GOVERNMENT OF TAMIL NADU

పన్నెండవ తరగతి

HIGHER SECONDARY SECOND YEAR

భౌతికశాస్త్రము

PHYSICS

భాగము -II

VOLUME -II

TELUGU MEDIUM

Department of School Education

Untouchability is Inhuman and a Crime

12th_Physics_First 8 pages.indd 1 1/31/2023 5:34:10 PM

Government of Tamil Nadu

First Edition - 2021

Revised Edition - 2022, 2023

Reprint - 2024

(Published under New Syllabus)

Content Creation

State Council of Educational
Research and Training

© SCERT 2021

Printing & Publishing

Tamil NaduTextbook and Educational
Services Corporation

www.textbooksonline.tn.nic.in

12th_Physics_First 8 pages.indd 2 1/31/2023 5:34:11 PM

ముఖ్యమైన అంశములు

భౌతికశాస్త్ర పరిధి	• భౌతికశాస్త్ర రంగములో ఉన్నత అభ్యసనమునకు సంబంధించి అనేక అంశములపై అవగాహన కల్పించుట.
అభ్యసన లక్ష్యాలు	• నిర్దిష్ట అంశమును వివరించుట / అభ్యాసకునిచే పొందబడు నిర్వహణ సామర్థ్యత.
మీకు తెలుసా	• నిత్య జీవితములో సంబంధిత అంశమునకు చెందిన అదనపు సమాచారమును / ఆ రంగములోని అభివృద్ధి.
ఉదాహరణ సమస్యలు	• అభ్యాసకుడు స్పష్టమైన గ్రాహ్యము కొరకు మాదిరి సమస్యలను సాధించుట.
స్వీయ మూల్యాంకనము	• విద్యార్థులు తమకు విషయం ఎంతవరకు అర్థమైనదో తెలుసుకొనుటకు ఉపయోగపడు నిర్ధారణ.
QR కోడు (ZNVP5)	• పాఠ్య సంబంధ అంశములు, వీడియోలు, అనుకరణలు మరియు ట్యుటోరియల్‌లను త్వరగా వీక్షించుటకు సహాయపడునది.
అంతర్జాల కృత్యము	• అభ్యసనకు కావలసిన ఆధారములను అందించును. అభ్యాసకుడు పాఠ్య సంబంధ అంశములను తెలుసుకొనుటకు, తనకు తెలిసిన సమాచారమును / చింతనలను పూర్తిగా బదిలీ చేయుటకు ఇది తోడ్పడుతుంది.
సారాంశము	• పాఠ్య అధ్యాయము యొక్క క్లుప్త రూపము.
భావన చిత్ర పటము	• పాఠ్యభాగములోని అంశాలను అంతరంగా సంబంధపరచి వాటిని అభ్యాసకుడు చిత్ర రూపేణ వీక్షించుటకు అవకాశం కల్పిస్తుంది.
మూల్యాంకనము	• అభ్యాసకుని యొక్క అవగాహనా సామర్థ్యమును బహుళైచ్ఛిక ప్రశ్నలు, సమస్యలు మొదలగువాటి ద్వారా నిర్ధారించుట.
పరిశీలనా గ్రంథాలు	• పునర్విమర్శ కొరకు కావలసిన విషయ సంబంధిత పుస్తకాలు
సమాధానములు	• అభ్యాసకుడి యొక్క జవాబు ఖచ్చితత్వాన్ని నిర్ధారించుటకు మరియు అభ్యసనలోని లోటును సరిదిద్దుకొనుటకు తోడ్పడును.
పదకోశము	• ముఖ్యమైన పదజాలములకు తత్సమాన తెలుగు పదాలు జోడించబడినవి.

Back Wrapper

***Richard Philip Feynman**, (1918–1988) a theoretical physicist who received noble prize in physics in 1965 for his contributions to the development of quantum electrodynamics. He is the first person to discuss the possiblity of manipulation of atoms that seeded nanotechnology. His lectures on various topics in physics are very popular among physicists.*

Illustration of Gravitational waves from two merging black holes.
Actual photograph of a super massive black hole M87*

12th_Physics_First 8 pages.indd 3 1/31/2023 5:34:11 PM

12th_Physics_First 8 pages.indd 4

Scope of Physics - Higher Education



Entrance Examinations After +2

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

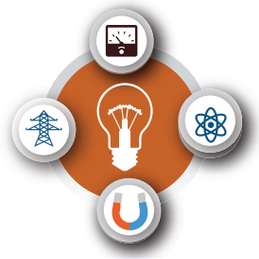
After Graduation

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

After Post Graduation



- CSIR NET - National Eligibility Test for JRF and Lectureship



Education Career



After Completing +2

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

Note

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



After B.Sc Physics

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

1/31/2023 5:34:14 PM

12th_Physics_First 8 pages.indd 5

Opportunities after B.Sc. Physics



Jobs in Government Sector

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



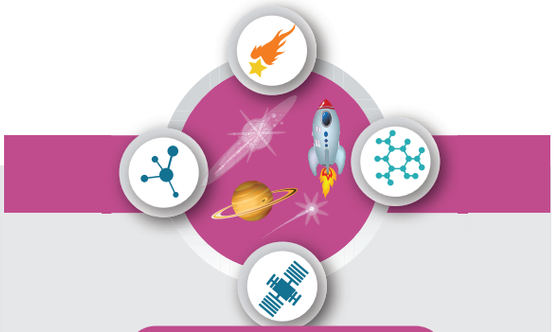
Scholarships

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

1/31/2023 5:34:16 PM

12th_Physics_First 8 pages.indd 6

Institutes in india to pursue research in physics



Research Areas

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

Famous Research Institutes for Physics in India

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

1/31/2023 5:34:17 PM

12th_Physics_First 8 pages.indd 7

Gender Initiatives by the Government of India

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

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

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

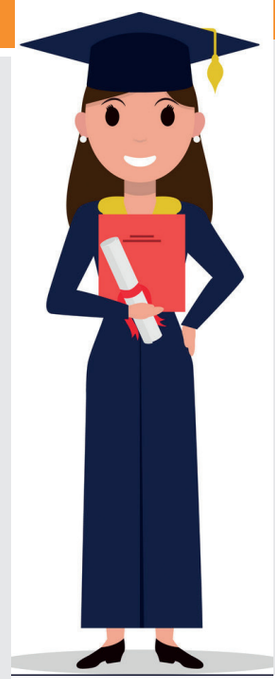
Eligibility:

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

Qualifications:

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

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



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

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

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

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

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

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

1/31/2023 5:34:17 PM

విషయసూచిక

భౌతికశాస్త్రము

అధ్యాయము	పాఠ్యశీర్షిక	పుట సంఖ్య	నెల
6	కిరణ దృక్‌శాస్త్రము	01	సెప్టెంబరు
7	తరంగ దృక్‌శాస్త్రము	60	సెప్టెంబరు/ అక్టోబరు
8	వికిరణము మరియు పదార్థము యొక్క ద్వంద్వ స్వభావము	120	అక్టోబరు
9	పరమాణు మరియు కేంద్రక భౌతికశాస్త్రం	155	నవంబరు
10	ఎలక్ట్రానిక్స్ మరియు సంసర్గం	209	నవంబరు/ డిసెంబర్
11	భౌతికశాస్త్రము యొక్క నవీనకాల అభివృద్ధులు	269	డిసెంబర్
	పదకోశము	301	

GU405

అంతర్జాల పుస్తకము

2A0OH

మూల్యాంకనము

12th_Physics_First 8 pages.indd 8 1/31/2023 5:34:17 PM

అధ్యాయము

6 కిరణ దృక్‌శాస్త్రము (RAY OPTICS)

కాంతి రెండు విధములుగా వ్యాప్తి చెందుచున్నది. ఒకటి క్రొవ్వొత్తి మరొకటి దానిని పరావర్తనం చెందించు దర్పణము

— ఎడిత్ వార్టన్

అభ్యసన లక్ష్యాలు

ప్రస్తుత పాఠ్యభాగములో విద్యార్థులు ఈ క్రింది అంశములను అభ్యసిస్తారు,

- కాంతి యొక్క కిరణ భావన.
- కాంతి పరావర్తనము మరియు వక్రీభవన దృగ్విషయములు.
- కాంతి వేగము – నిర్ధారణ.
- దర్పణములు, కటకములు, పట్టకములు మొదలగువాటికి సంబంధించిన అంశములు.
- కాంతి విక్షేపణము మరియు పరిక్షేపణము వంటి వేర్వేరు దృగ్విషయములు.

6.1 పరిచయము (INTRODUCTION)

కాంతి ఒక నిగూఢమైన శక్తి స్వరూపము. ఎందుకనగా, దాని స్వభావము మనలను ఆశ్చర్యమునకు గురిచేస్తున్నాయి. కాంతిని ఒక ఏకాంక రాశిగా అర్థము చేసుకొనుట అంత సులభము కాదు. అయితే, కిరణ దృక్‌శాస్త్రము ప్రకారము, కాంతి సరళరేఖా మార్గములో కిరణ రూపములో ప్రయాణిస్తాయని అధ్యయనం చేయబడినది. ఇందులో జ్యామితీయముగా గీయబడన కిరణ రేఖా చిత్రములు మనకు కాంతి లక్షణాలు మరియు వాటికి సంబంధించిన దృగ్విషయములను గురించి అర్థము చేసుకొనుటకు అవకాశం కల్పించినవి. తరంగ దృక్ శాస్త్రమును ఉపయోగించి మాత్రమే వివరించుటకు వీలయ్యే అనేక కాంతి దృగ్విషయాలను తరువాతి అధ్యాయములో చదువుకొందాం. అదేవిధముగా కాంతి యొక్క క్వాంటం భావనను కూడా డిగ్రీ తరగతులలో క్వాంటం దృక్‌శాస్త్ర విభాగములో అభ్యసిద్దాం.

6.1.1 కిరణ దృక్‌శాస్త్రము (Ray optics)

ఒక యానకములో కాంతి సరళరేఖా మార్గములో పయనిస్తుంది. అలా కాకుండా, కాంతి వేరొక యానక తలమును లేక ఒక అవరోధమును తాకినపుడు అది తన మార్గములో విచలనమును ఏర్పరుస్తుంది. కాంతి యొక్క కిరణము ఆ కాంతి యొక్క దిశకు సంబంధించిన సమాచారమును మాత్రమే అందిస్తుంది. అంతేకాని, అది కాంతి తీవ్రత మరియు రంగు వంటి ఇతర లక్షణాలకు సంబంధించిన సమాచారమును అందించదు. అయితే కిరణ దృక్‌శాస్త్రములో కాంతి కిరణము అనునది ఒక వివరణాత్మక వ్యక్తీకరణముగా ఉన్నది. కాంతి పయనించు మార్గమును కాంతి కిరణము అని కాంతి కిరణముల సమూహమును కాంతి పుంజము అని అంటారు. ప్రస్తుత పాఠ్యభాగములో కాంతి కిరణ వర్ణన ఆధారముగా పరావర్తనము, వక్రీభవనము, విక్షేపణము మరియు పరిక్షేపణము వంటి కాంతి సంబంధిత దృగ్విషయములు వివరించబడినది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 1 10-03-2023 16:39:51

6.1.2 పరావర్తనము (Reflection)

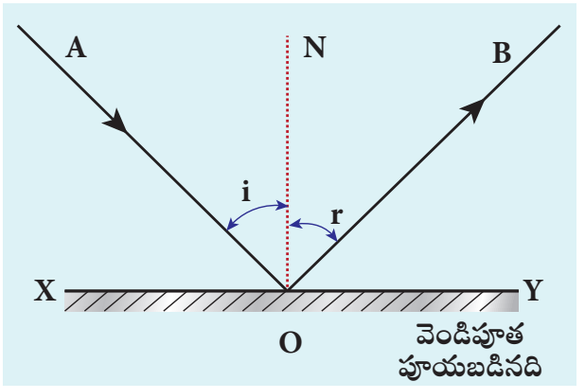
కాంతి ఒక పరావర్తన తలమును ఢీకొని అదే యానకములోనికి వెనుకకు మరలి వచ్చు దృగ్విషయమును కాంతి పరావర్తనము అంటారు. నునుపు చేయబడిన ఏ తలమైననూ కాంతిని పరావర్తనం చెందిస్తుంది. ఒక వైపు వెండిపూత పూయబడిన దర్పణములన్నియూ వాటిపై పడిన కాంతిని దాదాపు 90% వరకు పరావర్తనం చెందిస్తాయి. కాంతి పతనమయ్యే బిందువు వద్ద గీచిన లంబము పరముగా పతనకోణము i మరియు పరావర్తన కోణము r ను కొలుస్తారు. పరావర్తన నియమము ప్రకారము,

(i) పతన కిరణము, పరావర్తన కిరణము మరియు పతన తలమునకు గీచిన లంబరేఖ అన్నియూ ఒకే తలములో ఉంటాయి.

(ii) పతనకోణము i పరావర్తన కోణము r నకు సమానముగా ఉంటుంది.

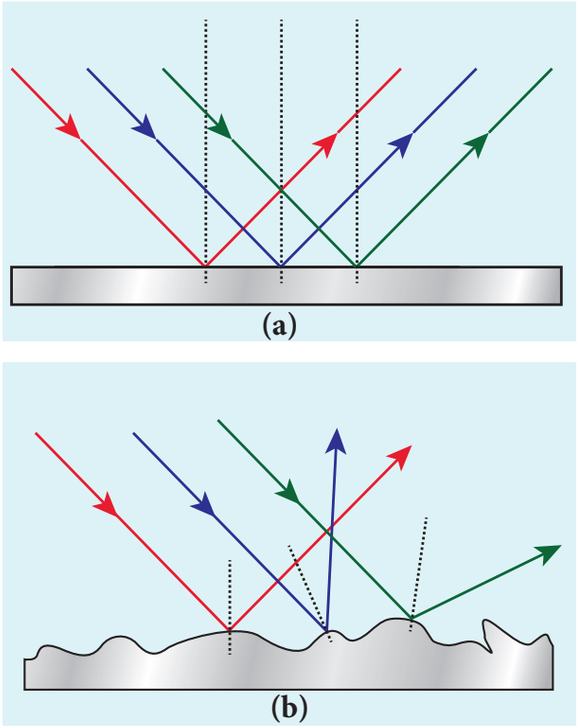
$$i = r \qquad (6.1)$$

పరావర్తన నియమము పటము 6.1లో చూపబడినది



పటము 6.1 కాంతి పరావర్తనము

పరావర్తన తలము సమతలముగానో లేక వక్రతలముగానో ఉన్నప్పటికీ ఆ తలముపై ప్రతి బిందువు వద్ద పరావర్తన నియమము పాటించబడుతుంది. పరావర్తన తలము సమతలముగా ఉన్నయెడల పతన సమాంతర కిరణములు పరావర్తనము జరిగిన తరువాత పటము 6.2(a) లో చూపిన విధముగా సమాంతర కిరణములుగానే ఉంటాయి. అలాకాకుండా పరావర్తన తలము క్రమరహితము (irregular) గా ఉన్నయెడల, పతన పరావర్తన కిరణములు పరావర్తనము జరిగిన తరువాత సమాంతర కిరణములుగా కాకుండా క్రమరహితముగా ఉంటాయి. అయినప్పటికీ, క్రమరహిత తలములో ప్రతి పతన బిందువు వద్ద పరావర్తన నియమములు పటము 6.2(b) లో చూపినట్లు పాటించబడుతాయి.



పటము 6.2 (a) క్రమసహిత మరియు (b) క్రమరహిత పరావర్తనములు

6.1.3 పరావర్తనము వలన కనిష్ట విచలన కోణము (Angle of deviation due to reflection)

పరావర్తనం వలన ఏర్పడు కాంతి యొక్క పతన కిరణము మరియు విచలన కిరణము (**deviated ray**) దిశకు మధ్యగల కోణమును విచలన కోణము (***angle of deviation***) అని అంటారు. పటము 6.3(a) లో చూపినట్లు దీనిని ఒక సరళ జ్యామితీయ చిత్రము ద్వారా గణించవచ్చు. పతన కిరణము (incident ray) ను AO మరియు పరావర్తన కిరణము (reflected ray) ను OB అని అనుకొందాం. విచలనము చెందకుండా కొనసాగు పతన కాంతి కిరణమును OC గా పరిగణిద్దాం. అప్పుడు OB

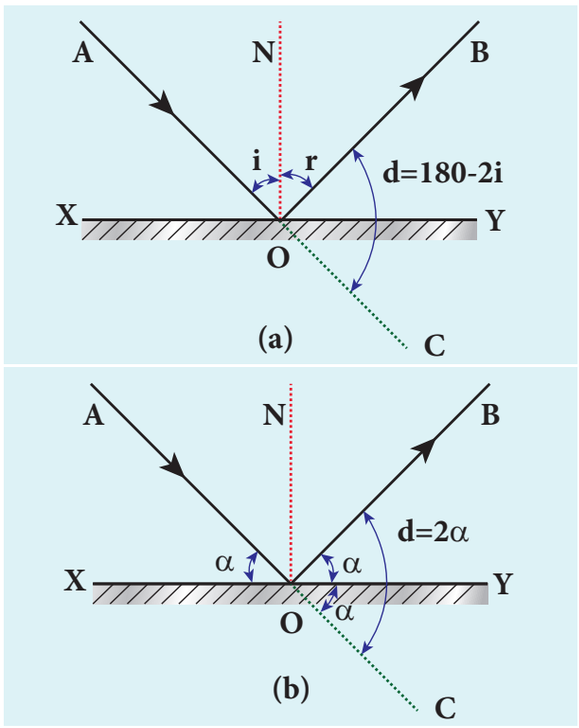
12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 2 10-03-2023 16:39:51

మరియు OC మధ్యగల కోణమును విచలన కోణము d (angle of deviation) అంటారు. దీనిని, రేఖాగణిత నియమము ప్రకారము $d = 180 - (i+r)$ అని వ్రాయవచ్చు. అయితే, పరావర్తన నియమము ప్రకారము $i = r$ కనుక పరావర్తనములో విచలన కోణమును క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు.

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

6.3 (b)లో చూపినట్లు పతన కిరణము AO మరియు పరావర్తన సమతలం XY మధ్యగల కోణము అయినటువంటి వీక్షణ కోణము (glancing angle) 'α' పరముగా కూడా విచలన కోణమును కొలువవచ్చును. రేఖాగణిత నియమము నుండి $\angle AOX = \alpha$, $\angle BOY = \alpha$. మరియు $\angle YOC = \alpha$. (కోణములు అన్నియూ సమానము). విచలన కోణము d అనునది $\angle BOC$ కోణమునకు సమానము అవుతుంది.

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



పటము 6.3 పరావర్తనము వలన విచలన కోణము

ఉదాహరణ 6.1

θ కోణముతో వాలుగా ఉంచిన పరావర్తన తలముపై అదే పతన కిరణమునకు పరావర్తన కోణము 2θ. కోణము వాలును ఏర్పరచునని ఋజువు చేయండి.

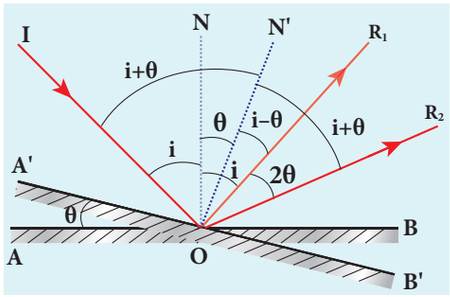
సాధన

పటములో చూపిన విధముగా పరావర్తన తలమును AB అనుకొందాం. పతన మరియు పరావర్తన కోణములు సమానము కనుక పతన కిరణము IO మరియు పరావర్తన కిరణము OR_1 రెండూనూ అభిలంబము N తో iకోణమును కలిగి ఉంటాయి. ఇప్పుడు AB తలము θ కోణముతో $A'B'$ స్థితికి ఏటవాలుగా తెచ్చినపుడు, అంతే కోణముతో అభిలంబము Nకూడా N' వాలును ఏర్పరుస్తుంది. అయితే, పతన కిరణము IO స్థితి మార్చలేదనుటకు గుర్తుంచుకోవాలి. కాని పరావర్తన కిరణము OR_2 అవుతుంది.

ఇప్పుడు వాలుగా ఉంచిన వ్యవస్థలో, పతనకోణము $\angle N'OI = i+\theta$ మరియు పరావర్తన కోణము $\angle N'OR_2 = i+\theta$ రెండూ సమానముగా ఉంటాయి. ON' మరియు OR_1 మధ్య కోణము $\angle N'OR_1 = i - \theta$ అవుతుంది. పరావర్తన కాంతి యొక్క వాలు OR_1 మరియు OR_2 మధ్యగల కోణము $\angle R_1OR_2$ కు సమానము. రేఖాగణిత నియమము నుండి,

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

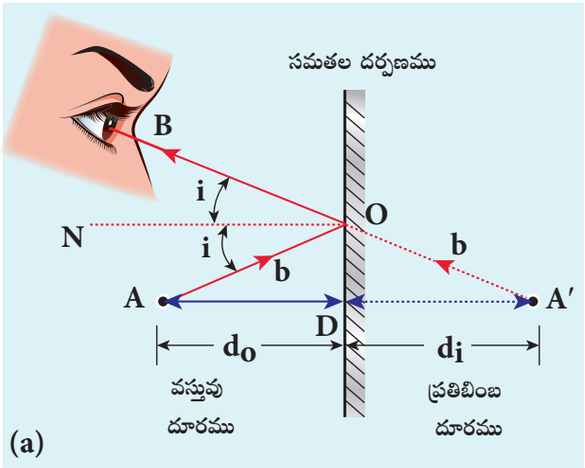
$\angle R_1OR_2 = 2\theta.$



6.1.4 సమతల దర్పణములో ప్రతిబింబము ఏర్పడుట

ఒక సమతల దర్పణము ముందువైపు ఒక బిందురూప వస్తువు Aను ఉంచాము అనుకొందాం.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 3 10-03-2023 16:39:52



పటము 6.4 ఒక సమతల దర్పణములో (a) బిందురూప (b) పొడవైన ప్రతిబింబము ఏర్పడుట.

పటము 6.4 (a)లో చూపిన విధముగా దర్పణముపై పతన బిందువు "0" అవుతుంది.

ఒక బిందురూప వస్తువు నుండి AO అనే కాంతి కిరణము దర్పణముపై పడి అది OB మార్గములో పరావర్తనము చెందినది. ఇక్కడ అభిలంబము ON అవుతుంది.

పతన కోణము $\angle AON$ = పరావర్తన కోణము $\angle BON$

AD అను మరొక కాంతి కిరణము దర్పణముపై లంబముగా D బిందువు వద్ద పతనము చెంది, అది DA మార్గము ద్వారా వెనుకకు మరలి పరావర్తనము చెందినది. ఇప్పుడు BO మరియు AD లను వెనుకవైపు పొడిగించినపుడు అవి A' అనే బిందువు వద్ద కలుసుకొంటాయి. ఈ విధముగా పై రెండు కిరణములు దర్పణము వెనుక వైపు A' బిందువు నుండి వస్తునట్లు అనిపిస్తుంది. క్రింది వివరణలో తెలిసినట్లు సమతల దర్పణము నుండి వస్తువు మరియు దాని ప్రతిబింబము రెండూ సమలంబ దూరములో ఉంటాయి.

$\angle AON$ కోణము = $\angle DAO$ కోణము (ఏకాంతర కోణములు కనుక)

$\angle BON$ కోణము = $\angle OA'D$ కోణము (సదృశ కోణములు కనుక)

కనుక ఇది కోణము $\angle DAO = \angle OA'D$ ను పాటిస్తుంది.

ΔODA మరియు $\Delta ODA'$లు సరూపత్రిభుజములు. కనుక $AD = A'D$ అవుతుంది. దీనినుండి సమతల దర్పణము లోపలివైపు ప్రతిబింబ దూరము d_i, సమతల దర్పణము వెలుపలి వైపు వస్తువు దూరము d_o కు సమానముగా ఉంటుంది.

పటము 6.4 (b)లో సమతల దర్పణము ద్వారా పొడవైన వస్తువు యొక్క ప్రతిబింబము ఏర్పడు విధానము చూపబడినది.

6.1.5 సమతల దర్పణములో ఏర్పడిన ప్రతిబింబము యొక్క లక్షణములు

(i) సమతల దర్పణముచే ఏర్పడు ప్రతిబింబము నిటారైన మరియు పార్శ్వ విలోమ (కుడి ఎడమల తారుమారు) మిథ్యా ప్రతిబింబముగా ఉంటుంది.

(ii) వస్తువు మరియు ప్రతిబింబ పరిమాణము సమానముగా ఉంటుంది.

(iii) దర్పణము వెనుకవైపు గల ప్రతిబింబ దూరము, దర్పణము ముందు వైపు గల వస్తువు దూరమునకు సమానముగా ఉంటుంది.

