഒരു ധ്രുവീകരിക്കാത്ത പ്രകാശം ഒരു സാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിൽ നോർമലുമായി 60° കോണത്തിൽ പതിക്കുമ്പോൾ പ്രതിഫലിപ്പിക്കപ്പെട്ട പ്രകാശം തലം ധ്രുവീകരിക്കപ്പെടുന്നു. ഒരു ആകെ ആന്തരിക പ്രതിഫലനം സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിൽ നിന്നും സാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിലേക്ക് നടക്കുന്നെങ്കിൽ ഉണ്ടാകുന്ന അപവർത്തന കോണും ക്രിറ്റിക്കൽ കോണും കാണുക.

[ഉത്തരം : 30°, 35.15°]

9. ഒരു വ്യക്തിയുടെ ഹ്രസ്വബിന്ദുവും വിദൂര ബിന്ദുവും ക്രമേണ 50 സെ.മീ, 500 സെ.മീ എന്നിങ്ങനെയാണ്. ആ വ്യക്തിക്ക് 25 സെ.മീ വ്യക്തമായി പുസ്തകം വായിക്കാൻ സാധിക്കണമെങ്കിൽ അദ്ദേഹം ഉപയോഗിക്കുന്ന ലെൻസിന്റെ പവർ കാണുക. ഇതേ ലെൻസുപയോഗിച്ച് വ്യക്തമായി കാണാവുന്ന ഏറ്റവും കൂടിയ ദൂരം കാണുക?

[ഉത്തരം : 2D, 45.45 സെ.മീ]

10. പ്രതിബിംബം ആകലെ ആയിരിക്കുമ്പോൾ ഒരു സംയുക്ത സൂക്ഷ്മദർശിനിയുടെ ആവർധന ശക്തി 100. ഓബ്ജക്ടീവിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരം 0.5 സെ.മീ കുഴൽ നീളം 6.5 സെ.മീ എങ്കിൽ ഐപീസിന്റെ ഫോക്കൽ ദൂരം കാണുക.

[ഉത്തരം : 3.2 സെ.മീ]

(കുറിപ്പ്: ആവർധനത്തിനെ ആവർധന ശക്തി എന്നും വിളിക്കുന്നു.)

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 105 28-06-2022 16:28:12

പരാമർശ ഗ്രന്ഥങ്ങൾ

1. Frances A. Jenkins and Harvey E. White, Fundamentals of Optics, 4th Edition, McGraw Hill Book Company, (2011).
2. David Halliday, Robert Resnick and Jearl Walker, Fundamentals of Physics, 6th Edition, John Wiley & Sons Inc., (2004).
3. H.C. Verma,Concepts of Physics [Part-1], 1st Edition, Bharathi Bhawan Publishers & Distributers Pvt. Ltd., (2008).
4. Roger A. Freedman, Hugh D. Young, Sears and Zemansky's University Physics, 12th Edition, Pearson, (2011).

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 106 28-06-2022 16:28:13

ഐ.സി.ടി കോർണർ

തരംഗ പ്രകാശികം

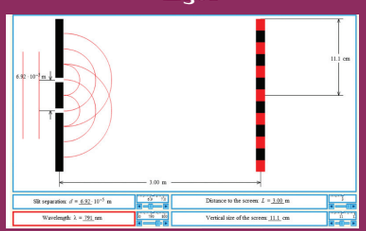
ഈ ആക്റ്റിവിറ്റിയിലൂടെ വിദ്യാർത്ഥികൾക്ക് യങ്സ് ഡബിൾ സ്ലിറ്റ് പരീക്ഷണത്തെ സ്ലിറ്റ് വിഭജനംതിരയുടെ ദൂരം, പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം ഇവയെ വ്യത്യാസപ്പെടുത്തി വീക്ഷിക്കാവുന്നതാണ്.

വിഷയം : യങ്സ് ഡബിൾ സ്ലിറ്റ് പരീക്ഷണം

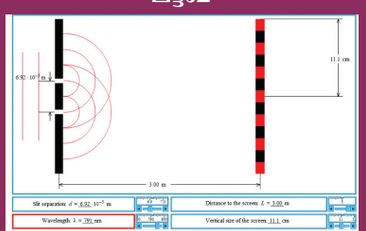
ഘട്ടങ്ങൾ:

- ബ്രൌസർ ഉപയോഗിച്ച് താഴെ പറയുന്നവ കാണാവുന്നതാണ്
- സ്ലിറ്റ് വിഭജനം വ്യത്യാസപ്പെടുത്തി വ്യത്യസ്ഥരീതിയിലുള്ള ഡാർക്ക് റൈബറ്റ് ഫ്രിൻജുകളെ വീക്ഷിക്കുക.
- സ്രോതസ്സിനും തിരയ്ക്കും തമ്മിലുള്ള അകലം കുറയ്ക്കുമ്പോൾ ഫ്രിൻജുവിഡ്ത്ത് എങ്ങനെ വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു എന്നു കാണുക.
- പതന പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യംവ്യത്യാസപ്പെടുത്തുമ്പോൾ വ്യതികലന പാറ്റേണുകളിലെ ഫ്രിൻജുവിഡ്ത്ത് മാറുന്നതെങ്ങനെ?
- റൺ ബട്ടൺ ഉപയോഗിച്ച് വ്യത്യസ്ഥ ഡാർക്ക്, ബ്രൈറ്റ് ഫ്രിൻജുകൾ മാറുന്നത് നിരീക്ഷിക്കുക?

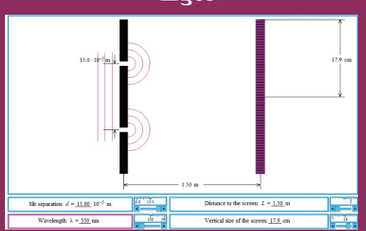
ഘട്ടം1



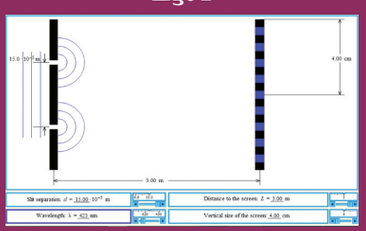
ഘട്ടം2



ഘട്ടം3



ഘട്ടം4



കുറിപ്പ്:

ഫ്ളാഷ് ഉള്ള ബ്രൌസറുകൾ ഉപയോഗിക്കുക.

URL:

http://tutor-homework.com/Physics_Help/double_slit_experiment.html

* ചിത്രങ്ങൾ സൂചിപ്പിക്കുന്നതു മാത്രമാണ്.

* ബ്രൌസറിന് ആവശ്യമെങ്കിൽ ഫ്ളാഷ് പ്ലേയർ അല്ലെങ്കിൽ ജാവ സ്ക്രിപ്റ്റ് എന്നിവ അനുവദിക്കുക.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-7 Malayalam.indd 107 28-06-2022 16:28:13

അദ്ധ്യായം

8

വികിരണത്തിന്റെയും ദ്രവ്യത്തിന്റെയും ദ്വൈത സ്വഭാവം

"ക്വാണ്ടം മെക്കാനിക്സിന്റെ സാധ്യതകളെ ഇനിയും നിങ്ങളെ അത്ഭുതപ്പെടുത്തിയിട്ടില്ലെങ്കിൽ അത് ആശ്ചര്യം തന്നെ" – നീൽസ് ബോർ

ഈ യൂണിറ്റിൽ നിന്നും വിദ്യാർത്ഥികൾ മനസ്സിലാക്കേണ്ട കാര്യങ്ങൾ,

- ഇലക്ട്രോൺ ഉൽസർജ്ജന പ്രതിഭാസവും അതിന്റെ തരങ്ങളും
- ഹെർട്സ്, ഹാൾവാച്ച്സ്, ലെനാർഡ് എന്നിവരുടെ നിരീക്ഷണങ്ങൾ
- ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് പ്രഭാവവും അതിന്റെ നിയമങ്ങളും
- ഊർജ്ജത്തിന്റെ ക്വാണ്ടയ്സേഷൻ എന്ന ആശയം
- ഫോട്ടോസെല്ലുകളും അവയുടെ ഉപയോഗങ്ങളും
- വികിരണത്തിന്റെ കണികാസ്വഭാവം
- ദ്രവ്യത്തിന്റെ തരംഗ സ്വഭാവം
- ഡി-ബ്രോഗ്ലി സമവാക്യവും, ഇലക്ട്രോണിന്റെ ഡി-ബ്രോഗ്ലി തരംഗ ദൈർഘ്യവും
- ഇലക്ട്രോൺ മൈക്രോസ്കോപ്പിന്റെ നിർമ്മാണവും പ്രവർത്തനവും
- ഡേവിസൺ-ജെർമൻ പരീക്ഷണം
- എക്സ്-റേകളും അതിന്റെ ഉൽപാദനവും
- എക്സ്-റേ സ്പെക്ട്രയും അതിന്റെ തരങ്ങളും

8GZUB

8.1 ആമുഖം

നമ്മുടെ ദൈനംദിന അനുഭവത്തിൽ കണങ്ങളുടേയും തരംഗങ്ങളുടേയും ആശയങ്ങൾ നമുക്ക് സുപരിചിതമാണ്. മാർബിൾ, പന്തുകൾ, മണൽതരികൾ, ആറ്റങ്ങൾ, ഇലക്ട്രോണുകൾ തുടങ്ങിയവ കണങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. കടൽ തിരമാലകൾ, കുളത്തിലെ അലകൾ, ശബ്ദതരംഗങ്ങൾ, പ്രകാശ കിരണങ്ങൾ എന്നിവ തരംഗങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.

ദ്രവ്യത്തിന്റെ ഏറ്റവും ചെറിയ ഭൗതിക വസ്തുവായിട്ടാണ് കണികകളെ പരിഗണിച്ചിരിക്കുന്നത്. (സ്ഥലത്തിലും സമയത്തിനും പ്രാദേശികവൽക്കരിച്ചിരിക്കുന്നു) എന്നാൽ വിശാലമായ ഊർജ്ജവിതരണ ഘടകങ്ങളാണ് തരംഗങ്ങൾ. (സ്ഥലത്തിനും സമയത്തിനും പ്രാദേശികവൽക്കരിച്ചിട്ടില്ല) കണികകൾക്കും തരംഗങ്ങൾക്കും ഒരുസ്ഥലത്തുനിന്നും മറ്റൊരു സ്ഥലത്തിലേക്ക് ഊർജ്ജവും ആക്കവും വഹിക്കുവാനുള്ള കഴിവുണ്ട്.

മൈക്രോസ്കോപ്പിക് വസ്തുക്കളുടെ ചലനത്തെ വിവരിക്കുന്ന ക്ലാസ്സിക്കൽ ഭൗതികശാസ്ത്രം കണങ്ങളേയും തരംഗങ്ങളെയും ഭൗതിക യാഥാർത്ഥ്യത്തിന്റെ പ്രത്യേക ഘടകങ്ങളായി കണക്കാക്കുന്നു. കണങ്ങളുടെ മെക്കാനിക്സും, തരംഗങ്ങളുടെ ഒപ്റ്റിക്സും പരമ്പരാഗതമായി വിഷയങ്ങളാണ്. ഓരോന്നിനും അതിന്റേതായ പരീക്ഷണങ്ങളും തത്വങ്ങളും ഉണ്ട്.

വൈദ്യുത കാന്തിക വികിരണങ്ങളെ തരംഗങ്ങളായി കണക്കാക്കപ്പെടുന്നു. എന്തെന്നാൽ അവ അനുയോജ്യ സാഹചര്യങ്ങളിൽ ഇന്റർഫെറൻസ്, ഡിഫ്രാക്ഷൻ, ധ്രുവീകരണം തുടങ്ങിയ പ്രതിഭാസങ്ങൾ പ്രകടമാക്കുന്നു. അതുപോലെ ബ്ലാക്ക് ബോഡി റേഡിയേഷൻ, പ്രകാശ വൈദ്യുത പ്രഭാവം തുടങ്ങിയ മറ്റു സാഹചര്യങ്ങളിൽ വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ കണങ്ങളുടെ ധാരയായി വർത്തിക്കുന്നു..

ഇലക്ട്രോണുകൾ, പ്രോട്ടോണുകൾ മറ്റ് കണികകൾ എന്നിവ കണ്ടെത്തുമ്പോൾ അവയ്ക്ക് ചാർജ്ജും, ദ്രവ്യമാനവും ഉള്ളതിനാൽ അവയെ കണങ്ങളായി പരിഗണിച്ചിരുന്നു. എന്നിരുന്നാലും പിന്നീ

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 108 28-06-2022 17:26:59

ടുള്ള പരീക്ഷണങ്ങളിൽ ചില പ്രത്യേക സാഹചര്യങ്ങളിൽ ഇവ തരംഗത്തിന്റെ സവിശേഷതകളും പ്രകടമാക്കുന്നുവെന്ന് തെളിയിച്ചു.

ഈ യൂണിറ്റിൽ തരംഗങ്ങളുടെ കണികാ സ്വഭാവം (വികിരണം) കണങ്ങളുടെ തരംഗ സ്വഭാവം (ദ്രവ്യം) അതായത് തരംഗ കണികാ ദ്വൈത സ്വഭാവത്തെ കുറിച്ച് ചർച്ച ചെയ്യുന്നു. പ്രസക്തമായ പരീക്ഷണ നിരീക്ഷണങ്ങൾ ഈ ദ്വൈത സ്വഭാവത്തെ പിന്തുണയ്ക്കുന്നു.

8.1.1 ഇലക്ട്രോൺ ഉത്സർജനം

ലോഹങ്ങളിൽ ബാഹ്യഷെല്ലിലെ ഇലക്ട്രോണുകൾ അണുകേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും സ്വതന്ത്രമായി നിലകൊള്ളുന്നു. സാധാരണ ഊഷ്മാവിൽ പോലും ലോഹങ്ങളിൽ ധാരാളം സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾ ക്രമരഹിതമായ രീതിയിൽ സഞ്ചരിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ലോഹത്തിനുള്ളിൽ അവ സ്വതന്ത്രമായി സഞ്ചരിച്ചാലും ലോഹോപരിതലത്തിൽ നിന്നും അവയ്ക്ക് വിട്ടുപോകാൻ സാധ്യമല്ല. അതിനുകാരണം സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾ ലോഹോപരിതലത്തിൽ എത്തുമ്പോൾ അവയെ ധന ചാർജ്ജുള്ള ലോഹത്തിലെ അണുകേന്ദ്രം ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നതുകൊണ്ടാണ്. ഈ ആകർഷണമാണ് സാധാരണ ഊഷ്മാവിൽ സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളെ ലോഹോപരിതലത്തിൽ നിന്നും വിട്ടുപോകാൻ അനുവദിക്കാത്തത്.

ലോഹ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും വിട്ടുപോകുന്ന ലോഹത്തിലെ ധനചാർജ്ജുള്ള ന്യൂക്ലിയസ്സ് സൃഷ്ടിക്കുന്ന ഒരു പൊട്ടൻഷ്യൽ ബാരിയർ ഈ സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾ മറികടക്കേണ്ടതായിട്ടുണ്ട്. ലോഹ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾ വിട്ടുപോകുന്നതിന് തടയുന്ന ഈ പൊട്ടൻഷ്യൽ ബാരിയറിനെ ഉപരിതല ബാരിയർ എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളിൽ ഗതികോർജ്ജം കാണപ്പെടുന്നു. ഈ ഊർജ്ജം വ്യത്യസ്ത ഇലക്ട്രോണുകളിൽ വ്യത്യസ്തമാണ്. സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളിലെ ഗതികോർജ്ജം ഉപരിതല ബാരിയറിനെ അതിജീവിക്കുന്നതിന് ആവശ്യമായ അളവിൽ ഇല്ല. എപ്പോഴാണോ നാം കുറച്ചധികം ഊർജ്ജം ഈ സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് നൽകുന്നത് അന്നേരം അവയ്ക്ക് ഉപരിതല ബാരിയറിനെ അതിജീവിക്കാനാവശ്യമായ ഊർജ്ജം ലഭിക്കുന്നു. അങ്ങനെ അവ ലോഹ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും സ്വതന്ത്രമാകുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഏതെങ്കിലും ഒരു വസ്തുവിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും ഇലക്ട്രോണുകൾ സ്വതന്ത്രമാകുന്നതിനെ ഇലക്ട്രോൺ ഉത്സർജനം എന്നു പറയുന്നു

ലോഹ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് സ്വതന്ത്രമാകുവാൻ ആവശ്യമായ ഏറ്റവുംകുറഞ്ഞഊർജ്ജത്തെആലോഹത്തിന്റെ വർക്ക് ഫംഗ്ഷൻ എന്നു പറയുന്നു. ലോഹത്തിന്റെ വർക്ക് ഫംഗ്ഷനെ ϕ_0 കൊണ്ട് പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. ഇതിനെ അളക്കുന്ന യൂണിറ്റ് ഇലക്ട്രോൺ വോൾട്ട് (eV) ആണ്.

കുറിപ്പ്

ഊർജ്ജത്തിന്റെ SI മാത്ര 'ജൂൾ' ആണ്. എന്നാൽ അറ്റോമിക് ഫിസിക്സിലും ന്യൂക്ലിയർ ഫിസിക്സിലും പ്രായോഗികമായി ഉപയോഗിക്കുന്ന ഊർജ്ജത്തിന്റെ മാത്ര 'ഇലക്ട്രോൺ വോൾട്ട്' ആണ്. ഒരു വോൾട്ട് പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യതിയാനം കൊടുത്ത് ഇലക്ട്രോണിനെ ത്വരിതപ്പെടുത്തുമ്പോൾ ഇലക്ട്രോണുകൾ കൈവരിക്കുന്ന ഗതികോർജ്ജത്തെ ഒരു ഇലക്ട്രോൺ വോൾട്ട് എന്നു പറയുന്നു.

$1\ eV$ = ഇലക്ട്രോണുകൾ കൈവരിച്ച ഗതികോർജ്ജം

= വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിൽ ചെയ്ത ജോലി

$= q\ V$

$= 1.602 \times 10^{-19}\ C \times 1\ V$

$= 1.602 \times 10^{-19}\ J$

ഒരു ലോഹത്തിനുള്ളിലെ സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണിന്റെ ഉയർന്ന ഗതികോർജ്ജം $0.5\ eV$ ആണെന്ന് സങ്കല്പിക്കുക. ആ ലോഹത്തിന്റെ ഉപരിതല ബാരിയറിനെ അതിജീവിക്കേണ്ട ഊർജ്ജം $3\ eV$ ഉം ആണെങ്കിൽ, ലോഹപ്രതലത്തിൽ നിന്നും ഇലക്ട്രോൺ ഉത്സർജനത്തിന് ആവശ്യമായ ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ ഊർജ്ജം $3 - 0.5 = 2.5\ eV$ ആണ്. ഇവിടെ $2.5\ eV$ ആണ് ആ ലോഹത്തിന്റെ വർക്ക് ഫംഗ്ക്ഷൻ.

വിവിധ ലോഹങ്ങളുടെ വർക്ക് ഫംഗ്ക്ഷൻ വ്യത്യസ്തമാണ്. ലോഹങ്ങളുടെ ഈ പ്രത്യേക സവിശേഷത അവയുടെ സ്വഭാവത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും. വിവിധ ലോഹങ്ങളുടെ വർക്ക് ഫംഗ്ക്ഷന്റെ ഏകദേശ മൂല്യം പട്ടിക 8.1-ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. ചെറിയ വർക്ക് ഫംഗ്ക്ഷൻ ഉള്ള പദാർത്ഥങ്ങൾ വളരെ കാര്യക്ഷമതയോടെ ഇലക്ട്രോൺ ഉത്സർജനം നടത്തുന്നു. എന്തെന്നാൽ സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളെ ലോഹ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും പുറപ്പെടുവിക്കാൻ വളരെ കുറച്ച് ഊർജ്ജം മതിയാകും.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 109 28-06-2022 17:26:59

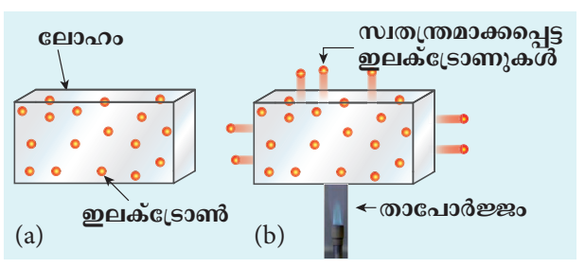
പട്ടിക 8.1 ചില വസ്തുക്കളുടെ വർക്ക് ഫംഗ്ഷൻ

ലോഹം	പ്രതീകം	വർക്ക് ഫംഗ്ഷൻ (*eV*)	ലോഹം	പ്രതീകം	വർക്ക് ഫംഗ്ഷൻ (*eV*)
സീസിയം	Cs	2.14	അലുമിനിയം	Al	4.28
പൊട്ടാസ്യം	K	2.30	മെർക്കുറി	Hg	4.49
സോഡിയം	Na	2.75	കോപ്പർ	Cu	4.65
കാൽസിയം	Ca	3.20	സിൽവർ	Ag	4.70
മോളിബ്ഡിനം	Mo	4.17	നിക്കൽ	Ni	5.15
ലെഡ്	Pb	4.25	പ്ലേറ്റിനം	Pt	5.65

അതിനാൽ ഇലക്ട്രോൺ ഉത്സർജനത്തിനായി തെരഞ്ഞെടുക്കുന്ന ലോഹത്തിന് കുറഞ്ഞ വർക്ക് ഫംഗ്ഷൻ ഉണ്ടായിരിക്കണം. ഏതു തരം ഊർജ്ജമാണ് ഇലക്ട്രോൺ ഉത്സർജനത്തിനു വിനിയോഗിക്കുന്നു എന്നതിനെ ആധാരമാക്കി ഇതിനെ വ്യത്യസ്ത തരങ്ങളാക്കി വേർതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇലക്ട്രോൺ ഉത്സർജനം പ്രധാനമായും നാലു തരമാണ്. ഇവയെ ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

i) തെർമിയോണിക് ഉത്സർജനം

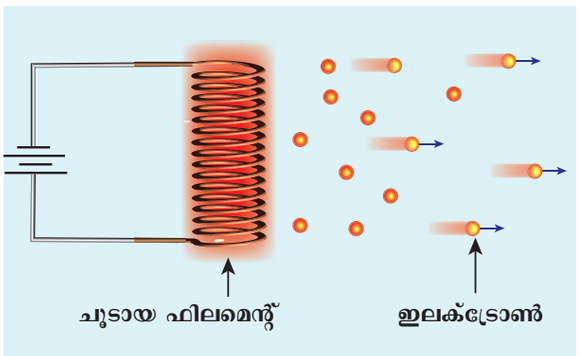
ഒരു ലോഹത്തെ ഉയർന്ന താപനിലയിൽ ചൂടാക്കുമ്പോൾ ലോഹത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിലുള്ള സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് താപോർജ്ജത്തിന്റെ രൂപത്തിൽ ആവശ്യമായ ഊർജ്ജം ലഭിക്കുന്നു. അങ്ങനെ അവ ലോഹ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും പുറന്തള്ളപ്പെടുന്നു. (ചിത്രം 8.1) ഈ തരത്തിലുള്ള ഉൽസർജനത്തിനെ **തെർമിയോണിക് ഉത്സർജനം** എന്നു പറയുന്നു.



ചിത്രം 8.1 (a) ലോഹത്തിലെ ഇലക്ട്രോണുകൾ (b) ചൂടായ ലോഹം

തെർമിയോണിക് ഉത്സർജനത്തിന്റെ തീവ്രത (പുറത്തുവിടുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം) നമ്മൾ ഉപയോഗിച്ച ലോഹത്തേയും അതിന്റെ താപനിലയേയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

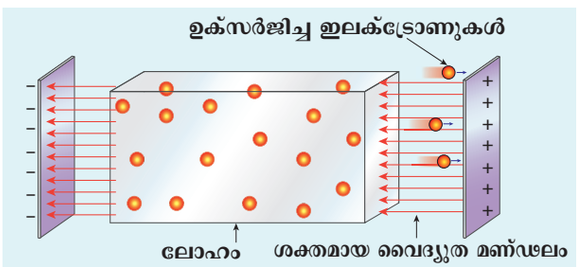
ഉദാഹരണങ്ങൾ : കാഥോഡ് റേ ട്യൂബുകൾ, ഇലക്ട്രോൺ മൈക്രോസ്കോപ്പുകൾ, എക്സ്റേ ട്യൂബുകൾ തുടങ്ങിയവ. (ചിത്രം 8.2).



ചിത്രം 8.2 കാഥോഡ് റേ ട്യൂബിന്റേയോ, എക്സ്-റേ ട്യൂബിന്റേയോ ചൂടുള്ള ഫിലമെന്റിൽ നിന്നുള്ള തെർമിയോണിക് ഉത്സർജനം

ii) ഫീൽഡ് ഉൽസർജനം

വളരെ ശക്തമായ ഒരു വൈദ്യുത മണ്ഡലം ലോഹത്തിലുടനീളം പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ ഫീൽഡ് ഉത്സർജനം സംഭവിക്കുന്നു. ഈ ശക്തമായ വൈദ്യുതമണ്ഡലം സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളെ വലിച്ചെടുക്കുകയും ലോഹത്തിന്റെ ഉപരിതലബാരിയറിനെ മറികടക്കാൻ സഹായിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. (ചിത്രം 8.3) ഉദാഹരണങ്ങൾ : ഫീൽഡ് എമിഷൻ സ്കാനിംഗ്, ഇലക്ട്രോൺ മൈക്രോസ്കോപ്പുകൾ, ഫീൽഡ് എമിഷൻ ഡിസ്പ്ലേ തുടങ്ങിയവ.

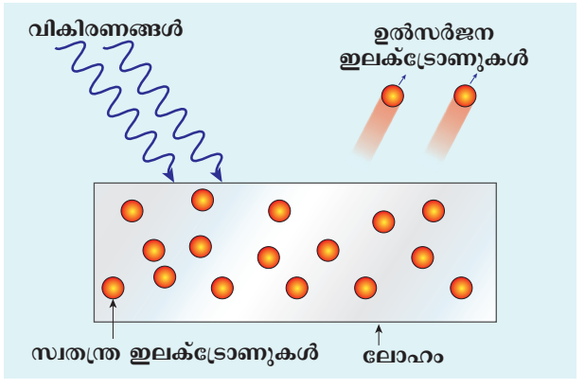


ചിത്രം 8.3 ഫീൽഡ് എമിഷൻ

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 110 28-06-2022 17:27:00

iii) ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് ഉൽസർജനം

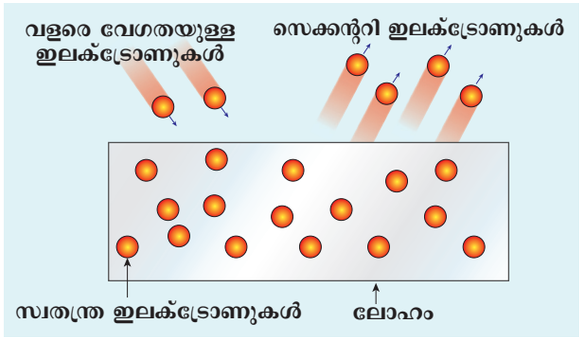
അനുയോജ്യമായ ആവൃത്തിയിലുള്ള വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ ലോഹ ഉപരിതലത്തിൽ പതിക്കുമ്പോൾ വികിരണത്തിലെ ഊർജ്ജം സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. അങ്ങനെ സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് ഉപരിതല ബാരിയറിനെ മറികടക്കാനുള്ള ഊർജ്ജം ലഭിക്കുകയും ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് ഉൽസർജനം നടക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. (ചിത്രം 8.4) ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം പതന വികിരണങ്ങളുടെ തീവ്രതയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. **ഉദാഹരണങ്ങൾ :** ഫോട്ടോ ഡയോഡുകൾ, ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് സെല്ലുകൾ തുടങ്ങിയവ.



ചിത്രം 8.4 ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് ഉൽസർജനം

iv) ദ്വിതീയ ഉൽസർജനം

വളരെ വേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഇലക്ട്രോൺ കിരണങ്ങൾ ലോഹ ഉപരിതലത്തിൽ പതിക്കുമ്പോൾ പതന ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഗതികോർജ്ജം ലോഹ പ്രതലത്തിലെ സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്നു. അങ്ങനെ സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണിന് ആവശ്യമായ ഗതികോർജ്ജം ലഭിക്കുകയും ദ്വിതീയ ഉൽസർജനത്തിനു വിധേയമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. (ചിത്രം 8.5) ഉദാഹരണങ്ങൾ: ഇമേജ് ഇൻറ്റെൻസിഫേറേസ്, ഫോട്ടോ മൾട്ടിപ്ലയർ ട്യൂബുകൾ തുടങ്ങിയവ.



ചിത്രം 8.5 ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ദ്വിതീയ ഉൽസർജനം

8.2 ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് പ്രഭാവം

8.2.1 ഹെർട്സ്, ഹാൾവാച്ച്, ലെനാർഡ് എന്നിവരുടെ നിരീക്ഷണം

ഹെർട്സിന്റെ നിരീക്ഷണം

വൈദ്യുത കാന്തികതയെകുറിച്ചുള്ള മാക്സ് വെല്ലിന്റെ സിദ്ധാന്തം വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ അസ്തിത്വത്തെകുറിച്ചു പ്രവചിച്ചു എന്നു മാത്രമല്ല പ്രകാശം ഒരു വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗമാണ് എന്ന നിഗമനത്തിലെത്തിച്ചേരുകയും ചെയ്തു. പിന്നീട് പരീക്ഷണാത്മക്കൾ പലവിധ പരീക്ഷണങ്ങൾ വഴി വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങളെ കണ്ടെത്താനും ഉത്പാദിപ്പിക്കാനും ശ്രമിച്ചു.

1887-ൽ ഹെൻറിച്ച് ഹെർട്സ് എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞനാണ് ഉയർന്ന വോൾട്ടതയിലുള്ള ഇൻഡക്ഷൻ കോയിൽ ഉപയോഗിച്ച് രണ്ട് ലോഹ ഗോളങ്ങൾക്കിടയിൽ സ്പാർക്ക് ഡിസ്ചാർജുവഴി വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങളെ കണ്ടെത്തുന്നതിലും ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നതിലും ആദ്യം വിജയം കൈവരിച്ചത്. (XII ക്ലാസ്സ് ഭൗതിക ശാസ്ത്രത്തിൽ അഭ്യാസം 5-ൽ നമ്മൾ പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്). സ്പാർക്ക് അഥവാ തീപ്പൊരി ഉണ്ടാകുമ്പോൾ ചാർജുകൾ വളരെ വേഗത്തിൽ മുന്നിലോട്ടും പുറകിലോട്ടും ആന്ദോളനം ചെയ്യപ്പെട്ട് വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങൾ ഉൽപ്പാദിക്കപ്പെടുന്നു.

വൃത്താകൃതിയിൽ വളച്ചെടുത്ത ഒരു ചെമ്പു കമ്പിയുടെ സഹായത്താലാണ് ഇപ്രകാരം ഉത്പാദിപ്പിച്ച വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളെ കണ്ടറിഞ്ഞത്. തരംഗങ്ങളുടെ കണ്ടെത്തൽ വിജയകരമായിരുന്നുവെങ്കിലും ഡിറ്റെക്റ്ററിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ചെറിയ തീപ്പൊരി നിരീക്ഷിക്കുന്നതിൽ ചില പ്രശ്നങ്ങൾ ഉണ്ടായിരുന്നു.

തീപ്പൊരിയുടെ ദൃശ്യസാധ്യത മെച്ചപ്പെടുത്തുന്നതിനായി ഹെർട്സ് പല ശ്രമങ്ങളും നടത്തി. ചെറിയ ഡിക്റ്റക്ടർ തീപ്പൊരി കൂടുതൽ ഊർജ്ജസ്വലമാകുന്നത് അത് അൾട്രാവൈലറ്റ് പ്രകാശത്തിൽ തുറന്നുവയ്ക്കുമ്പോഴാണെന്ന് അവസാനം നിരീക്ഷിക്കാൻ കഴിഞ്ഞു.

തീപ്പൊരിയുടെ ഈ പ്രവർത്തന രീതിയുടെ കാരണം അക്കാലത്ത് അറിയപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടായിരുന്നില്ല. ഇതിനുകാരണം ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് ഉൽസർജനമാണെന്ന് പിന്നീട് കണ്ടെത്തി. അൾട്രാവൈലറ്റ് കിരണങ്ങൾ ഒരു ലോഹഗോള ഉപരിതലത്തിൽ പതിക്കുമ്പോൾ ഉപരിതലത്തിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉത്സർജിക്കുകയും അത് വളരെ ഊർജ്ജസ്വലതയുള്ള ഒരു തീപ്പൊരിക്ക് കാരണമാകുകയും ചെയ്യുന്നു.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 111 28-06-2022 17:27:00

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

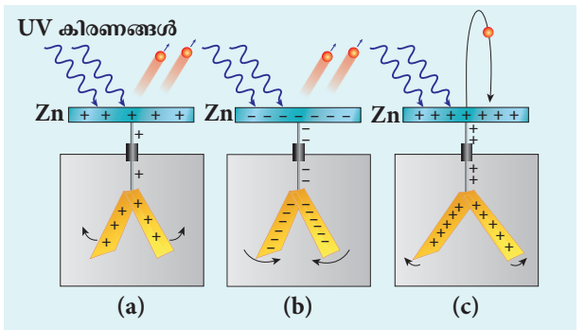
ഹെർട്സിന്റെ പരീക്ഷണം പ്രകാശം ഒരു വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗമാണെന്ന് സ്ഥിതീകരിക്കാനായി എന്നത് വളരെ രസകരമായ ഒന്നാണ്. ഇതേ പരീക്ഷണം തന്നെ പ്രകാശത്തിന്റെ കണികാസ്വഭാവത്തിനെക്കുറിച്ചുള്ള തെളിവ് ആദ്യമായി നൽകാനും സഹായിച്ചു.

ഹാൾവാച്ചിന്റെ നിരീക്ഷണം

1888-ൽ വിൽഹ്യം ഹാൾവാച്ച് എന്ന ജെർമ്മൻ ഭൗതിക ശാസ്ത്രജ്ഞൻ, അദ്ദേഹത്തിന്റെ എളിയ പരീക്ഷണത്തിലൂടെ തീപ്പൊരിയുടെ വിചിത്രമായ പ്രവർത്തനരീതിയുടെ കാരണം അൾട്രാവയലറ്റ് പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രവർത്തന ഫലമാണെന്ന് സ്ഥിരീകരിച്ചു.

ഒരു കുചാലക സ്റ്റാൻഡിൽ സിങ്ക് കൊണ്ടുണ്ടാക്കിയ ഒരു ശുദ്ധമായ വൃത്താകാര പ്ലേറ്റ് ഉറപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. അതിനെ ഒരു ഗോൾഡ് ലീഫ് ഇലക്ട്രോസ്കോപ്പുമായി ഒരു കമ്പി ഉപയോഗിച്ച് ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്നു. ഒരു ആർക്ക് വിളക്കിൽ നിന്നും വരുന്ന അൾട്രാവയലറ്റ് പ്രകാശം ഉപയോഗിച്ച് ചാർജ്ജ് ചെയ്യാത്ത സിങ്ക്പ്ലേറ്റിനെ പ്രസരിപ്പിക്കുമ്പോൾ ഇത് ധനചാർജ്ജുള്ളതായി മാറുന്നു. മാത്രമല്ല ഗോൾഡ് ലീഫുകൾ ചിത്രത്തിൽ (ചിത്രം 8.6(a) കാണുന്നതുപോലെ വിടർന്നുവരുന്നു.

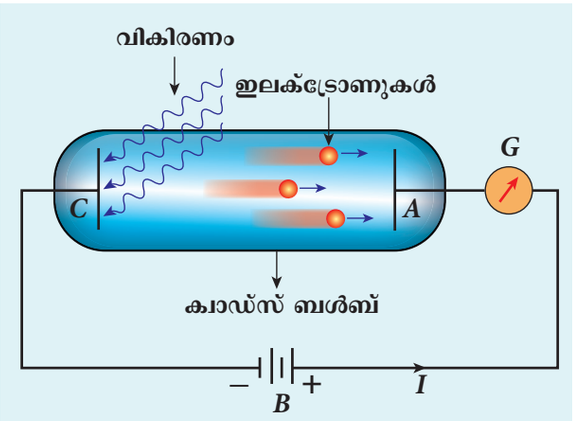
ഋണചാർജുള്ള സിങ്ക് പ്ലേറ്റിനെ വീണ്ടും അൾട്രാവയലറ്റ് പ്രകാശത്തിൽ പ്രദർശന വിധേയമാകുമ്പോൾ ചാർജുകൾ വളരെ വേഗത്തിൽ ചോർന്നുപോകുന്നതിന്റെ ഫലമായി ലീഫുകൾ അടഞ്ഞുപോകുന്നു. (ചിത്രം 8.6(b)) പ്ലേറ്റിന് ധനചാർജുള്ളപ്പോൾ അത് അൾട്രാവൈലറ്റ് കിരണ പ്രസരണ ഫലമായി കൂടുതൽ ധനചാർജ്ജുള്ളതായി മാറുകയും ലീഫുകൾ വിടർന്നുവരികയും ചെയ്യുന്നു. (ചിത്രം 8.6(c))ഈ നിരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നും അൾട്രാവൈലറ്റ് പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രവർത്തന ഫലമായി സിങ്ക് പ്ലേറ്റിൽ നിന്നും ഋണചാർജുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉത്സർജിക്കുന്നു എന്ന നിഗമനത്തിൽ എത്തിച്ചേരുന്നു.



ചിത്രം 8.6 അൾട്രാവൈലറ്റ് കിരണങ്ങളുടെ പ്രസരണം (a) ചാർജ് ചെയ്യാത്ത സിങ്ക് പ്ലേറ്റിൽ (b) നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജുള്ള പ്ലേറ്റിൽ (c) പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജുള്ള പ്ലേറ്റിൽ

ലെനാർഡിന്റെ നിരീക്ഷണം

1902-ൽ ലെനാർഡ് ഇലക്ട്രോൺ പ്രസരണ പ്രതിഭാസത്തെക്കുറിച്ച് വിശദമായി പഠനം നടത്തി. അദ്ദേഹത്തിന്റെ ലഘുവായ പരീക്ഷണം സജ്ജീകരണം ചിത്രം 8.7-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. അദ്ദേഹത്തിന്റെ പരീക്ഷണ ഉപകരണത്തിൽ A, C എന്ന രണ്ട് ലോഹപ്ലേറ്റുകളെ ഒരു വായു നിർമ്മാർജ്ജനം ചെയ്ത ക്വാഡ്സ് ബൾബിൽ സ്ഥാപിച്ചിരിക്കുന്നു. G എന്ന ഒരു ഗാൽവനോമീറ്ററും, B എന്ന ബാറ്ററിയും പരിപഥത്തിൽ ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 8.7 ലെനാഡിന്റെ പരീക്ഷണ സജ്ജീകരണം

അൾട്രാവയലറ്റ് കിരണങ്ങൾ ഋണ പ്ലേറ്റായ C യിൽ പതിക്കുമ്പോൾ പരിപഥത്തിൽ ഒരു വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന്റെ സാന്നിദ്ധ്യം ഗാൽവനോ മീറ്ററിലുണ്ടാകുന്ന വ്യതിചലനത്തിൽ നിന്നും മനസ്സിലാക്കാം. അതേസമയം ധനപ്ലേറ്റിലാണ് അൾട്രാവയലറ്റ് കിരണങ്ങൾ പതിക്കുന്നുവെങ്കിൽ വൈദ്യുത പ്രവാഹം പരിപഥത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്നതായി നിരീക്ഷിക്കാനാകുന്നില്ല.

ഈ നിരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നും അൾട്രാവയലറ്റ് കിരണങ്ങൾ ഋണപ്ലേറ്റിൽ പതിക്കുമ്പോൾ ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്നുവെന്നും അവ ധനപ്ലേറ്റിനാൽ (A) ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നുവെന്ന നിഗമനത്തിൽ എത്തിച്ചേർന്നു. വായു വിമുക്തമാക്കപ്പെട്ട ബൾബിനുള്ളിലൂടെ ധനപ്ലേറ്റിൽ എത്തിച്ചേരുമ്പോൾ വൈദ്യുത പരിപഥം പൂർത്തിയാകുകയും അതിലൂടെ വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇപ്രകാരം ഋണപ്ലേറ്റിൽ അൾട്രാവയലറ്റ് കിരണങ്ങൾ പതിക്കുന്നത് പ്ലേറ്റിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും ഇലക്ട്രോൺ പ്രവഹിക്കുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു.

പ്രകാശവൈദ്യുത പ്രഭാവം

പ്രകാശ കിരണങ്ങൾ അല്ലെങ്കിൽ അനുയോജ്യമായ തരംഗദൈർഘ്യം (അല്ലെങ്കിൽ ആവൃത്തി) മുള്ള വൈദ്യുതകാന്തിക വികിരണങ്ങൾ ലോഹ

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 112 28-06-2022 17:27:01

ഫലകത്തിൽ പതിക്കുമ്പോൾ അവയിൽ നിന്നും ഇലക്ട്രോണുകൾ പുറന്തള്ളപ്പെടുന്നു. ഇതിനെ ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് പ്രഭാവം എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഈ ഇലക്ട്രോണുകൾ മറ്റെല്ലാ ഇലക്ട്രോണുകളിൽ നിന്നും വിഭിന്നമാണെങ്കിലും അവയെ സാധാരണയായി ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകൾ എന്നും അനുബന്ധ വൈദ്യുതധാരയെ ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് കറന്റ് അല്ലെങ്കിൽ ഫോട്ടോ കറന്റ് എന്നും വിളിക്കുന്നു.

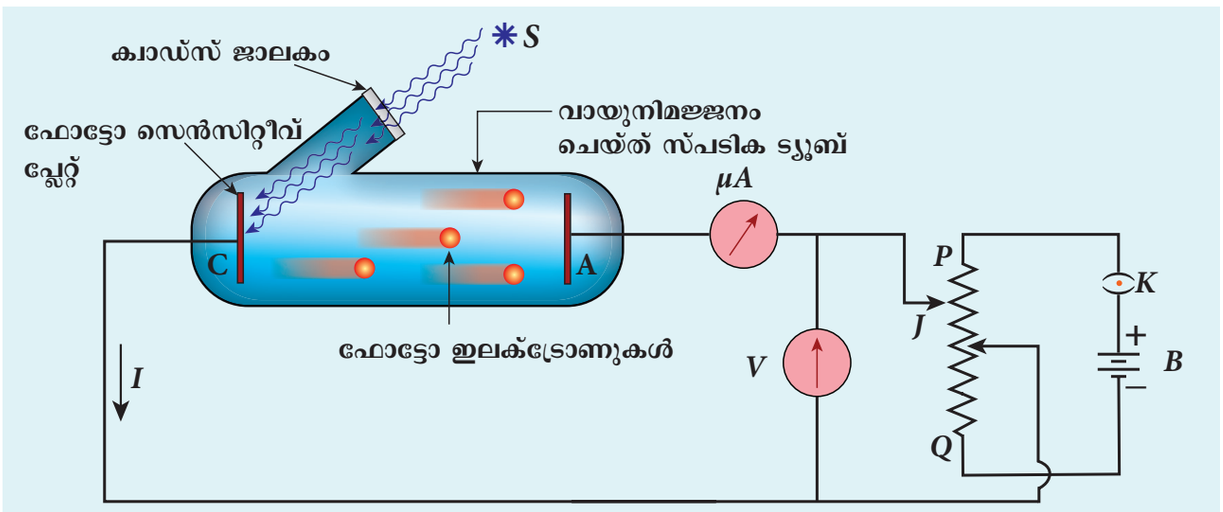
ലോഹങ്ങളായ കാഡ്മിയം, സിങ്ക്, മഗ്നീഷ്യം തുടങ്ങിയവ അൾട്രാവയലറ്റ് കിരണങ്ങളാൽ ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് പ്രഭാവം പ്രകടിപ്പിക്കുന്നു. അതേസമയം ഉയർന്ന തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള സാധാരണ പ്രകാശ കിരണങ്ങൾ പതിക്കുമ്പോൾ പോലും ചില ക്ഷാര ലോഹങ്ങളായ ലിഥിയം, സോഡിയം, സീസിയം എന്നിവ ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉത്സർജിക്കപ്പെടുന്നു. അനുയോജ്യമായ തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗത്തിന്റെ വികിരണത്തെ തുടർന്ന് ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകളെ പുറന്തള്ളുന്ന വസ്തുക്കളെ ഫോട്ടോ സെൻസിറ്റിവ് പദാർത്ഥങ്ങൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു.

8.2.2 ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് കറന്റിൽ പതനകിരണ തീവ്രതയുടെ സ്വാധീനം

പരീക്ഷണ സജ്ജീകരണം

പ്രകാശ വൈദ്യുത പ്രഭാവത്തെ വിശദമായി പഠിക്കുന്നതിനുള്ള പരീക്ഷണ ഉപകരണങ്ങൾ ചിത്രം 8.8-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. അറിയപ്പെടുന്നതും വ്യത്യസ്ത ആവൃത്തി ν ഉം, തീവ്രത I യും ഉള്ള ഒരു വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗ സ്രോതസ്സാണ് S, C എന്നത് ഫോട്ടോ സെൻസിറ്റീവ് പദാർത്ഥം കൊണ്ടുണ്ടാക്കിയ കാഥോഡ് ആണ്. ഇത് ഇലക്ട്രോണുകളെ ഉൽസർജിക്കുവാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു. C യിൽ നിന്നും വരുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളെ ആനോഡ് A (പോസിറ്റീവ് ഇലക്ട്രോഡ്) ശേഖരിക്കുന്നു. ഈ ഇലക്ട്രോഡുകളെ അൾട്രാവയലറ്റ്, ദൃശ്യപ്രകാശം എന്നിവയെ കടത്തിവിടുന്ന വായു വിമുക്തമാക്കിയിട്ടുള്ള ക്വാഡ്സ് ജാലകമുള്ള കണ്ണാടിക്കുഴലിൽ എടുത്തിരിക്കുന്നു. ഹൈടെൻഷ്യൻ ബാറ്ററി B ഉപയോഗിച്ച് ആവശ്യമായ പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം C, A ഇവയ്ക്കിടയിൽ നൽകിയിട്ടുണ്ട്. B നെ ഒരു കീ K വഴി പൊട്ടൻഷ്യൽ ഡിവൈഡർ ക്രമീകരണമായ PQ നോട് ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്നു. C യെ കേന്ദ്ര ടെർമിനലിനോടും A നെ പൊട്ടൻഷ്യൽ ഡിവൈഡറിന്റെ സ്ലൈഡിംഗ് കോൺറ്റാക്സും ആയി ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്നു. C ക്ക് അനുസ്യൂതമായി അഭിലഷണീയമായ ഒരു ധന അല്ലെങ്കിൽ ഋണ പൊട്ടെൻഷ്യൽ A പ്ലേറ്റിന് നിലനിർത്താവുന്നതാണ്. C യ്ക്ക് അനുസ്യൂതമായിട്ടുള്ള ധന, ഋണ പൊട്ടെൻഷ്യൽ കൃത്യമായി അളക്കുന്നതിനായി കേന്ദ്രത്തിൽ പൂജ്യം ലേഖനം ചെയ്തിട്ടുള്ള ഒരു വോൾട്ടുമീറ്റർ രൂപകല്പന ചെയ്തിട്ടുണ്ട്. ഇത് A യ്ക്കും C യ്ക്കും ഇടയിൽ ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്നു. ശ്രേണിയായി ബന്ധിച്ചിട്ടുള്ള മൈക്രോ അമ്മീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് വിദ്യുത്പ്രവാഹം അളക്കാവുന്നതാണ്.

കാഥോഡ് C യിൽ പ്രകാശം പതിക്കുന്നില്ല എങ്കിൽ ഒരു ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണും ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്നില്ല. അതിനാൽ മൈക്രോ അമീറ്ററിലെ സൂചകം പൂജ്യം രേഖപ്പെടുത്തും. അൾട്രാവയലറ്റ് അല്ലെങ്കിൽ ദൃശ്യപ്രകാശം C യിൽ പതിക്കാൻ അനുവദിച്ചാൽ ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉൽസർജിക്കപ്പെടുകയും അവ ആനോഡിനാൽ ആകർഷിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. അതി



ചിത്രം 8.8 ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് പ്രഭാവ പഠനത്തിനുള്ള പരീക്ഷണ സജ്ജീകരണം

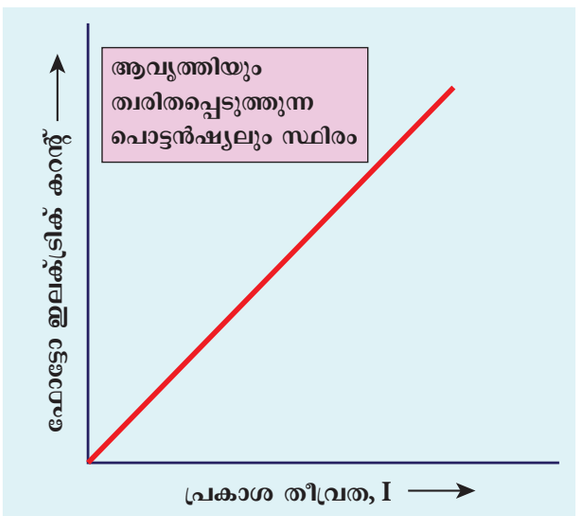
XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 113 28-06-2022 17:27:01

ന്റെ ഫലമായി പരിപഥത്തിൽ ഫോട്ടോഇലക്ട്രിക് കറന്റ് ഉണ്ടാവുകയും മൈക്രോഅമ്മീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് അളക്കാനും സാധിക്കുന്നു.

ഈ ഉപകരണം ഉപയോഗിച്ച് എപ്രകാരമാണ് ഫോട്ടോ കറന്റിന്റെ വ്യതിയാനം (i) പതനകിരണത്തിന്റെ തീവ്രത (ii) ഇലക്ട്രോഡുകൾക്കിടയിലുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം (iii) പദാർത്ഥത്തിന്റെ പ്രകൃതി (iv) പതനകിരണത്തിന്റെ ആവൃത്തി എന്നിവക്ക് അനുസൃതമായി മാറുന്നു എന്നതിനെക്കുറിച്ച് പഠിക്കുവാൻ സഹായിക്കുന്നു.

ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് കറന്റിൽ പതനപ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രതയ്ക്കുള്ള സ്വാധീനം

ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് കറന്റിൽ പതന പ്രകാശ തീവ്രതയ്ക്കുള്ള സ്വാധീനത്തെ കുറിച്ച് പഠിക്കുന്നതിന്, പതനപ്രകാശത്തിന്റെ ആവൃത്തിയും, ആനോഡിന്റെ ത്വരണ പൊട്ടൻഷ്യൽ V യും സ്ഥിരമായി നിലനിർത്തുക. C യ്ക്ക് അനുസൃതമായി A യുടെ പൊട്ടൻഷ്യൽ പോസിറ്റീവ് ആയി നിലനിർത്തുമ്പോൾ C യിൽ നിന്നും ഉത്സർജിക്കപ്പെടുന്ന ഇലക്ട്രോണുകൾ A യിലേക്ക് ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നു. പ്രകാശതീവ്രതയിൽ മാറ്റം വരുത്തുന്നതിനനുസരിച്ച് ഓരോ സമയത്തും ഉണ്ടാകുന്ന ഫോട്ടോ കറന്റ് അളക്കുന്നു.



ചിത്രം 8.9 തീവ്രതക്കനുസരിച്ച് ഫോട്ടോ കറന്റിൽ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യതിയാനം

പ്രകാശതീവ്രത x-അക്ഷത്തിലും ഫോട്ടോ കറന്റ് y-അക്ഷത്തിലും വരത്തക്കവണ്ണം ഒരു ഗ്രാഫ് വരക്കുക. ഗ്രാഫിൽ ചിത്രം 8.9, ഫോട്ടോ കറന്റ് - ഓരോ സെക്കന്റിലും ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്ന ഇലക്ട്രോണിന്റെ എണ്ണം - പതനപ്രകാശ തീവ്രതയ്ക്ക് നേരനുപാതത്തിൽ ആയിരിക്കും.

ഇവിടെതീവ്രതകൊണ്ട്ഉദ്ദേശിക്കുന്നത് പ്രകാശത്തിന്റെ തിളക്കം ആണ്. തിളക്കമുള്ള പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത മങ്ങിയ പ്രകാശത്തേക്കാൾ കൂടുതലായിരിക്കും.

8.2.3 ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് കറന്റിന്മേൽ പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസത്തിനുള്ള സ്വാധീനം

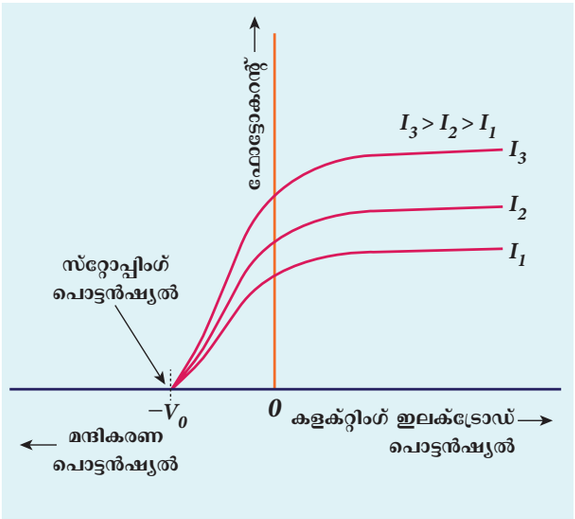
ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് കറന്റിന്മേൽ ഇലക്ട്രോഡുകൾക്കിടയിലുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യതിയാനം V യ്ക്കുള്ള സ്വാധീനത്തെക്കുറിച്ച് പഠിക്കുന്നതിന് ആവൃത്തിയേയും, പതനപ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രതയേയും സ്ഥിരമായി നിലനിർത്തുന്നു. തുടക്കത്തിൽ C ക്ക് അനുസൃതമായി A യുടെ പൊട്ടൻഷ്യലിനെ പോസിറ്റീവ് ആയി നിലനിർത്തുകയും അതിനുശേഷം തന്നിട്ടുള്ള പ്രകാശം കൊണ്ട് കാഥോഡിനെ പ്രസരിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുക.

തുടർന്ന് പ്ലേറ്റ് A യുടെ പൊട്ടൻഷ്യൽ വർദ്ധിപ്പിച്ച് അതിനനുസൃതമായി ഉണ്ടാകുന്ന ഫോട്ടോ കറന്റിനെ രേഖപ്പെടുത്തുക. A യുടെ പൊട്ടൻഷ്യൽ വർദ്ധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് ഫോട്ടോ കറന്റും കൂടുന്നു. ഒരു പ്രത്യേക പോസിറ്റീവ് പൊട്ടൻഷ്യലിൽ C യിൽ നിന്നും ഉത്സർജിക്കപ്പെടുന്ന എല്ലാ ഇലക്ട്രോണുകളും A യിൽ ശേഖരിക്കപ്പെടുകയും ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് കറന്റ് പരമാവധി (സാച്ചുറേഷൻ കറന്റ്) യാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ പരമാവധി മൂല്യത്തെ സാച്ചുറേഷൻ കറന്റ് എന്നുപറയുന്നു. A യുടെ പൊട്ടൻഷ്യലിനും ഫോട്ടോ കറന്റിനും ഇടക്കുള്ള ഗ്രാഫിൽ (ചിത്രം 8.10) പരന്ന ഭാഗം സാച്ചുറേഷൻ കറന്റിനെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നു.

ഇനി നാം പ്ലേറ്റ് A യെ അപേക്ഷിച്ച് പ്ലേറ്റ് C യിൽ ഒരു നെഗറ്റീവ് (മന്ദീകരണ) പൊട്ടൻഷ്യൽ പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ ഫോട്ടോ കറന്റ് പൊടുന്നനവേ പൂജ്യമാകുന്നില്ല. എന്തെന്നാൽ ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്ന ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് നിശ്ചിതവും വ്യത്യസ്തവുമായ ഗതികോർജ്ജം ഉള്ളതുകൊണ്ടാണ്. മന്ദീകരണ വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തെ മറികടക്കാനതക്ക ഗതികോർജ്ജമുള്ള ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകൾ A ഇലക്ട്രോഡിൽ എത്തിച്ചേരുന്നു.

A യുടെ നെഗറ്റീവ് (മന്ദീകരണ) പൊട്ടൻഷ്യലിനെ പതുക്കെ ഉയർത്തുമ്പോൾ ഫോട്ടോ കറന്റ് കുറയുന്നു. എന്തെന്നാൽ ഇലക്ട്രോഡ് A യിൽ എത്തിച്ചേരുന്ന കൂടുതൽ കൂടുതൽ ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകളെ അത് വികർഷിക്കപ്പെടുന്നു. ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് കറന്റ് പൂജ്യമാകുന്ന ഒരു പ്രത്യേക നെഗറ്റീവ് പൊട്ടൻഷ്യൽ V_0 യെ സ്റ്റോപ്പിംഗ് അഥവാ കട്ട് ഓഫ് പൊട്ടൻഷ്യൽ എന്നു വിളിക്കുന്നു.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 114 28-06-2022 17:27:01



ചിത്രം 8.10 പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസത്തിന് അനുസരിച്ച് ഫോട്ടോ കറന്റിലുണ്ടാകുന്ന വ്യതിയാനം

സ്റ്റോപ്പിംഗ് പൊട്ടൻഷ്യൽ ഏറ്റവും ഊർജ്ജ സ്വലതയുള്ള ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഉൽസർജനത്തിനെ നിറുത്തലാക്കി അപ്രകാരം ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് കറന്റിനെ പൂജ്യമാക്കാൻ പര്യാപ്തമായ, ശേഖരണ ഇലക്ട്രോഡ് A യിൽ നൽകപ്പെടുന്ന നെഗറ്റീവ് (മന്ദീകരണ) പൊട്ടൻഷ്യലിനെ സ്റ്റോപ്പിംഗ് പൊട്ടൻഷ്യൽ എന്നു വിളിക്കുന്നു.

സ്റ്റോപ്പിംഗ് പൊട്ടൻഷ്യലിൽ വളരെ ഊർജ്ജ സ്വലതയുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾ പോലും നിശ്ചലാവസ്ഥയിലാകുന്നു. അതിനാൽ വേഗത കൂടിയ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ പ്രാരംഭ ഗതികോർജ്ജം സ്റ്റോപ്പിംഗ് പൊട്ടൻഷ്യലിലൂടെ ($K_{\text{പരമാവധി}}$) നിർത്തലാക്കാൻ ചെയ്ത ജോലിക്ക് സമമാണ് (eV_0).

$$K_{\text{പരമാവധി}} = \frac{1}{2} m v^2_{\text{പരമാവധി}} = eV_0 \qquad (8.1)$$

ഇവിടെ $v_{\max}$ എന്നത് ഉർസർജിക്കപ്പെട്ട ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണിന്റെ പരമാവധി വേഗതയാണ്.

$$v_{\text{പരമാവധി}} = \sqrt{\frac{2eV_0}{m}}$$

$$v_{\text{പരമാവധി}} = \sqrt{\frac{2\times 1.602\times 10^{-19}}{9.1\times 10^{-31}}\times V_0}$$

$$= 5.93\times 10^5 \sqrt{V_0} \qquad (8.2)$$

സമവാക്യം (8.1)-ൽ നിന്നും,

$$K_{\max} = eV_0 \text{ (ജൂൾ)} \quad \text{(അഥവാ)} \qquad (8.3)$$

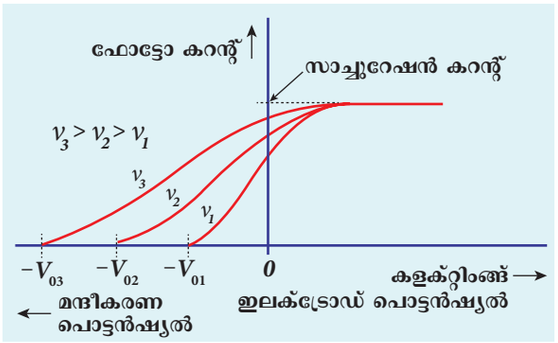
$$K_{\max} = V_0 \text{ (ഇലക്ട്രോൺ വോൾട്ടിൽ eV)} \qquad (8.4)$$

ചിത്രം 8.10-ൽ പതന പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത മാത്രം വർദ്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ സാച്ചുറേഷൻ കറന്റും കൂടുന്നു. എന്നാൽ V_0 യുടെ മൂല്യം സ്ഥിരമായി തന്നെ തുടരുന്നു.

ഇപ്രകാരം ഒരു നിർദ്ദിഷ്ട ആവൃത്തിയിൽ സ്റ്റോപ്പിംഗ് പൊട്ടൻഷ്യൽ എന്നത് പതനകിരണത്തിന്റെ തീവ്രതയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നില്ല. ഇതു കൂടാതെ ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ പരമാവധി ഗതികോർജ്ജം പതന പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രതയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കില്ല എന്നും ധ്വനിപ്പിക്കുന്നു.

8.2.4 സ്റ്റോപ്പിംഗ് പൊട്ടൻഷ്യലിൽ പതന പ്രകാശ ആവൃത്തിയുടെ സ്വാധീനം

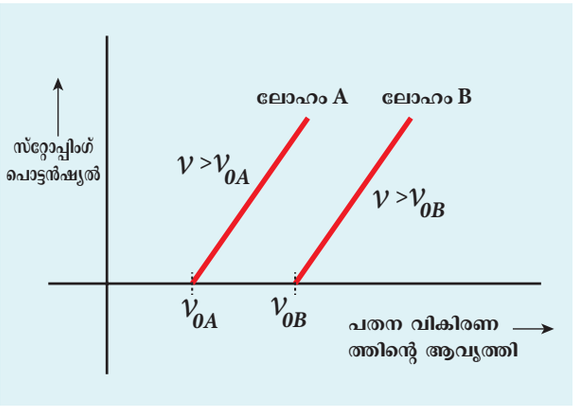
സ്റ്റോപ്പിംഗ് പൊട്ടൻഷ്യലിൽ പതനപ്രകാശത്തിന്റെ ആവൃത്തിയുടെ സ്വാധീനത്തെ കുറിച്ച് പഠിക്കുന്നതിന് പതനവികിരണത്തിന്റെ തീവ്രതയെ സ്ഥിരമായി നിലനിർത്തുക. വ്യത്യസ്ത ആവൃത്തിയിലുള്ള വിവിധ വികിരണങ്ങളിൽ കളക്റ്റർ ഇലക്ട്രോഡ് പൊട്ടൻഷ്യലിനനുസൃതമായി എങ്ങനെയാണ് ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് കറന്റ് വ്യതിയാനപ്പെടുന്നുവെന്നു പഠിക്കുന്നു. ഇവയ്ക്കിടയിലുള്ള ഗ്രാഫ് ചിത്രം 8.11-ൽ കാണുന്നതുപോലെ വരക്കുക. പതനപ്രകാശത്തിന്റെ ആവൃത്തി വ്യത്യാസപ്പെടുന്നതിനനുസരിച്ച് സ്റ്റോപ്പിംഗ് പൊട്ടൻഷ്യലിനും വ്യത്യാസം ഉണ്ടാകുന്നുവെന്ന് ഗ്രാഫിൽ നിന്നും വ്യക്തമാക്കാം.



ചിത്രം 8.11 വിവിധ ആവൃത്തിയുള്ള പതന വികിരണങ്ങളിൽ കളക്റ്റർ ഇലക്ട്രോഡ് പൊട്ടൻഷ്യൽ അനുസരിച്ച് ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് കറന്റിൽ വരുന്ന വ്യതിയാനം

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 115 28-06-2022 17:27:03

പതനവികിരണത്തിന്റെ ആവൃത്തി കൂടുന്നതിന് തത്തുല്യമായി സ്റ്റോപ്പിംഗ് പൊട്ടൻഷ്യലും വർദ്ധിക്കുന്നു. ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്, പതന പ്രകാശത്തിന്റെ ആവൃത്തി കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ പരമാവധി ഗതികോർജ്ജവും കൂടുന്നുവെന്നാണ്. തൽഫലമായി അവയെ പൂർണ്ണമായും നിർത്താൻ കൂടുതൽ മന്ദീകരണ പൊട്ടൻഷ്യൽ ആവശ്യമായി വരും.



ചിത്രം 8.12 രണ്ടു ലോഹങ്ങളിൽ പതനവികിരണത്തിന്റെ ആവൃത്തിക്ക് അനുസരിച്ച് സ്റ്റോപ്പിംഗ് പൊട്ടൻഷ്യലിൽ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യതിയാനം

വ്യത്യസ്ത ലോഹങ്ങളുടെ സ്റ്റോപ്പിംഗ് പൊട്ടൻഷ്യലിനും ആവൃത്തിക്കും തമ്മിൽ ഒരു ഗ്രാഫ് വരക്കുക. (ചിത്രം 8.12) ഗ്രാഫിൽ നിന്നും സ്റ്റോപ്പിംഗ് പൊട്ടൻഷ്യൽ ആവൃത്തിക്ക് രേഖീയമായി വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു എന്നു കണ്ടെത്താം. ത്രെഷോൾഡ് ഫ്രീകൻസി എന്നറിയപ്പെടുന്ന ആവൃത്തിക്കു താഴെ ഒരു ഇലക്ട്രോണുകളും ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്നില്ല. സ്റ്റോപ്പിംഗ് പൊട്ടൻഷ്യൽ പൂജ്യമാകുന്നതിനു കാരണം അതാണ്. എന്നാൽ ആവൃത്തിയെ വർദ്ധിപ്പിച്ച് ത്രെഷോൾഡ് മൂല്യത്തിനു മുകളിൽ കൊണ്ടുവന്നാൽ സ്റ്റോപ്പിംഗ് പൊട്ടൻഷ്യൽ പതന കിരണത്തിന്റെ ആവൃത്തിക്കനുസരിച്ച് രേഖീയമായി വ്യതിയാനപ്പെടുന്നു.

8.2.5 ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് പ്രഭാവ നിയമങ്ങൾ

മുകളിലത്തെ ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് പ്രഭാവത്തിന്റെ വിശദമായ പരീക്ഷണാത്മക നിരീക്ഷണങ്ങൾ താഴെപ്പറയുന്ന ഫലങ്ങൾ വെളിപ്പെടുത്തി:

i) ഒരു നിശ്ചിത ആവൃത്തിയിൽ പ്രകാശ സംവേദന പദാർത്ഥത്തിൽ നിന്നും ഉത്സർജിക്കപ്പെടുന്ന ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം പതനവികിരണത്തിന്റെ തീവ്രതയ്ക്ക് നേരനുപാതത്തിലായിരിക്കും. അതുപോലെ സാച്യുറേഷൻ കറന്റും പ്രതന പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രതയ്ക്ക് നേരനുപാതത്തിലായിരിക്കും.

ii) ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ പരമാവധി ഗതികോർജ്ജം പതന പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രതയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നില്ല.

iii) തന്നിരിക്കുന്ന ലോഹത്തിൽ നിന്നുള്ള ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ പരമാവധി ഗതികോർജ്ജം പതനപ്രകാശത്തിന്റെ ആവൃത്തിക്ക് നേർ അനുപാതത്തിലായിരിക്കും.

iv) ഒരു നിശ്ചിത പ്രതലത്തിൽ, ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉൽസർജിക്കപ്പെടണമെങ്കിൽ പതന പ്രകാശത്തിന്റെ ആവൃത്തി നിശ്ചയമായും ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ ആവൃത്തിയേക്കാളും കൂടിയിരിക്കണം. അതിനെ ത്രെഷോൾഡ് ഫ്രീകൻസി എന്നു വിളിക്കുന്നു.

v) പ്രകാശ പതനത്തിനും ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ പുറന്തള്ളലും തമ്മിൽ യാതൊരു കാലതാമസവുമില്ല.

വിവിധ പരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് പ്രതിഭാസത്തെ വളരെ വ്യക്തമായും വിശദമായും പരിശോധിച്ചു കഴിഞ്ഞ്, പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗ സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലും ഇത് വിശദീകരിക്കാൻ ശ്രമം നടത്തി.

8.2.6 ഊർജ്ജത്തിന്റെ ക്വാണ്ടയ്സേഷൻ എന്ന ആശയം

ക്ലാസിക്കൽ വേവ് സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ പരാജയങ്ങൾ

മാക്സ്വെല്ലിന്റെ സിദ്ധാന്തത്തിൽ നിന്നും (ഒന്നാം വാല്യത്തിന്റെ യൂണിറ്റ് 5 പരിശോധിക്കുക) പ്രകാശം, സാധാരണ തരംഗ സ്വഭാവം പ്രകടിപ്പിക്കുന്നതും, പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രവേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നതും, വൈദ്യുത കാന്തിക ആന്ദോളനങ്ങൾ അടങ്ങിയതുമായ ഇലക്ട്രോമാഗ്നറ്റിക് തരംഗങ്ങൾ ആണെന്ന് ഞങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കി. പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗ ചിത്രം ഉപയോഗിച്ച് ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് പ്രഭാവത്തിന്റെ പരീക്ഷണാത്മക നിരീക്ഷണങ്ങൾ വിശദീകരിക്കാൻ നമുക്ക് ശ്രമിക്കാം.

i) പ്രകാശം ഒരു വസ്തുവിൽ പതിക്കുമ്പോൾ അതിലെ ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് നിരന്തരം ഊർജ്ജം പകർന്നു നൽകുന്നു. തരംഗ സിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് തീവ്രത കൂടുതലുള്ള പ്രകാശത്തിനു സ്വതന്ത്രമാകുന്ന ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് കൂടുതൽ ഗതികോർജ്ജം പകരാൻ ആകും. (ഇവിടെ പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത എന്നത് യൂണിറ്റ് സമയത്തിൽ യൂണിറ്റ് വിസ്തീർണ്ണത്തിൽ ഏൽപ്പിച്ചുകൊടുക്കുന്ന ഊർജ്ജമാണ്).

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 116 28-06-2022 17:27:03

എന്നാൽ ഇത് നടക്കുന്നില്ല. ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ പരമാവധി ഗതികോർജ്ജം പതന പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രതയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നില്ല എന്നതാണ് പരീക്ഷണങ്ങൾ കാണിക്കുന്നത്.

ii) തരംഗ സിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച്, വികിരണത്തിന്റെ ആവൃത്തി എത്ര തന്നെ കുറഞ്ഞാലും മതിയായ തീവ്രതയുള്ള കിരണങ്ങൾ പദാർത്ഥ ഉപരിതലത്തിൽ പതിക്കുമ്പോൾ അവയിൽ നിന്നും ഇലക്ട്രോണുകൾ സ്വതന്ത്രമാകുന്നു.

ഒരു നിശ്ചിത കുറഞ്ഞ ആവൃത്തിക്കു താഴെ ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് പ്രഭാവം ഒരിക്കലും സാധ്യമല്ല എന്ന വസ്തുത നമുക്ക് പരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നും മനസ്സിലാക്കാൻ കഴിഞ്ഞു. ഇപ്രകാരം ത്രെഷോൾഡ് ഫ്രീക്വൻസിയുടെ നിലനിൽപ്പ് വിശദീകരിക്കുവാൻ തരംഗ സിദ്ധാന്തത്തിനു കഴിയാതെ പോയി.

iii) പ്രകാശത്തിന്റെ ഊർജ്ജം തരംഗമുഖത്ത് വ്യാപിക്കുന്നതിനാൽ അതിൽനിന്നും ഊർജ്ജം സ്വീകരിക്കുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണവും വളരെ വലുതാണ്. വർക്ക് ഫംഗ്ഷനെ മറികടക്കുന്നതിനും പദാർത്ഥ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും സ്വതന്ത്രമാകുന്നതിനും ആവശ്യമായ ഊർജ്ജം ലഭിക്കുന്നതിന് ഓരോ ഇലക്ട്രോണിനും ഗണ്യമായ സമയം (കുറച്ച് മണിക്കൂർ) ആവശ്യമാണ്.

എന്നാൽ പരീക്ഷണങ്ങൾ പ്രകടിപ്പിക്കുന്നത് ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് ഉത്സർജനം ഏതാണ്ട് ഒരു തൽക്ഷണ പ്രക്രിയയാണ്. (ഉപരിതലത്തിൽ പ്രകാശം പരത്തിയതിനുശേഷം കാലതാമസം 10^{-9} സെക്കന്റിനു താഴെയാണ്).

അതിനാൽ പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗ സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് ഉൽസർജനത്തിന്റെ പരീക്ഷണാത്മക നിരീക്ഷണങ്ങൾ വിശദീകരിക്കാൻ സാധിച്ചിട്ടില്ല.

ഉദാഹരണം 8.1

സീസിയത്തിൽ നിന്നുള്ള ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് ഉത്സർജനം, തരംഗ സിദ്ധാന്തം പ്രവചിച്ചതെന്ന് കാണിക്കുക

i) ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ പരമാവധി ഗതികോർജ്ജം (K_{max}) പതനപ്രകാശ തീവ്രത I യെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു

ii) പതനപ്രകാശത്തിന്റെ ആവൃത്തിയുമായി K_{max} ന് ബന്ധമില്ല

iii) പ്രകാശപതനത്തിനും ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ പുറന്തള്ളലിനു യിടക്കുള്ള കാലപരിധി വളരെ വലുതാണ്.

തരംഗസിദ്ധാന്തം അനുസരിച്ച് പ്രകാശ തരംഗങ്ങളുടെ ഊർജ്ജം നിരന്തരവും സമാനമായും തരംഗമുഖങ്ങളിൽ വ്യാപിച്ചിരിക്കുന്നു. എളുപ്പത്തിനുവേണ്ടി, താഴെപ്പറയുന്ന അനുമാനത്തിൽ എത്തിച്ചേരുന്നു.

a) ലോഹത്തിലെ അണുക്കളുടെ ഉപരിതല പാളിയിലാണ് ഊർജ്ജം ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നത്

b) തന്നിട്ടുള്ള മൂലകത്തിൽ ഓരോ ആറ്റവും തുല്യ അളവിലുള്ള ഊർജ്ജത്തെ ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. അതുകൂടാതെ ഈ ഊർജ്ജം അതിന്റെ പ്രതല വിസ്തീർണ്ണം A യ്ക്ക് തുല്യാനുപാതത്തിലും ആയിരിക്കും

c) ഓരോ ആറ്റവും ഈ ഊർജ്ജത്തെ ഒരു ഇലക്ട്രോണിനു നൽകപ്പെടുന്നു.

(തന്നിട്ടുള്ളത്: സീസിയത്തിന്റെ വർക്ക് ഫംഗ്ഷൻ 2.14 eV ഉം യൂണിറ്റ് പ്രതല വിസ്തീർണ്ണത്തിൽ ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെട്ട പവറിന്റെ മൂല്യം $1.60\times10^{-6}\,\mathrm{Wm}^{-2}$ ഉം ആകുന്നു. ഇത് സീസിയത്തിൽ നിന്നും നല്ല തോതിലുള്ള ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകളെ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു)

ഉത്തരം

i) t സമയത്തിൽ ഓരോ ഇലക്ട്രോണുകളും ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ഊർജ്ജത്തെ ഇങ്ങനെ രേഖപ്പെടുത്താം

$$E = IAt$$

ഈ ഊർജ്ജം ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നതിലൂടെ ഉപരിതല ഊർജ്ജബാരിയറിനെ അഥവാ പ്രവൃത്തി ഫലകത്തെ $K_{\text{പരമാവധി}}$ മറികടന്ന് ϕ_0 ഊർജ്ജമുള്ള ഏറെ ഊർജ്ജസ്വലതയുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളായി പുറത്തിറങ്ങുന്നു. ഇത് ഇപ്രകാരമാണ്.

$$K_{\text{പരമാവധി}} = IAt - \phi_0 \qquad (1)$$

ഇപ്രകാരം തരംഗസിദ്ധാന്ത പ്രവചനത്തിൽ നിന്നും, യൂണിറ്റ് സമയത്തിൽ വളരെ കുറഞ്ഞ പ്രകാശ തീവ്രതയിൽ $IA < \phi_0$ ആയിരിക്കും. അപ്പോൾ ഇലക്ട്രോണുകൾ ഒന്നും തന്നെ ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്നില്ല. ഉയർന്ന തീവ്രതയിൽ, $IA \geq \phi_0$ ആയിരിക്കുമ്പോൾ ഇലക്ട്രോണുകൾ പുറന്തള്ളപ്പെടുന്നു. പ്രകാശ തീവ്രത ഉയരുമ്പോൾ $K_{\text{പരമാവധി}}$ ഉം അധികമാകും എന്നതാണ് ഇത് ധ്വനിപ്പിക്കുന്നത്.

തന്മൂലം വളരെ കുറഞ്ഞതും, ഉയർന്നതുമായ പ്രകാശ തീവ്രതകളിലെ പരീക്ഷണ നിരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നും തികച്ചും വൈരുദ്ധ്യം പുലർത്തുന്നതാണ് തരംഗസിദ്ധാന്ത പ്രവചനങ്ങൾ.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 117 28-06-2022 17:27:03

ii) തരംഗ സിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് പ്രകാശ തരംഗങ്ങളുടെ തീവ്രത, വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിലെ ആയാമത്തിന്റെ (amplitude) വർഗ്ഗത്തിന് നേരനുപാതത്തിലായിരിക്കും. പ്രകാശ തീവ്രതക്ക് അനുസരിച്ച് വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ ആപ്ലിറ്റ്യൂഡും വർദ്ധിക്കുന്നു. ഇത് ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ത്വരണത്തെ കൂട്ടുകയും ഗതികോർജ്ജം കൂടിയ ഇലക്ട്രോണുകളെ പ്രദാനം ചെയ്യുകയും ചെയ്യുന്നു.

അങ്ങനെ ആയതുകൊണ്ട്, സമവാക്യം (1) ൽ I യ്ക്കു പകരം E_0^2 എന്ന് എഴുതാം. ഇത് അർത്ഥമാക്കുന്നത്, യഥാർത്ഥ പ്രകാശതരംഗത്തിന്റെ ആവൃത്തി $K_{\text{പരമാവധി}}$ നെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നില്ല എന്നാണ്. ഇത് വീണ്ടും പരീക്ഷണ ഫലങ്ങൾക്ക് വിപരീതയാണ്.

iii) ഒരു ഇലക്ട്രോൺ, പ്രവൃത്തി ഫലകത്തെ മറികടക്കാൻ മതിയാവോളം പ്രകാശ ഊർജ്ജം സംഭരിച്ചുകഴിഞ്ഞാൽ ആ ആറ്റത്തിൽ നിന്നും ഗതികോർജ്ജം ഇല്ലാത്ത ഇലക്ട്രോണുകളെ പുറംതള്ളപ്പെടുന്നു. അതിനാൽ, സമവാക്യം (1)ഇങ്ങനെ മാറുന്നു,

$$0 = IAt - \phi_0$$

$$t = \frac{\phi_0}{IA} = \frac{\phi_0}{I(\pi r^2)}$$

അറ്റോമിക ആരം $r = 1.0\times10^{-10}$ മീ ഉം, തന്നിട്ടുള്ള I യുടെയും ϕ_0 ന്റെയും മൂല്യം ഇടുമ്പോൾ

$$t = \frac{2.14\times1.6\times10^{-19}}{1.60\times10^{-6}\times3.14\times(1\times10^{-10})^2}$$

$$= 0.68\times10^{7}\ \text{സെക്കന്റ്} \approx 79\ \text{ദിവസങ്ങൾ}$$

ഇപ്രകാരം തരംഗ സിദ്ധാന്ത പ്രവചനമനുസരിച്ച് പ്രകാശപതനത്തിനും ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഉൽസർജ്ജനത്തിനും ഇടക്ക് നീണ്ട കാലതാമസം ഉണ്ടാകുന്നു. എന്നാൽ പരീക്ഷണങ്ങൾ വെളിപ്പെടുത്തുന്നത് പ്രകാശവൈദ്യുത പ്രഭാവം എന്നത് ഒരു തത്ക്ഷമ പ്രക്രിയയെന്നതാണ്.

ഊർജ്ജത്തിന്റെ ക്വാണ്ടയ്സേഷൻ എന്ന ആശയം

ബ്ലാക്ക് ബോഡിൽ നിന്നും വമിക്കുന്ന താപ വികിരണങ്ങളെക്കുറിച്ചും വികിരണ കർവ്വുകളുടെ ആകൃതിയെക്കുറിച്ച് പ്രതിപാദിക്കുന്നതിന് 1900-ൽ മാക്സ് പ്ലാങ്ക് എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ക്വാണ്ടം എന്ന ആശയം പ്രസ്താവിച്ചു.

മാക്സ്പ്ലാങ്കിന്റെ നിഗമനത്തിൽ ദ്രവ്യം എന്നത് വ്യത്യസ്ത ആവൃത്തിയിൽ കമ്പനം ചെയ്യുന്ന വൻതോതിൽ ഉള്ള ആന്ദോളന കണങ്ങളാൽ അടങ്ങിയതാണ്. ഓരോ അറ്റോമിക ഓസിലേറ്ററും അതിന്റെ തന്നെ സ്വാഭാവിക ആവൃത്തിയിൽ കമ്പനം ചെയ്യുന്നു. ഒരേ ആവൃത്തിയിലുള്ള വൈദ്യുത കാന്തിക വികിരണങ്ങളെ ഉത്സർജിക്കപ്പെടുകയോ ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുകയോ ചെയ്യുന്നു. ഇതു കൂടാതെ

i) ഒരു ആന്ദോലകം ν ആവൃത്തിയിൽ കമ്പനം ചെയ്യുക ആണെങ്കിൽ അതിന്റെ ഊർജ്ജം നിശ്ചിതമായ വിഭിന്ന മൂല്യങ്ങൾ കൈവരിക്കുന്നു. സമവാക്യമുപയോഗിച്ച് ഇപ്രകാരം രേഖപ്പെടുത്താം.

$$E_n = nh\nu \qquad n=1,2,3.... \qquad (8.5)$$

ഇവിടെ h എന്നത് ഒരു സ്ഥിരാങ്കമാണ്. ഇതിനെ പ്ലാങ്കിന്റെ സ്ഥിരാങ്കം എന്നുവിളിക്കുന്നു.

ii) ഓസിലേറ്ററുകൾ ചെറിയ പാക്കറ്റുകളായിട്ടോ അഥവാ ക്വാണ്ടയായിട്ടോ ഊർജ്ജത്തെ ഉൽസർജിക്കപ്പെടുകയോ ആഗിരണം ചെയ്യുകയോ ചെയ്യുന്നു. ഓരോ ക്വാണ്ടത്തിന്റേയും ഊർജ്ജം എന്നത് $h\nu$ ആണ്.

ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത് ഓസിലേറ്ററിന്റെ ഊർജ്ജം ക്വാണ്ടവൽക്കരിച്ചിരിക്കുന്നു. അതായത് തരംഗ പ്രമേയത്തിൽ പ്രതിപാദിച്ചതുപോലെ തുടർച്ചയായിരിക്കില്ല. ഇതിനെ **ക്വാണ്ടയ്സേഷൻ ഓഫ് എനർജി** എന്നു വിളിക്കുന്നു.

8.2.7 പ്രകാശത്തിന്റെ കണികാ സ്വഭാവം ഐൻസ്റ്റീന്റെ വിശദീകരണം

1905-ൽ മാക്സ്പ്ലാങ്കിന്റെ ക്വാണ്ടം എന്ന ആശയത്തെ വിപുലീകരിച്ച് ഐൻസ്റ്റീൻ പ്രകാശ വൈദ്യുത പ്രഭാവത്തെ വിശദീകരിച്ചു. ഐൻസ്റ്റീന്റെ അഭിപ്രായത്തിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ ഊർജ്ജം തരംഗമുഖങ്ങളിൽ വ്യാപരിക്കുന്നില്ല പകരം ചെറിയ പോക്കറ്റുകളോ അല്ലെങ്കിൽ ക്വാണ്ടമായോ ഊർജ്ജം കേന്ദ്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. അതിനാൽ ഏതു സ്രോതസ്സിൽ നിന്നും (അല്ലെങ്കിൽ ഏതെങ്കിലും വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങൾ) ആവൃത്തിയിൽ പുറത്തുവരുന്ന പ്രകാശത്തെ ക്വാണ്ടകളുടെ പ്രവാഹമായി കണക്കാക്കപ്പെടുന്നു. അതോടൊപ്പം ഓരോ പ്രകാശക്വാണ്ടത്തിന്റേയും ഊർജ്ജം $E = h\nu$ നൽകുന്നു.

ഈ ഊർജ്ജക്വാണ്ടത്തിന് ആക്കം ഉണ്ടെന്നും അതിന്റെ മൂല്യം $p = \frac{h\nu}{c}$ എന്നും അദ്ദേഹം പ്രസ്താവിച്ചു. ഒരു വ്യതിരിക്ത ലൈറ്റ് ക്വാണ്ടം എന്നത് നിശ്ചിത ഊർജ്ജവും ആക്കവും ഉള്ള

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 118 28-06-2022 17:27:04

സംഘടിത കണികയാണ്. ലൈറ്റ് ക്വാണ്ടത്തിന് ഒരു കണമായി പ്രവർത്തിക്കുവാൻ കഴിയും. ഇതിനെ ഫോട്ടോൺ എന്നു വിളിക്കുന്നു. അതിനാൽ ഫോട്ടോൺ എന്നത് മറ്റൊന്നും അല്ല പ്രകാശത്തിന്റെ കണികാ സാക്ഷാത്ക്കാരമാണ്.

ഫോട്ടോണുകളുടെ സവിശേഷതകൾ :

പ്രകാശത്തിന്റെ കണികാസ്വഭാവമനുസരിച്ച് ഏതു വികിരണങ്ങളുടേയും അടിസ്ഥാന ഘടകങ്ങൾ ഫോട്ടോണുകൾ ആണെന്നും അവയ്ക്ക് താഴെപ്പറയുന്ന സ്വഭാവ സവിശേഷതകൾ ഉൾക്കൊള്ളേണ്ടതുമാണ്:

i) ആവൃത്തി ν ഉം തരംഗദൈർഘ്യം λ യും ഉള്ള പ്രകാശ ഫോട്ടോണുകളുടെ ഊർജ്ജം $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ ആണ്.

ii) ഒരു ഫോട്ടോണിന്റെ ഊർജ്ജത്തിനെ നിർണ്ണയിക്കുന്നത് ആ വികിരണത്തിന്റെ ആവൃത്തിയെ ആണ്, അല്ലാതെ തീവ്രതയെ അല്ല. തീവ്രതയ്ക്ക് ആ ഊർജ്ജ കിരണങ്ങളിലുള്ള ഫോട്ടോണുകളുടെ ഊർജ്ജവുമായി യാതൊരു ബന്ധവും ഇല്ല.

iii) ഫോട്ടോണുകൾ പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രവേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ ആക്കം $p = \frac{h}{\lambda} = \frac{h\nu}{c}$ ആണ്

iv) ഫോട്ടോണുകൾ വൈദ്യുതപരമായി ന്യൂട്രൽ ആയതിനാൽ വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിലും കാന്തിക മണ്ഡലത്തിലും വ്യതിചലിക്കുന്നില്ല.

v) ഒരു ഫോട്ടോൺ ദ്രവ്യവുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിക്കുമ്പോൾ (ഫോട്ടോൺ-ഇലക്ട്രോൺ കൊളിഷൻ) മൊത്തം ഊർജ്ജം, മൊത്തം രേഖീയ ആവേഗം, മൊത്തം വർത്തുള ആവേഗം എന്നിവ പരിപാലിക്കപ്പെടുന്നു. ഇത്തരം പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഫോട്ടോൺ ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടാം. അല്ലെങ്കിൽ ഒരു പുതിയ ഫോട്ടോൺ നിർമ്മിക്കപ്പെടാം. എന്നതിനാൽ ഫോട്ടോണുകളുടെ എണ്ണം സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നില്ല.

കുറിപ്പ്

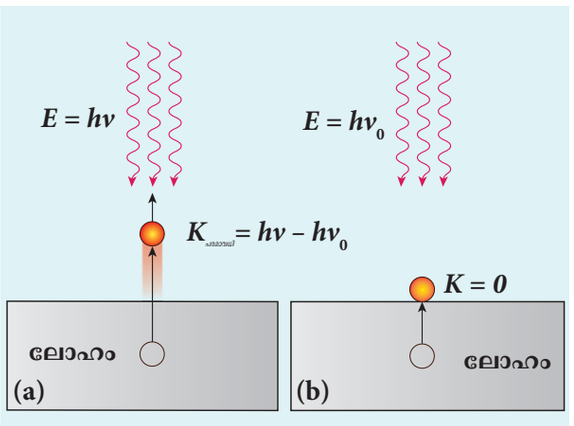
ക്വാണ്ടം എന്ന ആശയം അനുസരിച്ച് നിശ്ചിത തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത എന്നത് ക്വാണ്ടത്തിന്റെ എണ്ണം അല്ലെങ്കിൽ ഒരേ ഊർജ്ജമുള്ളതും യൂണിറ്റ് സമയത്തിൽ യൂണിറ്റ് പ്രതല വിസ്തീർണ്ണത്തിൽ പതിക്കുന്ന ഫോട്ടോണുകളുടെ എണ്ണമാണ്. ഇതിന്റെ മാത്ര Wm^{-2} ആണ്.

ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് സമവാക്യത്തെകുറിച്ചുള്ള ഐൻസ്റ്റീന്റെ വിശദീകരണം

ഒരു ലോഹപ്രതലത്തിൽ $h\nu$ ഊർജ്ജമുള്ള ഫോട്ടോൺ പതിക്കുമ്പോൾ ഈ ഊർജ്ജത്തെ ഒരൊറ്റ ഇലക്ട്രോൺ ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുകയും അത് പുറന്തള്ളപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയിൽ ഫോട്ടോൺ ഊർജ്ജത്തിന്റെ ഒരു ഭാഗം ലോഹ പ്രതലത്തിൽ നിന്നും ഇലക്ട്രോണിനെ പുറന്തള്ളാനും (പ്രകാശ വൈദ്യുത പ്രവൃത്തി ഫലകം ϕ_0) മറ്റൊരു ഭാഗം പുറന്തള്ളപ്പെട്ട ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് ഗതികോർജ്ജം പ്രദാനം ചെയ്യാനും വിനിയോഗിക്കുന്നു. ഊർജ്ജ സംരക്ഷണ നിയമം അനുസരിച്ച്,

$$h\nu = \phi_0 + \frac{1}{2}mv^2 \qquad (8.6)$$

ഇവിടെ m എന്നത് ഇലക്ട്രോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനവും v എന്നത് പ്രവേഗവുമാണ്. ഇത് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ചിത്രം 8.13(a).



ചിത്രം 8.13 ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഉത്സർജനം

പതന പ്രകാശത്തിന്റെ ആവൃത്തി കുറയ്ക്കുകയാണെങ്കിൽ വേഗത അഥവാ ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഗതികോർജ്ജം കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു. പതന വികിരണത്തിന്റെ പ്രത്യേക ആവൃത്തി ν_0 ൽ ഏതാണ് ഗതികോർജ്ജം ഒന്നും ഇല്ലാത്ത ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉൽസർജിക്കുന്നു. (ചിത്രം 8.13(b)). അപ്പോൾ സമവാക്യം 8.6 എന്നത് ഇങ്ങനെ മാറുന്നു.

$$h\nu_0 = \phi_0$$

ഇവിടെ ν_0 എന്നത് ത്രെഷോൾഡ് ആവൃത്തി ആണ്.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 119 28-06-2022 17:27:05

സമവാക്യം (8.6) എന്നത് ഇങ്ങനെ മാറുന്നു

$$h\nu = h\nu_0 + \frac{1}{2}mv^2 \qquad (8.7)$$

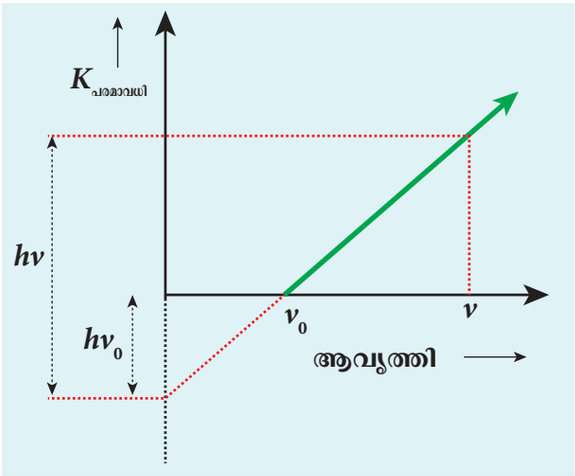
സമവാക്യം 8.7 നെ ഐൻസ്റ്റീന്റെ പ്രകാശ വൈദ്യുത സമവാക്യം **(Einstein's photoelectric equation)** എന്നു വിളിക്കുന്നു.

ആന്തരിക കൊളിഷൻ നടത്തി ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് ഊർജ്ജം നഷ്ടപ്പെട്ടിട്ടില്ല എങ്കിൽ ഉത്സർജിക്കപ്പെടുന്ന ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് പരമാവധി ഗതികോർജ്ജം $K_{\text{പരമാവധി}}$ ഉണ്ടാകും. അങ്ങനെയാണെങ്കിൽ

$$K_{\text{പരമാവധി}} = \frac{1}{2}mv^2_{\text{പരമാവധി}}$$

ഇവിടെ $v_{\text{പരമാവധി}}$ എന്നത് ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളുടെ പരമാവധി പ്രവേഗം. സമവാക്യം (8.6) നെ ഇങ്ങനെ എഴുതാം:

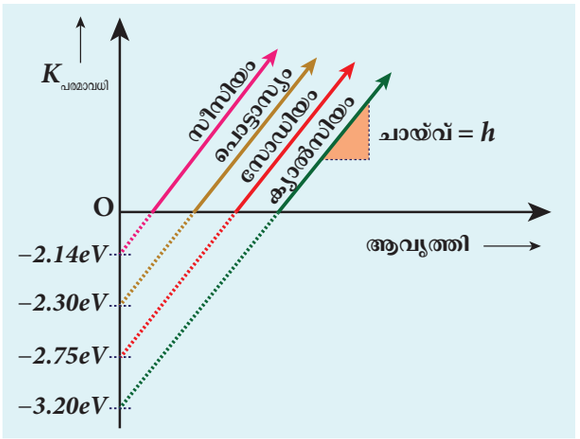
$$K_{\text{പരമാവധി}} = h\nu - \phi_0 \qquad (8.8)$$



ചിത്രം 8.14 $K_{\text{പരമാവധി}}$ നും ν നും തമ്മിലുള്ള ഗ്രാഫ്

ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണിന്റെ പരമാവധി ഗതികോർജ്ജം $K_{\text{പരമാവധി}}$ നും പതനകിരണത്തിന്റെ ആവൃത്തി ν നും തമ്മിലുള്ള ഗ്രാഫ് ഒരു നേർരേഖയാണ്. ചിത്രം 8.14 രേഖയുടെ ചായ്‌വ് h ഉം ഇതിന്റെ y ഇന്റർസെപ്റ്റ് $-\phi_0$ ഉം ആകുന്നു.

ഐൻസ്റ്റീന്റെ സമവാക്യത്തെ പരീക്ഷണാത്മകമായി പരിശോധിച്ചത് R.A.മില്ലിക്കൻ ആണ്. ചിത്രം 8.15-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ പല ലോഹങ്ങളിലും (സീസിയം, പൊട്ടാസ്യം, സോഡിയം, ലിഥിയം) $K_{\text{പരമാവധി}}$ നും ν തമ്മിലുള്ള ഗ്രാഫ് അദ്ദേഹം വരയ്ക്കുകയുണ്ടായി. ഇവയിലെല്ലാം ഗ്രാഫിന്റെ ചരിവ് ലോഹങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കില്ല എന്ന് അദ്ദേഹം കണ്ടെത്തി.



ചിത്രം 8.15 വിവിധതരം ലോഹങ്ങളുടെ $K_{\text{പരമാവധി}}$ നും ν നും തമ്മിലുള്ള ഗ്രാഫ്

പ്ലാങ്കിന്റെ സ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ (h=6.626×10^{-34} Js) മൂല്യവും നിരവധി ലോഹങ്ങളുടെ പ്രവർത്തന ഫലകത്തിന്റെ (Cs, K, Na, Ca) മൂല്യവും മില്ലിക്കൻ കണക്കാക്കി. ഈ മൂല്യങ്ങളെല്ലാം സൈദ്ധാന്തിക പ്രവചനങ്ങളുമായി യോജിക്കുന്നവയാണ്.

പ്രകാശ വൈദ്യുത പ്രഭാവത്തിനായുള്ള വിശദീകരണം:

ഐൻസ്റ്റീന്റെ ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് സമവാക്യത്തിന്റെ സഹായത്തോടെ ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് ഇഫക്റ്റിന്റെ പരീക്ഷണാത്മകമായി നിരീക്ഷിച്ച വസ്തുതകൾ വിശദീകരിക്കാം.

i) ഓരോ പതന ഫോട്ടോണും ഒരു ഇലക്ട്രോണിനെ സ്വതന്ത്രമാക്കുമ്പോൾ, പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത വർദ്ധിക്കുന്നത് (യൂണിറ്റ് സമയത്തിൽ യൂണിറ്റ് വിസ്തീർണ്ണത്തിലുള്ള ഫോട്ടോണുകളുടെ എണ്ണം) ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം വർദ്ധിപ്പിക്കുകയും അതുവഴി ഫോട്ടോ കറന്റ് വർദ്ധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് പരീക്ഷണാത്മകമായി നിരീക്ഷിക്കപ്പെട്ടു.

ii) $K_{\text{പരമാവധി}} = h\nu - \phi_0$ -ൽ നിന്ന്, $K_{\text{പരമാവധി}}$ എന്നത് പ്രകാശത്തിന്റെ ആവൃത്തിക്ക് ആനുപാതികമാണെന്നും പ്രകാശ തീവ്രതയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കില്ല എന്നും വ്യക്തമാണ്.

iii) സമവാക്യം 8.7-ൽ നൽകിയിട്ടുള്ളതുപോലെ ലോഹപ്രതലത്തിൽ നിന്നും ഇലക്ട്രോണുകളെ ഉൽസർജിക്കപ്പെടണമെങ്കിൽ പതന ഫോട്ടോണുകൾക്ക് ഒരു കുറഞ്ഞ ഊർജ്ജം (ലോഹത്തിന്റെ വർക്ക് ഫംഗ്ഷനു തുല്യം) ഉണ്ടായിരിക്കണം. ഇതിനു താഴെ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഉൽസർജനം സാധ്യമല്ല. അതോടൊപ്പം ത്രെഷോൾഡ് ഫ്രീക്വൻസി എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഒരു കുറഞ്ഞ ഫ്രീക്വൻസി നിലകൊള്ളുന്നുണ്ട് ഇതിനു താഴെ ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് പ്രഭാവം നടക്കുന്നില്ല.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 120 28-06-2022 17:27:05

iv) ക്വാണ്ടം എന്ന ആശയപ്രകാരം ഇലക്ട്രോണുകളിലോട്ടുള്ള ഫോട്ടോണുകളുടെ ഊർജ്ജ കൈമാറ്റം തൽക്ഷണമാണ്. അതിനാൽ ഫോട്ടോൺ പതനത്തിനും ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഉൽസർജനത്തിനും ഇടയ്ക്ക് യാതൊരു കാലതാമസവും ഇല്ല.

ഇപ്രകാരം പ്രകാശത്തിന്റെ ക്വാണ്ടം ആശയപ്രകാരം ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് പ്രഭാവത്തിനെ വിശദീകരിച്ചു.

പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രകൃതി : തരംഗം - കണിക അദ്വൈതത

പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗസ്വഭാവം ഉപയോഗിച്ച് വ്യതികലനം, പ്രകാശത്തിന്റെ വ്യതിയാനം, ധ്രുവീകരണം തുടങ്ങിയ പ്രതിഭാസങ്ങളെ വിശദീകരിക്കാൻ കഴിയുമെന്ന് നമ്മൾ പഠിച്ചു. പ്രകാശത്തിന്റെ കണികാസ്വഭാവമുപയോഗിച്ച് മറ്റുചില പ്രതിഭാസങ്ങളായ ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് പ്രഭാവം, ബ്ലാക്ക് ബോഡി റേഡിയേഷൻ തുടങ്ങിയ പ്രതിഭാസങ്ങൾക്കും വിശദീകരണം നൽകാനായി. അതിനാൽ രണ്ട് സിദ്ധാന്തങ്ങൾക്കും വേണ്ടത്ര പരീക്ഷണാത്മക തെളിവുകൾ ഉണ്ട്.

മുൻകാലങ്ങളിൽ പുതിയ പരീക്ഷണാത്മക ഫലങ്ങളുമായി വൈരുദ്ധ്യം പുലർത്തിയതു കാരണം പല ശാസ്ത്ര സിദ്ധാന്തങ്ങളും പരിഷ്ക്കരിക്കപ്പെടുകയോ തിരസ്ക്കരിക്കപ്പെടുകയോ ചെയ്തിട്ടുണ്ട്. പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രകൃതം എന്താണ്? എന്ന ചോദ്യത്തിന് ഉത്തരം നൽകുന്നതിനായി രണ്ട് വ്യത്യസ്ത സിദ്ധാന്തങ്ങൾ ആവശ്യമായി വന്നിട്ടുണ്ട്

ഇതിൽ നിന്നും പ്രകാശം ഇരട്ട സ്വഭാവമുള്ളതായുള്ള നിഗമനത്തിലെത്തി ചേർന്നു. അതായത് കണികാസ്വഭാവവും, തരംഗ സ്വഭാവവും ചില സാഹചര്യങ്ങളിൽ അത് തരംഗമായും മറ്റുചില സന്ദർഭങ്ങളിൽ കണികകളായും അത് പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

മറ്റൊരു വിധത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ പ്രചരണ സമയത്ത് പ്രകാശം തരംഗ സ്വഭാവവും, ദ്രവ്യവുമായി സമ്പർക്കത്തിലേർപ്പെടുമ്പോൾ കണികാസ്വഭാവവും പ്രകടിപ്പിക്കുന്നു. ഭൗതിക പ്രതിഭാസങ്ങൾക്ക് പൂർണ്ണമായ വിശദീകരണം നൽകുന്നതിന് ഈ രണ്ട് സിദ്ധാന്തങ്ങളും ആവശ്യമാണ്. ആയതിനാൽ തരംഗത്വഭാവവും ക്വാണ്ടം പ്രകൃതവും പരസ്പര പൂരകങ്ങളാകുന്നു.

8.2.8 ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് സെല്ലുകളും അവയുടെ ഉപയോഗങ്ങളും

ഫോട്ടോ സെൽ

പ്രകാശോർജ്ജത്തെ വൈദ്യുതോർജ്ജമാക്കി മാറ്റുവാനുള്ള ഒരു ഉപകരണമാണ് ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് സെൽ അഥവാ ഫോട്ടോ സെൽ. ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് പ്രഭാവം എന്ന തത്വത്തെ ആസ്പദമാക്കി ഇവ പ്രവർത്തിക്കുന്നു.ഫോട്ടോ സെൻസിറ്റീവ് പദാർത്ഥങ്ങളിൽ പ്രകാശ കിരണങ്ങൾ പതിക്കുമ്പോൾ അവയുടെ ഇലക്ട്രിക് ഗുണവിശേഷങ്ങളെ ബാധിക്കും. ഇതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഫോട്ടോ സെല്ലുകളെ മൂന്നായി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. അവ

i) **ഫോട്ടോ എമിസ്സീവ് സെൽ :** പ്രകാശം അല്ലെങ്കിൽ മറ്റ് വികിരണങ്ങളെ കൊണ്ട് ലോഹ കാഥോഡിനെ പ്രസരിപ്പിക്കുമ്പോൾ അവയിൽ നിന്നും ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉത്സർജ്ജിക്കപ്പെടുന്നു. ഇതിനെ ആശ്രയിച്ച് അവ പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

ii) **ഫോട്ടോ വോൾട്ടായിക് സെൽ :** ഇവിടെ അർദ്ധചാലകം കൊണ്ടാണ് ഫോട്ടോ സെൻസിറ്റീവ് പദാർത്ഥം ഉണ്ടാക്കിയിരിക്കുന്നത്. പ്രകാശത്തിന്റേയോ മറ്റു വികിരണങ്ങളുടേയോ തീവ്രതക്ക് അനുസൃതമായി വോൾട്ടത സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു.

iii) **ഫോട്ടോ കൺകഡക്റ്റീവ് സെൽ:** ഇതിൽ പതന വികിരണത്തിന്റെ ഊർജ്ജം മാറുന്നതിനനുസരിച്ച് അർദ്ധചാലകത്തിന്റെ പ്രതിരോധത്തിൽ മാറ്റം വരുന്നു.

ഫോട്ടോ എമിസ്സീവ് സെല്ലിനെക്കുറിച്ചും അതിന്റെ ഉപയോഗങ്ങളെക്കുറിച്ചും നമ്മൾ ഈ വിഭാഗത്തിൽ ചർച്ച ചെയ്യുന്നു.

ഫോട്ടോ എമിസ്സീവ് സെൽ

നിർമ്മാണം:

ഗ്ലാസ്സ് അഥവാ ക്വാഡ്സ്നാൽ നിർമ്മിതമായതും പൂർണ്ണമായും വായു വിമുക്തമാക്കിയതുമായ ഒരു ബൾബ് ഉണ്ട്. ഇതിൽ രണ്ട് ലോഹ ഇലക്ട്രോഡുകളായ, കാഥോഡ്, ആനോഡ് എന്നിവയെ ചിത്രം

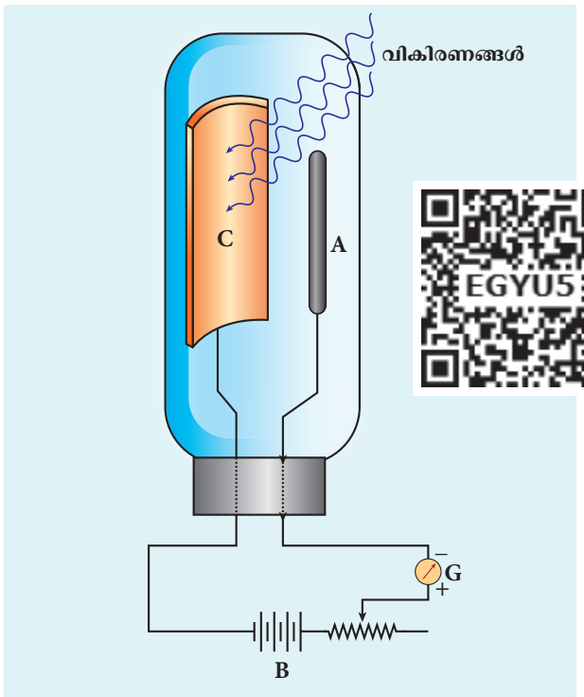
നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

പ്രകാശം എപ്രകാരമാണ് ഇങ്ങനെ തരംഗ സ്വഭാവവും കണികാ സ്വഭാവവും പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നതെന്ന് മനസ്സിലാക്കാൻ ഒരു സാധാരണ വായനക്കാരന് വളരെ ബുദ്ധിമുട്ടുള്ള കാര്യമാണ്. പ്രശസ്ത ശാസ്ത്രജ്ഞനായ ആൽബർട്ട് ഐൻസ്റ്റീനു പോലും ഇതുതന്നെയായിരുന്നു അവസ്ഥ.

ഒരിക്കൽ അദ്ദേഹത്തിന്റെ നിരാശ പ്രകടിപ്പിച്ചുകൊണ്ടുള്ള ഒരു കത്ത് 1954-ൽ അദ്ദേഹത്തിന്റെ സുഹൃത്തായ മൈക്കേൽ ബെസ്സോക്ക് എഴുതുകയുണ്ടായി. ഈ അൻപത് വർഷത്തോളം കാലം ബോധപൂർവ്വമായ ചിന്തയിലാണ്ടു കഴിഞ്ഞിട്ടും എന്താണ് ലൈറ്റ് ക്വാണ്ടം? എന്ന ചോദ്യത്തിന്റെ ഉത്തരത്തിന് സമീപത്തെത്താൻ പോലും സാധിച്ചില്ല. തീർച്ചയായും ഇന്ന് എല്ലാപേരും ചിന്തിക്കുന്നുണ്ടാകും, അദ്ദേഹത്തിന് ഉത്തരം അറിയാമായിരുന്നു പക്ഷേ അദ്ദേഹം അദ്ദേഹത്തിനുതന്നെ കബളിപ്പിക്കുകയായിരുന്നു

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 121 28-06-2022 17:27:06

8.16-ൽ കാണുന്നതുപോലെ ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഫോട്ടോ സെൻസിറ്റീവ് പദാർത്ഥം പൂശിയിട്ടുള്ള അർദ്ധ സിലിണ്ടർ ആകൃതിയിലുള്ള ഇലക് ട്രോഡാണ് കാഥോഡ് C അർദ്ധ സിലിണ്ട്രിക്കൽ കാഥോഡിന്റെ അക്ഷത്തിനു സമാന്തരമായി വച്ചിരിക്കുന്ന നോർത്ത് റോഡ് അഥവാ വയർ ആണ് ആനോഡ് A G എന്ന ഗാൽവനോ മീറ്ററിൽ കൂടി ആനോഡിനും കാഥോഡിനും ഇടയ്ക്കുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ ഡിഫറൻസ് പ്രയോഗിക്കുന്നു.



ചിത്രം 8.16 ഫോട്ടോ സെല്ലിന്റെ നിർമ്മാണം

പ്രവർത്തനം :

കാഥോഡ് പ്രകാശിക്കുമ്പോൾ അതിൽ നിന്നും ഇലക്ട്രോണുകൾ പുറപ്പെടുവിക്കുന്നു. ഈ ഇലക് ട്രോണുകളെ ആനോഡ് ആകർഷിക്കുന്നു. ഇപ്രകാരം ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന വിദ്യുത്ധാരയെ ഗാൽവനോമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് അളക്കുന്നു. ഒരു നിശ്ചിത കാഥോഡിൽ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന വിദ്യുത്ധാരയുടെ അളവിനെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നത്

i) പതനവികിരണത്തിന്റെ തീവ്രതയും

ii) ആനോഡിനും കാഥോഡിനും ഇടയ്ക്കുള്ള പൊട്ടൻശ്യൽ വ്യതിയാനം.

ഫോട്ടോ സെല്ലുകളുടെ പ്രയോജനങ്ങൾ:

ഫോട്ടോ സെല്ലുകൾക്ക് ധാരാളം പ്രയോജനങ്ങൾ ഉണ്ട്. പ്രത്യേകിച്ചും സ്വിച്ചുകളിലും സെൻസറുകളിലും മങ്ങിയ അവസ്ഥയിൽ പ്രകാശിക്കുന്ന ഓട്ടോമാറ്റിക് ലൈറ്റുകളിൽ ഫോട്ടോസെല്ലുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു. അതുപോലെ പകലിലും രാത്രിയിലും അനുസ്യൂതമായി പ്രകാശിക്കുകയും അണയുകയും ചെയ്യുന്ന തെരുവു വിളക്കിലും ഇവ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ചലനാത്മക ചിത്രങ്ങളിൽ ശബ്ദത്തിന്റെ പുനർനിർമ്മാണത്തിനായി ഫോട്ടോസെല്ലുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു. അതുപോലെ ഓട്ടമത്സരങ്ങളിൽ അത്ലറ്റുകളുടെ വേഗത കൃത്യമായി അളക്കുന്ന ടൈമ്മറുകളിലും ഇവ ഉപയോഗിക്കുന്നു. പ്രകാശതീവ്രത അളക്കുന്നതിനും, എക്സ്പോഷറിന്റെ കൃത്യമായ സമയം കണക്കാക്കുന്നതിനും ഫോട്ടോഗ്രാഫിലെ എക്സ്പോഷൻ മീറ്ററിന്റെ ഫോട്ടോ സെല്ലുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 8.2

ഒരു വെള്ളി പ്രതലത്തിൽ 300 nm തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള വികിരണം പതിക്കുകയാണ്. അവിടെ ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകളെ നിരീക്ഷിക്കാനാകുമോ? [സിൽവറിന്റെ വർക്ക് ഫംക്ഷൻ = 4.7 eV]

ഉത്തരം

പതനഫോട്ടോണുകളുടെ ഊർജ്ജം

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \text{ (ജൂളിൽ)}$$

$$E = \frac{hc}{\lambda e} \text{ (eV ൽ)}$$

അറിയപ്പെടുന്ന മൂല്യങ്ങൾ നൽകുമ്പോൾ

$$E = \frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{300\times10^{-9}\times1.6\times10^{-19}}$$

$$E = 4.14\ eV$$

പട്ടിക 8.1-ൽ നിന്നും വെള്ളിയുടെ പ്രവർത്തിഫലകം = 4.7 eV. പതന ഫോട്ടോണുകളുടെ ഊർജ്ജം വെള്ളിയുടെ വർക്ക് ഫംഗ്ഷനേക്കാൾ കുറവായതിനാൽ ഇവിടെ ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകളെ നിരീക്ഷിക്കാൻ കഴിയില്ല.

ഉദാഹരണം 8.3

2200$\AA$ തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള പ്രകാശം ചെമ്പിൽ പതിക്കുമ്പോൾ അവയിൽ നിന്നും ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്നു. എങ്കിൽ (i) ത്രെഷോൾഡ് തരംഗദൈർഘ്യം (ii) സ്റ്റോപ്പിംഗ് പൊട്ടൻഷ്യൽ എന്നിവ കണ്ടുപിടിക്കുക. തന്നിട്ടുള്ളത്, ചെമ്പിന്റെ വർക്ക് ഫംഗ്ഷൻ $\phi_0 = 4.65\ eV$.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 122 28-06-2022 17:27:06

ഉത്തരം

i) ത്രെഷോൾഡ് തംരംഗദൈർഘ്യം കണ്ടുപിടിക്കാൻ

$$\lambda_0 = \frac{hc}{\phi_0} = \frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{4.65\times1.6\times10^{-19}}$$
$$= 2672\,\text{Å}$$

ii) തരംഗദൈർഘ്യം 2200 Å ഉള്ള ഫോട്ടോണിന്റെ ഊർജ്ജം

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{2200\times10^{-10}}$$
$$= 9.035\times10^{-19}\,J = 5.65\,\text{eV}$$

വേഗതയേറിയ ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണിന്റെ ഗതികോർജ്ജം എന്നത്, നമുക്ക് അറിയാം

$$K_{\text{പരമാവധി}} = h\nu - \phi_0 = 5.65 - 4.65$$
$$= 1\ eV$$

സമവാക്യം (8.3) -ൽ നിന്നും, $K_{\text{പരമാവധി}} = eV_0$

$$V_0 = \frac{K_{\text{പരമാവധി}}}{e} = \frac{1\cdot\ 1.6\ \ 10^{-19}}{1.6\cdot\ 10^{-19}}$$

അതിനാൽ സ്റ്റോപ്പിംഗ് പൊട്ടൻഷ്യൽ = $1V$

ഉദാഹരണം 8.4

പൊട്ടാസ്യത്തിന്റെ വർക്ക് ഫംഗ്ക്ഷൻ 2.30 eV ആണ്. 3000 Å തരംഗദൈർഘ്യമുള്ളതും 2 Wm^{-2} തീവ്രത ഉള്ളതുമായ UV കിരണം പൊട്ടാസ്യത്തിന്റെ പ്രതലത്തിൽ പതിക്കുന്നു എങ്കിൽ (i) ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ പരമാവധി ഗതികോർജ്ജം കണ്ടുപിടിക്കുക. (ii) വെറും 40% പതന ഫോട്ടോണുകളാണ് ഫോട്ടോഇലക്ട്രോണുകളെ പുറപ്പെടുവിക്കുന്നുവെങ്കിൽ 2 cm^2 പ്രതല വിസ്തീർണ്ണമുള്ള പൊട്ടാസ്യത്തിന്റെ പ്രതലത്തിൽ നിന്നും ഒരു സെക്കന്റിൽ എത്ര എണ്ണം ഇലക്ട്രോണുസൾ ഉൽസർജിക്കപ്പെടും ?

ഉത്തരം

i) ഫോട്ടോണിന്റെ ഊർജ്ജം എന്നത്

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{3000\times10^{-10}}$$
$$E = 6.626\times10^{-19}\,\text{J} = 4.14\ \text{eV}$$

ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ പരമാവധി ഗതികോർജ്ജം എന്നത്

$$K_{\text{പരമാവധി}} = h\nu - \phi_0 = 4.14 - 2.30 = 1.84\ eV$$

ii) ഒരു സെക്കന്റിൽ പ്രതലത്തിൽ എത്തിച്ചേരുന്ന ഫോട്ടോണുകളുടെ എണ്ണം എന്നത്

$$n_p = \frac{I}{E}\times A$$
$$= \frac{2}{6.626\cdot\ 10^{-19}}\cdot\ 2\ \ 10^{-4}$$
$$= 6.04\cdot\ 10^{14}\ \text{ഫോട്ടോണുകൾ / സെക്കന്റ്}$$

ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഉൽസർജന നിരക്ക് എന്നത്

$$= (0.40)\,n_p = 0.4\times6.04\times10^{14}$$
$$= 2.416\times10^{14}\ \text{ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകൾ/സെക്കന്റ്}$$

ഉദാഹരണം 8.5

390 nm തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള പ്രകാശം ഒരു ലോഹ ഇലക്ട്രോഡിൽ പതിക്കുന്നു. ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഊർജ്ജം കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിന് ഇതിനും മറ്റൊരു ഇലക്ട്രോഡിനും ഇടക്ക് ഒരു വിപരീത പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം സ്ഥാപിക്കപ്പെടുന്നു. 1.10 V പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം ആകുമ്പോൾ ഒന്നിൽ നിന്നും മറ്റൊന്നിലേക്കുള്ള ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ പ്രവാഹം പൂർണ്ണമായും നിന്നുപോകുന്നു. എങ്കിൽ (i) ലോഹത്തിന്റെ വർക്ക് ഫംഗ്ഷൻ (ii) ലോഹത്തിൽ നിന്നും ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളുടെ പരമാവധി തരംഗ ദൈർഘ്യം എന്നിവ കണ്ടുപിടിക്കുക?

ഉത്തരം

i) വർക്ക് ഫംഗ്ക്ഷൻ

$$\phi_0 = h\nu - K_{\text{പരമാവധി}} = \frac{hc}{\lambda} - eV_0$$

എന്തുകൊണ്ടെന്നാൽ $K_{\text{പരമാവധി}} = eV_0$

$$= \left[\frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{390\times10^{-9}}\right] - \left[1.6\times10^{-19}\times1.10\right]$$

$$= 5.10\times10^{-19} - 1.76\times10^{-19} = 3.34\times10^{-19}\ \text{ജൂൾ}$$
$$= 2.09\ \text{eV}$$

ii) ത്രെഷോൾഡ് തരംഗദൈർഘ്യം

$$\lambda_0 = \frac{hc}{\phi_0} = \frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{3.34\times10^{-19}}$$
$$= 5.951\times10^{-7}\,\text{m} = 5951\ \text{Å}$$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 123 28-06-2022 17:27:13

8.3

ദ്രവ്യതരംഗങ്ങൾ

8.3.1 ആമുഖം - കണങ്ങളുടെ തരംഗ സ്വഭാവം

കണങ്ങളുടേയും തരംഗങ്ങളുടേയും സവിശേഷതകൾ വ്യത്യസ്തമാണെന്ന് ഇതുവരെ നമ്മൾ പഠിച്ചു. ഒരു തരംഗത്തെ അതിന്റെ ആവൃത്തി, തരംഗദൈർഘ്യം, തരംഗപ്രവേഗം, ആയതി, തീവ്രത എന്നതിനാൽ വ്യക്തപ്പെടുത്തുന്നു. ഇത് വ്യാപിക്കുകയും അന്തരീക്ഷത്തിൽ താരതമ്യേന വലിയ പ്രദേശം ഉൾക്കൊള്ളുകയും ചെയ്യുന്നു. ഒരു കണം അതിന്റെദ്രവ്യമാനം,പ്രവേഗം,ആവേഗംഊർജ്ജംഎന്നിവയാൽ നിർദ്ദിഷ്ടമായി വ്യക്തപ്പെടുന്നു. ഇവ അന്തരീക്ഷത്തിൽ കൃത്യമായ സ്ഥാനം വഹിക്കുകയും വലുപ്പത്തിൽ വളരെ ചെറുതുമാണ്.

കണങ്ങളേയും തരംഗങ്ങളേയും വ്യതിരിക്തമായ വസ്തുക്കളായിട്ടാണ് ക്ലാസിക്കൽ ഭൗതിക ശാസ്ത്രം കണക്കാക്കിയത്. എന്നാൽ വികിരണങ്ങൾക്ക് ക്വാണ്ടം സിദ്ധാന്തം ദ്വൈത സ്വഭാവം നിർദ്ദേശിച്ചു. അതായത് വികിരണം ചില സമയങ്ങളിൽ ഒരു കണമായും മറ്റു സമയങ്ങളിൽ തരംഗമായും വർത്തിക്കുന്നു.

ഇതിൽ നിന്നും ഉരുത്തിരിഞ്ഞതാണ് വികിരണങ്ങളുടെ തരംഗ-കണികാ ദ്വൈതത, അതുപോലെ ദ്രവ്യങ്ങളിലെ തരംഗപ്രകൃതം എന്ന ആശയവും ഈ വിഭാഗത്തിൽ നമ്മൾ ഇതിനെകുറിച്ച് കൂടുതൽ മനസ്സിലാക്കും.

ഡി-ബ്രോയ് തരംഗം:

റേഡിയേഷന്റെ തരംഗ-കണികാ ദ്വൈതത്വം 1924-ൽ ഫ്രഞ്ച് ഭൗതിക ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ലൂയിസ് ഡി ബ്ലോഗ്ലി (ഡി ബ്രോയ് എന്ന് ഉച്ചരിക്കണം) ദ്രവ്യത്തിലേക്ക് വ്യാപിപ്പിച്ചു.

പ്രകൃതിയിലെ സമമിതിയെ വളരെയധികം സ്വാധീനിച്ച ഡി ബ്ലോഗി, പ്രകാശം പോലുള്ള വികിരണങ്ങൾക്ക് ചില സമയങ്ങളിൽ കണങ്ങളായി പ്രവർത്തിക്കാൻ കഴിയുമെങ്കിൽ ഇലക്ട്രോണുകൾ പോലുള്ള ദ്രവ്യകണികകളും ചിലപ്പോൾ തരംഗങ്ങളായി പ്രവർത്തിക്കുമെന്ന് നിർദ്ദേശിച്ചു.

ഡി ബ്രോഗ്ലി പരികല്പന അനുസരിച്ച് ഇലക്ട്രോണുകൾ, പ്രോട്ടോണുകൾ, ന്യൂട്രോണുകൾ പോലുള്ള എല്ലാ ദ്രവ്യകണികകളും ചലനാവസ്ഥയിൽ തരംഗങ്ങൾ ആയി സംഘടിതപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഈ തരംഗങ്ങളെ ഡി ബ്രോയ് തരംഗങ്ങൾ അഥവാ ദ്രവ്യ തരംഗങ്ങൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു.

8.3.2 ഡി ബ്രോയ് തരംഗ ദൈർഘ്യം:

ν ആവൃത്തിയുള്ള ഫോട്ടോണിന്റെ ആവേഗത്തെ ഇങ്ങനെ എഴുതാം

$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda} \quad \text{എന്തുകൊണ്ടെന്നാൽ} \quad c = \nu\lambda$$

ഫോട്ടോണിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യത്തെ അതിന്റെ ആവേഗത്തിൽ രേഖപ്പെടുത്തിയാൽ

$$\lambda = \frac{h}{p} \qquad (8.9)$$

ഡിബ്രോഗ്ലിയുടെ അഭിപ്രായത്തിൽ മുകളിലുള്ള സമവാക്യം പൂർണ്ണമായും പൊതുവായ ഒന്നാണ്. ഇത് മിക്ക പദാർത്ഥ കണങ്ങൾക്കും ബാധകമാണ്. അതിനാൽ m ദ്രവ്യമാനമുള്ളതും υ വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നതുമായ ഒരു കണികയുടെ തരംഗദൈർഘ്യത്തെ ഇപ്രകാരം എഴുതാം

$$\lambda = \frac{h}{m\upsilon} = \frac{h}{p} \qquad (8.10)$$

ദ്രവ്യതരംഗങ്ങളുടെ ഈ തരംഗദൈർഘ്യത്തെ **ഡി ബ്രോഗ്ലി തരംഗദൈർഘ്യം** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഈ സമവാക്യം പ്ലാങ്കിന്റെ സ്ഥിരാങ്കത്തിലൂടെ തരംഗ സ്വഭാവത്തെയും (തരംഗദൈർഘ്യം λ) കണികാ സ്വഭാവത്തേയും (പ്രവേഗം p) ബന്ധപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു.

8.3.3 ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഡിബ്രോഗ്ലി തരംഗ ദൈർഘ്യം:

ദ്രവ്യമാനം m ഉള്ള ഒരു ഇലക്ട്രോണിനെ V വോൾട്ട് പൊട്ടൻഷ്യൽ ഡിഫറൻസ് കൊടുത്ത് ത്വരിതപ്പെടുത്തുക. അപ്പോൾ ഇലക്ട്രോണുകൾ സ്വായത്തമാക്കിയ ഗതികോർജ്ജത്തെ ഇങ്ങനെ എഴുതാം.

$$\frac{1}{2}m\upsilon^2 = eV$$

അതുകൊണ്ട്, ഇലക്ട്രോണുകളുടെ വേഗത

$$\upsilon = \sqrt{\frac{2eV}{m}} \qquad (8.11)$$

അതുകൊണ്ട് ഇലക്ട്രോണിന്റെ ഡിബ്രോഗ്ലി തരംഗദൈർഘ്യം

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 124 28-06-2022 17:27:15

$$\lambda = \frac{h}{m\upsilon} = \frac{h}{\sqrt{2emV}}$$

അറിയാവുന്ന മൂല്യങ്ങൾ മുകളിലത്തെ സമവാക്യത്തിൽ ഇടുമ്പോൾ

$$\lambda = \frac{6.626 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2V \cdot 1.6 \quad 10^{-19} \cdot 9.11 \quad 10^{-31}}}$$

$$= \frac{12.27 \cdot 10^{-10}}{\sqrt{V}} \text{ m} \quad \text{(അല്ലെങ്കിൽ)}$$

$$\lambda = \frac{12.27}{\sqrt{V}} \text{ Å} \qquad (8.12)$$

ഉദാഹരണത്തിന്, $100\,V$ പൊട്ടൻഷ്യൽ ഡിഫറൻസ് കൊടുത്ത് ത്വരിതപ്പെടുത്തിയ ഇലക്ട്രോണിന്റെ ഡിബ്രോഗ്ലി തരംഗദൈർഘ്യം 1.227 Å ആണ്.

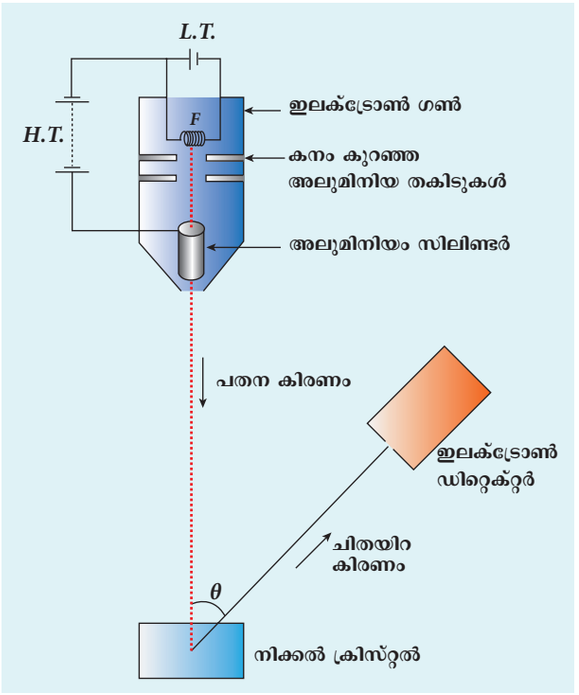
ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഗതികോർജ്ജം $K = eV$ ആയതിനാൽ അതുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ഇലക്ട്രോണിന്റെ ഡിബ്രോഗ്ലി തരംഗ ദൈർഘ്യത്തെ ഇങ്ങനെ എഴുതാം

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mK}} \qquad (8.13)$$

8.3.4 ഡേവിസൺ - ജെർമൻ പരീക്ഷണം

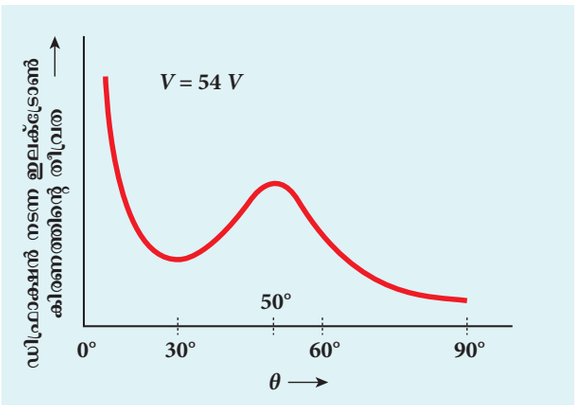
ദ്രവ്യതരംഗങ്ങളുടെ ഡിബ്രോഗ്ലി പരികല്പന പരീക്ഷണാത്മകമായി സ്ഥിതീകരിച്ചത് 1927-ൽ ക്ലിന്റൺ ഡേവിസണും ലെസ്റ്റർ ജെർമറും ആണ്. ദൃഢ ക്രിസ്റ്റലുകളിൽ ഇലക്ട്രോൺ കിരണങ്ങൾ പതിക്കുമ്പോൾ അവയ്ക്ക് ഡിഫ്രാക്ഷൻ സംഭവിക്കുന്നുവെന്ന് തെളിയിച്ചു. എന്തെന്നാൽ ദ്രവ്യതരംഗങ്ങൾക്ക് ക്രിസ്റ്റലുകൾ ത്രിമാന ഡിഫ്രാക്ഷൻ ഗ്രേറ്റിംഗ് ആയി പ്രവർത്തിക്കുകയും ഇലക്ട്രോണുകൾ പതിക്കുമ്പോൾ ക്രിസ്റ്റലുകൾ ഒരു നിശ്ചിത ദിശയിലേക്ക് ഡിഫ്രാക്ഷൻ നടത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. പരീക്ഷണ ഉപകരണത്തിന്റെ ചിത്രീകരണം പടം 8.17-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

കുറഞ്ഞ വോൾട്ടതയുള്ള (L.T.) ബാറ്ററി ഉപയോഗിച്ച് ഫിലമെന്റ് F നെ ചൂടാക്കുന്നു. ചൂടായ ഫിലമെന്റിൽ നിന്നും തെർമിയോണിക് ഉദ്ഭവമനം വഴി ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉൽസർദിക്കപ്പെടുന്നു. ഉയർന്ന വോൾട്ടതയിലുള്ള ബാറ്ററി (H.T.) ഉപയോഗിച്ച് ഫിലമെന്റിനും ആനോഡ് അലുമിനിയം സിലിണ്ടറിനും ഇടക്ക് പൊട്ടൻഷ്യൽ നൽകി ഇലക്ട്രോണുകളെ ദ്രുതഗതിയിലാക്കുന്നു. ഇലക്ട്രോൺ കിരണങ്ങളെ കനം കുറഞ്ഞ അലുമിനിയം ഡയഫ്രത്തിൽ കൂടി കടത്തി നേർത്ത കിരണങ്ങളാക്കി ഒരു നിക്കൽ ക്രിസ്റ്റലിൽ പതിക്കാൻ അനുവദിക്കുന്നു.



ചിത്രം 8.17 ഡേവിസൺ-ജെർമ്മൻ പരീക്ഷണത്തിന്റെ പരീക്ഷണ-സംവിധാനം

നിക്കൽ ആറ്റം വിവിധ ദിശകളിൽ ഇലക്ട്രോണുകളെ ചിതറി അയക്കുന്നു. ഇപ്രകാരം ചിതറിയ ഇലക്ട്രോൺ കിരണത്തിന്റെ തീവ്രതയെ ഇലക്ട്രോൺ ഡിറ്റെക്ടർ ഉപയോഗിച്ച് അളക്കുന്നു. ഡിക്ടറിനെ പേപ്പറിനു സമക്ഷേത്രമായി ചുറ്റാൻ സാധിക്കും അതുകൊണ്ട് നമ്മുടെ ഇഷ്ടപ്രകാരം യഥേഷ്ടം പതനകിരണത്തിനു ചിതറിയ കിരണത്തിനും ഇടയ്ക്കുള്ള കോണിനെ θ മാറ്റാൻ സാധിക്കും. ഇപ്രകാരം വിസരണകോൺ θ യ്ക്ക് അനുസൃതമായി ചിതറിയ ഇലക്ട്രോൺ കിരണത്തിന്റെ തീവ്രത കണ്ടുപിടിക്കുന്നു.



ചിത്രം 8.18 ഡിഫ്രാക്ഷൻ നടന്ന ഇലക്ട്രോൺ കിരണത്തിന്റെ തീവ്രതക്കനുസരിച്ച് കോൺ θ യിൽ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യതിയാനം

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 125 28-06-2022 17:27:16

കുറിപ്പ്

തരംഗസ്വഭാവം പ്രകടിപ്പിക്കാൻ കഴിയുന്ന ഏക കണികകൾ ഇലക്ട്രോണുകൾ അല്ല എന്നത് തെളിയിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. മാത്രമല്ല കണികകളായ ന്യൂട്രോണുകൾ, ആൽഫാകണങ്ങൾ എന്നിവയും തരംഗവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. അനുയോജ്യമായ ക്രിസ്റ്റലുകളിൽ പതിക്കുമ്പോൾ അവ ഡിഫ്രാക്ഷനു വിധേയമാകുന്നു. ക്രിസ്റ്റൽ ഘടനകളെ കുറിച്ച് കൂടുതൽ അന്വേഷിച്ചറിയുന്നതിന് ന്യൂട്രോൺ ഡിഫ്രാക്ഷൻ പഠനങ്ങൾ വളരെയധികം ഉപയോഗപ്രദമാണ്..

കുറിപ്പ്

തരംഗങ്ങളുടെ ഒരു സവിശേഷതയാണ് ഡിഫ്രാക്ഷൻ (വ്യതികലനം) തരംഗങ്ങളുടെ സഞ്ചാരപാതയിൽ തടസ്സം സൃഷ്ടിക്കുന്ന പദാർത്ഥങ്ങളിൽ എപ്പോഴൊക്കെ പതിച്ചാലും അവ അതിന്റെ വശങ്ങളിൽ കൂടി വളഞ്ഞു പോകുന്നു. തരംഗങ്ങളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ഈ വ്യതികലനത്തിനെ ഡിഫ്രാക്ഷൻ എന്നു പറയുന്നു. തരംഗത്തിലെ വളവിന്റെ തോത് അതിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം വളരെ ചെറുതായതിനാൽ പ്രകാശത്തിന്റെ വ്യതിയാന ഫലങ്ങൾ വളരെ ചെറുതാണെന്ന് ഞങ്ങൾ യൂണിറ്റ് 7-ൽ പഠിച്ചു. പ്രകാശത്തിന്റെ വ്യതിയാന ത്തെക്കുറിച്ച് പഠിക്കുന്നതിന് ഡിഫ്രാക്ഷൻ ഗ്രേറ്റിംഗ് ഉപയോഗിക്കുന്നു.

x- കിരണങ്ങൾ, ഡി-ബ്രോഗ്ലി തരംഗമായ ഇലക്ട്രോണുകൾ ഇവയുടെ തരംഗദൈർഘ്യം (ഏതാണ്ട് 10^{-10} മീറ്റർ) പ്രകാശ തരംഗത്തിന്റെ തരംഗ ദൈർഘ്യത്തേക്കാൾ വളരെ കുറവാണ്. അതിനാൽ ഡിഫ്രാക്ഷൻ ഗ്രേറ്റിംഗ് ഉപയോഗിച്ച് ഇവയെ ഡിഫ്രാക്ഷൻ നടത്താൻ സാധ്യമല്ല. ക്രിസ്റ്റലുകളിൽ അറ്റോമിക പ്ലെയിനുകൾക്കിടയ്ക്കുള്ള അകലം x- കിരണങ്ങളുടേയും, ഡി-ബ്രോഗ്ലി തരംഗമായ ഇലക്ട്രോണിന്റേയും തരംഗദൈർഘ്യത്തിനു താതാത്മ്യം പുലർത്തുന്നതിനാൽ ഡിഫ്രാക്ഷൻ നടത്തുന്നതിന് ക്രിസ്റ്റലുകളെ ത്രിമാന ഗ്രേറ്റിംഗായി ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ചിതറിയ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ തീവ്രതയ്ക്കും $54V$ ത്വരണ വോൾട്ടേജിലുള്ള കോൺ θ യ്ക്കും തമ്മിലുള്ള വ്യതിയാനം ചിത്രം 8.18-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഒരു നിശ്ചിത ത്വരണ വോൾട്ടേജിൽ V യിൽ വിസരിത തരംഗം, പ്രബല ശൃംഗം പ്രദാനം ചെയ്യുന്നു. ഇത് നടക്കുന്നത് പതന ഇലക്ട്രോൺ കിരണ കോൺ 50° ആകുമ്പോഴാണ്. ക്രമമായി അടുക്കപ്പെട്ട ആറ്റങ്ങളുടെ വ്യത്യസ്ത പാളികളിൽ നിന്നുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് പോഷക വ്യതികലനം സംഭവിക്കുന്നതുകൊണ്ടാണ് തീവ്രത പ്രബലശൃംഗത്തിൽ എത്തിച്ചേരുന്നത്. നിക്കലിന്റെ ഇന്റർപ്ലാനാർ അകലത്തെ പരിഗണിച്ച് ഇലക്ട്രോണിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം 1.65Å ആണെന്ന് പരീക്ഷണാത്മകമായി കണ്ടുപിടിച്ചു.

ഡി-ബ്രോഗ്ലിയുടെ സമവാക്യം ഉപയോഗിച്ച് $V = 54\ V$ ൽ (സമവാക്യം 8.12 പ്രകാരം).

$$\lambda = \frac{12.27}{\sqrt{V}}\text{ Å} = \frac{12.27}{\sqrt{54}}\text{ Å}$$
$$\lambda = 1.67\text{ Å}$$

1.65Å എന്ന പരീക്ഷണാത്മകമായി നിരീക്ഷിച്ച തരംഗ ദൈർഘ്യവുമായി ഈ മൂല്യം നന്നായി യോജിക്കുന്നു. ഇപ്രകാരം ചലിക്കുന്ന കണങ്ങളുടെ തരംഗ സ്വഭാവത്തെക്കുറിച്ചുള്ള ഡിബ്രോഗ്ലിയുടെ സിദ്ധാന്തത്തെ ഈ പരീക്ഷണം നേരിട്ട് പരിശോധിക്കപ്പെട്ടു.

