www.tnschoolbooks.in

தமிழ்நாடு அரசு

மேல்நிலை இரண்டாம் ஆண்டு

இயற்பியல்

தொகுதி 2

தமிழ்நாடு அரசு விலையில்லாப் பாடநூல் வழங்கும் திட்டத்தின்கீழ் வெளியிடப்பட்டது

பள்ளிக் கல்வித்துறை

தீண்டாமை மனிதநேயமற்ற செயலும் பெருங்குற்றமும் ஆகும்

www.tnschoolbooks.in

தமிழ்நாடு அரசு

முதல் பதிப்பு – *2019*

திருத்திய பதிப்பு – *2020, 2022, 2023*

மறுபதிப்பு – *2021, 2024*

(புதிய பாடத்திட்டத்தின்கீழ் வெளியிடப்பட்ட நூல்)

விற்பனைக்கு அன்று

பாடநூல் உருவாக்கமும் தொகுப்பும்

மாநிலக் கல்வியியல் ஆராய்ச்சி மற்றும் பயிற்சி நிறுவனம்

© SCERT 2019

நூல் அச்சாக்கம்

தமிழ்நாடு பாடநூல் மற்றும் கல்வியியல் பணிகள் கழகம்

www.textbooksonline.tn.nic.in

XII_Physics_Vol-2_Front page_TM.indd 2 14/12/2023 12:39:42

www.tnschoolbooks.in

பொருளடக்கம்

இயற்பியல்

அலகு எண்	தலைப்பு	பக்க எண்	மாதம்
6	கதிர் ஒளியியல்	01	செப்டம்பர்
7	அலை ஒளியியல்	53	செப்டம்பர்/அக்டோபர்
8	கதிர்வீச்சு மற்றும் பருப்பொருளின் இருமைப்பண்பு	108	அக்டோபர்
9	அணு மற்றும் அணுக்கரு இயற்பியல்	141	நவம்பர்
10	எலக்ட்ரானியல் மற்றும் தகவல் தொடர்பு அமைப்புகள்	195	நவம்பர்/டிசம்பர்
11	இயற்பியலின் அண்மைக்கால வளர்ச்சிகள்	253	டிசம்பர்
	கலைச்சொற்கள்	285	

SN8UA

மின் நூல்

W9PH3

மதிப்பீடு

XII_Physics_Vol-2_Front page_TM.indd 3 19-12-2022 17:03:12

நூலினைப் பயன்படுத்தும் முறை

இயற்பியல் தரும் வாய்ப்புகள்
- உயர் கல்விப் படிப்புகள், அவற்றைத் தரும் கல்வி நிறுவனங்கள் அதற்குரிய போட்டித் தேர்வுகள் பற்றிய விழிப்புணர்வு
- உயர் கல்வி பயில மாணவர்களுக்கு வழங்கப்படும் நிதி உதவிகள்
- பெண்களுக்காகஇந்திய அரசினால் எடுக்கப்படும் முன்முனைவுகள்

கற்றலின் நோக்கங்கள்
- பாட அலகு பற்றிய கண்ணோட்டம்
- பாடத்தலைப்புகளின் இலக்குகள் மற்றும் நோக்கங்களைத் தெளிவுபடுத்துதல்

உங்களுக்குத் தெரியுமா?
- மேலும் கற்கும் ஆர்வத்தைத் தூண்டக்கூடிய வகையில் பாடத்தலைப்பு தொடர்பான கூடுதல் தகவல்கள்

எடுத்துக்காட்டு கணக்குகள்
- ஒவ்வொரு நிலையிலிருந்தும் அடுத்த நிலைக்குச் செல்லும் முன்பு ஆழமான புரிதலுக்காக எடுத்துக்காட்டு கணக்குகள் / விளக்கங்கள்

ZNYP5
- தக்க விளக்கப்படத்துடன் காட்சிப்படுத்தப்பட்ட கருத்துருக்கள் (Concepts)
- காணொளிகள் (video), அசைவுப்படங்கள் (animations) மற்றும் பயிற்சிகள் (tutorials)

ஒருங்கிணைந்த தகவல் தொடர்பு தொழில் நுட்பம் (ICT)
- வகுப்பறையில் கற்றலுக்கும், ஆய்வுகள் செய்வதற்கும் டிஜிட்டல் திறன்களை ஒருங்கிணைத்து பயன்படுத்துதல்

பாடச்சுருக்கம்
- பாடத்தில் உள்ள முக்கியக் கருத்துக்களை (concepts) மீண்டும் நினைவுபடுத்துதல்

கருத்து வரைபடம்
- பாட அலகினை தெளிவாகக் கற்றலுக்காக ஒருங்கமைக்கப்பட்ட சுருக்க விவரம்

மதிப்பீடு
- மாணவர்களின் புரிந்துகொள்ளும் திறனை மதிப்பீடு செய்தல், மற்றும் கருத்துரு சார்ந்த வினாக்களுக்கும், கணக்குகளுக்கும் இயற்பியல் கருத்துகளைப் பயன்படுத்தப் பழக்கப்படுத்துதல்

மேற்கோள் நூல்கள்
- மேலும் கற்றலுக்கான நூல்களின் பட்டியல்

தீர்க்கப்பட்ட கணக்குகள்
- இங்கு நீங்கள் பயிற்சி வினாக்களுக்கான தீர்வுகளைப் பெறலாம். மேலும் சில தீர்க்கப்பட்ட கணக்குகளும் வழங்கப்பட்டிருக்கும். அவை மாணவர்கள் கற்றறிந்த கருத்துக்களை வலுவூட்டும் வகையில் அமைந்திருக்கும்.

போட்டித் தேர்வுப் பகுதி
- இயற்பியல் ஒலிம்பியாட், NEET, JEE, JIPMER நுழைவுத்தேர்வு போன்ற போட்டித் தேர்வுகளில் மாணவர்கள் கலந்து கொள்ள ஊக்குவிக்கும் விதமாக மாதிரி வினாக்கள் இடம் பெற்றுள்ளன.

கலைச்சொற்கள்
- மீண்டும் மீண்டும் பயன்படுத்தக் கூடிய ஆங்கில அறிவியல் சொற்களுக்கு இணையான தமிழ்ச்சொற்கள் இடம் பெற்றுள்ளன.

பாடப்பகுதிகளின் உள்ளடக்கம்
- "கதிர் மற்றும் அலை ஒளியியல்" அலகு விரிவாக தரப்பட்டுள்ளது, "கதிர்வீச்சு மற்றும் பருப்பொருளின் இரட்டைப்பண்பு", "அணு மற்றும் அணுக்கரு இயற்பியல்" ஆகிய அலகுகளின் முக்கியமான தலைப்புகளும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன; "குறைக்கடத்தி எலக்ட்ரானியல்" மற்றும் " தகவல்தொடர்பு அமைப்புகள்" ஆகிய அலகுகளின் தலைப்புகளும் உகந்த அளவு தரப்பட்டுள்ளன. "இயற்பியலின் அண்மைக்கால வளர்ச்சிகள்" எனப்படும் தனித்துவமான அலகில் அறிவியல், பொறியியல், தொழில்நுட்பம் மற்றும் மருத்துவம் ஆகிய புலங்களின் அடிப்படை கட்டுறுப்பாக எவ்வாறு இயற்பியல் விளங்குகிறது என்பதை எடுத்துரைக்கிறது. இதன் மூலம் மாணவர்கள் தெளிவுடனும் நம்பிக்கையுடனும் உயர் கல்வியைத் தொடர்வதற்கான ஊக்கம் பெறுவர்.

பின் அட்டை

ரிச்சார்டு பிலிப் பெயின்மேன் (1918–1988), கருத்தியல் இயற்பியலாளர்; குவாண்டம் மின்னியக்கவியல் துறையின் வளர்ச்சியில் இவரது பங்களிப்பிற்காக 1965ம் ஆண்டின் இயற்பியலுக்கான நோபெல் பரிசினைப் பெற்றார். அணுக்களைத் தக்க முறையில் கையாளுவதன் சாத்தியக்கூறுகளை விவாதித்ததன் மூலம் நேனோ தொழில்நுட்பத்திற்கான விதைகளை முதன்முதலில் அவர் ஊன்றினார். இயற்பியலின் பல்வேறு தலைப்புகளில் அவரது விரிவுரைகள் இயற்பியல் மாணவர்களிடையே மிகவும் பிரபலம்.

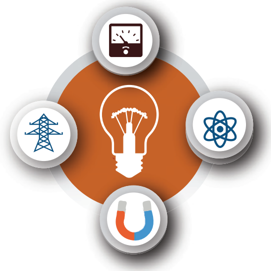
ஒன்றாக இணையும் இரு கருந்துளைகளிலிருந்து வெளிப்படும் ஈர்ப்பியல் அலைகள்

M87* என்ற மீஅதிக நிறை கொண்ட கருந்துளையின் உண்மையான புகைப்படம்

XII_Physics_Vol-2_Front page_TM.indd 4 19-12-2022 17:03:13

www.tnschoolbooks.in

உயர் கல்வியில் இயற்பியலில் உள்ள வாய்ப்புகள்



கல்வி சார்ந்த வாய்ப்புகள்

நுழைவுத்தேர்வுகள்
+2 வகுப்பிற்கு பின்பு

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

பட்டப்படிப்பிற்கு பின்பு

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

பட்ட மேற்படிப்பிற்கு பின்பு

- CSIR - National Eligibility Test for JRF and Lectureship

+2 வகுப்பிற்கு பின்பு

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

Note

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

பட்டப்படிப்பிற்கு பின்பு

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

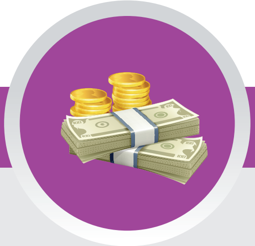
XII_Physics_Vol-2_Front page_TM.indd 5
19-12-2022 17:03:16

www.tnschoolbooks.in

B.Sc., இயற்பியல் பட்டப்படிப்பிற்கு பின்பு வாய்ப்புகள்

அரசுத்துறை சார்ந்த வேலைவாய்ப்புகள்

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



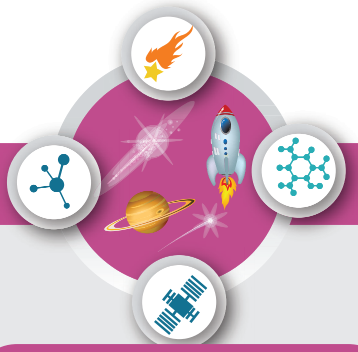
கல்வி உதவித்தொகைகள்

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

XII_Physics_Vol-2_Front page_TM.indd 6
19-12-2022 17:03:17

www.tnschoolbooks.in

இயற்பியல் துறை சார்ந்த ஆய்வுகளை மேற்கொள்ள இந்தியாவில் உள்ள உயர் கல்வி நிறுவனங்கள்



ஆய்வு மேற்கொள்ளத்தக்க புலங்கள்

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

இயற்பியலில் ஆய்வினை மேற்கொள்ள, புகழ்பெற்ற இந்திய உயர் கல்வி நிறுவனங்கள்

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

XII_Physics_Vol-2_Front page_TM.indd 7 19-12-2022 17:03:18

பெண்களுக்காக இந்திய அரசினால் எடுக்கப்படும் முன்முனைவுகள்

அறிவியல் மற்றும் தொழில்நுட்பத் துறையின் பெண் அறிவியலாளர் திட்டம்

- இத்திட்டத்தின் கீழ், பெண் அறிவியலாளர்கள் அறிவியல் மற்றும் பொறியியல் புலங்களின் கண்டறியப்படாத புதிய பகுதிகளில் ஆராய்ச்சியை மேற்கொள்ளவும் சமூக சம்பந்தப்பட்ட சிக்கல்கள் குறித்த ஆய்வு மற்றும் அறிவியல் & தொழில்நுட்பம் சார்ந்த உள்ளிருப்புப் பயிற்சி, அதனைத் தொடர்ந்து சுய வேலைவாய்ப்பு ஆகியவற்றை மேற்கொள்ளவும் ஊக்கம் அளிக்கப்படுகிறது. ஒரு இந்தியக் குடிமகளுக்கு வழங்கப்படும் ஆய்வு உதவித்தொகைகளை மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்:

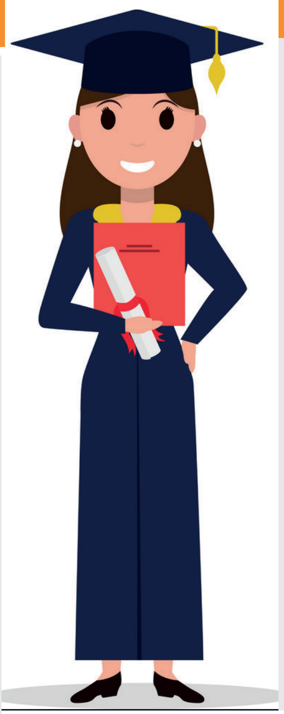
1. பெண் அறிவியலாளர் திட்டம் – அ (WOS–A): அடிப்படை/பயன்பாட்டு அறிவியலில் ஆய்வு
2. பெண் அறிவியலாளர் திட்டம் – ஆ (WOS–B): சமூக நலன்களுக்காக செய்யப்படும் அறிவியல் மற்றும் தொழில்நுட்ப (S&T) இடையீடுகள்
3. பெண் அறிவியலாளர் திட்டம் – ஆ (WOS–B): சுய வேலைவாய்ப்புக்குத் தேவையான அறிவுசார் சொத்துரிமைகள் (IPRs)

தகுதி:
இத்திட்டம், S&T களத்தில் உள்ள பெண்களை ஊக்கப்படுத்தும் வகையில் அமைந்துள்ளது – குறிப்பாக தம் வாழ்க்கைப் போக்கில் இடைவெளி ஏற்பட்ட பெண்கள், தொடர்ந்து வேலைவாய்ப்பு இல்லாதவர்கள் – அவர்கள் மீண்டும் வாழ்தொழிலை ஏற்று நடத்துவதற்கான சாத்தியக்கூறுகளை உருவாக்குதல்:

கல்வித் தகுதிகள்:

1. குறைந்தபட்சம் முதுகலைப் பட்டம், அடிப்படை/பயன்பாட்டு அறிவியல் துறைகளில் M.Sc அல்லது B.Tech. அல்லது MBBS அல்லது இணையான தொழில்முறைப் படிப்புகள்
2. M.Phil/M.Tech/M.Pharm/M.VSc அல்லது இணையான படிப்புகள்
3. அடிப்படை/பயன்பாட்டு அறிவியல் துறைகளில் Ph.D.

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



அறிவியலில் சாதிக்க விரும்பும் இந்தியப் பெண்களுக்கான உலகளாவிய STEM (அறிவியல், தொழில்நுட்பம், பொறியியல் மற்றும் கணிதவியல்) உதவித்தொகைகள்

- வெளிநாடுகளில் உயர்கல்வியை கற்க விழையும் இந்திய மாணவிகளுக்கு பின்வரும் STEM கல்வி உதவித் தொகைகள் வழங்கப்படுகின்றன.

1. பெண் பொறியாளர்களுக்கான சமுதாயம் (SWE)வழங்கும் உதவித்தொகை
2. கூகுளின் அனிதா போர்க் நினைவு உதவித்தொகை திட்டம்
3. பன்னாட்டு வான்பயணவியல் துறையில் பெண்கள் (WAI)என்ற அமைப்பின் உதவித்தொகைகள்
4. சோண்டா பன்னாட்டு அமைப்பினால் வழங்கப்படும் அமீலியா இயர்ஹார்ட் ஆய்வு உதவித்தொகை
5. அறிவியலில் பட்டதாரிப் பெண்கள் என்ற அமைப்பினால் வழங்கப்படும் தேசிய ஆய்வு உதவித்தொகைத் திட்டம் (GWIS)

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

DSTன் KIRAN (பேணுவதன் மூலம் ஆராய்ச்சியை ஊக்கப்படுத்த அறிவுசார் பங்களிப்பு) திட்டம்

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

www.tnschoolbooks.in

XII_Physics_Vol-2_Front page_TM.indd 8 19-12-2022 17:03:18

www.tnschoolbooks.in

அலகு 6

கதிர் ஒளியியல் (RAY OPTICS)

இரண்டு வழிகளில் ஒளியைப் பரப்பலாம்: மெழுகுவர்த்தியாய் இருப்பது அல்லது எதிரொளிக்கும் கண்ணாடியாக இருப்பது.

– எடிட் வார்டன்

கற்றலின் நோக்கங்கள்

இந்த அலகில் மாணவர்கள் அறிந்து கொள்ள இருப்பது

- ஒளியின் கதிர்த்தன்மை
- எதிரொளிப்பு மற்றும் ஒளிவிலகல் நிகழ்வுகள்
- ஒளியின் வேகத்தைக் கண்டறிதல்
- சமதள ஆடி, லென்ஸ் மற்றும் முப்பட்டகத்தோடு தொடர்புடைய கருத்துக்கள்
- நிறப்பிரிகை மற்றும் ஒளிச்சிதறல் போன்ற வெவ்வேறு நிகழ்வுகள்

WK3A4

6.1 அறிமுகம்

ஒளி புதிரான ஒன்றாகும். ஆனாலும் அதன் பண்புகள், நம்மைப் ஆச்சரியத்தில் ஆழ்த்துகின்றன. ஒளியை தனித்துவமாக நம்மால் முழுவதும் புரிந்துகொள்ள இயலாது. கதிர் ஒளியியல், ஒளியை நேர்க்கோட்டில் செல்லும் ஒரு கதிராக கையாள்கிறது. இக்கதிரினைக் கொண்டு வரையப்பட்ட கதிர்ப்படங்கள் ஒளிக்கதிரின் பல்வேறு பண்புகளைப் புரிந்து கொள்ள நமக்குத் துணைபுரிகின்றன. ஒளியின் வேறுபல நிகழ்வுகளை அலைஒளியியலைக் கொண்டே விளக்க இயலும். அடுத்த அலகில் அலைஒளியியலைப்பற்றி நாம் அறியலாம். மேலும் ஒளிக்கு குவாண்டம் என்னும் தன்மையும் உள்ளது. குவாண்டம் ஒளியியல் பற்றி நாம் பட்டப் படிப்புகளில் தான் படிக்க இயலும்.

6.1.1 கதிர் ஒளியியல்

கதிர் ஒளியியலில், ஒளி ஒரு கதிராகக் கருதப்படுகிறது. ஒளிக்கதிர், ஊடகம் ஒன்றினுள் நேர்க்கோட்டில் செல்கிறது. அவ்வொளி, மற்றொரு ஊடகத்தினுள் நுழையும்போது அல்லது தடையின்மீது மோதும்போது, தனது நேர்க்கோட்டுப் பாதையிலிருந்து விலகல் அடையும்.

ஒளிக்கதிர் என்பது ஒளி செல்லும் திசையைப் பற்றிய தகவலை மட்டுமே நமக்கு தரும். ஒளியின் மற்ற பண்புகளான ஒளிச்செறிவு, நிறங்கள் போன்றவற்றைப் பற்றிய தகவல்களைக் கதிர் ஒளியியலிலிருந்து நாம் பெற இயலாது. இருந்தபோதிலும் ஒளியைப்பற்றி புரிந்துகொள்ள ஒளியைக் கதிராகக் கருதும் இம்முறை ஓர் அறிவார்ந்த செயலாகும். ஒளி ஒன்றின் பாதையை ஒளிக் கதிர் என்றும், இக்கதிர்களின் தொகுப்பினை ஒளிக்கற்றை என்றும் அழைக்கலாம். இந்த அலகில் கதிர் ஒளியியலின் அடிப்படையில் ஒளிஎதிரொளிப்பு, ஒளிவிலகல், நிறப்பிரிகை மற்றும் ஒளிச்சிதறல் போன்ற நிகழ்வுகளைப்பற்றி நாம் அறிந்து கொள்வோம்.

6.1.2 எதிரொளிப்பு

ஊடகத்தினுள் செல்லும் ஒளிக்கதிர் எதிரொளிக்கும் பரப்பில்பட்டு, அதே ஊடகத்தினுள் பின்னோக்கி வரும் நிகழ்ச்சிக்கு எதிரொளிப்பு என்று பெயர். எந்தவொரு பளபளப்பான பரப்பும் ஒளியை நன்கு எதிரொளிக்கும். பின்புறம் வெள்ளிப்பூச்சு (silver coated) செய்யப்பட்ட கண்ணாடி, அதன்மீது விழும் 90% ஒளியை எதிரொளிக்கும் தன்மை கொண்டவை. படுகோணம் i மற்றும் எதிரொளிப்புக்

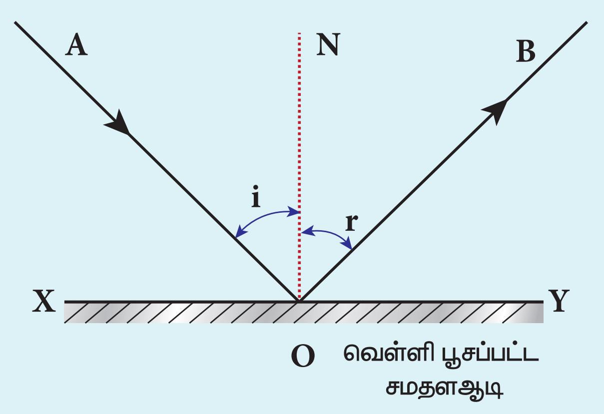
கோணம் r இவற்றை ஒளிஎதிரொளிக்கும் புள்ளியில், எதிரொளிக்கும் பரப்புக்குச் செங்குத்தாக வரையப்பட்ட செங்குத்துக் கோட்டைப் பொருத்து அளவிடலாம். ஒளிஎதிரொளிப்பு விதிகளின்படி,

(i) படுகதிர், எதிரொளிப்புக் கதிர் மற்றும் எதிரொளிக்கும் பரப்புக்கு செங்குத்துக்கோடு இவை அனைத்தும் ஒரே தளத்தில் அமையும் (அதாவது ஒரே பரப்பில் காணப்படும்).

(ii) படுகோணம் i மற்றும் எதிரொளிப்புக் கோணம் r இவை இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று சமம்.

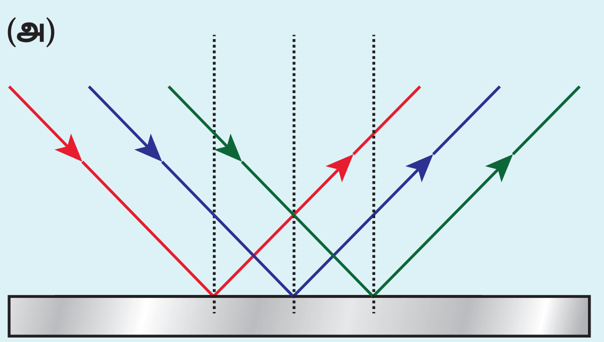
$$i = r \tag{6.1}$$

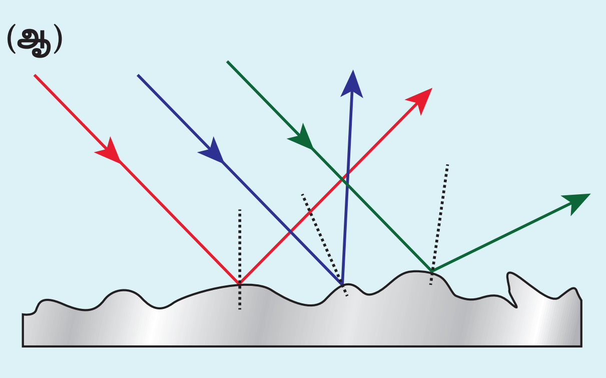
ஒளிஎதிரொளிப்பு விதிகள் படம் 6.1 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது



படம் 6.1 ஒளியின் எதிரொளிப்பு

எதிரொளிக்கும் பரப்பு, சமதளமாகவோ அல்லது வளைபரப்பாகவோ எவ்வாறு இருப்பினும் பரப்பின் ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் ஒளிஎதிரொளிப்பு விதிகள் பொருந்தும். எதிரொளிக்கும் பரப்பு சமதளமாக இருப்பின் இணையாகச் செல்லும் படுகதிர்கள், எதிரொளிப்புக்குப்பின்பும் இணையாகவே வரும் இது படம் 6.2(அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. எதிரொளிக்கும் பரப்பு ஒழுங்கற்று இருந்தால் இணையாகச் செல்லும் படுகதிர்கள், எதிரொளிப்புக்குப் பின்னர் ஒழுங்கற்று வரும். இதனால், எதிரொளிப்பின் விதிகள் ஒவ்வொரு படுபுள்ளியிலும் பின்பற்றப்படுகின்றன. இது படம் 6.2(ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.





படம் 6.2 (அ) ஒழுங்கான மற்றும் (ஆ) ஒழுங்கற்ற எதிரெளிப்புகள்

6.1.3 ஒளிஎதிரொளிப்பினால் ஏற்படும் திசைமாற்றக் கோணம்

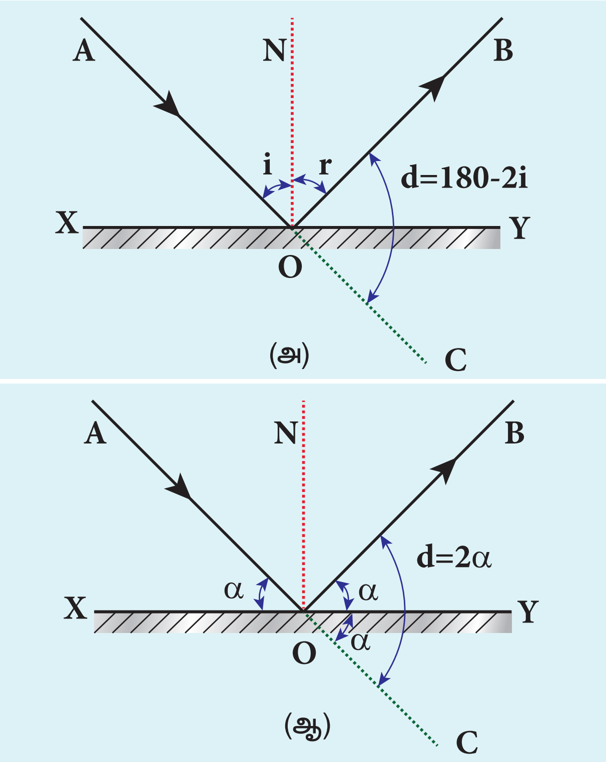
படுகதிரின் திசைக்கும் எதிரொளிக்கப்பட்ட கதிருக்கும் இடையே உள்ள கோணத்திற்கு ஒளிஎதிரொளிப்பினால் ஏற்படும் திசைமாற்றக் கோணம் என்று பெயர். திசைமாற்றக் கோணத்தை படம் 6.3(அ) இல் காட்டியுள்ளவாறு எளிய வடிவியல் மூலம் கணக்கிடலாம். படுகதிரை AO எனவும் எதிரொளிப்புக்கதிரை OB எனவும் கொள்க. படுகதிரின் தொடர்ச்சியாகக் கருதப்படும் OCஐ விலகலடையாத கதிர் எனக் கருதுக. OB மற்றும் OC இவற்றுக்கு இடையே உள்ள கோணமே திசைமாற்றக் கோணம் d ஆகும். வடிவியல் கணக்கீட்டின்படி, $d = 180 - (i+r)$. ஒளிஎதிரொளிப்பு விதியின்படி $i = r$. எனவே, ஒளிஎதிரொளிப்பினால் ஏற்படும் திசைமாற்றக் கோணத்தைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$d = 180 - 2i \tag{6.2}$$

ஒளிஎதிரொளிப்பினால் ஏற்படும் திசைமாற்றக் கோணத்தை, நோக்கு கோணத்தின் α அடிப்படையிலும் கணக்கிடலாம். படம் 6.3(ஆ) இல் காட்டியுள்ளவாறு படுகதிர் AO மற்றும் எதிரொளிக்கும் சமதளப்பரப்பு XY இவற்றுக்கு இடையே உள்ள கோணம் நோக்கு கோணம் (α) ஆகும். வடிவியல் கணக்கீட்டின்படி கோணங்கள் $\angle AOX = \alpha$, $\angle BOY = \alpha$ மற்றும் $\angle YOC = \alpha$ (இவை அனைத்தும் ஒன்றே). படத்திலிருந்து திசைமாற்றக் கோணம் d என்பது கோணம் $\angle BOC$ ஆகும். எனவே,

$$d = 2\alpha \tag{6.3}$$

XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 2 26-12-2022 11:50:38



படம் 6.3 ஒளிஎதிரொளிப்பினால் ஏற்படும் திசைமாற்றக் கோணம்

எடுத்துக்காட்டு 6.1

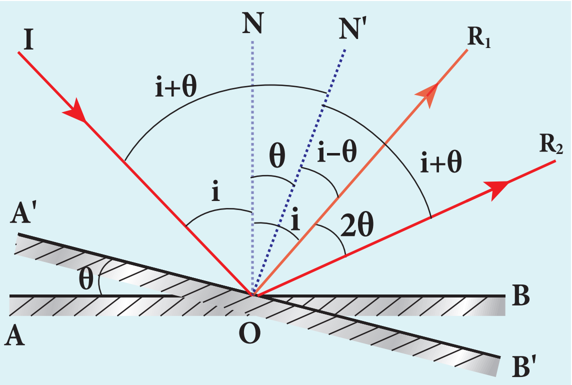
ஒரே படுகதிருக்கு இருக்கு ஒளிஎதிரொளிக்கும் பரப்பினை θ கோணம் சாய்க்கும்போது எதிரொளிக்கும் கதிர் 2θ கோணம் சாயும் என்பதை நிரூபி.

தீர்வு:

எதிரொளிக்கும் பரப்பு ABக்கு, படுகதிர் IO மற்றும் எதிரொளிப்புக்கதிர் OR_1 ஆகும். இங்கு, எதிரொளிக்கும் பரப்புக்குச் செங்குத்தைப்பொருத்து (குத்துக்கோடு N) i என்பது படுகோணமாகும். இது எதிரொளிப்புக் கோணத்திற்குச் சமமாகும். இது படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. எதிரொளிக்கும் பரப்பு AB ஐ θ கோணம் சாய்த்து $A'B'$ நிலைக்குக் கொண்டுவரும் போது, குத்துக்கோடும், N நிலையிலிருந்து N' நிலைக்கு θ கோணம் சாயும். இங்கு படுகதிர் IO மாறாமல் ஒரே நிலையில் இருப்பதை நினைவில் கொள்ளவேண்டும். சாய்க்கப்பட்ட நிலையில் படுகோணம் $\angle N'OI = i+\theta$. எனவே, எதிரொளிப்புக்கோணமும் $\angle N'OR_2 = i+\theta$ ஆகும். ON' மற்றும் OR_1க்கு இடையே உள்ள கோணம் $\angle N'OR_1 = i - \theta$. OR_1 மற்றும் OR_2க்கு இடைப்பட்ட கோணமே எதிரொளிப்புக்கதிரின் சாய்ந்த கோணமாகும். அதாவது $\angle R_1OR_2$ ஆகும். எனவே, வடிவியலின்படி OR_2 மற்றும் OR_1 க்கு இடையே ஏற்பட்டக் கோணம்

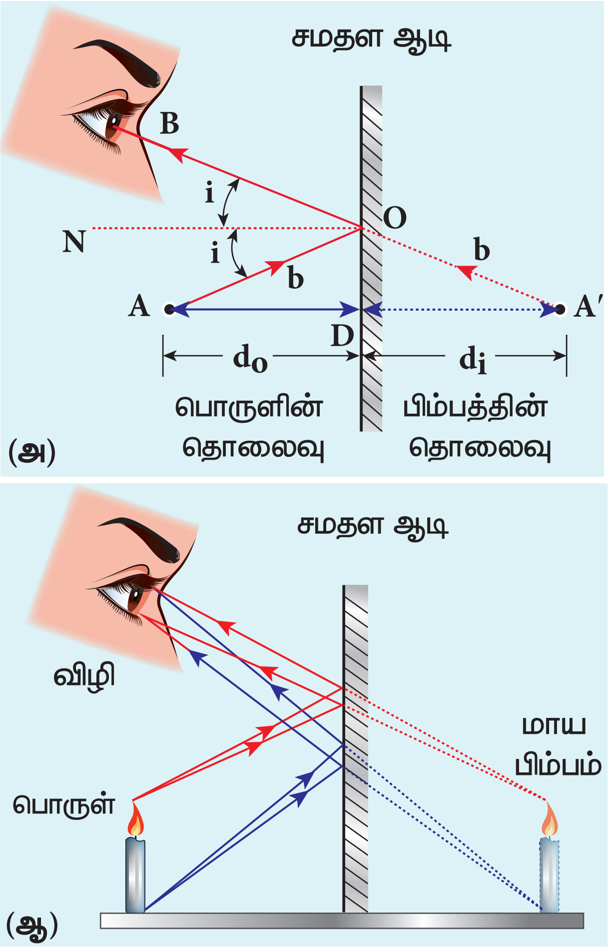
$$\angle R_1OR_2 = \angle N'OR_2 - \angle N'OR_1 = (i+\theta) - (i-\theta)$$

$\angle R_1OR_2 = 2\theta$ ஆகும்.



6.1.4 சமதள ஆடியில் பிம்பம் தோன்றுதல்

சமதள ஆடி ஒன்றின் முன்னே A என்ற புள்ளிப் பொருள் ஒன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது எனக் கருதுக. படம் 6.4(அ) இல் காட்டியுள்ளவாறு O என்பது,



படம் 6.4 (அ) புள்ளிப் பொருள் ஒன்றினால் (ஆ) பெரிதாக்கப்பட்ட பொருள் ஒன்றினால் தோன்றும் பிம்பம்

www.tnschoolbooks.in

படுகதிர் சமதள ஆடியில் படும் புள்ளியாகும். புள்ளிப் பொருளிலிருந்து சமதள ஆடிக்கு வரும் படுகதிர் AO, எதிரொளிப்புக் கதிர் OB, மேலும் ON என்பது, செங்குத்துக் கோடாகும்.

படுகோணம் $\angle AON$ = எதிரொளிப்புக் கோணம் $\angle BON$

சமதள ஆடிக்குச் செங்குத்தாகவரும் AD என்ற மற்றொரு படுகதிர் சமதள ஆடியில் D என்ற புள்ளியில்பட்டு DA வழியே எதிரொளிக்கும். BO மற்றும் AD கதிர்களை ஆடிக்குப் பின்புறமாக நீட்டிச் செல்லும்போது அவை A' என்ற புள்ளியில் சந்திக்கின்றன. எனவே, இவ்விரண்டு கதிர்களும் ஆடிக்குப் பின்புறமுள்ள A' என்ற புள்ளியிலிருந்து வருவதுபோன்று தோன்றும். ஒரு சமதள ஆடியில் பொருள் மற்றும் அதன் பிம்பம் இரண்டும், சமதள ஆடியிலிருந்து ஒரே செங்குத்துத் தொலைவில் இருக்கும். இதனைப் பின்வருமாறு விளக்கலாம்.

$\angle AON = \angle DAO$ [ஒன்றுவிட்ட கோணங்கள்]

$\angle BON = \angle OA'D$ [ஒத்த கோணங்கள்]

எனவே முக்கோணவியல் விதிகளின்படி $\angle DAO = \angle OA'D$

மேலும், ΔODA மற்றும் $\Delta ODA'$ இரண்டும் சர்வசமமான முக்கோணங்கள் ஆகும். எனவே,

$$\therefore AD = A'D$$

இதிலிருந்து சமதள ஆடிக்கு முன்பாகப் பொருள் எவ்வளவு தொலைவில் d_o வைக்கப்பட்டுள்ளதோ, அதே தொலைவில் d_i ஆடிக்கு உள்ளே பிம்பம் தோன்றும் என்பதை அறியலாம். பெரிதாக்கப்பட்ட பொருள் ஒன்றினால் தோன்றும் பிம்பம் படம் 6.4(ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

6.1.5 சமதள ஆடியில் தோன்றும் பிம்பத்தின் பண்புகள்

(i) சமதள ஆடியில் தோன்றும் பிம்பம், இடவல மாற்றம் கொண்ட நேரான மாய பிம்பமாகும்.

(ii) பொருளின் அளவும், பிம்பத்தின் அளவும் ஒன்றுக்கொன்று சமமாகும்.

(iii) சமதள ஆடிக்கு முன்பாகப் பொருள் எவ்வளவு தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ளதோ, அதே தொலைவில் ஆடிக்கு உள்ளே பிம்பம் தோன்றும்.

(iv) பொருளொன்றை θ கோணத்தில் அமைக்கப்பட்டுள்ள இரண்டு சமதள ஆடிகளுக்கு நடுவே வைக்கும்போது தோன்றும் பிம்பங்களின் எண்ணிக்கை n அட்டவணை 6.1இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

மேலும் படம் 6.5இல் பிம்பங்கள் தோன்றுவது காட்டப்பட்டுள்ளது.

அட்டவணை 6.1 சாய்த்து வைக்கப்பட்டுள்ள சமதள ஆடிகளினால் தோன்றும் பிம்பங்கள்

$\left(\frac{360}{\theta}\right)$	பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ள நிலை	பிம்பங்களின் எண்ணிக்கை
இரட்டைப் படை	சமச்சீர் நிலை	$n = \left(\frac{360}{\theta} - 1\right)$
	சமச்சீரற்ற நிலை	$n = \left(\frac{360}{\theta} - 1\right)$
ஒற்றைப் படை	சமச்சீர் நிலை	$n = \left(\frac{360}{\theta} - 1\right)$
	சமச்சீரற்ற நிலை	$n = \left(\frac{360}{\theta}\right)$

படம் 6.5 சாய்த்து வைக்கப்பட்டுள்ள சமதள ஆடிகளினால் தோன்றும் பிம்பங்கள்

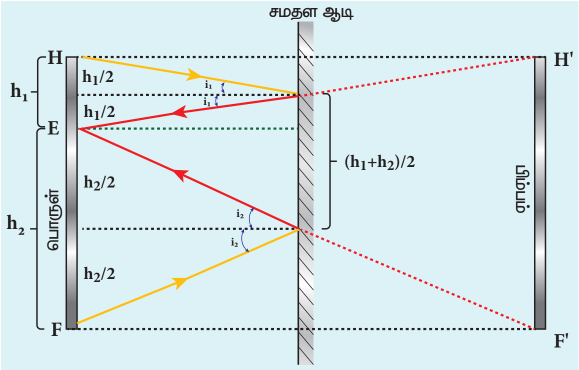
எடுத்துக்காட்டு 6.2

ஒருவர், தம் முழு உருவத்தையும் கண்ணாடியில் பார்க்கவேண்டுமென்றால், கண்ணாடியின் உயரம் எவ்வளவு இருக்க வேண்டும்?

தீர்வு:

h உயரம் கொண்ட மனிதர் ஒருவர் செங்குத்தாக உள்ள கண்ணாடியின் முன்னே நிற்கிறார் எனக் கருதுக. அவரின் தலை மற்றும் பாதத்திலிருந்து செல்லும் ஒளிக்கதிர்கள் கண்ணாடியில்பட்டு எதிரொளித்து, அவரின் கண்களை அடைந்தவுடன், அவர்,தமது தலை மற்றும் பாதங்களைக் காண்கிறார்.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 4 26-12-2022 11:50:40



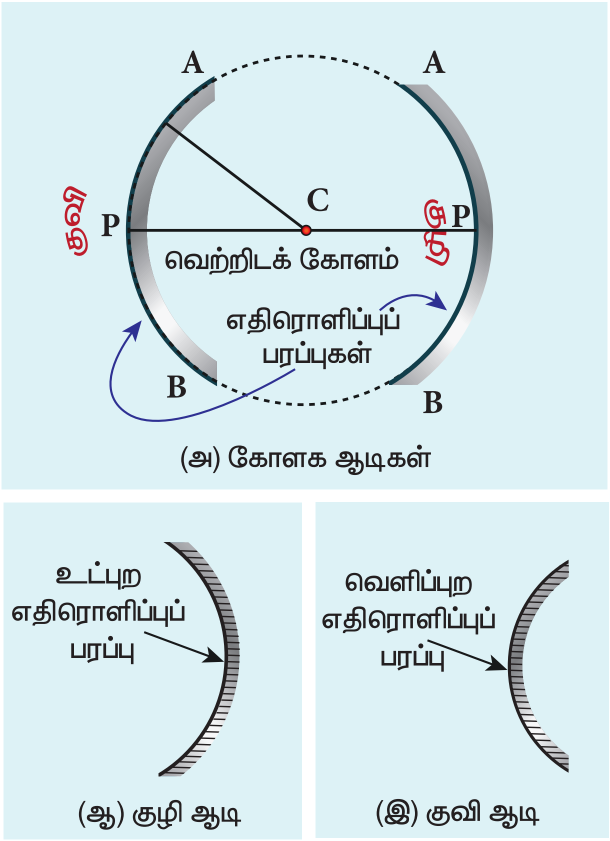
அவரின் தலை (H) மற்றும் கண் (E) இரண்டிற்கும் இடைப்பட்ட தொலைவை h_1 எனவும், அவரின் பாதம் (F) மற்றும் கண் (E) இரண்டிற்கும் இடைப்பட்ட தொலைவை h_2 எனவும் கொள்க. எனவே, மனிதனின் மொத்த உயரம் $h = h_1 + h_2$ ஆகும்.

எதிரொளிப்பு விதியின்படி, இரண்டு கடைக்கோடி புள்ளிகளில் ஏற்படும் எதிரொளிப்புகளிலும் (extreme reflections) படுகோணமும் எதிரொளிப்புக் கோணமும் ஒன்றுக்கொன்று சமமாகும். மேலும், இவ்விரண்டு எதிரொளிப்புகளிலும் படுகதிர் மற்றும் எதிரொளிப்புக் கதிர்களுக்கு இடையே உள்ள கோணத்தின் இருசமவெட்டியே, செங்குத்துக் கோடாகும். வடிவியலின்படி மனிதரின் முழு உருவத்தையும் காண, கண்ணாடி, அவரின் உயரத்தில் பாதி அளவு இருந்தால் போதுமானதாகும். $\dfrac{h_1 + h_2}{2} = \dfrac{h}{2}$

கண்ணாடியின் உயரம், மனிதருக்கும் கண்ணாடிக்கும் இடையே உள்ள தூரத்தைச் சார்ந்ததா?

6.2 கோளக ஆடிகள் (Spherical Mirrors)

நாம் தற்போது கோளக எதிரொளிப்புப் பரப்புகளில் ஏற்படும் எதிரொளிப்பைப் பற்றி படிக்க உள்ளோம். ஓர் உள்ளீடற்ற கோளத்திலிருந்து வெட்டப்பட்ட ஒரு பகுதியே கோளகப் பரப்பாகும். கோளக ஆடிகள், பொதுவாகக் கண்ணாடியினால் செய்யப்பட்டவையாகும். கண்ணாடியின் ஒரு பரப்பில் வெள்ளி பூசப்பட்டிருக்கும் (silvered), மற்றொரு பரப்பில் ஒளிஎதிரொளிப்பு ஏற்படும். **கோளக ஆடியின் குவி பரப்பில் ஒளிஎதிரொளிப்பு ஏற்பட்டால், அதனைக் *குவி ஆடி* (convex mirror) என்றும், குழி பரப்பில் ஒளிஎதிரொளிப்பு ஏற்பட்டால், அதனைக் *குழி ஆடி* (concave mirror) என்றும் அழைக்கலாம்.** இவை படம் 6.6இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.



படம் 6.6 கோளக ஆடிகள்

கோளக ஆடிகள் சார்ந்த சில துறை சொற்களைப்பற்றி நாம் தற்போது அறிந்து கொள்ளலாம்.

வளைவு மையம் (Centre of curvature): கோளக ஆடி செய்யப்பட்ட கோளத்தின் மையமே, கோளக ஆடியின் வளைவுமையம் C ஆகும்.

வளைவு ஆரம் (Radius of Curvature): கோளக ஆடி செய்யப்பட்ட கோளத்தின் ஆரமே, கோளக ஆடியின் வளைவு ஆரம் R ஆகும்.

ஆடிமுனை (Pole): கோளக ஆடிப்பரப்பின் மையப்புள்ளி (அல்லது) கோளக ஆடியின் வடிவியல் மையம், ஆடிமுனை P (அல்லது) ஒளியியல் மையம் (optic centre) எனப்படும்.

முதன்மை அச்சு (Principal axis): ஆடிமுனை மற்றும் வளைவு மையம் ஆகியவற்றை இணைக்கும் கோட்டிற்கு முதன்மை அச்சு என்று பெயர். முதன்மை அச்சு வழியாகச் சென்று ஆடியில்பட்டு எதிரொளிக்கும் ஒளிக்கதிர், அதே முதன்மை அச்சு வழியாகவே திரும்பிவரும்.

குவியம் (அல்லது) குவியப்புள்ளி (Focus (or) Focal Point): முதன்மை அச்சுக்கு இணையாகச்

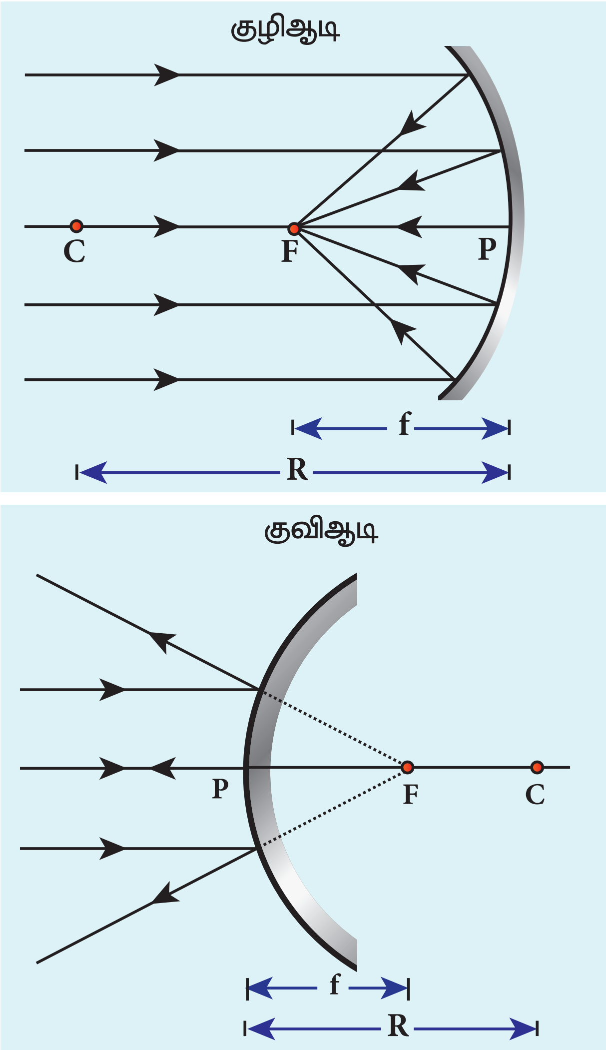
www.tnschoolbooks.in

செல்லும் ஒளிக்கதிர்கள் கோளக ஆடிப்பரப்பில்பட்டு எதிரொளித்த பின்னர், குழி ஆடியாக இருப்பின் முதன்மை அச்சின் ஒரு புள்ளியில் குவியும். குவிஆடியாக இருப்பின் முதன்மை அச்சின் ஒரு புள்ளியிலிருந்து விரிவடைவது போன்று தோன்றும். இப்புள்ளியே கோளக ஆடியின் குவியம் அல்லது குவியப்புள்ளி F ஆகும்.

குவியத்தூரம் (Focal length): ஆடிமுனைக்கும் P முதன்மைக் குவியத்திற்கும் F உள்ள தொலைவிற்குக் குவியத்தூரம் f என்று பெயர்

குவியத்தளம் (Focal plane): குவியம் வழியாக, முதன்மை அச்சுக்குச் செங்குத்தாக உள்ள தளத்திற்கு ஆடியின் குவியத்தளம் என்று பெயர்.

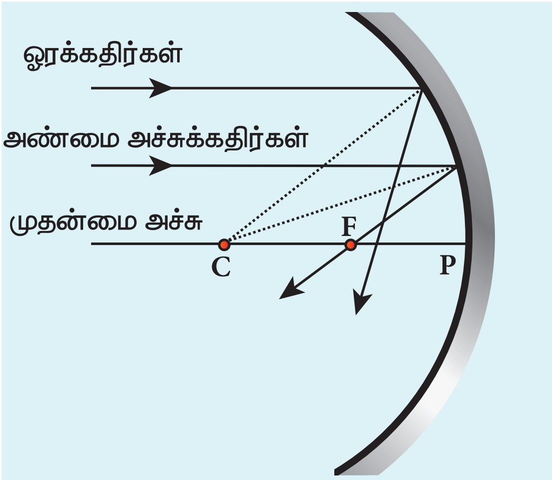
குவி ஆடி மற்றும் குழி ஆடி இரண்டிற்குமான மேலே கூறப்பட்ட துறை சொற்கள் படம் 6.7இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.



படம் 6.7 குழி மற்றும் குவி ஆடிகள் சார்ந்த துறை சொற்களின் விளக்கப்படம்

6.2.1 அண்மை அச்சுக்கதிர்கள் மற்றும் ஓரக்கதிர்கள் (Paraxial Rays and Marginal Rays)

முதன்மை அச்சுக்கு மிக நெருக்கமாகவும், முதன்மை அச்சோடு மிகச் சிறு கோணத்தில் செல்லும் கதிர்களுக்கு *அண்மை அச்சுக்கதிர்கள்* என்று பெயர். இவை ஆடிமுனைக்கு மிக அருகில் ஆடியில் விழும். இதற்கு மாறாக, **முதன்மை அச்சிலிருந்து வெகுதூரத்தில், செல்லும் கதிர்களுக்கு *ஓரக்கதிர்கள்* என்று பெயர்.** இவை இரண்டும் வெவ்வேறு விதமாகச் செயல்படும் (வெவ்வேறு புள்ளிகளில் குவியமடையும்) இது படம் 6.8இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த அலகில் நாம் அண்மை அச்சுக் கதிர்களை மட்டும் முக்கியப்படுத்திப் படிக்க உள்ளோம். ஏனெனில் இவை முக்கிய அச்சோடு மிகச்சிறிய கோணங்களையே ஏற்படுத்துவதால், இவை கதிர் ஒளியியலில் கோணங்களின் தோராயமாக்கலுக்குத் துணைபுரியும்.

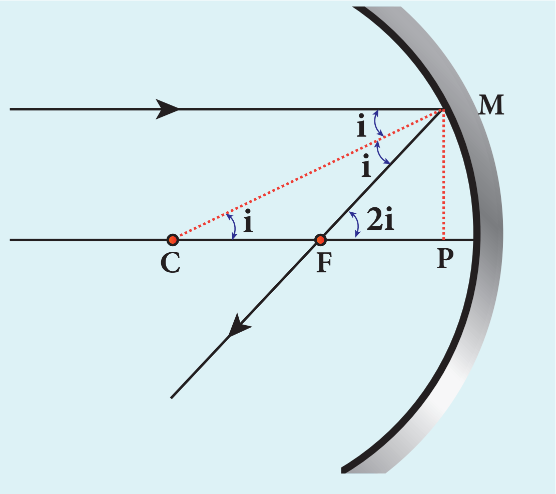


படம் 6.8 அண்மை அச்சுக்கதிர்கள் மற்றும் ஓரக்கதிர்கள்

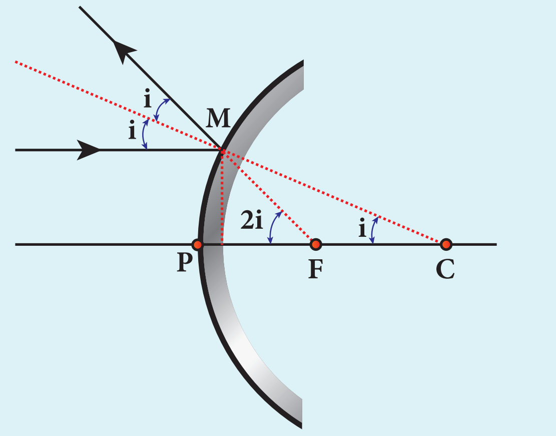
6.2.2 குவியத்தூரம் f மற்றும் வளைவு ஆரம் R இவற்றுக்கு இடையேயான தொடர்பு

கோளக ஆடி ஒன்றின் வளைவு மையம் C என்க. முதன்மை அச்சுக்கு இணையாகச் செல்லும் ஒளிக்கதிர் ஆடியில் M என்ற புள்ளியில்பட்டு எதிரொளித்து முதன்மைக் குவியம் F வழியாகச் செல்லும். இதற்கான வடிவியல் விளக்கம் படம் 6.9(அ)இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. M புள்ளியில் ஆடிக்குச் செங்குத்துக்கோடு CM ஆகும். படுகோணம் i என்பது எதிரொளிப்பு கோணத்திற்குச் சமம்.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 6 26-12-2022 11:50:41



(அ) குழி ஆடி



(ஆ) குவி ஆடி

படம் 6.9 வளைவு ஆரத்திற்கும் R, குவியத்தூரத்திற்கும் f இடையேயுள்ள தொடர்பு

M புள்ளியிலிருந்து முதன்மை அச்சுக்குச் செங்குத்தாக வரையப்பட்ட கோடு MP எனில், வடிவியல்படி,

கோணம் $\angle MCP = i$ மற்றும் $\angle MFP = 2i$

முக்கோணங்கள் ΔMCP மற்றும் ΔMFP இவற்றிலிருந்து

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

சிறிய கோணங்களுக்கு, $\tan i \approx i$ மற்றும் $\tan 2i \approx 2i$,

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

மேலும் சுருக்கும்போது

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

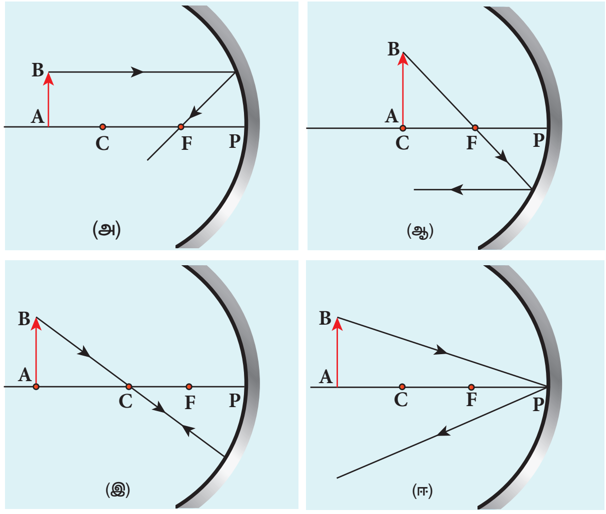
PF என்பது குவியத்தூரம் f மற்றும் PC என்பது வளைவு ஆரம் R. எனவே

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

சமன்பாடு 6.4, f மற்றும் Rக்கு இடையேயான தொடர்பினைத் தருகின்றது. குவி ஆடிக்கான விளக்கப்படம் 6.9 (ஆ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

6.2.3 கோளக ஆடிகளில் தோன்றும் பிம்பங்கள்

கோளக ஆடிகளில் தோன்றும் பிம்பங்களை, வரைபடங்கள் அமைத்துக் கண்டறியும் முறைக்கு பிம்பத் தடமறிதல் (Image tracing) என்று பெயர். பிம்பத்தைக் கண்டறிய, குறைந்தது இரண்டு கதிர்கள் ஒன்றை ஒன்று சந்திக்க வேண்டும். பிம்பப்புள்ளியைக் கண்டறிய படம் 6.10இல் காட்டியுள்ளவாறு பின்வரும் கதிர்களில் எவையேனும் இரண்டினைப் பயன்படுத்தலாம்.



படம் 6.10 பிம்பங்களின் தடமறிதல்

(i) முதன்மை அச்சுக்கு இணையாக வரும் கதிர், எதிரொளிப்புக்குப்பின்பு முதன்மை குவியத்தின் வழியே வெளியேறும் அல்லது வெளியேறுவது போன்று தோன்றும் (படம் 6.10(அ)).

(ii) முதன்மைக் குவியம் வழியே செல்லும் அல்லது செல்வது போன்று தோன்றும் கதிர், எதிரொளிப்புக்குப் பின்பு, முதன்மை அச்சுக்கு இணையாக வெளியேறும். (படம் 6.10(ஆ)).

(iii) வளைவு மையம் வழியாகச் செல்லும் கதிர், எதிரொளிப்புக்குப் பின்பு வளைவு மையம் வழியாகவே செங்குத்துப்படுகதிர் நிலையைப் போன்றே வெளியேறும் (படம் 6.10(இ)).

XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 7 26-12-2022 11:50:44

(iv) ஆடி முனையில் விழும் கதிர், முதன்மை அச்சை, செங்குத்துக் கோடாகக் கொண்டு, எதிரொளிப்பு விதியின் அடிப்படையில் வெளியேறும் (படம் 6.10(ஈ)).

6.2.4 கார்ட்டீசியன் குறியீட்டு மரபு

பிம்பங்களை வரையும்போது, பொருளின் தூரம் u,பிம்பத்தின் தூரம் v,பொருளின் உயரம் h,பிம்பத்தின் உயரம் h' குவியத்தூரம் f மற்றும் வளைவு ஆரம் (R) போன்றவற்றை நாம் குறிக்க அல்லது அளக்க நேரிடும். மேற்கண்ட அளவுகளுக்கிடையேயான தொடர்புகள் அனைத்துச் சூழ்நிலைகளுக்கும் பொருத்தமாக இருக்கவேண்டுமெனில் அவை ஒரு குறியீட்டு மரபைப் பின்பற்ற வேண்டும். இங்கு நாம் கார்ட்டீசியன் குறியீட்டு மரபைப் பின்பற்றப் போகிறோம். இம்முறை உலகளாவப் பின்பற்றப்படும் ஒரு குறியீட்டு மரபு முறையாகும். கார்ட்டீசியன் குறியீட்டு மரபு படம் 6.11இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இக்குறியீட்டு மரபு பின்வருமாறு.

(i) படும் ஒளியினை, இடப்பக்கத்திலிருந்து வலப்பக்கம் வருவது போன்று எடுக்க வேண்டும் (அதாவது பொருள் ஆடிக்கு இடப்பக்கமாக இருக்க வேண்டும்)

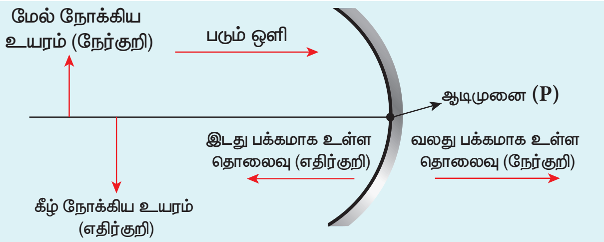
(ii) அனைத்துத் தொலைவுகளும் ஆடிமுனையிலிருந்துதான் அளக்கப்பட வேண்டும். (ஆடிமுனையினைத் தொடக்கப் புள்ளியாகக் கருதவேண்டும்)

(iii) ஆடிமுனைக்கு வலப்புறமாக, முதன்மை அச்சுக்கு இணையாக அளக்கப்படும் தூரத்தை நேர்குறி தூரமாகக் கருதவேண்டும்.

(iv) ஆடிமுனைக்கு இடப்புறமாக, முதன்மை அச்சுக்கு இணையாக அளக்கப்படும் தூரத்தை, எதிர்குறி தூரமாகக் கருதவேண்டும்.

(v) முதன்மை அச்சுக்குச் செங்குத்தாக, மேல்நோக்கிய உயரங்களை, நேர்குறி உயரங்களாகக் கருதவேண்டும்.

(vi) முதன்மை அச்சுக்குச் செங்குத்தாக, கீழ்நோக்கிய உயரங்களை எதிர்குறி உயரங்களாகக் கருதவேண்டும்.

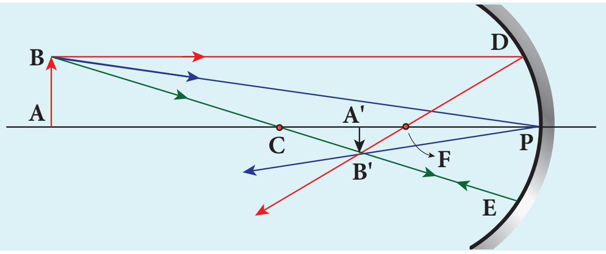


படம் 6.11 கார்ட்டீசியன் குறியீட்டு மரபு

6.2.5 ஆடிச்சமன்பாடு

பொருளின் தூரம் u, பிம்பத்தின் தூரம் v மற்றும் குவியத்தூரம் f போன்றவற்றுக்கு இடையேயான தொடர்பினைக் கொடுக்கும் சமன்பாடே, ஆடிச்சமன்பாடு ஆகும்.

AB என்ற பொருளைக் கருதுக. இப்பொருள், குழி ஆடி ஒன்றின் முதன்மை அச்சில், வளைவு மையம் Cக்கு அப்பால் வைக்கப்பட்டுள்ளது என்க. இப்பொருளினால் ஏற்படும் பிம்பம் படம் 6.12இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. பொருளின் B புள்ளியிலிருந்து புறப்படும் மூன்று அண்மை அச்சுக் கதிர்களைக் கருதுக. முதல் அண்மை அச்சுக்கதிர் BD முதன்மை அச்சுக்கு இணையாகச் சென்று ஆடிமுனை Pக்கு அருகே உள்ள D என்ற புள்ளியில் விழுகிறது. எதிரொளிப்புக்குப் பின்பு இக்கதிர் முதன்மைக் குவியம் F வழியாகச் செல்கிறது. இரண்டாவது அண்மை அச்சுக்கதிர் BP, ஆடிமுனை Pயில் பட்டு PB' வழியே எதிரொளிக்கிறது. மூன்றாவது அண்மை அச்சுக்கதிர் BC, வளைவு மையம் C வழியே சென்று ஆடியின் E புள்ளியில் எதிரொளித்து வளைவுமையம் C வழியாகவே வெளியேறும். இம்மூன்று எதிரொளிப்புக் கதிர்களும் B' என்ற புள்ளியில் ஒன்றை ஒன்று வெட்டும். முதன்மை அச்சுக்குச் செங்குத்தாகக் வரையப்படும் $A'B'$ என்பது, பொருள் AB ன் மெய் மற்றும் தலைகீழான பிம்பமாகும்.



படம் 6.12 ஆடிச் சமன்பாடு

எதிரொளிப்பு விதியின்படி, படுகோணம் $\angle BPA$, எதிரொளிப்புக் கோணம் $\angle B'PA'$க்குச் சமம். முக்கோணங்கள் ΔBPA மற்றும் $\Delta B'PA'$ இரண்டும் ஒத்த முக்கோணங்களாகும். எனவே,

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

XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 8 26-12-2022 11:50:44

www.tnschoolbooks.in

மற்ற ஒத்த முக்கோண இணை ΔDPF மற்றும் $\Delta B'A'F$ ஆகும். (இங்கு PD கிட்டத்தட்ட நேரான செங்குத்துக் கோடாகும்).

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

தூரங்கள், $PD = AB$. எனவே, மேற்கண்ட சமன்பாடு பின்வருமாறு மாற்றமடையும்,

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

சமன்பாடுகள் (6.5) மற்றும் (6.6) லிருந்து,

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

$A'F = PA' - PF$. எனவே, மேற்கண்ட சமன்பாடு பின்வருமாறு மாற்றமடையும்.

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

PA, PA' மற்றும் PF என்பவை வெறும் தொலைவுகளே; குறியிட்டு மரபுகளை இங்கு நாம் பயன்படுத்தும்போது, வருவிக்கப்படும் வாய்ப்பாடு. பொதுவான ஒன்றாக இருக்கும். இவ்வாறு பெறப்படும் பொதுவான வாய்ப்பாடு, படத்தில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள நேர்வைத் தவிர பிற நேர்வுகளுக்கும் பொருந்தும் ஒன்றாக இருக்கும்.

எனவே, PA = $-u$, PA' = $-v$ மற்றும் PF = $-f$ என சமன். 6.7ல் பிரதியிட

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

கார்ட்டீசியன் குறியீட்டு மரபின் அடிப்படையில் மூன்று தூரங்களும் எதிர்குறி மதிப்பைப் பெற்றுள்ளன. ஏனெனில், இவை அனைத்தும் ஆடிமுனைக்கு இடப்புறமாக அளக்கப்பட்டவைகளாகும். எனவே, சமன்பாடு (6.7) பின்வருமாறு மாற்றமடையும்.

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

மேலும் இதனைச் சுருக்கும்போது,

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

இருபுறமும் v ஆல் வகுக்கும்போது,

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

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

மேற்கண்ட சமன்பாடு (6.8) ஆடிச்சமன்பாடாகும். இது படம் 6.12 விற்கு மட்டுமே உகந்ததாக தோன்றினாலும், இச்சமன்பாடு அனைத்துச் சூழ்நிலைகளுக்கும், எவ்விதமான கோளக ஆடிகளுக்கும் பொருத்தமானதாகும். ஏனெனில், சமன்பாடு (6.7)இல் u, v மற்றும் f க்கு முறையான குறியீட்டு மரபை நாம் பயன்படுத்தி உள்ளோம்.

6.2.6 கோளக ஆடிகளில் ஏற்படும் பக்கவாட்டு உருப்பெருக்கம்

பிம்பத்தின் உயரத்திற்கும், பொருளின் உயரத்திற்கும் உள்ள விகிதம், பக்கவாட்டு அல்லது குறுக்கு உருப்பெருக்கம் m என வரையறுக்கப்படுகிறது. பொருளின் உயரம் மற்றும் பிம்பத்தின் உயரம் இரண்டும் முதன்மை அச்சுக்குச் செங்குத்தாக, முதன்மை அச்சிலிருந்து அளக்கப்பட வேண்டும்.

$$\text{உருப்பெருக்கம்}\,(m) = \frac{\text{பிம்பத்தின் உயரம்}\,(h')}{\text{பொருளின் உயரம்}\,(h)}$$

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

படம் 6.12இல் இருந்து, நாம் வருவித்த சமன்பாடு (6.5)ஐ இங்கு பயன்படுத்துக.

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

பொருத்தமான குறியீடுகளைப் பயன்படுத்தும்போது,

$$A'B' = -h', AB = h, PA' = -v, PA = -u$$

$$\frac{-h'}{h} = \frac{-v}{-u};$$ மேலும் இதனைச் சுருக்கும்போது,

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

ஆடிச் சமன்பாட்டினைப் பயன்படுத்தி, உருப் பெருக்கச் சமன்பாட்டினைப் பின்வருமாறும் எழுதலாம்.

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

குறிப்பு

மாணவர்கள் 9–ஆம் வகுப்பில் பயின்ற, குழி மற்றும் குவி ஆடிகளைக் கொண்டு பிம்பங்களை வரையும் முறையை மீள்பார்வை செய்துகொள்ள வேண்டும். அதாவது, பொருளை வெவ்வேறு நிலைகளில் வைத்து, பிம்பத்தின் நிலை, பிம்பத்தின் தன்மை எவ்வாறு உள்ளது என்பனவற்றைப் புரிந்து கொள்ள வேண்டும் (9–ஆம் வகுப்பு அறிவியல் பாடப்புத்தகம்).

XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 9 26-12-2022 11:50:48

எடுத்துக்காட்டு 6.3

15.0 cm குவியத்தூரம் கொண்ட குழிஆடியின் முன்பாக 20.0 cm தொலைவில் பொருளொன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது.

அ) தெளிவான பிம்பத்தினைப் பெற, குழி ஆடியிலிருந்து திரையை எவ்வளவு தொலைவில் வைக்க வேண்டும்?

ஆ) பிம்பத்தின் தன்மை என்ன?

தீர்வு

$f = -15$ cm, $u = -20$ cm

(அ) ஆடிச்சமன்பாட்டிலிருந்து $\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$

v யினைக் கண்டறிய பின்வருமாறு மாற்றி அமைக்கவும் $\frac{1}{v}=\frac{1}{f}-\frac{1}{u}$

f மற்றும் u வின் மதிப்புகளைப் பிரதியிடு,

$$\frac{1}{v}=\frac{1}{-15}-\frac{1}{-20}$$

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

$$v=-60.0\ cm$$

திரையினை குழிஆடிக்கு இடப்புறமாக 60.0 cm தொலைவில் வைக்க வேண்டும்.

(ஆ) உருப்பெருக்கம், $m=\frac{h'}{h}=-\frac{v}{u}$

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

உருப்பெருக்கம் எதிர்குறியில் உள்ளதால், தலைகீழான பிம்பம் கிடைக்கும்.

உருப்பெருக்கத்தின் எண்மதிப்பு 3. எனவே, பிம்பம் மூன்று மடங்கு பெரியதாகக் காணப்படும்.

குழிஆடியின் இடப்புறமாக பிம்பம் தோன்றுவதால் பிம்பம் மெய்பிம்பமாகும்.

எடுத்துக்காட்டு 6.4

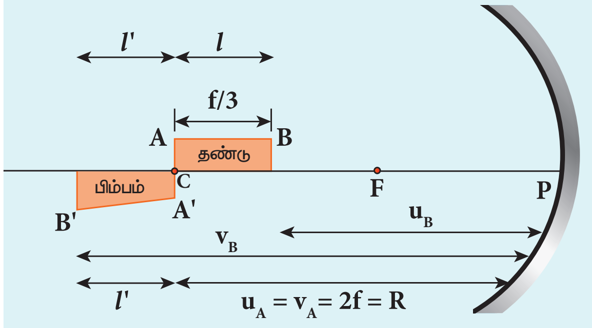
$f/3$ நீளம் கொண்ட மெல்லிய தண்டு ஒன்று, f குவியத்தூரம் கொண்ட குழிஆடியின் முதன்மை அச்சின்மீது அத்தண்டின் நீட்டப்பட்ட மெய்பிம்பத்தைத் தொடும்படி வைக்கப்பட்டுள்ளது எனில், குழிஆடியின் நெடுக்கு உருப்பெருக்கத்தைக் காண்க.

தீர்வு

$$\text{நெடுக்கு உருப்பெருக்கம்}\ (m_l)=\frac{\text{பிம்பத்தின் நீளம் } (l')}{\text{பொருளின் நீளம் } (l)}$$

பொருளின் நீளம் $l=\frac{f}{3}$

கொடுக்கப்பட்டுள்ள நிபந்தனையின்படி தோன்றும் பிம்பம் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது..



l' என்பது பிம்பத்தின் நீளம் எனில்,

$$m_l=\frac{l'}{l}=\frac{l'}{f/3}\ \text{அல்லது}\ l'=\frac{m_l f}{3}$$

பிம்பத்தின் ஒரு முனை பொருளோடு பொருந்தி உள்ளது. எனவே, பொருந்தியுள்ள முனை கண்டிப்பாக வளைவு மையமாக இருக்க வேண்டும்.

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

$$v_B=u_B+l+l'$$

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

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

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

சுருக்கப்பட்ட பின்பு,

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

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

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

XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 10 26-12-2022 11:50:52

6.3 ஒளியின் வேகம் (Speed of light)

ஒளி வெற்றிடத்தின்வழியே பெரும வேகத்தில் செல்கிறது. வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகம் c என்று குறிப்பிடப்படுகிறது. அதன் மதிப்பு $c = 3\times10^8\ \mathrm{m\ s^{-1}}$ ஆகும். இது, பெரும மதிப்பாகும். ஒளியின் வேகத்தைக் கண்டறிய அறிஞர்கள் பல்வேறு முயற்சிகளை மேற்கொண்டனர். பிரஞ்சு அறிஞர் ஹிப்போலைட் ஃபிஸீயு (Hippolyte Fizeau) (1819 – 1896) என்பவர், ஒளியின் வேகத்தைக் கண்டறிவதற்கான முயற்சியை முதலில் மேற்கொண்டார். அம்முயற்சி, மற்ற அறிஞர்களுக்கும் ஒளியின் வேகத்தைக் கண்டறிவதற்கான அடித்தளத்தை அமைத்துக் கொடுத்தது.

6.3.1 ஒளியின் வேகத்தைக் கண்டறிவதற்கான ஃபிஸீயுமுறை (Fizeau's Method)

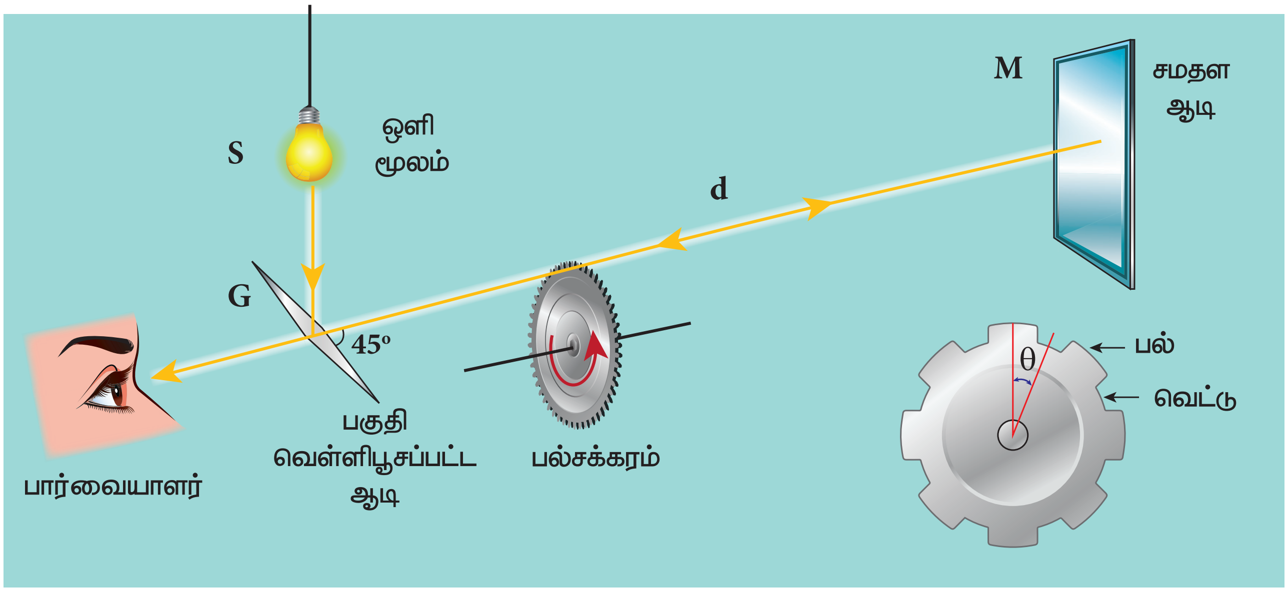
ஆய்வுக்கருவிகள்: காற்று ஊடகத்தில் ஒளியின் வேகத்தைக் கண்டறிவதற்கான ஆய்வுக் கருவி படம் 6.13 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒளிமூலம் S இலிருந்து வரும் ஒளியானது முதலில் பாதி வெள்ளி பூசப்பட்ட கண்ணாடித் தகட்டின் மீது G விழுகிறது. இக்கண்ணாடித் தகடு, ஒளியைப்பொருத்து 45° கோணத்தில் சாய்ந்துள்ளது. N பற்களும், சமஅகலமுடைய N வெட்டுகளும் கொண்ட சுழலும் பற்சக்கரத்தின் வழியே ஒளிக்கதிர் செலுத்தப்படுகிறது. பற்சக்கரத்தின் சுழற்சி வேகம் புற இயந்திர அமைப்பின் மூலம் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றது. (இவ்வமைப்பு படத்தில் காட்டப்படவில்லை). பற்சக்கரத்தின் ஒரு வெட்டு வழியே செல்லும் ஒளி பற்சக்கரத்திலிருந்து மிக நீண்ட தொலைவில் d, கிட்டத்தட்ட 8 km, வைக்கப்பட்டுள்ள சமதள ஆடி M ஒன்றினால் எதிரொளிக்கப்படுகிறது. பற்சக்கரம் சுழலவில்லையெனில், எதிரொளிக்கப்பட்ட ஒளி அதே வெட்டு வழியே மீண்டும் சென்று, பாதி வெள்ளி கண்ணாடியின் வழியாகப் பயணித்து உற்று நோக்குபவரின் கண்களை அடைகிறது.

வேலை செய்யும்முறை: சுழலும் பற்சக்கரத்தின் கோணவேகம் சுழியிலிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பிற்கு ω அதிகரிக்கப்படுகிறது. அதாவது, ஒரு வெட்டு வழியாகச் சென்ற ஒளிக்கதிர் சமதள ஆடியினால் எதிரொளிக்கப்பட்ட பின்பு, அடுத்த பல்லினால் (tooth) முழுவதும் தடுக்கப்படும் வரை பற்சக்கரத்தின் வேகம் அதிகரிக்கப்படுகிறது. பகுதி வெள்ளி பூசப்பட்ட கண்ணாடியின் வழியே பார்க்கும்போது, ஒளி முழுவதுமாக மறைவதிலிருந்து இதனை உறுதி செய்யலாம்.

சமன்பாட்டினை வருவித்தல்: காற்றில் ஒளியின் வேகம் v, ஒளி பற்சக்கரத்திலிருந்து ஆடிக்குச் சென்று, மீண்டு பற்சக்கரத்தை அடையும் தொலைவிற்கும் $2d$, எடுத்துக் கொண்ட நேரத்திற்குமான விகிதமாகும்.

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

தொலைவு d யினை ஆய்வு அமைப்பிலிருந்து அறிந்து கொள்ளலாம், எடுத்துக்கொண்ட நேரம் t



படம் 6.13 ஒளியின் வேகம் கண்டறியும் ஃபிஸீயு முறை

XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 11 26-12-2022 11:50:52

யினை பற்சக்கரத்தின் கோண வேகம் ω விலிருந்து கணக்கிடலாம்.

ஒளி முதன்முதலில் மறையும் நேரத்தில், பற்சக்கரத்தின் கோணவேகம் ω (அலகு rad s^{-1}) பின்வருமாறு

$$\omega = \frac{\theta}{t} \tag{6.13}$$

இங்கு θ என்பது, t நேர இடைவெளியில் பற்சக்கரம் சுழலும்போது, பற்சக்கரத்தின் ஒரு பல்லிற்கும், ஒரு வெட்டிற்கும் இடையே உள்ள கோணமாகும்.

$$\theta = \frac{\text{வட்டத்தின் மொத்தக் கோணம் ரேடியனில்}}{\text{பற்களின் எண்ணிக்கை + வெட்டுகளின் எண்ணிக்கை}}$$

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

θ வின் மதிப்பை சமன்பாடு 6.13 இல் பிரதியிடும்போது,

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

மேற்கண்ட சமன்பாட்டை t க்கு எழுதும்போது

$$t = \frac{\pi}{N\omega} \tag{6.14}$$

சமன்பாடு 6.14ஐ, சமன்பாடு 6.12இல் பிரதியிட

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

சமன்பாட்டைச் சீரமைத்த பின்னர்,

$$v = \frac{2dN\omega}{\pi} \tag{6.15}$$

அடுத்தடுத்துள்ள பற்களினால் ஒளி மறைக்கப்படும்போது தோன்றும் குறைந்தபட்ச ஒளிச்செறிவினைக் காண்பதில் ஃபிஸீயுவிற்கு சில இடர்ப்பாடுகள் தோன்றின. எனினும் இவர் கண்டறிந்த ஒளியின் வேகம், உண்மையான ஒளியின் வேகத்திற்கு மிக நெருக்கமாக இருந்தது. இதற்குப் பின்பு ஃபிஸீயுவின் அதே ஆய்வு அமைப்பின் அடிப்படையில் மற்றும் சில நுட்பமான கருவிகளைப் பயன்படுத்தி காற்றில் ஒளியின் வேகம் $v = 2.99792 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ எனக் கண்டறியப்பட்டது.

குறிப்பு

பற்சக்கரத்தின் வேகத்தைச் சுழியிலிருந்து ω வரை அதிகரிக்கும்போது ஒளி மறைந்து விடுகிறது. பற்சக்கரத்தின் வேகத்தை மேலும் அதிகரித்துக் கொண்டே சென்று 2ω மதிப்பை அடையும்போது எதிரொளிக்கப்பட்ட ஒளி அடுத்த வெட்டு வழியாகச் சென்று உற்றுப்பார்ப்பவரை அடைகிறது. எனவே, ω வின் ஒற்றைப்படை மதிப்புகளுக்கெல்லாம் ஒளி மறைவதும், (பற்களினால் தடுக்கப்பட்டும்), இரட்டைப் படை மதிப்புகளுக்கெல்லாம் ஒளி தெரிவதும் (வெட்டு வழியாக அனுமதிக்கப்பட்டும்) மாறி மாறி நடைபெறும்.

6.3.2 வெற்றிடம் மற்றும் வெவ்வேறு ஊடகங்களின் வழியே ஒளியின் வேகம்

ஃபோகால்ட் (Foucault) (1819–1868) மற்றும் மைக்கல்சன் (Michelson) (1852–1931) போன்றவர்கள் கண்ணாடி மற்றும் நீர் போன்ற வெவ்வேறு ஒளிபுகும் ஊடகங்களை ஒளியின் பாதையில் வைத்து, ஒளியின் வேகத்தை அந்த ஊடகங்களில் கண்டறிந்தனர். மேலும், வெற்றிடக் குழாய்களையும் ஒளியின் பாதையில் வைத்து வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகத்தைக் கண்டறிந்தனர். மேற்குறிப்பிட்ட சோதனைகளில் இருந்து மற்ற அனைத்து ஊடகங்களைவிட, வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகம் அதிகம் எனக் கண்டறிந்தனர். வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகம் $c = 3 \times 10^8 \text{m s}^{-1}$ எனக் கண்டறிந்தனர். வெற்றிடம் மற்றும் காற்று இரண்டிலும் ஒளியின் வேகம் கிட்டத்தட்ட சமமதிப்பினையே பெற்றிருக்கும் என்பதை நாம் நினைவில் கொள்ளவேண்டும்.

6.3.3 ஒளிவிலகல் எண்

வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகத்திற்கும் c, ஊடகத்தில் ஒளியின் வேகத்திற்கும் v உள்ள விகிதமே, அந்த ஊடகத்தின் *ஒளிவிலகல் எண்* ஆகும்.

$$\text{ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் } n = \frac{\text{வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகம் } (c)}{\text{ஊடகத்தில் ஒளியின் வேகம் } (v)}$$

$$n = \frac{c}{v} \tag{6.16}$$

www.tnschoolbooks.in

ஒளிபுகும் ஊடகம் ஒன்றின் ஒளிவிலகல் எண், அந்த ஊடகத்தில் ஒளியின் வேகத்தைப்பற்றி அறிய துணைபுரிகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 6.5

ஒளிவிலகல் எண் 1.33 கொண்ட தூயநீரின் வழியே செல்லும் ஒளியின் வேகத்தைக் காண்க.

தீர்வு

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

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

கொடுக்கப்பட்ட தூயநீரின் வழியே 2.26×10^{8} m s^{-1} வேகத்தில் ஒளி செல்லும்.

ஒளிவிலகல் எண்ணுக்கு அலகு இல்லை. வெற்றிடம்தான் மிகக்குறைந்த ஒளிவிலகல் எண்ணைப் பெற்றுள்ளது. அதன் மதிப்பு 1 ஆகும். மற்ற அனைத்து ஊடகங்களின் ஒளிவிலகல் எண்ணும் 1ஐவிட அதிக மதிப்பையே பெற்றிருக்கும். ஒளிவிலகல் எண்ணை ஊடகத்தின் ஒளி அடர்த்தி (Optical density) என்றும் அழைக்கலாம்.

உயர்ந்த ஒளிவிலகல் எண்ணைப் பெற்றுள்ள ஊடகத்தின் ஒளி அடர்த்தி அதிகம். அவ்வூடகத்தின் வழியே ஒளி மெதுவாகச் செல்லும் இதேபோன்று குறைந்த ஒளிவிலகல் எண்ணைப்பெற்றுள்ள ஊடகத்தின் ஒளி அடர்த்தி குறைவு. அவ்வூடகத்தின் வழியே ஒளி வேகமாகச் செல்லும் (குறிப்பு: ஒளி அடர்த்தியை, ஊடகப் பொருளின் நிறை அடர்த்தியுடன் சேர்த்துக் குழப்பிக் கொள்ளக்கூடாது. இவை இரண்டும் வெவ்வேறானவை) வெவ்வேறு ஒளிபுகும் ஊடகங்களின் ஒளிவிலகல் எண்கள் அட்டவணை 6.2இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 6.2 வெவ்வேறு ஊடகங்களின் ஒளிவிலகல் எண்கள்

ஊடகம்	ஒளிவிலகல் எண்
வெற்றிடம்	1.00
காற்று	1.0003
கார்பன் டைஆக்சைடு	1.0005
பனிக்கட்டி	1.31
தூயநீர்	1.33
எத்தில் ஆல்கஹால்	1.36
குவார்ட்ஸ்	1.46
தாவர எண்ணெய்	1.47
ஆலிவ் எண்ணெய்	1.48
அக்ரிலிக்	1.49
மேசை உப்பு	1.51
கண்ணாடி	1.52
நீலக்கல்	1.77
சிர்கான்	1.92
கன சிர்கோனியா	2.16
வைரம்	2.42
காலியம் பாஸ்பேட்	3.50

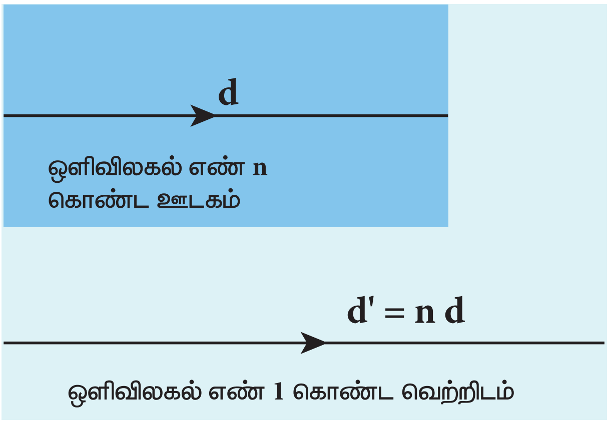
6.3.4 ஒளிப்பாதை (Optical path)

ஊடகம் ஒன்றில் ஒளி d தொலைவைக் கடக்க எவ்வளவு நேரத்தை எடுத்துக் கொள்கிறதோ, அதே நேர இடைவெளியில் வெற்றிடத்தின் வழியே ஒளி கடந்து செல்லும் தொலைவு d' ஊடகத்தின் ***ஒளிப்பாதை*** **என்று வரையறுக்கப்படுகிறது.**

ஒளிவிலகல் எண் n மற்றும் தடிமன் d கொண்ட ஊடகம் ஒன்றைக் கருதுக. அந்த ஊடகத்தின் வழியாக v வேகத்தில், t நேரத்தில் ஒளி பயணம் செய்கிறது எனில்,

$v = \frac{d}{t}$; சமன்பாட்டை t க்கு மாற்றியமைக்கும் போது, $t = \frac{d}{v}$

இதே நேர இடைவெளியில், வெற்றிடத்தில் ஒளி நெடுந்தொலைவு d' சென்றிருக்கும். ஏனெனில், ஒளி வெற்றிடத்தின் வழியே பெரும வேகத்தில் c செல்லும் இது படம் 6.14இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. எனவே,



படம் 6.14 ஒளிப்பாதை

$c = \frac{d'}{t}$; சமன்பாட்டை t க்கு மாற்றி அமைக்கும் போது, $t = \frac{d'}{c}$

இரண்டு நிகழ்வுகளிலும் எடுத்துக்கொள்ளப்பட்ட நேரம் t சமம். எனவே, இரண்டு நிகழ்வுகளின் நேரத்தையும் சமன் செய்து பார்க்கலாம். அதன்படி

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

ஒளிப்பாதை d' க்கு மாற்றி அமைக்கும் போது

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

இங்கு, $\frac{c}{v} = n$; எனவே, ஒளிப்பாதை d'

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

ஒரு ஊடகத்திற்கு n எப்போதும் 1ஐவிட அதிகமாகும். எனவே, ஊடகத்தின் ஒளிப்பாதை d', எப்போதும் d ஐ விட அதிகமாக இருக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு 6.6

ஒளி, காற்றிலிருந்து ஒளிவிலகல் எண் 1.5 மற்றும் 50 cm தடிமன் கொண்ட கண்ணாடியினுள் செல்கிறது.

(அ) கண்ணாடியில் ஒளியின் வேகம் என்ன?

(ஆ) கண்ணாடியைக் கடந்து செல்ல ஒளி எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம் என்ன?

(இ) கண்ணாடியின் ஒளிப்பாதையைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

தடிமன் d = 50 cm = 0.5 m ஒளிவிலகல் எண் n = 1.5

ஒளிவிலகல் எண், $n = \frac{c}{v}$

(அ) கண்ணாடியில் ஒளியின் வேகம்,

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

(ஆ) கண்ணாடியைக் கடந்து செல்ல ஒளி எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம்,

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

(இ) ஒளிப்பாதை,

$$d' = nd = 1.5\times0.5 = 0.75\,m = 75\,cm$$

குறிப்பு: ஒளி, கண்ணாடியைக் கடந்து செல்லும் நேர இடைவெளியில், 25 cm கூடுதலாக (75 cm – 50 cm) ஒளி வெற்றிடத்தின் வழியே கடந்து சென்றுவிடும்.

6.4 ஒளிவிலகல் (Refraction)

ஒளியானது, ஓர் ஊடகத்திலிருந்து மற்றோர் ஊடகத்திற்கு அவ்விரு ஊடகங்களைப் பிரிக்கும் எல்லை வழியாகச் செல்லும் நிகழ்வு ஒளிவிலகல் எனப்படும். ஒளிவிலகலில், ஓர் ஊடகத்தின் படுகோணம் i, மற்றும் மற்றோர் ஊடகத்தின் விலகுகோணம் r போன்றவை, ஒளிக்கதிர்படும் புள்ளியில் இரண்டு ஊடகங்களையும் பிரிக்கும் தளத்திற்கு வரையப்பட்ட செங்குத்துக் கோட்டினைப் பொருத்து அளக்கப்படுகின்றன.

ஒளிவிலகல் விதிகளின்படி

(i) **படுகதிர், விலகுகதிர், விலகுதளம் மற்றும் விலகுதளத்திற்கு வரையப்பட்ட செங்குத்துக்கோடு இவை அனைத்தும் ஒரே தளத்தில் அமையும்.**

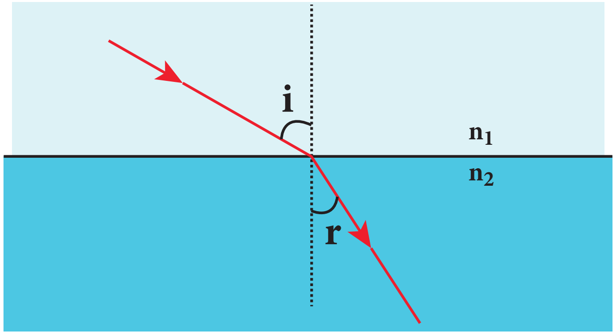
(ii) **முதல் ஊடகத்தின் படுகோணத்தின் சைன் மதிப்பிற்கும் (sin i), இரண்டாவது ஊடகத்தின் விலகுகோணத்தின் சைன் மதிப்பிற்கும் (sin r) உள்ள விகிதம், இரண்டாவது ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணுக்கும் n_2 முதல் ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணுக்கும் n_1 உள்ள விகிதத்திற்குச் சமமாகும்.**

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

மேற்கண்ட சமன்பாடு விகிதவடிவில் உள்ளது. இதனை பெருக்கல் வடிவில் பின்வருமாறும் எழுதலாம்.

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

இரு ஊடகங்களைப் பிரிக்கும் எல்லையில் ஏற்படும் ஒளிவிலகல் படம் 6.15 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



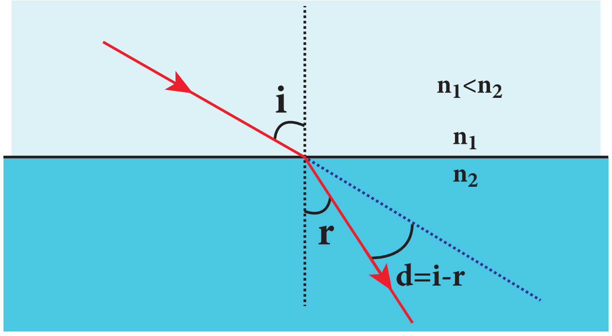
படம் 6.15 ஒளிவிலகல்

குறிப்பு: படுகதிர் செங்குத்தாக தளத்தில் விழும்போது அதன் படுகோணம் சுழியாகும்

6.4.1 ஒளிவிலகலினால் ஏற்படும் திசைமாற்றக் கோணம்

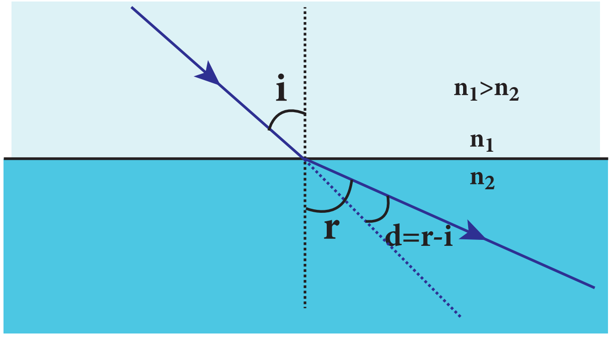
படுகதிரின் திசைக்கும் ஒளிவிலகல் அடைந்த கதிருக்கும் இடையே உள்ள கோணத்திற்கு ஒளிவிலகலினால் ஏற்படும் திசைமாற்றக் கோணம் என்று பெயர். ஒளிக்கதிர் அடர்குறை ஊடகத்திலிருந்து அடர்மிகு ஊடகத்திற்குள் செல்லும்போது செங்குத்துக்கோட்டை நோக்கி வளையும். இது படம் 6.16இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இத்தகைய நிகழ்வுக்கான திசைமாற்றக் கோணம்.

$$d = i - r \tag{6.20}$$



படம் 6.16 ஒளிக்கதிர் அடர்குறை ஊடகத்திலிருந்து அடர்மிகு ஊடகத்திற்குள் செல்லும் போது ஏற்படும் திசைமாற்றக் கோணம்

மாறாக, ஒளிக்கதிர் அடர்மிகு ஊடகத்திலிருந்து, அடர்குறை ஊடகத்திற்குள் செல்லும்போது, செங்குத்துக்கோட்டைவிட்டு விலகிச் செல்லும். இது படம் 6.17 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இத்தகைய நிகழ்வுக்கான திசைமாற்றக் கோணம்

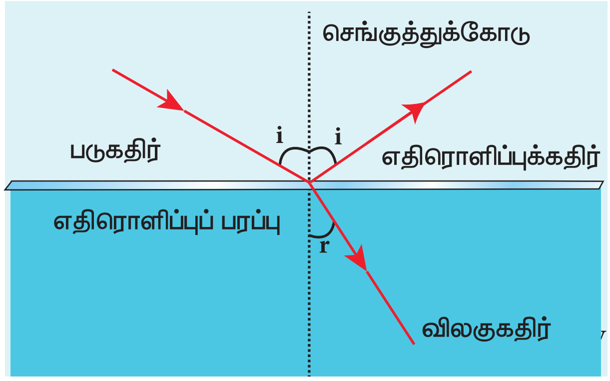


படம் 6.17 ஒளிக்கதிர் அடர்மிகு ஊடகத்திலிருந்து அடர்குறை ஊடகத்திற்குள் செல்லும் போது ஏற்படும் திசைமாற்றக் கோணம்

$$d = r - i \tag{6.21}$$

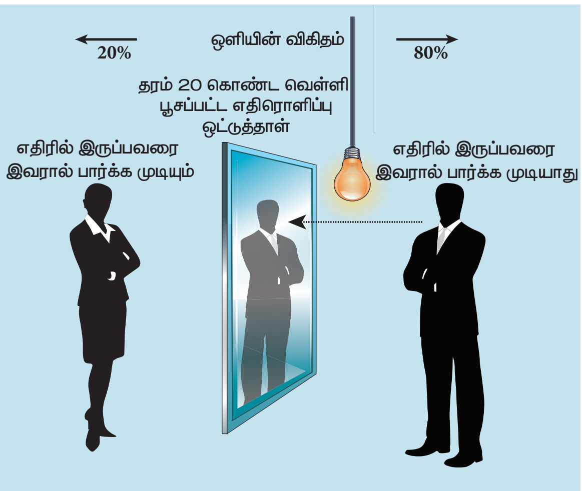
6.4.2 ஒரே நேர எதிரொளிப்பு (அல்லது) ஒரே நேர ஒளிவிலகல்

எந்த ஒளிவிலகு பரப்பாக இருந்தாலும், அது சிறிதளவு ஒளிஎதிரொளிப்பையும் ஏற்படுத்தும். எனவே, விலகலடைந்த ஒளிக்கதிரின் செறிவு, படுகதிரின் செறிவைவிடக் குறைவாகவே காணப்படும். **இவ்வாறு ஒரே ஒளி மூலத்திலிருந்து வரும் ஒளியின் ஒரு பகுதி ஒளிஎதிரொளிப்பையும், மற்றொரு பகுதி ஒளிவிலகலையும் அடையுமானால் அதற்கு *ஒரேநேர எதிரொளிப்பு* அல்லது ஒரேநேர ஒளிவிலகல் (simultaneous reflection (or) simultaneous refraction) என்று பெயர்.** இது படம் 6.18 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. பகுதி வெள்ளி பூசப்பட்ட கண்ணாடி இதுபோன்ற ஒரே நேர எதிரொளிப்பு மற்றும் விலகு பரப்புகள் பரப்பை கொண்டது.

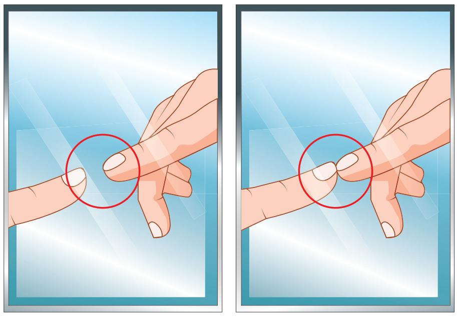


படம் 6.18 ஒரே நேர எதிரொளிப்பு (அல்லது) ஒரே நேர ஒளிவிலகல்

உங்களுக்குத் தெரியுமா?



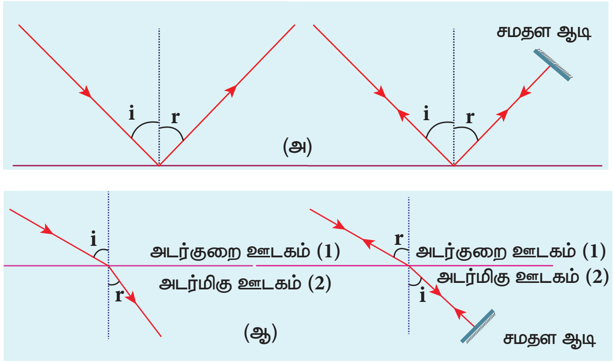
பரப்புகளின் மீது தகுந்த பூச்சை ஏற்படுத்துவதன் மூலம் ஒரே நேர எதிரொளிப்பு (அல்லது) ஒரே நேர ஒளிவிலகல் தோற்றுவிக்கும் ஒளிப்பரப்புகளை உருவாக்கலாம். இவ்வாறு, ஒரு கண்ணாடிப் பரப்பின் மீது பூசும் பொருளின் அளவை மாற்றி அதனைப் பகுதி ஒளிபுகு பரப்பாகவும், பகுதி ஒளிஎதிரொளிப்புப் பரப்பாகவும் மாற்றலாம். இவ்வாறு உருவாக்கப்பட்ட கண்ணாடியை வணிகரீதியாக இருவழிக் கண்ணாடி மற்றும் அரை அல்லது பாதி வெள்ளி பூசப்பட்ட கண்ணாடி என அழைக்கிறார்கள். இருவழி கண்ணாடி பின்பக்கம் முழுவதும் இருளாக்கப்பட்டால் அது பார்ப்பதற்கு சாதாரண ஒரு வழி கண்ணாடி போன்றே காணப்படும். ஆனால், இருவழிக் கண்ணாடியின் பின்புறம் கேமிராக்கள் மறைத்து வைக்கப்பட்டிருக்கலாம். எனவே, நமக்கு அறிமுகமில்லாத இடங்களில் வைக்கப்பட்டுள்ள கண்ணாடிகளின் முன்பு நாம் நிற்கும்போது மிகவும் எச்சரிக்கையாக இருக்க வேண்டும். இருவழிக் கண்ணாடியா என சோதித்துப்பார்க்க ஒரு வழிமுறை உள்ளது. விரலால் கண்ணாடியைத் தொடும்போது, விரலுக்கும் அதன் பிம்பத்திற்கும் இடையே இடைவெளி இருந்தால் அது சாதாரண கண்ணாடி. அவ்வாறு இல்லாமல் விரல் நேரடியாகப் பிம்பத்தைத் தொட்டால் அஃது இருவழிக் கண்ணாடியாகும்.



சாதாரண கண்ணாடி இருவழிக் கண்ணாடி

6.4.3 மீளும் கொள்கை (Principle of reversibility)

மீளும் கொள்கையின்படி, ஒளி செல்லும் பாதையின் திசையைப் பின்னோக்கித் திருப்பும் போது (reversed), ஒளி மிகச்சரியாக தான் கடந்துவந்த பாதையின் வழியாகவே திரும்பிச் செல்லும். இக்கொள்கை ஒளிஎதிரொளிப்பு மற்றும் ஒளிவிலகல் இரண்டிற்கும் பொருந்தும். இது படம் 6.19 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 6.19 (அ) ஒளிஎதிரொளிப்பு மற்றும் (ஆ) ஒளிவிலகளுக்கான ஒளியின் மீளும் கொள்கை

6.4.4 ஒப்புமை ஒளிவிலகல் எண்

சமன்பாடு 6.18 இல் உள்ள $\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$ **பதத்திற்கு முதல் ஊடகத்தைப் பொருத்து, இரண்டாவது *ஊடகத்தின் ஒப்புமை ஒளிவிலகல் எண்* என்று பெயர்.** இதனை n_{21} என எழுதலாம்.

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

ஒப்புமை ஒளிவிலகல் எண் சமன்பாட்டிலிருந்து மேலும் சில பயனுள்ள தொடர்புகளை வருவிக்கலாம் அவை முறையே,

(i) நேர்மாறு விதி

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

(ii) சங்கிலி விதி

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

எடுத்துக்காட்டு 6.7

ஒளிபுகும் எண்ணெய்யின் வழியாகச் செல்லும் ஒளிக்கதிர், ஒளிவிலகல் எண் 1.5 கொண்ட கண்ணாடியினுள் நுழைகிறது. எண்ணெய்யைப் பொருத்துக் கண்ணாடியின் ஒளிவிலகல் எண் 1.25 எனில், எண்ணெய்யின் ஒளிவிலகல் எண் என்ன?

தீர்வு

$n_{go} = 1.25$ மற்றும் $n_g = 1.5$

எண்ணெய்யைப் பொருத்து கண்ணாடியின் ஒளிவிலகல் எண்

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

சமன்பாட்டினைச் சீரமைக்கும்போது

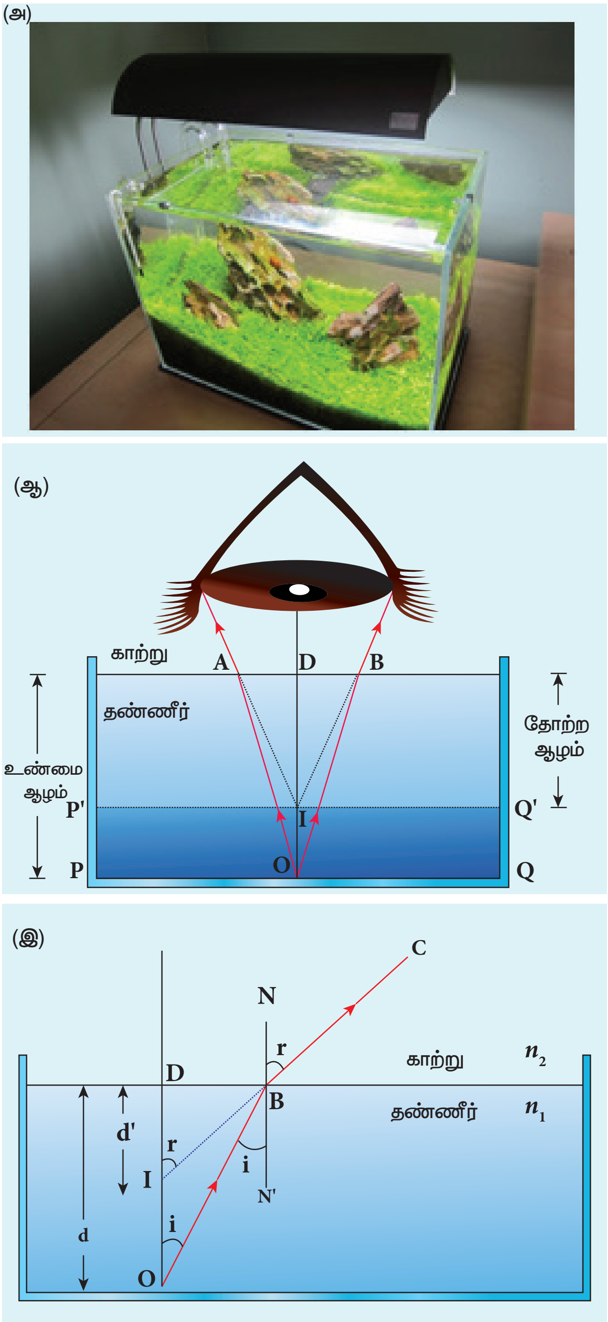
$$n_o = \frac{n_g}{n_{go}} = \frac{1.5}{1.25} = 1.2$$

எனவே எண்ணெய்யின் ஒளிவிலகல் எண் $n_o = 1.2$ ஆகும்.

6.4.5 தோற்ற ஆழம் (Apparent depth)

பொதுவாக காற்று ஊடகத்திலிருந்து நீர் நிரப்பப்பட்ட தொட்டியினுள் பார்க்கும்போது, தொட்டியின் அடிப்பரப்பு சற்று மேலே தெரிவதுபோலத் தோன்றும். இது படம் 6.20 (அ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. செங்குத்து நிலையில் பார்க்கும்போது தெரியும் தோற்ற ஆழத்திற்கான சமன்பாட்டை நாம் வருவிக்கலாம். அதற்கான கதிர்ப்படம் படம் 6.20 (ஆ) மற்றும் (இ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

தொட்டியின் அடியில் உள்ள O என்ற பொருளிலிருந்து வரும் ஒளி அடர்மிகு ஊடகத்தில் இருந்து (நீர்) அடர்குறை ஊடகத்திற்கு (காற்று) வந்து நமது கண்களை அடைகிறது. இவ்வொளிக்கதிர் அடர்குறை ஊடகத்தில் படுகதிர் படும்புள்ளியில் B வரையப்பட்டுள்ள செங்குத்துக் கோட்டினைவிட்டு விலகிச்செல்லும். அடர்மிகு ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் n_1 மேலும் அடர்குறை ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் n_2. இங்கு $n_1 > n_2$ அடர்மிகு ஊடகத்தில் படுகோணத்தின் மதிப்பு i மற்றும் அடர்குறை ஊடகத்தில் விலகுகோணத்தின் மதிப்பு r. நேர்க்கோடுகள் NN' மற்றும் OD இரண்டும் இணையானவை. எனவே, கோணம் $\angle DIB$ யும் r ஆகும். கோணங்கள் i மற்றும் r இரண்டும் மிகவும் சிறியவை. எனவே, பொருள் O விலிருந்து வெளிவந்து நம் கண்களை அடையும் கதிர்களும் மிகவும் குறுகியவையே. இவ்வொளிவிலகலுக்கான ஸ்னெல் விதியின் பெருக்கல் வடிவம்



படம் 6.20 தோற்ற ஆழம்

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

கோணங்கள் (i) மற்றும் (r) ஆகியவற்றின் மதிப்பு மிகவும் குறைவு. எனவே, இதனைப் பின்வருமாறு தோராயமாக்கலாம், $\sin i \approx \tan i$; மற்றும் $\sin r \approx \tan r$

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

முக்கோணங்கள் ΔDOB மற்றும் ΔDIBயில்

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

XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 17 26-12-2022 11:51:02

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

இரண்டு பக்கமுள்ள DBக்களும் ஒன்றை ஒன்று சமன்செய்து கொள்ளும். எனவே DO என்பது உண்மையான ஆழம் (d) மற்றும் DI என்பது தோற்ற ஆழம் d' ஆகும்.

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

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

மேற்கண்ட சமன்பாட்டை d' க்கு மாற்றி அமைக்கும்போது,

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

இங்கு அடர்குறை ஊடகம் காற்று. அதன் ஒளிவிலகல் எண் 1, $(n_2 = 1)$. மேலும், அடர்மிகு ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் n_1 ஐ n என எடுத்துக்கொண்டால், $(n_1 = n)$, இதற்கான தோற்ற ஆழச் சமன்பாடு

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

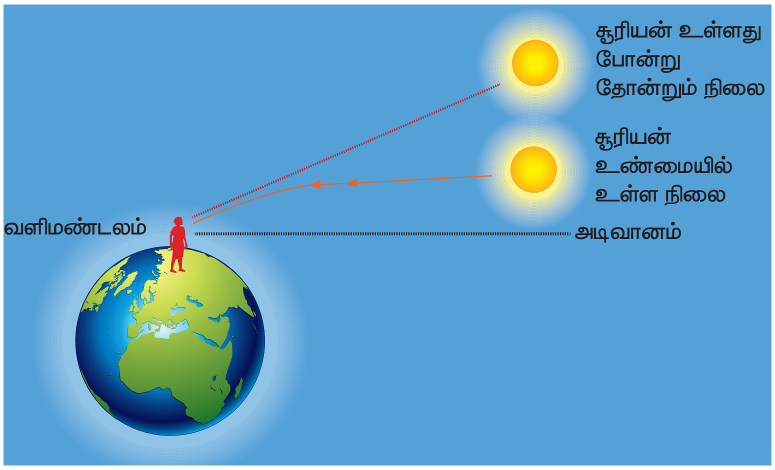
தொட்டியின் அடிப்பரப்பு d-d' அளவு மேலே எழும்பித் தெரியும். எனவே,

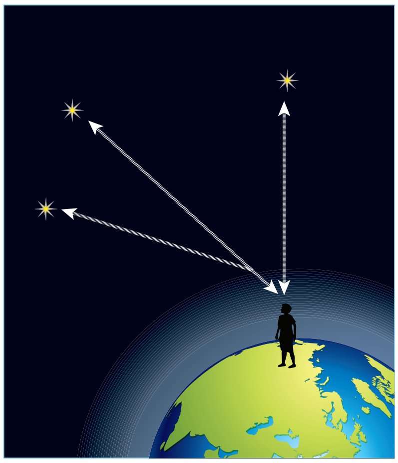
$$d-d'=d-\frac{d}{n}$$

அல்லது

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

வளிமண்டல ஒளிவிலகல்: வெவ்வேறு ஒளிவிலகல் எண்களைக் கொண்டுள்ள வளிமண்டலத்தின் வெவ்வேறு அடுக்குகளின்வழியே ஒளி செல்லும்போது தொடர் ஒளிவிலகல் ஏற்படுவதினால் அதன்பாதை தொடர்ந்து விலகலடையும். உதாரணமாகச் சூரிய உதயத்தின்போது நாம் காணும் சூரியன், உண்மையில் சூரியன் உதிப்பதற்குச் சிறிதுநேரத்திற்கு முன்பே தெரியத் தொடங்கும். இதே போன்று, சூரியன் உண்மையில் மறைந்த பிறகும் நமக்குச் சூரியன் தெரியும். இவ்விரண்டு நிகழ்வுகளுக்கும் காரணம், வளிமண்டலத்தினால் ஏற்படும் ஒளிவிலகல் ஆகும். உண்மையான சூரிய உதயம் என்பது சூரியன் கிடைத்தளத்தைக் கடப்பதைக் குறிக்கிறது. கீழே காட்டப்பட்டுள்ள படங்கள் கிடைத்தளத்தைப்பொருத்துச்சூரியனின் உண்மையான நிலைமற்றும்தோற்ற நிலைகளைக்காட்டுகின்றன. இப்படம் வளிமண்டலத்தினால் ஏற்படும் ஒளிவிலகலை விளக்குவதற்காக மிகைப்படுத்தப்பட்ட படமாகும். சூரியனின் திசையில் ஏற்படும் தோற்ற மாற்றம் கிட்டத்தட்ட அரை டிகிரி. இதற்கான நேர வேறுபாடு 2 நிமிடங்களாகும். இதே நிகழ்வின் காரணமாகத்தான் சூரிய உதயம் மற்றும் மறைவின் போது சூரியன் சற்று தட்டையாகத் தெரிகிறது (முட்டை வடிவில்). படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள விண்மீன்களின் நிலைகளுக்குக் காரணமும் இதே நிகழ்வுதான். உண்மையில் விண்மீன்கள் மின்னுவதில்லை, அவை மின்னுவதுபோன்று தோன்றுகின்றன. இதற்குக் காரணம் வெவ்வேறு ஒளிவிலகல் எண்களைப்பெற்றுள்ள வளிமண்டல அடுக்குகளின் இயக்கமேயாகும். இரவு வானில் தெளிவாக இதனை நாம் காணலாம்.





XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 18 26-12-2022 11:51:05

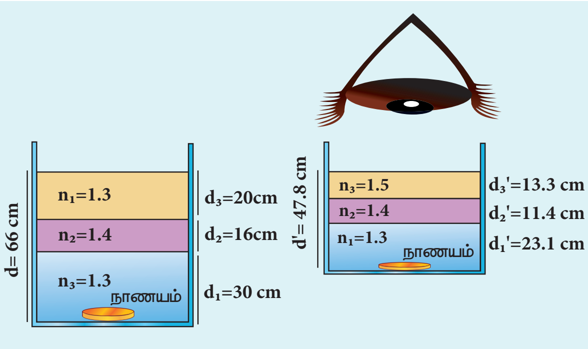
www.tnschoolbooks.in

எடுத்துக்காட்டு 6.8

தொட்டி ஒன்றினுள் ஒன்றுடன் ஒன்று கலக்காத மற்றும் ஒளிவிலகல் எண்கள் முறையே 1.3, 1.4 மற்றும் 1.5 கொண்ட மூன்று திரவங்கள் 30 cm, 16 cm மற்றும் 20 cm உயரத்திற்கு நிரப்பி வைக்கப்பட்டுள்ளன. அத்தொட்டியின் அடிப்பரப்பில் நாணயம் ஒன்று உள்ளது. வெளியில் உள்ள காற்றுஊடகத்திலிருந்து நாணயத்தைப் பார்க்கும்போது, எந்தத் தோற்ற ஆழத்தில் நாணயம் தெரியும்? எந்த ஊடகத்தில் நாணயம் இருப்பது போன்று தோன்றும்?

தீர்வு

மேலே இருந்து பார்க்கும்போது (காற்று ஊடகம்), நாணயம் அடிப்பரப்பிலேயே தொடர்ந்து தெரியும். மேலும், ஒவ்வோர் ஊடகமும் வெளியில் உள்ள காற்று ஊடகத்தைப்பொருத்துச் சுருங்கித் தெரியும். இதுகீழே உள்ள படத்தில் சுட்டிக்காட்டப்பட்டுள்ளது.



ஒவ்வோர் ஊடகத்திற்குமான தோற்ற ஆழச் சமன்பாடுகள்,

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

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

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

$$d' = 47.8 \text{ cm}$$

6.4.6 மாறுநிலைக்கோணம் மற்றும் முழு அக எதிரொளிப்பு

ஒளிக்கதிரொன்று அடர்மிகு ஊடகத்திலிருந்து அடர்குறை ஊடகத்திற்குச் செல்லும்போது; அதன்பாதையிலிருந்து விலகிச் செங்குத்துக் கோட்டை விட்டு விலகிச் செல்கிறது. இதன் காரணமாக அடர் குறை ஊடகத்தில் விலகுகோணம் (r), அடர்மிகு ஊடகத்தில் படுகோணம் (i)ஐ விட அதிகமாக உள்ளது.

பொதுவாகப் படுகோணத்தைப் (i) படிப்படியாக அதிகரிக்கும்போது விலகுகோணம் (r) விரைவாக அதிகரிக்கும். ஒருகட்டத்தில் இதன் மதிப்பு 90^0 ஐ அடையும் அல்லது விலகு கதிர் இரண்டு ஊடகங்களையும் பிரிக்கும் எல்லையினைத் தழுவிச் செல்லும். **அடர்மிகு ஊடகத்தில் எந்தப் படுகோணமதிப்பிற்கு, விலகுகதிர் ஊடகங்களைப்பிரிக்கும் எல்லையைத் தழுவிச்செல்கிறதோ, அந்தப் படுகோணமே *மாறுநிலைக் கோணமாகும்* i_c.** அடர்மிகு ஊடகத்தில் படுகோணத்தின் மதிப்பினை மாறுநிலைக் கோணத்தைவிட அதிகரிக்கும்போது, அடர்குறை ஊடகத்தில் ஒளிவிலகல் ஏற்பட எவ்வித சாத்தியமும் இல்லை. அப்போது **ஒளி முழுவதும் அடர்மிகு ஊடகத்திலேயே எதிரொளிக்கும். இந்நிகழ்ச்சிக்கு *முழு அக எதிரொளிப்பு* என்றுபெயர்.** இது படம் 6.21 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

முழு அக எதிரொளிப்பு ஏற்படுவதற்கான இரண்டு நிபந்தனைகள்

(i) ஒளி அடர்மிகு ஊடகத்தில் இருந்து, அடர்குறை ஊடகத்திற்குச் செல்லவேண்டும்.

(ii) அடர்மிகு ஊடகத்தில் படுகோணத்தின் மதிப்பு, மாறுநிலைக் கோணத்தைவிட, அதிகமாக இருக்கவேண்டும். $(i > i_c)$

மாறுநிலை படுகோணத்திற்கு, ஸ்னெல் விதியின் பெருக்கல் வடிவம் (6.19) பின்வரும் வடிவில் அமையும்

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

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

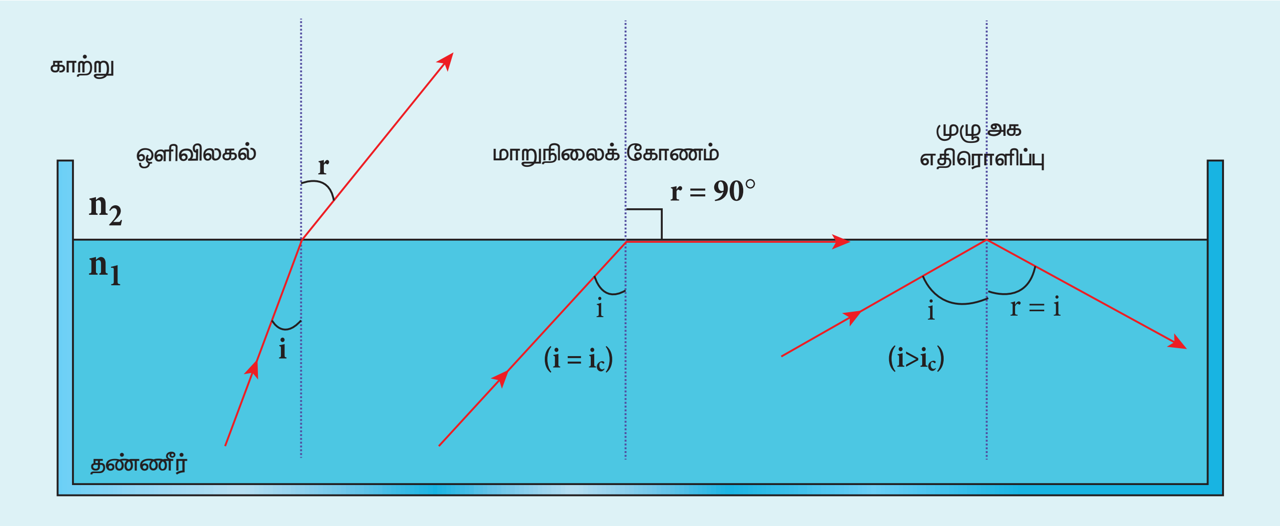
$$\sin i_c = \frac{n_2}{n_1} \qquad (6.30)$$

இங்கு $n_1 > n_2$. அடர்குறை ஊடகம் காற்று ஊடகம் எனில் அதன் ஒளிவிலகல் எண்ணை 1 எனவும், அடர்மிகு ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணை n எனவும் கருதலாம். அதாவது $(n_2=1)$ மற்றும் $(n_1=n)$

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

மாறுநிலைக்கோணம் i_c ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணைச் சார்ந்துள்ளது. வெவ்வேறு பொருள்களின் ஒளிவிலகல் எண் மற்றும் மாறுநிலைக் கோணம் போன்றவை அட்டவணை 6.3 இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 19 26-12-2022 11:51:08



படம் 6.21 மாறுநிலைக்கோணம் மற்றும் முழு அக எதிரொளிப்பு

அட்டவணை 6.3 வெவ்வேறு பொருள்களின் ஒளிவிலகல் எண் மற்றும் மாறுநிலைக் கோணம்.

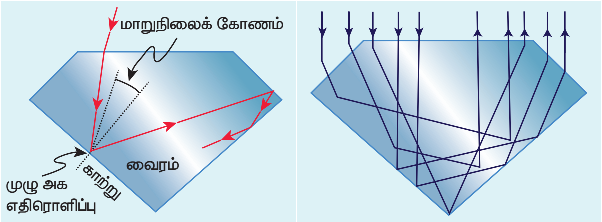
பொருள்கள்	ஒளிவிலகல் எண்	மாறுநிலைக் கோணம்
பனிக்கட்டி	1.310	49.8°
தண்ணீர்	1.333	48.6°
உருகிய குவார்ட்ஸ்	1.458	43.3°
க்ரவுண் கண்ணாடி	1.541	40.5°
ஃப்ளிண்ட் கண்ணாடி	1.890	31.9°
கால்சைட்	1.658	37.0°
ஸ்ட்ரோண்டியம் டைட்டனேட்	2.394	24.7°
வைரம்	2.417	24.4°
ரூட்டைல்	2.621	22.4°

எடுத்துக்காட்டாக, கண்ணாடியின் ஒளிவிலகல் எண் 1.5. கண்ணாடி–காற்று இடைமுகத்தின் (Interface) மாறுநிலைக்கோணம், $i_c = \sin^{-1}\left(\frac{1}{1.5}\right) = 41.8^\circ$. தண்ணீர் – காற்று இடைமுகத்தின் மாறுநிலைக்கோணம் $i_c = \sin^{-1}\left(\frac{1}{1.3}\right) = 48.6^\circ$.

6.4.7 முழு அக எதிரொளிப்பின் விளைவுகள்

6.4.7.1 வைரத்தின் ஜொலிஜொலிப்பு

வைரம் ஜொலிப்பதற்குக் காரணம், அதன் உள்ளே நடைபெறும் முழு அக எதிரொளிப்பே ஆகும். வைரத்தின் ஒளிவிலகல் எண் கிட்டத்தட்ட 2.417 ஆகும். இம்மதிப்பு சாதாரண கண்ணாடியின் ஒளிவிலகல்எண் மதிப்பான கிட்டத்தட்ட 1.5 ஐ விட மிகவும் அதிகம். வைரத்தின் மாறுநிலைக் கோணம் ஏறத்தாழ 24.4^0. இது கண்ணாடியின் மாறுநிலை கோணத்தைவிட மிகவும் குறைவு. திறமை வாய்ந்த வைரவேலை செய்பவர் படுகோணத்தின் இந்த நீண்ட நெடுக்கத்தை (24.4^0 இல் இருந்த 90^0 வரை) நன்கு பயன்படுத்திக்கொள்வார். படம் 6.22 இல் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு வைரத்தின் உள்ளே நுழைந்த ஒளி வெளியேறுவதற்கு முன்பாக வைரத்தின் உட்புறமுள்ள வெட்டுமுகங்களில் பலமுறை முழு அக எதிரொளிப்பு அடைகிறது. அவ்வாறு முழு அக எதிரொளிப்பு அடைவதால் வைரம் நன்கு ஜொலிக்கிறது.



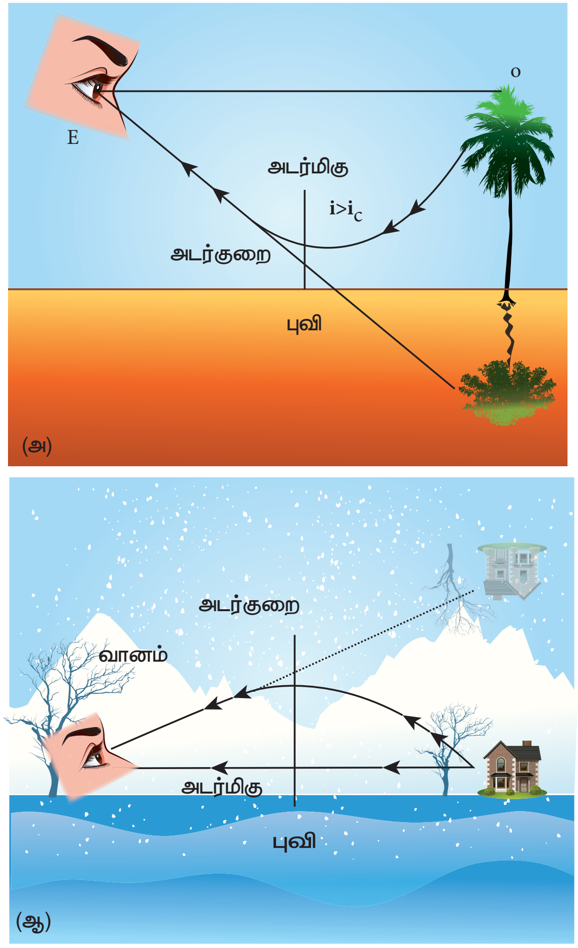
படம் 6.22 வைரத்தினுள் ஏற்படும் முழு அக எதிரொளிப்பு

www.tnschoolbooks.in

6.4.7.2 கானல் நீர் மற்றும் குளிர் மாய ஒளித்தோற்றம் (Mirrage and looming)

காற்றின் அடர்த்தியைப் பொருத்து, ஒளிவிலகல் எண்ணும் அதிகரிக்கும். வெப்பமான பகுதிகளில் உயரத்தில் உள்ள காற்றைவிட, தரையின் அருகில் உள்ள காற்றின் வெப்பம் அதிகமாக இருக்கும். வெப்பக்காற்றின் அடர்த்தி குறைவு. எனவே, வீசாமல் ஒரே இடத்தில் உள்ள காற்றைப் பொருத்தவரை உயரம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க, ஒளிவிலகல் எண்ணும் அதிகரிக்கும். இதன் காரணமாக மரம் போன்ற உயரமான பொருள்களிலிருந்து வரும் ஒளி தரையை நோக்கிச் செல்லச்செல்ல ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் குறையும். இவ்வாறு ஒளிவிலகல் எண்கொண்ட ஊடகத்தின் வழியே ஒளிக்கதிர் செல்லும்போது, காற்றின் வெவ்வேறு அடுக்குகளில், செங்குத்துக் கோட்டினைவிட்டு ஒளிக்கதிர் தொடர்ந்து விலகலடையும். மேலும், தரையின் அருகே படுகோணம் மாறுநிலைக் கோணத்தைவிட அதிகமாக உள்ள நிலையில் முழு அக எதிரொளிப்பு அடையும். அதாவது ஒளி தரையின் அடியிலிருந்து வருவதுபோன்ற ஓர் மாயத்தோற்றத்தை ஏற்படுத்தும். காற்று அடுக்குகளின் அசையும் தன்மையினால் நீர் நிலையில் இருந்து எதிரொளிப்பது போன்று தெரியும் அல்லது பொருளுக்கு அடியில் ஈரப்பரப்பு உள்ளது போன்று தெரியும். இது படம் 6.23 (அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்நிகழ்விற்குக் கானல்நீர் (அல்லது) வெப்ப மாய ஒளித்தோற்றம் என்றுபெயர்.

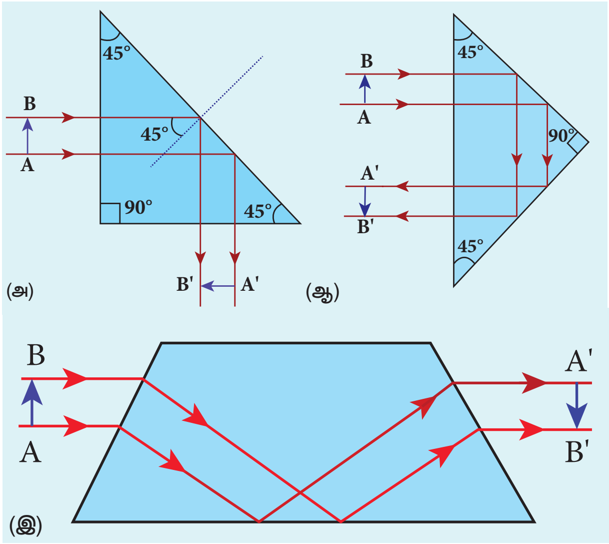
குளிர்பிரதேசங்களில் தரையை நோக்கிச் செல்லச்செல்ல ஒளிவிலகல் எண் அதிகரித்துக்கொண்டே செல்லும். ஏனெனில், மேலே உள்ள காற்றைவிடத் தரைக்கு அருகே உள்ள காற்று அடுக்கின் வெப்பநிலை குறைவாகக் காணப்படும். எனவே, தரைக்கு அருகே உள்ள காற்றின் அடர்த்தி மற்றும் ஒளிவிலகல் எண் உயரத்தில் உள்ள காற்றைவிட அதிகமாக இருக்கும். பனிப்பாறைகள், உறைந்த ஏரிகள் மற்றும் கடல்களில் கானல்நீரின் எதிரிடையான விளைவு ஏற்படும். எனவே, தலைகீழான பிம்பம் தரையிலிருந்து சற்று உயரத்தில் படம் 6.23(ஆ)வில் காட்டியுள்ளவாறு தோன்றும். இந்நிகழ்வுக்கு குளிர் மாய ஒளித்தோற்றம் (looming) என்று பெயர்.



படம் 6.23 (அ) வெப்ப –மாயஒளித்தோற்றம் மற்றும் (ஆ) குளிர் – மாய ஒளித்தோற்றம்

6.4.7.3 முழு அக எதிரொளிப்பைப் பயன்படுத்தி முப்பட்டகங்களை உருவாக்குதல்

முழு அக எதிரொளிப்பைப் பயன்படுத்தி ஒளியை 90° அல்லது 180° எதிரொளிக்கும்படி முப்பட்டகங்களை வடிவமைக்கலாம் இது படம் 6.24 (அ) மற்றும் 6.24 (ஆ)



படம் 6.24 முழு அகரொளிப்பைப் பயன்படுத்தி முப்பட்டகங்களை உருவாக்குதல்

XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 21 26-12-2022 11:51:11

இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. முதல் இரண்டு நிகழ்வுகளில் முப்பட்டகப்பொருளின் மாறுநிலைக் கோணத்தின் மதிப்பு i_c யானது 45° ஐ விடக்குறைவு.

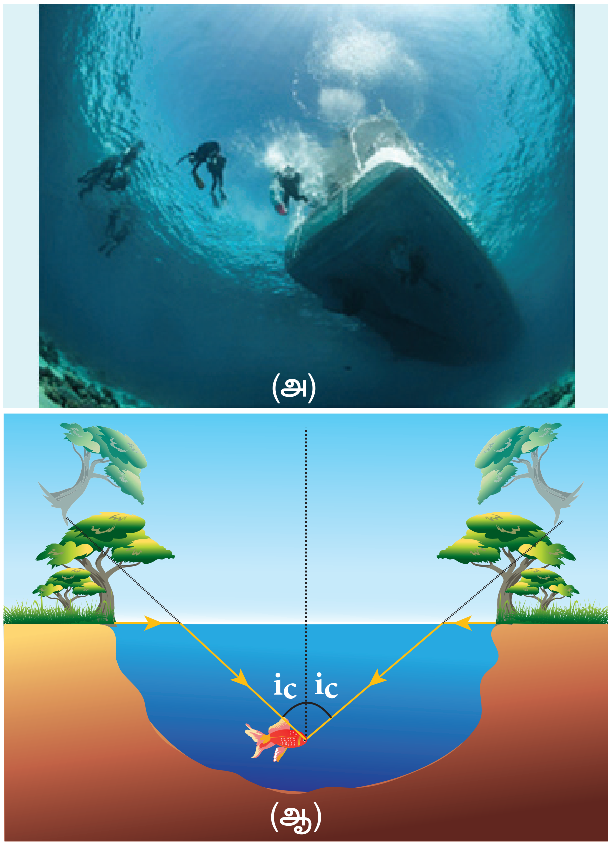
முப்பட்டகங்களைக் கொண்டு, பிம்பத்தின் அளவினை மாற்றாமல் பிம்பங்களைத் தலைகீழாக மாற்றலாம். இது படம் 6.24 (இ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

6.4.7.4 ஆர ஒளியூட்டல் (ஸ்னெல் சாளரம்)

படம் 6.25 தண்ணீர் தொட்டியின் உள்ளே உள்ள ஒளிமூலம்

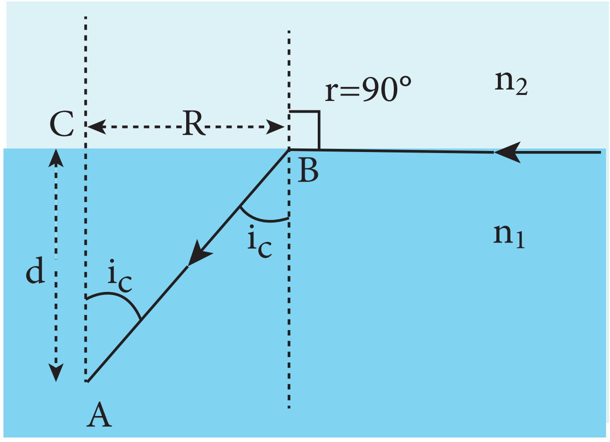
மின்விளக்கு போன்ற ஒளி மூலத்தைத் தண்ணீர்த் தொட்டியின் உள்ளே வைக்கும்போது, ஒளி மூலத்திலிருந்து வரும் ஒளி, தண்ணீருக்குள் அனைத்துத் திசைகளிலும் பரவும். மாறுநிலைக் கோணத்தைவிடக் குறைவான படுகோணத்தில் தண்ணீர்ப்பரப்பில் விழும் ஒளிக்கதிர்கள் ஒளிவிலகல் அடைந்து தண்ணீர்ப்பரப்பிலிருந்து வெளியேறும். மாறுநிலைக் கோணத்தைவிட அதிக படுகோணத்தில் தண்ணீர்ப்பரப்பில் விழும் ஒளிக்கதிர்கள் முழு அக எதிரொளிப்பு அடையும். மாறுநிலைக் கோணத்திற்குச் சமமான படுகோணத்தில் தண்ணீர்ப்பரப்பில் விழும் ஒளிக்கதிர்கள் பரப்பினைத் தழுவிச்செல்லும். இதன் காரணமாக, வெளியிலிருந்து பார்க்கும்போது, தண்ணீர்ப்பரப்பு முழுவதும் ஒளியூட்டப்பட்டது போன்று காட்சியளிக்கும். இது படம் 6.25 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

மாறாக வெளிப்புறத்திலிருந்து வரும் ஒளியைத் தண்ணீருக்குள் இருந்து பார்க்கும்போது, நமது பார்வை மாறுநிலைக் கோணத்திற்குச் (i_c) சமமான ஒரு கோணத்திற்குள் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. இவ்வாறு ஓர் குறிப்பிட்ட ஆரமுடைய ஒளியூட்டப்பட்ட வட்டப்பரப்பிற்கு ஸ்னெல் சாளரம் என்றுபெயர். ஸ்னெல் சாளரம் படம் 6.26 (அ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. நீர்வாழ் விலங்குகளின் பார்வைக்கோணம் படம் 6.26 (ஆ) யில் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 6.26 (அ) ஸ்னெல் சாளரம் மற்றும் (ஆ) நீர்வாழ் விலங்குகளின் பார்வைக் கோணம்

நீர்வாழ் விலங்குகளின் பார்வைக்கோணம், மாறுநிலைக் கோணத்தின் இருமடங்கிற்குச் $(2i_c)$ சமமான கோணத்திற்குள் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. தண்ணீரின் மாறுநிலைக்கோணம் 48.6^o. எனவே மேல்நோக்கிப் பார்க்கும் மொத்த கூம்புவடிவ பார்வைக் கோணம் 97.2^o ஆகும். வட்டப்பரப்பின் ஆரம் R, நீர்வாழ்விலங்கு எவ்வளவு ஆழத்திலிருந்து d மேலே பார்க்கிறது என்பதைப் பொருத்தது. ஸ்னெல் சாளரத்தின் ஆரத்தைப் படம் 6.27 ஐ பயன்படுத்திக் கண்டறிய முடியும்.



படம் 6.27 ஸ்னெல் சாளரத்தின் ஆரம்

ஒளியானது d ஆழத்திலுள்ள, A என்ற புள்ளியிலிருந்து பார்க்கப்படுகிறது. இரண்டு ஊடகங்களையும் பிரிக்கும் தளத்தில் B புள்ளியில் ஏற்படும் ஒளிவிலகலுக்கு ஸ்னெல் விதியின் பெருக்கல் வடிவினைப் (6.19) பயன்படுத்தும்போது

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

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

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

செங்கோண முக்கோணம் ΔABC யிலிருந்து,

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

சமன்பாடுகள் 6.33 மற்றும் 6.34 ஐ ஒப்பிடும்போது,

$$\frac{R}{\sqrt{d^2 + R^2}} = \frac{n_2}{n_1}$$

இரண்டு பக்கமும் வர்க்கப்படுத்தி, மாற்றி அமைக்கும் போது, $\frac{R^2}{R^2 + d^2} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$

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

மேலும் சுருக்கும்போது,

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

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

மீண்டும் தலை கீழாக்கி, மாற்றியமைக்கும்போது

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

ஒளியூட்டப்பட்டப் பரப்பின் ஆரம்

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

வெளிப்புறம் உள்ள அடர்குறை ஊடகம் காற்று எனில், $n_2 = 1$ மேலும் $n_1 = n$ எனக் கருதினால்

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

எடுத்துக்காட்டு 6.9

நீச்சல் குளத்தில் 10 மீட்டர் ஆழத்திலிருந்து மேலே பார்க்கும்போது தெரியும் ஒளியூட்டத்தின் ஆரம் என்ன? பார்வைக் கூம்பின் மொத்தக் கோணமும் என்ன? (கொடுக்கப்பட்டவை, தண்ணீரின் ஒளிவிலகல் எண் 4/3)

தீர்வு

$n = 4/3$, $d = 10$ m.

ஒளியூட்டத்தின் ஆரம், $R = \frac{d}{\sqrt{n^2 - 1}}$

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

$$R = \frac{30}{\sqrt{7}} = 11.32\ m$$

பார்வை கூம்பின் கோணத்தைக் காணல்,

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

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

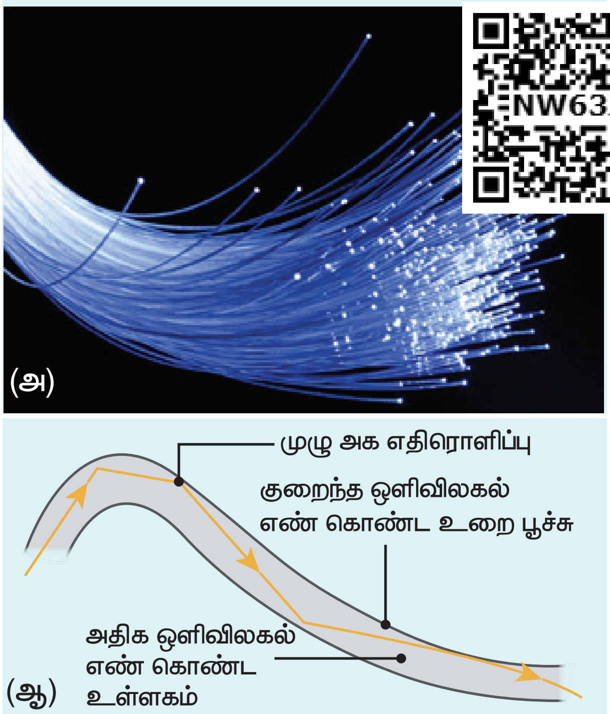
பார்வைக்கூம்பின் மொத்தக் கோணம்,

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

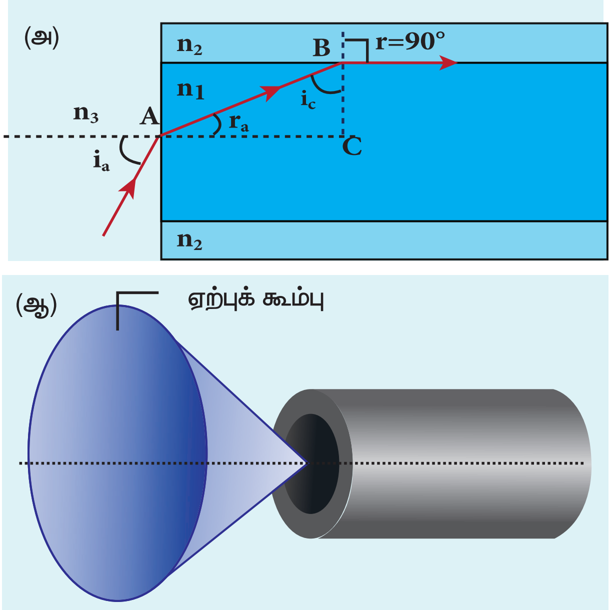
6.4.7.5 ஒளி இழை (Optical fibre)

முழு அக எதிரொளிப்பு நிகழ்வை அடிப்படையாகக் கொண்டு, ஒளி இழைகளின் வழியே செய்திகளை அனுப்ப முடியும். **ஒளியிழையின் உட்புறப்பகுதிக்கு உள்ளகம் (core) என்றும் வெளிப்புறப்பகுதிக்கு உறைப்பூச்சு (cladding or sleeving) என்றும் பெயர்.** முழு அக எதிரொளிப்பு ஏற்பட உள்ளகப்பொருளின் ஒளிவிலகல் எண், வெளிப்புற உறைப்பூச்சின் ஒளிவிலகல் எண்ணைவிட அதிகமாக இருக்கவேண்டும்.

ஒளிவடிவில் உள்ள செய்தியை, ஒளி இழையின் உள்ளகம் மற்றும் உறைபூச்சும் சந்திக்கும் பரப்பின் உட்புறமாக ஒரு குறிப்பிட்டப் படுகோணத்தில், அதாவது, மாறுநிலைக்கோணத்தைவிட அதிக படுகோணத்தில் செலுத்தும்போது, ஒளிஇழையின் மொத்த நீளத்திற்கும் எவ்விதமான ஒளி இழப்பும் அடையாமல் தொடர்ந்து



படம் 6.28 ஒளி இழை



படம் 6.29 (அ) ஏற்புக் கோணம் மற்றும் (ஆ) ஏற்புக் கூம்பு

முழு அக எதிரொளிப்பு அடைந்து மறுமுனையை அடையும். உள்ளகத்தின் வழியே செல்லும் ஒளி, அதன் செறிவில் குறிப்பிடத்தக்க அளவில் இழப்பு ஏதும் ஏற்படாமல் ஒரு முனையிலிருந்து அடுத்த முனைக்குச் செல்லும். இது படம் 6.28 (அ) யில் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒளிஇழை மடக்கப்பட்ட நிலையிலும் உள்ளகமும் வெளிப்பூச்சும் சந்திக்கும் பரப்பின்மீது விழும் ஒளியின் படுகோணம் எப்போதும் மாறுநிலைக் கோணத்தைவிட அதிகமாகவே இருக்கும். படம் 6.28 (ஆ) இல் காட்டியுள்ளவாறு ஒவ்வொரு எதிரொளிப்பின்போதும் முழு அக எதிரொளிப்பு நடைபெறுவதை இது உறுதிபடுத்துகிறது.

6.4.7.6 ஒளி இழையின் ஏற்புக் கோணம் (Acceptance angle in optical fibre)

ஒளி இழையின் உட்பகுதியில், உள்ளகம் வெளிப்பூச்சு சந்திக்கும் பரப்பில் விழும் ஒளிக்கதிரின் படுகோணம், மாறுநிலைக்கோணத்தில் இருக்கவேண்டுமெனில்,ஒளிஇழையின்முனையில் ஒரு குறிப்பிட்ட படுகோணத்தில் ஒளிக்கதிரை செலுத்த வேண்டும். இப்படுகோணத்திற்கு ஒளிஇழையின் ***ஏற்புக் கோணம்*** என்று பெயர். ஏற்புக் கோணம் உள்ளகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் n_1 வெளிப்பூச்சின் ஒளிவிலகல் எண் n_2 மற்றும் வெளிப்புற ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் n_3 ஆகியவற்றைச் சார்ந்துள்ளது. வெளிப்புற ஊடகம், உள்ளகம் சந்திக்கும் பரப்பில் A புள்ளியில் ஒளி ஏற்புக் கோணத்தில் i_a விழுகிறது எனக் கருதுக.

படம் 6.29 (அ) வில் காட்டியுள்ளவாறு A புள்ளியில் ஏற்படும் ஒளிவிலகலுக்கான ஸ்னெல் விதியின் பெருக்கல் வடிவம் (6.19) பின்வருமாறு.

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

ஒளி இழையின் உட்புறம் முழு அக எதிரொளிப்பு நடைபெற வேண்டுமென்றால், உள்ளகம் வெளிப்பூச்சு சந்திக்கும் பரப்பில் B புள்ளியில் விழும் ஒளியின் படுகோணம் குறைந்தபட்சம் மாறுநிலைக் கோணமாக i_c இருக்க வேண்டும். ஸ்னெல் விதியின் பெருக்கல் வடிவை B புள்ளியில் பயன்படுத்தும்போது

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

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

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

செங்கோண முக்கோணம் ΔABC யிலிருந்து

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

சமன்பாடு 6.39 பின்வருமாறு மாற்றமடைகிறது

$$\sin\left(90^\circ - r_a\right) = \frac{n_2}{n_1} \text{ (அல்லது)}$$

$$\cos r_a = \frac{n_2}{n_1} \quad (6.40)$$

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

$\cos r_a$ வின் மதிப்பை பிரதியிட

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

இதனைச் சமன்பாடு 6.37 இல் பிரதியிட

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

மேலும் இதனைச் சுருக்கும்போது,

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

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

வெளிப்புற ஊடகம் காற்று எனக்கருதினால் $n_3 = 1$ எனவே ஏற்புக் கோணம் (i_a) பின்வருமாறு மாற்றமடையும்.

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

ஒளி 0 முதல் i_a வரையிலான எந்த ஒரு படுகோணத்தையும் ஒளி இழையின் முனைப்பரப்பின் செங்குத்துக் கோட்டைப் பொருத்து ஏற்படுத்தும். படுகோண மதிப்பைக் கொண்டு உருவாக்கப்படும் கூம்பு, ***ஏற்புக்கூம்பு*** எனப்படும். இது படம் 6.29 (ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இக்கூம்பினுள் ஒளி எந்தத் திசையிலும் ஒளி இழையின் உள்ளே நுழையலாம். சமன்பாடு 6.42 இல் உள்ள **($n_3 \sin i_a$) பதத்திற்கு ஒளி இழையின் எண்ணியல் துளை** (Numerical aperture (NA)) என்று பெயர்.

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

வெளிப்புற ஊடகம் காற்று எனில் $n_3 = 1$ எனவே, எண்ணியல் துளை (NA) பின்வருமாறு மாற்றமடையும்.

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

எடுத்துக்காட்டு 6.10

ஒளி இழை ஒன்றின் உள்ளகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் 1.68 மற்றும் அதன் உறைப்பூச்சின் ஒளிவிலகல் எண் 1.44. இந்த ஒளி இழை காற்று ஊடகத்தில் உள்ளபோது அதன் ஏற்புக் கோணம் என்ன? மேலும் வெளிப்பூச்சு இல்லாத நிலையில் அதன் ஏற்புக் கோணத்தை கணக்கிடுக.

தீர்வு

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

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

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

$i_a \approx 60°$

வெளிப்பூச்சு ஏதும் இல்லாத நிலையில், $n_2 = 1$

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

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

$\sin^{-1}$ (ஒன்றைவிடப் பெரிய எண்) சாத்தியமற்ற ஒன்றாகும். ஆனால், இது 0^0 விலிருந்து 90^0 என்ற எல்லைக்குள் வருகிறது. எனவே, அனைத்துக் கதிர்களும் சமதளப் பரப்பிலிருந்து உள்ளகத்திற்குள் நுழைந்து முழு அக எதிரொளிப்பு அடையும்.

குறிப்பு: உறைப்பூச்சு இல்லை எனில், உள்ளகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் (n_1)க்கான நிபந்தனை

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

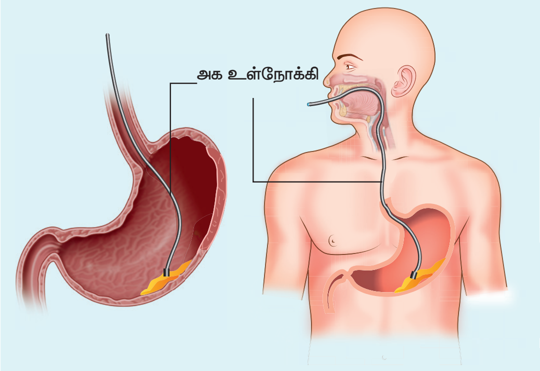
இங்கு, கணிதவியல் விதியின்படி, $\left(n_1^2-1\right) \le 1$

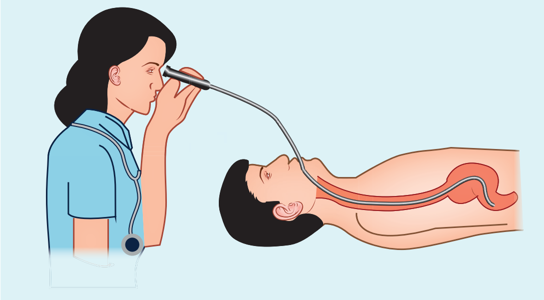
அல்லது $\left(n_1^2\right) \le 2$ அல்லது $n_1 \le \sqrt{2}$

எனவே, காற்றில் (உறைப்பூச்சு இல்லாத நிலையில்) உள்ளகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் n_1 ன் மதிப்பு $n_1 \le 1.414$

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

உள்நோக்கு உடற்குழாய் (endoscope) என்பது, ஒளி இழைகளின் கட்டு ஆகும். நோயாளியின் உடலுக்குள் இதனைச் செலுத்தி உட்புற உறுப்புகளை மருத்துவர்கள் ஆய்வு செய்வார்கள். உள்நோக்கு உடற்குழாய் முழு அக எதிரொளிப்புத் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் வேலை செய்கிறது. ஒளி இழைகளை வாய், மூக்கு அல்லது ஏதேனும் உடலில் உள்ள ஒரு திறந்த துவாரம் வழியாக நோயாளியின் உடலுக்குள் செலுத்துவார்கள். அவ்வாறு செலுத்தி, அறுவை சிகிச்சைகளையும் தற்போது மேற்கொள்கின்றனர்.

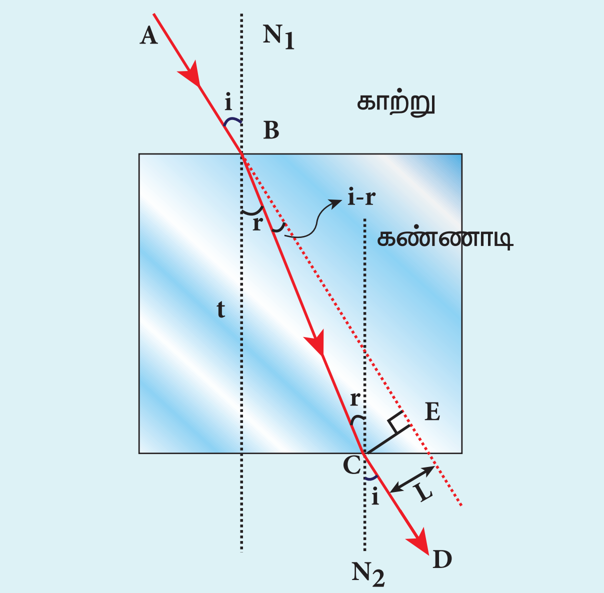




6.4.8 கண்ணாடிப்பட்டகத்தின் (glass slab) வழியே ஒளிவிலகல்

கண்ணாடிப்பட்டகம் என்பது, கனசதுரக்கண்ணாடி ஆகும். இதன்வழியே ஒளி செல்லும்போது கண்ணாடிப்பட்டகத்தின் இரண்டு ஒளிவிலகு பரப்புகளிலும் ஒளிவிலகல் ஏற்படுகின்றது. கண்ணாடிப்பட்டகத்தின் உள்ளே ஒளி செல்லும்போது, அடர் குறை ஊடகத்தில் இருந்து (காற்று) அடர்மிகு ஊடகத்திற்கு (கண்ணாடி) ஒளி செல்கிறது. எனவே, ஒளி செங்குத்துக்கோட்டை நோக்கி விலகும். கண்ணாடிப்பட்டகத்திலிருந்து ஒளி வெளியேறும்போது, அது அடர்மிகு ஊடகத்திலிருந்து, அடர்குறை ஊடகத்திற்கு வருகிறது. எனவே, ஒளி செங்குத்துக்கோட்டைவிட்டு விலகிச்செல்லும்.

இரண்டு ஒளிவிலகல்களும் நிறைவுபெற்றபின் கண்ணாடிப்பட்டகத்திலிருந்து வெளிவரும் ஒளிக்கதிர் பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சி (L) அடைந்து படுகதிரின் திசையிலேயே பயணிக்கும். அதாவது, ஒளிக்கதிரின் திசையில் எவ்விதமாற்றமும் இல்லை. ஆனால், படுகதிர் மற்றும் விலகுகதிர் இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக வெவ்வேறு பாதைகளில் செல்கின்றன. பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சியைக் கணக்கிட படம் 6.30 இல் காட்டியுள்ளவாறு படுகதிர் மற்றும் விலகுகதிரின் பாதைகளுக்கு நடுவே செங்குத்துக்கோடு வரைய வேண்டும்.



படம் 6.30 கண்ணாடிப்பட்டகத்தில் ஏற்படும் ஒளிவிலகல்

கண்ணாடிப்பட்டகம் ஒன்றைக் கருதுக. அதன் தடிமன் (t), ஒளிவிலகல் எண்(n) ஆகும். இப்பட்டகம் காற்று ஊடகத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒளியின் பாதையை $ABCD$ எனக் கருதுக. படுகோணம் (i) மற்றும் விலகுகோணம் (r) இரண்டும் செங்குத்துக்கோடுகள் N_1 மற்றும் N_2ஐ பொருத்துக் கண்ணாடிப்பட்டகத்தின் B மற்றும் C புள்ளிகளில் கணக்கிடப்படுகின்றன. C புள்ளியில் விலகுகதிர் மற்றும் திசைமாறா படுகதிர் இவற்றிற்கிடையே வரையப்பட்ட செங்குத்துக்கோடு (CE) பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சி (L) ஐ கொடுக்கும்.

செங்கோண முக்கோணம் ΔBCE–யில்

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

செங்கோண முக்கோணம் ΔBCF– யில்

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

சமன்பாடுகள் (6.48) மற்றும் (6.49) இரண்டையும் ஒப்பிடும்போது

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

சமன்பாட்டினை மாற்றி அமைக்கும்போது,

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

பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சி பின்வரும் காரணிகளை சார்ந்துள்ளது. (i) கண்ணாடிப்பட்டகத்தின் தடிமன் (ii) படுகோணம் (iii) விலகுகோணத்தைத் தீர்மானிக்கும் கண்ணாடிப்பட்டகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்.

தடிமனான கண்ணாடிப்பட்டகம் அதிக பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சியைத் தோற்றுவிக்கும். உயர்ந்த படுகோண மதிப்புகளுக்கு பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சியும் அதிகமாகும். இதேபோன்று உயர்ந்த ஒளிவிலகல் எண்ணுக்கான பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சியும் உயர்ந்ததாகும்.

எடுத்துக்காட்டு 6.11

0.25 m தடிமன் கொண்ட கண்ணாடிப்பட்டகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் 1.5 ஆகும். ஒளிக்கதிர் ஒன்று கண்ணாடிப்பட்டகத்தின் ஒரு பக்கத்தின் மீது 60° கோணத்தில் விழுந்து அடுத்த பக்கம் வழியாக வெளிவருகிறது எனில், ஒளி அடைந்த பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சி என்ன?

தீர்வு

கண்ணாடிப்பட்டகத்தின் தடிமன் $t = 0.25$ m, ஒளிவிலகல் எண் $n = 1.5$ படுகோணம் $i = 60^o$.

ஸ்னெல் விதியைப்பயன்படுத்தும்போது,

$$1 \times \sin i = n \sin r$$

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

$$r = \sin^{-1} 0.58 = 35.25^\circ$$

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

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

பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சி, $L = 12.81\,\text{cm}$

6.5 ஒற்றை கோளகப்பரப்பில் ஏற்படும் ஒளிவிலகல் (Refraction at single spherical surface)

இதுவரை நாம் சமதளப்பரப்பில் ஏற்படும் ஒளிவிலகலைப் பற்றி மட்டுமே பயின்றோம். இரண்டு ஒளிபுகும் ஊடகங்களுக்கு நடுவே உள்ள கோளகப் பரப்பிலும்ஒளிவிலகல்நடைபெறும்.கோளகப்பரப்பின் ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் ஒளிவிலகல் விதி பொருந்தும். ஒளிக்கதிர் படும் புள்ளியில் உள்ள செங்குத்துக்கோடு, அப்புள்ளியில் கோளகப்பரப்பிற்கு வரையப்பட்ட தொடுகோட்டுப் பரப்பிற்குச் செங்குத்தாகும். எனவே, செங்குத்துக்கோடு எப்போதும் வளைவு மையம் வழியாகவேச் செல்லும். ஒற்றைக் கோளகப்பரப்பில் ஏற்படும் ஒளிவிலகல் பற்றிய அறிவானது, இருபரப்புகொண்ட லென்ஸ்களைப்பற்றி புரிந்துகொள்ள துணைபுரியும். லென்ஸின் இரண்டு பரப்புகளில் ஏதேனும் ஒருபரப்பு அல்லது இரண்டு பரப்புகளுமே கோளகப்பரப்பாக இருக்கலாம்.

கோளகப் பரப்பில் ஏற்படும் ஒளிவிலகலைப்பற்றி படிக்கும்போது, பின்வரும் அனுமானங்களை நினைவில் கொள்ள வேண்டும்.

(i) படும் ஒளிக்கதிர் ஒற்றை நிறம் கொண்டதாகக் கருதவேண்டும்.

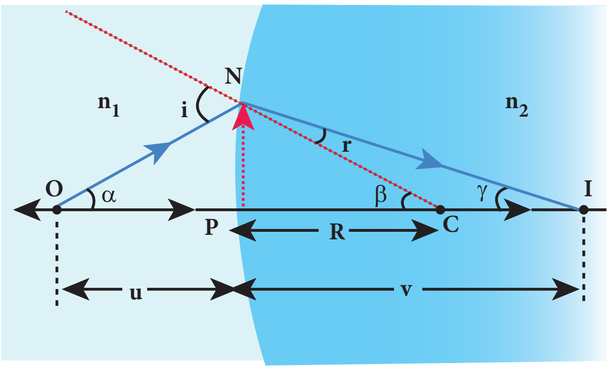
(ii) படும் ஒளிக்கதிர், முதன்மை அச்சுக்கு மிக நெருக்கமாகக் செல்வதாகக் கருதவேண்டும் (அண்மை அச்சுக்கதிர்)

கோளக ஆடிகளுக்கு பயன்படுத்தப்படும் குறியீட்டு மரபுகளை இவற்றிற்கும் பயன்படுத்தலாம்.

6.5.1 ஒற்றை கோளகப்பரப்பில் ஏற்படும் ஒளிவிலகலுக்கான கோவை (Equation for refraction at single spherical surface)

n_1 மற்றும் n_2 ஒளிவிலகல் எண்கொண்ட இரண்டு ஒளிபுகும் ஊடகங்கள் படம் 6.31 இல் காட்டியுள்ளவாறு கோளகப்பரப்பு ஒன்றினால் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. கோளகப்பரப்பின் வளைவு மையத்தை C என்க. O என்றபுள்ளிப்பொருளொன்று n_1 ஒளிவிலகல்கொண்ட ஊடகத்தில் உள்ளது எனக்கருதுக. OC கோடு, கோளகப்பரப்பை பரப்புமுனை P யில் வெட்டுகிறது. ஒளிக்கதிர்களை அண்மை அச்சுக்கதிர்களாகக் கருதுவதால் படும்புள்ளிக்கும், முதன்மை அச்சுக்கும் வரையப்பட்ட செங்குத்துக்கோடு பரப்புமுனை P க்கு நெருக்கமாக அல்லது P வழியே செல்கிறது.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 27 26-12-2022 11:51:29



படம் 6.31 ஒற்றைக் கோளகப் பரப்பில் ஏற்படும் ஒளிவிலகல்

புள்ளி O விலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர் ஒளிவிலகு பரப்பின் மீது N என்ற புள்ளியில் விழுகிறது. இப்படுபுள்ளிக்கு வரையப்பட்ட செங்குத்துக்கோடு வளைவு மையம் C வழியே செல்கிறது. இங்கு $n_2>n_1$. எனவே, அடர்மிகு ஊடகத்தில் உள்ள ஒளிக்கதிர் செங்குத்துக்கோட்டினை நோக்கி விலகி முதன்மை அச்சை I என்ற புள்ளியில் சந்திக்கிறது. அப்புள்ளியில் பிம்பம் ஏற்படுகிறது.

N புள்ளியில் ஏற்படும் ஒளிவிலகலுக்கான, ஸ்னெல் விதியின் பெருக்கல் வடிவம் பின்வருமாறு (சமன்பாடு 6.19),

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

கோணங்கள் மிகச்சிறியவை. எனவே, கோணங்களின் சைன் மதிப்புகளை, நேரடியாகக் கோணங்களாகவே எடுத்துக்கொள்ளலாம்.

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

கோணங்கள்,

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

செங்கோண முக்கோணங்கள் ΔNOP, ΔNCP மற்றும் ΔNIP லிருந்து,

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

இந்தக்கோணங்களும் மிகச்சிறியவைகளாகும், எனவே, கோணங்களின் டேன் மதிப்புக்கு பதிலாக, கோணங்களையே எடுத்துக்கொள்ளலாம்.

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

முக்கோணம், ΔONC, யிலிருந்து

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

முக்கோணம், ΔINC, யிலிருந்து,

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

சமன்பாடு 6.53 மற்றும் 6.54 இல் இருந்து (i) மற்றும் (r) மதிப்புகளைச் சமன்பாடு 6.51–இல் பிரதியிடு.

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

சமன்பாட்டினை மாற்றி அமைக்கும்போது,

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

சமன்பாடு 6.52 இல் இருந்து α, β மற்றும் γ மதிப்புகளைப் பிரதியிட

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

PN ஐ நீக்கிவிட்டு மேலும் சுருக்கும்போது

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

PI, PO மற்றும் PC என்பவை வெறும் தொலைவுகளே; குறியிட்டு மரபுகளை இங்கு நாம் பயன்படுத்தும்போது, வருவிக்கப்படும் வாய்ப்பாடு. பொதுவான ஒன்றாக இருக்கும். இவ்வாறு பெறப்படும் பொதுவான வாய்ப்பாடு, படத்தில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள நேர்வைத் தவிர பிற நேர்வுகளுக்கும் பொருந்தும் ஒன்றாக இருக்கும்.

எனவே, PO = $-u$, PI = $+v$ மற்றும் PC = $+R$ என சமன். 6.55ல் பிரதியிட

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

சமன்பாட்டினை மாற்றி அமைத்து, இறுதியாக நாம் பெறுவது

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

சமன்பாடு 6.56, பொருளின் தொலைவு, பிம்பத்தின் தொலைவு, இரண்டு ஊடகங்களின் ஒளிவிலகல் எண்கள் மற்றும் வளைபரப்பின் வளைவு ஆரம் போன்றவற்றை ஒன்றுடன் ஒன்று தொடர்புபடுத்துகிறது. இச்சமன்பாடு எந்த ஒரு வளைபரப்பிற்கும் அல்லது கோளகப்பரப்பிற்கும் பொருந்தும். முதல் ஊடகம் காற்று எனில் $n_1 = 1$. மேலும், இரண்டாவது ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் n_2 வை n எனவும் கொண்டால், மேற்கண்ட சமன்பாடு பின்வருமாறு சுருங்கும்.

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

XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 28 26-12-2022 11:51:32

குறிப்பு

மேலே கொடுக்கப்பட்டுள்ள வருவித்தலில் ஒளிவிலகலுக்குப் பிறகு கதிர்கள் ஒரு புள்ளியில் குவியும் நிகழ்வு எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது. ஆனால், பொதுவாக, ஒளிவிலகலுக்குப் பிறகு கதிர்கள் குவியலாம் அல்லது விரிவடையலாம். n_1 ஐப் பொறுத்து n_2, வளைவு ஆரம் R மற்றும் பொருளின் தொலைவு u ஆகியவற்றின் மதிப்புகளைப் பொறுத்து இது அமையும். இந்த இரு நேர்வுகளும் எடுத்துக்காட்டு 6.12இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

எடுத்துக்காட்டு 6.12

கொடுக்கப்பட்டுள்ள இரண்டு நேர்வுகளில் புள்ளிப்பொருள் O வின் பிம்பம் எங்கு தோன்றும் எனக் கண்டுபிடிக்க. பரப்பின் வளைவு ஆரம் $R = 15$ cm, $n_1 = 1$ மற்றும் $n_2 = 2$ எனக் கொள்க.

நேர்வு i) பரப்பிற்கு இடமாக 10 cm தொலைவில் O உள்ளபோது.

நேர்வு ii) பரப்பிற்கு இடமாக 30 cm தொலைவில் O உள்ளபோது.

தீர்வு

நேர்வு i)

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

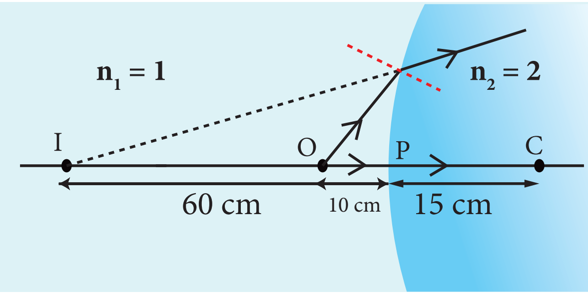
குறியீட்டு மரபுகளைப் பயன்படுத்தும்போது,

u = –10 cm, $R = 15$ cm

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

$$\therefore v = -60 \text{ cm}$$

[பரப்பிற்கு இடமாக 60 cm தொலைவில் ஒரு மாயப்பிம்பம் உருவாகும்]



நேர்வு ii)

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

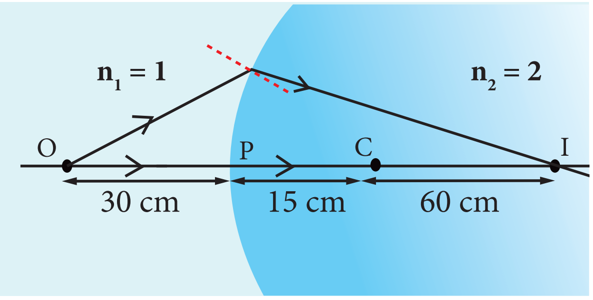
குறியீட்டு மரபுகளைப் பயன்படுத்தும்போது,

u = –30 cm, $R = 15$ cm

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

$$\therefore v = 60 \text{ cm}$$

[பரப்பிற்கு வலமாக 60 cm தொலைவில் ஒரு மெய்ப்பிம்பம் உருவாகும்]



6.6 மெல்லிய லென்ஸ்கள் (Thin Lens)

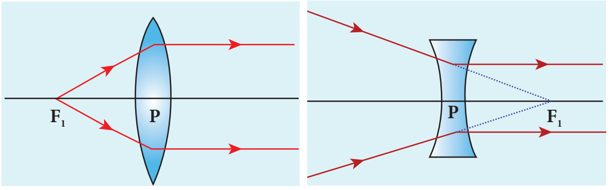
இரண்டு கோளகப்பரப்புகள் அல்லது ஒரு கோளகப்பரப்பு ஒரு சமதளப்பரப்பு இவற்றுக்கு நடுவே ஒளி ஊடுருவும் பொருள் நிரம்பி இருந்தால் அவை லென்ஸ்களாக உருபெறுகின்றன. இரண்டு பரப்புகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவு மிகவும் சிறியதாக இருந்தால் அது மெல்லிய லென்ஸ்கள் எனப்படும். லென்ஸ்களுக்கு இரண்டு கோளகப்பரப்புகள் உள்ளதால் இரண்டு வளைவு மையங்கள் C_1 மற்றும் C_2 காணப்படும். அதனைத்தொடர்ந்து இரண்டு வளைவு ஆரங்களும் R_1 மற்றும் R_2 காணப்படும். சமதளப்பரப்பின் வளைவு மையம் C ஈறில்லாத் தொலைவில் காணப்படும். மேலும் வளைவு ஆரம் R இன் மதிப்பும் ஈறில்லாததாகும். $(R = \infty)$ குவியத்தூரத்தைத் தவிர, கோளகக் கண்ணாடிகளுக்கு நாம் பயன்படுத்திய அனைத்துக் கலைச் சொற்களும் மெல்லிய லென்ஸ்களுக்கும் பொருந்தும்.

6.6.1 முதன்மை மற்றும் இரண்டாம் குவியம்

இரண்டு பரப்புகளினால் லென்ஸ்கள் உருவாக்கப்பட்டிருப்பதால், ஒரு லென்ஸ் இரண்டு வெவ்வேறு ஊடகங்களையும் பிரிக்கலாம். அதாவது, லென்ஸின் வலப்பக்கம் ஓர் ஊடகமும், இடப்பக்கம் மற்றோர் ஊடகமும் காணப்படலாம். எனவே, நமக்கு இரண்டு குவியத்தூரங்கள் கிடைக்கும்.

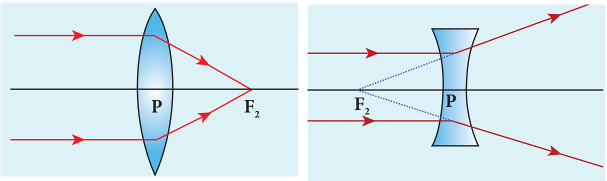
XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 29 26-12-2022 11:51:33

முதன்மைக் குவியம் F_1: லென்ஸிலிருந்து வெளிவரும் கதிர்கள் முதன்மை அச்சுக்கு இணையாக வருவதற்கு, பொருளை லென்ஸின் மறுபுறம் எப்புள்ளியில் வைக்கவேண்டுமோ அப்புள்ளியே முதன்மைக் குவியமாகும். இது படம் 6.32 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. குவிக்கும் லென்ஸ்களுக்கு (குவிலென்ஸ்) அப்பொருள், மெய்ப்பொருளாகும். விரிக்கும் லென்ஸ்களுக்கு (குழிலென்ஸ்) அப்பொருள், மாயப்பொருளாகும். தொலைவு PF_1 முதன்மை குவியத்தொலைவு f_1 எனப்படும்.



படம் 6.32 முதன்மைக் குவியம்

இரண்டாம் குவியம் F_2: படு இணைக்கதிர்கள் லென்ஸினால் ஒளிவிலகல் அடைந்து முதன்மை அச்சில் எப்புள்ளியில் குவிகிறதோ, அப்புள்ளிக்கு இரண்டாம் குவியம் என்று பெயர். தொலைவு PF_2 விற்கு இரண்டாம் குவியத்தொலைவு f_2 என்று பெயர். இது படம் 6.33 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. குவிக்கும் லென்ஸ்களால் (குவிலென்ஸ்) இவ்வாறு உருவாகும் பிம்பம் மெய் பிம்பமாகும். விரிக்கும் லென்ஸ்களால் (குழிலென்ஸ்) இவ்வாறு கிடைக்கும் பிம்பம் மாயபிம்பமாகும்.



படம் 6.33 இரண்டாம் குவியம்

மெல்லிய லென்ஸின் இரண்டு பக்கங்களிலும் உள்ள ஊடகங்கள் ஒரே ஒளிவிலகல் எண்ணைப் பெற்றிருந்தால், இரண்டு குவியத்தூரங்களும் சமமாகும். இனிவரும் பகுதிகளில் பெரும்பாலும் இரண்டாம் குவியத்தூரத்தையே நாம் பாடப்பொருளில் பயன்படுத்தப்போகிறோம்.

6.6.2 லென்ஸ்களின் குவியத்தூரத்திற்கான குறியீட்டு மரபு

மெல்லிய லென்ஸ்களுக்கான குறியீட்டு மரபு, குவியத்தூரத்திற்கு மட்டும் மாறுபடும்.

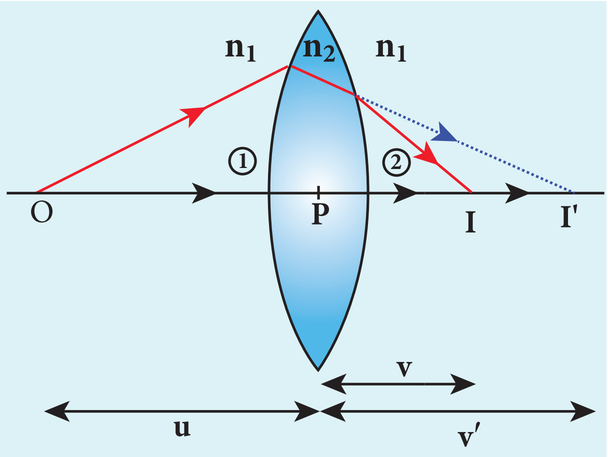
(i) லென்ஸ் முனையிலிருந்து (Pole of the lens) குவியத்தூரத்தை அளக்கும் திசையைப் பொருத்துக் குவியதூரத்திற்குக் குறியீடு வழங்கக்கூடாது. ஏனெனில், லென்ஸ்களுக்கு இரண்டு குவியத்தூரங்கள் உள்ளன. ஒன்று இடப்பக்கமாகவும்மற்றொன்றுவலப்பக்கமாகவும் உள்ளது.(லென்ஸின் ஒருபக்கம் முதன்மை குவியத்தூரமும், மறுபக்கம் இரண்டாம் குவியத்தூரமும் உள்ளன).

(ii) குவிக்கும் மெல்லிய லென்ஸ்களுக்கு (மெல்லிய குவிலென்ஸ்) குவியத்தூரம் நேர்குறி எனவும், விரிக்கும் மெல்லிய லென்ஸ்களுக்கு (குழிலென்ஸ்) குவியத்தூரம் எதிர்குறி எனவும் எடுக்கவேண்டும்.

மற்ற மரபுக்குறியீடுகளான பொருளின் தொலைவு, பிம்பத்தின் தொலைவு, வளைவு ஆரம், பொருளின் உயரம் பிம்பத்தின் உயரம் போன்றவற்றை கோளக ஆடிகளுக்குப் பயன்படுத்தியது போன்றே மெல்லிய லென்ஸ்களுக்கும் பயன்படுத்தவேண்டும்.

6.6.3 லென்ஸ் உருவாக்குபவரின் சமன்பாடு மற்றும் லென்ஸ் சமன்பாடு

ஒளிவிலகல் எண் n_2 கொண்ட பொருளினால் செய்யப்பட்ட மெல்லிய குவிலென்ஸ் ஒன்றைக் கருதுக. இது ஒளிவிலகல் எண் n_1 கொண்ட ஊடகத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. R_1 மற்றும் R_2 என்பவை இரண்டு கோளகப்பரப்புகள் முறையே ① மற்றும் ②இன் வளைவு ஆரங்கள் என்க. மேலும் P என்பது லென்ஸ் முனையாகும். முதன்மை அச்சில் உள்ள O என்ற புள்ளிப்பொருளைக் கருதுக. அப்பொருளிலிருந்து புறப்படும் ஒளிக்கதிர் கோளகப்பரப்பு ①இல் பட்டு விலகலடைந்து I' என்ற பிம்பத்தைத் தோற்றுவிக்கவேண்டும். ஆனால் இது நடைபெறுவதற்கு முன்பு ஒளிக்கதிர் கோளகப்பரப்பு ②ஆல் விலகல் அடைந்து விடுகிறது. எனவே இறுதி பிம்பம் I படம் 6.34இல் காட்டியுள்ளவாறு கிடைக்கிறது.



படம் 6.34 மெல்லிய லென்ஸ்களினால் ஏற்படும் ஒளிவிலகல்

XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 30 26-12-2022 11:51:34

ஒற்றை கோளகப்பரப்பினால் ஏற்படும் ஒளிவிலகலுக்கான பொதுவான சமன்பாடு (6.56) இன் படி

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

ஒளிவிலகு பரப்பு ① இல், ஒளிக்கதிர் n_1 இலிருந்து n_2க்கு செல்கிறது

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

ஒளிவிலகு பரப்பு ②இல் ஒளிக்கதிர் n_2 ஊடகத்தில் இருந்து n_1 ஊடகத்திற்குச் செல்கிறது.

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

சமன்பாடுகள் (6.58) மற்றும் (6.59) இரண்டையும் கூட்டும்போது

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

மேலும் சமன்பாட்டினைச் சுருக்கி, மாற்றி அமைக்கும்போது,

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

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

பொருள் ஈறில்லாத தொலைவில் இருந்தால், பிம்பம் லென்ஸின் குவியத்தில் அமையும். அதாவது $u = \infty$, $v = f$ எனில் சமன்பாடு பின்வருமாறு மாற்றமடையும்.

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

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

லென்ஸ் காற்று ஊடகத்தில் வைக்கப்பட்டால். $n_2 = n$ மற்றும் $n_1 = 1$. எனவே, சமன்பாடு (6.61) பின்வருமாறு மாற்றமடையும்.

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

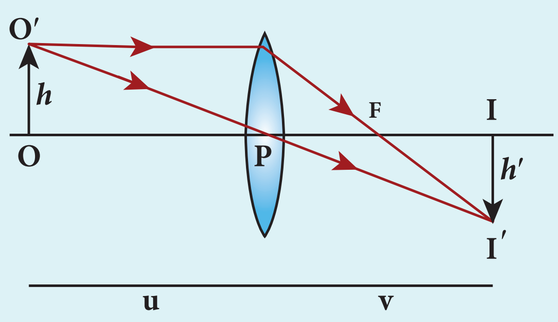
மேற்கண்ட சமன்பாட்டிற்கு ***லென்ஸ் உருவாக்குபவரின் சமன்பாடு*** என்றுபெயர். ஏனெனில், இச்சமன்பாட்டினை அடிப்படையாகக் கொண்டு நாம் விரும்பும் குவியத்தூரத்திற்கு எவ்வளவு வளைவு ஆரம் கொண்ட கோளகப்பரப்பு தேவை என்பதையும், எந்தக் குறிப்பிட்ட ஒளிவிலகல் எண்கொண்ட பொருளைப் பயன்படுத்தவேண்டும் என்பதையும் இச்சமன்பாட்டிலிருந்து லென்ஸ் உருவாக்குபவர் அறிந்துகொள்கிறார். இச்சமன்பாடு அனைத்து லென்ஸ்களுக்கும் பொருந்தும். சமன்பாடுகள் (6.60) மற்றும் (6.61) இரண்டையும் ஒப்பிட்டுப் பின்வரும் சமன்பாட்டினை எழுதலாம்.

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

இச்சமன்பாட்டிற்கு ***லென்ஸ் சமன்பாடு*** என்று பெயர். இது பொருளின் தூரம், பிம்பத்தின்தூரம் மற்றும் குவியத்தூரம் மூன்றையும் தொடர்புபடுத்துகிறது. இச்சமன்பாடு அனைத்து லென்ஸ்களுக்கும் பொருந்தும்.

6.6.4 மெல்லிய லென்ஸின் பக்கவாட்டு உருப்பெருக்கம் (Lateral magnification in thin lens)

h_1 உயரம் கொண்ட OO' என்ற பொருள் படம் 6.35–இல் காட்டியுள்ளவாறு முதன்மை அச்சுக்குச் செங்குத்தாக வைக்கப்பட்டுள்ளது எனக்கருதுக. லென்ஸ் முனை வழியே செல்லும் OP கதிர் எவ்வித விலகலும் அடையாமல் நேர்க்கோட்டுப்பாதையில் செல்கிறது. முதன்மை அச்சுக்கு இணையாகவரும் கதிர், இரண்டாவது குவியம் வழியாகச் செல்கிறது. இவ்விரண்டு கதிர்களும் சந்திக்கும் புள்ளியில் h_2 உயரமுள்ள தலைகீழான மெய்ப்பிம்பம் II' கிடைக்கிறது.



படம் 6.35 மெல்லிய லென்ஸின் பக்கவாட்டு உருப்பெருக்கம்

பிம்பத்தின் உயரத்திற்கும், பொருளின் உயரத்திற்கும் உள்ள விகிதம் பக்கவாட்டு (அல்லது) குறுக்குவெட்டு உருப்பெருக்கம் (m) என வரையறுக்கப்படுகிறது.

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

ஒத்த முக்கோணங்கள் $\Delta POO'$ மற்றும் $\Delta PII'$, யிலிருந்து

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

குறியீட்டு மரபினைப் பயன்படுத்தும்போது,

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

இதனைச் சமன்பாடு (6.64) இல் பிரதியிட்டால் உருப்பெருக்கம்,

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

சமன்பாட்டினை மாற்றியமைத்த பின்னர்,

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

உருப்பெருக்கம் மெய்பிம்பங்களுக்கு எதிர் குறியாகவும், மாய பிம்பங்களுக்கு நேர்குறியாகவும் இருக்கும்.

குழிலென்ஸ்களுக்கு உருப்பெருக்கம் எப்போதும் நேர்குறியாகும், மேலும் ஒன்றை விட குறைவாகும். லென்ஸ் சமன்பாட்டினையும், உருப்பெருக்கச் சமன்பாட்டினையும் ஒன்றிணைத்துப் பின்வரும் சமன்பாட்டினைப் பெறலாம்.

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

எடுத்துக்காட்டு 6.13

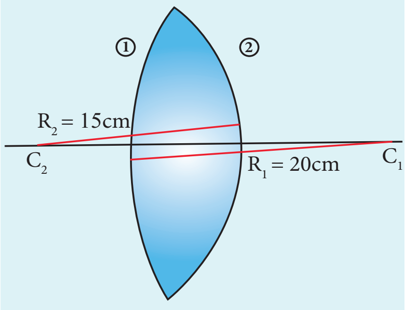
ஓர் இருபுறகுவிலென்ஸின் வளைவு ஆரங்கள் முறையே 20 cm மற்றும் 15 cm. லென்ஸ் செய்யப்பட்டபொருளின் ஒளிவிலகல் எண் 1.5.

(அ) அந்த லென்ஸின் குவியத்தூரம் என்ன?

(ஆ) லென்ஸின் முன்பக்கத்தைப் பின்பக்கமாகத் திருப்பிவைத்துப் பயன்படுத்தினால் அதன் குவியத்தூரம் மாறுமா?

தீர்வு

இருபுறகுவிலென்ஸைப் பொருத்தவரை முதல் பரப்பின் வளைவு ஆரம் நேர்குறியாகவும், இரண்டாம் பரப்பின் வளைவு ஆரம் எதிர்குறியாகவும் இருக்கும். இது படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.



$n = 1.5$, $R_1 = 20$ cm மற்றும் $R_2 = -15$ cm

(அ) லென்ஸ் உருவாக்குபவரின் சமன்பாட்டிலிருந்து, $\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$

கொடுக்கப்பட்ட மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது

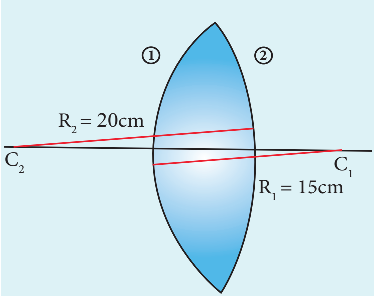
$$\frac{1}{f} = (1.5-1)\left(\frac{1}{20} - \frac{1}{-15}\right) = (1.5-1)\left(\frac{1}{20} + \frac{1}{15}\right)$$

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

$$f = \frac{120}{7} = 17.14\,\text{cm}$$

குவியத்தூரம் நேர்குறியில் உள்ளதால் இது ஒரு குவிக்கும் லென்ஸ் ஆகும்.

(ஆ) லென்ஸின் முன்பக்கத்ததைப் பின்பக்கமாக மாற்றி வைக்கும்போது



தற்போது, $R_1 = 15$ cm மற்றும் $R_2 = -20$ cm, $n = 1.5$ மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது

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

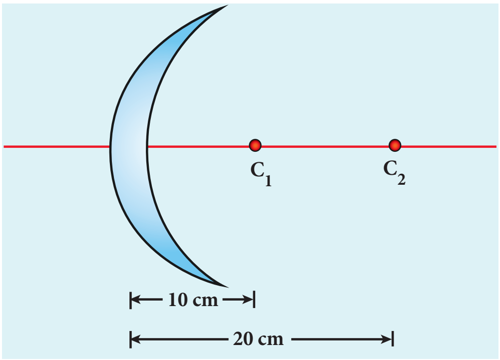
$$\frac{1}{f} = (1.5-1)\left(\frac{1}{15} + \frac{1}{20}\right)$$

இதன் குவியத்தூரம், $f = 17.14$ cm

எனவே, லென்ஸின் முன்பக்கத்தைப் பின்பக்கமாக மாற்றிவைத்துப் பயன்படுத்தும் போதும் அதன் குவியத்தூரம் மாறாது. இஃது அனைத்து லென்ஸ்களுக்கும் பொருந்தும். மாணவர்கள் லென்ஸ்களை வைத்து இதனைச் சரிபார்க்கலாம்.

எடுத்துக்காட்டு 6.14

ஒளிவிலகல் எண் 1.52 கொண்ட பொருளால், படத்தில் உள்ளது போன்று வடிவமைக்கப்பட்ட லென்ஸின் குவியத்தூரத்தைக் கணக்கிடு. (C_1 மற்றும் C_2 என்று குறிக்கப்பட்ட புள்ளிகள் முதல் மற்றும் இரண்டாம் பரப்புகளின் வளைவு மையங்களைக் குறிக்கின்றன).



தீர்வு

இவ்வகையான லென்ஸ்கள், குவி–குழி லென்ஸ்கள் (Convexo- Concave) என்று அழைக்கப்படும்.

$n = 1.52$, $R_1 = 10$ cm மற்றும் $R_2 = 20$ cm

R_1 மற்றும் R_3 இரண்டும் நேர்க்குறியாகும்.

லென்ஸ் உருவாக்குபவரின் சமன்பாட்டிலிருந்து,

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

கொடுக்கப்பட்ட மதிப்புகளைப் பிரதியிட்டு,

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

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

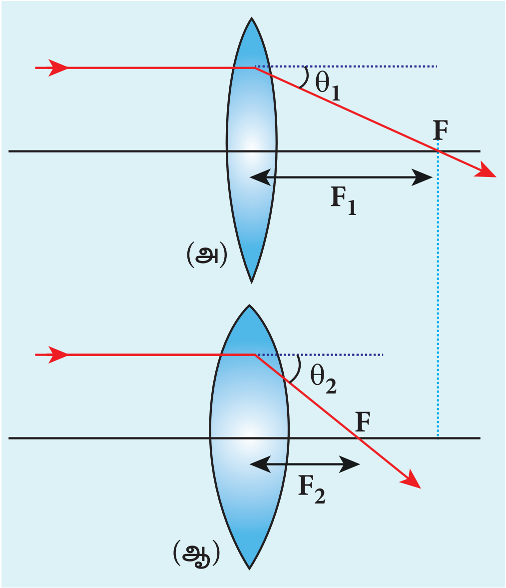
$$f = \frac{20}{0.52} = 38.46\,\text{cm}$$

குவியத்தூரம் நேர்க்குறி மதிப்புடையதால் இது ஒரு குவிக்கும் லென்ஸ் ஆகும்.

6.6.5 லென்ஸின் திறன் (Power of a lens)

லென்ஸின் திறன் என்பது, ஒளிக்கதிர்களை வளைக்கும் திறனைக் குறிப்பதாகும். அதாவது லென்ஸின் மீது விழும் ஒளிக்கதிர்களை எந்த அளவிற்கு அந்த லென்ஸ் வளைக்கிறது என்பதையே லென்ஸின் திறன் அளக்கிறது. லென்ஸின் திறன் அதன் குவியத்தூரத்திற்கு எதிர்த்தகவு ஆகும். அதாவது அதிகத் திறன்கொண்ட லென்ஸ் குறைந்த குவியத்தூரத்தை பெற்றிருக்கும். படம் 6.36 இல் (அ) லென்ஸை விட (ஆ) லென்ஸின் வளைக்கும் திறன் அதிகம். (ஆ) லென்ஸின் வளைக்கும் திறன் அதிகம் என்பதால் அதன் குவியத்தூரம் குறைவாகும். இதுபோன்றே (அ) லென்ஸின் வளைக்கும் திறன் குறைவு என்பதால் அதன் குவியத்தூரம் அதிகமாகும்.

வேறுவகையில் கூறுவோமாயின் ஒரு லென்ஸின் திறன், அந்த லென்ஸின் மீது விழும் ஒளிக்கதிர்களை எந்த அளவிற்குக் குவியச் செய்கிறது அல்லது விரிவடையவைக்கிறது என்பதை அளக்கிறது என்றும் கூறலாம். ஒரு லென்ஸின் குவியத்தூரத்தின் தலைகீழே, அந்த லென்ஸின் திறன் என வரையறுக்கப்படுகிறது.



படம் 6.36 லென்ஸின் திறன்

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

திறனின் அலகு டையாப்டர் (diopter) D ஆகும். $1\ D = 1\ m^{-1}$. குவிக்கும் லென்ஸ்கள் நேர்க்குறி திறனையும், விரிக்கும் லென்ஸ்கள் எதிர்க்குறி திறனையும் பெற்றுள்ளன.

லென்ஸ் உருவக்குபாவரின் சமன்பாடு (6.62) இல் இருந்து திறனின் சமன்பாட்டை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

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

இச்சமன்பாட்டிலிருந்து அதிக ஒளிவிலகல் எண்கொண்ட லென்ஸின் திறனும் அதிகம் எனப்புரிந்துகொள்ளலாம். இதே போன்று ஒளிவிலகல் எண் குறைவாக உள்ள லென்ஸ்களின் திறனும் குறைவாகும். மேலும் குறைந்த வளைவு ஆரம் கொண்ட (பருமனான) லென்ஸ்கள் அதிகத்திறனையும், அதிக வளைவு ஆரம் கொண்ட (மெல்லிய) லென்ஸ்கள் குறைந்த திறனையும் பெற்றிருக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு 6.15

150 cm குவியத்தூரம் கொண்ட கண்ணாடியால் செய்யப்பட்ட லென்ஸின் திறனைக் காண்க

தீர்வு

குவியத்தூரம் $f = 150$ cm (அல்லது) $f = 1.5$ m

லென்ஸின் திறன்சமன்பாடு, $P = \frac{1}{f}$

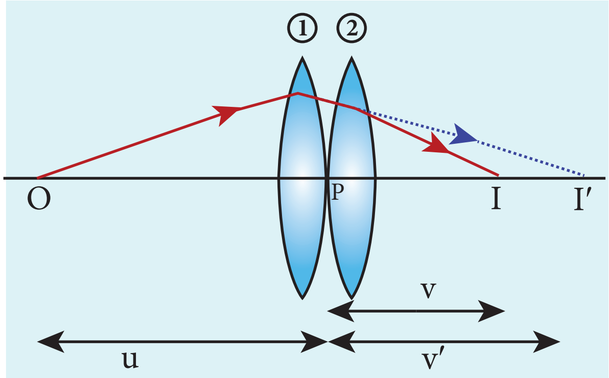
கொடுக்கப்பட்ட மதிப்புகளைப் பிரதியிட்டால்

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

திறன் நேர்க்குறியில் உள்ளதால், இது ஒரு குவிக்கும் லென்ஸ் ஆகும்.

6.6.6 ஒன்றை ஒன்று தொட்டுக் கொண்டுள்ள இரண்டு லென்ஸ்களின் கூட்டமைப்பின் குவியத்தூரம்

இரண்டு லென்ஸ்கள் ①, ② ஒன்றை ஒன்று தொட்டுக்கொண்டுள்ளவாறு ஒரே அச்சில் வைக்கப்பட்டுள்ளன. இவற்றின் குவியத்தூரங்கள் முறையே f_1 மற்றும் f_2 ஆகும். இவை இரண்டும் ஒரே அச்சில் வைக்கப்பட்டுள்ளதால் அவற்றின் முதன்மை அச்சுக்கள் ஒன்றே. O என்ற பொருள் ஒன்று முதன்மை அச்சில், முதல் லென்ஸின் குவியத்தூரத்திற்கு அப்பால் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இப்பொருளின் பிம்பம் I' என்ற இடத்தில் தோன்றுகின்றது. இந்த பிம்பம் இரண்டாவது லென்ஸ்க்கு பொருளாகச் செயல்படுகின்றது. இந்த பிம்பம் படம் 6.37இல் காட்டியுள்ளவாறு I–யில் ஏற்படுகின்றது. இரண்டு லென்ஸ்களும் மெல்லிய லென்ஸ்கள் ஆகும். அளவீடுகள் அனைத்தும் இரண்டு லென்ஸ்களின் பொதுவான லென்ஸ் முனையிலிருந்து P அதாவது இரண்டு லென்ஸ்களின் மையத்திலிருந்து அளக்கப்படுகின்றன.



படம் 6.37 ஒன்றை ஒன்று தொட்டுக்கொண்டுள்ள இரண்டு லென்ஸ்கள்

பொருளின் தொலைவு $PO = u$ மற்றும் முதல் லென்ஸ்க்கான ① பிம்பத்தின் தொலைவு $P_2' = v'$ இரண்டாவது லென்ஸ்க்கான ② பிம்பத்தின் தொலைவு $PI = v$.

முதல் லென்ஸ்க்கு ① லென்ஸ் விதியை (6.63) எழுதும்போது

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

இரண்டாவது லென்ஸ்க்கு ②, லென்ஸ் விதியை (6.63) எழுதும்போது,

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

சமன்பாடுகள் (6.70) மற்றும் (6.71) இரண்டையும் கூட்டும்போது,

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

இந்த லென்ஸ்களின் கூட்டமைப்பு, f குவியத்தூரம் கொண்ட ஒற்றை லென்ஸ் போன்று செயல்படுகின்றது. எனவே O புள்ளியில் உள்ள பொருளின் பிம்பம் I யில் ஏற்படுகின்றது எனக்கருதினால்,

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

சமன்பாடுகள் (6.72) மற்றும் (6.73) இரண்டையும் ஒப்பிடும்போது,

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

மேற்கண்ட சமன்பாட்டை, எத்தனை லென்ஸ்கள் கொண்ட கூட்டமைப்பிற்கும் நாம் விரிவுபடுத்தி எழுதலாம்.