(iv) రెండు సమతల దర్పణములను θ కోణముతో ఏటవాలుగా ఉంచి, వాటి మధ్య ఒక వస్తువును ఉంచినపుడు, దాని వలన ఏర్పడు ప్రతిబింబముల సంఖ్య n పట్టిక 6.1లో ఇవ్వబడినది. పటము 6.5లో ప్రతిబింబము ఏర్పడు విధానము చూపబడినది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 4 10-03-2023 16:39:53

పట్టిక 6.1 కొంత కోణములో వాలుగా ఉంచిన దర్పణముల వలన ఏర్పడు ప్రతిబింబము

$\left(\frac{360}{\theta}\right)$	వస్తువును ఉంచిన స్థితి	ప్రతిబింబముల సంఖ్య
సరి	సౌష్ఠవము	$n=\left(\frac{360}{\theta}-1\right)$
	అసౌష్ఠవము	$n=\left(\frac{360}{\theta}-1\right)$
బేసి	సౌష్ఠవము	$n=\left(\frac{360}{\theta}-1\right)$
	అసౌష్ఠవము	$n=\left(\frac{360}{\theta}\right)$



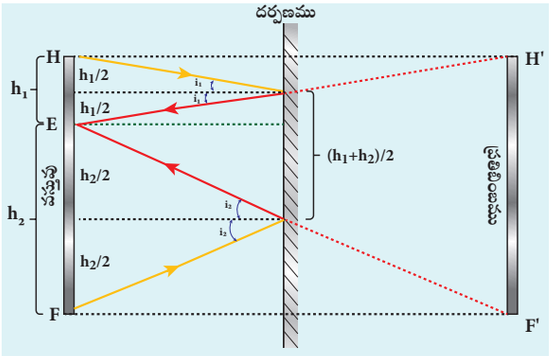
పటము 6.5 కొంత కోణముతో వాలుగా ఉంచబడిన దర్పణములచే ఏర్పడు ప్రతిబింబములు

ఉదాహరణ 6.2

ఒక వ్యక్తి తన పూర్తి ఆకారమును దర్పణములో చూడడానికి ఉండవలసిన దర్పణము యొక్క ఎత్తు ఎంత?

సాధన:

క్షితిజ లంబముగా గల ఒక సమతల దర్పణము ఎదుట 'h' ఎత్తు గల ఒక మనిషి నిలబడియున్నాడు అనుకొందాం. ఇప్పుడు కాంతి కిరణములు ఆ వ్యక్తి తల నుండి దర్పణముపై పడి పరావర్తనము చెంది అతని కంటిని చేరినపుడు, అతను తన తలను చూడగలడు. అదేవిధముగా కాంతి కిరణములు తన పాదము నుండి దర్పణముపై పడి పరావర్తనము చెంది అతని కంటిని చేరుట ద్వారా తన పాదములను చూడగలడు.



వ్యక్తి తల H నుండి తన కన్ను E కు మధ్య నున్న దూరము h_1 మరియు పాదము F నుండి కన్ను E కు మధ్య నున్న దూరము h_2. అయితే, అతని ఎత్తు h అవుతుంది.

అప్పుడు $h = h_1 + h_2$

పరావర్తన నియమము నుండి, రెండు అంత్య పరావర్తనములకు పతన కోణము మరియు పరావర్తన కోణము సమానముగా ఉంటుంది. ఆ రెండు బిందువుల మధ్య పతన కిరణము మరియు పరావర్తన కిరణముల మధ్య కోణ సమద్విఖండన రేఖను అభిలంబములుగా పరిగణిద్దాం. రేఖాగణిత నియమము ప్రకారము, వ్యక్తి, తన పూర్తి ఆకారాన్ని చూడడానికి తన ఎత్తులో సగం ఎత్తు గల దర్పణము అవసరమవుతుంది. $\frac{h_1+h_2}{2}=\frac{h}{2}$

దర్పణము యొక్క ఎత్తు వ్యక్తి మరియు దర్పణమునకు మధ్య గల దూరముపై ఆధారపడుతుందా?

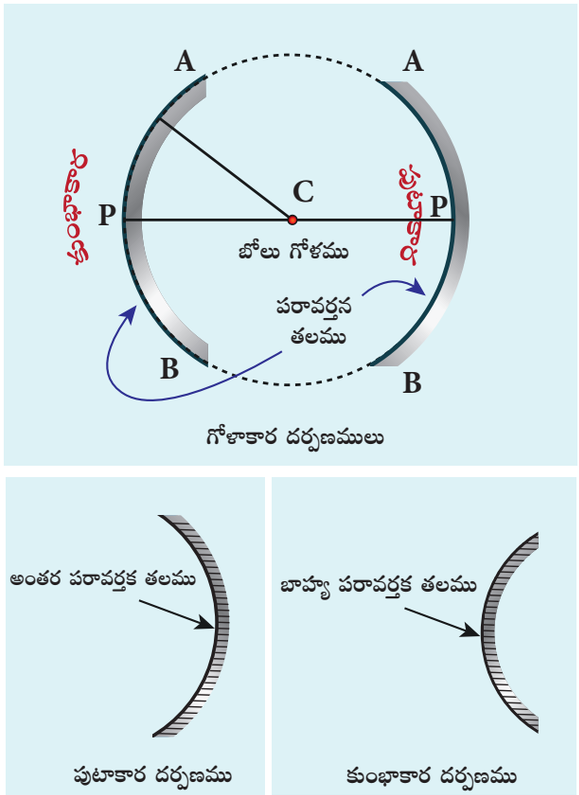
6.2 గోళాకార దర్పణములు (SPHERICAL MIRRORS)

ఇప్పుడు మనము గోళాకార తలములపై ఏర్పడు పరావర్తనములను గురించి అభ్యసిద్దాం.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 5 10-03-2023 16:39:53

ఒక బోలు గోళము నుండి కత్తరించబడిన భాగము గోళాకార తలముగా పనిచేస్తుంది. సాధారణముగా గోళాకార దర్పణములు గాజును ఉపయోగించి నిర్మించబడతాయి. గాజు యొక్క ఒక తలము వెండిచే పూత పూయబడియుండును. నునుపు చేయబడిన మరొక తలముపై పరావర్తనము జరుగును. నునుపు చేయబడిన దర్పణ తలము ఉబ్బెత్తుగా (కుంభాకారంగా) ఉన్నట్లయితే దానిని కుంభాకార దర్పణము (***convex mirror***) అంటారు. ఇది పటము 6.6లో చూపబడినది.

గోళాకార దర్పణములకు సంబంధించిన కొన్ని పదజాలములను గురించి ఇప్పుడు తెలుసుకొందాం.



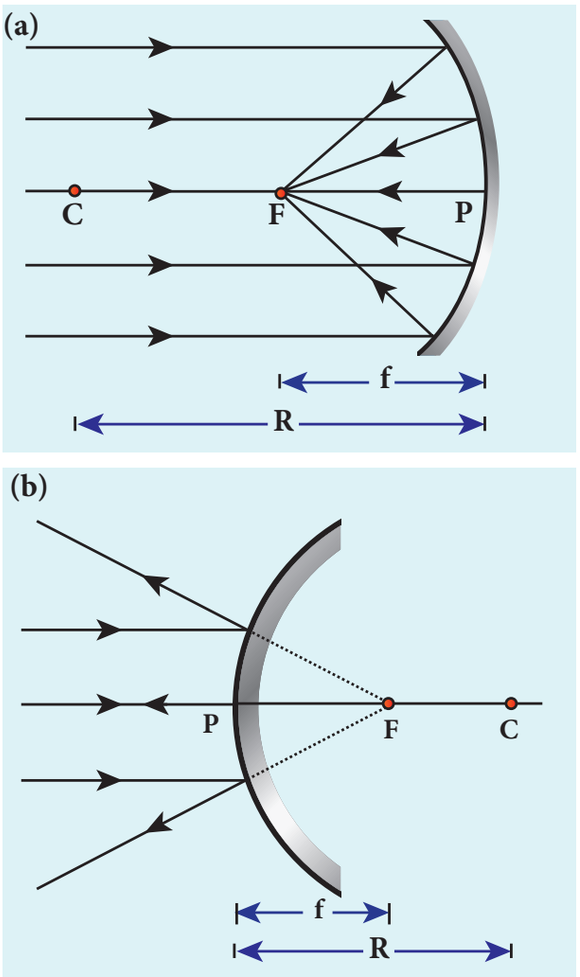
పటము 6.6 గోళాకార దర్పణములు

వక్రతా కేంద్రము (***Centre of curvature***): దర్పణము ఏ గోళములోని భాగముగా ఉన్నదో దాని కేంద్రమును వక్రతా కేంద్రము '*C*' అంటారు.

వక్రతా వ్యాసార్ధము (***Radius of curvature***): దర్పణము ఏ గోళములోని భాగముగా ఉన్నదో దాని వ్యాసార్ధమును వక్రతా వ్యాసార్ధము '*R*' అంటారు.

ధృవము (***Pole***) : గోళాకార దర్పణ తలము యొక్క మధ్య బిందువు లేదా దర్పణము యొక్క జ్యామితీయ కేంద్రము లేదా దర్పణ దృక్ కేంద్రమును ధృవము *P* అంటారు.

ప్రధాన అక్షము (***Principal axis***) : దర్పణము యొక్క ధృవము (***Pole***) మరియు వక్రత కేంద్రము (***Centre of curvature***) లను కలిపే రేఖను ప్రధాన అక్షము అంటారు. దర్పణ ప్రధాన అక్షము ద్వారా పయనించు కాంతి కిరణము పరావర్తనము చెందినపుడు అది అదే మార్గములో అనగా ప్రధాన అక్షము ద్వారా వెనుదిరుగుతుంది. దీనిని దృక్ అక్షము లేదా దృశాక్షము (optical axis) అని కూడా పిలుస్తారు.



పటము 6.7 (అ) పుటాకార (ఆ) కుంభాకార దర్పణ సంబంధ పదజాలముల వ్యక్తీకరణ

నాభి లేక నాభి బిందువు (***Focus (or) Focal point***): గోళాకార దర్పణముపై పతనమయ్యే కాంతి

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 6 10-03-2023 16:39:54

కిరణములు ప్రధాన అక్షమునకు సమాంతరముగా మరియు సమీపముగా పయనించినపుడు, దర్పణము పుటాకార దర్పణమైతే కాంతి కిరణములు ప్రధాన అక్షముపై ఒక బిందువు వద్ద కేంద్రీకరించబడుతాయి. దర్పణము కుంభాకార దర్పణమైతే కాంతి కిరణములు ప్రధాన అక్షముపై ఒక బిందువు నుండి విముఖీకరించబడుతాయి. ఈ బిందువును దర్పణ నాభి లేదా నాభి బిందువు F అంటారు.

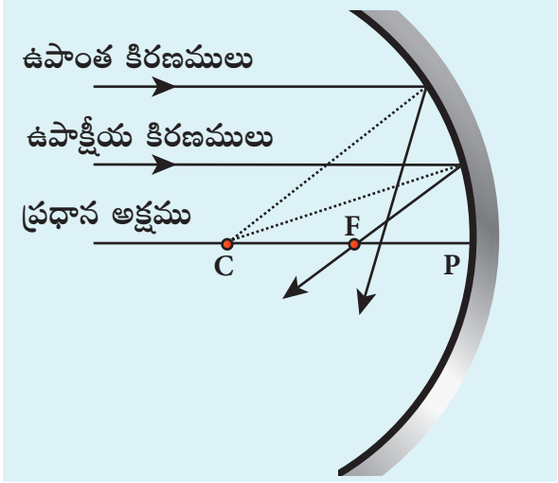
నాభ్యాంతరము (***Focal length***): దర్పణ ధృవము P మరియు ప్రధాననాభి F కు మధ్య గల దూరమును నాభ్యాంతరము 'f' అంటారు.

ప్రధాననాభి తలము (***Focal plane***): ప్రధాన అక్షమునకు లంబముగా మరియు ప్రధాననాభి గుండా పోవు తలమును దర్పణ నాభి తలము అంటారు.

పటము 6.7 లో కుంభాకార మరియు పుటాకార దర్పణములు రెండింటికీ పై నిర్వచించిన అన్ని పదజాలములు చూపబడియున్నవి.

6.2.1 ఉపాక్షీయ (Paraxial) మరియు ఉపాంత (Marginal) కిరణములు:

ప్రధాన అక్షమునకు అత్యంత సమీపముగా మరియు దానితో అత్యల్ప కోణము చేస్తూ పయనించు కిరణములను ఉపాక్షీయ కిరణములు అంటారు. ఇవి దర్పణ ధృవమునకు అత్యంత సమీపముగా దర్పణముపై పతనం చెందుతాయి. ప్రధాన అక్షమునకు దూరముగా మరియు ప్రధాన అక్షముతో అత్యధిక కోణము చేస్తూ పయనించు కాంతి కిరణములను ఉపాంత కిరణములు అంటారు. ఈ కిరణములు దర్పణముపై దాని ధృవమునకు దూరముగా పతనం చెందుతాయి. పటము 6.8లో చూపినట్లు ఈ కిరణములు వివిధ రకాలుగా ప్రవర్తిస్తాయి.(వేర్వేరు బిందువుల వద్ద కేంద్రీకరించబడుతాయి) ఈ అధ్యాయములో మనము ఉపాక్షీయ కిరణములు గురించి మాత్రమే అభ్యసించబోవుచున్నాము. ఉపాక్షీయ కిరణములు ప్రధాన అక్షముతో అత్యల్ప కోణమును ఏర్పరచుటచే మనము ఉత్తమ ఉజ్జాయింపును చేయుటకు వీలవుతుంది.



పటము 6.8 ఉపాక్షీయ మరియు ఉపాంత కిరణములు

6.2.2 F మరియు *R* మధ్య గల సంబంధము

దర్పణము యొక్క వక్రతా కేంద్రమును C అనుకొందాం. దర్పణముపై M వద్ద ప్రధాన అక్షమునకు సమాంతరముగా ఒక కాంతి కిరణము పతనమైనట్లు పరిగణిద్దాం. పరావర్తనాంతరం ఈ కాంతి కిరణము ప్రధాన నాభి 'F' ద్వారా ప్రసరిస్తుంది. పటము 6.9 (అ)లో దీనికి సంబంధించిన రేఖాగణిత నియమము చూపబడినది. M వద్ద దర్పణమును గీచిన అభిలంబరేఖ CM అవుతుంది.

ఇపుడు పతన కోణము మరియు పరావర్తన కోణము సమానముగా ఉంటుంది. దీనిని i అనుకొందాం.

M నుండి ప్రధాన అక్షమునకు MP లంబముగా ఉన్నట్లయితే, కోణములు $\angle MCP = i$ మరియు $\angle MFP = 2i$ అవుతుంది. లంబకోణ త్రిభుజములు ΔMCP మరియు ΔMFP ల నుండి,

$$\tan i = \frac{PM}{PC} \quad \text{మరియు} \quad \tan 2i = \frac{PM}{PF}$$ అని వ్రాయవచ్చు.

కోణము యొక్క పరిమాణము అత్యల్పము కనుక, $\tan i \oplus i$ మరియు $\tan 2i \oplus 2i$ అవుతుంది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 7 10-03-2023 16:39:55

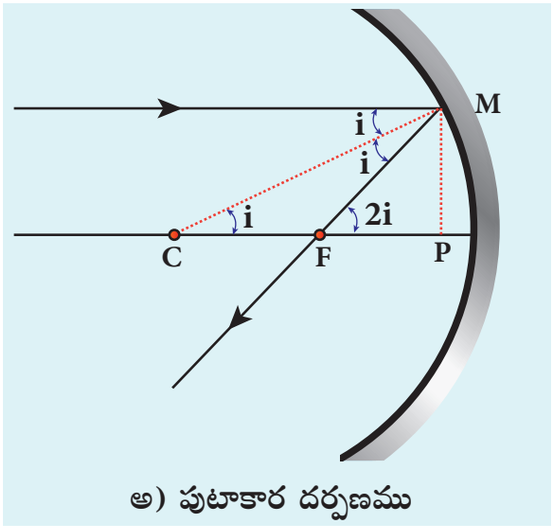
$$i = \frac{PM}{PC} \text{ మరియు } 2i = \frac{PM}{PF}$$

దీనిని సూక్ష్మీకరించగా,

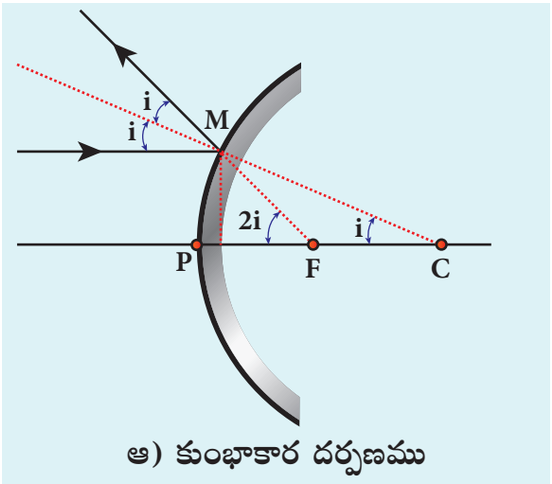
$$2\frac{PM}{PC} = \frac{PM}{PF};\ 2PF = PC$$

ఇక్కడ PF అనునది నాభ్యాంతరం f మరియు PC అనునది వక్రతా వ్యాసార్ధం R అవుతుంది.

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



అ) పుటాకార దర్పణము



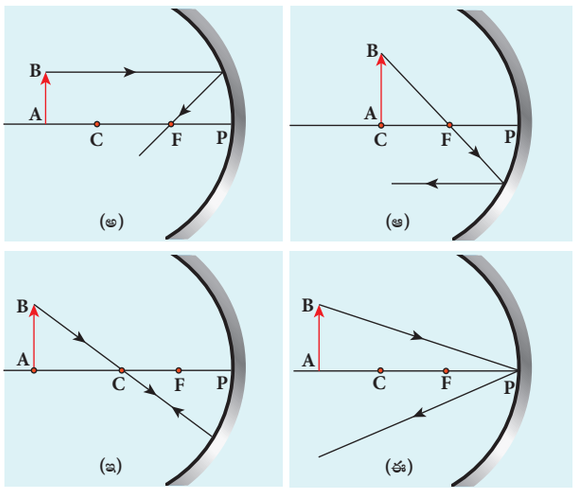
ఆ) కుంభాకార దర్పణము

పటము 6.9 f మరియు R మధ్య గల సంబంధము

సమీకరణము 6.4 మనకు f మరియు R ల మధ్య సంబంధమును తెలుపుతుంది. పటము 6.9 (ఆ) లో కుంభాకార దర్పణ నిర్మాణము చూపబడినది.

6.2.3 గోళాకార దర్పణములో ప్రతిబింబము ఏర్పడుట (Image formation in spherical mirrors)

గోళాకార దర్పణముల ద్వారా ఏర్పడు ప్రతిబింబము యొక్క స్థానము, పరిమాణము మొదలగువాటిని గురించి కిరణ చిత్రపటమును నిర్మించి తెలుసుకొను పద్ధతిని కిరణ అనులేఖనము (Ray tracing) అని అంటారు. ప్రతిబింబము ఏర్పడు బిందువును గుర్తించుటకు ఆ బిందువు వద్ద కనీసము రెండు కిరణములు కలుసుకొనేటట్లు ఉండాలి. పటము 6.10లో చూపినట్లు మనము నాలుగు కిరణములలో కనీసం రెండు కిరణములనైనా ఉపయోగించవలసి ఉంటుంది.



పటము 6.10 ప్రతిబింబ అనులేఖనం

(i) ప్రధాన అక్షమునకు సమాంతరముగా పయనించే కాంతి కిరణము పరావర్తనానంతరం ప్రధాన నాభి గుండా పోతుంది. (లేదా పోతున్నట్లు అనిపిస్తుంది) (పటము 6.10(అ))

(ii) ప్రధాన నాభి గుండా ప్రసరించు (లేదా ప్రసరిస్తున్నట్లు అనిపించు) కాంతి కిరణము పరావర్తనానంతరము ప్రధాన అక్షమునకు సమాంతరముగా పయనిస్తుంది (పటము 6.10(ఆ))

(iii) వక్రతా కేంద్రము ద్వారా ప్రసరించే కాంతి కిరణము అది లంబ పతనమగుట వలన పరావర్తనానంతరం అది అదే మార్గములోనే వెనుదిరుగుతుంది. (పటము 6.10 (ఇ))

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 8 10-03-2023 16:39:57

(iv) దర్పణ ధృవముపై పడిన కాంతి కిరణములు పరావర్తన నియమము ఆధారంగా ప్రధాన అక్షమును లంబముగా ఎంచుకొని పరావర్తనము చెందుతాయి. (పటము 6.10(ఈ))

6.2.4 కార్టీషియన్ సంజ్ఞా సాంప్రదాయము (Cartesian sign convention)

ప్రతిబింబ అనులేఖన ప్రక్రియ (ప్రతిబింబ స్థానమును కనుగొనుట)లో మనము సాధారణముగా వస్తువు దూరము u, ప్రతిబింబ దూరము v, వస్తువు ఎత్తు h, ప్రతిబింబ ఎత్తు h', నాభ్యాంతరం f మరియు వక్రతా వ్యాసార్ధం R అనే రాశులను చర్చిస్తాము. ఈ రాశులు సంజ్ఞా సాంప్రదాయ వ్యవస్థను ఖచ్చితంగా పాటించాలి. అప్పుడు వీటి మధ్య గల సంబంధము అన్ని భౌతిక పరిస్థితులలోనూ స్థిరంగా ఉంటుంది. దీనికొరకు మనము కార్టీషియన్ సంజ్ఞా సాంప్రదాయమును పాటిద్దాం. ఇది ప్రస్తుతము విస్తృతంగా వాడబడుచున్నది. ఇది పటము 6.11లో చూపబడియున్నది. ఇందులోని అంశములు క్రింద ఇవ్వబడియున్నవి.

(i) పతన కిరణమును దర్పణము యొక్క ఎడమ నుండి కుడివైపునకు పయనించుచున్నదిగా తీసుకొనవలెను. (అనగా వస్తువు దర్పణమునకు ఎడమ వైపు ఉండవలెను).

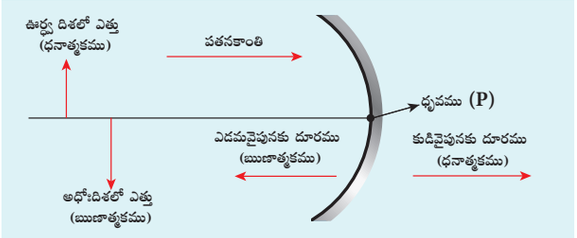
(ii) అన్ని దూరములు దర్పణ ధృవము వద్ద నుండి కొలవబడుతాయి (దర్పణ ధృవమును ఆదిబిందువుగా తీసుకోవాలి)

(iii) ప్రధాన అక్షము గుండా ధృవమునకు కుడివైపు గల దూరమును కొలుచునపుడు, దానిని ధనాత్మకముగా తీసుకొనవలెను.

(iv) ప్రధాన అక్షము గుండా ధృవమునకు ఎడమవైపు గల దూరమును కొలుచునపుడు, దానిని ఋణాత్మకముగా తీసుకోవలెను.

(v) ప్రధాన అక్షమునకు లంబముగా ఊర్ధ్వ దిశలో కొలిచే ఎత్తును ధనాత్మకముగా తీసుకోవాలి.

(vi) ప్రధాన అక్షమునకు లంబముగా అధోఃదిశలో కొలిచే ఎత్తును ఋణాత్మకముగా తీసుకోవాలి.



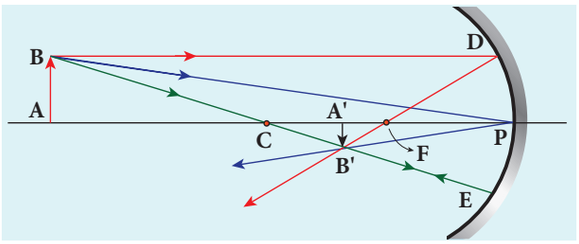
పటము 6.11 కార్టీషియన్ సంజ్ఞా సాంప్రదాయము

6.2.5 దర్పణ సమీకరణము (Mirror equation)

ఒక గోళాకార దర్పణమునకు సంబంధించి వస్తు దూరము u, ప్రతిబింబ దూరము v మరియు నాభ్యాంతరము f ల మధ్య గల సంబంధమును దర్పణ సమీకరణము ఇచ్చును.

ఒక పుటాకార దర్పణ ప్రధాన అక్షముపై వక్రతా కేంద్రము C నకు అవతలి వైపు AB అనే వస్తువును పరిగణిద్దాం. పటము 6.12లో ప్రతిబింబము ఏర్పడుట చూపబడినది. ఇప్పుడు వస్తువు యొక్క బిందువు B నుండి మూడు ఉపాక్షీయ కిరణములు వస్తున్నవని అనుకొందాం. మొదటి ఉపాక్షీయ కిరణము BD ప్రధాన అక్షమునకు సమాంతరముగా పయనిస్తున్నది. ఇది పుటాకార దర్పణములో D బిందువు వద్ద దర్పణము P నకు సమీపంగా పతనం చెందుతుంది. ఈ పతనం చెందిన కిరణము ప్రధాన నాభి F ద్వారా పరావర్తనం చెందుతుంది. రెండవ ఉపాక్షీయ కిరణము BP దర్పణ ధృవము P వద్ద పతనం చెంది, PB' మార్గములో పరావర్తనం చెందుతుంది. ఇక మూడవ ఉపాక్షీయ కిరణము BC వక్రతా కేంద్రము ద్వారా ప్రసరించి దర్పణముపై E బిందువు వద్ద అభిలంబముగా పతనం చెందుతుంది. ఈ కిరణము పరావర్తనం చెంది అదే మార్గములో వెనుదిరుగుతుంది. ఈ మూడు కిరణములు B' బిందువు వద్ద ఒకదానికొకటి ఖండించుకొంటాయి. ప్రధాన అక్షమునకు గీచిన లంబ రేఖ $A'B'$ తలక్రిందులైన నిజప్రతిబింబమును ఇస్తుంది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 9 10-03-2023 16:39:57



పటము 6.12 దర్పణ సమీకరణము

పరావర్తన నియమము నుండి, పతన కోణము $\angle BPA$ పరావర్తన కోణము $\angle B'PA'$ నకు సమానముగా ఉంటుంది.