8.3.5 ഇലക്ട്രോൺ മൈക്രോസ്കോപ്പ്

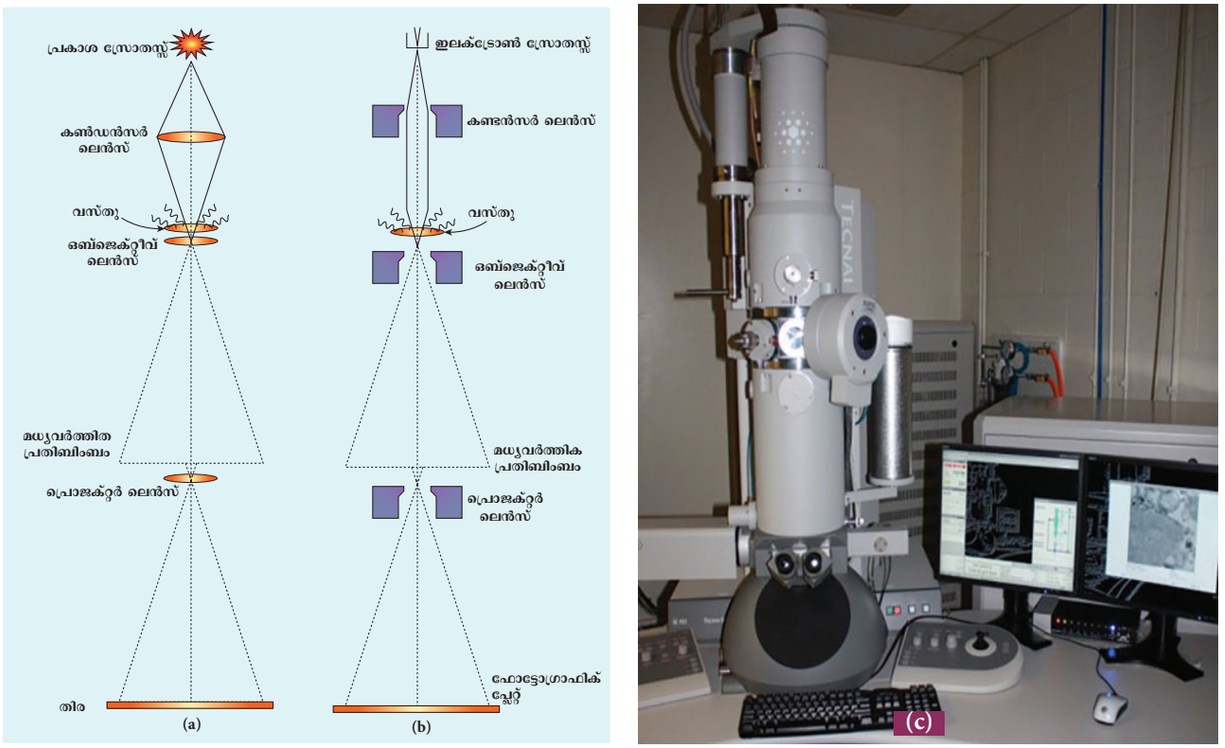
തത്വം

കണങ്ങളുടെ തരംഗസ്വഭാവത്തിന്റെ നേരിട്ടുള്ള പ്രയോജനമാണിത്. ഇലക്ട്രോണിന്റെ തരംഗ സ്വഭാവം ഉപയോഗിച്ചാണ് മൈക്രോസ്കോപ്പിന്റെ നിർമ്മാണം. അതിനാൽ ഇതിനെ **ഇലക്ട്രോൺ മൈക്രോസ്കോപ്പ്** എന്നു വിളിക്കുന്നു.

പഠന വിധേയമാകുന്ന വസ്തുവിനെ ഉജ്ജ്വലിപ്പിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന വികിരണത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യത്തിനു വിപരീതാനുപാതത്തിലായിരിക്കും മൈക്രോസ്കോപ്പിന്റെ റിസോൾവ്വിംഗ് പവർ ഹ്രസ്വ തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള വികിരണ തരംഗങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ ഉയർന്ന മാഗ്നിഫിക്കേഷനും അതുപോലെ ഉയർന്ന റിസോൾവ്വിംഗ് പവറും ലഭിക്കുന്നു.

ഒപ്റ്റിക്കൽ മൈക്രോസ്കോപ്പുകളിൽ ഉപയോഗിക്കുന്ന ദൃശ്യ പ്രകാശത്തേക്കാൾ (ഏതാനും ആയിരക്കണക്കിന് കുറവ്) ഇലക്ട്രോണിന്റെ ഡി-ബ്രോഗ്ലി തരംഗദൈർഘ്യം വളരെ കുറവാണ്. തൽഫലമായി ഡി-ബ്രോഗ്ലി തരംഗമായ ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്ന മൈക്രോസ്കോപ്പുകളുടെ റിസോൾവ്വിംഗ് പവർ സാധാരണ ഒപ്റ്റിക്കൽ മൈക്രോസ്കോപ്പിനേക്കാളും ഒരുപാട് ഉയർന്നതാണ്. 2,00,000 തവണയിൽ കൂടുതൽ മാഗ്നിഫിക്കേഷൻ ഉള്ള ഇലക്ട്രോൺ മൈക്രോസ്

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 126 28-06-2022 17:27:17



ചിത്രം 8.19 (a) ഒപ്റ്റിക്കൽ മൈക്രോസ്കോപ്പ് (b) ഇലക്ട്രോൺ മൈക്രോസ്കോപ്പ് (c) ഇലക്ട്രോൺ മൈക്രോസ്കോപ്പിന്റെ ഫോട്ടോഗ്രാഫി

കോപ്പുകളാണ് ഗവേഷണ ലബോറട്ടറികളിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നത്.

പ്രവർത്തനം

ഇലക്ട്രോൺ മൈക്രോസ്കോപ്പിൽ ഇലക്ട്രോൺ കിരണങ്ങളെ ഫോക്കസ് ചെയ്യുന്നത് ഇലക്ട്രോ സ്റ്റാറ്റിക് അഥവാ മാഗ്നറ്റിക് ലെൻസുകളാണെന്നത് ഒഴികെ ഒരു ഇലക്ട്കോൺ മൈക്രോസ് കോപ്പിന്റെ നിർമ്മാണവും പ്രവർത്തനവും ഒപ്റ്റിക്കൽ മൈക്രോസ്കോപ്പിനു സമാനമാണ്. അനുയോജ്യമായി സജ്ജീകരിച്ചിട്ടുള്ള ഏതെങ്കിലും ഇലക്ട്രിക് അഥവാ മാഗ്നറ്റിക് മണ്ഡലങ്ങൾക്കു കുറുകെ ഇലക്ട്രോൺ കിരണങ്ങളെ കടത്തിവിടുമ്പോൾ അവ കടന്നുപോവുകയോ അടുത്തുവരുകയോ ചെയ്യുന്നു. ഇപ്രകാരമാണ് ഇലക്ട്രോൺ കിരണങ്ങളുടെ ഫോക്കസിംഗ് നടത്തുന്നത്. (ചിത്രം 8.19).

സ്രോതസ്സിൽ നിന്നും ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളെ ഉയർന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ കൊടുത്ത് ദ്രുതഗതിയിലാക്കുന്നു. മാഗ്നറ്റിക് കണ്ടൻസർ ലെൻസ് ഉപയോഗിച്ച് കിരണങ്ങളെ സമരേഖയിൽ കൊണ്ടുവരുന്നു. മാഗ്നിഫൈഡ് ഇമേജ് ആവശ്യമുള്ള സാമ്പിളിലൂടെ ബീം കടന്നു പോകുമ്പോൾ സാമ്പിളിന്റെ ചിത്രം അതിനു ലഭിക്കുന്നു.

മാഗ്നറ്റിക് ഒബ്ജെക്ടീവ് ലെൻസ്, മാഗ്നറ്റിക് പ്രൊജക്ടർ ലെൻസ് തുടങ്ങിയ സംവിധാനങ്ങളുടെ സഹായത്താൽ സ്ക്രീനിൽ മാഗ്നിഫൈഡ് പ്രതിബിംബം ലഭിക്കുന്നു. ഇത്തരം ഇലക്ട്രോൺ മൈക്രോസ്കോപ്പുകളെ ശാസ്ത്രത്തിന്റെ മിക്കവാറും എല്ലാ വിഭാഗങ്ങളിലും ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 8.6

താഴെപ്പറയുന്നവയിലെ ആവേഗവും, ഡി-ബ്രോഗ്ലി തരംഗദൈർഘ്യവും കണക്കാക്കുക:

i) 2 eV ഗതികോർജ്ജമുള്ള ഇലക്ട്രോൺ.

ii) റൈഫിളിൽ നിന്നും 50 g ഉള്ള വെടിയുണ്ട 200 m/s വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു.

iii) ഹൈവേയിൽ 50 m/s വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന 4000 kg ഉള്ള കാർ

എന്നിട്ട്, ദ്രവ്യത്തിന്റെ തരംഗസ്വഭാവം അറ്റോമിക തലത്തിൽ പ്രധാനപ്പെട്ടതും എന്നാൽ മാക്രോസ്കോപ്പിക് തലത്തിൽ തികച്ചും അപ്രസക്തവുമാണെന്ന് തെളിയിക്കുക.

ഉത്തരം:

i) ഇലക്ട്രോണിന്റെ ആവേഗം

$$p = \sqrt{2mK} = \sqrt{2\times 9.1\times 10^{-31}\times 2\times 1.6\times 10^{-19}}$$
$$= 7.63\times 10^{-25}\,\text{kg m s}^{-1}$$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 127 28-06-2022 17:27:18

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

ചില വസ്തുക്കളുടെ മാഗ്നിഫൈഡ് പ്രതിബിംബങ്ങൾ

ഈച്ചയുടെ വർണ്ണ സ്കാനിംഗ് ഇലക്ട്രോൺ മൈക്രോഗ്രാഫ്.

സൂചിയും നൂലും

ഇതിന്റെ ഡി-ബ്രോഗ്ലി തരംഗദൈർഘ്യം

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.626\times10^{-34}}{7.63\times10^{-25}} = 0.868\times10^{-9} \text{ മീ}$$
$$= 8.68 \text{ Å}$$

ii) വെടിയുണ്ടയുടെ ആവേഗം

$$p = mv = 0.050\times200 = 10 \text{ kgms}^{-1}$$

ഇതിന്റെ ഡി-ബ്രോഗ്ലി തരംഗദൈർഘ്യം

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.626\times10^{-34}}{10} = 6.626\times10^{-35} \text{ മീ}$$

iii) കാറിന്റെ ആവേഗം

$$p = mv = 4000\times50 = 2\times10^{5} \text{ kgms}^{-1}$$

ഇതിന്റെ ഡി-ബ്രോഗ്ലി തരംഗദൈർഘ്യം

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.626\times10^{-34}}{2\times10^{5}} = 3.313\times10^{-39} \text{ മീ}$$

ഇത്തരം കണക്കുകൂട്ടലിൽ നിന്നും ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് ശ്രദ്ധേയമായ ഡി-ബ്രോഗ്ലി തരംഗദൈർഘ്യം ($\approx10^{-9}$മീ ഡിഫ്രാക്ഷൻ പഠനങ്ങളിൽ നിന്നും കണ്ടുപിടിക്കാം) ഉണ്ടെന്ന സൂചന ലഭിക്കുന്നു. എന്നാൽ വെടിയുണ്ടയും കാറിനും വളരെ നിസ്സാരമായ ഡി-ബ്രോഗ്ലി തരംഗദൈർഘ്യമാണ് കാണുന്നത്. (അവ ഏതാണ്ട് $\approx10^{-33}$മീ, 10^{-39}മീ എന്നിങ്ങനെ പരീക്ഷണം നടത്തിപ്പോലും കണ്ടുപിടിക്കാൻ സാധിക്കുന്നില്ല.) ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത് ദ്രവ്യത്തിന്റെ തരംഗസ്വഭാവം അറ്റോമിക തലത്തിൽ പ്രധാനപ്പെട്ടതും എന്നാൽ മാക്രോ സ്കോപ്പിക് തലത്തിൽ അപ്രധാനവുമാണെന്നാണ്.

ഉദാഹരണം 8.7

400 V പൊട്ടൻഷ്യൽ ഡിഫറൻസ് കൊടുത്ത് ത്വരണപ്പെടുത്തിയ ആൽഫാ കിരണങ്ങളുടെ ഡി-ബ്രോഗ്ലി തരംഗദൈർഘ്യം കണ്ടുപിടിക്കുക? പ്രോട്ടോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനം 1.67×10^{-27}kg എന്നു തന്നിട്ടുണ്ട്.

ഉത്തരം

ഒരു ആൽഫാകിരണത്തിൽ 2 പ്രോട്ടോണും 2 ന്യൂട്രോണുകളും ഉണ്ട്. അതിനാൽ ദ്രവ്യമാനം M ഉള്ള ആൽഫാ കിരണം എന്നത് പ്രോട്ടോണിനു 4 മടങ്ങാണ് (m_p) (അഥവാ ഒരു ന്യൂട്രോണിന്) അതുപോലെ ചാർജ് q എന്നത് പ്രോട്ടോണിന് ($+e$) ഇരട്ടിയാണ്.

ഡി-ബ്രോഗ്ലി തരംഗദൈർഘ്യം

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2MqV}} = \frac{h}{\sqrt{2\times(4m_p)\times(2e)\times V}}$$
$$= \frac{6.626\times10^{-34}}{\sqrt{2\times4\times1.67\times10^{-27}\times2\times1.6\times10^{-19}\times400}}$$
$$= \frac{6.626\times10^{-34}}{4\times20\times10^{-23}\sqrt{1.67\times1.6}} = 0.00507 \text{ Å}$$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 128 28-06-2022 17:27:24

ഉദാഹരണം 8.8

ഒരു പ്രോട്ടോണിനും ഇലക്ട്രോണിനും ഒരേ ഡി-ബ്രോഗ്ലി തരംഗ ദൈർഘ്യമാണുള്ളത്. ഇവയിൽ വളരെ വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നതും കൂടുതൽ ഗതികോർജ്ജം ഉള്ളതും ആർക്കാണ്?

ഉത്തരം

നമുക്ക് അറിയാം $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mK}}$

പ്രോട്ടോണിനും ഇലക്ട്രോണിനും ഒരുപോലെ ഡി-ബ്രോഗ്ലി തരംഗദൈർഘ്യം ഉള്ളതുകൊണ്ട്,

$$\frac{h}{\sqrt{2m_pK_p}} = \frac{h}{\sqrt{2m_eK_e}} \text{ (അഥവാ) } \frac{K_p}{K_e} = \frac{m_e}{m_p}$$

$m_e < m_p$, $K_p < K_e$, ആയതിനാൽ ഇലക്ട്രോണിന് പ്രോട്ടോണിനേക്കാൾ ഗതികോർജ്ജം ഉണ്ട്.

$$\frac{K_p}{K_e} = \frac{\frac{1}{2}m_p\upsilon_p^2}{\frac{1}{2}m_e\upsilon_e^2} \quad \text{(അഥവാ)} \quad \frac{\upsilon_p}{\upsilon_e} = \sqrt{\frac{K_pm_e}{K_em_p}}$$

$$\frac{\upsilon_p}{\upsilon_e} = \sqrt{\frac{m_e^2}{m_p^2}} = \frac{m_e}{m_p} \quad \text{എന്തെന്നാൽ} \quad \frac{K_p}{K_e} = \frac{m_e}{m_p}$$

$m_e < m_p$, $\upsilon_p < \upsilon_e$, ആയതിനാൽ പ്രോട്ടോണുകളെക്കാൾ വേഗതയിൽ ഇലക്ട്രോണുകൾ സഞ്ചരിക്കുന്നു.

8.4 X – കിരണങ്ങൾ

ആമുഖം

റേഡിയേഷന്റെ ക്വാണ്ടം സിദ്ധാന്തം ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് പ്രഭാവത്തെ വിശദീകരിച്ചു. അതായത് ഫോട്ടോണുകളുടെ ആഘാതം മൂലം ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉൽസർജിക്കുകയും ഫോട്ടോണുകളുടെ ഊർജ്ജം ഇലക്ട്രോണുകളിലേക്ക് കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നുവെന്ന് പ്രസ്താവിച്ചു. തൽക്ഷണം, ഒരു ചോദ്യം ഉയർന്നുവരുന്നു. ഇതിന്റെ വിപരീത പ്രക്രിയ സാധ്യമാണോ? എന്ന്?

ഇതിനർത്ഥം ഇലക്ട്രോൺ ഗതികോർജ്ജത്തെ ഫോട്ടോൺ ഊർജ്ജമാക്കി മാറ്റാൻ കഴിയുമോ ഇല്ലയോ എന്നാണ്. പ്ലാങ്കിന്റെ വികിരണ സിദ്ധാന്തത്തിന് മുമ്പുതന്നെ ഈ ചോദ്യത്തിന് ഉത്തരം നൽകുന്ന പ്രതിഭാസത്തെ കണ്ടെത്തിയിരുന്നു.

x-കിരണങ്ങളുടെ കണ്ടുപിടിത്തം

വളരെ വേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഇലക്ട്രോണുകൾ ചില മെറ്റീരിയലുകളിൽ വീഴുമ്പോഴെല്ലാം വളരെ തുളച്ചുകയറാൻ കഴിവുള്ള വികിരണങ്ങൾ ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്നുവെന്ന് 1895-ൽ വിൽഹെം റോയന്റ് ജെൻകണ്ടെത്തി. അവയുടെ ഉത്ഭവം അക്കാലത്ത് അറിയാത്തതിനാൽ അവയെ എക്സ്-റേ എന്നു വിളിച്ചിരുന്നു.

0.1 മുതൽ 100Å വരെ വ്യാപ്തിയുള്ള കുറഞ്ഞ തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളാണ് X- കിരണങ്ങൾ. ഇവ പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രവേഗത്തിൽ നേർ രേഖയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. കൂടാതെ വൈദ്യുതകാന്തിക മണ്ഡലങ്ങളെ ബാധിക്കുന്നില്ല. ഉയർന്ന ആവൃത്തി അഥവാ ഹ്രസ്വ തരംഗദൈർഘ്യമുള്ളതിനാൽ എക്സ്റേ ഫോട്ടോണുകൾ വളരെ ഊർജ്ജസ്വലതയുള്ളവയാണ്. അതുകൊണ്ട് ദൃശ്യപ്രകാശത്തിനു സുതാര്യമല്ലാത്ത വസ്തുക്കളിൽ കൂടി ഇതിനു കടന്നു പോകാൻ സാധിക്കും.

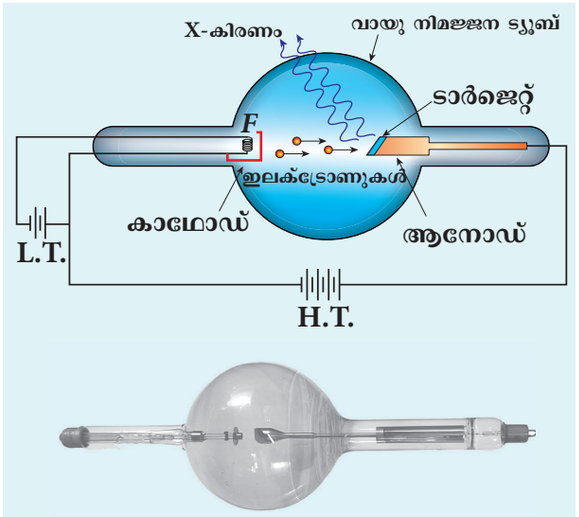
എക്സ്-കിരണങ്ങളുടെ ഉത്കൃഷ്ടത അളക്കുന്നത് അവയുടെ തുളച്ചുകയറാനുള്ള ശക്തിയെ അടിസ്ഥാനപ്പെടുത്തിയാണ്. അത് ടാർഗെറ്റ് മെറ്റീരിയലിൽ പതിക്കുന്ന ഇലക്ട്രോണിന്റെ പ്രവേഗത്തെയും, ടാർഗെറ്റ് മെറ്റീരിയലിന്റെ അറ്റോമിക നമ്പറിനേയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. x- കിരണങ്ങളുടെ തീവ്രത എന്നത് ടാർഗെറ്റ് മെറ്റീരിയലിൽ പതിക്കുന്ന ഇലക്ട്രോണിന്റെ എണ്ണത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

x-കിരണങ്ങളുടെ ഉത്പാദനം

എക്സ്റേ-ട്യൂബ് ഉപയോഗിച്ചാണ് x- കിരണങ്ങൾ നിർമ്മിക്കുന്നത്. ചിത്രം 8.20 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ അത് ഒരു ഡിസ്ചാർജ് ട്യൂബാണ്. ഒരു ബാറ്ററി ഉപയോഗിച്ച് ഒരു ടങ്സ്റ്റൻ ഫിലമെന്റ് F നെ ഇൻകാൻഡസെൻസ് എത്തുന്നതുവരെ ചൂടാക്കുന്നു. തത്ഫലമായി തെർമ്മിയോണിക് ഉത്സർജനം വഴി അവയിൽ നിന്നും ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉത്സർജിക്കപ്പെടുന്നു.

ഫിലമെന്റ് F നും ആനോഡിനും ഇടയ്ക്ക് വോൾട്ടേജ് പ്രയോഗിച്ച് ഇലക്ട്രോണുകളെ ഉയർന്ന പ്രവേഗത്തിലേക്ക് ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നു. സോളിഡ് കോപ്പർ ആനോഡിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ ടാർജെറ്റ് മെറ്റീരിയലുകളായ ടങ്സ്റ്റൺ, മോളിബ്ഡിനം തുടങ്ങിയവയെ ഉറപ്പിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഇലക്ട്രോൺ കിരണങ്ങൾ വരുന്നതിനനുസൃതമായി ടാർജെറ്റ് ഫേസിനെ ഒരു കോണിൽ ചരിച്ചുവച്ചിരിക്കുന്നു. അതിനാൽ x- കിരണങ്ങൾക്ക് ട്യൂബിന്റെ വശങ്ങളിലൂടെ പുറത്തുവരുവാൻ സാധിക്കുന്നു.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 129 28-06-2022 17:27:27



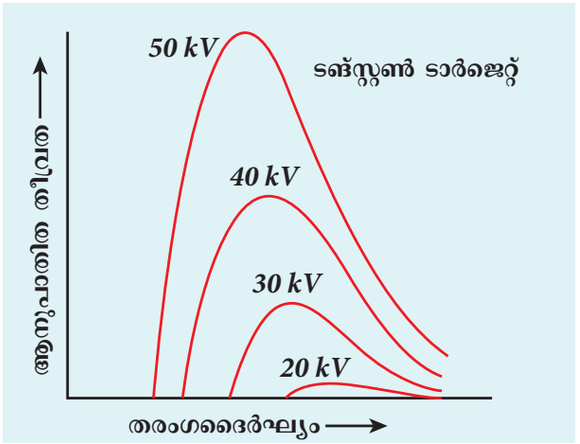
ചിത്രം 8.20 x-കിരണങ്ങളുടെ ഉത്പാദനം

ഉയർന്ന പ്രവേഗത്തിൽ ടാർജെറ്റിൽ പതിക്കുന്ന ഇലക്ട്രോണുകൾ പൊടുന്നനവെ പ്രവേഗം കുറക്കുകയും അവയുടെ ഗതികോർജ്ജത്തെ നഷ്ടപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. തത്ഫലമായി എക്സ്റേ ഫോട്ടോണുകൾ ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നു. ബംബാഡ് ചെയ്യുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഗതികോർജ്ജത്തിന്റെ കൂടുതൽ ഭാഗവും താപോർജ്ജമായി മാറുന്നു. അതിനാൽ ഉയർന്ന ദ്രവണാങ്കമുള്ള ലോഹങ്ങളെ കൊണ്ട് ടാർജെറ്റ് നിർമ്മിക്കുന്നു. കൂടാതെ സാധാരണ ഒരു തണുപ്പിക്കൽ സംവിധാനവും സജ്ജീകരിച്ചിട്ടുണ്ട്.

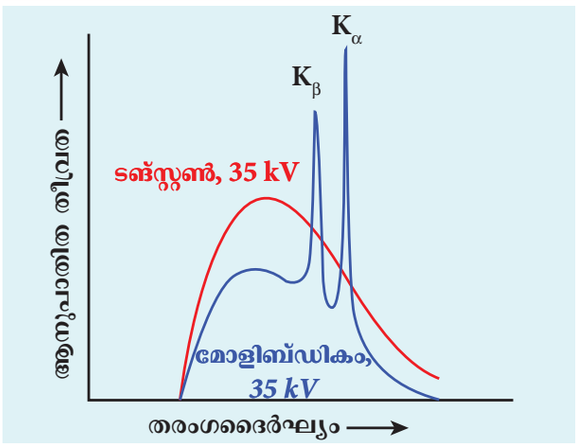
എക്സ്റേ- സ്പെക്ട്രം

ഒരു ലോഹത്തിൽ വളരെ വേഗതയിൽ ചലിക്കുന്ന ഇലക്ട്രോണുകൾ പതിക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായി എക്സ് കിരണങ്ങൾ ഉൽപാദിക്കപ്പെടുന്നു. എക്സ് കിരണങ്ങളുടെ തീവ്രതയെ തരംഗദൈർഘ്യത്തിനെതിരായി ആലേഖനം ചെയ്യുമ്പോൾ കിട്ടുന്ന ഗ്രാഫിനെ **X- കിരണ വർണ്ണരാജി** എന്നു പറയുന്നു. ചിത്രം 8.21(a) യും (b) യും X- കിരണ വർണ്ണരാജിയിൽ രണ്ട് ഭാഗങ്ങൾ ഉണ്ട് ഒരു അവിരാമ (നിരന്തര) വർണ്ണരാജിയും ശ്രേണി ശൃംഗങ്ങൾ ഒന്നിനുമുകളിൽ മറ്റൊന്നായി ചേർന്ന ഭാഗങ്ങളും ഉണ്ട്.

അവിരാമ വർണ്ണരാജിയിൽ ഇലക്ട്രോടിനിടയ്ക്കുള്ള വോൾട്ടതയ്ക്കനുസരിച്ച് ഒരു കുറഞ്ഞ തരംഗദൈർഘ്യത്തിൽ തുടങ്ങി സാധ്യമായ എല്ലാ തരംഗ ദൈർഘ്യത്തിലുമുള്ള ധാരാളം വികിരണങ്ങൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. വർണ്ണരാജിയിലെ കൂർത്ത അഗ്രങ്ങൾ ടാർജറ്റിനായി ഉപയോഗിക്കുന്ന വസ്തുവിന്റെ സവിശേഷതയ്ക്ക് അനുസൃതമാണ്. അതിനാൽ അതിനെ **സവിശേഷ വർണ്ണരാജി** എന്നു വിളിക്കുന്നു. ചിത്രം 8.21(a) ൽ വ്യത്യസ്ത ത്വരിതപ്പെടുത്തിയ വോൾട്ടതകളിൽ ടങ്സ്റ്റൺ ലോഹത്തിന്റെ x-കിരണ വർണ്ണരാജിയാണ് ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നത്. ചിത്രം 8.21(b) ൽ ഒരു പ്രത്യേക ത്വരിതപ്പെടുത്തിയ വോൾട്ടതയിൽ ടങ്സ്റ്റൻ, മോളിബ്ഡിനം തുടങ്ങിയ ലോഹങ്ങളുടെ x-കിരണ വർണ്ണരാജി കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 8.21 (a) വ്യത്യസ്ത ത്വരിതപ്പെടുത്തിയ വോൾട്ടതയിൽ ടങ്സ്റ്റന്റെ X-കിരണ സ്പെക്ട്ര



ചിത്രം 8.21 (b) 35 *kV* ത്വരിതപ്പെടുത്തിയ വോൾട്ടതയിൽ ടങ്സ്റ്റമ്, മോളിബ്ഡിനം എന്നിവയുടെ X-കിരണ സ്പെക്ട്രം

ക്ലാസിക്കൽ വൈദ്യുതകാന്തിക സിദ്ധാന്തം ത്വരിതപ്പെടുത്തിയ ഇലക്ട്രോണുകളിൽ നിന്നുമുള്ള വികിരണങ്ങളുടെ ഉത്ഭവത്തെക്കുറിച്ച് പ്രസ്താവിക്കുന്നുണ്ടെങ്കിലും ഇത് x-കിരണ വർണ്ണരാജി പ്രകടിപ്പിക്കുന്ന രണ്ട് സവിശേഷതകൾക്ക് വിശദീകരണം നൽകാൻ ആയില്ല. ഈ സവിശേഷതകൾ താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

(i) ഒരു നിശ്ചിത ത്വരിതപ്പെടുത്തിയ വോൾട്ടേജിൽ അവിരാമ x-കിരണ വർണ്ണരാജിയിലെ തരംഗദൈർഘ്യത്തിന്റെ താഴ്ന്ന പരിധി എല്ലാ ടാർജറ്റുകൾക്കും ഒന്നുപോലെ കാണപ്പെടുന്നു. ഈ കുറഞ്ഞ തരംഗ ദൈർഘ്യത്തെ കട്ട്-ഓഫ് തരംഗ ദൈർഘ്യം എന്നു വിളിക്കുന്നു.

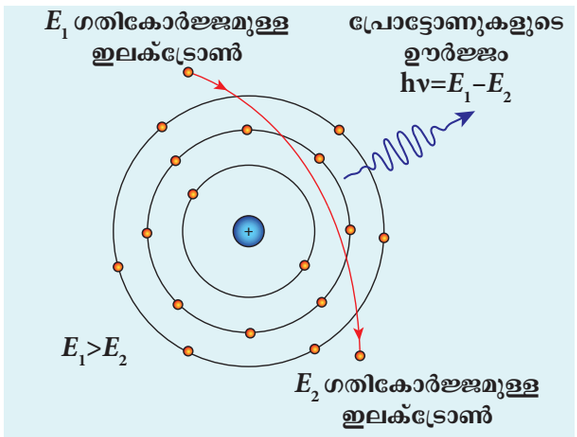
(ii) ചില പ്രത്യേക കൃത്യമായി ഗണിച്ച തരംഗ ദൈർഘ്യങ്ങളിൽ x-കിരണങ്ങളുടെ തീവ്രത വളരെ ശ്രദ്ധേയമായി വർദ്ധിക്കുന്നത് മോളിബ്ഡിനിയത്തിന്റെ സവിശേഷ x-കിരണവർണ്ണരാജിയിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. (ചിത്രം 8.21(b)).

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 130 28-06-2022 17:27:28

എന്നാൽ ഈ രണ്ടു സവിശേഷതകളും റേഡിയേഷന്റെ ഫോട്ടോൺ സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ വിശദീകരിക്കാൻ സാധിച്ചു.

അവിരാമ എക്സ്റേ സ്പെക്ട്ര

വളരെ വേഗതയുള്ള ഒരു ഇലക്ട്രോൺ തുളച്ചുകയറി ഒരു ടാർജറ്റ് ന്യൂക്ലിയസ്സിനെ സമീപിക്കുമ്പോൾ ഇലക്ട്രോണിനും ന്യൂക്ലിയസ്സിനും തമ്മിലുള്ള പരസ്പര പ്രവർത്തനം ഒന്നുകിൽ ഇലക്ട്രോണിനെ ദ്രുതഗതിയിലോ അല്ലെങ്കിൽ മന്ദീഭവിക്കുകയോ ചെയ്യുന്നതിന്റെ ഫലമായി ഇവയുടെ പാതക്ക് മാറ്റം സംഭവിക്കുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ മന്ദീഭവനം സംഭവിച്ച ഇലക്ട്രോണുകളെ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന വികിരണങ്ങളെ **ബ്രെസ്ട്രാലങ് അഥവാ പിളർപ്പുള്ള വികിരണങ്ങൾ** എന്നു വിളിക്കുന്നു (ചിത്രം 8.22).



ചിത്രം 8.22 മന്ദീകരണം സംഭവിച്ച ഇലക്ട്രോണിൽ നിന്നുള്ള ബ്രെംസ്ട്രാലങ് ഫോട്ടോൺ

നിർഗ്ഗമിക്കുന്ന ഫോട്ടോണിന്റെ ഊർജ്ജം എന്നത് ഇലക്ട്രോണിന്റെ ഗതികോർജ്ജത്തിൽ രുന്ന കുറവ് ആണ്. ഇലക്ട്രോണുകൾ ഭാഗീകമായിട്ടോ പൂർണ്ണമായിട്ടോ ഊർജ്ജം ഫോട്ടോണിന് നൽകുന്നതിന്റെ ഫലമായി സാധ്യമായുള്ള ഊർജ്ജമുള്ള (അഥവാ ആവൃത്തികൾ) ഫോട്ടോണുകൾ പുറത്തേക്ക് നിർഗ്ഗമിക്കുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള വികിരണങ്ങളുടെ ഫലമാണ് അവിരാമ x-കിരണവർണ്ണരാജി.

ഒരു ഇലക്ട്രോൺ അതിന്റെ എല്ലാ ഊർജ്ജവും നൽകുമ്പോൾ ഉയർന്ന ആവൃത്തി ν_0 യിലുള്ള (അഥവാ തരംഗദൈർഘ്യം λ_0 വളരെ കുറഞ്ഞ) ഫോട്ടോണുകളെ ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്നു. ഇലക്ട്രോണിന്റെ പ്രാരംഭ ഗതികോർജ്ജത്തെ eV ൽ രേഖപ്പെടുത്തുന്നു. ഇവിടെ V എന്നത് ആക്സിലറേറ്റിംഗ് വോൾട്ടേജ് ആണ്. അതിനാൽ,

$$h\nu_0 = eV \quad (\text{അഥവാ}) \quad \frac{hc}{\lambda_0} = eV$$
$$\lambda_0 = \frac{hc}{eV}$$

ഇവിടെ λ_0 എന്നത് കട്ട്-ഓഫ് വേവ് ലെങ്ത്ത്. മുകളിലത്തെ സമീകരണത്തിൽ അറിയാവുന്ന മൂല്യങ്ങൾ പകരുമ്പോൾ, നമുക്ക് ലഭിക്കുന്നത്

$$\lambda_0 = \frac{12400}{V}\ \text{Å} \qquad (8.14)$$

സമീകരണം 8.14 എന്നതിനെ **ഡയിൻ-ഹന്റ് -ഫോർമുല** എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു.

λ_0 യുടെ മൂല്യം ആക്സിലറേറ്റിംഗ് പൊട്ടൻഷ്യലിനെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. കൂടാതെ എല്ലാ ടാർജറ്റിനും ഇതു ഒരുപോലെയാണ്. ഇത് പരീക്ഷണാത്മകമായ ഫലങ്ങളുമായി നല്ല താതാത്മ്യം പുലർത്തുന്നു. ഇപ്രകാരം റേഡിയേഷന്റെ ഫോട്ടോൺ സിദ്ധാന്തത്തെ അടിസ്ഥാനപ്പെടുത്തി അവിരാമ എക്സ്റേ സ്പെക്ട്രത്തിന്റെ നിർമ്മാണവും കട്ട്-ഓഫ് തരംഗദൈർഘ്യത്തിന്റെ ഉത്ഭവത്തേയും വിശദീകരിക്കുന്നു.

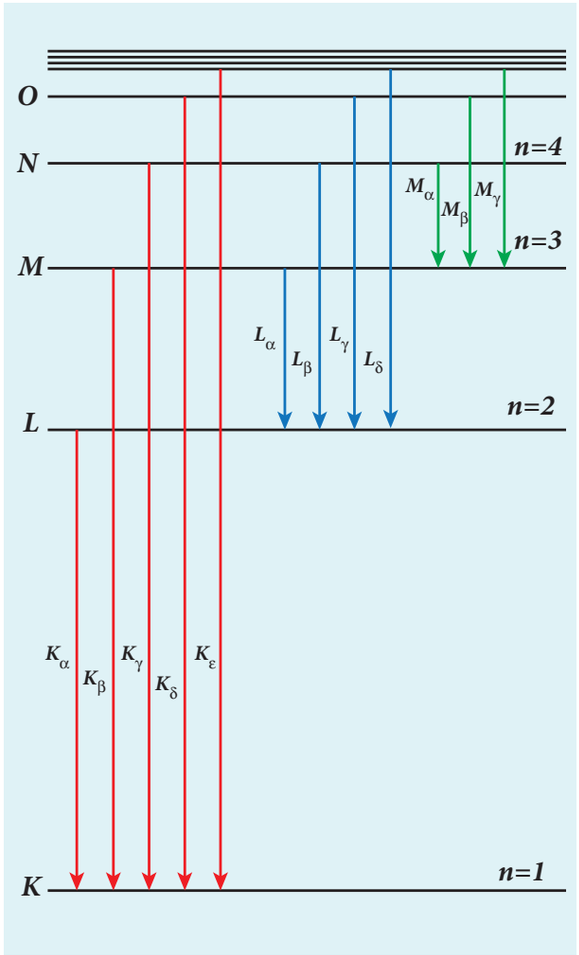
സവിശേഷ x –കിരണ സ്പെക്ട്ര :

ചില പ്രത്യേക തരംഗദൈർഘ്യങ്ങളിൽ വേഗതകൂടിയ ഇലക്ട്രോണുകൾ ടാർജറ്റിൽ പതിക്കുമ്പോൾ X – കിരണ വർണ്ണരാജിയിൽ ചില വീതി കുറഞ്ഞ ഉച്ചസ്ഥാനങ്ങൾ കാണിക്കുന്നു. ഇത്തരം വീതികുറഞ്ഞ ഉച്ചസ്ഥാനങ്ങൾ കാണിക്കുന്ന രേഖീയ വർണ്ണരാജിയെ **കാരക്റ്ററിസ്റ്റിക് എക്സ്റേ സ്പെക്ട്രം** എന്നു വിളിക്കുന്നു. അണുക്കൾക്കുള്ളിൽ തന്നെ ഇലക്ട്രോൺ സ്ഥാനാന്തരണങ്ങൾ ഈ എക്സ്റേ സ്പെക്ട്രയിൽ ഉണ്ടാകുന്നു.

ഊർജ്ജസ്ഥിതിയുള്ള ഇലക്ട്രോൺ ടാർജറ്റ് ആറ്റത്തിനുള്ളിലേക്ക് തുളച്ചുകയറി ചില K- ഷെൽ ഇലക്ട്രോണുകളെ നീക്കം ചെയ്യുന്നു. അതിനു ശേഷം ബാഹ്യഷെല്ലിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾ ഈ K-ഷെല്ലിൽ ഉണ്ടായ ഒഴിഞ്ഞുകിടക്കുന്ന ശൂന്യസ്ഥലങ്ങൾ നികത്തുന്നതിനായി അവിടേക്ക് കുതിക്കുന്നു. ഇപ്രകാരം ഊർജ്ജം കുറഞ്ഞ സ്ഥലത്തേക്കുള്ള സ്ഥാനാന്തരണം കാരണം ഈ രണ്ട് നിലയിലും ഉള്ള ഊർജ്ജവ്യത്യാസം നിശ്ചിത തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള ഫോട്ടോണുകളുടെ ഒരു കിരണരൂപത്തിൽ പുറത്തേക്ക് വരുന്നു. ടാർജറ്റിന്റെ സ്വഭാവസവിശേഷതയ്ക്കനുസരിച്ച് ഈ തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള കണങ്ങൾ ഒരു രേഖീയ വർണ്ണരാജി രൂപവൽക്കരിക്കുന്നു.

ഒരു മൂലകത്തിന്റെ എക്സ്റേ-സ്പെക്ട്രത്തിൽ K-ശ്രേണിയിൽ ഉള്ള രേഖകൾ ഉണ്ടാകുന്നത് $L, M, N, \ldots$ തുടങ്ങിയ തലത്തിൽ നിന്നും K തലത്തിലേക്ക് ഇലക്ട്രോണുകൾ സ്ഥാനാന്തരണം നടത്തുമ്പോഴാണെന്ന വസ്തുത ചിത്രം 8.23-ൽ നിന്നും വ്യക്തമാണ്. ഇതുപോലെ ഉയർന്ന തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള L-സീരീസുകൾ ഉത്ഭവിക്കുന്നത്, ആറ്റത്തിലെ L-ഇലക്ട്രോണുകളെ പുറന്ത

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 131 28-06-2022 17:27:29



ചിത്രം 8.23 ക്യാരക്റ്ററിസ്റ്റിക് x-കിരണ സ്പ്രെക്ട്രയുടെ ആവിർഭാവം

ള്ളപ്പെടുന്നിടത്ത് ആ ശൂന്യ സ്ഥലത്തെ നിറക്കാൻ *M, N, O* എന്നിവിടങ്ങളിലെ ഇലക്ട്രോണുകൾ സ്ഥാനാന്തരണം നടത്തുമ്പോഴാണ്. ഇതുപോലെ മറ്റു സീരീസുകളും ലഭിക്കുന്നു.

മോളിബ്ഡിനത്തിന്റെ *K*-ശ്രേണിയിലെ രണ്ട് ഉച്ചസ്ഥായികൾ ഉള്ള K_α എന്നീ K_β കിരണ സ്പെക്ട്രത്തിനെ ചിത്രം 8.21(b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

x- കിരണങ്ങളുടെ പ്രയോജനങ്ങൾ:

വിവിധ മേഖലകളിൽ X-കിരണങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കുന്നുണ്ട്. അതിൽ ചിലത് പ്രതിപാദിക്കാം.

1) ആതുര രോഗ നിർണ്ണയം

അസ്ഥികളിൽ കൂടി കടന്നു പോകുന്നതിനേക്കാൾ സുഗമമായി x-കിരണങ്ങൾ മാംസത്തിൽ കൂടി കടന്നുപോകുന്നു. അങ്ങനെ അസ്ഥികളുടെ ആഴത്തിലുള്ള നിഴലും മാംസത്തിന്റെ നേരിയ നിഴലും അടങ്ങിയ എക്സ്റേ റേഡിയോഗ്രാഫ് ലഭിക്കും. ഒടിവുകൾ, പുറമേയുള്ള വസ്തുക്കൾ, രോഗബാധിത അവയവങ്ങൾ എന്നിവ കണ്ടെത്താൻ എക്സ്റേ റേഡിയോ ഗ്രാഫുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

2) മെഡിക്കൽ തെറാപ്പി

എക്സ്-കിരണങ്ങൾക്ക് രോഗബാധയുള്ള ടിഷ്യുക്കളെ ഉന്മൂലനം ചെയ്യാൻ കഴിയുമെന്നതിനാൽ ചർമ്മരോഗങ്ങൾ, മാരകമായ മുഴകൾ തുടങ്ങിയവയെ സുഖപ്പെടുത്തുന്നതിന് അവ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

3) വ്യവസായം

വെൽഡഡ് ജോയിന്റസ്, മോട്ടോർടയറുകൾ, ടെന്നീസ് പന്തുകൾ, തടി എന്നിവയിലെ വിള്ളലുകൾ പരിശോധിക്കുന്നതിന് X-കിരണങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു. കസ്റ്റംസിൽ വ്യാജചരക്ക് കണ്ടു പിടിക്കാനും ഇത് ഉപയോഗിക്കുന്നു.

4) ശാസ്ത്രീയ ഗവേഷണം

ക്രിസ്റ്റലിക വസ്തുക്കളുടെ ഘടന, അതായത് ക്രിസ്റ്റലുകളിൽ ആറ്റങ്ങളും തന്മാത്രകളും എപ്രകാരം ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു എന്നത് പഠിക്കുവാൻ ഉതകുന്ന മുഖ്യ ഉപകരണമാണ് എക്സ്റേ ഡിഫ്രാക്ഷൻ.

ഉദാഹരണം 8.9

20,000 *V* ആക്സിലറേറ്റിംഗ് പൊട്ടൻഷ്യലുള്ള എക്സ്റേ ട്യൂബിൽ നിന്നും പുറത്തുവരുന്ന എക്സ്റേ രശ്മികളുടെ കട്ട് ഓഫ് തരംഗദൈർഘ്യവും കട്ട്-ഓഫ് ആവൃത്തിയും കണക്കാക്കുക.

ഉത്തരം

ക്യാരക്റ്ററിസ്റ്റിക് എക്സ്റേയുടെ കട്ട്-ഓഫ് തരംഗദൈർഘ്യം

$$\lambda_{\circ} = \frac{12400}{V}\text{ Å} = \frac{12400}{20000}\text{ Å}$$

$$= 0.62\text{Å}$$

അതിനനുസരിച്ചുള്ള ആവൃത്തി

$$\nu_0 = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{3\times10^8}{0.62\times10^{-10}} = 4.84\times10^{18}\,\text{Hz}$$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 132 28-06-2022 17:27:31

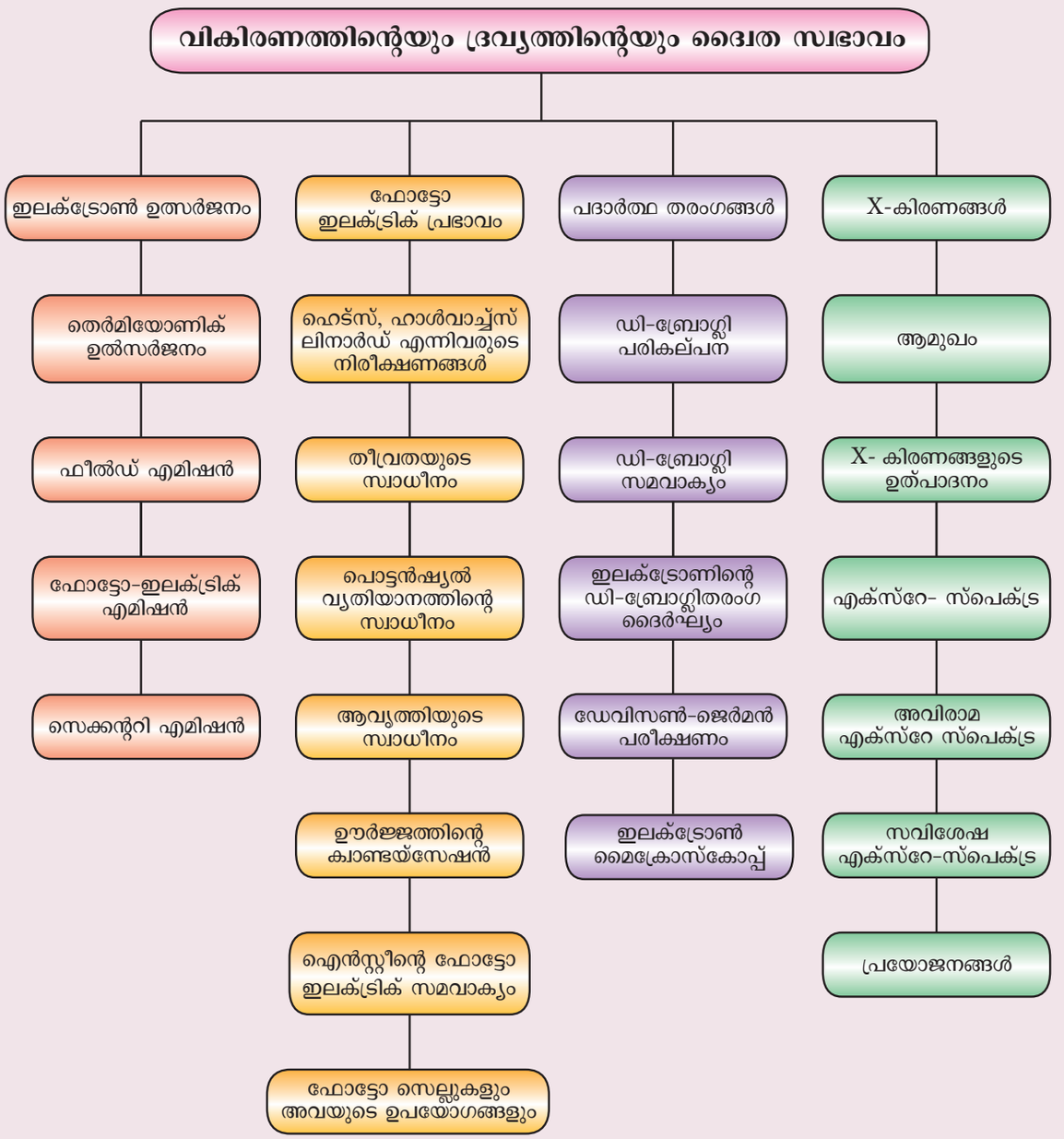
സംഗ്രഹം

- കണിക എന്നത് ഒരു പദാർത്ഥ വസ്തുവാണ്. ദ്രവ്യത്തിന്റെ വളരെ ചെറിയ സത്തായി കണക്കാക്കപ്പെടുന്നു. (സ്ഥലത്തിലും സമയത്തിലും പ്രാദേശികവൽക്കരിച്ചിരിക്കുന്നു) എന്നാൽ തരംഗം എന്നത് ഊർജ്ജത്തിന്റെ വിസ്തൃതമായ വ്യാപനം ആണ്. (സ്ഥലത്തിലും സമയത്തിലും പ്രാദേശികവൽക്കരിച്ചിട്ടില്ല).
- ഒരു പദാർത്ഥത്തിന്റെ ഏത് ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നുമുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെ വിമോചനത്തെ ഇലക്ട്രോൺ എമിഷൻ എന്നുവിളിക്കുന്നു.
- ലോഹത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും രക്ഷപ്പെടാൻ ഇലക്ട്രോണിന് ആവശ്യമായ ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ ഊർജ്ജത്തെ ആ ലോഹത്തിന്റെ പ്രവൃത്തിഫലകം എന്നു പറയുന്നു.
- $1\ eV$ എന്നത് $1.602 \times 10^{-19}\ J$ നു തുല്യം.
- താപോർജ്ജം നൽകി ഇലക്ട്രോണുകളെ ഉൽസർജിപ്പിക്കുന്നതിനെ തെർമ്മിയോണിക് എമിഷൻ എന്നു പറയുന്നു.
- ലോഹത്തിനുടനീളം വളരെ ശക്തമായ ഒരു വൈദ്യുത മണ്ഡലം പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ ഇലക്ട്രിക് ഫീൽഡ് എമിഷൻ നടക്കുന്നു.
- പ്രകാശ പ്രസരണം മൂലം ഇലക്ട്രോണുകളെ പുറംതള്ളുന്നതിനെ ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് എമിഷൻ എന്നു വിളിക്കുന്നു.
- വളരെ വേഗതയിൽ ചലിക്കുന്ന ഇലക്ട്രോണുകൾ ലോഹ ഉപരിതലത്തിൽ വന്നിടിക്കുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന ഇലക്ട്രോൺ ഉൽസർജനമാണ് സെക്കന്ററി എമിഷൻ.
- പതനകിരണത്തിന്റെ തീവ്രതയ്ക്ക് നേരനുപാദത്തിലായിരിക്കും ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് കറന്റ് (സെക്കന്റിൽ പുറത്തു വരുന്ന ഇലക്ട്രോണിന്റെ എണ്ണം).
- വളരെ ഊർജ്ജസ്വലതയുള്ള ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഉത്സർജനത്തിനെ നിർത്തലാക്കി അപ്രകാരം ഫോട്ടോ കറന്റിനെ ഇല്ലാതാക്കാൻ വേണ്ട; കളക്റ്റിംഗ് ഇലക്ട്രോഡ് A യിൽ കൊടുക്കുന്ന നെഗറ്റീവ് (മന്ദീകരണ) പൊട്ടൻഷ്യലിന്റെ മൂല്യമാണ് സ്റ്റോപ്പിംഗ് പൊട്ടൻഷ്യൽ.
- പതനകിരണത്തിന്റെ തീവ്രത ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ പരമാവധി ഗതികോർജ്ജത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നില്ല.
- ഒരു നിശ്ചിത പ്രതലത്തിൽ ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഉൽസർജനം നടക്കണമെങ്കിൽ പതനകിരണത്തിന്റെ ആവൃത്തി ഒരു മിനിമം ആവൃത്തിയേക്കാൾ കൂടുതലായിരിക്കണം. ഇതിനെ ത്രെഷോൾഡ് ആവൃത്തി എന്നു വിളിക്കുന്നു.
- പ്ലാങ്കിന്റെ അനുമാനത്തിൽ, ഒരു പദാർത്ഥത്തിൽ വ്യത്യസ്ത ആവൃത്തികളിൽ കമ്പനം ചെയ്യുന്ന ധാരാളം ഓസിലേറ്റിംഗ് കണികകൾ (ആറ്റങ്ങൾ) അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു.
- ഐൻസ്റ്റീന്റെ അഭിപ്രായത്തിൽ പ്രകാശത്തിലെ ഊർജ്ജം തരംഗമുഖങ്ങളിൽ അല്ല കേന്ദ്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നത് പകരം ചെറിയ പാക്കറ്റുകളായോ അഥവാ ഊർജ്ജകാണ്ട ആയോ കേന്ദ്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു.
- നിശ്ചിത ഊർജ്ജവും ആവേഗവുമുള്ള ഒരു വ്യതിരിക്ത പ്രകാശകാണ്ടം ഒരു കണികയായി സഹവർത്തിക്കുന്നു. ഈ കണികയെ ഫോട്ടോൺ എന്നു വിളിക്കുന്നു.
- പ്രകാശം അത് വ്യാപരിക്കുന്ന സമയത്ത് തരംഗമായും പദാർത്ഥങ്ങളുമായി പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ ഏർപ്പെടുമ്പോൾ കണികയായും പെരുമാറും.
- പ്രകാശോർജ്ജത്തെ വൈദ്യുതോർജ്ജമാക്കി മാറ്റുന്ന ഉപകരണമാണ്. ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് സെൽ അഥവാ ഫോട്ടോ സെൽ.
- ഡി-ബ്രോഗ്ലി പരികല്പന പ്രകാരം, ഇലക്ട്രോണുകൾ, പ്രോട്ടോണുകൾ, ന്യൂട്രോണുകൾ പോലുള്ള എല്ലാ ദ്രവ്യകണികകളും ചലിക്കുമ്പോൾ തരംഗമായി വർത്തിക്കുന്നു. ഇത്തരം തരംഗങ്ങളെ ഡി-ബ്രോഗ്ലി തരംഗങ്ങൾ അഥവാ ദ്രവ്യതരംഗങ്ങൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു.
- ഇലക്ട്രോണിന്റെ തരംഗ സ്വഭാവം ഉപയോഗിച്ച് നിർമ്മിക്കപ്പെട്ട മൈക്രോസ്കോപ്പിനെ ഇലക്ട്രോൺ മൈക്രോസ്കോപ്പ് എന്നു വിളിക്കുന്നു.
- 1927 ൽ ക്ലിന്റൺ ഡേവിസണും ലെസ്റ്റർ ജെർമ്മറും ദ്രവ്യതരംഗങ്ങളുടെ ഡി-ബ്രോഗ്ലി പരകല്പനയെ പരീക്ഷണാത്മകമായി സ്ഥിതീകരിച്ചു.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 133 28-06-2022 17:27:31

- വളരെ വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഇലക്ട്രോണുകൾ എപ്പോഴൊക്കെ പദാർത്ഥങ്ങളിൽ പതിക്കുന്നുവോ അവയിൽ നിന്നും ഉയർന്ന തുളച്ചുകയറാൻ ശക്തിയുള്ള വികിരണങ്ങൾ അതായത് x- കിരണങ്ങൾ പുറത്തേക്കു വരുന്നു.
- ചില മിനിമം തരംഗദൈർഘ്യം λ_0 ഉൾപ്പെടെ സാധ്യയായ എല്ലാ തരംഗദൈർഘ്യം ഉള്ള വികിരണങ്ങൾ അവിരാമ എക്സ്റേ സ്പെക്ട്രത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു .
- വേഗതകൂടിയ ഇലക്ട്രോണുകൾ ടാർജറ്റിൽ ഇടിക്കുമ്പോൾ നേരിയ ശൃംഗങ്ങൾ അടങ്ങിയ ചില വ്യക്തമായി പ്രതിപാദിക്കത്തക്ക തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള വികിരണങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. ഇതാണ് സവിശേഷ എക്സ്റേ സ്പെക്ട്ര.

ആശയ ചിത്രീകരണം



XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 134 28-06-2022 17:27:31

മൂല്യനിർണ്ണയം

ശരിയായ ഉത്തരം തെരഞ്ഞെടുത്തെഴുതുക

1. λ_e തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള ഒരു ഇലക്ട്രോണിനും, അതേ ഊർജ്ജം E യുള്ള തരംഗദൈർഘ്യം λ_p യുള്ള ഫോട്ടോണിനും തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തെ ഇങ്ങനെ രേഖപ്പെടുത്താം (NEET 2013)

a. $\lambda_p \propto \lambda_e$ b. $\lambda_p \propto \sqrt{\lambda_e}$

c. $\lambda_p \propto \frac{1}{\sqrt{\lambda_e}}$ d. $\lambda_p \propto \lambda_e^2$

2. ഒരു ഇലക്ട്രോൺ മൈക്രോസ്കോപ്പിൽ, ഇലക്ട്രോണുകളെ 14 kV വോൾട്ടേജിലൂടെ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നു. വോൾട്ടേജ് 224 kV ആയി മറ്റുകയാണെങ്കിൽ ഇലക്ട്രോണുകളുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ഡി-ബ്രോഗ്ലി തരംഗദൈർഘ്യം

a. 2 മടങ്ങ് കൂടുന്നു
b. 2 മടങ്ങ് കുറയുന്നു
c. 4 മടങ്ങ് കുറയുന്നു
d. 4 മടങ്ങ് കൂടുന്നു

3. 3×10^{-6} g ദ്രവ്യമാനമുള്ള ഒരു കണിക, $6\times10^{6}\,m\,s^{-1}$ പ്രവേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഇതിന് ഇലക്ട്രോണിന്റെ അതേ തരംഗദൈർഘ്യമാണുള്ളത്. എങ്കിൽ കണത്തിന്റെ പ്രവേഗം

a. $1.82\times10^{-18}\,m\,s^{-1}$
b. $9\times10^{-2}\,m\,s^{-1}$
c. $3\times10^{-31}\,m\,s^{-1}$
d. $1.82\times10^{-15}\,m\,s^{-1}$

4. ഒരു ലോഹ ഉപരിതലത്തെ λ തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള വികിരണം കൊണ്ട് പ്രകാശിപ്പിക്കുമ്പോൾ അവയുടെ സ്റ്റോപ്പിംഗ് പൊട്ടൻഷ്യൽ V ആണ്. ഇതേ ലോഹത്തെ തരംഗദൈർഘ്യം 2λ കൊണ്ടുള്ള വികിരണം കൊണ്ട് പ്രകാശിപ്പിക്കുമ്പോൾ സ്റ്റോപ്പിംഗ് പൊട്ടൻഷ്യൽ $\frac{V}{4}$ ആയി മാറുന്നു. ലോഹത്തിന്റെ ത്രെഷോൾഡ് തരംഗദൈർഘ്യം (NEET 2016)

a. 4λ b. 5λ

c. $\frac{5}{2}\lambda$ d. 3λ

5. വർക്ക് ഫംഗ്ഷൻ 3.55 eV ഉള്ള ഒരു ലോഹത്തിൽ തരംഗദൈർഘ്യം 330 nm ഉള്ള പ്രകാശം പതിക്കുമ്പോൾ ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്നു. ഉൽസർജിക്കപ്പെട്ട ഇലക്ട്രോണിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം ($h = 6.6 \times 10^{-34}\,Js$)

a. $< 2.75\times10^{-9}\,m$ b. $\geq 2.75\times10^{-9}\,m$

c. $\leq 2.75\times10^{-12}\,m$ d. $< 2.5\times10^{-10}\,m$

6. തരംഗദൈർഘ്യം λ യും $\lambda/2$ ഉം ഉള്ള മോണോ ക്രൊമാറ്റിക് പ്രകാശം തുടർച്ചയായി ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് തലത്തിൽ പ്രകാശിപ്പിക്കുക. രണ്ടാമത്തെ കേസിൽ ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്ന ഫോട്ടോ ഇല ക്ട്രോണുകളുടെ പരമാവധി ഗതികോർജ്ജം ആദ്യത്തേതിന്റെ മൂന്നിരട്ടി ആണെങ്കിൽ ലോഹത്തിന്റെ വർക്ക് ഫംഗ്ക്ഷൻ (NEET 2015)

a) $\frac{hc}{\lambda}$ b) $\frac{2hc}{\lambda}$

c) $\frac{hc}{3\lambda}$ d) $\frac{hc}{2\lambda}$

7. ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് എമിഷനിൽ, ഒരു നിശ്ചിത ലോഹത്തിന്റെ ത്രെഷോൾഡ് ആവൃത്തിയുടെ 4 മടങ്ങ് ആവൃത്തിയുള്ള വികിരണങ്ങൾ പതിക്കുന്നു എങ്കിൽ അതിൽ നിന്നും ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്ന ഇലക്ട്രോണിന്റെ പരമാവധി വേഗത

a) $\sqrt{\frac{hv_0}{m}}$ b) $\sqrt{\frac{6hv_0}{m}}$

c) $2\sqrt{\frac{hv_0}{m}}$ d) $\sqrt{\frac{hv_0}{2m}}$

8. ഒരു ലോഹത്തിൽ *0.9 eV, 3.3 eV* എന്നീ ഫോട്ടോൺ ഊർജ്ജമുള്ള രണ്ട് വികിരണങ്ങൾ തുടർച്ചയായി വീഴാൻ അനുവദിക്കുക. ലോഹത്തിന്റെ വർക്ക് ഫംഗ്ഷൻ 0.6 eV ആണ്. എങ്കിൽ ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളുടെ പരമാവധി വേഗതകളുടെ വിഹിതം

a) 1:4 b) 1:3

c) 1:1 d)1:9

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 135 28-06-2022 17:27:37

9. 520 *nm* തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള ഒരു പ്രകാശ സ്രോതസ്സിൽ നിന്നും ഒരു സെക്കന്റിൽ 1.04×10^{15} ഫോട്ടോണുകളും, 460 *nm* തരംഗ ദൈർഘ്യമുള്ള രണ്ടാമത്തെ സ്രോതസ്സിൽ നിന്നും സെക്കന്റിൽ 1.38×10^{15} ഫോട്ടോണുകളും ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്നു. എങ്കിൽ രണ്ടാമത്തെ സ്രോതസ്സിന്റെ പവറിന്റെ അനുപാതം ആദ്യ സ്രോതസ്സുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുക

a) 1.00 b) 1.02
c) 1.5 d) 0.98

10. സൂര്യപ്രകാശങ്ങളിൽ നിന്നും ശരാശരി ഒരു സെക്കന്റിൽ വിസർജിക്കുന്ന ഫോട്ടോണുകളുടെ എണ്ണം 550 *nm* ഉം ശരാശരിപവർ $3.8 \times 10^{26} W$ ഉം ആണ്. സൂര്യപ്രകാശത്തിൽ നിന്നും ശരാശരി ഒരു സെക്കന്റിൽ മനുഷ്യ നേത്രത്തിൽ ലഭിക്കുന്ന ഫോട്ടോണുകളുടെ എണ്ണം യഥാക്രമം

a) 10^{45} b) 10^{42}
c) 10^{54} d) 10^{51}

11. ഒരു ലോഹ പ്രതലത്തിന്റെ ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് വർക്ക് ഫംഗ്ഷൻ 3.313 *eV* ആയാൽ അതിന്റെ ത്രെഷോൾഡ് തരംഗദൈർഘ്യം

a) 4125 Å b) 3750 Å
c) 6000 Å d) 2062.5 Å

12. ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് വർക്ക് ഫംഗ്ഷൻ 1.235 *eV* ഉള്ള ഒരു സെൻസിറ്റീവ് പ്ലേറ്റിൽ 500 *nm* തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള പ്രകാശം പതിക്കുന്നു. ഉത്സർജിക്കപ്പെടുന്ന ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഗതികോർജ്ജം (h = 6.6 × 10^{-34} *Js*)

a) 0.58 *eV* b) 2.48 *eV*
c) 1.24 *eV* d) 1.16 *eV*

13. തരംഗദൈർഘ്യം λ ഉള്ള ഫോട്ടോണുകൾ ഒരു ലോഹത്തിൽ പതിക്കുന്നു. ലോഹത്തിൽ നിന്നും വളരെ ഊർജ്ജസ്വലതയോടെ പുറത്തുവരുന്ന ഇലക്ട്രോണുകൾ B അളവുള്ള ലംബമായ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിൽ R ആരമുള്ള വൃത്താകൃതിയിൽ വളയുന്നു. ലോഹത്തിന്റെ വർക്ക് ഫംഗ്ഷൻ (KVPY-SX 2016)

a. $\frac{hc}{\lambda} - m_e + \frac{e^2B^2R^2}{2m_e}$

b. $\frac{hc}{\lambda} + 2m_e\left[\frac{eBR}{2m_e}\right]^2$

c. $\frac{hc}{\lambda} - m_ec^2 - \frac{e^2B^2R^2}{2m_e}$

d. $\frac{hc}{\lambda} - 2m_e\left[\frac{eBR}{2m_e}\right]^2$

14. *A*, *B*, *C* എന്നീ ലോഹങ്ങളുടെ വർക്ക് ഫംഗ്ഷൻ യഥാക്രമം 1.92 *eV*, 2.0 *eV*, 5.0 *eV* എന്നിങ്ങനെ ആണ്. 4100 Å തരംഗ ദൈർഘ്യമുള്ള വികിരണങ്ങൾ പതിക്കുമ്പോൾ ഇവയിൽ ഏത് ലോഹങ്ങളിൽ നിന്നുമാണ് ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉൽസർജിക്കുന്നത്

a. *A* മാത്രം

b. *A* യും *B* യും

c. എല്ലാ ലോഹങ്ങളിൽ നിന്നും

d. ഒന്നിൽ നിന്നും ഉൽസർജിക്കുന്നില്ല

15. താപോർജ്ജത്തെ ആഗിരണം ചെയ്ത് ഇലക്ട്രോണുകളെ ഉത്സർജിക്കുന്നതാണ് ..... എമിഷൻ.

a. ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക്

b. ഫീൽഡ്

c. തെർമ്മിയോണിക്

d. സെക്കന്ററി

ഉത്തരങ്ങൾ

1. d	**2.** c	**3.** d	**4.** d	**5.** b
6. d	**7.** b	**8.** b	**9.** c	**10.** a
11. b	**12.** c	**13.** d	**14.** b	**15.** c

II സംക്ഷിപ്ത ഉത്തര ചോദ്യങ്ങൾ

1. ലോഹങ്ങൾക്ക് ധാരാളം സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉള്ളത് എന്തുകൊണ്ട്?

2. ലോഹത്തിന്റെ വർക്ക് ഫംഗ്ഷൻ നിർവ്വചിക്കുക? അതിന്റെ യൂണിറ്റ് എഴുതുക?

3. ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് പ്രഭാവം എന്നാൽ എന്ത്?

4. പതനകിരണത്തിന്റെ തീവ്രതയ്ക്കനുസരിച്ച് ഫോട്ടോ കറന്റ് എപ്രകാരം വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു?

5. പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രതയെ നിർവ്വചിക്കുക? അതിന്റെ യൂണിറ്റ് എന്ത്?

6. ത്രെഷോൾഡ് ആവൃത്തിയെ എപ്രകാരം നിർവ്വചിക്കാം?

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 136 28-06-2022 17:27:40

7. ഫോട്ടോസെൽ എന്നാൽ എന്ത്? ഫോട്ടോസെല്ലുകളുടെ വിവിധതരങ്ങളെ കുറിക്കുക?
8. ചാർജ്ജ് q ഉം ദ്രവ്യമാവം m ഉം ഉള്ള ഒരു ചാർജുള്ള കണത്തെ V പൊട്ടൻഷ്യൽ ഉപയോഗിച്ച് ത്വരിതപ്പെടുത്തുമ്പോൾ കിട്ടുന്ന ഡി-ബ്രോഗ്ലി തരംഗ ദൈർഘ്യത്തിന്റെ ആവിഷ്ക്കാരം എഴുതുക?
9. ഡി-ബ്രോഗ്ലി പരികല്പന പ്രതിപാദിക്കുക?
10. എന്തുകൊണ്ടാണ് നമ്മൾ ബേസ് ബോളിന്റെ തരംഗ സവിശേഷതകൾ കാണാത്തത്?
11. ഒരു പ്രോട്ടോണിനും ഇലക്ട്രോണിനും തുല്യ ഗതികോർജ്ജമാണുള്ളത്. ഏതിനാണ് ഉയർന്ന ഡി-ബ്രോഗ്ലി തരംഗദൈർഘ്യമുള്ളത്. ന്യായീകരിക്കുക?
12. ദ്രവ്യമാനം m ഉള്ള ഒരു കണികയുടെ ഡി-ബ്രോഗ്ലി തരംഗദൈർഘ്യം λ എപ്രകാരമാണ് ഗതികോർജ്ജം K യുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്. എഴുതുക?
13. ഒരു ഇലക്ട്രോണിനും, ആൽഫാകണത്തിനും ഒരുപോലുള്ള ഗതികോർജ്ജമുണ്ട് ഇവയുടെ ഡിഇേബാഗ്ലി തരംഗ ദൈർഘ്യം എപ്രകാരം ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു?
14. സ്റ്റോപ്പിംഗ് പൊട്ടൻഷ്യൽ നിർവ്വചിക്കുക.
15. പ്രതല ബാരിയർ എന്നാൽ എന്ത്?
16. ക്ലാസ്സിക്കൽ ഇലക്ട്രോമാഗ്നറ്റിക് സിദ്ധാന്തം പ്രതിപാദിക്കാത്ത എക്സ്റേ സ്പെക്ട്രയുടെ രണ്ടു വിശേഷഗുണങ്ങളെ നിർദ്ദേശിക്കുക.
17. ബ്രെംസ്ട്രാലങ് എന്നാൽ എന്ത്?

III സുദീർഘ ഉത്തര ചോദ്യങ്ങൾ

1. ഇലക്ട്രോൺ എമിഷൻ എന്നാൽ എന്താണ് അർത്ഥമാക്കുന്നത്. വിവിധ തരത്തിലുള്ള ഇലക്ട്രോൺ എമിഷനെ ചുരുക്കത്തിൽ വിശദീകരിക്കുക?
2. ഹെട്സ്, ഹാൾവാച്ച്, ലെനാർഡ് എന്നിവരുടെ നിരീക്ഷണങ്ങളെ ചുരുക്കി പ്രതിപാദിക്കുക?
3. ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് കറന്റിൽ പൊട്ടൻഷ്യൽ ഡിഫറൻസിന്റെ സ്വാധീനം വിശദീകരിക്കുക?
4. പതനകിരണത്തിന്റെ ആവൃത്തി സ്റ്റോപ്പിംഗ് പൊട്ടൻഷ്യലിനനുസരിച്ച് എപ്രകാരം വ്യതിയാനപ്പെടുന്നു വിശദമാക്കുക?
5. ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് പ്രഭാവത്തിന്റെ നിയമങ്ങൾ വ്യക്തമാക്കുക?
6. ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് പ്രഭാവത്തെ പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗ പ്രകൃതത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ വിശദീകരിക്കാൻ സാധിക്കില്ല. വിശദീകരിക്കുക?
7. പ്രകാശത്തിന്റെ ക്വാണ്ടം എന്ന ആശയം വിശദീകരിക്കുക?
8. ആവശ്യമായ വിശദീകരണങ്ങൾ നൽകി ഐൻസ്റ്റീന്റെ ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് സമവാക്യം.
9. ഐൻസ്റ്റീന്റെ വിശദീകരണങ്ങളുടെ സഹായത്തോടെ ഫോട്ടോഇലക്ട്രിക് പ്രഭാവത്തിന്റെ പരീക്ഷണാത്മക നിരീക്ഷണങ്ങളെ പ്രതിപാദിക്കുക?
10. ഫോട്ടോ എമിസീവ് സെല്ലിന്റെ നിർമ്മാണവും പ്രവർത്തനവും വ്യക്തമാക്കുക?
11. ഇലക്ട്രോണിന്റെ ഡി-ബ്രോഗ്ലി തരംഗദൈർഘ്യ ആവിഷ്ക്കരണം കണ്ടെത്തുക?
12. ഇലക്ട്രോൺ മൈക്രോസ്കോപ്പിന്റെ തത്വവും പ്രവർത്തനവും ചുരുക്കത്തിൽ വിശദീകരിക്കുക?
13. ഇലക്ട്രോണിന്റെ തരംഗ സ്വഭാവം പ്രതിപാദിക്കുന്ന ഡേവിസൺ- ജെർമ്മർ പരീക്ഷണത്തെ ചുരുക്കി വിവരിക്കുക?
14. ഫോട്ടോണുകളുടെ സ്വഭാവഗുണങ്ങളെ വിവരിക്കുക.
15. ഫോട്ടോസെല്ലുകളുടെ ഉപയോഗങ്ങൾ എന്തെല്ലാം.
16. സവിശേഷ എക്സ് കിരണസ്പെക്ട്ര ലഭിക്കുന്നത് എങ്ങനെയെന്നു വ്യക്തമാക്കുക?

IV. സംഖ്യാ പ്രശ്നങ്ങൾ

1. 640 nm ഉള്ള 50 mW ലേസറിൽ നിന്നും ഒരു സെക്കന്റിൽ എത്ര ഫോട്ടോണുകളാണ് പുറത്തേക്ക് ഉദ്വമിപ്പിക്കാൻ കഴിയുന്നത്?

[ഉത്തരം: $1.61\times10^{17}\,s^{-1}$]

2. ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് ഉൽസർജന പരീക്ഷണത്തിൽ 81 V സ്റ്റോപ്പിംഗ്പൊട്ടൻഷ്യൽഉണ്ടായിരിക്കുമ്പോൾ നിർഗമിക്കുന്ന ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ പരമാവധി ഗതികോർജ്ജവും പ്രവേഗവും കണ്ടുപിടിക്കുക?

[ഉത്തരം: $1.3\times10^{-17}J$; $5.3\times10^{6}\ ms^{-1}$]

3. താഴെപ്പറയുന്ന വികിരണങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ഫോട്ടോണുകളുടെ ഊർജ്ജം കണക്കാക്കുക: (i) 413 nm ഉള്ള വയലറ്റ് പ്രകാശം (ii) 0.1 nm ഉള്ള X-കിരണങ്ങൾ (iii) 10 m ഉള്ള റേഡിയോ തരംഗങ്ങൾ.

[ഉത്തരം: 3 eV; 12424 eV; 1.24×10^{-7} eV]

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 137 28-06-2022 17:27:41

4. ഒരു 150 W വിളക്ക് 5500 Å തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള പ്രകാരം പുറത്തേക്ക് വിടുന്നു. ഇതിന്റെ കാര്യക്ഷമത 12% ആണെങ്കിൽ ഒരു സെക്കന്റിൽ പുറത്തേക്ക് വിടുന്ന ഫോട്ടോണുകളുടെ എണ്ണം കണ്ടുപിടിക്കുക?

[ഉത്തരം: 4.98×10^{19}]

5. 10^{14} Hz ആവൃത്തിയുള്ള എത്ര ഫോട്ടോണുകൾ ഉപയോഗിച്ച് 19.86 J ഊർജ്ജം നിർമിക്കാൻ ആകും? [ഉത്തരം: 3×10^{20}]

6. ഒരു ഫോട്ടോണിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യത്തിന്റെ 4000 Å ന് തുല്യമായ സംവേഗശക്തുയുള്ള ഒരു ഇലക്ട്രോണിന്റെ പ്രവേഗം എത്ര ആയിരിക്കും? [ഉത്തരം: $1818\,\mathrm{ms}^{-1}$]

7. 9×10^{14} Hz ആവൃത്തിയുള്ള ഒരു പ്രകാശം ലോഹ പ്രതലത്തിൽ പതിക്കുമ്പോൾ $8\times10^{5}\,\mathrm{ms}^{-1}$ പരമാവധി വേഗതയുള്ള ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉത്സർജ്ജിക്കപ്പെടുന്നു. എങ്കിൽ ലോഹത്തിന്റെ ത്രെഷോൾഡ് ആവൃത്തി കാണുക?

[ഉത്തരം: $4.61\times10^{14}\,\mathrm{Hz}$]

8. ഫോട്ടോ എമിഷൻ നടത്തുന്ന ഒരു ഫോട്ടോ സെല്ലിന്റെ കാഥോഡിൽ 6000 Å പ്രകാശം പതിക്കുമ്പോൾ, ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഉത്സർജനം പ്രതിരോധിക്കാൻ അതിന് 0.8 V സ്റ്റോപ്പിംഗ് പൊട്ടൻഷ്യൽ ആവശ്യമെങ്കിൽ അതിൽ (i) പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത (ii) പതന ഫോട്ടോണിന്റെ ഊർജ്ജം (iii) കാഥോഡ് ഉണ്ടാക്കിയിരിക്കുന്ന വസ്തുവിനെ വർക്ക് ഫംഗ്ഷൻ (iv) ത്രെഷോൾഡ് ആവൃത്തി (v) പ്രതലത്തിൽ നിന്നും പുറത്താക്കിയതിനുശേഷമുള്ള ഇലക്ട്രോണിന്റെ ആകെ ഊർജ്ജം എന്നിവ കണക്കാക്കുക?

[ഉത്തരം: 5×10^{14} Hz; 2.07 eV; 1.27 eV; 3.07×10^{14} Hz; 0.8 eV]

9. 3310 Å തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള ഫോട്ടോൺ ഒരു പദാർത്ഥത്തിൽ പതിക്കുമ്പോൾ 3×10^{-19} J ഊർജ്ജമുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളെ സ്വതന്ത്രമാക്കുന്നു. മറ്റൊരു 5000 Å തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള ഫോട്ടോൺ അതേ പദാർത്ഥത്തിൽ നിന്നും 0.972×10^{-19} J ഊർജ്ജമുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളെ പുറത്തുവിടുന്നു. പ്ലാങ്കിന്റെ സ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ മൂല്യവും, പദാർത്ഥത്തിന്റെ ത്രെഷോൾഡ് തരംഗദൈർഘ്യവും കണക്കാക്കുക?

[ഉത്തരം: 6.62×10^{-34} Js; 6620×10^{-10} മീ]

10. ഒരു പ്രത്യേക സമയത്തിൽ ഭൂമി $4\,cal\,cm^{-2}\,min^{-1}$ ഊർജ്ജം സൂര്യനിൽ നിന്നും സ്വീകരിക്കുന്നുണ്ട്. ഒരു സെ.മീ^{2} / മിനിട്ടിൽ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ പ്രവേശിക്കുന്ന ഫോട്ടോണുകളുടെ എണ്ണം കണക്കാക്കുക. (സൂര്യപ്രകാശത്തിന്റെ ശരാശരി തരംഗദൈർഘ്യം $= 5500$ Å) [ഉത്തരം: 4.65×10^{19}]

11. ത്രെഷോൾഡ് തരംഗദൈർഘ്യം 4965$Å$ ഉള്ള ഒരു ലിഥിയം പ്രതലത്തിൽ 1800$Å$ തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള UV പ്രകാശം പതിക്കുന്നു. ഉത്സർജിക്കപ്പെടുന്ന ഇലക്ട്രോണിന്റെ പരമാവധി ഊർജ്ജം കണ്ടുപിടിക്കുക.

[ഉത്തരം: 4.40 eV]

12. 81.9×10^{-15} J ഗതികോർജ്ജമുള്ള പ്രോട്ടോണിന്റെ ഡി-ബ്രോഗ്ലി തരംഗദൈർഘ്യം കണ്ടുപിടിക്കുക? (പ്രോട്ടോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനം ഇലക്ട്രോണിനേക്കാൾ 1836 മടങ്ങാണ്).

[ഉത്തരം: 4×10^{-14} മീ]

13. ഒരേ പൊട്ടൻഷ്യൽ നൽകി ഡ്യൂട്രോണിനേയും ആൽഫാ കണികയേയും ത്വരിതപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു. ഏതിനാണ് i) ഡി-ബ്രോഗ്ലി തരംഗദൈർഘ്യത്തിന്റെ മൂല്യം അധികമായുള്ളത്. ii) കുറഞ്ഞ ഗതികോർജ്ജം ഉള്ളത്. വിവരിക്കുക.

[ഉത്തരം: $\lambda_d = 2\lambda_\alpha$, $K_d = K_\alpha/2$]

14. 81V പൊട്ടൻഷ്യൽ ഡിഫറൻസ് ചെലുത്തി ഒരു ഇലക്ട്രോണിനെ ത്വരിതപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്. ഇതിന്റെ ഡി-ബ്രോഗ്ലി തരംഗദൈർഘ്യം കണ്ടുപിടിക്കുക? വൈദ്യുത കാന്തിക വർണ്ണരാജിയിൽ ഈ തരംഗദൈർഘ്യത്തിന്റെ സ്ഥാനം നിർണ്ണയിക്കുക?

[ഉത്തരം: $\lambda = 1.36$ Å , x-കിരണങ്ങൾ]

15. 512 V പൊട്ടൻഷ്യൽ ഉപയോഗിച്ച് ത്വരിതപ്പെടുത്തിയ ഫോട്ടോണുകളുടെ ഡിബ്രോഗ്ലി തരംഗദൈർഘ്യത്തിനും X വോൾട്ട് പൊട്ടൻഷ്യൽ ഉപയോഗിച്ച് ത്വരിതപ്പെടുത്തിയ ആൽഫാകണങ്ങളുടെ തരംഗദൈർഘ്യത്തിനിടയ്ക്കുള്ള അനുപാതം ഒന്നാണ്. എങ്കിൽ X ന്റെ മൂല്യം കണക്കാക്കുക.

[ഉത്തരം: 64 V]

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 138 28-06-2022 17:27:49

പരാമർശ ഗ്രന്ഥങ്ങൾ

1. Arthur Beiser, Shobhit Mahajan, Rai Choudhury, *Concepts of Modern Physics*, Sixth Edition, McGraw Hill Education (India) Private Limited.
2. H.S. Mani and G.K. Mehta, *Introduction to Modern Physics,* Affiliated East-West Press Pvt. Ltd.
3. H.C.Verma, *Concepts of Physics*, Volume 1 and 2, BharathiBhawan publishers.
4. Halliday, Resnick and Walker, *Principles of Physics*, Wiley publishers.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 139 28-06-2022 17:27:49

ഐ.ടി.സി കോർണർ

വികിരണത്തിന്റെയും ദ്രവ്യത്തിന്റെയും ദ്വൈത സ്വഭാവം

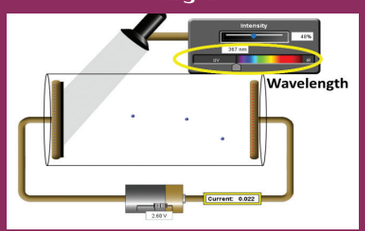
ഈ പ്രവർത്തനത്തിൽ കൂടി ലോഹ ടാർജെറ്റിൽ നിന്നും എപ്രകാരമാണ് ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉത്സർജിക്കപ്പെടുന്നു വെന്നും, ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് പ്രഭാവം എന്ന പ രീക്ഷണത്തിന്റെ പ്രതിപാദ്യം ഇവയെല്ലാം നിങ്ങൾക്ക് ദൃശ്യവത്കരിക്കാൻ സാധിക്കും

വിഷയം : ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് പ്രഭാവം

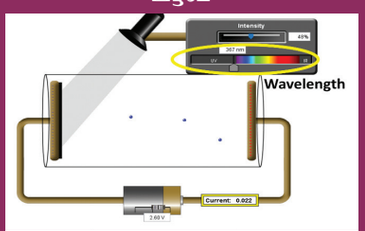
ഘട്ടങ്ങൾ:

- ബ്രൗസർ തുറന്ന് അഡ്രസ്സ് ബാറിൽ "https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/photoelectric" എന്നു ടൈപ്പു ചെയ്യുക.
- പ്രകാശ തീവ്രത വ്യതിയാനപ്പെടുത്തി എപ്രകാരമാണ് ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് കറന്റും, ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഊർജ്ജവും പ്രകാശ തീവ്രതയ്ക്കനുസരിച്ച് വ്യതിയാനപ്പെടുന്നതെന്ന് നിരീക്ഷിക്കുക.
- തരംഗദൈർഘ്യ മൂല്യം ക്രമീകരിച്ച് എപ്രകാരമാണ് ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് കറന്റും ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഊർജ്ജവും പ്രകാര തരംഗദൈർഘ്യത്തിനനുസൃതമായി വ്യത്യാസപ്പെടുന്നതെന്ന് തിരിച്ചറിയുക.
- ബാറ്ററിയുടെ വോൾട്ടത വ്യത്യാസപ്പെടുത്തി എപ്രകാരമാണ് പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യതിയാനം ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് കറന്റിനെ ബാധിക്കുന്നതെന്ന് വിശകലനം ചെയ്യുക.
- ടാർജെറ്റ് പദാർത്ഥത്തെ മാറ്റി മാറ്റി എപ്രകാരമാണ് ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് കറന്റും ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഊർജ്ജവും മാറുന്നതെന്ന് മനസ്സിലാക്കുക.
- ഈ പരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നും ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് കറന്റ് വോൾട്ടത ഗ്രാഫ്, ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് കറന്റ് തീവ്രത ഗ്രാഫ് എന്നിവയെ പഠിക്കുക.

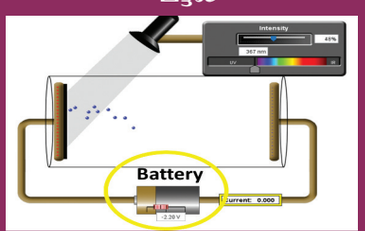
ഘട്ടം1



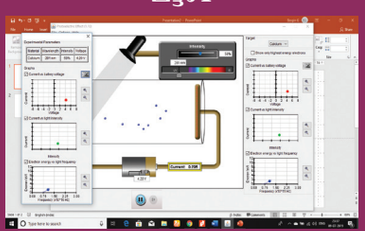
ഘട്ടം2



ഘട്ടം3



ഘട്ടം4



കുറിപ്പ്:

നിങ്ങളുടെ ബ്രൗസറിൽ ജാവ അപ്ലിക്കേഷൻ ഇല്ലെങ്കിൽ ഇൻറ്റാൾ ചെയ്യുക. ഓഫ്ലൈനിലും പ്രവർത്തിക്കുന്ന എല്ലാ ഫെറ്റ് സിമുലേഷനും https://phet.colorado.എന്ന പ്രാപ്യതയിൽ നിന്നും ഡൗൺലോഡ് ചെയ്യുക.

URL:

https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/photoelectric

* ചിത്രങ്ങളും സൂചിപ്പിക്കുന്നത് മാത്രം.

* ബ്രൗസർ ആവശ്യപ്പെട്ടാൽ, ഫ്ളാഷ് പ്ലേയർ അല്ലെങ്കിൽ ജാവ സ്ട്രിപ്റ്റ് ഉപയോഗിച്ച് പേർ ലോഡ് ചെയ്യുക.

U67QV

XII Std Physics Vol-2 Chapter-8 Malayalam.indd 140 28-06-2022 17:27:50

അദ്ധ്യായം

9

അണുവും അണുകേന്ദ്ര ഭൗതികവും

എല്ലാ ഭൗതിക ശാസ്ത്രവും ഒന്നുകിൽ അസാധ്യമോ അല്ലെങ്കിൽ നിസ്സാരമോ ആണ്. നിങ്ങൾ അത് മനസ്സിലാക്കുന്നതു വരെ അസാധ്യമാണ് തുടർന്ന് മനസ്സിലാക്കിക്കഴിഞ്ഞാൽ നിസ്സാരവുമാണ്
– ഏർണസ്റ്റ് റൂഥർഫോർഡ്

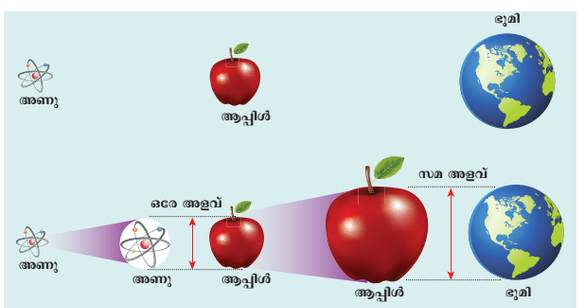
പഠന ലക്ഷ്യങ്ങൾ

ഈ അദ്ധ്യായത്തിൽ വിദ്യാർത്ഥികൾ അറിയാനിരിക്കുന്നത്

- വാതകങ്ങളിലൂടെ വൈദ്യുത ഡിസ്ചാർജ്ജ്
- ജെ.ജെ. തോംസൺ പരീക്ഷണം മുഖേന സ്പെസിപിക് ചാർജ്ജ് കണ്ടറിയുന്നത്
- മില്ലികൺ എണ്ണത്തുള്ളി പരീക്ഷണം മുഖേന ഇലക്ട്രോണിന്റെ ചാർജ്ജ് കണ്ടുപിടിക്കുന്നത്
- ജെ.ജെ. തോംസൺ കൂടാതെ റൂഥർഫോർഡ് അണുമാതൃകകൾ
- ബോർ അണുമാതൃകയും ഹൈഡ്രജൻ അണുവും
- അണുവർണ്ണരാജിയും ഹൈഡ്രജൻ വർണ്ണ രാജിയും
- അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ഘടന കൂടാതെ ഗുണങ്ങൾ
- അണുസംഖ്യ അണുഭാരം എന്നിവയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ വിഭാഗങ്ങൾ
- ദ്രവ്യമാന പിശക് കൂടാതെ ബന്ധന ഊർജ്ജം
- ബന്ധന ഊർജ്ജത്തിന്റെ ഗ്രാഫിനും വസ്തുക്കളുടെ സ്ഥിരതയ്ക്കുമുള്ള ബന്ധം
- ആൽഫ, ബീറ്റ, കൂടാതെ ഗാമ ശോഷണങ്ങൾ
- റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് ശോഷണ നിയമം
- അണുകേന്ദ്ര വിഭജനം കൂടാതെ സംയോജനം
- ന്യൂക്ലിയർ റിയാക്ടറെ കുറിച്ചുള്ള അടിസ്ഥാന ആശയങ്ങൾ
- അടിസ്ഥാന കണങ്ങളെ കുറിച്ചുള്ള ഗുണപരമായ ആശയങ്ങൾ

DR7LZ

9.1 ആമുഖം



ചിത്രം 9.1 അണുക്കളുടെ അളവിനെ ആപ്പിളിന്റെ അളവിനോട് താരതമ്യം ചെയ്യൽ കൂടാതെ ആപ്പിളിന്റെ അളവിനെ ഭൂമിയുടെ അളവിനോട് താരതമ്യം ചെയ്യുക.

മുൻക്ലാസ്സുകളിൽനമ്മൾദ്രവ്യങ്ങളെക്കുറിച്ച്പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്. ദ്രവ്യങ്ങളെ ഖരം, ദ്രാവകം വാതകം എന്നു തരം തിരിക്കാം. നമ്മുടെ ദൈനംദിന ജീവിതത്തിൽ നാം കുടിക്കാൻ വെള്ളം, വാഹനങ്ങൾക്ക് പെട്രോൾ, ശ്വസിക്കാൻ ഓക്സിജൻ പാചകം ചെയ്യാൻ സ്റ്റീൽ പാത്രങ്ങൾ മുതലായവ ഉപയോഗിക്കുന്നുണ്ട്. ഒരു വസ്തുവിന്റെ സ്വഭാവം മറ്റൊന്നിൽ നിന്ന് വ്യത്യസ്തമാണ് എന്നതിനെ നാം പരിശീലനങ്ങളിൽ നിന്നും മനസ്സിലാക്കാം. ഇതിനർത്ഥംഎന്തെന്നാൽ ഭൗതിക സ്വഭാവങ്ങളും രാസീക സ്വഭാവങ്ങളും വ്യത്യസ്ത വസ്തുക്കൾക്ക് വ്യത്യസ്തമാണ് എന്നതാണ് ഇതിനെ നാം മനസ്സിലാക്കുന്നതിനു വേണ്ടി വസ്തുക്കളുടെ അടിസ്ഥാന ഘടനകൾ നാം മനസ്സിലാക്കേണ്ടതുണ്ട്. ഒരു വസ്തുവിനെ നാം വീണ്ടും വീണ്ടും വിഭജിക്കുമ്പോൾ അതിനെ ഒരു പരിധിക്കപ്പുറം വിഭജിച്ച് വളരെ ചെറിയ ഒരു കണികയായിട്ട് അവസാനിപ്പിക്കാം. ഈ വളരെ ചെറിയ കണികയെയാണ് നാം അണു എന്നു പറയുന്നത്.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 141 2/14/2023 5:41:54 PM

അണു എന്ന പദത്തെ ഗ്രീക്ക് ഭാഷയിൽ വിഭജിക്കാൻസാധിക്കാത്തത്എന്നാണ്അർത്ഥമാക്കുന്നത് അണുവിന്റെ അളവ് വളരെ വളരെ ചെറുതാണ്. ഉദാഹരണത്തിന് അണുക്കളിൽ വച്ച് ഏറ്റവും ചെറിയ അണുവായ ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ അളവ് 10^{-10}m. ആണ്. അമേരിക്കൻഭൗതികശാസ്ത്രജ്ഞനായറിച്ചാർഡ്പിഫെയ്ൻമാൻഅണുവിനെക്കുറിച്ച് പറഞ്ഞത് ഇങ്ങനെയാണ്. അണുവിനെ നമ്മൾ ഒരു ആപ്പിളിനോട് സാദൃശ്യം ചെയ്യുകയാണെങ്കിൽ ആപ്പിൾ ഭൂമിയോട് സാദൃശ്യമുള്ളതാകുന്നു ചിത്രം 9.1.അത്രയ്ക്ക് ചെറിയ ഒരു കണികയാണ് അണു എന്നത്.

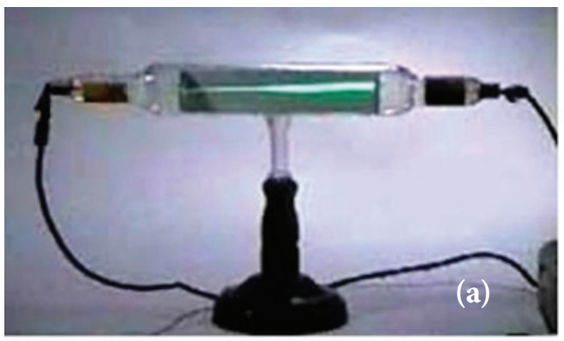
ഈ അദ്ധ്യായത്തിൽ നാം അണുവിന്റെ സൈദ്ധാന്തിക മാതൃകയെ കുറിച്ച് പഠിക്കുമ്പോൾ അതിന്റെഘടനനമുക്ക്മനസ്സിലാക്കാം. ബോറിന്റെഅണുമാതൃക ജെ.ജെ. തോംസൺന്റെയും റൂഥർഫോർട് അണു മാതൃകയെക്കാളും വളരെ വിജയകരമായിട്ടുള്ള ഒന്നാണ്. ലഘൂകരിക്കാൻ പറ്റാത്ത വിഷയങ്ങളെ കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കാൻ അപ്പോൾ ബോർമോഡലിനു കഴിഞ്ഞു. അതുമാത്രമല്ല രസതന്ത്രത്തെക്കുറിച്ച് കൂടുതൽ മനസ്സിലാക്കാനും സാധിച്ചു.

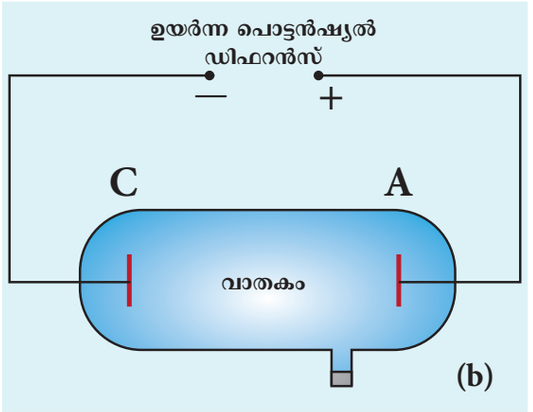
പിന്നീട്ശാസ്ത്രജ്ഞൻമാർമനസ്സിലാക്കിഅണു അടിസ്ഥാന ഘടകമല്ല അതിൽ ഇലക്ട്രോണുകളും അണുകേന്ദ്രങ്ങളുംഉണ്ട്. ഏകദേശം1930, ൽഅണുകേന്ദ്രത്തിൽ പ്രോട്ടോണുകളും ന്യൂട്രോണുകളും ഉണ്ട്. എന്ന് ശാസ്ത്രജ്ഞൻമാർ കണ്ടുപിടിച്ചു. തുടർന്നുള്ള ഗവേഷണങ്ങളിൽ നിന്ന് പ്രോട്ടോണുകളും ന്യൂട്രോണുകളും ക്വാർക്ക് എന്ന അടിസ്ഥാന ഘടകങ്ങൾ കൊണ്ടാണ് നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നത് എന്ന് കണ്ടുപിടിച്ചു. ഈ അദ്ധ്യായത്തിന്റെ ബാക്കി ഭാഗത്തിൽ അണു കേന്ദ്രത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനസ്വഭാവങ്ങളെ കുറിച്ചും അതിന്റെഘടനയെക്കുറിച്ചും മനസ്സിലാക്കി എഴുതിയിട്ടുണ്ട്. അതുമാത്രമല്ല കേന്ദ്ര ഊർജ്ജം എങ്ങനെ ഉല്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. എങ്ങനെ ഉപയോഗിക്കുന്നുവെന്നും പ്രതിപാദിക്കുന്നുണ്ട്. ചിത്രം(9.1) അണുവിന്റെ അളവിനെ ആപ്പിളിനോട് സാദൃശ്യപ്പെടുത്തുന്നതും, ആപ്പിളിന്റെ അളവിനെ ഭൂമിയുടെ അളവിനോട് സാദൃശ്യപ്പെടുത്തുന്നതുമായ ചിത്രം.

9.2 വാതകങ്ങളിലൂടെ വൈദ്യുത ഡിസ്ചാർജ്ജ്

സാധാരണ അന്തരീക്ഷ മർദ്ദത്തിൽ വാതകങ്ങൾ വൈദ്യുതിയെ കടത്തുന്നില്ല. എന്തെന്നാൽ അപ്പോൾ അവയ്ക്ക് ചാലനത്തിനായുള്ള സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾ ഇല്ലാത്തതിനാലാണ്. പക്ഷേ പ്രത്യേക സംവിധാനങ്ങളാൽ വാതകങ്ങളിൽ വൈദ്യുതിയെ കടത്താൻ സാധിക്കും.

വാതകങ്ങളിലൂടെവൈദ്യുതിയെകടത്തിവിടാനായിട്ടുള്ളസൗകര്യപ്രദവുംലഘുവായതുമായഉപകരണമാണ്ഡിസ്ചാർജ്ജ്ട്യൂബ്.ഇതിന്റെഘടനചിത്രം 9.2. ൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഇതിൽ മൂടിയ ഒരു കണ്ണാടിക്കുഴൽ (നീളം ഏകദേശം 50 cm വ്യാസം 4 cm) ഉണ്ട്. ഈ കണ്ണാടിക്കുഴലിനുള്ളിൽ വാതകം നിറച്ചിട്ടുണ്ട്. ഈ കുഴലിലുള്ള ചെറിയ ദ്വാരത്തിൽ കൂടി ഒരു വ്യാകും പംബും, ഒരു കുറഞ്ഞ പ്രഷർഗാജും ബന്ധിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഈ ട്യൂബിൽ രണ്ട് ലോഹ പ്രേറ്റുകളായ ഇലക്ട്രോടുകൾ ഘടിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഈ ഇലക്ട്രോടുകൾ ഒരു ഇൻഡക്ഷൻ കോയിലിനോട് ബന്ധിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ട്.ഇൻഡക്ഷൻകോയിലിന്റെസെക്കൻഡറിയിൽ പോസിറ്റീവിനോട്ബന്ധിപ്പിച്ചിട്ടുള്ളതിനെആനോട് എന്നും നെഗറ്റീവിനോട് ബന്ധിപ്പിച്ചിട്ടുള്ളതിനെ കാഥോഡ് എന്നും പറയുന്നു. സെക്കൻഡറി കോയിലിന്റെ പൊട്ടൻഷ്യൽ 50 kV ആയിരിക്കും.





ചിത്രം 9.2 ഡിസ്ചാർജ്ജ് ട്യൂബ് (a) യഥാർത്ഥ ചിത്രം (b) സ്കീമാറ്റിക് ചിത്രം

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 142 2/14/2023 5:41:54 PM

ഇപ്പോൾ ഡിസ്ചാർജ്ജ് ട്യൂബിലെ വാതകത്തിലെ മർദ്ദം 110 mm Hg ഇതിലോട്ട് വ്യാകം പംബ്ഉപയോഗിച്ച് കുറച്ച് മർദ്ദം 100 mm Hg ൽ വയ്ക്കുകയാണെങ്കിൽ വൈദ്യുത ഡിസ്ചാർജ്ജ് ഉണ്ടാകും അതേ സമയം ഒരു കരകരത്തെ ശബ്ദത്തോടെ പ്രകാശത്തിന്റെ ക്രമ രഹിതമായ പ്രകാശരേഖകൾ പ്രത്യേക്ഷ പ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. മർദ്ദം 10 mm Hg, എന്ന ക്രമത്തിലേയ്ക്ക് കുറയ്ക്കുമ്പോൾ പോസിറ്റീവ് കോളം എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഒരു തിളക്കമുള്ള നിര ആനോടിൽ നിന്നും കാതോടിലേയ്ക്ക് രൂപം കൊള്ളുന്നു.

മർദ്ദം 0.01 mm Hg, ലോട്ട് എത്തുമ്പോൾ പോസിറ്റീവ് കോളം അപ്രത്യക്ഷമാകുന്നു. ഈ സമയത്ത് ആനോടിനും കാഥോടിനു ഇടയ്ക്ക് ഒരു ഇരുണ്ട ഭാഗം രൂപം കൊള്ളുന്നു. ഇതിനെ ക്രൂക്കിന്റെ ഇരുണ്ട സ്ഥലം എന്നു പറയുന്നു. ഇപ്പോൾ ട്യൂബിന്റെ ചുമരുകൾ പച്ച നിറത്തിൽ ദൃശ്യമാകുന്നു. ഈ സമയത്ത് അദൃശ്യമായ ചില രശ്മികൾ കാഥോടിൽ നിന്നും പുറന്തള്ളപ്പെടുന്നു. ഇവയെ നാം കാഥോട് കിരണങ്ങൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു. അവ പിന്നീട് ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഒരു ബീം ആണെന്ന് കണ്ടറിയപ്പെട്ടു.

കാഥോട് കിരണങ്ങളുടെ സവിശേഷതകൾ

(1) കാഥോട് കിരണങ്ങൾക്ക് ഊർജ്ജവും അവനേർരേഖയിൽ 10^7 ms^{-1}. വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. അവ വൈദ്യുതിയാലും കാന്തിക ബലത്താലും വ്യതിചലിക്കപ്പെടുന്നു. അവയുടെ വ്യതിചലനത്തിന്റെ ദിശ അവ നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജുള്ള കണങ്ങളാണെന്ന് കാണിക്കുന്നു.

(2) കാഥോട് രശ്മികൾ ദ്രവത്തിൽ വീഴാൻ അനുവദിക്കുമ്പോൾ അവ താപം ഉദ്പാദിപ്പിക്കുന്നു. അവ ഫോട്ടോഗ്രാഫിക് പ്ലേറ്റുകളെ ബാധിക്കുകയും ചില ക്രിസ്റ്റലുകളിലും ധാതുക്കളിലും വീഴുമ്പോൾ അവ ഫ്ളൂറസെൻസ് ഉണ്ടാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

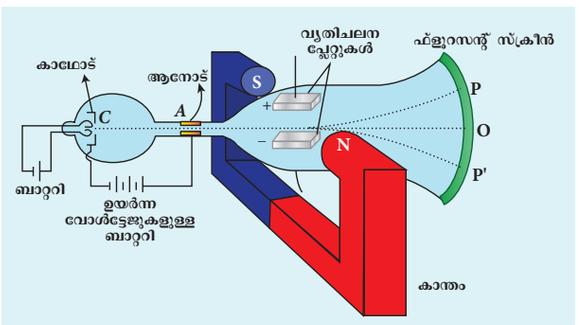
(3) ഉയർന്ന അറ്റോമിക് ഭാരം ഉള്ള ഒരു വസ്തുവിൽ കാഥോട് രശ്മികൾ വീഴുമ്പോൾ എക്സ് കിരണങ്ങൾ ഉദ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു.

(4) കാഥോട് കിരണങ്ങൾ കടന്നുപോകുന്ന വാതകങ്ങൾ അയോണികരിക്കപ്പെടുന്നു.

(5) കാഥോട് രശ്മികളുടെ വേഗത പ്രകാശ ത്തിന്റെ വേഗതയുടെ $\left(\frac{1}{10}\right)^{th}$ വരെ ആയിരിക്കും.

9.2.1 ഒരു ഇലക്ട്രോണിന്റെ സ്പെസിഫിക് ചാർജ്ജ് $\left(\frac{e}{m}\right)$ ന്റെ നിർണ്ണയം തോംസണിന്റെ പരീക്ഷണം

ആധുനിക ഭൗതിക ശാസ്ത്രത്തിന്റെ സുപ്രധാന പരീക്ഷണങ്ങളിൽ ഒന്നാണ് തോംസണിന്റെ പരീ ക്ഷണം 1887, ൽ ജെ.ജെ. തോംസൺ വാതകങ്ങളി ലൂടെ ഉള്ള ഡിസ്ചാർജ്ജിന്റെ പഠനത്തിൽ ശ്രദ്ധേ യമായ പുരാഗതി പരത്തി. വൈദ്യുതിയുടെയും കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെയും സാന്നിധ്യത്തിൽ കാ ഥോട് രശ്മികൾ വ്യതിചലിക്കപ്പെടുന്നു. വൈദ്യുതി, കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തെ മാറ്റം ചെയ്ത് സ്പെസി ഫിക് ചാർജ്ജ് കണ്ടുപിടിക്കപ്പെടുന്നു.



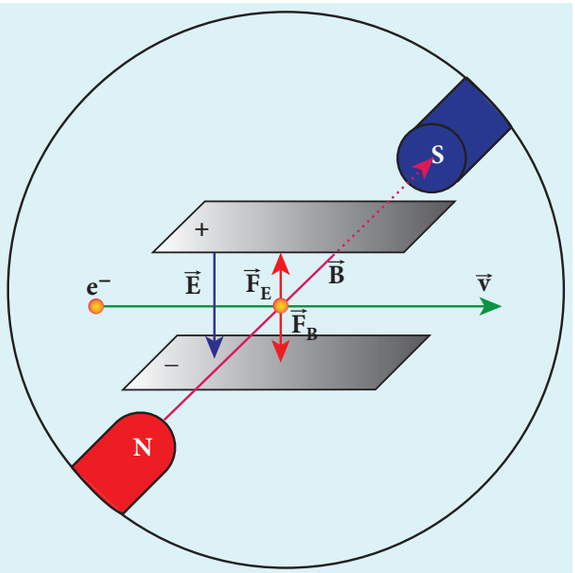
ചിത്രം 9.3 ഇലക്ട്രോണിന്റെ സ്പെസിഫിക് ചാർജ്ജിനെ കണ്ടുപിടിക്കുന്ന ജെ.ജെ. തോംസൺ പരീക്ഷണം

ഒരു ഇലക്ട്രോണിന്റെ സ്പെസിഫിക് ചാർജ്ജ് കണ്ടുപിടിക്കുന്ന പരീക്ഷണത്തിന്റെ ക്രമീകരണം ജെ.ജെ. തോംസൺ പരീക്ഷണം ചിത്രം 9.3. ൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്. നിർവാദമാക്കപ്പെട്ട ഒരു ഡിസ്ചാർജ്ജ് ട്യൂബാണ്. ഇവിടെ ഉപയോഗിക്ക പ്പെട്ടിട്ടുള്ളത്.ഇതിൽഉദ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നകാഥോട് രശ്മികൾ ആനോടിലേയ്ക്ക് ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നു. കാഥോട് കിരണങ്ങളുടെ ഇടുങ്ങിയ ബീം മാത്രം അനുവദിക്കുന്നതിനായി പിൻ ദ്വാരമുള്ള ആനോട് ഡിസ്കാണ് ഉപയോഗിക്കുന്നത്. ഈ കാഥോട് കിരണങ്ങൾ ഇപ്പോൾ ഉയർന്ന വോൾട്ടേജിൽ പരിപാലിക്കുന്ന സമാന്തര ലോഹത്തിലൂടെ കടന്നുപോകുന്നു. അതു മാത്രമല്ല ഈ വാതക

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 143 2/14/2023 5:41:55 PM

ഡിസ്ചാർജ്ജ് ട്യൂബ് ഒരു കാന്തത്തിന്റെ രണ്ടു ധ്രുവ കക്ഷ്ണങ്ങൾക്കിടയിൽ സൂക്ഷിച്ചു ഇരിക്കുന്നതിനാൽ വൈദ്യുത ക്ഷേത്രവും കാന്തിക ക്ഷേത്രവും ഒന്നിനൊന്ന് ലംബമായി ഇവിടെ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഈ കാഥോട് രശ്മികൾ സ്ക്രീനിൽ പതിക്കുമ്പോൾ അവ പ്രകാശ പൊട്ടുകളെ സ്ക്രീനിൽ ഉണ്ടാക്കുന്നു. എന്തെന്നാൽ സ്ക്രീനിൽ സിങ്ക് സൽഫേഡ് പദാർത്ഥം ലോപനം ചെയ്തിട്ടുണ്ട്.

(i) കാഥോട് രശ്മികളുടെ പ്രവേഗം കണ്ടുപിടിക്കൽ



ചിത്രം 9.4 വൈദ്യുത തൂലനം ചെയ്യുന്ന കാന്തിക ബലം ഇലക്ട്രോൺ ബീമിന്റെ പാത ഒരു നേർരേഖയാണ്

ഇലക്ട്രോളുകളുടെ ഇടയ്ക്ക് ഒരു സ്ഥിരമായ വൈദ്യുത ബലത്തെ ക്രമീകരിക്കുമ്പോൾ കാഥോട് രശ്മികൾ O എന്ന പൊസിഷനിൽ വരുന്നു. ഇതിന്റെ അർത്ഥം കാന്തിക ബലത്തെ വൈദ്യുത ബലം തൂലനം ചെയ്യുന്നു എന്നാണ്. e എന്നത് കാഥോട് രശ്മികളുടെ ചാർജ്ജ് എന്നിരിക്കട്ടെ എങ്കിൽ

$$eE = eB\upsilon$$

$$\Rightarrow \upsilon = \frac{E}{B} \qquad (9.1)$$

(ii) സ്പെസിഫിക് ചാർജ്ജിനെ കണ്ടുപിടിക്കൽ

കാഥോട് രശ്മികൾ കാഥോടിൽ നിന്നും ആനോടിലേയ്ക്ക് ത്വരീകരണം ചെയ്യപ്പെടുമ്പോൾ ഇലക് ട്രോണിന്റെ സ്ഥിതികോർജ്ജം ഗതികോർജ്ജമായി ആനോടിൽ മാറ്റപ്പെടുന്നു. V എന്നത് ആനോടിന്റെയും കാഥോടിന്റെയും ഇടയ്ക്കുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ ഡിഫറൻസ് എന്ന് എടുക്കുകയാണെങ്കിൽ സ്ഥിതികോർജ്ജം എന്നത് eV ഊർജ്ജ സംരക്ഷണ നിയമത്തിൽ നിന്ന്,

$$eV = \frac{1}{2}m\upsilon^2 \Rightarrow \frac{e}{m} = \frac{\upsilon^2}{2V}$$

സമീകരണം (9.1), ൽ നിന്നും പ്രവേഗത്തിന്റെ വിലയെപ്രതിനിധാനംചെയ്യുകയാണെങ്കിൽനമുക്ക് കിട്ടുന്നത്

$$\frac{e}{m} = \frac{1}{2V}\frac{E^2}{B^2} \qquad (9.2)$$

E, B, V, ഇവയെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുകയാണെങ്കിൽ സ്പെസിഫിക് ചാർജ്ജിന്റെ വില കിട്ടുന്നത്

$$\frac{e}{m} = 1.7\times10^{11}\,\mathrm{C\,kg^{-1}}$$

(iii) ക്രമീകരിക്കപ്പെട്ട വൈദ്യുത മണ്ഡലത്താൽ ചാർജ്ജുകളുടെ വ്യതിചലനം

കാന്തിക മണ്ഡലത്തെ ഓഫ് ചെയ്യുകയാണെങ്കിൽ ചാർജ്ജുകളുടെ വ്യതിചലനം വൈദ്യുത മണ്ഡലത്താൽ മാത്രമായിരിക്കും. ലംബ ദിശയിലുള്ള വ്യതിചലനം വൈദ്യുത ബലത്താൽ മാത്രമായിരിക്കും.

$$F_e = eE \qquad (9.3)$$

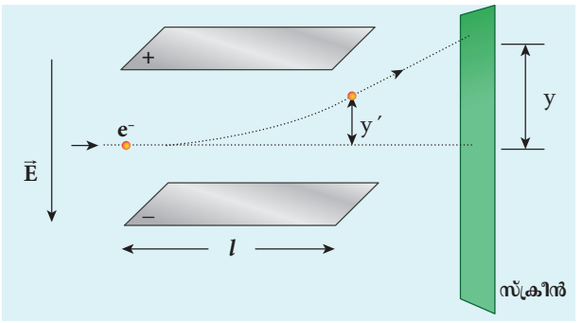
m എന്നത് ഇലക്ട്രോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനം എന്നിരിക്കട്ടെ എങ്കിൽ ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാമത്തെ ചലന നിയമത്തെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുകയാണെങ്കിൽ ഇലക് ട്രോണിന്റെ ത്വരണം എന്നത്

$$a_e = \frac{1}{m}F_e \qquad (9.4)$$

സമീകരണം (9.4) എന്നതിനെ സമീകരണം (9.3) ൽ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുകയാണെങ്കിൽ,

$$a_e = \frac{1}{m}eE = \frac{e}{m}E$$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 144 2/14/2023 5:41:57 PM



ചിത്രം 9.5 ക്രമീകരണമായ വൈദ്യുത മണ്ഡലം പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുമ്പോൾ ഇലക്ട്രോൺ പാതയുടെ മാറ്റം

y എന്നത് യഥാർത്ഥ സ്ഥാനത്ത് നിന്ന് സ്ക്രീനിൽ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യതിയാനം എന്നിരിക്കട്ടെ ചിത്രം 9.5. ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ സമാന്തര ഇലക്ട്രിക് പ്ലേറ്റുകളിൽ പ്രവേശിക്കുന്നതിനു മുമ്പ് കാഥോട് കിരണത്തിന്റെ മുകളിലേയ്ക്കുള്ള പ്രാരംഭ വേഗത $u = 0$ ആയിരിക്കും t എന്നത് കാഥോട് രശ്മികൾ വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിൽ സഞ്ചരിക്കാൻ എടുക്കുന്ന സമയം എന്നിരിക്കട്ടെ l എന്നത് പ്ലേറ്റുകളിൽ ഒന്നിന്റെ നീളം എന്നിരിക്കട്ടെ. എങ്കിൽ സഞ്ചരിക്കാൻ എടുത്ത സമയം

$$t = \frac{l}{\upsilon} \qquad (9.5)$$

അതിനാൽ കാഥോട് രശ്മികളുടെ വ്യതിചലനം എന്നത് (കുറിപ്പ്: $u = 0$, $a_e = \frac{e}{m}E$)

$$y' = ut + \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow y' = ut + \frac{1}{2}a_e t^2$$
$$= \frac{1}{2}\left(\frac{e}{m}E\right)\left(\frac{l}{\upsilon}\right)^2$$

$$y' = \frac{1}{2}\frac{e}{m}\frac{l^2B^2}{E} \qquad (9.6)$$

ആയതിനാൽ സ്ക്രീനിൽ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യതിചലനം

$$y \propto y' \Rightarrow y = Cy'$$

ഇവിടെ C എന്നതു പ്രൊപോഷണാലിറ്റി സ്ഥിരാങ്കമാണ്. ഇതിന്റെ വില ഡിസ്ചാർജ്ജ് ട്യൂബിന്റെ ഘടന അനുസരിച്ച് ആയിരിക്കും.

$$y = C\frac{1}{2}\frac{e}{m}\frac{l^2B^2}{E} \qquad (9.7)$$

സമീകരണം (9.7) നെ മാറ്റി എഴുതുക

$$\frac{e}{m} = \frac{2yE}{Cl^2B^2} \qquad (9.8)$$

ഈ സമീകരണത്തിന്റെ വലുതു വശത്തുള്ള വിലകളെ പ്രസ്താവിക്കുകയാണെങ്കിൽ സ്പെസിഫിക് ചാർജ്ജിന്റെ വില $\frac{e}{m} = 1.7 \times 10^{11}\,\mathrm{C\,kg^{-1}}$

കുറിപ്പ്

സ്പെസിഫിക് ചാർജ്ജ് താഴെ പറയുന്നവയെ ആശ്രയിച്ചതല്ല
(a) ഉപയോഗിക്കുന്ന വാതകം
(b) ഇലക്ട്രോടുകളുടെ പ്രകൃതം

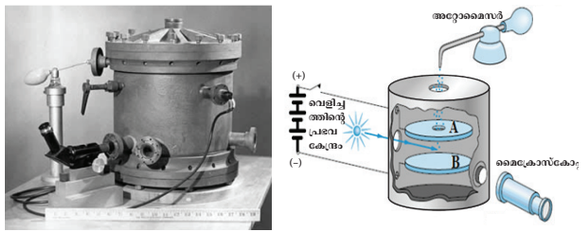
ഇലക്ട്രോണിന്റെ ചാർജ്ജിന്റെ വില കാണുന്നതിനായി മില്ലികന്റെ എണ്ണതുള്ളി പരീക്ഷണം

ആധുനിക ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിൽ പ്രകൃതിയുടെ അടിസ്ഥാന ഘടകങ്ങളിൽ ഒന്നായ ഇലക്ട്രോണിന്റെ ചാർജ്ജിനെ കണ്ടുപിടിക്കുന്ന ഒരു സുപ്രധാന പരീക്ഷണമാണ് മില്ലികന്റെ എണ്ണത്തുള്ളി പരീക്ഷണം ചിത്രം 9.6 (a).

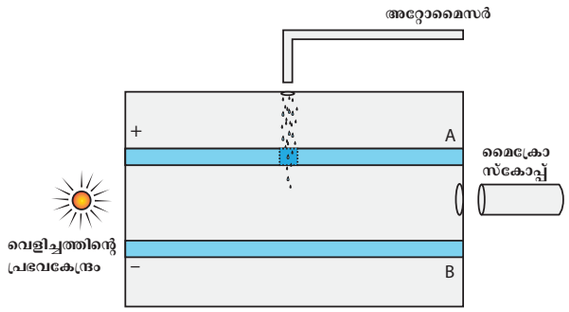
വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തെ സൗകര്യപ്രദമായി ചേംബറിനുള്ളിൽ ക്രമീകരിക്കുകയാണെങ്കിൽ എണ്ണത്തുള്ളിയെ മുകളിലോട്ടോ താഴോട്ടോ അല്ലെങ്കിൽ സന്തുലനാവസ്ഥയിലോ ഏറെ സമയം നമുക്ക് ക്രമീകരിക്കാൻ സാധിക്കും.

ഇതിന്റെ പരീക്ഷണ ഘടന ചിത്രം 9.6 (b). ൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്. യഥാർത്ഥ ചിത്രം കൂടാതെ ചിത്ര രൂപമുള്ള ഈ ഉപകരണത്തിൽ 20 cm വ്യാസമുള്ള A കൂടാതെ B എന്ന രണ്ട് വൃത്താകാര ലോഹ തകിടുകൾ ഉണ്ട്. ഇവ വളരെ കുറഞ്ഞ ദൂരമായ1.5 സെ.മീ അകലത്തിൽക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈരണ്ട് സമാന്തര തകിടുകളും കണ്ണാടി ഭിത്തികളുള്ള ഒരു

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 145 2/14/2023 5:42:01 PM



(a)



(b)

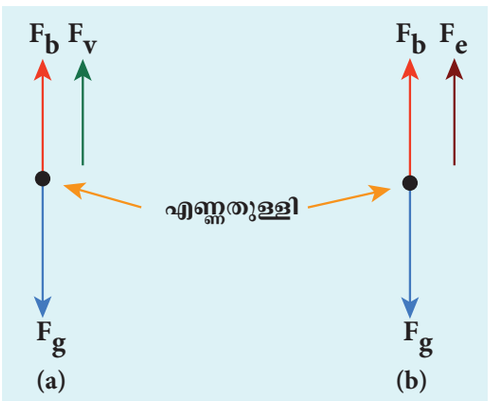
ചിത്രം 9.6 മില്ലിക്കണിന്റെ പരീക്ഷണം
(a) യഥാർത്ഥ ചിത്രം, സ്കീമാറ്റിക ചിത്രം
(b) സൈഡ് സ്കീമാറ്റിക ചിത്രം ചിത്രം കാണുക

ചേംബറിനുള്ളിലായിരിക്കും വച്ചിരിക്കുക. കൂടാതെ A, B എന്നതകിടുകൾക്കിടയിൽ വളരെഉയർന്നപൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസമായ $10\,kV$ ലംബമായിട്ട് താഴെ പ്രവർത്തിക്കത്തക്ക വിധത്തിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. മുകളിലുള്ള തകിടായ A യിൽ ഒരു ചെറിയ സുഷിരംമധ്യഭാഗത്തിൽഉണ്ടായിരിക്കും.ആസുഷിരത്തിനുമുകളിലായിട്ട്ദ്രാവകത്തിനെതളിയ്ക്കാനായി ഒരു അറ്റോമൈസർഘടിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ട്. കൂടുതൽശൂന്യതയും പെട്ടെന്ന് ആവിയാകാത്തതുമായ ഒരു ദ്രാവകത്തെ (ഗ്ലിസറിൻ അറ്റോമൈസർഉപയോഗിച്ച്സ്പ്രേചെയ്യുമ്പോൾ അവ സ്വതന്ത്രമായി താഴോട്ട് ചെറിയ സുഷിരം വഴി ഭൂമിയുടെ ഗുരുത്വാകർഷണ ബലത്താൽ താഴോട്ട് വീഴുന്നു.

x കിരണങ്ങളെ സമാന്തര തകിടുകൾക്കിടയിൽ അയക്കുകയോ അല്ലെങ്കിൽ കാറ്റുമായിട്ടുള്ള ഘർഷണം കാരണമോ ചേംബറിനുള്ളിലെ ചില എണ്ണത്തുള്ളികൾക്ക് വൈദ്യുത ചാർജ്ജ് ലഭിക്കുന്നു. കൂടാതെ ചേംബറിൽ പ്രകാശത്തെ തിരശ്ചീനമായി അയച്ച് പ്രകാശിപ്പിക്കുകയും പ്രകാശത്തിന് ലംബമായിട്ട് വച്ചിട്ടുള്ളഒരുമൈക്രോസ്കോപ്പ്കൊണ്ട്എണ്ണത്തുള്ളികളെ വ്യക്തമായിട്ട് കാണാൻ സാധിക്കും. ഈ എണ്ണത്തുള്ളികളെ മുകളിലോട്ടോ അല്ലെങ്കിൽ താഴോട്ടോ വൈദ്യുത ക്ഷേത്രം ഉപയോഗിച്ച് നിയന്ത്രിക്കാം.

m എന്നത് എണ്ണതുള്ളിയുടെ ദ്രവ്യമാനം q എന്നത്എണ്ണതുള്ളിയുടെചാർജ്ജ്എന്നുംകണക്കാക്കാം. ആയതിനാൽ തുള്ളിയിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ബലങ്ങൾ യഥാക്രമം

(a) ഗുരുത്വാകർഷണ ബലം $F_g = mg$
(b) വൈദ്യുത ബലം $F_e = qE$
(c) പ്ലവന ബലം F_b
(d) ശ്യാന ബലം F_v



ചിത്രം 9.7 എണ്ണ തുള്ളിയുടെ സ്വതന്ത്ര വസ്തു ചിത്രം– (a) വൈദ്യുത മണ്ഡലം ഇല്ലാതെ (b) വൈദ്യുത മണ്ഡലത്തിൽ

(a) എണ്ണതുള്ളിയുടെ വ്യാസാർദ്ധം കാണുന്ന വിധം

വൈദ്യുത ക്ഷേത്രം കൊടുക്കാതിരിക്കുമ്പോൾ എണ്ണത്തുള്ളി താഴോട്ട് ത്വരിതപ്പെടുത്തപ്പെടുന്നു. കാറ്റ് പുറകോട്ട് വലിക്കുന്ന ബലം (ശ്യാന ബലം) കാരണം എണ്ണ തുള്ളിപെട്ടെന്ന് തന്നെ ക്രമമായ പ്രവേഗത്തിൽഎത്തുന്നു.ഇതിനെടെർമിനൽപ്രവേഗംസിറ്റി എന്നു പറയുന്നു. ഇതിനു ശേഷം എണ്ണ തുള്ളി ക്രമമായപ്രവേഗത്തിൽസഞ്ചരിക്കുന്നു.ഒരുനിശ്ചിതദൂരത്തെ കടക്കാൻ എണ്ണ തുള്ളി എടുക്കുന്ന സമയത്തിൽ നിന്ന് അതിന്റെ പ്രവേഗത്തെ കണ്ടറിയാം. ചിത്രം9.7 (a), ൽ എണ്ണതുള്ളിയുടെ സ്വതന്ത്ര വസ്തു ചിത്രം കൊടുത്തിട്ടുണ്ട്. ഇവിടെ നമ്മൾ കാണുന്നത് ശ്യാനബലവും പ്ലവന ബലവും ചേർന്ന് ഗുരുത്വബലത്തെ തുലനം ചെയ്യുന്നു എന്നാണ്.

എണ്ണതുള്ളിയിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഗുരുത്വ ബലം (താഴോട്ട്) $F_g = mg$ എന്നിരിക്കട്ടെ

എണ്ണതുള്ളി ഗോളാകൃതിയാണെന്നിരിക്കട്ടെ ρ എന്നത് എണ്ണതുള്ളിയുടെ സന്ദ്രതയെന്നും r

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 146 2/14/2023 5:42:02 PM

എന്നത് എണ്ണതുള്ളിയുടെ വ്യാസാർദ്ധം എന്നും ഇരിക്കട്ടെ. ആയതിനാൽ എണ്ണതുള്ളിയുടെ സാന്ദ്രത എന്നത്

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\Rightarrow m = \rho\left(\frac{4}{3}\pi r^3\right) \qquad \left[\begin{array}{c} \because \text{ഗോളത്തിന്റെ} \\ \text{വ്യാപ്തം}, V = \frac{4}{3}\pi r^3 \end{array}\right]$$

ആയതിനാൽ ഗുരുത്വാകർഷണ ബലത്തെ താഴെ പറയുന്ന രീതിയിൽ എഴുതാം

$$F_g = mg \Rightarrow F_g = \rho\left(\frac{4}{3}\pi r^3\right)g$$

σ എന്നത് കാറ്റിന്റെ സാന്ദ്രത എന്നിരിക്കട്ടെ എങ്കിൽ എണ്ണതുള്ളിയിനാൽ നീക്കപ്പെടുന്ന കാറ്റ് കൊണ്ട് അതിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന മുകളിലോട്ടുള്ള ബലം

$$F_b = \sigma\left(\frac{4}{3}\pi r^3\right)g$$

ഒരിക്കൽ എണ്ണതുള്ളിയ്ക്ക് ടെർമിനൽ പ്രവേഗം കിട്ടിക്കഴിഞ്ഞാൽ അതിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ആകെ താഴോട്ടുള്ള ബലം എന്നത് എണ്ണത്തുള്ളിയുടെ ചലനത്തിന് എതിരായിട്ട് പ്രവർത്തിക്കുന്ന ശ്യാനബലത്തിന് തുല്യമാണ്. ആയതിനാൽ സ്റ്റോക്സ് നിയമം അനുസരിച്ച് എണ്ണ തുള്ളിയിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ബലം

$$F_v = 6\pi r\upsilon\eta$$

9.7 (a), യിൽ കൊടുത്തിട്ടുള്ള സ്വതന്ത്ര വസ്തു ചിത്രത്തിൽ നിന്നും സമീകരണത്തെ തുലനം ചെയ്യുന്ന ബലം എന്നത്

$$F_g = F_b + F_\upsilon$$

$$\rho\left(\frac{4}{3}\pi r^3\right)g = \sigma\left(\frac{4}{3}\pi r^3\right)g + 6\pi r\upsilon\eta$$

$$\frac{4}{3}\pi r^3(\rho - \sigma)g = 6\pi r\upsilon\eta$$

$$\frac{2}{3}\pi r^3(\rho - \sigma)g = 3\pi r\upsilon\eta$$

$$r = \left[\frac{9\eta\upsilon}{2(\rho - \sigma)g}\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (9.9)$$

ആയതിനാൽ സമീകരണം (9.9) എണ്ണത്തുള്ളിയുടെ വ്യാസാർദ്ധത്തെ തരുന്നതാണ്.

(b) വൈദ്യുത ചാർജ്ജിനെ കാണുന്ന വിധം

എണ്ണതുള്ളിക്ക് ചുറ്റിലും വൈദ്യുത ക്ഷേത്രത്തെ ഉണ്ടാക്കുമ്പോൾ അതിൽ മുകളിലോട്ട് പ്രവർത്തിക്കുന്ന വൈദ്യുതബലം (qE). ഉണ്ടാകുന്നു. ധാരാളം എണ്ണതുള്ളികൾക്കുള്ളിൽ ഏതെങ്കിലും ഒരു എണ്ണ തുള്ളിയെ തിരഞ്ഞെടുത്ത് അതിനെ മൈക്രോ സ്കോപ്പിന്റെ പരിധിക്കുള്ളിൽ വയ്ക്കുക. എന്നിട്ട് വൈദ്യുത ക്ഷേത്രത്തിന്റെ ബലത്തെ ക്രമീകരിച്ച് അത് സ്ഥിരമായിരിക്കും വിധം മുകളിലോട്ടും താഴോട്ടും പോകാതെ ക്രമീകരിക്കുക. ഈ അവസരത്തിൽ ആ എണ്ണതുള്ളിയിൽ ഒരു ശ്യാനബലവും പ്രവർത്തിക്കുന്നില്ല, ആയതിനാൽ ചിത്രം 9.7 (b), യിൽ കൊടുത്തിട്ടുള്ള സ്വതന്ത്ര വസ്തു ചിത്രത്തിൽ നിന്ന് എണ്ണതുള്ളിയിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ആകെ ബലം എന്നത്

$$F_e + F_b = F_g$$

$$\Rightarrow qE + \frac{4}{3}\pi r^3\sigma g = \frac{4}{3}\pi r^3\rho g$$

$$\Rightarrow qE = \frac{4}{3}\pi r^3(\rho - \sigma)g \qquad (9.10)$$

$$\Rightarrow q = \frac{4}{3E}\pi r^3(\rho - \sigma)g \qquad (9.11)$$

സമീകരണം (9.9) നെ (9.11), ൽ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുകയാണെങ്കിൽ

$$q = \frac{18\pi}{E}\left(\frac{\eta^3\upsilon^3}{2(\rho - \sigma)g}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (9.12)$$

ഈ പരീക്ഷണത്തെ പല പ്രാവശ്യം ചെയ്തിട്ട് ഊർജ്ജത്തിന്റെ വിലയെ കണ്ടുപിടിച്ച മില്ലികൻ ഏതൊരു എണ്ണ തുള്ളിയുടെ ചാർജ്ജിന്റെ വില, -1.6×10^{-19}C, എന്ന അടിസ്ഥാന വിലയുടെ പൂർണ്ണമടങ്ങുകളായിരിക്കുമെന്ന് കണ്ടുപിടിച്ചു.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 147 2/14/2023 5:42:06 PM

ഈ അടിസ്ഥാന വിലയാണ് ഇലക്ട്രോണിന്റെ ചാർജ്ജിന്റെ വിലയാകുന്നു.

9.3 അണുമാതൃകകൾ

ആമുഖം

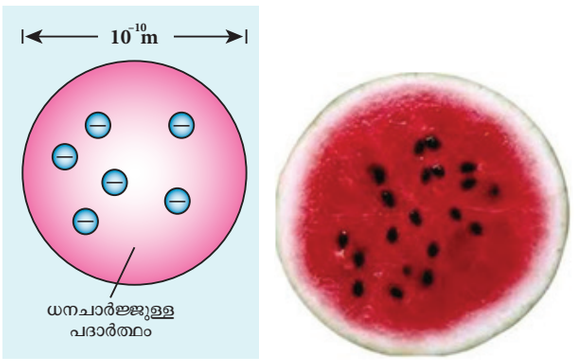
ഏകദേശം 400 B.C, യ്ക്ക് അടുത്ത കാലഘട്ടത്തിൽ ഗ്രീക്ക് തത്വജ്ഞാനികളായ ലൂസിഫസ് കൂടാതെ ഡെമോക്രട്ടീസ് എന്നിവർ (ഏതൊരു വസ്തുവിനേയും വീണ്ടും വീണ്ടും വിഭജിക്കുമ്പോൾ കിട്ടുന്നത് അണുവാണ് എന്ന് പ്രവചിച്ചു) പിന്നീട് പല ഭൗതിക ശാസ്ത്രജ്ഞൻമാരും രസതന്ത്രജ്ഞൻമാരും അണുവിനെ കുറിച്ചുള്ള ധാരണയോടെ പ്രകൃതിയെ മനസ്സിലാക്കാൻ ശ്രമിച്ചു. അണുമാതൃകയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ വസ്തുക്കളുടെ ഗുണങ്ങളെ (ഭൗതിക, രാസാന്തിക ഗുണങ്ങൾ) പല സിദ്ധാന്തങ്ങളും വിശദീകരിച്ചിട്ടുണ്ട്.

ഉദാഹരണമായിനിശ്ചലാവസ്ഥയിൽഇരിക്കുന്ന ഒരു ചാർജ്ജിന്റെവ്യാപനത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി കൊണ്ട് സിദ്ധാന്ത രീതിയായ ഒരു അണുമാതൃകയെ ജെ.ജെ തോംസൺ പ്രവചിച്ചു. അണുവിന്റെ സ്ഥിരതയെ ജെ.ജെ തോംസൺന്റെ അണു മാതൃകയാൽ വിശദീകരിക്കാൻ സാധിക്കാത്തതിനാൽ അദ്ദേഹത്തിന്റെ ശിഷ്യനായ റൂഥർ ഫോർട് അണുവിനെ കുറിച്ചുള്ള ആദ്യത്തെ ചലന മാതൃകയെ പ്രവചിച്ചു. അദ്ദേഹത്തിന്റെ ശിഷ്യൻമാർ (ഗെയ്ഗർ കൂടാതെ മാർസ്ഡൺ) ചെയ്ത പരീക്ഷണത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ റൂഥർ ഫോർട് അദ്ദേഹത്തിന്റെ അണുമാതൃകയെ പ്രവചിച്ചിരുന്നു. എന്നാൽ ഈ മാതൃകയും അണുവിന്റെ സ്ഥിരതയെ കുറിച്ച് വിശദീകരിച്ചില്ല.

പിന്നീട് റൂഥർ ഫോർടിന്റെ വേറൊരു ശിഷ്യനായ നെയ്ൽസ് ബോർ പ്രവചിച്ച ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ മാതൃക ബാക്കി രണ്ട് അണുമാതൃകയെക്കാളും വിജയകരമായിട്ടുള്ളതായിരുന്നു. നെയ്ൽസ് ബോറിന്റെ അണുമാതൃക അണുവിന്റെ സ്ഥിരതയെ വിശദീകരിച്ചതോടു മാത്രമല്ലാതെ ലൈൻ സ്പെക്ട്രം ഉണ്ടായതിനെ കുറിച്ചും വിശദീകരിച്ചു. ഇതുകൂടാതെ മറ്റ് അണുമാതൃകയായ സോമർഫീൽഡ് അണുമാതൃക കൂടാതെ വേവ് മെക്കാനിക്സിൽ നിന്നുള്ള അണുമാതൃകകൾ എന്നീ അണു മാതൃകകൾഉണ്ടെങ്കിലുംഈഭാഗത്തിൽലഘുവായഗണിത രീതിയിലുള്ള അണു മാതൃകയെക്കുറിച്ച് നമുക്ക് പഠിക്കാം.

9.3.1 ജെ.ജെ. തോംസൺ മാതൃക തണ്ണീർമത്തങ്ങ മാതൃക

ഈ മാതൃകയിൽ ഒരേ പോലുള്ള ഗോളങ്ങളായിട്ടാണ് അണുക്കൾ കാണപ്പെടുന്നത്. ഈ ഗോളങ്ങൾക്കുള്ളിൽ പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജുകൾ ക്രമമായ രീതിയിൽ നിദാനം ചെയ്തിട്ടുണ്ട്. ഇതിനുള്ളിൽ നെഗറ്റീവ്ചാർജ്ജുള്ളഇലക്ട്രോണുകൾതണ്ണീർമത്തങ്ങയിൽ വിത്തുകൾ പോലെ അതിനകത്ത് വിന്യസിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ചിത്രം 9.8 (b).



ചിത്രം 9.8 (a) അണു (b) തണ്ണീർമത്തൻ

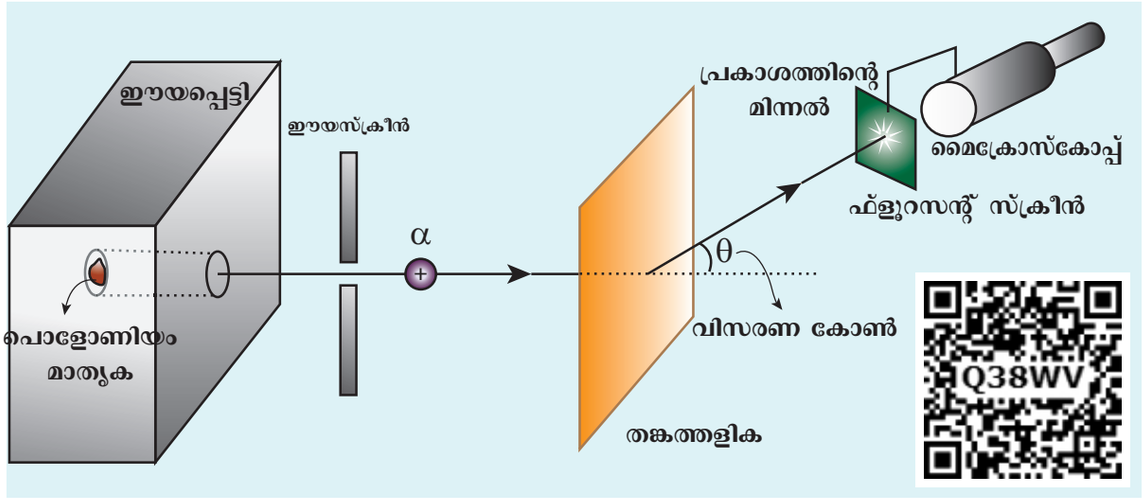
അണുക്കൾ വൈദ്യുതപരമായി ചാർജ്ജില്ലാത്തവയാണ്. ആയതിനാൽ ഒരു അണുവിലുള്ള ആകെ പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജ് എന്നത് നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജിന് തുല്യമായിരിക്കും. ഈ മാതൃകയനുസരിച്ച് എല്ലാ ചാർജ്ജുകളും നിശ്ചലമായിട്ടുള്ളവയാണ്. പണ്ടുള്ള ക്ലാസ്സിക്കൽ ഇലക്ട്രോഡൈനാമിക്സ് അനുസരിച്ച് സ്ഥിര വൈദ്യുത ക്രമീകരണത്തിൽ ഒരു സ്ഥിരമായ സന്തുലനാവസ്ഥ ഉണ്ടായിരിക്കുന്നതല്ല. അതുകൊണ്ട് അങ്ങനെയുള്ള ഒരു അണു സ്ഥിരമുള്ളതല്ല. കൂടാതെ ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെയും മറ്റു അണുക്കളുടെയും സ്പെക്ട്രൽ ലൈനുകളുടെയും ഉത്ഭവത്തെ കുറിച്ച് ഈ മാതൃകകൾ കൊണ്ട് വിശദീകരിക്കാൻ സാധിച്ചില്ല.

9.3.2 റൂഥർ ഫോർഡ് മാതൃക

1911 ൽ ഗെയ്ഗർ കൂടാതെ മാർസ്ഡൺ എന്നിവർ അവരുടെ ഗുരുവായ റൂഥർഫോർഡിന്റെ നിർദ്ദേശപ്രകാരം പരീക്ഷണം ചെയ്തു.