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

இச்சமன்பாட்டை லென்ஸ்களின் திறன்களை அடிப்படையாகக் கொண்டு எழுதும்போது,

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

இங்கு, P என்பது லென்ஸ் கூட்டமைப்புகளின், நிகர திறனாகும். சமன்பாடு (6.76) இல் லென்ஸ் கூட்டமைப்பின் நிகரதிறன் என்பது, தனித்தனி லென்ஸ்களின் திறன்களின் குறியியல் கூடுதலுக்குச் சமம் என்பதை நாம் புரிந்துகொள்ளவேண்டும். தனித்தனி லென்ஸ்களின் திறன் நேர்குறியாகவும் (குவிலென்ஸ்களுக்கு) இருக்கலாம் அல்லது எதிர்குறியாகவும் (குழிலென்ஸ்களுக்கு) இருக்கலாம். லென்ஸ் கூட்டமைப்பினால் நமக்குத் தேவையான உருப்பெருக்கத்தை பெறமுடியும். மேலும், இக்கூட்டமைப்பினால் பிம்பத்தின் துல்லியத்தன்மையை மேம்படுத்தமுடியும். முதல் லென்ஸினால் உருவாக்கப்படும் பிம்பம், இரண்டாவது லென்ஸ்க்குப் பொருளாகச் செயல்படும். இவ்வாறே,

XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 34 26-12-2022 11:51:44

அடுத்தடுத்த லென்ஸ்களுக்கும் மேற்கண்ட செயல் நடைபெறும். எனவே லென்ஸ் கூட்டமைப்பின் மொத்த உருப்பெருக்கத்திறன் m, தனித்தனி லென்ஸ்களின் உருப்பெருக்குத் திறன்களின் பெருக்கல் பலனுக்குச் சமமாகும். எனவே இதனை பின்வருமாறு எழுதலாம்,

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

இங்கு m_1, m_2, m_3 . . . என்பவை தனித்தனி லென்ஸ்களின் உருப்பெருக்குத் திறன்களாகும்.

எடுத்துக்காட்டு 6.16

குவியத்தொலைவு −70 cm கொண்ட லென்ஸ் ஒன்றுடன், 150 cm குவியத்தொலைவு கொண்ட மற்றொரு லென்ஸ் தொடும்படி வைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த லென்ஸ் கூட்டமைப்பின் குவியத்தூரம் மற்றும் திறனைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

முதல் லென்ஸின் குவியத்தூரம் $f_1 = -70$ cm.

இரண்டாவது லென்ஸின் குவியத்தூரம் $f_2 = 150$ cm

ஒன்றை ஒன்று தொட்டுக்கொண்டுள்ள லென்ஸ் கூட்டமைப்பின் குவியத்தூரம், $\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

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

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

$$f = \frac{-1050}{8} = -131.25\,\text{cm}$$

குவியத்தூரம் எதிர்குறியில் உள்ளதால், இந்த லென்ஸ் கூட்டமைப்பு ஒரு விரிக்கும் லென்ஸ் ஆகும்.

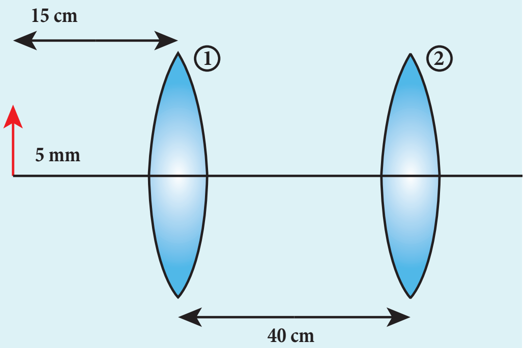
கூட்டமைப்பின் திறன்,

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

சிந்தனைத் துளிகள்

புகைப்படக் கருவிகள், நுண்ணோக்கிகள், தொலைநோக்கிகள் மற்றும் ஒளியியல் கருவிகளுக்குத் தேவையான லென்ஸ்களை வடிவமைக்கும்போது, லென்ஸ் கூட்டமைப்பே பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இக்கூட்டமைப்பு, சிறந்த உருப்பெருக்கம் மற்றும் துல்லியமான பிம்பத்தைத் தோற்றுவிக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு 6.17



10 cm குவியத்தூரம் கொண்ட குவிலென்ஸிலிருந்து 15 cm தொலைவில், 5 mm உயரம் கொண்ட பொருளொன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. 5 cm குவியத்தூரம் கொண்ட இரண்டாவது லென்ஸ், முதல் லென்ஸிலிருந்த 40 cm தொலைவிலும், பொருளிலிருந்து 55 cm தொலைவிலும் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இச்சூழ்நிலையில் பின்வருவனவற்றைக் காண்க. (அ) இறுதி பிம்பத்தின் நிலை, (ஆ) பிம்பத்தின் தன்மை, (இ) பிம்பத்தின் அளவு

தீர்வு

$h_1 = 5$ mm $= 0.5$ cm, $u_1 = -15$ cm, $f_1 = 10$ cm, $f_2 = 5$ cm, $d = 40$ cm

முதலாவது லென்ஸ்க்கு லென்ஸ் விதியை எழுதும்போது,

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

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 35 26-12-2022 11:51:45

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

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

$v_1 = 30$ cm

முதல் லென்ஸ், 30 cm தொலைவில் லென்ஸிற்கு வலப்புறமாகப் பிம்பத்தை உருவாக்கும்.

பிம்பத்தின் உயரத்தைக் காணல்.

உருப்பெருக்கத்திற்கான சமன்பாட்டிலிருந்து,

$$m=\frac{h'}{h}=\frac{v_1}{u_1}$$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது, $\frac{h'}{0.5}=\frac{30}{-15}$

$$h'=0.5\times\frac{30}{-15}=-1 \text{ cm}$$

பிம்பத்தின் உயரம் எதிர்குறியில் உள்ளதால், பிம்பம் தலைகீழான, மெய்பிம்பமாகும். இப்பிம்பம் இரண்டாவது லென்ஸிற்குப் பொருளாகச் செயல்படும். எனவே,

இரண்டாவது லென்ஸின் இடப்புறமாக 10 cm தொலைவில் பொருள் உள்ளது (40–30=10 cm) எனவே, $u_2 = -10$ cm

இரண்டாவது லென்ஸிற்கு, லென்ஸ் சமன்பாட்டை எழுதும்போது

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

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

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

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

$v_2 = 10$ cm

இரண்டாவது லென்ஸின் வலப்புறமாக 10 cm தொலைவில் பிம்பம் தோன்றுகிறது.

இறுதி பிம்பத்தின் உயரம் காணல். இரண்டாவது லென்ஸினால் ஏற்படுத்தப்பட்டட இறுதி பிம்பத்தின் உயரத்தை h'' என்க. இரண்டாவது லென்ஸிற்கான பொருளின் உயரம் h'.

உருப்பெருக்கச் சமன்பாட்டிலிருந்து, $m'=\frac{h''}{h'}=\frac{v_2}{u_2}$

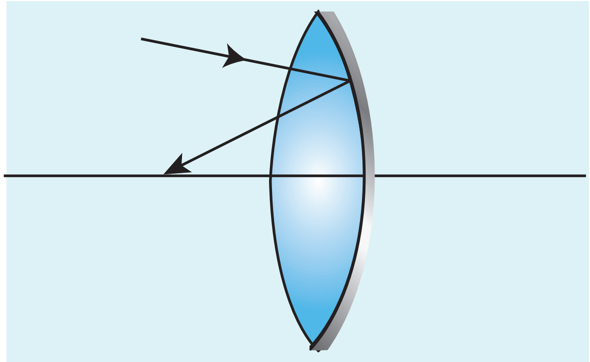
மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது, $\frac{h''}{-1}=\frac{10}{-10}$

$$h''=(-1)\times\left(\frac{10}{-10}\right)=1 \text{ cm}=10 \text{ mm}$$

பிம்பத்தின் உயரம் நேர்குறி. எனவே நேரான மெய்பிம்பம் கிடைக்கும்.

6.6.7 வெள்ளி பூசப்பட்ட லென்ஸ்கள்

லென்ஸின் ஏதேனும் ஒரு வெளிப்புறப் பரப்பில் வெள்ளி பூசப்பட்டிருந்தால், அத்தகைய லென்ஸ்கள் வெள்ளி பூசப்பட்ட லென்ஸ்கள் என அழைக்கப்படும். ஒரு லென்ஸ் மற்றும் ஒரு ஆடி சேர்ந்த கூட்டமைப்பே வெள்ளி பூசப்பட்ட லென்ஸ் ஆகும். முன்புறமாக காணப்படும் ஒளி ஊடுருவும் லென்ஸ் வழியாக ஒளி உட்புகுந்து பின்புறமுள்ள வெள்ளி பூசப்பட்டுள்ள ஆடியால் எதிரொளிக்கப்படும். எனவே, வெள்ளி பூசப்பட்ட லென்ஸ் வழியே ஒளி இருமுறை பயணம் செய்கிறது. இது படம் 6.38 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 6.41 வெள்ளி பூசப்பட்ட லென்ஸ்

வெள்ளி பூசப்பட்ட லென்ஸின் திறன்

$$P = P_l + P_m + P_l$$

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

இங்கு P_l என்பது லென்ஸின் திறன் மற்றும் P_m என்பது ஆடியின் திறனாகும். நாம் அறிந்தபடி லென்ஸ் ஒன்றின் குவியத்தூரத்தின் தலைகீழ் மதிப்பு அதன் திறனாகும். ஆனால் ஆடி ஒன்றின் திறன் என்பது அதன் குவியத்தூரத்தின் தலைகீழியின் எதிர்குறி மதிப்பாகும். இதற்குக் காரணம் என்னவென்றால் எதிர்குறி குவியத்தூரம் கொண்ட குழிஆடி ஒன்று நேர்குறி திறன்கொண்ட குவிக்கும் ஆடியாகச் செயல்படுவதாகும். அடிப்படையில் வெள்ளி

www.tnschoolbooks.in

பூசப்பட்ட லென்ஸ் என்பது மாற்றியமைக்கப்பட்ட ஓர் ஆடியேயாகும். எனவே,

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

இதன் காரணமாக சமன்பாடு (6.78) பின்வருமாறு மாற்றமடையும்

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

பொருத்தமான குறியீட்டு மரபுகளை மேற்கண்ட சமன்பாடு (6.80)விற்கு நாம் பயன்படுத்த வேண்டும்.

பொருளின் தொலைவு u மற்றும் பிம்பத்தின் தொலைவு v ஆகியவற்றை நாம் அறிந்திருந்தால் நாம் நேரடியாக ஆடிச் சமன்பாடு (6.8) ஐப் பயன்படுத்தலாம். ஏனெனில், வெள்ளி பூசப்பட்ட லென்ஸ் என்பது மாற்றியமைக்கப்பட்ட ஓர் ஆடியேயாகும்.

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

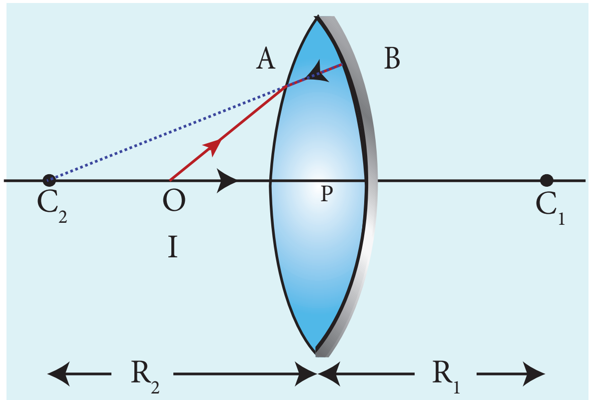
எடுத்துக்காட்டு 6.18

இருபுறக் குவிலென்ஸ் ஒன்று 1.5 ஒளிவிலகல் எண் கொண்ட கண்ணாடியால் செய்யப்பட்டுள்ளது. அதன் இரண்டுபரப்புகளும் சமவளைவு ஆரங்களைப் பெற்றுள்ளன.அவற்றின் மதிப்பு 30cm ஆகும். இருபுறக்குவிலென்ஸின் ஏதேனும் ஒரு வெளிப்புறப்பரப்பு வெள்ளி பூசப்பட்டுள்ள நிலையில் பின்வருவனவற்றைக் காண்க,

(அ) வெள்ளி பூசப்பட்ட லென்ஸின்குவியத்தூரம் மற்றும் திறனைக் கணக்கிடு

(ஆ) பொருளின் மீதே பிம்பம் ஏற்பட, பொருளை வெள்ளி பூசப்பட்ட லென்ஸின் முன்புறம் எத்தொலைவில் வைக்க வேண்டும்?

தீர்வு



$n = 1.5$; $R_1 = 30$ cm; $R_2 = -30$ cm;

(அ) f_l மற்றும் f_m ஆகியவற்றைத் தனித்தனியே கணக்கிடல்: லென்ஸ் உருவாக்குபவரின் சமன்பாட்டைக் கொண்டு f_l ஐக் கணக்கிடலாம்

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

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

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

$f_l = 30$ cm $= 0.3$ m

ஆடியின் குவியத்தூரம் $f_m=\frac{R_2}{2}$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது, $f_m=\frac{-30}{2}=-15\,\text{cm}$

$f_m = 15$ cm $= -0.15$ m

வெள்ளி பூசப்பட்ட லென்ஸின் குவியத்தூரம்,

$$\frac{1}{-f}=\frac{2}{f_l}+\frac{1}{-f_m}=\frac{2}{30}+\frac{1}{15}=\frac{2}{15}=\frac{1}{7.5}$$

$f = -7.5$ cm $= -0.075$ m

வெள்ளி பூசப்பட்ட லென்ஸ்,

இடப்பக்கம் குவியத்தூரம் கொண்ட குழிஆடி போன்று செய்யப்படுகிறது.

வெள்ளி பூசப்பட்ட லென்ஸின் குவியத்தூரம் காணல்:

$$P = 2P_l + P_m$$

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

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

திறன் நேர்குறி மதிப்பைப் பெற்றுள்ளதால், இவ்வமைப்பு ஓர் குவிக்கும் அமைப்பாகச் செயல்படும். **[குறிப்பு:** மேற்கண்ட கணக்கீட்டிலிருந்து வெள்ளி பூசப்பட்ட லென்ஸின் குவியத்தூரம் எதிர்குறி மதிப்பையும், திறன் நேர்குறி மதிப்பையும் பெற்றுள்ளதை அறியலாம். மேலும் இது ஒரு இடப்பக்கம் குவியத்தூரம் கொண்ட குவிக்கும் அமைப்பு என்பதையும் நாம் அறியலாம். மேலும் இது போன்ற நேர்வுகள் வெள்ளி பூசப்பட்ட லென்ஸ் அமைப்புகளுக்கு மட்டுமே சாத்தியமாகும். ஏனெனில் வெள்ளி பூசப்பட்ட லென்ஸ் அடிப்படையில் ஒரு மாற்றியமைக்கப்பட்ட ஆடியேயாகும்].

(ஆ) ஆடிச்சமன்பாட்டின் படி, $\frac{1}{f}=\frac{1}{v}+\frac{1}{u}$

இங்கு, u மற்றும் v இரண்டும் சமமாகும் $(v=u)$ ஏனெனில் இங்கு பொருளின் மீதே பிம்பம் தோன்றுகிறது.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 37 26-12-2022 11:51:51

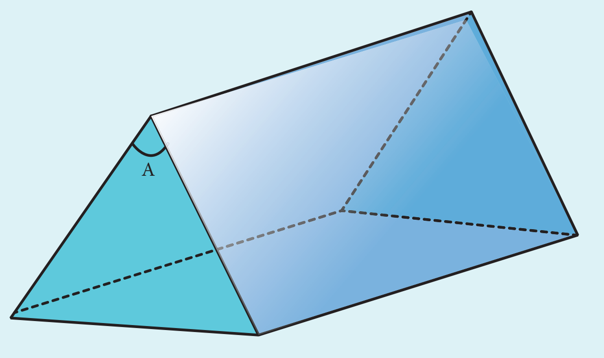
$$\frac{1}{-7.5\text{ cm}} = \frac{1}{u} + \frac{1}{u} = \frac{2}{u};\ u = -2 \times 7.5\text{ cm}$$

$$u = -15\text{ cm} = -0.15\text{ m}$$

வெள்ளி பூசப்பட்ட லென்ஸின் இடதுபக்கமாக 15cm தொலைவில் பொருளை வைக்க வேண்டும்.

6.7 முப்பட்டகம் (Prism)

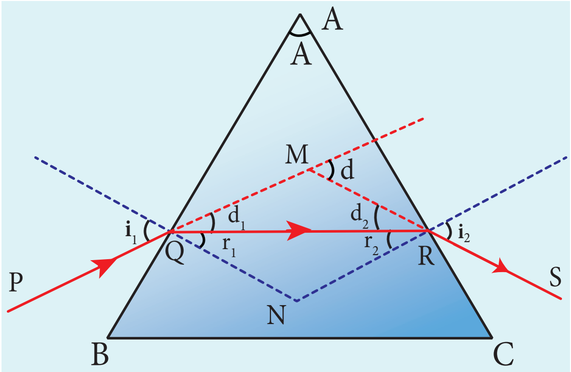
முப்பட்டகம் என்பது, ஒளிபுகும் கண்ணாடியால் செய்யப்பட்ட திண்மப்பொருளாகும். மூன்று சமதளபரப்புகளினால் (அல்லது) முகங்களினால் முப்பட்டகம் ஆக்கப்பட்டிருக்கும். இம்மூன்று முகங்களில் ஒரு முகம் சொரசொரப்பாக ஆக்கப்பட்டிருக்கும். இதற்கு முப்பட்டகத்தின் அடிப்பரப்பு என்று பெயர். மற்ற இரண்டு முகங்கள் பளபளப்பாக ஆக்கப்பட்டிருக்கும் இவற்றிற்கு விலகுமுகங்கள் என்று பெயர். இரண்டு விலகு முகங்களுக்கு இடைப்பட்ட கோணத்திற்கு முப்பட்டகத்தின் கோணம் (அல்லது) ஒளிவிலகு கோணம் (அல்லது) முப்பட்டகத்தின் உச்சிக்கோணம் என்றுபெயர். இது படம் 6.39 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 6.39 முப்பட்டகம்

6.7.1 முப்பட்டகம் ஏற்படுத்தும் திசைமாற்றக் கோணம்

PQ என்ற படுகதிரொன்று முப்பட்டகத்தின் விலகுமுகம் ஒன்றில் படம் 6.40இல் காட்டியுள்ளவாறு விழுகிறது. முப்பட்டகத்தின் முதல் முகம் AB–இல் விழும் கதிருக்கான படுகோணம் மற்றும் விலகு கோணங்கள் முறையே i_1 மற்றும் r_1 ஆகும். முப்பட்டகத்தின் உள்ளே ஒளிக்கதிரின் பாதை QR ஆகும். இரண்டாவது விலகுபரப்பு AC யின் படுகோணம் மற்றும் விலகுகோணங்கள் முறையே r_2 மற்றும் i_2 ஆகும். RS என்பது இரண்டாவது முகத்திலிருந்து வெளியேறும் கதிராகும். கோணம் i_2 வை வெளியேறு கோணம் என்றும் அழைக்கலாம். **படுகதிரின் திசைக்கும் வெளியேறும் கதிருக்கும் இடையே உள்ள கோணத்திற்கு முப்பட்டகத்தின் *திசைமாற்றக் கோணம் d* என்று பெயர்.** படும்புள்ளி Q மற்றும் வெளியேறும் புள்ளி R இவற்றிற்கு வரையப்படும் செங்குத்துக்கோடுகள் முறையே QN மற்றும் RN ஆகும். இவை N என்ற புள்ளியில் சந்திக்கின்றன. படுகதிர் மற்றும் வெளியேறுகதிர் இரண்டும் M என்ற புள்ளியில் சந்திக்கின்றன.



படம் 6.40 முப்பட்டகத்தின் வழியே ஒளிவிலகல்

AB பரப்பின் திசைமாற்றக் கோணம் d_1 பின்வருமாறு

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

AC பரப்பின் திசைமாற்றக் கோணம் d_2 பின்வருமாறு

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

முப்பட்டகம் வழியே செல்லும் கதிரின் மொத்த திசைமாற்றக் கோணம் d பின்வருமாறு

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

d_1 மற்றும் d_2 மதிப்புகளை சமன்பாடு (6.83) இல் பிரதியிடும்போது,

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

சமன்பாட்டினை மாற்றி அமைத்தபின்னர்,

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

நாற்கரம் $AQNR$, இல் இரண்டு கோணங்கள் (Q மற்றும் R உச்சிகள்) செங்கோணங்களாகும். எனவே, நாற்கரத்தின் மற்ற கோணங்களின் கூடுதல் 180° ஆகும்.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 38 26-12-2022 11:51:52

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

முக்கோணம் ΔQNR, இல்

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

(6.85) மற்றும் (6.86) சமன்பாடுகளை ஒப்பிடும்போது,

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

முப்பட்டகத்தின் திசைமாற்றக் கோணத்தைக் காண, மேற்கண்ட சமன்பாட்டைச் சமன்பாடு (6.84) இல் பிரதியிடும்போது,

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

எனவே, முப்பட்டகத்தின் திசைமாற்றக் கோணம் படுகோணம், வெளியேறு கோணம் மற்றும் முப்பட்டகக்கோணம் ஆகியவற்றைச் சார்ந்துள்ளது. ஒரு குறிப்பிட்ட படுகோண மதிப்பிற்கு, வெளியேறு கோணத்தை முப்பட்டகப்பொருளின் ஒளிவிலகல் எண் தீர்மானிக்கிறது. எனவே, முப்பட்டகத்தின் திசைமாற்றக் கோணம் பின்வரும் காரணிகளைச் சார்ந்துள்ளது.

(i) படுகோணம்

(ii) முப்பட்டகக்கோணம்

(iii) முப்பட்டகம் செய்யப் பயன்படுத்தப்பட்ட பொருளின் ஒளிவிலகல் எண். (இது வெளியேறு கோணத்தை தீர்மாணிக்கிறது)

எடுத்துக்காட்டு 6.19

சமபக்க முப்பட்டகம் ஒன்றின்மீது, ஒற்றை நிற ஒளிக்கதிரொன்று 30^0 கோணத்தில் விழுந்து 75^0 கோணத்தில் வெளியேறுகிறது எனில், முப்பட்டகம் ஏற்படுத்திய திசைமாற்றக் கோணத்தைக் காண்க.

தீர்வு

கொடுக்கப்பட்ட முப்பட்டகம் ஒரு சமபக்க முப்பட்டகம் எனவே, $A = 60°$; $i_1 = 30°$; மற்றும் $i_2 = 75°$

திசைமாற்றக் கோணச் சமன்பாட்டின்படி $d = i_1 + i_2 - A$

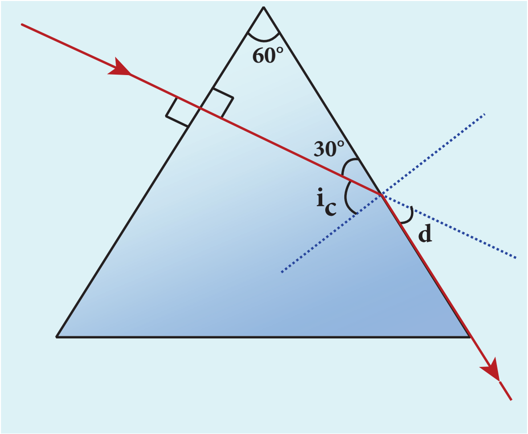
மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது, $d = 30°+75°-60°=45°$

முப்பட்டகம் ஏற்படுத்திய திசைமாற்றக் கோணம், $d = 45°$

எடுத்துக்காட்டு 6.20

சமபக்க முப்பட்டகம் ஒன்றின் முதல் முகத்தில் அல்லது முதல் பரப்பின்மீது செங்குத்துப் படுகோணநிலையில் ஒளிக்கதிரொன்று விழுந்து, முப்பட்டகத்தின் வழியாக சென்று இரண்டாவது முகத்தினைத் தழுவிச்செல்கிறது எனில், முப்பட்டகம் ஏற்படுத்திய திசை மாற்றக்கோணம் எவ்வளவு? மேலும், முப்பட்டகப்பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு



கொடுக்கப்பட்டுள்ள வினாவின் சூழல் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

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

(அ) முப்பட்டகத்தின் திசைமாற்றக் கோணத்திற்கான சமன்பாட்டிலிருந்து,

$$d = i_1 + i_2 - A$$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$d = 0° + 90° - 60° = 30°$$

முப்பட்டகம் ஏற்படுத்திய திசைமாற்றக் கோணம், $d = 30°$

(ஆ) முப்பட்டகத்தின் உட்புறம், இரண்டாவது முகத்தின் மீது ஒளிக்கதிர் மாறுநிலைக் கோணத்தில் விழுகிறது. எனவே, இக்கதிர் ஒளிவிலகல் அடைந்து இரண்டாவது முகத்தின் தளத்தின் மீதே செல்லும். அதாவது, இரண்டாவது முகத்தைத் தழுவிச்செல்லும் $i_c = 90° - 30° = 60°$.

மாறுநிலைக் கோணத்திற்கான சமன்பாட்டின்படி,

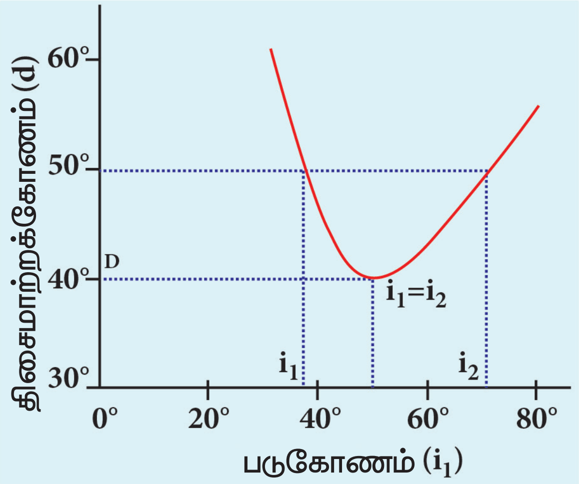
$$\sin i_c = \frac{1}{n}$$

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

முப்பட்டகப்பொருளின் ஒளிவிலகல் எண், $n = 1.15$

6.7.2 சிறும திசைமாற்றக் கோணம்

படுகோணம் மற்றும் திசைமாற்றக் கோணம் இவற்றிற்கு இடையே வரையப்பட்ட வரைபடம் படம் 6.41 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இப்படத்திலிருந்து படுகோணம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க திசைமாற்றக் கோணம் குறைந்து கொண்டே சென்று ஒரு குறிப்பிட்ட படுகோண மதிப்பிற்கு சிறுமநிலையை D அடைகிறது. படுகோணமதிப்பினை மேலும் அதிகரிக்கும்போது, திசைமாற்றக் கோணம் அதிகரிக்கத் தொடங்குகிறது.

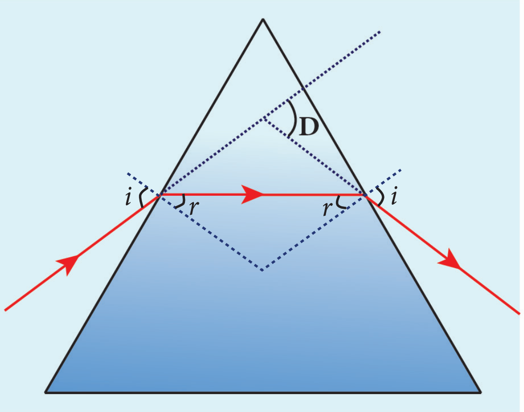


படம் 6.41 (i) மற்றும் (d) க்கு இடையேயான வரைபடம்

திசைமாற்றக் கோணத்தின் சிறும மதிப்பிற்கு, *சிறுமத்திசை மாற்றக்கோணம்* என்று பெயர். சிறும திசைமாற்றக் கோணத்தில்

(i) படுகோணமும், வெளியேறு கோணமும் சமம்,. ($i_1=i_2$).

(ii) முதல் முகத்தின் விலகுகோணமும், இரண்டாவது முகத்தின் விலகுகோணமும் சமம், ($r_1=r_2$).



படம் 6.42 சிறும திசைமாற்றக் கோணம்

(iii) முப்பட்டகத்திற்கு உள்ளே விலகுகதிர் முப்பட்டகத்தின் அடிப்பரப்புக்கு இணையாகச் செல்லும்.

சிறும திசைமாற்றக் கோணநிலை படம் 6.42 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

6.7.3 முப்பட்டகப்பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்

சிறும திசைமாற்ற நிலையில், $i_1 = i_2 = i$ மற்றும் $r_1 = r_2 = r$

இந்நிலையில் சமன்பாடு (6.88) பின்வருமாறு மாற்றமடையும்,

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

மேலும், சமன்பாடு (6.87) பின்வருமாறு மாற்றமடையும்,

$$r_1 + r_2 = A \Rightarrow 2r = A \text{ அல்லது } r = \frac{A}{2}$$

(i) மற்றும் (r) மதிப்புகளை ஸ்னெல் விதியில் பிரதியிடும்போது, $n = \dfrac{\sin i}{\sin r}$

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

மேற்கண்ட சமன்பாட்டினைக் கொண்டு முப்பட்டகப்பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் கணக்கிடலாம். கோணங்கள் A மற்றும் D ஆகியவற்றின் மதிப்புகளைச் சோதனையின் மூலம் கண்டறியலாம்.

எடுத்துக்காட்டு 6.21

சமபக்க முப்பட்டகம் ஒன்றின் சிறும திசைமாற்றக் கோணம் 37° எனில், முப்பட்டகப் பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

$A = 60°; D = 37°$

ஒளிவிலகல் எண் சமன்பாட்டின்படி,

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

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

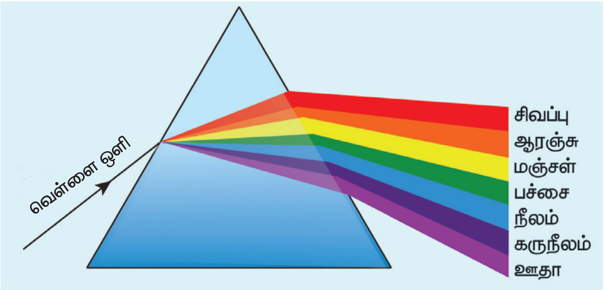
$$n=\frac{\sin\left(\frac{60^0+37^0}{2}\right)}{\sin\left(\frac{60^0}{2}\right)}=\frac{\sin\left(48.5^0\right)}{\sin\left(30^0\right)}=\frac{0.75}{0.5}=1.5$$

முப்பட்டகப்பொருளின் ஒளிவிலகல் எண், $n=1.5$

6.7.4 முப்பட்டகத்தின் வழியாகச் செல்லும் வெள்ளை ஒளியின் நிறப்பிரிகை

முப்பட்டகத்தின் வழியே செல்லும் ஒற்றை நிற ஒளியின் திசைமாற்றக் கோணத்தைப் பற்றி இதுவரை பயின்றோம். வெள்ளை ஒளி முப்பட்டகத்தின் வழியாகச் செல்லும்போது எவ்வாறு நிறப்பிரிகை ஏற்படுகின்றது என்பதைப்பற்றித் தற்போது படிக்க உள்ளோம். **வெள்ளை ஒளியில் உள்ள வண்ணங்கள் தனித்தனியாகப் பிரியும் நிகழ்வுக்கு நிறப்பிரிகை என்று பெயர். இவ்வண்ணங்களின் தொகுப்புக்கு *நிறமாலை* என்று பெயர்**. முப்பட்டகத்தின் ஒரு முகத்தில்பட்டு விலகலடைந்த குறுகிய வெள்ளை இணை ஒளிக்கற்றைகளை வெள்ளைத்திரையில் பார்க்கும்போது, VIBGYOR என்ற வரிசையில் வண்ணங்களின் தொகுப்பு கிடைக்கும். அதாவது ஊதா, கருநீலம், நீலம், பச்சை, மஞ்சள், ஆரஞ்சு, மற்றும் சிவப்பு (Violet, Indigo, Blue, Green, Yellow, Orange, Red) என்ற வரிசையில் வண்ணங்கள் கிடைக்கும்.

படம் 6.43 இல் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு, ஊதா வண்ணம் அதிக திசைமாற்றத்தையும், சிவப்புவண்ணம் குறைந்த திசைமாற்றத்தையும் அடையும்.



படம் 6.43 வெள்ளை ஒளி அதன் வண்ணங்களாக நிறப்பிரிகை அடைதல்

நிறமாலையில் கிடைக்கும் வண்ணங்கள் ஒளிமூலத்தின் தன்மையைப் பொருத்ததாகும். ஒவ்வொரு வண்ணமும் வரையறுக்கப்பட்ட அலைநீளத்தைப் பெற்றிருக்கும். சிவப்பு ஒளி நீண்ட அலைநீள எல்லையையும் (700 nm) ஊதா ஒளி குறுகிய அலைநீள எல்லையையும் (400 nm) பெற்றுள்ளன. இதன்காரணமாகக் கண்ணாடி முப்பட்டகத்தின் வழியே செல்லும் ஊதா ஒளிக்கற்றையின் திசைவேகம், சிவப்பு ஒளிக்கற்றையின் திசைவேகத்தைவிடக் குறைவாக இருக்கும்.

சிந்தனைத் துளிகள்

சர் ஐசக் நியூட்டன், தம்முடைய புகழ்வாய்ந்த சோதனை ஒன்றின் மூலம் நிறமாலையின் வண்ணங்களை (VIBGYOR) ஒன்றிணைத்து வெள்ளை ஒளியை உருவாக்கினார். இச்சோதனையில் ஒரு முப்பட்டகத்தைப் பயன்படுத்தி, நிறப்பிரிகையை ஏற்படுத்தி, நிறப்பிரிகை அடைந்த ஒளியைத் தலைகீழாகத் திருப்பப்பட்ட மற்றொரு முப்பட்டகத்தின் வழியே செலுத்தும்போது, நிறப்பிரிகை அடைந்த அனைத்து வண்ணங்களும் படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு ஒன்றிணைந்து, மீண்டும் வெள்ளை ஒளியை ஏற்படுத்துகின்றன.

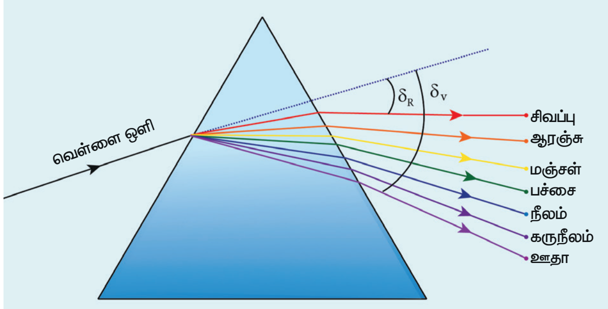
வெவ்வேறு அலை நீளங்கள் கொண்ட ஒளி, முப்பட்டகத்தின் வழியே வெவ்வேறு திசை வேகங்களில் செல்வதால் நிறப்பிரிகை ஏற்படுகின்றது. வேறுவகையில் கூறுவோமாயின் முப்பட்டகப்பொருளின் ஒளிவிலகல் எண் வெவ்வேறு வண்ணங்களுக்கு வெவ்வேறான மதிப்புகளைப் பெற்றிருக்கும். ஊதா வண்ணம் அதிக ஒளிவிலகல் எண்ணையும், சிவப்பு வண்ணம் குறைந்த ஒளிவிலகல் எண்ணையும் பெற்றிருக்கும். வெற்றிடத்தின் வழியே எல்லா வண்ண ஒளிக்கதிர்களும் சம வேகத்தில் செல்லும். அட்டவணை 6.4 இல் இரண்டு வெவ்வேறு கண்ணாடிப் பொருள்களுக்கான ஒளிவிலகல் எண்கள் வெவ்வேறு வண்ணங்களுக்கு கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 41 26-12-2022 11:51:58

www.tnschoolbooks.in

அட்டவணை 6.4 வெவ்வேறு அலைநீளங்களுக்கான ஒளிவிலகல் எண்கள்

வண்ணம்	வெற்றிடத்தில் அலைநீளம் (nm)	க்ரௌன் கண்ணாடி	ஃபிளின்ட் கண்ணாடி
ஊதா	396.9	1.533	1.663
நீலம்	486.1	1.523	1.639
மஞ்சள்	589.3	1.517	1.627
சிவப்பு	656.3	1.515	1.622



படம் 6.44 வெவ்வேறு வண்ணங்களின் திசைமாற்றக் கோணங்கள்

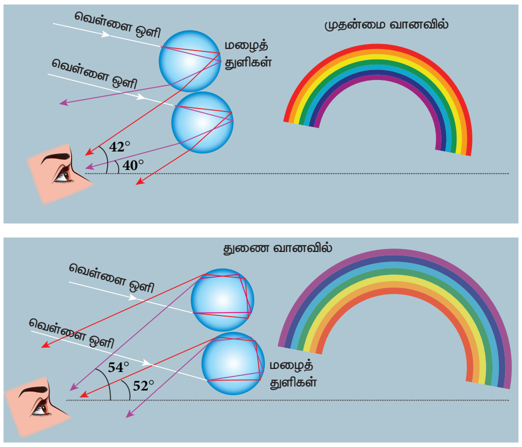
6.7.5 நிறப்பிரிகை திறன் (அல்லது) பிரிதிறன்

வெள்ளை ஒளிக்கற்றை ஒன்றைக் கருதுக. இவ்வொளிக்கற்றை முப்பட்டகத்தின் வழியாகச் செல்லும்போது, வெள்ளை ஒளியிலுள்ள வண்ணங்கள் நிறப்பிரிகை அடையும். இது படம் 6.44 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

முப்பட்டகக்கோணம் 10° என்ற சிறய அளவில் உள்ள முப்பட்டகங்களுக்கு சிறுகோண முப்பட்டகங்கள் என்று பெயர். இவ்வகையான முப்பட்டகங்களின் வழியே ஒளிக்கதிர் செல்லும்போது ஏற்படும் திசைமாற்றக் கோணமும் சிறியதாகும். A என்பதை முப்பட்டகக்கோணமாகவும், δ என்பதை திசைமாற்றக் கோணமாகவும் கொண்டால், முப்பட்டகச்சமன்பாடு (6.89) பின்வரும் வடிவைப்பெறும்.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

நிறப்பிரிகைக்கான சிறந்த ஓர் எடுத்துக்காட்டு, 'வானவில்லாகும்'. மழைக்காலங்களில் நீர்த்துளிகளினால் சூரியஒளி நிறப்பிரிகை அடைவதால் வானவில் ஏற்படுகிறது. மழைபொழியும்பொழுதோ அல்லது மழைபொழிந்து நின்றபின்னோ அல்லது பின்புறமாகச் சூரியன் உள்ளநிலையில் நீரூற்று ஒன்றைப் பார்க்கும்பொழுதோ, வானவில்லை நாம் பார்க்கமுடியும். காற்றில் மிதந்து கொண்டிருக்கும் நீர்த்துளிகளின் மீது விழும் சூரிய ஒளி, நிறப்பிரிகை அடைந்து அதன் ஏழுவண்ணங்களாகப் பிரிகை அடையும். எனவே, காற்றில் மிதந்துகொண்டிருக்கும் நீர்த்துளிகள், கண்ணாடி முப்பட்டகம் போன்று செயல்படுகின்றன. நீர்த்துளியினுள் நுழைந்த ஒளிக்கதிர் அதிலிருந்து வெளியேறுவதற்கு முன்பு, ஒரு முழு அக எதிரொளிப்பு அடைவதால் முதன்மை வானவில் உருவாகும். இது படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. முதன்மை வானவில்லில் ஊதாவிலிருந்து சிவப்புவரை உள்ள வண்ணங்களைப் பார்ப்பதற்கான பார்வைக் கோணம் 40° முதல் 42° வரையிருக்கும். முதன்மை வானவில்லின் வெளிப்புறமாகத் துணை வானவில் தோன்றுகின்றது. நீர்த்துளியினுள் நுழைந்த சூரியஒளி அதிலிருந்து வெளியேறுவதற்கு முன்னர், இரண்டு முழு அக எதிரொளிப்புகளை அடைவதால் 'துணைவானவில்' தோன்றும். சிவப்பு வண்ணத்திலிருந்து ஊதா வண்ணம்வரை பார்ப்பதற்கான பார்வைக்கோணம், 52° முதல் 54° வரையிலிருக்கும்.



XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 42 26-12-2022 11:51:59

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

A மற்றும் δ சிறிய கோணங்கள். எனவே,

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

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

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

மேலும் சுருக்கும்போது, $\frac{\delta}{A}=n-1$

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

வெள்ளை ஒளி முப்பட்டகத்தினுள் நுழையும்போது, வெவ்வேறு வண்ணங்களுக்கான திசைமாற்றமும் வெவ்வேறாக இருக்கும். எனவே, வெவ்வேறு வண்ணங்களுக்கான ஒளிவிலகல் எண்ணும் வெவ்வேறானவையாகும்.

ஊதா மற்றும் சிவப்பு வண்ணங்களுக்கான சிறும திசை மாற்றக் கோணங்கள் முறையே δ_V, δ_R என்க. மேலும், n_V மற்றும் n_R என்பவை மேற்கண்ட வண்ணங்களுக்கான ஒளிவிலகல் எண்களாகும்

ஊதா வண்ணத்திற்கு, $\delta_V=(n_V-1)A$ (6.92)

சிவப்பு வண்ணத்திற்கு, $\delta_R=(n_R-1)A$ (6.93)

ஊதா வண்ணத்தின் சிறும திசைமாற்றக் கோணம் δ_V, சிவப்பு வண்ணத்தின் சிறும திசைமாற்றக் கோணத்தைவிட δ_R அதிகமாக உள்ளதால், ஊதா வண்ணத்தின் ஒளிவிலகல் எண் (n_V), சிவப்பு வண்ணத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணைவிட (n_R) அதிகமாக இருக்கும்.

δ_V யிலிருந்து δ_R ஐ கழிக்கும் போது, பின்வரும் சமன்பாடு கிடைக்கும்.

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

மேற்கண்ட சமன்பாட்டில் உள்ள (δ_V–δ_R) பதம், நிறமாலையில் உள்ள இரண்டு எல்லை வண்ணங்களுக்கு இடையேயான (ஊதா மற்றும் சிவப்பு) கோணப்பிரிகையைக் கொடுக்கிறது. இக்கோணப்பிரிகைக்குக் கோண நிறப்பிரிகை என்று பெயர்.

சராசரி கதிர் ஒன்றின் திசைமாற்றக் கோணத்தை δ என்றும், இதற்கான ஒளிவிலகல் எண்ணை n எனவும் கொண்டால்,

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

நிறங்களைப் பிரிக்கும் முப்பட்டகப்பொருளின் திறனுக்கு முப்பட்டகத்தின் நிறப்பிரிகைதிறன் ω என்றுபெயர். இரண்டு எல்லை வண்ணங்களுக்கான கோண நிறப்பிரிகைக்கும் மைய வண்ணம் ஒன்றின் திசைமாற்றக் கோணத்திற்கும் உள்ள தகவு நிறப்பிரிகைதிறன் அல்லது பிரிதிறன் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

முப்பட்டகத்தின் நிறப்பிரிகைதிறன் ω,

$$\omega=\frac{\text{கோண நிறப்பிரிகை}}{\text{மைய திசைமாற்றக் கோணம்}}=\frac{\delta_V-\delta_R}{\delta} \quad (6.96)$$

$(\delta_V-\delta_R)$ மற்றும் (δ), வின் மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது

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

நிறப்பிரிகைதிறன், பரிமாணமற்ற ஓர் எண்ணாகும். இதற்கு அலகு இல்லை. இது எப்போதும் நேர்குறி மதிப்பையே பெற்றிருக்கும். பிரிதிறன் முப்பட்டகப்பொருளின் தன்மையை மட்டும் சார்ந்திருக்கும். முப்பட்டகக் கோணத்தைப் பொருத்தல்ல.

எடுத்துக்காட்டு 6.22

ஃபிளிண்ட் கண்ணாடியால் செய்யப்பட்ட முப்பட்டகத்தின் வழியே செல்லும் சிவப்பு, பச்சை மற்றும் ஊதா ஒளிகளின் ஒளிவிலகல் எண்கள் முறையே 1.613, 1.620 மற்றும்1.632 ஆகும். இம்மதிப்புகளைக் கொண்டு ஃபிளிண்ட் முப்பட்டகத்தின் நிறப்பிரிகை திறனைக் காண்க

தீர்வு

n_V=1.632; n_R=1.613; n_G=1.620

நிறப்பிரிகை திறனுக்கான சமன்பாட்டிலிருந்து,

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

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது

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

முப்பட்டகத்தின் நிறப்பிரிகை திறன், $\omega=0.0306$

6.7.6 சூரிய ஒளிச் சிதறல்

புவியின் வளிமண்டலத்தில் உள்ள வளிமண்டலத்துகள்கள், புவியின் வளிமண்டலத்திற்குள் நுழையும் சூரிய ஒளியின் திசையை மாற்றும். இந்நிகழ்ச்சிக்கு ஒளிச்சிதறல் என்றுபெயர். ஒளியின் **அலைநீளத்தை (λ) விட, மிகவும் குறைவான அளவுடைய (a) அணுக்கள் மற்றும் மூலக்கூறுகளினால் ஏற்படும் ஒளிச்சிதறலுக்கு, இராலே ஒளிச்சிதறல் (Rayleigh's Scattering) என்று பெயர்**. அதாவது, இராலே ஒளிச்சிதறல் ஏற்பட நிபந்தனை ($a<<\lambda$) ஆகும்.

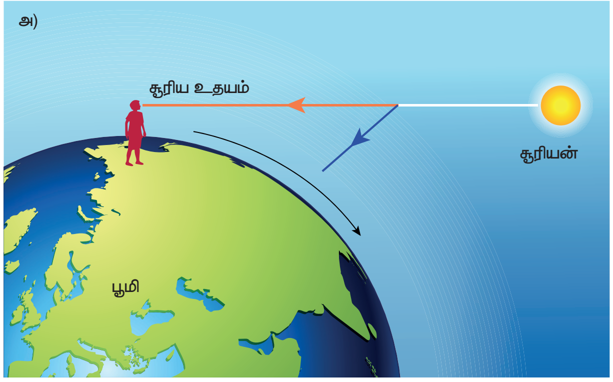
இராலே ஒளிச்சிதறலில் சிதறலடைந்த ஒளியின் செறிவு, அலைநீளத்தின் நான்குமடி மதிப்புக்கு எதிர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

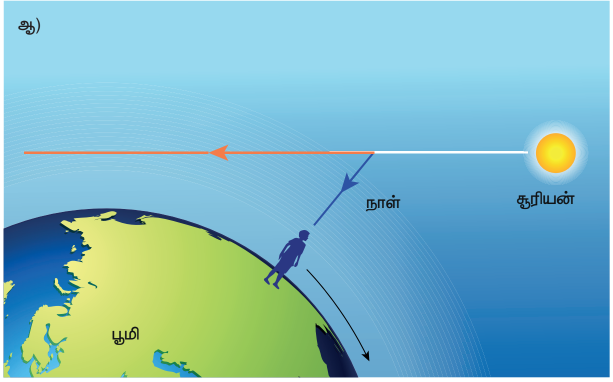
$$I \propto \frac{1}{\lambda^4} \qquad (6.98)$$

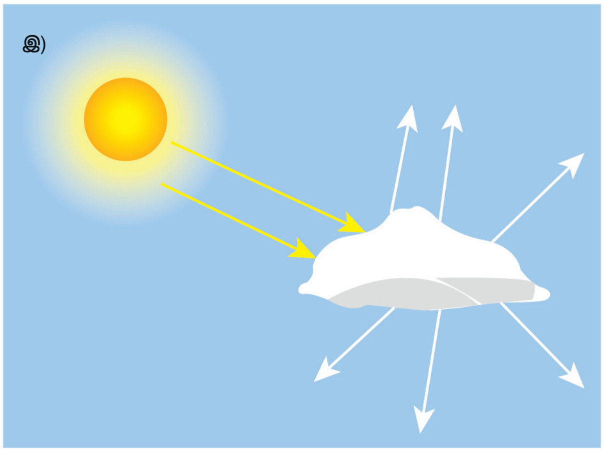
சமன்பாடு (6.98) இன் படி பகல்நேரத்தில், குறைந்த அலைநீளமுடைய நீலவண்ணம் வளிமண்டலத் துகள்களினால், வளிமண்டலம் முழுவதும் சிதறடிக்கப்படுகின்றது. மேலும், நமது கண்களின் உணர்வு நுட்பம் ஊதா வண்ணத்தைவிட, நீலவண்ணத்திற்கு அதிகம். இத்தகைய காரணங்களினால்தான் வானம் நீலநிறமாகக் காட்சியளிக்கிறது. இது படம் 6.45 (ஆ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. சூரிய உதயம் மற்றும் மறையும் நேரங்களில் சூரியஒளி வளிமண்டலம் வழியாக மிக நீண்ட தொலைவு செல்லவேண்டியுள்ளது. எனவே, குறைந்த அலைநீளம் கொண்ட நீல ஒளி சிதறலடைந்துவிடும். ஆனால் அதிக அலைநீளம் கொண்ட சிவப்பு ஒளி குறைவாகச் சிதறலடைந்து நமது கண்களை அடையும். இதன் காரணமாகத்தான் சூரியன் உதிக்கும்போதும், மறையும்போதும் வானம் சிவப்பு நிறமாகக் காட்சி அளிக்கின்றது. இது படம் 6.45 (அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

வளிமண்டலத்திலுள்ள தூசு, மற்றும் நீர்த்துளிகளின் அளவு (a), ஒளியின் அலைநீளத்தைவிட (λ) மிக அதிகமாக உள்ளபோது, அதாவது ($a >> \lambda$), இத்தகைய பெரிய துகள்களினால் ஒளி சிதறலடையும்போது, சிதறலடைந்த ஒளியின் செறிவு அனைத்து அலைநீளங்களுக்கும் சமமாக இருக்கும். மிக அதிகஅளவு தூசு மற்றும் நீர்த்துளிகளைப் பெற்றுள்ள மேகங்களில் இத்தகைய ஒளிச்சிதறல் ஏற்படும். எனவே, மேகங்களில் அலைநீளத்தைப்பொருத்து, ஒளிச்சிறதல் ஏற்படாமல் அனைத்து வண்ணங்களும் சமஅளவில் சிதறலடைகின்றன. இதன்காரணமாகத்தான் மேகம் வெண்மைநிறமாகக் காட்சியளிக்கிறது. இது படம் 6.45 (இ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆனால், மழைமேகங்கள் கருமையாக இருப்பதற்குக் காரணம், அதிலுள்ள நீர்த்துளிகள் ஒன்றிணைந்து மழை மேகத்தினை ஒளிபுகாப்பொருளாக மாற்றிவிடுவதேயாகும்.

ஒருவேளை, புவியைச் சுற்றி வளிமண்டலம் இல்லாதிருந்தால், ஒளிச்சிதறலும் நடைபெறாது, வானமும் கருமையாகத் தெரியும். வளிமண்டலத்திற்கு மேலிருந்து வானத்தைப் பார்க்கும் விண்வெளி வீரர்களுக்கு வானம் கருமையாகத் தெரிவதற்கு இதுவே காரணமாகும்.







படம் 6.45 ஒளிச்சிதறலின் பல்வேறு வடிவங்கள்

XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 44 26-12-2022 11:52:04

பாடச்சுருக்கம்

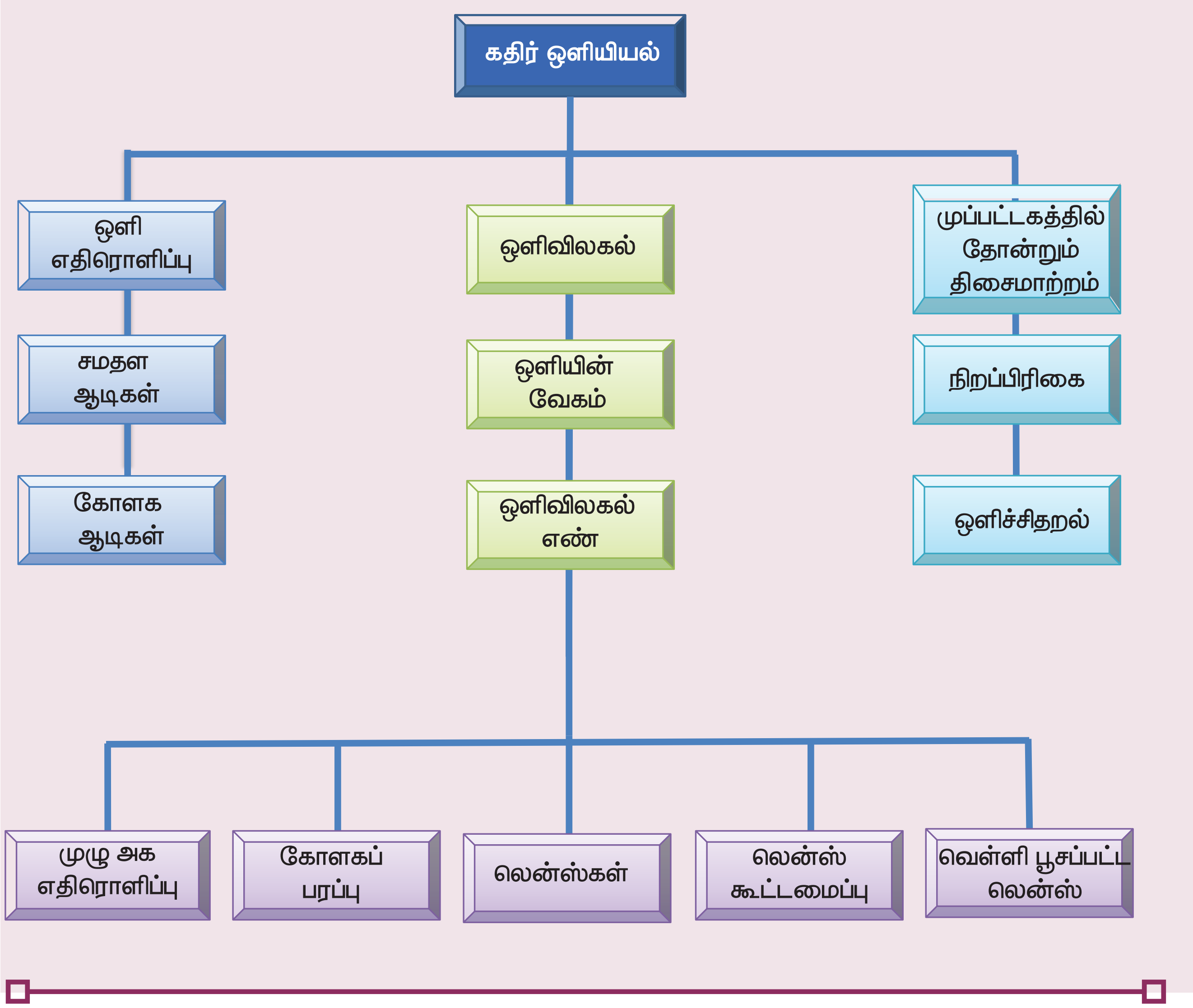
- ஒளியின் திசையினை ஒளிக்கதிர் காட்டுகிறது.
- ஒளிஎதிரொளிப்பு விதி: $i = r$
- ஆடி ஒன்றின் முதன்மை அச்சுக்கு நெருக்கமாகச் செல்லும் கதிர்களுக்கு அன்மை அச்சுக்கதிர்கள் என்று பெயர். இவை முதன்மை அச்சோடு மிகச்சிறிய கோணங்களை ஏற்படுத்தும்.
- கோளக ஆடிகளின் குவியத்தூரம் மற்றும் வளைவு ஆரங்களுக்கு இடையே உள்ள தொடர்பு $2f = R$ (அல்லது) $f = \frac{R}{2}$
- கோளக ஆடிகளினால் தோற்றுவிக்கப்படும் பிம்பங்களைத் தடம்காண கார்ட்டீசியன் குறியீட்டு மரபு பயன்படுத்தப்படுகிறது.
- ஆடிச் சமன்பாடு, $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$
- கோளக ஆடியின் உருப்பெருக்கச் சமன்பாடு, $m = \frac{h'}{h} = -\frac{v}{u}$, $m = \frac{h'}{h} = \frac{f-v}{f} = \frac{f}{f-u}$
- ஒளியியல் அடர்த்தி அதிகமுள்ள பொருள்களின் வழியே ஒளி குறைந்த திசை வேகத்தில் செல்கிறது.
- வெற்றிடத்தில் செல்லும் ஒளியின் வேகத்திற்கும். ஊடகத்தில் செல்லும் ஒளியின் வேகத்திற்கும் உள்ள விகிதமே ஒளிவிலகல் எண் ஆகும். $n = \frac{c}{v}$
- ஒளியியல் அடர்த்தி மிக்க ஊடகம் ஒன்றில், ஒளி ஒரு குறிப்பிட்ட தொலைவைக் கடக்க எவ்வளவு நேரத்தை எடுத்துக்கொள்கிறதோ, அதே நேர இடைவெளியில் வெற்றிடத்தின் வழியே ஒளி கடந்து செல்லும் தொலைவு ஒளிப்பாதை (Optical Path) எனப்படும்.
  $d' = nd$
- ஒளிவிலகல் விதியை, ஸ்னெல் விதி என்றும் அழைக்கலாம். இதன் விகித வடிவம், $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$
- ஸ்னெல் விதியின் பெருக்கல் வடிவம், $n_1 \sin i = n_2 \sin r$
- முதல் ஊடகத்தைப்பொருத்து இரண்டாவது ஊடகத்தின் ஒப்புமை ஒளிவிலகல் எண், $n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$
- தோற்ற ஆழம் எப்போதும் உண்மை ஆழத்தைவிடக் குறைவாகவே காணப்படும். தோற்ற ஆழத்திற்கான சமன்பாடு, $d' = \frac{d}{n}$
- அடர்மிகு ஊடகத்திலிருந்து, அடர்குறை ஊடகத்திற்கு ஒளிவரும்போது. அதன் படுகோணம் i, மாறுநிலைக் கோணத்திற்கு i_c. சமமாக இருந்தால். அந்த ஒளிக்கதிரின் விலகுகோணம் 90° ஆக இருக்கும். $i > i_c$ எனில் முழு அக எதிரொளிப்பு ஏற்படும்.
- மாறுநிலை கோணத்திற்கான சமன்பாடு, $\sin i_c = \frac{1}{n}$ (அல்லது) $i_c = \sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right)$
- மாறுநிலைக் கோணத்திற்குச் சமமான ஒரு கோணத்தில் வெளிப்புறத்திலிருந்து வரும் ஒளியைத் தண்ணீருக்குள் இருந்து பார்க்கும் போது ஒரு குறிப்பிட்ட ஆரமுடைய ஒலியூட்டப்பட்ட வட்டப்பரப்பு காணப்படும். இதற்கு ஸ்னெல் சாரளம் (Snell's window) என்று பெயர். ஒளியூட்டப்பட்ட வட்டப்பரப்பின் ஆரம் $R = d\left(\frac{1}{\sqrt{n^2-1}}\right)$ (அல்லது) $R = \frac{d}{\sqrt{n^2-1}}$
- மாறுநிலைப் படுகோணத்தை (Critical angle of incidence) அடிப்படையாகக் கொண்டு ஒளி இழைகளின் வழியே செய்திகள் அனுப்பப்படுகின்றன. ஒளி இழைகளின் ஏற்புக் கோணம் $i_a = \sin^{-1}\left(\sqrt{\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_3^2}}\right)$. இங்கு n_1, n_2, n_3 முறையே உள்ளகம், உறைபூச்சு மற்றும் வெளிப்புற ஊடகம் ஆகியவற்றின் ஒளிவிலகல் எண்களாகும்.
- கண்ணாடிப்பட்டகத்தின் வழியே ஒளிக்கத்திர் செல்லும் போது ஒளிக்கதிர் பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சி அடைகிறது.

- பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சிக்கான சமன்பாடு, $L = t\left(\frac{\sin(i-r)}{\cos(r)}\right)$
- ஒற்றை கோளகப் பரப்பிற்கான சமன்பாடு, $\frac{n}{v} - \frac{1}{u} = \frac{(n-1)}{R}$
- மெல்லிய லென்ஸ் ஒன்றின் குவியத்தூரம், குவிக்கும் லென்ஸ்களுக்கு நேர்குறியாகவும் விரிக்கும் லென்ஸ்களுக்கு எதிர்குறியாகவும் காணப்படும். இது குவிக்கும் புள்ளியின் அமைவிடத்தைப் பொருத்தல்ல.
- லென்ஸ் உருவாக்குபவரின் சமன்பாடு, $\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$
- லென்ஸ் சமன்பாடு, $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$
- லென்ஸின் உருப்பெருக்கச் சமன்பாடு, $m = \frac{h'}{h} = \frac{v}{u}$, $m = \frac{h'}{h} = \frac{f}{f+u}$ (அல்லது) $m = \frac{h'}{h} = \frac{f-v}{f}$
- லென்ஸ் ஒன்றின் மீது விழும் ஒளியை குவிக்கும் அல்லது விரிக்கும் லென்ஸின் திறமையை, லென்ஸின் திறனைக் கொண்டு (Power of a lens) அளவிடலாம்
- லென்ஸின் திறன் அதன் குவியத்தூரத்திற்கு எதிர்த்தகவாகும். $P = \frac{1}{f}$
- லென்ஸ் ஒன்றின் குவியத்தூரத்தை மீட்டரில் அளவீடு செய்யும்போது, அதன் திறனின் அலகு டயாப்டர் (D) ஆகும்
- ஒன்றை ஒன்று தொட்டுக் கொண்டிருக்கும் லென்ஸ் கூட்டமைப்பின் தொகுபயன் குவியத்தூரம், $\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$
- முப்பட்டகம் தன்மீது விழும் ஒளியை திசைமாற்றம் அடையச் செய்கிறது.
- முப்பட்டகத்தின் திசைமாற்றக் கோணம், முப்பட்டகக்கோணம், படுகோணம் மற்றும் முப்பட்டகம் பொருளின் ஒளிவிலகல் எண் போன்றவற்றைச் சார்ந்துள்ளது. இதற்கான தொடர்பு, $d = i_1 + i_2 - A$
- சிறும திசைமாற்ற நிலையில் $i_1 = i_2$, $r_1 = r_2$, முப்பட்டகத்தின் மீது விழும் ஒளிக்கதிர், அதன் அடிப்பரப்பிற்கு இணையாகச் செல்லும்.
- முப்பட்டகத்தின் ஒளிவிலகல் எண், முப்பட்டகக் கோணம் மற்றும் சிறும திசை மாற்றக் கோணத்தைச் சார்ந்துள்ளது. அதற்கான தொடர்பு, $n = \frac{\sin\left(\frac{A+D}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$
- ஊடகம் ஒன்றின் வழியே ஒளி செல்லும் போது ஒவ்வொரு வண்ணமும் வெவ்வேறு வேகங்களில் செல்லும். இவ்வேக வேறுபாடு நிறப்பிரிகையைத் தோற்றுவிக்கும். ஊடகம் ஒன்றினுள் ஊதா நிறத்தை விட சிவப்பு நிறம் அதிவேகத்தில் செல்லும். அனைத்து நிறங்களும் வெற்றிடத்தினுள் ஒரே வேகத்தில் செல்லும்.
- சிறு கோணமுப்பட்டகம் ஒன்றின் திசைமாற்றக் கோணம், $\delta = (n-1)A$
- நிறமாலையில் உள்ள இரண்டு எல்லை வண்ணங்களுக்கு இடையேயான (ஊதா மற்றும் சிவப்பு) திசைமாற்றக் கோணங்களின் வேறுபாடு கோண நிறப்பிரிகையைக் கொடுக்கிறது.
  கோண நிறப்பிரிகை: $\delta_V - \delta_R = (n_V - n_R)A$.
- வெள்ளை ஒளியிலிருந்து நிறங்களைப் பிரிகை அடையச் செய்யும் ஊடகம் ஒன்றின் திறமையை, நிறப்பிரிகைதிறன் (Dispersive Power) அளவிடுகிறது. $\omega = \frac{(n_V - n_R)}{(n-1)}$
- நீர்த்துளி ஒன்றினால் ஒளி நிறப்பிரிகை அடையும்போது வானவில் தோன்றுகிறது.
- ஒளியின் அலைநீளத்தை விட குறைந்த அளவு கொண்ட துகள்களால் ஏற்படும் ஒளிச்சிதறலுக்கு இராலே ஒளிச்சிதறல் என்று பெயர். இராலே ஒளிச்சிதறலில் தோன்றும் ஒளியின் செறிவு , $I \propto \frac{1}{\lambda^4}$
- ஒளியின் அலைநீளத்தைவிட அதிக அளவுகொண்ட மிதக்கும் தூசித்துகள்களினால் ஏற்படும் ஒளிச்சிதறல், இராலே ஒளிச்சிதறலில் இருந்து வேறுபட்டதாகும். இவ்வகையான ஒளிச்சிதறல் படும் ஒளியின் அலை நீளத்தைச் சார்ந்தல்ல, சிதறலடைந்த ஒளியின் செறிவு அனைத்து அலைநீளங்களுக்கும் சமமாக இருக்கும்.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 46 26-12-2022 11:52:05

www.tnschoolbooks.in

கருத்து வரைபடம்



XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 47 26-12-2022 11:52:06

www.tnschoolbooks.in

மதிப்பீடு

I சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடுத்து எழுதுக

1. திசையொப்பு பண்பினைப் பெற்ற (Isotropic) ஊடகத்தின் வழியே செல்லும் ஒளியின் வேகம், பின்வருவனவற்றுள் எதனைச் சார்ந்துள்ளது?

(a) அதன் ஒளிச்செறிவு

(b) அதன் அலைநீளம்

(c) பரவும் தன்மை

(d) ஊடகத்தைப் பொருத்து ஒளிமூலத்தின் இயக்கம்

2. 10 cm நீளமுடைய தண்டு ஒன்று, 10 cm குவியத்தூரம்கொண்ட குழிஆடியின் முதன்மை அச்சில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. தண்டின் ஒரு முனை குழிஆடியின் முனையிலிருந்து 20 cm தொலைவில் இருந்தால், கிடைக்கும் பிம்பத்தின் நீளம் என்ன? (AIPMT முதன்மைத் தேர்வு 2012)

(a) 2.5 cm (b) 5cm

(c) 10 cm (d) 15cm

3. குவியத்தூரம் f கொண்ட குவிஆடியின் முன்பாகப் பொருளொன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. பெரிதாக்கப்பட்ட மெய் பிம்பம் கிடைக்க வேண்டுமெனில், குவிஆடியிலிருந்து பொருளை வைக்க வேண்டிய பெரும மற்றும் சிறுமத் தொலைவுகள் யாவை?

(IEE Main 2009)]

(a) $2f$ மற்றும் c (b) c மற்றும் ∞

(c) f மற்றும் O

(d) மேற்கண்ட எதுவுமில்லை

4. காற்றிலிருந்து, ஒளிவிலகல்எண் 2 கொண்ட கண்ணாடிப் பட்டகத்தின் மீது ஒளி விழுகிறது எனில், சாத்தியமான பெரும விலகுகோணத்தின் மதிப்பு என்ன?

(a) 30° (b) 45°

(c) 60° (d) 90°

5. காற்றில், ஒளியின் திசைவேகம் மற்றும் அலைநீளம் முறையே V_a மற்றும் λ_a. இதே போன்று தண்ணீரில் V_w மற்றும் λ_w எனில், தண்ணீரின் ஒளிவிலகல்எண் என்ன?

(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. பின்வருவனவற்றுள் விண்மீன்கள் மின்னுவதற்கான சரியான காரணம் எது?

(a) ஒளிஎதிரொளிப்பு

(b) முழு அக எதிரொளிப்பு

(c) ஒளிவிலகல்

(d) தளவிளைவு

7. ஒளிவிலகல் எண் 1.47 கொண்ட இருபுற குவிலென்ஸ் ஒன்று திரவம் ஒன்றில் மூழ்கி, சமதள கண்ணாடித் தகடு போன்று செயல்படுகிறது எனில், திரவத்தின் ஒளிவிலகல்எண் எவ்வாறு இருக்க வேண்டும்?

(a) ஒன்றைவிடக் குறைவு

(b) கண்ணாடியைவிடக் குறைவாக

(c) கண்ணாடியைவிட அதிகமாக

(d) கண்ணாடிக்குச் சமமாக

8. தட்டைக் குவிலென்ஸ் ஒன்றின் வளைவுப்பரப்பின் வளைவு ஆரம் 10 cm. மேலும், அதன் ஒளிவிலகல்எண் 1.5. குவிலென்சின் தட்டைப்பரப்பின் மீது வெள்ளி பூசப்பட்டால் அதன் குவியத்தூரம்

(a) 5 cm (b) 10 cm

(c) 15 cm (d) 20 cm

9. ஒளிவிலகல் எண் 1.5 கொண்ட கண்ணாடிப் பட்டகம் ஒன்றினுள் காற்றுக் குமிழ் ஒன்று உள்ளது. (செங்குத்துப் படுகதிர்நிலைக்கு அருகில்) ஒரு பக்கத்திலிருந்து பார்க்கும்போது, காற்றுக் குமிழ் 5 cm ஆழத்திலும், மற்றொரு பக்கம் வழியாக பார்க்கும்போது 3 cm ஆழத்திலும் உள்ளது எனில், கண்ணாடிப் பட்டகத்தின் தடிமன் என்ன?

(a) 8 cm (b) 10 cm

(c) 12 cm (d) 16 cm

XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 48 26-12-2022 11:52:07

10. ஒளிவிலகல் எண் n கொண்ட ஒளிபுகும் ஊடகத்தின் வழியே செல்லும் ஒளிக்கதிர், காற்றிலிருந்து இந்த ஊடகத்தைப் பிரிக்கும் தளத்தின் மீது 45° கோணத்தில் விழுந்து முழு அக எதிரொளிப்பு அடைகிறது எனில், n இன் மதிப்பு என்ன?

(a) $n = 1.25$ (b) $n = 1.33$
(c) $n = 1.4$ (d) $n = 1.5$

விடைகள்

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

II குறுவினாக்கள்

1. ஒளிஎதிரொளிப்பினால் ஏற்படும் திசைமாற்றக் கோணம் என்றால் என்ன?
2. கோளக ஆடியில் f மற்றும் R க்கு இடையேயான தொடர்பினை வருவி.
3. கோளக ஆடி ஒன்றிற்கான கார்ட்டீசியன் குறியீட்டு மரபுகளைக் கூறுக.
4. ஒளியியல் பாதை என்றால் என்ன? ஒளியியல் பாதைக்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக
5. ஸ்னெல் விதி/ஒளிவிலகல் விதிகளை எழுதுக.
6. ஒளிவிலகளினால் ஏற்படும் திசைமாற்றக் கோணம் என்றால் என்ன?
7. ஒளியின் மீளும் கொள்கை (Principle of reversibility) என்றால் என்ன?
8. ஒப்புமை ஒளிவிலகல் எண் என்றால் என்ன?
9. தோற்ற ஆழத்திற்கான கோவையை வருவி
10. விண்மீன்கள் ஏன் மின்னுகின்றன?
11. மாறுநிலைக்கோணம் மற்றும் முழுஅகஎதிரொளிப்பு என்றால் என்ன?
12. மாறுநிலைக் கோணத்திற்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.
13. வைரம் ஜொலிப்பதற்கான காரணத்தை விளக்குக.
14. கானல் நீர் மற்றும் குளிர் மாயத்தோற்றம் (looming) என்றால் என்ன?
15. முழுஅகஎதிரொளிப்பு பண்பின் அடிப்படையில் முப்பட்டகங்கள் எவ்வாறு உருவாக்கப்படுகின்றன என்பதைப்பற்றி குறிப்பு வரைக.
16. ஸ்னெல் சாளரம் என்றால் என்ன?
17. அகஉள்நோக்கி (endoscope) செயல்படும் முறையை விவரி.
18. குழிலென்ஸின் முதன்மைக்குவியம் மற்றும் துணைக்குவியம் என்றால் என்ன?
19. லென்ஸ்களுக்குப் பயன்படுத்தப்படும் குறியீட்டு மரபுகள் யாவை?
20. லென்ஸ் உருவாக்குபவர் சமன்பாட்டிலிருந்து லென்ஸ் சமன்பாட்டைப் பெறுக.
21. மெல்லிய லென்ஸ் ஒன்றிற்கான பக்கவாட்டு உருப்பெருக்கச் சமன்பாட்டைப் பெறுக.
22. லென்சின் திறன் என்றால் என்ன?
23. ஒன்றை ஒன்று தொட்டுக் கொண்டிருக்கும் லென்ஸ்களுக்கான தொகுபயன் குவியத்தூரத்திற்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.
24. சிறுமதிசைமாற்றக் கோணம் என்றால் என்ன?
25. நிறப்பிரிகை என்றால் என்ன?
26. வானவில் எவ்வாறு தோன்றுகிறது?
27. ராலே ஒளிச்சிதறல் என்றால் என்ன?
28. வானம் ஏன் நீலநிறமாகக் காட்சியளிக்கிறது?
29. சூரிய உதயம் மற்றும் மறைவின்போது வானம் ஏன் சிவப்பு நிறமாகத் தெரிகிறது?
30. மேகங்கள் ஏன் வெண்மை நிறமாகக் காட்சியளிக்கின்றன?

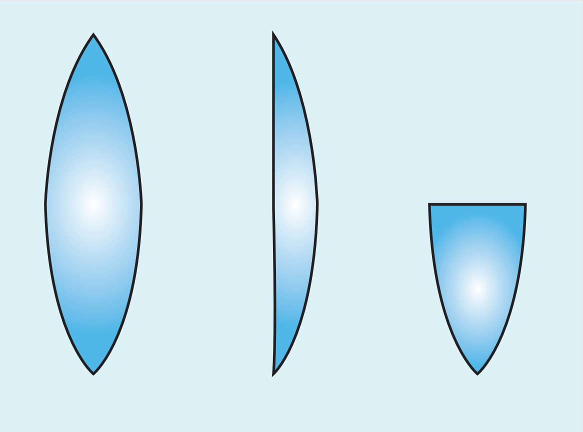
III நெடுவினாக்கள்

1. ஆடிச் சமன்பாட்டினை வருவித்து, பக்கவாட்டு உருப்பெருக்கத்திற்கான கோவையைப் பெறுக.
2. ஒளியின் வேகத்தைக் கண்டறியும் ஃபிஸீயு (Fizeau) முறையை விவரி.
3. ஒளியூட்ட ஆரம் (அல்லது) ஸ்நெல் சாளரத்திற்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.
4. ஒளி இழை ஒன்றின் ஏற்புக் கோணம் மற்றும் எண்ணியல் துளைக்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.
5. கண்ணாடிப்பட்டகம் ஒன்றின் வழியாகப்பாயும் ஒளியின் பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சிக்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.
6. ஒற்றைக் கோளகப்பரப்பில் ஏற்படும் ஒளிவிலகளுக்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.
7. லென்ஸ் உருவாக்குபவரின் சமன்பாட்டை வருவித்து, அதன் முக்கியத்துவத்தை எழுதுக.

8. மெல்லிய லென்ஸ் ஒன்றிற்கான சமன்பாட்டை வருவித்து, அதிலிருந்து உருப்பெருக்கத்திற்கான கோவையைப் பெறுக.
9. முப்பட்டகம் ஒன்றின் திசைமாற்றக் கோணத்திற்கான சமன்பாட்டை வருவித்து, அதிலிருந்து முப்பட்டகம் செய்யப்பட்டுள்ள பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் காண்பதற்கான கோவையை வருவி.
10. நிறப்பிரிகை என்றால் என்ன? ஊடகம் ஒன்றின் நிறப்பிரிகைத் திறனுக்கான கோவையைப்பெறுக.

IV கருத்துரு வினாக்கள்

1. தட்டுவடிவ விண்ணலைக் கம்பிகள் (Dish antennas) ஏன் உட்குழிந்து காணப்படுகின்றன?
2. தண்ணீரின் உள்ளே தோன்றும் நீர்க்குமிழிகள் எவ்வகையான லென்ஸ்களை உருவாக்கும்?
3. இரண்டு லென்ஸ்களைக் கொண்டு, சுழிதிறன் கொண்ட லென்ஸ் அமைப்பை உருவாக்க முடியுமா?
4. குவியத்தூரம் f கொண்ட இருபுற குவிலென்ஸ் ஒன்றின் வழியே I செறிவு கொண்ட ஒளி ஊடுருவிச் செல்கிறது. படத்தில் உள்ளவாறு லென்சை செங்குத்தாகவும் பக்கவாட்டிலும் வெட்டினால் லென்சின் குவியத்தூரம் மற்றும் ஒளிச்செறிவில் எத்தகைய மாற்றம் ஏற்படும்?



5. மூடுபனி உள்ள இடங்களில் மஞ்சள் நிற ஒளிவிளக்குகளைப் பயன்படுத்துவது விரும்பத்தக்கது ஏன்?

பயிற்சி கணக்குகள்

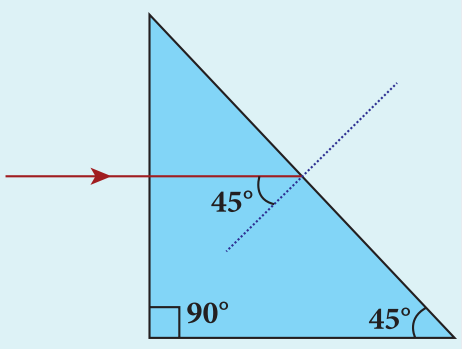
1. 4 cm உயரமுள்ள பொருளொன்று, 24 cm வளைவு ஆரம் கொண்ட குழி ஆடி ஒன்றின் முன்பு 6 cm தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. குழி ஆடியால் தோற்றுவிக்கப்படும் பிம்பத்தின் அமைவிடம், உயரம், உருப்பெருக்கம் மற்றும் பிம்பத்தின் தன்மை போன்றவற்றைக் கணக்கிடு.

   [விடை : $v = 12$ cm, $h = 8$ cm, $m = 2$ பொருளின் உயரத்தைவிட இரண்டு மடங்கு உயரம் கொண்ட, நேரான மாய பிம்பம், குழி ஆடியில் வலது பக்கமாக தோன்றும்]

2. 20 cm குவியத்தூரம் கொண்ட குழிஆடிக்கு முன்பாகப் பொருளொன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. பொருளின் அளவைப்போன்று மூன்று மடங்கு தொலைவில் பிம்பம் தோன்றுகிறது எனில், குழிஆடியிலிருந்து பொருளை வைக்க சாத்தியமான இரண்டு தொலைவுகளைக் கணக்கிடு.

   [விடை: $+m$ எனில் $-40/3$ cm மற்றும் $-m$ எனில் $-80/3$ cm]

3. சிவப்பு, பச்சை மற்றும் நீல வண்ணக் கலவையால் ஆக்கப்பட்டுள்ள ஒளிக்கதிர், செங்குத்து முப்பட்டகம் ஒன்றின் மீது படத்தில் காட்டிஉள்ளவாறு விழுகிறது, மேலே குறிப்பிடப்பட்டுள்ள சிவப்பு, பச்சை மற்றும் நீலவண்ணங்களுக்கான முப்பட்டகப் பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்கள் முறையே 1.39, 1.44 மற்றும் 1.47 ஆகும். மேலே குறிப்பிடப்பட்டுள்ள வண்ணங்களில் எவை முழு அக எதிரொளிப்பை அடையும்?



[விடை : பச்சை மற்றும் நீல வண்ணங்கள் முழு அக எதிரொளிப்படையும்]

XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 50 26-12-2022 11:52:07

www.tnschoolbooks.in

4. குவியத் தொலைவு 20 cm கொண்ட குவிலென்ஸ் ஒன்றிலிருந்து எத்தொலைவில் பொருளை வைத்தால் பொருளைவிட நான்கு மடங்கு பெரிதாக்கப்பட்ட பிம்பம் கிடைக்கும்?

[விடை: $u = -15$ cm]

5. இடது பக்கம் n_1 ஒளிவிலகல் எண் கொண்ட ஊடகத்தையும் வலது பக்கம் n_3 ஒளிவிலகல் எண் கொண்ட ஊடகத்தையும் பிரிக்கும் வகையில், n_2 ஒளிவிலகல் எண் கொண்ட லென்ஸ் ஒன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த லென்ஸிற்கான லென்ஸ் உருவாக்குபவரின் சமன்பாட்டை பெருக?

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

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

6. ஒளிவிலகல் எண் 1.5 கொண்ட கண்ணாடியால் செய்யப்பட்ட லென்ஸ் ஒன்றின் திறன் + 5.0 D இந்த லென்ஸ் n ஒளிவிலகல் எண் கொண்ட திரவம் ஒன்றில் மூழ்கவைக்கப்படும்போது குவியத்தூரம் 100 cm கொண்ட விரிக்கும் லென்சாக மாறுகிறது எனில், திரவத்தின் ஒளிவிலகல் எண் n இன் மதிப்பு என்ன?

[விடை: 5/3]

7. குவிலென்ஸின் குவியத்தொலைவைப் போன்று 4 மடங்கு தொலைவில் அதாவது, D தொலைவில் பொருளும் திரையும் பிரித்துவைக்கப்பட்டுள்ளன. இணை குவிய முறையின்படி (Conjugate foci method) பொருளுக்கும் திரைக்கும் நடுவே இரண்டு நிலைகளில் குவிலென்ஸை வைத்து பிம்பத்தை உருவாக்கலாம். இவ்விரண்டு நிலைகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவை f எனக் கொண்டு, குவிலென்சின் குவியத்தூரத்திற்கான சமன்பாட்டை வருவி

[விடை: $\left(f = \frac{D^2 - d^2}{4D}\right)$]

8. குழிலென்ஸ் ஒன்று எப்போதும், ஏன் நேரான மற்றும் சிறிய மாய பிம்பத்தையே உருவாக்குகிறது என்பதை உரிய முறையில் நிரூபி.

9. குவியத்தூரம் 15 cm உடைய, தட்டையான பக்கத்தில் வெள்ளிபூசப்பட்ட தட்டை – குவிலென்ஸ் ஒன்றின் முன்பாக, 20 cm தொலைவில் புள்ளிப்பொருள் ஒன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. புள்ளிப்பொருளின் இறுதி பிம்பத்தின் அமைவிடம் மற்றும் தன்மையைக் காண்க.

[விடை: $v = -12$ cm]

10. இராலே ஒளிச் சிதறலை தோற்றுவிக்கும் 500nm மற்றும் 300nm அலைநீளம் கொண்ட இரண்டு ஒளிக்கதிர்களின் செறிவுகளின் விகிதத்தைக் காண்க.

[விடை: 81:625]

மேற்கோள் நூல்கள் (BOOKS FOR REFERENCE)

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).

www.tnschoolbooks.in

இணையச் செயல்பாடு

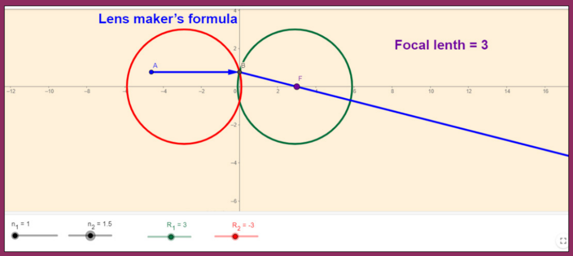
கதிர் ஒளியியல்

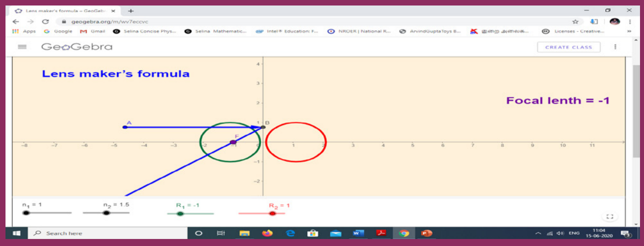
இந்த செயல்பாட்டை செய்வதன் மூலம் மாணவர்கள் அவர்கள் விரும்பிய குவியத்தூரம் கொண்ட லென்ஸை உருவாக்க தேவையான வளைவு ஆரத்தினை கண்டுபிடிக்க முடியும்.

தலைப்பு: லென்ஸ் உருவாக்குபவரின் சமன்பாடு

படிகள்:

- உலாவியில் கீழே கொடுக்கப்பட்ட இணையப் பக்கத்திற்கு செல்லவும். "https://www.geogebra.org/m/wv7eccvc".
- இங்கு n_1 = காற்றின் ஒளிவிலகல் எண் $(n_1=1)$. n_2 =லென்சின் ஒளிவிலகல் எண். R_1 மற்றும் R_2 ஆகியவைகள் லென்ஸின் வளைவு ஆரங்கள்.
- $n_2 = 1.5$ என எடுத்துக்கொள்ளுங்கள். $R_1 = 3$ செமீ மற்றும் $R_2 = -3$ செமீ என எடுத்துக்கொண்டு $\frac{1}{f}=(n_2-1)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$ என்ற சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி லென்ஸின் குவியத்தூரத்தை கணக்கிடவும். n_2, R_1 மற்றும் R_2 மதிப்புக்களை திரையில் மாற்றியமைத்து அங்கு கிடைக்கும் குவியத்தூரத்தை நீங்கள் கண்டுபிடித்த குவியத்தூரத்தோடு ஒப்பிட்டு சரிபார்க்கவும்
- 7 செமீ குவியதூரம் உடைய ஒரு குவிலென்ஸை உருவாக்க தேவையான R_1 மற்றும் R_2 மதிப்புக்களை திரையிலிருந்து கண்டுபிடிக்கவும்.
- $R_1 = -1$ செமீ மற்றும் $R_2 = 1$ செமீ என மாற்றம் செய்யும் போது உங்களுக்கு -1 செமீ குவியத்தூரம் கொண்ட குழி லென்ஸ் உருவாகும். இது போன்று R_1 மற்றும் R_2 மதிப்புக்களை மாற்றியமைத்து பல்வேறு குவியத்தூரம் கொண்ட குவி மற்றும் குழி லென்ஸுகளை உருவாக்கவும்.
- n_2 வின் மதிப்பை மாற்றியமைத்து குவியத்தூரம் ஒளிவிலகல் எண்ணை பொறுத்து குவியத்தூரம் எவ்வாறு மாறுகிறது என்பதை பகுப்பாய்வு செய்யவும்.
- ஒளிவிலகல் எண் n_1 ஐ மாற்றம் செய்து, லென்ஸால் சூழப்பட்ட ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணைப் பொறுத்து குவியத்தூரம் எவ்வாறு மாறுகிறது என்பதை பகுப்பாய்வு செய்யவும்.





குறிப்பு:

உங்கள் உலாவியில் flash player இல்லையென்றால் அதனை நிறுவவும்.

உரலி:

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

*படங்கள் அடையாளத்திற்கு மட்டும்.

* தேவையெனில் Flash Player or Java Script அனுமதிக்க.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-6_TM.indd 52 26-12-2022 11:52:10

www.tnschoolbooks.in

அலகு 7

அலை ஒளியியல் (WAVE OPTICS)

ஒரு காலம் இருண்டதாக இருப்பதற்கு ஒளி வீச மறுப்பது காரணமல்ல, மக்கள் காண மறுப்பதே காரணமாகும்.

– ஜேம்ஸ் ஆல்பர்ட் மிச்சனர்

கற்றலின் நோக்கங்கள்

இந்த அலகில் மாணவர்கள் அறிந்து கொள்ள இருப்பது

- ஒளியின் அலைப்பண்பு
- ஒளி எதிரொளிப்பு மற்றும் ஒளி விலகல் விதிகளை நிறுவுதல்
- குறுக்கீட்டு விளைவு, விளிம்பு விளைவு மற்றும் தளவிளைவு ஆகிய நிகழ்வுகள்
- உருப்பெருக்கம், பிரிதிறன் போன்ற பல்வேறு வரையறைகள்
- நுண்ணோக்கி, தொலைநோக்கி போன்ற வெவ்வேறு கருவிகள்

7.1 ஒளியைப்பற்றிய கொள்கைகள் (Theories of light)

ஒளி என்பது ஒருவகையான ஆற்றலாகும். இவ்வாற்றல் ஓரிடத்திலிருந்து, மற்றோர் இடத்திற்குப் பரவுகிறது. அறிவியல் அறிஞர்களால் முன்வைக்கப்பட்ட ஒளியைப் பற்றிய பல்வேறு கொள்கைகள் ஒளியின் தன்மையைப் பற்றி மட்டும் கூறாமல் ஒளிபரவும் முறை மற்றும் ஒளியினால் ஏற்படும் நிகழ்வுகளைப் பற்றியும் விளக்குகின்றன.

7.1.1 நுண்துகள் கொள்கை (Corpuscular theory)

ஒளியைப்பற்றிய நுண்துகள் கொள்கையை சர் ஐசக் நியூட்டன் (Sir Isaac Newton) (1672) கொடுத்தார். இதற்கு முன்பே, டெஸ்கார்டஸ் (Descartes) (1637) ஒளி எதிரொளிப்பு மற்றும் ஒளிவிலகலை விளக்குவதற்குகாக இக்கொள்கையைப் பரிந்துரைத்தார். இக்கொள்கையின்படி ஒளி மிகச்சிறிய, நிறையற்ற (புறக்கணித்தக்க சிறிய நிறை) மற்றும் முழு மீட்சியுறும் துகள்களாக உமிழப்படுகின்றது. இவற்றுக்கு நுண்துகள்கள் (corpuscles) என்றுபெயர். நுண்துகள்கள் மிகச்சிறியவை. எனவே, ஒளிமூலம் நீண்ட காலத்திற்கு ஒளியை உமிழ்ந்தாலும், அதன் நிறையில் குறிப்பிடத்தக்க மாற்றம் ஏதும் ஏற்படாது. நுண்துகள்கள் மிகவேகமாகச் செல்வதால், அவை புவியீர்ப்பு விசையினால் எவ்விதபாதிப்பையும் அடையாது. மேலும், ஒரே ஒளிவிலகல் எண் கொண்ட சீரான ஊடகத்தில் நுண்துகள்களின் பாதை ஒரு நேர்கோடாகும். இந்த நுண்துகள்களின் இயக்க ஆற்றலே ஒளியின் ஆற்றலாகும். இந்த நுண்துகள்கள் விழித்திரையின்மீது மோதுவதால் பார்வை ஏற்படுகின்றது. வெவ்வேறு அளவுகள் கொண்ட நுண்துகள்கள் வெவ்வேறு வண்ணங்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன. நுண்துகள்கள் இரண்டு ஊடகங்களைப்பிரிக்கும் தளத்தினை அடையும்போது, அவை ஈர்க்கப்படலாம் அல்லது விலக்கப்படலாம். ஊடகத்தினால் நுண்துகள்கள் விலக்கப்பட்டால் ஒளி எதிரொளிப்பும், ஈர்க்கப்பட்டால் ஒளிவிலகலும் ஏற்படுகின்றது.

ஒளியானது அடர்குறைஊடகத்தில் வேகமாகவும், அடர்மிகுஊடகத்தில் மெதுவாகவும் செல்வதற்கான காரணத்தை இக்கொள்கையால் விளக்கமுடியவில்லை. மேலும், குறுக்கீட்டு விளைவு, விளிம்பு விளைவு மற்றும் தளவிளைவு போன்ற நிகழ்வுகளையும் இக்கொள்கையால் விளக்கமுடியவில்லை.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-7_TM.indd 53 19-12-2022 17:05:29

7.1.2 அலைக்கொள்கை (Wave Theory)

ஊடகத்தின் வழியாக ஒளி பரவுவதை விளக்குவதற்காகக் கிரிஸ்டியன் ஹைகென்ஸ் (Christian Huygens) (1678) அலைக்கொள்கையை முன்மொழிந்தார். இவரின் கொள்கையின்படி, ஒளி என்பது ஒளிமூலத்தினால் ஏற்படும் ஒரு மாறுபாடாகும். இம்மாறுபாடு வெளிமுழுவதும் நிரம்பியுள்ள ஓர் ஊடகத்தின் வழியே இயந்திர அலையான நெட்டலை வடிவில் பரவுகிறது எனவும், இயந்திர அலை பரவுவதற்கு ஊடகம் அவசியம். எனவே, ஈதர் (ether) என்ற ஊடகம் வெளி முழுவதும் பரவியுள்ளது எனவும் யூகித்துக்கொண்டார். ஒளி எதிரொளிப்பு, ஒளிவிலகல், குறுக்கீட்டு விளைவு மற்றும் விளிம்பு விளைவு போன்ற ஒளியின் விளைவுகளை அலைக்கொள்கை நன்கு விளக்கியது.

பின்பு, வெளிமுழுவதும் பரவியுள்ள ஈதர் ஊடகத்தைப்பற்றிய இவர் கொள்கை தவறு என்று நிரூபிக்கப்பட்டது. எனவே, வெற்றிடத்தின் வழியே ஒளி எவ்வாறு பரவுகின்றது என்பதையும் இக்கொள்கையினால் விளக்க முடியவில்லை. மேலும், ஒளியின் தளவிளைவையும் இக்கொள்கையினால் விளக்க முடிவியல்லை. ஏனெனில், தளவிளைவு என்பது குறுக்கலைகளின் பண்பாகும்.

7.1.3 மின்காந்த அலைக்கொள்கை (Electromagnetic wave theory)

ஒளி, குறுக்கலை வடிவில் பரவும் மின்காந்த ஆற்றலை சுமந்துசெல்லும் மின்காந்த அலை என்று மேக்ஸ்வெல் (Maxwell) (1864) நிரூபித்தார். மேலும், மின்காந்த அலை பரவுவதற்கு எவ்வித ஊடகமும் தேவையில்லை என்றும் இவரால் நிரூபித்துக் காட்ட முடிந்தது. ஒளியின் அனைத்து நிகழ்வுகளையும் இக்கொள்கை வெற்றிகரமாக நிரூபித்தது.

இருப்பினும், இக்கொள்கையினால் ஒளி மற்றும் பருப்பொருளுக்கு இடையே ஏற்படும் இடைவினையை; அதாவது, ஒளிமின் விளைவு (Photoelectric effect) மற்றும் காம்டன் விளைவு (Compton effect) போன்றவற்றை விளக்க முடியவில்லை.

7.1.4 குவாண்டம் கொள்கை (Quantum theory)

ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீன் (Albert Einstein) (1905), மேக்ஸ் பிளாங் (1900)–கின் கருத்துகளை உறுதிப்படுத்தும் விதமாக, ஒளிமின் விளைவை விளக்கினார். (அலகு 8இல் படிக்க உள்ளீர்கள்) ஒளிமின் விளைவின்படி, ஒளியானது ஃபோட்டான் வடிவில் பருப்பொருளின்மீது மோதி, பருப்பொருளிலிருந்து எலக்ட்ரான்களை உமிழச் செய்கிறது. ஃபோட்டான் என்பது தனித்தனி ஆற்றல் சிப்பங்களாகும். ஒவ்வொரு ஃபோட்டானும் பெற்றுள்ள ஆற்றல் E ஆகும். ஆதாவது,

$$E = h\nu \qquad (7.1)$$

இங்கு, h என்பது பிளாங் மாறிலியாகும். (*Plank's constant*) (h = 6.625 × 10^{-34} Js) மற்றும் ν என்பது மின்காந்த அலையின் அதிர்வெண்ணைக் குறிக்கிறது.

அலைப்பண்பு மற்றும் துகள் பண்பு இரண்டு பண்புகளையும் ஒருங்கே பெற்றுள்ள ஒளியின் இப்பண்பிற்கு, இரட்டைப்பண்பு என்று பெயர். ஒளி பரவும்போது அலையாகவும், பருப்பொருளுடன் இடைவினை புரியும்போது துகளாகவும் செயல்படுகின்றது என்று முடிவு செய்யப்படுகிறது.

7.2 ஒளியின் அலைப்பண்பு (Wave nature of light)

ஒளி குறுக்கலை வடிவில் உள்ள மின்காந்த அலையாகும். குறுக்கீட்டு விளைவு மற்றும் விளிம்பு விளைவு தொடர்பான சோதனைகளில் இருந்து ஒளியின் அலைப்பண்பு நமக்குக் காட்டப்பட்டது. ஒளியின் குறுக்கலைப்பண்பை விளக்கும் நிகழ்வு தளவிளைவாகும். அனைத்து மின்காந்த அலைகளைப் போன்றே ஒளியும் வெற்றிடத்தின் வழியே பரவும்.

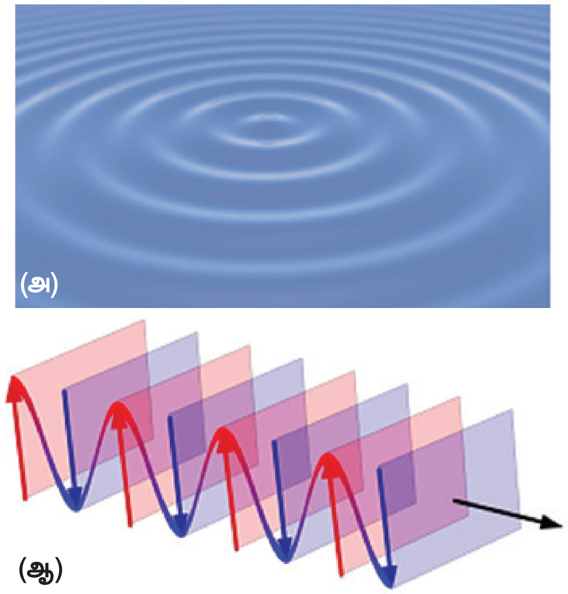
7.2.1 அலை ஒளியியல் (Wave optics)

ஒளி, எதிரொளிப்பு மற்றும் ஒளி விலகல் நிகழ்வுகளை அலை ஒளியியலின் அடிப்படையில்தான் விளக்கமுடியும். ஒளி அலைவடிவில் பரவினாலும் ஒளிபரவும் திசை ஒளிக்கதிரைக் கொண்டுதான் குறிப்பிடப்படுகிறது.

சலனமற்ற தண்ணீர்ப்பரப்பின் மீது கல்ஒன்றினைப் போடும்போது, அக்கல் விழுந்த பகுதியைச் சுற்றி வட்டவடிவ சிற்றலைகள் பரவும். இந்நிகழ்ச்சி அலைபரவுவதற்கு ஓர் சிறந்த உதாரணமாகும். சிற்றலை ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியைக் கடந்து செல்லும் போது, அப்புள்ளியில் உள்ள நீர் மூலக்கூறுகள் அல்லது துகள்கள் மேலும் கீழுமாக இயங்கும் (அல்லது) அலைவுறும். ஒரு மையப்புள்ளியிலிருந்து சமதொலைவில் உள்ள சிற்றலையின் அனைத்துத் துகள்களும் ஒரே கட்டத்தில் அதிர்வடையும் அலைமுகப்பைப் கொண்டிருக்கும் இது படம் 7.1(அ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒரே

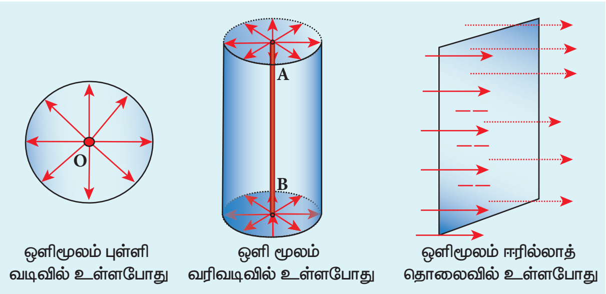
www.tnschoolbooks.in

நிலையில் அல்லது ஒரே கட்டத்தில் அதிர்வடையும் புள்ளிகளை இணைக்கும் முன்புற உறைக்கு அலைமுகப்பு என்று பெயர். அலைபரவல் என்பது, அலைமுகப்பு பரவுவதையே குறிக்கிறது. அலைமுகப்பு எப்போதும் அலைபரவும் திசைக்கு செங்குத்தாகவே இருக்கும். ஒளிக்கதிரின்திசை அலைபரவும் திசையிலேயே இருந்தால், அலைமுகப்பு, எப்போதும் ஒளிக்கதிரின் திசைக்குச் செங்குத்தாக படம் 7.1 (ஆ)–வில் காட்டப்பட்டுள்ளது போல் இருக்கும்.



படம் 7.1 (அ) தண்ணீர்ப் பரப்பின்மீது ஏற்படும் சிற்றலை (ஆ) அலைமுகப்பு மற்றும் ஒளிக்கதிர்.

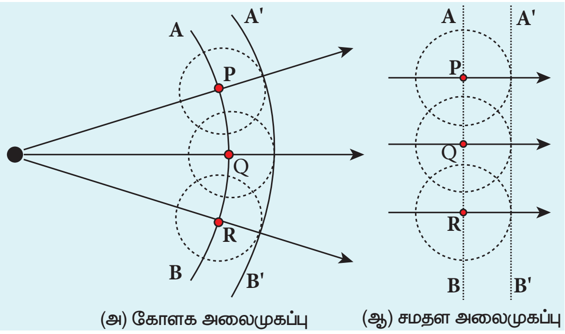
ஒரு புள்ளியில் உற்றுநோக்கப்படும் அலைமுகப்பின் வடிவம் ஒளிமூலத்தின் வடிவத்தையும், ஒளிமூலம் அமைந்துள்ள தொலைவையும் சார்ந்துள்ளது. வரம்புக்குட்பட்ட தொலைவில் அமைந்துள்ள ஒரு புள்ளி ஒளிமூலம் எப்பொழுதும் கோளக அலைமுகப்பையே தருகிறது. வரம்புக்குட்பட்ட தொலைவில் அமைந்துள்ள நீட்டப்பட்ட (அல்லது) கோட்டு ஒளிமூலம், உருளைவடிவ அலைமுகப்பைத் தருகிறது. ஈறிலாத் தொலைவில் அமைந்துள்ள எந்த ஓர் ஒளிமூலத்தினாலும் தோன்றுவது சமதள அலைமுகப்புகள். இவை படம் 7.2–ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.



படம் 7.2 அலைமுகப்புகள்

7.2.2 ஹைஹென்ஸ் தத்துவம் (Huygens' Principle)

ஹைஹென்ஸ் தத்துவம் அடிப்படையில் ஒரு வடிவியல் கட்டமைப்பாகும். $t = 0$ என்ற நேரத்தில் அலைமுகப்பின் வடிவம் நமக்குத் தெரிந்தால், எந்த ஒரு நேரத்திலும் உள்ள அலைமுகப்பின் வடிவத்தை ஹைஹென்ஸ் தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தி நாம் கண்டறியலாம். **ஹைஹென்ஸ் தத்துவத்தின்படி, அலைமுகப்பிலுள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியும் இரண்டாம்நிலை அலைக்குட்டிகளை உருவாக்கும் ஒளிமூலமாகச் செயல்படும். இப்புள்ளிகளிலிருந்து வெளிவரும் இரண்டாம்நிலை அலைக்குட்டிகள், அலையின் வேகத்தில், ஊடகத்தின் அனைத்துத் திசைகளிலும் பரவும். இந்த இரண்டாம் நிலை அலைகுட்டிகளுக்கு வரையப்படும் பொதுவான தொடுகோடு அல்லது இரண்டாம் நிலை அலைக்குட்டிகளின் முன்புற உறை, அடுத்து ஏற்படும் புதிய அலைமுகப்பைக் கொடுக்கும்.** எனவே, ஹைஹென்ஸ் தத்துவம் அலைமுகப்பின் பரவலை விளக்குகிறது. கோளக மற்றும் சமதள அலைமுகப்புகளின் பரவலை ஹைஹென்ஸ் தத்துவத்தின் மூலம் விவரிக்கலாம். $t=0$ என்ற நேரத்தில் உள்ள அலைமுகப்பை, AB என்க. ஹைஹென்ஸ் தத்துவத்தின்படி AB அலைமுகப்பின் ஒவ்வொரு புள்ளியும், அலையின் வேகத்தில் (ஒளியின் வேகம் c–இல்) செல்லும் இரண்டாம் நிலை அலைக்குட்டிகளை உருவாக்கும் ஒளிமூலமாகச் செயல்படும். t காலம் கழித்து அலைமுகப்பின் புதிய நிலையை அறிவதற்கு AB மீதுள்ள P,Q,R... என்ற புள்ளிகளை மையமாகக் கொண்டு ct ஐ ஆரமாகக்கொண்டு வட்டங்கள் வரையவேண்டும். இச்சிறுவட்டங்களின் முன்புற உறை அல்லது தொடுகோடு $A'B'$ ஆனது t நேரத்தில் ஏற்படும் புதிய அலைமுகப்பாகும். குறிப்பிட்ட தொலைவிலுள்ள புள்ளி ஒளிமூலத்தால் ஏற்படும் இப்புதிய அலைமுகப்பு $A'B'$ ஒரு கோளக அலைமுகப்பாக இருக்கும். இது படம் 7.3 (அ)–வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒளிமூலம் மிக நீண்ட தூரத்தில் (ஈறிலாத் தொலைவில்) இருந்தால் சமதள அலைமுகப்பாக இருக்கும். இது படம் 7.3 (ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



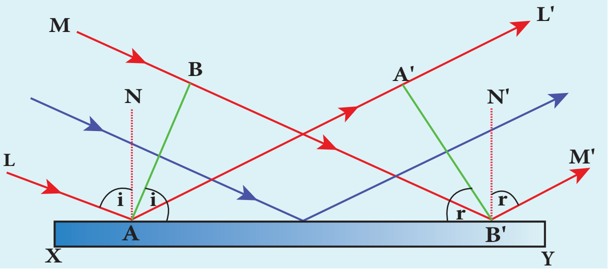
படம் 7.3 ஹைஹென்ஸ் தத்துவம்

அலைபரவுவதை விளக்கும் ஹைகென்ஸ் கட்டமைப்பில் ஒரு குறைபாடு உள்ளது. மேற்கண்ட கட்டமைப்பில் தோன்றும் பின்அலை (back wave) எவ்வாறு மறைகின்றது என்பதை இக்கொள்கை விளக்கவில்லை. மின்காந்த அலைக்கொள்கையின் அடிப்படையில் பின்அலைகளின் பரவல் இயல்பாகவே ஒதுக்கித்தள்ளப்படுகின்றன. இருந்தபோதிலும், ஹைகென்ஸ் கட்டமைப்பு அலைமுகப்பு ஒன்றின் பரவலை வரைபட வடிவில் நன்கு விளக்குகிறது.

7.2.3 ஹைகென்ஸ் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் எதிரொளிப்பு விதிகளை நிரூபித்தல் (Proof for laws of reflection using Huygens' Principle)

XY என்ற சமதளக் கண்ணாடியின் எதிரொளிப்புப் பரப்பின்மீது படம் 7.4–இல் காட்டியுள்ளவாறு இணை ஒளிக்கற்றைகள் விழுகின்றன எனக் கருதுக. படும் சமதள அலைமுகப்பு AB மற்றும் எதிரொளிப்பு அலைமுகப்பு $A'B'$ இவ்விரண்டு அலைமுகப்புகளும் ஒரே ஊடகத்தில் உள்ளன. இந்த அலைமுகப்புகள் படுகதிர்கள் L,M மற்றும் எதிரொளிப்புக் கதிர்கள் L', M' ஆகியவற்றிற்குச் செங்குத்தாக உள்ளன. படும் அலைமுகப்பிலுள்ள A புள்ளி, எதிரொளிப்புப் பரப்பைத் தொடும் நேரத்தில், B புள்ளி BB' தொலைவு பயணம் செய்து, எதிரொளிப்புப் பரப்பிலுள்ள B' புள்ளியை அடைகிறது.

B புள்ளி எதிரொளிப்புப் பரப்பிலுள்ள B' புள்ளியை தொடும் அந்த நேர இடைவெளியில்; A புள்ளி A' ஐ அடைகிறது. அலைமுகப்பிலுள்ள அனைத்துப் புள்ளிகளுக்கும் இது பொருந்தும். எனவே, $A'B'$ என்ற சமதள எதிரொளிப்பு அலைமுகப்பு கிடைக்கும். ஒளிக்கதிர்கள் L மற்றும் M இரண்டும் எதிரொளிப்புப் பரப்பில் விழும் புள்ளிகளில் N மற்றும் N' என்ற இரண்டு செங்குத்துக்கோடுகள் வரையப்படுகின்றன. எதிரொளிப்பும் இதே ஊடகத்தில் நடைபெறுவதால் எதிரொளிப்புக்கு முன்பும் மற்றும் எதிரொளிப்புக்குப் பின்பும் ஒளியின்



படம் 7.4 எதிரொளிப்பு விதிகள்

திசைவேகத்தில் எவ்வித மாற்றமும் ஏற்படாது. ஒளி A விலிருந்து A' வர எடுத்தக்கொள்ளும் நேரமும் B யிலிருந்து B' வர எடுத்துக்கொள்ளும் நேரமும் சமம். இதன்காரணமாகத் தொலைவுகள் AA' மற்றும் BB' இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று சமம் $(AA' = BB')$.

(i) படுகதிர்கள், எதிரொளிப்புக்கதிர்கள், எதிரொளிப்புப் பரப்பு மற்றும் செங்குத்துக்கோடு அனைத்தும் ஒரே தளத்தில் உள்ளன.

(ii) படுகோணம்,

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

எதிரொளிப்புக்கோணம்,

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

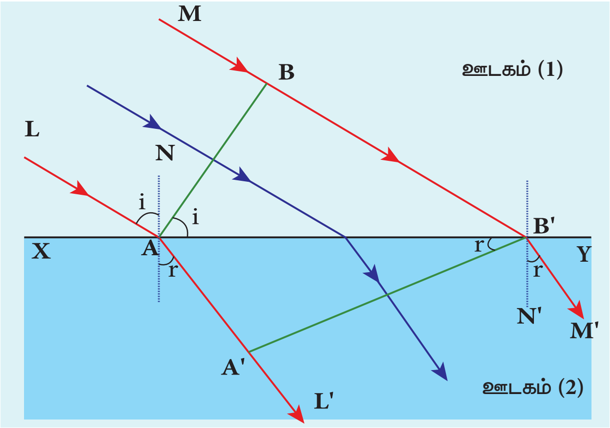
செங்கோண முக்கோணங்கள் $\Delta ABB'$ மற்றும் $\Delta B'A'A$ இரண்டிலும் செங்கோணங்கள் $\angle B$ மற்றும் $\angle A'$ சமம். ($\angle B$ மற்றும் $\angle A' = 90^o$); AA' மற்றும் BB' இரண்டு பக்கங்களும் சமம் $(AA' = BB')$. மேலும், பக்கம் AB' இரண்டு செங்கோண முக்கோணங்களுக்கும் பொதுவானது. எனவே, இவ்விரண்டு முக்கோணங்களும் ஒப்பு முக்கோணங்களாகும் (Congruent). ஒப்பு முக்கோணங்களுக்குக் கோணங்கள் $\angle BAB'$ மற்றும் $\angle A'B'A$ ஆகியவை ஒன்றுக்கொன்று சமமாகும். எனவே,

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

படுகோணம், எதிரொளிப்புக் கோணத்திற்குச் சமமாகும். எனவே, எதிரொளிப்பு விதிகள் நிரூபிக்கப்பட்டன.

7.2.4 ஹைகென்ஸ் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் ஒளிவிலகல் விதிகளை நிரூபித்தல் (Proof for laws of refraction using Huygens' Principle)

ஒளிபுகும் தன்மை கொண்ட கண்ணாடிப் பரப்பு XY ன் மீது, படம் 7.5–இல் காட்டியுள்ளவாறு இணை ஒளிக்கற்றைகள் விழுகின்றன எனக் கருதுக. படும் சமதள அலைமுகப்பு AB அடர்குறை ஊடகம் (1) லும், ஒளிவிலகு அலைமுகப்பு, அடர்மிகு ஊடகம் (2) லும் உள்ளன. இவ்விரண்டு அலைமுகப்புகளும் படுகதிர் L,M மற்றும் விலகு கதிர் L',M' ஆகியவற்றிற்குச் செங்குத்தாகும். படும் அலைமுகப்பிலுள்ள A புள்ளி, ஒளிவிலகு பரப்பைத்தொடும் அந்த நேரத்தில், B புள்ளி BB' தொலைவைக் கடந்து ஒளிவிலகு பரப்பின் B'



படம் 7.5 ஒளிவிலகல் விதிகள்

என்ற புள்ளியைத் தொடுகிறது, B புள்ளி ஒளிவிலகு பரப்பின் B' புள்ளியைத் தொடும் நேரத்தில் A புள்ளி மற்றோர் ஊடகத்தில் A' தொலைவை கடக்கிறது. அலைமுகப்பிலுள்ள அனைத்துப் புள்ளிகளுக்கும் இது பொருந்தும். எனவே $A'B'$ என்ற சமதள ஒளிவிலகு அலைமுகப்பு கிடைக்கும். ஒளிவிலகு பரப்பில் L மற்றும் M கதிர்கள் படும் புள்ளியில் N மற்றும் N' என்ற இரண்டு செங்குத்துக் கோடுகள் கருதப்படுகின்றன. இங்கு அடர்குறை ஊடகத்தில் (1) இருந்து, அடர்மிகு ஊடகத்திற்கு (2) ஒளிவிகல் ஏற்படுவதால், ஒளிவிலகலுக்கு முன்பு ஒளியின் திசைவேகம் v_1 மற்றும் ஒளிவிலகலுக்குப் பின்பு ஒளியின் திசைவேகம் v_2 ஆகும். இங்கு v_1 ஆனது v_2 ஐ விட அதிகம். $(v_1 > v_2)$. ஆனால், ஒளிக்கதிர்கள் B யிலிருந்து B' புள்ளிக்குச் செல்ல எடுத்துக்கொள்ளும் நேரமும், A விலிருந்து A' புள்ளிக்குச் செல்ல எடுத்துக்கொள்ளும் நேரமும் சமம்.

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

(i) படுகதிர்கள், விலகுகதிர்கள், ஒளிவிலகு பரப்பு XY மற்றும் செங்குத்துக்கோடுகள் அனைத்தும் ஒரே தளத்தில் அமைகின்றன.

(ii) படுகோணம்,

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

விலகுகோணம்,

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

செங்கோண முக்கோணங்கள் $\Delta ABB'$ மற்றும் $\Delta AA'B$–இரண்டிலுமிருந்து,

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

இங்கு c என்பது, வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகமாகும். விகிதம் c/v ஒரு மாறிலியாகும். இம்மாறிலிக்கு ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் என்றுபெயர். முதல் ஊடகத்தின் (1) ஒளிவிலகல் எண் $c/v_1 = n_1$ மற்றும் இரண்டாவது ஊடகத்தின் (2) ஒளிவிலகல் எண் $c/v_2 = n_2$ ஆகும்.

விகித வடிவில்

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

பெருக்கல் வடிவில்

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

எனவே, ஒளிவிலகல் விதிகள் நிரூபிக்கப்பட்டன.

இதேமுறையில், அலைமுகப்பு அடர்மிகு ஊடகத்தில் இருந்து, அடர்குறை ஊடகத்திற்கு வரும்போதும் ஒளிவிலகல் விதிகளை நிரூபிக்க முடியும்.

ஒளியின் வேகம் ஒளிவிலகல் எண்ணிற்கு எதிர்த்தகவிலும் $(v \propto 1/n)$ அலைநீளத்திற்கு நேர்த்தகவிலும் $(v \propto \lambda)$ உள்ளதால்,

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

குறிப்பு

குறிப்பிட்ட அதிர்வெண் கொண்ட ஒளி, வெவ்வேறு ஊடகங்களின் வழியாகச் சென்றாலும் அதன் அதிர்வெண் மாற்றமடையாது. ஆனால், அலைநீளம் மட்டுமே அவ்வூடகத்தில் ஒளியின் வேகத்திற்கு ஏற்ப மாற்றமடையும்.

எடுத்துக்காட்டு 7.1

சோடிய ஆவிவிளக்கிலிருந்து வெளிவரும் ஒளியின் அலைநீளம் வெற்றிடத்தில் 5893 Å. இந்த ஒளி 1.33 ஒளிவிலகல் எண் கொண்ட நீரின் வழியே செல்லும்போது பின்வருவனவற்றைக் காண்க (அ) அலைநீளம், (ஆ) திசைவேகம் மற்றும் (இ) அதிர்வெண்

தீர்வு

வெற்றிடத்தின் ஒளிவிலகல் எண், $n_1 = 1$

வெற்றிடத்தில் சோடிய ஒளியின் அலை நீளம், $\lambda_1 = 5893$ Å.

வெற்றிடத்தில் ஒளியின் திசைவேகம்,

$c = v_1 = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

XII_Physics_Vol-2_UNIT-7_TM.indd 57 19-12-2022 17:05:37

தண்ணீரின் ஒளிவிலகல் எண், $n_2 = 1.33$

தண்ணீரில் சோடிய ஒளியின் அலைநீளம், λ_2 மற்றும்

தண்ணீரில் சோடிய ஒளியின் திசைவேகம், v_2 என்க.

(அ) அலைநீளத்தையும் ஒளிவிலகல் எண்ணையும் தொடர்புபடுத்தும் சமன்பாடு,

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

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

கொடுக்கப்பட்ட மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

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

$$\lambda_2 = 4431\,\text{Å}$$

(ஆ) திசை வேகத்தையும், ஒளிவிலகல் எண்ணையும் தொடர்புபடுத்தும் சமன்பாடு,

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

எனவே, $v_2 = \frac{n_1}{n_2} \times v_1$

கொடுக்கப்பட்ட மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$v_2 = \frac{1}{1.33} \times 3 \times 10^8 = 2.256 \times 10^8$$

$$v_2 = 2.256 \times 10^8\,\text{m s}^{-1}$$

(இ) வெற்றிடத்தில் சோடிய ஒளியின் அதிர்வெண்

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

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

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

தண்ணீரில் சோடிய ஒளியின் அதிர்வெண்,

$$\nu_2 = \frac{v}{\lambda_2}$$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

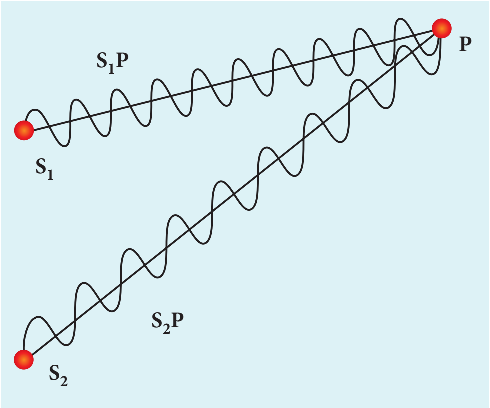
$$\nu_2 = \frac{2.256 \times 10^8\,\text{m s}^{-1}}{4431 \times 10^{-10}} = 5.091 \times 10^{14}\,Hz$$

ஊடகத்தைப்பொருத்து அதிர்வெண்மாறாது என்பதை மேற்கண்ட முடிவுகள் உணர்த்துகின்றன.

7.3 குறுக்கீட்டு விளைவு (Interference)

இரண்டு ஒளி அலைகள் ஒன்றின்மீது மற்றொன்று மேற்பொருந்துவதால் சில புள்ளிகளில் ஒளிச்செறிவு அதிகரிக்கும், வேறுசில புள்ளிகளில் ஒளிச்செறிவு குறையும் நிகழ்வுக்கு ஒளியின் குறுக்கீட்டு விளைவு என்று பெயர். மேற்பொருந்தல் என்பது ஒளி அலைகளின் கூடுதலைக் குறிக்கிறது. இயந்திர அலைகளின் மேற்பொருந்துதலைப்பற்றி XI ஆம் வகுப்பில் பயின்றோம். (XI இயற்பியல் 11.7) இரண்டு அலைகள் ஒரே நேரத்தில் ஊடகத்திலுள்ள துகளின் வழியே செல்லும்போது தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சியானது ஒவ்வொரு அலையினாலும் துகளின் மீது ஏற்படுத்தும் தனித்தனி இடப்பெயர்ச்சிகளின் வெக்டர் கூடுதலுக்குச் சமம். மேற்பொருந்தும் அலைகளுக்கு இடையே உள்ள கட்டவேறுபாட்டைப் பொருத்து, தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சி பெருமமாகவோ அல்லது சிறுமமாகவோ இருக்கும்.

இக்கருத்துகள் ஒளிக்கும் பொருந்தும். S_1 மற்றும் S_2 என்ற இரண்டு ஒளிமூலங்களிலிருந்து வரும் ஒளிஅலைகளைக் கருதுக. அவை P என்ற புள்ளியில் சந்திக்கின்றன. இது படம் 7.6 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 7.6 மேற்பொருந்துதல் தத்துவம்

t நேரத்தில் S_1 ஒளிமூலத்தில் இருந்து P புள்ளியை அடையும் அலை,

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

t நேரத்தில் S_2 ஒளிமூலத்தில் இருந்து P புள்ளியை அடையும் அலை,

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

XII_Physics_Vol-2_UNIT-7_TM.indd 58 19-12-2022 17:05:39

இவ்விரண்டு அலைகளும், வெவ்வேறு வீச்சுகளையும் a_1 மற்றும் a_2 ஒரே கோண அதிர்வெண்ணையும் ω, மற்றும் ϕ என்ற கட்டவேறுபாட்டையும் பெற்றுள்ளன. இவ்விரண்டு அலைகளினால் ஏற்பட்ட தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சி,

$$y = y_1 + y_2 = a_1 \sin \omega t + a_2 \sin(\omega t + \phi) \quad (7.8)$$

XI–ம் வகுப்பில் பயின்ற (அலகு 11.7) முக்கோணவியல் முற்றொருமைகளைப் பயன்படுத்தி இச்சமன்பாட்டைத் தீர்வு செய்யும்போது, பின்வரும் சமன்பாடு கிடைக்கும்,

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

இங்கு, $$A = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2\cos\phi} \quad (7.10)$$

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

$\phi = 0, \pm2\pi, \pm4\pi. . .$, என்ற நிபந்தனைகளில் தொகுபயன் வீச்சு பெருமமாகும்,

$$A_{max} = \sqrt{(a_1 + a_2)^2} \quad (7.12)$$

$\phi = \pm\pi, \pm3\pi, \pm5\pi...$, என்ற நிபந்தனைகளில் தொகுபயன் வீச்சு சிறுமமாகும்,

$$A_{min} = \sqrt{(a_1 - a_2)^2} \quad (7.13)$$

ஒளிச்செறிவு, வீச்சின் இருமடிக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும்

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

சமன்பாடு (7.10)ஐ இருபுறமும் இருமடியாக்க,

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

சமன்பாடு (7.15) இல் கட்டவேறுபாடு $\phi = 0, \pm2\pi, \pm4\pi. . .$, என்பது ஒளியின் பெருமச் செறிவிற்கான நிபந்தனையாகும். இதற்கு **ஆக்கக்குறுக்கீட்டு விளைவு என்று பெயர்**.

தொகுபயன் பெரும ஒளிச்செறிவு,

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

சமன்பாடு (7.15) இல் கட்டவேறுபாடு $\phi = \pm\pi, \pm3\pi, \pm5\pi. . .$, என்பது ஒளியின் சிறுமச் செறிவிற்கான நிபந்தனையாகும். இதற்கு **அழிவுக்குறுக்கீட்டு விளைவு என்றுபெயர்**.

தொகுபயன் சிறும ஒளிச்செறிவு,

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

சிறப்பு நேர்வாக $a_1 = a_2 = a$ எனில், சமன்பாடு 7.10 பின்வருமாறு மாற்றமடையும்,

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

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

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

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

$$I_{max} = 4I_0 \text{ எனில், } \phi = 0, \pm2\pi, 4\pi..., \quad (7.21)$$

$$I_{min} = 0 \text{ எனில், } \phi = \pm\pi, \pm3\pi, \pm5\pi..., \quad (7.22)$$

இரண்டு ஒளி அலைகளும் சந்திக்கும் புள்ளியில் ஏற்படும் ஒளிச்செறிவை, இவ்விரண்டு அலைகளுக்கிடையே உள்ள கட்டவேறுபாடு ϕ தீர்மானிக்கிறது என்பதை இதிலிருந்து நாம் அறியலாம்.

எடுத்துக்காட்டு 7.2

5 அலகு மற்றும் 3 அலகு வீச்சுகள் கொண்ட இரண்டு ஒளிமூலங்கள் ஒன்றுடன் ஒன்று மேற்பொருந்துகின்றன. அவற்றின் பெரும மற்றும் சிறும ஒளிச்செறிவுகளுக்கு இடையேயான விகிதத்தைக் காண்க.

தீர்வு

வீச்சுகள், $a_1 = 5$, $a_2 = 3$

தொகுபயன் வீச்சு,

$$A = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2\cos\phi}$$

www.tnschoolbooks.in

பின்வரும் நிபந்தனையில் தொகுபயன் வீச்சு பெருமமாகும்,

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

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

$= 8$ அலகுகள்

பின்வரும் நிபந்தனையில் தொகுபயன் வீச்சு சிறுமமாகும்

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

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

$= 2$ அலகுகள்

$$I \propto A^2$$

$$\frac{I_{max}}{I_{min}} = \frac{(A_{max})^2}{(A_{min})^2}$$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$\frac{I_{max}}{I_{min}} = \frac{(8)^2}{(2)^2} = \frac{64}{4} = 16$ (அல்லது)

$$I_{max} : I_{min} = 16:1$$

எடுத்துக்காட்டு 7.3

சமவீச்சு கொண்ட இரண்டு ஒளிமூலங்கள் குறுக்கீட்டு விளைவை ஏற்படுத்துகின்றன. பெரும மற்றும் சிறும ஒளிச்செறிவுகளுக்கு இடையேயுள்ள விகிதத்தைக் காண்க.

தீர்வு

ஒளியின் வீச்சினை a என்க.

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

அல்லது $I = 4I_0\cos^2(\phi/2)$

பின்வரும் நிபந்தனையின்படி, தொகுபயன் ஒளிச்செறிவு பெருமமாகும்.

$$\phi = 0, \cos 0^\circ = 1, \mathrm{I}_{max} \propto 4a^2$$

பின்வரும் நிபந்தனையின்படி, தொகுபயன் வீச்சு சிறுமமாகும்.

$$\phi = \pi, \cos(\pi/2) = 0, \mathrm{I}_{min} = 0$$

$$\mathrm{I}_{max} : I_{min} = 4a^2 : 0$$

எடுத்துக்காட்டு 7.4

I_0 ஒளிச்செறிவு கொண்ட இரண்டு ஒளிமூலங்கள் உள்ளன. இவ்விரண்டு ஒளி அலைகளுக்கிடையேயான கட்டவேறுபாடு $\pi/3$ ஆக உள்ள புள்ளியில், தொகுபயன் ஒளிச்செறிவைக் காண்க.

தீர்வு

ஒளிமூலங்களின் ஒளிச்செறிவு I_0

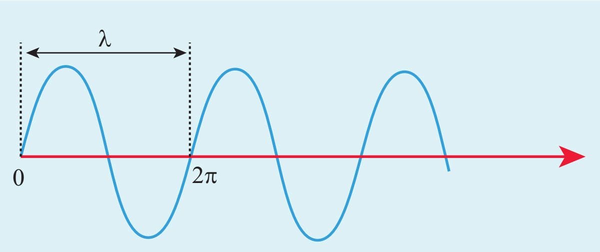
தொகுபயன் ஒளிச்செறிவு, $I = 4\,I_0\cos^2(\phi/2)$

கட்டவேறுபாடு, $\phi = \pi/3$ யாக உள்ள புள்ளியில் தொகுபயன் ஒளிச்செறிவு $I = 4I_0\cos^2(\pi/6)$

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

7.3.1 கட்டவேறுபாடு மற்றும் பாதைவேறுபாடு (Phase difference and Path difference)

அதிர்வின் கோணநிலைக்குக் கட்டம் (Phase) என்றுபெயர். அலை பரவும்போது, அலையில் உள்ள அதிர்வின் கட்டநிலைக்கும், அலை கடந்து சென்ற பாதைக்குமிடையே ஒரு தொடர்பு உள்ளது. அலை ஒன்றின் கட்டநிலையை, அவ்வலை கடந்து சென்ற பாதையின் அடிப்படையில் விவரிக்கஇயலும். இதேபோன்று அலை கடந்து சென்ற பாதையை, அவ்வலையின் கட்டநிலையின் அடிப்படையிலும் விவரிக்கலாம். அலை ஒன்றின் பாதை படம் 7.7 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஓர் அலைநீளம் λ விற்குச் சமமான கட்டம் 2π ஆகும். ϕ கட்டவேறுபாட்டிற்குச் சமமான பாதைவேறுபாடு δ பின்வருமாறு



படம் 7.7 பாதைவேறுபாடு மற்றும் கட்டவேறுபாடு

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

ஆக்கக் குறுக்கீட்டு விளைவிற்கு, கட்டவேறுபாடு $\phi = 0, 2\pi, 4\pi \; . \; . \; .$ எனவே, பாதைவேறுபாடு

XII_Physics_Vol-2_UNIT-7_TM.indd 60 19-12-2022 17:05:47

$\delta = 0, \lambda, 2\lambda$ . . . பொதுவாக அலைநீளத்தின் முழு எண் மடங்காக இருக்கும்.

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

அழிவுக் குறுக்கீட்டு விளைவிற்குக் கட்டவேறுபாடு $\phi = \pi, 3\pi, 5\pi$ . . . எனவே, பாதைவேறுபாடு $\delta = \frac{\lambda}{2}, \frac{3\lambda}{2}, \frac{5\lambda}{2}$.....

பொதுவாக அரை அலைநீளத்தின் முழு எண் மடங்காக இருக்கும்.

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

எடுத்துக்காட்டு 7.5

450 nm அலைநீளமுடைய ஒளிஒன்றின் பாதைவேறுபாடு 3 mm எனில், அதற்குச் சமமான கட்ட வேறுபாட்டைக் காண்க.

தீர்வு

அலைநீளம், $\lambda = 450 \text{ nm} = 450 \times 10^{-9} \text{ m}$

பாதைவேறுபாடு, $\delta = 3 \text{ mm} = 3 \times 10^{-3} \text{ m}$

கட்டவேறுபாட்டிற்கும், பாதைவேறுபாட்டிற்கும் உள்ள தொடர்பு, $\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \times \delta$

மதிப்புகளை பிரதியிடும்போது,

$$\phi = \frac{2\pi}{450 \times 10^{-9}} \times 3 \times 10^{-3} = \frac{\pi}{75} \times 10^{6}$$

$$\phi = \frac{\pi}{75} \times 10^{6} \text{ rad} = 4.19 \times 10^{4} \text{ rad.}$$

7.3.2 ஓரியல் மூலங்கள் (Coherent sources)

இரண்டு அலை மூலங்கள் ஓரியல் மூலங்களாக இருக்கவேண்டுமெனில், அவை இரண்டும் ஒரே கட்டவேறுபாட்டைக்கொண்ட அல்லது ஒரே கட்டத்தை உடைய அலைகளை உருவாக்கவேண்டும். மேலும் அவ்விரண்டு அலைமூலங்களும் ஒரே அதிர்வெண் அல்லது அலைநீளம் (ஒற்றை நிறம்) கொண்ட அலைகளை உருவாக்கவேண்டும். அவ்வலைகள் ஒரே வீச்சுகொண்ட அலைவடிவம் கொண்டதாய் இருப்பதும் விரும்பத்தக்கது.

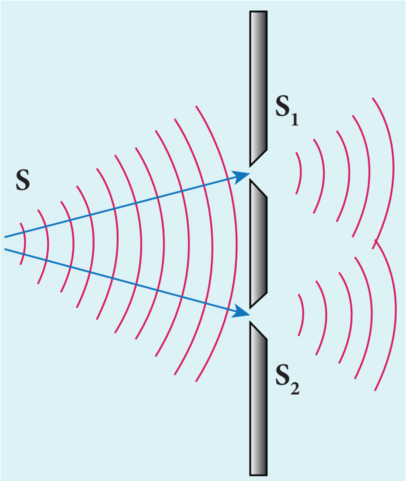
ஓரியல் தன்மை அலைகளின் பண்பாகும். இப்பண்பு நிலையான குறுக்கீட்டு அமைப்பைப் பெறுவதற்கு அடிப்படையாகும்.

இரண்டு தனித்தனி ஒற்றை நிறஒளிமூலங்கள் ஓரியல் மூலங்கள் ஆகாது. ஏனெனில், அவை ஒரே அதிர்வெண் மற்றும் ஒரே வீச்சு கொண்ட அலைகளை உருவாக்கலாம் ஆனால், அவ்வொளிமூலங்களினால் ஒரே கட்டத்தில் உள்ள அலைகளை உருவாக்கமுடியாது. இதற்கான காரணம் என்னவென்றால், அணுக்கள் ஒளியை உமிழும்போது ஏற்படும் வெப்ப அதிர்வு கட்டமாற்றத்தை ஏற்படுத்தி விடுகின்றது. எனவே, தனித்தனி ஒளிமூலங்கள் எப்போதும் ஓரியல் மூலங்களாகச் செயல்பட முடியாது.

ஓரியல் ஒளி அலைகளைப் பின்வரும் மூன்று வழிமுறைகளில் பெறலாம்.

(i) அலைமுகப்புப் பிரிப்பு
(ii) ஒளிச்செறிவு (அல்லது) வீச்சுப் பிரிப்பு
(iii) ஒளிமூலம் மற்றும் பிம்பங்கள்.

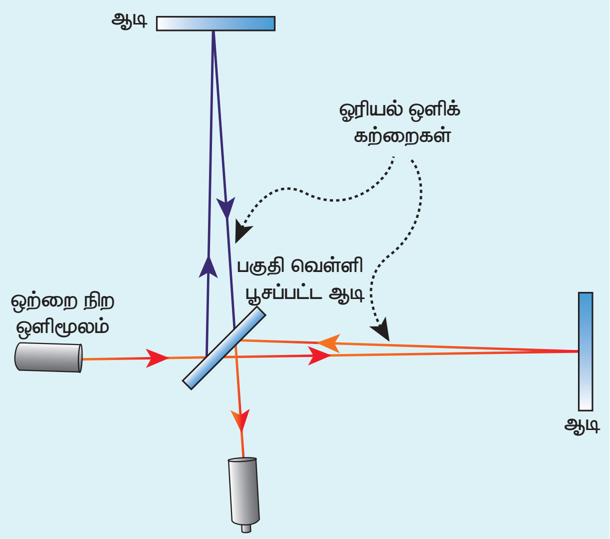
(i) அலைமுகப்புப் பிரிப்பு: ஓரியல் ஒளிமூலங்களைப் பெறுவதற்கான பொதுவான ஒருமுறை அலைமுகப்புப்பிரிப்பு ஆகும். நாம் அறிந்தபடி, புள்ளி ஒளிமூலம் ஒன்று கோளக அலைமுகப்பை ஏற்படுத்தும். இந்த அலைமுகப்பில் உள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியும் ஒரே கட்டத்தில் இருக்கும். இரட்டைப் பிளவு ஒன்றினைப் பயன்படுத்தி அலைமுகப்பிலுள்ள இண்டு புள்ளிகளைத் தேர்வு செய்தால் அவ்விரண்டு புள்ளிகளும் ஓரியல் ஒளிமூலங்களாகச் செயல்படும். இது படம் 7.8 இ ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 7.8 அலைமுகப்புப்பிரிப்பு

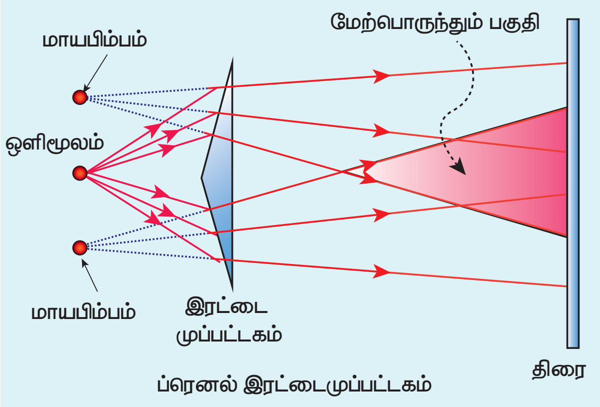
XII_Physics_Vol-2_UNIT-7_TM.indd 61 19-12-2022 17:05:48

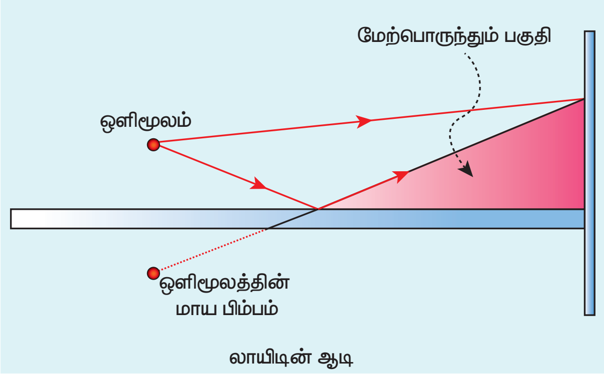
(ii) ஒளிச்செறிவு (அல்லது) வீச்சுப் பிரிப்பு: பகுதி வெள்ளிபூசப்பட்ட கண்ணாடி (கற்றைப் பிரிப்பான்) வழியே ஒளியைச் செலுத்தும்போது, ஒரே நேரத்தில் ஒளிஎதிரொளிப்பு மற்றும் ஒளிவிலகல் இரண்டும் ஏற்படும். ஒரே ஒளிமூலத்திலிருந்து இரண்டு ஒளிக்கற்றைகளைப் பெறுவதால், பிரிக்கப்பட்ட இவ்விரண்டு ஒளிக்கற்றைகளும் ஓரியல் ஒளிக்கற்றைகளாகச் செயல்படும். படம் 7.9 இல் காட்டியுள்ளவாறு இவ்விரண்டு ஓரியல் ஒளிக்கற்றைகளும் ஒரே கட்டத்தில் அல்லது மாறாத கட்டவேறுபாட்டில் உள்ளன. மைக்கல்சன் குறுக்கீட்டுமானி (interferometer), பாப்ரி–பெரோ இணையாடி அமைப்பு (etalon) ஆகிய கருவிகள் இத்தத்துவத்தின் அடிப்படையில் செயல்படுகின்றன.



படம் 7.9 ஒளிச்செறிவு அல்லது வீச்சுப் பகுப்பு

(iii) ஒளிமூலம் மற்றும் பிம்பங்கள்: இம்முறையில் ஒளிமூலமும் அதன் பிம்பங்களும் ஓரியல் ஒளிமூலத்தொகுப்பாகச் செயல்படுகின்றன. ஏனெனில், ஒளிமூலமும் அதன் பிம்பமும் ஒரே கட்டத்தில் உள்ள அல்லது ஒரே கட்டவேறுபாட்டையுடைய ஒளி அலைகளைத் தோற்றுவிக்கும். இது படம் 7.10 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ப்ரெனல் (Fresnel's) இரட்டை முப்பட்டகத்தில்; இரண்டு மாய பிம்பங்கள் இரண்டு ஓரியல்மூலங்களாகச் செயல்படுகின்றன. மேலும் லாயிட் (Lloyd's) கண்ணாடியில் ஒரு ஒளிமூலமும் அதன் மாய பிம்பமும் இரண்டு ஓரியல் மூலங்களாகச் செயல்படுகின்றன.



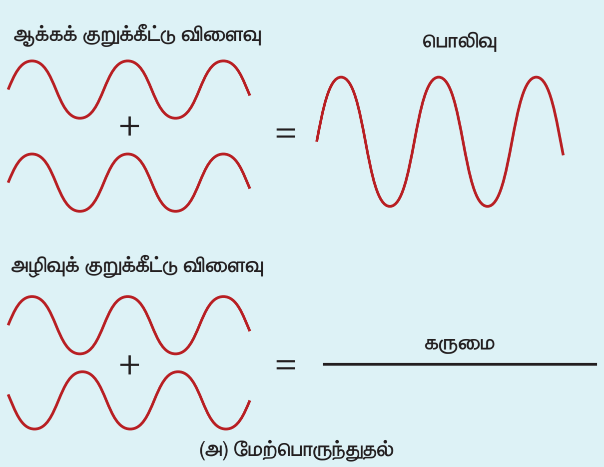


படம் 7.10 ஒளிமூலத்தையும் அதன் பிம்பங்களையும் ஓரியல் மூலங்களாகப் பயன்படுத்துதல்

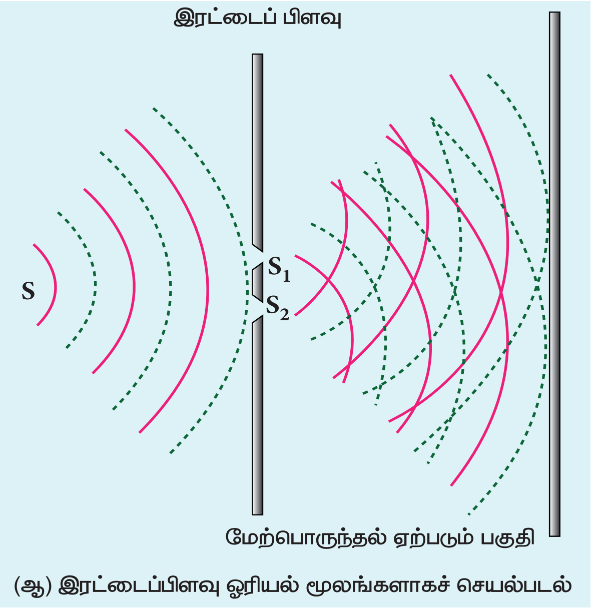
7.3.3 இரட்டைப் பிளவு, ஓரியல் மூலங்களாகச் செயல்படல் (Double slit as coherent sources)

அலைமுகப்புப்பிரிப்புதத்துவத்தைஅடிப்படையாகக் கொண்டு இரட்டைப் பிளவு செயல்படுகின்றது. ஒற்றை நிற ஒளிமூலம் S ஒன்றினால் ஒளியூட்டப்பட்ட S_1 மற்றும் S_2 என்ற இரண்டு பிளவுகள், ஓரியல் ஒளிமூலங்களாகச் செயல்படுகின்றன. இவற்றிலிருந்து வரும் ஒளி அலைகள் ஒரே ஊடகத்தில் பயணம்செய்து ஒன்றுடன் ஒன்று மேற்பொருந்துகின்றன. இவற்றால் ஏற்படும் ஆக்க மற்றும் அழிவுக் குறுக்கீட்டு விளைவுகள் படம் 7.11(அ) ல் காட்டப்பட்டுள்ளன. அலைகளின் முகடு தொடர்ச்சியான கோடுகளினாலும் அகடு தொடர்ச்சியற்ற கோட்டினாலும் காட்டப்பட்டுள்ளன படம் 7.11(ஆ).

ஓர் அலையின் அகடும், மற்றோர் அலையின் அகடும் (அல்லது) ஓர் அலையின் முகடும் மற்றோர் அலையின் முகடும் சந்திக்கும் புள்ளிகளில் உள்ள அலைகள் ஒரே கட்டத்தில் உள்ளன. எனவே, பெரும இடப்பெயர்ச்சி ஏற்பட்டு ஆக்கக் குறுக்கீட்டு விளைவினால் அப்புள்ளிகள் பெரும ஒளிச்செறிவுடன் பொலிவாகக் காட்சி அளிக்கும்.



(அ) மேற்பொருந்துதல்



(ஆ) இரட்டைப்பிளவு ஓரியல் மூலங்களாகச் செயல்படல்

படம் 7.11 இரட்டைப் பிளவினால் ஏற்படும் குறுக்கீட்டு விளைவு

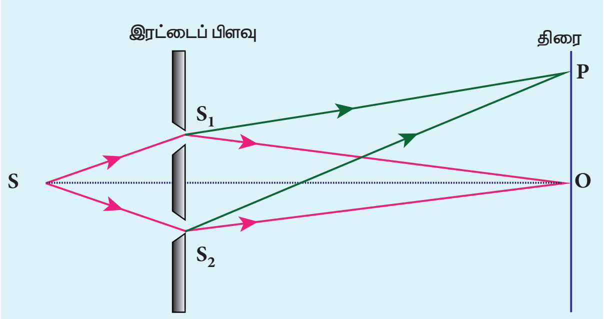
ஓர் அலையின் முகடும், மற்றோர் அலையின் அகடும் சந்திக்கும் புள்ளிகளில் உள்ள அலைகள் எதிர் எதிர் கட்டத்தில் இருக்கும். எனவே, சிறும இடப்பெயர்ச்சி ஏற்பட்டு அழிவுக் குறுக்கீட்டு விளைவினால் அப்புள்ளிகள் கருமையாகக் காட்சியளிக்கும்.

திரையில் அடுத்தடுத்துப் பெரும மற்றும் சிறும ஒளிச்செறிவுப் பட்டைகள் தோன்றும். இவ்வாறு திரையில் தோன்றும் பொலிவு மற்றும் கருமைபட்டைகள் குறுக்கீட்டு வரிகள் (fringes) என அழைக்கப்படுகின்றன.

7.3.4 யங் இரட்டைப் பிளவு ஆய்வு (Young's double slit experiment)

ஆய்வு அமைப்பு

1801 ஆம் ஆண்டு தாமஸ் யங் என்ற பிரிட்டிஷ் இயற்பியல் அறிஞர் படம் 7.12 இல் காட்டியுள்ளவாறு, ஒளிபுகாத் திரையில் S_1 மற்றும் S_2 என்ற இரண்டு துளைகளை ஏற்படுத்தி அவை S என்ற ஒளிமூலத்திலிருந்து சமதொலைவில் இருக்கும்படி அமைத்தார். ஒவ்வொரு துளையின் அகலமும் 0.03 mm இவ்விரண்டு துளைகளும் 0.3 mm தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டன. துளைகள் S_1 மற்றும் S_2 இரண்டு ஒளிமூலம் S இலிருந்து சமதொலைவில் உள்ளதால், ஒளிமூலம் S இலிருந்து S_1 மற்றும் S_2 வை அடையும் அலைகள் ஒரே கட்டத்தில் இருக்கும். எனவே, குறுக்கீட்டு விளைவை ஏற்படுத்தும் ஓரியல் மூலங்களாக S_1 மற்றும் S_2 பிளவுகள் செயல்பட்டுக் குறுக்கீட்டு விளைவை ஏற்படுத்தும்.



படம் 7.12 யங் இரட்டைப் பிளவு ஆய்வு

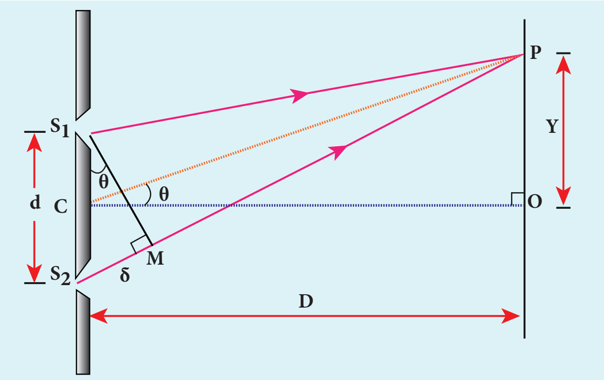
பிளவுகள் S_1 மற்றும் S_2 விலிருந்து வரும் அலைமுகப்புகள் இரட்டைப்பிளவின் வலப்பக்கமாக பரவுகின்றன. பிளவுகளிலிருந்து சுமார் 1 m தொலைவில் திரையினை வைக்கும்போது, அத்திரையில் சம அகலமுடைய பொலிவு மற்றும் கருமை வரிகள் அடுத்தடுத்துத் தோன்றுகின்றன. இதற்கு குறுக்கீட்டுப்பட்டைகள் (அல்லது) குறுக்கீட்டு வரிகள் என்றுபெயர். கண்ணணருகுவில்லை ஒன்றைப் பயன்படுத்தி இக்குறுக்கீட்டு வரிகளை நேரடியாகக் காணலாம். S_1, S_2 விலிருந்து திரையின் மையப்புள்ளி O வை அடையும் ஒளிஅலைகள், சமதொலைவைக் கடந்துவந்துள்ளதால் அவை படம் 7.12 இல் காட்டியுள்ளவாறு ஒரே கட்டத்தில் இருக்கும். இவ்விரண்டு அலைகளும் ஆக்கக்குறுக்கீட்டு விளைவை ஏற்படுத்தி, மையப்புள்ளி O வில் பொலிவுவரியை உருவாக்கும். இதற்கு மையப் பொலிவுவரி என்று பெயர். ஏதேனும் ஒரு பிளவை மூடிவிட்டால் குறுக்கீட்டுவரிகள் மறைந்து திரை சீராக ஒளியூட்டப்பட்டிருக்கும். இதிலிருந்து, திரையில் தோன்றும் பொலிவு மற்றும் கருமை வரிகள் ஒளியின் குறுக்கீட்டு விளைவினால் ஏற்பட்டவை என்பதை அறியலாம்.

பாதை வேறுபாட்டிற்கான சமன்பாடு

ஓரியல் மூலங்களாகச் செயல்படும் S_1 மற்றும் S_2 பிளவுகளுக்கிடையே உள்ள தொலைவு d என்க.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-7_TM.indd 63 19-12-2022 17:05:49

இவை λ அலைநீளமுடைய ஒளி அலைகளை உருவாக்கும். இரட்டைப் பிளவுகளுக்கு இணையாக D தொலைவில் திரை ஒன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. S_1 மற்றும் S_2 க்கு நடுவே உள்ள புள்ளியை C என்க. மேலும், திரையின் மையப்புள்ளி O. S_1 மற்றும் S_2 விலிருந்து சமதொலைவில் உள்ளது. திரையில் மையப்புள்ளி O விலிருந்து Y தொலைவில் உள்ள ஏதேனும் ஒரு புள்ளியை P என்க. S_1, S_2 விலிருந்து P புள்ளியை அடையும் ஒளி அலைகள், அவற்றிற்கு இடையே உள்ள பாதை வேறுபாட்டைப் பொருத்து, ஒரே கட்டத்திலோ அல்லது எதிர் எதிர் கட்டத்திலோ இருக்கும்.



படம் 7.13 பாதை வேறுபாட்டைக் கண்டறிய யங் இரட்டைப் பிளவு ஆய்வு அமைப்பு

S_1 மற்றும் S_2 விலிருந்து P புள்ளியை அடையும் ஒளி அலைகளுக்கு இடையேயுள்ள பாதை வேறுபாட்டை δ என்க. $\delta = S_2P - S_1P$.

S_1 இல் இருந்து, S_2P கோட்டிலுள்ள M புள்ளிக்கு வரையப்பட்ட செங்குத்துக் கோட்டிலிருந்து பாதை வேறுபாட்டைத் துல்லியமாகக் கணக்கிடலாம்.

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

C புள்ளியிலிருந்து, P புள்ளி அமைந்துள்ள கோணநிலையை θ என்க. $\angle OCP = \theta$ வடிவியல் விதிகளின் படி,

கோணங்கள் $\angle OCP$ மற்றும் $\angle S_2S_1M$ ஆகியவை சமம்.

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

செங்கோண முக்கோணம் ΔS_1S_2M இல், பாதைவேறுபாடு $S_2M = d \sin\theta$

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

கோணம் θ சிறியது. எனவே, $\sin\theta \approx \tan\theta \approx \theta$

செங்கோண முக்கோணம் ΔOCP,

$$\tan\theta = \frac{y}{D}$$

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

பாதை வேறுபாட்டின் நிபந்தனையைப் பொருத்து, புள்ளி P யில் பொலிவு வரியோ (அல்லது) கருமை வரியோ தோன்றும்.

பொலிவு வரி அல்லது பெருமத்திற்கான நிபந்தனை

ஆக்ககுறுக்கீட்டு விளைவு அல்லது P புள்ளியில் பொலிவுவரி தோன்ற நிபந்தனை பின்வருமாறு,

பாதைவேறுபாடு, $\delta = n\lambda$

இங்கு, $n = 0, 1, 2, \ldots$

$$\therefore \frac{d\,y}{D} = n\lambda$$

$$y = n\frac{\lambda D}{d} \text{ அல்லது } y_n = n\frac{\lambda D}{d} \qquad (7.29)$$

P புள்ளியில் பொலிவுவரி தோன்ற இதுவே நிபந்தனையாகும். இங்கு y_n என்பது O விலிருந்து n வது பொலிவுவரியின் தொலைவைக் குறிக்கிறது.

கருமைவரி அல்லது சிறுமத்திற்கான நிபந்தனை

அழிவுக்குறுக்கீட்டு விளைவு அல்லது P புள்ளியில் கருமைவரி தோன்றுவதற்கான நிபந்தனை பின்வருமாறு,

பாதைவேறுபாடு, $\delta = (2n-1)\frac{\lambda}{2}$

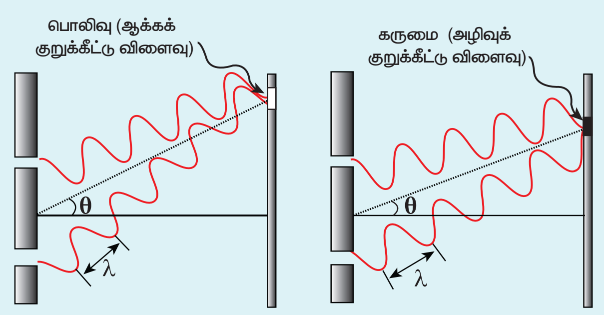
இங்கு, $n = 1, 2, 3 \ldots$

$$\therefore \frac{d\,y}{D} = (2n-1)\frac{\lambda}{2}$$

$$y = \frac{(2n-1)}{2}\frac{\lambda D}{d} \text{ அல்லது } y_n = \frac{(2n-1)}{2}\frac{\lambda D}{d} \qquad (7.30)$$

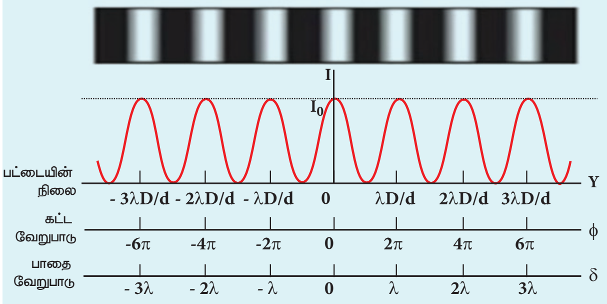
XII_Physics_Vol-2_UNIT-7_TM.indd 64 19-12-2022 17:05:51

P புள்ளியில் கருமைவரித் தோன்ற இதுவே நிபந்தனையாகும். இங்கு y_n என்பது, O விலிருந்து n வது கருமைவரியின் தொலைவைக் குறிக்கிறது. பொலிவு மற்றும் கருமைவரிகள் தோன்றும் விதத்தைப் படம் 7.14 காட்டுகின்றது.



படம் 7.14 பொலிவு மற்றும் கருமைவரிகள் தோன்றுதல்

திரையில், மையப்பொலிவுவரியின் இரண்டு பக்கங்களிலும் பொலிவு மற்றும் கருமைவரிகள் அடுத்தடுத்துத் தோன்றும். மையப்பொலிவைச் சுழிப்பொலிவு எனவும் (0th bright) அதன் தொடர்ச்சியாக முதல் கருமை மற்றும் முதல் பொலிவு தோன்றும். அடுத்து இரண்டாவது கருமை மற்றும் இரண்டாவது பொலிவு தோன்றும். இவ்வாறாக, மையப்பொலிவின் இரண்டு பக்கங்களிலும் படம் 7.15–இல் உள்ளவாறு கருமை மற்றும் பொலிவுப்பட்டைகள் அடுத்தடுத்துத் தோன்றும்.



படம் 7.15 குறுக்கீட்டுவரி அமைப்பு

<u>பட்டை அகலத்திற்கான கோவை</u>

இரண்டு அடுத்தடுத்த பொலிவுவரி அல்லது கருமைவரிகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவு பட்டை அகலம் (β) என அழைக்கப்படுகிறது.

மையப்புள்ளி O விலிருந்து $(n+1)$ வது பொலிவுவரிக்கும், n வது பொலிவுவரிக்கும் இடையே உள்ள தொலைவு பட்டை அகலத்தைக் கொடுக்கும்.

$$\beta = y_{(n+1)} - y_n = \left((n+1)\frac{\lambda D}{d}\right) - \left(n\frac{\lambda D}{d}\right)$$

பொலிவிற்கான, $\beta = \dfrac{\lambda D}{d}$ (7.31)

இவ்வாறே, மையப்புள்ளி O விலிருந்து $(n+1)$ வது கருமைவரிக்கும், n வது கருமைவரிக்கும் இடையே உள்ள தொலைவு, பட்டை அகலத்தைக் கொடுக்கும்.

$$\beta = y_{(n+1)} - y_n = \left(\frac{(2(n+1)-1)}{2}\frac{\lambda D}{d}\right) - \left(\frac{(2n-1)}{2}\frac{\lambda D}{d}\right)$$

கருமைக்கான, $\beta = \dfrac{\lambda D}{d}$ (7.32)

சமன்பாடுகள் (7.30), (7.31) விலிருந்து, மையப்பொலிவு வரியின் இருபுறமும் சமஅகலமுடைய பொலிவு மற்றும் கருமைவரிகள் சம இடைவெளியில் தோன்றும் என்று அறியலாம்.

<u>தெளிவான மற்றும் அகலமான குறுக்கீட்டுப் வரிகளைப் பெறுவதற்கான நிபந்தனைகள்</u>

(i) ஒளிமூலத்திற்கும் திரைக்கும் இடையேயுள்ள தொலைவு D மிக அதிகமாக இருக்கவேண்டும்.

(ii) பயன்படுத்தப்படும் ஒளியின் அலைநீளம் λ மிக அதிகமாக இருக்கவேண்டும்.

(iii) இரண்டு பிளவுகளுக்கு இடையேயுள்ள தொலைவு d மிகக் குறைவாக இருக்கவேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டு 7.6

யங் இரட்டைப் பிளவு ஆய்வில், இரண்டு பிளவுகள் 0.15 mm தொலைவில் பிரித்துவைக்கப்பட்டுள்ளன, அப்பிளவுகளிலிருந்து 2 m தொலைவில் திரை அமைந்துள்ளது. பயன்படுத்தப்படும் ஒளியின் அலைநீளம் 450 nm எனில், பின்வருவனவற்றைக் கண்டுபிடி

(அ) மைய் பொலிவுவரியிலிருந்து, இரண்டாவது பொலிவுப்பட்டையின் தொலைவு மற்றும் மூன்றாவது கருமைவரியின் தொலைவு ஆகியவற்றைக் காண்க.

(ஆ) பட்டை அகலத்தைக் காண்க

(இ) பிளவுகளைவிட்டு, திரையைத் தூரமாக நகர்த்தும்போது குறுக்கீட்டுப் பட்டை அமைப்பில் என்ன மாற்றம் நிகழும்?

(ஈ) இம்முழு அமைப்பையும் 4/3 ஒளிவிலகல் எண் கொண்ட நீரில் மூழ்கவைக்கும்போது, பட்டை அகலத்தில் ஏற்படும் மாற்றம் என்ன?

தீர்வு

$d = 0.15$ mm $= 0.15 \times 10^{-3}$ m; $D = 2$ m; $\lambda = 450$ nm $= 450 \times 10^{-9}$ m; ஒளிவிலகல் எண் $RI = 4/3$

(அ) n வது பொலிவுவரிக்கான சமன்பாடு

$$y_n = n\frac{\lambda D}{d}$$

இரண்டாவது பொலிவுவரிக்கான தொலைவு

$$y_2 = 2\times\frac{450\times10^{-9}\times2}{0.15\times10^{-3}}$$

$$y_2 = 12\times10^{-3}\,\text{m} = 12\text{ mm}$$

n வது கருமைவரிக்கான சமன்பாடு,

$$y_n = \frac{(2n-1)}{2}\frac{\lambda D}{d}$$

மூன்றவாது கருமைவரியின் தொலைவு,

$$y_3 = \frac{5}{2}\times\frac{450\times10^{-9}\times2}{0.15\times10^{-3}}$$

$$y_2 = 15\times10^{-3}\,\text{m} = 15\text{ mm}$$

(ஆ) பட்டை அகலத்திற்கான சமன்பாடு, $\beta = \frac{\lambda D}{d}$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$\beta = \frac{450\times10^{-9}\times2}{0.15\times10^{-3}}$$

$$\beta = 6\times10^{-3}\,\text{m} = 6\text{ mm}$$

(இ) பிளவுகளுக்கும், திரைக்கும் இடையே உள்ள தொலைவை (D) அதிகரிக்கும்போது, பட்டை அகலமும் அதிகரிக்கும்,

$$\beta = \frac{\lambda D}{d} \quad \text{அல்லது} \quad \beta \propto D$$

(ஈ) 4/3 ஒளிவிலகல் எண் கொண்ட நீரில், முழு அமைப்பையும் மூழ்கவைக்கும்போது பட்டை அகலம் குறையும்.

$$\beta = \frac{\lambda D}{d} \quad \text{அல்லது} \quad \beta \propto \lambda$$

அலைநீளமானது ஊடகத்தில் குறையும். எனவே,

$\beta \propto \lambda$ மற்றும் $\beta' \propto \lambda'$

நாம் அறிந்தபடி, $\lambda' = \frac{\lambda}{n}$

$$\frac{\beta'}{\beta} = \frac{\lambda'}{\lambda} = \frac{\lambda/RI}{\lambda} = \frac{1}{RI} \text{ அல்லது } \beta' = \frac{\beta}{RI} = \frac{6\times10^{-3}}{4/3}$$

$$\beta' = 4.5\times10^{-3}\,\text{m} = 4.5\text{ mm}$$

7.3.5 பலவண்ண ஒளியினால் ஏற்படும் குறுக்கீட்டு விளைவு

பலவண்ண ஒளியினைக் கொண்டு (வெள்ளை ஒளி) நிகழ்த்தப்படும் குறுக்கீட்டு விளைவுகளில் வெவ்வேறு நிறங்கள் கொண்ட வண்ணவரிகள் திரையில் தோன்றும். இதற்குக் காரணம், வெவ்வேறு வண்ணங்கள் வெவ்வேறு அலைநீளங்களைப் பெற்றிருப்பதாகும். இருந்தபோதிலும், மையவரி அல்லது சுழிவரி எப்போதும் பொலிவாகவும், வெண்மை நிறத்திலும் காணப்படும். இதற்குக் காரணம் மையம் O வில் விழும் அனைத்து வண்ணங்களுக்கும் பாதைவேறுபாடு சுழியாகும். எனவே, அனைத்து வண்ணங்களுக்கும் மையப்புள்ளி O வில் ஆக்கக்குறுக்கீட்டு விளைவு மட்டுமே நடைபெற்று, மையம் பொலிவாகக் காட்சியளிக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு 7.7

யங் இரட்டைப் பிளவு ஆய்வில் 560 nm மற்றும் 420 nm அலைநீளங்களையுடைய இரண்டு ஒளி அலைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. மையப்பொலிவு வரியிலிருந்து இரண்டு அலைநீளங்களின் பொலிவுப்பட்டைகளும் ஒன்றினையும் சிறுமத்தொலைவைக் காண்க. கொடுக்கப்பட்டவை, $D = 1$ m மற்றும் $d = 3$ mm.

தீர்வு

$$\lambda_1 = 560\text{ nm} = 560\times10^{-9}\,\text{m};$$

$$\lambda_2 = 420\text{ nm} = 420\times10^{-9}\,\text{m};$$

$$D = 1\,\text{m}; d = 3\text{ mm} = 3\times10^{-3}\text{ m}$$

கொடுக்கப்பட்ட y மதிப்பிற்கு, n மற்றும் λ ஆகியவை ஒன்றுக்கொன்று எதிர்த்தகவாகும்.

λ_1 இன், n வது பொலிவுவரி, λ_2 வின் (n+1) வது பொலிவுவரியுடன் ஒன்றிணைக்கிறது என்க.

n வது பொலிவுப்பட்டைக்கான சமன்பாடு, $y_n = n\frac{\lambda D}{d}$

இங்கு, $n\frac{\lambda_1 D}{d} = (n+1)\frac{\lambda_2 D}{d} \qquad (\lambda_1 > \lambda_2)$

$$n\lambda_1 = (n+1)\lambda_2 \quad \text{அல்லது} \quad \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{(n+1)}{n}$$

$$1+\frac{1}{n} = \frac{560\times10^{-9}}{420\times10^{-9}} \text{ அல்லது } 1+\frac{1}{n} = \frac{4}{3}$$

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

நீரின் மீது படர்ந்திருக்கும் எண்ணெய்ப் படலம் மற்றும் சோப்புக்குமிழ் போன்றவை போல கண்கவர் வண்ணங்களை வெளிப்படுத்துகின்றன (படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது). இவ்வண்ணங்களுக்குக் காரணம் மெல்லேடுகளின் மேற்பரப்பு மற்றும் அடிப்பரப்பிற்கு இடையில் பலமுறை எதிரொளிப்பு அடைந்த வெள்ளை ஒளிக்கதிர்களின் குறுக்கீட்டு விளைவாகும். இவ்வண்ணங்கள் மெல்லேடுகளின் தடிமன், மெல்லேடுகளின் ஒளிவிலகல் எண் மற்றும் ஒளியின் படுகோணம் ஆகியவற்றைச் சார்ந்ததாகும்.

$$\frac{1}{n} = \frac{1}{3} \text{ அல்லது } n = 3$$

எனவே, λ_1 னின் 3 வது பொலிவுவரி, λ_2 வின் 4 வது பொலிவுவரியுடன் மையவரியிலிருந்து y தொலைவில் ஒன்றிணைகிறது.

மையவரியிலிருந்து, இரண்டு பொலிவுவரிகளும் ஒன்றிணையும் சிறுமத்தொலைவு, $y_n = n\frac{\lambda D}{d}$

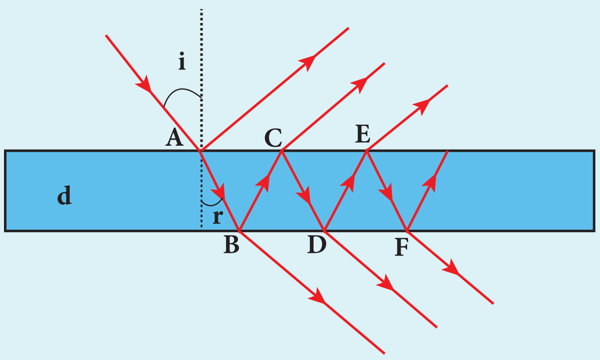
$$y_n = 3\times\frac{560\times10^{-9}\times1}{3\times10^{-3}} = 560\times10^{-6}\,\text{m}$$

$$y_n = 0.560\times10^{-3}\ \text{m} = 0.560\ \text{mm}$$

7.3.6 மெல்லேடுகளில் ஏற்படும் குறுக்கீட்டு விளைவு

(Interference in thin films)

ஒளிவிலகல் எண் μ (குறுக்கீட்டுப் பட்டையின் வரிசை n உடன் சேர்த்து குழப்பிக் கொள்ளக்கூடாது என்பதற்காக μ என்று கொடுக்கப்பட்டுள்ளது) மற்றும் தடிமன் d கொண்ட மெல்லேடு ஒன்றைக் கருதுவோம். இம்மெல்லேட்டின் மீது படம் 7.16 இல் காட்டியுள்ளவாறு இணை ஒளிக்கற்றை ஒன்று i என்ற படுகோணத்தில் விழுகிறது. இந்த ஒளி படுபுள்ளியில் எதிரொளிப்படையும் பகுதி, மற்றும் விலகலடையும் பகுதி என்று இரண்டாகப் பிரிகிறது. ஒளிவிலகல் அடைந்த பகுதி மெல்லேட்டின் உள்ளே சென்று மெல்லேட்டின் அடிப்பரப்பில் மேலும் இரண்டுபகுதிகளாகப் பிரிகிறது. ஒருபகுதி மெல்லேட்டினை ஊடுருவி வெளியேறுகிறது. மற்றொரு பகுதி மெல்லேட்டின் உள்ளேயே எதிரொளிப்படைகிறது. மேலேட்டின் உட்புறம் பலமுறை எதிரொளிப்பு அடைவதால், மேலும் எதிரொளிப்பு மற்றும் ஒளிவிலகலடைந்த பகுதிகள் உருவாகின்றன. இம்மெல்லேட்டினால் எதிரொளிப்பு மற்றும் ஊடுருவல் அடைந்த ஒளி அலைகள் தனித்தனியே குறுக்கீட்டு விளைவை ஏற்படுத்துகின்றன.



படம் 7.16 மெல்லேடுகளில் ஏற்படும் குறுக்கீட்டு விளைவு

உடுருவிச்சென்ற ஏற்படும் குறுக்கீட்டு விளைவு

ஊடுருவிச் சென்ற ஒளி அலைகள் குறுக்கீட்டு விளைவை ஏற்படுத்தித் தொகுபயன் ஒளிச்செறிவைக் கொடுக்கும். B மற்றும் D புள்ளிகளிலிருந்து ஊடுருவிச்சென்ற ஒளி அலைகளின் பாதை

XII_Physics_Vol-2_UNIT-7_TM.indd 67 19-12-2022 17:05:58

வேறுபாட்டைக் கருதுவோம். ஒளிஅலைகள் இரண்டாகப் பிரிகை அடையும் B புள்ளிவரை இரண்டு ஒளி அலைகளும் ஒன்றாகவே செல்லும். எனவே, இரண்டு அலைகளும் ஒத்தகட்டத்தில் இருக்கும். D புள்ளி வழியாக ஊடுருவிச் செல்லும் ஒளிஅலை மெல்லேட்டின் உள்ளே கடந்துசென்ற கூடுதல் பாதை $BC + CD$ ஆகும், ஒளி அலை மெல்லேட்டின் உள்ளே செங்குத்துப் படுகதிர் நிலையில் மோதுகிறது என்றும் ($i = 0$) ஏட்டின் தடிமண் மிகக் குறைவு என்றும் கருதினால், B மற்றும் D புள்ளிகள் இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று மிக நெருக்கமாக அமைந்துள்ளது எனலாம். எனவே, ஒளிஅலை கடந்துசென்ற கூடுதல் பாதை தோராயமாக $BC + CD = 2d$. ஒளிவிலகல் எண் μ கொண்ட ஊடகத்தின் உள்ளே இக்கூடுதல் பாதை உள்ளதால், ஒளியியல் பாதைவேறுபாடு $\delta = 2\mu d$.

ஊடுருவிச் சென்ற அலைகளினால் ஏற்படும் ஆக்கக்குறுக்கீட்டு விளைவிற்கான நிபந்தனை,

$$2\mu d = n\lambda \qquad (7.33)$$

இதேபோன்று, ஊடுருவிச் சென்ற அலைகளினால் ஏற்படும் அழிவுக் குறுக்கீட்டு விளைவிற்கான நிபந்தனை,

$$2\mu d = (2n-1)\frac{\lambda}{2} \qquad (7.34)$$

<u>எதிரொளிப்பு அடைந்த ஒளியினால் ஏற்படும் குறுக்கீட்டு விளைவு</u>

கொள்கைரீதியாக மற்றும் சோதனைகளின் மூலமாகவும் அடர்குறை ஊடகத்தின் வழியாகச் சென்று, அடர்மிகு ஊடகப்பரப்பினால் எதிரொளிப்பு அடையும் ஒளிஅலைகள் π என்ற கட்டவேறுபாட்டை பெறும் என நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே, எதிரொளிப்பு அடைந்த ஒளிக்கு கூடுதல் பாதைவேறுபாடு $\lambda/2$ வைக் கருதவேண்டும்.

மெல்லேட்டின் மேற்பரப்பில் A புள்ளியில் எதிரொளிப்பு அடைந்த ஒளிக்கும், மெல்லேட்டிலிருந்து C புள்ளி வழியாக வெளியேறும் அலைக்கும் இடையேயான பாதை வேறுபாட்டைக் கருதுக. C புள்ளியிலிருந்து வெளியேறும் மேலேட்டைப் பொறுத்தவரை மெல்லேட்டின் உள்ளே கூடுதலாகக் கடந்துவந்த பாதை $AB + BC$. செங்குத்துப் படுகோண நிலையில், இக்கூடுதல் பாதையின் தொலைவு தோராயமாக $AB + BC = 2d$. இக்கூடுதல்பாதை μ ஒளிவிலகல் எண்கொண்ட ஊடகத்தினுள் உள்ளதால், ஒளியின் பாதைவேறுபாடு $\delta = 2\mu d$ ஆகும்.

எதிரொளிப்பு அலைகளினால் ஏற்படும் ஆக்கக் குறுக்கீட்டு விளைவிற்கான நிபந்தனை,

$$2\mu d + \frac{\lambda}{2} = n\lambda \text{ (அ) } 2\mu d = (2n-1)\frac{\lambda}{2} \qquad (7.35)$$

அடர்குறை ஊடகத்தில் சென்ற ஒளி அலை, A புள்ளியில் அடர்மிகு மெல்லேட்டுப் பரப்பினால் எதிரொளிப்பு அடைந்ததால் π கட்டவேறுபாட்டை பெறுகிறது. எனவே, இக்கூடுதல் பாதைவேறுபாடு $\lambda/2$ இங்கு ஏற்படுகின்றது.

எதிரொளிப்பு அலைகளினால் ஏற்படும் அழிவுக் குறுக்கீட்டு விளைவிற்கான நிபந்தனை

$$2\mu d + \frac{\lambda}{2} = (2n+1)\frac{\lambda}{2} \text{ (அ) } 2\mu d = n\lambda \qquad (7.36)$$

குறிப்பு

செங்குத்துப் படுகோண நிலையில் ஒளி அலை மெல்லேடு பரப்பின் மீது விழாமல், வேறு ஒரு குறிப்பிட்ட படுகோணம் i ல் விழுந்தால், அதற்கான விலகுகோணம் r ஆகும். எனவே, பாதை வேறுபாட்டிற்கான மேற்கண்ட சமன்பாட்டின் இடப்பக்கம் உள்ள $2\mu d$ என்ற பதம் $2\mu d \cos r$ என மாற்றமடையும்.

எடுத்துக்காட்டு 7.8

589 nm அலை நீளமுடைய ஒளியை, நன்கு எதிரொளிப்பு அடையச் செய்யும், ஒளிவிலகல் எண் 1.25 கொண்ட மெல்லேட்டின் குறைந்தபட்ச தடிமனைக் காண்க. மேலும், ஒளி எதிரொளிப்பு அடையாமல் இருப்பதற்குத் தேவையான குறைந்தபட்ச தடிமனையும் கணக்கிடுக

தீர்வு

கொடுக்கப்பட்டவை $\lambda = 589 \text{ nm} = 589 \times 10^{-9} \text{ m}$

நன்கு எதிரொளிப்பு அடையும் மெல்லேட்டிற்கு, எதிரொளிப்பு அடையும் ஒளி அலைகள் ஆக்கக் குறுக்கீட்டு விளைவை அடையவேண்டும். மெல்லேட்டிற்கான குறைந்தபட்ச பாதைவேறுபாடு $\lambda/2$ ஆகும். மெல்லேட்டினால் எதிரொளிப்பு அடைந்த ஒளி அலைகளுக்கான ஒளியியல் பாதைவேறுபாடு $2\mu d$ ஆகும். எனவே, நன்கு எதிரொளிப்பு அடைய $2\mu d = \lambda/2$ (சமன்பாடு 7.35 ன்படி, இங்கு n=1)

மாற்றி அமைக்கும் போது, $d = \dfrac{\lambda}{4\mu}$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$d = \frac{589 \times 10^{9}}{4 \times 1.25} = 117.8 \times 10^{-9}$$

$$d = 117.8 \times 10^{-9} = 117.8 \text{ nm}$$

மெல்லேட்டினால் எதிரொளிப்பு நடைபெறாமல் இருக்க வேண்டுமெனில், எதிரொளிப்பு அடைந்த ஒளி அலைகள் அழிவுக் குறுக்கீட்டு விளைவை அடையவேண்டும். மெல்லேட்டிற்கான குறைந்த பட்ச பாதைவேறுபாடு λ ஆகும் மெல்லேட்டினால் எதிரொளிப்பு அடைந்த ஒளி அலைகளுக்கான ஒளியியல் பாதைவேறுபாடு $2\mu d$ ஆகும். நன்கு எதிரொளிப்பு அடைய $2\mu d = \lambda$ [சமன்பாடு 7.36 ன்படி, இங்கு $n = 1$]

மாற்றி அமைக்கும்போது, $d = \dfrac{\lambda}{2\mu}$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$d = \frac{589 \times 10^{9}}{2 \times 1.25} = 235.6 \times 10^{-9}$$

$$d = 235.6 \times 10^{-9} = 235.6 \text{ nm}$$

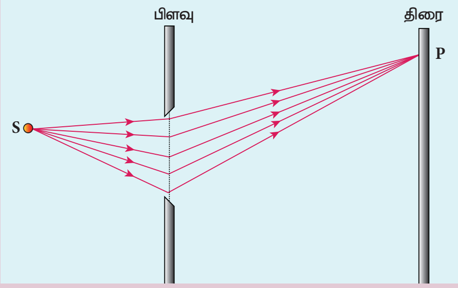
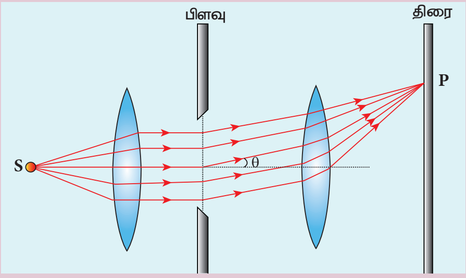
7.4 விளிம்பு விளைவு (Diffraction)

விளிம்பு வினையானது அனைத்து அலைகளுக்குமான பொதுவான பண்பு இதில் ஒலி அலையும் அடங்கும். **தடையின் விளிம்பில் வளைந்துசென்று, தடையின் வடிவியல் ரீதியான நிழலுக்குள் அலை செல்லும் நிகழ்வுக்கு *விளிம்பு விளைவு* என்றுபெயர்**. கதிர் ஒளியியலில் நாம் பயின்ற ஒளியின் நேர்கோட்டுப்பரவலுக்கு இது எதிரானதாகும். ஆனால், தடையின் அளவு ஒளியின் அலைநீளத்துடன் ஒப்பிடத்தக்க அளவில் காணப்பட்டால் மட்டுமே விளிம்பு விளைவு ஏற்படும். இதன் காரணமாகத்தான். கதவுகள், ஜன்னல்கள் மற்றும் கட்டடங்களினால் ஒலி அலைகள் விளிம்பு விளைவு அடைகின்றன. ஒலியின் அலைநீளம் இத்தடைகளின் அளவுடன் ஒப்பிடத்தக்க அளவில் உள்ளது. ஒளியிலும் விளிம்பு விளைவு ஏற்பட, தடையின் அளவு ஒளியின் அலைநீளத்துடன் ஒப்பிடத்தக்க அளவில் இருக்க வேண்டும்.

7.4.1 ப்ரெனல் மற்றும் ப்ரானோஃபர் (Fresnel and Fraunhofer) விளிம்பு விளைவுகள்

விளிம்பு விளைவடையும் அலைமுகப்பின் வடிவத்தைப் பொருத்து ப்ரெனல் மற்றும் ப்ரானோஃபர் விளிம்பு விளைவு என இருவகைப்படுத்தலாம். ப்ரெனல் மற்றும் ப்ரானோஃபர் விளிம்பு விளைவுகளுக்கிடையேயான வேறுபாடுகள் அட்டவணை 7.1 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

அட்டவணை 7.1 ப்ரெனல் மற்றும் ப்ரானோஃபர் விளிம்பு விளைவுகளுக்கு இடையேயான வேறுபாடுகள்

வ.எண்	ப்ரெனல் விளிம்பு விளைவு	ப்ரானோஃபர் விளிம்பு விளைவு
1	கோளக (அல்லது) உருளை வடிவ அலைமுகப்பு விளிம்பு விளைவிற்கு உட்படுகின்றது	சமதள அலைமுகப்பு விளிம்பு விளைவிற்கு உட்படுகின்றது
2	ஒளி அலைகளைக் கொடுக்கும் ஒளிமூலம், வரம்புக்குட்பட்ட தொலைவில் இருக்கும்	ஒளி அலைகளைக் கொடுக்கும் ஒளிமூலம், ஈரில்லாத் தொலைவில் இருக்கும்
3	ஆய்வக சூழலில், குவிலென்ஸ்கள் பயன்படுத்த வேண்டியதில்லை	ஆய்வக சூழலில், குவிலென்ஸ்கள் பயன்படுத்தப்பட வேண்டும்
4	உற்று நோக்கல் மற்றும் ஆய்வு செய்வது கடினம்	உற்று நோக்கல் மற்றும் ஆய்வு செய்வது எளிது
5		

உற்று நோக்கல் மற்றும் ஆய்வு செய்ய ஃப்ரானோஃபர் விளிம்பு விளைவு எளியதாக இருப்பதால் ஃப்ரானோஃபர் விளிம்பு விளைவுப் பற்றி நாம் மேலும் படிக்கலாம்.

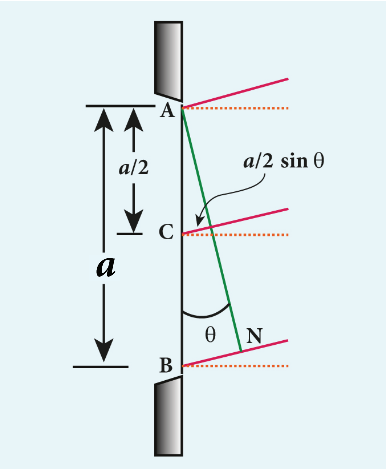
7.4.2 ஒற்றைப் பிளவில் ஏற்படும் விளிம்பு விளைவு (Diffraction at single slit)

AB அகலம் கொண்ட ஒற்றைப் பிளவு ஒன்றின் மீது செங்குத்தாக விழும் இணை ஒளிக்கற்றையைக் (சமதள அலைமுகப்பு) கருதுவோம். இது படம் 7.17 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. விளிம்பு விளைவடைந்த ஒளிக்கற்றை, பிளவிலிருந்து D தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ள திரையில் விழுகிறது பிளவின் மையத்தை O என்க. பிளவின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக C புள்ளி வழியே செல்லும் நேர்கோடு திரையில் O என்ற புள்ளியை அடைகிறது. திரையில் ஏதேனும் ஒரு புள்ளியைக் (P) கருதுவோம். பிளவின் வெவ்வேறு புள்ளிகளில் இருந்து P ஐ அடையும் ஒளிக்கதிர்கள் செங்குத்துக் கோடோடு θ கோணத்தை ஏற்படுத்துகின்றன.

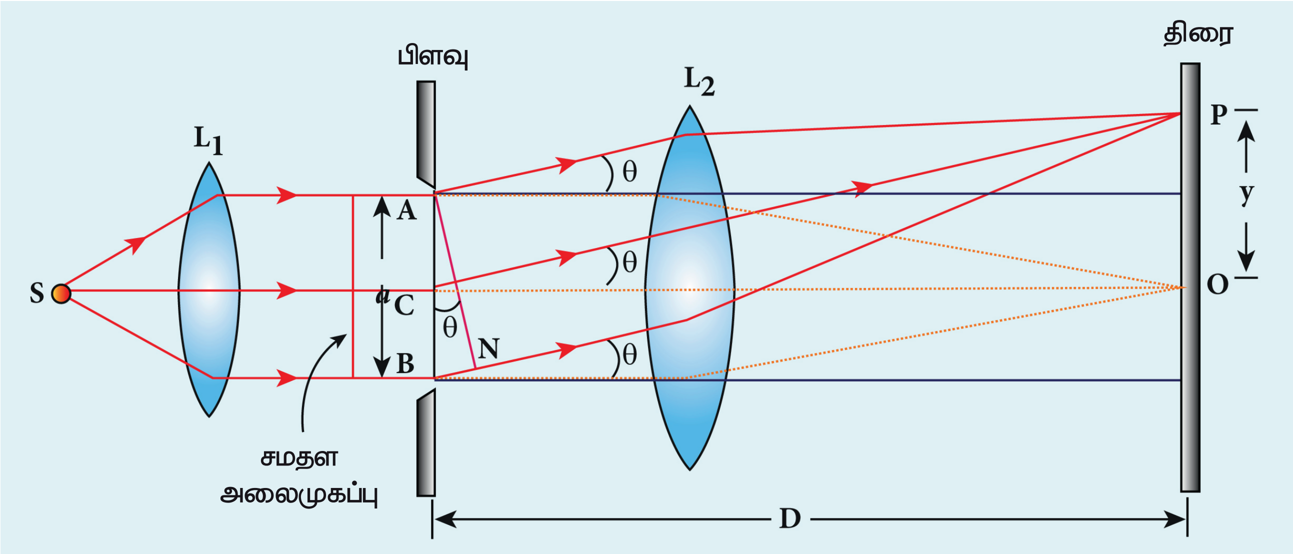
பிளவின் வெவ்வேறு புள்ளிகளிலிருந்து வரும் இணை ஒளி அலைகள் திரையில் P புள்ளி மற்றும் இதர புள்ளிகளில் ஒன்றை ஒன்று குறுக்கிட்டுத் தொகுபயன் ஒளிச்செறிவைக் கொடுக்கின்றன. P புள்ளி, வடிவியல் ரீதியான நிழல் பகுதியில் உள்ளது. விளிம்பு விளைவின் காரணமாக, இப்பகுதி வரை மையப்பெருமம் பரவி காணப்படுகிறது (படம் 7.17). திரையில் உள்ள புள்ளி P வெவ்வேறு சிறுமங்களை அடைவதற்கான நிபந்தனைகளைக் நாம் காணவேண்டும். பிளவை இரட்டைப்படை எண்ணிக்கையுடைய சிறுசிறு பகுதிகளாகப் பிரித்துக் கொண்டால் அப்பகுதிகளிலிருந்து வரும் ஒளிஅலைகளின் பாதைவேறுபாடுகள் ஒன்றினைத்து, P புள்ளியில் அழிவுக் குறுக்கீட்டு விளைவை ஏற்படுத்தி, சிறும ஒளிச் செறிவை உண்டாக்குகிறது. பெருமங்களை விளக்குவதற்கு, பிளவை ஒற்றைப்படை எண்ணிக்கையுடைய சிறுபகுதிகளாகப் பார்த்துக்கொள்ள வேண்டும்.

<u>P புள்ளியில் முதல் சிறுமம் ஏற்படுவதற்கான நிபந்தனை</u>

பிளவு AB ஐ AC மற்றும் CB என்ற இரண்டு அரைப்பகுதிகளாக பிரித்துக் கொள்ள வேண்டும். ஒவ்வொரு பகுதியின் அகலமும் $a/2$. இப்போது, பிளவில் $a/2$ தூரமுடைய வெவ்வேறு புள்ளிகளுக்கு ஒப்பு புள்ளிகள் (Corresponding points) என்று பெயர். இது படம் 7.18 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 7.18 ஒப்பு புள்ளிகள்



படம் 7.17 ஒற்றைப் பிளவில் ஏற்படும் விளிம்பு விளைவு

www.tnschoolbooks.in

வெவ்வேறு ஒப்பு புள்ளிகளிலிருந்து வரும் ஒளி அலைகள் P புள்ளியில் ஒன்றுடன் ஒன்று மேற்பொருந்தி அழிவுக் குறுக்கீட்டு விளைவை ஏற்படுத்தி, முதல் சிறுமத்தை ஏற்படுத்துகிறது. ஒப்பு புள்ளிகளிலிருந்து வரும் ஒளி அலைகளின் பாதைவேறுபாடு, $\delta = \frac{a}{2}\sin\theta$

P புள்ளியின் முதல் சிறுமம் தோன்றுவதற்கான நிபந்தனை, $\frac{a}{2}\sin\theta = \frac{\lambda}{2}$

$$a \sin \theta = \lambda \qquad (7.37)$$

<u>P புள்ளியில் இரண்டாவது சிறுமம் தோன்றுவதற்கான நிபந்தனை</u>

AB பிளவை $a/4$ அகலம் கொண்ட நான்கு பகுதிகளாகப் பிரித்துக் கொள்ள வேண்டும். பிளவின் நடுவே $a/4$ தூரம் கொண்ட ஒப்பு புள்ளிகளிலிருந்து வரும் ஒளி அலைகளுக்கு இடையேயான பாதைவேறுபாடு, $\delta = \frac{a}{4}\sin\theta$.

P புள்ளியில் இரண்டாம் சிறுமம் தோன்றுவதற்கான நிபந்தனை, $\frac{a}{4}\sin\theta = \frac{\lambda}{2}$

$$a \sin \theta = 2\lambda \qquad (7.38)$$

<u>P புள்ளியில் மூன்றாவது சிறுமம் ஏற்படுவதற்கான நிபந்தனை</u>

முன்னர் கூறியவாறே, பிளவை ஆறு சம பிரிவுகளாகப் பிரித்துக்கொள்ள வேண்டும். P புள்ளியில் மூன்றாவது சிறுமம் ஏற்படுவதற்கான நிபந்தனை, $\frac{a}{6}\sin\theta = \frac{\lambda}{2}$

$$a \sin \theta = 3\lambda \qquad (7.39)$$

<u>P புள்ளியில் n வது சிறுமம் ஏற்பட நிபந்தனை</u>

பிளவை, $2n$ எண்ணிக்கையுடைய (இரண்டை இலக்க எண்ணிக்கை) சமபகுதிகளாகப் பிரித்துக்கொள்ள வேண்டும். ஓர் ஒப்பு புள்ளியிலிருந்து வரும் ஒளி அலையை மற்றோர் ஒப்பு புள்ளியிலிருந்து வரும் ஒளி அலை அழிக்கும் நிலையில் n வது சிறுமம் ஏற்பட நிபந்தனை, $\frac{a}{2n}\sin\theta = \frac{\lambda}{2}$

$$a \sin \theta = n\lambda \qquad (7.40)$$

இங்கு n என்பது விளிம்பு விளைவு சிறுமத்தின் வரிசை $n = 1, 2, 3 \ldots$

<u>பெருமங்களுக்கான நிபந்தனை</u>

பெரும ஒளிச்செறிவு ஏற்பட, பிளவை ஒற்றைப்படை எண்ணிக்கையுடைய சமபகுதிகளாகப் பிரித்துக்கொள்ள வேண்டும். இவ்வாறு பிரிப்பதனால் ஏதாவது ஒரு ஒப்பு புள்ளியிலிருந்து வரும் ஒளி அலை அழிக்கப்படாமல் இருக்கும். எனவே, P புள்ளி பெரும ஒளிச்செறிவில் காணப்படும்.

முதல் பெருமத்திற்கான நிபந்தனை,

$$\frac{a}{3}\sin\theta = \frac{\lambda}{2} \text{ (அல்லது) } a\sin\theta = \frac{3\lambda}{2} \qquad (7.41)$$

இரண்டாம் பெருமத்திற்கான நிபந்தனை,

$$\frac{a}{5}\sin\theta = \frac{\lambda}{2} \text{ (அல்லது) } a\sin\theta = \frac{5\lambda}{2} \qquad (7.42)$$

மூன்றாம் பெருமத்திற்கான நிபந்தனை,

$$\frac{a}{7}\sin\theta = \frac{\lambda}{2} \text{ (அல்லது) } a\sin\theta = \frac{7\lambda}{2} \qquad (7.43)$$

இதேபோன்று, n வது பெருமத்திற்கான நிபந்தனை

$$a\sin\theta = (2n+1)\frac{\lambda}{2} \text{ (nவது பெருமம்)} \qquad (7.44)$$

இங்கு $n = 0, 1, 2, 3 \ldots$, என்பது பெருமங்களின் வரிசையாகும்.

மைய வரிசை பெருமத்திற்கு, சுழி வரிசை பெருமம் என்று பெயர். அடுத்தடுத்த சிறுமங்களுக்கு கிட்டத்தட்ட நடுவே பெரும ஒளிச்செறிவு காணப்படும்.

குறிப்பு

இங்கு $\sin\theta$ என்பது விளிம்பு விளைவின் கோண பரவலைக் கொடுக்கிறது. தோராயமாக்கலின் அடிப்படையில் திரையின் மையத்திலிருந்து $\frac{y}{D}$ தொலைவில் அமைந்துள்ள பெருமம் அல்லது சிறுமத்தின் நிலையை $\sin\theta$ விற்கு பதிலாக $\tan\theta$ கொண்டும் விவரிக்கலாம். (ஏனெனில் θ மிகவும் சிறியது) எனவே $\sin\theta = \tan\theta = \frac{y}{D}$

இங்கு, y என்பது திரையின் மையத்திலிருந்து பெருமம் அல்லது சிறுமம் அமைந்துள்ள நிலையைக் குறிக்கிறது. மேலும் D என்பது ஒன்றைப்பிளவிலிருந்து திரை உள்ள தொலைவைக் குறிக்கிறது.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-7_TM.indd 71 19-12-2022 17:06:03

எடுத்துக்காட்டு 7.9

500 nm அலைநீளமுடைய ஒளிஅலை, 0.2 mm அகலமுடைய பிளவு ஒன்றின் வழியே செல்லும்போது விளிம்பு விளைவு அடைகிறது. பிளவிலிருந்து 60 cm தொலைவில் விளிம்பு விளைவுப்பட்டை கிடைக்கிறது எனில், பின்வருவனவற்றைக் கணக்கிடுக.

(அ) மையப்பொலிவின் கோணப் பரவல்

(ஆ) மையப்பெருமத்திலிருந்து இரண்டாவது சிறுமம் அமைந்துள்ள தொலைவு.

தீர்வு

$\lambda = 500\text{ nm} = 500 \times 10^{-9}\text{ m}$

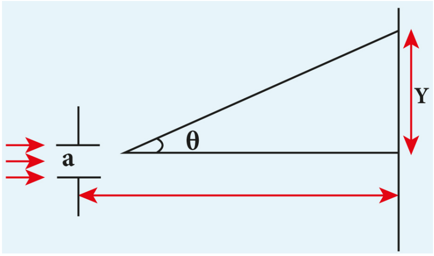
$a = 0.2\text{ mm} = 0.2 \times 10^{-3}\text{ m}$

$D = 60\text{ cm} = 60 \times 10^{-2}\text{ m}$

(அ) விளிம்பு விளைவு சிறுமத்திற்கான சமன்பாடு,

$a \sin\theta = n\lambda$

முதல் சிறுமம்வரை, மையப்பெருமம் பரவியிருக்கும் எனவே, $n = 1$



சமன்பாட்டினை மாற்றியமைக்கும்போது,

$$\sin\theta = \frac{\lambda}{a} \text{ அல்லது } \theta = \sin^{-1}\left(\frac{\lambda}{a}\right)$$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{500\times10^{-9}}{0.2\times10^{-3}}\right) = \sin^{-1}\left(2.5\times10^{-3}\right)$$

$$\theta = 0.0025 \text{ rad}$$

(ஆ) முதல் சிறுமம் வரை பரவியிருக்கும் மையப்பெருமத்தின் மதிப்பு y_1 ஐக்கான $(n = 1)$ என்க. எனவே, $a \sin\theta = \lambda$

θ மிகவும் சிறியது தோராயமாக்கல் நிபந்தனைப்படி,

$$\sin\theta \approx \tan\theta = \frac{y_1}{D}$$

$$a\frac{y_1}{D} = \lambda \quad \text{மாற்றியமைக்கும்போது,} \quad y_1 = \frac{\lambda D}{a}$$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$y_1 = \frac{500\times10^{-9}\times60\times10^{-2}}{0.2\times10^{-3}} = 1.5\times10^{-3} = 1.5 \text{ mm}$$

இரண்டாவது சிறுமத்திற்கான y_2 மதிப்பைக்கான $(n = 2)$ என்க. எனவே $a \sin\theta = 2\lambda$

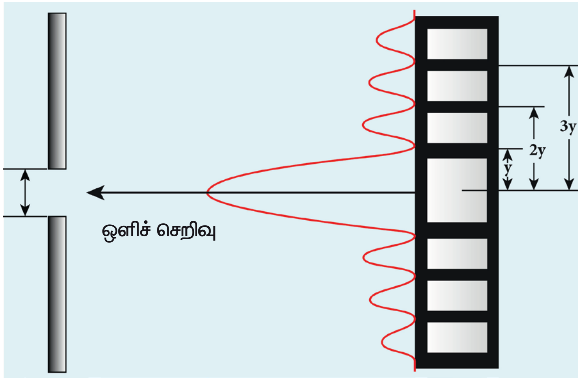
$$a\frac{y_2}{D} = 2\lambda \quad \text{மாற்றியமைக்கும்போது,} \quad y_2 = \frac{2\lambda D}{a}$$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$y_2 = \frac{2\times500\times10^{-9}\times60\times10^{-2}}{0.2\times10^{-3}} = 3\times10^{-3} = 3 \text{ mm}$$

மையப்பெருமத்திற்கும், இரண்டாவது சிறுமத்திற்கும் உள்ள தொலைவு $y_2 - y_1$

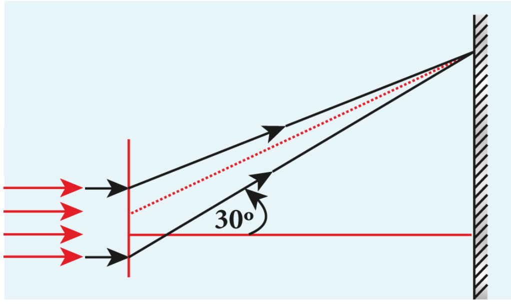
$$y_2 - y_1 = 3\text{ mm} - 1.5\text{ mm} = 1.5\text{ mm}$$



குறிப்பு: இந்த எடுத்துக்காட்டின்படி ஒற்றைப் பிளவினால் ஏற்படும் விளிம்பு விளைவில் உருவாகும் பெருமங்களின் அகலம் சமம். ஆனால் மைய பெருமத்தின் அகலம் மட்டும் இரு மடங்காக உள்ளது. அடுத்தடுத்த அதிக வரிசை விளிம்பு விளைவு வரிகளின் செறிவு அதிவேகமாகக் குறைந்து காணப்படும்.