ΔBPA మరియు $\Delta B'PA'$ త్రిభుజములు సరూప త్రిభుజములు. కావున సరూప త్రిభుజ నియమము నుండి,

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

అలాగే ΔDPF మరియు $\Delta B'A'F$ లు మరొక జత సరూప త్రిభుజములు (ఇక్కడ PD అనునది దాదాపు క్షితిజ లంబ సరళరేఖగా ఉంటుంది.)

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

$PD = AB$ కనుక పై సమీకరణమును క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు.

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

సమీకరణము 6.5 మరియు 6.6ల నుండి

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

కాని $A'F = PA' - PF$ కనుక పై సమీకరణమును క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

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

PA, PA′ మరియు PFలు అల్ప దూరములు మాత్రమే సమీకరణముల ఉత్పాదన సాధారణ రూపమును కలిగి యుండునట్లు మనము ఇక్కడ సంజ్ఞ సంప్రదాయములను ఉపయోగిస్తాము. ఉత్పాదించబడిన సాధారణ సమీకరణములు ఏ పటములో చూపినట్లు కాకుండా ఇతర పరిస్థితులకు అనుగుణంగా వుంటుంది.

$\therefore$ PA = $-u$, PA′ = $-v$ మరియు PF = $-f$ ను సమీకరణము (6.7) నందు ప్రతిక్షేపించగా

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

సంజ్ఞా సాంప్రదాయము ప్రకారము, పై మూడు దూరములు ఋణాత్మకముగా ఉంటాయి. ఎందుకనగా ఇవి ధ్రువము నుండి ఎడమవైపుకు కొలవబడినది. ఇప్పుడు సమీకరణము 6.7ను క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చును.

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

పై సమీకరణమును సూక్ష్మీకరించగా

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

రెండు వైపులా v, తో భాగించగా

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

పునర్వ్యవస్థీకరించి వ్రాయగా

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

సమీకరణము 6.8ని దర్పణ సమీకరణము అని అంటారు. ఈ సమీకరణము పటము 6.12లో చూపినట్లు ప్రత్యేక పరిస్థితులకు ఉత్పాదించబడినది. కాని ఇది ఏ ఇతర గోళాకార దర్పణము వల్ల పరావర్తనమునకు సంబంధించిన అన్ని సందర్భాలకు చెల్లుబాటు అగును. ఎందుకనగా సమీకరణము 6.7లో u, v మరియు f లకు నిర్దిష్ట సంజ్ఞా సాంప్రదాయమును అనుసరించబడినది.

6.2.6 గోళాకార దర్పణములో పార్శ్వ ఆవర్ధనము (Lateral magnification in spherical mirrors)

పార్శ్వ లేక విలోమ ఆవర్ధనము (*Lateral* (or) *transverse* magnification) m ను ప్రతిబింబము ఎత్తు మరియు వస్తువు యొక్క ఎత్తుల మధ్య గల నిష్పత్తి అని నిర్వచించవచ్చును. వస్తువు మరియు ప్రతిబింబ ఎత్తులను ప్రధాన అక్షమునకు లంబముగా కొలుస్తారు.

$$\text{ఆవర్ధనము } (m) = \frac{\text{ప్రతిబింబ ఎత్తు } (h')}{\text{వస్తువు ఎత్తు } (h)}$$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 10 10-03-2023 16:40:00

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

సమీకరణము 6.5కు సంజ్ఞా సాంప్రదాయము అనువర్తింపజేయగా

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

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

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

పై సమీకరణమును సూక్ష్మీకరించగా

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

దర్పణ సమీకరణమును ఉపయోగించి ఆవర్ధన సమీకరణమును క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు

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

గమనిక

9వ తరగతి విజ్ఞానశాస్త్ర పాఠ్యపుస్తకము నుండి ఇదివరకే అభ్యసించిన అంశములు వస్తువును వేర్వేరు నిర్ధిష్ట దూరములో ఉంచి పుటాకార మరియు కుంభాకార దర్పణములలో ప్రతిబింబము ఏర్పరచుట, ప్రతిబింబ స్వభావము వంటి వాటిని గుర్తుచేసుకోమని విద్యార్థులకు సలహా ఇవ్వండి.

ఉదాహరణము 6.3

15.0సెం.మీ నాభ్యాంతరము గల ఒక పుటాకార దర్పణము నుండి 20.0సెం.మీ దూరములో ఒక వస్తువు ఉంచబడినది. అయితే

(అ) స్పష్టమైన ప్రతిబింబమును పొందుటకు దర్పణమునకు మరియు తెరకు మధ్య ఉండవలసిన దూరమెంత?

(ఆ) ఏర్పడిన ప్రతిబింబ స్వభావము ఎలా ఉంటుంది?

సాధన

దత్తాంశము $f = -15$ సెం.మీ, $u = -20$సెం.మీ

(అ) దర్పణ సమీకరణము, $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

v ను కనుగొనుటపై సమీకరణమును పునర్వ్యవస్థీకరించి వ్రాయగా, $\frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u}$

f మరియు u విలువలను ప్రతిక్షేపించగా,

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

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

$c = -60.0$ సెం.మీ

పుటాకార దర్పణము నుండి ఎడమవైపుగా 60సెం.మీ దూరములో తెరను ఉంచాలి.

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

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

ఆవర్ధనము ఋణాత్మకముగా ఉండుటచే ప్రతిబింబము తలక్రిందులుగా ఉంటుంది.

ఆవర్ధనము యొక్క వాలు 3 కనుక ప్రతిబింబము వస్తువు కంటే 3 రెట్లు పెద్దదిగా ఉంటుంది.

ప్రతిబింబము పుటాకార దర్పణమునకు ఎడమ వైపున ఏర్పడినందు వలన అది నిజప్రతిబింబముగా ఉంటుంది.

ఉదాహరణము 6.4

f నాభ్యాంతరము గల పుటాకార దర్పణ దృశాక్షముపై $f/3$ పొడవు గల ఒక పలుచని కడ్డీని ఉంచినపుడు కడ్డీ యొక్క పొడవైన మరియు నిజ ప్రతిబింబము యొక్క ఒక కొన సదరు కడ్డీ యొక్క కొనను తాకుచున్నది. అయితే ఇందులో అనుదైర్ఘ్య ఆవర్ధనమును లెక్కించండి.

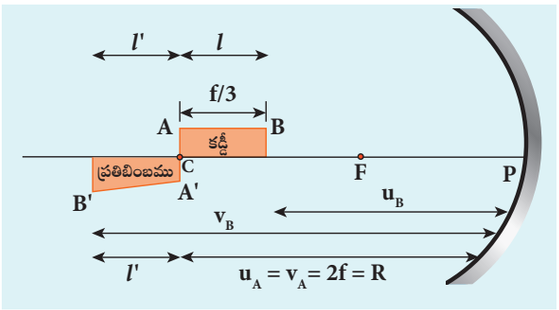
సాధన

$$\text{ఆవర్ధనము } (m_l) = \frac{\text{ప్రతిబింబ పొడవు } (l')}{\text{వస్తువు పొడవు } (l)}$$

దత్తాంశము : వస్తువు పొడవు, $l = \frac{f}{3}$

ఇవ్వబడిన నిబంధనలకు అనుగుణముగా ప్రతిబింబము ఏర్పడుట క్రింది పటములో చూపబడినది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 11 10-03-2023 16:40:03



ప్రతిబింబము పొడవును l' అనుకొందాం. అప్పుడు

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

ప్రతిబింబము యొక్క ఒక కొన సదరు వస్తువు యొక్క కొనతో ఏకీభవిస్తున్నది. కావున ఏకీభవిస్తున్న కొన వక్రతా కేంద్రము వద్ద ఉంటుంది.

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

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

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

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

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

సూక్ష్మీకరించగా,

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

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

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

6.3 కాంతి వేగము (SPEED OF LIGHT)

శూన్యములో కాంతి అత్యంత వేగముగా ప్రయాణిస్తున్నది. శూన్యములో కాంతి వేగమును c అను అక్షరముచే సూచిస్తారు. దీని విలువ $c = 3 \times 10^8$ మీ సె$^{-1}$. హిప్పోలైట్ ఫిజూ (1819–1896) అనే ఫ్రెంచ్ శాస్త్రవేత్త కాంతివేగమును నిర్ధారించుటకు మొదటి ప్రయత్నము గావించాడు. ఇది ఇతర శాస్త్రవేత్తలకు కూడా కాంతి వేగమును నిర్ధారించుటకు మార్గమును సుగమం చేసింది.

6.3.1 కాంతి వేగము నిర్ధారించుటకు ఫిజూ పద్ధతి (Fizeau's method to determine speed of light)

కావలసిన పరికరములు: పటము 6.13లో గాలి యానకము నందు కాంతి వేగము నిర్ధారించుటకు ఫిజూ ఉపయోగించిన పరికరములు చూపబడినది. కాంతి జనకము S నుండి వచ్చే కాంతి కిరణములను మొట్టమొదట పతన కాంతికి 45° కోణములో ఉంచిన పాక్షిక వెండిపూత పూయబడిన గాజు పలక G పై పడునట్లు చేయాలి. తరువాత N పళ్ళు (teeth) కలిగిన ఒక భ్రమణ పళ్ళ చక్రముపై కాంతిని ప్రసరింపజేయాలి. ఇందులో N పళ్ళు మరియు సమాన వెడల్పు గల N ఖండితములు కలిగి ఉండి దాని భ్రమణము ఒక బాహ్య యాంత్రికత మూలముగా నియంత్రించబడుతుంది. (ఇది పటములో చూపబడలేదు) చక్రములో గల ఒక ఖండితము ద్వారా ప్రసరించిన కాంతి పళ్ళ చక్రము నుండి సుదూరము d (దాదాపు 8కి.మీ) వద్ద ఉంచబడిన దర్పణము M పై పడి పరావర్తనము చెందుతుంది. ఇక్కడ పళ్ళ చక్రము భ్రమణం చెందునప్పుడు దర్పణము నుండి పరావర్తనం చెందిన కాంతి అదే ఖండితము ద్వారా మరలా ప్రసరించి అది పాక్షికముగా వెండి పూత పూయబడిన గాజు పలక ద్వారా చూస్తున్న పరిశీలకుని కంటిని చేరుతుంది.

పనిచేయు విధానము: పళ్ళ చక్రములోని ఒక ఖండితము ద్వారా ప్రసరించిన కాంతి కిరణము

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 12 10-03-2023 16:40:05

దర్పణము ద్వారా పరావర్తనం చెందిన తరువాత, మొదటి ఖండితపు ఆసన్న పన్నుచే పూర్తిగా నిరోధించబడునంత వరకు భ్రమణంలోని పళ్ళ చక్రము యొక్క కోణీయ వేగమును "0" నుండి ఒక నిర్ధిష్ట విలువ ω వరకు పెంచాలి. ఈ విషయమును పాక్షికంగా వెండి పూత పూయబడిన గాజు పలక ద్వారా చూస్తున్నప్పుడు, కాంతి కిరణము పూర్తిగా అదృశ్యమవడం నుండి మనము నిర్ధారించవచ్చును.

కాంతి వేగమునకు సమీకరణము: గాలిలో కాంతి వేగమును దూరము $2d$ (పళ్ళ చక్రము నుండి దర్పణమును చేరిన కాంతి మరలా వెనకకు మరలి ప్రయణించిన దూరము) మరియు ప్రయాణించుటకు తీసుకొన్న కాలమునకు మధ్యగల నిష్పత్తి అని నిర్వచించవచ్చు.

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

క్రింది అమరిక నుండి దూరము d విలువను తెలుసుకొనవచ్చు. కాంతి $2d$ దూరమును ప్రయాణించుటకు తీసుకొన్న కాలము t ను పళ్ళ చక్రము యొక్క కోణీయ వేగము ω నుండి లెక్కించవచ్చు.

మొదటిసారి కాంతి అదృశ్యమైనపుడు పళ్ళ చక్రము యొక్క కోణీయ వేగము ω (రేడియన్ సె$^{-1}$ ప్రమాణములతో)ను క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు.

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

ఇక్కడ θ అనునది ఒక పళ్ళు మరియు దాని ప్రక్కన గల ఖండితము t కాలములో తిరిగినపుడు వాటి మధ్య ఏర్పడు కోణము.

$$\theta = \frac{\text{రేడియన్‌లలో వృత్తము యొక్క మొత్తం కోణము}}{\text{పళ్ళ సంఖ్య + ఖండితముల సంఖ్య}}$$

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

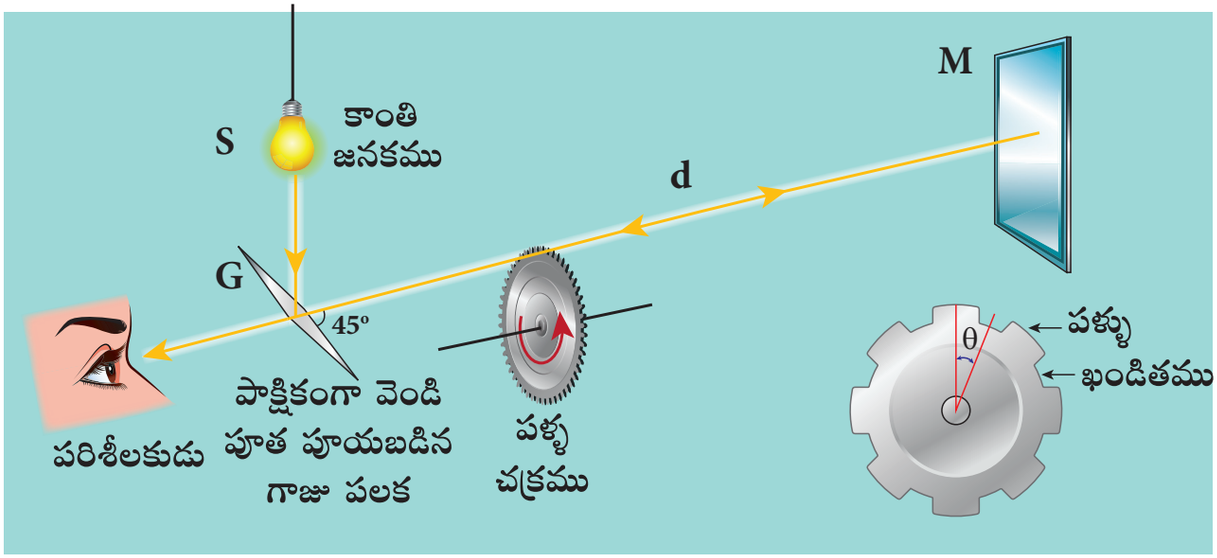
6.13 సమీకరణములోని θ విలువను ప్రతిక్షేపించగా

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

పై సమీకరణమును t కొరకు పునర్వ్యవస్థీకరించి వ్రాయగా;

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

దీనిని సమీకరణం 6.12లో ప్రతిక్షేపించగా



పటము 6.13 ఫిజూ పద్ధతి ద్వారా కాంతి వేగమును కనుగొనుట

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 13 10-03-2023 16:40:06

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

పునర్వ్యవస్థీకరించి వ్రాయగా

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

పళ్ళ చక్రములో ఆసన్న పళ్ళు కాంతిని నిరోధించినపుడు కాంతి యొక్క కనిష్ట తీవ్రతను వీక్షణ పరముగా అంచనా వేయుటకు ఫిజూ కొంత ఇబ్బంది పడ్డారు. ఇతనిచే నిర్ధారించబడిన కాంతి వేగం యొక్క విలువ వాస్తవ విలువకు అత్యంత సమీపముగా ఉండినది. కొంత కాలము పిదప ఫిజూ యొక్క భావనలు మరియు అధునాతనమైన పరికరములను ఉపయోగించి గాలిలో కాంతి వేగము $v = 2.99792 \times 10^8$ మీ. సె$^{-1}$ అని నిర్ధారించబడినది.

గమనిక

పళ్ళ చక్రము యొక్క భ్రమణ వేగమును "0" నుండి ω వరకు మొదటిసారి పెంచినపుడు కాంతి అదృశ్యమవుతుంది. ఈ భ్రమణ వేగమును 2ωకు పెంచినపుడు పరావర్తన కాంతి దాని తరువాతి ఖండితము ద్వారా ప్రసరించుటచే అది మరలా కనబడుతుంది. కనుక ω యొక్క ప్రతి బేసి విలువకు కాంతి అదృశ్యమవుతుంది (పళ్ళచే నిరోధించబడుతుంది) మరియు ω యొక్క ప్రతి సరి విలువకు కాంతి కనబడుతుంది (ఖండితముచే పరావర్తిత కాంతి ప్రసరిస్తుంది).

6.3.2 శూన్యములో మరియు ఇతర యానకములలో కాంతి వేగము (Speed of light through vacuum and different media)

ఫౌకాల్ట్ (1819–1868) మరియు మైకెల్‌సన్ (1852–1931) అను శాస్త్రవేత్తలు వేర్వేరు యానకములలో కాంతి యొక్క వేగమును కనుగొనుటకు కాంతి ప్రసరణ మార్గములలో గాజు, నీరు మొదలగు వేర్వేరు పారదర్శక యానకములను ఉంచిరి. అదేవిధముగా శూన్యములో కాంతి వేగమును కనుగొనుటకు కాంతి ప్రసరణ మార్గములో శూన్యపరచబడిన గాజు గొట్టములను ఉంచిరి. దీని నుండి కాంతి వేగము శూన్యములో కంటే ఇతర యానకములలో తక్కువ అని కనుగొనబడినది. శూన్యంలో కాంతి వేగం $c = 3 \times 10^8$ మీ. సె$^{-1}$ అని నిర్ధారించబడినది. గాలిలో కాంతి వేగము శూన్యములో కాంతి వేగమునకు దాదాపు సమానమని మనకు తెలియుచున్నది.

6.3.3 వక్రీభవన గుణకము (Refractive index)

శూన్యములో కాంతి వేగము c మరియు యానకములో కాంతి వేగము v మధ్యగల నిష్పత్తిని ఒక పారదర్శక యానకము యొక్క వక్రీభవన గుణకము అని నిర్వచించవచ్చు.

ఒక యానకము యొక్క వక్రీభవన గుణకము n $=$ శూన్యములో కాంతి వేగము (C) / యానకములో కాంతి వేగము (v)

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

Rఒక పారదర్శక యానక వక్రీభవన గుణకము అనునది ఆ యానకములో కాంతి వేగమునకు సంబంధించిన భావనను అందిస్తుంది.

ఉదాహరణము 6.5

స్వచ్ఛమైన నీటి యొక్క వక్రీభవన గుణకము 1.33. అయితే దాని ద్వారా ప్రసరించే కాంతి వేగమును లెక్కించండి.

సాధన

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

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

స్వచ్ఛమైన నీటి ద్వారా కాంతి 2.26×10^8 మీ సె$^{-1}$ వేగముతో ప్రయాణిస్తుంది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 14 10-03-2023 16:40:07

వక్రీభవన గుణకమునకు ప్రమాణములు లేవు. శూన్యమునకు వక్రీభవన గుణకము అత్యల్పముగా ఉంటుంది. దీని విలువ 1. ఇతర యానకములకు వక్రీభవన గుణకము విలువ 1 కంటే ఎక్కువగా ఉంటుంది. వక్రీభవన గుణకమును యానకము యొక్క దృక్ సాంద్రత (optical density) అని కూడా పిలుస్తారు. యానకము యొక్క వక్రీభవన గుణకము ఎక్కువైతే ఆ యానకములో కాంతి వేగము తక్కువగా ఉంటుంది. దీనికి విలోమంగా యానకము వక్రీభవన గుణకము తక్కువైతే ఆ యానకములో కాంతి వేగము ఎక్కువగా ఉంటుంది. (యానక పదార్థము యొక్క ద్రవ్యరాశి సాంద్రత (mass density)తో దృక్ సాంద్రతను ముడిపెట్టకూడదు). వేర్వేరు యానకముల వక్రీభవన గుణకములు పట్టిక 6.2లో ఇవ్వబడినది.

పట్టిక 6.2 వేర్వేరు యానకముల వక్రీభవన గుణకములు

యానకము	వక్రీభవన గుణకము
శూన్యము	1.00
గాలి	1.0003
కార్బన్ డై ఆక్సైడ్ వాయువు	1.0005
మంచు	1.31
స్వచ్ఛమైన నీరు	1.33
ఇథైల్ ఆల్కహాల్	1.36
క్వార్ట్జ్	1.46
వెజిటబుల్ నూనె	1.47
ఆలివ్ నూనె	1.48
అక్రిలిక్	1.49
సాధారణ ఉప్పు	1.51
గాజు	1.52
సఫైర్ (నీలము)	1.77
జిర్కోన్	1.92
క్యూబిక్ జిర్కోనియా	2.16
వజ్రం	2.42
గాలియం ఫాస్ఫైడ్	3.50

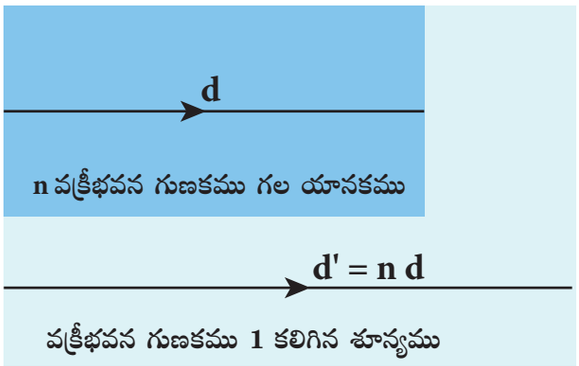
6.3.4 దృక్ పథము లేదా దృక్ మార్గము (Optical path)

ఒక యానకములో కాంతి d దూరమును ప్రయాణించుటకు ఎంతకాలం తీసుకొంటుందో, అదే కాల వ్యవధిలో శూన్యములో కాంతి ప్రయాణించిన దూరము d' ను ఆ యానకము యొక్క దృక్ పథము అని అంటారు.

ఒక యానకము యొక్క వక్రీభవన గుణకము n అని, దాని మందమును d అని అనుకొందాం. కాంతి ఈ యానకము ద్వారా t కాలములో v వేగముతో ప్రయాణిస్తుంది. అప్పుడు ఈ యానకములో కాంతి వేగమును క్రింది విధముగా చెప్పవచ్చు.

$v = \frac{d}{t}$; t కొరకు పునర్వ్యవస్థీకరించి వ్రాయగా $t = \frac{d}{v}$

అంతే కాలవ్యవధి t లో, కాంతి శూన్యము ద్వారా అత్యంత వేగము c తో అత్యధిక దూరము d' ప్రయాణిస్తుంది. ఇది పటము 6.14లో చూపబడినది. ఇప్పుడు మనము దీనిని క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు.



పటము 6.14 దృక్ పథము

$c = \frac{d'}{t}$; t కొరకు వ్యవస్థీకరించి వ్రాయగా, $t = \frac{d'}{c}$

పై రెండు సందర్భములలో కాంతి ప్రయాణించుటకు తీసుకొన్న కాలము సమానము

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 15 10-03-2023 16:40:08

కనుక, కాలము t ను మనము సమానముగా తీసుకోవచ్చు.

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

d' కొరకు వ్యవస్థీకరించి వ్రాయగా, $d'=\frac{c}{v}d$

కాని $\frac{c}{v}=n$; కనుక దృక్ మార్గము d' ను క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు.

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

ఒక యానకమునకు n విలువ ఎల్లప్పుడూ 1 కంటే ఎక్కువగా ఉంటుంది. కనుక ఒక యానకము యొక్క దృక్ పథము d' ఎల్లప్పుడూ d కంటే ఎక్కువగా ఉంటుంది.

ఉదాహరణము 6.6

కాంతి గాలి నుండి 50సెం.మీ మందము మరియు 1.5 వక్రీభవన గుణకము కలిగిన ఒక గాజు దిమ్మెలోకి ప్రయాణిస్తుంది. అయితే

(అ) గాజు దిమ్మెలో కాంతి వేగము ఎంత?

(ఆ) గాజు దిమ్మెలో కాంతి ప్రయాణించుటకు తీసుకొన్న కాలము ఎంత?

(ఇ) గాజు దిమ్మె యొక్క దృక్ పథము ఎంత?