അതാണ് സ്വർണ്ണതളികയാൽ ആൽഫാ കണങ്ങളുടെ വിസരണം എന്നറിയപ്പെടുന്നത് അതിന്റെ പരീക്ഷണ ഘടന ചിത്രം9.9. ൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്. ആൽഫാ കണങ്ങളുടെ സ്രോതസ്സായ (റേഡിയോ ആക്ടീവ് വസ്തുക്കൾ, പൊളോണിയം) ആൽഫാ

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 148 2/14/2023 5:42:07 PM



ചിത്രം 9.9 റൂഥർ ഫോർഡിന്റെ ആൽഫ വിസരണ പരീക്ഷണം സ്കീമാറ്റിക് പരീക്ഷണം

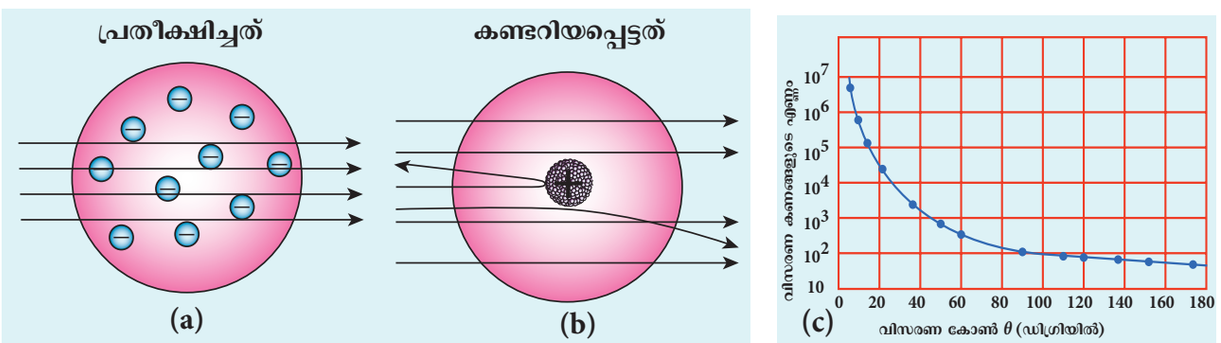
കിരണങ്ങളുടെ സ്രോതസ്സിനെ ഒരു കട്ടിയുള്ള ഈയ ബോക്സിനകത്ത് വച്ചിട്ടുണ്ട് ഇതിൽ ഒരു ചെറിയ ദ്വാരവും ഉണ്ട്. ചെറിയ ദ്വാരത്തിൽ നിന്നും വരുന്ന ആൽഫാ കണങ്ങൾ വേറൊരു ഈയ സ്ക്രീനിൽ ഉള്ള ചെറിയ സുഷിരം വഴി കടന്നു പോകുന്നു. ഈ കണങ്ങളെ ഒരു കട്ടി കുറഞ്ഞ തങ്കത്തളികയിൽ വീഴാൻ അനുവദിക്കുന്നു. അതിനു ശേഷം ഈ കണങ്ങൾ പല കോണങ്ങളിൽ വിസരണം ചെയ്യുന്നത് കണ്ടറിയപ്പെട്ടു. ഇങ്ങനെ വിസരണം സംഭവിച്ച ആൽഫാ കിരണങ്ങളെ ശേഖരിക്കാനായിട്ട് സിങ്ക് സൽഫൈഡ് (ZnS) പൂശിയ (0° മുതൽ 180° വരെ) ചലിക്കാൻ പാകത്തിലുള്ള ഒരു സ്ക്രീൻ ക്രമീകരിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഈ സ്ക്രീനിൽ ആൽഫാ കണങ്ങൾ പതിക്കുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രകാശസ്ഫുരണത്തെ ഒരു മൈക്രോ സ്കോപ്പിന്റെ സഹായത്താൽ കണ്ടറിയാം.

ആൽഫാ വിസരണ പരീക്ഷണത്തിന്റെ ഫലങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ റൂഥർഫോർഡ് ഒരു അണുമാതൃകരൂപീകരിച്ചു. ഈ പരീക്ഷണത്തിൽ ആൽഫാ കണങ്ങളെ സ്വർണ്ണ തളികയുടെ മുകളിൽ വീഴാൻ അനുവദിക്കുന്നു. ഈ പരീക്ഷണത്തിന്റെ ഫലങ്ങൾ ചിത്രം 9.10, ൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്. റൂഥർഫോർഡ് പ്രതീക്ഷിച്ചത് ചിത്രം 9.10 (a) ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ള അണുമാതൃക രൂപമാണ്. പക്ഷേ പരീക്ഷണ ഫലങ്ങൾ കാണിക്കുന്ന മാതൃക ചിത്രം 9.10 (b) യിൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതാണ്. റൂഥർ ഫോർഡ് പരീക്ഷണത്തിന്റെ ഫലങ്ങൾ.

(a) മിക്കവാറും ആൽഫ കണങ്ങളും തങ്കത്തളികയിൽ നിന്ന് വ്യതിചലിക്കാതെ നേർരേഖയിൽ ചെല്ലുന്നു.

(b) ചില ആൽഫ കണങ്ങൾ ചെറിയ കോണുകളിൽ വ്യതിചലിക്കുന്നു.

(c) വളരെ കുറച്ച് ആൽഫാ കണങ്ങളിൽ (ആയിരത്തിലൊന്ന്) മാത്രം 90° യ്ക്ക് അധികമായിട്ടുള്ള കോണിൽ വ്യതിചലിക്കുന്നു



ചിത്രം 9.10 ല ആൽഫാ വിസരണ പരീക്ഷണം – (a) പരീക്ഷണ ഫലം (b) റൂഥർഫോർഡ് പ്രതീക്ഷിച്ചത് (c) വിസരണ കോണം (θ) ആയിരിക്കുമ്പോൾ ആൽഫാ കണങ്ങളുടെ വിസരണത്തിന്റെ വ്യത്യാസം

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 149 2/14/2023 5:42:07 PM

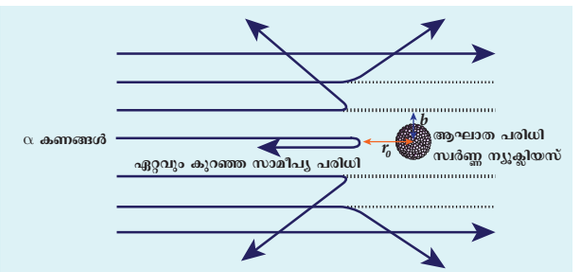
(d) വളരെ കുറച്ച് ആൽഫാ കണങ്ങൾ തിരിച്ചു വരുന്നു (പുറകിലോട്ട് ചിതറുന്നു) അതായത് 180° പുറകിലോട്ട് വ്യതിചലിക്കുന്നു.

ചിത്രം 9.10 (c), യിൽ തന്നിട്ടുള്ള പുള്ളികൾ ഗേഗർ മാർസ്ഡൺ ആൽഫ വിസരണ പരീക്ഷണങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ കിട്ടിയവയാണ്. കൂടാതെ കിട്ടുന്ന വക്ര രേഖ റൂഥർഫോർഡ് അണുമാതൃകയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ കിട്ടിയതാണ്. ഇവ രണ്ടും ഒന്നിനൊന്ന് ചേർന്നുപ്പോകുന്നതായിട്ട് നമുക്ക് വ്യക്തമായി കാണാൻ സാധിക്കും.

മുകളിൽ പറഞ്ഞിട്ടുള്ള റൂഥർ ഫോർഡ് പരീക്ഷണത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ കണ്ടറിഞ്ഞ സംഗ്രഹങ്ങൾ

മുകളിൽ പറഞ്ഞിട്ടുള്ള പരീക്ഷണത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അണു ഒന്നിൽ ധാരാളം ശൂന്യസ്ഥലവും 10^{-14}m. അളവുള്ള അണുകേന്ദ്രം എന്നു വിളിക്കപ്പെടുന്ന ചെറിയ അളവിലായ ചെറിയ വസ്തുവും ഉണ്ടായിരിക്കണം എന്ന അഭിപ്രായത്തെ റൂഥർ ഫോർഡ് അനുമാനിച്ചു. അണുകേന്ദ്രം ധനചാർജ്ജ് ഉള്ളതുംകൂടാതെഅണുവിന്റെഏറ്റവുംകൂടുതൽദ്രവ്യമാനം അണുകേന്ദ്രത്തിലുമാണ് ഉള്ളത്. അണുകേന്ദ്രത്തെ ചുറ്റിഋണചാർജ്ജുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾഉണ്ട് ഇങ്ങനെയുള്ള ചാർജ്ജ് വ്യാപിതത്തിൽ ഉള്ള ചാർജ്ജുകൾസ്ഥിരമായിട്ടിരുന്നാൽഅവയ്ക്ക്തൂലനാവസ്ഥയിൽഇരിക്കാൻസാധിക്കുകയില്ലഎന്നതിനാൽ സൂര്യനെ ചുറ്റി ഗ്രഹങ്ങൾ വൃത്താകാര പാതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നതു പോലെ ഇലക്ട്രോണുകൾ സഞ്ചരിക്കുന്നു. എന്ന അഭിപ്രായത്തെ റൂഥർ ഫോർഡ് അനുമാനിച്ചു.

(a) ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ സാമീപ്യ പരിധി



ചിത്രം 9.11 ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ സാമീപ്യപരിധിയും, ആഘാതപരിധിയും

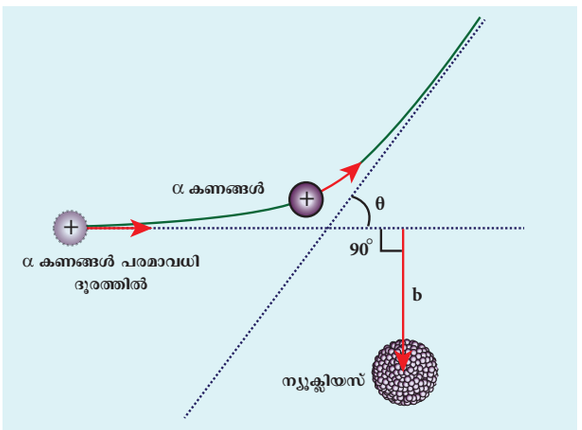
ഒരു ആൽഫകണം ഋജുരേഖയിൽ ഒരു അണുകേന്ദ്രത്തെ നോക്കി സഞ്ചരിക്കുകയാണെങ്കിൽ ഒരു പോയിന്റിൽ അത് എത്തിയ ശേഷം പിന്നെ തിരിച്ചു വരും. ചിത്രം 9.11. ഇങ്ങനെ **180°** കോണത്തിൽ പ്രതിഫലനം ആകുന്നതിനു മുമ്പ് ആൽഫാ കണത്തിന്റെയും അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെയും ഇടയ്ക്കുള്ള ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ സാമീപ്യപരിധി $\mathbf{r_0}$ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഈ ദൂരത്തിൽ ആൽഫ കണങ്ങളുടെ ഗതികോർജ്ജം എല്ലാം സ്ഥിതികോർജ്ജമായിമാറ്റപ്പെടുന്നു. (+2 ഭൗതിക ശാസ്ത്രം പുസ്തകത്തിൽ വാല്യം 1, യൂണിറ്റ് 1 നോക്കുക).

$$\frac{1}{2}m\upsilon_0^{\,2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{(2e)(Ze)}{r_0}$$

$$\Rightarrow r_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2Ze^2}{\left(\frac{1}{2}m\upsilon_0^2\right)} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2Ze^2}{E_k}$$

ഇവിടെ E_k എന്നത് ആൽഫാ കണങ്ങളുടെ ഗതികോർജ്ജമാണ്. മുകളിൽ കൊടുത്തിട്ടുള്ള സമീകരണംഅണുകേന്ദ്രത്തിന്റെഅളവിനെകണ്ടുപിടിക്കാൻ മാത്രമേ ഉപകരിക്കുകയുള്ളൂ. എന്നാൽ വളരെ ചെറിയ സമീപന ദൂരത്തെക്കാൾ അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ അളവ് എപ്പോഴും കുറവായിരിക്കും. പല രീതിയിലുള്ള അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ അളവുകളെ കണ്ടുപിടിച്ച റൂഥർ ഫോർഡ് അവയുടെ വ്യാസ്യാർദ്ധം 10^{-14} m മുതൽ 10^{-15}m. വരെ ആയിരിക്കുമെന്ന് കണ്ടറിഞ്ഞു

(b) ആഘാതപരിധി



ചിത്രം 9.12 ആഘാത പരിധി

(തങ്കത്തിന്റെ) അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ മധ്യത്തിനും ആൽഫ കണങ്ങൾ വളരെയധികം ദൂരത്തായിരിക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ പ്രവേഗ വെക്റ്ററിന്റെ ദിശയ്ക്കും ഇടയ്ക്കുള്ള ലംബമായിട്ടുള്ള ദൂരത്തെയാണ് ആഘാത പരിധി (b) എന്ന് പ്രവചിച്ചിരിക്കുന്നത്9.12 ആഘാത പരിധി കൂടാതെ വിസരണ കോൺ

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 150 2/14/2023 5:42:08 PM

ഇവയ്ക്കിടയിലുള്ള ബന്ധത്തെ താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന സമീകരണത്താൽ മനസ്സിലാക്കാം

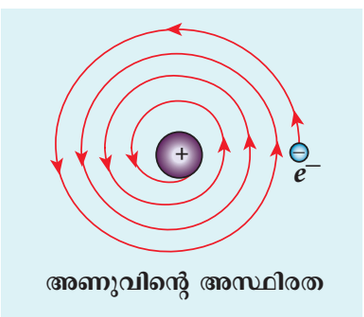
$$b \propto \cot\left(\frac{\theta}{2}\right) \Rightarrow b = K \cot\left(\frac{\theta}{2}\right) \qquad (9.13)$$

ഇവിടെ $K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2Ze^2}{mv_0^2}$ കൂടാതെ θ എന്നത് വിസരണ കോൺ സമീകരണം (9.13) അനുസരിച്ച് ആഘാത പരിധിയുടെ മൂല്യം ചെറുതാണെങ്കിൽ ആൽഫ കണങ്ങളുടെ വ്യതിചലനം കൂടുതലായിരിക്കും.

റൂഥർഫോർഡ് മാതൃകയുടെ അപാകതകൾ

അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ വ്യാസം കൂടാതെ അണുവിന്റെ അളവ് എന്നിവയെ കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിനു വേണ്ടി റൂഥർഫോർഡ് അണു മാതൃക ഉപയോഗപ്പെട്ടിരുന്നു. എന്നാലും അതിൽ താഴെ പറഞ്ഞിട്ടുള്ള അപാകതകൾ ഉണ്ട്:

(a) അണുകേന്ദ്രത്തെ ചുറ്റി ഇലക്ട്രോണുകളുടെ വ്യാപനം കൂടാതെ അണുവിന്റെ സ്ഥിരത എന്നിവയെ കുറിച്ച് ഈ മാതൃക കൊണ്ട് വിശദീകരിക്കാൻ സാധിച്ചില്ല.



ചിത്രം 9.13 അണുകേന്ദ്രത്തെ ചുറ്റി ഇലക്ട്രോണിന്റെ സർപ്പിള ചലനം

പണ്ടത്തെ ക്ലാസ്സിക്കൽ ഇലക്ട്രോ ഡയനാമിക്സ് സിദ്ധാന്തം അനുസരിച്ച് ത്വരിതമാക്കപ്പെട്ട ചാർജ്ജുകൾ ഇലക്ട്രോ മാഗ്നറ്റിക് കിരണങ്ങളെ വികിരണം ചെയ്യുന്നു. ആയതിനാൽ അതിന് ഊർജ്ജ നഷ്ടം സംഭവിക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട് ഒരേ വൃത്താകാര പാതയിൽ അതിന്റെ ചലനത്തെ താങ്ങിനിർത്താൻ സാധിക്കില്ല. അതിന്റെ ചുറ്റുപാതയുടെ ആരം കുറഞ്ഞ് (ചുരുൾ ഒരു വൃത്താകാര ചലനത്തെ അനുസരിക്കും) അന്തിമമായിട്ട് ആ ചാർജ്ജ് അണുകേന്ദ്രത്തിൽ പതിക്കുകയും വേണം (ചിത്രം 9.13) ഇതു കാരണം അണുനാശനം ഉണ്ടാകും. എന്നാൽ ഇതു സംഭവിക്കുന്നില്ല. ആയതിനാൽ റൂഥർ ഫോർഡ് അണുമാതൃക അണുക്കളുടെ ത്വരിതയെ കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കാൻ സാധിച്ചില്ല.

(b) ഈ മാതൃക അനുസരിച്ച് ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്ന വികിരണം തുടർച്ചയായതും. അതുകൊണ്ട് നമുക്ക് കിട്ടേണ്ടത് തുടർച്ചയായിട്ടുള്ള ഉൽസർജിത സ്പെക്ട്രവുമാണ്. എന്നാൽ പരീക്ഷണാടിസ്ഥാനത്തിൽ അണുക്കൾ രേഖാ സ്പെക്ട്രമാണ് പുറത്തു വിടുന്നതെന്ന് മനസ്സിലാക്കാൻ സാധിക്കുന്നു.

9.3.3 ബോർ അണു മാതൃക

ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ രേഖ സ്പെക്ട്രത്തെയും ചിത്രം 9.14, അണുവിന്റെ സ്ഥിരതയേയും വിശദീകരിക്കുന്നതിനുള്ള റൂഥർ ഫോർഡ് അണുമാതൃകയുടെ പരിമിതികളെ തരണം ചെയ്യുവാനായിട്ട് നെയിൽസ് ബോർ റൂഥർ ഫോർഡ് അണുമാതൃകയിൽ ചില മാറ്റങ്ങൾ വരുത്തി. ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ രേഖാസ്പെക്ട്രം വിശദീകരിക്കുന്നതിനായിട്ട് അണുവിന്റെ ഘടനയെ കുറിച്ചിട്ടുള്ള ഉചിതമായ സൈദ്ധാന്തിക വിശദീകരണത്തെ ആദ്യമായിട്ട് പ്രവചിച്ചത് ഇദ്ദേഹമാണ്. അദ്ദേഹത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന തത്വങ്ങൾ താഴെ കൊടുത്തിട്ടുണ്ട്.

ചിത്രം 9.14 ഹൈഡ്രജന്റെ രേഖ സ്പെക്ട്രം

ബോർ അണു മാതൃകയുടെ അടിസ്ഥാന തത്വങ്ങൾ:

(a) കൂലും നിശ്ചല വിദ്യുത്ബല ആകർഷണ പ്രേരണയാൽ ഒരു ആറ്റത്തിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾ അണുകേന്ദ്രത്തെ ചുറ്റി വൃത്താകാര പാതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഈ കൂലും ബലം ഇലക്ട്രോണിന് ആവശ്യമായ അപകേന്ദ്ര ബലത്തെ കൊടുക്കുന്നതിനാൽ ഇലക്ട്രോണുകൾ വൃത്താകാര പാതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു.

(b) ഊർജ വികിരണം നടത്താതെ ഒരു ഇലക്ട്രോണിന് ന്യൂക്ലിയസിനു ചുറ്റും സുസ്ഥിരമായ ഒരു ഭ്രമണപഥത്തിൽ കറങ്ങാൻ സാധിക്കും. ഇങ്ങനെയുള്ള അനുവദിക്കപ്പെട്ട സുസ്ഥിര ഓർബിറ്റുകൾ സ്ഥിര ഓർബിറ്റുകളാണ്.

ഇങ്ങനെ സ്ഥിരഭ്രമണ നിലയിലുള്ള ഇലക്ട്രോണിന്റെ കോണീയ ആക്കം ക്വാണ്ടീകൃതമാണ് അതാ

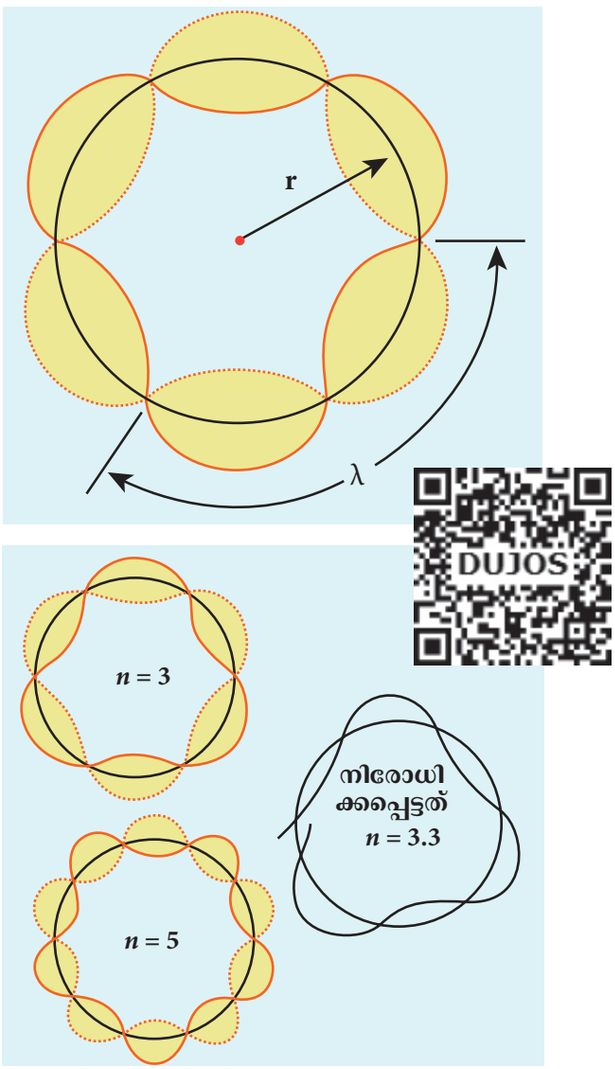
XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 151 2/14/2023 5:42:09 PM

യത് അതിന്റെ മൂല്യം $\frac{h}{2\pi}$ യുടെ എണ്ണൽ സംഖ്യാ ഗുണിതമാണ് ഇതിനെ സമീകരണ രീതിയിൽ.

$$l = n\hbar \qquad \text{ഇവിടെ } \hbar = \frac{h}{2\pi}$$

ഇവിടെ $\hbar$ (hബാർ എന്ന് പഠിക്കണം) എന്നത്.

കണികാഭൗതികം അനുസരിച്ച് കണങ്ങളായ ഇലക്ട്രോണുകൾ ദ്വിവിധമായ സ്വഭാവം ഉള്ളവ യാണ്. (+2 ഭൗതികശാസ്ത്രം ബുക്കിൽ വാള്യം 2 ൽ 8-ാം അദ്ധ്യായം നോക്കുക) സ്ഥിരതയുള്ള ഭ്രമണ പഥത്തിൽ ഇലക്ട്രോൺ പരിക്രമണം ചെയ്യുന്നതു മായി ബന്ധപ്പെട്ട ഡി.ബ്രോഗ്ലി തരംഗത്തിന്റെ സ്റ്റാൻഡിംഗ് വേവ് പാറ്റേൺ ചിത്രം 9.15. ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 9.15 സ്റ്റേബിൽ ഓർബിറ്റിലുള്ള സ്റ്റാൻറ്റിംഗ് വേവ് പാറ്റേൺ

വ്യാസാർദ്ധം r ഉള്ള ഇലക്ട്രോണിന്റെ ചുറ്റുപാത യുടെ ചുറ്റളവ് എന്നത് ഡി ബ്രോഗ്ലി തരംഗ ദൈർ ഘ്യത്തിന്റെ മുഴുമടങ്ങായിരിക്കും. അതായത്,

$$2\pi r = n\lambda \qquad (9.14)$$

n എന്നത് = 1,2,3,.....

എന്നാൽ ദ്രവ്യമാനം m ഉം പ്രവേഗം υ യും ഉള്ള ഇലക്ട്രോണിന്റെ ഡി ബ്രോഗ്ലി തരംഗദൈർഘ്യം എന്നത് $\lambda = \frac{h}{m\upsilon}$ ഇവിടെ h എന്നത് പ്ലാങ്ക് സ്ഥിരാങ്കം ഗം സമീകരണം (9.14) ൽ നിന്ന്,

$$2\pi r = n\left(\frac{h}{m\upsilon}\right)$$

$$m\upsilon r = n\frac{h}{2\pi}$$

ദ്രവ്യമാനം m വ്യാസാർദ്ധം r, ഉം പ്രവേഗം v യും ഉള്ള ഒരു കണത്തിന്റെ കോണീയ സംവേഗം l എന്നത്

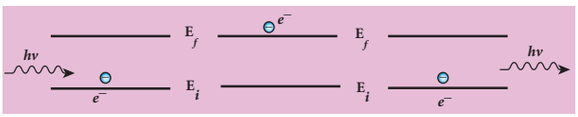
$$l = r(m\upsilon)$$

$$m\upsilon r = l = n\hbar$$

(c) ഭ്രമണപഥങ്ങളുടെ ഊർജ്ജം തുടർച്ചയായിട്ട ല്ലാതെ പ്രത്യേക വിലകളിലാണുള്ളത് ഇതിനെയാ ണ് ഊർജ്ജത്തിന്റെ കാണ്ടീകൃതം എന്ന് പറയുന്നത്. രണ്ടു ഭ്രമണപദങ്ങളുടെ ഊർജ്ജ വ്യത്യാസത്തിനു (ΔE) സമമായ ഊർജ്ജം ഉള്ള ഫോട്ടോണിനെ ആഗി രണം ചെയ്യുന്ന അല്ലെങ്കിൽ ഉദ്വമനം ചെയ്യുന്ന ഇലക് ട്രോൺ ഒരു ഭ്രമണ പഥത്തിൽ നിന്ന് മറ്റൊരു ഭ്രമണ പഥത്തിലോട്ട് ചാടാൻ കഴിയുന്നതായിരിക്കും.

$$\Delta E = E_{\text{അന്തിമം}} - E_{\text{പ്രാരംഭം}} = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$$

ഇവിടെ c എന്നത് പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗത λ എന്നത് വികിരണത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം ν എന്നത് വികിരണത്തിന്റെ ആവൃത്തിയാകുന്നു. ഇങ്ങ നെ വികിരണത്തിന്റെ ആവൃത്തി എന്നത് അണുവി ന്റെ ഊർജ്ജ മാറ്റത്തെ മാത്രം ബന്ധപ്പെടുത്തിയിട്ടു ള്ളതാകുന്നു. ഇത് ഇലക്ട്രോണിന്റെ ഓർബിറ്റൽ ചല നത്തിന്റെ ആവൃത്തിയെ അനുസരിച്ചിട്ടുള്ളതല്ല.



ചിത്രം 9.16 കിരണങ്ങളുടെ ആഗിരണവും ഉൽസർജിതവും

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 152 2/14/2023 5:42:11 PM

ഉദാഹരണം 9.1

ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ അഞ്ചാമത്തെ ഭ്രമണ പഥത്തിന്റെ വ്യാസ്യാർദ്ധം 13.25 Å. എങ്കിൽ അഞ്ചാമത്തെ ഓർബിറ്റിൽ ഉള്ള ഇലക്ട്രോണിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം കണ്ടുപിടിക്കുക.

നിർദ്ധാരണം:

$2\pi r = n\lambda$

$2 \times 3.14 \times 13.25\text{Å} = 5 \times \lambda$

$\therefore\ \lambda = 16.64\text{Å}$

ഉദാഹരണം 9.2

ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ അഞ്ചാമത്തെ ഓർബിറ്റലിന്റെ (i) കോണിക സംവേഗം (ii) അതിലുള്ള ഇലക്ട്രോണിന്റെ പ്രവേഗം എന്നിവ കണ്ടുപിടിക്കുക.

$(h = 6.6 \times 10^{-34}\,\text{Js},\ m = 9.1 \times 10^{-31}\,\text{kg})$

നിർദ്ധാരണം

(i) കോണീയ സംവേഗം എന്നത്

$$l = n\hbar = \frac{nh}{2\pi}$$

$$= \frac{5\times6.6\times10^{-34}}{2\times3.14} = 5.25\times10^{-34}\ \text{kgm}^2\text{s}^{-1}$$

(ii) പ്രവേഗം എന്നത്

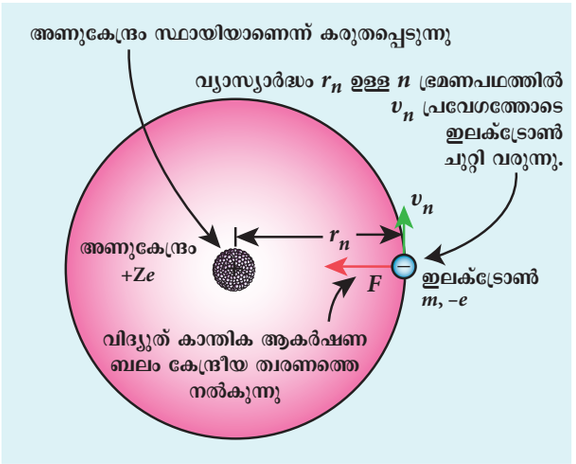
$$\text{Velocity}\ \upsilon = \frac{l}{mr}$$

$$= \frac{(5.25\times10^{-34}\ \text{kgm}^2\text{s}^{-1})}{(9.1\times10^{-31}\ \text{kg})(13.25\times10^{-10}\ \text{m})}$$

$$\upsilon = 4.4\times10^{5}\ \text{ms}^{-1}$$

ഭ്രമണപഥത്തിലുള്ള ഇലക്ട്രോണിന്റെ വ്യാസാർദ്ധം കൂടാതെ പ്രവേഗം

സ്ഥായിയായുള്ള അണുകേന്ദ്രം കൂടാതെ r_n വ്യാസ്യാർദ്ധമുള്ള വൃത്താകാര പാതയിൽ അണുകേന്ദ്രത്തെയും ചുറ്റിസഞ്ചരിക്കുന്നഇലക്ട്രോണുള്ളഅണു ഒന്നിനെ കണക്കാക്കാം. ചിത്രം 9.17. അണുകേന്ദ്രം പ്രോട്ടോൺ കൂടാതെ ന്യൂട്രോൺ എന്നിവ അടങ്ങിയതാണ്. പ്രോട്ടോൺധനചാർജ്ജും ന്യൂട്രോൺചാർജ്ജില്ലാത്തതും ആയതിനാൽ അണു കേന്ദ്രത്തിന്റെ ചാർജ്ജ് മുഴുവനും പ്രോട്ടോണിന്റെ ചാർജ്ജിനെ ആശ്രയിച്ചായിരിക്കും.



ചിത്രം 9.17 അണുകേന്ദ്രത്തെ ചുറ്റി സഞ്ചരിക്കുന്ന ഇലക്ട്രോൺ

ഒരു പ്രത്യേക അണുവിന്റെ അണു സംഖ്യ Z എന്നിരിക്കട്ടെ. $+Ze$ എന്നത് അണു കേന്ദ്രത്തിന്റെ (പ്രോട്ടോണിന്റെ) ചാർജ്ജ് കൂടാതെ $-e$ എന്നത് ഇലക്ട്രോണിന്റെ ചാർജ്ജാണ്. കൂലും നിയമം അനുസരിച്ച്

$$\vec{F}_{\text{കൂളും}} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{(+Ze)(-e)}{r_n^2}\hat{\text{r}}$$

$$= -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Ze^2}{r_n^2}\hat{\text{r}}$$

ഈബലമാണ്ഇലക്ട്രോണിനെചുറ്റുപാതയിൽ സഞ്ചരിക്കാൻ ആവശ്യമായ അഭകേന്ദ്രബലത്തെ കൊടുക്കുന്നത്

$$\vec{F}_{\text{അഭകേന്ദ്ര ബലം}} = \frac{m\upsilon_n^2}{r_n}\hat{\text{r}}$$

വൃത്താകാര ചുറ്റുപാതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഇലക്ട്രോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനം m എന്നും അതിന്റെ പ്രവേഗം υ_n എന്നും ഇരിക്കട്ടെ.

$$\left|\vec{F}_{\text{കൂലും}}\right| = \left|\vec{F}_{\text{അഭകേന്ദ്രബലം}}\right|$$

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Ze^2}{r_n^2} = \frac{m\upsilon_n^2}{r_n}$$

$$r_n = \frac{4\pi\varepsilon_0(m\upsilon_n r_n)^2}{Zme^2} \qquad (9.15)$$

നിൽസ് ബോർ സിദ്ധാന്തം അനുസരിച്ച് കോണീയ സംവേഗ ക്വാണ്ടീകൃത നിബന്ധന, $m\upsilon_n r_n = l_n = n\hbar$, ആകുന്നു. ആയതിനാൽ

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 153 2/14/2023 5:42:13 PM

$$\therefore r_n = \frac{4\pi\varepsilon_0 (m\upsilon_n r_n)^2}{Zme^2}$$

$$r_n = \frac{4\pi\varepsilon_0 (n\hbar)^2}{Zme^2} = \frac{4\pi\varepsilon_0 n^2\hbar^2}{Zme^2}$$

$$r_n = \left(\frac{\varepsilon_0 h^2}{\pi me^2}\right)\frac{n^2}{Z} \qquad \left(\because \hbar = \frac{h}{2\pi}\right) \quad (9.16)$$

ഇവിടെ $n \in \mathbb{N}$. ε_0, h, e എന്നതും π എന്നതും സ്ഥിരാംഗങ്ങളാണ്. ആയതിനാൽ ചുറ്റുപാതയുടെ വ്യാസ്യാർദ്ധം

$$r_n = a_0 \frac{n^2}{Z}$$

ഇവിടെ $a_0 = \frac{\varepsilon_0 h^2}{\pi me^2} = 0.529\,\text{Å}$. ഇതാണ് ബോർ വ്യാസ്യാർദ്ധം എന്നറിയപ്പെടുന്നത് ഇത് അണു ഒന്നിന്റെ ചുറ്റുപാതയുടെ ഏറ്റവും ചെറിയ വ്യാസ്യാർദ്ധം ആകുന്നു. ബോർ വ്യാസ്യാർദ്ധം എന്നത് ബോർ എന്ന നീളത്തിന്റെ ഒരു യൂണിറ്റായി ഉപയോഗപ്പെടുന്നു. 1 ബോർ = 0.53 Å. ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന് (Z = 1), n ഭ്രമണപഥത്തിന്റെ വ്യാസ്യാർദ്ധം

$$r_n = a_0 n^2$$

n = 1 (ആദ്യത്തെ ഭ്രമണപഥത്തിന്),

$$r_1 = a_0 = 0.529\ \text{Å}$$

n = 2 (രണ്ടാമത്തെ ഭ്രമണപഥത്തിന്),

$$r_2 = 4a_0 = 2.116\ \text{Å}$$

n = 3 (മൂന്നാമത്തെ ഭ്രമണപഥത്തിന്),

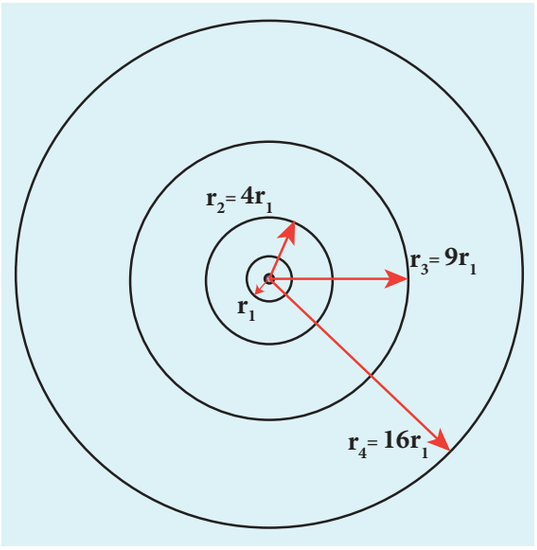
$$r_3 = 9a_0 = 4.761\ \text{Å}$$

മുതലായവ.

ആയതിനാൽ ചുറ്റുപാതയുടെ വ്യാസ്യാർദ്ധം, $r_n \propto n^2$ എന്ന രീതിയിൽ കൂടുന്നു. ചിത്രം 9.18.

കൂടാതെ ബോറിന്റെ കോണീയ സംവേഗ ക്വാണ്ടീകൃത നിബന്ധന പ്രകാരം

$$\frac{m\upsilon_n a_0 n^2}{Z} = n\frac{h}{2\pi} \quad \left[\because r_n = a_0\frac{n^2}{Z}\right]$$

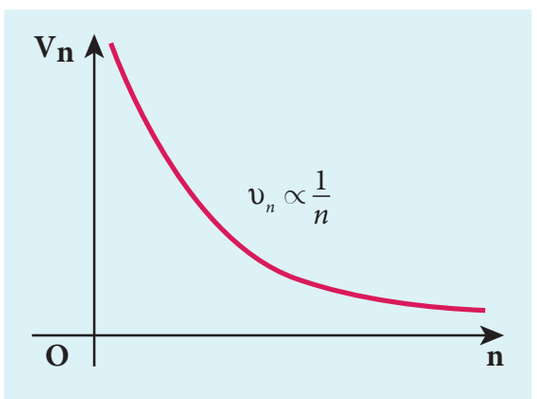


ചിത്രം9.18 പ്രിൻസിപ്പൽ ക്വാണ്ടം സംഖ്യാ അനുസരിച്ച് ഭ്രമണപഥത്തിലെ വ്യാസ്യാർദ്ധ വ്യതിയാനം

$$\upsilon_n = \frac{h}{2\pi m a_0}\frac{Z}{n}$$

$$\upsilon_n \propto \frac{1}{n}$$

ഇലക്ട്രോണിന്റെ വേഗത കുറയുന്തോറും പ്രിൻസിപ്പൽ ക്വാണ്ടം നമ്പർ കൂടുന്നു. ചിത്രം 9.19. ഈ കർവ് ഒരു ദീർഘ ചതുരത്തിലുള്ള ഒരു ഹൈപ്പർപോളയാകുന്നു. എക്സൈറ്റഡ് സ്റ്റാറ്റിൽ ഉള്ള ഇലക്ട്രോണുമായിട്ട് താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ ഗ്രൗണ്ട് സ്റ്റാറ്റ് (അടിനില) ഇലക്ട്രോണിന്റെ വേഗത കൂടുതലായിരിക്കുന്നത് കാണാം.



ചിത്രം 9.19 പ്രിൻസിപ്പൽ ക്വാണ്ടം നമ്പർ അനുസരിച്ച് ഓർബിറ്റിലുള്ള ഇലക്ട്രോണിക് വേഗതയുടെ വ്യതിയാനം

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 154 2/14/2023 5:42:16 PM

n ഭ്രമണപഥത്തിലെ ഇലക്ട്രോണിന്റെ ഊർജ്ജം

സ്ഥിര വൈദ്യുത ബലം എന്നത് ഒരു സ്ഥായിയായിട്ടുള്ള ബലമായതിനാൽ n ഓർബിറ്റിൽ സ്ഥിതികോർജ്ജം എന്നത്

$$U_n = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{(+Ze)(-e)}{r_n} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Ze^2}{r_n}$$

$$= -\frac{1}{4\varepsilon_0^2}\frac{Z^2me^4}{h^2n^2} \quad \left(\because r_n = \frac{\varepsilon_0 h^2}{\pi me^2}\frac{n^2}{Z}\right)$$

n ഓർബിറ്റിൽ ഗതികോർജ്ജം എന്നത്

$$KE_n = \frac{1}{2}m\upsilon_n^2 = \frac{me^4}{8\varepsilon_0^2h^2}\frac{Z^2}{n^2}$$

ഇതിൽ നിന്നും $U_n = -2\ KE_n$

$$E_n = KE_n + U_n = KE_n - 2KE_n = -KE_n$$

$$E_n = -\frac{me^4}{8\varepsilon_0^2h^2}\frac{Z^2}{n^2}$$

ഹൈഡ്രജൻ അണു $(Z = 1)$,

$$E_n = -\frac{me^4}{8\varepsilon_0^2h^2}\frac{1}{n^2} \text{ ജൂൾ} \qquad (9.17)$$

ഇവിടെ n എന്ന പ്രിൻസിപ്പൽ ക്വാണ്ടം സംഖ്യ സമീകരണം (9.17) ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ള നെഗറ്റീവ് ചിഹ്നം അണു കേന്ദ്രവുമായിട്ട് ഇലക്ട്രോൺ ബന്ധിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ളതിനെ കാണിക്കുന്നു.

ഇലക്ട്രോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനം m ചാർജ്ജ് e ശൂന്യതയിൽ അതിന്റെ പെർമിറ്റിവിറ്റി ε_0 കൂടാതെ പ്ലാങ്ക് സ്ഥിരാങ്കം h എന്നീ മൂല്യങ്ങളെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്ത് $(+(eV))$, മാത്രയിൽ എഴുതിയാൽ

$$E_n = -13.6\frac{1}{n^2}\ eV$$

ആദ്യത്തെ ഭ്രമണപഥത്തിൽ (അടിനിലയിൽ) ഇലക്ട്രോണിന്റെ മൊത്ത ഊർജ്ജം $E_1 = -13.6\ eV$.
രണ്ടാമത്തെ ഭ്രമണപഥത്തിൽ (ആദ്യത്തെ) ഇലക്ട്രോണിന്റെ മൊത്ത ഊർജ്ജം $E_2 = -3.4\ eV$.
മൂന്നാമത്തെ ഭ്രമണപഥത്തിൽ (രണ്ടാമത്തെ) ഇലക്ട്രോണിന്റെ മൊത്ത ഊർജ്ജം $E_3 = -1.51\ eV$ മുതലായവ.

ഇതിൽ നിന്നും ആദ്യത്തെ ഉത്തേജിതാവസ്ഥയിലെ ഊർജ്ജം അടിനിലയിലെ ഊർജ്ജത്തെക്കാളും കൂടുതലായും രണ്ടാമത്തെ ഉത്തേജിതാവസ്ഥയിലെ ഊർജ്ജം ആദ്യത്തെ ഉത്തേജിതാവസ്ഥയിലെ ഊർജ്ജത്തെക്കാളും കൂടുതലായും കാണപ്പെടുന്നു. ഇങ്ങനെ ഊർജ്ജ കേന്ദ്രത്തിന്റെ അരികിലിരുന്ന ഓർബിറ്റുകൾക്ക് കുറഞ്ഞ ഊർജ്ജവും (ബാക്കിയുള്ള ഓർബിറ്റുകളെ താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ വളരെ കുറഞ്ഞ ഊർജ്ജമായിരിക്കും) ആയതിനാൽ ഇതിനെ ഗ്രൗണ്ട് അല്ലെങ്കിൽ താഴ്ന്ന ഊർജ്ജം എന്നു പറയുന്നു. ഹൈഡ്രജന്റെ താഴ്ന്ന നില ഊർജ്ജം എന്നത് $(-13.6eV)$ ഇതിനെയാണ് ഊർജ്ജത്തിന്റെ മാത്രയായി കണക്കാക്കുന്നത്. ഇതിനെ റിഡ്ബെർഗ് $(1\ \text{റിഡ്ബെർഗ്} = -13.6\ eV)$ എന്നു പറയുന്നു.

ഈ ഊർജ്ജത്തിന്റെ വില നെഗറ്റീവ് ആയിരിക്കാൻ കാരണം ഊർജ്ജ സ്ഥിതികോർജ്ജത്തിന്റെ ശൂന്യ വിലയെ വിശദീകരിക്കുന്നതുകൊണ്ടാണ് ഇലക്ട്രോണിനെ അണുകേന്ദ്രത്തിൽ നിന്ന് വളരെയധികം ദൂരത്തിലോട്ട് കൊണ്ടു പോവുകയാണെങ്കിൽ സ്ഥിതികോർജ്ജവും, ഗതികോർജ്ജവും ഇല്ലാതാവുകയും അങ്ങനെ ആകെ ഊർജ്ജം ഇല്ലാതാകുകയും ചെയ്യുന്നു.

n ന്റെ വില കൂടുന്നത് അനുസരിച്ച് ഭ്രമണപഥങ്ങളുടെ ചിത്രങ്ങളും ആകൃതിയും ഊർജ്ജ നിലകളുടെ ചിത്രവും, 9.20. ൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്. അതിൽ നിന്നും പ്രിൻസിപ്പൽ ക്വാണ്ടം സംഖ്യ n മൂല്യം വർധിക്കുമ്പോൾ എക്സൈറ്റ് നില കളുടെ ഊർജ്ജങ്ങൾ കൂടുതൽ അടുത്തേയ്ക്ക് വരുന്നത് കാണാൻ സാധിക്കും.

ഉദാഹരണം 9.3

(a) ആദ്യത്തെ ബോർ ഓർബിറ്റിലെ ഇലക്ട്രോണിന്റെ പ്രവേഗത്തിനും പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗത c യ്ക്കും ഉള്ള അനുപാതം ഒരു ഡയമെൻഷൻ ഇല്ലാത്ത ഒരു സംഖ്യയാണെന്നും കാണിക്കുക.

(b) ബോർ അണുമാതൃകയിലെ ഇലക്ട്രോണിന്റെ പ്രവേഗം താഴ്ന്ന നില ഒന്നാമത്തെ, എക്സൈറ്റ് നില, രണ്ടാമത്തെ എക്സൈറ്റ് നില കണക്കാക്കുക.

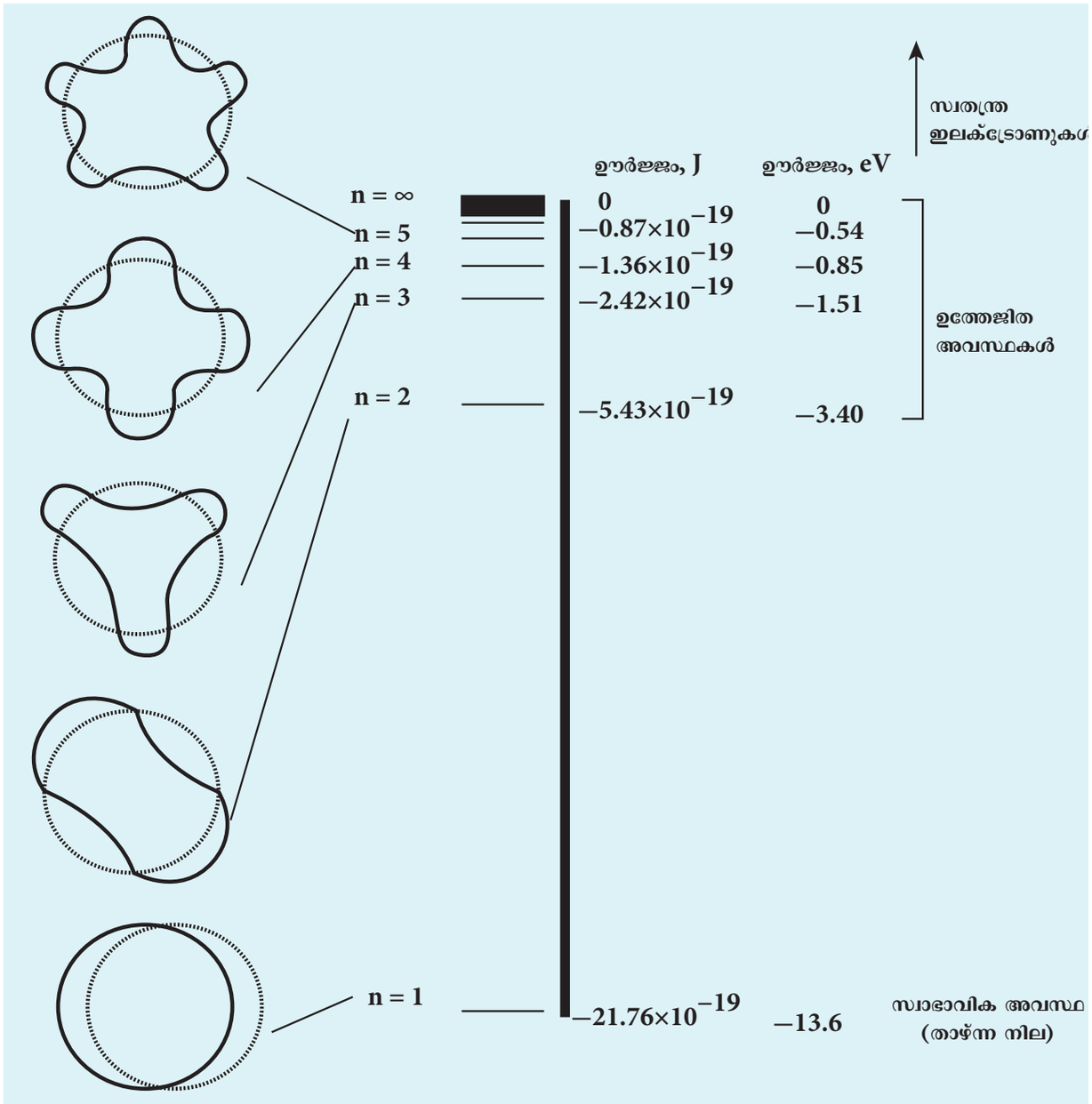
നിർദ്ധാരണം

(a) n ഭ്രമണപഥത്തിൽ ഇലക്ട്രോണിന്റെ പ്രവേഗം എന്നത്

$$\upsilon_n = \frac{h}{2\pi ma_0}\frac{Z}{n}$$

ഇവിടെ $a_0 = \dfrac{\varepsilon_0 h^2}{\pi me^2} =$ ബോർ വ്യാസാർദ്ധം a_0 യുടെയും υ_n ന്റെയും വില പ്രതിനിധീകരിക്കുക ആണെങ്കിൽ,

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 155 2/14/2023 5:42:19 PM



ചിത്രം 9.20 ഹൈഡ്രജൻ അണുവിലെ ഊർജ്ജ നിലകൾ

$$\upsilon_n = \frac{e^2}{2\varepsilon_0 h}\frac{Z}{n} = c\left(\frac{e^2}{2\varepsilon_0 hc}\right)\frac{Z}{n} = \frac{\alpha cZ}{n}$$

ഇവിടെ c എന്ന് പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രവേഗം (ശൂന്യതയിൽ) അതിന്റെ വില $c = 3 \times 10^8$ m s^{-1}, α എന്നത് മികച്ച ഘടന സ്ഥിരാംങ്കമാണ്.

ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്, $Z = 1$ ആദ്യത്തെ ഭ്രമണ പഥത്തിന് $n = 1$, അങ്ങനെയാണെങ്കിൽ ഇലക്ട്രോണിന്റെ ആദ്യത്തെ ഭ്രമണപഥത്തിലെ പ്രവേഗത്തിനും ശൂന്യതയിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗത്തിനും ഉള്ള അനുപാതം എന്നത്

$$\frac{\upsilon_1}{c} = \alpha = \frac{e^2}{2\varepsilon_0 hc}$$

$$\alpha = \frac{(1.6\times10^{-19}\,\mathrm{C})^2}{2\times(8.854\times10^{-12}\,\mathrm{C^2N^{-1}m^{-2}})} \times \frac{1}{(6.6\times10^{-34}\,\mathrm{Nms})\times(3\times10^8\,\mathrm{ms^{-1}})}$$

$$\approx \frac{1}{136.9} = \frac{1}{137}$$

ഇതൊരു ഡയമെൻഷൻ ഇല്ലാത്ത സംഖ്യ ആകുന്നു.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 156 2/14/2023 5:42:20 PM

$$\Rightarrow \alpha = \frac{1}{137}$$

(b) മികച്ച ഘടന സ്ഥിരാങ്കം ഉപയോഗിച്ച് ഇലക്ട്രോണിന്റെ പ്രവേഗത്തെ

$$\upsilon_n = \frac{\alpha c Z}{n}$$

ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന് $(Z = 1)$ n ഭ്രമണപഥത്തിൽ ഇലക്ട്രോണിന്റെ പ്രവേഗം

$$\upsilon_n = \frac{c}{137}\frac{1}{n} = (2.19\times10^6)\frac{1}{n}\ \text{ms}^{-1}$$

ആദ്യത്തെ ഭ്രമണപഥത്തിന് ഇലക്ട്രോണിന്റെ പ്രവേഗം

$$\upsilon_1 = 2.19\times10^6\,\text{ms}^{-1}$$

രണ്ടാമത്തെ ഭ്രമണപഥത്തിന് (ആദ്യത്തെ) ഇലക്ട്രോണിന്റെ പ്രവേഗം

$$\upsilon_2 = 1.095\times10^6\,\text{ms}^{-1}$$

മൂന്നാമത്തെ ഭ്രമണപഥത്തിന് (രണ്ടാമത്തെ) ഇലക്ട്രോണിന്റെ പ്രവേഗം

$$\upsilon_3 = 0.73\times10^6\,\text{ms}^{-1}$$

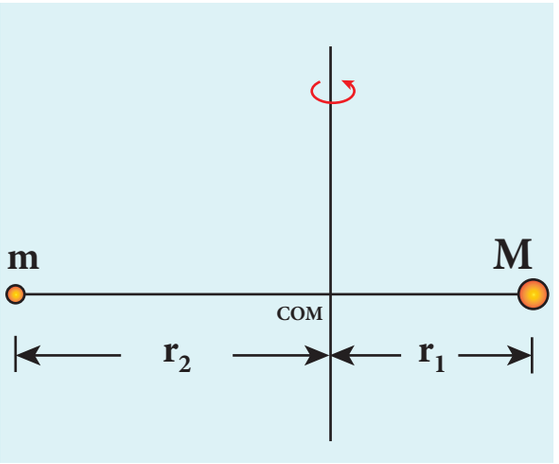
ഇവിടെ, $\upsilon_1 > \upsilon_2 > \upsilon_3$

ഉദാഹരണം 9.4

ഒരു അണുവിന്റെ അണു കേന്ദ്രം എന്നത് നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ ഉള്ളതും ഇലക്ട്രോണുകൾ അണുകേന്ദ്രത്തെ ചുറ്റിവരുന്നതായും സങ്കല്പിച്ചാണ് ബോർഅണുമാതൃകസ്ഥാപിച്ചിട്ടുള്ളത്.ഒരുപക്ഷേ അണുകേന്ദ്രവും ചലനാവസ്ഥയിലാണെന്ന് കണക്കാക്കിയാൽ ആ പുതിയ ഘടനയിൽ അതിന്റെ ഊർജ്ജം കണക്കാക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

ഇലക്ട്രോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനം m എന്നും അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനം M. എന്നും ഇരിക്കട്ടെ. ഈ വ്യവസ്ഥയിൽ പുറത്ത് നിന്നും ഒരു ബലവും പ്രവർത്തിക്കുന്നില്ല എങ്കിൽ ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെദ്രവ്യമാനകേന്ദ്രം നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽആയിരിക്കും. ആയതിനാൽ അണുകേന്ദ്രവും കൂടാതെ ഇലക്ട്രോണും ദ്രവ്യമാന കേന്ദ്രത്തെ ചുറ്റി ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതു പോലെ സഞ്ചരിക്കും.



V എന്നത് അണുകേന്ദ്ര ചലനത്തിന്റെ പ്രവേഗമെന്നും υ എന്നത് ഇലക്ട്രോണിന്റെ പ്രവേഗമെന്നും ഇരിക്കട്ടെ. സിസ്റ്റത്തിന്റെ ആകെ രേഖീയ ആവേഗം എന്നത് 0 ആയതിനാൽ,

$$-m\upsilon + M\upsilon = 0 \text{ or}$$

$$MV = m\upsilon = p$$

$$\vec{p}_e + \vec{p}_n = \vec{0} \text{ or}$$

$$\left|\vec{p}_e\right| = \left|\vec{p}_n\right| = p$$

ആയതിനാൽ വ്യവസ്ഥിതിയുടെ ഗതികോർജ്ജം എന്നത് $KE = \frac{p_n^2}{2M} + \frac{p_e^2}{2m} = \frac{p^2}{2}\left(\frac{1}{M} + \frac{1}{m}\right)$

ഇവിടെ $\frac{1}{M} + \frac{1}{m} = \frac{1}{\mu_m}$. ഇവിടെ കുറയ്ക്കപ്പെട്ട ദ്രവ്യമാനം, $\mu_m = \frac{mM}{M+m}$

ആയതിനാൽ ഇപ്പോൾ വ്യവസ്ഥിതിയുടെ ഗതികോർജ്ജം $KE = \frac{p^2}{2\mu_m}$

വ്യവസ്ഥിയുടെ സ്ഥിതികോർജ്ജം സമമായതിനാൽ ദ്രവ്യമാനത്തിനു പകരം കുറയ്ക്കപ്പെട്ട ദ്രവ്യമാനത്തെ എഴുതിയാൽ ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ ആകെ ഊർജ്ജം ലഭിക്കുന്നതാണ്. അതായത്

$$E_n = -\frac{\mu_m e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2}\frac{1}{n^2}$$

ഇലക്ട്രോണിനെ അപേക്ഷിച്ച് അണുകേന്ദ്രം വളരെ ഭാരം ഉള്ളതായതിനാൽ കുറയ്ക്കപ്പെട്ട ദ്രവ്യമാനം എന്നത് ഇലക്ട്രോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനത്തിന് അടുപ്പിച്ചായിരിക്കും.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 157 2/14/2023 5:42:23 PM

കുറിപ്പ്

1931 ൽ H.C. യുറേയും അദ്ദേഹത്തിന്റെ സഹപാഠിയും ഹൈഡ്രജൻ സ്പെക്ട്രത്തിന്റെ വരികളിൽ കുറഞ്ഞ തരംഗദൈർഘ്യം ഉള്ള ഭാഗത്ത് വളരെ മങ്ങിയ ഒരു കൂട്ടം വരികൾ കാണുന്നതായി നിരീക്ഷിച്ചു. ഐസോട്ടോപ്പ് ഷിഫ്റ്റ് പ്രഭാവത്തിൽ നിന്നും ഒരേ മൂലകത്തിന്റെ ഐസോട്ടോപ്പുകൾക്കും വളരെ ചെറിയ വ്യത്യസ്ഥമായ സ്പെട്രിക് വരികൾ ഉള്ളതായികണ്ടു. ഈ മങ്ങിയ വരികളുടെ സാന്നിധ്യം ഹൈഡ്രജന്റെ ഐസോട്ടോപ്പ് ഡ്യൂട്ടീരിയം ഉള്ളതിനെ ഉറപ്പാക്കുന്നു.

മങ്ങിയ വരികളുടെയും പ്രകാശമുള്ള സ്പെട്രിക് വരികളുടെയും തരംഗ ദൈർഘ്യത്തിന്റെയോ അല്ലെങ്കിൽ തരംഗ സംഖ്യകളുടെയോ വ്യത്യാസം കണക്കാക്കുന്നത് കൊണ്ട് ഡ്യൂട്ടീരിയത്തിന്റെ അണു ദ്രവ്യമാനം എന്നത് ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ അണു ദ്രവ്യമാനത്തിന്റെ രണ്ടു മടങ്ങാണെന്ന് കണ്ടുപിടിച്ചു. ബോർ അണുമാതൃക ഈ ഐസോട്ടോപ്പിക് ഷിഫ്റ്റിനെ കുറിച്ച് വിശദീകരിച്ചില്ല. ഇങ്ങനെ അണുകേന്ദ്രചലനത്തെ കണക്കാക്കുകയാണെങ്കിൽ (അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ചലനം വളരെ ചെറുതാണെങ്കിലും അതിനേയും കണക്കാക്കിയിട്ട്) ബോർ അണുമാതൃകയിൽ ഹൈഡ്രജൻ ഡ്യൂട്ടിരീയത്തിന്റെ തരംഗസംഖ്യ അല്ലെങ്കിൽ തരംഗദൈർഘ്യത്തിന്റെയും വ്യത്യാസം സൈദ്ധ്യാന്തികമായിട്ട് കണ്ടുപിടിച്ചു. ഇത് സെപ്ക്ട്രോസ്കോപ്പിൽ നിന്നും കിട്ടിയ വിലയോട് വളരെ സാമ്യമുള്ളതായിരിന്നു. ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെയും ഡ്യൂട്ടിരിയത്തിന്റെയും വ്യത്യാസം എന്നത് ന്യൂട്രോൺ സംഖ്യയിലുള്ള വ്യത്യാസമാണ്. ഹൈഡ്രജൻ അണുവിൽ ഒരു ഇലക്ട്രോണും ഒരു പ്രോട്ടോണും ഉണ്ട്. അതേ സമയം ഡ്യൂട്ടീരിയത്തിൽ ഒരു ഇലക്ട്രോൺ ഒരു പ്രോട്ടോൺ കൂടാതെ ഒരു ന്യൂട്രോണും ഉണ്ട്.

ഉത്തേജിത ഊർജ്ജവും ഉത്തേജിത പൊട്ടൻഷ്യലും

ഒരു ഇലക്ട്രോണിനെ കുറഞ്ഞ ഊർജ്ജ നിലയിൽ നിന്നും ഉയർന്ന ഊർജ്ജ നിലയിലോട്ട് ഉത്തേജിതം ചെയ്യാൻ ആവശ്യമായ ഊർജ്ജത്തെയാണ് ഉത്തേജിത ഊർജ്ജം എന്നു പറയുന്നു.

താഴ്ന്ന നിലയിൽ നിന്ന് (n = 1) ഒന്നാമത്തെ ഉത്തേജിതാവസ്ഥയിൽ (n=2) ഒരു ഇലക്ട്രോണിനെ എത്തിക്കുന്നതിന് ആവശ്യമായ ഊർജ്ജത്തെ ഒന്നാമത്തെ ഉത്തേജിത ഊർജ്ജം എന്നു പറയുന്നു.

ഒരു ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്

$E_I = E_2 - E_1 = -3.4\ eV - (-13.6\ eV) = 10.2\ eV$

ഇതുപോലെ ഒരു ഇലക്ട്രോൺ താഴ്ന്ന നിലയിൽ (n = 1) നിന്ന് രണ്ടാമത്തെ ഉത്തേജിത അവസ്ഥയിലോട്ട് (n = 3) ചെല്ലുമ്പോൾ ആവശ്യമായ ഉത്തേജിത ഊർജ്ജത്തെ രണ്ടാമത്തെ ഉത്തേജിത ഊർജ്ജം എന്നു പറയുന്നു

$E_{II} = E_3 - E_1 = -1.51\ eV - (-13.6\ eV) = 12.1\ eV$

മുതലായവ.

ഉത്തേജിത പൊട്ടൻഷ്യൽ എന്നത് യൂണിറ്റ് ചാർജ്ജിനുള്ള ഉത്തേജിത ഊർജ്ജമാകുന്നു

ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റത്തിൽ ആദ്യത്തെ ഉത്തേജിത ഊർജ്ജം എന്നത്,

$$E_I = eV_I$$

ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റത്തിൽ ആദ്യത്തെ ഉത്തേജിത പൊട്ടൻഷ്യൽ എന്നത്,

$$V_I = \frac{1}{e}E_I = 10.2 \text{ വോൾട്ട്}$$

ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റത്തിൽ രണ്ടാമത്തെ ഉത്തേജിത പൊട്ടൻഷ്യൽ എന്നത്,

$$V_{II} = \frac{1}{e}E_{II} = 12.1 \text{ വോൾട്ട് മുതലായവ.}$$

അയോണീകരണ ഊർജ്ജവും അയോണീകരണ പൊട്ടൻഷ്യലും

ഒരു അണുവിൽ നിന്നും ഒരു ഇലക്ട്രോണിനെ മുഴുവനായിട്ട് മാറ്റിയാൽ ആ അണു അയോണീകരിക്കപ്പെട്ടു എന്നു പറയുന്നു. അതായത് അത് $E_{n\to\infty}$. എന്ന ഊർജ്ജ നിലയിൽ എത്തിച്ചേരുന്നു എന്നർത്ഥം. താഴ്ന്ന നിലയിലുള്ള ഒരു അണുവിൽ നിന്നും ഒരു ഇലക്ട്രോണിനെ വേർപെടുത്താൻ ആവശ്യമായ ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ ഊർജ്ജം അയോണീകരണ ഊർജ്ജം എന്നു പറയുന്നു.

$$E_{\text{അയോണീകരണം}} = E_\infty - E_1 = 0 - (-13.6 eV)$$
$$= 13.6 eV$$

ഒരു ഇലക്ട്രോൺ ഒരു അണുവിൽ n സ്റ്റേറ്റിൽ ഇരിക്കുകയാണെങ്കിൽ ആ നിലയിൽ നിന്ന് ഒരു ഇലക്ട്രോണിനെ അകറ്റുവാനായി ചെലവാകുന്ന ഊർജ്ജം അതായത് അതിന്റെ അയോണികരണ ഊർജ്ജം എന്നത്

$$E_{\text{അയോണീകരണം}} = E_\infty - E_n = 0 - \left(-\frac{13.6}{n^2}Z^2\ eV\right)$$
$$= \frac{13.6}{n^2}Z^2\ eV$$

സാധാരണ താപനിലയിൽ ഹൈഡ്രജൻ അണുവിൽ (Z=1) ഉള്ള ഇലക്ട്രോൺ കൂടുതൽ സമയവും അതിന്റെ സ്വാഭാവിക നിലയിലായിരി

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 158 2/14/2023 5:42:24 PM

പട്ടിക 9.1

ഭൗതിക അളവ്	താഴ്ന്ന നില	ഒന്നാമത്തെ ഉത്തേജിതാവസ്ഥ	രണ്ടാമത്തെ ഉത്തേജിതാവസ്ഥ
വ്യാസ്യാർദ്ധം ($r_n \propto n^2$)	0.529 Å	2.116 Å	4.761 Å
പ്രവേഗം ($v_n \propto n^{-1}$)	$2.19 \times 10^6\ m\,s^{-1}$	$1.095 \times 10^6\ m\,s^{-1}$	$0.73 \times 10^6\ m\,s^{-1}$
ആകെ ഊർജ്ജം ($E_n \propto n^{-2}$)	–13.6 *e*V	–3.4 *e*V	–1.51 *e*V

ക്കും. ചെലവഴിക്കുക. ഒരു അണുവിന്റെ ഇലക്ട്രോണിനെ അതിന്റെ സ്വാഭാവിക നിലയിൽ നിന്നും അകറ്റുവാനായി ചെലവാകുന്ന ഊർജ്ജത്തിന്റെ അളവിനെ ***(E = 0 n→∞)*** ആദ്യത്തെ അയോണികരണ ഊർജ്ജം **(13.6 *e*V).** എങ്കിൽ ആ ഹൈഡ്രജൻ അണുവിനെ അയോണികരിക്കപ്പെട്ട നിലയിലാണ് അല്ലെങ്കിൽ ഹൈഡ്രജൻ അയോണാണ് എന്ന് പറയുന്നു. ഇതിനെ H^+. എന്നെഴുതാം. അയോണികരണ ഊർജ്ജത്തെക്കാളും കൂടുതൽ ഊർജ്ജം കൊടുക്കുകയാണെങ്കിൽ, കൂടുതലായിട്ടുള്ള ഊർജ്ജം ഇലക്ട്രോണിന്റെ ഗതികോർജ്ജമായിട്ട് മാറുന്നു.

അയോണികരണ പൊട്ടൻഷ്യൽ എന്നത് യൂണിറ്റ് ചാർജ്ജിലുള്ള അയോണീകരണ ഊർജ്ജമാകുന്നു.

$$V_{\text{അയോണീകരണം}} = \frac{1}{e} E_{\text{അയോണീകരണം}} = \frac{13.6}{n^2} Z^2\, V$$

ഇങ്ങനെ ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ (Z=1), അയോണികരണ പൊട്ടൻഷ്യൻ എന്നത്

$$V = \frac{13.6}{n^2} \text{ വോൾട്ട്}$$

ടേബിൾ 9.1 ൽ സ്വാഭാവിക നില ഒന്നാമത്തെ ഉത്തേജിതാവസ്ഥ, രണ്ടാമത്തെ ഉത്തേജിതാവസ്ഥ എന്നിവയിലുള്ള വ്യാസ്യാർദ്ധം, പ്രവേഗം കൂടാതെ ആകെ ഊർജ്ജം എന്നിവ പട്ടികയാക്കിയിട്ടുണ്ട്.

ഉദാഹരണം 9.5

ഒരു പക്ഷേ ഹൈഡ്രജൻ പോലുള്ള ഒരു അണുവിന്റെ ഊർജ്ജത്തെ $E_n = -\frac{54.4}{n^2}\ eV$ ഇവിടെ $n \in \mathbb{N}$ എങ്കിൽ താഴെ പറഞ്ഞവ കണക്കാക്കുക:

(a) ഈ ആറ്റത്തിന്റെ ഊർജ്ജ നിലകളെ അടയാളപ്പെടുത്തി അതിന്റെ അണുസംഖ്യ കണക്കാക്കുക.

(b) അണു താഴ്ന്ന നിലയിൽ ഇരിക്കുകയാണെങ്കിൽ അതിന്റെ ആദ്യത്തെ ഉത്തേജിത പൊട്ടൻഷ്യൽ കൂടാതെ അയോണീകരണ പൊട്ടൻഷ്യൽ എന്നിവ കണക്കാക്കുക.

(c) 42 *e*V ഇലക്ട്രോൺ വോൾട്ട് ഊർജ്ജം ഉള്ള ഒരു ഫോട്ടോൺ കൂടാതെ 56 *e*V വോൾട്ട് ഊർജ്ജമുള്ള വേറൊരു ഫോട്ടോൺ എന്നിവ ഈ അണുവുമായിട്ട് കൂട്ടിമുട്ടുന്നു എന്നിരിക്കട്ടെ എങ്കിൽ അണു ഈ ഫ്രോട്ടോണുകളെ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നുണ്ടോ?

(d) ആദ്യത്തെ ബോർ ഓർബിറ്റിന്റെ വ്യാസ്യാർദ്ധം കണക്കാക്കുക.

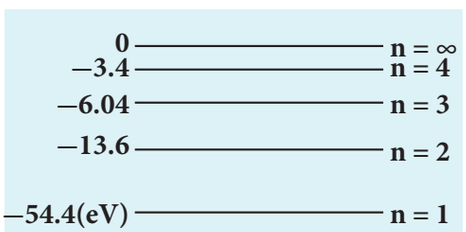
(e) താഴ്ന്ന നിലയിൽ അതിന്റെ സ്ഥിതികോർജ്ജവും ഗതികോർജ്ജവും കണ്ടുപിടിക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

(a) $E_n = -\frac{54.4}{n^2}\ eV$ എന്ന് തന്നിട്ടുണ്ട്

n = 1, ആയിരിക്കുമ്പോൾ ഗ്രൗണ്ട് സ്റ്റേറ്റ് ഊർജ്ജം $E_1 = -54.4\ eV$ $n = 2$, ആയിരിക്കുമ്പോൾ $E_2 = -13.6\ eV$. ഇതുപോലെ, $E_3 = -6.04\ eV$, $E_4 = -3.4\ eV$ തുടങ്ങിയവ.

വളരെ വലിയ പ്രിൻസിപ്പൽ ക്വാണ്ടം സംഖ്യകൾക്ക് അതായത്, $n = \infty$, $E_\infty = 0\ eV$ എന്നു കിട്ടും.



(b) ഹൈഡ്രജൻ പോലുള്ള അണുവിന്

$$E_1 = -\frac{13.6}{n^2} Z^2\ eV$$

ഇവിടെ Z എന്നത് അണുസംഖ്യ ആയതിനാൽ ഈ ഊർജ്ജത്തെ തന്നിട്ടുള്ള ഊർജ്ജവുമായിട്ട് താരതമ്യം ചെയ്യുകയാണെങ്കിൽ $-13.6\ Z^2 = -54.4 \Rightarrow Z = \pm 2$. എന്നു കിട്ടും. അണുസംഖ്യ എന്നത് ഒരു നെഗറ്റീവ് സംഖ്യ അല്ലാത്തതിനാൽ, $Z = 2$.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 159 2/14/2023 5:42:25 PM

ഒന്നാമത്തെ ഉത്തേജിത ഊർജ്ജം എന്നത്

$$E_I = E_2 - E_1 = -13.6eV - (-54.4eV)$$
$$= 40.8eV$$

ആയതിനാൽ ഒന്നാമത്തെ ഉത്തേജിത പൊട്ടൻഷ്യൽ എന്നത്

$$V_I = \frac{1}{e}E_I = \frac{(40.8eV)}{e}$$
$$= 40.8 \text{ വോൾട്ട്}$$

ആദ്യത്തെ അയോണീകരണ ഊർജ്ജം എന്നത്

$$E_{\text{അയോണീകരണം}} = E_\infty - E_1 = 0 - (-54.4eV)$$
$$= 54.4eV$$

ആയതിനാൽ ആദ്യത്തെ അയോണീകരണ പൊട്ടൻഷ്യൽ എന്നത്

$$V_{\text{അയോണീകരണം}} = \frac{1}{e}E_{\text{അയോണീകരണം}} = \frac{(54.4eV)}{e}$$
$$= 54.4 \text{ വോൾട്ട്}$$

(c) A കൂടാതെ B എന്നീ പ്രോട്ടോണുകളെ കണക്കാക്കാം. A യുടെ ഊർജ്ജം 42 eV എന്നും B എന്ന ഫോട്ടോണിന്റെ ഊർജ്ജം 51 eV എന്നും തന്നിട്ടുണ്ട് ബോറിന്റെ അനുമാനത്തിൽ ഊർജ്ജ നിലകളുടെ വ്യത്യാസം എന്നത് ഫോട്ടോണിന്റെ ഊർജ്ജമാകുന്നു. അങ്ങനെയാണെങ്കിൽ അണുഊർജ്ജത്തെ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. മറിച്ചാണെങ്കിൽ ഇല്ല.

$$E_2 - E_1 = -13.6eV - (-54.4eV)$$
$$= 40.8eV \approx 41eV$$

ഇതുപോലെ,

$$E_3 - E_1 = -6.04eV - (-54.4eV)$$
$$= 48.36eV$$

$$E_4 - E_1 = -3.4eV - (-54.4eV)$$
$$= 51eV$$

$$E_3 - E_2 = -6.04eV - (-13.6eV)$$
$$= 7.56eV$$

മുതലായവ.

എന്നാൽ $E_2 - E_1 \neq 42$ eV, $E_3 - E_1 \neq 42$ eV, $E_4 - E_1 \neq 42$ eV കൂടാതെ $E_3 - E_2 \neq 42$ eV.

എന്നത് ശ്രദ്ധേയമാണ്. എല്ലാ സാധ്യതകൾക്കും ഊർജ്ജ വ്യത്യാസം എന്നത് ഫോട്ടോണിന്റെ ഊർജ്ജത്തിന്റെ പൂർണ്ണസംഖ്യ മടങ്ങല്ല. ആയതിനാൽ ഈ ആറ്റം ഫോട്ടാൺ A എന്നതിനെ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നില്ല. എന്നാൽ ഫോട്ടോൺ B യ്ക്ക്, $E_4 - E_1 = 51$ eV, അതായത് E ആറ്റം ഫോട്ടാൺ B യെ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു എന്നതാണ്.

(d) ബോർ ഓർബിറ്റിന്റെ വ്യാസ്യാർദ്ധം $r_n = \frac{a_0 \times n^2}{z}$

$n = 1, z = 2$

$$r_1 = \frac{a_0}{2}$$
$$= \frac{0.529}{2}$$
$$= 0.265 \text{ Å}$$

(e) ബോർ അണുമാതൃകയിൽ ആകെ ഊർജ്ജം എന്നത് ഗതികോർജ്ജത്തിന്റെ നെഗറ്റീവ് ആയതിനാൽ

$$KE_n = -E_n = -\left(-\frac{54.4}{n^2}eV\right)$$
$$= \frac{54.4}{n^2}eV$$

സ്ഥിതികോർജ്ജം എന്നത് രണ്ടു മടങ്ങ് ഗതികോർജ്ജത്തിന്റെ നെഗറ്റീവ് വില അതായത്,

$$U_n = -2KE_n = -2\left(\frac{54.4}{n^2}eV\right)$$
$$= -\frac{108.8}{n^2}eV$$

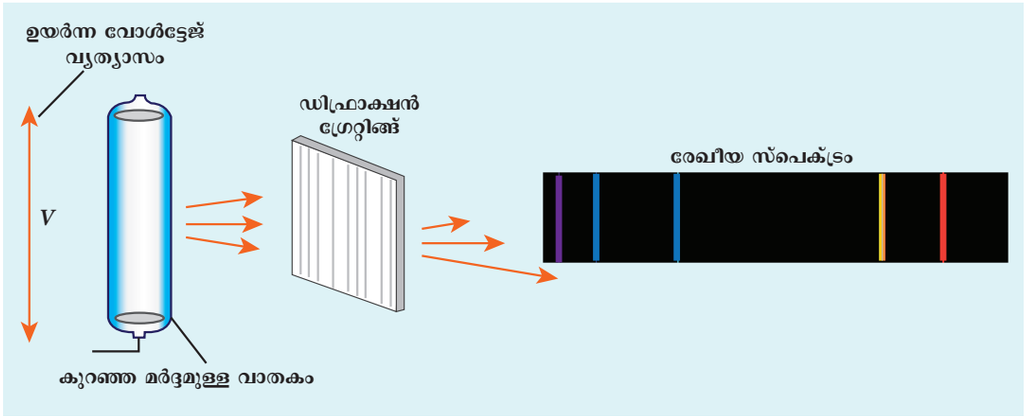
സ്വാഭാവിക അവസ്ഥയിൽ n =1 എന്ന് ഇടുകയാണെങ്കിൽ ഗതികോർജ്ജം എന്നത് KE_1 = 54.4 eV , സ്ഥിതികോർജ്ജം U_1 = –108.8 eV

9.3.4 അണുസ്പെക്ട്രം

ഹര, ദ്രാവക കൂടാതെ വാതക അവസ്ഥയിലുള്ള വസ്തുക്കളെ ചൂടാക്കുകയാണെങ്കിൽ അവ വൈദ്യുത കാന്തിക വികിരണങ്ങളെ ഉൽസർജിക്കുന്നു. ഇങ്ങനെ ഉൽസർജിക്കപ്പെട്ട കിരണങ്ങൾ സാധാരണയായി തുടർച്ചയായ സ്പെക്ട്രത്തിൽപ്പെട്ടവയായിരിക്കും. ഉദാഹരണത്തിന്. ധവള പ്രകാശത്തെ ഒരു സ്പെക്ട്രോമീറ്റർ വഴി നിരീക്ഷിക്കുകയാണെങ്കിൽ എല്ലാ തരംഗദൈർഘ്യങ്ങളോടും കൂടിയ വിദ്യുത് കാന്തിക കിരണങ്ങളെ നിരീക്ഷിക്കാൻ സാധിക്കും. ഇതൊരു തുടർച്ചയായ സ്പെക്ട്രമാണ്.

20 ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ തുടക്കക്കാലത്ത് ധാരാളം ശാസ്ത്രജ്ഞൻമാർ കൂടുതൽ സമയവും വിദ്യുത് ഡിസ്ചാർജ്ജിലോ അല്ലെങ്കിൽ ജ്വാലയിലോ വച്ചിട്ടുള്ള തനി മൂലകങ്ങളുടെ അണുക്കളിൽ നിന്ന് ഉൽസർജ്ജിക്കുന്ന വികിരണങ്ങളുടെ സ്വഭാവത്തെപ്പറ്റി മനസ്സിലാക്കാനാണ് ചെലവഴിച്ചിരുന്നത്. ആ വികിരണങ്ങളെ കാണുകയോ അല്ലെങ്കിൽ അതിന്റെ ഛായാചിത്രത്തെ കാണുകയാണെങ്കിൽ അതിൽ തുടർച്ച

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 160 2/14/2023 5:42:28 PM



ചിത്രം 9.21 അണുവിന്റെ വർണ്ണരാജി

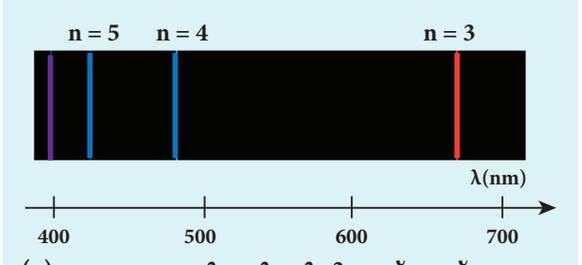
യായസ്പെക്ട്രത്തിനുപകരംവ്യതിരിക്തങ്ങളായവരികൾ കാണപ്പെട്ടു. ഓരോന്നും സവിശേഷതകളോടുകൂടിയ തരംഗദൈർഘ്യത ഉള്ളതായി കാണപ്പെട്ടു. മറ്റൊരു രീതിയിൽ പറഞ്ഞാൽ പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യങ്ങൾ എല്ലാം നന്നായി നിർവചിച്ചിരിക്കുന്നവയും കൂടാതെഅതിന്റെ അവസ്ഥ തീവ്രത ഇതെല്ലാം ആ മൂലകത്തിന്റെ സവിശേഷതകളായിട്ട് ചിത്രം 9.21 ൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്.

ഇത്ധനിപ്പിക്കുന്നത്സ്പെക്ട്രങ്ങളെല്ലാംഓരോ മൂലകത്തിനും അദ്വിതീയമാണ് എന്നതും അതുമാത്രമല്ല ഇത് ഉപയോഗിച്ച് വാതകത്തിന്റെ മൂലകങ്ങളെ നമുക്ക് തിരിച്ചറിയാനും സാധിക്കും. (വിരലടയാളത്തിൽനിന്നുംഒരുവ്യക്തിയെതിരിച്ചറിയാൻസാധിക്കുന്നതു പോലെ) അതായത് അതു ഒരു വാതകത്തിനും മറ്റൊരു വാതകത്തിനും വ്യത്യസ്തമാകുന്നു. ഇങ്ങനെ മൂലകങ്ങളുടെ രേഖീയ സ്പെക്ട്രയിൽ ഉണ്ടാകുന്ന അദ്വിതീനത ശാസ്ത്രജ്ഞൻമാർക്ക് നക്ഷത്രങ്ങൾസൂര്യൻഎന്നിവയുടെഘടനയെക്കുറിച്ചും കൂടാതെ അറിഞ്ഞു കൂടാത്ത സംയുക്തങ്ങളെ കുറിച്ചും കണ്ടുപിടിക്കാൻ സഹായിച്ചു.

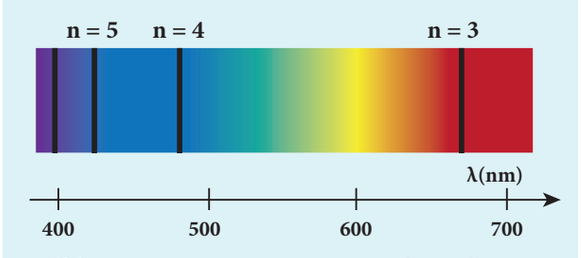
ഹൈഡ്രജൻ സ്പെക്ട്രം

ഒരു കുഴലിലടച്ചഹൈഡ്രജൻവാതകത്തെ ചൂടാക്കുകയാണെങ്കിൽ അതിൽ നിന്ന് ചില വ്യക്തമായ നിശ്ചിത സവിശേഷതയുള്ള തരംഗദൈർഘ്യത്തോടു കൂടിയ ഹൈഡ്രജൻ ഉൽസർജിത സ്പെക്ട്രംഎന്ന് അറിയപ്പെടുന്ന വിദ്യുത കാന്തിക വികിരണങ്ങൾ അതിൽ നിന്നും ഉൽസർജ്ജിക്കപ്പെടുന്നു. (+2 ഭൗതിക ശാസ്ത്ര പാഠപുസ്തകത്തിൽ വാല്യം 1 ൽ 5 വിശകലനം ചെയ്യുക) ഹൈഡ്രജന്റെ ഉൽസർജിത സ്പെക്ട്ര ചിത്രം 9.22(a) ൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്.

ഏതൊരു വാതകത്തെയും ചൂടാക്കുകയാണെങ്കിൽ അതിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളെ ഉത്തേജിതം ചെയ്യാനായിട്ട് താപോർജ്ജം കൊടുക്കപ്പെടുന്നു. അതുപോലെഅണുക്കളിൽപ്രകാശംകടത്തിവിടുകയാണെങ്കിൽ അതിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉത്തേജിതാവസ്ഥ യിലോട്ട് പോകുന്നു. ബോറിന്റെ സിദ്ധാന്തം (c), അനുസരിച്ച് ഒരിക്കൽ ഒരു ഇലക്ട്രോണിന് ആവശ്യമായ ഊർജ്ജം കിട്ടുകയാണെങ്കിൽ അത് ഒരു പ്രത്യേകതരംഗദൈർഘ്യം (ആവൃത്തി) ഉള്ള ഊർജ്ജത്തെ ആഗിരണം ചെയ്ത് അതിന്റെ നിശ്ചല നിലയിൽ നിന്നും ഉയർന്ന ഊർജ്ജ നിലയിലേയ്ക്ക് ചാടുന്നു. അങ്ങനെ തരംഗദൈർഘ്യങ്ങൾ (അല്ലെങ്കിൽ) നിരീക്ഷിക്കപ്പെടാത്ത നിറങ്ങൾ കറുത്ത വരികളായിട്ട് ആഗിരണ സ്പെക്ട്രത്തിൽ ചിത്രം 9.22 (b) ൽ കാണിക്കുന്നു.



(a) ഹൈഡ്രജന്റെ ഉൽസർജിത സ്പെക്ട്രം (തരംഗദൈർഘ്യത്തിൽ)



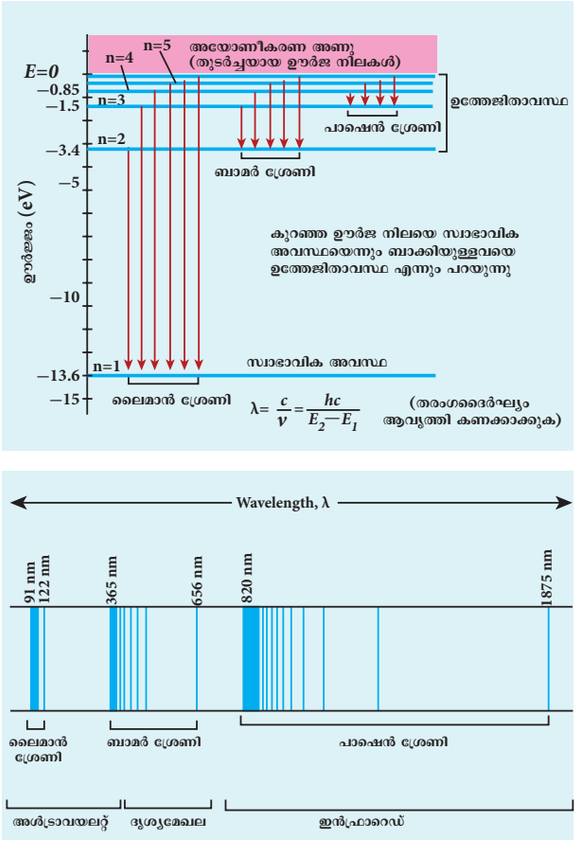
(b) ഹൈഡ്രജന്റെ ആഗിരണ സ്പെക്ട്രം (തരംഗദൈർഘ്യത്തിൽ)

ചിത്രം 9.22 ഹൈഡ്രജൻ സ്പെക്ട്രം
(a) ഉൽസർജനം (b) ആഗിരണം

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 161 2/14/2023 5:42:29 PM

ഉത്തേജിതാവസ്ഥയിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് വളരെ ചെറിയ ആയുസ്സു മാത്രം ഉള്ളതിനാൽ ഇവ വളരെ കുറച്ച് സമയം കൊണ്ട് സ്വയമേ ഉള്ള വികിരണം കാരണം സ്വാഭാവിക അവസ്ഥയിലോട്ട് വരുന്നു. (ഏകദേശം 10^{-8} s കൊണ്ട്) അപ്പോൾ അത് അതിന്റെ നിറം അനുസരിച്ചുള്ള തരംഗദൈർഘ്യത്തിൽ (ആവൃത്തി അനുസരിച്ചുള്ള) വികിരണങ്ങളെ ഉൽസർജിക്കുന്നു. (ചിത്രം 9.22 (a)). ഇതിനെയാണ് ഉൽസർജിത സ്പെക്ട്രോ സ്കോപ്പി എന്നു പറയുന്നത്.

ഈ വരികളുടെ തരംഗദൈർഘ്യങ്ങൾ വളരെ കൃത്യതയോടു കൂടി കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടു. കൂടാതെ ഉൽസർജിത വികിരണങ്ങൾ കുറഞ്ഞതോ കൂടിയതോ ആയ തരംഗദൈർഘ്യങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം 9.23 സ്പെക്ട്രൽ ശ്രേണികൾ ലൈമാൻ, ബാമർ, പാഷെൻ ശ്രേണി

ചിത്രം 9.23 ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ള ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ സ്പെക്ട്രൽ വരികൾ പ്രത്യേകമായിട്ട് ശ്രേണികളായി തരം തിരിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഓരോ സീരിസിലും അവയുടെ അടുത്തടുത്തുള്ള തരംഗദൈർഘ്യങ്ങളുടെ അകലം കൂടുതൽ തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള വരികളിൽ നിന്നും കുറഞ്ഞ തരംഗ ദൈർഘ്യമുള്ള വരികളിലോട്ട് വരുമ്പോൾ കുറയുന്നു. ഇതു മാത്രമല്ല ഓരോ ശ്രേണിയുടെയും തരംഗദൈർഘ്യങ്ങൾ ഒരു പരിധി മൂല്യത്തോട് അടുക്കുമ്പോൾ അതിനെ ശ്രേണി പരിധി എന്നു പറയുന്നു. ഈ ശ്രേണി പരിധികൾ ലൈമാൻ ശ്രേണി, ബാമർ ശ്രേണി, പാഷെൻ ശ്രേണി ബ്രാക്കറ്റ് ശ്രേണി, ഫണ്ട് ശ്രേണി എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു. ഈസ്പെക്ട്രൽ രേഖകളുടെ തരംഗദൈർഘ്യം ബോർ അണുമാതൃകയിൽ നിർവചിച്ച സമവാക്യത്തോട് പൂർണ്ണ സാമ്യമുള്ളതായി കാണപ്പെടുന്നു.

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right) = \bar{\nu} \qquad (9.18)$$

$\bar{\nu}$ എന്നത് തരംഗസംഖ്യ ഇത് തരംഗദൈർഘ്യത്തിന്റെ വിൽക്രമ സംഖ്യയാണ്, R എന്നത് റിഡ്ബർഗ് സ്ഥിരാങ്കമാണ്. ഇതിന്റെ വില $1.09737 \times 10^7\ \mathrm{m}^{-1}$, m, n എന്നത് പോസിറ്റീവ് സംഖ്യകളാണ് കൂടാതെ $m > n$. പല തരത്തിലുള്ള സ്പെക്ട്രൽ ശ്രേണിയെ കുറിച്ച് താഴെ പ്രതിപാദിക്കുന്നു:

(a) ലൈമാൻ ശ്രേണി

$n = 1$ കൂടാതെ $m = 2,3,4.....$ സമവാക്യം (9.18), ൽ പ്രസ്താവിക്കുകയാണെങ്കിൽ ലൈമാൻ ശ്രേണിയുടെ സ്പെക്ട്രൽ വരികളുടെ തരംഗസംഖ്യ അല്ലെങ്കിൽ തരംഗദൈർഘ്യം അൾട്രാവയലറ്റ് മേഖലയിൽ ആയിരിക്കും,

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

(b) ബാമർ ശ്രേണി

$n=2$ കൂടാതെ $m=3,4,5.....$ സമവാക്യം (9.18), എന്ന് ഇടുകയാണെങ്കിൽ ബാമർ ശ്രേണിയുടെ സ്പെക്ട്രൽ വരികളുടെ തരംഗസംഖ്യ അല്ലെങ്കിൽ തരംഗദൈർഘ്യം ദൃശ്യമേഖലയിൽ ആയിരിക്കും

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

(c) പാഷെൻ ശ്രേണി

$n=3$ കൂടാതെ $m=4,5,6.....$ എന്ന് സമവാക്യം (9.18). ൽ ഇടുകയാണെങ്കിൽ പാഷൻ ശ്രേണിയുടെ സ്പെക്ട്രൽ വരികളുടെ തരംഗ സംഖ്യ അല്ലെങ്കിൽ തരംഗ ദൈർഘ്യം ഇൻഫ്രാറെഡ് മേഖലയിലാണ്

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

(d) ബ്രാക്കറ്റ് ശ്രേണി

$n=4$ കൂടാതെ $m=5,6,7....$ സമവാക്യം (9.18), ൽ ഇടുകയാണെങ്കിൽ, ബ്രാക്കറ്റ് ശ്രേണിയുടെ സ്പെ

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 162 2/14/2023 5:42:30 PM

ക്ട്രൽ വരികളുടെ തരംഗ സംഖ്യ അല്ലെങ്കിൽ തരംഗദൈർഘ്യം ഇൻഫ്രാറെഡ് മേഖലയിലാണ് ,

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

(e) ഫണ്ട് ശ്രേണി

$n = 5$ കൂടാതെ $m = 6,7,8.....$സമവാക്യം(9.18), ൽ ഇടുകയാണെങ്കിൽ ഫണ്ട് ശ്രേണിയിലുള്ള സ്പെക്ട്രൽ വരികളുടെ തരംഗ സംഖ്യ അല്ലെങ്കിൽ തരംഗ ദൈർഘ്യം ഇൻഫ്രാറെഡ് മേഖലയിലാണ്,

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

മുകളിൽ പറഞ്ഞിട്ടുള്ള സ്പെക്ട്രൽ വരികൾ പട്ടിക 9.2 ൽ നൽകിയിട്ടുണ്ട്.

പട്ടിക 9.2

n	m	വരിയുടെ പേര്	വിദ്യുകാന്തിക വിഭാഗം
1	2,3,4...	ലൈമൻ	അൽട്രാ വയലറ്റ് മേഖല
2	3,4,5...	ബാമർ	ദൃശ്യമേഖല
3	4,5,6...	പാഷെൻ	ഇൻഫ്രാറെഡ് മേഖല
4	5,6,7...	ബ്രാക്കറ്റ്	ഇൻഫ്രാറെഡ് മേഖല
5	6,7,8...	ഫണ്ട്	ഇൻഫ്രാറെഡ് മേഖല

ബോർ അണു മാതൃകയുടെ അപാകതകൾ

ബോർഅണുമാതൃകയുടെഅപാകതകൾതാഴെപ്പറഞ്ഞിട്ടുള്ളവയാണ്

(a) ഹൈഡ്രജനോ അല്ലെങ്കിൽ അതുപോലെയുള്ള അണുക്കൾക്കോ മാത്രമേ ബോർ അണുമാതൃക അനുയോജ്യമാകുകയുള്ളു. ബാക്കി സങ്കീർണ്ണമായ അണുക്കൾക്കു ഇതു അനുയോജ്യമല്ല.

(b) ഹൈഡ്രജൻ സ്പെക്ട്രൽ വരികളെ ശ്രദ്ധിക്കുകയാണെങ്കിൽ ഓരോ വരിയും പല മങ്ങലായ വരികളാലായതെന്ന് കാണാൻ സാധിക്കും. ഇതിനെ മികച്ച ഘടനാ വരികൾ എന്നു പറയുന്നു. ബോർ മാതൃക ഇതിനു വിശദീകരണം തരുന്നില്ല.

(c) സ്പെക്ട്രൽ വരികളുടെ തീവ്രതയിൽ ഉണ്ടാകുന്ന മാറ്റങ്ങളെ കുറിച്ച് ബോർ അണു മാതൃക വിശദീകരിക്കുന്നില്ല.

(d) അണുക്കളിൽ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ വ്യാപനത്തെക്കുറിച്ച് ബോർ അണുമാതൃക പൂർണ്ണമായും വിശദീകരിക്കുന്നില്ല.

9.4 അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ

ആമുഖം

മുൻപുള്ള വിഭാഗത്തിൽ പല ആരംഭഘട്ട അണുമാതൃകകൾ റൂഥർഫോർഡ് ആൽഫാ കണങ്ങളുടെ വിസരണ പരീക്ഷണം കൂടാതെ ബോർ അണുമാതൃക എന്നിവ കുറിച്ച് നാം പഠിച്ചു. അണുവിനെ കുറിച്ചും, അണുകേന്ദ്രത്തെ കുറിച്ചും അതിന്റെ ഘടനയെക്കുറിച്ചും മനസ്സിലാക്കാൻ ഇതു വളരെ സഹായിച്ചു. ഈ വിഭാഗത്തിൽ അണു കേന്ദ്രത്തിന്റെ സ്വഭാവങ്ങൾ കൂടാതെഅതിന്റെ പിരിവുകൾ എന്നിവയെപ്പറ്റി വിശദീകരിച്ചിട്ടുണ്ട്.

9.4.1 അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ഘടന

അണുവിൽ അണുകേന്ദ്രവും അതിനെ ചുറ്റി ഇലക്ട്രോണുകളും ഉണ്ട്. അണുകേന്ദ്രത്തിൽ പ്രോട്ടോണുകളും ന്യൂട്രോണുകളും ഉണ്ട്. ന്യൂട്രോണുകൾ ന്യൂട്രൽ ചാർജ്ജ് ഉള്ളവയാണ്. $(q = 0)$ പ്രോട്ടോണുകൾ ധനചാർജ്ജ് ഉള്ളവയുമാണ് $(q = +e)$ അതിന്റെ ചാർജ്ജ് ഇലക്ട്രോണിന്റെ ചാർജ്ജിനു $(q = -e)$. തുല്യതയുള്ളതാണ് അണുകേന്ദ്രത്തിലുള്ള പ്രോട്ടോണുകളുടെ സംഖ്യ അണുസംഖ്യ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഇതിനെ Z. എന്ന ചിഹ്നത്താൽ എഴുതാം. അണു കേന്ദ്രത്തിലുള്ള ന്യൂട്രോണുകളുടെ സംഖ്യ (N). എന്നു കുറിക്കപ്പെടുന്നു. അണുകേന്ദ്രത്തിലുള്ള ന്യൂട്രോണുകൾ കൂടാതെ പ്രോട്ടോണുകൾ എന്നിവയുടെ ആകെത്തുക അണു ഭാരം എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഇതിനെ A. എന്നു കുറിക്കാം. ആയതു കൊണ്ട്, $A = Z+N$.

അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ രണ്ട് ഘടകങ്ങളായ ന്യൂട്രോണുകളും പ്രോട്ടോണുകളും ചേർന്ന് ന്യൂക്ലിയാണുകൾ എന്നു അറിയപ്പെടുന്നു. ഒരു പ്രോട്ടോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനം 1.6726×10^{-27} kg ആകുന്നു. ഇതു ഇലക്ട്രോണിന്റെദ്രവ്യമാനത്തെപ്പോലെഏകദേശം 1836 മടങ്ങാണ് ന്യൂട്രോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനം, പ്രോട്ടോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനത്തെക്കാളും കുറച്ച് കൂടുതലാണ് അതായത് അതിന്റെ ദ്രവ്യമാനം 1.6749×10^{-27} kg.

ഒരുമൂലകത്തിന്റെഅണുകേന്ദ്രത്തിനെവ്യക്തമാകുന്നതിനു താഴെപ്പറഞ്ഞിട്ടുള്ള നോട്ടേഷൻസ് ഉപയോഗപ്പെടുത്താം

$${}^{A}_{Z}X$$

ഇവിടെ X എന്നത് മൂലകത്തിന്റെ രാസ ചിഹ്നം A എന്നത് അണു ഭാരം കൂടാതെ Z എന്നത് അണു സംഖ്യ ഉദാഹരണമായി നൈഡ്രജൻ അണു കേന്ദ്ര

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 163 2/14/2023 5:42:32 PM

ത്തിനെ ${}^{15}_{7}N$ എന്നു കുറിക്കുന്നു. ഇത് നൈട്രജൻ അണുകേന്ദ്രത്തിൽ 15 ന്യൂക്ലിയാണുകൾ ഉണ്ട് എന്നതിനെപ്രതിപാദിക്കുന്നു. ഇതിൽ7 പ്രോട്ടോണുകൾ $(Z=7)$, 8 ന്യൂട്രോണുകൾ $(N=A-Z=8)$. ഉണ്ട്. ചില സമയത്ത് Zന്റെ വില അറിയാവുന്ന മൂലകത്തിനു താഴെയുള്ള സബ്സ്ക്രിപ്റ്റ് Z എന്നത് എഴുതാതെ വിട്ടുകളയുന്നു. ഉദാഹരണമായി നൈട്രജൻ അണുകേന്ദ്രത്തിനെ ${}^{15}N$ എന്നെഴുതിയാൽ മതി.

അണുകേന്ദത്തിലെ ധനചാർജ്ജുള്ള പ്രോട്ടോണുകളും, ന്യൂട്രൽ ചാർജ്ജുള്ള ന്യൂട്രോണുകളും ഉള്ളതാൽ അതിന്റെ ആകെ ചാർജ്ജ് എന്നത് പോസിറ്റീവാണ്. $+Ze$. എന്നാൽ അണു ന്യൂട്രൽ ചാർജ്ജുള്ളവയാണ്. ആയതുകൊണ്ട് അണുവിന്റെ ഇലക്ട്രോണിന്റെ സംഖ്യ അണു കേന്ദ്രത്തിലുള്ള പ്രോട്ടോണിന്റെ സംഖ്യക്കു സമം.

9.4.2 ഐസോടോപ്പുകൾ, ഐസോബാറുകൾ കൂടാതെ ഐസോടോണുകൾ

ഐസോടോപ്പുകൾ:

പ്രകൃതിയിൽ ഒരു പ്രത്യേക മൂലകത്തിന്റെ അണുക്കൾ ഒരേ സംഖ്യയുള്ള പ്രോട്ടോണുകളെയും വ്യത്യസ്ത സംഖ്യയുള്ള ന്യൂട്രോണുകളോടും കൂടിയതാണെന്ന് നമുക്കറിയും. ഇവയെ നാം ഐസോടോപ്പുകൾ എന്നു പറയുന്നു. അതായത് ഒരേ അണു സംഖ്യയും **Z,** വ്യത്യസ്ത അണു ഭാരവും ***A***. ഉള്ള ഒരേ മൂലകത്തിന്റെ അണുക്കളെ ഐസോടോപ്പുകൾ എന്നു പറയുന്നു. ഉദാഹരണമായി ഹൈഡ്രജൻ അണുവിനു മൂന്ന് ഐസോടോപ്പുകൾ ഉണ്ട്. അവ ${}^{1}_{1}H$ (ഹൈഡ്രജൻ), ${}^{2}_{1}H$ (ഡ്യൂട്ടീരിയം) കൂടാതെ ${}^{3}_{1}H$ (ട്രിട്ടിയം) ഇവ എല്ലാത്തിലും ഒരേയൊരു പ്രോട്ടോൺ മാത്രമേയുള്ളൂ. ഹൈഡ്രജനിൽ ന്യൂട്രോൺ ഇല്ല, ഡ്യൂട്ടീരിയത്തിൽ ഒരു ന്യൂട്രോണും, ട്രിട്ടിയത്തിൽ രണ്ട് ന്യൂട്ടോണുകളുമുണ്ട്.

ഒരു പ്രത്യേക മൂലകത്തിൽ ഉള്ള ഐസോടോപ്പുകളുടെ സംഖ്യയും അവയുടെ അളവുകളും മൂലകങ്ങൾക്കു മൂലകം വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. ഉദാഹരണമായികാർബൺ അണുവിനു നാല് പ്രധാന ഐസോടോപ്പുകൾ ഉണ്ട്. : ${}^{11}_{6}C$, ${}^{12}_{6}C$, ${}^{13}_{6}C$, ${}^{14}_{6}C$. എന്നിരുന്നാലും പ്രകൃതിയിൽ ${}^{12}_{6}C$ ന്റെ അളവ്98.9%, ആയിട്ടും, ${}^{13}_{6}C$ ന്റെ അളവ് 1.1% ആയിട്ടും. ${}^{14}_{6}C$ ന്റെ അളവ് 0.0001%. ആയിട്ടുമുണ്ട് മറ്റ് ഐസോടോപ്പായ ${}^{11}_{6}C$, പ്രകൃതിയിൽ ഉണ്ടായതല്ല. പരീക്ഷണശാലകളിൽ അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ക്രിയകൾ കാരണമോ അല്ലെങ്കിൽ കോസ്മിക് കിരണങ്ങൾ കാരണമോ അതിനെ ഉൽപാദിപ്പിക്കാം.

അണു ഒന്നിന്റെ രാസഗുണങ്ങൾ അതിലുള്ള ഇലക്ട്രോൺ സംഖ്യകളെ മാത്രമാണ് ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നത് ഒരു മൂലകത്തിന്റെ ഐസോടോപ്പുകൾ ഒരേ ഇലക്ട്രോൺ ഘടനയുള്ളവ ആയതിനാൽ അവ ഒരേപോലുള്ള രാസഗുണങ്ങളുള്ളവയായിരിക്കുന്നു. ആയതിനാൽ ആവർത്തന പട്ടികയിൽ ഐസോടോപ്പുകൾ ഒരേ സ്ഥാനത്താണ് കാണപ്പെടുന്നത്.

ഐസോബാർകൾ:

ഐസോബാർകൾ ഒരേ പോലുള്ള അണു ഭാരവും ***A,*** വ്യത്യസ്ഥ അണു സംഖ്യയും ***Z***. ഉള്ള വ്യത്യസ്ഥ മൂലകങ്ങളുടെ അണുക്കളാണ് അതായത് അവ ഒരേ ന്യൂക്ലിയാൺ സംഖ്യയുള്ള വേറെ വേറെ രാസ മൂലകങ്ങളുടെ അണുക്കളാണ് ഉദാഹരണമായി ${}^{40}_{16}S$, ${}^{40}_{17}Cl$, ${}^{40}_{18}Ar$, ${}^{40}_{19}K$, ${}^{40}_{20}Ca$ എന്നിവ ഒരേ അണു ഭാരം 40 കൂടാതെ വ്യത്യസ്ഥ അണു സംഖ്യകളുമുള്ള ഐസോബാറുകളാണ്. ഐസോടോപ്പുകളെ പോലല്ലാതെ ഐസോബാറുകൾ വ്യത്യസ്ഥ മൂലകങ്ങളുടെ അണുക്കളാണ്. ആയതിനാൽ അവ വ്യത്യസ്ഥ ഭൗതീക, രാസ ഗുണങ്ങൾ ഉള്ളവയായിരിക്കും.

ഐസോടോണുകൾ:

ഒരേ സംഖ്യയിൽ ന്യൂട്രോണുകളുള്ള വ്യത്യസ്ഥ മൂലകങ്ങളുടെ അണുക്കളെ ഐസോടോണുകൾ എന്നു പറയുന്നു. ഉദാഹരണം ${}^{12}_{5}B$, ${}^{13}_{6}C$ ഇവയിൽ 7 ന്യൂട്രോണുകളുണ്ട്.

9.4.3 അണുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനവും അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനവും

SI മാത്രയിൽ എഴുതുമ്പോൾ അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനം വളരെ ചെറിയ മൂല്യമുള്ളതായി കാണുന്നു. (ഏകദേശം 10^{-25}kg അല്ലെങ്കിൽ അതിനെക്കാളും കുറവായിരിക്കും) ആയതിനാൽ അതിനെ എഴുതുമ്പോൾ അറ്റോമിക്ക് മാസ്സ് യൂണിറ്റ് എന്ന മാത്രഉപയോഗിക്കുന്നതു എളുപ്പമായിരിക്കും. ആറ്റോമിക മാസ്സ്യൂണിറ്റ് (u). എന്നത് പ്രകൃതിയിൽ കിട്ടുന്ന കാർബൺ ഐസോടോപ്പുകളിൽ കൂടുതലായിട്ട് കാണുന്ന (u) ഐസോടോപ്പിന്റെ ദ്രവ്യമാനത്തിൽ $(1/12)^{th}$ ൽ ഒരു ഭാഗമായിരിക്കും അതായതു

$$1\,u = \frac{{}^{12}_{6}C \text{ അണുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനം}}{12} = \frac{1.9926\times10^{-26}}{12}$$
$$= 1.660\times10^{-27}\,\text{kg}$$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 164 2/14/2023 5:42:42 PM

അറ്റോമിക് മാസ്സ് യൂണിറ്റിൽ ന്യൂട്രോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനം = 1.008665 u, പ്രോട്ടോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനം =1.007276u, ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനം = 1.007825 u കൂടാതെ ${}^{12}_{6}C = 12u$. പൊതുവായിട്ട് ദ്രവ്യമാനമെന്നത് അണുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനമാണ് അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനമല്ല ആയതിനാൽ ഒരു പ്രത്യേക അണു കേന്ദ്രത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനം കാണുന്നതിനു വേണ്ടി അതിന്റെ അണുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനത്തിൽ നിന്നും ഇലക്ട്രോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനത്തെ കുറയ്ക്കണം. അണുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനം കണ്ടറിയുവാനായിട്ട് ബെയിന്റ ബ്രിഡ്ജ് സ്പെക്ടോമീറ്റർ എന്ന ഉപകരണം ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു ഐസോടോപ്പുകളുടെ ഫലങ്ങളെ കണക്കിലെടുക്കാതെ ഒരു മൂലകത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനത്തെ നാം കണക്കാക്കുകയാണെങ്കിൽ അതിലുള്ള ഐസോടോപ്പുകളുടെ തോതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ കണ്ടിട്ടുള്ള ശരാശരി അറ്റോമിക് മാസ്സ് മാത്രമേ നമുക്ക് കിട്ടുകയുള്ളൂ.

ഉദാഹരണം 9.6

ക്ലോറിന്റെ പലതരം ഐസോടോപ്പുകൾക്കിടയിൽ വ്യത്യാസം ഇല്ലായെങ്കിൽ അവയുടെ ശരാശരി അണു ദ്രവ്യമാനത്തെ കണക്കാക്കുക?

നിർദ്ധാരണം

ക്ലോറിൻ മൂലകം എന്നത് 75.77% ${}^{35}_{17}Cl$ കൂടാതെ 24.23% ${}^{37}_{17}Cl$. എന്നിവയുടെ മിശ്രിതമാണ്. ആയതിനാൽ അതിന്റെ ശരാശരി അറ്റോമിക് മാസ്സ് എന്നത്

$$\frac{75.77}{100}\times 34.96885u + \frac{24.23}{100}\times 36.96593u$$
$$= 35.453u$$

ഒരു മൂലകത്തിന്റെ ഈ ശരാശരി അറ്റോമിക് മാസ് അല്ലെങ്കിൽ കെമിക്കൽ അറ്റോമിക് ദ്രവ്യമാനം (ക്ലോറിനു ഇതിന്റെ വില 35.453 u) ഈ വിലകളെയാണ് രസതന്ത്രജ്ഞൻമാർ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നത്. ആയതിനാൽ തന്നിട്ടുള്ള ദ്രവ്യമാന വിലകൾ, ഇങ്ങനെ കണക്കാക്കിയിട്ടുള്ള ശരാശരി അണുദ്രവ്യമാന വിലകളാണ് എന്നതറിയണം.

9.4.4 അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ വ്യാപ്തിയും അതിന്റെ സാന്ദ്രതയും

ആൽഫാ കണങ്ങളുടെ വിസരണ പരീക്ഷണം ഉൾപ്പെടെ പലരീതിയിലുള്ള പരീക്ഷണങ്ങളെ ഉപയോഗിച്ച് പല പരീക്ഷണങ്ങളും നടത്തിയിട്ടുണ്ട്. അവയിൽ നിന്ന് അണുകേന്ദ്രം എന്നത് ഏകദേശം ഗോളാകൃതിയിലുള്ളതാണ് എന്ന് മനസ്സിലാക്കാം. കൂടാതെ പരീക്ഷണാടിസ്ഥാനത്തിൽ $Z > 10$, ഉള്ള അണുകേന്ദ്രങ്ങൾക്കു അവയുടെ വ്യാസ്യാർദ്ധം എന്നത്

$$R = R_0 A^{\frac{1}{3}} \qquad (9.19)$$

എന്ന സൂത്രവാക്യം പരീക്ഷണാടിസ്ഥാനത്തിൽ കിട്ടിയതാണ്. ഇവിടെ A എന്നത് അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ അണു ഭാരം എന്നും $R_0 = 1.2$ F, 1 F = 1×10^{-15} മീ. ഇവിടെ F എന്ന എൻറികോ ഫെർമി എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞന്റെ ഓർമ്മയ്ക്കായി ഇട്ടിട്ടുള്ളതാണ്

ഉദാഹരണം 9.7

${}^{197}_{79}Au$ അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ആരത്തിനെ കണക്കാക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

സമീകരണം (9.19) അനുസരിച്ച്,

$$R = 1.2\times 10^{-15}\times (197)^{\frac{1}{3}} = 6.97\times 10^{-15} m$$

അല്ലെങ്കിൽ $R = 6.97$ F

ഉദാഹരണം 9.8

അണുഭാരം A ഉള്ള അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ സാന്ദ്രത കണക്കാക്കുക.

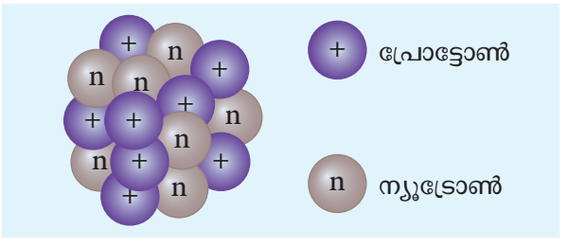
നിർദ്ധാരണം

സമീകരണം (9.19), അനുസരിച്ച് അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ആറ്റത്തിന്റെ സമീകരണം, $R = R_0 A^{\frac{1}{3}}$. എങ്കിൽ അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ വ്യാപ്തം

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi R_0^3 A$$

പ്രോട്ടോണിന്റെയും ന്യൂട്രോണിന്റെയും ഇടയ്ക്കുള്ള ദ്രവ്യമാന വ്യത്യാസത്തെ പുറന്തള്ളിയാൽ, അണു സംഖ്യ A ഉള്ള അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനം $A.m$ ഇവിടെ m എന്നത് പ്രോട്ടോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനം 1.6726 x 10^{-27} kg.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 165 2/14/2023 5:42:45 PM



അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ സാന്ദ്രത

$$\rho = \frac{\text{അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനം}}{\text{അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ വ്യാപ്തം}} = \frac{A.m}{\frac{4}{3}\pi R_0^3 A} = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi R_0^3}$$

മുകളിൽ തന്നിട്ടുള്ള സൂത്രവാക്യത്തിൽ നിന്നും, അണുകേന്ദ്ര സാന്ദ്രത എന്നത് അണുഭാരത്തെ ആശ്രയിച്ചതല്ല. അതായത് എല്ലാ അണുകേന്ദ്രങ്ങളും $(Z > 10)$ ഒരേ സാന്ദ്രതയുള്ളവയാണ്. അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ പ്രധാന സ്വഭാവങ്ങളിൽ ഒന്നാണിത്.

സൂത്രവാക്യത്തിലുള്ള ചിഹ്നങ്ങൾക്കുള്ള വിലയെ പുനസ്ഥാപിക്കുകയാണെങ്കിൽ അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയുടെ വില.

$$\rho = \frac{1.67\times10^{-27}}{\frac{4}{3}\pi\times(1.2\times10^{-15})^3} = 2.3\times10^{17}\,\text{kg m}^{-3}.$$

അണുകേന്ദ്രത്തിലുള്ള ന്യൂക്ലിയാണുകൾ കൂടുതലും ഇറുക്കമായിട്ട് ബന്ധിപ്പിച്ചിട്ടുള്ള നിലയിലാണെന്ന് മനസ്സിലാക്കാം. കൂടാതെ ഈ സാന്ദ്രതയുടെ വിലയെ ജലത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയോട് $10^3\,\text{kg m}^{-3}$ ഒത്തു നോക്കുക.

ഒരു ടീസ്പൂൺ ന്യൂക്ലിയർ പദാർത്ഥത്തിന്റെ ഭാരം ഏകദേശം ട്രില്ല്യന്റെ ടൺ ആയിരിക്കും.

9.4.5 ദ്രവ്യമാന ന്യൂനതയും ഊർജ്ജവും

ഏതൊരു അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനം അതിന്റെ ഘടകങ്ങളുടെ ആകെ ദ്രവ്യമാനത്തിൽ നിന്ന് കുറവുള്ളതായി കാണപ്പെടുന്നു. എന്നു പരീക്ഷണങ്ങളാൽ കണ്ടറിയപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ഉദാഹരണമായി കാർബൺ-12 അണുകേന്ദ്രം 6 പ്രോട്ടോണുകളും 6 ന്യൂട്രോണുകളും ഉള്ളവയാണ്

6 ന്യൂട്രോണുകളുടെ

ദ്രവ്യമാനം $= 6\times1.00866\ u = 6.05196\,u$

6 പ്രോട്ടോണുകളുടെ

ദ്രവ്യമാനം $= 6\times1.00727\,u = 6.04362\,u$

6 ഇലക്ട്രോണുകളുടെ

ദ്രവ്യമാനം $= 6\times0.00055\,u = 0.0033\,u$

ആയതിനാൽ കാർബൺ-12 അണുകേന്ദ്രത്തിൽ പ്രതീക്ഷിത ദ്രവ്യമാനം =

$6.05196\,u + 6.04362\,u = 12.09558\,u$

എന്നാൽ സ്പെക്ടോമീറ്ററിനെ ഉപയോഗിച്ച് കണ്ടുപിടിച്ചുള്ള കാർബൺ-12 അണുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനം 12 u. ഇതിൽ നിന്നും 6 ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ദ്രവ്യമാനത്തെ $(0.0033\,u)$ കുറയ്ക്കുകയാണെങ്കിൽ കാർബൺ 12 u, ന്റെ അണുകേന്ദ്ര (ദ്രവ്യമാനം $11.9967\,u$. ഇവിടെ പരീക്ഷണങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ കണ്ടുപിടിച്ചിട്ടുള്ള കാർബൺ-12 അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനം, അതിലുള്ള ന്യൂക്ലിയാണുകളുടെ ദ്രവ്യമാനത്തിന്റെ ആകെത്തുകയെക്കാളും, $\Delta m = 0.09888\,u$. അളവ് കുറവുള്ളതായികാണപ്പെടുന്നു. ഈ ദ്രവ്യമാന വ്യത്യാസം Δm എന്നത് ദ്രവ്യമാന ന്യൂനത എന്നറിയപ്പെടുന്നു. പൊതുവായിട്ട് M, m_p, m_n മുതലായ ചിഹ്നങ്ങൾ യഥാക്രമം $({}^{A}_{Z}X)$, അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനം, പ്രോട്ടോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനം കൂടാതെ ന്യൂട്രോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനം എന്നിവയെ കുറിക്കുന്നു. എങ്കിൽ ദ്രവ്യമാന ന്യൂനത

$$\Delta m = \left(Zm_p + Nm_n\right) - M \qquad (9.20)$$

ഈ ദ്രവ്യമാനം എവിടെ എന്ന ചോദ്യത്തിന്റെ വിശദീകരണം ഐൻസ്റ്റീനിന്റെ ദ്രവ്യമാനം ഊർജ്ജ സമീകരണത്തിൽ $(E = mc^2)$. നിന്നും മനസ്സിലാക്കാം. ഈ സമീകരണമനുസരിച്ച് ദ്രവ്യമാനത്തെ ഊർജ്ജമായും ഊർജ്ജത്തെ ദ്രവ്യമാനമായും മാറ്റാൻ സാധിക്കും. കാർബൺ-12 അണുകേന്ദ്രത്തെ കണക്കാക്കിയാൽ 6 പ്രോട്ടോണുകളും 6 ന്യൂട്രോണുകളും ചേർന്ന് കാർബൺ 12 അണുകേന്ദ്രമാകുമ്പോൾ, ഈ ദ്രവ്യമാന ന്യൂനതയ്ക്ക് സമാനമായ ദ്രവ്യമാനം (Δm) അപ്രത്യക്ഷമായിട്ട് അതു തന്നെ ഊർജ്ജമായിട്ട് പ്രത്യക്ഷപ്പെടും. ഇതിനെ ബന്ധന ഊർജ്ജം (BE) എന്നു പറയുന്നു. കൂടാതെ ഇത് $(\Delta m)c^2$ സമമാകുന്നു. യഥാർത്ഥത്തിൽ കാർബൺ-12 അണുകേന്ദ്രത്തെ പ്രത്യേക ന്യൂക്ലിയാണുകളായിട്ട് പിരിക്കാനായിട്ട് ഈ ബന്ധന ഊർജ്ജത്തിനു സമാമായ ഊർജ്ജത്തെ നാം കൊടുക്കണം.

ബന്ധന ഊർജ്ജത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന ത്തിൽ സമീകരണം (9.20) നെ താഴെ പറയുന്ന രീതിയിൽ എഴുതാം

$$BE = \left(Zm_p + Nm_n - M\right)c^2 \qquad (9.21)$$

അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനത്തെക്കാളും അണുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനത്തെ ഉപയോഗിക്കുന്നത് സൗകര്യപ്രദമായിരിക്കും z മൂല്യമുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ദ്രവ്യമാനത്തെ കൂട്ടി പിന്നീട് കുറയ്ക്കുമ്പോൾ

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 166 2/14/2023 5:42:50 PM

$$BE = \left(Zm_p + Zm_e + Nm_n - M - Zm_e\right)c^2 \quad (9.22)$$

$$BE = \left[Z\left(m_p + m_e\right) + Nm_n - M - Zm_e\right]c^2$$

ഇവിടെ $m_p + m_e = m_H$ (ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനം)

$$BE = \left[Zm_H + Nm_n - (M + Zm_e)\right]c^2 \quad (9.23)$$

ഇവിടെ $M + Zm_e = M_A$ അല്ലെങ്കിൽ M_A എന്നത് ${}^A_Z X$ മൂലകത്തിന്റെ അണുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനമാകുന്നു.

അവസാനമായി അണു ദ്രവ്യമാനങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ബന്ധന ഊർജ്ജം

$$BE = \left[Zm_H + Nm_n - M_A\right]c^2 \quad (9.24)$$

കുറിപ്പ്

ഐൻസ്റ്റീനിന്റെ ദ്രവ്യമാനം ഊർജ്ജം സമവായതയെ ഉപയോഗിച്ച് ഒരു അറ്റോമിക് മാസ് യൂണിറ്റിനു തുല്യമായ ഊർജ്ജം എന്നത് $1u = 1.66\times10^{-27}\times(3\times10^8)^2$
$= 14.94\times10^{-11} J \approx 931 MeV$

ഉദാഹരണം 9.9

തന്നിട്ടുള്ള വസ്തുതകൾ അനുസരിച്ച് ${}^4_2He$ അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ബന്ധന ഊർജ്ജം കണക്കാക്കുക. ഹീലിയം അണുവിന്റെ അണുഭാരം $M_A(He) = 4.00260\,u$ കൂടാതെ ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ അണുഭാരം $m_H = 1.00785\,u$.

നിർദ്ധാരണം:

ബന്ധന ഊർജ്ജം $BE = \left[Zm_H + Nm_n - M_A\right]c^2$

ഹീലിയം അണുകേന്ദ്രത്തിനു, $Z=2, N=A-Z=4-2=2$

ദ്രവ്യമാന ന്യൂനത

$$\Delta m = \left[\left(2\times1.00785\,u\right) + \left(2\times1.008665\,u\right) - 4.00260\,u\right] \Delta m = 0.03043\,u$$

$$B.E = 0.03043u \times c^2$$

$$B.E = 0.03043\times931 MeV = 28.33 MeV$$

$$\left[\because 1uc^2 = 931 MeV\right]$$

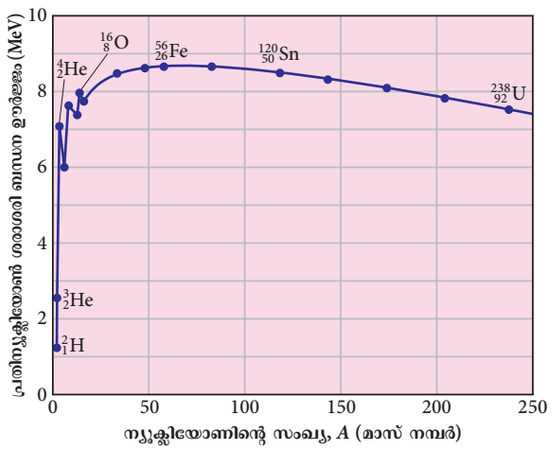
ഹീലിയം ${}^4_2He$ അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ബന്ധന ഊർജ്ജം 28.33 MeV ആകുന്നു.

9.4.6 ബന്ധന ഊർജ്ജ കർവ്

മുൻപത്തെ വിഭാഗത്തിൽ ബന്ധന ഊർജ്ജത്തിന്റെ ഉറവിടം എവിടെയാണെന്നുള്ളത് എന്നതിനെ കുറിച്ച് നാം പ്രതിപാദിച്ചിരുന്നു. ഇപ്പോൾ നാം പ്രതി ന്യൂക്ലിയാണിന്റെ ശരാശരി ബന്ധന ഊർജ്ജം എത്രയാണെന്ന് $\overline{BE}$ കണക്കാക്കാം

$$\overline{BE} = \frac{\left[Zm_H + Nm_n - M_A\right]c^2}{A} \quad (9.25)$$

ഒരു പ്രത്യേക ന്യൂക്ലിയസിന്റെ ബന്ധന ഊർജ്ജം എന്നത് അണുകേന്ദ്രത്തിൽ നിന്ന് ന്യൂക്ലിയോണുകളെ വേർതിരിക്കുന്നതിനാവശ്യമായ ശരാശരി ഊർജ്ജം $\overline{BE}$ യും A യും തമ്മിലുള്ള ഗ്രാഫാണ് ചിത്രം 9.24 ൽ കാണുന്നത്.



ചിത്രം 9.24 ന്യൂക്ലിയാണിന്റെ ശരാശരി ബന്ധന ഊർജ്ജം

ശരാശരി ബൈൻഡിങ് എനർജി കർവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട പ്രധാന നിഗമനങ്ങൾ:

(1) അണുഭാരത്തിന്റെ മൂല്യം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് $\overline{BE}$ ന്റെ മൂല്യം കൂടി A=56 (ഇരുമ്പ്) അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ പരമാവധി മൂല്യം 8.8 MeV എത്തിയ ശേഷം സാവധാനമായിട്ട് കുറയുന്നു.

(2) അണുഭാരം A=40 ൽ നിന്ന് 120 വരെയുള്ള അണുകേന്ദ്രത്തിന് പ്രതിന്യൂക്ലിയോണിന്റെ ശരാശരി ബന്ധന ഊർജ്ജത്തിന്റെ മൂല്യം 8.5 MeV ഇവയിലടങ്ങുന്ന മൂലകങ്ങൾ സ്ഥിരതയുള്ളതും വികിരണം ഇല്ലാത്തവയുമാണ്.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 167 2/14/2023 5:43:03 PM

(3) കൂടുതൽ അണുഭാരമുള്ള മൂലകങ്ങൾക്ക് കർവ് സാവധാനത്തിൽ കുറയുന്നു. യുറേനിയത്തിന് $\overline{BE}$ ഏകദേശം 7.6 MeV. ആണ്. ഇങ്ങനെയുള്ള അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ അസ്ഥിരവും വികിരണത്തിന് ഉൾപ്പെട്ടവയുമാണ്.
ചിത്രം 9.24, ൽ നിന്ന് രണ്ടു ഭാരം കുറഞ്ഞ ന്യൂക്ലിയസുകൾ A<28 കൂടിച്ചേർന്ന് കൂടുതൽ ഭാരമുള്ള ഒരു ന്യൂക്ലിയസ് A<56, രൂപം കൊള്ളുന്നു. ഇവയുടെ പ്രതി ന്യൂക്ലിയോൺ ബന്ധന ഊർജം പ്രാരംഭ ന്യൂക്ലിയസുകളുടേതിനേക്കാൾ കൂടുതലായിരിക്കും. അതിനാൽ രണ്ട് ഭാരം കുറഞ്ഞ മൂലകങ്ങളെ യോജിപ്പിച്ച് ഒരു ഇടത്തരം ഭാരമുള്ള ന്യൂക്ലിയസ് രൂപം കൊള്ളുമ്പോൾ ധാരണം ഊർജ്ജത്തെ പുറത്തുവിടുന്നു. ഇതാണ് അണുകേന്ദ്ര സംയോജനം എന്ന പ്രക്രിയയ്ക്ക് അടിസ്ഥാനമാവുകയും ഹൈഡ്രജൻ ബോംബിന്റെ തത്ത്വമായിട്ട് മാറുന്നു.

(4) വളരെഭാരമുള്ളമൂലകത്തിന്റെഅണുകേന്ദ്രത്തെ വിഭജനം ചെയ്ത് രണ്ട് അല്ലെങ്കിൽ അതിൽ കൂടുതൽ ഇടത്തരം A വിലയുള്ള അണുകേന്ദ്രങ്ങളെ ഉണ്ടാക്കുമ്പോൾ ധാരാളം ഊർജ്ജത്തെ പുറത്തുവിടുന്നു. ഇത് അണുബോംബിന്റെ തത്വമായിട്ട് മാറുന്നു. കൂടാതെ നിയന്ത്രണമല്ലാത്ത അണുകേന്ദ്ര വിഭജനം ഉണ്ടാകുമ്പോൾ ആണ് അണുബോംബിൽ നിന്ന് ധാരാളം ഊർജ്ജം പുറത്തുവരുന്നത്

ഉദാഹരണം 9.10

^4_2He അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ഒരു ന്യൂക്ലിയാണിന്റെ ബന്ധന ഊർജ്ജം കണക്കാക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

ഉദാഹരണം 9.9, ൽ നിന്ന് ^4_2He ന്റെ BE=28.33 Mev

ഒരു ന്യൂക്ലിയാണിന്റെ ബന്ധന ഊർജ്ജം = $\overline{B.E}$ =28.33 MeV/4 $\simeq$ 7 MeV.

9.5 അണുകേന്ദ്രബലം

അണുകേന്ദ്രം എന്നത് പ്രോട്ടാണുകളെയും ന്യൂട്രോണുകളെയും ഉള്ളടക്കിയതാണ്. എന്നാൽ സ്ഥിര വൈദ്യുതിയിൽ ഒരേ ചാർജ്ജുകൾ വികർഷിക്കുമെന്ന് നാം പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്. അണുകേന്ദ്രത്തിൽ പ്രോട്ടാണുകൾ തമ്മിലുള്ള ദൂരം ഒരു ഫെർമി ($10^{-15}m$), ആണ് അവയ്ക്കിടയിൽ അധിക ബലത്തോടു കൂടിയ വികർഷണ ബലം ഉണ്ടായിരിക്കും. ഉദാഹരണമായി $10^{-15}m$ അകലത്തിൽ ഉള്ള രണ്ട് പ്രോട്ടാണുകൾക്കിടയ്ക്കുള്ള സ്ഥിതി വൈദ്യുതി വികർഷണബലം

$$F = k \times \frac{q^2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{\left(1.6 \times 10^{-19}\right)^2}{\left(10^{-15}\right)^2} \approx 230N$$

ഈ ബലത്താൽ (230 N) ഒരു പ്രോട്ടാണിന് ഉണ്ടാകുന്ന ത്വരണം

$$a = \frac{F}{m} = \frac{230N}{1.67 \times 10^{-27} kg} \approx 1.4 \times 10^{29} m\,s^{-2}.$$

ഇത് ഭൂമിയുടെ ഗുരുത്വ ത്വരണത്തെക്കാളും ഏകദേശം 10^{28} മടങ്ങ് കൂടുതലാണ്. ആയതിനാൽ അണുകേന്ദ്രത്തിലുള്ള പ്രോട്ടാണുകൾ ഈ സ്ഥിതി വൈദ്യുതബലത്തെമാത്രംപരിശീലിക്കുന്നവയായികണക്കാക്കിയാൽ വളരെ പെട്ടെന്ന് തന്നെ ഈ അണുകേന്ദ്രം ചിതറിപ്പോയിരിക്കണം. അങ്ങനെയാണെങ്കിൽ പ്രോട്ടാണുകളെ അണുകേന്ദ്രത്തിനുള്ളിൽ വച്ചിരിക്കുന്നവ ഏതാണ്?

ഈ നിഗമനങ്ങളിൽ നിന്നും പ്രോട്ടോണുകൾക്കിടയിൽകൂലുംവികർഷിതബലത്തെക്കാളുംശക്തമായആകർഷണബലംഒന്ന്പ്രവർത്തിക്കണംഎന്ന് വ്യക്തമാകുന്നു. (ചിതറിപോകാതെ) അണുകേന്ദ്രത്തിൽ ബന്ധിപ്പിച്ച് വച്ചിരിക്കുന്ന ഈ ആകർഷണ ബലത്തെ ശക്തമായ അണുകേന്ദ്രബലം എന്നു പറയുന്നു. 1930s, ൽ തുടങ്ങി 1950s. വരെ നടത്തിയ പല പരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നും ഈ ശക്തമായ അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ സ്വഭാവങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കാൻ സാധിച്ചു. അവയിൽ ചിലതിനെക്കുറിച്ച് ഇവിടെ പ്രതിപാദിക്കാം

(i) ശക്തമായ അണുകേന്ദ്രബലം വളരെ ചെറിയ വ്യാപ്തിയുള്ളവയാണ്. ഇവ വളരെ ചെറിയ ദൂരമായ ഫെർമി ദൂരങ്ങൾക്കുള്ളിൽ മാത്രം പ്രവർത്തിക്കുന്നവയാണ്. അണു കേന്ദ്രത്തിനുള്ളിൽ രണ്ട് പ്രോട്ടാണുകൾക്കിടയിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന കൂലും വികർഷിത ബലം കൂടാതെ ആകർഷണ ഗുരുത്വബലം എന്നിവ വളരെ ബലം കുറഞ്ഞവയാണ്. അതുപോലെ തന്നെ രണ്ട് ന്യൂട്രോണുകൾക്കിടയിലുള്ള ആകർഷണബലവും അവയ്ക്കിടയിലുള്ള ശക്തമായ അണുകേന്ദ്രബലത്തെക്കാളും ബലം കുറഞ്ഞവയാണ്. ആയതിനാൽ പ്രകൃതിയിലുള്ള ഏറ്റവും ശക്തമായ ബലം അണുകേന്ദ്രബലമാകുന്നു.

(ii) ശക്തമായ അണുകേന്ദ്രബലം ഒരു ആകർഷണ ബലമാകുന്നു. കൂടാതെ പ്രോട്ടാൺ പ്രോട്ടാൺ, പ്രോട്ടാൺ ന്യൂട്രോൺ, കൂടാതെ ന്യൂട്രോൺ ന്യൂട്രോൺ ഇവയ്ക്കിടയയിൽ ഈ ബലം ഒരേശക്തിയോടു കൂടി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 168 2/14/2023 5:43:08 PM

(iii) ശക്തമായ അണുകേന്ദ്രബലം ഇലക്ട്രോണുകളിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നില്ല. ആയതിനാൽ അത് അണുവിന്റെ രാസഗുണങ്ങളെ മാറ്റുന്നില്ല.

9.6 റേഡിയോ ആക്ടീവത

ബന്ധന ഊർജ്ജം കർവിൽ $Z > 82$ ഉള്ള അണുകേന്ദ്രങ്ങളുടെ സ്ഥിരത കുറയുന്നതായി കാണാം. കൂടാതെ അവയെ അസ്ഥിരമായ അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു. അവയിൽ ചില അണു കേന്ദ്രങ്ങൾ പ്രകൃതിയായിട്ട് തന്നെ ശിഥിലീകരിച്ച് ചില കണങ്ങളെ പുറത്തുവിടുന്നത് കൊണ്ട് സ്ഥിരതയാർജ്ജിക്കുന്നു. അണുസംഖ്യ $Z > 82$ ഉള്ള മൂലകങ്ങളും പ്രകൃതിയിൽ കാണുന്ന റേഡിയോ ആക്ടീവതയുള്ള വസ്തുക്കളാണ്. ഈ റേഡിയോ ആക്ടീവ് ഐസോടോപ്പുകൾ ${}^{4}_{2}He$ അണുകേന്ദ്രത്തെയോ (α – ശോഷണം) അല്ലെങ്കിൽ ഇലക്ട്രോൺ പോസിട്രോൺ (β – ശോഷണം) അല്ലെങ്കിൽ (γ – കിരണങ്ങൾ) ളെയും ഉൽസർജിക്കുന്നതു കാരണം സ്ഥിരതയുള്ളവയാകുന്നു.

ഒരു മൂലകത്തിൽ നിന്നും കൂടുതൽ തുളച്ചു കയറാൻ കഴിവുള്ള വികിരണങ്ങളായ **α, β, γ** കിരണങ്ങൾ നൈസർഗികമായി ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയയെ റേഡിയോ ആക്ടീവത എന്നു പറയുന്നു. കൂടാതെ ഇങ്ങനെ വികരണം ഉണ്ടാക്കുന്ന മൂലകങ്ങളെ റേഡിയോ ആക്ടീവ് മൂലകങ്ങൾ എന്നു പറയുന്നു. ഇവ ഘനമായ മൂലകങ്ങളായിട്ടോ ($Z > 82$), കൂടാതെ ലഘുവായ ഘനമായ മൂലകങ്ങളുടെ ഐസോടോപ്പുകളായിട്ടോ ഉള്ളവയായിരിക്കും. ഇവയെ റേഡിയോ ആക്ടീവ് ഐസോടോപ്പുകൾ എന്നു പറയുന്നു. ഉദാഹരണമായി കാർബണിന്റെ ഐസോടോപ്പായ ${}^{14}_{6}C$ റേഡിയോ ആക്ടീവത ഉള്ളവയാണ് എന്നാൽ ${}^{12}_{6}C$ ന് അതില്ല.

കാർബൺ ടേറ്റിംഗ്, കാൻസർ ചികിത്സ എന്നിങ്ങനെ പലരീതിയിലുള്ള ഉപയോഗങ്ങൾക്കായിട്ട് റേഡിയോ ആക്ടീവ് ഐസോടൊപ്പുകൾ പ്രയോജനപ്പെടുന്നു. ഒരു റേഡിയോ ആക്ടീവതയുള്ള അണുകേന്ദ്രം ശിഥിലീകരിക്കുമ്പോൾ ആ വ്യവസ്ഥയിലെ ദ്രവ്യമാനം കുറയുന്നു. അതായത് ശിഥിലീകരണത്തിനു മുമ്പ് ആരംഭഘട്ടത്തിൽ അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനം അവസാന അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനം കൂടാതെ ഉൽസർജ്ജിക്കപ്പെടുന്ന കണങ്ങളുടെ ദ്രവ്യമാനം എന്നിവയുടെ ആകെതുകയുടെ വിലയെക്കാളും കൂടുതലായിരിക്കും. ദ്രവ്യമാനത്തിൽഉണ്ടാകുന്ന ഈ വ്യത്യാസം അതായത് Δm, (ഐൻസ്റ്റീനിന്റെ $E = |\Delta m| c^2$ സമീകരണം അനുസരിച്ച്) ഊർജ്ജമായിട്ട് മാറ്റുന്നു.

റേഡിയോ ആക്ടീവ് പ്രവണതയെ 1896 വർഷം ഹെന്റി ബെക്വറൽ എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ആദ്യമായിട്ട് കണ്ടുപിടിച്ചു. പിന്നീട് മേരിക്യൂറിയും അവരുടെ ഭർത്താവ് പിയറി ക്യൂറിയും നടത്തിയ തുടർച്ചയായ പരീക്ഷണങ്ങൾ റേഡിയോ ആക്ടീവ് പ്രവണതയെ കുറിച്ച് മനസ്സിലാക്കാൻ വളരെ സഹായിച്ചു. ഇന്ത്യയിൽ കൽക്കത്തയിലുള്ള അണുകേന്ദ്ര ഭൗതിക സ്ഥാപനമായ സഹ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ട് എന്ന വിദ്യാഭ്യാസ സ്ഥാപനം അണുകേന്ദ്ര ഭൗതിക വിഭാഗത്തിൽ തുടർച്ചയായ പരീക്ഷണങ്ങളെ പിൻതുടരുന്ന ഒരു സുപ്രധാന ഗവേഷണ സ്ഥാപനമാകുന്നു.

> **കുറിപ്പ്**
> അണുകേന്ദ്ര ഭൗതിക ഗവേഷണത്തിന്റെ പ്രാരംഭ ഘട്ടത്തിൽ വികിരണം എന്ന വാക്ക് വികിരണ അണുകേന്ദ്രങ്ങളിൽ നിന്നും പുറത്തുവരുന്ന വികിരണങ്ങളെ കുറിക്കാനായിട്ടാണ് ഉപയോഗപ്പെടുത്തിയിരുന്നത് ആൽഫ കിരണങ്ങൾ യഥാർത്ഥത്തിൽ ${}^{4}_{2}He$ അണുകേന്ദ്രങ്ങളാണെന്നും, β കണങ്ങൾ ഇലക്ട്രോണുകൾ ആണെന്നും ഇപ്പോൾ നമുക്ക് അറിയാം. ഉറപ്പായിട്ടും അവ വിദ്യുത്കാന്തിക വികിരണങ്ങൾ അല്ല. ആയതിനാൽ γ കിരണങ്ങൾ മാത്രമാണ് വിദ്യുത് കാന്തിക വികിരണങ്ങളായിട്ടുള്ളത്.

9.6.1 ആൽഫ ശോഷണം

അസ്ഥിര അണുകേന്ദ്രം, ആൽഫാകണങ്ങളെ (${}^{4}_{2}He$), ഉൽസർജിക്കുമ്പോൾ അത് രണ്ടു പ്രോട്ടോണുകളെയും രണ്ടു ന്യൂട്രോണുകളെയും നഷ്ടപ്പെടുത്തുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി അതിന്റെ അണുസംഖ്യയുടെ വിലയിൽ Z രണ്ടും അണുഭാരത്തിന്റെ A വിലയിൽ 4. ഉം കുറയുന്നു.

$$ {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He \qquad (9.26) $$

ഇവിടെ X എന്നത് മാതൃഅണു കേന്ദ്രമെന്നും Y എന്നത് വ്യുൽപന്ന അണുകേന്ദ്രമെന്നും വിളിക്കപ്പെടുന്നു.