எடுத்துக்காட்டு 7.10

5000 Å அலைநீளமுடைய ஒற்றைநிற ஒளி, ஒற்றைப்பிளவின் வழியே சென்று விளிம்பு விளைவடைந்து படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு மையப்பெருமத்தை ஏற்படுத்துகிறது. விளிம்பு விளைவை ஏற்படுத்தும் பிளவின் தடிமனைக் காண்க.



XII_Physics_Vol-2_UNIT-7_TM.indd 72 19-12-2022 17:06:06

தீர்வு

$\lambda = 5000$ Å $= 5000\times10^{-10}$ m; $\sin 30^{o} = 0.5$; $n = 1$; $a = ?$

விளிம்பு விளைவு சிறுமத்திற்கான சமன்பாடு, $a\sin\theta = n\lambda$

மையப்பெருமம், முதல் சிறுமம் வரை பரவிக்காணப்படும் எனவே, $n = 1$

சமன்பாட்டை மாற்றியமைக்கும்போது, $a = \dfrac{\lambda}{\sin\theta}$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது, $a = \dfrac{5000\times10^{-10}}{0.5}$

$a = 1\times10^{-6}\text{m} = 0.001\times10^{-3}\text{m} = 0.001\text{mm}$

7.4.3 முதல் சிறுமத்தைப் பற்றிய விளக்கம்

ஒற்றைப் பிளவு விளிம்பு விளைவில் முதல் சிறுமத்தின் சமன்பாடு $a\sin\theta = \lambda$. முதல் சிறுமத்தின் கோணப் பரவல், $\sin\theta = \dfrac{\lambda}{a}$. இருபக்கங்களிலும் உருவாகும் முதல் சிறுமங்களுக்கு நடுவில் மைய பெருமம் காணப்படும் இதற்கான சிறப்பு நேர்வுகளை இங்கு காண்போம்:

(i) $a < \lambda$ எனில், $\sin\theta > 1$. இது சாத்தியமில்லை. எனவே, விளிம்பு விளைவு நடைபெறாது.

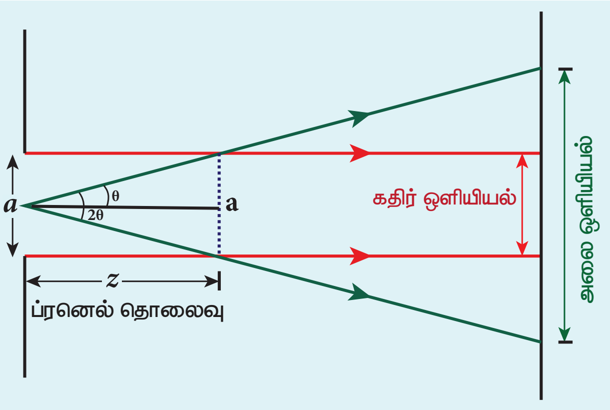
(ii) $a = \lambda$ எனில், $\sin\theta = 1$. அதாவது $\theta = 90^0$. இதன் பொருள் முதல் சிறுமம் 90° இல் ஏற்படுகிறது என்பதாகும். எனவே, வடிவியல் ரீதியான நிழல் பகுதி முழுவதும் மையப்பெருமம் பரவி, விளிம்பு விளைவுக் கதிரை 90° வளைக்கிறது.

(iii) $a > \lambda$ மற்றும் அலைநீளத்துடன் ஒப்பிடத்தக்க அளவில் அமையும்போது அதாவது, $a = 2\lambda$ எனும்போது, $\sin\theta = \dfrac{1}{2}$. எனவே $\theta = 30^0$. கணிசமான பரவலுடன் விளிம்பு விளைவு காணப்படுகிறது. ஆகவே, விளிம்பு விளைவு தெளிவாக காணப்படுவதற்கு பிளவின் அகலம் a ஆனது ஒளியின் அலைநீளம் λ வை விட ஒரு சில மடங்குகளாக இருத்தல் வேண்டும் என்பது தெளிவாகிறது.

(iv) $a >> \lambda$, விற்கு $\sin\theta << 1$ அதாவது, முதல் சிறுமம் பிளவின் அகலத்திற்குள்ளாகவே அமையும். எனவே, விளிம்பு விளைவைக் காண இயலாது.

7.4.4 ப்ரெனல் தொலைவு

விளிம்பு விளைவு நிகழ்வில் ஒளிஅலை வளைந்து செல்லும் இந்த ஒளியின் வளையும் பண்பு அதன் நேர்கோட்டு பரவலுக்கு முற்றிலும் எதிரானதாகும். விளிம்பு விளைவு அடைந்த கதிர், பிளவிலிருந்து z தொலைவில் மைய பெருமத்தின் அளவை விடக் கூடும் வரை (காண்க படம் 7.19), இந்த வளைந்து செல்லும் இயல்பு காணப்படாது. எனவே, **எந்தத் தொலைவு வரை ஒளியானது கதிர் ஒளியியலுக்கு உட்படுகிறதோ அல்லது எந்தத் தொலைவுக்கு அப்பால் கதிர் ஒளியியலுக்கு உட்படாமல் அலை ஒளியியலுக்கு உட்படுகிறதோ அந்தத் தொலைவு ப்ரெனல் தொலைவு** எனப்படும்.



படம் 7.19 ப்ரெனல் தொலைவு

முதல் சிறுமத்திற்கான விளிம்பு விளைவுச் சமன்பாடு $\sin\theta = \dfrac{\lambda}{a}$; $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$ [$\because \theta$ சிறியதானதால்]

ப்ரெனல் தொலைவின் வரையறையிலிருந்து,

$2\theta = \dfrac{a}{z}$ (அல்லது) $\theta = \dfrac{a}{2z}$

இரண்டு சமன்பாடுகளையும் ஒப்பிடும்போது,

$\dfrac{\lambda}{a} = \dfrac{a}{2z}$

எனவே, ப்ரெனல் தொலைவு z

$$z = \frac{a^2}{2\lambda} \qquad (7.45)$$

எடுத்துக்காட்டு 7.11

500 nm அலைநீளமுடைய ஒளி 0.5 mm அகலமுடைய துளையின் வழியேச் செல்லும்போது விளிம்பு விளைவு அடைகிறது. இந்நிகழ்வில் கதிர் ஒளியியலைப் பயன்படுத்தும் தொலைவினைக் காண்க

தீர்வு

$a = 0.5\ \text{mm} = 0.5 \times 10^{-3} = 5 \times 10^{-4}\ \text{m}$

$\lambda = 500\ \text{nm} = 500 \times 10^{-9}\ \text{m};\ z = ?$

ப்ரெனல் தொலைவு, $z = \dfrac{a^2}{2\lambda}$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$z = \frac{\left(5 \times 10^{-4}\right)^2}{2 \times 500 \times 10^{-9}} = \frac{25 \times 10^{-8}}{1 \times 10^{-6}} = 0.25\ \text{m}$$

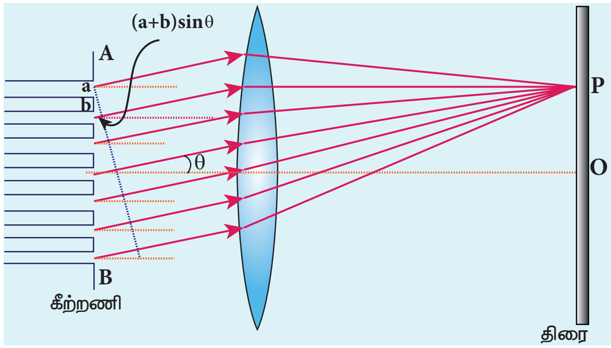
$z = 25\ \text{cm}$

7.4.5 குறுக்கீட்டு விளைவிற்கும், விளிம்பு விளைவிற்கும் உள்ள வேறுபாடுகள்

குறுக்கீட்டு விளைவு மற்றும் விளிம்புவிளைவு இரண்டையும் வேறுபடுத்திப்பார்ப்பது மிகவும் கடினமாகும். ஏனெனில், இவ்விரண்டு பண்புகளும் ஒளியின் அலைப்பண்பை வெளிப்படுத்துகின்றன. இவ்விரண்டு நிகழ்வுகளிலுமே, திரையில் உருவாகும் பெருமங்கள் மற்றும் சிறுமங்களுக்கு குறுக்கீட்டு விளைவும் வடிவியல் நிழற்பகுதியில் ஒளி பரவுதலுக்கு விளிம்பு விளைவும் காரணமாக அமைகின்றன. குறுக்கீட்டு விளைவில் மேற்பொருந்துதலும் விளிம்பு விளைவில் ஒளியின் வளைந்து செல்லும் தன்மையும் முக்கியத்துவம் பெறுகின்றன. இருந்தபோதிலும், இவ்விரண்டு விளைவுகளின் தோற்றத்தின் அடிப்படையில் பின்வரும் வேறுபாடுகள் கண்டுணரப்பட்டு அட்டவணை 7.2–இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

7.4.6 கீற்றணியில் ஏற்படும் விளிம்பு விளைவு (Diffraction in grating)

விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணியில் சம அகலமுடைய, அதிக எண்ணிக்கையில் அமைந்த பிளவுகள் காணப்படுகின்றன. பிளவுகளின் அகலம் விளிம்புவிளைவடையும் ஒளியின் அலைநீளத்துடன் ஒப்பிடத்தக்க அளவில் அமைந்திருக்கும். ஒளிபுகும் பொருளின் மீது ஒளிபுகாக்கோடுகள் வரையப்பட்டிருக்கும். வணிகரீதியில் செய்யப்படும் நவீன விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணியில் ஒரு சென்டிமீட்டரில் 6000 ஒளிபுகாக் கோடுகள் வயைரப்பட்டிருக்கும். தடைபோன்று செயல்படும், ஒளிபுகாக் கோடுகளின் அகலத்தை b எனவும், ஒளிபுகாக் கோடுகளுக்கு நடுவே அமைந்துள்ள துளைபோன்று செயல்படும் ஒளிபுகும் பகுதியின் அகலத்தை a எனவும் கொள்க. ஓர் ஒளிபுகும் பிளவு மற்றும் ஓர் ஒளிபுகாக் கோடு ஆகியவற்றின் மொத்த அகலத்திற்கு கீற்றணிமூலம் ($e = a + b$) என்று பெயர். அடுத்தடுத்த பிளவுகளில் உள்ள, கீற்றணி மூலத்திற்குச் சமமான தொலைவில் அமைந்துள்ள புள்ளிகளுக்கு ஒப்பு புள்ளிகள் என்றுபெயர்.



படம் 7.20 விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி ஆய்வு

சமதள விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி AB ஐக் கருதுக. இக்கீற்றணியில், சம அகலம் a கொண்ட அடுத்தடுத்த பிளவுகளும், சம அகலம் b கொண்ட ஒளிபுகாக் கோடுகளும் படம் 7.20 இல் காட்டியுள்ளவாறு அமைந்துள்ளன. λ அலைநீளமுடைய ஒற்றைநிறச் சமதள அலைமுகப்பு ஒன்று கீற்றணியின்மீது செங்குத்தாக விழுகின்றது எனக் கருதுக.

அட்டவணை 7.2 குறுக்கீட்டு விளைவு மற்றும் விளிம்பு விளைவுகளுக்கு இடையே உள்ள வேறுபாடுகள்

வ.எண்	குறுக்கீட்டு விளைவு	விளிம்பு விளைவு
1	பொலிவு மற்றும் கருமை வரிகள் ஒரே அகலம் கொண்டவை	மற்ற வரிகளை விட மைய வரியின் அகலம் இரு மடங்கு
2	எல்லா பொலிவு வரிகளும் கிட்டத்தட்ட ஒரே ஒளிச்செறிவைப் பெற்றிருக்கும்.	உயர் வரிசை விளிம்பு விளைவு வரிகளின் ஒளிச்செறிவு வேகமாய்க் குறையும்.
3	ஒளி வரிகளின் எண்ணிக்கை அதிகம்	ஒளி வரிகளின் எண்ணிக்கை குறைவு

XII_Physics_Vol-2_UNIT-7_TM.indd 74 19-12-2022 17:06:09

கீற்றணியின்மீது விழும் ஒளியின் அலைநீளம், பிளவின் அகலத்துடன் ஒப்பிடத்தக்க அளவில் உள்ளதால், கீற்றணியால் அவ்வொளி விளிம்பு விளைவு அடையும். குவிலென்ஸ் ஒன்றை பயன்படுத்தி விளிம்புவிளைவடைந்த அலைகளை திரையின்மீது குவித்தால், விளிம்பு விளைவுப்பட்டை அமைப்பு கிடைக்கும். கீற்றணியின் மையத்திலிருந்து திரைக்கு வரையப்பட்ட செங்குத்துக் கோட்டுடன் θ கோணத்தில் அமைந்துள்ள P என்ற புள்ளியைக் கருதுக. ஒரு ஜோடி அடுத்தடுத்த ஒத்தபுள்ளிகளிலிருந்து சென்ற விளிம்பு விளைவடைந்த அலைகளுக்கிடையேயான பாதைவேறுபாடு

$$\delta = (a + b)\sin\theta \qquad (7.46)$$

அனைத்து அடுத்தடுத்த ஜோடி ஒத்தபுள்ளி–களுக்கும் இப்பாதைவேறுபாடு சமமாகும். P புள்ளி பொலிவுடன் இருக்க,

$$\delta = m\lambda \text{ இங்கு } m = 0, 1, 2, 3 \qquad (7.47)$$

மேற்கண்ட இரண்டு சமன்பாடுகளையும் ஒப்பிடும்போது,

$$(a + b)\sin\theta = m\lambda \qquad (7.48)$$

இங்கு m என்பது விளிம்பு விளைவு வரிசையாகும்.

புள்ளி P சுழி வரிசைப் பெருமமாக இருப்பதற்கான நிபந்தனை, $m = 0$

$(a + b)\sin\theta = 0$ எனில், விளிம்பு விளைவுக் கோணம் $\theta = 0$ மற்றும் $m = 0$ இதற்கு சுழி வரிசைப் பெருமம் அல்லது மையப்பெருமம் என்றுபெயர்.

புள்ளி P முதல் வரிசைப் பெருமமாக இருப்பதற்கான நிபந்தனை $m = 1$

$(a + b)\sin\theta_1 = \lambda$ எனில், விளிம்பு விளைவடைந்த ஒளியானது படும் ஒளியின் திசையுடன் θ_1 கோணத்தை ஏற்படுத்தும். மேலும், முதல்வரிசைப் பெருமம் கிடைக்கும்.

புள்ளி P இரண்டாம் வரிசைப் பெருமமாக இருப்பதற்கான நிபந்தனை $m = 2$

$(a + b)\sin\theta_2 = 2\lambda$ எனில், விளிம்பு விளைவடைந்த ஒளியானது படும் ஒளியின் திசையுடன் θ_2 கோணத்தை ஏற்படுத்தும். மேலும், இரண்டாம் வரிசை பெருமம் கிடைக்கும்.

புள்ளி P, m-ஆவது வரிசைப் பெருமமாக இருப்பதற்கான நிபந்தனை

மையப் பெருமத்தின் இரண்டு பக்கங்களிலும் வெவ்வேறு கோண நிலைகளில் உயர்வரிசைப் பெருமங்கள் கிடைக்கும்.

இவ்வாறாக எடுத்துக்கொண்டால்,

$$N = \frac{1}{a+b} \qquad (7.49)$$

கீற்றணியில் ஓரலகு அகலத்திற்கு வரையப்பட்ட கீற்றணி மூலங்கள் அல்லது ஒளிபுகாக் கோடுகளின் எண்ணிக்கையை N கொடுக்கும். பொதுவாக, கீற்றணியிலேயே N இன் மதிப்பு எழுதப்பட்டிருக்கும். எனவே,

$$\frac{1}{N}\sin\theta = m\lambda \text{ அல்லது } \sin\theta = Nm\lambda \qquad (7.50)$$

குறிப்பு

ஒற்றைப்பிளவு ஆய்வில் சிறுமத்திற்கான நிபந்தனை $a\sin\theta = n\lambda$. இங்கு n என்பது, சிறுமங்களின் வரியைக் குறிக்கும். ஆனால் விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி ஆய்வில் பெருமத்திற்கான நிபந்தனை $\sin\theta = Nm\lambda$. இங்கு m என்பது பெரும விளிம்பு விளைவு வரிசையைக் குறிக்கும் என்பதை மாணவர்கள் கவனமுடன் நினைவில் வைத்திருக்க வேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டு 7.12

ஒரு சென்டிமீட்டரில் 4000 ஒளிபுகும் பிளவுகள் கொண்ட விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி ஒன்று ஒற்றை நிற ஒளியினால் ஒளியூட்டப்படுகிறது. இவ்வமைப்பினால் $30°$ கோணத்தில் இரண்டாம் வரிசை விளிம்பு விளைவு பெருமம் தோன்றுகிறது எனில், பயன்படுத்தப்படும் ஒற்றை நிற ஒளியின் அலை நீளத்தைக் காண்க.

தீர்வு

வரையப்பட்ட கோடுகளின் எண்ணிக்கை $4000\ \text{cm}^{-1}$; விளிம்பு விளைவு வரிசை $m = 2$; $\theta = 30°$; ஒளியின் அலைநீளம் $\lambda = ?$

ஓரலகு நீளத்திற்கு வரையப்பட்ட கோடுகளின் எண்ணிக்கை,

$$N = \frac{4000}{1\times10^{-2}} = 4\times10^{5}$$

விளிம்பு விளைவுப் பெருமத்திற்கான சமன்பாடு, $\sin\theta = Nm\lambda$

மாற்றி அமைத்தபின், $\lambda = \dfrac{\sin\theta}{Nm}$

மதிப்புகளைப் பிரதியிட்டால்,

$$\lambda = \frac{\sin 30^\circ}{4\times10^5\times2} = \frac{0.5}{4\times10^5\times2}$$

$$= \frac{1}{2\times4\times10^5\times2} = \frac{1}{16\times10^5}$$

$$\lambda = 6250\times10^{-10}\,\text{m} = 6250\ \text{Å}$$

ஒரு சென்டிமீட்டரில் அமைந்துள்ள கோடுகளின் எண்ணிக்கை = $2.5 \times 10^3\ \text{cm}^{-1}$

எடுத்துக்காட்டு 7.13

500 nm அலைநீளமுடைய ஒற்றை நிற ஒளியானது விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணியின் மீது, விழுகிறது. 30^0 கோணத்தில் நான்காம் வரிசை பெருமம் கிடைக்கிறது எனில், கீற்றணியில் ஒரு சென்டிமீட்டர் அகலத்திற்கு அமைந்துள்ள பிளவுகளின் எண்ணிக்கையைக் காண்க.

தீர்வு

ஒளியின் அலைநீளம் $\lambda = 500\ \text{nm} = 500\times10^{-9}\ \text{m}$;

விளிம்பு விளைவு வரிசை; $m = 4$;

விளிம்பு விளைவுக் கோணம் $\theta = 30°$;

ஒரு சென்டிமீட்டர் அகலத்தில் அமைந்துள்ள பிளவுகளின எண்ணிக்கை = ?

விளிம்பு விளைவுப் பெருமத்திற்கான சமன்பாடு, $\sin\theta = Nm\lambda$

மாற்றியமைக்கும்போது, $N = \dfrac{\sin\theta}{m\lambda}$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$N = \frac{0.5}{4\times500\times10^{-9}} = \frac{1}{2\times4\times500\times10^{-9}}$$

$$= 2.5\times10^5\ \text{m}^{-1}$$

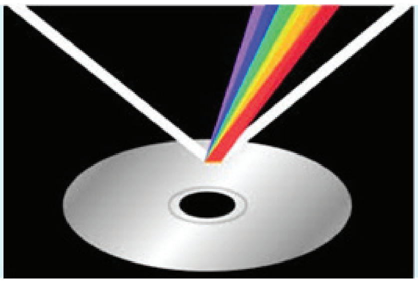
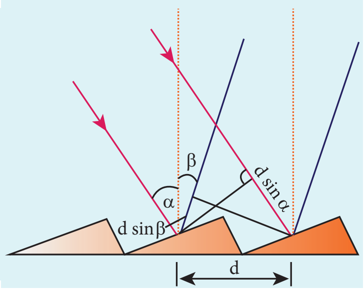
7.4.7 ஒற்றைநிற ஒளியின் அலைநீளத்தைக் காண்பதற்கான சோதனை

ஒளிபுகும் விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணியைக் கொண்டு நிறமாலைவரியின் அலைநீளத்தைத் துல்லியமாகக் கண்டறியலாம். இதற்கு நிறமாலைமானி என்ற கருவி தேவைப்படுகிறது (7.6.6 காண்க). நிறமாலைமானியின் தொடக்க சீரமைப்புகளை செய்ய வேண்டும். அலைநீளம் காணவேண்டிய ஒற்றை நிற ஒளியினால் இணையாக்கியின் பிளவினை ஒளியூட்டவேண்டும். தொலைநோக்கியினை இணையாக்கிக்கு நேராக அமைத்துப் பிளவின் நேரடி பிம்பத்தினைக் காணவேண்டும் இணையாக்கிலிருந்து வரும் படும் ஒளி அலைக்குச் செங்குத்தாக உள்ளவாறு விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணியை முப்பட்டக மேடைமீது அமைக்கவேண்டும். முதல் வரிசை விளிம்பு விளைவு பிம்பம், தெரியும் வரை தொலை நோக்கியினை ஒரு பக்கமாகச் சுழற்றவேண்டும். தொலைநோக்கி அமைந்துள்ள நிலைக்கான அளவீடுகளைக் குறித்துக்கொள்ளவேண்டும்.

இதேபோன்று மற்றொரு பக்கமாக தொலைநோக்கியைச் சுற்றி முதல்வரிசை விளிம்பு விளைவு பிம்பத்தை சரிசெய்தபின் அளவீடுகளைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். இரண்டு நிலைகளுக்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடு

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

ஒரு குறுந்தகடு (Compact disc) கண்கவர் வண்ணங்களில் பளபளக்கின்றது. பதிவு செய்யப்பட்டிருக்கும் பளபளப்பான பக்கத்தில் வட்டவடிவ குறுகிய வெட்டுகள் காணப்படும். இவ்வெட்டுகளின் அகலம் கண்ணுறு ஒளியின் அலைநீளத்துடன் ஒப்பிடத்தக்க அளவில் உள்ளதால், வெள்ளை ஒளி அலைகள் குறுந்தகடுகளின் இப்பக்கத்தின் மீது பட்டு எதிரொளிக்கும்போது விளிம்பு விளைவு ஏற்பட்டுக் கண்கவர் வணணங்களில் குறுந்தகடுகள் தோன்றுகின்றன. பாடல்கள் மற்றும் படங்கள் பதிவு செய்யப்பட்டிருக்கும் பிளவுகள் விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி போன்று செயல்படுகின்றன.

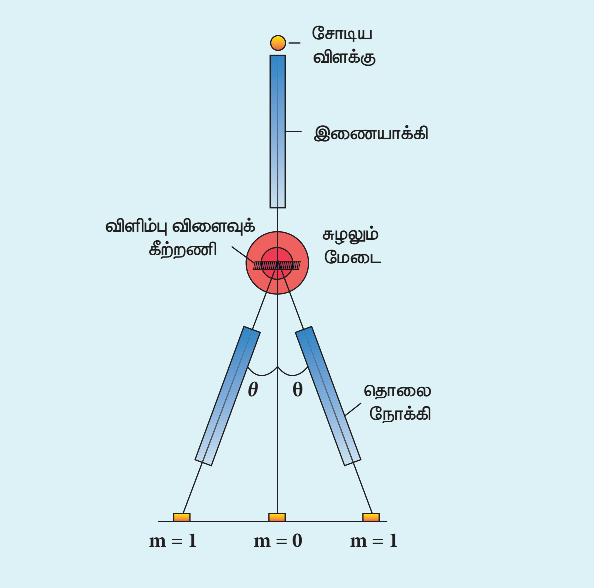



XII_Physics_Vol-2_UNIT-7_TM.indd 76 19-12-2022 17:06:11

2θ வைக் கொடுக்கும். இதன் மதிப்பில் பாதி, முதல்வரிசை பெருமத்திற்கான விளிம்பு விளைவுக் கோணம் θ வைக் கொடுக்கும். இது படம் 7.21 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒளியின் அலைநீளம் பின்வரும் சமன்பாட்டினால் கணக்கிடப்படுகிறது.

$$\lambda = \frac{\sin\theta}{Nm} \qquad (7.51)$$

இங்கு N என்பது ஒரு மீட்டர் நீளத்தில் கீற்றணியில் வரையப்பட்ட கோடுகளின் எண்ணிக்கையாகும். மேலும் m என்பது விளிம்பு விளைவு பிம்பத்தின் வரிசையாகும்.



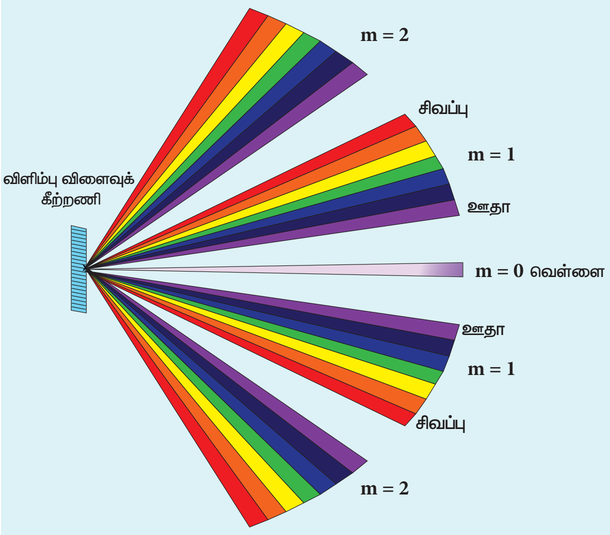
படம் 7.21 கீற்றணியைக் கொண்டு ஒளியின் அலைநீளம் காணல்

7.4.8 வெவ்வேறு வண்ணங்களின் அலைநீளங்களைக் கண்டறிதல்

வெள்ளை ஒளியைப் பயன்படுத்தும்போது, மையப்பெருமமும் அதன் இரண்டு பக்கங்களிலும் தொடர்ச்சியான வண்ண விளிம்பு விளைவுப்பட்டைகள் தோன்றும். மையப்பெருமம் வெண்மையாக தெரியும், அனைத்து வண்ணங்களும் எவ்வித பாதைவேறுபாடும் இன்றி, ஒன்றை ஒன்று வலுவூட்டும் வகையில் மையத்தில் ஒன்றிணைவதால். θ அதிகரிக்கும்போது, பாதைவேறுபாடு ஊதாமுதல் சிவப்புவரை உள்ள அனைத்து வண்ணங்களின் பெரும விளிம்பு விளைவு நிபந்தனையும் நிறைவேற்றும். இது படம் 7.22 இல் காட்டியுள்ளவாறு மையப்பொலிவின் இரண்டுப்பக்கங்களிலும் ஊதாமுதல் சிவப்புவரையுள்ள நிறமாலை அமைப்பை உருவாக்கும். வெவ்வேறு வரிசைகளைக் கொண்ட விளிம்புவிளைவுக் கோணங்களைக் கண்டறிந்து, வண்ணங்களின் அலைநீளங்களைப் பின்வரும் சமன்பாட்டினைப் பயன்படுத்திக் கணக்கிடலாம்.

$$\lambda = \frac{\sin\theta}{Nm}$$

இங்கு N என்பது கீற்றணியில் ஒரு மீட்டர் நீளத்தில் வரையப்பட்ட கோடுகளின் எண்ணிக்கையையும், m என்பது விளிம்பு விளைவு பிம்பத்தின் வரிசையையும் குறிக்கும்.



படம் 7.22 வெள்ளை ஒளி விளிம்பு விளைவடைதல்

7.4.9 (ஒளியியல்) பிரிப்பு (Resolution)

பிம்பங்களின் துல்லியத்தன்மையைப் பொறுத்தவரை விளிம்பு விளைவின் தாக்கம் விரும்பத்தகாத ஒன்றாகும். ஒற்றைப்பிளவில் மையப்பொலிவு பொருளிலுள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியும் புள்ளி மூலமாகச் செயல்படுவதால், அதன் பிம்பத்தில் ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் மையப் பெருமம் விரிவடைந்து காணப்படும். செவ்வகப் பிளவினால்

ஏற்படும் மையப் பெருமம் (அல்லது முதல் சிறுமம்) சமன்பாடு (7.37)ன் மூலம் பெறப்படும்.

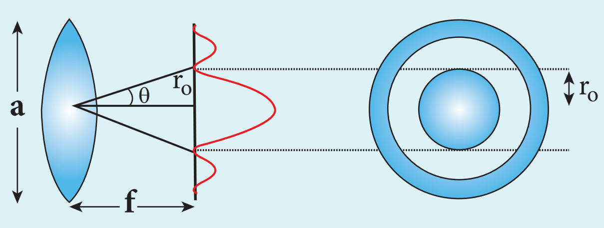
$a \sin\theta = \lambda$

ஆனால் ஒரு வட்டப் பிளவு (அல்லது துளை), ஒரு மைய வளையங்களைப் போன்ற விளிம்பு விளைவு அமைப்பினை உருவாக்குகின்றது (படம் 7.23). இவை ஏரி தட்டுகள் (Airy's discs) என அழைக்கப்படுகின்றன. பெரும்பாலான ஒளியியல் கருவிகள் வட்டப் பிளவுகள் மூலமாகவே பிம்பங்களை உருவாக்குகின்றன. வட்டப் பிளவிற்கான மையப் பெருமம் அல்லது முதல் சிறுமத்திற்கான நிபந்தனை.

$$a \sin\theta = 1.22\,\lambda \qquad (7.52)$$

இங்கு 1.22 என்ற எண்மதிப்பு, வட்டத்துளை ஒன்றினால் ஏற்படும் மையப் பெருமம் அல்லது முதல் சிறுமத்தின் கோவைக்கு உரியது. இதனை விளக்குவதற்கு உயர் கணிதம் தேவைப்படுவதால் இதனைப்பற்றி உயர்வகுப்புகளில் படிக்கலாம்.

RDP31



படம் 7.23 ஏரி தட்டுகள்

சிறிய கோணங்களுக்கு, $\sin\theta \approx \theta$

$a\,\theta = 1.22\,\lambda$

சமன்பாட்டினை மேலும் மாற்றியமைக்கும்போது,

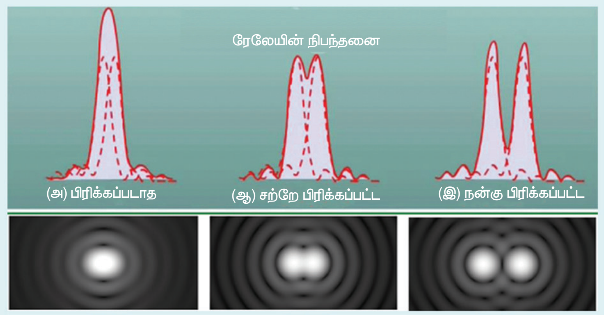
$$\theta = \frac{1.22\lambda}{a} \qquad (7.53)$$

வடிவியலின்படி, $\theta = \dfrac{r_0}{f}$

சமன்(7.53) ல் பிரதியிட்டு மாற்றியமைக்க,

$$r_0 = \frac{1.22\lambda f}{a} \qquad (7.54)$$

எடுத்துக்காட்டிற்கு, அருகருகே அமைந்துள்ள இரு புள்ளி மூலங்கள் அவற்றின் பிம்பங்களைத் திரையில் உருவாக்குகின்றன. ஒன்றின் விளிம்பு விளைவு வடிவமைப்பு (pattern) அடுத்ததன் வடிவமைப்புடன் பொருந்தி ஒரு மங்கலான அல்லது பிரிக்கப்படாத பிம்பத்தை உருவாக்கும் [படம் 7.24 (அ)]. தரமான அல்லது நன்கு பிரிக்கப்பட்ட பிம்பத்தை உருவாக்க இரு புள்ளி மூலங்களின் விளிம்பு விளைவு வடிவமைப்புகள் ஒன்றன் மேல் ஒன்று பொருந்தாத வகையில் வைக்கப்பட வேண்டும் [படம் 7.24 (இ)].



படம் 7. 24 இராலேயின் நிபந்தனை

இராலேயின் நிபந்தனைப்படி, ஒரு பிம்பத்திலுள்ள இரு அடுத்தடுத்த புள்ளிகளுள் ஒரு புள்ளியினுடைய விளிம்பு விளைவு மையப் பெருமமும் மற்றதன் முதல் சிறுமமும் பொருந்தி வந்தாலோ (அல்லது) அதற்கு மறுதலையாக இருந்தாலோ அப்புள்ளிகள் சற்றே பிரிக்கப்பட்ட புள்ளிகள் (just resolved) எனப்படும் [படம் 7.24(ஆ)]. அதாவது இரு மையப் பெருமங்களுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு குறைந்தபட்சம் r_0 ஆக இருக்க வேண்டும் சமன் (7.54)ல் பெறப்படும் இம்மதிப்பு **இடம்சார் பிரிப்பு** எனவும் சமன் (7.53)ல் பெறப்படும் தொடர்புடைய கோணமதிப்பு **θ கோணம்சார் பிரிப்பு** எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன.

ஒரு பொருளின் மீது மிக அருகருகேயுள்ள இரு புள்ளிகளையோ அல்லது அருகருகே உள்ள பொருள்களையோ பிரித்துப் பார்க்கும் (அல்லது) வேறுபடுத்திப் பார்க்கும் திறமைக்கு ஒளியியல் கருவியின் பிரிதிறன் என்று பெயர். பொதுவாகப் பிரிப்பு என்ற சொல் உருவாகும் பிம்பத்தின் தரத்தையும், பிரிதிறன் என்பது ஒளியியல் கருவியின் பிரித்தறியும் திறமையையும் குறிக்கும். பிரிப்பு மற்றும் பிரிதிறன் இவையிரண்டும் ஒன்றன் தலைகீழி மற்றொன்று ஆகும்.

எடுத்துக்காட்டு 7.14

காவலூரில் அமைந்துள்ள வைனு பாப்பு (Vainu Bappu) வானியல் ஆய்வு மையத்தில் உள்ள பொருளருகு லென்சின் விட்டம் 2.3 m. அலைநீளம் 589 nm கொண்ட ஒளியினைப் பயன்படுத்தினால் கிடைக்கும் கோணப் பிரிப்பைக் காண்க.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-7_TM.indd 78 19-12-2022 17:06:13

தீர்வு

பொருளருகு லென்சின் விட்டம் $a = 2.3$ m;

ஒளியின் அலைநீளம் $\lambda = 589\ \text{nm} = 589\times10^{-9}$ m;

$\theta = ?$

கோணப் பிரிப்பிற்கான சமன்பாடு,

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

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$\theta = \frac{1.22\times589\times10^{-9}}{2.3} = 321.4\times10^{-9}$$

$\theta = 3.214\times10^{-7}$ rad (அல்லது) $\theta = 0.0011'$

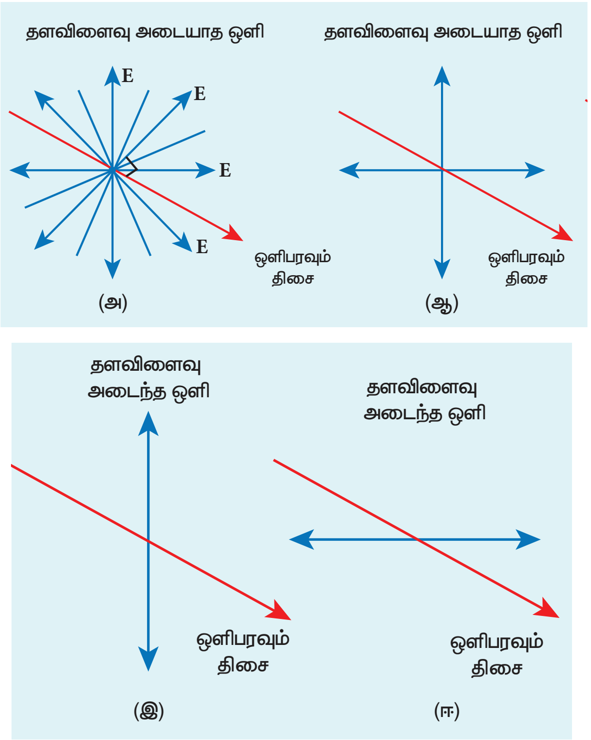
குறிப்பு: மனிதக் கண்களின் கோணப் பிரிப்பின் மதிப்பு, தோராயமாக 3×10^{-4} rad $\approx 1.03'$.

7.5 ஒளியின் தளவிளைவு (Polarisation)

குறுக்கலைகள் நெட்டலைகள் இவையிரண்டுமே குறுக்கீட்டு விளைவு மற்றும் விளிம்பு விளைவை ஏற்படுத்துகின்றன. ஒலி அலைகள் கூட இவ்விரண்டு விளைவுகளையும் ஏற்படுத்துகின்றன. ஆனால் ஒளியின் குறுக்கலைப் பண்பு தளவிளைவின் மூலம் நிறுவப்படுகிறது. **ஒளிஅலை பரவும் திசைக்குச் செங்குத்தாக உள்ள ஒரு குறிப்பிட்ட திசையில் ஒளியின் அதிர்வுகளை (மின்புலம் அல்லது காந்தப்புல வெக்டர்) அனுமதிக்கும் நிகழ்ச்சிக்கு ஒளியின் தளவிளைவு என்று பெயர்.** இந்த அலகில் புரிந்துகொள்வதற்கு எளிமையாக இருக்க, மின்புலம் மட்டுமே எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டுள்ளது.

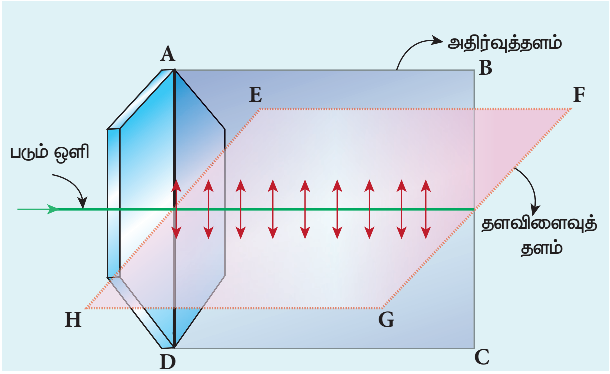
7.5.1 முழுவதும் தளவிளை அடைந்த ஒளி (Plane Polarized light)

அலைபரவும் திசைக்குச் செங்குத்தாக உள்ள தளத்தில், அனைத்து திசைகளிலும் அதிர்வுகளைப் குறுக்கலையையே தளவிளைவற்ற ஒளி என்பர் [படம் 7.25 (அ)], படம் 7.25 (ஆ) இல் தளவிளைவற்ற ஒளியின் அனைத்து அதிர்வுகளும் இரு செங்குத்துக் கூறுகளாகப் பிரித்துக் காட்டப்பட்டுள்ளன. **அலைபரவும் திசைக்குச் செங்குத்தாக உள்ள தளத்தில் ஒரு திசையில் மட்டும் அதிர்வுகளைப் பெற்றுள்ள ஒளி அலை, தளவிளைவு அடைந்த ஒளி அல்லது முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளி என அழைக்கப்படுகிறது**. படங்கள் 7.25 (இ) மற்றும் 7.25 (ஈ) ஆகியவை முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளியைக் காட்டுகின்றன.



படம் 7.25 தளவிளைவற்ற மற்றும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளி

தளவிளைவற்ற மற்றும் முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளி அலைகள் மின்புல வெக்டர்களைக் கொண்டுள்ள தளத்திற்கு $(ABCD)$ **அதிர்வுத்தளம்** என்று பெயர். இது படம் 7.26 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒளிக்கற்றையைக் கொண்டுள்ள, அதிர்வுத்தளத்திற்குச் செங்குத்தாக உள்ள தளத்திற்கு $(EFGH)$ **தளவிளைவுத்தளம்** என்று பெயர். இவ்விரு தளங்களுமே ஒளி பரவும் திசையினைக் கொண்டிருக்கும்.



படம் 7.26 அதிர்வுத்தளம் மற்றும் தளவிளைவுத் தளம்

XII_Physics_Vol-2_UNIT-7_TM.indd 79 19-12-2022 17:06:14

தளவிளைவு அடைந்த மற்றும் தளவிளைவு அடையாத ஒளிக்கற்றைகளின் சில பண்புகள் அட்டவணை 7.3 இல் விவரிக்கப்பட்டுள்ளன.

7.5.2 தளவிளைவு ஆக்கும் நுட்பங்கள் (Polarisation techniques)

தளவிளைவற்ற ஒளியிலிருந்து, பல்வேறு நுட்பங்களைப் பயன்படுத்தித் தளவிளைவு அடைந்த ஒளியைப் பெறலாம். இங்கு, பின்வரும் நான்கு முறைகளைப்பற்றி மட்டும் படிக்கலாம்

(i) தெரிவு உட்கவர்தல் மூலம் தளவிளைவு ஆக்கம்

(ii) எதிரொளிப்பின் மூலம் தளவிளைவு ஆக்கம்

(iii) இரட்டை ஒளிவிலகலின் மூலம் தளவிளைவு ஆக்கம்

(iv) ஒளிச்சிதறல் மூலம் தளவிளைவு ஆக்கம்.

7.5.3 தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட உட்கவர்தல் (அல்லது) தெரிவு உட்கவர்தல் மூலம் தளவிளைவு ஆக்கம் (Polarisation by selective absorption)

தெரிவு உட்கவர்தல் என்பது பொருளின் ஒரு பண்பாகும். குறிப்பிட்ட ஒருங்கமைவு திசைக்கு இணையாக உள்ள தளத்தில் மட்டும் மின்புல அதிர்வுகளைப் பெற்றுள்ள ஒளி அலைகளைத் தன்வழியே செல்ல அனுமதித்தும், மற்ற அனைத்து ஒளி அதிர்வுகளையும் உட்கவரும் பொருளின் இப்பண்பிற்குத் தெரிவு உட்கவர்தல் என்று பெயர். போலராய்டுகள் (Polaroids) அல்லது தளவிளைவு ஆக்கிகள் என்பவை, மெல்லிய வணிகரீதியாகப் பயன்படும் தகடுகளாகும். இவை, தெரிவு உட்கவர்தல் பண்பை அடிப்படையாகக் கொண்டு, அதிகச் செறிவு கொண்ட முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளி அலைகளை உருவாக்குகின்றன. தெரிவு உட்கவர்தலை, இருவண்ணத் தன்மை (dichrosim) என்றும் அழைக்கலாம்.

1932 இல் அமெரிக்க அறிவியல் அறிஞர் எட்வின் லாண்ட் (Edwin Land) என்பவர் தகடு வடிவிலான தளவிளைவு ஆக்கிகளை உருவாக்கினார். இயற்கையில் கிடைக்கும் தளவிளைவு ஆக்கி டர்மலைன் (Tourmaline) ஆகும். தளவிளைவு ஆக்கிகளைச் செயற்கையாகவும் உருவாக்கலாம். சிறிய ஊசி வடிவிலான குயினின் அயோடோசல்பேட் (Quinine iodosulphate) படிகங்கள், ஒளியைத் தளவிளைவு ஆக்கும் பண்பினைப் பெற்றுள்ளன எனக் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. இரண்டு ஒளிபுகும் பிளாஸ்டிக் தகடுகளுக்கு நடுவே அதிக எண்ணிக்கையில் இப்படிகங்களின் அச்சுகள் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக உள்ளவாறு அமைத்து, அதனைப் போலராய்டாகப் பயன்படுத்தலாம். தற்காலத்தில் பாலிவினைல் ஆல்கஹால் (polyvinyl alcohol) மெல்லேடுகளைப் பயன்படுத்திப் போலராய்டுகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இவை, அதிக ஒளிகடத்தும் தன்மை கொண்ட நிறமற்ற படிகங்களாகும். மேலும் இவை சிறந்த முறையில் ஒளியை, தளவிளைவு அடையச் செய்கின்றன.

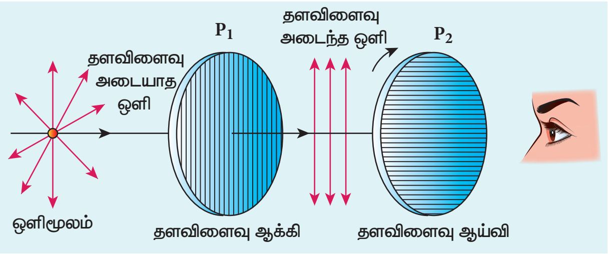
7.5.3.1 தளவிளைவு ஆக்கி மற்றும் தளவிளைவு ஆய்வி (Polarisar and Analyser)

தளைவிளைவு அற்ற ஒளிக்கற்றை ஒன்றைக் கருதுவோம். ஒளிபரவும் திசைக்குச் செங்குத்தாக உள்ள அனைத்துத் திசைகளிலும் தளவிளைவற்ற

அட்டவணை 7.3 தளவிளைவு அடைந்த மற்றும் தளவிளைவு அடையாத ஒளிக்கற்றைகளின் சில பண்புகள்

வ. எண்	தளவிளைவு அடைந்த ஒளி	தளவிளைவு அடையாத ஒளி
1	ஒளிக்கதிர்பரவும் திசைக்குச் செங்குத்தாக உள்ள ஒரே ஒரு தளத்தில் மட்டும் மின்புல வெக்டர்கள் அதிர்வுகளைப் பெற்றிருக்கும்	ஒளிக்கதிர் பரவும் திசைக்குச் செங்குத்தாக உள்ள அனைத்து திசைகளிலும் மின்புல வெக்டர்களின் அதிர்வுகள் பங்கிடப்பட்டிருக்கும்.
2	ஒளிக்கதிர் பரவும் திசையைப் பொறுத்து சமச்சீரற்றது	ஒளிக்கதிர் பரவும் திசையைப் பொறுத்து சமச்சீரானது.
3	தளவிளைவு ஆக்கிகளைப் பயன்படுத்தி, தளவிளைவு அடையாத ஒளியிலிருந்து, இவ்வகையான ஒளி பெறப்படுகிறது.	மரபான ஒளிமூலங்களிலிருந்து இவ்வகையான ஒளி கிடைக்கிறது.

ஒளிக்கற்றை அதிர்வுகளைப் பெற்றிருக்கும். இது படம் 7.27 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இக்கற்றை P_1 என்ற போலராய்டு வழியே செல்லும்போது ஒரு குறிப்பிட்ட தளத்தில் மட்டும் அதிர்வுகள் அனுமதிக்கப்படுகின்றன. போலராய்டில் இருந்து வெளியேறும் ஒளிக்கற்றை மற்றொரு P_2 என்ற போலராய்டு வழியே செலுத்தப்படுகிறது. ஒளிக்கதிரை அச்சாகக் கொண்டு P_2 போலராய்டைச் சுழற்றும்போது, P_2 போலராய்டின் ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையில் ஒளிச்செறிவு பெருமமாகிறது. இந்த நிலையிலிருந்து போலராய்டை மேலும் சுழற்றும்போது ஒளிச்செறிவு குறைய ஆரம்பித்து, P_2 போலராய்டு 90° ஐ அடையும் போது ஒளிச்செறிவு முற்றிலும் மறைந்துவிடுகிறது. மீண்டும் P_2 போலராய்டைச் சுழற்றும்போது மீண்டும் ஒளி தோன்ற ஆரம்பித்து படிப்படியாக ஒளிச்செறிவு அதிகரித்து 180° சுழற்சியில் பெரும ஒளிச்செறிவு கிடைக்கிறது. P_1 போலராய்டில் இருந்து வெளியேறிய ஒளி முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளியாகும். தன் வழியே பாயும் தளவிளைவற்ற ஒளியை, முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளியாக மாற்றும் போலராய்டுக்குத் (இங்கு P_1) தளவிளைவு ஆக்கி என்று பெயர். தன் வழியே பாயும் ஒளியை, தளவிளைவு அடைந்த ஒளியா? அல்லது தளவிளைவு அடையாத ஒளியா? என ஆய்வு செய்யும் போலராய்டுக்கு (இங்கு P_2) தளவிளைவு ஆய்வி என்று பெயர்.

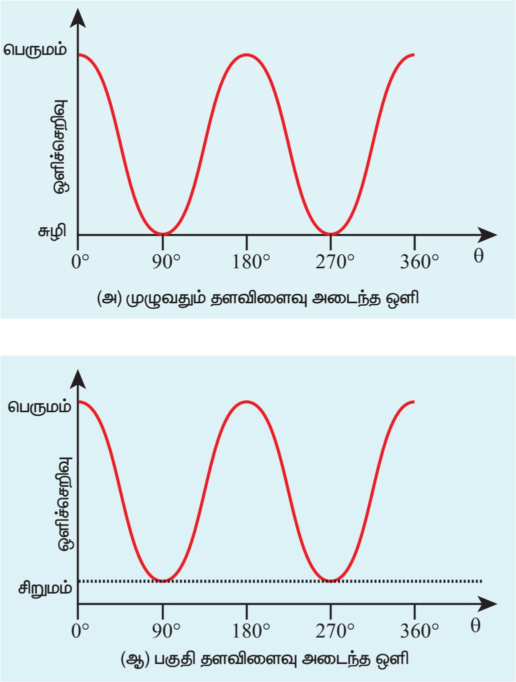


படம் 7.27 தளவிளைவு ஆக்கி மற்றும் தளவிளைவு ஆய்வி

தளவிளைவு அற்ற ஒளியின் செறிவு (I) எனில், தளவிளைவு அடைந்த ஒளியின் செறிவு $\left(\frac{I}{2}\right)$வாக இருக்கும். மற்றொரு பங்கு ஒளிச்செறிவானது, தளவிளைவு ஆக்கியால் தடுக்கப்படுகிறது.

7.5.3.2 முழுவதும் மற்றும் பகுதி தளவிளைவு அடைந்த ஒளி

தளவிளைவு ஆய்வியை சுழியிலிருந்து 90° வரை ஒவ்வொருமுறை சுழற்றும் போதும், ஒளிச்செறிவு சுழிக்கும் பெருமத்திற்கும் இடையில் மாற்றமடைந்தால், அவ்வொளியை முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளி என அழைக்கலாம். இது வரைபடம் 7.28 (அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதற்குக் காரணம் ஓர் அச்சில் அதிர்வுகள் அனுமதிக்கப்படுகின்றன. இவ்வச்சுக்குச் செங்குத்தாக உள்ள அச்சில் அதிர்வுகள் முற்றிலும் தடுக்கப்படுகின்றன. இதற்கு மாறாக, **தளவிளைவு ஆய்வியின் ஒவ்வொரு 90° சுழற்சிக்கும் ஒளிச்செறிவு பெருமத்திற்கும் சிறுமத்திற்கும் (சுழிச்செறிவு அல்ல) இடையில் மாற்றமடைந்தால் அந்த ஒளியைப் பகுதி தளவிளைவு அடைந்த ஒளி என அழைக்கலாம். இது வரைபடம் 7.28 (ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.** இதற்குக் காரணம் குறிப்பிட்ட அச்சில் ஒளி முற்றிலும் தடுக்கப்படாததே ஆகும். எனவே, குறைந்த செறிவு ஒளி தோன்றுகிறது.



படம் 7.28 தளவிளைவினால் ஏற்படும் செறிவு மாறுபாடு (அ) முழுவதும் மற்றும் (ஆ) பகுதி தளவிளைவுற்ற ஒளி

7.5.3.3 மாலஸ் (Malus') விதி

I_0 செறிவு கொண்ட முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளி, தளவிளைவு ஆய்வியில் விழுந்து I செறிவு கொண்ட ஒளியாக தளவிளைவு ஆய்வியிலிருந்து வெளியேறும்போது, அதன் செறிவு தளவிளைவு ஆக்கி மற்றும் தளவிளைவு ஆய்வியின் பரவு தளங்களுக்கு இடையே உள்ள கோணத்தின் θ கொசைன் மதிப்பின் இருமடிக்கு

நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். இதற்கு மாலஸ் விதி என்று பெயர்.1809 இல் பிரஞ்சு அறிஞர் E.N. மாலஸ் இதனைக்கண்டறிந்தார். இது படம் 7.29 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

$$I = I_0 \cos^2 \theta \qquad (7.55)$$

மாலஸ் விதியின் நிரூபணம் பின்வருமாறு, தளவிளைவு ஆக்கி மற்றும் தளவிளைவு ஆய்வியின் தளங்கள் படம் 7.30 இல் காட்டியுள்ளவாறு ஒன்றுக்கொன்று θ கோணத்தில் சாய்ந்துள்ளன எனக்கருதுக. தளவிளைவு ஆக்கியிலிருந்து வெளியேறும் ஒளியின் மின்புல வெக்டரின் செறிவை I_0 எனவும், அதன் வீச்சை a எனவும் கொள்க. படும் ஒளியின் வீச்சு a இரண்டு கூறுகளைப் பெற்றுள்ளது அவை $a\cos\theta$ மற்றும் $a\sin\theta$ ஆகும். இவை முறையே தளவிளைவு ஆய்வியின் பரவு அச்சிற்கு (axis of transmission) இணையாகவும், செங்குத்தாகவும் உள்ளன.

$a\cos\theta$ கூறு மட்டும் தளவிளைவு ஆய்வியின் வழியாக வெளியேறும். தளவிளைவு ஆய்வியின் வழியாக வெளியேறும் ஒளியின் செறிவு, தளவிளைவு ஆய்வியின் வழியாக வெளியேறும் வீச்சுக்கூறின் இருமடிக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

$$I \propto (a\cos\theta)^2$$

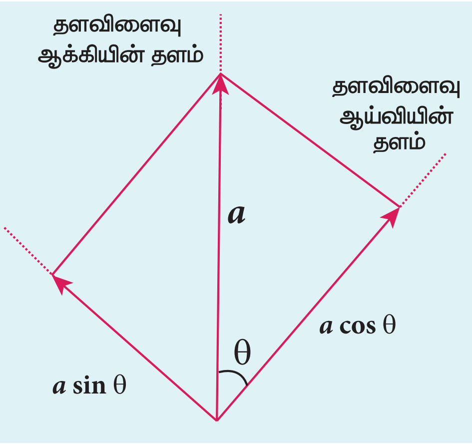
$$I = k(a\cos\theta)^2$$

இங்கு k என்பது விகிதமாறிலி

$$I = ka^2 \cos^2\theta$$

$$I = I_0 \cos^2\theta$$

இங்கு, $I_0 = ka^2$ என்பது, தளவிளைவு ஆய்வியின் வழியாக வெளியேறும் ஒளியின் பெரும ஒளிச்செறிவாகும்.



படம் 7.30 மாலஸ் விதி

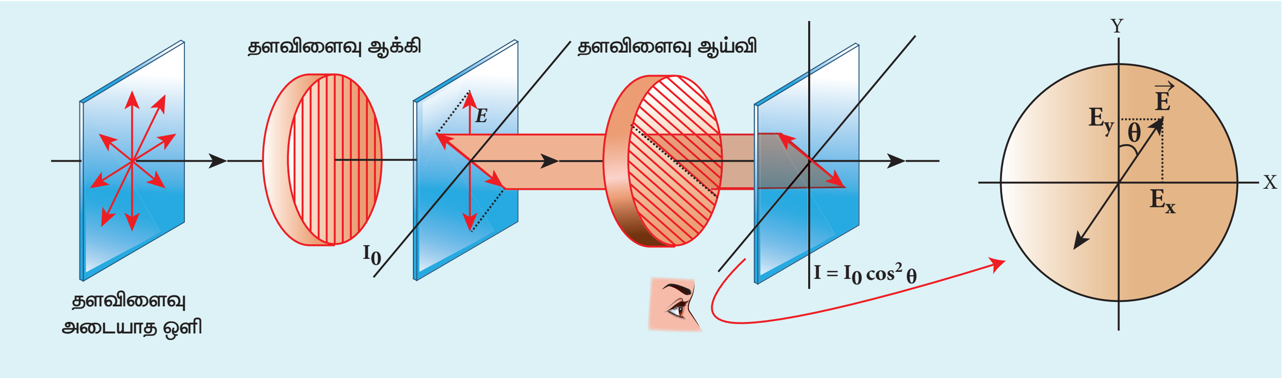
சிறப்பு நேர்வுகள் பின்வருமாறு .

நேர்வு (i) $\theta = 0^\circ$ எனில், $\cos 0^\circ = 1$, எனவே, $I = I_0$

தளவிளைவு ஆக்கி மற்றும் தளவிளைவு ஆய்வியின் பரவு அச்சுகள் திசைகள் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக உள்ளபோது, தளவிளைவு ஆய்வியின் வழியாக வெளியேறும் ஒளியின் செறிவும், தளவிளைவு ஆக்கியின் மீது விழும் ஒளியின் செறிவும் சமமாகும்.

நேர்வு (ii) $\theta = 90^\circ$ எனில் $\cos 90^\circ = 0$, எனவே, $I = 0$

தளவிளைவு ஆக்கி மற்றும் தளவிளைவு ஆய்வியின் பரவு அச்சுகள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக உள்ள போது, தளவிளைவு ஆய்வியின் வழியாக வெளியேறும் ஒளியின் செறிவு சுழியாகும்.



படம் 7.29 மாலஸ் விதி

எடுத்துக்காட்டு 7.15

இரண்டு போலராய்டுகளின் பரவு அச்சுகள் ஒன்றுக்கொன்று 30° கோணத்தில் சாய்ந்துள்ள நிலையில், I செறிவு கொண்ட தளவிளைவு அற்ற ஒளி முதல் போலாராய்டின் மீது விழுகின்றது. இரண்டாவது போலராய்டில் இருந்து வெளியேறும் ஒளியின் செறிவினைக் காண்க

தீர்வு

முதல் போலராய்டின் மீது விழும் ஒளியின் செறிவை (I) என்க. இந்தப் போலராய்டிலிருந்து வெளியேறும் ஒளியின் செறிவு, $I_0 = \left(\frac{I}{2}\right)$ ஆகும்.

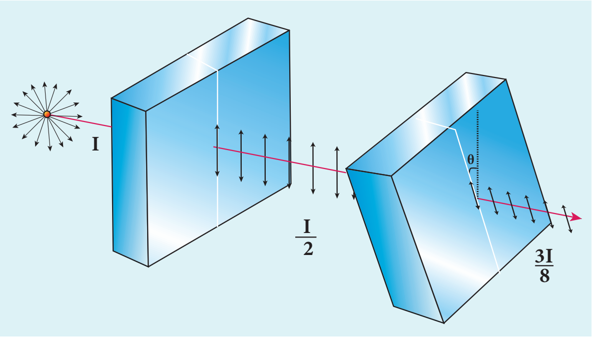
இரண்டாவது போலராய்டிலிருந்து வெளியேறும் ஒளியின் செறிவை I' எனக்கொண்டால்

மாலசின் விதிப்படி, $I' = I_0 \cos^2\theta$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும் போது,

$$I' = \left(\frac{I}{2}\right)\cos^2(30^\circ) = \left(\frac{I}{2}\right)\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 = I\frac{3}{8}$$

$$I' = \left(\frac{3}{8}\right)I$$



எடுத்துக்காட்டு 7.16

ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக (பரவு அச்சுகள் 90° கோணத்தில் உள்ள) இரண்டு போலராய்டுகள் வைக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்வமைப்பினைக் கொண்டு பின்வருவனவற்றைக் காண்க.

(அ) முதல் போலராய்டின் மீது I ஒளிச்செறிவு கொண்ட ஒளி விழுந்தால், இரண்டாவது போலாராய்டிலிருந்து வெளியேறும் ஒளியின் செறிவு என்ன?

(ஆ) இரண்டு போலராய்டுகளுக்கும் 45° சாய்ந்த நிலையில், மூன்றாவது போலராய்டு ஒன்றை அவற்றின் நடுவே வைத்தால் இரண்டாவது போலராய்டிலிருந்து வெளியேறும் ஒளியின் செறிவைக் காண்க.

தீர்வு

(அ) முதல் போலராய்டின் மீது விழும் ஒளியின் செறிவை (I) என்க. இதிலிருந்து வெளியேறும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளியின் செறிவு $I_0 = \left(\frac{I}{2}\right)$.

இரண்டாவது போலராய்டில் இருந்து வெளியேறும் ஒளியின் செறிவை I' எனக் கருதினால்

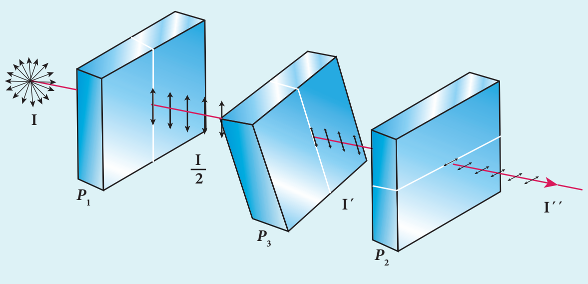
மாலசின் விதிப்படி, $I' = I_0 \cos^2\theta$

இங்கு பரவு அச்சுகள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்து. எனவே, $\theta = 90^\circ$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$I' = \left(\frac{I}{2}\right)\cos^2\left(90^\circ\right) = 0 \quad \left[\therefore \cos\left(90^\circ\right) = 0\right]$$

இரண்டாவது போலராய்டில் இருந்து எவ்வித ஒளியும் வெளிவராது.



(ஆ) முதல்போலராய்டை P_1 எனவும் இரண்டாவது போலராய்டை P_2 எனவும் கருதுக. இவ்விரண்டும் 90° கோணத்தில் ஒருங்கமைத்துள்ளன. மூன்றாவது போலராய்டு P_3 இவற்றுக்கு நடுவே 45° கோணத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. P_3 யிலிருந்து வெளியேறும் ஒளியின் செறிவை I' என்க.

P_1 மற்றும் P_3 க்கு இடையேயான கோணம் 45°

P_3யிலிருந்து வெளியேறும் ஒளியின் செறிவு $I' = I_0 \cos^2\theta$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும் போது,

$$I' = \left(\frac{I}{2}\right)\cos^2(45^\circ) = \left(\frac{I}{2}\right)\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 = \frac{I}{4};\ I' = \frac{I}{4}$$

கடைசியாக ஒளி P_2 வழியாக செல்கிறது.

P_3 மற்றும் P_2 க்கு இடையே உள்ள கோணம் 45°.

P_2 விலிருந்து வெளியேறும் ஒளியின் செறிவு, $I'' = I' \cos^2\theta$

XII_Physics_Vol-2_UNIT-7_TM.indd 83 19-12-2022 17:06:19

இங்கு P_2 மற்றும் P_3 க்கு நடுவே தோன்றும் ஒளியின் செறிவு $\frac{I}{4}$ ஆகும்.

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும் போது,

$$I'' = \left(\frac{I}{4}\right)\cos^2(45^\circ) = \left(\frac{I}{4}\right)\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 = \frac{I}{8}$$

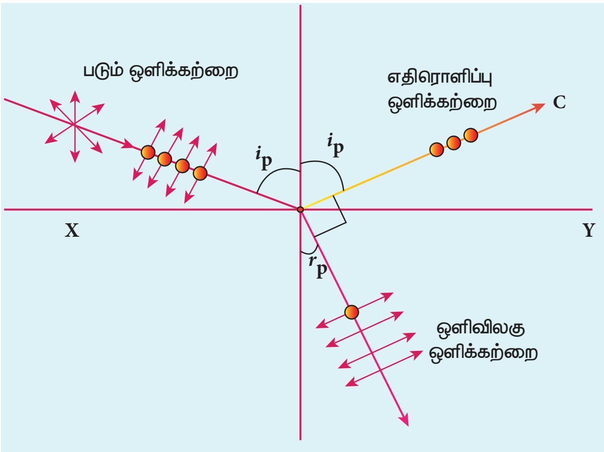
$$I'' = \frac{I}{8}$$

7.5.3.4 போலாராய்டுகளின் பயன்கள்

1. போலராய்டுகள், கண் கூசுவதைத் தடுக்கும் கண்ணாடிகளாகவும், புகைப்படக்கருவிகளில் ஒளிவடிப்பானாகவும் மேலும் வெயில் காப்புக் கண்ணாடிகளிலும் பரவலாக பயன்படுகின்றன.
2. முப்பரிமாண திரைப்படக்காட்சிகளை அதாவது ஹோலோகிராபியை (holograph) உருவாக்க போலராய்டுகள் பயன்படுகின்றன.
3. பழைய எண்ணெய் ஓவியங்களில் நிறங்களை வேறுபடுத்தி அறிய போலராய்டுகள் பயன்படுகின்றன.
4. போலராய்டுகள் ஒளித் தகைவு பகுப்பாய்வில் (Optical Stress analysis) பயன்படுகின்றன.
5. ஜன்னல் கண்ணாடிகளில் போலராய்டுகளைப் பயன்படுத்தி, அறையின் உள்ளே வரும் ஒளியின் செறிவைக் கட்டுப்படுத்தலாம்.
6. தளவிளைவடைந்த லேசர் கற்றை, ஊசிமுனை போன்று செயல்பட்டு, குறுந்தகடுகளைப் (CDs) படிக்க அல்லது அவற்றில் செய்திகளைப் பதிவு செய்ய பயன்படுகின்றன.
7. திரவ படிகத் திரையில் (LCD), தளவிளைவு அடைந்த ஒளி பயன்படுத்தப் படுகிறது.

7.5.4 எதிரொளிப்பின் மூலம் தளவிளைவு ஆக்கம்

முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளியை உருவாக்கப் பயன்படும் மிக எளியமுறை எதிரொளிப்பு ஆகும். *XY* என்ற எதிரொளிக்கும் கண்ணாடிப் பரப்பின் மீது, *AB* என்ற தளவிளைவு அற்ற ஒளிக்கற்றை ஒன்று விழுகிறது எனக்கருதுக. இந்த ஒளியானது எதிரொளிப்பு மற்றும் விலகல் ஆகிய இரண்டையும் அடைகிறது. தளவிளைவு அடையாத ஒளியில் எதிரொளிப்புத் தளத்திற்கு இணையாக உள்ள அதிர்வுகளும் (புள்ளிகளால் குறிக்கப்பட்டுள்ளன) இணையாக இல்லாத அதிர்வுகளும் (அம்புக்குறிகளால் குறிக்கப்பட்டுள்ளன) உள்ளன. இது படம் 7.31ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒரு குறிப்பிட்ட படுகோணத்தில் எதிரொளிக்கப்பட்ட ஒளி முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்தும் விலகலடைந்த ஒளி பகுதி தளவிளைவு அடைந்தும் காணப்படுகின்றன. ஏனெனில், தளத்திற்கு இணையான அதிர்வுகள் எதிரொளிப்பு அடைகின்றன; மற்றவை விலகலடைகின்றன. பகுதி தளவிளைவு அடைந்த ஒளியில் சில இணையான அதிர்வுகளும் காணப்படுகின்றன. **எந்தக் குறிப்பிட்ட படுகோண மதிப்பிற்கு எதிரொளிப்பு அடைந்த கதிர் முற்றிலும் தளவிளைவு அடைந்ததோ, அந்தப் படுகோணமே தளவிளைவுக் கோணம் ஆகும் i_p.**



படம் 7.31 ஒளி எதிரொளிப்பின் மூலம் தளவிளைவு

7.5.4.1 புருஸ்டர் விதி

மேலும் பிரிட்டிஷ் அறிஞர் சர் டேவிட் புருஸ்டர் (Sir David Brewster), தளவிளைவுக் கோணத்தில் எதிரொளிப்பு அடைந்த மற்றும் ஒளிவிலகல் அடைந்த ஒளிக்கதிர்கள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்து எனக் கண்டறிந்தார். i_p என்பது தளவிளைவுப் படுகோணம் எனவும், r_p என்பது இதற்கான ஒளிவிலகு கோணம் எனவும் கருதினால், படம் 7.31 இல் இருந்து வடிவியல்படி,

$$r_p = 90^0 - i_p \qquad (7.56)$$

ஸ்னெல் விதியிலிருந்து ஒளிபுகும் ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்

$$\frac{\sin i_p}{\sin r_p} = n \qquad (7.57)$$

இங்கு n என்பது ஒளிவிலகல் எண்ணாகும்.

சமன்பாடு 7.56 இருந்து r_p யின் மதிப்பை 7.57 ல் பிரதியிடும் போது பின்வரும் சமன்பாடு கிடைக்கும்.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-7_TM.indd 84 19-12-2022 17:06:20

$$\frac{\sin i_p}{\sin(90^\circ - i_p)} = \frac{\sin i_p}{\cos i_p} = n$$

$$\tan i_p = n \qquad (7.58)$$

இத்தொடர்புக்கு புருஸ்டர் விதி என்று பெயர். புருஸ்டர் விதியின்படி, **ஒளிபுகும் ஊடகத்தின் தளவிளைவுக் கோணத்தின் டேஞ்சன்ட் மதிப்பு, அந்த ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணிற்குச் சமமாகும்.** தளவிளைவுக் கோணம் அல்லது புருஸ்டர் கோணத்தின் மதிப்பு, ஒளி புகும் ஊடகத்தின் தன்மை சார்ந்தது.

எடுத்துக்காட்டு 7.17

பின்வருவனவற்றின் தளவிளைவுக் கோணங்களைக் காண்க.

ஒளிவிலகல் எண் 1.5 கொண்ட கண்ணாடி மற்றும் 1.33 ஒளிவிலகல் எண்கொண்ட தண்ணீர்

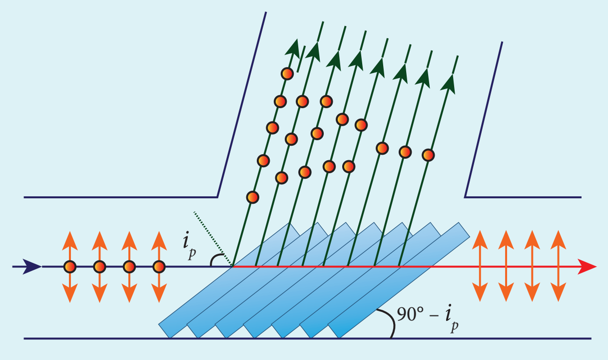
தீர்வு

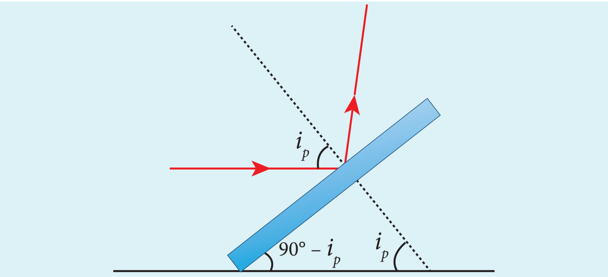
புருஸ்டர் விதியிலிருந்து, $\tan i_p = n$

கண்ணாடிக்கு, $\tan i_p = 1.5;\ i_p = \tan^{-1}1.5;\ i_p = 56.3^\circ$

தண்ணீருக்கு, $\tan i_p = 1.33;\ i_p = \tan^{-1}1.33;$ $i_p = 53.1^\circ$

7.5.4.2 தட்டடுக்குகள் (Pile of Plates)





படம் 7.32 தட்டடுக்கு

பகுதி தளவிளைவு அடைந்த ஒளியை முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளியாக மாற்றுதலை புரூஸ்டர் விதியின் அடிப்படையில் தட்டடுக்கு செய்கிறது. இதில் ஒவ்வொன்றும் கிடைமட்டத்துடன் $90 - i_p$ கோணத்தில் உள்ளவாறு பல கண்ணாடி தட்டுகள் ஒன்றன்பின் ஒன்றாக அடுக்கி வைக்கப்பட்டுள்ளன (படம் 7.32). இணை ஒளிக்கதிர் இத்தட்டடுகளின் மீது i_p கோணத்தில் விழுவதை இவ்வமைப்பு உறுதி செய்கிறது. அடுத்தடுத்த தட்டுகளின் வழியே இந்த தளவிளைவு அற்ற ஒளி செல்லும்போது, விலகலடைந்த ஒளியில் பரப்பிற்கு இணையாகயுள்ள அதிர்வுகள் அடுத்தடுத்த தட்டுகளில் மேலும் எதிரொளிப்பு அடைகின்றன. இதன் மூலம், எதிரொளிப்பு அடைந்த கதிரும் விலகலடைந்த கதிரும் முழுவதும் தளவிளைவு அடைகின்றன.

எடுத்துக்காட்டு 7.18

கிடைத்தளத்திற்கு இணையாகச் செல்லும் தளவிளைவற்ற ஒளிக்கற்றை, ஒளிவிலகல் எண் 1.65 கொண்ட கண்ணாடிப் பரப்பின் மீது பட்டு எதிரொளிப்பு அடைகிறது. எதிரொளிப்பு அடைந்த ஒளிக்கற்றை முழுவதும் தளவிளைவு அடைய வேண்டுமெனில், கண்ணாடிபரப்பு கிடைத்தளத்துடன் எந்தக் கோணத்தில் சாய்த்துவைக்கப்பட வேண்டும்?

தீர்வு

கண்ணாடியின் ஒளிவிலகல் எண் $n = 1.65$

புருஸ்டர் விதிப்படி, $\tan i_p = n$

$\tan i_p = 1.65;\ i_p = \tan^{-1}1.65;\ i_p = 58.8^0$

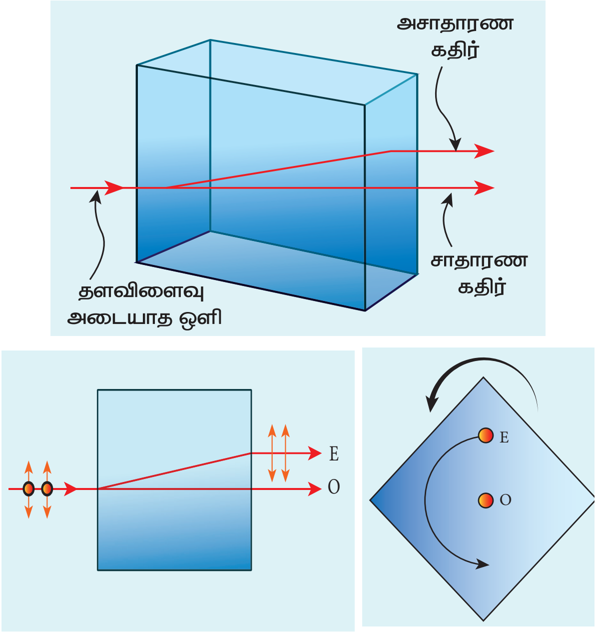
கிடைத்தளத்துடன் சாய்த்து வைக்கப்பட வேண்டிய கோணம், $(90^0 - 58.8^0) = 31.2^0$

7.5.5 இரட்டை ஒளி விலகலின் மூலம் தளவிளைவு ஆக்கம்

எராஸ்மஸ் பார்தோலினஸ் (Erasmus Bartholinus) என்ற டச்சு இயற்பியல் அறிஞர், தளவிளைவற்ற ஒளிக்கற்றை கால்சைட் படிகத்தின் மீது விழும் போது இரண்டு ஒளிவிலகல் கதிர்களாகப் பிரிகை அடைகிறது எனக் கண்டறிந்தார்.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-7_TM.indd 85 19-12-2022 17:06:23

எனவே, இரண்டு பிம்பங்கள் தோன்றுகின்றன, இந்த நிகழ்ச்சிக்கு இரட்டை ஒளிவிலகல் என்று பெயர். இது படம் 7.33 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. குவார்ட்ஸ், மைக்கா போன்ற மற்ற பொருள்களிலும் இப்பண்பு காணப்படுகிறது.



படம் 7.33 இரட்டை ஒளிவிலகல்

புள்ளி ஒன்றினை கால்சைட் படிகத்தின் வழியே செங்குத்தாய் பார்க்கும்போது இரண்டு பிம்பங்கள் தோன்றும், படிகத்தைச் சுழற்றும் போது ஒரு பிம்பம் நிலையாகவும் மற்றொரு பிம்பம், நிலையான பிம்பத்தை சுற்றியும் வருகிறது. நிலையாக உள்ள பிம்பம் *O*, ஒளிவிலகல் விதிகளுக்கு உட்படும் சாதாரண கதிரினால் ஏற்படுகிறது. மற்றொரு பிம்பம் *E*, ஒளிவிலகல் விதிகளுக்கு உட்படாத அசாதாரண கதிரினால் ஏற்படுகிறது. இந்த அசாதாரண ஒளிக்கதிர் முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த கதிர் எனக் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. இரட்டை ஒளிவிலகல் ஏற்படும் படிகத்தின் உள்ளே சாதாரணக்கதிர் அனைத்துத் திசைகளிலும் ஒரே திசைவேகத்தில் செல்கிறது. ஆனால், அசாதாரணக்கதிர் ஒவ்வொரு திசையிலும் வெவ்வேறு திசைவேகங்களில் செல்கிறது. படிகத்தின் உள்ளே உள்ள, புள்ளி ஒளிமூலம் ஒன்று சாதாரணக்கதிருக்குக் கோளக அலைமுகப்பையும், அசாதாரண கதிருக்கு நீள்வட்ட அலைமுகப்பையும் உருவாக்கும். படிகத்தின் உள்ளே ஒரு குறிப்பிட்ட திசையில் இவ்விரண்டு கதிர்களும் ஒரே திசைவேகத்தில் செல்கின்றன. அந்தத் திசைக்கு ஒளியியல் அச்சு என்று பெயர். ஒளியியல் அச்சில், இரண்டு கதிர்களும் ஒரே ஒளிவிலகல் எண்ணைப் பெற்றிருக்கும். மேலும், இந்த அச்சில் இரட்டை ஒளிவிலகலும் ஏற்படாது.

7.5.6 ஒளியியல் செயல்புரியும் படிகங்களின் வகைகள்

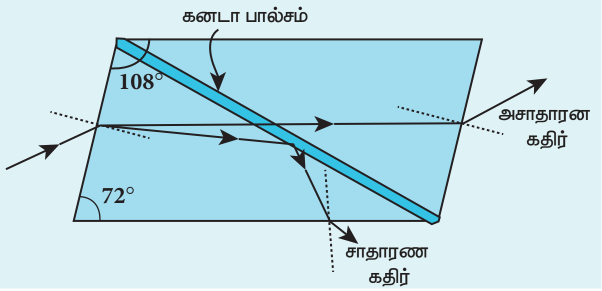
கால்சைட், குவார்ட்ஸ், டர்மலைன் மற்றும் பனிக்கட்டி போன்ற படிகங்கள் ஒரே ஒரு ஒளியியல் அச்சைப் பெற்றுள்ளன. எனவே, அவை ஓரச்சுப்படிகங்கள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன.

மைக்கா, புஷ்பராகம் (Topaz) செலினைட், அராகோனைட் போன்ற படிகங்கள் இரண்டு ஒளியியல் அச்சுகளைப் பெற்றுள்ளன. எனவே அவை ஈரச்சுப்படிகங்கள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன.

7.5.7 நிகோல் பட்டகம்

நிகோல் (Nicol) பட்டகம், மற்ற ஒளியியல் கருவிகளுடன் இணைந்து முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளியை உருவாக்கவும், ஆய்வு செய்து பார்க்கவும் பயன்படுகிறது. நிகோல் பட்டகம் இரட்டை ஒளிவிலகல் நிகழ்வின் அடிப்படையில் செயல்படுகிறது. இதனை 1828 இல் வில்லியம் நிகோல் என்ற அறிஞர் உருவாக்கினார்.

அகலத்தைப்போன்று மூன்றுமடங்கு நீளம் கொண்ட கால்சைட் படிகத்தினால் படிகத்தின் கோணங்கள் 72° மற்றும் 108° உள்ளவாறு மூலைவிட்டத்தின் வழியே இரண்டு துண்டுகளாக வெட்டப்படுகிறது [படம் 7.34]. இவ்விரண்டு துண்டுகளும் கனடா பால்சம் என்ற ஒளிபுகும் சிமெண்ட் கொண்டு ஒன்றுடன் ஒன்று ஒட்டப்படுகின்றன.



படம் 7.34 நிகோல் பட்டகம்

ஒற்றை நிற ஒளிமூலம் ஒன்றிலிருந்து வரும் தளவிளைவற்ற ஒளி, நிகோல் பட்டகத்தின் மீது விழுகிறது எனக்கருதுக. இந்த ஒளி இரட்டை ஒளிவிலகல் அடைந்து சாதாரண மற்றும் அசாதாரண கதிர்களாகப் பிரிகை அடைந்து

வெவ்வேறு திசைவேகங்களில் செல்கின்றன. சாதாரண ஒளிக்குப் (ஒற்றை நிற சோடிய ஒளி) படிகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் 1.658, அசாதாரண ஒளிக்கு ஒளிவிலகல் எண் 1.486. இதே அலைநீளம் கொண்ட ஒளிக்குக் கனடா பால்சத்தின் ஒளிவிலகல் எண் 1.523.

கனடா பால்சத்தினால், சாதாரண ஒளி முழு அக எதிரொளிப்பு அடைந்து, படிகத்தின் மற்றொரு முகம் வழியாக வெளியேறாமல் தடுக்கப்படுகிறது. முழு தளவிளைவு அடைந்த அசாதாரண ஒளி மட்டும் படிகத்தின் வழியாக வெளியேறுகிறது.

நிகோல் படிகத்தின் குறைபாடுகள்

(i) அளவில் பெரிய, குறைபாடற்ற கால்சைட் படிகங்கள் கிடைப்பது அரிது. எனவே, நிகோல் படிகத்தின் விலை மிக அதிகம்.

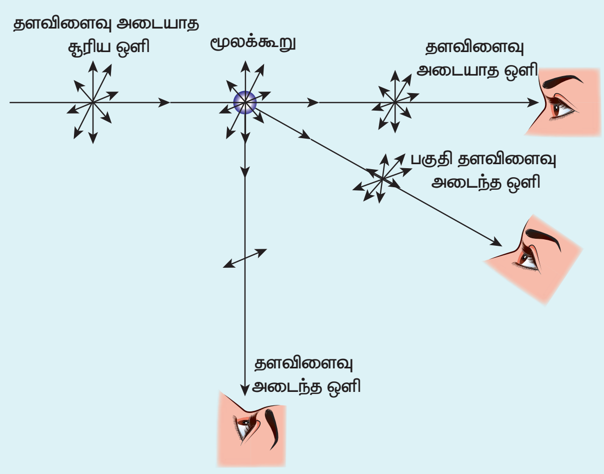
(ii) அசாதாரணக் கதிர் சாய்ந்த நிலையில் படிகத்தின்வழியேசெல்வதால்,படிகத்திலிருந்து வெளியேறும் முழு தளவிளைவு அடைந்த ஒளிக்கதிர் எப்பொழுதும் ஒரு பக்கமாக விலகல் அடைந்திருக்கும்.

(iii) ஒரு குறிப்பிட்ட வரம்பில் மட்டுமே இதனைப் பார்க்க முடியும்.

(iv) நிகோல் பட்டகத்திலிருந்து வெளியேறும் ஒளிக்கதிர், சீராக முழுதளவிளைவு அடைந்திருக்காது.

7.5.8 ஒளிச் சிதறலின் மூலம் தளவிளைவு ஆக்கம்

வளிமண்டல மூலக்கூறுகளால் சூரிய ஒளி சிதறலடையும் போது, இந்த மூலக்கூறுகளில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் சூரிய ஒளியிலுள்ள மின்புலத்தின் அதிர்வடையும் கூறுகளின் பாதிப்புக்கு உட்படுகின்றனசூரியஒளி தளவிளைவு அற்ற ஒளி என்பதால், அது அனைத்து திசைகளிலும் அதிர்வுகளை உருவாக்குகின்றது. இந்த அதிர்வுறும் எலக்ட்ரான்கள் அவற்றின் அதிர்வுகளுக்கு செங்குத்தான திசையில் பார்க்கையில், பார்க்கும் திசைக்கு செங்குத்தான திசையில் மட்டுமே ஆற்றலை வெளியேற்றுகின்றன. ஆய்வாளர் ஒருவர் சூரிய ஒளியை அது பரவும் திசைக்கு செங்குத்தான திசையில் பார்க்கையில், பார்க்கும் திசைக்கு செங்குத்தான திசையில் அதிர்வுறும் எலக்ட்ரான்களால் உருவாக்கப்படும் கதிர்கள் மட்டுமே அவரை வந்தடையும். ஆய்வாளரை வந்தடையும் ஒளி முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளி என்பது இதிலிருந்து தெரிகிறது. [படம் 7.35].



படம் 7.35 ஒளிச்சிதறலினால் நிகழும் தளவிளைவு

7.6 ஒளியியல் கருவிகள் (Optical Instruments)

நாம் அன்றாட வாழ்வில் பல்வேறு ஒளியியல் கருவிகளைப் பயன்படுத்துகின்றோம். அவற்றுள் நுண்ணோக்கி, தொலைநோக்கி, நிறமாலைமானி மற்றும் மனித விழிகளைப் பற்றி நாம் படிக்க உள்ளோம்.

7.6.1 எளிய நுண்ணோக்கி

எளிய நுண்ணோக்கி என்பது ஒரு பொருளின் நேரான உருப்பெருக்கம் செய்யப்பட்ட மாய பிம்பத்தைப் பெற உதவும் குறைந்த குவியத்தூரம் (f) கொண்ட ஒரு உருப்பெருக்கம் (குவிக்கும்) லென்சு ஆகும். எனவே, லென்சின் ஒரு பக்கத்தின் குவியத்தூரத்திற்கு உட்பட்ட தொலைவிற்குள் பொருள் வைக்கப்பட்டு அடுத்த பக்கத்தின் வழியாக அதைப் பார்க்க வேண்டும் மிகவும் அருகாமையில் உள்ள எந்தப் புள்ளி வரையில் கண்ணால் தெளிவாகக் காண இயலுமோ அது அண்மைப்புள்ளி எனவும், மிகவும் தொலைவில் உள்ள எந்தப் புள்ளி வரையில் தெளிவாகக் காண இயலுமோ அது சேய்மைப்புள்ளி எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. நலமான கண்ணின் அண்மைப்புள்ளியின் தொலைவு 25 cm (D என்று குறிக்கப்படும்), சேய்மைப்புள்ளி ஈறிலாத் தொலைவில் இருக்கும்.

7.6.1.1 அண்மைப்புள்ளி குவியப்படுத்துதல்

பிம்பமானது அண்மைப்புள்ளியில் (அதாவது, 25cm) உருவாகும்போது கண் மிகக் குறைந்த அளவு சிரமத்திற்கு உள்ளாகும். அண்மைப்புள்ளியின் தொலைவு தெளிவுறு காட்சியின் மீச்சீறு தொலைவு எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. [படம் 7.36] பொருளின்

தொலைவு f ஐ விடக் குறைவாகவும் பிம்பத்தின் தொலைவு அண்மைப்புள்ளி D ஆகவும் இருக்க வேண்டும். சமன் (6.67)ன்படி இந்த லென்சின் உருப்பெருக்கம், $m = \frac{v}{u}$

இரு தொலைவுகளுமே லென்சிற்கு இடது பக்கமாக அளவிடப்படுவதால், $v = -D$ எனவும் $u = -u$ எனவும் பிரதியிட $m = \frac{-D}{-u}$

$$m = \frac{D}{u} \qquad (7.59)$$

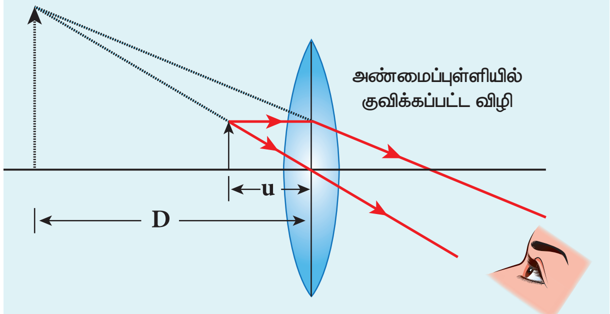
உருப்பெருக்கம் m, u, குவியட்தூரம் மூலமும் எழுதலாம்.

லென்சு சமன்பாடான (6.63), அதாவது $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ ல் சமன். (6.67), அதாவது $m = \frac{v}{u}$ ஐப் பிரதியிட, $m = 1 - \frac{v}{f}$

$v = -D$ எனப் பிரதியிட,

$$m = 1 + \frac{D}{f} \qquad (7.60)$$

இதுவே அண்மைப் புள்ளி குவியப்படுத்துதலின் உருப்பெருக்கம் ஆகும்.



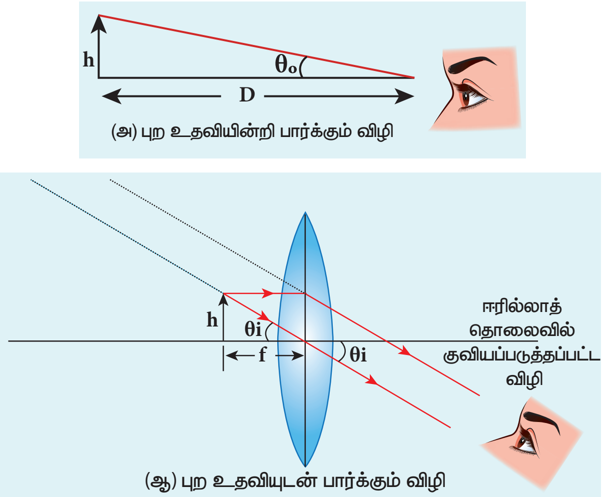
படம் 7.36 அண்மைப்புள்ளி குவியமாக்கல்

7.6.1.2 இயல்புநிலை குவியப்படுத்துதல்

இயல்பு நிலை குவியப்படுத்துதல் – பொருளின் பிம்பம் ஈறிலாத் தொலைவில் தோன்றும். இந்த நிலையில் கண்களுக்கு எவ்வித சிரமமும் இன்றிப் பிம்பத்தை வசதியாகப் பார்க்கமுடியும்.

இயல்புநிலை குவியப்படுத்துதல் படம் 7.37(ஆ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. பிம்பம் ஈறிலாத் தொலைவில் உள்ளபோது ஏற்படும் உருப்பெருக்கத்தைத் தற்போது காணலாம். பிம்பத்திற்கும், பொருளுக்கும் உள்ள விகிதம் $\left(m = \frac{h'}{h}\right)$ உருப்பெருக்கத்தைக் கொடுக்கும். ஈறிலாத் தொலைவில் மற்றும் ஈறிலா அளவில் ஏற்படும் பிம்பத்திற்கான நடைமுறைத் தொடர்பினை பெற இயலாது. எனவே, நாம் கோண உருப்பெருக்கத்தை இங்குப் பயன்படுத்தலாம். லென்சின் உதவியால் பார்க்கப்படும் பிம்பம் எற்படுத்தியக் கோணத்திற்கும் θ_i லென்சின் உதவியின்றி வெறும் கண்களினால் பார்க்கப்படும் பொருள் ஏற்படுத்தியக் கோணத்திற்கும் θ_0 உள்ள விகிதத்திற்கு, கோண உருப்பெருக்கம் என்று பெயர்.

$$m = \frac{\theta_i}{\theta_0} \qquad (7.61)$$



படம் 7.37 இயல்புநிலை குவியப்படுத்துதல்

படம் 7.37 (அ) வில் காட்டியுள்ளவாறு, வெறும் கண்களினால் பார்க்கப்படும் பொருளுக்கு,

$$\tan\theta_0 \approx \theta_0 = \frac{h}{D} \qquad (7.62)$$

படம் 7.37 (ஆ)வில் காட்டியுள்ளவாறு, லென்சின் உதவியால் பார்க்கப்படும் பிம்பத்திற்கு

$$\tan\theta_i \approx \theta_i = \frac{h}{f} \qquad (7.63)$$

கோண உருப்பெருக்கம்,

$$m = \frac{\theta_i}{\theta_0} = \frac{h/f}{h/D}$$

$$m = \frac{D}{f} \qquad (7.64)$$

மேற்கண்ட சமன்பாடு, இயல்புநிலை குவியப்படுத்துதலுக்கான உருப்பெருக்கத்தைக் கொடுக்கும்.

அண்மைப்புள்ளி குவியப்படுத்துதலுக்கான உருப்பெருக்கத்தைவிட, இயல்புநிலை குவியப்படுத்துதலுக்கான உருப்பெருக்கம் குறைவாகும். அண்மைப் புள்ளியில் குவியப்படுத்தப்பட்ட பிம்பத்தைப் பார்ப்பதைவிட, இயல்புநிலை குவியப்படுத்துவதினால் ஏற்படும் பிம்பத்தைப் பார்ப்பது கண்களுக்கு எளிதாகும். D/f இன் பெரிய மதிப்புகளுக்கு, இரண்டு உருப்பெருக்கங்களுக்கு இடையே உள்ள வேறுபாடு மிகவும் குறைந்துவிடுகின்றது.

எடுத்துக்காட்டு 7.19

தெளிவுறு காட்சியின் மீச்சிறுதொலைவு 25 cm உள்ள மனிதர் ஒருவர் சிறிய எழுத்தில் அச்சடிக்கப்பட்ட புத்தகம் ஒன்றைக் குவியத்தூரம் 5 cm கொண்ட மெல்லிய குவிலென்சின் உதவியால், அதாவது உருப்பெருக்க லென்சின் உதவியால் படிக்கிறார். (அ) புத்தகத்தின் பக்கங்களிலிருந்து குவிலென்ஸை எவ்வளவு அருகில் மற்றும் எவ்வளவு தூரத்தில் பிடிக்க வேண்டும்? (ஆ) அதன் பெரும மற்றும் சிறும உருப்பெருக்கங்கள் எவ்வளவு?

தீர்வு

D = 25 cm

பொருளின் குறைந்த பட்சத் தொலைவு u; பிம்பத்தின் தொலைவு, v = –25 cm (அண்மைப் புள்ளி குவியப்படுத்தல்; $v = -D$

பொருளின் அதிகபட்சத் தொலைவு u', அதற்கான பிம்பத்தின் தொலைவு, $v' = \infty$

அ. லென்சிற்கும் புத்தத்திற்குமான குறைந்தபட்ச தொலைவைக் காண லென்ஸ் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தலாம். $\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$

சமன்பாட்டினை மாற்றியமைக்கும்போது,

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

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$\frac{1}{u}=\frac{1}{-25}-\frac{1}{5}=\frac{1}{25}-\frac{1}{5}=\left(\frac{-1-5}{25}\right)=-\frac{6}{25}$$

$$u=-\frac{25}{6}=-4.167 \text{ cm}$$

லென்சிற்கும் புத்தகத்திற்கும் இடையேயான குறைந்தபட்சத் தொலைவு u = –4.167 cm

பிம்பத்தின் பெருமத் தொலைவிற்கு லென்ஸ் விதியைப் பயன்படுத்தும்போது, $\frac{1}{v'}-\frac{1}{u'}=\frac{1}{f'}$

சமன்பாட்டினை மாற்றி அமைக்கும்போது,

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

மதிப்புகளைப் பிரதியிட, $\frac{1}{u'}=\frac{1}{\infty}-\frac{1}{5}; u=-5 \text{ cm}$

படிப்பதற்குப் புத்தகத்தை வைக்க வேண்டிய அதிக பட்சத் தொலைவு $u'=-5 \text{ cm}$

(ஆ) அண்மைப்புள்ளி குவியப்படுத்தலில் ஏற்படும் உருப்பெருக்கம், $m=1+\frac{D}{f}=1+\frac{25}{5}=6$

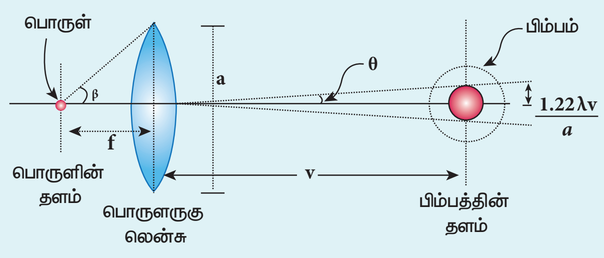
இயல்புநிலை குவியப்படுத்தலில் ஏற்படும் உருப்பெருக்கம்

$$m=\frac{D}{f}=\frac{25}{5}=5$$

7.6.1.3 நுண்ணோக்கியின் பிரிதிறன்

நுண்ணோக்கியைக் கொண்டு பொருளை உற்றுநோக்குவதன் மூலம் அப்பொருள் தொடர்பான விவரங்களை அறியலாம். ஒரு நல்ல நுண்ணோக்கியானது பொருளை உருப்பெருக்கம் செய்வது மட்டுமல்லாமல் அப்பொருளில் சிறுமத் தொலைவில் ($d_{சிறுமம்}$) பிரித்து வைக்கப்பட்ட இரு புள்ளிகளைப் பிரித்தறிந்து காட்டவும் வேண்டும். இங்கு $d_{சிறுமம்}$ என்பது பிரிப்பு எனவும் அதன் தலைகீழி பிரிதிறன் எனவும் அறியப்படும்.

இடம்சார் பிரிப்பை (மையப் பெருமத்தின் ஆரம்) ஏற்கனவே சமன் (7.54)ல் பார்த்தபடி, $r_0=\frac{1.22\lambda f}{a}$.



படம் 7.38 நுண்ணோக்கியின் பிரிதிறன்

ஒரு நுண்ணோக்கியில், பொருளின் தொலைவு என்பது குவியத்தூரத்தை (f) விட சற்று அதிகமாக இருக்கும்; மேலும் பிம்பத்தின் தொலைவு v (படம் 7.38). சமன் (7.54)ல் f க்குப் பதிலாக v என்று மாற்ற,

XII_Physics_Vol-2_UNIT-7_TM.indd 89 19-12-2022 17:06:29

www.tnschoolbooks.in

$$r_o = \frac{1.22\lambda v}{a} \qquad (7.65)$$

$d_{சிறுமம்}$ என்பது பொருளின் மீதுள்ள இரு புள்ளிகளுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு எனில், உருப்பெருக்கம் m

$$m = \frac{r_o}{d_{\min}} \qquad (7.66)$$

$$d_{\min} = \frac{r_o}{m} = \frac{1.22\lambda v}{am} = \frac{1.22\lambda v}{a(v/u)} = \frac{1.22\lambda u}{a} \quad [\therefore m = v/u]$$

$$d_{\min} = \frac{1.22\lambda f}{a} \quad [\therefore u \approx f] \qquad (7.67)$$

பொருள் உள்ள பக்கத்தில்,

$$2\tan\beta \approx 2\sin\beta = \frac{a}{f} \therefore \quad [a = f\,2\sin\beta] \qquad (7.68)$$

$$d_{\min} = \frac{1.22\lambda}{2\sin\beta} \qquad (7.69)$$

சிறுமத் தொலைவு (d_{min}) த்தின் மதிப்பை மேலும் குறைப்பதற்கு, நுண்ணோக்கியின் பொருளருகு லென்ஸை அதிக ஒளிவிலகல் எண் n கொண்ட எண்ணெய் நிரப்பப்பட்ட கொள்கலனில் மூழ்கவைத்து, ஒளியின் பாதையை அதிகரிக்க வேண்டும்.

$$d_{\min} = \frac{1.22\lambda}{2n\sin\beta} \qquad (7.70)$$

இது போன்ற பொருளருகு லென்ஸ்களுக்கு எண்ணெய்யில் மூழ்கவைக்கப்பட்ட பொருளருகு லென்ஸ் என்று பெயர். $n\sin\beta$ **பதத்திற்கு எண்ணியல் துளை NA என்று பெயர்.**

$$d_{\min} = \frac{1.22\lambda}{2(NA)} \qquad (7.71)$$

நுண்ணோக்கியின் பிரிதிறன் R_M என்பது,

$$R_M = \frac{1}{d_{\min}} = \frac{2(NA)}{1.22\lambda} = \frac{2n\sin\beta}{1.22\lambda} \qquad (7.72)$$

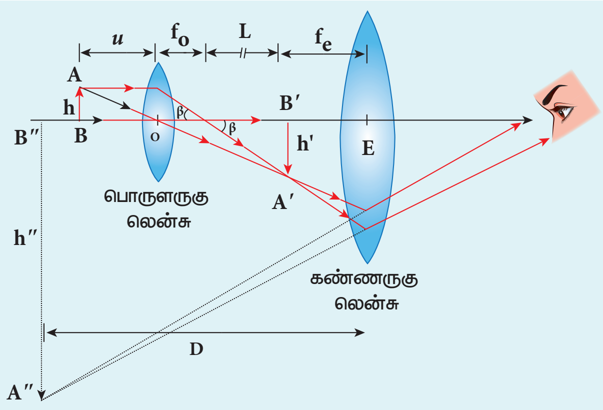
7.6.1.4 தொலைநோக்கியின் பிரிதிறன்

ஏற்கனவே வருவிக்கப்பட்ட சமன் (7.54)ல் கிடைக்கப்பெறும் இடம்சார் பிரிப்பின் தலைகீழி தொலைநோக்கியின் பிரிதிறன் எனப்படுகிறது.

$$R_T = \frac{1}{r_0} = \frac{a}{1.22\lambda f} \qquad (7.73)$$

7.6.2 கூட்டு நுண்ணோக்கி (Compound microscope)

கூட்டு நுண்ணோக்கியின் அமைப்பு படம் 7.39 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. பொருளுக்கு அருகே உள்ள லென்சுக்குப் பொருளருகு லென்ஸ் என்று பெயர். இந்த லென்ஸ் பொருளின் மெய்யான, தலைகீழாக்கப்பட்ட மற்றும் உருப்பெருக்கப்பட்ட பிம்பத்தைத் தோற்றுவிக்கும். இப்பிம்பம், இரண்டாவது லென்சான கண்ணருகு லென்சுக்கு பொருளாகச் செயல்படுகிறது. கண்ணருகு லென்ஸ் ஓர் எளிய நுண்ணோக்கி போன்று செயல்பட்டு இறுதியாகப் பெரிதாக்கப்பட்ட மாயபிம்பத்தைத் தோற்றுவிக்கிறது. பொருளருகு லென்சினால் தோற்றுவிக்கப்பட்ட தலைகீழான முதல் பிம்பம், கண்ணருகு லென்சுக்கு நெருக்கமாக, ஆனால் அதன் குவியப்பரப்பிற்குள் இருக்கும்படி சரிசெய்யும் போது, இறுதி பிம்பம் கிட்டத்தட்ட ஈறிலாத் தொலைவில் அல்லது அண்மைப் புள்ளியில் தோன்றும். இறுதிபிம்பம் உண்மையான பொருளைப்பொருத்துத் தலைகீழாகக் கிடைக்கும்.



படம் 7.39 கூட்டு நுண்ணோக்கி

7.6.2.1 கூட்டு நுண்ணோக்கியின் உருப்பெருக்கம்

கதிர் ஒளிப்படத்திலிருந்து, பொருளருகு லென்சின் பக்கவாட்டு உருப்பெருக்கம், பின்வருமாறு,

(6.66), $m_o = \dfrac{h'}{h}$

நாம் அறிந்தபடி, படம் 7.39 இல் இருந்து

$\tan\beta = \dfrac{h}{f_o} = \dfrac{h'}{L}$. எனவே

$$\frac{h'}{h} = \frac{L}{f_o} \qquad (7.74)$$

$$m_o = \frac{L}{f_o} \qquad (7.75)$$

XII_Physics_Vol-2_UNIT-7_TM.indd 90 19-12-2022 17:06:33

இங்கு, L என்பது கண்ணருகு லென்சின் முதல் குவியப்புள்ளிக்கும், பொருளருகு லென்சின் இரண்டாம் குவியப்புள்ளிக்கும் இடையே உள்ள தொலைவாகும். இதற்குக் கூட்டு நுண்ணோக்கியின் குழலின் நீளம் (L) என்று பெயர், மேலும் f_o மற்றும் f_e இரண்டும் (L) ஐ விடக் குறைவாகத்தான் இருக்கும்.

இறுதி பிம்பம், அண்மைப் புள்ளியில் அமைந்தால், கண்ணருகு லென்சின் உருப்பெருக்கம் m_e பின்வருமாறு

$$m_e = 1 + \frac{D}{f_e} \qquad (7.76)$$

அண்மைப்புள்ளி குவியப்படுத்தலின் மொத்த உருப்பெருக்கம் (m) பின்வருமாறு

$$m = m_o m_e = \left(\frac{L}{f_o}\right)\left(1 + \frac{D}{f_e}\right) \qquad (7.77)$$

இறுதிபிம்பம் ஈறிலாத் தொலைவில் அமைந்தால் (இயல்புநிலை குவியப்படுத்துதல்), கண்ணருகு லென்சின் உருப்பெருக்கம் m_e பின்வருமாறு

$$m_e = \frac{D}{f_e} \qquad (7.78)$$

இயல்புநிலை குவியப்படுத்துதலில் ஏற்படும் மொத்த உருப்பெருக்கம் m பின்வருமாறு கிடைக்கும்,

$$m = m_o m_e = \left(\frac{L}{f_o}\right)\left(\frac{D}{f_e}\right) \qquad (7.79)$$

எடுத்துக்காட்டு 7.20

நுண்ணோக்கி ஒன்றின் பொளருகு லென்ஸ் மற்றும் கண்ணருகு லென்ஸ் ஆகியவற்றின் குவியத்தூரங்கள் முறையே 5 cm மற்றும் 50 cm ஆகும். நுண்ணோக்கியின் குழலின் நீளம் 30 cm எனில், (அ) அண்மைப்புள்ளி குவியப்படுத்துதல் மற்றும் (ஆ) இயல்புநிலை குவியப்படுத்தலில் ஏற்படும் உருப்பெருக்கங்களைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

$f_0 = 5\text{ cm} = 5\times10^{-2}\text{ m};\ \ f_e = 50\text{ cm} = 50\times10^{-2}\text{ m};$

$L = 30\text{ cm} = 30\times10^{-2}\text{ m};\ \ D = 25\text{ cm} = 25\times10^{-2}\text{ m}$

(அ) அண்மைப் புள்ளியில் குவியப்படுத்தலில் ஏற்படும் மொத்த உருப்பெருக்கம், $m = m_o m_e = \left(\frac{L}{f_o}\right)\left(1+\frac{D}{f_e}\right)$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$m = m_o m_e = \left(\frac{30\times10^{-2}}{5\times10^{-2}}\right)\left(1+\frac{25\times10^{-2}}{50\times10^{-2}}\right)$$

$$= (6)(1.5) = 9$$

(ஆ) இயல்புநிலை குவியப்படுத்துதலில் ஏற்படும் உருப்பெருக்கம், $m = m_o m_e = \left(\frac{L}{f_o}\right)\left(\frac{D}{f_e}\right)$

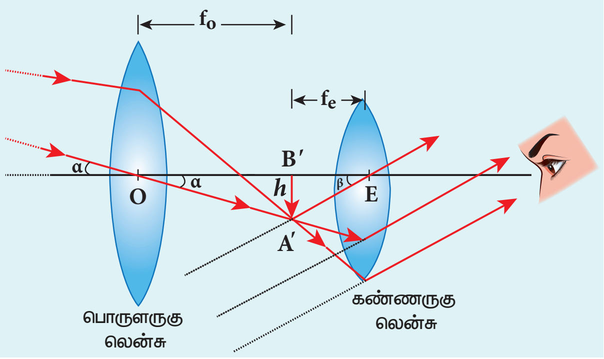
மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$m = m_o m_e = \left(\frac{30\times10^{-2}}{5\times10^{-2}}\right)\left(\frac{25\times10^{-2}}{50\times10^{-2}}\right)$$

$$= (6)(0.5) = 3$$

7.6.3 வானியல் தொலைநோக்கி (Astronomical telescope)

விண்மீன்கள், கோள்கள், நிலவு போன்ற தொலைவிலுள்ள வான்பொருள்களை உருப்பெருக்கம் செய்து காண்பதற்குப் பயன்படும் தொலைநோக்கியே வானியல் தொலை நோக்கியாகும். வானியியல் தொலைநோக்கியில் தோன்றும் பிம்பம் தலைகீழானதாகும். கண்ணருகு லென்சைவிட அதிக குவியத்தூரமும் பெரிய துளையும் கொண்ட பொருளருகு லென்ஸ் இதில் உள்ளது. இது படம் 7.40 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. மிகத் தொலைவிலுள்ள பொருளிலிருந்து வரும் ஒளி, பொருளருகு லென்சின் வழியே நுழைந்து வானியல் தொலைநோக்கிக்குழலின் குவியப்புள்ளியில் ஒரு மெய் பிம்பத்தைத் தோற்றுவிக்கும். கண்ணருகு லென்ஸ், இந்த பிம்பத்தை உருப்பெருக்கம் செய்து, பெரிதான தலைகீழான இறுதி பிம்பத்தைத் தோற்றுவிக்கும்.



படம் 7.40 வானியல் தொலை நோக்கி

7.6.3.1 வானியல் தொலைநோக்கியின் உருப்பெருக்கம்

பிம்பம் ஏற்படுத்தும் கோணத்திற்கும் β, பொருள் முதன்மை அச்சுடன் ஏற்படுத்தும் கோணத்திற்கும்

XII_Physics_Vol-2_UNIT-7_TM.indd 91 19-12-2022 17:06:36

α உள்ள விகிதமே வானியல் தொலைநோக்கியின் உருப்பெருக்கம் (m) ஆகும்.

$$m = \frac{\beta}{\alpha} \qquad (7.80)$$

படத்திலிருந்து, $\alpha = \frac{h}{f_0}; \beta = \frac{h}{f_e}$

$$m = \frac{f_o}{f_e} \qquad (7.81)$$

வானியல் தொலைநோக்கியின் தோராய நீளம்,

$$L = f_o + f_e \qquad (7.82)$$

எடுத்துக்காட்டு 7.21

ஒரு சிறிய தொலைநோக்கி ஒன்றின் பொருளருகு லென்ஸ் மற்றும் கண்ணருகு லென்ஸ்களின் குவியத்தூரங்கள் முறையே 125 cm மற்றும் 2 cm ஆகும். (அ) இந்தத் தொலை நோக்கியின் உருப்பெருக்கத்தைக் கணக்கிடுக. (ஆ) மேலும், பொருளருகு லென்சுக்கும் கண்ணருகு லென்சுக்கும் உள்ள தொலைவு யாது? (இ) 1' தொலைவில் பிரிந்து காணப்படும் இரண்டு விண்மீன்களை, இத்தொலைநோக்கி வழியாகக் காணும்போது அவ்விண்மீன்களுக்கு இடையே உள்ள தொலைவு யாது?

தீர்வு

$f_o = 125 \text{ cm}; f_e = 2 \text{ cm}; m = ?; L = ?; \theta_i = ?$

(அ) தொலைநோக்கியின் உருப்பெருக்கம் அல்லது உருப்பெருக்கும் திறன், $m = \frac{f_o}{f_e}$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது, $m = \frac{125}{2} = 62.5$

(ஆ) தொலைநோக்கியின் தோராய நீளம், $L = f_o + f_e$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$L = 125+2 = 127 \text{ cm} = 1.27 \text{ m}$

(இ) கோண உருப்பெருக்கத்திற்கான சமன்பாடு, $m = \frac{\theta_i}{\theta_0}$

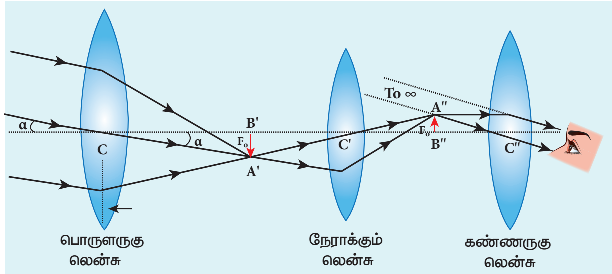
மாற்றியமைக்கும்போது, $\theta_i = m \times \theta_0$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$\theta_i = 62.5 \times 1' = 62.5' = \frac{62.5}{60} = 1.04^\circ$$

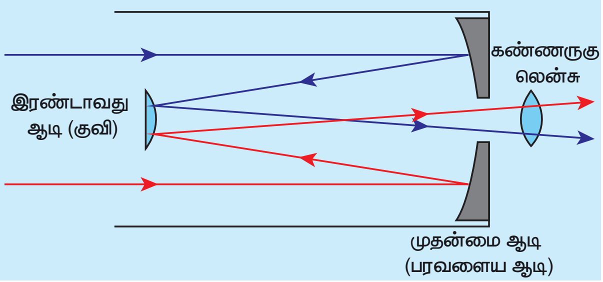
7.6.4 புவியியல் தொலைநோக்கி (Terrestrial telescope)

புவியியல் தொலைநோக்கியில் கூடுதலாக லென்ஸ் ஒன்றைப் பயன்படுத்தி நேராக்கப்பட்ட இறுதிபிம்பம் பெறப்படுகிறது. இது படம் 7.41 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 7.41 புவியியல் தொலைநோக்கி

7.6.5 எதிரொளிப்புத் தொலைநோக்கி (Reflecting telescope)



படம் 7.42 எதிரொளிப்புத் தொலைநோக்கி

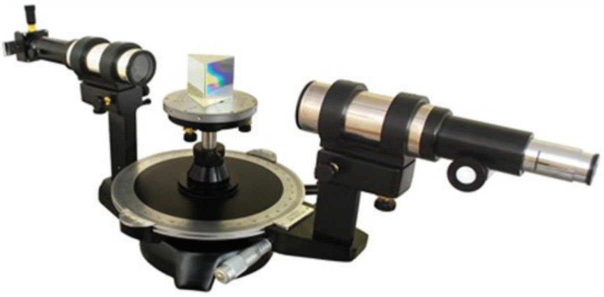
பெரிய அளவிலான மற்றும் ஒளியியல் குறைபாடுகளற்ற பிம்பங்களைத் தோற்றுவிக்கும் லென்சுகளை உருவாக்குவது மிகவும் கடினமானது மற்றும் பொருட்செலவு மிக்கது ஆகும். நவீன தொலைநோக்கிகளில் பொருளருகு வில்லைகளாக லென்ஸ்களுக்கு மாற்றாக குழிஆடிகள் பயன்படுகின்றன.

பொருளருகு வில்லைகளாக குழி ஆடி செயல்படும் தொலைநோக்கிக்கு எதிரொளிப்பு தொலைநோக்கி என்று பெயர். இவை கூடுதல் சிறப்பினைப் பெற்றுள்ளன. ஆடியில் ஒரே ஒரு பரப்பினை மட்டும் மெருகேற்றிப் பளபளப்பாக வைத்துக் கொள்வது போதுமானதாகும். ஆனால், லென்ஸில் இரு பரப்புகளுக்கும் அவ்விதம் செய்ய வேண்டும். லென்ஸ்கள் அவற்றின் விளிம்புகளில் மட்டுமே தாங்கி நிறுத்தப்படுகின்றன. ஆனால், ஆடிகளைப் பயன்படுத்தும்போது அவற்றின் பின்பக்கம் முழுவதையும் தாங்கிப்பிடிப்பதற்குப் பயன்படுத்தலாம். இருப்பினும், எதிரொளிப்பு தொலைநோக்கியில்

ஒரு குறைபாடு உள்ளது. அதாவது, பொருளருகு ஆடி தொலைநோக்கிக் குழலின் உள்ளேயே ஒளி குவிக்கப்படுகிறது. கண்ணருகு லென்சினை குழலின் உள்ளே பொருத்தி பிம்பத்தைக் காண்பது சிரமமாகும். இக்குறைபாடு தற்போது நிவர்த்தி செய்யப்பட்டுள்ளது. அதாவது படம் 7.42 இல் காட்டியுள்ளவாறு, இரண்டாவது குவி ஆடி ஒன்றினைப் பயன்படுத்தி குழலின் உள்ளே குவியப்படுத்தப்படும் ஒளியை, குழலின் வெளிப்பக்கமாக கொண்டுவந்து பிம்பத்தைக் காணலாம்.

7.6.6 நிறமாலைமானி (Spectrometer)

பல்வேறு ஒளிமூலங்களிலிருந்து வரும் நிறமாலைகளை ஆராயவும், பொருள்களின் ஒளிவிலகல் எண்களைக் கணக்கிடவும் நிறமாலைமானிகள் பயன்படுத்தின்றன. நிறமாலைமானி ஒன்று படம் 7.43 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. அடிப்படையில் நிறமாலைமானி மூன்று பகுதிகளைக் கொண்டுள்ளது. அவை முறையே இணையாக்கி, முப்பட்டக மேடை மற்றும் தொலைநோக்கி ஆகும்.



படம் 7.43 நிறமாலைமானி

(i) இணையாக்கி

இணை ஒளிக்கற்றையை உருவாக்கும் அமைப்பே இணையாக்கி ஆகும். இது ஒரு குவிலென்சையும் ஒளிமூலத்தை நோக்கியவாறு உள்ள, மாற்றக்கூடிய விரிவு உடைய செங்குத்துப் பிளவையும் கொண்டது. பிளவின் தொலைவினைச் சரிசெய்து லென்சின் குவியத்தில் நிலைநிறுத்த முடியும். முப்பட்டகத்தின் அடிபாகத்துடன் இணையாக்கி உறுதியாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

(ii) முப்பட்டக மேடை

முப்பட்டகம், கீற்றணி போன்றவற்றைப் பொருத்துவதற்கு முப்பட்டகமேடை பயன்படுகிறது. மூன்று சரி செய்யும் திருகுகளுடன் அமைந்த இரண்டு இணையான வட்டவடிவத் தட்டுகள் முப்பட்டக மேடையில் உள்ளன. சுழலும் வகையில் பொருத்தப்பட்டுள்ள முப்பட்டக மேடையின் நிலையை வெர்னியர் V_1 மற்றும் V_2 ஆகியவற்றைக் கொண்டு அறியலாம். தேவையான உயரத்திற்கு முப்பட்டக மேடையை உயர்த்தும் வகையில் அது அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

(iii) தொலைநோக்கி

இது வானியல் தொலைநோக்கி வகையைச் சார்ந்ததாகும். இதன் ஒரு முனையில் குறுக்குக் கம்பிகளுடன் அமைந்த கண்ணருகு லென்சும், அதன் மறுமுனையில் பொருளருகு லென்சும் உள்ளது. கண்ணருகு லென்சுக்கும் பொருளருகு லென்சுக்கும் இடையே உள்ள தொலைவினைச் சரிசெய்து, தெளிவான பிம்பத்தைக் குறுக்குக் கம்பியில் தோன்ற செய்யலாம்.

வட்டவடிவ அளவுகோல் ஒன்று தொலைநோக்கியுடன் சேர்ந்து சுழலும் வகையில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. தொலைநோக்கி மற்றும் முப்பட்டகமேடை இரண்டையும் விரும்பும் இடத்தில் நிலைநிறுத்துவதற்காக இரண்டு ஆர திருகு ஆணிகள் உள்ளன. மேலும், நுட்பகமாகச் சரிசெய்வதற்குத் தொடுகோடு திருகு ஆணிகளும் காணப்படுகின்றன.

நிறமாலைமானியில் மேற்கொள்ள வேண்டிய சீரமைப்புகள்:

நிறமாலைமானியைப் பயன்படுத்தி ஆய்வினை மேற்கொள்ளும் முன்பாகப் பின்வரும் சீரமைப்புகளைச் செய்ய வேண்டும்.

(அ) கண்ணருகு லென்சைச் சீரமைத்தல்

தொலைநோக்கியை, ஒளியூட்டப்பட்ட பரப்பினை நோக்கிச் சுழற்றி, குறுக்குக் கம்பியை முன்னும்பின்னும் நகர்த்தித் தெளிவான பிம்பம் கண்களுக்குத் தெரியும் இடத்தில் அதனை நிலைநிறுத்த வேண்டும்.

(ஆ) தொலைநோக்கியைச் சீரமைத்தல்

ஒளிவான பிம்பம் விழுவதற்கு இணைகதிர்களைப் பெறும் வகையில் தொலைநோக்கியைத் தொலைவில் உள்ள பொருள் ஒன்றைக் காணும் வகையில் நிலை நிறுத்த வேண்டும்.

(இ) இணையாக்கியைச் சீரமைத்தல்

இணையாக்கிக்கு நேராக தொலைநோக்கியைக் கொண்டு வரவும். குறுக்குக் கம்பியில் தெளிவான பிம்பம் கிடைக்கும்வரை, இணையாக்கியின் பிளவிற்கும் லென்சுக்கும் இடையே உள்ள தொலைவைச் சரிசெய்ய வேண்டும்.

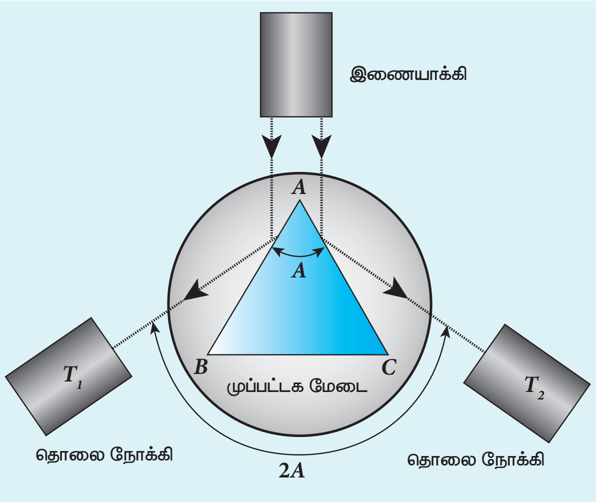
(ஈ) முப்பட்டக மேடையைச் சீரமைத்தல்

இரசமட்டம் மற்றும் சரிசெய்யும் திருகாணிகளைப் பயன்படுத்தி, முப்பட்டக மேடையை கிடைமட்ட நிலையில் இருத்தலாம்.

7.6.6.1 முப்பட்டகம் செய்யப்பட்ட பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் காணல்

நிறமாலைமானியின் தொடக்கச் சீரமைப்புகளைச் செய்ய வேண்டும். முப்பட்டகக் கோணம் A மற்றும் சிறும திசைமாற்றக் கோணம் D ஆகியவற்றைச் கண்டறிந்து முப்பட்டகப் பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் கணக்கிடலாம்.

***(i)* முப்பட்டகக் கோணம் (A)**



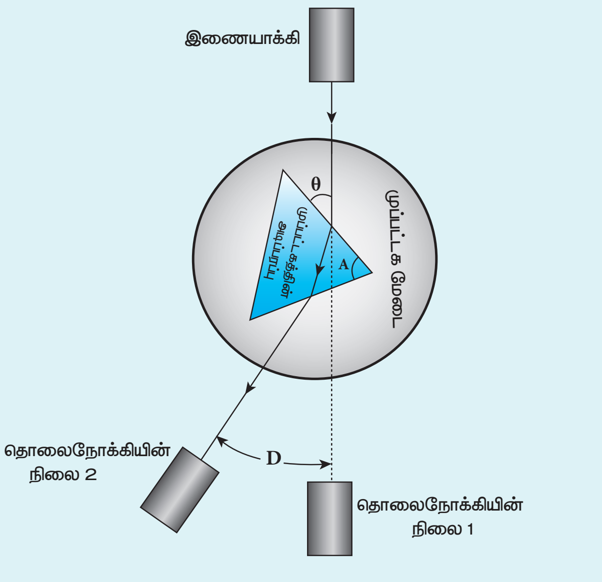
படம் 7.44 முப்பட்டகக் கோணம்

முப்பட்டகத்தின் ஒளிவிலகுப்பக்கங்கள் சந்திக்கும் முனை, இணையாக்கியைப் பார்க்கும் வகையில் முப்பட்டக மேடைமீது முப்பட்டகம் வைக்கப்படுகிறது. இதுபடம் 7.44 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இணையாக்கியின் பிளவு சோடிய ஆவிவிளக்கினைக் கொண்டு (ஒற்றை நிற) ஒளியூட்டப்படுகிறது. இணையாக்கியிலிருந்து வரும் இணைகதிர்கள் முப்பட்டகத்தின் AB மற்றும் AC பக்கங்களில் விழுந்து எதிரொளிப்பு அடைகின்றன.

இவ்விரண்டு அளவீடுகளின் வேறுபாடு, தொலைநோக்கி சுழற்றப்பட்டக் கோணத்தைக் கொடுக்கும். இக்கோணம் முப்பட்டகக் கோணத்தின் இரண்டு மடங்கிற்குச் சமமாகும். இம்மதிப்பில் பாதி முப்பட்டகக் கோணத்தைக் (A) கொடுக்கும்.

***(ii)* சிறுமதிசைமாற்றக் கோணம் (D)**

இணையாக்கியிலிருந்து வரும் ஒளி முப்பட்டகத்தின் ஓர் ஒளிவிலகு பக்கத்தின் மீது விழுந்து, மறுபக்கத்தின் வழியே ஒளிவிலகல் அடைந்த ஒளியைத் தொலைநோக்கியின் வழியே பார்க்கும் வகையில், படம் 7.45 இல் காட்டியுள்ளவாறு முப்பட்டகத்தை மேடைமீது பொருத்தவேண்டும். தற்போது திசைமாற்றக்கோணத்தின் மதிப்பு குறையும் வகையில் முப்பட்டக மேடையைச் சுழற்ற வேண்டும். ஒரு கட்டத்தில் பிம்பம் ஓர் இடத்தில் நின்று, முப்பட்டக மேடையை மேலும் தொடர்ந்து சுழற்றும்போது திரும்ப ஆரம்பிக்கும். தொலைநோக்கியில் பார்த்துக் கொண்டே இதைச் செய்ய வேண்டும். இந்நிலைக்கான அளவீட்டை சிறும திசைமாற்ற நிலைக்கான அளவீட்டைக் கொடுக்கும்.



படம் 7.45 சிறும திசைமாற்றக் கோணம்

தற்போது முப்பட்டகத்தை நீக்கிவிட்டு, இணையாக்கியிலிருந்து வரும் பிம்பத்தை நேரடியாக தொலைநோக்கியின் வழியே பார்க்கும்வகையில் தொலைநோக்கியைச் சுழற்றி அளவீடுகளைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும் இவ்விரண்டு அளவீடுகளின் வேறுபாடு சிறுமதிசைமாற்றக் கோணத்தைக் (D) கொடுக்கும். முப்பட்டகம் செய்யப்பட்ட பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்ணைப் பின்வரும் சமன்பாட்டினைப் பயன்படுத்திக் கணக்கிடலாம்.

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

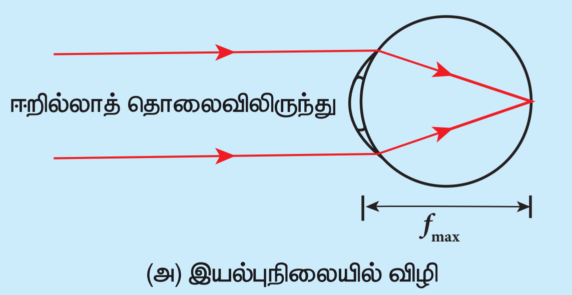
வெற்றிட முப்பட்டகம் ஒன்றினுள் திரவத்தை நிரப்பி, மேற்கூறப்பட்ட அதே முறையில் சோதனைகளை நிகழ்த்தி திரவத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் காணலாம்.

7.6.7 மனித விழி (The eye)

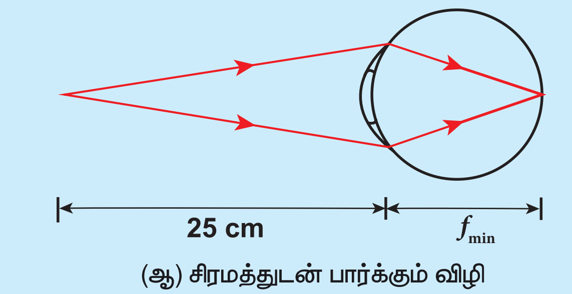
மனித உயிர்களுக்கு இயற்கையாக அமையப் பெற்ற ஒளியியல் கருவி விழிகளாகும். விழிலென்சு

XII_Physics_Vol-2_UNIT-7_TM.indd 94 19-12-2022 17:06:39

சுருங்கி விரியும் தன்மையை பெற்றிருப்பதால் விழிலென்சின் குவியத்தூரத்தை ஒரு குறிப்பிட்ட அளவிற்கு விழியினால் மாற்றியமைக்க இயலும். விழிகள் முழு தளர்வு நிலையில் உள்ளபோது, அவற்றின் குவியத்தூரம் பெருமமாகும். விழிகளைச் சுருக்கிப் பொருள்களைப் பார்க்கும்போது, அவற்றின் குவியத்தூரம் சிறுமமாகும். தெளிவாகப் பொருள்களைக் காண, பொருளின் பிம்பம் விழித்திரையின் மீது (retina) சரியாக விழவேண்டும். வயது வந்த ஒருவரின் விழியின் விட்டம் கிட்டத்தட்ட 2.5 cm. அதாவது, விழிலென்சுக்கும், விழித்திரைக்கும் இடையே உள்ள தூரம் எப்போதும் 2.5 cm ஆகும். விழியில் உள்ள இரண்டு ஒளிபுகும் திரவங்களான அக்குவஸ் திரவம் மற்றும் விட்ரஸ் திரவம் போன்றவற்றின் ஒளிவிலகல் எண்களைக் கருத்தில் கொள்ளாமல், விழியின் ஒளியியல் செயல்பாட்டைப் பற்றி இங்கு நாம் படிக்கலாம். சாதாரண பார்வை கொண்ட ஒருவரால், ஈறிலாத் தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ள பொருளைப் பெருமக் குவியத்தூரத்துடன் f_{max} சிரமமின்றி விழியின் மூலம் காண இயலும். இது படம் 7.46 (அ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதேபோன்று 25 cm தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ள பொருளைச் சிறுமக் குவியத்தூரத்துடன் f_{min} விழியினைச் சுருக்கிக் காண இயலும். இது படம் 7.46(ஆ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது.



(அ) இயல்புநிலையில் விழி



(ஆ) சிரமத்துடன் பார்க்கும் விழி

படம் 7.46 சாதாரண விழியின் குவியமாக்கல்

மனிதவிழியின் பெருமக் குவியத்தூரம் f_{max} மற்றும் சிறுமக் குவியத்தூரத்திற்கான (f_{min}) சமன்பாட்டை பின்வருமாறு வருவிக்கலாம். லென்ஸ் சமன்பாட்டிலிருந்து,

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

பொருள் ஈறிலாத் தொலைவில் உள்ளபோது, $u = -\infty$, , மற்றும் $v = 2.5$ cm (விழி லென்சுக்கும் விழித்திரைக்கும் இடையே உள்ள தூரம்). பெருமக் குவியத்தூரத்துடன் (f_{max}) சிரமமின்றி விழியினால் பொருளைக் காணும் நிலையில்

$$\frac{1}{f_{max}} = \frac{1}{2.5\text{ cm}} - \frac{1}{-\infty}$$

$$f_{max} = 2.5\text{ cm}$$

பொருள் அண்மைப் புள்ளியில் உள்ளபோது, $u = -25$ cm, மற்றும் $v = 2.5$ cm. சிறுமக் குவியத்தூரத்துடன் f_{min} விழியினைச் சுருக்கி பொருளைக் காணும் நிலையில்.

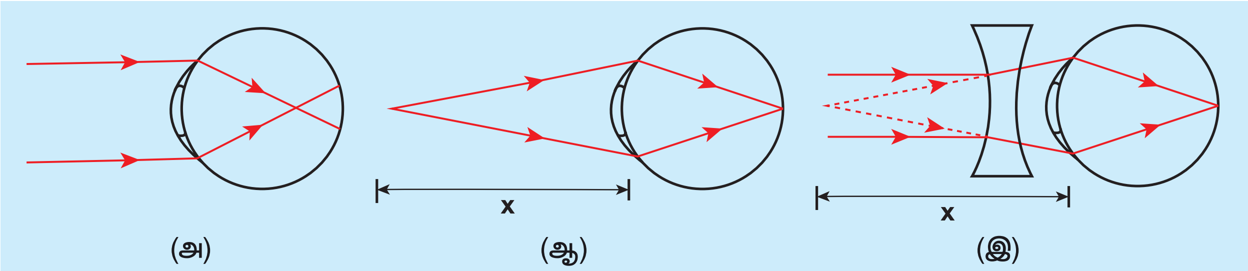
$$\frac{1}{f_{min}} = \frac{1}{2.5\text{ cm}} - \frac{1}{-25\text{ cm}}$$

$$f_{min} = 2.27\text{ cm}$$

$f_{max} - f_{min} = 0.23$ cm இந்த சிறிய அளவு விழிலென்சின் குவியத்தூரத்தை மாற்றுவதன் மூலம் ஈறிலாத் தொலைவிலிருந்து அண்மை நிலைப்புள்ளிவரை பொருள்களை நம்மால் காணமுடிகிறது. தற்போது, நாம் பார்வையில் ஏற்படும் சில பொதுவான குறைபாடுகளைப் பற்றிப் படிக்கலாம்.

7.6.7.1 கிட்டப்பார்வை (*myopia*)

கிட்டப்பார்வை குறைபாட்டினால் பாதிக்கப்பட்ட நபரினால் தொலைவில் உள்ள பொருளைத் தெளிவாகக் காண இயலாது, இக்குறைபாட்டிற்கான காரணம் விழிலென்சின் குவியத்தூரம் மிகவும் குறைந்துவிடுவதாகும் அல்லது விழிக் கோளத்தின் விட்டம் இயல்பு நிலையைவிட அதிகமாக இருப்பதாகும். இவ்வகை குறைபாட்டினால் பாதிக்கப்பட்ட நபர்களினால் அவர்களின் கண்களைத் தேவைக்கு அதிகமாக தளர்வடையச் செய்ய இயலாது. ஆனால் லென்சுகளைப் பயன்படுத்தி இக்குறைபாட்டினைச் சரிசெய்யமுடியும். படம் 7.47 (அ) வில் காட்டியுள்ளவாறு தொலைவில் உள்ள பொருளிலிருந்து வரும் இணைகதிர்கள், விழித்திரையை அடையும் முன்பே குவிக்கப்படுகின்றன. ஆனால் அருகே உள்ள பொருள்களை இவர்களால் நன்கு காண முடியும். படம் 7.47 (ஆ) வில் உள்ளவாறு கிட்டப்பார்வை குறைபாடுடைய நபரால் பார்க்கப்படும் பெருமத் தூரம் x என்க. சரிசெய்யும்



படம் 7.47 கிட்டப்பார்வை குறைபாடுடைய விழி மற்றும் அதனைச் சரிசெய்யும் முறை

லென்சைக் கொண்டு ஈறிலாத் தொலைவில் உள்ள பொருளின் மாயபிம்பத்தை x புள்ளியில் ஏற்படுத்தி இக்குறைபாட்டைச் சரிசெய்யலாம். இது படம் 7.47 (இ) யில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

லென்ஸ் சமன்பாட்டு (6.63) ஐக் கொண்டு கிட்டப்பார்வை குறைபாட்டைச் சரிசெய்யும் லென்சின் குவியத்தூரத்தைக் கணக்கிடலாம்.

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

இங்கு, $u = -\infty$, $v = -x$. இம்மதிப்புகளை லென்ஸ் சமன்பாட்டில் பிரதியிடும்போது,

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{-x}-\frac{1}{-\infty}$$

சரி செய்யும் லென்சின் குவியத்தூரம்,

$$f=-x \qquad (7.83)$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலுள்ள எதிர்குறியானது, பயன்படுத்தும் லென்ஸ் ஒரு குழிலென்சு என்பதைக் காட்டுகிறது. அடிப்படையில் இணைகதிர்களை, இந்தக் குழிலென்சு விரிகதிர்களாக மாற்றி விழித்திரையில் குவியமடையச்செய்கிறது.

7.6.7.2 தூரப்பார்வை (*hypermetropia*)

தூரப்பார்வை குறைபாடுடைய நபரினால் விழிக்கு அருகே உள்ள பொருள்களைத் தெளிவாகக் காண இயலாது. தூரப் பார்வை குறைபாடுடைய நபர்களின் விழிலென்ஸ் இயல்பைவிட மெல்லியதாகக் காணப்படும். இதன் காரணமாக விழிலென்சின் குவியத்தூரம் மிக அதிகமாக இருக்கும் அல்லது இயல்பைவிட விழிக்கோளம் சுருங்கி விடுவதினாலும் இக்குறைபாடு ஏற்படும். இக்குறைபாடுடைய நபர்களின் தெளிவுறு காட்சியின் மீச்சிறு தொலைவு (Least Distance for Clear vision) 25 cm விட அதிகமாக இருக்கும். எனவே படிப்பது மற்றும் சிறிய பொருள்களைக் கையில் எடுத்துப் பார்ப்பது இவர்களுக்கு சிரமமாகயிருக்கும். குறிப்பாக, வயது மூப்பின் காரணமாக ஏற்படும் இவ்வகை தூரப்பார்வைக்கு வெள்ளெழுத்து (Presbyopia) என்று பெயர். வயதானவர்களால் விழியைச் சுருக்கி விழிலென்சின் குவியத்தூரத்தை குறைக்க இயலாது.

அண்மைப் புள்ளியிலுள்ள பொருளிலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர்கள் விழித்திரைக்கு பின்புறமாகக் குவியமடைவது படம் 7.48 (அ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆனால், இக்குறைபாடுடைய நபர்களினால் 25 cm க்கும் அதிகமான தூரத்தில் உள்ள பொருள்களைத்தான் காண இயலும். தூரப்பார்வை குறைபாடுடைய நபரின் விழியிலிருந்து நாம் கருதும் புள்ளியின் குறைந்தபட்சத் தூரத்தை y என்க. இத்தூரத்திற்கு அப்பால் உள்ள பொருள்களை மட்டுமே இக்குறைபாடுடைய நபரினால் பார்க்க முடியும். இது படம் 7.48 (ஆ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இக்குறைபாட்டினைச் சரிசெய்ய படம் 7.48 (இ) யில் காட்டியுள்ளவாறு, 25 cm தூரத்தில் (அண்மைப் புள்ளியில்) உள்ள பொருளைப் பார்ப்பதற்கு 25 cm தூரத்தில் உள்ள பொருளின் மாயபிம்பத்தைச் சரிசெய்யும் லென்சின் உதவியால் விழியிலிருந்து y தூரத்தில் தோற்றுவிக்க வேண்டும்.

லென்சு சமன்பாட்டைக் (6.63) கொண்டு தூரப்பார்வை குறைபாட்டைச் சரிசெய்யும் லென்சின் குவியத்தூரத்தைக் கணக்கிடலாம்.

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

இங்கு, $u = -25$ cm, $v = -y$. இம்மதிப்புகளை லென்ஸ் சமன்பாட்டில் பிரதியிடும்போது,

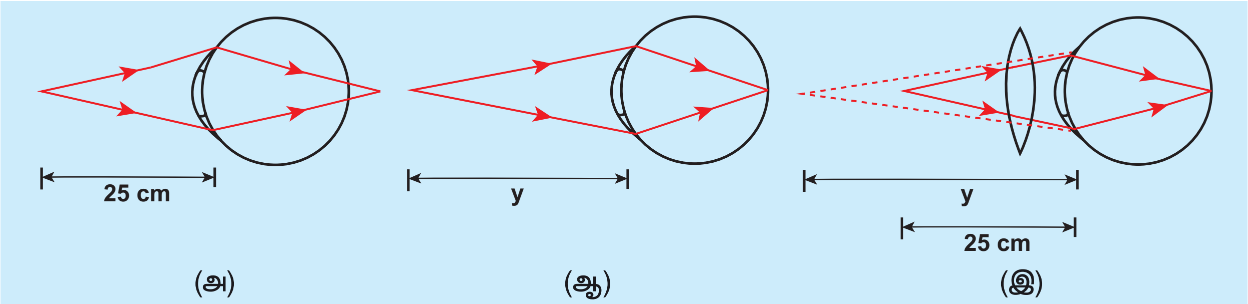
$$\frac{1}{f}=\frac{1}{-y}-\frac{1}{-25\text{ cm}}$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டைச் சுருக்கினால்,

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{25\text{ cm}}-\frac{1}{y}=\frac{y-25\text{ cm}}{y\times 25\text{ cm}}$$

$$f=\frac{y\times 25\text{ cm}}{y-25\text{ cm}} \qquad (7.84)$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டினைக் கொண்டு கணக்கிடப்படும் குவியத்தூரம் எப்போதும் நேர்குறி மதிப்பைப் பெற்றிருக்கும். ஏனெனில், y எப்போதும் 25 cm ஐ விட அதிகமாக இருக்கும். குவியத்தூரத்தில்



படம் 7.48 தூரப்பார்வை குறைபாடுடைய விழி மற்றும் அதனை நீக்கும் முறை

உள்ள நேர்குறி, பயன்படுத்தப்படும் சரிசெய்யும் லென்சு குவிலென்சு என்பதைக் காட்டுகிறது. அடிப்படையில் இந்தக் குவிலென்சு y தொலைவிற்கு அப்பால் உள்ள பொருளிலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர்களை சற்றே குவியச் செய்து விழித்திரையில் குவியமடையச் செய்கிறது.

7.6.7.3 ஒருதளப் பார்வை (Astigmatism)

விழிலென்சில், வெவ்வேறு வளைவு ஆரங்களைப்பெற்ற தளங்கள் காணப்படுவதால் ஒருதளப்பார்வைக் குறைபாடு ஏற்படுகிறது. ஒருதளப்பார்வை குறைபாடுடைய நபரினால் அனைத்துத் திசைகளிலும் தெளிவாக ஒன்றுபோல் பார்க்க இயலாது. கிட்டப்பார்வை மற்றும் தூரப்பார்வை குறைபாட்டைவிட இக்குறைபாடு சற்றே சிக்கலானதாகும். வெவ்வேறு வளைவு ஆரங்களைக் கொண்ட தளங்களை உடைய லென்சுகளைப் பயன்படுத்தி ஒருதளப்பார்வை குறைபாட்டைச் சரிசெய்ய இயலும். வெவ்வேறு வளைவு ஆரங்களையுடைய தளங்களைக் கொண்ட லென்சுகளுக்கு உருளைவடிவ லென்சுகள் என்று பெயர்.

வயது மூப்பின் காரணமாக ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட பார்வைக் குறைபாடுகள் மனிதர்களுக்கு ஏற்படலாம். கிட்டப்பார்வை மற்றும் தூரப்பார்வை ஆகிய இரண்டு குறைபாடுகளும் கொண்ட மனிதருக்கு, படிப்பதற்கு குவிக்கும் கண்ணாடியையும், தொலைவில் உள்ள பொருள்களைக் காண்பதற்கு விரிக்கும் கண்ணாடியையும் பயன்படுத்தவேண்டும். இவ்வாறு தனித்தனியாக கண்ணாடிகளைப் பயன்படுத்துவது சிரமமாகும். இதனை நீக்குவதற்காக, இரட்டை குவியத்தூரம் கொண்ட லென்சுகளும் (bifocal lens), தொடர் குவியத்தூரம் கொண்ட லென்சுகளும் (progressive lens) பயன்படுகின்றன.

எடுத்துக்காட்டு 7.22

கிட்டப்பார்வை குறைபாடுடைய நபர் ஒருவரால் 1.8 m தொலைவிற்குள் உள்ள பொருள்களை மட்டுமே பார்க்கமுடியும். இவரின் குறைபாட்டை நீக்குவதற்குப் பயன்படுத்தப்பட வேண்டிய லென்சின் திறனைக் காண்க.

தீர்வு

கிட்டப்பார்வை குறைபாடுடைய நபரினால் பார்க்க இயலும் பெருமத் தொலைவு, x = 1.8 m.

குறைபாட்டைச் சரி செய்யப் பயன்படும் லென்சின் குவியத்தூரம் f என்க $f = -x$ m = −1.8 m.

குழிலென்ஸ் (அல்லது) விரிக்கும் லென்சினைப் பயன்படுத்தி இக்குறைபாட்டினைச் சரிசெய்யலாம்.

லென்சின் திறன், $P = -\dfrac{1}{1.8\text{ m}} = -0.56\text{ D}$

எடுத்துக்காட்டு 7.23

தூரப்பார்வை குறைபாடுடைய நபர் ஒருவரினால் தெளிவாகப் பார்க்க இயலும் குறைந்தபட்சத் தொலைவு 75 cm. இக்குறைபாட்டைச் சரிசெய்வதற்குப் பயன்படுத்தப்பட வேண்டிய லென்சின் திறனைக் காண்க.

தீர்வு

தெளிவாகப் பார்க்க இயலும் குறைந்தபட்சத் தொலைவு, y = 75 cm.

குறைபாட்டைச் சரிசெய்வதற்குப் பயன்படும் லென்சின் குவியத்தூரம் f என்க,

$$f = \frac{y \times 25\text{ cm}}{y - 25\text{ cm}}$$

$$f = \frac{75\text{ cm} \times 25\text{ cm}}{75\text{ cm} - 25\text{ cm}} = 37.5\text{ cm}$$

இது ஒரு குவிலென்ஸ் (அல்லது) குவிக்கும் லென்ஸ் ஆகும்.

லென்சின் திறன், $P = \dfrac{1}{0.375\text{ m}} = 2.67\text{ D}$

பாடச்சுருக்கம்

- ஒளி அலைப் பண்பையும் துகள் பண்பையும் பெற்றுள்ளது.
- ஒரே கட்டத்தில் அதிர்வுறும் துகள்களின் இயங்குவரைக்கு [அல்லது முகப்பு உறைக்கு] அலைமுகப்பு என்று பெயர். அலைமுகப்பின் பரவல் நிகழும் முறையை ஹைகென்சு தத்துவம் அளிக்கிறது.
- ஒளி அலைமுகப்பாகப் பரவுகின்றது. புள்ளி ஒளிமூலம் கோளக அலைமுகப்பையும் ஈறிலாத் தொலைவிலுள்ள ஒளிமூலம் சமதள அலைமுகப்பையும் உருவாக்கும்.
- ஒளி எதிரொளிப்பு மற்றும் ஒளி விலகல் விதிகளை ஹைகென்சு தத்துவம் நிறுவுகிறது.
- இரு ஒளி அலைகளின் மேற்பொருந்துதலால் சில புள்ளிகளில் ஒளியின் செறிவு அதிகமாகவும் சில புள்ளிகளில் குறைந்தும் காணப்படும் நிகழ்வு குறுக்கீட்டு விளைவு எனப்படும்.
- குறுக்கீட்டு விளைவிற்கு உட்படும் இரு ஒளிகளின் செறிவுகள் I_1, I_2 எனில்,

  $I_{\text{பெருமம்}} = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}$; $I_{\text{சிறுமம்}} = I_1 + I_2 - 2\sqrt{I_1 I_2}$
- குறுக்கிடும் ஒளி அலைகள் சமமான செறிவு மற்றும் கட்டவேறுபாடு பெற்று இருப்பின்,

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

  $I_{\text{பெருமம்}} = 4I_0$ இங்கு, $\phi = 0, \pm 2\pi, 4\pi ...,$

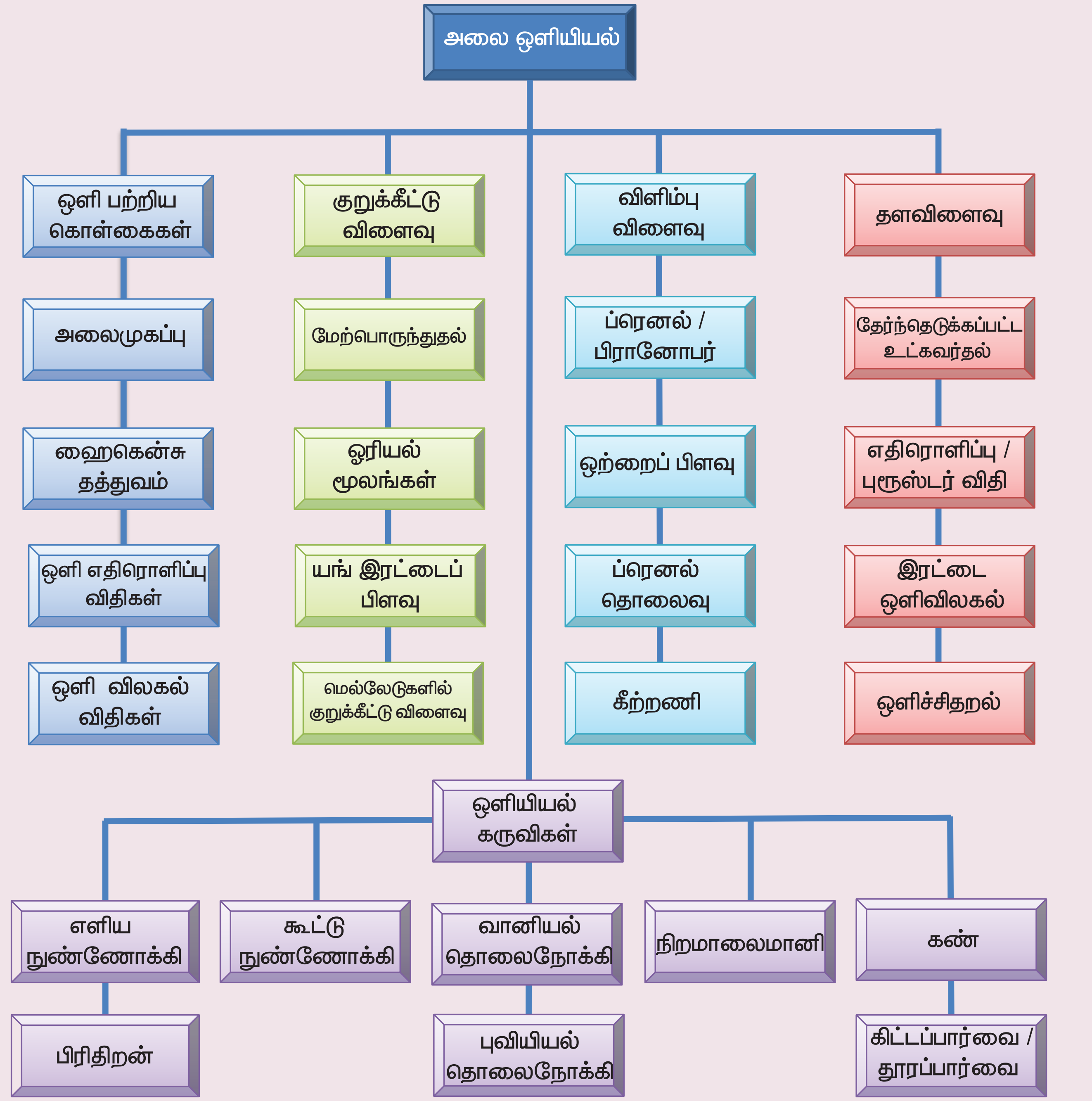
  $I_{\text{சிறுமம்}} = 0$ இங்கு, $\phi = \pm\pi, \pm 3\pi, \pm 5\pi ...,$
- இரு ஒளிமூலங்களிலிருந்து வெளிப்படும் அலைகள் ஒரே கட்டம் (அல்லது) மாறாத கட்டவேறுபாடு, ஒரே அதிர்வெண் (அல்லது) அலைநீளம் (ஒற்றை நிற), ஒரே அலைவடிவம் மற்றும் ஒரே வீச்சு கொண்டிருந்தால், அவை ஓரியல் மூலங்கள் எனப்படும்.
- அலைமுகப்புப் பிரிப்பு முறை, செறிவுப் பிரிப்பு முறை மற்றும் ஒளிமூலம், அதன் மாய பிம்பம் இவற்றால் ஓரியல் மூலங்களைப் பெற முடியும்.
- யங் இரட்டைப் பிளவு செயல்முறை ஆய்வில் அலைமுகப்புப் பிரிப்பு முறையைக் கொண்டு ஓரியல் மூலங்கள் பெறப்படுகிறது.
- யங் இரட்டைப் பிளவு செயல்முறை ஆய்வில், nஆவது பொலிவு வரியின் இருப்பிடத்தை அறிய உதவும் சமன்பாடு, $y_n = n\dfrac{\lambda D}{d}$.
- அதே ஆய்வில், nஆவது கருமைவரியின் இருப்பிடத்தை அறிய உதவும் சமன்பாடு, $y_n = \dfrac{(2n-1)}{2}\dfrac{\lambda D}{d}$
- அதே ஆய்வில், பட்டை அகலத்திற்கான சமன்பாடு, $\beta = \dfrac{\lambda D}{d}$
- பலவண்ண ஒளியினால் (வெள்ளொளி) ஏற்படும் குறுக்கீட்டு விளைவு வண்ணக் குறுக்கீட்டு வரிகளை உருவாக்கும்.
- வெள்ளொளியின் குறுக்கீட்டு விளைவினால் மெல்லேடுகள் வண்ணமயமாகக் காட்சியளிக்கின்றன.
- மெல்லேடுகளில் ஊடுருவிச் சென்ற ஒளியின் பொலிவிற்கான நிபந்தனை, $2\mu d = n\lambda$; கருமைக்கான நிபந்தனை, $2\mu d = (2n-1)\dfrac{\lambda}{2}$
- எதிரொளிப்பு அடைந்த ஒளியின் பொலிவிற்கு, $2\mu d = (2n-1)\dfrac{\lambda}{2}$; கருமைக்கு, $2\mu d = n\lambda$
- தடையின் விளிம்பில் வளைந்து சென்று, தடையின் வடிவியல் நிழலுக்குள் அலை செல்லும் நிகழ்வு விளிம்பு விளைவு எனப்படும்.
- கோளக அலைமுகப்பு பிரெனெல் விளிம்பு விளைவிற்கு உட்படுகின்றது.
- சமதள அலைமுகப்பு பிரான்ஹோபர் விளிம்பு விளைவிற்கு உட்படுகின்றது.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-7_TM.indd 98 19-12-2022 17:06:43

- ஒற்றைப் பிளவினால் ஏற்படும் விளிம்பு விளைவில் nவது சிறுமத்திற்கான நிபந்தனை, $a \sin \theta = n\lambda$; nவது பெருமத்திற்கான நிபந்தனை, $a\sin\theta = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$
- எந்தத் தொலைவு வரை ஒளியானது கதிர் ஒளியியலின் தன்மைக்கு உட்படுகிறதோ மற்றும் எந்தத் தொலைவிற்கு அப்பால் கதிர் ஒளியியலின் தன்மைக்கு உட்படாதோ அதுவே பிரநெல் தொலைவு எனப்படும் $z = \frac{a^2}{2\lambda}$.
- ஒளியின் அலைநீளத்தையொத்த தடிமன் கொண்ட, பல பிளவுகள் அடங்கிய அமைப்பான கீற்றணியிலும் (ஒற்றைப் பிளவில் ஏற்பட்டது போன்று) விளிம்பு விளைவு ஏற்படும்.
- இராலே நிபந்தனைப்படி, எந்தச் சிறுமத் தொலைவில் இரு புள்ளிகள் உள்ளபோது அவற்றால் ஏற்படும் பிம்பங்களுள் ஒன்றினுடைய விளிம்பு விளைவுப் பிம்பத்தின் மையமும் அடுத்த புள்ளியினுடைய பிம்பத்தின் முதல் சிறுமமும் பொருந்தி வருகின்றனவோ (அல்லது அதற்கு மறுதலையாக உள்ளபோதோ) அந்நிலையில்தான் அவ்விரு பொருள்களும் தனித்தனியே பிரிந்து புலப்படும்.
- கோணம்சார் பிரிப்பு $\theta = \frac{1.22\lambda}{a}$
- இடம்சார் பிரிப்பு $r_0 = \frac{1.22\lambda f}{a}$
- விளிம்பு விளைவினால் ஏற்படும் தெளிவின்மை இல்லாமல், தெளிவாகத் தெரியும் சிறுமத் தொலைவு பிரித்தறிதல் எனப்படும்.
- ஒளி அலை பரவும் திசைக்குச் செங்குத்தான திசையில் மட்டும் ஒளியின் (மின்புல அல்லது காந்தப்புல வெக்டர்) அதிர்வுகள் உள்ளபடி கட்டுப்படுத்தும் நிகழ்வுக்கு தளவிளைவு எனப்படும்.
- ஒளி அலை பரவும் திசைக்குச் செங்குத்தான திசையில் மட்டும் ஒளி அலையின் அதிர்வுகள் இருந்தால், அவ்வொளி முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளி எனப்படும்.
- மின்புல வெக்டர்களின் அதிர்வுகளை உள்ளடக்கிய தளம் அதிர்வுறு தளம் என அழைக்கப்படும்.
- அதிர்வுறு தளத்திற்குச் செங்குத்தாகவும் ஒளிக்கதிர்களை உள்ளடக்கியதாகவும் உள்ள தளம் தளவிளைவுத் தளம் என அழைக்கப்படும்.
- ஆய்வியை $90°$ சுற்றும் போதும் ஒளியின் செறிவு பெருமத்திலிருந்து சுழி மதிப்பை அடைந்தால், அது முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளி எனப்படும்.
- ஆய்வியை $90°$ சுற்றும் போதும் ஒளியின் செறிவு பெருமத்திலிருந்து சிறும மதிப்பை அடைந்தால், அது பகுதி தளவிளைவு அடைந்த ஒளி எனப்படும்.
- மாலஸ் விதியின்படி, ஒன்றுக்கொன்று θ கோணத்திலுள்ள இரு தளவிளைவாக்கிகளின் வழியே ஊடுருவும் ஒளியின் செறிவு, $I = I_0 \cos^2\theta$.
- இரட்டை ஒளிவிலகலின் அடிப்படையில் நைக்கல் முப்பட்டகம் சாதாரண மற்றும் அசாதாரண ஒளிக்கதிர்களைப் பிரிக்கிறது.
- படுகதிரின் திசைக்குச் செங்குத்தான திசையில் சிதறல் அடைந்த ஒளி முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளியாகக் காணப்படுகிறது.
- ஒற்றைக் குவி லென்சு ஒன்றின் குவியத்தூரத்துக்குள் பொருளை வைக்கும்போது அது ஒரு எளியநுண்ணோக்கியாகச் செயல்படுகிறது.
- அண்மைப் புள்ளி குவியப்படுத்துதலில், பிம்பம் உருவாகும் தொலைவு $D = 25$ cm.
- அண்மைப் புள்ளி குவியப்படுத்துதலில், உருப்பெருக்கத்திற்கான வாய்பாடு, $m = 1 + \frac{D}{f}$.
- இயல்பு குவியப்படுத்துதலில், பிம்பம் ஈறிலாத் தொலைவில் உருவாகும்; உருப்பெருக்கத்திற்கான வாய்பாடு, $m = \frac{D}{f}$.

- நுண்ணோக்கியின் பிரிதிறன், $R_M = \dfrac{1}{d_{\min}} = \dfrac{2(NA)}{1.22\lambda}$
- தொலைநோக்கியின் பிரிதிறன், $R_T = \dfrac{1}{r_0} = \dfrac{a}{1.22\lambda f}$
- அண்மைப் புள்ளி குவியப்படுத்துதலில், ஒரு கூட்டு நுண்ணோக்கியின் உருப்பெருக்கத்திற்கான வாய்பாடு, $m = m_o m_e = \left(\dfrac{L}{f_o}\right)\left(1 + \dfrac{D}{f_e}\right)$
- இயல்புநிலை குவியப்படுத்துதலில், ஒரு கூட்டு நுண்ணோக்கியின் உருப்பெருக்கத்திற்கான வாய்பாடு, $m = m_o m_e = \left(\dfrac{L}{f_o}\right)\left(\dfrac{D}{f_e}\right)$
- தொலைநோக்கியில் உருப்பெருக்கம், $m = \dfrac{f_o}{f_e}$; குழாயின் நீளம், $L = f_o + f_e$
- கிட்டப்பார்வை குறைபாட்டைச் சரிசெய்யும் லென்சு ஒரு குழிலென்சு ஆகும்; அதன் குவியத்தூரம் $f = -x$. இங்கு x என்பது காணக்கூடிய பெரும தொலைவு.
- தூரப்பார்வை குறைபாட்டைச் சரிசெய்யும் லென்சு ஒரு குவிலென்சு ஆகும்; அதன் குவியத்தூரம் $f = \dfrac{y \times 25\text{ cm}}{y - 25\text{ cm}}$. இங்கு 25 cm என்பது மீச்சிறுத் தொலைவு மற்றும் y என்பது காணக்கூடிய சிறும தொலைவு .
- வயது மூப்பு காரணமாக ஏற்படும் தூரப்பார்வைக்கு வெள்ளெழுத்து என்று பெயர்.
- விழி லென்சில் வெவ்வேறு வளைவு ஆரங்களைப் பெற்ற தளங்கள் காணப்படுவதால் ஏற்படும் குறைபாட்டிற்கு ஒருதளப்பார்வை என்று பெயர்.

கருத்து வரைபடம்


அலை ஒளியியல்
ஒளி பற்றிய கொள்கைகள்
குறுக்கீட்டு விளைவு
விளிம்பு விளைவு
தளவிளைவு
அலைமுகப்பு
மேற்பொருந்துதல்
ப்ரெனல் / பிரானோபர்
தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட உட்கவர்தல்
ஹைகென்சு தத்துவம்
ஓரியல் மூலங்கள்
ஒற்றைப் பிளவு
எதிரொளிப்பு / புரூஸ்டர் விதி
ஒளி எதிரொளிப்பு விதிகள்
யங் இரட்டைப் பிளவு
ப்ரெனல் தொலைவு
இரட்டை ஒளிவிலகல்
ஒளி விலகல் விதிகள்
மெல்லேடுகளில் குறுக்கீட்டு விளைவு
கீற்றணி
ஒளிச்சிதறல்
ஒளியியல் கருவிகள்
எளிய நுண்ணோக்கி
கூட்டு நுண்ணோக்கி
வானியல் தொலைநோக்கி
நிறமாலைமானி
கண்
பிரிதிறன்
புவியியல் தொலைநோக்கி
கிட்டப்பார்வை / தூரப்பார்வை

மதிப்பீடு

I சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடுத்து எழுதுக

1. பல்வேறு வண்ணங்களில் எழுதப்பட்ட எழுத்துகளின் மீது (ஊதா, பச்சை, மஞ்சள், மற்றும் சிவப்பு) சமதளக் கண்ணாடி ஒன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. எந்த வண்ணத்தில் எழுதப்பட்ட எழுத்து அதிக உயரத்தில் தெரியும்?

(a) சிவப்பு (b) மஞ்சள்
(c) பச்சை (d) ஊதா

2. கருமைநிறத் தாளின் மீது 1mm இடைவெளியில் இரண்டு வெள்ளை நிறப் புள்ளிகள் காணப்படுகின்றன. தோராயமாக 3 mm விட்டமுடைய விழிலென்ஸ் உள்ள விழியினால் இப்புள்ளிகள் பார்க்கப்படுகின்றன. விழியினால் இப்புள்ளிகளைத் தெளிவாகப் பகுத்துப்பார்க்கக்கூடிய பெருமத் தொலைவு என்ன? [பயன்படும் ஒளியின் அலைநீளம்= 500 nm]

(a) 1 m (b) 5 m (c) 3 m (d) 6m

3. யங் இரட்டைப் பிளவு ஆய்வில், பிளவுகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவு இருமடங்காக்கப்படுகிறது. திரையில் தோன்றும் பட்டை அகலம் மாறாமல் இருக்க வேண்டுமெனில், பிளவுகளுக்கும் திரைக்கும் இடையே உள்ள தொலைவு எவ்வளவு இருக்க வேண்டும்?

(a) $2D$ (b) $\frac{D}{2}$
(c) $\sqrt{2}D$ (d) $\frac{D}{\sqrt{2}}$

4. I மற்றும் $4I$ ஒளிச்செறிவுகள் கொண்ட இரண்டு ஒற்றை நிற ஓரியல் ஒளிக்கற்றைகள் ஒன்றுடன் ஒன்று மேற்பொருந்துகின்றன. தொகுபயன் பிம்பத்தின் சாத்தியமான பெரும மற்றும் சிறும ஒளிச்செறிவுகள் முறையே

[IIT-JEE 1988]

(a) $5I$ and I (b) $5I$ and $3I$
(c) $9I$ and I (d) $9I$ and $3I$

5. 5×10^{-3} cm தடிமன் கொண்ட சோப்புப் படலத்தின் மீது ஒளி விழுகிறது. கண்ணுறு பகுதியில் எதிரொளிப்பு அடைந்த ஒளியின் பெரும அலை நீளம் 5320 $\mathring{A}$ எனில் சோப்புப் படலத்தின் ஒளிவிலகல் எண் என்ன?

(a) 1.22 (b) 1.33
(c) 1.51 (d) 1.83.

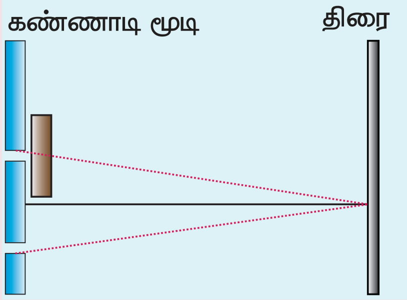
6. 1.0×10^{-5} cm அகலம் கொண்ட ஒற்றைப் பிளவினால் ஏற்படும் விளிம்புவிளைவின் முதல் சிறுமம் 30° எனில், பயன்படுத்தப்படும் ஒளியின் அலைநீளம் என்ன?

(a) 400 Å (b) 500 Å
(c) 600 Å (d) 700 Å

7. கண்ணாடித் தட்டு ஒன்றின் மீது 60° கோணத்தில் ஒளிக்கதிர் விழுகிறது. எதிரொளிப்பு மற்றும் ஒளிவிலகல் அடைந்த ஒளிக்கதிர்கள் இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக அமைந்தால், கண்ணாடியின் ஒளிவிலகல் எண் எவ்வளவு?

(a) $\sqrt{3}$ (b) $\frac{3}{2}$
(c) $\sqrt{\frac{3}{2}}$ (d) 2

8. படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள யங் இரட்டைப் பிளவு ஆய்வில் ஒரு துளை கண்ணாடி ஒன்றினால் மூடப்படுகிறது எனில், மையப் பெருமம் எங்கு அமையும்?



(a) கீழ்நோக்கி இடம்பெயரும்
(b) மேல்நோக்கி இடம்பெயரும்
(c) அங்கேயே தொடர்ந்து இருக்கும்
(d) கொடுக்கப்பட்ட விவரங்கள் போதுமானதல்ல

XII_Physics_Vol-2_UNIT-7_TM.indd 102 19-12-2022 17:06:45

9. நிகோல் பட்டகம் வழியாகச் செல்லும் ஒளி
   (a) பகுதி தளவிளைவு அடையும்
   (b) தளவிளைவு அடையாது
   (c) முழுவதும் தளவிளைவு அடையும்
   (d) நீள்வட்டமாகத் தளவிளைவு அடையும்

10. ஒளியின் குறுக்கலைப் பண்பினை வெளிப்படுத்தும் நிகழ்வு
   (a) குறுக்கீட்டு விளைவு
   (b) விளிம்பு விளைவு
   (c) ஒளிச்சிதறல்
   (d) தளவிளைவு

விடைகள்

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

II குறுவினாக்கள்

1. ஒளியின் நுண்துகள் கொள்கையின் முக்கிய அம்சங்கள் யாவை?
2. ஒளியின் அலைக் கொள்கையின் முக்கிய கருத்துகள் என்ன?
3. ஒளியின் மின்காந்த அலைக்கொள்கையின் சிறப்பம்சம் என்ன?
4. ஒளியின் குவாண்டக் கொள்கையைப் பற்றி சிறுகுறிப்பு வரைக.
5. அலைமுகப்பு என்றால் என்ன?
6. பின்வருவனவற்றிற்கு அலைமுகப்பின் வடிவங்கள் யாவை: (அ) ஈறிலாத் தொலைவில் மூலம் (ஆ) புள்ளி மூலம் (இ) நேரியல் மூலம்.
7. ஹைஹென்ஸ் கொள்கை கூறுக.
8. ஒளியின் குறுக்கீட்டு விளைவு என்றால் என்ன?
9. அலை ஒன்றின் கட்டம் என்றால் என்ன?
10. கட்ட வேறுபாட்டிற்கும், பாதை வேறுபாட்டிற்கும் உள்ள தொடர்பை வருவி?
11. ஓரியல் மூலங்கள் என்றால் என்ன?
12. அலைமுகப்புப் பகுப்பு எவ்வாறு ஓரியல் மூலங்களை உருவாக்குகிறது?
13. ஒளிச்செறிவு (அல்லது) வீச்சுப் பகுப்பு என்றால் என்ன?
14. ஒளிமூலமும் அதன் பிம்பமும் எவ்வாறு ஓரியல் மூலங்களாகச் செயல்படுகின்றன என்பதைச் சுருக்கமாக விவரி.
15. குறுக்கீட்டுப்பட்டை அமைப்பில் தோன்றும் பட்டை அகலத்தை வரையறு.
16. விளிம்பு விளைவு என்றால் என்ன?
17. ப்ரெனல் மற்றும் ப்ரானோஃபர் விளிம்பு விளைவுகளுக்கு இடையே உள்ள வேறுபாடுகள் யாவை?
18. ப்ரானோஃபர் விளிம்பு விளைவில் ஏற்படும் முதல் சிறுமத்திற்கான சிறப்பு நேர்வினைக் கூறுக.
19. ப்ரெனல் தொலைவு என்றால் என்ன? அதற்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.
20. குறுக்கீட்டு விளைவுக்கும், விளிம்பு விளைவுக்கும் உள்ள வேறுபாடுகள் யாவை?
21. விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி என்றால் என்ன?
22. பிரித்தறிதல் என்றால் என்ன?
23. ராலே நிபந்தனை என்றால் என்ன?
24. ஒளியியல் பிரிப்பையும் உருப்பெருக்கத்தையும் வேறுபடுத்துக.
25. தளவிளைவு என்றால் என்ன?
26. தளவிளைவு அடைந்த மற்றும் தளவிளைவு அடையாத ஒளிகளுக்கு இடையேயான வேறுபாடுகள் யாவை?
27. தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட உட்கவர்தல் பற்றி சுருக்கமாகக் கூறுக.
28. தளவிளைவு ஆக்கி மற்றும் தளவிளைவு ஆய்வி என்றால் என்ன?
29. முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த, தளவிளைவு அடையாத மற்றும் பகுதி தளவிளைவு அடைந்த ஒளி என்றால் என்ன?
30. மாலசின் விதியைக் கூறி, அதனை வருவி,
31. போலராய்டின் பயன்களைக் கூறுக.
32. புருஸ்டர் விதியைக் கூறுக.
33. தளவிளைவுக் கோணம் என்றால் என்ன? தளவிளைவுக் கோணத்திற்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.
34. தட்டடுக்குகளைப்பற்றிச் சிறு குறிப்பு வரைக.
35. இரட்டை ஒளிவிலகல் என்றால் என்ன?
36. ஒளியியல் வினைபுரியும் படிகங்களின் வகைகளை உதாரணத்துடன் கூறுக
37. நிகோல் பட்டகம் சிறுகுறிப்பு வரைக.

38. ஒளிச்சிதறலின் மூலம் எவ்வாறு ஒளி தளவிளைவு அடைகிறது?
39. அண்மைப்புள்ளி மற்றும் இயல்பு நிலை குவியப்படுத்துதல் என்றால் என்ன?
40. எண்ணெய்யில் மூழ்கியுள்ள பொருளருகு லென்ஸ் நுண்ணோக்கியில் ஏன் விரும்பி பயன்படுத்தப்படுகிறது?
41. எதிரொளிப்பு தொலைநோக்கியைப் பயன்படுத்துவதில் உள்ள நிறைகள் மற்றும் குறைகள் யாவை?
42. புவியியல் தொலைநோக்கியில் பயன்படுத்தப்படும் நேராக்கும் லென்சின் பயன்பாடு என்ன?
43. இணையாக்கியின் பயன் யாது?
44. நிறமாலைமானியின் பயன்கள் யாவை?
45. கிட்டப்பார்வை என்றால் என்ன? அக்குறைபாட்டை எவ்வாறு சரிசெய்யலாம்?
46. தூரப்பார்வை என்றால் என்ன? இதனைச் சரிசெய்யும் வழிமுறை யாது?
47. ஒருதளப்பார்வை என்றால் என்ன?
48. வெள்ளெழுத்து என்றால் என்ன?

III நெடுவினாக்கள்

1. ஹைகென்ஸ் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் எதிரொளிப்பு விதிகளை நிரூபி.
2. ஹைகென்ஸ் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் ஒளிவிலகல் விதிகளை நிரூபி.
3. ஒளியின் குறுக்கீட்டு விளைவினால் பெறப்படும் தொகுபயன் ஒளிச் செறிவிற்கான கோவையைப் பெறுக.
4. யங் இரட்டைப் பிளவு ஆய்வு அமைப்பை விளக்கி, பாதை வேறுபாட்டிற்கான கோவையைப் பெறுக.
5. யங் இரட்டைப் பிளவு ஆய்வில் பெறப்படும் பட்டை அகலத்திற்கான கோவையைப் பெறுக.
6. மெல்லேடுகளில் எதிரொளிப்பு அடைந்த மற்றும் ஒளிவிலகல் அடைந்த கதிர்களினால் ஏற்படும் ஆக்கக் குறுகிகீட்டு விளைவிற்கான சமன்பாடுகளைப் பெறுக.
7. ஒற்றைப் பிளவினால் ஏற்படும் விளிம்பு விளைவினை விவரித்து, n வது சிறுமத்திற்கான நிபந்தனையைப் பெறுக.
8. கீற்றணி ஒன்றில் நடைபெறும் விளிம்புவிளைவை விளக்கி, mவது பெறுமத்திற்கான நிபந்தனையைப் பெறுக.
9. விளம்புவிளைவுக் கீற்றணியைப் பயன்படுத்தி, ஒற்றை நிற ஒளியின் அலை நீளத்தைக் காணும் சோதனையை விவரி.
10. விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணியைப் பயன்படுத்திக் கூட்டு ஒளியின் (வெவ்வேறு வண்ணங்களின்) அலைநீளங்களைக் காணும் சோதனையை விவரி.
11. ஒளியியல் கருவி ஒன்றின் பிரிதிறனுக்கான கோவையைப் பெறுக.
12. எளிய நுண்ணோக்கி ஒன்றினை விவரித்து, அண்மைப்புள்ளி குவியப்படுத்தல் மற்றும் இயல்புநிலைக் குவியப்படுத்துதலில் ஏற்படும் உருப்பெருக்கங்களுக்கான சமன்பாடுகளைப் பெறுக.
13. கூட்டு நுண்ணோக்கி ஒன்றினை விவரித்து, அதன் உருப்பெருக்கத்திற்கான கோவையைப் பெறுக.
14. நுண்ணோக்கி ஒன்றின் பிரிதிறனுக்கான கோவையைப் பெறுக.
15. வானியல் தொலைநோக்கி ஒன்றினைப் பற்றி விளக்குக
16. நிறமாலைமானி ஒன்றின் வெவ்வேறு பாகங்களைக் கூறி, நிறமாலைமானியின் தொடக்கச் சீரமைவுகளைப் பற்றி விளக்குக.
17. நிறமாலைமானியைக் கொண்டு, முப்பட்டகப் பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் காணும் சோதனையை விவரி.

பயிற்சி கணக்குகள்

1. ஒரு குறுக்கீட்டு விளைவு வடிவமைப்பில் பெரும மற்றும் சிறும செறிவுகளுக்கு இடையேயான விகிதம் 36:1, எனில் குறுக்கிடும் இரு அலைகளின் வீச்சுகளுக்கு இடையேயான விகிதம் எவ்வளவு?

   [விடை: 7:5]

2. யங் இரட்டைப் பிளவு ஆய்வில், 5893 Å அலைநீளம் கொண்ட சோடிய ஒளியினால் இரட்டைப் பிளவுகளை ஒளியூட்டும்போது கண்ணுக்குப் புலப்படும் பகுதியில் 62 பட்டைகள் தெரிகின்றன. சோடிய ஒளிக்குப் பதிலாக 4359 Å அலை நீளம் கொண்ட ஊதா ஒளியினைப் பயன்படுத்தினால், எத்தனை பட்டைகள் திரையில் தெரியும்?

   [விடை: 84]

3. 600 nm அலைநீளம் கொண்ட ஒளி இரட்டைப் பிளவின் மீது விழும்போது திரையில் உருவாகும் குறுக்கீட்டு விளைவில் இரு அடுத்தடுத்த பொலிவு வரிகளுக்கான இடைவெளி 7.2 mm. இதே அமைப்பைக் கொண்டு 8.1 mm இடைவெளியில் இரு அடுத்தடுத்த பொலிவு வரிகள் ஏற்படுமாறு செய்ய பயன்படுத்தப்பட வேண்டிய வேறொரு ஒளியின் அலைநீளம் எவ்வளவு?

[விடை: 675 nm]

4. அதிக தொலைவில் உள்ள ஒரு மூலத்திலிருந்து வெளியாகும் 600 nm அலைநீளம் கொண்ட ஒளிக்கற்றை, 1 mm அகலம் உடைய ஒற்றைப் பிளவின்மீது விழுகிறது. இதனால் உருவாகும் விளிம்பு விளைவின் வடிவமைப்பு 2 m தொலைவிலுள்ள திரையில் பார்க்கப்படுகிறது. மையப் பொலிவு வரிக்கு இருமருங்கிலும் காணப்படும் முதல் கருமைவரிகளுக்கு இடையேயான தொலைவு எவ்வளவு?

[விடை: 2.4 mm]

5. 2.5 μm அகலம் கொண்ட ஒற்றைப் பிளவு ஒன்றின் வழியே 5000 Å அலைநீளம் உடைய ஒளி செல்வதால் விளிம்பு விளைவு ஏற்படுகின்றது. இதனால் உருவாகும் விளிம்பு விளைவு வடிவமைப்பின் பெரும வரிசை என்ன?

[விடை: 5]

6. ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாகவுள்ள அச்சுகளைக் கொண்ட இரு குறுக்குத் தளவிளைவாக்கிகளுக்கு இடையே நிலவும் ஒளியின் செறிவு I_0. அவற்றிற்கு இடையில் மூன்றாவது தளவிளைவாக்கி நுழைக்கப்படுகிறது. இந்த மொத்த அமைப்பிலிருந்து பெரும ஒளி வெளியேற வேண்டும் எனில், முதல் மற்றும் புதிதாக நுழைக்கப்பட்ட தளவிளைவாக்கிகளின் அச்சுகளுக்கு இடையில் உள்ள கோணம் எவ்வளவு?

[விடை: 45°]

7. மூன்று தளவிளைவாக்கிகள் வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு வரிசையில் முதல் மற்றும் கடைசி தளவிளைவாக்கிகளின் அச்சுகளுக்கு இடைப்பட்ட கோணம் 90°. இவற்றின் வழியே 32 Wm^{-2} செறிவுடைய தளவிளைவு அடையாத ஒளி செலுத்தப்படுகிறது. முதல் மற்றும் நடு தளவிளைவாக்கிகளின் அச்சுகளுக்கு இடையில் என்ன கோணம் இருந்தால், வெளிப்படும் ஒளியின் செறிவு 3 Wm^{-2} ஆக இருக்கும்?

[விடை: Ans: 30°]

8. தளவிளைவு அடையாத ஒளி அடர்மிகு ஊடகம் ஒன்றிற்கு வரையப்பட்ட செங்குத்துக் கோட்டுடன் 60° கோணத்தில் படும்போது எதிரொளிக்கப்பட்ட ஒளி முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்ததாகக் காணப்படுகிறது. ஒளிவிலகல் கோணம் மற்றும் அடர்மிகு ஊடகத்திலிருந்து அடர்குறை ஊடகத்தில் ஏற்படும் முழு அக எதிரொளிப்பின் மாறுநிலைக் கோணம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

[விடை: 30°, 35.15°]

9. ஒரு நபரின் அண்மைப்புள்ளி 50 cm மற்றும் சேய்மைப்புள்ளி 500 cm. 25 cm தொலைவில் உள்ள ஒரு புத்தகத்தைப் படிக்க அவர் அணிய வேண்டிய லென்சின் திறனைக் கணக்கிடுக. இந்த லென்சினைக் கொண்டு அவரால் தெளிவாகக் காணக்கூடிய பெருமைத் தொலைவு எவ்வளவு?

[விடை: 2D, 45.45 cm]

10. ஈறிலாத் தொலைவில் பிம்பம் தோன்றும் கூட்டு நுண்ணோக்கியின் உருப்பெருக்கத்திறன் 100. பொருளருகு லென்சின் குவியத்தூரம் 0.5 cm மற்றும் குழலின் நீளம் 6.5 cm என இருந்தால், கண்ணருகு லென்சின் குவியத்தூரத்தின் மதிப்பு என்ன?

[விடை: 3.25 cm]

(குறிப்பு: உருப்பெருக்கம் என்பது உருப்பெருக்கத்திறன் என்றும் அழைக்கப்படுகிறது).

XII_Physics_Vol-2_UNIT-7_TM.indd 105 19-12-2022 17:06:46

மேற்கோள் நூல்கள் (BOOKS FOR REFERENCE)

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).

www.tnschoolbooks.in

இணையச் செயல்பாடு

ஒளியியல்

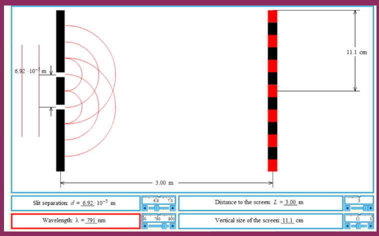
ஓரியல் மூலங்களுக்கு இடைப்பட்ட தூரம், மூலங்களுக்கும் திரைக்கும் இடையேயுள்ள தொலைவு, மற்றும் ஒளியின் அலைநீளம் ஆகியவற்றை மாறுதல் செய்யும் போது பட்டை அகலம் எவ்வாறு மாறுபடுகிறது என்பதனை இந்த செயல்பாட்டின் மூலம் மாணவர்கள் புரிந்து கொள்வார்கள்.

தலைப்பு: யங் இரட்டைப் பிளவு சோதனை

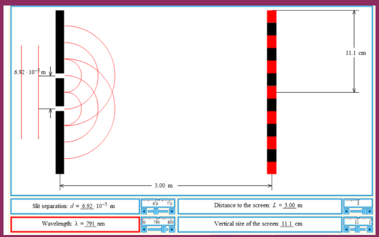
படிகள்:

- 'tutor–homework.com/Physics_Help/double_slit_experiment.html' என்ற பக்கத்திற்கு செல்லுங்கள்.
- ஓரியல் மூலங்களுக்கு இடைப்பட்ட தூரத்தை மாறுதல் செய்து கருமை பட்டைகளும் பொலிவு பட்டைகளும் எவ்வாறு மாற்றமடைகிறது என கவனியுங்கள்.
- மூலங்களுக்கும் திரைக்கும் இடையேயுள்ள தொலைவை குறைக்கும் போது பட்டை அகலத்தில் ஏற்படும் மாற்றத்தை கவனியுங்கள்.
- ஒளியின் அலைநீளத்தை மாறுதல் செய்து பட்டை அகலம் எவ்வாறு மாறுகிறது என்பதை கவனியுங்கள்.
- "Run" என்ற பொத்தானை சொடுக்கும் போது கிடைக்கும் கருமைப் பட்டையும் பொலிவுப் பட்டையும் உற்றுநோக்கு.

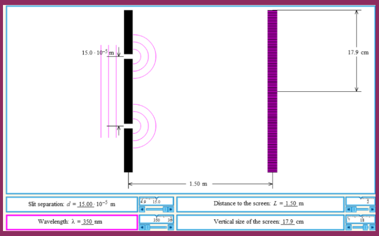
படி 1



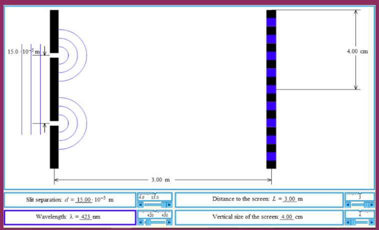
படி 2



படி 3



படி 4



குறிப்பு:

உங்கள் உலாவியில் flash player இல்லையென்றால் அதனை நிறுவவும்.

உரலி:

http://tutor-homework.com/Physics_Help/double_slit_experiment.html

*படங்கள் அடையாளத்திற்கு மட்டும்.

* தேவையெனில் Flash Player or Java Script அனுமதிக்க.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-7_TM.indd 107 19-12-2022 17:06:46

அலகு 8

கதிர்வீச்சு மற்றும் பருப்பொருளின் இருமைப்பண்பு (DUAL NATURE OF RADIATION AND MATTER)

"குவாண்டம் இயந்திரவியல் உங்களுக்கு ஆழ்ந்த அதிர்ச்சியை தரவில்லையெனில், அதனை நீங்கள் முழுமையாக இன்னும் புரிந்து கொள்ளவில்லை".

– நீல்ஸ் போர்

கற்றலின் நோக்கங்கள்

இந்த அலகில் மாணவர்கள் அறிந்து கொள்ள இருப்பது

- எலக்ட்ரான் உமிழ்வும் அதன் வகைகளும்
- ஹெர்ட்ஸ், ஹால்வாக்ஸ் மற்றும் லெனார்டு ஆகியோரின் சோதனைகள்
- ஒளிமின் விளைவு மற்றும் அதன் விதிகள்
- ஆற்றல் குவாண்டமாக்கல் பற்றிய கருத்து
- ஒளி மின்கலமும் அதன் பயன்பாடுகளும்
- கதிர்வீச்சின் துகள் இயல்பு
- பருப்பொருளின் அலை இயல்பு
- டி ப்ராய் சமன்பாடு மற்றும் எலக்ட்ரானின் டி ப்ராய் அலைநீளம்
- டேவிசன் மற்றும் ஜெர்மர் பரிசோதனை
- எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் அமைப்பு மற்றும் வேலை செய்யும் விதம்
- X–கதிர்கள் மற்றும் அதன் உற்பத்தி
- X–கதிர்நிறமாலை மற்றும் அதன் வகைகள்

WRY9H

8.1 அறிமுகம்

துகள் மற்றும் அலை பற்றிய கருத்துகளை நமது அன்றாட அனுபவத்தில் நாம் நன்கு அறிந்திருக்கின்றோம். கோலிக்குண்டுகள், மண்துகள்கள், அணுக்கள், எலக்ட்ரான்கள் போன்றவை துகள்களுக்கு எடுத்துக்காட்டுகள் ஆகும். அதேபோல கடல் அலைகள், குளங்களில் ஏற்படும் சிற்றலைகள், ஒலி அலைகள் மற்றும் ஒளி அலைகள் ஆகியவை அலைகளுக்கு எடுத்துக்காட்டுகளாக அமைகின்றன.

துகள் என்பது மிகச்சிறிய அளவிலான குவிக்கப்பட்ட பருப்பொருள் என கருதப்படுகிறது (குறிப்பிட்ட இடம் மற்றும் கால எல்லைகள்). ஆனால் அலை என்பது அகன்ற பரவலான ஆற்றலாகும் (குறிப்பிட்ட இடம் மற்றும் கால எல்லைகள் இல்லாதது). மேலும் இவை இரண்டும் (துகள் மற்றும் அலை) ஆற்றல் மற்றும் உந்தத்தை ஓரிடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு எடுத்துச் செல்லும் திறன் பெற்றவை.

பெரிய பொருள்களின் (macroscopic objects) இயக்கத்தை விளக்கும் பண்டைய இயற்பியலானது (Classical physics), துகள் மற்றும் அலைகள் ஆகியவற்றை இயல் உலகின் வெவ்வேறு கூறுகளாகக் கருதுகிறது. தனித்தனியாக சோதனைகள் மற்றும் தத்துவங்களை தம்முள் கொண்டுள்ள பொருள்களின் இயந்திரவியலும், அலைகளின் ஒளியியலும் காலந்தொட்டு தனித்தனியான பாடப்பிரிவுகளாக கருதப்பட்டுவந்தன.

தகுந்த சூழ்நிலைகளில் குறுக்கீட்டு விளைவு, விளிம்பு விளைவு மற்றும் தள விளைவு ஆகிய நிகழ்வுகளில் அலைப்பண்புகளை வெளிப்படுத்துவதால் மின்காந்த கதிர்கள் ஆனது அலைகளாகக் கருதப்படுகின்றன. அதே போல கரும்பொருள் கதிர்வீச்சு, ஒளிமின் விளைவு ஆகிய வேறு சில சூழ்நிலைகளில் மின்காந்த கதிர்கள் ஆனது துகள்களாகக் கருதப்படுகின்றன.

எலக்ட்ரான்கள், புரோட்டான்கள் மற்றும் ஏனைய துகள்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டபோது, அவை துகள்களாக மட்டும் கருதப்பட்டன. ஏனெனில் அவை நிறை மற்றும் மின்னூட்டத்தைக் கொண்டு இருந்தன. ஆனால் சில குறிப்பிட்ட சூழ்நிலைகளில், இந்தத் துகள்கள் அலை இயல்பினையும் வெளிப்படுத்துகின்றன என்பதை பிற்காலத்தில் செய்யப்பட்ட பரிசோதனைகள் எடுத்துக்காட்டின.

இந்த அலகில் நாம் முதலில் அலைகளின் (கதிர்வீச்சுகளின்) துகள் இயல்பையும், துகள்களின் (பருப்பொருள்களின்) அலை இயல்பையும் காணலாம். அதாவது கதிர்வீச்சு மற்றும் பருப்பொருள் ஆகியவற்றின் அலை – துகள் என்கிற இருமைப் பண்பினை தகுந்த பரிசோதனைகள் மூலம் கற்க உள்ளோம்.

8.1.1 எலக்ட்ரான் உமிழ்வு (Electron emission)

உலோகங்களின் வெளிக்கூட்டில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் அணுக்கருக்களுடன் தளர்வாக பிணைக்கப்பட்டுள்ளன. அறை வெப்பநிலைகளில் கூட, அதிக அளவிலான கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் உலோகத்தின் உள்ளே வெவ்வேறு திசைகளில் இயங்கிக் கொண்டுள்ளன. உலோகத்தினுள் இந்த எலக்ட்ரான்கள் கட்டுப்பாடின்றி இயங்கினாலும் உலோகத்தின்பரப்பைவிட்டுவெளிவரமுடிவதில்லை. இதற்கு காரணம்; எலக்ட்ரான்கள் உலோகத்தின் மேற்பரப்பை அடைந்தவுடன், உலோகத்தில் உள்ள நேர்மின்னூட்டம் கொண்ட அணுக்கருக்களினால் கவரப்படுகின்றன. அறை வெப்பநிலை சூழ்நிலைகளில், இந்த கவர்ச்சி விசையானது கட்டுறா எலக்ட்ரான்களை உலோகத்தின் மேற்பரப்பிலிருந்து வெளியேற அனுமதிப்பதில்லை.

உலோகத்தின் மேற்பரப்பிலிருந்து வெளியேற வேண்டுமெனில், அணுக்கருக்களினால் உண்டாகும் மின்னழுத்த அரணை (potential barrier) கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் கடக்கவேண்டும். **உலோகத்தின் மேற்பரப்பிலிருந்து கட்டுறா எலக்ட்ரான்களை வெளியேறவிடாமல் தடுக்கும் மின்னழுத்த அரண், பரப்பு அரண் (surface barrier) என அழைக்கப்படுகிறது.**

கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் சிறிதளவு இயக்க ஆற்றலைக் கொண்டுள்ளன. மேலும் இந்த இயக்க ஆற்றல் வெவ்வேறு எலக்ட்ரான்களுக்கு வெவ்வேறாக அமையும். எலக்ட்ரான்களின் இந்த இயக்க ஆற்றல் பரப்பு அரணைக் கடப்பதற்குப் போதுமானதாக இருக்காது. ஆனால் கட்டுறா எலக்ட்ரான்களுக்கு கூடுதல் ஆற்றல் அளிக்கப்படும் போது, பரப்பு அரணைக் கடப்பதற்கு போதுமான ஆற்றலைப் பெற்று உலோகத்தின் மேற்பரப்பிலிருந்து வெளியேறுகின்றன. **பொருளின் எந்தவொரு பரப்பிலிருந்தும் எலக்ட்ரான் வெளியேற்றப்படும் நிகழ்வு எலக்ட்ரான் உமிழ்வு எனப்படும்.**

உலோகத்தின் பரப்பிலிருந்து எலக்ட்ரானை வெளியேற்றத் தேவைப்படும் சிறும ஆற்றல் உலோகத்தின் வெளியேற்று ஆற்றல் (work function) எனப்படும். இது ϕ_0 என குறிக்கப்படுகிறது. வெளியேற்று ஆற்றலின் அலகு எலக்ட்ரான் வோல்ட் (eV) ஆகும்.

> **குறிப்பு** ஆற்றலின் SI அலகு ஜூல் ஆகும். ஆனால் அணு மற்றும் அணுக்கரு இயற்பியலில் ஆற்றல் ஆனது எலக்ட்ரான் வோல்ட் எனும் அலகினால் குறிக்கப்படுகிறது.
>
> ஒரு எலக்ட்ரான் வோல்ட் என்பது 1 V மின்னழுத்த வேறுபாட்டினால் முடுக்கப் படும் போது எலக்ட்ரான் பெறும் இயக்க ஆற்றலின் அளவாகும்.
>
> 1 eV = எலக்ட்ரான் பெறும் இயக்க ஆற்றல்
>
> = மின்புலத்தினால் எலக்ட்ரான் மீது செய்யப்படும் வேலை
>
> $= q\,V$
>
> $= 1.602 \times 10^{-19}\ C \times 1\ V$
>
> $= 1.602 \times 10^{-19}\ J$

உலோகத்தின் உள்ளே கட்டுறா எலக்ட்ரான்களின் பெரும இயக்க ஆற்றல் 0.5 eV எனவும், உலோகத்தின் பரப்பு அரணைக் கடப்பதற்குத் தேவைப்படும் ஆற்றல் 3 eV எனவும் கொள்வோம். எனவே உலோகத்தின் பரப்பிலிருந்து எலக்ட்ரானை வெளியேற்றத் தேவைப்படும் சிறும ஆற்றல் $3 - 0.5 = 2.5$ eV ஆகும். இங்கே 2.5 eV என்பது உலோகத்தின் வெளியேற்று ஆற்றல் எனப்படும்.