సాధన

దత్తాంశము: గాజు దిమ్మె మందము
d = 50సెం.మీ = 0.5 మీ, వక్రీభవన గుణకము, $n = 1.5$

వక్రీభవన గుణకము, $n=\frac{c}{v}$

(a) గాజు దిమ్మెలో కాంతి వేగము,

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

(b) గాజు దిమ్మె ద్వారా కాంతి ప్రయాణించుటకు పట్టిన కాలం,

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

(c) దృక్ పథము,

$$d'=nd=1.5\times0.5=0.75 \text{ మీ}=75 \text{ సెం.మీ}$$

కాంతి ప్రసార మార్గములో గాజు దిమ్మె లేకున్నచో అది శూన్యము ద్వారా అదనముగా 25సెం.మీ (75సెం.మీ −50సెం.మీ) దూరము ప్రయాణించి ఉంటుంది.

6.4 వక్రీభవనము (REFRACTION)

ఒక సరిహద్దు ద్వారా ఒక దృక్ యానకము నుండి మరొక దృక్ యానకములోకి కాంతి ప్రసరించుటను వక్రీభవనము అంటారు. వక్రీభవన దృగ్విషయమునందు, ఒక యానకములోని పతన కోణము i మరియు మరొక యానకములోని వక్రీభవన కోణము r లను కాంతి పతన బిందువు వద్ద తలమునకు గీచిన లంబము పరముగా కొలుస్తారు. వక్రీభవన నియమములు క్రింద పేర్కొనబడినవి.

(i) పతన కిరణము, వక్రీభవన కిరణము మరియు వక్రీభవన తలమునకు గీచిన లంబము అన్నియూ ఒకే తలములో ఉంటాయి.

(ii) మొదటి యానకములో పతన కోణము i యొక్క సైన్ విలువకు మరియ రెండవ యానకములో వక్రీభవన కోణము r యొక్క సైన్ విలువకు ఉన్న నిష్పత్తి రెండవ యానకము యొక్క వక్రీభవన గుణకము n_2 మరియు మొదటి యానకము యొక్క వక్రీభవన గుణకము n_1 ల నిష్పత్తికి సమానముగా ఉంటుంది.

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

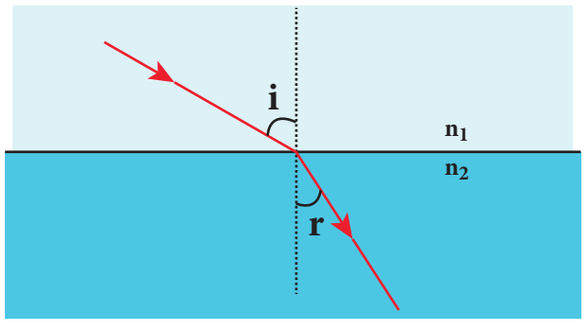
పై సమీకరణము నిష్పత్తి రూపములో ఉన్నది. దీనిని లబ్ద రూపములో కూడా వ్రాయవచ్చు.

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

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 16 10-03-2023 16:40:10

వక్రీభవన నియమమును స్నెల్ నియమము అని కూడా అంటారు.

పటము 6.15లో రెండు యానకముల సరిహద్దు వద్ద వక్రీభవనము చూపబడినది.



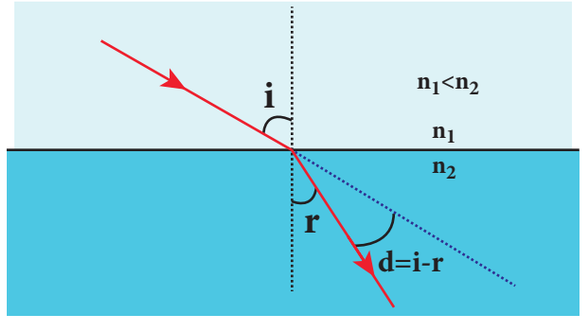
పటము 6.15 కాంతి వక్రీభవనము



ఒక తలముపై కాంతి లంబముగా పతనం చెందినపుడు, పతన కోణము శూన్యముగా ఉంటుంది.

6.4.1 వక్రీభవనము వలన ఏర్పడు విచలన కోణము (Angle of deviation due to refraction)

వక్రీభవనం వలన ఏర్పడు పతన కాంతి కిరణము మరియు విచలన కాంతి కిరణముల దిశకు మధ్య గల కోణమును విచలన కోణము (deviation angle) అంటాము అని మనకు తెలుసు. పటము 6.16లో కాంతి కిరణము విరళ (rarer) యానకము నుండి సాంద్రతర (denser) యానకములోకి ప్రయాణించినపుడు, అది లంబము వైపుగా విచలనం చెందునని చూపబడినది. ఈ సందర్భములో విచలన కోణమును క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు.

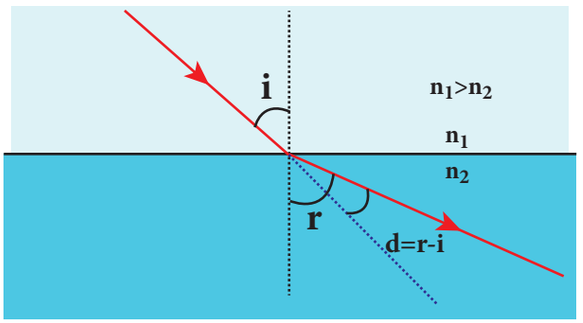


పటము 6.16 విరళ యానకము నుండి సాంద్రతర యానకములోనికి వక్రీభవనము చెందుట వలన ఏర్పడు విచలన కోణము

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

దీనికి విలోమముగా, కాంతి సాంద్రతర యానకము నుండి విరళ యానకములోనికి ప్రయాణించినపుడు అది లంబము నుండి దూరముగా విచలనము చెందుటను పటము 6.17లో చూపబడినది. ఈ సందర్భములో విచలన కోణమును క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

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

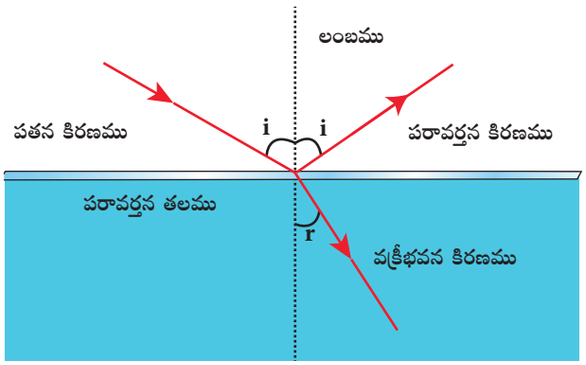


పటము 6.17 సాంద్రతర యానకము నుండి విరళ యానకమునకు వక్రీభవనము చెందునపుడు విచలన కోణము

6.4.2 ఏకకాల పరావర్తనము (లేదా) - వక్రీభవనము (simultaneous reflection (or) refraction)

ఎటువంటి వక్రీభవన తలములోనైనా కొంత పరావర్తనము కూడా జరుగుతుంది. దీనివలన వక్రీభవన కాంతి తీవ్రత పతన కాంతి కంటే తక్కువగా ఉంటుంది. ఒకే కాలములో ఒకే తలముపై ఒక జనకము నుండి వచ్చిన కాంతి నందు ఒక భాగము పరావర్తనము మరియు ఇంకొక భాగము వక్రీభవనము చెందిన యెడల ఈ దృగ్విషయమును ఏకకాల పరావర్తనము లేదా ఏకకాల వక్రీభవనము అని అంటారు. ఇది పటము 6.18లో చూపబడినది. పాక్షికంగా వెండిపూత పూయబడిన గాజు పలకలు ఇటువంటి తలముగా పనిచేస్తాయి.

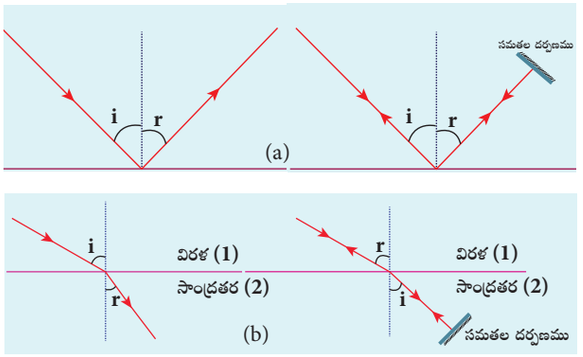
12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 17 10-03-2023 16:40:10



పటము 6.18 ఏకకాల పరావర్తనము లేదా వక్రీభవనము

6.4.3 తిరోగమన నియమము (Principle of reversibility)

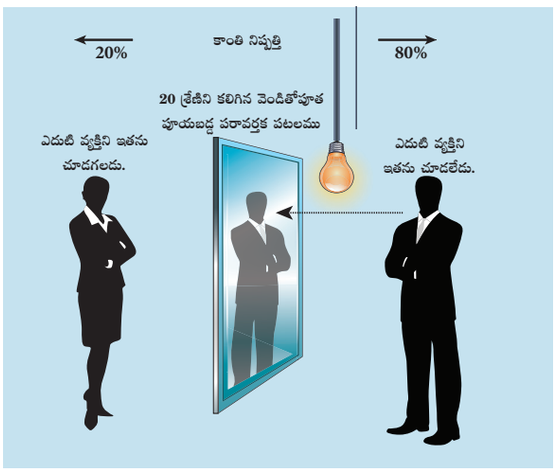
తిరోగమన నియమం ప్రకారం, కాంతి కిరణము పరావర్తనం చెంది వెనుదిరిగినపుడు అది ఖచ్చితముగా తన పతన మార్గమునే ఎంచుకొంటుంది. ఇది పటము 6.19లో చూపినట్లు పరావర్తనము మరియు వక్రీభవనము రెండింటికీ వర్తిస్తుంది.

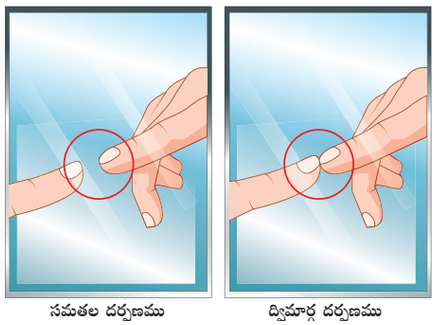


పటము 6.19 అ) పరావర్తనము మరియు ఆ) వక్రీభవనములో తిరోగమన నియమము

మీకు తెలుసా?

వస్తు సమతలముపై తగిన పదార్థముచే పూత పూయుట ద్వారా ఏకకాల పరావర్తనముతోపాటు, ఏకకాల వక్రీభవనమును ఏర్పరచు సామర్థ్యము గల దృక్ సమతలము (optical surfaces) లను తయారుచేయవచ్చును. ఈ పద్ధతిలో పూత పూసి ఒక గాజు పలకను పాక్షిక పారదర్శకముగాను మరియు పాక్షిక పరావర్తకముగాను మార్చవచ్చును. ఇటువంటి గాజు పలకను వాణిజ్యపరముగా ద్విమార్గ దర్పణములు, అర్ధ వెండిపూత దర్పణములు లేదా సగం వెండిపూత దర్పణములు అని పిలుస్తారు. ద్విమార్గ దర్పణము యొక్క వెనుక తలము పూర్తిగా పూతపూయబడితే (నలుపు చేయబడితే) అది ఒక సాధారణ ఏకమార్గ (సమతల) దర్పణము వలె కనబడుతుంది. కాని ద్విమార్గ దర్పణముల వెనుకవైపు కొన్ని కెమెరాలను మనకు కనబడకుండా ఉంచి ఉండవచ్చు. కనుక మనకు పరిచయంలేని క్రొత్త ప్రదేశాలలో ఉంచబడిన దర్పణముల యెదుట నిలబడినప్పుడు అత్యంత జాగ్రత్త వహించాలి. ద్విమార్గ దర్పణములను పరీక్షించుటకు ఒక మార్గము కలదు. మన వ్రేలితో దర్పణమును తాకినపుడు, మన వ్రేలికి దాని ప్రతిబింబమునకు కొంత ఖాళీ ఉంటే అది సాధారణ దర్పణము అని చెప్పవచ్చు. అంతేకాకుండా వ్రేలు నేరుగా ప్రతిబింబమును తాకిన యెడల అది ద్విమార్గ దర్పణముగా ఉంటుంది.





12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 18 10-03-2023 16:40:12

6.4.4 సాపేక్ష వక్రీభవన గుణకము (Relative refractive index)

సమీకరణము 6.18లోని $\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$ ను మొదటి యానకము పరంగా రెండవ యానకము యొక్క సాపేక్ష వక్రీభవన గుణకము అని పిలుస్తారు. దీనిని n_{21} అని తెలియజేస్తారు.

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

సాపేక్ష వక్రీభవన గుణకము యొక్క భావన ఇతర ఉపయోగకర సంబంధములను ఇచ్చును. అవి:

(i) విలోమ నియమము (Inverse rule)

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

(ii) శృంఖల నియమము (Chain rule)

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

ఉదాహరణము 6.7

పారదర్శక నూనె ద్వారా ప్రయాణిస్తున్న కాంతి 1.5 వక్రీభవన గుణకము కలిగిన గాజులోకి ప్రవేశించినది. నూనె పరంగా గాజు యొక్క వక్రీభవన గుణకము 1.25 అయితే, నూనె యొక్క వక్రీభవన గుణకము ఎంత?

సాధన

దత్తాంశము $n_{\text{గాజు నూనె } (go)} = 1.25$ మరియు $n_{\text{గాజు } (g)} = 1.5$

నూనె పరముగా గాజు యొక్క వక్రీభవన గుణకము

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

నూనె వక్రీభవన గుణకము కొరకు పై సమీకరణాన్ని మార్చి వ్రాయగా

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

నూనె యొక్క వక్రీభవన గుణకము, $n_o = 1.2$

6.4.5 దృశ్య లోతు (Apparent depth)

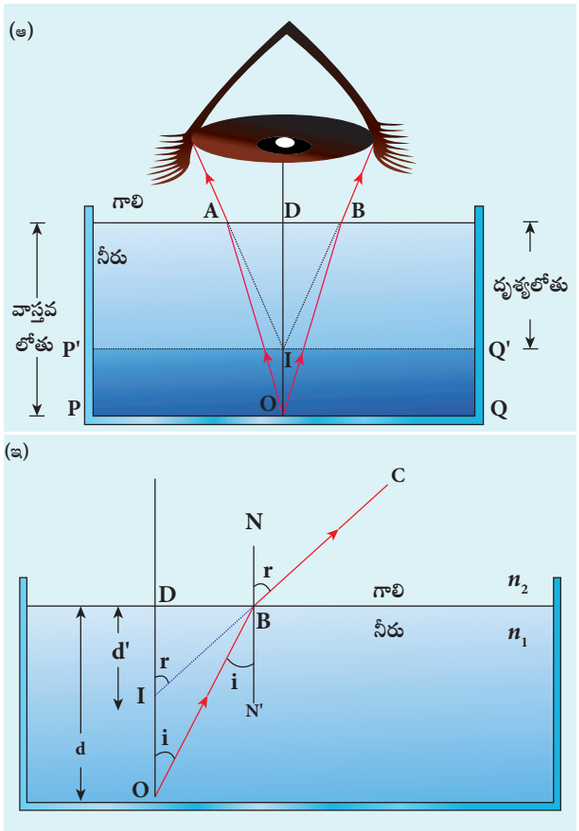
నీటితో నింపబడిన ఒక తొట్టె యొక్క అడుగు భాగమును పై నుండి గాలి యానకము ద్వారా పరిశీలించినపుడు అది పైకి లేచి ఉన్నట్లు అనిపిస్తుంది. ఇది పటము 6.19(అ)లో చూపబడినది. దృశ్య లోతును లంబదిశకు సమీపముగా వీక్షించినపుడు దానికి సంబంధించిన సమీకరణమును ఉత్పాదించవచ్చును.

పటము 6.19 (ఆ)లో చూపినట్లు కాంతి కిరణము తొట్టె అడుగున గల వస్తువు 'O' నుండి సాంద్రతర యానకము (నీరు) ద్వారా విరళ యానకములోనికి (గాలి) ప్రసరించి మన కంటిని చేరుతుంది. తద్వారా మనము వస్తువును చూడగలము. పటము6.20 (ఇ)లో చూపినట్లు కాంతి కిరణము పతన బిందువు B వద్ద గల విరళ యానకములో లంబము నుండి దూరముగా విచలనం చెందుతుంది. సాంద్రతర యానకము యొక్క వక్రీభవన గుణకము n_1 మరియు విరళ యానకము యొక్క వక్రీభవన గుణకము n_2 . ఇక్కడ $n_1 > n_2$ అవుతుంది. సాంద్రతర యానకములో పతన కోణము i మరియు విరళ యానకములో వక్రీభవన కోణము r అనుకొందాం. NN' మరియు OD రేఖలు సమాంతరముగా ఉన్నవి. కనుక $\angle DIB$ కోణము కూడా r అవుతుంది. వస్తువు 'O' నుండి విముఖీకరణం (diverging) చెందిన సన్నని కాంతి కంటిని చేరుట వలన i మరియు r కోణములు అత్యల్పముగా ఉంటాయి. సమీకరణము 6.19 నుండి ఈ వక్రీభవనమునకు లబ్ధ రూప స్నెల్ నియమమును తీసుకొందాం.

(అ)



12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 19 10-03-2023 16:40:13



పటము 6.20 దృశ్యలోతు

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

i మరియు r లు అత్యల్ప పరిమాణము కలిగియున్నందున మనము $\sin i \approx \tan i$ మరియు $\sin r \approx \tan r$ అని వీటిని ఉజ్జాయింపు విలువగా మార్చవచ్చు.

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

ΔDOB మరియు ΔDIB త్రిభుజములలో

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

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

రెండు వైపులా DB ను తొలగించవచ్చు. ఇప్పుడు DO అనునది వస్తువు లోతు (నిజ లోతు) d గాను, DI అనునది దృశ్యలోతు d' గాను ఉంటుంది.

$n_1 \frac{1}{d} = n_2 \frac{1}{d'}$ ను పునరమరిక చేసి వ్రాయగా,

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

దృశ్యలోతు d' కొరకు పై సమీకరణాన్ని మార్చి వ్రాయగా,

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

విరళ యానకము గాలి కనుక, దీని వక్రీభవన గుణకము n_2 ను 1గా (n_2=1) తీసుకోవాలి. ఇకపోతే సాంద్రతర వక్రీభవన గుణకము n_1 ను n గా (n_1=n) తీసుకొని వ్రాయగా దృశ్యలోతు సమీకరణము క్రింది విధంగా ఉంటుంది,

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

అనగా తొట్టె అడుగు భాగము d-d' ఎత్తుకు పైకిలేచినట్లు అనిపిస్తుంది.

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

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

ఉదాహరణము 6.8

ఒకదానితోఒకటి కలవని ద్రవముల వక్రీభవన గుణకములు వరుసగా 1.3, 1.4 మరియు 1.5. ఈ మూడు ద్రవములలో ఒక నాణెమును అడుగు భాగములో ఉంచి తొట్టెలో వరుసగా 30సెం.మీ, 16సెం.మీ మరియు 20సెం.మీ ఎత్తు వరకు నింపబడినవి. అయితే వెలుపలి నుండి గాలి యానకము ద్వారా నాణెమును గమనించినపుడు దాని దృశ్యలోతు ఎంత? ఏ యానకములో నాణెము ఉన్నట్లు కనబడుతుంది?

సాధన

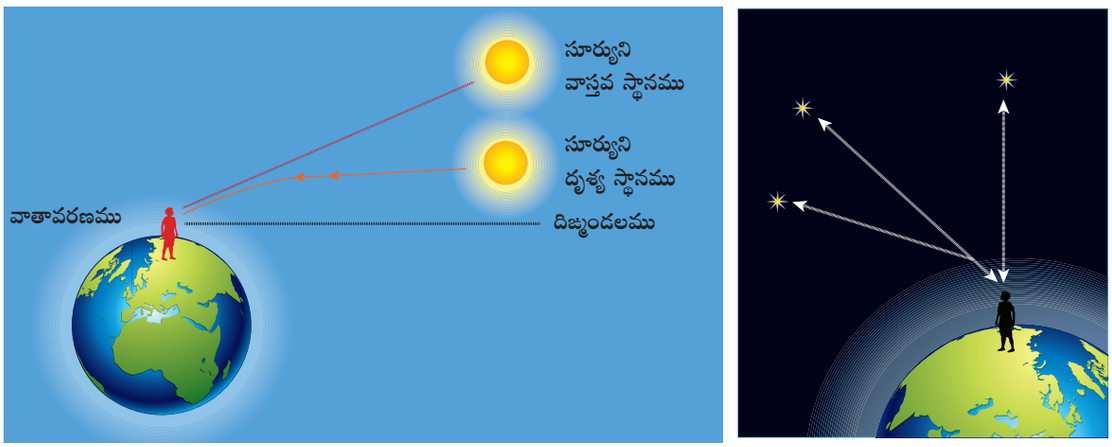
తొట్టె పై భాగము నుండి (గాలి యానకము నుండి) నాణెమును పరిశీలించినపుడు, అది అడుగు భాగములో ఉన్నట్లుగానే కనబడుతుంది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 20 10-03-2023 16:40:16

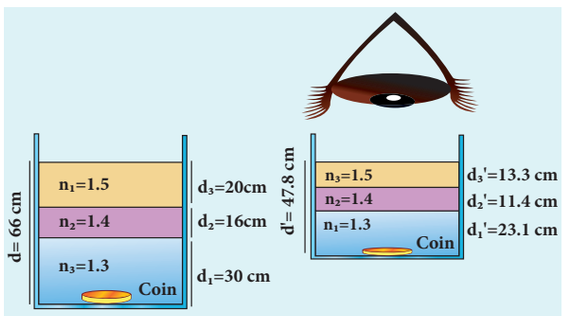
మీకు తెలుసా?

వాతావరణ వక్రీభవనము (Atmospheric refraction): వివిధ వక్రీభవన గుణకమును కలిగియున్న వాతావరణములోనికి వేర్వేరు పొరల ద్వారా కాంతి ప్రసరించి, వక్రీభవనము జరుగుట వలన దాని ప్రసరణ మార్గములో అవిచ్ఛిన్న విచలనం ఏర్పడుతుంది. ఉదాహరణకు సూర్యుడు ఉదయించుటకు మునుపే మనకు కనబడుతాడు. అలాగే సూర్యాస్తమయం అయిన తరువాత కూడా కొంత సమయం సూర్యుడు మనకు కనబడతాడు. ఎందుకనగా వాతావరణములో కాంతి వక్రీభవనము చెందుట వలన ఈ దృగ్విషయము మనము చూడగలుగుతాము. సాధారణంగా సూర్యుడు క్షితిజము (horizon)ను దాటుటను వాస్తవ సూర్యోదయం లేదా సూర్యాస్తమయముగా పిలుస్తాము. క్షితిజము పరంగా సూర్యుని వాస్తవ స్థానము మరియు దృశ్య స్థానము క్రింది పటములో వివరించబడియున్నది. ఈ ప్రభావమును వివరించుటకు క్రింది పటము మిక్కిలి పొంతన కలిగియున్నది. సూర్యుని దిశలో ఏర్పడిన దృశ్య మార్పు దాదాపు అర డిగ్రీగా ఉన్నది. అనగా వాస్తవ మరియు దృశ్య స్థానములకు మధ్య కాలములోని తేడా రెండు నిమిషములుగా ఉంటుంది. ఈ దృగ్విషయము వలన సూర్యోదయము మరియు సూర్యాస్తమయ సమయములో సూర్యుడు బల్లపరుపు (అండాకారము)గా కనబడుతాడు.

నక్షత్ర స్థానములకు కూడా ఇదే అంశము అనువర్తిస్తుంది. ఇది పటములో చూపబడియున్నది. వాస్తవానికి నక్షత్రములు మెరవవు. రాత్రి సమయములో ఆకాశము నందు నక్షత్రాలు మెరవడాన్ని స్పష్టముగా చూడగలము. దీనికి గల కారణము ఏమనగా వేర్వేరు వక్రీభవన గుణకములు కలిగిన వాతావరణములోనికి పొరలు నిరంతర చలనములో ఉన్నాయి.



అంతేకాక ఒక్కొక్క యానకము వెలుపల ఉన్న గాలి యానకము పరంగా కుదించుకుపోయినట్లు (shrunk) కనబడును. ఈ స్థితిని క్రింది పటములో వివరించబడియున్నది.



ఒక్కొక్క యానకములో దృశ్యలోతుకు సంబంధించిన సమీకరణములు క్రింద ఇవ్వబడినవి.

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

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

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

$$d' = 47.8 \text{ సెం.మీ}$$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 21 10-03-2023 16:40:18

6.4.6 సందిగ్ధ కోణము మరియు సంపూర్ణాంతర పరావర్తనము (Critical angle and total internal reflection)

ఒక కాంతి కిరణము దృశ్య సాంద్రతర యానకము (optically denser medium) నుండి దృశ్య విరళ యానకము (optically rarer medium)లోనికి ప్రసరించినపుడు, ఆ కిరణము లంబము నుండి దూరముగా వంగి ప్రయాణిస్తుంది. దీని వలన విరళ యానకములో వక్రీభవన గుణకము r సాంద్రతర యానకములో దాని సదృశ పతనకోణము i కంటే ఎక్కువగా ఉంటుంది. పతన కోణము i క్రమముగా పెరిగే కొలది, వక్రీభవన కోణము r వేగముగా పెరిగి ఒకానొక స్థితిలో r విలువ 90° ను చేరుతుంది. తద్వారా వక్రీభవన కిరణము పతన వక్రీభవన సరిహద్దును తాకుతూ ప్రసరిస్తుంది. సాంద్రతర యానకములోని ఏ పతన కోణమునకు వక్రీభవన కోణము 90° అవుతుందో లేదా సాంద్రతర యానకములోని ఏ పతన కోణమునకు వక్రీభవన కిరణము రెండు యానకముల సరిహద్దును తాకుచూ (స్పృశిస్తూ) ప్రయాణిస్తుందో ఆ కోణమును సందిగ్ధ కోణము i_c అంటారు.