ഉദാഹരണമായിട്ട് ${}^{232}_{92}U$ അണുകേന്ദ്രം (ആൽഫാ കണങ്ങൾ) ഉൽസർജിക്കുന്നത് കാരണം യുറേനിയം ${}^{234}_{90}Th$ (തോറിയമായിട്ടും) ശിഥിലീകരിക്കപ്പെടുന്നത്.

$$ {}^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He $$

ആദ്യം പറഞ്ഞിട്ടുള്ളതുപോലെ വ്യുൽപന്ന അണു കേന്ദ്രത്തിന്റെ ആകെ ദ്രവ്യമാനവും ${}^{4}_{2}He$ അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ആകെ ദ്രവ്യമാനവും മാതൃ അണു കേന്ദ്രത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനത്തെക്കാളും കുറവായിരിക്കും. ദ്രവ്യമാനത്തിലുണ്ടാകുന്ന വ്യത്യാസം

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 169 2/14/2023 5:43:16 PM

$(\Delta m = m_X - m_Y - m_\alpha)$ ഊർജ്ജമായിട്ട് പ്രത്യക്ഷപ്പെടുന്നു. ഇതിനെ വിഘടിപ്പിക്കുന്ന ഊർജ്ജം Q എന്നു പറയുന്നു.

$$Q = \left(m_X - m_Y - m_\alpha\right)c^2 \qquad (9.27)$$

നൈസ്സർഗിക ശിഥിലീകരണത്തിന് $Q>0$. ആൽഫ ശിഥിലീകരണ പ്രക്രിയയിൽ ശിഥിലികരണ ഊർജ്ജത്തിന്റെ വില പോസിറ്റീവ് $(Q > 0)$. ആയിരിക്കണം. യഥാർത്ഥത്തിൽ ശിഥിലികരണ ഊർജ്ജം Q എന്നത് ശിഥിലീകരണ പ്രക്രിയയിൽ കിട്ടുന്ന ആകെ ഗതികോർജ്ജമാണ്. അല്ലെങ്കിൽ ശിഥിലീകരണത്തിനു മുമ്പ്മാതൃ അണുകേന്ദ്രംസ്ഥിരിതനിലയിൽഇരിക്കുകയാണെങ്കിൽ, Q എന്നത് വ്യുത്പന്നകേന്ദ്രത്തിന്റെയും ഹീലിയം ^4_2He അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെയും ആകെ ഗതികോർജ്ജത്തിന് സമമായിരിക്കും $Q < 0$, എങ്കിൽ ശിഥിലീകരണ പ്രക്രിയ നൈസ്സർഗികമായി സംഭവിക്കുന്നില്ല. ആ സമയത്ത് ശിഥിലികരണത്തെ പ്രേരിപ്പിക്കുന്നതിനായിട്ട് ഊർജ്ജം കൊടുക്കേണ്ടതാണ്.

കുറിപ്പ്

ആൽഫ ശിഥിലീകരണം സംഭവിക്കുമ്പോൾ സ്ഥിരതയില്ലാത്ത അണു കേന്ദ്രം എന്തുകൊണ്ടാണ് ^4_2He അണുകേന്ദ്രത്തെ പുറത്തുവിടുന്നു? അത് എന്തുകൊണ്ടാണ് 4 പ്രത്യേക ന്യൂക്ലിയോണുകളെ പുറത്തു വിടുന്നില്ല. എന്തെന്നാൽ ^4_2He ൽ രണ്ട് പ്രോട്ടോണുക ളും രണ്ടു ന്യൂട്രോണുകളും അല്ലെ ഉള്ളത് ഇതിന്റെ കാരണത്തെ താഴെ പറയുന്ന രീതി യിൽ വിശദീകരിക്കാം. ഉദാഹരണമായിട്ട് യുറേനിയം $^{238}_{92}U$ അണുകേന്ദ്രം നാലു പ്രത്യേക ന്യൂക്ലിയോണുകളെ (രണ്ട് പ്രോട്ടോണുകൾ കൂടാതെ രണ്ട് ന്യൂട്രോണുകൾ) പുറത്തു വിടുന്നത് കാരണം $^{234}_{90}Th$ അണുകേന്ദ്രമായിട്ട് ശിഥിലികരിക്കുന്നു ഈ പ്രക്രിയയുടെ ശിഥിലീകരണ ഊർജ്ജം Q മൈനസ് ചിഹ്നം ഉള്ളതായിട്ട് ഇരിക്കണം. ആൽഫ ശിഥിലീകരണത്തിന് പിന്നീട് ഉണ്ടാകുന്ന വ്യുത്പന്നങ്ങളുടെ ആകെ ദ്രവ്യമാനം മാതൃ അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ $(^{238}_{92}U)$ ദ്രവ്യമാനത്തെക്കാളും കൂടുതലായിട്ടിരിക്കണം എന്നതിനെ ഇത് കാണിക്കുന്നു. ഊർജ്ജ സംരക്ഷണ നിയമത്തെ ഇത് ലംഘിക്കും എന്നതിനാൽ ഇത്തരം പ്രതിഭാസം പ്രകൃതിയിൽ സംഭവിക്കില്ല. ഏതൊരു ശിഥിലീകരണ പ്രക്രിയയും ഊർജ്ജ സംരക്ഷണ നിയമം, സംവേഗ സംരക്ഷണ നിയമം എന്നിവകൂടാതെ കോണീയ സംവേഗ സംരക്ഷണ നിയമം എന്നിവ അനുസരിച്ച് ഉള്ളവയായിരിക്കണം.

ഉദാഹരണം 9.11

(a) സുസ്ഥിര നിലയിലുള്ള യുറേനിയം $^{232}_{92}U$ അണുകേന്ദ്രം ആൽഫാ കണങ്ങളെ ഉൽസർജ്ജിച്ച് തോറിയം $^{228}_{90}Th$ ആയി മാറുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയിൽ ശിഥിലീകരണ ഊർജ്ജത്തെ കണക്കാക്കുക. അണുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനങ്ങൾ യഥാക്രമം $^{232}_{92}U = 232.037156u$, $^{228}_{90}Th = 228.028741u$, $^4_2He = 4.002603u$

(b) $^{228}_{90}Th$ കൂടാതെ ആൽഫ കണങ്ങൾ എന്നിവയുടെ ഗതികോർജ്ജം കൂടാതെ അവയുടെ അനുപാതം എന്നിവ കണക്കാക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

ദ്രവ്യമാനത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യത്യാസം

$$\Delta m = \left(m_U - m_{Th} - m_\alpha\right)$$

$= (232.037156 – 228.028741 – 4.002603)$u

ഈ ശിഥിലീകരണ സമയത്ത് ഉണ്ടാകുന്ന ദ്രവ്യമാന നഷ്ടം = 0.005812 u

1u = 931MeV, ആയതിനാൽ പുറന്തള്ളപ്പെടുന്ന ഊർജ്ജം

$$Q = (0.005812u) \times (931MeV / u)$$
$$= 5.41MeV$$

ഈ ശിഥിലീകരണ ഊർജ്ജം Q എന്നത് ആൽഫ കണങ്ങൾ കൂടാതെ മാതൃ വ്യുൽപന്ന അണുകേന്ദ്രം എന്നിവയുടെ ഗതികോർജ്ജമായിട്ട് മാറുന്നു. ഏതൊരു ശിഥിലീകരണ പ്രക്രിയയിലും ആകെ സംവേഗം മാറാതെയിരിക്കണം. മാതൃ അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ആകെ നേർരേഖ സംവേഗം വ്യുൽപന്ന അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ആകെ നേർരേഖ സംവേഗത്തിനും ആൽഫാ കണങ്ങളുടെയും തുകയ്ക്ക് സമമായിരിക്കണം.

ശിഥിലീകരണം സംഭവിക്കുന്നതിനു മുമ്പ് യുറേനിയം അണുകേന്ദ്രം നിശ്ചലമായിരിക്കുന്നതിനാൽ അതിന്റെ നേർരേഖ സംവേഗം പൂജ്യം ആകുന്നു. സംവേഗ സംരക്ഷണ നിയമം അനുസരിച്ച്

$$0 = m_{Th}\vec{v}_{Th} + m_\alpha\vec{v}_\alpha$$

$$m_\alpha\vec{v}_\alpha = -m_{Th}\vec{v}_{Th}$$

ആൽഫാ കണങ്ങളും വ്യുൽപന്ന അണുകേന്ദ്രവും എതിർ ദിശയിലാണെന്ന് ഇത് കാണിക്കുന്നു.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 170 2/14/2023 5:43:25 PM

ആൽഫകണത്തിന്റെ വേഗം $m_\alpha \upsilon_\alpha = m_{Th}\upsilon_{Th}$

ആൽഫാ കണങ്ങളുടെ പ്രവേഗം $\upsilon_\alpha = \dfrac{m_{Th}}{m_\alpha}\upsilon_{Th}$

ഇവിടെ $m_{Th} > m_\alpha$, $\upsilon_\alpha > \upsilon_{Th}$. കൂടാതെ ആൽഫ കണം, വ്യുൽപന്ന അണുകേന്ദ്രം ഇവ രണ്ടിന്റെയും ഗതികോർജ്ജത്തിന്റെ അനുപാതം

$$\frac{K.E_\alpha}{K.E_{Th}} = \frac{\frac{1}{2}m_\alpha \upsilon^2{}_\alpha}{\frac{1}{2}m_{Th}\upsilon^2{}_{Th}}$$

മുകളിലുള്ള സമീകരണത്തിൽ υ_α യെ പ്രസ്താവിക്കുകയാണെങ്കിൽ

$$\frac{K.E_\alpha}{K.E_{Th}} = \frac{m_{Th}}{m_\alpha} = \frac{228.02841}{4.002603} = 57$$

വ്യുൽപന്ന അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ (${}^{228}_{90}Th$) ഗതികോർജ്ജത്തിനെക്കാളും 57 മടങ്ങ് കൂടുതലാണ്.

ശിഥിലീകരണ ഊർജ്ജ Q = വ്യുൽപന്നങ്ങളുടെ ആകെ ഗതികോർജ്ജം

$$K.E_\alpha + K.E_{Th} = 5.41\,MeV$$

$$57K.E_{Th} + K.E_{Th} = 5.41MeV$$

$$K.E_{Th} = \frac{5.41}{58}\,MeV = 0.093MeV$$

$$K.E_\alpha = 57K.E_{Th} = 57 \times 0.093 = 5.301\,MeV$$

ആകെ ഗതികോർജ്ജത്തിന്റെ ഏകദേശം, 98% അളവ് ആൽഫാ കണങ്ങൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്നു.

9.6.2 ബീറ്റാ ശോഷണം

ബീറ്റാ ശോഷണ സമയത്ത് റേഡിയോ ആക്ടീവ് അണുകേന്ദ്രം ഇലക്ട്രോൺ അല്ലെങ്കിൽ പോസിട്രോണിനെ പുറത്തു വിടുന്നു. ഇലക്ട്രോൺ (e^-) പുറത്തേയ്ക്ക് വിട്ടാൽ β^- ശിഥിലീകരണം എന്നും പോസിട്രോൺ (e^+) പുറത്തുവിട്ടാൽ β^+ ശിഥിലീകരണം എന്നും പറയുന്നു. പോസിട്രോൺ എന്നത് ഇലക്ട്രോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനവും കൂടാതെ, $+e$. ചാർജ്ജും ഉള്ള ഇലക്ട്രോണിന്റെ വിപരീത കണം ആകുന്നു. പോസിട്രോൺ കൂടാതെ ഇലക്ട്രോൺ എന്നിവ രണ്ടും β^- കണങ്ങൾ എന്നും പറയപ്പെടുന്നു.

β^- ശോഷണം:

β^- ശിഥിലീകരണത്തിൽ അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ അണുഭാരത്തിന്റെ മൂല്യം മാറുകയില്ല അതിന്റെ അണു സംഖ്യ വില ഒന്ന് കൂടും. ഈ ശിഥിലീകരണത്തെ ഇപ്രകാരം എഴുതാം.

$$^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + e^- + \overline{\nu} \qquad (9.28)$$

അണുകേന്ദ്രം X ഒരു ഇലക്ട്രോണിനെയും ഒരു വിപരീത ന്യൂട്രിനോവിനെയും പുറത്തേയ്ക്ക് വിട്ട് Y ആയിട്ട് മാറുന്നു അതായത് ഓരോരോ β^- ശിഥിലീകരണത്തിലും അണുകേന്ദ്രം X ലുള്ള ന്യൂട്രോൺ ഒരു ഇലക്ട്രോണിനെയും ഒരു വിപരീത ന്യൂട്രിനോവിനെയും പുറത്തു വിടുന്നതിനാൽ പ്രോട്ടോൺ ആയിട്ട് മാറുന്നു. ഇതിനെ ഇപ്രകാരം എഴുതാം,

$$n \rightarrow p + e^- + \overline{\nu}$$

ഇവിടെ p -പ്രോട്ടോൺ, $\overline{\nu}$ -വിപരീത ന്യൂട്രിനോ. ഉദാഹരണം β^- ശിഥിലീകരണം കാരണം കാർബൺ (${}^{14}_{6}C$) നൈട്രജനായിട്ടും (${}^{14}_{7}N$) മാറുന്നു.

$$^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + e^- + \overline{\nu}$$

β^+ ശോഷണം:

β^+ ശിഥിലീകരണത്തിൽ അണുസംഖ്യ വില ഒന്നു കുറയുന്നു. എന്നാൽ അണു ഭാരം മാറുകയില്ല. ഈ ശിഥിലികരണത്തെ ഇപ്രകാരം എഴുതാം.

$$^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z-1}Y + e^+ + \nu \qquad (9.29)$$

അണുകേന്ദ്രം X ഒരു പോസിട്രോണേയും ഒരു ന്യൂട്രിനോയെയും പുറത്തേയ്ക്ക് വിട്ട് Y ആയിട്ട് മാറുന്നു. അതായത് ഒരോ β^+ ശിഥിലീകരണത്തിലും അണുകേന്ദ്രം X ലുള്ള പ്രോട്ടോണിൽനിന്ന് ഒരു പോസിട്രോൺ (e^+) കൂടാതെ ഒരു ന്യൂട്രിനോയേയും പുറത്തുവിടുന്നതിനാൽ ന്യൂട്രോണായിട്ട് മാറുന്നു. ഇതിനെ നാം ഇപ്രകാരം എഴുതാം,

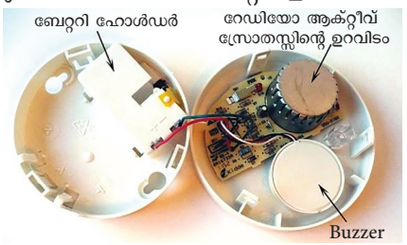
$$p \rightarrow n + e^+ + \nu$$

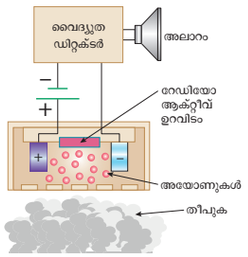
എന്നാൽ തനിയായിട്ടുള്ള ഒരു പ്രോട്ടോൺ (യാതൊരു അണുകേന്ദ്രത്തിലോട്ടും ഇല്ലഎന്നുണ്ടെങ്കിൽ) β^+ ശിഥിലീകരണത്തിന് ഉൾപ്പെടുന്നില്ല. എന്തെന്നാൽ ന്യൂട്രോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനം പ്രോട്ടോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനത്തെക്കാളും കൂടുതലായിട്ട് ഉള്ളതിനാൽ ഊർജ്ജ സംരക്ഷണ നിയമം അനുസരിച്ച് ഈപ്രക്രിയസാധ്യമല്ല.എന്നാൽസ്വതന്ത്രമായിട്ടുള്ള

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 171 2/14/2023 5:43:31 PM

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

ആൽഫ ശിഥിലീകരണത്തിന്റെ ഒരു പ്രധാന ശിലിലീകരണം ആപത്ത് നിറഞ്ഞ ഏതൊരു തീയിൽ നിന്നും നമ്മെ കാത്തിടുന്ന സ്മോക്ക് ഡിക്ടറ്റർ ഉപകരണമാണ്.





സ്മോക്ക് ഡിറ്റക്ടറിൽ വളരെക്കുറഞ്ഞ റേഡിയോ ആക്റ്റീവതയുള്ള ഒരു കൃത്രിമ റേഡിയോ ആക്റ്റീവതയുള്ള ഐസോടോപ്പായ അണുറീയം ($^{241}_{95}Am$). എന്നു വിളിക്കപ്പെടുന്ന ഐസോറ്റോപ്പ് ഏകദേശം 0.2 mg അസവ്ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു. വിപരീത രീതിയിൽ ചാർജ്ജ് ചെയ്യപ്പെട്ട രണ്ട് ലോഹതട്ടുകൾക്കിടയിൽ ഈ റേഡിയോ ആക്ടീവ് സ്രോതസ്സ് വയ്ക്കപ്പെടുന്നു. തട്ടുകൾക്കിടയിലുള്ള കാറ്റിലുള്ള നൈട്രജൻ കൂടാതെഓക്സിജൻതൻമാത്രയിൽനിന്നും $^{241}_{95}Am$ പുറത്തുവിടപ്പെടുന്നആൽഫവികിരണത്താൽതുടർച്ചയായിട്ട് ഐയോണീകരിക്കപ്പെടുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായിട്ട് ചെറിയ അളവ് സ്ഥായിയായ വൈദ്യുതി തുടർച്ചയായിട്ട്പരിപതത്തിൽഉണ്ടാകുന്നു.ഈനിലയിലപുകഉള്ളിലോട്ട്ചെന്നാൽകാറ്റിലുള്ളതൻമാത്രകൾക്ക് പകരം പുകയിലുള്ള കണങ്ങളാൽ വികിരണങ്ങൾ ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായിട്ട് വളരെക്കുറച്ച് ഐയോണീകരണം സംഭവിക്കുന്നതിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതിയും കുറയുന്നു. ഇങ്ങനെ വൈദ്യുതിയിൽ ഉണ്ടാകുന്ന കുറവിനെ പരിപതം മനസ്സിലാക്കി ലോറം മുഴങ്ങാൻ തുടങ്ങും. അമരീസിയം പുറത്തേയ്ക്ക് വിടുന്ന വികിരണത്തിന്റെ അളവ് സുരക്ഷ അളവിനെക്കാളും വളരെ കുറവായിട്ട് ഇരിക്കുന്നതിനാൽ അത നമ്മുടെ ശരീരത്തിന് ഉപദ്രവകാരിയാകുന്നില്ല

ഒരു ന്യൂട്രോൺ (ഏതൊരു അണുകേന്ദ്രത്തിനുള്ളിലും ഇല്ല) β^+ ശിഥിലീകരണത്തിന് ഉൾപ്പെടുന്നു.

$$^{22}_{11}Na \rightarrow {}^{22}_{10}Ne + e^+ + \nu$$

β ശിഥിലീകരണ സമയത്ത് അണുകേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നുംപുറത്തുവരുന്നഇലക്ട്രോണോ,പോസിട്രോണോ അണുകേന്ദ്രത്തിനുള്ളിൽ ഒരിക്കലും ഇരുക്കുകയില്ല. എന്നത് നാം മനസ്സിലാക്കേണ്ടത് ആവശ്യമാണ്. പക്ഷേ അവ ഉത്പാദിക്കപ്പെടുന്നത് ഒരു ന്യൂട്രോൺ പ്രോട്ടോണായിട്ടോ അല്ലെങ്കിൽ പ്രോട്ടോൺ ന്യൂട്രോണായിട്ടോ അണുകേന്ദ്രത്തിനുള്ളിൽ മാറുമ്പോഴാണ്.

ന്യൂട്രിനോ:

β^- ശിഥിലീകരണ സമയത്ത് മാതൃ അണുകേന്ദ്രത്തിലുള്ള ന്യൂട്രോൺ ഒന്ന് ഇലക്ട്രോണിനെ പുറത്തേയ്ക്ക് വിട്ട് വ്യുൽപന്ന അണുകേന്ദ്രമായിട്ട് മാറുന്നുവെന്ന് ആദ്യം കണക്കാക്കിയിരുന്നു.

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + e^- \qquad (9.30)$$

എന്നാൽ അണുകേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും പുറത്തേയ്ക്ക് വരുന്ന ഇലക്ട്രോണിന്റെ ഗതികോർജ്ജത്തിന്റെമൂല്യംപരീക്ഷണങ്ങളുടെഫലങ്ങളുമായിട്ട്യോജിക്കുന്നില്ല. ആൽഫാ ശിഥിലീകരണത്തിൽ ആൽഫ കണങ്ങൾ ചില അനുവദിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ള പ്രത്യേക ഊർജ്ജവിലകളെ മാത്രമേ ഉൾകൊണ്ടിട്ടുള്ളൂ. എന്നാൽ ബീറ്റാ ശിഥിലീകരണത്തിൽ ബീറ്റാ കണങ്ങൾ (ഇലക്ട്രോണുകൾ) തുടർച്ചയായ ഊർജ്ജ മൂല്യങ്ങളെ ഉൾകൊണ്ടിട്ടുള്ളവയാകുന്നു. ഊർജ്ജ സംരക്ഷണ നിയമം കൂടാതെ സംവേഗ സംരക്ഷണനിയമംഎന്നിവയുടെഅടിസ്ഥാനത്തിൽഇലക്ട്രോണിന്റെ ഊർജ്ജം കൂടാതെ വ്യുൽപന്ന അണുകേന്ദ്രം Y. എന്നിവ പ്രത്യേക വിലകളെ ഉൾകൊണ്ടിരിക്കണം. ഊർജ്ജ സംരക്ഷണനിയമവും സംവേഗ സംരക്ഷണ നിയമവും ഇവിടെ ലംഘിച്ചിട്ടുള്ളവയെ പോലെ കാണുന്നു. കൂടാതെ ആൽഫാ കണങ്ങളുടെ ഊർജ്ജം എന്തുകൊണ്ടാണ് തുടർച്ചയായിട്ടുള്ള വിലകളാണെന്ന് വിശദീകരിക്കാൻ സാധിച്ചിട്ടില്ല. ആയതിനാൽ ബീറ്റാ ശിഥിലീകരണം പല വർഷങ്ങൾക്ക് ഒരു വിഷമതയുള്ള ഒന്നായി കാണപ്പെടുന്നു.

വിട്ടുപോയ ഊർജ്ജം കൂടാതെ സംവേഗം എന്നിവയെ വിശദീകരിക്കുന്നതിന് ആൽഫാ ശിഥിലീകരണത്തിൽ മൂന്നാമതായിട്ട് ഒരു കണം ഇരിക്കണം എന്ന നിഗമനത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ W പൗലി എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ 1931, ാം വർഷം പ്രവചിച്ചു. ചാർജ്ജില്ലാത്ത വളരെചെറിയ ദ്രവ്യമാനമുള്ള ഈ കണങ്ങൾക്ക് ന്യൂട്രിനോ (ചെറിയ ന്യൂട്രൽ ആയിട്ടുള്ള ഒന്ന്) എന്ന് ഫെർമി വിശേഷിപ്പിച്ചു. പല വർഷങ്ങൾക്ക് (ന്യൂട്രിനോസിംബൽ ν , ഇതിനെ *nu* എന്ന് ഗ്രീക്ക് ഭാഷയിൽ ഉച്ചരിക്കുന്നു) ഇതിനെ ഗവേഷണത്താൽ തെളിയിക്കാൻ പറ്റാത്ത കണമായിട്ടും ഇരുന്നുവെന്നും കാണപ്പെട്ടു. അവസാനമായിട്ട് 1956 ാം വർഷം ഫെഡറിക് റെയ്ൻസ് കൂടാതെ

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 172 2/14/2023 5:43:34 PM

ക്ലൈഡ് കോവൻ എന്നിവർ പരീക്ഷണാടിസ്ഥാനത്തിൽ ന്യൂട്രിനോയി കണ്ടുപിടിച്ചു. ഈ പരീക്ഷണത്തിനായിട്ട് 1995 ാം വർഷം റെയ്ൻസിന് നോബൽ സമ്മാനം കിട്ടി.

ന്യൂട്രിനോ താഴെ പറയുന്ന സവിശേഷതകൾ ഉള്ളവയാണ്

- ഇതിന്റെ ചാർജ്ജ് പൂജ്യമാണ്
- ഇത് വിപരീത ന്യൂട്രിനോ എന്ന വിപരീത കണത്തെ കൊണ്ടിരിക്കുന്നു.
- അടുത്തകാലത്തെപരീക്ഷണങ്ങളുടെഅടിസ്ഥാനത്തിൽന്യൂട്രിനോയ്ക്ക്വളരെചെറിയദ്രവ്യമാനമാണുള്ളത് എന്ന് കണ്ടറിയപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.
- പദാർത്ഥങ്ങളോട് ന്യൂട്രിനോ വളരെ കുറച്ച് മാത്രമേ സംവർഗ്ഗത്തിൽ ഏർപ്പെടുന്നുള്ളൂ. ആയതിനാൽ അതിനെ കണ്ടുപിടിക്കുക എന്നുള്ളത് വളരെ കഷ്ടമാണ്. യഥാർത്ഥത്തിൽ ഓരോ സെക്കന്റിലും സൂര്യനിൽ നിന്നും വരുന്ന ട്രില്ല്യൻ കണക്കിലായ ന്യൂട്രിനോകൾ നമ്മുടെ ശരീരത്തിലൂടെ കടന്നു പോകുന്നു. യാതൊരു വിധ സംവർഗ്ഗവും ഇല്ലാത്തതിനാൽ നമ്മാൽ അവയെ അറിയാൻ സാധിക്കുന്നില്ല.

9.6.3 ഗാമാ ശോഷണം

ആൽഫാ കൂടാതെ ബീറ്റാ ശിഥിലീകരണത്തിൽ വ്യുൽപന്ന ശിഥിലീകരണം കൂടുതലായിട്ടും ഉത്തേജിതാവസ്ഥയിലാരിക്കും. ഉത്തേജിതാവസ്ഥയിൽ ഇതിന്റെ ആയുസ്സ് ഏകദേശം 10^{-11}s. ആയിരിക്കും. ആയതിനാൽ ഈ ഉത്തേജിതാവസ്ഥ അണു കേന്ദ്രം ഗാമകിരണങ്ങൾഎന്നറിയപ്പെടുന്നഉയർന്നഊർജ്ജ പ്രോട്ടാണുകളെപുറത്ത്വിടുന്നത്കാരണംകുറഞ്ഞ ഊർജ്ജ നിലയിലേയ്ക്കു വരുന്നു. ഉത്തേജിതാവസ്ഥയിൽ നിന്ന് അടിനിലയിൽ വരുന്ന അണുക്കളിൽ നിന്നും വെളിയിടപ്പെടുന്ന പ്രോട്ടാണുകളുടെ ഊർജ്ജം ചില eV. ആണ് ആയതിനാൽ ഉത്തേജിതാവസ്ഥയിലുള്ള അണുകേന്ദ്രം സ്വാഭാവിക നിലയിലേയ്ക്ക് വരുമ്പോൾ MeV. വിലകളുള്ള ഉയർന്ന ഊർജ്ജ പ്രോട്ടാണുകളെ അത് പുറത്ത് വിടുന്നു. ഗാമാ ശോഷണത്തെ താഴെ പറയുന്ന രീതിയിൽ എഴുതാം.

$$ {}^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}X + \text{ഗാമാ } (\gamma) \text{ രശ്മികൾ} \qquad (9.31) $$

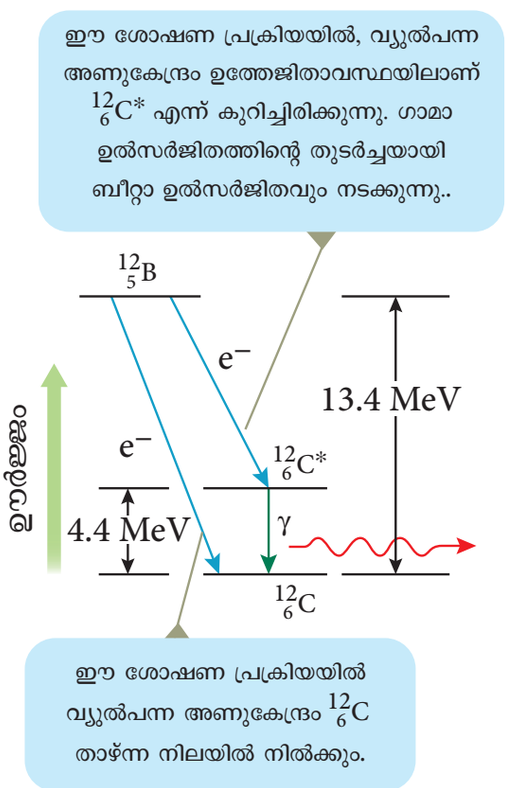
ഇവിടെ മുകളിൽ ഇട്ടിട്ടുള്ള ആസ്ട്രീസ് എക്സൈറ്റഡ് സ്റ്റേറ്റിലുള്ള അണുകേന്ദ്രത്തെ പ്രതിപാദിക്കുന്നു. ഗാമശിഥിലീകരണത്തിൽഅണുഭാരംകൂടാതെ അണുസംഖ്യയിൽ യാതൊരു വ്യത്യാസവും ഉണ്ടാകുന്നില്ല ചിത്രം9.25 ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതു പോലെ ബോറാൻ (${}^{12}_{5}B$) ശിഥിലീകരണം രണ്ട് രീതിയിൽ സംഭവിക്കുന്നു:

(1) 13.4 MeV ഉയർന്ന ഊർജ്ജമുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളെ പുറത്തുവിടുന്നതുകൊണ്ട് ബോറാൺ നേരായിട്ട് ആൾഫാ ശിഥിലീകരണം വ്യാപിച്ച് സംഭവിച്ച് താഴ്ന്ന നിലയിലുള്ള കാർബണായിട്ട് (${}^{12}_{6}C$) മാറുന്നു.

(2) 9.0 MeV അധികതമ ഊർജ്ജമുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളെ പുറത്തുവിടുന്നതു കാരണം അതു ഉത്തേജിത നിലയിലുള്ള കാർബണായിട്ട് (${}^{12}_{6}C^{*}$) മാറുന്നു. അതിനു ശേഷം4.4 MeV ഊർജ്ജമുള്ള ഫോട്ടോണുകളെ പുറത്തുവിടുന്നതു കാരണം താഴ്ന്നനിലയിലോട്ട് വരുന്നു. ഇതിനെ താഴെ പറയുന്ന സമീകരണത്താൽ എഴുതാം.

$$ {}^{12}_{5}B \rightarrow {}^{12}_{6}C + e^{-} + \bar{\nu} $$

$$ {}^{12}_{6}C^{*} \rightarrow {}^{12}_{6}C + \gamma $$



ചിത്രം 9.25 ഗാമാ ശോഷണം

9.6.4 റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് ശോഷണ നിയമം

മുൻവിഭാഗത്തിൽഒരുപ്രത്യേകറേഡിയോആക്റ്റീവ് അണു കേന്ദ്രത്തിന്റെ ശോഷണ രീതിയേപ്പറ്റി നാം മനസ്സിലാക്കി. പ്രായോഗികമായിട്ട് റേഡിയോആക്റ്റീവ്മൂലകങ്ങൾവളരെയധികംറേഡിയോ ആക്റ്റീവ് അണുകേന്ദ്രങ്ങളെ കൊണ്ടുള്ളവയായിരിക്കും. കൂടാതെ അതിലുള്ള എല്ലാ അണുകേന്ദ്രങ്ങളും ഒരേ സമയം ശോഷണമാകുന്നില്ല എന്നത് നമുക്ക് അറിയാം. ഒരു പ്രത്യേക സമയ പരിധിയ്ക്കുള്ളിൽ ഈ ശോഷണം സംഭവിക്കുന്നു. കൂടാതെ

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 173 2/14/2023 5:43:36 PM

ഈ ശോഷണം ഒരു ക്രമരഹിതമായ പ്രക്രിയയാണ്. ഏതു സെക്കന്റിലാണ് ഏതു അണുകേന്ദ്രം ശിഥിലീകരണമാകുമെന്ന് നമുക്ക് മുൻകൂട്ടി പ്രവചിക്കാൻ കഴിയുകയില്ല. നേരേ മറിച്ച് പ്രോഫബിലിറ്റി അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഒരു നാണയം എറിയുന്നതു പോലെനമുക്ക്കണക്കാക്കാൻസാധിക്കുകയുള്ളൂ.റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് മൂലകങ്ങളുടെ ഒരു പ്രത്യേക കാല പരിധിയ്ക്കുള്ളിൽ ശോഷണം ആയി എന്നുള്ളതിനെ ഏകദേശം വിലയിൽ മാത്രമേ കണക്കാക്കാൻ സാധിക്കുകയുള്ളൂ.

ഏതൊരു സമയത്തും ഒരു സെക്കന്റിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ശോഷണങ്ങളുടെ സംഖ്യ (ശോഷണ നിരക്ക് $\left(\frac{dN}{dt}\right)$) എന്നത് ആ സമയത്ത് ഉള്ള അണുകേന്ദ്രങ്ങളുടെ സംഖ്യയ്ക്ക് (N) ക്രമാനുപാതത്തിൽ ആയിരിക്കും.

$$-\frac{dN}{dt} \propto N$$

പ്രൊപോഷണാലിറ്റി സ്ഥിരാങ്കത്തെ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുകയാണെങ്കിൽ ഈ സമീകരണത്തെ താഴെ പറയുന്ന രീതിയിൽ എഴുതാം

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N \qquad (9.32)$$

ഈ സമീകരണത്തിൽ വരുന്ന നെഗറ്റീവ് ചിഹ്നം സമയം ചെല്ലും തോറും N ന്റെ മൂല്യം കുറയുന്നു എന്നതിനെ കാണിക്കുന്നു. ഇവിടെ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്ന പ്രൊപ്പോഷണാലിറ്റി സ്ഥിരാങ്കം λ എന്നത് ശോഷണ സ്ഥിരാങ്കം എന്നറിയപ്പെടുന്നു. വ്യത്യസ്ത റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് വസ്തുക്കൾക്ക് വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. കൂടാതെ

സമീകരണം (9.32), നെ വേറെ രീതിയിൽ എഴുതിയാൽ

$$dN = -\lambda N dt \qquad (9.33)$$

ഇവിടെ dN എന്നത് dt സമയപരിധിയ്ക്കുള്ളിൽ ശോഷണം ആകുന്ന അണുകേന്ദ്രങ്ങളുടെ സംഖ്യയെ കുറിക്കുന്നു.

$t = 0$ സമയത്തിൽ (അതായത് ആരംഭസമയത്ത്) ഉള്ള അണുകേന്ദ്രങ്ങളുടെ സംഖ്യ N_0 . എന്നിരിക്കട്ടെ സമീകരണം (9.33), നെ സമാകലനം ചെയ്യുമ്പോൾ ഏതൊരു t സമയത്തും ഉള്ള അണുകേന്ദ്രങ്ങളുടെ സംഖ്യയെ കണക്കാക്കാം.

സമീകരണം (9.33), ൽ നിന്നും

$$\frac{dN}{N} = -\lambda\, dt \qquad (9.34)$$

$$\int_{N_0}^{N} \frac{dN}{N} = -\int_{0}^{t} \lambda\, dt$$

$$\left[\ln N\right]_{N_0}^{N} = -\lambda t$$

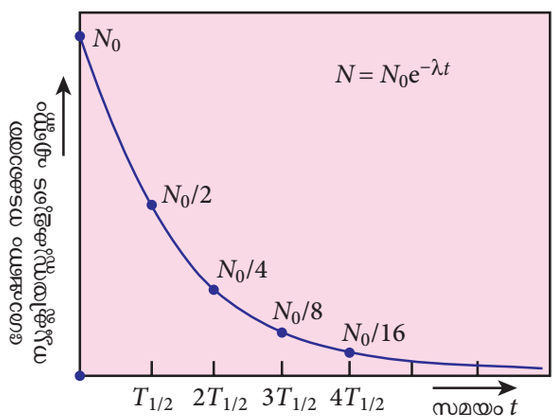
$$\ln\left[\frac{N}{N_0}\right] = -\lambda t$$

രണ്ടുവശവും എക്സ്പോനൻഷ്യൽ എടുക്കുകയാണെങ്കിൽ നമുക്ക് കിട്ടുന്നത്

$$N = N_0\, e^{-\lambda t} \qquad (9.35)$$

[കുറിപ്പ്: $e^{\ln x} = e^{y} \Rightarrow x = e^{y}$]

സമീകരണം (9.35) റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് ശിതിലീകരണ നിയമം എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഇവിടെ N എന്നത് t സമയത്തിനു ശേഷം ശോഷണമാകാതെ ഇരിക്കുന്ന അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ സംഖ്യ N_0 എന്നത് $t=0$ സമയത്തിൽ ഉള്ള അണുകേന്ദ്രങ്ങളുടെ സംഖ്യ ആകുന്നു. സമയം ചെല്ലുന്തോറും അണുക്കളുടെസംഖ്യഎക്സ്പൊണൻഷ്യലായിട്ട്കുറയുന്നു എന്നതിനെ ഈ സമീകരണത്തിൽ നിന്നും മനസ്സിലാക്കാം. എല്ലാ റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് അണുകേന്ദ്രങ്ങളും ശോഷണം ആകുന്നതിന് അനന്തമായ കാലം വേണ്ടിവരും എന്നതിനെ ഇതിൽ നിന്നും നാം മനസ്സിലാക്കാം. സമീകരണം (9.35) എന്നത് ചിത്രം 9.26 ൽ ഗ്രാഫ് ആയിട്ട് കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്.



ചിത്രം 9.26 റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് ശോഷണ നിയമം

റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് ആക്റ്റിവത അല്ലെങ്കിൽ ശോഷണ നിരക്ക് എന്ന് മറ്റൊരു പ്രയോജനമുള്ള അളവിനെനാംനിർണ്ണയിക്കാം.അതായത്റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് ആക്റ്റിവത അല്ലെങ്കിൽ ശിഥിലീകരണമാകുന്ന അണുകേന്ദ്രങ്ങളുടെ സംഖ്യ ആകുന്നു. ഇതിനെ $R = \left|\frac{dN}{dt}\right|$. എന്നെഴുതാം. ഇവിടെ R എന്നത് ഒരു പോസിറ്റീവ് അളവാകുന്നു. സമീകരണം (9.35), ൽ നിന്ന്

$$R = \left|\frac{dN}{dt}\right| = \lambda N_0\, e^{-\lambda t} \qquad (9.36)$$

$$R = R_0\, e^{-\lambda t} \qquad (9.37)$$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 174 2/14/2023 5:43:40 PM

ഇവിടെ $R_0 = \lambda N_0$

സമീകരണം(9.37) എന്നത് റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് ശിഥിലീകരണ നിയമത്തിന് അനുയോജ്യമായ ഒന്നാണ്. ഇവിടെ R_0 എന്നത് $t=0$ സമയത്തിൽ റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് വസ്തുവിന്റെ ആക്റ്റീവത കൂടാതെ R എന്നത് t സമയത്തിൽ അതിന്റെ ആക്റ്റീവതയാകുന്നു. സമീകരണം (9.37), ൽ നിന്ന് റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് പ്രവർത്തനം എക്സ്പൊണൻഷ്യൽ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ശിഥിലീകരണമാകുന്നുവെന്ന് മനസ്സിലാക്കാം. ഏതൊരു സമയം t യിലും ആ സമയത്ത് ശിഥിലീകരണമാകാതെ ഇരിക്കുന്ന അണുക്കളുടെ സംഖ്യയെ വച്ച് റേഡിയോ ആക്റ്റിവിറ്റി എഴുതാം.

സമീകരണം (9.37), ൽ നിന്ന് $N = N_0 e^{-\lambda t}$,

$$R = \lambda N \qquad (9.38)$$

സമീകരണം (9.38) അനുസരിച്ച് ഏതൊരു സമയം t യിലും റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് പ്രവർത്തനം ആ സമയത്തുള്ള ശിഥിലീകരണമാകാത്ത അണു കേന്ദ്രങ്ങളുടെ സംഖ്യ N കൂടാതെ ശിഥിലീകരണ സ്ഥിരാങ്കം തുടങ്ങിയവയുടെ ഗുണനഫലത്തിന് സമമാകുന്നു. സമയത്തിനനുസരിച്ച് N കുറഞ്ഞുകൊണ്ടേയിരിക്കുന്നതിനാൽ R ഉം കുറുകൊണ്ടേയിരിക്കും.

റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് പ്രവർത്തനത്തിന്റെ SI മാത്ര ബെക്വറൽ (Bq) ആകുന്നു. കൂടാതെ ഒരു ബെക്വറൽ എന്നത് ഒരു സെക്കന്റിന് ഒരു ശിഥിലീകരണത്തെ തരുന്ന മൂലകത്തിന്റെ പ്രവർത്തനത്തെ കുറിക്കുന്നു. റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് പ്രവർത്തനത്തിന് മറ്റൊരു ക്യൂറി (Ci) എന്ന മാത്രയും ഉണ്ട്.

1 ക്യൂറി =1 Ci $= 3.7 \times 10^{10}$ ശിഥിലീകരണങ്ങൾ/ സെക്കന്റ്

1 Ci $= 3.7 \times 10^{10}$ Bq

കുറിപ്പ്

തുടക്കത്തിൽ ഒരു ക്യൂറി എന്നത് ഒരു ഗ്രാം റേഡിയം ഒരു സെക്കന്റിൽ ഉൽസർജ്ജിക്കുന്ന ശിഥിലീകരണങ്ങളുടെ സംഖ്യയ്ക്ക് സമാകുന്നു. അതായത് ഒരു സെക്കന്റിന് 1 g 3.7×10^{10} ശിഥിലീകരണങ്ങൾ.

9.6.5 അർദ്ധ ആയുസ്സുകാലം

N അണുക്കൾ ഉള്ള ഒരു റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് മൂലകങ്ങൾ ഒന്ന് പൂർണ്ണമായിട്ട് ശിഥിലീകരണമാകാൻ എടുക്കുന്ന സമയത്തെ കണക്കാക്കുന്നത് കഷ്ടമാണ്. ആയതിനാൽ തുടക്കത്തിൽ ഇരുന്ന അളവിൽ ഒരു ഭിന്നസംഖ്യയായിട്ട് കുറയുവാൻ ആകുന്ന കാലത്തെ കണക്കാക്കാം.

തുടക്കത്തിലുള്ള അണുക്കളിൽ പാതി അളവ് അണുക്കൾ ശിഥിലീകരണമാകാൻ ഒരു മൂലകം എടുക്കുന്ന സമയത്തെ അർദ്ധായുസ്സുകാലം $T_{1/2}$ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഓരോരോ റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് മൂലകത്തിന്റെ പ്രധാന ഗുണങ്ങളിൽ ഒന്നായി അർദ്ധായുസ്സും ഉണ്ട് ചില റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ 10^{14} വർഷങ്ങൾ വരെയുള്ള കൂടുതലായ അർദ്ധായുള്ളു ഉള്ളവയാണ്. ചില അണുകേന്ദ്രങ്ങളോ (10^{-14}s) എന്ന അളവിൽ വളരെ കുറഞ്ഞ അർദ്ധായുസ്സും ഉള്ളവയാണ്.

ശിഥിലീകരണ സ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അർദ്ധായുസ്സിനെ $t = T_{1/2}$,എന്നും ശിഥിലീകരണം ആകാതിരിക്കുന്ന അണുകേന്ദ്രങ്ങളുടെ സംഖ്യ $N = \frac{N_0}{2}$ ആകുന്നു.

സമീകരണം (9.35), ൽ പ്രസ്താവിക്കുകയാണെങ്കിൽ $\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}}$

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}} \text{ or } e^{\lambda T_{1/2}} = 2$$

രണ്ടു വശവും ലോഗരിതം എടുക്കുകയാണെങ്കിൽ ,

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.6931}{\lambda} \qquad (9.39)$$

കുറിപ്പ്

കുറഞ്ഞ അർദ്ധായുള്ളുസ്സ വസ്തു കൂടുതൽ അർദ്ധായുസ്സ ഉള്ള വസ്തുവിനെക്കാളും കുറഞ്ഞ സമയം മാത്രമേ പ്രവർത്തിയിൽ ഇരിക്കും എന്നതിനാൽ അത് സുരക്ഷിതമായിരിക്കും എന്നു പറയാൻ സാധിക്കില്ല. അത് കുറഞ്ഞ അർദ്ധ ആയുസ്സ് ഉള്ള വസ്തുക്കൾ കൂടുതൽ റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് പ്രവർത്തനത്തെ കൊണ്ടവയായിരിക്കും. അത് കൂടുതൽ റേഡിയോ ആക്റ്റീവതയോടു കൂടി കാണപ്പെടുന്നതിനാൽ അത് കൂടുതൽ ആപത്തുള്ളവയായിരിക്കും.

t=0 സമയത്ത് ഉള്ള അണുക്കളുടെ സംഖ്യ N_0 , എന്നാൽ ആദ്യത്തെ അർദ്ധായുസ്സിന് ശേഷം ശിഥിലീകരണമാകാതെ ഇരിക്കുന്ന അണുക്കളുടെ സംഖ്യ $\frac{N_0}{2}$ എന്നും രണ്ടാമത്തെ അർദ്ധായുസ്സിനു ശേഷം ശിഥിലീകരണമാകാതിരിക്കുന്ന അണുക്കളുടെസംഖ്യ $\frac{N_0}{4}$ എന്നുംതുടരും. n അർദ്ധായുസ്സിനു ശേഷം ശിഥിലീകരണമാകാതിരിക്കുന്ന അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ സംഖ്യ

$$N = \left(\frac{1}{2}\right)^n N_0 \qquad (9.40)$$

ഇവിടെ n എന്നത് പൂർണ്ണസംഖ്യയായിട്ടോ അല്ലെങ്കിൽ ഭിന്നസംഖ്യയായിട്ടോ ആയിരിക്കാം. ഒരു റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് മൂലകത്തിന്റെ ആക്റ്റീവതയുടെ

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 175 2/14/2023 5:43:47 PM

സമീകരണം എക്സ്പൊണൻഷ്യൽ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ആയിരിക്കുന്നതിനാൽ സമീകരണം (9.36) നെപ്പോലെഒരുസമീകരണത്തെപ്രവർത്തനത്തിനായിട്ട് എഴുതാം.

n അർദ്ധായുസ്സിനു ശേഷം റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് മൂലകത്തിന്റെ പ്രവർത്തനത്തിനായുള്ള സമീകരണം

$$R = \left(\frac{1}{2}\right)^n R_0 \qquad (9.41)$$

ശരാശരി ആയുസ്സ് (τ):

ഒരു റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് മൂലകം ശിഥിലീകരണമാക്കുമ്പോൾ ആദ്യമായിട്ട് ശിഥിലീകരണമാകുന്ന അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ആയുസ്സു പൂജ്യം ആകുന്നു. അവസാനമായിട്ട് ശിഥിലീകരണമാകുന്ന അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെആയുസ്സുഅനന്തമായിരിക്കും.ഓരോരോ അണുകേന്ദ്രത്തിനും ആയുസ്സു 0 ത്തിൽ നിന്ന് അനന്തത വരെ ആയിരിക്കാം. ആയതിനാൽ ആ മൂലകം നശിക്കുന്നതിനു മുമ്പായിട്ട് ശരാശരിയായിട്ട് എത്ര കാലം (അതായത് ശരാശരി ആയുസ്സ് τ) ശിഥിലീകരണമാകാതിരിക്കുന്നു. എന്നതിനെ മനസ്സിലാക്കേണ്ടതാണ് നമ്മുടെ ലക്ഷ്യം.

ഒരു അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ശരാശരി ആയുസ്സു എത് എല്ലാ അണുകേന്ദ്രങ്ങളുടെയും ആയുസ്സുകളുടെ ആകെ തുക അല്ലെങ്കിൽ എല്ലാ അണുകേന്ദ്രങ്ങളുടെയും ആയുസ്സുകളുടെ സമാകലനം ആരംഭത്തിൽ ഇരുന്ന ആകെ അണുകേന്ദ്രങ്ങളുടെയും മൊത്ത സംഖ്യയ്ക്കും ഉള്ള അനുപാതം ആകുന്നു.

t മുതൽ $t + \Delta t$ വരെയുള്ള സമയപരിധിയ്ക്കുള്ളിൽ ശിഥിലീകരണമാകുന്ന ആകെ അണുക്കളുടെ സംഖ്യ $R\Delta t = \lambda N_0 e^{-\lambda t}\Delta t$. ആകുന്നു. t, സമയം വരെ അളവിലായ അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ ശിഥിലീകരണം ആകാതിരുന്നതിനെ ഇത് കാണിക്കുന്നു. ആയതിനാൽ അണുകേന്ദ്രങ്ങളുടെ ആയുസ്സു $R\Delta t$ യ്ക്ക് സമമായിരിക്കണം. ആയതിനാൽ $R\Delta t$ യ്ക്ക് സമമായിരിക്കണം. ആയതിനാൽ $tR\Delta t$. എന്ന ലിമിറ്റിൽ എല്ലാ അണുകേന്ദ്രങ്ങളുടെയും ആകെ ആയുസ്സു എന്നത് $\Delta t \to 0$, എന്ന് $t = 0$ to $t = \infty$ $tRdt$ യുടെ സമാകലനത്തിന് സമമാകുന്നു. ശരാശരി ആയുസ്സ്

$$\tau = \frac{\int_0^\infty t\left[Rdt\right]}{N_0} = \frac{\int_0^\infty t\left[\lambda N_0\, e^{-\lambda t}\, dt\right]}{N_0} \qquad (9.42)$$

ഇന്റഗ്രേഷൻ ചെയ്തതിനുശേഷം (ബോക്സിൽ ഉള്ളതിനെറിഫർചെയ്യുക) ശരാശരിആയുസ്സിന്റെസമീകരണത്തെ താഴെ പറയുന്ന രീതിയിൽ എഴുതാം,

$$\tau = \frac{1}{\lambda} \qquad (9.43)$$

ശരാശരി ആയുസ്സും ശിഥിലീകരണ സ്ഥിരാംഗവും ക്രമത്തിലാണെന്നുള്ളത് മനസ്സിലാക്കുക.

ശരാശരി ആയുസ്സിനെ ഉപയോഗിച്ച് അർദ്ധായുസ്സിനെ താഴെ പറയുന്ന രീതിയിൽ എഴുതാം

$$T_{1/2} = \tau \ln 2 = 0.6931\tau \qquad (9.44)$$

ശരാശരി ആയുസ്സ് എക്സാമിനേഷനു വേണ്ടിയല്ല

സമീകരണം (9.42) നെ ഭാഗികമായി സമാകലനം ചെയ്യുകയാണെങ്കിൽ.

$$\tau = \frac{\int_0^\infty \lambda N_0 t\, e^{-\lambda t} dt}{N_0} = \frac{\lambda N_0 \int_0^\infty t\, e^{-\lambda t} dt}{N_0}$$

$$\tau = \lambda \int_0^\infty t\, e^{-\lambda t} dt$$

$$u = t \qquad dv = e^{-\lambda t}\, dt$$

$$\tau = \lambda \int_0^\infty t\, e^{-\lambda t} dt = \lambda \left[\frac{t\, e^{-\lambda t}}{-\lambda}\right]_0^\infty - \lambda \int_0^\infty \left[\frac{e^{-\lambda t}}{-\lambda}\right] dt$$

പരിധിയെ പ്രസ്താവിക്കുകയാണെങ്കിൽ മുകളിലത്തെ സമീകരണത്തിൽ ഫസ്റ്റ് ടേം 0 ആകുന്നു.

$$\tau = \int_0^\infty e^{-\lambda t}\, dt = -\frac{1}{\lambda}\left[e^{-\lambda t}\right]_0^\infty = \frac{1}{\lambda}$$

ഉദാഹരണം 9.12

ആരംഭത്തിലുള്ള റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് കാർബൺ -14 അണുക്കളുടെ സംഖ്യ 10,000 എങ്കിൽ 22,920. വർഷങ്ങൾക്ക് ശേഷം ശിഥിലീകരണം ആകാതിരിക്കുന്ന അണുക്കളുടെ സംഖ്യയെ കണക്കാക്കുക. കാർബൺ-14 ന്റെ അർദ്ധായുസ്സ് 5730 വർഷങ്ങൾ.

നിർദ്ധാരണം

അർദ്ധായുസ്സിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ സമയപരിധിയെ കണക്കാക്കുകയാണെങ്കിൽ,

$$n = \frac{t}{T_{1/2}} = \frac{22{,}920\, yr}{5730\, yr} = 4$$

22,920 വർഷങ്ങൾക്ക് ശേഷം ശിഥിലീകരണം ആകാതിരിക്കുന്ന അണുക്കളുടെ സംഖ്യ,

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 176 2/14/2023 5:43:51 PM

$$N = \left(\frac{1}{2}\right)^n N_0 = \left(\frac{1}{2}\right)^4 \times 10,000$$

$$N = 625$$

ഉദാഹരണം 9.13

അർദ്ധായുസ്സു 10 നിമിഷം ഉള്ള ഒരു റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് വസ്തു ചെറിയ അളവിൽ അതായത് $2.6\mu g$ അളവിൽ ശുദ്ധമായിട്ട് ${}^{13}_{7}N$ ഉണ്ട്. (a) ആരംഭത്തിലുള്ള അണുക്കളുടെ സംഖ്യ എത്ര? (b) ആരംഭത്തിൽ റേഡിയോ ആക്റ്റിവിറ്റി എത്ര? (c) രണ്ടു മണിക്കൂറിനു ശേഷം റേഡിയോ ആക്റ്റിവത എത്ര? (d) ഈ വസ്തുവിന്റെ ശരാശരി ആയുസ്സ് എത്ര.

നിർദ്ധാരണം

(a) N_0, യുടെ വിലയെ കണക്കാക്കാനായിട്ട് ആദ്യം $2.6\mu g$ ഉള്ള ${}^{13}_{7}N$ അണുക്കളുടെ സംഖ്യയെ കണക്കാക്കണം. നൈട്രജന്റെ അണുഭാരം 13 ആയതിനാൽ 13 g അളവിലുള്ള ${}^{13}_{7}N$ ൽ അവാഗെട്രോസംഖ്യയ്ക്ക് (6.02×10^{23}) സമമായഅണുക്കൾ ഉണ്ടായിരിക്കും.

ഒരു ഗ്രാം ഉള്ള അണുക്കളിൽ ${}^{13}_{7}N$ സംഖ്യ $\frac{6.02\times10^{23}}{13}$ എങ്കിൽ $2.6\mu g$ യിൽ ഉള്ള ആരംഭ ${}^{13}_{7}N$ അണുക്കളുടെ സംഖ്യ

$$N_0 = \frac{6.02\times10^{23}}{13}\times 2.6\times10^{-6} = 12.04\times10^{16}$$

(b) ആരംഭപ്രവർത്തനത്തെ R_0 , കണ്ടുപിടിക്കാനായിട്ട് ശിഥിലീകരണ സ്ഥിരാംഗം λ കണക്കാക്കണം

$$\lambda = \frac{0.6931}{T_{1/2}} = \frac{0.6931}{10\times60} = 1.155\times10^{-3}\,s^{-1}$$

ആയതിനാൽ

$$R_0 = \lambda N_0 = 1.155\times10^{-3}\times12.04\times10^{16}$$
$$= 13.90\times10^{13}\,\text{decays/s}$$
$$= 13.90\times10^{13}\,\text{Bq}$$

ക്യൂറിയുടെ മാത്രയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ,

$$R_0 = \frac{13.90\times10^{13}}{3.7\times10^{10}} = 3.75\times10^{3}\,\text{Ci}$$

ആയതിനാൽ $1\text{Ci} = 3.7\times10^{10}\text{Bq}$

(c) രണ്ടു മണിക്കൂറിനു ശേഷമുള്ള ആക്റ്റിവിറ്റിയെ രണ്ടു രീതികളിൽ കണക്കാക്കാം:

വഴി 1: $R = R_0 e^{-\lambda t}$

At $t = 2\,\text{hr} = 7200\ \text{s}$

$$R = 3.75\times10^{3}\times e^{-7200\times1.155\times10^{-3}}$$

$$R = 3.75\times10^{3}\times2.4\times10^{-4} = 0.9\ \text{Ci}$$

വഴി 2: $R = \left(\frac{1}{2}\right)^n R_0$

ഇവിടെ $n = \frac{120\ \text{മിനിട്ട്}}{10\ \text{മിനിട്ട്}} = 12$

$$R = \left(\frac{1}{2}\right)^{12}\times3.75\times10^{3} \approx 0.9\,\text{Ci}$$

(d) ശരാശരി ആയുസ്സ് $\tau = \frac{T_{1/2}}{0.6931} = \frac{10\times60}{0.6931}$
$= 865.67\,s$

9.6.6 കാർബൺ ഡേറ്റിംഗ്

ബീറ്റ ശോഷണത്തിന്റെ ഒരു പ്രധാന ഉപയോഗം എന്നത് റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് സ്റ്റേറ്റിംഗ് അല്ലെങ്കിൽ കാർബൺ ഡേറ്റിംഗ് ആണ്. ഈ രീതി ഉപയോഗിച്ച്പണ്ടുള്ള വസ്തുക്കളുടെവയസ്സിനെകണ്ടുപിടിക്കാം. ജീവിക്കുന്ന എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളും കാറ്റിൽ നിന്നും കാർബൺഡൈ ഓക്സൈഡ് CO_2, ആഗിരണം ചെയ്ത് ഓർഗാനിക് തൻമാത്രകളെ ഉണ്ടാക്കുന്നു. ഇങ്ങനെആഗിരണംചെയ്യപ്പെട്ടകാർബൺഡൈ ഓക്സൈഡിൽ ഭൂരിഭാഗവും കാർബൺ ${}^{12}_{6}C$ ആയിട്ടും വളരെ ചെറിയ ഭാഗം (1.3×10^{-12}) റേഡിയോ ആക്ടീവ് കാർബൺ ${}^{14}_{6}C$ ആയിട്ടും ഉണ്ട്. (ഇതിന്റെ അർദ്ധായുസ്സ് 5730 വർഷങ്ങൾ).

അന്തരീക്ഷത്തിലുള്ളകാർബൺ-14 തുടർച്ചയായിട്ട് ശിഥിലീകരണത്തിന് വിധേയമാകുന്നു. അതേ സമയംഔട്ടർസ്പേസിൽനിന്നുംവരുന്നകോസ്മിക് കിരണങ്ങളാൽ അന്തരീക്ഷത്തിലുള്ള അണുക്കൾ തുടർച്ചയായിട്ട് കൂട്ടിമുട്ടുന്നതു കാരണം കാർബൺ ${}^{14}_{6}C$. തുടർന്നു ഉണ്ടായിരിക്കൊണ്ടേയിരിക്കും. ഇങ്ങനെ ഉണ്ടാകുന്നതും, ശിഥിലീകരണമാകുന്ന പ്രക്രീയയാലും ${}^{14}_{6}C$ കൂടാതെ ${}^{14}_{6}C$ നും ഇടയിലായ അനുപാതം മാറാതെ ഇരിക്കുന്നു. മനുഷ്യർ, മരങ്ങൾ, അല്ലെങ്കിൽ ഏതൊരു ജീവജാലവും അന്തരീക്ഷത്തിൽനിന്നുംതുടർച്ചയായിട്ട്ആഗിരണംചെയ്യുന്നു. ആയതിനാൽ ജീവിക്കുന്ന ഒരു ജീവജാലത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന ${}^{14}_{6}C$ കൂടാതെ ${}^{12}_{6}C$ എന്നിവയുടെഅനുപാതം ഏകദേശം സ്ഥിരാങ്കമായിരിക്കും. എന്നാൽ ആ ജീവിജാലം മരിച്ചതിനു ശേഷം കാർബൺ ഡൈ

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 177 2/14/2023 5:44:01 PM

ഓക്സൈഡ് CO_2. ആഗിരണം ചെയ്യുന്നത് അവസാനിക്കും ആയതിനാൽ $^{14}_{6}C$ ന്റെ ശിഥിലീകരണം കാരണം മരിച്ച ജീവജാലത്തിന്റെ ദേഹത്തുള്ള $^{14}_{6}C$ $^{12}_{6}C$ അനുപാതം കാലക്രമേണ കുറയാൻ തുടങ്ങും മണ്ണിൽ പുതഞ്ഞു കിടക്കുന്ന പുരാതന മരത്തിന്റെ സാമ്പിൾ ഒന്നിനെ തോണ്ടിയെടുത്ത് അതിന്റെ $^{14}_{6}C$ $^{12}_{6}C$ ന്റെ അനുപാതം അറിഞ്ഞാൽ അതിന്റെ ആയുസ്സിനെ കണക്കാക്കാം.

ഉദാഹരണം 9.14

കീഴടടിഎന്ന് തമിഴ്നാട്ടിലുള്ളചെറിയഗ്രാമം പ്രധാനമായിട്ടും പുരാവസ്തു ഗവേഷണ സ്ഥലങ്ങളിൽ പ്രധാനപ്പെട്ട ഒന്നാണ്. ഇതിൽ ശിവഗംഗയെന്ന (തങ്കനാണയങ്ങൾ, മണ്ണുപാത്രങ്ങൾ, മണികൾ, ഇരുമ്പ് ഉപകരണങ്ങൾ, ആഭരണങ്ങൾ കൂടാതെ മരകരികഷ്ണങ്ങൾമുതലായവ) പലപുരാവസ്തു സാധനങ്ങൾ കീഴടിയിൽ നിന്നു കണ്ടെടുക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ഇത് കാരണം വൈഗയാറ്റിന്റെ കരയിൽ പണ്ടുള്ള നാഗരീകത സമ്പൽ സമൃദ്ധിയുള്ളതായിരുന്നുവെന്നതിനുള്ള അനുയോജ്യമായ ആധാരങ്ങൾ കിട്ടിയിട്ടുണ്ട്. ഈ വസ്തുക്കളുടെ ആയുസ്സിനെ കണക്കാക്കുന്നതിന് (ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ള) 200 g കാർബൺ ഡേറ്റിംഗ് പരീക്ഷണത്തിനു വേണ്ടി ഉൾപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്. അതിൽ $^{14}_{6}C$ പ്രവർത്തനം 37 ശോഷണം/സെക്കന്റ് എങ്കിൽ ആകരിയുടെ വയസ്സിനെ കണക്കാക്കാം.

ചിത്രം (a) (കീഴടി) ഉത്ഖനന ഭാഗം

ചിത്രം (b) – കാർബൺ ഡേറ്റിംഗിനു വേണ്ടി അയച്ചിട്ടുള്ള കരിക്ഷണം

നിർദ്ധാരണം

കരിയുടെ വയസ്സിനെ കണക്കാക്കുന്നതിനു വേണ്ടി അത് മരമായിട്ട് ജീവനോടെ ഇരുന്നപ്പോൾ അതിന്റെ ആരംഭ റേഡിയോ ആക്റ്റീവത (R_0) അറിഞ്ഞിരിക്കണം. .

സാംബിളിന്റെ റേഡിയോ ആക്ടീവത

$$R = R_0\, e^{-\lambda t} \qquad (1)$$

അതിന്റെ കാലം t, കാണുവാനായിട്ട് സമീകരണം (1) നെ ഇപ്രകാരം എഴുതാം, $e^{\lambda t} = \frac{R_0}{R}$

രണ്ടു വശവും ലോകരിതം എടുക്കുകയാണെങ്കിൽ

നമുക്ക് കിട്ടുന്നത് $t = \frac{1}{\lambda}\ln\left(\frac{R_0}{R}\right)$ (2)

ഇവിടെ R = 38 ശോഷണം/സെക്കന്റ്=38 Bq.

ശിഥിലീകരണ സ്ഥിരാങ്കത്തെ കണക്കാക്കാൻ താഴെ പറഞ്ഞിട്ടുള്ള സമീകരണത്തെ പ്രയോജനപ്പെടുത്താം

$$\lambda = \frac{0.6931}{T_{1/2}} = \frac{0.6931}{5730\,\text{yr} \times 3.156 \times 10^{7}\,\text{s/yr}}$$

$[\because 1\text{yr} = 365.25 \times 24 \times 60 \times 60\,\text{s} = 3.156 \times 10^{7}\,\text{s}]$

$$\lambda = 3.83 \times 10^{-12}\, s^{-1}$$

ആരംഭ റേഡിയോ ആക്ടീവത കണ്ടുപിടിക്കുവാനായിട്ട് $R_0 = \lambda N_0$. എന്ന സമീകരണത്തെ പ്രയോജനപ്പെടുത്താം. ഇവിടെ N_0 എന്നത് സാമ്പിൾ വസ്തു ജീവനോടെ ഇരുന്നപ്പോൾ അതിലുള്ള-14 അണുവിന്റെ സംഖ്യയാകുന്നു. കരിയുടെ ദ്രവ്യമാനം200g.12gകാർബണിൽ 6.02×10^{23} കാർബൺ അണുക്കൾ ഉണ്ടായിരിക്കും. ആയതിനാൽ 200g ൽ

$$\frac{6.02 \times 10^{23}\ \text{അണുക്കൾ/മോൾ}}{12\,g\ /\ \text{മോൾ}} \times 200 \approx 1 \times 10^{25}\ \text{അണുക്കൾ}$$

മാതൃക സാംബിളായ (അതായത് മരം ജീവനോടെ ഇരുന്നപ്പോൾ $^{14}_{6}C$ $^{12}_{6}C$ ന്റെ അനുപാതം 1.3×10^{-12} ആയതിനാൽ കാർബൺ-14 അണുക്കളുടെ ആകെസംഖ്യ

$$N_0 = 1 \times 10^{25} \times 1.3 \times 10^{-12} = 1.3 \times 10^{13}\ \text{അണുക്കൾ}$$

ആരംഭ പ്രവർത്തനം

$$R_0 = 3.83 \times 10^{-12} \times 1.3 \times 10^{13} \approx 50\ \text{ശോഷണം}/s$$
$$= 50\,Bq$$

R_0 , λ വിലകളെ സമീകരണം (2), ൽ പ്രസ്താവിക്കുകയാണെങ്കിൽ

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 178 2/14/2023 5:44:08 PM

$$t = \frac{1}{3.83\times10^{-12}} \times \ln\left[\frac{50}{37}\right]$$

$$t = \frac{0.301}{3.83}\times10^{12} \approx 7.86 \times 10^{10} \text{ സെക്കന്റ്}$$

വർഷം

$$t = \frac{7.86\times10^{10}\,s}{3.156\times10^{7}\,s/\,yr} \approx 2500 \text{ വർഷങ്ങൾ}$$

യഥാർത്ഥത്തിൽ ഈ ഉത്ഖനനത്താൽ പങ്കെടുത്ത വസ്തുക്കൾ തമിഴ്നാട് ഗവൺമെന്റിന്റെ പുരാവസ്തു ഗവേഷകരാൽ അമേരിക്കയിലേയ്ക്ക് അയച്ച് കാർബൺ ഡേറ്റിംഗ് ചെയ്തവരിൽ കീഴടിയിൽ കണ്ടെടുത്തിട്ടുള്ള കരകൗശലവസ്തുക്കളുടെവയസ്സ് 2200 വർഷങ്ങളിൽ നിന്നും 2500 വർഷങ്ങൾ വരെ ആയിരുന്നു- 400 BC മുതൽ 200 BC). 2000 വർഷങ്ങൾക്കു മുമ്പേ തമിഴ്നാട്ടിൽ നഗരങ്ങളിലെ നാഗരികത ഇരുന്നതായിട്ട് കീഴടി ഖനനം വിജ്ഞാന പരീക്ഷണാർത്ഥം തെളിയിച്ചിട്ടുണ്ട്!

9.6.7 ന്യൂട്രോണിന്റെ കണ്ടുപിടിത്തം

ബെർലിയത്തെ α കണങ്ങൾ കൊണ്ട് കൂട്ടിമുട്ടിക്കുമ്പോൾ കൂടുതൽ തുളച്ചു കയറുന്ന വികിരണങ്ങൾ പുറത്തു വരുന്നുവെന്ന് ബോത്, ബെക്കർ എന്ന ജർമനിയിലുള്ള ഭൗതിക ശാസ്ത്രജ്ഞൻമാർ 1930 ൽ കണ്ടുപിടിച്ചു. കട്ടിയുള്ള ലെഡ് ഷീറ്റ്പാളത്തിൽ കൂടെ തുളച്ചുകയറുന്ന ഈ വികിരണം വൈദ്യുത കൂടാതെ കാന്തിക ക്ഷേത്രങ്ങളാൽ വ്യതിചലിക്കുന്നില്ല. ആദ്യം ഇതിന് ഗാമ വികിരണങ്ങൾ എന്നാണ് കരുതിയത്. എന്നാൽ ഈ വികിരണങ്ങൾ വിദ്യുത് കാന്തിക തരംഗങ്ങളല്ല എന്നതേയും അവ പ്രോട്ടോണെക്കാളും കുറച്ച് കൂടുതൽ ദ്രവ്യമാനമുള്ള ചാർജ്ജ് ഇല്ലാത്ത കണങ്ങളാണ് എന്നതിനെയും 1932 ാം വർഷം ജയിംസ് ചാഡ്വിക്ക് എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ കണ്ടുപിടിച്ചു. അവയെ ന്യൂട്രോണുകൾഎന്നുഅദ്ദേഹംവിളിച്ചു.മുകളിൽപറഞ്ഞപ്രവർത്തനത്തെ താഴെ പറയുന്ന രീതിയിൽ എഴുതാം.

$${}^{9}_{4}Be + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{1}_{0}n$$

ഇവിടെ ${}^{1}_{0}n$ എന്നത് ന്യൂട്രോണിനെ കുറിക്കുന്നതാണ് അണുകേന്ദ്രത്തിലുള്ള ന്യൂട്രോണുകൾ സ്ഥിരതയുള്ളവയായി കാണപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ അണുകേന്ദ്രത്തിനു വെളിയിൽ അവ അസ്ഥിരമായി കാണപ്പെടുന്നു. അണുകേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും പുറത്തുവരുന്ന ന്യൂട്രോൺ(ഒറ്റപ്പെട്ട ന്യൂട്രോൺ)വളരെപെട്ടെന്ന് തന്നെ(അർദ്ധായുസ്സ്13 സെക്കന്റുകൾ) പ്രോട്ടാൺ, ഇലക്ട്രോൺ കൂടാതെ വിപരീത ന്യൂട്രിനോ എന്നിവയായി ശിഥിലീകരിക്കപ്പെടുന്നു.

ന്യൂട്രോണുകളെ അവയുടെ ഗതികോർജ്ജത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഇപ്രകാരം വകഭേദം ചെയ്യാം.(i)വേഗതകുറഞ്ഞന്യൂട്രോണുകൾ(0to1000eV) (ii) വേഗതയുള്ള ന്യൂട്രോണുകൾ (0.5 MeV to 10 MeV).ഏകദേശം 0.025 eV അളവിലായ ശരാശരി മൂല്യമുള്ള താപീയ സന്തുലനാവസ്ഥയിലുള്ള ന്യൂട്രോണുകൾതാപന്യൂട്രോണുകൾഎന്നറിയപ്പെടുന്നു. എന്തെന്നാൽ 298K, താപനിലയിൽ അവയുടെ താപീയ ഊർജ്ജം $kT \quad 0.025eV$ വേഗത കുറഞ്ഞകൂടാതെ വേഗത കൂടിയ ന്യൂട്രോണുകൾ ന്യൂക്ലിയർ റിയാക്ടറുകളിൽ പ്രാധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു.

9.7 അണുകേന്ദ്ര വിഭജനം

യുറേനിയം അണുകേന്ദ്രത്തെ ന്യൂട്രോണുകളാൽ കൂട്ടി മുട്ടിക്കുകയാണെങ്കിൽ അത് ഏകദേശം സമമായ ദ്രവ്യമാനമുള്ള രണ്ട് ചെറിയ അണുകേന്ദ്രങ്ങളായും, കൂടാതെ ഊർജ്ജവും പ്രത്യക്ഷപ്പെടുന്ന രീതിയിൽ വിഭജിക്കപ്പെടുന്നുവെന്ന് ജർമ്മൻ ശാസ്ത്രജ്ഞൻമാരായഓട്ടോഖാൻകൂടാതെസ്ട്രാസ്മാൻ എന്നിവരാൽ 1930 ാം വർഷം കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടു. ഭാരം കൂടിയ അണുഒന്നിന്റെ അണു കേന്ദ്രം രണ്ടു ചെറിയ അണുകേന്ദ്രങ്ങളോടും, വളരെ കൂടുതലായ ഊർജ്ജവും പ്രത്യക്ഷപ്പെടുന്ന രീതിയിൽ വിഭജിക്കുന്ന പ്രതിഭാസത്തെ അണു കേന്ദ്ര വിഭജനം എന്നു പറയുന്നു. വിഭജനം സംഭവിക്കുമ്പോൾ ന്യൂട്രോണുകൾ ചേർന്നാണ് പ്രത്യക്ഷമാകുന്നത്.

അണുകേന്ദ്ര വിഭജനത്തിൽ പ്രത്യക്ഷപ്പെടുന്ന ഊർജ്ജത്തിന്റെ അളവ് രാസ ക്രിയകളുടെ പ്രത്യക്ഷമാകുന്ന ഊർജ്ജത്തെക്കാളും പല മടങ്ങ് കൂടുതലായിട്ടുള്ള ഒന്നാണ്.90 വ്യത്യസ്ത വഴികളിൽ യുറേനിയത്തിന്റെ വിഭജനം സംഭവിക്കുന്നു. അവയിൽ കൂടുതലായിട്ട് സംഭവിക്കുന്ന വിഭജന ക്രിയകൾ താഴെ തന്നിട്ടുണ്ട്.

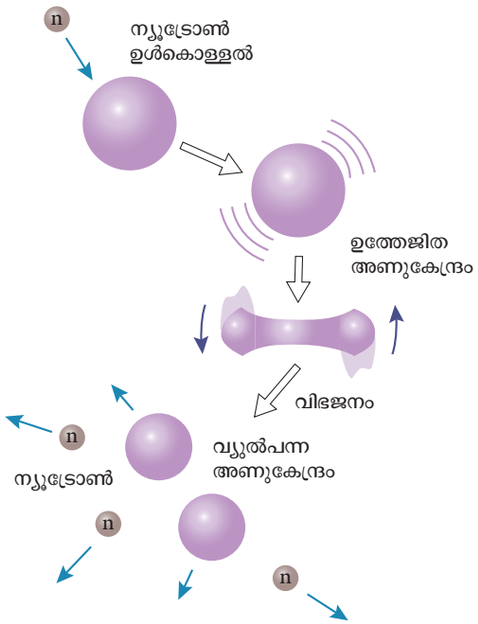
$${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{236}_{92}U^{*} \rightarrow {}^{141}_{56}Ba + {}^{92}_{36}Kr + 3\,{}^{1}_{0}n + Q \qquad (9.45)$$

$${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{236}_{92}U^{*} \rightarrow {}^{140}_{54}Xe + {}^{94}_{38}Sr + 2\,{}^{1}_{0}n + Q \qquad (9.46)$$

ഇവിടെ Q എന്നത് ഓരോരോ യുറേനിയ അണുകേന്ദ്രവും വിഭജിക്കുമ്പോൾ പ്രത്യക്ഷപ്പെടുന്ന ഊർജ്ജത്തെ കുറിക്കുന്നു. വേഗത കുറഞ്ഞ ന്യൂട്രോണുകളെ അണു കേന്ദ്രം ആഗിരണം ചെയ്യുമ്പോൾ അതിന്റെ അണുഭാരം ഒന്നുകൂടും ${}^{236}_{92}U^{*}$ എന്ന ഉത്തേജിതാവസ്ഥയിലോട്ട് പോകുന്നു. എന്നാൽ ഈ നില 10^{-12}s ൽ കൂടുതൽ നിലനിൽക്കാൻ സാധിക്കാത്തതാൽ അത് രണ്ട് അല്ലെങ്കിൽ മൂന്ന് ന്യൂട്രോണു

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 179 2/14/2023 5:44:13 PM

കളോടു കൂടിയ വ്യൂൽപന്ന അണുകേന്ദ്രങ്ങളായിട്ട് ശിഥിലികരിക്കപ്പെടുന്നു. ഓരോരോ പ്രക്രിയയിൽ നിന്നും ശരാശരിയായി 2.5 ന്യൂട്രോണുകൾ പ്രത്യക്ഷ മാകുന്നു. ഇത് ചിത്രം 9.27 ൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്.



ചിത്രം 9.27 അണുകേന്ദ്ര വിഭജനം

വിഭജനത്തിൽ പ്രത്യക്ഷപ്പെടുന്ന ഊർജ്ജം:

ഓരോരോ യുറേനിയം അണു കേന്ദ്രത്തിന്റെ വിഭജനത്തിലും പ്രത്യക്ഷമാകുന്ന ഊർജ്ജ (Q) ത്തിനെ നാം കണക്കാക്കാം. കൂടുതൽ സാധ്യതയുള്ള അണു കേന്ദ്ര വിഭജന പ്രക്രിയ സമീകരണം (9.45) ൽ കൊടുത്തിട്ടുണ്ട്.

$$^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{236}_{92}U^{*} \rightarrow {}^{141}_{56}Ba + {}^{92}_{36}Kr + 3\,{}^{1}_{0}n + Q$$

യുറേനിയം ദ്രവ്യമാനം $^{235}_{92}U$ $= 235.045733\ u$

ദ്രവ്യമാനം $^{1}_{0}n$ $= 1.008665\ u$

അഭികാരകങ്ങളുടെ ആകെ ദ്രവ്യമാനം $= 236.054398\ u$

$^{141}_{56}Ba$ ന്റെ ദ്രവ്യമാനം $= 140.9177\ u$

$^{92}_{36}Kr$ ന്റെ ദ്രവ്യമാനം $= 91.8854\ u$

3 ന്യൂട്രോണുകളുടെ ദ്രവ്യമാനം $= 3.025995\ u$

ഉത്പന്നങ്ങളുടെ ആകെ ദ്രവ്യമാനം $= 235.829095\ u$

ദ്രവ്യമാന ന്യൂനത $\Delta m = 236.054398u - 235.829095u$
$= 0.225303\ u$

ഓരോ വിഭജനത്തിലും പുറന്തള്ളുന്ന ഊർജ്ജം
$= 0.225303 \times 931 MeV \approx 200\ MeV$

ഈ ഊർജ്ജം ഉത്പന്ന അണുകേന്ദ്രങ്ങളുടേയും ന്യൂട്രോണുകളുടേയും ഗതികോർജ്ജമായി കാണപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ പിന്നീട് ഈ ഗതികോർജ്ജം ചുറ്റുപാടുകളിലേക്ക് കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്ന താപോർജ്ജമായി മാറുന്നു.

ചെയിൻ റിയാക്ഷൻ:

ഒരു യുറേനിയം $^{235}_{92}U$ അണുകേന്ദ്രം വിഭജനത്തിന് ഉൾപ്പെടുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന ഊർജ്ജം ചെറുതായിട്ട് ഇരുന്നാലും ഓരോ വിഭജന പ്രക്രിയയിലും മൂന്ന് ന്യൂട്രോണുകൾ ഉണ്ടാകുന്നു. അവ മൂന്നും പിന്നെയും മൂന്ന് $^{235}_{92}U$ അണുകേന്ദ്രത്തെ വിഭജിച്ച് ആകെ 9 ന്യൂട്രോണുകളെ ഉണ്ടാക്കുന്നു. ഈ 9 ന്യൂട്രോണുകളും പിന്നെയും 27 ന്യൂട്രോണുകളെ ഉണ്ടാക്കുന്നു. ഇത് തുടരുന്നു. ഇതിനെ ചെയിൻ റിയാക്ഷൻ എന്നു പറയുന്നു. ഇതിൽ ന്യൂട്രോണുകളുടെ സംഖ്യ ജ്യോമട്രി പ്രോഗ്രേഷനായി ആയി കൂടി കൊണ്ടേ പോകുന്നു.

രണ്ടുവിധമായ ചെയിൻ റിയാക്ഷനുകൾ ഉണ്ട് (i) നിയന്ത്രണത്തിലുള്ള ചെയിൻ റിയാക്ഷൻ (ii) നിയന്ത്രണമില്ലാത്ത ചെയിൻ റിയാക്ഷൻ.

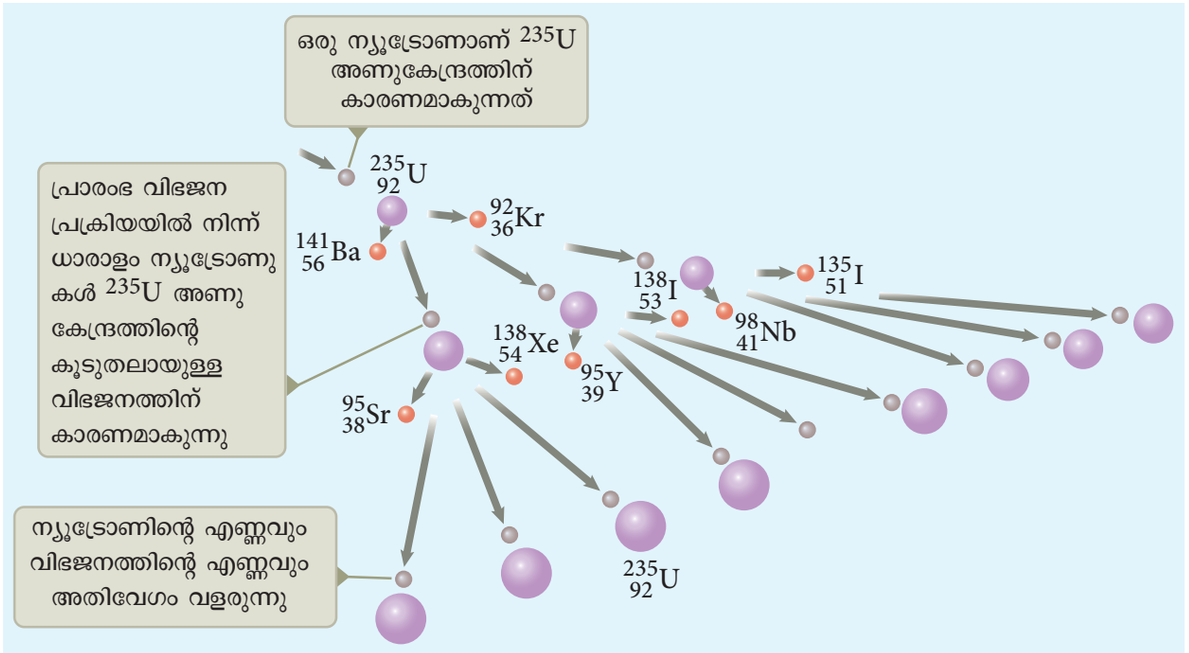
നിയന്ത്രണമില്ലാത്ത ചെയിൻ റിയാക്ഷൻ

നിയന്ത്രണമില്ലാത്ത ചെയിൻ റിയാക്ഷനിൽ നിയന്ത്രണമില്ലാത്ത സംഖ്യ അനന്തമില്ലാതെ കൂടുന്നതിനാൽ വളരെ കുറഞ്ഞ സമയം കൊണ്ട് മൊത്ത ഊർജ്ജവും വെളിപ്പെടുന്നു. നിയന്ത്രണമില്ലാത്ത ചെയിൻ റിയാക്ഷനായിട്ട് അണുകേന്ദ്ര വിഭജനം സംഭവിക്കുന്നതിനു ഒരു ഉദാഹരണമാണ് അണുബോംബ്.

രണ്ടാം ലോകമഹായുദ്ധ സമയത്ത് 1945 ാം വർഷം ആഗസ്റ്റ് 6 കൂടാതെ ആഗസ്റ്റ് 7 എന്നീ ദിവസങ്ങളിൽ ജപ്പാനിലുള്ള ഹിറോഷിമ കൂടാതെ നാഗസാക്കി എന്നീ രണ്ടു സ്ഥലങ്ങളിൽ അമേരിക്ക അണുബോംബ് വീശി ഇതിന്റെ ഫലമായിട്ട് ലക്ഷക്കണക്കിനു ജനങ്ങളുടെ ജീവൻ നഷ്ടപ്പെട്ട് ആ രണ്ടു നഗരങ്ങളും പൂർണ്ണമായിട്ട് നശിച്ചു. അണുബോംബ് പൊട്ടിയതു കാരണം ഉണ്ടാകുന്ന പാർശ്വ ഫലങ്ങളാൽ ആ ഭാഗങ്ങളിൽ ജീവിക്കുന്ന ജനങ്ങൾ ഇപ്പോഴും ബാധിക്കപ്പെട്ടവരായി കാണപ്പെടുന്നു.

ഒരു ചെയിൻ റിയാക്ഷനിൽ ഉൽസർജ്ജിക്കപ്പെടുന്ന ഊർജ്ജം കണ്ടുപിടിക്കാൻ സാധിക്കും. ആദ്യ ഘട്ടത്തിൽ ഒരു അണുകേന്ദ്ര വിഭജനത്തിന് ഒരു ന്യൂട്രോണിനെ കൊണ്ട് മൂന്ന് ന്യൂട്രോണുകളും

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 180 2/14/2023 5:44:18 PM



ചിത്രം 9.28 അണുകേന്ദ്ര ചെയിൻ റിയാക്ഷൻ

200 MeV. ഊർജ്ജവും ഉണ്ടാകുന്നു. രണ്ടാമത്തെ ഘട്ടത്തിൽ മൂന്ന് അണുകേന്ദ്രങ്ങളും മൂന്നാമത്തെ ഘട്ടത്തിൽ ഒമ്പത് അണുകേന്ദ്രങ്ങളും നാലാമത്തെ ഘട്ടത്തിൽ 27 അണുകേന്ദ്രങ്ങളും ഇങ്ങനെ തുടർച്ചയായിട്ട് ഉണ്ടാകുന്നു 100 മത്തെ ഘട്ടത്തിൽ വിഭജനത്തിനു ഉൾപ്പെടുന്ന അണുകേന്ദ്രങ്ങളുടെ സംഖ്യ 2.5×10^{40}. നോട് അടുക്കും. ഇങ്ങനെ നൂറാമത്തെ ഘട്ടത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ഊർജ്ജത്തിന്റെ വില $2.5\times10^{40}\times200 MeV = 8\times10^{29} J$.

ഇതു സത്യത്തിൽ വളരെ വലിയ ഊർജ്ജമാണ് ഇത് തമിഴ്നാട്ടിൽ പല വർഷങ്ങൾക്കാവശ്യമായ വൈദ്യുത ഊർജ്ജത്തിന്റെ ആവശ്യത്തിന് സമമായതാകുന്നു. ഈ ചെയിൻ റിയാക്ഷനെ നിയന്ത്രണത്തിൽ വയ്ക്കാൻ സാധിച്ചാൽ വളരെ വലിയ ഊർജ്ജത്തെ നമ്മുടെ ആവശ്യങ്ങൾക്കായി നാം പ്രയോജനപ്പെടുത്താൻ സാധിക്കും. നിയന്ത്രണത്തിലുള്ള ചെയിൻ റിയാക്ഷനിൽ ഓരോരോ ഘട്ടത്തിലും പുറത്താക്കപ്പെട്ട ന്യൂട്രോണുകളുടെ ശരാശരി സംഖ്യ 1 എന്ന രീതിയിൽ നിയന്ത്രിക്കപ്പെട്ടാൽ ഇതിൽ പുറത്താക്കപ്പെടുന്ന ഊർജ്ജത്തെ ശേഖരിക്കാൻ സാധിക്കും ന്യൂക്ലിയർ റിയാക്ടറിൽ ചെയിൻ റിയാക്ഷൻ നിയന്ത്രണത്തിൽ വയ്ക്കപ്പെടുന്നതിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന ഊർജ്ജം വൈദ്യുത ഉത്പാദനത്തിനും ഗവേഷണത്തിനായിട്ടും പ്രയോജനപ്പെടുത്തുന്നു.

ഉദാഹരണം 9.15

1 കിലോഗ്രാം ദ്രവ്യമാനമുള്ള $^{235}_{92}U$ വിഭജിക്കുമ്പോൾ പുറത്തുവിടുന്ന ഊർജ്ജത്തെ കണക്കാക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

$^{235}_{92}U$ 6.02×10^{23} അണുക്കൾ ഉണ്ട്. ഒരു $^{235}_{92}U$, ൽ ഉള്ള അണുക്കളുടെ സംഖ്യ

$$\frac{6.02\times10^{23}}{235} = 2.56\times10^{21}.$$

1 കിലോഗ്രാം ഉള്ള അണുക്കളുടെ സംഖ്യ $^{235}_{92}U$
$= 2.56\times10^{21}\times1000 = 2.56\times10^{24}$

ഓരോ $^{235}_{92}U$ വിഭജനത്തിൽ നിന്നും 200 MeV ഊർജ്ജം പ്രത്യക്ഷപ്പെടും. ആയതിനാൽ 1kg $^{235}_{92}U$ നിന്നും പുറത്തു വിടുന്ന ആകെ ഊർജ്ജം

$Q = 2.56\times10^{24}\times200 MeV = 5.12\times10^{26} MeV$
ഇതിനെ ജൂൺ യൂണിറ്റിലേയ്ക്ക് മാറ്റുമ്പോൾ ഇതിനെ കിലോ വാട്ട് മണിക്കൂർ മാത്രയിലോട്ട് മാറ്റുമ്പോൾ

$Q = 5.12\times10^{26}\times1.6\times10^{-13} J = 8.192\times10^{13} J$.

കിലോവാട്ട് മണിക്കൂറിൽ,

$$Q = \frac{8.192\times10^{13}}{3.6\times10^{6}} = 2.27\times10^{7}\ kWh$$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 181 2/14/2023 5:44:25 PM

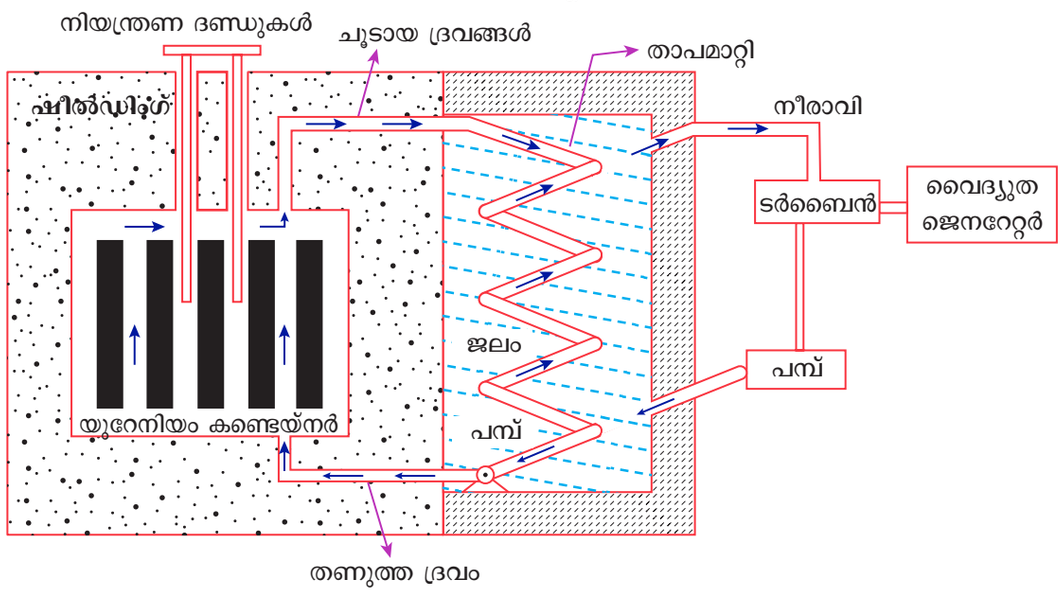
പ്രവർത്തിക്കാൻ ആവശ്യമായ അളവിന് ഇത് വലിയ അളവിലായ ഊർജ്ജമാകുന്നു. രാസപ്രക്രിയകളാൽ ഈ ഊർജ്ജത്തെ ഉത്പാദിപ്പിക്കാനാണെങ്കിൽ 20,000 TNT നെ സ്ഫോടനം ചെയ്യേണ്ടിവരും.

ന്യൂക്ലിയർ റിയാക്ടർ:

ന്യൂക്ലിയർ റിയാക്ടർ എന്നത് സ്വയം നിലനിൽക്കുന്നകൂടാതെ നിയന്ത്രണത്തിൽ ഇരിക്കുന്ന അണുകേന്ദ്ര വിഭജനം സംഭവിക്കുന്ന ഒരു വ്യവസ്ഥിതിയാകുന്നു. ഇതിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ഊർജ്ജം ഗവേഷണ ആവശ്യങ്ങൾക്കും അല്ലെങ്കിൽ പവർ ഉത്പാദത്തിനോ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു. ആദ്യത്തെ ന്യൂക്ലിയർ റിയാക്ടർ എൻറിക്കോ ഫെർമി എന്ന അമേരിക്കൻ ഭൗതിക ശാസ്ത്രജ്ഞനാൽ 1942 ാം വർഷം ചിക്കാഗോ നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടു. ന്യൂക്ലിയർ റിയാക്ടറിന്റെ പ്രധാന ഭാഗങ്ങൾ ഇന്ധനം മോഡറേറ്റർ കൂടാതെ നിയന്ത്രണ ദണ്ഡുകൾ ഇതു കൂടാതെ വൈദ്യുത ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നു വ്യവസ്ഥിതിയുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന ഗീതികരണ വ്യവസ്ഥയും ഉണ്ട്.

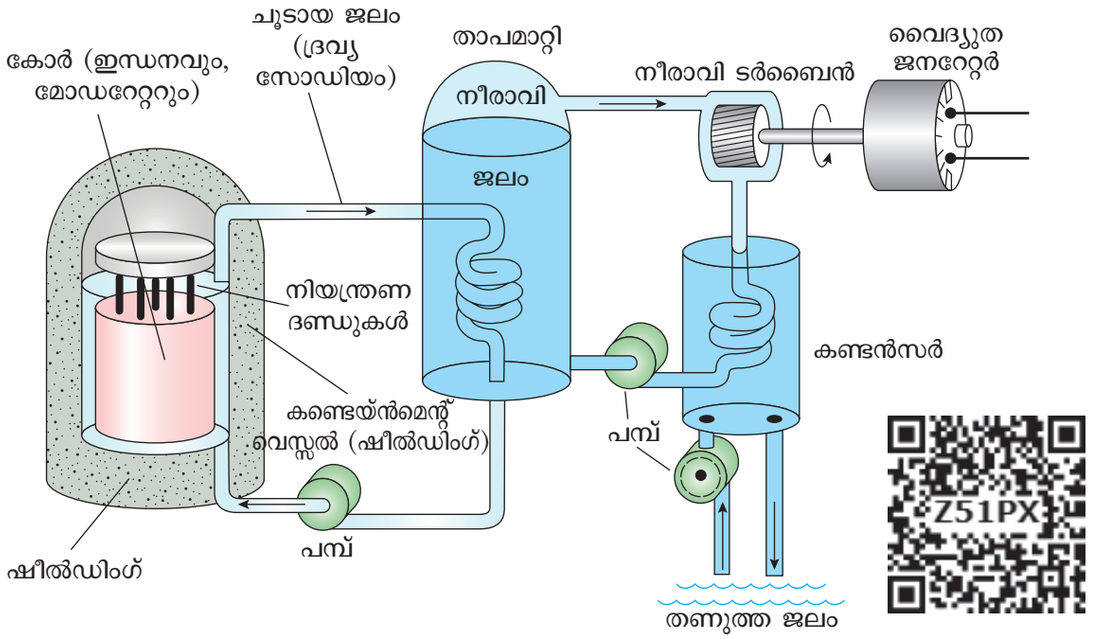
ഇന്ധനം: ഇന്ധനം എന്നത് അണുകേന്ദ്ര വിഭജനത്തിന്ഉപയോഗിക്കുന്നവസ്തുവാണ്. സാധാരണയായി യുറേനിയം അല്ലെങ്കിൽ പ്ലൂട്ടോണിയം അണു ഉപയോഗിക്കുന്നു. പ്രകൃതിയിൽ കിട്ടുന്ന യുറേനയത്തിൽ $^{235}_{92}U$ 0.7% മാത്രമേ ഉള്ളൂ 99.3% അളവ് $^{238}_{92}U$ ഉണ്ട്. ആയതിനാൽ $^{238}_{92}U$ ന്റെ സമ്പന്നമായയുറേനിയമായിട്ട്മാറ്റപ്പെടണം. എങ്കിൽഅതിൽ കുറഞ്ഞത് രണ്ട് മുതൽ നാല് % എങ്കിലും $^{235}_{92}U$ കാണപ്പെടും. ഇത് കൂടാതെ ന്യൂട്രോൺ ചെയിൻ റിയാക്ഷനെ തുടങ്ങാനായിട്ട് ന്യൂട്രോൺ സ്രോതസ്സ് ആവശ്യമുണ്ട്. പ്ലൂട്ടോനിയം അല്ലെങ്കിൽ പൊളോനിയത്തോട് ബെർലിയം കലർന്ന മിശ്രിതംന്യൂട്രോൺസ്രോതസ്സായിട്ട്ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു. $^{235}_{92}U$,ൽഅണുകേന്ദ്രംവിഭജനമാകുമ്പോൾ പുറത്തേയ്ക്ക് വരുന്ന വേഗ ന്യൂട്രോണുകളാൽ വേറൊരു അണു കേന്ദ്രത്തെ വിഭജനം ചെയ്യാൻ വളരെ കുറഞ്ഞ സാധ്യതയെ ഉള്ളൂ. ആയതിനാൽ അണുകേന്ദ്ര ക്രിയകൾ തുടർന്നു നടത്തുന്നതിന് വേഗത കുറഞ്ഞ ന്യൂട്രോണുകൾ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു.

മോഡറേറ്റർസ്: വേഗ ന്യൂട്രോണുകളെ വേഗ കുറഞ്ഞ ന്യൂട്രോണുകളായി മാറ്റുന്നതിന് സഹായിക്കുന്ന വസ്തുക്കളെയാണ് മോഡറേറ്ററുകൾ എന്നു പറയുന്നത്. സാധാരണയായി ന്യൂട്രോണുകളുടെ ദ്രവ്യമാനത്തിനു സമമായ ദ്രവ്യമാനമുള്ള ലഘുവായ അണുകേന്ദ്രങ്ങളെയാണ് മോഡറേറ്ററുകളായി ഉപയോഗപ്പെടുത്തത്. ഈ ലഘുവായ അണു കേന്ദ്രങ്ങളോട് വേഗ ന്യൂട്രോണുകൾ കൂട്ടിമുട്ടുമ്പോൾ ന്യൂട്രോണുകളുടെ വേഗം കുറയ്ക്കപ്പെടുന്നു. ബില്യാർഡ്ബോൾഒന്ന്നിശ്ചലമായിരിക്കുന്നസമദ്രവ്യമാനമുള്ള മറ്റൊരു ബില്യാർഡ് ബോളോട് ഇടിക്കുമ്പോൾ അത് നിശ്ചലമാവുകയും അതേ ബോൾ ദ്രവ്യമാനം അധികമുള്ള വേറൊരു വസ്തുവിനോട് മുട്ടുകയാണെങ്കിൽ അതേ വേഗത്തിൽ അത് തിരിച്ചു വരുന്നത് കാണാം. ഈ കാരണം കൊണ്ടാണ് മോഡറേറ്ററുകൾ ലഘുവായ അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നത് കൂടുതൽ റിയാക്ടറുകളിലും ജലം, ഘനജലം (D_2O) കൂടാതെ ഗ്രാഫൈറ്റ് മുതലായ വസ്തുക്കൾ മോഡറേറ്ററുകളായും ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു. യുറേനിയം അടുക്കുകളുടെ ഇടയിൽ ഗ്രാഫൈറ്റ് ദണ്ഡുകൾ ബന്ധിപ്പിക്കപ്പെട്ട് ഒരു വലിയ കെട്ടായിട്ട് ഉള്ളതിനെ ചിത്രം 9.29 (a) & (b) എന്നിവയിൽ കാണാം.



ചിത്രം 9.29 (a) ന്യൂക്ലിയാർ റിയാക്ടറിന്റെ ബ്ലോക്ക് ചിത്രം

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 182 2/14/2023 5:44:28 PM



ചിത്രം 9.29 (b) ന്യൂക്ലിയർ റിയാക്ടറിന്റെ സ്കീമാറ്റിക് ചിത്രം

നിയന്ത്രണ ദണ്ഡുകൾ: അണുകേന്ദ്ര വിഭജന ക്രിയ സംഭവിക്കുന്ന നിരക്കിനെ ശരിചെയ്യാനായി ഇല്ലെങ്കിൽ നിയന്ത്രണത്തിൽ വയ്ക്കാനായിട്ട് നിയന്ത്രണ ദണ്ഡുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഓരോരോ അണുകേന്ദ്രവിഭജനസമയത്തും ശരാശരിയായി2.5 ന്യൂട്രോണുകൾപുറത്താക്കപ്പെടുന്നു. ആയതിനാൽ ചെയിൻ റിയാക്ഷനെ നിയന്ത്രണത്തിൽ വയ്ക്കാൻ ത്ഒരേയൊരുന്യൂട്രോണെമാത്രമേഅടുത്തവിഭജനം ഉണ്ടാകുന്നതിന് ഉപകരിക്കൂ മറ്റ ന്യൂട്രോണുകൾ കൺട്രോൾ റോഡുകളാൽ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു.

സാധാരണയായി കാഡ്മിയം, അല്ലെങ്കിൽ ബോറാൺ എന്നിവ നിയന്ത്രണദണ്ഡുകൾ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. കൂടാതെ ചിത്രം9.29(a),(b). യിൽകാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ യുറേനിയം അടുക്കുകകളിൽ ഈ ദണ്ഡുകൾ ചെരുകി വച്ചിട്ടുണ്ട്. യുറേനിയത്തിൽ നിയന്ത്രണ ദണ്ഡുകൾ ചെരുകി വച്ചിട്ടുള്ള ആഴത്തിനനുസരിച്ച് ഒരു വിഭജനത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ശരാശരി ന്യൂട്രോണുകളുടെ സംഖ്യ ഒന്നോ അതിൽ കൂടുതലോ ആയിരിക്കും. ഒരു വിഭജനത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ശരാശരി ന്യൂട്രോണുകളുടെ സംഖ്യ ഒന്ന് എങ്കിൽ ന്യൂക്ലിയർ റിയാക്ടർ പ്രവർത്തന നിലയിലാണ്ഉള്ളത്എന്ന്പറയാം. സത്യത്തിൽ നിയന്ത്രണ ദണ്ഡുകൾ ശരിയായ രീതിയിൽ വയ്ക്കുന്നതു കാരണം എല്ലാ ന്യൂക്ലിയർ റിയാക്ടറുകളും പ്രവർത്തന നിലയിൽ വയ്ക്കുന്നു. സംഖ്യ ഒന്നിനെക്കാളും കൂടുതലായി കഴിഞ്ഞാൽ ആ റിയാക്ടർ സൂപ്പർ ക്രിട്ടിക്കൽ നിലയിലെത്തുകയും. വളരെ പെട്ടെന്ന് തന്നെ സ്ഫോടനം ഉണ്ടാവുകയും വലിയ ദുരന്തങ്ങൾ സംഭവിക്കുകയും ചെയ്യും.

ഷീൽഡിംഗ്: നാശം വിതയ്ക്കുന്ന വികിരണങ്ങളിൽ നിന്ന് നമ്മേ സുരക്ഷിതരാക്കാൻ 2 മുതൽ 2.5 മീറ്റർ കട്ടിയുള്ള കോൺക്രീറ്റ് ചുവരുകൾ റിയാക്ടറിനു ചുറ്റും ഉണ്ടാക്കപ്പെടുന്നു.

ശീതികരണവ്യവസ്ഥ: ന്യൂക്ലിയർറിയാക്ടറുകളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന താപത്തെ നീക്കാനായിട്ട് ശീതീകരണ വ്യവസ്ഥ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു. വളരെയധികം സ്പെസിഫിക് ഹീറ്റ് കപ്പാസിറ്റി ഉള്ളവയും അധിക മർദ്ദത്തിൽ വളരെ കൂടുതൽ ബോയിലിംഗ് പോയിന്റുകളെ ജലം, ഘന ജലം കൂടാതെ ദ്രാവകസോഡിയം എന്നിവ ശീതികാരികളായി ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു. ചിത്രം9.29(a),(b). യിൽകാണിച്ചിട്ടുള്ളതു പോലെ ശീതികരണവ്യവസ്ഥി കൂടാതെ ഇന്ധന അടുക്കിലൂടെ ചെന്ന് ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെട്ട ഭാഗത്തെ സ്റ്റീം ജനറേറ്ററിലോട്ട് അയയ്ക്കുന്നു. നീരാവികൊണ്ട്ടർബേനുകൾപ്രവർത്തിച്ച്പവർറിയാക്ടറുകളിൽ വൈദ്യുതി ഉത്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു.

കുറിപ്പ്

ഇപ്പോൾ ഇന്ത്യയിൽ 22 ന്യൂക്ലിയർ റിയാക്ടറുകൾ പ്രവർത്തനത്തിൽ ഉണ്ട്. തമിഴ്നാട്ടിൽ കൽപ്പാക്കം, കൂടംകുളം എന്നീ രണ്ടു സ്ഥലങ്ങളിൽ ന്യൂക്ലിയർ റിയാക്ടറുകൾ ഉണ്ട് നമ്മുടെ ഊർജ്ജ ആവശ്യത്തെ നിറവേറ്റുക എന്നതാണ് ന്യൂക്ലിയർ റിയാക്ടറുകൾ കൊണ്ടുള്ള ലക്ഷ്യം എങ്കിലും ഇന്ത്യയുടെ ഊർജ്ജ ആവശ്യകതകളിൽ വെറും 2% മാത്രമേ ഇവയിൽ നിന്നു കിട്ടുന്നുള്ളൂ.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 183 2/14/2023 5:44:28 PM

9.8

അണുകേന്ദ്ര സംയോജനം

രണ്ട് അല്ലെങ്കിൽ അതിൽ കൂടുതൽ കുറഞ്ഞ അണുഭാരം ഉള്ള $(A<20)$ അണു കേന്ദ്രങ്ങൾ സംയോജിച്ച് കൂടുതൽ ദ്രവ്യമാനം ഉള്ള അണുകേന്ദ്രങ്ങളെ ഉണ്ടാക്കുന്ന പ്രക്രിയയ്ക്ക് അണുകേന്ദ്ര സംയോജനം എന്നു പറയുന്നു. അണുകേന്ദ്ര സംയോജനത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനം തുടക്കത്തിലുള്ള അണുകേന്ദ്രങ്ങളുടെ ദ്രവ്യമാനങ്ങളുടെ ആകെ തുകയെക്കാളും കുറവായിരിക്കും. അണുകേന്ദ്ര വിഭജനത്തെപ്പോലെ സാധാരണ താപനിലയിൽ അണുകേന്ദ്ര സംയോജനം സംഭവിക്കുന്നില്ല. എന്തെന്നാൽ കുറഞ്ഞ ദ്രവ്യമാനമുള്ള രണ്ട് അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ ഒന്നിനൊന്ന് അടുക്കുമ്പോൾ കൂലും വികർഷണ ബലത്താൽ അവ കൂടുതലായിട്ട് വികർഷിക്കപ്പെടുന്നു.

ഈ വികർഷണ ബലത്തെ തുലനം ചെയ്യാനായി അവയെ അടുത്തേയ്ക്ക് കൊണ്ടുവരാനായി കൂടുതൽ ഊർജ്ജം ആവശ്യമായി വരുന്നു. അടുത്തു വന്നതിനു ശേഷം ബലം കൂടിയ അണുകേന്ദ്ര ബലം പ്രവർത്തിക്കാൻ തുടങ്ങും. താപം കൂടുതലാകുമ്പോൾ ഏകദേശം 10^7 K. ഇരുന്നാൽ മാത്രമേ ഇത് സാധ്യമാകുന്നുള്ളൂ. പരിസര പ്രദേശത്തെ താപം 10^7K, നോട് അടുക്കുമ്പോൾ കുറഞ്ഞ ദ്രവ്യമാനമുള്ള അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ യോജിച്ച് കൂടുതൽ ദ്രവ്യമാനമുള്ള അണുകേന്ദ്രങ്ങളെ ഉണ്ടാക്കുന്നതിനാൽ ഈ പ്രക്രിയ താപീയ അണുകേന്ദ്ര സംയോജനം എന്നു വിളിക്കപ്പെടുന്നു.

നക്ഷത്രങ്ങളിൽ ഊർജ്ജം ഉണ്ടാകുന്ന വിധം:

നക്ഷത്രങ്ങളിൽ താപം ഏകദേശം 10^7K. അളവിൽ ഉണ്ടായിരിക്കുന്നതിനാൽ പ്രകൃതിയിൽ തന്നെ അണുകേന്ദ്ര സംയോജനം ഉണ്ടാകുന്നു. ഓരോരോ നക്ഷത്രത്തിനും ഉണ്ടാകുന്ന ഊർജ്ജം ഒരു താപീയ അണുകേന്ദ്ര സംയോജന പ്രക്രിയയാകുന്നു. നമ്മുടെ സൂര്യൻ ഉൾപ്പെടെ കൂടുതലായ നക്ഷത്രങ്ങളിൽ ഹൈഡ്രജൻ സംയോജിച്ച് ഹീലിയമും, ചില നക്ഷത്രങ്ങളിൽ ഹീലിയം സംയോജിച്ച് വീണ്ടും കൂടുതൽ ദ്രവ്യമാനമുള്ള മൂലകങ്ങളും ഉണ്ടാകുന്നു.

നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ആദ്യഘട്ടത്തിൽ മേഘങ്ങളും പൊടിപടലങ്ങളും മാത്രമേ കാണപ്പെട്ടുള്ളൂ. തങ്ങളുടെ ആകർഷണ ബലത്താൽ ആ മേഘങ്ങൾ ഉള്ളിലോട്ട് വീഴുന്നു. ഇതു കാരണം ഗ്രാവിറ്റേഷനൽ പൊട്ടനഷ്യൽ ഊർജ്ജം ഗതികോർജ്ജമായിട്ട് മാറ്റപ്പെടുന്നു. അവസാനമായിട്ട് താപോർജ്ജമായിട്ടും മാറ്റപ്പെടുന്നു. താപീയ അണുകേന്ദ്ര പ്രക്രിയ തുടങ്ങുന്നതിന് ആവശ്യമായ താപം കിട്ടിയതിനു ശേഷം ധാരാളം ഊർജ്ജം പുറത്തുവരുന്നതിനാൽ ഉള്ളിലോട്ട് വീഴുന്നത് തടുക്കപ്പെട്ട് നക്ഷത്രം സമനിലയിൽ എത്തുന്നു.

സൂര്യന്റെ ഉൾഭാഗത്തിന്റെ താപ നില ഏകദേശം $1.5\times10^7\ K$ ഓരോരോസെക്കന്റും അത് $6\times10^{11}\ kg$ ഹൈഡ്രജനെ ഹീലിയമായിട്ട് മാറ്റുന്നു. ഈ സംയോജനപ്രക്രിയ വീണ്ടും അഞ്ച് ബില്യൻ വർഷങ്ങൾക്ക് അവശേഷിക്കാൻആവശ്യമായ ഹൈഡ്രജൻ സൂര്യനിൽ ഉണ്ട്. എല്ലാ ഹൈഡ്രജനും എരിഞ്ഞ ശേഷം റെഡ് ജയിന്റ് എന്ന പുതിയ ഘട്ടത്തിൽ സൂര്യൻ എത്തിച്ചേരും ഇതിൽ ഹീലിയം യോജിച്ച് കാർബണായിട്ട്മാറുന്ന അണുകേന്ദ്രസംയോജനപ്രക്രകിയ തുടങ്ങും ഈ ഘട്ടത്തിൽ സൂര്യൻ എല്ലാ ഗ്രഹങ്ങളെയും വിഴുങ്ങാൻ തക്ക വണ്ണം വലുതായി വികസിക്കും.

ഹാൻസ് ബെത്തേ എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞന്റെ അഭിപ്രായപ്രകാരം സൂര്യന്റെ ഊർജ്ജം പ്രോട്ടാൺ പ്രോട്ടാൺ സൈക്കിൾ എന്നും സംയോജന ക്രിയയാൽ ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ സൈക്കിളിൽ മൂന്ന് പ്രവർത്തനങ്ങൾ ഉണ്ട്. ആദ്യത്തെ രണ്ട് പ്രവർത്തനങ്ങൾ താഴെ പറഞ്ഞിട്ടുണ്ട്:

$$ {}_1^1H + {}_1^1H \rightarrow {}_1^2H + e^+ + \nu \qquad (9.44) $$

$$ {}_1^1H + {}_1^2H \rightarrow {}_2^3He + \gamma \qquad (9.45) $$

മൂന്നാമത്തെ പ്രവർത്തന നിലയിൽ പല രീതിയിലുള്ള ക്രിയകൾ ഉണ്ടാകാം. അതിൽ മുൻ പന്തിയിൽ നില്ക്കുന്ന ഒന്ന്

$$ {}_2^3He + {}_2^3He \rightarrow {}_2^4He + {}_1^1H + {}_1^1H \qquad (9.46) $$

മുകളിൽ പറഞ്ഞിട്ടുള്ള ക്രിയകളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ആകെ ഊർജ്ജത്തിന്റെ വില 27 MeV. സൂര്യനിൽ നിന്ന് നമുക്ക് കിട്ടുന്ന ഉൽസർജ്ജിത ഊർജ്ജം ഈ സംയോജന ക്രിയകളാൽ ഉണ്ടാകുന്നവയാണ്.

അടിസ്ഥാന കണങ്ങൾ:

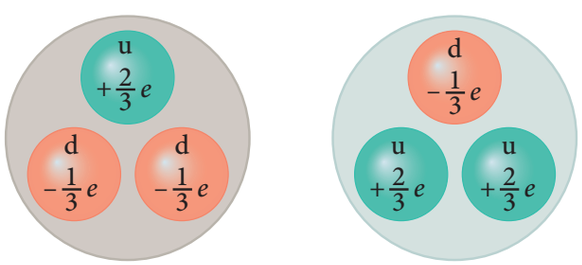
ഒരു അണുവിൽ അണുകേന്ദ്രവും അതിനെ ചുറ്റി ഇലക്ട്രോണുകളും ഉണ്ട്. അണുകേന്ദ്രത്തിൽ പ്രോട്ടോണുകൾ കൂടാതെ നൂട്രോണുകൾ എന്നിവ ഉണ്ട്. പ്രോട്ടോണുകൾ, ഇലക്ട്രോണുകൾ എന്നിവയാണ് ദ്രവ്യങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാന കണങ്ങൾ എന്ന് 1960, ാം വർഷം വരെ വിശ്വസിച്ചിരുന്നു. 1964, ാം വർഷം മുരെ ഗെൽമാൻ കൂടാതെ ജോർജ്ജ് സ്വിംഗ് എന്നീ ഭൗതിക ശാസ്ത്രജ്ഞൻമാർ പ്രോട്ടോണുകളും ന്യൂട്രോണുകളും അടിസ്ഥാന കണങ്ങൾ അല്ല. അവ ക്വാർക്കുകൾ എന്ന കണങ്ങളാൽ ആയവ

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 184 2/14/2023 5:44:31 PM

യാണ് എന്ന് സൈദ്ധാന്തികപരമായി അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. ഇപ്പോൾ ഈ ക്വാർക്കുകളാണ് അടിസ്ഥാന കണങ്ങൾ എന്ന് കരുതപ്പെടുന്നത് എന്നാൽ ഇലക്ട്രോണുകൾ വേറെയാതൊരു കണങ്ങളാലും നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടവയല്ലാത്തതിനാൽ അവയെ അടിസ്ഥാന കണങ്ങൾ എന്ന് കരുതപ്പെടുന്നു

1968, ാം വർഷം അമേരിക്കയിലുള്ള സ്റ്റാൻഡോർഡ് ലീനിയർ ആക്സലേറ്റർ സെന്ററിൽ (SLAC), യിൽ നടന്ന പരീക്ഷണങ്ങളിൽ ക്വാർക്കുകൾ കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടു. മുകളിൽ ക്വാർക്ക് താഴെ ക്വാർക്ക്, ചാംക്വാർക്ക് അപരചിത ക്വാർക്ക്, ഉച്ചി, അടി ക്വാർക്ക് എന്നിങ്ങനെ 6 ണ്ടരീതിയിലുള്ള ക്വാർക്കുകളും അവയുടെ വിപരീത കണങ്ങളും ഉണ്ട്. എല്ലാ ക്വാർക്കുകൾക്കും ഭിന്നസംഖ്യയുള്ള ചാർജ്ജുകളാണ് ഉള്ളത്. ഉദാഹരണമായിട്ട് മുകൾ ക്വാർക്ക്, ചാർജ്ജിന്റെ വില $+\frac{2}{3}e$ കൂടാതെ താഴെ ക്വാർക്കിന്റെ ചാർജ്ജിന്റെ വില $-\frac{1}{3}e$

ക്വാർക്ക് മോഡൽ അനുസരിച്ച് ഒരു പ്രോട്ടോൺ രണ്ട് മേൽ ക്വാർക്കുകൾ കൂടാതെ ഒരു താഴെ ക്വാർക്ക് എന്നിവയാൽ നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടിരിക്കും. അതേപോലെ ഒരു ന്യൂട്രോൺ രണ്ട് താഴെ ക്വാർക്കുകൾ കൂടാതെ മുകൾ ക്വാർക്ക് എന്നിവയാൽ നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.



ന്യൂട്രോൺ പ്രോട്ടോൺ

ചിത്രം 9.30 ന്യൂക്ലിയോണിന്റെ ഘടകങ്ങൾ

അടിസ്ഥാന ഘടകങ്ങളെ പറ്റി പഠനം ചെയ്യുന്നതിനെ പാർട്ടിക്കിൾ ഫിസിക്സ് (കണ ഭൗതികം) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഇന്നും ഇത് തുടർച്ചയായിട്ട് പ്രാവർത്തിക പരീക്ഷണത്തിൽ ഇരിക്കുന്ന ഒരു വിഭാഗമായിട്ട് തന്നെ ഇരിക്കുന്നു. ഇതുവരെ 20 ൽ കൂടുതൽ ഭൗതിക നോബൽ സമ്മാനങ്ങൾ ഈ വിഭാഗത്തിന്റെ ഗവേഷണത്തിനായി സമ്മാനിച്ചിട്ടുണ്ട്.

പ്രകൃതിയിലുള്ള അടിസ്ഥാനബലങ്ങൾ:

രണ്ട് ദ്രവ്യമാനങ്ങൾക്കിടയിൽ ഗുരുത്വ ബലം പ്രവർത്തിക്കുന്നതിനെയും അത് പ്രകൃതിയിൽ എല്ലാ വസ്തുക്കൾക്കും പൊതുവായ ഒന്നാണ് എന്നതിനെക്കുറിച്ച് നമുക്ക് അറിയാം. സൂര്യന്റെ ഗുരുത്വാകർഷണം കാരണമാണ് എല്ലാ ഗ്രഹങ്ങളും സൂര്യനെ ചുറ്റി വരുന്നത്. +2 ഭൗതിക പാഠത്തിൽ വാല്യം 1, ൽ രണ്ട് ചാർജ്ജുകൾക്കിടയിൽ വിദ്യുത് കാന്തിക ബലം പ്രവർത്തിക്കുന്നുവെന്നും ദൈനംദിന പ്രവർത്തികളിൽ പലതിലും അത് പ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നുവെന്നും നമുക്ക് അറിയാം. ഈ അദ്ധ്യായത്തിൽ രണ്ട് ന്യൂക്ലിയോണുകൾക്കിടയിൽ ഒരു ശക്തമായ അണുകേന്ദ്രബലം പ്രവർത്തിക്കുന്നു. എന്നും അണു കേന്ദ്രത്തിന്റെ സ്ഥിരതയ്ക്ക് ഇതു കാരണമാകുന്നു എന്നും അറിയാം. ഈ മൂന്ന് ബലങ്ങളെ കൂടാതെ ശക്തമല്ലാത്തബലം അല്ലെങ്കിൽ മറ്റൊരു അടിസ്ഥാന ബലവും ഉണ്ട്. ഈ ശക്തമല്ലാത്ത ബലം അണുകേന്ദ്രബലത്തെക്കാളും കുറഞ്ഞ ദൂരങ്ങളിൽ കൂടി പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഒന്നാണ്. ബീറ്റ ശോഷണം കൂടാതെ നക്ഷത്രങ്ങളിൽ ഊർജ്ജം ഉണ്ടാകുന്നത് എന്നീ സംഭവ വികാസങ്ങളിൽ ഈ ബലം പ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. സൂര്യനിൽ ഹൈഡ്രജൻ ഹീലിയം ആകുന്ന പ്രക്രിയയിൽ ന്യൂട്രിനോകളും ധാരാളം വികിരണങ്ങളും ഉണ്ടാകുന്നതിന് ശക്തമല്ലാത്ത ബലത്തിലൂടെയാണ് വീക്ക് ബലത്തിന്റെ വിശദീകരണം ഈ പാഠഭാഗത്തിന്റെ ലക്ഷ്യത്തിൽ കവിഞ്ഞ താണ്. വീക്ക് ഫോഴ്സിനെ പറ്റി കൂടുതൽ അറിയാനായിട്ട് ഉചിതമായ ബുക്കുകൾ വായിക്കുക.

ഗുരുത്വ ബലം, വിദ്യുത് കാന്തിക ബലം, അണുകേന്ദ്രബലം കൂടാതെ ദുർബ്ബലബലം എന്നിവനാലും പ്രകൃതിയിലെ അടിസ്ഥാന ബലങ്ങളാണ്. നമ്മുടെ ദൈനംദിന ജീവിതത്തിൽ ഈ അടിസ്ഥാന ബലം ഉപയോഗപ്പെടുന്ന ഒന്നാണ് എന്നുള്ളത് ഉപയോഗപ്പെടുന്നു അല്ലെങ്കിൽ പ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. എന്നത് ആശ്ചര്യമായ സത്യമാണ്. ചുരുക്കി പറഞ്ഞാൽ നാം ഭൂമിയിൽ ജീവിച്ചിരിക്കുന്നു എന്നത് ഭൂമിയുടെ ഗുരുത്വബലമാണ് കാരണമായിട്ടുള്ളത്. നാം ഭൂമിയിൽ ജീവി.ുന്നതിന് ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലുള്ള അണുക്കൾക്കും നമ്മുടെ പാദത്തിലുള്ള അണുക്കൾക്കും ഇടയിലുള്ള വൈദ്യുത കാന്തിക ബലമാണ് കാരണമായിട്ടുള്ളത്. നമ്മുടെ ശരീരത്തിൽ ഉള്ള അണുക്കൾ സ്ഥിരതയോട് ഇരിക്കാൻ ശക്തമായ അണുകേന്ദ്രബലം ആവശ്യമായിട്ടുണ്ട്. അവസാനമായി ഭൂമിയിലുള്ള പലതരം ജീവജാലങ്ങൾക്ക് ആവശ്യമായ സൗരോർജ്ജം, സൂര്യനിൽ നിന്നാണ് കിട്ടുന്നത്. സൂര്യന്റെഉൾഭാഗത്തിൽ അണുകേന്ദ്ര സംയോജന പ്രക്രിയ നടക്കുന്നതിനും ദുർബ്ബലബലം പ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 185 2/14/2023 5:44:32 PM

സംഗ്രഹം

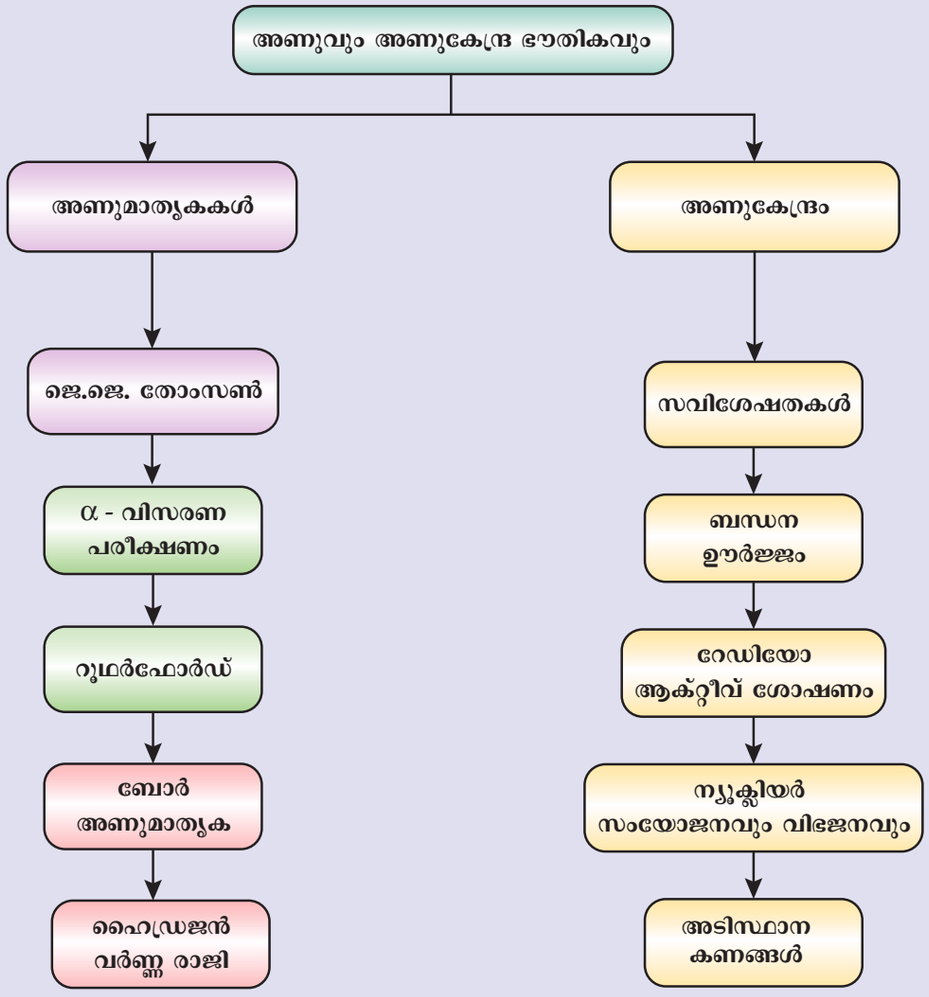
- വാതകങ്ങളിലൂടെ ഉള്ള വൈദ്യുതി ധാരയുടെ പ്രവാഹം പ്രവഹിക്കുന്ന പ്രക്രിയയെ നിരീക്ഷിക്കാൻ സഹായിക്കുന്ന ഉപകരണത്തെ ഡിസ്ചാർജ്ജ് ട്യൂബ് എന്ന് പറയുന്നു
- യൂണിറ്റ് മാസിന് ആവശ്യമായി വരുന്ന ചാർജ്ജിന്റെ വിലയെ സ്പെസിഫിക് ചാർജ്ജ് അല്ലെങ്കിൽ നോർമലൈസ്ഡ് ചാർജ്ജ് എന്നു പറയുന്നു. ഇത് വാതകത്തേയോ, ഇലക്ട്രോഡുകളുടെയോ പ്രകൃതിയെ ആശ്രയിച്ചതല്ല.
- 180° കോണിൽ നിന്നും തിരിക്കുന്നതിനു മുമ്പായിട്ട് ആൽഫ കണങ്ങളുടെ നിലയ്ക്കും അണു കേന്ദ്രത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിനും ഇടയ്ക്കുള്ള വളരെ ചെറിയ ദൂരത്തെ ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ സാമീപ്യ പരിധി ദൂരം r_0 എന്നറിയപ്പെടുന്നു.
- വളരെ ദൂരത്തിൽ ആൽഫ കണങ്ങൾ ഉള്ളപ്പോൾ അതിന്റെ പ്രവേഹവെക്ടറിന്റെ ദിശയ്ക്കും അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ മധ്യത്തിന് ഇടയ്ക്കുള്ള ലംബമായ ദൂരത്തെ ആഘാതപരിധി (b) എന്നറിയപ്പെടുന്നു.
- ബോർ അണുമാതൃക അനുസരിച്ച് കോണീയ സംവേഗം ക്വാണ്ടം പ്രകൃതിയുള്ളവയാണ്.
- ബോർ അണുമാതൃകയിൽ ഭ്രമണപഥത്തിന്റെ വ്യാസ്യാർദ്ധം $r_n = a_0 \dfrac{n^2}{Z}$
- ഒന്നാമത്തെ ഭ്രമണപഥത്തിന്റെ വ്യാസാർദ്ധം $a_0 = \dfrac{\varepsilon_0 h^2}{\pi m e^2} = 0.529\,\text{Å}$ ഇതിനെ ബോർ വ്യാസ്യാർദ്ധം എന്നറിയപ്പെടുന്നു
- n മത്തെ ഭ്രമണപഥത്തിലെ ഇലക്ട്രോണിന്റെ പ്രവേഗം $\upsilon_n = \dfrac{h}{2\pi m a_0}\dfrac{Z}{n}\ \text{ms}^{-1}$.
- മികച്ച ഘടന സ്ഥിരാങ്കം $\alpha = \dfrac{1}{137}$ ഇതൊരു ഡയമൺഷൻ ഇല്ലാത്ത സ്ഥിരാംഗമാണ്
- n ഭ്രമണപഥത്തിൽ ഇലക്ട്രോണിന്റെ ഊർജ്ജം $E_n = -\dfrac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2}\dfrac{Z^2}{n^2} = -13.6\dfrac{Z^2}{n^2}eV$.
- കുറഞ്ഞ ഊർജ്ജ നിലയിൽ നിന്ന് കൂടുതൽ ഊർജ്ജ നിലയിലേയ്ക്ക് ഒരു ഇലക്ട്രോണിനെ ഉത്തേജിതം ചെയ്യാൻ ആവശ്യമായ ഊർജ്ജം ഉത്തേജിത ഊർജ്ജം എന്നും, അതിനാവശ്യമായ പൊട്ടൻഷ്യൽ ഉത്തേജിത പ്രൊട്ടൻഷ്യൽ എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു.
- അടിനിലയിലുള്ള ഒരു ഇലക്ട്രോണിനെ അണുവിൽ നിന്നും പുറത്താക്കാൻ ആവശ്യമായ കുറഞ്ഞ ഊർജ്ജം അയോണീകരണ ഊർജ്ജം എന്നറിയപ്പെടുന്നു.
- അയോണീകരണ ഊർജ്ജം കിട്ടാൻ വേണ്ടി ഇലക്ട്രോണിനെ ത്വരിതപ്പെടുത്താൻ ആവശ്യമായ പ്രൊട്ടൻഷ്യൻ വ്യത്യാസം അയോണീകരണ പൊട്ടൻഷ്യൽ എന്നറിയപ്പെടുന്നു.
- ലൈമൻ ശ്രേണിയുടെ തരംഗദൈർഘ്യം അൾട്രാ വയലറ്റ് മേഖലയിലും ബാമർ ശ്രേണിയുടെ തരംഗ ദൈർഘ്യം ദൃശ്യ മേഖലയിലും പാഷൻ, കൂടാതെ ബ്രാക്കറ്റ് ശ്രേണിയുടെ തരംഗ ദൈർഘ്യങ്ങൾ ഇൻഫ്രാ റെഡ് മേഖലയിലും ഉള്ളവയാണ്
- Z അണുസംഖ്യയും A അണുഭാരവും ഉള്ള മൂലകം X മൂലകത്തിന്റെ അണുകേന്ദ്രം ${}^{A}_{Z}X$ എന്ന് എഴുതപ്പെടുന്നു.
- അണുഭാരം A ഉള്ള അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ വ്യാസ്യാർദ്ധം $R = R_0 A^{1/3}$ ഇവിടെ $R_0 = 1.2\,F$
- അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ സാന്ദ്രത $\rho = 2.3\times10^{17}\,kg\,m^{-3}$,
- M, m_p , m_n എന്നിവ അണുകേന്ദ്രം പ്രോട്ടോൺ കൂടതെ ന്യൂട്രോൺ എന്നിവയുടെ ദ്രവ്യമാനം എന്നാൽ ദ്രവ്യമാന ന്യൂനത $\Delta m = \left(Zm_p + Nm_n\right) - M$
- അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ബന്ധന ഊർജ്ജം $B.E = \left(Zm_p + Nm_n - M\right)c^2$

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 186 2/14/2023 5:44:36 PM

- ഇരുമ്പ് അണുവിന്റെ പ്രതി ന്യൂക്ലിയോണിന് ആവശ്യമായ ശരാശരി ബന്ധന ഊർജ്ജം വളരെ കൂടുതലാണ്. അതിന്റെ വില 8.8 MeV.
- ആൽഫാ ശോഷണം: ${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$
- β^- ശോഷണം: ${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + e^- + \bar{\nu}$
- β^+ റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് ശോഷണ നിയമം: ${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + e^+ + \nu$
- ഗാമാ ശോഷണം: ${}^{A}_{Z}X^* \rightarrow {}^{A}_{Z}X + \gamma$
- റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് ശോഷണ നിയമം: $N = N_0 e^{-\lambda t}$
- പൊതുവായിട്ട് n അർദ്ധായുസ്സുകൾക്ക് ശേഷം ശോഷണം ആകാതിരിക്കുന്ന അണു കേന്ദ്രങ്ങളുടെ സംഖ്യ $N = \left(\frac{1}{2}\right)^n N_0$
- അർദ്ധായുസ്സിനും ശോഷണ സ്ഥിരാങ്കത്തിനും ഇടയിലുള്ള ബന്ധം $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.6931}{\lambda}$
- ശരാശരി ആയുസ്സ് $\tau = \frac{1}{\lambda}$; $T_{1/2} = \frac{0.6931}{\lambda} = 0.6931\tau$.
- കൂടുതൽ ദ്രവ്യമാനമുള്ള ഒരു അണുകേന്ദ്രം കുറഞ്ഞ ദ്രവ്യമാനമുള്ള അണുകേന്ദ്രങ്ങളായിട്ട് വിഘടിക്കുന്നതിനെ അണുകേന്ദ്ര വിഭജനം എന്നു പറയുന്നു
- കുറഞ്ഞ ദ്രവ്യമാനമുള്ള രണ്ട് അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ കൂടുതൽ ദ്രവ്യമാനമുള്ള അണുകേന്ദ്രങ്ങളായിട്ട് സംയോജനം ചെയ്യുന്നതിനെ അണുകേന്ദ്ര സംയോജനം എന്നു പറയുന്നു.
- ന്യൂക്ലിയർ റിയാക്ടറുകളിൽ ചെയിൻ റിയാക്ഷൻ നിയന്ത്രണത്തിൽ ഉള്ളവയാണ്. നക്ഷത്രങ്ങളിൽ അണുകേന്ദ്ര സംയോജന പ്രക്രിയയാൽ ഊർജ്ജം ഉണ്ടാകുന്നു.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 187 2/14/2023 5:44:39 PM

ആശയ ചിത്രീകരണം



XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 188 2/14/2023 5:44:39 PM

മൂല്യനിർണ്ണയം

I ശരിയായ ഉത്തരം തെരെഞ്ഞടുക്കുക

1. പൊട്ടൻഷ്യൽ V വോൾട്ട് ഉപയോഗിച്ച് ത്വരിതിക്കരിക്കപ്പെടുന്ന ആൽഫ കണം എന്ന് അണു സംഖ്യ Z, ഉള്ള അണുകേന്ദ്രത്തിനെ നോക്കി മുട്ടാൻ അനുവദിക്കുകയാണെങ്കിൽ അണു കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്ന് ആൽഫ കണത്തിന്റെ ഏറ്റവും അടുത്ത സമീപന ദൂരം

(a) $14.4\frac{Z}{V}$ Å (b) $14.4\frac{V}{Z}$ Å

(c) $1.44\frac{Z}{V}$ Å (d) $1.44\frac{V}{Z}$ Å

2. ഹൈഡ്രജൻ അണുവിൽ നാലാമത്തെ ഭ്രമണ പഥത്തിൽ ചലിക്കുന്ന ഇലക്ട്രോണിന്റെ കോണീയ സംവേഗം

(a) h (b) $\frac{h}{\pi}$

(c) $\frac{4h}{\pi}$ (d) $\frac{2h}{\pi}$

3. $n = 1$ ഭ്രമണപഥത്തിലെ അയോണീകരണ പൊട്ടൻഷ്യൽ 122.4 V ൽ അണുവിന്റെ അണു സംഖ്യ

(a) 1 (b) 2 (c) 3 (d) 4

4. ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ ആദ്യത്തെ മൂന്ന് ഭ്രമണപഥങ്ങളുടെ ആരങ്ങളുടെ അനുപാതം

(a) 1:2:3 (b) 2:4:6

(c) 1:4:9 (d) 1:3:5

5. കാഥോട് കിരണങ്ങളുടെ ചാർജ്ജ്

(a) പോസിറ്റീവ് (b) നെഗറ്റീവ്

(c) ന്യൂട്രൽ (d) നിർവചിച്ചിട്ടില്ല

6. ജെ.ജെ. തോംസന്റെ e/m പരീക്ഷണത്തിൽ 2.6 kV കൊടുത്ത് ത്വരിതപ്പെടുത്തിയ ഇലക് ട്രോണുകളെ യഥാക്രമം 3.0×10^4, VM^{-1}, 1.0×10^{-3} T യും ഉള്ള പരസ്പരം ലംബമായ വൈദ്യുത കാന്തിക പ്രഭവ ബലങ്ങൾ കൊടുത്ത് പ്രവേശിക്കുമ്പോൾ വ്യതിചലനം കൂടാതെ കടന്നുവരുന്നുവെങ്കിൽ ഇവയുടെ സ്പെസിഫിക് ചാർജ്ജ്

(a) 1.6×10^{10} C kg–1

(b) 1.7×10^{11} C kg–1

(c) 1.5×10^{11} C kg–1

(d) 1.8×10^{11} C kg–1

7. Li^{++}, He^{+}, H എന്നിവയിൽ $n = 2$ നിന്ന് $n = 1$ ലേക്ക് പരിവർത്തനം ഉണ്ടാകുമ്പോൾ ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്ന തരംഗദൈർഘ്യങ്ങളുടെ അനുപാതം

(a) 1: 2: 3 (b) 1: 4: 9

(c) 3:2:1 (d) 4: 9: 36

8. ഒരു പ്രോട്ടോൺ കൂടാതെ ഒരു ഇലക്ട്രോൺ എന്നിവയുടെ ഒരു പൊട്ടൻഷ്യൽ $V = V_0 \ln\left(\frac{r}{r_0}\right)$, എന്ന് കൊടുത്തിട്ടുണ്ട്. ഇവിടെ r_0 എന്നത് ഒരു സ്ഥിരാങ്കമാണ്. പൊട്ടൻഷ്യലിന് ബോർ അണുമാതൃകയിൽ ഉപയോഗിച്ചാൽ പ്രിൻസിപ്പൽ ക്വാണ്ടം സംഖ്യ n ന് അനുസരിച്ച് n ാമത്തെ ചുറ്റുപാത r_n ന്റെ വ്യത്യാസം എന്നത്

(a) $r_n \propto \frac{1}{n}$ (b) $r_n \propto n$

(c) $r_n \propto \frac{1}{n^2}$ (d) $r_n \propto n^2$

9. ^{27}Al അണു കേന്ദ്രത്തിന്റെ വ്യാസ്യാർദ്ധം 3.6 ഫെർമി എങ്കിൽ ^{64}Cu അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ വ്യാസ്യാർദ്ധം ഏകദേശം

(a) 2.4 (b) 1.2

(c) 4.8 (d)3.6

10. അണുകേന്ദ്രം ഏകദേശം ഗോളാകൃതി ഉള്ളതാണെങ്കിൽ അണുഭാരം A ഉള്ള അണുകേന്ദ്രമൊന്നിന്റെ പ്രതല വിസ്തീർണ്ണം എങ്ങനെ വ്യത്യാസപ്പെടും

(a) $A^{2/3}$ (b) $A^{4/3}$ (c) $A^{1/3}$ (d) $A^{5/3}$

11. $^{7}_{3}Li$ അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനം അതിലുള്ള എല്ലാ ന്യൂക്ലിയോണുകളുടെയും ആകെ ദ്രവ്യാനത്തെക്കാളും 0.042 u കുറവായിരിക്കും എങ്കിൽ $^{7}_{3}Li$ അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ഒരു ന്യൂക്ലിയോണിന് ആവശ്യമായ ബന്ധന ഊർജ്ജം

(a) 46 MeV (b) 5.6 MeV

(c) 3.9MeV (d)23 MeV

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 189 2/14/2023 5:44:47 PM

12. M_p എന്നത് പ്രോട്ടോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനം എന്നും M_n എന്നത് ന്യൂട്രോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനം എന്നും ഇരിക്കട്ടെ. Z പ്രോട്ടോണുകളും N ന്യൂട്രോണുകളും ഉള്ള അണുകേന്ദ്രം ഒന്നിന്റെ ബന്ധന ഊർജ്ജം B എങ്കിൽ ആ അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനം M(N,Z) എന്നത്

(a) $M(N,Z) = NM_n + ZM_p - Bc^2$

(b) $M(N,Z) = NM_n + ZM_p + Bc^2$

(c) $M(N,Z) = NM_n + ZM_p - B/c^2$

(d) $M(N,Z) = NM_n + ZM_p + B/c^2$

13. (ആദ്യത്തെ അണുഭാരം A കൂടാതെ) ആദ്യത്തെ അണു സംഖ്യ Z) ഉള്ള റേഡിയോ ആക്ടീവ് അണുകേന്ദ്രം രണ്ട് ആൽഫ കണങ്ങൾ കൂടാതെ രണ്ട് പോസിട്രോണുകളെ ഉൽസർജിക്കുന്നു. അവസാനത്തെ അണു കേന്ദ്രത്തിന്റെ ന്യൂട്രോൺ കൂടാതെ പ്രോട്ടോൺ സംഖ്യകളുടെ അനുപാതം

(a) $\frac{A-Z-4}{Z-2}$ (b) $\frac{A-Z-2}{Z-6}$

(c) $\frac{A-Z-4}{Z-6}$ (d) $\frac{A-Z-12}{Z-4}$

14. റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് മൂലകം A യുടെ അർദ്ധായുസ്സ് വേറൊരു റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് മൂലകം B യുടെ ശരാശരി ആയുസ്സിന് സമമാകുന്നു. ആരംഭത്തിൽ ഈ രണ്ട് മൂലകങ്ങളുടെയും അണുക്കളുടെ സംഖ്യ സമമായിട്ടാണ് ഉള്ളതെങ്കിൽ

(a) A, B യുടെ ആരംഭ ശിഥിലീകരണ അനുപാതം സമം

(b) A,B ഇവയുടെ ശിഥിലീകരണ വീതം എപ്പോഴും സമമായിരിക്കും

(c) A യെക്കാളും B വളരെ വേഗത്തിൽ ശിഥിലീകരണമാകുന്നു

(d) B യെക്കാളും A വേഗത്തിൽ ശിഥിലീകരണമാകുന്നു.