வெளியேற்று ஆற்றலானது வெவ்வேறு உலோகங்களுக்கு வெவ்வேறாக அமையும். வெளியேற்று ஆற்றலானது உலோகங்கள் மற்றும் அதன் பரப்புகளின் தன்மையைப் பொருத்து அமையும் தனிப்பட்ட பண்பாகும். அட்டவணை 8.1 ஆனது வெவ்வேறு உலோகங்களின் தோராயமான வெளியேற்று ஆற்றல் மதிப்புகளைத் தருகிறது. வெளியேற்று ஆற்றல் குறைவாக உள்ள உலோகங்கள் எலக்ட்ரான் உமிழ்வில் சிறந்து விளங்குகின்றன. ஏனெனில் இந்த உலோகங்களில் இருந்து எலக்ட்ரானை வெளியேற்றத் தேவைப்படும் கூடுதல் ஆற்றல் குறைவானதாக அமையும்.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 109 04-03-2022 13:08:44

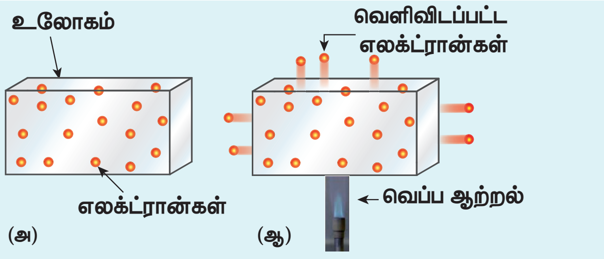
அட்டவணை 8.1 சில பொருள்களின் வெளியேற்று ஆற்றல்

உலோகம்	குறியீடு	வெளியேற்று ஆற்றல் (eV)	உலோகம்	குறியீடு	வெளியேற்று ஆற்றல் (eV)
சீசியம்	Cs	2.14	அலுமினியம்	Al	4.28
பொட்டாசியம்	K	2.30	பாதரசம்	Hg	4.49
சோடியம்	Na	2.75	தாமிரம்	Cu	4.65
கால்சியம்	Ca	3.20	வெள்ளி	Ag	4.70
மாலிப்டீனம்	Mo	4.17	நிக்கல்	Ni	5.15
காரீயம்	Pb	4.25	பிளாட்டினம்	Pt	5.65

எனவே எலக்ட்ரான் உமிழ்விற்கு தேர்ந்தெடுக்கப்படும் உலோகம் குறைந்த வெளியேற்று ஆற்றலைக் கொண்டிருக்க வேண்டும். எலக்ட்ரான்களை வெளியேற்றுவதற்கு பயன்படுத்தப்படும் ஆற்றல் வடிவினைப் பொருத்து, எலக்ட்ரான் உமிழ்வு நான்கு முக்கிய வகைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. அவை கீழே விவரிக்கப்பட்டுள்ளன.

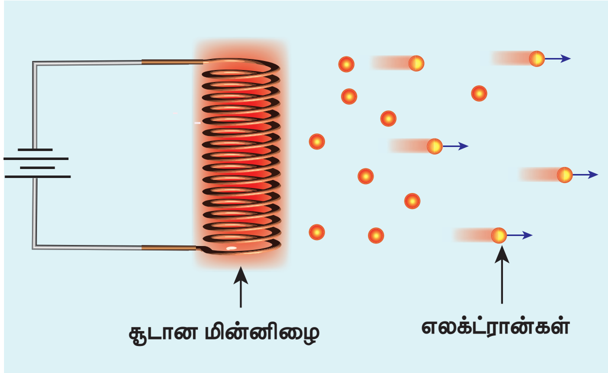
i) வெப்ப அயனி உமிழ்வு (Thermionic emission)

ஒரு உலோகத்தை உயர் வெப்பநிலைக்குச் சூடேற்றும் போது, உலோகத்தின் பரப்பில் உள்ள கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் வெப்ப ஆற்றல் வடிவில் போதுமான ஆற்றலைப் பெற்று பரப்பிலிருந்து வெளியேறுகின்றன (படம் 8.1). இவ்வகை உமிழ்வு **வெப்ப அயனி உமிழ்வு** எனப்படும்.



படம் 8.1 (அ) உலோகம் (ஆ) சூடேற்றப்பட்ட உலோகம் ஆகியவற்றில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள்

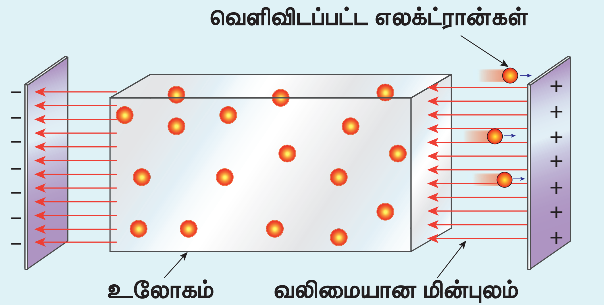
வெப்ப அயனி உமிழ்வின் செறிவு (உமிழப்படும் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை) ஆனது பயன்படுத்தப்படும் உலோகம் மற்றும் அதன் வெப்பநிலையைப் பொருத்தது. **எடுத்துக்காட்டுகள்:** கேத்தோடு கதிர் குழாய்கள், எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகள், x–கதிர் குழாய்கள் போன்றவை (படம் 8.2).



படம் 8.2 கேத்தோடு கதிர் குழாய் அல்லது x–கதிர் குழாயில் உள்ள வெப்ப மின்னிழையில் வெப்ப அயனி உமிழ்வு

ii) புல உமிழ்வு (Field emission)

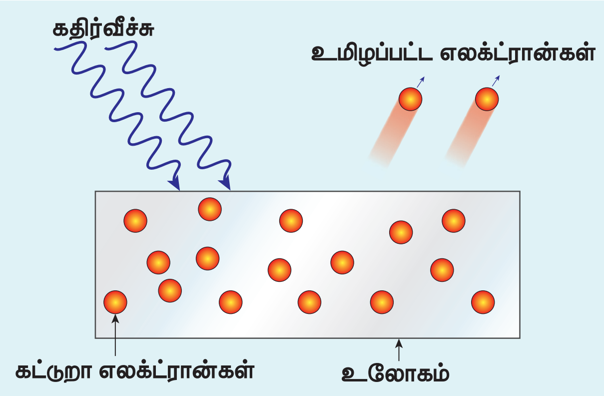
மிக வலிமையான மின்புலத்தை உலோகத்தின் குறுக்கே அளிக்கும் போது மின்புல உமிழ்வு ஏற்படுகிறது. இந்த வலிமையான மின்புலம் கட்டுறா எலக்ட்ரான்களை கவர்ந்திழுத்து, அவை பரப்பு மின்னழுத்த அரணைக் கடந்து வெளியேற உதவுகின்றது (படம் 8.3). **எடுத்துக்காட்டுகள்:** புல உமிழ்வு வரிக்கண்ணோட்ட எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகள், புல உமிழ்வு காட்சிக் கருவி போன்றவை.



படம் 8.3 புல உமிழ்வு

iii) ஒளிமின் உமிழ்வு (Photoelectric emission)

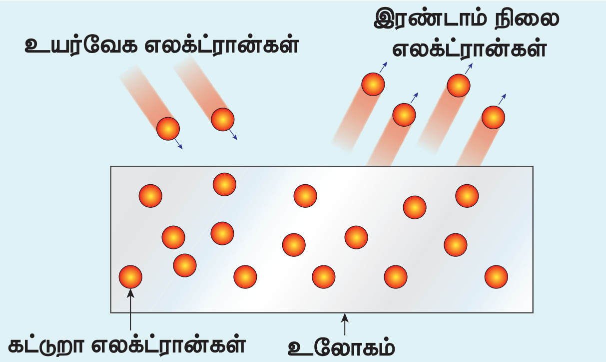
குறிப்பிட்ட அதிர்வெண் கொண்ட மின்காந்தக் கதிர்வீச்சு உலோகப் பரப்பின் மீது படும்போது, ஆற்றலானது கதிர்வீச்சில் இருந்து கட்டுறா எலக்ட்ரான்களுக்கு மாற்றப்படுகிறது. எனவே கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் பரப்பு அரணைக் கடந்து வெளியேறுவதற்குப் போதுமான ஆற்றலைப் பெறுவதால் ஒளி மின் உமிழ்வு நடைபெறுகிறது (படம் 8.4). உமிழப்படும் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையானது படுகதிர்வீச்சின் செறிவினைப் பொருத்து அமையும். **எடுத்துக்காட்டுகள்:** ஒளி டையோடுகள், ஒளி மின்கலங்கள் முதலியன.



படம் 8.4 ஒளிமின் உமிழ்வு

iv) இரண்டாம் நிலை உமிழ்வு (Secondary emission)

மிக வேகமாகச் செல்லும் எலக்ட்ரான் கற்றை உலோகத்தின் பரப்பின் மீது மோதும்போது, அதன் இயக்க ஆற்றல் உலோகப் பரப்பிலுள்ள கட்டுறா எலக்ட்ரான்களுக்கு மாற்றப்படுகிறது. இதனால் கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் போதிய அளவு இயக்க ஆற்றலைப் பெறுவதால் இரண்டாம் நிலை எலக்ட்ரான் உமிழ்வு ஏற்படுகிறது (படம் 8.5). **எடுத்துக்காட்டுகள்:** பிம்பச் செறிவாக்கிகள், ஒளி பெருக்கிக் குழாய்கள் முதலியன.



படம் 8.5 எலக்ட்ரான்களின் இரண்டாம் நிலை உமிழ்வு

8.2 ஒளிமின் விளைவு (Photoelectric effect)

8.2.1 ஹெர்ட்ஸ், ஹால்வாக்ஸ் மற்றும் லெனார்டு ஆகியோரது சோதனைகள்

ஹெர்ட்ஸின் சோதனை

மாக்ஸ்வெல்லின் மின்காந்தக் கொள்கையானது மின்காந்த அலைகளின் இருப்பைக் கணித்தது. மேலும் ஒளியானது மின்காந்த அலைகளே எனவும் அக்கொள்கை முடிவு செய்தது. பின்னர் பல சோதனைகளின் வாயிலாக மின்காந்த அலைகளை உருவாக்கவும், கண்டறியவும் அறிவியல் அறிஞர்கள் முயற்சி செய்தனர்.

1887இல் ஹென்றிச் ஹெர்ட்ஸ் என்பவர் முதன்முதலில் மின்காந்த அலைகளை வெற்றிகரமாக உருவாக்கியும், கண்டறியவும் செய்தார். அவர் உயர் மின்னழுத்த தூண்டு சுருள்களின் முனைகளில் இரு உலோக கோளங்களை இணைத்து, அவற்றின் இடையே மின்னிறக்கத் தீப்பொறியை ஏற்படுத்தினார் (இதைப் பற்றி பன்னிரெண்டாம் வகுப்பு இயற்பியலின் அலகு 5 இல் படித்துள்ளோம்). தீப்பொறி ஏற்பட்டவுடன், மின் துகள்கள் முன்னும் பின்னும் தீவிரமாக அலைவுறுவதால் மின்காந்த அலைகள் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன.

இவ்வாறு உருவாக்கப்பட்ட மின்காந்த அலைகளைக் கண்டறிவதற்கு வட்ட வடிவில் வளைக்கப்பட்ட தாமிரக்கம்பி பயன்பட்டது. வெற்றிகரமாக அலைகள் கண்டறியப்பட்டாலும், சிறு தீப்பொறிகளைக் காண்பது கடினமாக இருந்தது.

தீப்பொறிகளை எளிதில் காண்பதற்கு ஹெர்ட்ஸ் பல்வேறு முயற்சிகளைச் செய்தார். இறுதியில் புறஊதாக் கதிர்களை தீப்பொறி மீது விழச்செய்யும் போது அவை மேலும் தீவிரமடைவதைக் கண்டறிந்தார்.

தீப்பொறியின் இந்த செயல்பாட்டிற்கான காரணம் அந்தத் தருணத்தில் தெரியவில்லை. ஒளிமின் உமிழ்வே இச்செயலுக்கு காரணம் என பின்னர் கண்டறியப்பட்டது. புறஊதாக் கதிர்கள் உலோகக் கோளத்தின் மீது படும்போது அதன் மேற்பரப்பிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுவதால்தான் தீப்பொறியின் தன்மை தீவிரமடைகிறது.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 111 04-03-2022 13:08:46

www.tnschoolbooks.in

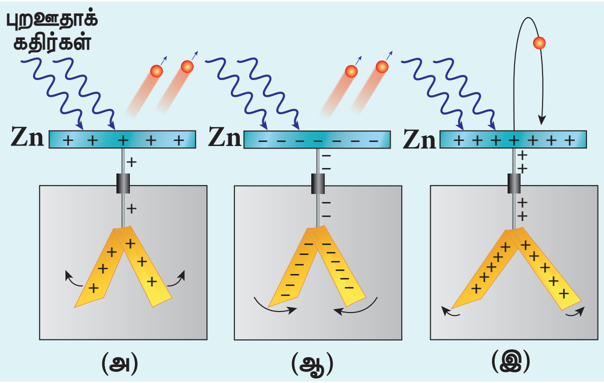
உங்களுக்குத் தெரியுமா?

சுவாரசியமான ஒரு விஷயத்தை இங்கு கவனிக்க வேண்டும். ஒளியானது மின்காந்த அலைகள் என்பதை உறுதி செய்தது ஹெர்ட்ஸின் சோதனை. ஆனால் அதே சோதனைதான் ஒளியானது துகள் இயல்பும் கொண்டுள்ளது என்பதற்கான முதல் ஆதாரத்தையும் கொடுத்துள்ளது.

ஹால்வாக்ஸ் சோதனை

வில்ஹெம் ஹால்வாக்ஸ் எனும் ஜெர்மானிய இயற்பியலாளர் 1888இல், தீப்பொறியின் மேற்கண்ட வித்தியாசமான இயல்பானது புறஊதாக் கதிரினால் ஏற்படுகிறது என்பதை எளிய சோதனை மூலம் நிரூபித்தார்.

மின்காப்புத் தூணின் மீது வைக்கப்பட்ட தூய்மையான வட்ட வடிவ துத்தநாகத் தட்டு ஒன்று தங்க இலை மின்னூட்டங்காட்டியுடன் ஒரு கம்பி மூலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. வில் விளக்கிலிருந்து வரும் புறஊதாக் கதிர்களை மின்னூட்டமற்ற துத்தநாகத் தட்டின் மீது படுமாறு செய்தால், தட்டானது நேர்மின்னூட்டத்தைப் பெறுகிறது. ஆகவே படம் 8.6 (அ) இல் காட்டியுள்ளவாறு இலைகள் ஒன்றுக்கொன்று விலகல் அடைகின்றன.

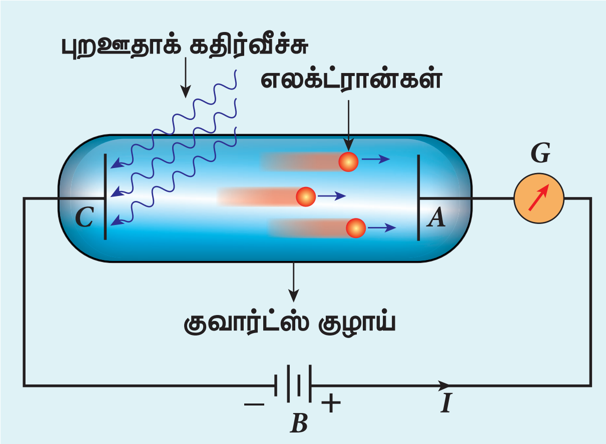


படம் 8.6 (அ) மின்னூட்டமற்ற துத்தநாகத் தட்டு (ஆ) எதிர் மின்னூட்டம் பெற்ற துத்தநாகத் தட்டு (இ) நேர் மின்னூட்டம் பெற்ற துத்தநாகத் தட்டு ஆகியவை மீது புறஊதாக் கதிர்கள் படுதல்

மேலும் எதிர் மின்னூட்டம் பெற்ற துத்தநாகத் தட்டின் மீது புற ஊதாக் கதிர்களைப் படுமாறு செய்தால், மின் துகள்கள் வேகமாக கசிவதால் இலைகள் அருகில் வருகின்றன (படம் 8.6 (ஆ)). நேர் மின்னூட்டம் பெற்ற துத்தநாகத் தட்டின் புறஊதாக் கதிர்கள் படும்போது, அது மேலும் நேர்மின்னூட்டம் கொண்டதாக மாறுகிறது. அதனால் இலைகள் மேலும் திறந்து கொள்கின்றன (படம் 8.6 (இ)). மேற்கண்ட சோதனைகளிலிருந்து, புறஊதாக் கதிர்களின் செயல்பாட்டினால் துத்தநாகத் தட்டிலிருந்து எதிர் மின்னூட்டம் பெற்ற எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுகின்றன என்று முடிவாகிறது.

லெனார்ட் சோதனை

1902–ஆம் ஆண்டில், லெனார்ட் என்பவர் எலக்ட்ரான் உமிழ்வு நிகழ்வினை விரிவாகச் சோதனை செய்தார். அவரது எளிய சோதனை அமைப்பு படம் 8.7 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த சோதனைக் கருவியில் A மற்றும் C என்ற இரு உலோக தட்டுகள் வெற்றிடமாக்கப்பட்ட குவார்ட்ஸ் குழாயினுள் வைக்கப்பட்டுள்ளன. கால்வனாமீட்டர் G மற்றும் மின்கலத் தொகுப்பு B ஆகியவை மின்சுற்றில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.



படம் 8.7 லெனார்ட் சோதனை அமைப்பு

C எனும் எதிர்மின் தட்டின் மீது புறஊதாக் கதிர்கள் படும்போது, மின்சுற்றில் மின்னோட்டம் பாய்வதை கால்வனாமீட்டரின் விலக்கம் மூலம் அறியலாம். ஆனால், புறஊதாக் கதிர்கள் நேர்மின் தட்டின் மீது படும் போது, சுற்றில் எவ்வித மின்னோட்டமும் ஏற்படுவதில்லை.

மேற்கண்ட சோதனைகளிலிருந்து, எதிர்மின் தட்டின் மீது புறஊதாக் கதிர்கள் விழும்போது எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுகின்றன. அவை நேர்மின் தட்டு A வினால் கவரப்படுகின்றன என்று முடிவாகிறது. வெற்றிடக் குழாயின் வழியே எலக்ட்ரான்கள் நேர்மின் தட்டை அடைந்தவுடன் மின்சுற்று மூடப்பட்டு, மின்னோட்டம் பாய்கிறது. எனவே எதிர்மின் தட்டின் மீது படும் புறஊதாக் கதிர்கள், தட்டின் மேற்பரப்பில் இருந்து எலக்ட்ரான் உமிழ்வு நடைபெறுவதற்கு காரணமாக அமைகின்றன.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 112 04-03-2022 13:08:47

ஒளிமின் விளைவு

உலோகத்தட்டு ஒன்றின் மீது ஒளி அல்லது தகுந்த அலைநீளம் (அல்லது அதிர்வெண்) கொண்ட மின்காந்தக் கதிர்வீச்சு படும்போது, அதிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுகின்றன. இதுவே ஒளிமின் விளைவு எனப்படும். உமிழப்படும் இந்த எலக்ட்ரான்களுக்கும் பிற எலக்ட்ரான்களுக்கும் வேறுபாடு இல்லையெனினும், இந்த எலக்ட்ரான்களைப் பொதுவாக **ஒளிஎலக்ட்ரான்கள்** எனவும், இவற்றால் உருவாகும் மின்னோட்டத்தை **ஒளிமின்னோட்டம்** எனவும் அழைக்கலாம்.

காட்மியம், துத்தநாகம், மெக்னீசியம் போன்ற உலோகங்கள் புறஊதாக் கதிர்களினால் ஒளிமின் உமிழ்வைத் தருகின்றன. ஆனால் கார உலோகங்களான லித்தியம், சோடியம், சீசியம் போன்றவை நீண்ட அலைநீளம் கொண்ட அலைகளான கண்ணுறு ஒளியினால் கூட ஒளிமின் உமிழ்வைத் தருகின்றன. **தகுந்த அலைநீளம் கொண்ட மின்காந்த அலைகள் படுவதால் ஒளி எலக்ட்ரான்களை உமிழும் பொருள்களை ஒளிஉணர் பொருள்கள் (photosensitive materials) எனலாம்.**

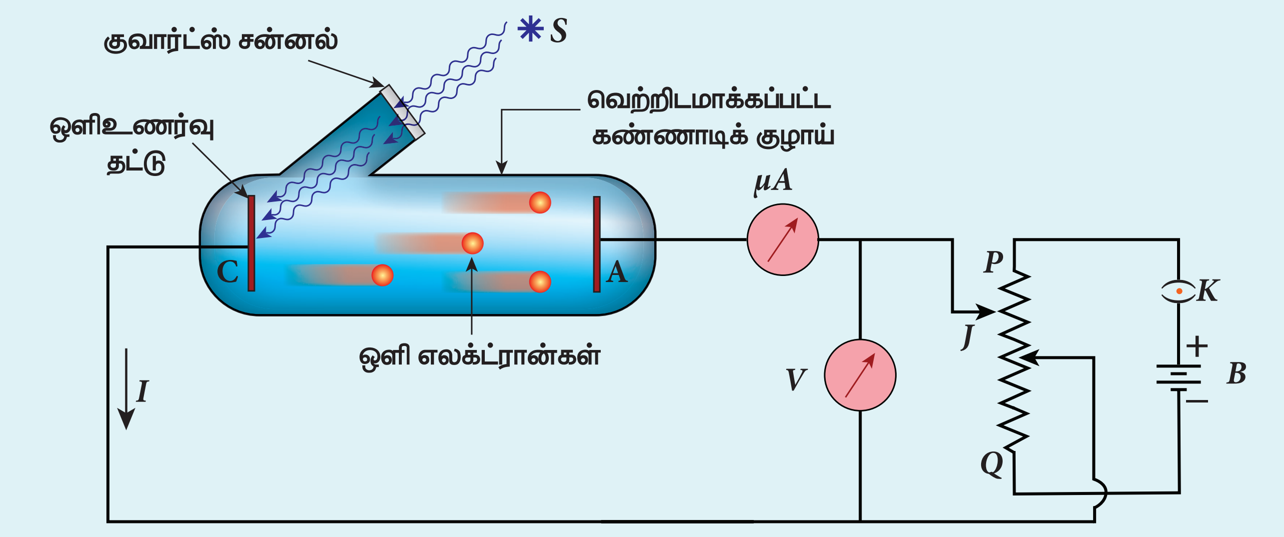
8.2.2 ஒளிமின்னோட்டத்தின் மீதான படுகதிர் செறிவின் விளைவு

சோதனை அமைப்பு

ஒளிமின் விளைவு நிகழ்வினை விரிவாக ஆராய்வதற்கு படம் 8.8 இல் காட்டியுள்ள சோதனைக் கருவி பயன்படுத்தப் படுகிறது. S என்பது ஒளி மூலம் ஆகும். இதில் இருந்து ν என்கிற தெரிந்த மற்றும் மாற்றக்கூடிய அதிர்வெண்ணும், I செறிவும் கொண்ட மின்காந்த அலைகள் வெளிவிடப்படுகின்றன. ஒளிஉணர் பொருளினால் செய்யப்பட்ட கேத்தோடு C (எதிர்மின் தகடு) எலக்ட்ரான்களை உமிழ்வதற்குப் பயன்படுகிறது. கேத்தோடில் இருந்து வெளிவரும் எலக்ட்ரானை ஆனோடு A (நேர் மின் தகடு) ஏற்கிறது. புறஊதா மற்றும் கண்ணுறு ஒளிக்கதிர்களை அனுமதிக்கும் குவார்ட்ஸ் ஜன்னல் கொண்ட வெற்றிட கண்ணாடிக் குழாயில் இந்த மின்வாய்கள் பொருத்தப் பட்டுள்ளன.

மின்னழுத்தப் பகுப்பான் PQ க்கு குறுக்கே சாவி K வழியாக உயர் மின்னழுத்த மின்கலத் தொகுப்பு B இணைக்கப்படுகிறது. இதன் மூலம் C மற்றும் A இடையே தேவையான மின்னழுத்த வேறுபாடு வழங்கப்படுகிறது. மின்னழுத்தப் பகுப்பானின் நடுமுனையில் C யும், நகரும் முனையில் A யும் இணைக்கப் பட்டுள்ளன. C ஐப் பொருத்து, A ஐ தேவையான நேர் அல்லது எதிர் மின்னழுத்தத்தில் வைக்கமுடியும். இந்த நேர் அல்லது எதிர் மின்னழுத்தத்தை அளப்பதற்கு ஏதுவாக மையத்தில் சுழி அளவீடு உள்ள வோல்ட்மீட்டரானது அவற்றின் குறுக்கே இணைக்கப்பட்டுள்ளது. தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ள மைக்ரோ அம்மீட்டர் மூலம் சுற்றிலுள்ள மின்னோட்டத்தை அளவிடலாம்.

கேத்தோடு C மீது எந்த ஒளியும் விழாதபோது, ஒளிஎலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுவதில்லை. மைக்ரோ அம்மீட்டர் சுழி அளவீட்டைக் காட்டும். புறஊதா அல்லது கண்ணுறு ஒளியானது C மீது விழும்போது, ஒளிஎலக்ட்ரான்கள் உமிழப்பட்டு



படம் 8.8 ஒளிமின் விளைவினை ஆராய்வதற்கான சோதனை அமைப்பு

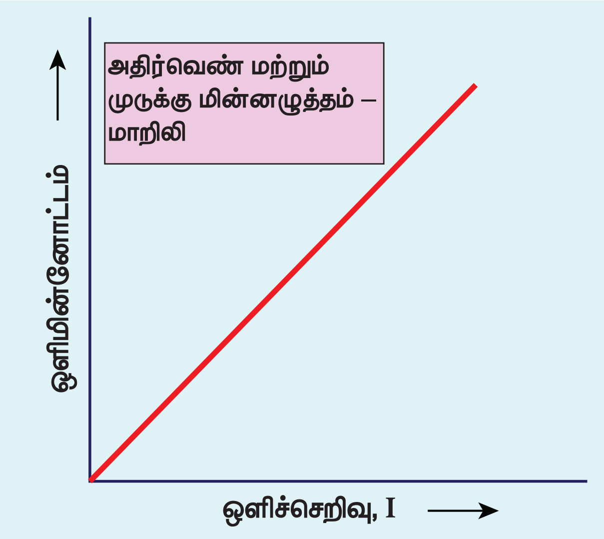
XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 113 04-03-2022 13:08:47

ஆனோடால் ஏற்கப்படுகின்றன. இதன் விளைவாக, மின்சுற்றில் ஏற்படும் ஒளிமின்னோட்டமானது மைக்ரோ அம்மீட்டரால் அளவிடப்படுகிறது.

i) படுகதிரின் செறிவு ii) மின்வாய்களுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு iii) உலோகத்தின் தன்மை iv) படுகதிரின் அதிர்வெண் ஆகியவற்றைப் பொருத்து ஒளிமின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் மாறுபாட்டைக் கண்டறிய இந்த ஏற்பாடு பயன்படுகின்றது.

ஒளிமின்னோட்டத்தின் மீதான படுகதிர் செறிவின் விளைவு

ஒளிமின்னோட்டத்தின் மீதான படுகதிர் ஒளிச்செறிவின் விளைவினை ஆராய்வதற்கு, படுகதிரின் அதிர்வெண் மற்றும் எலக்ட்ரானை ஏற்கும் ஆனோடின் முடுக்கு மின்னழுத்தம் ஆகியவை மாறிலியாக வைக்கப்படுகின்றன. C ஐப் பொருத்து A ஆனது நேர் மின்னழுத்தத்தில் உள்ளதால், C யிலிருந்து வெளிப்படும் எலக்ட்ரான்கள் A ஐ அடைந்து, சுற்றில் மின்னோட்டம் பாய்கிறது. இப்போது படுகதிர் ஒளிச்செறிவினை மாற்றி அமைத்து, அதற்குரிய ஒளிமின்னோட்டம் அளவிடப்படுகிறது.



படம் 8.9 படுகதிர் செறிவைப் பொருத்து ஒளிமின்னோட்டத்தின் மாறுபாடு

படுகதிர் ஒளிச்செறிவானது x–அச்சிலும், ஒளிமின்னோட்டமானது y–அச்சிலும் வைத்து வரைபடம் வரையப்படுகிறது. படம் 8.9 இல் காட்டப்பட்ட வரைபடத்திலிருந்து **ஒளிமின்னோட்டமானது – அதாவது ஒரு வினாடியில் உமிழப்படும் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை – படுகதிரின் செறிவிற்கு நேர்த்தகவில் அமைவது புலனாகிறது.**

> **குறிப்பு** இங்கு, ஒளிச்செறிவு என்பது அதன் பொலிவுத்தன்மையைக் குறிக்கும். மங்கலான ஒளியை விட பொலிவான ஒளியானது அதிக செறிவினைக் கொண்டிருக்கும்.

8.2.3 ஒளிமின்னோட்டத்தின் மீதான மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் விளைவு

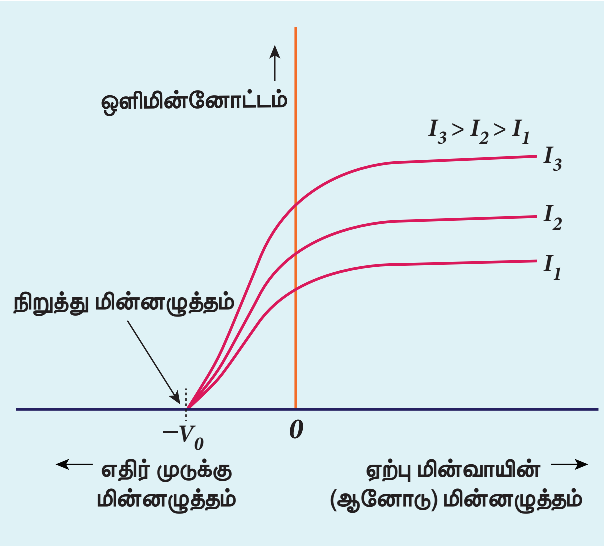
ஒளிமின்னோட்டத்தின் மீது மின்வாய்களுக்கு இடைப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் விளைவினை அறிவதற்கு, படுகதிரின் அதிர்வெண் மற்றும் செறிவு ஆகியவை மாறிலிகளாக வைக்கப்படுகின்றன. C யினைப் பொருத்து A வானது நேர் மின்னழுத்தத்தில் வைக்கப்பட்டு, கேத்தோடு மீது ஒளி விழுமாறு செய்யப்படுகிறது.

இப்போது A யின் நேர் மின்னழுத்தத்தை அதிகரித்து, அதற்குரிய ஒளிமின்னோட்டம் குறிக்கப்படுகிறது. A இன் நேர் மின்னழுத்தம் அதிகரிக்கும் போது, ஒளிமின்னோட்டமும் அதிகரிக்கிறது. இருப்பினும் ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையில் ஒளிமின்னோட்டம் தெவிட்டிய மதிப்பை (தெவிட்டு மின்னோட்டம்) அடைகிறது. இந்நிலையில் C யில் இருந்து வெளிவரும் அனைத்து ஒளிஎலக்ட்ரான்களும் A வினால் சேகரிக்கப்படுகின்றன. இதனை, A யின் நேர் மின்னழுத்தம் மற்றும் ஒளிமின்னோட்டம் இடையிலான வரைபடத்தின் தட்டைப்பகுதி குறிக்கிறது (படம் 8.10).

C யினைப் பொருத்து A விற்கு எதிர் (எதிர் முடுக்கு) மின்னழுத்தம் அளிக்கும்போது, ஒளிமின்னோட்டம் உடனடியாக சுழி மதிப்பை அடைவதில்லை. ஏனெனில் உமிழப்படும் ஒளிஎலக்ட்ரான்கள் வெவ்வேறு அளவிலான இயக்க ஆற்றல்களைப் பெற்றுள்ளன. A வினால் உருவாகும் எதிர் மின்புலத்தை கடப்பதற்கு தேவையான இயக்க ஆற்றலைப் பெற்றுள்ள ஒளிஎலக்ட்ரான்கள் A வை வந்தடைகின்றன.

A விற்கு அளிக்கப்படும் எதிர் (எதிர் முடுக்கு) மின்னழுத்தத்தைப் படிப்படியாக அதிகரிக்கும்போது, அதிக அளவில் ஒளிஎலக்ட்ரான்கள் விரட்டப் படுவதால், அவை A ஐ அடைவதில்லை. எனவே ஒளிமின்னோட்டம் குறையத் தொடங்குகிறது. V_0 என்ற குறிப்பிட்ட எதிர் மின்னழுத்தத்தில் ஒளிமின்னோட்டம் சுழி மதிப்பை அடைகிறது. இம்மின்னழுத்தம் நிறுத்து அல்லது வெட்டு

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 114 04-03-2022 13:08:48



படம் 8.10 மின்னழுத்த வேறுபாட்டைப் பொருத்து ஒளிமின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் மாறுபாடு

மின்னழுத்தம் (stopping or cut-off potential) எனப்படும்.

நிறுத்து மின்னழுத்தம் என்பது பெரும இயக்க ஆற்றலைக் கொண்ட ஒளிஎலக்ட்ரான்களை நிறுத்தி, ஒளிமின்னோட்டத்தைச் சுழியாக்குவதற்கு ஆனோடிற்கு அளிக்கப்படும் எதிர் (எதிர் முடுக்கு) மின்னழுத்தத்தின் மதிப்பாகும்.

நிறுத்து மின்னழுத்தத்தில், பெரும இயக்க ஆற்றல் கொண்ட எலக்ட்ரான் கூட ஓய்விற்கு கொண்டு வரப்படுகின்றன. ஆகையால் பெரும வேகம் கொண்ட எலக்ட்ரானின் ஆரம்ப இயக்க ஆற்றலானது ($K_{பெருமம்}$), நிறுத்து மின்னழுத்தத்தினால் செய்யப்பட்ட வேலைக்குச் (eV_0) சமமாகும்.

$$K_{பெருமம்} = \frac{1}{2}mv^2_{பெருமம்} = eV_0 \qquad (8.1)$$

இங்கு $v_{பெருமம்}$ என்பது உமிழப்படும் ஒளிஎலக்ட்ரானின் பெரும வேகம் ஆகும்.

$$v_{பெருமம்} = \sqrt{\frac{2eV_0}{m}}$$

$$v_{பெருமம்} = \sqrt{\frac{2\times1.602\times10^{-19}}{9.1\times10^{-31}}\times V_0}$$

$$= 5.93\times10^5\sqrt{V_0} \qquad (8.2)$$

சமன்பாடு (8.1) லிருந்து,

$$K_{பெருமம்} = eV_0 \text{ (ஜுல் அலகில்)} \qquad (8.3)$$

(அல்லது)

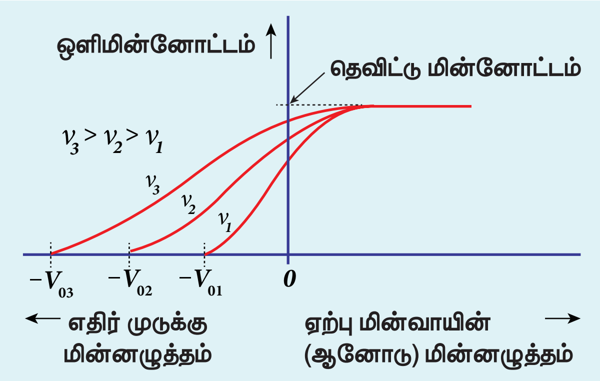
$$K_{பெருமம்} = V_0 \text{ (eV அலகில்)} \qquad (8.4)$$

படம் 8.10லிருந்து, ஒளிச்செறிவை மட்டும் அதிகரித்தால், தெவிட்டிய மின்னோட்டம் அதிகரிக்கிறது; ஆனால் V_0 வின் மதிப்பு மாறிலியாக அமையும்.

எனவே கொடுக்கப்பட்ட அதிர்வெண்ணிற்கு, நிறுத்து மின்னழுத்தமானது படுகதிரின் ஒளிச்செறிவினை பொருத்து அமையாது. மேலும் ஒளிஎலக்ட்ரான்களின் பெரும இயக்க ஆற்றலும் படுகதிர் ஒளிச்செறிவினைப் பொருத்து அமையாது.

8.2.4 நிறுத்து மின்னழுத்தத்தின் மீதான படுகதிர் அதிர்வெண்ணின் விளைவு

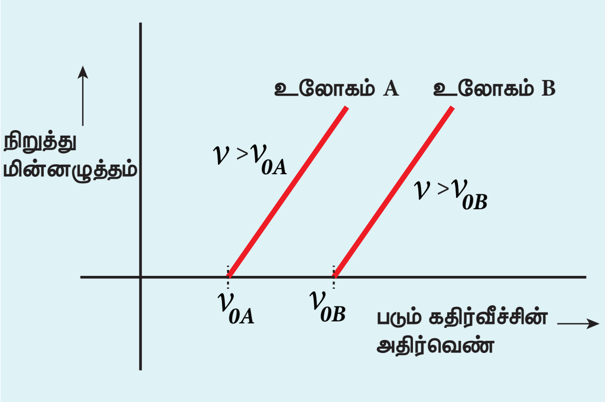
நிறுத்து மின்னழுத்தத்தின் மீதான படுகதிரின் அதிர்வெண்ணின் விளைவினை அறிய படுகதிரின் செறிவு மாறிலியாக வைக்கப்படுகிறது. ஏற்பு மின்வாயான ஆனோடு மின்னழுத்தத்தைப் பொருத்து ஒளிமின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் மாறுபாடானது படுகதிரின் வெவ்வேறு அதிர்வெண்களுக்கு ஆராயப்படுகிறது. இந்த மாறுபாட்டிற்கான வரைபடம் படம் 8.11 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வரைபடத்திலிருந்து நிறுத்து மின்னழுத்தமானது படுகதிரின் வெவ்வேறு அதிர்வெண்களுக்கு ஏற்ப மாறுவது தெளிவாகத் தெரிகிறது.



படம் 8.11 படுகதிர்வீச்சின் பல்வேறு அதிர்வெண்களுக்கு, ஆனோடு மின்னழுத்தத்தைப் பொருத்து ஒளிமின்னோட்டத்தின் மாறுபாடு

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 115 04-03-2022 13:08:49

படுகதிரின் அதிர்வெண் அதிகரிக்கும்போது, நிறுத்து மின்னழுத்தமும் அதிகரிக்கிறது. இதிலிருந்து நாம் அறிவது; **அதிர்வெண் அதிகரிக்கும்போது ஒளிஎலக்ட்ரான்களின் இயக்க ஆற்றலும் அதிகரிக்கிறது. எனவே அவற்றை நிறுத்துவதற்கு தேவைப்படும் எதிர் முடுக்கு மின்னழுத்தமும் அதிகமாகிறது.**



படம் 8.12 இரு உலோகங்களில் படுகதிரின் அதிர்வெண்ணைப் பொருத்து நிறுத்து மின்னழுத்தத்தின் மாறுபாடு

படுகதிரின் அதிர்வெண் மற்றும் நிறுத்து மின்னழுத்தம் ஆகியவை இடையிலான வரைபடம் இரு உலோகங்களுக்கு வரையப்பட்டுள்ளது (படம் 8.12). வரைபடத்தில் இருந்து, நிறுத்து மின்னழுத்தமானது அதிர்வெண்ணைப் பொருத்து நேர்விகிதத்தில் அதிகரிப்பதைக் காணலாம். ஒரு குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணிற்கு கீழே எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுவதில்லை. இந்த அதிர்வெண் பயன்தொடக்க அதிர்வெண் (threshold frequency) எனப்படும். இதனால் இவ்வதிர்வெண்ணில் நிறுத்து மின்னழுத்தம் சுழியாகும். ஆனால் பயன்தொடக்க மதிப்பிற்கு மேலே, நிறுத்து மின்னழுத்தம் படுகதிர் அதிர்வெண்ணைப் பொருத்து நேர்விகிதத்தில் அதிகரிக்கும்.

8.2.5 ஒளிமின் விளைவு விதிகள்

மேற்கண்ட விரிவான சோதனைகளின் மூலம் ஒளிமின் விளைவு தொடர்பான பின்வரும் முடிவுகள் பெறப்பட்டுள்ளன.

i) கொடுக்கப்படும் உலோகப்பரப்பிற்கு, படுகதிரின் அதிர்வெண் ஒரு குறிப்பிட்ட சிறும அதிர்வெண்ணை விட அதிகமாக இருந்தால் மட்டுமே ஒளிஎலக்ட்ரான் உமிழ்வு ஏற்படும். இந்தச் சிறும அதிர்வெண் பயன்தொடக்க அதிர்வெண் எனப்படும்.

ii) கொடுக்கப்படும் படுகதிர் அதிர்வெண்ணுக்கு (பயன்தொடக்க மதிப்பை விட அதிகமாக உள்ளபோது), உமிழப்படும் ஒளிஎலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையானது படுகதிரின் செறிவிற்கு நேர்த்தகவில் அமையும். மேலும் தெவிட்டு மின்னோட்டமும் ஒளிச்செறிவிற்கு நேர்த்தகவில் அமையும்.

iii) ஒளிஎலக்ட்ரான்களின் பெரும இயக்க ஆற்றலானது படுகதிரின் ஒளிச்செறிவைப் பொருத்து அமையாது.

iv) கொடுக்கப்படும் உலோகத்திற்கு, ஒளிஎலக்ட்ரான்–களின் பெரும இயக்க ஆற்றலானது படுகதிரின் அதிர்வெண்ணிற்கு நேர்த்தகவில் அமையும்.

v) உலோகத்தின் மீது ஒளி படுவதற்கும் ஒளிஎலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுவதற்கும் இடையே காலதாமதம் இருக்காது.

பல சோதனைகளின் மூலம் ஒளிமின் விளைவு ஆராயப்பட்ட பின்பு, அதை ஒளியின் அலைக்கொள்கை மூலம் விளக்குவதற்கு முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன.

8.2.6 ஆற்றல் குவாண்டமாக்கல் பற்றிய கருத்து

அலைக்கொள்கையின் தோல்வி

மாக்ஸ்வெல்லின் கொள்கையிலிருந்து, ஒளி என்பது $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ திசைவேகத்தில் செல்லக்கூடிய பிணைக்கப்பட்ட மின் மற்றும் காந்த அலைவுகளைக் கொண்டுள்ள மின்காந்த அலைகளால் ஆனது என்பதையும், இவை அலைப்பண்பைக் கொண்டிருக்கும் என்பதையும் கற்றோம் (பார்க்க: தொகுதி 1 அலகு 5). ஒளியின் அலைப்பண்பினைப் பயன்படுத்தி ஒளிமின் விளைவு சோதனை முடிவுகளை விவரிக்க நாம் முயல்வோம்.

i) உலோகப் பரப்பின் மீது ஒளி படும்போது, உலோகத்தில் உள்ள எலக்ட்ரான்களுக்கு ஆற்றல் தொடர்ச்சியாக அளிக்கப்படுகிறது. அலைக் கொள்கையின்படி, அதிக செறிவுள்ள ஒளியானது உமிழப்படும் எலக்ட்ரான்களுக்கு அதிக இயக்க ஆற்றலைத் தரவேண்டும் (இங்கு ஒளிச்செறிவு என்பது ஓரலகு நேரத்தில் ஓரலகு பரப்பில் தரப்படும் ஆற்றலாகும்).

ஆனால் இவ்விதம் நடைபெறவில்லை. உமிழப்படும் ஒளிஎலக்ட்ரான்களின் பெரும இயக்க ஆற்றலானது ஒளியின் செறிவினைப் பொருத்தது அல்ல என சோதனையின் முடிவுகள் காட்டுகின்றன.

ii) அலைக்கொள்கையின்படி, உலோகப் பரப்பின் மீது போதுமான செறிவுள்ள ஒளிக்கற்றை படும் போது, ஒளிக்கற்றையின் அதிர்வெண் எவ்வளவு குறைவாக இருந்தாலும், உலோகப் பரப்பிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படவேண்டும்.

ஆனால் சோதனைகளின்படி, படுகதிரின் குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணிற்கு கீழே ஒளிமின் உமிழ்வு ஏற்படுவதில்லை என அறியப்பட்டுள்ளது. எனவே அலைக் கொள்கையினால் பயன்தொடக்க அதிர்வெண்ணின் இருப்பை விவரிக்க இயலவில்லை.

iii) ஒளியின் ஆற்றலானது அலைமுகப்பு முழுவதும் பரவி இருக்கும் என்பதால், இந்த ஆற்றலை மிக அதிக எண்ணிக்கையிலான எலக்ட்ரான்கள் பெறுகின்றன. ஒவ்வொரு எலக்ட்ரானும் வெளியேற்று ஆற்றலை விட அதிகமான அளவு ஆற்றலைப் பெறுவதற்கு கணிசமான (சில மணி நேரம்) அளவு நேரத்தை எடுத்துக்கொள்ளும்.

ஆனால் ஒளிமின் விளைவு என்பது உடனடி நிகழ்வு என்பதை சோதனைகள் காட்டியுள்ளன. (பரப்பு ஒளியூட்டப்படுவதற்கும் எலக்ட்ரான் வெளியேறுவதற்கும் இடையே உள்ள கால இடைவெளி 10^{-9} வினாடிக்கும் குறைவாக இருக்கும்). இதனை அலைக்கொள்கையால் விவரிக்க இயலவில்லை.

எனவே அலைக்கொள்கையின் அடிப்படையில் ஒளிமின் விளைவுக்கான சோதனை முடிவுகளை விவரிக்க முடியவில்லை.

எடுத்துக்காட்டு 8.1

சீசியத்தில் ஏற்படும் ஒளிமின் உமிழ்வில், அலைக் கொள்கையானது பின்வரும் முடிவுகளை கணிக்கிறது என்பதைக் காண்பிக்கவும் .

i) ஒளிஎலக்ட்ரான்களின் பெரும இயக்க ஆற்றலானது ($K_{பெருமம்}$) படுஒளியின் செறிவைச் (I) சார்ந்துள்ளது.

ii) பெரும இயக்க ஆற்றல் ($K_{பெருமம்}$) ஆனது படுஒளியின் அதிர்வெண்ணைச் சார்ந்து அமையாது மற்றும்

iii) ஒளி படுவதற்கும் ஒளிஎலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுவதற்கும் இடைப்பட்ட கால இடைவெளி மிக அதிகமாக அமையும்.

கொடுக்கப்பட்ட உலோகத்தின் மீது ஒளி படும்போது, எளிமைக்காக பின்வரும் யூகங்கள் மேற்கொள்ளப்படுகின்றன.

அ) ஒளியானது உலோகத்தின் மேல் அடுக்கில் உள்ள அணுக்களால் உட்கவரப்படுகிறது.

ஆ) கொடுக்கப்படும் தனிமத்தில், ஒவ்வொரு அணுவும் சம அளவு ஆற்றலை உட்கவர்கின்றன. இந்த ஆற்றலானது அவற்றின் குறுக்கு வெட்டுப்பரப்பு A விற்கு நேர்த்தகவில் அமையும்.

இ) ஒவ்வொரு அணுவும் இந்த ஆற்றலை தங்கள் எலக்ட்ரான்களில் ஒரு எலக்ட்ரானுக்கு அளிக்கிறது.

(தரவுகள்: சீசியத்தின் ஒளிமின் வெளியேற்று ஆற்றல் 2.14 eV மற்றும் அதில் அளவிடக்கூடிய ஒளிமின்னோட்டத்தை உருவாக்குவதற்கு ஓரலகு பரப்பில் உட்கவரப்படும் திறன் மதிப்பு $1.60\times10^{-6}\,Wm^{-2}$ ஆகும்)

தீர்வு

i) அலைக்கொள்கையின்படி, ஒளி ஆற்றலானது அலைமுகப்பு முழுவதிலும் சீராகவும், தொடர்ச்சியாகவும் பரவியிருக்கும்.

t கால அளவில் ஒவ்வொரு எலக்ட்ரானும் உட்கவரும் ஆற்றல் E ஆனது

$$E = IAt$$

இந்த ஆற்றலை உட்கவர்ந்து, எலக்ட்ரான்கள் பரப்பு அரண் அல்லது வெளியேற்று ஆற்றலைக் (ϕ_0) கடந்து வெளியேறுகின்றன. வெளிவரும் எலக்ட்ரானின் பெரும ஆற்றல் $K_{பெருமம்}$ பின்வரும் சமன்பாட்டால் குறிக்கப்படுகிறது.

$$K_{பெருமம்} = IAt - \phi_0 \qquad (1)$$

எனவே அலைக்கொள்கையின்படி ஓரலகு காலத்தில், குறைந்த ஒளிச்செறிவில் $IA < \phi_0$ எனும் போது, எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுவதில்லை. அதிக ஒளிச்செறிவில் $IA \geq \phi_0$ எனும் போது, எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுகின்றன. இதிலிருந்து ஒளிச்செறிவு அதிகரிக்கும் போது $K_{பெருமம்}$ அதிகரிக்கும் எனத் தெரிகிறது.

கொடுக்கப்பட்ட சூழ்நிலைகளில், $K_{பெருமம்}$ மதிப்பானது செறிவினை மட்டும் சார்ந்துள்ளது. ஒளிச்செறிவினை உரிய முறையில் அதிகரிக்கும் போது, ஒளியின் அதிர்வெண் பயன்தொடக்க அதிர்வெண்ணை விட குறைவாக இருக்கும் நிலைகளில்கூட ஒளிமின் விளைவை ஏற்படுத்தமுடியும். எனவே அலைக்கொள்கையில்,

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 117 04-03-2022 13:08:50

பயன்தொடக்க அதிர்வெண் எனும் கருத்து இடம் பெறவில்லை.

ii) அலைக்கொள்கையின்படி, ஒளி அலையின் செறிவானது மின்புல வீச்சின் இருமடிக்கு (E_0^2) நேர்த்தகவில் அமையும். ஒளிச்செறிவு அதிகரிக்கும் போது மின்புலத்தின் வீச்சு அதிகரித்து, எலக்ட்ரானின் முடுக்கத்தையும் இயக்க ஆற்றலையும் அதிகரிக்கிறது.

இப்போது சமன்பாடு (1) இல் I என்பதற்கு பதிலாக, (E_0^2) க்கு நேர்த்தகவில் உள்ள ஒரு அளவினைக் கொண்டு மாற்றுவோம். அதாவது $K_{\text{பெரும}}$ ஆனது அதிர்வெண்ணைச் சார்ந்து அமைவதில்லை என்பது அலைக்கொள்கையின் முடிவு ஆகும். இது மீண்டும் பரிசோதனை முடிவுகளுக்கு முரண்படுகிறது.

iii) ஒளிமின் வெளியேற்று ஆற்றலைக் கடப்பதற்கு தேவையான ஆற்றலை மட்டும் ஒளியிலிருந்து எலக்ட்ரான் பெறுவதாகக் கொள்வோம் எனில், அணுவிலிருந்து இந்த எலக்ட்ரான் சுழி இயக்க ஆற்றலுடன் வெளியேறுகிறது. எனவே (1) எனும் சமன்பாட்டிலிருந்து

$$0 = IAt - \phi_0$$

$$t = \frac{\phi_0}{IA} = \frac{\phi_0}{I(\pi r^2)}$$

அணுவின் ஆரம் $r = 1.0 \times 10^{-10}$ m, I மற்றும் ϕ_0 மதிப்புகளைப் பிரதியிட்டு, கால இடைவெளி t இன் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

$$t = \frac{2.14 \times 1.6 \times 10^{-19}}{1.60 \times 10^{-6} \times 3.14 \times (1 \times 10^{-10})^2}$$

$$= 0.68 \times 10^7 \text{s} \approx 79 \text{ நாட்கள்}$$

எனவே அலைக் கொள்கையானது ஒளி அலைகள் படுவதற்கும் ஒளி எலக்ட்ரான்கள் உமிழ்ப்படுவதற்கும் இடையே அதிக கால இடைவெளி உள்ளது எனக் கணிக்கிறது. ஆனால் பரிசோதனை முடிவுகள் ஒளிமின் உமிழ்வு ஒரு உடனடி நிகழ்வு எனக் காட்டியுள்ளன.

ஆற்றல் குவாண்டமாக்கல் பற்றிய கருத்து

1900-இல் மேக்ஸ் பிளாங்க் என்பவர் கரும்பொருளிலிருந்து உமிழப்படும் வெப்பக் கதிர்வீச்சு மற்றும் அதன் கதிர்வீச்சு வரைபடங்களின் வடிவங்களை விவரிக்க குவாண்டம் கொள்கையை எடுத்துரைத்தார்.

பிளாங்க் கொள்கைப்படி, ஒரு பொருளானது அதிக எண்ணிக்கையிலான வெவ்வேறு அதிர்வெண்ணில் அதிர்வடையும் துகள்களைக் (அணுக்களைக்) கொண்டிருக்கும். தமது சிறப்பியல்பு அதிர்வெண்ணில் அதிர்வுறும் ஒவ்வொரு அணு அலையியற்றியும், அதே அதிர்வெண் கொண்ட மின்காந்தக் கதிர்வீச்சை உமிழும் அல்லது உட்கவரும். மேலும்,

i) ν எனும் அதிர்வெண்ணில் அலையியற்றி ஒன்று அதிர்வுறுகிறது எனில், அதன் ஆற்றலானது குறிப்பிட்ட தொடர்ச்சியற்ற (தனித்தனியான) மதிப்புகளை மட்டுமே பெற்றிருக்கும். அவை பின்வரும் சமன்பாட்டினால் தரப்படுகின்றன

$$E_n = nh\nu \qquad n = 1,2,3.... \qquad (8.5)$$

இங்கு h என்பது ஒரு மாறிலி ஆகும். இது பிளாங்க் மாறிலி ஆகும்.

ii) அலையியற்றிகள் ஆற்றலை குவாண்டா எனும் ஆற்றல் சிப்பங்களாக உமிழும் அல்லது உட்கவரும். ஒவ்வொரு சிப்பத்தின் ஆற்றல் $h\nu$ ஆகும்.

இதன் மூலம் நாம் அறிவது, அலைக் கொள்கையில் விவரிக்கப்பட்டதைப் போல அலையியற்றியின் ஆற்றலானது தொடர்ச்சியாக இல்லாமல், குவாண்டமாக உள்ளது – அதாவது, தொடர்ச்சியற்ற (தனித்தனியான) சிறு சிறு சிப்பங்களாக உள்ளது. இதுவே **ஆற்றல் குவாண்டமாக்கல்** எனப்படும்.

8.2.7 ஒளியின் துகள் இயல்பு பற்றிய ஐன்ஸ்டீனின் விளக்கம்

ஒளிமின் விளைவை விளக்குவதற்கு பிளாங்க் குவாண்டம் கொள்கையை ஐன்ஸ்டீன் 1905 – இல் விரிவாக்கினார். ஐன்ஸ்டீனின் கொள்கைப்படி, ஒளி ஆற்றலானது அலைமுகப்புகளில் பரவியில்லாமல், சிறு சிப்பங்கள் அல்லது குவாண்டாகளில் குவிக்கப்பட்டிருக்கும். எனவே ஒளி மூலத்திலிருந்து குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணில் வெளிவரும் ஒளியானது (அல்லது பிற மின்காந்த அலைகள்) ஆற்றல் சிப்பங்கள் அல்லது குவாண்டா கற்றைகளாகக் கருதப்படுகின்றது. ஒவ்வொரு ஒளி குவாண்டத்தின் ஆற்றல் $E = h\nu$ ஆகும்.

மேலும் அவரது கருத்துப்படி, ஒளி குவாண்டத்திற்கு நேர்கோட்டு உந்தம் உண்டு மற்றும் அதன் எண்மதிப்பு $p = \frac{h\nu}{c}$ ஆகும். வரையறுக்கப்பட்ட ஆற்றல் மற்றும் உந்தத்தை

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 118 04-03-2022 13:08:51

பெற்ற ஒவ்வொரு ஒளி குவாண்டமும் துகள் பண்பைக் கொண்டிருக்கும். துகளாகச் செயல்படும் இந்த ஒளி குவாண்டம் **ஃபோட்டான்** எனப்படும். ஆகவே, ஃபோட்டான் என்பது ஒளியின் துகள் வெளிப்பாடே தவிர வேறில்லை.

ஃபோட்டானின் சிறப்பியல்புகள்

ஒளியின் துகள் இயல்பு அடிப்படையில், ஃபோட்டான்கள் என்பது எந்தவொரு கதிர்வீச்சின் அடிப்படைக்கூறு ஆகும். ஃபோட்டான்கள் பின்வரும் பண்புகளைக் கொண்டுள்ளன.

i) λ அலைநீளமும் ν அதிர்வெண்ணும் கொண்ட ஒளியின் ஃபோட்டான் ஆற்றல் பின்வருமாறு அமையும்.

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

ii) ஃபோட்டானின் ஆற்றல் கதிர்வீச்சின் அதிர்வெண்ணால் தீர்மானிக்கப்படுகிறது. அதன் செறிவினைப் பொருத்து அமைவதில்லை. ஒளிச்செறிவிற்கும், ஒளிக்கற்றையில் உள்ள ஃபோட்டானின் ஆற்றலுக்கும் எவ்வித தொடர்பும் இல்லை.

iii) ஃபோட்டான்கள் ஒளியின் வேகத்தில் பயணம் செய்யும். மேலும் அதன் நேர்கோட்டு உந்தமானது $p = \frac{h}{\lambda} = \frac{h\nu}{c}$ எனும் சமன்பாட்டிலிருந்து பெறப்படும்.

iv) ஃபோட்டான்கள் மின் நடுநிலைத் தன்மையுடன் இருப்பதால், மின் மற்றும் காந்த புலங்களினால் விலகலடையாது.

v) ஃபோட்டான் பருப்பொருளுடன் வினைபுரியும் போது (ஃபோட்டான் – எலக்ட்ரான் மோதலின் போது), மொத்த ஆற்றல், மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்தம் மற்றும் கோண உந்தம் ஆகியவற்றின் மதிப்புகள் மாறுவதில்லை. இந்த வினையின் போது ஃபோட்டான் உட்கவர்தலோ அல்லது புதிய ஃபோட்டான் உருவாக்கமோ இருப்பதால், ஃபோட்டான்களின் எண்ணிக்கையில் மாற்றம் இருக்கலாம்.

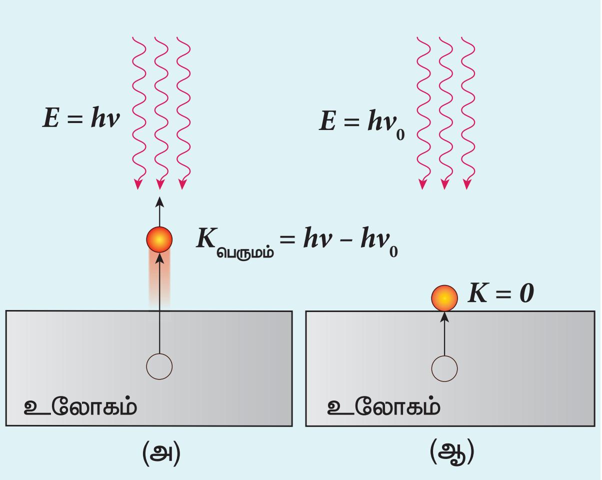
> **குறிப்பு**
> குவாண்டம் கருத்துப்படி, கொடுக்கப்பட்ட அலைநீளத்தில் ஒளிச்செறிவு என்பது ஓரலகு காலத்தில் ஓரலகு பரப்பின் மீது படும், சமமான ஆற்றலைப் கொண்டுள்ள, ஆற்றல் குவாண்டா அல்லது ஃபோட்டான்களின் எண்ணிக்கை ஆகும். இதன் அலகு Wm^{-2}.

ஒளிமின் சமன்பாட்டைப் பற்றிய ஐன்ஸ்டீனின் விளக்கம்

ஒரு உலோகப்பரப்பின் மீது $h\nu$ ஆற்றல் கொண்ட ஃபோட்டான் ஒன்று படும்போது, இந்த ஆற்றல் முழுவதுமாக எலக்ட்ரான் ஒன்றினால் உட்கவரப்பட்டு அந்த எலக்ட்ரான் உமிழப்படுகிறது. இந்த நிகழ்வில், ஃபோட்டானின் ஒரு பகுதி ஆற்றல் உலோகப்பரப்பின் மின்னழுத்த அரணைக் கடப்பதற்குப் பயன்படுகிறது (ஒளிமின் வெளியேற்று ஆற்றல் ϕ_0). மீதமுள்ள ஆற்றல் உமிழப்பட்ட எலக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றலாக மாறுகிறது. எனவே ஆற்றல் அழிவின்மை விதிப்படி,

$$h\nu = \phi_0 + \frac{1}{2}mv^2 \qquad (8.6)$$

இங்கு m என்பது எலக்ட்ரானின் நிறை மற்றும் v அதன் திசைவேகம் ஆகும். இது படம் 8.13(அ)–வில் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.13 ஒளிஎலக்ட்ரான்களின் உமிழ்வு

படுஒளியின் அதிர்வெண்ணைக் குறைத்தால், ஒளிஎலக்ட்ரான்களின் வேகம் அல்லது இயக்க ஆற்றலும் குறைகிறது. ஒளியின் குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணில் (ν_0), எலக்ட்ரான்கள் இயக்க ஆற்றல் ஏதுமின்றி உமிழப்படுகின்றன (படம் 8.13 (ஆ)). எனவே சமன்பாடு (8.6) ஆனது பின்வருமாறு அமையும்.

$$h\nu_0 = \phi_0$$

இங்கு ν_0 என்பது பயன்தொடக்க அதிர்வெண் ஆகும். சமன்பாடு (8.6)ஐ மாற்றி எழுதினால்,

$$hv = hv_0 + \frac{1}{2}mv^2 \quad (8.7)$$

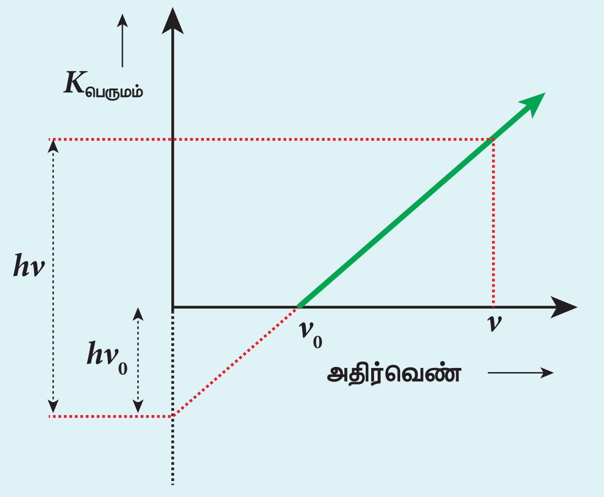
சமன்பாடு (8.7) ஆனது **ஐன்ஸ்டீனின் ஒளிமின் சமன்பாடு** எனப்படும்

அக மோதல்களினால் எலக்ட்ரான்களுக்கு ஆற்றல் இழப்பு ஏற்படவில்லை எனில், அவை $K_{பெருமம்}$ எனும் பெரும இயக்க ஆற்றலுடன் உமிழப்படுகின்றன. எனவே

$$K_{பெருமம்} = \frac{1}{2}\,mv^2_{பெருமம்}$$

இங்கு $v_{பெருமம்}$ என்பது உமிழப்படும் எலக்ட்ரானின் பெரும வேகமாகும். சமன்பாடு (8.6)ஐ பின்வருமாறு மாற்றியமைக்கலாம்.

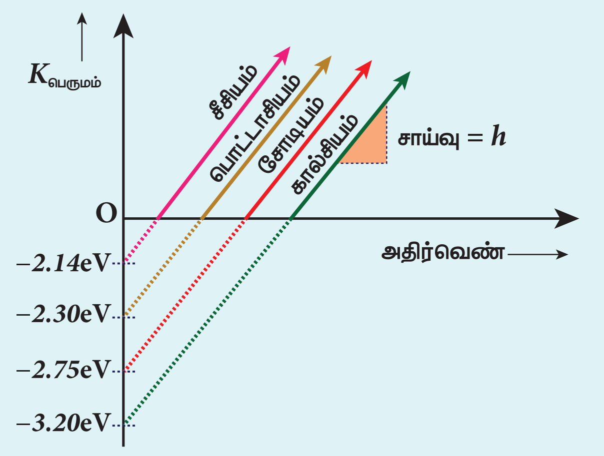
$$K_{பெருமம்} = hv - \phi_0 \quad (8.8)$$



படம் 8.14 $K_{பெருமம்}$ மற்றும் v இடையே உள்ள வரைபடம்

ஒளிஎலக்ட்ரான்களின் பெரும இயக்க ஆற்றல் $K_{பெருமம்}$ மற்றும் படுஒளியின் அதிர்வெண் v இடையே உள்ள வரைபடம், ஒரு நேர்கோடு ஆகும் (படம் 8.14). இந்த நேர்கோட்டின் சாய்வு h மற்றும் y–அச்சு வெட்டுப்பகுதி $-\phi_0$ ஆகும்.

ஐன்ஸ்டீனின் சமன்பாட்டினை சோதனை அடிப்படையில் R.A மில்லிகன் என்பவர் சரிபார்த்தார். அவர் பல்வேறு உலோகங்களுக்கு (சீசியம், பொட்டாசியம், சோடியம் மற்றும் கால்சியம்), $K_{பெருமம்}$ மற்றும் v இடையே உள்ள வரைபடத்தை வரைந்தார் (படம் 8.15). அந்த வரைபடங்களில் இருந்து வரைகோட்டின் சாய்வானது உலோகங்களை பொருத்தது அல்ல எனக் கண்டறிந்தார்.



படம் 8.15 வெவ்வேறு உலோகங்களின் $K_{பெருமம்}$ மற்றும் v க்கான வரைபடம்

மேலும் பிளாங்க் மாறிலி (h=6.626×10^{-34} Js) மற்றும் பல்வேறு உலோகங்களின் (Cs, K, Na, Ca) வெளியேற்று ஆற்றலையும் மில்லிகன் கணக்கிட்டார். இந்த மதிப்புகள் அனைத்தும் கொள்கை அடிப்படையில் கணக்கிடப்பட்ட மதிப்புகளுடன் உடன்பட்டன.

ஒளிமின் விளைவிற்கான விளக்கம்:

ஐன்ஸ்டீனின் ஒளிமின் சமன்பாட்டின் உதவியுடன் ஒளிமின் விளைவு பற்றிய சோதனை முடிவுகளுக்கு பின்வரும் விளக்கத்தைப் பெறலாம்.

i) ஒவ்வொரு போட்டானும் ஒரு எலக்ட்ரானை உலோகப்பரப்பிலிருந்து வெளியேற்றுவதால், ஒளிச்செறிவு அதிகரிக்கும் போது (ஓரலகு காலத்தில் ஓரலகு பரப்பில் விழும் ஃபோட்டான்களின் எண்ணிக்கை) உமிழப்படும் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை அதிகரிக்கிறது. ஒளிமின்னோட்டமும் அதிகரிக்கிறது. இது சோதனை அடிப்படையிலும் கண்டறியப்பட்டுள்ளது.

ii) $K_{பெருமம்} = hv - \phi_0$ என்ற சமன்பாட்டில் இருந்து, $K_{பெருமம்}$ ஆனது படுகதிரின் அதிர்வெண் v–விற்கு நேர்த்தகவில் அமையும். ஆனால் ஒளிச்செறிவினைப் பொருத்து அமையாது.

iii) சமன்பாடு (8.7) லிருந்து, உலோகப் பரப்பிலிருந்து எலக்ட்ரானை வெளியேற்றுவதற்கு ஃபோட்டானுக்கு குறிப்பிட்ட சிறும ஆற்றல் (உலோகத்தின் வெளியேற்று ஆற்றலுக்குச் சமம்) தேவைப்படுகிறது. இந்த ஆற்றலைவிட குறைந்த ஆற்றல் மதிப்புகளில் ஒளிமின் உமிழ்வு இருக்காது. அதற்கேற்ப, பயன்தொடக்க அதிர்வெண் எனப்படும் சிறும அதிர்வெண்ணிற்கு கீழே உள்ள அதிர்வெண்களில், ஒளிமின் உமிழ்வு இருக்காது.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 120 04-03-2022 13:08:53

iv) குவாண்டம் கொள்கையின்படி, ஃபோட்டானில் இருந்து எலக்ட்ரானுக்கு ஆற்றல் மாற்றப்படுவது ஒரு உடனடி நிகழ்வாகும். எனவே ஃபோட்டான் படுவதற்கும் எலக்ட்ரான் உமிழப்படுவதற்கும் இடையே காலதாமதம் இருக்காது.

இவ்வாறு குவாண்டம் கொள்கையின்படி ஒளிமின் விளைவு விளக்கப்படுகிறது.

ஒளியின் இயல்பு: அலை – துகள் இருமைப்பண்பு

ஒளியின் அலை இயல்பு மூலம் குறுக்கீட்டு விளைவு, விளிம்பு விளைவு மற்றும் தள விளைவு ஆகிய நிகழ்வுகளை பற்றிய விளக்கத்தைப் பயின்றோம். மேலும் கரும்பொருள் கதிர்வீச்சு, ஒளிமின் விளைவு ஆகிய நிகழ்வுகளை ஒளியின் துகள் இயல்பு மூலம் விளக்கினோம். எனவே, இரு கொள்கைகளுக்கும் போதுமான பரிசோதனைச் சான்றுகள் உள்ளன.

பழங்காலங்களில், புதிய சோதனை முடிவுகளுக்கு பொருந்தாத கொள்கைகள் மாற்றி அமைக்கப்பட்டன அல்லது நிராகரிக்கப்பட்டன. இங்கு 'ஒளியின் இயல்பு என்ன?' எனும் கேள்விக்கு விடையளிப்பதற்கு இரு கொள்கைகள் தேவைப் படுகின்றன.

இவற்றில் இருந்து ஒளியானது துகள் மற்றும் அலை எனும் இருமைப்பண்பைப் பெற்றுள்ளது என முடிவு செய்யப்பட்டது. சில சூழ்நிலைகளில் ஒளியானது அலையாகவும் மற்றும் வேறு சில சூழ்நிலைகளில் துகளாகவும் செயல்படுகிறது.

இதனை வேறு விதமாக கூறினால், ஒளி பரவும் போது அலையாகவும், பொருள்களுடன் இடைவினை புரியும் போது துகளாகவும் செயல்படுகிறது. அனைத்து இயற்பியல் நிகழ்வுகளையும் விவரிக்க இரு கொள்கைகளும் அவசியமாகும். எனவே அலை இயல்பும் குவாண்டம் (துகள்) இயல்பும் ஒன்றையொன்று பூர்த்தி செய்யும் தன்மை கொண்டுள்ளன.

8.2.8 ஒளி மின்கலங்களும் அதன் பயன்பாடுகளும்

ஒளி மின்கலம்

ஒளி மின்கலம் என்பது ஒளி ஆற்றலை மின் ஆற்றலாக மாற்றும் சாதனம் ஆகும். இது ஒளிமின் விளைவு எனும் தத்துவத்தின் படி செயல்படுகிறது. ஒளியானது ஒளிஉணர் பொருள்களின் மீது படும்போது, பொருளின் மின் பண்புகளில் மாற்றம் ஏற்படுகிறது. அதன் அடிப்படையில் ஒளி மின்கலங்களை மூன்று வகையாகப் பிரிக்கலாம். அவையாவன:

i) **ஒளி உமிழ்வு மின்கலம்:** ஒளி அல்லது பிற கதிர்வீச்சுகள் உலோகக் கேத்தோடின் மீது படுவதால், எலக்ட்ரான் உமிழ்வு ஏற்படுகிறது. இதன் அடிப்படையில் ஒளி உமிழ்வு மின்கலம் செயல்படுகின்றது.

ii) **ஒளி வோல்டா மின்கலம்:** குறைகடத்தியினால் செய்யப்பட்ட ஒளிஉணர்வு மிக்க பொருள் பயன்படுத்தப்படுகிறது. அது ஒளி அல்லது பிற கதிர்வீச்சு படும்போது, அவற்றின் செறிவிற்கு ஏற்ப மின்னழுத்த வேறுபாட்டை உருவாக்குகிறது.

iii) **ஒளி கடத்தும் மின்கலம்:** இதில் குறைகடத்தியின் மின்தடையானது, அதன் மீது படும் கதிர்வீச்சு ஆற்றலுக்கு ஏற்ப மாறுகிறது.

பாடத்தின் இப்பகுதியில், ஒளி உமிழ்வு மின்கலம் மற்றும் அதன் பயன்பாடுகளைப் பற்றி நாம் விவரிப்போம்.

ஒளி உமிழ்வு மின்கலம்

அமைப்பு

வெற்றிடமாக்கப்பட்ட கண்ணாடி அல்லது குவார்ட்ஸ் குமிழில் இரண்டு உலோக மின்வாய்கள் உள்ளன. படம் 8.16 இல் காட்டியுள்ளவாறு கேத்தோடு மற்றும் ஆனோடு ஆகியவை பொருத்தப்பட்டுள்ளன.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

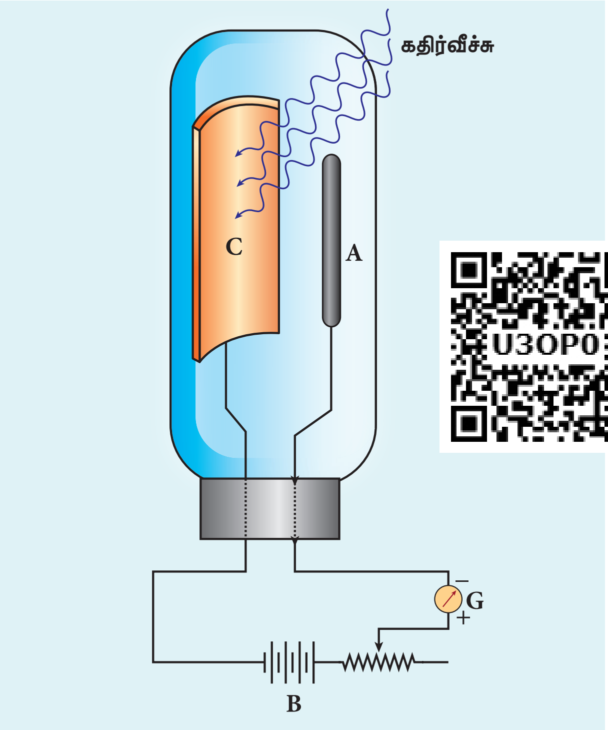
ஒளியானது எவ்வாறு அலை மற்றும் துகள் கற்றையாக இருக்கும் என்பதைப் புரிந்து கொள்ள படிப்பவர் சிரமப்படலாம். ஆனால் ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீன் போன்ற மிகப்பெரிய அறிவியல் விஞ்ஞானிகளுக்கு கூட இந்த சிக்கல் இருந்தது என்பதை நினைவில் கொள்ள வேண்டும்.

ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீன் 1954இல் தம்முடைய நண்பர் மைக்கேல் பெஸ்ஸோ என்பவருக்கு எழுதிய கடிதத்தில் இது தொடர்பான மனப்போராட்டத்தை விவரித்துள்ளார்.

"கடந்த ஐம்பது ஆண்டுகளாக ஆழ்ந்த சிந்தனைகளின் அடிப்படையில், 'ஒளி குவாண்டா என்றால் என்ன?' எனும் கேள்விக்கான விடையை என்னால் நெருங்க இயலவில்லை! தற்காலத்தில், ஒவ்வொருவரும் அந்தக் கேள்விக்கான விடை தெரியும் என நினைப்பர். ஆனால் அவர் தம்மையே ஏமாற்றிக்கொள்கிறார்."

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 121 04-03-2022 13:08:53

கேத்தோடு C ஆனது ஒளிஉணர் பொருள் பூசப்பட்டு அரை உருளை வடிவத்தில் இருக்கும். மெல்லிய தண்டு அல்லது கம்பியாலான ஆனோடு A வானது, அரை உருளை வடிவ கேத்தோடின் அச்சில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. கேத்தோடு மற்றும் ஆனோடு இடையே ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாடானது கால்வனா மீட்டர் வழியாக அளிக்கப்படுகிறது.



படம் 8.16 ஒளி மின்கலத்தின் அமைப்பு

வேலை செய்யும் விதம்

கேத்தோடின் மீது தகுந்த ஒளி படும்போது, அதிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுகின்றன. இந்த எலக்ட்ரான்கள் ஆனோடினால் கவரப்படுவதால், மின்னோட்டம் உருவாகிறது. இதனைக் கால்வனாமீட்டர் மூலம் அளவிடலாம். கொடுக்கப்பட்ட கேத்தோடிற்கு, மின்னோட்டத்தின் மதிப்பு

i) படுகதிர்வீச்சின் செறிவு மற்றும்

ii) ஆனோடு மற்றும் கேத்தோடு இடைப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகியவற்றைப் பொருத்து அமையும்.

ஒளி மின்கலத்தின் பயன்பாடுகள்

ஒளி மின்கலங்கள் பல்வேறு பயன்பாடுகளைக் கொண்டுள்ளன. குறிப்பாக, மின் இயக்கிகள் மற்றும் மின் உணர்விகளாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இருள்நேரத்தில்தானாகஒளிரும்மின்விளக்குகளில் ஒளி மின்கலங்கள் பயன்படுகின்றன. மேலும் தெருவிளக்குகள் இரவு அல்லது பகல் நேரங்களைப் பொருத்து ஒளிர்வதற்கு மற்றும் அனைவதற்கு ஒளிமின்கலங்களைப் பயன்படுத்துகின்றன.

திரைப்படங்களில் ஒலியினைத் திரும்பப் பெறுவதற்கு ஒளி மின்கலங்கள் பயன்படுகின்றன. மேலும் ஓட்டப்பந்தயங்களில் தடகள வீரர்களின் வேகத்தை அளவிடும் கடிகாரங்களில் பயன்படுகின்றன. புகைப்படத்துறையில் ஒளிச் செறிவை அளவிட்டு, பின்பு புகைப்படக் கருவியில் ஒளி படுவதற்குத் தேவையான நேரத்தைக் (exposure time) கணக்கிடப் பயன்படுகின்றன.

எடுத்துக்காட்டு 8.2

ஒரு வெள்ளி உலோகப் பரப்பின் மீது 300nm அலைநீளம் கொண்ட கதிர்வீச்சு படும்போது, ஒளி எலக்ட்ரான்கள் வெளிப்படுமா? [வெள்ளியின் வெளியேற்று ஆற்றல் = 4.7 eV]

தீர்வு

படும் ஃபோட்டானின் ஆற்றல்

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \text{ (ஜூல் அலகில்)}$$

$$E = \frac{hc}{\lambda e} \text{ (eV அலகில்)}$$

தெரிந்த மதிப்புகளை பிரதியிட, நமக்குக் கிடைப்பது

$$E = \frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{300\times10^{-9}\times1.6\times10^{-19}}$$

$$E = 4.14 \text{ eV}$$

வெள்ளியின் ஒளிமின் வெளியேற்று ஆற்றல் = 4.7 eV ஆகும். உலோகப் பரப்பில் படும் ஒளி ஃபோட்டானின் ஆற்றல் வெள்ளி உலோகத்தின் வெளியேற்று ஆற்றலை விட குறைவாக இருப்பதால், ஒளிஎலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படாது.

எடுத்துக்காட்டு 8.3

2200Å அலைநீளம் கொண்ட ஒளியானது Cu மீது படும்போது, ஒளிஎலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுகின்றன எனில் (i) பயன்தொடக்க அலைநீளம் மற்றும் (ii) நிறுத்து மின்னழுத்தம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடவும். (Cu – இன் வெளியேற்று ஆற்றல் $\phi_0 = 4.65$ eV)

தீர்வு

i) பயன்தொடக்க அலைநீளம்,

$$\lambda_0 = \frac{hc}{\phi_0} = \frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^8}{4.65\times1.6\times10^{-19}}$$

$$= 2672\ \text{Å}$$

ii) 2200Å அலைநீளம் கொண்ட ஃபோட்டானின் ஆற்றல்,

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^8}{2200\times10^{-10}}$$

$$= 9.035\times10^{-19}\,\text{J} = 5.65\,\text{eV}$$

அதிவேக ஒளிஎலக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றலானது பின்வருமாறு,

$$K_{\text{பெருமம்}} = h\nu - \phi_0 = 5.65 - 4.65$$

$$= 1\ \text{eV}$$

சமன்பாடு (8.3) இல் இருந்து, $K_{\text{பெருமம்}} = eV_0$

$$V_0 = \frac{K_{\text{பெருமம்}}}{e} = \frac{1\times1.6\times10^{-19}}{1.6\times10^{-19}}$$

எனவே, நிறுத்து மின்னழுத்தம் = 1 V

எடுத்துக்காட்டு 8.4

பொட்டாசியத்தின் ஒளிமின் வெளியேற்று ஆற்றல் 2.30 eV ஆகும். 3000 Å அலைநீளமும் 2 Wm^{-2} செறிவும் கொண்ட புறஊதாக் கதிர் பொட்டாசியப் பரப்பின் மீது படுகிறது எனில் i) ஒளி எலக்ட்ரான்களின் பெரும இயக்க ஆற்றலைக் கண்டுபிடிக்கவும். ii) 40% ஃபோட்டான்கள் ஒளிஎலக்ட்ரான்களை வெளியேற்றினால், பொட்டாசியத்தின் 2 cm^2 அளவிலான பரப்பிலிருந்து ஒரு வினாடிக்கு எத்தனை எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படும்?

தீர்வு

i) படுகின்ற ஃபோட்டானின் ஆற்றல்,

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^8}{3000\times10^{-10}}$$

$$E = 6.626\times10^{-19}\,\text{J} = 4.14\ \text{eV}$$

ஒளிஎலக்ட்ரான்களின் பெரும இயக்க ஆற்றல்,

$$K_{\text{பெருமம்}} = h\nu - \phi_0 = 4.14 - 2.30 = 1.84\ \text{eV}$$

ii) ஒரு வினாடியில் பரப்பினை அடையும் ஃபோட்டான்களின் எண்ணிக்கை,

$$n_p = \frac{I}{E}\times A$$

$$= \frac{2}{6.626\times10^{-19}}\times2\times10^{-4}$$

$$= 6.04\times10^{14}\ \text{ஃபோட்டான்கள் / வினாடி}$$

ஒளிஎலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படும் வீதம்,

$$= (0.40)\,n_p = 0.4\times6.04\times10^{14}$$

$$= 2.416\times10^{14}\ \text{ஒளிஎலக்ட்ரான்கள் / வினாடி}$$

எடுத்துக்காட்டு 8.5

ஒரு உலோக மின்வாயின் மீது 390nm அலைநீளம் கொண்ட ஒளியானது படுமாறு செய்யப்படுகிறது. உமிழப்படும் எலக்ட்ரானின் ஆற்றலைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு, இந்த மின்வாய் தகட்டிற்கும் மற்றொரு மின்வாய் தகட்டிற்கும் இடையே எதிர் மின்னழுத்தம் ஏற்படுத்தப்படுகிறது. இந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு 1.10V எனும் போது, மின்வாய்களுக்கு இடையேயான மின்னோட்டம் முற்றிலும் நிறுத்தப்படுகிறது எனில் (i) உலோகத்தின் ஒளிமின் வெளியேற்று ஆற்றல் மற்றும் (ii) உலோகத்திலிருந்து எலக்ட்ரானை வெளியேற்றத் தேவைப்படும் ஒளியின் பெரும அலைநீளம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

i) வெளியேற்று ஆற்றல்,

$$\phi_0 = h\nu - K_{\text{பெருமம்}} = \frac{hc}{\lambda} - eV_0$$

(ஏனெனில் $K_{\text{பெருமம்}} = eV_0$)

$$= \left[\frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^8}{390\times10^{-9}}\right] - \left[1.6\times10^{-19}\times1.10\right]$$

$$= 5.10\times10^{-19} - 1.76\times10^{-19} = 3.34\times10^{-19}\,\text{J}$$

$$= 2.09\ \text{eV}$$

ii) பயன் தொடக்க அலைநீளம்,

$$\lambda_0 = \frac{hc}{\phi_0} = \frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^8}{3.34\times10^{-19}}$$

$$= 5.951\times10^{-7}\,\text{m} = 5951\ \text{Å}$$

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 123 04-03-2022 13:09:02

8.3 பருப்பொருள் அலைகள் (Matter waves)

8.3.1 அறிமுகம் – துகள்களின் அலை இயல்பு

இதுவரை, துகள் மற்றும் அலைகளின் சிறப்பியல்புகள் வெவ்வேறானவை என நாம் கற்றோம். ஓர் அலை என்பது அதன் அதிர்வெண், அலைநீளம், அலை திசைவேகம், வீச்சு மற்றும் செறிவு ஆகியவற்றால் குறிப்பிடப்படுகிறது. மேலும் அது பரந்து விரிந்து, வெளியின் ஓரளவு கணிசமான பகுதியை ஆக்கிரமிக்கிறது. ஒரு துகள் என்பது அதன் நிறை, திசைவேகம், உந்தம் மற்றும் ஆற்றல் ஆகியவற்றால் குறிப்பிடப்படுகிறது. மேலும் வெளியின் குறிப்பிட்ட குறைந்த அளவு பகுதியை ஆக்கிரமித்து, அளவில் சிறியதாக இருக்கும்.

பண்டைய இயற்பியலானது துகள்கள் மற்றும் அலைகளை வெவ்வேறானவை என விவரிக்கிறது. ஆனால் கதிர்வீச்சிற்கு இருமைப் பண்பு உள்ளது என குவாண்டம் கொள்கை நிரூபித்துள்ளது. அதாவது கதிர்வீச்சானது சில நேரங்களில் அலைகளாகவும், வேறு சில நேரங்களில் துகள்களாகவும் செயல்படுகிறது.

கதிர்வீச்சின் அலை – துகள் இருமைப் பண்பிலிருந்து, பருப்பொருளின் அலை இயல்பு உருவாகியுள்ளது. இதனை பின்வரும் பகுதியில் கற்போம்.

டி ப்ராய் அலை:

1924இல் பிரெஞ்சு நாட்டு இயற்பியல் அறிஞர் லூயிஸ் டி ப்ராய் (Louis de Broglie. லூயிஸ் டி ப்ராய் என உச்சரிக்கவேண்டும்), கதிர்வீச்சின் அலை–துகள் இருமைப்பண்பு கருத்தினை பருப்பொருளுக்கு விரிவாக்கினார்.

இயற்கையின் சமச்சீர் பண்பின் விளைவாக, டி ப்ராய் பின்வரும் கருத்தினைப் பரிந்துரைத்தார்: ஒளி போன்ற கதிர்வீச்சு சில நேரங்களில் துகள்களாகச் செயல்படுகிறது எனில், எலக்ட்ரான் போன்ற பருப்பொருள் துகள்கள் சில நேரங்களில் அலைகள் போன்று செயல்பட வேண்டும்.

டி ப்ராயின் எடுகோளின் படி, இயக்கத்தில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள், புரோட்டான்கள் மற்றும் நியூட்ரான்கள் போன்ற அனைத்து பருப்பொருள் துகள்களும் அலைப்பண்பைப் பெற்றுள்ளன. இந்த அலைகள் டி ப்ராய் அலைகள் அல்லது பருப்பொருள் அலைகள் எனப்படுகின்றன.

8.3.2 டி ப்ராய் அலைநீளம்

ν அதிர்வெண் கொண்ட ஃபோட்டானின் உந்தம் பின்வருமாறு

$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda} \qquad (\text{ஏனெனில் } c = \nu\lambda)$$

உந்தம் மூலமாக ஃபோட்டானின் அலைநீளம் பின்வரும் சமன்பாட்டால் பெறப்படுகிறது.

$$\lambda = \frac{h}{p} \qquad (8.9)$$

டி ப்ராய் கொள்கையின்படி, மேற்கண்ட சமன்பாடானது பருப்பொருள் துகள்களுக்கும் பொருந்தக்கூடிய முழுவதும் பொதுவான சமன்பாடு ஆகும். எனவே m நிறையும் v வேகமும் கொண்ட துகளின் அலைநீளம் பின்வருமாறு அமையும்,

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p} \qquad (8.10)$$

பருப்பொருள் அலையின் இந்த அலைநீளம், **டி ப்ராய் அலைநீளம்** எனப்படுகிறது. இந்த சமன்பாடானது அலைப்பண்பினையும் (அலைநீளம் λ), துகள் பண்பினையும் (உந்தம் p) பிளாங்க் மாறிலி மூலம் இணைக்கின்றது.

8.3.3 எலக்ட்ரான்களின் டி ப்ராய் அலைநீளம்

m நிறை கொண்ட எலக்ட்ரான் ஆனது V வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாட்டினால் முடுக்கப்படுகிறது என்க. எலக்ட்ரான் பெறுகின்ற இயக்க ஆற்றல்

$$\frac{1}{2}mv^2 = eV$$

ஆகவே, எலக்ட்ரானின் திசைவேகம் v ஆனது

$$v = \sqrt{\frac{2eV}{m}} \qquad (8.11)$$

எனவே, எலக்ட்ரானோடு தொடர்புடைய பருப்பொருள் அலைகளின் டி ப்ராய் அலைநீளமானது

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2emV}}$$

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 124 04-03-2022 13:09:03

தெரிந்த மதிப்புகளை மேற்கண்ட சமன்பாட்டில் பிரதியிட, நமக்குக் கிடைப்பது

$$\lambda = \frac{6.626\times10^{-34}}{\sqrt{2V\times1.6\times10^{-19}\times9.11\times10^{-31}}}$$

$$= \frac{12.27\times10^{-10}}{\sqrt{V}}\text{m} \quad \text{(அல்லது)}$$

$$\lambda = \frac{12.27}{\sqrt{V}}\text{Å} \qquad (8.12)$$

எடுத்துக்காட்டாக, 100 V மின்னழுத்த வேறுபாட்டால் எலக்ட்ரானை முடுக்கும்போது, அதன் டி ப்ராய் அலைநீளம் 1.227 Å ஆகும்.

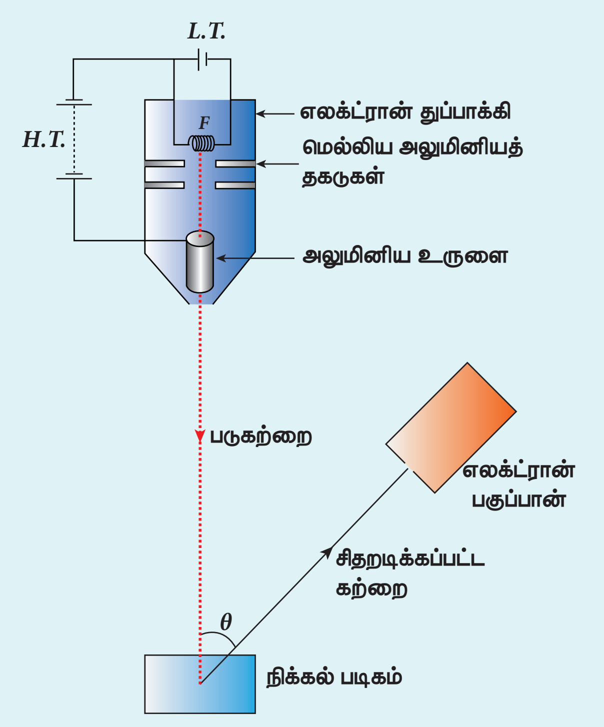
$eV = K$ என்பது எலக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றல் என்பதால், எலக்ட்ரானின் டி ப்ராய் அலைநீளத்தைப் பின்வருமாறும் எழுதலாம்.

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mK}} \qquad (8.13)$$

8.3.4 டேவிசன் – ஜெர்மர் சோதனை

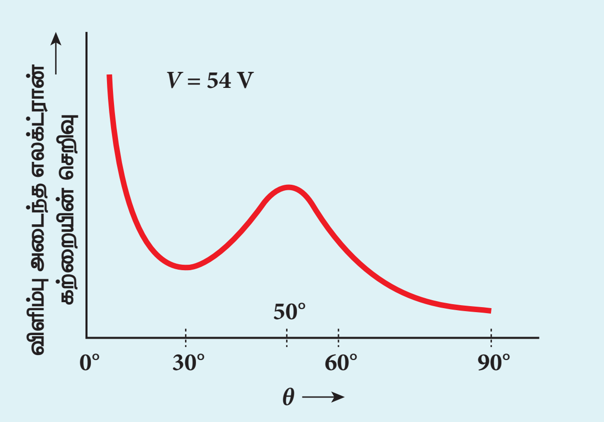
1927 இல் கிளின்டன் டேவிசன் மற்றும் லெஸ்ட் ஜெர்மர் ஆகியோர் லூயிஸ் டி ப்ராயின் பருப்பொருள் அலைகள் பற்றிய எடுகோளை சோதனை வாயிலாக உறுதி செய்துள்ளனர். படிகமாக உள்ள திண்மங்களின் மீது படும் எலக்ட்ரான் கற்றைகள் விளிம்பு விளைவு அடைவதை செய்து காட்டினார்கள். பருப்பொருள் அலைகளுக்கு திண்ம படிகம் முப்பரிமான விளிம்பு விளைவு கீற்றணியாகச் செயல்படுவதால், எலக்ட்ரான் கற்றைகள் விளிம்பு விளைவை அடைந்து குறிப்பிட்ட திசையில் செல்கின்றன. படம் 8.17இல் இச்சோதனைக்கான அமைப்பு காட்டப்பட்டுள்ளது.

குறைந்த மின்னழுத்த (L.T.) மின்கல அடுக்கு மூலம் மின்னிழை F சூடுபடுத்தப் படுகிறது. சூடான மின்னிழையிலிருந்து வெப்ப அயனி உமிழ்வு மூலம் எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுகின்றன. பின்னர் உயர் மின்னழுத்த (H.T.) மின்கல அடுக்கு மூலம் மின்னிழை மற்றும் அலுமினிய உருளை ஆனோடு இடையே கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டினால், எலக்ட்ரான்கள் முடுக்கப்படுகின்றன. இரு மெல்லிய அலுமினியத் தகடுகள் வழியாகச் செல்லும் போது இணைக்கற்றையாக மாறும் எலக்ட்ரான்கள், ஒற்றைப் படிக நிக்கலின் மீது படுமாறு செய்யப்படுகிறது.



படம் 8.17 டேவிசன் – ஜெர்மர் சோதனை அமைப்பு

Ni அணுவினால் பல்வேறு திசைகளில் சிதறடிக்கப்படும் எலக்ட்ரான் கற்றையின் செறிவு எலக்ட்ரான் பகுப்பானால் அளவிடப்படுகிறது. புத்தகத்தின் தளத்தில் சுழலும் வண்ணம் பகுப்பான் உள்ளதால், படுகற்றைக்கும் சிதறடிக்கப்பட்ட கற்றைக்கும் இடையேயான கோணம் θ வின் மதிப்பை நமக்கு தேவையான அளவில் மாற்றி அமைக்கலாம். சிதறடிக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான் கற்றையின் செறிவு ஆனது கோணம் θ இன் சார்பாக அளவிடப்படுகிறது.



படம் 8.18 கோணம் θ வைப் பொருத்து விளிம்பு விளைவு அடைந்த எலக்ட்ரான் கற்றையின் செறிவு மாறுபாடு

www.tnschoolbooks.in

குறிப்பு

துகள்களின் அலை இயல்பினை உறுதி செய்யும் சோதனை எலக்ட்ரானுக்கு மட்டுமே செய்யப்படவில்லை என்பதை இங்கு கவனத்தில் கொள்ள வேண்டும். நியூட்ரான், ஆல்பா துகள்கள் போன்ற துகள்கள் இயக்கத்தில் உள்ள போது, அலைப் பண்பைப் பெற்றுள்ளன. அவை தகுந்த படிகங்களின் மீது படும்போது விளிம்பு விளைவுக்கு உட்பட்டு சிதறடிக்கப்படுகின்றன. நியூட்ரான் விளிம்பு விளைவு ஆய்வுகள் படிக அமைப்பினை ஆராய்வதற்கு பெருமளவு பயன்படுகின்றன.

குறிப்பு

விளிம்பு விளைவு என்பது அலைகளின் ஒரு பண்பு ஆகும். அலைகள் தடைகளின் மீது படும் பொழுதெல்லாம், தடைகளின் விளிம்புகளில் வளைந்து செல்லும். அலைகளின் இந்த வளைந்து செல்லும் பண்பே விளிம்பு விளைவு எனப்படும். அலைகளின் வளையும் அளவு அதன் அலைநீளத்தைப் பொருத்தது.

ஒளி அலைகளின் அலைநீளம் மிகச்சிறியது என்பதால், ஒளியில் ஏற்படும் விளிம்பு விளைவு மிக குறைவாகும் என்பதை அலகு 7 இல் கற்றோம். எனவே ஒளியின் விளிம்பு விளைவினை ஆராய்வதற்கு விளிம்பு விளைவு கீற்றணிகள் பயன்படுகின்றன.

X–கதிர்களின் அலைநீளம் மற்றும் எலக்ட்ரான்களின் டி ப்ராய் அலைநீளம் ($10^{-10} m$ என்ற அளவில் உள்ளதால்) ஆகியவை ஒளி அலைகளின் அலைநீளத்தைவிட குறைவு என்பதால், x–கதிர் விளிம்பு விளைவிற்கு கீற்றணிகளைப் பயன்படுத்த முடியாது.

படிகங்களில் அணு தளங்களுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு x–கதிர்களின் அலைநீளம் மற்றும் எலக்ட்ரான்களின் டி ப்ராய் அலைநீளங்களுக்கு ஒப்பிடக்கூடிய வகையில் உள்ளது. எனவே, இவைகளின் x–கதிர் விளிம்பு விளைவிற்கு படிகங்கள் முப்பரிமாணக் கீற்றணியாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

படம் 8.18 இல் 54V முடுக்கு மின்னழுத்தத்தில், கோணம் θ வைப் பொருத்து சிதறடிக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான் கற்றையின் செறிவு மாறுபாடு காட்டப்பட்டுள்ளது. கொடுக்கப்பட்ட முடுக்கு மின்னழுத்தத்திற்கு, சிதறடிக்கப்பட்ட அலையின் செறிவு 50^0 கோணத்தில் உச்சமாக அல்லது பெருமமாக அமையும். உலோகத்தில் உள்ள பல்வேறு அணு தளங்களில் இருந்து விளிம்பு விளைவு அடைந்து வரும் எலக்ட்ரான் அலைகளின் ஆக்க குறுக்கீட்டு விளைவினால் இந்த பெருமம் பெறப்படுகிறது. நிக்கலின் அணு தளங்களுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவின் மதிப்பில் இருந்து, எலக்ட்ரான் அலையின் அலைநீளம் சோதனை வாயிலாக 1.65Å என கணக்கிடப்பட்டுள்ளது.

$V = 54$ V என்ற மதிப்பிற்கு, டி ப்ராய் தொடர்பின் மூலம் சமன்பாடு (8.12) யில் இருந்தும் அலைநீளம் கணக்கிடப்படுகிறது.

$$\lambda = \frac{12.27}{\sqrt{V}}\ \text{Å} = \frac{12.27}{\sqrt{54}}$$

$$\lambda = 1.67\ \text{Å}$$

இந்த மதிப்பு ஆனது சோதனை வாயிலாக கண்டறியப்பட்ட 1.65 Å என்ற மதிப்புடன் மிகவும் பொருந்தியுள்ளது. எனவே இச்சோதனை ஆனது டி ப்ராயின் இயங்கும் துகளிற்கான அலை இயல்பு எடுகோளை நேரடியாகச் சரிபார்த்துள்ளது.

8.3.5 எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி

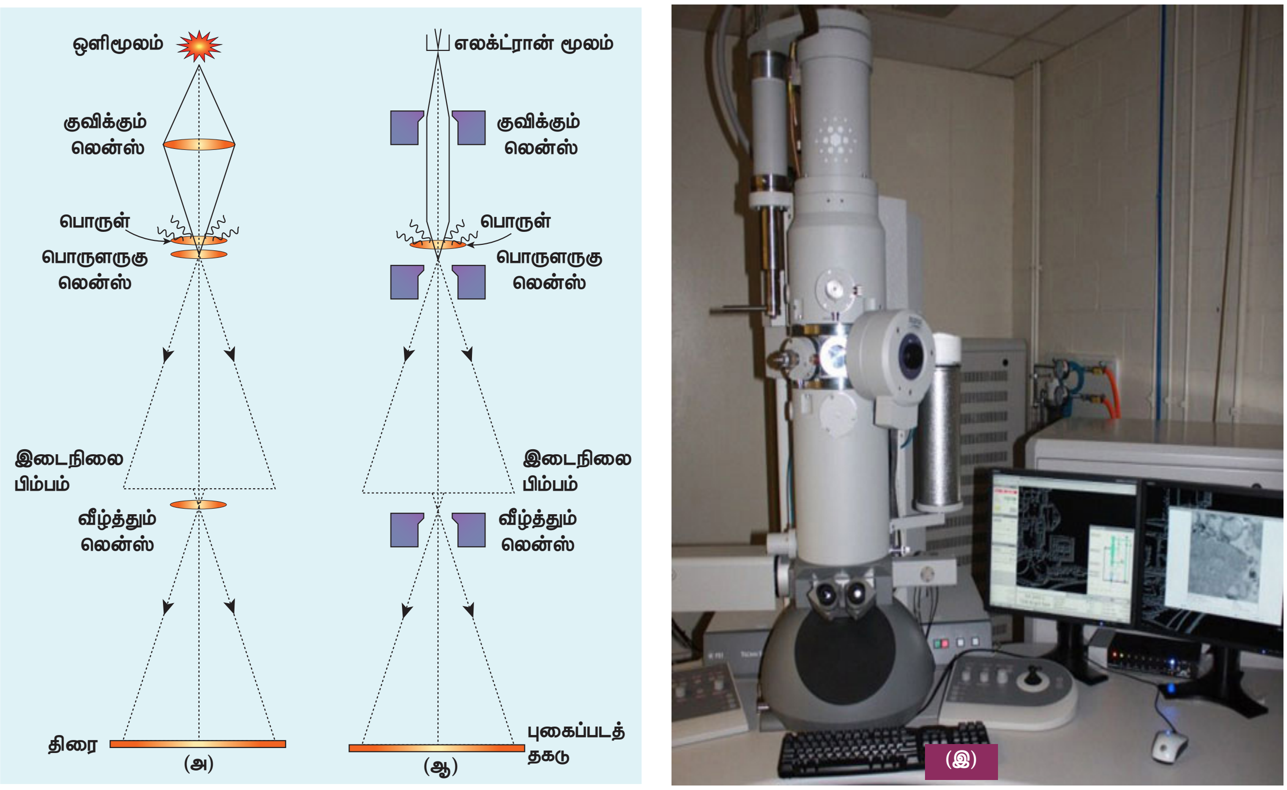
தத்துவம்

துகள்களது அலை இயல்பின் நேரடி பயன்பாடாக இது அமைகிறது. எலக்ட்ரானின் அலை இயல்பினைப் பயன்படுத்தி, நுண்ணோக்கி ஒன்று வடிவமைக்கப்படுகிறது. இந்த நுண்ணோக்கி எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி எனப்படும்.

ஒரு நுண்ணோக்கியின் பகுதிறன் ஆனது உருப்பெருக்க வேண்டிய பொருளின் மீது படும் ஒளியின் அலைநீளத்திற்கு எதிர்தகவில் அமையும். எனவே குறைந்த அலைநீளம் கொண்ட அலைகளைப் பயன்படுத்தும்போது அதிக பகுதிறனும் அதிக உருப்பெருக்கமும் கிடைக்கின்றன.

எலக்ட்ரானின் டி ப்ராய் அலைநீளம் ஆனது ஒளியியல் நுண்ணோக்கியில் பயன்படும் கண்ணுறு ஒளியின் அலைநீளத்தை விட மிகக் குறைவு (சில ஆயிரங்கள் குறைவு) ஆகும். இதன் விளைவாக, எலக்ட்ரான்களின் டி ப்ராய் அலைகளைப் பயன்படுத்தும் நுண்ணோக்கிகளின் பகுதிறன் ஆனது ஒளியியல் நுண்ணோக்கிகளை விட மிக அதிகமாகும். 2,00,000 மடங்கு உருப்பெருக்கத்தை அளிக்கும் எலக்ட்ரான்

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 126 04-03-2022 13:09:05



படம் 8.19 (அ) ஒளியியல் நுண்ணோக்கி (ஆ) எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி (இ) எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் புகைப்படம்

நுண்ணோக்கிகள், ஆராய்ச்சிக்கூடங்களில் பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

வேலை செய்யும் விதம்

ஒளியியல் நுண்ணோக்கி மற்றும் எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி ஆகியவற்றின் அமைப்பு மற்றும் வேலை செய்யும் விதம் ஒரே மாதிரியாக அமையும். ஆனால் சிறு வேறுபாடு: எலக்ட்ரான் கற்றையைக் குவிப்பதற்கு நிலைமின்புல அல்லது காந்தப்புல லென்சுகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. தகுந்த வகையில் அமைக்கப்பட்ட மின்புலம் அல்லது காந்தப்புலம் வழியாகச் செல்லும் எலக்ட்ரான் கற்றையை விரிதலுக்கோ குறுகுதலுக்கோ உட்படுத்த முடியும். இதன் மூலம், எலக்ட்ரான் கற்றையைக் குவிப்பது செய்யப்படுகிறது (படம் 8.19).

எலக்ட்ரான் மூலத்திலிருந்து உமிழப்படும் எலக்ட்ரான்கள் உயர் மின்னழுத்த வேறுபாட்டினால் முடுக்கப்படுகின்றன. காந்தப்புல குவிக்கும் லென்சு (magnetic condenser lens) மூலம் எலக்ட்ரான் கற்றை இணைக் கற்றையாக மாற்றப்படுகிறது. இந்தக் கற்றை உருப்பெருக்கம் செய்ய வேண்டிய பொருள் வழியாகச் செல்லும்போது, அதன் பிம்பத்தைத் தாங்கிச் செல்கிறது.

காந்தப்புல பொருளருகு லென்சு (magnetic objective lens) மற்றும் காந்தப்புல வீழ்த்தும் லென்சு (magnetic projector lens) அமைப்புகளின் உதவியுடன் உருப்பெருக்கப்பட்ட பிம்பம் திரையில் தோற்றுவிக்கப்படுகிறது. எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியானது பெரும்பாலும் அனைத்து அறிவியல் துறைகளிலும் பயன்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 8.6

பின்வரும் நேர்வுகளுக்கு உந்தம் மற்றும் டி ப்ராய் அலைநீளங்களைக் கணக்கிடுக.

i) 2 eV இயக்க ஆற்றல் கொண்ட எலக்ட்ரான்

ii) துப்பாக்கிலிருந்து வெளிப்படும் 50 g நிறையும் 200 ms^{-1} வேகமும் கொண்ட துப்பாக்கிக்குண்டு

iii) நெடுஞ்சாலையில் 50 ms^{-1} வேகத்தில் இயங்கும் 4000 kg நிறை கொண்ட கார்

இதிலிருந்து பருப்பொருளின் அலை இயல்பு ஆனது அணு நிலைகளில் பொருத்தமானது எனவும், பெரிய பொருள்களில் பொருத்தமற்றது எனவும் நிரூபி.

தீர்வு

i) எலக்ட்ரானின் உந்தம்,

$$p=\sqrt{2mK}=\sqrt{2\times9.1\times10^{-31}\times2\times1.6\times10^{-19}}$$
$$=7.63\times10^{-25}\,kg\,ms^{-1}$$

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 127 04-03-2022 13:09:06

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

சில பொருள்களின் உருப்பெருக்கப்பட்ட பிம்பம்

ஊடுருவு எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி மூலம் எடுக்கப்பட்ட 'வீட்டு ஈ'யின் பெரிதாக்கப்பட்ட வண்ணப்படம் (மஸ்கோடொமெஸ்டிக்கா)

ஊசி மற்றும் நூல்

எலக்ட்ரானின் டி ப்ராய் அலைநீளம்,

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.626\times10^{-34}}{7.63\times10^{-25}} = 0.868\times10^{-9}\,\text{m}$$

$$= 8.68\ \text{Å}$$

ii) துப்பாக்கிக்குண்டின் உந்தம்,

$$p = mv = 0.050\times200 = 10\ \text{kgms}^{-1}$$

துப்பாக்கிக்குண்டின் டி ப்ராய் அலைநீளம்,

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.626\times10^{-34}}{10} = 6.626\times10^{-35}\ \text{m}$$

iii) காரின் உந்தம்,

$$p = mv = 4000\times50 = 2\times10^{5}\ \text{kgms}^{-1}$$

காரின் டி ப்ராய் அலைநீளம்,

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.626\times10^{-34}}{2\times10^{5}} = 3.313\times10^{-39}\ \text{m}$$

இந்தக் கணக்கீடுகளில் இருந்து எலக்ட்ரானின் டி ப்ராய் அலைநீளம் குறிப்பிடத்தக்க அளவு உள்ளது எனத் தெரிகிறது ($\approx10^{-9}m$. இம்மதிப்பை விளிம்பு விளைவு சோதனைகள் மூலம் அளந்து விடமுடியும்). ஆனால் இயங்குகின்ற துப்பாக்கிக் குண்டு மற்றும் கார் ஆகியவற்றின் டி ப்ராய் அலைநீளங்கள் புறக்கணிக்கத்தக்க அளவு மிகச் சிறியதாக உள்ளன ($\approx10^{-33}$ m மற்றும் 10^{-39} m. இம்மதிப்புகளை எந்தவொரு சோதனை மூலமும் அளக்கமுடியாது).

எனவே, பருப்பொருளின் அலை இயல்பு ஆனது அணு நிலைகளில் பொருத்தமானது எனவும், பெரிய அமைப்புகளில் பொருத்தமற்றது எனவும் நிரூபிக்கப்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 8.7

400 V மின்னழுத்த வேறுபாட்டினால் முடுக்கப்படும் ஆல்ஃபா துகளின் டி ப்ராய் அலைநீளத்தைக் காண்க. (தரவு: புரோட்டானின் நிறை 1.67×10^{-27} kg).

தீர்வு

ஒரு ஆல்ஃபா துகளில் 2 புரோட்டான்கள் மற்றும் 2 நியூட்ரான்கள் உள்ளன. எனவே ஆல்ஃபா துகளின் நிறை M ஆனது புரோட்டானின் (அல்லது நியூட்ரானின்) நிறையைப் (m_p) போன்று நான்கு மடங்கு ஆகும். அதன் மின்னூட்டம் q ஆனது புரோட்டானின் மின்னூட்டத்தைப் $(+e)$ போல இரு மடங்கு ஆகும்.

ஆல்பா துகளின் டி ப்ராய் அலைநீளம்,

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2MqV}} = \frac{h}{\sqrt{2\times(4m_p)\times(2e)\times V}}$$

$$= \frac{6.626\times10^{-34}}{\sqrt{2\times4\times1.67\times10^{-27}\times2\times1.6\times10^{-19}\times400}}$$

$$= \frac{6.626\times10^{-34}}{4\times20\times10^{-23}\sqrt{1.67\times1.6}} = 0.00507\ \text{Å}$$

எடுத்துக்காட்டு 8.8

ஒரு புரோட்டான் மற்றும் ஒரு எலக்ட்ரான் ஆகியவை சமமான டி ப்ராய் அலைநீளத்தைக் கொண்டுள்ளன எனில், இரண்டில் எது வேகமாக இயங்குகிறது மற்றும் எது அதிக இயக்க ஆற்றலைக் கொண்டிருக்கும்?

தீர்வு

$\lambda = \dfrac{h}{\sqrt{2mK}}$ என்பது நமக்குத் தெரியும்.

புரோட்டான் மற்றும் எலக்ட்ரான் ஆகியவை சமமான டி ப்ராய் அலைநீளத்தைக் கொண்டிருப்பதால், நமக்குக் கிடைப்பது

$$\frac{h}{\sqrt{2m_pK_p}} = \frac{h}{\sqrt{2m_eK_e}} \text{ (அல்லது) } \frac{K_p}{K_e} = \frac{m_e}{m_p}$$

$m_e < m_p$ என்பதால், $K_p < K_e$ ஆகும். எனவே எலக்ட்ரான் ஆனது புரோட்டானை விட அதிக இயக்க ஆற்றலைப் பெற்றிருக்கும்.

$$\frac{K_p}{K_e} = \frac{\frac{1}{2}m_pv_p^2}{\frac{1}{2}m_ev_e^2} \text{ (அல்லது) } \frac{v_p}{v_e} = \sqrt{\frac{K_pm_e}{K_em_p}}$$

$$\frac{v_p}{v_e} = \sqrt{\frac{m_e^2}{m_p^2}} = \frac{m_e}{m_p} \quad \text{ஏனெனில்} \quad \frac{K_p}{K_e} = \frac{m_e}{m_p}$$

$m_e < m_p$ என்பதால், $v_p < v_e$ ஆகும். எலக்ட்ரான் ஆனது புரோட்டானை விட வேகமாகச் செல்கிறது.

8.4 X–கதிர்கள்

அறிமுகம்

ஒளிமின் விளைவின் போது ஃபோட்டான்கள் படுவதால் எலக்ட்ரான்கள் உமிழப் படுகின்றன என்பதை குவாண்டம் கொள்கை விளக்குகிறது. இதில் ஆற்றல் ஆனது ஃபோட்டான்களில் இருந்து எலக்ட்ரான்களுக்கு மாற்றப்படுகிறது. இதனைத் தொடர்ந்து, இதற்கு மறுதலை நிகழ்வு சாத்தியமா எனும் வினா எழுகிறது.

அதாவது, எலக்ட்ரான் இயக்க ஆற்றலை ஃபோட்டான் ஆற்றலாக மாற்ற இயலுமா அல்லது இயலாதா என்பதாகும். இந்த வினாவிற்கு விடையளிக்கும் நிகழ்வு ஆனது பிளாங்கின் கதிர்வீச்சுப் பற்றிய குவாண்டம் கொள்கைக்கு முன்பாகவே கண்டறியப் பட்டுள்ளது. அந்த நிகழ்வைப் பற்றி இப்போது பார்ப்போம்.

X-கதிர்களின் கண்டுபிடிப்பு

வேகமாக இயங்கும் எலக்ட்ரான்கள் குறிப்பிட்ட சில பொருள்களின் மீது விழும்போது, அதிக ஊடுருவும் திறன் கொண்ட கதிர்வீச்சு வெளிப்படுவதை வில்ஹெம் ராண்ட்ஜென் என்பவர் 1895 இல் கண்டறிந்தார். அந்த காலகட்டத்தில் அக்கதிர்களின் தோற்றம் பற்றித் தெரியவில்லை என்பதால், அவை x–கதிர்கள் எனப் பெயரிடப்பட்டன.

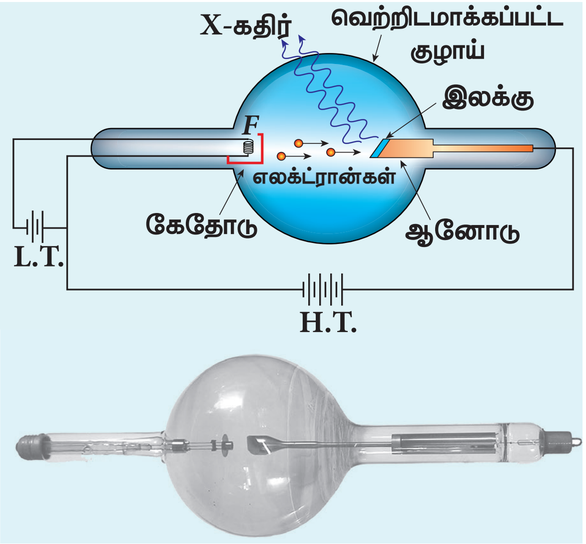
0.1Å முதல் 100Å வரை குறைந்த அலைநீளம் கொண்ட மின்காந்த அலைகள், x–கதிர்கள் எனப்படும். இவை ஒளியின் வேகத்தில் நேர்கோட்டில் பயணம் செய்யும். மேலும் மின் மற்றும் காந்தப்புலங்களால் விலகலடையாது. X–கதிர் ஃபோட்டான்கள் உயர் அதிர்வெண் அல்லது குறைந்த அலைநீளம் கொண்டுள்ளதால், அதிக அளவு ஆற்றல் கொண்டவை. கண்ணுறு ஒளி புகுந்து செல்ல இயலாத பொருள்களின் வழியாகக் கூட x–கதிர்கள் ஊடுருவிச் செல்லக்கூடியவை.

X–கதிர்களின் தரமானது அதன் ஊடுருவுதிறனைப் பொருத்து அளவிடப்படுகிறது. இவற்றின் ஊடுருவுதிறனானது இலக்கு பொருள்களின் மீது மோதுகின்ற எலக்ட்ரான்களின் திசைவேகம் மற்றும் இலக்கு பொருள்களின் அணு எண் ஆகியவற்றைப் பொருத்து அமையும். X–கதிர்களின் செறிவானது இலக்கின் மீது மோதும் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையைப் பொருத்தது.

X-கதிர்கள் உற்பத்தி

X–கதிர்க் குழாய் எனப்படும் மின்னிறக்கக் குழாய்கள் மூலம் x–கதிர்கள் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன (படம் 8.20). மின்கலத்தொகுப்பின் (L.T.) மூலம் டங்ஸ்டன் மின்னிழை F ஆனது வெண்ணொளிர்வு நிலைக்கு (incandescence) சூடேற்றப்படுகிறது. இதன் விளைவாக, வெப்ப அயனி உமிழ்வின் மூலம் எலக்ட்ரான்கள் உமிழப் படுகின்றன.

மின்னிழை F மற்றும் ஆனோடு இடையே உள்ள உயர் மின்னழுத்த வேறுபாட்டினால் (H.T.), எலக்ட்ரான்கள் அதிக வேகத்தில் முடுக்கப்படுகின்றன. தாமிரத்தால் செய்யப்பட்ட ஆனோட்டின் முகப்புப் பகுதியில் டங்ஸ்டன், மாலிப்டீனம் போன்ற இலக்குப் பொருள் பொதித்து வைக்கப்பட்டுள்ளது. X–கதிர்கள் குழாயிலிருந்து வெளியேறுவதற்கு ஏதுவாக, எலக்ட்ரான் கற்றையைப் பொருத்து இலக்குப் பொருளின் முகப்புப் பகுதி 45° கோணத்தில்



படம் 8.20 X−கதிர்கள் உற்பத்தி

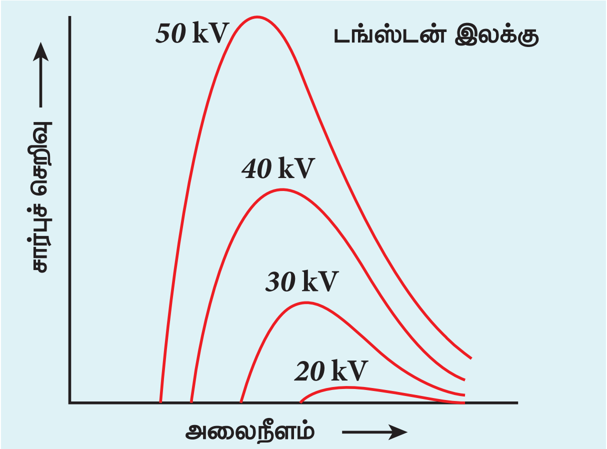
சாய்வாக வைக்கப்பட்டுள்ளது. இதனால் x−கதிர்கள் மின்னிறக்கக் குழாயின் ஒரு பக்கத்தில் வெளியேறுகிறது.

இலக்கின் மீது அதிவேக எலக்ட்ரான்கள் மோதும் போது, திடீரென ஏற்படும் எதிர் முடுக்கத்தினால் தம் இயக்க ஆற்றலை இழக்கின்றன. இதன் விளைவாக, x−கதிர் ஃபோட்டான்கள் உருவாகின்றன. மோதும் எலக்ட்ரான்களின் இயக்க ஆற்றலின் பெரும்பகுதி வெப்பமாக மாறுவதால், அதிக அளவு உருகுநிலை கொண்ட இலக்கு பொருள்கள் மற்றும் குளிர்விப்பான் அமைப்பு ஆகியவை பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

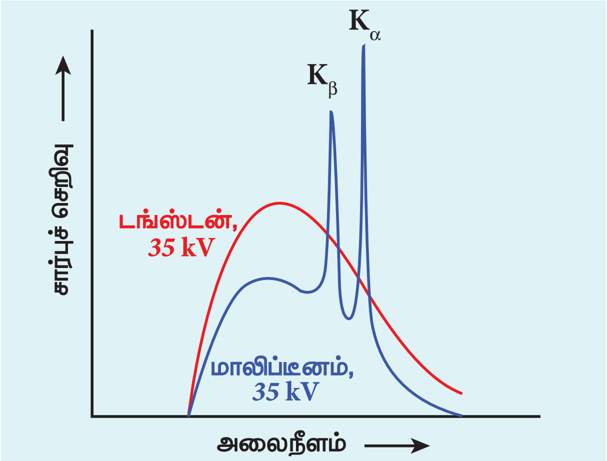
X−கதிர் நிறமாலை (X-ray spectrum)

உலோக இலக்கின் மீது வேகமாகச் செல்லும் எலகட்ரான்கள் மோதுவதால் x−கதிர்கள் உருவாகின்றன. **X−கதிர்களின் அலைநீளத்தைப் பொருத்து x−கதிர்களின் செறிவிற்கு வரையப்படும் வளைகோடு ஆனது x−கதிர் நிறமாலை எனப்படும்.** X−கதிர் நிறமாலை ஆனது தொடர்நிறமாலை மற்றும் அதன் மீது மேற்பொருந்தியுள்ள முகடுகள் எனும் இரு பகுதிகளைக் கொண்டது (படம் 8.21 (அ) மற்றும் (ஆ)).

தொடர் நிறமாலை (Continuous spectrum) என்பது குறிப்பிட்ட சிறும அலைநீளம் λ_0 முதல் தொடர்ச்சியாக அனைத்து அலைநீளங்களை கொண்ட கதிர்வீச்சுகளால் ஆக்கப்பட்டுள்ளது. மின்வாய்களின் மின்னழுத்த வேறுபாட்டைப் பொருத்து சிறும அலைநீளத்தின் மதிப்பு அமையும். மேற்பொருந்தும் முகடுகள் இலக்கு செய்யப்பட்ட பொருளின் சிறப்பியல்பினைப் பொருத்து அமைவதால், அது சிறப்பு நிறமாலை (Characteristic spectrum) எனப்படுகின்றன. படம் 8.21 (அ) வில் பல்வேறு முடுக்கு மின்னழுத்த வேறுபாடுகளில் டங்ஸ்டனின் x−கதிர் நிறமாலையும், படம் 8.21 (ஆ) வில் ஒரு குறிப்பிட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் டங்ஸ்டன் மற்றும் மாலிப்டீனம் இலக்குகளின் x−கதிர் நிறமாலையும் காட்டப்பட்டுள்ளன.



படம் 8.21 (அ) பல்வேறு முடுக்கு மின்னழுத்த வேறுபாடுகளில் டங்ஸ்டனின் x−கதிர் நிறமாலை



படம் 8.21 (ஆ) 35 kV மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் டங்ஸ்டன் மற்றும் மாலிப்டீனத்தின் x−கதிர் நிறமாலை

முடுக்கப்படும் எலக்ட்ரான்களில் இருந்து கதிர்வீச்சு உமிழப்படும் என்பதை பண்டைய மின்காந்தக் கொள்கை எடுத்துரைத்தாலும், x−கதிர் நிறமாலையில் உள்ள பின்வரும் இரண்டு சிறப்பம்சங்களை விளக்க இயலவில்லை.

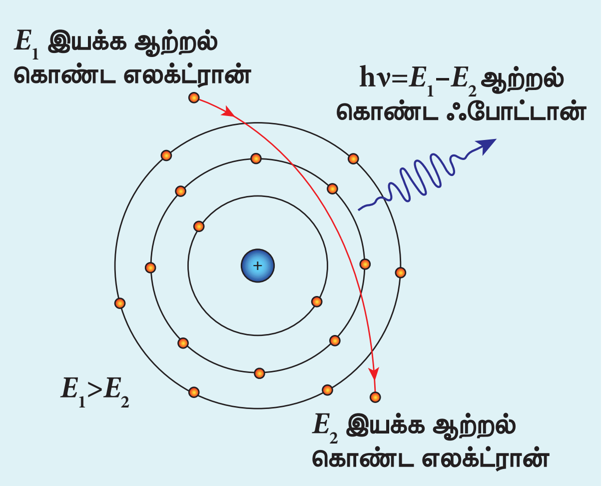
(i) கொடுக்கப்பட்ட முடுக்கு மின்னழுத்த வேறுபாட்டில், தொடர் x−கதிர் நிறமாலையில் அலைநீளத்தின் சிறும மதிப்பானது எல்லா இலக்கு பொருள்களுக்கும் சமமாக உள்ளது. இந்தச் சிறும அலைநீளம் ஆனது வெட்டு அலைநீளம் (cut-off wavelength) எனப்படும்.

(ii) வரையறுக்கப்பட்ட குறிப்பிட்ட சில அலைநீளங்களில் x–கதிர்களின் செறிவு கணிசமாக அதிகரிக்கிறது. இது மாலிப்டீனத்தின் சிறப்பு நிறமாலையில் காட்டப்பட்டுள்ளது (படம் 8.21 (ஆ)).

ஆனால் கதிர்வீச்சின் ஃபோட்டான் கொள்கை மூலம், இந்த இரு சிறப்பம்சங்களை விளக்கமுடியும்.

தொடர் x–கதிர் நிறமாலை

அதிவேக எலக்ட்ரான் ஆனது இலக்குப் பொருளை ஊடுருவி அதன் அணுக்கருவை நெருங்கும் போது, எலக்ட்ரான் மற்றும் அணுக்கரு இடையே உள்ள இடைவினை காரணமாக எலக்ட்ரான் முடுக்கம் அல்லது எதிர் முடுக்கம் அடைகிறது. இதன் விளைவாக எலக்ட்ரானின் பாதையில் மாற்றம் ஏற்படுகிறது. இவ்வாறான **எதிர் முடுக்கம் அடைந்த எலக்ட்ரானால் தோற்றுவிக்கப்படும் கதிர்வீச்சு ப்ரம்ஸ்டிராலங் அல்லது தடையுறு கதிர்வீச்சு (Bremsstrahlung or braking radiation) எனப்படும் (படம் 8.22).**



படம் 8.22 எதிர்முடுக்கமடைந்த எலக்ட்ரானிலிருந்து வெளிவரும் ப்ரம்ஸ்டிராலங் ஃபோட்டான்

உமிழப்படும் ஃபோட்டானின் ஆற்றலானது எலக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றல் இழப்புக்குச் சமமாகும். எலக்ட்ரான் தனது ஆற்றலின் ஒரு பகுதி அல்லது மொத்த ஆற்றலையும் போட்டானுக்கு கொடுப்பதால், சாத்தியமுள்ள அனைத்து ஆற்றல்களிலும் (அல்லது அதிர்வெண்களிலும்) ஃபோட்டான்கள் வெளிப்படுகின்றன. இத்தகைய கதிர்வீச்சு மூலம் தொடர் x–கதிர் நிறமாலை உருவாகின்றது.

எலக்ட்ரான் தனது மொத்த ஆற்றலையும் அளிக்கும் போது, அதிகபட்ச அதிர்வெண் ν_0 (அல்லது குறைந்தபட்ச அலைநீளம் λ_0) கொண்ட ஃபோட்டான் உமிழப்படுகிறது. எலக்ட்ரானின் ஆரம்ப இயக்க ஆற்றல் eV ஆகும். இங்கு V என்பது முடுக்கு மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகும். எனவே,

$$h\nu_0 = eV \quad \text{(அல்லது)} \quad \frac{hc}{\lambda_0} = eV$$

$$\lambda_0 = \frac{hc}{eV}$$

இங்கு λ_0 என்பது வெட்டு அலைநீளம் ஆகும். தெரிந்த மதிப்புகளை மேற்கண்ட சமன்பாட்டில் பிரதியிட்டால், நமக்குக் கிடைப்பது

$$\lambda_0 = \frac{12400}{V}\ \text{Å} \qquad (8.14)$$

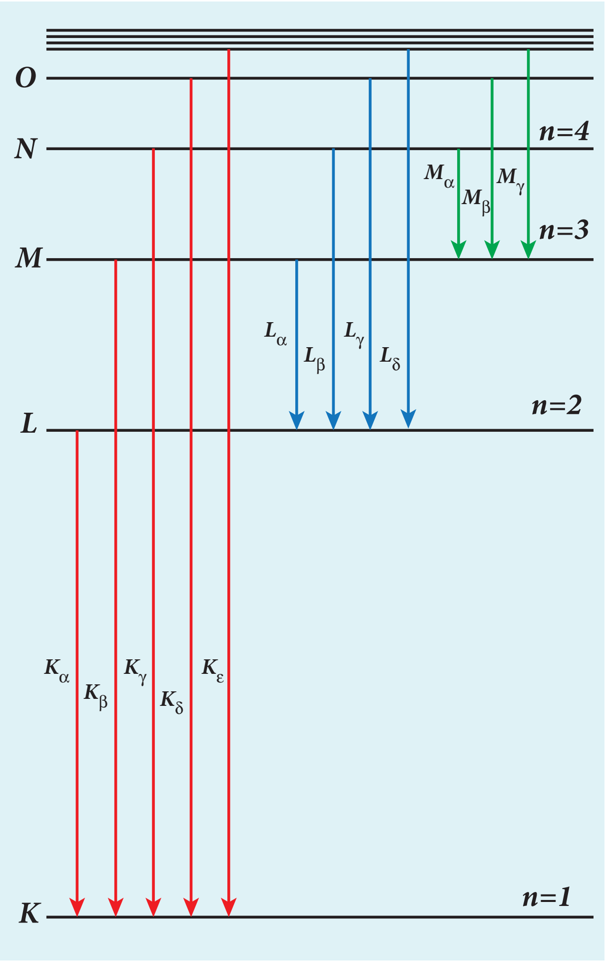
சமன்பாடு (8.14)இல் காட்டப்பட்டுள்ள தொடர்பு, **டூயான் – ஹண்ட் வாய்ப்பாடு** எனப்படும்.

λ_0 இன் மதிப்பு முடுக்கு மின்னழுத்தத்தை மட்டும் பொருத்து அமையும். எனவே கொடுக்கப்பட்ட முடுக்கு மின்னழுத்தத்தில், எல்லா இலக்கு பொருள்களுக்கும் λ_0 இன் மதிப்பு சமம் ஆகும். இது சோதனை முடிவுகளுடன் நன்கு பொருந்தியுள்ளது. எனவே, தொடர் x–கதிர் நிறமாலை உருவாக்கம் மற்றும் வெட்டு அலைநீளத்தின் தோற்றம் ஆகியவற்றைக் கதிர்வீச்சு பற்றிய ஃபோட்டான் கொள்கையின் அடிப்படையில் விளக்கமுடியும்.

சிறப்பு x–கதிர் நிறமாலை

உயர் வேக எலக்ட்ரான்களால் இலக்குப் பொருள் தாக்கப்படும் போது, நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட சில அலைநீளங்களில் குறுகிய முகடுகள் x–கதிர் நிறமாலையில் தோன்றுகின்றன. இந்த முகடுகளுடன் தோன்றும் வரி நிறமாலை ஆனது சிறப்பு x–கதிர் நிறமாலை எனப்படும். இந்த x–கதிர் நிறமாலை அணுவினுள் ஏற்படும் எலக்ட்ரான் நிலைமாற்றத்தினால் (electronic transition) தோன்றுகின்றது.

இலக்கு அணுவின் உள்ளே ஊடுருவும் அதிக ஆற்றல் கொண்ட எலக்ட்ரான் ஆனது சில K–கூடு எலக்ட்ரான்களை வெளியேற்ற முடியும். பிறகு சில K–கூட்டில் ஏற்பட்டுள்ள காலியிடத்தை நிரப்புவதற்கு வெளிவட்டப்பாதையில் இருந்து எலக்ட்ரான்கள் தாவுகின்றன. இந்த கீழ் நோக்கிய நிலைமாற்றத்தின் போது, ஆற்றல் மட்டங்களுக்கு இடைப்பட்ட ஆற்றல் வேறுபாடு ஆனது x–கதிர் ஃபோட்டான் வடிவில் வெளிப்படுகிறது. இந்த ஃபோட்டானின் அலைநீளம் வரையறுக்கப்பட்ட மதிப்பைக் கொண்டிருக்கும். இலக்குப் பொருளின் சிறப்புப் பண்பாக அமையும் இந்த அலைநீளங்கள், வரி நிறமாலையை உருவாக்குகின்றன.



படம் 8.23 சிறப்பு x−கதிர் நிறமாலையின் தோற்றம்

படம் 8.23 இல் இருந்து, *L, M, N*.... போன்ற ஆற்றல் மட்டத்தில் இருந்து *K*−ஆற்றல் மட்டத்திற்கு எலக்ட்ரான் நிலைமாற்றம் நடைபெறுவதால், *K*−வரிசை நிறமாலைவரிகள் தோன்றுகின்றன என்பது தெளிவாகிறது. இதே போல, *L*−எலக்ட்ரான்கள் அணுவில் இருந்து வெளியேற்றப்பட்டால், *M, N, O*.... போன்ற ஆற்றல் மட்டத்தில் இருந்து *L*−ஆற்றல் மட்டத்திற்கு எலக்ட்ரான் நிலைமாற்றம் நடைபெறுகிறது. இதன்மூலம் அதிக அலைநீளம் கொண்ட *L*−வரிசை நிறமாலைவரிகள் தோன்றுகின்றன. மற்ற வரிசைகளும் இது போலவே உருவாகின்றன.

K−வரிசையின் K_α மற்றும் K_β வரிகள், படம் 8.21 (ஆ) இல் உள்ள மாலிப்டீனத்தின் x−கதிர் நிறமாலையின் இரு முகடுகள் மூலம் காட்டப்பட்டுள்ளன.

X-கதிரின் பயன்பாடுகள்

X−கதிர்கள் பல்வேறு துறைகளில் பயன்படுகின்றன. அதில் சிலவற்றை நாம் பட்டியலிடுவோம்.

1) மருத்துவத்துறையில் நோய் அறிதல்

X−கதிர்கள் எலும்புகளை விட தசைகளை எளிதாக ஊடுருவுகின்றன. இதனால் எலும்புகளின் ஆழமான நிழலும், தசைகளின் மேலோட்டமான நிழலும் கொண்ட x−கதிர்ப்படத்தைப் பெறமுடியும். X−கதிர்ப்படமானது எலும்பு முறிவு, உடலின் உள்ளே உள்ள அந்நியப் பொருள்கள், நோயினால் தாக்கப்பட்ட உடல் உறுப்புகள் ஆகியவற்றைக் கண்டறியப் பயன்படுகிறது.

2) மருத்துவத்துறையில் சிகிச்சை

நோயுற்ற திசுக்களை x−கதிர்கள் அழிக்கக் கூடியவை என்பதால், தோல் நோய்கள், புற்றுநோய் கட்டிகள் போன்றவற்றைக் குணமாக்குவதற்கு இவை பயன்படுகின்றன.

3) தொழில் துறை

பற்ற வைக்கப்பட்ட இணைப்புகளில் உள்ள விரிசல்கள், வாகன டயர்கள், டென்னிஸ் பந்துகள் மற்றும் மரங்கள் ஆகியவற்றைச் சோதனை செய்ய x−கதிர்கள் பயன்படுகின்றன. சுங்கச்சாவடிகளில் தடைசெய்யப்பட்ட பொருள்களைக் கண்டு பிடிப்பதற்கும் பயன்படுகின்றன.

4) அறிவியல் ஆராய்ச்சி

படிகப் பொருள்களின் கட்டமைப்பை − அதாவது, படிகங்களில் உள்ள அணுக்கள் மற்றும் மூலக்கூறுகளின் அமைவுகளை அறிவதற்கு x−கதிர் விளிம்பு விளைவு சிறந்த கருவியாக உள்ளது.

எடுத்துக்காட்டு 8.9

20,000 V முடுக்கு மின்னழுத்தம் உள்ள x−கதிர் குழாயில் இருந்து வெளிவரும் x−கதிர்களின் வெட்டு அலைநீளம் மற்றும் வெட்டு அதிர்வெண் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

தொடர் நிறமாலையில், x−கதிர்களின் வெட்டு அலைநீளம்,

$$\lambda_\circ = \frac{12400}{V}\,\text{Å} = \frac{12400}{20000}\,\text{Å}$$
$$= 0.62\,\text{Å}$$

இதற்குத் தொடர்புடைய வெட்டு அதிர்வெண்,

$$v_0 = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{3\times10^8}{0.62\times10^{-10}} = 4.84\times10^{18}\,\text{Hz}$$

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 132 04-03-2022 13:09:19

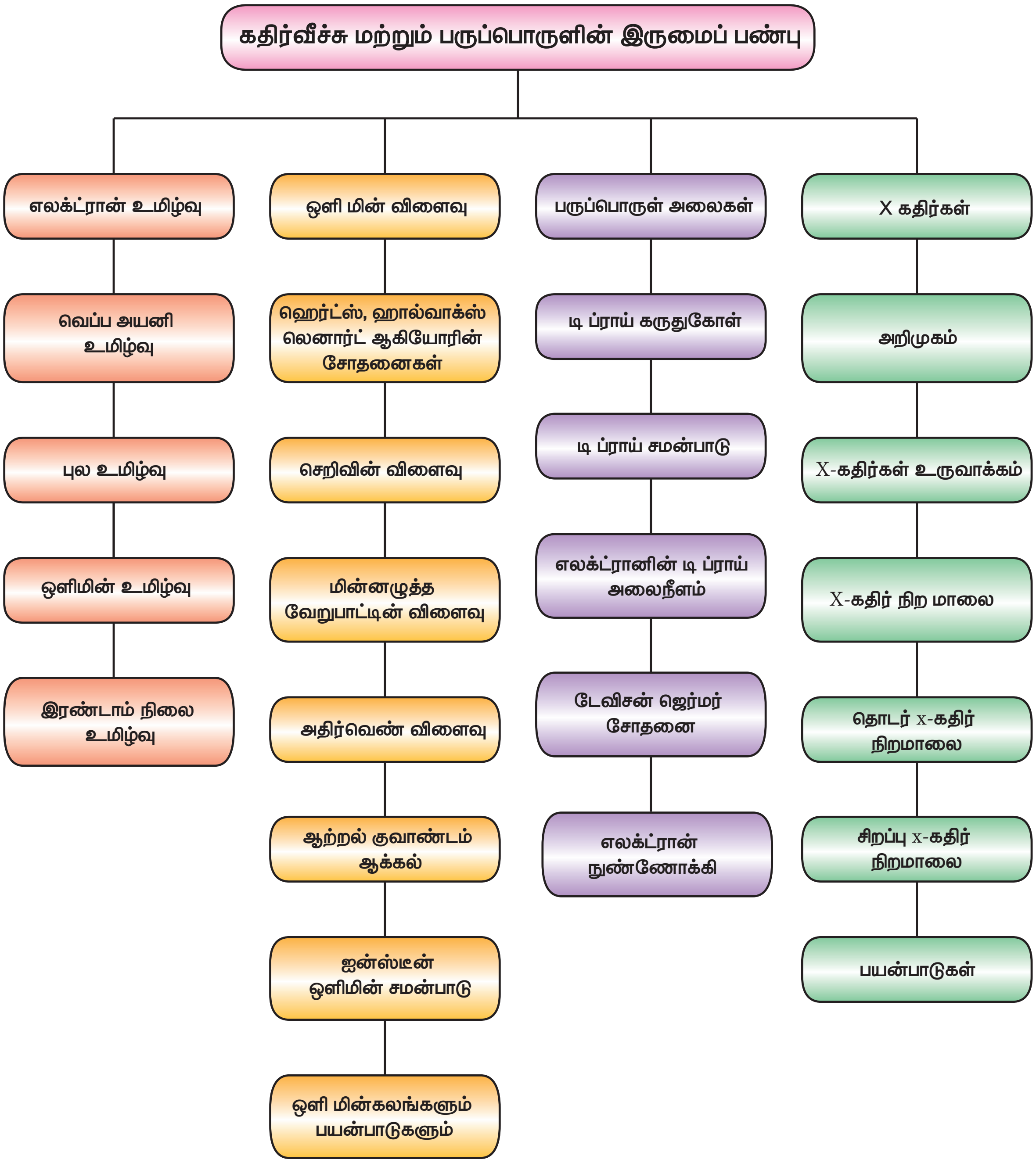
பாடச்சுருக்கம்

- துகள் என்பது மிகச்சிறிய அளவிலான குவிக்கப்பட்ட பருப்பொருள் என கருதப்படுகிறது (குறிப்பிட்ட இடம் மற்றும் கால எல்லைகள்). ஆனால் அலை என்பது அகன்ற பரவலான ஆற்றலாகும் (குறிப்பிட்ட இடம் மற்றும் கால எல்லைகள் இல்லாதது).
- பொருளின் எந்தவொரு பரப்பிலிருந்தும் எலக்ட்ரான் வெளியேற்றப்படும் நிகழ்வு எலக்ட்ரான் உமிழ்வு எனப்படும்.
- உலோகத்தின் பரப்பிலிருந்து எலக்ட்ரானை வெளியேற்றத் தேவைப்படும் சிறும ஆற்றல் உலோகத்தின் வெளியேற்று ஆற்றல் எனப்படும்.
- 1 eV என்பது 1.602×10^{-19} J க்குச் சமமாகும்.
- வெப்ப ஆற்றலால் ஏற்படும் எலக்ட்ரான் உமிழ்வு வெப்ப அயனி உமிழ்வு எனப்படும்.
- மிக வலிமையான மின்புலத்தை உலோகத்தின் குறுக்கே அளிக்கும் போது மின்புல உமிழ்வு ஏற்படுகிறது.
- குறிப்பிட்ட அதிர்வெண் கொண்ட மின்காந்தக் கதிர்வீச்சு உலோக பரப்பின் மீது படும்போது, ஒளிமின் உமிழ்வு நடைபெறுகிறது
- மிக வேகமாகச் செல்லும் எலக்ட்ரான் கற்றை உலோகத்தின் பரப்பின் மீது மோதும்போது இரண்டாம் நிலை எலக்ட்ரான் உமிழ்வு ஏற்படுகிறது.
- ஒளி மின்னோட்டம் ஆனது (ஒரு வினாடியில் உமிழப்படும் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை) படும் ஒளியின் செறிவிற்கு நேர்த்தகவில் அமையும்.
- நிறுத்து மின்னழுத்தம் என்பது பெரும இயக்க ஆற்றலைக் கொண்ட ஒளி எலக்ட்ரான்களை நிறுத்தி, ஒளி மின்னோட்டத்தை சுழியாக்குவதற்கு ஆனோடிற்கு அளிக்கப்படும் எதிர் (எதிர் முடுக்கு) மின்னழுத்தத்தின் மதிப்பாகும்
- நிறுத்து மின்னழுத்தம் படுஒளியின் செறிவைப் பொருத்தது அல்ல.
- ஒளிஎலக்ட்ரான்களின் பெரும இயக்க ஆற்றல் படுஒளியின் செறிவைப் பொறுத்தது அல்ல.
- கொடுக்கப்படும் உலோகப் பரப்பிற்கு, படுகதிரின் அதிர்வெண் ஒரு குறிப்பிட்ட சிறும அதிர்வெண்ணை விட அதிகமாக இருந்தால் மட்டுமே ஒளிஎலக்ட்ரான் உமிழ்வு ஏற்படும். இந்தச் சிறும அதிர்வெண் பயன்தொடக்க அதிர்வெண் எனப்படும்.
- பிளாங்க் கொள்கைப்படி, ஒரு பொருளானது அதிக எண்ணிக்கை கொண்ட வெவ்வேறு அதிர்வெண்ணில் அதிர்வடையும் துகள்களை (அணுக்கள்) கொண்டிருக்கும்.
- ஐன்ஸ்டீனின் கொள்கைப்படி, ஒளி ஆற்றலானது அலை முகப்புகளில் பரவியில்லாமல், சிறு சிப்பங்கள் அல்லது குவாண்டாவில் குவிக்கப்பட்டிருக்கும்.
- வரையறுக்கப்பட்ட ஆற்றல் மற்றும் உந்தத்தை பெற்ற ஒவ்வொரு ஒளி குவாண்டமும் **ஃபோட்டான்** எனப்படும்.
- ஒளி பரவும் போது அலையாகவும், பொருள்களுடன் இடைவினை புரியும் போது துகளாகவும் செயல்படுகிறது.
- ஒளி மின்கலம் என்பவை ஒளி ஆற்றலை மின் ஆற்றலாக மாற்றும் சாதனம் ஆகும்.
- இயக்கத்தில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள், புரோட்டான்கள் மற்றும் நியூட்ரான்கள் போன்ற அனைத்து பருப்பொருள் துகள்களும் அலைப்பண்பைப் பெற்றுள்ளன. அவற்றுடன் தொடர்புடைய இந்த அலைகள் டி ப்ராய் அலைகள் அல்லது பருப்பொருள் அலைகள் எனப்படுகின்றன.
- எலக்ட்ரானின் அலை இயல்பு எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் வடிமைப்பில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.
- 1927 இல் கிளின்டன் டேவிசன் மற்றும் லெஸ்ட் ஜெர்மர் ஆகியோர் டி ப்ராயின் பருப்பொருள் அலைகள் பற்றிய எடுகோளை சோதனை வாயிலாக உறுதி செய்துள்ளனர்.

www.tnschoolbooks.in

- வேகமாக இயங்கும் எலக்ட்ரான்கள் குறிப்பிட்ட சில பொருள்களின் மீது விழும்போது, அதிக ஊடுருவும் திறன் கொண்ட x–கதிர்கள் எனப்பெயரிடப்பட்ட கதிர்வீச்சு வெளிவிடப்படுகின்றது.
- தொடர் நிறமாலை என்பது குறிப்பிட்ட சிறும அலைநீளம் λ_0 முதல் தொடர்ச்சியாக அனைத்து அலைநீளங்களை கொண்ட கதிர்வீச்சுகளால் ஆக்கப்பட்டுள்ளது.
- உயர் வேக எலக்ட்ரான்களால் இலக்குப் பொருள் தாக்கப்படும் போது, நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட சில அலைநீளங்களில் குறுகிய முகடுகள் x–கதிர் நிறமாலையில் தோன்றுகின்றன. இந்த முகடுகளுடன் தோன்றும் வரி நிறமாலை ஆனது சிறப்பு x–கதிர் நிறமாலை எனப்படும்.

கருத்து வரைபடம்



XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 134 04-03-2022 13:09:19

மதிப்பீடு

I சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடுத்தல்

1. λ_e அலைநீளம் கொண்ட எலக்ட்ரான் மற்றும் λ_p கொண்ட ஃபோட்டான் ஆகியவை ஒரே ஆற்றலைப் பெற்று இருப்பின், அலைநீளங்கள் λ_e மற்றும் λ_p இடையிலான தொடர்பு (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. எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் பயன்படும் எலக்ட்ரான்கள் 14 kV மின்னழுத்த வேறுபாட்டினால் முடுக்கப்படுகின்றன. இந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு 224 kV ஆக அதிகரிக்கும்போது, எலக்ட்ரானின் டி ப்ராய் அலைநீளமானது

a) 2 மடங்கு அதிகரிக்கும்

b) 2 மடங்கு குறையும்

c) 4 மடங்கு குறையும்

d) 4 மடங்கு அதிகரிக்கும்

GSZOC

3. 3×10^{-6} g நிறை கொண்ட துகளுடன் தொடர்புடைய அலையின் அலைநீளம் மற்றும் $6\times10^6 \text{ m s}^{-1}$ திசைவேகத்தில் நகரும் எலக்ட்ரானின் அலைநீளம் ஆகியவை சமமாக இருப்பின், துகளின் திசைவேகம்

a) $1.82\times10^{-18} \text{ m s}^{-1}$

b) $9\times10^{-2} \text{ m s}^{-1}$

c) $3\times10^{-31} \text{ m s}^{-1}$

d) $1.82\times10^{-15} \text{ m s}^{-1}$

4. λ அலைநீளமுள்ள கதிர்வீச்சினால் ஒரு உலோகப் பரப்பு ஒளியூட்டப்படும் போது, அதன் நிறுத்து மின்னழுத்தம் V ஆகும். 2λ அலைநீளமுள்ள ஒளியினால் அதே பரப்பு ஒளியூட்டப்பட்டால், நிறுத்து மின்னழுத்தம் $\frac{V}{4}$ ஆகும். எனில் அந்த உலோகப்பரப்பிற்கான பயன்தொடக்க அலைநீளம் (NEET 2016)

a) 4λ b) 5λ

c) $\frac{5}{2}\lambda$ d) 3λ

5. 330 nm அலைநீளம் கொண்ட ஒளியானது 3.55 eV வெளியேற்று ஆற்றல் கொண்ட உலோகத்தின் மீது படும் போது, உமிழப்படும் எலக்ட்ரானுடன் தொடர்புடைய அலையின் அலைநீளமானது ($h = 6.6 \times 10^{-34}$ Js எனக் கொள்க)

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. ஒளிஉணர் பரப்பு ஒன்று அடுத்தடுத்து λ மற்றும் $\lambda/2$ அலைநீளம் கொண்ட ஒற்றை நிற ஒளியினால் ஒளியூட்டப்படுகிறது. இரண்டாவது நேர்வில் உமிழப்படும் எலக்ட்ரானின் பெரும இயக்க ஆற்றல் ஆனது முதல் நேர்வில் உமிழப்படும் எலக்ட்ரானின் பெரும இயக்க ஆற்றலை விட 3 மடங்காக இருப்பின், உலோகத்தின் வெளியேற்று ஆற்றலானது (NEET 2015)

a) $\frac{hc}{\lambda}$ b) $\frac{2hc}{\lambda}$

c) $\frac{hc}{3\lambda}$ d) $\frac{hc}{2\lambda}$

7. ஒளிமின் உமிழ்வு நிகழ்வில், ஒரு குறிப்பிட்ட உலோகத்தின் பயன்தொடக்க அதிர்வெண்ணை விட 4 மடங்கு அதிர்வெண் கொண்ட கதிர்வீச்சு அந்த உலோகப்பரப்பில் படும்போது, வெளிப்படும் எலக்ட்ரானின் பெரும திசைவேகமானது

a) $\sqrt{\frac{h\nu_0}{m}}$ b) $\sqrt{\frac{6h\nu_0}{m}}$

c) $2\sqrt{\frac{h\nu_0}{m}}$ d) $\sqrt{\frac{h\nu_0}{2m}}$

8. 0.9 eV மற்றும் 3.3 eV ஃபோட்டான் ஆற்றல் கொண்ட இரண்டு கதிர்வீச்சுகள் ஒரு உலோகப்பரப்பின் மீது அடுத்தடுத்து விழுகின்றன. உலோகத்தின் வெளியேற்று ஆற்றல் 0.6 eV எனில், இரு நேர்வுகளில் வெளிவிடப்படும் எலக்ட்ரான்களின் பெரும வேகங்களின் தகவு

a) 1:4 b) 1:3

c) 1:1 d) 1:9

9. 520 nm அலைநீளம் கொண்ட ஒரு ஒளி மூலம் ஒரு வினாடிக்கு 1.04×10^{15} ஃபோட்டான்களை வெளிவிடுகிறது. 460 nm அலைநீளம் கொண்ட இரண்டாவது ஒளி மூலம் ஒரு வினாடிக்கு 1.38×10^{15} ஃபோட்டான்களை வெளிவிடுகிறது. இரண்டாவது மூலத்தின் திறனுக்கும் முதல் மூலத்தின் திறனுக்கும் இடையே உள்ள விகிதம்

a) 1.00 b) 1.02

c) 1.5 d) 0.98

10. சூரிய ஒளியின் சராசரி அலைநீளம் 550 nm மற்றும் அதன் சராசரி திறன் 3.8×10^{26} W எனில், சூரியனில் இருந்து ஒரு வினாடி நேரத்தில் உமிழப்படும் ஃபோட்டான்களின் தோராயமான எண்ணிக்கையானது

a) 10^{45} b) 10^{42}

c) 10^{54} d) 10^{51}

11. ஒளிமின் வெளியேற்று ஆற்றல் 3.313 eV கொண்ட ஒரு உலோகப்பரப்பின் பயன் தொடக்க அலைநீளம்

a) 4125 Å b) 3750 Å

c) 6000 Å d) 2062.5 Å

12. ஒளிமின் வெளியேற்று ஆற்றல் 1.235 eV கொண்ட ஒரு ஒளிஉணர்வு மிக்க உலோகத்தட்டின் மீது 500 nm அலைநீளம் கொண்ட ஒளி படுகிறது எனில், உமிழப்படும் ஒளிஎலக்ட்ரான்களின் இயக்க ஆற்றலானது ($h = 6.6 \times 10^{-34}$ Js எனக்கொள்க)

a) 0.58 eV b) 2.48 eV

c) 1.24 eV d) 1.16 eV

13. ஒரு உலோகத்தின் மீது λ அலைநீளம் கொண்ட ஃபோட்டான்கள் படுகின்றன. உலோகத்திலிருந்து உமிழப்படும் அதிக ஆற்றல் கொண்ட எலக்ட்ரான்கள், B எண் மதிப்பு கொண்ட செங்குத்து காந்தப்புலத்தினால் R ஆரமுடைய வட்ட வில் பாதையில் வளைக்கப்படுகின்றன எனில், உலோகத்தின் ஒளிமின் வெளியேற்று ஆற்றல் (KVPY-SX 2016)

a) $\dfrac{hc}{\lambda} - m_e + \dfrac{e^2B^2R^2}{2m_e}$

b) $\dfrac{hc}{\lambda} + 2m_e\left[\dfrac{eBR}{2m_e}\right]^2$

c) $\dfrac{hc}{\lambda} - m_ec^2 - \dfrac{e^2B^2R^2}{2m_e}$

d) $\dfrac{hc}{\lambda} - 2m_e\left[\dfrac{eBR}{2m_e}\right]^2$

14. A, B மற்றும் C என்னும் உலோகங்களின் வெளியேற்று ஆற்றல்கள் முறையே 1.92 eV, 2.0 eV மற்றும் 5.0 eV ஆகும். 4100 Å அலைநீளம் கொண்ட ஒளி படும் போது, ஒளிஎலக்ட்ரான்களை உமிழும் உலோகம் / உலோகங்கள்

a) A மட்டும்

b) A மற்றும் B

c) அனைத்து உமிழும்

d) ஏதுமில்லை

15. வெப்ப ஆற்றலை உட்கவர்வதால் எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுவது ___________ உமிழ்வு எனப்படும்

a) ஒளி மின்

b) புல

c) வெப்ப அயனி

d) இரண்டாம் நிலை

விடைகள்

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 சிறு விடை வினாக்கள்

1. உலோகங்களில் கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் ஏன் அதிக எண்ணிக்கையில் உள்ளன?

2. ஒரு உலோகத்தின் ஒளிமின் வெளியேற்று ஆற்றல் என்பதை வரையறு. அதன் அலகைத் தருக.

3. ஒளிமின் விளைவு என்றால் என்ன?

4. படுகதிரின் ஒளிச்செறிவைப் பொருத்து ஒளிமின்னோட்டம் எவ்வாறு மாறுபடுகிறது?

5. குவாண்டம் கருத்துப்படி, ஒளிச்செறிவு என்பதை வரையறை செய்க. அதன் அலகைத் தருக.

6. பயன்தொடக்க அதிர்வெண் என்பதை எவ்வாறு வரையறுப்பாய்?
7. ஒளி மின்கலம் என்றால் என்ன? ஒளி மின்கலத்தின் பல்வேறு வகைகளைக் குறிப்பிடுக.
8. q மின்னூட்டமும், m நிறையும் கொண்ட மின்துகளானது V என்ற மின்னழுத்த வேறுபாட்டினால் முடுக்கப்படும் போது, அதனுடன் தொடர்புடைய டி ப்ராய் அலைநீளத்திற்கான சமன்பாட்டை எழுதுக.
9. டி ப்ராய் கருதுகோளினைக் கூறுக.
10. மட்டைப்பந்தின் அலைப்பண்பினை ஏன் நம்மால் காண முடிவதில்லை?
11. புரோட்டான் மற்றும் எலக்ட்ரான் ஆகியவை சமமான இயக்க ஆற்றலை பெற்றுள்ளன. இதில் எந்த துகளுக்கு டி ப்ராய் அலைநீளம் அதிகமாக இருக்கும்? காரணம் கூறுக.
12. m நிறையுள்ள துகளுடன் தொடர்புடைய டி ப்ராய் அலைநீளத்திற்கான λ சமன்பாட்டை துகளின் இயக்க ஆற்றல் K மூலம் எழுதுக.
13. எலக்ட்ரான் மற்றும் ஆல்ஃபா துகள் ஆகிய இரண்டும் சமமான இயக்க ஆற்றலைப் பெற்றுள்ளன எனில், அவற்றுடன் தொடர்புடைய டி ப்ராய் அலைநீளங்கள் எவ்வாறு தொடர்பு படுத்தப்படுகின்றன?
14. நிறுத்து மின்னழுத்தம் வரையறு.
15. பரப்பு அரண் என்றால் என்ன?
16. பண்டைய மின்காந்தக் கொள்கையினால் விளக்க முடியாத, x–கதிர் நிறமாலையின் இரண்டு சிறப்பம்சங்களைக் குறிப்பிடுக.
17. ப்ரம்ஸ்டிராலங் என்றால் என்ன?

III விரிவான விடை வினாக்கள்

1. எலக்ட்ரான் உமிழ்வு என்பதன் பொருள் என்ன? பல்வேறு வகை எலக்ட்ரான் உமிழ்வுகளைச் சுருக்கமாக விவரி.
2. ஹெர்ட்ஸ், ஹால்வாக்ஸ் மற்றும் லெனார்டு ஆகியோரின் சோதனைகளை சுருக்கமாக விவாதி.
3. ஒளிமின்னோட்டத்தின் மீதான மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் விளைவை விளக்குக.
4. படுஒளியின் அதிர்வெண்ணைப் பொருத்து நிறுத்து மின்னழுத்தம் எவ்வாறு மாற்றமடைகிறது என்பதை விவரி.
5. ஒளிமின் விளைவு விதிகளை வரிசைப்படுத்துக.
6. அலை இயல்பின் அடிப்படையில் ஒளிமின் விளைவினை ஏன் விளக்க முடியாது என்பதை விளக்குக.
7. மேக்ஸ் ப்ளாங்க் முன்மொழிந்த ஆற்றல் குவாண்டமாக்கல் பற்றிய கருத்தினைத் தருக.
8. தகுந்த விளக்கங்களுடன் ஐன்ஸ்டீனின் ஒளிமின் சமன்பாட்டை பெறுக.
9. ஐன்ஸ்டீன் விளக்கத்தின் உதவியுடன் சோதனை அடிப்படையில் கண்டறியப்பட்ட ஒளிமின் விளைவின் கருத்துகளை விளக்குக.
10. ஒளி உமிழ்வு மின்கலத்தின் அமைப்பு மற்றும் வேலை செய்யும் விதத்தை விளக்குக.
11. எலக்ட்ரானின் டி ப்ராய் அலைநீளத்திற்கான சமன்பாட்டினைப் பெறுக.
12. எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் தத்துவம் மற்றும் வேலை செய்யும் விதத்தை சுருக்கமாக விளக்குக.
13. எலக்ட்ரானின் அலை இயல்பினை விவரிக்கும் டேவிசன் – ஜெர்மர் சோதனையை சுருக்கமாக விவரி.
14. ஃபோட்டான்களின் சிறப்பியல்புகளைப் பட்டியலிடுக.
15. ஒளி மின்கலத்தின் பயன்களைத் தருக.
16. சிறப்பு x–கதிர் நிறமாலையை எவ்வாறு நாம் பெறுகிறோம்?

IV. பயிற்சி கணக்குகள்

1. 50 mW திறனும் 640 nm அலைநீளமும் கொண்ட லேசர் ஒளியிலிருந்து ஒரு வினாடிக்கு எத்தனை ஃபோட்டான்கள் வெளிப்படும்?

[விடை : $1.61 \times 10^{17} s^{-1}$]

2. ஒளிமின் விளைவுப் பரிசோதனையில் நிறுத்து மின்னழுத்தம் 81 V எனில், வெளிவிடப்படும் எலக்ட்ரான்களின் பெரும இயக்க ஆற்றல் மற்றும் பெரும வேகத்தைக் கணக்கிடுக.

[விடை: 1.3×10^{-17} J; 5.3×10^{6} ms^{-1}]

3. பின்வரும் கதிர்வீச்சுகளுடன் தொடர்புடைய ஃபோட்டான்களின் ஆற்றலை கணக்கிடுக.
அ) 413 nm அலைநீளம் கொண்ட ஊதா ஒளி
ஆ) 0.1 nm அலைநீளம் கொண்ட x–கதிர்கள்

இ) 10 m அலைநீளம் கொண்ட ரேடியோ அலைகள்

[விடை: 3 eV; 12424 eV; 1.24×10^{-7} eV]

4. 150 W திறன் கொண்ட விளக்கு ஒன்று உமிழும் ஒளியின் சராசரி அலைநீளம் 5500 Å ஆகும். விளக்கின் பயனுறுதிறன் 12% எனில், ஒரு விநாடியில் விளக்கினால் உமிழப்படும் ஃபோட்டான்களின் எண்ணிக்கையை கணக்கிடுக.

[விடை: 4.98×10^{19}]

5. 10^{14} Hz அதிர்வெண் கொண்ட எத்தனை ஃபோட்டான்கள் இணைந்து 19.86 J ஆற்றலை உருவாக்கும்?

[விடை: 3×10^{20}]

6. எலக்ட்ரானின் உந்தமானது 4000 Å அலைநீளம் கொண்ட ஃபோட்டானின் உந்தத்திற்கு சமமாகும் போது, எலக்ட்ரானின் திசைவேக மதிப்பு என்ன?

[விடை: 1818 ms^{-1}]

7. உலோகப்பரப்பு ஒன்றின் மீது 9×10^{14} Hz அதிர்வெண் கொண்ட ஒளி படும்போது வெளிப்படும் ஒளிஎலக்ட்ரான்களின் பெரும வேகம் $8\times10^{5}\,ms^{-1}$ எனில், உலோகப் பரப்பின் பயன்தொடக்க அதிர்வெண்ணைக் கணக்கிடுக.

[விடை: 4.61×10^{14} Hz]

8. ஒளி மின்கலத்தின் கேத்தோடு மீது 6000 Å அலைநீளம் கொண்ட ஒளி படும்போது ஒளிமின் உமிழ்வு ஏற்படுகிறது. எலக்ட்ரான் உமிழ்வை தடுப்பதற்கு 0.8 V நிறுத்து மின்னழுத்தம் தேவைப்படுகிறது எனில் (i) ஒளியின் அதிர்வெண் (ii) படும் ஃபோட்டானின் ஆற்றல் (iii) கேத்தோடு பொருளின் வெளியேற்று ஆற்றல் (iv) பயன்தொடக்க அதிர்வெண் மற்றும் (v) பரப்பை விட்டு வெளியேறிய பின் எலக்ட்ரானின் நிகர ஆற்றல் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

[விடை: 5×10^{14} Hz; 2.07 eV; 1.27 eV; 3.07×10^{14} Hz; 0.8 eV]

9. பொருள் ஒன்றில் இருந்து 3310 Å அலைநீளம் கொண்ட ஃபோட்டான் வெளியேற்றும் எலக்ட்ரானின் ஆற்றல் 3×10^{-19} J ஆகும். மேலும் அதே பொருளிலிருந்து 5000 Å அலைநீளம் கொண்ட ஃபோட்டான் வெளியேற்றும் எலக்ட்ரானின் ஆற்றல் 0.972×10^{-19} J எனில், பிளாங்க் மாறிலி மற்றும் பொருளின் பயன்தொடக்க அலைநீளம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

[விடை: 6.62×10^{-34} Js; 6620×10^{-10} m]

10. கொடுக்கப்பட்ட கணத்தில், சூரியனிடமிருந்து $4\,cal\,cm^{-2}\,min^{-1}$ என்ற அளவில் பூமியானது ஆற்றலைப் பெறுகிறது. ஒரு நிமிடத்திற்கு புவியின் $1\,cm^2$ பரப்பில் பெறப்படும் ஃபோட்டான்களின் எண்ணிக்கையை கணக்கிடுக. (தரவுகள்: சூரிய ஒளியின் சராசரி அலைநீளம் = 5500 Å; 1 கலோரி = 4.2 J)

[விடை: 4.65×10^{19}]

11. லித்தியம் பரப்பின் மீது 1800 Å அலைநீளம் கொண்ட புறஊதாக் கதிர் படுகிறது. லித்தியத்தின் பயன்தொடக்க அலைநீளம் 4965 Å எனில், உமிழப்படும் எலக்ட்ரானின் பெரும ஆற்றலைக் கண்டுபிடி.

[விடை: 4.40 eV]

12. 81.9 × 10^{-15} J இயக்க ஆற்றலைக் கொண்ட புரோட்டானின் டி ப்ராய் அலைநீளத்தைக் கணக்கிடுக (தரவு: புரோட்டானின் நிறை எலக்ட்ரானின் நிறையை விட 1836 மடங்கு அதிகமாகும்)

[விடை: 4×10^{-14} m]

13. டியூட்ரானும், ஆல்ஃபா துகளும் ஒரே மின்னழுத்தத்தினால் முடுக்கப்படுகின்றன. இவற்றில் எந்த துகளுக்கு (i) டி ப்ராய் அலைநீளம் அதிகம் (ii) இயக்க ஆற்றல் குறைவு ? விளக்குக.

[விடை: $\lambda_d = 2\lambda_\alpha$ மற்றும் $K_d = K_\alpha/2$]

14. 81 V மின்னழுத்த வேறுபாட்டினால் முடுக்கப்படும் எலக்ட்ரானின் டி ப்ராய் அலைநீளத்தின் மதிப்பு என்ன? இந்த அலைநீளம் மின்காந்த நிறமாலையில் எந்தப் பகுதியில் அமையும்?

[விடை: $\lambda = 1.36$ Å மற்றும் x–கதிர்கள்]

15. 512 வோல்ட் மின்னழுத்தம் மூலம் முடுக்கப்படும் புரோட்டான்களின் டி ப்ராய் அலைநீளம் மற்றும் X வோல்ட் மின்னழுத்தம் மூலம் முடுக்கப்படும் ஆல்ஃபா துகள்களின் டி ப்ராய் அலைநீளம் இடையே உள்ள தகவு 1 எனில், X–இன் மதிப்பைக் காண்க.

[விடை: 64 V]

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 138 04-03-2022 13:09:39

www.tnschoolbooks.in

மேற்கோள் நூல்கள் (BOOKS FOR REFERENCE)

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_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 139 04-03-2022 13:09:39

www.tnschoolbooks.in

இணையச் செயல்பாடு

கதிர்வீச்சு மற்றும் பருப்பொருளின் இருமைப்பண்பு

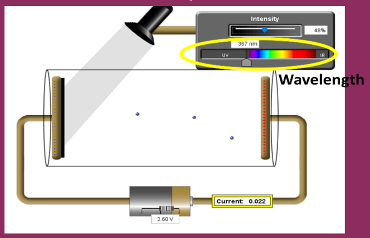
இந்த செயல்பாட்டின் மூலம் மாணவர்கள், ஒளியானது உலோக பொருள்களின் மீது படும் போது எலக்ட்ரான்கள் எவ்வாறு உமிழப்படுகிறது என்பதை காட்சியாக கண்டு ஒளிமின் விளைவை விளக்குவார்கள்.

தலைப்பு: ஒளிமின்விளைவு

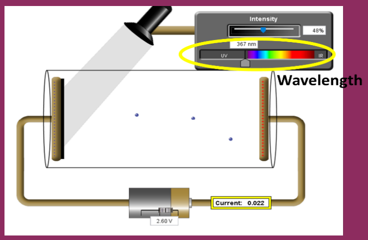
படிகள்:

- உலாவியைத் திறந்து முகவரிப் பட்டியில் "https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/photoelectric" என தட்டச்சு செய்து 'photoelectric effect' என்ற java file ஐ பதிவிறக்கம் செய்க. அல்லது Google → Phet → simulation → Physics → photoelectric என்ற பாதையில் சென்று 'photoelectric effect' என்ற java file ஐ பதிவிறக்கம் செய்க.
- படுகதிர் வீச்சின் செறிவினை மாற்றம் செய்து ஒளி மின்னோட்டம் மற்றும் எலக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் எவ்வாறு மாற்றமடைகிறது என கவனி.
- படுகதிரின் அலைநீளத்தை மாற்றம் செய்து ஒளி மின்னோட்டம் மற்றும் எலக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் எவ்வாறு மாற்றமடைகிறது என கவனி.
- மின்கலனில் உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டினை மாற்றம் செய்யும் போது ஒளிமின்னோட்டம் எவ்வாறு மாற்றமடைகிறது என்பதை பகுப்பாய்வு செய்க.
- உலோகப்பரப்பினை மாற்றம் செய்யும் போது ஒளி மின்னோட்டம் மற்றும் எலக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் எவ்வாறு மாற்றமடைகிறது என கவனி.
- ஒளி மின்னோட்டம் – மின்னழுத்தம் மற்றும் ஒளி மின்னோட்டம்– படுகதிரின் செறிவு ஆகியவைகளுக்கு இடையே உள்ள தொடர்பை வரைபடத்தின் மூலம் ஆய்வு செய்க.

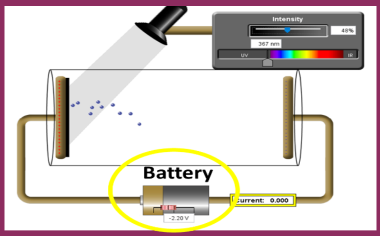
படி 1



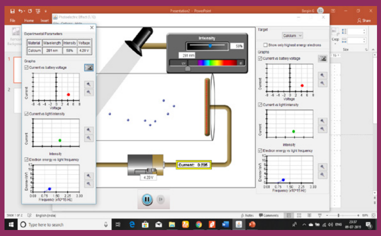
படி 2



படி 3



படி 4



குறிப்பு:

உங்கள் உலாவியில் Java இல்லையென்றால் அதனை நிறுவவும்.
நீங்கள் அனைத்து Phet உருவகங்களை https://phet.colorado.edu/en/offline–access என்ற முகவரியில் இருந்து பதிவிறக்கம் செய்து, ஆஃப் லைனில் வேலை செய்யலாம்.

உரலி:

https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/photoelectric

*படங்கள் அடையாளத்திற்கு மட்டும்.

* தேவையெனில் Flash Player or Java Script அனுமதிக்க.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-8_TM.indd 140 04-03-2022 13:09:40

அலகு 9

அணு மற்றும் அணுக்கரு இயற்பியல் (ATOMIC AND NUCLEAR PHYSICS)

இயற்கை நிகழ்வுகள் அனைத்தும் சாத்தியமற்றது அல்லது அற்பமானது. புரிந்து கொள்ளும் வரை அவை சாத்தியமற்றது; புரிந்து கொண்ட பின் அற்பமானது.

– எர்னஸ்ட் ரூதர்போர்டு

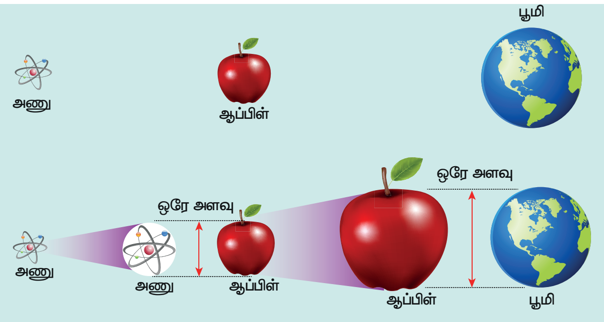
கற்றலின் நோக்கங்கள்

இந்த அலகில் மாணவர்கள் அறிந்து கொள்ள இருப்பது

- வாயுக்களின் வழியே மின்னிறக்கம்
- ஜே.ஜே. தாம்சன் ஆய்வின் மூலம் மின்னூட்ட எண்ணைக் கண்டறிதல்
- மில்லிகன் எண்ணெய்த்துளி ஆய்வின் மூலம் எலக்ட்ரானின் மின்னூட்ட மதிப்பைக் கண்டறிதல்
- ஜே.ஜே. தாம்சன் மற்றும் ரூதர்போர்டு அணு மாதிரிகள்
- போர் அணு மாதிரியும் ஹைட்ரஜன் அணுவும்
- அணுவியல் நிறமாலையும் ஹைட்ரஜன் நிறமாலையும்
- அணுக்கருவின் அமைப்பு மற்றும் பண்புகள்
- அணு எண் மற்றும் நிறை எண்ணின் அடிப்படையில் அணுக்கருக்களின் வகைகள்
- நிறை குறைபாடு மற்றும் பிணைப்பாற்றல்
- பிணைப்பாற்றல் வரைபடத்திற்கும் நிலைத்தன்மைக்குமான தொடர்பு
- ஆல்பா, பீட்டா சிதைவுகள் மற்றும் காமா உமிழ்வு
- கதிரியக்கச் சிதைவு விதி
- அணுக்கரு பிளவு மற்றும் இணைவு
- அணுக்கரு உலைகளைப் பற்றிய அடிப்படைக் கருத்துகள்
- அடிப்படைத் துகள்களைப் பற்றிய பண்புசார் கருத்துகள்

1HS08

9.1 அறிமுகம்



படம் 9.1 அணுவின் அளவுடன் ஆப்பிளின் அளவை ஒப்பிடுதல் மற்றும் ஆப்பிளின் அளவுடன் புவியின் அளவை ஒப்பிடுதல்

வெளியை (space) நிரப்புகின்ற எந்தப் பொருளும் பருப்பொருள் என அழைக்கப்படுவதை நாம் முந்தைய வகுப்புகளில் பார்த்தோம். பருப்பொருளானது திண்மம், திரவம் மற்றும் வளிமம் என மூன்று வகைப்படும். அருந்துவதற்கு நீர், வாகனங்களுக்கு பெட்ரோல், மூச்சுவிடுவதற்கு ஆக்சிஜன், சமையல் செய்வதற்கு கறைபடியாத எஃகு ஆகியவற்றை நம் அன்றாட வாழ்வில் பயன்படுத்துகிறோம். ஒரு பொருளைப் போன்று மற்றொன்று இருப்பதில்லை அதாவது, இயற்பியல் மற்றும் வேதிப் பண்புகள் பொருளுக்கு பொருள் வேறுபடுகின்றன. இவற்றைப் புரிந்துகொள்ள பொருள்களின் அடிப்படை உட்கூறுகளைப் பற்றி நாம் அறிந்து கொள்ள வேண்டும்.

பொருள் ஒன்று பிளக்கப்பட்டு அதனால் உருவாகும் பகுதிகள் மீண்டும் மீண்டும்

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 141 19-12-2022 17:33:04

பிளக்கப்பட்டால், ஒரு கட்டத்தில் மேலும் பிளக்க இயலாத துளிமநிலையை அது அடையும். அத்தகைய சிறுதுரும்புப் பகுதி அணு எனப்படும்; கிரேக்க மொழியில் அணு (atom) என்றால் "பிளக்க இயலாதது" என்று பொருள். அணு ஒன்றின் அளவு மிக மிகச் சிறியதாகும். எடுத்துக்காட்டாக, (மிகவும் எளிமையான அணுவான) ஹைட்ரஜன் அணுவின் அளவு 10^{-10} m." அணுவை ஆப்பிளின் அளவிற்கு பெரிதாக்கினால், ஆப்பிளானது புவியின் அளவிற்கு பெரிதாகிவிடும்" என்று அமெரிக்க அறிவியல் அறிஞர் ரிச்சர்ட் பெயின்மேன் கூறியதை நினைவு கூறலாம் (படம் 9.1). அத்தனை சிறிய ஒன்று தான் அணு.

இந்த அலகில், அணுவின் கட்டமைப்பை அறிந்து கொள்ளும் பொருட்டு அணு மாதிரிகளைப் பற்றி முதலில் அறிந்து கொள்வோம். ஜே.ஜே. தாம்சன் மற்றும் ரூதர்போர்டு அணு மாதிரிகளை விட போர் அணு மாதிரி சிறப்பானது. அன்றைய காலகட்டத்தில் விளக்கமுடியா பல நிகழ்வுகளை விளக்கியதோடு வேதியியலைப் பற்றிய மேம்பட்ட புரிதலையும் அது அளித்தது.

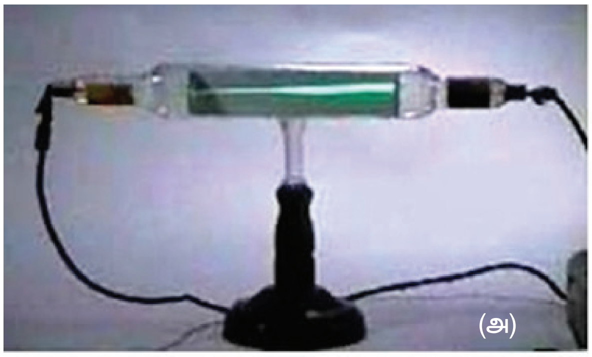
அணுவும் கூட அடிப்படை உட்பொருள் அல்ல என்பதை பின்னாளில் அறிவியல் அறிஞர்கள் கண்டறிந்தனர். அது எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் அணுக்கருவை உள்ளடக்கியது. அணுக்கருவும் புரோட்டான்கள் மற்றும் நியூட்ரான்களை உள்ளடக்கியது. புரோட்டான்களும் நியூட்ரான்களும் கூட குவார்க்குகள் என்ற அடிப்படை உட்பொருள்களைக் கொண்டவை என்பதை மேலும் பல ஆய்வுகள் நிறுவின.

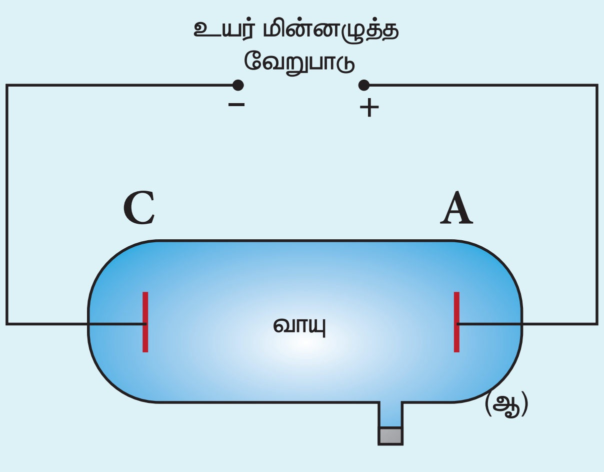
இந்தப் பின்புலத்தில், அணுக்கருவின் அமைப்பு மற்றும் அதன் அடிப்படைப் பண்புகள் பற்றி புரிந்து கொள்வதற்காக இந்த அலகின் பிற்பகுதி எழுதப்பட்டுள்ளது. மேலும் அணுக்கரு ஆற்றல் எவ்வாறு உருவாக்கப் படுகிறது மற்றும் பயன்படுத்தப்படுகிறது என்பதைப் பற்றியும் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

9.2 வாயுக்களின் வழியே மின்னிறக்கம்

வாயுக்களில் கடத்துப் பண்பைத் தரும் கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் இல்லாததால், சாதாரண வளிமண்டல அழுத்தத்தில் வாயுக்கள் மின்னோட்டத்தை அரிதாகவே கடத்துகின்றன. ஆனால், சில சிறப்பு ஏற்பாடுகளின் மூலம், ஒரு வாயுவை மின் கடத்து ஊடகமாக மாற்றலாம்.

வாயுக்களின் வழியே நிகழும் மின்னிறக்கத்தை ஆராய உதவும் எளிய கருவியே மின்னிறக்கக் குழாய் ஆகும். அதன் அமைப்பு படம் 9.2ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. அது எவ்வித கலப்புமில்லாத தூய்மையான வாயுவை உள்ளடக்கிய (ஏறத்தாழ 50cm நீளமும் 4cm விட்டமும் கொண்ட) ஒரு நீளமான, மூடப்பட்ட கண்ணாடிக் குழாய் ஆகும். அதிலுள்ள ஒரு சிறு திறப்பில் உயர் வெற்றிடக்குழாயும் குறைஅழுத்தமானியும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. அதனுள் மின்வாய்கள் எனப்படும் இரு உலோகத் தகடுகள் பொருத்தப்பட்டு, அவை தூண்டு மின்சுருள் ஒன்றின் துணைச்சுற்றுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. துணைச்சுற்றின் நேர் மின்முனையுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள தகடு நேர் மின்வாய் என்றும் எதிர்மின்முனையுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள தகடு எதிர் மின்வாய் என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. மேலும் துணைச்சுற்றின் மின்னழுத்தம் ஏறத்தாழ 50kV ஆகும்.





படம் 9.2 மின்னிறக்கக் குழாய் (அ) உண்மையான கருவி (ஆ) அதன் குறியீட்டுப் படம்

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 142 19-12-2022 17:33:04

www.tnschoolbooks.in

மின்னிறக்கக் குழாயிலுள்ள வாயுவின் அழுத்தம் பாதரசத் தம்பத்தின் 110mm என்ற அளவிற்கு குறைக்கப்படும் வரையில் எவ்வித மின்னிறக்கமும் நிகழ்வதில்லை. அழுத்தம் பாதரசத்தின் 100mm என்ற அளவில் உள்ளபோது, மின்னிறக்கம் தொடங்குகிறது. இதன் விளைவாக, சீரற்ற ஒளிக்கீற்றுகளும் படபடவென்ற (பொறிப்பது போன்ற) ஒலியும் உருவாகின்றன. அழுத்தம் பாதரசத்தின் 10mm என்ற அளவிற்கு குறைக்கப்படும் போது, நேர் மின்வாய் (ஆனோடிலிருந்து) தொடங்கி எதிர் மின்வாய் (கேதோடு) வரை ஒளிர் தம்பம் ஒன்று உருவாகிறது. இதற்கு நேர்மின் தம்பம் என்று பெயர்.

அழுத்தமானது பாதரசத்தின் 0.01 mm ஆகக் குறைக்கப்படும் போது, நேர்மின் தம்பம் மறைகிறது. இந்நேரத்தில் ஆனோடிற்கும் கேதோடிற்கும் இடையில் ஒரு இருண்ட பகுதி உருவாகிறது. இது குரூக்கின் இருண்ட பகுதி எனப்படும். மேலும், இப்போது குழாயின் சுவர் பச்சை நிறத்தில் ஒளிர்கின்றது. இந்நிலையில், கேதோடு கதிர்கள் என்று அழைக்கப்படும் ஒரு வகை கண்ணிற்குப் புலனாகாத கதிர்கள் எதிர் மின்வாயிலிருந்து (கேதோடிலிருந்து) வெளியேறுகின்றன. இக்கற்றைகள் கேதோடு கதிர்கள் (cathode rays) என்றழைப்பட்டன. பின்னர் இக்கேதோடு கதிர்கள் என்பது எலக்ட்ரான் கற்றை எனக் கண்டறியப்பட்டது.

கேதோடு கதிர்களின் பண்புகள் :

(1) கேதோடு கதிர்கள் ஆற்றல் மற்றும் உந்தத்தைப் பெற்றுள்ளன. 10^7 ms^{-1} என்ற அளவிலான அதிவேகத்துடன் நேர்க்கோட்டில் அவை செல்கின்றன. மின் மற்றும் காந்தப் புலங்களால் அவை விலக்கம் அடைகின்றன. இவ்விலக்கத்தின் திசையை வைத்து அவை எதிர் மின்துகள்கள் என்பதை அறியலாம்.

(2) பொருள்களின் மீது கேதோடு கதிர்கள் வீழும் போது, வெப்பம் உருவாகின்றது. கேதோடு கதிர்கள் புகைப்படத் தகட்டை பாதிக்கின்றன. மேலும் சில படிகங்கள் மற்றும் கனிமப் பொருள்கள் மீது அவை படும்போது ஒளிர்தலை ஏற்படுத்துகின்றன.

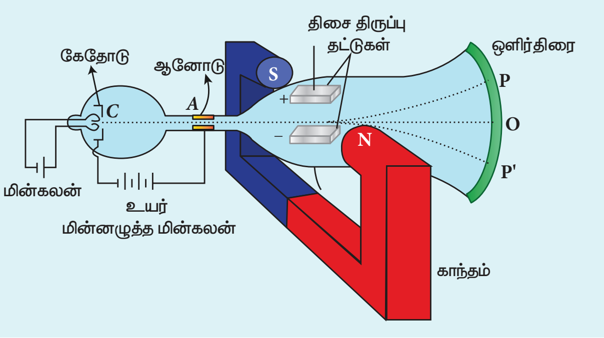
(3) அதிக அணு எடை கொண்ட பொருள்களின் மீது அவை விழும் போது, X–கதிர்கள் உருவாகின்றன.

(4) கேதோடு கதிர்கள் வாயுக்களின் வழியே செல்லும்போது அவ்வாயுக்களை அயனியாக்கம் செய்கின்றன.

(5) கேதோடு கதிர்கள் ஒளியின் வேகத்தில் $\left(\frac{1}{10}\right)$ மடங்கு வரையிலான வேகத்தில் இயங்குகின்றன.

9.2.1 எலக்ட்ரானின் மின்னூட்ட எண்ணைக் கண்டறிதல் – தாம்சன் ஆய்வு

நவீன இயற்பியல் தோன்றுவதற்கு காரணமாக இருந்த மிக முக்கியமான ஆய்வுகளில் ஒன்றாக தாம்சன் ஆய்வானது கருதப்படுகிறது. மின்னிறக்கக் குழாயினுள் உள்ள வாயுக்களைப் பற்றி அறிய உதவும் முறைகளில் குறிப்பிடத்தகுந்த மேம்பாடுகளை 1887 – ஆம் ஆண்டில் ஜே.ஜே. தாம்சன் செய்தார். மின் மற்றும் காந்தப் புலங்களினால் கேதோடு கதிர்கள் விலக்கம் அடைவதையும், மின்புலம் மற்றும் காந்தப் புலத்தை மாற்றுவதன் மூலம் கேதோடு கதிர்களின் நிறை–இயல்புநிலை மின்னூட்டம் (mass normalized charge) அல்லது மின்னூட்ட எண் (அதாவது ஓரலகு நிறைக்கான மின்னூட்ட மதிப்பு $\left(\frac{e}{m}\right)$) அளக்கப்படுகிறது.



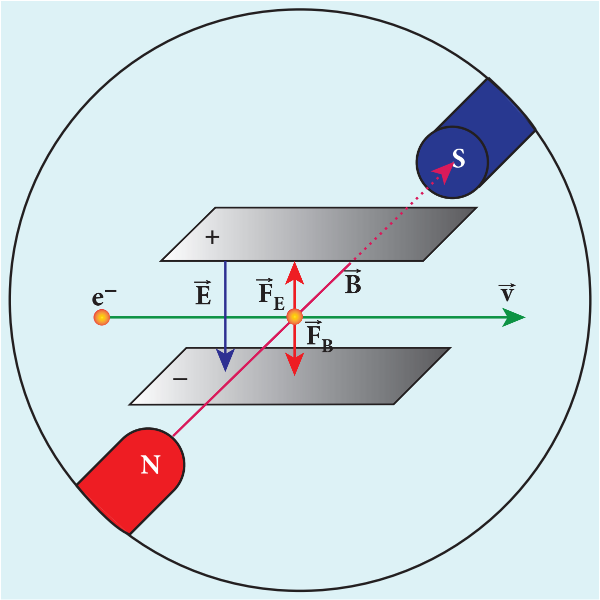
படம் 9.3 எலக்ட்ரானின் மின்னூட்ட எண்ணைக் கண்டறிவதற்கான ஜே.ஜே தாம்சன் ஆய்வின் அமைப்பு

இந்த ஆய்வின் அமைப்பு படம் 9.3ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இதில் உயர் வெற்றிட மின்னிறக்கக் குழாய் பயன்படுத்தப்படுகிறது. கேதோடிலிருந்து வெளியேறும் கேதோடு கதிர்களானது ஆனோடு வட்டு A வை நோக்கி கவரப்படுகின்றன. ஆனோடு வட்டு ஊசித்துளையைப் போன்ற சிறு துளை மட்டுமே கொண்டிருப்பதால் குறுகிய கற்றையாக கேதோடு கதிர்கள் அனுப்பப்படுகின்றன. பிறகு அவை குறிப்பிட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் உள்ள இணையான உலோகத் தகடுகளுக்கு இடையே செலுத்தப்படுகின்றன. மேலும், படம் 9.3 இல் காட்டியுள்ளபடி, ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான திசையிலுள்ள மின் மற்றும் காந்தப் புலங்களுக்கு இடையில் மின்னிறக்கக் குழாய் வைக்கப்பட்டுள்ளது. கேதோடு கதிர்கள் திரையில் பட்டவுடன்

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 143 19-12-2022 17:33:05

ஒளிர்தலை ஏற்படுத்துவதால், ஒரு ஒளிர்வுப் புள்ளி தோன்றுகிறது. திரையில் துத்தநாக சல்பைடு (ZnS) பூச்சு அளிப்பதன் மூலம் இந்த ஒளிர்தல் ஏற்படுகிறது.

(i) கேதோடு கதிர்களின் திசைவேகத்தைக் கண்டறிதல்:



படம் 9.4 மின் விசை காந்த விசையை சமன் செய்வதால் எலக்ட்ரான் கற்றையின் பாதை நேர்க்கோட்டில் அமைகிறது.

தகடுகளுக்கிடையே ஒரு குறிப்பிட்ட மின்புலத்தை நிறுவியபின், காந்தப் புலத்தை சரி செய்வதன் மூலம் கேதோடு கதிர்களை (எலக்ட்ரான் கற்றை) முதலில் இருந்த O புள்ளியை (படம் 9.3) வந்தடையுமாறு வந்தடையுமாறு செய்யப்படுகிறது. படம் 9.4இல் கொடுத்துள்ளவாறு, மின் விசையின் அளவினை காந்த விசையின் அளவு சமன் செய்கிறது. கேதோடு கதிர்களின் மின்னூட்டம் e மற்றும் திசைவேகம் υ எனில்,

$$eE = eB\upsilon$$

$$\Rightarrow \upsilon = \frac{E}{B} \qquad (9.1)$$

(ii) மின்னூட்ட எண்ணைக் கண்டறிதல் :

கேதோடிலிருந்து ஆனோடிற்கு கேதோடு கதிர்கள் (எலக்ட்ரான் கற்றை) முடுக்கப்படுவதால், கேதோடில் எலக்ட்ரான் கற்றை பெறும் மின்னழுத்த ஆற்றலானது அது ஆனோடை அடையும் போது பெற்றுள்ள இயக்க ஆற்றலுக்குச் சமமாகும். ஆனோடிற்கும் கேதோடிற்கும் இடையேயான மின்னழுத்த வேறுபாடு V எனில், எலக்ட்ரானின் மின்னழுத்த ஆற்றல் eV. எனவே, ஆற்றல் மாறா தத்துவத்தின் படி

$$eV = \frac{1}{2}m\upsilon^2 \Rightarrow \frac{e}{m} = \frac{\upsilon^2}{2V}$$

சமன்பாடு (9.1)ல் உள்ள திசைவேகத்தின் மதிப்பை மேலே உள்ள சமன்பாட்டில் பிரதியிட, நமக்குக் கிடைப்பது

$$\frac{e}{m} = \frac{1}{2V}\frac{E^2}{B^2} \qquad (9.2)$$

E, B மற்றும் V, மதிப்புகளைப் பிரதியிட, மின்னூட்ட எண்ணின் மதிப்பு

$\frac{e}{m} = 1.7\times10^{11}\,\mathrm{C\,kg^{-1}}$ எனக் கண்டறியப்பட்டுள்ளது

(iii) சீரான மின்புலத்தினால் மட்டும் மின் துகளின் பாதையில் உருவாகும் விலக்கம் :

காந்தப்புலத்தை நிறுத்திய பிறகு, மின்புலத்தால் மட்டுமே விலக்கம் ஏற்படுகிறது. இந்த விலக்கம் மின் விசைக்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும்.

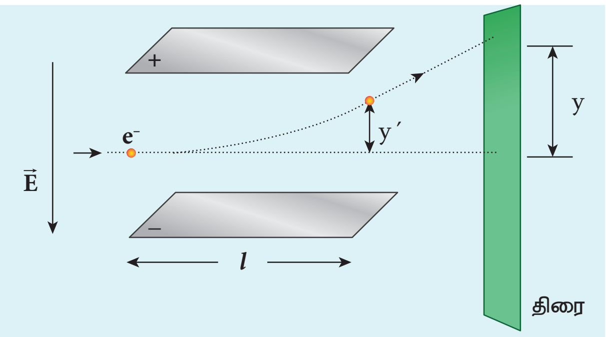
$$F_e = eE \qquad (9.3)$$

m என்பது எலக்ட்ரானின் நிறை எனில், நியூட்டனின் இரண்டாம் இயக்க விதிப்படி, எலக்ட்ரானின் முடுக்கம்

$$a_e = \frac{1}{m}F_e \qquad (9.4)$$

சமன்பாடு (9.3) ஐ சமன்பாடு (9.4) ல் பிரதியிட

$$a_e = \frac{1}{m}eE = \frac{e}{m}E$$



படம் 9.5 சீரான மின்புலத்தை நிறுவுவதால் எலக்ட்ரானின் பாதையில் ஏற்படும் விலக்கம்

திரையில் எலக்ட்ரான் கற்றை முதலில் வீழ்ந்த நிலையில் இருந்து, தற்போது அது அடைந்துள்ள விலக்கம் y என்க. (படம் 9.5) மேலும் இக்கேதோடு கதிர்கள் இணையாகவுள்ள மின்புலத் தகடுகளை அடையும் முன்னர் அதன் மேல்நோக்கிய தொடக்க திசைவேகம் $u = 0$ ஆகும். இம்மின்புலத்தகடுகளின் நீளம் l எனில், மின்புலத்தை கடக்க கேதோடு கதிர்கள் எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம் t ஆனது,

$$t = \frac{l}{\upsilon} \qquad (9.5)$$

எனவே, தகடுகளின் முடிவில் கேதோடு கதிர்கள் அடையும் விலக்கம் (குறிப்பு: $u = 0$ மற்றும் $a_e = \frac{e}{m}E$)

$$y' = ut + \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow y' = ut + \frac{1}{2}a_e t^2$$

$$= \frac{1}{2}\left(\frac{e}{m}E\right)\left(\frac{l}{\upsilon}\right)^2$$

$$y' = \frac{1}{2}\frac{e}{m}\frac{l^2B^2}{E} \qquad (9.6)$$

எனவே திரையில் ஏற்படும் விலக்கம்

$$y \propto y' \Rightarrow y = Cy'$$

இங்கு C என்பது தகவு மாறிலி. இதன் மதிப்பு மின்னிறக்கக் குழாயின் வடிவமைப்பைப் பொருத்து அமையும்.

$$y = C\frac{1}{2}\frac{e}{m}\frac{l^2B^2}{E} \qquad (9.7)$$

சமன்பாடு (9.7) ஐ மாற்றியமைக்க

$$\frac{e}{m} = \frac{2yE}{Cl^2B^2} \qquad (9.8)$$

இச்சமன்பாட்டின் வலது பக்கம் மதிப்புகளைப் பிரதியிட, மின்னூட்ட எண்ணின் மதிப்பு

$$\frac{e}{m} = 1.7 \times 10^{11}\,\text{C kg}^{-1}$$

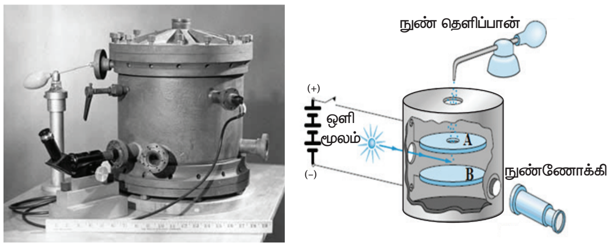
குறிப்பு

மின்னூட்ட எண்ணானது.
அ. பயன்படுத்தப்படும் வாயு
ஆ. மின்வாய்களின் இயல்பு
ஆகியவற்றைச் சார்ந்திராது

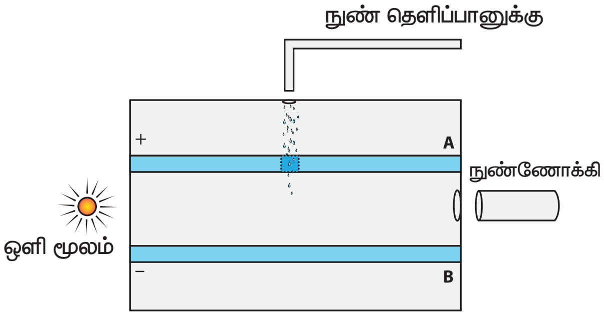
9.2.2 எலக்ட்ரானின் மின்னூட்ட மதிப்பு காணல் – மில்லிகனின் எண்ணெய்த்துளி ஆய்வு

இயற்கையின் மிக முக்கிய அடிப்படை மாறிலிகளுள் ஒன்றான எலக்ட்ரானின் மின்னூட்ட மதிப்பைக் காண உதவும் மில்லிகனின் எண்ணெய்த்துளி ஆய்வு, நவீன இயற்பியலில் உள்ள சிறந்த செயல்முறை ஆய்வுகளில் ஒன்றாகும். (காண்க. படம் 9.6(அ)).