సాంద్రతర యానకములో పతనకోణము యొక్క విలువ సందిగ్ధ కోణముకంటే ఎక్కువైనపుడు విరళ యానకములో వక్రీభవనము జరగదు. సందిగ్ధ కోణము కంటే పతన కోణము ఎక్కువైనపుడు, కాంతి కిరణము పూర్తిగా సాంద్రతర యానకములోనికే పరావర్తనం చెందుతుంది. ఈ దృగ్విషయమును సంపూర్ణాంతర పరావర్తనము అంటారు. ఇది పటము 6.21లో చూపబడినది.

సంపూర్ణాంతర పరావర్తనము ఏర్పడుటకు రెండు నిబంధనలు కలవు.

(i) కాంతి కిరణము ఖచ్చితంగా సాంద్రతర యానకము నుండి విరళ యానకములోనికి ప్రసరించాలి.

(ii) సాంద్రతర యానకములో పతన కోణము సందిగ్ధ కోణము కంటే ఎక్కువగా ఉండాలి $(i>i_c)$.

సందిగ్ధ పతనకోణమునకు, స్నెల్ నియమ లబ్ధ రూపములోని సమీకరణము 6.19 క్రింది విధంగా మారుతుంది.

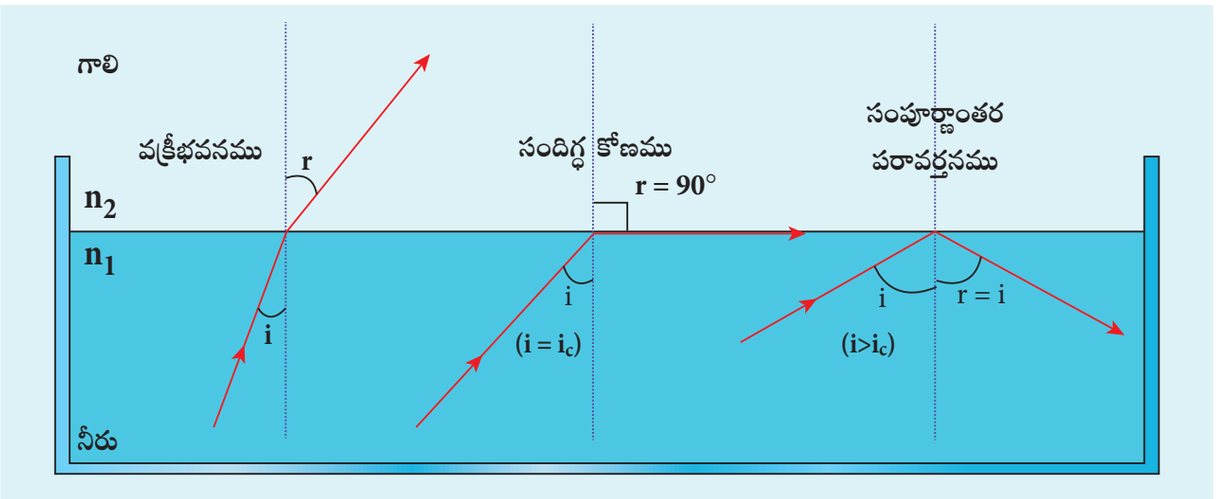
$$n_1 \sin i_c = n_2 \sin 90^\circ \qquad (6.29)$$

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

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

ఇక్కడ, $n_1 > n_2$

ఇక్కడ విరళ యానకం గాలి అయినపుడు, దాని వక్రీభవన గుణకం n_2 విలువ 1 అవుతుంది. $(n_2=1)$.



పటము 6.21 సందిగ్ధ కోణము మరియు సంపూర్ణాంతర పరావర్తనము

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 22 10-03-2023 16:40:19

అంతేకాక సాంద్రతర యానకము యొక్క వక్రీభవన గుణకము n_1 ను n గా తీసుకొనిన యెడల $(n_1=n)$

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

సందిగ్ధ కోణం i_c , యానకపు వక్రీభవన గుణకముపై ఆధారపడి ఉంటుంది. వేర్వేరు పదార్థముల యొక్క సందిగ్ధ కోణము మరియు వాటి వక్రీభవన గుణకములు పట్టిక 6.3లో ఇవ్వబడినవి.

పట్టిక 6.3 వేర్వేరు యానకముల సందిగ్ధ కోణము మరియు వక్రీభవన గుణకములు

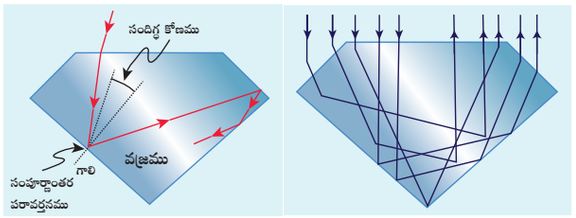
పదార్థము	వక్రీభవన గుణకము	సందిగ్ధ కోణము
మంచు	1.310	49.8°
నీరు	1.333	48.6°
ద్రవీభవన క్వార్ట్జ్	1.458	43.3°
క్రౌన్ గాజు	1.541	40.5°
ఫ్లింట్ గాజు	1.890	31.9°
కాల్సైట్	1.658	37.0°
స్ట్రాన్షియం టైటానేట్	2.394	24.7°
వజ్రం	2.417	24.4°
రుటైల్	2.621	22.4°

ఉదాహరణకు గాజు యొక్క వక్రీభవన గుణకము 1.5 అయితే గాజు – గాలి రెండింటి సరిహద్దు తలము వద్ద ఏర్పడు సందిగ్ధ కోణము $i_c = \sin^{-1}\left(\frac{1}{1.5}\right) = 41.8^\circ$ అవుతుంది. నీటి వక్రీభవన గుణకము 1.33 అయితే నీరు–గాలి సరిహద్దు తలము వద్ద ఏర్పడు సందిగ్ధ కోణము $i_c = \sin^{-1}\left(\frac{1}{1.3}\right) = 48.6^\circ$ గా ఉంటుంది.

6.4.7 సంపూర్ణాంతర పరావర్తనము వలన ఏర్పడు ప్రభావములు (Effects due to total internal reflection)

6.4.7.1 వజ్రము మెరియుట (Glittering of diamond)

వజ్రము లోపల సంపూర్ణాంతర పరావర్తనం జరుగుట వలన అది మెరిసే స్వభావమును కలిగియున్నది. వజ్రము యొక్క వక్రీభవన గుణకము 2.417. ఈ విలువ సాధారణ గాజు యొక్క వక్రీభవన గుణకము విలువ 1.5 కంటే చాలా ఎక్కువ. వజ్రము యొక్క సందిగ్ధ కోణము దాదాపు 24.4^0 గా ఉన్నది. ఈ విలువ సాధారణ గాజు యొక్క సందిగ్ధ కోణము కంటే చాలా తక్కువ. వజ్రము పనిచేయుటలో నైపుణ్యము గల ఒక వ్యక్తి ఈ అత్యధిక పతన కోణ వ్యాప్తి (24.4^0 నుండి 90^0 వజ్రము లోపల)ని సరియైన రీతిలో ఉపయోగించుకొంటాడు. ఇది పటము 6.22లో చూపినట్లు వజ్రము లోపలకు ప్రవేశించిన కాంతి కిరణము దానిపై గల బహుభుజములచే అనేకసార్లు సంపూర్ణాంతర పరావర్తనం చెంది వజ్రము వెలుపలకు వస్తుంది. దీని ద్వారా వజ్రము మెరిసే ప్రభావమును ప్రదర్శిస్తుంది.



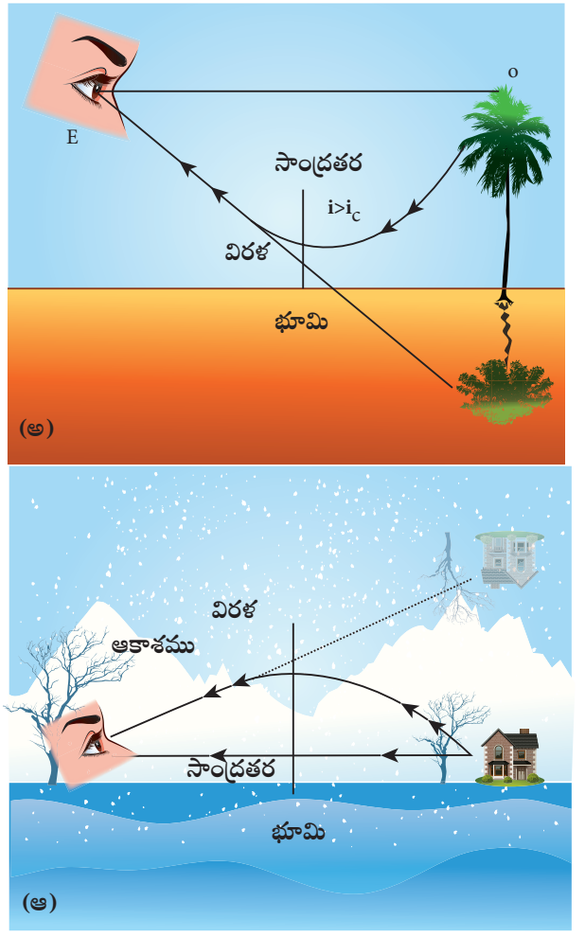
పటము 6.22 వజ్రములో సంపూర్ణాంతర పరావర్తనం

6.4.7.2 ఎండమావులు మరియు మరీచిక (Mirage and looming)

గాలి యొక్క సాంద్రతతో బాటు దాని యొక్క వక్రీభవన గుణకము కూడా పెరుగుతుంది. అత్యుష్ణ ప్రాంతాలలో భూఉపరితలమునకు సమీపములో గాలి అంతకంటే ఎత్తులో గల గాలి కంటే చాలా వేడిగా ఉంటుంది. వేడిగాలి అల్ప సాంద్రతను కలిగి ఉంటుంది. కావున నిశ్చలంగా గల గాలిలో

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 23 10-03-2023 16:40:20

ఎత్తుతో బాటు గాలి వక్రీభవన గుణకము కూడా పెరుగుతుంది. దీని వలన చెట్టు వంటి ఎత్తైన వస్తువుల నుండి వచ్చే కాంతి కిరణములు, భూ ఉపరితలమునకు సమీపమున వక్రీభవన గుణకము తక్కువగా గల యానకము ద్వారా ప్రసరించుటకు ప్రయత్నిస్తుంది.



పటము 6.23 అ) ఎండమావి మరియు ఆ) మరీచిక

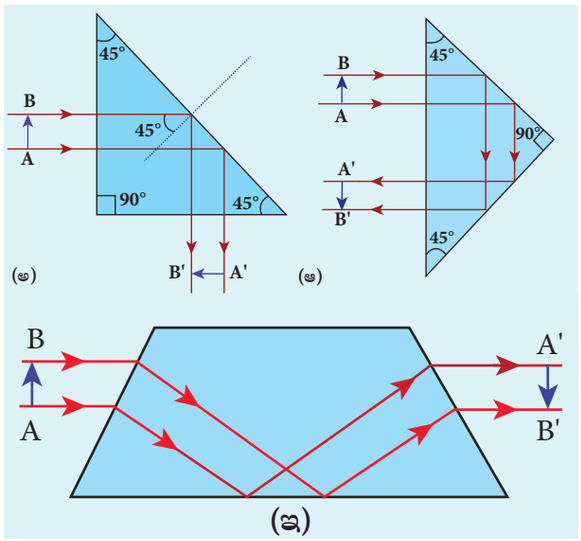
కావున వాతావరణములోని గాలియందలి వేర్వేరు పొరల వద్ద గల లంబమునకు దూరంగా కాంతి కిరణములు క్రమానుగతంగా విచలనం చెందుతాయి. దీనివలన భూ ఉపరితలమునకు సమీపమున కాంతి కిరణముల పతన కోణము సందిగ్ధ కోణము కంటే ఎక్కువై సంపూర్ణాంతర పరావర్తనం జరుగుతుంది. దీని వలన భూ ఉపరితలము క్రింద ఏదో ఒక ప్రాంతము నుండి కాంతి కిరణములు జనించినట్లు భ్రమ కలుగుతుంది. గాలి పొరలు కదిలెడు స్వభావమును కలిగి ఉండుట వలన వస్తువు నీటి మడుగుల (pool of water) నుండి పరావర్తనం చెందినట్లు తెలుస్తుంది లేదా వస్తువు అడుగు భాగమున తేమ తలము ఉన్నట్లు అనిపిస్తుంది. ఇది పటము 6.23 (అ) లో చూపబడినది. దీనిని ఎండమావులు అని అంటారు.

శీతల ప్రదేశాలలో భూ ఉపరితలమునకు సమీపములో ఉన్న గాలి యొక్క ఉష్ణోగ్రత అంతకంటే ఎత్తులో ఉన్న గాలి ఉష్ణోగ్రత కంటే తక్కువగా ఉండుట వలన భూ ఉపరితలము వైపుగా గల గాలి వక్రీభవన గుణకము ఎక్కువగా ఉంటుంది. కావున భూ ఉపరితలమునకు దగ్గరగా గల గాలి సాంద్రత (density) మరియు వక్రీభవన గుణకము (refractive index) కొంత ఎత్తులో ఉన్న గాలి కంటే ఎక్కువగా ఉంటుంది. శీతల ప్రదేశాలైన హిమానీ నదులు (glaciers) మరియు ఘనీభవన సరస్సు (frozen lakes) లలో ఎండమావులకు వ్యతిరేఖ ప్రభావము ఏర్పడుతుంది. కనుక పటము 6.23 (ఆ)లో చూపినట్లు భూ ఉపరితలమునకు కొంచెం పైన ఒక తలక్రిందులైన వస్తు ప్రతిబింబము ఏర్పడుతుంది. దీనినే మరీచిక అంటారు. దీనిని మహోన్నత ఎండమావి (superior mirage), టవరింగ్ మరియు స్టూపింగ్ అని కూడా పిలుస్తారు.

6.4.7.3 సంపూర్ణాంతర పరావర్తనమును ఉపయోగించి పట్టకమును తయారు చేయుట (Prisms making using of total internal reflection)

పటము 6.24 (అ) మరియు 6.24 (ఆ)లో చూపినట్లు సంపూర్ణాంతర పరావర్తనమును ఉపయోగించుకొని కాంతిని 90° మరియు 180° కోణముతో పరావర్తనం చెందించునట్లు పట్టకము (Prism) ను తయారుచేస్తారు. మొదటి రెండు సందర్భములలో పట్టక పదార్థము యొక్క సందిగ్ధ కోణము i_c విలువ ఖచ్చితంగా 45° కన్నా తక్కువగా ఉండాలి. పట్టకమును ఉపయోగించి ప్రతిబింబ పరిమాణమును మార్చకుండా దానిని తలక్రిందులుగా మార్చవచ్చు. పట్టకము ఒక వస్తు ప్రతిబింబమును వస్తువు వైపే తలక్రిందులుగా ఏర్పరచుట పటము 6.24 (ఆ) లో చూపబడినది. పటము 6.24 (ఇ) లో

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 24 10-03-2023 16:40:22



పటము 6.24 సంపూర్ణాంతర పరావర్తనమును ఉపయోగించి పట్టకమును తయారు చేయుట

పట్టకము వస్తు ప్రతిబింబమును వస్తువు వైపు కాకుండా మరొక వైపు తలక్రిందులుగా ఏర్పరచుటను చూపబడియున్నది.

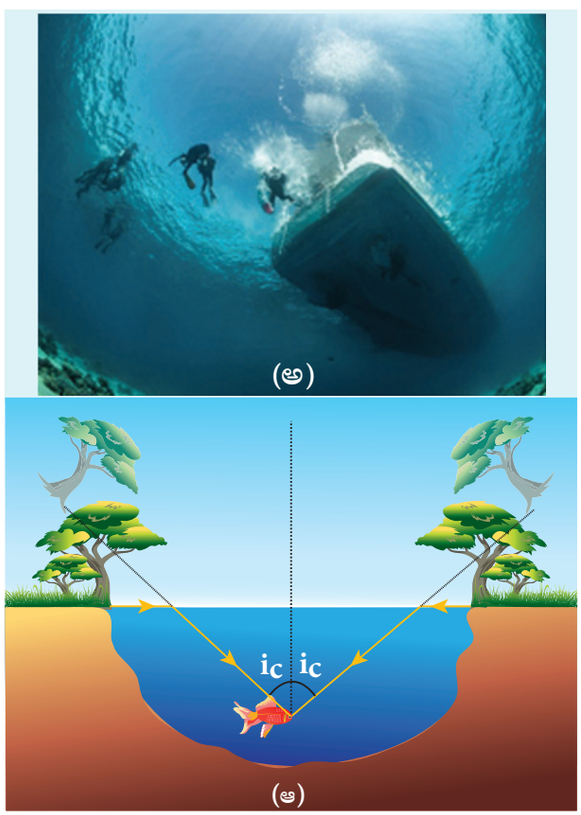
6.4.7.4 ప్రతిదీప్త వ్యాసార్ధం స్నెల్ విండో) (Radius of illumination Snell's window)



పటము 6.25 నీటితొట్టె లోపలగల కాంతి జనకము

విద్యుత్ బల్బు వంటి కాంతి జనకములను నీటి తొట్టె లోపలవైపు ఉంచినపుడు, కాంతి జనకము నుండి వచ్చే కాంతి కిరణములు తొట్టె లోపల గల నీటిలో అన్ని దిశలలోనూ పయనిస్తాయి. నీటి ఉపరితలముపై పతనమయ్యే కాంతి, సందిగ్ధ కోణము కంటే తక్కువ కోణముతో పతనమైనపుడు ఆ కాంతి కిరణములు వక్రీభవనము చెంది నీటి నుండి వెలుపలకు బహిర్గతమవుతాయి. సందిగ్ధ కోణము కంటే ఎక్కువ కోణముతో పతనమైన కాంతి సంపూర్ణాంతర పరావర్తనం చెందుతుంది. అలాకాకుండా సందిగ్ధ కోణమునకు సమాన కోణముతో పతనం చెందిన కాంతి కిరణములు నీటి ఉపరితలమును స్పర్శిస్తూ పయనిస్తాయి. ఈ విధంగా పటము 6.25లో చూపినట్లు వెలుపల నుండి చూసే పరిశీలకునికి నీటి ఉపరితలమంతయూ ప్రతిదీప్తమయముగా కనబడుతుంది.

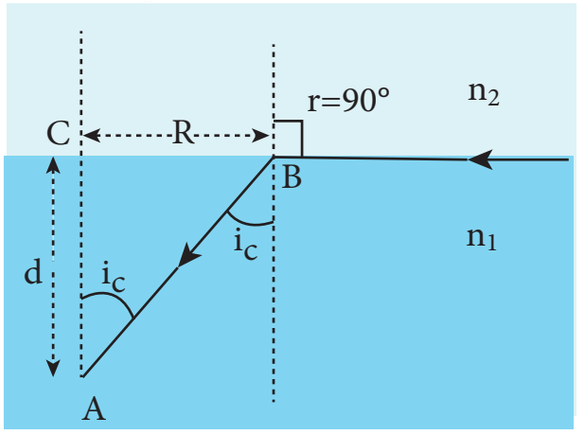
అలాకాకుండా నీటికి వెలుపల నుండి వచ్చే కాంతిని నీటి లోపల నుండి పరిశీలించినపుడు దృశ్య అవధి సందిగ్ధ కోణము i_c కి సమానమైన నిర్ధిష్ట కోణమునకు పరిమితం చేయబడి ఉంటుంది. ఈ పరిమితం చేయబడిన ప్రతిదీప్త వృత్తాకార భాగమును స్నెల్ విండో అంటారు. ఇది పటము 6.26 (అ) లో చూపబడినది. పటము 6.26 (ఆ) లో నీటిలో నివసించు జంతువులను వీక్షించు కోణము చూపబడినది.



పటము 6.26 అ) స్నెల్ విండో మరియు ఆ) నీటిలో నివసించు జంతువులను వీక్షించు కోణము

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 25 10-03-2023 16:40:23

నీటిలో నివసించు జంతువుల వీక్షణ కోణము సందిగ్ధ కోణము యొక్క రెట్టింపు (2 i_c) నకు పరిమితం చేయబడి ఉంటుంది. నీటి యొక్క సందిగ్ధ కోణము 48.6^{o} కనుక వీక్షణ కోణము 97.2^{o} గా ఉంటుంది. వృత్తాకార భాగపు వ్యాసార్ధం R అనునది జంతువులను నీటిలో నుండి చూసిన లోతు d మరియు యానకపు వక్రీభవన గుణకం n పై ఆధారపడి ఉంటుంది. పటము 6.27లో చూపిన ఉదాహరణ ద్వారా స్నెల్ విండో వ్యాసార్ధం R ను కనుగొనవచ్చు.



పటము 6.27 స్నెల్ విండో వ్యాసార్ధం

d లోతు నుండి A బిందువు వద్ద గల కాంతిని చూసినపుడు సమీకరణము 6.19 నుండి లబ్ధరూపములోని స్నెల్ నియమమును రెండు యానకముల మధ్య సరిహద్దుపై గల బిందువు B వద్ద ఏర్పడిన వక్రీభవనమును క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు.

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

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

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

లంబకోణ త్రిభుజము ΔABC నుండి

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

సమీకరణము 6.33 మరియు 6.34 లకు సమానం చేయగా (6.34), $\frac{R}{\sqrt{d^2+R^2}} = \frac{n_2}{n_1}$

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

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

సూక్ష్మీకరించగా

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

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

మరలా వాటి విలోమాన్ని తీసుకొని సమీకరణాన్ని పునఃఅమరిక చేయగా

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

వర్గమూలం చేయగా, ప్రతిదీప్త వ్యాసార్ధము క్రింది పరిమాణమును కలిగి ఉంటుంది.

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

వెలుపల ఉన్న విరళయానకము గాలి అయితే, $n_2 = 1$ అవుతుంది. మరియు $n_1 = n$ అని తీసుకొనగా

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

ఉదాహరణము 6.9

పగటి సమయములో ఒక ఈత కొలను లోపల 10మీ లోతు నుండి పైకి చూసినపుడు కలుగు ప్రతిదీప్త వ్యాసార్ధమును కనుగొనండి. ఇక్కడ పూర్తి వీక్షణ కోణము ఎంత? (నీటి వక్రీభవన గుణకము 4/3 అని ఇవ్వబడింది)

సాధన

$n = 4/3$, $d = 10$ మీ అని ఇవ్వబడినది.

ప్రతిదీప్త వ్యాసార్ధం, $R = \frac{d}{\sqrt{n^2-1}}$

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

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 26 10-03-2023 16:40:27

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

సందిగ్ధకోణమును కనుగొనుట:

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

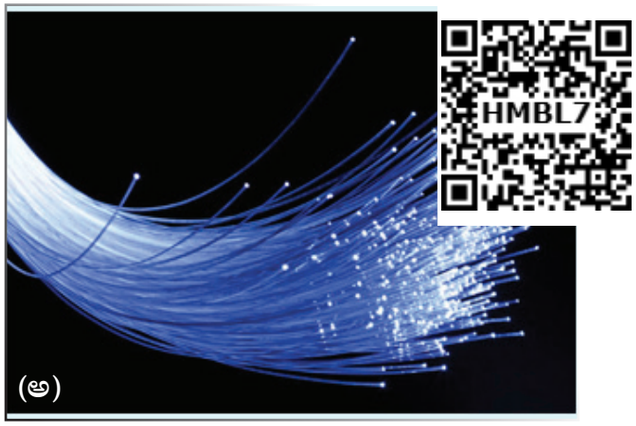
$$i_c = \sin^{-1}\left(\frac{1}{4/3}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{3}{4}\right) = 48.6^\circ$$

అయితే శంఖువు యొక్క పూర్తి వీక్షణ కోణం

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

6.4.7.5 దృక్ నార (Optical fibre)

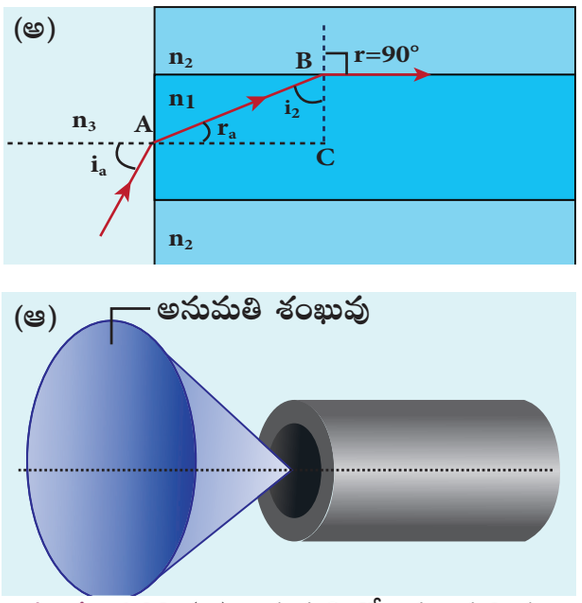
సంపూర్ణాంతర పరావర్తన దృగ్విషయమును ఉపయోగించి సమాచారమును లేదా సంజ్ఞలను దృక్ నారల ద్వారా ప్రసారం చేయవచ్చు. దృక్ నారలోని లోపలి భాగమును కోర్ అని వెలుపలి భాగమును క్లాడింగ్ లేదా స్లీవింగ్ అని పిలుస్తారు. సంపూర్ణాంతర పరావర్తనం చెందుటకు అనుకూలంగా కోర్ యొక్క వక్రీభవన గుణకము క్లాడింగ్ వక్రీభవన గుణకము కన్నా అధికంగా ఉంటుంది. సందిగ్ధ కోణము కంటే ఎక్కువ కోణములో సంజ్ఞలు కాంతి రూపంలో కోర్-క్లాడింగ్ సరిహద్దు లోపలి వైపు పతనం చెందునట్లు చేయాలి. కావున కాంతి కిరణము వక్రీభవనము చెందకుండా దృక్ నార లోపల పునరావృత (పలు మార్లు) సంపూర్ణాంతర పరావర్తనం చెందుతుంది. పటము 6.28 (అ)లో చూపినట్లు కోర్ లోపల పయనించు కాంతిలో చెప్పుకోదగిన తీవ్రత నష్టము ఉండదు. పటము 6.28(ఆ)లో చూపినట్లు దృక్‌నార ఏదైనా వంపును కలిగియున్నపుడు అక్కడ కూడా పరావర్తనం చెందిన కాంతి సంపూర్ణాంతర పరావర్తనం చెందునట్లు నిర్మించబడి ఉంటుంది.