15. t=0 സമയത്ത് വ്യവസ്ഥ ഒന്നിലുള്ള അണുകേന്ദ്രങ്ങളുടെ സംഖ്യ N_0 അർദ്ധായുസ്സിന്റെ (പാതി സമയം) $t = \frac{1}{2}T_{\frac{1}{2}}$)

(a) $\frac{N_0}{2}$ (b) $\frac{N_0}{\sqrt{2}}$

(c) $\frac{N_0}{4}$ (d) $\frac{N_0}{8}$

ഉത്തരങ്ങൾ

1) b	**2)** d	**3)** c	**4)** c	**5)** b
6) b	**7)** d	**8)** b	**9)** c	**10)** A
11) b	**12)** c	**13)** b	**14)** c	**15)** b

II സംശിക്ത ഉത്തരങ്ങൾ എഴുതേണ്ട ചോദ്യങ്ങൾ

1. കാഥോട് രശ്മികൾ എന്നാൽ എന്ത്?.

2. കാഥോട് രശ്മികളുടെ ഗുണങ്ങളെ എഴുതുക.

3. റൂഥർഫോർഡ് ആൽഫ വിസരണ പരീക്ഷണത്തിന്റെ ഫലങ്ങൾ എഴുതുക.

4. ബോർ അണുമാതൃകയുടെ പ്രസ്താവനകൾ എഴുതുക.

5. ഉത്തേജിത ഊർജ്ജം എന്നാലെന്ത്.

6. അയോണീകരണ ഊർജ്ജം കൂടാതെ അയോണീകരണ പൊട്ടൻഷ്യൽ നിർവചിക്കുക.

7. ബോർ അണു മാതൃകയുടെ അപാകതകൾ എഴുതുക.

8. ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ സാമീപ്യ പരിധി എന്നാലെന്ത്?

9. ആഘാതപരിധി എന്നതിനെ നിർവ്വഹിക്കുക.

10. ഒരു മൂലകത്തിന്റെ അണുകേന്ദ്രത്തെ പ്രതിനിധികരിക്കുന്ന രീതിയെ എഴുതുക? അതിൽ ഓരോ ഘടകവും ഏതിനെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു?

11. ഐസോടോപ്പുകൾ എന്നാലെന്ത് ഉദാഹരണം എഴുതുക.

12. ഐസോടോണുകൾ എന്നാലെന്ത് ? ഉദാഹരണം എഴുതുക.

13. ഐസോബാറുകൾ എന്നാലെന്ത്? ഉദാഹരണം എഴുതുക.

14. അറ്റോമിക് മാസ് യൂണിറ്റ് u എന്നതിനെ നിർവ്വചിക്കുക.

15. $Z > 10$ ഉള്ള എല്ലാ അണുകേന്ദ്രങ്ങളുടെയും അണുകേന്ദ്ര സാന്ദ്രത ഒരു സ്ഥിരാങ്കമാണെന്ന് കാണിക്കുക.

16. ദ്രവ്യമാന ന്യൂനത എന്നാലെന്ത്?

17. ഒരു അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ബന്ധന ഊർജ്ജം എന്നാലെന്ത്? അതിന്റെ ആവിഷ്കരണം എഴുതുക.

18. ഒരു അറ്റാമിക് മാസ് യൂണിറ്റിന് സമമായ ഊർജ്ജ വില കണക്കാക്കുക.

19. ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന ഊർജ്ജം/ന്യൂക്ലിയാൺ എന്നതിന്റെ ഭൗതിക അർത്ഥം തരിക.

20. റേഡിയോ ആക്ടീവത എന്നാലെന്ത്?

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 190 2/14/2023 5:44:56 PM

21. ആൽഫാ ശോഷണം ബീറ്റാ ഗാമ ശോഷണം പ്രതീകാത്മകമായ ചിത്രീകരണം തരിക.

22. ആൽഫാ ശോഷണണത്തിൽ അസ്ഥിര ഒരു അണുകേന്ദ്രം ${}^{4}_{2}He$ അണുകേന്ദ്രത്തെ ഉൽസർജ്ജിക്കുന്നു. തനിയായിട്ടുള്ള ന്യൂക്ലിയോണുകളെ അത് എന്തുകൊണ്ട് ഉൽസർജ്ജിക്കുന്നില്ല?

23. അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെശരാശരിആയുസ്സ്എന്നാലെന്ത്? അതിന്റെ സൂത്ര വാക്യം എഴുതുക.

24. അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ അർദ്ധായുസ്സു എന്നാലെന്ത്?

25. റേഡിയോ ആക്ടീവ് പ്രവർത്തനം അല്ലെങ്കിൽ ശോഷണ നിരക്ക് എന്നാലെന്ത്? അതിന്റെ മാത്ര എന്താണ്.

26. ക്യൂറി നിർവചിക്കുക.

27. ന്യൂട്രോൺ കൂടാതെ പ്രോട്ടാൺ എന്നിവ ഏത് കണങ്ങളാൽ ആയവയാണ്?

III ദീർഘോത്തര ചോദ്യങ്ങൾ

1. ഇലക്ട്രോണിന്റെ സ്പെസിഫിക് ചാർജ്ജ് കാണുവാനായിട്ട് ഉള്ള ജെ.ജെ. തോംസൺ പരീക്ഷണത്തെ വിശദീകരിക്കുക.

2. ഇലക്ട്രോണിന്റെ ചാർജ്ജ് കണ്ടുപിടിക്കുന്ന മില്ലികൺ എണ്ണതുള്ളി പരീക്ഷണം വിരവിക്കുക.

3. ബോർ അണുമാതൃക പ്രയോജനപ്പെടുത്തി ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ ഊർജ്ജത്തിനുള്ള ആവിഷ്കാരം തരിക.

4. ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ സ്പെക്ട്രൽ വരികളെ വിശദീകരിക്കുക.

5. അണുഭാരം അനുസരിച്ച് ശരാശരി ബന്ധന ഊർജ്ജത്തിന്റെ വ്യത്യാസത്തെ ഗ്രാഫോടു കൂടി വിശദീകരിച്ച് അതിന്റെ സ്വഭാവങ്ങളെ വിശദീകരിക്കുക.

6. അണുകേന്ദ്ര ബലങ്ങളെ കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കുക.

7. ആൽഫാ ശോഷണ പ്രക്രിയകയ ഉദാഹരണത്തോടു കൂടി വിശദീകരിക്കുക.

8. ബിറ്റാ ശോഷണ പ്രക്രിയയെ ഉദാഹരണത്തോടു കൂടി വിശദീകരിക്കുക.

9. ഗാമാ ശോഷണ പ്രക്രിയയെ ഉദാഹരണത്തോടു കൂടി വിശദീകരിക്കുക.

10. റേഡിയോ ആക്ടീവ് ശോഷണ നിയമത്തിനെ കൊണ്ടുവരിക.

11. ന്യൂട്രിനോകളുടെ ഗുണങ്ങളെ വിശദീകരിച്ച് ബീറ്റാ ശോഷണത്തിൽ അതിന്റെ പങ്കിനെ വ്യക്തമാക്കുക.

12. കാർബൺ ഡേറ്റിംഗിനെ കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കുക.

13. അണു കേന്ദ്ര വിഭജന രീതിയേയും അതിന്റെ ഗുണങ്ങളെയും വിശദീകരിക്കുക.

14. അണുകേന്ദ്ര സംയോജനത്തിനെ വിശദീകരിച്ച് നക്ഷത്രങ്ങളിൽ ഊർജ്ജം ഉണ്ടാകുന്നതിനെ വിശദീകരിച്ച് എഴുതുക?

15. ചിത്രത്തിന്റെ സഹായത്തോടെ ന്യൂക്ലിയർ റിയാക്ടർ പ്രവർത്തിക്കുന്ന വിധത്തെ വിശദമാക്കുക.

16. 4 അടിസ്ഥാന ബലങ്ങളെ കുറിച്ച് വിശദീകരിച്ച് എഴുതുക.

17. പ്രകൃതിയിലുള്ള അടിസ്ഥാന കണങ്ങളെ പറ്റി വിശദീകരിക്കുക.

പരിശീലനങ്ങൾ

1. അടിനിലയിലുള്ള H_A, H_B എന്നീരണ്ട്ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കളെ കണക്കാക്കുക. H_A നിശ്ചലാവസ്ഥയിലാണുള്ളത്. ഒരു പ്രത്യേക വേഗതയോടെ ചലിക്കുന്ന H_B അണു, നിശ്ചലാവസ്ഥയിലുള്ള H_A അണുവിനോട്നേരിട്ട്ഇടിക്കുന്നു. ഇടിച്ചതിനു ശേഷം ഒന്നായിട് യോജിപ്പിച്ച് സംയോജിക്കുന്നു. ഈ രണ്ട് ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കളിൽ ഏതെങ്കിലും ഒന്ന് ഉത്തേജിതാവസ്ഥയിൽ എത്തണമെങ്കിൽ ചലനത്തിലിരിക്കുന്ന H_B, ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ ഗതികോർജ്ജം കണക്കാക്കുക.

[ഉത്തരം: 20.4 eV]

2. ബോർ അണുമാതൃകയിൽ ആവൃത്തിയുടെ പരിവർത്തനം താഴെ പറയുന്നു സമീകരണത്താൽ അറിയപ്പെടുന്നു

$$v = Rc\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right), \text{ ഇവിടെ } n < m,$$

താഴെപറയുന്ന പരിവർത്തനങ്ങൾ കണക്കാക്കുക:

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 191 2/14/2023 5:44:57 PM

പരിവർത്തനം	$m \to n$
1	$3 \to 2$
2	$2 \to 1$
3	$3 \to 1$

ഈ പരിവർത്തനങ്ങളുടെ ആവൃത്തി സങ്കലനാ നിയമത്തിന് (ഈ നിയമത്തെ റിറ്റ് സംയുക്ത തത്വം എന്നു വിളിക്കുന്നു) സങ്കലന നിയമത്തിന് ഉൾപ്പെടുന്നുവെന്ന് തെളിയിക്കുക

[ഉത്തരം: $\nu_{3\to2} + \nu_{2\to1} = \nu_{3\to1}$]

3. (a) ഹൈഡ്രജൻ അണു ഒന്ന് തരംഗദൈർഘ്യം 97.5 nm. നെ ഉള്ള വികിരണത്താൽ ഉത്തേജിതാവസ്ഥയിലെത്തുന്നു. ആ ഉത്തേജിതാവസ്ഥയുടെ പ്രിൻസിപ്പൽ ക്വാണ്ടം സംഖ്യ കണക്കാക്കുക.

(b) ഉൽസർജിത സ്പെക്ട്രത്തിൽ വരികളുടെ ആകെ സംഖ്യ $\frac{n(n-1)}{2}$ എന്ന് കാണിക്കുക. കൂടാതെ ഉൽസർജിത സ്പെക്ട്രത്തിൽ സാധ്യമാകുന്ന വരികളുടെ സംഖ്യ കണക്കാക്കുക (a).

[ഉത്തരം: (a) n =4 (b) 6 പരിവർത്തനങ്ങള സാധ്യമാണ്]

4. ഭൂമിയുടെ സാന്ദ്രതയും, അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയും സമമായിട്ടിരുന്നാൽ ഭൂമിയുടെ വ്യാസ്യാർദ്ധം കണക്കാക്കുക. ഭൂമിയുടെ ദ്രവ്യമാനം $5.97\times10^{24}\,kg$].

[ഉത്തരം: 180 m മീറ്റർ]

5. $^{108}_{47}Ag$ അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനന്യൂനത കൂടാതെ ഒരു ന്യൂക്ലിയോണ് ആവശ്യമായ ബന്ധന ഊർജ്ജം കണക്കാക്കുക [Ag അണുവിന്റെ അണുഭാരം = 107.905949]

ഉത്തരം: $\left[\begin{array}{l}\Delta m = 0.990391u \text{ and} \\ \overline{B.E} = 8.5MeV\end{array}\right]$

6. A, B എന്നീ രണ്ട് റേഡിയോ ആക്ടീവ് മൂലകങ്ങളുടെ അർദ്ധായുസ്സുകൾ യഥാക്രമം 20 മിനിട്ടുകൾ, 40 മിനിട്ടുകൾ. തുടക്കത്തിൽ ഇവ രണ്ടും ഒരേ സംഖ്യയിലുള്ള അണുകേന്ദ്രങ്ങളെ കൊണ്ടിരുന്നുവെങ്കിൽ 80 മിനിട്ടുകൾക്ക് ശേഷം A, B എന്നിവയുടെ ശിഥിലീകരണമായ അണുകേന്ദ്രങ്ങളുടെ സംഖ്യകളുടെ അണുഭാരം കണക്കാക്കുക.

[ഉത്തരം: 5:4]

7. അർദ്ധായുസ്സ് 5.01 ദിവസങ്ങൾക്കുള്ള കുറച്ച് ^{210}Bi മൂലകത്തിന്റെ പ്രവർത്തനത്തെ നിന്റെ പിറന്നാളിന് കണ്ടുപിടിക്കുന്നു. എന്ന് കരുതുക. തുടക്കത്തിൽ അതിന്റെ ആക്റ്റിവിറ്റി $1\mu Ci$. (a) നിന്റെ അടുത്ത പിറന്നാളിന് അതിന്റെ ഏകദേശ റേഡിയോ ആക്ടീവ് ആക്റ്റിവിറ്റി എത്രയായിരിക്കും (b) ശോഷണ സ്ഥിരാങ്കം (c) ശരാശരി ആയുസ്സ് (d) തുടക്കത്തിൽ ഇരുന്ന അണുക്കളുടെ സംഖ്യ എന്നിവ കണക്കാക്കുക.

[ഉത്തരം: (a) $10^{-22}\mu Ci$ (b) $1.6\times10^{-6}\,s^{-1}$

(c) 7.23 ദിവസങ്ങൾ (d) 2.31×10^{10}]

8. നേടാനുള്ള ചെറിയ അളവ് റേഡിയോ ആക്ടീവ് വസ്തു 60% ശിഥിലീകരണം ആകാൻ എടുക്കുന്ന സമയം കണക്കാക്കുക (റേഡോനിന്റെ $T_{1/2}$ =3.8 ദിവസങ്ങൾ)

[ഉത്തരം: 5.022 ദിവസങ്ങൾ]

9. $^{235}_{92}U$ അണുകേന്ദ്രം ഒന്ന് വിഭജിക്കുമ്പോൾ പ്രത്യക്ഷമാകുന്ന ഊർജ്ജം 200MeV, എന്ന് കണക്കാക്കുക. എങ്കിൽ ഒരു വാട്ട് പവറിനെ ഉത്പാദിപ്പിക്കാൻ ഒരു സെക്കന്റിൽ ഉണ്ടാകേണ്ട വിഭജനങ്ങളുടെ സംഖ്യ കണക്കാക്കുക.

[ഉത്തരം: 3.125×10^{10}]

10. ആക്റ്റിവിറ്റി 1ci ഉള്ള റേഡിയത്തിന്റെ ($^{226}_{88}Ra$) ദ്രവ്യമാനം ഏകദേശം 1 g എന്നു കാണിക്കുക?

11. പുരാവസ്തു വിഭാഗം ഒന്നി നിന്നും കരിക്ഷണങ്ങൾ കിട്ടുന്നു. ഇപ്പോൾ ജീവനോടെ ഉള്ള മരം ഒന്നിൽ നിന്നും കിട്ടിയ ചെറിയ ഭാഗത്തിലുള്ള-14 ന്റെ അളവിനെ പോലെ ഈ കരിക്ഷണത്തിന്റെ അതേപോലുള്ള മാതൃകയിൽ കാണുന്ന 14 ന്റെ അളവ് 17.5% മാത്രമേ ഉള്ളൂ എങ്കിൽ ആ മരത്തിന്റെ വയസ്സ് എത്രയാണ്?

[ഉത്തരം: 1.44×10^{4} വർഷങ്ങൾ]

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 192 2/14/2023 5:45:05 PM

പരാമർശ ഗ്രന്ഥങ്ങൾ

1. Introduction to Modern Physics, H.S. Mani and G.K. Mehta, East-West Press, New Delhi.
2. Concepts of Modern Physics, Arthur Beiser, McGraw Hill, 6th edition.
3. Concepts of Physics – H. C. Verma, Volume 2, Bharati Bhawan Publisher.
4. Fundamentals of Physics, Halliday, Resnick and Walker, Wiley Publishers, 10th edition.
5. Physics for scientist and engineers with modern physics, Serway and Jewett, Brook/Coole publishers, 8th edition.
6. Physics for scientist and engineers with modern physics, Paul Tipler and Gene Mosca, Sixth edition, W.H.Freeman and Company.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 193 2/14/2023 5:45:05 PM

ഐ.സിറ്റി കോർണർ

അണുവും അണുകേന്ദ്ര ഭൗതികവും

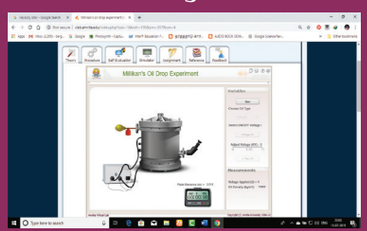
ഈ പ്രവർത്തനത്തിൽ നിന്നും വിദ്യാർത്ഥികൾക്ക് (i) മില്ലിക്കന്റെ എണ്ണ തുള്ളി പരീക്ഷണത്തെ പരീക്ഷണാത്മകമായി വിശദീകരിക്കാനും (ii) കണികകളുടെ ടെർമിനൽ വേഗത കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിനും (iii) കണികയുടെ ചാർജ്ജ് കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിനും സാധിക്കുന്നു.

പ്രതിപാദ്യം : മില്ലിക്കന്റെ എണ്ണത്തുള്ളി പരീക്ഷണം

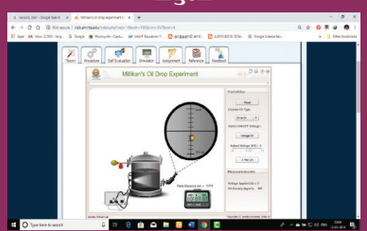
ഘട്ടങ്ങൾ:

- ബ്രൗസറിൽ"vlab.amrita.edu" എന്ന് ടൈപ്പ് ചെയ്യുക. ഫിസിക്സ് സയൻസ് ടാബ് ക്ലിക്ക് ചെയ്ത് മോഡേൺ ഫിസിക്സ് വിർച്വൽ ലാബ് ക്ലിക്ക് ചെയ്യുക ശേഷം മില്ലിക്കന്റെ് എണ്ണത്തുള്ളി പരീക്ഷണം ക്ലിക്ക് ചെയ്യുക പരീക്ഷണം ചെയ്യുന്നതിനായി സിമുലേറ്ററിൽ പോകുക
- 'START' ബട്ടണിൽ ക്ലിക്ക് ചെയ്യുക എണ്ണ തിരഞ്ഞെടുക്കുന്നതിന് കോംമ്പോ ബോക്സ് ക്ലിക്ക് ചെയ്യുക.
- സ്റ്റോപ്പ് വാച്ചിലെ സ്റ്റാർട്ട് ബട്ടൺ ക്ലിക്ക് ചെയ്ത് രണ്ട് ബിന്ദുക്കൾക്കിടയിൽ l_1 ദൂരം സഞ്ചരിക്കാൻ എണ്ണത്തുള്ളി എടുത്ത സമയം കുറിക്കുക. ടെർമിനൽ വേഗത $\upsilon_1 = \frac{l_1}{t_1}$ കണക്കാക്കുക.
- എണ്ണത്തുള്ളിയുടെ ചാർജ്ജ് കണക്കാക്കുന്നതിന് $q = \frac{6\pi\eta r(\upsilon_1 + \upsilon_2)d}{V}$ എന്ന സമവാക്യം ഉപയോഗിക്കുക. r-എണ്ണത്തുള്ളിയുടെ വ്യാസാർദ്ധം (സൂക്ഷ്മദർശിനി ഉപയോഗിച്ച്) η-വായുവിന്റെ ശ്യാനത ($1.81 \times 10^{-5}\ kgm^{-1}s^{-1}$), d എന്നത് രണ്ടു തട്ടുകൾക്കിടയിലുള്ള അകലം ആകുന്നു.

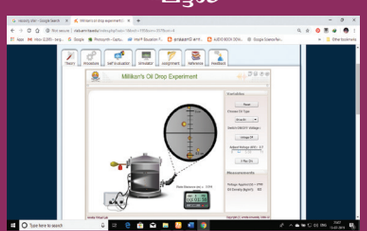
ഘട്ടം1



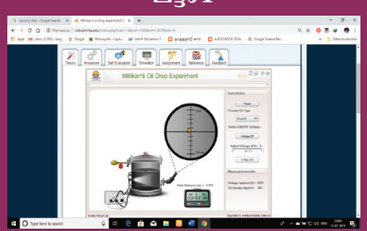
ഘട്ടം2



ഘട്ടം3



ഘട്ടം4



കുറിപ്പ്:

1. അനുകരണം നടത്തുന്നതിന് ഒറ്റ പ്രാവശ്യം മാത്രം സൈൻ അപ്പ് ചെയ്യുക. എന്നിട്ട് ആ ഉപയോക്തൃ നാമവും രഹസ്യസൂചകപദവും ഉപയോഗിച്ച് ലോഗിൻ ചെയ്യുക.
2. ഫ്ളാഷ് പ്ലേയർ ഇല്ലെങ്കിൽ അത് ഇൻസ്റ്റാൾ ചെയ്യുക.

URL:

http://vlab.amrita.edu/index.php?sub=1&brch=195&sim=357&cnt=4

VYQKF

* ചിത്രങ്ങൾ സൂചകങ്ങൾ മാത്രമാണ്.

* ബ്രൗസർ ആവശ്യമെങ്കിൽ ഫ്ളാഷ് പ്ളെയറോ അഥവാ ജാവാ സ്ക്രിപ്റ്റോ അനുവദിക്കുക.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-9 Malayalam.indd 194 2/14/2023 5:45:06 PM

അദ്ധ്യായം

10

ഇലക്ട്രോണിക്സും വാർത്താ വിനിമയവും

ഈ കാലഘട്ടത്തിലെ യഥാർത്ഥ വിജയി ഇലക്ട്രോണിക്സാണ്
– ജോൺഫോഡ്.

പഠന ലക്ഷ്യങ്ങൾ

ഈ യൂണിറ്റിൽ നിന്നും വിദ്യാർത്ഥികൾ മനസ്സിലാക്കേണ്ട വസ്തുതകൾ

- അർദ്ധചാലകങ്ങളിലെ എനർജി ബാൻഡ് ഡയഗ്രാം
- വിവിധതരം അർദ്ധചാലകങ്ങൾ
- *p-n* ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡിന്റെ രൂപീകരണവും V-Iക്യാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്സ്
- റെക്റ്റിഫിക്കേഷൻ പ്രക്രിയ
- പ്രത്യേക ആവശ്യങ്ങൾക്ക് ഉപയോഗിക്കുന്ന ഡയോഡുകൾ
- ട്രാൻസിസ്റ്റുകളും അവയുടെ അതിപ്രധാന പ്രയോജനങ്ങളും
- ഡിജിറ്റൽ സിഗ്നലും അനലോഗ് സിഗ്നലുകളും
- ലോജിക് ഗേറ്റുകൾ, ബൂളിയൻ ആൾജിബ്ര, ഡി-മോർഗൻസ് സിദ്ധാന്തം
- മോഡുലേഷനും അതിന്റെ വിവിധ തരങ്ങളും
- വാർത്താവിനിമയ സംവിധാനത്തിലെ അടിസ്ഥാന ഘടകങ്ങൾ
- ബഹിരാകാശങ്ങളിൽ കൂടിയുള്ള വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ പ്രചരണം
- ചില സുപ്രധാന വാർത്താവിനിമയ സംവിധാനങ്ങൾ

S8V4B

10.1 ആമുഖം

ഇലക്ട്രോണിക്സ് നമ്മുടെ ജീവിതത്തിന്റെ ഭാഗമായി മാറിക്കഴിഞ്ഞു. മൊബൈൽ ഫോണുകൾ, കംപ്യൂട്ടറുകൾ, ടെലിവിഷനുകൾ, സംഗീത സംവിധാനങ്ങൾ തുടങ്ങിയ എല്ലാ ഉപകരണങ്ങളിലും ഇലക്ട്രോണിക് തത്വങ്ങൾ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. എയർകണ്ടീഷനുകൾ, മൈക്രോവേവ്വൻ, ഡിഷ്വാഷറുകൾ, വാഷിംഗ് മെഷീനുകൾ തുടങ്ങിയ ഉപകരണങ്ങളിൽ വിവിധ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് ഇലക്ട്രോണിക് സർക്യൂട്ടുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഇതുകൂടാതെ വാർത്താവിനിമയ സംവിധാനങ്ങൾ, ആതുര രോഗനിർണ്ണയം, ചികിത്സകൾ, എന്തിനേറെ ATM വഴിയുള്ള പണം കൈകാര്യം ചെയ്യൽ വരെയുള്ള എല്ലാ മേഖലകളിലും വ്യാപകമായി ഇത് പ്രയോജനപ്പെടുന്നു.

ഇലക്ട്രോണിക്സിന്റെ പരിണാമം:

1897-ൽ ജെ.എ. ഫ്ളെമിംഗിന്റെ വാക്വം ഡയോഡ് കണ്ടുപിടിത്തത്തോടെയാണ് ഇലക്ട്രോണിക്സിന്റെ ചരിത്രം ആരംഭിക്കുന്നത്. വൈദ്യുത സിഗ്നലുകൾ നിയന്ത്രിക്കുന്നതിന് ലി.ഡി. ഫോറസ്റ്റ് ഒരു വാക്വം ട്രയോഡ് നടപ്പാക്കി. ഇത് ടെട്രോഡ്, പെന്റോഡ് ട്യൂബുകൾ വെളിച്ചത്തെത്തുന്നതിലേക്ക് നയിച്ചു.

തുടർന്ന്, 1948-ൽ ബാർഡൻ, ബ്രാറ്റെൻ, ഷോക്ലി എന്നിവരുടെ ബൈപോളാർ ജംഗ്ഷൻ ട്രാൻസിസ്റ്ററിന്റെ കണ്ടുപിടിത്തത്തോടെ ട്രാൻസിസ്റ്റർ യുഗം ആരംഭിക്കുകയായി. ഈ കണ്ടുപിടിത്തത്തിന് 1956-ൽ ഇവരെ നൊബെൽ സമ്മാനത്തിന് അർഹമാക്കി. ജെർമേനിയം, സിലിക്കൺ അർദ്ധചാലക വസ്തുക്കളുടെ ആവിർഭാവം ഈ ട്രാൻസിസ്റ്ററിന് ജനപ്രീതി നേടിക്കൊടുത്തു. വിവിധ ഇലക്ട്രോണിക് സർക്യൂട്ടുകളിൽ ഇത് പ്രയോജനപ്പെടുന്നു.

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 195 27-06-2022 16:18:55

അടുത്ത വർഷങ്ങളിൽ ഇന്റഗ്രേറ്റഡ് സർക്യൂട്ടുകളുടെ (ഐ.സി.) കണ്ടുപിടിത്തത്തിന് സാക്ഷ്യം വഹിച്ചു. ഇത് മുഴുവൻ ഇലക്ട്രോണിക് സർക്യൂട്ടും ഒരൊറ്റ ചിപ്പിൽ സമന്വയിപ്പിക്കാൻ സഹായിച്ചു. ഈ ചിപ്പുകൾ വലുപ്പത്തിൽ ചെറുതും, ചെലവ് കുറഞ്ഞതും കാര്യക്ഷമത ഏറെയുള്ളവയുമാണ്. 1958 മുതൽ ചെറുകിട, ഇടത്തരം, വലിയതോതിലുള്ള ഇന്റഗ്രേഷൻ നിലവിൽ വന്നു. ഡിജിറ്റൽ ഇന്റഗ്രേറ്റഡ് സർക്യൂട്ടുകൾ IC യുടെ കരുത്തുള്ള വികസനത്തിന് വഴിയൊരുക്കി. കൂടാതെ ഇത് കമ്പ്യൂട്ടറുകളുടെരൂപകല്പനമെച്ചപ്പെടുത്തുന്നതിനുംസാക്ഷ്യം വഹിച്ചു. ഈ സമൂലമായ മാറ്റങ്ങളെല്ലാം 1969-ൽ ഇന്റൽ എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞന് മൈക്രോപ്രൊസസ്സറുകളുടെ അവതരണം സാക്ഷാത്കരിക്കാൻ സഹായിച്ചു.

ഇലക്ട്രോണിക്സ് മേഖലയിൽ ഉണ്ടായ പരിവർത്തനം, കാലക്രമേണ കമ്പ്യൂട്ടർ മേഖലയുടെ സമൂല പരിവർത്തനത്തെത്വരിതപ്പെടുത്തി. നഗ്നനേത്രങ്ങൾക്കുപോലും അദൃശ്യമായ നാനോ വലുപ്പത്തിലുള്ള ചെറിയ കണികകളിലേക്ക് ഇപ്പോൾ ലോകം തിരിയുകയാണ്. ഇത് സങ്കല്പനാതീത വലുപ്പത്തിലേക്ക് ലഘൂകരിക്കാൻ സഹായിച്ചു. കംപ്യൂട്ടർ ആദ്യം കണ്ടുപിടിച്ചപ്പോൾ അതിന് ഒരു മുറിയുടെ അത്ര വലുപ്പമുണ്ടായിരുന്നു. അത് ഇപ്പോൾ വലിപ്പം കുറഞ്ഞ ലാപ്ടോപ്പ്, പാംടോപ്പ് ഐപ്പാഡ് എന്നിവയായി ഉയർന്നു വന്നിട്ടുണ്ട്. സമീപകാലത്ത് ഐ.ബി.എം ഏറ്റവും ചെറിയ കമ്പ്യൂട്ടർ പുറത്തിറക്കി. അതിന്റെ വലുപ്പം അരിധാന്യത്തിന്റെ അഗ്രവുമായി താരതമ്യപ്പെടുത്താവുന്നതാണ്. ഇതിന്റെ ഓരോ വശവും വെറും 0.33 മില്ലീമീറ്റർ നീളമാണ്.

ട്രാൻസിസ്റ്ററുകളും മൈക്രോചിപ്പുകളും ഉപയോഗിച്ച് ഇലക്ട്രിക്കൽ സർക്യൂട്ടുകൾ രൂപകല്പന ചെയ്യുന്നതിനുള്ള സാങ്കേതികവിദ്യ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ഭൗതികശാസ്ത്രശാഖയാണ് ഇലക്ട്രോണിക്സ്. അർദ്ധചാലകത്തിലെ ഇലക്ട്രോണുകളുടേയും ഹോളുകളുടേയും സ്വഭാവവും ചലനവും അതുപോലെ വാക്വം അല്ലെങ്കിൽ വാതകത്തിലെ ഇലക്ട്രോണുകളുടെയും അയോണുകളുടെയും ചലനത്തെയും ഇത് ചിത്രീകരിക്കുന്നു. സജീവ ഘടകങ്ങളായ ട്രാൻസിസ്റ്ററുകൾ, ഡയോഡുകൾ, ഇന്റഗ്രേറ്റഡ് സർക്യൂട്ടുകൾ, സെൻസറുകൾ അതോടൊപ്പം പാസ്സീവ് കോംപണന്റുകളായ പ്രതിരോധകങ്ങൾ, ഇൻഡക്റ്റുകൾ, കപ്പാസിറ്റുകൾ, ട്രാൻസ്ഫോർമറുകൾ അടങ്ങുന്ന ഇലക്ട്രിക്കൽ സർക്യൂട്ടുകളെയാണ് ഇലക്ട്രോണിക്സ് പ്രതിപാദിക്കുന്നത്.

അർദ്ധചാലക ഉപകരണങ്ങൾ ആയ *p-n* ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡുകൾ, ബൈപോളാർ ജംഗ്ഷൻ ട്രാൻസിസ്റ്ററുകൾ, ലോജിക് സർക്യൂട്ടുകൾ എന്നിവയെ ഈ അദ്ധ്യായത്തിൽ പ്രതിപാദിക്കുന്നു.

കുറിപ്പ്

പാസ്സീവ് കോംപണൻസ് : പരിപഥത്തിൽ പവർ ഉണ്ടാക്കാത്ത ഘടകങ്ങൾ ആക്ടീവ് കോംപണൻസ്: പരിപഥത്തിൽ പവർ ഉണ്ടാക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ.

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

ചിത്രം 10.1 കംപ്യൂട്ടറുകളുടെ പരിവർത്തനം (a) ലോകത്തിലെ ആദ്യ കമ്പ്യൂട്ടറിൽ ഒന്നിനെ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. (b) ഡസ്ക്ടോപ്പ് കമ്പ്യൂട്ടർ (c) ലാപ് ടോപ്പ് കമ്പ്യൂട്ടർ (d) പാംടോപ്പ് കമ്പ്യൂട്ടർ (e) ഏറ്റവും ചെറിയ കമ്പ്യൂട്ടർ (IBM രൂപകല്പന ചെയ്തത്)

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

ലോകത്തിലെ ആദ്യത്തെ കമ്പ്യൂട്ടറായ 'ENIAC' കണ്ടുപിടിച്ചത് പെൻസിൽവാനിയ സർവ്വകലാശാലയിലെ രണ്ട് ശാസ്ത്രജ്ഞരായ ജെ. പ്രെസ്പർ എഗ്കേർട്ടും ജോൺ മൗഹിലിയുമാണ്. നിർമ്മാണ പ്രവർത്തനങ്ങൾ 1943-ൽ ആരംഭിച്ച് 1946-ൽ പൂർത്തിയായി. 1800 ചതുരശ്രയടി വിസ്തീർണ്ണത്തിൽ ഇത് ഉൾക്കൊള്ളുന്നു. 18,000 വാക്വം ട്യൂബുകളുള്ള ഇതിന് 50 ടൺ ഭാരം ഉണ്ടായിരുന്നു.

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 196 27-06-2022 16:18:55

10.1.1 സോളിഡുകളുടെ എനർജി ബാൻഡ് ഡയഗ്രം

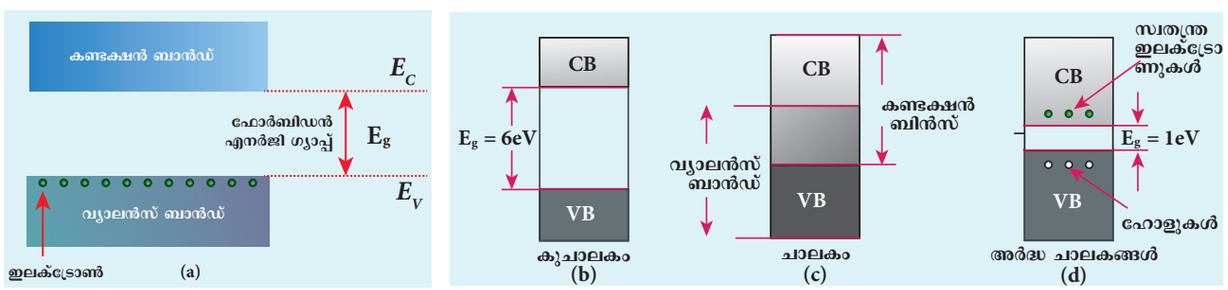
ഒറ്റപ്പെട്ട ഒരു ആറ്റത്തിന്റെ കാര്യത്തിൽ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഊർജ്ജനിലകൾ വളരെ വിസ്തൃതവും വേർപിരിക്കപ്പെട്ടതും പരസ്പരം അകന്നതും ആകുന്നു. ഓരോ ഇലക്ട്രോണിന്റെ ഊർജ്ജവും അതിന്റെ ന്യൂക്ലിയസ്സിനെ ചുറ്റിയുള്ള പ്രദക്ഷിണപഥത്തിന് അനുസൃതമായിരിക്കും. എന്നിരുന്നാലും ആറ്റങ്ങൾ ചേർന്ന് ഖര വസ്തുക്കൾ രൂപപ്പെടുമ്പോൾ ഈ ആറ്റങ്ങൾ വളരെ അടുത്തായി സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. തന്മൂലം അടുത്തടുത്ത ആറ്റങ്ങളിലെ ബാഹ്യതമ ഷെല്ലുകളിലെ ഇലക്ട്രോണുകൾ വളരെ അടുത്തു വരുകയും ചിലപ്പോൾ കൂടിക്കലരുകയും ചെയ്യും. അതിനാൽ ഒറ്റപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന ഒരു ആറ്റത്തിലെ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ചലനത്തിൽ നിന്നും തികച്ചും ഭിന്നമായ ചലനമായിരിക്കും ഒരു ഖര വസ്തുവിലെ ഓരോ ഇലക്ട്രോണിനുമുണ്ടാവുക.

ഒരു ആറ്റത്തിന്റെ ബോഡിംഗ് പ്രകൃതം നിശ്ചയിക്കുന്നത് അതിലെ വാലൻസ് ഇലക്ട്രോണുകൾ ആണ്. ബാഹ്യഷെല്ലിൽ ഒരു ഇലക്ട്രോൺ മാത്രം ഉള്ള ഒരു ആറ്റത്തിനെ സങ്കല്പിക്കുക. ഇത് അർത്ഥമാകുന്നത് അതിലെ വാലൻസ് ഇലക്ട്രോണിന്റെ എണ്ണം ഒന്ന് എന്നാണ്. ഇപ്രകാരമുള്ള രണ്ട് ആറ്റങ്ങളെ അടുപ്പിച്ച് കൊണ്ടുവരുമ്പോൾ ബാഹ്യതമഷെല്ലുകൾ രണ്ടായി വിഘടിക്കുന്നു. അതുപോലെ ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉൾക്കൊള്ളാത്ത ഓർബിറ്റുകളും രണ്ടായി വിഘടിക്കുന്നു. രണ്ട് ഓർബിറ്റുകളുടെയും ഊർജ്ജം തുല്യമായതിനാൽ ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് ഏത് ഓർബിറ്റ് വേണമെങ്കിലും തിരഞ്ഞെടുക്കാം. ഈ സിസ്റ്റത്തിൽ അതേ മൂലകത്തിന്റെ മൂന്നാമത്തെ ആറ്റത്തെ കൊണ്ടുവരുമ്പോൾ ഈ മൂന്നു ആറ്റങ്ങളുടെയും വാലൻസ് ഓർബിറ്റുകൾ മൂന്നായി വിഘടിക്കുന്നു. ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉൾക്കൊള്ളാത്ത ഓർബിറ്റുകളും മൂന്നായി വിഘടിക്കുന്നു.

വാസ്തവത്തിൽ ഒരു ഖരവസ്തു ലക്ഷക്കണക്കിനു ആറ്റങ്ങളാൽ നിർമ്മിതമാണ്. ഈ ലക്ഷക്കണക്കിൽ ഉള്ള ആറ്റങ്ങൾ പരസ്പരം അടുത്ത് കൊണ്ടുവരുമ്പോൾ വാലൻസ് ഓർബിറ്റുകളും പിന്നെ ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉൾക്കൊള്ളാത്ത ഓർബിറ്റുകളും അവയുടെ ആറ്റത്തിന്റെ എണ്ണത്തിനനുസരിച്ച് വിഘടിക്കുന്നു. ഇവിടെ ഊർജ്ജതലങ്ങളെല്ലാം വളരെ അടുത്ത് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. അതിനാൽ അവയുടെ ഓർബിറ്റുകളെ ഒരു ആറ്റത്തിൽ നിന്നും മറ്റൊരാറ്റത്തിന്റേതായി വേർതിരിച്ചറിയാൻ ബുദ്ധിമുട്ടാണ്. അപ്രകാരം അവയെല്ലാം ചിത്രം 10.2-ൽ വ്യക്തമാക്കിയിരിക്കുന്നതുപോലെ ഒരു ബാൻഡ് ആയി കാണപ്പെടുന്നു. ഈ ബാൻഡുകൾ വളരെ കുറഞ്ഞ ഊർജ്ജപരിധിയുള്ള അടുത്തടുത്ത് സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന ഊർജ്ജതലങ്ങളുടെ കൂട്ടമാണ്. ഇവയെ എനർജി ബാൻഡ് എന്നുവിളിക്കുന്നു.

വാലൻസ് ഓർബിറ്റുകളാൽ നിർമ്മിതമായ എനർജി ബാൻഡുകളെ വാലൻസ് ബാൻഡ് **(VB)** എന്നുവിളിക്കുന്നു. വാലൻസ് ബാൻഡിനേക്കാൾ ഉയർന്ന ഊർജ്ജമുള്ള ബാൻഡ് ആണ് കണ്ടക്ഷൻ **(CB)** ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് ഊർജ്ജം ലഭിക്കുമ്പോൾ അവ കണ്ടക്ഷൻ ബാൻഡിലോട്ട് കടക്കുന്നു. വാലൻസ് ബാൻഡിനും കണ്ടക്ഷൻ ബാൻഡിനും ഇടയ്ക്കുള്ള ഊർജ്ജവിടവിനെ ഫോർബിഡ്ഡൻ എനർജിഗ്യാപ്പ് **(E_g)** എന്നു പറയുന്നു. ഫോർബിഡ്ഡൻ എനർജി ഗ്യാപ്പിൽ ഇലക്ട്രോണുകൾ നിലകൊള്ളുന്നില്ല.

ചിത്രം 10.2(a) വളരെ ലളിതമായി വാലൻസ് ബാൻഡ്, കണ്ടക്ഷൻ ബാൻഡ് എന്നിവയെ ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. E_V എന്നത് വാലൻസ് ബാൻഡിലെ പരമാവധി ഊർജ്ജം. E_C എന്നത് കണ്ടക്ഷൻ ബാൻഡിലെ മിനിമം ഊർജ്ജം.ഫോർബിഡ്ഡൻ ഊർജ്ജവിടവ് $E_g = E_C - E_v$ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഗതികോർജ്ജം താഴെനിന്നും മുകളിലേക്ക് (ന്യൂക്ലിയസ്സിൽ നിന്ന് അകലും തോറും) കൂടിവരുന്നു. എന്നാൽ ഗതികോർജ്ജം കുറയുന്നു. എന്തെന്നാൽ ന്യൂക്ലിയസ്സിനടുത്തുള്ള ഓർബിറ്റുകളിൽ ഭ്രമണംചെയ്യുന്ന ഇലക്ട്രോണുകൾക്കുകൂടുതൽ സ്ഥിതികോർജ്ജമുള്ളതിനാൽ അവ ന്യൂക്ലിയസ്സിന്റെ അതിരുകടക്കില്ല. അതിനാൽ ന്യൂക്ലിയസ്സിനടുത്ത് സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളെ ഉദ്ദീപിപ്പിക്കാൻ ധാരാളം ഊർജ്ജം ആവശ്യമാണ്. വാലൻസ് ബാൻഡിലെ ഇലക്ട്രോണുകൾ ന്യൂക്ലിയസ്സിന് ബൗഡ് അല്ല. അവയെ സുഗമമായി ഉദ്ദീപിപ്പിക്കാൻ സാധിക്കും ഇത്തരം ഇലക്ട്രോണുകളാണ് സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾ.



ചിത്രം 10.2 (a) വ്യാലൻസ് ബാൻഡ്, കണ്ടക്ഷൻ ബാൻഡ്, ഫോർബിഡ്ഡൻ എനർജി ഗ്യാപ്പ് ചിത്രീകരണം (b) കുചാലകങ്ങൾ (c) ചാലകങ്ങൾ (d) അർദ്ധചാലകങ്ങൾ

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 197 27-06-2022 16:18:56

കുറിപ്പ്

ഓർബിറ്റുകളിലൂടെ ഭ്രമണം ചെയ്യുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഊർജ്ജം ഇലക്ട്രോൺ വോൾട്ടിൽ (eV) കണ്ടുപിടിക്കുന്നു.

10.1.2 പദാർത്ഥങ്ങളുടെ വർഗ്ഗീകരണം

ഖരപദാർത്ഥങ്ങളെ വിദ്യുത്രോധകങ്ങൾ, ലോഹങ്ങൾ, അർദ്ധചാലകങ്ങൾ എന്നിങ്ങനെ തരംതിരിക്കാം. ഇവയെ എനർജി ബാൻഡ് ഡയഗ്രത്തിന്റെ സഹായത്താൽ നമുക്ക് വിശദീകരിക്കാം.

i) വിദ്യുത്രോധികൾ

ചിത്രം10.2(b)ൽവിദ്യുത്രോധികളുടെഎനർജി ബാൻഡ് ഘടന കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഒരു വലിയ ഊർജ്ജവിടവ് കൊണ്ട് വാലൻസ് ബാൻഡിനേയും കണ്ടക്ഷൻ ബാൻഡിനേയും വേർതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. വിദ്യുത്രോധികളുടെ ഫോർബിഡന്റ് എനർജി ഗ്യാപ്പ് ഉദ്ദേശം 6 eV ആണ്. ഊർജ്ജവിടവ് ഉയർന്നതായതിനാൽ വളരെ ശക്തിയുള്ള വൈദ്യുത മണ്ഡലം നൽകിയോ, താപനില ഉയർത്തിയോ പോലും വാലൻസ് ബാൻഡിലെ ഇലക്ട്രോണുകളെ കണ്ടക്ഷൻ ബാൻഡിൽ എത്തിക്കാൻ സാധ്യമല്ല. കണ്ടക്ഷൻ നടത്താൻ സഹായിക്കുന്ന സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളുടെ അഭാവം കാരണം ഇലക്ട്രിക്കൽ കണ്ടക്ഷൻ ഇവിടെ സാധ്യമല്ല. അതിനാൽ ഇത്തരം പദാർത്ഥങ്ങളെ വിദ്യുത്രോധികൾ എന്നുപറയുന്നു. ഇതിന്റെ പ്രതിരോധക്ഷമത 10^{11}–$10^{19}\,\Omega m$ ആണ്.

ii) ചാലകങ്ങൾ

ചിത്രം 10.2(c) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ കണ്ടക്റ്ററുകളിൽ വാലൻസ് ബാൻഡും കണ്ടക്ഷൻ ബാൻഡും ഓവർലാപ്പ് ചെയ്യുന്നു. അതിനാൽ ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് സ്വതന്ത്രമായി കണ്ടക്ഷൻ ബാൻഡിലേക്ക് നീങ്ങാൻ കഴിയും. ഇത് കണ്ടക്ഷൻ ബാൻഡിൽ സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം കൂട്ടുന്നു. അതിനാൽ കുറഞ്ഞ താപനിലയിൽ പോലും കണ്ടക്ഷൻ സാധ്യമാണ്. വൈദ്യുതമണ്ഡവത്തിന്റെ പ്രയോഗം സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് ആവശ്യമായ ഊർജ്ജം പകരാനും തഥാ ഒരു പ്രത്യേക ദിശയിലേക്ക് ഉന്നയിച്ച് വിദ്യുത്ധാരയായി മാറുന്നതിനും സഹായിക്കുന്നു. ചാലകങ്ങളിൽ പ്രതിരോധക്ഷമതയുടെ മൂല്യം $10^{-2}\,\Omega m$ നും $10^{-8}\,\Omega m$ നും ഇടയ്ക്കാണ്.

iii) അർദ്ധചാലകങ്ങൾ

അർദ്ധചാലകങ്ങളിൽ വാലൻസ് ബാൻഡിനും കണ്ടക്ഷൻ ബാൻഡിനും ഇടക്ക് നേരിയ ഒരു ഫൊർബിഡൻ എനർജിഗ്യാപ്പ് $\left(E_g < 3eV\right)$ നിലകൊള്ളുന്നു. (ചിത്രം 10.2(d)) പരിമിതമായ താപനിലയിൽ ഖരവസ്തുക്കളിൽ താപവിക്ഷോപം കാരണം ആറ്റങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള കോവാലന്റ് ബന്ധനം തകരുന്നു. (സ്ഥിരമായ ഇലക്ട്രോണിക് കോൺഫിഗറേഷൻ നേടുന്നതിന് ഇലക്ട്രോണുകൾ പങ്കുവച്ച് ബന്ധനം രൂപപ്പെടുത്തുന്നതാണ് കോവാലന്റ് ബന്ധനം) ഇത് വാലൻസ് ബാൻഡിലെ ചില ഇലക്ട്രോണുകളെ കണ്ടക്ഷൻ ബാൻഡിലേക്ക് സ്വതന്ത്രമാകുന്നു. സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം കുറവായതിനാൽ കണ്ടക്റ്ററുകളുടെ ചാലകതയുടെ അത്രഉയർന്നതല്ല അർദ്ധചാലകങ്ങളുടേത്. അർദ്ധചാലകങ്ങളുടെ പ്രതിരോധക്ഷമതയുടെ മൂല്യം $10^{-5}\,\Omega m$ നും $10^{6}\,\Omega m$ നും ഇടയ്ക്ക്.

കുറിപ്പ്

അർദ്ധചാലകങ്ങളിൽ വാലൻസ്ബാൻഡിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾ ചലിക്കാൻ കഴിയാത്ത ബന്ധിത ഇലക്ട്രോണുകൾ ആണ്. അതിനാൽ അവ കണ്ടക്ഷൻ നടത്താൻ സഹായിക്കുന്നില്ല.

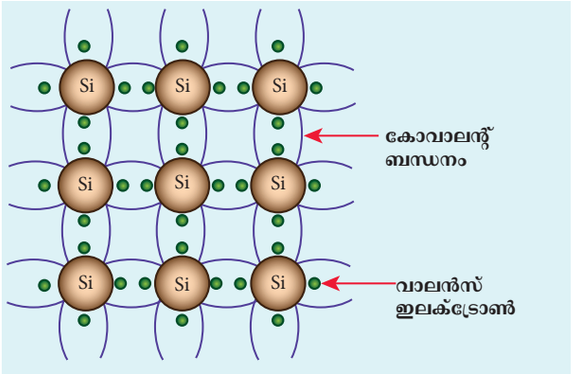
താപനില കൂടുതൽ വർദ്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ കൂടുതൽ ഇലക്ട്രോണുകളെ കണ്ടക്ഷൻ ബാൻഡിലോട്ട് കടത്തിവിടുകയും അപ്രകാരം കണ്ടക്ഷൻ ഉയരുകയും ചെയ്യുന്നു. അതിനാൽ അർദ്ധചാലകങ്ങളിൽ താപനില വർദ്ധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച്ഇലക്ട്രിക്കൽ കണ്ടക്ഷൻവർദ്ധിക്കുന്നുവെന്ന് പറയാം. മറ്റൊരുവിധത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ താപനില വർദ്ധിക്കുന്നതനുസരിച്ച് പ്രതിരോധം കുറയുന്നു. അതിനാൽ അർദ്ധചാലകങ്ങൾക്ക് നെഗറ്റീവ് ടെംബറേച്ചർ കോയഫിഷ്യന്റ് ഓഫ് റസിസ്റ്റൻസ് ഉണ്ടെന്ന് പറയപ്പെടുന്നു. വളരെ സാധാരണയായി ഉപയോഗിക്കുന്ന പ്രധാനപ്പെട്ട അർദ്ധചാലകങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന മൂലകങ്ങളാണ് സിലിക്കണും (Si) ജെർമ്മേനിയവും (Ge) സാധാരണ ഊഷ്മാവിൽ Si, Ge ഇവയുടെ ഫൊർബിഡൻ എനർജി ഗ്യാപ്പ് 1.1 eV, 0.7 eV എന്നിങ്ങനെയാണ്.

10.2 വിവിധതരം അർദ്ധചാലകങ്ങൾ

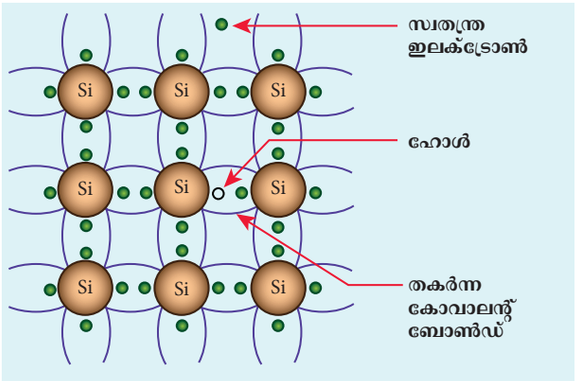
10.2.1 ഇൻട്രിൻസിക് അർദ്ധചാലകങ്ങൾ

കലർപ്പില്ലാത്ത ശുദ്ധ രൂപത്തിലുള്ള അർദ്ധചാലകത്തെ ഇൻട്രിൻസിക് അർദ്ധചാലകം എന്നുവിളിക്കുന്നു.ഇവിടെ കലർപ്പ് എന്നത്കൊണ്ട് ഉദ്ദേശിക്കുന്നത് ക്രിസ്റ്റലിൽ അതിന്റെ അല്ലാതെ മറ്റേതെങ്കിലും

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 198 27-06-2022 16:18:58



(a)

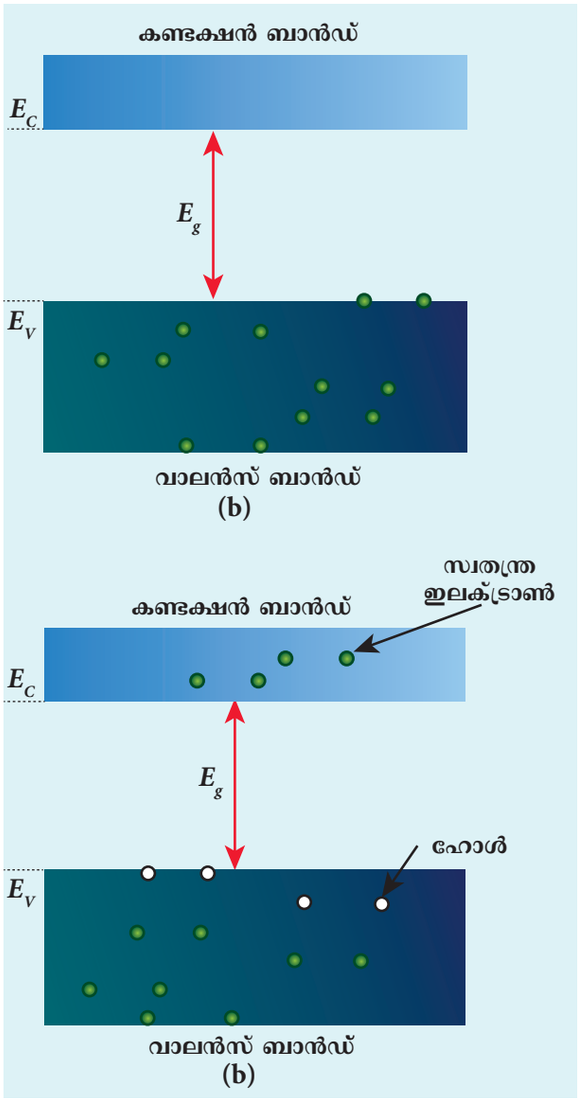


(b)

ചിത്രം 10.3 (a) സിലിക്കണിന്റെ ദ്വിമാന ക്രിസ്റ്റൽലാറ്റീസ് (b) ഇൻട്രിൻസിക് അർദ്ധചാലകങ്ങളുടെ വാലൻസ് ബാൻഡും കണ്ടക്ഷൻ ബാൻഡും

ആറ്റങ്ങളുടെ സാന്നിദ്ധ്യം ആണ്. ചിത്രം 10.3(a) യിൽ സിലിക്കൺ ലാറ്റിസിനെ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഓരോ സിലിക്കൺ ആറ്റത്തിനും ബാഹ്യതമ ഷെല്ലിൽ നാല് ഇലക്ട്രോണുകൾ ആണ്. ഇവ ക്രിസ്റ്റലിലെ അടുത്തിരിക്കുന്ന നാലു ആറ്റങ്ങളുമായി കോവാലന്റ് ബന്ധനത്തിൽ ഏർപ്പെടുന്നു. ഇതിലെ ബാൻഡ് ഡയഗ്രം ചിത്രം 10.3(b).

താപനിലയിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ചെറിയ ഉയർച്ചമതി ചില കോവാലെന്റ് ബോൺഡുകളെ തകർത്ത് ഇലക്ട്രോണുകൾ ക്രിസ്റ്റൽ ലാറ്റിസിൽ നിന്നും പുറത്ത് കടക്കുവാൻ. ചിത്രം 10.4(a) അതിന്റെ ഫലമായി ചിത്രം 10.4(b) യിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ വാലൻസ് ബാൻഡിലെ ചില തലങ്ങൾ ശൂന്യമാകുകയും അത്രയും കണ്ടക്ഷൻ ബാൻഡിൽ ഇടം പിടിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇപ്രകാരം വാലൻസ് ബാൻഡിലുണ്ടാകുന്ന വ്യാകൻസികളെ ഹോളുകൾ എന്നുപറയുന്നു. ഹോളുകൾ എന്നത് ഇലക്ട്രോണുകളുടെ അപര്യാപ്തയായി കണക്കാക്കുന്നതുകൊണ്ട് ഇതിന് പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജാണുള്ളത്. ഇപ്രകാരം



ചിത്രം 10.4 (a) ഇൻടിൻസിക് ക്രിസ്റ്റലിലെ ഇലക്ട്രോൺ, ഹോൾ തകർക്കപ്പെട്ട കോവാലന്റ് ബോൺഡ്
(b) സാധാരണ താപനിലയിൽ കണ്ടക്ഷൻ ബാൻഡിലെ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ സാന്നിദ്ധ്യവും കണ്ടക്ഷൻ ബാൻഡിലെ ഹോളുകളും

അർത്ഥചാലകങ്ങളിലെ ചാർജ് വാഹകർ എന്നത് ഇലക്ട്രോണുകളും ഹോളുകളും ആണ്.

ഒരു ഇൻട്രിൻസിക് അർദ്ധചാലകത്തിൽ കണ്ടക്ഷൻ ബാൻഡിലെ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം വാലൻസ് ബാൻഡിലെ ഹോളുകൾക്ക് തുല്യമാണ്. കണ്ടക്ഷൻബാൻഡിലെ ഇലക്ട്രോണുകളും, വാലൻസ് ബാൻഡിലെ ഹോളുകളും ഇലക്ട്രിക്കൽ ചാലനം നടത്തുന്നു. I_e, I_h എന്നിവ ഇതിനനുക്രമമായിട്ടുള്ള വിദ്യുത്ധാരയെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു.

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 199 27-06-2022 16:18:58

കുറിപ്പ്

ഹോളിന്റെ നിർവ്വചനം: ഒരു ഇലക്ട്രോണിനെ ഉദ്ദീപിപ്പിക്കുമ്പോൾ കോവാലന്റ് ബോൺഡുകൾ തകരുന്നു. അവിടെ ഓക്ടറ്റഡ് നിയമം നിറവേറ്റാൻ സാധിക്കില്ല. അതിനാൽ ബന്ധനം പൂർത്തിയാക്കാൻ ഓരോ ഉത്തേജിത ഇലക്ട്രോണുകളും ഒരു വ്യാകൻസിനിക്ഷേപിക്കുന്നു. ഈ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ അപര്യാപ്തതയെ ഹോൾ എന്നുവിളിക്കുന്നു.

ആകെയുള്ള I എന്നത് എപ്പോഴും ഇലക്ട്രോൺ കറന്റിന്റേയും ഹോൾകറന്റിന്റേയും കൂട്ടുത്തുകയാണ്. അതായത് $I = I_e + I_h$

0 K ൽ ഒരു ഇൻട്രിൻസിക് അർദ്ധചാലകം വിദ്യുത്രോധിയുടെ സ്വഭാവം കാണിക്കുന്നു. താപനിലയിലുണ്ടാകുന്ന വർദ്ധന ചാർജ് വാഹകരുടെ എണ്ണം കൂട്ടുന്നു. (ഇലക്ട്രോണുകളും ഹോളുകളും) ചിത്രം 10.4(b) ൽ ഇൻട്രിൻസിക് അർദ്ധചാലകത്തിന്റെ ബാൻഡ് ഡയഗ്രം ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇൻട്രിൻസിക്അർദ്ധചാലകത്തിലെഇൻട്രിൻസിക്ക്യാരിയർ കോൺസെൻട്രേഷൻ എന്നത് കണ്ടക്ഷൻ ബാൻഡിലെ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം അല്ലെങ്കിൽ വാലൻസ്ബാൻഡിലെ ഹോളുകളുടെ എണ്ണമാണ്.

10.2.2 എക്സിൻട്രിക് അർദ്ധചാലകങ്ങൾ

ഇൻട്രിൻസിക് അർദ്ധചാലകത്തിലെ ക്യാരിയർ കോൺസെൻട്രേഷൻ വളരെ കാര്യക്ഷമതയുള്ള ഇലക്ട്രോണിക് ഉപകരണങ്ങളെ വികസിപ്പിക്കാൻ ഉതകുന്ന വിധം പര്യാപ്തമല്ല. ഇൻട്രിൻസിക് അർദ്ധചാലകങ്ങളിൽ ക്യാരിയർ കോൺസെൻട്രേഷൻ വർദ്ധിപ്പിക്കുവാനുള്ള മറ്റൊരു മാർഗം അതിൽ അപദ്രവ്യ ആറ്റങ്ങൾ ചേർക്കുക എന്നതാണ്.

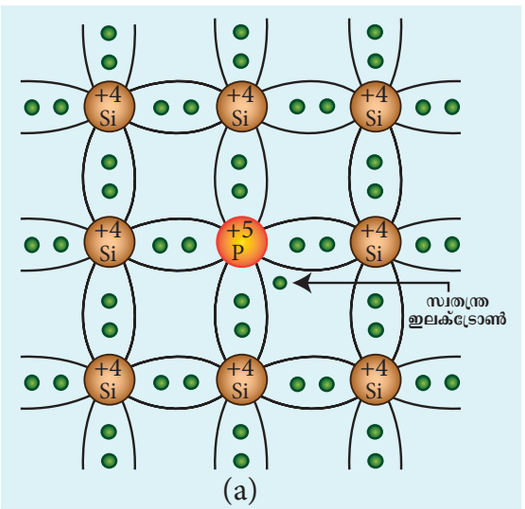
ഇൻട്രിൻസിക് അർദ്ധചാലകത്തിൽ അപദ്രവ്യ ആറ്റങ്ങൾ ചേർക്കപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയയെ ഡോപ്പിംഗ് എന്നുപറയുന്നു. ഇത് ചാർജ് വാഹകരുടെ (ഇലക്ട്രോണുകൾ ഹോളുകൾ) സാന്ദ്രത കൂട്ടുകയും കൂടാതെ ഇലക്ട്രിക്കൽ ചാലകത വർദ്ധിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ മാലിന്യ ആറ്റങ്ങളെ ഡോപ്പെന്റുകൾ എന്നുവിളിക്കുന്നു. അതിന്റെ ക്രമം ഏകദേശം 100 ppm ആണ്.

ഏതു തരത്തിലുള്ള മാലിന്യ ആറ്റങ്ങൾ ആണ് ചേർക്കപ്പെടുന്നത് എന്നതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ എക്സിൻട്രിക് അർദ്ധചാലകങ്ങളെ ഇപ്രകാരം വർഗ്ഗീകരിക്കാം:

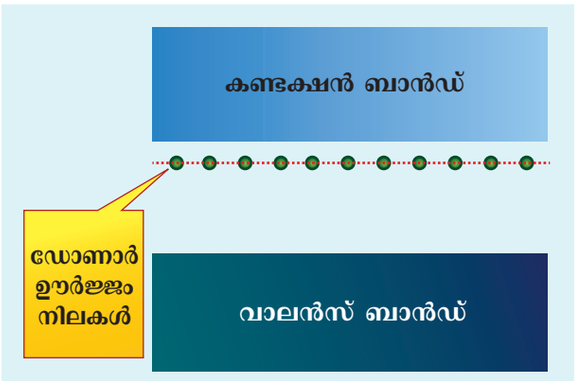
(i) n-ടൈപ്പ് അർദ്ധചാലകം
(ii) p-ടൈപ്പ് അർദ്ധചാലകം

i) n-തരം അർദ്ധചാലകം

ഒരു ശുദ്ധമായ സിലിക്കൺ ക്രിസ്റ്റലിനെ പെന്റാവാലന്റ് അപദ്രവ്യ ആറ്റം (പീരിയോഡിക് ടേബിളിലെ ഗ്രൂപ്പ് V) ആയ ഫോസ്ഫറസ്, ആർസനിക്, ആന്റിമണി പോലുള്ള പദാർത്ഥം കൊണ്ട് ടോപ്പ് ചെയ്യുമ്പോൾ ലഭിക്കുന്ന അർദ്ധചാലകമാണ് n ടൈപ്പ് അർദ്ധചാലകം. ചിത്രം 10.5(a) യിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇവിടെ ഡോപെന്റിന് അഞ്ച് വാലൻസ് ഇലക്ട്രോണുകളും സിലിക്കൺ ആറ്റത്തിന് നാലു വാലൻസ് ഇലക്ട്രോണുകളുമാണ് ഉള്ളത്. ഡോപ്പിംഗ് പ്രക്രിയയിൽ വളരെ കുറച്ച് സിലിക്കൺ ആറ്റത്തിൽ പകരം പെന്റാവാലന്റ് ഡോപ്പന്റിനെ സ്ഥാപിക്കുന്നു. മാലിന്യ ആറ്റത്തിലെ അഞ്ചിൽ നാല് വാലൻസ് ഇലക്ട്രോണുകളും സിലിക്കൺ ആറ്റത്തിന്റെ നാല് വാലൻസ് ഇല



(a)

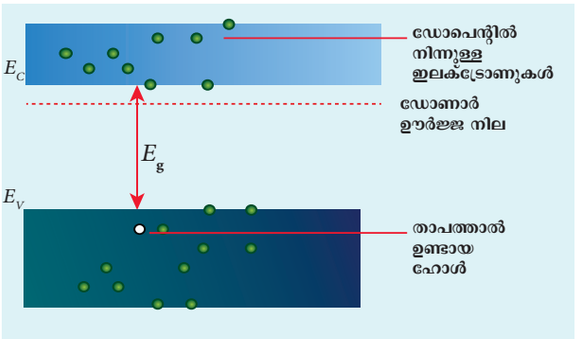


ചിത്രം 10.5 N-ടൈപ്പ് എക്സിൻട്രിക് അർദ്ധചാലകം: (a) ലാറ്റിസിൽ അയഞ്ഞുകാണപ്പെടുന്ന സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോൺ (b) ഡോനർ ഊർജ്ജതലത്തിന്റെ ആവിഷ്ക്കാരം

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 200 27-06-2022 16:18:59

ക്ട്രോണുകളുമായി കോവാലന്റ് ബന്ധനത്തിൽ ഏർപ്പെടുന്നു. കോവാലന്റ് ബന്ധനത്തിൽ ഏർപ്പെടാത്തമാലിന്യആറ്റത്തിലെഅഞ്ചാമത്തെഇലക്ട്രോൺ ന്യൂക്ലിയസ്സിൽ നിന്നും അയഞ്ഞു കാണപ്പെടുന്നു.

ഡോപ്പന്റിന്റെ സ്വതന്ത്രമായി അയഞ്ഞ അഞ്ചാമത്തെ ഇലക്ട്രോണിന്റെ ഊർജ്ജതലം കണ്ടക്ഷൻബാൻഡിന്റെ തൊട്ട് താഴെ കാണപ്പെടുന്നു. ചിത്രം 10.5(b) യിൽ കാണുന്ന ഇതിനെ ഡോണാർ എനർജി ലെവൽ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. സാധാരണ ഊഷ്മാവിൽ താപോർജ്ജത്തെ ആഗിരണം ചെയ്ത് ഈ ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് വളരെ സുഗമമായി കണ്ടക്ഷൻ ബാൻഡിലേക്ക് നീങ്ങാൻ സാധിക്കും. ചിത്രം 10.6-ൽ ഇത് കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. കൂടാതെ പുറത്തുനിന്നും പ്രയോഗിക്കുന്ന വൈദ്യുത മണ്ഡലവും ഈ സ്വതന്ത്ര അയഞ്ഞ ഇലക്ട്രോണുകളെ ചാലനത്തിലേക്ക് നയിക്കുന്നു.



ചിത്രം 10.6 താപത്താൽ വാലൻസ് ബാൻഡിൽ രൂപമെടുത്ത ഹോളുകളും ഡോപ്പന്റിനാൽ രൂപമെടുത്ത കണ്ടക്ഷൻബാൻഡിലെ സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളും (*n* ടൈപ്പ് അർദ്ധചാലകം)

ഇൻട്രിൻസിക് അർദ്ധചാലകത്തിൽ വാലൻസ് ബാൻഡിൽ നിന്നും കണ്ടക്ഷൻ ബാൻഡിലോട്ട് ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് സ്ഥാനാന്തരണം നടത്താൻ ആവശ്യമായ ഊർജ്ജം Ge ന് 0.7 eV ഉം Si നു 1.1 eV ഉം ആകുന്നു. അതേസമയം സ്വതന്ത്ര ഡോണാർ ഇലക്ട്രോണുകളെരൂപീകരിക്കാൻGeന്0.01eVഉം Si ന് 0.05 eV ഊർജ്ജവും ആവശ്യമാണ്.

കണ്ടക്ഷൻ ബാൻഡിലേക്ക് ഇലക്ട്രോണുകളെ ദാനം ചെയ്യാൻ *V* ഗ്രൂപ്പ് പെന്റാവാലന്റ് മാലിന്യ ആറ്റങ്ങൾക്ക് സാധിക്കുന്നു. അതിനാൽ അവയെ ഡോണാർ ഇംപ്യൂരിറ്റീസ് എന്നുവിളിക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട് ഓരോ ഇംപ്യൂരിറ്റി ആറ്റവും താപംമൂലം ഉത്പാദിക്കുന്ന ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് പുറമെ കണ്ടക്ഷൻ ബാൻഡിലേക്ക് ഒരു അധിക ഇലക്ട്രോൺ നൽകുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള താപത്താൽ ഉൽപ്പാദിക്കുന്ന ഇലക്ട്രോണുകൾ വാലൻസ്ബാൻഡിൽ ഹോളുകൾ ബാക്കിവയ്ക്കുന്നു. അതിനാൽ ഒരു *n* ടൈപ്പ് അർദ്ധചാലകത്തിലെ വൈദ്യുതധാരയുടെ ഭൂരിഭാഗംകാരിയറുകളുംഇലക്ട്രോണുകളും, ന്യൂന പക്ഷവാഹകർ ഹോളുകളുമാണ്. അത്തരത്തിൽ പെന്റാവാലന്റ് ഇംപ്യൂരിറ്റി കൊണ്ട് ഡോപ്പ് ചെയ്യപ്പെട്ട അർദ്ധചാലകത്തെ *n* ടൈപ്പ് അർദ്ധചാലകം എന്നുവിളിക്കുന്നു.

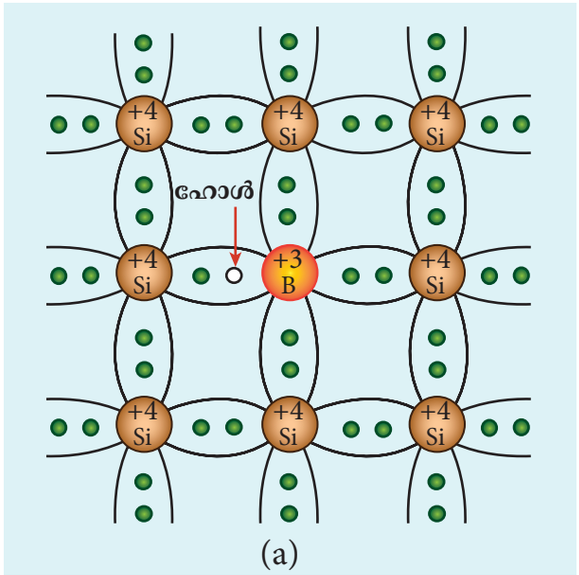
ii) *p*-ടൈപ്പ് അർദ്ധചാലകം

സിലിക്കൺ (അഥവാ ജെർമേനിയം) ക്രിസ്റ്റലിൽ മൂന്ന് സംയോജക ഇലക്ട്രോണുകളുള്ള അപദ്രവ്യ ആറ്റങ്ങളായ (ആവർത്തന പട്ടികയിലെ *III* ഗ്രൂപ്പ്) ബോറോൺ, അലുമിനിയം, ഗാലിയം, ഇൻഡിയംതുടങ്ങിയവയെ സംയോജിപ്പിക്കുമ്പോൾ കിട്ടുന്ന അർദ്ധചാലകംആണ്*p*ടൈപ്പ്അർദ്ധചാലകം. സംയോജക ഇലക്ട്രോണുകൾ മൂന്ന് ഉള്ള ഈ അപദ്രവ്യങ്ങൾ അഥവാ ഡോപ്പന്റ് മൂന്ന് സിലിക്കൺ ആറ്റവുമായി ചേർന്ന് കോവാലന്റ് ബന്ധനത്തിൽ ഏർപ്പെടുന്നു. നാലു കോവാലന്റ് ബന്ധനങ്ങളിൽ മൂന്ന് ബോഡും പൂർണ്ണമാണ്. അവശേഷിക്കുന്ന ഒരു ബോൺഡ് ഒരു ഇലക്ട്രോൺ മാത്രം ഉള്ളതിനാൽ അപൂർണ്ണമാണ്. നാലാമത്തെ കോവാലന്റ് ബന്ധനത്തിലെ ഈ ഇലക്ട്രോൺ ഒഴിവിനെ ഒരു ഹോൾ കൊണ്ട് പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നു.

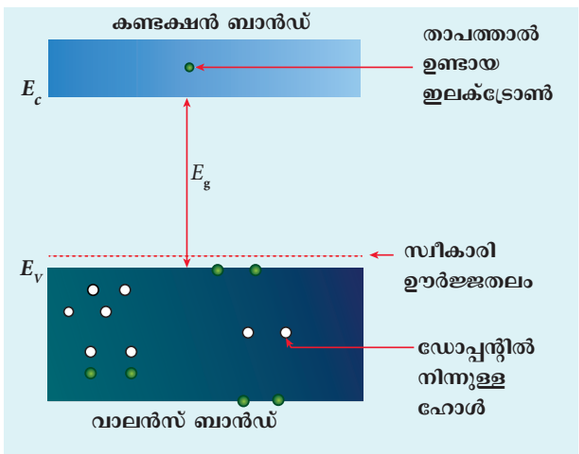
നാല് അടുത്തടുത്ത ആറ്റങ്ങളുമായി സമ്പൂർണ്ണ കോവാലന്റ് ബന്ധനം നടത്താൻ ഡോപന്റിന് ഒരു ഇലക്ട്രോൺ കൂടി ആവശ്യമാണ്. ഈ ഡോപന്റുകൾക്ക് അടുത്തിരിക്കുന്ന ആറ്റങ്ങളിൽ നിന്നും ഇലക്ട്രോണുകളെസ്വീകരിക്കാൻകഴിയും. അതിനാൽഈ അപദ്രവ്യത്തെ സ്വീകാര്യ അപദ്രവ്യം എന്നുവിളിക്കുന്നു. ഓരോഅപദ്രവ്യആറ്റവുംഉണ്ടാക്കുന്നഹോളുകളുടെ എനർജിലെവൽ വാലൻസ് ബാൻഡിനു തൊട്ടുമുകളിലാണ്. ഇവയെ സ്വീകാരി എനർജി ലെവൽ എന്നുവിളിക്കുന്നു. ചിത്രം 10.7(b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഓരോ സ്വീകർത്താവ് ആറ്റത്തിനും വാലൻസ് ബാൻഡിൽ ഒരു ഹോൾ ഉണ്ടാകും. ഇത് താപത്താൽ ജനറേറ്റ് ചെയ്യുന്ന ഇലക്ട്രോണുകൾ അവശേഷിക്കുന്ന ഹോളുകൾക്ക് പുറമെയാണ്. അത്തരമൊരു എക്സിൻട്രിക് അർദ്ധചാലകത്തിൽ ഭൂരിപക്ഷവാഹകരും ഹോളുകളാണ്. ചിത്രം 10.8-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഇലക്ട്രോണുകൾ ന്യൂനപക്ഷവാഹകരും ആണ്. ഇത്തരത്തിൽ രൂപംകൊള്ളുന്ന എക്സിൻട്രിക് അർദ്ധചാലകത്തെ *p* ടൈപ്പ് അർദ്ധചാലകം എന്നുവിളിക്കുന്നു.

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 201 27-06-2022 16:18:59



ചിത്രം 10.7 *p*-ടൈപ്പ് എക്സിൻട്രിക് അർദ്ധ ചാലകം (a) അപദ്രവ്യങ്ങളാൽ ജനറേറ്റ് ചെയ്ത ഹോൾ (b) അക്സെപ്റ്റർ എനർജി ലെവലിന്റെ ആവിഷ്ക്കാരം



ചിത്രം 10.8 താപത്തിനാൽ കണ്ടക്ഷൻ ബാൻഡിൽ ജനറേറ്റ് ചെയ്ത ഇലക്ട്രോണുകളും വാലൻസ് ബാൻഡിൽ ഡോപ്പന്റിനാൽ ജനറേറ്റ് ചെയ്ത ഹോളുകളും (*p* ടൈപ്പ് അർദ്ധചാലകം)

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

n ടൈപ്പ്, *p* ടൈപ്പ് അർദ്ധചാലകങ്ങൾ ന്യൂട്രൽ ആണ്. എന്തെന്നാൽ ഇൻട്രിൻസിക് അർദ്ധചാലകങ്ങളിൽ ഡോപ്പ് ചെയ്യപ്പെടുന്നത് ന്യൂട്രൽ ആറ്റങ്ങളെയാണ്.

10.3 ഡയോഡുകൾ

10.3.1 P-N ജംഗ്ഷന്റെ രൂപീകരണം

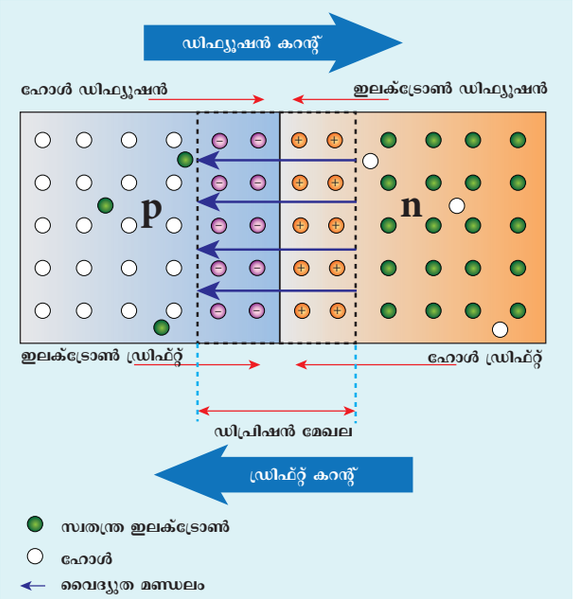
i) ഡിപ്ലീഷൻ ലെയറിന്റെ രൂപീകരണം

ഒരൊറ്റ അർദ്ധചാലക ക്രിസ്റ്റലിന്റെ ഒരഗ്രം *p* തരം അർദ്ധചാലകം കൊണ്ടും മറ്റേ അഗ്രം *n* തരം അർദ്ധ ചാലകം കൊണ്ടും ഡോപ്പു ചെയ്തു കഴിഞ്ഞാൽ കിട്ടുന്ന സന്ധർക്ക ഉപരിതലത്തെ *p-n* ജംഗ്ഷൻ എന്നുവിളിക്കുന്നു. *p-n* ജംഗ്ഷൻ രൂപപ്പെടുമ്പോഴെല്ലാം ചിലസ്വതന്ത്രഇലക്ട്രോണുകൾ*n*വശത്തുനിന്ന് *p*വശത്തിലേക്ക്വ്യാപിക്കുകയുംഅതുപോലെഹോളുകൾ *p* ഭാഗത്തുനിന്നും *n* ഭാഗത്തിലേക്ക് പോവുകയുംചെയ്യുന്നു.*n*ഭാഗത്ത്ഇലക്ട്രോണുകളുടെസാന്ദ്രത കൂടുതലും *p* ഭാഗത്ത് ഹോളുകളുടെ സാന്ദ്രത കൂടുതലും ഉള്ളതുകൊണ്ടാണ് ചാർജ് വാഹകരുടെ വ്യാപനംസാധ്യമാകുന്നത്.ഭൂരിപക്ഷതാർജ്ജ്വാഹകരുടെ ജംഗ്ഷനിലൂടെയുള്ള വ്യാപനം വിദ്യുത്പ്രവാഹത്തിനു കാരണമാകുന്നു. ഇതിനെ ഡിഫ്യൂഷൻ കറന്റ് എന്നുവിളിക്കുന്നു.

n ഭാഗത്തുനിന്നും ഒരു ഇലക്ട്രോൺ പുറത്ത് വരുമ്പോൾ പെന്റാവാലന്റ് ആറ്റമുള്ള *n* ഭാഗം പോസിറ്റീവ് അയോൺ ആയി മാറുന്നു. സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾ *n* ഭാഗത്ത് നിന്നും പിൻമാറി *p* ഭാഗത്തേക്ക് വരുമ്പോൾ ജംഗ്ഷനടുത്ത് ട്രൈവാലന്റ് ആറ്റത്തിലെ ഹോളുമായി കൂടിച്ചേരുന്നു. ഇപ്രകാരം ട്രൈവാലന്റ് ആറ്റം നെഗറ്റീവ് അയോൺ ആയി മാറുന്നു. ക്രിസ്റ്റൽ ലാറ്റിസിലെ അടുത്തടുത്ത ആറ്റങ്ങളുമായി ഇത്തരത്തിലെ അയോണുകൾ ബന്ധനത്തിൽ ഏർപ്പെടുമ്പോൾ അവയ്ക്ക് ചലിക്കാൻ സാധിക്കാതെ വരുന്നു. ഡിഫ്യൂഷൻ പ്രക്രിയ നടന്നുകൊണ്ടിരിക്കുന്നതിനാൽ ജംഗ്ഷന്റെ ഇരുവശങ്ങളിലും പോസിറ്റീവ് അയോണുകളുടെ പാളിയും നെഗറ്റീവ് അയോണുകളുടെ പാളിയും രൂപംകൊള്ളുന്നു. ചാർജ്വാഹകരിൽ നിന്ന് (സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളും ഹോളുകളും) വിമുക്തമായ ജംഗ്ഷനു സമീപമുള്ള നേർത്ത പ്രദേശത്തെ ഡിപ്ലീക്ഷൻ മേഖല എന്ന് വിളിക്കുന്നു. (ചിത്രം 10.9).

ഡിപ്ലീഷൻ മേഖലയിൽ *n* ഭാഗത്തുള്ള പോസിറ്റീവ് ചാർജ് പാളിയ്ക്കും *p* ഭാഗത്തെ നെഗറ്റീവ് ചാർജ് പാളിയ്ക്കും ഇടയ്ക്ക് ഒരു വൈദ്യുത

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 202 27-06-2022 16:19:00



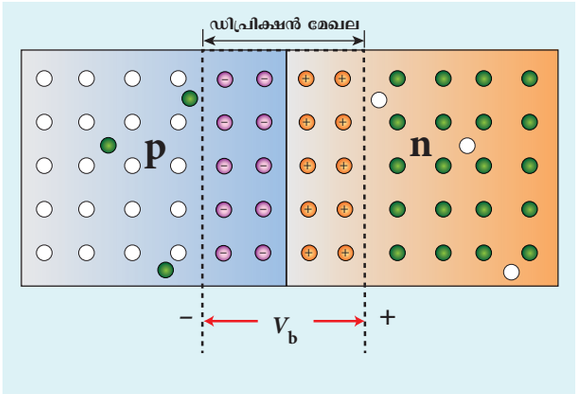
ചിത്രം 10.9 *p–n* ജംഗ്ഷന്റെ രൂപീകരണം

മണ്ഡലം രൂപം കൊള്ളുന്നു. ചിത്രം *10.9*-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ വൈദ്യുതമണ്ഡലം ഇലക്ട്രോണുകളെ *p* ഭാഗത്തുനിന്നും *n* ഭാഗത്തേക്കും അതുപോലെ ഹോളുകളെ *n* ഭാഗത്തുനിന്നും *p* ഭാഗത്തേക്ക് നീങ്ങാൻ പ്രേരിപ്പിക്കുന്നു. ഇലക്ട്രിക് ഫീൽഡിനാൽ ന്യൂനപക്ഷ ചാർജ് വാഹകരുടെ ചലനം വൈദ്യുതപ്രവാഹം ഉണ്ടാക്കുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലത്താൽ ഉണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തെ ഡ്രിഫ്റ്റ് കറന്റ് എന്നുവിളിക്കുന്നു. ഡിഫ്യൂഷൻ കറന്റും ഡ്രിഫ്റ്റ് കറന്റും എതിർദിശകളിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു.

ഡ്രിഫ്റ്റ് കറന്റ് ഡിഫ്യൂഷൻ കറന്റിനേക്കാൾ കുറവാണെങ്കിലും തുടക്കത്തിൽ ഒരു പ്രത്യേക സമയത്തിൽ തന്നെ ഇവയിൽ സന്തുലനാവസ്ഥ കൈവരുന്നു. ഓരോ ഇലക്ട്രോണും (അഥവാ ഹോളും) ജംഗ്ഷൻ മറികടക്കുന്നതിനാൽ വൈദ്യുതമണ്ഡലത്തിന്റെ ശക്തി കൂടുകയും അതിനനുസരിച്ച് രണ്ടു കറന്റും തുല്യമാകുന്നതുവരെ ഡ്രിഫ്റ്റ് കറന്റും കൂടുന്നു. ഇപ്രകാരം സന്തുലനാവസ്ഥ കൈവരിച്ചു കഴിഞ്ഞാൽ ജംഗ്ഷനിലൂടെ വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്നില്ല. ഇപ്രകാരം ഒരു *p-n* ജംഗ്ക്ഷൻ ഉടലെടുക്കുന്നു.

ii) ജംഗ്ഷൻ പൊട്ടൻഷ്യൽ അഥവാ ബാരിയർ പൊട്ടൻഷ്യൽ

ഒരു പ്രത്യേക പോയിന്റുവരെ മാത്രമേ ജംഗ്ഷൻ മറികടന്ന് ചാർജ് വാഹകരുടെ ചലനം നടക്കുന്നുള്ളൂ. അതിനുശേഷം ഡിഫ്യൂഷൻ കാരണം ജംഗ്ഷൻ കടന്നുപോകുന്ന സ്വതന്ത്ര ചാർജ് ചാർജുകൾക്ക് ഡിപ്രീഷൻ പാളി ഒരു തടസ്സമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഇതിനുകാരണം ജംഗ്ഷന്റെ ഇരുവശത്തുമുള്ള ചലനശേഷി ഇല്ലാത്ത അയോണുകൾ സ്ഥാപിച്ചെടുക്കുന്നപൊട്ടൻഷ്യൽഡിഫറൻസ് ആണ്. അതിനാൽ ഡിപ്ലീഷൻ മേഖലയുടെ ആന്തരിക ഭാഗത്തേക്ക് വ്യാപിക്കാൻ ശ്രമിക്കുന്ന ഒരു ഇലക്ട്രോൺ നെഗറ്റീവ് അയോണുകളുടെ ആവരണത്തിനാൽ അവയെ പിന്നിലേക്ക്പുറന്തള്ളുന്നു. സ്വതന്ത്രഇലക്ട്രോണിന് ആവശ്യമായഊർജ്ജംഉണ്ടെങ്കിൽഅത് അതിർതകർത്ത്*p* മേഖലയിലേക്ക്പ്രവേശിക്കാൻകഴിയും. അവിടെഒരുഹോളുമായിവീണ്ടുംസംയോജിച്ച്മറ്റൊരുനെഗറ്റീവ് അയോൺ സൃഷ്ടിക്കുന്നു.



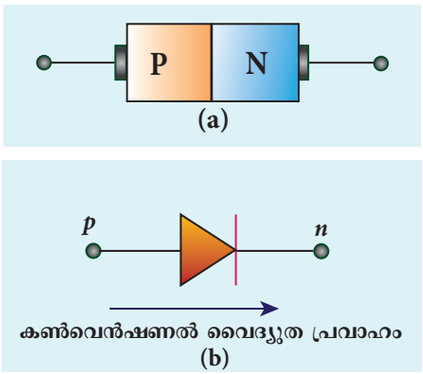
ചിത്രം 10.10 ജംഗ്ക്ഷനുടനീളം രൂപം കൊണ്ട ബാരിയർ പൊട്ടൻഷ്യൽ

ഓരോ ഇലക്ട്രോണുകളും ജംഗ്ഷൻ കടക്കുമ്പോൾ ഡിപ്ലീഷൻ മേഖലയിലുടനീളം ഉള്ള ഇലക്ട്രിക് പൊട്ടൻഷ്യൽ ഡിഫറൻസിന്റെ കാര്യക്ഷമത കൂടികൊണ്ടിരിക്കും. ഈ പ്രക്രിയ സന്തുലനാവസ്ഥ കൈക്കൊള്ളുന്നതുവരെ തുടരും. സന്തുലനാവസ്ഥ കൈവന്നു കഴിഞ്ഞാൽ സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക്ജംഗ്ഷൻകടന്നുപോകാൻഡിപ്ലീഷൻപാളിയുടെ ആന്തരിക വികർഷണം യുന്നു. ഡിപ്ലീഷൻ പാളിയുടെ കുറുകെയുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ ഡിഫറൻസിനെ ബാരിയർ പൊട്ടൻഷ്യൽ എന്നുവിളിക്കുന്നു. ചിത്രം 10.10-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. 25 ^{0}C ൽ സിലിക്കണിന്റേയും ജെർമ്മേനിയത്തിന്റെയും ബാരിയർ പൊട്ടൻഷ്യൽ യഥാക്രമം 0.7 V, 0.3 V എന്നിവ ആകുന്നു.

10.3.2 P-N ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡ്

ഒരു*p* ടൈപ്പ് അർദ്ധചാലകത്തെ*n* ടൈപ്പ് അർദ്ധചാലകവുമായി സംയോജിപ്പിക്കുമ്പോൾ ഒരു *p-n* ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡ് രൂപം കൊള്ളുന്നു. ചിത്രം 10.11(a) ൽ *p-n* ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡിനെ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ പരിപഥ പ്രതിരൂപം ചിത്രം 10.11(b) ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 203 27-06-2022 16:19:00



ചിത്രം 10.11 *p-n* ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡ്
(a) പ്രതിനിധീകരണം
(b) പരിപഥ പ്രതിരൂപം

ഒരു ഡയോഡിനു ബയാസിംഗ് നല്കുന്നവിധം

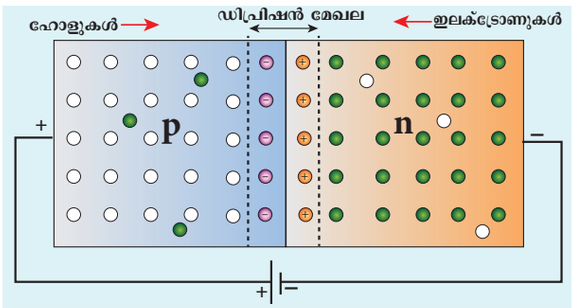
ബയാസിംസ് എന്നാൽ തടസ്സ സാധ്യതകളെ മറികടന്ന് ഒരു പ്രത്യേക ദിശയിലേക്ക് നീങ്ങാൻ ചാർജ്ജ് വാഹകർക്ക് പുറത്തുനിന്നും ഊർജ്ജം നൽകുക എന്നതാണ്. ഇങ്ങനെ ചെയ്യുമ്പോൾ ഒന്നുകിൽ ചാർജ് വാഹകർ ജംഗ്ഷനു സമീപത്തേക്കു വരാം അല്ലെങ്കിൽ ജംഗ്ഷനിൽ നിന്നും അകന്നു പോകുകയോ ചെയ്യും. *p-n* ജംഗ്ഷനിൽ പുറത്തുനിന്നും പ്രയോഗിക്കുന്ന വോൾട്ടേജിനെ ബയസ്സ് വോൾട്ടേജ് എന്നു പറയുന്നു. *p-n* ജംഗ്ഷനിലേക്കുള്ള ബാഹ്യ വോൾട്ടേജ് സ്രോതസ്സിന്റെ ധ്രുവതയെ ആശ്രയിച്ച് നമുക്ക് രണ്ടുതരത്തിലുള്ള ബയാസിംഗ് ഉണ്ട്.

1. ഫോർവേർഡ് ബയസ്
2. റിവേഴ്സ് ബയസ്

i) ഫോർവേർഡ് ബയസ്

ബാഹ്യവോൾട്ടേജ് സ്രോതസ്സിന്റെ പോസിറ്റീവ് ടെർമിനൽ *p* സൈസിലേക്കും നെഗറ്റീവ് ടെർമിനൽ *n* സൈഡിലേക്കും ബന്ധിപ്പിക്കുന്നതിനെ ഫോർവേർഡ്ബയസ്എന്നുവിളിക്കുന്നു.ഇത്ചിത്രം10.12-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. *n* ഭാഗത്തുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളേയും *p* ഭാഗത്തുള്ള ഹോളുകളേയും ജംഗ്ഷനിലേക്ക് തള്ളി വിടുകയാണ് ഈ ഫോർവേഡ് ബയസ്സിന്റെ പ്രയോജനം. ഇത് ജംഗ്ഷന് സമീപമുള്ള അയോണുമായി പുനസംയോജനം ആരംഭിച്ച് ഡിപ്ലീഷൻ പ്രദേശത്തിന്റെ വീതി കുറയ്ക്കുന്നു. തത്ഫലമായി ബാരിയർ പൊട്ടൻഷ്യൽ കുറയുന്നു.

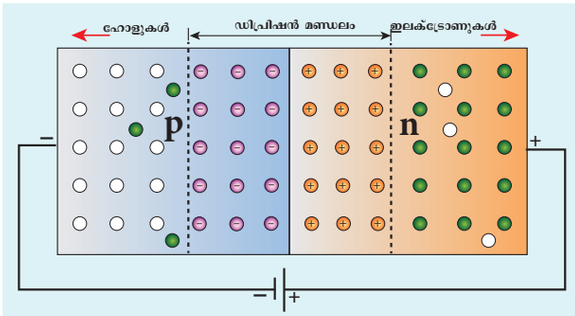
ജംഗ്ഷനു സമീപം കുറഞ്ഞ ബാരിയർ പൊട്ടൻഷ്യൽ നിലനിൽക്കുന്നതിനാൽ *n* ഭാഗത്തുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളെ *p* ഭാഗത്തേക്ക് ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നു. ഇതുകൂടാതെ ത്വരിതപ്പെടുത്തിയ ഇലക്ട്രോണുകൾ *p* ഭാഗത്ത് പ്രയോഗിക്കപ്പെട്ട പോസിറ്റീവ് പൊട്ടൻഷ്യലിനാൽ വളരെ ശക്തിയായി ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നു. ഇത് *n* ഭാഗത്തുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളെ *p* ഭാഗത്തേക്കും അതുപോലെ *p* ഭാഗത്തുള്ള ഹോളുകളെ *n* ഭാഗത്തേക്കും ചലിപ്പിക്കാൻ കാരണമാകുന്നു. പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന വോൾട്ടേജ് ഉയർത്തുമ്പോൾ, ഡിപ്ലീഷൻ പ്രദേശത്തിന്റെ വീതിയും അതുപോലെ ബാരിയർ പൊട്ടൻഷ്യലും വീണ്ടും കുറയപ്പെടുന്നു. (ഇത് ജംഗ്ഷനിലൂടെ ധാരാളം ഇലക്ട്രോണുകൾ കടന്നു പോകുന്നതിനും അതിന്റെ ഫലമായ വൈദ്യുതപ്രവാഹം ക്രമാനുഗതമായി വളരെ വർദ്ധിക്കാനും സഹായിക്കുന്നു..



ചിത്രം 10.12 ഫോർവേഡ് ബയസിലുള്ള *p-n* ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡിന്റെ ചിത്രരൂപത്തിലുള്ള പ്രതിനിധാനം

ii) റിവേഴ്സ് ബയസ്

ബാറ്ററിയുടെ പോസിറ്റീവ് ടെർമിലനിനെ *n* സൈഡും, നെഗറ്റീവ് ടെർമിനലിനെ *p* സൈഡും ബന്ധിപ്പിച്ചിരുന്നാൽ അത്തരം ജംഗ്ഷൻ റിവേഴ്സ് ബയസിലാണെന്നു പറയാം ചിത്രം 10.13.



ചിത്രം 10.13 റിവേഴ്സ്ബയസിലുള്ള *p-n* ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡിന്റെ ചിത്രരൂപത്തിലുള്ള പ്രതിനിധാനം

പോസിറ്റീവ് ടെർമിനലിനെ *n* ടൈപ്പ് പദാർത്ഥത്തിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നതിനാൽ *n* ഭാഗത്തുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾ പോസിറ്റീവ് ടെർമിനലിലേക്ക്

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 204 27-06-2022 16:19:01

ആകർഷിക്കപ്പെടുകയും അതുപോലെ p സൈഡിലുള്ള ഹോളുകൾ നെഗറ്റീവ് ടെർമിനലിനാലും ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നു. ഇത് ജംഗ്ഷനിലെ ചലനമറ്റ അയോൺ സാന്ദ്രത കൂട്ടുന്നു. ഇത് ഡിപ്ലീഷൻ മേഖലയുടെ വീതി കൂട്ടുകയും അങ്ങനെ ബാരിയർ പൊട്ടൻഷ്യൽ വർദ്ധിക്കുവാൻ കാരണമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. തത്ഫലമായി രണ്ടു സൈഡിലുമുള്ള ഭൂരിപക്ഷ ചാർജ്ജ് വാഹകർക്ക് ജംഗ്ഷൻ മറികടക്കാൻ വളരെ വലിയ പൊട്ടൻഷ്യൽ ബാരിയർ അനുഭവിക്കേണ്ടി വരുന്നു. ഇത് ജംഗ്ഷനിലുടനീളം വ്യാപിക്കുന്ന കറന്റിനെ വളരെ കാര്യമായി കുറയ്ക്കുന്നു.

എന്നിരുന്നാലും, രണ്ട് ഭാഗത്തുമുള്ള ന്യൂനപക്ഷ ചാർജ് വാഹകർ ജംഗ്ഷൻ മറികടക്കുന്നതിനാൽ വളരെചെറിയകറന്റ് രൂപംകൊള്ളുന്നു. ഭൂരിപക്ഷചാർജ് വാഹകരുടെ റിവേഴ്സ് ബയസ്, ന്യൂനപക്ഷ ചാർജ് വാഹകർക്ക് ഫോർവേഡ് ബയസ്സായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. റിവേഴ്സ് ബയസിൽ പ്രവഹിക്കുന്ന കറന്റിനെ റിവേഴ്സ് സാച്ചുറേഷൻ കറന്റ് എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇതിനെ I_s എന്നു പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു.

റിവേഴ്സ് സാച്ചുറേഷൻ കറന്റ് പ്രയോഗിക്കുന്ന വോൾട്ടേജിനെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നില്ല. താപോർജ്ജത്താൽ ജനറേറ്റ് ചെയ്യുന്ന ന്യൂനപക്ഷ ചാർജ്ജ് വാഹകരുടെ സാന്ദ്രതയെ മാക്രം ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ജംഗ്ഷനിലൂടെ ന്യൂനപക്ഷ ചാർജ് വാഹകരെ തുരത്തി ഓടിക്കാൻ വളരെ ചെറിയ വോൾട്ടേജ് പോലും മതിയാകും.

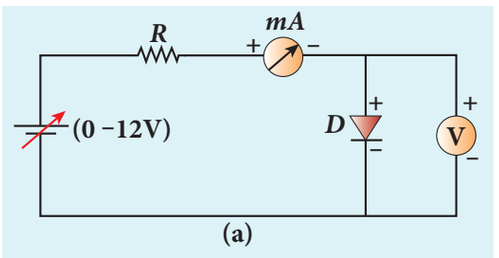
സിലിക്കൺ ഡയോഡിന്റെ റിവേഴ്സ് സാച്ചുറേഷൻകറന്റ് ഓരോ10 °Cതാപനില കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് ഇരട്ടി ആകും.

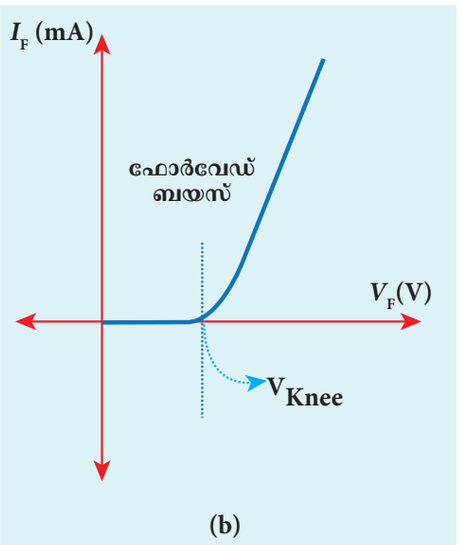
10.3.3 ഒരു ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡിന്റെ സവിശേഷതകൾ

i) ഫോർവേഡ് ക്യാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്

ഡയോഡ്ഫോർവേഡ്ബയസ്സിലായിരിക്കുമ്പോൾ ഡയോഡിൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന വോൾട്ടേജിനനുസൃതമായി എപ്രകാരമാണ് വൈദ്യുത പ്രവാഹം വ്യതിയാനപ്പെടുന്നു. എന്നതിനെകുറിച്ചുള്ള പഠനമാണ് ഫോർവേഡ് ക്യാരക്റ്ററിസ്ക്സ്.

ഫോർവേഡ് ബയസ് ചെയ്യപ്പെട്ട് p-n ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡ് ചിത്രം10.14(a) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. പുറത്ത് ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്ന പ്രതിരോധകം (R) ആണ് ഡയോഡിൽകൂടിപ്രവഹിക്കുന്നകറന്റിനെനിയന്ത്രിക്കുന്നത്. DC പ്രവർ സപ്ലയിലെ ബയസിംഗ് വോൾട്ടേജിൽ വ്യതിയാനം വരുത്തി ഡയോഡിലെ വോൾട്ടേജ്നമുക്ക്മാറ്റാൻസാധിക്കും. ഫോർവേഡ്ബയസ് വോൾട്ടേജും അതിനനുസരിച്ചുള്ള ഫോർവേഡ് കറന്റും കുറിച്ചെടുക്കുക. ഫോർവേഡ് വോൾട്ടേജ് (V_F)x അക്ഷത്തിലും ഡയോഡിലൂടെപ്രവഹിക്കുന്ന കറന്റ് (I_F) y അക്ഷത്തിലും വരത്തക്കവണ്ണം ഗ്രാഫ് വരയ്ക്കുക. ഈ ഗ്രാഫിനെ p-n ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡിന്റെ ഫോർവേഡ് V-I ക്യാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്സ് എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇത് ചിത്രം 10.14(b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. നാല് അനുമാനങ്ങൾ ഈ ഗ്രാഫിൽ നിന്നും നമുക്കു ലഭിക്കുന്നു.:





ചിത്രം 10.14 p-n ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡ്
(a) ഫോർവേഡ് ബയസിലെ ഡയോഡ്
(b) ഫോർവേഡ് ക്യാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്സ്

(i) സാധാരണ ഊഷ്മാവിൽ, ഡയോഡിൽ കൂടി സാധ്യയായ ഫോർവേഡ് കറന്റ് പ്രവഹിക്കാൻ തുടങ്ങുന്നതിനു മുമ്പ്, ബാരിയർ പൊട്ടൻഷ്യലിനു തുല്യമായ പൊട്ടൻഷ്യൽ ഡിഫറൻസ് അത്യാവശ്യമാണ്. ഈ വോൾട്ടേജിനെത്രഷോൾഡ് വോൾട്ടേജ് അഥവാ കട്ട്-ഇൻ വോൾട്ടേജ് അല്ലെങ്കിൽ (V_{knee})

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 205 27-06-2022 16:19:01

എന്നു പറയുന്നു. ഇത് ജെർമ്മേനിയത്തിന് 0.3 V ഉം സിലിക്കണിന് 0.7 V ഉം ആകുന്നു. പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന വോൾട്ടേജ് ത്രെഷോൾഡ് വോൾട്ടേജിനെക്കാൾ കുറവാണെങ്കിൽ കറന്റിന്റെ പ്രവാഹവും വളരെ കുറവായിരിക്കും. ത്രെഷോൾഡ് വോൾട്ടേജിനപ്പുറം വോൾട്ടേജിലെചെറിയവർദ്ധനവ്പോലുംവൈദ്യുതധാരയുടെ വർദ്ധനവിന് സാരമായി ബാധിക്കുന്നു.

(ii) ഗ്രാഫിൽനിന്നുംവൈദ്യുതപ്രവാഹംരേഖീയമല്ലെന്നും അവ ക്രമാതീതമാണെന്നും (എക്സ്പൊണൻഷ്യൽ) അനുമാനിക്കാം. അതായത് ഡയോഡുകൾ ഓം-നിയമം അനുസരിക്കുന്നില്ല.

(iii) ഡയോഡിന്റെ ഫോർവേഡ് റെസിസ്റ്റൻസ് (r_F) എന്നത് വോൾട്ടേജിലും കറന്റിലും (ΔV_F) ഉണ്ടാകുന്ന ചെറിയ മാറ്റത്തിന്റെ അനുപാതമാണ് (ΔI_F). അതായത് , $r_F = \frac{\Delta V_F}{\Delta I_F}$.

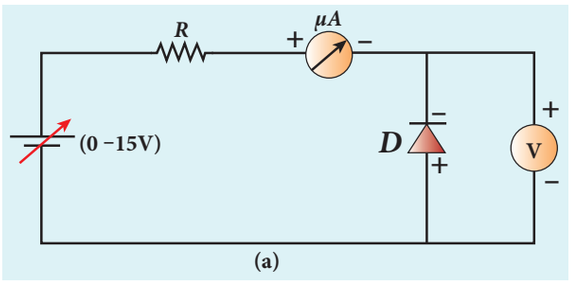
(iv) അങ്ങനെഫോർവേഡ്ബയസ്സിൽഡയോഡ് നല്ലൊരു ചാലകമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

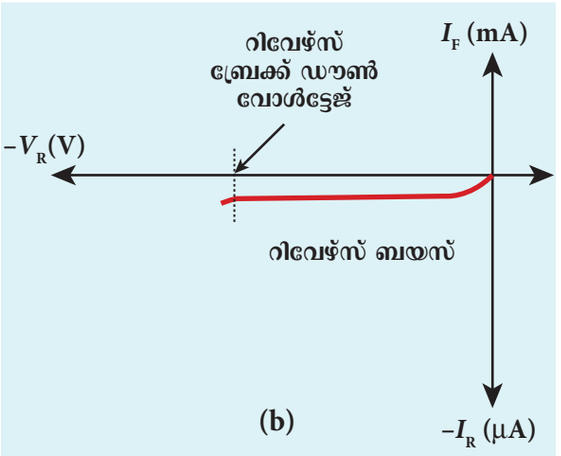
എന്നിരുന്നാലും പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന വോൾട്ടേജ്ഒരുനിശ്ചിതമൂല്യംകഴിഞ്ഞ്ഉയർത്തിയാൽഡയോഡിൽഅത്യധികമായിവൈദ്യുതിഉൽപാദിക്കുകയും അതിതാപനംകാരണംജംഗ്ഷൻതകർന്നുപോകുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതിനെ ഡയോഡിന്റെ വിശ്ലേഷണം എന്നു പറയുന്നു. ഏതു വോൾട്ടേജിലാണോ ഡയോഡിനു ബ്രേക്ക് ഡൗൺ സംഭവിക്കുന്നത് അതിനെ ബ്രേക്ക് ഡൗൺ വോൾട്ടേജ് എന്നുപറയുന്നു. അതിനാൽ ഡയോഡിനെ സുരക്ഷിതമായി പ്രവർത്തിപ്പിക്കേണ്ടത് ത്രെഷോൾഡ് വോൾട്ടേജിനും ബ്രേക്ക് ഡൗൺ വോൾട്ടേജിനും ഇടയിൽ ആകുന്നു.

ii) റിവേഴ്സ് ക്യാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്സ്

ഡയോഡിന്റെ റിവേഴ്സ് ക്യാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്സ് പഠിക്കേണ്ട പരിപഥം ചിത്രം 10.15(a) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. റിവേഴ്സ് ബയസിൽ ഡയോഡിന്റെ p സൈഡിനെ dc പവർ സപ്ലെയുടെ നെഗറ്റീവ് ടെർമിനലിനും n സൈഡിനെ പോസിറ്റീവ് ടെർമിനലിനും ഇടക്ക് ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.

റിവേഴ്സ് ബയസ് വോൾട്ടേജിനും ജംഗ്ക്ഷനിലൂടെ പ്രവഹിക്കുന്ന കറന്റിനും ഇടയ്ക്കുള്ള ഗ്രാഫിനെ p-n ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡിന്റെ റിവേഴ്സ് ക്യാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്സ് എന്നു പറയുന്നു. ചിത്രം 10.15(b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ ബയസിൽ ഡയോഡിന്റെ ജംഗ്ഷനിലൂടെ μA ൽ ഉള്ള വളരെ





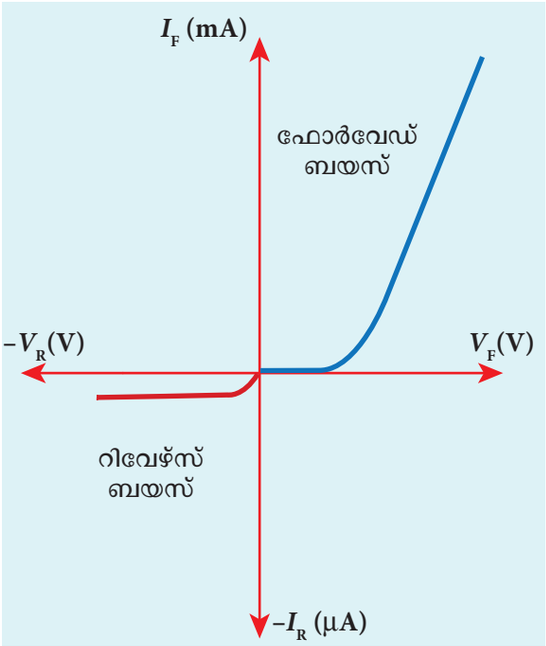
ചിത്രം 10.15 p-n ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡ്
(a) റിവേഴ്സ് ബയസിലുള്ള ഡയോഡ്
(b) റിവേഴ്സ് ക്യാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്സ്

ചെറിയ കറന്റ് പ്രവഹിക്കുന്നു. ന്യൂനപക്ഷ ചാർജ് വാഹകരാൽ ഉണ്ടാകുന്ന ഈ കറന്റിനെ ലീക്കേജ് കറന്റ് അല്ലെങ്കിൽ റിവേഴ്സ് സാച്യുറേഷൻ കറന്റ് എന്നുവിളിക്കുന്നു. ഈറിവേഴ്സ്കറന്റ് ഒരുനിശ്ചിത വോൾട്ടേജ് വരെ വോൾട്ടേജിനെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നില്ല. ഈ നിശ്ചിത വോൾട്ടേജാണ് ബ്രേക്ക്ഡൗൺ വോൾട്ടേജ്.

> **കുറിപ്പ്**
> ഉൽകൃഷ്ട ഡയോഡ് ഇത് ഫോർവേഡ് ബയസ്സിൽ നല്ലൊരു ചാലകം ആയി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. റിവേഴ്സ് ബയസിൽ ഈ വിദ്യുത്രോധിയായും വർത്തിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ ഫോർവേഡ് പ്രതിരോധകം പൂജ്യവും ബാരിയർ പൊട്ടൻഷ്യൽ താരതമ്യേന കുറവും ആകുന്നു.

ചിത്രം 10.16-ൽ ഡയോഡിന്റെ ഫോർവേഡും റിവേഴ്സ് ക്യാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്സും ഒരൊറ്റ ഗ്രാഫിൽ ആലേഖനം ചെയ്തിരിക്കുന്നു.

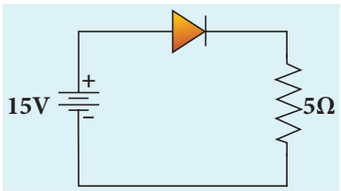
XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 206 27-06-2022 16:19:02



ചിത്രം 10.16 ഡയോഡിന്റെ ഫോർവേഡ്, റിവേഴ്സ് ക്യാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്കുകൾ

ഉദാഹരണം 10.1

ഒരു ഐഡിയൽ ഡയോഡും 5 Ω പ്രതിരോധകമുള്ള പ്രതിരോധകത്തേയും ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ 15 V പവർ സപ്ലൈയിൽ ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്നു. ഡയോഡിൽ കൂടി പ്രവഹിക്കുന്ന കറന്റ് കണ്ടുപിടിക്കുക?



ഉത്തരം

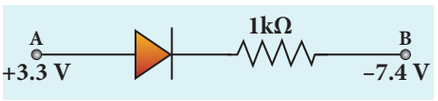
ഡയോഡ് ഫോർവേഡ് ബയസ്സും, ഐഡിയലും ആകുന്നു. അതിനാൽ ഇത് ബാരിയർ വോൾട്ടേജ് ഇല്ലാത്ത അടഞ്ഞ സ്വിച്ചായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. അതിനാൽ ഓം നിയമം ഉപയോഗിച്ച് കറന്റ് കണ്ടുപിടിക്കാം.

$$V = IR$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{15}{5} = 3\,\text{A}$$

ഉദാഹരണം 10.2

ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഒരു സിലിക്കൺ ഡയോഡിനെ 1 K Ω പ്രതിരോധകവുമായി ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്നു. ABയിലൂടെ പ്രവഹിക്കുന്ന കറന്റിന്റെ മൂല്യം കാണുക



ഉത്തരം

A യ്ക്കും B യ്ക്കും ഇടയ്ക്കുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം

$$V = [V_A - V_B] - V_0(\text{Si})$$
$$= [3.3 - (-7.4)] - 0.7$$
$$= 10.7 - 0.7 = 10\ \text{V}$$

ഓം നിയമം പ്രകാരം, കറന്റ് കണ്ടുപിടിക്കാൻ.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{10}{1\times10^{3}} = 10^{-2}\,\text{A} = 10\,\text{mA}$$

10.3.4 റെക്ടിഫിക്കേഷൻ

പ്രത്യാവർത്തിധാരാ വോൾട്ടേജ് അല്ലെങ്കിൽ പ്രത്യാവർത്തിധാരാ കറന്റിനെ നേർധാരാ വോൾട്ടേജ് അഥവാ നേർധാരാ കറന്റ് ആക്കി പരിവർത്തനം ചെയ്യുന്ന പ്രക്രിയയെ റെക്റ്റിഫിക്കേഷൻ എന്നു പറയുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയ്ക്ക് ഉപയോഗിക്കുന്ന ഉപകരണത്തെ റെക്ടിഫിയർ എന്നുവിളിക്കുന്നു. ഈ ഭാഗത്ത് നമ്മൾ രണ്ടുതരത്തിലുള്ള റെക്ടിഫയറുകളെ പ്രതിപാദിക്കുന്നു. അവ അർദ്ധതരംഗ റെക്ടിഫയർധ മറ്റൊന്ന് പൂർണ്ണതരംഗ റെക്ടിഫയർ

i) അർദ്ധതരംഗ റെക്ടിഫയർ സർക്യൂട്ട്

ഹാഫ് വേവ് റെക്ടിഫയറിൽ ഒരു ട്രാൻസ്ഫോർമർ, p-n ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡ്, ഒരു പ്രതിരോധകം എന്നിവഅടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ചിത്രം10.17(a) ഹാഫ് വേവ് റെക്ടിഫയർ സർക്യൂട്ടിൽ പോസിറ്റീവ് പകുതി അല്ലെങ്കിൽ AC ഇൻപുട്ടിന്റെ നെഗറ്റീവ് പകുതി ഡയോഡു വഴി കടന്നു പോകുമ്പോൾ മറ്റേ പകുതിയെ അത് തടയുന്നു. ഇൻപുട്ട് തരംഗത്തിന്റെ പകുതി മാത്രമേ റെക്ടിഫൈ ചെയ്യുന്നുള്ളു. അതിനാൽ ഇവയെ ഹാഫ് വേവ് റെക്ടിഫയർ എന്നുവിളിക്കുന്നു. ഇവിടെ p-n ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡ് ഒരു റെക്ടിഫയർ ഡയോഡായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

പോസിറ്റീവ് ഹാഫ് സൈക്കിൾ കടക്കുമ്പോൾ

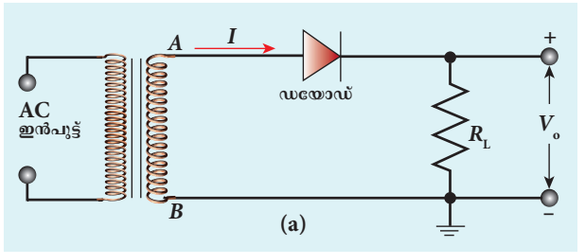
AC ഇൻപുട്ട് സിഗ്നലിന്റെ പോസിറ്റീവ് ഹാഫ് സൈക്കിൾ പരിപഥത്തിൽ കൂടി കടന്നു പോകു

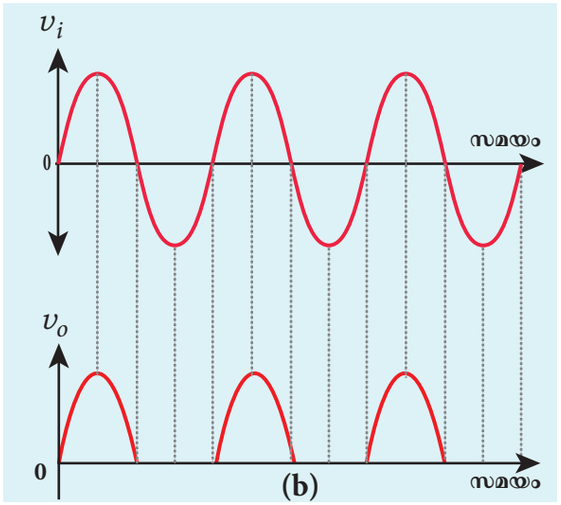
XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 207 27-06-2022 16:19:03

മ്പോൾ B ടെർമിനലിനെ അപേക്ഷിച്ച് A ടെർമിനൽ പോസിറ്റീവ് ആകുന്നു. അപ്പോൾ ഡയോഡ് ഫോർവേഡ് ബയസിലാകുകയും കറന്റിനെ കടത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. R_L ലോഡ് റസിസ്റ്റർ വഴി കറന്റ് പ്രവഹിക്കുകയും R_L ൽ ഒരു AC വോൾട്ടേജ് പുഷ്ടിപ്പെടുകയും അത് V_0 എന്ന ഔട്ട്പുട്ട് വോൾട്ടേജ് തരുകയും ചെയ്യുന്നു. ചിത്രം 10.17(b) ൽ ഔട്ട്പുട്ട് വേവ് മാതൃക കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

നെഗറ്റീവ് ഹാഫ് സൈക്കിൾ കടക്കുമ്പോൾ

AC ഇൻപുട്ട് സിഗ്നലിന്റെ നെഗറ്റീവ് ഹാഫ് സൈക്കിൾ പരിപഥത്തിൽ കടക്കുമ്പോൾ ടെർമിനൽ B യെ സംബന്ധിച്ച് ടെർമിനൽ A നെഗറ്റീവ് ആകുന്നു. അപ്പോൾ ഡയോഡ് റിവേഴ്സ് ബയസിലാകുകയും കറന്റ് കടത്തി വിടാതിരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. അതിനാൽ പ്രതിരോധകം R_L വഴി കറന്റ് കടന്നുപോകുന്നില്ല. ഡയോഡിന്റെ റിവേഴ്സ് സാച്ചുറേഷൻ കറന്റും വളരെ നിസ്സാരമാണ്. R_L ൽ വോൾട്ടേജ് ഡ്രോപ്പ് ഉണ്ടാകാത്തതിനാൽ AC യുടെ നെഗറ്റീവ് ഹാഫ് ഔട്ട്പുട്ടിൽ നിയന്ത്രണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു.





ചിത്രം 10.17 (a) ഹാഫ് വേവ് റെക്റ്റിഫയർ സർക്യൂട്ട് (b) ഇൻപുട്ടും ഔട്ട്പുട്ടും വേവ് മാതൃകകൾ

ഹാഫ് വേവ് റെക്റ്റിഫയറിന്റെ ഔട്ട്പുട്ട് സുസ്ഥിരമായ ഒരു DC വോൾട്ടേജ് തരുന്നില്ല. പകരം സ്പന്ദന രൂപത്തിലുള്ള തരംഗങ്ങൾ ലഭിക്കുന്നു. ഈ സ്പന്ദന വോൾട്ടേജ് ഇലക്ട്രോണിക് ഉപകരണങ്ങളിൽ ഉപയോഗിക്കാൻ സാധ്യമല്ല. സ്ഥായിയാതും സുസ്ഥിരവുമായ വോൾട്ടേജ് ആവശ്യമാണ്. ഇപ്രകാരമുള്ള വോൾട്ടേജുകളെ ഫിൽറ്റർ സർക്യൂട്ടിന്റേയും വോൾട്ടേജ് റഗുലേറ്റർ സർക്യൂട്ടിന്റേയും സഹായത്താൽ ലഭ്യമാണ്.

ഔട്ട്പുട്ട് DC പവറിന്റേയും പരിപഥത്തിൽ നൽകപ്പെടുന്ന AC ഇൻപുട്ട് പവറിനും തമ്മിലുള്ള അനുപാതമാണ് ഇതിന്റെ കാര്യക്ഷമത അഥവാ എഫിഷ്യൻസി എന്നത് ഹാഫ് വേവ് റെക്റ്റിഫയറിൽ ഇതിന്റെ മൂല്യം 40.6 % ആണ്.

കുറിപ്പ്

ഡയോഡ് ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന ദിശ മാറ്റിയാൽ AC സിഗ്നലിന്റെ നെഗറ്റീവ് ഹാഫ് കടന്നു പോവുകയും പോസിറ്റീവ് ഹാഫ് തടയുകയും ചെയ്യുന്നു.

ii) പൂർണ്ണ തരംഗ റെക്ടിഫയർ

AC ഇൻപുട്ട് സിഗ്നലിന്റെ പോസിറ്റീവും നെഗറ്റീവ് ഹാഫും ഈ പരിപഥത്തിൽ റെക്റ്റിഫൈ ചെയ്യുന്നു. അതിനാൽ ഇതിനെ ഫുൾവേവ് റെക്റ്റിഫയർ എന്നു വിളിക്കുന്നു. ചിത്രം 10.18(a) യിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇതിൽ രണ്ട് p-n ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡുകളും, സെന്റർ-ടാപ്പ് ട്രാൻസ്ഫോർമറും ഒരു ലോഡ് റസിസ്റ്റർ R_L ഉം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. സെന്ററിനെ സാധാരണയായി ഭൂമിയായോ അല്ലെങ്കിൽ പൂജ്യം വോൾട്ടേജ് റഫറൻസ് പോയിന്റായോ കണക്കാക്കപ്പെടുന്നു. സെന്റർ-ടാപ്പ് ട്രാൻസ്ഫോർമറിന്റെ സഹായത്താൽ ഓരോ ഡയോഡും മൊത്തത്തിലുള്ള സെക്കന്ററി വോൾട്ടേജിന്റെ ഒരു ഹാഫ് റെക്റ്റിഫൈ ചെയ്യുന്നു.

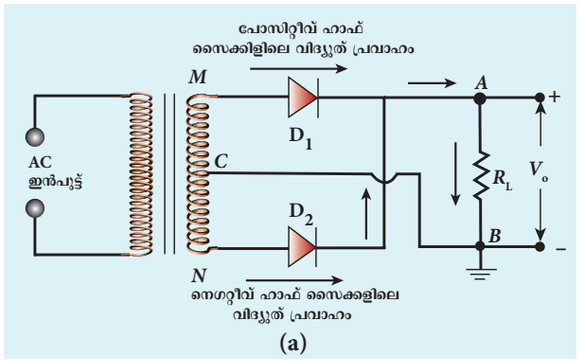
പോസിറ്റീവ് ഹാഫ്സൈക്കിളിൽ

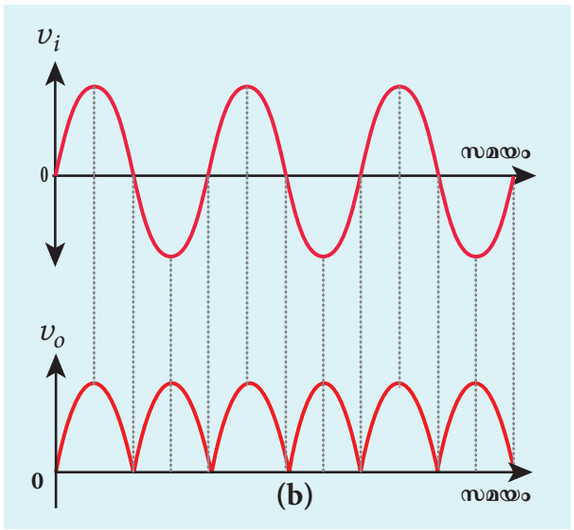
AC ഇൻപുട്ട് സിഗ്നലിന്റെ പോസിറ്റീവ് ഹാഫ് പരിപഥത്തിൽ കടക്കുമ്പോൾ ടെർമിനൽ M പോസിറ്റീവ് ആകും, C പൂജ്യം പൊട്ടൻഷ്യലിലും N എന്നത് നെഗറ്റീവ് പൊട്ടൻഷ്യലിലും കടക്കുന്നു. ഇത് ഡയോഡ് D_1 നെ ഫോർവേഡ് ബയസിലും ഡയോഡ് D_2 വിനെ റിവേഴ്സ് ബയസിലും എത്തിക്കുന്നു. D_1 ഫോർവേഡ് ബയസിലായതിനാൽ വൈദ്യുതി കടന്നുപോകാൻ അനുവദിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ പാത MD_1ABC. എന്നതാണ്.

നെഗറ്റീവ് ഹാഫ് സൈക്കിളിൽ

AC ഇൻപുട്ട് സിഗ്നലിന്റെ നെഗറ്റീവ് ഹാഫ് പരിപഥത്തിൽ കടക്കുമ്പോൾ, N ടെർമിനൽ പോസിറ്റീവ് ആകുകയും C പൂജ്യം പൊട്ടൻഷ്യലിൽ തുടരു

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 208 27-06-2022 16:19:04





ചിത്രം 10.18 (a) പൂർണ്ണ തരംഗ റെക്റ്റിഫയർ പരിപഥം (b) ഇൻപുട്ട്, ഔട്ട്പുട്ട് തരംഗ മാതൃകകൾ

കയും, M നെഗറ്റീവ് പൊട്ടൻഷ്യൽ കൈവരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് D_2 ഡയോഡിനെ ഫോർവേഡ് ബയസിലേക്കും D_1 ഡയോഡിനെറിവേഴ്സ്ബയസിലേക്കും നയിക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട് ഫോർവേഡ് ബയസ്സ് ചെയ്യപ്പെട്ട D_2 കറന്റിനെ കടത്തുകയും ND_2ABC. എന്ന പാതയിൽ സഞ്ചരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഇൻപുട്ട് സിഗ്നലിന്റെ പോസിറ്റീവ്, നെഗറ്റീവ് എന്ന രണ്ട് സൈക്കിളിലും ലോഡിൽ കൂടി കടന്നു പോകുന്നകറന്റിന്റെദിശഒരുപോലെയാണ്.ഇൻപുട്ട് സിഗ്നലിനനുസൃതമായ ഔട്ട്പുട്ട് സിഗ്നൽ ചിത്രം 10.18(b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. AC ഇൻപുട്ടിന്റെ രണ്ട് ഹാഫ് റെക്റ്റിഫൈ ചെയ്തെങ്കിലും ഔട്ട്പുട്ട് ഇപ്പോഴും സ്പന്ദന സ്വഭാവമുള്ളവയാണ്.

ഹാഫ്വേവ്റെക്റ്റിഫയറിന്റെഇരട്ടികാര്യക്ഷമതയാണ് ഫുൾവേവ് റെക്റ്റിഫയറിന് ഇതിന്റെ മൂല്യം 81.2 %. ആണ്. ഇതിനുകാരണം വൈൻഡിംഗ് ഡയോഡ്, ലോഡ് റസിസ്റ്റൻസ് എന്നിവയിലുണ്ടാകുന്ന പവറിന്റെ ചോർച്ചയാണ്.

കുറിപ്പ്

സെന്റർ-ടാപ്പ് ട്രാൻസ്ഫോർമർ: സെക്കന്ററി വൈൻഡിങ്ങിന്റെ പകുതി ഭാഗത്തുവച്ച് ടാപ്പ് ചെയ്യുവാനുള്ള ഒരു സൗകര്യം ഇതിലുണ്ട്. ഇത് സെക്കന്ററിയുടെ ഒരു അഗ്രത്തുനിന്നും സെന്റർ പോയിന്റുവരെയുള്ള ഇൻഡ്യൂസ്ഡ് വോൾട്ടേജ് കണക്കാക്കാൻ സഹായിക്കുന്നു. സെന്റർടാപ്പ് പോയിന്റിനെ ഗ്രൗണ്ട് ചെയ്താൽ സെക്കന്ററിയിലെ വോൾട്ടേജ് രണ്ടായി പിരിയും. ഉദാഹരണത്തിന്, സെക്കന്ററിയിലെ വോൾട്ടേജ് 240 V ആണെങ്കിൽ സെന്റർടാപ്പിനും ഒരു അഗ്രത്തിനും ഇടയ്ക്കുള്ള വോൾട്ടേജ് +120 Vഉം മറ്റേ അഗ്രത്തിലേത് –120 V ഉം ആകുന്നു.

10.3.5 ബ്രേക്ക് ഡൗൺ മെക്കാനിസം

ന്യൂനപക്ഷ ചാർജ് വാഹകരാൽ ഉണ്ടാകുന്ന റിവേഴ്സ് കറന്റ് അഥവാ റിവേഴ്സ് സാച്ചുറേഷൻ കറന്റ് വളരെ ചെറുതാണ്. p-n ജംഗ്ഷനിൽ നൽകപ്പെടുന്ന റിവേഴ്സ് ബയസ് നിശ്ചിത പരിധി കഴിഞ്ഞ് ഉയർത്തിയാൽ ജംഗ്ഷൻ തകരുകയും റിവേഴ്സ് കറന്റ് കുത്തനെഉയരുകയുംചെയ്യുന്നു. ഏതുവോൾട്ടേജിലാണോ ബ്രേക്ക്ഡൗൺ നടക്കുന്നത് അതിനെ ബ്രേക്ക്ഡൗൺ വോൾട്ടേജ് എന്നുവിളിക്കുന്നു. ഇത് ഡിപ്രീക്ഷൻ പാളിയുടെ വീതിയേയും അത് ഡോപ്പിംഗ് ലെവലിനേയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

സാധാരണ ഒരു p-n ജംഗ്ക്ഷൻ ഡയോഡ് ഈ പോയിന്റിൽതകർന്നുപോകുന്നു.പ്രത്യേകമായിനിർമ്മിച്ചിട്ടുള്ള സെനർഡയോഡ് ഈ പോയിന്റിൽ ഭംഗിയായി പ്രവർത്തിക്കുകയും പരിപഥങ്ങളിൽ വോൾട്ടേജ് നിയന്ത്രിക്കൽ ഉദ്ദേശത്തോടെ പ്രവർത്തിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. റിവേഴ്സ് വോൾട്ടേജ് ഉയർത്തുമ്പോൾ ബ്രേക്ക്ഡൗണിനു ഉത്തരവാദിത്വപ്പെട്ട രണ്ടു മെക്കാനിസങ്ങൾ നടക്കുന്നു.

i) അവലാഞ്ച് ബ്രേക്ക്ഡൗൺ

വിശാലമായഡിപ്ലിക്ഷൻപാളികളുള്ളലഘുവായി ഡോപ്പുചെയ്ത ജംഗ്ഷനുകളിൽ അവലാഞ്ച് ബ്രേക്ക്ഡൗൺ സംഭവിക്കുന്നു. ഇവിടെ ബ്രേക്ക്ഡൗൺ നടക്കത്തക്ക രീതിയിൽ അത്രകണ്ട് ശക്തമല്ല വൈദ്യുതമണ്ഡലം. മറ്റൊരു തരത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ താപത്തിൽ ജനറേറ്റ് ചെയ്ത ന്യൂനപക്ഷ ചാർജ് വാഹകർ ഇലക്ട്രിക് ഫീൽഡിനാൽ ത്വരിതപ്പെടുകയും മതിയാവോളംഗതികോർജംനേടുകയുംചെയ്യുന്നു.മാത്ര

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 209 27-06-2022 16:19:04

മല്ല ഡിപ്ലീഷൻ പാളികളിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ ഇവ അർദ്ധചാലക ആറ്റങ്ങളുമായി കൂട്ടിയിടിക്കുന്നു. ഇത് കോവാലന്റ് ബോണ്ടുകളെ വിഘടനത്തിലേക്ക് നയിക്കുകയും ഇലക്ട്രോൺ – ഹോൾ ജോഡികൾ ജനറേറ്റ് ചെയ്യുകയും ചെയ്യുന്നു.

പുതുതായി ജനറേറ്റ് ചെയ്ത ചാർജ് കാരിയറുകളും ഇലക്ട്രിക് ഫീൽഡ് വഴി ത്വരിതപ്പെടുന്നു. അതിന്റെ ഫലമായി കൂടുതൽ കൂട്ടിയിടികളും ചാർജ് വാഹകരുടെ കൂടുതൽ ഉൽപാദനവും ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ സഞ്ചിതപ്രക്രിയ ജംഗ്ഷനിലുടനീളം ചാർജ്ജ്വാഹകരുടെ കൂട്ടത്തിലേക്ക് നയിക്കുകയും തൽഫലമായി റിവേഴ്സ് റസിസ്റ്റൻസ് കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു ഡയോഡ് കറന്റ് കുത്തനെ വർദ്ധിക്കുന്നു.

ii) സെനർ ബ്രേക്ക്ഡൗൺ

ബലവത്തായി ഡോപ്പ് ചെയ്യപ്പെട്ട p-n ജംഗ്ഷനിൽ വളരെ നേർത്ത ഡിപ്ലീഷൻ പാളികൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയുടെ വിസ്താരം 10^{-6} m നു താഴെയാണ്. ഈ ജംഗ്ഷനിൽ ബ്രേക്ക് ഡൗൺ ലിമിറ്റിനപ്പുറം റിവേഴ്സ് വോൾട്ടേജ് ഉയർത്തുമ്പോൾ വളരെ ശക്തിയുള്ള ഏതാണ്ട് 3×10^7 V m^{-1} ഉള്ള വൈദ്യുത മണ്ഡലം ഇടുങ്ങിയ പാളികൾക്കിടക്ക് ഉണ്ടാകുന്നു. ക്രിസ്റ്റൽ ലാറ്റിസിലെ കോവാലന്റ് ബോഡിനെ തകർക്കാനോ നശിപ്പിക്കാനോ മതിയാവോളം ശക്തിയേറിയ ഇലക്ട്രിക് ഫീൽഡാണിത്. അങ്ങനെ ഇലക്ട്രോൺ-ഹോൾ ജോഡികൾ രൂപം എടുക്കുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയെ സെനർ എഫക്റ്റ് എന്നു വിളിക്കുന്നു.

റിവേഴ്സ് വോൾട്ടേജിലുണ്ടാകുന്ന ചെറിയ വർദ്ധനവ് പോലും അത്യധികം ചാർജ്ജ് വാഹകരെ ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നു. അതിനാൽ ബ്രേക്ക്ഡൗൺ പ്രദേശത്ത് വളരെ കുറഞ്ഞ റസിസ്റ്റൻസാണ് ജംഗ്ഷനിൽ ഉള്ളത്. ഇപ്രകാരം ശക്തമായ ഇലക്ട്രിക് ഫീൽഡിനാൽ ക്രിസ്റ്റൽ ലാറ്റിസിലെ കോവാലന്റ് ബോഡുകളെ നശിപ്പിച്ച് ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉൽസർജിക്കുന്ന പ്രക്രിയയെ ഇന്റേണൽ ഫീൽഡ് എമീഷൻ അല്ലെങ്കിൽ ഫീൽഡ് അയോണീകരണം എന്നു പറയുന്നു. ഇതിനാവശ്യമായി വരുന്ന ഇലക്ട്രിക് ഫീൽഡ് 10^6 V m^{-1} ക്രമത്തിലാണ്.

കുറിപ്പ്

റിവേഴ്സ് വോൾട്ടേജ്,

(i) 4V നേക്കാൾ കുറവ് – സെനർ ഇഫക്റ്റ് പ്രബലം

(ii) 6V → നേക്കാൾ കൂടുതൽ – അവലാഞ്ച് ഇഫക്ട് പ്രബലം

(iii) 4 നും 6V → നും ഇടയ്ക്ക് -രണ്ട് ഇഫക്റ്റുകളും ഉണ്ടാകുന്നു.

10.3.6 സെനർ ഡയോഡ്

റിവേഴ്സ് ബയസ്സ് അവസ്ഥയിൽ ഉപയോഗിക്കുന്ന സമ്പുഷ്ടമായ ഡോപ്പ് ചെയ്യപ്പെട്ട സിലിക്കൺ ഡയോഡാണ് സെനർ ഡയോഡ് ഇത് കണ്ടുപിടിച്ച ക്ലാരൻസ് മെൽവിൻ സെനറിന്റെ പേരിൽ അറിയപ്പെടുന്നു. ഇത് ബ്രേക്ക്ഡൗൺ മേഖലയിൽ പ്രവർത്തിപ്പിക്കത്തക്കവണ്ണം പ്രത്യേകമായി രൂപകല്പന ചെയ്തിട്ടുള്ളതാണ്. ബ്രേക്ക്ഡൗൺ വോൾട്ടേജ് 2 V മുതൽ 1000 V വരെ വിസ്തൃത പരിധി കിട്ടത്തക്കവണ്ണം സിലിക്കൺ ഡയോഡിന്റെ ഡോപ്പിംഗ് ലെവലിനെ വ്യത്യാസപ്പെടുത്താൻ സാധിക്കും.