மின்புலத்தைத் தகுந்த முறையில் மாற்றுவதன் மூலம் எண்ணெய்த் துளியின் இயக்கத்தைக் கட்டுப்படுத்தலாம், அதாவது, அதைமேல் நோக்கியோ அல்லது கீழ்நோக்கியோ நகரச் செய்யலாம் அல்லது புலத்திலேயே நிலையாக இருத்தி அதிக நேரம் அதைப் பார்க்கும் வண்ணமும் செய்யலாம்.



(அ)



(ஆ)

படம் 9.6 மில்லிகனின் ஆய்வு
(அ) உண்மையான கருவி மற்றும் குறியீட்டுப் படம் (ஆ) பக்கவாட்டுப் படம்

இந்த ஆய்வின் செய்முறை அமைப்பு படம் 9.6 (ஆ)ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இதில் ஒவ்வொன்றும் 20cm விட்டம் கொண்ட கிடைத்தள, வட்டவடிவ உலோகத்தட்டுகள், 1.5 cm இடைவெளியில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்விரு வட்டவடிவ உலோகத்தட்டுகளும் கண்ணாடி சுவர்கள் கொண்ட கலனால் சூழப்பட்டுள்ளன. மேலும்

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 145 19-12-2022 17:33:09

இத்தட்டுகளுக்கிடையில் உயர் மின்னழுத்த வேறுபாடு (கிட்டத்தட்ட 10 kV) அளிக்கப்படுவதால், செங்குத்தாக, கீழ்நோக்கிய திசையில் மின்புலம் ஏற்படுகிறது. மேல் தட்டு A ல் ஒரு சிறிய துளை இடப்பட்டுள்ளது. எண்ணெயைத் தெளிப்பதற்காக, சரியாக அத்துளைக்கு மேற்புரம் நுண்தெளிப்பான் (atomizer) ஒன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. நுண்தெளிப்பான் உதவியுடன் கிளிசரின் (glycerine) போன்ற அதிக பாகுநிலை கொண்ட எளிதில் ஆவியாகாத திரவம் தெளிக்கப்படும்போது, சிறுதுளிகள் (droplets) உருவாகின்றன. ஈர்ப்பு விசையினால் அவைமேல் தட்டிலுள்ள துளையின் வழியே கீழே விழுகின்றன.

காற்றுடன் ஏற்படும் உராய்வு அல்லது x–கதிர்களைக் காற்றினூடே செலுத்துவதால் கலனிலுள்ள சில எண்ணெய்த் துளிகள் மின்னூட்டத்தைப் பெறுகின்றன. மேலும் கிடைமட்டத் திசையில் கலன் ஒளியூட்டப்படுவதால், ஒளிக்கற்றைக்கு செங்குத்தாக வைக்கப்பட்டுள்ள நுண்ணோக்கியின் மூலம் துளிகளைத் தெளிவாகக் காண முடியும். மின்புலத்தைத் தகுந்த முறையில் மாற்றுவதன் மூலம் எண்ணெய்த் துளியின் இயக்கத்தைக் கட்டுப்படுத்தலாம் அதாவது, அதை மேல்நோக்கி அல்லது கீழ்நோக்கி நகரச் செய்யலாம். அல்லது அந்தரத்திலேயே நிலையாக நிறுத்தலாம்.

எண்ணெய்த் துளியின் நிறை m எனவும், அதன் மின்னூட்டம் q எனவும் கொள்க. எனவே, துளியின் மீது செயல்படும் விசைகள்

அ) புவிஈர்ப்பு விசை $F_g = mg$

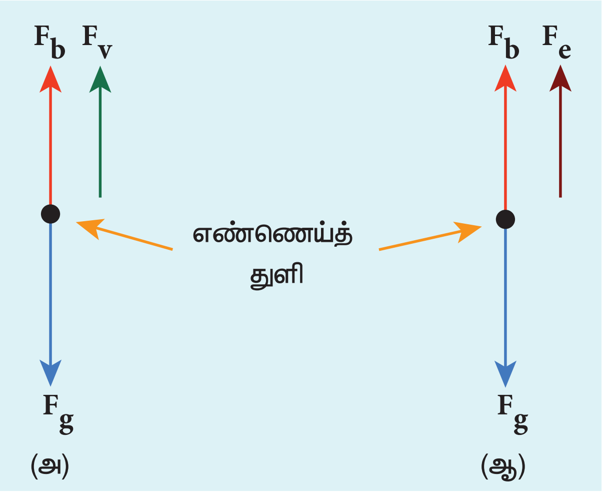
ஆ) மின் விசை $F_e = qE$

இ) மிதப்பு விசை (buoyant force) F_b மற்றும்

ஈ) பாகியல் விசை F_v

(அ) எண்ணெய்த்துளியின் ஆரம் காணல்

மின்புலம் இல்லாத நிலையில், எண்ணெய்த் துளி கீழ்நோக்கி முடுக்கம் அடைகிறது. காற்றினால் ஏற்படும் பின்னிழு (பாகியல்) விசையினால் எண்ணெய்த் துளி எளிதில் சீரான திசைவேகத்தை அடைகிறது. இது முற்றுத்திசை வேகம் எனப்படும். குறிப்பிட்ட தொலைவைக் கடக்க எண்ணெய்த் துளி எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தில் இருந்து, அதன் திசைவேகத்தை அளவிடலாம். படம் 9.7(அ) இல் எண்ணெய்த் துளியின் தனித்த பொருள் விசைப்படம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இந்நிலையில்,



படம் 9.7 எண்ணெய்த் துளியின் தனித்த பொருள் விசைப்படம் (அ) மின்புலம் அற்ற நிலையில் (ஆ) மின்புலம் உள்ளபோது

பாகியல் மற்றும் மிதப்பு விசைகள் ஈர்ப்பு விசையை சமன்செய்கின்றன.

எண்ணெய்த் துளியின் மீது செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசை $F_g = mg$

எண்ணெய்த் துளி கோள வடிவம் கொண்டது எனக் கொள்வோம். எண்ணெய்த் துளியின் அடர்த்தி ρ மற்றும் அதன் ஆரம் r எனில், $\rho = \frac{m}{V}$. எனவே,

அதன் நிறையானது,

$$\Rightarrow m = \rho\left(\frac{4}{3}\pi r^3\right) \quad \left(\because \text{கோளத்தின் பருமன் } V = \frac{4}{3}\pi r^3\right)$$

இதன் மூலம், புவியீர்ப்பு விசையை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$F_g = mg \Rightarrow F_g = \rho\left(\frac{4}{3}\pi r^3\right)g$$

காற்றின் அடர்த்தி σ எனில், எண்ணெய்த் துளியினால் இடம் பெயர்ந்த காற்றினால் அதன் மீது செயல்படும் மேல்நோக்கிய விசை (மிதப்பு விசை)

$$F_b = \sigma\left(\frac{4}{3}\pi r^3\right)g$$

எண்ணெய்த் துளி முற்றுத்திசை வேகத்தை அடையும் போது, அதன்மீது செயல்படும் பாகியல் விசையானது (எண்ணெய்த்துளி செல்லும் திசைக்கு எதிர்த்திசையில் செயல்படும் விசை),

கீழ்நோக்கிய நிகர விசைக்கு சமமாக இருக்கிறது. எனவே ஸ்டோக்ஸ் விதிப்படி, பாகியல் விசை

$$F_v = 6\pi r \upsilon \eta$$

எனவே படம் 9.7 (அ)ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ள தனித்த பொருள் விசைப்படத்தின் படி, விசைகளின் சமநிலைக்கான சமன்பாடு,

$$F_g = F_b + F_\upsilon$$

$$\rho\left(\frac{4}{3}\pi r^3\right)g = \sigma\left(\frac{4}{3}\pi r^3\right)g + 6\pi r\upsilon\eta$$

$$\frac{4}{3}\pi r^3(\rho-\sigma)g = 6\pi r\upsilon\eta$$

$$\frac{2}{3}\pi r^3(\rho-\sigma)g = 3\pi r\upsilon\eta$$

$$r = \left[\frac{9\eta\upsilon}{2(\rho-\sigma)g}\right]^{\frac{1}{2}} \quad (9.9)$$

சமன்பாடு (9.9)ன் மூலம் எண்ணெய்த் துளியின் ஆரத்தைக் கணக்கிடலாம்.

(ஆ) மின்னூட்ட மதிப்பைக் காணல் :

எண்ணெய்த்துளிகளை சுற்றி மின் புலத்தை ஏற்படுத்தும்போது, அதன் மீது ஒரு மேல்நோக்கிய மின் விசை (qE) செயல்படுகின்றது. எண்ணெய்த்துளிகளுள் ஏதேனும் ஒரு குறிப்பிட்ட எண்ணெய்த்துளி ஒன்று நுண்ணோக்கியின் பார்வைப் புலத்தில் இருத்தப்படுகிறது. மின்புலத்தின் வலிமையை சரிசெய்து, அத்துளியை நிலையாக (மேலேயும் போகாமல், கீழேயும் விழாமல்)நிறுத்தி வைக்கவும் முடியும். இந்நிலையில், அத்துளியின் மீது செயல்படும் பாகியல் விசை எதுவும் செயல்படாது. இந்நிலையில் தனித்த பொருள் விசைப்படம் படம் 9.7(ஆ)ன் படி, எண்ணெய்த் துளியின் மீது செயல்படும் நிகர விசை

$$F_e + F_b = F_g$$

$$\Rightarrow qE + \frac{4}{3}\pi r^3\sigma g = \frac{4}{3}\pi r^3\rho g$$

$$\Rightarrow qE = \frac{4}{3}\pi r^3(\rho-\sigma)g \quad (9.10)$$

$$\Rightarrow q = \frac{4}{3E}\pi r^3(\rho-\sigma)g \quad (9.11)$$

சமன்பாடு (9.9)ஐ சமன்பாடு (9.11)ல் பிரதியிட,

$$q = \frac{18\pi}{E}\left(\frac{\eta^3\upsilon^3}{2(\rho-\sigma)g}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (9.12)$$

இந்த ஆய்வை பல முறை செய்து, எண்ணெய்த் துளிகளின் மின்னூட்ட மதிப்பைக் கணக்கிட்ட மில்லிகன், எந்தவொரு எண்ணெய்த் துளியின் மின்னூட்ட மதிப்பும் $e = -1.6\times10^{-19}$ C, என்ற அடிப்படை மதிப்பின் முழு மடங்குகளாக இருப்பதை கண்டறிந்தார். இந்த அடிப்படை மதிப்பே ($e = -1.6\times10^{-19}$ C,) எலக்ட்ரானின் மின்னூட்ட மதிப்பு ஆகும்.

9.3 அணு மாதிரிகள்

ஏறக்குறைய கி.மு. (பொ.ஆ.மு) 400ஐ ஒட்டிய காலத்தில், லியூசிபஸ் மற்றும் டெமொகரிட்டஸ் ஆகிய கிரேக்க தத்துவஅறிஞர்கள் "எந்த ஒரு பொருளும் மீண்டும் மீண்டும் பகுக்கப்படும் போது இறுதியில் கிடைப்பது அணுவே" என்று கூறினர். பின்னர் பல இயற்பியலாளர்களும் வேதியியலாளர்களும் அணுவின் இயல்பைப் பற்றி அறிந்துகொள்ள முயன்றனர். அணு மாதிரியின் அடிப்படையில் பொருள்களின் (இயற்பியல் மற்றும் வேதியல்) பண்புகளை விளக்கப் பல கோட்பாடுகள் கூறப்பட்டன.

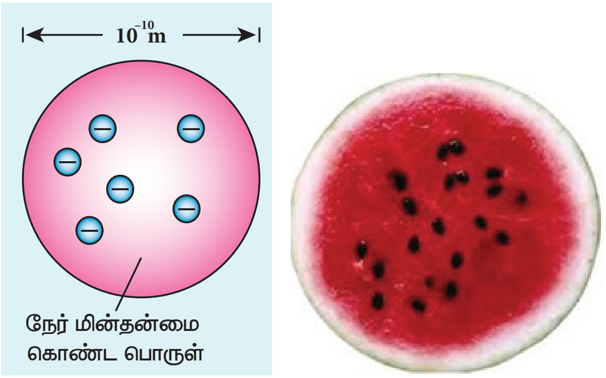
எடுத்துக்காட்டாக, ஓய்வுநிலையில் உள்ள மின் துகள்களின் பரவலை அடிப்படையாகக் கொண்டு கருத்தியல் ரீதியான ஒரு அணு மாதிரியை ஜே. ஜே. தாம்சன் முன்மொழிந்தார். அணுவின் நிலைத்தன்மையை ஜே. ஜே. தாம்சனின் அணு மாதிரி விளக்க இயலாததால், அவரது (ஆராய்ச்சி) மாணவரான ரூதர்போர்டு அணு குறித்தான முதல் இயக்க மாதிரியை முன்மொழிந்தார். அவரது மாணவர்கள் (கெய்கர் மற்றும் மாசுடென்) செய்த செய்முறை ஆய்வின் அடிப்படையில் ரூதர்போர்டு அவர்தம் மாதிரியை அமைத்திருந்தார். ஆனால், இம்மாதிரியும் அணுவின் நிலைத்தன்மையை விளக்கவில்லை.

www.tnschoolbooks.in

பின்னர் ரூதர்போர்டின் மற்றொரு மாணவரான நீல்ஸ்போர் வெளியிட்ட ஹைட்ரஜன் அணுவிற்கான மாதிரி மற்ற இரு அணு மாதிரிகளை விட வெற்றிகரமாக அமைந்தது. நீல்ஸ் போரின் அணு மாதிரி அணுவின் நிலைத்தன்மையை விளக்கியதோடு மட்டுமல்லாமல் வரி நிறமாலையின் தோற்றத்தினையும் விளக்கியது. இவைதவிர, பிற அணு மாதிரிகளான சாமர்பெல்டு அணு மாதிரி மற்றும் அலை இயக்கவியல் (குவாண்டம் இயக்கவியல்) அணு மாதிரி உள்ளிட்ட அணு மாதிரிகள் இருப்பினும் இந்தப் பகுதியில் (கணிதமுறையில் எளிமையான) அணு மாதிரிகளையே நாம் பார்ப்போம்.

9.3.1 ஜே.ஜே. தாம்சன் மாதிரி (தர்ப்பூசணிப்பழ மாதிரி)

தாம்சன் மாதிரியில் சீரான பரவல் கொண்ட, நேர் மின்துகள்களை உள்ளடக்கிய, ஒருபடித்தான (homogenous) கோளங்களாக அணுக்கள் கருதப்படுகின்றன. ஒரு தர்ப்பூசணிப் பழத்தில் பதிந்துள்ள விதைகளைப் போல (இந்தக் கோளத்தில்) எலக்ட்ரான்கள் எனப்படும் எதிர் மின்துகள் பதிந்துள்ளன. (படம் 9.8 அ மற்றும் ஆ)



படம் 9.8 (அ) அணு (ஆ) தர்ப்பூசணிப் பழம்

அணுக்கள் மின் நடுநிலைத் தன்மை கொண்டவை ஆதலால், ஓர் அணுவிலுள்ள மொத்த நேர் மின்னூட்டமானது மொத்த எதிர் மின்னூட்டத்திற்குச் சமமாக இருக்கும். இந்த மாதிரியின் படி, அனைத்து மின்துகள்களும் நிலையாக உள்ளன; பண்டைய மின்இயக்கவியல் (classical electrodynamics) கொள்கைப் படி நிலைமின்னியல் அமைப்பு ஒன்றில் சமநிலைப் புள்ளிகள் இருக்க இயலாது (இயன்ஷா தேற்றம்). எனவே அணு சமநிலையில் இருக்க இயலாது. மேலும் ஹைட்ரஜன் மற்றும் பிற அணுக்களின் நிறமாலை வரிகளின் தோற்றத்தை இந்த மாதிரியால் விளக்க இயலவில்லை.

9.3.2 ரூதர்போர்டு மாதிரி

1911–ல் கெய்கர் மற்றும் மாசுடென் ஆகியோர், அவர்தம் ஆசிரியரான ரூதர்போர்டின் அறிவுரைப்படி, குறிப்பிடத்தக்க செய்முறை ஆய்வு ஒன்றினைச் செய்தனர், அதற்கு தங்க மென்தகட்டினால் ஆல்பா துகள்கள் அடையும் சிதறல் என்று பெயர்.

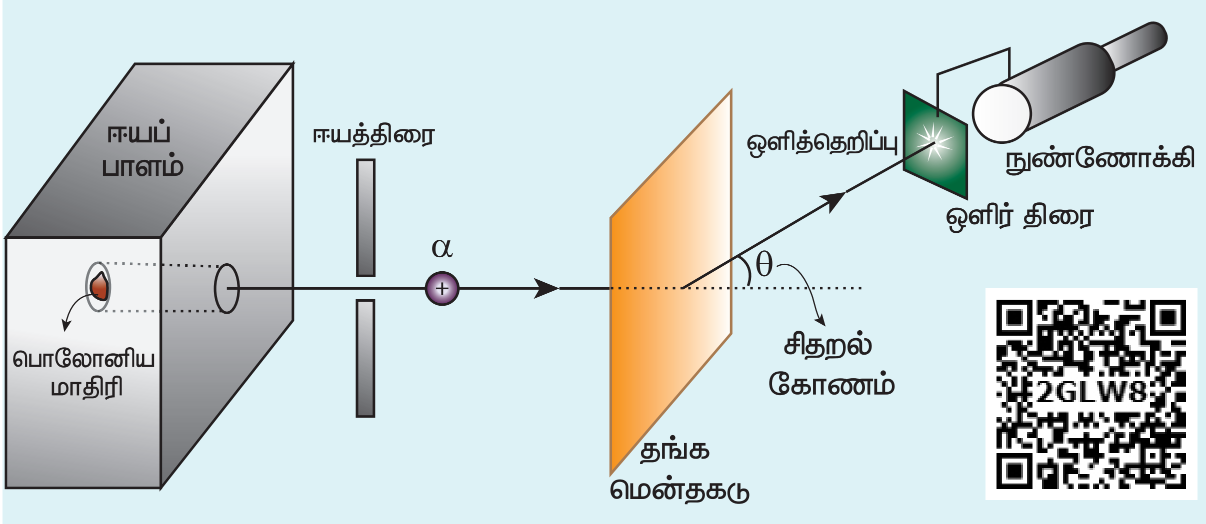
இந்த ஆய்வின் செய்முறை அமைப்பு படம் 9.9–ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. நுண்ணிய துளை கொண்ட, தடிமனான ஈயப் பெட்டி ஒன்றின் உள்ளே ஆல்பா துகள்கள் மூலம் (alpha particle source) (பொலோனியம் போன்றதொரு கதிரியக்கப் பொருள்) வைக்கப்படுகிறது. ஈயப் பெட்டியிலிருந்து வெளியேறும் ஆல்பா துகள்கள் மற்றொரு ஈயத்தகட்டில் இடப்பட்டுள்ள நுண்ணிய துளை வழியே செல்கின்றன. பின்னர், இத்துகள்கள் ஒரு தங்க மென்தகட்டின் மேல் வீழ்கின்றன. இதன் பிறகு, இத்துகள்கள் பல்வேறு கோணங்களில் சிதறல் அடைவது கண்டறியப்பட்டது. சிதறல் அடைந்த ஆல்பா துகள்களைத் திரட்டும் பொருட்டு துத்தநாக சல்பைடு (ZnS) தடவப்பட்ட (0° முதல் 180°வரை) நகர்த்தப்படக் கூடிய திரை ஒன்று உள்ளது. இத்திரையின் மீது ஆல்பா துகள்கள் படும்போது ஏற்படும் ஒளிர்வை நுண்ணோக்கியின் உதவியுடன் கண்டறியலாம்.

ஆல்பா சிதறல் ஆய்வின் அடிப்படையில் ஒரு அணு மாதிரியை ரூதர்போர்டு முன்மொழிந்தார். இந்த ஆய்வில் (நேர்மின் தன்மை கொண்ட) ஆல்பா துகள்கள் தங்க மென் தகட்டிலுள்ள அணுக்களின் மீது விழும்படி செய்யப்படுகின்றன. இந்த ஆய்வின் முடிவுகளைக் கீழே காணலாம். இதையே படம் 9.10 –இலும் அறியலாம். [ரூதர்போர்டு எதிர்ப்பார்த்தது (அ). ஆய்வின் முடிவில் பெறப்பட்டது (ஆ)]

(அ) பெரும்பாலான ஆல்பா துகள்கள் தங்க மென்தகட்டினால் விலக்கம் அடையாமல் நேராக செல்கின்றன.

(ஆ) சில ஆல்பா துகள்கள் சிறிய கோண அளவே விலக்கம் அடைகின்றன.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 148 19-12-2022 17:33:15



படம் 9.9 ரூதர்போர்டின் ஆல்பா துகள் சிதறல் ஆய்வின் குறியீட்டுப் படம்

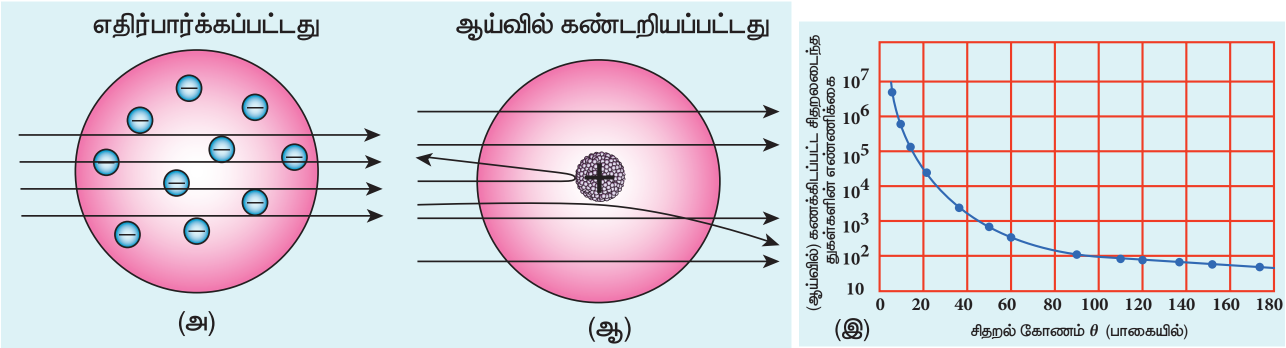
(இ) குறைந்த எண்ணிக்கையிலான (ஆயிரத்தில் ஒன்று) ஆல்பா துகள்கள் 90° கோணத்திற்கும் மேலான விலக்கம் அடைகின்றன.

(ஈ) மிகக்குறைந்த எண்ணிக்கையிலான ஆல்பா துகள்கள் 180° கோண அளவில் பின்னோக்கிய சிதறல் அடைகின்றன.

படம் 9.10 (இ)யில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள புள்ளிகள் கெய்கர்–மாசுடென் ஆல்பா சிதறல் ஆய்வுத் தரவுகளின் அடிப்படையில் பெறப்பட்டவை, மேலும், வளைகோடு ரூதர்போர்டு அணுக்கரு மாதிரியின் அடிப்படையில் பெறப்பட்டது; இவை இரண்டுமே ஒன்றுக்கொன்று இணங்கிப்போவதை கண்கூடாகக் காணலாம்.

மேற்கூறிய காட்சிப்பதிவுகளின் அடிப்படையில் ரூதர்போடு கண்டறிந்த முடிவுகள்:

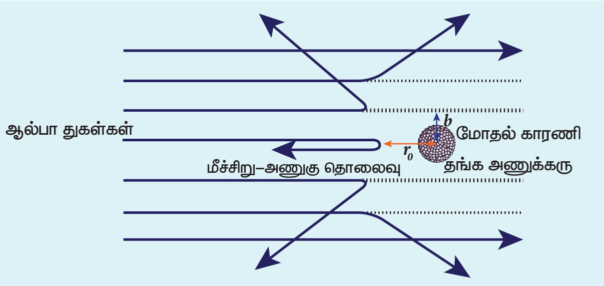
மேற்கண்ட ஆய்வுத் தரவுகளின் அடிப்படையில், அணு ஒன்றில் ஏராளமான வெற்றிடமும் 10^{-14}m அளவு கொண்ட அணுக்கரு என்றழைக்கப்படும் சிறிய அளவிலான பருப்பொருளும் இருக்க வேண்டும் என்ற கருத்தை ரூதர்போர்டு முன்வைத்தார். அணுக்கரு நேர் மின்னூட்டம் கொண்டது. மேலும், அணுவின் மிகப்பெருமளவு நிறை அணுக்கருவில் குவிந்துள்ளது. அணுக்கருவைச் சுற்றி எதிர் மின்னூட்டம் கொண்ட எலக்ட்ரான்கள் உள்ளன. இவ்வாறுள்ள மின்னூட்டப் பரவலில் உள்ள மின்துகள்கள் நிலையாக இருந்தால், அவை சமநிலையில் இருக்க இயலாது என்பதால் சூரியனைச் சுற்றி கோள்கள் வட்டப்பாதையில் இயங்குவதைப் போல அணுக்கருவைச் சுற்றி எலக்ட்ரான்கள் இயங்குகின்றன என்று அவர் கருத்துரைத்தார்.



படம் 9.10 ஆல்பா சிதறல் ஆய்வில் – (அ) ரூதர்போர்டினால் எதிர்பார்க்கப்பட்டது (ஆ) ஆய்வின் முடிவில் கண்டறியப்பட்டது. (இ) சிதறல் கோணம் θ வைப் பொறுத்து சிதறிய ஆல்பா துகள் எண்ணிக்கை N(θ) இன் மாறுபாடு.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 149 19-12-2022 17:33:15

(அ) மீச்சிறு–அணுகு தொலைவு



படம் 9.11 மீச்சிறு–அணுகு தொலைவு மற்றும் மோதல் காரணி

அணுக்கருவை நோக்கி நேராக ஓர் ஆல்பா துகள் செல்லும் போது, குறிப்பிட்ட ஒரு புள்ளியை அது அடைந்த பிறகு, சிறிது நேரம் நின்று பின் திரும்புகின்றது. (படம் 9.11) இவ்வாறு 180^0 கோணத்தில் எதிரொளிப்பு அடைவதற்கு முன், ஆல்பா துகள் மற்றும் அணுக்கரு ஆகிய இரண்டிற்கும் இடையே உள்ள சிறும தொலைவு 'மீச்சிறு–அணுகு தொலைவு' r_0 எனப்படும். (இதை தொடுகை தொலைவு எனவும் அழைப்பர்). இத்தொலைவில், ஆல்பா துகள்களின் இயக்க ஆற்றல் அனைத்தும் நிலை மின்னழுத்த ஆற்றலாக மாற்றப்படுகின்றது (காண்க. +2 இயற்பியல் பாடநூல்: தொகுதி–1 அலகு–1).

$$\frac{1}{2}m\upsilon_0^{\,2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{(2e)(Ze)}{r_0}$$

$$\Rightarrow r_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2Ze^2}{\left(\frac{1}{2}m\upsilon_0^2\right)} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2Ze^2}{E_k}$$

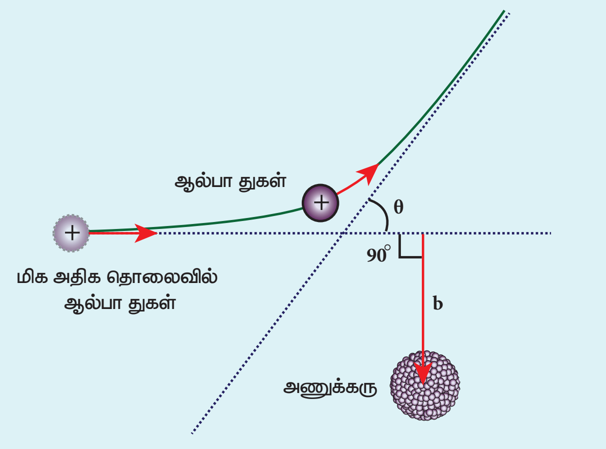
இங்கு E_k என்பது ஆல்பா துகளின் இயக்க ஆற்றலாகும். மேலே கொடுக்கப்பட்ட சமன்பாடானது அணுக்கருவின் அளவை தோராயமாக கூறுவதற்கு மட்டுமே பயன்படும், ஆனால், மீச்சிறு–அணுகு தொலைவை விட அணுக்கருவின் அளவு எப்போதும் குறைவாகவே இருக்கும். பல்வேறு அணுக்கருக்களின் அளவுகளைக் கணக்கிட்ட ரூதர்போர்டு, அவற்றின் ஆரங்கள் 10^{-14} m முதல் 10^{-15} வரை எனக் கண்டறிந்தார்.

(ஆ) மோதல் காரணி (b)

(தங்க) அணுக்கருவின் மையத்திற்கும், ஆல்பா துகள் அதிக தொலைவில் உள்ளபோது அதன் (நீட்டிக்கப்பட்ட) திசைவேக வெக்டரின் திசைக்கும் இடைப்பட்ட செங்குத்துத் தொலைவானது, மோதல் காரணி (b) என வரையறுக்கப்படுகிறது. (படம் 9.12). மோதல் காரணி மற்றும் சிதறல் கோணம் இடையேயான தொடர்பு பின்வரும் சமன்பாட்டால் தரப்படுகிறது.

$$b \propto \cot\left(\frac{\theta}{2}\right) \Rightarrow b = K\cot\left(\frac{\theta}{2}\right) \qquad (9.13)$$

இங்கு $K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2Ze^2}{m\upsilon_0^2}$ மற்றும் θ என்பது சிதறல் கோணம். சமன்பாடு (9.13) இன் படி, மோதல் காரணி அதிகரிக்கும் போது சிதறல் கோணம் குறைகின்றது. மோதல் காரணியின் மதிப்பு சிறியதாக இருந்தால், ஆல்பா துகள்களின் விலகல் அதிகமாக இருக்கும்.



படம் 9.12 மோதல் காரணி

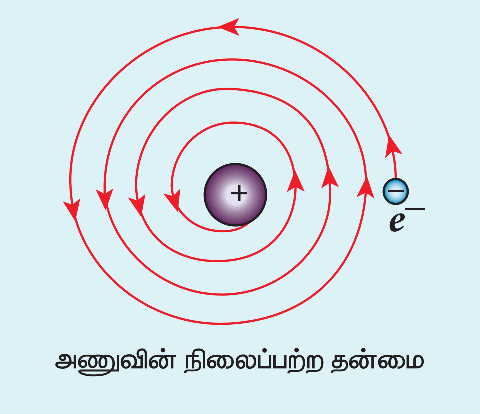
ரூதர்போர்டு மாதிரியின் குறைபாடுகள்

அணுக்கருவின் விட்டம் மற்றும் அணுவின் அளவு ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுவதற்கு ரூதர்போர்டு அணு மாதிரி பயன்பட்டாலும் அதில் கீழ்க்கண்ட குறைபாடுகள் உள்ளன.

அ) அணுக்கருவைச் சுற்றி எலக்ட்ரானிகளின் பரவல் மற்றும் அணுவின் நிலைத்தன்மை ஆகியவற்றை இந்த அணுமாதிரியால் விளக்க முடியவில்லை.

பண்டைய மின்னியக்கவியல் (Classical electrodynamics) கொள்கைப்படி, முடுக்கப்பட்ட மின்துகள் மின்காந்தக் கதிர்களை உமிழ்கிறது. இதனால், அது ஆற்றலை இழக்கின்றது. எனவே, ஒரே வட்டப்பாதையில் அதன் இயக்கத்தைத்

தக்க வைத்துக் கொள்ள இயலாது. அதன் சுற்றுப்பாதையின் ஆரம் சிறிது சிறிதாகக் குறைந்து (சுருள் வட்ட இயக்கத்தை மேற்கொண்டு), இறுதியில் அணுக்கருவினுள் விழ வேண்டும் (படம் 9.13). இதனால் அணு சிதைவுற வேண்டும். ஆனால் இது நடைபெறுவதில்லை. எனவே, ரூதர்போடு அணு மாதிரி அணுக்களின் நிலைத்தன்மையை விளக்க முடியவில்லை.



படம் 9.13 அணுக்கருவைச் சுற்றி எலக்ட்ரானின் திருகு வட்ட இயக்கம்

ஆ) இந்த அணு மாதிரியின் படி, கதிர்வீச்சின் நிறமாலை தொடர் வெளிவிடு நிறமாலையாக இருக்க வேண்டும். ஆனால் சோதனைகள் மூலம், அணுக்கள் வரி நிறமாலையையே வெளிவிடுகின்றன என்பதை நாம் காண்கிறோம்.

9.3.3 போர் அணு மாதிரி

அணுவின் நிலைத்தன்மை மற்றும் ஹைட்ரஜன் அணுவின் வரி நிறமாலை ஆகியற்றை விளக்குவதில் ரூதர்போர்டு அணு மாதிரியின் குறைபாடுகளைப் போக்கும் வகையில், ரூதர்போர்டு அணு மாதிரியில் சில மாற்றங்களை நீல்சு போர் செய்தார். ஹைட்ரஜன் அணுவின் வரி நிறமாலையை விளக்கும் பொருட்டு அணுவின் அமைப்பு குறித்த தகுந்த கருத்தியல் விளக்கத்தை முதலில் கூறியவர் அவரே. அவரது எடுகோள்கள் பின்வருமாறு:

படம் 9.14 ஹைட்ரஜனின் வரி நிறமாலை

போர் அணு மாதிரியின் எடுகோள்கள்

(அ) கூலூம் நிலைமின்னியல் கவர்ச்சி விசையினால் அணுக்கருவைச் சுற்றி ஓர் எலக்ட்ரான் வட்டப்பாதையில் இயங்குகின்றது. வட்டப்பாதையில் எலக்ட்ரான் இயங்கத் தேவையான மைய நோக்கு விசையை இந்த கூலூம் விசை அளிக்கின்றது.

(ஆ) அணுவில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் குறிப்பிட்ட சில தனித்தனியான (discrete) பாதைகளில் அணுக்கருவைச் சுற்றி வருகின்றன; இப்பாதைகளில் எலக்ட்ரான்கள் சுற்றும் போது அவை மின்காந்த ஆற்றலை கதிர் வீசுவதில்லை. இவ்வாறு அனுமதிக்கப்பட்ட தனித்தனியான சுற்றுப்பாதைகள் நிலைத்தன்மை பெற்றவை.

இத்தகைய நிலைத்தன்மை பெற்ற சுற்றுப்பாதைகளில் உள்ள எலக்ட்ரானின் கோண உந்தத்தின் (l) மதிப்பானது குவாண்டப் படுத்தப்பட்டுள்ளது. அதாவது அதன் மதிப்பு $\frac{h}{2\pi}$–ன் முழு மடங்காகவே இருக்கும். இதைச் சமன்பாட்டு வடிவில் $l = n\hbar$ என்று எழுதலாம். இங்கு $\hbar$ (h பார் என்று படிக்க வேண்டும்) என்பது சுருக்கிய பிளாங்க் மாறிலி ($\hbar = \frac{h}{2\pi}$) மற்றும் n என்பது முதன்மை குவாண்டம் எண் ஆகும். இந்த நிபந்தனை கோண உந்த குவாண்டமாக்கல் (angular momentum quantization) அல்லது குவாண்டமாக்கல் நிபந்தனை என அழைக்கப்படுகிறது.

குவாண்டம் இயந்திரவியலின்படி, எலக்ட்ரான்கள் உள்ளிட்ட துகள்கள் இருமைப்பண்பு பெற்றவை. (காண்க. +2 இயற்பியல் பாடநூல்: தொகுதி–2 அலகு–8), நிலைத்தன்மை பெற்ற பாதையில் சுற்றி வரும் எலக்ட்ரான்களுடன் தொடர்புள்ள நிலையலைகளின் (standing wave) அமைப்புகள் படம் 9.15–ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

மேலும் எலக்ட்ரான் சுற்றுப்பாதையின் சுற்றளவானது டி பிராய் அலைநீளத்தின் முழு மடங்காக இருக்க வேண்டும்.

$$2\pi r = n\lambda \qquad (9.14)$$

இங்கு n = 1,2,3,......

m நிறையும் v திசைவேகமும் கொண்ட எலக்ட்ரானின் டி ப்ராய் அலைநீளம் $\lambda = \frac{h}{mv}$. இங்கு h என்பது பிளாங்க் மாறிலி. எனவே

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 151 19-12-2022 17:33:18

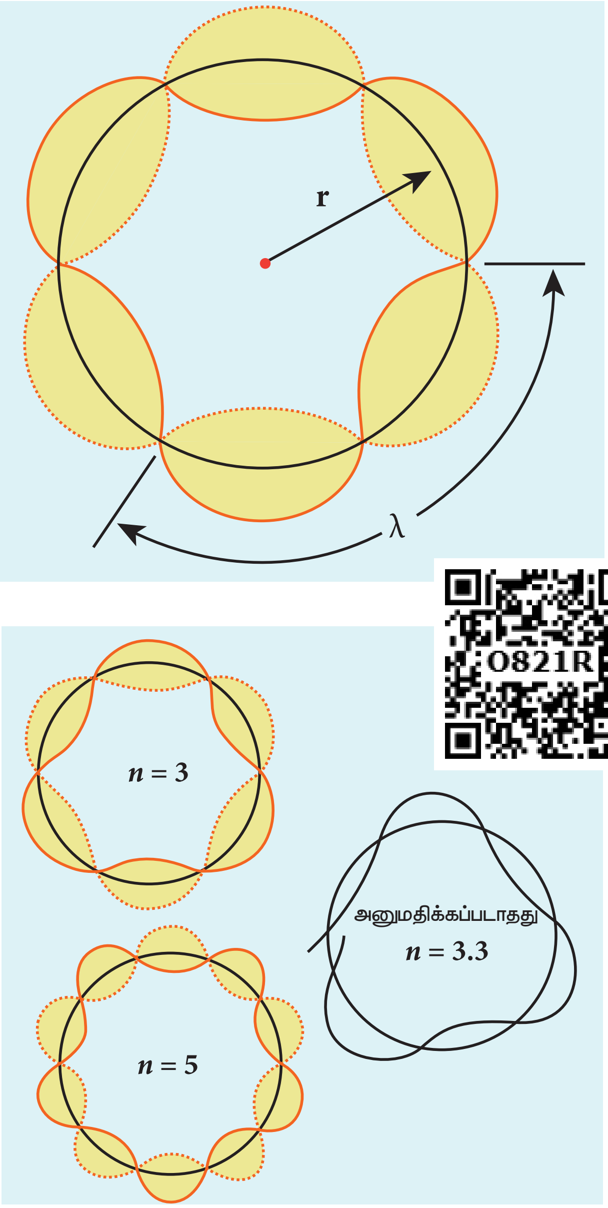
$$2\pi r = n\left(\frac{h}{m\upsilon}\right)$$

$$m\upsilon r = n\frac{h}{2\pi}$$

m நிறையும் υ திசைவேகமும் கொண்ட எந்த ஒரு துகளும் r ஆரம் கொண்ட வட்டப்பாதை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும்போது, அதன் கோண உந்தத்தின் எண் மதிப்பு

$$l = r(m\upsilon)$$

$$m\upsilon r = l = n\hbar$$

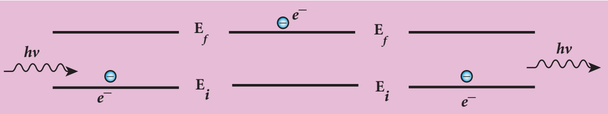


படம் 9.15 நிலையான சுற்றுப்பாதையில் எலக்ட்ரானின் நிலை அலைப் பாங்கு

(இ) சுற்றுப்பாதைகளின் ஆற்றல் தொடர்ச்சியாக இல்லாமல் தனித்தனி மதிப்புகளைக் கொண்டுள்ளன. இதையே ஆற்றலின் குவாண்டமாக்கல் என்பர். இரு சுற்றுப்பாதைகளின் ஆற்றல் வேறுபாட்டுக்குச் (ΔE) சமமான ஆற்றல் கொண்ட ஃபோட்டானை உட்கவர்வதனாலோ அல்லது வெளிவிடுவதனாலோ எலக்ட்ரான் ஒரு சுற்றுப்பாதையிலிருந்து மற்றொன்றுக்கு தாவ இயலும் (படம் 9.16)

$$\Delta E = E_{\text{இறுதி}} - E_{\text{தொடக்கம்}} = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$$

இங்கு c என்பது ஒளியின் திசைவேகம், λ கதிர்வீச்சின் அலைநீளம் மற்றும் ν கதிர்வீச்சின் அதிர்வெண் ஆகும். எனவே, உமிழப்படும் கதிர்வீச்சின் அதிர்வெண், அணுவின் ஆற்றல் மாறுபாட்டை மட்டுமே சார்ந்துள்ளது. மேலும் அது எலக்ட்ரானின் சுற்றுப்பாதை இயக்கத்தின் அதிர்வெண்ணைச் சார்ந்ததல்ல.



படம் 9.16 கதிர்வீச்சு உட்கவரப்படுதலும் உமிழப்படுதலும்.

எடுத்துக்காட்டு 9.1

ஹைட்ரஜன் அணுவின் 5வது சுற்றுப்பாதையின் ஆரம் 13.25 Å எனில், அச்சுற்றுப்பாதையில் உள்ள எலக்ட்ரானின் அலைநீளத்தைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

$$2\pi r = n\lambda$$

$$2 \times 3.14 \times 13.25\text{Å} = 5 \times \lambda$$

$$\therefore \lambda = 16.64\text{Å}$$

எடுத்துக்காட்டு 9.2

ஹைட்ரஜன் அணுவின் 5வது சுற்றுப்பாதையின் (i) கோண உந்தம் மற்றும் (ii) அதிலுள்ள எலக்ட்ரானின் திசைவேகம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

$(h = 6.6 \times 10^{-34}\,\text{Js},\ m = 9.1 \times 10^{-31}\,\text{kg})$

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 152 19-12-2022 17:33:19

தீர்வு

(i) கோண உந்தம்

$$l = n\hbar = \frac{nh}{2\pi}$$

$$= \frac{5\times6.6\times10^{-34}}{2\times3.14} = 5.25\times10^{-34}\ \text{kgm}^2\text{s}^{-1}$$

(ii) திசைவேகம்

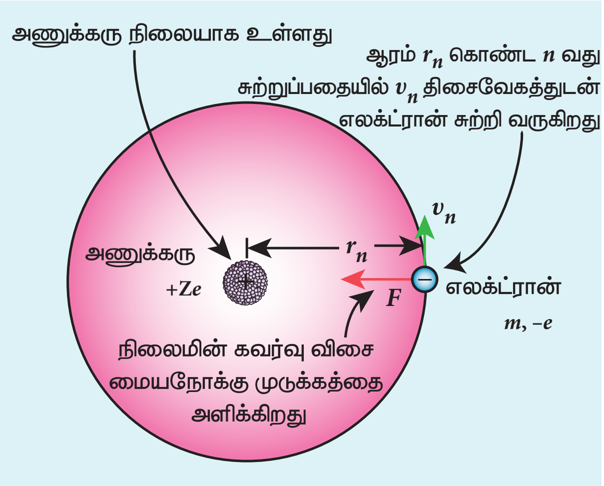
$$\upsilon = \frac{l}{mr}$$

$$= \frac{(5.25\times10^{-34}\ \text{kgm}^2\text{s}^{-1})}{(9.1\times10^{-31}\ \text{kg})(13.25\times10^{-10}\ \text{m})}$$

$$\upsilon = 4.4\times10^5\ \text{ms}^{-1}$$

எலக்ட்ரான் சுற்றுப் பாதையின் ஆரம் மற்றும் திசைவேகம்

நிலையாகவுள்ள அணுக்கரு மற்றும் r_n ஆரம் கொண்ட வட்டப்பாதையில் அணுக்கருவைச் சுற்றி இயங்கும் எலக்ட்ரான் கொண்ட அணு ஒன்றைக் கருதுக.(படம் 9.17).அணுக்கருவானதுபுரோட்டான் மற்றும் நியூட்ரான்களை உள்ளடக்கியது. புரோட்டான் நேர் மின்தன்மையையும் நியூட்ரான் மின் நடுநிலைமையாகவும் உள்ளதால், அணுக்கருவின் மின்னூட்டம் முழுவதும் புரோட்டான்களின் மின்னூட்டத்தையே சாரும்.



படம் 9.17 அணுக்கருவைச் சுற்றி இயங்கும் எலக்ட்ரான்

குறிப்பிட்ட ஒரு அணுவின் அணு எண் Z என்க. எனில் $+Ze$ என்பது அணுக்கருவின் (புரோட்டான்களின்) மின்னூட்டம் மற்றும் $-e$ என்பது எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டம் ஆகும். கூலூம் விதிப்படி,

$$\vec{F}_{\text{கூலூம்}} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{(+Ze)(-e)}{r_n^2}\hat{r}$$

$$= -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Ze^2}{r_n^2}\hat{r}$$

இந்த விசையே எலக்ட்ரான் சுற்றுப்பாதையில் இயங்கத் தேவைப்படும் மையநோக்கு விசையை அளிக்கிறது.

$$\vec{F}_{\text{மையநோக்கு}} = \frac{m\upsilon_n^2}{r_n}\hat{r}$$

வட்ட சுற்றுப்பாதையில் இயங்கும் எலக்ட்ரானின் நிறை m எனவும் அதன் திசைவேகம் υ_n எனவும் கொள்க.

$$\left|\vec{F}_{\text{கூலூம்}}\right| = \left|\vec{F}_{\text{மையநோக்கு}}\right|$$

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Ze^2}{r_n^2} = \frac{m\upsilon_n^2}{r_n}$$

$$r_n = \frac{4\pi\varepsilon_0(m\upsilon_n r_n)^2}{Zme^2} \quad (9.15)$$

நீல்ஸ் போர் கொள்கையின் படி, கோண உந்த குவாண்டமாக்கல் நிபந்தனை, $m\upsilon_n r_n = l_n = n\hbar$, ஆகும். எனவே,

$$\therefore r_n = \frac{4\pi\varepsilon_0(m\upsilon_n r_n)^2}{Zme^2}$$

$$r_n = \frac{4\pi\varepsilon_0(n\hbar)^2}{Zme^2} = \frac{4\pi\varepsilon_0 n^2\hbar^2}{Zme^2}$$

$$r_n = \left(\frac{\varepsilon_0 h^2}{\pi me^2}\right)\frac{n^2}{Z} \quad \left(\because \hbar = \frac{h}{2\pi}\right) \quad (9.16)$$

இங்கு $n\in\mathbb{N}$. மேலும் ε_0, h, e மற்றும் π ஆகியவை மாறிலிகள். ஆதலால் சுற்றுப்பாதையின் ஆரம்

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 153 19-12-2022 17:33:23

$$r_n = a_0 \frac{n^2}{Z}$$

இங்கு $a_0 = \frac{\varepsilon_0 h^2}{\pi m e^2} = 0.529\,\text{Å}$. இதுவே போர் ஆரம் எனப்படும். இது அணு ஒன்றின் உள்ள சுற்றுப்பாதையின் சிறும ஆரம் ஆகும். போர் ஆரம் ஆனது போர் எனும் நீளத்தின் ஒரு அலகாகப்பயன்படுகிறது. 1 Bohr = 0.53 Å

ஹைட்ரஜன் அணுவுக்கு (Z = 1), n ஆவது சுற்றுப்பாதையின் ஆரம்

$$r_n = a_0 n^2$$

n = 1, முதல் சுற்றுப்பாதைக்கு (அடிநிலை)

$$r_1 = a_0 = 0.529\ \text{Å}$$

n = 2, இரண்டாவது சுற்றுப்பாதைக்கு (முதல் கிளர்வு நிலை)

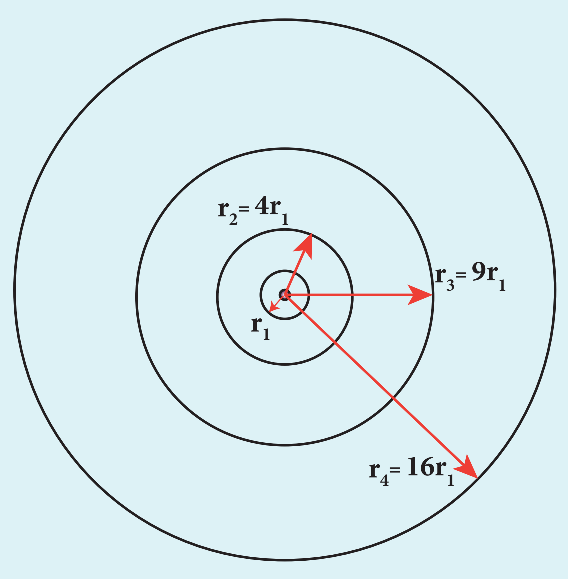
$$r_2 = 4a_0 = 2.116\ \text{Å}$$

n = 3, மூன்றாவது சுற்றுப்பாதைக்கு (இரண்டாவது கிளர்வு நிலை),

$$r_3 = 9a_0 = 4.761\ \text{Å}$$

மற்றும் பல ...

ஆகவே, சுற்றுப்பாதையின் ஆரம் $r_n \propto n^2$ என்றவாறு அதிகரிக்கின்றது (படம் 9.18).



படம் 9.18 முதன்மைக் குவாண்டம் எண்ணைப் பொறுத்து சுற்றுப்பாதையின் ஆரம் மாறுபடுதல்

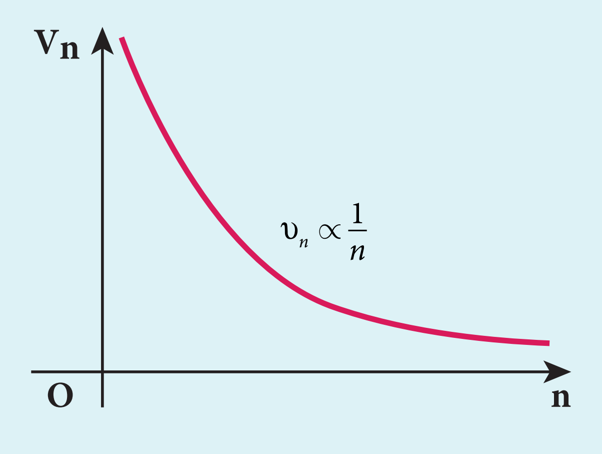
மேலும், போரின் கோண உந்த குவாண்டமாக்கல் நிபந்தனைப்படி,

$$\frac{m \upsilon_n a_0 n^2}{Z} = n\frac{h}{2\pi} \qquad \left[\because r_n = a_0 \frac{n^2}{Z}\right]$$

$$\upsilon_n = \frac{h}{2\pi m a_0} \frac{Z}{n}$$

$$\upsilon_n \propto \frac{1}{n}$$

படம் 9.19 இல் இருந்து, முதன்மை குவாண்டம் எண் அதிகரிக்கும் போது எலக்ட்ரானின் திசைவேகம் குறைகிறது என்பதைக் கவனிக்கவும். இவ்வரைபடம் ஒரு செவ்வகப் பரவளையமாகும். கிளர்ச்சி நிலைகளுடன் ஒப்பிடும் போது, அடிநிலையிலுள்ள எலக்ட்ரானின் திசைவேகம் பெருமமாக உள்ளதை இது உணர்த்துகிறது.



படம் 9.19 முதன்மைக் குவாண்டம் எண்ணைப் பொறுத்து சுற்றுப்பாதையிலுள்ள எலக்ட்ரானின் திசைவேகம் மாறுபடுதல்

nஆவது வட்டப்பாதையில் எலக்ட்ரானின் ஆற்றல்

நிலை மின்னியல் விசை ஒரு ஆற்றல் மாற்றா விசை ஆதலால், n ஆவது சுற்றுப்பாதையின் நிலை மின்னழுத்த ஆற்றல்

$$U_n = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{(+Ze)(-e)}{r_n} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Ze^2}{r_n}$$

$$= -\frac{1}{4\varepsilon_0^2}\frac{Z^2 m e^4}{h^2 n^2} \quad \left(\because r_n = \frac{\varepsilon_0 h^2}{\pi m e^2}\frac{n^2}{Z}\right)$$

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 154 19-12-2022 17:33:25

n ஆவது சுற்றுப்பாதையில் எலக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றல்

$$KE_n = \frac{1}{2}m\upsilon_n^2 = \frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2}\frac{Z^2}{n^2}$$

இதிலிருந்து $U_n = -2KE_n$.

n ஆவது சுற்றுப்பாதையின் மொத்த ஆற்றல்

$$E_n = KE_n + U_n = KE_n - 2KE_n = -KE_n$$

$$E_n = -\frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2}\frac{Z^2}{n^2}$$

ஹைட்ரஜன் அணுவுக்கு $(Z = 1)$,

$$E_n = -\frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2}\frac{1}{n^2}\ \text{joule} \qquad (9.17)$$

இங்கு n என்பது முதன்மை குவாண்டம் எண். சமன்பாடு (8-17)–ல் தோன்றும் எதிர்க்குறி அணுக்கருவுடன் எலக்ட்ரான் பிணைக்கப்பட்டுள்ளதைக் காட்டுகிறது.

எலக்ட்ரானின் நிறை m, மின்னூட்டம் e, வெற்றிடத்தின் விடுதிறன் ε_0 மற்றும் பிளாங்க் மாறிலி h ஆகிய மதிப்புகளைப் பிரதியிட்டு, eV அலகில் எழுதினால்

$$E_n = -13.6\frac{1}{n^2}\,eV$$

முதல் சுற்றுப்பாதையில் (அடிநிலை), எலக்ட்ரானின் மொத்த ஆற்றல் $E_1 = -13.6\ eV$.

இரண்டாவது சுற்றுப்பாதையில் (முதல் கிளர்வு நிலை), எலக்ட்ரானின் மொத்த ஆற்றல் $E_2 = -3.4\ eV$.

மூன்றாவது சுற்றுப்பாதையில் (இரண்டாவது கிளர்வு நிலை), எலக்ட்ரானின் மொத்த ஆற்றல் $E_3 = -1.51\ eV$

இதேபோல் அடுத்தடுத்த ஆற்றல் நிலைகளும் அமையும்.

அடிநிலையின் ஆற்றலை விட, முதல் கிளர்வு நிலையின் ஆற்றல் அதிகமாகும்; அதை (முதல் கிளர்வு நிலையின் ஆற்றல்) விட இரண்டாவது கிளர்வு நிலையின் ஆற்றல் அதிகமாகவும் உள்ளதைக் கவனிக்கவும். அணுக்கருவுக்கு மிகவும் அருகில் அமைந்துள்ள சுற்றுப்பாதையின் ஆற்றல், சிறும மதிப்பைப் பெற்றுள்ளது. எனவே இதை அடிநிலை ஆற்றல் (சிறும நிலை ஆற்றல்) என்கிறோம். ஹைட்ரஜனின் அடிநிலை ஆற்றல் மதிப்பு $-13.6\ eV$ ஆகும். இந்த மதிப்பு ரிட்பெர்க் எனும் ஆற்றலின் ஒரு அலகாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. அதாவது, 1 ரிட்பெர்க் (Rydberg) = $-13.6\ eV$.

ஆற்றலின் மதிப்புகள் எதிர்க்குறியைப் பெற்றிருப்பதற்குக் காரணம் நிலை மின்னழுத்த ஆற்றலின் சுழி மதிப்பை வரையறுக்கும் முறைதான். அணுக்கருவிலிருந்து முடிவிலாத் தொலைவிற்கு (அதாவது, மிக அதிகத் தொலைவிற்கு) எலக்ட்ரானை எடுத்துச் செல்லும்போது, நிலை மின்னழுத்த மற்றும் இயக்க ஆற்றல்கள் சுழி மதிப்பை அடைகின்றன. அதாவது, மொத்த ஆற்றல் சுழி மதிப்பை அடைகின்றது.

படம் 9.20–இல், அதிகரிக்கும் n–இன் மதிப்புக்கு ஏற்ப ஆற்றல் மட்டப் படங்களும் சுற்றுப்பாதைகளின் வடிவங்களும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. முதன்மை குவாண்டம் எண்ணின்(n) மதிப்பு அதிகரிக்கும் போது, கிளர்ச்சி நிலைகளின் ஆற்றல் மட்டங்கள் நெருக்கமாக உள்ளதைக் கவனிக்கவும்.

எடுத்துக்காட்டு 9.3

அ) முதல் போர் சுற்றுப்பாதையில், எலக்ட்ரானின் திசைவேகம் ஒளியின் திசைவேகம் இடையேயான தகவு பரிமாணம் இல்லாத ஒரு எண் என்பதை நிறுவுக.

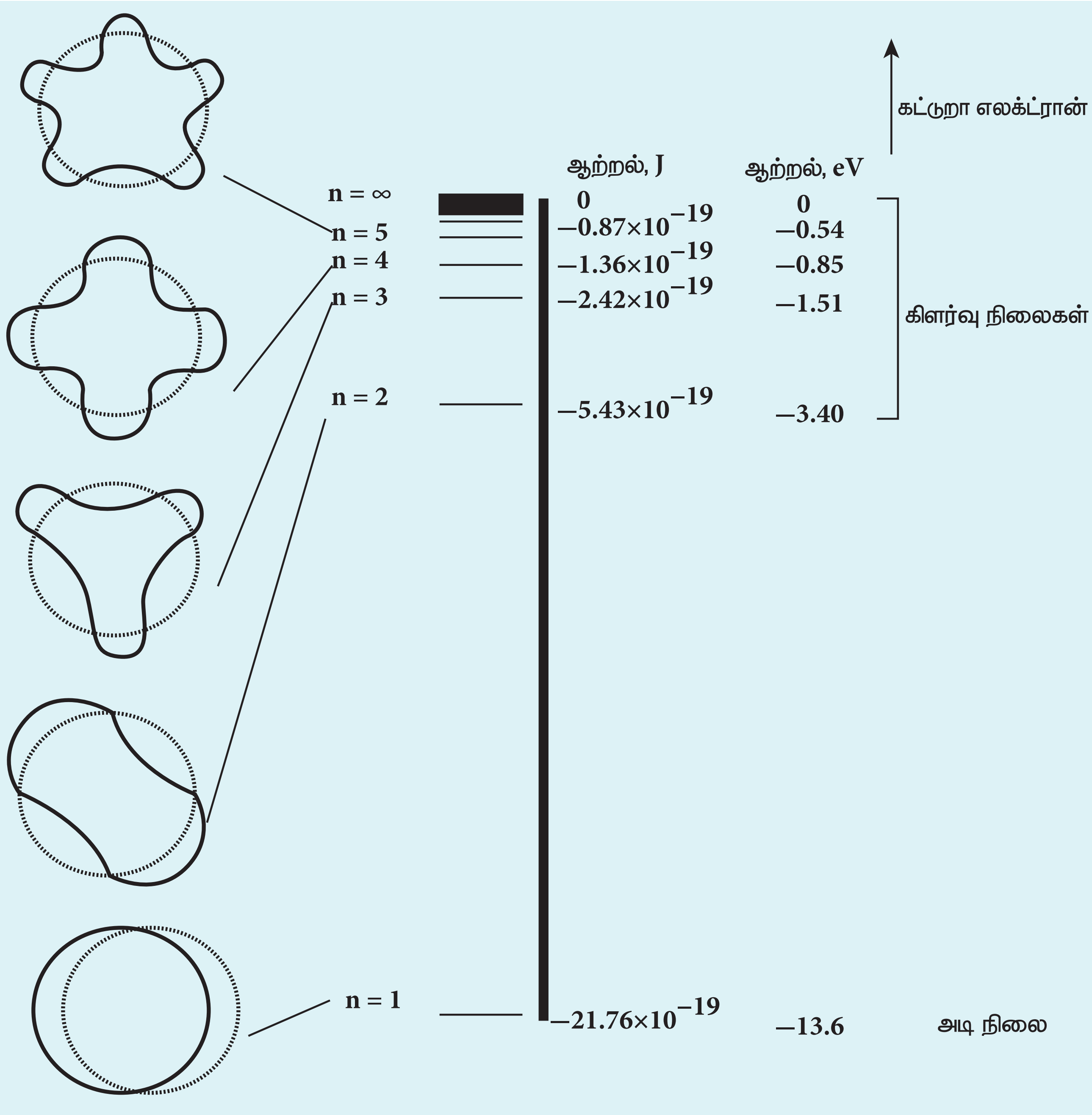
ஆ) போர் அணு மாதிரியில் அடிநிலை, முதல் கிளர்வு நிலை மற்றும் இரண்டாவது கிளர்வு நிலைகளில் உள்ள எலக்ட்ரான்களின் திசைவேகங்களைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு :

n ஆவது சுற்றுப்பாதையில் எலக்ட்ரானின் திசைவேகம்

$$\upsilon_n = \frac{h}{2\pi m a_0}\frac{Z}{n}$$

இங்கு $a_0 = \frac{\varepsilon_0 h^2}{\pi m e^2}$ = போர் ஆரம். a_0–ன் மதிப்பை υ_n–ல் பிரதியிட



படம் 9.20 ஹைட்ரஜன் அணுவின் ஆற்றல் மட்டங்கள்

$$\upsilon_n = \frac{e^2}{2\varepsilon_0 h}\frac{Z}{n} = c\left(\frac{e^2}{2\varepsilon_0 hc}\right)\frac{Z}{n} = \frac{\alpha c Z}{n}$$

இங்கு c என்பது வெற்றிடத்தில் ஒளியின் திசைவேகம், இதன் மதிப்பு $c = 3 \times 10^8$ m s^{-1} மற்றும் α என்பது நுண்வரியமைப்பு மாறிலி (fine structure constant).

ஹைட்ரஜன் அணுவுக்கு Z=1 மற்றும் முதல் சுற்றுப்பாதைக்கு n=1. எனவே முதல் சுற்றுப்பாதையில் எலக்ட்ரானின் திசை வேகத்திற்கு வெற்றிடத்தில் ஒளியின் மேலும் திசைவேகத்திற்கு இடையேயான தகவு

$$\frac{\upsilon_1}{c} = \alpha = \frac{e^2}{2\varepsilon_0 hc}$$

$$\alpha = \frac{(1.6\times10^{-19}\,\mathrm{C})^2}{2\times(8.854\times10^{-12}\,\mathrm{C^2N^{-1}m^{-2}})} \times \frac{1}{(6.6\times10^{-34}\,\mathrm{Nms})\times(3\times10^8\,\mathrm{ms^{-1}})}$$

$$\approx \frac{1}{136.9} = \frac{1}{137}$$ இது ஒரு பரிமாணம் இல்லாத எண் ஆகும்.

$$\Rightarrow \alpha = \frac{1}{137}$$

ஆ) நுண்வரியமைப்பு மாறிலியைப் பயன்படுத்தி, எலக்ட்ரானின் திசைவேகத்தைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்

$$\upsilon_n = \frac{\alpha c Z}{n}$$

ஹைட்ரஜன் அணுவுக்கு $Z = 1$. எனவே n ஆனது சுற்றுப்பாதையில், எலக்ட்ரானின் திசைவேகம்

$$\upsilon_n = \frac{c}{137}\frac{1}{n} = (2.19\times10^6)\frac{1}{n}\ \text{ms}^{-1}$$

முதல் சுற்றுப்பாதையில் (அடிநிலை), எலக்ட்ரானின் திசைவேகம்

$$\upsilon_1 = 2.19\times10^6\,\text{ms}^{-1}$$

இரண்டாவது சுற்றுப்பாதையில் (முதல் கிளர்வு நிலை), எலக்ட்ரானின் திசைவேகம்

$$\upsilon_2 = 1.095\times10^6\,\text{ms}^{-1}$$

மூன்றாவது சுற்றுப்பாதையில் (இரண்டாவது கிளர்வு நிலை), எலக்ட்ரான் திசைவேகம்

$$\upsilon_3 = 0.73\times10^6\,\text{ms}^{-1}$$

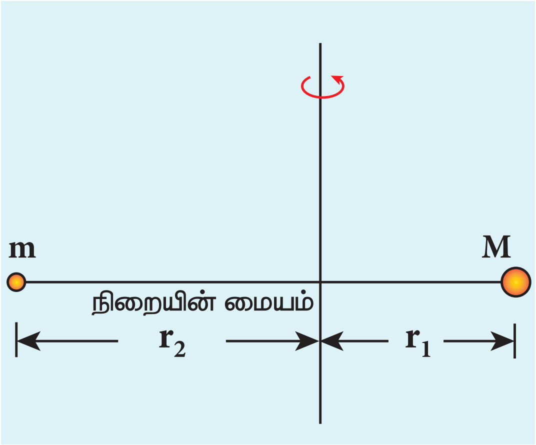
இதிலிருந்து, $\upsilon_1 > \upsilon_2 > \upsilon_3$

எடுத்துக்காட்டு 9.4

அணுக்கரு நிலையாகவும் அணுக்கருவைச் சுற்றி எலக்ட்ரான்கள் இயங்குவதாகவும் கருத்தில் கொண்டு போர் அணுமாதிரியின் சமன்பாடுகள் தருவிக்கப்பட்டுள்ளன. அணுக்கருவும் இயக்கத்தில் உள்ளதாகக் கருதினால், அத்தகைய அமைப்பில் ஆற்றலின் கோவையைத் தருவிக்கவும்.

தீர்வு

எலக்ட்ரானின் நிறை m மற்றும் அணுக்கருவின் நிறை M என்க. புறவிசை ஏதும் இவ்வமைப்பின் மீது புறவிசை ஏதும் செயல்படாததால், ஹைட்ரஜன் அணுவின் நிறை மையம் நிலையாக இருக்கும். எனவே, நிறையின் மையத்தைப் பொருத்து அணுக்கருவும் எலக்ட்ரானும் இயக்கத்தில் இருக்கும் (படம் 9.21).



எலக்ட்ரானின் திசைவேகம் v மற்றும் அணுக்கருவின் திசைவேகம் V என்க. இவ்வமைப்பின் மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்தம் சுழி ஆகும். எனவே,

$-m\upsilon + M\upsilon = 0$ அல்லது

$$MV = m\upsilon = p$$

$\vec{p}_e + \vec{p}_n = \vec{0}$ அல்லது

$$|\vec{p}_e| = |\vec{p}_n| = p$$

எனவே, அமைப்பின் இயக்க ஆற்றல்

$$KE = \frac{p_n^2}{2M} + \frac{p_e^2}{2m} = \frac{p^2}{2}\left(\frac{1}{M}+\frac{1}{m}\right)$$

$\frac{1}{M}+\frac{1}{m} = \frac{1}{\mu_m}$. இங்கு μ_m என்பது சுருக்கிய நிறை (reduced mass) எனப்படும்.

மேலும் $\mu_m = \frac{mM}{M+m}$

எனவே, இப்போது அமைப்பின் இயக்க ஆற்றல்

$$KE = \frac{p^2}{2\mu_m}$$

அமைப்பின் நிலை மின்னழுத்த ஆற்றல் எந்த மாறுபாடும் அடையவில்லை ஆதலால், நிறைக்குப் பதிலாக சுருக்கிய நிறையைப் பதிலீடு செய்து ஹைட்ரஜன் அணுவின் மொத்த ஆற்றலைப் பெறலாம்.

$$E_n = -\frac{\mu_m e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2}\frac{1}{n^2}$$

எலக்ட்ரானின் நிறையைக் காட்டிலும் அணுக்கருவின் நிறை மிக அதிகமாதலால், சுருக்கிய நிறையின் மதிப்பு ஆனது எலக்ட்ரானின் நிறைக்கு ஏறத்தாழ சமமாகும்.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 157 19-12-2022 17:33:31

குறிப்பு ஹைட்ரஜன் நிறமாலை வரிகளின் குறைந்த அலைநீளப் பகுதியில், (முதன்மை) வரிகளுடன் கூட மங்கலான வரிகள் உடனிருப்பதை H.C. யுரே மற்றும் அவரது குழு 1931–ல் கண்டறிந்தது. ஐசோடோப்பு இடப்பெயர்ச்சி விளைவு (அல்லது ஐசோடோப்பு நகர்வு) காரணமாக ஒரே தனிமத்தின் ஐசோடோப்புகள் சற்றே வேறுபட்ட நிறமாலை வரிகளை வெளிவிடுகின்றன. இந்த மங்கலான வரிகளின் தோற்றம் ஹைட்ரஜன் அணுவில் ஐசோடோப்பு உள்ளதை உறுதிப்படுத்தியது (இதுவே டியூட்டிரியம் எனப் பெயரிடப்பட்டது).

நிறமாலையில் ஒளி மிகுந்த வரிகளுக்கும் மங்கலான வரிகளுக்கும் இடையே உள்ள அலைநீள அல்லது அலை எண் வேறுபாட்டைக் கொண்டு டியூட்டிரியம் அணுவின் நிறை ஹைட்ரஜன் அணுவின் நிறையைப் போல் இரு மடங்காகும் என்பது கணக்கிடப்பட்டது. போர் அணு மாதிரியினால் இந்த ஐசோடோப்பு நகர்வை விளக்க இயலவில்லை. (மிகச்சிறிய அளவே இருந்தாலும், அணுக்கருவின் இயக்கம் கண்டறியப்பட்டதால்) போரின் அணு மாதிரியில் அணுக்கரு இயக்கத்தைக் கருத்தில் கொண்டு கருத்தியல் அடிப்படையில் கணக்கிடப்பட்ட ஹைட்ரஜன் மற்றும் டியூட்டிரிய அணுக்களின் வரிகளின் அலை எண் அல்லது அலைநீள வேறுபாடுகள் நிறைமாலைகளின் கண்டறியப்பட்ட மதிப்புகளுடன் பொருந்தி வந்தன.

ஹைட்ரஜன் அணுவுக்கும் டியூட்டிரியம் அணுவுக்கும் இடையேயான வேறுபாடு என்னவெனில் ஹைட்ரஜன் அணுவில் ஒரு எலக்ட்ரானும் ஒரு புரோட்டானும் உள்ளன. மாறாக டியூட்டிரியம் அணுவில் ஒரு எலக்ட்ரான், ஒரு புரோட்டான் மற்றும் ஒரு நியூட்ரான் ஆகியவை உள்ளன.

கிளர்வு ஆற்றலும் கிளர்வு மின்னழுத்தமும்

எந்தவொரு குறைந்த ஆற்றல் நிலையிலிருந்தும் அதைவிட அதிக ஆற்றல் நிலைக்கு ஒரு எலக்ட்ரானை கிளர்வுறச் செய்ய தேவைப்படும் ஆற்றல் கிளர்வு ஆற்றல் எனப்படும்.

அடிநிலையிலிருந்து (n=1) முதல் கிளர்வு நிலைக்கு (n=2) ஒரு எலக்ட்ரானை எடுத்துக் செல்லத் தேவைப்படும் கிளர்வு ஆற்றலானது முதல் கிளர்வு ஆற்றல் எனப்படுகிறது.

$$E_I = E_2 - E_1 = -3.4\ eV - (-13.6\ eV) = 10.2\ eV$$

இதேபோல், அடிநிலையிலிருந்து $(n=1)$ இரண்டாவது கிளர்வு நிலைக்கு $(n=3)$ எடுத்துச்செல்லத் தேவைப்படும் கிளர்வு ஆற்றல் இரண்டாம் கிளர்வு ஆற்றல் எனப்படுகிறது

$$E_{II} = E_3 - E_1 = -1.51\ eV - (-13.6\ eV) = 12.1\ eV$$

அதேபோல் அடுத்தடுத்தவை.

ஓரலகு மின்னூட்டம் பெற்ற மின்துகள் ஒன்றின் கிளர்வு ஆற்றல் கிளர்வு மின்னழுத்தம் என்றழைக்கப்படுகிறது.

ஹைட்ரஜன் அணுவிற்கு முதல் கிளர்வு ஆற்றல், $E_I = eV_I$

எனவே ஹைட்ரஜன் **அணுவின்** முதல் கிளர்வு மின்னழுத்தம்,

$$V_I = \frac{1}{e}E_I = 10.2\ \text{volt}$$

அதேபோல் ஹைட்ரஜன் அணுவின் இரண்டாம் கிளர்வு மின்னழுத்தம்,

$$V_{II} = \frac{1}{e}E_{II} = 12.1\ \text{volt}$$

அதேபோல் அடுத்தடுத்தவை..

அயனியாக்க ஆற்றலும் அயனியாக்க மின்னழுத்தமும்

எலக்ட்ரான் ஒன்றினை அணுவிலிருந்து முற்றிலுமாக வெளியேற்றினால், அதாவது, $E_{n\to\infty}$. என்ற ஆற்றல் நிலையை அது அடைந்தால், அவ்வணு அயனியாக்கம் செய்யப்பட்டுள்ளது எனலாம். **அடிநிலையிலுள்ள அணுவின் எலக்ட்ரான் ஒன்றினை அதிலிருந்து வெளியேற்றத் தேவைப்படும் சிறும ஆற்றல் பிணைப்பு ஆற்றல் அல்லது அயனியாக்க ஆற்றல்** என்று அழைக்கப்படுகிறது.

ஹைட்ரஜனின் அடிநிலை அயனியாக்க ஆற்றல்,

$$E_{\text{அயனியாக்கம்}} = E_\infty - E_1 = 0 - (-13.6\,eV) = 13.6\,eV$$

n ஆவது ஆற்றல் நிலையில் ஒரு எலக்ட்ரானை வெளியேற்றத் தேவைப்படும் அயனியாக்க ஆற்றல்,

$$E_{\text{அயனியாக்கம்}} = E_\infty - E_n = 0 - \left(-\frac{13.6}{n^2}Z^2\ eV\right) = \frac{13.6}{n^2}Z^2\ eV$$

சாதாரண அறை வெப்பநிலையில், ஹைட்ரஜன் அணுவிலுள்ள (Z=1) எலக்ட்ரான் பெரும்பாலும் அடிநிலையிலேயே உள்ளது. **அடிநிலையிலுள்ள**

www.tnschoolbooks.in

அட்டவணை 9.1

இயற்பியல் அளவீடு	அடி நிலை	முதல் கிளர்வு நிலை	இரண்டாம் கிளர்வு நிலை
ஆரம் ($r_n \propto n^2$)	0.529 Å	2.116 Å	4.761 Å
திசைவேகம் ($v_n \propto n^{-1}$)	2.19×10^6 m s^{-1}	1.095×10^6 m s^{-1}	0.73×10^6 m s^{-1}
மொத்த ஆற்றல் ($E_n \propto n^{-2}$)	−13.6 *e*V	−3.4 *e*V	−1.51 *e*V

எலக்ட்ரான் ஒன்றை கடைசி ஆற்றல் நிலைக்கு ($n \to \infty$ எனில் $E = 0$) மாற்றத் தேவைப்படும் ஆற்றல் முதல் அயனியாக்க ஆற்றல் (13.6 *e*V) எனப்படும். இப்போது, அந்த ஹைட்ரஜன் அணு அயனியாக்க நிலையில் உள்ளது அல்லது ஹைட்ரஜன் அயனி H^+ என அழைக்கப்படுகிறது. நாம் அளிக்கும் ஆற்றல் அயனியாக்க ஆற்றலை விட அதிகமாக இருந்தால், அதிகப்படியாக உள்ள ஆற்றல் கட்டுறா எலக்ட்ரான்களின் (free electron) இயக்க ஆற்றலாக அளிக்கப்படும்.

ஓரலகு மின்னூட்டத்திற்கான அயனியாக்க ஆற்றல் அயனியாக்க மின்னழுத்தம் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$V_{\text{அயனியாக்கம்}} = \frac{1}{e} E_{\text{அயனியாக்கம்}} = \frac{13.6}{n^2} Z^2 \text{ V}$$

ஹைட்ரஜன் அணுவிற்கு ($Z=1$) அயனியாக்க மின்னழுத்தம்

$$V = \frac{13.6}{n^2} \text{ volt}$$

அடிநிலை, முதல் கிளர்வு நிலை மற்றும் இரண்டாம் கிளர்வு நிலைகளின் ஆரம், திசைவேகம் மற்றும் மொத்த ஆற்றல் ஆகியவை அட்டவணை 9.1–ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

எடுத்துக்காட்டு 9.5

ஹைட்ரஜனைப் போன்றதொரு அணு ஒன்றின் ஆற்றல் $E_n = -\frac{54.4}{n^2}$ *e*V, எனில் பின்வருவனவற்றைக் கணக்கிடவும். இங்கு $n \in \mathbb{N}$

அ) அந்த அணுவின் ஆற்றல் மட்டங்களை வரையவும்; மேலும் அதன் அணு எண்ணைக் கணக்கிடவும்.

ஆ) அணு அடிநிலையில் உள்ளது எனில், அதன் முதல் கிளர்வு மின்னழுத்தம் மற்றும் அயனியாக்க மின்னழுத்தம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

இ) முறையே 42 *e*V மற்றும் 51 *e*V ஆற்றல் கொண்ட இரு போட்டான்களை அந்த அணுவின் மீது மோதச் செய்தால், அவற்றை அந்த அணு உட்கவருமா?

ஈ) முதல் போர் சுற்றுப்பாதையின் ஆரத்தைக் கண்டறிக.

உ) அடிநிலையில் அதன் இயக்க மற்றும் மின்னழுத்த ஆற்றல்களைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

அ) $E_n = -\frac{54.4}{n^2}$ *e*V எனவே,

$n = 1$ எனில், அடிநிலை ஆற்றல்

$n = 2$ எனில், $E_2 = -13.6$ *e*V; $E_3 = -6.04$ *e*V, $E_4 = -3.4$ *e*V அதேபோல் மற்றவை

முதன்மை குவாண்டம் எண்ணின் பெரும மதிப்பு — அதாவது $n = \infty$ எனில் $E_\infty = 0$ *e*V.

ஆ) ஹைட்ரஜனைப் போன்றதொரு அணுவிற்கு அடிநிலை ஆற்றல்,

$$E_1 = -\frac{13.6}{n^2} Z^2 \text{ eV}$$

Z என்பது அணு எண்; கொடுக்கப்பட்டுள்ள ஆற்றல் மதிப்பை ஒப்பிடும் போது, $-13.6\, Z^2 = -\, 54.4 \Rightarrow Z = \pm 2$ அணு எண் எதிர்க்குறி எண்ணாக இருக்க முடியாது. எனவே $Z = 2$.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 159 19-12-2022 17:33:35

முதல் கிளர்வு ஆற்றல்

$$E_I = E_2 - E_1 = -13.6\,eV - (-54.4\,eV)$$
$$= 40.8\,eV$$

எனவே முதல் கிளர்வு மின்னழுத்தம்

$$V_I = \frac{1}{e}E_I = \frac{(40.8\,eV)}{e}$$
$$= 40.8\,\text{volt}$$

முதல் அயனியாக்க ஆற்றல்

$$E_{\text{அயனியாக்கம்}} = E_\infty - E_1 = 0 - (-54.4\,eV)$$
$$= 54.4\,eV$$

முதல் அயனியாக்க மின்னழுத்தம்

$$V_{\text{அயனியாக்கம்}} = \frac{1}{e}E_{\text{அயனியாக்கம்}} = \frac{(54.4\,eV)}{e}$$
$$= 54.4\,\text{volt}$$

இ) இரு போட்டான்களை A மற்றும் B என்க. போட்டான் A–வின் ஆற்றல் 42 eV மற்றும் போட்டான் B–ன் ஆற்றல் 51 eV.

போர் கொள்கையின் படி, ஆற்றல் மட்டங்களுக்கு இடையேயான வேறுபாட்டுக்குச் சமமான ஆற்றல் கொண்ட போட்டானை அணு உட்கவரும்; சமமாக இல்லையெனில், உட்கவராது.

$$E_2 - E_1 = -13.6\,eV - (-54.4\,eV)$$
$$= 40.8\,eV \approx 41\,eV$$

அதேபோல்,

$$E_3 - E_1 = -6.04\,eV - (-54.4\,eV)$$
$$= 48.36\,eV$$
$$E_4 - E_1 = -3.4\,eV - (-54.4\,eV)$$
$$= 51\,eV$$
$$E_3 - E_2 = -6.04\,eV - (-13.6\,eV)$$
$$= 7.56\,eV$$

அதேபோல் அடுத்தடுத்தவை

இங்கு, $E_2 - E_1 \neq 42$ eV, $E_3 - E_1 \neq 42$ eV, $E_4 - E_1 \neq 42$ eV மற்றும் $E_3 - E_2 \neq 42$ eV.

எந்தவொரு வாய்ப்பிலும் (42 eV) போட்டான் ஆற்றல் மதிப்பின் முழு மடங்குக்குச் சமமான ஆற்றல் வேறுபாடு அமையாததால், போட்டான் A இந்த அணுவால் உட்கவரப்படுவதில்லை. ஆனால், போட்டான் Bயைப் பொருத்தவரை, $E_4 - E_1 = 51\,eV$, ஆகையால், இவ்வணுவால், போட்டான் B உட்கவரப்படுகின்றது.

ஈ.) போர் சுற்றுப்பாதையின் ஆரம் $r_n = \frac{a_0 \times n^2}{z}$

$$n = 1, z = 2$$
$$r_1 = \frac{a_0}{2}$$
$$= \frac{0.529}{2} = 0.265\ \text{Å}$$

உ) போர் அணுமாதிரியில், மொத்த ஆற்றலானது இயக்க ஆற்றலின் எதிர்க்குறி மதிப்புக்குச் சமம் ஆதலால்,

$$KE_n = -E_n = -\left(-\frac{54.4}{n^2}eV\right)$$
$$= \frac{54.4}{n^2}eV$$

நிலை மின்னழுத்த ஆற்றலானது இயக்க ஆற்றலின் எதிர்க்குறி மதிப்பின் இரு மடங்காகும். எனவே,

$$U_n = -2KE_n = -2\left(\frac{54.4}{n^2}eV\right)$$
$$= -\frac{108.8}{n^2}eV$$

தரை நிலைக்கு $n = 1$

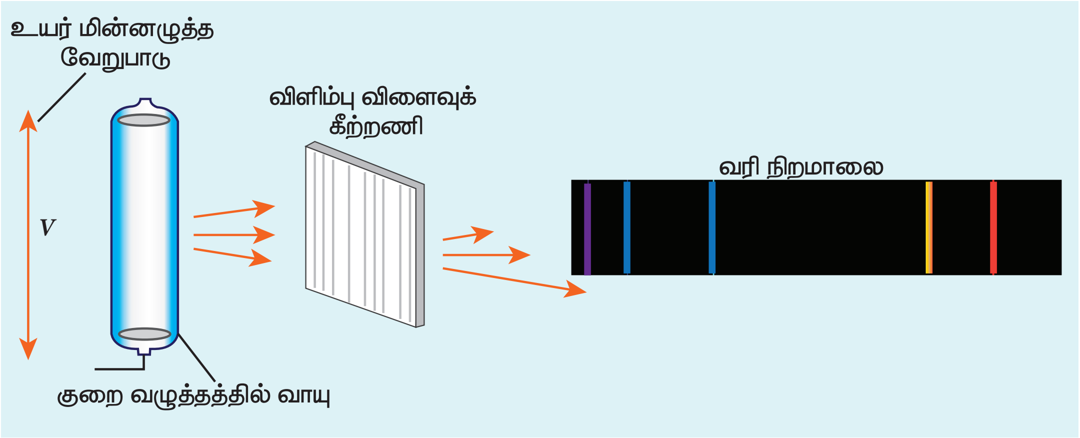
$KE_1 = 54.4\ eV$ மற்றும் $U_1 = -108.8\ eV$

9.3.4 அணு நிறமாலை

பல்வேறு திட, திரவ மற்றும் அடர்த்தியான வாயுப் பொருள்களை வெப்பப்படுத்தினால், அவை வெளிவிடும் மின்காந்தக் கதிர்கள் தொடர் நிறமாலையாகக் காணப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு வெள்ளை நிற ஒளியை நிறமாலைமானியின் உதவியுடன் ஆராய்ந்தால், அதில் மின்காந்தக் கதிர்களின் அனைத்து அலைநீளங்களும் தொடர் நிறமாலையாகக் காணப்படுகின்றன.

இருபதாம் நூற்றாண்டின் முற்பகுதியில், தீச்சுடர் மற்றும் மின்னிறக்கக் குழாய் ஆகியவற்றில் வைக்கப்பட்ட பல்வேறு தனிம அணுக்களினால் வெளிவிடப்படும், தனித்தன்மை கொண்ட கதிர்வீச்சுகளை ஆராய்வதில் பல அறிவியல் அறிஞர்கள் ஈடுபட்டனர். அவற்றை நிறமாலைமானியின் உதவியால் பார்க்கும் போது அல்லது புகைப்படம் எடுத்துப் பார்க்கும் போது, தொடர் நிறமாலைக்குப் பதிலாக ஒவ்வொன்றிற்கும் தனித்துவமாக உள்ள தனித்தனியான வரிகளின் தொகுப்பு காணப்பட்டது. அதாவது, வெளிவிடப்படும் (நிறமாலை) ஒளியின் அலை நீளங்கள் நன்கு

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 160 19-12-2022 17:33:38



படம் 9.21 ஓர் அணுவின் நிறமாலை

வரையறுக்கப்பட்டதாகவும் அவற்றின் இருப்பு நிலை மற்றும் பொலிவு ஆகியவை அந்தந்த தனிமத்துக்கே உரித்தனவாகவும் இருந்தன (படம் 9.21).

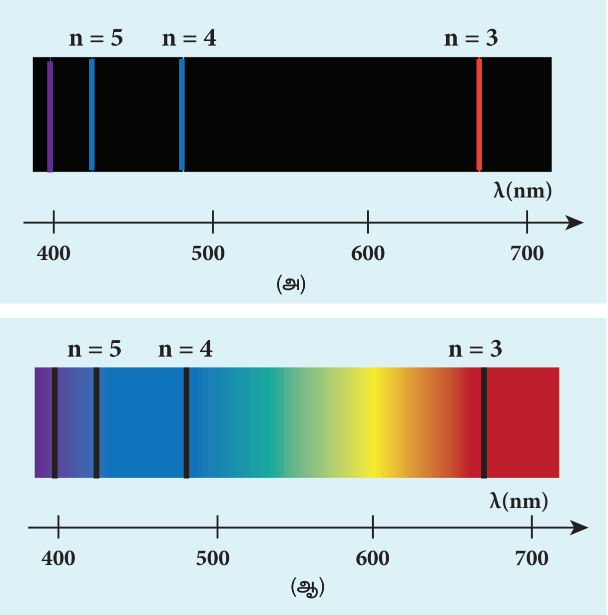
ஒவ்வொரு தனிமத்திற்கும் அதற்கே உரித்தான, தனித்தன்மை கொண்ட நிறமாலை உள்ளதையும் அதைப் பயன்படுத்தி தனிமத்தைக் கண்டறியலாம் என்பதையும் (ஒவ்வொரு மனிதரையும் கண்டறிய அவரது விரல் ரேகைகள் பயன்படுவது போல) இதன் மூலம் புரிந்து கொள்ள முடியும் – அதாவது, வெவ்வேறு வாயுக்களின் நிறமாலையும் வெவ்வேறாக இருக்கும். தனிமங்களின் வரி நிறமாலைகளின் தனித்துவத்தின் அடிப்படையில், விண்மீன்கள், சூரியன் மற்றும் இனம் கண்டறியாத சேர்மங்கள் ஆகியவற்றின் உள்ளடக்கங்களை அறிவியல் அறிஞர்கள் கண்டுபிடித்தனர்.

ஹைட்ரஜன் நிறமாலை

குழாயில் அடைக்கப்பட்ட ஹைட்ரஜன் வாயுவை வெப்பப்படுத்தும் போது, அதிலிருந்து நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட, குறிப்பிட்ட அலைநீளங்களைக் கொண்ட சில மின்காந்த கதிர்வீச்சுகள் வெளியாகின்றன. இதுவே ஹைட்ரஜன் நிறமாலை எனப்படுகிறது. (XII–வகுப்பு தொகுதி 1, அலகு –5) ஹைட்ரஜனின் வெளிவிடு மற்றும் உட்கவர் நிறமாலைகள் படம் 9.22 (அ) மற்றும் (ஆ) வில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

எந்தவொரு வாயுவை வெப்பப்படுத்தினாலும், வெப்ப ஆற்றல் எலக்ட்ரான்களைக் கிளர்வுறச் செய்கிறது. அதேபோல், அணுக்களின் வழியே ஒளியை செலுத்தும் போது, போட்டான்களை உட்கவர்வதன் மூலமாக எலக்ட்ரான்கள் கிளர்வுறுகின்றன.

போர் எடுகோள்களில் கூறப்பட்டுள்ளதைப் போல (எடுகோள்–இ), போதுமான அளவு ஆற்றல் அளிக்கப்படும் போது, குறிப்பிட்ட அலைநீளம் (அல்லது அதிர்வெண்) கொண்ட ஆற்றலை உட்கவர்வதன் மூலம் எலக்ட்ரான்கள் அதன் நிலையில் இருந்து அதிக ஆற்றல் நிலைக்குத் தாவுகின்றன. குறிப்பிட்ட அலைநீளங்கள் (அல்லது அதிர்வெண்கள்) ஒளியில் இல்லாதபோது, அதன் உட்கவர் நிறமாலையில் இருள் வரிகளாகக் காணப்படுகின்றன (படம் 9.22 (அ).



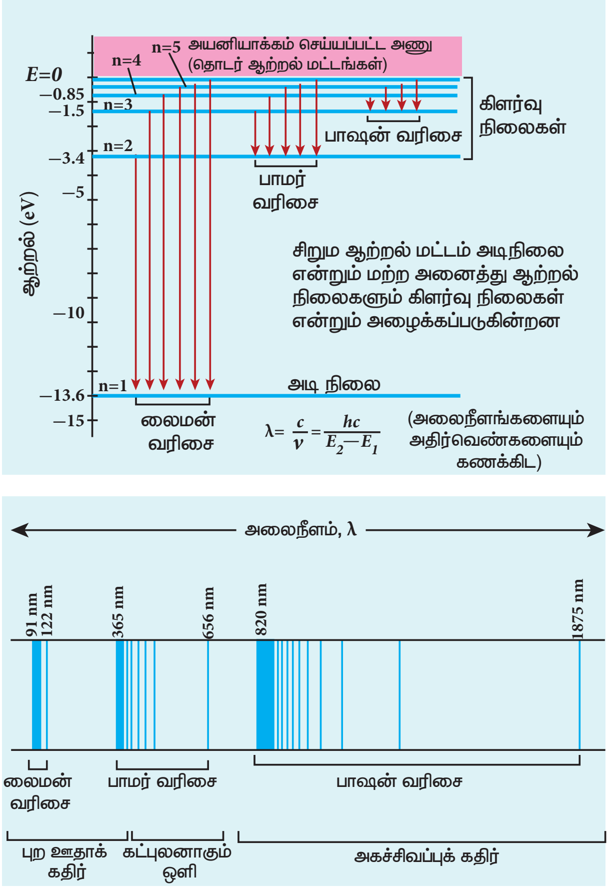
படம் 9.22 ஹைட்ரஜன் நிறமாலை
(அ) ஹைட்ரஜனின் வெளிவிடு நிறமாலை (அலை நீளத்தில்) (ஆ) ஹைட்ரஜனின் உட்கவர் நிறமாலை (அலை நீளத்தில்)

கிளர்வு நிலைகளில் எலக்ட்ரான்களின் ஆயுட்காலம் மிகக் குறைவாக உள்ளதால் (கிட்டத்தட்ட 10^{-8} s), தன்னியல்பு உமிழ்வின் காரணமாக அவை மீண்டும் அடி நிலைக்குத் தாவுகின்றன. எனவே எந்த நிறங்களை, அதாவது

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 161 19-12-2022 17:33:38

www.tnschoolbooks.in

அலைநீளங்களை (அல்லது அதிர்வெண்கள்) அவை உட்கவர்வு செய்தனவோ அதே நிறங்களை வெளிவிடுகின்றன (படம் 9.22 (அ) இதையே வெளிவிடு நிறமாலை என்பர். இந்த வரிகளின் அலைநீளங்களை மிகவும் துல்லியமாகக் கண்டறிய முடியும். மேலும் இந்த வெளிவிடு கதிர்வீச்சுகளில் கண்ணுறு நிறமாலையின் அலைநீளங்களை விடக் குறைவாகவோ அதிகமாகவோ உள்ள அலைநீளங்களும் காணப்படுகின்றன.



படம் 9.23 நிறமாலை வரிசை – லைமன், பாமர், பாஷன் வரிசைகள்

ஹைட்ரஜனின் நிறமாலை வரிகள் வெவ்வேறு வரிசைத் தொகுதிகளாக உள்ளதைக் கவனிக்கவும். (படம் 9.23). ஒவ்வொரு வரிசைத் தொகுதியிலும் அலைநீளம் குறையக் குறைய, வரிசையிலுள்ள அடுத்தடுத்த அலைநீளங்களுக்கு இடையேயுள்ள தொலைவும் குறைகின்றது. மேலும், ஒவ்வொரு வரிசையிலும் அலைநீளங்கள் எல்லை மதிப்பை எட்டுவதைக் காணலாம். இது வரிசை எல்லை என்றழைக்கப்படும். இந்த வரிசைகளுக்கு லைமன் வரிசை, பாமர் வரிசை, பாஷன் வரிசை, பிராக்கெட் வரிசை மற்றும் ஃபண்ட் வரிசை என்று பெயரிடப்பட்டுள்ளன. இந்த வரிசைகளிலுள்ள நிறமாலை வரிகளின் அலைநீளங்கள் போர் அணு மாதிரியின் படி தருவிக்கப்பட்ட சமன்பாடுகளுடன் சரியாக இணங்கி வருகின்றன.

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right) = \bar{\nu} \qquad (9.18)$$

இங்கு $\bar{\nu}$ **என்பது அலை எண், அலைநீளத்தின் தலைகீழி,** R என்பது ரிட்பர்க் மாறிலி $1.09737 \times 10^7\ m^{-1}$ மற்றும் m,n ஆகியவை நேர்க்குறி முழுவெண்கள்; மேலும் $m > n$ என்ற நிபந்தனையில் பல்வேறு நிறமாலை தொடர்கள் இங்கே விளக்கப்படுகின்றன:

(அ) லைமன் வரிசை

$n = 1$ மற்றும் $m = 2,3,4.......$ என சமன்பாடு (9.18)–ல் பிரதியிட, லைமன் வரிசையிலுள்ள நிறமாலை வரிகளின் அலை எண் அல்லது அலைநீளங்களைக் கணக்கிடலாம். இவ்வரிகள் புற ஊதாப் பகுதியில் காணப்படுகின்றன.

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

(ஆ) பாமர் வரிசை

$n = 2$ மற்றும் $m = 3,4,5.......$ என சமன்பாடு (9.18)–ல் பிரதியிட, பாமர் வரிசையிலுள்ள நிறமாலை வரிகளின் அலை எண் அல்லது அலைநீளங்களைக் கணக்கிடலாம். இவை கண்ணுறு ஒளிப் பகுதியில் காணப்படுகின்றன.

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

(இ) பாஷன் வரிசை

$n = 3$ மற்றும் $m = 4,5,6.......$ என சமன்பாடு (8,18)–ல் பிரதியிட பாஷன் வரிசையிலுள்ள நிறமாலை வரிகளின் அலை எண் அல்லது அலைநீளங்களைக் கணக்கிடலாம். இவை அருகமை அகச்சிவப்புப் மின்காந்த அலைநீளப்பகுதியில் (near infra– red) அமைந்துள்ளன.

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

(ஈ) பிராக்கெட் வரிசை

$n = 4$ மற்றும் m=5,6,7....... என சமன்பாடு (9.18) பாஷன் பிரதியிட, பிராக்கெட் வரிசையிலுள்ள நிறமாலை வரிகளின் அலை எண் அல்லது அலைநீளங்களைக் கணக்கிடலாம். இவ்வரிகள் அகச்சிவப்பு மின்காந்த அலைநீளப் பகுதியில்

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 162 19-12-2022 17:33:40

(அகச்சிவப்பு பகுதியின் மையத்தில் middle infra–red) அமைந்துள்ளன.

$$\bar{v} = \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

(உ) ஃபண்ட் வரிசை

$n = 5$ மற்றும் $m = 6,7,8$ என சமன்பாட (9.18)–ல் பிரதியிட, ஃபண்ட் வரிசையிலுள்ள நிறமாலை வரிகளின் அலைஎண் அல்லது அலைநீளங்களைக் கணக்கிடலாம். இவ்வரிகளும் அகச்சிவப்புப் மின்காந்த அலைநீளப் பகுதியில் (அதிக அலைநீளம் கொண்ட அகச்சிவப்பு பகுதியில் far infra–red) அமைந்துள்ளன.

$$\bar{v} = \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

மேற்கூறிய நிறமாலை வரிசைகள் அட்டவணை 9.2–ல் பட்டியல் இடப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 9.2

n	m	வரிசை பெயர்	மின்காந்த பகுதி
1	2,3,4.....	லைமன்	புற ஊதா
2	3,4,5.....	பாமர்	கட்புலனாகும்
3	4,5,6.....	பாஷன்	அகச்சிவப்பு
4	5,6,7......	பிராக்கெட்	அகச்சிவப்பு
5	6,7,8.....	பண்ட்	அகச்சிவப்பு

போர் அணு மாதிரியின் குறைபாடுகள்:

போர் அணு மாதிரியின் குறைபாடுகள் பின்வருமாறு:

(அ) ஹைட்ரஜன் அல்லது ஹைட்ரஜனைப் போன்ற அணுக்களுக்கு மட்டுமே போர் அணு மாதிரி பொருத்தமானது. பிற சிக்கலான அணுக்களுக்கு இது பொருந்துவதில்லை.

(ஆ) ஹைட்ரஜன் நிறமாலையின் வரிகளை உற்றுநோக்கும் போது, ஒவ்வொரு வரியும் பல மங்கலான வரிகளால் ஆனது எனத் தெரிகிறது. இதை நுண்வரியமைப்பு (fine structure) என்பர். போர் கொள்கை இதற்கு விளக்கம் தரவில்லை.

(இ) நிறமாலை வரிகளின் செறிவில் காணப்படும் மாற்றங்களுக்கான விளக்கம் போர் அணு மாதிரியால் தரப்படவில்லை.

(ஈ) அணுக்களில் எலக்ட்ரான்களின் பகிர்வு தொடர்பான முழுமையான விளக்கமும் போர் அணு மாதிரியால் தரப்படவில்லை.

9.4 அணுக்கருக்கள்

அறிமுகம்

முந்தைய பிரிவில் பல்வேறு தொடக்கநிலை அணு மாதிரிகள், ரூதர்போர்டு ஆல்பா துகள் சிதறல் ஆய்வு மற்றும் போர் அணு மாதிரி ஆகியவற்றைப் பற்றி பார்த்தோம். அணு மற்றும் அணுக்கரு ஆகியவற்றின் அமைப்பைப் புரிந்து கொள்வதற்கு இவை பெரிதும் உதவின. இந்தப் பிரிவில் அணுக்கருவின் பண்புகள் மற்றும் அதன் வகைகளைப் பற்றி விவரிக்கப்பட்டுள்ளது.

9.4.1 அணுக்கருவின் கட்டமைப்பு

அணுவானது தன்னுள்ளே அணுக்கருவையும் அதனைச்சுற்றி எலக்ட்ரான்களையும் கொண்டுள்ளது. அணுக்கரு புரோட்டான்கள் மற்றும் நியூட்ரான்களை உள்ளடக்கியது. நியூட்ரான்கள் மின் நடுநிலைத் தன்மை கொண்டவை $(q = 0)$; புரோட்டான்கள் நேர் மின்னூட்டம் கொண்டவை $(q = +e)$ அவற்றின் மின்னூட்ட மதிப்பு எலக்ட்ரான்களின் மின்னூட்ட மதிப்புக்குச் $(q = -e)$ சமமாக இருக்கும். **அணுக்கரு ஒன்றிலுள்ள புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை அணு எண்** எனப்படும்– அதை Z என்ற குறியீட்டினால் அறியலாம். அணுக்கரு ஒன்றிலுள்ள நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கை N என்று குறிக்கப்படுகிறது. **அணுக்கருவில் காணப்படும் நியூட்ரான்கள் மற்றும் புரோட்டான்களின் மொத்த எண்ணிக்கை நிறை எண்** எனப்படும். அது A என்று குறிக்கப்படுகிறது. எனவே, $A = Z+N$

அணுக்கருவின் இரண்டு கூறுகள், நியூட்ரான் மற்றும் புரோட்டான்கள், நியூக்ளியான்கள் எனும் பொதுப்பெயரினால் அழைக்கப்படுகின்றன. ஒரு புரோட்டானின் நிறை 1.6726×10^{-27} kg ஆகும். இது எலக்ட்ரானின் நிறையைப்போல் ஏறத்தாழ 1836 மடங்காகும். நியூட்ரானின் நிறை புரோட்டானின் நிறையை விட சற்றே அதிகமானது. அதாவது அதன் நிறை 1.6749×10^{-27} kg.

ஒரு தனிமத்தின் அணுக்கருவை குறிப்பதற்கு பின்வரும் குறிமுறையைப் பயன்படுத்துகிறோம்.

$$^{A}_{Z}X$$

இங்கு X என்பது தனிமத்தின் வேதிக் குறியீடு, A என்பது நிறை எண் மற்றும் Z என்பது அணு

எண். எடுத்துக்காட்டாக நைட்ரஜன் அணுக்கரு $^{15}_{7}N$ என்று குறிப்பிடப்படுகிறது. இது நைட்ரஜன் அணுக்கருவில் 15 நியூக்ளியான்கள் உள்ளன என்பதை உணர்த்துகிறது. இதில் 7 புரோட்டான்கள் $(Z = 7)$ மற்றும் 8 நியூட்ரான்கள் $(N = A - Z = 8)$ உள்ளன. சில தருணங்களில், Z–ன் மதிப்பு தெரிந்த தனிமத்திற்கு கீழ் இலக்கம் Z ஆனது எழுதப்படாமல் தவிர்க்கப்படுகிறது. உதாரணமாக நைட்ரஜன் அணுக்கருவை ^{15}N (நைட்ரஜன் பதினைந்து என்று கூற வேண்டும்) என்று கூறினால் போதுமானது.

அணுக்கருவில் நேர் மின்னூட்டம் உடைய புரோட்டான்களும் மின் நடுநிலைத் தன்மையுடைய நியூட்ரான்களும் உள்ளதால், அதன் நிகர மின்னூட்டம் நேர்க்குறி கொண்டது மற்றும் அதன் மின்னூட்ட மதிப்பு $+Ze$ ஆகும். ஆனால், அணுவானது மின் நடுநிலைத் தன்மையுடையது, ஆதலால் அணுவிலுள்ள எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை அணுக்கருவிலுள்ள புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கைக்குச் சமமாகும்.

9.4.2 ஐசோடோப்புகள், ஐசோபார்கள் மற்றும் ஐசோடோன்கள்

ஐசோடோப்புகள்

இயற்கையில், குறிப்பிட்ட ஒரு தனிமத்தின் அணுக்கள் சம எண்ணிக்கையுள்ள புரோட்டான்களையும், வேறுபட்ட எண்ணிக்கையுள்ள நியூட்ரான்களையும் பெற்றுள்ளதை நாம் அறிவோம். இத்தகைய அணுக்கள் ஐசோடோப்புகள் எனப்படுகின்றன. அதாவது, **சமமான அணு எண் (Z) மற்றும் வேறுபட்ட நிறை எண் (A) கொண்ட ஒரே தனிமத்தின் அணுக்கள்** ஐசோடோப்புகள் எனப்படும். எடுத்துக்காட்டாக, ஹைட்ரஜன் அணு மூன்று ஐசோடோப்புகளைக் கொண்டது, அவை $^{1}_{1}H$ (ஹைட்ரஜன்), $^{2}_{1}H$ (டியூட்டிரியம்) மற்றும் $^{3}_{1}H$ (டிரிட்டியம்) எனக் குறிப்பிடப்படுகின்றன. இவை அனைத்திலும் ஒரேயொரு புரோட்டான் மட்டுமே உள்ளதைக் கவனிக்கவும். ஹைட்ரஜனில் நியூட்ரான்கள் இல்லை, டியூட்டிரியத்தில் ஒரு நியூட்ரானும், டிரிட்டியத்தில் இரண்டு நியூட்ரான்களும் உள்ளன.

குறிப்பிட்ட ஒரு தனிமத்தில் காணப்படும் ஐசோடோப்புகளின் எண்ணிக்கையும் அவற்றின் அளவுகளும் தனிமத்திற்குத் தனிமம் வேறுபடும். எடுத்துக்காட்டாக கார்பன் அணு நான்கு முக்கிய ஐசோடோப்புகள் கொண்டது. $^{11}_{6}C$, $^{12}_{6}C$, $^{13}_{6}C$ மற்றும் $^{14}_{6}C$. ஆனாலும் இயற்கையில் $^{12}_{6}C$ –ன் அளவு 98.9% ஆகவும் $^{13}_{6}C$ –ன் அளவு 1.1% ஆகவும் $^{14}_{6}C$ –ன் அளவு 0.0001% ஆகவும் உள்ளது. மற்ற ஐசோடோப்பான $^{11}_{6}C$ இயற்கையாகத் தோன்றியது அல்ல, ஆய்வுக்கூடங்களில் அணுக்கரு வினைகள் மூலம் அல்லது பிரபஞ்சக்கதிர்கள் (Cosmic rays) மூலம் மட்டுமே அதை உருவாக்க இயலும்.

அணு ஒன்றின் வேதிப்பண்புகள் அதிலுள்ள எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையை மட்டுமே சார்ந்திருக்கின்றன.தனிமம்ஒன்றின்ஐசோடோப்புகள் ஒரே எலக்ட்ரானிய அமைப்பை கொண்டுள்ளதால், அவை ஒரே மாதிரியான வேதிப்பண்புகளையும் பெற்று விளங்குகின்றன. எனவே, தனிம வரிசை அட்டவணையில் ஐசோடோப்புகள் ஒரே இடத்தில் வைக்கப்படுகின்றன.

ஐசோபார்கள்

ஐசோபார்கள் என்பவை **சமமான நிறை எண் (A) மற்றும் வேறுபட்ட அணு எண் (Z) கொண்ட வெவ்வேறு தனிமங்களின் அணுக்கள்** ஆகும். அதாவது அவை சம நியூக்ளியான் எண்ணிக்கை கொண்ட வெவ்வேறு வேதியத் தனிமங்களின் அணுக்களாகும். எடுத்துக்காட்டாக, $^{40}_{16}S$, $^{40}_{17}Cl$, $^{40}_{18}Ar$, $^{40}_{19}K$ மற்றும் $^{40}_{20}Ca$ ஆகியவைசமமான நிறை எண் 40 மற்றும் வெவ்வேறு அணு எண்களையும் கொண்ட ஐசோபார்கள். ஐசோடோப்புகளைப் போலல்லாமல் ஐசோபார்கள் வெவ்வேறு தனிமங்களின் அணுக்கள் ஆகும். ஆகவே அவை மாறுபட்ட இயற்பியல் மற்றும் வேதிப் பண்புகளைப் பெற்றிருக்கும்.

ஐசோடோன்கள்

சம எண்ணிக்கையில் நியூட்ரான்களைக் கொண்டுள்ள வெவ்வேறு தனிமங்களின் அணுக்கள் ஐசோடோன்கள் எனப்படும். (எ.கா) $^{12}_{5}B$ மற்றும் $^{13}_{6}C$ இவற்றில் 7 நியூட்ரான்கள் உள்ளன.

9.4.3 அணு நிறையும் அணுக்கரு நிறையும்

அணுக்கருவின் நிறை மிகச் சிறிய மதிப்பு கொண்டதாக உள்ளது. (ஏறத்தாழ 10^{-25} kg அல்லது அதைவிடக் குறைவு). எனவே அதை எழுதும் போது அணு நிறை அலகு (u) என்ற அலகைப் பயன்படுத்துவது எளிதாக இருக்கும். **அணு நிறை அலகு (u) என்பது** இயற்கையாகக் கிடைக்கப் பெறும் கார்பன் ஐசோடோப்புகளில் அதிக அளவில் காணப்படும் **$^{12}_{6}C$ ஐசோடோப்பின் நிறையில் 12 இல் ஒரு பங்கு ஆகும்**. அதாவது,

$$1\,u = \frac{{}^{12}_{6}C \text{ அணுவின் நிறை}}{12} = \frac{1.9926\times10^{-26}}{12}\text{kg}$$
$$= 1.660\times10^{-27}\text{kg}$$

அணு நிறை அலகில், நியூட்ரானின் நிறை m_N = 1.008665 u, புரோட்டானின் நிறை m_p = 1.007276 u, ஹைட்ரஜன் அணுவின் நிறை m_H = 1.007825 u மற்றும் ${}^{12}_{6}C$ –ன் நிறை 12 u. பொதுவாக, நிறையெனப்படுவது அணுக்களின் நிறையேயன்றி அணுக்கருக்களின் நிறை அல்ல. எனவே குறிப்பிட்ட அணுக்கருவின் நிறையைக் காண அதன் அணுக்களின் நிறையிலிருந்து எலக்ட்ரான்களின் நிறையைக் கழிக்க வேண்டும். அணுக்களின் நிறையை செய்முறை ஆய்வின் மூலம் கண்டறிய பெயின்பிரிட்ஜ் நிறைமாலைமானி என்ற கருவி பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஐசோடோப்புகளின் விளைவுகளைக் கருத்தில் கொள்ளாமல் தனிமத்தின் அணு நிறையைக் கண்டறிந்தோம் என்றால் அதிலுள்ள ஐசோடோப்புகளின் அளவுகளுக்கு (abundance) ஏற்ப கணக்கிடப்பட்ட சராசரி அணு நிறையே நமக்குக் கிடைக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு 9.6

குளோரினின் பல்வேறு ஐசோடோப்புகளுக்கு இடையே வேறுபாடுகள் இல்லையெனில், அவற்றின் சராசரி அணு நிறையைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

குளோரின் தனிமமானது 75.77% ${}^{35}_{17}Cl$ மற்றும் 24.23% ${}^{37}_{17}Cl$ ஆகியவற்றின் கலவையே. எனவே, அதன் சராசரி அணுநிறை

$$\frac{75.77}{100}\times34.96885u + \frac{24.23}{100}\times36.96593u$$
$$= 35.453u$$

ஒரு தனிமத்தின் இந்த சராசரி அணுநிறை அல்லது வேதிய அணு எடை (குளோரினுக்கு இதன் மதிப்பு 35.453u) மதிப்புகளையே வேதியியலாளர்கள் (Chemists) பயன்படுத்துகின்றனர். எனவே, தனிம வரிசை அட்டவணையில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ள அணு நிறை மதிப்புகள் இவ்வாறு கணக்கிடப்பட்ட சராசரி அணுநிறை மதிப்புகளே என்பதைக் கருத்தில் கொள்ளவும்.

9.4.4 அணுக்கருவின் அளவும் அதன் அடர்த்தியும்:

ஆல்பா துகள் சிதறல் ஆய்வு உள்ளிட்ட பலவிதமான செய்முறைகளைப் பயன்படுத்தி பல அணுக்கருக்களின் மீது வெவ்வேறு ஆய்வுகள் நடத்தப்பட்டுள்ளன. அவற்றில் இருந்து, அணுக்கருவானது கிட்டத்தட்ட கோள வடிவிலானது என்று தெரிகிறது. மேலும் செய்முறை ஆய்வுகளின் அடிப்படையில் $Z > 10$ கொண்ட அணுக்கருக்களுக்கு அவற்றின் ஆரம் R ஆனது

$$R = R_0 A^{\frac{1}{3}} \qquad (9.19)$$

என்ற வாய்ப்பாடு சோதனை (empirically) மூலம் பெறப்பட்டுள்ளது. இங்கு A என்பது அணுக்கருவின் நிறை எண் மற்றும் R_0 = 1.2 F (1 F = 1 × 10^{-15}m). இங்கு F என்ற அலகு என்ரிகோ பெர்மி என்பாரின் நினைவாக இடப்பட்டது ஆகும்.

எடுத்துக்காட்டு 9.7

${}^{197}_{79}Au$ அணுக்கருவின் ஆரத்தைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

சமன்பாடு (9.19)–ன் படி,

$$R = 1.2\times10^{-15}\times(197)^{\frac{1}{3}} = 6.97\times10^{-15}m$$

அல்லது R = 6.97 F

எடுத்துக்காட்டு 9.8

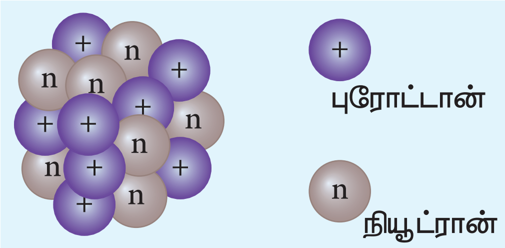
நிறை எண் A கொண்ட அணுக்கருவின் அடர்த்தியைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

சமன்பாடு (9.19)ன் படி, அணுக்கருவின் ஆரத்திற்கான சமன்பாடு $R = R_0 A^{\frac{1}{3}}$ எனில், அணுக்கருவின் பருமன்

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi R_0^3 A$$

புரோட்டானுக்கும் நியூட்ரானுக்கும் இடையேயுள்ள நிறை வேறுபாட்டைப் புறக்கணித்தால், நிறை எண் A கொண்ட அணுக்கருவின் நிறை $A.m$, இங்கு m என்பது புரோட்டானின் நிறை = 1.6726×10^{-27} kg.



அணுக்கருவின் அடர்த்தி

$$\rho = \frac{\text{அணுக்கருவின் நிறை}}{\text{அணுக்கருவின் பருமன்}} = \frac{A.m}{\frac{4}{3}\pi R_0^3 A} = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi R_0^3}$$

இந்த கோவையைக் கவனிக்கவும்: அணுக்கரு அடர்த்தி நிறை எண்ணைச் சார்ந்ததல்ல. அதாவது அனைத்து அணுக்கருக்களும் ($Z > 10$) ஒரே அடர்த்தியை உடையன. இது அணுக்கருவின் முக்கியமான பண்புகளில் இதுவும் ஒன்று.

கோவையில் உள்ள குறியீடுகளுக்கு மதிப்புகளைப் பிரதியிட, அணுக்கரு அடர்த்தியின் மதிப்பு

$$\rho = \frac{1.67\times10^{-27}}{\frac{4}{3}\pi\times(1.2\times10^{-15})^3} = 2.3\times10^{17}\,\text{kg m}^{-3}.$$

அணுக்கருவிலுள்ள நியூக்ளியான்கள் மிகவும் இறுகத் திணிக்கப்பட்ட நிலையில் இருக்கின்றன என்பதை இந்த மதிப்பு காட்டுகிறது. மேலும் இந்த அடர்த்தியின் மதிப்பை தண்ணீரின் அடர்த்தியுடன் ($10^3\,\text{kg m}^{-3}$) ஒப்பிட்டுப் பார்க்கவும்.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

ஒரேயொரு தேக்கரண்டி அளவு அணுக்கருவின் பருப்பொருளின் நிறையானது கிட்டத்தட்ட டிரில்லியன் டன்களுக்குச் சமமாகும்.

9.4.5 நிறை குறைபாடும் பிணைப்பு ஆற்றலும்

எந்தவொரு அணுக்கருவின் நிறையும் அதிலுள்ள நியூக்ளியான் நிறைகளின் கூட்டுத்தொகையை விட குறைவாக உள்ளது என்று ஆய்வுகளின் மூலம் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. எடுத்துக்காட்டாக, கார்பன்–12 அணுக்கருவானது 6 புரோட்டான்களையும் 6 நியூட்ரான்களையும் கொண்டது.

6 நியூட்ரான்களின் நிறை =

$$6\times1.00866\,u = 6.05196\,u$$

6 புரோட்டான்களின் நிறை =

$$6\times1.00727\,u = 6.04362\,u$$

6 எலக்ட்ரான்களின் நிறை =

$$6\times0.00055\,u = 0.0033\,u$$

எனவே, கார்பன்–12 அணுக்கருவின் எதிர்ப்பார்க்கப்படும் நிறை =

$$6.05196\,u + 6.04362\,u = 12.09558\,u$$

ஆனால், நிறைமாலைமானியைக் கொண்டு கண்டறியப்பட்ட கார்பன்–12 அணுவின் நிறை = 12 u. இதிலிருந்து 6 எலக்ட்ரான்களின் நிறையை (0.0033 u) கழித்தால், கார்பன்–12–ன் அணுக்கரு நிறை =11.9967 u. இங்கு ஆய்வுகளின் அடிப்படையில் கண்டறியப்பட்ட கார்பன்–12 அணுக்கரு நிறையானது, அதிலுள்ள நியூக்ளியான் நிறைகளின் கூட்டுத்தொகையை விட $\Delta m = 0.09888\,u$ அளவு குறைவாக உள்ளதைக் கவனிக்கவும். இந்த நிறை வேறுபாடு Δm ஆனது நிறை குறைபாடு அல்லது நிறை இழப்பு என்றழைக்கப்படும். பொதுவாக, M, m_p, மற்றும் m_n ஆகிய குறியீடுகள் முறையே ${}^A_Z X$ –அணுக்கருவின் நிறை, புரோட்டானின் நிறை மற்றும் நியூட்ரானின் நிறை ஆகியவற்றைக் குறிக்கின்றன எனில், நிறை குறைபாடு

$$\Delta m = \left(Zm_p + Nm_n\right) - M \qquad (9.20)$$

இந்த நிறை எங்கே மறைந்தது? இந்தக் கேள்விக்கான விளக்கம் ஐன்ஸ்டீனின் நிறை–ஆற்றல் சமன்பாட்டின் ($E = mc^2$) மூலம் தரப்படுகிறது. இந்த சமன்பாட்டின்படி, நிறையை ஆற்றலாகவும், ஆற்றலை நிறையாகவும் மாற்ற முடியும்.கார்பன்–12அணுக்கருவைப்பொறுத்தவரை 6 புரோட்டான்களும் 6 நியூட்ரான்களும் இணைந்து கார்பன்–12 அணுக்கருவாகும்போது, இந்த நிறை குறைபாட்டிற்குச் சமமான நிறை Δm மறைந்து, அதுவே ஆற்றலாக வெளிப்பட்டுள்ளது. இந்த ஆற்றல் பிணைப்பு ஆற்றல் (B.E) என்று அழைக்கப்படுகிறது மற்றும் அது $(\Delta m)c^2$ க்கு சமமாகும். உண்மையில், கார்பன்–12 அணுக்கருவை தனித்தனி நியூக்ளியான்களாகப் பிரிப்பதற்கு இப்பிணைப்பு ஆற்றலுக்குச் சமமான ஆற்றலை நாம் அளிக்க வேண்டும்.

பிணைப்பு ஆற்றலின் அடிப்படையில் சமன்பாடு (9.20) ஆனது பின்வருமாறு எழுதப்படுகிறது.

$$BE = \left(Zm_p + Nm_n - M\right)c^2 \qquad (9.21)$$

அணுக்கரு நிறையை விட அணு நிறையைப் பயன்படுத்துவது வசதியாகக் கருதப்படுகிறது.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 166 19-12-2022 17:33:58

எனவே சமன்பாடு (9.21)–ல் Z எண்ணிக்கையுள்ள எலக்ட்ரான்களின் நிறையைக் கூட்டி பிறகு கழிக்கும் போது,

$$BE = \left(Zm_p + Zm_e + Nm_n - M - Zm_e\right)c^2 \quad (9.22)$$

$$BE = \left[Z\left(m_p + m_e\right) + Nm_n - M - Zm_e\right]c^2$$

இங்கு $m_p + m_e = m_H$ (ஹைட்ரஜன் அணுவின் நிறை)

$$BE = \left[Zm_H + Nm_n - (M + Zm_e)\right]c^2 \quad (9.23)$$

இங்கு $M + Zm_e = M_A$ அதாவது, M_A என்பது ${}^A_Z X$ தனிமத்தின் அணுவின் நிறையாகும்.

இறுதியாக, அணு நிறைகளின் அடிப்படையில், பிணைப்பு ஆற்றல்

$$BE = \left[Zm_H + Nm_n - M_A\right]c^2 \quad (9.24)$$

குறிப்பு

ஐன்ஸ்டீனின் நிறை–ஆற்றல் சமத்தன்மையைப் பயன்படுத்தி ஒரு அணு நிறை அலகிற்குச் சமமான ஆற்றல் வருமாறு $1u = 1.66 \times 10^{-27} \times (3\times10^8)^2$ $= 14.94 \times 10^{-11} J \approx 931 MeV$ ஆகும்.

எடுத்துக்காட்டு 9.9

பின்வரும் தகவல்களைப் பயன்படுத்தி ${}^4_2He$ அணுக்கருவின் பிணைப்பு ஆற்றலைக் கணக்கிடுக: ஹீலியம் அணுவின் அணு நிறை $M_A(He) = 4.00260\,u$ மற்றும் ஹைட்ரஜன் அணுவின் நிறை $m_H = 1.00785\,u$.

தீர்வு:

பிணைப்பு ஆற்றல் $BE = \left[Zm_H + Nm_n - M_A\right]c^2$

ஹீலியம் அணுவிற்கு $Z=2,\ N=A-Z=4-2=2$

நிறை குறைபாடு

$$\Delta m = \left[(2\times1.00785u) + (2\times1.008665u) - 4.00260u\right] \quad \Delta m = 0.03043u$$

$$B.E = 0.03043u \times c^2$$

$$B.E = 0.03043 \times 931 MeV = 28.33\ MeV$$

$\left[\because 1\ uc^2 = 931 MeV\right]$

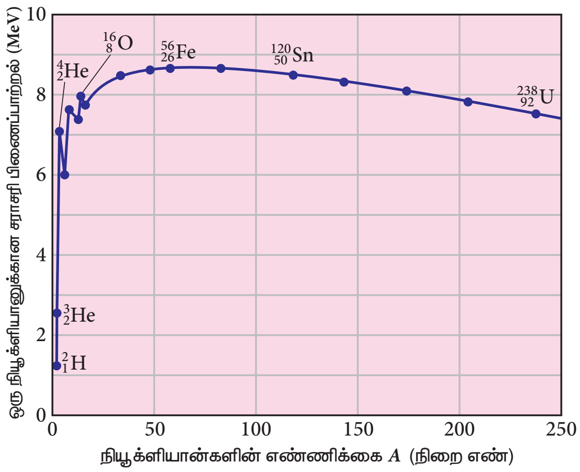
${}^4_2He$ அணுக்கருவின் பிணைப்பு ஆற்றல் 28.33 MeV.

9.4.6 பிணைப்பு ஆற்றல் வளைகோடு:

முந்தைய பிரிவில் பிணைப்பு ஆற்றலின் தோற்றம் குறித்து பார்த்தோம். இப்போது ஒரு நியூக்ளியானுக்கான சராசரி பிணைப்பாற்றலைக் $\overline{BE}$ கணக்கிடுவோம்.

$$\overline{BE} = \frac{\left[Zm_H + Nm_n - M_A\right]c^2}{A} \quad (9.25)$$

ஒரு நியூக்ளியானுக்கான சராசரி பிணைப்பாற்றல் என்பது **அணுக்கரு ஒன்றிலிருந்து ஒரு நியூக்ளியானை வெளியேற்றத் தேவைப்படும் சராசரி ஆற்றலாகும்.** அனைத்து அறியப்பட்ட அணுக்கருக்களின் நிறையெண் (A) மதிப்புகளை x–அச்சிலும் அவற்றின் $\overline{BE}$ மதிப்புகளை y–அச்சிலும் வைத்து வரைபடம் வரைந்தால், படம் 9.24–ல் உள்ளது போன்ற வளைகோடு நமக்குக் கிடைக்கின்றது.



படம் 9.24 நியூக்ளியான்களின் சராசரி பிணைப்பாற்றல் வரைபடம்

சராசரி பிணைப்பாற்றல் வளைகோடு தொடர்பான சில முக்கிய குறிப்புகள்:

(1) நிறையெண்ணின் மதிப்பு கூடக்கூட $\overline{BE}$ –ன் மதிப்பு அதிகரித்து, $A=56$ (இரும்பு) அணுக்கருவிற்கு அதன் பெரும மதிப்பை, அதாவது 8.8 MeV அடைந்து, அதன் பிறகு மெதுவாகக் குறைகிறது.

(2) நிறை எண் $A = 40$ இலிருந்து 120 வரையிலான அணுக்கருக்களின் ஒரு நியூக்ளியானுக்கான சராசரி பிணைப்பாற்றல் $\overline{BE}$ மதிப்பு 8.5 MeV.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 167 19-12-2022 17:34:08

பிற தனிமங்களுடன் ஒப்பிடும்போது இந்த தனிமங்கள் அதிக நிலைத்தன்மையுடனும் கதிரியக்கத்தன்மை இல்லாமலும் உள்ளன. பிற அதிக நிறை எண் தனிமங்களுக்கு, $\overline{BE}$ இன் மதிப்பு மெதுவாகக் குறைந்து கொண்டே வருகிறது; யுரேனியத்தின் $\overline{BE}$ மதிப்பு 7.6 MeV. நிலைத்தன்மை இல்லாத இத்தனிமங்கள் கதிரியக்கத் தன்மையோடு உள்ளன.

(3) $A<28$ கொண்ட இரு இலேசான அணுக்கருக்களைச் சேர்த்து $A<56$ கொண்ட ஒரு அணுக்கருவை உருவாக்கும்போது படம் 9.24–ன் படி, இறுதி அணுக்கருவின் $\overline{BE}$ மதிப்பு தொடக்க அணுக்கருவின் மதிப்பை விட அதிகமாக உள்ளதைக் காணலாம். எனவே, இரு இலேசான தனிமங்களை இணைவு செய்து அதன் மூலம் ஒரு இடைநிலை A மதிப்புடைய தனிம அணுக்கருவை உருவாக்கும்போது, ஏராளமான ஆற்றல் வெளிப்படுகின்றது. இதுவே அணுக்கரு இணைவு (nuclear fusion) என்ற நிகழ்விற்கான அடிப்படையாகவும் ஹைட்ரஜன் குண்டின் தத்துவமாகவும் விளங்குகிறது.

(4) கனமான தனிமத்தின் அணுக்கருவைப் பிளவு (fission) செய்து இரண்டு அல்லது அதற்கு மேலான, இடைநிலை A மதிப்புடைய அணுக்கருக்களை உருவாக்கும்போதும் ஏராளமான ஆற்றல் வெளிப்படுகின்றனது. அணு குண்டின் தத்துவமாக இது விளங்குகிறது. மேலும், கட்டுப்பாடற்ற அணுக்கரு பிளவு ஏற்படும்போதுதான் அணு குண்டிலிருந்து ஏராளமான ஆற்றல் வெளிப்படுகின்றது.

எடுத்துக்காட்டு 9.10

${}_{2}^{4}He$ அணுக்கருவின் ஒரு நியூக்ளியானுக்கான பிணைப்பாற்றலைக் கணக்கிடு.

தீர்வு

எடுத்துக்காட்டு 9.9 லிருந்து ${}_{2}^{4}He$–ன் BE = 28.33 MeV

ஒரு நியூக்ளியானுக்கான பிணைப்பாற்றல் = $\overline{B.E}$ = 28.33 MeV/4 ≈ 7 MeV.

9.5 அணுக்கரு விசை

அணுக்கருவானது புரோட்டான்களையும் நியூட்ரான்களையும் உள்ளடக்கியது. ஆனால், நிலைமின்னியலில், ஓரின மின்துகள்கள் ஒன்றையொன்று விலக்கும் என்பதையும் பார்த்தோம். அணுக்கருவினுள் உள்ள புரோட்டான்கள் ஒரு சில பெர்மி ($10^{-15}\,m$) அளவேயுள்ள (மிக நெருங்கிய) தொலைவுகளால் பிரிக்கப்பட்டுள்ளதால், அவற்றிற்கிடையே மிக வலிமையான விலக்கு விசை இருத்தல் வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக $10^{-15}\,m$ இடைவெளியில் உள்ள புரோட்டான்களுக்கு இடையேவுள்ள நிலைமின்னியல் விலக்கு விசை,

$$F = k\times\frac{q^2}{r^2} = 9\times10^9\times\frac{\left(1.6\times10^{-19}\right)^2}{\left(10^{-15}\right)^2}\approx 230N$$

இவ்விசையால் (230N) ஒரு புரோட்டான் அடையும் முடுக்கம்

$$a=\frac{F}{m}=\frac{230N}{1.67\times10^{-27}kg}\approx 1.4\times10^{29}\,m\,s^{-2}.$$

இது புவியின் ஈர்ப்பு முடுக்கத்தைக் (g) காட்டிலும் கிட்டதட்ட 10^{28} மடங்கு அதிகமாகும். ஆகவே, அணுக்கருவினுள் உள்ள புரோட்டான்கள் இந்த நிலைமின்னியல் விசையை மட்டுமே உணர்வதாகக் கொண்டால், மிகவிரைவிலேயே அந்த அணுக்கரு சிதறிப் போயிருக்க வேண்டும். அப்படியெனில் புரோட்டான்களை அணுக்கருவினுள் வைத்திருப்பது எது?

இதன் மூலம் புரோட்டான்களுக்கு இடையே கூலூம் விலக்கு விசையை விட வலிமையான கவர்வு விசை ஒன்று செயல்பட வேண்டும் என்பது தெளிவாகிறது. (சிதறிப்போகாமல்) அணுக்கருவைப் பிணைத்து வைத்திருக்கும் இந்த கவர்வு விசையை வலிமையான அணுக்கரு விசை என்பர். 1930கள் தொடங்கி 1950கள் வரை மேற்கொள்ளப்பட்ட பல்வேறு சோதனைகளின் மூலம் இந்த அணுக்கரு விசையின் பண்புகள் அறியப்பட்டன. அவற்றுள் சிலவற்றை இங்கே காண்போம்.

(i) அணுக்கரு விசை மிகவும் குறுகிய எல்லைக்குள் செயல்படக்கூடியது; ஒரு சில பெர்மி தொலைவு வரை மட்டுமே அது செயல்படுகிறது. அணுக்கருவினுள் இரு புரோட்டான்களுக்கு இடையே செயல்படும் கூலூம் விலக்கு விசை மற்றும் ஈர்ப்பு விசைகள் மிகவும் வலிமை குறைந்தவை. அதேபோல், இரு நியூட்ரான்களுக்கு இடையே நிலவும் ஈர்ப்பு விசையும் கூட அவை இரண்டிற்கும் இடையேயான அணுக்கரு விசையை விட மிகவும் வலிமை குறைந்தது. எனவே,

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 168 19-12-2022 17:34:12

இயற்கையிலேயே மிகவும் வலிமையானது அணுக்கரு விசையே ஆகும்.

(ii) அணுக்கரு விசை ஒரு கவர்வு விசையாகும்; மேலும் புரோட்டான்– புரோட்டான், புரோட்டான்– நியூட்ரான் மற்றும் நியூட்ரான்– நியூட்ரான் இவற்றிற்கு இடையே அவ்விசை சம வலிமையுடன் (மதிப்புடன்) செயல்படுகின்றது.

(iii) அணுக்கரு விசை எலக்ட்ரான்களின் மீது செயல்படுவதில்லை. எனவே, அது அணுவின் வேதியியல் பண்புகளை மாற்றியமைப்பதில்லை.

9.6 கதிரியக்கம்

பிணைப்பாற்றல் வளைகோட்டில் $Z > 82$ கொண்ட அணுக்கருக்களின் நிலைத்தன்மை குறைவதைக் காணலாம். மேலும் அவை நிலைத்தன்மை அற்ற அணுக்கருக்கள் என்றழைக்கப்படுகின்றன. அவற்றுள் சில அணுக்கருக்கள் இயற்கையாகச் சிதைந்து, சில வகைத் துகள்களை வெளிவிடுவதன் மூலம் நிலைத்தன்மை பெறுகின்றன. அணு எண் $Z > 82$ கொண்ட தனிமங்களும் இயற்கையில் காணப்படும் கதிரியக்கப் பொருள்களாகும். இந்த கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் ${}^{4}_{2}He$ அணுக்கருவையோ ($\alpha -$ சிதைவு) அல்லது எல்க்ட்ரான்/ பாசிட்ரானையோ ($\beta -$ சிதைவு) அல்லது காமா கதிர்களையோ ($\gamma -$ சிதைவு) வெளிவிடுவதன் மூலம் நிலைத்தன்மை பெறுகின்றன.

ஒரு தனிமத்திலிருந்து அதிக ஊடுருவு திறன் கொண்ட கதிர்வீச்சுகளான α, β மற்றும் γ கதிர்கள் தன்னிச்சையாக உமிழப்படும் நிகழ்வு கதிரியக்கம் எனப்படும்; மேலும், இத்தகைய கதிர்வீச்சுகளை உமிழும் தனிமங்கள் கதிரியக்கத் தனிமங்கள் எனப்படும். இவை கனமான தனிமங்களாகவோ $Z > 82$, இலேசான மற்றும் கனமான தனிமங்களின் ஐசோடோப்புகளாகவோ உள்ளன. இவற்றுக்கு கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் என்று பெயர். எடுத்துக்காட்டாக, கார்பனின் ஐசோடோப்பான ${}^{14}_{6}C$ கதிரியக்கத் தன்மை கொண்டது. ஆனால் ${}^{12}_{6}C$ அத்தன்மை கொண்டதல்ல.

கார்பன் காலக்கணிப்பு, புற்றுநோய் சிகிச்சை உள்ளிட்ட பல்வேறு பயன்பாடுகளில் கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் உதவுகின்றன. ஒரு கதிரியக்க அணுக்கரு சிதைவுறும் போது அவ்வமைப்பின் நிறை குறைகிறது. அதாவது, சிதைவுக்கு முன் தொடக்க அணுக்கருவின் நிறையானது இறுதி அணுக்கருவின் நிறை மற்றும் உமிழப்படும் துகளின் நிறை ஆகியவற்றின் கூட்டுத்தொகையை விட அதிகமாக இருக்கும். இந்த நிறை வேறுபாடானது, அதாவது Δm, (ஐன்ஸ்டீனின் $E = |\Delta m| c^2$ சமன்பாட்டின்படி) ஆற்றலாகத் தோன்றுகிறது.

கதிரியக்கச் செயல்பாட்டை 1896–ஆம் ஆண்டில் முதன்முதலாகக் கண்டறிந்தவர் ஹென்றி பெக்காரல் ஆவார். பின்னர் மேரி கியூரியும் அவரது கணவர் பியர் கியூரியும் மேற்கொண்ட தொடர் ஆய்வுகள் கதிரியக்க நிகழ்வினைப் புரிந்து கொள்ளப் பெரிதும் உதவின. இந்தியாவில் கொல்கத்தாவிலுள்ள 'அணுக்கரு இயற்பியலுக்கான சாஹா (Saha) நிறுவனம் (SINP)' என்றழைக்கப்படும் கல்வி நிறுவனம் அணுக்கரு இயற்பியல் துறையில் உயிர்ப்பான ஆராய்ச்சிகளை மேற்கொண்டு வரும் முதன்மையான ஆராய்ச்சி நிறுவனமாகும்.

குறிப்பு

அணுக்கரு இயற்பியல் ஆராய்ச்சியின் தொடக்க காலங்களில் கதிர்வீச்சு என்ற சொல் கதிரியக்க அணுக்கருக்களில் இருந்து வெளிவரும் உமிழ்வுகளைக் குறிப்பிடுவதற்காகப் பயன்படுத்தப்பட்டு வந்தது. α–கதிர்கள் உண்மையில் ${}^{4}_{2}He$ அணுக்கருக்கள் என்பதையும் β–கதிர்கள் எலக்ட்ரான்கள் என்பதையும் இப்போது நாம் அறிவோம். கண்டிப்பாக அவை மின்காந்தக் கதிர்வீச்சுகள் அல்ல. எனவே, γ–கதிர் மட்டுமே மின்காந்தக் கதிர்வீச்சாகும்.

9.6.1 ஆல்பா சிதைவு (Alpha decay):

நிலைத்தன்மையற்ற அணுக்கரு ஒன்று α–துகளை (${}^{4}_{2}He$ அணுக்கரு) வெளியிடும்போது, அது இரு புரோட்டான்களையும் இரு நியூட்ரான்களையும் இழக்கின்றது. இதன் விளைவாக, அதன் அணு எண் மதிப்பில் (Z) இரண்டும், நிறை எண் மதிப்பில் (A) நான்கும் குறையும். α–சிதைவைப் பின்வரும் முறையில் குறிப்பிடலாம்.

$${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He \qquad (9.26)$$

இங்கு X என்பது தாய் அணுக்கரு என்றும் Y என்பது சேய் அணுக்கரு என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன.

எடுத்துக்காட்டு: ${}^{4}_{2}He$ அணுக்கருவை (α-துகள்) உமிழ்வதன் மூலம் யுரேனியம் ${}^{238}_{92}U$ தோரியமாக ${}^{234}_{90}Th$ சிதைவுறுதல்.

$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$

ஏற்கனவே கூறப்பட்டுள்ளதைப் போன்றே, சேய் அணுக்கரு மற்றும் ${}^{4}_{2}He$ அணுக்கரு ஆகியவற்றின் மொத்த நிறையானது தாய் அணுக்கருவின் நிறையை விடக் குறைவாக இருக்கும். நிறையில் காணப்படும் வேறுபாடு $(\Delta m = m_X - m_Y - m_\alpha)$ ஆற்றலாக வெளிப்படுகின்றது; இந்த ஆற்றலுக்கு சிதைவு ஆற்றல் Q என்று பெயர். மேலும்,

$$Q = (m_X - m_Y - m_\alpha)c^2 \tag{9.27}$$

குறிப்பு

ஆல்பா சிதைவின் போது, நிலைத்தன்மையற்ற அணுக்கருவானது ஏன் ${}^{4}_{2}He$ அணுக்கருவை வெளிவிடுகின்றது? அது ஏன் நான்கு தனித்தனி நியூக்ளியான்களை வெளிவிடுவதில்லை? ஏனெனில் ${}^{4}_{2}He$–இலும் இரண்டு புரோட்டான்களும் இரண்டு நியூட்ரான்களும் அல்லவா உள்ளன. இதன் காரணத்தை பின்வருமாறு விளக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாக ${}^{238}_{92}U$ அணுக்கருவானது நான்கு தனித்தனி நியூக்ளியான்களை (இரண்டு புரோட்டான்கள் மற்றும் இரண்டு நியூட்ரான்கள்) வெளியிடுவதன் மூலம் ${}^{234}_{90}Th$ அணுக்கருவாகச் சிதைவுற்றால், இந்நிகழ்வின் சிதைவு ஆற்றல் Q எதிர்க்குறி கொண்டதாக இருக்க வேண்டும். ஆல்பா சிதைவிற்கு பிறகு உண்டாகும் விளைவுப் பொருள்களின் மொத்த நிறையானது, தாய் அணுக்கருவின் $({}^{238}_{92}U)$ நிறையை விட அதிகமாக இருக்கும் என்பதை இது காட்டுகிறது. ஆற்றல் மாறா விதியை இது மீறும் என்பதால் இத்தகைய நிகழ்வு இயற்கையில் ஏற்படாது. எந்தவொரு சிதைவு நிகழ்வும் ஆற்றல் மாறா விதி, நேர்க்கோட்டு உந்தம் மாறா விதி மற்றும் கோண உந்த மாறா விதி ஆகியவற்றுக்கு உட்பட்டு இருக்க வேண்டும்.

தன்னியல்பு (spontaneous) சிதைவுக்கு (இயற்கைக் கதிரியக்கம்) $Q > 0$ என்பதைக் கவனிக்கவும். ஆல்பா சிதைவு நிகழ்வில், சிதைவு ஆற்றலின் மதிப்பு நேர்க்குறி $Q>0$ உடையது என்பது தெளிவு. உண்மையில், சிதைவு ஆற்றல் Q என்பது சிதைவு நிகழ்வின்போது பெறப்படும் நிகர இயக்க ஆற்றலே அல்லது சிதைவுக்கு முன் தாய் அணுக்கரு ஓய்வு நிலையில் இருப்பின், Q என்பது சேய் அணுக்கரு மற்றும் ${}^{4}_{2}He$ அணுக்கரு ஆகியவற்றின் மொத்த இயக்க ஆற்றலுக்குச் சமமாகும். $Q < 0$ எனில், சிதைவு நிகழ்வு தன்னிச்சையாக நிகழாது; அப்போது சிதைவைத் தூண்டுவதற்கு ஆற்றல் அளிக்கப்பட வேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டு 9.11

(அ) ஓய்வு நிலையிலுள்ள ${}^{232}_{92}U$ அணுக்கருவானது α–துகளை வெளிவிடுவதன் மூலம் ${}^{228}_{90}Th$ அணுக்கருவாக சிதையும் நிகழ்வில் சிதைவு ஆற்றலைக் கணக்கிடுக. அணுநிறைகள் பின்வருமாறு: ${}^{232}_{92}U = 232.037156u$, ${}^{228}_{90}Th = 228.028741u$, ${}^{4}_{2}He = 4.002603u$

(ஆ) ${}^{228}_{90}Th$ மற்றும் α–துகள் ஆகியவற்றின் இயக்க ஆற்றல் மற்றும் அவற்றின் தகவு ஆகியவற்றைக் கணக்கிடு.

தீர்வு

நிறை குறைபாடு $\Delta m = (m_U - m_{Th} - m_\alpha)$

= (232.037156–228.028741 – 4.002603)u

இச்சிதைவின் போது ஏற்படும் நிறை இழப்பு = 0.005812 u

$1u = 931 MeV$, ஆதலால், வெளிவிடப்படும் ஆற்றல்

$$Q = (0.005812u) \times (931 MeV/u)$$
$$= 5.41 MeV$$

இச்சிதைவு ஆற்றல் Q வானது, α–துகள் மற்றும் சேய் அணுக்கரு ஆகியவற்றின் இயக்க ஆற்றலாகத் தோன்றுகிறது.

(அ) எந்தவொரு சிதைவு நிகழ்விலும் மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்தம் மாறாமல் இருக்க வேண்டும்.

தாய் அணுக்கருவின் மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்தம்= சேய் அணுக்கரு மற்றும் α–துகளின் மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்தம். இந்த நேர்வில், சிதைவுக்கு முன் யுரேனியம் அணுக்கரு ஓய்வுநிலையில் இருப்பதால், அதன் நேர்க்கோட்டு உந்தம் சுழியாகும்.

உந்தம் மாறா விதியின் படி,

$$0 = m_{Th}\vec{v}_{Th} + m_\alpha \vec{v}_\alpha$$

$$m_\alpha \vec{v}_\alpha = -m_{Th}\vec{v}_{Th}$$

α–துகளும் சேய் அணுக்கருவும் எதிரெதிர் திசையில் செல்கின்றன என்பதை இது காட்டுகிறது.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 170 19-12-2022 17:34:26

$m_\alpha \upsilon_\alpha = m_{Th}\upsilon_{Th}$ (எண்மதிப்பில்,)

α–துகளின் வேகம் $\upsilon_\alpha = \frac{m_{Th}}{m_\alpha}\upsilon_{Th}$

இங்கு $m_{Th} > m_\alpha$. ஆகையால் $\upsilon_\alpha > \upsilon_{Th}$. மேலும்

α–துகள் மற்றும் சேய் அணுக்கரு இவ்விரண்டின் இயக்க ஆற்றல் தகவு

$$\frac{K.E_\alpha}{K.E_{Th}} = \frac{\frac{1}{2}m_\alpha \upsilon^2{}_\alpha}{\frac{1}{2}m_{Th}\upsilon^2{}_{Th}}$$

மேலேயுள்ள சமன்பாட்டில் υ_α ஐப் பிரதியிட,

$$\frac{K.E_\alpha}{K.E_{Th}} = \frac{m_{Th}}{m_\alpha} = \frac{228.02871}{4.002603} = 57$$

α–துகளின் இயக்க ஆற்றல் சேய் அணுக்கருவின் ($^{228}_{90}Th$) இயக்க ஆற்றலை விட 57 மடங்கு அதிகம்.

சிதைவு ஆற்றல் Q = விளைவுப் பொருள்களின் மொத்த இயக்க அற்றல்

$$K.E_\alpha + K.E_{Th} = 5.41\,MeV$$

$$57K.E_{Th} + K.E_{Th} = 5.41MeV$$

$$K.E_{Th} = \frac{5.41}{58}MeV = 0.093MeV$$

$$K.E_\alpha = 57K.E_{Th} = 57 \times 0.093 = 5.301\,MeV$$

மொத்த இயக்க ஆற்றலில் கிட்டத்தட்ட 98% அளவு α துகளால் எடுத்துக்கொள்ளப் படுகிறது.

9.6.2 பீட்டா சிதைவு (Beta decay)

பீட்டா சிதைவின் போது, கதிரியக்க அணுக்கரு எலக்ட்ரான் அல்லது பாசிட்ரானை வெளிவிடுகிறது. எலக்ட்ரான் (e^-) வெளியிடப்பட்டால் β^- சிதைவு என்றும், பாசிட்ரான் (e^+) வெளியிடப்பட்டால் β^+ சிதைவு என்றும் அழைக்கப்படும். பாசிட்ரான் என்பது எலக்ட்ரான் நிறையும் மற்றும் $+e$ மின்னூட்டமும் கொண்ட எலக்ட்ரானின் எதிர்த்துகள் ஆகும். பாசிட்ரான் மற்றும் எலக்ட்ரான் இவ்விரண்டுமே பீட்டா துகள்கள் எனக் குறிப்பிடப்படுகின்றன.

β^- சிதைவு

β^- சிதைவில் அணுக்கருவின் நிறையெண் மதிப்பு மாறாத நிலையில் அதன் அணு எண் மதிப்பு ஒன்று அதிகரிக்கும். இச்சிதைவினை பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்:

$$^A_ZX \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + e^- + \bar{\nu} \qquad (9.28)$$

அணுக்கரு X ஒரு எலக்ட்ரானையும் ஒரு எதிர் நியூட்ரினோவையும் (anti–neutrino) வெளியிடுவதனால் Y ஆக மாறுகின்றது. அதாவது, ஒவ்வொரு β^- சிதைவிலும் அணுக்கரு X –இல் உள்ள நியூட்ரான் ஒன்று ஒரு எலக்ட்ரான் மற்றும் ஒரு எதிர் நியூட்ரினோவை வெளிவிடுவதால் புரோட்டானாக மாறுகின்றது. இது பின்வருமாறு குறிப்பிடப்படுகிறது.

$$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$$

இங்கு p –புரோட்டான், $\bar{\nu}$ –எதிர்நியூட்ரினோ.

எடுத்துக்காட்டு: β^- சிதைவின் மூலம் கார்பன் $^{14}_{6}C$ நைட்ரஜனாக $^{14}_{7}N$ மாறுகின்றது.

$$^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + e^- + \bar{\nu}$$

β^+ சிதைவு:

β^+ சிதைவில் அணு எண் மதிப்பு ஒன்று குறையும், ஆனால் நிறை எண் மாறாமல் இருக்கும். இச்சிதைவினைப் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்:

$$^A_ZX \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + e^+ + \nu \qquad (9.29)$$

அணுக்கரு X ஒரு பாசிட்ரானையும் ஒரு நியூட்ரினோவையும் வெளிவிட்டு Y ஆக மாறுகின்றது. அதாவது, ஒவ்வொரு β^+ சிதைவிலும் அணுக்கரு X –ல் உள்ள புரேட்டான் ஒன்று ஒரு பாசிட்ரான் (e^+) மற்றும் ஒரு நியூட்ரினோவை வெளிவிடுவதனால் நியூட்ரானாக மாறுகின்றது. இதை நாம் பின்வருமாறு குறிக்கிறோம்.

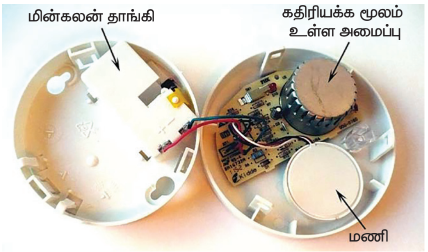
$$p \rightarrow n + e^+ + \nu$$

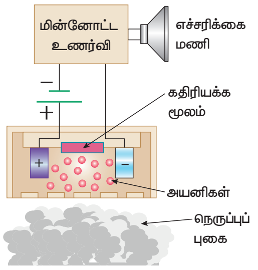
ஆனால் தனித்த ஒரு புரோட்டான் (எந்தவொரு அணுக்கருவிற்கும் உள்ளே இல்லையெனில்) β^+ சிதைவுக்கு உட்படாது. ஏனென்றால் நியூட்ரானின் நிறையானது, புரோட்டானின் நிறையை விட அதிகமாக உள்ளதால், ஆற்றல் மாறா விதியின்படி, இந்த நிகழ்வு சாத்தியப்படாது. ஆனால் தனித்த ஒரு நியூட்ரான் (எந்தவொரு அணுக்கருவிற்கும் உள்ளே இல்லையென்றாலும்) β^- சிதைவுக்கு உட்படுகிறது.

www.tnschoolbooks.in

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

ஆல்பா சிதைவின் ஒரு முக்கியமான பயன்பாடு, ஆபத்து நிறைந்த எவ்வகைத் தீயிலிருந்தும் நம்மைக் காத்திடும் தீயுணர் (smoke detector) கருவியாகும்.





தீயுணர் கருவியானது, கிட்டத்தட்ட 0.2 mg அளவுள்ள, அமெரிசியம் $\left({}^{241}_{95}Am\right)$ என்றழைக்கப்படும் மிகக்குறைந்த கதிரியக்கத் தன்மை கொண்ட ஒரு செயற்கைக் கதிரியக்க ஐசோடோப்பு பயன்படுத்தப்படுகிறது. எதிரெதிர் மின்னேற்றம் செய்யப்பட்ட இரு உலோகத் தட்டுகளுக்கு இடையில் இந்த கதிரியக்க மூலம் வைக்கப்படுகின்றது. தட்டுகளுக்கிடையே காற்றிலுள்ள நைட்ரஜன் மற்றும் ஆக்சிஜன் மூலக்கூறுகள் ${}^{241}_{95}Am$ இலிருந்து வெளிவிடப்படும் α–கதிர் வீச்சினால் தொடர்ந்து அயனியாக்கம் செய்யப்படுகின்றன. இதன் விளைவாக, சிறிய அளவு நிலையான மின்னோட்டம் தொடர்ந்து மின்சுற்றில் செல்கின்றது. இந்நிலையில், புகை உட்சென்றால் காற்று மூலக்கூறுகளுக்குப் பதிலாக புகைத் துகள்களால் கதிர்வீச்சு உட்கவரப்படும். இதன் விளைவாக, குறைவான அளவே அயனியாக்கம் நடைபெறுவதால் உருவாகும் மின்னோட்டமும் குறையும். மின்னோட்டத்தின் இந்த சரிவு மின்சுற்றால் உணரப்பட்டு எச்சரிக்கை மணியும் ஒலிக்கப்படுகின்றது. அமெரிசியத்தால் வெளிவிடப்படும் கதிர்வீச்சு அளவு பாதுகாப்பான அளவை விடவும் மிக குறைவானதாகவே இருப்பதால் அது நமது உடலுக்கு தீங்கற்றது.

எடுத்துக்காட்டு: சோடியம் $\left({}^{22}_{11}Na\right)$ β^{+} சிதைவின் மூலம் நியானாக $\left({}^{22}_{10}Ne\right)$ மாறுகிறது.

$${}^{22}_{11}Na \rightarrow {}^{22}_{10}Ne + e^{+} + \nu$$

பீட்டா சிதைவின் போது அணுக்கருவிலிருந்து வெளியேறும் எலக்ட்ரானோ, பாசிட்ரானோ அணுக்கருவினுள் எப்போதுமே இருந்ததில்லை என்பதைப் புரிந்து கொள்வது அவசியம். மாறாக, நியூட்ரான் புரோட்டானாகவோ அல்லது புரோட்டான் நியூட்ரானாகவோ அணுக்கருவினுள்ளேயே மாறும் போது அவை உருவாகி, வெளியேறுகின்றன.

நியூட்ரினோ (ν)

பீட்டா சிதைவின் போது, தாய் அணுக்கருவிலுள்ள நியூட்ரான் ஒன்று எலக்ட்ரானை வெளிவிட்டு சேய் அணுக்கருவாக மாறுகின்றது என்றே முதலில் கருதப்பட்டது.

$${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + e^{-} \qquad (9.30)$$

ஆனால் அணுக்கருவிலிருந்து வெளியேறும் எலக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றல் மதிப்பு ஆய்வுகளின் முடிவுகளுடன் பொருந்தவில்லை. ஆல்பா சிதைவில், ஆல்பா துகள்கள் குறிப்பிட்ட சில அனுமதிக்கப்பட்ட, தனித்தனியான (discrete) குறிப்பிட்ட ஆற்றல் மதிப்புகளை மட்டுமே பெற்றுள்ளன. ஆனால் பீட்டா சிதைவில், பீட்டா துகள்கள் (எலக்ட்ரான்கள்) தொடர்ச்சியான ஆற்றல் மதிப்புகளைப் பெற்று விளங்குகின்றன. ஆற்றல் மாறாவிதி மற்றும் உந்தம் மாறா விதியின் அடிப்படையில் எலக்ட்ரான் ஆற்றல் மற்றும் சேய் அணுக்கரு Y ஆகியவை குறிப்பிட்ட தனித்த மதிப்புகளைப் பெற்றிருக்க வேண்டும். ஆற்றல் மாறா விதியும், உந்தம் மாறா விதியும் இங்கு மீறப்பட்டுள்ளன போல் தெரிகின்றது. மேலும், பீட்டா துகளின் ஆற்றல் ஏன் தொடர்ச்சியான மதிப்புகளைப் பெற்றுள்ளது என்பதையும் விளக்க இயலவில்லை. எனவே பீட்டா சிதைவானது, பல வருடங்களுக்கு ஒரு புதிராகவே இருந்து வந்தது.

விடுபட்ட ஆற்றல் மற்றும் உந்தம் ஆகியவற்றை விளக்குவதற்கு, பீட்டா சிதைவில் மூன்றாவதாக இன்னுமொரு துகள் இருக்க வேண்டும் என்று கொள்கை மற்றும் சோதனைகளின் அடிப்படையில் பவுலி (W. Pauli) என்பார் 1931ஆம் ஆண்டு எடுத்துரைத்தார். மின்னூட்டமற்ற, மிகச்சிறிய நிறை கொண்ட இத்துகளுக்கு நியூட்ரினோ (சிறிய நடுநிலையான ஒன்று) என்ற பெயரை பெர்மி என்பவர் சூட்டினார். பல ஆண்டுகளுக்கு நியூட்ரினோ (ν என்பது கிரேக்கக் குறியீடு. இதை நியூ என்று உச்சரிக்க வேண்டும்) கொள்கை

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 172 19-12-2022 17:34:36

அளவிலானதுகளாகவும் ஆய்வினால் நிரூபிக்கப்பட முடியாமலும் இருந்து வந்தது. இறுதியில் 1956ஆம் ஆண்டு பிரடெரிக் ரெயின்ஸ் மற்றும் கிளைடு கோவன் ஆகியோர் சோதனைகளின் மூலம் நியூட்ரினோவைக் கண்டுபிடித்தனர். இந்தக் கண்டுபிடிப்புக்காக 1995ஆம் ஆண்டு ரெயின்ஸ் நோபல் பரிசினைப் பெற்றார்.

நியூட்ரினோ பின்வரும் பண்புகளைப் பெற்றுள்ளது:

- அதன் மின்னூட்டம் சுழி ஆகும்
- அது எதிர் நியூட்ரினோ என்ற எதிர்த்துகளை பெற்றுள்ளது.
- அண்மைக்கால ஆய்வுகளின் அடிப்படையில் மிகச்சிறிய நிறையை நியூட்ரினோ பெற்றுள்ளது என்பது கண்டறியப்பட்டுள்ளது.
- பருப்பொருளுடன் நியூட்ரினோ மிகமிகக்குறைந்த அளவே இடைவினை புரிகிறது. எனவே அதைக் கண்டுபிடிப்பது மிகவும் கடினம். உண்மையில், ஒவ்வொரு வினாடியும் சூரியனிலிருந்து வரும் டிரில்லியன் கணக்கிலான நியூட்ரினோக்கள் நம் உடலினூடே புகுந்து செல்கின்றன. எந்த இடைவினையும் இல்லாததால் நம்மால் அவற்றை அறிய இயலவில்லை.

9.6.3 காமா உமிழ்வு

α மற்றும் β சிதைவுகளில் சேய் அணுக்கரு பெரும்பாலும் கிளர்வுற்ற நிலையிலேயே காணப்படும். கிளர்வு நிலையின் ஆயுட்காலம் கிட்டத்தட்ட 10^{-11} s ஆக இருக்கும். ஆகவே இக்கிளர்வு நிலை அணுக்கரு, γ கதிர்கள் எனப்படும் உயர் ஆற்றல் ஃபோட்டான்களை வெளிவிடுவதன் மூலம் குறைந்த ஆற்றல் நிலைக்குத் திரும்புகின்றது. கிளர்வு நிலையிலிருந்து அடி நிலைக்குத் திரும்பும் அணுக்களிலிருந்து வெளிவிடப்படும் போட்டான்களின் ஆற்றல் வெறும் சில eV மதிப்புகளையே பெற்றுள்ளது. ஆனால், கிளர்வு நிலையிலுள்ள அணுக்கரு ஒன்று அடி நிலைக்குத் திரும்பும்போது MeV மதிப்புகளையுடைய உயர் ஆற்றல் போட்டான்களை அது வெளிவிடுகின்றது. காமா உமிழ்வைப் பின்வரும் முறையில் எழுதலாம்:

$$^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}X + \text{காமா } (\gamma) \text{ கதிர்கள்} \qquad (9.31)$$

இங்கு மேல் இடப்பட்டுள்ள உடுகுறி (*) கிளர்வு நிலையிலுள்ள அணுக்கருவைக் குறிக்கின்றது. காமா உமிழ்வில் நிறை எண் மற்றும் அணு எண்ணில் எவ்வித மாற்றமும் இருப்பதில்லை.

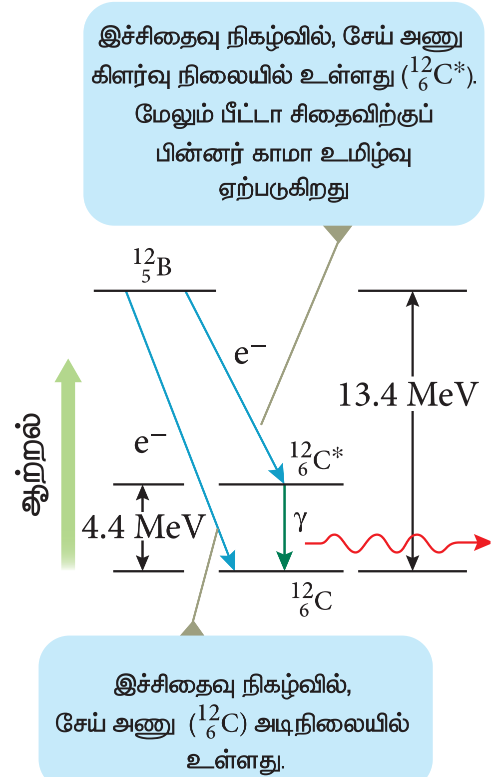
படம் 9.25ல் காட்டியுள்ளவாறு, போரான் $({}^{12}_{5}B)$ பீட்டா சிதைவு ஆனது இரு வழிகளில் நடைபெறுகிறது

(1) 13.4 MeV பெரும ஆற்றல் கொண்ட எலக்ட்ரானை வெளிவிடுவதன் மூலம் போரான் நேரடியாக பீட்டா சிதைவை அடைந்து அடி நிலையிலுள்ள கார்பனாக $({}^{12}_{6}C)$ மாறுகிறது,

(2) 9.0 MeV பெரும ஆற்றல் கொண்ட எலக்ட்ரானை வெளிவிடுவதன் மூலம் அது கிளர்வு நிலையிலுள்ள கார்பனாக $({}^{12}_{6}C^{*})$ மாறுகிறது. அதன் பின்பு 4.4 MeV ஆற்றல் கொண்ட போட்டானை வெளிவிடுவதன் மூலம் அடி நிலைக்கு வருகிறது. இதைப் பின்வரும் சமன்பாட்டினால் குறிப்பிடலாம்:

$$^{12}_{5}B \rightarrow {}^{12}_{6}C + e^{-} + \bar{\nu}$$

$$^{12}_{6}C^{*} \rightarrow {}^{12}_{6}C + \gamma$$



படம் 9.25 காமா உமிழ்வு

9.6.4 கதிரியக்க சிதைவு விதி

முந்தைய பகுதியில் ஒரு தனித்த கதிரியக்க அணுக்கருவின் சிதைவுப் பாங்கினைப் பற்றி அறிந்தோம். நடைமுறையில் கதிரியக்க தனிமங்கள், மிக அதிக அளவிலான கதிரியக்க அணுக்கருக்களைக் கொண்டுள்ளது. மேலும் அதிலுள்ள அனைத்து அணுக்கருக்களும் ஒரே சமயத்தில் சிதைவு அடைவதில்லை என்பதை அறிவோம். ஒரு குறிப்பிட்ட

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 173 19-12-2022 17:34:38

கால நெடுக்கத்தில் இச்சிதைவு நிகழ்கின்றது. மேலும் இச்சிதைவு ஒரு ஒழுங்கற்ற நிகழ்வாகும் (random process). எந்த நொடியில், எந்த அணுக்கரு சிதைவடையும் என்பதை நம்மால் முன்கூட்டியே கணிக்க இயலாது. மாறாக (ஒரு நாணயத்தை சுண்டுவது போல்) நிகழ்தகவு அடிப்படையில்தான் நம்மால் கணக்கிட முடியும். கதிரியக்கத் தனிமம் ஒன்றில் ஒரு குறிப்பிட்ட கால இடைவெளியில் எத்தனை அணுக்கருக்கள் சிதைவடைந்துள்ளன என்பதைத் தோராயமாகக் கணக்கிடலாம்.

ஒரு குறிப்பிட்ட கணத்தில், ஓரலகு நேரத்தில் நடைபெறும் சிதைவுகளின் எண்ணிக்கை (சிதைவு வீதம் $\left(\frac{dN}{dt}\right)$) ஆனது, அக்கணத்தில் உள்ள அணுக்கருக்களின் எண்ணிக்கைக்கு (N) நேர்த்தகவில் இருக்கும்.

அதாவது, $-\frac{dN}{dt} \propto N$

இச்சமன்பாட்டில் வரும் எதிர்க்குறியானது நேரம் செல்லச்செல்ல அணுக்கருக்களின் எண்ணிக்கை Nஇன் மதிப்பு குறையும் என்பதைக் காட்டுகிறது.

தகவு மாறிலியை அறிமுகப்படுத்தினால், இச்சமன்பாட்டினைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்,

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N \qquad (9.32)$$

இங்கு பயன்படுத்தப்படும் தகவு மாறிலி λ என்பது சிதைவு மாறிலி என்றழைக்கப்படும்; வெவ்வேறு கதிரியக்கப் பொருள்களுக்கு λ இன் மதிப்பு வெவ்வேறாக இருக்கும்.

சமன்பாடு (9.32)ஐ வேறு விதமாக எழுதினால்,

$$dN = -\lambda N dt \qquad (9.33)$$

இங்கு dN என்பது dt நேர இடைவெளியில் சிதைவடையும் அணுக்கருக்களின் எண்ணிக்கையைக் குறிக்கும். $t = 0$ நேரத்தில் (அதாவது ஆரம்ப நேரத்தில்) உள்ள அணுக்கருக்களின் எண்ணிக்கை N_0 என்க. சமன்பாடு (9.33)ஐத் தொகையீடு செய்யும்போது, எந்தவொரு t கணத்திலும் உள்ள அணுக்கருக்களின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடலாம்.

சமன்பாடு (9.33)இலிருந்து,

$$\frac{dN}{N} = -\lambda\, dt \qquad (9.34)$$

$$\int_{N_0}^{N} \frac{dN}{N} = -\int_{0}^{t} \lambda\, dt$$

$$\left[\ln N\right]_{N_0}^{N} = -\lambda t$$

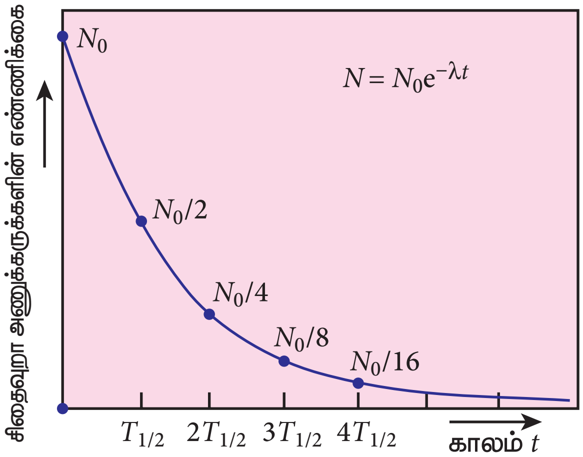
$$\ln\left[\frac{N}{N_0}\right] = -\lambda t$$

இருபுறமும் அடுக்குக்குறி மதிப்பைப் பெற, நமக்குக் கிடைப்பது

$$N = N_0\, e^{-\lambda t} \qquad (9.35)$$

[குறிப்பு: $e^{\ln x} = e^y \Rightarrow x = e^y$]

சமன்பாடு (9.35) கதிரியக்கச் சிதைவு விதி எனப்படும். இங்கு N என்பது t நேரத்திற்கு பிறகு, சிதைவடையாமல் இருக்கும் அணுக்கருக்களின் எண்ணிக்கை மற்றும் N_0 என்பது t=0 நேரத்தில் உள்ள அணுக்கருக்களின் எண்ணிக்கை ஆகும். நேரம் ஆக ஆக அணுக்களின் எண்ணிக்கை அடுக்குக்குறி முறைப்படி குறையும் என்பதை இச்சமன்பாட்டிலிருந்து நாம் அறிந்து கொள்ளலாம். அனைத்து கதிரியக்க அணுக்கருக்களும் சிதைவடைய முடிவிலா காலம் (infinte) ஆகும் என்பதை இதன் மூலமாக நாம் அறியலாம். சமன்பாடு (9.35)ஆனது படம் 9.26ல் வரைபடமாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 9.26 கதிரியக்கச் சிதைவு விதி

(கதிரியக்கச்) செயல்பாடு (Activity) அல்லது சிதைவு வீதம் என்ற மற்றுமொரு பயனுள்ள அளவீட்டை நாம் வரையறுக்கலாம். அதாவது, (கதிரியக்கச்) செயல்பாடு அல்லது சிதைவு வீதம் (R) என்பது ஒரு **வினாடியில் சிதைவடையும் அணுக்கருக்களின் எண்ணிக்கை** ஆகும். இது $R = \left|\frac{dN}{dt}\right|$ என குறிக்கப்படுகிறது. R என்பது ஒரு நேர்க்குறி மதிப்புடைய அளவீடு ஆகும்.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 174 19-12-2022 17:34:41

www.tnschoolbooks.in

சமன்பாடு (9.35)இலிருந்து,

$$R = \left|\frac{dN}{dt}\right| = \lambda N_0\, e^{-\lambda t} \qquad (9.36)$$

$$R = R_0\, e^{-\lambda t} \qquad (9.37)$$

இங்கு $R_0 = \lambda N_0$

சமன்பாடு (9.37)–உம் கதிரியக்கச் சிதைவு விதிக்கு இணையானதே. இங்கு R_0 என்பது $t = 0$ நேரத்தில் கதிரியக்கப் பொருளின் செயல்பாடு மற்றும் R என்பது t நேரத்தில் அதன் செயல்பாடு ஆகும். சமன்பாடு (9.37)லிருந்து கதிரியக்கச் செயல்பாடும் அடுக்குக்குறியீட்டு அடிப்படையில் சிதைவடையும் தன்மை கொண்டது என்பது தெரிகிறது. எந்தவொரு கணம் t–இலும் அக்கணத்தில் சிதைவடையாமல் இருக்கும் அணுக்களின் எண்ணிக்கையை வைத்து கதிரியக்கச் செயல்பாட்டை (R) எழுதலாம்.

$N = N_0\, e^{-\lambda t}$, ஆகையால், சமன்பாடு (9.37) லிருந்து,

$$R = \lambda N \qquad (9.38)$$

சமன்பாடு (9.38)–இன்படி, எந்தவொரு கணம் t–யிலும் கதிரியக்கச் செயல்பாடானது அக்கணத்தில் உள்ள சிதைவடையா அணுக்கருக்களின் எண்ணிக்கை N மற்றும் சிதைவு மாறிலி λ ஆகியவற்றின் பெருக்கற்பலனுக்கு சமமாகும். நேரத்தைப் பொருத்து N குறைந்து கொண்டே இருப்பதால், R–ம் குறைந்து கொண்டே இருக்கும்.

கதிரியக்கச்செயல்பாட்டின் SI அலகு பெக்கரல் (Bq). மேலும் ஒரு பெக்கரல் என்பது ஒரு வினாடிக்கு ஒரு சிதைவைத் தரும் தனிமத்தின் செயல்பாட்டைக் குறிக்கும். கதிரியக்கச் செயல்பாட்டிற்கு மற்றொரு கியூரி (Ci) என்ற அலகும் உள்ளது.

1 கியூரி $= 1\text{ Ci} = 3.7\times10^{10}$ சிதைவுகள் / வினாடி

$1\text{ Ci} = 3.7\times10^{10}\text{ Bq}$

> **குறிப்பு**
>
> ஒரு கியூரி என்பது 1 g ரேடியம் 1 வினாடியில் உமிழும் சிதைவுகளின் எண்ணிக்கைக்குச் சமமாகும்; அதாவது ஒரு வினாடிக்கு 3.7×10^{10} சிதைவுகள்.

9.6.5 அரை ஆயுட்காலம்

N அணுக்கள் கொண்ட ஒரு கதிரியக்கத் தனிமம் ஒன்று முழுவதுமாக சிதைவடைய எடுத்துக்கொள்ளும் காலத்தைக் கணக்கிடுவது கடினம். ஆனால், தொடக்கத்தில் இருந்த அளவில் ஒரு குறிப்பிட்ட பின்னமாகக் குறைவதற்கு ஆகும் காலத்தைக் கணக்கிடலாம்.

தொடக்கத்தில் உள்ள அணுக்களில் பாதியளவு அணுக்கள் சிதைவடைய ஒரு தனிமம் எடுத்துக்கொள்ளும் காலம் அரை ஆயுட்காலம் $T_{1/2}$ எனப்படும். ஒவ்வொரு கதிரியக்கத் தனிமத்தின் முக்கியப் பண்புகளுள் ஒன்றாக அரை ஆயுட்காலம் உள்ளது. சில கதிரியக்க அணுக்கருக்கள் 10^{14} ஆண்டுகள் அளவிற்கு மிக அதிக அரை ஆயுட்காலம் கொண்டுள்ளன. மற்றும் சில அணுக்கருக்களோ 10^{-14} s என்ற அளவிற்கு மிகக் குறைந்த அரை ஆயுட்காலம் கொண்டுள்ளன.

சிதைவு மாறிலியின் அடிப்படையில் நாம் அரை ஆயுட்காலத்தைக் குறிப்பிடலாம். $t = T_{1/2}$ காலத்தில் சிதைவடையாமல் இருக்கும் அணுக்கருக்களின் எண்ணிக்கை $N = \dfrac{N_0}{2}$ ஆகும்.

சமன்பாடு (9.35)ல் இம்மதிப்பைப் பிரதியிட,

$$\frac{N_0}{2} = N_0\, e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}} \text{ அல்லது } e^{\lambda T_{1/2}} = 2$$

இருபுறமும் மடக்கை மதிப்புகளை எடுத்து மாற்றி எழுதினால்,

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.6931}{\lambda} \qquad (9.39)$$

> **குறிப்பு**
>
> குறைந்த அரை ஆயுட்காலம் கொண்ட பொருள் அதிக ஆயுட்காலம் கொண்ட பொருளை விடக் குறைவான காலமே செயல்பாட்டில் இருக்கும் என்பதால் அது பாதுகாப்பானது என்று கூறு முடியாது. ஏனெனில், குறைந்த ஆயுட்காலம் கொண்ட பொருள் அதிக கதிரியக்கச்செயல்பாட்டினைக் கொண்டிருக்கும். எனவே அது அதிக கதிரியக்கத் தன்மையுடன் இருப்பதால் அதிக ஆபத்து கொண்டது.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 175 19-12-2022 17:34:46

t=0 நேரத்தில் உள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கை N_0 எனில், முதல் அரை ஆயுட்காலத்திற்குப் பிறகு சிதைவடையாமல் இருக்கும் அணுக்களின் எண்ணிக்கை $\frac{N_0}{2}$ மற்றும் இரண்டாவது அரை ஆயுட்காலத்திற்குப் பிறகு சிதைவடையாமல் இருக்கும் அணுக்களின் எண்ணிக்கை $\frac{N_0}{4}$ என்று தொடரும். பொதுவாக, n அரை ஆயுட்காலங்களுக்குப் பிறகு சிதைவடையாமல் இருக்கும் அணுக்கருக்களின் எண்ணிக்கை

$$N = \left(\frac{1}{2}\right)^n N_0 \qquad (9.40)$$

இங்கு n என்பது முழு எண்ணாகவோ அல்லது பின்ன எண்ணாகவோ இருக்கலாம். ஒரு கதிரியக்கத் தனிமத்தின் கதிரியக்கச் செயல்பாட்டிற்கான சமன்பாடும் அடுக்குக்குறி சிதைவின் அடிப்படையில் இருப்பதால் சமன்பாடு (9.40)ஐப் போலவே ஒரு சமன்பாட்டினை செயல்பாட்டிற்கும் எழுதலாம்.

n அரை ஆயுட்காலங்களுக்குப் பிறகு ஒரு கதிரியக்கத் தனிமத்தின் செயல்பாட்டிற்கான சமன்பாடு

$$R = \left(\frac{1}{2}\right)^n R_0 \qquad (9.41)$$

சராசரி ஆயுட்காலம் (τ):

ஒரு கதிரியக்கத் தனிமம் சிதைவடையும் போது முதன்முதலாக சிதைவடையும் அணுக்கருவின் ஆயுட்காலம் சுழியாகும். இறுதியாகச் சிதைவடையும் அணுக்கருவின் ஆயுள் முடிவிலியாக இருக்கும். ஒவ்வொரு அணுக்கருவிற்கும் ஆயுட்காலம் சுழியிலிருந்து முடிவிலி வரை இருக்கலாம். எனவே, அழிவதற்கு முன்பு சராசரியாக எவ்வளவு காலம், (அதாவது சராசரி ஆயுட்காலம் τ) அத்தனிமம் சிதைவடையாமல் இருக்கின்றது என்பதை அறிவதே நடைமுறையில் பொருள்படக் கூடியது.

ஒரு அணுக்கருவின் சராசரி ஆயுட்காலம் என்பது **அனைத்து அணுக்கருக்களின் ஆயுட்காலங்களின் கூடுதல் அல்லது தொகையீட்டிற்கும், தொடக்கத்தில் இருந்த மொத்த அணுக்கருக்களின் மொத்த எண்ணிக்கைக்கும் உள்ள தகவு** ஆகும்.

t முதல் $t+\Delta t$ வரையுள்ள கால இடைவெளியில் சிதைவடையும் மொத்த அணுக்களின் எண்ணிக்கை $R\Delta t = \lambda N_0 e^{-\lambda t}\Delta t$ ஆகும். t காலம் ஆகும் வரை அளவிலான அணுக்கருக்கள் சிதைவடையாமல் இருந்துள்ளதை இது காட்டுகிறது. எனவே அணுக்கருக்களின் ஆயுட்காலம் $R\Delta t$ க்கு சமமாக இருக்க வேண்டும். எனவே, $\Delta t \to 0$ என்ற எல்லையில், அனைத்து அணுக்கருக்களின் மொத்த ஆயுட்காலமானது $t=0$ லிருந்து $t=\infty$ வரை $tRdt$ ன் தொகையீட்டிற்கு சமமாகும்.

சராசரி ஆயுட்காலம் =

$$\tau = \frac{\int_0^\infty t[Rdt]}{N_0} = \frac{\int_0^\infty t\left[\lambda N_0 e^{-\lambda t}\, dt\right]}{N_0} \qquad (9.42)$$

தொகையீடு செய்த பிறகு (பெட்டியில் உள்ளதைக் காணவும்) சராசரி ஆயுட்காலத்திற்கான சமன்பாட்டினை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$\tau = \frac{1}{\lambda} \qquad (9.43)$$

சராசரி ஆயுளும் சிதைவு மாறிலியும் எதிர்த்தகவில் உள்ளதைக் கவனிக்கவும்.

சராசரி ஆயுட்காலத்தைப் பயன்படுத்தி அரை ஆயுட்காலத்தைப் பின்வரும் முறையில் எழுதலாம்:

$$T_{1/2} = \tau \ln 2 = 0.6931\tau \qquad (9.44)$$

சராசரி ஆயுட்காலம் : (தேர்வுக்கு அல்ல)

சமன்பாடு (9.42)ல் உள்ள தொகையீட்டினை பகுத்துத் தொகையிடல் முறையினைப் பயன்படுத்தி செய்திடலாம் :

$$\tau = \frac{\int_0^\infty \lambda N_0 t\, e^{-\lambda t} dt}{N_0} = \frac{\lambda N_0 \int_0^\infty t\, e^{-\lambda t} dt}{N_0}$$

$$\tau = \lambda \int_0^\infty t\, e^{-\lambda t} dt \qquad u = t \quad dv = e^{-\lambda t}\, dt$$

$$\tau = \lambda \int_0^\infty t\, e^{-\lambda t} dt = \lambda \left[\frac{t\, e^{-\lambda t}}{-\lambda}\right]_0^\infty - \lambda \int_0^\infty \left[\frac{e^{-\lambda t}}{-\lambda}\right] dt$$

எல்லைகளைப் பிரதியிட, மேலேயுள்ள சமன்பாட்டின் முதல் உறுப்பு சுழி மதிப்பை அடைகிறது.

$$\tau = \int_0^\infty e^{-\lambda t}\, dt = -\frac{1}{\lambda}\left[e^{-\lambda t}\right]_0^\infty = \frac{1}{\lambda}$$

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 176 19-12-2022 17:34:51

எடுத்துக்காட்டு 9.12

தொடக்கத்திலுள்ள கதிரியக்கக் கார்பன்–14 அணுக்களின் எண்ணிக்கை 10,000 எனில், 22,920 ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு சிதைவடையாமல் இருக்கும் அணுக்களின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடுக. கார்பன்–14ன் அரை ஆயுட்காலம் 5730 ஆண்டுகள்.

தீர்வு.

அரை ஆயுட்காலங்களின் அடிப்படையில் கால இடைவெளியைக் கணக்கிட,

$$n = \frac{t}{T_{1/2}} = \frac{22,920\,yr}{5730\,yr} = 4$$

22, 920 ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு சிதைவடையாமல் இருக்கும் அணுக்களின் எண்ணிக்கை,

$$N = \left(\frac{1}{2}\right)^n N_0 = \left(\frac{1}{2}\right)^4 \times 10,000$$

$$N = 625$$

எடுத்துக்காட்டு 9.13

அரை ஆயுட்காலம் 10 நிமிடம் கொண்ட ஒரு கதிரியக்கப் பொருளின் சிறு அளவில், $2.6\mu g$ கலப்படமில்லா $^{13}_{7}N$ உள்ளது. (அ) தொடக்கத்தில் உள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கை எவ்வளவு? (ஆ) தொடக்கத்தில் கதிரியக்கச் செயல்பாடு எவ்வளவு? (இ) 2 மணி நேரத்திற்குப் பிறகு செயல்பாடு எவ்வளவு? (ஈ) இப்பொருளின் சராசரி ஆயுள் எவ்வளவு?

தீர்வு.

(அ) N_0ன் மதிப்பைக் கணக்கிட முதலில் $2.6\mu g$ ல் உள்ள $^{13}_{7}N$ அணுக்களின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிட வேண்டும். நைட்ரஜனின் அணு நிறை 13 ஆதலால், 13 g அளவிலான $^{13}_{7}N$ ல் அவகேட்ரோ எண்ணிற்குச் சமமான அணுக்கள் இருக்கும்.

1கிராம் உள்ள அணுக்களின் $^{13}_{7}N$ எண்ணிக்கை $\frac{6.02\times10^{23}}{13}$ எனில், $2.6\mu g$ ல் உள்ள தொடக்க $^{13}_{7}N$ அணுக்களின் எண்ணிக்கை

$$N_0 = \frac{6.02\times10^{23}}{13}\times2.6\times10^{-6} = 12.04\times10^{16} \text{ அணுக்கள்}$$

(ஆ) தொடக்கச் செயல்பாட்டினைக் (R_0) கண்டறிய சிதைவு மாறிலி λ ஐக் கணக்கிட வேண்டும்.

$$\lambda = \frac{0.6931}{T_{1/2}} = \frac{0.6931}{10\times60} = 1.155\times10^{-3}s^{-1}$$

எனவே,

$$R_0 = \lambda N_0 = 1.155\times10^{-3}\times12.04\times10^{16}$$

$$= 13.90\times10^{13} \text{ சிதைவுகள்/s}$$

$$= 13.90\times10^{13}\text{ Bq}$$

கியூரி அலகின் அடிப்படையில்,

$$R_0 = \frac{13.90\cdot\ 10^{13}}{3.7\cdot\ 10^{10}} = 3.75\cdot\ 10^{3}\text{ Ci}$$

(ஏனெனில், $1\text{Ci} = 3.7\cdot\ 10^{10}\text{Bq}$)

(இ) 2 மணி நேரத்திற்குப் பிறகான செயல்பாட்டை இரண்டு வழிகளில் கணக்கிடலாம்:

வழி 1: $R = R_0\, e^{-\lambda t}$

$t = 2$ மணி நேரம் $= 7200$ s

$R = 3.75 \times 10^3 \times e^{-7200\times1.155\times10^{-3}}$

$R = 3.75 \times 10^3 \times 2.4 \times10^{-4} = 0.9$ Ci

வழி 2: $R = \left(\frac{1}{2}\right)^n R_0$

இங்கு $n = \frac{120\,\text{min}}{10\,\text{min}} = 12$

$$R = \left(\frac{1}{2}\right)^{12} \times3.75\times10^3 \approx 0.9\text{Ci}$$

(ஈ) சராசரி ஆயுள் $\tau = \frac{T_{1/2}}{0.6931} = \frac{10\times60}{0.6931}$

$= 865.67\,s$

9.6.6 கார்பன் காலக்கணிப்பு

பீட்டா சிதைவின் ஒரு முக்கியமான பயன்பாடு கதிரியக்கக் காலக்கணிப்பு அல்லது கார்பன் காலக்கணிப்பு ஆகும். இந்த வழிமுறையைப் பயன்படுத்தி பழங்காலப் பொருள்களின் வயதைக் கண்டறியலாம். வாழும் அனைத்து உயிரினங்களும் காற்றிலிருந்து கார்பன் டையாக்சைடை (CO_2) உட்கவர்ந்து கரிம மூலக்கூறுகளை உருவாக்குகின்றன. இவ்வாறு உட்கவரப்பட்ட CO_2 வில் பெரும் பகுதி $^{12}_{6}C$ ஆகவும், மிகவும் சிறிய பகுதி (1.3×10^{-12}) கதிரியக்க $^{14}_{6}C$ ஆகவும் உள்ளது (இதன் அரை ஆயுட்காலம் 5730 ஆண்டுகள்).

வளிமண்டலத்திலுள்ள கார்பன்–14 தொடர்ந்து சிதைவடைகிறது. அதே நேரத்தில், புற விண்வெளியிலிருந்து வரும் காஸ்மிக் கதிர்களால்

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 177 19-12-2022 17:34:57

வளிமண்டலத்திலுள்ள அணுக்கள் தொடர்ந்து மோதுவதால் ${}^{14}_{6}C$ ஆனது தொடர்ந்து உருவாகிக் கொண்டேயிருக்கும். இத்தொடர் உருவாதல் மற்றும் சிதைவு நிகழ்வுகளினால் ${}^{14}_{6}C$ மற்றும் ${}^{12}_{6}C$ க்கு இடையேயான விகிதம் மாறாமல் இருக்கும். மனிதர்கள், மரங்கள் அல்லது எந்தவொரு உயிரினமும் வளிமண்டலத்திலிருந்து தொடர்ந்து CO_2ஐ உட்கவர்கின்றன. எனவே வாழும் உயிர் ஒன்றில் காணப்படும் ${}^{14}_{6}C$ மற்றும் ${}^{12}_{6}C$ விகிதம் ஏறக்குறைய மாறிலியாக இருக்கும். ஆனால் அவ்வுயிரினம் இறந்தவுடன் CO_2 உட்கவர்வது நின்று விடுகிறது. எனவே ${}^{14}_{6}C$ சிதைவு காரணமாக, இறந்த உயிரினத்தின் உடலில் உள்ள ${}^{14}_{6}C : {}^{12}_{6}C$ விகிதம் நாளடைவில் குறையத் தொடங்குகிறது. மண்ணுக்குள் புதைந்த ஒரு பழங்கால மரத்தின் மாதிரிப் பொருள் ஒன்று தோண்டி எடுக்கப்பட்டு, அதன் ${}^{14}_{6}C : {}^{12}_{6}C$ விகிதம் அறியப்பட்டால் அம்மரத்தின் வயதைக் கணக்கிட முடியும்.

எடுத்தக்காட்டு 9.14

கீழடி என்ற சிறிய கிராமம் தமிழ்நாட்டிலுள்ள மிகவும் முக்கியமான அகழ்வாராய்ச்சி நடைபெறும் பகுதிகளில் (படம்) ஒன்றாகும். இது சிவகங்கை மாவட்டத்தில் அமைந்துள்ளது. (தங்க நாணயங்கள், மண்கலன்கள், மணிகள் , இரும்புக் கருவிகள், அணிகலன்கள் மற்றும் மரக்கரித்துண்டு உள்ளிட்ட) பல தொல் கைவினைப் பொருள்கள் கீழடியில் கண்டெடுக்கப்பட்டுள்ளன. இதன் மூலம் வைகை ஆற்றங்கரைகளில் பண்டைய நாகரிகம் செழித்திருந்தது என்பதற்கான தகுந்த ஆதாரம் கிடைத்துள்ளது. இப்பொருள்களின் காலத்தைக் கணிப்பதற்கு, (படத்தில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள) 200 g கரியானது கார்பன் காலக்கணிப்பு சோதனைக்கு உட்படுத்தப்படுகிறது. அதில் ${}^{14}_{6}C$ இன் செயல்பாடு 37 சிதைவுகள்/s எனில், அக்கரியின் வயதைக் கணக்கிடுக.

படம் (அ) கீழடி –அகழ்வாய்வுப் பகுதி

படம் (ஆ) கார்பன் காலக்கணிப்பிறகு அனுப்பப்பட்ட கரித்துண்டு

தீர்வு

கரியின் வயதைக் கணக்கிட, அது மரமாக உயிரோடு இருந்த போது, அதன் தொடக்க கதிரியக்கச் செயல்பாடு (R_0) தெரிய வேண்டும்.

மாதிரிப் பொருளின் கதிரியக்கச் செயல்பாடு

$$R = R_0 e^{-\lambda t} \quad (1)$$

அதன் காலம் t ஐக் கண்டறிய, சமன்பாடு (1)ஐப் பின்வருமாறு எழுதலாம், $e^{\lambda t} = \frac{R_0}{R}$

இரு புறமும் மடக்கை எடுக்க, நமக்கு கிடைப்பது

$$t = \frac{1}{\lambda}\ln\left(\frac{R_0}{R}\right) \quad (2)$$

இங்கு R = 37 decays/s=37 Bq.

சிதைவு மாறிலியைக் கணக்கிட பின்வரும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தலாம்:

$$\lambda = \frac{0.6931}{T_{1/2}} = \frac{0.6931}{5730\,\text{yr} \times 3.156\times10^7\,\text{s/yr}}$$

$$[\because 1\text{yr} = 365.25\times24\times60\times60\,\text{s} = 3.156\times10^7\,\text{s}]$$

$$\lambda = 3.83\times10^{-12}\,s^{-1}$$

தொடக்க கதிரியக்கச் செயல்பாடு R_0 ஐக் கண்டுபிடிக்க, $R_0 = \lambda N_0$ என்ற சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்துவோம். இங்கு N_0 என்பது மாதிரிப் பொருள் பயன்பாட்டில் இருந்தபோது அதிலிருந்த கார்பன்–14 அணுக்களின் எண்ணிக்கையாகும். கரியின் நிறை 200 g. 12 g கார்பனில் 6.02×10^{23} கார்பன் அணுக்கள் இருக்கும். எனவே, 200 g– ல்

$$\frac{6.02\times10^{23}\,\text{அணுக்கள் / மோல்}}{12\,\text{கி / மோல்}}\times200 \approx 1\times10^{25}\,\text{அணுக்கள்}$$

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 178 19-12-2022 17:35:03

(மாதிரிப் பொருளான) அதாவது மரம் உயிருடன் இருந்தபோது, ${}^{14}_{6}C : {}^{12}_{6}C$ –இன் விகிதம் 1.3×10^{-12}. எனவே கார்பன்–14 அணுக்களின் மொத்த எண்ணிக்கை,

$$N_0 = 1\times10^{25}\times1.3\times10^{-12} = 1.3\times10^{13} \text{ அணுக்கள்}$$

தொடக்க செயல்பாடு,

$$R_0 = 3.83\times10^{-12}\times1.3\times10^{13} \approx 50 \text{ சிதைவுகள் /s}$$
$$= 50\,Bq$$

R_0 மற்றும் λ மதிப்புகளை சமன்பாடு (2)ல் பிரதியிட,

$$t = \frac{1}{3.83\times10^{-12}}\times\ln\left[\frac{50}{37}\right]$$

$$t = \frac{0.301}{3.83}\times10^{12} \approx 7.86\times10^{10}\text{ sec}$$

ஆண்டுகளில்,

$$t = \frac{7.86\times10^{10}\,s}{3.156\times10^{7}\,s/yr} \approx 2500\text{ years}$$

இந்த அகழ்வாய்வில் கண்டெடுக்கப்பட்ட பொருள்கள் தமிழ்நாடு அரசின் தொல்லியல் துறையினரால் அமெரிக்காவிற்கு அனுப்பப்பட்டு கார்பன் காலக்கணிப்பு செய்ததில், கீழடியில் கண்டெடுக்கப்பட்ட கைவினைப் பொருள்களின் வயது 2200 ஆண்டுகளிலிருந்து 2500 ஆண்டுகள் இருக்கும் (சங்க காலம்– கி.மு. (பொ.ஆ.மு) 400 முதல் கி.மு. (பொ.ஆ.மு) 200) என்பது அறிக்கை மூலமாக உறுதிப்படுத்தப்பட்டுள்ளது. 2000 ஆண்டுகளுக்கு முன்னரேயே தமிழகத்தில் நகர்ப்புற நாகரிகம் இருந்துள்ளதை கீழடி அகழ்வாராய்ச்சி அறிவியல் பரிசோதனை வாயிலாக நிறுவியுள்ளது.

9.6.7 நியூட்ரான் கண்டுபிடிப்பு

பெரிலியத்தை α துகள்களால் மோதச் செய்யும்போது அதிக ஊடுருவு திறன் கொண்ட கதிர்வீச்சு வெளிப்படுகின்றது என்பதை போத்தே மற்றும் பெக்கர் ஆகிய ஜெர்மானிய இயற்பியல் அறிஞர்கள் 1930ல் கண்டறிந்தனர். தடிமனான காரீயப் பாளத்தைக் கூட ஊடுருவக்கூடிய இந்தக் கதிர்வீச்சு, மின் மற்றும் காந்தப் புலங்களால் விலக்கமடைவதில்லை. முதலில் இது γ கதிர்வீச்சு என்றே கருதப்பட்டது. ஆனால் இக்கதிர்வீச்சுகள் மின்காந்த அலைகள் அல்ல என்பதையும் அவை புரோட்டானை விட சற்று அதிக நிறை கொண்ட மின்னூட்டமற்ற துகள்களே என்பதையும் 1932 ம் ஆண்டு ஜேம்ஸ் சாட்விக் என்பார் கண்டுபிடித்தார். அவற்றை நியூட்ரான்கள் என்று அவர் அழைத்தார். மேற்கூறிய வினையைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்:

$${}^{9}_{4}Be + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{1}_{0}n$$

இங்கு ${}^{1}_{0}n$ என்பது நியூட்ரானைக் குறிக்கும்.

அணுக்கருவினுள் நியூட்ரான்கள் நிலைத் தன்மையுடன் இருக்கின்றன. ஆனால் அணுக்கருவுக்கு வெளியே அவை நிலைத்தன்மையற்று உள்ளன. அணுக்கருவை விட்டு வெளியேறும் நியூட்ரான் (தனித்த நியூட்ரான்) மிக விரைவிலேயே (அரை ஆயுட்காலம்–13 நிமிடங்கள்) புரோட்டான், எலக்ட்ரான் மற்றும் எதிர்நியூட்ரினோ ஆகியவையாக சிதைவுறுகிறது.

நியூட்ரான்களை, அவற்றின் இயக்க ஆற்றலின் அடிப்படையில் பின்வருமாறு வகைப்படுத்தலாம் (i) குறைவேக நியூட்ரான்கள் (0 to 1000 eV) (ii) வேக நியூட்ரான்கள் (0.5 MeV to 10 MeV). கிட்டத்தட்ட 0.025 eV அளவிலான சராசரி ஆற்றல் கொண்ட, வெப்பச் சமநிலையில் உள்ள நியூட்ரான்கள் வெப்ப நியூட்ரான்கள் எனப்படும். ஏனெனில், 298 K வெப்பநிலையில் அவற்றின் வெப்ப ஆற்றல் $(kT \sim 0.025eV)$. குறைவேக மற்றும் வேக நியூட்ரான்கள் அணுக்கரு உலைகளில் முக்கிய பங்கு வகிக்கின்றன.