పటము 6.28 దృక్ నార

6.4.7.6 దృక్ నారలో అనుమతి కోణము (Acceptance angle in optical fibre)

దృక్‌నార లోపలి వైపు కోర్-క్లాడింగ్ సరిహద్దులో కాంతి సందిగ్ధ కోణములో పతనమవ్వడాన్ని నిర్ధారించుటకు, దృక్ నారలోకి ప్రవేశించు కాంతి కిరణము దాని కొన వద్ద అనుమతి కోణము అని పిలువబడే ఒక నిర్ధిష్ట కోణముతో పతనమవ్వాలి. ఇది కోర్ వక్రీభవన గుణకము n_1 , క్లాడింగ్ వక్రీభవన గుణకము n_2 మరియు బాహ్య యానకము వక్రీభవన గుణకము n_3 పై ఆధారపడి ఉంటుంది. పటము 6.29 (ఇ)లో చూపినట్లు బాహ్య యానకము – కోర్ సరిహద్దులో A బిందువు వద్ద కాంతి అనుమతి కోణము i_a అనే ఒక కోణముతో పతనమైనదని అనుకొందాం.



పటము 6.29 (అ) అనుమతి కోణము మరియు ఆ) అనుమతి శంఖువు

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 27 10-03-2023 16:40:29

ఇటువంటి వక్రీభవనమునకు A బిందువు వద్ద సమీకరణము 6.19 స్నెల్ నియమ లబ్ధ రూపమును క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు.

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

దృక్‌నార లోపలివైపు సంపూర్ణాంతర పరావర్తనమును పొందడానికి, కోర్–క్లాడింగ్ సరిహద్దు తలములో B బిందువు వద్ద పతన కోణము కనీసము సందిగ్ధ కోణము i_c గా ఉండవలెను. B బిందువు వద్ద వక్రీభవనమునకు స్నెల్ నియమములోని లబ్ధ రూపము నుండి సమీకరణము 6.19ని క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

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

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

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

లంబకోణ త్రిభుజము ΔABC నుండి

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

దీని నుండి సమీకరణము 6.39ను క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు.

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

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

$\sin r_a$ కొరకు ప్రతిక్షేపించగా

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

దీనిని సమీకరణము 6.37లో ప్రతిక్షేపించగా

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

మరలా సూక్ష్మీకరించగా,

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

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

బాహ్య యానకము గాలి అయినప్పుడు $n_3 = 1$. అప్పుడు అనుమతి కోణము i_a ను క్రింది విధముగా వ్రాస్తాము.

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

కాంతి దృక్‌నార యొక్క కొనవద్ద లంబములో 0 నుండి i_a వరకు ఏదేని పతన కోణమును కలిగి ఉంటుంది మరియు అనుమతి శంఖువు అని పిలువబడు శంఖు ఆకారాన్ని ఏర్పరస్తుంది. ఇది పటము 6.29(ఆ)లో చూపబడినది. సమీకరణము 6.42లోని $(n_3 \sin i_a)$ అను పదజాలమును దృక్‌నార యొక్క సంఖ్యాత్మక అపర్చర్ (***numerical aperture NA***) అని పిలుస్తారు.

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

బాహ్య యానకము గాలి అయినచో $n_3 = 1$ అవుతుంది. అప్పుడు సంఖ్యాత్మక అపర్చర్‌ను క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు.

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

ఉదాహరణము 6.10

1.68 వక్రీభవన గుణకము కలిగిన ఒక కోర్ పదార్థము మరియు 1.44 వక్రీభవన గుణకము కలిగిన ఒక క్లాడింగ్ పదార్థముచే ఒక దృక్‌నార

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 28 10-03-2023 16:40:34

తయారుచేయబడినది. అయితే దీనిని ఎటువంటి క్లాడింగ్ లేకుండా గాలి యానకములో దించినపుడు ఏర్పడు అనుమతి కోణము ఎంత?

సాధన

$n_1 = 1.68, \quad n_2 = 1.44, \quad n_3 = 1$ అని ఇవ్వబడినది.

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

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

$$i_a \approx 60^\circ$$

ఇక్కడ ఎటువంటి క్లాడింగ్ లేని యెడల $n_2 = 1$ అవుతుంది.

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

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

$\sin^{-1}$ విలువ (ఒకటి కంటే ఎక్కువ) అసాధ్యమైనది. అయితే ఇది 0^0 నుండి 90^0 ల వ్యాప్తిని కలిగి ఉంటుంది. కనుక, సమతలము నుండి కోర్ లోనికి ప్రవేశించే అన్ని కాంతి కిరణములు సంపూర్ణాంతర పరావర్తనం చెందుతాయి.

గమనిక: ఇక్కడ, క్లాడింగ్ లేని యెడల కోర్ యొక్క వక్రీభవన గుణకము (n_1) పై ఒక నిబంధన కలదు.

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

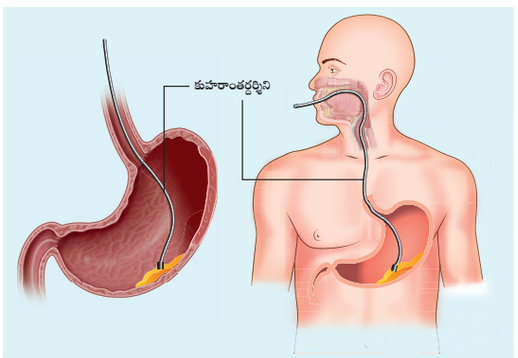
ఇక్కడ, గణితాత్మక నియమం ప్రకారం, $\left(n_1^2 - 1\right) \le 1$ లేదా $\left(n_1^2\right) \le 2$

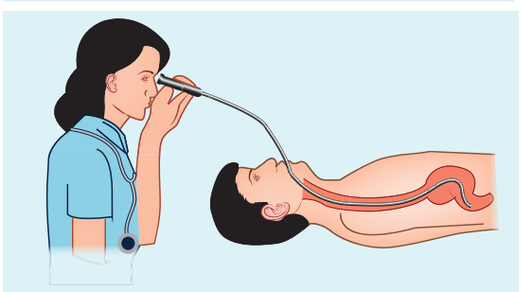
లేదా $n_1 \le \sqrt{2}$ అవుతుంది.

కనుక గాలిలో (క్లాడింగ్ లేనపుడు) కోర్ యొక్క వక్రీభవన గుణకము n_1 గా ఉంటుంది. $n_1 \le 1.414$

మీకు తెలుసా?

ఒక వ్యాధిగ్రస్తుని శరీరము లోపలివైపు గల అవయవ పనితీరు పరిశీలించుటకు వైద్యులచే ఉపయోగించబడు దృక్‌నారల సమూహమును కుహరాంతర్దర్శిని (Endoscopes) అని పిలుస్తారు. ఇది సంపూర్ణాంతర పరావర్తనము అను దృగ్విషయం ఆధారంగా పని చేస్తుంది. ఈ దృక్‌నారలను నోరు, ముక్కు లేదా శరీరంలో ఏర్పరచబడిన ప్రత్యేక రంధ్రాల ద్వారా శరీరంలోనికి ప్రవేశపెడతారు. కుహరాంతర్దర్శిని కొనల వద్ద అవసరమైన పరికరములను అమర్చి, వీటి ద్వారా శస్త్రచికిత్సలను కూడా చేస్తారు.



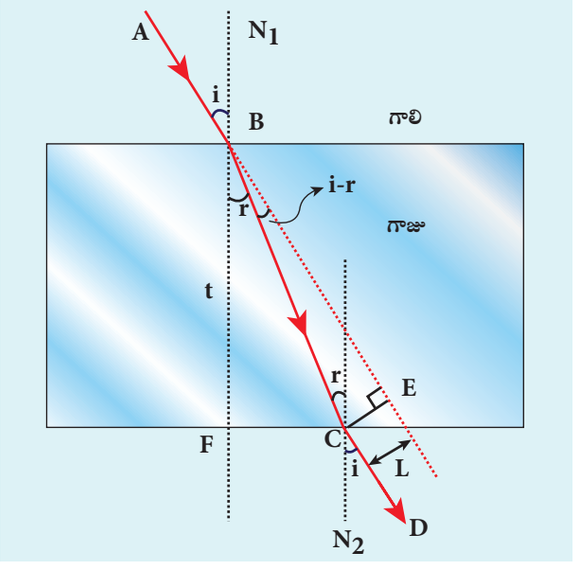


6.4.8 గాజు దిమ్మెలో వక్రీభవనము (Refraction in glass slab)

ఒక కాంతి కిరణము గాజు దిమ్మెలో ప్రవేశించినపుడు అది విరళయానకము (గాలి) నుండి సాంద్రతర యానకము (గాజు)లోకి పయనిస్తుంది. దీని వలన కాంతి కిరణము తలమునకు గీచిన లంబము వైపునకు వంగి పయనిస్తుంది. ఇప్పుడు కాంతి కిరణము గాజు దిమ్మె నుండి వెలుపలకు

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 29 10-03-2023 16:40:38

వచ్చేటపుడు అది సాంద్రతర యానకము (గాజు) నుండి విరళ యానకము (గాలి)లోకి పయనిస్తుంది. ఫలితముగా కాంతి కిరణము లంబము నుండి దూరముగా విచలనం చెందుతుంది. ఈ రెండు వక్రీభవనముల తరువాత, గాజు దిమ్మె నుండి వెలుపలకు వచ్చిన కాంతి కిరణము L పార్శ్వ స్థానభ్రంశము (విస్థాపనము) పొంది పతన కాంతి దిశలోనే ప్రసరిస్తుంది. అనగా, కాంతి కిరణ ప్రసరణ దిశలో ఎటువంటి మార్పు ఉండదు. అయితే, పతన కిరణము మరియు వక్రీభవన కిరణము రెండూ ఒకదానికొకటి సమాంతరముగా L స్థానభ్రంశముతో వేర్వేరు మార్గములో ప్రసరిస్తాయి. ఇది పటము 6.30లో చూపబడినది.



పటము 6.30 గాజు దిమ్మెలో వక్రీభవనము

గాలి యానకములో t మందము మరియు n వక్రీభవన గుణకము కలిగిన ఒక గాజు దిమ్మెను ఉంచినట్లు పరిగణిద్దాం. కాంతి ప్రసరణ మార్గము $ABCD$ అయినచో, గాజు దిమ్మెలో B మరియు C బిందువుల వద్ద వక్రీభవనము జరుగుతుంది. పతనకోణము i మరియు వక్రీభవన కోణము r లను B మరియు C బిందువుల వద్ద గీచిన లంబములు వరుసగా N_1 మరియు N_2 పరంగా కొలుస్తారు. ఇక్కడ C బిందువు వద్ద విచలనం చెందిన కాంతి మరియు విచలనం చెందని కాంతి మార్గముల మధ్య గీచిన అభిలంబ దూరము L ను పార్శ్వ స్థానభ్రంశము (విస్థాపనము) CE అని అంటారు.

లంబకోణ త్రిభుజము ΔBCE లో

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

లంబకోణ త్రిభుజము ΔBCF లో

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

సమీకరణము 6.48 మరియు 6.49లను పోల్చగా

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

పై సమీకరణమును మార్చి వ్రాయగా,

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

పార్శ్వ స్థానభ్రంశము (విస్థాపనము) వక్రీభవన కోణమును నిర్ణయించే (i) గాజు దిమ్మె మందము (ii) పతన కోణము మరియు (iii) వక్రీభవన గుణకములపై ఆధారపడి ఉంటుంది. గాజు దిమ్మె మందము పెరిగితే పార్శ్వ స్థానభ్రంశము ఎక్కువవుతుంది. పతన కోణము ఎక్కువైనచో, పార్శ్వ స్థానభ్రంశము కూడా పెరుగుతుంది. వక్రీభవన గుణకమును పెంచిన యెడల పార్శ్వ స్థానభ్రంశము (విస్థాపనము) కూడా పెరుగుతుంది. వక్రీభవన గుణకమును పెంచిన యెడల పార్శ్వ స్థానభ్రంశము కూడా పెరుగుతుంది.

ఉదాహరణము 6.11

0.25మీ మందము 1.5 వక్రీభవన గుణకము గల ఒక గాజు దిమ్మె కలదు. గాజు దిమ్మె యొక్క సమతలముపై 60^0 కోణముతో ఒక కాంతి కిరణము పతనము చెందినది. ఇప్పుడు కాంతి కిరణము గాజు దిమ్మె మరొక వైపు నుండి బహిర్గతమైనపుడు కాంతి యొక్క పార్శ్వ స్థానభ్రంశము (విస్థాపనము) ను లెక్కించండి.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 30 10-03-2023 16:40:39

సాధన

గాజు దిమ్మె మందం $t = 0.25$ m మీ, వక్రీభవన గుణకము $n = 1.5$ మరియు పతన కోణము $i = 60^{o}$ అని ఇవ్వబడినది.

స్నెల్ నియమము నుండి $1 \sin i = n \sin r$

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

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

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

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

పార్శ్వ స్థానభ్రంశము, $L = 12.81$ సెం.మీ

6.5 ఏక గోళాకార ఉపరితలములో ఏర్పడు వక్రీభవనము (REFRACTION AT SINGLE SPHERICAL SURFACE)

ఇంత వరకు సమతలములో ఏర్పడు వక్రీభవనమను గురించి మాత్రము మనము అభ్యసించియున్నాము. రెండు పారదర్శక యానకముల మధ్య గల గోళాకార ఉపరితలములో కూడా వక్రీభవనము ఏర్పడును. గోళాకార ఉపరితలములో ప్రతి బిందువు వద్ద వక్రీభవన నియమము పాటించబడుతుంది. గోళాకార ఉపరితలము యొక్క స్పర్శీయ తలమునకు గీచిన లంబరేఖ పతన బిందువునకు గీచిన అభిలంబముగా వ్యవహరిస్తుంది. కనుక ఈ అభిలంబము ఎల్లప్పుడు వక్రతా కేంద్రము యొక్క మార్గములో ప్రసరిస్తుంది. ఏక గోళాకార ఉపరితలముపై ఏర్పడు వక్రీభవనముల అధ్యయనం రెండు వక్రీభవన తలములు గల పలుచని కటకములను గురించి అర్థం చేసుకొనుటకు మార్గమును అందించినది.

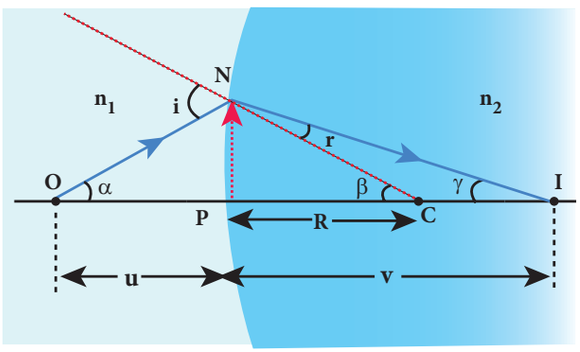
ఏక గోళాకార ఉపరితలములపై ఏర్పడు వక్రీభవన పరిగణనలో క్రింది ఊహాగానాలు చేయబడినవి.

1. పతన కాంతి ఏక వర్ణ కాంతిగా ఉండవలెను.
2. పతన కాంతి ప్రధాన అక్షమునకు అత్యంత సమీపంగా ఉపాక్షీయ కిరణముల వలె ఉండాలి.

సంజ్ఞా సాంప్రదాయములు గోళాకార దర్పణమునకు సంబంధించినట్లు ఉంటుంది.

6.5.1 ఏక గోళాకార ఉపరితలములో ఏర్పడు వక్రీభవనమునకు సమీకరణము (Equation for refraction at single spherical surface)

పటము 6.31లో చూపినట్లు ఒక గోళాకార ఉపరితలముచే వేరుచేయబడి n_1 మరియు n_2 వక్రీభవన గుణకములు కలిగిన రెండు పారదర్శక యానకములను పరిగణిద్దాం. ఈ గోళాకార ఉపరితలము యొక్క వక్రతా కేంద్రమును C అనుకొందాం. n_1 యానకములో ఒక బిందు వస్తువు O ను తీసుకొందాం. ధృవము P వద్ద గోళాకార తలమును ప్రధాన అక్షముగా గల OC రేఖ విభజిస్తుంది. కాంతి కిరణములను ఉపాక్షీయ కిరణములుగా భావించిన యొడల పతన బిందువు నుండి ప్రధాన అక్షమునకు గీచిన లంబము ధృవము P కు అత్యంత సమీపంగా లేదా అది ధృవము గుండా ప్రసరిస్తుంది.



పటము 6.31 ఏక గోళాకార తలము వద్ద వక్రీభవనము

O నుండి వచ్చిన కాంతి కిరణములు N వద్ద గల వక్రీభవన తలముపై పడుతాయి. పతన బిందువు వద్ద వక్రీభవన తలమునకు గీచిన అభిలంబరేఖ వక్రతా కేంద్రము C గుండా ప్రసరిస్తుంది. $n_2 > n_1$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 31 10-03-2023 16:40:41

కావడం చేత, సాంద్రతర యానకములోని కాంతి తలమునకు గీచిన అబిలంబ రేఖ వైపుగా విచలనం చెంది, ప్రతిబింబము ఏర్పడు బిందువు I వద్ద ప్రధాన అక్షమును కలుస్తుంది.

సమీకరణము 6.19 నుండి N బిందువు వద్ద వక్రీభవనమునకు స్నెల్ నియమ లబ్ధ రూపమును క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు.

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

కోణముల విలువ అత్యల్పముగా ఉండుట చేత, కోణముల యొక్క sin విలువకు బదులుగా నేరుగా కోణముల విలువలనే తీసుకొనవచ్చు.

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

ఇప్పుడు కోణములు,

$\angle NOP = \alpha$, $\angle NCP = \beta$, $\angle NIP = \gamma$ గా తీసుకొందాం.

లంబ కోణ త్రిభుజములు ΔNOP, ΔNCP మరియు ΔNIP, ల నుండి

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

పై కోణములు అల్ప పరిమాణమును కలిగినందున కోణముల యొక్క టాన్ విలువను అదే కోణమునకు ఉజ్జాయింపుగా సవరించాలి.

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

త్రిభుజము, ΔONC, నకు

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

త్రిభుజము, ΔINC, నకు

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

సమీకరణము (6.53) మరియు (6.54) ల నుండి i మరియు r విలువలను సమీకరణము (6.51)లో ప్రతిక్షేపించగా .

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

మార్చి వ్రాయగా

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

α, β మరియు γ విలువలను సమీకరణము (6.52) నుండి ప్రతిక్షేపించగా

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

PN ను తొలగించి సూక్ష్మీకరించగా

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

PI, PO′ మరియు PCలు అల్ప దూరములు మాత్రమే సమీకరణముల ఉత్పాదన సాధారణ రూపమును కలిగి యుండునట్లు మనము ఇక్కడ సంజ్ఞ సంప్రదాయములను ఉపయోగిస్తాము. ఉత్పాదించబడిన సాధారణ సమీకరణములు ఏ పటములో చూపినట్లు కాకుండా ఇతర పరిస్థితులకు అనుగుణంగా వుంటుంది.

$\therefore$ PO = $-u$, PI = $+v$ మరియు PC = $+R$ను సమీకరణము (6.55) నందు ప్రతిక్షేపించగా

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

మార్చి వ్రాయగా చివరికి క్రింది సమీకరణం లభిస్తుంది

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

సమీకరణం 6.56 వస్తు దూరము u ప్రతిబింబ దూరము v రెండు యానకముల వక్రీభవన గుణకములు n_1 మరియు n_2 గోళాకార ఉపరితలము యొక్క వక్రతా వ్యాసార్ధము R మధ్య గల సంబంధమును తెలియజేస్తుంది. ఈ సమీకరణములో సంజ్ఞా సాంప్రదాయమును అనువర్తింప జేసియుండుటచే ఇది ఏ గోళాకార ఉపరితలమునకైననూ వర్తిస్తుంది.

మొదటి యానకము గాలి అయినచో n_1 = 1 అవుతుంది. మరియు రెండవ యానకము n_2 = n అయితే పై సమీకరణము క్రింది విధంగా మారుతుంది.

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

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 32 10-03-2023 16:40:43

గమనిక

వక్రీభవనం తర్వాత ఒక బిందువు వద్ద కిరణములన్నీ కేంద్రీకృతము అవుతాయని పై ఉత్పాదన నుండి మనము తీసుకొనవచ్చును. సాధారణంగా, వక్రీభవనం తర్వాత కేంద్రీకృతం లేదా విముఖీకృతం కావచ్చు. ఇది n_1 పై n_2 విలువ వక్రతా వ్యాసార్ధము R మరియు వస్తువు యొక్క స్థానం u పై ఆధారపడి వుంటుంది. ఇతర సాధ్యాసాధ్యాలను ఉదా 6.12లో చర్చిదాం.

ఉదాహరణము 6.12

ఇవ్వబడిన రెండు సందర్భాలలో బిందురూప వస్తువు ప్రతిబింబ స్థానమును కనుగొనండి. ఉపరితల వక్రతా వ్యాసార్ధము R ను 15 cm సెం.మీ $n_1 = 1$ మరియు $n_2 = 2$ తీసుకొనండి.

సంధర్భం (i) : ఉపరితలములగా 10 cm ఎడమవైపున బిందువు O వున్నప్పుడు

సంధర్భం (ii) : ఉపరితలమునకు 30 cm ఎడమవైకున బిందువు O వున్నప్పుడు

సాధన

సంధర్భం (i)

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

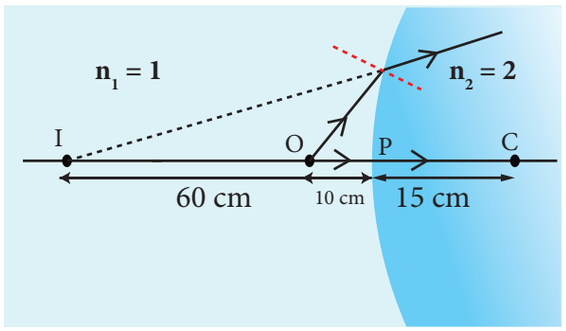
సంజా సంప్రదాయమును అనువర్తింపజేయగా

$u = -10$ cm, $R = 15$ cm

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

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

(ఉపరి తలమునకు ఎడమ వైపున 60 cm దూరంలో ఒక మిథ్యా ప్రతిబింబం ఏర్పడును.)



సంధర్భం (ii) :

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

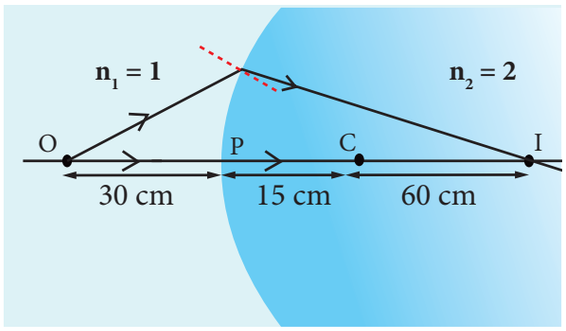
సంజా సంప్రదాయమును అనువర్తింపజేయగా

$u = -30$ cm, $R = 15$ cm

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

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

(ఉపరి తలమునకు కుడివైపున 60 cm దూరంలో ఒక నిజ ప్రతిబింబము ఏర్పడును.)