മുമ്പത്തെ വിഭാഗത്തിൽ വിശദീകരിച്ചതുപോലെ, റിവേഴ്സ് വോൾട്ടേജിനാൽ ഡിപ്ലീഷൻ മേഖലയിൽ വളരെ ശക്തമായ ഇലക്ട്രിക് ഫീൽഡ് രൂപം കൊള്ളുകയും അവ കോവാലന്റ് ബോണ്ടുകളെ തകർത്ത് സെനർ ബ്രേക്ക്ഡൗണിലോട്ട് വഴിയൊരുക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് അത്യധികം ഇലക്ട്രോണുകളേയും ഹോളുകളേയും ഉൽപാദിപ്പിക്കുകയും റിവേഴ്സ് സാച്ചുറേഷൻ കറന്റ് രൂപീകരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു കറന്റിനെ നിയന്ത്രിക്കുന്നത് എക്സ്റ്റേനൽ റസിസ്റ്റൻസും ഡയോഡിൽ പാഴായിപോകുന്ന പവറും ചേർന്നാണ്. ചിത്രം 10.19(a) ൽ സെനർ ഡയോഡിനെ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. പരിപഥ ചിത്രീകരണം ചിത്രം 10.19(b) കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

n സൈഡ് ലെഡ് Z എന്ന അക്ഷരത്തിന്റെ ആകൃതിയുമായി സാമ്യമുണ്ടെന്നത് ഒഴിച്ചാൽ സാധാരണ p-n ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡ് പോലെയാണ് ഇത് കാണപ്പെടുന്നത്. അമ്പടയാളത്തിന്റെ ദിശ കൺവെൻഷണൽ കറന്റിന്റെ ദിശയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ചിത്രം 10.19(a)ൽ കറുത്ത വളയം n സൈഡ് ലെഡിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

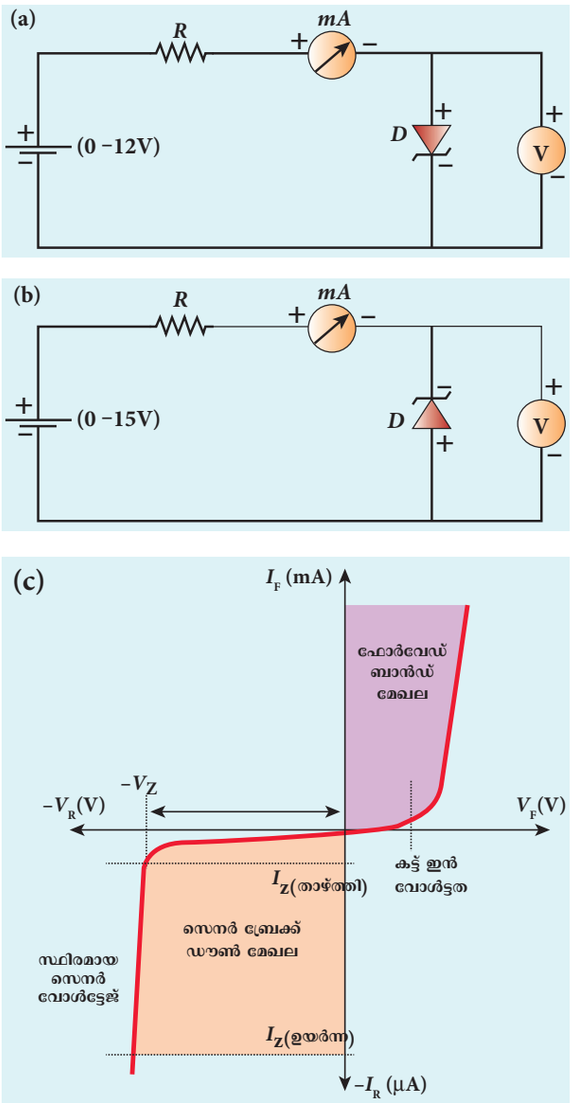
ചിത്രം 10.19 സെനർ ഡയോഡ്
(a) കമർഷൽ ചിത്രം (b) സർക്യൂട്ട് ചിഹ്നം

സെനർ ഡയോഡിന്റെ V-I ക്യാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്സ് സെനർ ഡയോഡിന്റെ ഫോർവേഡ്, റിവേഴ്സ് ക്യാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്സ് പഠിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന പരിപഥം ചിത്രം 10.20(a), 10.20 (b) എന്നിവയിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ചിത്രം 10.20(c) ൽ സെനർ ഡയോഡിന്റെ V-I ക്യാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്സ് ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. സെനർഡയോഡിന്റെ ഫോർവേഡ് ക്യാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്സ് ഒരു സാധാരണ p-n ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡിനു സമാനമാണ്. ഇത് ഏതാണ്ട് 0.7 V എത്തുമ്പോൾ ചാലനം നടത്താൻ തുടങ്ങുന്നു. എന്നിരുന്നാലും സെനർ ഡയോഡിന്റെ റിവേഴ്സ് ക്യാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്സ് വളരെ പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നു. റിവേഴ്സ് വോൾട്ടേജിൽ ഉണ്ടാകുന്ന വർദ്ധന സാധാ

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 210 27-06-2022 16:19:05

രണ വളരെ കുറഞ്ഞ റിവേഴ്സ് കറന്റ് ജനറേറ്റു ചെയ്യുന്നു. എന്നാൽ സെനർ ഡയോഡിൽ റിവേഴ്സ് വോൾട്ടേജിനെ വർദ്ധിപ്പിച്ചിട്ട് ബ്രേക്ക്ഡൗൺ വോൾട്ടേജിൽ എത്തിക്കുമ്പോൾ കറന്റ് കുത്തനെ ഉയരുന്നു. ബ്രേക്ക് ഡൗൺ മേഖലയിൽ ഉടനീളം വോൾട്ടേജ് സ്ഥായിയായിതുടരുന്നു. ചിത്രം 10.20(c) ൽ $I_{Z(\text{പരമാവധി})}$ എന്നത് പരമാവധി റിവേഴ്സ് കറന്റിനെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു.റിവേഴ്സ് കറന്റിനെ വീണ്ടും വർദ്ധിപ്പിക്കുകയാണെങ്കിൽ ഡയോഡിന് ക്ഷതം സംഭവിക്കുന്നു. റിവേഴ്സ് ക്യാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്സിന്റെ സ്വഭാവ വിശേഷങ്ങൾ ഇവയാണ്.

- സെനർ ബ്രേക്ക് ഡൗൺ വോൾട്ടേജ്, V_Z
- ബ്രേക്ക് ഡൗൺ നിലനിർത്താൻ ആവശ്യമായ മിനിമം കറന്റ്, $I_{Z(\text{കുറഞ്ഞ})}$
- മാക്സിമം പവർ ഡിസിപേഷനിലാൽ നിയന്ത്രിക്കപ്പെട്ട പരമാവധി കറന്റ്, $I_{Z(\text{പരമാ}}$



ചിത്രം 10.20 സെനർ ഡയോഡ് (a) ഫോർവേഡ് ബയസ് (b) റിവേഴ്സ് ബയസ് (c) V-I ക്യാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്സ്

റിവേഴ്സ് ബയസ് അവസ്ഥയിൽ പ്രവർത്തിപ്പിക്കുന്ന സെനർ ഡയോഡിന്റെ വോൾട്ടേജ് V_Z നേക്കാൾ ഉയർന്നതും കറന്റ് $I_{Z(\text{പരമാവധി})}$ നേക്കാൾ കുറഞ്ഞതുമാണ്. റിവേഴ്സ് ക്യാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്സ് ഗ്രാഫ് ശരിക്കും ലംബരേഖയല്ല. ഇത് അർത്ഥമാക്കുന്നത് ഡയോഡിനു കുറച്ചു ചെറിയ പ്രതിരോധം ഉണ്ടെന്നതാണ്. ഇതിനെ സെനർ ഡൈനാമിക് ഇംപിഡൻസ് എന്നു പറയുന്നു. ബ്രേക്ക്ഡൗൺ മേഖലയിലെ കർവ്വിന്റെ ഇൻവേഴ്സ് ചായ്വ് ആണ് സെനർ റസിസ്റ്റൻസ്. ഇത് അർത്ഥമാക്കുന്നത് സെനർ കറന്റിലുണ്ടാകുന്ന വർദ്ധനവ് റിവേഴ്സ് വോൾട്ടേജിൽ വളരെ ചെറിയ വർദ്ധനവ് മാത്രമേ ഉണ്ടാക്കുന്നുള്ളൂ. എന്നിരുന്നാലും ഇത് അവഗണിക്കാം. ഒരു ഐഡിയൽ സെനർ ഡയോഡ് എപ്പോഴെങ്കിലും ഒരിക്കൽ ബ്രേക്ക് ഡൗണിൽ എത്തിച്ചേർന്നാൽ അതിന്റെ വോൾട്ടേജിൽ പിന്നെ മാറ്റം സംഭവിക്കുന്നില്ല. മറ്റൊരു രീതിയിൽ പറഞ്ഞാൽ, സെനർ ഡയോഡിൽ V_Z ഗണ്യമായി വർദ്ധിച്ചാൽ കൂടിയും I_Z സ്ഥിരമായി തന്നെ തുടരും.

> **കുറിപ്പ്**
> സെനർ മേഖലയിൽ എത്തിച്ചേരുന്നതിനു മുമ്പ് അതിൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന പരമാവധി റിവേഴ്സ് ബയസിനെ പീക്ക് ഇൻവേഴ്സ് വോൾട്ടേജ് എന്നു വിളിക്കുന്നു. കൊമേർസ്യലി ഇതിനെ PIV റേറ്റിംഗ് എന്നറിയപ്പെടുന്നു..

പ്രയോജനങ്ങൾ

സെനർ ഡയോഡുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നത്

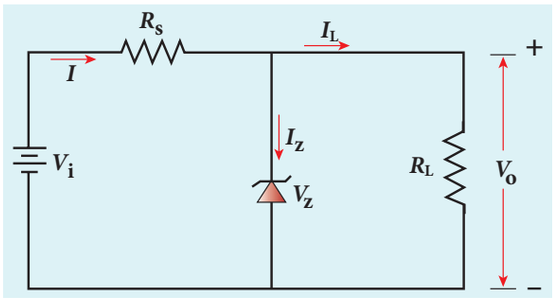
i) വോൾട്ടേജ് റഗുലേറ്ററുകളായി
ii) വോൾട്ടേജ് രേഖപ്പെടുത്താൻ
iii) ബയസിംഗ് നെറ്റ്വർക്കുകളിൽ ഒരു സ്ഥിര റഫറൻസ് വോൾട്ടേജ് നൽകുന്നതിനായി
iv) അമിത വോൾട്ടേജിന്റെ ആകസ്മിക പ്രയോഗത്തിൽനിന്നുള്ള കേടുപാടുകൾക്കെതിരെഏതെങ്കിലും ഗാഡ്ജെറ്റിനെ പരിരക്ഷിക്കുന്നതിന് സെനർ ഡയോഡ് ഉപയോഗിക്കാം.

ഒരു വോൾട്ടേജ് റഗുലേറ്ററായുള്ള സെനർ ഡയോഡിന്റെ പ്രവർത്തനം

ബ്രേക്ക്ഡൗൺ മേഖലയിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന സെനർ ഡയോഡ് ഒരു വോൾട്ടേജ് റഗുലേറ്ററായി വർത്തിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ പരിപഥ ഡയഗ്രം ചിത്രം 10.21-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഡയോഡിന് കേടുപാടുകൾ സംഭവിക്കാതിരിക്കാൻ സെനർ കറന്റ് പരിമിതപ്പെടുത്തുന്നതിന് അനുയോജ്യ മൂല്യമുള്ള ഒരു പ്രതിരോധകത്തെ R_s ശ്രേണിയിൽ ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്നു. വോൾട്ടേജ് റഗുലേഷനിലും ഈ പ്രതിരോധകം നല്ലൊരു പങ്കുവ

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 211 27-06-2022 16:19:06

ഹിക്കുന്നു. ഏറ്റക്കുറച്ചിലുകളുള്ള DC ഇൻപുട്ട് വോൾട്ടേജിനെ പരിപഥത്തിൽ പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ സ്ഥിരമായ ഒരു ഔട്ട്പുട്ട് വോൾട്ടേജ് V_0 നമുക്ക് ലോഡ് റസിസ്റ്റൻസ് വഴി എടുക്കാൻ സാധിക്കുന്നു. ഈ ലോഡ് റസിസ്റ്റർൻസിനെ R_L സെനർ ഡയോഡിന് സമാന്തരമായി ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇൻപുട്ട് വോൾട്ടേജ്, V_Z നേക്കാൾ വലുതായിരിക്കുന്നിടത്തോളം ഔട്ട്പുട്ട് വോൾട്ടേജ് സ്ഥിരമായി നിലനിർത്തുന്നു.



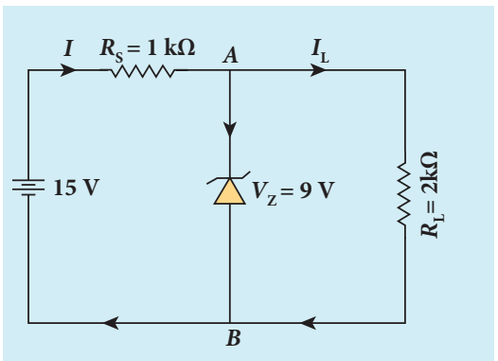
ചിത്രം 10.21 സെനർ ഡയോഡ് വോൾട്ടേജ് റെഗുലേഷൻ പഠിക്കാനുള്ള പരിപഥം

ഇൻപുട്ട് DC വോൾട്ടേജ് വർദ്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ സെനർ കറന്റ് വർദ്ധിക്കുകയും അതുവഴി R_s ൽ കൂടിയുള്ള വൈദ്യുതധാര വർദ്ധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതിനനുസരിച്ച് R_s ന് കുറുകെയുള്ള വോൾട്ടേജ് ഡ്രോപ്പും വർദ്ധിക്കുന്നു. ഈ വർദ്ധിച്ച കറന്റ് I_L നെ ബാധിക്കാതെ ഡയോഡ് വഴി കടന്നുപോകുന്നു. സെനർഡയോഡ് ബ്രേക്ക്ഡൗൺമേഖലയിൽപ്രവർത്തിക്കുന്നതിനാൽ ഡയോഡിലൂടെയുള്ള റിവേഴ്സ് ബയസ് കറന്റ് ഗണ്യമായി വർദ്ധിക്കുന്നുണ്ടെങ്കിലും സെനർ ബ്രേക്ക് ഡൗൺ വോൾട്ടേജ് ഏതാണ്ട് സ്ഥിരമായിരിക്കും. ഇൻപുട്ട് വോൾട്ടേജിലുണ്ടാകുന്ന വർദ്ധനവ് R_s ൽ കുറയുന്നു. അതിനാൽ ഇതിനെ ഡ്രോപ്പിംഗ് റസിസ്റ്റൻസ് എന്നും വിളിക്കുന്നു. സമാന്തര കണക്ഷൻ ആയതിനാൽ R_L നുടനീളമുള്ള വോൾട്ടേജും സെനർ ബ്രേക്ക്ഡൗൺ വോൾട്ടേജിനു തുല്യമാണ്. ഇതിനെ സ്ഥിരമായ ഔട്ട്പുട്ട് വോൾട്ടേജ് V_0 ആയി കണക്കാക്കപ്പെടുന്നു.

ഇൻപുട്ട് DC വോൾട്ടേജ് കുറയുകയാണെങ്കിൽ ഡയോഡ് ഒരു ചെറിയ കറന്റ് എടുക്കുകയും R_s ൽ ഉള്ള വോൾട്ടേജ് ഡ്രോപ്പ് കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു. അങ്ങനെ ഔട്ട്പുട്ട് വോൾട്ടേജ് V_0 സ്ഥിരമായി തുടരുന്നു. ചുരുക്കത്തിൽ ഇൻപുട്ട് വോൾട്ടേജിൽ എന്തെങ്കിലും മാറ്റമുണ്ടെങ്കിൽ അതിനനുസരിച്ച് R_S നുടനീളമുള്ള വോൾട്ടേജ് ഡ്രോപ്പിനു വ്യതിയാനം സംഭവിക്കുന്നു. എന്നാൽ സെനർ ഡയോഡിലുടനീളമുള്ള വോൾട്ടേജ് അഥവാ R_L നു കുറുകെയുള്ള വോൾട്ടേജ് ഇവ സ്ഥിരമായി തുടരുന്നു. അങ്ങനെ സെനർഡയോഡ് ഒരു വോൾട്ടേജ് റഗുലേറ്ററായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 10.3

ലോഡ്പ്രതിരോധകം $2\,k\Omega$ ആയിരിക്കുമ്പോൾ സെനർ ഡയോഡിലൂടെ കടന്നുപോകുന്ന കറന്റ് കണ്ടുപിടിക്കുക. ഡയോഡ് സമീപനം ഉപയോഗിക്കുക.



ഉത്തരം

AB യിൽ ഉടനീളമുള്ള വോൾട്ടേജ് $V_Z = 9V$

R_Z ൽ ഉള്ള വോൾട്ടേജ് ഡ്രോപ്പ് = 15 - 9 = 6V

അതിനാൽ R_Z ൽ കൂടിയുള്ള കറന്റ്,

$$I = \frac{6}{1\times10^3} = 6\text{ mA}$$

ലോഡ് റസിസ്റ്റൻസിലുള്ള വോൾട്ടേജ് ഡ്രോപ്പ് = $V_{AB} = 9V$

ലോഡ് റസിസ്റ്റൻസിലുള്ള കറന്റ്

$$I_L = \frac{V_{AB}}{R_L} = \frac{9}{2\times10^3} = 4.5\text{ mA}$$

സെനർ ഡയോഡിലൂടെയുള്ള കറന്റ്,

$$I_Z = I - I_L = 6\,\text{mA} - 4.5\,\text{mA} = 1.5\text{ mA}$$

10.3.7 ഒപ്റ്റോ ഇലക്ട്രോണിക് ഉപകരണങ്ങൾ

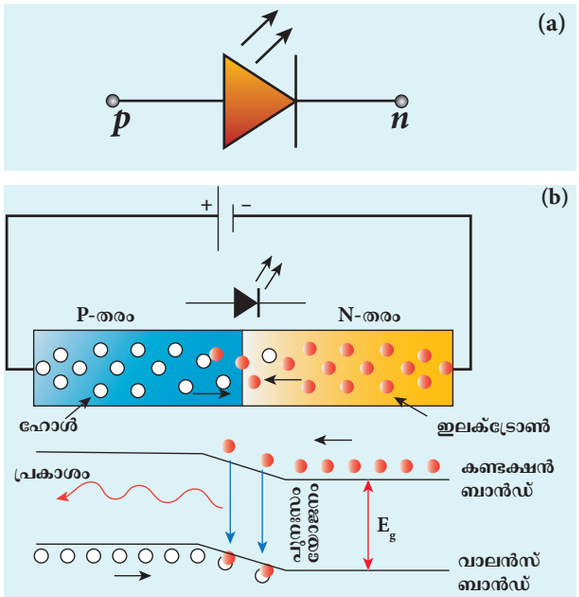
അർദ്ധചാലകങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് വൈദ്യുതോർജ്ജത്തെപ്രകാശമായും,പ്രകാശത്തെവൈദ്യുതോർജ്ജമാക്കിയും മാറ്റുന്നതിനെ പ്രതിപാദിക്കുന്നത് ഒപ്റ്റോ ഇലക്ട്രോണിക്സ്. ഉപയോഗപ്രദമായ ആപ്ലിക്കേഷനുകൾക്കായി പ്രകാശം ഉപയോഗിക്കുന്നതാണ് ഇലക്ട്രോണിക് ഉപകരണമാണ് ഒപ്റ്റോ ഇലക്ട്രോണിക് ഉപകരണം. പ്രകാശോൽസർജിത ഡയോഡുകൾ, ഫോട്ടോ ഡയോഡുകൾ, സോളാർ സെല്ലുകൾ തുടങ്ങിയ ഒപ്റ്റോ ഇലക്ട്രോണിക് ഉപകരണങ്ങളെക്കുറിച്ച് നമുക്ക് പരിശോധിക്കാം.

i) പ്രകാശോൽസർജിത ഡയോഡ് (LED)

LED എന്നത്ഒരുp-nജംഗ്ഷൻഡയോഡ്ആകുന്നു. ഇതിനെ ഫോർവേഡ് ബയസ് ചെയ്യുമ്പോൾ

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 212 27-06-2022 16:19:07

അവയിൽ നിന്നും ദൃശ്യമോ അദൃശ്യമായതോ ആയ പ്രകാശം പുറപ്പെടുവിക്കുന്നു. ഇലക്ട്രിക് ഊർജ്ജം പ്രകാശോർജ്ജമായി രൂപാന്തരപ്പെടുന്നതിനാൽ ഈ പ്രക്രിയയെ ഇലക്ട്രോലൂമിനെൻസ് എന്നും പറയുന്നു. ചിത്രം 10.22(a) ൽ LED യുടെ സർക്യൂട്ട് ചിഹ്നം കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. അമ്പടയാള ദിശ സൂചിപ്പിക്കുന്നത് ഡയോഡിൽ നിന്നുമുള്ള പ്രകാശത്തിന്റെ ഉൽസർജനം ആണ്.



ചിത്രം 10.22 (a) LED യുടെ സർക്യൂട്ട് ചിഹ്നം (b) പുനഃസംയോജനപ്രക്രിയ പ്രതിപാദിക്കുന്ന ഡയഗ്രാം

p-n ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡിനെ ഫോർവേഡ് ബയസ് ചെയ്യുമ്പോൾ *n* സൈഡിലെ കണ്ടക്ഷൻ ബാൻഡ് ഇലക്ട്രോണുകളും *p* സൈഡിലെ വാലൻസ് ബാൻഡ് ഇലക്ട്രോണുകളും ജംഗ്ഷനിലൂടെ വ്യാപനം നടത്തുന്നു. ജംഗ്ഷൻ കടക്കുമ്പോൾ അവ അധിക ന്യൂനപക്ഷ വാഹകരായി *p* ൽ ഇലക്ട്രോണുകൾ, *n* ഡൈസിൽ ഹോളുകൾ) മാറുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള അധിക ന്യൂനപക്ഷ വാഹകർ അതാതു മേഖലകളിലെ എതിർ ചാർജുള്ള ഭൂരിപക്ഷ വാഹകരുമായി സംയോജനത്തിൽ ഏർപ്പെടുന്നു. ചിത്രം 10.22(b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ കണ്ടക്ഷൻ ബാൻഡിലെ ഇലക്ട്രോണുകളും വാലൻസ് ബാൻഡിലെ ഹോളുകളും.

ഈ പുനസംയോജന പ്രക്രിയയിൽ ഊർജ്ജം പ്രകാശമായോ (റേഡിയേറ്റീവ്) താപമായോ (നോൺ-റേഡിയേറ്റീവ്) പുറം തള്ളുന്നു. റേഡിയേറ്റീവ് പുനസംയോജനത്തിൽ $h\nu$ ഊർജ്ജമുള്ള ഫോടോൺ ആയി ഉൽസർജിക്കുന്നു. നോൺ-റേഡിയേറ്റീവ് പുനസംയോജനത്തിൽ ഊർജ്ജം താപത്തിന്റെ രൂപത്തിൽ സ്വതന്ത്രമാകുന്നു.

പദാർത്ഥത്തിന്റെ എനർജി ബാൻഡ് വിടവ് ആണ് പ്രകാശത്തിന്റെ നിറം നിർണ്ണയിക്കുന്നത്. അതിനാൽ നീല (SiC), പച്ച (AlGaP), ചുവപ്പ് (GaAsP) എന്നിങ്ങനെയുള്ള വിവിധ നിറങ്ങളിൽ LED കൾ ലഭ്യമാണ്. ഇപ്പോഴാകാട്ടെ ധവള പ്രകാശം പുറപ്പെടുവിക്കുന്ന (GaAsP) LED യും ലഭ്യമാണ്.

പ്രയോജനങ്ങൾ

പ്രകാശോൽസർജിത ഡയോഡുകളുടെ ഉപയോഗങ്ങൾ ഇവയാണ്.

- ശാസ്ത്ര ലബോറട്ടറി ഉപകരണങ്ങളുടെ മുൻ പാനലിലെ - ഇൻഡിക്കേറ്റർ വിളക്കുകളിൽ LED ഉപയോഗിക്കുന്നു.
- സെവൻ - സെഗ്മെന്റ് ഡിസ്പ്ലേകളിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നു.
- ട്രാഫിക് സിഗ്നലുകൾ, എമർജൻസി വാഹനങ്ങളിലെ ലൈറ്റ്നിംഗിനും ഉപയോഗിക്കുന്നു.
- ടെലിവിഷനിലെ റിമോട്ട് കൺട്രോളറിലും എയർ കണ്ടീഷനറിലും ഇത് ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 10.4

ഫോർബിഡൻ എനർജി ഗ്യാപ്പ് 1.875 eV ഉള്ള GaAsP അർദ്ധചാലകം കൊണ്ട് ഉണ്ടാക്കിയിട്ടുള്ള LED യിൽ നിന്നും പുറത്തുവരുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം കണ്ടുപിടിക്കുക? പുറത്തുവിടുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ നിറം പരാമർശിക്കുക? ($h = 6.6 \times 10^{-34}$ Js).

ഉത്തരം

$$E_g = \frac{hc}{\lambda}$$

അതിനാൽ,

$$\lambda = \frac{hc}{E_g} = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{1.875 \times 1.6 \times 10^{-19}}$$
$$= 660 \text{ nm}$$

തരംഗദൈർഘ്യം 660 nm, ചുവപ്പ് നിറപ്രകാശത്തിനു യോജിച്ചതാണ്.

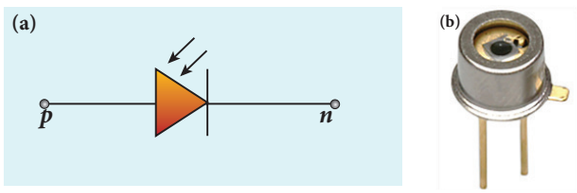
ii) ഫോട്ടോ ഡയോഡുകൾ

ഒപ്റ്റിക്കൽ സിഗ്നലിനെ ഇലക്ട്രിക് സിഗ്നലുകളാക്കി മാറ്റുന്ന *p-n* ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡിനെ ഫോട്ടോ ഡയോഡ് എന്നുവിളിക്കുന്നു. അതിനാൽ

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 213 27-06-2022 16:19:08

ഫോട്ടോ ഡയോഡിന്റെ പ്രവർത്തനം ശരിക്കും LED യ്ക്ക് വിപരീതമാണ്. റിവേഴ്സ് ബയസ് അവസ്ഥയിൽ ഫോട്ടോ ഡയോഡ് പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ചിത്രം 10.23(a) ൽ പരിപഥ ചിഹ്നം കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഫോട്ടോ ഡയോഡിൽ പ്രകാശം പതിക്കുന്നതിനെ അമ്പടയാളദിശ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

ഇതിൽ ഫോട്ടോസെൻസിറ്റീവ് പദാർത്ഥം കൊണ്ടുണ്ടാക്കിയ p-n ജംഗ്ഷൻ അർദ്ധചാലകത്തെ വളരെ സുരക്ഷിതമായി ഒരു പ്ലാസ്റ്റിക് കേസിനുള്ളിൽ വച്ചിരിക്കുന്നു. ചിത്രം 10.23(b) p-n ജംഗ്ഷനിൽ പ്രകാശം പതിക്കാൻ അനുവദിക്കുന്ന ഒരു സുതാര്യ ജാലകമുണ്ട്. p-n ജംഗ്ഷനെ പ്രകാശവിധേയമാക്കുമ്പോൾ ഫോട്ടോ ഡയോഡുകളിൽ കറന്റ് ജനറേറ്റ് ആകുന്നു. അതിനാൽ ഇവയെ ലൈറ്റ് സെൻസറുകൾ എന്നുവിളിക്കുന്നു.



ചിത്രം 10.23 (a) സർക്യൂട്ട് ചിഹ്നം
(b) ഫോട്ടോ ഡയോഡിന്റെ ചിത്രീകരണം

ഡയോഡിന്റെ ഡിപ്ലിക്ഷൻ മേഖലയിൽ മതിയാവോളം ഊർജ്ജം (hv) ഉള്ള ഫോട്ടോണുകൾ പതിക്കുമ്പോൾ വാലൻസ്ബാൻഡിലെ ചില ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉയർന്ന നിലയായ കണ്ടക്ഷൻ ബാൻഡിലേക്ക് നീങ്ങുന്നു. ഇതനുസരിച്ച് വാലൻസ് ബാൻഡിൽ ഹോളുകൾ രൂപപ്പെടുന്നു. ഇത് ഇലക്ട്രോൺ - ഹോൾ ജോഡികളെ സംജാതമാക്കുന്നു. p-n ജംഗ്ക്ഷനിൽ പതിക്കുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രതയ്ക്ക് ആശ്രയിച്ചിരിക്കും, ഇലക്ട്രോൺ-ഹോൾ ജോഡികൾ ജനറേറ്റ് ചെയ്യുന്ന അളവ്.

റിവേഴ്സ് വോൾട്ടേജിനാൽ സംജാതമായ ഇലക്ട്രിക് ഫീൽഡിനാൽ പുനസംയോജനം നടക്കുന്നതിന് മുമ്പ്തന്നെ ഇലക്ട്രോണുകളും ഹോളുകളും വളരെ വേഗത്തിൽ p-n ജംഗ്ഷൻ കുറുകെ കടക്കുന്നു. ഇപ്രകാരം ഹോളുകൾ p സൈഡിലോട്ടും ഇലക്ട്രോണുകൾ n സൈഡിലോട്ടും ചലിക്കുന്നു. ബാഹ്യമായി ഒരു പരിപഥം സൃഷ്ടിച്ചുകഴിഞ്ഞാൽ ഇലക്ട്രോണുകൾ ബാഹ്യപരിപഥം വഴി സഞ്ചരിച്ച് ഫോട്ടോ കറന്റ് ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു.

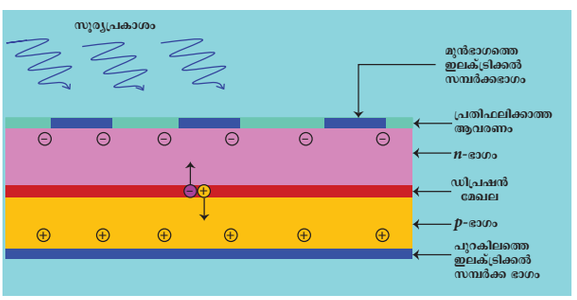
പ്രകാശ രശ്മികൾ ഒന്നും തന്നെ ഇല്ല എങ്കിൽ റിവേഴ്സ് കറന്റ് നിലകൊള്ളും ഇത് തള്ളികളയത്തക്കതാണ്. പതന പ്രകാശത്തിന്റെ അഭാവത്തിൽ ഉടലെടുക്കുന്ന റിവേഴ്സ് കറന്റിനെ ഡാർക്ക് കറന്റ് എന്നു പറയുന്നു. താപത്താൽ ജനറേറ്റ് ചെയ്യുന്ന ന്യൂനപക്ഷ വാഹകരാണ് ഡാർക്ക് കറന്റിനു കാരണം.

പ്രയോജനങ്ങൾ

- ഫോട്ടോഡയോഡുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നത്
- അലാറ സംവിധാനം
- ഒരു കൺവെയർ ബെൽറ്റിലെ കൗണ്ട് ഐറ്റങ്ങളിൽ
- ഫോട്ടോ കണ്ടക്ടറുകൾ
- കോംപാക്ട് ഡിസ്ക് പ്ലെയറുകൾ, പുക കണ്ടെത്തുന്ന ഉപകരണങ്ങൾ
- കംപ്യൂട്ട്ഡ് ടോമോഗ്രഫിയിൽ ഡിറ്റക്റ്ററുകൾ ആയി മെഡിക്കൽ മേഖലയിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

iii) സോളാർ സെൽ

ഫോട്ടോവോൾട്ടായിക് സെൽ എന്നറിയപ്പെടുന്ന സോളാർസെൽ ഫോട്ടോ വോൾട്ടായിക് പ്രഭാവത്തിന്റെ തത്വത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. അതനുസരിച്ച് സൗരോർജ്ജ വികിരണം അതിൽ വീഴുമ്പോൾ സൗർജ്ജ സെല്ലിന്റെ p-n ജംഗ്ഷനിൽ emf സൃഷ്ടിക്കുന്നു. നിർമ്മാണ വിശദാംശങ്ങളും ക്രോസ്-സെക്ഷണൽ കാഴ്ചയും ചിത്രം 10.24-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.
ഒരു സോളാർ സെല്ലിൽ ജംഗ്ഷനു സമീപം ലൈറ്റ് ഫോട്ടോണുകളെ ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നതിനാൽ ഇലക്ട്രോൺ-ഹോൾ ജോഡികൾ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു. ഡിപ്ലിഷൻ മേഖലയിലെ വൈദ്യുത മണ്ഡലം കാരണം ചാർജ് വാഹകർ വേർതിരിക്കപ്പെടുന്നു. ഇലക്ട്രോണുകൾ n ടൈപ്പ് സിലിക്കൺ പാളിയിലോട്ടും ഹോളുകൾ p ടൈപ്പ് സിലിക്കൺ പാളിയിലോട്ടും നീങ്ങുന്നു. n സൈഡിൽ എത്തുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളെ ഇലക്ട്രിക്കൽ കോൺടാക്റ്റിന്റെ മുൻഭാഗത്തും (മെറ്റൽ ഫിംഗർ കോൺടാക്റ്റ്) p സൈഡിൽ എത്തുന്ന ഹോളുകളെ ഇലക്ട്രിക്കൽ



ചിത്രം 10.24 സോളാർ സെല്ലിന്റെ പരിച്ഛേദ ദൃശ്യം

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 214 27-06-2022 16:19:08

കോൺടാക്റ്റിനു പുറകിലും ശേഖരിക്കപ്പെടുന്നു. ഇപ്രകാരം സൗരോർജ്ജ സെല്ലിനുടനീളം ഒരു പൊട്ടൻഷ്യൽ ഡിഫറൻസ് സംജാതമാകുന്നു. സൗരോർജ്ജസെല്ലിനു പുറമെ ഒരു ലോഡ് ബന്ധിപ്പിച്ചാൽ ലോഡിൽ കൂടി ഫോട്ടോ കറന്റ് പ്രവഹിക്കുന്നു.

ധാരാളം സോളാർ സെല്ലുകളെ ശ്രേണി ആയോ സമാന്തരമായോ പരസ്പരം ബന്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ സോളാർ പാനൽ രൂപം കൊള്ളുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള ധാരാളം സോളാർ പാനലുകളെ പരസ്പരം ബന്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ സോളാർ നിരകൾ രൂപം കൊള്ളുന്നു. ഉയർന്ന പവർ ആവശ്യമുള്ള മേഖലയിൽ സോളാർ പാനലുകളും, സോളാർ നിരകളും ഉപയോഗിക്കുന്നു.

പ്രയോജനങ്ങൾ:

- സോളാർ സെല്ലുകൾ കാൽകുലേറ്ററുകൾ, വാച്ചുകൾ, കളിപ്പാട്ടങ്ങൾ, പോർട്ടബിൾ പവർ സപ്ലൈകൾ മുതലായ മേഖലകളിൽ വ്യാപകമായി ഉപയോഗിക്കുന്നു.
- ഉപഗ്രഹങ്ങളിലും ബഹിരാകാശ മേഖലയിലും സോളാർസെല്ലുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു.
- വാണിജ്യാടിസ്ഥാനത്തിൽ വൈദ്യുത ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നതിന് സോളാർ പാനലുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

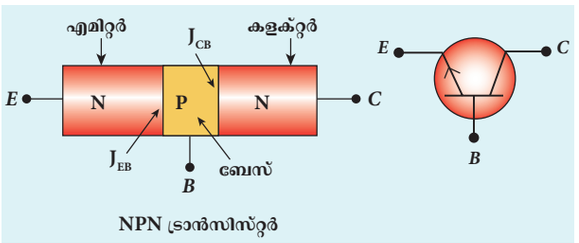
10.4 ബൈപോളാർ ജംഗ്ഷൻ ട്രാൻസിസ്റ്റർ [BJT]

ആമുഖം

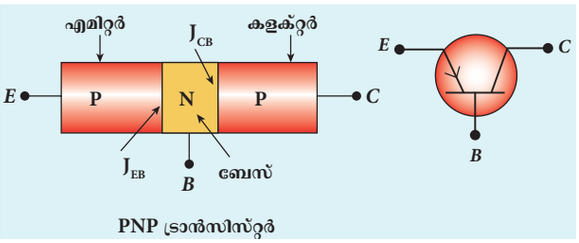
ട്രാൻസിസ്റ്ററിന്റെ ആധുനിക ആവിഷ്ക്കരണം 1951-ൽ വില്ല്യം ഷോക്ലി കണ്ടുപിടിച്ചു. ഇരുപതാം നൂറ്റാണ്ടിനെ സാങ്കേതിക വിപ്ലവത്തിലേക്ക് നയിച്ച അർദ്ധചാലക ഉപകരണമാണ് ട്രാൻസിസ്റ്ററുകൾ. ട്രാൻസിസ്റ്ററിലെ താപനഷ്ടം വളരെ കുറവാണ്. ആയിരക്കണക്കിന് ഹ്രസ്വ രൂപത്തിലുള്ള ട്രാൻസിസ്റ്ററുകൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന സംയോജിത ചിപ്പുകൾക്ക് ഇത് അടിത്തറയിട്ടു. സംയോജിത ചിപ്പുകളുടെ ആവിർഭാവം അതിവേഗം വികസിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഇലക്ട്രോണിക്സ് വ്യവസായത്തിൽ ധാരാളം പ്രയോജനങ്ങൾ കണ്ടെത്തി.

ബൈ പോളാർ ജംഗ്ഷൻ ട്രാൻസിസ്റ്റർ (BJT)

BJT യിൽ ഒരു അർദ്ധചാലക ക്രിസ്റ്റൽ (സിലിക്കൺ അഥവാ ജെർമ്മേനിയം) അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഇതിൽ രണ്ട് p ടൈപ്പ് മെറ്റീരിയലിനിടയ്ക്ക് ഒരു nടൈപ്പും (PNP ട്രാൻസിസ്റ്റർ) അല്ലെങ്കിൽ രണ്ട് N ടൈപ്പ് മെറ്റീരിയലിനിടയ്ക്ക് ഒരു p ടൈപ്പോ തിരുകി (NSP ട്രാൻസിസ്റ്റർ) വച്ചിരിക്കുന്നു. ഈർപ്പത്തിൽ നിന്നും സംരക്ഷിക്കാൻ ഇവയെ ലോഹം കൊണ്ടോ പ്ലാസ്റ്റിക് കൊണ്ടോ ഉള്ള ആവരണത്തിനകത്ത് സൂക്ഷിച്ചിരിക്കുന്നു. ചിത്രം 9.25-ൽ പരിപഥ ചിഹ്നത്തോടെയുള്ള രണ്ടു തരത്തിലുള്ള ട്രാൻസിസ്റ്ററുകളെ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ചിത്രം 10.25.



(a)



(b)

ചിത്രം 10.25 ചിത്രീകരണം
(a) NPN ട്രാൻസിസ്റ്ററും, സർക്യൂട്ട് ചിഹ്നവും
(b) PNP ട്രാൻസിസ്റ്ററും സർക്യൂട്ട് ചിഹ്നവും

ഇതിൽ മൂന്നു മേഖലകൾ കാണുന്നു. അവ എമിറ്റർ, ബേസ്, കളക്റ്റർ എന്നിവയാണ്. ഇതിനെ E, B, C എന്ന് ലേബൽ ചെയ്തിട്ടുള്ള ടെർമിനലുകൾ അല്ലെങ്കിൽ ഓമിക് കോൺടാക്റ്റുകൾ നൽകിയിട്ടുണ്ട്. BJT യ്ക്ക് രണ്ട് p-n ജംഗ്ഷനുകൾ ഉള്ളതിനാൽ രണ്ട് ഡിപ്ലീഷൻ മേഖലകൾ എമിറ്റർ-ബേസ് ജംഗ്ഷനും (J_{EB}) യഥാക്രമം കളക്റ്റർ-ബേസ് ജംഗ്ഷനും (J_{CB}) ഇടയ്ക്ക് രൂപം കൊള്ളുന്നു. സർക്യൂട്ട് ചിഹ്നത്തിൽ എമിറ്റർ ലെഡിൽ ഒരു അമ്പടയാളം കാണാം. ഇത് p യിൽ നിന്നും n ലേക്ക് നീങ്ങുന്ന കൺവെൻഷണൽ കറന്റിന്റെ ദിശയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

എമിറ്റർ:

ഭൂരിപക്ഷചാർജ് വാഹകരെ ബേസ് മേഖലയിലൂടെ കളക്റ്ററിൽ എത്തിച്ചുകൊടുക്കലാണ് എമിറ്ററിന്റെ പ്രധാന ചുമതല. അതിനാൽ മറ്റ് രണ്ട് മേഖലകളെക്കാളും എമിറ്റർ കൂടുതൽ ഗാഢതകൂടി ഡോപ്പ് ചെയ്തിരിക്കുന്നു.

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 215 27-06-2022 16:19:08

ബേസ്:

മറ്റ് രണ്ട് മേഖലകളേക്കാളും വളരെ ലഘുവായി ഡോപ്പ് ചെയ്തിരിക്കുന്ന ബേസ് വളരെ നേർത്തതാണ് $(10^{-6}\,m)$

കളക്റ്റർ:

ബേസിലൂടെ എമിറ്ററിൽ നിന്നും എത്തിച്ചേരുന്ന ഭൂരിപക്ഷവാഹകരെ ശേഖരിക്കുക എന്നതാണ് കളക്റ്ററിന്റെ സുപ്രധാന ചുമതല. ധാരാളം പവർ ദുർവ്യയം ചെയ്യപ്പെടേണ്ടതിനാൽ കളക്റ്റർ മേഖല മറ്റ് രണ്ട് ഭാഗങ്ങളേക്കാളും പ്രത്യക്ഷത്തിൽ വലുതാണ്. കളക്റ്ററിനെ മിതമായി ഡോപ്പ് ചെയ്തിരിക്കുന്നു.

കുറിപ്പ്

വലുപ്പവ്യത്യാസം, ഡോപ്പിംഗിന്റെ അളവ് ഇവ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതിനാൽ ട്രാൻസിസ്റ്ററിലെ എമിറ്ററിനേയും കളക്റ്ററിനേയും പരസ്പരം മാറ്റാൻ സാധിക്കില്ല.

ട്രാൻസിസ്റ്റർ ബയാസിംഗ്

അനുയോജ്യമായ DC വോൾട്ടേജുകളെ ട്രാൻസിസ്റ്റർ ടെർമിനലുകളിൽ പ്രയോഗിക്കുന്നതിനെ ബയാസിംഗ് എന്നുപറയുന്നു. വ്യത്യസ്ത തരത്തിലുള്ള ട്രാൻസിസ്റ്റർ ബയാസിംഗ്, താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു

ഫോർവേഡ് ആക്റ്റീവ് :

ഇത്തരം ബയസിംഗിൽ എമിറ്റർ ബേസ് ജംഗ്ഷനെ ഫോർവേഡ് ബയസ്സും കളക്റ്റർ -ബേസ് ജംഗ്ഷനെ റിവേഴ്സ് ബയസ്സും നൽകുന്നു. ഇതിൽ ട്രാൻസിസ്റ്റർ സജീവമായ പ്രവർത്തന രീതിയിലാണ്. ഈ മോഡിൽ ട്രാൻസിസ്റ്റർ ആപ്ലിഫയറായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

സാച്ചുറേഷൻ:

ഇതിൽ എമിറ്റർ-ബേസ് ജംഗ്ഷനും കളക്റ്റർ -ബേസ് ജംഗ്ഷനും ഫോർവേഡ് ബയസിലാണ്. ട്രാൻസിസ്റ്റർ ജംഗ്ഷനിലൂടെ ധാരാളം കറന്റ് പ്രവഹിക്കുന്നു. ഈ മോഡിൽ ട്രാൻസിസ്റ്റർ ഒരു അടഞ്ഞ സ്വിച്ച് ആയി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

കട്ട്-ഓഫ്:

ഇത്തരം ബയസിൽ എമിറ്റർ-ബേസ് ജംഗ്ഷനും, കളക്റ്റർ-ബേസ് ജംഗ്ഷനും റിവേഴ്സ് ബയസ്സിലാണ്. ഈ മോഡിൽ ട്രാൻസിസ്റ്റർ ഒരു തുറന്ന സ്വിച്ചായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

കുറിപ്പ്

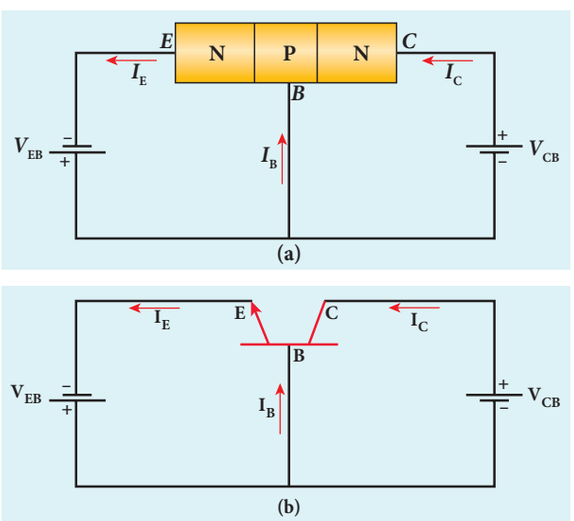
ഒരു PNP ട്രാൻസിസ്റ്ററിൽ ബേസും കളക്റ്ററും എമിറ്ററിനെ അപേക്ഷിച്ച് നെഗറ്റീവ് ആണ്. അതിനെ മദ്ധ്യപാളി N പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. NPN ട്രാൻസിസ്റ്ററിൽ ബേസും കളക്റ്ററും പോസിറ്റീവ് ആണ്.(മദ്ധ്യപാളി P കൊണ്ട് പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു)

10.4.1 ട്രാൻസിസ്റ്റർ സർക്യൂട്ട് കോൺഫിഗറേഷൻസ്

ഇൻപുട്ട്, ഔട്ട്പുട്ട് സർക്യൂട്ടുകൾക്ക് പൊതുവായി ഉപയോഗിക്കുന്ന ടെർമിനലിനെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ഒരു ട്രാൻസിസ്റ്റർ പ്രവർത്തിപ്പിക്കുന്നതിനുള്ള മൂന്നുതരം പരിപഥ കണക്ഷനുകൾ ഉണ്ട്.

i) കോമൺ-ബേസ് (CB) കോൺഫിഗറേഷൻ

ഇൻപുട്ട്, ഔട്ട്പുട്ട് സർക്യൂട്ടുകൾക്ക് ബേസ് കോമൺ ആണ്. സ്കീമാറ്റിക് സർക്യൂട്ട് ചിഹ്നം ചിത്രം 10.26(a), 10.26(b) എന്നിവയിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇവിടെ ഇൻപുട്ട് കറന്റ് എമിറ്റർ കറന്റും I_E ഔട്ട്പുട്ട് കറന്റ് കളക്റ്റർ കറന്റും I_c ഉം ആകുന്നു. എമിറ്ററിനും ബേസിനും ഇടയ്ക്ക് ഇൻപുട്ട് സിഗ്നൽ പ്രയോഗിക്കുന്നു. കളക്റ്ററിനും ബേസിനും ഇടയ്ക്ക് ഔട്ട്പുട്ട് അളക്കുന്നു.

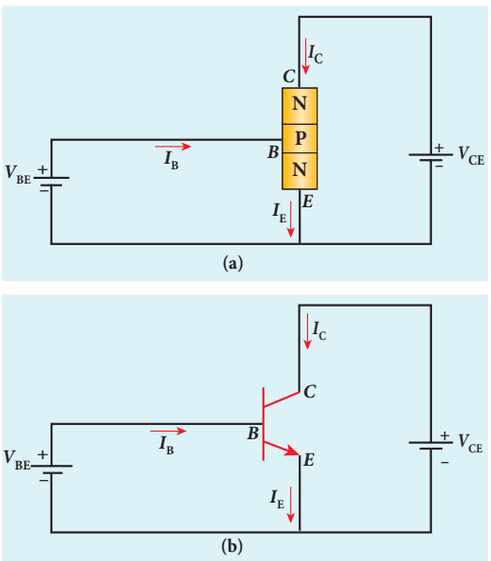


ചിത്രം 10.26 NPN ട്രാൻസിസ്റ്റർ കോൺഫിഗറേഷൻ (a) സ്കീമാറ്റിക് സർക്യൂട്ട് ഡയഗ്രാം (b) സർക്യൂട്ട് ചിഹ്നം

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 216 27-06-2022 16:19:09

ii) കോമൺ - എമിറ്റർ (CE) കോൺഫിഗുറേഷൻ

ഈ കോൺഫിഗറേഷനിൽ എമിറ്റർ ഇൻപുട്ടും ഔട്ട്പുട്ടുംലൂപ്പിനുകോമൺആണ്. ചിത്രം10.27-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ബേസ് കറന്റ് I_B ഇൻപുട്ട് കറന്റും കളക്റ്റർ കറന്റ് I_c ഔട്ട്പുട്ട് കറന്റും ആണ്. എമിറ്ററിനും ബേസിനും ഇടയ്ക്ക് ഇൻപുട്ട് സിഗ്നൽ പ്രയോഗിക്കുന്നു. ഔട്ട്പുട്ട് കളക്റ്ററിനും എമിറ്ററിനും ഇടയ്ക്ക് അളക്കുന്നു.

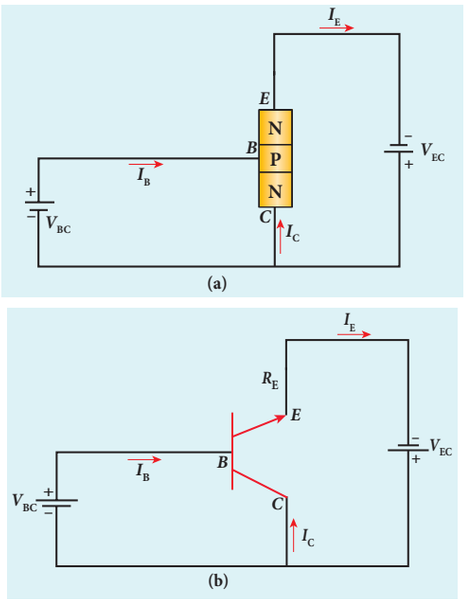


ചിത്രം 10.27 NPN ട്രാൻസിസ്റ്റർ മോഡ് (a) സ്കീമാറ്റിക് സർക്യൂട്ട് ഡയഗ്രാം (b) സർക്യൂട്ട് ചിഹ്നം

iii) കോമൺ-കളക്റ്റർ (CC) കോൺഫിഗറേഷൻ

ഇവിടെ ചിത്രം 10.28-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഇൻപുട്ടിനും ഔട്ട്പുട്ടിനും കളക്റ്റർ പൊതുവാണ്. ബേസ് കറന്റ് I_B ഇൻപുട്ട് കറന്റും എമിറ്റർ കറന്റ് I_E ഔട്ട്പുട്ട് കറന്റും ആകുന്നു. ബേസിനും കളക്റ്ററിനും ഇടയ്ക്ക് ഇൻപുട്ട് സിഗ്നൽ പ്രയോഗിക്കുന്നു. കളക്റ്ററിനും എമിറ്ററിനും ഇടയ്ക്ക് ഔട്ട്പുട്ട് അളക്കാം.

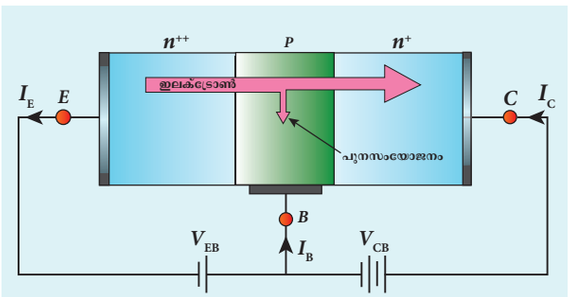
കോമൺ കളക്റ്റർ കോൺഫിഗുറേഷനിൽ എമിറ്ററിൽ നിന്നുമാണ് ഔട്ട്പുട്ട് എടുക്കുന്നത്. അതിനാൽ ഇതിനെ എമിറ്റർ ഫോലോവർ എന്നു പറയുന്നു.



ചിത്രം 10.28 NPN ട്രാൻസിസ്റ്റർ മോഡ്
(a) സ്കീമാറ്റിക് സർക്യൂട്ട് ഡയഗ്രാം
(b) സർക്യൂട്ട് ചിഹ്നം

10.4.2 കോമൺ ബേസ് മോഡിലെ ട്രാൻസിസ്റ്ററിന്റെ പ്രവർത്തനം

കോമൺ ബേസ് മോഡിലുള്ള NPN ട്രാൻസിസ്റ്ററിന്റെ പ്രവർത്തനം താഴെ പ്രതിപാദിക്കുന്നു. ചിത്രം 10.29-ൽ ഫോർവേഡ് ആക്ടീവ് മോഡിലെ കോമൺബേസ് NPN ട്രാൻസിസ്റ്ററിലെ കറന്റിന്റെ പ്രവാഹം കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 10.29 NPN ട്രാൻസിസ്റ്ററിലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹം

അടിസ്ഥാനപരമായി രണ്ട് p-n ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡുകളെ ക്രമാനുക്രമമായി പുറകിലേക്ക് ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്ന ഒന്നാണ് BJT ട്രാൻസിസ്റ്ററിന്റെ

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 217 27-06-2022 16:19:09

ഫോർവേഡ് ആക്റ്റീവ് ബയസിൽ V_{EB} എന്ന DC പവർ സപ്ലൈ ഉപയോഗിച്ച് എമിറ്റർ-ബേസ് ജംഗ്ഷനെ ഫോർവേഡ് ബയസ് ചെയ്തിരിക്കുന്നു. V_{CB} എന്ന ബയസ് പവർ സപ്ലൈ ഉപയോഗിച്ച് കളക്റ്റർ-ബേസ് ജംഗ്ഷനെ റിവേഴ്സ് ബയസ് ചെയ്തിരിക്കുന്നു. എമിറ്റർ-ബേസ് ജംഗ്ഷനു കുറുകെയുള്ള ഡിപ്ലിഷൻ മേഖലയെ ഫോർവേഡ് ബയസ് കുറയ്ക്കുന്നു. അതുപോലെ കളക്റ്റർ-ബേസ് ജംഗ്ഷനു കുറുകെയുള്ള ഡിപ്ലിഷൻ മേഖല റിവേഴ്സ് ബയസ്സിനാൽ വർദ്ധിക്കുന്നു. അതിനാൽ എമിറ്റർ-ബേസ് ജംഗ്ഷനു കുറുകെയുള്ള ബാരിയർ പൊട്ടൻഷ്യൽ കുറയുകയും കളക്റ്റർ ബേസ് ജംഗ്ഷനിൽ ഇത് വർദ്ധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. എമിറ്റർ-ബേസ് വോൾട്ടേജിനെ V_{EB} ആയും കളക്റ്റർ -ബേസ് വോൾട്ടേജിനെ V_{CB} ആയും പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു.

NPN ട്രാൻസിസ്റ്ററിൽ എമിറ്ററിലെ ഭൂരിപക്ഷ ചാർജ് വാഹകർ ഇലക്ട്രോണുകൾ ആണ്. വളരെ ഗാഢമായി എമിറ്ററിനെ ഡോപ്പ് ചെയ്തിരിക്കുന്നതിനാൽ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം വളരെ കൂടുതലാണ്. എമിറ്റർ-ബേസ് ജംഗ്ഷനിലെ ഫോർവേഡ് ബയസ്, ഇലക്ട്രോണുകളെ എമിറ്ററിൽ നിന്നും ബേസ് ഭാഗത്തേക്ക് തള്ളിവിടുന്നു. ഇത് എമിറ്റർ കറന്റിനു (I_E) കാരണമാകുന്നു. ബേസ് മേഖലയിലെത്തുന്ന ഇലക്ട്രോണുകൾ അവിടെയുള്ള ഹോളുകളുമായി ചേർന്ന് സംയോജിക്കുന്നു. ബേസ് മേഖല വളരെ നേർത്തതും, ലഘുവായ ഡോപ്പിംഗും ആയതിനാൽ എല്ലാ ഇലക്ട്രോണുകൾക്കും സംയോജിക്കാനാവശ്യമായ ഹോളുകൾ അപര്യാപ്തമാണ്. ഇപ്രകാരം ഭൂരിഭാഗം ഇലക്ട്രോണുകളും കളക്റ്റർ മേഖലയിൽ എത്തിച്ചേരുന്നു.

അവസാനമായി കളക്റ്റർ മേഖലയിൽ എത്തുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളെ പോസിറ്റീവ് പൊട്ടൻഷ്യലുള്ള കളക്റ്റർ ടെർമിനൽ ആകർഷിക്കുകയും ബാഹ്യ പരിപഥത്തിൽ വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് കളക്റ്റർ കറന്റ് (I_C) യ്ക്ക് കാരണമാകുന്നു. പുനസംയോജനത്താൽ ഹോളുകൾ നഷ്ടപ്പെട്ട ബേസ് മേഖലയിലെ പോസിറ്റീവ് V_{BE} ബയസ് വോൾട്ടേജ് കൊണ്ട് പരിഹരിക്കപ്പെടുന്നു. ഇത് ബേസ് കറന്റിനു (I_B) കാരണമാകുന്നു. ബേസ് കറന്റിന്റെ മൂല്യം മൈക്രോആംബിയറിലും കളക്റ്റർ കറന്റിനെ മില്ലി ആംബിയറിലും രേഖപ്പെടുത്തുന്നു.

ഇവിടെ എമിറ്റർ കറന്റ് പൂജ്യമാകുമ്പോൾ കളക്റ്റർ കറന്റ് ഏതാണ് പൂജ്യമാണെന്ന കാര്യം ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതാണ്. അതിനാൽ BJT യെ കറന്റ് കൺട്രോൾഡ് ഉപകരണം എന്നുവിളിക്കേണ്ടത് അനിവാര്യമാണ്. കിർചോഫിന്റെ നിയമം പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ എമിറ്റർ കറന്റ് എന്നത് കളക്ടർ കറന്റിനേയും ബേസ് കറന്റിന്റേയും ആകെത്തുകയാണെന്ന് നമുക്ക് എഴുതാം.

$$I_E = I_B + I_C \qquad (10.1)$$

ബേസ് കറന്റ് വളരെ ചെറുതായതിനാൽ നമുക്ക് എഴുതാം $I_E \approx I_C$ താപീയമായി ഉൽപാദിക്കപ്പെടുന്ന ഇലക്ട്രോണുകൾ കളക്ടർ കറന്റിന്റെ മറ്റൊരു ഘടകമാണ്. ഇതിനെ റിവേഴ്സ് സാച്ചുറേഷൻ കറന്റ് എന്നു വിളിക്കുന്നു. I_{CO} എന്നു പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നു. ഈ ഘടകം ഊഷ്മാവിന് സെൻസിറ്റീവ് ആണ്. അതിനാൽ ഉയർന്ന ഊഷ്മാവിൽ സിസ്റ്റത്തിന്റെ സ്ഥിരതനിലനിർത്തുവാൻ പ്രത്യേകം ശ്രദ്ധിക്കണം.

കളക്റ്റർ കറന്റിന്റേയും എമിറ്റർ റെന്റിന്റേയും അനുപാദത്തെ ട്രാൻസിസ്റ്ററിന്റെ ഫോർവേഡ് കറന്റ് ഗയിൻ (α) എന്നു പറയുന്നു.

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} \qquad (10.2)$$

ട്രാൻസിസ്റ്ററിന്റെ ഗുണനിലവാരം നിർണ്ണയിക്കുന്ന ഘടകമാണ് α ഉയർന്ന α മൂല്യമുള്ള ട്രാൻസിസ്റ്ററിന്റെ ഗുണനിലവാരവും മികച്ചതാണ്. അതിന്റെ അർത്ഥം കളക്റ്റർ കറന്റ് എമിറ്റർ കറന്റിനു വളരെ അടുത്താണ്. α യുടെ മൂല്യം ഒന്നിനേക്കാൾ കുറവാണ്. ഇത് 0.95മുതൽ 0.99 വരെ വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു. കളക്റ്റർ കറന്റ് എമിറ്റർ കറന്റിന്റെ 95% മുതൽ 99% വരെയാണെന്ന് ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നു..

PNP ട്രാൻസിസ്റ്ററിന്റെ പ്രവർത്തനം

PNP ട്രാൻസിസ്റ്ററിന്റെ പ്രവർത്തനം NPN ട്രാൻസിസ്റ്ററിനു സമാനമാണ്. ഇവിടെ എമിറ്റർ കറന്റ് I_E, ഹോളുകളാലും ബേസ് കറന്റ് I_B ഇല

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 218 27-06-2022 16:19:11

ക്ട്രോണുകളാലും ഉണ്ടാകുന്നു എന്ന വ്യത്യാസം മാത്രമേ ഉള്ളൂ. എന്നിരുന്നാലും ബാഹ്യപരിപഥത്തിലെ കറന്റ് ഇലക്ട്രോണുകളുടെ പ്രവാഹം മൂലമാണ്.

ഉദാഹരണം 10.5

ഒരു ട്രാൻസിസ്റ്ററിനു CB മോഡിൽ ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്നു. $\alpha = 0.95$, $I_E = 1\ mA$ I_C, I_B എന്നിവയുടെ മൂല്യം കണക്കാക്കുക?

ഉത്തരം

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$$

$$I_C = \alpha I_E = 0.95 \times 1 = 0.95\ \text{mA}$$

$$I_E = I_B + I_C$$

$$\therefore I_B = I_E - I_C = 1 - 0.95 = 0.05\ \text{mA}$$

10.4.3 കോമൺ എമിറ്റർ മോഡ് ട്രാൻസിസ്റ്ററിന്റെ സ്റ്റാറ്റിക് ക്യാരക്ടറിസ്റ്റിക്

ട്രാൻസിസ്റ്ററുകളെ വളരെ കാര്യക്ഷമതയോടെ സർക്യൂട്ടുകളിൽ പ്രവർത്തിപ്പിക്കുവാൻ ചില പരാമീറ്ററുകളുടെ അറിവ് വളരെ പ്രധാനമാണ്. ഈ പരാമീറ്ററുകൾ ഇൻപുട്ട് റസിസ്റ്റൻസ്, ഔട്ട്പുട്ട് റസിസ്റ്റൻസ്, കറന്റ് ഗയിൻ എന്നിവയാണ്. ചിത്രം 10.30-ൽ CE മോഡിലെ NPN ട്രാൻസിസ്റ്ററിന്റെ സ്റ്റാറ്റിക് ക്യാരക്ടറിസ്റ്റിക്സ് പഠിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന പരിപഥം കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ബേസ്-എമിറ്റർ ജംഗ്ഷനും കളക്ടർ-എമിറ്റർ ജംഗ്ഷനും V_{BB}, V_{CC} എന്നീ ബയസ് സപ്ലൈ വോൾട്ടേജുകൾ നൽകുന്നു. ബേസ്-എമിറ്ററിലെ ജംഗ്ഷൻ പൊട്ടൻഷ്യൽ V_{BE} യും കളക്ടർ-എമിറ്റർ-ൽ V_{CE} യും ആകുന്നു. 6 ബേസ് കറന്റും കളക്ടർ കറന്റും വ്യതിയാനപ്പെടുത്താൻ R_1, R_2 എന്നീ റിയോസ്റ്റാറ്റുകൾ യഥാക്രമം ഉപയോഗിക്കുന്നു.

BJT യുടെ സ്റ്റാറ്റിക്സ് ക്യാരക്ടറിസ്റ്റിക്സുകൾ

i) ഇൻപുട്ട് ക്യാരക്ടറിസ്റ്റിക്സ്

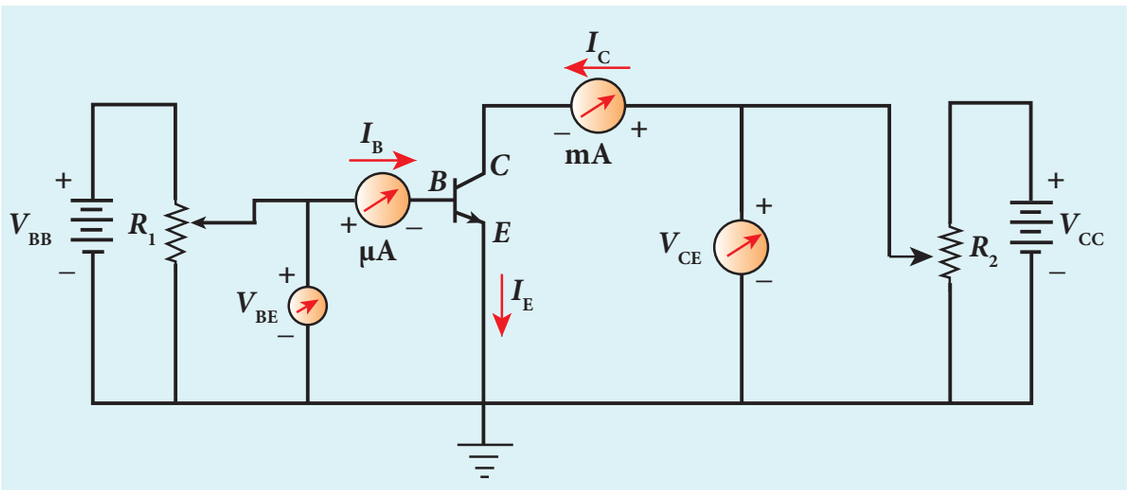
ii) ഔട്ട്പുട്ട് ക്യാരക്ടറിസ്റ്റിക്സ്

iii) ട്രാൻസ്ഫർ കാരക്ടറിസ്റ്റിക്സ്

i) ഇൻപുട്ട് കാരക്ടറിസ്റ്റിക്സ്

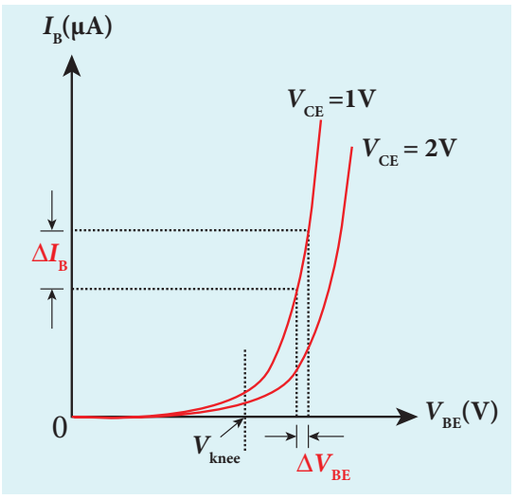
കളക്ടർ-എമിറ്റർ വോൾട്ടേജിനെ (V_{BE}) സ്ഥിരമായി നിലനിർത്തി ബേസ് കറന്റിനും (I_B) ബേസ് -എമിറ്റർ വോൾട്ടേജിനും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം വ്യക്തമാക്കുന്നതാണ് ഇൻപുട്ട് കാരക്ടറിസ്റ്റിക്സ്. ചിത്രം 10.31-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

തുടക്കത്തിൽ കളക്ടർ-എമിറ്റർ വോൾട്ടേജിനെ ഒരു പ്രത്യേക മൂല്യത്തിലേക്ക് സജ്ജമാക്കിയിരിക്കുന്നു. (ജംഗ്ഷനെ റിവേഴ്സ് ബയസ് ചെയ്യുന്നതിന് 0.7 V നു മുകളിൽ) എന്നിട്ട് ബേസ്-എമിറ്റർ വോൾട്ടേജിനെ അനുയോജ്യമായി പടിപടിയായി വർദ്ധിപ്പിക്കുക. ഓരോ തവണയും അനുബന്ധമായ ബേസ്-കറന്റിനെ രേഖപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്യുക. V_{BE} യെ x അക്ഷത്തിലും I_B യെ y അക്ഷത്തിലും വരത്തക്കവണ്ണം ഗ്രാഫ് വരയ്ക്കുക. ഈ നടപടിക്രമം വ്യത്യസ്ത V_{CE} മൂല്യങ്ങൾക്ക് ആവർത്തിക്കുക.



ചിത്രം 10.30 NPN ട്രാൻസിസ്റ്റർ CE മോഡ്

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 219 27-06-2022 16:19:13



ചിത്രം 10.31 ഇൻപുട്ട് ക്യാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്സ്

ഗ്രാഫിൽ നിന്നും താഴെപ്പറയുന്നവ വ്യക്തമാകും.

- സാധാരണ *p-n* ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡിന്റെ ഫോർവേഡ് കാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്സ് പോലുള്ള കർവ് ലഭിക്കുന്നു.

- ത്രെഷോൾഡ് വോൾട്ടേജ് അഥവാ (V_{knee}) വോൾട്ടേജിന് താഴെ ബേസ് കറന്റ് വളരെ ചെറുതാണ്. ഇതിന്റെ മൂല്യം സിലിക്കൺ ട്രാൻസിസ്റ്ററുകൾക്ക് 0.7 V ഉം ജെർമേനിയത്തിന് 0.3 V ഉം ആകുന്നു. (V_{knee}) വോൾട്ടേജിനപ്പുറം ബേസ്-എമിറ്റർ വോൾട്ടേജ് ഉയരുന്നതിനനുസരിച്ച് ബേസ് കറന്റും കൂടുന്നു.

- കളക്റ്റർ-എമിറ്റർ വോൾട്ടേജിലെ വർദ്ധനവ് ബേസ്-കറന്റിനെ കുറയ്ക്കുന്നുവെന്നതും ശ്രദ്ധേയമാണ്. ഇത് കർവ്വിനെ പുറത്തേക്ക് മാറ്റുന്നു. ഇത് എന്തെന്നാൽ കളക്റ്റർ-എമിറ്റർ വോൾട്ടേജിലുണ്ടാകുന്ന വർദ്ധനവ് ഡിപ്ലിഷൻ മേഖലയുടെ വിസ്തൃതി കൂട്ടുകയും ഇത് ബേസിന്റെ വിസ്തൃതി കുറച്ച് അങ്ങനെ ബേസ് കറന്റിനെ കുറയ്ക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഇൻപുട്ട് പ്രതിരോധം

കളക്ടർ-എമിറ്റർ വോൾട്ടേജ് സ്ഥിരമായിരിക്കുമ്പോൾ ബേസ്-എമിറ്റർ വോൾട്ടേജിന്റെ വ്യതിയാനവും (ΔV_{BE}) അതുണ്ടാക്കുന്ന ബേസ് കറന്റിന്റെ വ്യതിയാനവും (ΔI_B) തമ്മിലുള്ള അനുപാതത്തെ ഇൻപുട്ട്- പ്രതിരോധം (r_i) എന്നുപറയുന്നു. കർവ്വിന്റെ കീഴ്ഭാഗത്തെ ഇൻപുട്ട് പ്രതിരോധം സ്ഥിരം അല്ല.

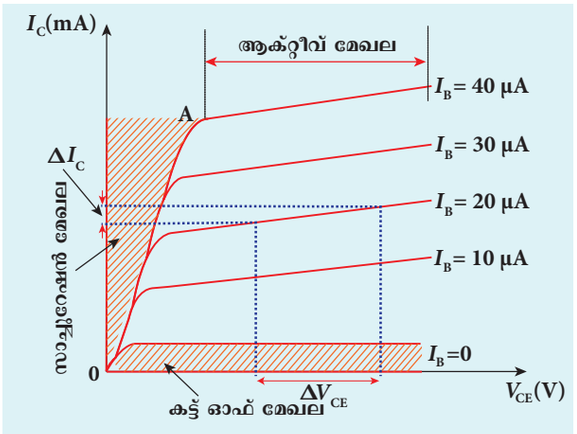
$$r_i = \left(\frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B}\right)_{V_{CE}} \qquad (10.3)$$

കോമൺ-എമിറ്റർ കോൺഫിഗറേഷനിൽ ഇൻപുട്ട് ഇംപിഡൻസ് വളരെ ഉയർന്നതാണ്.

ii) ഔട്ട്പുട്ട് ക്യാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്സ്

ബേസ് കറന്റ് (I_B) സ്ഥിരമായിരിക്കുമ്പോൾ കളക്റ്റർ-എമിറ്റർ വോൾട്ടേജ് വ്യതിയാനവും (V_{CE}) അതുണ്ടാക്കുന്ന കളക്ടർ കറണ്ടിന്റെ വ്യതിയാനവും (I_C) തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തെ ഔട്ട്പുട്ട് കാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്സ് വ്യക്തമാക്കുന്നു. ചിത്രം 10.32-ൽ ഇത് കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

തുടക്കത്തിൽ ബേസ് കറന്റിനെ ഒരു നിശ്ചിത മൂല്യത്തിൽ വയ്ക്കുക. എന്നിട്ട് കളക്റ്റർ-എമിറ്റർ വോൾട്ടേജ് അനുയോജ്യമായി പടിപടിയായി ഉയർത്തി അനുബന്ധമായ കളക്റ്റർ കറന്റിനെ രേഖപ്പെടുത്തുക. V_{CE} യുടെ മൂല്യം x അക്ഷത്തിലും I_C യുടെ മൂല്യം y അക്ഷത്തിലും രേഖപ്പെടുത്തി ഗ്രാഫ് വരയ്ക്കുക വ്യത്യസ്ത I_B മൂല്യങ്ങൾക്ക് ഈ നടപടിക്രമം ആവർത്തിക്കുന്നു. ഔട്ട്പുട്ട് ക്യാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്സിൽ നാല് പ്രധാനപ്പെട്ട ഭാഗങ്ങൾ ഉണ്ട്.:



ചിത്രം 10.32 ഔട്ട്പുട്ട് കാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്സ്

i) സാച്യുറേഷൻ മേഖല

0 V നു മുകളിൽ V_{CE} യുടെ മൂല്യം ഉയർത്തുമ്പോൾ I_C അതിവേഗം വർദ്ധിക്കുകയും V_{CE} യുടെ ഒരു പ്രത്യേക മൂല്യത്തിൽ സാച്ചുറേഷൻ ഘട്ടത്തിൽ എത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതിനെ knee വോൾട്ടേജ് എന്നുപറയുന്നു. ഒർജിൻ O യ്ക്കും knee പോയിന്റ് A യ്ക്കും ഇടയ്ക്കുള്ള കർവ്വിന്റെ തുടക്ക ഭാഗം OA (ഓമിക് മേഖല) നെ സാച്യുറേഷൻ മേഖല എന്നുപറയുന്നു. ഈ knee വോൾട്ടേജിന്റെ മുകളിലാണ് ട്രാൻസിസ്റ്ററുകൾ എല്ലായ്പ്പോഴും പ്രവർത്തിക്കുന്നത്.

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 220 27-06-2022 16:19:15

ii) കട്ട്-ഓഫ് മേഖല

ബേസ്കറന്റ് പൂജ്യമായി കുറച്ചതിനു ശേഷവും ഒരു ചെറിയ കളക്റ്റർ കറന്റ് നിലവിലുണ്ട്. ഇപ്രകാരം $I_B = 0$ യ്ക്ക് താഴെ വരുന്ന കർവിന്റെ പ്രദേശത്തെ കട്ട്-ഓഫ് പ്രദേശം എന്നു പറയുന്നു. എന്തെന്നാൽ പ്രധാനപ്പെട്ട കളക്റ്റർ കറന്റുതന്നെ ഇവിടെ കട്ട്-ഓഫിലാണ്.

iii) ആക്ടീവ് മേഖല

കർവുകളുടെ മദ്ധ്യമേഖലയെ ആക്റ്റീവ് പ്രദേശം എന്നു പറയുന്നു. ഈ പ്രദേശത്ത് ബേസ്-എമിറ്റർ ജംഗ്ഷൻ ഫോർവേഡ് ബയസ്സും കളക്ടർ-ബേസ് ജംഗ്ഷൻ റിവേഴ്സ് ബയസ്സും ആകുന്നു. ഈ മേഖലയിലെ ട്രാൻസിസ്റ്റർ വോൾട്ടേജ്, കറന്റ്, പവർ തുടങ്ങിയവയെ ആവർധനം നടത്താൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

iv) ബ്രേക്ക്ഡൗൺ മേഖല

നിർമ്മിതാവ് രേഖപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ള റേറ്റഡ് മൂല്യത്തിനപ്പുറം കളക്റ്റർ-എമിറ്റർ വോൾട്ടേജ് വർദ്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ കളക്റ്റർ കറന്റ് ക്രമരഹിതമായി വർദ്ധിക്കുകയും ഇത് ട്രാൻസിസ്റ്ററിനെ ബ്രേക്ക്ഡൗണിലേക്ക് നയിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ അവലാഞ്ചി ബ്രേക്ക്ഡൗൺ ട്രാൻസിസ്റ്ററിനെ തകർച്ചയിലേക്ക് നയിക്കുന്നു.

ഔട്ട്പുട്ട് പ്രതിരോധം

ബേസ് കറന്റ് സ്ഥിരമായിരിക്കുമ്പോൾ കളക്റ്റർ-എമിറ്റർ വോൾട്ടേജ് വ്യതിയാനവും (ΔV_{CE}) അതുണ്ടാക്കുന്ന കളക്റ്റർ കറന്റിന്റെ വ്യതിയാനവും (ΔI_C) തമ്മിലുള്ള അനുപാതത്തെ ഔട്ട്പുട്ട് പ്രതിരോധം (r_0) എന്നുപറയുന്നു..

$$r_o = \left(\frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C}\right)_{I_B} \qquad (10.4)$$

കോമൺ എമിറ്റർ കോൺഫിഗറേഷനിലെ ട്രാൻസിസ്റ്ററിന്റെ ഔട്ട്പുട്ട് പ്രതിരോധം വളരെ കുറവാണ്.

iii) കറന്റ് ട്രാൻസ്ഫർ കാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്സ്

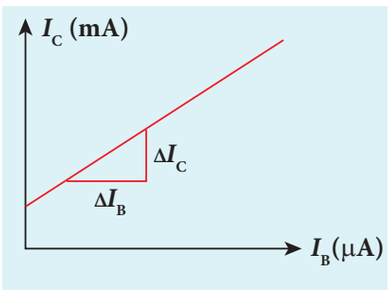
കളക്റ്റർ-എമിറ്റർ വോൾട്ടേജിനെ സ്ഥിരമാക്കി വച്ചുകൊണ്ട് ബേസ് കറന്റിനനുസരിച്ച് (I_B) കളക്റ്റർ കറന്റ് എപ്രകാരം വ്യതിയാനപ്പെടുന്നു എന്നത് ചിത്രം 10.33-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇത് കാണിക്കുന്നത് (I_B) പൂജ്യമാണെങ്കിലും വളരെ ചെറിയ കളക്റ്റർ കറന്റ് (I_C) പ്രവഹിക്കുന്നുണ്ട്. ന്യൂനപക്ഷ ചാർജ്ജുവാഹകരാൽ പ്രവഹിക്കുന്ന ഈ കറന്റിനെ കോമൺ എമിറ്റർ ലീക്കേജ് കറന്റ് (I_{CEO}) എന്നു പറയുന്നു.

ഫോർവേഡ് കറന്റ് ഗെയ്ൻ

കളക്റ്റർ-എമിറ്റർ വോൾട്ടേജിനെ സ്ഥിരമാക്കി വച്ച് കളക്റ്റർ കറന്റിൽ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യതിയാനത്തിനും ബേസ് കറന്റിൽ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യതിയാനത്തിനും തമ്മിലുള്ള അനുപാദമാണ് ഫോർവേഡ് കറന്റ് ഗെയ്ൻ (β).

$$\beta = \left(\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}\right)_{V_{CE}} \qquad (10.5)$$

ഇതിന്റെ മൂല്യം വളരെ വലുതാണ് സാധാരണ 50 മുതൽ 200 വരെ കാണപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം 10.33 ട്രാൻസിസ്റ്ററിന്റെ CE മോഡിലെ കറന്റ് ട്രാൻസ്ഫർ കാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്സ്

10.4.4 α യ്ക്കും β യ്ക്കും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം

കോമൺ ബേസ് കോൺഫിഗറേഷനിലുള്ള കറന്റ് ഗെയിൻ α യ്ക്കും കോമൺ എമിറ്റർ കോൺഫിഗറേഷനിലുള്ള കറന്റ് ഗെയിൻ β യ്ക്കും തമ്മിൽ ബന്ധമുണ്ട്. ഇത് താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

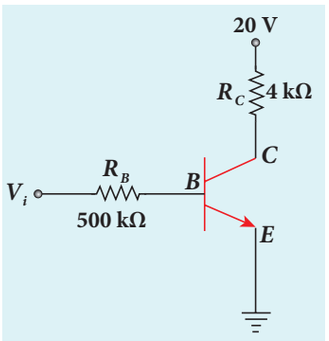
$$\alpha = \frac{\beta}{1+\beta} \text{ (അഥവാ) } \beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} \qquad (10.6)$$

കുറിപ്പ് ആക്റ്റീവ് മേഖലയിൽ കളക്റ്റർ കറന്റ് കളക്ടർ-എമിറ്റർ വോൾട്ടേജിനെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കില്ല

ഉദാഹരണം 10.6

താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന പരിപഥത്തിൽ ഇൻപുട്ട് വോൾട്ടേജ് V_i is 20 V, $V_{BE} = 0$ V, $V_{CE} = 0$ V, I_B, I_C, β എന്നിവയുടെ മൂല്യം കാണുക?

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 221 27-06-2022 16:19:16



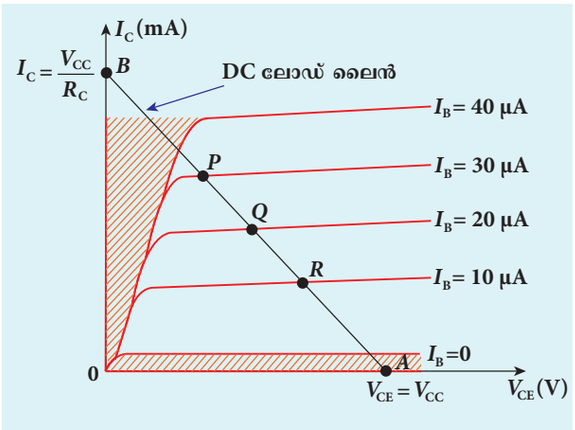
$$I_B = \frac{V_i}{R_B} = \frac{20\,V}{500\,k\Omega} = 40\,\mu A \qquad [\because V_{BE} = 0V]$$

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{20\,V}{4\,k\Omega} = 5\ mA \qquad [\because V_{CE} = 0V]$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{50\,mA}{40\,\mu A} = 125$$

10.4.4 ഓപ്പറേറ്റിംഗ് പോയിന്റ്

ട്രാൻസിസ്റ്റർ കാര്യക്ഷമമായി പ്രവർത്തിക്കാൻ കഴിയുന്ന പോയിന്റാണ് ഓപ്പറേറ്റിംഗ് പോയിന്റ്. V_{CC} (I_C=0 ആകുമ്പോൾ) I_C (V_{CE}=0 ആകുമ്പോൾ) എന്നിവയുടെ മൂല്യങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് വരക്കുന്ന രേഖയെ DC ലോഡ് ലൈൻ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ചിത്രം 10.34-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ട്രാൻസിസ്റ്ററിന്റെ ഓപ്പറേറ്റിംഗ് പോയിന്റ് മനസ്സിലാക്കാൻ ട്രാൻസിസ്റ്റർ ഔട്ട്പുട്ട് കാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്സിൽ സൂപ്പർ പോസ് ചെയ്ത ഡി.സി. ലോഡ് ലൈൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു.



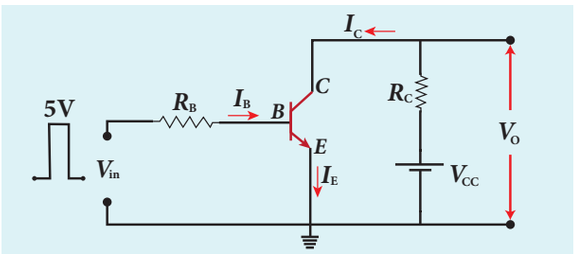
ചിത്രം 10.34 CE മോഡിലെ ഔട്ട്പുട്ട് കാരക്റ്ററിസ്റ്റിക്സിനോട് DC ലോഡ്ലൈൻ ചേർന്ന ചിത്രീകരണം

ചിത്രം 10.34-ൽ കാണുന്ന P, Q, R എന്നീ പോയിന്റുകളെ Q പോയിന്റുകൾ അഥവാ ക്യുസെന്റ് പോയിന്റുകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ട്രാൻസിസ്റ്ററിന്റെ ഓപ്പറേറ്റിംഗ് പോയിന്റ് അഥവാ വർക്കിംഗ് പോയിന്റ് നിർണ്ണയിക്കുന്നത് ഇവയാണ്. ഓപ്പറേറ്റിംഗ് പോയിന്റിനെ DC ലോഡ് ലൈനിന്റെ മദ്ധ്യത്തിൽ (Q എന്ന ബിന്ദു) തെരഞ്ഞെടുത്തുകഴിഞ്ഞാൽ ആ ട്രാൻസിസ്റ്റർ വളരെ കാര്യക്ഷമതയുള്ള ആംപ്ലിഫയർ ആയി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഡിസ്റ്റോർഷൻ ഇല്ലാത്ത പരമാവധി സിഗ്നലുകളെ ലഭിക്കുവാൻ ഓപ്പറേറ്റിംഗ് പോയിന്റ് നിർണ്ണായക പങ്ക് വഹിക്കുന്നു.

ഒരു ട്രാൻസിസ്റ്റർ തുറന്ന സ്വിച്ചായി പ്രവർത്തിപ്പിക്കുവാൻ Q പോയിന്റിനെ കട്ട്-ഓഫ് മേഖലയിലും അടഞ്ഞ സ്വിച്ചായി പ്രവർത്തിപ്പിക്കുവാൻ Q പോയിന്റിനെ സാച്ചുറേഷൻ മേഖലയിലും തിരഞ്ഞെടുക്കണം.

10.4.5 ട്രാൻസിസ്റ്റർ ഒരു സ്വിച്ച് എന്ന നിലയിൽ

സാച്ചുറേഷൻ, കട്ട്-ഓഫ് മേഖലകളിലെ ട്രാൻസിസ്റ്റർ ഒരു ചെറിയ നിയന്ത്രണ സിഗ്നൽ ഉപയോഗിച്ച് തന്നിട്ടുള്ള സർക്യൂട്ടിനെ ഓണാക്കാനോ ഓഫാക്കാനോ സഹായിക്കുന്ന ഒരു ഇലക്ട്രിക് സ്വിച്ച് പോലെ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ചിത്രം 10.35-ൽ പരിപഥം കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 10.35 ട്രാൻസിസ്റ്റർ സ്വിച്ച് ആയി

- **ഇൻപുട്ട് കുറഞ്ഞിരിക്കുമ്പോൾ:**

ഇൻപുട്ട് കുറവാകുമ്പോൾ (0V) ബേസ് കറന്റ് പൂജ്യമാവുകയും ട്രാൻസിസ്റ്റർ ശരിക്കും ഫോർവേഡ് ബയസിൽ പ്രവർത്തിക്കാതിരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. അത് കട്ട്-ഓഫ് മേഖലയിലേക്ക് മാറുന്നു. അതിന്റെ ഫലമായി കളക്റ്റർകറന്റ് പൂജ്യമാകുകയും തത്ഫലമായി R_C യ്ക്ക് ഉടനീളമുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ ഡ്രോപ്പ് പൂജ്യമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. ഔട്ട്പുട്ട് വോൾട്ടേജ് ഉയർന്നതും V_{CC} യ്ക്ക് തുല്യവും ആണ്. ഇതിന്റെ അർത്ഥം ട്രാൻസിസ്റ്ററിലൂടെ വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്നില്ല. അതായത് അത് സ്വിച്ച്ഡ് ഓഫ് ആകുന്നു. അങ്ങനെ ട്രാൻസിസ്റ്റർ ഒരു തുറന്ന സ്വിച്ചായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 222 27-06-2022 16:19:17

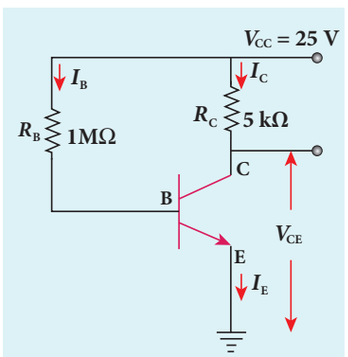
- **ഇൻപുട്ട് ഉയർന്നത് ആകുമ്പോൾ:**

ഇൻപുട്ട് വോൾട്ടേജിനെ ഒരു നിശ്ചിത ഉയർന്ന മൂല്യത്തിലേക്ക് (+5 V) ഉയർത്തുമ്പോൾ ബേസ് കറന്റ് (I_B) വർദ്ധിക്കുകയും അതിനനുസരിച്ച് കളക്റ്റർ കറന്റ് മാക്സിമത്തിൽ എത്തുന്നു. ഇപ്രകാരം ട്രാൻസിസ്റ്റർ സാച്ചുറേഷൻ മേഖലയിലോട്ട് നീങ്ങുന്നു. കളക്റ്റർ കറന്റിന്റെ വർദ്ധനയ്ക്കനുസരിച്ച് R_C യ്ക്കു ഉടനീളമുള്ള വോൾട്ടേജ് ഡ്രോപ്പ് കൂടുന്നു. ഇത് ഔട്ട്പുട്ട് വോൾട്ടേജ് കുറച്ച് ഏതാണ്ട് പൂജ്യത്തിനരുകെ എത്തിക്കുന്നു (എന്തെന്നാൽ $V_0 = V_{CC} - I_C R_C$) ഇതിന്റെ അർത്ഥം ട്രാൻസിസ്റ്ററിൽ കൂടി മാക്സിമം കറന്റ് കടന്നുപോകുന്നുവെന്നാണ്. അങ്ങനെ അത് സ്വിച്ച്ഡ് *ON* ആയിമാറുന്നു. ഇപ്രകാരം ട്രാൻസിസ്റ്റർ ഒരു അടഞ്ഞ സ്വിച്ച് ആയി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

ഇത് പ്രകടമാക്കുന്നത്, ഉയർന്ന ഇൻപുട്ട് ട്രാൻസിസ്റ്ററിൽ നൽകുമ്പോൾ താഴ്ന്ന ഔട്ട്പുട്ടും, താഴ്ന്ന ഇൻപുട്ട് കൊടുക്കുമ്പോൾ ഉയർന്ന ഔട്ട്പുട്ടും ലഭിക്കുന്നു എന്നതാണ്. ഇതുകൂടാതെ ഔട്ട്പുട്ട് വോൾട്ടേജ്, പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന ഇൻപുട്ട് വോൾട്ടേജിനെ വിപരീതമാണെന്നും നമുക്ക് പറയാൻ സാധിക്കും. അതിനാൽ ട്രാൻസിസ്റ്ററിനെ കംപ്യൂട്ടർ ലോജിക് പരിപഥത്തിൽ ഇൻവെർട്ടർ (NOT ഗേറ്റ്) ആയും ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 10.7

ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന കോമൺ എമിറ്റർ ട്രാൻസിസ്റ്റർ സർക്യൂട്ടിന്റെ കറന്റ് ഗെയിൽ 120 ആണ്. ഇതിന്റെ DC ലോഡ് ലൈൻ വരച്ച് Q പോയിന്റിനെ അടയാളപ്പെടുത്തുക. (V_{BE} നിസ്സാരമായി കണക്കാക്കുക).



ഉത്തരം

$\beta = 120$

ബേസ് കറന്റ്, $I_B = \dfrac{25V}{1M\Omega} = \dfrac{25}{1\times10^6}$

$= 25\ \mu A$

നമുക്ക് അറിയാം

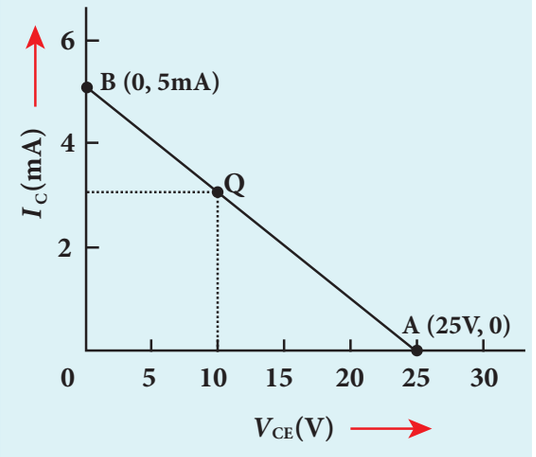
$\beta = \dfrac{I_C}{I_B}$ (or)

$I_C = \beta I_B = 120 \times 25\ \mu A$

$= 3000\ \mu A = 3\ mA$

$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$

$= 25 - (3mA \times 5k) = 10\ V$

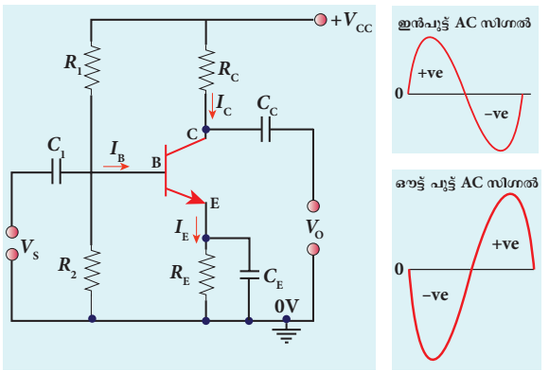


10.4.6 ട്രാൻസിസ്റ്റർ ഒരു ആംപ്ലിഫയർ എന്ന നിലയിൽ

സജീവമായ പ്രദേശത്തെ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഒരു ട്രാൻസിസ്റ്ററിനു ദുർബലമായ സിഗ്നലുകൾ വർദ്ധിപ്പിക്കാനുള്ള കഴിവുണ്ട്. സിഗ്നലിന്റെ ശക്തി വർദ്ധിപ്പിക്കുന്ന പ്രക്രിയയാണ് ആംപ്ലിഫിക്കേഷൻ (ആംപ്ലിറ്റ്യൂഡിലെ വർദ്ധനവ്) ഒരു വലിയ ആംപ്ലിഫിക്കേഷൻ ആവശ്യമെങ്കിൽ ട്രാൻസിസ്റ്ററുകൾ, റെസിസ്റ്ററുകൾ, കപ്പാസിറ്ററുകൾ, ട്രാൻസ്ഫോർമറുകൾ എന്നിവ പോലുള്ള കപ്പിംഗ് ഘടകങ്ങളുമായി കാസ്കേഡ് ചെയ്യുന്നു, അവയെ മൾട്ടിസ്റ്റേജ് ആംപ്ലിഫയറുകൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

ഇവിടെ ഒരു ഇലക്ട്രിക്കൽ സിഗ്നലിന്റെ ആംപ്ലിഫിക്കേഷൻ ഒരൊറ്റ സ്റ്റേജ് ട്രാൻസിസ്റ്റർ ആംപ്ലിഫയർ ഉപയോഗിച്ച് വിശദീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. അത് 10.36(a) ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. അനുബന്ധ ഘടകങ്ങളുള്ള ഒരു ട്രാൻസിസ്റ്റർ സർക്യൂട്ടിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നുവെന്ന് സിംഗിൾ സ്റ്റേജ് സൂചിപ്പിക്കുന്നു. സാധാരണ എമിറ്റർ കോൺഫിഗറേഷനിൽ ഒരു NPN ട്രാൻസിസ്റ്റർ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 223 27-06-2022 16:19:19



ചിത്രം 10.36 (a) ഒരു ആംപ്ലിഫയറായി ട്രാൻസിസ്റ്റർ (b) 180^0 ഘട്ടം വിപരീതം കാണിക്കുന്ന ഇൻപുട്ട്, ഔട്ട്പുട്ട് തരംഗങ്ങൾ.

പ്രവർത്തനം ആരംഭിക്കുന്നതിന്, മുൻപ് ഔട്ട് പുട്ടിൽ പരമാവധി സിഗ്നൽ സ്വിംഗ് ലഭിക്കുന്നതിന് Q പോയിന്റ് അല്ലെങ്കിൽ ട്രാൻസിസ്റ്ററിന്റെ ഓപ്പറേറ്റിംഗ് പോയിന്റ് ഉറപ്പിച്ചു. (സാച്ചുറേഷൻ പോയിന്റിലേക്കോ കട്ട്-ഓഫിലേക്കോ അല്ല).

ഔട്ട്പുട്ട് വോൾട്ടേജ് അളക്കുന്നതിന് കളക്ടർ സർക്യൂട്ടുമായി ഒരു ലോഡ് റെസിസ്റ്റൻസ് R_C ശ്രേണിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. R_1, R_2, R_E എന്നീ പ്രതിരോധകങ്ങൾ പരിപഥത്തിന് നല്ല ബയസിംഗും സ്ഥിരതയും ഉണ്ടാക്കുന്നു. കപ്പാസിറ്റർ C_1 എസി സിഗ്നൽ മാത്രം കടന്നുപോകാൻ അനുവദിക്കുന്നു. എമിറ്റർ ബൈപാസ് കപ്പാസിറ്റർ C_E ആവർധനം നടന്ന എസി സിഗ്നലിന് പ്രതിരോധം കുറഞ്ഞ പാത നൽകുന്നു. മൾട്ടിസ്റ്റേജ് ആംപ്ലിഫയറുകൾ നിർമ്മിക്കുമ്പോൾ അടുത്ത ഘട്ടത്തിൽ ആംപ്ലിഫയറിന്റെ ഒരു ഘട്ടം ജോഡിയാക്കാൻ കപ്ലിംഗ് കപ്പാസിറ്റർ C_C ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ബേസ്-എമിറ്ററിനിടക്ക് ഉപയോഗിക്കുന്ന സിനുസോയ്ഡൽ ഇൻപുട്ട് സിഗ്നൽ ഉറവിടമാണ് V_S കളക്ടർ-എമിറ്ററിൽ നിന്നും ഔട്ട്പുട്ട് എടുക്കുന്നു..

കളക്ടർ കറന്റ് , $I_C = \beta I_B \qquad \left[\because \beta = \frac{I_C}{I_B}\right]$

ഔട്ട്പുട്ട് ലൂപ്പിലേക്ക് കിർചോഫിന്റെ വോൾട്ടേജ് നിയമം പ്രയോഗിക്കുന്നു. കളക്ടർ-എമിറ്റർ വോൾട്ടേജ് നൽകുന്നത്

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C \qquad (10.7)$$

ആംപ്ലിഫയറിന്റെ പ്രവർത്തനം

- പോസിറ്റീവ് അർദ്ധചക്രത്തിൽ

ഇൻപുട്ട് സിഗ്നൽ (V_s) എമിറ്റർ-ബേസിൽ ഉടനീളം ഫോർവേഡ് വോൾട്ടേജ് വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നു. തൽഫലമായി ബേസ് കറന്റ് μA യിലുള്ള (I_B) വർദ്ധിക്കുന്നു. തൽഫലമായി കളക്ടർ കറന്റ് mA യിലുള്ള (I_C) β മടങ്ങ് വർദ്ധിക്കുന്നു. ഇത് R_C (I_cR_c) യിലുടനീളം വോൾട്ടേജ് ഡ്രോപ്പ് വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നു. ഇത് കളക്ടർ എമിറ്റർ വോൾട്ടേജ് (V_{CE}) കുറയ്ക്കുന്നു. അതിനാൽ, പോസിറ്റീവ് ഹാഫ് സൈക്കിളിലെ ഇൻപുട്ട് സിഗ്നൽ ഔട്ട്പുട്ടിൽ ആംപ്ലിഫൈഡ് സിഗ്നലിന്റെ നെഗറ്റീവ് അർദ്ധ ചക്രം ഉണ്ടാക്കുന്നു. അതിനാൽ ചിത്രം 10.36(b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഔട്ട്പുട്ട് സിഗ്നൽ 180^0 എതിർദിശയിലാകുന്നു.

- നെഗറ്റീവ് അർദ്ധചക്രത്തിൽ

ഇൻപുട്ട് സിഗ്നൽ (V_s) എമിറ്റർ ബേസിലുടനീളം ഫോർവേഡ് വോൾട്ടേജ് കുറയ്ക്കുന്നു. തൽഫലമായി ബേസ് കറന്റ് (μA യിലുള്ള I_B) കുറയുകയും കളക്ടർ കറന്റ് (mA യിലുള്ള I_C) കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു. കളക്ടർ കറന്റിലെ (I_C) കുറവ് R_C യിലുടനീളമുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ സാധ്യത കുറയുന്നു, ഇത് കളക്ടർ-എമിറ്റർവോൾട്ടേജ് (V_{CE}) വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നു. അങ്ങനെ നെഗറ്റീവ് അർദ്ധചക്രത്തിലെ ഇൻപുട്ട് സിഗ്നൽ ഔട്ട്പുട്ടിൽ ആംപ്ലിഫൈഡ് സിഗ്നലിന്റെ പോസിറ്റീവ് അർദ്ധചക്രം ഉണ്ടാക്കുന്നു. അതിനാൽ ചിത്രം 10.36(b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഇൻപുട്ട് സിഗ്നലിന്റെ നെഗറ്റീവ് അർദ്ധചക്രത്തിൽ 180^0 ഘട്ട റിവേഴ്സിൽ നിരീക്ഷിക്കപ്പെടുന്നു.

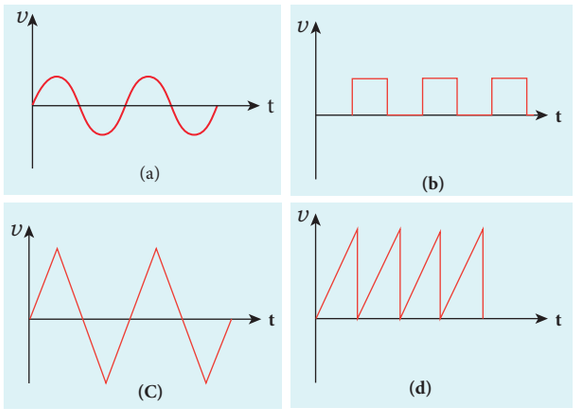
10.4.7 ട്രാൻസിസ്റ്റർ ഒരു ഓസിലേറ്റർ എന്ന നിലയിൽ

ഏതാനും ഹെർട്സു മുതൽ നിരവധി മെഗാ ഹർട്സ് വരെ ആവൃത്തിയുള്ള നേർധാര ഊർജ്ജത്തെ പ്രത്യാവർത്തിധാരാ ഊർജ്ജമാക്കി പരിവർത്തനം ചെയ്യുന്ന ഒരു ഇലക്ട്രോണിക് ഉപകരണമാണ് അടിസ്ഥാനപരമായിഓസിലേറ്ററുകൾഅതിനാൽപ്രത്യാവർത്തിധാര കറന്റ് അല്ലെങ്കിൽ വോൾട്ടേജിന്റെ ഉറവിടമാണ്. ഒരു ആംപ്ലിഫയറിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമായി ഒരു ഓസിലേറ്ററിന് ബാഹ്യ സിഗ്നൽ ഉറവിടത്തിന്റെ ആവശ്യമില്ല.

അടിസ്ഥാനപരമായി, രണ്ട് തരം ഓസിലേറ്ററുകളുണ്ട്:സിനുസോയ്ഡൽ,നോൺ-സിനുസോയ്ഡൽ ചിത്രം 10.37(a) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ സിനുസോയ്ഡൽ ഓസിലേറ്റർ നിരന്തരമായ വ്യാപ്

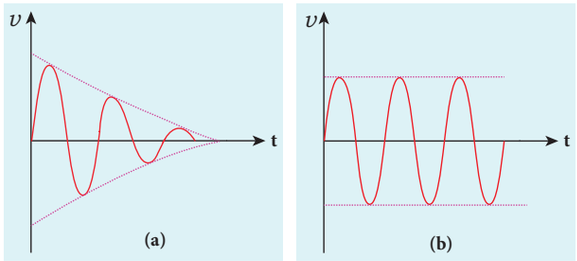
XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 224 27-06-2022 16:19:21

തിയിലും ആവൃത്തിയിലും സൈൻ തരംഗങ്ങളുടെ രൂപത്തിൽ ആന്ദോളനങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നു. ചിത്രം 10.36 (b), (c), (d) കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ സിനുസോയ്ഡൽ അല്ലാത്ത ഓസിലേറ്റർ സങ്കീർണ്ണവും സിനുസോയ്ഡൽ അല്ലാത്തതുമായ തരംഗ രൂപങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നു.



ചിത്രം10.37 (a) സിനുസോയ്ഡൽ തരംഗരൂപം (b) സമചതുര തരംഗരൂപം (c) ത്രികോണാകൃതി, തരംഗരൂപം (d) സാ-ടൂത്ത് തരംഗരൂപം

സിനുസോയ്ഡൽ ആന്ദോളനങ്ങൾ രണ്ട് തരത്തിലാണ്: ഡാംപ്ഡും അൺഡാംപ്ഡും ഊർജ്ജ നഷ്ടം മൂലം വൈദ്യുത ആന്ദോളനങ്ങളുടെ വ്യാപ്തി സമയത്തിനനുസരിച്ച് കുറയുകയാണെങ്കിൽ ചിത്രം 10.38(a) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ അതിനെ ഡാംപിഡ് ആന്ദോളനങ്ങൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. മറുവശത്ത്, വൈദ്യുത ആന്ദോളനങ്ങളുടെ വ്യാപ്തി സമയബന്ധിതമായി സ്ഥിരമായി തുടരുന്നുവെങ്കിൽ ചിത്രം10.38(a) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ അതിനെ അൺ ഡാംപ്ഡ് ആന്ദോളനങ്ങൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു.



ചിത്രം 10.38 (a) ഡാംപിഡ് ആന്ദോളനങ്ങൾ (b) അൺ ഡാംപിഡ് ആന്ദോളനങ്ങൾ

ട്രാൻസിസ്റ്റർ ഓസിലേറ്റർ

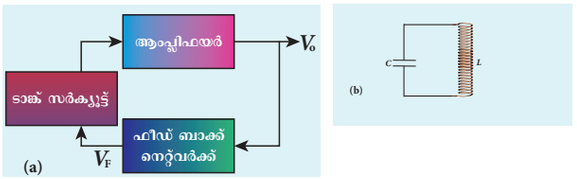
ഒരു ഓസിലേറ്റർ സർക്യൂട്ടിൽ മൂന്ന് ഘടകങ്ങൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. അവ i) ടാങ്ക് സർക്യൂട്ട് ii) ആംപ്ലിഫയർ iii) ഫീഡ് ബാക്ക് നെറ്റ് വർക്ക്. ബ്ലോക്ക് ഡയഗ്രം ചിത്രം 10.39(a) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

ടാങ്ക് സർക്യൂട്ട്

ചിത്രം 10.39(b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ സമാന്തരമായി കണക്ട് ചെയ്തിരിക്കുന്ന ഇൻഡക്റ്റൻസ് L കപ്പാസിറ്റർ C എന്നിവ LC ടാങ്ക് സർക്യൂട്ടിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഒരു DC ഉറവിടത്തിൽ നിന്ന് ടാങ്ക് സർക്യൂട്ടിലേക്ക് ഊർജ്ജം നൽകുമ്പോഴെല്ലാം, ഊർജ്ജം ഇൻഡക്റ്ററിലും കപ്പാസിറ്ററിലും ഒന്നിടവിട്ട് സംഭരിക്കപ്പെടുന്നു. ഇത് നിശ്ചിത ആവൃത്തിയുടെ വൈദ്യുത ആന്ദോളനങ്ങൾ ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു.

ആംപ്ലിഫയർ

ടാങ്ക് സർക്യൂട്ട് നിർമിക്കുന്ന ദുർബലമായ സിഗ്നലിനെ ആവർധനം ചെയ്യുന്ന സിംഗിൾ സ്റ്റേജ് ആംപ്ലിഫയറാണിത്. ആവശ്യമായ ഔട്ട്പുട്ട് ഈ ആംപ്ലിഫയർ നൽകുന്നു.



(a) (b)

ചിത്രം 10.39 (a) ഒരു ഓസിലേറ്ററിന്റെ ബ്ലോക്ക് ഡയഗ്രാം (b) ടാങ്ക് സർക്യൂട്ട്

ഫീഡ്ബാക്ക് നെറ്റ്വർക്ക്

ഔട്ട്പുട്ടിന്റെ ഒരു ഭാഗം പോഷിപ്പിക്കുന്നതിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന സർക്യൂട്ടിനെ ഫീഡ്ബാക്ക് നെറ്റ് വർക്ക്എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇൻപുട്ടിന് നൽകുന്ന ഔട്ട്പുട്ടിന്റെ ഭാഗം ഇൻപുട്ടിൽ അതേ ഫേസാണെങ്കിൽ, ഇൻപുട്ട് സിഗ്നലിന്റെ വ്യാപ്തി വർദ്ധിക്കുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയെ പോസിറ്റീവ് ഫീഡ്ബാക്ക് എന്ന് വിളിക്കുന്നു. അത് സുസ്ഥിരമായ ആന്ദോളനങ്ങൾക്ക് ആവശ്യമാണ്.

പ്രവർത്തനം

ടാങ്ക് സർക്യൂട്ട് വൈദ്യുത ആന്ദോളനങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുകയും ട്രാൻസിസ്റ്റർ ആംപ്ലിഫയറിലേക്കുള്ള AC ഇൻപുട്ടിന്റെ ഉറവിടമായി പ്രവർത്തിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ആംപ്ലിഫയർ ഇൻപുട്ട് AC സിഗ്നലിനെ ആപ്ലിഫൈ ചെയ്യുന്നു. പ്രായോഗിക ഓസിലേറ്റർ സർക്യൂട്ടുകളിൽ, വൈദ്യുത പ്രതിരോധം കാരണം ഇൻഡക്റ്റർ കോയിലുകളിലും കപ്പാസിറ്ററുകളിലും കുറച്ച് ഊർജ്ജം നഷ്ടപ്പെടുന്നു. കപ്പാസിറ്റർ ചാർജ് ചെയ്യുന്നതിനും

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 225 27-06-2022 16:19:22

ഡിസ്ചാർജ് ചെയ്യുന്നതിനുമുള്ള ഓരോ ചക്രത്തിലും ഈ നഷ്ടങ്ങളെ മറികടക്കാൻ ഒരു ചെറിയ ഊർജ്ജം ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഇതുമൂലം, ആന്ദോളനങ്ങളുടെ വ്യാപ്തി ക്രമേണ കുറയുന്നു. അതിനാൽ ടാങ്ക് സർക്യൂട്ട് ഡാംബ്ഡ് വൈദ്യുത ആന്ദോളനങ്ങൾ ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു.

അൺഡാംപ്ഡ് ആന്ദോളനങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നതിന്, ഫീഡ്ബാക്ക് നെറ്റ്വർക്ക് ഔട്ട്പുട്ടിൽ നിന്ന് ഇൻപുട്ടിലേക്ക് പോസിറ്റീവ് ഫീഡ് ബാക്ക് നൽകുന്നു. ഇത് ടാങ്ക് സർക്യൂട്ടിലെ ഊർജ്ജ നഷ്ടം നികത്തുന്നു. ആന്ദോളനങ്ങളുടെ ആവൃത്തി L, C എന്നിവയുടെ മൂല്യങ്ങളാൽ നിർണ്ണയിക്കപ്പെടുന്നു.

$$f=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad (10.8)$$

സ്ഥിരമായ ആന്ദോളനങ്ങൾക്കുള്ള ബാർഖൗസൻ വ്യവസ്ഥകൾ

ബാർഖൗസൻ അവസ്ഥകൾ എന്ന് വിളിക്കുന്ന ഇനി പറയുന്ന വ്യവസ്ഥകൾ ഓസിലേറ്ററിൽ തൃപ്തിപ്പെടണം.

- പോസിറ്റീവ് ഫീഡ്ബാക്ക് ഉണ്ടായിരിക്കണം.
- ലൂപ്പ് ഫേസ്ഷിഫ്റ്റ് 0^0 അല്ലെങ്കിൽ 2π ന്റെ ഇന്റഗ്രൽ ഗുണിതങ്ങൾ ആയിരിക്കണം.
- ലൂപ്പ് ഗയിൻ ഒന്നായിരിക്കണം. അതായത്, $|A\beta|=1$

ഇവിടെ A ആണ് ആംപ്ലിഫയറിന്റെ വോൾട്ടേജ് ഗയിൻ, β എന്നത് ഫീഡ്ബാക്ക് അനുപാതമാണ്. (ഇൻപുട്ടിലേക്ക് തിരികെ നൽകുന്ന ഔട്ട്പുട്ടിന്റെ ഒരു ഭാഗം).

വ്യത്യസ്ത തരം ടാങ്ക് സർക്യൂട്ടുകളെ അടിസ്ഥാനമാക്കി വ്യത്യസ്ത തരം ഓസിലേറ്റർ സർക്യൂട്ടുകൾ ഉണ്ട്. ഉദാഹരണങ്ങൾ : ഹാർട്ട്ലി ഓസിലേറ്റർ, കോൾപിട്സ് ഓസിലേറ്റർ, ഫേസ് ഷിഫ്റ്റ് ഓസിലേറ്റർ, ക്രിസ്റ്റൽ ഓസിലേറ്റർ.

ഓസിലേറ്ററിന്റെ പ്രയോജനങ്ങൾ

ട്രാൻസിസ്റ്റർ ഓസിലേറ്ററുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നത്,

- പിരിയോഡിക് സിനുസോയ്ഡൽ അല്ലെങ്കിൽ നോൺ സിനുസോയ്ഡൽ തരംഗ രൂപങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നതിന്
- RF കാരിയറുകൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നതിന്
- ഓഡിയോ ടോണുകൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നതിന്
- ഡിജിറ്റൽ സർക്യൂട്ടുകളിൽ ക്ലോക്ക് സിഗ്നൽ സൃഷ്ടിക്കുന്നതിന്
- ടിവി സെറ്റുകളിലും CRO ലും സ്വീപ്പ് സർക്യൂട്ടുകളായി

ഉദാഹരണം 10.8

150 μH നിശ്ചിത ഇൻഡക്റ്റൻസുള്ള ട്യൂൺസ്കളക്ടർ ഓസിലേറ്ററിൽ ഉപയോഗിക്കേണ്ട വേരിയബിൾ കപ്പാസിറ്ററിന്റെ പരിധി കണക്കാക്കുക. ഫ്രീക്വൻസി ബാൻഡ് 500 kHz മുതൽ 1500 kHz വരെയാണ്.

ഉത്തരം

അനുരണന ആവൃത്തി,,

$$f=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

ലളിതവൽക്കരിക്കുമ്പോൾ, നമുക്ക് ലഭിക്കും

$$C=\frac{1}{4\pi^2 f^2 L}$$

i) ആവൃത്തി = 500 kHz, ആയിരിക്കുമ്പോൾ

$$C=\frac{1}{4\times 3.14^2\times(500\times10^3)^2\times150\times10^{-6}}$$
$$=676\text{ pF}$$

ii) ആവൃത്തി = 1500 kHz ആയിരിക്കുമ്പോൾ,

$$C=\frac{1}{4\times 3.14^2\times(1500\times10^3)^2\times150\times10^{-6}}$$
$$=75\text{ pF}$$

അതിനാൽ കപ്പാസിറ്റർ ശ്രേണി 75 മുതൽ 676 pF വരെയാണ്.

10.5 ഡിജിറ്റൽ ഇലക്ട്രോണിക്സ്

ഡിജിറ്റൽ സിഗ്നലുകളെ പ്രതിപാദിക്കുന്ന ഇലക്ട്രോണിക്സിന്റെ ശാഖയെ ഡിജിറ്റൽ ഇലക്ട്രോണിക്സ് എന്നു പറയുന്നു. ഹൈ എൻഡ് പ്രോസസർ സർക്യൂട്ട് മുതൽ സിഗ്നൽ പ്രോസസ്സിംഗിന് വേണ്ടിയുള്ള ലഘുപരിപഥങ്ങൾ, വാർത്താവിനിമയങ്ങൾ വരെയുള്ള നിരവധി ആപ്ലിക്കേഷനുകളിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നു. മികച്ച പ്രകടനം, കൃത്യത, വേഗത, വഴക്കം അപസ്വരങ്ങളെ പ്രതിരോധിക്കാനുള്ള കഴിവ് എന്നിവ കാരണം അനലോഗ് സിഗ്നലുകളേക്കാളും ഡിജിറ്റൽ സിഗ്നലുകൾ അഭികാമ്യമാണ്.

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 226 27-06-2022 16:19:23

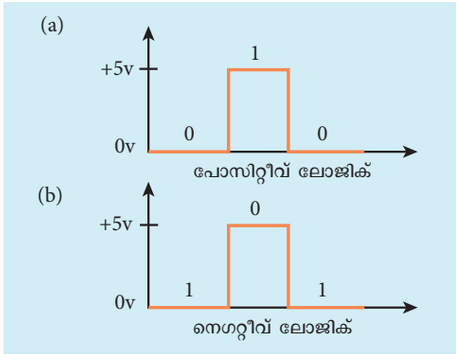
10.5.1 അനലോഗ്, ഡിജിറ്റൽ സിഗ്നലുകൾ

ഇലക്ട്രോണിക്സിൽ രണ്ട് വ്യത്യസ്തതരം സിഗ്നലുകളെഉപയോഗിക്കുന്നു. അവ(i) അനലോഗ് സിഗ്നലുകൾ (ii) ഡിജിറ്റൽ സിഗ്നലുകൾ എന്നിവയാണ്. സമയത്തിനനുസൃതമായിതുടർച്ചയായിവോൾട്ടേജ് അഥവാ കറന്റ് വ്യതിയാനപ്പെടുന്ന സിഗ്നലുകളാണ് അനലോഗ് സിഗ്നലുകൾ. റെക്റ്റിഫൈയിംഗ് സർക്യൂട്ടുകളിലും ട്രാൻസിസ്റ്റർ ആംപ്ലിഫയർ സർക്യൂട്ടുകളിലും ഇത്തരം സിഗ്നലുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

വ്യതിരിക്ത മൂല്യമുള്ള വോൾട്ടേജുകൾ മാത്രം ഉൾക്കൊള്ളുന്ന സിഗ്നലുകളാണ് ഡിജിറ്റൽ സിഗ്നലുകൾ. ഡിജിറ്റൽ സിഗ്നലുകൾക്ക് രണ്ട് നിലകൾ ആവശ്യമാണ്. സ്വിച്ച് ON ഉം സ്വിച്ച് OFF ഉം ആണ്. ON നെ ഒരു അവസ്ഥയായും OFF നെ മറ്റൊരു അവസ്ഥയായും കരുതപ്പെടുന്നു. ഇതിനെ ഉയർന്ന ON അല്ലെങ്കിൽ താഴ്ന്ന OFF അവസ്ഥ, അടഞ്ഞ ON അഥവാ തുറന്ന OFF എന്നും പ്രതിപാദിക്കാം. ഇത്തരത്തിലെ ഉയർന്ന അല്ലെങ്കിൽ താഴ്ന്ന അവസ്ഥകളെ ബൂളിയൻ ആൾജിബ്രയിലെ ബൈനറി നമ്പറുകളായ 1 അല്ലെങ്കിൽ0 ഉപയോഗിച്ച് പ്രതിപാദിക്കാം. പരിപഥം ON ഉയർന്ന വോൾട്ടേജ്, അടഞ്ഞ സ്വിച്ച് എന്നിങ്ങനെ അവസ്ഥ -1നെ പ്രതിപാദിക്കാം. അതുപോലെ O സ്റ്റേറ്റിനെ പരിപഥം OFF താഴ്ന്ന വോൾട്ടേജ് അല്ലെങ്കിൽ തുറന്ന സ്വിച്ച് എന്നും സൂചിപ്പിക്കാം.

പോസിറ്റീവ്, നെഗറ്റീവ് ലോജിക്കുകൾ

ഡിജിറ്റൽ വ്യവസ്ഥയിൽ രണ്ട് വോൾട്ടേജ് ലെവലുകൾ നിലനിൽക്കുന്നു. അവ 5V (ഉയർന്ന) ഉം 0 V (താഴ്ന്ന) ഉം ആകുന്നു. പോസിറ്റീവ് ലോജിക്കിൽ ബൈനറി1 പ്രതിനിധാനംചെയ്യുന്നത്5V ഉം0 പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നത് 0V ഉം ആണ്. എന്നാൽ നെഗറ്റീവ് ലോജിക് സിസ്റ്റത്തിൽ 1 പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നത് 0V ഉം 0 പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നത് 5V ഉം ആകുന്നു. ചിത്രം 10.40.



ചിത്രം 10.40 (a) പോസിറ്റീവ് ലോജിക് (b) നെഗറ്റീവ് ലോജിക്

10.5.2 ലോജിക് ഗേറ്റുകൾ

ഡിജിറ്റൽസിഗ്നലുകളെഅടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ള ഒരു ഇലക്ട്രോണിക് പരിപഥമാണ് ലോജിക് ഗേറ്റ്. മിക്ക ഡിജിറ്റൽ സിസ്റ്റങ്ങളുടേയും അടിസ്ഥാന നിർമ്മാണ ബ്ലോക്കുകളായി ഇവയെ കണക്കാക്കപ്പെടുന്നു. ഇവ ബൈനറികളായി വർത്തിക്കുന്നു ഇവയ്ക്ക് ഒരു ഔട്ട്പുട്ടും ഒന്നോ അതിലധികമോ ഇൻപുട്ടുകളും ഉണ്ട്. മൂന്നുതരത്തിലുള്ള അടിസ്ഥാന ലോജിക് ഗേറ്റുകളുണ്ട്. AND, OR, NOT എന്നിവയാണ്. Ex-OR, NAND, NOR എന്നിവയാണ് മറ്റ് ലോജിക് ഗേറ്റുകൾ. അടിസ്ഥാന ലോജിക് ഗേറ്റുകളിൽ നിന്നും ഇവയെ നിർമിക്കാൻ സാധിക്കുന്നു.

ഡിജിറ്റൽഇലക്ട്രോണിക്സ്പ്രതിപാദിക്കുന്നത് ലോജിക്കൽ ഓപ്പറേഷൻസിനെ ആണ്. വേരിയബിളുകളെ ലോജിക്കൽ വേരിയബിളുകൾ എന്നുവിളിക്കുന്നു. ലോജിക്കൽ അഡിഷൻ (+) ലോജിക്കൽ മൾട്ടിപ്ലിക്കേഷൻ (·) തുടങ്ങിയ ഓപ്പറേറ്ററുകളെ ലോജിക്കൽ ഓപ്പറേറ്ററുകൾ എന്നുവിളിക്കുന്നു. ലോജിക്കൽ ഓപ്പറേറ്ററുകളെ (+, .) ലോജിക്കൽ വേരിയബിളുകളിൽ പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ ലോജിക്കൽ സ്ഥിരാങ്കം (Y) ലഭിക്കുന്നു. ഈ പ്രവർത്തനത്തെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്ന സമവാക്യത്തെ ലോജിക്കൽ സ്റ്റേറ്റ്മെന്റ് എന്നുവിളിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണത്തിന്,

ലോജിക്കൽ ഓപ്പറേറ്റർ: +

ലോജിക്കൽ വേരിയബിൾ: A, B

ലോജിക്കൽ സ്ഥിരാങ്കം: Y

ലോജിക്കൽ സ്റ്റേറ്റ്മെന്റ്: $Y = A + B$

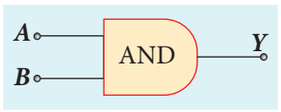
സാധ്യയായ ഇൻപുട്ടുകളുടെ കോമ്പിനേഷനുകൾക്ക് ഔട്ട്പുട്ടും, ട്രൂത്ത് ടേബിൾ എന്ന പട്ടികയുടെ രൂപത്തിൽ നൽകിയിരിക്കുന്നു. അടിസ്ഥാന ലോജിക് ഓപ്പറേഷൻസ് ആയ ലോജിക്കൽ അഡിഷൻ, ഗുണനം, ഇൻവേർഷൻ തുടങ്ങിയവ നടത്തുന്ന സർക്യൂട്ടുകളെ ചുവടെ ചർച്ചചെയ്യുന്നു.

AND ഗേറ്റ്

സർക്യൂട്ട് ചിഹ്നം

രണ്ട് ഇൻപുട്ടുള്ള AND ഗേറ്റിന്റെ സർക്യൂട്ട് പ്രതീകം ചിത്രം 10.41(a) യിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. A, B എന്നിവ ഇൻപുട്ടും Y എന്നത് ഔട്ട്പുട്ടും ആണ്. ഇതൊക്കെ ലോജിക് ഗേറ്റ് ആയതിനാൽ A, B, Y എന്നതിന്റെ മൂല്യം ഒന്നുകിൽ 1 അഥവാ 0 ആയിരിക്കും.

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 227 27-06-2022 16:19:24



(a)

ഇൻപുട്ടുകൾ		ഔട്ട്പുട്ട്
A	B	$Y=A.B$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(b)

ചിത്രം 10.41 (a) രണ്ട് ഇൻപുട്ടുള്ള AND ഗേറ്റ് (b) ട്രൂത്ത് ടേബിൾ

ബൂളിയൻ സമവാക്യം:

$$Y = A.B$$

ഇത് ലോജിക്കൽ ഗുണനം നടത്തുന്നു. കൂടാതെ ഗണിതക ഗുണനത്തിൽ നിന്ന് വ്യത്യസ്തമാണ്.

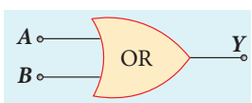
ലോജിക് പ്രവർത്തനം

എല്ലാ ഇൻപുട്ടിനും ഉയർന്ന മൂല്യം ഉണ്ടെങ്കിൽ മാത്രമെ AND ഗേറ്റിന്റെ ഔട്ട്പുട്ടിന് ഉയർന്ന മൂല്യം കാഴ്ചവയ്ക്കുകയുള്ളൂ. ബാക്കിയുള്ള അവസരങ്ങളിൽ ഔട്ട്പുട്ട് കുറവായിരിക്കും. ഇത് ട്രൂത്ത്ടേബിൾ പട്ടിക ഉപയോഗിച്ച് പ്രതിനിധീകരിച്ചിരിക്കുന്നു; (ചിത്രം 10.41(b)).

OR ഗേറ്റ്

പരിപഥചിഹ്നം

രണ്ട് ഇൻപുട്ടുള്ള OR ഗേറ്റിന്റെ പരിപഥചിഹ്നം ചിത്രം 10.42(a) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. A, B എന്നിവ ഇൻപുട്ടും Y എന്നത് ഔട്ട്പുട്ടും ആണ്.



(a)

ഇൻപുട്ടുകൾ		ഔട്ട്പുട്ട്
A	B	$Y= A+B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

(b)

ചിത്രം 10.42 (a) രണ്ട് ഇൻപുട്ട് ഉള്ള OR ഗേറ്റ് (b) ട്രൂത്ത് ടേബിൾ

ബൂളിയൻ സമവാക്യം:

$$Y = A + B$$

ഇത് ലോജിക്കൽ ഗുണനം നടത്തുന്നു. ഇത് ഗണിത ഗുണനത്തിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമാണ്.

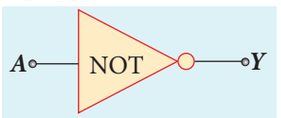
ലോജിക് പ്രവർത്തനം

OR ന്റെ ഇൻപുട്ടുകൾ രണ്ടും ഉയർന്നതാണെങ്കിലോ അഥവാ ഏതെങ്കിലും ഒന്ന് ഉയർന്നതാണെങ്കിലും ഔട്ട്പുട്ട് ഉയർന്നത് (logic 1 അവസ്ഥ) ആയിരിക്കും. OR ഗേറ്റിന്റെ ട്രൂത്ത് ടേബിൾ ചിത്രം 10.42(b).

NOT ഗേറ്റ്

പരിപഥ ചിഹ്നം

ചിത്രം 10.43(a) യിൽ NOT ഗേറ്റിന്റെ പരിപഥ ചിഹ്നം കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. A എന്നത് ഇൻപുട്ടും Y എന്നത് ഔട്ട്പുട്ടും ആണ്.



(a)

ഇൻപുട്ടുകൾ	ഔട്ട്പുട്ട്
A	$Y= \overline{A}$
0	1
1	0

(b)

ചിത്രം 10.43 (a) NOT ഗേറ്റ് (b) ട്രൂത്ത് ടേബിൾ

ബൂളിയൻ സമവാക്യം:

$$Y = \overline{A}$$

ലോജിക് പ്രവർത്തനം

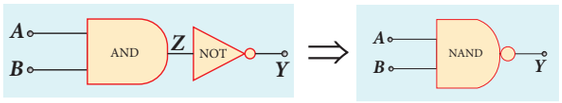
ഇൻപുട്ടിന്റെ കോംപ്ലിമെന്റാണ് ഔട്ട്പുട്ട്. ഇതിനെ ഓവർബാർ ഉപയോഗിച്ച് പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നു. ഇതിനെ ഇൻവെർട്ടർ എന്നും പറയുന്നു. ഇൻപുട്ട് A എന്നത് *0* ആകുമ്പോൾ ഔട്ട്പുട്ട് *1* ആകും. ഇതുപോലെ ഇൻപുട്ട് *1* ആകുമ്പോൾ ഔട്ട്പുട്ട് *0* യും ആകുന്നു. ചിത്രം 10.43(b)-ൽ *NOT* ഗേറ്റിന്റെ ട്രൂത്ത് ടേബിൾ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

NAND ഗേറ്റ്

പരിപഥചിഹ്നം

ചിത്രം 10.44(a)ൽ *NAND* ഗേറ്റിന്റെ പരിപഥ ചിഹ്നം കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. A,B എന്നിവ ഇൻപുട്ടും Y എന്നത് ഔട്ട്പുട്ടം ആണ്.

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 228 27-06-2022 16:19:25



(a)

ഇൻപുട്ടുകൾ		ഔട്ട്പുട്ട് (AND)	ഔട്ട്പുട്ട് (NAND)
A	B	$Z = A.B$	$Y = \overline{A.B}$
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

(b)

ചിത്രം 10.44 (a) രണ്ട് ഇൻപുട്ട് ഉള്ള NAND ഗേറ്റ് (b) ട്രൂത്ത് ടേബിൾ

ബൂളിയൻ സമവാക്യം:

$$Y = \overline{A.B}$$

ലോജിക് പ്രവർത്തനം

AND ഗേറ്റ് ഓപ്പറേഷന്റെ കോംപ്ലിമെന്റ് ആണ് *NAND* ഗേറ്റിന്റെ ഔട്ട്പുട്ട് Y. *AND* ഗേറ്റിനെ തുടർന്ന് ഒരു *NOT* ഗേറ്റ് വരയ്ക്കുമ്പോൾ *NAND* ഗേറ്റിന്റെ പരിപഥമായി. ചുരുക്കിപ്പറഞ്ഞാൽ അതാണ് *NAND* ഗേറ്റ്. എല്ലാ ഇൻപുട്ടുകളുടേയും മൂല്യം ഉയർന്നതാണെങ്കിൽ ഔട്ട്പുട്ട് ലോജിക് പൂജ്യം കാണിക്കും. അല്ലാത്ത അവസരങ്ങളിൽ ഔട്ട്പുട്ട് ഉയർന്നതായിരിക്കും (ലോജിക് *1* അവസ്ഥ). ചിത്രം 10.44(b)ൽ NAND ഗേറ്റിന്റെ ട്രൂത്ത്ടേബിൾ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

NOR ഗേറ്റ്

സർക്യൂട്ട് സിംബൽ

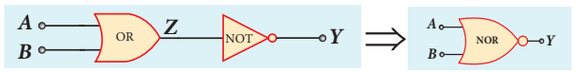
NOR ഗേറ്റിന്റെ പരിപഥ ചിഹ്നം ചിത്രം 10.45(a) യിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. A, B എന്നിവ ഇൻപുട്ടുകളും Y എന്നത് ഔട്ട്പുട്ടും ആണ്.

ബൂളിയൻ സമവാക്യം:

$$Y = \overline{A + B}$$

ലോജിക് ഓപ്പറേഷൻ

OR ഓപ്പറേഷന്റെ കോംപ്ലിമെന്റിനു തുല്യമാണ് ഇതിന്റെ ഔട്ട്പുട്ട് Y (A അഥവാ B) *OR* ഗേറ്റിനെ തുടർന്ന് വരുന്ന *NOT* ഗേറ്റാണ് ഇതിന്റെ പരിപഥം. ചുരുക്കിപ്പറഞ്ഞാൽ *NOR* ഗേറ്റ്. എല്ലാ ഇൻപുട്ടുകളും കുറവായാൽ ഔട്ട്പുട്ട് ഉയർന്നതായിരിക്കും. മറ്റെല്ലാ കോമ്പിനേഷനുകളിലും ഔട്ട്പുട്ട് കുറവായിരിക്കും. ചിത്രം 10.45(b)ൽ *OR* ഗേറ്റിന്റെ ട്രൂത്ത് ടേബിൾ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



(a)

ഇൻപുട്ടുകൾ		ഔട്ട്പുട്ട് (OR)	ഔട്ട്പുട്ട് (NOR)
A	B	$Z = A+B$	$Y = \overline{A+B}$
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

(b)

ചിത്രം 10.45 (a) NOR ഗേറ്റ് (b) ട്രൂത്ത് ടേബിൾ

Ex-OR ഗേറ്റ്

പരിപഥ ചിഹ്നം

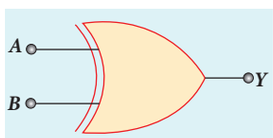
ചിത്രം 10.46(a) ൽ Ex-OR ഗേറ്റിന്റെ പരിപഥ ചിഹ്നം കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. A, B എന്നിവ ഇൻപുട്ടുകളും, Y എന്നത് ഔട്ട്പുട്ടും ആണ്. Ex-OR ന്റെ ഓപ്പറേഷനെ $\oplus$ ഇപ്രകാരം പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു.

ബൂളിയൻ സമീകരണം

$$Y = A.\overline{B} + \overline{A}.B$$
$$Y = A \oplus B$$

ലോജിക് ഓപ്പറേഷൻ

ഏതെങ്കിലും ഒരു ഇൻപുട്ട് ഉയർന്നിരുന്നാൽ ഔട്ട്പുട്ട് ഉയർന്നു കാണുന്നു. രണ്ടിൽ കൂടുതൽ ഇൻപുട്ടുകൾ ഉള്ള Ex-OR ഗേറ്റുകളിൽ ഉയർന്ന മൂല്യമുള്ള ഇൻപുട്ടുകൾ ഒറ്റ സംഖ്യ ആയിരുന്നാൽ ഔട്ട്പുട്ട് ഉയർന്നതായിരിക്കും. Ex-OR ഗേറ്റിന്റെ ട്രൂത്ത്ടേബിൾ ചിത്രം 10.46(b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



(a)

ഇൻപുട്ടുകൾ		ഔട്ട്പുട്ട് (Ex-OR)
A	B	$Y = A \oplus B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

(b)

ചിത്രം 10.46 (a) Ex-OR ഗേറ്റ് (b) ട്രൂത്ത് ടേബിൾ

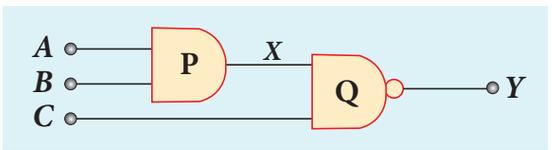
XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 229 27-06-2022 16:19:26

കുറിപ്പ്

NAND, NOR ഗേറ്റുകളെ സാർവ്വത്രിക ഗേറ്റുകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. എന്തെന്നാൽ NAND അല്ലെങ്കിൽ NOR ഗേറ്റ് ഉപയോഗിച്ച് മറ്റെല്ലാ ലോജിക് ഗേറ്റുകളേയും നമുക്ക് നിർമിക്കാൻ സാധിക്കും.

ഉദാഹരണം 10.9

A, B, C എന്നീ ഇൻപുട്ടുകൾ ആദ്യം എല്ലാം പൂജ്യവും പിന്നീട് എല്ലാം ഒന്നും ആകുമ്പോൾ, താഴെ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന പരിപഥത്തിലെ ഔട്ട്പുട്ട് Y എന്തായിരിക്കും?

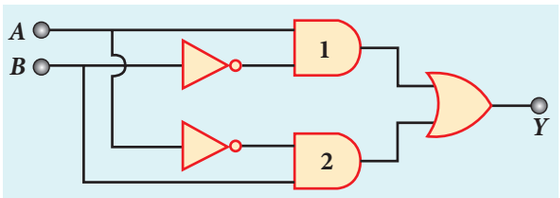


ഉത്തരം

A	B	C	$X = A \cdot B$	$Y = \overline{X \cdot C}$
0	0	0	0	1
1	1	1	1	0

ഉദാഹരണം 10.10

താഴെ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന ഗേറ്റുകളുടെ സംയോജന പരിപഥത്തിൽ ഇൻപുട്ടുകൾ A, B ഉപയോഗിച്ച് ഔട്ട്പുട്ട് Y ന്റെ ബൂളിയൻ സമവാക്യം എഴുതുക.



ഉത്തരം

ആദ്യ AND ഗേറ്റിന്റെ ഔട്ട്പുട്ട്: $A\overline{B}$

രണ്ടാമത്തെ AND ഗേറ്റിന്റെ ഔട്ട്പുട്ട് : $\overline{A}B$

OR ന്റെ ഔട്ട്പുട്ട്: $Y = A.\overline{B} + \overline{A}.B$

10.6 ബൂളിയൻ ആൾജിബ്ര

അടിസ്ഥാനപരമായി ബൂളിയൻ ആൾജിബ്ര എന്നത് രണ്ട് ഓപ്ഷണലിൽ നിന്നുള്ള തിരഞ്ഞെടുക്കൽ ആണ്. (i) ആണ് അല്ലെങ്കിൽ അല്ല (ii) ഉയർന്നത് അല്ലെങ്കിൽ താഴ്ന്നത് ബൂളിയൻ ആൾജിബ്രയിലെ ഈ രണ്ടു ഓപ്ഷനുകളെ 0 അഥവാ 1 എന്നീ ബൈനറി അക്കങ്ങൾ കൊണ്ട് പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നു. യുക്തിയെയും ഗണിതത്തെയും ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന ഈ ആശയത്തിന് നൂറ്റാണ്ടുകളുടെ പഴക്കമുണ്ട്. 1884-ൽ ജോർജ്ജ് ബൂൾ ആണ് ഈ ആശയം നിർമ്മിച്ചത്. പിന്നീട് ബൂളിയൻ ആൾജിബ്രയുടെ പ്രാധാന്യം തിരിച്ചറിയുകയും കംപ്യൂട്ടർ പരിപഥങ്ങളുടെ നിർമ്മാണത്തിന് പ്രയോജനപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്തു. ഇന്ന് നമ്മൾ ഡിജിറ്റൽ യുഗത്തിലാണ് കഴിയുന്നത്. കൂടാതെ നമ്മൾ ഇന്ന് അനുഭവിക്കുന്ന മിക്ക സുഖസൗകര്യങ്ങളും ബൂളിയൻ ആൾജിബ്രയെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയിട്ടുള്ള ഡിജിറ്റൈസേഷൻ മൂലമാണ്.

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

ഉയർന്ന (1), താഴ്ന്ന (0) എന്ന ആശയം പുതിയ ഒന്നല്ല. വാസ്തവത്തിൽ 1938-ൽ ഷാനൻ എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ടെലിഫോൺ സ്വിച്ചിംഗ് സർക്യൂട്ടുകളിൽ ഇത് പ്രയോഗിച്ചിരുന്നു.

ബൂളിയൻ ആൾജിബ്രയിലെ നിയമങ്ങൾ

10.5.2 എന്ന ഭാഗത്തിൽ ചർച്ചചെയ്യപ്പെട്ടിരുന്ന NOT, OR, AND തുടങ്ങിയ ഓപ്പറേഷൻസ് ബൂളിയൻ ഓപ്പറേഷൻസ് ആകുന്നു. ഈ ഓപ്പറേഷനുകളുടെ പ്രവർത്തനഫലങ്ങളെ ഇങ്ങനെ സംഗ്രഹിക്കാം:

കോംപ്ലിമെന്റ് നിയമം

A	$Y = \overline{A}$
0	$Y = \overline{0} = 1$
1	$Y = \overline{1} = 0$

കോംപ്ലിമെന്റ് നിയമം പരമാർത്ഥമാക്കുന്നത്, $\overline{\overline{A}} = A$ എന്നതാണ്.