9.7 அணுக்கரு பிளவு (Nuclear Fission)

யுரேனியம் அணுக்கருவை நியூட்ரானால் மோதச் செய்யும்போது, அது கிட்டத்தட்ட சமமான நிறைகளையுடைய இரு சிறிய அணுக்கருக்களாகவும், அவற்றுடன் ஆற்றலும் வெளிப்படும் வண்ணம் பிளவுறுகிறது என்பதை ஜெர்மானிய அறிவியல் அறிஞர்களான ஆட்டோ ஹான் (Otto Hahn) மற்றும் ஸ்டிராஸ்மன் (Strassmann)ஆகியோரால் 1939ம் ஆண்டு கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. **கனமான அணுவின் அணுக்கரு ஒன்று இரு சிறிய அணுக்கருக்களுடன் அதிக அளவிலான ஆற்றலும் வெளிப்படும் வண்ணம் பிளவுறும் நிகழ்வு அணுக்கரு பிளவு எனப்படும்.** பிளவு நிகழும் போது நியூட்ரான்களும் சேர்ந்தே வெளிப்படுகின்றன. அணுக்கரு பிளவில் வெளிப்படும் ஆற்றலின் அளவு வேதிவினைகளில்

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 179 19-12-2022 17:35:07

www.tnschoolbooks.in

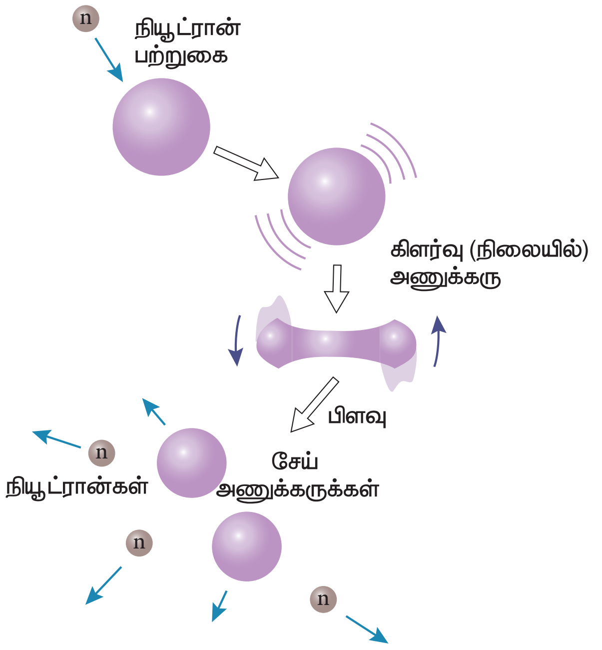
அதிகம் கண்டறியப்பட்ட ஆற்றலைக் காட்டிலும் பல மடங்கு அதிகமாக உள்ளது.

90 வெவ்வேறு வழிகளில் யுரேனியத்தின் பிளவு வினை நடைபெறுகின்றது. அவற்றுள் பெரும்பான்மையாக நிகழும் பிளவு வினைகள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{236}_{92}U^{*} \rightarrow ^{141}_{56}Ba + ^{92}_{36}Kr + 3^{1}_{0}n + Q \quad (9.45)$$

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{236}_{92}U^{*} \rightarrow ^{140}_{54}Xe + ^{94}_{38}Sr + 2^{1}_{0}n + Q \quad (9.46)$$

இங்கு Q என்பது ஒவ்வொரு யுரேனிய அணுக்கருவும் பிளவுறும் போது வெளிப்படும் ஆற்றலைக் குறிக்கும். குறைவேக நியூட்ரான் ஒன்றினை யுரேனியம் அணுக்கரு உட்கவரும் போது, அதன் நிறை எண் ஒன்று அதிகரித்து $^{236}_{92}U^{*}$ என்ற கிளர்வு நிலைக்குச் செல்கிறது. ஆனால் இந்நிலை 10^{-12} s நேரத்திற்கு மேலாக நிலைக்க இயலாததால் அது 2 அல்லது 3 நியூட்ரான்களுடன் கூடிய இரு சேய் அணுக்கருக்களாகச் சிதைவுறுகிறது. ஒவ்வொரு வினையிலிருந்தும் சராசரியாக 2.5 நியூட்ரான்கள் வெளிப்படுகின்றன. இது படம் 9.27 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 9.27 அணுக்கரு பிளவு

பிளவில் வெளிப்படும் ஆற்றல்

ஒவ்வொரு யுரேனியம் அணுக்கருவின் பிளவிலும் வெளிப்படும் ஆற்றல் Q ஐ நாம் கணக்கிடலாம். அதிகளவில் நிகழும் அணுக்கரு பிளவு வினையானது, சமன்பாடு (9.45) கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{236}_{92}U^{*} \rightarrow ^{141}_{56}Ba + ^{92}_{36}Kr + 3^{1}_{0}n + Q$$

$^{235}_{92}U$ ன் நிறை $= 235.045733\ u$

$^{1}_{0}n$ ன் நிறை $= 1.008665\ u$

வினைபடு பொருள்களின் மொத்த நிறை $= 236.054398\ u$

$^{141}_{56}Ba$ ன் நிறை $= 140.9177\ u$

$^{92}_{36}Kr$ ன் நிறை $= 91.8854\ u$

3 நியூட்ரான்களின் நிறை $= 3.025995\ u$

வினைவிளை பொருள்களின் மொத்த நிறை $= 235.829095\ u$

நிறை இழப்பு $\Delta m = 236.054398\ u - 235.829095\ u = 0.225303\ u$

எனவே ஒவ்வொரு பிளவிலும் வெளிப்படும் ஆற்றல் $= 0.225303 \times 931 MeV \approx 200\ MeV$

இந்த ஆற்றல் முதலில் சேய் அணுக்கருக்கள் மற்றும் நியூட்ரான்களின் இயக்க ஆற்றலாக வெளிப்பட்டு பின்னர் இந்த இயக்க ஆற்றல் சுற்றியுள்ள பொருள்களில் வெப்ப ஆற்றலாக மாற்றப்படுகின்றது.

தொடர் வினை

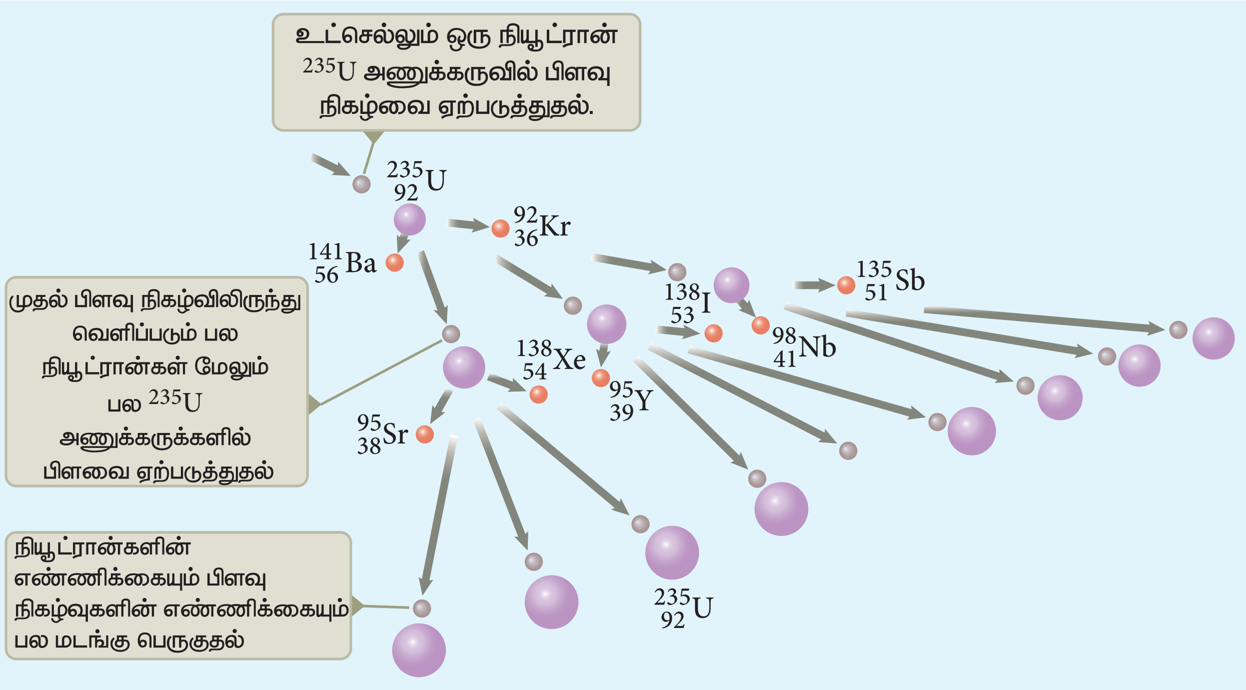
ஒரு $^{235}_{92}U$ அணுக்கரு பிளவுக்கு உட்படும்போது உருவாகும் ஆற்றல் சிறியதாக இருப்பினும், ஒவ்வொரு பிளவு வினையிலும் மூன்று நியூட்ரான்கள் உருவாகின்றன. அவை மூன்றும், மேலும் மூன்று $^{235}_{92}U$ அணுக்கருக்களைப் பிளந்து மொத்தம் 9 நியூட்ரான்களை உருவாக்குகின்றன. இந்த 9 நியூட்ரான்கள் ஒன்பது $^{235}_{92}U$ அணுக்கருக்களைப் பிளந்து மேலும் 27 நியூட்ரான்களை உருவாக்கி இந்த வினையை தொடர செய்கிறது. இதுவே தொடர்வினை எனப்படுகிறது. இதில் நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கை பெருக்குத் தொடர்ச்சியில் (geometric progression) பெருகிக் கொண்டே போகிறது (படம் 9.28).

இரண்டு விதமான தொடர் வினைகள் உள்ளன.

(i) கட்டுப்பாட்டிலுள்ள தொடர்வினை

(ii) கட்டுப்பாடற்ற தொடர்வினை: கட்டுப்பாடற்ற தொடர் வினையில் நியூட்ரான் எண்ணிக்கை முடிவில்லாமல் பெருகுவதால் மிகக்குறைந்த

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 180 19-12-2022 17:35:13



படம் 9.28 அணுக்கரு தொடர் வினை

நேரத்திலேயே மொத்த ஆற்றலும் வெளிப்படுகிறது. கட்டுப்பாடற்ற தொடர் வினையாக அணுக்கரு பிளவு நிகழ்வதற்கு ஒரு எடுத்துக்காட்டே அணுகுண்டு. இரண்டாம் உலகப்போரின் போது 1945 ஆம் ஆண்டு ஆகஸ்ட் 6 மற்றும் ஆகஸ்ட் 9 ஆகிய தினங்களில் ஜப்பானிலுள்ள ஹிரோசிமா மற்றும் நாகசாகி ஆகிய இரு இடங்களில் அமெரிக்கா அணுகுண்டை வீசியது. இதன் விளைவாக லட்சக்கணக்கில் மக்கள் உயிரிழந்து அவ்விரு நகரங்களுமே முழுமையாக அழிந்தது. அணுகுண்டுகளின் வெடிப்பினால் ஏற்படும் பக்க விளைவுகளால் அப்பகுதிகளில் வாழும் மக்கள் இன்றளவும் பாதிப்புக்கு உள்ளாகின்றனர்.

ஒரு தொடர் வினையில் வெளியிடப்படும் ஆற்றலைக் கணக்கிட இயலும். முதல் படியில் ஒரு அணுக்கருவில் பிளவை ஒரு நியூட்ரான் துவங்குவதால் மூன்று நியூட்ரான்களும், 200 MeV ஆற்றலும் உருவாகின்றன. இரண்டாவது படியில் மூன்று அணுக்கருக்களும் மூன்றாவது படியில் ஒன்பது அணுக்கருக்களும் நான்காவது படியில் 27 அணுக்கருக்களும் இவ்வாறு தொடர்ச்சியாக உருவாகின்றன. நூறாவது படியில் பிளவுக்கு உட்படும் அணுக்கருக்களின் எண்ணிக்கை 2.5×10^{40} ஐத் தொடும். இவ்வாறு 100 வது படியில் தோற்றுவிக்கப்படும் ஆற்றலின் மதிப்பு $2.5\times10^{40}\times200MeV=8\times10^{29}J$. இது உண்மையிலேயே மிகப்பெரிய ஆற்றலாகும், இது தமிழ்நாட்டின் பல ஆண்டுகளுக்கான மின்னாற்றல் தேவைக்கு சமமானதாகும்.

இத்தொடர் வினையைக் கட்டுக்குள் வைக்க முடிந்தால், மாபெரும் ஆற்றலை நம் தேவைகளுக்காக நாம் பயன்படுத்த இயலும். இது கட்டுப்பாட்டிலுள்ள தொடர் வினையில் இது சாத்தியமாகும். கட்டுப்பாட்டிலுள்ள தொடர்வினையில் ஒவ்வொரு நிலையிலும் வெளியேற்றப்படும் நியூட்ரான்களின் சராசரி எண்ணிக்கை ஒன்று என்றளவில் கட்டுப்படுத்தப்படுவதால், இதில் வெளிப்படும் ஆற்றலை சேமிக்க இயலும். அணுக்கரு உலைகளில் தொடர்வினை கட்டுக்குள் இருத்தப்படுவதால் உருவாக்கப்படும் ஆற்றலானது மின்திறன் உற்பத்திற்கும் ஆராய்ச்சி நோக்கத்திற்கும் பயன்படுத்தப்படுகிறது

எடுத்துக்காட்டு 9.15

1kg நிறையுள்ள $^{235}_{92}U$ பிளவுறும் போது வெளிப்படும் ஆற்றலைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

235 g $^{235}_{92}U$ இல் 6.02×10^{23} அணுக்கள் உள்ளன.

1 g $^{235}_{92}U$ இல் உள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கை

$$=\frac{6.02\times10^{23}}{235}=2.56\times10^{21}$$

1 kg ல் உள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கை $^{235}_{92}U$

$$=\ 2.56\times10^{21}\times1000=2.56\times10^{24}$$

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 181 19-12-2022 17:35:17

ஒவ்வொரு $^{235}_{92}U$ பிளவையிலிருந்தும் 200 MeV ஆற்றல் வெளிப்படும் எனவே, 1kg $^{235}_{92}U$ விருந்து வெளிப்படும் மொத்த ஆற்றல்,

$$Q = 2.56\times10^{24}\times200MeV = 5.12\times10^{26}MeV$$

இதை ஜூல் அலகிற்கு மாற்றும் போது,

$$Q = 5.12\times10^{26}\times1.6\times10^{-13}J = 8.192\times10^{13}J.$$

இதை கிலோவாட்–மணி அலகிற்கு மாற்றும் போது,

$$Q = \frac{8.192\times10^{13}}{3.6\times10^{6}} = 2.27\times10^{7}\,kWh$$

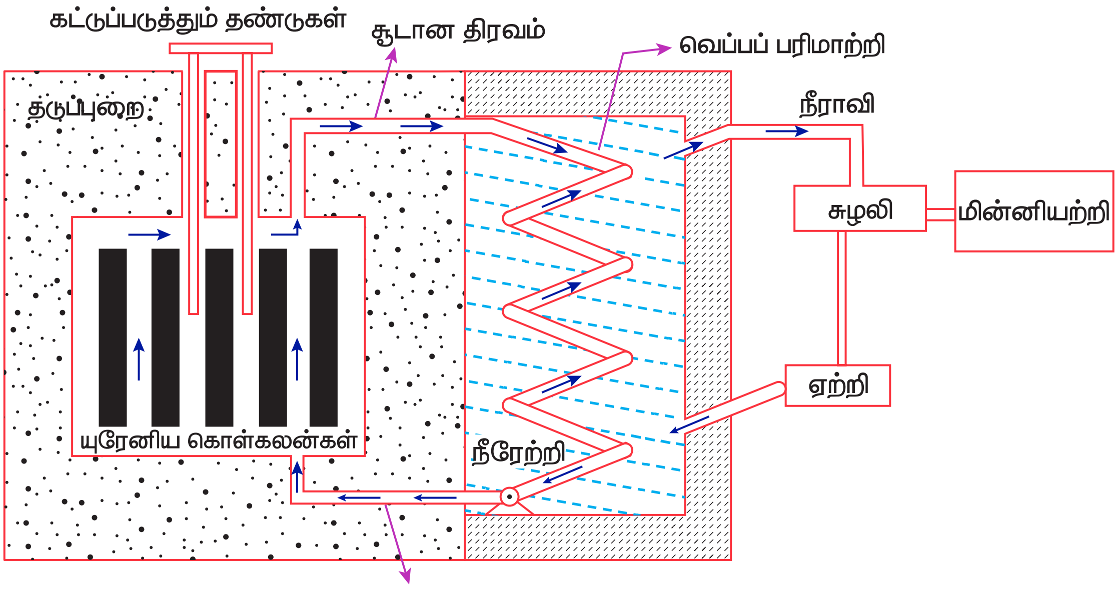
100 W ஒளி விளக்கு ஒன்றினை 30,000 ஆண்டுகள் இயக்குவதற்குத் தேவையான அளவிற்கு இது மிகப்பெரிய அளவிலான ஆற்றலாகும். வேதிவினைகளின் மூலம் இவ்வாற்றலைப் பெற வேண்டுமானால் 20,000 டன் TNT (டிரை நைட்ரோ டொலுவீன்)–ஐ வெடிக்கச் செய்ய வேண்டும்.

அணுக்கரு உலை

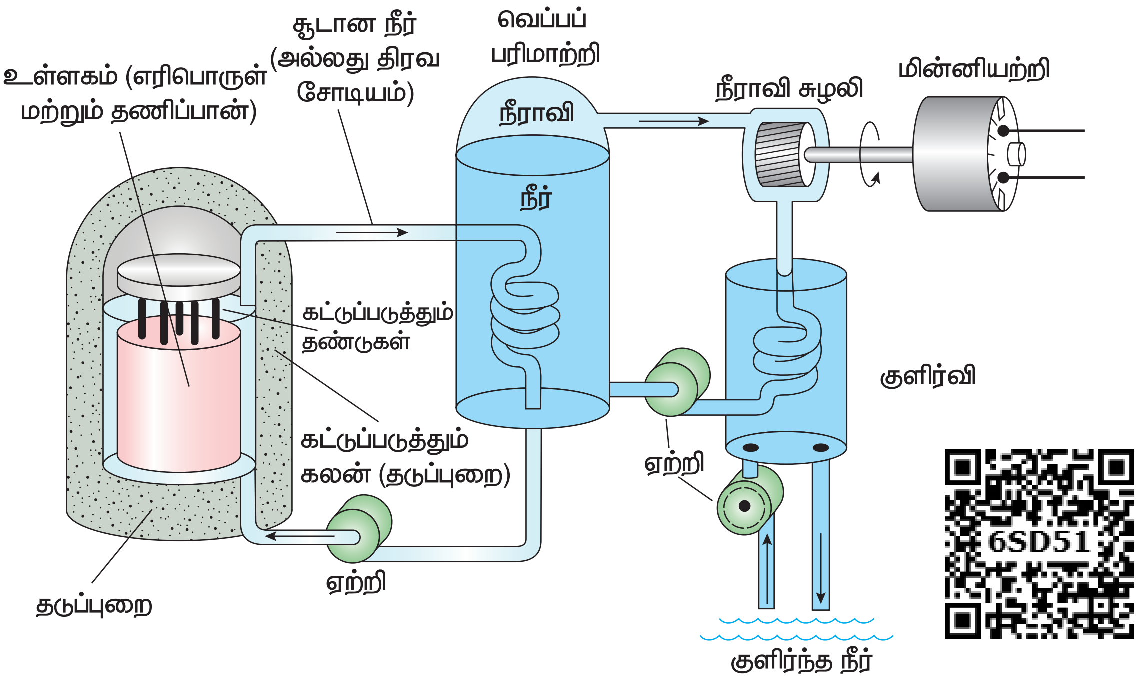
அணுக்கரு உலை என்பது தற்சார்புடைய மற்றும் கட்டுக்குள் இருக்கும் வகையில் அணுக்கரு பிளவு நடைபெறும் அமைப்பாகும். இதில் உருவாகும் ஆற்றல் ஆராய்ச்சித் தேவைகளுக்கோ அல்லது மின்திறன் உருவாக்கத்திற்கோ பயன்படுத்தப்படுகிறது. முதல் அணுக்கரு உலை என்றிகோ பெர்மி (Enrico Fermi) என்ற இயற்பியல் அறிஞரால் 1942ஆம் ஆண்டு அமெரிக்க நாட்டின் சிகாகோ நகரில் கட்டப்பட்டது. அணுக்கரு உலையின் முக்கிய பாகங்கள் : எரிபொருள் (அணுக்கருப்பிளவுக்கு உட்படும் பொருள்), தணிப்பான், மற்றும் கட்டுப்படுத்தும் தண்டுகள். இவை தவிர, மின்சார உற்பத்தி அமைப்புடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் குளிர்விக்கும் அமைப்பும் உள்ளது.

எரிபொருள்: எரிபொருள் என்பது அணுக்கரு பிளவுக்கு உட்படும் பொருள் (பொதுவாக, யுரேனியம் அல்லது புளுட்டோனியம்). இயற்கையில் கிடைக்கும் யுரேனியத்தில் 0.7% அளவே $^{235}_{92}U$ உள்ளது, 99.3% அளவு $^{238}_{92}U$ உள்ளது. எனவே, $^{238}_{92}U$ செறிவூட்டப்பட்டு, அதில் 2–4% அளவு $^{235}_{92}U$ இருக்குமாறு செய்யப்படுகிறது. இதைத் தவிர, தொடர் வினையைத் துவக்குவதற்கு நியூட்ரான் மூலம் தேவைப்படுகிறது. புளுட்டோனியம் அல்லது பொலோனியத்துடன் பெரிலியம் கலந்த கலவை நியூட்ரான் மூலமாகப் பயன்படுகிறது. $^{235}_{92}U$ இன் அணுக்கரு பிளவின் போது வெளிப்படும் வேக நியூட்ரான்களால் மற்றொரு அணுக்கருவைப் பிளவடைய செய்வதற்கு மிகக் குறைந்த வாய்ப்பே உள்ளது. எனவே அணுக்கரு வினைகள் தொடர்ந்து நடைபெறுவதற்கு குறைவேக நியூட்ரான்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

தணிப்பான்கள்: வேக நியூட்ரான்களை குறைவேக நியூட்ரான்களாக மாற்றுவதற்கு உதவும் பொருள் தணிப்பான் எனப்படும். பொதுவாக, நியூட்ரான்களின் நிறைக்குச் சமமான நிறையுடைய இலேசான அணுக்கருக்களே தணிப்பான்களாகப்



படம் 9.29 (அ) அணுக்கரு உலையின் கட்டப்படம்



படம் 9.29 (ஆ) அணுக்கரு உலையின் குறியீட்டுப் படம்

பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இந்த இலேசான அணுக்கருக்களுடன் வேக நியூட்ரான்கள் மோதலை நிகழ்த்தும் போது நியூட்ரான்களின் வேகம் குறைக்கப்படுகிறது. (பில்லியட் பந்து ஒன்று நிலையாகவுள்ள, சமநிறை கொண்ட மற்றொரு பில்லியட் பந்துடன் மோதும் போது ஓய்வு நிலைக்கு வருவதையும், அதே பந்து நிறை அதிகம் கொண்ட வேறொரு பொருளுடன் மோதும் போது, அதே வேகத்துடன் திருப்பி அனுப்பப்படுவதையும் பார்த்திருக்கலாம். இக்காரணத்தினாலேயே தணிப்பான்களில் இலேசான அணுக்கருக்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன). பெரும்பாலான உலைகளில் கனநீர் (D_2O) மற்றும் கிராபைட் ஆகிய பொருள்களே தணிப்பான்களாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. யுரேனிய அடுக்குகளின் தொகுதியுடன் இடையில் கிராபைட் தண்டுகள் (தணிப்பான்கள்) இணைக்கப்பட்டு ஒரு பெரிய அடுக்காக உள்ளதைப் படம் 9.29(அ) மற்றும் (ஆ)ல் காணலாம்.

கட்டுப்படுத்தும் தண்டுகள்: அணுக்கரு பிளவு வினை நடைபெறும் வீதத்தை சரிசெய்வதற்கு அல்லது கட்டுக்குள் வைப்பதற்கு கட்டுப்படுத்தும் தண்டுகள் பயன்படுகின்றன. ஒவ்வொரு அணுக்கரு பிளவின் போதும் சராசரியாக 2.5 நியூட்ரான்கள் வெளியேறுகின்றன. எனவே, தொடர் வினையைக் கட்டுக்குள் வைப்பதற்கு ஒரேயொரு நியூட்ரான் மட்டுமே அடுத்த பிளவை ஏற்படுத்துமாறு செய்யப்பட்டு, மற்ற நியூட்ரான்கள் கட்டுப்படுத்தும் தண்டுகளால் உட்கவரப்படுகின்றன.

பொதுவாக, காட்மியம் அல்லது போரான் ஆகியவை கட்டுப்படுத்தும் தண்டுப்பொருளாக செயல்படுகிறது. மேலும், படம் 9.29(அ) மற்றும் (ஆ) இல் காட்டியுள்ளபடி யுரேனிய அடுக்குகளில் இத்தண்டுகள் செருகி வைக்கப்படுகின்றன. யுரேனியத்தில் கட்டுப்படுத்தும் தண்டுகளின் செருகப்படும் ஆழத்தைப் பொருத்து ஒரு பிளவில் உருவாகும் சராசரி நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கை ஒன்று அல்லது அதற்கு மேலாக வைக்க இயலும். ஒரு பிளவில் உருவாகும் சராசரி நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கை ஒன்று எனில், அணுக்கரு உலை செயல்பாட்டு நிலையில் (critical state) உள்ளது எனலாம். உள்ளபடி, கட்டுப்படுத்தும் தண்டுகளைத் தகுந்த முறையில் சரி செய்து அமைப்பதன் மூலம் அனைத்து அணுக்கரு உலைகளும் செயல்பாட்டு நிலையிலேயே வைக்கப்படுகின்றன. எண்ணிக்கை ஒன்றை விட அதிகமாக இருப்பின் அவ்வுலை மீச்செயல்பாட்டு நிலையை (super–critical) எட்டுகிறது; விரைவில் அது வெடித்து மிகப்பெரிய அழிவை ஏற்படுத்தக் கூடும்.

தடுப்பு அமைப்பு (Shielding): தீமை பயக்கும் கதிர்வீச்சுகளிலிருந்து நம்மை பாதுகாத்துக் கொள்ள 2–2.5 m தடிமனுள்ள கற்காரையினால் (concrete) ஆன சுவரானது அணுக்கரு உலையைச் சுற்றி அமைக்கப் படுகிறது.

குளிர்விக்கும் அமைப்பு: அணுக்கரு உலையின் உள்ளகத்தில் உருவாகும் வெப்பத்தை நீக்க குளிர்விக்கும் அமைப்பு உதவுகிறது. மிக அதிக தன் வெப்ப ஏற்புத்திறனும், அதிக அழுத்தத்தில் அதிக கொதிநிலையையும் கொண்டுள்ள நீர், கனநீர் மற்றும் திரவ சோடியம் ஆகியவை குளிர்விப்பான்களாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. படம் 9.29(அ) மற்றும் (ஆ)–வில் காட்டப்பட்டுள்ளபடி, குளிர்விப்பான் அமைப்பானது, எரிபொருள் அடுக்கின் வழியே சென்று உட்கவர்ந்த வெப்பத்தை நீராவி இயற்றிக்குக் கடத்துகின்றது. நீராவியினால் சுழலிகள் (turbines) இயக்கப்பட்டு மின்சார உற்பத்தி உலைகளில் மின்னாற்றல் உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது.

குறிப்பு

இந்தியாவில் தற்போது 22 அணுக்கரு உலைகள் செயல்பாட்டில் உள்ளன. தமிழ்நாட்டில் கல்பாக்கம், கூடங்குளம் ஆகிய இரு இடங்களில் அணுக்கரு உலைகள் கட்டப்பட்டுள்ளன. நம் ஆற்றல் தேவையை நிறைவேற்றுவதே அணுக்கரு உலைகளின் நோக்கமாக இருப்பினும் இந்தியாவின் ஆற்றல் தேவையில் வெறும் 2% அளவு மட்டுமே அவற்றால் வழங்க முடிகிறது.

9.8 அணுக்கரு இணைவு (Nuclear fusion)

இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட குறைந்த நிறை கொண்ட ($A<20$) அணுக்கருக்கள் இணைந்து அதிக நிறை கொண்ட அணுக்கருவை உருவாக்கும் நிகழ்வு அணுக்கரு இணைவு எனப்படும். அணுக்கரு இணைவில் உருவாகும் அணுக்கருவின் நிறையானது தொடக்கத்தில் உள்ள அணுக்கருக்களின் நிறைகளின் கூடுதலை விடக் குறைவாக இருக்கும். அணுக்கரு பிளவைப் போல அறை வெப்ப நிலையில் அணுக்கரு இணைவு நிகழாது. ஏனெனில், குறைந்த நிறையுடைய இரு அணுக்கருக்கள் ஒன்றையொன்று நெருங்கும் போது கூலூம் விலக்கு விசையினால் அவை கடுமையாக விலக்கப்படுகின்றன.

இவ்விலக்கு விசையை ஈடு செய்து, அவற்றை மிகவும் அருகாமையில் நெருங்கச் செய்ய அதிக அளவிலான இயக்க ஆற்றல் தேவைப்படுகிறது. அருகாமையில் வந்த பிறகு வலிமைமிகு அணுக்கரு விசை செயல்படத் துவங்கி விடும். வெப்பநிலை மிக அதிகமாக, ஏறக்குறைய 10^7 K, இருந்தால் மட்டுமே இது சாத்தியமாகும். சூழலின் வெப்பநிலை 10^7 Kஐ நெருங்கும் போது குறைந்த நிறையுடைய அணுக்கருக்கள் இணைந்து அதிக நிறையுடைய அணுக்கருவை உருவாக்குவதால் இந்நிகழ்வு வெப்ப அணுக்கரு இணைவு வினை என்றழைக்கப்படுகிறது.

விண்மீன்களில் ஆற்றல் உருவாதல்:

விண்மீன்களின் வெப்பநிலை கிட்டத்திட்ட 10^7 K அளவில் இருப்பதால் இயற்கையிலேயே அணுக்கரு இணைவு நடைபெறுகிறது. ஒவ்வொரு விண்மீனிலும் ஆற்றல் உருவாகும் நிகழ்வு ஒரு வெப்ப அணுக்கரு இணைவு வினையே. நம் சூரியன் உட்பட பெரும்பாலான விண்மீன்களில் ஹைட்ரஜன் இணைந்து ஹீலியமும் சில விண்மீன்களில் ஹீலியம் இணைந்து மேலும் அதிக நிறையுடைய தனிமங்களும் உருவாகின்றன.

விண்மீனின் தொடக்க கட்டத்தில் மேகமும் தூசுகளும் மட்டுமே காணப்படுகின்றன. தன் ஈர்ப்பு விசையினால் அம்மேகங்கள் உள்நோக்கி வீழ்கின்றன. இதனால் ஈர்ப்பழுத்த ஆற்றல் இயக்க ஆற்றலாகவும் இறுதியில் வெப்ப ஆற்றலாகவும் மாறுகிறது. வெப்ப அணுக்கரு வினையைத் துவக்கத் தேவையான வெப்பநிலையை அடைந்தபின் ஏராளமான ஆற்றல் வெளிப்படுவதனால் உள்நோக்கிய வீழ்வு தடுக்கப்பட்டு விண்மீன் சமநிலையை எட்டுகிறது.

சூரியனின் உட்பகுதி வெப்ப நிலை ஏறக்குறைய 1.5×10^7 K. ஒவ்வொரு வினாடியும் அது 6×10^{11} kg ஹைட்ரஜனை ஹீலியமாக மாற்றுகிறது. இந்த இணைவு வினை மேலும் 5 பில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு நீடித்திருப்பதற்குத் தேவையான ஹைட்ரஜன் சூரியனில் உள்ளது. அனைத்து ஹைட்ரஜனும் எரிந்த பிறகு, சிவப்புப் பெருமீன் (red giant) என்ற புதிய கட்டத்தை சூரியன் அடையும். இதில் ஹீலியம் இணைந்து கார்பனாக மாறுகின்ற அணுக்கரு இணைவு வினை நடக்க ஆரம்பிக்கும். இக்கட்டத்தில், சூரியன் அனைத்து கோள்களையும் விழுங்கும் அளவிற்கு மிகப்பெரியதாக விரிவடையும்.

ஹான்ஸ் பெத்தே (Hans Bethe) என்பாரின் கருத்துப்படி சூரியனின் ஆற்றல் **புரோட்டான்–புரோட்டான் சுற்று** எனப்படும் இணைவு வினையினால் உருவாகிறது. இச்சுற்று மூன்று படிநிலைகளைக் கொண்டது, அதில் முதலிரண்டு படிநிலைகள் பின்வருமாறு:

$$ {}_1^1H + {}_1^1H \rightarrow {}_1^2H + e^+ + \nu \qquad (9.44) $$

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 184 19-12-2022 17:35:23

$$ {}_1^1H + {}_1^2H \rightarrow {}_2^3He + \gamma \qquad (9.45) $$

மூன்றாவது படிநிலையில் பல விதமான வினைகள் நிகழலாம். அதில் மேலோங்கிய ஒன்று,

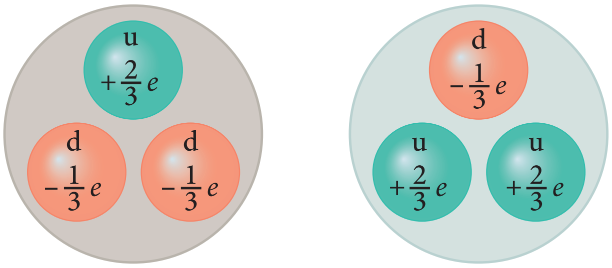
$$ {}_2^3He + {}_2^3He \rightarrow {}_2^4He + {}_1^1H + {}_1^1H \qquad (9.46) $$

மேலே குறிப்பிடப்பட்ட வினைகளில் உருவாகும் மொத்த ஆற்றலின் மதிப்பு 27 MeV. சூரியனிலிருந்து நாம் பெறுகின்ற கதிர்வீச்சு ஆற்றல் இந்த இணைவு வினைகளால் உருவாவதே.

அடிப்படைத் துகள்கள் (Elementary particles):

ஓர் அணுவில் அணுக்கருவும் அதனைச் சுற்றி எலக்ட்ரான்களும் உள்ளன; அணுக்கரு புரோட்டான்கள் மற்றும் நியூட்ரான்களைக் கொண்டது. புரோட்டான்கள், நியூட்ரான்கள், எலக்ட்ரான்கள் ஆகியவையே பருப்பொருள்களின் அடிப்படைத் துகள்கள் என 1960கள் வரை நம்பப்பட்டு வந்தது. 1964ஆம் ஆண்டில் முர்ரே கெல்மேன் (Murray Gellman) மற்றும் ஜார்ஜ் ஸ்வேக் (George Zweig) ஆகிய இயற்பியல் அறிஞர்கள் புரோட்டான்களும் நியூட்ரான்களும் அடிப்படைத் துகள்கள் அல்ல; அவை குவார்க்குகள் என்ற துகள்களால் ஆனவை என்ற கருத்தியலை முன்மொழிந்தனர். தற்போது இக்குவார்க்குகளே அடிப்படைத் துகள்களாகக் கருதப்படுகின்றன. ஆனால் எலக்ட்ரான்கள் வேறு எந்த துகள்களாலும் உருவாக்கப்படாததால் அவை அடிப்படைத் துகள்களாகவே கருதப்படுகின்றன.

1968ஆம் ஆண்டு அமெரிக்காவிலுள்ள ஸ்டான்போர்டு துகள் முடுக்கி மையத்தில் (SLAC) நடந்த சோதனைகளில் குவார்க்குகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. மேல்(up) குவார்க், கீழ்(down) குவார்க், கவர்வு (charm) குவார்க், புதுமை (strange) குவார்க், உச்சி (top) குவார்க், அடி (bottom) குவார்க் என ஆறு வகை குவார்க்குகளும் அவற்றின் எதிர்த்துகள்களும் உள்ளன. குவார்க்குகள் அனைத்துமே பின்ன மதிப்புடைய மின்னூட்டங்களைப்பெற்றுள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக, மேல் குவார்க்கின் மின்னூட்ட மதிப்பு $+\frac{2}{3}e$, மேலும் கீழ் குவார்க்கின் மின்னூட்ட மதிப்பு $-\frac{1}{3}e$. குவார்க் மாதிரியின்படி, ஒரு புரோட்டான் இரண்டு மேல் குவார்க்குகள், மற்றும் ஒரு கீழ் குவார்க்காலும் ஆக்கப்பட்டிருக்கிறது. அதே போல், ஒரு நியூட்ரான் இரண்டு கீழ் குவார்க்குகள் மற்றும் ஒரு மேல் குவார்க்காலும் ஆக்கப்பட்டிருக்கிறது. (படம் 9.30)



படம் 9.30 நியூக்ளியான்களின் உட்கூறுகள்

அடிப்படைத் துகள்களை ஆராயும் இயல் 'துகள் இயற்பியல்' என்றழைக்கப்படுகிறது. இன்றும் இது தொடர்ந்து செயல் ஆய்வில் இருக்கும் ஒரு துறையாக உள்ளது. இது வரையிலும், இருபதுக்கு மேற்பட்ட இயற்பியல் நோபல் பரிசுகள் இத்துறையின் ஆராய்ச்சிக்காக வழங்கப்பட்டுள்ளன.

இயற்கையின் அடிப்படை விசைகள்:

இரு நிறைகளுக்கு இடையில் ஈர்ப்பு விசை செயல்படுவதையும் அது இயல்பில் அனைத்துக்கும் பொதுவான ஒன்று என்பதையும் அறிவோம். சூரியனின் ஈர்ப்பு விசையாலேயே அனைத்து கோள்களும் சூரியனை சுற்றி வருகின்றன. +2 இயற்பியல், தொகுதி–Iல் இரு மின்துகள்களுக்கு இடையே மின்காந்த விசை செயல்படுகிறது என்பதையும் நம் அன்றாட நிகழ்வுகள் பலவற்றில் அது முக்கிய பங்காற்றுகிறது என்பதையும் அறிந்தோம். இந்த அலகில், இரு நியூக்ளியான்களுக்கு இடையே ஒரு வலிமையான அணுக்கரு விசை செயல்படுகிறது என்பதையும் அணுக்கருவின் நிலைத்தன்மைக்கு இது காரணமாக உள்ளது என்றும் அறிந்தோம். இம்மூன்று விசைகளைத் தவிர, வலிமை குன்றிய விசை அல்லது மென்விசை (weak force) எனப்படும் மற்றொரு அடிப்படை விசையும் உள்ளது. இந்த மென் விசையானது அணுக்கரு விசையை விடக் குறைந்த தொலைவுகளில் செயல்படக் கூடியது. பீட்டா சிதைவு மற்றும் விண்மீன்களில் ஆற்றல் உருவாதல் ஆகிய நிகழ்வுகளில் இந்த விசை முக்கிய பங்காற்றுகிறது. சூரியனில் ஹைட்ரஜன் ஹீலியமாகும் நிகழ்வில் நியூட்ரினோக்களும் ஏராளமான கதிர்வீச்சுகளும் மென் விசையினாலேயே உருவாகின்றன. மென் விசையின் விரிவான செயல்படுமுறை இப்பாடநூலின் நோக்கத்திற்கு அப்பாற்பட்டது. மென் விசையைப் பற்றி மேலும் அறிந்து கொள்ள, தகுந்த குறிப்புதவி நூல்களைப் படித்தல் வேண்டும்.

ஈர்ப்புவிசை, மின்காந்தவிசை, அணுக்கருவிசை மற்றும் மென் விசை ஆகிய நான்கும் இயற்கையின்

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 185 19-12-2022 17:35:24

அடிப்படை விசைகள். நம் அன்றாட வாழ்வில் கூட இந்த அடிப்படை விசைகள் தேவைப்படுகின்றன அல்லது முக்கிய பங்காற்றுகின்றன என்பது ஒரு வியப்பான உண்மை. எளிமையாகச் சொன்னால், நாம் பூமியில் இருப்பதற்கு புவியின் ஈர்ப்பு விசை காரணமாக உள்ளது. நாம் புவியின் பரப்பில் இருத்தலுக்கு புவிப்பரப்பிலுள்ள அணுக்களுக்கும் நம் பாதத்திலுள்ள அணுக்களுக்கும் இடையேயுள்ள மின்காந்த விசை காரணமாக உள்ளது. நம் உடலிலுள்ள அணுக்கள் நிலைத்தன்மையுடன் இருப்பதற்கு வலிமையான அணுக்கரு விசை தேவைப்படுகிறது. இறுதியாக, பூமியிலுள்ள பல்வேறு உயிரினங்களின் வாழ்விற்குத் தேவையான சூரிய ஆற்றல், சூரியனிலிருந்து உருவாதலுக்குக் காரணமாகவும், சூரியனின் உள்ளகத்தில் அணுக்கரு இணைவு வினை நிகழ்வதற்கும் மென்விசை முக்கிய பங்கு வகிக்கிறது.

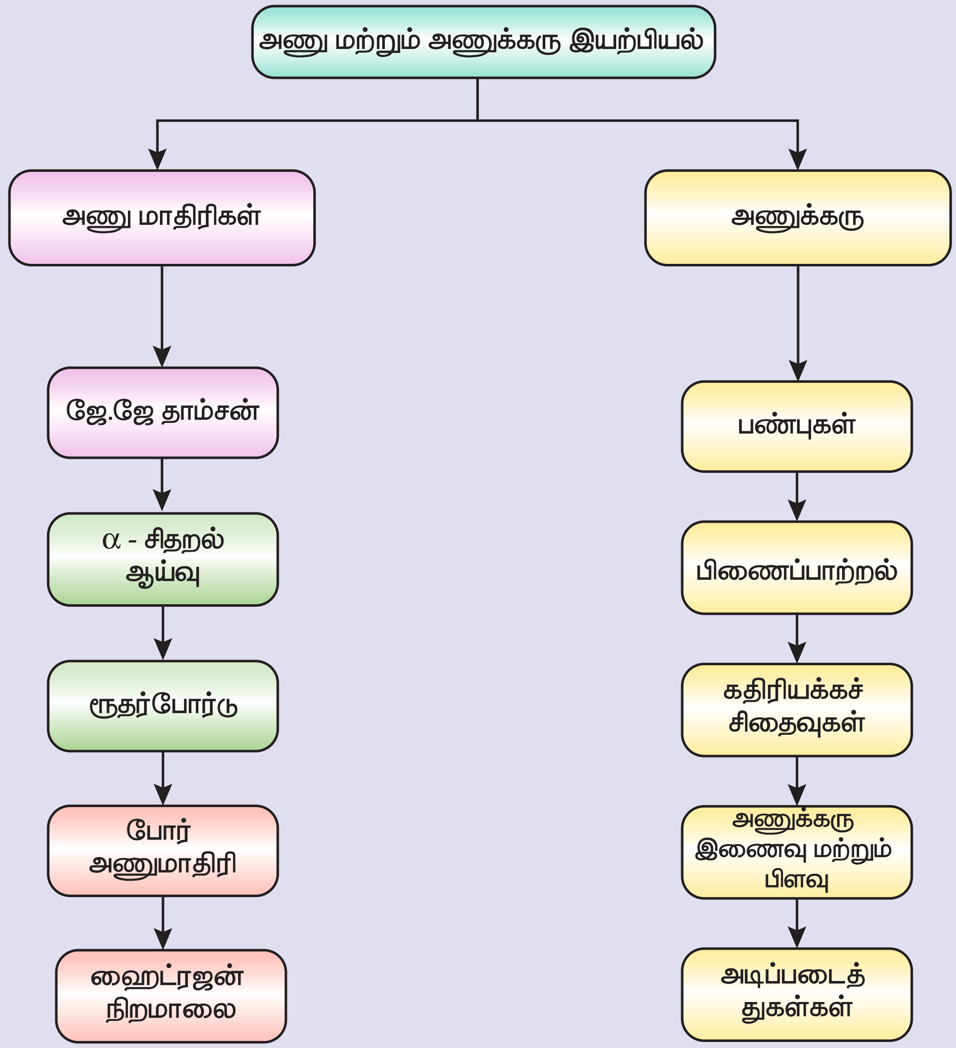
பாடச்சுருக்கம்

- வளிமங்களின் வழியே மின்னோட்டம் பாயும் நிகழ்வினை ஆராய உதவும் கருவி மின்னிறக்கக் குழாய் எனப்படும்.
- ஓரலகு நிறைக்கான மின்னூட்ட மதிப்பு மின்னூட்ட எண் அல்லது இயலுறு மின்னூட்டம் (normalised charge) எனப்படும். இது வளிமத்தையோ மின்வாய்களின் இயல்பையோ சார்ந்ததல்ல.
- 180° கோணத்தில் திருப்பப்படுவதற்கு முன்னராக ஆல்பா துகளின் நிலைக்கும் அணுக்கருவின் மையத்திற்கும் இடையே உள்ள சிறும தொலைவு மீச்சிறு அணுகு தொலைவு r_0 எனப்படும்.
- வெகு தொலைவில் ஆல்பா துகள் உள்ள நிலையில் அதன் திசைவேக வெக்டரின் திசைக்கும் அணுக்கருவின் மையத்திற்கும் இடைப்பட்ட செங்குத்து தொலைவு 'மோதல் காரணி b' என வரையறுக்கப்படுகிறது.
- போர் அணு மாதிரியின்படி, கோண உந்தம் குவாண்டம் தன்மை உடையது.
- போர் அணு மாதிரியில் சுற்றுப்பாதையின் ஆரம் $r_n = a_0 \frac{n^2}{Z}\ ms^{-1}$
- முதல் சுற்றுப்பாதையின் ஆரம் $a_0 = \frac{\varepsilon_0 h^2}{\pi m e^2} = 0.529\ \text{Å}$, இது போர் ஆரம் என்றும் அழைக்கப்படுகிறது.
- nஆவது சுற்றுப்பாதையில் எலக்ட்ரானின் திசைவேகம் $\upsilon_n = \frac{h}{2\pi m a_0}\frac{Z}{n}$
- நுண்வரியமைப்பு மாறிலி $\alpha = \frac{1}{137}$. இது பரிமாணமற்ற மாறிலி.
- nஆவது சுற்றுப்பதையில் எலக்ட்ரானின் ஆற்றல் $E_n = -\frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2}\frac{Z^2}{n^2} = -13.6\frac{1}{n^2}eV$
- குறைந்த ஆற்றல் நிலையிலிருந்து அதிக ஆற்றல் நிலைக்கு ஒரு எலக்ட்ரானை கிளர்வுறச் செய்யத் தேவைப்படும் ஆற்றல் கிளர்வு ஆற்றல் எனப்படும், அதற்கு தேவையான மின்னழுத்தம் கிளர்வு மின்னழுத்தம் எனப்படும்.
- அடி நிலையிலுள்ள ஒரு எலக்ட்ரானை அணுவிலிருந்து வெளியேற்றத் தேவைப்படும் சிறும ஆற்றல் அயனியாக்க ஆற்றல் எனப்படும்.
- அயனியாக்க ஆற்றலைப் பெற எலக்ட்ரானை முடுக்குவிக்கத் தேவைப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு அயனியாக்க மின்னழுத்தம் எனப்படும்.
- லைமன் வரிசைக்கான நிறமாலை வரிகளின் அலைநீளம் புற ஊதாப் பகுதியிலும் பாமர் வரிசைக்கான அலைநீளம் கண்ணுறு ஒளிப் பகுதியிலும் பாஷன் மற்றும் பிராக்கெட் வரிசைகளுக்கான அலைநீளங்கள் அகச்சிவப்புப் பகுதியிலும் அமைகின்றன.
- Z அணு எண்ணும் A நிறை எண்ணும் கொண்ட தனிமத்தின் (X) அணுக்கரு ${}_Z^A X$ என்று குறிக்கப்படுகிறது.
- நிறை எண் A கொண்ட அணுக்கருவின் ஆரம் $R = R_0 A^{1/3}$ இங்கு $R_0 = 1.2\,F$

அணுக்கருவின் அடர்த்தி $\rho = 2.3 \times 10^{17}\, kg\, m^{-3}$

- M, m_p மற்றும் m_n ஆகியவை முறையே அணுக்கரு, புரோட்டான் மற்றும் நியூட்ரானின் நிறைகள் எனில், நிறை இழப்பு $\Delta m = \left(Zm_p + Nm_n\right) - M$
- அணுக்கருவின் பிணைப்பாற்றல் $B.E = \left(Zm_p + Nm_n - M\right)c^2$
- இரும்பு அணுக்கருவின் ஒரு நியூக்ளியானுக்கான சராசரி பிணைப்பாற்றல் பெரும மதிப்பைப் (8.8 MeV) பெற்றுள்ளது.
- ஆல்பா சிதைவு ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4}Y + {}_2^4He$
- β^- சிதைவு ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z+1}^{A}Y + e^- + \overline{\nu}$
- β^+ சிதைவு ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-1}^{A}Y + e^+ + \nu$
- காமா உமிழ்வு ${}_Z^AX^* \rightarrow {}_Z^AX + \gamma$
- கதிரியக்கச் சிதைவு விதி $N = N_0\, e^{-\lambda t}$
- பொதுவாக, n அரை ஆயுள்களுக்குப் பிறகு சிதைவடையாமல் இருக்கும் அணுக்கருக்களின் எண்ணிக்கை $N = \left(\frac{1}{2}\right)^n N_0$
- அரை ஆயுளுக்கும் சிதைவு மாறிலிக்கும் இடையேயுள்ள தொடர்பு $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.6931}{\lambda}$
- சராசரி ஆயுள் $\tau = \frac{1}{\lambda}$; $T_{1/2} = \frac{0.6931}{\lambda} = 0.6931\tau$.
- அதிக நிறை கொண்ட ஒரு அணுக்கரு குறைந்த நிறை கொண்ட அணுக்கருக்களாக சிதைவுறுவது அணுக்கரு பிளவு எனப்படும்.
- குறைந்த நிறை கொண்ட இரு அணுக்கருக்கள் அதிக நிறை கொண்ட அணுக்கருவாக இணைவது அணுக்கரு இணைவு எனப்படும்.
- அணுக்கரு உலைகளில் அணுக்கரு தொடர்வினை கட்டுக்குள் உள்ளது. விண்மீன்களில் அணுக்கரு இணைவு நிகழ்வினால் ஆற்றல் உருவாகிறது.

கருத்து வரைபடம்


அணு மற்றும் அணுக்கரு இயற்பியல்
அணு மாதிரிகள்
அணுக்கரு
ஜே.ஜே தாம்சன்
α - சிதறல் ஆய்வு
ரூதர்போர்டு
போர் அணுமாதிரி
ஹைட்ரஜன் நிறமாலை
பண்புகள்
பிணைப்பாற்றல்
கதிரியக்கச் சிதைவுகள்
அணுக்கரு இணைவு மற்றும் பிளவு
அடிப்படைத் துகள்கள்

www.tnschoolbooks.in

மதிப்பீடு

I சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடுத்தல்

1. மின்னழுத்தம் V வோல்ட் மூலமாக முடுக்கப்படும் ஆல்ஃபா துகள் ஒன்று அணு எண் Z கொண்ட அணுக்கருவை நோக்கி மோதலுக்கு உட்பட அனுமதிக்கப்படும் போது, அணுக்கருவிலிருந்து ஆல்பா துகளின் மீச்சிறு அணுகு தொலைவு

(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. ஹைட்ரஜன் அணுவில் நான்காவது சுற்றுப்பாதையில் இயங்கும் எலக்ட்ரானின் கோண உந்தம்:

(a) h (b) $\frac{h}{\pi}$

(c) $\frac{4h}{\pi}$ (d) $\frac{2h}{\pi}$

3. $n = 1$ சுற்றுப்பாதைக்கு அயனியாக்க அழுத்தம் 122.4 V கொண்ட அணுவின் அணு எண் :

(a) 1 (b) 2 (c) 3 (d) 4

4. ஹைட்ரஜன் அணுவின் முதல் மூன்று சுற்றுப்பாதைகளின் ஆரங்களின் விகிதம்

(a) 1:2:3 (b) 2:4:6

(c) 1:4:9 (d) 1:3:5

5. கேதோடு கதிர்களின் மின்னூட்டம்

(a) நேர்க்குறி (b) எதிர்க்குறி

(c) நடுநிலை (d) வரையறுக்கப் படவில்லை

6. ஜே.ஜே தாம்சன் e/m ஆய்வில், 2.6 kV மின்னழுத்தத்தில் முடுக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான்கள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான மின் மற்றும் காந்தப்புல மதிப்புள்ள 3.0×10^4 Vm^{-1} மற்றும் 1.0×10^{-3} T பகுதியில் செலுத்தப்படும்போது விலக்கமடையாமல் செல்கிறது எனில் எலக்ட்ரானின் மின்னூட்ட எண்

(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^{+} மற்றும் H ஆகியவற்றில் $n = 2$ லிருந்து $n = 1$க்கு நகர்வு ஏற்படும் போது உமிழப்படும் அலைநீளங்களின் விகிதம்:

(a) 1: 2: 3 (b) 1: 4: 9

(c) 3:2:1 (d) 4: 9: 36

8. ஒரு புரோட்டான் மற்றும் ஒரு எலக்ட்ரானின் மின்னழுத்தம் $V = V_0 \ln\left(\frac{r}{r_0}\right)$ எனக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. (இங்கு r_0 ஒரு மாறிலி) மின்னழுத்தத்திற்கு போர் அணு மாதிரியைப் பயன்படுத்தினால், முதன்மை குவாண்டம் எண் nஐப் பொறுத்து nஆவது சுற்றுப்பாதை r_n இன் மாறுபாட்டின் தன்மை

(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 அணுக்கரு ஆரம் 3.6 பெர்மி எனில் ^{64}Cu அணுக்கரு ஆரம் ஏறக்குறைய

(a) 2.4 (b) 1.2

(c) 4.8 (d) 3.6

10. அணுக்கரு கிட்டத்தட்ட கோள வடிவம் கொண்டது எனில் நிறை எண் A கொண்ட அணுக்கரு ஒன்றின் பரப்பு ஆற்றல் எவ்வாறு மாறுபடும்?

(a) $A^{2/3}$ (b) $A^{4/3}$

(c) $A^{1/3}$ (d) $A^{5/3}$

11. $^{7}_{3}Li$ அணுக்கருவின் நிறையானது அதிலுள்ள அனைத்து நியூக்ளியான்களின் மொத்த நிறையை விட 0.042 u குறைவாக

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 189 19-12-2022 17:35:36

உள்ளது எனில், $^{7}_{3}Li$ அணுக்கருவின் ஒரு நியூக்ளியானுக்கான பிணைப்பாற்றல்:

(a) 46 MeV (b) 5.6 MeV

(c) 3.9MeV (d) 23 MeV

12. M_p என்பது புரோட்டானின் நிறையையும் M_n என்பது நியூட்ரானின் நிறையையும் குறிக்கும். Z புரோட்டான்களும் N நியூட்ரான்களும் கொண்ட அணுக்கரு ஒன்றின் பிணைப்பாற்றல் B எனில் அவ்வணுக்கருவின் நிறை M(N,Z) ஆனது: (இங்கு c என்பது ஒளியின் வேகம்)

(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. (தொடக்க நிறை எண் A மற்றும் தொடக்க அணு எண் Z கொண்ட) கதிரியக்க அணுக்கரு ஒன்று 2 ஆல்பா துகள்கள் மற்றும் 2 பாசிட்ரான்களை உமிழ்கிறது. இறுதி அணுக்கருவின் நியூட்ரான் மற்றும் புரோட்டான் எண்களின் விகிதம்:

(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. கதிரியக்கத் தனிமம் A இன் அரை ஆயுட்காலம் மற்றொரு கதிரியக்கத் தனிமம் B–இன் சராசரி ஆயுட்காலத்திற்கு சமமாகும். தொடக்கத்தில் அவ்விரண்டு தனிமங்களின் அணுக்களின் எண்ணிக்கை சமமாக உள்ளது எனில்:

(a) A மற்றும் Bன் தொடக்கச் சிதைவு வீதம் சமம்

(b) A மற்றும் B ன் சிதைவு வீதம் எப்போதும் சமம்

(c) A வைவிட B வேகமாக சிதைவடையும்

(d) B யை விட A வேகமாக சிதைவடையும்

15. $t = 0$ நேரத்தில் அமைப்பு ஒன்றிலுள்ள அணுக்கருக்களின் எண்ணிக்கை N_0. அரை ஆயுட்காலத்தில் பாதியளவு காலம் ($t = \frac{1}{2}T_{\frac{1}{2}}$) ஆகும் போது உள்ள அணுக்கருக்களின் எண்ணிக்கை:

(a) $\frac{N_0}{2}$ (b) $\frac{N_0}{\sqrt{2}}$

(c) $\frac{N_0}{4}$ (d) $\frac{N_0}{8}$

விடைகள்

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. சிறுவினாக்கள்

1. கேத்தோடு கதிர்கள் என்றால் என்ன?
2. கேத்தோடு கதிர்களின் பண்புகளை எழுதுக.
3. ரூதர்போர்டு ஆல்பா சிதறல் ஆய்வின் முடிவுகளைக் கூறுக.
4. போர் அணு மாதிரியின் கருதுகோள்களைக் கூறுக.
5. கிளர்வு ஆற்றல் என்றால் என்ன?
6. அயனியாக்க ஆற்றல் மற்றும் அயனியாக்க மின்னழுத்தம் – வரையறுக்கவும்.
7. போர் அணு மாதிரியின் குறைபாடுகளைக் கூறுக.
8. மீச்சிறு அணுகு தொலைவு என்றால் என்ன?
9. மோதல் காரணி– வரையறுக்கவும்.
10. தனிமத்தின் அணுக்கருவின் குறியீட்டு முறையை எழுதுக. அதில் ஒவ்வொரு உறுப்பும் எதைக் குறிக்கின்றன?
11. ஐசோடோப்பு என்றால் என்ன? எடுத்துக்காட்டு ஒன்று தருக.
12. ஐசோடோன் என்றால் என்ன? எடுத்துக்காட்டு ஒன்று தருக.
13. ஐசோபார் என்றால் என்ன? எடுத்துக்காட்டு ஒன்று தருக.
14. வரையறு– அணுநிறை அலகு *u*.
15. அனைத்து அணுக்கருக்களின் (Z>10) அணுக்கரு அடர்த்தி மாறிலி எனக் காட்டுக.
16. நிறை குறைபாடு என்றால் என்ன?
17. அணுக்கருவின் பிணைப்பாற்றல் என்றால் என்ன? அதன் கோவையை எழுதுக.

18. ஒரு அணு நிறை அலகிற்கு சமமான ஆற்றல் மதிப்பைக் கணக்கிடுக.
19. நியூக்ளியான் ஒன்றுக்கான பிணைப்பாற்றல் என்பதன் அர்த்தத்தை கூறுக.
20. கதிரியக்கம் என்றால் என்ன?
21. குறியீட்டு முறையில் பின்வருவனவற்றை எழுதுக: (i) ஆல்பா சிதைவு (ii) பீட்டா சிதைவு (iii) காமா உமிழ்வு
22. ஆல்பா சிதைவில் நிலைத்தன்மையற்ற ஒரு அணுக்கரு ஏன் ${}_{2}^{4}He$ அணுக்கருவை உமிழ்கிறது? நான்கு தனித்தனி நியூக்ளியான்களை அது ஏன் உமிழ்வதில்லை?
23. அணுக்கருவின் சராசரி ஆயுட்காலம் என்றால் என்ன? அதன் சமன்பாட்டினை எழுதுக.
24. அணுக்கருவின் அரை ஆயுட்காலம் என்றால் என்ன? அதன் சமன்பாட்டினை எழுதுக.
25. கதிரியக்கச் செயல்பாடு அல்லது சிதைவு வீதம் என்றால் என்ன? அதன் அலகு என்ன?
26. கியூரி–வரையறுக்கவும்.
27. நியூட்ரான் மற்றும் புரோட்டான் ஆகியவை எந்த துகள்களினால் ஆனவை?

III. நெடுவினாக்கள்

1. எலக்ட்ரானின் மின்னூட்ட எண்ணைக் கண்டறிய உதவும் ஜே.ஜே. தாம்சன் ஆய்வினை விவரிக்கவும்.
2. எலக்ட்ரானின் மின்னூட்ட மதிப்பைக் கண்டறிய உதவும் மில்லிகன் எண்ணெய்த் துளி ஆய்வினை விவரிக்கவும்.
3. போர் அணு மாதிரியைப் பயன்படுத்தி ஹைட்ரஜன் அணுவின் ஆற்றலுக்கான கோவையைத் தருவிக்கவும்.
4. ஹைட்ரஜன் அணுவின் நிறமாலை தொடர்களை விளக்குக.
5. நிறை எண்ணைப் பொருத்து சராசரி பிணைப்பாற்றலின் மாறுபாட்டை வரைபடத்துடன் விளக்கி அதன் இயல்புகளை விளக்குக.
6. அணுக்கரு விசையைப் பற்றி விளக்குக.
7. ஆல்பா சிதைவு நிகழ்வினை எடுத்துக்காட்டுடன் விளக்குக.
8. பீட்டா சிதைவு நிகழ்வினை எடுத்துக்காட்டுடன் விளக்குக.
9. காமா உமிழ்வு நிகழ்வினை எடுத்துக்காட்டுடன் விளக்குக.
10. கதிரியக்க சிதைவு விதியினைத் தருவிக்க.
11. நியூட்ரினோவின் பண்புகளை விளக்கி பீட்டா சிதைவில் அதன் பங்கினை எடுத்துரைக்க.
12. கார்பன் காலக்கணிப்பை விளக்கவும்.
13. அணுக்கரு பிளவு நிகழ்வினையும் அதன் பண்புகளையும் எடுத்துரைக்க.
14. அணுக்கரு இணைவினை விளக்கி விண்மீன்களில் ஆற்றல் உருவாதலை விரிவாக எழுதுக.
15. படத்தின் உதவியுடன் அணுக்கரு உலை வேலை செய்யும் விதத்தை விளக்கவும்.
16. நான்கு அடிப்படை விசைகளைப் பற்றி விரிவாக எழுதவும்.
17. இயற்கையில் உள்ள அடிப்படைத் துகள்களைப் பற்றி விளக்குக.

IV. பயிற்சிகள்

1. அடிநிலையிலுள்ள H_A மற்றும் H_B ஆகிய இரு ஹைட்ரஜன் அணுக்களைக் கருதவும். H_A ஓய்வு நிலையில் உள்ளது. குறிப்பிட்ட வேகத்துடன் இயங்கும் H_B அணு, ஓய்வு நிலையிலுள்ள H_A அணுவின் மீது நேருக்கு நேர் மோதுகிறது. மோதலுக்குப் பின் அவையிரண்டும் ஒன்றாக இணைந்து இயங்குகின்றன. இவ்விரு ஹைட்ரஜன் அணுக்களில் ஏதேனும் ஒன்று முதல் கிளர்வு நிலையை அடைய வேண்டும் என்றால் இயக்கத்தில் உள்ள H_B ஹைட்ரஜன் அணுவின் குறைந்தபட்ச இயக்க ஆற்றலைக் கணக்கிடுக.

   [விடை: 20.4 eV]

2. போர் அணு மாதிரியில், நிலைமாற்றங்களின் (transitions) அதிர்வெண் பின்வரும் சமன்பாட்டினால் அறியப்படுகிறது.

$$v = Rc\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right), \text{ இங்கு } n < m,$$

   பின்வரும் நிலை மாற்றங்களைக் கருதுக.

நிலை மாற்றங்கள்	$m \to n$
1	$3 \to 2$
2	$2 \to 1$
3	$3 \to 1$

இந்நிலை மாற்றங்களின் அதிர்வெண் கூட்டல் விதிக்கு (இவ்விதி ரிட்ஸ் சேர்க்கைத் தத்துவம் என்றழைக்கப்படுகிறது) உட்படும் என்பதை நிறுவுக.

[விடை: $v_{3\to2} + v_{2\to1} = v_{3\to1}$]

3. (அ) ஹைட்ரஜன் அணு ஒன்று அலைநீளம் 97.5 nm கொண்ட கதிர்வீச்சினால் கிளர்வுற செய்யப்படுகிறது. அக்கிளர்வு நிலையின் முதன்மைக் குவாண்டம் எண்ணைக் கணக்கிடுக.

(ஆ) வெளிவிடு நிறமாலையில் வரிகளின் மொத்த எண்ணிக்கை $\frac{n(n-1)}{2}$ என்று காட்டுக. மேலும் கேள்வி (அ)–வில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள கிளர்வு நிலையிலிருந்து கிடைக்கும் வெளிவிடு நிறமாலையில் சாத்தியமாகும் வரிகளின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடுக.

[விடை : அ) n =4 ஆ) ஆறு நிலைமாற்றங்கள் சாத்தியம்]

4. புவியின் அடர்த்தியும் அணுக்கருவின் அடர்த்தியும் ஒன்றாக இருப்பின் புவியின் ஆரத்தைக் கணக்கிடுக. (புவியின் நிறை= $5.97\times10^{24}\,kg$)

[விடை: 180 m]

5. $^{108}_{47}Ag$ அணுக்கருவின் நிறை இழப்பு மற்றும் ஒரு நியூக்ளியானுக்கான பிணைப்பாற்றல் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடவும். ($^{108}_{47}Ag$ அணு நிறை= Ag =107.905949 u)

விடை: $\left[\begin{array}{l}\Delta m = 0.990391u \text{ and} \\ \overline{B.E} = 8.5MeV\end{array}\right]$

6. A மற்றும் B ஆகிய இரு கதிரியக்கத் தனிமங்களின் அரை ஆயுட்காலங்கள் முறையே 20 நிமிடங்கள் மற்றும் 40 நிமிடங்கள். தொடக்கத்தில் இவையிரண்டும் சம எண்ணிக்கையிலான அணுக்கருக்களைப் பெற்றுள்ளன எனில் 80 நிமிடங்களுக்குப் பிறகு A மற்றும் B ஆகியவற்றின் சிதைவடைந்த அணுக்கரு எண்ணிக்கைகளின் விகிதம் எவ்வளவு?

[விடை: 5:4]

7. அரை ஆயுட்காலம் 5.01 நாள்கள் கொண்ட சிறு அளவு ^{210}Bi தனிமத்தின் செயல்பாட்டினை உன் பிறந்தநாளன்று அளவிடுகிறாய் என வைத்துக் கொள்வோம். தொடக்கத்தில் அதன் செயல்பாடு $1\mu Ci$ (அ) உன் அடுத்த பிறந்தநாளில் அதன் தோராயமான கதிரியக்கச் செயல்பாட்டு மதிப்பு எவ்வளவு? மேலும் (ஆ) சிதைவு மாறிலி (இ) சராசரி ஆயுள் மற்றும் (ஈ) தொடக்கத்தில் இருந்த அணுக்களின் எண்ணிக்கை ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

[விடை: (அ) $10^{-22}\mu Ci$ (ஆ) $1.6\times10^{-6}\,s^{-1}$ (இ) 7.23 நாள்கள் (ஈ) 2.31×10^{10}]

8. ரேடான் உள்ள சிறு அளவு கதிரியக்கப் பொருள் 60% சிதைவடைய ஆகும் காலத்தைக் கணக்கிடுக. (ரேடானின் $T_{1/2}$ =3.8 நாள்கள்)

[விடை: 5.022 நாள்கள்]

9. $^{235}_{92}U$ அணுக்கரு ஒன்று பிளவுறும் போது வெளிப்படும் ஆற்றல் 200 Mev எனக்கொண்டு, 1 watt திறனை உருவாக்க ஒரு வினாடியில் ஏற்பட வேண்டிய பிளவுகளின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடுக.

[விடை: 3.125×10^{10}]

10. கதிரியக்கச் செயல்பாடு 1 Ci என்றிருக்கும் ரேடியத்தின் ($^{226}_{88}Ra$) நிறை ஏறக்குறைய 1 g எனக் காட்டுக. ($T_{1/2}$ =1600 ஆண்டுகள்)

11. தொல்லியல் பகுதி (archaeological site) ஒன்றிலிருந்து மரத்தின் கரித்துண்டுகள் கிடைக்கின்றன. தற்போது உயிருடன் உள்ள மரத்திலிருந்து பெறப்பட்ட சிறுபகுதியிலுள்ள கார்பன்–14ன் அளவைப் போல் இக்கரியிலுள்ள அதேயளவு மாதிரியில் காணப்படும் கார்பன்–14 ன் அளவு 17.5% மட்டுமே உள்ளது எனில் அம்மரத்தின் வயது என்ன?

[விடை: 1.44×10^4 yr]

www.tnschoolbooks.in

மேற்கோள் நூல்கள் (BOOKS FOR REFERENCE)

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_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 193 19-12-2022 17:35:53

இணையச் செயல்பாடு

அணு மற்றும் அணுக்கரு இயற்பியல்

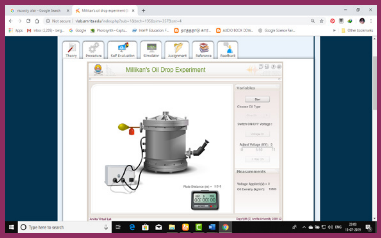
இந்த செயல்பாட்டின் மூலம் மாணவர்கள் (i) மில்லிகனின் எண்ணெய்த் துளி ஆய்வினை மெய்நிகர் வகுப்பறையில் செயல்விளக்கமளிப்பார்கள். (ii) எண்ணெய்த் துளியின் முற்றுத் திசைவேகத்தை கண்டுபிடிப்பார்கள் (iii) எண்ணெய்த் துளிகள் மீதான மின்னூட்டத்தை கண்டுபிடிப்பார்கள்.

தலைப்பு: மில்லிகனின் எண்ணெய்த் துளி ஆய்வு

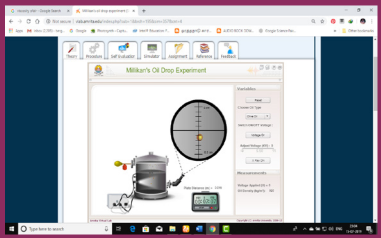
படிகள்

- உலாவியைத் திறந்து முகவரிப் பட்டியில் "vlab.amrita.edu" எனத் தட்டச்சு செய்க.
- 'Physical Sciences' என்ற தாவலைக் கிளிக் செய்க. பின்னர் 'Modern Physics Virtual Lab' இணைப்பை கிளிக் செய்து , 'Millikan's oil drop experiment' ஐ கிளிக் செய்க. "simulator" என்ற தாவலுக்கு செல்லுங்கள்.
- 'START' பொத்தானைக் கிளிக் செய்க. எண்ணெய் அல்லது கிளிசரினை தெரிவு செய்யுங்கள்.
- Stop watch ல் உள்ள 'START' பொத்தானை கிளிக் செய்து இரண்டு புள்ளிகளுக்கு (O மற்றும் 0.5செமீ என எடுத்துக் கொள்ளலாம்) இடையே குறிப்பிட்ட தூரத்தை l_1 கடக்க எண்ணெய்த் துளி எடுத்துக் கொள்ளும் நேரத்தை t_1 என கணக்கிடுக. எண்ணெய்த் துளியின் முற்றுத் திசைவேகத்தை $\upsilon_1 = \frac{l_1}{t_1}$ என்ற சமன்பாட்டை பயன்படுத்தி கணக்கிடுக,
- 'Voltage On' ஐ கிளிக் செய்து, மின்னழுத்தத்தின் மதிப்பை மாற்றம் செய்து எண்ணெய்த் துளியினை சமநிலைக்கு கொண்டு வரவும். சமநிலை மின்னழுத்தம் V மதிப்பை காண்க.
- 'X Ray ON' கிளிக் செய்து இரண்டு புள்ளிகளுக்கு இடையே குறிப்பிட்ட தூரத்தை l_2 கடக்க எண்ணெய்த் துளி எடுத்துக் கொள்ளும் நேரத்தை t_2 என கணக்கிடுக. எண்ணெய்த் துளியின் முற்றுத் திசைவேகத்தை $\upsilon_2 = \frac{l_2}{t_2}$ என்ற சமன்பாட்டை பயன்படுத்தி கணக்கிடுக.
- q = $\frac{6\pi\eta r(\upsilon_1 + \upsilon_2)d}{V}$ என்ற சமன்பாட்டை பயன்படுத்தி எண்ணெய்த் துளியின் மின்னூட்டத்தை கணக்கிடுக. r–எண்ணெய்த் துளியின் ஆரம் (நுண்ணோக்கியை பயன்படுத்தி கண்டுபிடிக்கலாம்), η– காற்றின் பாகுநிலை எண்ணா 1.81×10^{-5} kgm^{-1}s^{-1}, d என்பது இரண்டு தட்டுகளுக்கிடையே உள்ள தொலைவு.

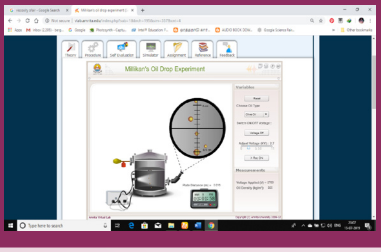
படி 1



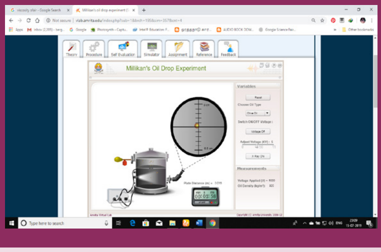
படி 2



படி 3



படி 4



குறிப்பு:

1. உங்கள் மின்னஞ்சல் கணக்கை பயன்படுத்தி ஒருமுறை பதிவு செய்ய வேண்டும்.
2. உங்கள் உலாவியில் flash player இல்லையென்றால் அதனை நிறுவவும்.

உரலி:

http://vlab.amrita.edu/index.php?sub=1&brch=195&sim=357&cnt=4

*படங்கள் அடையாளத்திற்கு மட்டும்.

* தேவையெனில் Flash Player or Java Script அனுமதிக்க.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-9_TM.indd 194 19-12-2022 17:35:55

www.tnschoolbooks.in

அலகு 10

எலக்ட்ரானியல் மற்றும் தகவல் தொடர்பு அமைப்புகள் (ELECTRONICS AND COMMUNICATION)

"எலக்ட்ரானியலே இந்நாளின் நிச்சயவெற்றியாளன்"
– ஜான்ஃபோர்டு

கற்றலின் நோக்கங்கள்

இந்த அலகில் மாணவர்கள் அறிந்து கொள்ள இருப்பது

- குறைகடத்திகளில் ஆற்றல் பட்டை படம்
- குறைகடத்திகளின் வகைகள்
- *p-n* சந்தி டையோடு உருவாக்கம் மற்றும் அதன் V-I சிறப்பியல்புகள்
- திருத்துதல் செயல்முறை
- சிறப்பு செயல்பாடுள்ள டையோடுகள்
- டிரான்சிஸ்டர்கள் மற்றும் அதன் பயன்பாடுகள்
- இலக்க மற்றும் தொடர் சைகைகள்
- லாஜிக் கேட்டுகள், பூலியன் இயற்கணிதம் மற்றும் டீ மார்கனின் தேற்றங்கள்
- பண்பேற்றம் மற்றும் அதன் வகைகள்
- தகவல்தொடர்பு அமைப்பின் அடிப்படை உறுப்புகள்
- வெளியின் வழியே மின்காந்த அலைகளின் பரவல்
- சில முக்கிய தகவல் தொடர்பு அமைப்புகள்

10.1 அறிமுகம்

நமது அன்றாட வாழ்வின் ஒரு பகுதியாக எலக்ட்ரானியல் அமைந்துள்ளது. அலைபேசிகள், கணினிகள், தொலைக்காட்சிகள், இசைக் கருவிகள் எலக்ட்ரானியல் தத்துவங்களின் அடிப்படையிலேயே செயல்படுகின்றன. அறை குளிரூட்டிகள், மைக்ரோ அலை சமையற்கலன்கள், பாத்திரங்களைத் தூய்மையாக்கும் இயந்திரங்கள் மற்றும் துணி துவைக்கும் இயந்திரங்களில் பல்வேறு செயல்பாடுகளைச் செய்ய எலக்ட்ரானியல் மின்சுற்றுகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. மேலும் தகவல்தொடர்பு அமைப்புகள், மருத்துவத்துறையில் நோய் கண்டுணரும் கருவிகள் மற்றும் சிகிச்சை அளிக்கும் கருவிகளில் பயன்படுவதோடு மட்டுமல்லாமல், பணமளிக்கும் தானியங்கி இயந்திரங்கள் (ATM) போன்ற பல்வேறுபட்ட துறைகளில் இதன் பயன்பாடு பரந்து விரிந்து காணப்படுகிறது.

எலக்ட்ரானியலின் பரிணாம வளர்ச்சி

எலக்ட்ரானியலின் வரலாறு 1897இல் J.A. பிளமிங் என்பவரின் வெற்றிட டையோடுகளின் கண்டுபிடிப்புடன் தொடங்கப்பெற்றது. இதன் தொடர்ச்சியாக மின் சைகைகளைக் கட்டுப்படுத்த லி டீ பாரஸ்ட் என்பவர் வெற்றிட டிரையோடுகளை வடிவமைத்தார். இவை நான்கு மற்றும் ஐந்து முனை வெற்றிடக்குழாய்களை உருவாக்க பயன்பட்டன.

இதனை தொடர்ந்து இருமுனை சந்தி டிரான்சிஸ்டரை 1948இல் பர்டீன், பிரைடன் மற்றும் ஷாக்லி ஆகியோர் கண்டுபிடித்ததின் விளைவால் டிரான்சிஸ்டர் யுகம் தொடங்கியது. இதற்காக 1956இல் இவர்கள் நோபல் பரிசு பெற்றனர். ஜெர்மானியம் மற்றும் சிலிக்கான் குறைகடத்தி பொருள்களின் உருவாக்கம், இந்த டிரான்சிஸ்டரை மேலும் பிரபலமாக்கியதால், பல்வேறு எலக்ட்ரானியல் சுற்றுகளிலும் பயன்படுத்த முடிந்தது.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 195 19-12-2022 17:47:49

பிற்காலங்களில் குறைவான விலையும் அளவில் சிறியதுமான ஒற்றைப் படிகத்தில் ஒட்டுமொத்த எலக்ட்ரானியல் சுற்றுகளும் அமைக்கப்பட்ட தொகுப்புச் சுற்றுகள் (Integrated circuits) கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. 1958இலிருந்து தொகுப்புச் சுற்றுகள், பல்லாயிரக்கணக்கான எலக்ட்ரானியல் கூறுகளை ஒரே படிகத்தில் அமைத்து சிறிய அளவு, நடுத்தர அளவு, அதிக அளவு, மற்றும் மிக அதிக அளவுகளில் உருவாக்கப்பட்டன. கணினிகளின் வடிவமைப்பைச் சிறப்பாக்கிய இலக்க தொகுப்புச்சுற்றுகள், இந்தத் தொழில்நுட்பத்தை மேலும் மெருகேற்றின. இந்த அனைத்து விதமான மாற்றங்களும் 1969இல் இண்டெல் நிறுவனம் நுண் செயலியை (micro processor) உருவாக்க வழி ஏற்படுத்தின.

இந்த எலக்ட்ரானியல் புரட்சியானது, பிற்காலங்களில் கணினி தொழில்நுட்பம் முன்னேற வழிவகுத்தது. தற்போது உலகமானது, கண்களால் காணமுடியாத மிகச்சிறிய நானோ அளவிலுள்ள பொருள்களை நோக்கிச் செல்கிறது. இம்முறை கற்பனை செய்ய இயலாத அளவிற்குப் பொருள்களைச் சிறியதாக்க உதவியது. முதன் முதலில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டபோது அறையின் அளவிற்கு இருந்த கணினி தற்போது மடிக்கணினி, உள்ளங்கை கணினி, ஐபாட் முதலியனவாக மாறியுள்ளது. சிறிதுகாலத்திற்கு முன்பு, IBM நிறுவனம் அரிசி முனையின் அளவோடு ஒப்பிடத்தக்க அளவில் அதாவது ஒவ்வொரு பக்கமும் 0.33 மி.மீ அளவேயுள்ள மிகச்சிறிய கணினியை வெளியிட்டுள்ளது.

எலக்ட்ரானியல் என்பது, டிரான்சிஸ்டர் மற்றும் நுண் படிகங்களைப் பயன்படுத்தி மின்சுற்றுகளை வடிவமைக்கும் தொழில்நுட்பத்தை உள்ளடக்கிய இயற்பியலின் ஒரு பிரிவு ஆகும். இது குறைகடத்திகளில் எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் துளைகள், வெற்றிடம் மற்றும் வாயுக்களில் எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் அயனிகளின் செயல் மற்றும் இயக்கத்தை விவரிக்கிறது. செயல்திறன் கூறுகளான டிரான்சிஸ்டர்கள், டையோடுகள், தொகுப்புச்சுற்றுகள் மற்றும் உணர்விகள், செயல்திறனற்ற கூறுகளான மின்தடைகள், மின்தூண்டிகள், மின்தேக்கிகள் மற்றும் மின்மாற்றிகளை உள்ளடக்கிய மின் சுற்றுகளைப்பற்றி எலக்ட்ரானியல் விளக்குகிறது.

இந்த அலகானது, குறைகடத்தி கருவிகளான p–n சந்தி டையோடுகள், இருமுனை சந்தி டிரான்சிஸ்டர்கள் மற்றும் லாஜிக் சுற்றுகளைப் பற்றி விவரிக்கிறது.

குறிப்பு

செயல்திறனற்ற கூறுகள்: ஒரு மின்சுற்றில் மின் திறனை உற்பத்தி செய்ய இயலாத கூறுகள்.

செயல்திறனுள்ள கூறுகள்: ஒரு மின்சுற்றில் மின் திறனை உற்பத்தி செய்யும் கூறுகள்.

(அ)

(ஆ)

(இ)

(ஈ)

(உ)

படம் 10.1 கணினிகளின் பரிணாம வளர்ச்சி

(அ) உலகின் முதல் கணினிகளில் ஒன்று

(ஆ) மேசைக் கணினி (இ) மடிக்கணினி

(ஈ) உள்ளங்கை கணினி

(உ) அரிசி முனையின் அருகில் உள்ள IBM நிறுவனத்தின் சின்னஞ்சிறு கணினி

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

உலகின் முதல் கணினியான ENIAC ஆனது பென்சில்வேனியா பல்கலைக்கழகத்தில் J. பிரெஸ்பிர் ஏக்கர்ட் மற்றும் ஜான் மெக்காலே ஆகியோர்களால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இதன் வடிவமைப்பு 1943இல் தொடங்கி 1946இல் முடிவடைந்தது. இது 1800 சதுர அடி பரப்பளவில் அமைந்திருந்தது. இதில் 18,000 வெற்றிடக் குழாய்கள் இருந்தன மேலும் இது 50 டன் அளவிற்கு எடையைக் கொண்டிருந்தது.

www.tnschoolbooks.in

10.1.1 திண்மங்களில் ஆற்றல் பட்டை படம்

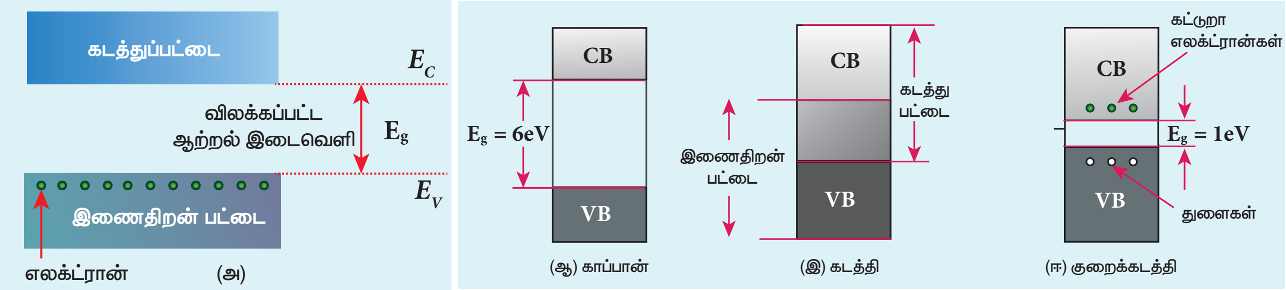
ஒரு தனித்த அணுவில், எலக்ட்ரான் ஆற்றல் மட்டங்கள் அதிக தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டு, அதன் ஆற்றல் அணுக்கருவை அது சுற்றும் வட்டப்பாதையால் தீர்மானிக்கப்படுகிறது. எனினும், திண்மங்களில் அணுக்கள் நெருக்கமாக அமைந்துள்ளதால், அருகருகே உள்ள அணுக்களின் வெளிச்சுற்றுப்பாதை ஆற்றல் நிலைகளில் உள்ள எலக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் மட்டங்கள் ஒன்றையொன்று பாதிக்கின்றன. இதனால், திண்மங்களில் உள்ள எலக்ட்ரான்களின் இயக்கம் தனித்த அணுவில் உள்ளதை விடப் பெரிய அளவில் மாறுபட்டிருக்கும்.

ஓர் அணுவில் உள்ள இணைதிறன் எலக்ட்ரான்களே பிணைப்பின் இயல்பிற்குக் காரணமாக அமைகின்றன. வெளி சுற்றுப் பாதையில் ஒரு எலக்ட்ரானைக் கொண்ட ஓர் அணுவினைக் கருதுவோம். எனவே இணைதிறன் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை ஒன்று ஆகும். இது போன்ற இரு அணுக்களை அருகருகே கொண்டு வரும்போது, ஒவ்வோர் அணுவின் இணைதிறன் சுற்றுப்பாதைகளும் இரண்டாகப் பிரியும். இதேபோல் எலக்ட்ரான் அற்ற சுற்றுப்பாதைகளும் இரண்டாகப் பிரியும். இந்த சுற்றுப்பாதைகளின் ஆற்றல் சமமாக இருப்பதால் இந்த இரு சுற்றுப்பாதைகளில் ஏதேனும் ஒன்றைத் தேர்ந்தெடுக்க எலக்ட்ரான்களுக்கு வாய்ப்பு உள்ளது. இந்த அமைப்பிற்கு மேலும் மூன்றாவது அணுவினைக் கொண்டு வந்தால், மூன்று அணுக்களின் இணைதிறன் சுற்றுப்பாதைகளும் எலக்ட்ரான் இல்லாத சுற்றுப்பாதைகளும் மூன்றாகப் பிரியும்.

இயல்பில், ஒரு திண்மமானது மில்லியன் கணக்கில் அணுக்களைக் கொண்டிருக்கும். இவை ஒன்றுக்கொன்று நெருக்கமாக வரும் போது இணைதிறன் சுற்றுப்பாதைகளும், எலக்ட்ரான் இடம்பெறாத சுற்றுப்பாதைகளும் அணுக்களின் எண்ணிக்கைக்கு ஏற்ப பிரிகின்றன. இந்நிலையில் ஆற்றல் மட்டங்கள் மிக நெருக்கமாக அமைந்து ஒரு அணுவின் ஆற்றல் மட்டத்திலிருந்து மற்றொன்றின் ஆற்றல் மட்டத்தை வேறுபடுத்த முடியாத அளவிற்கு அவை பட்டையாக அமைவதை படம் 10.2 இல் காணலாம். **மிக அதிக எண்ணிக்கையில் மிகக்குறைந்த ஆற்றல் நெடுக்கத்தால் நெருக்கமாக அமைந்த ஆற்றல் மட்டங்களின் இந்த பட்டைகள், ஆற்றல் பட்டைகள் எனப்படும்.**

இணைதிறன் சுற்றுப்பாதைகளினால் உருவாக்கப்படும் ஆற்றல் பட்டை இணைதிறன் பட்டை (VB) (Valence Band) எனவும் எலக்ட்ரான்கள் இடம் பெறாமல், அவற்றின் ஆற்றல் அதிகரித்தால் மட்டும் தாவும் காலியான பட்டைகள், கடத்துப் பட்டை (CB) (Conduction Band) எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன. இணைதிறன் பட்டைக்கும், கடத்து பட்டைக்கும் இடையேயுள்ள ஆற்றல் இடைவெளி, விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி (E_g) (Forbidden Energy gap) எனப்படும்.

படம் 10.2 (அ)இல் இணைதிறன் மற்றும் கடத்து பட்டைகளின் எளிய விளக்கப் படங்கள் காட்டப்பட்டுள்ளன. E_v என்பது இணைதிறன் பட்டையில் பெரும ஆற்றலையும் E_c என்பது கடத்துபட்டையில் சிறும ஆற்றலையும் குறிக்கின்றன. விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி $E_g = E_c - E_v$ ஆகும். சுற்றி வரும் எலக்ட்ரான் மற்றும் அணுக்கரு இடையிலான கூலூம் கவர்ச்சி விசையானது, அவற்றின் இடையே உள்ள தூரத்திற்கு எதிர்த்தகவில் அமையும் என்பது நமக்குத் தெரியும். எனவே அணுக்கருவிற்கு அருகில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள், அணுக்கருவுடன் வலுவாகப் பிணைக்கப்பட்டுள்ளன. எனவே அணுக்கருவிற்கு அருகில் உள்ள எலக்ட்ரான்களைக் கிளர்ச்சியடையச் செய்ய அதிக ஆற்றல் தேவைப்படுகிறது. இணைதிறன் பட்டையில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் அணுக்கருவுடன் தளர்வாகப் பிணைக்கப்பட்டிருப்பதால் அவை எளிதாகக் கிளர்ச்சியடையச் செய்யப்பட்டு கட்டுறா எலக்ட்ரான்களாகின்றன (Free electrons).



படம் 10.2 (அ) இணைதிறன்பட்டை, கடத்து பட்டை மற்றும் விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி ஆகியவற்றின் விளக்கப்படம் (ஆ) காப்பான் (இ) கடத்தி (ஈ) குறைகடத்தி ஆகியவற்றின் ஆற்றல் பட்டை அமைப்பு

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 197 19-12-2022 17:47:50

> **குறிப்பு** வட்டப்பாதையில் சுற்றும் எலக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் எலக்ட்ரான் வோல்ட் (eV) என்னும் அலகில் அளவிடப்படுகிறது.

10.1.2 பொருள்களின் வகைப்பாடு

ஆற்றல்பட்டைபடத்தின்உதவியுடன்திண்மங்கள் காப்பான்கள், கடத்திகள் மற்றும் குறைகடத்திகள் என வகைப்படுத்தப்படுவதை விவரிக்கலாம்.

i) காப்பான்கள்

காப்பான்களின் ஆற்றல் பட்டை அமைப்பு படம் 10.2 (ஆ)ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இணைதிறன் பட்டை மற்றும் கடத்து பட்டை ஆகியவை மிக அதிக அளவு ஆற்றல் இடைவெளியால் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. காப்பான்களில் விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி தோராயமாக 6 eV ஆகும். இந்த ஆற்றல் இடைவெளி மிக அதிகமாக இருப்பதால் மிக வலிமையான மின்புலம் அல்லது வெப்பநிலை அதிகரிப்பினால்கூட எலக்ட்ரான்களால் இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து கடத்துபட்டைக்கு நகர இயலாது. எனவே, இவ்வகைப் பொருள்களில் கடத்துவதற்கான கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் இல்லை என்பதால் மின்னோட்டம் பாய்வதற்கு வாய்ப்பு இல்லை, எனவே இவை காப்பான்கள் எனப்படும். இதன் மின்தடை எண்ணின் நெடுக்கம் $10^{11}\,\Omega m - 10^{19}\,\Omega m$ என அமையும்.

ii) கடத்திகள்

கடத்திகளில், இணைதிறன் பட்டை மற்றும் கடத்து பட்டைகள் ஒன்றன்மீது ஒன்று பொருந்தியிருக்கும். இது படம் 10.2 (இ)யில் காட்டப்பட்டுள்ளது. எனவே, கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் எளிதாக இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து கடத்துபட்டைக்குச் செல்லும். இதன் விளைவாகக் கடத்துபட்டையில் மிக அதிக எண்ணிக்கையில் கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் இடம்பெறும். எனவே, மிகக் குறைந்த வெப்பநிலைகளில்கூட மின் கடத்தல் நடைபெறும். கடத்திகளை மின்புலத்தில் வைக்கும்போது அது போதுமான ஆற்றலை எலக்ட்ரான்களுக்கு அளித்து அவற்றைக் குறிப்பிட்ட திசையில் இழுத்துச் செல்வதால் மின்னோட்டம் உருவாகிறது. கடத்திகளின் மின்தடை எண்ணின் மதிப்பு $10^{-2}\,\Omega m$ மற்றும் $10^{-8}\,\Omega m$ க்கு இடையே அமையும்.

iii) குறை கடத்திகள்

குறைகடத்திகளில், இணைதிறன் மற்றும் கடத்துபட்டைகளுக்கிடைப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி குறுகியதாக $\left(E_g < 3eV\right)$ இருக்கும் (படம் 10.2 (ஈ)). குறிப்பிட்ட ஒரு வெப்பநிலையில், திண்மங்களில் வெப்ப அதிர்வானது அணுக்களுக்கிடைப்பட்ட சகப்பிணைப்பினை முறிக்கும். (சகப்பிணைப்பு என்பது எலக்ட்ரான் பகிர்வின் மூலம் நிலையான எலக்ட்ரான் அமைப்பைப் பெறுவதற்கான ஒரு பிணைப்பு முறையாகும்). இதனால் இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து கடத்துபட்டைக்கு சில எலக்ட்ரான்கள் விடுவிக்கப்படுகின்றன. கட்டுறா எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை குறைவாக இருப்பதால் குறைகடத்திகளின் கடத்துதிறன் கடத்திகளைப்போல அதிகமாக இருக்காது. குறைகடத்திகளின் மின்தடை எண்ணின் மதிப்பு $10^{-5}\,\Omega m$ மற்றும் $10^{6}\,\Omega m$ க்கு இடையில் அமையும்.

> **குறிப்பு** குறைகடத்திகளில், இணைதிறன் பட்டையில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் பிணைக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான்கள் என்பதால், அவை மின்கடத்தலுக்கு பயன்படாது.

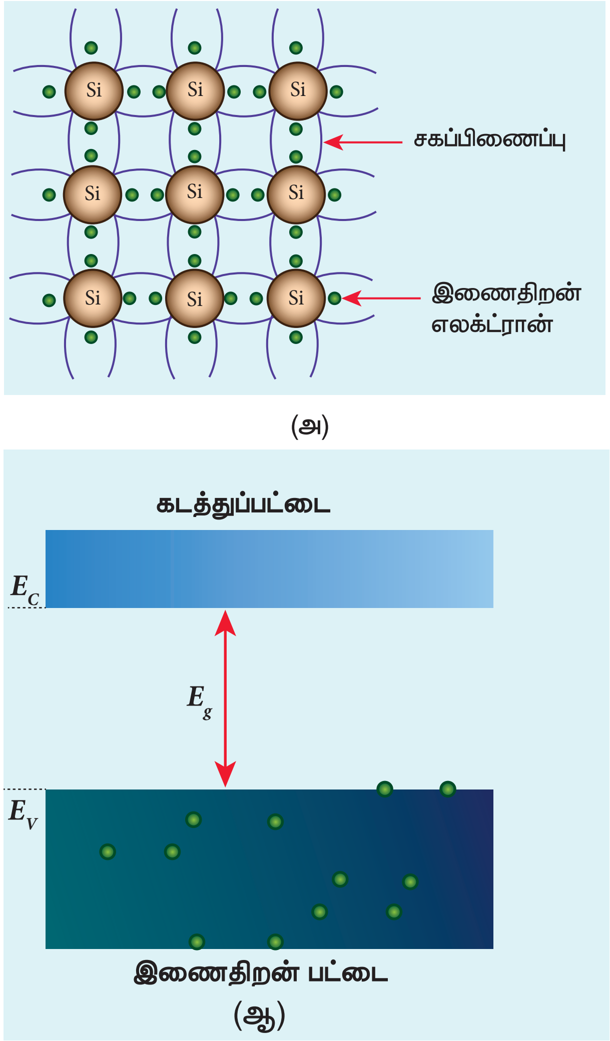
குறைகடத்திகளின் வெப்பநிலையை மேலும் அதிகரிக்கும்போது கடத்துபட்டைக்கு அதிக எலக்ட்ரான்கள் உயர்த்தப்படுகின்றன. அவை மின் கடத்துதலை அதிகரிக்கின்றன. எனவே, வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் போது மின்கடத்தலும் அதிகரிக்கும் எனக்கூறலாம் அல்லது வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் போது மின்தடை குறையும் எனவும் கூறலாம். எனவே, குறைகடத்தியானது எதிர்க்குறி மின்தடை வெப்பநிலைஎண்ணைக்கொண்டுள்ளது. பொதுவாக பயன்படும் குறைகடத்திப்பொருள்களில் முக்கியமானவை சிலிக்கான் (Si) மற்றும் ஜெர்மானியம் (Ge) ஆகும். அறை வெப்பநிலையில் சிலிக்கான் மற்றும் ஜெர்மானியம் ஆகியவற்றின் விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி மதிப்புகள் முறையே 1.1 eV மற்றும் 0.7 eV ஆகும்.

10.2 குறை கடத்திகளின் வகைகள்

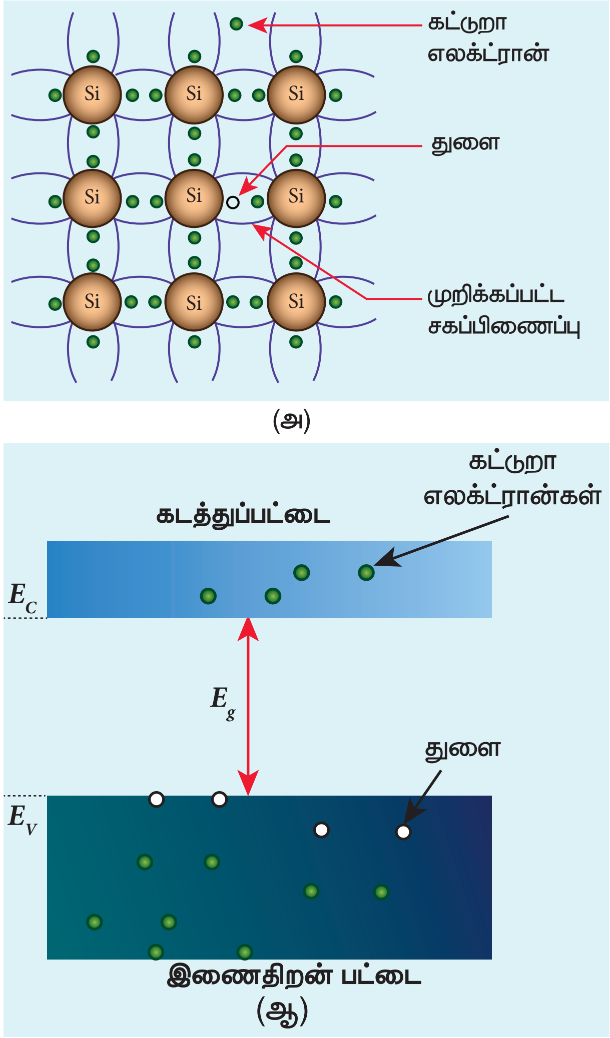
10.2.1 உள்ளார்ந்த குறை கடத்திகள்

மாசு எதுவும் கலக்காத தூய்மையான குறை கடத்தியானது உள்ளார்ந்த குறைகடத்தி எனப்படும். இங்கு மாசு என்பது, படிக அணிக்கோவையில் பிற வெளி அணுக்கள் இடம்பெறுவது ஆகும். படம் 10.3 (அ) இல் சிலிக்கானின் படிக அணிக்கோவை காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒவ்வொரு சிலிக்கான்

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 198 19-12-2022 17:47:51



படம் 10.3 (அ) சிலிக்கானின் இருபரிமாண படிக அணிக்கோவை (ஆ) உள்ளார்ந்த குறைகடத்தியின் இணைதிறன் மற்றும் கடத்து பட்டை



படம் 10.4 (அ) உள்ளார்ந்த சிலிகான் படிகத்தில் கட்டுறா எலக்ட்ரான், எலக்ட்ரான், துளை மற்றும் முறிக்கப்பட்ட சகப்பிணைப்பு (ஆ) அறை வெப்பநிலையில் கடத்துபட்டையில் எலக்ட்ரான் மற்றும் இணைதிறன் பட்டையில் துளை

அணுவின் வெளிச்சுற்றுப்பாதையிலும் நான்கு எலக்ட்ரான்கள் அருகிலுள்ள நான்கு அணுக்களுடன் சகப்பிணைப்பில் ஈடுபட்டு அணுக்கோவையை உருவாக்கியுள்ளன. படம் 10.3 (ஆ) இல் இந்த நிலைக்கான ஆற்றல் பட்டை படம் காட்டப்பட்டுள்ளது.

குறைந்த வெப்பநிலையே சில சகப்பிணைப்பு–களை முறிக்க போதுமானதாக அமைந்து எலக்ட்ரான்களை அணிக்கோவையிலிருந்து விடுவிக்கப்படுகின்றன (படம் 10.4 (அ)). இதன் விளைவாக இணைதிறன் பட்டையில் ஒரு சில நிலைகள் காலியானதாக மாறிவிடும் மற்றும் கடத்துபட்டையில் ஒரு சில நிலைகளில் எலக்ட்ரான்கள் இடம்பெறும். இதனை படம் 10.4 (ஆ)இல் காணலாம். இணைதிறன் பட்டையில் காணப்படும் காலியிடம் துளைகள் எனப்படும். துளைகள் என்பதில் எலக்ட்ரான்கள் இல்லாமல் இருப்பதால் அவை நேர்மின் துகளாகக் கருதப்படுகின்றன. எனவே குறை கடத்திகளில் எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் துளைகள் என இரு வகை மின்னூட்ட ஊர்திகள் உள்ளன.

உள்ளார்ந்த குறைகடத்திகளில், கடத்து பட்டையிலுள்ள எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையும், இணைதிறன் பட்டையிலுள்ள துளைகளின் எண்ணிக்கையும்சமமாகஅமையும்.கடத்துபட்டையில் மின்கடத்தல் எலக்ட்ரான்கள் மூலமும், இணைதிறன் பட்டையில் மின்கடத்தல் துளைகள் மூலமும் ஏற்படும். இதனுடன் தொடர்புடைய மின்னோட்டங்கள் முறையே I_e மற்றும் I_h எனக் குறிக்கப்படும்.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 199 19-12-2022 17:47:52

குறிப்பு துளை என்பதின் வரையறை: எலக்ட்ரான் கிளர்ச்சி அடையும் போது, சகப்பிணைப்பு முறியும். எனவே, கிளர்ச்சி அடைந்த எலக்ட்ரான் பிணைப்பினை முழுமையாக்க காலியிடத்தை ஏற்படுத்தும். இந்த எலக்ட்ரான் பற்றாக்குறை துளை எனப்பெயரிடப்பட்டுள்ளது.

மொத்த மின்னோட்டம் I ஆனது எப்போதும் எலக்ட்ரான் மின்னோட்டம் மற்றும் துளை மின்னோட்டம் ஆகியவற்றின் கூடுதலாகவே அமையும். அதாவது $I = I_e + I_h$.

$0\,K$ வெப்பநிலையில் உள்ளார்ந்த குறை–கடத்திகள் காப்பான்களாகவே செயல்படும். வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது மின்னூட்ட ஊர்திகளும் (எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் துளைகள்) அதிகரிக்கும். உள்ளார்ந்த குறைகடத்திகளின் ஆற்றல் மட்டப் படம் (10.4 ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. உள்ளார்ந்த குறைகடத்திகளில் மின்னூட்ட ஊர்திகளின் செறிவு என்பது கடத்துபட்டையில் உள்ள எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை அல்லது இணைதிறன் பட்டையில் உள்ள துளைகளின் எண்ணிக்கைக்குச் சமமாகும்.

10.2.2 புறவியலான குறைகடத்திகள்

உள்ளார்ந்த குறைகடத்திகளில் உள்ள மின்னூட்ட ஊர்திகளின் செறிவு அதிக திறனுள்ள எலக்ட்ரானியல் கருவிகளை உருவாக்க போதுமானதாக இருக்காது. உள்ளார்ந்த குறைகடத்திகளில் மாசு அணுக்களைச் சேர்ப்பது மின்னூட்ட ஊர்திகளின் செறிவை அதிகரிக்க ஒரு வழியாக அமைகிறது.

உள்ளார்ந்த குறைகடத்திகளுடன் மாசுகளைச் சேர்க்கும் நிகழ்வு மாசூட்டுதல் எனப்படும். இம்முறை குறைகடத்திகளில் மின்னூட்ட ஊர்திகளின் (எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் துளைகள்) செறிவினை அதிகரித்து, அதன் மின் கடத்துதிறனையும் அதிகரிக்கிறது. இந்த மாசு அணுக்கள் மாசூட்டிகள் எனப்படும். மாசூட்டலின் அளவு 100ppm (மில்லியனில் ஒரு பங்கு) ஆக இருக்கும்.

சேர்க்கப்படும் மாசு வகைகளை அடிப்படையாக கொண்டு புறவியலான குறைகடத்திகள்

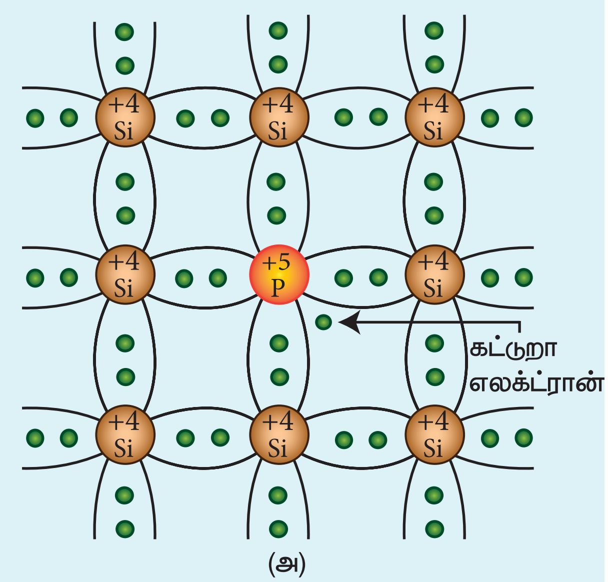
i) n-வகை குறைகடத்தி

ii) p-வகை குறைகடத்தி

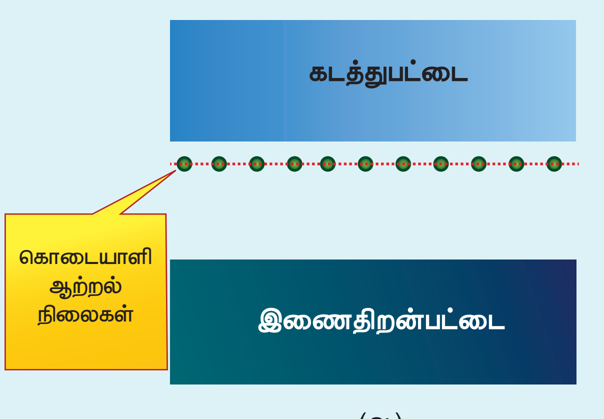
என வகைப்படுத்தப்படுகின்றன.

i) n-வகை குறைகடத்தி

ஒரு தூய சிலிக்கான் (அல்லது ஜெர்மானியம்) படிகத்துடன் ஐந்து இணைதிறன் மாசு அணுக்களான பாஸ்பரஸ், ஆர்சனிக் மற்றும் ஆண்டிமனி (தனிமவரிசை அட்டவணையில் தொகுதி Vலிருந்து பெறப்படும்) ஆகியவற்றை மாசூட்டும்போது n–வகை குறைகடத்திகள் பெறப்படுகின்றன. இது படம் 10.5 (அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த மாசூட்டிகள் ஐந்து இணைதிறன் எலக்ட்ரான்களைக் கொண்டவை; ஆனால், சிலிக்கான் நான்கு இணைதிறன் எலக்ட்ரான்களை கொண்டது. மாசூட்டல் செயல்முறையின்போது சில சிலிக்கான் அணுக்களுக்குப் பதிலாக ஐந்து இணைதிறன் மாசூட்டிகள் சேர்க்கப்படுகின்றன. மாசு அணுவின் ஐந்து இணைதிறன் எலக்ட்ரான்களில்



(அ)



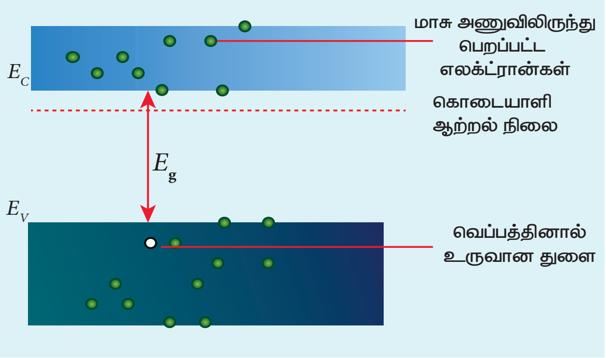
(ஆ)

படம் 10.5 n–வகை புறவியலான குறைகடத்தி (அ) படிக தளத்துடன் தளர்வாக பிணைக்கப்பட்ட கட்டுறா எலக்ட்ரான் (ஆ) கொடையாளி ஆற்றல் நிலையைக் குறித்தல்

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 200 19-12-2022 17:47:53

நான்கு எலக்ட்ரான்கள் அருகிலுள்ள நான்கு சிலிக்கான் அணுக்களுடன் சகப்பிணைப்பில் இணைக்கப்படுகின்றன. ஐந்தாவது எலக்ட்ரான் சகப்பிணைப்பு உருவாகப் பயன்படவில்லை ஆதலால், அது அணுக்கருவுடன் தளர்வாக பிணைக்கப்பட்டுள்ளது.

மாசூட்டி அணுவில் தளர்வாக இணைக்கப்–பட்டுள்ள ஐந்தாவது எலக்ட்ரானின் ஆற்றல்நிலை ஆனது, கடத்தும் பட்டையின் விளிம்புக்கு சற்று கீழே அமைந்துள்ளது. இது கொடையாளி ஆற்றல் நிலை எனப்படும். இதனை படம் 10.5 (ஆ) இல் காணலாம். அறை வெப்பநிலையில் இந்த எலக்ட்ரான்கள் வெப்ப ஆற்றலை உட்கவர்ந்து கொண்டு கடத்துப்பட்டையை அடையும். இது படம் 10.6 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. மேலும் புற மின்புலத்தினால்கூட தளர்வாகப் பிணைக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான்கள் கட்டுறா நிலைக்கு மாற்றப்பட்டு மின்கடத்தல் ஏற்படும்.



படம் 10.6 இணைதிறன் பட்டையில் உள்ள வெப்பத்தினால் உருவாக்கப்பட்ட துளை மற்றும் கடத்துப் பட்டையில் மாசு அணுக்களால் உருவாக்கப்பட்ட கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் (*n*-வகை குறைகடத்தி)

உள்ளார்ந்த குறைகடத்தியில் இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து எலக்ட்ரானை, கடத்து பட்டைக்கு மாற்ற தேவைப்படும் ஆற்றல் ஜெர்மானியம் மற்றும் சிலிக்கானில் முறையே 0.7eV மற்றும் 1.1eV ஆகும், ஆனால், கொடையாளி எலக்ட்ரானைக் கட்டுறா நிலைக்குக் கொண்டு செல்ல தேவைப்படும் ஆற்றல் ஜெர்மானியம் மற்றும் சிலிக்கானுக்கு முறையே 0.01 eV மற்றும் 0.05 eV மட்டுமே என்பதை முக்கியமாகக் கவனிக்க வேண்டும்.

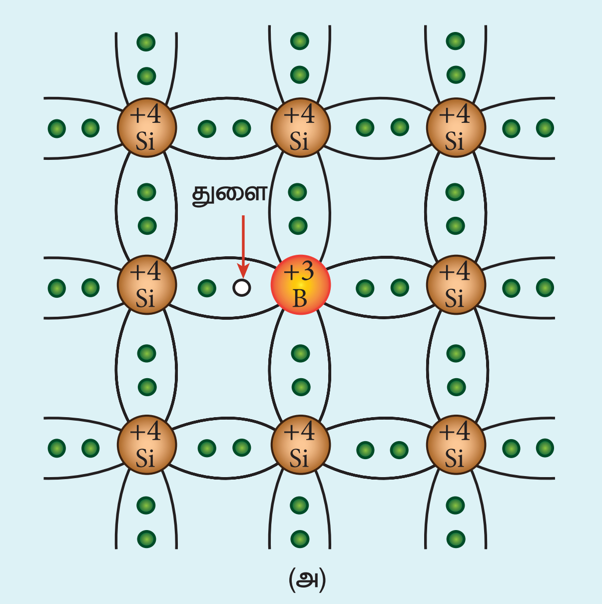
தொகுதி V ல் உள்ள ஐந்து இணைதிறன் மாசு அணுக்கள் கடத்து பட்டைக்கு ஓர் எலக்ட்ரானை அளிப்பதால், அவை கொடையாளி மாசுகள் எனப்படும். எனவே, கடத்து பட்டையில் வெப்ப அதிர்வின் காரணமாக உள்ள எலட்ரான்களுடன் கூடுதலாக ஒவ்வொரு மாசு அணுவும் ஓர் எலக்ட்ரானை அளிக்கும். வெப்பத்தினால் உண்டாக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான்கள் இணைதிறன் பட்டையில் துளையை உண்டாக்கும். எனவே *n*-வகை குறைகடத்தியில் எலக்ட்ரான்கள் பெரும்பான்மை மின்னோட்ட ஊர்திகளாகவும், துளைகள் சிறுபான்மை ஊர்திகளாகவும் அமைந்துள்ளன. ஐந்து இணைதிறன் கொண்ட மாசு சேர்க்கப்பட்டுள்ள இந்த குறைகடத்தி n–வகை குறைகடத்தி எனப்படும்.

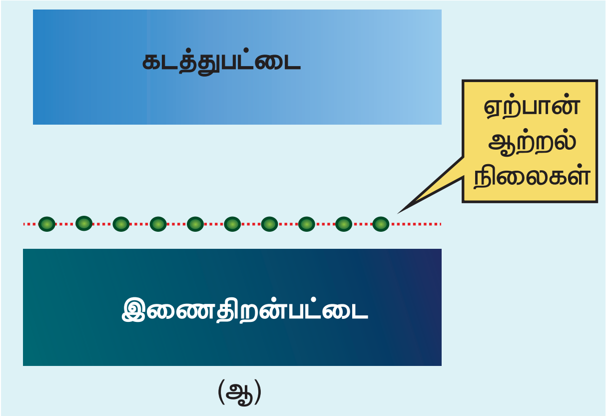
ii) *p*-வகை குறைகடத்தி

p வகை குறைகடத்தியில், மூன்று இணைதிறன் மாசு அணுக்களான (தனிம வரிசை அட்டவணையில் தொகுதி III இல் இருந்து) போரான், அலுமினியம், கேலியம் மற்றும் இண்டியம் ஆகியவை சிலிக்கான் (அல்லது ஜெர்மானியம்) படிகத்துடன் சேர்க்கப்படுகின்றன. மூன்று இணைதிறன் எலக்ட்ரான்கள் கொண்ட மாசூட்டி ஆனது மூன்று சிலிக்கான் அணுக்களுடன் சகப்பிணைப்பை உருவாக்குகின்றன. நான்கு சகப்பிணைப்புகளில் மூன்று பிணைப்புகள் நிறைவு பெற்றும்; ஒன்று ஒரு எலக்ட்ரானுடன் நிறைவு பெறாமல் அமையும். இந்த நான்காவது சகப்பிணைப்பில் உள்ள எலக்ட்ரான் இல்லாத காலி இடமானது துளை என குறிக்கப்படுகிறது.

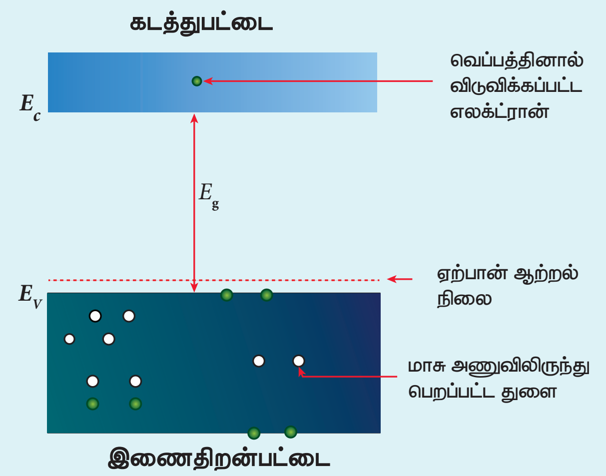
அருகிலுள்ள நான்கு அணுக்களுடன் சகப்பிணைப்பினை நிறைவு செய்ய மாசு அணுவிற்குக் கூடுதலாக ஓர் எலக்ட்ரான் தேவைப்–படுகிறது. இந்த **மாசு அணுக்கள் அருகிலுள்ள உள்ள அணுக்களிலிருந்து எலக்ட்ரானை ஏற்றுக்–கொள்ளும். எனவே, இவ்வகை மாசு ஏற்பான் மாசு எனப்படும்.** ஒவ்வொரு மாசு அணுவினால் தோற்றுவிக்கப்படும் துளைகளின் ஆற்றல் மட்டம் இணைதிறன் பட்டைக்குச் சற்று மேலே அமையும். இதனை ஏற்பான் ஆற்றல் நிலை என்கிறோம். இதனைப் படம் 10.7 (ஆ) இல் காணலாம்.

ஒவ்வோர் ஏற்பான் அணுவிற்கும் இணைதிறன் பட்டையில் ஒரு துளை இருக்கும். மேலும், வெப்பத்தினால் உருவாகும் எலக்ட்ரான்கள் விட்டுச் சென்ற துளைகளும் இருக்கும். இந்தப் புறவியலான குறைகடத்திகளில், துளைகள் பெரும்பான்மை ஊர்திகளாகவும், வெப்பத்தினால் உருவாக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான்கள் சிறுபான்மை ஊர்திகளாகவும் செயல்படும் என்பதைப் படம் 10.8 இல் காணலாம். இம்முறையில் உருவாக்கப்பட்ட புறவியலான குறைகடத்தி *p*-வகை குறைகடத்தி எனப்படும்.





படம் 10.7 *p*-வகை புறவியலான குறைகடத்தி (அ) மாசு அணுவினால் உருவாக்கப்பட்ட துளை (ஆ) ஏற்பான் ஆற்றல் நிலையைக் குறித்தல்



படம் 10.8 கடத்து பட்டையில் வெப்பத்தினால் உருவாக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான் மற்றும் மாசு அணுவினால் இணைதிறன் பட்டையில் உருவாக்கப்பட்ட துளைகள் (*p*-வகை குறைக்கடத்தி)

> **உங்களுக்குத் தெரியுமா?**
> உள்ளார்ந்த குறைகடத்தியில் நடுநிலை அணுக்களையே நாம் மாசுகளாக சேர்ப்பதன் விளைவாக *n*-வகை மற்றும் *p*-வகை குறைகடத்திகள் மின் சமநிலை மாறாமல் நடுநிலையாகவே இருக்கும்.

10.3 டையோடுகள்

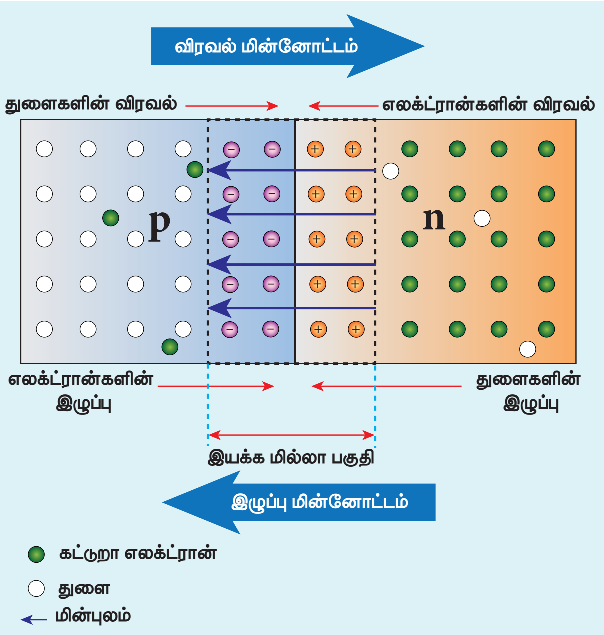
10.3.1 P-N சந்தி உருவாக்கம்

i) இயக்கமில்லாப்பகுதி உருவாக்கம்

ஒரு ஒற்றை படிக குறைகடத்தியின் ஒரு பகுதி *p*-வகை குறைகடத்தியாகவும், மற்றொரு பகுதி *n*-வகை குறைகடத்தியாகவும் இருக்குமாறு பொருத்தமாக மாசூட்டப்படுகிறது. இரு பகுதிகளுக்கிடைப்பட்ட தொடும் பரப்பு *p-n* சந்தி எனப்படும். *p-n* சந்தி உருவானவுடன், *n*-பகுதியிலிருந்து ஒரு சில கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் *p*-பகுதிக்கும் *p*-பகுதியிலுள்ள துளைகள் *n*-பகுதிக்கும் விரவுகின்றன. *n*-பகுதியில் அதிக எலக்ட்ரான் செறிவும், *p*-பகுதியில் அதிக துளை செறிவும் இருப்பதால் இந்த மின்னூட்ட ஊர்திகளின் விரவல் நடைபெறுகிறது. **சந்தியின் குறுக்கே பெரும்பான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகளின் விரவல் ஏற்படுத்தும் மின்னோட்டம், விரவல் மின்னோட்டம் எனப்படும்.**

n-பகுதியிலிருந்து ஒரு எலக்ட்ரான் வெளியேறும் போதுஅங்குள்ளஒருஐந்துஇணைதிறன்அணுவானது நேர்மின் அயனியாக மாறும். *p*-பகுதிக்கு இடம்பெயரும் கட்டுறா எலக்ட்ரான் ஆனது சந்திக்கு அருகே *p*-பகுதியிலுள்ள மூன்று இணைதிறன் அணுவிலுள்ள துளையுடன் மறு இணைப்பில் ஈடுபடுவதால் மூன்று இணைதிறன் அணுவானது எதிர்மின் அயனியாக மாறும். இந்த அயனிகள் அருகிலுள்ள படிக அணுக்களுடன் பிணைக்கப்படுவதால் அவைகளால் நகர இயலாது. இந்த விரவல் நிகழ்வு தொடர்ந்து நடைபெறுவதால் சந்தி இருபுறங்களிலும் நேர் அயனி அடுக்கு மற்றும் எதிர் அயனி அடுக்கு பொருத்தமான

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 202 19-12-2022 17:47:54



படம் 10.9 *p-n* சந்தி உருவாக்கம்

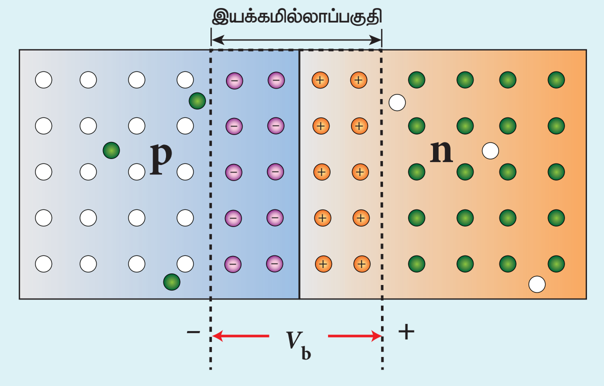
வகையில் உருவாகின்றன. சந்திக்கு அருகில் மின்னூட்ட ஊர்திகளற்ற (கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் துளைகள்) மெல்லிய அடுக்கு இயக்கமில்லா பகுதி எனப்படும் (படம் 10.9).

இயக்கமில்லாத பகுதியில் *n*–பகுதியிலுள்ள நேர் மின்னூட்ட அடுக்கு மற்றும் *p*–பகுதியிலுள்ள எதிர் மின்னூட்ட அடுக்கு இடையே மின்புலம் ஒன்று ஏற்படுகிறது. இது படம் 10.9ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த மின்புலம் *p*-பகுதியிலுள்ள எலக்ட்ரான்களை *n*-பகுதிக்கும் *n*–பகுதியிலுள்ள துளைகளை *p*-பகுதிக்கும் இழுக்கிறது. **மின் புலத்தின் காரணமாக சிறுபான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகளின் இயக்கத்தினால் உருவாக்கப்பட்ட மின்னோட்டம் இழுப்பு மின்னோட்டம் எனப்படும்.** விரவல் மின்னோட்டமும் இழுப்பு மின்னோட்டமும் எதிரெதிர் திசையில் பாய்கின்றன.

ஆரம்பத்தில் இழுப்பு மின்னோட்டமானது விரவல் மின்னோட்டத்தை விட குறைவாக இருந்த போதும் குறிப்பிட்ட நேரத்திற்குப் பிறகு அவை சமநிலை எய்தும். ஒவ்வொரு எலக்ட்ரானும் (அல்லது துளையும்) சந்தியின் குறுக்கே விரவும் போது, மின்புலத்தின் வலிமை அதிகரித்து அதனால் இரண்டு மின்னோட்டங்களும் சமமாகும் வரை இழுப்பு மின்னோட்டத்தை அதிகரிக்கும். எனவே சமநிலையில் சந்தியின் குறுக்கே எவ்வித நிகர மின்னோட்டமும் இருக்காது. இவ்வாறு *p-n* சந்தி உருவாக்கப்படுகிறது.

ii) சந்தி மின்னழுத்தம் அல்லது மின்னழுத்த அரண்

சந்தியின் குறுக்கே குறிப்பிட்ட ஒரு நிலை வரை மின்னூட்ட ஊர்திகளின் இயக்கம் நடைபெறும். அதன்பின்னர் இயக்கமில்லாத பகுதியானது மேற்கொண்டு கட்டுறா மின் துகள்கள் சந்தியின் குறுக்கே விரவுவதை தடுக்கும். இதற்குக் காரணம், சந்தியின் குறுக்கே இருபுறங்களிலும் உள்ள நகர இயலாத அயனிகள் உருவாக்கும் மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகும்.



படம் 10.10 சந்தியின் குறுக்கே உருவாகும் மின்னழுத்த அரண்

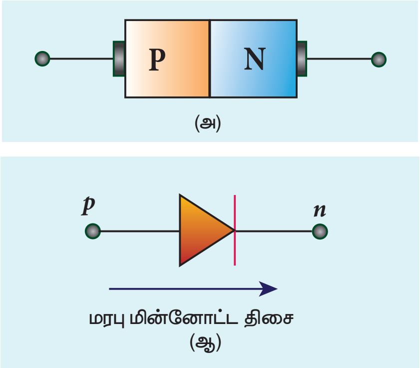
இயக்கமில்லாப் பகுதியின் குறுக்கே உள்ள இந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு, மின்னழுத்த அரண் (V_b) எனப்படும். இதனைப் படம் 10.10 இல் காணலாம். சிலிக்கான் மற்றும் ஜெர்மானியத்திற்கு $25\,^0$C வெப்பநிலையில் மின்னழுத்த அரணின் மதிப்புகள் முறையே 0.7V மற்றும் 0.3V ஆகும்.

10.3.2 P-N சந்தி டையோடு

ஒரு *p*-வகை குறைகடத்தியும் *n*-வகை குறைகடத்தியும் இணைந்து ஒரு *p-n* சந்தி டையோடு உருவாக்கப்படுகிறது. இது ஒரு *p-n* சந்தியைக் கொண்ட கருவி ஆகும். இது படம் 10.11 (அ)–இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதன் மின்சுற்றுக் குறியீடு படம் 10.11 (ஆ)–இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 203 19-12-2022 17:47:54

www.tnschoolbooks.in



படம் 10.11 *p-n* சந்தி டையோடு
(அ) குறியீட்டுப்படம் (ஆ) மின்சுற்று குறியீடு

டையோடினைச் சார்புபடுத்துதல்

புற ஆற்றலை அளித்து மின்னூட்ட ஊர்திகள் மின்னழுத்த அரணை முறிக்கவும் மேலும், அவை குறிப்பிட்ட ஒரு திசையில் இயக்கத்தை மேற்கொள்ளவும் செய்வது சார்புபடுத்துதல் எனப்படும். இதன் மூலம் மின்னூட்ட ஊர்திகள் சந்தியை நோக்கியோ அல்லது சந்தியை விட்டு விலகியோ இயங்குகின்றன. ***p–n* சந்திக்கு அளிக்கப்படும் புற மின்னழுத்தம் சார்பு மின்னழுத்தம் எனப்படும்.** *p–n* சந்திக்கு அளிக்கப்படும் மின்முனைகளைப் பொருத்து, சார்புபடுத்துதல் இரு வகைப்படும். அவை

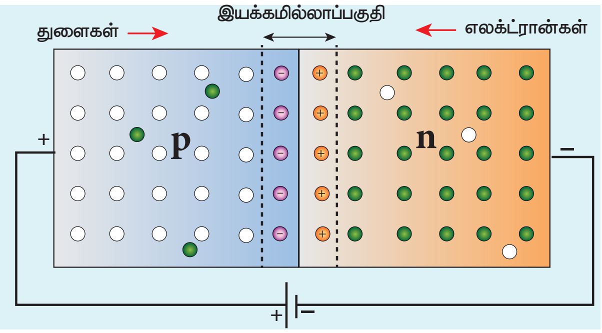
i). முன்னோக்குச் சார்பு

ii). பின்னோக்குச் சார்பு

i) *முன்னோக்குச் சார்பு*

புற மின்னழுத்த மூலத்தின் நேர்மின்வாய் *p*-பகுதியுடனும், எதிர்மின்வாய் *n*-பகுதியுடனும் இணைக்கப்படுவது முன்னோக்குச் சார்பு எனப்படும். இது படம் 10.12–இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. முன்னோக்குச் சார்பு மின்னழுத்தத்தின் காரணமாக எலக்ட்ரான்கள் *p*-பகுதிக்கும், துளைகள் *n*-பகுதிக்கும் சந்தியை நோக்கி தள்ளப்படுகின்றன. இதன் காரணமாகச் சந்தியில் அயனிகளின் மறு இணைப்பு தொடங்கப்பட்டு இயக்கமில்லாத பகுதியின் அகலம் குறையும். இதனால், மின்னழுத்த அரணும் குறையும்.

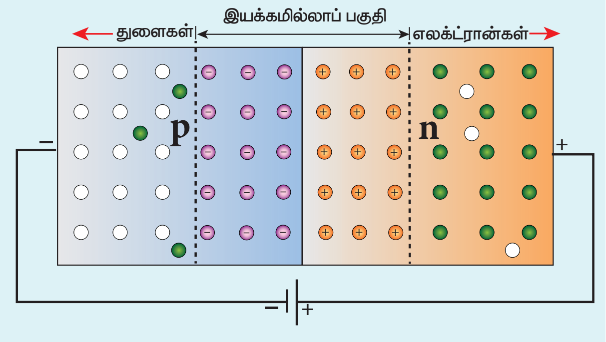
சந்தியில் *n*-பகுதியில் உள்ள எலக்ட்ரான் குறைக்கப்பட்ட மின்னழுத்த அரணை பெறுவதால் அது *p*-பகுதியை நோக்கி முடுக்கப்படுகிறது. *p*-பகுதிக்கு அளிக்கப்பட்ட நேர் மின்னழுத்தத்தினால் எலக்ட்ரான்கள் கூடுதலாக வலிமையான கவர்ச்சி விசையை உணர்கின்றன. இதன் விளைவாக *n*-பகுதியில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் *p*-பகுதிக்கு நகர்கின்றன. இதேபோல் *p*-பகுதியிலுள்ள துளைகள் *n*-பகுதிக்கும் நகர்கின்றன. கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு அதிகரிக்கப்படும்போது இயக்கமில்லா பகுதியின் அகலமும் அதனால் மின்னழுத்த அரணும் மேலும் குறைக்கப்படுகின்றன. இதன் காரணமாக சந்தியின் வழியாக ஏராளமாக எலக்ட்ரான்கள் பாய்ந்து சந்தியில் மின்னோட்டம் அடுக்குக்குறி முறையில் அதிகரிக்கும்.



படம் 10.12 முன்னோக்கு சார்பில் உள்ள *p-n* சந்தியின் குறியீட்டு படம்

ii) *பின்னோக்குச் சார்பு*

மின்கலத்தின் நேர்மின்வாய் *n*-பகுதியுடனும் எதிர்மின்வாய் *p*-பகுதியுடனும் இணைக்கப்பட்டால் சந்தியானது, பின்னோக்குச் சார்பில் அமையும். இது படம் 10.13 – இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 10.13 பின்னோக்கு சார்பில் உள்ள *p-n* சந்தியின் குறியீட்டு படம்

மின்கலத்தின் நேர் மின்முனை *n*-பகுதியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளதால் அதிலுள்ள எலக்ட்ரான்கள் நேர்மின்வாயை நோக்கி ஈர்க்கப்படும் மற்றும் *p*-பகுதியிலுள்ள துளைகள் மின்கலத்தின் எதிர் மின்வாயை நோக்கி ஈர்க்கப்படுகின்றன. இது சந்தியில் நகர இயலா அயனிகளின் செறிவை அதிகரிக்கிறது. இதன் விளைவாக இயக்கமில்லாப்

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 204 19-12-2022 17:47:55

பகுதியின் அகலமும், மின்னழுத்த அரணும் அதிகரிக்க வழி ஏற்படும். இதனால் இருபுறங்களிலும் உள்ள பெரும்பான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகள் சந்தியைக் கடக்க பெரும் மின்னழுத்த அரணை எதிர் கொள்கின்றன. இதனால் சந்தியின் குறுக்கே பாயும் விரவல் மின்னோட்டம் மிகவேகமாக குறையும்.

இருப்பினும், சிறுபான்மை ஊர்திகளின் காரணமாகச் சந்தியின் குறுக்கே சிறிய அளவு மின்னோட்டம் பாயும். பெரும்பான்மை ஊர்திகளுக்கு அளிக்கப்பட்ட பின்னோக்குச் சார்பானது சிறுபான்மை ஊர்திகளுக்கு முன்னோக்குச் சார்பாக அமைகிறது. பின்னோக்குச் சார்பின் காரணமாக ஏற்படும் மின்னோட்டம், பின்னோக்குத் தெவிட்டிய மின்னோட்டம் எனப்படும். இது I_S எனக் குறிப்பிடப்படுகிறது.

பின்னோக்குத் தெவிட்டிய மின்னோட்டம் அளிக்கப்படும் மின்னழுத்தத்தைச் சார்ந்து அமையாமல் வெப்பத்தினால் உருவாக்கப்பட்ட சிறுபான்மை ஊர்திகளின் செறிவை மட்டும் சார்ந்திருக்கும். மிகச்சிறிய மின்னழுத்தத்தினால்கூட சிறுபான்மை ஊர்திகளைச் சந்தியை கடக்கச் செய்ய முடியும்.

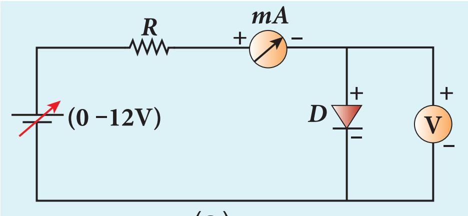
குறிப்பு: சிலிக்கான் டையோடில் ஒவ்வொரு 10^0C வெப்பநிலைக்குப் பின்னோக்கு தெவிட்டிய மின்னோட்டமானது இரு மடங்காகும்.

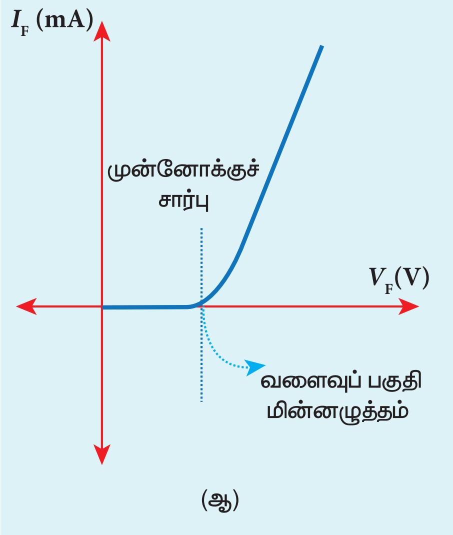
10.3.3 சந்தி டையோடின் சிறப்பியல்புகள்

i) முன்னோக்குச் சார்பு சிறப்பியல்புகள்

இது டையோடானது முன்னோக்குச் சார்பில் உள்ளபோது, டையோடின் குறுக்கே அளிக்கப்படும் மின்னழுத்தத்திற்கும் டையோடு வழியாகச் செல்லும் மின்னோட்டத்திற்கும் இடையேயுள்ள தொடர்பினை அறிவது ஆகும்.

p-n சந்தி டையோடு முன்னோக்குச் சார்பில் உள்ளதை படம் 10.14 (அ)–இல் காணலாம். புறமின்தடை (R) ஆனது டையோடு வழியாகச் செல்லும் மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்துகிறது. DC மின்னழுத்த மூலத்தின் சார்பு மின்னழுத்தத்தை மாற்றுவதன் மூலம் டையோடின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்ததை மாற்றலாம். முன்னோக்குச் சார்பு மின்னழுத்தமும் அதற்குரிய **முன்னோக்குச் சார்பு மின்னோட்டமும் குறித்துக்கொள்ளப்படுகின்றன. முன்னோக்கு சார்பு மின்னழுத்தம் (V_F) x–அச்சிலும், மின்னோட்டம் (I_F) y–அச்சிலும் எடுத்துக் கொண்டு வரைபடம் ஒன்று வரையப்படுகிறது. இந்த வரைபடமே p–n சந்தி டையோடின் முன்னோக்குச் சார்பு V-I சிறப்பியல்பு வரைபடம் ஆகும்.** படம் 10.14 (ஆ) இல் இது காட்டப்பட்டுள்ளது.





படம் 10.14 *p-n* சந்தி டையோடு
(அ) முன்னோக்கு சார்பில் உள்ள டையோடு
(ஆ) முன்னோக்கு சார்பு சிறப்பியல்பு வரைபடம்

இந்த வரைபடத்திலிருந்து நான்கு முடிவுகள் பெறப்படுகின்றன.

(i) **அறை வெப்பநிலையில் டையோடு வழியாக குறிப்பிடத்தக்க மின்னோட்டம் பாய, மின்னழுத்த அரணுக்குச் சமமான மின்னழுத்த வேறுபாடு தேவைப்படுகிறது. இந்த மின்னழுத்தம் பயன் தொடக்க மின்னழுத்தம் அல்லது வெட்டு மின்னழுத்தம் அல்லது வளைவுப் பகுதி மின்னழுத்தம் (V_{knee}) என அழைக்கப்படுகிறது.** இது தோராயமாக ஜெர்மானியத்திற்கு 0.3V ஆகவும், சிலிக்கானுக்கு 0.7V ஆகவும் அமைந்துள்ளது. பயன்தொடக்க மின்னழுத்தத்தை விட குறைவாக அளிக்கப்பட்ட

மின்னழுத்தங்களில் ஏற்படும் மின்னோட்டம் புறக்கணிக்க தக்க அளவு குறைவாக இருக்கும். பயன் தொடக்க மின்னழுத்தத்தைவிட அதிகமான மின்னழுத்தங்களில், மின்னழுத்தம் சிறிது அதிகரித்தாலும் மின்னோட்டம் கணிசமான அளவு உயரும்.

(ii) வரைபடத்திலிருந்து மின்னோட்டமானது நேர்போக்கில் அமையாமல் அடுக்குக்குறி முறையில் அமைகிறது. எனவே, டையோடு ஓம் விதிக்கு உட்படாது.

(iii) மின்னழுத்தத்தில் ஏற்படும் சிறிய மாறுபாட்டிற்கும் (ΔV_F), மின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் சிறிய மாறுபாட்டிற்கும் (ΔI_F) இடைப்பட்ட விகிதம் முன்னோக்கு மின்தடை (r_F) எனப்படும். அதாவது, $r_F = \frac{\Delta V_F}{\Delta I_F}$.

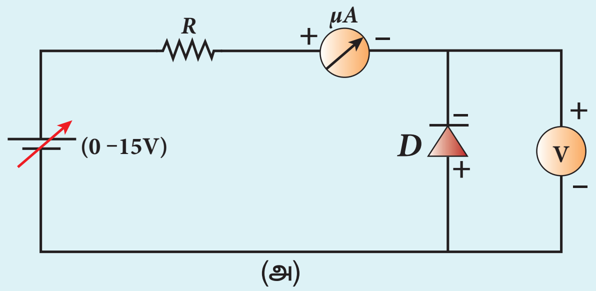
(iv) டையோடானது முன்னோக்குச் சார்பில் உள்ளபோது, கடத்தி போல் செயல்படுகிறது.

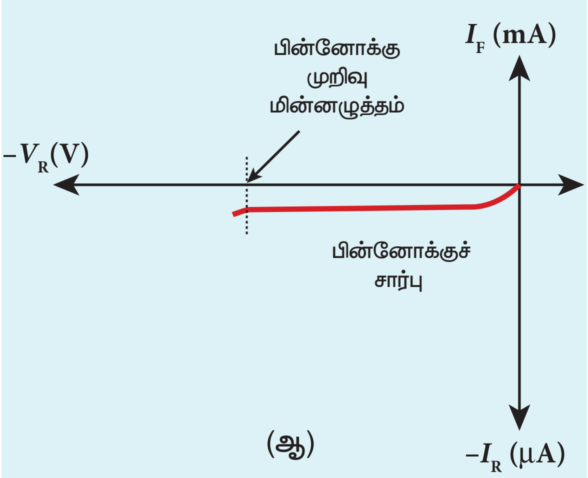
எனினும், டையோடில் குறிக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்தைவிட அதிக அளவு மின்னழுத்தத்தை அளிக்கும்போது, மிக அதிக அளவு மின்னோட்டம் ஏற்பட்டு அதிக வெப்பத்தின் காரணமாகச் சந்தியானது பாதிக்கப்படும். இது டையோடின் முறிவுநிலை எனப்படும் மற்றும் எந்த மின்னழுத்தத்தில் டையோடு முறிகிறதோ அந்த மின்னழுத்தம் முறிவுநிலை மின்னழுத்தம் எனப்படும். எனவே, டையோடினைப் பாதுகாப்பாகப் பயன்படுத்த அதனை பயன் தொடக்க மின்னழுத்தம் மற்றும் முறிவு மின்னழுத்தங்களுக்கு இடையே செயல்படுத்த வேண்டும்.

ii) பின்னோக்குச் சார்பு சிறப்பியல்புகள்

பின்னோக்குச் சார்பு சிறப்பியல்புகளை ஆராய படம் 10.15(அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ள மின்சுற்று பயன்படுத்தப்படுகிறது, பின்னோக்குச் சார்பில், p-பகுதியானது மின்னழுத்த மூலத்தின் எதிர்மின் வாயுடனும் n-பகுதியானது DC மின்னழுத்த மூலத்தின் நேர்மின் வாயுடனும் இணைக்கப்படுகின்றன.

பின்னோக்குச் சார்பு மின்னழுத்தத்திற்கும், சந்தியின் குறுக்கே பாயும் மின்னோட்டத்திற்கும் இடையே ஒரு வரைபடம் வரையப்படுகிறது. இது p–n சந்தியின் பின்னோக்குச் சார்பு சிறப்பியல்பு வரைபடம் எனப்படும். இது படம் 10.15 (ஆ) இல் காட்டப்படுள்ளது. இந்தச் சார்பினால், சந்தியின் குறுக்கே μA அளவிற்கு மிகச் சிறிய மின்னோட்டம் பாயும். இது சிறுபான்மை ஊர்திகளின் இயக்கத்தினால் ஏற்படுகிறது. இது கசிவு மின்னோட்டம் அல்லது பின்னோக்குத் தெவிட்டிய மின்னோட்டம் என அழைக்கப்படுகிறது. மேலும், முறிவு நிலை மின்னழுத்தம் எனும் குறிப்பிட்ட மின்னழுத்தம் வரை, இந்த பின்னோக்கு மின்னோட்டம் அளிக்கப்படும் மின்னழுத்தத்தை சார்ந்திருக்காது.



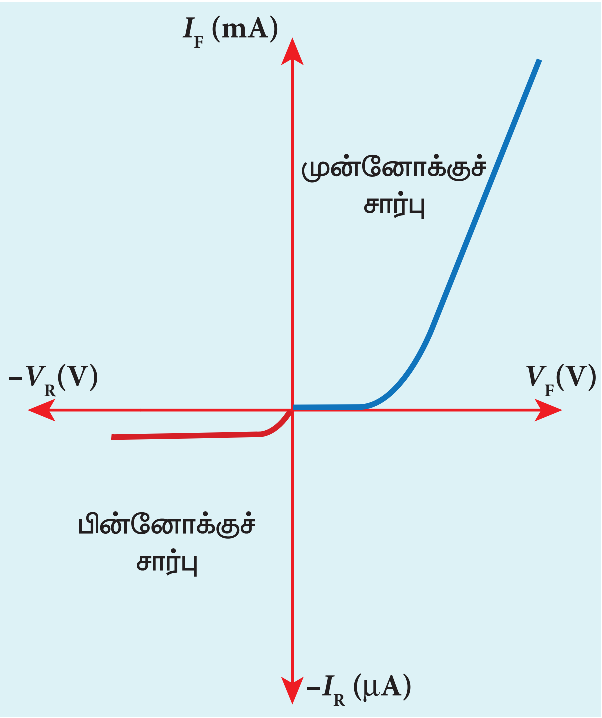


படம் 10.15 p-n சந்தி டையோடு
(அ) பின்னோக்குச் சார்பில் உள்ள டையோடு
(ஆ) பின்னோக்குச் சார்பு சிறப்பியல்பு வரைபடம்

> **குறிப்பு** நல்லியல்பு டையோடு: முன்னோக்குச் சார்பில் உள்ள போது கடத்தியாகவும், பின்னோக்குச் சார்பில் உள்ள போது காப்பானாகவும் செயல்படும். நல்லியல்பு டையோடுகளில் முன்னோக்கு மின்தடை சுழி ஆகும். மின்னழுத்த அரண் புறக்கணிக்கத்தக்கதாக கருதப்படும்.

படம் 10.16இல் முன்னோக்கு மற்றும் பின்னோக்கு சார்பு சிறப்பியல்புகள் காட்டப்–பட்டுள்ளன.

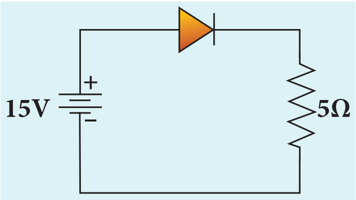
XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 206 19-12-2022 17:47:56



படம் 10.16 ஒரு டையோடின் முன்னோக்கு மற்றும் பின்னோக்கு சிறப்பியல்பு

எடுத்துக்காட்டு 10.1

ஒரு நல்லியல்பு டையோடு மற்றும் ஒரு 5Ω மின்தடையும் தொடரிணைப்பில் ஒரு 15V மின்னழுத்த மூலத்துடன் பின் வரும் படத்தில் உள்ளவாறு இணைக்கப்பட்டுள்ளன எனில் டையோடின் வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டத்தை கணக்கிடுக?



தீர்வு

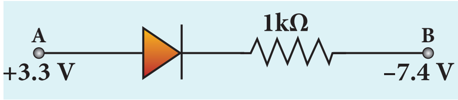
டையோடானது நல்லியல்பு கொண்டது மேலும் அது, முன்னோக்குச் சார்பிலும் உள்ளது. இதனால், அது சுழி மின்னழுத்த அரண் கொண்ட மூடிய சாவியாகச் செயல்படுகிறது. எனவே, ஓம்விதியைப் பயன்படுத்தி டையோடு வழியாகச் செல்லும் மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடலாம்.

$$V = IR$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{15}{5} = 3\,A$$

எடுத்துக்காட்டு 10.2

சிலிக்கான் டையோடு ஒன்று 1kΩ மின்தடையாக்கியுடன் படத்தில் உள்ளவாறு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இங்கு AB வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டத்தின் மதிப்பைக் காண்க.



தீர்வு

A மற்றும் B க்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு பின்வருமாறு தரப்படுகிறது.

$$V = [V_A - V_B] - V_b(\text{Si})$$
$$= [3.3 - (-7.4)] - 0.7$$
$$= 10.7 - 0.7 = 10\text{ V}$$

AB வழியாக பாயும் மின்னோட்டத்தை ஓம் விதியை பயன்படுத்திப் பெறலாம்.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{10}{1\times10^3} = 10^{-2}\text{ A} = 10\text{mA}$$

10.3.4 திருத்துதல்

மாறுதிசை மின்னழுத்தம் அல்லது மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை நேர்திசை மின்னழுத்தம் அல்லது நேர்திசை மின்னோட்டமாக மாற்றும் செயல் முறை திருத்துதல் எனப்படும். இந்தச் செயல்முறைக்கு பயன்படுத்தப்படும் கருவி திருத்தி என அழைக்கப்படும். இப்பகுதியில் இரண்டு வகையான திருத்திகளைப்பற்றி விவரிக்க உள்ளோம். அவையாவன அரை அலைதிருத்தி மற்றும் முழு அலைதிருத்தி ஆகும்.

i) அரை அலை திருத்தி மின்சுற்று:

அரை அலைதிருத்தி மின் சுற்றானது ஒரு மின்மாற்றி, ஒரு *p-n* சந்தி டையோடு மற்றும் மின்தடை ஆகியவற்றைக் கொண்டிருக்கும் (படம் 10.17 (a)). அரை அலை திருத்தி சுற்றில் AC உள்ளீடின் நேர் அரை அலையோ அல்லது எதிர் அரை அலையோ டையோடு வழியே செலுத்தப்பட்டு மற்றொரு பாதி தடுக்கப்படுகிறது. உள்ளீடு அலையின் ஒரு பாதி மட்டுமே திருத்தப்படுகிறது. எனவே, இது அரை அலைதிருத்தி எனப்படும். இங்கு *p-n* சந்தி டையோடு திருத்தி டையோடாகச் செயல்படுகிறது.

உள்ளீடு சைகையின் நேர் அரை அலையின் போது:

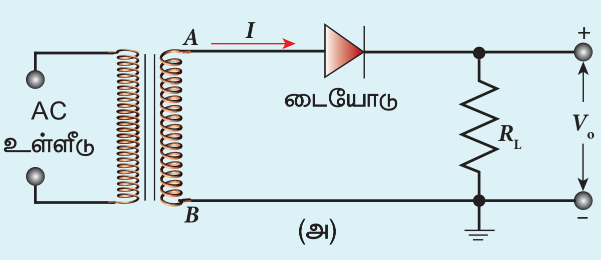
AC உள்ளீடு சைகையின் நேர் அரை அலையானது மின்சுற்றுக்கு அளிக்கப்படும்போது,

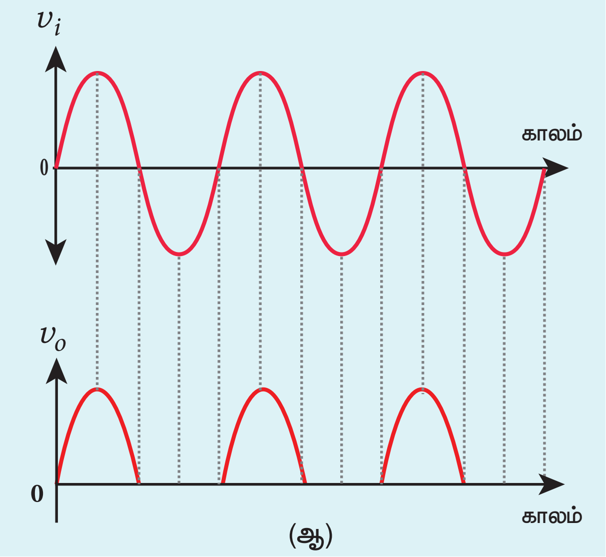
XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 207 19-12-2022 17:47:57

A முனையானது B முனையைப் பொருத்து நேர் மின்முனையாகச் செயல்படுகிறது. எனவே டையோடானது முன்னோக்குச் சார்பில் அமைந்து மின்னோட்டத்தைக் கடத்துகிறது. பளு மின்தடை R_L வழியாக மின்னோட்டம் பாய்ந்து, அதன் குறுக்கே V_0 என்ற வெளியீடு மின்னழுத்தம் உருவாகிறது. இந்த வெளியீடு மின்னழுத்தத்தின் அலை வடிவம் படம் 10.17 (ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

உள்ளீடு சைகையின் எதிர் அரை அலையின் போது

மின்சுற்றின் வழியாக உள்ளீடு AC சைகையின் எதிர் அரை அலையினை செலுத்தும்போது A முனையானது B முனையைப் பொருத்து எதிர்மின் முனையாகச் செயல்படும். இப்போது, டையோடு பின்னோக்குச் சார்பில் அமைந்து மின்னோட்டத்தைக் கடத்தாது. எனவே R_L வழியே எவ்வித மின்னோட்டமும் பாயாது. டையோடின் பின்னோக்குத் தெவிட்டிய மின்னோட்டம் இங்கு புறக்கணிக்கத்தக்கது. R_L வழியே எவ்வித மின்னழுத்த இறக்கமும் இல்லாததால் AC உள்ளீடின் எதிர் அரைச்சுற்று வெளியீட்டில் பெறப்படாது.





படம் 10.17 (அ) அரை அலை திருத்திமின்சுற்று (ஆ) உள்ளீடு மற்றும் வெளியீடு அலை வடிவங்கள்

அரை அலை திருத்தியின் வெளியீடு, நிலையான நேர்திசை மின்னோட்டமாக இல்லாமல், சுழியிலிருந்து குறிப்பிட்ட மதிப்புவரை அதிகரித்து மீண்டும் சுழியாகும் வரை குறையும். இது துடிப்பு மின்னழுத்தம் எனப்படும் அலையாக அமையும். மின்னழுத்த எலக்ட்ரானியல் கருவிகளில் பயன்படுத்த இயலாது. மாறாத மற்றும் நிலையான மின்னழுத்தமே எலக்ட்ரானியல் கருவிகளுக்கு தேவை. எனவே அரை அலைத்திருத்தியிலிருந்து வெளிவரும் கூடி குறையும் மின்னழுத்தத்தை வடிக்கட்டிச் சுற்றுகளையும், மின்னழுத்த கட்டுப்படுத்திச் சுற்றுகளையும் பயன்படுத்தி மாறாத நிலையான மின்னழுத்தமாக மாற்றப்படுகிறது.

அலைதிருத்தியின் பயனுறுதிறன் (η) என்பது வெளியீடு DC திறனுக்கும், சுற்றுக்கு உள்ளீடாக அளிக்கப்பட்ட AC திறனுக்கும் இடைப்பட்ட விகிதம் ஆகும். அரை அலை அலைதிருத்தியில் இதன் மதிப்பு 40.6% ஆகும்.

> **குறிப்பு** சுற்றில் டையோடின் முனைகளை மாற்றினால், AC உள்ளீடு சைகையின் எதிர் அரைச்சுற்று வெளியீடாகப் பெறப்பட்டு நேர் அரைச்சுற்று தடுக்கப்படும்.

ii) முழு அலை திருத்தி

உள்ளீடு AC சைகையின் நேர் மற்றும் எதிர் அரைச் சுற்றுகள் இவ்வகை அலைதிருத்தியினால் திருத்தப்படுவதால் இது முழு அலை திருத்தி என அழைக்கப்படுகின்றது. இந்த மின்சுற்று படம் 10.18 (அ) – இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் இரண்டு *p-n* சந்தி டையோடுகள், மையச்சாவி மின்மாற்றி மற்றும் ஒரு பளு மின்தடை (R_L) ஆகியவை உள்ளன. மைய முனையானது பொதுவாக தரைஇணைப்பு அல்லது சுழி மின்னழுத்த குறிப்பு புள்ளியாக கருதப்படுகிறது. மையச்சாவி மின்மாற்றியின் உதவியால், ஒவ்வொரு டையோடும் மொத்த துணைச்சுற்று மின்னழுத்தத்தில் ஒரு பாதியைத் திருத்துகிறது.

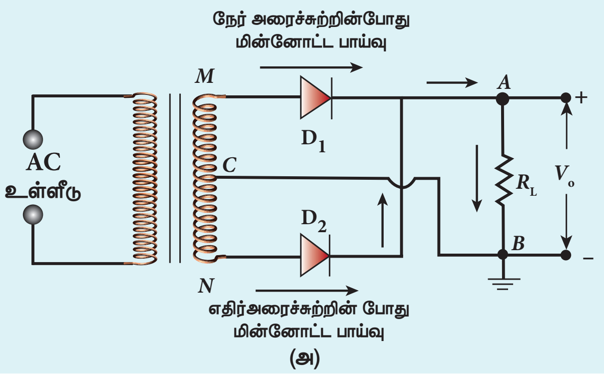
உள்ளீடு சைகையின் நேர் அரை அலையின் போது

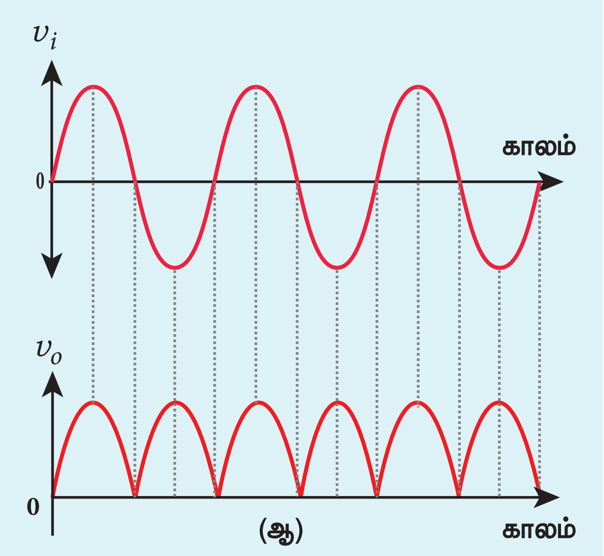
மின்சுற்று வழியாக AC உள்ளீடு சைகையின் நேர் அரைச்சுற்றைச் செலுத்தும்போது M ஆனது நேர் மின் முனையாகவும், C ஆனது சுழிமின்னழுத்தமாகவும், N ஆனது எதிர் மின் முனையாகவும் அமையும். இதனால் டையோடு D_1 முன்னோக்குச் சார்பிலும், டையோடு D_2 பின்னோக்குச் சார்பிலும் அமைகின்றன. எனவே டையோடு D_1 மின்னோட்டத்தை MD_1ABC பாதை வழியே கடத்துகிறது.

உள்ளீடு சைகையின் எதிர் அரை அலையின் போது

மின்சுற்று வழியாக AC உள்ளீடு சைகையின் எதிர் அரைச்சுற்றைச் செலுத்தும்போது, N

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 208 19-12-2022 17:47:58





படம் 10.18 (அ) முழு அலை திருத்தி மின்சுற்று (ஆ) உள்ளீடு மற்றும் வெளியீட்டு அலை வடிவங்கள்

ஆனது நேர்மின் முனையாகவும், C ஆனது சுழி மின்னழுத்தமாகவும் M ஆனது எதிர்மின் முனையாகவும் அமைகின்றன. இதனால் டையோடு D_2 முன்னோக்குச் சார்பிலும் D_1 பின்னோக்குச் சார்பிலும் அமைகின்றன. எனவே டையோடு D_2 ஆனது மின்னோட்டத்தை ND_2ABC என்னும் பாதையில் கடத்துகிறது.

உள்ளீடின் நேர் மற்றும் எதிர் அரைச்சுற்றின் போது, பளு வழியே செல்லும் மின்னோட்டம் ஒரே திசையில் அமைகிறது. உள்ளீடு சைகைகளுக்கு ஏற்ப உருவாகும் வெளியீடு சைகை படம் 10.18 (ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இரண்டு அரைச்சுற்றுகளின் போதும் AC உள்ளீடுகள் திருத்தப்பட்டாலும், வெளியீடானது துடிப்புத்தன்மையுடனேயே அமைகிறது,

முழு அலைதிருத்தியின் பயனுறுதிறன் (η) ஆனது அரை அலைதிருத்தியின் பயனுறு திறனைப் போல் இருமடங்காக அதாவது 81.2% ஆக அமையும். இதற்கு காரணம் கம்பிச்சுருள், டையோடு மற்றும் பளு மின்தடை ஆகியவற்றில் ஏற்படும் திறன் இழப்பு ஆகும்.

குறிப்பு

மையச் சாவி மின்மாற்றி: துணைச்சுற்றின் மையப்புள்ளியில் உள்ள சாவி, இணைப்பு தர ஏதுவான வசதி கொண்டுள்ளது. இதன்மூலம், துணைச் சுருளின் ஒரு மையத்திற்கும் மையப் புள்ளிக்கும் இடையே தூண்டப்பட்ட மின்னழுத்தத்தை அளவிடலாம். மையச் சாவி இணைப்புப் புள்ளி தரையிணைப்பு செய்யப்பட்டால் துணைச் சுற்றுக்குக் குறுக்கே அளிக்கப்படும் மின்னழுத்தம் இரண்டு பாதியாக பிரிக்கப்படும். எடுத்துக்காட்டாக துணைச்சுற்றின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்தம் 240V எனில் துணைச்சுற்றின் ஒரு முனைக்கும் மையச் சாவி இணைப்பிற்கும் உள்ள மின்னழுத்தம் +120V மற்றும் மற்றொரு முனைக்கு உள்ள மின்னழுத்தம் –120V ஆகும்.

10.3.5 முறிவு செயல்முறை

டையோடில் சிறுபான்மை ஊர்தியால் ஏற்படும் பின்னோக்கு மின்னோட்டம் அல்லது பின்னோக்குத் தெவிட்டிய மின்னோட்டம் மிகக்குறைவு ஆகும். *p-n* சந்திக்கு அளிக்கப்படும் பின்னோக்கு மின்னழுத்தத்தை குறிப்பிட்ட ஒரு அளவிற்கு மேல் அதிகரித்தால், சந்தியானது முறிவடையும், மேலும் பின்னோக்கு மின்னோட்டமும் மிக அதிக அளவில் உயர்கிறது. எந்த மின்னழுத்தத்தில் முறிவு ஏற்படுகிறதோ அம்மின்னழுத்தம் முறிவு மின்னழுத்தம் எனப்படும் மற்றும் இது இயக்கமில்லா பகுதியின் அகலத்தை பொறுத்து அமையும்; இது மாசூட்டல் அளவை பொறுத்தது.

இயல்பான *p-n* சந்தி டையோடு இம்மின்னழுத்தத்தில் பாதிப்புக்குள்ளாகும். செனார் டையோடு போன்று சிறப்புமுறையில் வடிவமைக்கப்பட்ட டையோடுகள் முறிவுப்பகுதியில் செயல்பட்டு மின்னழுத்தம் கட்டுப்படுத்தும் சுற்றுகளில் பயன்படுகிறது. பின்னோக்கு மின்னழுத்தத்தை அதிகரிப்பதால் முறிவு ஏற்படுவதற்குக் காரணமான இரண்டு இயக்க முறைகள் உள்ளன.

i) சரிவு முறிவு

குறைந்த அளவு மாசூட்டப்பட்ட அகலமான இயக்கமில்லாப் பகுதிகளைக் கொண்ட சந்திகளில், சரிவு முறிவானது நடைபெறுகிறது. பின்னோக்குச் சார்பு மின்னழுத்த வேறுபாடானது ஒரு குறிப்பிட்ட அளவை மீறும் போது, பின்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாட்டினால் சிறுபான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகள் முடுக்கப்பட்டு, அவற்றின் இயக்க ஆற்றல் அதிகரிக்கின்றது. இயக்கமில்லாப் பகுதியின் வழியாக இந்த மின்னூட்ட ஊர்திகள் செல்லும்போது, குறைக்கடத்தி அணுகளுடன் மோதுகின்றன.

இதனால் சகப்பிணைப்புகள் முறிந்து, எலக்ட்ரான் – துளை ஜோடிகள் உருவாவதற்கு வழிவகுக்கின்றது.

புதிதாக உருவாக்கப்பட்ட மின்னூட்ட ஊர்திகளும் பின்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாட்டினால் முடுக்கப்படுகின்றன. இதன் விளைவாக ஏற்படும் அதிக மோதல்களால், மின்னூட்ட ஊர்திகள் மேலும் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன. இந்த ஒட்டுமொத்த செயல்முறையால், சந்தியின் குறுக்கே பெருமளவு (கட்டுப்படுத்த முடியாத அளவுக்கு அதிக எண்ணிக்கையிலான) மின்னூட்ட ஊர்திகள் உருவாக்கப் படுகின்றன. இதனால் டையோடு மின்னோட்டம் திடீரென உயர்ந்து, முறிவு நடைபெறுகிறது. இந்த முறிவு, சரிவு முறிவு என்று அழைக்கப்படுகிறது.

ii) சென்னர் முறிவு

மிக அதிக அளவு மாசூட்டப்பட்ட *p-n* சந்திகளில் $<10^{-6}$m க்கு குறைவான அளவுகளில் மெல்லிய இயக்கமில்லாப் பகுதி இருக்கும். சந்திகளின் குறுக்கே முறிவு எல்லைவரை பின்னோக்கு மின்னழுத்தத்தை அதிகரிக்கும் போது, 3×10^{7} V m^{-1} அளவுக்கு வலிமையான மின்புலம் மெல்லிய இயக்கமில்லாப் பகுதியின் குறுக்கே உருவாக்கப்படுகிறது. இந்த மின்புலம் படிக தளத்தில் உள்ள சகப்பிணைப்பை முறித்து அதன் மூலம் எலக்ட்ரான் – துளை ஜோடியை உருவாக்கும் அளவு போதுமான வலிமை கொண்டது ஆகும். இந்த விளைவு **சென்னர் விளைவு** எனப்படும்.

இந்நிலையில் மேற்கொண்டு மிகச்சிறிய அளவில் பின்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாட்டை அதிகரித்தாலும் கூட, அது மிக அளவு மின்னூட்ட ஊர்திகளை உருவாக்கும். அவை மெல்லிய இயக்கமில்லாப் பகுதியின் வழியாகச் சந்திக்கு குறுக்கே நகர்கின்றன. இந்த செயல்முறையானது அதிக அளவு பின்னோக்கு மின்னோட்டத்தை அல்லது முறிவு மின்னோட்டத்தை உருவாக்குகிறது. இத்தகைய முறிவு, சென்னர் முறிவு என்று அழைக்கப்படுகிறது.

குறிப்பு

சரிவு முறிவில், சகப்பிணைப்பை முறித்து புதிய மின்னூட்ட ஊர்திகள் உருவாக்கத் தேவையான ஆற்றலை, அதிகப்படியான பின்னோக்குச் சார்பு மின்னழுத்தவேறுபாட்டின் மூலம் சிறுபான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகள் பெறுகின்றன. ஆனால், வலிமையான மின் புலம் இருப்பதால், சகப்பிணைப்புகளின் நேரடி முறிவு காரணமாக சென்னர் முறிவு ஏற்படுகிறது. இயக்கமில்லாப் பகுதி மெல்லியதாக இருப்பதால், சரிவு முறிவு மின்னழுத்த வேறுபாட்டுடன் ஒப்பிடும் போது, சென்னர் முறிவு பொதுவாக குறைவான பின்னோக்குச் சார்பு மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் நடைபெறுகிறது.

10.3.6 செனார் டையோடு

செனார் டையோடு என்பது அதிக அளவு மாசூட்டப்பட்டுப் பின்னோக்குச் சார்பில் செயல்படுத்தப்படும் சிலிக்கான் டையோடு ஆகும். இதனைக் கண்டுபிடித்த கிளாரன்ஸ் மெல்வின் செனார் என்பவரின் பெயரினால் இது அழைக்கப்படுகிறது. இது முறிவுப் பகுதியில் செயலாற்றும் வகையில் சிறப்பாக வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளது. சிலிக்கான் டையோடு–களில் முறிவு மின்னழுத்தம் 2V முதல் 1000 V வரையிலான நெடுக்கத்தில் அமையுமாறு மாசூட்டல் அளவானது மாற்றி அமைக்கப்படுகிறது.

முன்பகுதியில் விளக்கியவாறு பின்னோக்குத் மின்னழுத்தத்தால் இயக்கமில்லாப் பகுதியில் ஏற்படுத்தப்படும் வலிமையான மின் புலமானது சகப் பிணைப்பை முறிப்பதால் செனார் முறிவு ஏற்படுகிறது. இதனால் மிக அதிக அளவில் உருவாக்கப்படும் எலக்ட்ரான்களும் துளைகளும் பின்னோக்குத் தெவிட்டிய மின்னோட்டத்தை உண்டாக்குகின்றன. இந்த மின்னோட்டமானது, புறமின்தடை மற்றும் டையோடினால் பயன்படுத்தப்படும் திறன் ஆகிய இரண்டினாலும் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. படம் 10.19 (அ) மற்றும் 10.19 (ஆ) இல் முறையே செனார் டையோடு மற்றும் மின்சுற்றுக் குறியீடு ஆகியவை காட்டப்பட்டுள்ளன.

இது சாதாரண *p–n* சந்தி டையோடினைப் போலவே அமையும் ஆனால் *n*-பகுதி மின் வாயானது ஆங்கில எழுத்து '*z*' வடிவில் அமையும். அம்புக்குறியானது மரபு மின்னோட்டத்தின் திசையைக் குறிக்கும். படம் 10.19 (அ) இல் உள்ள கருப்பு வளையம் *n*–பகுதி மின்வாயைக் குறிக்கிறது.

படம் 10.19 செனார் டையோடு (அ) வணிக ரீதியான படம் (ஆ) மின்சுற்று குறியீடு

செனார் டையோடின் V–I சிறப்பியல்புகள்

செனார் டையோடின் முன்னோக்கு மற்றும் பின்னோக்குச் சிறப்பியல்புகளை அறிவதற்கான மின் சுற்றுகள் படம் 10.20(அ) மற்றும் 10.20(ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளன. 10.20(இ)இல் செனார் டையோடின் சிறப்பியல்பு காட்டப்பட்டுள்ளது. செனார் டையோடின் முன்னோக்குச் சார்பு சிறப்பியல்பு சாதாரண *p-n* சந்தி டையோடினை போன்றே அமைகிறது. இது தோராயமாக 0.7 V மின்னழுத்தத்தில் மின்னோட்டத்தைக் கடத்தத் தொடங்குகிறது. எனினும், செனார் டையோடின் பின்னோக்குச் சிறப்பியல்பு

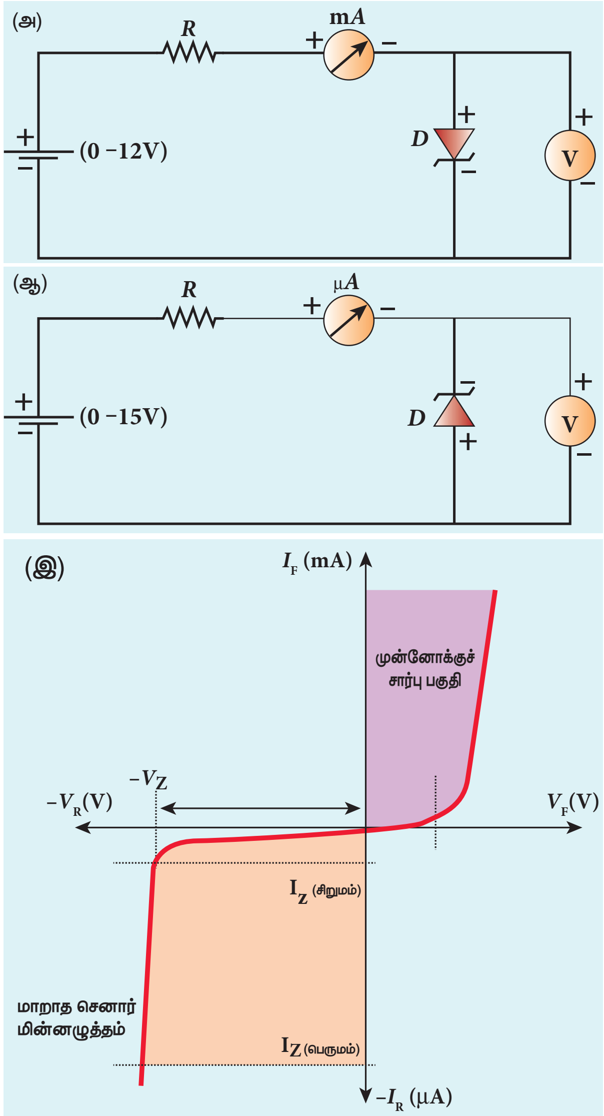
XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 210 19-12-2022 17:47:59

மிகவும் முக்கியத்துவம் வாய்ந்தது. பின்னோக்கு மின்னழுத்தத்தை அதிகரிக்க பொதுவாக மிகச்சிறிய அளவு பின்னோக்கு மின்னோட்டம் உருவாக்கப்படும். ஆனால், சௌனர் டையோடில் பின்னோக்கு மின்னழுத்தத்தைமுறிவுமின்னழுத்திற்கு (V_Z) சமமான அளவுக்கு உயர்த்தும்போது மின்னோட்ட உயர்வு மிக அதிகமாக இருக்கும். முறிவுப்பகுதி முழுவதும் மின்னழுத்தமானது பெரும்பாலும் மாறிலியாகவே அமையும். படம் 10.20 (இ) இல் $I_{Z(\text{பெருமம்})}$ ஆனது பெரும பின்னோக்கு மின்னோட்டத்தை குறிக்கிறது.

பின்னோக்கு மின்னோட்டம் மேலும் அதிகரிக்கும்போது, டையோடானது சேதமடையும்.

பின்னோக்குச் சிறப்பியல்பின் முக்கிய பண்புகள்

- செனார் முறிவு மின்னழுத்தம், V_Z
- முறிவினை நிலைநிறுத்த தேவைப்படும் சிறும மின்னோட்டம், $I_{Z(\text{சிறுமம்})}$



படம் 10.20 செனார் டையோடு (அ) முன்னோக்குச் சார்பு (ஆ) பின்னோக்குச் சார்பு (இ) V-I சிறப்பியல்பு

- பெரும திறன் இழப்பினால் கட்டுப்படுத்தப்படும் பெரும மின்னோட்டம், $I_{Z(\text{பெருமம்})}$

பின்னோக்குச் சார்பில் செயல்படுத்தப்படும் செனார் டையோடானது V_Z ஐ விட அதிக மின்னழுத்தத்தையும் I_Z(பெருமம்) ஐவிட குறைவான மின்னோட்டத்தையும் கொண்டிருக்கும். பின்னோக்குச் சிறப்பியல்பானது உண்மையான செங்குத்துக் கோடு அல்ல. இதன் பொருள் டையோடானது மிகச்சிறிய அளவு செனார் இயக்க மின்னெதிர்ப்பைக் கொண்டிருத்தலே ஆகும். செனார் மின்தடை என்பது, சிறப்பியல்பின் முறிவுப் பகுதியில் வரையப்படும் சாய்வின் தலைகீழ் மதிப்பாகும். இதன்பொருள் செனார் மின்னோட்டம் அதிகரிக்கும்போது பின்னோக்கு மின்னழுத்தம் மிகச்சிறிய அளவே அதிகரிக்கும் என்பதாகும். எனினும், இதனைப் புறக்கணிக்கலாம். நல்லியல்பு செனார் டையோடு முறிவுப் பகுதியில் நுழையும் போது அதன் மின்னழுத்தத்தில் மாற்றம் இருக்காது. **வேறு வார்த்தைகளில், I_Z கணிசமாக உயர்ந்தாலும் V_Z ஆனது பெரும்பாலும் மாறிலியாகவே அமையும்.**

குறிப்பு

செனார் டையோடு முறிவுப் பகுதியில் நுழைவதற்கு முன்பு அளிக்கப்படும் பெரும மின்னழுத்தம் பெரும பின்னோக்கு சார்பு மின்னழுத்தம் எனப்படும். வணிக ரீதியாக இது PIV அளவீடு எனப்படும்.

பயன்பாடுகள்

செனார் டையோடு ஆனது

- மின்னழுத்த கட்டுப்படுத்தியாகவும்
- மின்னழுத்தங்கள் அளவிடும் கருவியாகவும்
- சார்புபடுத்தும் மின்சுற்று வலைகளில் குறிப்பு மின்னழுத்தத்தை அளிக்கவும்
- எதிர்பாராத விதமாக அளிக்கப்படும் அதிகப்படியான மின்னழுத்தங்களினால் கருவிகள் பழுதடையாமல் இருக்கவும்

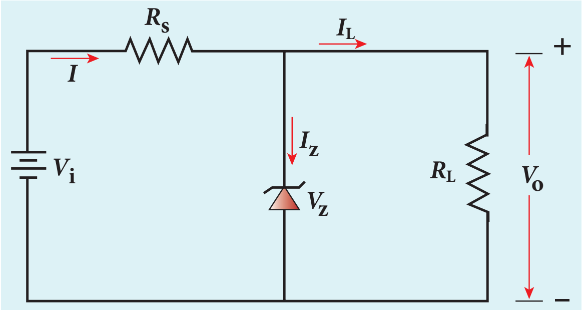
பயன்படுத்தப்படுகிறது.

செனார் டையோடு ஒரு மின்னழுத்த சீரமைப்பானாகச் செயல்படுதல்:

முறிவுப் பகுதியில் செயல்படும் ஒரு செனார் டையோடு மின்னழுத்த சீரமைப்பானாகப் பயன்படுகிறது. அதன் மின்சுற்று படம் 10.21ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. டையோடு சேதமடையாமல் இருக்க செனார் மின்னோட்டத்தை வரம்பு படுத்தும் வகையில் தகுந்த மதிப்புடைய R_S என்ற மின்தடை தொடர் இணைப்பில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இந்த மின்தடை மின்னழுத்த சீரமைப்பான் பணியிலும் பங்கு வகிக்கிறது. மாறுபடும் DC உள்ளீடு

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 211 19-12-2022 17:48:00

மின்சுற்றுக்கு அளிக்கப்பட்டு செனார் டையோடுடன் பக்க இணைப்பில் உள்ள R_L என்ற பளுமின் தடையின் குறுக்கே மாறா வெளியீடு மின்னழுத்தம் V_0 பெறப்படுகிறது. உள்ளீடு மின்னழுத்தமானது V_Z என்ற செனார் மின்னழுத்தத்தை விட அதிகமாக இருக்கும் வரை வெளியீடு மின்னழுத்தமானது மாறிலியாக நிலைநிறுத்தப்படுகிறது.



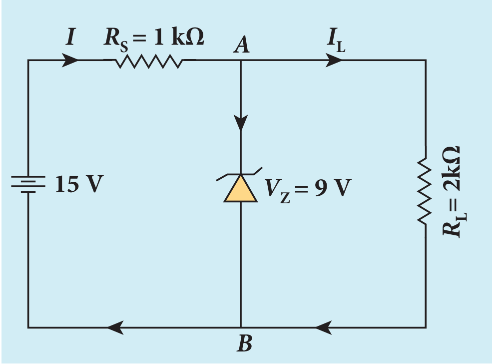
படம் 10.21 செனார் டையோடின் மூலம் மின்னழுத்தம் கட்டுப்படுத்துதலை அறிய உதவும் மின்சுற்று

உள்ளீடு DC மின்னழுத்தம் அதிகரிக்கும்போது, செனார் மின்னோட்டம் அதிகரிக்கிறது. இதனால் R_S ன் வழியாக பாயும் மின்னோட்டமும் அதிகரித்து R_S ன் குறுக்கே மின்னழுத்த இறக்கமும் அதிகரிக்கிறது, டையோடு வழியே பாயும் அதிகரிக்கப்பட்ட மின்னோட்டம் ஆனது I_L ன் மதிப்பை பாதிக்காது, செனார் டையோடு பின்னோக்கு சார்பில் செயல்படுவதால், டையோடு வழியாக பாயும் பின்னோக்கு மின்னோட்டம் கணிசமாக அதிகரித்தாலும் டையோடின் குறுக்கே செனார் முறிவு மின்னழுத்தம் ஏறக்குறைய மாறிலியாக இருக்கும். உள்ளீடு மின்னழுத்தத்தின் அதிகரிக்கப்பட்ட மதிப்பு R_S ன் குறுக்கே இறங்குகிறது. இதனால் R_S ஆனது இறங்கு மின்தடை (Dropping Resistance) எனப்படும். பக்க இணைப்பின் காரணமாக R_L ன் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு செனார் முறிவு மின்னழுத்தத்திற்கு சமமாகிறது. மேலும் இதுவே V_0 எனும் மாறா வெளியீடு மின்னழுத்தமாகிறது.

உள்ளீடு *DC* மின்னழுத்தத்தை குறைக்கும் போது, டையோடின் வழியாக பாயும் மின்னோட்டம் குறைவதால் R_S ன் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த இறக்கம் குறையும். எனவே, வெளியீடு மின்னழுத்தம் V_0 மாறிலியாகவே அமையும். மொத்தத்தில், உள்ளீடு மின்னழுத்தத்தில் எவ்வித மாறுபாடு ஏற்பட்டாலும் அதற்கேற்ப R_S ன் குறுக்கே மின்னழுத்த இறக்கம் மாறுபடும். ஆனால் செனார் டையோடு அல்லது R_L ன் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்தம் மாறிலியாகவே அமையும். இவ்வாறு செனார் டையோடு மின்னழுத்த சீரமைப்பானாக செயல்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 10.3

பளு மின்தடை $2\ k\Omega$ ஆக இருக்கும்போது செனார் டையோடு வழியாக பாயும் மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடுக (இங்கு டையோடு நல்லியல்பு கொண்டது எனக் கருத வேண்டும்).



தீர்வு

AB யின் குறுக்கே மின்னழுத்தம், $V_Z = 9V$

R_S ன் குறுக்கே மின்னழுத்த இறக்கம் $= 15 - 9 = 6V$

எனவே R_S ன் வழியே பாயும் மின்னோட்டம்,

$$I = \frac{6}{1\times10^3} = 6\ mA$$

பளு மின்தடைக்குக் குறுக்கே மின்னழுத்தம் $V_{AB} = 9V$

பளு மின்தடை வழியே பாயும் மின்னோட்டம்

$$I_L = \frac{V_{AB}}{R_L} = \frac{9}{2\times10^3} = 4.5\ mA$$

செனார் டையோடு வழியே பாயும் மின்னோட்டம்

$$I_Z = I - I_L = 6\,mA - 4.5\,mA = 1.5\ mA$$

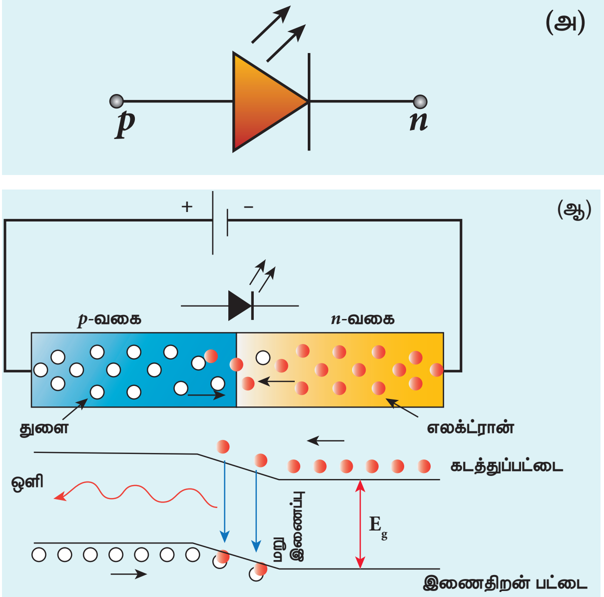
10.3.7 ஒளி எலக்ட்ரானியல் கருவிகள்

ஒளி எலக்ட்ரானியல் ஆனது குறைகடத்திகள் உதவியால் மின்னாற்றலை ஒளியாகவும், ஒளியைப் மின்னாற்றலாகவும் மாற்றும் சாதனங்களைப் பற்றி விவரிக்கிறது. இச்சாதனங்கள் ஒளியை பயனுள்ள வழியில் உபயோகப்படுத்தும் எலக்ட்ரானியல் கருவிகளாகும். இப்பகுதியில் நாம் சில முக்கிய ஒளி எலக்ட்ரானியல் கருவிகளான ஒளி உமிழ் டையோடு, ஒளி டையோடு மற்றும் சூரிய மின்கலங்களைப் பற்றி விவாதிப்போம்.

i) ஒளி உமிழ்வு டையோடு (LED)

LED என்பது முன்னோக்குச் சார்பில் செயல்படும்போது கட்புலனாகும் மற்றும்

கட்புலனாகாத ஒளியை உமிழும் *p-n* சந்தி டையோடு ஆகும். இந்நிகழ்வில் மின்னாற்றலானது ஒளி ஆற்றலாக மாறுவதால், இது மின் ஒளிர்வு எனவும் அழைக்கப்படும். LED இன் மின்சுற்றுக் குறியீடு படம் 10.22 (அ)இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. அம்புக்குறியின் திசையானது டையோடிலிருந்து ஒளி உமிழப்படுவதை குறிக்கிறது.



படம் 10.22 (அ) ஒளி உமிழ் டையோடின் மின் சுற்று குறியீடு (ஆ) மறு இணைப்பு செயல்பாட்டினை விளக்கும் குறியீட்டு படம்

p-n சந்தியானது முன்னோக்குச் சார்பில் அமைக்கப்பட்டால், *n*-பகுதியில் உள்ள கடத்து பட்டை எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் *p*-பகுதியில் உள்ள இணைதிறன் பட்டை துளைகள் சந்தியின் குறுக்கே விரவுகின்றன. அவை சந்தியைக் கடந்தபிறகு, மிகுதியான சிறுபான்மை ஊர்திகளாகின்றன [*p*-பகுதிக்குச் சென்ற எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் *n*-பகுதிக்குச் சென்ற துளைகள்] இந்த மிகுதியான சிறுபான்மை ஊர்திகள் அவற்றிற்கு எதிரான மின்னூட்டமுள்ள அப்பகுதிகளுக்குறிய பெரும்பான்மை ஊர்திகளுடனான மறு இணைப்பில் ஈடுபடுகின்றன. அதாவது, கடத்து பட்டை எலக்ட்ரான்கள் இணைதிறன் பட்டையின் துளைகளுடன் மறு இணைப்பில் ஈடுபடுகின்றன. இது படம் 10.22 (ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

மறு இணைப்பு நிகழ்வின்போது, ஆற்றலானது, ஒளி (கதிர்வீச்சு) அல்லது வெப்ப (கதிர்வீச்சற்ற) வடிவில் வெளியிடப்படுகிறது. கதிர்வீச்சு மறு இணைப்பில், hv ஆற்றலுள்ள ஃபோட்டான் வெளியிடப்படுகிறது. கதிர்வீச்சற்ற மறு இணைப்பில், ஆற்றலானது வெப்ப வடிவில் வெளியிடப்படும்.

வெளியிடப்படும் ஒளியின் நிறமானது பொருளின் ஆற்றல் பட்டை இடைவெளியைப் பொறுத்து அமையும். எனவே, LED க்கள் பல்வேறு நிறங்களில் அதாவது நீலம் (SiC), பச்சை (AlGaP) மற்றும் சிவப்பு (GaAsP) ஆகிய நிறங்களில் கிடைக்கின்றன. தற்போது ஒளி உமிழ்வு டையோடுகள் வெள்ளை நிறத்தில் (GaInN) கூடக் கிடைக்கின்றன.

பயன்பாடுகள்

- அறிவியல் மற்றும் ஆய்வகக் கருவிகளின் முகப்பு பலகையில் சுட்டு விளக்காகப் (Indicator lamp) பயன்படுகிறது.
- ஏழு உறுப்பு காட்சித் திரையாகப் (seven segment display) பயன்படுகிறது.
- போக்குவரத்துச் சைகை விளக்குகள், அவசர கால ஊர்திகளின் விளக்குகள் போன்றவற்றில் பயன்படுகிறது
- தொலைக்காட்சி, அறை குளிரூட்டி ஆகியவற்றின் தொலை இயக்கிக் கருவியாகப் பயன்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 10.4

GaAsP னால் உருவாக்கப்பட்ட LED லிருந்து வெளிப்படும் ஒளியின் அலைநீளத்தைக் கண்டுபிடி. இந்தக் குறைகடத்தியின் விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி 1.875 eV ஆகும். வெளிப்படும் ஒளியின் நிறத்தையும் குறிப்பிடுக [$h = 6.6 \times 10^{-34}$ Js எனக் கொள்க].

தீர்வு

$$E_g = \frac{hc}{\lambda}$$

எனவே,

$$\lambda = \frac{hc}{E_g} = \frac{6.6\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{1.875\times1.6\times10^{-19}}$$

$$= 660 \text{ nm}$$

அலை நீளத்தின் மதிப்பு 660 nm என்பது, சிவப்பு நிற ஒளிக்கு உரியது ஆகும்.

ii) ஒளிடையோடுகள்

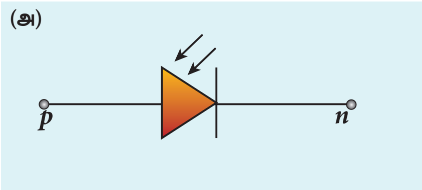
ஒளியியல் சைகைகளை மின் சைகைகளாக மாற்றும் *p-n* சந்தி டையோடு ஒளிடையோடு எனப்படும். எனவே, ஒளிடையோடின் செயல்பாடு

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 213 19-12-2022 17:48:02

www.tnschoolbooks.in

LED–இன் செயல்பாட்டுக்கு நேர் எதிரானது ஆகும். ஒளி டையோடு பின்னோக்குச் சார்பில் செயல்படும். இதன் மின்சுற்றுக் குறியீடு படம் 9.23 (அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. அதிலுள்ள அம்புக்குறிகள் ஒளி அதன்மீது படுவதைக் குறிக்கின்றன.

இக்கருவியில் ஒளி உணர்வு உள்ள குறைகடத்திப் பொருளால் ஆன *p-n* சந்தியானது பாதுகாப்பாக ஒரு நெகிழிப் பெட்டியில் படம் 9.23 (ஆ) இல் உள்ளவாறு வைக்கப்பட்டுள்ளது. இதில் *p-n* சந்திமீது ஒளி விழ ஏதுவாக ஒளி ஊடுருவும் ஒரு சிறிய சன்னல் உள்ளது. ஒளிடையோடின் *p-n* சந்தி மீது ஒளிபட்டவுடன் மின்னோட்டத்தை உற்பத்தி செய்வதால் அவை ஒளி உணர்விகள் எனப்படுகின்றன.



படம் 9.23 (அ) மின் சுற்று குறியீடு (ஆ) ஒளி டையோடின் தோற்றம்

போதுமான ஆற்றல் கொண்ட போட்டான் $h\nu$ ஆனது, டையோடின் இயக்கமில்லாப் பகுதி மீது படும்போது, இணைதிறன் பட்டையிலுள்ள சில எலக்ட்ரான்கள் கடத்து பட்டைக்கு செல்கின்றன. இதனால், இணைதிறன் பட்டையில் துளைகள் உருவாகின்றன. இது எலக்ட்ரான் – துளை இணையை உருவாக்கும். எலக்ட்ரான் – துளை இணையின் எண்ணிக்கை *p-n* சந்தி மீது படும் ஒளியின் செறிவினைப் பொருத்து அமையும்.

இந்த எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் துளைகள் மறு இணைப்பு ஏற்படுவதற்கு முன்பே, பின்னோக்குச் சார்பு மின்னழுத்தினால் உருவாக்கப்பட்ட மின்புலத்தினால் சந்தியின் குறுக்கே எதிரெதிராக விரட்டப்படுகின்றன. அதாவது, துளைகள் *p*-பகுதிக்கும், எலக்ட்ரான்கள் *n*-பகுதிக்கும் செல்கின்றன. இதனைப் புற மின்சுற்றில் இணைக்கும்போது, எலக்ட்ரான்கள் புறமின் சுற்றில் பாய்ந்து ஒளி மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்தும்.

ஒளி படாத போது, பின்னோக்கு மின்னோட்டம் புறக்கணிக்கத்தக்க அளவு இருக்கும். ஒளி படாத நிலையில் ஏற்படும் இந்த பின்னோக்கு மின்னோட்டம், இருள் மின்னோட்டம் எனப்படும். இது வெப்பத்தினால் உருவாக்கப்பட்ட சிறு–பான்மை ஊர்திகளால் ஏற்படுகிறது.

பயன்பாடுகள்

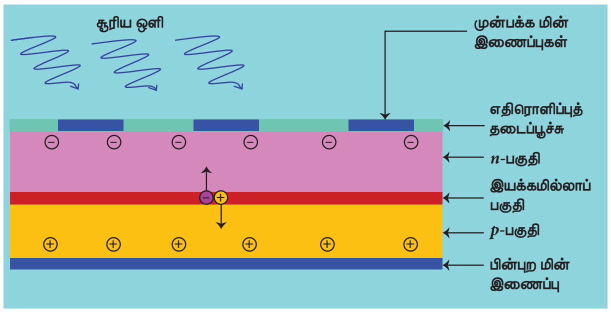
ஒளிடையோடுகள் பின்வரும் வகைகளில் பயன்படுகிறது.

- எச்சரிக்கை மணி அமைப்பு
- கிடைத்தள இயக்கத்திலுள்ள இயங்குபட்டையில் எண்ணிக்கைக் கருவியாக பயன்படுதல்
- ஒளி கடத்திகள்
- குறுந்தகடு இயக்கிகள், புகை கண்டுணர்விகள்
- மருத்துவத் துறையில் x–கதிர்கள் மூலம் உடல் உறுப்புகளைக் கண்டுணர்ந்து கணினி மூலம் வரைபடமாக அளித்தல்.

ii) சூரிய மின்கலம்

சூரிய மின்கலம் அல்லது ஒளி வோல்டா மின்கலமானது, ஒளி வோல்டா விளைவு எனும் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் செயல்படுகிறது. அதன்படி, சூரிய மின்கலத்தில் *p–n* சந்தி மீது சூரிய ஒளிபடும் போது அதற்கேற்ப மின்னியக்கு விசையை உருவாக்குகிறது. சூரிய மின்கலத்தின் வடிவமைப்பு மற்றும் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றம் படம் 10.24ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

சூரிய மின்கலனில் சந்திக்கு அருகில் உட்கவரப்படும் ஒளியினால் எலக்ட்ரான்–துளை இணைகள் உருவாகின்றன. இயக்கமில்லாப் பகுதியில் உள்ள மின்புலத்தின் காரணமாக, மின்னூட்ட ஊர்திகள் பிரிக்கப்படுகின்றன. எலக்ட்ரான்கள் *n*–வகை சிலிக்கான் அடுக்கை நோக்கியும், துளைகள் *p*–வகை சிலிக்கான் படலத்தை நோக்கியும் நகர்கின்றன. *n*–பகுதியை அடையும் எலக்ட்ரான்களை முன்புற மின் இணைப்பு (உலோக விரல் இணைப்பு) சேகரிக்கும்; *p*–பகுதியை அடையும் துளைகளை பின்புற மின் இணைப்பு சேகரிக்கும். இதன் காரணமாக மின்கலத்தின் குறுக்கே மின்னழுத்த வேறுபாடு உருவாகும். சூரிய மின்கலத்துடன் வெளிப்புற பளு இணைக்கப்படும்போது அதன் வழியாக, ஒளி மின்னோட்டம் பாயும்.



படம் 10.24 சூரிய மின்கலத்தின் குறுக்குவெட்டுத் தோற்றம்

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 214 19-12-2022 17:48:02

அதிக எண்ணிக்கையில் சூரிய மின்கலன்கள் தொடரிணைப்பாகவோ பக்க இணைப்பாகவோ இணைக்கப்பட்டு சூரிய பலகையாக (Solar panel) உருவாக்கப்படுகின்றன. அதிக சூரிய மின்கலன் பலகைகள் ஒன்றுடன் ஒன்று இணைக்கப்பட்டு சூரிய தகடுகளின் தொகுப்பு (Solar array) உருவாக்கப்படுகிறது. மிக அதிக மின்திறன் பயன்பாடுகளில் சூரிய பலகைகள் மற்றும் சூரிய தகடுகளின் தொகுப்பு ஆகியவை பயன்படுகின்றன.