6.6 పలుచని కటకము (THIN LENS)

రెండు వైపులా గోళాకార ఉపరితలములచే మూయబడి లేదా ఒక సమతలము మరియు మరొక గోళాకార ఉపరితలముచే మూయబడిన పారదర్శక పదార్థముచే కటకములను తయారుచేస్తారు. పలుచని కటకములలో రెండు ఉపరితలముల మధ్య దూరము అత్యల్పముగా ఉంటుంది. రెండు గోళాకార ఉపరితలములు గల కటకములలో రెండు వక్రతా కేంద్రములు C_1 మరియు C_2 వాటికి సంబంధించిన వక్రతా వ్యాసార్ధములు R_1 మరియు R_2 లు ఉంటాయి. అలాకాకుండా సమతల కటకములలో వక్రతా కేంద్రము C అనంతము వద్ద మరియు దాని వక్రతా వ్యాసార్ధము R కూడా అనంతముగా ఉంటుంది ($R = \infty$). గోళాకార దర్పణమునకు సంబంధించి నాభ్యాంతరం తప్ప మిగిలిన అన్ని పదజాలములు పలుచని కటకములకు కూడా అనువర్తిస్తాయి.

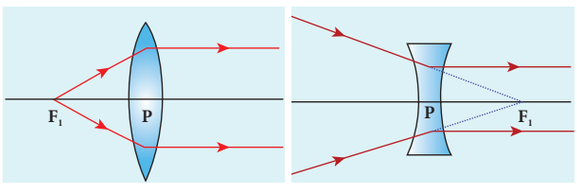
6.6.1 ప్రాథమిక మరియు గౌణ నాభి (Primary and secondary focus)

పలుచని కటకములు రెండు ఉపరితలములచే ఏర్పరచబడినందున అవి రెండు వేర్వేరు యానకములను వేరుచేస్తాయి. అనగా కటకమునకు

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 33 10-03-2023 16:40:44

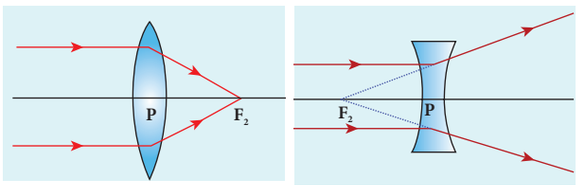
ఎడమ మరియు కుడివైపు గల యానకములు వేర్వేరుగా ఉండవచ్చు. కనుక వీటికి రెండు నాభ్యాంతరములు ఉంటాయి.

కటకము ద్వారా ప్రసరించిన తరువాత బహిర్గత కాంతి కిరణాలు ప్రధాన అక్షమునకు సమాంతరముగా ఉండునట్లు ప్రసరించుటకు బిందు కాంతి జనకమును ఏ బిందువు వద్ద ఉంచవలెనో ఆ బిందువును ప్రాథమిక నాభి (***primary focus***) F_1 అని అంటారు. ఇది పటము 6.32లో చూపబడినది. కేంద్రీకరణ కటకము (converging lens) లకు వస్తువు నిజ వస్తువుగానూ, విముఖీకరణ కటకము (diverging lens) లకు వస్తువు మిథ్యా వస్తువుగానూ ఉంటుంది. ఇక్కడ దూరము PF_1 ను ప్రాథమిక నాభ్యాంతరము f_1 అని అంటారు.



పటము 6.32 ప్రాథమిక నాభి

ప్రధాన అక్షమునకు సమీపముగా మరియు సమాంతరముగా ప్రసరించిన కాంతి కిరణములు కటకము ద్వారా ప్రసరించిన తరువాత ఏ బిందువు వద్ద కేంద్రీకరించబడి ప్రతిబింబమును ఏర్పరుస్తుందో ఆ బిందువును గౌణ నాభి (***secondary focus*** F_2) అని అంటారు. ఇది పటము 6.33లో చూపబడినది. కేంద్రీకరణ కటకములకు వస్తువు నిజ వస్తువుగాను, విముఖీకరణ కటకములకు వస్తువు మిథ్యా వస్తువుగానూ ఉంటుంది. ఇక్కడ దూరము PF_2 ను గౌణ నాభ్యాంతరము f_2 అని అంటారు.



పటము 6.33 గౌణ నాభి

పలుచని కటకమునకు ఇరువైపులా గల యానకముల యొక్క వక్రీభవన గుణకము సమానము అయినపుడు, కటకము యొక్క రెండు నాభ్యాంతరములు సమానముగానే ఉంటాయి. మనము ఇక రాబోవు అధ్యయనములో చాలావరకు గౌణ నాభి F_2 ను ఉపయోగించబోవుచున్నాము.

6.6.2 కటకముల నాభ్యాంతరములకు సంజ్ఞా సాంప్రదాయములు (Sign conventions on focal length for lens)

పలుచని కటకముల సంజ్ఞా సాంప్రదాయములు క్రింద ఇవ్వబడిన నాభ్యాంతరముల సంజ్ఞలలో మాత్రమే మార్పు ఉంటుంది.

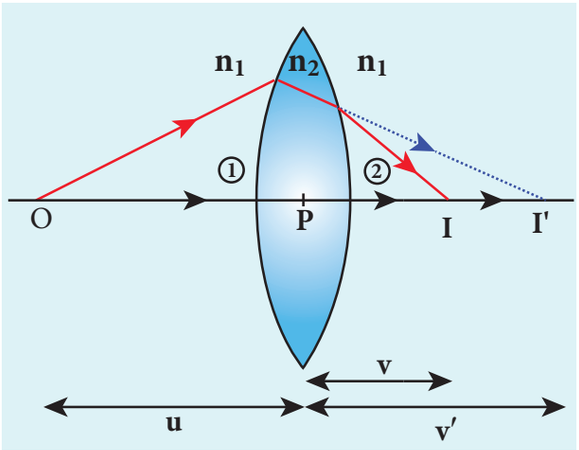
1) పలుచని కటకములకు కుడివైపు ఒకటి, ఎడమ వైపు మరొకటి మొత్తం రెండు నాభ్యాంతరములు ఉంటాయి. కనుక కటక ధృవము నుండి నాభ్యాంతరము కొలిచే దిశలో నాభ్యాంతరము యొక్క సంజ్ఞను నిర్ణయించలేము.
2) పలుచని కేంద్రీకరణ కటకముల నాభ్యాంతరమును ధనాత్మకంగాను, విముఖీకరణ కటకముల నాభ్యాంతరమును ఋణాత్మకంగాను తీసుకోవాలి.

ఇక మిగిలిన పదజాలములు వస్తు దూరము, ప్రతిబింబ దూరము, వక్రతా వ్యాసార్ధం, వస్తువు ఎత్తు, ప్రతిబింబము ఎత్తు (పై తెలిపిన నాభ్యాతరమునకు తప్ప) వంటి వాటికి గోళాకార దర్పణముల సంజ్ఞా సాంప్రదాయములే పలుచని కటకములకు వర్తిస్తాయి.

6.6.3 కటకదారుని సూత్రము మరియు కటక సమీకరణము (Lens maker's formula and lens equation)

n_1 వక్రీభవన గుణకము గల ఒక యానకములో n_2 వక్రీభవన గుణకము గల యానక పదార్థముచే తయారుచేయబడిన పలుచని కటకము ఉంచబడినదని అనుకొందాం. పటము 6.34 లో చూపినట్లు గోళాకార ఉపరితలములు ① మరియు ② యొక్క వక్రతా వ్యాసార్ధములు వరుసగా R_1 మరియు R_2 గా పరిగణిద్దాం. ప్రధాన అక్షముపై ఒక బిందు వస్తువు O ను తీసుకొందాం P సమీపముగా పడే O నుండి వచ్చే ఒక ఉపాక్షీయ కాంతి కిరణము ఉపరితలము ① వద్ద వక్రీభవనము చెంది I' వద్ద ప్రతిబింబమును ఏర్పరుస్తుంది. ఇలా జరగడానికి మునుపే, ఇది ఉపరితలము ② చే మరలా వక్రీభవనము చెంది అంత్య ప్రతిబింబమును I వద్ద ఏర్పరుస్తుంది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 34 10-03-2023 16:40:45



పటము 6.34 పలుచని కటకము ద్వారా వక్రీభవనము:

సమీకరణము 6.56 నుండి ఏక గోళాకార ఉపరితలము వద్ద ఏర్పడు వక్రీభవనమునకు సంబంధించి సాధారణ సమీకరణమును క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు.

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

వక్రీభవనము ఉపరితలము ① కి సంబంధించి, కాంతి n_1 నుండి n_2 కు ప్రసరిస్తుంది

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

వక్రీభవనము ఉపరితలము ② కి సంబంధించి, కాంతి n_2 నుండి n_1 కు ప్రసరిస్తుంది

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

ఉపరితలము ② నకు I' ఒక మిథ్యా వస్తువుగా వ్యవహరిస్తుంది.

పై సమీకరణము (6.58) మరియు (6.59) లను కూడగా

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

మరలా సూక్ష్మీకరించి మార్చి వ్రాయగా,

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

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

వస్తువు అనంత దూరంలో ఉన్నప్పుడు ప్రతిబింబము కటక నాభి వద్ద ఏర్పడుతుంది. కనుక $u=\infty$ మరియు $v=f$ అవుతుంది. అప్పుడు పై సమీకరణము (6.60) క్రింది విధంగా మారుతుంది.

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

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

కటకమును గాలిలో ఉంచినప్పుడు $n_1=1$ మరియు $n_2=n$ అవుతుంది. కనుక సమీకరణం 6.61 ని క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

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

పై సమీకరణమును కటకదారుని సూత్రము (***lens maker's formula***) అని అంటారు. ఎందుకనగా ఈ సమీకరణమును ఉపయోగించి కటక తయారీదారుడు మనకు కావలసిన నాభ్యాంతరమునకు ఎంత పరిమాణములో గల వక్రత అవసరం అవుతుంది అను అంశమును, ఏ నిర్దిష్ట వక్రీభవన గుణకము గల పదార్థమును ఉపయోగించాలి అనుటను తెలుసుకొనగలరు. ఈ సమీకరణం, అన్ని రకాల కటకములకు వర్తిస్తుంది. 6.60 మరియు 6.61 సమీకరణములను పోల్చగా మనకు క్రింది సమీకరణం లభిస్తుంది.

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

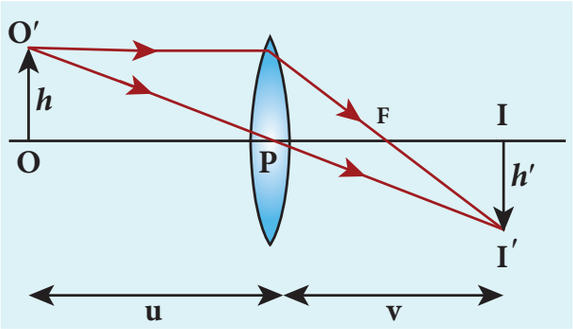
పై సమీకరణమును కటక సూత్రము (***lens formula)*** అని అంటారు. ఇది వస్తు దూరము u, ప్రతిబింబ దూరము v లను కటక నాభ్యాంతరం f తో గల సంబంధపరుస్తుంది. ఇది అన్ని రకాల కటకములకు వర్తిస్తుంది.

6.6.4 కటకములో పార్శ్వ ఆవర్ధనము (Lateral magnification in thin lens)

h_1 పొడవు గల OO' అనే వస్తువును ప్రధాన అక్షముపై దాని ఎత్తు దృష్ట్యా ప్రధాన అక్షమునకు

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 35 10-03-2023 16:40:48

లంబంగా ఉంచబడినదని అనుకొందాం. పటము 6.35 లో చూపినట్లు h_2 ఎత్తు గల II' అనే తలక్రిందులైన నిజ ప్రతిబింబం ఏర్పడుతుంది.



పటము 6.35 కటకములో పార్శ్వ ఆవర్ధనము

పార్శ్వ లేక తిరోగమన ఆవర్ధనము m ను ప్రతిబింబము యొక్క ఎత్తు మరియు వస్తువు యొక్క ఎత్తుకు మధ్య గల నిష్పత్తిగా నిర్వచించవచ్చు.

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

రెండు సరూప త్రిభుజములు $\Delta POO'$ మరియు $\Delta PII'$ ల నుండి మనము క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

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

ఇరువైపులా సంజ్ఞా సాంప్రదాయమును అనువర్తింపజేయగా

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

ఆవర్ధనము కొరకు దీనిని సమీ॥ 6.65 లో ప్రతిక్షేపించగా

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

మార్చి వ్రాయగా

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

నిజ ప్రతిబింబమునకు ఆవర్ధనము ఋణాత్మకంగాను, మధ్య ప్రతిబింబమునకు ఆవర్ధనము ధనాత్మకంగాను ఉంటుంది. పుటాకార కటకములకు ఆవర్ధనము ఎల్లప్పుడూ ధనాత్మకంగా ఉండి '1' కంటే తక్కువగా ఉంటుంది.

కటక సమీకరణములను ఉమ్మడిగా వ్రాసిన యెడల మనకు మరొక రూపంలోని ఆవర్ధన సమీకరణం లభిస్తుంది.

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

ఉదాహరణము 6.13

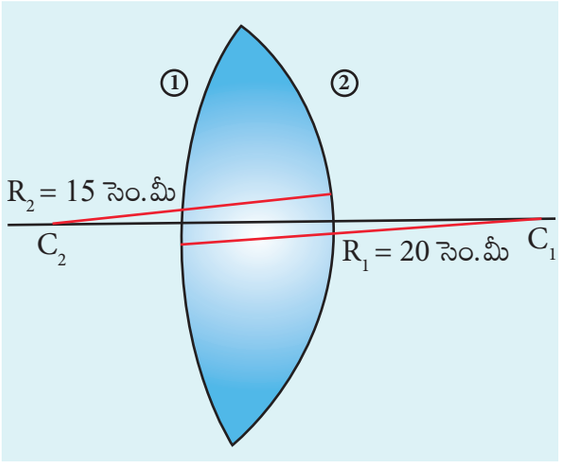
రెండు వక్రతా తలములు కలిగిన ఒక ద్వికుంభాకార (biconvex) కటకము యొక్క వక్రతా వ్యాసార్ధములు వరుసగా 20సెం.మీ మరియు 15 సెం.మీ. కటక పదార్థం యొక్క వక్రీభవన గుణకము 1.5 అయితే

(అ) దాని నాభ్యాంతరము ఎంత?

(ఆ) కటకము యొక్క ముందు భాగమును త్రిప్పి (flip) ఉంచి ఉపయోగించినపుడు దాని నాభ్యాంతరములో మార్పు కలుగుతుందా?

సాధన

ద్వికుంభాకార కటకమునకు, పటములో చూపినట్లు మొదటి ఉపరితలము యొక్క వక్రతా వ్యాసార్ధము ధనాత్మకంగానూ, రెండవ ఉపరితలము యొక్క వక్రతా వ్యాసార్ధము ఋణాత్మకంగానూ ఉంటుంది.



n = 1.5, R_1=20 సెం.మీ మరియు R_2= −15 సెం.మీ అని ఇవ్వబడినది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 36 10-03-2023 16:40:50

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

విలువలను ప్రతిక్షేపించగా

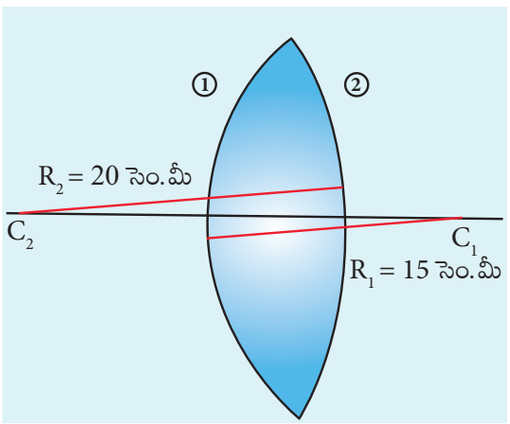
$$\frac{1}{f}=(1.5-1)\left(\frac{1}{20}-\frac{1}{-15}\right)=(1.5-1)\left(\frac{1}{20}+\frac{1}{15}\right)$$

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

$$f=\frac{120}{7}=17.14 \text{ సెం.మీ}$$

కటక నాభ్యాంతరము ధనాత్మకం కనుక ఇది ఒక కేంద్రీకరణ కటకం అని చెప్పవచ్చు.

(ఆ) కటకమును దాని ముందు, వెనుక భాగములను త్రిప్పినప్పుడు (flipped)



n = 1.5, R_1=15 సెం.మీ మరియు R_2= –20 సెం.మీ అని ఇవ్వబడినది.

కనుక దారుని సూత్రములో పై విలువలను ప్రతిక్షేపించగా

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

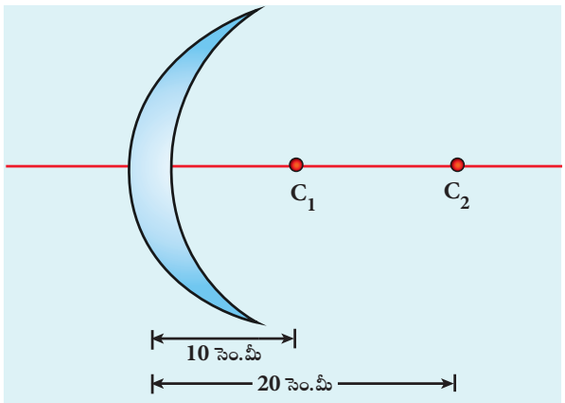
$$\frac{1}{f}=(1.5-1)\left(\frac{1}{15}+\frac{1}{20}\right)$$

ఫలితము, f = 17.14 సెం.మీ

అనగా కటకమును త్రిప్పి ఉంచినప్పటికీ, దాని నాభ్యాంతరములో మార్పురాదని చెప్పవచ్చు. ఇది ఎటువంటి కటకమునకైనా వర్తిస్తుంది. విద్యార్థులు ఈ అంశమును అన్ని రకాల కటకములలో పరీక్షించవచ్చు.

ఉదాహరణము 6.14

పటములో చూపినట్లు 1.52 వక్రీభవన గుణకము కలిగిన పదార్థముచే తయారుచేయబడిన కటకము యొక్క నాభ్యాంతరమును లెక్కించండి. (మొదటి మరియు రెండవ ఉపరితలముల వక్రతా కేంద్రములు వరుసగా C_1 మరియు C_2 అనుకొందాం.)



సాధన

ఈ కటకమును కుంభాకార – పుటాకార కటకం (convexo-concave lens) అని పిలుస్తారు.

n = 1.52, R_1= 10 సెం.మీ మరియు R_2= 20 సెం.మీ అని ఇవ్వబడినది.

R_1 మరియు R_2 రెండూ ధనాత్మకం.

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

పై విలువలను ప్రతిక్షేపించగా

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

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

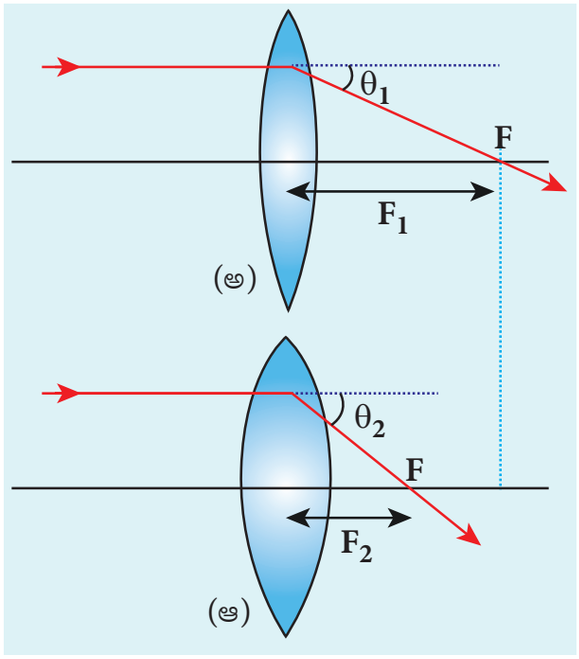
$$f=\frac{20}{0.52}=38.46 \text{ సెం.మీ}$$

కటక నాభ్యాంతరం ధనాత్మకం కనుక ఇది ఒక కేంద్రీకరణ (converging) కటకము.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 37 10-03-2023 16:40:52

6.6.5 కటక సామర్థ్యము (Power of a lens)

పతన కాంతిని విచలనం చెందించు సామర్థ్యమును కటక సామర్థ్యం అంటారు. కటకముపై కాంతి పతనం చెందినపుడు కటకము కాంతి కిరణమును విచలనం చెందించు పరిమితిని దాని సామర్థ్యం ఆధారముగా లెక్కిస్తారు. కటక సామర్థ్యము దాని నాభ్యాంతరమునకు విలోమానుపాతములో ఉంటుంది. అనగా కటక సామర్థ్యమును పెంచితే దాని నాభ్యాంతరము తక్కువ అవుతుంది. పటము 6.36లో కటకము (a) కంటే కటకము (b) నకు అధిక విచలన సామర్థ్యము కలదు. అనగా కటకము (b) అధిక విచలన సామర్థ్యాన్ని కలిగి ఉన్నందు వలన దాని నాభ్యాంతరం తక్కువగా ఉంటుంది.



పటము 6.36 కటక సామర్థ్యము

మరొక విధముగా కటకముపై పడిన కాంతిని కటకము కేంద్రీకరణము లేదా విముఖీకరణము చెందించు పరిమితి యొక్క కొలతను కటక సామర్థ్యము అంటారు. అనగా కటక సామర్థ్యము P ను మీటర్లలోని కటక నాభ్యాంతరము యొక్క విలోమముగా నిర్వచించవచ్చు.

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

కటక సామర్థ్యమునకు ప్రమాణము డయాప్టర్ (D). $1\ \mathrm{D} = 1\ \mathrm{m}^{-1}$ కటక సామర్థ్యము కేంద్రీకరణ కటకములకు ధనాత్మకంగాను, విముఖీకరణ కటకములకు ఋణాత్మకంగాను ఉంటుంది.

కటకదారుని సూత్రము నుండి సమీకరణము 6.62 మరియు 6.68లను కటక సామర్థ్యము కొరకు క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

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

పై సమీకరణము నుండి అధిక వక్రీభవన గుణకము కలిగిన కటకము యొక్క సామర్థ్యము కూడా అధికముగానే ఉంటుందని స్పష్టమగుచున్నది. అదేవిధముగా వక్రీభవన గుణకము తక్కువైతే కటక సామర్థ్యము కూడా తగ్గుతుంది. అంతేకాకుండా తక్కువ వక్రతా వ్యాసార్ధము కలిగిన (లావైన) కటకము యొక్క సామర్థ్యము ఎక్కువగాను, అధిక వక్రతా వ్యాసార్ధము కలిగిన (సన్నని) కటకము యొక్క సామర్థ్యము తక్కువగాను ఉంటుంది.

ఒక కటకము యొక్క నాభ్యాంతరం 150 సెం.మీ అయితే కటక సామర్థ్యం ఎంత?

సాధన

కటక నాభ్యాంతరం, $f = 150$ సెం.మీ $= 1.5$ మీ

కటక సామర్థ్యము, $P = \frac{1}{f}$

పై విలువలను ప్రతిక్షేపించగా

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

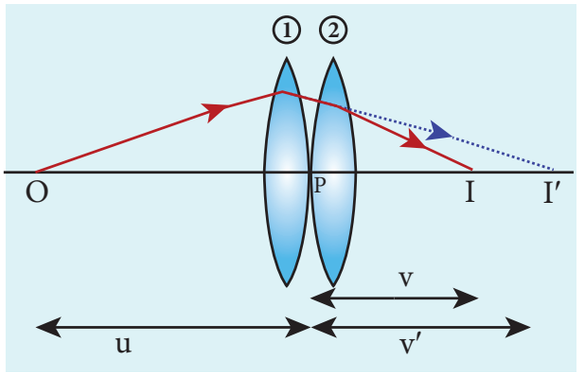
కటక సామర్థ్యం ధనాత్మకం కనుక ఇది ఒక కేంద్రీకరణ కటకము.

6.6.6 ఒక దానినొకటి స్పృశిస్తున్న కటకముల నాభ్యాంతరము. (Focal length of lenses in contact)

f_1 మరియు f_2 నాభ్యాంతరము గల రెండు కటకములు ① మరియు ② సహాక్షీయంగా ఒక ఉమ్మడి ప్రధాన అక్షము పై ఒక దానినొకటి

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 38 10-03-2023 16:40:54

స్పృశిస్తునట్లు ఉంచబడినవి. ప్రధాన అక్షముపై కటకము ① యొక్క నాభికి వెనుకవైపు ఒక బిందు రూప వస్తువు O అను బిందువు వద్ద కలదు. దీని ప్రతిబింబము I' వద్ద ఏర్పడినది. ఈ ప్రతిబింబము I' కటకము ② కు ఒక వస్తువుగా పనిచేసి పటము 6.37 లో చూపినట్లు తుది ప్రతిబింబము I వద్ద ఏర్పడినది. ఈ రెండు కటకములు పలుచగా ఉండుటచే, రెండు కటకములకు మధ్య గల ఉమ్మడి దృక్ కేంద్రము P పరంగా కొలతలు తీస్తారు.