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 230 27-06-2022 16:19:28

OR നിയമങ്ങൾ

A	B	$Y = A+B$
0	0	$Y = 0+0 = 0$
0	1	$Y = 0+1 = 1$
1	0	$Y = 1+0 = 1$
1	1	$Y = 1+1 = 1$

OR നിയമങ്ങളെ ഇപ്രകാരം സാധൂകരിക്കാം

1-ാം നിയമം	$A + 0 = A$
2-ാം നിയമം	$A + 1 = 1$
3-ാം നിയമം	$A + A = A$
4-ാം നിയമം	$A + \overline{A} = 1$

AND നിയമം

A	B	$Y = A.B$
0	0	$Y = 0.0 = 0$
0	1	$Y = 0.1 = 0$
1	0	$Y = 1.0 = 0$
1	1	$Y = 1.1 = 1$

AND നിയമങ്ങളെ ഇപ്രകാരം സാധൂകരിക്കാം

1-ാം നിയമം	$A \,.\, 0 = 0$
2-ാം നിയമം	$A \,.\, 1 = A$
3-ാം നിയമം	$A \,.\, A = A$
4-ാം നിയമം	$A \,.\, \overline{A} = 0$

ബൂളിയൻ ഓപ്പറേഷനുകൾ താഴെപ്പറയുന്ന നിയമങ്ങൾ അനുസരിക്കുന്നു.

ക്രമവിനിമയ നിയമങ്ങൾ

$$A + B = B + A$$
$$A \,.\, B = B \,.\, A$$

സംയോജന നിയമങ്ങൾ

$$A + (B + C) = (A + B) + C$$
$$A \,.\, (B \,.\, C) = (A \,.B) \,.\, C$$

വിതരണ നിയമങ്ങൾ

$$A(B + C) = AB + AC$$
$$A + BC = (A + B)\,(A + C)$$

സങ്കീർണ്ണ ആവിഷ്ക്കാരങ്ങളെയും ലോജിക് പരിപഥങ്ങളേയും ലഘൂകരിക്കാൻ മുകളിൽ പറഞ്ഞ നിയമങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

10.7 ഡി മോർഗന്റെ സിദ്ധാന്തം

10.7.1 ഡി മോർഗന്റെ ആദ്യ സിദ്ധാന്തം

പ്രസ്താവന

ആദ്യ സിദ്ധാന്തം പ്രസ്താവിക്കുന്നത്, രണ്ട് ലോജിക്കൽ ഇൻപുട്ടുകളുടെ കൂട്ടുതുകയുടെ പൂരകം അതിന്റെ പൂരകങ്ങളുടെ ഗുണനത്തിനു തുല്യമാണ്.

തെളിവ്

NOR ഗേറ്റിന്റെ ബൂളിയൻ സമവാക്യം $Y = \overline{A + B}$.

ബബിൾഡ് AND ഗേറ്റിന്റെ ബൂളിയൻ സമവാക്യം $Y = \overline{A} \,.\, \overline{B}$.

രണ്ട് കേസുകളിലും ഒരേ ഇൻപുട്ടുകൾക്ക് ഒരു പോലത്തെ ഔട്ട്പുട്ടുകൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നു. ഇത് താഴെ ക്കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ട്രൂത്ത് ടേബിൾ ഉപ യോഗിച്ച് പരിശോധിക്കുന്നു.

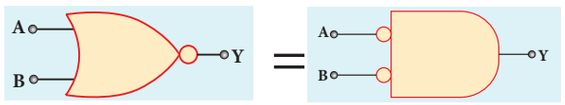
A	B	$A+B$	$\overline{A+B}$	$\overline{A}$	$\overline{B}$	$\overline{A} \,.\, \overline{B}$
0	0	0	1	1	1	1
0	1	1	0	1	0	0
1	0	1	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	0

മുകളിലത്തെ ട്രൂത്ത്ടേബിളിൽ നിന്നും നമുക്ക് $\overline{A+B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$ എന്നത് അനുമാനിക്കാം.

ഇപ്രകാരം ഡി മോർഗന്റെ ആദ്യ സിദ്ധാ ന്തത്തെ തെളിയിക്കാം. ഇതിൽ നിന്നും NAND ഗേറ്റ് എന്നത് ബബിൾഡ് OR ഗേറ്റിനു തുല്യമാ ണെന്ന് മനസ്സിലാക്കാം.

ചിത്രം 10.47-ൽ ഇതിന് അനുക്രമമായ ലോജിക് പരിപഥ രേഖാചിത്രം വ്യക്തമാക്കിയിരി ക്കുന്നു.

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 231 27-06-2022 16:19:28



ചിത്രം 10.47 NAND ഗേറ്റ് എന്നത് ബബിൾഡ് NOR ഗേറ്റിനു തുല്യം

10.7.2 ഡി-മോർഗന്റെ രണ്ടാം സിദ്ധാന്തം

പ്രസ്താവന

രണ്ടാമത്തെ സിദ്ധാന്തം പ്രസ്താവിക്കുന്നത്, രണ്ട് ഇൻപുട്ടുകളുടെ ഗുണനത്തിന്റെ പൂരകം, അവയുടെ പൂരകങ്ങളുടെ കൂട്ടുത്തുകയ്ക്ക് സമമായിരിക്കും.

തെളിവ്

NAND ഗേറ്റിന്റെ ബൂളിയൻ സമവാക്യം $Y = \overline{A.B}$

ബബിൾഡ് OR ഗേറ്റിന്റെ ബൂളിയൻ സമവാക്യം $Y = \overline{A} + \overline{B}$.

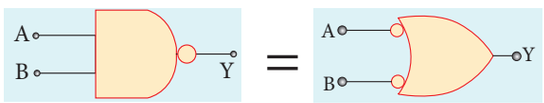
A, B എന്നത് ഇൻപുട്ടുകളും Y എന്നത് ഔട്ട് പുട്ടും ആണ്. മുകളിലത്തെ രണ്ട് സമവാക്യങ്ങളും ഒരേ ഇൻപുട്ടുകൾക്ക് തുല്യ ഔട്ടപുട്ടുകളെ പ്രദാനം ചെയ്യുന്നു. ഇത് ട്രൂത്ത് ടേബിൾ ഉപയോഗിച്ച് തെളിയിക്കാൻ കഴിയും.

A	B	$A.B$	$\overline{A.B}$	$\overline{A}$	$\overline{B}$	$\overline{A}+\overline{B}$
0	0	0	1	1	1	1
0	1	0	1	1	0	1
1	0	0	1	0	1	1
1	1	1	0	0	0	0

മുകളിലത്തെ ട്രൂത്ത് ടേബിളിൽ നിന്നും നമുക്ക് $\overline{A.B} = \overline{A} + \overline{B}$ ആണെന്ന് തീരുമാനിക്കാം.

ഇപ്രകാരം ഡി-മോർഗന്റെ രണ്ടാമത്തെ സിദ്ധാന്തത്തെ തെളിയിക്കാം. അതായത് NAND ഗേറ്റ് എന്നത് ബബിൾഡ് OR ഗേറ്റിനു തുല്യമാണ്.

ചിത്രം 10.48-ൽ അനുബന്ധ ലോജിക് പരിപഥ ചിത്രീകരണം കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 10.48 NAND ഗേറ്റ് എന്നത് ബബിൾഡ് OR ഗേറ്റിനു തുല്യം

ഉദാഹരണം 10.11

ബൂളിയൻ സമീകരണം $AC + ABC = AC$ എന്ന് തെളിയിക്കുക? ഇതിന്റെ സർക്യൂട്ട് വിവരണം നൽകുക?

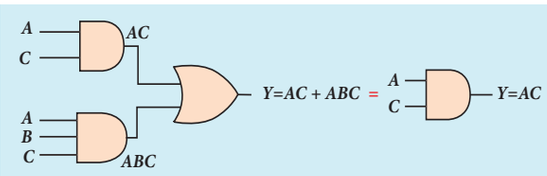
ഉത്തരം

ഘട്ടം 1: $AC\,(1 + B) = AC.1$ [OR നിയമം-2]

ഘട്ടം 2: $AC\,.\,1 = AC$ [AND നിയമം – 2]

അതുകൊണ്ട്, $AC + ABC = AC$

സർക്യൂട്ട് വിവരണം



ഇപ്രകാരം ബൂളിയൻ സമീകരണത്തെ തെളിയിക്കാം.

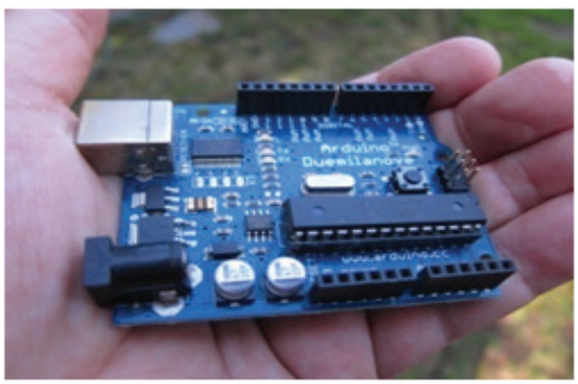
10.7.3 ഇന്റഗ്രേറ്റഡ് ചിപ്പുകൾ

ഇന്റഗ്രേറ്റഡ് സർക്യൂട്ടിനെ IC അഥവാ ചിപ്പ് അല്ലെങ്കിൽ മൈക്രോചിപ്പ് (ചിത്രം 10.49 എന്നും വിളിക്കുന്നു. സാധാരണ അർത്ഥചാലകമായി സിലിക്കൺ പോലുള്ള പദാർത്ഥങ്ങളുടെ പരന്ന പ്രതലത്തിൽ ആയിരം മുതൽ ദശലക്ഷക്കണക്ക് ട്രാൻസിസ്റ്ററുകൾ, പ്രതിരോധകങ്ങൾ കപ്പാസിറ്ററുകൾ തുടങ്ങിയവയെ ഇന്റഗ്രേറ്റ് ചെയ്തിരിക്കുന്നു.

ആധുനിക ഇലക്ട്രോണിക്സിന്റെ ആണിക്കല്ല് ആണ് ഇന്റഗ്രേറ്റഡ് സർക്യൂട്ടുകൾ (ICs) സാങ്കേതിക വിദ്യയുടെ പുരോഗതിയും വളരെ വലിയ സ്കെയിൽ ഇന്റഗ്രേഷൻ (VLSI) യുഗത്തിന്റെ ആവിർഭാവവും ഉപയോഗിച്ച് ഒരേ കഷണത്തിന്റെ ചിപ്പുകളിൽ ധാരാളം എണ്ണം ട്രാൻസിസ്റ്ററുകൾ ഘടിപ്പിക്കാൻ കഴിഞ്ഞു.

സാധാരണ സർക്യൂട്ടുകളെ അപേക്ഷിച്ച് IC യ്ക്ക് രണ്ട് പ്രധാന ഗുണങ്ങളുണ്ട്. ഇത് ചെലവു കുറഞ്ഞതും നല്ല പ്രവർത്തനം കാഴ്ചവയ്ക്കുന്നവയുമാണ്. സാങ്കേതികവിദ്യയുടെ പുരോഗതിക്കൊപ്പം ചിപ്പുകളുടെ വലുപ്പവും, വേഗതയും, കാര്യശേഷിയും വളരെയധികം പുരോഗമിച്ചു. വില കുറഞ്ഞ IC കൾ ഉപയോഗിച്ച് വലുപ്പം കുറഞ്ഞ കംപ്യൂട്ടറുകൾ, മൊബൈൽ ഫോണുകൾ, അതുപോലെ മറ്റ് ഡിജിറ്റൽ ഗൃഹോപകരണങ്ങൾ

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 232 27-06-2022 16:19:29



ചിത്രം 10.49 ഇന്റഗ്രേറ്റഡ് ചിപ്പുകൾ ഉൾപ്പെടുന്ന പരിപഥം

എന്നിവ നിർമ്മിക്കാൻ സാധിച്ചു. ആംപ്ലിഫയർ, ഓസിലേറ്റർ, ടൈമ്മർ, മൈക്രോപ്രോസ്സസ്സർ കൂടാതെ കംപ്യൂട്ടറിലെ മെമ്മറിയായും IC കൾ പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

ഡിജിറ്റൽ അല്ലെങ്കിൽ അനലോഗ് സാങ്കേതിക വിദ്യ ഉപയോഗിച്ച് വളരെ ചെറിയ IC കൾക്ക് പോലും കണക്കുകൾ ചെയ്യാനും ഡാറ്റകൾ സംഭരിക്കാനും കഴിയുന്നു. ഡിജിറ്റൽ IC കൾ ലോജിക് ഗേറ്റുകളിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഇവ 1 ഉം 0 യും മൂല്യങ്ങളിൽ മാത്രം പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഡിജിറ്റൽ യിൽ അയയ്ക്കുന്ന താഴ്ന്ന സിഗ്നൽ 0 മൂല്യം പ്രദാനം ചെയ്യുന്നു. അതുപോലെ ഉയർന്ന സിഗ്നൽ മൂല്യം 1 നേയും പ്രദാനം ചെയ്യുന്നു.

കംപ്യൂട്ടറുകളിലും നെറ്റ്വർക്കിംഗ് ഉപകരണങ്ങളിലും കൺസ്യൂമർ ഇലക്ട്രോണിക്സിലും ഡിജിറ്റൽ IC കൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു. അവിരാമ മൂല്യങ്ങളിൽ അനലോഗ് IC യും ഡിജിറ്റൽ IC യും പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഇതിനർത്ഥം ലീനിയർ ICയുടെ കോംപണെന്റിന് ഏതെങ്കിലും മൂല്യം എടുത്ത് മറ്റൊരു മൂല്യം ഔട്ട്പുട്ടിനു നൽകാൻകഴിയും. ലീനിയർഐസികൾ സാധാരണയായിഓഡിയോ,റേഡിയോഫ്രീക്വൻസി ആംപ്ലിഫിക്കേഷനിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

10.8 വാർത്താവിനിമയ സംവിധാനങ്ങൾ

ആമുഖം

ഈ പ്രപഞ്ചത്തിൽ ജീവന്റെ പ്രാരംഭം മുതൽ ആശയവിനിമയം നിലനിൽക്കുന്നു. ശാസ്ത്രസാങ്കേതിക മേഖലയിലെ വളർച്ച പ്രാദേശികമായ പോരായ്മകളെ ഫലപ്രദമായി നീക്കം ചെയ്തു. ഈ ഭൂമിയിലെവിടെയും വിവരങ്ങൾ ഒരാളിൽ നിന്ന് മറ്റൊരാളിലേക്ക് കൈമാറാൻ കഴിയും. ജെ. സി. ബോസ്, ജി. മാർക്കോണി, അലക്സാണ്ടർ ഗ്രഹാം ബെൽ തുടങ്ങിയ മഹാന്മാരായ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ നടത്തിയ വികസനങ്ങൾ ആശയവിനിമയങ്ങളുടെ കുതിച്ചുചാട്ടത്തിന് സാക്ഷ്യം വഹിച്ചു. ആശയവിനിമയം എന്നത് ബൃഹത്തായതും പുരാതനവും ആയ വ്യവസായം ആണ്. എന്തെന്നാൽ ടെലിഗ്രാഫ് (1844) ടെലിഫോൺ (1876), റേഡിയോ(1887) എന്നിവയിലൂടെ തുടങ്ങിയ ആശയവിനിമയത്തിന് നൂറ്റാണ്ടുകൾ പഴക്കമുണ്ട്. പത്തൊൻപതാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ മധ്യത്തിലും അവസാനത്തിലും നടത്തിയ തീവ്രമായ ഗവേഷണങ്ങൾ ദീർഘദൂര പ്രക്ഷേപണത്തിന്റെ വികാസത്തിലേക്ക് നയിച്ചു. എന്നിരുന്നാലും ഇരുപതാം നൂറ്റാണ്ട് ആശയ വിനിമയത്തിന്റെ വികാസത്തിന്റെ കുതിച്ചു ചാട്ടത്തിന് സാക്ഷ്യം വഹിച്ചു.

ഇതിലൂടെ വസ്തുതകൾ വളരെ വേഗത്തിലും സുരക്ഷിതത്തോടെയും കൈമാറ്റം ചെയ്യാൻ സഹായിച്ചു. ഗ്ലോബൽ പൊസിഷനിംഗ് സിസ്റ്റം (ജി.പി.എസ്.), സാറ്റലൈറ്റ്, മൊബൈൽ, ഒപ്റ്റിക്കൽ കമ്മ്യൂണിക്കേഷൻ എന്നിവയുടെ വരവോടെ ലോകത്തിലെ എല്ലാ മേഖലകളിലും ഗണ്യമായ ലാഭം കൈവരിച്ചു. ഈ യൂണിറ്റിൽ ഇലക്ട്രോണിക് കമ്മ്യൂണിക്കേഷന്റെ അടിസ്ഥാന ആശയങ്ങളുടേയും അതിന്റെ പ്രയോജനങ്ങളിലൂടെയും ഒരു എത്തിനോട്ടം നടത്തുന്നു.

10.9 മോഡുലേഷൻ

ഹ്രസ്വ ദൂരങ്ങളിലൂടെ വിവരങ്ങൾ കൈമാറുന്നതിന് സങ്കീർണ്ണമായ സാങ്കേതികതകൾ ആവശ്യമില്ല.

XII_Physics Vol-2 Cha_10 Part-1 Mal.indd 233 27-06-2022 16:19:30

നേരിട്ട് അയയ്ക്കാൻ സന്ദേശ സിഗ്നലിന്റെ ഊർജ്ജം തന്നെ മതിയാകും. എന്നിരുന്നാലും ഉദാഹരണത്തിന് ശ്രവണ തരംഗങ്ങളെ (ആവൃത്തി 20 നും 20,000 Hz നും ഇടയ്ക്ക്) ലോകത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിൽ വളരെദൂരം ഊർജ്ജനഷ്ടം കൂടാതെ സംപ്രേക്ഷണം ചെയ്യുന്നതിന് ചില സാങ്കേതിക പദ്ധതികൾ ആവശ്യമായി വരുന്നു.

ദീർഘദൂര പ്രക്ഷേപണത്തിനായി, കുറഞ്ഞ ആവൃത്തിയുള്ള ബേസ്ബാൻഡ് സിഗ്നൽ (ഇൻപുട്ട് സിഗ്നൽ) ലിനെ ഉയർന്ന ആവൃത്തിയുള്ള റേഡിയോ സിഗ്നലുമായി കൂട്ടിക്കലർത്തുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയെ മോഡുലേഷൻ എന്നു വിളിക്കുന്നു. മോഡുലേഷൻ പ്രക്രിയയിൽ ബേസ് ബാൻഡ് സിഗ്നലിനെ വഹിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന ഉയർന്ന ആവൃത്തിയുള്ള സിഗ്നലുകളാണ് ക്യാരിയർ സിഗ്നൽ (റേഡിയോ സിഗ്നൽ).

ക്യാരിയർ സിഗ്നലിന്റെ ആവൃത്തി വളരെ ഉയർന്നത് ആയതിനാൽ കുറഞ്ഞ അറ്റുനുവേഷനോടുകൂടി വളരെ ദൂരത്തിലേക്ക് സംപ്രേക്ഷണം നടത്താൻ സാധിക്കും. ക്യാരിയർ സിഗ്നൽ സാധാരണ ഒരു സൈൻ വേവ് സിഗ്നലാണ്. കൂടാതെ ശൂന്യപ്രദേശം പോലുള്ള ആശയവിനിമയ മാദ്ധ്യമങ്ങളിൽ വളരെ കാര്യക്ഷമതയോടെ പ്രചരണം നടത്താൻ ക്യാരിയർ സിഗ്നലുകൾ കൂടുതൽ അനുയോജ്യമാണ്.

കാരിയർ സിഗ്നൽ സന്ദേശങ്ങൾ വഹിക്കുന്നില്ല. ഒരു സിനുസോയിഡൽ കാരിയർ വേവിനെ ഇങ്ങനെ പ്രതിനിധീകരിക്കാം. $e_c = E_c \sin(2\pi\nu_c t + \phi)$, ഇവിടെ E_c എന്നത് ആയാമം, ν_c എന്നത് ആവൃത്തി ϕ എന്നത് ഒരു പ്രത്യേക സമയം t ൽ ഉള്ള ക്യാരിയർ വേവിന്റെ പ്രാരംഭ ഫേസ്.

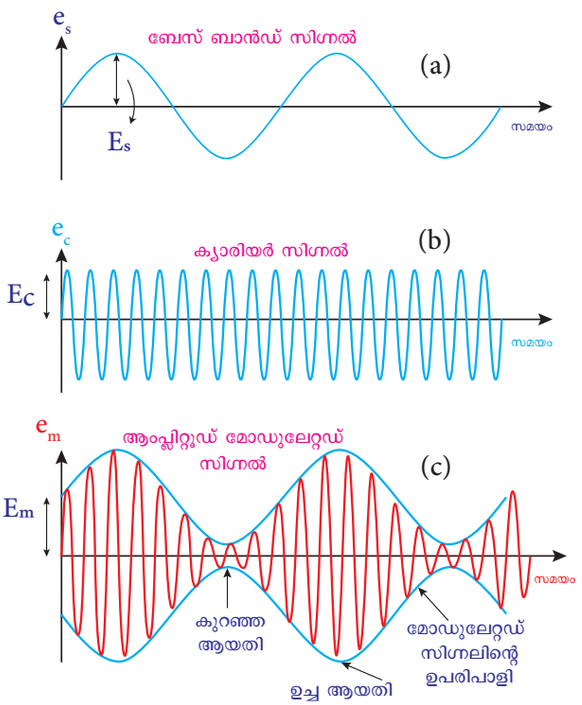
ബേസ് ബാൻഡ് സിഗ്നലിനനുസൃതമായ ക്യാരിയർ സിഗ്നലിന്റെ മൂന്നു സവിശേഷതകളെ മാറ്റം വരുത്തുന്ന പ്രക്രിയയെ മോഡുലേഷൻ എന്നു വിളിക്കുന്നു. ആയാമം, ആവൃത്തി, ഫേസ് എന്നിവയാണ് കാരിയറിന്റെ ഈ മൂന്നു സവിശേഷതകൾ.

ഏതു ഘടകത്തെ മാറ്റുന്നു, എന്നതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ മോഡുലേഷൻ മൂന്നുവിധത്തിൽ ഉണ്ട്. (i) ആംപ്ലിറ്റ്യൂഡ് മോഡുലേഷൻ (ii) ഫ്രീക്വൻസി മോഡുലേഷൻ (iii) ഫേസ് മോഡുലേഷൻ.

10.9.1 ആംപ്ലിറ്റ്യൂഡ് മോഡുലേഷൻ

വാഹക തരംഗങ്ങളുടെ ആയതി ബേസ്ബാൻഡ് സിഗ്നലിന്റെ ആയതിയ്ക്കനുസരിച്ച് മാറ്റം വരുത്തുന്നതിനെ ആംപ്ലിറ്റ്യൂഡ് മോഡുലേഷൻ എന്നുവിളിക്കുന്നു. ഇവിടെ വാഹക സിഗ്നലിന്റെ ആവൃത്തിയും ഫേസും സ്ഥിരമായി നിലനിർത്താം. റേഡിയോ, ടിവി പ്രക്ഷേപണങ്ങളിൽ ആംപ്ലിറ്റ്യൂഡ് മോഡുലേഷൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ചിത്രം 10.50(a) യിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നത് ബേസ്ബാൻഡ് സിഗ്നൽ ആണ്. ഇതിൽ സന്ദേശങ്ങൾ വഹിക്കുന്നു. ചിത്രം 10.50(b) യിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നത് ഉയർന്ന ആവൃത്തിയുള്ള വാഹക സിഗ്നലുകളാണ്. ചിത്രം 10.50(c) എന്നത് ആംപ്ലിറ്റ്യൂഡ് മോഡുലേറ്റഡ് സിഗ്നൽ ആണ്. ബേസ്ബാൻഡ് സിഗ്നലിന്റെ ആയതിക്ക് ആനുപാതികമായി കാരിയറിന്റെ വ്യാപ്തി പരിഷ്കരിച്ചിരിക്കുന്നതായി നമുക്ക് കാണാം.



ചിത്രം 10.50 ആംപ്ലിറ്റ്യൂട് മോഡുലേഷൻ (a) ബേസ് ബാൻഡ് സിഗ്നൽ (b) വാഹക സിഗ്നൽ(c) മോഡുലേറ്റഡ് സിഗ്നൽ

AM ന്റെ പ്രയോജനങ്ങൾ

i) എളുപ്പത്തിലുള്ള പ്രക്ഷേപണവും സ്വീകരണവും

ii) കുറഞ്ഞ ബാൻഡ് വിഡ്ത്ത് ആവശ്യകത

iii) കുറഞ്ഞ ചിലവ്

AM ന്റെ പരിമിതികൾ

i) അപസ്വരം ഉയർന്നതാണ്

ii) കുറഞ്ഞ കാര്യക്ഷമത

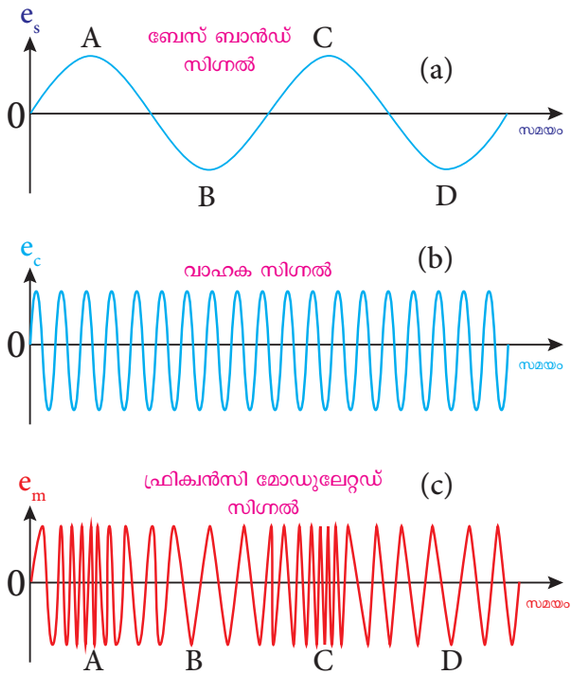
iii) കുറഞ്ഞ ഓപ്പറേറ്റിംഗ് വ്യാപ്തി

CVSF6

XII_Physics Vol-2 Cha-10 Part-2 Mal.indd 234 28-06-2022 17:13:36

10.9.2 ഫ്രീക്വൻസി മോഡുലേഷൻ

വാഹക സിഗ്നലിന്റെ ആവൃത്തി, ബേസ്ബാൻഡ് സിഗ്നലിന്റെ തൽക്ഷണ ആയതിക്ക് അനുസൃതമായി മാറ്റം വരുത്തുന്നതിനെ ഫ്രീക്വൻസി മോഡുലേഷൻ എന്നു പറയുന്നു. ഇവിടെ വാഹക സിഗ്നലിന്റെ ആയതിയേയും ഫേസിനേയും സ്ഥിരമായി നിലനിർത്തുന്നു. ബേസ് ബാൻഡ് സിഗ്നലിന്റെ ആയതി വർദ്ധിക്കുമ്പോൾ വാഹക സിഗ്നലിന്റെ ആവൃത്തിയും വർദ്ധിക്കുന്നു. നേരെ മറിച്ചും സാധ്യമാണ്. ഇത് മോഡുലേറ്റഡ് തരംഗത്തിന്റെ ഫ്രീക്വൻസി സ്പെക്ട്രയിൽ പടത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ (ചിത്രം 10.2) കംപ്രഷൻസും റയറിഫാക്ഷൻസും ഉണ്ടാക്കുന്നു.



ചിത്രം 10.51 ഫ്രീക്വൻസി മോഡുലേഷൻ (a) ബേസ് ബാൻഡ് സിഗ്നൽ (b) വാഹക സിഗ്നൽ (c) ഫ്രീക്വൻസി മോഡുലേറ്റഡ് സിഗ്നൽ

ചിത്രം 10.51(a) യിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ബേസ്ബാൻഡ് സിഗ്നലിന്റെ ആയതി പൂജ്യമായിരിക്കുമ്പോൾ മോഡുലേറ്റഡ് സിഗ്നലിന്റെ ഫ്രീക്വൻസി ക്യാരിയർ സിഗ്നലിന്റേതിനും തുല്യമാകുന്നു. ബേസ്ബാൻഡ് സിഗ്നലിന്റെ ആയതി പോസിറ്റീവ് ദിശയിലേക്ക് (A, C) ഉയരുമ്പോൾ മോഡുലേറ്റഡ് തരംഗത്തിന്റെ ഫ്രീക്വൻസി കൂടുന്നു. നെഗറ്റീവ് ഹാഫ് സൈക്കിളിൽ ആയതി വർദ്ധിക്കുമ്പോൾ (B, D) മോഡുലേറ്റഡ് തരംഗത്തിന്റെ ഫ്രീക്വൻസി കുറയുന്നു. ചിത്രം 10.51(c).

ബേസ് ബാൻഡ് സിഗ്നലിന്റെ ഫ്രീക്വൻസി പൂജ്യമായിരിക്കുമ്പോൾ (ഇൻപുട്ട് സിഗ്നൽ ഇല്ലാതിരിക്കുമ്പോൾ) വാഹകതരംഗത്തിന്റെ ഫ്രീക്വൻസിയിൽ യാതൊരു മാറ്റവും ഇല്ല. ഇത് അതിന്റെ സ്വാഭാവിക ഫ്രീക്വൻസിയിലാണ് ഇതിനെ **സെന്റർ ഫ്രീക്വൻസി അഥവാ റെസ്റ്റിങ് ഫ്രീക്വൻസി** എന്നു വിളിക്കുന്നു. പ്രായോഗികമായി ഇതാണ് FM ട്രാൻസ്മിറ്ററിന്റെ അനുവദിക്കപ്പെട്ട ഫ്രീക്വൻസി.

FM ന്റെ പ്രയോജനങ്ങൾ

i) FM ൽ അപസ്വരങ്ങൾ കുറവാണ്. ഇത് സിഗ്നലിനും അപസ്വരത്തിനും ഇടയ്ക്കുള്ള അനുപാതം കൂട്ടുവാൻ സഹായിക്കുന്നു.

ii) ഓപ്പറേറ്റിംഗ് റേഞ്ച് വളരെ വലുതാണ്.

iii) എല്ലാ ട്രാൻസ്മിറ്റഡ് പവറും ഉപയോഗപ്രദമായതിനാൽ പ്രക്ഷേപണ കാര്യക്ഷമത വളരെ വലുതാണ്.

iv) മനുഷ്യരുടെ ശ്രവണപരിധിയിൽ വരുന്ന എല്ലാ ഫ്രീക്വൻസി റേഞ്ചും FM ബാൻഡ് വിഡ്ത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു. അതിനാൽ AM റേഡിയോയേക്കാൾ മികച്ച നിലവാരം പുലർത്തുന്നവയാണ് FM റേഡിയോ.

FM ന്റെ പോരായ്മകൾ

i) വളരെ വിസ്തൃതമായ ചാനൽ FM ന് ആവശ്യമാണ്.

ii) FM ട്രാൻസിസ്റ്ററുകളും റിസീവറുകളും കൂടുതൽ സങ്കീർണ്ണവും ചെലവേറിയതുമാണ്.

iii) FM റെസപ്ഷണിൽ, AM നെ അപേക്ഷിച്ച് വളരെ കുറഞ്ഞ വ്യാപ്തി ഉൾക്കൊള്ളുന്നവയാണ്.

10.9.3 ഫേസ് മോഡുലേഷൻ (PM)

ഫേസ് മോഡുലേഷനിൽ കാരിയറിന്റെ ആയതിയും ഫ്രീക്വൻസിയും സ്ഥിരമായി നിലനിർത്തിക്കൊണ്ട് വാഹക സിഗ്നലിന്റെ ഫേസിനെ ബേസ് ബാൻഡ് സിഗ്നലിന്റെ തൽക്ഷണ ആയതിയ്ക്കനുസരിച്ച് മാറ്റം വരുത്തുന്നു. (ചിത്രം 10.52). ഫ്രീക്വൻസി മോഡുലേറ്റഡ് സിഗ്നലുകൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നതിന് ഇത് ഉപയോഗിക്കുന്നു. വാഹക സിഗ്നലുകളുടെ ഫ്രീക്വൻസിക്കുപകരം വാഹക ഫേസ് മാറ്റപ്പെടുന്നു എന്നതൊഴിച്ചാൽ ഫ്രീക്വൻസി മോഡുലേഷനും ഫേസ് മോഡുലേഷനും സമാനമാണ്.

XII_Physics Vol-2 Cha-10 Part-2 Mal.indd 235 28-06-2022 17:13:37

10.10 ഇലക്ട്രോണിക് വാർത്താവിനിമയ സംവിധാനത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന ഘടകങ്ങൾ

വാർത്താവിനിമയത്തിൽ ഇലക്ട്രോണിക്സ് ഒരു സുപ്രധാന പങ്കുവഹിക്കുന്നു. ഇലക്ട്രോണിക് വാർത്താവിനിമയം എന്നത് മറ്റൊന്നുമല്ല, ശബ്ദം, വചനം, ദൃശ്യം അല്ലെങ്കിൽ വസ്തുതകൾ ഇവയെ മാദ്ധ്യമത്തിലൂടെ സംപ്രേക്ഷണം ചെയ്യുക എന്നതാണ്. ദീർഘദൂര സംപ്രേക്ഷണത്തിനു ശൂന്യപ്രദേശങ്ങളെ മാദ്ധ്യമമായി ഉപയോഗിക്കുന്നു.

അടിസ്ഥാന വാർത്താവിനിമയ സംവിധാനത്തിലെ ഘടകങ്ങളെ ചിത്രം 10.52-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന ബ്ലോക്ക് ഡയഗ്രം ഉപയോഗിച്ച് വിശദീകരിക്കുന്നു.

i) സന്ദേശങ്ങൾ (ബേസ് ബാൻഡ് അല്ലെങ്കിൽ ഇൻപുട്ട് സിഗ്നൽ)

സംഭാഷണം, സംഗീതം, ദൃശ്യങ്ങൾ അല്ലെങ്കിൽ കംപ്യൂട്ടർ ഡാറ്റ എന്നിവയുടെ രൂപത്തിലേക്ക് സന്ദേശങ്ങൾ. ഈ സന്ദേശങ്ങളെ ഇൻപുട്ട് പരിവർത്തകത്തിൽ ഇൻപുട്ടായി നൽകുന്നു.

ii) ഇൻപുട്ട് പരിവർത്തകങ്ങൾ

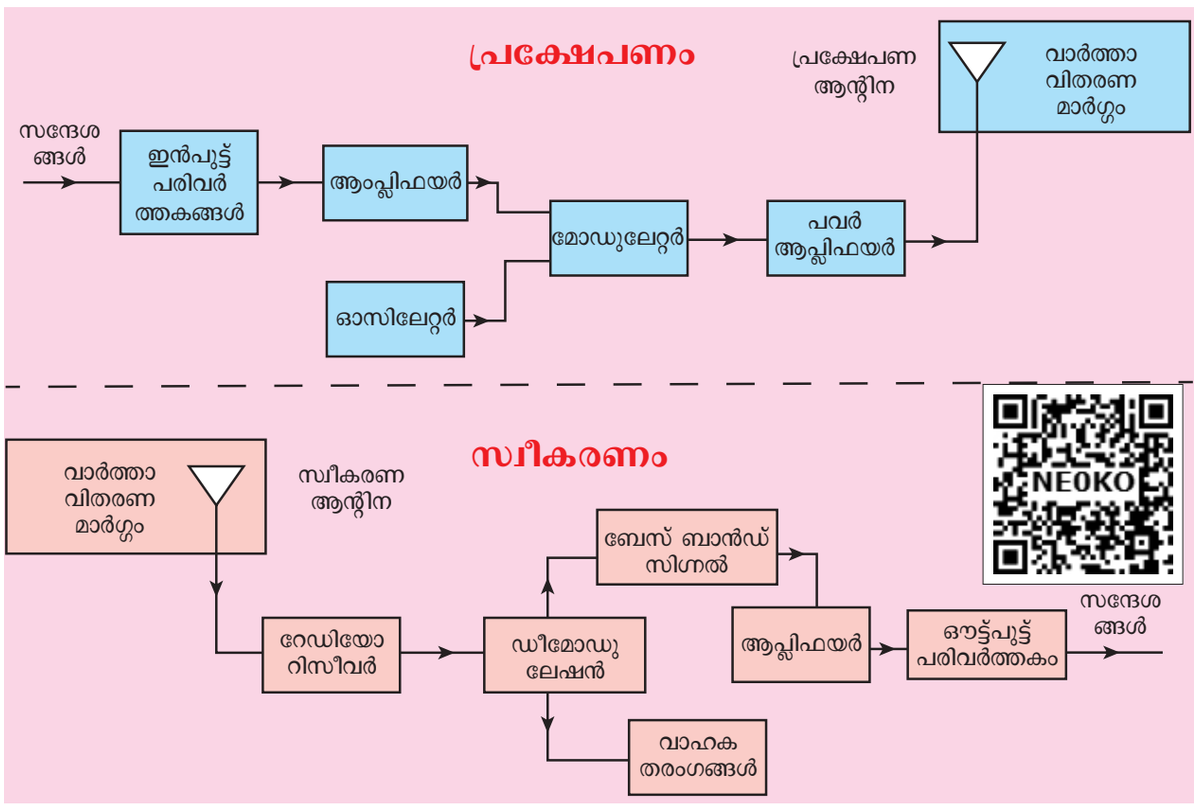
വാർത്താവിനിമയ സംവിധാനത്തിൽ പരിവർത്തകങ്ങൾ സന്ദേശങ്ങളെ (ശബ്ദം സംഗീതം, ദൃശ്യം, കംപ്യൂട്ടർ ഡാറ്റ രൂപത്തിലുള്ള) അനുബന്ധ ഇലക്ട്രിക്കൽ സിഗ്നലാക്കി മാറ്റുന്നു. യഥാർത്ഥ ക്ക് തത്തുല്യമായ ഇലക്ട്രിക് സന്ദേശങ്ങളെ ബേസ്ബാൻഡ് സിഗ്നൽ എന്നു വിളിക്കുന്നു.

ശബ്ദ ഊർജ്ജത്തെ വൈദ്യുതോർജ്ജമാക്കുന്ന മൈക്രോഫോണുകൾ ആണ് പരിവർത്തകത്തിന് ഉത്തമ ഉദാഹരണം.

iii) പ്രക്ഷേപിണി

പരിവർത്തകത്തിൽ നിന്നും വാർത്താവിനിമയ ചാനലിലേക്ക് വൈദ്യുതസിഗ്നലുകളെ നല്കുകയാണ് ഇത് ചെയ്യുന്നത്. ഇതിൽ ആംപ്ലിഫയർ, ഓസിലേറ്റർ, മോഡുലേറ്റർ, പവർ ആംപ്ലിഫയർ എന്നിവ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ബ്രോഡ്കാസ്റ്റിംങ് സ്റ്റേഷനിലാണ് പ്രക്ഷേപിണിയെ സ്ഥാപിച്ചിരിക്കുന്നത്.

ആംപ്ലിഫയർ: പരിവർത്തക ഔട്ട്പുട്ട് വളരെ ദുർബലമാണ്. ഇതിനെ ആംപ്ലിഫയർ ഉപയോഗിച്ച് ആംപ്ലിഫൈ ചെയ്യുന്നു.



ചിത്രം 10.52 സ്വര സിഗ്നലുകളുടെ പ്രക്ഷേപണവും സ്വീകരണവും ബ്ലോക്ക് ചിത്രത്തിൽ

XII_Physics Vol-2 Cha-10 Part-2 Mal.indd 236 28-06-2022 17:13:37

ഓസിലേറ്റർ: അന്തരീക്ഷത്തിൽ ദീർഘദൂര പ്രക്ഷേപണത്തിന് വേണ്ടിയുള്ള ഉയർന്ന ആവൃത്തിയിലുള്ള കാരിയർ തരംഗത്തെ (സിനുസോയിഡൽ തരംഗം) ഇത് ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു. തരംഗത്തിന്റെ ഊർജ്ജം അതിന്റെ ആവൃത്തിക്ക് ആനുപാതികമായി ഉയരുന്നു അതിനാൽ കാരിയർ തരംഗത്തിന് വളരെ ഉയർന്ന ഊർജ്ജമാണുള്ളത്.

മോഡുലേറ്റർ: ബേസ്ബാൻസ് സിഗ്നലിനെ കാരിയർ സിഗ്നലുമായി കൂട്ടിയിണക്കി മോഡുലേറ്റ് സിഗ്നൽ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു.

പവർ ആംപ്ലിഫയർ: ദീർഘദൂരം വ്യാപരിക്കാൻ ഇലക്ട്രിക് സിഗ്നലുകളുടെ പവറിനെ കൂട്ടുകയാണ് പവർ ആംപ്ലിഫയർ ചെയ്യുന്നത്.

iv) പ്രക്ഷേപണ ആന്റിന

റേഡിയോ സിഗ്നലിനെ അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ എല്ലാ ദിശകളിലും ഇത് പ്രക്ഷേപണം ചെയ്യുന്നു. പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രവേഗത്തിൽ വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ ആയി ഇവ സഞ്ചരിക്കുന്നു.

v) വാർത്താവിനിമയ ചാനൽ

വളരെ കുറഞ്ഞ അപസ്വരത്തോടും തടസ്സങ്ങളും ഇല്ലാതെ ഇലക്ട്രിക്കൽ സിഗ്നലിനെ പ്രക്ഷേപിണിയിൽ നിന്നും സ്വീകരണി വരെ വഹിക്കുവാൻ വാർത്താവിനിമയ ചാനൽ ഉപയോഗിക്കുന്നു. വയർലൈൻ വാർത്താവിനിമയത്തിൽ വയറുകൾ, കേബിളുകൾ, ഒപ്റ്റിക് ഫൈബറുകൾ എന്നിവയും വയർലെസ്സ് വാർത്താവിനിമയത്തിൽ ശൂന്യ പ്രദേശങ്ങളുമാണ് വാർത്താവിനിമയ മാദ്ധ്യമങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണമായി വർത്തിക്കുന്നത്.

vi) സ്വീകരണി

വാർത്താ മാദ്ധ്യമങ്ങൾ വഴി പ്രക്ഷേപണം ചെയ്ത സിഗ്നലുകളെ റിസീവിംഗ് ആന്റിന സ്വീകരിക്കുന്നു. അത് EM തരംഗങ്ങളെ RF സിഗ്നലുകളായി സ്വീകരണിയിലേക്ക് നൽകുന്നു.

സ്വീകരണിയിൽ ഇലക്ട്രോണിക് പരിപഥങ്ങളായ ഡീമോഡുലേറ്റർ, ആംപ്ലിഫയർ തുടങ്ങിയവ ഉണ്ട്. മോഡുലേറ്റഡ് സിഗ്നലിൽ നിന്നും ബേസ് ബാൻഡ് സിഗ്നലിനെ വേർതിരിച്ചെടുക്കുന്നത് ഡിമോഡുലേറ്റർ ആണ്. പിന്നീട് ആംപ്ലിഫയർ ഉപയോഗിച്ച് ബേസ് ബാൻഡ് സിഗ്നലിനെ ആംപ്ലിഫൈ ചെയ്യുന്നു. അവസാനം ഇതിനെ ഔട്ട്പുട്ട് പരിവർത്തകത്തിലേക്ക് അയക്കുന്നു.

vii) റിപ്പീറ്റേൾസ്

പ്രക്ഷേപണ പിരിധി കൂട്ടാൻ അഥവാ സിഗ്നലുകളെ വളരെദൂരം അയയ്ക്കുന്നതിനാണ് റിപ്പീറ്ററുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നത്. പ്രക്ഷേപിണിയും സ്വീകരണിയും സംയോജിച്ചതാണ് റിപ്പീറ്റർ. സിഗ്നലുകളെ സ്വീകരിച്ച്, ആവർധനം നടത്തി, വാഹക സിഗ്നലുകളുടെ ആവൃത്തിയിൽ വരുത്തി ഉദ്ദിഷ്ടസ്ഥാനത്തേക്ക് പുനഃപ്രേക്ഷണം ചെയ്യുന്നു. ശൂന്യാകാശത്തു സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന വാർത്താവിനിമയ ഉപഗ്രഹങ്ങൾ ഇവയ്ക്ക് ഉത്തമ ഉദാഹരണമാണ്.

viii) ഔട്ട്പുട്ട് പരിവർത്തകം

ഇത് വൈദ്യുത സിഗ്നലുകളെ തിരിച്ച് അവയുടെ യഥാർത്ഥ അവസ്ഥകളായ സംഗീതം, ശബ്ദം, ദൃശ്യങ്ങൾ അഥവാ വിവരങ്ങൾ ആക്കി മാറ്റുന്നു. ലൗഡ് സ്പീക്കർ അഥവാ ഉച്ചഭാഷിണി, പിക്ചർ ട്യൂബുകൾ, കംപ്യൂട്ടർ മോണിറ്റർ ഇവയെല്ലാം ഔട്ട്പുട്ട് പരിവർത്തകങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണമാണ്.

10.10.1 ഇലക്ട്രിക് വാർത്താവിനിമയ സംവിധാനത്തിലെ അടിസ്ഥാന നിർവ്വചനങ്ങൾ

വാർത്താവിനിമയ സംവിധാനങ്ങളെകുറിച്ച് ഭംഗിയായി മനസ്സിലാക്കണമെങ്കിൽ താഴെപ്പറയുന്ന പദങ്ങൾ അത്യന്താപേക്ഷിതമായും അറിഞ്ഞിരിക്കണം.

i) പ്രേക്ഷണ പരിധി

പ്രക്ഷേപിണിയിൽ നിന്നും സംപ്രേക്ഷണം ചെയ്യുന്ന ഒരു സിഗ്നലിന് അഭിലഷണീയമായ ശക്തിയോടെ എത്തിച്ചേരാൻ കഴിയുന്ന പരമാവധി ദൂരമാണ് പ്രേക്ഷണ പരിധി.

ii) അപസ്വരം

സന്ദേശ സിഗ്നലുകളെ സംപ്രേക്ഷണം ചെയ്യുമ്പോൾ അവയുമായി കൂടിച്ചേരുന്ന അനാവശ്യ സിഗ്നലുകളാണ് അപസ്വരം അപസ്വരങ്ങൾ സന്ദേശ സിഗ്നലുകളെ അവശോഷണം ചെയ്യുകയോ, ഗുണമേന്മ കുറയ്ക്കുകയോ ചെയ്യുന്നു. ഇത് കൃത്രിമമായോ (ഓട്ടോ മൊബൈൽസ്, വെൽഡിംഗ് ഉപകരണം, ഇലക്ട്രിക് മോട്ടോറുകൾ തുടങ്ങിയവ), അല്ലെങ്കിൽ പ്രകൃത്യാ ഉള്ളതോ (മിന്നൽ, ചുറ്റുപാടിലുണ്ടാകുന്ന പ്രതിഭാസങ്ങൾ, സൂര്യനിൽ നിന്നും നക്ഷത്രങ്ങളിൽ നിന്നും വരുന്ന വികിരണങ്ങൾ) ആകാം. അപസ്വരങ്ങളെ പൂർണ്ണമായും ഉന്മൂലനം ചെയ്യാൻ ആകില്ല. എന്നിരുന്നാലും വിവിധ സാങ്കേതക വിദ്യകൾ ഉപയോഗിച്ച് നമുക്ക് കുറയ്ക്കാൻ സാധിക്കും.

iii) അവശോഷണം

മാധ്യമത്തിലൂടെ സംപ്രേക്ഷണം ചെയ്യുമ്പോൾ സിഗ്നലിന്റെ ശക്തി കുറയുന്നതിനെ അവശോഷണം എന്നു പറയുന്നു.

iv) ബാൻഡ് വിഡ്ത്ത്

ഒരു സിഗ്നലിന്റെ ആവൃത്തിയുടെ വ്യാപ്തി, അല്ലെങ്കിൽ സന്ദേശ സിഗ്നലുകളായ വോയ്സ്, ശബ്ദം, സംഗീതം, ദൃശ്യം എന്നിവ പ്രേക്ഷണം

XII_Physics Vol-2 Cha-10 Part-2 Mal.indd 237 28-06-2022 17:13:37

ചെയ്യപ്പെടുന്ന ആവൃത്തിയുടെ വ്യാപ്തിയെ ബാൻഡ് വിഡ്ത്ത് എന്നു അറിയപ്പെടുന്നു. ν_1 ഉം ν_2 ഉം എന്നത് ഒരു സിഗ്നലിന്റെ താഴ്ന്നതും ഉയർന്നതുമായ ആവൃത്തി പരിധി എങ്കിൽ ബാൻഡ്-വിഡ്ത്ത് $BW = \nu_2 - \nu_1$ ആയിരിക്കും.

v) സംപ്രേക്ഷണ സംവിധാനത്തിന്റെ ബാൻഡ് വിഡ്ത്ത്

നിർദ്ദിഷ്ട സന്ദേശത്തിന്റെ ഒരു ഭാഗത്തെ പ്രത്യേക ചാനൽ വഴി സംപ്രേക്ഷണം ചെയ്യാൻ ആവശ്യമായ ആവൃത്തികളുടെ പരിധിയെ ചാനൽ ബാൻഡ് വിഡ്ത്ത് അഥവാ സംപ്രേക്ഷണ സംവിധാനത്തിന്റെ ബാൻഡ് വിഡ്ത്ത് എന്നു പറയുന്നു.

10.11 വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ പ്രസരണം

ആവൃത്തി പരിധിയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ പ്രക്ഷേപിണിയിൽ നിന്നും സംപ്രേക്ഷണം ചെയ്യുന്ന വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങൾ മൂന്നു വ്യത്യസ്ത രീതികളിൽ സഞ്ചരിച്ച് സ്വീകരണിയിൽ എത്തുന്നു. അവ

- പ്രതലതരംഗപ്രസരണംഅഥവാഗ്രൗണ്ട്വേവ് പ്രസരണം (2 kHz നും 2 MHz നും ഇടയ്ക്ക്)
- ആകാശ തരംഗ പ്രസരണം അഥവാ അയണോ സ്പെറിക് പ്രസരണം (ഉദ്ദേശം 3 MHz നും 30 MHz നും ഇടയ്ക്ക്)
- സ്പേസ് തരംഗ പ്രസരണം (ഉദ്ദേശം 30 MHz നും 400 GHz നും ഇടയ്ക്ക്)

i) പ്രതല തരംഗ പ്രസരണം

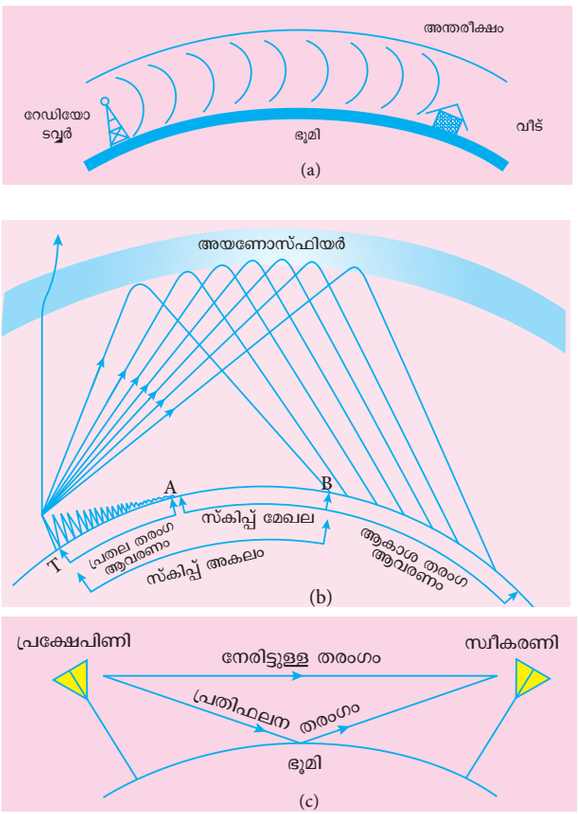
പ്രക്ഷേപിണിയിൽ നിന്നും സംപ്രേക്ഷണം ചെയ്യുന്ന വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങൾ ഭൗമോപരിതലത്തിൽ കൂടി ഒഴുകി സ്വീകരണിയിൽ എത്തുകയാണെങ്കിൽ അത്തരത്തിലുള്ള പ്രസരണത്തെ പ്രതല തരംഗ പ്രസരണം എന്നു പറയുന്നു. ഇതിനോടനുബന്ധമായ തരംഗങ്ങളെ ഗ്രൗണ്ട് വേവ്സ് അഥവാ പ്രതലതരംഗങ്ങൾ എന്നു പറയുന്നു. ഇതിന്റെ ചിത്രീകരണം പടം 10.53(a) യിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇവിടെ ഭൗമപ്രതലത്തിൽ പ്രേക്ഷണ ആന്റിനയും സ്വീകരണ ആന്റിനയും വളരെ അടുത്ത് സ്ഥാപിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഇത് പ്രധാനമായും പ്രാദേശിക പ്രക്ഷേപണം, റേഡിയോ നേവിഗേഷൻ, കപ്പലിൽ നിന്നും കപ്പലിലേക്കും, അതുപോലെ കപ്പലിൽ നിന്നും തീരത്തിലേക്കുള്ള ആശയവിനിമയം, പിന്നെ മൊബൈൽ ആശയവിനിമയം എന്നിവയിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ii) ആകാശതരംഗ പ്രചരണം

ഒരു ആന്റിനയിൽ നിന്നും വികിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ ഉയർന്ന കോണിൽ മുകളിലേക്ക് നേരെ നീങ്ങുകയും അയണോസ്ഫിയറിൽ തട്ടി പ്രതിഫലിച്ച് തിരിച്ച് ഭൂമിയിലേക്ക് പ്രതിഫലിക്കുന്ന രീതിയെ സ്കൈ വേവ് പ്രചരണം അല്ലെങ്കിൽ അയണോസ്ഫെറിക് പ്രചരണം എന്നുവിളിക്കുന്നു. അനുബന്ധ തരംഗങ്ങളെ സ്കൈ തരംഗങ്ങൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു. ചിത്രം 10.53(b).

പ്രതിഫലിക്കുന്ന ഉപരിതലമായി ഇവിടെ അയണോസ്ഫിയർ വർത്തിക്കുന്നു. ഭൗമോപരിതലത്തിൽ നിന്നും 400 km ഉയരെ ഏതാണ് 50 km അകലത്തിൽ ഇത് വ്യാപരിച്ചിരിക്കുന്നു. സൂര്യനിൽ നിന്നും വരുന്ന UV കിരണങ്ങൾ, കോസ്മിക് കിരണങ്ങൾ കൂടാതെ α, β പോലുള്ള ഉയർന്ന ഊർജ്ജമുള്ള വികിരണങ്ങളെ അയണോസ്ഫിയറിലെ വായു കണികകൾ ആഗിരണം ചെയ്ത് അവ അയോണീകരിക്കുന്നു. ഇത് ചാർജ്ജുള്ള അയോൺകളെ ഉണ്ടാക്കുകയും ഈ അയോണുകൾ ഒരു



ചിത്രം10.53 വൈദ്യുതകാന്തികതരംഗങ്ങളുടെ പ്രചരണം (a) പ്രതല തരംഗം (b) ആകാശ തരംഗം (c) സ്പേസ് തരംഗം

XII_Physics Vol-2 Cha-10 Part-2 Mal.indd 238 28-06-2022 17:13:37

നിശ്ചിത ആവൃത്തി പരിധിയിലുള്ള റേഡിയോ തരംഗങ്ങൾ അഥവാ വാർത്താവിനിമയ തരംഗങ്ങളെ തിരിച്ച് ഭൂമിയിൽ എത്തിക്കാനുള്ള പ്രതിഫലന മാദ്ധ്യമമായി പ്രവർത്തിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. റേഡിയോ തരംഗങ്ങളെ തിരികെ വളച്ച് ഭൂമിയിലേക്ക് എത്തിക്കുന്ന പ്രതിഭാസമാണ് പൂർണ്ണ ആന്തരിക പ്രതിഫലനം.

അയണോസ്ഫിയറിലെ പതനകോൺ വലുതാണെങ്കിൽ ഈ ആകാശ തരംഗങ്ങൾ പ്രക്ഷേപിണിയിൽ നിന്നും വളരെ അകലെ ഭൂമിയിൽ പതിക്കുന്നു. ഈ കോൺ കുറയുമ്പോൾ തരംഗം പ്രക്ഷിണിയുടെ അടുത്തേക്ക് കൂടുതൽ കൂടുതൽ സമീപിക്കുന്നു. പതനകോൺ വീണ്ടും കുറയ്ക്കുമ്പോൾ റേഡിയോ കിരണങ്ങൾ അയണോസ്ഫിയറിലോട്ട് തുളച്ചുകയറുന്നു. ഒരു നിശ്ചിത പതനകോണിൽ സ്വീകരണം നടക്കുന്ന പോയിന്റ് (B) പ്രക്ഷേപിണിയുടെ വളരെ കുറഞ്ഞ അകലത്തിൽ എത്തുന്നു. സ്കൈവേവ് പ്രചരണത്തിൽ പ്രക്ഷേപിണിയ്ക്കും സ്വീകരണിയ്ക്കും ഇടയ്ക്കുള്ള ഭൗമോപരിതലത്തിലൂടെയുള്ള ആകാശ തരംഗങ്ങളുടെ ഏറ്റവും ചെറിയ അകലത്തെ സ്കിപ്പ് അകലം എന്നു പറയുന്നു.

ട്രാൻസ്മിറ്ററിൽ നിന്നും അകന്നുപോകുമ്പോൾ ഭൂതല തരംഗങ്ങൾക്ക് അവശോഷണം സംഭവിക്കുന്നു. ഒരു നിശ്ചിത ബിന്ദു (A) ൽ ഭൂതലവേവിനു സ്വീകരണം ഒന്നുംതന്നെ നടക്കുന്നില്ല. **വൈദ്യു തകാന്തിക തരംഗങ്ങളോ ഭൂതല തരംഗങ്ങളോ ആകാശതരംഗങ്ങളോ ഒന്നു തന്നെ ചില മേഖലയിൽ (A യ്ക്കും B യ്ക്കും ഇടയ്ക്ക്) സ്വീകരിക്കപ്പെടുന്നില്ല. ഇതിനെ സ്കിപ്പ്സോൺ അഥവാ സ്കിപ്പ് ഏരിയ എന്നുപറയുന്നു.** (ചിത്രം 10.53(b)).

iii) സ്പേസ് വേവ് പ്രചരണം

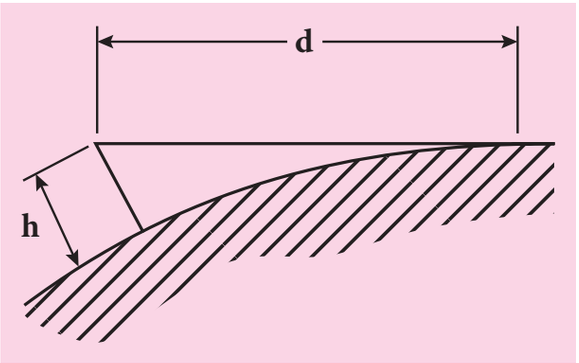
സന്ദേശങ്ങളെ സ്പേസ് വഴി അയയ്ക്കുകയും സ്വീകരിക്കുകയും ചെയ്യുന്ന പ്രക്രിയയെ സ്പേസ് വേവ് കമ്മ്യൂണിക്കേഷൻ എന്നു പറയുന്നു. ചിത്രം 10.53(c) ആവൃത്തി 30 MHz നേക്കാളും ഉയർന്ന ആവൃത്തിയുള്ള തരംഗങ്ങളെ സ്പേസ് തരംഗങ്ങൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഈ തരംഗങ്ങൾ പ്രക്ഷേപിണിയിൽ നിന്നും സ്വീകരണിയിലേക്ക് നേർരേഖയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. അതിനാൽ ഇതിനെ ലൈൻ ഓഫ് സൈറ്റ് കമ്മ്യൂണിക്കേഷനും (LOS) നു ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ടെലിവിഷൻ ടെലികാസ്റ്റ്, സാറ്റലൈറ്റ് കമ്മ്യൂണിക്കേഷൻ, റഡാർ തുടങ്ങിയ വാർത്താവിനിമയ സംവിധാനങ്ങളെല്ലാം സ്പേസ് വേവ് പ്രചരണത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ളതാണ്.

പ്രചരണ പരിധി അഥവാ അകലം (d) ആന്റിനയുടെ ഉയരം (h) നെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. സമവാക്യത്തിൽ എഴുതിയാൽ,

$$d = \sqrt{2Rh} \qquad (10.9)$$

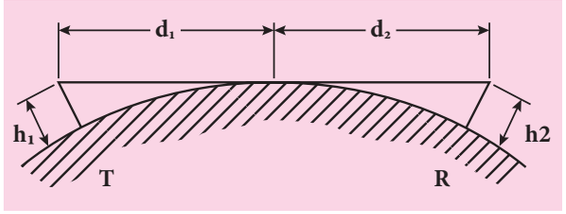
ഇവിടെ R എന്നത് ഭൂമിയുടെ ആരം ആകുന്നു. പ്രചരണം ഉൾക്കൊള്ളുന്ന പരിധിയെ ചിത്രം 10.54-ൽ ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 10.54 പ്രചരണം ഉൾക്കൊള്ളുന്ന അകലം

ഉദാഹരണം 10.12

ഒരു പ്രേക്ഷണ ആന്റിനയുടെ ഉയരം 40 മീറ്ററും സ്വീകരണ ആന്റിനയുടെ ഉയരം 30 മീറ്ററും ആകുന്നു. ലൈൻ ഓഫ് സൈറ്റ് കമ്മ്യൂണിക്കേഷനു വേണ്ട പരമാവധി അകലം, അതായത് പ്രേക്ഷണിയ്ക്കും സ്വീകരിണിയ്ക്കും ഇടയ്ക്കുള്ള അകലംകണക്കാക്കുക? ഭൂമിയുടെ ആരം 6.4×10^6 മീ ആണ്.



ഉത്തരം:

പ്രക്ഷേപണം ആന്റിനയ്ക്കും സ്വീകരണ ആന്റിനയ്ക്കും ഇടയ്ക്കുള്ള മൊത്ത അകലം d എന്നത് ഇൻഡിവിജ്വൽ ഡിസ്റ്റൻസ് ഓഫ് കവറേജ് കളുടെ കൂട്ടുത്തുകയാണ്.

XII_Physics Vol-2 Cha-10 Part-2 Mal.indd 239 28-06-2022 17:13:39

$$
\begin{aligned}
d &= d_1 + d_2 \\
&= \sqrt{2Rh_1} + \sqrt{2Rh_2} \\
&= \sqrt{2R}\left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}\right) \\
&= \sqrt{2\times 6.4\times 10^6}\times\left(\sqrt{40} + \sqrt{30}\right) \\
&= 16\times 10^2\sqrt{5}\times(6.32 + 5.48) \\
&= 42217\,\text{m} = 42.217\,\text{km}
\end{aligned}
$$

10.12 ചില സുപ്രധാന വാർത്താവിനിമയ സംവിധാനങ്ങൾ

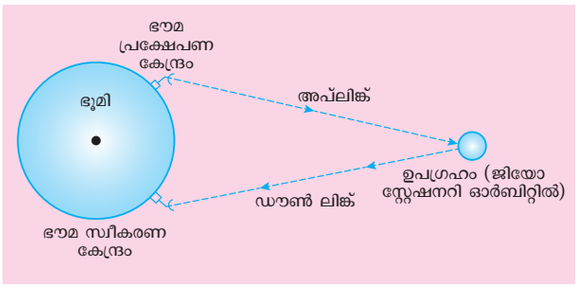
വിവിധ ഉദ്ദേശ്യങ്ങൾക്കുവേണ്ടി ധാരാളം ആശയ വിനിമയ സംവിധാനങ്ങൾ വിപണിയിൽ ലഭ്യമാണ്. ഇവിടെ പ്രധാനപ്പെട്ട ചില ആശയ വിനിമയ സംവിധാനങ്ങൾ പരിചയപ്പെടുത്തുകയും അവയുടെ പ്രയോജനങ്ങളെ സംക്ഷിപ്തമായി ചർച്ചചെയ്യുകയും ചെയ്യുന്നു.

10.12.1 ഉപഗ്രഹങ്ങളും അവ ഉപയോഗിച്ചുള്ള വാർത്താവിനിമയങ്ങളും

ട്രാൻസ്മിറ്ററിനും റിസീവറിനും ഇടയ്ക്കുള്ള സിഗ്നലുകളുടെ സംപ്രേക്ഷണം ഉപഗ്രഹങ്ങൾ വഴി നടത്തുന്ന സമ്പ്രദായമാണ് ഉപഗ്രഹവാർത്താവിനിമയം. ഭൂമിയിൽ നിന്നും ഉപഗ്രഹത്തിലോട്ട് സന്ദേശങ്ങളെ അപ്‌ലിങ്ക് ആവൃത്തിയിൽ (ഫ്രീക്വൻസി ബാൻഡ് 6 GHz) അയയ്ക്കുന്നു. ഇതിനെ ട്രാൻസ്പോൺഡർ ഉപയോഗിച്ച് ആവർധനം ചെയ്യുന്നു. എന്നിട്ട് ഉപഗ്രഹത്തിൽ നിന്നും ഭൂമിയിലേക്ക് ഡൗൺലിങ്ക് ഫ്രീക്വൻസി വഴി പുനപ്രക്ഷേപണം (ഫ്രീക്വൻസി ബാൻഡ് 4 GHz) ചെയ്യുന്നു. (ചിത്രം 10.55).

പ്രയോജനങ്ങൾ

പ്രയോജനങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഉപഗ്രഹങ്ങളെ വിവിധ തരങ്ങളായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 10.55 ഉപഗ്രഹ വാർത്താവിനിമയ സംവിധാനം

i) **കാലാവസ്ഥാ നിരീക്ഷണ ഉപഗ്രഹങ്ങൾ:** ഭൂമിയുടെ കാലാവസ്ഥാ വ്യതിയാനങ്ങളും ഋതുഭേദ വ്യതിയാനങ്ങളെ നിരീക്ഷിക്കുന്നതിനും ഇവ ഉപയോഗിക്കുന്നു. മേഘങ്ങളുടെ സാന്ദ്രത കണക്കാക്കി മഴയുടെ തോത്, അപകടകാരികളായ ഹ്യൂറിക്കാൻസ് പോലുള്ള കൊടുംകാറ്റും, ചുഴലിക്കാറ്റുകൾ തുടങ്ങിയവയെ പ്രവചിക്കാനും കാലാവസ്ഥാ ഉപഗ്രഹങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

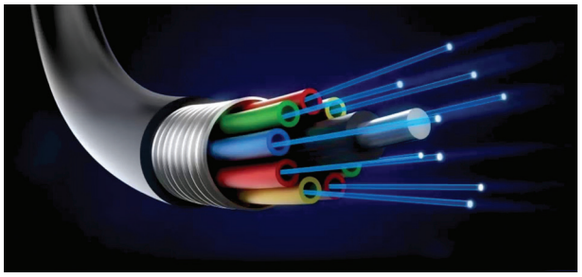
ii) **വാർത്താവിനിമയ ഉപഗ്രഹങ്ങൾ:** ടെലിവിഷൻ, റേഡിയോ, ഇന്റർനെറ്റ് സിഗ്നലുകളെ സംപ്രേക്ഷണം ചെയ്യുന്നതിന് ഇവ ഉപയോഗിക്കുന്നു. വിദൂര ആശയവിനിമയത്തിനായി മൾട്ടിപ്പിൾ സാറ്റലൈറ്റുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

iii) **നേവിഗേഷൻ സാറ്റലൈറ്റുകൾ:** കപ്പലുകൾ, വിമാനങ്ങൾ അല്ലെങ്കിൽ മറ്റേതെങ്കിലും വസ്തുക്കളുടെ ഭൂമിശാസ്ത്രപരമായ സ്ഥാനം നിർണ്ണയിക്കാൻ ഇവ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

10.12.2 ഫൈബർ ഒപ്റ്റിക് ആശയവിനിമയം

സന്ദേശങ്ങളെ പ്രകാശ പൾസിന്റെ രൂപത്തിൽ ഒപ്റ്റിക്കൽ ഫൈബറിൽ കൂടി ഒരു സ്ഥലത്തു നിന്നും മറ്റൊരു സ്ഥലത്തേക്ക് പ്രക്ഷേപണം ചെയ്യുന്നതിനെ ഫൈബർ ഒപ്റ്റിക് കമ്മ്യൂണിക്കേഷൻ എന്നു പറയുന്നു. പൂർണ്ണ ആന്തരിക പ്രതിഫലന തത്വം ഉപയോഗിച്ച് ഇത് പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

XII_Physics Vol-2 Cha-10 Part-2 Mal.indd 240 28-06-2022 17:13:42



ചിത്രം 10.56 ഒപ്റ്റിക് ഫൈബറുകൾ

പ്രയോജനങ്ങൾ

ഒപ്റ്റിക്കൽ ഫൈബർ സംവിധാനത്തിന് നിരവധിപ്രയോജനങ്ങൾഉണ്ട്. അന്താരാഷ്ട്രവാർത്താവിനിമയം, ടാറ്റ ലിങ്കുകൾ, പ്ലാന്റ്, ട്രാഫിക് കൺട്രോൾ, പ്രതിരോധ മേഖലകൾ എന്നിവിടെല്ലാം ഇത് ഉപയോഗിക്കുന്നു.

മേന്മകൾ

i) കോപ്പർ കേബിളുകളെ അപേക്ഷിച്ച് ഫൈബർ കേബിളുകൾ വളരെ നേർത്തതും ഭാരം കുറഞ്ഞതും ആണ്.

ii) ഈ സംവിധാനത്തിന് ബൃഹത്തായ ബാൻഡ് വിഡ്ത്താണ്. അതായത് സന്ദേശങ്ങളെ വഹിക്കാനുള്ള കഴിവ് വളരെ കൂടുതലാണ്.

iii) ഇലക്ട്രിക്കൽ ഇന്റർഫെറൻസിനെ ചെറുത്തുനിൽക്കാൻ ഫൈബർ ഒപ്റ്റിക് സംവിധാനത്തിനു കഴിയുന്നു.

iv) കോപ്പർ കേബിളുകളേക്കാളും വില കുറഞ്ഞവയാണ് ഫൈബർ കേബിളുകൾ.

പോരായ്മകൾ

i) കോപ്പർ കേബിളുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ ഫൈബർ കേബിളുകൾ വളരെ ദുർബലമാണ്.

ii) വിലപിടിപ്പുള്ള സാങ്കേതിക വിദ്യകളാണ് ഇതിൽ ഉള്ളത്.

10.12.3 റഡാറും അതിന്റെ പ്രയോജനങ്ങളും

അടിസ്ഥാനപരമായി റഡാറിനെ റേഡിയോ ഡിറ്റെക്ഷൻ ആൻഡ് റേഞ്ചിംഗ് സിസ്റ്റം എന്നു സൂചിപ്പിക്കുന്നു. വാർത്താവിനിമയ രംഗത്ത് ഇത് സുപ്രധാനപങ്ക് വഹിക്കുന്നു. വിദൂരത്തിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന വിമാനം, കപ്പലുകൾ, സ്പേസ്ക്രാഫ്റ്റ് തുടങ്ങിയ വസ്തുക്കളെ മനസ്സിലാക്കാനും തിരിച്ചറിയാനും സ്ഥാനം വ്യക്തമായി കണ്ടുപിടിക്കാനും ഇത് ഉപയോഗിക്കുന്നു. അദൃശ്യമായ വസ്തുക്കളുടെ കോൺ, റേഞ്ച് അഥവാ പ്രവേഗം കണ്ടുപിടിക്കാൻ ഇത് ഉപയോഗിക്കുന്നു. വാർത്താവിനിമയത്തിന് റഡാറിൽ വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങളാണ് ഉപയോഗിക്കുന്നത്. വൈദ്യുതകാന്തിക സിഗ്നലുകളെ ആദ്യം ആന്റിനയുടെ സഹായത്തോടെ അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ എല്ലാ ദിശകളിലേക്കും വികിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ഈ സിഗ്നൽ ടാർജറ്റ് വസ്തുവിൽ പതിക്കുമ്പോൾ പല ഭാഗത്തിലേക്ക് പ്രതിഫലിക്കുകയോ അല്ലെങ്കിൽ പുനവിസരണം നടത്തുകയോ ചെയ്യുന്നു. ഈ പ്രതിഫലിച്ച സിഗ്നലിനെ റഡാർ ആന്റിന സ്വീകരിച്ച് തിരിച്ച് സ്വീകരണിയിലേക്ക് വിട്ടുകൊടുക്കുന്നു. അതിനുശേഷം വസ്തുക്കളുടെ ഭൗതിക ഘടന കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിന് അവയെ പരിണാമപ്പെടുത്തുകയും ആവർധനം ചെയ്യുകയും ചെയ്യുന്നു. സിഗ്നലുകൾ റഡാറിൽ നിന്ന് ടാർജറ്റിലോട്ടും തിരിച്ചും സഞ്ചരിക്കാനെടുക്കുന്ന സമയം കണക്കാക്കി റേഞ്ച് കണ്ടുപിടിക്കാൻ സാധിക്കുന്നു.

പ്രയോജനങ്ങൾ

ധാരാളം മേഖലകളിൽ വിപുലമായ പ്രയോജനങ്ങൾ ആണ് റഡാറിനുള്ളത്.

i) മിലിട്ടറിയിൽടാർജെറ്റുകളെകണ്ടെത്താനും നിരീക്ഷിക്കുവാനും റഡാർ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ii) നാവിക സംവിധാനങ്ങളിൽ സമുദ്രായന തിരയൽ, അന്തരീക്ഷ തിരയൽ, മിസൈൽ മാർഗ്ഗനിർദ്ദേശ സംവിധാനം എന്നിവിടങ്ങളിൽ റഡാർ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

iii) മഴയുടെനിരക്ക്,കാറ്റിന്റെവേഗതതുടങ്ങിയ കാലാവസ്ഥാ നിരീക്ഷണ പ്രസ്താവനകൾക്ക് റഡാർ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

iv) അടിയന്തിര സാഹചര്യങ്ങൾ കണ്ടെത്താനും രക്ഷാപ്രവർത്തനങ്ങൾ നടത്താനും റഡാർ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

10.12.4 മൊബൈൽ ആശയവിനിമയം

വയറുകളോ കേബിളുകളോ ഉപയോഗിച്ച് ശാരീരികബന്ധം ഒഴിവാക്കി രണ്ട് വ്യത്യസ്ത പ്രദേശങ്ങളിലിരുന്ന് ആശയവിനിമയം നടത്തുന്നതാണ് മൊബൈൽ ആശയവിനിമയം. ഫിസിക്കൽ ലിങ്ക് ഉപയോഗിക്കാതെ വിശാലമായ പ്രദേശത്ത് പ്രക്ഷേപണം ചെയ്യാൻ ഇത് അനുവദിക്കുന്നു. ഓഫീസ്, വീട് തുടങ്ങിയ ഒരു പ്രത്യേക സ്ഥലം പരിഗണിക്കാതെ പരസ്പരം ആശയവിനിമയം നടത്താൻ ഇത് ആളുകളെ പ്രാപ്തമാക്കുന്നു.

XII_Physics Vol-2 Cha-10 Part-2 Mal.indd 241 28-06-2022 17:13:43

ചിത്രം 10.57 മൊബൈൽ കമ്മ്യൂണിക്കേഷൻ

ഇത് റോമിംഗിന്റെ സൗകര്യം നൽകുന്നു. അതായത് ആശയവിനിമയത്തിൽ വിട്ടുവീഴ്ച ചെയ്യേണ്ട ആവശ്യമില്ലാതെ ഉപയോക്താവിന് ഒരിടത്തുനിന്നും മറ്റൊരിടത്തേക്ക് സഞ്ചരിക്കാം. ഇത് പരിപാലിക്കാനും ആശയവിനിമയ ശൃംഖല ഇൻസ്റ്റാളു ചെയ്യുന്നതിനുള്ള ചെലവും കുറവാണ്.

പ്രയോജനങ്ങൾ

i) ഇത് വ്യക്തിഗത ആശയ വിനിമയത്തിനായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. കൂടാതെ സെല്ലുലാർ ഫോണുകൾ ഉയർന്ന വേഗതയിൽ വോയ്സ്, ഡാറ്റ തുടങ്ങിയ കണക്റ്റിവിറ്റി വാഗ്ദാനം ചെയ്യുന്നു.

ii) ലോകമെമ്പാടുമുള്ള വാർത്തകൾ നിമിഷങ്ങൾക്കുള്ളിൽ പ്രക്ഷേപണം ചെയ്യുന്നു.

iii) ഇന്റർനെറ്റ് ഓഫ് തിംഗ്സ് (IoT) ഉപയോഗിച്ച്, ഒരൊറ്റ ഉപകരണത്തിൽ നിന്ന് വിവിധ ഉപകരണങ്ങൾ നിയന്ത്രിക്കുന്നതിന് സാധിക്കുന്നു. ഉദാഹരണം: മൊബൈൽ ഫോൺ ഉപയോഗിച്ചുള്ള ഹോം ഓട്ടോമേഷൻ.

iv) ഇത് വിദ്യാഭ്യാസമേഖലയിലെ സ്മാർട്ട് ക്ലാസ് മുറികൾ, പഠന കുറിപ്പുകളുടെ ഓൺലൈൻ ലഭ്യത, വിദ്യാർത്ഥികളുടെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ നിരീക്ഷിക്കൽ തുടങ്ങിയവ പ്രാപ്തമാക്കുന്നു.

10.12.5 ഇന്റർനെറ്റ്

വാർത്താവിനിമയ സംവിധാനത്തിൽ ബഹുമുഖ ഉപകരണങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് അതിവേഗം വളരുന്ന ഒരു സാങ്കേതിക വിദ്യയാണ് ഇൻർനെറ്റ്. ആളുകളുമായി ഇടപഴകുന്നതിനും ബന്ധപ്പെടുന്നതിനുമുള്ള പുതിയ വഴികളും മാർഗ്ഗങ്ങളും ഇത് നൽകുന്നു. ദശലക്ഷക്കണക്കിന് ആളുകളെ കമ്പ്യൂട്ടറുകളിലൂടെ ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന ആഗോളതലത്തിൽ അംഗീകരിക്കപ്പെട്ട ഏറ്റവും വലിയ കമ്പ്യൂട്ടർ നെറ്റ് വർക്കാണ് ഇന്റർനെറ്റ്. ജീവിതത്തിന്റെ എല്ലാ മേഖലകളിലും വിപുലമായ പ്രയോജനങ്ങൾ ഇത് പ്രദാനം ചെയ്യുന്നു.

പ്രയോജനങ്ങൾ:

i) **സെർച്ച് എഞ്ചിൻ:** അടിസ്ഥാനപരമായി വേൾഡ് വൈഡ് വെബിൽ വിവരങ്ങൾക്കായി തിരയുന്ന ഒരു വെബ് അധിഷ്ഠിത സേവന ഉപകരണമാണ് സെർച്ച് എഞ്ചിൻ.

ii) **ആശയവിനിമയം:** സോഷ്യൽ നെറ്റ്വർക്കിംഗുമായി ബന്ധപ്പെടാൻ ദശലക്ഷക്കണക്കിന് ആളുകളെ ഇത് സഹായിക്കുന്നു. ഇമെയിലുകൾ, തൽക്ഷണ സന്ദേശമയയ്ക്കുന്ന സേവനങ്ങൾ, സോഷ്യൽ നെറ്റ്വർക്കിംഗ് ഉപകരണങ്ങൾ എന്നിവ ഇതിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു.

iii) **ഇ-കൊമേഴ്സ്:** ചരക്കുകളുടേയും സേവനങ്ങളുടേയുംവാങ്ങലുംവിൽപ്പനയും,ഫണ്ട്സേവനങ്ങളുടെ കൈമാറ്റവും സോഷ്യൽ നെറ്റ്വർക്കിംഗ് ഉപകരണങ്ങളിലൂടെ നടത്തിവരുന്നു.

- ഖര പദാർത്ഥങ്ങളെ എനർജി ബാൻഡിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ലോഹങ്ങൾ, വിദ്യുത്രോധികൾ അർദ്ധചാലകങ്ങൾ എന്നിങ്ങനെ വർഗ്ഗീകരിച്ചിരിക്കുന്നു
- N-ടൈപ്പ് അർദ്ധചാലകത്തിൽ ഭൂരിപക്ഷ ചാർജ് വാഹകർ ഇലക്ട്രോണുകളും ന്യൂന

XII_Physics Vol-2 Cha-10 Part-2 Mal.indd 242 28-06-2022 17:13:43

കർ ഹോളുകളും ആകുന്നു.

- P-ടൈപ്പ് അർദ്ധചാലകത്തിൽ ഭൂരിപക്ഷ ചാർജ് വാഹകർ ഹോളുകളും ന്യൂനപക്ഷ ചാർജ് വാഹകർ ഇലക്ട്രോണുകളും ആകുന്നു.
- ജംഗ്ഷനു സമീപം നേർത്തതും ചാർജ് വാഹകർ (സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളും, ഹോളുകളും) ഇല്ലാത്തതുമായ മേഖലയെ ഡിപ്ലീഷൻ മേഖല എന്നു പറയുന്നു.
- PN ജംഗ്ക്ഷൻ ഡയോഡിനെ ഫോർവേഡ് ബയസ് ചെയ്യുമ്പോൾ ഡിപ്ലിഷൻ മേഖലയുടെ വിസ്തൃതി കുറയുകയും ഡയോഡ് കണ്ടക്റ്റ് ചെയ്യുകയും ചെയ്യുന്നു.
- റിവേഴ്സ് ബയസ്സ് അവസ്ഥയിലുള്ള PNജംഗ്ക്ഷൻ ഡയോഡ്, കണ്ടക്റ്റ് ചെയ്യാത്തതിനാൽ തുറന്ന സ്വിച്ചായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഇവിടെ ഡിപ്ലീഷൻ മേഖലയുടെ വിസ്തൃതി വളരെ കൂടുതലാണ്.
- ഫോർവേഡ് ബയസ്സ് ചെയ്യപ്പെട്ട PN ജംഗ്ക്ഷൻ ഡയോഡ് റെക്റ്റിഫയറായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. പ്രത്യാവർത്തിധാര വോൾട്ടേജ് അഥവാ കറന്റിനെ നേർരേഖാ വോൾട്ടേജ് അഥവാ കറന്റ് ആക്കി മാറ്റുന്ന പ്രക്രിയയെ റെക്റ്റിഫിക്കേഷൻ എന്നു പറയുന്നു.
- ഹാഫ് വേവ് റെക്റ്റിഫയർ, ഇൻപുട്ട് സിഗ്നലിന്റെ ഒരു ഹാഫിനെ റെക്റ്റിഫൈ ചെയ്ത് പൾസ് രൂപത്തിലുള്ള DC ഔട്ട്പുട്ട് തരുന്നു.
- ഇൻപുട്ട് സിഗ്നലിന്റെ രണ്ട് പകുതികളേയും ഫുൾ വേവ് റെക്റ്റിഫയർ റെക്റ്റിഫൈ ചെയ്യുന്നു.
- സാന്ദ്രമായി ഡോപ്പ് ചെയ്യപ്പെട്ട PN ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡിൽ ശക്തിയായ വൈദ്യുതമണ്ഡലം പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ അവിടെ സെനർ ബ്രേക്ക്ഡൗൺ നടക്കുന്നു.
- ഡിപ്ലിഷൻ മേഖല ബൃഹത്തായതും ലഘുവായി ഡോപ്പ് ചെയ്യപ്പെട്ടതുമായ ജംഗ്ഷനുകളിൽ അവലാഞ്ചി ബ്രേക്ക് ഡൗൺ നടക്കുന്നു. താപീയമായി ജനറേറ്റ് ചെയ്ത ന്യൂനപക്ഷ വാഹകരാൽ കോവാലന്റ് ബന്ധനം തകർക്കപ്പെടുന്നതാണ് ഇതിനുകാരണം.
- റിവേഴ്സ് ബയസ്ഡ് അവസ്ഥയിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന സാന്ദ്രമായി ഡോപ്പ് ചെയ്യപ്പെട്ട PN ജംഗ്ക്ഷൻ ഡയോഡാണ് സെനർ ഡയോഡ്.
- പ്രകാശോൽസർജിത ഡയോഡ് എന്നത് ഫോർവേഡ് ബയസ്ഡ് സെമികണ്ടക്റ്റർ ഉപകരണമാണ്. ഇതിനെ ഊർജ്ജസ്വലമാക്കുമ്പോൾ ഇതിൽ നിന്നും ദൃശ്യമോ അദൃശ്യമോ ആയ പ്രകാശം ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്നു. അതത് മേഖലകളിലെ ന്യൂനപക്ഷ ഭൂരിപക്ഷ ചാർജ് വാഹകരുടെ പുന സംയോജനം ഫോട്ടോൺ രൂപത്തിലുള്ള ഊർജ്ജമായി പുറത്തുവരുന്നു.
- ഒപ്റ്റിക്കൽ സിഗ്നലിനെ ഇലക്ട്രിക് സിഗ്നലാക്കുന്ന PN ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡിനെ ഫോട്ടോ ഡയോഡ് എന്നു വിളിക്കുന്നു.
- മതിയായ ഊർജ്ജമുള്ള ഫോട്ടോണുകൾ ഡയോഡിൽ പതിക്കുമ്പോൾ ഇലക്ട്രോൺ-ഹോൾ ജോഡികൾ ഉണ്ടാകുന്നു. ഇലക്ട്രോൺ-ഹോളിന്റെ പുനസംയോജനം നടക്കുന്നതിന് മുമ്പ് റിവേഴ്സ് വോൾട്ടേജിനാൽ സംജാതമാകുന്ന ഇലക്ട്രിക് ഫീൽഡിനാൽ ഈ ചാർജ് വാഹകർ(ഇലക്ട്രോണും ഹോളും) p-n ജംഗ്ക്ഷനുടനീളം ഒഴുകി നടക്കുന്നു. ഇത് ഫോട്ടോ കറന്റ് ജനറേറ്റ് ചെയ്യാൻ കാരണമാകുന്നു.
- ഫോട്ടോ വോൾട്ടായിക് പ്രഭാവത്തെ ആധാരമാക്കി പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഒന്നാണ് സൗരോർജ്ജ സെൽ. ഇതിനെ ഫോട്ടോ വോൾട്ടായിക് സെൽ എന്നും വിളിക്കുന്നു. ഇതുപ്രകാരം സോളാർ സെല്ലിലെ p-n ജംഗ്ഷനിൽ സൂര്യ വികിരണങ്ങൾ പതിക്കുമ്പോൾ ഇത് emf നെ ജനറേറ്റ് ചെയ്യുന്നു.
- ബൈ പോളാർ ജംഗ്ഷൻ ട്രാൻസിസ്റ്റർ (BJT) എന്നത് ഒരു അർദ്ധചാലക ഉപകരണം ആണ്. NPN, PNP എന്ന രണ്ടു തരത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു.
- BJT യെ മൂന്ന് വ്യത്യസ്ത കോൺഫിഗറേഷനുകളിൽ പ്രവർത്തിപ്പിക്കാം. ഇവ കോമൺ ബേസ്, കോമൺ എമിറ്റർ, കോമൺ കളക്റ്റർ എന്നിവയാണ്.

XII_Physics Vol-2 Cha-10 Part-2 Mal.indd 243 28-06-2022 17:13:43

- കളക്റ്റർ കറന്റിനും എമിറ്റർ കറന്റിനും ഉള്ള CB മോഡിലെ അനുപാദമാണ് ഫോർവേഡ് കറന്റ് ഗെയിൻ α എന്നത്.
- കോമൺ എമിറ്റർ കോൺഫിഗറേഷനിൽ കളക്റ്റർ കറന്റിനും എമിറ്റർ കറന്റിനും ഉള്ള അനുപാദമാണ് ഫോർവേഡ് കറന്റ് ഗെയിൻ β.
- CE മോഡിലെ BJT യെ ആംപ്ലിഫയർ ആയി ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഇൻപുട്ടിനും ആവർധനം ചെയ്ത ഔട്ട്പുട്ടിനും ഇടയ്ക്കുള്ള ഫേസ് വ്യതിയാനം 180^0 ആണ്.
- പോസിറ്റീവ് ഫീഡ് ബാക്ക് നൽകപ്പെട്ട ടാങ്ക് സർക്യൂട്ട് ബന്ധിപ്പിച്ച ട്രാൻസിസ്റ്റർ ആംപ്ലിഫയർ ഒരു ഓസിലേറ്ററായി വർത്തിക്കുന്നു.
- ഇൻപുട്ടുകളുടെ കോമ്പിനേഷനുകളിൽ ഔട്ട്പുട്ട് തരുന്ന ലോജിക് സർക്യൂട്ടുകളെ ലോജിക് ഗേറ്റുകൾ എന്നുപറയുന്നു.
- ഡി-മോർഗന്റെ ഫസ്റ്റ് സിദ്ധാന്തം അനുസരിച്ച് രണ്ട് ഇൻപുട്ടുകളുടെ സങ്കലനത്തിന്റെ കോംപ്ലിമെന്റ് എന്നത് കോംപ്ലിമെന്റുകളുടെ ഗുണനത്തിനു സമമാണ്.
- ഡി-മോർഗന്റെ രണ്ടാമത്തെ സിദ്ധാന്തം അനുസരിച്ച് രണ്ട് ഇൻപുട്ടുകളുടെ ഗുണനത്തിന്റെ കോംപ്ലിമെന്റ് എന്നത് കോംപ്ലിമെന്റുകളുടെ സങ്കലനത്തിനു സമമാണ്.
- വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ചുള്ള ദീർഘദൂര വാർത്താവിനിമയത്തിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന ട്രാൻസ്മിറ്ററിലേയും റിസീവറിലേയും അടിസ്ഥാന ഘടകങ്ങൾ ട്രാൻസ്ഡ്യൂസർ, ആംപ്ലിഫയർ, വാഹക സിഗ്നൽ, മോഡുലേറ്റർ, പവർ ആംപ്ലിഫയർ, പ്രേക്ഷണ മാദ്ധ്യമം, പ്രേക്ഷണ, സ്വീകരണ ആന്റിനകൾ, ഡിമോഡുലേറ്റർ, ഡിറ്റെക്റ്റർ എന്നിവയാണ്.
- ദീർഘദൂര വാർത്താവിനിമയത്തിന് ബേസ് ബാൻഡ് സിഗ്നലിനെ വാഹക തരംഗവുമായി മോഡുലേറ്റ് ചെയ്യുന്നു. പ
- വാഹക സിഗ്നലിന്റെ ആംപ്ലിറ്റ്യൂഡിനെ ബേസ് ബാൻഡ് സിഗ്നലിന്റെ ഇൻസ്റ്റന്റേനിയസ് ആപ്ലിറ്റ്യൂഡിനോട് മോഡിഫൈ ചെയ്യുന്ന പ്രക്രിയയാണ് ആംപ്ലിറ്റ്യൂഡ് മോഡുലേഷൻ.
- വാഹക സിഗ്നലിന്റെ ആവൃത്തിയെ ബേസ് ബാൻഡ് സിഗ്നലിന്റെ ഇൻസ്റ്റന്റേനിയസ് ആവൃത്തിയോട് മോഡിഫൈ ചെയ്യുന്ന പ്രക്രിയയാണ് ഫ്രീക്വൻസി മോഡുലേഷൻ.
- ആയതിയേയും ആവൃത്തിയേയും സ്ഥിരമായി വച്ചുകൊണ്ട് ബേസ് ബാൻഡിന്റെ ഇൻസ്റ്റന്റ് റേനിയസ് ആംപ്ലിറ്റ്യൂഡിനെ വാഹക സിഗ്നലിന്റെ ഫേസിനു തക്കവണ്ണം മോഡിഫൈ ചെയ്യുന്നതാണ് ഫേസ് മോഡുലേഷൻ
- പ്രേക്ഷണിയിൽ നിന്നും പ്രക്ഷേപണം ചെയ്യുന്ന EM തരംഗങ്ങൾ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ കൂടി മന്ദമായി ഒഴുകി റിസീവറിൽ എത്തിച്ചേരുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള EM തരംഗങ്ങളുടെ പ്രചാരണത്തെ ഗ്രൗഡ് വേവ് പ്രൊപ്പഗേഷൻ എന്നുപറയുന്നു.
- ആന്റിനയിൽ നിന്നും വിസരിക്കുന്ന ഇലക്ട്രോ മാഗ്നറ്റിക് തരംഗങ്ങൾ മുകളിലേക്ക് ഉയർന്ന് അയണോസ്ഫിയറിൽ തട്ടി വലിയ കോണിൽ പ്രതിഫലിച്ച് തിരിച്ച് ഭൂമിയിൽ എത്തിച്ചേരുന്ന പ്രചരണ മോഡിനെ ആകാശതരംഗ പ്രൊപ്പഗേഷൻ എന്നു പറയുന്നു.
- ബാഹ്യാകാശത്തിലൂടെ സന്ദേശങ്ങളെ അയയ്ക്കുകയും സ്വീകരിക്കുകയും ചെയ്യുന്ന പ്രക്രിയയാണ് സ്പേസ് വേവ് കമ്മ്യൂണിക്കേഷൻ.
- ഉപഗ്രഹത്തിന്റെ സഹായത്തോടെ സിഗ്നലുകളെ ട്രാൻസ്മിറ്ററിൽ നിന്നും റിസീവറിൽ എത്തിക്കുന്ന തരം വാർത്താവിനിമയം ആണ് സാറ്റലൈറ്റ് കമ്മ്യൂണിക്കേഷൻ.
- സന്ദേശങ്ങളെ പ്രകാശ സ്പന്ദനങ്ങളാക്കി ഒപ്റ്റിക്കൽ ഫൈബറിലൂടെ പ്രക്ഷേപണം ചെയ്യുന്ന തരം കമ്മ്യൂണിക്കേഷൻ ആണ് ഫൈബർ-ഒപ്റ്റിക് കമ്മ്യൂണിക്കേഷൻ.
- റേഡിയോ ഡിറ്റെക്ഷൻ ആൻഡ് റേഞ്ചിംഗ് എന്നതാണ് റഡാർ അർത്ഥമാക്കുന്നത്. റിമോട്ട് സെൻസിംഗിനു ഉപയോഗിക്കുന്ന കമ്മ്യൂണിക്കേഷൻ സിസ്റ്റത്തിന്റെ പ്രധാന ആപ്ലിക്കേഷനാണിത്.
- വയറുകളോ കേബിളുകളോ പോലുള്ള ഭൗതിക കണക്ഷനുകൾ ഉപയോഗിക്കാതെ വ്യത്യസ്ത സ്ഥലങ്ങളിൽ മറ്റുള്ളവരുമായി ആശയവിനിമയം നടത്താൻ മൊബൈൽ കമ്മ്യൂണിക്കേഷൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

XII_Physics Vol-2 Cha-10 Part-2 Mal.indd 244 28-06-2022 17:13:43

XII_Physics Vol-2 Cha-10 Part-2 Mal.indd 245 28-06-2022 17:13:43

മൂല്യനിർണ്ണയം

I. ശരിയായ ഉത്തരം തെരഞ്ഞെടുത്ത് എഴുതുക

1. ഒരു സിലിക്കൺ ഡയോഡിന്റെ ബാരിയർ പൊട്ടൻഷ്യൽ ഏകദേശം,

a) 0.7 V b) 0.3V

c) 2.0 V d) 2.2V

2. ജെർ മേനിയം ക്രിസ്റ്റലിൽ വളരെ കുറച്ച് ആന്റിമണി (Sb) യെ ചേർക്കുമ്പോൾ (AIPMT 2011)

a) അത് ഒരു p- തരം അർദ്ധചാലകമാകുന്നു

b) ആന്റിമണി ഒരു അക്സെപ്റ്റർ ആറ്റമായി മാറുന്നു

c) അർദ്ധചാലകത്തിൽ ഹോളുകളേക്കാൾ ധാരാളം സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾ കാണുന്നു

d) പ്രതിരോധം വർദ്ധിക്കുന്നു.

3. ബയസ് ചെയ്യാത്ത *p-n* ജംഗ്ഷനിൽ, *p*-മേഖലയിലെ ഭൂരിപക്ഷ ചാർജ് കാരിയറുകൾ (അതായത് ഹോളുകൾ) *n*-മേഖലയിലേക്ക് വ്യാപിക്കുന്നതിന്റെ കാരണം

a) *p-n* ജംഗ്ഷനിലുടനീളമുള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യതിയാനം

b) *n*-മേഖലയേക്കാൾ *p*-മേഖലയിലെ ഉയർന്ന ഹോൾ സാന്ദ്രത

c) *n*- മേഖലയിലെ സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ആകർഷണം

d) *p*-മേഖലയേക്കാൾ *n*-മേഖലയിലെ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഉയർന്ന സാന്ദ്രത

4. ഒരു പോസിറ്റീവ് അർദ്ധ-വേവ് റക്റ്റിഫൈഡ് വോൾട്ടേജ് ഒരു ലോഡ് റെസിസ്റ്ററിലേക്ക് നൽകുന്നുവെങ്കിൽ, ഒരു സൈക്കിളിന്റെ ഏത് ഭാഗത്തേക്കാണ് ലോഡിലൂടെ നിലവിലുള്ള കറണ്ടിന്റെ ഒഴുക്ക് ഉണ്ടാകുക?

a) 0^0–90^0 b) 90^0–180^0

c) 0^0–180^0 d) 0^0–360^0

5. സെനർ ഡയോഡ് എന്തായിട്ടാണ് മുഖ്യമായും ഉപയോഗിക്കുന്നത്

a) റെക്റ്റിഫയർ b) ആംപ്ലിഫയർ

c) ഓസിലേറ്റർ d) വോൾട്ടേജ് റെഗുലേറ്റർ

6. ഒരു സോളാർ സെൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നതിനു പിന്നിലെ തത്വം

a) വ്യാപനം

b) പുനഃസംയോജനം

c) ഫോട്ടോവോൾട്ടയിക്ക് പ്രവർത്തനം

d) കാരിയർ ഫ്ളോ

7. ഒരു എൽഇഡിയിൽ നിന്നും പ്രകാശം പുറപ്പെടുവിക്കുന്നതിനു കാരണം?

a) ചാർജ്ജ് കാരിയറുകളുടെ പുനഃസംയോജനം കൊണ്ട്

b) ലെൻസ് പ്രവർത്തനം മൂലം പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രതിഫലനം

c) ജംഗ്ഷനിൽ വീഴുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ വർദ്ധനവ്

d) വലിയ നിലവിലെ കറന്റിന്റെ ശേഷി.

8. *p-n* ജംഗ്ഷന്റെ തടസ്സ സാധ്യത എന്തിനെയൊക്കെ ആശ്രയിച്ചാണ് i) അർദ്ധചാലക വസ്തുക്കളുടെ തരം ii) ഡോപ്പിംഗിന്റെ അളവ് iii) താപനിലയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇനി പ്പറയുന്നവയിൽ ഏതാണ് ശരി? (NEET)

a) (i) കൂടാതെ (ii)

b) (ii) മാത്രം

c) (ii) കൂടാതെ (iii) മാത്രം

d) (i) , (ii) ,(iii)

9. ഒരു ഓസിലേറ്ററിൽ സ്ഥിരമായ ആന്ദോളനം ലഭിക്കുന്നതിന്,

a) ഫീഡ്ബാക്ക് പോസിറ്റീവ് ആയിരിക്കണം

b) ഫീഡ്ബാക്ക് ഘടകം ഒന്നായിരിക്കണം

c) ഫേസ് ഷിഫ്റ്റ് 0 അല്ലെങ്കിൽ 2π ആയിരിക്കണം

d) മുകളിൽ പറഞ്ഞവയെല്ലാം

10. NOT ഗേറ്റിലേക്കുള്ള ഇൻപുട്ട് A = 1011, ആണെങ്കിൽ അതിന്റെ ഔട്ട്പുട്ട്

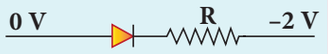
a) 0100 b) 1000

c) 1100 d) 0011

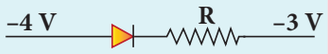
11. താഴെ പറയുന്നതിൽ ഏതാണ് ഫോർവേഡ് ബയസ് ഡയോഡിനെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നത് ? (NEET)

XII_Physics Vol-2 Cha-10 Part-2 Mal.indd 246 28-06-2022 17:13:43

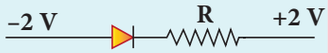
a.



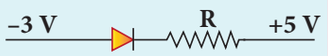
b.



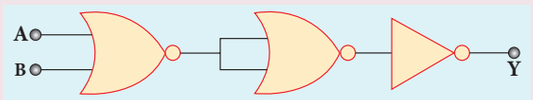
c.



d.



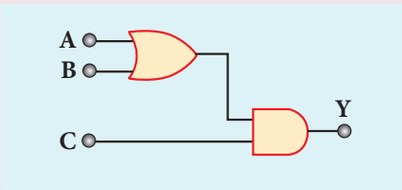
12. നൽകിയിരിക്കുന്ന വൈദ്യുത ശൃംഖല എന്തിന് തുല്യമാണ് (NEET)



a) AND ഗേറ്റ് b) OR ഗേറ്റ്

c) NOR ഗേറ്റ് d) NOT ഗേറ്റ്

13. ഇൻപുട്ട് ABC എന്താകുമ്പോൾ ആണ് ഈ സർക്യൂട്ടിന്റെ ഔട്ട്പുട്ട് 1 ആകുന്നത് (NEET)



a) 101 b) 100

c) 110 d) 010

14. മോഡുലേറ്റിംഗ് സിഗ്നലിന്റെ വ്യാപ്തിയുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് കാരിയർ തരംഗത്തിന്റെ ആവൃത്തിയുടെ വ്യതിയാനത്തെ വിളിക്കുന്നത്

a) ആംപ്ലിറ്റ്യൂഡ് മോഡുലേഷൻ

b) ഫ്രീക്വൻസി മോഡുലേഷൻ

c) ഫേസ് മോഡുലേഷൻ

d) പൾസ് വിഡ്ത്ത് മോഡുലേഷൻ

15. 3 MHz മുതൽ ആവൃത്തി പരിധി 30 MHz ഉപയോഗിക്കുന്നത്

a) ഗ്രൗണ്ട് വേവ് പ്രചരണം

b) ബഹിരാകാശ തരംഗ പ്രചരണം

c) സ്കൈ വേവ് പ്രചരണം

d) ഉപഗ്രഹ ആശയവിനിമയം

ഉത്തരങ്ങൾ

1. a	2. c	3. d	4. c	5. d
6. c	7. a	8. d	9. d	10. a
11. a	12. c	13. a	14. b	15. c

II. ഹ്രസ്വ ഉത്തരം ചോദ്യങ്ങൾ

1. നിരോധിത ഊർജ്ജ വിടവ് നിർവചിക്കുക.

2. അർദ്ധചാലകത്തിന് ടെംപറേച്ചർ കോയഫിഷ്യന്റ് ഓഫ് റസിസ്റ്റൻസ് നെഗറ്റീവ് ആയിരിക്കുന്നത് എന്തുകൊണ്ട്?

3. ഡോപ്പിംഗ് എന്നതിലൂടെ നിങ്ങൾ എന്താണ് അർത്ഥമാക്കുന്നത്?

4. ഇൻട്രിൻസിക്, എക്സിൻട്രിക് അർദ്ധചാലകങ്ങൾ തമ്മിൽ വേർതിരിക്കുക.

5. ഒരു ഡയോഡിനെ ഏകദിശയിലുള്ള ഉപകരണം എന്ന് വിളിക്കുന്നു. വിശദീകരിക്കുക.

6. ഒരു ഡയോഡിൽ ചോർച്ച കറന്റ് എന്നതിലൂടെ നിങ്ങൾ എന്താണ് അർത്ഥമാക്കുന്നത്?

7. ഒരു പൂർണ്ണ തരംഗ റക്റ്റിഫയറിന്റെ ഇൻപുട്ട്, ഔട്ട്പുട്ട് തരംഗങ്ങൾ വരയ്ക്കുക.

8. അവലാഞ്ചി ബ്രേക്ക് ഡൗൺ, സെനർ ബ്രേക്ക് ഡൗൺ തമ്മിൽ വേർതിരിവുകൾ വ്യക്തമാക്കുക.

9. സ്ഥിരമായ ആന്ദോളനങ്ങൾക്ക് ബാർഖൗസെൻ വ്യവസ്ഥകൾ നൽകുക.

10. ഒരു എൻപിഎൻ ട്രാൻസിസ്റ്ററിലെ വിദ്യുത് ധാരാപ്രവാഹം വിശദീകരിക്കുക

11. എന്താണ് ലോജിക് ഗേറ്റുകൾ?

12. ഒരു ട്രാൻസിസ്റ്റർ ഓസിലേറ്ററിൽ ഒരു ഫീഡ് ബാക്ക് സർക്യൂട്ടിന്റെ ആവശ്യകത വിശദീകരിക്കുക.

13. p-n ജംഗ്ഷനിലുടനീളം പ്രവഹിക്കുന്ന ഡിഫ്യൂഷൻ കറന്റിനെക്കുറിച്ച് ഒരു ചെറിയ കുറിപ്പ് എഴുതുക.

14. ബയസിംഗ് എന്നാൽ എന്താണ്? അതിന്റെ തരങ്ങൾ പരമാർശിക്കുക.

15. എമിറ്ററും കളക്ടറും ഒരേ തരത്തിലുള്ള അർദ്ധചാലക വസ്തുക്കളാൽ നിർമ്മിച്ചതാണെങ്കിലും നമുക്ക് അവ പരസ്പരം കൈമാറാൻ കഴിയാത്തത് എന്തുകൊണ്ട്?

XII_Physics Vol-2 Cha-10 Part-2 Mal.indd 247 28-06-2022 17:13:44

16. NOR, NAND ഗേറ്റുകളെ സാർവത്രിക ഗേറ്റുകൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നത് എന്തു കൊണ്ട്?

17. ബാരിയർ പൊട്ടൻഷ്യൽ.

18. റെക്റ്റിഫിക്കേഷൻ എന്നാൽ എന്ത്?

19. ലൈറ്റ് എമിറ്റിംഗ് ഡയോഡിന്റെ പ്രയോജനങ്ങൾ പട്ടികപ്പെടുത്തുക.

20. സോളാർ സെല്ലുകളുടെ തത്വം നൽകുക.

21. ഇന്റഗ്രേറ്റഡ് സർക്യൂട്ട് എന്താണ്?

22. മോഡുലേഷൻ എന്താണ്?.

23. ട്രാൻസ്മിഷൻ സിസ്റ്റത്തിന്റെ ബാൻഡ് വിഡ്ത്ത് നിർവചിക്കുക.

24. സ്കിപ്പ് ഡിസ്റ്റൻസ് നിങ്ങൾ എന്താണ് അർത്ഥമാക്കുന്നത്?

25. റാഡാറിന്റെ ആപ്ലിക്കേഷനുകൾ എന്തെല്ലാം.

26. മൊബൈൽ ആശയവിനിമയം എന്താണ്?

27. സെന്റർ ഫ്രീക്വൻസി അല്ലെങ്കിൽ ഫ്രീക്വൻസി മോഡുലേഷനിലെ റെസ്റ്റിഗ് ഫ്രീക്വൻസി കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കുക.

28. റെഡാർ എന്തിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു?

29. ഇതര പ്രക്ഷേപണ സംവിധാനങ്ങളിൽ ഫൈബർ ഒപ്റ്റിക് ആശയ വിനിമയത്തിന് കൂടുതൽ പ്രസക്തിയാണുള്ളത്. ന്യായീകരിക്കുക

III. ദൈർഘ്യമേറിയ ഉത്തര ചോദ്യങ്ങൾ

1. n-തരം എക്സ്ട്രിൻസിക് അർദ്ധചാലകങ്ങളുടെ രൂപീകരണം വ്യക്തമാക്കുക.

2. ഡിപ്രീഷൻ മേഖലയുടെ രൂപീകരണവും PN ജംഗ്ഷൻ ഡയോഡിലെ ബാരിയർ പൊട്ടൻഷ്യലിനേയും വിശദീകരിക്കുക.

3. അർദ്ധ തരംഗ റക്റ്റിഫയറിന്റെ സർക്യൂട്ട് ഡയഗ്രം വരയ്ക്കുക. അതിന്റെ പ്രവർത്തനം വിശദീകരിക്കുക

4. ഒരു ഫുൾ വേവ് റക്റ്റിഫയറിന്റെ നിർമ്മാണവും പ്രവർത്തനവും വിശദീകരിക്കുക.

5. LEDഎന്താണ്? ഒരു ഡയഗ്രം ഉപയോഗിച്ച് അതിന്റെ പ്രവർത്തനത്തിന്റെ തത്വം നൽകുക.

6. ഫോട്ടോഡയോഡിന്റെ കുറിപ്പുകൾ എഴുതുക.

7. ഒരു സോളാർ സെല്ലിന്റെ പ്രവർത്തനം തത്വം വിശദീകരിക്കുക അതിന്റെ ആപ്ലിക്കേഷനുകൾ പരാമർശിക്കുക.

8. ഒരു പൊതു എമിറ്റർ ട്രാൻസിസ്റ്ററിന്റെ സ്റ്റാറ്റിക് ക്യാരക്റ്ററിസ്റ്റിക് രേഖപ്പെടുത്തുകയും ഇൻപുട്ട് ഔട്ട്പുട്ട് ക്യാരക്റ്ററിസ്റ്റിക് സവിശേഷതകൾ വ്യക്തമാക്കുകയും ചെയ്യുക.

9. ഒരു സ്വിച്ച് ആയി ട്രാൻസിസ്റ്റർ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. വിശദീകരിക്കുക.

10. സർക്യൂട്ട് ഡയഗ്രാം ഉപയോഗിച്ച് ഒരു ആംപ്ലിഫയറായി എപ്രകാരം ട്രാൻസിസ്റ്റർന്റെ പ്രവർത്തിക്കുന്നുവെന്ന് വിവരിക്കുക. ഇൻപുട്ട്, ഔട്ട്പുട്ട് തരംഗഘടന വരയ്ക്കുക.

11. സർക്യൂട്ട് ചിഹ്നം, ലോജിക്കൽ പ്രവർത്തനം, ട്രൂത്ത് ടേബിൾ, ബൂലിയൻ എക്സ്പ്രഷൻ നൽകുക i) AND ഗേറ്റ് ii) OR ഗേറ്റ് iii) NOT ഗേറ്റ്iv) NAND ഗേറ്റ് v) NOR ഗേറ്റ് vi) EX-OR ഗേറ്റ്.

12. ഡി മോർഗന്റെ ഒന്നും രണ്ടും സിദ്ധാന്തം പ്രസ്താവിക്കുകയും തെളിയിക്കുകയും ചെയ്യുക.

13. ആവശ്യമായ ഡയഗ്രമുകൾഉപയോഗിച്ച് ആംപ്ലിറ്റ്യൂഡ് മോഡുലേഷൻ വിശദീകരിക്കുക.

14. ആവശ്യമായ ബ്ലോക്ക് ഡയഗ്രം ഉപയോഗിച്ച് ആശയവിനിമയ സംവിധാനത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന ഘടകങ്ങൾ വിശദീകരിക്കുക.

15. ബഹിരാകാശത്തിലൂടെ വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ പ്രതല തരംഗ പ്രചാരണവും ബഹിരാകാശ തരംഗ പ്രചാരണവും വിശദീകരിക്കുക.

16. ഫൈബർ ഒപ്റ്റിക് കമ്മ്യൂണിക്കേഷൻ വിവിധ ട്രാൻസ്മിഷൻ മീഡിയയിൽ ജനപ്രീതി നേടുന്നു. നീതീകരിക്കുക.

17. ഫ്രീക്വൻസി മോഡുലേഷന്റെ ഗുണങ്ങളും പരിമിതികളും പട്ടികപ്പെടുത്തുക.

18. സാറ്റ്ലൈറ്റ് കമ്മ്യൂണിക്കേഷൻ എന്നാൽ എന്താണ്. അതിന്റെ ഉപയോഗങ്ങൾ വിവരിക്കുക.

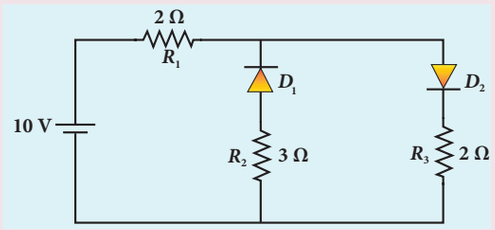
IV. സംഖ്യാ പ്രശ്നങ്ങൾ

1. തന്നിരിക്കുന്ന സർക്യൂട്ടിന് ചുവടെയുള്ള ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ രണ്ട് ഐഡിയൽ ഡയോഡുകൾ ബന്ധി

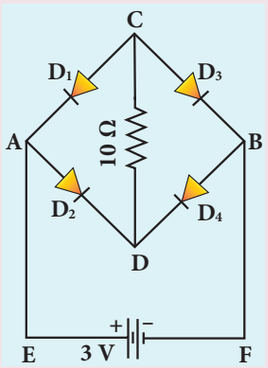
XII_Physics Vol-2 Cha-10 Part-2 Mal.indd 248 28-06-2022 17:13:44

പ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. R_1 റെസിസ്റ്റൻസിലൂടെ പ്രവഹിക്കുന്ന കറന്റ് കണക്കു കൂട്ടുക.

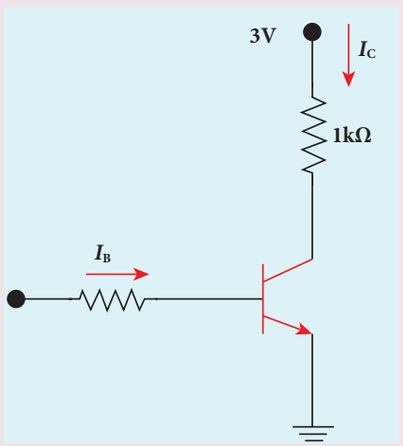
[ഉത്തരം: 2.5 A]



2. ചുവടെയുള്ള ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ നാല് സിലിക്കോൺ ഡയോഡുകളും ഒരു 10 Ω റെസിസ്റ്ററും ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഓരോ ഡയോഡിനും 1Ω ന്റെ പ്രതിരോധമുണ്ട്. 10 Ω റെസിസ്റ്ററിലൂടെയുള്ള കറന്റ് കണ്ടെത്തുക. [ഉത്തരം: 0.13 A]

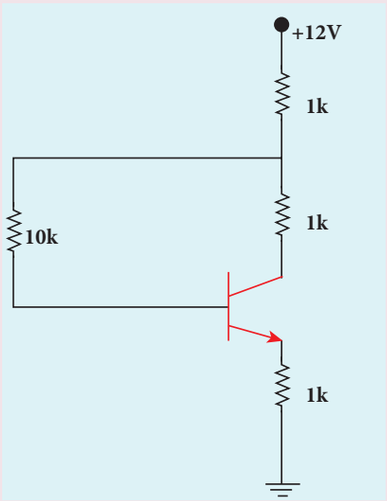


3. V_{CEsat} = 0.2 V, β = 50, എന്ന് കരുതുക, ചിത്രത്തിൽ നൽകിയിരിക്കുന്ന ട്രാൻസിസ്റ്ററിനെ സാച്ചുറേഷൻ വരെ എത്തിക്കാൻ ആവശ്യമായ ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ ബേസ് കറന്റ് കണ്ടെത്തുക (I_B). [ഉത്തരം: 56 μA]



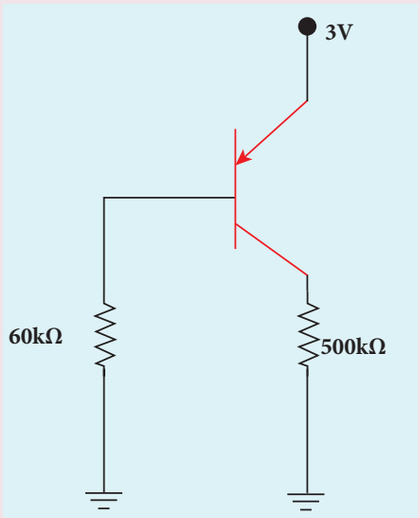
4. α = 0.99, V_{BE} = 0.7 V ഉള്ള ഒരു ട്രാൻസിസ്റ്ററിനെ CE കോൺഫിഗറേഷനിൽ ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്നു. ട്രാൻസിസ്റ്റർ സാച്ചുറേഷൻ മേഖലയിലാണെങ്കിൽ കളക്ടർ കറന്റിന്റെ മൂല്യം കണ്ടെത്തുക.

[ഉത്തരം: 3.73 mA]



5. ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന സർക്യൂട്ടിൽ ബിജെടിയുടെ കറന്റ് ഗയിൻ (β) 50 ആണ്. ഒരു എമിറ്റർ - ബേസ് വോൾട്ടേജ് V_{EB} = 600 mV ക്ക് എമിറ്റർ - കളക്ടർ വോൾട്ടേജ് V_{EC} (വോൾട്ടുകളിൽ) കണക്കാക്കുക.

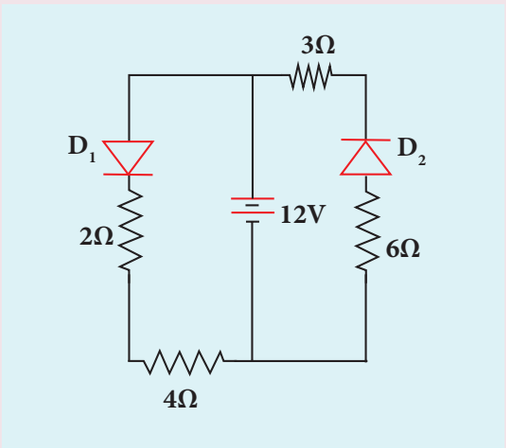
[ഉത്തരം: 2 V]



XII_Physics Vol-2 Cha-10 Part-2 Mal.indd 249 28-06-2022 17:13:44

6. ചുവടെ നൽകിയിരിക്കുന്ന സർക്യൂട്ടിന്റെ 3Ω, 4Ω റെസിസ്റ്ററുകളിലൂടെ ഒഴുകുന്ന വൈദ്യുതധാര നിർണ്ണയിക്കുക ഡയോഡുകൾ D_1, D_2 എന്നിവ ഐഡിയൽ ഡയോഡുകൾ ആണെന്ന് കരുതുക.

[ഉത്തരം: 0 , 2A]



7. ബൂളിയൻ ആൾജിബ്രയുടെ നിയമങ്ങളും സിദ്ധാന്തങ്ങളും ഉപയോഗിച്ച് താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന പ്രസ്താവനകൾ തെളിയിക്കുക.

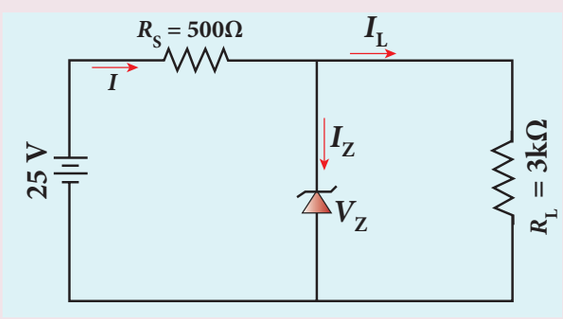
i) $(A+B)\,(A+\overline{B}) = A$

ii) $A(\overline{A}+B) = AB$

iii) $(A+B)\,(A+C) = A+BC$

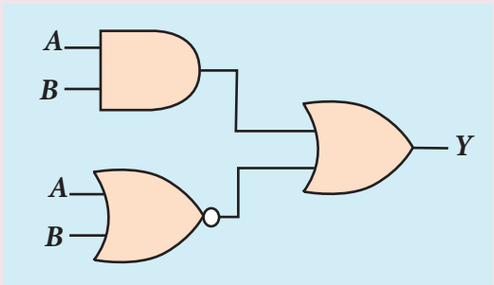
8. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ഒരു വോൾട്ടേജ് റേഗുലേറ്ററിൽ ബ്രേക്ക്ഡൗൺ വോൾട്ടേജ് 10V ഉള്ള സെനർ ഡയോഡ് ഉപയോഗിച്ചിരിക്കുന്നു. ലോഡ് റെസിസ്റ്റൻസ്, മൊത്തം കറന്റ് ഡയോഡിലൂടെയുള്ള കറന്റ് എന്നിവ നിർണ്ണയിക്കുക. ഡയോഡിന്റെ ഏകദേശ സങ്കലനങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കുക.

[ഉത്തരം: 5mA; 20 mA; 15 mA]



9. തന്നിരിക്കുന്ന സർക്യൂട്ടിന്റെ Y ഔട്ട്പുട്ടിന്റെ ബൂളിയൻ സമവാക്യം എഴുതി അതിന്റെ ടൂത്ത് ടേബിൾ നൽകുക.

[ഉത്തരം: $Y = (AB)+(\overline{A+B})$]



XII_Physics Vol-2 Cha-10 Part-2 Mal.indd 250 28-06-2022 17:13:45

പരാമർശ ഗ്രന്ഥങ്ങൾ

1. Charles Kittel , *Introduction to Solid State Physics*, John Wiley & Sons, 2012
2. Rita John, *Solid State Physics*, McGraw Hill Education, 2016
3. Robert L. Boylestad, Louis Nashelsky, *Electronic Devices and Circuit Theory* , Pearson Prentice Hall, 2011
4. Jacob Millman, Christos Halkias, Chetan Parikh, *Millman's Integrated Electronics*, McGraw Hill Education, 2017
5. B.L.Theraja, R.S. Sedha, *Principles of Electronics Devices and Circuits* (Analog and Digital), S. Chand & Company, 2011
6. Albert Paul Malvino, Donald P. Leach, Goutam Saha, *Digital principles and applications*, McGraw Hill Education, 2014
7. V.K.Metha, Rohit Metha, *Principles of Electronics*, S. Chand & Company, 2010.
8. B.L.Theraja, R.S. Sedha, *Principles of Electronics Devices and Circuits (Analog and Digital)*, S. Chand & Company, 2011.
9. K.D.Prasad, *Antenna and Wave Propagation*, Satya Prakashan, 2007.
10. U A Bakshi; A V Bakshi; K A Bakshi, *Antenna and Wave Propagation*, Technical Publications, 2014.

XII_Physics Vol-2 Cha-10 Part-2 Mal.indd 251 28-06-2022 17:13:45

ഐ.സി.ടി കോർണർ

ഇലക്ട്രോണിക്സും വാർത്താവിനിമയവും

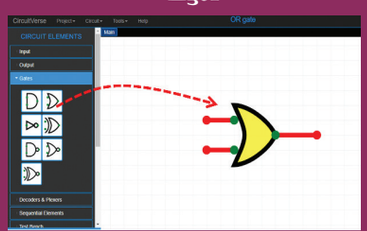
ഈ പ്രവർത്തനത്തിലൂടെ നിങ്ങൾക്ക് സാധിക്കുന്നത് (i) ലോജിക് പരിപഥങ്ങൾ നിർമ്മിക്കുവാനും കൈകാര്യം ചെയ്യാനും, അനുകരിക്കാനും കഴിയുന്നു. (ii) AND, OR, NOT, EX-OR, NAND, NOR ഗേറ്റുകളുടെ ടൂത്ത്ടേബിളിനെ പരിശോധിക്കുവാനും സാധിക്കുന്നു

വിഷയം : ലോജിക്ഗേറ്റുകൾ

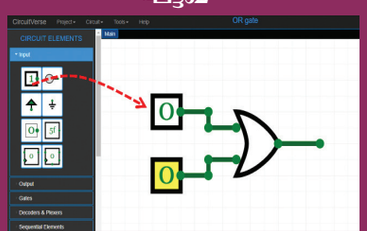
ഘട്ടങ്ങൾ:

- ബ്രൗസർ തുറന്ന് അഡ്രസ്സ് ബാറിൽ “circuitverse.org/simulator” എന്ന് ടൈപ്പ് ചെയ്യുക.
- മസർക്യൂട്ട് ഘടകങ്ങളിൽ നിന്ന് ഗേറ്റ്സ് ടാബിൽ ക്ലിക്കു ചെയ്യുക. നിങ്ങൾക്ക് പരിശോധിക്കേണ്ട ഗേറ്റിനെ തെരഞ്ഞെടുത്ത് സ്റ്റേജിലേക്ക് കൊണ്ടു വരുക.
- ലോജിക് ഗേറ്റുകളിലെ നോഡുകളെ വയറിൽ ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്നു. മൗസ്സിന്റെ സഹായത്തോടെ നോഡുകളിൽ നിന്നുള്ള വയറുകളെ വലിച്ചു നീക്കാൻ സാധിക്കും.
- ഇൻപുട്ട് ടാബിൽ നിന്നും ഇൻപുട്ട് ഉപകരണം തെരഞ്ഞെടുക്കുക അതിനെ വലിച്ച് രണ്ട് ഇൻപുട്ടുകളായി പരിചരിക്കുക
- ഔട്ട്പുട്ട് ടാബിൽ നിന്നും ഔട്ട് പുട്ട് ഉപകരണം അഥവാ ഡിജിറ്റൽ LED മയെ തെരഞ്ഞെടുക്കുക. അവയെ വലിച്ച് ഔട്ട്പുട്ടായി പരിചരിക്കുക.
- AND, OR, NOT, EX-OR, NAND, NOR എന്നീ ഗേറ്റുകളുടെ ടൂത്ത് ടേബിളിനെ പരിശോധിക്കുക. ഡിമോർഗന്റെ ആദ്യത്തെയും രണ്ടാമത്തെയും സിദ്ധാന്തങ്ങൾ പരിശോധിച്ചറിയാൻ സാധിക്കും.

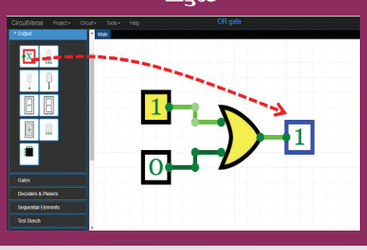
ഘട്ടം1



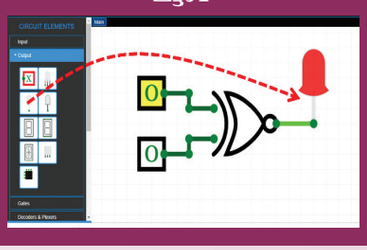
ഘട്ടം2



ഘട്ടം3



ഘട്ടം4



കുറിപ്പ്:

നിങ്ങളുടെ പ്രോജക്റ്റ് ഓൺലൈനിൽ സംരക്ഷിക്കണമെങ്കിൽ നിങ്ങളുടെ മെയിൽ ഐ.ഡി ഉപയോഗിച്ച് ലോഗിൻ ചെയ്യുക.

URL:

https://circuitverse.org/simulator

* ചിത്രങ്ങൾ സൂചിപ്പിക്കുന്നത് മാത്രമാണ്.

*ബ്രൗസ്സറിന് ആവശ്യമുണ്ടെങ്കിൽ പേജുകളെ ലോഡു ചെയ്യുവാൻ ഫ്ളാഷ് പ്ലേയർ അല്ലെങ്കിൽ ജാവസ്ക്രിപ്റ്റ് എന്നിവയെ അനുവദിക്കുക.

Q3EC2

XII_Physics Vol-2 Cha-10 Part-2 Mal.indd 252 28-06-2022 17:13:45

അദ്ധ്യായം

11

ഭൗതിക വിജ്ഞാനത്തിന്റെ ആധുനിക പുരോഗതികൾ

'വളരെ ചെറിയ ഈ ലോകത്ത് നമുക്ക് ധാരാളം സാധ്യതകൾ ഉണ്ട്. ഇത് ഊർജ്ജതന്ത്രത്തിൽ പുതിയ അദ്ധ്യായത്തിലേയ്ക്ക് നുഴഞ്ഞുകേറാനുള്ള ഒരു ക്ഷണമായി കണക്കാക്കാം'

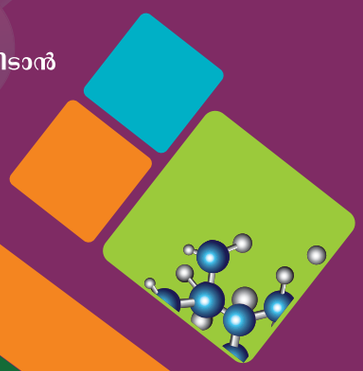
-റിച്ചാർഡ് ഫെയ്ൻമാൻ

പഠന ലക്ഷ്യങ്ങൾ

ഈ അദ്ധ്യായത്തിൽ വിദ്യാർത്ഥികൾ അറിയാനിരിക്കുന്നത്

- എല്ലാവിധമായ വളർച്ചയ്ക്കും ഊർജ്ജതന്ത്രത്തിന്റെ പ്രാധാന്യം
- ഇഞ്ചിനീയറിംഗ് കൂടാതെ ടെക്നോളജി എന്നിവയ്ക്ക് അടിസ്ഥാന ഘട്ടമായിട്ട് ഉള്ളവയാണ് ഊർജ്ജതന്ത്രം
- നാനോ സയൻസ് കൂടാതെ നാനോ ടെക്നോളജി
- യന്ത്ര മനുഷ്യ വിഭാഗത്തിൽ ഊർജ്ജതന്ത്രം
- രോഗനിർണ്ണയത്തിലും കൂടാതെ ചികിത്സയിലും ഭൗതിക ശാസ്ത്രത്തിന്റെ സിദ്ധാന്തങ്ങൾ
- ഭൗതിക ശാസ്ത്രത്തിന്റെ ആധുനിക പുരോഗതികളെ കണ്ടുപിടിക്കുവാനായുള്ള അടിത്തട്ടം ഉർന്ന ക്ലാസ്സുകളിലെ ഭൗതിക ശാസ്ത്രത്തിൽ ഉണ്ട് എന്നതിനെ മനസ്സിലാക്കുന്നത്
- ഉന്നത വിദ്യാഭ്യാസത്തിലുള്ള വെല്ലുവിളികളെ സൗകര്യ പ്രദമായും കൂടാതെ ആത്മവിശ്വാസത്തോടും കൂടി നേരിടാൻ വിദ്യാർത്ഥികളെ തയ്യാറാക്കൽ

XFUH2



11.1 ആമുഖം

ഊർജ്ജതന്ത്രം എന്നത് ചിത്രം 11.1-ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ വിജ്ഞാനം ഇഞ്ചിനീയറിംഗ് കൂടാതെ ടെക്നോളജി എന്നിവയ്ക്ക് അടിസ്ഥാന ഘടകമായിട്ടിരിക്കുന്നു. (XI ഫിസിക്സ് 1.3 റെഫർ ചെയ്യുക). വളരെ വേഗത്തിൽ വളർന്നുവരുന്ന നാനോ വിജ്ഞാനം കൂടാതെ നാനോ ടെക്നോളജി, യന്ത്രമനുഷ്യൻ (Robotics) കൂടാതെ രോഗനിർണ്ണയം, ചികിത്സ എന്നി വിഭാഗങ്ങളിൽ ഊർജ്ജതന്ത്രത്തിന്റെ ഉപയോഗങ്ങളെ വിദ്യാർത്ഥികൾ മനസ്സിലാക്കുന്ന രീതിയിൽ ചുരുക്കി വിവരിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഈ അദ്ധ്യായം ഹയർ സെക്കൻഡറി ഭൗതിക ശാസ്ത്രത്തിലുള്ള പ്രധാന ഭൗതിക സിദ്ധാന്തങ്ങൾ ടെക്നോളജിയുടെ വളർച്ചയ്ക്ക് അടിസ്ഥാനമായി ഉള്ളതിനെ വ്യക്തമാക്കുന്നു. ഹയർ സെക്കൻഡറി വിഭാഗത്തിൽ ആവശ്യമായ അടിസ്ഥാന ഭൗതിക ശാസ്ത്രത്തിനെ പഠിച്ചിരുന്നാൽ വിജ്ഞാനം, ഇഞ്ചിനീയറിംഗ് ടെക്നോളജി കൂടാതെ ആരോഗ്യവകുപ്പ് എന്നീ എല്ലാ ഉന്നത വിദ്യാഭ്യാസമേഖലയിലും വിദ്യാർത്ഥികൾ നേടുവാൻ സാധിക്കും. എന്ന വിശ്വാസത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഈ അദ്ധ്യായം രൂപീകരിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 253 2/14/2023 5:52:28 PM

XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 254 2/14/2023 5:52:29 PM

11.2 നാനോ വിജ്ഞാനം കൂടാതെ നാനോ ടെക്നോളജി

11.2 .1

നാനോ വിജ്ഞാനം

നാനോ വിജ്ഞാനം എന്നത് 1–100 nm അളവുകൾ വരെ ഉള്ള വസ്തുക്കളുടെ വിജ്ഞാന മാകുന്നു. നാനോ എന്നത് ഒരു മീറ്ററിൽ ബില്ല്യനിൽ ഒരു പങ്കാകുന്നു. അതായത് 10^{-9} m.

ഒരു ദ്രവ്യത്തെ ഇത്തരം ചെറിയ വസ്തുക്കളായിട്ട് ഇരിക്കുകയാണെങ്കിൽ യാന്ത്രികത, ഇലക്ട്രിക്കൽ, ഓപ്റ്റിക്കൽ, കാന്തിക കൂടാതെ മറ്റു ഗുണങ്ങൾ എല്ലാം വ്യത്യാസപ്പെടും.

നാനോ ടെക്നോളജി

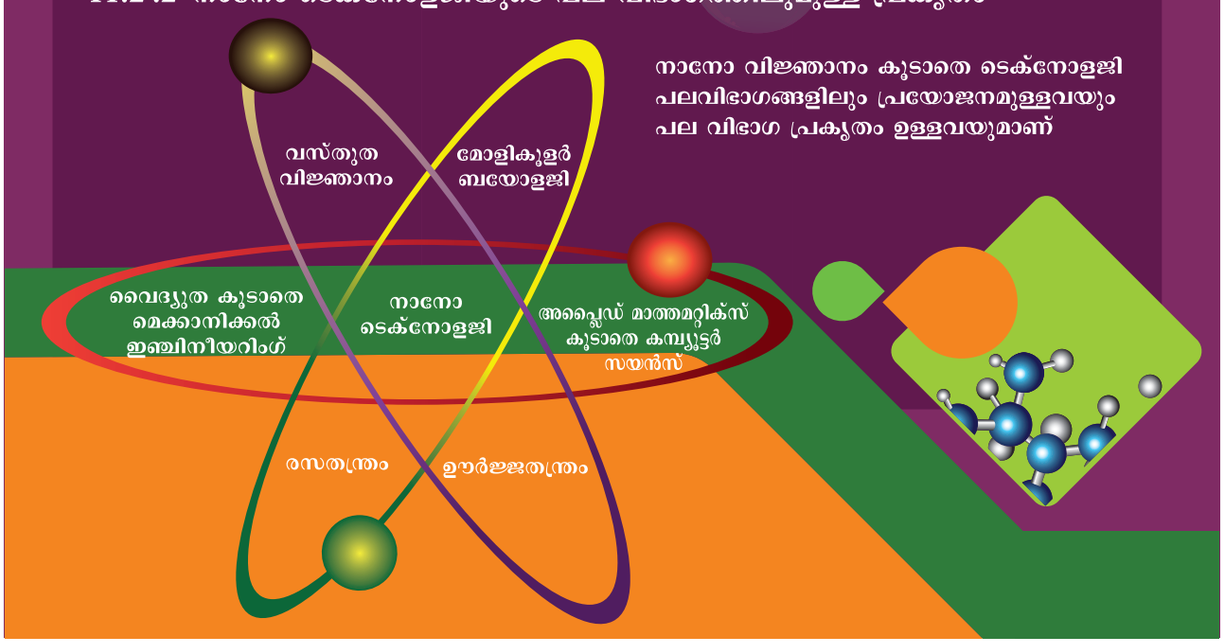
നാനോ ടെക്നോളജി എന്നത് നാനോ അളവിൽ രൂപീകരിക്കപ്പെട്ട വസ്തുക്കളുടെ ഘടന, ഉത്പാദനം, ഗുണങ്ങൾ, കൂടാതെ പ്രയോജനങ്ങൾ എന്നിവയെ ഉള്ളടക്കിയ ടെക്നോളജി ആകുന്നു.

നാനോ കണങ്ങൾ

ഖരങ്ങൾ കണങ്ങളാൽ ആയവയാണ്. ഓരോരോ കണങ്ങളും ഒരു നിശ്ചിത സംഖ്യയിലായ അണുക്കളെ ഉള്ളടക്കിയവയാണ്. കൂടാതെ വസ്തുവിനു വിസ്തൃ വിത്യാസപ്പെടാം. ഒരു ഖരത്തിന്റെ കണം നൂറ് നാനോമീറ്റർ (100 nm) നെക്കാളും ചെറിയതായിരുന്നാൽ അതിനെ നാനോ ഖരം (nano solid) അല്ലെങ്കിൽ (bulk solid) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. നാനോ കൂടാതെ bulk solid കൾ (ബൽക്ക് സോലിഡ്) എന്നിവ ഒരേ രാസമിശ്രിതത്താൽ ആയവ യാണ് എന്ന് ശ്രദ്ധേയമാണ്. ഉദാഹരണത്തിന് ZnO എന്നത് ബൽക്കായിട്ടും നാനോ ആയിട്ടും എന്നീ ര≠ രൂപത്തിലും ആയിരിക്കാം. ഒരേ രാസ മിശ്രിതമായിരുന്നാലും ബൽക്ക് രൂപത്തെ കണക്കാക്കുമ്പോൾ വ്യത്യസ്ത ഗുണങ്ങൾ ഉള്ളവയാണ്.

നാനോ അളവിലായ പരിണാമങ്ങൾ (കുറയ്ക്കപ്പെട്ട പരിണാമങ്ങൾ) നാനോ ഗുണങ്ങളെ ര≠ പ്രധാന പ്രതിഭാസങ്ങൾ നിയന്ത്രിക്കുന്നു. അവ ഒന്ന് ക്വാ≠ം കൻഫൈൻമെന്റ് ഇഫക്ട് (quantum confinement effect) കൂടാതെ പ്രതല ഫലങ്ങൾ (surface effects) എന്നിവയാണ്. വിദ്യാർത്ഥികൾ ഈ ഇഫക്ടുകളെ ഉന്നത വിദ്യാഭ്യാസത്തിൽ നിരീക്ഷണം ചെയ്യാം. കൂടാതെ അതിന്റെ വിശദീകരണം സ്കൂൾ വിദ്യാഭ്യാസ അളവിൽ ഒഴിവാക്കിയിട്ടു≠.

11.2 .2 നാനോ ടെക്നോളജിയുടെ പല വിഭാഗത്തിലുമുള്ള പ്രകൃതം



നാനോ വിജ്ഞാനം കൂടാതെ ടെക്നോളജി പലവിഭാഗങ്ങളിലും പ്രയോജനമുള്ളവയും പല വിഭാഗ പ്രകൃതം ഉള്ളവയുമാണ്

XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 255 2/14/2023 5:52:29 PM

11.2.3 പ്രകൃതിയിലുള്ള നാനോ

നാനോ അളവിലായ ഘടനകൾ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ അവയെ പരീക്ഷണശാലകളിൽ പരീക്ഷണം ചെയ്യാൻ തുടങ്ങുന്നതിനെ വളരെ മുമ്പെ തന്നെ പ്രകൃതിയിൽ ഉള്ളവയാണ്.

ചില ഉദാഹരണങ്ങൾ

പ്രകൃതിയിലുള്ള നാനോ

വസ്തു DNA യുടെ ഒരിഴ ഒന്ന് എല്ലാ ജീവജാലകങ്ങളുടെയും അടിസ്ഥാനഘടമായി ഉള്ളവയാണ്. ഇത് ഏകദേശം 3nm അകലം ഉള്ളവയാണ്.

പരീക്ഷണശാലകളിൽ അനുകരിക്കുന്നത് ചെയ്യപ്പെട്ട വസ്തുക്കളിൽ ഉള്ള നാനോ കണങ്ങളുടെ അളവിനെ വ്യത്യാസപ്പെടുത്തുന്നത് കാരണം നിറങ്ങളെ കൈകാര്യം ചെയ്യുന്നത്

വസ്തു

മാർഫോ ചിത്രശലഭങ്ങൾ

ചിറകുകളിൽ ഉള്ള ചിതലുകൾ നാനോ ഘടന ഉള്ളവയാണ്. അവ പ്രകാശ തരംഗങ്ങൾ ഒന്നോടൊന്ന് സംയോജിക്കുന്നത് കാരണം മാറി മാറി ചിറകുകൾക്ക് ലോഹനീല നിറത്തേയും പച്ചരായ ലുകളെയും കൊടുക്കുന്നു.