பயன்பாடுகள்

- கணிப்பான்கள், கடிகாரங்கள், பொம்மைகள் ஆகியவற்றில் சூரிய மின்கலன்கள் அதிகளவும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. சூரிய மின்கலன்கள் இயங்கக்கூடிய மின்வழங்கிகளில் பயன்படுகின்றன.
- செயற்கைக் கோள் மற்றும் விண்வெளி பயன்பாடுகளில் சூரிய மின்கலன்கள் பயன்படுகின்றன.
- சூரிய பலகைகள் (Solar panels) வணிகரீதியான மின் உற்பத்தியில் பயன்படுகின்றன.

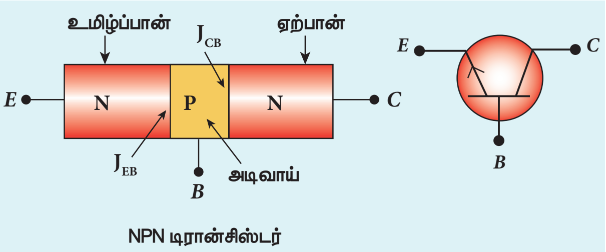
10.4 இரு முனை சந்தி டிரான்சிஸ்டர் (BJT)

அறிமுகம்

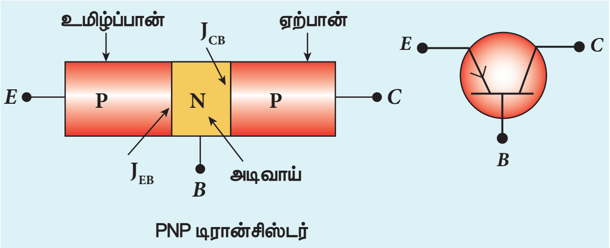
1951 இல் வில்லியம் ஷாக்லி என்பவர் டிரான்சிஸ்டரின் நவீன வடிவத்தை உருவாக்கினார். இது இருபதாம் நூற்றாண்டில் தொழில்நுட்ப புரட்சியை ஏற்படுத்த உதவிய குறைகடத்தி கருவி ஆகும். டிரான்சிஸ்டரில் வெப்ப இழப்பு மிகக் குறைவாகும். இப்பண்பு ஆயிரக்கணக்கில் மீச்சிறு டிரான்சிஸ்டர்களைக் கொண்ட தொகுப்புச் சுற்றை உருவாக்க அடிப்படையாக இருந்தது. வேகமாக முன்னேறிவரும் எலக்ட்ரானியல் தொழில் துறையில் அதிக அளவு பயன்பாடுகளுக்கு தொகுப்புச் சுற்றின் தோற்றம் வழிவகை செய்துள்ளது.

இரு முனை சந்தி டிரான்சிஸ்டர் (BJT)

இரு முனை சந்தி டிரான்சிஸ்டரில், ஒரு குறைகடத்தி (சிலிக்கான் அல்லது ஜெர்மானியம்) படிகத்தில் n-வகை பொருளானது இரண்டு p-வகை பொருள்களுக்கிடையே இடையீட்டு அடுக்காக அமைக்கப்படுகிறது (PNP டிரான்சிஸ்டர்) அல்லது ஒரு p-வகை பொருள் இரண்டு n-வகை பொருள்களுக்கிடையே இடையீட்டு அடுக்காக அமைக்கப்படுகிறது (NPN டிரான்சிஸ்டர்). ஈரப்பதத்திலிருந்து பாதுகாக்க டிரான்சிஸ்டரானது உலோக அல்லது நெகிழிப் பெட்டியில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. டிரான்சிஸ்டரின் இரு வகைகளும், மின்சுற்றுக் குறியீடுகளும் படம் 10.25இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



(அ)



(ஆ)

படம் 10.25 (அ) NPN டிரான்சிஸ்டர் மற்றும் அதன் மின்சுற்று குறியீட்டு படம் (ஆ) PNP டிரான்சிஸ்டர் மற்றும் அதன் மின்சுற்று குறியீட்டுப்படம்

இவ்வாறு உருவாக்கப்பட்ட மூன்று பகுதிகள் உமிழ்ப்பான், அடிவாய் மற்றும் ஏற்பான் எனப்படும். இவை முறையே E, B மற்றும் C எனப் பெயரிடப்பட்டு முனைகள் அல்லது மின் இணைப்பு அமைப்பு ஏற்படுத்தப்பட்டுள்ளது. BJT என்பது இரு $p-n$ சந்திகளைக் கொண்டுள்ளதால், உமிழ்ப்பான் – அடிவாய் சந்தி (J_{EB}) மற்றும் ஏற்பான் – அடிவாய் சந்தி (J_{CB}) ஆகிய இரு சந்திகளின் குறுக்கே முறையே இரண்டு இயக்கமில்லாப் பகுதிகள் உருவாகின்றன.

உமிழ்ப்பான் முனையில் p-லிருந்து n-க்கு குறிக்கப்பட்டுள்ள அம்புக்குறி மரபு மின்னோட்டத்தின் திசையைக் குறிக்கிறது.

உமிழ்ப்பான்

உமிழ்ப்பானின் முக்கிய செயல்பாடு பெரும்பான்மை ஊர்திகளை ஏற்பான் பகுதிக்கு அடிவாய் வழியாகத் தருவது ஆகும். எனவே மற்ற இரு பகுதியைவிட உமிழ்ப்பான் ஆனது அதிக அளவு மாசூட்டப்பட்டிருக்கும்.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 215 19-12-2022 17:48:03

அடிவாய்

மற்ற இருபகுதிகளை ஒப்பிடும்போது, அடிவாய் ஆனது மெல்லியதாக (10^{-6} m) குறைந்த அளவு மாசூட்டப்பட்டு இருக்கும்.

ஏற்பான்

உமிழ்ப்பானிலிருந்து அடிவாய் வழியாகச் செலுத்தப்படும் பெரும்பான்மை ஊர்திகளை ஏற்பதே ஏற்பானின் முக்கிய செயல்பாடு ஆகும். எனவே ஏற்பானின் அளவு மற்ற இரு பகுதியை விடப் பெரியதாக இருக்க வேண்டும். ஏனெனில், இது அதிக மின் திறன் இழப்பிற்குப் பயன்படுத்த வேண்டியுள்ளது. மேலும், இது ஓரளவு மாசூட்டப்பட்டிருக்கும்.

குறிப்பு வடிவம் மற்றும் மாசூட்டல் அளவின் வேறுபாட்டின் காரணமாக உமிழ்ப்பானுக்கு பதிலாக ஏற்பானுக்கும், ஏற்பானுக்கு பதிலாக உமிழ்ப்பானுக்கும் இணைப்புகள் தர இயலாது.

டிரான்சிஸ்டரை சார்புப் படுத்துதல்:

டிரான்சிஸ்டரின் முனைகளுக்கு இடையே உரிய DC மின்னழுத்தத்தை அளிப்பது சார்பு படுத்துதல் எனப்படும். வெவ்வேறு பயன்பாடுகளுக்கு வெவ்வேறு விதமாக டிரான்சிஸ்டர் சார்பளிக்கப்–படுகிறது. டிரான்சிஸ்டருக்கு சார்பளிக்கும் வெவ்வேறு வகைகள் பின்வருமாறு,

செயல்படும் முன்னோக்கு சார்பு நிலை:

இந்த வகைச் சார்பில் உமிழ்ப்பான் – அடிவாய் சந்தி முன்னோக்குச் சார்பிலும், ஏற்பான் – அடிவாய் சந்தி பின்னோக்குச் சார்பிலும் இருக்கும் டிரான்சிஸ்டரானது செயல்படும் நிலையில் அமையும். இப்போது டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கியாகச் செயல்படும்.

தெவிட்டிய நிலை:

இங்கு உமிழ்ப்பான் – அடிவாய் சந்தியும், ஏற்பான் – அடிவாய் சந்தியும் முன்னோக்குச் சார்பில் அமையும். டிரான்சிஸ்டரின் சந்திகளின் குறுக்கே மிக அதிக அளவு மின்னோட்டம் பாயும். இந்நிலையில் டிரான்சிஸ்டரானது மூடிய சாவியாகச் செயல்படும்.

வெட்டு நிலை:

இந்த நிலையில் உமிழ்ப்பான் – அடிவாய் சந்தியும், ஏற்பான் – அடிவாய் சந்தியும் பின்னோக்குச் சார்பில் அமையும். இந்த நிலையில் டிரான்சிஸ்டர் திறந்த சுற்றாகச் செயல்படும்.

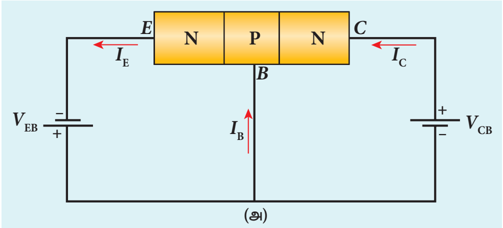
குறிப்பு PNP டிரான்சிஸ்டரில் அடிவாயும் ஏற்பானும் உமிழ்ப்பானைப் பொருத்து எதிர்மின்வாயாக இருப்பதை நடுவில் உள்ள N குறிக்கிறது. ஆனால், NPN டிரான்சிஸ்டரில் அடிவாயும் ஏற்பானும் உமிழ்ப்பானைப் பொருத்து நேர்மின் வாயாக இருப்பதை நடுவில் உள்ள P குறிக்கிறது.

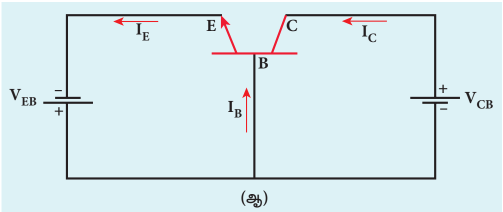
10.4.1 டிரான்சிஸ்டர் மின்சுற்று வடிவமைப்புகள்

டிரான்சிஸ்டர் செயல்படும்போது, அதன் முனைகளில் ஏதேனும் ஒரு முனை, உள்ளீடு மற்றும் வெளியீடு மின்சுற்றுகளுக்குப் பொதுவாக பயன்படுத்துவதைப் பொருத்து, மூன்று வகைப்பட்ட மின்சுற்று அமைப்புகள் உள்ளன.

i) பொது அடிவாய் (CB) வடிவமைப்பு:

இங்கு உள்ளீடு மற்றும் வெளியீடு மின்சுற்றுகளில் பொதுவாக அடிவாய் அமையும். படம் 10.26 (அ) மற்றும் 10.26 (ஆ)இல் இதற்கான குறியீடு மற்றும் மின்சுற்றுகள் காட்டப்பட்டுள்ளன. உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டம் I_E உள்ளீடு மின்னோட்டமாகவும், ஏற்பான் மின்னோட்டம் I_C ஆனது வெளியீடு மின்னோட்டமாகவும் அமையும். உள்ளீடு சைகையானது உமிழ்ப்பான் – அடிவாய் முனைகளுக்கு இடையே அளிக்கப்பட்டு, வெளியீடானது ஏற்பான் – அடிவாய் முனைகளுக்கிடையே பெறப்படும்.



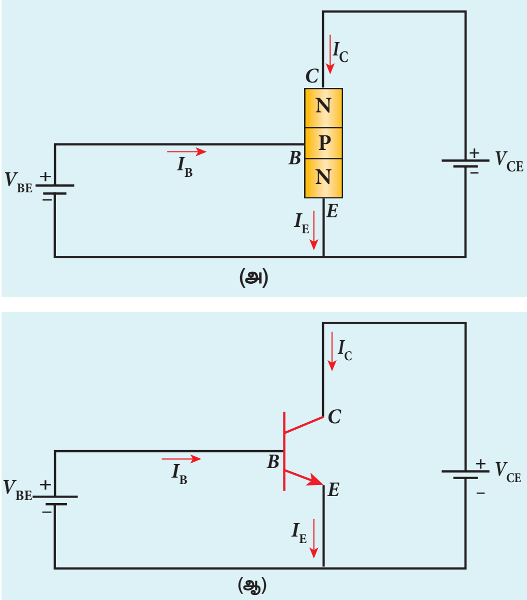


படம் 10.26 பொது அடிவாய் நிலை அமைப்பில் NPN டிரான்சிஸ்டர் (அ) மின்சுற்று குறியீட்டுப்படம் (ஆ) மின்சுற்று குறியீடு

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 216 19-12-2022 17:48:03

ii) பொது உமிழ்ப்பான் மின்சுற்று வடிவமைப்பு

இந்த வடிவமைப்பில், உமிழ்ப்பான் ஆனது உள்ளீடு மற்றும் வெளியீடு ஆகிய இரண்டு மின்சுற்றுகளுக்கும் பொதுவானதாக அமையும். இது படம் 10.27இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. அடிவாய் மின்னோட்டம் I_B உள்ளீடு மின்னோட்டமாகவும், ஏற்பான் மின்னோட்டம் I_c ஆனது வெளியீடு மின்னோட்டமாகவும் அமையும். உள்ளீடு சைகையானது ஏற்பான் மற்றும் அடிவாய் முனைகளுக்கிடையே அளிக்கப்படுகிறது. ஏற்பான் மற்றும் உமிழ்ப்பான் முனைகளுக்கிடையே வெளியீடு அளவிடப்படுகிறது.



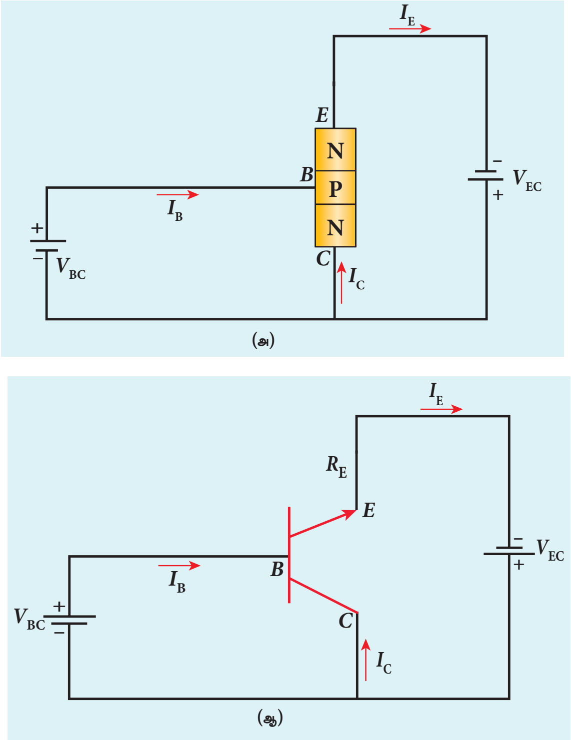
படம் 10.27 பொது உமிழ்ப்பான் நிலை அமைப்பில் NPN டிரான்சிஸ்டர் (அ) மின்சுற்று குறியீட்டுப்படம் (ஆ) மின்சுற்று குறியீட்டு

iii) பொது ஏற்பான் மின்சுற்று வடிவமைப்பு

இங்கு உள்ளீடு மற்றும் வெளியீடு மின்சுற்றுகளுக்குப் பொதுவானதாக ஏற்பான் அமைவதை படம் 10.28 இல் காணலாம். அடிவாய் மின்னோட்டம் I_B உள்ளீடு மின்னோட்டமாகவும், ஏற்பான் மின்னோட்டம் I_E வெளியீடு மின்னோட்டமாகவும் அமையும்.

உள்ளீடு சைகையானது அடிவாய் மற்றும் உமிழ்ப்பான் முனைகளுக்கிடையே அளிக்கப்படுகிறது. உமிழ்ப்பான் மற்றும் ஏற்பான் முனைகளுக்கிடையே வெளியீடு அளவிடப்படுகிறது.

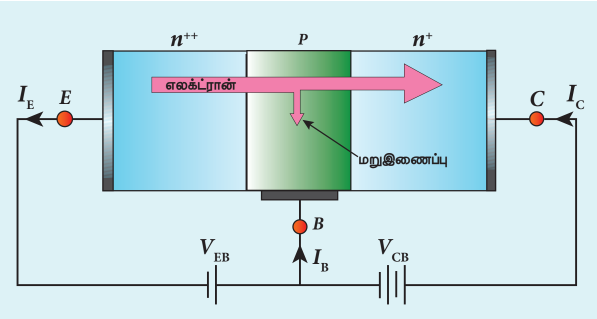
குறிப்பு பொது ஏற்பான் வடிவமைப்பில் வெளியீடு ஆனது உமிழ்ப்பானி–லிருந்து பெறப்படுவதால் இச்சுற்று உமிழ்ப்பான் பின்தொடர்ச்சுற்று எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.



படம் 10.28 பொது ஏற்பான் நிலை அமைப்பில் NPN டிரான்சிஸ்டர் (அ) மின்சுற்று குறியீட்டுப்படம் (ஆ) மின் சுற்று குறியீடு

10.4.2 பொது அடிவாய் நிலையில் டிரான்சிஸ்டரின் செயல்பாடு

பொது அடிவாய் நிலையில் NPN டிரான்சிஸ்டரின் செயல்பாடு பின்வருமாறு விவரிக்கப்படுகிறது. முன்னோக்குச் சார்பு செயல்படும் நிலையில் பொது அடிவாய் NPN டிரான்சிஸ்டரில் பாயும் மின்னோட்டம் படம் 10.29 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 10.29 டிரான்சிஸ்டரில் மின்னோட்ட பாய்வு

அடிப்படையில், BJT என்பது இரு $p–n$ சந்தி டையோடுகள் பின்புறமாக இணைக்கப்பட்டுள்ளதைப் போன்று கருதலாம். டிரான்சிஸ்டரின் முன்னோக்குச் செயல் சார்பில், V_{EB}

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 217 19-12-2022 17:48:04

என்னும் DC மின்னழுத்த மூலத்தின் உதவியால் உமிழ்ப்பான் – அடிவாய் சந்தி முன்னோக்குச் சார்பிலும், ஏற்பான் – அடிவாய் சந்தி V_{CB} எனும் மின்னழுத்த மூலத்தின் உதவியால் பின்னோக்குச் சார்பிலும் வைக்கப்படும். உமிழ்ப்பான் – அடிவாய் சந்தியின் இயக்கமில்லாப் பகுதியை முன்னோக்குச் சார்பு குறைக்கும். ஆனால், ஏற்பான் – அடிவாய் சந்தியின் இயக்கமில்லாப் பகுதியைப் பின்னோக்குச் சார்பு அதிகரிக்கும். எனவே, உமிழ்ப்பான் – அடிவாய் சந்தியில் மின்னழுத்த அரண் குறையும். ஆனால், ஏற்பான் – அடிவாய் சந்தியில் மின்னழுத்த அரண் அதிகரிக்கும். உமிழ்ப்பான் – அடிவாய் சந்தியின் குறுக்கே மின்னழுத்தம் V_{EB} எனவும் ஏற்பான் – அடிவாய் சந்தியின் குறுக்கே மின்னழுத்தம் V_{CB} எனவும் குறிக்கப்படுகின்றன.

NPN டிரான்சிஸ்டரில், உமிழ்ப்பானில் பெரும்பான்மை ஊர்திகள் எலக்ட்ரான்கள் ஆகும். உமிழ்ப்பான் அதிக அளவு மாசூட்டப்பட்டுள்ளதால், அதில் மிக அதிகஅளவு எண்ணிக்கையில் எலக்ட்ரான்கள் இருக்கும். உமிழ்ப்பான் – அடிவாய் சந்தியின் குறுக்கே முன்னோக்குச் சார்பின் காரணமாக உமிழ்ப்பான் பகுதியிலுள்ள எலக்ட்ரான்கள் அடிவாய்க்குச் செல்லும். இது உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டத்தை (I_E) உருவாக்கும் இந்த எலக்ட்ரான்கள் அடிவாயை அடைந்தபிறகு, அப்பகுதியிலுள்ள துளைகளுடன் இணைய முற்படும். ஆனால் அடிவாயானது மிக மெல்லியதாகவும் குறைந்த அளவே மாசூட்டப்பட்டுள்ளதாலும், அடிவாயில் உள்ள துளைகளின் எண்ணிக்கை உமிழ்ப்பானில் இருந்து வரும் எலக்ட்ரான்களோடு மறுஇணைப்பில் ஈடுபடும் அளவிற்குப் போதுமானதாக இல்லை. எனவே, பெரும்பாலான எலக்ட்ரான்கள் ஏற்பானை அடையும்.

இறுதியாக, ஏற்பான் பகுதியை அடைந்த எலக்ட்ரான்கள் அங்குள்ள நேர் மின்னழுத்தத்தால் கவரப்பட்டு வெளிச்சுற்றுக்குப் பாய்கிறது. இது ஏற்பான் மின்னோட்டம் I_C ஐ உருவாக்குகிறது. அடிவாயில் நடைபெற்ற இணைப்பினால் இழக்கப்பட்ட துளைகளை சார்பு மின்னழுத்தம் V_{BE} மீண்டும் அளித்து அடிவாய் மின்னோட்டம் I_B ஐ உருவாக்குகிறது. அடிவாய்மின்னோட்டத்தின் அளவு மைக்ரோ ஆம்பியர் அளவில் இருக்கும். ஆனால், உமிழ்ப்பான் மற்றும் ஏற்பான் மின்னோட்டங்கள் மில்லி ஆம்பியர் அளவில் இருக்கும்.

உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டம் சுழியெனில், ஏற்பான் மின்னோட்டமும் பெரும்பாலும் சுழியாகும் என்பதைக் கவனிக்க வேண்டும். எனவே BJT கண்டிப்பாக ஒரு மின்னோட்டத்தால் கட்டுப்படுத்தப்படும் கருவி ஆகும். கிர்ஃகாப் விதிகளைப் பயன்படுத்தி உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டமானது ஏற்பான் மற்றும் அடிவாய் மின்னோட்டங்களின் கூடுதலாக எழுதலாம்.

$$I_E = I_B + I_C \qquad (10.1)$$

அடிவாய் மின்னோட்டத்தின் மதிப்பு மிகக் குறைவு என்பதால் $I_E \approx I_C$ என எழுதலாம். மேலும் வெப்பத்தினால் உருவாக்கப்படும் எலக்ட்ரான்களால் ஏற்படும் பின்னோக்குத் தெவிட்டிய மின்னோட்டமும் ஏற்பான் மின்னோட்டத்தின் மற்றொரு கூறாக அமையும். இது I_{CO} எனக்குறிக்கப்படும். இந்த I_{CO}வின் மதிப்பு ட்ரான்சிஸ்டரின் வெப்பநிலையைச் சார்ந்து அமையும். எனவே உயர்வெப்பநிலைகளில் டிரான்சிஸ்டரின் நிலைப்புத்தன்மையை நன்கு உற்றுநோக்கவேண்டும். ஏற்பான் மின்னோட்டத்திற்கும், உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டத்திற்கும் இடைப்பட்ட தகவு முன்னோக்கு மின்னோட்ட பெருக்கம் (α) எனப்படும்.

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} \qquad (10.2)$$

ஒரு டிரான்சிஸ்டரின் α மதிப்பு அதன் தரத்தை அளவிடும். α வின் மதிப்பு அதிகமெனில் டிரான்சிஸ்டர் நன்கு செயல்படும். இதன் பொருள் ஏற்பான் மின்னோட்டம் உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டத்திற்கு ஏறக்குறைய சமமாக இருக்கவேண்டும். α வின் மதிப்பு ஒன்றைவிடக் குறைவாக அதாவது 0.95 லிருந்து 0.99 வரை இருக்கும். இது ஏற்பான் மின்னோட்டமானது, உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டத்தில் 95% முதல் 99% வரை இருப்பதைக் காட்டுகிறது.

PNP டிரான்சிஸ்டரின் செயல்பாடு

PNP டிரான்சிஸ்டரின் செயல்பாடு NPN டிரான்சிஸ்டரின் செயல்பாட்டைப் போன்றதே. வேறுபாடாக, உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டம் I_E ஆனது துளைகளாலும், அடிவாய் மின்னோட்டம் I_B ஆனது எலக்ட்ரான்களாலும் ஏற்படும். எனினும் வெளிச்சுற்றில் மின்னோட்டமானது எலக்ட்ரான்களின் பாய்வினால் மட்டுமே ஏற்படும்.

எடுத்துக்காட்டு 10.5

பொது அடிவாய் நிலை அமைப்பிலுள்ள உள்ள டிரான்சிஸ்டரின் $\alpha = 0.95$, $I_E = 1$ mA ஆகும் எனில் I_C மற்றும் I_B மதிப்புகளைக் காண்க

தீர்வு

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$$

$$I_C = \alpha I_E = 0.95 \times 1 = 0.95 \text{ mA}$$

$$I_E = I_B + I_C$$

$$\therefore I_B = I_E - I_C = 1 - 0.95 = 0.05 \text{ mA}$$

10.4.3 பொது உமிழ்ப்பான் டிரான்சிஸ்டரின் நிலைச் சிறப்பியல்புகள்

மின் சுற்றுகளில் டிரான்சிஸ்டரைச் சிறப்பாகப் பயன்படுத்துவதற்கு உள்ளீடு மின்தடை, வெளியீடு மின்தடை மற்றும் டிரான்சிஸ்டரின் மின்னோட்டப் பெருக்கம் போன்ற குறிப்பிட்ட சில பண்புகளைத் தெரிந்துகொள்வது மிக முக்கியமாகும். NPN டிரான்சிஸ்டரில் பொது உமிழ்ப்பான் அமைப்பில் நிலை சிறப்பியல்பு பண்புகளை அறிய உதவும் மின்சுற்று படம் 10.30இல் தரப்பட்டுள்ளது. V_{BB} மற்றும் V_{CC} ஆகிய சார்புபடுத்தும் மின்னழுத்தங்கள் முறையே அடிவாய்–உமிழ்ப்பான் மற்றும் ஏற்பான்–உமிழ்ப்பான் சந்திகளுக்கு அளிக்கப்பட்டுள்ளன. அடிவாய்–உமிழ்ப்பான் சந்தி மின்னழுத்தம் V_{BE} எனவும் ஏற்பான்– உமிழ்ப்பான் சந்தி மின்னழுத்தம் V_{CE} எனவும் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன. மின்தடைமாற்றிகள் R_1 மற்றும் R_2 ஆகியவை முறையே அடிவாய் மற்றும் ஏற்பான் மின்னோட்டங்களை மாற்றப் பயன் படுத்தப்படுகின்றன.

BJT யின் நிலைச் சிறப்பியல்புகள்

i) உள்ளீடு சிறப்பியல்பு

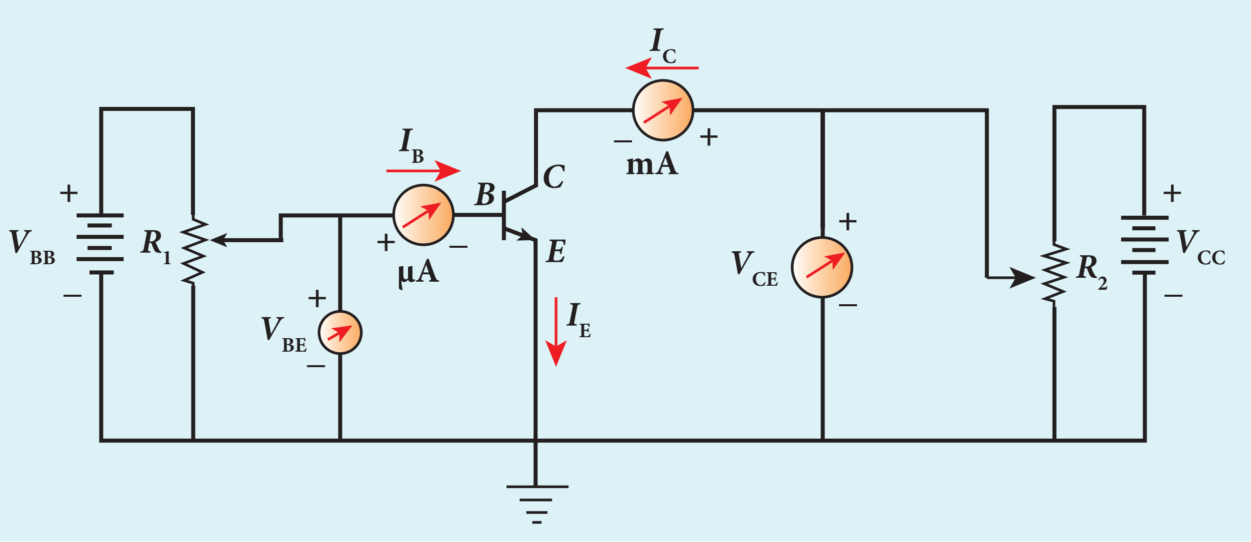
ii) வெளியீடு சிறப்பியல்பு

iii) பரிமாற்றுச் சிறப்பியல்பு ஆகியவை ஆகும்.

i) உள்ளீடு சிறப்பியல்பு

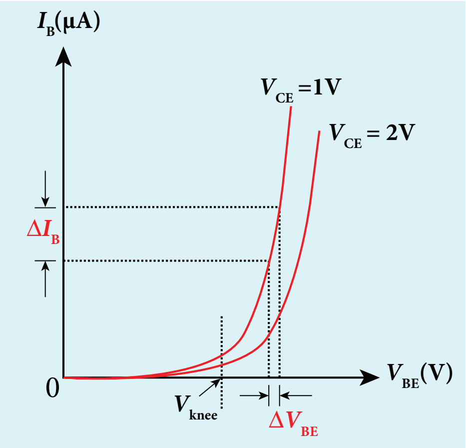
உள்ளீடு சிறப்பியல்பு வரைகோடுகள், ஏற்பான்–உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாடு (V_{CE}) மாறிலியாக உள்ளபோது அடிவாய் மின்னோட்டம் (I_B) மற்றும் அடிவாய் – உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாடு (V_{BE}) ஆகியவற்றிற்கு இடையே உள்ள தொடர்பினைத் தருகிறது. இது படம் 10.31இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

முதலில், ஏற்பான் உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாடு (V_{CE}) குறிப்பிட்ட ஒரு மதிப்பில் இருக்குமாறு செய்யப்படுகிறது [சந்தியைப் பின்னோக்கு சார்பில் வைக்க, இது 0.7V க்கு அதிகமாக இருத்தல் வேண்டும்]. பின்பு அடிவாய் உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாடு தகுந்த படிகளாக அதிகரிக்கப்பட்டு அவற்றிற்குரிய அடிவாய் மின்னோட்டம் பதிவு செய்யப்படுகிறது. V_{BE}–ஐ x–அச்சிலும், I_B–ஐ y–அச்சிலும் வைத்து வரைபடம் வரையப்படுகிறது. இச்செய்முறை V_{CE} யின் பல்வேறு மதிப்புகளுக்குத் திரும்பச் செய்யப்படுகிறது.



படம் 10.30 பொது உமிழ்ப்பான் நிலை அமைப்பில் NPN டிரான்சிஸ்டர்

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 219 19-12-2022 17:48:08



படம் 10.31 உள்ளீடு சிறப்பியல்பு

வரைபடத்திலிருந்து பின்வரும் முடிவுகள் பெறப்படுகின்றன.

- இந்த வளைகோடு சாதாரண p-n சந்தி டையோடின் முன்னோக்குச்சார்பு சிறப்பியல்பினைப் போன்று உள்ளது.
- பயன் தொடக்க மின்னழுத்தம் அல்லது வளைவுப் பகுதி மின்னழுத்தம் (V_{knee}) என்னும் மின்னழுத்தத்திற்குக் கீழே அடிவாய் மின்னோட்டம் மிகச் சிறிய அளவில் அமையும். இம்மின்னழுத்த மதிப்பு சிலிக்கான் டிரான்சிஸ்டருக்கு 0.7V எனவும் ஜெர்மானியம் டிரான்சிஸ்டருக்கு 0.3V எனவும் அமையும். பயன்தொடக்க மின்னழுத்தத்திற்கு அதிகமான மின்னழுத்தங்களில், அடிவாய் – உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்தத்தைப் பொருத்து அடிவாய் மின்னோட்டமும் அதிகரிக்கும்.
- ஏற்பான்–உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாடு அதிகரிக்கும்போது, அடிவாய் மின்னோட்டம் குறைவதைக் கவனிக்கவேண்டும். இது வளைகோட்டை வெளிப்புறத்தை நோக்கி நகர்த்தும். இதற்குக் காரணம் ஏற்பான்–உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாடு அதிகரித்தால் இயக்கமில்லாப் பகுதியின் அகலம் அதிகரிக்கிறது. அதனால் அடிவாயின் அகலம் குறைந்து அடிவாய் மின்னோட்டமும் குறைகிறது

உள்ளீடு மின்னெதிர்ப்பு

ஏற்பான்– உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாடு $\left(V_{CE}\right)$ மாறிலியாக உள்ளபோது அடிவாய் – உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் $\left(\Delta V_{BE}\right)$ ஏற்பட்ட மாறுபாட்டிற்கும் அடிவாய் மின்னோட்டத்தில் $\left(\Delta I_B\right)$ ஏற்பட்ட மாறுபாட்டிற்கும் இடைப்பட்ட விகிதம் உள்ளீடு மின்னெதிர்ப்பு (r_i) எனப்படும். உள்ளீடு மின்னெதிர்ப்பானது வளைகோட்டின் அடிப்பகுதியில் மாறிலியாக அமையாது.

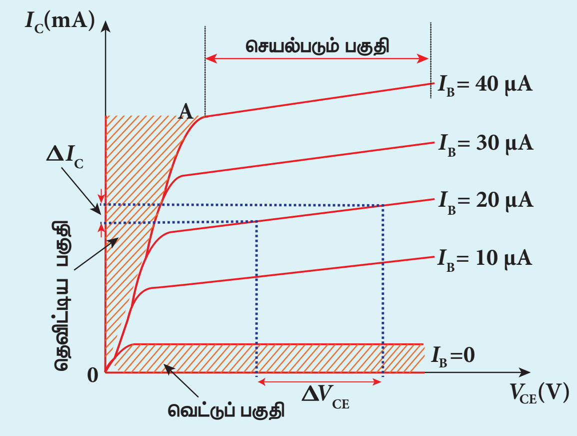
$$r_i = \left(\frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B}\right)_{V_{CE}} \qquad (10.3)$$

பொது உமிழ்ப்பான் நிலை அமைப்பில் உள்ள ஒரு டிரான்சிஸ்டருக்கு உள்ளீடு மின்னெதிர்ப்பு அதிகமாக இருக்கும்.

ii) வெளியீடு சிறப்பியல்புகள்

மாறாத உள்ளீடு மின்னோட்டத்தில் $\left(I_B\right)$ ஏற்பான் மின்னோட்டம் (I_C) மற்றும் ஏற்பான்–உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்தம் (V_{CE}) இடையே உள்ள தொடர்பினை வெளியீடு சிறப்பியல்பு அளிக்கிறது. இதனைப் படம் 10.32–இல் காணலாம்

முதலில், அடிவாய் மின்னோட்டம் குறிப்பிட்ட ஒரு மதிப்பில் வைக்கப்படுகிறது. பின்பு உரிய படிகளில் ஏற்பான்–உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாடு அதிகரிக்கப்பட்டு அதற்குரிய ஏற்பான் மின்னோட்டம் பதிவு செய்யப்படுகிறது. V_{CE}–ஐ x–அச்சிலும் I_C–ஐ y-அச்சிலும் கொண்டு வரைபடம் ஒன்று வரையப்படுகிறது. இச்செயல்முறை வெவ்வேறு I_B மதிப்புகளுக்குச் செய்யப்படுகிறது. சிறப்பியல்பு வரைகோட்டில் உள்ள நான்கு முக்கிய பகுதிகள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 10.32 வெளியீட்டு சிறப்பியல்பு

i) *தெவிட்டிய பகுதி*

V_{CE} ஆனது 0 V ஐவிட அதிகரிக்கும்போது I_C –ன் மதிப்பு ஒரு தெவிட்டிய மதிப்பு வரை வேகமாக அதிகரித்து ஒரு குறிப்பிட்ட V_{CE} –ன் மதிப்பில் தெவிட்டிய மதிப்பை அடையும். இம்மின்னழுத்தம் வளைவுப் பகுதி மின்னழுத்தம் எனப்படும். ஆரம்பப்புள்ளி O மற்றும் வளைவுப்புள்ளி A ஆகியவை இடைப்பட்ட வரைகோட்டின் ஆரம்பப்பகுதி OA (ஓம் விதிக்கு உட்பட்டது) ஆனது தெவிட்டிய பகுதி எனப்படும். டிரான்சிஸ்டர்கள் எப்போதும் இந்த மின்னழுத்தத்திற்கு அதிகமான மின்னழுத்தங்களிலேயே செயல்படுகின்றன .

ii) *வெட்டுப்பகுதி*

அடிவாய் மின்னோட்டத்தைச் சுழி மதிப்பாக குறைக்கப்பட்ட நிலையிலும் கூட சிறிய அளவு ஏற்பான் மின்னோட்டம் பாயும். வரைகோட்டில் $I_B = 0$ க்கு கீழே உள்ள பகுதி வெட்டுப்பகுதி என அழைக்கப்படுகிறது. ஏனெனில் உண்மையான ஏற்பான் மின்னோட்டம் நிறுத்தப்படுவதே ஆகும்.

iii) *செயல்படும் பகுதி*

வரைகோட்டின் மையப்பகுதி செயல்படும் பகுதி எனப்படும். இந்த பகுதியில், அடிவாய் – உமிழ்ப்பான் சந்தி முன்னோக்குச் சார்பு நிலையில் வைக்கப்படுகிறது மற்றும் ஏற்பான் – உமிழ்ப்பான் சந்தி பின்னோக்குச் சார்பு நிலையிலும் வைக்கப்படுகிறது. இப்பகுதியில் செயல்படும் டிரான்சிஸ்டர்கள் மின்னழுத்தம், மின்னோட்டம் மற்றும் மின்திறன் பெருக்கத்திற்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

iv) *முறிவுப் பகுதி*

உற்பத்தியாளரால் குறிப்பிடப்பட்ட மதிப்பைவிட ஏற்பான் உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்தவேறுபாடு அதிகரிக்கப்படும்போது, ஏற்பான் மின்னோட்டம் மிகப்பெரிய அளவு அதிகரித்து டிரான்சிஸ்டரின் சந்திகள் முறிவடையும். இந்தச் சரிவு முறிவு டிரான்சிஸ்டரைச் சேதமடையச் செய்யும்.

வெளியீடு மின்னெதிர்ப்பு

அடிவாய் மின்னோட்டம் (I_B) மாறாதபோது, ஏற்பான்– உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் ஏற்படும் மாறுபாட்டிற்கும் (ΔV_{CE}) அதற்குரிய ஏற்பான் மின்னோட்டத்தில் (ΔI_C) ஏற்பட்ட மாறுபாட்டிற்கும் இடையே உள்ள விகிதம் வெளியீடு மின்னெதிர்ப்பு (r_0) எனப்படும்.

$$r_o = \left(\frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C}\right)_{I_B} \qquad (10.4)$$

பொது உமிழ்ப்பான் நிலையிலுள்ள டிரான்சிஸ்டரின் வெளியீடு மின்னெதிர்ப்பு மிகக்குறைவு ஆகும்.

iii) மின்னோட்ட பரிமாற்று சிறப்பியல்பு

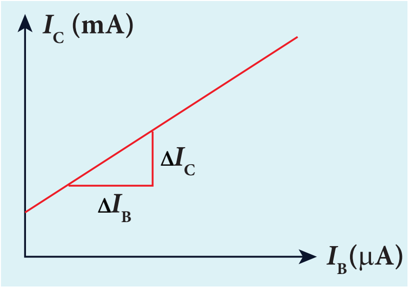
இது ஏற்பான்– உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்தம் V_{CE} வேறுபாடு மாறிலியாக உள்ளபோது, ஏற்பான் மின்னோட்டம் (I_C) மற்றும் அடிவாய் மின்னோட்டம் (I_B) ஆகியவற்றிற்கு இடையே உள்ள தொடர்பினைத் தருகிறது. இதனைப் படம் 10.33 இல் காணலாம். I_B ஆனது சுழியாக இருக்கும்போதுகூட சிறிய அளவு I_C பாய்கிறது. இது பொது உமிழ்ப்பான் கசிவு மின்னோட்டம் (I_{CEO}) எனப்படும். இதற்குக் காரணம் சிறுபான்மை ஊர்திகளின் பாய்வு ஆகும்.

முன்னோக்கு மின்னோட்டப் பெருக்கம்

ஏற்பான் – உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டம் (V_{CE}) மாறாதநிலையில் ஏற்பான் மின்னோட்டத்தில் ஏற்பட்ட மாறுபாட்டிற்கும் (ΔI_C) அதற்குரிய அடிவாய் மின்னோட்டத்தில் ஏற்பட்ட மாறுபாட்டிற்கும் (ΔI_B) உள்ள தகவு, முன்னோக்கு மின்னோட்டப் பெருக்கம் (β) எனப்படும்.

$$\beta = \left(\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}\right)_{V_{CE}} \qquad (10.5)$$

இதன் மதிப்பு மிக அதிகமாக இருக்கும். பொதுவாக இதன் நெடுக்கம் 50லிருந்து 200 வரை இருக்கும்.



படம் 10.33 பொது உமிழ்ப்பான் நிலை அமைப்பிலுள்ள NPN டிரான்சிஸ்டரின் மின்னோட்ட பரிமாற்றுச் சிறப்பியல்பு

10.4.4 α மற்றும் β ஆகியவற்றிற்கு இடையேயுள்ள தொடர்பு

பொது அடிவாய் வடிவமைப்பில் மின்னோட்டப் பெருக்கம் α மற்றும் பொது உமிழ்ப்பான் வடிவமைப்பில் மின்னோட்ட பெருக்கம் β ஆகியவற்றிற்கு இடையே–யுள்ள தொடர்பு பின்வருமாறு தரப்படுகிறது.

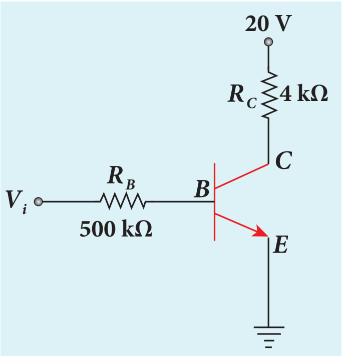
$$\alpha = \frac{\beta}{1+\beta} \text{ (அல்லது) } \beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} \qquad (10.6)$$

குறிப்பு டிரான்சிஸ்டரின் செயல்படும் பகுதியில் ஏற்பான் மின்னோட்ட–மானது ஏற்பான் – உமிழ்பான் மின்னழுத்த வேறுபாட்டைச் சார்ந்து இருக்காது.

எடுத்துக்காட்டு 10.6

படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள மின்சுற்றில் உள்ளீடு மின்னழுத்தம் $V_i = 20\ V$, $V_{BE} = 0\ V$ மற்றும் $V_{CE} = 0\ V$ எனில் I_B, I_C மற்றும் β வின் மதிப்புகள் யாவை?

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 221 19-12-2022 17:48:11



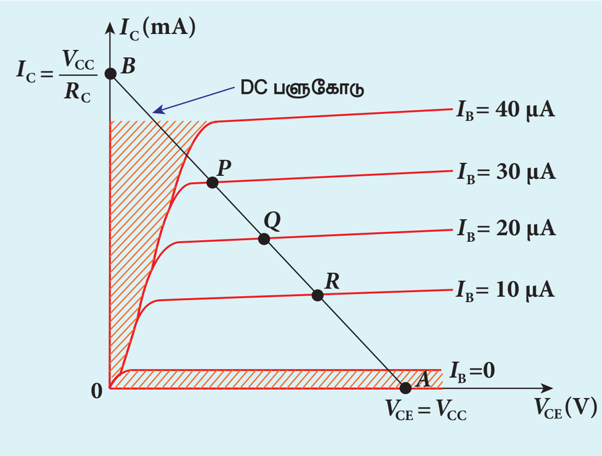
$$I_B = \frac{V_i}{R_B} = \frac{20\,V}{500\,k\Omega} = 40\,\mu A \qquad [\because V_{BE} = 0V]$$

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{20\,V}{4\,k\Omega} = 5\text{ mA} \qquad [\because V_{CE} = 0V]$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{5\,mA}{40\,\mu A} = 125$$

10.4.5 செயல்படும் புள்ளி

செயல்படும் புள்ளி என்பது டிரான்சிஸ்டரானது திறம்பட செயல்படுத்தப்படும் புள்ளியாகும். DC பளுகோடு என்பது புள்ளிகள் $A\ (V_{CC},\ 0)$ மற்றும் $B\ (0,\ V_{CC}/R_C)$ ஆகியவற்றை இணைக்கும் நேர்கோடு ஆகும். வெளியிடு சிறப்பியல்பு வளைகோட்டுடன் மேற்பொருத்தி வரையப்பட்ட DC பளுகோடானது, டிரான்சிஸ்டரின் செயல்படும் புள்ளியைப் பற்றி அறிய உதவுகிறது. இது படம் 10.34 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



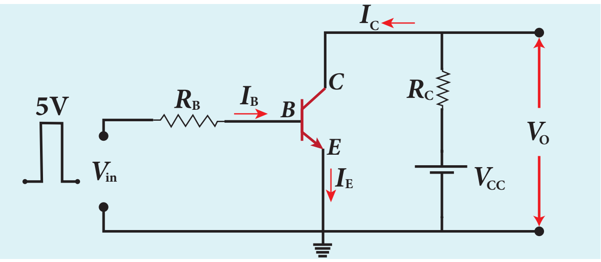
படம் 10.34 பொது உமிழ்ப்பான் நிலை அமைப்பிலுள்ள NPN டிரான்சிஸ்டரின் வெளியீட்டு சிறுப்பியல்புடன் DC பளுகோடு

படம் 10.34 இல் புள்ளிகள் P, Q, R ஆகியவை Q–புள்ளிகள் அல்லது தொடக்கப் புள்ளிகள் எனப்படும். இவை டிரான்சிஸ்டரின் செயற்படும் புள்ளி அல்லது குறிப்பு புள்ளி எனப்படுகின்றன. செயற்படும் புள்ளியானது DC பளுகோட்டின் மையத்தில் தேர்வு செய்யப்பட்டால் (புள்ளி Q) டிரான்சிஸ்டரானது பெருக்கியாகத் திறம்பட செயலாற்றும். செயல்படும் புள்ளி என்பது, உருக்குலைவு இல்லாமல் கிடைக்கும் பெரும அளவு சைகையைத் தீர்மானிக்கிறது.

டிரான்சிஸ்டரானது திறந்த சாவியாகச் செயல்படுவதற்கு Q–புள்ளியானது வெட்டுப்–பகுதியிலும், மூடிய சாவியாகச் செயல்பட தெவிட்டிய பகுதியிலும் தேர்வு செய்யப்படுகிறது.

10.4.6 டிரான்சிஸ்டர் ஒரு சாவியாகச் செயல்படுதல்

டிரான்சிஸ்டரானது தெவிட்டிய நிலையில் மூடிய சாவியாகவும், வெட்டு நிலையில் திறந்த சாவியாகவும் செயல்படும். ஒரு சிறு கட்டுப்படுத்தும் சைகை மூலம் டிரான்சிஸ்டரானது தெவிட்டிய நிலை அல்லது வெட்டு நிலையில் வைக்கப்படுகிறது. அதன் மூலம் ஒரு மின்சுற்றை மூடி (ON) அல்லது திறக்கும் (OFF) எலக்ட்ரானியல் சாவியாக டிரான்சிஸ்டர் செயல்படுகிறது. இது படம் 10.35 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 10.35 டிரான்சிஸ்டர் சாவியாக செயல்படுதல்

- **உள்ளீடு சுழியாக உள்ள போது**

உள்ளீடு சுழியாக உள்ளதுபோது (0V என்க) அடிவாய் மின்னோட்டம் சுழியாக அமைவதால் டிரான்சிஸ்டரானது முறையான முன்னோக்கு சார்பில் அமையாமல் வெட்டு நிலையில் இருக்கும். இதன் மூலம் ஏற்பான் மின்னோட்டம் சுழியாகி R_C யின் குறுக்கே மின்னழுத்த இறக்கமும் ஏறத்தாழ சுழி மதிப்பை அடையும். வெளியீடு மின்னழுத்தம் உயர்ந்து V_{CC} க்கு சமமாகும். இதன் பொருள் டிரான்சிஸ்டர் வழியாக எவ்வித மின்னோட்டமும் பாயாமல் இயங்கா (OFF) நிலையில் இருக்கும். இவ்வாறு டிரான்சிஸ்டர் திறந்த சாவியாகச் செயல்படும்.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 222 19-12-2022 17:48:13

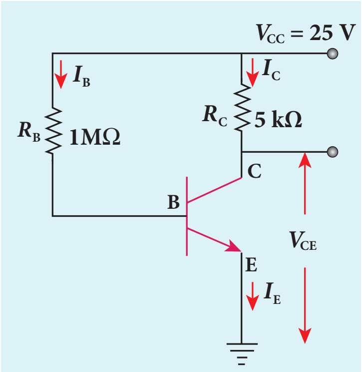
- **உள்ளீடு அதிகமாக இருக்கும் போது**

உள்ளீடு மின்னழுத்தத்தை ஒரு குறிப்பிட்ட உயர்ந்த மதிப்பிற்கு (+5V என்க) அதிகரிக்கும் போது, அடிவாய் மின்னோட்டம் அதிகரிப்பதன் மூலம் ஏற்பான் மின்னோட்டம் அதன் பெரும மதிப்பை அடையும். டிரான்சிஸ்டரானது தெவிட்டிய நிலைக்குச் செல்லும். ஏற்பான் மின்னோட்டத்தில் (I_C) ஏற்பட்ட அதிகரிப்பு R_C ன் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த இறக்கத்தை அதிகரிக்கும் இதனால் வெளியீடு மின்னழுத்தம் குறைந்து சுழியை நெருங்கும் ($V_0 = V_{CC} - I_C R_C$ என்பதிலிருந்து). இதன் பொருள் டிரான்சிஸ்டர் வழியாக பெரும மின்னோட்டம் பாய்ந்து இயங்கு நிலைக்கு (ON) செல்கிறது. டிரான்சிஸ்டரானது மூடிய சாவியாக செயல்படும்.

டிரான்சிஸ்டரானது அதிக உள்ளீட்டிற்குக் குறைந்த வெளியீட்டையும், குறைந்த உள்ளீட்டிற்கு அதிக வெளியீட்டையும் அளிக்கிறது என்பது இங்கு தெளிவாகிறது. மேலும், வெளியீடு மின்னழுத்தமானது அளிக்கப்பட்ட உள்ளீடு மின்னழுத்தித்திற்கு எதிர்–கட்டத்தில் அமையும். எனவே, டிரான்சிஸ்டரானது கணினி லாஜிக் சுற்றுகளில் புரட்டியாக (NOT கேட்) பயன்படுத்தப்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 10.7

படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள பொது உமிழ்ப்பான் டிரான்சிஸ்டர் மின்சுற்றில் மின்னோட்டம் பெருக்கம் 120 எனில் DC பளுகோட்டை வரைந்து அதில் Q புள்ளியைக் குறிக்க (V_{BE} யின் மதிப்பு புறக்கணிக்கப்படுகிறது).



தீர்வு

$\beta = 120$

அடிவாய் மின்னோட்டம், $I_B = \dfrac{25V}{1M\Omega} = \dfrac{25}{1\times10^6}$

$= 25\ \mu A$

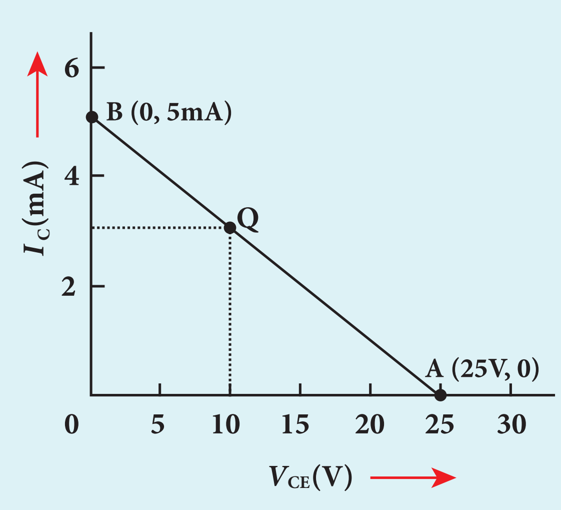
$\beta = \dfrac{I_C}{I_B}$ (அல்லது)

$I_C = \beta I_B = 120 \times 25\ \mu A$

$= 3000\ \mu A = 3\ mA$

$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$

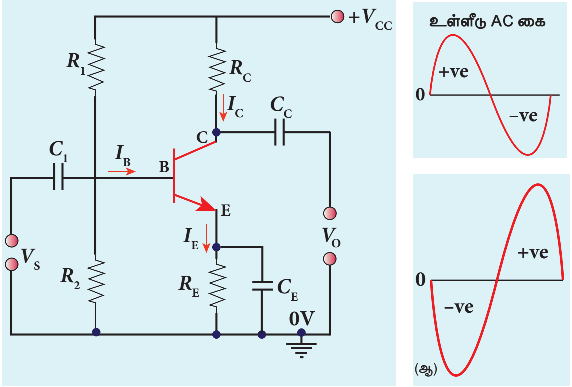
$= 25 - (3mA \times 5k) = 10\,V$



10.4.7 டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கியாகச் செயல்படுதல்

செயல்படும் நிலையில் உள்ள டிரான்சிஸ்டரானது வலுக்குறைந்த சைகைகளைப் பெருக்கும் திறன் கொண்டது. **பெருக்கம் என்பது, சைகையின் வலிமையை அதிகரிக்கும் செயல்முறையாகும் (வீச்சினை அதிகரித்தல்).** மிக அதிக அளவு பெருக்கம் தேவையெனில், டிரான்சிஸ்டர்கள் பிணைப்பு மின்பொருள்களான மின்தடை, மின்தேக்கி மற்றும் மின் மாற்றிகள் மூலம் வரிசையாக இணைக்கப்படுகின்றன. இவை பல்நிலை பெருக்கிகள் எனப்படும்.

ஒற்றை–நிலை பெருக்கி மின் சைகைகளைப் பெருக்குவது படம் 10.36(அ) இல் விவரிக்கப்பட்டுள்ளது. ஒற்றை–நிலை என்பது ஒரு டிரான்சிஸ்டர் மற்றும் இணைப்பு பொருள்களைக் குறிக்கிறது. NPN டிரான்சிஸ்டரானது பொது உமிழ்ப்பான் வடிவமைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 10.36 (அ) டிரான்சிஸ்டர் ஒரு பெருக்கியாக செயல்படுதல் (ஆ) 180^0 கட்ட வேறுபாட்டுடன் உள்ள உள்ளீடு மற்றும் வெளியீடு அலை வடிவங்கள்

தொடக்கத்தில் டிரான்சிஸ்டரானது வெளியீட்டில் பெரும சைகை பெறுவதற்கு ஏதுவாக டிரான்சிஸ்டரின் Q புள்ளி அல்லது செயல்படும் புள்ளி தெவிட்டிய புள்ளிக்கு அருகிலோ வெட்டுப்புள்ளிக்கு அருகிலோ இல்லாமல் நிலை நிறுத்தப்படுகிறது.

வெளியிடப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டை அளவிடுவதற்காக ஏற்பான் சுற்றில் R_C என்ற மின்தடையானது தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. R_1, R_2 மற்றும் R_E ஆகிய மின் தடைகள் சார்பளிக்கும் மற்றும் நிலை நிறுத்தும் மின்சுற்றை உருவாக்குகின்றன. மின்தேக்கி C_1 ஆனது AC மின்னழுத்தத்தை மட்டுமே தம் வழியே அனுமதிக்கும். உமிழ்ப்பான் புற வழி மின்தேக்கி C_E ஆனது பெருக்கப்பட்ட AC சைகைக்குக் குறைந்த மின்மறுப்புப் பாதையை அளிக்கிறது. பிணைப்பு மின்தேக்கி C_C ஆனது பெருக்கியின் ஒரு நிலையை அடுத்த நிலையுடன் இணைத்து பல்நிலை பெருக்கியை உருவாக்கப் பயன்படுகிறது.

V_S என்ற சீரிசையாக மாறும் உள்ளீடு சைகையானது அடிவாய் – உமிழ்ப்பான் சந்திக்குக் குறுக்கே அளிக்கப்படுகிறது. வெளியீடானது ஏற்பான்–உமிழ்ப்பானுக்குக் குறுக்கே பெறப்படுகிறது.

ஏற்பான் மின்னோட்டம், $I_C = \beta I_B \quad \left[\because \beta = \frac{I_C}{I_B}\right]$

வெளியீட்டுச் சுற்றுக்குக் கிர்க்காஃபின் மின்னழுத்த விதியைப் பயன்படுத்த, ஏற்பான் உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்தம் பின்வருமாறு தரப்படுகிறது.

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C \qquad (10.7)$$

பெருக்கியின் செயல்பாடு

- *உள்ளீடு சைகையின் நேர் அரை அலையின்போது*

உமிழ்ப்பான்–அடிவாய்க்குக் குறுக்கே உள்ள முன்னோக்கு மின்னழுத்தம் உள்ளீடு சைகையினால் (V_S) அதிகரிக்கப்படும். இதன் விளைவாக அடிவாய் மின்னோட்டம் (I_B-μA யில்) அதிகரிக்கும். இதனால் ஏற்பான் மின்னோட்டம் (I_c-mA யில்) ஆனது, β மடங்கு அதிகரிக்கும். இது R_C யின் குறுக்கே மின்னழுத்த இறக்கத்தை ($I_c R_c$) அதிகரித்து ஏற்பான்–உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை (V_{CE}) குறைக்கும். எனவே, நேர்அரை உள்ளீடு சைகை, வெளியீட்டில் பெருக்கப்பட்ட எதிர்அரை சைகையாக உருவாகிறது. இதனால் வெளியீட்டு சைகை 180^0 திருப்பப்படுகிறது. இது படம் 10.36 (ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

- *உள்ளீடு சைகையின் எதிர் அரை அலையின்போது,*

உமிழ்ப்பான்– அடிவாய் குறுக்கே உள்ள முன்னோக்கு மின்னழுத்தத்தை உள்ளீடு சைகை (V_S) குறைக்கிறது. இதன் விளைவாக அடிவாய் மின்னோட்டம் (I_B) குறைந்து ஏற்பான் மின்னோட்டமும் (I_c) குறைகிறது. ஏற்பான் மின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் குறைவு R_c யின் குறுக்கே மின்னழுத்த இறக்கம் குறைந்து, ஏற்பான்– உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாடு (V_{CE}) அதிகரிக்கும். எனவே, எதிர்அரை உள்ளீடு சைகை வெளியீட்டில் பெருக்கப்பட்ட நேர்அரை சைகையை ஏற்படுத்துகிறது. இவ்வாறு உள்ளீடு சைகையின் எதிர் அரைச்சுற்றின்போதும் 180^0 கட்ட வேறுபாடு உருவாக்கப்படுகிறது. இது படம் 10.36 (ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

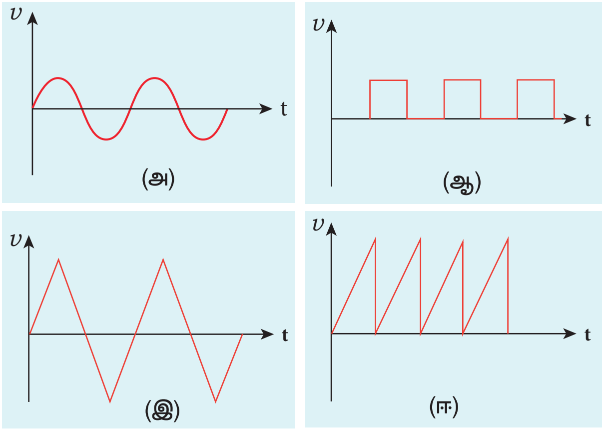
10.4.8 டிரான்சிஸ்டர் அலை இயற்றியாகச் செயல்படுதல்

ஓர் எலக்ட்ரானியல் அலை இயற்றி என்பது, DC ஆற்றலை, குறைந்த அதிர்வெண் (Hz) முதல் மிக அதிக அதிர்வெண் (MHz) வரை உள்ள AC ஆற்றலாக மாற்றும் சாதனமாகும். எனவே, இது மாறுதிசை மின்னோட்டம் அல்லது மாறுதிசை மின்னழுத்த மூலமாகும். பெருக்கியைப்போல் அல்லாமல் அலை இயற்றி செயல்பட, புற சைகை மூலம் (external signal source) ஏதும் தேவைப்படுவதில்லை.

அடிப்படையில், அலை இயற்றிகள் இரு வகைப்படும். **சைன் வடிவ மற்றும் சைன் வடிவமற்ற** அலை இயற்றிகள் ஆகும். சைன் வடிவ அலை இயற்றியானது மாறாத வீச்சு மற்றும் அதிர்வெண் கொண்ட சைன் அலைகளை ஏற்படுத்தும். இது படம் 10.37(அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆனால் சைன்

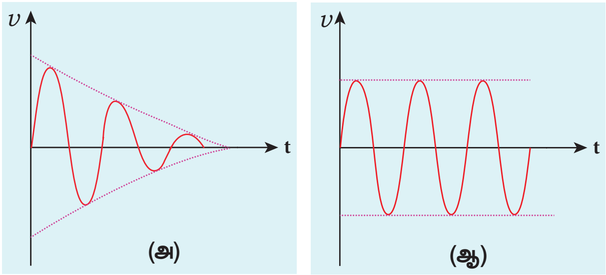
XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 224 19-12-2022 17:48:16

வடிவமற்ற அலை இயற்றிகள் சதுரஅலை, முக்கோண அலை அல்லது ரம்பப்பல் அலை போன்ற சிக்கலான சைன் வடிவமற்ற அலைகளை உருவாக்கும். இது படம் 10.37(ஆ), (இ), (ஈ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 10.37 (அ) சைன் வடிவமுள்ள அலை வடிவம் (ஆ) சதுர அலை வடிவம் (இ) முக்கோண அலை வடிவம் (ஈ) ரம்பப் பல் அலை வடிவம்

சைன் வடிவ அலைவுகள் இரு வகைப்படும். அவை **தடையுறு அலைவுகள் மற்றும் தடையற்ற அலைவுகள்.** தடையுறு அலைவுகளில் ஆற்றல் இழப்பின் காரணமாகக் காலத்தைப் பொருத்து மின் அலைவுகளின் வீச்சு குறையும். இது படம் 10.38(அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. தடையற்ற அலைகளில் காலத்தைப் பொறுத்து இந்த மின் அலைகளின் வீச்சு மாறிலியாக இருப்பதை படம் 10.38(ஆ) ல் காணலாம்.



படம் 10.38 (அ) தடையுறு அலைகள் (ஆ) தடையற்ற அலைகள்

டிரான்சிஸ்டர் அலை இயற்றி

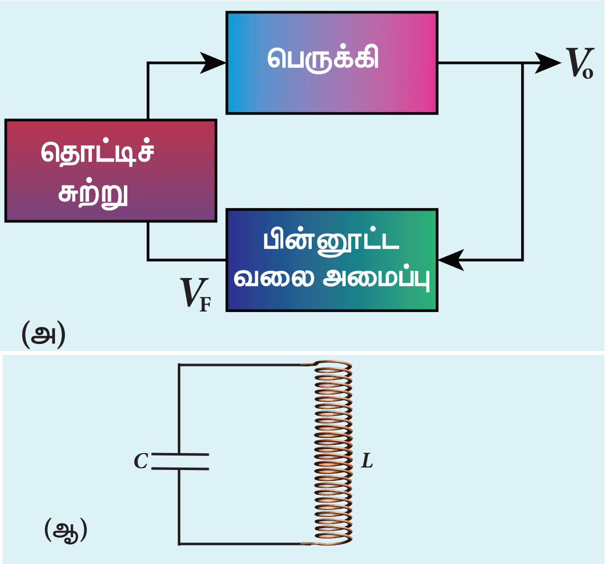
ஒரு அலை இயற்றி மூன்று உறுப்புகளை கொண்டுள்ளது. அவை i) தொட்டிச் சுற்று ii) பெருக்கி மற்றும் iii) பின்னூட்ட வலை அமைப்பு ஆகியவை ஆகும். அலை இயற்றியின் கட்டப்படம் படம் 10.39(அ)–இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

i) *தொட்டிச் சுற்று*

LC தொட்டிச் சுற்றில் மின்நிலைமம் *L* மற்றும் மின்தேக்கி *C* ஆகியவை பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இது படம் 10.39 (ஆ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. *DC* மூலத்திலிருந்து ஆற்றல் அளிக்கப்படும் போது, இந்த ஆற்றலானது மின்நிலைமம் மற்றும் மின்தேக்கியில் மாறிமாறி சேகரிக்கப்படுகிறது. இது குறிப்பிட்ட அதிர்வெண் கொண்ட மின் அலைவுகளை உருவாக்கும்.

ii) *டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கி*

தொட்டிச்சுற்றில் உருவாக்கப்படும் வலு குறைந்த சைகைகளை இந்த ஒற்றை–நிலை டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கியானது வலு மிகுந்த சைகைகளாக பெருக்குகிறது. இந்த பெருக்கி தேவையான வெளியீட்டைத் தருகிறது.



படம் 10.39 (அ) அலை இயற்றியின் கட்டப்படம் (ஆ) தொட்டிச்சுற்று

iii) *பின்னூட்ட வலை அமைப்பு*

வெளியீட்டின் ஒரு பகுதியை உள்ளீடிற்கு அளிக்கும் சுற்று பின்னூட்டச் சுற்று எனப்படும். வெளியீட்டின் ஒரு பகுதியை அதே கட்டத்தில் உள்ளீடுடன் பின்னூட்டம் செய்யும்போது உள்ளீடு சைகையின் எண் மதிப்பு அதிகரிக்கும். இந்த செயல்முறை நேர் பின்னூட்டம் எனப்படும். இதுவே தொடர்ச்சியான அலைவுகளுக்குத் தேவையானது ஆகும்.

வேலை செய்யும் விதம்

தொட்டிச் சுற்று உருவாக்கும் மின்அலைவுகள் டிரான்ஸிஸ்டர் பெருக்கிக்கு AC உள்ளீடு மூலமாக செயல்படுகிறது. பெருக்கியானது AC உள்ளீடு சைகையை பெருக்குகிறது. நடைமுறை அலை இயற்றி சுற்றுகளில் மின்தடையின் காரணமாக மின்நிலைமச் சுருள்கள் மற்றும் மின்தேக்கிகளில் சிறிதளவு ஆற்றல் வீணாகும். மின்தேக்கி ஒவ்வொரு முறை மின்னேற்றமும் மின்இறக்கமும்

அடையும்போது ஆற்றல் இழப்பு ஏற்படுகிறது. இதன் காரணமாக அலைவின் வீச்சு படிப்படியாக குறைகிறது. எனவே தொட்டிச் சுற்று தடையுறு மின்அலைவுகளை தோற்றுவிக்கிறது.

தடையற்ற அலைவுகளை தோற்றுவிக்க பின்னூட்ட சுற்றின் மூலம் வெளியீட்டிலிருந்து உள்ளீடிற்கு நேர் பின்னூட்டம் அளிக்கப்படுகிறது. இது தொட்டி சுற்றில் ஏற்படும் ஆற்றல் இழப்பை ஈடுசெய்கிறது. L மற்றும் C ன் மதிப்புகள் மூலம் அலைவுகளின் அதிர்வெண் கண்டறியப்படுகிறது.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad (10.8)$$

தொடர்ச்சியான அலைவுகளுக்கானப் பர்க்கௌசன் (Barkhausen) நிபந்தனைகள்

அலை இயற்றிகளில் தொடர்ச்சியான அலைவுகள் ஏற்பட பின்வரும் நிபந்தனைகள் பூர்த்தி செய்யப்படவேண்டும். அவை பர்க்கௌசன் நிபந்தனைகள் எனப்படும்.

- நேர் பின்னூட்டம் இருக்க வேண்டும்.
- மின்சுற்று வலையைச் சுற்றி கட்ட வேறுபாடு 0^0 அல்லது 2π–ன் முழு எண் மடங்காக இருக்க வேண்டும்.
- வலை பெருக்கம் ஒன்றாக இருக்கவேண்டும். அதாவது, $|A\beta| = 1$.

இங்கு A என்பது பெருக்கியின் மின்னழுத்த பெருக்கம். β என்பது பின்னூட்டத்தகவு (உள்ளீட்டில் அளிக்கப்படும் வெளியீட்டின் சிறு பகுதி).

வெவ்வேறு வகையான தொட்டிச்சுற்றுகளின் அடிப்படையில் அலை இயற்றிச் சுற்றுகள் பலவகைப்படும். எடுத்துக்காட்டு: ஹார்ட்லி அலை இயற்றி, கால்பிட் அலை இயற்றி, கட்டப் பெயர்ச்சி அலை இயற்றி மற்றும் படிக அலை இயற்றி போன்றவை.

அலை இயற்றிகளின் பயன்பாடுகள்

அலை இயற்றிகள் பின்வரும் வகைகளில் பயன்படுகின்றன.

- குறிப்பிட்ட கால இடைவெளியில் ஏற்படும் சைன் வடிவமுள்ள மற்றும் சைன் வடிவமற்ற அலைகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன.
- ரேடியோ அதிர்வெண் ஊர்தி அலைகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன.
- ஒலித் தொனியை ஏற்படுத்துகின்றன.
- இலக்கச் சுற்றுகளில் காலச்சைகைகளை தோற்றுவிக்கின்றன.
- தொலைக்காட்சி மற்றும் கேதோடு கதிர் அலை இயற்றிகளில் அதிர்வெண் மாற்றும் மின் சுற்றுகளாகப் பயன்படுகின்றன.

எடுத்துக்காட்டு 10.8

ஓர் இசைவுறு ஏற்பான் அலை இயற்றியில், 150 μH மாறா மதிப்பு கொண்ட மின் நிலைமம் உள்ளது. அதில் பயன்படுத்தப்படும் மாறும் மின்தேக்கியின் நெடுக்கத்தைக் கண்டுபிடிக்கவும். அதிர்வெண் பட்டையின் அதிர்வெண் 500 kHz லிருந்து 1500 kHz வரை இருக்கும் எனக் கொள்க.

ஒத்திசைவு அதிர்வெண்,

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

இதனைச் சுருக்க,

$$C = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L}$$

(i) அதிர்வெண் 500 KHz என இருக்கும்போது,

$$C = \frac{1}{4 \times 3.14^2 \times (500 \times 10^3)^2 \times 150 \times 10^{-6}}$$

$= 676$ pF

(ii) அதிர்வெண் 10 KHz என இருக்கும்போது,

$$C = \frac{1}{4 \times 3.14^2 \times (1500 \times 10^3)^2 \times 150 \times 10^{-6}}$$

$= 75$ pF

எனவே மின் தேக்கியின் நெடுக்கம் 75 – 676 pF ஆகும்

10.5 இலக்கமுறை எலக்ட்ரானியல் (Digital Electronics)

இலக்கமுறை எலக்ட்ரானியல் என்பது, இலக்கமுறை சைகைகளைக் கையாளும் எலக்ட்ரானியலின் ஒரு பிரிவு ஆகும். இது சைகை செயலாக்கம், தகவல்தொடர்பு ஆகிய பயன்பாடுகளில் உள்ள நவீன செயலாக்கச் சுற்றுகள் முதல் மிகச்சிறிய சுற்றுகள் வரை அதிக அளவில் பயன்படுகிறது. சிறந்த செயல்திறன், துல்லியம், வேகம், நெகிழ்வுத் தன்மை மற்றும் இரைச்சல்எதிர்ப்பு ஆகிய காரணங்களுக்காக தொடர் சைகைகளை விட இலக்க முறை சைகைகள் தேர்ந்தெடுக்கப்படுகின்றன.

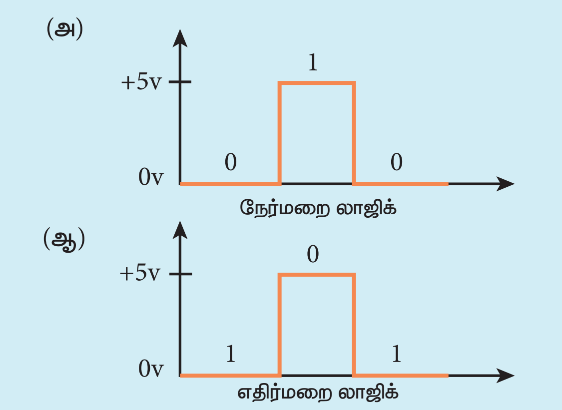
10.5.1 தொடர் மற்றும் இலக்கமுறை சைகைகள்

எலக்ட்ரானியலில் இரு வேறுபட்ட சைகைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. அவை (i) தொடர் மின் சைகைகள் மற்றும் (ii) இலக்கமுறை சைகைகள். தொடர் மின் சைகையானது நேரத்தைப் பொருத்து, தொடர்ச்சியாக மாறுபடும் மின்னழுத்தம் அல்லது மின்னோட்டத்தைக் கொண்டது. அத்தகைய சைகைகள் திருத்தி சுற்றுகளிலும் மற்றும் டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கிச் சுற்றுகளிலும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

இலக்கமுறை சைகைகள் மின்னழுத்தங்களின் தனித்தனி மதிப்புகள் (discrete values) மட்டுமே கொண்ட சைகைகள் ஆகும். இலக்கமுறை சைகைகளுக்கு இரு நிலைகள் தேவை: இயக்கு மற்றும் நிறுத்து. இயக்கு ஒரு நிலையாகவும், நிறுத்து மற்றொரு நிலையாகவும் கருதப்படுகின்றன. இந்த இரு நிலைகளை உயர்நிலை (இயக்கு) அல்லது தாழ்நிலை (நிறுத்து) மற்றும் மூடியநிலை (இயக்கு) அல்லது திறந்தநிலை (நிறுத்து) எனவும் வரையறுக்கலாம். பூலியன் இயற்கணிதத்தில், இந்த உயர் மற்றும் தாழ் நிலைகள் 1 அல்லது 0 என்ற இரும எண்களைப் பயன்படுத்தி வரையறுக்கப்படுகின்றன. நிலை 1 குறிப்பது: சுற்றின் இயக்க நிலை, உயர் மின்னழுத்தம், ஒரு மூடிய சாவி. அதுபோன்றே, நிலை 0 குறிப்பது: சுற்றின் நிறுத்தியநிலை, தாழ் மின்னழுத்தம் அல்லது ஒரு திறந்த சுற்று.

நேர்மறை மற்றும் எதிர்மறை லாஜிக்

இலக்கமுறை அமைப்புகளில் இரு மின்னழுத்த மட்டங்கள் உள்ளன: 5 V (உயர் நிலை) மற்றும் 0 V (தாழ் நிலை). படம் 10.40 இல் காட்டியுள்ளவாறு, ஒரு நேர் லாஜிக் அமைப்பில் இரும எண் 1 ஆனது 5V ஐக் குறிக்கிறது மற்றும் 0 ஆனது 0 V ஐக் குறிக்கிறது. ஆனால் எதிர்லாஜிக் அமைப்பில், நிலை 1 ஆனது 0 V யும் மற்றும் நிலை 0 ஆனது 5 V யும் குறிக்கின்றன.



படம் 10.40 (அ) நேர்மறை லாஜிக் மற்றும் (ஆ) எதிர்மறை லாஜிக்

10.5.2 லாஜிக் கேட்டுகள் (Logic gates)

லாஜிக் கேட் என்பது, இலக்க முறை சைகைகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு செயல்படுகின்ற ஒரு எலக்ட்ரானியல் சுற்று ஆகும். இவை இரு அடிமான எண்களை கொண்டவை. பெரும்பாலான இலக்க முறை அமைப்புகளின் அடிப்படைக் கட்டமைப்புகளாக லாஜிக் கேட்டுகள் கருதப்படுகின்றன. இதில் ஒரு வெளியீடு மற்றும் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட உள்ளீடுகளும் உள்ளன. மூன்று வகையான அடிப்படை லாஜிக் கேட்டுகள் உள்ளன; அவை AND, OR மற்றும் NOT ஆகும். பிற லாஜிக் கேட்டுகள் Ex–OR, NAND மற்றும் NOR ஆகும். இவற்றை அடிப்படை லாஜிக் கேட்டுகளிலிருந்து உருவாக்கலாம்.

இலக்கமுறை எலக்ட்ரானியல், லாஜிக் செயல்பாடுகளைக் கையாளுகிறது. மாறிகள், லாஜிக் மாறிகள் (logical variables) என அழைக்கப்படுகின்றன. லாஜிக் கூட்டல் (+) மற்றும் லாஜிக் பெருக்கல் (.) போன்ற செயலிகள் லாஜிக் செயலிகள் (logical operators) எனப்படும். லாஜிக் செயலிகள் (+, .) ஆனது லாஜிக் மாறிகள் (A, B) மீது செயல்பட்டால், அது லாஜிக் மாறிலி (Y) ஐ தருகிறது. இந்தச் செயல்பாட்டைக் குறிக்கும் சமன்பாடு லாஜிக் கூற்று (logical statement) எனப்படும்.

உதாரணமாக,

லாஜிக் செயலி : +

லாஜிக் மாறிகள்: A, B

லாஜிக் வெளியீடு: Y

லாஜிக் கூற்று: $Y = A + B$

உள்ளீடுகளின் சாத்தியமான சேர்க்கைகள் மற்றும் அதற்கேற்ற வெளியீடு ஆகியவை அட்டவணை வடிவில் கொடுக்கப்படுகின்றன. இந்த அட்டவணை, உண்மை அட்டவணை எனப்படும். லாஜிக் கூட்டல், பெருக்கல், புரட்டுதல் போன்ற அடிப்படை லாஜிக் செயல்பாடுகளை செயல்படுத்தும் சுற்றுகள் கீழே விவாதிக்கப்பட்டுள்ளன.

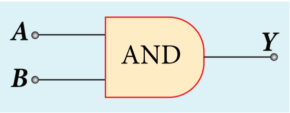
AND கேட்

சுற்றுக் குறியீடு:

இரு உள்ளீடுகள் கொண்ட ஒரு AND கேட்டின் சுற்றுக் குறியீடு படம் 10.41 (அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. A மற்றும் B ஆகியவை உள்ளீடுகள் மற்றும் Y வெளியீடு ஆகும். இது ஒரு லாஜிக் கேட். எனவே A, B மற்றும் Y ஆகியவை 1 அல்லது 0 என்ற மதிப்பைக் கொண்டிருக்கலாம்.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 227 19-12-2022 17:48:18

www.tnschoolbooks.in



(அ)

உள்ளீடுகள்		வெளியீடு
A	*B*	*Y=A.B*
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(ஆ)

படம் 10.41 (அ) இரு உள்ளீடு AND கேட் (ஆ) உண்மை அட்டவணை

பூலியன் சமன்பாடு

$$Y = A.B$$

இது லாஜிக் பெருக்கலை மேற்கொள்கிறது மற்றும் எண்கணித பெருக்கலில் இருந்து மாறுபட்டது.

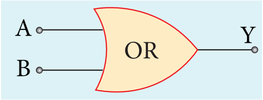
லாஜிக் செயல்பாடு

அனைத்து உள்ளீடுகளும் உயர் நிலையில் (1) இருந்தால் மட்டுமே, AND கேட்டின் வெளியீடு உயர் நிலையில் (1) இருக்கும். பிற நேர்வுகளில் வெளியீடு தாழ்நிலையில் இருக்கும். அது உண்மை அட்டவணையில் காட்டப்பட்டுள்ளது (படம் 10.41 (ஆ)).

OR கேட்

சுற்றுக் குறியீடு

இரு உள்ளீடுகள் கொண்ட ஒரு OR கேட்டின் சுற்றுக்குறியீடு படம் 10.42 (அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. *A* மற்றும் *B* ஆகியவை உள்ளீடுகள் மற்றும் *Y* வெளியீடு ஆகும்.



(அ)

உள்ளீடுகள்		வெளியீடு
A	B	$Y = A + B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

(ஆ)

படம் 10.42 (அ) இரு உள்ளீடு OR கேட் (ஆ) உண்மை அட்டவணை

பூலியன் சமன்பாடு

$$Y = A + B$$

இது லாஜிக் கூட்டலை மேற்கொள்கிறது மற்றும் எண்கணித கூட்டலில் இருந்து மாறுபட்டது.

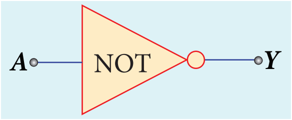
லாஜிக் செயல்பாடு

உள்ளீடுகளில் ஏதேனும் ஒன்று அல்லது இரண்டுமே உயர் நிலையில் இருந்தால், OR கேட்டின் வெளியீடு உயர் நிலையில் (லாஜிக் நிலை 1) இருக்கும். OR கேட்டின் உண்மை அட்டவணை படம் 10.42 (ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

NOT கேட்

சுற்றுக் குறுயீடு

NOT கேட்டின் சுற்றுக் குறியீடு படம் 10.43 (அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. A ஆனது உள்ளீடு மற்றும் *Y* வெளியீடு ஆகும்.



(அ)

Inputs	Output
A	$Y=\overline{A}$
0	1
1	0

(ஆ)

படம் 10.43 (அ) NOT கேட் (ஆ) உண்மை அட்டவணை

பூலியன் சமன்பாடு

$$Y = \overline{A}$$

லாஜிக் செயல்பாடு

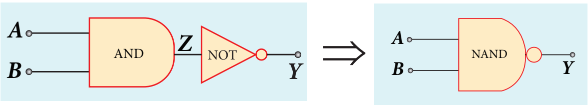
வெளியீடானது உள்ளீட்டின் நிரப்பி ஆகும். இது ஒரு மேற்கோட்டால் குறிப்பிடப்படுகிறது. இது புரட்டி (inverter) என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. உள்ளீடு *A* ஆனது 0 எனில், வெளியீடு *Y* ஆனது 1. அதாவது மறுதலையாக இருப்பதை உண்மை அட்டவணை உணர்த்துகிறது. NOT கேட்டின் உண்மை அட்டவணை படம் 10.43 (ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

NAND கேட்

சுற்றுக் குறுயீடு

NAND கேட்டின் சுற்றுக் குறியீடு படம் 10.44 (அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. *A* மற்றும் *B* ஆனது உள்ளீடுகள் மற்றும் *Y* வெளியீடு ஆகும்.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 228 19-12-2022 17:48:20



(அ)

உள்ளீடு		வெளியீடு (AND)	வெளியீடு(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

(ஆ)

படம் 10.44 (அ) இரு உள்ளீடு NAND கேட் (ஆ) உண்மை அட்டவணை

பூலியன் சமன்பாடு

$$Y = \overline{A.B}$$

லாஜிக் செயல்பாடு

வெளியீடு Y ஆனது AND செயல்பாட்டின் நிரப்பியாக உள்ளது. சுற்றானது ஒரு AND கேட் மற்றும் அதனைத் தொடர்ந்து ஒரு NOT கேட்டைக் கொண்டுள்ளது. எனவே அது NAND என குறிப்பிடப்படுகிறது. அனைத்து உள்ளீடுகளும் உயர் நிலையில் இருந்தால் மட்டுமே, வெளியீடு லாஜிக் நிலை 0 வில் இருக்கும். பிற நேர்வுகளில் வெளியீடு உயர் நிலையில் (லாஜிக் நிலை 1) இருக்கும். NAND கேட்டின் உண்மை அட்டவணை படம் 10.44 (ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

NOR கேட்

சுற்றுக் குறியீடு

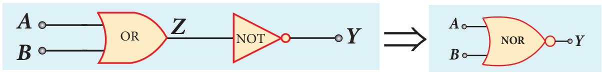
NOR கேட்டின் சுற்றுக் குறியீடு படம் 10.45 (அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. A மற்றும் B ஆனது உள்ளீடுகள் மற்றும் Y வெளியீடு ஆகும்.

பூலியன் சமன்பாடு

$$Y = \overline{A + B}$$

லாஜிக் செயல்பாடு

வெளியீடு Y ஆனது OR செயல்பாட்டின் நிரப்பி (A OR B) ஆகும். சுற்றானது ஒரு OR கேட் மற்றும் அதனைத் தொடர்ந்து ஒரு NOT கேட்டைக் கொண்டுள்ளது. இது NOR எனக் குறிப்பிடப்படுகிறது. அனைத்து உள்ளீடுகளும் தாழ் நிலையில் இருந்தால், வெளியீடு உயர் நிலையில் உள்ளது. உள்ளீடுகளின் பிற சேர்க்கைகளுக்கு, வெளியீடு தாழ் நிலையில் உள்ளது. NOR கேட்டின் உண்மை அட்டவணை படம் 10.45 (ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



(அ)

உள்ளீடு		வெளியீடு (OR)	வெளியீடு(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

(ஆ)

படம் 10.45 (அ) NOR கேட் (ஆ) உண்மை அட்டவணை

EX–OR கேட்

சுற்றுக் குறியீடு

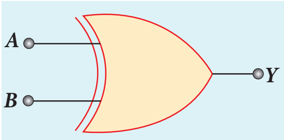
EX–OR கேட்டின் சுற்றுக் குறியீடு படம் 10.46 (அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது A மற்றும் B ஆனவை உள்ளீடுகள் மற்றும் Y வெளியீடு ஆகும். EX–OR செயல்பாடு $\oplus$ என குறிக்கப்படுகிறது.

பூலியன் சமன்பாடு

$$Y = A.\overline{B} + \overline{A}.B$$

$$Y = A \oplus B$$

லாஜிக் செயல்பாடு



(அ)

உள்ளீடு		வெளியீடு (Ex-OR)
A	B	$Y = A \oplus B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

(அ)

படம் 10.46 (அ) EX-OR கேட் (ஆ) உண்மை அட்டவணை

இரு உள்ளீடுகளில் ஏதேனும் ஒன்று உயர் நிலையில் இருந்தால், வெளியீடு உயர் நிலையில் உள்ளது. இரு உள்ளீடுகளுக்குமேல் கொண்ட

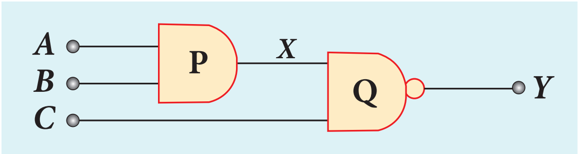
EX–OR கேட்டில் ஒற்றைப்படை எண்ணிக்கையிலான உள்ளீடுகள் உயர் நிலையில் உள்ளபோது, வெளியீடு உயர் நிலையில் இருக்கும். EX – OR கேட்டின் உண்மை அட்டவணை படம் 10.46 (ஆ) காட்டப்பட்டுள்ளது

குறிப்பு

NAND மற்றும் NOR லாஜிக் கேட்டுகள் பொது கேட்டுகள் என அழைக்கப்படுகின்றன. ஏனெனில் பிற லாஜிக் கேட்டுகளை NAND அல்லது NOR கேட்டுகளிலிருந்து உருவாக்க முடியும்

எடுத்துக்காட்டு 10.9

கீழ்க்காணும் சுற்றில் A, B மற்றும் C ஆகிய மூன்று உள்ளீடுகள் அனைத்தும் முதலில் 0 மற்றும் பிறகு 1 என இருந்தால், வெளியீடு Y என்ன?

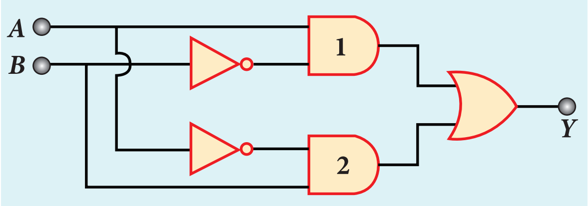


தீர்வு

A	B	C	$X = A \cdot B$	$Y = \overline{X \cdot C}$
0	0	0	0	1
1	1	1	1	0

எடுத்துக்காட்டு 10.10

கீழ்க்காணும் லாஜிக் கேட்களின் சேர்க்கையில், உள்ளீடுகள் A மற்றும் B ஐக் கொண்டு வெளியீடு Y – யிற்கான பூலியன் சமன்பாட்டை எழுதுக?



தீர்வு

1 வது AND கேட் வெளியீடு : $A\overline{B}$

2 வது AND கேட் வெளியீடு : $\overline{A}\,B$

OR கேட்டில் வெளியீடு : $Y = A.\overline{B} + \overline{A}.B$

10.6 பூலியன் இயற்கணிதம் (Boolean Algebra)

பூலியன் இயற்கணிதம் என்பது அடிப்படையில் (i) உண்டு அல்லது இல்லை (ii) உயர்வு அல்லது தாழ்வு போன்ற இரு நிலைகளுக்கு இடையேயான ஒரு தெரிவு ஆகும். பூலியன் இயற்கணிதத்தில் இந்த இரு நிலைகளும் இரும எண்கள் 0 அல்லது 1 ஆல் குறிப்பிடப்படுகின்றன. இது 1854 இல் ஜார்ஜ் பூல் என்வரால் உருவாக்கப்பட்ட லாஜிக் மற்றும் கணிதத்தைத் தொடர்புபடுத்தும் நூறாண்டு பழைமையான ஒரு கருத்தாகும். பிறகு பூலியன் இயற்கணிதத்தின் முக்கியத்துவம் கணினி சுற்றுகளை வடிவமைப்பதில் உணரப்பட்டது. இன்று நாம் இலக்கமுறை உலகத்தில் உள்ளோம் மற்றும் நாம் அனுபவிக்கும் பெரும்பாலான வசதிகள் பூலியன் இயற்கணிதத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டே இலக்குமுறையாக்கத்தில் உருவானதாகும்.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

உயர்வு (1) மற்றும் தாழ்வு (0) என்ற கருத்து ஒன்றும் புதிதல்ல. உண்மையில் அது 1938 இல் சானன் என்பவரால் தொலைபேசி இணைப்புச் சுற்றுகளில் பயன்படுத்தப்பட்டது.

பூலியன் இயற்கணிதத்தின் விதிகள்

பகுதி 10.5.2 இல் விவாதிக்கப்பட்ட NOT, OR மற்றும் AND செயல்பாடுகள், பூலியன் செயல்பாடுகள் ஆகும். இந்தச் செயல்பாடுகள் முடிவுகளை பின்வருமாறு தொகுத்துக் கூறலாம்.

நிரப்பி விதி

A	$Y = \overline{A}$
0	$Y = \overline{0} = 1$
1	$Y = \overline{1} = 0$

நிரப்பி விதியை பின்வருமாறும் கூறலாம் $\overline{\overline{A}} = A$.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 230 19-12-2022 17:48:23

OR விதிகள்

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 விதிகளைப் பின்வருமாறு கூறலாம்.

முதல் விதி	$A + 0 = A$
இரண்டாம் விதி	$A + 1 = 1$
மூன்றாம் விதி	$A + A = A$
நான்காம் விதி	$A + \overline{A} = 1$

AND விதிகள்

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 விதிகளைப் பின்வருமாறு கூறலாம்.

முதல் விதி	$A . 0 = 0$
இரண்டாம் விதி	$A . 1 = A$
மூன்றாம் விதி	$A . A = A$
நான்காம் விதி	$A . \overline{A} = 0$

பூலியன் செயல்பாடுகள் கீழ்க்காணும் விதிகளுக்கு உட்படுகின்றன.

பரிமாற்று விதிகள்

$$A + B = B + A$$
$$A . B = B . A$$

சேர்ப்பு விதிகள்

$$A + (B + C) = (A + B) + C$$
$$A . (B . C) = (A .B) . C$$

பங்கீட்டு விதிகள்

$$A(B + C) = AB + AC$$
$$A + BC = (A + B) (A + C)$$

மேற்கண்ட விதிகள் சிக்கலான சமன்பாடுகளை எளிமையாக்கவும் மற்றும் லாஜிக் சுற்றுகளை எளிமைப்படுத்தவும் பயன்படுகின்றன.

10.7 டீ மார்கனின் தேற்றங்கள்

10.7.1 டீ மார்கனின் முதல் தேற்றம்

முதல் தேற்றத்தின் கூற்றானது இரு லாஜிக் உள்ளீடுகளின் கூடுதலின் நிரப்பியானது அவற்றின் நிரப்பிகளின் பெருக்கல்பலனுக்குச் சமமாகும்.

நிரூபணம்

NOR கேட்டின் பூலியன் சமன்பாடு வருமாறு

$$Y = \overline{A + B}$$

குமிழ் இணைக்கப்பட்ட AND கேட்டுக்கான பூலியன் சமன்பாடு வருமாறு

$$Y = \overline{A}.\overline{B}.$$

சமமான உள்ளீடுகளுக்கு இரு நேர்வுகளிலும் ஒரே வெளியீடு உருவாகிறது. அதனைக் கீழ்க்காணும் உண்மை அட்டவணையைப் பயன்படுத்தி சரிபார்க்கலாம்.

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

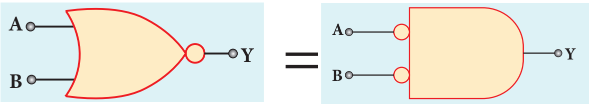
மேற்கண்ட உண்மை அட்டவணையில் இருந்து பின்வரும் முடிவுக்கு வரலாம்.

$$\overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$$

ஆகவே டீ மார்கனின் முதல் தேற்றம் நிரூபிக்கப்பட்டது. ஒரு NOR கேட்டானது ஒரு குமிழ் இணைக்கப்பட்ட AND வாயிலுக்குச் சமம் என இது உணர்த்துகிறது.

தொடர்புடைய லாஜிக் சுற்று வரைபடம் படம் 10.47 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 231 19-12-2022 17:48:24



படம் 10.47 NOR கேட், குமிழ் இணைக்கப்பட்ட AND கேட்டுக்குச் சமமானது

10.7.2 டீ மார்கனின் இரண்டாம் தேற்றம்

இரண்டாம் தேற்றத்தின் கூற்றானது, இரு உள்ளீடுகளின் பெருக்கல்பலனின் நிரப்பியானது அதன் நிரப்பிகளின் கூடுதலுக்குச் சமமாகும்.

நிரூபணம்

NAND கேட்டுக்கான பூலியன் சமன்பாடு வருமாறு $Y = \overline{A.B}$.

குமிழ் இணைக்கப்பட்ட OR வாயிலுக்கான பூலியன் சமன்பாடு வருமாறு $Y = \overline{A} + \overline{B}$.

A மற்றும் B உள்ளீடுகள் மற்றும் Y வெளியீடு ஆகும். சமமான உள்ளீடுகளுக்கு மேற்கண்ட இரு சமன்பாடுகளும் ஒரே வெளியீட்டை உருவாக்குகிறது. அதனைப் பின்வரும் உண்மை அட்டவணையைப் பயன்படுத்திச் சரிபார்க்கலாம்.

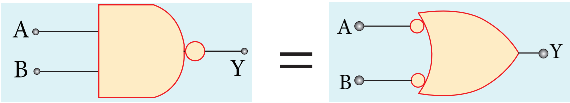
A	B	$A.B$	$\overline{A.B}$	$\overline{A}$	$\overline{B}$	$\overline{A}+\overline{B}$
0	0	0	1	1	1	1
0	1	0	1	1	0	1
1	0	0	1	0	1	1
1	1	1	0	0	0	0

மேற்கண்ட உண்மை அட்டவணையில் இருந்து நாம் பின்வரும் முடிவுக்கு வரலாம்.

$$\overline{A.B} = \overline{A} + \overline{B}$$

ஆகவே டீ மார்கனின் இரண்டாம் தேற்றம் நிரூபிக்கப்பட்டது. ஒரு NAND கேட்டானது குமிழ் இணைக்கப்பட்ட OR கேட்டுக்குச் சமமானது என அது உணர்த்துகிறது.

தொடர்புடைய லாஜிக் சுற்று வரைபடம் படம் 10.48 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 10.48 NAND கேட், குமிழ் இணைக்கப்பட்ட OR கேட்டுக்குச் சமமானது

எடுத்துக்காட்டு 10.11

பின்வரும் பூலியன் கூற்றை நிரூபிக்கவும் $AC + ABC = AC$. அதன் சுற்று விளக்கப்படம் தருக.

தீர்வு

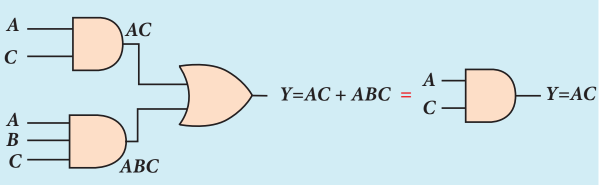
படி 1: $AC\,(1 + B) = AC.1$ (OR விதி –2)

படி 2: $AC\,.\,1 = AC$ (AND விதி – 2)

எனவே, $AC + ABC = AC$

ஆகவே கொடுக்கப்பட்ட பூலியன் கூற்று நிரூபிக்கப்பட்டது.

சுற்று விளக்கப்படம்



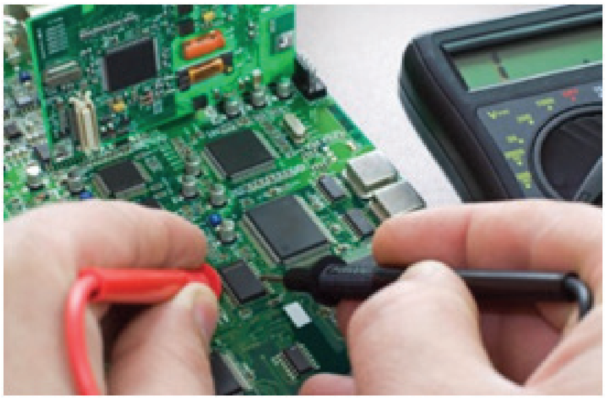
10.7.3 தொகுப்பு சில்லுகள் (Integrated chips)

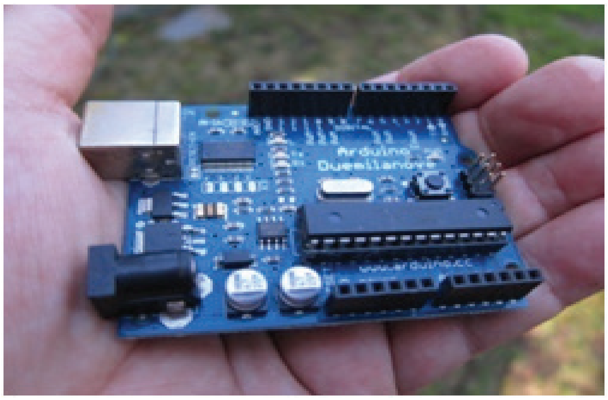
ஒரு தொகுப்புச் சுற்றானது IC அல்லது சில்லு அல்லது நுண்சில்லு என்றும் குறிப்பிடப்படுகிறது (படம் 10.49). இதில் சிலிக்கன் போன்ற குறைக்கடத்தியின் சிறு துண்டின் மீது சில ஆயிரம் முதல் மில்லியன் வரையிலான டிரான்சிஸ்டர்கள், மின்தடைகள்,மின்தேக்கிகள் தொகுக்கப்பட்டுள்ளன.

தொகுப்புச் சுற்றுக்கள் (IC க்கள்) ஆனவை நவீன எலெக்ட்ரானியலின் மைல்கல் ஆகும். தொழில்நுட்பத்தின் வளர்ச்சி மற்றும் VLSI (மிக பெரும் அளவிலான தொகுப்பு–Very Large Scale Integration) என்ற சகாப்தத்தின் தோற்றம் ஆகியவற்றால், ஒரு தொகுப்புச்சில்லுவில் மிக அதிக அளவிலான டிரான்சிஸ்டர்களை உருவாக்க இயலுகிறது.

சாதாரண சுற்றுகளைக் காட்டிலும், தொகுப்புச் சுற்றுக்கள் இரு முக்கிய நன்மைகளைக் கொண்டுள்ளன: விலை மற்றும் செயல்திறன். தொழில்நுட்ப வளர்ச்சியால் அளவு, வேகம் மற்றும் சில்லுகளின் கொள்ளளவு ஆகியவை மிக அதிக அளவு மேம்படுத்தப்பட்டுள்ளன. தற்போது கணினிகள், செல்பேசிகள் மற்றும் இதர வீட்டு உபயோக இலக்கமுறை சாதனங்கள், அளவில் சிறியதான மற்றும் விலை குறைவான தொகுப்புச் சுற்றுகளால் சாத்தியமாகி உள்ளது. தொகுப்புச் சுற்றுகளானது பெருக்கி, அலையியற்றி, நேரச்சுற்று, நுண்செயலி மற்றும் கணினி நினைவகம் ஆகியனவாகச் செயல்பட இயலும்.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 232 19-12-2022 17:48:25





படம் 10.49 தொகுப்புச் சில்லுகள் கொண்ட சுற்றுக்கள்

இந்த மிகச்சிறிய தொகுப்புச் சுற்றுகள், இலக்கமுறை அல்லது தொடர் தொழில்நுட்பத்தைப் பயன்படுத்திக் கணக்கீடுகளை மேற்கொள்ளவும் மற்றும் தரவைச் சேமிக்கவும் செய்கின்றன. இலக்கமுறை தொகுப்புச்சுற்றுகள் (Digital ICs) ஒன்று மற்றும் சுழி ஆகியவற்றின் மதிப்புகளால் இயங்கும் லாஜிக் கேட்களைப் பயன்படுத்துகின்றன. இலக்கமுறை தொகுப்புச்சுற்று ஒன்றிற்குக் கொடுக்கப்பட்ட ஒரு தாழ்வு சைகை 0 மதிப்பையும், ஒரு உயர் சைகை 1 மதிப்பையும் உருவாக்குகின்றது.

இலக்கமுறை தொகுப்புச்சுற்றுகள் கணினிகள், வலைப்பின்னல் கருவி மற்றும் பெரும்பாலான நுகர்வோர் எலக்ட்ரானியல் சாதனங்களிலும் பயன்படுகின்றன.

தொடர் தொகுப்புச்சுற்றுகள் அல்லது நேர்போக்குத் தொகுப்புச் சுற்றுகள் (Analog ICs or linear ICs) தொடர்ச்சியான மதிப்புகளுடன் இயங்குகின்றன. இதன் பொருள், ஒரு தொடர் தொகுப்புச்சுற்றின் பாகமானது எந்த ஒரு மதிப்பையும் பெற்று மற்றொரு மதிப்பிலான வெளியீட்டைத் தரும். நேர்போக்கு தொகுப்புச் சுற்றுகள் குறிப்பாகச் செவியுணர் மற்றும் ரேடியோ அதிர்வெண் பெருக்கத்தில் பயன்படுகின்றன.

10.8 தகவல்தொடர்பு அமைப்புகள்

அறிமுகம்

பேசுவதன் மூலம், எழுதுவதன் மூலம் அல்லது வேறு ஏதேனும் ஒரு ஊடகத்தின் உதவியுடன் தகவல்களை பரிமாறிக்கொள்ளும் ஒரு செயல்முறை தகவல் தொடர்பு எனப்படும்.

இந்த உலகத்தில் உயிரினங்கள் தோன்றிய காலம் முதலே தகவல்தொடர்பு உள்ளது. அறிவியல் மற்றும் தொழில்நுட்ப வளர்ச்சியானது இடம் சார்ந்த குறைபாடுகளை திறம்பட நீக்கிவிட்டது. இந்த புவியில் எந்த இடத்தில் உள்ள ஒருவரிடமிருந்தும் மற்றொருவருக்கு தகவலைப் பரிமாறிக் கொள்ளலாம். சிறந்த அறிவியல் அறிஞர்களான ஜே.சி.போஸ், ஜி. மார்க்கோனி மற்றும் அலெக்ஸாண்டர் கிரகாம் பெல் ஆகியோரால் தகவல்தொடர்பில் மேற்கொள்ளப்பட்ட ஆராய்ச்சியில் இருந்து தகவல்தொடர்பானது அசுர வளர்ச்சியைக் கண்டுள்ளது. தகவல்தொடர்பு தொழிலானது பெரிய அளவிலானது மற்றும் தந்தி (1844), தொலைபேசி (1876), மற்றும் வானொலி (1887) ஆகியவற்றின் வழியே நூற்றாண்டுகளுக்கு முன்பே தகவல்தொடர்பு தொடங்கப்பட்டதால் மிகவும் பழமையானதும் ஆகும்.

பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டின் நடு மற்றும் இறுதியில் மேற்கொள்ளப்பட்ட தீவிர ஆராய்ச்சியானது குறுகிய காலத்தில் நெடுந்தொலைவு பரப்புகையின் வளர்ச்சிக்கு வழிவகுத்தது. எனினும், இருபதாம் நூற்றாண்டானது வேகம் மற்றும் பாதுகாப்பான தரவு மாற்றத்தின் தேவையை நிறைவு செய்யும் வகையில் தகவல்தொடர்பு அதீத வளர்ச்சியை கண்டது. இந்தப் பிரிவில் எலக்ட்ரானியல் தகவல்தொடர்பின் அடிப்படைக்கருத்துகள், சில முக்கிய தகவல்தொடர்பு அமைப்புகள் மற்றும் அவற்றின் பயன்பாடுகளைக் காணலாம்.

10.9 பண்பேற்றம் (MODULATION)

குறுகிய தொலைவுகளுக்கு தகவலைப் பரப்புவதற்கு சிக்கலான நுட்பங்கள் தேவையில்லை.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 1_TM.indd 233 19-12-2022 17:48:25

தகவல் சைகையின் ஆற்றலே நேரடியாக அனுப்புவதற்குப் போதுமானது. எனினும் செவியுணர் அதிர்வெண் நெடுக்கத்தில் (20 முதல் 20,000 Hz) உள்ள ஒரு தகவல் உலகம் முழுவதும் நீண்ட தொலைவுகளுக்கு பரப்பப்பட வேண்டுமாயின், தகவலை எந்த இழப்புமின்றி பரப்புவதற்கு சில நுட்பங்கள் தேவைப்படுகிறது.

நெடுந்தொலைவு பரப்புகைக்கு குறைந்த அதிர்வெண் கொண்ட அடிக்கற்றை சைகையானது (உள்ளீடு சைகை–baseband signal), பண்பேற்றம் (modulation) எனப்படும் செயல்முறைப்படி அதிக அதிர்வெண் கொண்ட ரேடியோ சைகையின் மீது மேற்பொருத்தப்படுகின்றது. எனவே பண்பேற்றச் செயல்முறையில், அடிக்கற்றை சைகையை சுமந்து செல்ல அதிக அதிர்வெண் சைகை கொண்ட ஊர்தி சைகை (ரேடியோ சைகை–carrier signal) பயன்படுத்தப்படுகிறது.

ஊர்தி சைகையின் அதிர்வெண் மிகவும் அதிகமாதலால், அதனை குறைவான வலுவிழப்புடன் நெடுந்தொலைவுக்கு பரப்பலாம். வழக்கமாக ஊர்தி சைகையானது ஒரு சைன் அலை சைகையாகும்.

ஒரு சைன்வடிவ ஊர்தி அலையை $e_c = E_c \sin(2\pi v_c t + \phi)$ என குறிப்பிடலாம். இங்கு E_c என்பது வீச்சு, v_c என்பது அதிர்வெண் மற்றும் ϕ ஆனது t என்ற கணநேரத்தில் ஊர்தி அலையின் தொடக்கக் கட்டம் ஆகும்.

ஊர்தி சைகையின் மூன்று பண்புகள் பண்பேற்றச் செயல்முறையின் போது அடிக்கற்றை சைகையால் மாற்றப்படலாம். அவை ஊர்தி சைகையின் வீச்சு, அதிர்வெண் மற்றும் கட்டம் ஆகும்.

அதன்படி, நமக்கு கிடைப்பது.

(i) வீச்சுப் பண்பேற்றம்

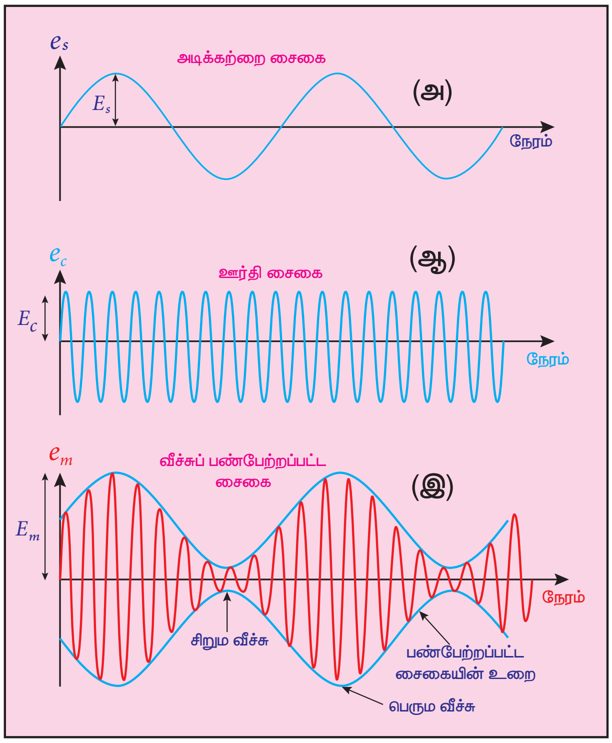
(ii) அதிர்வெண் பண்பேற்றம்

(iii) கட்டப் பண்பேற்றம்

10.9.1 வீச்சுப் பண்பேற்றம் (AMPLITUDE MODULATION – AM)

அடிக்கற்றை சைகையின் கணநேர வீச்சிற்கு ஏற்ப ஊர்தி சைகையின் வீச்சு மாற்றப்பட்டால் அது வீச்சுப் பண்பேற்றம் எனப்படும். இங்கு ஊர்தி சைகையின் அதிர்வெண் மற்றும் கட்டம் மாறாமல் உள்ளன. வீச்சுப் பண்பேற்றமானது வானொலி மற்றும் தொலைக்காட்சி ஒலிபரப்பில் பயன்படுகிறது.

படம் 10.50(அ)இல் தகவல்களைச் சுமந்து செல்லும் அடிக்கற்றை சைகை காட்டப்பட்டுள்ளது. படம் 10.50(ஆ)இல் உயர் அதிர்வெண் ஊர்தி சைகை மற்றும் படம் 10.50(இ)இல் வீச்சுப் பண்பேற்றப்பட்ட சைகை ஆகியவை தரப்பட்டுள்ளன. அடிக்கற்றை சைகையின் மின்னழுத்தத்திற்கு ஏற்ப, ஊர்தி அலையின் வீச்சு மாற்றப்படுவதைக் காணலாம்.



படம் 10.50 வீச்சுப் பண்பேற்றம்
(அ) அடிக்கற்றை சைகை
(ஆ) ஊர்தி சைகை
(இ) வீச்சுப் பண்பேற்றப்பட்ட சைகை

வீச்சுப் பண்பேற்றத்தின் நன்மைகள்

i) எளிதான பரப்புகை மற்றும் ஏற்பு

ii) குறைவான பட்டை அகலத் தேவை

iii) குறைந்த விலை

வீச்சுப் பண்பேற்றத்தின் வரம்புகள்

i) இரைச்சல் அளவு அதிகம்

ii) குறைந்த செயல்திறன்

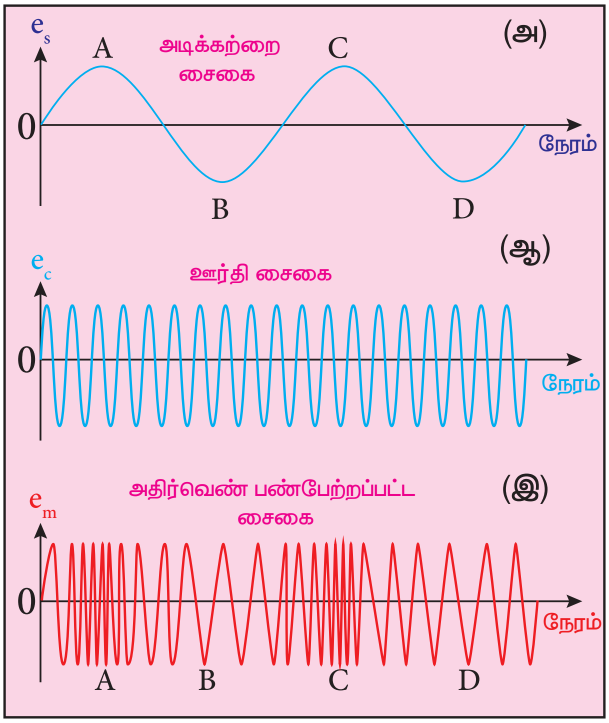
iii) குறைவான செயல் நெடுக்கம்

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 2_TM.indd 234 04-03-2022 16:49:21

10.9.2 அதிர்வெண் பண்பேற்றம் (FREQUENCY MODULATION – FM)

அதிர்வெண் பண்பேற்றத்தில், அடிக்கற்றை சைகையின் கணநேர வீச்சிற்கு ஏற்றாற்போல் ஊர்தி சைகையின் அதிர்வெண் மாற்றப்படுகிறது. இங்கு ஊர்தி சைகையின் வீச்சு மற்றும் கட்டம் மாறாமல் உள்ளன.

அடிக்கற்றை சைகையின் மின்னழுத்தத்தில் ஏற்படும் உயர்வு, ஊர்தி சைகையின் அதிர்வெண்ணை அதிகரிக்கிறது மற்றும் அதன் மறுதலையாகும். படம் 10.51 இல் காட்டியுள்ளவாறு, இது பண்பேற்றப்பட்ட அலையின் அதிர்வெண் நிறமாலையில் அமுக்கங்களையும் தளர்வுகளையும் ஏற்படுத்துகிறது. உரத்த சைகைகள் அமுக்கங்களையும், வலிமை குறைந்த சைகைகள் தளர்வுகளையும் உருவாக்குகின்றன.



படம் 10.51 அதிர்வெண் பண்பேற்றம்
(அ) அடிக்கற்றை சைகை (ஆ) ஊர்தி சைகை
(இ) அதிர்வெண் பண்பேற்றப்பட்ட சைகை

அடிக்கற்றை சைகையின் மின்னழுத்தம் சுழியாக உள்ளபோது (படம் 10.51(அ)), பண்பேற்றப்பட்ட சைகையின் அதிர்வெண் ஊர்தி சைகையின் அதிர்வெண்ணிற்கு சமமாகும். அடிக்கற்றை சைகையின் மின்னழுத்தம் நேர்க்குறி திசையில்(A,C)அதிகரிக்கும்போதுபண்பேற்றப்பட்ட அலையின் அதிர்வெண் அதிகரிக்கிறது. எதிர் அரைச்சுற்றில் (B,D) மின்னழுத்தம் அதிகரிக்கும் போது, பண்பேற்றப்பட்ட அலையின் அதிர்வெண் குறைகிறது (படம்10.50 (இ)).

அடிக்கற்றை சைகையின் மின்னழுத்தம் சுழியாக உள்ளபோது (உள்ளீடு சைகை இல்லாத போது), ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண்ணில் மாற்றமில்லை. அதன் இயல்பான அதிர்வெண்ணில் உள்ளது. அதனை மைய அதிர்வெண் அல்லது ஓய்வுநிலை அதிர்வெண் (centre or resting frequency) என அழைக்கலாம். நடைமுறையில் இதுவே FM பரப்பிக்கு ஒதுக்கப்பட்ட அதிர்வெண் ஆகும்.

அதிர்வெண் பண்பேற்றத்தின் நன்மைகள்

i) FM-இல், இரைச்சல் மிகவும் குறைவு. இதனால் சைகை–இரைச்சல் விகிதம் அதிகரிக்கிறது.
ii) செயல்படும் நெடுக்கம் மிக அதிகம்.
iii) பரப்பப்பட்ட திறன் முழுதும் பயன்படுவதால், பரப்புகை பயனுறுதிறன் மிகவும் அதிகம்.
iv) FM பட்டை அகலமானது மனிதனால் கேட்கக்கூடிய அதிர்வெண் நெடுக்கம் முழுவதையும் உள்ளடக்குகிறது. இதனால் AM வானொலியுடன் ஒப்பிடும் போது, FM வானொலி சிறந்த தரத்தைக் கொண்டுள்ளது.

அதிர்வெண் பண்பேற்றத்தின் வரம்புகள்

i) அதிர்வெண் பண்பேற்றத்திற்கு மிகவும் அகலமான அலைவரிசை தேவை.
ii) FM பரப்பிகள் மற்றும் ஏற்பிகள் மிகவும் சிக்கலானவை மற்றும் விலை அதிகமானவை.
iii) AM உடன் ஒப்பிடும்போது, ஏற்கும் பரப்பு FM ஏற்பில் குறைவாகும்.

10.9.3 கட்டப் பண்பேற்றம் (PHASE MODULATION –PM)

கட்டப் பண்பேற்றத்தில், அடிக்கற்றை சைகையின் கணநேர வீச்சானது ஊர்தி சைகையின் கட்டத்தை மாற்றுகிறது மற்றும் ஊர்தி அலையின் வீச்சு மற்றும் அதிர்வெண் மாறுவதில்லை. இந்தப் பண்பேற்றம் அதிர்வெண் பண்பேற்றப்பட்ட சைகைகளை உருவாக்கப் பயன்படுகிறது. இது அதிர்வெண் பண்பேற்றத்தைப் போன்றதே ஆகும். ஆனால் ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண்ணை மாற்றுவதற்குப் பதிலாக இங்கு ஊர்தி அலையின் கட்டம் மாற்றப்படுகிறது.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 2_TM.indd 235 04-03-2022 16:49:22

10.10 எலக்ட்ரானிய தகவல்தொடர்பு அமைப்பின் உறுப்புகள்

தகவல்தொடர்பில் எலக்ட்ரானியல் முக்கியப் பங்கு வகிக்கிறது. எலக்ட்ரானிய தகவல்தொடர்பு என்பது ஒரு ஊடகத்தின் வழியே ஒலி, உரை, படங்கள் அல்லது தரவைப் பரப்புதலே ஆகும். நீண்ட தொலைவு பரப்புகையானது வெளியை ஊடகமாகப் பயன்படுத்துகிறது.

படம் 10.52இல் காட்டியுள்ள கட்டப்படம் மூலம், அடிப்படை தகவல்தொடர்பு அமைப்பின் உறுப்புகள் விளக்கப்பட்டுள்ளன.

i) தகவல் (அடிக்கற்றை அல்லது உள்ளீடு சைகை – Information)

தகவலானது பேச்சு, இசை, படங்கள் அல்லது கணினித் தரவு போன்ற வடிவில் இருக்கலாம். இந்தத் தகவலானது உள்ளீடு ஆற்றல் மாற்றிக்கு உள்ளீடாக அளிக்கப்படுகிறது .

ii) உள்ளீடு ஆற்றல் மாற்றி (Input transducer)

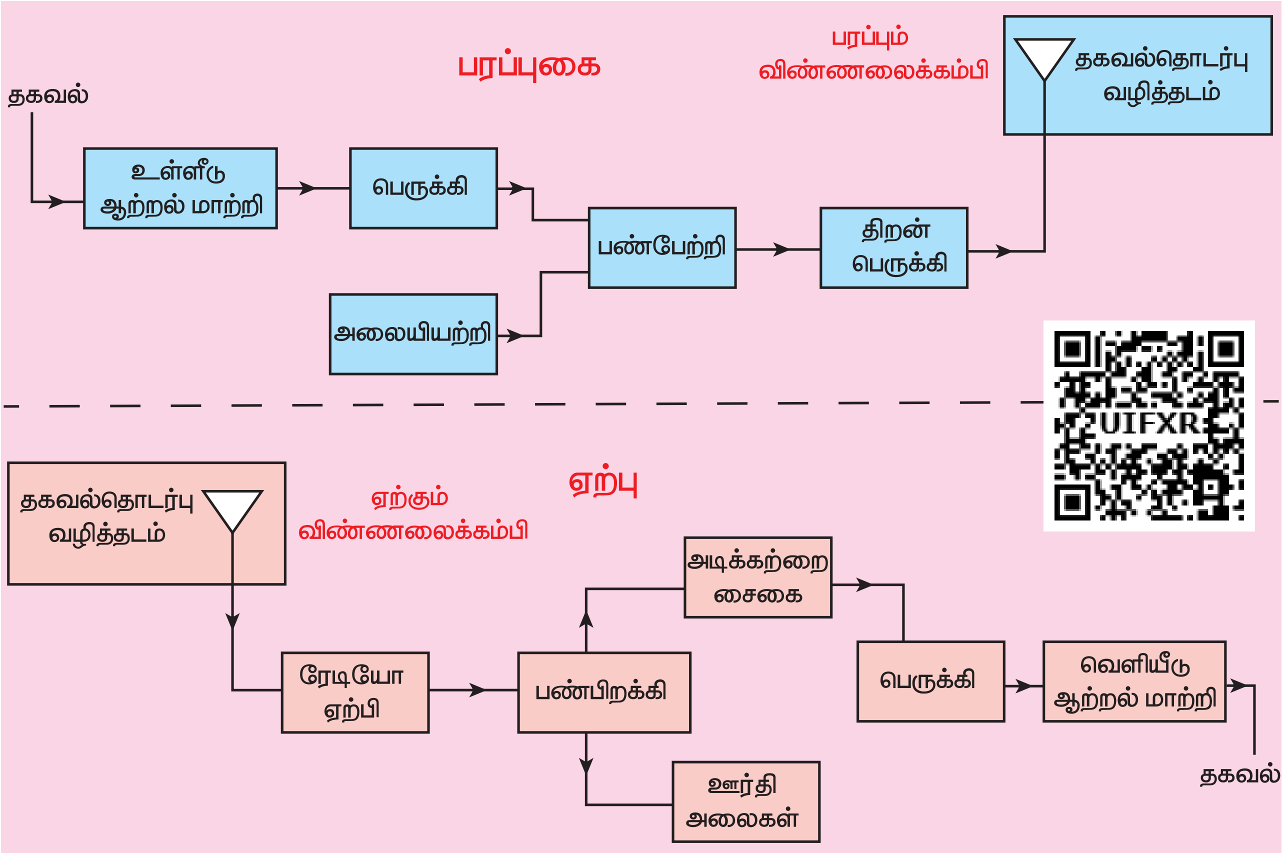
தகவல்தொடர்பு அமைப்பில், ஆற்றல் மாற்றியானது ஒலி, இசை, படங்கள் அல்லது கணினித் தரவு வடிவில் உள்ள தகவலை அதற்குரிய மின்சைகைகளாக மாற்றுகிறது.

அசல் தகவலின் சமமான மின்சைகையானது அடிக்கற்றை சைகை எனப்படுகிறது. ஒலி ஆற்றலை மின் ஆற்றலாக மாற்றும் ஒலிவாங்கி (microphone) ஆற்றல் மாற்றிக்கு ஒரு சிறந்த உதாரணமாகும்.

iii) பரப்பி (Transmitter)

பரப்பியானது ஆற்றல் மாற்றியில் இருந்து வரும் மின்சைகையை தகவல்தொடர்பு வழித்தடத்திற்கு (Communication channel) அளிக்கிறது. இது பெருக்கி, அலையியற்றி, பண்பேற்றி மற்றும் திறன்பெருக்கி போன்ற சுற்றுகளைக் கொண்டுள்ளது. பரப்பியானது ஒலிபரப்பு நிலையத்தில் அமைந்துள்ளது.

பெருக்கி: ஆற்றல் மாற்றியின் வெளியீடு மிகவும் வலிமை குறைவாக உள்ளதால், அது பெருக்கி யினால் பெருக்கப்படுகிறது.



படம் 10.52 குரல் சைகையின் பரப்புகை மற்றும் ஏற்பின் கட்டப்படம்

அலையியற்றி: வெளியில் நீண்ட தொலைவு பரப்புகைக்காக, உயர் அதிர்வெண் ஊர்தி அலைகளை (சைன் வடிவ அலை) இது உருவாக்குகிறது. அலையின் ஆற்றல் அதன் அதிர்வெண்ணிற்கு நேர்த்தகவில் உள்ளதால், ஊர்தி அலை மிக அதிக ஆற்றலைக் கொண்டுள்ளது.

பண்பேற்றி: இது அடிக்கற்றை சைகையை ஊர்தி சைகையின் மீது மேற்பொருத்தி, பண்பேற்றப்பட்ட சைகையை உருவாக்குகிறது.

திறன்பெருக்கி: இது நீண்ட தொலைவுக்கு செல்லும் வகையில் மின் சைகையின் திறன் அளவை அதிகரிக்கிறது.

iv) பரப்பும் விண்ணலைக்கம்பி (Transmitting antenna)

இது ரேடியோ சைகையை வெளியில் அனைத்து திசைகளிலும் பரப்புகிறது. அது மின்காந்த அலைகள் வடிவில், ஒளியின் வேகத்தில் செல்கிறது.

v) தகவல்தொடர்பு வழித்தடம் (Communication channel)

தகவல்தொடர்பு வழித்தடமானது பரப்பியில் இருந்து ஏற்பிக்கு குறைந்த இரைச்சல் அல்லது குலைவுடன் மின் சைகைகளை பரப்புவதற்கு உதவுகிறது. கம்பிவழி தகவல்தொடர்பு கம்பிகள், கம்பி வடங்கள் மற்றும் ஒளிஇழைகள் போன்ற ஊடகங்களைப் பயன்படுத்துகிறது. கம்பியில்லா தகவல்தொடர்பானது வெளியை தகவல்தொடர்பு ஊடகமாகப் பயன்படுத்துகிறது.

vi) ஏற்பி (Receiver)

தகவல்தொடர்பு ஊடகத்தின் வழியாக பரப்பப்பட்ட சைகைகள் ஒரு ஏற்கும் விண்ணலைக்கம்பியால் ஏற்கப்பட்டு, மின்காந்த அலைகளை ரேடியோ அதிர்வெண் சைகைகளாக மாற்றி, ஏற்பிக்கு அளிக்கப்படுகிறது.

ஏற்பியானது பண்பிறக்கி, பெருக்கி ஆகிய எலக்ட்ரானியச் சுற்றுகளைக் கொண்டுள்ளது. பண்பிறக்கியானது பண்பேற்றப்பட்ட அலையிலிருந்து அடிக்கற்றை சைகையைப் பிரித்தெடுக்கிறது. அடிக்கற்றை சைகை பகுக்கப்பட்டு, பெருக்கிகளைப் பயன்படுத்திப் பெருக்கப்படுகிறது. இறுதியாக இதற்கு வெளியீடு ஆற்றல் மாற்றிக்கு அளிக்கப்படுகிறது

vii) மறுபரப்பிகள் (Repeaters)

மறுபரப்பிகள் சைகைகள் அனுப்பப்படும் நெடுக்கம் அல்லது தொலைவை அதிகரிக்கப் பயன்படுகின்றன. இது பரப்பி மற்றும் ஏற்பியின் தொகுப்பாகும். சைகைகள் ஏற்கப்பட்டு, பெருக்கப்பட்டு மற்றும் மாறுபட்ட அதிர்வெண் கொண்ட ஊர்தி சைகை மூலம் மறுபடியும் சேருமிடத்திற்கு அனுப்பப்படுகிறது. விண்வெளியில் உள்ள தகவல்தொடர்பு செயற்கைக்கோள் ஒரு சிறந்த எடுத்துக்காட்டாகும்.

viii) வெளியீடு ஆற்றல் மாற்றி (Output transducer)

இது மின் சைகையை மீண்டும் அதன் தொடக்க வடிவமான ஒலி, இசை, படங்கள் அல்லது தரவு ஆகியனவாக மாற்றுகிறது. ஒலிப்பான்கள், படக்குழாய்கள், கணினித் திரை ஆகியன வெளியீடு ஆற்றல் மாற்றிகளுக்கு எடுத்துக்காட்டுகளாகும்.

10.10.1 எலக்ட்ரானிய தகவல்தொடர்பு அமைப்பின் அடிப்படை வரையறைகள் (BASIC DEFINITIONS IN ELECTRONIC COMMUNICATION SYSTEM)

எலக்ட்ரானிய தகவல்தொடர்பு அமைப்புகளைப் பற்றி நன்கு புரிந்துகொள்ள பின்வரும் அடிப்படை வரையறைகளை பற்றிய புரிதல் அவசியமாகும்.

i) நெடுக்கம் (Range)

இது பரப்பும் முனை மற்றும் போதுமான வலுவுடன் சைகை சேருமிடம் இடையே உள்ள பெரும தொலைவு ஆகும்.

ii) இரைச்சல் (Noise)

இது பரப்பப்பட்ட சைகையை இடைமறிக்கும் விரும்பத்தகாத மின் சைகையாகும். இரைச்சலானது பரப்பப்பட்ட சைகையின் தரத்தைக் குறைக்கிறது. இது மனிதனால் ஏற்படுத்தப்பட்ட அமைப்புகள் (தானியங்கிகள், பற்றவைப்பு இயந்திரங்கள், மின்மோட்டார்கள் ஆகியவை) அல்லது இயற்கை நிகழ்வாக (மின்னல், சூரியன் மற்றும் விண்மீன்களில் இருந்து வரும் கதிர்வீச்சு மற்றும் சுற்றுச்சூழல் விளைவுகள் ஆகியவை) இருக்கலாம். இரைச்சலை முற்றிலுமாக நீக்க இயலாது. எனினும் பல்வேறு நுட்பங்களைப் பயன்படுத்தி இதனைக் குறைக்கலாம்.

iii) வலுவிழப்பு (Attenuation)

ஒரு ஊடகத்தின் வழியே பரப்பப்படும்போது சைகையின் வலுவில் ஏற்படும் இழப்பு வலுவிழப்பு எனப்படும்.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 2_TM.indd 237 04-03-2022 16:49:22

www.tnschoolbooks.in

iv) பட்டை அகலம் (Bandwidth)

குரல், இசை, படம் போன்ற அடிக்கற்றை சைகைகள் அல்லது தகவல் சைகைகளின் அதிர்வெண் நெடுக்கம், பட்டை அகலம் எனப்படும். v_1 மற்றும் v_2 என்பன ஒரு சைகையின் அடிப்பக்க மற்றும் மேற்பக்க அதிர்வெண் எல்லைகள் எனில், பட்டை அகலம் $= v_2 - v_1$ ஆகும்.

v) பரப்பும் அமைப்பின் பட்டை அகலம் (Bandwidth of transmission system)

ஒரு குறிப்பிட்ட அலைவரிசையில், குறிப்பிட்ட தகவல் பகுதியைப் பரப்புவதற்குத் தேவையான அதிர்வெண்களின் நெடுக்கமானது அலைவரிசையின் பட்டை அகலம் (channel bandwidth) அல்லது பரப்பும் அமைப்பின் பட்டை அகலம் எனப்படும்.

10.11 மின்காந்த அலைகளின் பரவல்

பரப்பியினால் பரப்பப்படும் மின்காந்த அலை அதன் அதிர்வெண் நெடுக்கத்திற்கு ஏற்றாற்போல் மூன்று மாறுபட்ட வகையில் பயணம் செய்கிறது. அவையாவை:

- தரை அலைப் பரவல் (அல்லது) மேற்பரப்பு அலைப் பரவல் (ஏறத்தாழ 2 kHz முதல் 2 MHz)
- வான் அலைப் பரவல் (அல்லது) அயனி மண்டலப் பரவல் (ஏறத்தாழ 3 MHz முதல் 30 MHz)
- வெளி அலைப் பரவல் (ஏறத்தாழ 30 MHz முதல் 400 GHz)

i) தரை அலைப் பரவல் (Ground wave propagation (or) surface wave propagation)

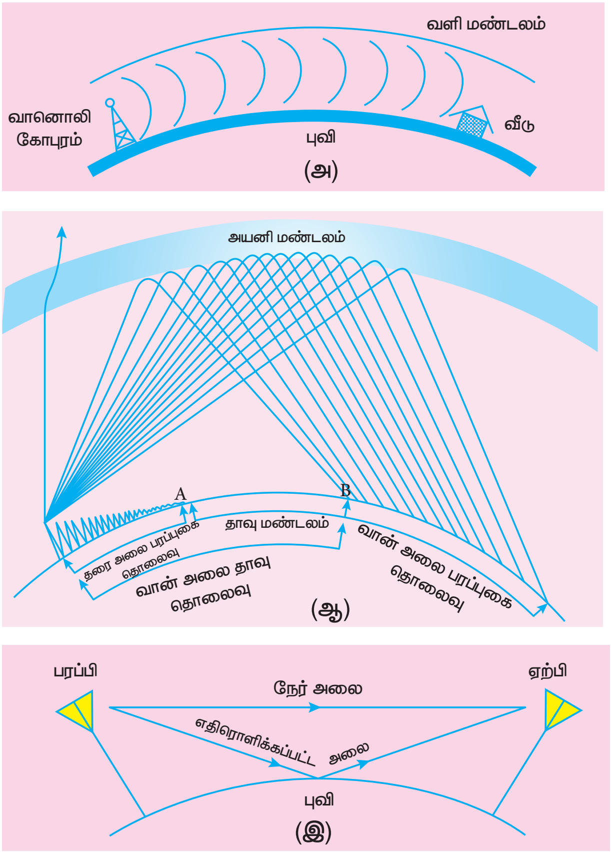
பரப்பியினால் பரப்பப்பட்ட மின்காந்த அலைகள் ஏற்பியைச் சென்றடைய புவியின் தரையை தழுவிக்கொண்டு சென்றால், இந்தப் பரவல் தரை அலைப் பரவல் எனப்படும். தொடர்புடைய அலைகளானது தரை அலைகள் அல்லது மேற்பரப்பு அலைகள் எனப்படுகின்றன. இதன் காட்சி விளக்கப்படம் 10.53 (அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இங்கு பரப்பும் மற்றும் ஏற்கும் விண்ணலைக்கம்பிகள் இரண்டும் புவிக்கு அருகில் இருக்கவேண்டும்.

இது முக்கியமாக உள்ளூர் ஒலிபரப்பு, ரேடியோவின் உதவியால் கடற்பயணம், கப்பலில் இருந்து கப்பல் மற்றும் கப்பலில் இருந்து கடற்கரை தகவல்தொடர்பு மற்றும் செல்பேசி தகவல்தொடர்பு ஆகியவற்றில் பயன்படுகிறது.

ii) வான் அலைப் பரவல் (Sky wave propagation (or) ionospheric propagation)

விண்ணலைக்கம்பியிலிருந்து அதிக கோணத்தில் மேல்நோக்கி பரப்பப்பட்ட மின்காந்த அலைகள் மீண்டும் புவியை நோக்கி அயனிமண்டலத்தால் எதிரொளிக்கப்படுகின்றன. இந்த வகையான பரப்புகை வான் அலை பரவல் அல்லது அயனி மண்டலப் பரவல் எனப்படுகிறது. தொடர்புடைய அலைகள் வான் அலைகள் எனப்படும் (படம் 10.53 (ஆ)).

அயனிமண்டலம் ஒரு எதிரொளிக்கும் பரப்பாக செயல்படுகிறது. அது தோராயமாக 50 km இல் ஆரம்பித்து புவிப்பரப்பிற்கு மேல் 400 km வரை பரவி உள்ளது. சூரியனிலிருந்து வரும் புற ஊதாக் கதிர்கள், காஸ்மிக் கதிர் மற்றும் α, β கதிர்களைப் போன்ற உயர் ஆற்றல் கதிர்வீச்சுகள் உட்கவரப்படுவதால்,



படம் 10.53 மின்காந்த அலைகள் பரவல்
(அ) தரை அலை (ஆ) வான் அலை
(இ) வெளி அலை

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 2_TM.indd 238 04-03-2022 16:49:22

அயனிமண்டலத்தில் உள்ள காற்று மூலக்கூறுகள் அயனியாக்கப்படுகின்றன. இது மின்னூட்டப்பட்ட அயனிகளை உருவாக்கி, அந்த அயனிகள் ரேடியோ அலைகள் அல்லது தகவல்தொடர்பு அலைகளை (அனுமதிக்கப்பட்ட அதிர்வெண் நெடுக்கத்தில்) புவிக்கு திருப்பி எதிரொளிக்கும் ஊடகத்தை உண்டாக்குகிறது. ரேடியோ அலைகள் புவிக்கு திரும்ப வளையும் நிகழ்வு முழு அக எதிரொளிப்பு ஆகும்.

அயனி மண்டலத்தில் படுகோண மதிப்பு அதிகரிக்கும்போது, வான் அலையானது பரப்பியிலிருந்து வெகுதொலைவில் உள்ள தரைப் பகுதியை அடையும். இந்தப் படுகோண மதிப்பு குறையக்குறைய, வான் அலையும் பரப்பிக்கு அருகே உள்ள தரைப்பகுதியை நெருங்கி வரத்துவங்கும். படுகோண மதிப்பை மேலும் குறைக்கும் போது ரேடியோ அலைகள் அயனி மண்டலத்தைத் துளைத்துக்கொண்டு வெளியேறும். ஒரு குறிப்பிட்ட படுகோண மதிப்பிற்கு ஏற்கும் புள்ளி (B) யானது பரப்பியிலிருந்து சிறுமத்தொலைவில் காணப்படும். **பரப்பிக்கும், தரைப்பகுதியை அடையும் வான் அலையின் ஏற்கும் புள்ளிக்கும் இடையே உள்ள சிறுமத்தொலைவிற்கு தாவு தொலைவு என்று பெயர்.**

பரப்பியிலிருந்து விலகிச் செல்லச் செல்ல தரை அலையின் ஏற்பும் குறையத்துவங்கும். ஒரு குறிப்பிட்டப் புள்ளியில் (A) எவ்விதமான தரைஅலை ஏற்பும் இருக்காது. **தரைஅலை மற்றும் வான்அலை இரண்டு மின்காந்த அலைகளின் ஏற்பு இல்லாத ஒரு குறிப்பிட்ட மண்டலத்திற்கு (A மற்றும் B புள்ளிகளுக்கு நடுவே) தாவு மண்டலம் (அல்லது) தாவுப்பகுதி என்று பெயர்.** இது படம் 10.53(ஆ)இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

iii) வெளி அலைப் பரவல் (Space wave propagation)

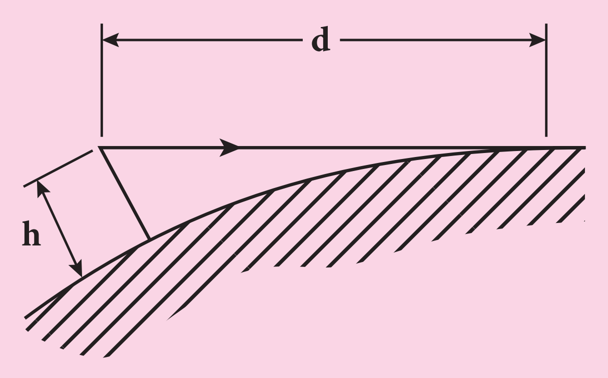
தகவல் சைகையை வெளியின் வழியே அனுப்பும் மற்றும் பெறும் செயல்முறை வெளி அலைப் பரவல் எனப்படும் (படம் 10.53 (இ)). 30 MHzக்கு மேல் மிக அதிகமான அதிர்வெண்களைக் கொண்ட மின்காந்த அலைகள் வெளி அலைகள் எனப்படும். இந்த அலைகள் பரப்பியிலிருந்து ஏற்பிக்கு நேர்க்கோட்டில் பயணம் செய்கிறது. எனவே இது நேர்க்கோட்டு பார்வை தகவல்தொடர்புக்கு (LOS) பயன்படுகிறது.

தொலைக்காட்சி ஒளிபரப்பு, செயற்கைக்கோள் தகவல்தொடர்பு, மற்றும் ரேடார் போன்ற தகவல்தொடர்பு அமைப்புகள் வெளி அலை பரவலை அடிப்படையாகக் கொண்டுள்ளன.

பரப்புகை நிகழும் நெடுக்கம் அல்லது தொலைவு (d) ஆனது விண்ணலைக்கம்பியின் உயரத்தை (h) சார்ந்துள்ளது. இதன் சமன்பாடு,

$$d = \sqrt{2Rh} \qquad (10.9)$$

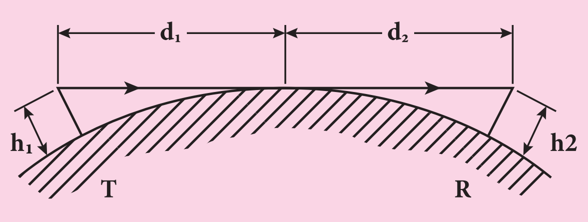
இங்கு R ஆனது புவியின் ஆரம் ஆகும். படம் 10.54 இல் பரப்புகை நிகழும் தொலைவு காட்சிப்படுத்தப்பட்டுள்ளது.



படம் 10.54 பரப்புகை நிகழும் தொலைவு

எடுத்துக்காட்டு 10.12

ஒரு பரப்பும் விண்ணலைக்கம்பியின் உயரம் 40m மற்றும் ஏற்கும் விண்ணலைக்கம்பி 30m உயரம் உள்ளது. அவற்றிற்கிடையே நேர்க்கோட்டு பார்வை தகவல்தொடர்பிற்கான பெருமத்தொலைவு யாது? புவியின் ஆரம் 6.4×10^6 m.



தீர்வு:

பரப்பும் மற்றும் ஏற்கும் விண்ணலைக்கம்பிகளுக்கு இடையே உள்ள மொத்த தொலைவு d ஆனது தனித்தனி பரப்புகை நிகழும் தொலைவுகளின் கூடுதலுக்கு சமமாகும்.

$$d = d_1 + d_2$$
$$= \sqrt{2Rh_1} + \sqrt{2Rh_2}$$
$$= \sqrt{2R}\left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}\right)$$
$$= \sqrt{2 \times 6.4 \times 10^6} \times \left(\sqrt{40} + \sqrt{30}\right)$$
$$= 16 \times 10^2 \sqrt{5} \times (6.32 + 5.48)$$
$$= 42217\,m = 42.217\,\text{km}$$

10.12 சில முக்கிய தகவல் தொடர்பு அமைப்புகள்

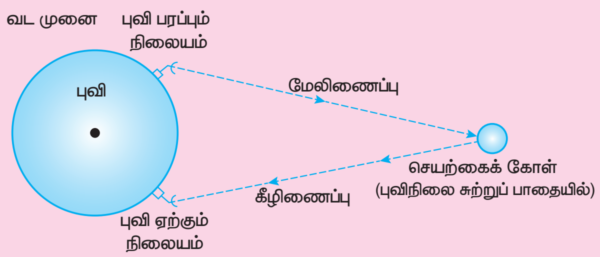
தேவைகளுக்கு ஏற்ப பல்வேறு வகையான தகவல் தொடர்பு அமைப்புகள் நடைமுறையில் காணப்படுகின்றன. இங்கு சில முக்கிய தகவல் தொடர்பு அமைப்புகள் அறிமுகம் செய்யப்பட்டு, அவற்றின் பயன்பாடுகள் சுருக்கமாக விவாதிக்கப்பட்டுள்ளன.

10.12.1 செயற்கைக்கோள் மற்றும் செயற்கைக்கோள் தகவல்தொடர்பு (SATELLITE AND ITS COMMUNICATION)

செயற்கைக்கோள் தகவல்தொடர்பானது செயற்கைக்கோள் வழியாக பரப்பி மற்றும் ஏற்பி இடையே சைகையைப் பரிமாற்றும் தகவல்தொடர்பின் ஒரு வகையாகும். தகவல் சைகையானது புவி நிலையத்தில் இருந்து, வானில் நிலைகொண்டுள்ள செயற்கைக்கோளுக்கு மேலிணைப்பு (Uplink) (அதிர்வெண் பட்டை 6 GHz) ஒன்றின் மூலமாகப் பரப்பப்படுகிறது. பின்னர் அங்குள்ள டிரான்ஸ்பான்டர் என்ற கருவியால் பெருக்கப்பட்டு, கீழிணைப்பு (Downlink) (அதிர்வெண் பட்டை 4 GHz) மூலமாக மற்றொரு புவி நிலையத்திற்கு மீண்டும் பரப்பப்படுகிறது (படம் 10.55).

பயன்பாடுகள்

செயற்கைக்கோள்களானது அவற்றின் பயன் பாடுகள் அடிப்படையில் பல்வேறு வகைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன.



படம் 10.55 செயற்கைக்கோள் தகவல்தொடர்பு அமைப்பு

i) **வானிலை செயற்கைக்கோள்கள்:**

இவை புவியின் வானிலை மற்றும் தட்பவெப்பநிலையைக் கண்காணிக்கப் பயன்படுகின்றன. மேகங்களின் நிறையை அளப்பதன் மூலம் மழை, அபாயகரமான சூறாவளி மற்றும் புயல்கள் ஆகியவற்றை முன்கணிப்பு செய்வதற்கு இந்தச் செயற்கைக்கோள்கள் நமக்கு உதவுகின்றன.

ii) **தகவல்தொடர்பு செயற்கைக்கோள்கள்:**

இவை தொலைக்காட்சி, வானொலி, இணையச் சைகைகள் ஆகியவற்றை பரப்புவதற்குப் பயன்படுகின்றன. நீண்ட தொலைவுகளுக்குப் பரப்ப, ஒன்றிற்கு மேற்பட்ட செயற்கைக்கோள்கள் பயன்படுத்தப் படுகின்றன.

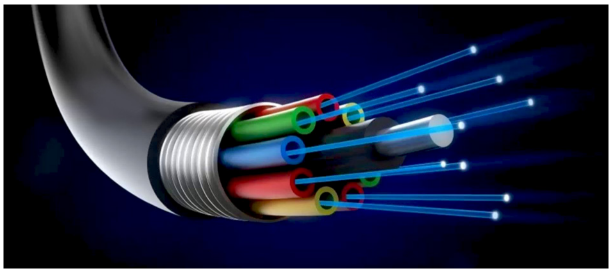
iii) **வழிநடத்தும் செயற்கைக்கோள்கள்:**

கப்பல்கள், விமானங்கள் அல்லது வேறு எந்த பொருளின் புவிசார் அமைவிடத்தை கண்டறியும் பணிகளில் இவை ஈடுபடுகின்றன.

10.12.2 ஒளி இழைத் தகவல்தொடர்பு (FIBRE OPTIC COMMUNICATION)

ஓரிடத்தில் இருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு ஒளி இழையின் வழியாக, ஒளித்துடிப்புகளின் மூலம் தகவல்களைப் பரப்பும் முறை ஒளி இழைத் தகவல்தொடர்பு எனப்படும். இது முழு அக எதிரொளிப்புத் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் செயல்படுகிறது.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 2_TM.indd 240 04-03-2022 16:49:27



படம்: 10.56 ஒளி இழைகள்

பயன்பாடுகள்

ஒளி இழை அமைப்பு பல்வேறு பயன்பாடுகளைக் கொண்டுள்ளது. அவை சர்வதேச தகவல்தொடர்பு, நகரங்கள் இடையே தகவல்தொடர்பு, தரவு இணைப்புகள், ஆலை மற்றும் போக்குவரத்துக் கட்டுப்பாடு மற்றும் இராணுவப் பயன்பாடுகள் ஆகியவை ஆகும்.

நன்மைகள்

i) ஒளி இழைகள் மிகவும் மெலிதானது. தாமிர வடங்களை விட குறைவான எடை கொண்டவை.

ii) இந்த அமைப்பு மிக அதிக பட்டை அகலத்தைக் கொண்டுள்ளது. இதன் பொருள்: தகவல் சுமந்து செல்லும் திறன் அதிகம் என்பதாகும்.

iii) ஒளி இழை அமைப்பு மின் இடையூறுகளால் பாதிக்கப்படுவதில்லை.

iv) தாமிர வடங்களை விட ஒளி இழை மலிவானது.

குறைபாடுகள்

i) தாமிரக்கம்பிகளுடன் ஒப்பிடும்போது ஒளி இழை வடங்கள் எளிதில் உடையக் கூடியவை.

ii) இதன் தொழில்நுட்பம் விலையுயர்ந்தது ஆகும்.

10.12.3 ரேடார் மற்றும் அதன் பயன்பாடுகள் (RADAR AND APPLICATIONS)

ரேடார் (RADAR) என்பது RAdio Detection And Ranging என்ற சொற்றொடரின் சுருக்கமாகும். இது தகவல்தொடர்பு அமைப்புகளின் பயன்பாடுகளில் முக்கியமான ஒன்றாகும். இது வானூர்தி, கப்பல்கள், விண்கலன் ஆகிய தொலைதூரப் பொருட்களை கண்டுணர்வதற்கு மற்றும் அவற்றின் இருப்பிடத்தை அறியவதற்குப் பயன்படுகிறது. நமது கண்ணிற்குப் புலப்படாத பொருட்களின் கோணம், தொலைவு மற்றும் திசைவேகம் ஆகியவற்றை ரேடார் மூலம் கண்டறியலாம்.

ரேடார் ஆனது தகவல்தொடர்புக்கு மின்காந்த அலைகளைப் பயன்படுத்துகிறது. முதலில் மின்காந்த சைகையானது விண்ணலைக்கம்பி மூலம் வெளியின் அனைத்து திசைகளிலும் பரப்பப்படுகிறது. குறிப்பிட்ட இலக்குப் பொருளின் மீது மோதும் சைகையானது எதிரொளிக்கப்பட்டு, எல்லா திசைகளிலும் மீண்டும் பரப்பப்படுகிறது. இந்த எதிரொளிக்கப்பட்ட சைகை (எதிரொளி), ரேடார் விண்ணலைக்கம்பியால் பெறப்பட்டு ஏற்பிக்கு அளிக்கப்படுகிறது.

பிறகு அது செயல்முறைபடுத்தப்பட்டு, பெருக்கப்பட்டு பொருளின் புவிசார் புள்ளிவிவரங்கள் கண்டறியப்படுகின்றன. சைகையானது ரேடாரில் இருந்து இலக்குப்பொருளுக்குச் சென்று, மீண்டும் திரும்பி வருவதற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தில் இருந்து இலக்குகளின் நெடுக்கம் கண்டறியப்படுகிறது.

பயன்பாடுகள்

ரேடார்கள் அனேக துறைகளில் பயன்படுகிறது.

i) இராணுவத்தில், இலக்குகளை இடம் காணவும், கண்டறியவும் பயன்படுகின்றன.

ii) கப்பல் மூலம் கடல் பரப்பில் தேடுதல், வான் தேடுதல் மற்றும் ஏவுகணை வழிநடத்தும் அமைப்பு போன்ற வழிகாட்டும் அமைப்புகளில் பயன்படுகிறது.

iii) மழைப்பொழிவு வீதம் மற்றும் காற்றின் வேகம் ஆகியவற்றை அளவிட்டு, வானிலை கண்காணிப்பில் ரேடார் பயன்படுகின்றது.

iv) அவசரகால சூழ்நிலைகளில், மக்களின் இருப்பிடத்தைக் கண்டறிந்து, அவர்களை மீட்கும் பணியில் உதவுகிறது.

10.12.4 செல்பேசி தகவல்தொடர்பு (MOBILE COMMUNICATION)

செல்பேசி தகவல் தொடர்பானது கம்பிகள் அல்லது கம்பிவடங்கள் போன்ற எந்த இணைப்புகளும் இன்றி வெவ்வேறு இடங்களில் உள்ளவர்களுடன் தொடர்பு கொள்ள உதவுகிறது. அதிகமான பரப்பிற்கு இணைப்பு இன்றியே பரப்புகையை அனுமதிக்கிறது. வீடு, அலுவலகம் போன்ற குறிப்பிட்ட இடத்தில் இருந்து மட்டுமல்லாமல், எந்த இடத்திலிருந்தும் பிறருடன் தொடர்பு கொள்ள வழிசெய்கிறது. தொலைதூர இடங்களுக்கும் தகவல்தொடர்பு வசதியை ஏற்படுத்துகிறது.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 2_TM.indd 241 04-03-2022 16:49:27

படம் 10.57 செல்பேசி தகவல் தொடர்பு

இது இடம்பெயரும் (roaming) வசதியை அளிக்கிறது. அதாவது தகவல்தொடர்பு முறிவு இன்றி, பயனாளர் ஓரிடத்தில் இருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு நகரலாம். இந்தத் தகவல்தொடர்பு வலை அமைப்பை நிறுவுவதற்கு மற்றும் பராமரிப்பதற்கு ஆகும் செலவு குறைவானதாகும்.

பயன்பாடுகள்

i) இது தனிப்பட்ட தகவல்தொடர்புக்கு பயன்படுகிறது. மற்றும் செல்பேசிகளுக்கு உயர் வேகத்தில் குரல் மற்றும் தரவு இணைப்பை வழங்குகிறது.

ii) உலகம் முழுவதும் ஒரு சில வினாடிக்குள் செய்திகளைப் பரப்பமுடியும்.

iii) இணையத்தின் வழியே பொருட்களைப் பயன்படுத்தும் (Internet of Things, IoT) முறையில், ஒரு சாதனத்தின் மூலம் பல்வேறு சாதனங்களைக் கட்டுப்படுத்துவது சாத்தியமாகிறது. எடுத்துக்காட்டு: செல்பேசியைப் பயன்படுத்தி, வீட்டு உபயோகப்பொருட்கள் அனைத்தையும் இயக்கமுடியும்.

iv) இது கல்வித்துறையில் நவீன வசதிகளுடன் கூடிய வகுப்பறைகள், இணையதளத்தில் பாடம் தொடர்பான குறிப்புகள் கிடைப்பது, மாணவர்களின் செயல்பாடுகளை கவனித்தல் ஆகியவற்றில் பயன்படுகிறது.

10.12.5 இணையம் (INTERNET)

இணையம் என்பது தகவல்தொடர்பு அமைப்பில் பன்முகத்தன்மை கொண்ட கருவிகளுடன் வளர்ந்து வரும் ஒரு தொழில்நுட்பம் ஆகும். அது மக்களுடன் தொடர்பு கொள்ள புதிய வழிமுறைகளை வழங்குகிறது. இணையம் என்பது இலட்சக்கணக்கான மக்களை கணினி வழியே இணைக்கும், உலகளவில் அங்கீகரிக்கப்பட்டுள்ள மிகப்பெரும் கணினி வலை அமைப்பாகும். அது வாழ்க்கையின் அனைத்து நடைமுறைகளிலும் ஏராளமான பயன்பாடுகளைக் கொண்டுள்ளது.

பயன்பாடுகள்:

i) **தேடு பொறி:** உலகளாவிய வலைத்தளங்களில் தகவல்களைத் தேடுவதற்குப் பயன்படும் இணையம் சார்ந்த சேவைக் கருவியானது, தேடு பொறி எனப்படும்.

ii) **தகவல்தொடர்பு:** இ–மெயில், உடனடிச் செய்திச் சேவைகள் மற்றும் சமூக வலைத்தளங்கள் மூலம், லட்சக்கணக்கான மக்கள் ஒன்றிணைந்து தொடர்பு கொள்வதற்கு இணையம் உதவுகிறது.

iii) **மின்–வணிகம்:** எலக்ட்ரானிய வலைத்தளம் மூலம் பொருட்களை வாங்குதல், விற்றல், சேவைகளைப் பெறுதல் மற்றும் நிதி பரிமாற்றம் ஆகிய செயல்பாடுகளில் இணையம் பயன்படுகிறது.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 2_TM.indd 242 04-03-2022 16:49:27

பாடச்சுருக்கம்

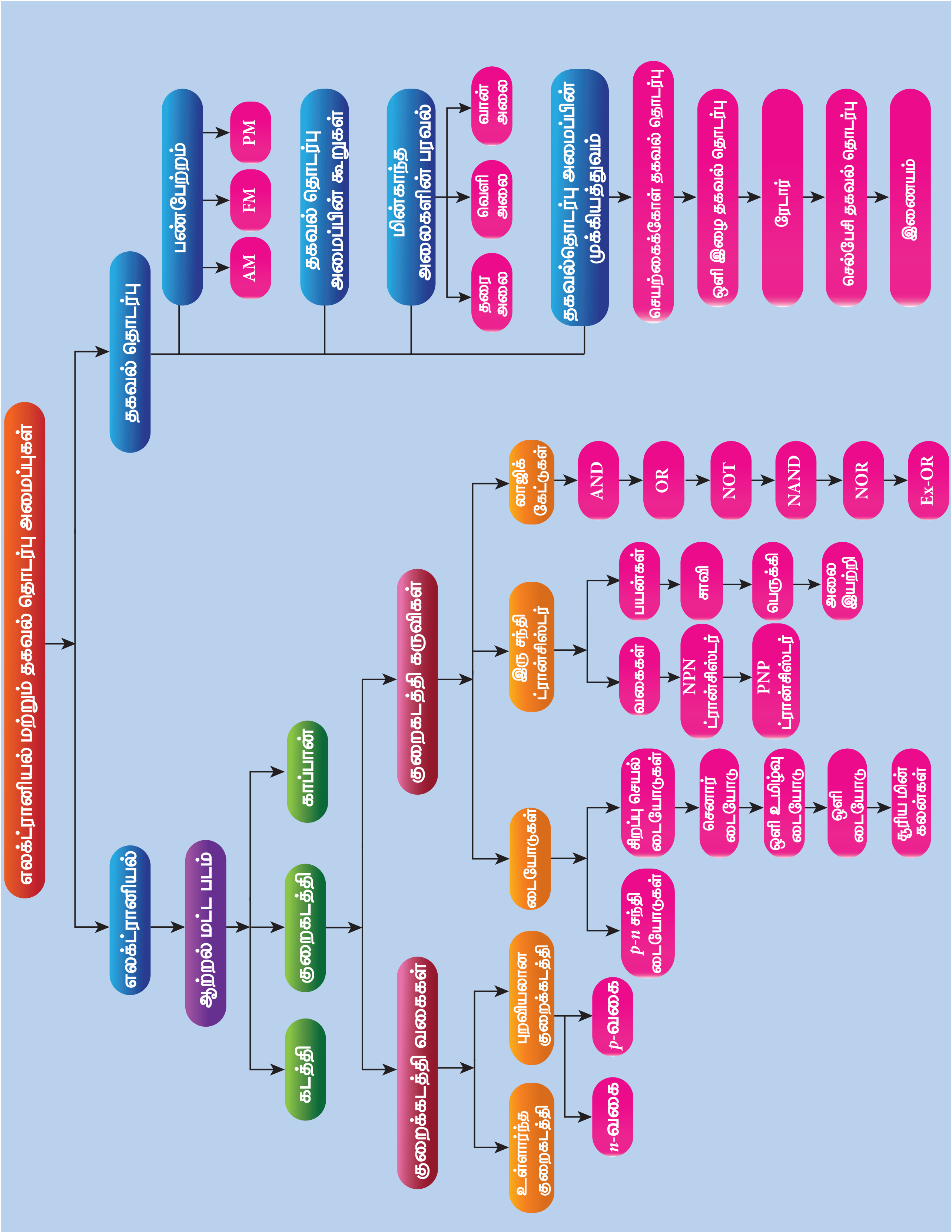
- திண்மங்களில் உள்ள ஆற்றல் பட்டைகள் மூலம் அவை கடத்திகள், காப்பான்கள் மற்றும் குறைகடத்திகள் என வகைப்படுத்தப்படுகின்றன.
- N வகை குறைகடத்தியில் எலக்ட்ரான்கள் பெரும்பான்மை ஊர்திகளாகவும் துளைகள் சிறுபான்மை ஊர்திகளாகவும் உள்ளன.
- P வகை குறை கடத்தியில் துளைகள் பெரும்பான்மை ஊர்திகளாகவும், எலக்ட்ரான்கள் சிறுபான்மை ஊர்திகளாகவும் உள்ளன.
- சந்திக்கு அருகில் மின்னூட்டங்களற்ற [கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் துளைகள்] மெல்லிய பகுதி இயக்கமில்லாப் பகுதி எனப்படும்.
- PN சந்தி டையோடு முன்னோக்குச் சார்பில் இருக்கும்போது, இயக்கமில்லாப் பகுதியின் அகலம் குறைந்து, மின்னோட்டத்தைக் கடத்தும்.
- PN சந்தி டையோடு பின்னோக்குச் சார்பில் இருக்கும்போது திறந்த சாவியாகச் செயல்பட்டு மின்னோட்டத்தைக் கடத்தாது. இயக்கமில்லாப் பகுதியின் அகலம் அதிகரிக்கும்.
- முன்னோக்குச் சார்பில் உள்ள PN சந்தி டையோடு அலை திருத்தியாகச் செயல்படும். மாறுதிசை மின்னழுத்தம் அல்லது மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை நேர்திசை மின்னழுத்தம் அல்லது நேர்திசை மின்னோட்டமாக மாற்றும் செயல் முறை திருத்துதல் எனப்படும்.
- அரை அலை திருத்தி உள்ளீடு சைகையின் அரை அலையை மட்டும் திருத்தித் துடிக்கும் DC வெளியீட்டை உருவாக்கும்.
- முழு அலை திருத்தி உள்ளீட்டின் இரு அரை அலைகளையும் திருத்தும்.
- மிக வலிமையான மின்புலம் செலுத்தப்படும்போது, செனார் முறிவானது அதிக அளவு மாசூட்டப்பட்ட PN சந்தி டையோடில் நடைபெறுகிறது.
- சரிவு முறிவானது குறைவாக மாசூட்டப்பட்டு மிக அகலமான இயக்கமில்லாப் பகுதியில் நடைபெறுகிறது. வெப்பத்தினால் உருவாக்கப்பட்ட சிறுபான்மை ஊர்திகளால் சகப்பிணைப்பு முறிக்கப்படும்போது இது நடைபெறுகிறது.
- செனார் டையோடு என்பது, மிக அதிகமாக மாசூட்டப்பட்டுப் பின்னோக்குச் சார்பில் செயல்படும் pn சந்தி டையோடு ஆகும்.
- ஒளி உமிழ்வு டையோடு என்பது கட்புலனாகும் அல்லது கட்புலனாகாத ஒளியை உமிழும் முன்னோக்குச் சார்பில் அமைந்த குறைகடத்தி சாதனமாகும் பெரும்பான்மை ஊர்திகள் தங்களது பகுதிக்கு நுழையும் சிறுபான்மை ஊர்திகளுடன் மறுஇணைப்பு மேற்கொள்வதால் ஆற்றலானது போட்டான் வடிவில் உமிழப்படும்.
- ஒளி சைகைகளை மின் சைகைகளாக மாற்றும் PN சந்தி டையோடு ஒளி டையோடு எனப்படும்.
- போதுமான ஆற்றல் கொண்ட போட்டான் டையோடுமீது படும்போது, எலக்ட்ரான் துளை சோடியை உருவாக்கும். இந்த எலக்ட்ரான்களும் துளைகளும் மறு இணைப்பு அடைவதற்கு முன்பே, பின்னோக்குச் சார்பினால் ஏற்படுத்தப்பட்ட மின் புலத்தினால் சந்திக்குக் குறுக்கே நகர்த்தப்பட்டு, அதனால் ஒளி மின்னோட்டம் உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது.
- சூரிய மின்கலன் என்பது, ஒளி ஆற்றலை நேரடியாக மின் ஆற்றலாக மாற்றும் சாதனம். இது ஒளி வோல்டா விளைவின் அடிப்படையில் செயல்படும்.
- இருமுனை சந்தி டிரான்சிஸ்டர் (BJT) என்பது குறைக்கடத்தி கருவியாகும். NPN மற்றும் PNP என இரு வகைகள் உள்ளன
- ஒரு BJT–க்கு மூன்று நிலை அமைப்புகள் உள்ளன. அவை பொது அடிவாய், பொது உமிழ்ப்பான் மற்றும் பொது ஏற்பான் ஆகும்
- பொது அடிவாய் நிலை அமைப்பில், மின்னோட்டப் பெருக்கம் α என்பது ஏற்பான் மின்னோட்டம் மற்றும் உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டத்தின் தகவு ஆகும்.

- பொது உமிழ்ப்பான் நிலை அமைப்பில் மின்னோட்ட பெருக்கம் β என்பது ஏற்பான் மின்னோட்டம் மற்றும் அடிவாய் மின்னோட்டம் ஆகியவற்றின் தகவு ஆகும்.
- பொது உமிழ்ப்பான் நிலை அமைப்பிலுள்ள டிரான்சிஸ்டரானது சாவியாக செயல்படும்.
- பொது உமிழ்ப்பான் நிலை அமைப்பிலுள்ள டிரான்சிஸ்டரானது, பெருக்கியாகச் செயல்படும். மேலும், பெருக்கப்பட்ட வெளியீட்டுச் சைகைக்கும், உள்ளீடு சைகைக்கும் இடையே 1800 கட்ட வேறுபாடு ஏற்படும்.
- ஒரு தொட்டிச் சுற்று மற்றும் நேர் பின்னூட்டம் இணைந்த ஒரு டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கி அலை இயற்றியாகச் செயல்படும்.
- லாஜிக் கேட் என்பது உள்ளீடுகளின் சேர்க்கைக்கு ஏற்ப வெளியீட்டை தரும் தர்க்க சுற்றுகளாகும்.
- டீ மார்கனின் முதல் தேற்றத்தின்படி, இரு லாஜிக் உள்ளீடுகளின் கூடுதலின் நிரப்பியானது அவற்றின் நிரப்பிகளின் பெருக்கல்பலனுக்கு சமமாகும்.
- டீ மார்கனின் இரண்டாவது தேற்றத்தின்படி, இரு உள்ளீடுகளின் பெருக்கல்பலனின் நிரப்பியானது அதன் நிரப்பிகளின் கூடுதலுக்கு சமமாகும்.
- நீண்ட தொலைவுக்கு மின்காந்த அலைகளைப் பயன்படுத்தி ஒரு சைகையை பரப்பவும், ஏற்கவும் தேவையான அடிப்படை உறுப்புகள் வருமாறு: திறன் மாற்றி, பெருக்கி, ஊர்தி சைகை, பண்பேற்றி, திறன் பெருக்கி, பரப்புகை ஊடகம், பரப்பும் மற்றும் ஏற்கும் விண்ணலைக்கம்பி, பண்பிறக்கி, பகுப்பான்.
- நீண்ட தொலைவு பரப்புகைக்கு அடிக்கற்றை சைகை ஊர்தி அலையுடன் பண்பேற்றம் செய்யப்படுகிறது.
- அடிக்கற்றை சைகையின் கணநேர வீச்சிற்கு ஏற்ப ஊர்தி சைகையின் வீச்சு மாற்றப்பட்டால் அது வீச்சுப் பண்பேற்றம் எனப்படும்.
- அதிர்வெண் பண்பேற்றத்தில், அடிக்கற்றை சைகையின் கணநேர வீச்சிற்கு ஏற்றாற்போல் ஊர்தி சைகையின் அதிர்வெண் மாற்றப்படுகிறது.
- கட்டப் பண்பேற்றத்தில், அடிக்கற்றை சைகையின் கணநேர வீச்சானது ஊர்தி சைகையின் கட்டத்தை மாற்றுகிறது மற்றும் ஊர்தி அலையின் வீச்சு மற்றும் அதிர்வெண் மாறுவதில்லை.
- பரப்பியினால் பரப்பப்பட்ட மின்காந்த அலைகள் ஏற்பியைச் சென்றடைய புவியின் தரையை தழுவிக்கொண்டு சென்றால், இந்தப் பரவல் தரை அலைப் பரவல் எனப்படும்.
- விண்ணலைக்கம்பியிலிருந்து அதிக கோணத்தில் மேல்நோக்கி பரப்பப்பட்ட மின்காந்த அலைகள் மீண்டும் புவியை நோக்கி அயனிமண்டலத்தால் எதிரொளிக்கப்படுகின்றன. இந்த வகையான பரப்புகை வான் அலை பரவல் எனப்படுகிறது.
- தகவல் சைகையை வெளியின் வழியே அனுப்பும் மற்றும் பெறும் செயல்முறை வெளி அலைப் பரவல் எனப்படும்.
- செயற்கைக்கோள் தகவல்தொடர்பானது செயற்கைக்கோள் வழியாக பரப்பி மற்றும் ஏற்பி இடையே சைகையைப் பரிமாற்றும் தகவல்தொடர்பின் ஒரு வகையாகும்.
- ஓரிடத்தில் இருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு ஒளி இழையின் வழியாக, ஒளித்துடிப்புகளின் மூலம் தகவல்களைப் பரப்பும் முறை ஒளி இழைத் தகவல்தொடர்பு எனப்படும்.
- ரேடார் (RADAR) என்பது RAdio Detection And Ranging என்ற சொற்றொடரின் சுருக்கமாகும். இது தகவல்தொடர்பு அமைப்புகளின் பயன்பாடுகளில் முக்கியமான ஒன்றாகும்.
- செல்பேசி தகவல்தொடர்பானது கம்பிகள் அல்லது கம்பிவடங்கள் போன்ற எந்த இணைப்புகளும் இன்றி வெவ்வேறு இடங்களில் உள்ளவர்களுடன் தொடர்பு கொள்ள உதவுகிறது.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 2_TM.indd 244 04-03-2022 16:49:28

www.tnschoolbooks.in

கருத்து வரைபடம்



XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 2_TM.indd 245 04-03-2022 16:49:28

மதிப்பீடு

I சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடுத்து எழுதுக

1. ஒரு சிலிக்கான் டையோடின் மின்னழுத்த அரண் (தோராயமாக)

a) 0.7 V b) 0.3V c) 2.0 V d) 2.2V

2. சிறிய அளவு ஆண்டிமனி (Sb) ஆனது, ஜெர்மானியம் படிகத்துடன் சேர்க்கும் போது (AIPMT 2011)

a) இது p–வகை குறைக்கடத்தியாக மாறுகிறது

b) ஆண்டிமனி ஒரு ஏற்பான் அணுவாக மாறுகிறது

c) குறைக்கடத்தியில் துளைகளை விட அதிகமான கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் இருக்கும்

d) அதன் மின்தடை அதிகரிக்கிறது

3. சார்பளிக்கப் படாத *p-n* சந்தியில், *p*-பகுதியில் உள்ள பெரும்பான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகள் (அதாவது, துளைகள்) *n*-பகுதிக்கு விரவல் அடைவதற்கு காரணம்.

a) *p-n* சந்தியின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு

b) *n*-பகுதியில் உள்ளதை விட, *p*-பகுதியில் உள்ள அதிக துளை செறிவு

c) *n*-பகுதியில் உள்ள கட்டுறா எலக்ட்ரான்களின் கவர்ச்சி

d) மேலே உள்ள அனைத்தும்

4. ஓர் நேர்அரை அலைதிருத்தியில் திருத்தப்பட்ட மின்னழுத்தம் ஒரு பளுமின்தடைக்கு அளிக்கப்பட்டால், உள்ளீடு சைகை மாறுபாட்டின் எந்தப் பகுதியில் பளு மின்னோட்டம் பாயும்

a) $0^0–90^0$ b) $90^0–180^0$

c) $0^0–180^0$ d) $0^0–360^0$

5. செனார் டையோடின் முதன்மைப்பயன்பாடு எது?

a) அலைதிருத்தி b) பெருக்கி

c) அலை இயற்றி

d) மின்னழுத்தச் சீரமைப்பான்

6. சூரிய மின்கலன் இந்தத் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் செயல்படுகிறது.

a) விரவல்

b) மறு இணைப்பு

c) ஒளி வோல்டா செயல்பாடு

d) ஊர்தியின் பாய்வு

7. ஒளி உமிழ்வு டையோடில் ஒளி உமிழப்படக் காரணம்

a) மின்னூட்ட ஊர்திகளின் மறுஇணைப்பு

b) லென்சுகளின் செயல்பாட்டால் ஏற்படும் ஒளி எதிரொளிப்பு

c) சந்தியின்மீது படும் ஒளியின் பெருக்கம்

d) மிகப்பெரிய மின்னோட்ட கடத்தும் திறன்

8. *p-n* சந்தியில் உள்ள மின்னழுத்த அரண் i) குறைக்கடத்திப் பொருளின் வகை ii) மாசூட்டலின் அளவு. iii) வெப்பநிலை ஆகியவற்றைப் பொருத்து அமையும். பின்வருவனவற்றில் எது சரியானது? (NEET)

a) (i) மற்றும் (ii)

b) (ii) மட்டும்

c) (ii) மற்றும் (iii)

d) (i) (ii) மற்றும் (iii)

9. ஓர் அலை இயற்றியில் தொடர்ச்சியான அலைவுகள் ஏற்பட

a) நேர்பின்னூட்டம் இருக்க வேண்டும்.

b) பின்னூட்ட மாறிலி ஒன்றாக இருக்க வேண்டும்.

c) கட்டமாற்றம் சுழி அல்லது 2π யாக இருக்க வேண்டும்

d) மேற்கூறிய அனைத்தும்.

10. ஒரு NOT கேட்டின் உள்ளீடு A= 1011 எனில், அதன் வெளியீடானது,

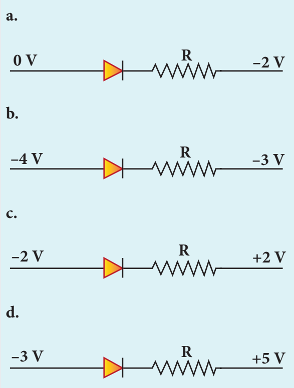
a) 0100 b) 1000

c) 1100 d) 0011

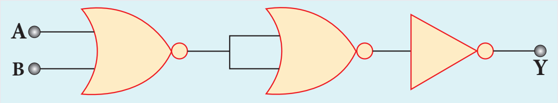
11. பின்வருவனவற்றில் எது முன்னோக்குச் சார்பில் உள்ள டையோடினைக் குறிக்கும் (NEET)

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 2_TM.indd 246 11-03-2022 15:09:16

www.tnschoolbooks.in

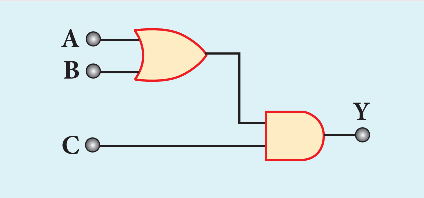


12. பின்வரும் மின்சுற்று எந்த லாஜிக் கேட்டிற்குச் சமமானது (NEET)



a) AND கேட் b) OR கேட்
c) NOR கேட் d) NOT கேட்

13. பின்வரும் மின்சுற்றின் வெளியீடு 1 ஆக இருக்கும்போது, உள்ளீடு ABC ஆனது (NEET 2016)



a) 101 b) 100
c) 110 d) 010

14. பண்பேற்றும் சைகையின் கணநேர வீச்சிற்கு ஏற்ப ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண் மாற்றப்படுவது ---------------- எனப்படும்.

a) வீச்சுப் பண்பேற்றம்
b) அதிர்வெண் பண்பேற்றம்
c) கட்டப் பண்பேற்றம்
d) துடிப்பு அகல பண்பேற்றம்

15. 3MHz முதல் 30MHz வரையிலான அதிர்வெண் நெடுக்கம் பயன்படுவது

a) தரை அலைப் பரவல்
b) வெளி அலைப் பரவல்
c) வான் அலைப் பரவல்
d) செயற்கைக்கோள் தகவல்தொடர்பு

விடைகள்

1. a	2. c	3. b	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 சிறுவிடை வினாக்கள்

1. விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி வரையறு.
2. குறை கடத்தியின் வெப்பநிலை மின்தடை எண் எதிர்குறி உடையது ஏன்?
3. மாசூட்டல் என்பதன் பொருள் என்ன?
4. உள்ளார்ந்த மற்றும் புறவியலான குறைகடத்திகளை வேறுபடுத்துக.
5. ஒரு டையோடு "ஒருதிசைக்கருவி என அழைக்கப்படுகிறது" விளக்குக.
6. ஒரு டையோடில் கசிவு மின்னோட்டம் என்பதன் பொருள் என்ன?
7. ஒரு முழு அலைதிருத்தியின் உள்ளீட்டு மற்றும் வெளியீட்டு அலைவடிவங்களை வரைக.
8. சரிவு முறிவு மற்றும் செனார் முறிவு ஆகியவற்றை வேறுபடுத்துக?
9. தொடர்ச்சியான அலைவுகளுக்கானப் பர்க்கௌசன் (Barkhausen) நிபந்தனைகளை கூறுக.
10. NPN டிரான்சிஸ்டரில் மின்னோட்ட பாய்வு பற்றி விளக்குக.
11. லாஜிக் கேட்டுகள் என்றால் என்ன?
12. ஒரு டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கியில் பின்னூட்டச் சுற்றுக்கான தேவையை விளக்குக.
13. PN சந்தியின் குறுக்கே பாயும் விரவல் மின்னோட்டம் பற்றி சிறுகுறிப்பு வரைக.
14. சார்பளித்தல் என்றால் என்ன? அதன் வகைகள் யாவை?
15. ஒரே வகையான குறைகடத்தி பொருளால் செய்யப்பட்ட போதிலும் ஒரு டிரான்ஸிஸ்டரின் உமிழ்ப்பான் மற்றும் ஏற்பான் ஆகியவற்றை பரிமாற்றிப் பயன்படுத்த இயலாது ஏன்?
16. NOR மற்றும் NAND கேட்டுகள் பொது கேட்டுகள் என அழைக்கப்படுகின்றன ஏன்?

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 2_TM.indd 247 04-03-2022 16:49:28

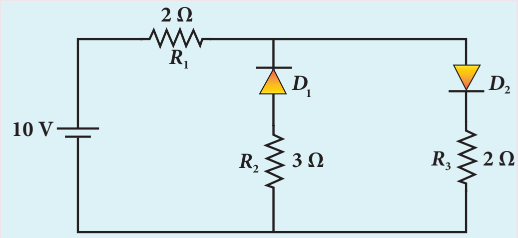
17. மின்னழுத்த அரண் வரையறு?
18. திருத்துதல் என்றால் என்ன?
19. ஒளி உமிழ்வு டையோடின் பயன்பாடுகளை வரிசைப்படுத்து.
20. சூரிய மின்கலங்களின் தத்துவத்தை தருக.
21. தொகுப்புச் சுற்றுகள் என்றால் என்ன?
22. பண்பேற்றம் வரையறு.
23. ஒரு பரப்பி அமைப்பின் பட்டை அகலம் என்பதை வரையறு.
24. தாவு தொலைவு வரையறு.
25. ரேடாரின் பயன்களை தருக.
26. செல்பேசி தகவல் தொடர்பு என்றால் என்ன?
27. அதிர்வெண் பண்பேற்றத்தில் மைய அதிர்வெண் அல்லது ஓய்வு நிலை அதிர்வெண் – விளக்குக.
28. RADAR என்பது எதனைக் குறிக்கிறது?
29. பல்வேறு வகைப்பட்ட தகவல் தொடர்புகளில் ஒளி இழை தகவல் தொடர்பு சிறந்ததாக விளங்குகிறது. நிரூபி.

III பெரு விடை வினாக்கள்

1. n– வகை புறவியலான குறைகடத்திகள் உருவாக்கப்படுவதை விளக்கமாக எழுதுக.
2. ஒரு PN சந்தி டையோடின் இயக்கமில்லாத பகுதி மற்றும் மின்னழுத்த அரண் ஆகியவை உருவாவதை விவரி.
3. ஒரு அரை அலைதிருத்தியின் படம் வரைந்து அதன் செயல்பாட்டினை விளக்குக.
4. ஒரு முழு அலைதிருத்தியின் அமைப்பு மற்றும் செயல்படும் விதத்தினை விளக்குக.
5. ஒளி உமிழ் டையோடு என்றால் என்ன? செயல்படும் தத்துவத்தைப் படத்துடன் தருக.
6. ஒளி டையோடு என்பதனைப் பற்றிக் குறிப்பெழுதுக.
7. சூரிய மின்கலம் வேலை செய்யும் தத்துவத்தை விவரி. அதன் பயன்பாடுகளைக் குறிப்பிடுக.
8. பொது உமிழ்ப்பான் டிரான்சிஸ்டரின் நிலை சிறப்பியல்புகளை வரைந்து உள்ளீடு மற்றும் வெளியீடு சிறப்பியல்புகளின் முக்கியமான கருத்துகளைத் தருக.
9. ஒரு டிரான்சிஸ்டர் சாவியாக செயல்படுவதை விவரி.
10. தெளிவான மின்சுற்று படத்துடன் டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கியாகச் செயல்படுவதை விவரிக்கவும். உள்ளீடு மற்றும் வெளியீடு அலைவடிவங்களை வரைக.
11. பின்வரும் லாஜிக் கேட்டுகளில் மின்சுற்று குறியீடு, லாஜிக்செயல்பாடு, உண்மை அட்டவணை மற்றும் பூலியன் சமன்பாடுகளை தருக. i) AND கேட்டு ii) OR கேட்டு iii) NOT கேட்டு iv) NAND கேட்டு v) NOR கேட்டு மற்றும் vi) EX-OR கேட்டு
12. டீ மார்கன் முதல் மற்றும் இரண்டாவது தேற்றங்களை கூறி நிரூபிக்கவும்.
13. வீச்சு பண்பேற்றத்தை தேவையான படங்களுடன் விவரி.
14. தகவல்தொடர்பு அமைப்பின் அடிப்படை உறுப்புகளைத் தேவையான கட்டப்படத்துடன் விவரி.
15. வெளியின் வழியாக மின்காந்த அலை பரவுதலில் தரை அலை பரவல் மற்றும் வெளி அலை பரவல் ஆகியவற்றை விவரி.
16. அதிர்வெண் பண்பேற்றத்தின் நன்மை மற்றும் தீமைகளை வரிசைப்படுத்து.
17. செயற்கைக்கோள் தகவல் தொடர்பு என்பதன் பொருள் என்ன? அதன் பயன்பாடுகள் யாவை?

IV பயிற்சிக் கணக்குகள்

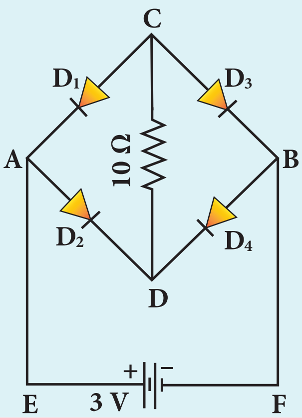
1. தரப்பட்டுள்ள மின்சுற்றில் இரண்டு நல்லியல்பு டையோடுகள் படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு இணைக்கப்பட்டுள்ளன. மின்தடை R_1 வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடுக. [விடை: 2.5 A]



XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 2_TM.indd 248 04-03-2022 16:49:28

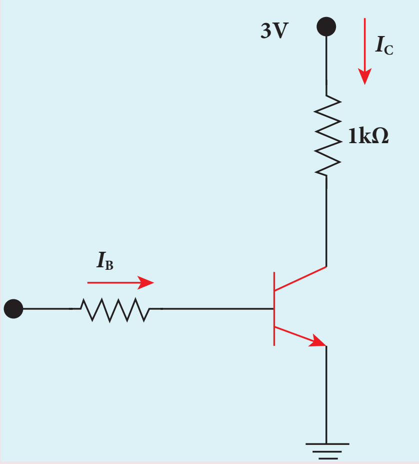
2. பின்வரும் படத்தில் உள்ளவாறு நான்கு சிலிக்கான் டையோடுகள் மற்றும் ஒரு $10\ \Omega$ மின்தடை ஆகியவை இணைக்கப் பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு டையோடும் $1\ \Omega$ மின்தடை கொண்டவை எனில் $10\ \Omega$ மின்தடை வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டத்தினைக் கணக்கிடுக.

[விடை: 0.13 A]

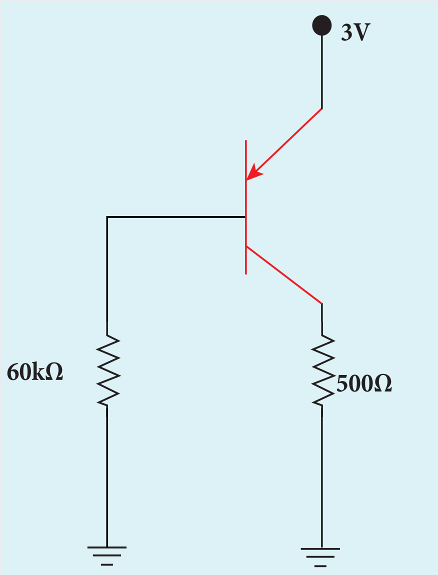


3. $V_{CEsat} = 0.2\ V$ எனவும் $\beta = 50$ எனில், பின்வரும் படத்தில் காட்டியுள்ள டிரான்சிஸ்டரைத் தெவிட்டிய நிலைக்குக் கொண்டுசெல்ல தேவைப்படும் சிறும அடிவாய் மின்னோட்டத்தைக் (I_B) கணக்கிடுக.

[விடை: 56 μA]

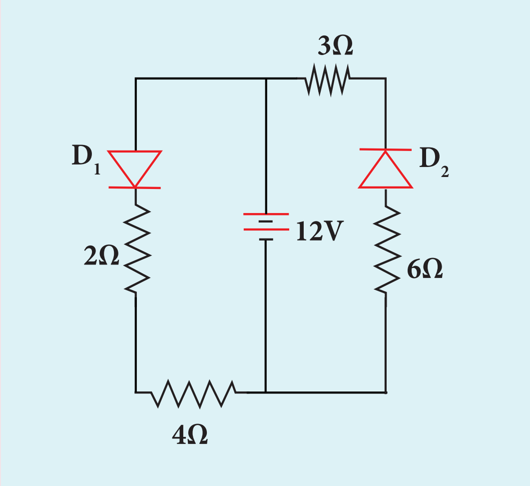


4. பின்வரும் படத்தில் காட்டப்பட்ட மின்சுற்றில் உள்ள இருமுனை சந்தி டிரான்சிஸ்டரின் மின்னோட்ட பெருக்கம் $\beta = 50$ என்க. $V_{EB} = 600\ mV$ என்ற உமிழ்ப்பான்–அடிவாய் மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு ஏற்ற, உமிழ்ப்பான்–ஏற்பான் மின்னழுத்த வேறுபாட்டினை V_{EC} வோல்ட்டில் கணக்கிடுக. [விடை: 2 V]



5. பின்வரும் மின்சுற்றில் 3Ω மற்றும் 4Ω மின்தடைகள் வழியாக பாயும் மின்னோட்டங்களை கண்டுபிடி. D_1 மற்றும் D_2 நல்லியல்பு டையோடுகள் எனக் கொள்க.

[விடை: 0 மற்றும் 2A]



XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 2_TM.indd 249 11-03-2022 15:25:30

6. பூலியன் இயற்கணிதத்தின் விதிகள் மற்றும் தேற்றங்களைப் பயன்படுத்தி பின்வரும் பூலியன் சமன்பாடுகளை நிரூபி.

i) $(A+B)(A+\overline{B}) = A$

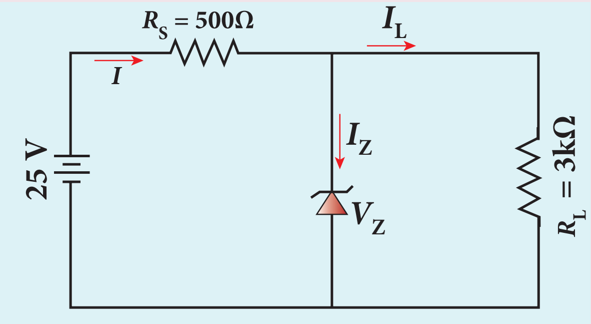
ii) $A(\overline{A}+B) = AB$

iii) $(A+B)(A+C) = A+BC$

7. கொடுக்கப்பட்ட பூலியன் சமன்பாட்டை உண்மை அட்டவணையைக் கொண்டு நிரூபி $A + \overline{A}B = A + B$.

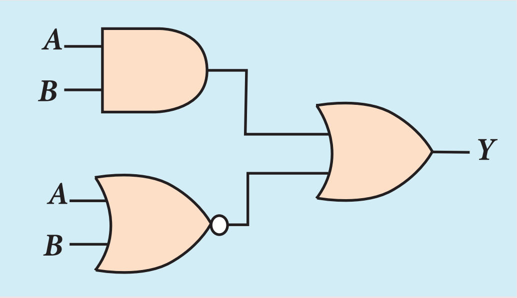
8. பின்வரும் மின்னழுத்தச் சீரமைப்பான் மின்சுற்றில் 15 V முறிவு மின்னழுத்தம் உள்ள செனார் டையோடு பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது. பளு மின்தடை வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டம், மொத்தம் மின்னோட்டம், மற்றும் டையோடு வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டம் ஆகியவற்றைக் கண்டுபிடி. நல்லியல்பு டையோடு எனக் கொள்க.

[விடை: 5mA; 20 mA; 15 mA]



9. கொடுக்கப்பட்ட மின்சுற்றில் வெளியீடு Yக்கான பூலியன் சமன்பாடு மற்றும் அதன் உண்மை அட்டவணையும் தருக.

[விடை: $Y = (AB)+\overline{(A+B)}$]



மேற்கோள் நூல்கள் (BOOKS FOR REFERENCE)

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.

www.tnschoolbooks.in

இணையச் செயல்பாடு

எலக்ட்ரானியல் மற்றும் தகவல் தொடர்பு அமைப்புகள்

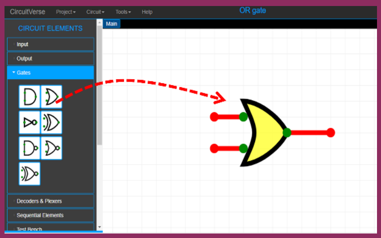
நோக்கம்: இந்த செயல்பாட்டின் மூலம் மாணவர்கள் (i) லாஜிக் கேட்டுகளை உருவாக்குவர் (ii) AND, OR, NOT, EX–OR, NAND மற்றும் NOR கேட்டுகளின் உண்மை அட்டவணையை சரிபார்ப்பர்.

தலைப்பு: லாஜிக் கேட்டுகள்

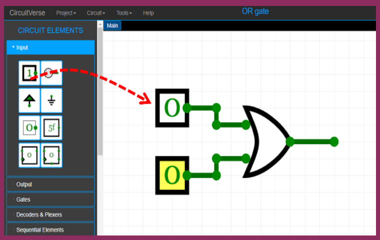
படிகள்:

- உலாவியைத் திறந்து முகவரிப் பட்டியில் "circuitverse.org/simulator" எனத் தட்டச்சு செய்க.
- 'circuit elements' ல் இருக்கும் 'Gates' என்ற தாவலை கிளிக் செய்க. நீங்கள் சரிபார்க்க விரும்பும் கேட்டைத் தேர்ந்தெடுத்து அதனை சுட்டியை பயன்படுத்தி மேடையில் இழுத்து வைக்கவும்.
- லாஜிக் கேட்டில் இருக்கும் கணுக்களை, சுட்டியைப் பயன்படுத்தி இழுப்பதன் மூலம் மின்சுற்றுக்கு தேவையான இணைக்கும் கம்பிகளை உருவாக்கலாம்.
- 'input' தாவலை கிளிக் செய்து அதிலிருக்கும் 'input tool' ஐ சுட்டியை பயன்படுத்தி இழுத்து இரண்டு உள்ளீடுகளிலும் பொருத்தவும்.
- 'output' தாவலை கிளிக் செய்து அதிலிருக்கும் 'output tool' அல்லது 'digital LED' ஐ சுட்டியை பயன்படுத்தி இழுத்து வெளியீடு முனையில் பொருத்தவும்.
- 'input tool' ஐ கிளிக் செய்வதன் மூலம் உள்ளீடுகளை மாற்றலாம். AND, OR, NOT, EX–OR, NAND மற்றும் NOR கேட்டுக்களின் உண்மை அட்டவணையை சரி பார்க்கவும். நீங்கள் விரும்பினால் டீ மார்கனின் இரண்டு விதிகளையும் சரிபார்க்கலாம்.

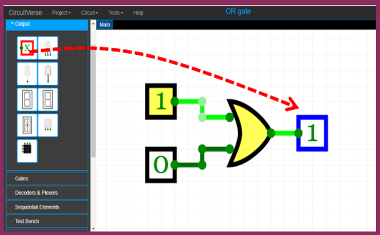
படி 1



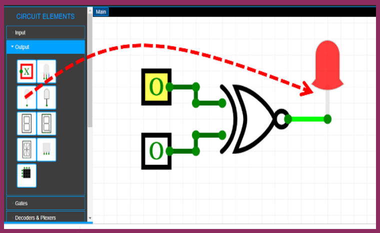
படி 2



படி 3



படி 4



குறிப்பு:

நீங்கள் உருவாக்கும் மின்சுற்றுக்களை ஆன்லைனில் சேமிக்க விரும்பினால் உங்கள் மின்னஞ்சல் முகவரியை பயன்படுத்தி உள் நுழைக (Login).

உரலி:

Link : https://circuitverse.org/simulator

*படங்கள் அடையாளத்திற்கு மட்டும்.

* தேவையெனில் Flash Player or Java Script அனுமதிக்க.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-10_Part 2_TM.indd 252 04-03-2022 16:49:30

அலகு 11

இயற்பியலின் அண்மைக்கால வளர்ச்சிகள் (RECENT DEVELOPMENTS IN PHYSICS)

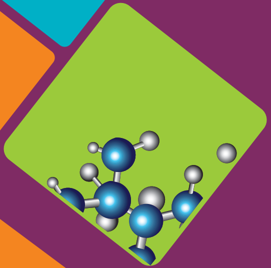
மீ நுண் உலகில் நமக்கு நிறைய வாய்ப்புகள் உள்ளன. இது இயற்பியல் துறையின் புதிய களத்தில் நுழைவதற்கான ஒரு அழைப்பு
–ரிச்சர்டு ஃபைன்மேன்

கற்றலின் நோக்கங்கள்

இந்த அலகில் மாணவர்கள் அறிந்து கொள்ள இருப்பது

- அனைத்து வகையான வளர்ச்சிக்கும் இயற்பியலின் முக்கியத்துவம்
- பொறியியல் மற்றும் தொழில்நுட்பத்திற்கு அடிப்படைக் கட்டுமானத் தொகுதியாக உள்ள இயற்பியல்
- நானோ அறிவியல் மற்றும் நானோ தொழில்நுட்பம்
- எந்திரனியல் துறையில் இயற்பியல்
- மருத்துவ நோய் அறிதல் மற்றும் சிகிச்சையில் இயற்பியல் கொள்கைகள்
- துகள் இயற்பியல், பிரபஞ்சவியல் மற்றும் குவாண்டம் தகவல் கோட்பாடு
- இயற்பியலின் அண்மைக்கால வளர்ச்சிகளை ஆராய்வதற்கான அடித்தளம் மேல்நிலை வகுப்பு இயற்பியலில் உள்ளதை உணர்தல்
- உயர்கல்வியில் உள்ள சவால்களை வசதியாகவும் மற்றும் நம்பிக்கையுடனும் சந்திக்க மாணவர்களை தயார்படுத்துதல்

UG6R3



11.1 அறிமுகம்

இயற்பியல் என்பது படம் 11.1 இல் காட்டியுள்ளவாறு அறிவியல், பொறியியல் மற்றும் தொழில்நுட்பத்திற்கு அடிப்படைக் கட்டுமானத் தொகுதியாக உள்ளது. (XI இயற்பியல் 1.3 ஐக் காண்க) வேகமாக வளர்ந்துவரும் நானோ அறிவியல் மற்றும் நானோ தொழில்நுட்பம், எந்திரனியல் (Robotics) மற்றும் மருத்துவ நோயறிதல் (medical diagnosis) மற்றும் சிகிச்சை ஆகிய இந்த துறைகளில் இயற்பியலின் பயன்பாடுகளை மாணவர்கள் உணர்ந்து கொள்ளும் வகையில் சுருக்கமாக விவரிக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த அலகானது மேல்நிலை இயற்பியலில் உள்ள முக்கிய இயற்பியல் கொள்கைகள் தொழில்நுட்ப வளர்ச்சிக்கு அடித்தளமாக உள்ளதை வெளிப்படுத்துகிறது. மேல்நிலை பள்ளி அளவில் தேவையான அடிப்படை இயற்பியலை கற்றிருப்பதால் அறிவியல், பொறியியல், தொழில்நுட்பம் மற்றும் மருத்துவம் ஆகிய அனைத்து உயர்கல்வி துறைகளிலும் மாணவர்கள் சாதிக்க முடியும் என்ற நம்பிக்கையூட்டும் வகையில் இந்த அலகு வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளது.