വസ്തു

മയിലിന്റെ ചിറകുകൾ

ചിലത് 10nm കട്ടിയുള്ള ദ്വിമാന ഫോട്ടോനിക്ക് ഘടനയോടുകൂടി പ്രകാശം സംയോജിക്കുന്നതിനാൽ അവയ്ക്ക് വ്യത്യസ്ത നിറങ്ങൾ കിട്ടും.

പ്രകൃതിയിലുള്ള നാനോ

പരീക്ഷണ ശാലകളിൽ അനുകരിക്കുന്നത് മയിൽ ചിറകുകൾ പോലെ പല നിറങ്ങളിൽ പ്രകാശിക്കാനായിട്ട് നാനോഘടനകൾ പരീക്ഷണശാലകളിൽ ഉ≠ാക്കപ്പെടുന്നു.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 256 2/14/2023 5:52:31 PM

തത്തമത്സ്യം

ദിവസം മുഴുവനും പവിഴപാറകളെ കടിച്ച് നുറുക്കിക്കൊണ്ടിരിക്കും. തത്ത മത്സ്യത്തിന്റെ ശക്തിയാർജ്ജിച്ച കടിയ്ക്ക് കാരണം ഒന്നോടൊന്ന് പിന്നിയ നാനോ ഘടനകളായ നാരുകളാകുന്നു. ഫ്ളൂറോഫൈറ്റേറ്റ് എന്ന ധാതുവിന്റെ സ്ഫടികങ്ങൾ ഒന്നോടൊന്ന് ചങ്ങലപ്പോലെ ഭിന്നപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ഈ ഘടന തത്തമത്സ്യത്തിന്റെ പല്ലുകൾക്ക് അത്ഭുതകരമായ ഈട് നൽകുന്നു.

പരീക്ഷണശാലകളിൽ അനുകരിക്കുന്നത് ജലത്തെ പ്രതികരിക്കുന്ന നാനോ വർണ്ണങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കപ്പെടുന്നു. അത്തരം നാനോ വർണ്ണങ്ങൾ പൂശുകയാണെങ്കിൽ അധികം ഈട് നിൽക്കുകയും കൂടാതെ തറകൾ, പൊടികൾ എന്നിവയിൽ നിന്ന് സുരക്ഷിതത്വവും കിട്ടുന്നു. കൂടതെ കപ്പലുകളിൽ ഈ നാനോ വർണ്ണങ്ങൾ പൂശുകയാണെങ്കിൽ ഇന്ധനത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമത കൂടുകയും ചെയ്യുന്നു.

പ്രകൃതിയിൽ നാനോ

വസ്തു

താമരയിലയുടെ പ്രതലഭാഗം

സ്കാനിംഗ് ഇലക്ട്രോൺ മൈക്രോസ്കോപ്പ് (SEM) താമരയിലയുടെ പ്രതല ഭാഗത്തിന്റെ നാനോ ഘടനയെ കാണിക്കുന്നു. ഇതാണ് താമരയില താനേ ശുദ്ധീകരിക്കുന്ന പ്രവർത്തിക്ക് കാരണമാകുന്നു

പ്രകൃതിയിൽ നാനോ

പരീക്ഷണശാലകളിൽ അനുകരിക്കുന്നത് പ്രകൃതിഘടനകൾ തുടർച്ചയായിട്ട് പ്രവർത്തിച്ച് തേയ്മാനം കൂടാതെ കോൺഡക്ട് സ്ട്രച്ചസ്. എന്നിവയ്ക്ക് ഉൾപ്പെടുമ്പോൾ ഇലക്ട്രോണിക്സിലും കൂടാതെ മറ്റു ഉപകരണങ്ങളിലുമുള്ള യാന്ത്രിക ഭാഗങ്ങൾക്കും ഉപയോഗപ്പെടുന്ന രീതിയിൽ കൂടുതൽ ഈടുചെയ്യുന്നവയായ കൃത്രിമമായ രീതിയിലുള്ള വസ്തുക്കളെ ഉണ്ടാക്കുന്നതിന് അടിസ്ഥാനമാകുന്നു.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 257 2/14/2023 5:52:32 PM

11.2.4. ആദ്യഘട്ട തുടക്കം കൂടാതെ വളർച്ച (പരീക്ഷയ്ക്ക് ഉള്ളതല്ല)

2016

ജ്യാൻ പിയർ സ്വപാജ് ഫ്രേസർ സ്റ്റാഡർട്ട് കൂടാതെ ബെർനാഡ് ഫെറിംഗ എന്നിവർ നാനോ സ്കെയിൽ തുടങ്ങിയ നാനോ അളവിലായ യന്ത്രങ്ങളെ പുരോഗമനപ്പെടുത്തുന്ന ഗവേഷണത്തിനായി രസതന്ത്രത്തിൽ നോബൽ സമ്മാനം കിട്ടി.

2004

മാഞ്ചസ്റ്റർ സർവ്വകലാശാലയിൽ 2004-ൽ ആന്റിഗെം കൂടാതെ കോൺസ്റ്റന്റിംഗ് നവോസ്സൊ എന്നിവരാൽ 2D വസ്തുക്കൾ തനിയെ എടുത്ത് വകഭേദം ചെയ്യപ്പെട്ടു. ഈ പരീക്ഷണത്തിനായി 2010-ൽ ഭൗതിക ശാസ്ത്രത്തിന് നോബൽ സമ്മാനം കിട്ടി.

1990's - 2000's

നാനോ സംബന്ധമായ ഗവേഷണത്തിനെ നടത്താനായി ഗവേഷണ ഗ്രൂപ്പുകൾ കൂടാതെ പ്രവർത്തനസമിതികൾ രൂപപ്പെട്ടു. നാനോ ടെക്നോളജിയെ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്ന ഉപഭോക്താക്കളുടെ വസ്തുക്കൾ ചന്തയിൽ വരാൻ തുടങ്ങി.

1981

ഗെർഡ് ബിന്നിംഗ് കൂടാതെ ഹെയ്ൻട്രിക്ക് റോഹ്റർ എന്നിവർ സ്കാനിംഗ് ടണലിംഗ് മൈക്രോസ്കോപ്പിക്ക് (STM) ഉണ്ടാക്കിയത്. നവീന നാനോ ടെക്നോളജിയുടെ തുടക്കമായിരുന്നു. ഗവേഷകന്മാർ ആദ്യമായിട്ട് വസ്തുക്കളുടെ മുകളിലുള്ള അണുക്കളെ കാണാനായിട്ട് STM പ്രയോജനപ്പെട്ടതു മുതൽ നാനോ ടെക്നോളജി അതിന്റെ ഘട്ടം ഘട്ടമായ വളർച്ച ആരംഭിച്ചു

1989

IBM ന്റെ അൽമേയ്ടൻ ഗവേഷണ കേന്ദ്രത്തിൽ ഡോൺ ഇഗ്ലർ കൂടാതെ എർഹാർഡ് സ്വയ്സ്വർ എന്നിവർ IBM ചിഹ്നത്തെ ഉച്ചരിക്കാനായിട്ട് 35 പ്രത്യേക പ്രത്യേക സെനോൻ (Xenon) അണുക്കളെ ഉപയോഗിച്ചു. ഈ അണുക്കളെ തുല്യമായിട്ട് കൈകാര്യം ചെയ്യുന്ന രീതിയെ ദൃശ്യവത്കരിച്ചതു കാരണം നാനോടെക്നോളജിയുടെ ആവശ്യകത, പ്രയോജനം എന്നിവ ലോകത്തിന് ബോധ്യമായി.

1974

വളരെ തുല്യതയുള്ള യന്ത്രങ്ങളെ പുരോഗമനപ്പെടുത്തുന്ന പ്രൊഫസർ നോറിയോ തനിഗ്യൂച്ചി നാനോ ടെക്നോളജി എന്ന പദത്തെ ഉണ്ടാക്കി

1959

നാനോ വിജ്ഞാനം കൂടാതെ നാനോ ടെക്നോളജി എന്നി പദങ്ങളെ ഉണ്ടാക്കുന്നതിന് വളരെ മുമ്പേ 1959-ൽ റിച്ചാർഡ് ഫെയ്മാൻ എന്ന അമേരിക്കൻ ഭൗതിക ശാസ്ത്രജ്ഞൻ അടിമട്ടത്തിൽ തന്നെ ധാരാളം അറകൾ ഉണ്ട് എന്ന അദ്ദേഹത്തിന്റെ പ്രഭാഷണത്തിൽ അവയെ നിർവചിക്കുന്ന പോയിന്റുകളും പരാമർശിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഫയ്മാൻ അദ്ദേഹത്തിന്റെ പ്രഭാഷണത്തിൽ വരുംകാലത്തിൽ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ഓരോ അണുവിനെയും ഓരോ തന്മാത്രകളെയും ഇങ്ങനെയാണ് കൈകാര്യം ചെയ്യുന്നത് കൂടാതെ നിയന്ത്രിക്കുന്നത് എന്നീ പ്രവർത്തനരീതികളെ വിശദീകരിച്ചു.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 258 2/14/2023 5:52:33 PM

11.2.5 പരീക്ഷണശാലകളിൽ നാനോ

പരീക്ഷണശാലകളിൽ രൂപീകരിക്കപ്പെട്ട നാനോഘടനകൾ പ്രകൃതിയുടെ അത്ഭുത കരമായ നാനോ ഘടകങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ് ഉള്ളത്. നാനോ ഘടനകൾ വളരെ ചെറുതായിട്ട് ഉള്ളതിനാൽ ഈ രീതിയിലുള്ള വസ്തുക്കളെ ഉത്പാദിപ്പിക്കാൻ പ്രത്യേക രീതികൾ ആവശ്യമായി വരുന്നു. നാനോ വസ്തുക്കളെ ഉദ്പാദിപ്പിക്കാൻ രണ്ടു വഴികൾ ഉണ്ട്. മുകളിൽ നിന്ന് താഴോട്ട് കൂടാതെ താഴെ നിന്ന് മുകളിലോട്ട് എന്ന സമീപന രീതികൾ.

നാനോ കണങ്ങളുടെ രൂപീകരണം

മുകളിൽ നിന്ന് താഴോട്ടുള്ള സമീപനരീതി

ഭീമമായ ഖരങ്ങളെ നാനോ അളവിനു സരിച്ച് ഉടയ്ക്കുന്നത് കൊണ്ട് നാനോ വസ്തുക്കൾ രൂപീകരിക്കപ്പെടുന്നു. ഉദാഹരണം പന്തുകൾകൊണ്ട് അരയ്ക്കുന്നത് (Ball milling), കുഴമ്പാക്കുന്ന രീതി (sol-gel) കല്ല് അച്ച് (lithography)

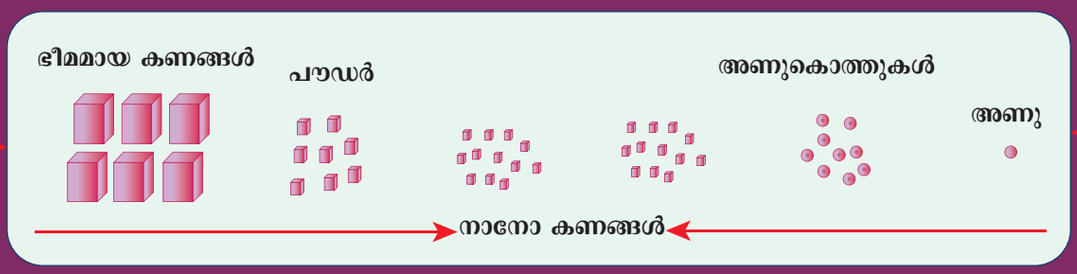
താഴെ നിന്നും മുകളിലോട്ടുള്ള സമീപന രീതി

നാനോ വസ്തുക്കൾ, അണുക്കൾ, തന്മാത്രകൾ എന്നിവയെ ഒന്നാക്കുന്നതു കാരണം രൂപീകരിക്കപ്പെടുന്നു. തെരഞ്ഞെടുക്കപ്പെട്ട അണുക്കൾ ഘടനയെ രൂപീകരിക്കുന്ന രീതിയിൽ ഒന്ന് ചേർക്കപ്പെടുന്നു. ഉദാഹരണം പ്ലാസ്മ എച്ചിംഗ് (plasma etching) കൂടാതെ രാസനീരാവി പടിയുന്നത് (chemical vapour deposition)

നാനോ വസ്തുക്കളുടെ രൂപീകരണം

മുകളിൽ നിന്ന് താഴോട്ടുള്ള സമീപനരീതി

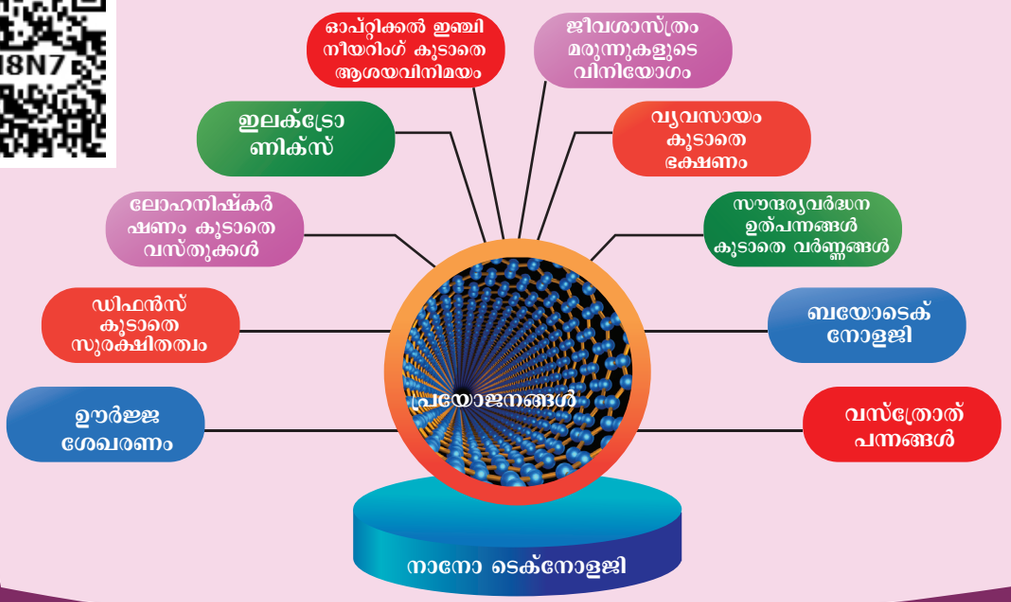
താഴെനിന്ന് മുകളിലോട്ടുള്ള സമീപനരീതി



അധിക അളവിലായ രീതികൾ ഉള്ളതിനാൽ ഈ ലവലിൽ വിവരങ്ങൾ ഒഴിവാക്കിയിട്ടുണ്ട്

XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 259 2/14/2023 5:52:33 PM

11.2.6 നാനോ ടെക്നോളജിയുടെ ഉപയോഗങ്ങൾ



പല വിഭാഗങ്ങളിലും നാനോ അടിസ്ഥാന വസ്തുക്കളുടെ ഉപയോഗങ്ങൾ

വാഹന വ്യവസായശാല	രാസവ്യവസായശാല	ഇൻഞ്ചിനീയറിംഗ്
• കുറഞ്ഞ ദ്രവ്യമാനമുള്ള ഘടന • പെയിന്റിംഗ് ഫ്രില്ലേഴ്സ് ബേസ്പോർട്ട്, ക്ലിയർപോർട്ട് • അൾപ്രേരകങ്ങൾ • ടയറുകൾ • സെൻസറുകൾ • കാറിന്റെ കണ്ണാടി കൂടാതെ കാർബോഡി എന്നിവയുടെ കോട്ടിംഗുകൾ	• പെയിന്റ് സിസ്റ്റങ്ങളുടെ പില്ലറുകൾ • നാനോ മിശ്രിതങ്ങളാൽ ആയകോട്ടിംഗ് സിസ്റ്റങ്ങൾ • പേപ്പറുകളെ ഇംബ്രിഗിനേഷൻ ചെയ്യുന്നത് • മാറ്റാൻ പറ്റുന്ന പശകൾ • കാന്തീയ ദ്രാവകങ്ങൾ	• ഉപകരണങ്ങൾ കൂടാതെ യന്ത്രങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയുടെ തേയ്മാന ഭാഗങ്ങളെ സംരക്ഷിക്കൽ (ആന്റിബ്ലോക്കിംഗ് കോട്ടിംഗ്സ്, പ്ലാസ്റ്റിക് ഭാഗങ്ങളുടെ കീറലുകളെ എതിർത്ത് നിൽക്കുന്ന കോട്ടിംഗുകൾ) • സ്നേഹപദാർത്ഥങ്ങൾ ഇല്ലാത്തെ ബിയറിങ്ങുകൾ
ഇലക്ട്രോണിക് വ്യവസായശാല	**നിർമ്മാണം**	**മരുന്നുകൾ**
• ഫാറ്റമെമ്മറി • ഡിസ്പ്ലേ • ലേസർ ഡയലോഡുകൾ • ഗ്ലാസ് ഫൈബറുകൾ • ഓപ്റ്റിക്കൽ • ഫിൽറ്ററുകൾ • വൈദ്യുതി കടത്തുന്ന ആന്റിസ്റ്റാറ്റികം കോട്ടിംഗുകൾ	• നിർമ്മാണ വതുക്കൾ • താപീയ കവചം • ഫ്ളോം റിറ്റാഡന്റുകൾ • മരം, തറ, കല്ല്, കെട്ടിട മുകപ്പുകൾ, ഓടുകൾ, കൂരഓടുകൾ എന്നിവയുടെ പ്രതല അനുബന്ധകമായ കെട്ടുമാന വസ്തുകൾ • കെട്ടിട മുപ് കോട്ടിംഗുകൾ • കുഴികൾ നിരത്തുന്ന മിശ്രിതങ്ങൾ	• മരുന്നു വിനിയോഗ വ്യവസ്ഥികൾ • പ്രവർത്തന കാരണികൾ • വ്യത്യസ്ഥമാധ്യമം • ആരോഗ്യ ദുരിത പരീക്ഷണങ്ങൾ • അവയവമാറ്റം • സൂക്ഷ്മജീവികളെ ചെറുക്കുന്ന വസ്തുക്കൾ കൂടാതെ ഫ്ളോട്ടിംഗുകൾ • കാൻസർ ചികിത്സ വസ്തുക്കൾ

XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 260 2/14/2023 5:52:33 PM

വസ്ത്രോത്പന്നം (വസ്ത്രോത്പന്നം/തുണികൾ) നെയ്യാത്തത് • പ്രോസ്സസ് ചെയ്ത വസ്ത്രങ്ങൾ • സ്മാർട്ട് വസ്ത്രങ്ങൾ	**ഊർജ്ജം** • ഇന്ധന കലങ്ങൾ • സോളാർ സെല്ലുകൾ • ബാറ്ററികൾ • കപ്പാസിറ്ററുകൾ	**സൗന്ദരി വർദ്ധന വസ്തുക്കൾ** • സൂര്യപ്രകാശ സംരക്ഷണം • ലിപ്സ്റ്റിക്കുകൾ • സ്ക്രീൻ ക്രീമുകൾ • ടൂത്ത് പേസ്റ്റുകൾ
ആഹാരം കൂടാതെ പാനീയങ്ങൾ • പാക്കേജ് വസ്തുക്കൾ • സ്റ്റോറേജ് ലൈഫ് സെൻസറുകൾ • അഭികൃയുകൾ • പഴരസങ്ങളെ തെളിയാൻ വയ്ക്കും	**വീട്ടുപയോഗം** • ഇരുമ്പിന് ആവശ്യമായ സിറാമിക് കോട്ടിംഗുകൾ • സുഗന്ധ വസ്തുക്കൾ • കണ്ണാടി സിറാമിക്കുകൾ • തറ, ജന്നലുകൾ എന്നിവയെ ശുദ്ധീകരിക്കുന്നവ	**കായികം / ഔട്ട്ഡോർ** • സ്ക്രീ മെഴുക് • കണ്ണാടികൾ, കണ്ണാടികളുടെ ആന്റിഫോയിംഗ് • കപ്പലുകൾ, ബോട്ടുകൾ ശിഫിലികരിക്കേ≠ കോട്ടു • ഗുകൾ റെയ്ൻ ബോഴ്സ്ഡ് ടെന്നീസ് റാക്കറ്റുകൾ കൂടാതെ ബോളുകൾ

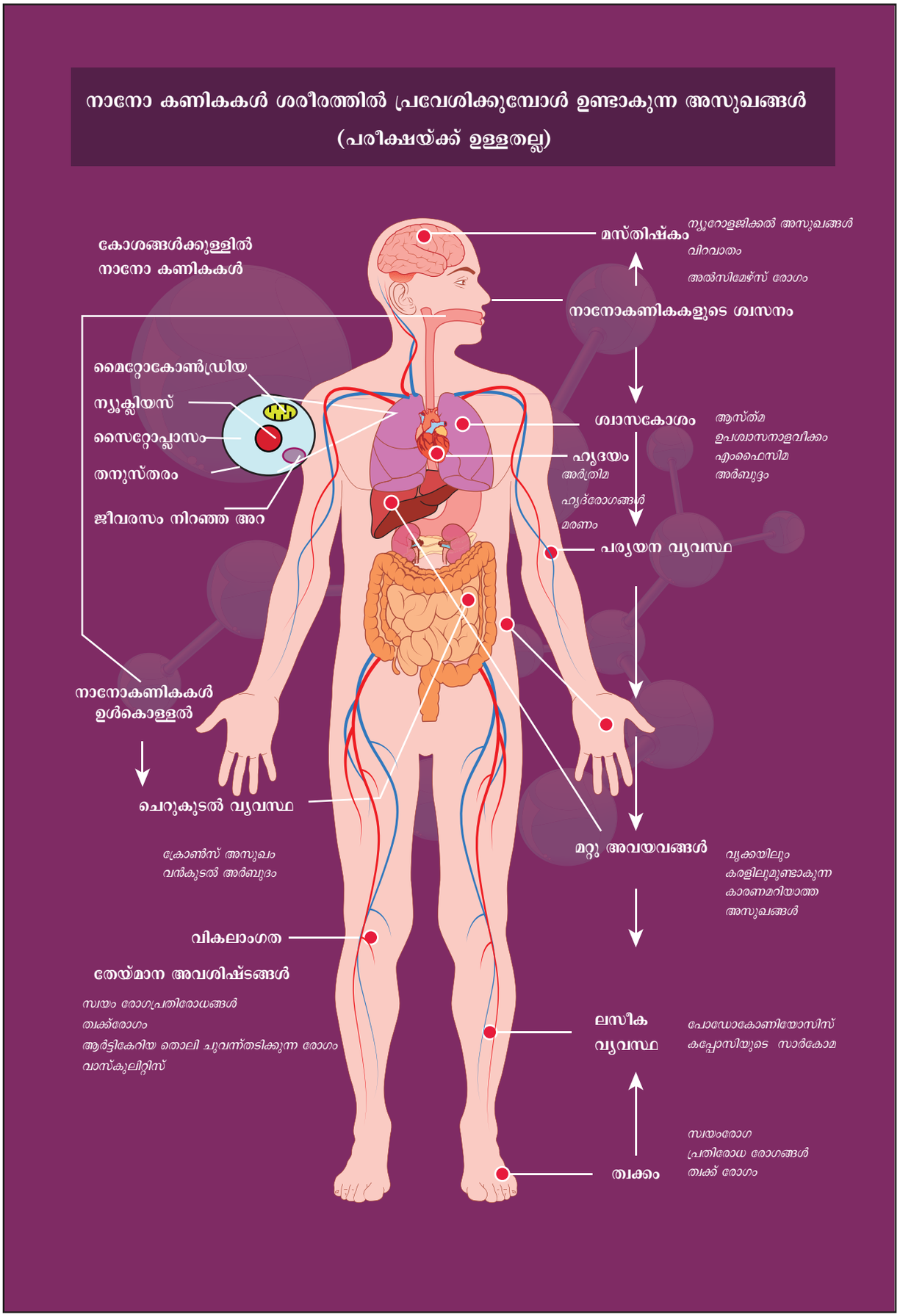
11.2.7 നാനോ കണങ്ങളുടെ സാധ്യതയുള്ള ദോഷ ഫലങ്ങൾ

നാനോ ടെക്നോളജി ഉപയോഗത്തില ദോഷഫലങ്ങളെ കുറിച്ചുള്ള പരീക്ഷണവും സമ അളവിലായ പ്രാധാന്യം ഉള്ളവയാണ്. വേഗമായിട്ട് വളർന്നു വരുന്ന ഗവേഷണ വിഭാഗമാണ്. ഇവിടെ പ്രധാന പ്രശ്നം എന്തെന്നാൽ നാനോ ടെക്നോളജി പ്രോട്ടീൻ പോലുള്ള ജൈവ മാത്ര രകൾക്ക് സമാന പരിമാണങ്ങളെ കൊ≠ുള്ളവയാണ്. അവ ജീവജാലങ്ങളുടെ പ്രതലത്തിൽ ലഘുവായിട്ട് ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടാം. അല്ലെങ്കിൽ ശരീരത്തിന്റെ ടിഷ്യൂകളിൽ കൂടാതെ ദ്രാവകങ്ങളിൽ നുഴഞ്ഞു കേറും. വലിച്ചെടുക്കുന്ന ഊർജ്ജം നാനോ കണത്തിന്റെ പ്രതലത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ശരീരത്തിലുള്ള പ്രത്യേക സെല്ലുകൾ മരുന്നിനെ നേരിട്ട് വലിച്ചെടുക്കുന്ന രീതിയിൽ നാനോ കണങ്ങളുടെ പ്രതലത്തെ രൂപീകരിക്കാൻ സാധിക്കും.

ജീവജാലങ്ങളിൽ ഉ≠ാകുന്ന സംയോജനം കാരണം നാനോ കണങ്ങളുടെ പരിമാണങ്ങൾ ബാധിക്കപ്പെടുന്നു. ഉദാഹരണമായി ചില നാനോ മീറ്റർ അളവുള്ള നാനോ കണങ്ങളുടെ ജൈവമാത്രകൾക്കുള്ളിൽ നന്നായി എത്തിച്ചേരുന്നു. ആയതിനാൽ വലിയ നാനോക ണങ്ങളാൽ ഇത് സാധിക്കില്ല. നാനോ കണങ്ങൾ സെൽ ചൗവ്വുകളിലൂടെയും കടന്നുചെല്ലും. ഉൾവലിക്കപ്പെട്ട നാനോ കണങ്ങൾക്ക് രക്തത്തിൽ എത്തിച്ചേരാൻ സാധിക്കും. കൂടാതെ ഇവ കരൾ, ഹൃദയം അല്ലെങ്കിൽ രക്ത സെല്ലുകൾ എന്നിവകളിൽ എത്തിച്ചേരേ≠ സാധ്യതകളും ഉ≠ ാകുന്നു

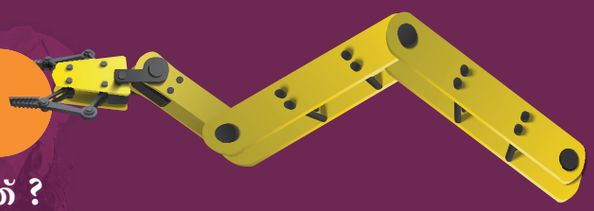
ശാസ്ത്രജ്ഞൻമാർ പല വ്യത്യസ്ത അളവ്, ആകൃതി, രാസഘടന കൂടാതെ പ്രതലഗുണ ങ്ങൾ ഉള്ള നാനോ കണങ്ങളെ ജീവജാലങ്ങളുടെ അവയവങ്ങളിൽ ചെലുത്തുമ്പോൾ അതിന്റെ പ്രതിരോധത്തെ മനസ്സിലാക്കാൻ പ്രയന്തിക്കുന്നു.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 261 2/14/2023 5:52:34 PM



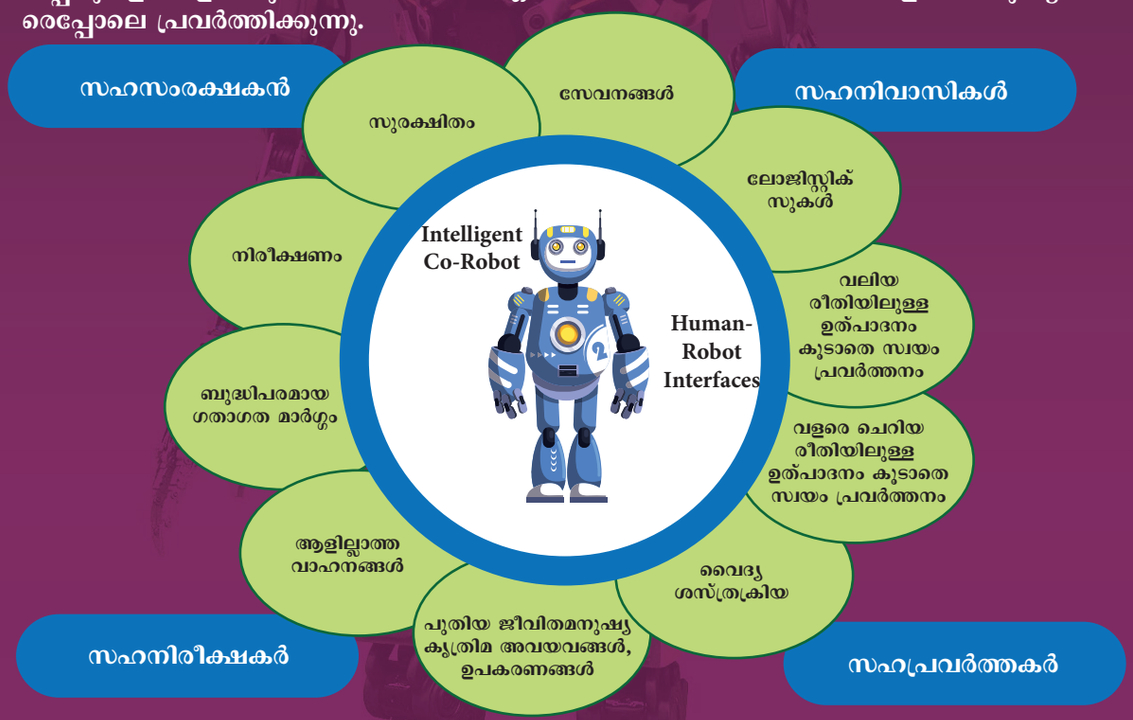
XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 262 2/14/2023 5:52:34 PM

11.3 റോബോടിക്സ്

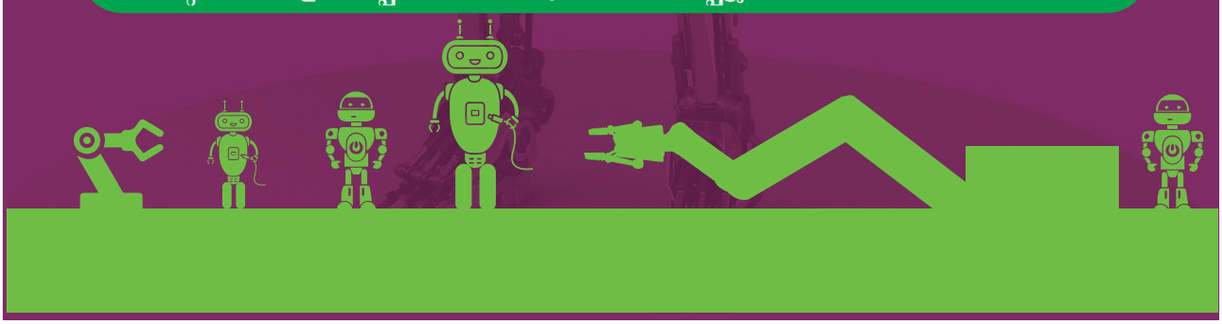


11.3.1 യന്ത്രമനുഷ്യൻ എന്നാലെന്ത് ?

റോബോടിക്സ് എന്നത് മെക്കാനിക്കൽ ഇഞ്ചിനീയറിംഗ്, ഇലക്ട്രോണിക്കൽ ഇഞ്ചിനീയറിംഗ്, കമ്പ്യൂട്ടർ ഇഞ്ചിനീയറിംഗ് കൂടാതെ വിജ്ഞാനം എന്നിവയുടെ സംയോജ്യമായ ഘടന വിഭാഗമാണ്. യന്ത്രമനുഷ്യൻ എന്നത് ഇലക്ട്രോണിക്ക് പരിപതങ്ങളാൽ രൂപീകരിക്കപ്പെട്ട കൂടാതെ ഒരു പ്രത്യേക ജോലിയെ ചെയ്യാൻ വേ≠ി മുൻധാരണ ചെയ്ത ഒരു യാന്ത്രിക ഉപകരണമാണ്. ഈ യാന്ത്രിക ഉപകരണങ്ങൾ റോബോട്ടിക്സ് യുഗത്തിൽ വളരെ പ്രാധാന്യം ഉള്ളതായിട്ടിരുന്ന് ബോംബാകളെ നിർവീര്യമാക്കുക, തകർന്ന കെട്ടിടങ്ങളിൽ വലഞ്ഞിട്ടുള്ളവരെ ക≠റിയുക, ചൂരങ്ങളെ നിരീക്ഷിക്കുക കൂടാതെ കപ്പലുകളിൽ ഉ≠ാകുന്ന അപകടങ്ങൾ എന്നീ അപകടകരമായ മേഖലകളിൽ മനുഷ്യരെപ്പോലെ പ്രവർത്തിക്കുന്നു.



1954 ൽ ജോർജ്ജ് ഡിവോൾ എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ യുനിമേറ്റ് എന്നറിയപ്പെടുന്ന ആദ്യത്തെ ഡിജിറ്റൽ രീതിയിൽ പ്രവർത്തനമുള്ള മുൻധാരണ ചെയ്യപ്പെട്ട യന്ത്രമനുഷ്യനെ ക≠ുപിടിച്ചു. നവീന റോബോടിക്സിന്റെ പിതാവ് ജോസഫ് എയ്ഞ്ചൽ ബർഗർ കൂടാതെ ജോർജ്ജ് ഡിവോൾ എന്നിവർ ലോകത്തില തന്നെ ആദ്യത്തെ റോബോടിക്സ് പ്രസ്ഥാപനത്തെ 1956 ൽ രൂപീകരിച്ചു. 1961 ൽ യുനിമേറ്റ് ന്യൂജഴ്സിയിൽ ഒരു ജനറൽ മോട്ടോഴ്സ് ആട്ടോ റമാബൈൽ ഫാക്ടറിയിൽ കാറിന്റെ ഭാഗങ്ങളെ ചലിപ്പിക്കാൻ വേ≠ി പ്രവർത്തിക്കപ്പെട്ടു.



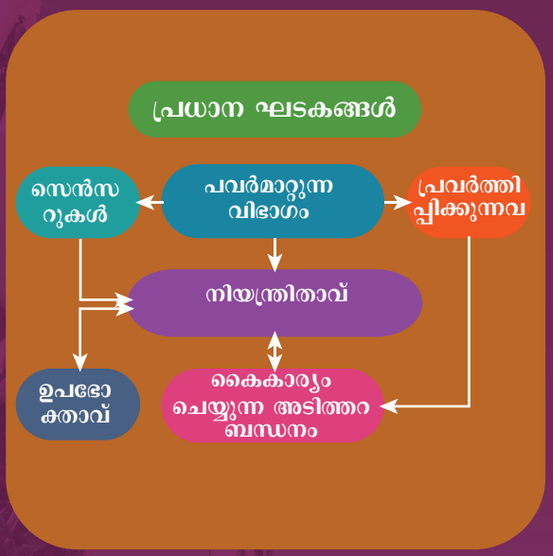
XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 263 2/14/2023 5:52:35 PM

11.3.2 റോബോർട്ടിക്സിന്റെ ഭാഗങ്ങൾ

റോബോടിക് വ്യവസ്ഥ പ്രധാനമായിട്ടും സെൻസറുകൾ, പവർ സപ്ലൈകൾ, നിയന്ത്രണ വ്യവസ്ഥികൾ, കൈകാര്യം ചെയ്യുന്ന ഉപകരണങ്ങൾ കൂടാതെ ആവശ്യമായ സോഫ്റ്റ് വയറുകൾ എന്നിവയെ കൊ≠വയാണ്.

കൂടുതൽ റോബോട്ടുകളും മൂന്നു പ്രധാന ഭാഗങ്ങളെ ഉള്ളടക്കിയവയാണ്

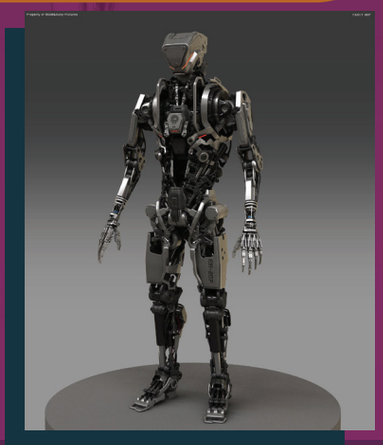
1. **നിയന്ത്രിതാവ്** - തലച്ചോർ എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഇത് കമ്പ്യൂട്ടർ പ്രോഗ്രാം ഉപയോഗിച്ചാണ് പ്രവർത്തിക്കുന്നത്. ഇത് പണിചെയ്യുന്നതിനു വേണ്ടി പ്രവർത്തന ഭാഗങ്ങൾക്ക് നിർദ്ദേശങ്ങൾ കൊടുക്കുന്നു.
2. **യാന്ത്രിക ഭാഗങ്ങൾ** - മോട്ടോറുകൾ, പിസ്റ്റണുകൾ, ഗ്രിപ്പുകൾ, ചക്രങ്ങൾ കൂടാതെ ഗിയറുകൾ എന്നിവ യന്ത്ര മനുഷ്യനെ, പിടിക്കാൻ, തിരിയുവാൻ കൂടാതെ തൂക്കുവാൻ സഹായിക്കുന്നു.
3. **ൾ** - യന്ത്രമനുഷ്യന്റെ ചുറ്റുപാടിനെ കുറിച്ച് പറയാൻ വേ≠ി ഇത് സഹായിക്കുന്നു. കൂടാതെ ചുറ്റുപാടിലുള്ള വസ്തുക്കളുടെ അളവുകൾ കൂടാതെ ആകൃതികൾ, വസ്തുകൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരം, എന്നിവ കണ്ടറിയാൻ സഹായിക്കുന്നു.



11.3.3 യന്ത്രമനുഷ്യന്റെ വകഭേദങ്ങൾ

മനുഷ്യ റോബോട്ട്

കാണാൻ മനുഷ്യരെപ്പോലെ ഇരിക്കുന്ന രീതിയിൽ രൂപീകരിച്ചിട്ടുണ്ട്. നടക്കുക, എടുക്കുക. കൂടാതെ സെൻസിംഗ് എന്നീ മനുഷ്യരുടെ പ്രവർത്തനങ്ങളെ അതേപടി ചെയ്യുന്നു.

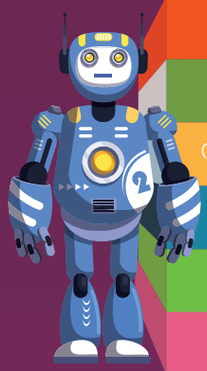


1. പവർ മാറ്റുന്ന വിഭാഗം: റോബോക്കളെ ബാറ്ററികൾ, സൗരോർജ്ജം, കൂടാതെ ഹൈഡ്രോളിക്സ് സിസ്റ്റങ്ങൾ എന്നിവയിൽ നിന്ന് പവർ കിട്ടുന്നു.
2. ആക്ച്യൂവേറ്റഴ്സ് : ഊർജ്ജത്തെ ചലനമായിട്ട് മാറ്റുന്നു. കൂടുതൽ ആക്ച്യുവേറ്റഴ്സും വർദ്ധുള ചലനം അല്ലെങ്കിൽ നേർരേഖാ ചലനത്തെ ഉ≠ാക്കുന്നു.
3. ഇലക്ട്രിക് മോട്ടോറുകൾ : ഇവ ചക്രങ്ങൾ, കൈകൾ, വിരലുകൾ, കാലുകൾ, സെൻസറുകൾ, ക്യാമറ, ആയുധ ഘടനകൾ എന്നീ റോബോക്കളുടെ ഭാഗങ്ങളെ പ്രവർത്തിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു. വൈദ്യുത മോട്ടോറുകൾ ഉപയോഗപ്പെടുത്തപ്പെടുന്നു.
4. വായുസമ്മർദ്ദ മസിലുകൾ: ഇവ വായുവിനെ ഉള്ളിലോട്ട് അയച്ചാൽ ചുരുങ്ങുന്നതും വിരിയുന്നതും ആയ ഉപകരണമാണ്. ഇത് മനുഷ്യന്റെ പേശിയുടെ പ്രവർത്തനത്തെ അനുകരിക്കുന്നു. വായു അവയ്ക്കുള്ളിൽ ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുമ്പോൾ അവ ഏകദേശം 40% അളവ് ചുരുങ്ങുന്നു.
5. പേശി വയറുകൾ : ഇവ ആകൃതി മെമ്മറി അലോയ്കൾ ഉാക്കുന്നു. മെമ്മറി അലോയ്കൾ മനുഷ്യ നിർമ്മിതമായ ലോലമായ കമ്പികളാണ്. ഇവയിലൂടെ വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുമ്പോൾ അവ 5% അളവിന് ചുരുങ്ങും.
6. പീസോ മോട്ടോറുകൾ കൂടാതെ അൾട്രാ സോണിക് മോട്ടോറുകൾ അടിസ്ഥാനമായി നാം ഇവയെ വ്യവസായ ശാലകളിലെ റോബോക്കളിൽ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു.
7. സെൻസറുകൾ : ഇവ തത്സമയ അറിവ് ബന്ധപ്പെട്ട വിവരങ്ങൾ തരുന്നതിനാൽ ഇവയെ ജോലി സംബന്ധമായ ചുറ്റുപാടുകളിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നു.
8. റോബോയുടെ സ്ഥാനമാറ്റം : റോബോക്കൾക്ക് ചലന രീതികളെ കൊടുക്കുന്നു. ഇത് പല തരത്തിൽപ്പെട്ടവയാണ്.
   (a) കാൽ ഉള്ളത് (b) ചക്രം ഉള്ളത് (c) കാൽ കൂടാതെ ചക്രം ചേർന്നുള്ളവ (d) നിയന്ത്രക്കപ്പെട്ട ചുരുക്കൽ/തെണുന്നത്

XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 264 2/14/2023 5:52:35 PM

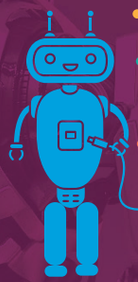
വ്യവസായശാലകളിലെ റോബോട്ടുകൾ

6 പ്രമുഖ രീതിയിലുള്ള വ്യവസായിക റോബോട്ടുകൾ



1. കാർട്ടീഷ്യൻ
2. *സ്കാറ
3. സിലിണ്ടർ ആകൃതി
4. ഡെൽറ്റ
5. ധ്രുവ രീതി ലംബമായിട്ട്
6. കരുതപ്പെടുന്നവ

6 അക്ഷ റോബോട്ടുകൾ താഴെ തന്നിട്ടുള്ളവയ്ക്ക് അനുയോജ്യമാണോ



- ആർക്ക് വെൽഡിംഗ്
- തൽക്ഷണ വെൽഡിംഗ്
- വസ്തുക്കളെ കൈകാര്യം ചെയ്യുക
- യാന്ത്രിക പരിപാലനം
- മറ്റു പ്രയോജനങ്ങൾ

കൃത്രിമ അറിവ്

കൃത്രിമ അറിവ്

കൃത്രിമ അറിവിന്റെ ലക്ഷ്യം എന്നത് മനുഷ്യന്റെ സ്വഭാവങ്ങളെപ്പോലെ റോബോട്ടുകളും പ്രവർത്തിക്കുന്നു എന്നതാണ്. അതിന്റെ ജോലികൾ എന്നത്

1. മുഖം അടയാളം കാണുന്നത്
2. കമ്പ്യൂട്ടർ ഗയിമുകളിൽ ഉൾപ്പെട്ടവരുടെ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് പ്രതികരിക്കുക എന്നതാണ്.
3. മുൻപത്തെ പ്രവർത്തനത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ തീരുമാനം എടുക്കുന്നത്
4. റോഡുകളിൽ ഗതാഗത കുരുക്കിനെ വിശകലനം ചെയ്ത് ഗതാഗതത്തെ ശരി ചെയ്യുക.
5. ഒരു ഭാഷയിൽ നിന്നും മറ്റൊരു ഭാഷയിലേയ്ക്ക് തർജ്ജിമ ചെയ്യുന്നത്

XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 265 2/14/2023 5:52:36 PM

11.3.4 പ്രയോജനങ്ങൾ

ബഹിരാകാശം : നക്ഷത്രങ്ങൾ, ഗ്രഹങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയെ നിരീക്ഷിക്കുക. ചൊവ്വാ ഗ്രഹത്തിൽ ഉള്ള പാറകൾ കൂടാതെ മണ്ണ് എന്നിവയിലുള്ള ധാതുക്കളെ അന്വേഷിക്കുക, പാറകൾ കൂടാതെ മണ്ണ് എന്നിവയിൽ കാണപ്പെടുന്ന മൂലകങ്ങളെ വിശകലനം ചെയ്യുക.

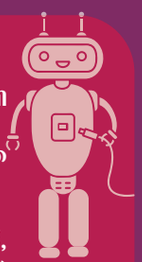
വളരെ ചെറിയ സ്ഥലങ്ങളിൽ ഒരു ജോലിയെ ഏറ്റെടുക്കാനായി നാനോ റോബോക്കളുടെ അളവിനെ വളരെ ചെറിയ അളവിൽ കുറയ്ക്കപ്പെടുന്നു. എന്നിരുന്നാലും ഇത് വളർന്നു വരുന്ന ഘട്ടത്തിലാണ് ഉള്ളത്. ആരോഗ്യ വകുപ്പിൽ അതിന്റെ വരുംകാല സാധ്യതകൾ കൂടുതലായിട്ട് പ്രതീക്ഷിക്ക പ്പെടുന്നു. രക്ത ഓട്ടത്തിൽ ചെറിയ ശസ്ത്രക്രിയകൾ ചെയ്യുന്നതിനും, ബാക്ടീരിയകളെ നശിപ്പിക്കുന്നതിനും, ശരീരത്തിലുള്ള തനിപ്പെട്ട കോശനാള ങ്ങളെ ക്രമീകരിക്കുന്നതിനും നാനോ റോബോട്ടുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഇവ ശരീരത്തിലൂടെ കടന്നു ചെല്ലുകയും കൂടാതെ പ്രവർത്തി ചെയ്തതിനുശേഷം പുറത്തു വരികയും ചെയ്യുന്നു. ചൈനയിലുള്ള ശാസ്ത്രജ്ഞൻമാർ ലോകത്തിൽ ആദ്യമായി സ്വയമേ പ്രവർത്തിക്കുന്ന DNA റോബോട്ടിനെ കാൻസർ കുട്ടികളെ നശിപ്പിക്കാനായിട്ട് രൂപീകരിച്ചിട്ടുണ്ട്.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 266 2/14/2023 5:52:37 PM

റോബോട്ടുകളെ ഉണ്ടാക്കാൻ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്ന വസ്തുക്കൾ

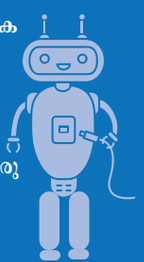
റോബോട്ടുകൾക്ക് അലുമിനിയം കൂടാതെ സ്റ്റീൽ എന്നീ ലോഹങ്ങൾ സാധാരണയായി ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു. അലുമിനിയം എന്നത് ഒരു ലഘുവായ ലോഹമായതിനാൽ അതുപയോഗിച്ച് എളുപ്പത്തിൽ ഉണ്ടാക്കാം. എന്നാൽ സ്റ്റീൽ പലമടങ്ങ് ബലമുള്ളതാണ്. ഇതിനെ തകിട്, കമ്പി, ചാനൽ കമ്പികൾ കൂടാതെ പലരൂപങ്ങളിൽ റോബോയുടെ ശരീരഭാഗങ്ങൾ രൂപീകരിക്കാൻ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു.

11.3.5. റോബോട്ടിക്സിന്റെ നൻമകൾ



1. റോബോക്കൾ മനുഷ്യരെക്കാളും വളരെ വില കുറഞ്ഞവയാണ്
2. റോബോക്കൾ മനുഷ്യരെപ്പോലെ എപ്പോഴും ക്ഷീണിക്കുന്നില്ല. അവ 24x7 മണിനേരവും ജോലി ചെയ്യുന്നവയാണ്. ആയതിനാൽ ജോലി സ്ഥലത്ത് വരാതിരിക്കുന്നത് കുറയ്ക്കപ്പെടുന്നു.
3. റോബോക്കൾ കൂടുതൽ തുല്യത ഉള്ളവയും കൂടാതെ ചെയ്യുന്ന ജോലിയിൽ കുറവു വരുത്താത്തതുമാണ്.
4. മനുഷ്യരെക്കാളും ബലമുള്ളവയും കൂടാതെ വേഗതയുള്ളവയുമാണ്.
5. റോബോക്കൾ അങ്ങേയറ്റത്തെ ചൂടുപാടുള്ള നിലയിലും ജോലിചെയ്യും, ഉദാഹരണമായിട്ട്, അങ്ങേയറ്റത്തെ ചൂട്, കുളിർ, ബഹിരാകാശം, അല്ലെങ്കിൽ വെള്ളത്തിനടിയിൽ, ബോംബ് കണ്ടുപിടിക്കുന്നത് അതിനെ നിർവീര്യമാക്കുന്നത് തുടങ്ങിയ ആപത്തായ ചുറ്റുപാടിലും റോബോക്കൾ പണിയെടുക്കുന്നു.
6. യുദ്ധത്തിൽ റോബോക്കൾ മനുഷ്യന്റെ ജീവനെ രക്ഷിക്കുന്നു.
7. റോബോക്കൾ, രാസവ്യവസായശാലകളിൽ പ്രത്യേകിച്ചും ന്യൂക്ലിയർ റിയാക്ടറുകളിൽ മനുഷ്യർക്ക് ആരോഗ്യ പ്രശ്നങ്ങൾ ഉ≠ക്കുന്ന സ്ഥലങ്ങളിൽ വസ്തുക്കളെ കൈകാര്യം ചെയ്യുന്നതിൽ വളരെയധികം പ്രയോജനപ്പെടുന്നു.

11.3.6 റോബോട്ടിക്സിന്റെ തിൻമകൾ



1. റോബോട്ടുകൾക്ക് മനസാക്ഷിയോ അല്ലെങ്കിൽ വികാരങ്ങളോ ഇല്ല.
2. അവ അലിവില്ലാത്തവും കൂടാതെ വികാരമില്ലാത്ത പണിസ്ഥലങ്ങളെയും രൂപീകരിക്കുന്നു.
3. റോബോട്ടുകൾ എല്ലാ ജോലികളെയും ചെയ്യുകയാണെങ്കിൽ മനുഷ്യർ അവയെ നിരീക്ഷിക്കുക മാത്രം ചെയ്യുകയാണെങ്കിൽ ആരോഗ്യ പ്രശ്നങ്ങൾ വളരെ അധികം ഉണ്ടാകും.
4. തൊഴിലില്ലായ്മ പ്രശ്നം കൂടും
5. റോബോട്ടുകൾ നിർണയിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ള ജോലിമാത്രമേ ചെയ്യുകയുള്ളൂ. കൂടാതെ പ്രതീക്ഷിക്കാത്ത സാഹചര്യങ്ങളിൽ പ്രവർത്തിക്കുകയില്ല.
6. റോബോട്ടുകൾ ഒരു പ്രത്യേക ജോലിയെ ചെയ്യാൻ മാത്രം പ്രോഗ്രാം ചെയ്തിട്ടുള്ളവയാണ്. ഒരു പക്ഷേ ഏതെങ്കിലും ഒരു പിശക് സംഭവിച്ചാൽ അത് ആ സ്ഥാപനത്തിനു തന്നെ വലിയ നഷ്ടത്തെ ഉണ്ടാക്കും.
7. ഒരു റോബോയ്ക്ക് എന്തെങ്കിലും കേടുപാടുകൾ ഉണ്ടായാൽ അതിന്റെ പ്രശ്നം എന്താണെന്ന് കണ്ടുപിടിക്കാൻ, അതിനെ ശരിയാക്കാൻ കൂടാതെ ആവശ്യമെങ്കിൽ റീപ്രോഗ്രാം ചെയ്യാൻ സമയം എടുക്കും. ഈ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്കെല്ലാം വളരെയധികം സമയം ആവശ്യമായി വരും.
8. തീരുമാനങ്ങൾ എടുക്കുന്നതിൽ മനുഷ്യർക്ക് പകരമായി റോബോക്കൾക്ക് ഒരിക്കലും ഇരിക്കാൻ സാധിക്കില്ല.
9. റോബോക്കൾ മനുഷ്യന്റെ അറിവോളം എത്തുന്നതു വരെ പണിസ്ഥലത്ത് മനുഷ്യൻ ഇരിക്കേണ്ടതായി വരും.

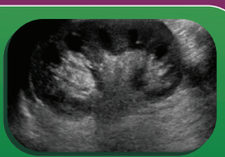
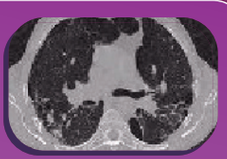
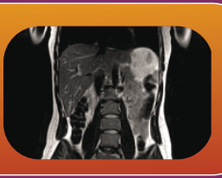
XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 267 2/14/2023 5:52:37 PM

11.4 വൈദ്യരോഗ നിർണ്ണയം കൂടാതെ ചികിത്സ എന്നിവയിൽ ഭൗതിക ശാസ്ത്രത്തിന്റെ പങ്ക്

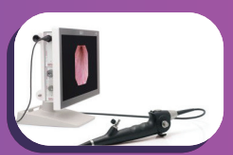
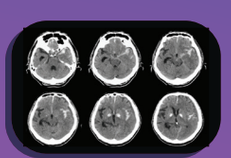
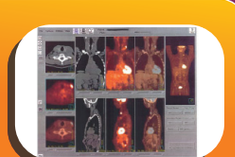
വൈദ്യവിജ്ഞാനം ഭൗതിക സിദ്ധാന്തങ്ങളെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയാണ് പ്രവർത്തിക്കുന്നത്. സങ്കേതിക വിദ്യകൾ രോഗനിർണ്ണയം കൂടാതെ ചികിത്സ എന്നിവയുടെ സംയോജനത്തോടു കൂടി ആയതിനാൽ വൈദ്യ ഉപകരണ മേഖല മനുഷ്യരുടെ ജീവിത കാലത്തെ കൂട്ടിയിട്ടുണ്ട്. അടിസ്ഥാന ഭൗതിക ശാസ്ത്രത്തെ അനുയോജ്യമായി ഉപയോഗപ്പെടുത്തിയതു കാരണം എല്ലാ വിഭാഗങ്ങളിലും ഈ നവീകരണം സാധ്യമായി.

11.4.1 ആരോഗ്യ വകുപ്പിന്റെ വളർച്ച

താഴെ തന്നിട്ടുള്ള പ്രകാരം ഭൗതിക ശാസ്ത്രത്തിന്റെ പരിണാമ വളർച്ചയ്ക്ക് അനുസരിച്ചാണ് ഉള്ളത്.

	വർഷം	കണ്ടുപിടിത്തം (കണ്ടുപിടിച്ചവർ)	ആരോഗ്യവകുപ്പിന് ഉപയോഗപ്പെടുന്ന സാങ്കേതിക വിദ്യ	ചിത്രം
1	1895	X- കിരണങ്ങൾ (വിൽഗം കോൺറെഡ് റോൺജൻ)	റേഡിയോ ആക്ടീവ് X-കിരണത്തിന്റെ ചിത്രം	
2	1896 & 1898	റേഡിയോ ആക്ടീവ് സിദ്ധാന്തം (ആന്റ്ണിഹെന്റി ബെക്കറൽ, പ്യൂരിക്യൂറി കൂടാതെ മേരി ക്യൂറി)	റേഡിയോ ആക്ടീവ് ഐസോടോപ്പിക് ചിത്രം	
3	1934	കൃത്രിമ റേഡിയോ ആക്ടീവത (ജോലിയറ്റ് കൂടാതെ ഐറിൻ ക്യൂറി)	റേഡിയോ ആക്ടീവ് ചിത്രം	
4	1950	അൾട്രാ സോണിക് അണുകേന്ദ്ര അനുരണന (NMR) ഫെലിക്സ് ബ്ലാക്ക് കൂടാതെ എഡ്വാർഡ് പർസൽ	എക്കോഗ്രാഫി	
5	1979	X- കിരണങ്ങളെ കണ്ടുപിടിക്കുന്നു ടോമോഗ്രാഫിക് (കാർമാക്ക് കൂടാതെ ഹീൻസ് ഫീൻഡ്)	കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ട ഡോമോഗ്രാഫിക് (CT)	
6	1952	അണു കേന്ദ്ര കാന്തിക അനുരണനം (NMR) ഫെലിക്സ് ബ്ലോച്ച് കൂടാതെ എഡ്വാർഡ് പസ്സൽ	കാന്തിക അണുരണനം ചിത്രം (MRI)	

XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 268 2/14/2023 5:52:37 PM

	വർഷം	കണ്ടുപിടിത്തം (കണ്ടുപിടിച്ചവർ)	ആരോഗ്യവകുപ്പിന് ഉപയോഗപ്പെടുന്ന സാങ്കേതിക വിദ്യ	ചിത്രം
7	1934	കൃത്രിമ റേഡിയോ ആക്ടീവത (ജൂലിയറ്റ് കൂടാതെ ഐറിൻ ക്യൂറി)	പോസിട്രോൺ വികിരണം ടോമോഗ്രാഫിക	
8	1940's	പ്രകാശിക തന്തു	എൻറ്റോസ്കോപ്പി കൂടാതെ ബയോ മെഡിക്കൽ സെൻസറുകൾ	
9	1960	ലേസർ	ശസ്ത്രക്രിയ ഉപകരണം കൂടാതെ രോഗം നിർണ്ണയിക്കുന്ന ഉപകരണം	
10	1959	നാനോ സാങ്കേതിക വിദ്യ	നാനോ മരുന്നുകൾ, മരുന്നു വിനിയോഗം	
11	2005	ഇരട്ട സ്രോതസ്സിനാൽ കണക്കുകൂട്ടപ്പെട്ട ടോമോഗ്രാഫി (DSCT)	കണക്കിടപ്പെട്ട ട്രോമോഗ്രാഫി (CT)	
12	1998	ന്യൂക്ലിയർ മരുന്നുകൾ (ഡേവിഡ് ടൈൻ സെന്റ് റോനാൾഡ് തട്ട്)	സംയോജന ബിംബ സാങ്കേതികങ്ങൾ (PET-CT, PET-MR)	

XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 269 2/14/2023 5:52:38 PM

11.4.2 ആധുര സാങ്കേതികക്കിൽ നവീന വളർച്ച താഴെ പറയുന്നവയെ ഉള്ളടക്കിയവയാണ്

XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 270 2/14/2023 5:52:38 PM

സാങ്കേതിക വിദ്യകളെയും അടിസ്ഥാന ഭൗതിക ശാസ്ത്രത്തെയും സംയോജിപ്പിച്ചാൽ വൈദ്യ ലോക നിർണ്ണയത്തിന്റെ പുതുമ എന്നത് വളരെ പെട്ടെന്ന് തന്നെ പുരോഗമിച്ചുണ്ട്. അങ്ങനെയുള്ള പുരോഗമനങ്ങളിൽ ചിലതിനെ താഴെ പ്രതിപാദിച്ചിട്ടുണ്ട്.

1. വെർച്വൽ റിയാലിറ്റി

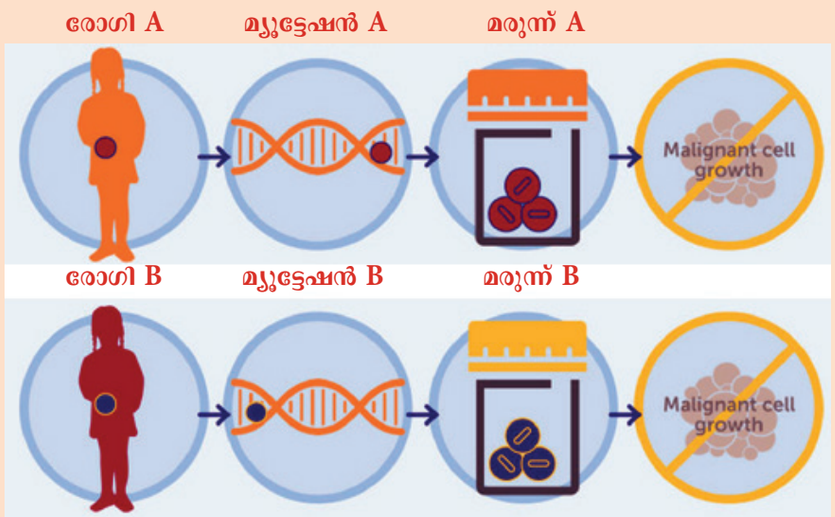
1

വൈദ്യ വെർച്വൽ റിയാലിറ്റി എന്നത് തലച്ചോർ, വേദനയുണ്ടാക്കുന്നതിനെ നിർത്തുവാനും കൂടാതെ ആശുപത്രിയിലുള്ള രോഗികളുടെ വേദനയെ ഫലപ്രദമായി ഭേദമാക്കാനും ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു. ശസ്ത്രക്രിയ വിദഗ്ദ്ധർ 3D മാതൃകകളെ ഉപയോഗപ്പെടുത്തി ശസ്ത്രക്രിയയെ ആസൂത്രണം ചെയ്യുന്നത് കാരണം വെർച്വൽ റിയാലിറ്റി ശസ്ത്രക്രിയകളെ മെച്ചപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്. ഇത് ഓട്ടിസം, ഓർമ്മക്കുറവ്, കൂടാതെ മാനസിക വിഭ്രാന്തി എന്നിവയെ ഭേദപ്പെടുത്താൻ സഹായിക്കുന്നു.

2

2. തുല്യതയാർന്ന മരുന്നുകൾ

തുല്യതയാർന്ന മരുന്നുകൾ എന്നത് തനിത്തനിയായ ജീനുകളുടെ വ്യത്യാസങ്ങൾ ചുറ്റുപാടുകൾ കൂടാതെ ഓരോ വ്യക്തിയുടെയും ജീവിത രീതി എന്നിവയെ കണക്കിലെടുത്ത് കൊണ്ട് രോഗ നിയന്ത്രണം കൂടാതെ ചികിത്സ എന്നിവയ്ക്കായി വളർന്നു വരുന്ന സമീപനമാണ്. ഈ വൈദ്യമാതൃകയിൽ ഓരോരോ പ്രത്യേക രോഗിക്കും വൈദ്യ തീരുമാനങ്ങൾ, ചികിത്സകൾ, തുടർ ചികിത്സകൾ അല്ലെങ്കിൽ ആ വ്യക്തിക്ക് അനുയോജ്യമായ ഉപകരണങ്ങൾ കൊണ്ട് വൈദ്യ സേവനത്തെ വ്യക്തി മൂല്യം ഉള്ളതായി മാറ്റാൻ സാധിക്കും.



XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 271 2/14/2023 5:52:38 PM

3. ആരോഗ്യ വകുപ്പിൽ ധരിക്കുന്നവ

ആരോഗ്യ വകുപ്പിൽ ധരിക്കുന്നവ എന്നത് ധരിക്കുന്നവരുടെ പ്രധാന ലക്ഷണങ്ങൾ, അല്ലെങ്കിൽ ആരോഗ്യപരമായ ഫിറ്റ്നെസ്സ് ഡേറ്റ, സ്ഥാനം എന്നിവയെ നിരീക്ഷിക്കാനാവുന്ന ഒരു ഉപകരണം കൂടിയാണ്. കൃത്രിമ അറിവ് കൂടാതെ വലിയ ഡേറ്റയോടു കൂടിയുള്ള ആരോഗ്യ വകുപ്പിൽ ധരിക്കുന്നവ രോഗനിർണ്ണയം, ചികിത്സ രോഗിയെ നിരീക്ഷിക്കുക കൂടാതെ രോഗനിയന്ത്രണം എന്നിവയിൽ ശ്രദ്ധ ചെലുത്തുന്ന ആരോഗ്യ സേവനത്തിന് ഒരു ഉയർന്ന വില കൽപ്പിക്കുന്നു.

കുറിപ്പ്

ബിഗ്ഡേറ്റ: ബിഗ്ഡേറ്റ എന്നത് വളരെ വലിയ ഡേറ്റുകൾ കമ്പ്യൂട്ടർ വഴിയായിട്ട് വിശകലനം ചെയ്ത് പാറ്റൺസ് മാതൃകകൾ, ട്രെൻഡുകൾ, അസോസിയേഷൻസ് പ്രത്യേകിച്ച് മനുഷ്യരുടെ ശീലങ്ങൾ കൂടാതെ ഇടപെടലുകൾ എന്നിവയെ വെളിപ്പെടുത്തുന്നു.

4. കൃത്രിമ അവയവം

ഒരു കൃത്രിമ അവയവം എന്നത് മനുഷ്യരിൽ ഘടിപ്പിക്കപ്പെട്ട അല്ലെങ്കിൽ സംയോജിക്കപ്പെട്ട ഉപകരണം അല്ലെങ്കിൽ കലകളാകുന്നു. ഇതിനെ ജീവനുള്ള കലകളോട് കൂടി സംയോജിക്കുകയോ അല്ലെങ്കിൽ മനുഷ്യ ശരീരത്തിലെ അവയവങ്ങളെ മാറ്റം ചെയ്യാനോ പ്രയോജനപ്പെടുത്തുന്നു ഇത് മനുഷ്യ ശരീരങ്ങളുടെ പ്രത്യേക പ്രവർത്തനത്തെ അല്ലെങ്കിൽ പ്രവർത്തനങ്ങളെ ഇരട്ടിയാക്കി അല്ലെങ്കിൽ കൂടുതലാക്കി രോഗി കഴിയും വരെ പെട്ടെന്ന് തന്നെ സാധാരണ ജീവിതത്തിലേയ്ക്ക് വരുന്ന രീതിയിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 272 2/14/2023 5:52:39 PM

5

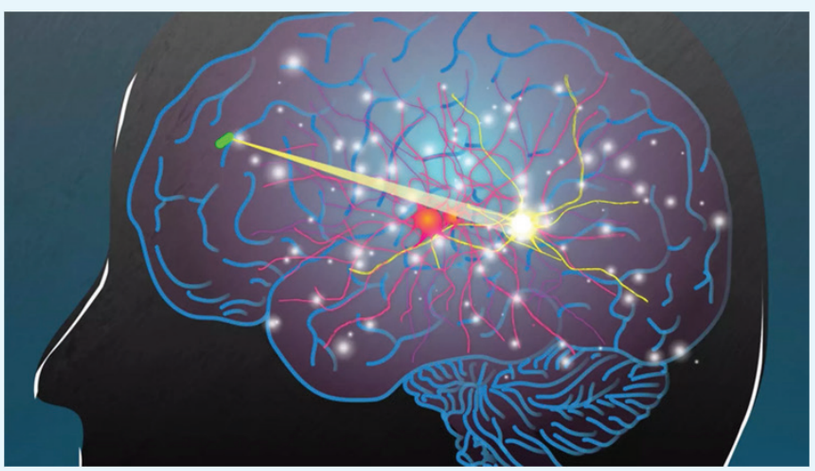
5. 3D പ്രിന്റിംഗ്

കാതിനുള്ള ചികിത്സ, പല്ലിന്റെ ചികിത്സ, എല്ലിന്റെ ചികിത്സ എന്നീ ആധുര മേഖലകളിൽ വൈദ്യൻമാരുടെ പല രീതിയിലുള്ള പ്രവർത്തനങ്ങൾക്കും നവീന 3D പ്രിന്റിംഗ് കൂടാതെ വസ്തുക്കൾ പ്രയോജനപ്പെടുന്നു.

6

6. കമ്പിയില്ലാ ബ്രെയിൻ സെൻസറുകൾ

കമ്പിയില്ലാ ബ്രെയിൻ സെൻസറുകൾ തലയോട്ടിനുള്ളിലുള്ള മർദ്ദം കൂടാതെ താപം എന്നിവയെ നിരീക്ഷിക്കുന്നു. കൂടാതെ അവ ശരീരത്തിനാൽ വലിച്ചെടുക്കപ്പെടുന്നു. ആയതിനാൽ ഈ ഉപകരണങ്ങളെ മാറ്റാനായിട്ട് ശസ്ത്രക്രിയയുടെ ആവശ്യമില്ല.



XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 273 2/14/2023 5:52:39 PM

7

7. റോബോട്ടിക് ശസ്ത്രക്രിയ

റോബോട്ടിക് ശസ്ത്രക്രിയ എന്നത് റോബോർട്ട് ഘടനകളാൽ ചെയ്യപ്പെടുന്ന ഒരുതരം ശസ്ത്രക്രിയ രീതിയാകുന്നു. റോബോട്ടിന്റെ സഹായത്തോടെ ചെയ്യുന്ന ശസ്ത്രക്രിയ, നേരത്തെയുള്ള കുറഞ്ഞ അളവിലായ ആക്രമണാത്മക ശസ്ത്രക്രിയ രീതികളിലുള്ള കടമ്പകളെ അതിജീവിക്കാൻ സഹായിക്കുന്നു. കൂടാതെ ഇത് ശസ്ത്രക്രിയ വിദഗ്ദ്ധൻമാരുടെ തുറന്ന രീതിയിലുള്ള ശസ്ത്രക്രിയ ചെയ്യുന്ന രീതികളെയും മെച്ചപ്പെടുത്തുന്നു.

8

8. സ്മാർട്ട് ഇൻഹേലറുകൾ

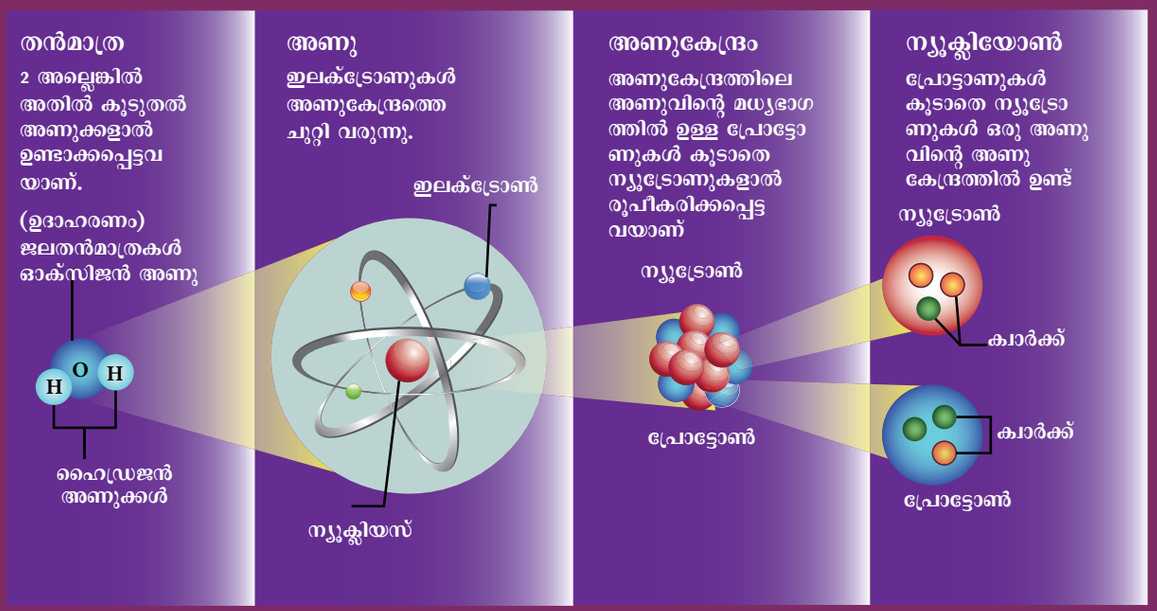
ആസ്ത്മയ്ക്കുള്ള ഒരേ പ്രധാന ചികിത്സ ഇൻഹേലറുകൾ ഉപയോഗിക്കുക എന്നതാണ്. സ്മാർട്ട് ഇൻഹേലറുകൾ ആരോഗ്യ സംഘടനകൾ കൂടാതെ രോഗികൾ എന്നിവരെ കണക്കിലെടുത്ത് അവർക്ക് പ്രയോജനം ഉണ്ടാക്കുന്ന രീതിയിൽ രൂപീകരിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. സ്മാർട്ട് ഇൻഹേലറുകൾ ബ്ലൂടൂത്ത് സങ്കേതികത്വം പ്രയോജനപ്പെടുത്തി ഇൻഹേലറുകളുടെ പ്രയോജനത്തെ കണ്ടറിഞ്ഞ് രോഗികൾക്ക് അവരുടെ മരുന്നിനെ എപ്പോഴാണ് എടുക്കേണ്ടത് എന്നതിനെ ഓർമ്മപ്പെടുത്തുന്നു. കൂടാതെ ഇത് തുടർന്നുള്ള ചികിത്സയ്ക്ക് സഹായിക്കുന്ന ഡേറ്റകളെ ശേഖരിക്കുന്നു.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 274 2/14/2023 5:52:39 PM

ഭൗതിക ശാസ്ത്രത്തിൽ ബാക്കിയുള്ള സമീപനകാല വളർച്ചകൾ

കണങ്ങളുടെ ഭൗതിക ശാസ്ത്രം

കണങ്ങളുടെ ഭൗതിക ശാസ്ത്രം പ്രകൃതിയിൽ അടിസ്ഥാന കണങ്ങളെ പറ്റിയുള്ള നിരീക്ഷണങ്ങളെ ചെയ്യുന്നു. കൂടാതെ ഇത് ഭൗതിക ശാസ്ത്രത്തിലുള്ള തീവ്ര പരീക്ഷണ മേഖലകളിൽ ഒന്നാകുന്നു. ആരംഭ കാലത്തിൽ അണു ഒരു വസ്തുവിന്റെ അടിസ്ഥാന ആധാരം എന്ന് കരുതപ്പെട്ടു. 1930 ന് അടുപ്പിച്ച് അണുക്കൾ, ഇലക്ട്രോണുകൾ, പ്രോട്ടോണുകൾ, കൂടാതെ ന്യൂട്രോണുകൾ എന്നിവയാൽ ആണെന്ന് സ്ഥാപിക്കപ്പെട്ടു.



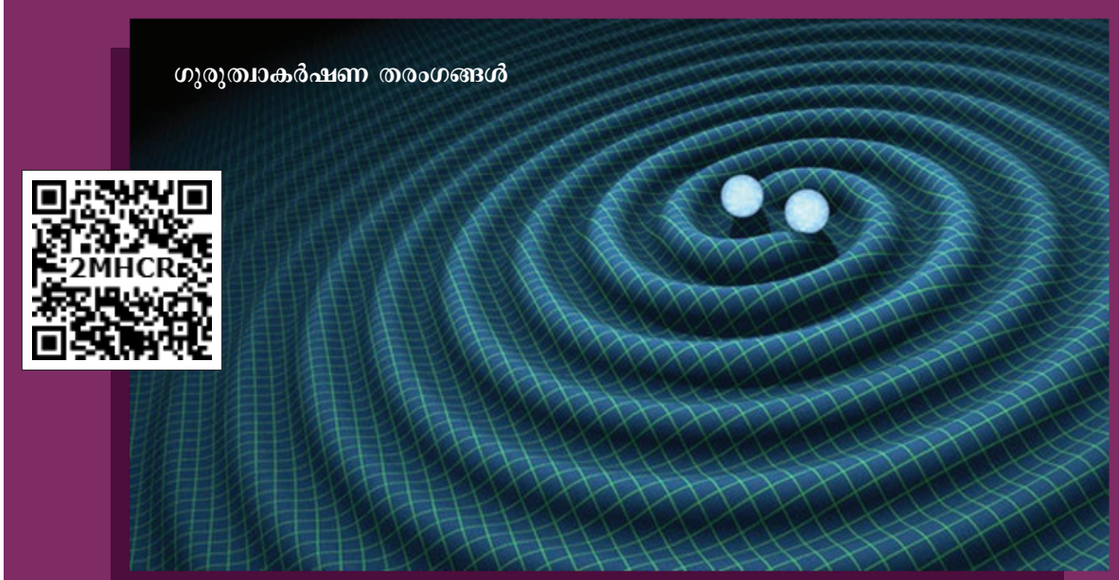
1960 ൽ ക്വാർക്കുകൾ കണ്ടെറിയപ്പെട്ടു. കൂടാതെ പ്രോട്ടോൺ, ന്യൂട്രോൺ എന്നിവ ക്വാർക്കുകളാൽ ഉണ്ടാക്കപ്പെട്ടവയാണ് എന്നും മനസ്സിലാക്കാൻ സാധിച്ചു. അതേ സമയം കണങ്ങളുടെ ഭൗതിക ശാസ്ത്രത്തിന്റെ ഗവേഷണം ത്വരിതപ്പെട്ട് സൈദ്ധാന്തിക രീതിയിലും, പരീക്ഷണ രീതിയിലും അത്യധികം വളർച്ച പ്രാപിച്ചിട്ടുണ്ട്. പിന്നീട് ക്വാർക്കുകൾ ഗ്ലൂയോൻസ് വഴി സംയോജനം ചെയ്യുന്നത് അറിയാൻ സാധിച്ചു. ഈ മേഖല ഭൗതകിക ശാസ്ത്രത്തിൽ വളരെയധികം നോബൽ സമ്മാനങ്ങൾ ലഭിച്ചിട്ടുള്ള മേഖലയാണ്. സമീപ കാലത്ത് 2013 ാം വർഷം പ്രശസ്തിയാർജ്ജിച്ച ദൈവകണങ്ങൾ എന്ന് അറിയപ്പെടുന്ന ഹിഗ്സ് കണങ്ങൾ കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടു. ഇതിനെ കണ്ടുപിടിച്ചത് പീറ്റർ ഹിംഗ്സ് കൂടാതെ ഇംഗ്ലർറ്റ് എന്ന രണ്ടുപേർക്കും നോബൽ സമ്മാനം ലഭിച്ചു. പ്രോട്ടോണുകൾ ന്യൂട്രോണുകൾ എന്നീ പല കണങ്ങൾക്ക് ദ്രവ്യമാനം കൊടുക്കുന്നത് ഈ ഹിഗ്സ് കണങ്ങളാണ്.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 275 2/14/2023 5:52:39 PM

കോസ്മോളജി

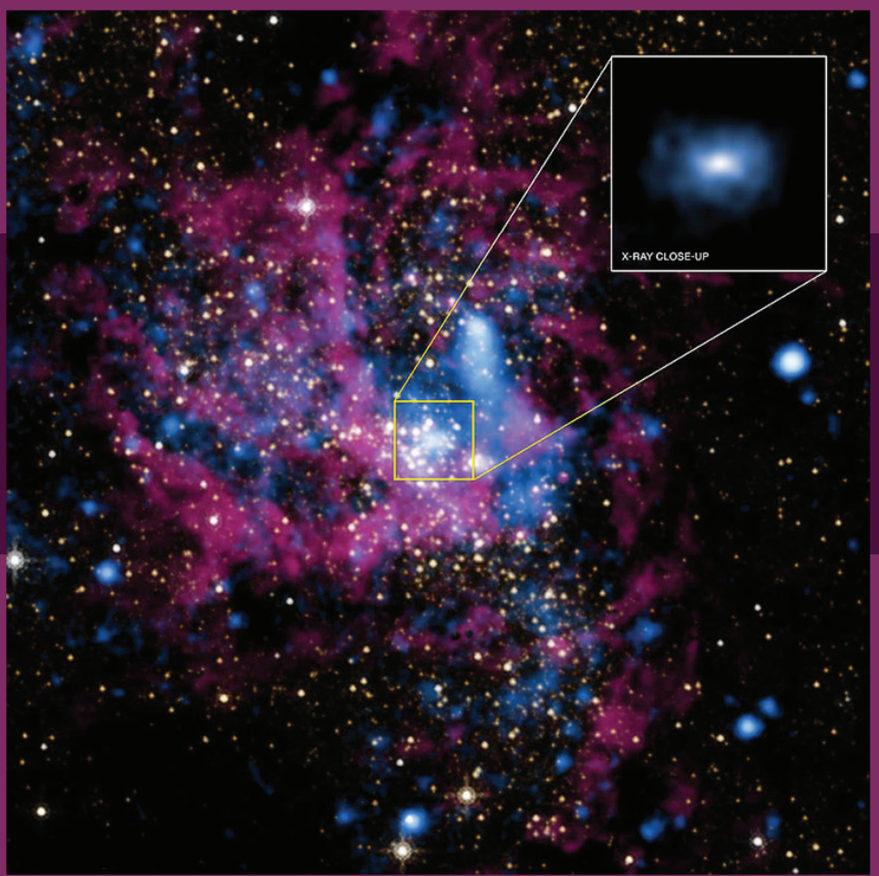
കോസ്മോളജി എന്നത് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഉത്ഭവം പരിണാമ വളർച്ചയെ ഗവേഷണം ചെയ്യുന്ന മേഖലയാണ്. ഇത് നക്ഷത്രങ്ങൾ, നക്ഷത്ര കൂട്ടങ്ങൾ എന്നിവയുടെ ഉത്ഭവത്തെ കുറിച്ചുള്ള പരീക്ഷണത്തെ ഉൾക്കൊള്ളുന്നു. 2015 ൽ ഗുരുത്വാ.കർഷണ തരംഗങ്ങൾ ഉള്ളത് കണ്ടറിയപ്പെട്ടു. കൂടാതെ ഈ കണ്ടുപിടിത്തത്തിനായി 2017 ൽ നോബൽ സമ്മാനം ലഭിച്ചു.

ഗുരുത്വാകർഷണ തരംഗങ്ങൾ എന്നത് സ്പേസ് ടൈം വക്രതയുള്ള വ്യത്യാസങ്ങളാകുന്നു. കൂടാതെ ഇത് പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഏതൊരു ത്വരീകരിക്കപ്പെട്ട ചാർജ്ജുകളും വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളെ ഉത്സർജ്ജിക്കും. അതുപോലെ ഏതൊരു ത്വരീകരിക്കപ്പെട്ട ദ്രവ്യമാനവും ഗുരുത്യാ കർഷണ തരംഗങ്ങളെ ഉത്സർജ്ജിക്കും എന്നാൽ ഈ തരംഗങ്ങൾ ഭൂമിയെപ്പോലെ കൂടുതൽ ദ്രവ്യമാന മുള്ള വസ്തുക്കൾക്ക് കൂടി ബലം കുറഞ്ഞതായി കാണപ്പെടുന്നു. ഗുരുത്വാകർഷണ തരംഗങ്ങളുടെ ശക്ത മായ സ്രോതസ്സ് എന്നത് ബ്ലാക്ക് ഹോൾസാണ്. ഇവ ഗുരുത്വാകർഷ തരംഗങ്ങളുടെ ശക്തമായ സ്രോതസ്സാ യാട്ടിരിക്കുന്നതിനാൽ ഗുരുത്വാകർഷണ തരംഗങ്ങളുടെ കണ്ടുപിടിത്തം ബ്ലാക്ക് ഹോൾസിന്റെ ഘടനയെ നിരീക്ഷിക്കുന്നതിന് സഹായിച്ചു. സത്യത്തിൽ ഗുരുത്വാകർഷണ തരംഗങ്ങളുടെ സമീപ കാല കണ്ടു പിടിത്തങ്ങൾ രണ്ട് ബ്ലാക്ക് ഹോളുകൾ ഒന്നിനോടൊന്ന് സംയോജിച്ച് ഓരോ ബ്ലാക്ക് ഹോളായിട്ട് മാറു മ്പോൾ ഉൽസർജ്ജിക്കപ്പെട്ടവയാണ്. സത്യത്തിൽ ആൽബർട്ട് ഐൻസ്റ്റീൻ 1915 ാം വർഷം ഗുരുത്വാകർ ഷണ തരംഗങ്ങൾ ഉള്ളതിനെ സൈദ്ധാന്തികമായി പ്രവചിച്ചു. 100 വർഷങ്ങൾക്ക് ശേഷം അഹേത്തിന്റെ പ്രവചനം ശരിയാണോ എന്നത് പരീക്ഷണാടിസ്ഥാനത്തിൽ തെളിയിക്കപ്പെട്ടു.



ബ്ലാക്ക് ഹോളുകൾ നക്ഷത്രങ്ങളുടെ അവസാനത്തെ ഘട്ടമാണ്. കൂടാതെ അവ അധിക സാന്ദ്രതയുള്ള ഘനമായ വസ്തുവാണ്. അതിന്റെ ദ്രവ്യമാനം സൂര്യന്റെ ദ്രവ്യമാനത്തെപ്പോലെ 20 മടങ്ങ് മുതൽ 1 മില്ല്യൺ മടങ്ങ് വരെ ഉള്ളവയാണ് അത് ഏതൊരു കണവും അല്ലെങ്കിൽ പ്രകാശവും കൂടി അതിൽ നിന്ന് രക്ഷപ്പെടാതെ വളരെ ശക്തമായ ഭൂഗുരുത്വ ബലത്തെ കൊണ്ടവയാണ്. ബ്ലാക്ക് ഹോളിനു ചുറ്റും നക്ഷത്ര ങ്ങൾ മറ്റു നക്ഷത്രങ്ങളെക്കാളും വ്യത്യാസ്തമായിട്ട് പ്രവർത്തിക്കുമ്പോൾ ബ്ലാക്ക് ഹോൾ ഉണ്ടെന്നുള്ളത് വ്യക്തമാക്കപ്പെടുന്നു. ഓരോ നക്ഷത്ര കൂട്ടങ്ങളും അതിന്റെ കേന്ദ്രത്തിൽ ബ്ലാക്ക് ഹോളിനെ കൊണ്ടുള്ളവ യാണ് ക്ഷീര പഥത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിലുള്ള ബ്ലാക്ക് ഹോളിനെ സഹിറ്റാറിയസ് A* എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 276 2/14/2023 5:52:39 PM



ബ്ലാക്ക് ഹോൾ സഹിറ്റാറിയൻ A*

പ്രശസ്തിയാർജ്ജിച്ച ഭൗതിക ശാസ്ത്രജ്ഞനായ സ്റ്റീഫൽ ഹാക്കിംഗ് ബ്ലാക്ക് ഹോൾ മേഖലയിൽ പരീക്ഷണം ചെയ്ത വ്യക്തിയാകുന്നു.

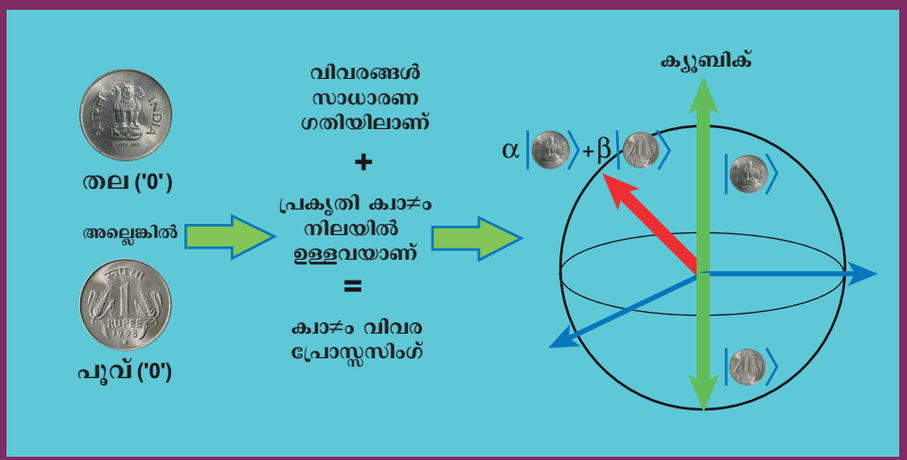
സൂപ്പർ മാസ്സിവ് ബ്ലാക്ക്ഹോൾ M87* ന്റെ യഥാർത്ഥ ഫോട്ടോഗ്രാഫ്

മുകളിൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ള ബ്ലാക്ക് ഹോൾ ഫോട്ടോഗ്രാഫ് എടുക്കാൻ ആവശ്യമായ വളരെയധികം ഡേറ്റ 5 ഭൂഖണ്ഡങ്ങളിലും ഉള്ള സൂപ്പർ കമ്പ്യൂട്ടറുകൾ കൂടാതെ എട്ട് (ദൂരദർശിനികൾ) ടെലസ്കോപ്പുകൾ ഉപ യോഗപ്പെടുത്തപ്പെട്ടു. ഇതിൽ എന്റ് സ്റ്റീനിന്റെ ജനറൽ സിദ്ധാന്തത്തെ വീണ്ടും സ്ഥിരീകരിക്കുകയാണ്.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 277 2/14/2023 5:52:40 PM

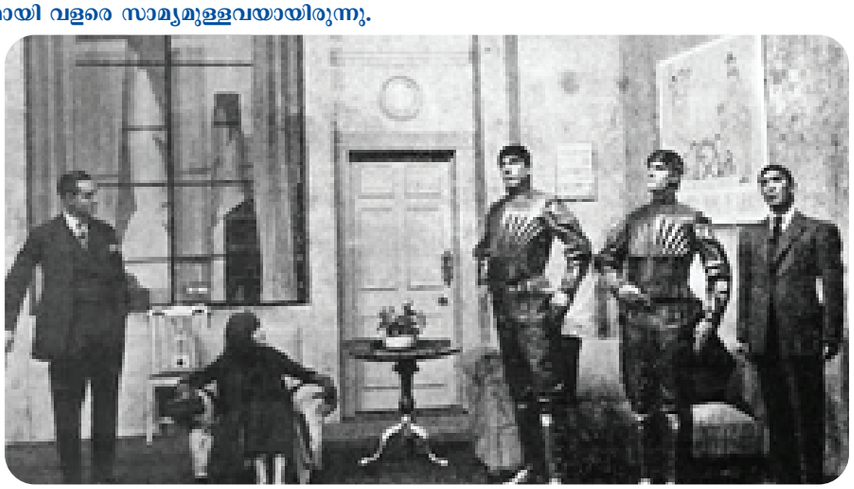
ക്വാണ്ടം വിവര സൈദ്ധാന്തികം
(പരീക്ഷയ്ക്ക് ഉള്ളതല്ല)

ഇത് ക്വാണ്ടം കമ്പ്യൂട്ടറുകളെ ഉപയോഗിച്ച് വിവരങ്ങൾ ശേഖരിച്ച് മെച്ചപ്പെടുത്തുന്നതിനെ കൈകാര്യം ചെയ്യുന്ന മറ്റൊരു വളർന്നു വരുന്ന ഗവേഷണ മേഖലയാണ്. ഇപ്പോൾ ഉള്ള കമ്പ്യൂട്ടറുകൾ വിവരങ്ങളെ ബിറ്റുകൾ രീതിയിലാണ് ശേഖരിക്കുന്നത്. എന്നാൽ ക്വാണ്ടം കമ്പ്യൂട്ടറുകൾ വിവരങ്ങളെ ക്യൂബിക്സ് രീതിയിലാണ് ശേഖരിക്കുന്നത്. ക്യൂബിക് എന്നത് ക്വാണ്ടം ബിറ്റിനെ കുറിക്കുന്നു. കൂടാതെ ഇത് ക്വാണ്ടം വിവരങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാന മാത്രയാണ്. പണ്ടത്തെ ബിറ്റ് എന്നത് 0 അല്ലെങ്കിൽ ഒന്നിനെ കുറിക്കുന്നു. എന്നാൽ ക്യൂബിറ്റ് 0 അല്ലെങ്കിൽ 1 മാത്രമല്ലാതെ 0 കൂടാതെ ഒന്നിന്റെ ലീനിയർ സൂപ്പർ പൊസിഷനുകളാണ്. ഈ സാങ്കേതിക രീതി കണ്ടുപിടിക്കുന്ന കാലാവധിയെ വളരെയധികം കുറയ്ക്കുന്നു. ഈ പരീക്ഷണ വിഭാഗം ഭാവികാലത്തിൽ കൂടുതൽ പ്രയോജനം ഉള്ളതായി കാണപ്പെടുന്നു.



നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

ശ്രദ്ധേയമായ നിരവധി കണ്ടുപിടുത്തങ്ങളും ഉണ്ടായിരിക്കുന്നത് ശാസ്ത്രീയമായ സാങ്കൽപ്പികതയിൽ നിന്നുമാണ്. റോബോട്ടുകളുടെ കണ്ടുപിടിത്തവും ഇതിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമല്ല. റോബോട്ടിക്സ് എന്ന പദം റോബോട്ട് എന്ന പദത്തിൽ നിന്നുമാണ് ഉത്ഭവിച്ചത്. 1920 ൽ സെക്ക് എഴുത്തുകാരനായ കരേൽ കപെക് എഴുതിയ റോസ്സം യൂണിവേഴ്സൽ റോബോട്ടുകൾ എന്ന നാടകത്തിലാണ് ഇത് അവതരിപ്പിച്ചത്. റോബോട്ട് എന്ന പദം സ്ലാവിക് പദമായ റബോട്ടയിൽ നിന്നാണ് ഉരുത്തിരിഞ്ഞത് ഇതിന്റെ പൂർണ്ണമായ അർത്ഥം സൂചിപ്പിക്കുന്നത് അധ്വാനം അല്ലെങ്കിൽ ജോലി എന്നതാണ്. കൃത്രിമമായി മനുഷ്യരെ നിർമ്മിക്കുന്ന ഒരു ഫാക്ടറിയിൽ നിന്നുമാണ് നാടകം ആരംഭിക്കുന്നത്. അവർ മനുഷ്യരെന്നു തെറ്റിദ്ധരിക്കാവുന്ന ജീവികളെപ്പോലെ കാണപ്പെട്ടു. (ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു) ഈ കഥാപാത്രങ്ങൾ ആൻഡ്രോയിഡുകളുടെ ആധുനിക ആശയങ്ങളുമായി വളരെ സാമ്യമുള്ളവയായിരുന്നു.



(റോസ്സം യൂണിവേഴ്സൽ റോബോട്ടുകൾ എന്ന നാടകത്തിലെ ഒരു രംഗം മൂന്നു റോബോട്ടുകളെ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.)

XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 278 2/14/2023 5:52:40 PM

സംഗ്രഹം

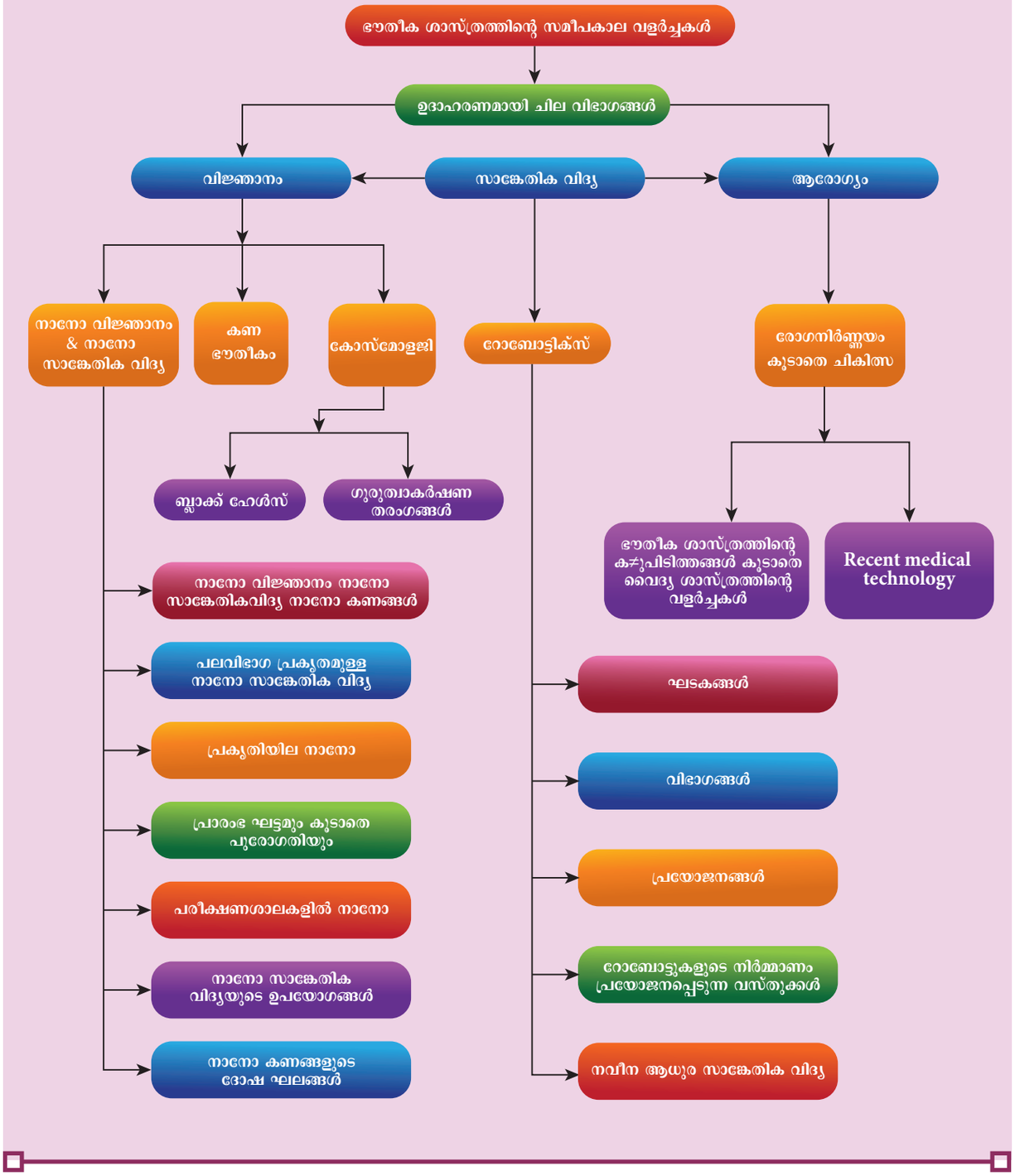
- പ്രധാന ഭൗതിക സിദ്ധാന്തങ്ങൾ സാങ്കേതിക വളർച്ചയ്ക്കു അടിസ്ഥാനമായിട്ടുണ്ട്.
- ഭൗതീകം എന്നത് വിജ്ഞാനം, ഇൻജിനീയറിംഗ്, സാങ്കേതിക വിദ്യ കൂടാതെ, ആരോഗ്യവകുപ്പ് എന്നിവയ്ക്കു അടിസ്ഥാന വിഭാഗമായിട്ടുള്ള ഒന്നാണ്. നാനോ വിജ്ഞാനം എന്നത് 1–100 nm പൊതുവായ അളവുള്ള വസ്തുക്കളുടെ വിജ്ഞാനമാകുന്നു.
- നാനോ എന്നത് ഒരു മീറ്ററിൽ ബില്ല്യനിൽ ഒരു ഭാഗം ആകുന്നു. അതായത് 10^{-9} m.
- നാനോ സാങ്കേതിക വിദ്യ എന്നത് നാനോ അളവിൽ രൂപീകരിക്കപ്പെട്ട വസ്തുക്കളുടെ ഘടന ഉൽപാദനം ഗുണഗണങ്ങൾ കൂടാതെ ഉപയോഗങ്ങൾ എന്നിവ ഉള്ളടക്കിയ സാങ്കേതികവിദ്യ ആകുന്നു.
- ഒരു ഖരത്തിലുള്ള കണത്തിന്റെ അളവ് 100 nm നെ താഴെയായിരുന്നാൽ അതു നാനോ ഖരം എന്നറിയപ്പെടുന്നു.
- കണങ്ങളുടെ അളവ് 100 nm നു കൂടുതലാണെങ്കിൽ അതു ഭീമകാരമായ ഖരം എന്നറിയപ്പെടുന്നു.
- വസ്തുവിന്റെ നാനോ ആകൃതി അതിന്റെ ഭീമകായമായ ആകൃതിയോടു താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ വളരെ വ്യത്യാസമായ ഗുണങ്ങളെ ഉൾക്കൊണ്ടവയാകുന്നു.
- റോബോട്ടുകൾ ഉണ്ടാക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന വസ്തുക്കളിൽ അലുമിനിയം കൂടാതെ സ്റ്റീൽ എന്നീ ലോഹങ്ങളാണ് കൂടുതൽ ഉപയോഗിക്കുന്നതു.
- അലുമിനിയം ലഘുവായ ലോഹം ആയതിനാൽ അതു കൊണ്ട് എളുപ്പത്തിൽ റോബോട്ടുകൾ ഉണ്ടാക്കാം.
- സ്റ്റീൽ പല മടങ്ങ് ശക്തിയുള്ളവയാണ്.
- ലോഹങ്ങളുടെ അന്തർലീനമായ ശക്തി കാരണം റോബോട്ടുകളുടെ ശരീര ഭാഗങ്ങൾ തകടുകമ്പി, ചാനൽ കമ്പികൾ കൂടാതെ വേറെ ആകൃതികലും ഉണ്ടാക്കപ്പെടുന്നു.
- റോബോട്ടുകൾ ഉപയോഗങ്ങൾക്കു പ്രയോജനമുള്ളവയാണ് എന്നാൽ അതു കൊണ്ട് പല ദോഷങ്ങളും ഉണ്ട്.
- ബഹിരാകാശത്തിനപ്പുറത്തുള്ള നക്ഷത്രങ്ങൾ, ഗ്രഹങ്ങൾ എന്നിവയെ പരീക്ഷണം ചെയ്യുക, ചൊവ്വാ ഗൃഹത്തിലുള്ള പാറകളിലുള്ള ധാതുക്കൾ കൂടാതെ മണ്ണ് എന്നിവ വിൾകലനം ചെയ്യാനും റോബോട്ടുകൾ പ്രയോജനപ്പെടുത്തുന്നു.
- വിട്ടുപയോഗങ്ങൾക്കായി പ്രയോജനപ്പെടുന്ന റോബോട്ടുകൾ, വാകം ക്ലീനറുകൾ തറ വൃത്തിയാക്കുന്നവ, പാത്തികൾ വൃത്തിയാക്കുന്നവ പുൽത്തകിടി നിർമ്മാണം, നീന്തൽ കുളം വൃത്തിയാക്കൽ കതകുകൾ താനേ തുറക്കാനും, അടയ്ക്കാനും ഉപയോഗിക്കുന്നവ എന്നിവയാണ്.
- വ്യവസായ ശാലകളിലെ റോബോട്ടുകൾ വെൽഡിംങ്ങ് ചെയ്യുക, മുറിക്കാൻ, റോബോ ജല ജെറ്റ് മുഖേന വെട്ടുക.
- റോബോ ലേസർ വഴി വെട്ടുക, ഉയർത്തുക, പിരിയ്ക്കുക, വളയ്ക്കുക ഉൽപാദിപ്പിക്കുക, യോജിപ്പിക്കുക, ഗതാഗതം, ന്യൂക്ലിയർ വേസ്റ്റുകൾ പോലുള്ള അപകടകരങ്ങളായ വസ്തുക്കളെ കൈകാര്യം ചെയ്യുന്നതു യുദ്ധസാമഗ്രികൾ, പരീക്ഷണശാലയിലുള്ള പരീക്ഷണം ഉപഭോക്താക്കൾ കൂടാതെ വ്യവസായ ശാലകളിലുള്ള വസ്തുക്കളെ വലിയ തോതിൽ ഉൽപാദനം ചെയ്യുക എന്നിവയിൽ പ്രയോജനപ്പെടുന്നു.
- നാനോ റോബോട്ടുകൾ, രക്ത ഓട്ടത്തിൽ ചെറിയ ശസ്ത്രക്രിയകൾ ചെയ്യുവാനും, ബാക്ടീരിയക്കെതിരായി പോരാടുന്നതിനും, ശരീരത്തിലുള്ള തനിപ്പെട്ട കോശങ്ങളെ ക്രമീകരിക്കാനും തുടങ്ങിയ ജോലികൾക്കായി പുരോഗമിക്കപ്പെടുത്തി വരുന്നു.
- ആരോഗ്യവകുപ്പിന്റെ പുരോഗതി ഭൗതീക ശാസ്ത്രത്തിന്റെ പരിണാമ വളർച്ചയ്ക്കു അനുയോജ്യമായിട്ടുണ്ട്.
- നവീന ആധുര സാങ്കേതികവിദ്യകളിൽ, വെർച്ചൽ റിയാലിറ്റി അനുയോജ്യ മരുന്നുകൾ, ആരോഗ്യ വകുപ്പിൽ ധരിക്കുന്നവ സ്ത്രങ്ങൾ, കൃത്രിമ അവയവങ്ങൾ, 3D പ്രിന്റിംങ്ങ്, കമ്പിയില്ലാ ബ്രെയിൻ സെൻസറുകൾ, റോബോട്ടിക് ശസ്ത്രക്രിയകൾ സ്മാർട്ട് ഇൻഹെയലറുകൾ എന്നിവ അടങ്ങിയിട്ടുണ്ട്.
- കണങ്ങളുടെ ഭൗതീക ശാസ്ത്രം പ്രകൃതിയിലുള്ള അടിസ്ഥാന കണങ്ങളെ കുറിച്ചുള്ള പരീക്ഷണത്തെ ഉൾക്കൊള്ളുന്നു. പ്രോട്ടോണുകൾ ന്യൂട്രോണുകൾ എന്നിവ കുവാർക്കുകളാൽ ആയവയാണ്.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 279 2/14/2023 5:52:40 PM

- കോസ്മോളജി എന്നത് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഉൽഭവം കൂടാതെ പരിണാമ വളർച്ച എന്നിവയെ ഉള്ളടക്കിയ വിഭാഗമാണ്.
- ത്വരീകരിക്കപ്പെട്ട ദ്രവ്യമാനങ്ങൾ ബലഹീനമായ ഭൂഗുരുത്വ തരംഗങ്ങളെ ഉൽസർജിപ്പിക്കുന്നു.
- ബ്ലാക്ക് ഹോൾസ് ശക്തമായ ഭൂഗുരുത്വ തരംഗങ്ങളെ ഉൽസർജ്ജിക്കുന്നു.
- ഒരു റോബോട്ടിക് സിസ്റ്റത്തിന്റെ പ്രധാന ഘടകങ്ങൾ എന്നത് പവർ മാറ്റുന്ന വിഭാഗം, ആക്റ്റിവേറ്ററുകൾ, വൈദ്യുത മോട്ടോറുകൾ വായുമർദ്ദന പേശികൾ, പേശീകമ്പികൾ, പീസോ മോട്ടോറുകൾ കൂടാതെ അൽട്രാസോണിക് മോട്ടോറുകൾ, സെൻസറുകൾ കൂടാതെ റോബോ ചലന വ്യവസ്ഥി എന്നിവ.
- വ്യാവസായ ശാലകളിലെ റോബോട്ടുകളുടെ ആറു പ്രധാന വിഭാഗങ്ങൾ, കാർട്ടീഷ്യൻ, സ്കാറാ, സിലിണ്ടറാകൃതി, ടെൽറ്റാ, ധ്രുവരീതി, ലംബമായി ആവിഷ്കരിച്ചവ എന്നിവയാണ്.
- ആയു അക്ഷ റോബോട്ടുകൾ ആർക്ക് വെൽഡിങ്ങ് സ്പോർട്ട് വെൽഡിങ്ങ്, വസ്തുക്കളെ കൈകാര്യം ചെയ്യുന്നതു യന്ത്ര പരിപാലനം എന്നിവയ്ക്കു അനുയോജ്യമായുള്ളവയാണ്.
- റോബോട്ടിക്സിന്റെ അഞ്ച് പ്രധാന ഫീൽഡുകൾ എന്നത് മനുഷ്യ റോബോ ഇന്റർഫേസ് ചലനശേഷി കൈകാര്യം ചെയ്യുന്നതു മാനിപുലേഷൻ ചെയ്യുക (കൃത്രിമ പണി) കൂടാതെ സെൻസറുകൾ.
- കൃത്രിമ അറിവിന്റെ ലക്ഷ്യം എന്നത് മനുഷ്യന്റെ ഗുണങ്ങളെ റോബോട്ടുകളിൽ കൊണ്ടുവരിക എന്നതാണ്.
- കൃത്രിമ അറിവ് പ്രവർത്തിക്കുന്നതു മുഖം അടയാളം കാണുക, കമ്പ്യൂട്ടർ ഗെയിമുകളിൽ കളിക്കുന്നവരുടെ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്കും പ്രതികരിക്കുക, മുൻ പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ തീരുമാനങ്ങൾ എടുക്കുക ഗതാഗത കുരുക്കിനെ നിരീക്ഷിച്ചു ഗതാഗതത്തെ നിയന്ത്രിക്കുക കൂടാതെ ഒരു ഭാഷയിൽ നിന്നും മറ്റൊന്നിലേക്ക് വാക്കുകളെ തർജ്ജിമ ചെയ്യുക എന്നിവയിലാണ്.
- ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന രീതി നാനോ കണങ്ങളുടെ പ്രതലത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.
- ശരീരത്തിന്റെ ഏതൊരു പ്രത്യേക കോശത്തിനും നാനോ കണങ്ങളുടെ പ്രതലത്തെ അതു പ്രത്യേക കോശത്തിൽ ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന രീതിയിൽ രൂപീകരിക്കുന്നതു കാരണം മരുന്നിനെ നേരിട്ട് നിക്ഷേപിക്കാൻ സാധിക്കും.
- ചില നാനോ മീറ്റർ അളവുള്ള നാനോ കണങ്ങൾ ജൈവ തൻമാത്രകൾക്കുള്ളിലൂടെ നന്നായിട്ട് എത്തിച്ചേരുന്നു എന്നാൽ വലിയ നാനോ കണങ്ങളാൽ ഇതു സാധിക്കില്ല. നാനോ കണങ്ങൾ കോശ ചവ്വുകളെ കടക്കും.
- വലിച്ചെടുക്കപ്പെട്ട നാനോ കണങ്ങൾ രക്തത്തിൽ എത്തിച്ചേരുന്നു. കൂടാതെ അതു ബാക്കി സ്ഥലങ്ങളല്ല കരൾ, ഹൃദയം അല്ലെങ്കിൽ രക്ത കോശങ്ങളിൽ എത്തിച്ചേരാം.
- റോബോട്ടിക്സ് എന്നത് മെക്കാനിക്കൽ എഞ്ചിനീയറിംഗ് ഇലക്ട്രോണിക് എഞ്ചിനീയറിംഗ് കമ്പ്യൂട്ടർ എഞ്ചിനീയറിംഗ് കൂടാതെ വിജ്ഞാനം എന്നിവയുടെ സംയോജിത പഠനമാകുന്നു.
- യന്ത്രമനുഷ്യൻ എന്നതു വൈദ്യുത പരിപധത്താൽ രൂപീകരിക്കപ്പെട്ട കൂടാതെ ഒരു പ്രത്യേക ജോലിയെ ചെയ്യാൻ വേണ്ടി ആസൂത്രണം ചെയ്യപ്പെട്ട ഒരു യന്ത്രമാകുന്നു.
- ഒരു റോബോട്ടിക് സിസ്റ്റത്തിൽ പ്രധാനമായും സെൻസറികൾ, പവർ സപ്ലൈകൾ കൺട്രോൾ സിസ്റ്റമുകൾ, മാനിപുലേറ്ററുകൾ ആവശ്യമായ സോഫ്റ്റ്വെയറുകൾ എന്നിവയുണ്ട്.
- കുവാണ്ടം നിർവ്വചന ഫലങ്ങൾ കൂടാതെ പ്രതല ഫലങ്ങൾ എന്നിവ നാനോ ഗുണങ്ങളെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന രണ്ട് പ്രധാന സംഭവങ്ങളാകുന്നു.
- നാനോ വിജ്ഞാനം കൂടാതെ സാങ്കേതികതയുടെ പല വിഭാഗങ്ങളിൽ പ്രയോജനമുള്ള പല വിഭാഗ പ്രകൃതമുള്ളവയാണ്.
- നാനോ അളവിലുള്ള രൂപങ്ങൾ ശാസ്ത്രജ്ഞൻമാർ അവയെ പരീക്ഷണശാലകളിൽ പരീക്ഷണം ചെയ്യാൻ തുടങ്ങുന്നതിനും വളരെ മുമ്പു തന്നെ പ്രകൃതിയിലുള്ളവയാണ്.
- മുകളിൽ നിന്നും താഴോട്ട് കൂടാതെ താഴെ നിന്നും മുകളിലോട്ട് എന്ന സമീപന രീതികൾ നാനോ വസ്തുക്കളെ ഉണ്ടാക്കുന്നതിനായുള്ള രണ്ട് രീതികളാകുന്നു.
- നാനോ സാങ്കേതിക വിദ്യകളുടെ പ്രയോജനങ്ങൾ പല വിഭാഗങ്ങളിലും ഉണ്ട്.
- നാനോ കണങ്ങളുടെ പ്രധാന പ്രശ്നം എന്തെന്നാൽ നാനോ കണങ്ങൾ പ്രോട്ടീൻ തുടങ്ങിയ ജൈവ തൻമാത്രകൾക്കു തുല്യമായ പരിമാണങ്ങളെ കൊണ്ടുള്ളവയാണ്.
- നാനോ കണങ്ങൾ ജീവജാലങ്ങളുടെ പ്രതലത്തിൽ പെട്ടെന്നു തന്നെ അധിഗോഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്നതാൽ അവ ശരീരത്തിലെ കലകൾ കൂടാതെ ദ്രവകങ്ങളിൽ വലിച്ചെടുക്കപ്പെടാം.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 280 2/14/2023 5:52:40 PM

ആശയ ചിത്രീകരണം



XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 281 2/14/2023 5:52:40 PM

മൂല്യ നിർണ്ണയം

I. ശരിയായഉത്തരംതെരഞ്ഞെടുത്തെഴുതുക

1. ZnO വസ്തുവിന്റെ കണങ്ങളുടെ അളവ് 30nm ഈ പരിമാണത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അതു ഇങ്ങനെ വകഭേദം ചെയ്തിട്ടുണ്ട്

a) ഭീമമായ വസ്തു

b) നാനോ വസ്തു

c) ലഘുവായ വസ്തു

d) കാന്തിക വസ്തു

2. താഴെ പറയുന്നവയിൽ പ്രകൃതിയിലുള്ള നാനോ വസ്തു ഏതാണ്.

a) മയിൽപ്പീലി

b) മയിലിന്റെ കൊക്ക്

c) മണൽത്തരികൾ

d) തിമിംഗലത്തിന്റെ തോൽ

3. വളരെയധികം സ്ഥിരതയുള്ള കൃത്രിമ വസ്തുക്കൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കാനുള്ള ബ്ലൂ പ്രിന്റ് ഏതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ്

a) താമര ഇല

b) മാർഫോ ചിത്രശലഭം

c) തത്ത മൽസ്യം

d) മയിലിന്റെ തൂവൽ

4. അണുക്കളെ ഒത്തുചേർത്തു നാനോ വസ്തുക്കൾഉണ്ടാക്കുന്ന രീതി വിളിക്കപ്പെടുന്നതു

a) മുകളിൽ നിന്ന് താഴോട്ടുള്ള സമീപന രീതി

b) താഴെ നിന്നും മുകളിലോട്ടുള്ള സമീപന രീതി

c) കുറുകെ താഴെയുള്ള സമീപന രീതി

d) കർണ രേഖാ സമീപന രീതി

5. "സ്ക്യൂ മെഴുകു" എന്നതു നാനോ വസ്തുവിന്റെ ഉപയോഗം ആകുന്നു. അതു ഉപയോഗപ്പെടുന്ന വിഭാഗം

a) ആധുര വിഭാഗം

b) ജവുളി

c) കായികം

d) വാഹന വ്യവസായശാല

6. റോബോട്ടിക്സ് മേഖലയിൽ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്ന വസ്തുക്കൾ

a) അലുമിനിയം കൂടാതെ വെള്ളി

b) വെള്ളി കൂടാതെ സ്വർണ്ണം

c) കോപ്പർ കൂടാതെ സ്വർണ്ണം

d) സ്റ്റീൽ കൂടാതെ അലുമിനിയം

7. റോബോക്കളിൽ പേശീ വയറുകൾ ഉണ്ടാക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന ലോഹ മിശ്രിതങ്ങൾ

a) ആകൃതി മെമ്മറി ലോഹ മിശ്രിതങ്ങൾ

b) സ്വർണം കോപ്പർ ലോഹമിശ്രിതങ്ങൾ

c) സ്വർണം വെള്ളി ലോഹമിശ്രിതങ്ങൾ

d) ദ്വിമാന ലോഹമിശ്രിതങ്ങൾ

8. തലച്ചോറ് വേദനയുണ്ടാക്കുന്നതിനെ നിർത്താൻ പ്രയോജനപ്പെടുന്ന സാങ്കേതികവിദ്യ

a) കൃത്യ മരുന്ന്

b) കമ്പിയില്ലാ തലച്ചോറ് സെൻസർ

c) വെർച്ചുവൽ റിയാലിറ്റി

d) റേഡിയോളജി

9. പ്രോട്ടോൺ കൂടാതെ ന്യൂട്രോൺ എന്നിവയ്ക്കു ദ്രവ്യമാനം കൊടുക്കുന്ന കണങ്ങൾ

a) ഹിഗ്സ് കണങ്ങൾ

b) ഐൻസ്ടീൻ കണങ്ങൾ

c) നാനോ കണങ്ങൾ

d) ഭീമകായമായ കണങ്ങൾ

10. ഗുരുത്യാഗർഷണ തരംഗങ്ങളെ സൈദ്ധ്യാന്തികമായി പ്രവചിച്ച ശാസ്ത്രജ്ഞൻ

a) കോൺറാഡ് റോൺട്ജൻ

b) മേരി കിയൂരി

c) ആൽബർട്ട് ഐൻസ്റ്റീൻ

d) എഡ്വർട് പർസെൽ

ഉത്തരങ്ങൾ

1) b	2) a	3) c	4) b	5) c
6) d	7) a	8) c	9) a	10) c

XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 282 2/14/2023 5:52:41 PM

II. ലഘു ഉത്തരങ്ങൾ

1. നാനോ വിജ്ഞാനം കൂടാതെ നാനോ സാങ്കേതിക വിദ്യ എന്നിവയെ വ്യത്യാസപ്പെടുത്തുക.
2. നാനോ വസ്തുക്കൾ കൂടാതെ ഭീമമായ വസ്തുക്കൾ എന്നിവയെ വ്യത്യാസപ്പെടുത്തുക?
3. പ്രകൃതിയിലുള്ള നാനോ വസ്തുക്കൾക്കു രണ്ട് ഉദാഹരണം തരിക.
4. റോബോട്ടിക്സിന്റെ ഏതെങ്കിലും രണ്ട് നൻമകളും കൂടാതെ തിൻമകളും എഴുതുക.
5. റോബോട്ടുകശ നിർമ്മിക്കാൻ എന്തുകൊണ്ടാണ് സ്റ്റീൽ തെരഞ്ഞെടുക്കപ്പെടുന്നതു?
6. ബ്ലാക്ക് ഹോൾസ് എന്നാലെന്ത്?
7. സഹ അണു കണങ്ങൾ എന്നാലെന്ത്?

III. വിശദമായ ഉത്തരം എഴുതുക

1. പല വിഭാഗങ്ങളിലായി നാനോ വസ്തുക്കളുടെ പ്രയോജനങ്ങൾ വിവരിക്കുക.
2. നാനോ വസ്തുക്കൾ പ്രയോജനപ്പെടുത്തുന്നതു കാരണം ഉണ്ടാകാവുന്ന ദോഷ ഫലങ്ങൾ എന്തെല്ലാം എന്തുകൊണ്ട്.
3. റോബോക്കളുടെ പ്രധാന ഭാഗങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ വിവരിക്കുക?
4. ഏതെങ്കിലും രണ്ടു വിഭാഗം റോബോട്ടുകളെ അനുയോജ്യമായ ഉദാഹരണത്തോടു കൂടി വിശദീകരിക്കുക.
5. വൈദ്യരോഗ നിർണ്ണയം കൂടാതെ ചികിത്സ എന്നിവയുടെ സമീപ കാല വളർച്ചയെ കുറിച്ചുള്ള അഭിപ്രായങ്ങൾ എഴുതുക.

പരാമർശ ഗ്രന്ഥങ്ങൾ

1. Pradeep, T. Nano Essential Understanding Nano Science and Nanotechnology, McGraw Hill Education, India 2007.
2. Rita John, Solid State Physics, McGraw Hill Education, India 2016
3. Asim K Das, Mahua Das, An Introduction to Nano Science and Nano technology, CBS Publishers and Distributors Pvt Ltd, India 2017.
4. Jerrold T. Bushberg, J.Anthony Seibert, The Essential Physics of Medical Imaging, Wolters Kluwer, Lippin Cott Willams & Wilkins 2012
5. Brian R Martin, Particle Physics, Kindle edition, 2011
6. B S Murty, P Shankar, Baldev Raj, B B Rath, James Murday, Textbook of Nanoscience and Nanotechnology, Springer, Universities Press, 2013

XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 283 2/14/2023 5:52:41 PM

ഐ.സി.ടി കോർണർ

ൗതഭ

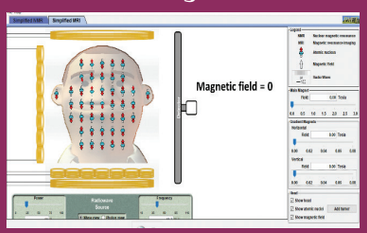
ഈ പ്രവർത്തനത്തിൽ നിന്ന്(i) ബാഹ്യകാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിൽ ആയിരിക്കുമ്പോൾ ജലതൻമാത്രകളിലെ ഹൈഡ്രജൻ അണു കേന്ദ്രത്തിന്റെ ന്യൂക്ലിയർ സ്പിന്നിന്റെ മാറ്റത്തിനെ നിരീക്ഷിക്കുക (ii) ഫോട്ടോണിനെ പ്രോത്സാഹിപ്പിക്കുന്ന അനുരണന ആവൃത്തിയെ കണക്കാക്കുക. എന്നിവയെ മനസ്സിലാക്കാം.

തധ്വ

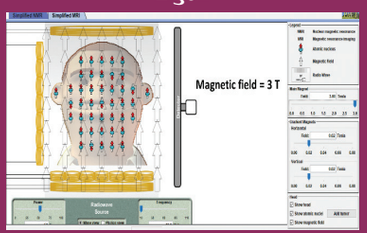
ഘട്ടങ്ങൾ:

- 'https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/mri' എന്ന പേജിലേക്ക് പോവുക. എന്നിട്ട് സിംപ്ലിഫൈഡ് എംആർഐ ജാവാ ഫൈൻ ഡൗൺലോഡ് ചെയ്യുക അല്ലെങ്കിൽ Google → Phet → simulation → Physics → simplified MRI ൽ പോയി ജാവാ ഫൈൽ ഡൗൺലോഡ് ചെയ്യുക.
- സിംപ്ലിഫൈഡ് ജാവാ ഫൈൽ തുറന്ന് സിംപ്ലിഫൈഡ് എം.ആർ.ഐ ടാബ് തിരഞ്ഞെടുക്കുക.
- മസ്തിഷ്കത്തിലുള്ള ജലതൻമാത്രകളിലെ ഹൈഡ്രജൻ അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ന്യൂക്ലിയർ സ്പിന്നിനെ നിരീക്ഷിക്കുക. (നീലയാണ് ഹൈഡ്രജൻ അണുകേന്ദ്രം) ഇവ ഒരേ ദിശയിൽ ക്രമീകരിക്കുന്നുവോ? ബാഹ്യകാന്തികക്ഷേത്രത്തെ മാറ്റുമ്പോൾ എന്താണ് സംഭവിക്കുന്നത്? ബാഹ്യകാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിൽ ഉൾപ്പെടുത്തുമ്പോൾ ഇവ ഒരേ ദിശയിൽ ക്രമീകരിക്കുന്നുവോ? കാരണം വിശദീകരിക്കുക.
- ആവൃത്തി ബാറിനെ ക്രമീകരിക്കുക. ഒരു നിശ്ചിത ആവൃത്തിയിൽ ഹൈഡ്രജൻ അണുകേന്ദ്രം റേഡിയോ തരംഗത്തെ ഇടതു നിന്ന് വലത്തോട്ട് ഉൽസർജിക്കുന്നു. കൂടാതെ അണുകേന്ദ്രം റേഡിയോ തരംഗത്തെ സംപ്രേക്ഷണം ചെയ്യാൻ തുടങ്ങുന്ന ആവൃത്തിയെ കണക്കാക്കുക. ഇതിനെ അനുരണന ആവൃത്തി എന്നു പറയാം.
- ട്യൂമർ ഉൾപ്പെടുത്തുക. ട്യൂമറിൽ നിന്നും ശക്തമായ സിക്നൽ പുറപ്പെടുത്തുന്നതിനായി അനുരസന ആവൃത്തിയെ അല്പം ക്രമീകരിക്കുക. ട്യൂമറിന്റെ അനുരണന ആവൃത്തിയെ കുറിക്കുക. എന്തെങ്കിലും പരിവർത്തനം സംഭവിക്കുന്നുവോ?
- അനുരണന ആവൃത്തിയിലെ പരിവർത്തനത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ മസ്തിഷ്കത്തിലെ ട്യൂമറിനെ കണക്കാക്കാവുന്നതാണ്.

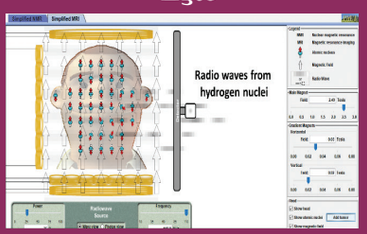
ഘട്ടം1



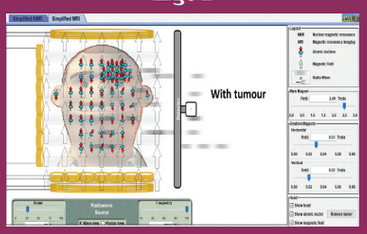
ഘട്ടം2



ഘട്ടം3



ഘട്ടം4



കുറിപ്പ്:

നിങ്ങളുടെ ബ്രൗസറിൽ ജാവാ ആപ്ലിക്കേഷൻ ഇല്ലെങ്കിൽ ഇൻസ്റ്റാൾ ചെയ്യുക.

URL:

https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/mri

GNX1P

* ചിത്രങ്ങൾ സൂചകങ്ങൾ മാത്രമാണ്.

* ബ്രൗസറിന് ആവശ്യമെങ്കിൽ ഫ്ളാഷ് പ്ലേയർ അഥവാ ജാവാസ്ക്രിപ്റ്റ് അനുവദിക്കുക.

XII Std Physics Vol-2 Chapter-11 Malayalam.indd 284 2/14/2023 5:52:41 PM

പദവിവരണ സഞ്ചയം

1.	Acceptance angle	-	വരേണ്യകോൺ
2.	Acceptor energy level	-	സ്വീകരണിയുടെ ഊർജ്ജതലം
3.	Activity	-	പ്രവർത്തനം
4.	Amplitude modulation	-	ആയാമ മോഡുലനം
5.	Analyser	-	അപഗ്രഥനി
6.	Anti fouling coating	-	പ്രതിരോധ കവചം
7.	Anti particle	-	എതിർ കണികകൾ
8.	Apparent depth	-	ആപേക്ഷിക ആഴം
9.	Astigmatism	-	അബിന്ദുകത്വം
10.	Attenuation	-	അവശോഷണം
11.	Automotive industry	-	മോട്ടോർ വാഹന വ്യവസായം
12.	Auto-immune disease	-	സ്വയപ്രതിരോധ രോഗങ്ങൾ
13.	Band gap energy	-	ബാൻഡ് ഗ്യാപ്പ് ഊർജ്ജം
14.	Barrier potential	-	ബാരിയർ പൊട്ടൻഷ്യൽ
15.	Baseband signal	-	ബേസ് ബാൻഡ് സിഗ്നൽ
16.	Biasing	-	അഭിനതി
17.	Binding energy	-	ബന്ധന ഊർജ്ജം
18.	Bipolar junction transistor	-	ബൈപോളാർ ജംഗ്ക്ഷൻ ട്രാൻസിസ്റ്റർ
19.	Boolean Algebra	-	ബൂളിയൻ ആൾജിബ്ര
20.	Brain tumor	-	മസ്തിഷ്ക മുഴ
21.	Bright fringe	-	പ്രദീപ്ത ഫ്രിഞ്ച്
22.	Broadcasting station	-	പ്രക്ഷേപണ കേന്ദ്രം
23.	Carrier concentration	-	വാഹക സാന്ദ്രത
24.	Carrier signal	-	വാഹക സിഗ്നൽ
25.	Central bright fringe	-	മദ്ധ്യ പ്രദീപ്ത് ഫ്രിഞ്ച്
26.	Characteristic x-rays	-	സവിശേഷ എക്സ്റേ
27.	Chemical Vapour Deposition (CVD)	-	രാസപ്രവർത്തനം വഴിയുള്ള സ്വേദ ശേഖരണം
28.	Classical electrodynamics	-	ക്ലാസിക്കൽ ഇലക്ട്രോ ഡൈനാമിക്സ്
29.	Collector-base junction	-	കളക്റ്റർ ബേസ് ജംഗ്ക്ഷൻ
30.	Computed Tomography	-	കംപ്യൂട്ടഡ് റ്റോമാഗ്രാഫി
31.	Concave lens	-	അവതല ലെൻസ്
32.	Concave mirror	-	അവതല ദർപ്പണം
33.	Continuous x-rays	-	അവിരാമ എക്സ്റേകൾ
34.	Convex lens	-	ഉത്തല ലെൻസ്
35.	Convex mirror	-	ഉത്തല ദർപ്പണം
36.	Critical angle	-	ക്രാന്തിക കോൺ
37.	Cut-off region	-	കട്ട് ഓഫ് മേഖല
38.	Dark fringe	-	ഇരുണ്ട ഫ്രിംഞ്ച്
39.	Decay mode	-	അപചയ അവസ്ഥ
40.	Depletion region	-	ഡിപ്ലിഷൻ മേഖല
41.	Diffraction	-	ഡിഫ്രാക്ഷൻ
42.	Diffusion current	-	വ്യാപന കറന്റ്
43.	Digital and analog signal	-	അങ്കീയ അനലോഗ് സിഗ്നൽ
44.	Discrete	-	വേറിട്ടു നിലകൊള്ളുന്ന
45.	Dispersion	-	പ്രകീർണ്ണനം
46.	Distance of closest approach	-	വളരെ അടുത്ത സമീപിക്കൽ അകലം
47.	Donor energy level	-	ഡോനർ ഊർജ്ജതലം
48.	Doping	-	ഡോപ്പിംഗ്

XII Std Physics Vol-2 Glossary Malayalam.indd 285 27-06-2022 16:28:29

49.	Drift current	-	ഡ്രിഫ്റ്റ് കറന്റ്
50.	Droplet	-	തുള്ളി
51.	Duality	-	ദ്വൈത ഭാവം
52.	Dynamic resistance	-	പരിവർത്തന പ്രതിരോധം
53.	Electron-hole recombination	-	ഇലക്ട്രോൺ രന്ധ്ര പുന സംയോജനം
54.	Electron current	-	ഇലക്ട്രോൺ കറന്റ്
55.	Electron emission	-	ഇലക്ട്രോ ഉത്സർജനം
56.	Electrostatic lens	-	ഇലക്ട്രോ സ്റ്റാറ്റിക് ലെൻസ്
57.	Emitter-base junction	-	എമിറ്റർ ബേസ് ജംഗ്ക്ഷൻ
58.	Emitter current	-	എമിറ്റർ കറന്റ്
59.	Energy band diagram	-	എനർജി ബാൻഡ് ഡയഗ്രാം
60.	Endoscopy	-	ആന്തരിക പരിശോധന
61.	Excitation energy	-	ഉത്തേജക ഊർജ്ജം
62.	Extrinsic	-	എക്സിൻട്രിക്
63.	Feedback circuit	-	ഫീഡ് ബാക്ക് പരിപഥം
64.	Fiber optic communication	-	പ്രകാശതന്തു വാർത്താവിനിമയം
65.	Field emission	-	ഫീൽഡ് ഉത്സർജനം
66.	Focal length	-	ഫോക്കസ് ദൂരം
67.	Forward current gain	-	ഫോർവേഡ് കറന്റ് ഗെയിൻ
68.	Frequency modulation	-	ഫ്രീക്വൻസി മോഡുലേഷൻ
69.	Fringe width	-	ഫ്രിഞ്ച് വ്യാപ്തി
70.	Fuel cell	-	ഇന്ധന സെൽ
71.	Glass slab	-	ഗ്ലാസ് സ്ലാബ്
72.	Global Positioning System	-	ഗ്ലോബൽ പൊസിഷനിംഗ് സിസ്റ്റം
73.	Ground State / excited state	-	സാധാരണ നില/ഉത്തേജിത നില
74.	Ground wave propagation	-	ഭൂതല തരംഗ പ്രചരണം
75.	Hole current	-	രന്ധ്ര വിദ്യുത് പ്രവാഹം
76.	Hypermetropia	-	ദൂര ദൃഷ്ടി
77.	Impact parameter	-	സംഘടന ഘടകം
78.	Impurity atoms	-	അപദ്രവ്യ ആറ്റങ്ങൾ
79.	Interference	-	വ്യതികലനം
80.	Intrinsic	-	തനത്
81.	Knee voltage	-	നീ വോൾട്ടേജ്
82.	Light emitting diode	-	പ്രകാശോൽജിത ഡയോഡ്
83.	Line of sight communication	-	ലൈൻ ഓഫ് സൈറ്റ് കമ്മ്യൂണിക്കേഷൻ
84.	Load current	-	ലോഡ് കറന്റ്
85.	Load resistance	-	ലോഡ് പ്രതിരോധകം
86.	Logic gates	-	ലോജിക് ഗേറ്റുകൾ
87.	Looming	-	ദൂരത്തിൽ മങ്ങലായി കാണാതാകുക
88.	Magnetic lens	-	മാഗ്നറ്റിക് ലെൻസ്
89.	Magnification	-	വിപുലീകരണം
90.	Majority charge carriers	-	ഭൂരിപക്ഷ ചാർജ്ജ് വാഹകർ
91.	Marginal rays	-	പാർശ്വ കിരണങ്ങൾ
92.	Matter waves	-	പദാർത്ഥ തരംഗങ്ങൾ
93.	Maximum secondary voltage	-	പരമാവധി സെക്കന്ററി വോൾട്ടേജ്
94.	Minority charge carriers	-	ന്യൂനപക്ഷ ചാർജ്ജ് വാഹകർ
95.	Mirage	-	മരീചിക
96.	Mobile communication	-	മൊബൈൽ വാർത്താവിനിമയം
97.	Moderator	-	മോഡറേറ്റർ
98.	Myopia	-	ഹ്രസ്വദൃഷ്ടി
99.	Near point focusing	-	നിയർ പോയിന്റ് ഫോക്കസ്സിംഗ്
100.	Negative space charge region	-	എതിർ ചാർജ്ദേശ മേഖല
101.	Normal focusing	-	സ്വാഭാവിക കേന്ദ്രീകരണം
102.	Nuclear fission	-	അണു കേന്ദ്രവിഘടനം
103.	Nuclear fusion	-	അണുകേന്ദ്ര സംയോജനം
104.	Optical fiber	-	പ്രകാശിക തന്തു
105.	Optoelectronic devices	-	ഒപ്റ്റോ ഇലക്ട്രോണിക് ഉപകരണങ്ങൾ

XII Std Physics Vol-2 Glossary Malayalam.indd 286 27-06-2022 16:28:29

106. Paraxial rays - സമാന്തരക്ഷ കിരണങ്ങൾ
107. Peak inverse voltage - ഉയർന്ന ഇൻവേസ് വോൾട്ടേജ്
108. Phase - ഘട്ടം
109. Phase modulation - ഫേസ് മോഡുലേഷൻ
110. Photo conductive cell - ഫോട്ടോ കൺഡക്റ്റീവ് സെൽ
111. Photoelectric emission - പ്രകാശ വൈദ്യുത ഉത്സർജനം
112. Photoelectrons - ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രോണുകൾ
113. Photo emissive cell - പ്രകാശ പ്രസരണ സെൽ
114. Photosensitive material - പ്രകാശ സംവേദന പദാർത്ഥം
115. Photosensitive materials - പ്രകാശ ഉത്തേജക പദാർത്ഥങ്ങൾ
116. Photo voltaic cell - പ്രകാശ വോൾട്ടായിക് സെൽ
117. Polariser - ധ്രുവീകരണി
118. Polarization - ധ്രുവീകരണം
119. Positive and negative logic - പോസിറ്റീ നെഗറ്റീവ് ലോജിക്
120. Positive space charge region - ധന സ്പേസ് ചാർജ്ജ് മേഖല
121. Potential barrier - പൊട്ടൻഷ്യൽ ബാരിയർ
122. Power of lens - ലെൻസിന്റെ ക്ഷമത
123. Presbyopia - പ്രസ്ബയോപിയ
124. Prism - പ്രിസം
125. Prosthetics - കൃത്രിമമായ
126. Pulsating output - സ്പന്ദന ഔപുട്ട്
127. Quantization - ക്വാണ്ടയ്സേഷൻ
128. Radioactive recombination - റേഡിയോ ആക്ടീവ് പുനസംയോജനം
129. Radio isotope imaging - റേഡിയോ ഐസോടോപ്പ് ഇമേജിംഗ്
130. Radiology - വികിരണ ചികിത്സാ വിജ്ഞാനം
131. Radiology X-ray imaging - റേഡിയോളജി എക്സറേ ഇമേജിംഗ്
132. Rectification - ഏകദിശാകരണം
133. Rectifier efficiency - ഏകദിശാകരണിയുടെ കാര്യക്ഷമത
134. Reflection - പ്രതിഫലനം
135. Refraction - അപവർത്തനം
136. Refractive Index - അപവർത്തനാങ്കം
137. Repeater - റിപ്പീറ്റർ
138. Resolution - വിയോജനം
139. Resolving Power - വിഭേദന ക്ഷമത
140. Reverse saturation current - റിവേഴ്സ് സാച്ചുറേഷൻ കറന്റ്
141. Robot - റോബോട്ട്
142. Robotic surgery - റോബോട്ടിക് സർജറി
143. Scanning Tunneling Microscope (STM) - സ്കാനിംഗ് ടണലിംഗ് സൂക്ഷ്മദർശിനി
144. Scattering - ചിതറിക്കൽ
145. Secondary emission - ദ്വിതീയ ഉത്സർജനം
146. Sensor - സംവേദന ഗ്രാഹി
147. Skip distance - സ്കിപ്പ് ഡിസ്റ്റൻസ്
148. Skip zone - സ്കിപ്പ് മേഖല
149. Sky wave propagation - ആകാശ തരം പ്രചാരണം
150. Space wave propagation - ശൂന്യാകാശ തരംഗ പ്രചരണം
151. Specific Charge - വിശിഷ്ട ചാർജ്
152. Stopping potential - സ്റ്റോപ്പിംങ് പൊട്ടൻഷ്യൽ
153. Surface barrier - പ്രതല ബാരിയർ
154. Thermionic emission - താപയോണിക ഉത്സർജനം
155. Threshold frequency - പരിധി ആവൃത്തി
156. Total Internal reflection - സമ്പൂർണ്ണ ആന്തരിക പ്രതിഫലനം
157. Transmitting antenna - പ്രക്ഷേപണ ആന്റിന
158. Wavefront - തരംഗമുഖം
159. Wireless brain sensor - വയർലെസ്സ് ഇബ്രയിൻ സെൻസർ
160. Work function - പ്രവൃത്തി ഫലകം

18JK9

മത്സര പരീക്ഷാ ഭാഗം

2MC60

പരിഹരിക്കപ്പെട്ട ഉദാഹരണങ്ങൾ

XII Std Physics Vol-2 Glossary Malayalam.indd 287 27-06-2022 16:28:29

CLASS 12 VOL-2 –– PHYSICS

MALAYALAM MEDIUM

Academic Coordinator

K. Chandrasekaran,
Lecturer, DIET, Chennai.

Reviewer

R.S. Bindhu, P.G. Asst.,
PPM H.S.S., Anducode.

J. Janet Sudha, P.G. Asst.,
TCK H.S.S., Padanthalumoodu.

List of Translators

R.S. Bindhu, P.G. Asst.,
PPM H.S.S., Anducode.

V. S. Sreeja, P.G. Asst.,
G.H.S.S., Mathicode.

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.H. Vijayalakshmi, B.T. Asst.,
PPM H.S.S., Anducode.

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

Coordination

Ramesh Munisamy

This book has been printed on 80 G.S.M.
Elegant Maplitho paper.

Printed by offset at:

XII Std Physics Vol-2 Glossary Malayalam.indd 288 27-06-2022 16:28:30