படம் 11.1 இயற்பியல் – பொறியியல், தொழில்நுட்பம், அறிவியல் மற்றும் மருத்துவத்திற்கு அடிப்படைக் கட்டுமானம் (தேர்வுக்கு உரியதன்று)

www.tnschoolbooks.in

11.2 நானோ அறிவியல் மற்றும் நானோ தொழில்நுட்பம்

11.2.1

நானோஅறிவியல் (Nanoscience)

நானோ அறிவியல் என்பது 1–100 நானோ மீட்டர் அளவிலான துகள்களால் ஆன பொருள்களின் அறிவியல் ஆகும். நானோ என்பது ஒரு மீட்டரில் பில்லியனில் ஒரு பங்கு அதாவது 1 nm = 10^{-9} m ஆகும்.

பருப்பொருளானது அத்தகைய சிறு பொருட்களாக பிரிக்கப்பட்டால் இயந்திரவியல், மின்னியல், ஒளியியல், காந்தவியல் மற்றும் பிற பண்புகள் மாறுபடுகிறது.

நானோதொழில்நுட்பம் (Nanotechnology)

நானோ தொழிநுட்பம் என்பது நானோ அளவில் கட்டமைக்கப்பட்ட பொருள்களின் வடிவமைப்பு, உற்பத்தி, பண்புக்கூறுகள் மற்றும் பயன்பாடுகள் ஆகியவற்றை உள்ளடக்கிய தொழில்நுட்பம் ஆகும்.

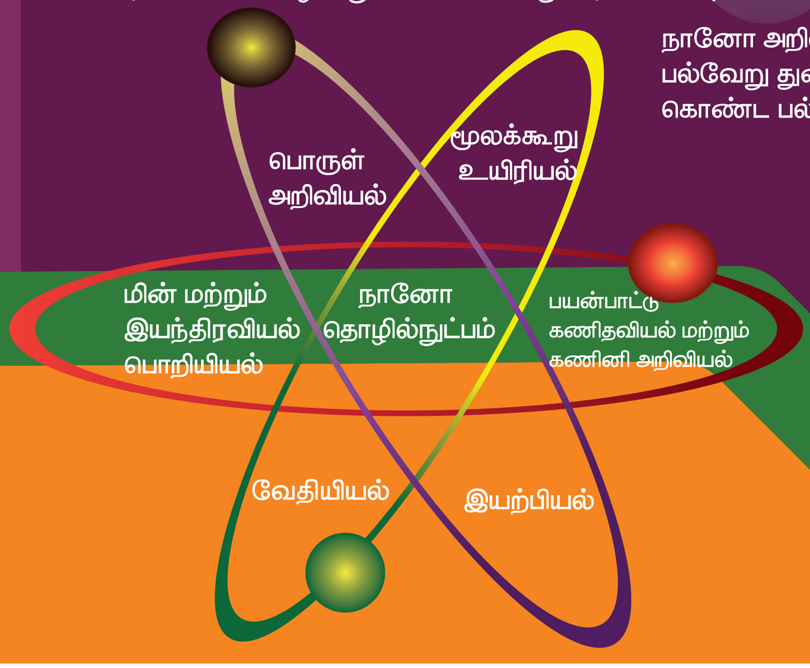
நானோதுகள்கள் (Nanoparticles)

திண்மங்கள் துகள்களால் ஆனது. ஒவ்வொரு துகளும் ஒரு குறிப்பிட்ட எண்ணிக்கையிலான அணுக்களைக் கொண்டுள்ளது. மேலும் இது பொருளுக்கு பொருள் மாறுபடலாம். ஒரு திண்மத்தின் துகளானது 100 nm ஐ விட சிறிய அளவாக இருந்தால் அது 'நானோ திண்மம் (Nano solid)' எனப்படுகிறது. துகளின் அளவு 100 nm ஐ விட அதிகமெனில் அது ஒரு 'பேரளவு திண்மம் (Bulk solid)' ஆகும். நானோ மற்றும் பேரளவு திண்மங்கள் ஒரே வேதியியல் கலவையால் ஆனவையாக இருக்கலாம் என்பது கவனிக்க வேண்டியதாகும். எடுத்துக்காட்டாக, ZnO ஆனது பேரளவு மற்றும் நானோ ஆகிய இரு வடிவிலும் இருக்கலாம். ஒரே வேதியியல் கலவையாக இருப்பினும் பேரளவு வடிவத்தை ஒப்பிட நானோ வடிவம் மாறுபட்ட பண்புகளைக் கொண்டுள்ளது.

நானோ அளவிலான பரிமாணங்களில் (reduced dimensions) நானோ பண்புகளை இரு முக்கிய நிகழ்வுகள் கட்டுப்படுத்துகின்றன. அவை குவாண்டம் வரையறை விளைவுகள் (quantum confinement effects) மற்றும் மேற்பரப்பு விளைவுகள் (surface effects) ஆகும். மாணவர்கள் இந்த விளைவுகளை உயர்கல்வியில் ஆராயலாம் மற்றும் அதன் விளக்கம் பள்ளிக்கல்வி அளவில் தவிர்க்கப்பட்டுள்ளது.

11.2.2 நானோ தொழில்நுட்பத்தின் பல்துறை இயல்பு

நானோ அறிவியல் மற்றும் தொழில்நுட்பம் பல்வேறு துறைகளில் பயன்பாடுகளைக் கொண்ட பல்துறை இயல்புடையதாகும்.



XII_Physics_Vol-2_UNIT-11_TM.indd 255 26-12-2022 15:59:42

www.tnschoolbooks.in

11.2.3 இயற்கையில் உள்ள நானோ

நானோ அளவிலான வடிவங்கள் அறிவியல் அறிஞர்கள் அவற்றை ஆய்வுக் கூடங்களில் ஆய்வு செய்யத் தொடங்குவதற்கு வெகு காலம் முன்பே இயற்கையில் அமைந்துள்ளன.

சில எடுத்துக்காட்டுகள்

இயற்கையில் உள்ள நானோ

பொருள்

DNA இன் ஓரிழை ஒன்று அனைத்து உயிரினங்களின் அடிப்படைக் கட்டமைப்பாக உள்ளது. ஏறத்தாழ மூன்று நானோமீட்டர்கள் அகலம் கொண்டது

ஆய்வுக்கூடங்களில் பின்பற்றுவது

பொருள்கள் செய்யப்பட்ட நானோ துகள்களின் அளவை மாற்றி அமைப்பதன் மூலம் நிறங்களைக் கையாளுதல்

இயற்கையில் உள்ள நானோ

பொருள்

மார்ஃபோ பட்டாம்பூச்சியின் இறக்கைகளில் உள்ள செதில்கள் நானோ அமைப்புகளைக் கொண்டுள்ளன, அவை ஒளி அலைகள் ஒன்றுடன் ஒன்று இடைவினை புரியும் வழியை மாற்றி இறக்கைகளுக்கு உலோக நீல நிறத்தையும் பச்சை சாயல்களையும் அளிக்கின்றன.

பொருள்

மயில் இறகுகள் சில பத்து நானோ மீட்டர் தடிமன் கொண்ட 2 பரிமாண ஒளிப்படிக அமைப்புகளுடன் ஒளி இடைவினை புரிவதால் அவற்றின் மாறுபட்ட நிறங்களைப் பெறுகின்றன.

இயற்கையில் உள்ள நானோ

ஆய்வுக்கூடங்களில் பின்பற்றுவது

மயில் இறகுகள் போன்று பல்வேறு நிறங்களில் ஒளிர நானோ கட்டமைப்புகள் ஆய்வுக் கூடங்களில் உருவாக்கப்படுகின்றன.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-11_TM.indd 256 26-12-2022 15:59:44

www.tnschoolbooks.in

பொருள்

கிளி மீன் நாள்முழுதும் பவளப் பாறைகளை கடித்து நொறுக்கி கொண்டிருக்கும். கிளி மீனின் சக்தி வாய்ந்த கடிக்கு காரணம் ஒன்றுடன் ஒன்று பின்னப்பட்ட நானோ அமைப்பான நார்கள் ஆகும். புளுரோபடைட் என்ற கனிமத்தின் படிகங்கள் ஒன்றுடன் ஒன்று சங்கிலித்தொடராக பின்னப்பட்டு உள்ளது. இந்த அமைப்பு கிளி மீனின் பற்களுக்கு அற்புதமான நிலைப்புத்திறனை அளிக்கிறது.

ஆய்வுக் கூடங்களில் பின்பற்றுவது

இயற்கை அமைப்பு தொடர்ந்து இயங்கி தேய்மானம் மற்றும் தொடர்பு தகைவுக்கு உட்படும் மின்னணுவியலில் மற்றும் பிற கருவிகளில் உள்ள இயந்திரவியல் பாகங்களுக்கு உதவும் வகையில் மிகவும் நிலைப்புத்திறன் கொண்ட செயற்கை பொருட்களை உருவாக்க அடித்தளமாக உள்ளது.

பொருள்

தாமரை இலை மேற்பரப்பு வரிக்கண்ணோட்ட எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி (SEM) தாமரை இலையின் மேற்பரப்பில் உள்ள நானோ அமைப்பைக் காட்டுகிறது. இதுவே தாமரை இலையின் தானே சுத்தப்படுத்திக்கொள்ளும் செயல்பாட்டிற்கு காரணமாகும்.

இயற்கையில் உள்ள நானோ

இயற்கையில் உள்ள நானோ

ஆய்வுக் கூடங்களில் பின்பற்றுவது

நீரை எதிர்க்கும் நானோ வர்ணங்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன. அத்தகைய நானோ வர்ணங்கள் பூசப்பட்ட பொருள்களுக்கு நிலைப்புத்திறன், கறை மற்றும் தூசிகளுக்கு எதிரான பாதுகாப்பு கிடைக்கும். மேலும் இந்த நானோ வர்ணங்கள் கப்பல்களில் பூசப்பட்டால் எரிபொருளின் பயனுறுதிறன் அதிகரிக்கிறது.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-11_TM.indd 257 26-12-2022 15:59:46

11.2.4 ஆரம்பகால தொடக்கம் மற்றும் வளர்ச்சி (தேர்வுக்கு உரியதன்று)

2016

ஜியான் பியேர் சவாஜ், ஃப்ரேசர் ஸ்டாடர்ட் மற்றும் பெர்னார்டு பெரிங்கா ஆகியோர் 'நானோ கார்' உள்ளிட்ட நானோ அளவிலான இயந்திரங்களை மேம்படுத்தும் ஆராய்ச்சிக்காக வேதியியலில் நோபல் பரிசு பெற்றனர்.

2004

மான்செஸ்டர் பல்கலைக்கழகத்தில் 2004இல் ஆண்டரி கைம் மற்றும் கான்ஸ்டன்டின் நவோஸ்லெவ் ஆகியோரால் 2D பொருள் தனிமைப்படுத்தி வகைப்படுத்தப்பட்டது. இந்த ஆய்வுப் பணி 2010இல் இயற்பியலில் நோபல் பரிசைப் பெற்றது.

1990-2000

நானோ தொடர்பான ஆராய்ச்சியை வழி நடத்த ஆராய்ச்சிக் குழுக்கள் மற்றும் செயற்குழுக்கள் அமைக்கப்பட்டன. நானோ தொழில்நுட்பத்தைப் பயன்படுத்தும் பயனாளர் பொருள்கள் சந்தையில் வரத்தொடங்கின.

1981

கெர்டு பின்னிங்(Gred Binning) மற்றும் ஹைன்ரிக் ரோரர்(Heinrich Rohrer) வரிக்கண்ணோட்ட துளைக்கும் நுண்ணோக்கியை (Scaning Tunnelling Microscope–STM) மேம்படுத்தியது நவீன நானோ தொழில்நுட்பத்தின் தொடக்கமாகும். ஆராய்ச்சியாளர்கள் முதன் முதலாக பொருள்களின் மேற்பரப்பில் உள்ள அணுக்களைப் பார்க்க STM உதவியது முதல் நானோ தொழில்நுட்பம் அதன் படிப்படியான வளர்ச்சியைத் தொடங்கியது.

1989

IBM இன் அல்மேடன் ஆராய்ச்சி மையத்தில் டான் இக்ளர் மற்றும் எர்ஹார்டு ஸ்வைசர் IBM சின்னத்தை உச்சரிக்க 35 தனியான செனான் (Xenon) அணுக்களைக் கையாண்டனர்.இந்த அணுக்களைத் துல்லியமாகக் கையாளும் திறனை காட்சிப்படுத்தியதன் மூலம் நானோ தொழில் நுட்பத்தின் அவசியம், பயன்பாடு உலகுக்கு தெரிந்தது.

1974

மிது துல்லிய இயந்திரங்களை மேம்படுத்தும் பணியின் போது பேராசிரியர் நோரியோ டனிகுச்சி (Norio Taniguchi) நானோ தொழில்நுட்பம் என்ற வார்த்தையை உருவாக்கினார்.

1959

இந்த நானோ அறிவியல் மற்றும் நானோ தொழில்நுட்பம் ஆகிய சொற்களை உருவாக்குவதற்கு வெகுகாலம் முன்பே 1959 இல் ரிச்சர்டு ஃபைன்மேன் என்ற அமெரிக்க இயற்பியலாளர் அவரது "அடிமட்டத்திலேயே இன்னும் நிறைய அறைகள் உள்ளன" என்ற உரையில் அவற்றை வரையறை செய்யும் கருத்துகளை குறிப்பிட்டுள்ளார். ஃபைன்மேன் அவரது உரையில் எதிர்காலத்தில் அறிவியல் அறிஞர்கள் ஒவ்வொரு அணுவையும், ஒவ்வொரு மூலக்கூறையும் எவ்வாறு தனித்தனியாக கையாளவும், கட்டுப்படுத்தவும் முடியும் என்பது போன்ற செயல்முறைகளை விவரித்தார்.

www.tnschoolbooks.in

11.2.5 ஆய்வுக்கூடங்களில் நானோ

ஆய்வுக் கூடத்தில் உருவாக்கப்பட்ட நானோ அமைப்புகள் இயற்கையின் அற்புதமான நானோ அமைப்புகளைப் பின்பற்றி அமைந்துள்ளன. நானோ அமைப்புகள் மிகவும் சிறியதாக உள்ளதால் இந்த அளவிலான பொருள்களை உற்பத்தி செய்ய சிறப்பு முறைகள் தேவைப்படுகின்றன. நானோ பொருள்களை தயாரிக்க இரு வழிகள் உள்ளன. மேலிருந்து கீழ் மற்றும் கீழிருந்து மேல் அணுகுமுறைகள்.

நானோ துகள்கள் உருவாக்கம்

மேலிருந்து– கீழ் அணுகுமுறை

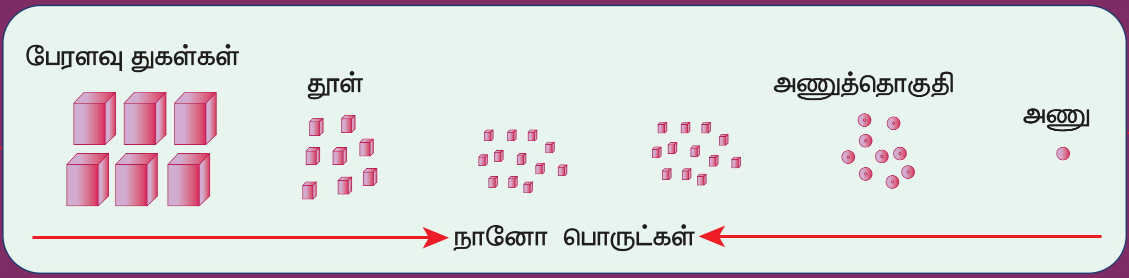
பேரளவு திண்மங்களை நானோ அளவுக்கு உடைப்பதன் மூலம் நானோ பொருள்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன. எடுத்துககாட்டு: பந்துகளால் அரைத்தல் (Ball milling), கூழாக்கும் முறை (sol–gel), கல் அச்சு (Lithogrophy)

கீழிருந்து–மேல் அணுமுறை

நானோ பொருள்கள் அணுக்கள்/ மூலக்கூறுகளை ஒன்றாக கூட்டுவதன் மூலம் உருவாக்கப்படுகின்றன. தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட அணுக்கள் அமைப்பை உருவாக்குமாறு ஒன்று சேர்க்கப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டு: பிளாஸ்மா பொறித்தல் (Plasma etching) மற்றும் வேதி நீராவி படிவு (chemical vapour deposition)

நானோ பொருள்கள் உருவாக்கம்

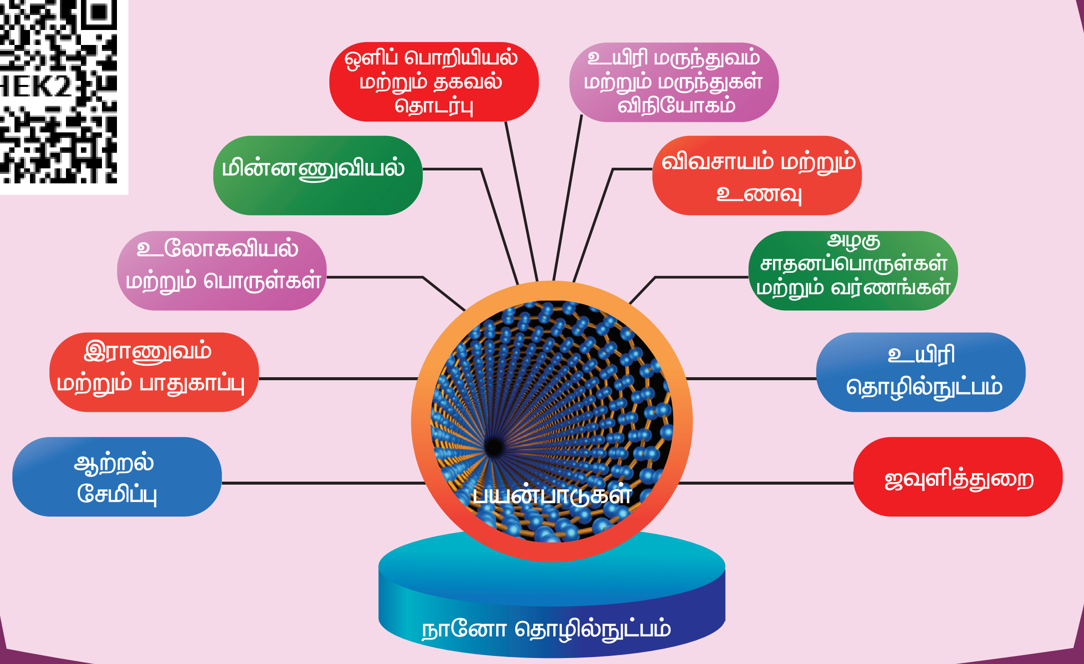
மேலிருந்து – கீழ் அணுகுமுறை | **கீழிருந்து – மேல் அணுகுமுறை**



அதிக அளவிலான முறைகள் உள்ளதால் இந்த மட்டத்தில் விவரங்கள் தவிர்க்கப்பட்டுள்ளன.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-11_TM.indd 259 26-12-2022 15:59:46

11.2.6 நானோ தொழில்நுட்பத்தின் பயன்பாடுகள்



பல்வேறு துறைகளில் நானோ அடிப்படையிலான பொருள்களின் பயன்பாடுகள்

வாகன தொழிற்சாலை	வேதித் தொழிற்சாலை	பொறியியல்
• குறைந்த எடை கட்டமைப்பு • வர்ணப்பூச்சு (நிரப்பிகள், அடித்தளப்பூச்சு, தெளிவான பூச்சு) • வினையூக்கிகள் • டயர்கள் (நிரப்பிகள்) • உணர்விகள் • கார் கண்ணாடி மற்றும் கூண்டிற்கான பூச்சுகள்	• வர்ணப்பூச்சு அமைப்பின் நிரப்பிகள் • நானோ கூட்டுப்பொருள்களால் ஆன பூச்சு அமைப்புகள் • காகிதங்களை செறிவூட்டல் • மாற்றக்கூடிய பசைகள் • காந்தப் பாய்மங்கள்	• கருவிகள் மற்றும் இயந்திரங்களுக்கான தேய்மானப் பாதுகாப்பு (தடுப்பு எதிர்ப்பு பூச்சுகள், நெகிழிப் பாகங்களில் கீறல் எதிர்ப்பு பூச்சுகள் ஆகியன) • உயவு எண்ணெய் இல்லா பேரிங்குகள்
மின்னணுவியல் தொழிற்சாலை	**கட்டுமானம்**	**மருத்துவம்**
• தரவு நினைவகம் • காட்சிப்படுத்திகள் (Displays) • லேசர் டையோடுகள் • கண்ணாடி இழைகள் • ஒளியியல் சுவிட்சுகள் • வடிப்பான்கள் (IR தடுத்தல்) • கடத்தக்கூடிய நிலைமின் எதிர்ப்புப் பூச்சுகள்	• கட்டுமானப் பொருள்கள் • வெப்பக் காப்பு • தீத் தடுப்பான்கள் • மரம், தரைகள், கல், கட்டிட முகப்புகள், ஓடுகள், கூரை ஓடுகள் ஆகியவற்றின் மேற்பரப்பு சார்ந்த கட்டுமானப் பொருட்கள் • கட்டிட முகப்பு பூச்சுகள் • பள்ளம் நிரப்பும் கலவை	• மருந்து விநியோக அமைப்புகள் • செயல்படும் காரணிகள் • மாறுபட்ட ஊடகம் • மருத்துவ விரைவுச் • சோதனைகள் செயற்கை உறுப்புகள் பொருத்துதல் • நுண்ணுயிர் எதிர்ப்பு பொருள்கள் மற்றும் பூச்சுகள் • புற்றுநோய் சிகிச்சை பொருள்கள்

ஜவுளி / துணிகள்/ (நெய்யப்படாதது)	ஆற்றல்	அழகு சாதனப் பொருட்கள்
• மேற்பரப்பு– பதப்படுத்தப்பட்ட ஜவுளிகள் • ஸ்மார்ட் ஆடைகள்	• எரிபொருள் கலன்கள் • சூரிய மின் கலன்கள் • மின்கல அடுக்குகள் • மின்தேக்கிகள்	• சூரிய ஒளிப் பாதுகாப்பு • உதட்டுச் சாயங்கள் • தோல் பூச்சுகள் • பற்பசை
உணவு மற்றும் பானங்கள்	**வீட்டு உபயோகம்**	**விளையாட்டு/ வெளிப்புறம்**
• தொகுப்புப் பொருள்கள் • சேமிப்பு வாழ் உணர்விகள் • கூட்டுப்பொருள்கள் • பழ ரசங்களை தெளிவுபடுத்துதல்	• இரும்புக்கான பீங்கான் பூச்சுகள் • வாசனையூட்டிகள் • கண்ணாடி , பீங்கான், தரை, சன்னல்கள் அகியவற்றிற்கான சுத்தப்படுத்தி	• ஸ்கி மெழுகு • கண்ணாடிகள்/ நீச்சல் கண்ணாடிகளின் பனித்தடுப்புகள் • கப்பல்கள்/படகுகளுக்கான சிதிலத்தடுப்பான் (Anti-fouling) பூச்சுகள் • வலுப்படுத்தப்பட்ட டென்னிஸ் மட்டைகள் மற்றும் பந்துகள்

11.2.7 நானோ துகள்களின் சாத்தியமான தீங்குவிளைவிக்கும் விளைவுகள்

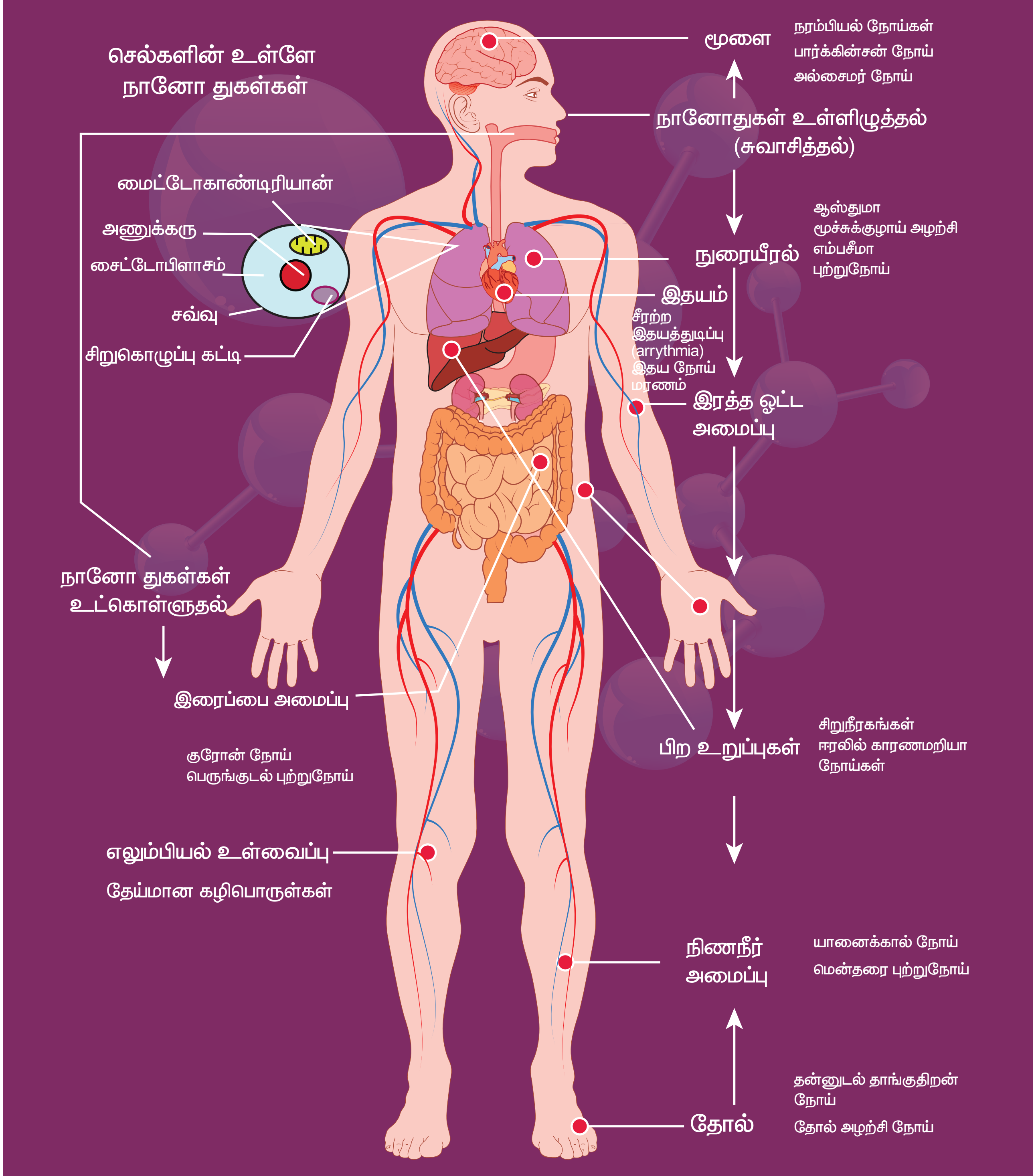
நானோ தொழில்நுட்பம் பயன்பாட்டின் தீங்கு விளைவிக்கும் விளைவுகளைப் பற்றிய ஆராய்ச்சியும் சம அளவான முக்கியத்துவம் வாய்ந்தது. மேலும் அது வேகமாகவும் வளர்ந்துவரும் ஆராய்ச்சி துறையாகும். இங்கு முக்கிய பிரச்சனை என்னவென்றால் நானோ துகள்கள் புரோட்டீன் போன்ற உயிரி மூலக்கூறுகளுக்கு சமமான பரிமாணங்களைக் கொண்டுள்ளன. அவை உயரினங்களின் மேற்பரப்பினுள் எளிதாக உறிஞ்சப்படலாம் அல்லது உடலின் திசுக்கள் மற்றும் நீர்மங்களில் நுழையக்கூடும்.

உறிஞ்சப்படும் தன்மை நானோ துகளின் மேற்பரப்பைச் சார்ந்தது. உடலில் உள்ள குறிப்பிட்ட செல், மருந்தை நேரடியாக உறிஞ்சும் வகையில் நானோ துகளின் மேற்பரப்பை வடிவமைக்க இயலும்.

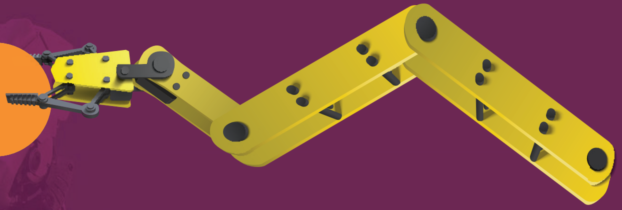
உயிர்வாழ் அமைப்புகளுடன் ஏற்படும் இடைவினையையும் நானோ துகள்களின் பரிமாணங்கள் பாதிக்கின்றன. உதாரணமாக, சில நானோ மீட்டர் அளவுள்ள நானோதுகள்கள் உயிரி மூலக்கூறுகளுக்கு உள்ளே நன்கு சென்றடைகின்றன, ஆனால் பெரிய நானோதுகள்களால் இது இயலாது. நானோ துகள்கள் செல் சவ்வுகளையும் கடக்கும். உள்ளிழுக்கப்பட்ட நானோ துகள்கள் இரத்தத்தை அடைய இயலும். மேலும் இவை ஈரல், இதயம் அல்லது இரத்த செல்கள் ஆகிய உறுப்புகளையும் அடையும் வாய்ப்பு உள்ளது.

ஆராய்ச்சியாளர்கள் பல்வேறுபட்ட அளவு, வடிவம், வேதிஅமைப்பு மற்றும் மேற்பரப்பு பண்புகள் கொண்ட நானோதுகள்களை உயிரின உறுப்புகளில் செலுத்தும் போது அதன் எதிர்செயலைப் புரிந்துகொள்ள முயற்சி செய்கின்றனர்.

நானோ துகள் உடலில் நுழையும்போது ஏற்படும் நோய்கள்
(தேர்வுக்கு உரியதன்று)

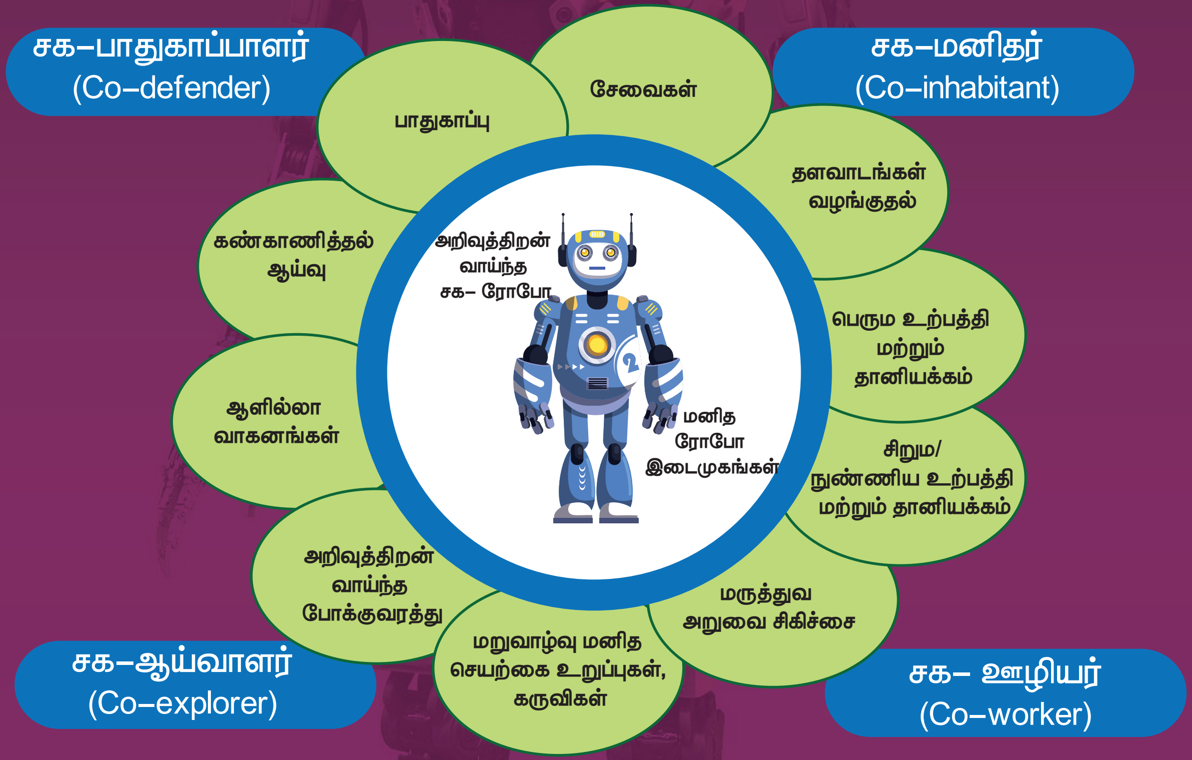


11.3 எந்திரனியல் (Robotics)

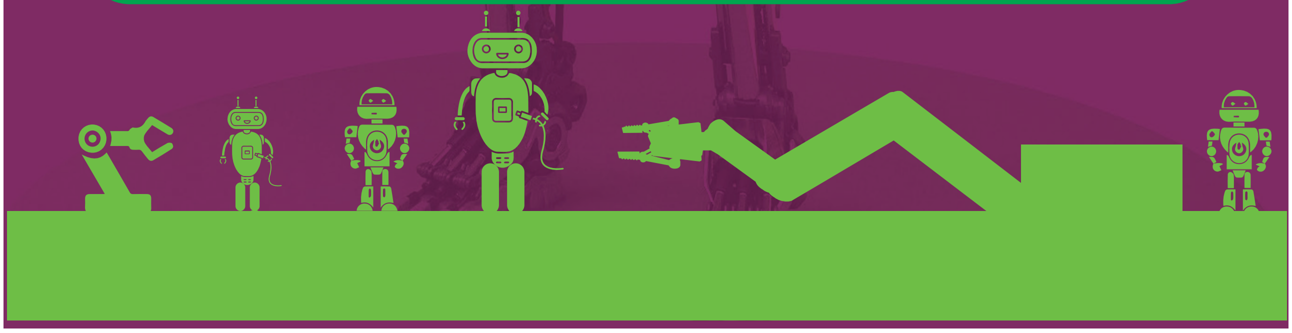


11.3.1 எந்திரனியல் என்றால் என்ன?

எந்திரனியல் என்பது இயந்திரப் பொறியியல், மின்னணுப் பொறியியல், கணினி பொறியியல் மற்றும் அறிவியல் ஆகியவற்றின் ஒருங்கிணைந்த கற்றல் பிரிவு ஆகும். இயந்திர மனிதன் (ரோபோ) என்பது மின்னணுவியல் சுற்றினால் வடிவமைக்கப்பட்ட மற்றும் ஒரு குறிப்பிட்ட பணியைச் செய்ய திட்டமிடப்பட்ட ஒரு எந்திரனியல் கருவியாகும். இந்த தானியங்கி இயந்திரங்கள் எந்திரனியல் சகாப்தத்தின் மிகவும் முக்கியத்துவம் வாய்ந்ததாக அமைந்து வெடிகுண்டுகளை செயலிழக்கச் செய்தல், கட்டட இடிபாடுகளில் சிக்கியுள்ளவர்களைக் கண்டறிதல், சுரங்கங்களை ஆய்வு செய்தல் மற்றும் கப்பல் விபத்துகள் போன்ற அபாயகரமான சூழல்களில் மனிதர்களைப் போல செயலாற்றுகின்றன.



1954–இல் ஜார்ஜ் டிவால் என்பவர் யுனிமேட் எனப்படும் முதல் இலக்கமுறை செயல்பாடு கொண்ட திட்டமிடக்கூடிய ரோபோவை கண்டுபிடித்தார். நவீன இயந்திர மனிதவியல் தொழிலின் தந்தை ஜோசப் ஏஞ்சல்பெர்கர் மற்றும் ஜார்ஜ் டிவால் உலகத்தின் முதல் இயந்திர மனித நிறுவனத்தை 1956–இல் உருவாக்கினர். 1961–இல் யுனிமேட் ஆனது நியூஜெர்சியில் ஒரு ஜெனரல் மோட்டார்ஸ் தானியங்கிகள் தொழிற்சாலையில் கார் உதிரி பாகங்களை நகர்த்துவதற்காக இயக்கப்பட்டது.



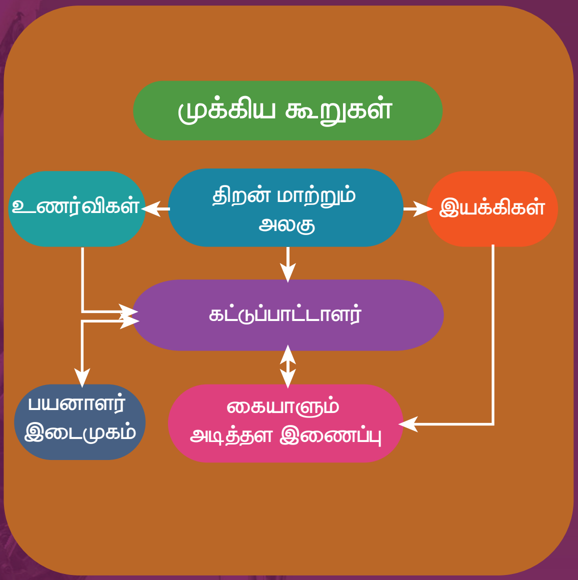
www.tnschoolbooks.in

11.3.2 எந்திரனியலின் கூறுகள்

எந்திரனியல் அமைப்பானது முக்கியமாக உணர்விகள், திறன் வழங்கிகள், கட்டுப்பாட்டு அமைப்புகள், கையாளும் கருவிகள் மற்றும் தேவையான மென்பொருளைக் கொண்டுள்ளது.

பெரும்பாலான ரோபோக்கள் 3 முக்கிய பாகங்களால் ஆனது

1. கட்டுப்பாட்டாளர் (Controller) – மூளை என்றும் அழைக்கப்படும் இது கணினி நிரலினால் இயங்குகிறது. இது பணியைச் செய்வதற்காக இயங்கும் பாகங்களுக்கு கட்டளைகளை வழங்குகிறது.
2. இயந்திரவியல் பாகங்கள் (Mechanical parts) – மோட்டார்கள், பிஸ்டன்கள், பிடிப்பான்கள் (Grippers), சக்கரங்கள் மற்றும் கியர்கள் ஆகியவை ரோபோவை இயங்க, பிடிக்க, திரும்ப மற்றும் தூக்கச் செய்கின்றன.
3. உணர்விகள் (Sensors)– ரோபோட்டின் சுற்றுப்புறத்தைப் பற்றி ரோபோவிடம் கூற இது பயன்படுகிறது. மேலும் சுற்றுப்புறத்தில் உள்ள பொருள்களின் அளவுகள் மற்றும் வடிவங்களையும் பொருள்களிடையே உள்ள தொலைவு மற்றும் திசைகளையும் கூட கண்டறிய உதவுகிறது.



11.3.3 ரோபோக்களின் வகைகள்

மனித ரோபோ (Human Robot)

சில ரோபோக்கள் தோற்றத்தில் மனிதர்களைப் போலவே இருக்கும் வகையில் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. மேலும் அவை நடத்தல், தூக்குதல் மற்றும் உணர்தல் போன்ற மனித செயல்பாடுகளை அவ்வாறே செய்கின்றன.

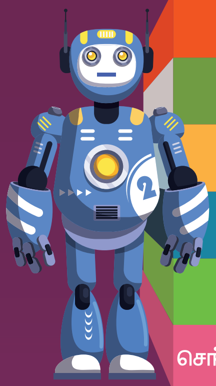
1. **திறன் மாற்றும் அலகு:** ரோபோக்கள் ஆனது மின்கலன்கள், சூரியஒளி மின்திறன் மற்றும் நீர்மவியல் அமைப்புகளில் இருந்து மின்திறனைப் பெறுகின்றன.
2. **இயக்கிகள்:** ஆற்றலை இயக்கமாக மாற்றுகின்றன. பெரும்பாலான இயக்கிகள் சுழல் இயக்கம் அல்லது நேர்க்கோட்டு இயக்கத்தை உருவாக்குகின்றன.
3. **மின் மோட்டார்கள்:** இவை சக்கரங்கள், கைகள், விரல்கள், கால்கள் உணர்விகள், கேமிரா, ஆயுத அமைப்புகள் போன்ற ரோபோக்களின் பாகங்களை இயக்க பயன்படுகின்றன. பல்வேறு வகையான மின்மோட்டார்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.
4. **காற்றழுத்தத் தசைகள்:** இவை காற்று உள்ளே செலுத்தப்பட்டால் சுருங்கவும், விரிவடையவும் கூடிய கருவிகள் ஆகும். இது மனித தசையின் செயல்பாட்டைப் பிரதிபலிக்கும். காற்று அவற்றின் உள்ளே உறிஞ்சப்பட்டால் அவை ஏறத்தாழ 40% அளவுக்கு சுருங்கும்.
5. **தசைக்கம்பிகள்:** இவை வடிவ நினைவு உலோகக் கலவைகளால் (Shape memory alloys) உருவாக்கப்பட்ட மெல்லிய கம்பிகள் ஆகும். அவற்றின் வழியே மின்னோட்டம் செலுத்தப்பட்டால் அவை 5% அளவுக்கு சுருங்கும்.
6. **பீசோ மோட்டார்கள் மற்றும் மீயொலி மோட்டார்கள்:** நாம் அடிப்படையில் இவற்றை தொழிற்சாலை ரோபோக்களில் பயன்படுத்துகிறோம்.
7. **உணர்விகள்:** இவை நிகழ்நேர அறிவுசார் தகவல்களை அளிப்பதால் பொதுவாக பணிச் சூழல்களில் பயன்படுகின்றன.
8. **ரோபோ இடம் பெயரும் அமைப்பு:** ரோபோக்களுக்கு இயக்க வகைகளை அளிக்கிறது. இது பல்வேறு வகைகளானது.
   அ) கால் உள்ளது ஆ) சக்கரம் உள்ளது
   இ) கால் மற்றும் சக்கரம் சேர்ந்து உள்ள அமைப்பு ஈ) கட்டுப்படுத்தப்பட்ட நழுவுதல்/ சறுக்குதல்.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-11_TM.indd 264 26-12-2022 15:59:49

www.tnschoolbooks.in

தொழிற்சாலை ரோபோக்கள்
(Industrial Robots)

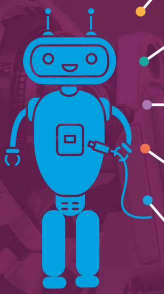
தொழிற்சாலை ரோபோக்களின்
ஆறு முக்கிய வகைகள்



1. கார்ட்டீசியன்
2. *SCARA
3. உருளை வடிவம்
4. டெல்டா
5. துருவ வகை
6. செங்குத்தாக கருதப்படுபவை

*Selective Compliance Assembly Robot Arm

ஆறு– அச்சு ரோபோக்கள்
கீழ்க்கண்டவற்றிற்கு ஏற்றது.



- மின் வில் பற்றவைப்பு
- குறிப்பிட்ட இட பற்றவைப்பு
- பொருள்களை கையாளுதல்
- இயந்திரப் பராமரிப்பு
- பிற பயன்பாடுகள்

செயற்கை நுண்ணறிவு
(Artificial Intelligence)

செயற்கை நுண்ணறிவின் நோக்கம் மனிதனைப் போன்ற பண்புகளை ரோபோக்களில் கொண்டுவருவது ஆகும். அதன் பணிகள்.

1. முகம் அடையாளம் காணல்.
2. கணினி விளையாட்டுகளில் விளையாடுபவரின் செயல்பாடுகளுக்கு பதில் அளித்தல்.
3. முந்தைய செயல்களின் அடிப்படையில் முடிவுகளை எடுத்தல்.
4. சாலைகளில் போக்குவரத்து நெரிசலை பகுப்பாய்வு செய்து போக்குவரத்தை ஒழுங்குப்படுத்துதல்.
5. ஒரு மொழியில் இருந்து மற்றொன்றிற்கு வார்த்தைகளை மொழி பெயர்ப்பு செய்தல்.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-11_TM.indd 265 26-12-2022 15:59:49

11.3.4 பயன்பாடுகள்

வெளிப்புற விண்வெளி: விண்மீன்கள், கோள்கள் ஆகியவற்றை ஆய்வு செய்தல், செவ்வாய் கோளின் பாறைகள் மற்றும் மண் வகைகள் உள்ளிட்ட கனிம வளத்தை கூர்ந்தாய்வு செய்தல் மற்றும் பாறைகள் மற்றும் மண் வகைகளில் காணப்படும் தனிமங்களைப் பகுப்பாய்வு செய்தல்.

நாசாவின் செவ்வாய் ரோவர் ஆய்வுக்கலன்

செவ்வாய் இரட்டை ரோவர் ஆய்வுக்கலன்கள்

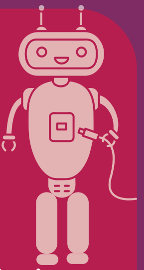
செவ்வாய் பாதை கண்டறியும் பணி

மிகச்சிறிய இடங்களில் ஒரு பணியை மேற்கொள்ள நானோ ரோபோக்களின் அளவானது நுண்ணிய அளவிற்கு குறைக்கப்படுகிறது. இருப்பினும், அது வளர்ந்துவரும் நிலையில்தான் உள்ளது. மருத்துவத்துறையில் அதன் எதிர்கால வாய்ப்புகள் மிகவும் அதிகமாக எதிர்பார்க்கப்படுகிறது. இரத்த ஓட்டத்தில் சிறிய அறுவை சிகிச்சைகளை மேற்கொள்ளவும், பாக்டீரியாவுக்கு எதிராக போராடுதல், உடலில் உள்ள தனிப்பட்ட செல்லை சீரமைத்தல் ஆகியவற்றில் நானோ ரோபோக்கள் செயல்படும். அவை உடலுக்குள் பயணம் செய்யும் மற்றும் பணி மேற்கொண்டபின் வெளியே வரும். சீன அறிவியல் அறிஞர்கள் உலகின் முதல் தன்னிச்சையாக செயல்படும் DNA ரோபோக்களை புற்றுநோய் கட்டிகளை அழிப்பதற்காக உருவாக்கியுள்ளனர்.

ரோபோக்களை உருவாக்கப் பயன்படுத்தப்படும் பொருள்கள்

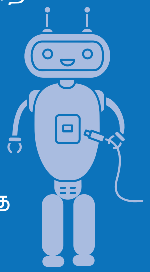
ரோபோக்களுக்கு, அலுமினியம் மற்றும் எஃகு ஆகிய உலோகங்கள் பொதுவாக பயன்படுத்தப்படுகிறது. அலுமினியம் ஆனது ஒரு மென்மையான உலோகம் என்பதால் அதைக் கொண்டு எளிதாக உருவாக்கலாம், ஆனால் எஃகு ஆனது பல மடங்கு வலிமையானது. இவை தகடு, கம்பி, வாய்க்கால் வடிவ கம்பி மற்றும் பிற வடிவங்களாக ரோபோ உடல் பகுதிகள் கட்டமைப்பதற்கு பயன்படுத்தப்படுகிறது.

11.3.5 எந்திரனியலின் நன்மைகள்



1. ரோபோக்கள் மனிதர்களை விட மிகவும் மலிவானதாகும்.
2. ரோபோக்கள் மனிதர்களைப் போல எப்போதும் சோர்வடையாது. அவை 24x7 மணி நேரமும் வேலை செய்யும். எனவே பணி இடத்தில் வருகை தராமை குறைக்கப்படுகிறது.
3. ரோபோக்கள் மிகவும் துல்லியமானவை மற்றும் பணியை மேற்கொள்வதில் குறைபாடு அற்றவை.
4. மனிதர்களை விட வலிமையானவை மற்றும் வேகமானவை
5. ரோபோக்கள் அதீத சுற்றுச்சூழல் நிலைகளிலும் வேலை செய்யும். எடுத்துக்காட்டாக அதீத வெப்பம் அல்லது குளிர், விண்வெளி அல்லது நீருக்கடியில், வெடிகுண்டு கண்டுபிடிப்பு மற்றும் செயலிழப்பு போன்ற ஆபத்தான சூழல்களில் ரோபோக்கள் பணிபுரிகின்றன.
6. போரில் ரோபோக்கள் மனித உயிர்களை காப்பாற்றும்.
7. ரோபோக்கள் வேதி தொழிற்சாலைகளில் குறிப்பாக அணு உலைகளில் மனிதர்களுக்கு சுகாதார தீங்கை ஏற்படுத்தும் நிலையில் பொருள்களை கையாளுவதில் கணிசமாக பயன்படுகின்றன.

11.3.6 எந்திரனியலின் தீமைகள்



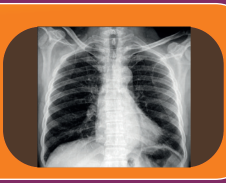
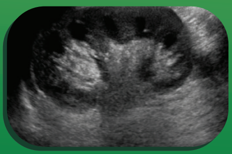
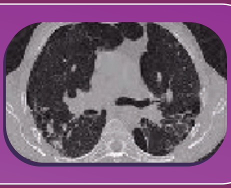
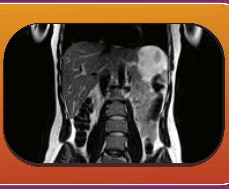
1. ரோபோக்களுக்கு உணர்வுகள் அல்லது மனசாட்சி இல்லை.
2. அவை இரக்கம் அற்றவை. ஆதலால் அவை உணர்வற்ற பணியிடங்களை உருவாக்குகின்றன.
3. இறுதியில் ரோபோக்கள் எல்லா வேலையும் செய்தால், மனிதர்கள் உட்கார்ந்து அவற்றை கண்காணித்தால், சுகாதார சீர்கேடு விரைவாக அதிகரிக்கும்.
4. வேலை வாய்ப்பின்மை பிரச்சனை அதிகரிக்கும்.
5. ரோபோக்கள் வரையறுக்கப்பட்ட வேலையை மட்டுமே செய்ய இயலும் மற்றும் எதிர்பாரா சூழல்களைக் கையாள இயலாது.
6. ரோபோக்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட வேலையை மட்டுமே செய்ய திட்டமிடப்பட்டவை. ஒருவேளை ஏதேனும் ஒரு சிறு தவறு நடந்தால் அது நிறுவனத்திற்கு பெரும் நட்டத்தை ஏற்படுத்தும்.
7. ஒரு ரோபோ பழுதானால், பிரச்சனையை அடையாளம் காண, சரி செய்ய மற்றும் தேவைப்பட்டால் மறு திட்டமிட நேரமாகும். இச்செயல்முறைக்கு கணிசமான நேரம் தேவை.
8. முடிவு எடுப்பதில் ரோபோக்களால் மனிதர்களுக்கு மாற்றாக இருக்க இயலாது.
9. ரோபோக்கள் மனித நுண்ணறிவு மட்டத்தை அடையும் வரை, பணி இடத்தில் மனிதர்கள் நீடிப்பார்கள்.

11.4 மருத்துவ நோயறிதல் மற்றும் சிகிச்சையில் இயற்பியல் (Physics in medical diagnosis and therapy)

மருத்துவ அறிவியல், இயற்பியல் கொள்கைகளை பின்பற்றியே இயங்குகிறது. தொழில்நுட்பம் ஒருங்கிணைந்த நோயறிதல் மற்றும் சிகிச்சை (technology integrated diagnosis and treatment) முறைகளால் அளிக்கப்படுவதால் மருத்துவ கருவிமயமாக்கல் மனித வாழ்நாளை அதிகரித்துள்ளது. அடிப்படை இயற்பியலை திறம்பட பயன்படுத்துவதால் எல்லா துறைகளிலும் இந்த நவீனமயமாக்கல் சாத்தியமாகிறது.

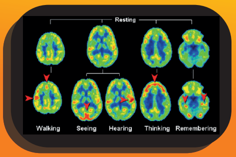
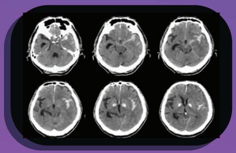
11.4.1 மருத்துவ துறையின் வளர்ச்சியானது கீழே காட்டியுள்ளவாறு இயற்பியலின் பரிணாம வளர்ச்சிக்கு ஏற்ப உள்ளது.

(தேர்வுக்கு உரியதன்று)

	ஆண்டு	இயற்பியல் கண்டுபிடிப்பு (கண்டுபிடித்தவர்)	மருத்துவத்துறையில் பயன்படுத்தப்படும் நுட்பம்	படம்
1	1895	X– கதிர்கள் (வில்ஹெம் கான்ராட்– ராண்ட்ஜன்)	கதிரியக்கவியல் – X கதிர் படம்	
2	1896 மற்றும் 1898	கதிரியக்கக் கோட்பாடு (ஆன்டனி ஹென்றி பெக்கரல், பியூரிகியூரி மற்றும் மேரி கியூரி)	கதிரியக்க ஐசோடோப் படம்	
3	1934	செயற்கைக் கதிரியக்கம் (ஜோலியட் மற்றும் ஐரீன் கியூரி)	கதிரியக்கப் படம் (Scintigraphy)	
4	1950	மீயொலி	எக்கோ கிராஃபி	
5	1952	அணுக்கரு காந்த ஒத்ததிர்வு (NMR) (பெலிக்ஸ் பிளாக் மற்றும் எட்வர்டு பர்செல்)	காந்த ஒத்ததிர்வுப் படம் (MRI)	
6	1979	X கதிர் கணிக்கும் டோமோகிராஃபி (கார்மாக் மற்றும் ஹீன்ஸ்பீள்டு)	கணிக்கப்பட்ட டோமோகிராஃபி (CT)	

XII_Physics_Vol-2_UNIT-11_TM.indd 268 26-12-2022 15:59:51

www.tnschoolbooks.in

	ஆண்டு	இயற்பியல் கண்டுபிடிப்பு (கண்டுபிடித்தவர்)	மருத்துவத்துறையில் பயன்படுத்தப்படும் நுட்பம்	படம்
7	1934	செயற்கை கதிரியக்கம் (ஜோலியட் மற்றும் ஐரீன் கியூரி)	பாசிட்ரான் உமிழ்வு டோமோகிராஃபி	
8	1940–இல்	ஒளி இழை	எண்டோஸ்கோப்பி, உயிரி மருத்துவ உணர்விகள்	
9	1960	லேசர்	அறுவை சிகிச்சை கருவி மற்றும் நோயறியும் கருவி	
10	1959	நானோ தொழில் நுட்பம்	நானோ மருத்துவம், மருந்து விநியோகம்	
11	2005	இரட்டை மூல கணிக்கப்பட்ட டோமோகிராஃபி (DSCT)	கணக்கிடப்பட்ட டோமோகிராஃபி (CT)	
12	1998	அணுக்கரு மருத்துவம் (டேவிட் டௌன்சென்ட், ரொனால்ட் நட்)	இணைவுப் பிம்ப தொழில்நுட்பங்கள் (PET–CT, PET–MR)	

XII_Physics_Vol-2_UNIT-11_TM.indd 269 26-12-2022 15:59:51

www.tnschoolbooks.in

11.4.2 மருத்துவ தொழில்நுட்பத்தில் சமீபத்திய வளர்ச்சியானது கீழ்க்கண்டவற்றை உள்ளடக்கியவை.

1. மெய்நிகர் உண்மை (Virtual reality)
2. துல்லிய மருத்துவம் (Precision medicine)
3. சுகாதார அணிகலன்கள் (Health wearables)
4. செயற்கை உறுப்புகள் (Artificial organs)
5. முப்பரிமாண 3D அச்சு (3D printing)
6. கம்பியில்லா மூளை உணர்விகள் (Wireless brain sensors)
7. ரோபோட்டிக் அறுவை சிகிச்சை (Robotic surgery)
8. மீத்திறன் உள்இழுப்பான்கள் (Smart inhalers)

XII_Physics_Vol-2_UNIT-11_TM.indd 270 26-12-2022 15:59:52

www.tnschoolbooks.in

தொழில்நுட்பத்தையும் அடிப்படை இயற்பியலையும் ஒருங்கிணைத்ததால் மருத்துவ நோயறிதலின் புதுமையானது திடீர் பாய்ச்சலாக உயர்ந்துள்ளது. அத்தகைய முன்னேற்றங்களில் சில கீழே விவாதிக்கப்பட்டுள்ளன.

மெய்நிகர் உண்மை

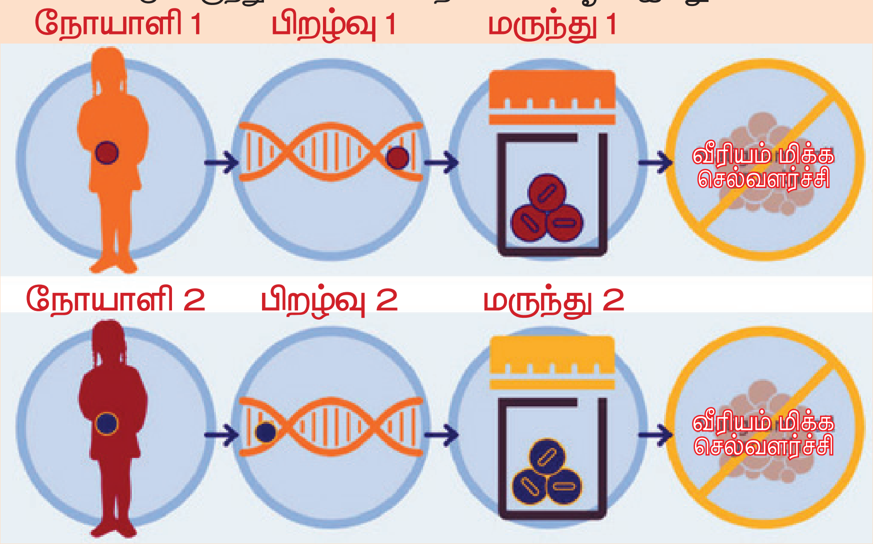
1

மருத்துவ மெய்நிகர் உண்மையானது மூளை வலியை செயலாக்குவதை நிறுத்தவும் மற்றும் மருத்துவமனையில் உள்ள நோயாளிகளின் வேதனையைக் குணப்படுத்தவும் திறம்பட பயன்படுத்தப்படுகிறது. அறுவை சிகிச்சை நிபுணர்கள் 3D மாதிரிகளை பயன்படுத்தி அறுவை சிகிச்சையை திட்டமிடுவதன் மூலம் மெய்நிகர் உண்மை அறுவை சிகிச்சைகளை மேம்படுத்தியுள்ளது. அது மன இறுக்கம், நினைவு இழப்பு மற்றும் மனநோயை குணப்படுத்த உதவுகிறது.

2

துல்லிய மருத்துவம்

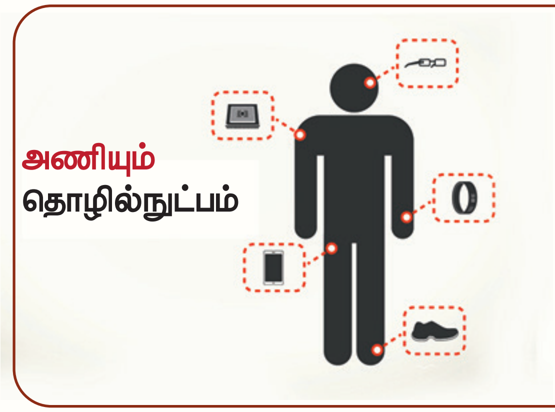
துல்லிய மருத்துவம் என்பது தனித்தனியான மரபணு மாறுபாடுகள், சுற்றுச்சூழல் மற்றும் ஒவ்வொரு நபரின் வாழ்க்கை முறை ஆகியவற்றை கணக்கில் கொண்டு நோய்த்தடுப்பு மற்றும் சிகிச்சைக்கான ஒரு வளர்ந்து வரும் அணுகுமுறை ஆகும். இந்த மருத்துவ மாதிரியில் ஒவ்வொரு தனி நோயாளிக்கும் அவரது மருத்துவ முடிவுகள் அடிப்படையில் அளிக்கப்படும் சிகிச்சைகள், தொடர் சிகிச்சைகள் நிர்ணயிக்கப்படுகின்றது. அவருக்கென்று வடிவமைக்கப்பட்ட கருவிகளைக் கொண்டும் மருத்துவ சேவையை தனிப்பயன் ஆக்க இயலும்.



XII_Physics_Vol-2_UNIT-11_TM.indd 271 26-12-2022 15:59:52

3 சுகாதார அணிகலன்கள்

ஒரு சுகாதார அணிகலன் என்பது அணிந்திருப்பவரின் முக்கிய அறிகுறிகள், அல்லது சுகாதார மற்றும் உடல் தகுதி தொடர்பான தரவு, இருப்பிடம் ஆகியவற்றை கண்காணிக்க உதவும் ஒரு கருவி ஆகும். செயற்கை நுண்ணறிவு மற்றும் பெரும் தரவுடன் கூடிய மருத்துவ அணிகலன்கள், நோயறிதல், சிகிச்சை, நோயாளி கண்காணிப்பு மற்றும் நோய்தடுப்பு ஆகியவற்றில் கவனம் செலுத்தக்கூடிய மருத்துவசேவைக்கு ஒரு கூட்டப்பட்ட மதிப்பை அளிக்கின்றன.

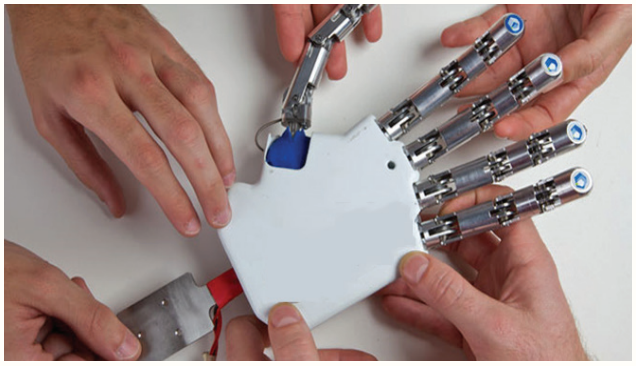


குறிப்பு

பெரும் தரவு: மிகவும் அதிக தரவு தொகுப்புகள் கணினி வழியாக பகுப்பாய்வு செய்யப்பட்டு மாதிரி வகைகள், போக்குகள், மற்றும் தொடர்புகள்,குறிப்பாக மனித நடத்தை மற்றும் இடைவினைகளை வெளிப்படுத்துகின்றன.

4 செயற்கை உறுப்புகள்

ஒரு செயற்கை உறுப்பு என்பது மனிதனுக்குள் பொருத்தப்பட்ட அல்லது ஒருங்கிணைக்கப்பட்ட ஒரு வடிவமைக்கப்பட்ட கருவி அல்லது திசு ஆகும். அதனை உயிருள்ள திசுவுடன் இணைக்கவோ அல்லது மனித உடல் உறுப்பை மாற்றவோ பயன்படுத்தப்படுகிறது. அது மனித உறுப்புகளின் குறிப்பிட்ட செயல்பாட்டை அல்லது செயல்பாடுகளை இரட்டிப்பாக்கி அல்லது அதிகப்படுத்தி, நோயாளி இயன்றவரை விரைவாக இயல்பு வாழ்க்கைக்கு திரும்பும் வகையில் செயல்படுகிறது.



5

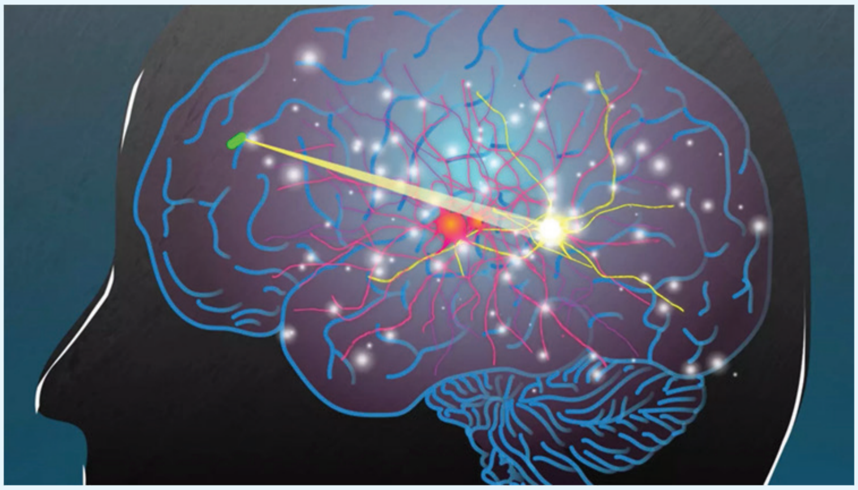
முப்பரிமாண (3D) அச்சு

காது மருத்துவம்,பல் மருத்துவம், எலும்பு மருத்துவம் போன்ற மருத்துவ துறைகளில் மருத்துவர்களின் பல்வேறு செயல்பாடுகளுக்கு நவீன 3D அச்சு அமைப்புகள் மற்றும் பொருள்கள் உதவுகின்றன.

6

கம்பியில்லா மூளை உணர்விகள்

கம்பியில்லா மூளை உணர்விகள் மண்டை ஓட்டினுள் உள்ள அழுத்தம் மற்றும் வெப்பநிலையை கண்காணிக்கின்றன. மேலும் அவை உடலினால் உறிஞ்சிகொள்ளப்படுகின்றன. எனவே இந்த கருவிகளை நீக்க அறுவை சிகிச்சை தேவையில்லை.



XII_Physics_Vol-2_UNIT-11_TM.indd 273 26-12-2022 15:59:53

7 ரோபோட்டிக் அறுவை சிகிச்சை

ரோபோட்டிக் அறுவை சிகிச்சை ரோபோட் அமைப்புகளால் செய்யப்படும் ஒரு வகை அறுவை சிகிச்சை செயல்முறை ஆகும். ரோபோட் உதவியுடன் மேற்கொள்ளப்படும் அறுவை சிகிச்சை ஏற்கனவே உள்ள குறைந்த அளவான துளையிடும் அறுவை சிகிச்சை செயல்முறைகளில் உள்ள வரம்புகளைக் கடக்க உதவுகிறது. மேலும் இது அறுவை சிகிச்சை நிபுணர்கள் திறந்த நிலை அறுவை சிகிச்சை செய்யும் திறன்களையும் மேம்படுத்துகிறது.

8 மீத்திறன் உள் இழுப்பான்கள்

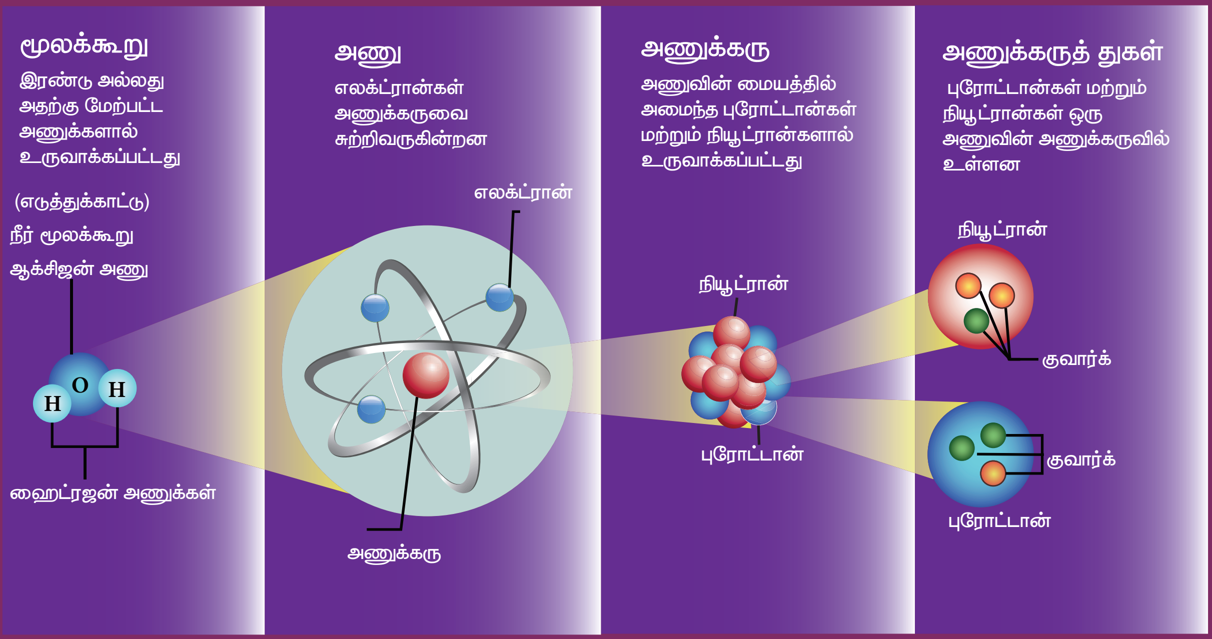
ஆஸ்துமாவிற்கு முக்கிய சிகிச்சை வாய் உள்இழுப்பான்கள் ஆகும். மீத்திறன் உள் இழுப்பான்கள் சுகாதார அமைப்புகள் மற்றும் நோயாளிகளை (health systems and patients) மனதில் கொண்டு அவர்கள் பெரும் பயனை அடையுமாறு வடிவமைக்கப்படுகின்றன. மீத்திறன் உள்இழுப்பான்கள் புளூடூத் தொழில்நுட்பத்தைப் பயன்படுத்தி உள் இழுப்பான் பயன்பாட்டை கண்டறிந்து நோயாளிகளுக்கு அவர்களின் மருந்தை எப்போது எடுத்துக்கொள்ளவேண்டும் என நினைவூட்டுகிறது. மேலும் இது தொடர் கவனிப்புக்கு உதவ தரவுகளைச் சேகரிக்கிறது.

www.tnschoolbooks.in

இயற்பியலில் பிற சமீபத்திய வளர்ச்சிகள்

துகள் இயற்பியல் (Particle Physics)

துகள் இயற்பியல் இயற்கையின் அடிப்படைத் துகள்களைப் பற்றிய ஆய்வுகளை செய்கிறது. மேலும் இது இயற்பியலில் உள்ள தீவிர ஆராய்ச்சித் துறைகளில் ஒன்றாகும். தொடக்கத்தில் அணுவானது பருப்பொருளின் அடிப்படை ஆதாரம் எனக் கருதப்பட்டது. 1930 வாக்கில் அணுக்கள் எலக்ட்ரான்கள், புரோட்டான்கள் மற்றும் நியூட்ரான்களால் ஆனவை என நிறுவப்பட்டது.



1960–களில் குவார்க்குகள்(quarks) கண்டறியப்பட்டன. மேலும் புரோட்டான் மற்றும் நியூட்ரான் குவார்க்குகளால் உருவாக்கப்பட்டவை எனவும் அறிந்து கொள்ளப்பட்டது. அதேவேளை, துகள் இயற்பியல் ஆராய்ச்சியானது வேகம் பெற்று கருத்தியல் மற்றும் சோதனை அளவில் என இரண்டிலும் அதீத வளர்ச்சியடைந்துள்ளது. பிறகு குவார்க்குகளானது குளுவான்கள்(gluons) வழியே இடைவினை புரிவது தெரியவந்தது. இந்த துறையானது இயற்பியலில் அதிக அளவிலான நோபல் பரிசுகளை பெற்றுள்ள துறையாகும். சமீபத்தில் 2013 ஆம் ஆண்டில் புகழ்பெற்ற "கடவுள் துகள்கள்" என்று விளையாட்டாக அழைக்கப்பட்ட "ஹிக்ஸ் துகள்கள்"(Higgs particle) கண்டறியப்பட்டன. இதைக் கண்டறிந்ததற்காக பீட்டர் ஹிக்ஸ்(Peter Higgs) மற்றும் எங்லெர்ட்(Englert) என்ற இருவரும் இயற்பியலில் நோபல் பரிசைப் பெற்றனர். புரோட்டான்கள், நியூட்ரான்கள் போன்ற பல துகள்களுக்கு நிறையைக் கொடுப்பது இந்த ஹிக்ஸ் துகள்களே ஆகும்.

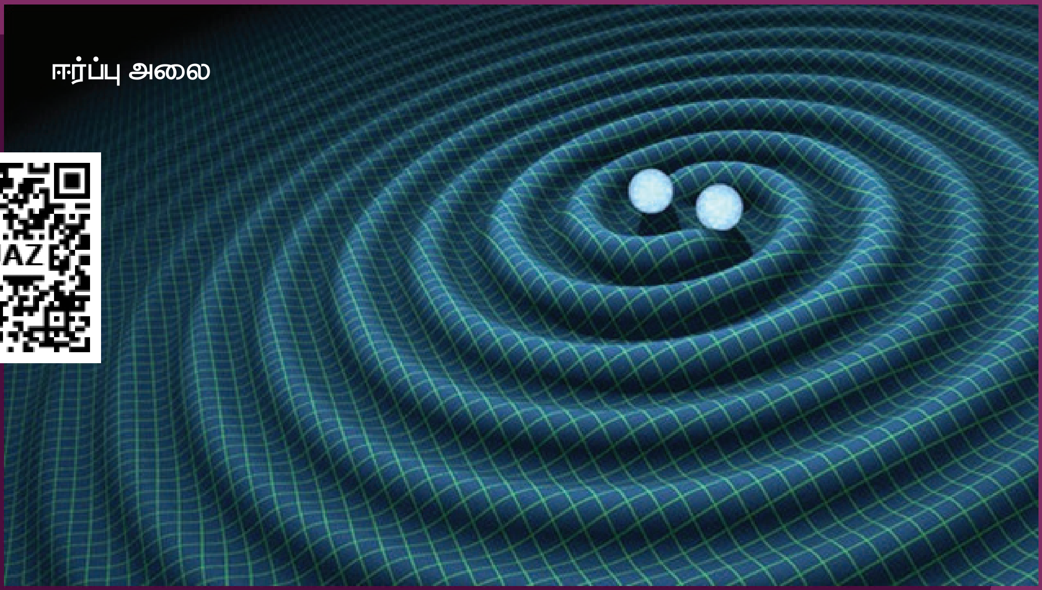
XII_Physics_Vol-2_UNIT-11_TM.indd 275 26-12-2022 15:59:53

www.tnschoolbooks.in

பிரபஞ்சவியல்

பிரபஞ்சவியல் என்பது பிரபஞ்சத்தின் தோற்றம் மற்றும் பரிணாம வளர்ச்சியை ஆய்வு செய்யும் துறையாகும். அது விண்மீன்கள், விண்மீன்திரள் ஆகியவற்றின் உருவாக்கத்தைப் பற்றிய ஆய்வை மேற்கொள்கிறது. 2015 ஆம் ஆண்டில் "ஈர்ப்பு அலைகள்" இருப்பது கண்டறியப்பட்டது. மேலும் இந்த கண்டுபிடிப்புக்காக 2017 ஆம் ஆண்டு நோபல் பரிசு வழங்கப்பட்டது.

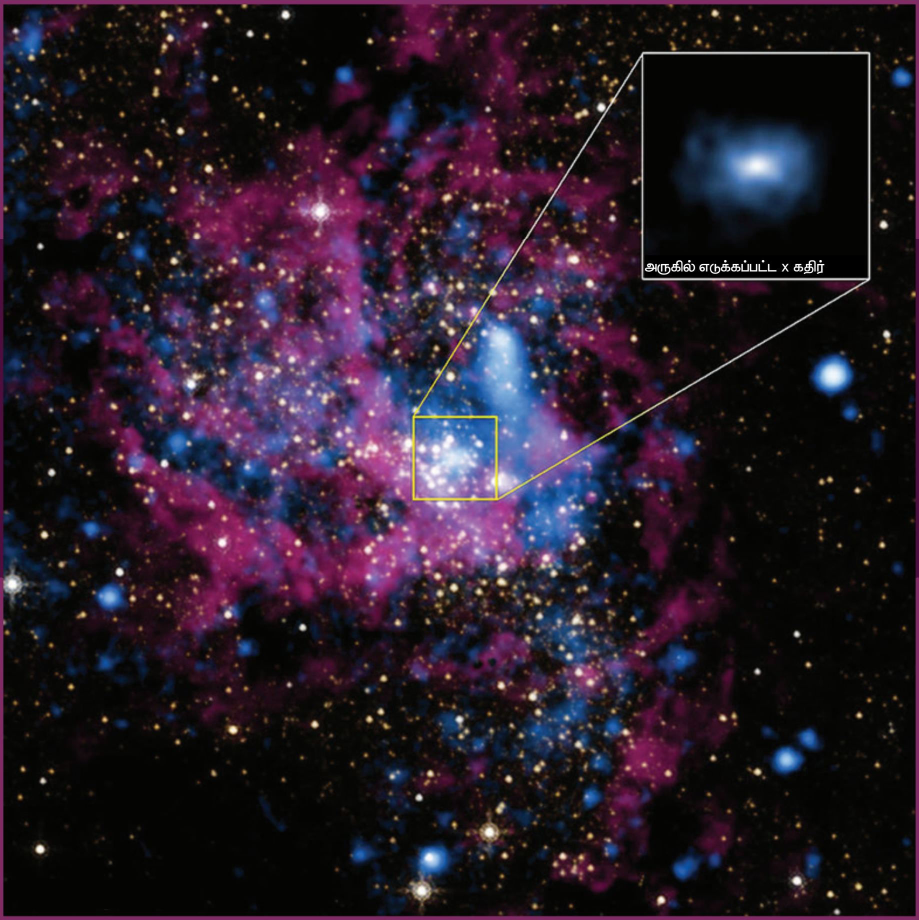
ஈர்ப்பு அலைகள் என்பது வெளி– காலத்தின் வளைபரப்பில் உள்ள மாறுபாடுகள் ஆகும் மற்றும் இது ஒளியின் வேகத்தில் பயணம் செய்கிறது. எந்த ஒரு முடுக்கப்பட்ட மின்துகளும் மின்காந்த அலையை வெளியிடும். அதுபோன்றே, எந்த ஒரு முடுக்கப்பட்ட நிறையும் ஈர்ப்பு அலைகளை வெளியிடும். ஆனால், இந்த அலைகள் புவியைப் போன்ற அதிக நிறையுள்ள பொருட்களுக்கு கூட மிகவும் வலிமை குன்றியதாக உள்ளன. ஈர்ப்பு அலைகளின் வலிமையான மூலம் கருந்துளைகள் ஆகும். அவை ஈர்ப்பு அலைகளின் வலிமைமிக்க மூலமாக உள்ளதால் ஈர்ப்பு அலைகளின் கண்டுபிடிப்பு கருந்துளைகளின் அமைப்பை ஆய்வு செய்வதை சாத்தியமாக்கியது. உண்மையில், ஈர்ப்பு அலையின் சமீபத்திய கண்டுபிடிப்புகள், இரு கருந்துளை ஒன்றுடன் ஒன்று இணைந்து ஒரே கருந்துளையாக மாறும்போது வெளியிடப்பட்டவை ஆகும். உண்மையில் ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீன் 1915 ஆம் ஆண்டில் " ஈர்ப்பு அலைகள்" இருப்பதை கருத்தியலாக முன்மொழிந்தார். 100 ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு, அவரது கணிப்பு சரியானது என சோதனை வாயிலாக நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது.



கருந்துளைகள் விண்மீன்களின் இறுதி நிலையாகும் மற்றும் அவை அதிக அடர்த்தி கொண்ட பெருத்த பொருளாகும். அதன் நிறையானது சூரியனின் நிறையைப்போல 20 மடங்கிலிருந்து 1 மில்லியன் மடங்கு வரை உள்ளது. அது எந்த ஒரு துகளும் அல்லது ஒளியும் கூட அதிலிருந்து தப்பிச் செல்லாதவாறு மிக வலிமையான ஈர்ப்பு விசையை கொண்டுள்ளது. கருந்துளையை சுற்றும் விண்மீன்கள் மற்ற விண்மீன்களை விட வித்தியாசமாக செயல்படும்போது கருந்துளைகள் இருப்பது உறுதி செய்யப்படுகிறது. ஒவ்வொரு விண்மீன்திரளும் அதன் மையத்தில் கருந்துளையைக் கொண்டுள்ளது. பால்வழித்திரளின் மையத்தில் உள்ள கருந்துளை தனுசு A* (SagittariusA*) ஆகும்.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-11_TM.indd 276 26-12-2022 15:59:53

www.tnschoolbooks.in



தனுசு A* கருந்துளை

புகழ்பெற்ற இயற்பியலாளர் ஸ்டீபன் ஹாகிங் கருந்துளைகள் துறையில் ஆய்வு செய்தவர் ஆவார்.

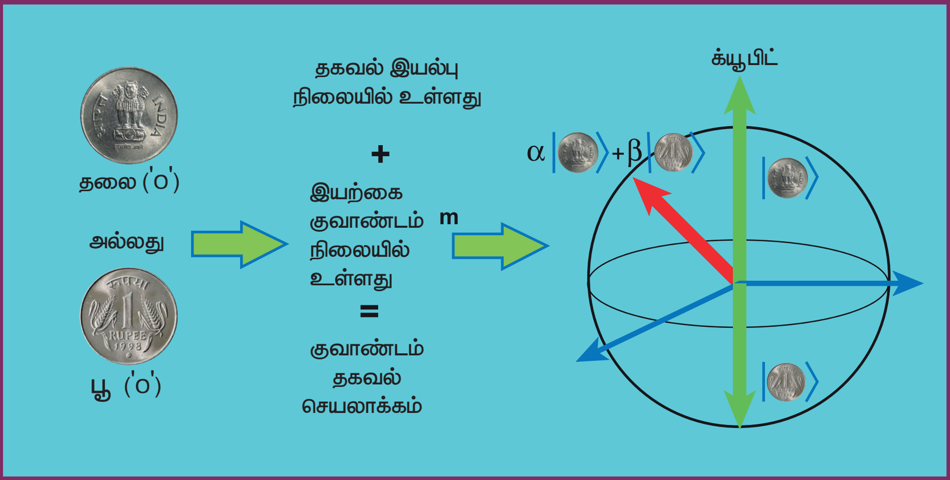
மீப்பேரளவு கருந்துளை M87* இன் உண்மையான புகைப்படம்

மேலே குறிப்பிட்ட கருந்துளை புகைப்படத்தை எடுக்கத் தேவையான பெருமளவு தரவை ஐந்து கண்டங்களில் நிலைகொண்டுள்ள மீத்திறன் கணினிகள் மற்றும் எட்டு தொலைநோக்கிகள் (அடிவான நிகழ்வு தொலைநோக்கி EVENT HORIZON TELESCOPE) பயன்படுத்தப்பட்டன.இது ஐன்ஸ்டீனின் பொது சார்பியல் கொள்கையை மீண்டும் உறுதிப்படுத்தியுள்ளது.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-11_TM.indd 277 26-12-2022 15:59:54

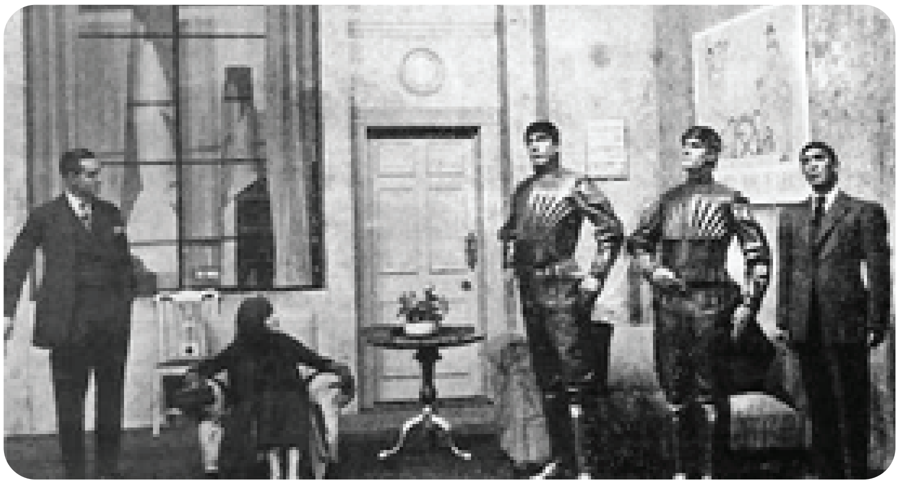
குவாண்டம் தகவல் கோட்பாடு
(தேர்வுக்கு உரியதன்று)

இது குவாண்டம் கணினிகளைப் பயன்படுத்தி தகவல் சேமிப்பை மேம்படுத்துவதைக் கையாளும் மற்றொரு வளர்ந்துவரும் ஆராய்ச்சித்துறை ஆகும். தற்போதுள்ள கணினிகள் தகவல்களை 'பிட்கள்' வடிவில் சேமிக்கின்றன. ஆனால் குவாண்டம் கணினிகள் தகவல்களை க்யூபிட்கள் (qubits) வடிவில் சேமிக்கின்றன. க்யூபிட் என்பது குவாண்டம்பிட் ஐக் குறிக்கிறது மற்றும் அது குவாண்டம் தகவலின் அடிப்படை அலகாகும். பண்டைய பிட் 0 அல்லது 1 ஐக் குறிக்கிறது. ஆனால் க்யுபிட் 0 அல்லது 1 ஐ மட்டுமின்றி 0 மற்றும் 1 இன் நேர் மேற்பொருத்துதலையும் கொண்டுள்ளது. இந்த தொழில்நுட்பம் கணக்கிடும் நேரத்தை பெருமளவு குறைக்கிறது. இந்த ஆராய்ச்சித்துறை எதிர்காலத்தில் மிகவும் அதிகமான பயன்பாட்டைக் கொண்டுள்ளது.



உங்களுக்குத் தெரியுமா?

பல கண்டுபிடிப்புகளும், உரைக்கத்தக்க புதுமைகளும் அறிவியல் புனைவுகளில் இருந்து தோன்றியதாகும். ரோபோக்களும் இதற்கு விதிவிலக்கல்ல. ரோபோடிக்ஸ் (எந்திரனியல்) (ROBOTICS) என்ற சொல் ரோபோ என்ற வார்த்தையிலிருந்து உருவாக்கப்பட்டது. 1920, இல் செக் எழுத்தாளர் கார்ல் கேபக் என்பவரால் 'ரோஸ்ஸம் யுனிவர்சல் ரோபோக்கள்' என்ற நாடகத்தில் அது அறிமுகப்படுத்தப்பட்டது. ரோபோ என்ற வார்த்தை தொழிலாளர் அல்லது வேலை எனப் பொருள்படும் 'ரோபோட்டா' என்ற சொல்லில் இருந்து பெறப்பட்டதாகும். செயற்கை மனிதர்களை உருவாக்கும் ஒரு தொழிற்சாலையில் நாடகம் தொடங்குகிறது. மனிதர்கள் என தவறாகக் கொள்ளக்கூடிய உயிரினங்கள் போல அவை காட்சியளிக்கின்றன (படம் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது) இந்த பாத்திரங்கள் ஆன்டிராய்டுகளில் இருக்கும் நவீன யுக்திகளைப் போன்றதே ஆகும்.



(மூன்று ரோபோக்களைக் காட்டும் ரோஸ்ஸம் யுனிவர்சல் ரோபோக்கள் என்ற நாடகத்திலிருந்து ஒரு காட்சி)

www.tnschoolbooks.in

பாடச்சுருக்கம்

- முக்கிய இயற்பியல் கொள்கைகள் (மேல்நிலை வகுப்பு இயற்பியலில் உள்ளவை) தொழில்நுட்ப வளர்ச்சிக்கு அடித்தளமாக உள்ளன.
- இயற்பியல் என்பது அறிவியல், பொறியியல்,தொழில்நுட்பம் மற்றும் மருத்துவம் ஆகியவற்றிற்கு அடிப்படைக் கட்டுமானத் தொகுதியாக உள்ளது.
- நானோ அறிவியல் என்பது 1–100nm அளவுள்ள துகள்களால் ஆன பொருள்களின் அறிவியல்.
- நானோ என்பது ஒரு மீட்டரில் பில்லியனில் ஒரு பகுதி ஆகும். அதாவது $1 \text{ nm} = 10^{-9}$ m.
- நானோ தொழில்நுட்பம் என்பது நானோ அளவில் கட்டமைக்கப்பட்ட பொருள்களின் வடிவமைப்பு, உற்பத்தி, பண்புக் கூறுகள் மற்றும் பயன்பாடுகள் ஆகியவற்றை உள்ளடக்கிய தொழில்நுட்பம் ஆகும்.
- ஒரு திண்மத்தின், துகளின் அளவு 100 nm க்கு குறைவாக இருந்தால் அது 'நானோ திண்மம்' எனப்படும்
- துகளின் அளவு 100 nm க்கு அதிகமானால் அது பேரளவு திண்மத்தை உருவாக்குகிறது.
- பொருளின் நானோ வடிவம் அதன் பேரளவு வடிவத்துடன் ஒப்பிட மிகவும் மாறுபட்ட பண்புகளைக் கொண்டுள்ளது.
- குவாண்டம் வரையறை விளைவுகள் மற்றும் மேற்பரப்பு விளைவுகள் ஆகியவை நானோ பண்புகளைக் கட்டுப்படுத்தும் இரு முக்கிய நிகழ்வுகள்
- நானோ அறிவியல் மற்றம் தொழில்நுட்பம் பல்வேறு துறைகளில் பயன்பாடுகளைக் கொண்ட பல்துறை இயல்புடையதாகும்.
- நானோ அளவிலான வடிவங்கள் அறிவியல் அறிஞர்கள் அவற்றை ஆய்வுக் கூடங்களில் ஆய்வு செய்யத் தொடங்குவதற்கு வெகுகாலம் முன்பே இயற்கையில் அமைந்துள்ளன.
- மேலிருந்து–கீழ் மற்றும் கீழிருந்து –மேல் என்ற அணுகுமுறைகள் நானோ பொருள்களை தயாரிப்பதற்கான இரு வழிகள் ஆகும்.
- நானோ தொழில்நுட்ப பயன்பாடுகள் பல்வேறு துறைகளில் உள்ளன.
- நானோ பயன்பாட்டின் முக்கிய பிரச்சனை என்னவென்றால் நாளோ துகள்கள் புரோட்டீன் போன்ற உயிரி மூலக்கூறுகளுக்கு சமமான பரிமாணங்களைக் கொண்டுள்ளன.
- நானோ துகள்கள் உயிரினங்களின் மேற்பரப்பினுள் எளிதாக உறிஞ்சப்படுகிறது மற்றும் அவை உடலின் திசுக்கள் மற்றும் நீர்மங்களில் நுழையக்கூடும்.
- உறிஞ்சப்படும் தன்மை நானோ துகளின் மேற்பரப்பைச் சார்ந்தது.
- உடலின் எந்த ஒரு குறிப்பிட்ட செல்லிற்கும் நானோ துகளின் மேற்பரப்பை அது குறிப்பிட்ட இலக்கு செல்லின் உறிஞ்சப்படும் வகையில் வடிவமைப்பதன் மூலம் மருந்தை நேரடியாக செலுத்த இயலும்.
- சில நானோ மீட்டர் அளவுள்ள நானோ துகள்கள் உயிரி மூலக்கூறுகளுக்கு உள்ளே நன்கு சென்றடைகின்றன. ஆனால் பெரிய நானோ துகள்களால் இது இயலாது. நானோதுகள்கள் செல் சவ்வுகளையும் கடக்கும்
- உள்ளிழுக்கப்பட்ட நானோ துகள்கள் இரத்தத்தைத் அடைகிறது. மேலும் அது பிற உடல் உறுப்புகளான ஈரல், இதயம் அல்லது இரத்த செல்களையும் அடையலாம்.
- எந்திரனியல் என்பது இயந்திர பொறியியல், மின்னணுப்பொறியியல், கணினி பொறியியல் மற்றும் அறிவியல் ஆகியவற்றின் ஒருங்கிணைந்த கற்றல் ஆகும்.
- எந்திர மனிதன் என்பது மின் சுற்றினால் வடிவமைக்கப்பட்ட மற்றும் ஒரு குறிப்பிட்ட பணியைச் செய்ய திட்டமிடப்பட்ட ஒரு எந்திர கருவியாகும்.
- எந்திரனியல் அமைப்பானது முக்கியமாக உணர்விகள், திறன் வழங்கிகள் கட்டுப்பாட்டு அமைப்புகள், கையாளும் கருவிகள் மற்றும் தேவையான மென்பொருளைக் கொண்டுள்ளது.
- ஒரு ரோபோவின் முக்கிய கூறுகள் திறன் மாற்றும் அலகு, இயக்கிகள், மின் மோட்டார்கள், காற்றழுத்த தசைகள், தசைக்கம்பிகள், பீசோ மோட்டார்கள் மற்றும் மீயொலி மோட்டார்கள், உணர்விகள் மற்றும் ரோபோ இடம்பெயரும் அமைப்பு ஆகும்.

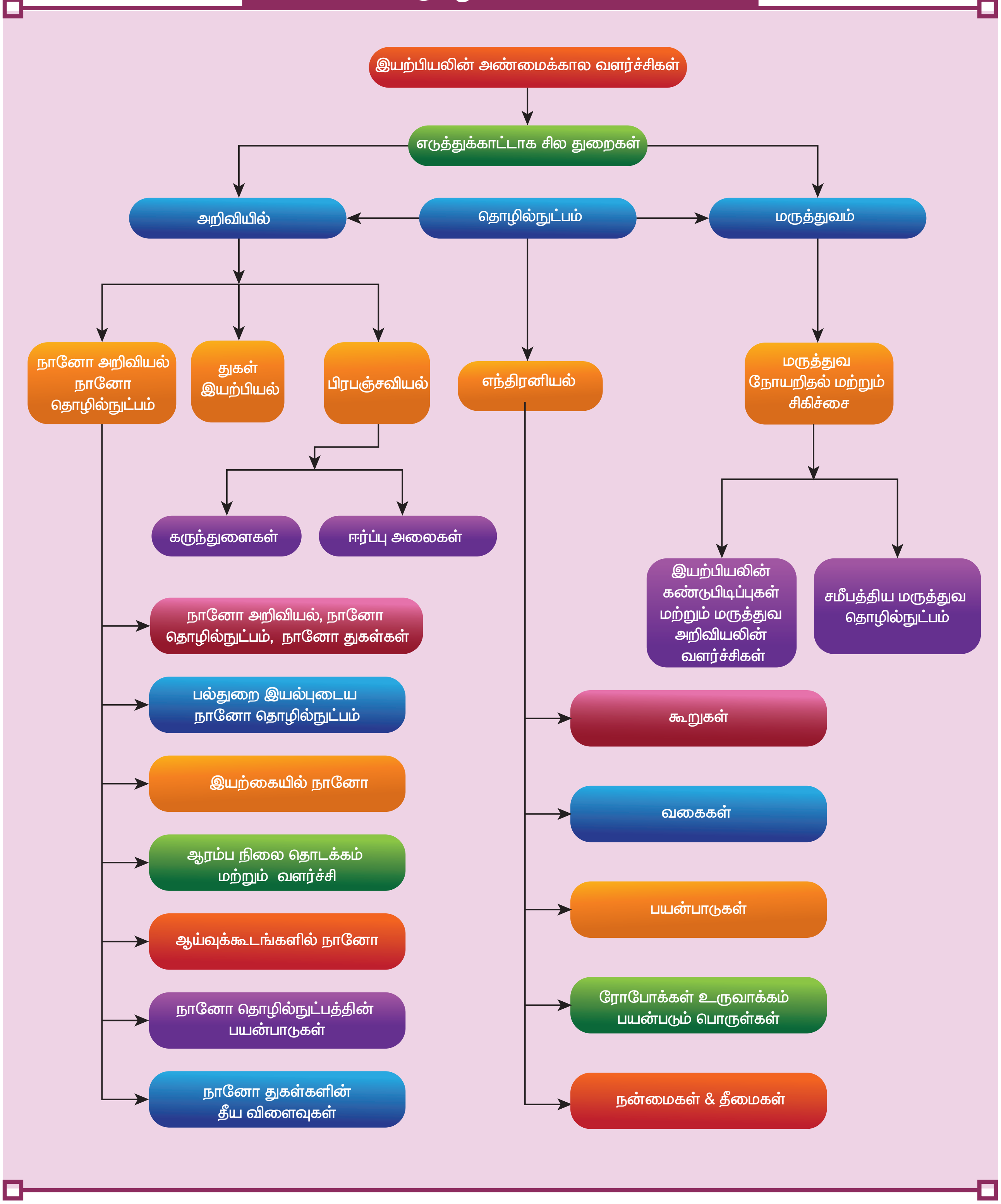
XII_Physics_Vol-2_UNIT-11_TM.indd 279 26-12-2022 15:59:54

- தொழிற்சாலை ரோபோக்களின் ஆறு முக்கிய வகைகள், கார்ட்டீசியன், SCARA, உருளைவடிவம், டெல்டா, துருவ வகை மற்றும் செங்குத்தாக கருதப்படுபவை ஆகும்.
- ஆறு– அச்சு ரோபோக்கள் மின்வில் பற்றவைப்பு குறிப்பிட்ட இட பற்றவைப்பு, பொருள்களைக் கையாளுதல், இயந்திரப்பராமரிப்பு ஆகியவற்றக்கு ஏற்றது.
- எந்திரனியலின் ஐந்து பெரும்பகுதிகள்: மனித ரோபோ இடைவினை, இயங்கும் தன்மை, கையாளுதல், திட்டமிடுதல் மற்றும் உணர்விகள்
- செயற்கை நுண்ணறிவின் நோக்கம் மனிதனைப் போன்ற பண்புகளை ரோபோக்களில் கொண்டுவருவது ஆகும்
- செயற்கை நுண்ணறிவின் பணிகள் முகம் அடையாளம் காணல், கணினி விளையாட்டில் விளையாடுபவரின் செயல்பாடுகளுக்கு பதில் அளித்தல், முந்தைய செயல்களின் அடிப்படையில் முடிவுகளை எடுத்தல், போக்குவரத்து நெரிசலை பகுப்பாய்வு செய்து போக்குவரத்தை ஒழுங்குபடுத்துதல் மற்றும் ஒரு மொழியிலிருந்து மற்றொன்றிற்கு வார்த்தைகளை மொழிபெயர்ப்பு செய்தல்.
- ரோபோக்கள் தயாரிக்க பயன்படும் பொருள்கள் அலுமினியம் மற்றும் எஃகு ஆகியவை.
- அலுமினியம் மென்மையான உலோகம், எனவே அதைக் கொண்டு எளிதாக உருவாக்கலாம்
- எஃகு பல மடங்கு வலிமையானது.
- உலோகத்தின் உள்ளார்ந்த வலிமையின் காரணமாக ரோபோ உடல் பகுதிகள் தகடு, கம்பி, வாய்க்கால் வடிவ கம்பி மற்றும் பிற வடிவங்களைப் பயன்படுத்தி உருவாக்கப்படுகிறது. ரோபோக்கள் பல பயன்பாடுகளில் நன்மைகளை கொண்டுள்ளன. ஆனால் பல தீமைகளும் உள்ளன.
- விண்வெளியின் வெளிப்பகுதியில் விண்மீன்கள், கோள்கள் ஆகியவற்றை ஆய்வு செய்ய, செவ்வாயில் பாறையின் கனிமங்கள் மற்றும் மண் வகைகள் ஆய்வு செய்தல், பாறைகளிலும் மற்றும் மண் வகைகளிலும் உள்ள தனிமங்களை பகுப்பாய்வு செய்யவும் ரோபோக்கள் பயன்படுகின்றன.
- வீட்டு உபயோக ரோபோக்கள், வெற்றிட சுத்தமாக்கிகள், தரை சுத்தமாக்கிகள், கழிவுநீர் வாய்க்கால் சுத்தமாக்கிகள், புல்தரை பராமரித்தல், நீச்சல் குள சுத்திகரிப்பு மற்றும் கதவுகளைத் திறந்து மூடவும் பயன்படுகின்றன.
- தொழிற்சாலை ரோபோக்கள், பற்றவைத்தல், வெட்டுதல், ரோபோ நீர் ஜெட்மூலம் வெட்டுதல், ரோபோ லேசர் வழி வெட்டுதல், தூக்குதல், பிரித்தல், வளைத்தல், உற்பத்தி ,இணைத்தல், போக்குவரத்து அணுக்கழிவு போன்ற அபாயகரமான பொருட்களைக் கையாளுதல், போர்க்கருவிகள்,ஆய்வுக்கூட ஆராய்ச்சி, நுகர்வோர் மற்றும் தொழிற்சாலை பொருள்களை பெரும் அளவில் உற்பத்தி செய்தல் ஆகியவற்றில் பயன்படுகின்றன.
- நானோ ரோபோக்கள், இரத்த ஓட்டத்தில் சிறிய அறுவை சிகிச்சைகளை மேற்கொள்ளவும், பாக்டீரியாவுக்கு எதிராக போராடுதல், உடலில் உள்ள தனிப்பட்ட செல்லை சீரமைத்தல் ஆகிய பணிகளுக்காக மேம்படுத்தப்பட்டு வருகிறது.
- மருத்துவ துறையின் வளர்ச்சி இயற்பியலின் பரிணாம வளர்ச்சிக்கு ஏற்ப உள்ளது.
- சமீபத்திய மருத்துவ தொழில்நுட்பமானது, மெய்நிகர் உண்மை, துல்லிய மருத்துவம் சுகாதார அணிகலன்கள், செயற்கை உறுப்புகள், முப்பரிமாண (3D) அச்சு, கம்பியில்லா மூளை உணர்விகள், இயந்திர மனித அறுவை சிகிச்சை மீத்திறன் உள் இழுப்பான்கள் ஆகியவற்றைக் கொண்டுள்ளது.
- துகள் இயற்பியல் இயற்கையின் அடிப்படைத் துகள்களைப் பற்றிய ஆய்வை மேற்கொள்கிறது. புரோட்டான்கள் மற்றும் நியூட்ரான்கள் குவார்க்குகளால் ஆனது.
- பிரபஞ்சவியல் என்பது பிரபஞ்சத்தின் தோற்றம் மற்றும் பரிணாம வளர்ச்சியை உள்ளடக்கிய துறையாகும்.
- முடுக்கப்பட்ட சாதாரண நிறைகள் வலிமை குறைந்த ஈர்ப்பு அலைகளை உமிழ்கிறது.
- கருந்துளைகள் அதிக வலிமையுள்ள ஈர்ப்பு அலைகளை வெளியிடுகின்றன.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-11_TM.indd 280 26-12-2022 15:59:54

www.tnschoolbooks.in

கருத்து வரைபடம்



XII_Physics_Vol-2_UNIT-11_TM.indd 281 26-12-2022 15:59:54

www.tnschoolbooks.in

மதிப்பீடு

I சரியான விடையை தேர்ந்தெடுத்து எழுதுக

1. ZnO பொருளின் துகள் அளவு 30 nm. இந்த பரிமாணத்தின் அடிப்படையில் அது இவ்வாறு வகைப்படுத்தப்படுகிறது.
   a) பேரளவு பொருள்
   b) நானோ பொருள்
   c) மென்மையான பொருள்
   d) காந்தப்பொருள்

SWX0Q

2. கீழ்க்கண்டவற்றுள் இயற்கையான நானோ பொருள் எது?
   a) மயிலிறகு
   b) மயில் அலகு
   c) மணல் துகள்
   d) திமிங்கலத்தின் தோல்

3. மிகவும் நிலைத்த தன்மை கொண்ட செயற்கைப் பொருள் உருவாக்குவதற்கான திட்ட வரையறை எதனைப் பின்பற்றியது
   a) தாமரை இலை
   b) மார்ஃபோ பட்டாம்பூச்சி
   c) கிளிமீன்
   d) மயிலிறகு

4. அணுக்களை ஒன்றுதிரட்டி நானோ பொருளை உருவாக்கும் முறை அழைக்கப்படுவது
   a) மேலிருந்து –கீழ் அணுகுமுறை
   b) கீழிலிருந்து–மேல் அணுகுமுறை
   c) குறுக்கு கீழ் அணுகுமுறை
   d) மூலை விட்ட அணுகுமுறை

5. 'ஸ்கி மெழுகு' என்பது நானோ பொருளின் பயன்பாடு ஆகும். அது பயன்படும் துறை
   a) மருத்துவம்
   b) ஜவுளி
   c) விளையாட்டு
   d) வாகன தொழிற்சாலை

6. எந்திரனியல் துறையில் பயன்படுத்தப்படும் பொருள்கள்
   a) அலுமினியம் மற்றும் வெள்ளி
   b) வெள்ளி மற்றும் தங்கம்
   c) தாமிரம் மற்றும் தங்கம்
   d) எஃகு மற்றும் அலுமினியம்

7. ரோபோக்களில் தசைக்கம்பிகள் உருவாக்க பயன்படும் உலோகக்கலவைகள்
   a) வடிவ நினைவு உலோகக்கலவைகள்
   b) தங்கம் தாமிர உலோகக் கலவைகள்
   c) தங்கம் வெள்ளி உலோகக் கலவைகள்
   d) இரு பரிமாண உலோகக்கலவைகள்

8. மூளையானது வலியைச் செயலாக்குவதை நிறுத்த பயன்படுத்தப்படும் தொழில்நுட்பம்
   a) துல்லிய மருத்துவம்
   b) கம்பியில்லாமூளை உணர்வி
   c) மெய்நிகர் உண்மை
   d) கதிரியக்கவியல்

9. புரோட்டான்கள் மற்றும் நியூட்ரான்களுக்கு நிறையை அளிக்கும் துகள்
   a) ஹிக்ஸ் துகள்
   b) ஐன்ஸ்டீன் துகள்
   c) நானோ துகள்
   d) பேரளவு துகள்

10. ஈர்ப்பு அலைகளை கருத்தியலாக முன்மொழிந்தவர்
    a) கான்ராட் ரோன்ட்ஜென்
    b) மேரி கியூரி
    c) ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீன்
    d) எட்வார்டு பர்செல்

விடைகள்

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

XII_Physics_Vol-2_UNIT-11_TM.indd 282 26-12-2022 15:59:54

II. சிறுவிடை வினாக்கள்

1. நானோ அறிவியல் மற்றும் நானோ தொழில்நுட்பம் வேறுபடுத்துக.
2. நானோ பொருட்கள் மற்றும் பேரளவு பொருட்கள் இடையே உள்ள வேறுபாடு யாது?
3. இயற்கையில்உள்ள 'நானோ' பொருட்களுக்கு ஏதேனும் இரண்டு எடுத்துக்காட்டுகள் தருக.
4. எந்திரனியலின் ஏதேனும் இரு நன்மைகள் மற்றும் தீமைகளைக் குறிப்பிடுக.
5. ரோபோக்கள் உருவாக்க ஏன் எஃகு தேர்வு செய்யப்படுகிறது?
6. கருந்துளைகள் என்றால் என்ன?
7. துணை அணுத்துகள்கள் என்பவை யாவை?

III விரிவான விடை வினாக்கள்

1. பல்வேறு துறைகளில் நானோ பொருள்களின் பயன்பாடுகளை விவரி.
2. நானோ பயன்படுத்துவதால் ஏற்படக்கூடிய தீய விளைவுகள் யாவை? ஏன்?
3. ரோபோக்களின் முக்கிய பாகங்களின் செயல்பாடுகளை விவரி.
4. ஏதேனும் இரு வகையான ரோபோக்களை பொருத்தமான எடுத்துக்காட்டுகளுடன் விரிவாக விளக்குக.
5. மருந்துவ நோயறிதல் மற்றும் சிகிச்சையின் சமீபத்திய வளர்ச்சியைப் பற்றிய கருத்தைக் கூறுக.

மேற்கோள் நூல்கள் (BOOKS FOR REFERENCE)

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

www.tnschoolbooks.in

இணையச் செயல்பாடு

இயற்பியலின் அண்மைக்கால வளர்ச்சிகள்

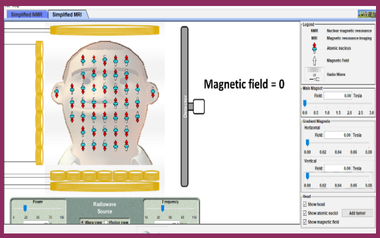
இந்த செயல்பாட்டின் மூலம் மாணவர்கள் (i) வெளிப்புற காந்தப்புலத்தின் காரணமாக நீர் மூலக்கூறுகளிலுள்ள ஹைட்ரஜன் உட்கருவின்தற்சுழற்சியினால்ஏற்படும் மாற்றங்களை உற்றுநோக்குவார்கள். (ii) இதன் விளைவாக வெளியேறும் ஃபோட்டானின்ஒத்திசைவு அதிர்வெண்ணைக் கண்டறிவார்கள்.

தலைப்பு: MRI ஸ்கேன்.

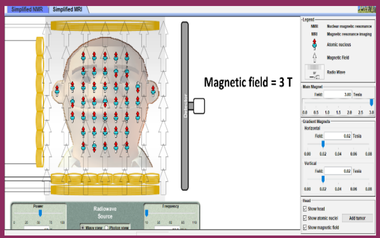
படிகள்:

- உலாவியைத் திறந்து 'https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/mri' என்ற பக்கத்திற்குச் சென்று 'simplified MRI' என்ற என்ற java file ஐ பதிவிறக்கம் செய்க. அல்லது Google → Phet → simulation → Physics → simplified MRI பாதையில் சென்று 'simplified MRI' என்ற என்ற java file ஐ பதிவிறக்கம் செய்க.
- 'simplified MRI' java file ஐ திறந்து 'simplified MRI' என்ற தாவலை கிளிக் செய்யவும்.
- மூளையில் உள்ள நீர் மூலக்கூறுகளில் இருக்கும் ஹைட்ரஜன் உட்கருவின் தற்சுழற்சியினை கவனி (நீல நிறம் ஹைட்ரஜன் உட்கருவை குறிக்கிறது). அவைகள் ஒரே திசையில் ஒருங்கமைந்துள்ளனவா? வெளிப்புற காந்தப்புலத்தை மாற்றம் செய்யும் போது ஒருங்கமைவில் ஏதாவது மாற்றம் நிகழ்கிறதா? ஏன் மாற்றம் நிகழ்கிறது என விவாதிக்கவும்.
- அதிர்வெண்ணை மாற்றம் செய்யும் போது ஒரு குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணிற்கு, ஹைட்ரஜன் உட்கருக்கள் இடமிருந்து வலமாக ரேடியோ அலைகளை வெளியிடும். இந்த அதிர்வெண் ஒத்திசைவு அதிர்வெண் ஆகும். ஒத்திசைவு அதிர்வெண்ணை பதிவு செய்க.
- இப்போது ஒரு ஒரு கட்டியைச் (tumour) சேர்க்கவும். ஒத்திசைவு அதிர்வெண்ணை சிறிது மாற்றியமைத்து கட்டியிலிருந்து வலுவான சைகைகள் வருமாறு செய்க. கட்டியின் ஒத்திசைவு அதிர்வெண்ணை பதிவு செய்க. இரண்டு ஒத்திசைவு அதிர்வெண்களுக்குள்ளே ஏதாவது இடம்பெயர்வு இருக்கிறதா?
- ஒத்திசைவு அதிர்வெண்ணில் ஏற்படும் இடம்பெயர்வைப் பயன்படுத்தி மூளைக்குள் இருக்கும் கட்டியைப் பற்றி தெரிந்து கொள்ள முடியும்.

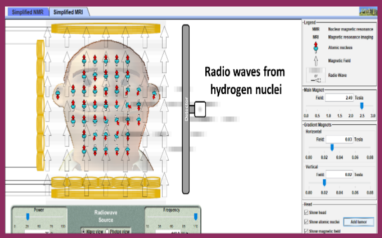
படி 1



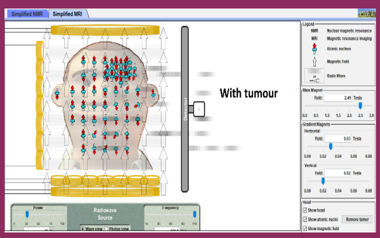
படி 2



படி 3



படி 4



குறிப்பு:

உங்கள் உலாவியில் java இல்லையென்றால் அதனை நிறுவவும்.

உரலி:

https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/mri

*படங்கள் அடையாளத்திற்கு மட்டும்.

* தேவையெனில் Flash Player or Java Script அனுமதிக்க.

XII_Physics_Vol-2_UNIT-11_TM.indd 284 26-12-2022 15:59:55

www.tnschoolbooks.in

கலைச்சொற்கள்
GLOSSARY

1. ஏற்புக்கோணம் - Acceptance angle
2. ஏற்பு அணு ஆற்றல் மட்டம் - Acceptor energy level
3. செயல்பாடு - Activity
4. வீச்சுப் பண்பேற்றம் - Amplitude modulation
5. தளவிளைவு ஆய்வி - Analyser
6. கறைபடியா மேற்பூச்சு - Anti fouling coating
7. எதிர்த்துகள் - Anti particle
8. தோற்ற ஆழம் - Apparent depth
9. ஒரு தளப்பார்வை - Astigmatism
10. வலுவிழப்பு - Attenuation
11. வாகனத் தொழில் - Automotive industry
12. நோய் எதிர்ப்பு சக்திக்கு எதிரான நோய் - Auto-immune disease
13. பட்டை இடைவெளி ஆற்றல் - Band gap energy
14. அரண் மின்னழுத்தம் - Barrier potential
15. அடிக்கற்றை சைகை - Baseband signal
16. சார்பளித்தல் - Biasing
17. பிணைப்பாற்றல் - Binding energy
18. இருமுனைச் சந்தி டிரான்சிஸ்டர் - Bipolar junction transistor
19. பூலியன் இயற்கணிதம் - Boolean Algebra
20. மூளைக்கட்டி - Brain tumor
21. பொலிவுப்பட்டை - Bright fringe
22. ஒலிபரப்பும் நிலையம் - Broadcasting station
23. ஊர்தி செறிவு - Carrier concentration
24. ஊர்தி சைகை - Carrier signal
25. மையப்பொலிவுப்பட்டை - Central bright fringe
26. சிறப்பு x கதிர்கள் - Characteristic x-rays
27. வேதிவினை நீராவி படிவு (அ) வேதி ஆவி படிகமாக்கல் - Chemical Vapour Deposition (CVD)
28. செவ்வியல் மின்னியக்கவியல் - Classical electrodynamics
29. ஏற்பான் – அடிவாய் சந்தி - Collector-base junction
30. கணினி வரைவி - Computed Tomography
31. குழிலென்ஸ் - Concave lens
32. குழி அடி - Concave mirror
33. தொடர் x கதிர்கள் - Continuous x-rays
34. குவிலென்ஸ் - Convex lens

35.	குவி ஆடி	-	Convex mirror
36.	மாறுநிலைக்கோணம்	-	Critical angle
37.	முறிவுப் பகுதி	-	Cut-off region
38.	கரும்பட்டை	-	Dark fringe
39.	சிதைவுப் பாணி/வழிமுறை	-	Decay mode
40.	இயக்கமில்லா பகுதி	-	Depletion region
41.	விளிம்புவிளைவு	-	Diffraction
42.	விரவல் மின்னோட்டம்	-	Diffusion current
43.	இலக்கமுறை மற்றும் தொடர் சைகை	-	Digital and analog signal
44.	பிரிநிலை	-	Discrete
45.	நிறப்பிரிகை	-	Dispersion
46.	மீச்சிறு அணுகு தொலைவு	-	Distance of closest approach
47.	கொடை அணு ஆற்றல் மட்டம்	-	Donor energy level
48.	மாசூட்டல்	-	Doping
49.	இழுப்பு மின்னோட்டம்	-	Drift current
50.	திவலை	-	Droplet
51.	இருமைப்பண்பு	-	Duality
52.	மாறு மின்தடை	-	Dynamic resistance
53.	எலக்ட்ரான் – துளை மறு இணைவு	-	Electron-hole recombination
54.	எலக்ட்ரான் மின்னோட்டம்	-	Electron current
55.	எலக்ட்ரான் உமிழ்வு	-	Electron emission
56.	நிலை மின்புல லென்ஸ்	-	Electrostatic lens
57.	உமிழ்ப்பான் - அடிவாய் சந்தி	-	Emitter-base junction
58.	உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டம்	-	Emitter current
59.	ஆற்றல் பட்டை வரைபடம்	-	Energy band diagram
60.	அக உள்நோக்கி	-	Endoscopy
61.	கிளர்வு ஆற்றல்	-	Excitation energy
62.	புறவியலான	-	Extrinsic
63.	பின்னூட்டச் சுற்று	-	Feedback circuit
64.	ஒளி இழைத் தகவல் தொடர்பு	-	Fiber optic communication
65.	புல உமிழ்வு	-	Field emission
66.	குவியத்தொலைவு	-	Focal length
67.	முன்னோக்கு மின்னோட்டப்பெருக்கம்	-	Forward current gain
68.	அதிர்வெண் பண்பேற்றம்	-	Frequency modulation
69.	பட்டை அகலம்	-	Fringe width
70.	எரிபொருள் மின்கலன்	-	Fuel cell
71.	கண்ணாடிப்பட்டகம்	-	Glass slab
72.	உலகளாவிய நிலை அறிவும் அமைப்பு	-	Global Positioning System
73.	அடி நிலை / கிளர்ச்சி நிலை	-	Ground State / excited state
74.	தரை அலை பரவல்	-	Ground wave propagation
75.	துளை மின்னோட்டம்	-	Hole current
76.	தூரப்பார்வை	-	Hypermetropia
77.	மோதல் காரணி	-	Impact parameter
78.	மாசு அணுக்கள்	-	Impurity atoms

79.	குறுக்கீட்டு விளைவு	-	Interference
80.	உள்ளார்ந்த	-	Intrinsic
81.	பயன்தொடக்க மின்னழுத்தம்	-	Knee voltage
82.	ஒளி உமிழ் டையோடு	-	Light emitting diode
83.	நேர்க்கோட்டுப்பார்வை தகவல் தொடர்பு	-	Line of sight communication
84.	பளு மின்னோட்டம்	-	Load current
85.	பளு மின்தடை	-	Load resistance
86.	தர்க்க வாயில்கள் (லாஜிக் கேட்டுகள்)	-	Logic gates
87.	நிழல் தோற்றம்	-	Looming
88.	காந்தப் புலலென்ஸ்	-	Magnetic lens
89.	உருப்பெருக்கம்	-	Magnification
90.	பெரும்பான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகள்	-	Majority charge carriers
91.	ஓரக்கதிர்கள்	-	Marginal rays
92.	பருப்பொருள் அலைகள்	-	Matter waves
93.	பெரும துணை மின்னழுத்தம்	-	Maximum secondary voltage
94.	சிறுபான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகள்	-	Minority charge carriers
95.	கானல் நீர்	-	Mirage
96.	செல் பேசி தகவல் தொடர்பு	-	Mobile communication
97.	தணிப்பான்	-	Moderator
98.	கிட்டப்பார்வை	-	Myopia
99.	அண்மைக் குவி நிலை	-	Near point focusing
100.	எதிர்மின்திரள் பகுதி	-	Negative space charge region
101.	இயல்பு குவி நிலை	-	Normal focusing
102.	அணுக்கரு பிளவு	-	Nuclear fission
103.	அணுக்கரு இணைவு	-	Nuclear fusion
104.	ஒளிஇழை	-	Optical fiber
105.	ஒளியியல் மின்னணு சாதனங்கள்	-	Optoelectronic devices
106.	அண்மை அச்சுக்கதிர்கள்	-	Paraxial rays
107.	பெரும புரட்டு மின்னழுத்தம்	-	Peak inverse voltage
108.	கட்டம்	-	Phase
109.	கட்டப் பண்பேற்றம்	-	Phase modulation
110.	ஒளிமின் கடத்து மின்கலம்	-	Photo conductive cell
111.	ஒளிமின் உமிழ்வு	-	Photoelectric emission
112.	ஒளி எலக்ட்ரான்கள்	-	Photoelectrons
113.	ஒளிமின் உமிழ்வு மின்கலம்	-	Photo emissive cell
114.	ஒளி உணர் பொருள்	-	Photosensitive material
115.	ஒளி நுண் உணர்வு பொருட்கள்	-	Photosensitive materials
116.	ஒளி வோல்டா மின்கலம்	-	Photo voltaic cell
117.	தளவிளைவாக்கி	-	Polariser
118.	தளவிளைவு	-	Polarization
119.	நேர் மற்றும் எதிர் லாஜிக்	-	Positive and negative logic
120.	நேர் மின்திரள் பகுதி	-	Positive space charge region
121.	மின்னழுத்த அரண்	-	Potential barrier
122.	லென்சின் திறன்	-	Power of lens

www.tnschoolbooks.in

123.	வெள்ளெழுத்து	-	Presbyopia
124.	முப்பட்டகம்	-	Prism
125.	செயற்கைமூட்டு	-	Prosthetics
126.	துடிப்பு வெளியீடு	-	Pulsating output
127.	குவாண்டமாக்கல்	-	Quantization
128.	கதிர்வீச்சு மறுஇணைவு	-	Radioactive recombination
129.	கதிர்வீச்சு ஐசோடோப்பு பிம்பம்	-	Radio isotope imaging
130.	கதிரியக்கச் சிகிச்சை	-	Radiology
131.	கதிரியக்க ஊடுகதிர் பிம்பம்	-	Radiology X-ray imaging
132.	திருத்துதல்	-	Rectification
133.	திருத்தியின் பயனுறுதிறன்	-	Rectifier efficiency
134.	ஒளி எதிரொளிப்பு	-	Reflection
135.	ஒளிவிலகல்	-	Refraction
136.	ஒளிவிலகல் எண்	-	Refractive Index
137.	மறு ஒலிபரப்பி	-	Repeater
138.	பிரித்தறிதல்	-	Resolution
139.	பிரிதிறன்	-	Resolving Power
140.	பின்னோக்கு செறிவு மின்னோட்டம்	-	Reverse saturation current
141.	இயந்திர மனிதன்/ எந்திரன்	-	Robot
142.	ரோபோட்டிக் அறுவைசிகிச்சை	-	Robotic surgery
143.	துளைக்கும் வரிக்கண்ணோட்ட நுண்ணோக்கி	-	Scanning Tunneling Microscope (STM)
144.	ஒளிச்சிதறல்	-	Scattering
145.	இரண்டாம் நிலை உமிழ்வு	-	Secondary emission
146.	உணர்வி	-	Sensor
147.	தாவுத் தொலைவு	-	Skip distance
148.	தாவு மண்டலம்	-	Skip zone
149.	வான் அலை பரவல்	-	Sky wave propagation
150.	வெளி அலை பரவல்	-	Space wave propagation
151.	மின்னூட்ட எண்	-	Specific Charge
152.	நிறுத்து மின்னழுத்தம்	-	Stopping potential
153.	பரப்பு அரண்	-	Surface barrier
154.	வெப்பஅயனி உமிழ்வு	-	Thermionic emission
155.	பயன்தொடக்க அதிர்வெண்	-	Threshold frequency
156.	முழு அக எதிரொளிப்பு	-	Total Internal reflection
157.	பரப்பும் விண்ணலைக்கம்பி	-	Transmitting antenna
158.	அலைமுகப்பு	-	Wavefront
159.	கம்பியில்லா மூளை உணர்வி	-	Wireless brain sensor
160.	வெளியேற்று ஆற்றல்	-	Work function

T8LPY

தீர்க்கப்பட்ட கணக்குகள்

QKOB7

போட்டித் தேர்வுப் பகுதி

XII_Physics_Vol-2_Glossary_TM.indd 288 04-03-2022 13:21:51

மடக்கை அட்டவணை (LOGARITHM TABLE)

											Mean Difference								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.0	0.0000	0.0043	0.0086	0.0128	0.0170	0.0212	0.0253	0.0294	0.0334	0.0374	4	8	12	17	21	25	29	33	37
1.1	0.0414	0.0453	0.0492	0.0531	0.0569	0.0607	0.0645	0.0682	0.0719	0.0755	4	8	11	15	19	23	26	30	34
1.2	0.0792	0.0828	0.0864	0.0899	0.0934	0.0969	0.1004	0.1038	0.1072	0.1106	3	7	10	14	17	21	24	28	31
1.3	0.1139	0.1173	0.1206	0.1239	0.1271	0.1303	0.1335	0.1367	0.1399	0.1430	3	6	10	13	16	19	23	26	29
1.4	0.1461	0.1492	0.1523	0.1553	0.1584	0.1614	0.1644	0.1673	0.1703	0.1732	3	6	9	12	15	18	21	24	27
1.5	0.1761	0.1790	0.1818	0.1847	0.1875	0.1903	0.1931	0.1959	0.1987	0.2014	3	6	8	11	14	17	20	22	25
1.6	0.2041	0.2068	0.2095	0.2122	0.2148	0.2175	0.2201	0.2227	0.2253	0.2279	3	5	8	11	13	16	18	21	24
1.7	0.2304	0.2330	0.2355	0.2380	0.2405	0.2430	0.2455	0.2480	0.2504	0.2529	2	5	7	10	12	15	17	20	22
1.8	0.2553	0.2577	0.2601	0.2625	0.2648	0.2672	0.2695	0.2718	0.2742	0.2765	2	5	7	9	12	14	16	19	21
1.9	0.2788	0.2810	0.2833	0.2856	0.2878	0.2900	0.2923	0.2945	0.2967	0.2989	2	4	7	9	11	13	16	18	20
2.0	0.3010	0.3032	0.3054	0.3075	0.3096	0.3118	0.3139	0.3160	0.3181	0.3201	2	4	6	8	11	13	15	17	19
2.1	0.3222	0.3243	0.3263	0.3284	0.3304	0.3324	0.3345	0.3365	0.3385	0.3404	2	4	6	8	10	12	14	16	18
2.2	0.3424	0.3444	0.3464	0.3483	0.3502	0.3522	0.3541	0.3560	0.3579	0.3598	2	4	6	8	10	12	14	15	17
2.3	0.3617	0.3636	0.3655	0.3674	0.3692	0.3711	0.3729	0.3747	0.3766	0.3784	2	4	6	7	9	11	13	15	17
2.4	0.3802	0.3820	0.3838	0.3856	0.3874	0.3892	0.3909	0.3927	0.3945	0.3962	2	4	5	7	9	11	12	14	16
2.5	0.3979	0.3997	0.4014	0.4031	0.4048	0.4065	0.4082	0.4099	0.4116	0.4133	2	3	5	7	9	10	12	14	15
2.6	0.4150	0.4166	0.4183	0.4200	0.4216	0.4232	0.4249	0.4265	0.4281	0.4298	2	3	5	7	8	10	11	13	15
2.7	0.4314	0.4330	0.4346	0.4362	0.4378	0.4393	0.4409	0.4425	0.4440	0.4456	2	3	5	6	8	9	11	13	14
2.8	0.4472	0.4487	0.4502	0.4518	0.4533	0.4548	0.4564	0.4579	0.4594	0.4609	2	3	5	6	8	9	11	12	14
2.9	0.4624	0.4639	0.4654	0.4669	0.4683	0.4698	0.4713	0.4728	0.4742	0.4757	1	3	4	6	7	9	10	12	13
3.0	0.4771	0.4786	0.4800	0.4814	0.4829	0.4843	0.4857	0.4871	0.4886	0.4900	1	3	4	6	7	9	10	11	13
3.1	0.4914	0.4928	0.4942	0.4955	0.4969	0.4983	0.4997	0.5011	0.5024	0.5038	1	3	4	6	7	8	10	11	12
3.2	0.5051	0.5065	0.5079	0.5092	0.5105	0.5119	0.5132	0.5145	0.5159	0.5172	1	3	4	5	7	8	9	11	12
3.3	0.5185	0.5198	0.5211	0.5224	0.5237	0.5250	0.5263	0.5276	0.5289	0.5302	1	3	4	5	6	8	9	10	12
3.4	0.5315	0.5328	0.5340	0.5353	0.5366	0.5378	0.5391	0.5403	0.5416	0.5428	1	3	4	5	6	8	9	10	11
3.5	0.5441	0.5453	0.5465	0.5478	0.5490	0.5502	0.5514	0.5527	0.5539	0.5551	1	2	4	5	6	7	9	10	11
3.6	0.5563	0.5575	0.5587	0.5599	0.5611	0.5623	0.5635	0.5647	0.5658	0.5670	1	2	4	5	6	7	8	10	11
3.7	0.5682	0.5694	0.5705	0.5717	0.5729	0.5740	0.5752	0.5763	0.5775	0.5786	1	2	3	5	6	7	8	9	10
3.8	0.5798	0.5809	0.5821	0.5832	0.5843	0.5855	0.5866	0.5877	0.5888	0.5899	1	2	3	5	6	7	8	9	10
3.9	0.5911	0.5922	0.5933	0.5944	0.5955	0.5966	0.5977	0.5988	0.5999	0.6010	1	2	3	4	5	7	8	9	10
4.0	0.6021	0.6031	0.6042	0.6053	0.6064	0.6075	0.6085	0.6096	0.6107	0.6117	1	2	3	4	5	6	8	9	10
4.1	0.6128	0.6138	0.6149	0.6160	0.6170	0.6180	0.6191	0.6201	0.6212	0.6222	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4.2	0.6232	0.6243	0.6253	0.6263	0.6274	0.6284	0.6294	0.6304	0.6314	0.6325	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4.3	0.6335	0.6345	0.6355	0.6365	0.6375	0.6385	0.6395	0.6405	0.6415	0.6425	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4.4	0.6435	0.6444	0.6454	0.6464	0.6474	0.6484	0.6493	0.6503	0.6513	0.6522	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4.5	0.6532	0.6542	0.6551	0.6561	0.6571	0.6580	0.6590	0.6599	0.6609	0.6618	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4.6	0.6628	0.6637	0.6646	0.6656	0.6665	0.6675	0.6684	0.6693	0.6702	0.6712	1	2	3	4	5	6	7	7	8
4.7	0.6721	0.6730	0.6739	0.6749	0.6758	0.6767	0.6776	0.6785	0.6794	0.6803	1	2	3	4	5	5	6	7	8
4.8	0.6812	0.6821	0.6830	0.6839	0.6848	0.6857	0.6866	0.6875	0.6884	0.6893	1	2	3	4	4	5	6	7	8
4.9	0.6902	0.6911	0.6920	0.6928	0.6937	0.6946	0.6955	0.6964	0.6972	0.6981	1	2	3	4	4	5	6	7	8
5.0	0.6990	0.6998	0.7007	0.7016	0.7024	0.7033	0.7042	0.7050	0.7059	0.7067	1	2	3	3	4	5	6	7	8
5.1	0.7076	0.7084	0.7093	0.7101	0.7110	0.7118	0.7126	0.7135	0.7143	0.7152	1	2	3	3	4	5	6	7	8
5.2	0.7160	0.7168	0.7177	0.7185	0.7193	0.7202	0.7210	0.7218	0.7226	0.7235	1	2	2	3	4	5	6	7	7
5.3	0.7243	0.7251	0.7259	0.7267	0.7275	0.7284	0.7292	0.7300	0.7308	0.7316	1	2	2	3	4	5	6	6	7
5.4	0.7324	0.7332	0.7340	0.7348	0.7356	0.7364	0.7372	0.7380	0.7388	0.7396	1	2	2	3	4	5	6	6	7

XII_Physics_Vol-2_Glossary_TM.indd 289 04-03-2022 13:21:52

மடக்கை அட்டவணை (LOGARITHM TABLE)

											Mean Difference								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5.5	0.7404	0.7412	0.7419	0.7427	0.7435	0.7443	0.7451	0.7459	0.7466	0.7474	1	2	2	3	4	5	5	6	7
5.6	0.7482	0.7490	0.7497	0.7505	0.7513	0.7520	0.7528	0.7536	0.7543	0.7551	1	2	2	3	4	5	5	6	7
5.7	0.7559	0.7566	0.7574	0.7582	0.7589	0.7597	0.7604	0.7612	0.7619	0.7627	1	2	2	3	4	5	5	6	7
5.8	0.7634	0.7642	0.7649	0.7657	0.7664	0.7672	0.7679	0.7686	0.7694	0.7701	1	1	2	3	4	4	5	6	7
5.9	0.7709	0.7716	0.7723	0.7731	0.7738	0.7745	0.7752	0.7760	0.7767	0.7774	1	1	2	3	4	4	5	6	7
6.0	0.7782	0.7789	0.7796	0.7803	0.7810	0.7818	0.7825	0.7832	0.7839	0.7846	1	1	2	3	4	4	5	6	6
6.1	0.7853	0.7860	0.7868	0.7875	0.7882	0.7889	0.7896	0.7903	0.7910	0.7917	1	1	2	3	4	4	5	6	6
6.2	0.7924	0.7931	0.7938	0.7945	0.7952	0.7959	0.7966	0.7973	0.7980	0.7987	1	1	2	3	3	4	5	6	6
6.3	0.7993	0.8000	0.8007	0.8014	0.8021	0.8028	0.8035	0.8041	0.8048	0.8055	1	1	2	3	3	4	5	5	6
6.4	0.8062	0.8069	0.8075	0.8082	0.8089	0.8096	0.8102	0.8109	0.8116	0.8122	1	1	2	3	3	4	5	5	6
6.5	0.8129	0.8136	0.8142	0.8149	0.8156	0.8162	0.8169	0.8176	0.8182	0.8189	1	1	2	3	3	4	5	5	6
6.6	0.8195	0.8202	0.8209	0.8215	0.8222	0.8228	0.8235	0.8241	0.8248	0.8254	1	1	2	3	3	4	5	5	6
6.7	0.8261	0.8267	0.8274	0.8280	0.8287	0.8293	0.8299	0.8306	0.8312	0.8319	1	1	2	3	3	4	5	5	6
6.8	0.8325	0.8331	0.8338	0.8344	0.8351	0.8357	0.8363	0.8370	0.8376	0.8382	1	1	2	3	3	4	4	5	6
6.9	0.8388	0.8395	0.8401	0.8407	0.8414	0.8420	0.8426	0.8432	0.8439	0.8445	1	1	2	2	3	4	4	5	6
7.0	0.8451	0.8457	0.8463	0.8470	0.8476	0.8482	0.8488	0.8494	0.8500	0.8506	1	1	2	2	3	4	4	5	6
7.1	0.8513	0.8519	0.8525	0.8531	0.8537	0.8543	0.8549	0.8555	0.8561	0.8567	1	1	2	2	3	4	4	5	5
7.2	0.8573	0.8579	0.8585	0.8591	0.8597	0.8603	0.8609	0.8615	0.8621	0.8627	1	1	2	2	3	4	4	5	5
7.3	0.8633	0.8639	0.8645	0.8651	0.8657	0.8663	0.8669	0.8675	0.8681	0.8686	1	1	2	2	3	4	4	5	5
7.4	0.8692	0.8698	0.8704	0.8710	0.8716	0.8722	0.8727	0.8733	0.8739	0.8745	1	1	2	2	3	4	4	5	5
7.5	0.8751	0.8756	0.8762	0.8768	0.8774	0.8779	0.8785	0.8791	0.8797	0.8802	1	1	2	2	3	3	4	5	5
7.6	0.8808	0.8814	0.8820	0.8825	0.8831	0.8837	0.8842	0.8848	0.8854	0.8859	1	1	2	2	3	3	4	5	5
7.7	0.8865	0.8871	0.8876	0.8882	0.8887	0.8893	0.8899	0.8904	0.8910	0.8915	1	1	2	2	3	3	4	4	5
7.8	0.8921	0.8927	0.8932	0.8938	0.8943	0.8949	0.8954	0.8960	0.8965	0.8971	1	1	2	2	3	3	4	4	5
7.9	0.8976	0.8982	0.8987	0.8993	0.8998	0.9004	0.9009	0.9015	0.9020	0.9025	1	1	2	2	3	3	4	4	5
8.0	0.9031	0.9036	0.9042	0.9047	0.9053	0.9058	0.9063	0.9069	0.9074	0.9079	1	1	2	2	3	3	4	4	5
8.1	0.9085	0.9090	0.9096	0.9101	0.9106	0.9112	0.9117	0.9122	0.9128	0.9133	1	1	2	2	3	3	4	4	5
8.2	0.9138	0.9143	0.9149	0.9154	0.9159	0.9165	0.9170	0.9175	0.9180	0.9186	1	1	2	2	3	3	4	4	5
8.3	0.9191	0.9196	0.9201	0.9206	0.9212	0.9217	0.9222	0.9227	0.9232	0.9238	1	1	2	2	3	3	4	4	5
8.4	0.9243	0.9248	0.9253	0.9258	0.9263	0.9269	0.9274	0.9279	0.9284	0.9289	1	1	2	2	3	3	4	4	5
8.5	0.9294	0.9299	0.9304	0.9309	0.9315	0.9320	0.9325	0.9330	0.9335	0.9340	1	1	2	2	3	3	4	4	5
8.6	0.9345	0.9350	0.9355	0.9360	0.9365	0.9370	0.9375	0.9380	0.9385	0.9390	1	1	2	2	3	3	4	4	5
8.7	0.9395	0.9400	0.9405	0.9410	0.9415	0.9420	0.9425	0.9430	0.9435	0.9440	0	1	1	2	2	3	3	4	4
8.8	0.9445	0.9450	0.9455	0.9460	0.9465	0.9469	0.9474	0.9479	0.9484	0.9489	0	1	1	2	2	3	3	4	4
8.9	0.9494	0.9499	0.9504	0.9509	0.9513	0.9518	0.9523	0.9528	0.9533	0.9538	0	1	1	2	2	3	3	4	4
9.0	0.9542	0.9547	0.9552	0.9557	0.9562	0.9566	0.9571	0.9576	0.9581	0.9586	0	1	1	2	2	3	3	4	4
9.1	0.9590	0.9595	0.9600	0.9605	0.9609	0.9614	0.9619	0.9624	0.9628	0.9633	0	1	1	2	2	3	3	4	4
9.2	0.9638	0.9643	0.9647	0.9652	0.9657	0.9661	0.9666	0.9671	0.9675	0.9680	0	1	1	2	2	3	3	4	4
9.3	0.9685	0.9689	0.9694	0.9699	0.9703	0.9708	0.9713	0.9717	0.9722	0.9727	0	1	1	2	2	3	3	4	4
9.4	0.9731	0.9736	0.9741	0.9745	0.9750	0.9754	0.9759	0.9763	0.9768	0.9773	0	1	1	2	2	3	3	4	4
9.5	0.9777	0.9782	0.9786	0.9791	0.9795	0.9800	0.9805	0.9809	0.9814	0.9818	0	1	1	2	2	3	3	4	4
9.6	0.9823	0.9827	0.9832	0.9836	0.9841	0.9845	0.9850	0.9854	0.9859	0.9863	0	1	1	2	2	3	3	4	4
9.7	0.9868	0.9872	0.9877	0.9881	0.9886	0.9890	0.9894	0.9899	0.9903	0.9908	0	1	1	2	2	3	3	4	4
9.8	0.9912	0.9917	0.9921	0.9926	0.9930	0.9934	0.9939	0.9943	0.9948	0.9952	0	1	1	2	2	3	3	4	4
9.9	0.9956	0.9961	0.9965	0.9969	0.9974	0.9978	0.9983	0.9987	0.9991	0.9996	0	1	1	2	2	3	3	3	4

XII_Physics_Vol-2_Glossary_TM.indd 290 04-03-2022 13:21:52

எதிர்மடக்கை அட்டவணை (ANTILOGARITHM TABLE)

											Mean Difference								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.00	1.000	1.002	1.005	1.007	1.009	1.012	1.014	1.016	1.019	1.021	0	0	1	1	1	1	2	2	2
0.01	1.023	1.026	1.028	1.030	1.033	1.035	1.038	1.040	1.042	1.045	0	0	1	1	1	1	2	2	2
0.02	1.047	1.050	1.052	1.054	1.057	1.059	1.062	1.064	1.067	1.069	0	0	1	1	1	1	2	2	2
0.03	1.072	1.074	1.076	1.079	1.081	1.084	1.086	1.089	1.091	1.094	0	0	1	1	1	1	2	2	2
0.04	1.096	1.099	1.102	1.104	1.107	1.109	1.112	1.114	1.117	1.119	0	1	1	1	1	2	2	2	2
0.05	1.122	1.125	1.127	1.130	1.132	1.135	1.138	1.140	1.143	1.146	0	1	1	1	1	2	2	2	2
0.06	1.148	1.151	1.153	1.156	1.159	1.161	1.164	1.167	1.169	1.172	0	1	1	1	1	2	2	2	2
0.07	1.175	1.178	1.180	1.183	1.186	1.189	1.191	1.194	1.197	1.199	0	1	1	1	1	2	2	2	2
0.08	1.202	1.205	1.208	1.211	1.213	1.216	1.219	1.222	1.225	1.227	0	1	1	1	1	2	2	2	3
0.09	1.230	1.233	1.236	1.239	1.242	1.245	1.247	1.250	1.253	1.256	0	1	1	1	1	2	2	2	3
0.10	1.259	1.262	1.265	1.268	1.271	1.274	1.276	1.279	1.282	1.285	0	1	1	1	1	2	2	2	3
0.11	1.288	1.291	1.294	1.297	1.300	1.303	1.306	1.309	1.312	1.315	0	1	1	1	2	2	2	2	3
0.12	1.318	1.321	1.324	1.327	1.330	1.334	1.337	1.340	1.343	1.346	0	1	1	1	2	2	2	2	3
0.13	1.349	1.352	1.355	1.358	1.361	1.365	1.368	1.371	1.374	1.377	0	1	1	1	2	2	2	3	3
0.14	1.380	1.384	1.387	1.390	1.393	1.396	1.400	1.403	1.406	1.409	0	1	1	1	2	2	2	3	3
0.15	1.413	1.416	1.419	1.422	1.426	1.429	1.432	1.435	1.439	1.442	0	1	1	1	2	2	2	3	3
0.16	1.445	1.449	1.452	1.455	1.459	1.462	1.466	1.469	1.472	1.476	0	1	1	1	2	2	2	3	3
0.17	1.479	1.483	1.486	1.489	1.493	1.496	1.500	1.503	1.507	1.510	0	1	1	1	2	2	2	3	3
0.18	1.514	1.517	1.521	1.524	1.528	1.531	1.535	1.538	1.542	1.545	0	1	1	1	2	2	2	3	3
0.19	1.549	1.552	1.556	1.560	1.563	1.567	1.570	1.574	1.578	1.581	0	1	1	1	2	2	3	3	3
0.20	1.585	1.589	1.592	1.596	1.600	1.603	1.607	1.611	1.614	1.618	0	1	1	1	2	2	3	3	3
0.21	1.622	1.626	1.629	1.633	1.637	1.641	1.644	1.648	1.652	1.656	0	1	1	2	2	2	3	3	3
0.22	1.660	1.663	1.667	1.671	1.675	1.679	1.683	1.687	1.690	1.694	0	1	1	2	2	2	3	3	3
0.23	1.698	1.702	1.706	1.710	1.714	1.718	1.722	1.726	1.730	1.734	0	1	1	2	2	2	3	3	4
0.24	1.738	1.742	1.746	1.750	1.754	1.758	1.762	1.766	1.770	1.774	0	1	1	2	2	2	3	3	4
0.25	1.778	1.782	1.786	1.791	1.795	1.799	1.803	1.807	1.811	1.816	0	1	1	2	2	2	3	3	4
0.26	1.820	1.824	1.828	1.832	1.837	1.841	1.845	1.849	1.854	1.858	0	1	1	2	2	3	3	3	4
0.27	1.862	1.866	1.871	1.875	1.879	1.884	1.888	1.892	1.897	1.901	0	1	1	2	2	3	3	3	4
0.28	1.905	1.910	1.914	1.919	1.923	1.928	1.932	1.936	1.941	1.945	0	1	1	2	2	3	3	4	4
0.29	1.950	1.954	1.959	1.963	1.968	1.972	1.977	1.982	1.986	1.991	0	1	1	2	2	3	3	4	4
0.30	1.995	2.000	2.004	2.009	2.014	2.018	2.023	2.028	2.032	2.037	0	1	1	2	2	3	3	4	4
0.31	2.042	2.046	2.051	2.056	2.061	2.065	2.070	2.075	2.080	2.084	0	1	1	2	2	3	3	4	4
0.32	2.089	2.094	2.099	2.104	2.109	2.113	2.118	2.123	2.128	2.133	0	1	1	2	2	3	3	4	4
0.33	2.138	2.143	2.148	2.153	2.158	2.163	2.168	2.173	2.178	2.183	0	1	1	2	2	3	3	4	4
0.34	2.188	2.193	2.198	2.203	2.208	2.213	2.218	2.223	2.228	2.234	1	1	2	2	3	3	4	4	5
0.35	2.239	2.244	2.249	2.254	2.259	2.265	2.270	2.275	2.280	2.286	1	1	2	2	3	3	4	4	5
0.36	2.291	2.296	2.301	2.307	2.312	2.317	2.323	2.328	2.333	2.339	1	1	2	2	3	3	4	4	5
0.37	2.344	2.350	2.355	2.360	2.366	2.371	2.377	2.382	2.388	2.393	1	1	2	2	3	3	4	4	5
0.38	2.399	2.404	2.410	2.415	2.421	2.427	2.432	2.438	2.443	2.449	1	1	2	2	3	3	4	4	5
0.39	2.455	2.460	2.466	2.472	2.477	2.483	2.489	2.495	2.500	2.506	1	1	2	2	3	3	4	5	5
0.40	2.512	2.518	2.523	2.529	2.535	2.541	2.547	2.553	2.559	2.564	1	1	2	2	3	4	4	5	5
0.41	2.570	2.576	2.582	2.588	2.594	2.600	2.606	2.612	2.618	2.624	1	1	2	2	3	4	4	5	5
0.42	2.630	2.636	2.642	2.649	2.655	2.661	2.667	2.673	2.679	2.685	1	1	2	2	3	4	4	5	6
0.43	2.692	2.698	2.704	2.710	2.716	2.723	2.729	2.735	2.742	2.748	1	1	2	3	3	4	4	5	6
0.44	2.754	2.761	2.767	2.773	2.780	2.786	2.793	2.799	2.805	2.812	1	1	2	3	3	4	4	5	6
0.45	2.818	2.825	2.831	2.838	2.844	2.851	2.858	2.864	2.871	2.877	1	1	2	3	3	4	5	5	6
0.46	2.884	2.891	2.897	2.904	2.911	2.917	2.924	2.931	2.938	2.944	1	1	2	3	3	4	5	5	6
0.47	2.951	2.958	2.965	2.972	2.979	2.985	2.992	2.999	3.006	3.013	1	1	2	3	3	4	5	5	6
0.48	3.020	3.027	3.034	3.041	3.048	3.055	3.062	3.069	3.076	3.083	1	1	2	3	4	4	5	6	6
0.49	3.090	3.097	3.105	3.112	3.119	3.126	3.133	3.141	3.148	3.155	1	1	2	3	4	4	5	6	6

XII_Physics_Vol-2_Glossary_TM.indd 291 04-03-2022 13:21:52

எதிர்மடக்கை அட்டவணை (ANTILOGARITHM TABLE)

											Mean Difference								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.50	3.162	3.170	3.177	3.184	3.192	3.199	3.206	3.214	3.221	3.228	1	1	2	3	4	4	5	6	7
0.51	3.236	3.243	3.251	3.258	3.266	3.273	3.281	3.289	3.296	3.304	1	2	2	3	4	5	5	6	7
0.52	3.311	3.319	3.327	3.334	3.342	3.350	3.357	3.365	3.373	3.381	1	2	2	3	4	5	5	6	7
0.53	3.388	3.396	3.404	3.412	3.420	3.428	3.436	3.443	3.451	3.459	1	2	2	3	4	5	6	6	7
0.54	3.467	3.475	3.483	3.491	3.499	3.508	3.516	3.524	3.532	3.540	1	2	2	3	4	5	6	6	7
0.55	3.548	3.556	3.565	3.573	3.581	3.589	3.597	3.606	3.614	3.622	1	2	2	3	4	5	6	7	7
0.56	3.631	3.639	3.648	3.656	3.664	3.673	3.681	3.690	3.698	3.707	1	2	3	3	4	5	6	7	8
0.57	3.715	3.724	3.733	3.741	3.750	3.758	3.767	3.776	3.784	3.793	1	2	3	3	4	5	6	7	8
0.58	3.802	3.811	3.819	3.828	3.837	3.846	3.855	3.864	3.873	3.882	1	2	3	4	4	5	6	7	8
0.59	3.890	3.899	3.908	3.917	3.926	3.936	3.945	3.954	3.963	3.972	1	2	3	4	5	5	6	7	8
0.60	3.981	3.990	3.999	4.009	4.018	4.027	4.036	4.046	4.055	4.064	1	2	3	4	5	6	6	7	8
0.61	4.074	4.083	4.093	4.102	4.111	4.121	4.130	4.140	4.150	4.159	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.62	4.169	4.178	4.188	4.198	4.207	4.217	4.227	4.236	4.246	4.256	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.63	4.266	4.276	4.285	4.295	4.305	4.315	4.325	4.335	4.345	4.355	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.64	4.365	4.375	4.385	4.395	4.406	4.416	4.426	4.436	4.446	4.457	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.65	4.467	4.477	4.487	4.498	4.508	4.519	4.529	4.539	4.550	4.560	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.66	4.571	4.581	4.592	4.603	4.613	4.624	4.634	4.645	4.656	4.667	1	2	3	4	5	6	7	9	10
0.67	4.677	4.688	4.699	4.710	4.721	4.732	4.742	4.753	4.764	4.775	1	2	3	4	5	7	8	9	10
0.68	4.786	4.797	4.808	4.819	4.831	4.842	4.853	4.864	4.875	4.887	1	2	3	4	6	7	8	9	10
0.69	4.898	4.909	4.920	4.932	4.943	4.955	4.966	4.977	4.989	5.000	1	2	3	5	6	7	8	9	10
0.70	5.012	5.023	5.035	5.047	5.058	5.070	5.082	5.093	5.105	5.117	1	2	4	5	6	7	8	9	11
0.71	5.129	5.140	5.152	5.164	5.176	5.188	5.200	5.212	5.224	5.236	1	2	4	5	6	7	8	10	11
0.72	5.248	5.260	5.272	5.284	5.297	5.309	5.321	5.333	5.346	5.358	1	2	4	5	6	7	9	10	11
0.73	5.370	5.383	5.395	5.408	5.420	5.433	5.445	5.458	5.470	5.483	1	3	4	5	6	8	9	10	11
0.74	5.495	5.508	5.521	5.534	5.546	5.559	5.572	5.585	5.598	5.610	1	3	4	5	6	8	9	10	12
0.75	5.623	5.636	5.649	5.662	5.675	5.689	5.702	5.715	5.728	5.741	1	3	4	5	7	8	9	10	12
0.76	5.754	5.768	5.781	5.794	5.808	5.821	5.834	5.848	5.861	5.875	1	3	4	5	7	8	9	11	12
0.77	5.888	5.902	5.916	5.929	5.943	5.957	5.970	5.984	5.998	6.012	1	3	4	5	7	8	10	11	12
0.78	6.026	6.039	6.053	6.067	6.081	6.095	6.109	6.124	6.138	6.152	1	3	4	6	7	8	10	11	13
0.79	6.166	6.180	6.194	6.209	6.223	6.237	6.252	6.266	6.281	6.295	1	3	4	6	7	9	10	11	13
0.80	6.310	6.324	6.339	6.353	6.368	6.383	6.397	6.412	6.427	6.442	1	3	4	6	7	9	10	12	13
0.81	6.457	6.471	6.486	6.501	6.516	6.531	6.546	6.561	6.577	6.592	2	3	5	6	8	9	11	12	14
0.82	6.607	6.622	6.637	6.653	6.668	6.683	6.699	6.714	6.730	6.745	2	3	5	6	8	9	11	12	14
0.83	6.761	6.776	6.792	6.808	6.823	6.839	6.855	6.871	6.887	6.902	2	3	5	6	8	9	11	13	14
0.84	6.918	6.934	6.950	6.966	6.982	6.998	7.015	7.031	7.047	7.063	2	3	5	6	8	10	11	13	15
0.85	7.079	7.096	7.112	7.129	7.145	7.161	7.178	7.194	7.211	7.228	2	3	5	7	8	10	12	13	15
0.86	7.244	7.261	7.278	7.295	7.311	7.328	7.345	7.362	7.379	7.396	2	3	5	7	8	10	12	13	15
0.87	7.413	7.430	7.447	7.464	7.482	7.499	7.516	7.534	7.551	7.568	2	3	5	7	9	10	12	14	16
0.88	7.586	7.603	7.621	7.638	7.656	7.674	7.691	7.709	7.727	7.745	2	4	5	7	9	11	12	14	16
0.89	7.762	7.780	7.798	7.816	7.834	7.852	7.870	7.889	7.907	7.925	2	4	5	7	9	11	13	14	16
0.90	7.943	7.962	7.980	7.998	8.017	8.035	8.054	8.072	8.091	8.110	2	4	6	7	9	11	13	15	17
0.91	8.128	8.147	8.166	8.185	8.204	8.222	8.241	8.260	8.279	8.299	2	4	6	8	9	11	13	15	17
0.92	8.318	8.337	8.356	8.375	8.395	8.414	8.433	8.453	8.472	8.492	2	4	6	8	10	12	14	15	17
0.93	8.511	8.531	8.551	8.570	8.590	8.610	8.630	8.650	8.670	8.690	2	4	6	8	10	12	14	16	18
0.94	8.710	8.730	8.750	8.770	8.790	8.810	8.831	8.851	8.872	8.892	2	4	6	8	10	12	14	16	18
0.95	8.913	8.933	8.954	8.974	8.995	9.016	9.036	9.057	9.078	9.099	2	4	6	8	10	12	15	17	19
0.96	9.120	9.141	9.162	9.183	9.204	9.226	9.247	9.268	9.290	9.311	2	4	6	8	11	13	15	17	19
0.97	9.333	9.354	9.376	9.397	9.419	9.441	9.462	9.484	9.506	9.528	2	4	7	9	11	13	15	17	20
0.98	9.550	9.572	9.594	9.616	9.638	9.661	9.683	9.705	9.727	9.750	2	4	7	9	11	13	16	18	20
0.99	9.772	9.795	9.817	9.840	9.863	9.886	9.908	9.931	9.954	9.977	2	5	7	9	11	14	16	18	20

XII_Physics_Vol-2_Glossary_TM.indd 292 04-03-2022 13:21:52

சைன் மதிப்புகள் (NATURAL SINES)

0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0.0017453	0.0034907	0.0052360	0.0069813	0.0087265	0.010472	0.012217	0.013962	0.015707
1	0.017452	0.019197	0.020942	0.022687	0.024432	0.026177	0.027922	0.029666	0.031411	0.033155
2	0.034899	0.036644	0.038388	0.040132	0.041876	0.043619	0.045363	0.047106	0.04885	0.050593
3	0.052336	0.054079	0.055822	0.057564	0.059306	0.061049	0.062791	0.064532	0.066274	0.068015
4	0.069756	0.071497	0.073238	0.074979	0.076719	0.078459	0.080199	0.081939	0.083678	0.085417
5	0.087156	0.088894	0.090633	0.092371	0.094108	0.095846	0.097583	0.09932	0.101056	0.102793
6	0.104528	0.106264	0.107999	0.109734	0.111469	0.113203	0.114937	0.116671	0.118404	0.120137
7	0.121869	0.123601	0.125333	0.127065	0.128796	0.130526	0.132256	0.133986	0.135716	0.137445
8	0.139173	0.140901	0.142629	0.144356	0.146083	0.147809	0.149535	0.151261	0.152986	0.15471
9	0.156434	0.158158	0.159881	0.161604	0.163326	0.165048	0.166769	0.168489	0.170209	0.171929
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.173648	0.175367	0.177085	0.178802	0.180519	0.182236	0.183951	0.185667	0.187381	0.189095
11	0.190809	0.192522	0.194234	0.195946	0.197657	0.199368	0.201078	0.202787	0.204496	0.206204
12	0.207912	0.209619	0.211325	0.21303	0.214735	0.21644	0.218143	0.219846	0.221548	0.22325
13	0.224951	0.226651	0.228351	0.23005	0.231748	0.233445	0.235142	0.236838	0.238533	0.240228
14	0.241922	0.243615	0.245307	0.246999	0.24869	0.25038	0.252069	0.253758	0.255446	0.257133
15	0.258819	0.260505	0.262189	0.263873	0.265556	0.267238	0.26892	0.2706	0.27228	0.273959
16	0.275637	0.277315	0.278991	0.280667	0.282341	0.284015	0.285688	0.287361	0.289032	0.290702
17	0.292372	0.29404	0.295708	0.297375	0.299041	0.300706	0.30237	0.304033	0.305695	0.307357
18	0.309017	0.310676	0.312335	0.313992	0.315649	0.317305	0.318959	0.320613	0.322266	0.323917
19	0.325568	0.327218	0.328867	0.330514	0.332161	0.333807	0.335452	0.337095	0.338738	0.34038
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	0.34202	0.34366	0.345298	0.346936	0.348572	0.350207	0.351842	0.353475	0.355107	0.356738
21	0.358368	0.359997	0.361625	0.363251	0.364877	0.366501	0.368125	0.369747	0.371368	0.372988
22	0.374607	0.376224	0.377841	0.379456	0.38107	0.382683	0.384295	0.385906	0.387516	0.389124
23	0.390731	0.392337	0.393942	0.395546	0.397148	0.398749	0.400349	0.401948	0.403545	0.405142
24	0.406737	0.40833	0.409923	0.411514	0.413104	0.414693	0.416281	0.417867	0.419452	0.421036
25	0.422618	0.424199	0.425779	0.427358	0.428935	0.430511	0.432086	0.433659	0.435231	0.436802
26	0.438371	0.439939	0.441506	0.443071	0.444635	0.446198	0.447759	0.449319	0.450878	0.452435
27	0.45399	0.455545	0.457098	0.45865	0.4602	0.461749	0.463296	0.464842	0.466387	0.46793
28	0.469472	0.471012	0.472551	0.474088	0.475624	0.477159	0.478692	0.480223	0.481754	0.483282
29	0.48481	0.486335	0.48786	0.489382	0.490904	0.492424	0.493942	0.495459	0.496974	0.498488
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	0.5	0.501511	0.50302	0.504528	0.506034	0.507538	0.509041	0.510543	0.512043	0.513541
31	0.515038	0.516533	0.518027	0.519519	0.52101	0.522499	0.523986	0.525472	0.526956	0.528438
32	0.529919	0.531399	0.532876	0.534352	0.535827	0.5373	0.538771	0.54024	0.541708	0.543174
33	0.544639	0.546102	0.547563	0.549023	0.550481	0.551937	0.553392	0.554844	0.556296	0.557745
34	0.559193	0.560639	0.562083	0.563526	0.564967	0.566406	0.567844	0.56928	0.570714	0.572146
35	0.573576	0.575005	0.576432	0.577858	0.579281	0.580703	0.582123	0.583541	0.584958	0.586372
36	0.587785	0.589196	0.590606	0.592013	0.593419	0.594823	0.596225	0.597625	0.599024	0.60042
37	0.601815	0.603208	0.604599	0.605988	0.607376	0.608761	0.610145	0.611527	0.612907	0.614285
38	0.615661	0.617036	0.618408	0.619779	0.621148	0.622515	0.62388	0.625243	0.626604	0.627963
39	0.62932	0.630676	0.632029	0.633381	0.634731	0.636078	0.637424	0.638768	0.64011	0.64145
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	0.642788	0.644124	0.645458	0.64679	0.64812	0.649448	0.650774	0.652098	0.653421	0.654741
41	0.656059	0.657375	0.658689	0.660002	0.661312	0.66262	0.663926	0.66523	0.666532	0.667833
42	0.669131	0.670427	0.671721	0.673013	0.674302	0.67559	0.676876	0.67816	0.679441	0.680721
43	0.681998	0.683274	0.684547	0.685818	0.687088	0.688355	0.68962	0.690882	0.692143	0.693402
44	0.694658	0.695913	0.697165	0.698415	0.699663	0.700909	0.702153	0.703395	0.704634	0.705872
45	0.707107	0.70834	0.709571	0.710799	0.712026	0.71325	0.714473	0.715693	0.716911	0.718126

XII_Physics_Vol-2_Glossary_TM.indd 293 04-03-2022 13:21:52

www.tnschoolbooks.in

சைன் மதிப்புகள் (NATURAL SINES)

46	0.71934	0.720551	0.72176	0.722967	0.724172	0.725374	0.726575	0.727773	0.728969	0.730162
47	0.731354	0.732543	0.73373	0.734915	0.736097	0.737277	0.738455	0.739631	0.740805	0.741976
48	0.743145	0.744312	0.745476	0.746638	0.747798	0.748956	0.750111	0.751264	0.752415	0.753563
49	0.75471	0.755853	0.756995	0.758134	0.759271	0.760406	0.761538	0.762668	0.763796	0.764921
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
50	0.766044	0.767165	0.768284	0.7694	0.770513	0.771625	0.772734	0.77384	0.774944	0.776046
51	0.777146	0.778243	0.779338	0.78043	0.78152	0.782608	0.783693	0.784776	0.785857	0.786935
52	0.788011	0.789084	0.790155	0.791224	0.79229	0.793353	0.794415	0.795473	0.79653	0.797584
53	0.798636	0.799685	0.800731	0.801776	0.802817	0.803857	0.804894	0.805928	0.80696	0.80799
54	0.809017	0.810042	0.811064	0.812084	0.813101	0.814116	0.815128	0.816138	0.817145	0.81815
55	0.819152	0.820152	0.821149	0.822144	0.823136	0.824126	0.825113	0.826098	0.827081	0.82806
56	0.829038	0.830012	0.830984	0.831954	0.832921	0.833886	0.834848	0.835807	0.836764	0.837719
57	0.838671	0.83962	0.840567	0.841511	0.842452	0.843391	0.844328	0.845262	0.846193	0.847122
58	0.848048	0.848972	0.849893	0.850811	0.851727	0.85264	0.853551	0.854459	0.855364	0.856267
59	0.857167	0.858065	0.85896	0.859852	0.860742	0.861629	0.862514	0.863396	0.864275	0.865151
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
60	0.866025	0.866897	0.867765	0.868632	0.869495	0.870356	0.871214	0.872069	0.872922	0.873772
61	0.87462	0.875465	0.876307	0.877146	0.877983	0.878817	0.879649	0.880477	0.881303	0.882127
62	0.882948	0.883766	0.884581	0.885394	0.886204	0.887011	0.887815	0.888617	0.889416	0.890213
63	0.891007	0.891798	0.892586	0.893371	0.894154	0.894934	0.895712	0.896486	0.897258	0.898028
64	0.898794	0.899558	0.900319	0.901077	0.901833	0.902585	0.903335	0.904083	0.904827	0.905569
65	0.906308	0.907044	0.907777	0.908508	0.909236	0.909961	0.910684	0.911403	0.91212	0.912834
66	0.913545	0.914254	0.91496	0.915663	0.916363	0.91706	0.917755	0.918446	0.919135	0.919821
67	0.920505	0.921185	0.921863	0.922538	0.92321	0.92388	0.924546	0.92521	0.925871	0.926529
68	0.927184	0.927836	0.928486	0.929133	0.929776	0.930418	0.931056	0.931691	0.932324	0.932954
69	0.93358	0.934204	0.934826	0.935444	0.93606	0.936672	0.937282	0.937889	0.938493	0.939094
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
70	0.939693	0.940288	0.940881	0.941471	0.942057	0.942641	0.943223	0.943801	0.944376	0.944949
71	0.945519	0.946085	0.946649	0.94721	0.947768	0.948324	0.948876	0.949425	0.949972	0.950516
72	0.951057	0.951594	0.952129	0.952661	0.953191	0.953717	0.95424	0.954761	0.955278	0.955793
73	0.956305	0.956814	0.957319	0.957822	0.958323	0.95882	0.959314	0.959805	0.960294	0.960779
74	0.961262	0.961741	0.962218	0.962692	0.963163	0.96363	0.964095	0.964557	0.965016	0.965473
75	0.965926	0.966376	0.966823	0.967268	0.967709	0.968148	0.968583	0.969016	0.969445	0.969872
76	0.970296	0.970716	0.971134	0.971549	0.971961	0.97237	0.972776	0.973179	0.973579	0.973976
77	0.97437	0.974761	0.975149	0.975535	0.975917	0.976296	0.976672	0.977046	0.977416	0.977783
78	0.978148	0.978509	0.978867	0.979223	0.979575	0.979925	0.980271	0.980615	0.980955	0.981293
79	0.981627	0.981959	0.982287	0.982613	0.982935	0.983255	0.983571	0.983885	0.984196	0.984503
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
80	0.984808	0.985109	0.985408	0.985703	0.985996	0.986286	0.986572	0.986856	0.987136	0.987414
81	0.987688	0.98796	0.988228	0.988494	0.988756	0.989016	0.989272	0.989526	0.989776	0.990024
82	0.990268	0.990509	0.990748	0.990983	0.991216	0.991445	0.991671	0.991894	0.992115	0.992332
83	0.992546	0.992757	0.992966	0.993171	0.993373	0.993572	0.993768	0.993961	0.994151	0.994338
84	0.994522	0.994703	0.994881	0.995056	0.995227	0.995396	0.995562	0.995725	0.995884	0.996041
85	0.996195	0.996345	0.996493	0.996637	0.996779	0.996917	0.997053	0.997185	0.997314	0.997441
86	0.997564	0.997684	0.997801	0.997916	0.998027	0.998135	0.99824	0.998342	0.998441	0.998537
87	0.99863	0.998719	0.998806	0.99889	0.998971	0.999048	0.999123	0.999194	0.999263	0.999328
88	0.999391	0.99945	0.999507	0.99956	0.99961	0.999657	0.999701	0.999743	0.999781	0.999816
89	0.999848	0.999877	0.999903	0.999925	0.999945	0.999962	0.999976	0.999986	0.999994	0.999998
90	1	0.999998	0.999994	0.999986	0.999976	0.999962	0.999945	0.999925	0.999903	0.999877

XII_Physics_Vol-2_Glossary_TM.indd 294 04-03-2022 13:21:53

கொசைன் மதிப்புகள் (NATURAL COSINES)

x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	0.999998	0.999994	0.999986	0.999976	0.999962	0.999945	0.999925	0.999903	0.999877
1	0.999848	0.999816	0.999781	0.999743	0.999701	0.999657	0.99961	0.99956	0.999507	0.99945
2	0.999391	0.999328	0.999263	0.999194	0.999123	0.999048	0.998971	0.99889	0.998806	0.998719
3	0.99863	0.998537	0.998441	0.998342	0.99824	0.998135	0.998027	0.997916	0.997801	0.997684
4	0.997564	0.997441	0.997314	0.997185	0.997053	0.996917	0.996779	0.996637	0.996493	0.996345
5	0.996195	0.996041	0.995884	0.995725	0.995562	0.995396	0.995227	0.995056	0.994881	0.994703
6	0.994522	0.994338	0.994151	0.993961	0.993768	0.993572	0.993373	0.993171	0.992966	0.992757
7	0.992546	0.992332	0.992115	0.991894	0.991671	0.991445	0.991216	0.990983	0.990748	0.990509
8	0.990268	0.990024	0.989776	0.989526	0.989272	0.989016	0.988756	0.988494	0.988228	0.98796
9	0.987688	0.987414	0.987136	0.986856	0.986572	0.986286	0.985996	0.985703	0.985408	0.985109
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.984808	0.984503	0.984196	0.983885	0.983571	0.983255	0.982935	0.982613	0.982287	0.981959
11	0.981627	0.981293	0.980955	0.980615	0.980271	0.979925	0.979575	0.979223	0.978867	0.978509
12	0.978148	0.977783	0.977416	0.977046	0.976672	0.976296	0.975917	0.975535	0.975149	0.974761
13	0.97437	0.973976	0.973579	0.973179	0.972776	0.97237	0.971961	0.971549	0.971134	0.970716
14	0.970296	0.969872	0.969445	0.969016	0.968583	0.968148	0.967709	0.967268	0.966823	0.966376
15	0.965926	0.965473	0.965016	0.964557	0.964095	0.96363	0.963163	0.962692	0.962218	0.961741
16	0.961262	0.960779	0.960294	0.959805	0.959314	0.95882	0.958323	0.957822	0.957319	0.956814
17	0.956305	0.955793	0.955278	0.954761	0.95424	0.953717	0.953191	0.952661	0.952129	0.951594
18	0.951057	0.950516	0.949972	0.949425	0.948876	0.948324	0.947768	0.94721	0.946649	0.946085
19	0.945519	0.944949	0.944376	0.943801	0.943223	0.942641	0.942057	0.941471	0.940881	0.940288
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	0.939693	0.939094	0.938493	0.937889	0.937282	0.936672	0.93606	0.935444	0.934826	0.934204
21	0.93358	0.932954	0.932324	0.931691	0.931056	0.930418	0.929776	0.929133	0.928486	0.927836
22	0.927184	0.926529	0.925871	0.92521	0.924546	0.92388	0.92321	0.922538	0.921863	0.921185
23	0.920505	0.919821	0.919135	0.918446	0.917755	0.91706	0.916363	0.915663	0.91496	0.914254
24	0.913545	0.912834	0.91212	0.911403	0.910684	0.909961	0.909236	0.908508	0.907777	0.907044
25	0.906308	0.905569	0.904827	0.904083	0.903335	0.902585	0.901833	0.901077	0.900319	0.899558
26	0.898794	0.898028	0.897258	0.896486	0.895712	0.894934	0.894154	0.893371	0.892586	0.891798
27	0.891007	0.890213	0.889416	0.888617	0.887815	0.887011	0.886204	0.885394	0.884581	0.883766
28	0.882948	0.882127	0.881303	0.880477	0.879649	0.878817	0.877983	0.877146	0.876307	0.875465
29	0.87462	0.873772	0.872922	0.872069	0.871214	0.870356	0.869495	0.868632	0.867765	0.866897
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	0.866025	0.865151	0.864275	0.863396	0.862514	0.861629	0.860742	0.859852	0.85896	0.858065
31	0.857167	0.856267	0.855364	0.854459	0.853551	0.85264	0.851727	0.850811	0.849893	0.848972
32	0.848048	0.847122	0.846193	0.845262	0.844328	0.843391	0.842452	0.841511	0.840567	0.83962
33	0.838671	0.837719	0.836764	0.835807	0.834848	0.833886	0.832921	0.831954	0.830984	0.830012
34	0.829038	0.82806	0.827081	0.826098	0.825113	0.824126	0.823136	0.822144	0.821149	0.820152
35	0.819152	0.81815	0.817145	0.816138	0.815128	0.814116	0.813101	0.812084	0.811064	0.810042
36	0.809017	0.80799	0.80696	0.805928	0.804894	0.803857	0.802817	0.801776	0.800731	0.799685
37	0.798636	0.797584	0.79653	0.795473	0.794415	0.793353	0.79229	0.791224	0.790155	0.789084
38	0.788011	0.786935	0.785857	0.784776	0.783693	0.782608	0.78152	0.78043	0.779338	0.778243
39	0.777146	0.776046	0.774944	0.77384	0.772734	0.771625	0.770513	0.7694	0.768284	0.767165
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	0.766044	0.764921	0.763796	0.762668	0.761538	0.760406	0.759271	0.758134	0.756995	0.755853
41	0.75471	0.753563	0.752415	0.751264	0.750111	0.748956	0.747798	0.746638	0.745476	0.744312
42	0.743145	0.741976	0.740805	0.739631	0.738455	0.737277	0.736097	0.734915	0.73373	0.732543
43	0.731354	0.730162	0.728969	0.727773	0.726575	0.725374	0.724172	0.722967	0.72176	0.720551
44	0.71934	0.718126	0.716911	0.715693	0.714473	0.71325	0.712026	0.710799	0.709571	0.70834
45	0.707107	0.705872	0.704634	0.703395	0.702153	0.700909	0.699663	0.698415	0.697165	0.695913

கொசைன் மதிப்புகள் (NATURAL COSINES)

46	0.694658	0.693402	0.692143	0.690882	0.68962	0.688355	0.687088	0.685818	0.684547	0.683274
47	0.681998	0.680721	0.679441	0.67816	0.676876	0.67559	0.674302	0.673013	0.671721	0.670427
48	0.669131	0.667833	0.666532	0.66523	0.663926	0.66262	0.661312	0.660002	0.658689	0.657375
49	0.656059	0.654741	0.653421	0.652098	0.650774	0.649448	0.64812	0.64679	0.645458	0.644124
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	0.642788	0.64145	0.64011	0.638768	0.637424	0.636078	0.634731	0.633381	0.632029	0.630676
51	0.62932	0.627963	0.626604	0.625243	0.62388	0.622515	0.621148	0.619779	0.618408	0.617036
52	0.615661	0.614285	0.612907	0.611527	0.610145	0.608761	0.607376	0.605988	0.604599	0.603208
53	0.601815	0.60042	0.599024	0.597625	0.596225	0.594823	0.593419	0.592013	0.590606	0.589196
54	0.587785	0.586372	0.584958	0.583541	0.582123	0.580703	0.579281	0.577858	0.576432	0.575005
55	0.573576	0.572146	0.570714	0.56928	0.567844	0.566406	0.564967	0.563526	0.562083	0.560639
56	0.559193	0.557745	0.556296	0.554844	0.553392	0.551937	0.550481	0.549023	0.547563	0.546102
57	0.544639	0.543174	0.541708	0.54024	0.538771	0.5373	0.535827	0.534352	0.532876	0.531399
58	0.529919	0.528438	0.526956	0.525472	0.523986	0.522499	0.52101	0.519519	0.518027	0.516533
59	0.515038	0.513541	0.512043	0.510543	0.509041	0.507538	0.506034	0.504528	0.50302	0.501511
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
60	0.5	0.498488	0.496974	0.495459	0.493942	0.492424	0.490904	0.489382	0.48786	0.486335
61	0.48481	0.483282	0.481754	0.480223	0.478692	0.477159	0.475624	0.474088	0.472551	0.471012
62	0.469472	0.46793	0.466387	0.464842	0.463296	0.461749	0.4602	0.45865	0.457098	0.455545
63	0.45399	0.452435	0.450878	0.449319	0.447759	0.446198	0.444635	0.443071	0.441506	0.439939
64	0.438371	0.436802	0.435231	0.433659	0.432086	0.430511	0.428935	0.427358	0.425779	0.424199
65	0.422618	0.421036	0.419452	0.417867	0.416281	0.414693	0.413104	0.411514	0.409923	0.40833
66	0.406737	0.405142	0.403545	0.401948	0.400349	0.398749	0.397148	0.395546	0.393942	0.392337
67	0.390731	0.389124	0.387516	0.385906	0.384295	0.382683	0.38107	0.379456	0.377841	0.376224
68	0.374607	0.372988	0.371368	0.369747	0.368125	0.366501	0.364877	0.363251	0.361625	0.359997
69	0.358368	0.356738	0.355107	0.353475	0.351842	0.350207	0.348572	0.346936	0.345298	0.34366
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
70	0.34202	0.34038	0.338738	0.337095	0.335452	0.333807	0.332161	0.330514	0.328867	0.327218
71	0.325568	0.323917	0.322266	0.320613	0.318959	0.317305	0.315649	0.313992	0.312335	0.310676
72	0.309017	0.307357	0.305695	0.304033	0.30237	0.300706	0.299041	0.297375	0.295708	0.29404
73	0.292372	0.290702	0.289032	0.287361	0.285688	0.284015	0.282341	0.280667	0.278991	0.277315
74	0.275637	0.273959	0.27228	0.2706	0.26892	0.267238	0.265556	0.263873	0.262189	0.260505
75	0.258819	0.257133	0.255446	0.253758	0.252069	0.25038	0.24869	0.246999	0.245307	0.243615
76	0.241922	0.240228	0.238533	0.236838	0.235142	0.233445	0.231748	0.23005	0.228351	0.226651
77	0.224951	0.22325	0.221548	0.219846	0.218143	0.21644	0.214735	0.21303	0.211325	0.209619
78	0.207912	0.206204	0.204496	0.202787	0.201078	0.199368	0.197657	0.195946	0.194234	0.192522
79	0.190809	0.189095	0.187381	0.185667	0.183951	0.182236	0.180519	0.178802	0.177085	0.175367
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
80	0.173648	0.171929	0.170209	0.168489	0.166769	0.165048	0.163326	0.161604	0.159881	0.158158
81	0.156434	0.15471	0.152986	0.151261	0.149535	0.147809	0.146083	0.144356	0.142629	0.140901
82	0.139173	0.137445	0.135716	0.133986	0.132256	0.130526	0.128796	0.127065	0.125333	0.123601
83	0.121869	0.120137	0.118404	0.116671	0.114937	0.113203	0.111469	0.109734	0.107999	0.106264
84	0.104528	0.102793	0.101056	0.09932	0.097583	0.095846	0.094108	0.092371	0.090633	0.088894
85	0.087156	0.085417	0.083678	0.081939	0.080199	0.078459	0.076719	0.074979	0.073238	0.071497
86	0.069756	0.068015	0.066274	0.064532	0.062791	0.061049	0.059306	0.057564	0.055822	0.054079
87	0.052336	0.050593	0.04885	0.047106	0.045363	0.043619	0.041876	0.040132	0.038388	0.036644
88	0.034899	0.033155	0.031411	0.029666	0.027922	0.026177	0.024432	0.022687	0.020942	0.019197
89	0.017452	0.015707	0.013962	0.012217	0.010472	0.0087265	0.0069813	0.0052360	0.0034907	0.0017453
90	0	0.0017453	0.0034907	0.0052360	0.0069813	0.0087265	0.010472	0.012217	0.013962	0.015707

www.tnschoolbooks.in

டேஞ்சன்ட் மதிப்புகள் (NATURAL TANGENTS)

x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0.0017453	0.0034907	0.0052360	0.0069814	0.0087269	0.010472	0.012218	0.013964	0.015709
1	0.017455	0.019201	0.020947	0.022693	0.024439	0.026186	0.027933	0.029679	0.031426	0.033173
2	0.034921	0.036668	0.038416	0.040164	0.041912	0.043661	0.04541	0.047159	0.048908	0.050658
3	0.052408	0.054158	0.055909	0.05766	0.059411	0.061163	0.062915	0.064667	0.06642	0.068173
4	0.069927	0.071681	0.073435	0.07519	0.076946	0.078702	0.080458	0.082215	0.083972	0.08573
5	0.087489	0.089248	0.091007	0.092767	0.094528	0.096289	0.098051	0.099813	0.101576	0.10334
6	0.105104	0.106869	0.108635	0.110401	0.112168	0.113936	0.115704	0.117473	0.119243	0.121013
7	0.122785	0.124557	0.126329	0.128103	0.129877	0.131652	0.133428	0.135205	0.136983	0.138761
8	0.140541	0.142321	0.144102	0.145884	0.147667	0.149451	0.151236	0.153022	0.154808	0.156596
9	0.158384	0.160174	0.161965	0.163756	0.165549	0.167343	0.169137	0.170933	0.17273	0.174528
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.176327	0.178127	0.179928	0.181731	0.183534	0.185339	0.187145	0.188952	0.19076	0.19257
11	0.19438	0.196192	0.198005	0.19982	0.201635	0.203452	0.205271	0.20709	0.208911	0.210733
12	0.212557	0.214381	0.216208	0.218035	0.219864	0.221695	0.223526	0.22536	0.227194	0.229031
13	0.230868	0.232707	0.234548	0.23639	0.238234	0.240079	0.241925	0.243774	0.245624	0.247475
14	0.249328	0.251183	0.253039	0.254897	0.256756	0.258618	0.26048	0.262345	0.264211	0.266079
15	0.267949	0.269821	0.271694	0.273569	0.275446	0.277325	0.279205	0.281087	0.282971	0.284857
16	0.286745	0.288635	0.290527	0.29242	0.294316	0.296213	0.298113	0.300014	0.301918	0.303823
17	0.305731	0.30764	0.309552	0.311465	0.313381	0.315299	0.317219	0.319141	0.321065	0.322991
18	0.32492	0.32685	0.328783	0.330718	0.332656	0.334595	0.336537	0.338481	0.340428	0.342377
19	0.344328	0.346281	0.348237	0.350195	0.352156	0.354119	0.356084	0.358052	0.360022	0.361995
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	0.36397	0.365948	0.367928	0.369911	0.371897	0.373885	0.375875	0.377869	0.379864	0.381863
21	0.383864	0.385868	0.387874	0.389884	0.391896	0.39391	0.395928	0.397948	0.399971	0.401997
22	0.404026	0.406058	0.408092	0.41013	0.41217	0.414214	0.41626	0.418309	0.420361	0.422417
23	0.424475	0.426536	0.428601	0.430668	0.432739	0.434812	0.436889	0.438969	0.441053	0.443139
24	0.445229	0.447322	0.449418	0.451517	0.45362	0.455726	0.457836	0.459949	0.462065	0.464185
25	0.466308	0.468434	0.470564	0.472698	0.474835	0.476976	0.47912	0.481267	0.483419	0.485574
26	0.487733	0.489895	0.492061	0.494231	0.496404	0.498582	0.500763	0.502948	0.505136	0.507329
27	0.509525	0.511726	0.51393	0.516138	0.518351	0.520567	0.522787	0.525012	0.52724	0.529473
28	0.531709	0.53395	0.536195	0.538445	0.540698	0.542956	0.545218	0.547484	0.549755	0.55203
29	0.554309	0.556593	0.558881	0.561174	0.563471	0.565773	0.568079	0.57039	0.572705	0.575026
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	0.57735	0.57968	0.582014	0.584353	0.586697	0.589045	0.591398	0.593757	0.59612	0.598488
31	0.600861	0.603239	0.605622	0.60801	0.610403	0.612801	0.615204	0.617613	0.620026	0.622445
32	0.624869	0.627299	0.629734	0.632174	0.634619	0.63707	0.639527	0.641989	0.644456	0.646929
33	0.649408	0.651892	0.654382	0.656877	0.659379	0.661886	0.664398	0.666917	0.669442	0.671972
34	0.674509	0.677051	0.679599	0.682154	0.684714	0.687281	0.689854	0.692433	0.695018	0.69761
35	0.700208	0.702812	0.705422	0.708039	0.710663	0.713293	0.71593	0.718573	0.721223	0.723879
36	0.726543	0.729213	0.731889	0.734573	0.737264	0.739961	0.742666	0.745377	0.748096	0.750821
37	0.753554	0.756294	0.759041	0.761796	0.764558	0.767327	0.770104	0.772888	0.77568	0.778479
38	0.781286	0.7841	0.786922	0.789752	0.79259	0.795436	0.79829	0.801151	0.804021	0.806898
39	0.809784	0.812678	0.81558	0.818491	0.821409	0.824336	0.827272	0.830216	0.833169	0.83613
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	0.8391	0.842078	0.845066	0.848062	0.851067	0.854081	0.857104	0.860136	0.863177	0.866227
41	0.869287	0.872356	0.875434	0.878521	0.881619	0.884725	0.887842	0.890967	0.894103	0.897249
42	0.900404	0.903569	0.906745	0.90993	0.913125	0.916331	0.919547	0.922773	0.92601	0.929257
43	0.932515	0.935783	0.939063	0.942352	0.945653	0.948965	0.952287	0.955621	0.958966	0.962322
44	0.965689	0.969067	0.972458	0.975859	0.979272	0.982697	0.986134	0.989582	0.993043	0.996515
45	1	1.0035	1.00701	1.01053	1.01406	1.01761	1.02117	1.02474	1.02832	1.03192

XII_Physics_Vol-2_Glossary_TM.indd 297 04-03-2022 13:21:53

டேஞ்சன்ட் மதிப்புகள் (NATURAL TANGENTS)

46	1.03553	1.03915	1.04279	1.04644	1.0501	1.05378	1.05747	1.06117	1.06489	1.06862
47	1.07237	1.07613	1.0799	1.08369	1.08749	1.09131	1.09514	1.09899	1.10285	1.10672
48	1.11061	1.11452	1.11844	1.12238	1.12633	1.13029	1.13428	1.13828	1.14229	1.14632
49	1.15037	1.15443	1.15851	1.16261	1.16672	1.17085	1.175	1.17916	1.18334	1.18754
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	1.19175	1.19599	1.20024	1.20451	1.20879	1.2131	1.21742	1.22176	1.22612	1.2305
51	1.2349	1.23931	1.24375	1.2482	1.25268	1.25717	1.26169	1.26622	1.27077	1.27535
52	1.27994	1.28456	1.28919	1.29385	1.29853	1.30323	1.30795	1.31269	1.31745	1.32224
53	1.32704	1.33187	1.33673	1.3416	1.3465	1.35142	1.35637	1.36134	1.36633	1.37134
54	1.37638	1.38145	1.38653	1.39165	1.39679	1.40195	1.40714	1.41235	1.41759	1.42286
55	1.42815	1.43347	1.43881	1.44418	1.44958	1.45501	1.46046	1.46595	1.47146	1.47699
56	1.48256	1.48816	1.49378	1.49944	1.50512	1.51084	1.51658	1.52235	1.52816	1.534
57	1.53986	1.54576	1.5517	1.55766	1.56366	1.56969	1.57575	1.58184	1.58797	1.59414
58	1.60033	1.60657	1.61283	1.61914	1.62548	1.63185	1.63826	1.64471	1.6512	1.65772
59	1.66428	1.67088	1.67752	1.68419	1.69091	1.69766	1.70446	1.71129	1.71817	1.72509
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
60	1.73205	1.73905	1.7461	1.75319	1.76032	1.76749	1.77471	1.78198	1.78929	1.79665
61	1.80405	1.8115	1.81899	1.82654	1.83413	1.84177	1.84946	1.8572	1.86499	1.87283
62	1.88073	1.88867	1.89667	1.90472	1.91282	1.92098	1.9292	1.93746	1.94579	1.95417
63	1.96261	1.97111	1.97966	1.98828	1.99695	2.00569	2.01449	2.02335	2.03227	2.04125
64	2.0503	2.05942	2.0686	2.07785	2.08716	2.09654	2.106	2.11552	2.12511	2.13477
65	2.14451	2.15432	2.1642	2.17416	2.18419	2.1943	2.20449	2.21475	2.2251	2.23553
66	2.24604	2.25663	2.2673	2.27806	2.28891	2.29984	2.31086	2.32197	2.33317	2.34447
67	2.35585	2.36733	2.37891	2.39058	2.40235	2.41421	2.42618	2.43825	2.45043	2.4627
68	2.47509	2.48758	2.50018	2.51289	2.52571	2.53865	2.5517	2.56487	2.57815	2.59156
69	2.60509	2.61874	2.63252	2.64642	2.66046	2.67462	2.68892	2.70335	2.71792	2.73263
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
70	2.74748	2.76247	2.77761	2.79289	2.80833	2.82391	2.83965	2.85555	2.87161	2.88783
71	2.90421	2.92076	2.93748	2.95437	2.97144	2.98868	3.00611	3.02372	3.04152	3.0595
72	3.07768	3.09606	3.11464	3.13341	3.1524	3.17159	3.191	3.21063	3.23048	3.25055
73	3.27085	3.29139	3.31216	3.33317	3.35443	3.37594	3.39771	3.41973	3.44202	3.46458
74	3.48741	3.51053	3.53393	3.55761	3.5816	3.60588	3.63048	3.65538	3.68061	3.70616
75	3.73205	3.75828	3.78485	3.81177	3.83906	3.86671	3.89474	3.92316	3.95196	3.98117
76	4.01078	4.04081	4.07127	4.10216	4.1335	4.1653	4.19756	4.2303	4.26352	4.29724
77	4.33148	4.36623	4.40152	4.43735	4.47374	4.51071	4.54826	4.58641	4.62518	4.66458
78	4.70463	4.74534	4.78673	4.82882	4.87162	4.91516	4.95945	5.00451	5.05037	5.09704
79	5.14455	5.19293	5.24218	5.29235	5.34345	5.39552	5.44857	5.50264	5.55777	5.61397
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
80	5.67128	5.72974	5.78938	5.85024	5.91236	5.97576	6.04051	6.10664	6.17419	6.24321
81	6.31375	6.38587	6.45961	6.53503	6.61219	6.69116	6.77199	6.85475	6.93952	7.02637
82	7.11537	7.20661	7.30018	7.39616	7.49465	7.59575	7.69957	7.80622	7.91582	8.02848
83	8.14435	8.26355	8.38625	8.51259	8.64275	8.77689	8.9152	9.05789	9.20516	9.35724
84	9.51436	9.6768	9.84482	10.0187	10.1988	10.3854	10.5789	10.7797	10.9882	11.2048
85	11.4301	11.6645	11.9087	12.1632	12.4288	12.7062	12.9962	13.2996	13.6174	13.9507
86	14.3007	14.6685	15.0557	15.4638	15.8945	16.3499	16.8319	17.3432	17.8863	18.4645
87	19.0811	19.7403	20.4465	21.2049	22.0217	22.9038	23.8593	24.8978	26.0307	27.2715
88	28.6363	30.1446	31.8205	33.6935	35.8006	38.1885	40.9174	44.0661	47.7395	52.0807
89	57.29	63.6567	71.6151	81.847	95.4895	114.589	143.237	190.984	286.478	572.957
90	∞	572.957	286.478	190.984	143.237	114.589	95.4895	81.847	71.6151	63.6567

XII_Physics_Vol-2_Glossary_TM.indd 298 04-03-2022 13:21:53

மாநில கல்வியியல் ஆராய்ச்சி மற்றும் பயிற்சி நிறுவனம்
மேல்நிலை இரண்டாம் ஆண்டு இயற்பியல்
பாடநூல் தயாரிப்பில் பணியாற்றியவர்கள்

பாட வல்லுநர் மற்றும் நெறியாளர்

பேராசிரியர் முனைவர். ரீட்டா ஜான்
பேராசிரியர் மற்றும் துறைத்தலைவர்
கோட்பாட்டு இயற்பியல் துறை
சென்னைப் பல்கலைக்கழகம், சென்னை.

மேலாய்வாளர்கள்

முனைவர். வி.என். மணி
முதன்மை அறிவியல் அறிஞர் F. Head
(C– MET)
மின்னணுவியல் மற்றும் தகவல்
தொழில்நுட்பத் துறை
ஹைதராபாத், இந்திய அரசு.

பேராசிரியர் முனைவர். பி. ரவீந்திரன்
இயற்பியல் துறை அடிப்படை மற்றும்
பயன்பாட்டு அறிவியல் துறை
தமிழ்நாடு மத்திய பல்கலைக்கழகம்,
திருவாரூர்.

முனைவர். ரஜீவ் ஷேஷா ஜோஷி
உதவிப் பேராசிரியர்
இயற்பியல் புலம்
கர்நாடகா மத்தியப்பல்கலைக்கழகம்.

பாடநூல் ஆசிரியர்கள்

பேராசிரியர் முனைவர். ரீட்டா ஜான்
பேராசிரியர் மற்றும் துறைத்தலைவர்
கோட்பாட்டு இயற்பியல் துறை
சென்னைப் பல்கலைக்கழகம், சென்னை.

முனைவர் ப.பாலமுருகன்
உதவிப்பேராசிரியர்
இயற்பியல் முதுகலை மற்றும் ஆராய்ச்சி துறை
அரசினர் ஆடவர் கலைக்கல்லூரி (தன்னாட்சி)
நந்தனம், சென்னை

முனைவர் ர. சுகராஜ் சாமுவேல்
உதவிப் பேராசிரியர்
முதுகலை மற்றும் ஆராய்ச்சி இயற்பியல் துறை
புதுக்கல்லூரி, ராயப்பேட்டை, சென்னை.

திரு சி. ஜோசப் பிரபாகர்
உதவிப் பேராசிரியர்
முதுகலை மற்றும் ஆராய்ச்சி இயற்பியல் துறை
லயோலா கல்லூரி, சென்னை.

முனைவர். சா. ச. நெய்னா முஹம்மது
உதவிப் பேராசிரியர்
முதுகலை மற்றும் ஆராய்ச்சி இயற்பியல் துறை
அரசுக் கலைக் கல்லூரி
உடுமலைப்பேட்டை, திருப்பூர் மாவட்டம்.

முனைவர் பா. இளங்கோவன்
உதவிப் பேராசிரியர்
முதுகலை மற்றும் ஆராய்ச்சி இயற்பியல் துறை
பச்சையப்பன் கல்லூரி, சென்னை.

முனைவர் பி. பெனிட்டா மெர்லின்
உதவிப் பேராசிரியர்
ஆல்பா கலை மற்றும் அறிவியல் கல்லூரி
சென்னை.

தமிழாக்கம் செய்தோர்

திரு.ஏ.இளங்கோவன்
தலைமை ஆசிரியர்,
அரசு மேல்நிலைப்பள்ளி
இராமநாயக்கன்பேட்டை,
வேலூர் மாவட்டம்.

முனைவர்.கொ.வாசுதேவன்
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர் (இயற்பியல்)
அரசு.ஆ.தி.நல மேல்நிலைப்பள்ளி
களங்காணி,
நாமக்கல் மாவட்டம்

திரு.வா.பாலமுருகன்
முதுகலை ஆசிரியர்,
அரசு மேல்நிலைப் பள்ளி,
கடம்பத்தூர்,
திருவள்ளூர் மாவட்டம்.

திரு.சு.ரவிசங்கர்,
முதுகலை ஆசிரியர்,
எஸ்.ஆர்.எம்.மேல்நிலைப் பள்ளி,
அம்பத்தூர், திருவள்ளூர் மாவட்டம்.

பாட ஒருங்கிணைப்பாளர்கள்

திருமதி. பா. நந்தா
முதுநிலை விரிவுரையாளர்
மாநிலக் கல்வியியல் ஆராய்ச்சி மற்றும் பயிற்சி
நிறுவனம்
சென்னை.

தகவல் தொழில்நுட்ப ஒருங்கிணைப்பாளர்கள்

திரு.ஞா. பெர்ஜின்
முதுகலைப் ஆசிரியர் இயற்பியல்
அரசு ஆண்கள் மேல்நிலைப் பள்ளி
சாயல்குடி, இராமநாதபுரம் மாவட்டம்.

EMIS தொழில்நுட்பக் குழு

இரா. மா. சதீஸ்
மாநில ஒருங்கிணைப்பாளர் தொழில்நுட்பம்,
கல்வி மேலாண்மை தகவல் முறைமை,
ஒருங்கிணைந்த பள்ளிக்கல்வி இயக்ககம்.

இரா. அருண் மாருதி செல்வன்,
தொழில்நுட்ப திட்டபணி ஆலோசகர்,
கல்வி மேலாண்மை தகவல் முறைமை,
ஒருங்கிணைந்த பள்ளிக்கல்வி இயக்ககம்.

க. ப. சத்தியநாராயணா,
தகவல் தொழில்நுட்ப ஆலோசகர்,
கல்வி மேலாண்மை தகவல் முறைமை,
ஒருங்கிணைந்த பள்ளிக்கல்வி இயக்ககம்.

தட்டச்சு செய்தவர்

திருமதி. ப. காமாட்சி

கலை மற்றும் வடிவமைப்புக் குழு

வரைபடம்
சசிகுமார். K
துர்காதேவி. S
வினோத் குமார். V

வடிவமைப்பு
யோகேஷ். B
ஸ்ரீதர். V
பிரஷாந்த். C

In-House QC
ராஜேஷ் தங்கப்பன்
ஜெரால்டு வில்சன்

அட்டை வடிவமைப்பு
கதிர் ஆறுமுகம்

ஒருங்கிணைப்பாளர்
ரமேஷ் முனிசாமி

இந்நூல் 80ஜி.எஸ்.எம். எலிகண்ட் மேப்லித்தோ தாளில் அச்சிடப்பட்டுள்ளது.

ஆப்செட் முறையில் அச்சிட்டோர்:

www.tnschoolbooks.in

குறிப்பு

XII_Physics_Vol-2_Acknowledgement_TM.indd 300 04-03-2022 13:23:30

www.tnschoolbooks.in

குறிப்பு

XII_Physics_Vol-2_Acknowledgement_TM.indd 301 04-03-2022 13:23:30

www.tnschoolbooks.in

குறிப்பு

XII_Physics_Vol-2_Acknowledgement_TM.indd 302

04-03-2022 13:23:30

குறிப்பு

www.tnschoolbooks.in

குறிப்பு

XII_Physics_Vol-2_Acknowledgement_TM.indd 304 04-03-2022 13:23:30