పటము. 6.37 స్పృశిస్తున్న కటకములు

కటకము ① కి వస్తు దూరము PO ను u అని, ప్రతిబింబ దూరము PI' ను v' అని, తీసుకొందాం. అదే విధముగా కటకము ② కి వస్తు దూరము PI' ని v' అని, ప్రతిబింబ దూరము PI ని v గా తీసుకోవాలి.

కటకము① కి కటక సమీకరణము (6.63) వ్రాయగా,

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

కటకము ② కి కటక సమీకరణము (6.63) వ్రాయగా,

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

సమీకరణము 6.70 మరియు 6.71 లను కూడగా,

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

ఈ రెండు కటకాల సంయోగ వ్యవస్థ f నాభ్యాంతరము గల ఏక కటకముగా పనిచేస్తుంది. అప్పుడు కటకము O వద్ద గల వస్తువునకు I వద్ద ప్రతిబింబమును ఏర్పరుస్తుంది.

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

సమీకరణం 6.72 మరియు 6.73 లను పోల్చిన క్రింది సమీకరణం లభిస్తుంది.

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

పై సమీకరణమును స్పృశిస్తున్న అనేక కటకముల సముదాయమునకు వర్తింపజేయవచ్చు.

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

పై సమీకరణమును కటక సామర్థ్యము పరంగా కూడా వ్రాయవచ్చు.

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

ఇక్కడ P అనునది స్పృశిస్తున్న కటక సముదాయ సామర్థ్యము అవుతుంది. సమీకరణము 6.76 లోని కూడికను బీజీయ మొత్తముగా పరిగణించాలి. విడి విడి కటకముల సామర్థ్యము ధనాత్మకంగానో (కేంద్రీకరణ కటకములకు) మరియు ఋణాత్మకంగానో (విముఖీకరణ కటకములకు) ఉండవచ్చు. కటకముల కలయిక వలన కావలసిన ఆవర్ధనముతో కేంద్రీకరణ లేక విముఖీకరణ కటకములను పొందవచ్చు. అంతేకాక కటకముల కలయిక వలన ప్రతిబింబములో స్పష్టత అధికమవుతుంది. మొదటి కటకముచే ఏర్పడచబడిన ప్రతిబింబం రెండవ కటకమునకు వస్తువుగా పని చేస్తుంది. రెండవ కటకము ఏర్పరచిన ప్రతిబింబము మూడవ కటకమునకు వస్తువుగా, అలా పోయేకొలది ఈ కలయిక వలన ఏర్పడిన ఆవర్ధనము m ను విడివిడి కటకముల ఆవర్ధనము యొక్క లబ్ధమునకు సమానంగా పరిగనిస్తారు.

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

ఇక్కడ $m_1, m_2, m_3\ldots\ldots$ లు విడివిడి కటక ఆవర్ధనములు.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 39 10-03-2023 16:40:56

ఉదాహరణము 6.16

−70 సెం.మీ మరియు 150 సెం.మీ నాభ్యాంతరం కలిగిన రెండు కటకములు స్పృశిస్తున్నప్పుడు ఫలిత నాభ్యాంతరం ఎంత?

సాధన

మొదటి కటక నాభ్యాంతరము $f_1 = -70$ సెం.మీ, రెండవ కటక నాభ్యాంతరము $f_2 = 150$ సెం.మీ

స్పృశిస్తున్న కటకముల యొక్క కటక నాభ్యాంతరమునకు సమీ॥ , $\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$

పై సమీకరణంలో విలువలను ప్రతిక్షేపించగా

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

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

$$f = \frac{-1050}{8} = -131.25 \text{ సెం.మీ}$$

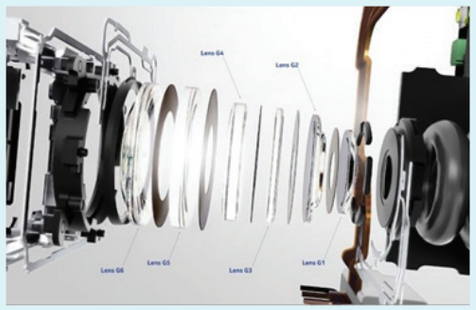
అంత్య నాభ్యాంతరం ఋణాత్మకం కనుక రెండు కటకముల కలయిక ఒక విముఖీకరణ కటక వ్యవస్థను ఏర్పరుస్తుంది.

కటకముల కలయిక వలన ఏర్పడు సామర్థ్యము

$$P = \frac{1}{f} = \frac{1}{-1.3125 \text{మీ}} = -0.76 \text{ D (డయాప్టర్)}$$

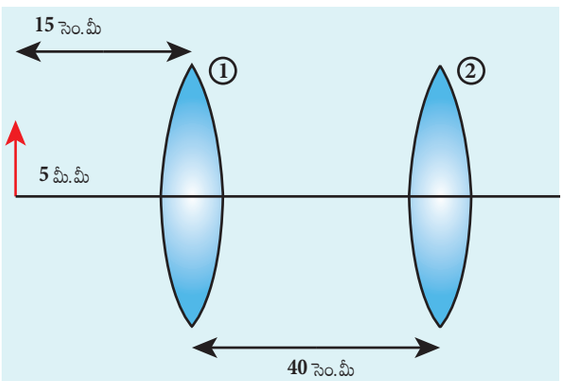
ఆలోచించదగు అంశము





ఛాయా చిత్ర గాహకం (camera), సూక్ష్మదర్శిని, దూర దర్శిని మరియు ఇతర దృక్ సాధనములలో కటకముల సంయోగ వ్యవస్తను ఉపయోగిస్తారు. ఇవి ఉత్తమ ఆవర్ధనమును మరియు స్పష్టమైన ప్రతిబింబమును ఏర్పరుస్తాయి.

ఉదాహరణము 6.17



10 సెం.మీ నాభ్యాంతరం కలిగిన ఒక కుంభాకార కటకమునకు 15 సెం.మీ దూరములో 5 సెం.మీ ఎత్తు కలిగిన వస్తువు ఉంచబడినది. 5 సెం.మీ నాభ్యాంతరం కలిగిన రెండవ కటకము మొదటి కటకము నుండి 40 సెం.మీ దూరములో మరియు వస్తువు నుండి 55 సెం.మీ దూరములో ఉంచిన యెడల అ) తుది ప్రతిబింబ స్థానము ఆ) ప్రతిబింబ స్వభావము మరియు ఇ) దాని పరిమాణము కనుగొనండి.

సాధన

$h = 5$ మిమీ 0.5 సెం.మీ, $u_1 = -15$ సెం.మీ, $f_1 = 10$ సెం.మీ , $f_2 = 5$ సెం.మీ, $d = 40$ సెం.మీ అని ఇవ్వబడినది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 40 10-03-2023 16:40:58

మొదటి కటకమునకు, కటక సమీకరణము,

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

విలువలను ప్రతిక్షేపించగా

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

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

$v_1 = 30$ సెం.మీ

మొదటి కటకము దానికి కుడివైపున 30 సెం.మీ దూరములో ప్రతిబింబమును ఏర్పరుస్తుంది.

ఇప్పుడు ప్రతిబింబ ఎత్తును కనుగొందాం,

ఆవర్ధనమునకు సమీకరణము, $m=\frac{h'}{h}=\frac{v_1}{u_1}$

విలువలను ప్రతిక్షేపించగా, $\frac{h'}{0.5}=\frac{30}{-15}$

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

ప్రతిబింబము యొక్క ఎత్తు ఋణాత్మకం కనుక ప్రతిబింబం తలక్రిందులైన నిజ ప్రతిబింబముగా ఉంటుంది.

ఈ ప్రతిబింబము రెండవ కటకమునకు వస్తువుగా పనిచేస్తుంది. రెండవ కటకమునకు వస్తువు దూరము (40–30=10 సెం.మీ). కనుక $u_2 = -10$ సెం.మీ

రెండవ కటకమునకు, కటక సమీకరణము

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

విలువలను కూడగా

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

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

$v_2 = 10$ సెం.మీ

తుది ప్రతిబింబము రెండవ కటకమునకు కుడి వైపు 10 సెం.మీ దూరములో ఏర్పడుతుంది.

ఇప్పుడు తుది ప్రతిబింబము యొక్క ఎత్తును కనుగొందాం. రెండవ కటకము వలన ఏర్పడిన తుది ప్రతిబింబము యొక్క ఎత్తును h'' అని మరియు రెండవ కటకమునకు వస్తువు ఎత్తు h' అని అనుకొందాం.

రెండవ కటకమునకు ఆవర్ధన సమీకరణము,

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

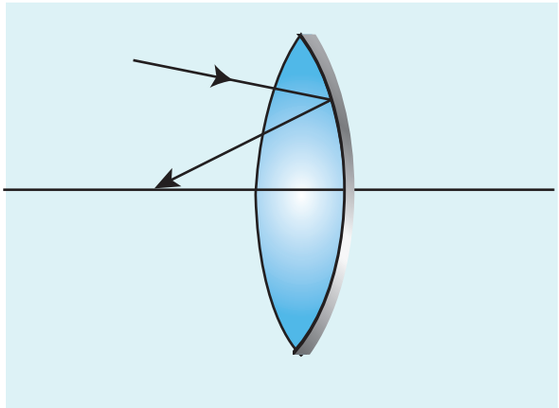
విలువలను ప్రతిక్షేపించగా , $\frac{h''}{-1}=\frac{10}{-10}$

$$h''=(-1)\times\left(\frac{10}{-10}\right)=1 \text{ సెం.మీ} = 10 \text{ మి.మీ}$$

ప్రతిబింబము ఎత్తు ధనాత్మకం కనుక ఇది నిటారైన నిజప్రతిబింబముగా ఉంటుంది.

6.6.7 వెండిపూత పూయబడిన కటకములు (Silvered lenses)

కటకము యొక్క ఏదేని ఒక ఉపరితలము వెలుపలివైపు వెండిపూత పూయబడే వాటిని వెండిపూత పూయబడిన కటకములని అంటారు. ఈ వెండిపూత పూయబడిన కటకములు ఒక కటకము మరియు ఒక దర్పణము యొక్క సంయోగము అని చెప్పవచ్చును. కటకములో పారదర్శక తలము ద్వారా కాంతి ప్రసరించి దానికి వెనుక వైపు గల వెండిపూతచే పరావర్తనం చెందుతుంది. కనుక ఈ కటకము ద్వారా పటము 6.38 లో చూపినట్లు రెండు సార్లు ప్రయాణిస్తుంది.



పటము 6.38 వెండిపూత పూయబడిన కటకములు

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 41 10-03-2023 16:41:01

వెండిపూత పూయబడిన కటకము యొక్క సామర్థ్యము P ని క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

$$P = P_l + P_m + P_l$$

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

ఇక్కడ P_l ను కటక సామర్థ్యము అని P_m ను దర్పణ సామర్థ్యము అని అంటారు. కాని కటక సామర్థ్యము నాభ్యాంతరం యొక్క విలోమము అని మరియు దర్పణ సామర్థ్యము నాభ్యాంతరం యొక్క ఋణ విలోమము అని మనకు తెలుసు. ఎందుకనగా ఒక పుటాకార దర్పణము ఋణాత్మక నాభ్యాంతరమును, ధనాత్మక సామర్థ్యమును కలిగి కేంద్రీకరణ దర్పణముగా పని చేస్తుంది. అంతేకాక, వెండిపూత పూయబడిన కటకము సాధారణముగానే ఒక మార్పు చెందించబడిన దర్పణముగా వ్యవహరిస్తుంది. కనుక,

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

ఇప్పుడు సమీకరణము 6.78 ని క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు.

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

సమీకరణము 6.80 నకు సరియైన సంజ్ఞా సాంప్రదాయమును మనము అనువర్తింపచేయాలి.

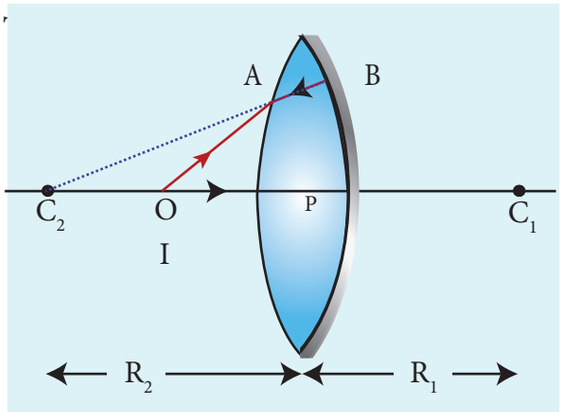
ఒకవేళ మనము వస్తు దూరము u మరియు ప్రతిబింబ దూరము v లను కనుగొనవలసి వచ్చినప్పుడు దర్పణ సమీకరణము 6.8 ని ఉపయోగించవచ్చు. ఎందుకనగా వెండిపూత పూయబడిన కటకము ఒక మార్పు చెందించబడిన దర్పణముగా పనిచేస్తుంది.

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

ఉదాహరణము 6.18

1.5 వక్రీభవన గుణకము కలిగిన ఒక గాజుచే పలుచని ద్వి కుంభాకార కటకము తయారుచేయబడినది. కటకము యొక్క రెండు ఉపరితలములు ఒక్కొక్కటి 30 సెం.మీ తో సమానమైన వక్రతా వ్యాసార్ధమును కలిగియున్నవి. ఈ కుంభాకార కటకము యొక్క ఏదేని ఒక బాహ్య తలమును వెండి పూతచే పరావర్తనతలముగా మార్చినప్పుడు అ) వెండిపూత పూయబడిన ఈ కటక నాభ్యాంతరం మరియు సామర్థ్యము ఎంత? .ఆ) వస్తువు కటకము ముందు ఎంత దూరములో ఉంచినప్పుడు దాని ప్రతిబింబము వస్తువు పైనే ఏర్పడుతుంది?

సాధన



$n = 1.5; R_1 = 30$ సెం.మీ $R_2 = -30$ సెం.మీ అని ఇవ్వబడినది.

(అ) ఇప్పుడు f_l మరియు f_m లను వేర్వేరుగా కనుగొందాం

కటకదారుని సూత్రము నుండి f_lను కనుగొందాం.

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

విలువలను ప్ర॥గా, $\frac{1}{f_l} = (1.5-1)\left(\frac{1}{30} - \frac{1}{30}\right)$ సెం.మీ

$$\frac{1}{f_l} = (0.5)\left(\frac{1}{30} + \frac{1}{30}\right) = \left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{2}{30}\right) = \frac{1}{30 \text{ సెం.మీ}}$$

$f_l = 30$ సెం.మీ $= 0.3$ మీ

దర్పణ నాభ్యాంతరం, $f_m = \frac{R_2}{2}$

విలువలను ప్ర॥గా, $f_m = \frac{-30}{2} = -15$ సెం.మీ

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 42 10-03-2023 16:41:06

$f_m = 15$ సెం.మీ $= -0.15$ మీ

వెండి పూత పూయబడిన కటకము యొక్క నాభ్యాంతరం,

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

$f = -7.5$ సెం.మీ $= -0.075$ మీ

వెండి పూత పూయబడిన దర్పణము ఎడమ వైపు నాభ్యాంతరం కలిగిన ఒక పుటాకర దర్పణము వలె ప్రవర్తిస్తుంది.

వెండి పూత పూయబడిన కటకము సామర్థ్యము $P = 2P_l + P_m$

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

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

కటక సామర్థ్యము ధనాత్మకమగుటచే ఇది ఒక కేంద్రీకరణ వ్యవస్థగా ఉంటుంది.

[గమనిక: ఇక్కడ వెండి పూత పూయబడిన కటకము ఋణాత్మక నాభ్యాంతరమును, ధనాత్మక సామర్థ్యమును కలిగి ఉండుటను తెలుసుకొన్నాము. అనగా ఇది ఎడమ వైపు నాభ్యాంతరమును కలిగిన ఒక కేంద్రీకరణ వ్యవస్థగా ఉంటుంది. ఇటువంటి పరిస్థితులు వెండి పూత పూయబడిన కటకములోనే ఏర్పడుతాయి. ఎందుకనగా ఈ వెండి పూత పూయబడిన కటకములు సాధారణంగా ఒక మార్పు చెందించబడిన దర్పణములుగా వ్యవహరిస్తాయి.]

(ఆ) దర్పణ సూత్రము, $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$

ఇక్కడ u మరియు v లు రెండు సమానము $(v = u)$ ఎందుకనగా ప్రతిబింబము, వస్తునవుపైనే ఏర్పడుచున్నది.

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

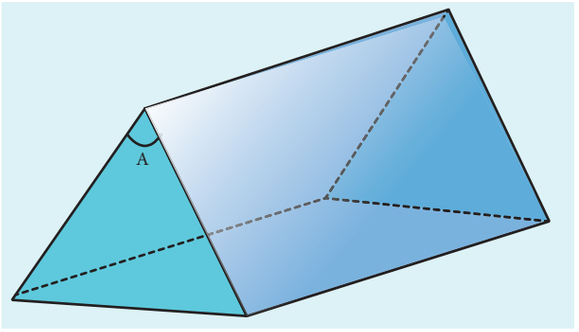
సెం.మీ

$u = -15$ సెం.మీ $= -0.15$ మీ

వస్తువుపైనే ప్రతిబింబము ఏర్పడుటకు వస్తువును వెండి పూత పూయబడిన కటకమునకు ఎడమ వైపు 15 సెం.మీ దూరములో ఉంచాలి.

6.7 పట్టకము (PRISM)

పారదర్శక గాజుతో ఏర్పరచబడిన త్రిభుజాకార వస్తువును పట్టకము అంటారు. ఇది మూడు సమతలములచే ఆవరించబడియుండును. దీనిలో ఒక సమతలము గరుకుగా ఉంటుంది. ఈ గరుకు సమతలము పట్టక ఆధారము (base) అని పిలుస్తారు. మిగిలిన రెండు సమతలములు నునుపు చేయబడి ఉంటాయు. ఈ నునుపు తలమును వక్రీభవన తలములు అంటారు. రెండు వక్రీభవన తలములకు మధ్య గల కోణమును పట్టక కోణము లేదా వక్రీభవన కోణము లేదా అపెక్స్ (apex) కోణము అని అంటారు. ఇది పటము 6.39 లో A గా గుర్తించబడియున్నది.



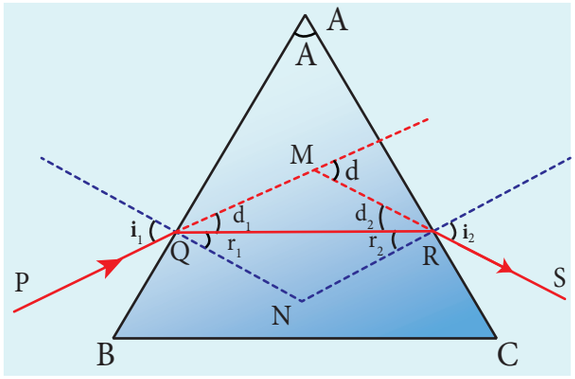
పటము 6.39 పట్టకము

6.7.1 పట్టకముచే ఏర్పరచబడు విచలన కోణము (Angle of deviation produced by prism)

ABC అనే ఒక పట్టకమును తీసుకొందాం. ఇందులో AB మరియు AC తలములు నునుపు చేయబడినవి. BC తలము గరుకైనది. పటము 6.40 లో చూపినట్లు పట్టకముపై ఏదేని ఒక వక్రీభవన తలముపై PQ అనే కాంతి కిరణము పతనమైనదని అనుకొందాం. మొదటి తలము AB వద్ద పతన మరియు వక్రీభవన కోణములు వరుసగా i_1 మరియు r_1 అవుతుంది. పట్టకము లోపలి వైపు కాంతి కిరణ మార్గము QR రెండవ తలము AC వద్ద

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 43 10-03-2023 16:41:09

పతన మరియు వక్రీభవన కోణములు r_2 మరియు i_2 రెండవ తలము నుండి వెలువడు బహిర్గామి కిరణము RS కోణము i_2 ను బహిర్గామి కోణము (angle of emergence) అని కూడా పిలుస్తారు. **పతన కిరణము మరియు బహిరామి కిరణము దిశకు మధ్య గల కోణమును పట్టకము నందు విచలనకోణము** (***angle of deviation***) d **అని అంటారు** పతన బిందువు Q మరియు బహిర్గామి బిందువు R వద్ద గీచిన లంబములను పొడిగించిన అవి బిందువు N వద్ద కలుస్తాయి. అదేవిధముగా పతన కిరణము మరియు బహిర్గామి కిరణములను పొడిగించిన అవి బిందువు M వద్ద కలుస్తాయి.



పటము 6.40 పట్టకము ద్వారా వక్రీభవనము

AB తలము వద్ద విచలన కోణము d_1,

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

AC తలము వద్ద విచలన కోణము d_2,

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

పట్టకముచే ఏర్పరచబడిన విచలన కోణము,

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

సమీ॥ 6.83 లో d_1 మరియు d_2 విలువలను ప్రతిక్షేపించగా

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

మార్చి వ్రాయగా

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

చతుర్భుజము $AQNR$ లో రెండు కోణములు (Q మరియు R శీర్షముల వద్ద) లంబ కోణములు. కనుక చతుర్భుజములో ఇతర కోణముల మొత్తము $180°$ అవుతుంది.

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

త్రిభుజము ΔQNR లో,

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

సమీ॥ 6.85 మరియు 6.86 లను పోల్చగా

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

విచలన కోణము కొరకు (6.87) ను 6.84 లో ప్రతిక్షేపించగా

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

కనుక పతన కోణము i_1 బహిర్గామి కోణము i_2 మరియు పట్టక కోణము A లపై విచలన కోణము ఆధారపడి ఉంటుంది. కాని నిర్దిష్ట పతన కోణమునకు బహిర్గామి కోణము పట్టక పదార్థము యొక్క వక్రీభవన గుణకముచే నిర్ణయించబడుతుంది. కావున ఏక వర్ణ కాంతికి విచలన కోణము క్రింది కారకములపై ఆధారుడి ఉంటుంది.

(i) పతన కోణము

(ii) పట్టక కోణము

(iii) పట్టక పదార్థపు వక్రీభవన గుణకము (బహిర్గామి కోణమును నిర్ణయించునది)

ఉదాహరణము 6.19

ఒక సమబాహు త్రిభుజ పట్టకముపై $30°$ కోణముతో ఏక వర్ణ కాంతి పతనమై $75°$ కోణముతో బహిర్గతమైనది. అయితే పట్టకముచే ఏర్పరచబడిన విచలన కోణం ఎంత?

సాధన

పట్టకము సమబహు త్రిభుజము వలె ఉన్నందున, $A = 60°$;
అని ఇవ్వబడినది, $i_1 = 30°$; $i_2 = 75°$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 44 10-03-2023 16:41:14

విచలన కోణమునకు సమీకరణము, $d = i_1 + i_2 - A$

విలువలను ప్రతిక్షేపించగా, $d = 30° + 75° - 60° = 45°$

పట్టకము ఏర్పరచిన విచలన కోణము, $d = 45°$

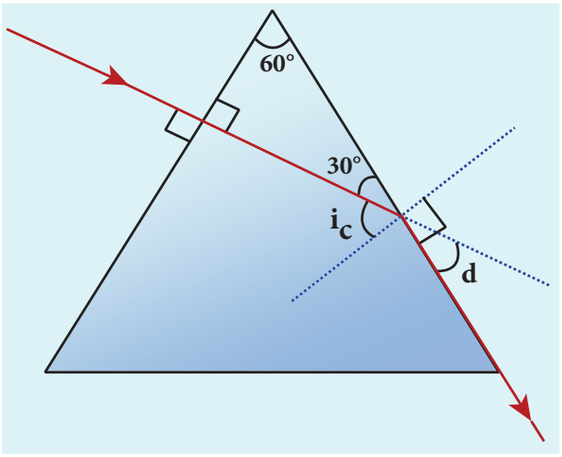
ఉదాహరణము 6.20

ఒక సమబాహు త్రిభుజ పట్టకములో మొదటి వక్రీభవన తలముపై లంబంగా ఒక కాంతి కిరణము పతనము చెంది రెండవ వక్రీభవన తలమును స్పృశిస్తూ బహిర్గతం చెందినది. అయితే

(అ) పట్టకముచే ఏర్పరచబడిన విచలన కోణము ఎంత?

(ఆ) పట్టక పదార్థము యొక్క వక్రీభవన గుణకము ఎంత?

సాధన



సమస్యలోని అంశములు పై పటములో చిత్రించబడినది.

$A = 60°; \quad i_1 = 0°; \quad i_2 = 90°$ అని ఇవ్వబడియున్నది.

(అ) విచలన కోణమునకు సమీకరణము

$$d = i_1 + i_2 - A$$

విలువలను ప్రతిక్షేపించగా

$$d = 0° + 90° - 60° = 30°$$

పట్టకముచే ఏర్పరచబడిన విచలన కోణము $d = 30°$

(ఆ) పట్టకము లోపల ప్రకాశించిన కాంతి కిరణము రెండవ తలముపై పతనం చెందునప్పుడు దాని కోణము సందిగ్ధ కోణమునకు సమానముగా ఉన్నప్పుడు మాత్రమే బహిర్గామి కిరణము రెండవ వక్రీభవన తలమును స్పృశిస్తూ పయనిస్తుంది.

$i_c = 90° - 30° = 60°$

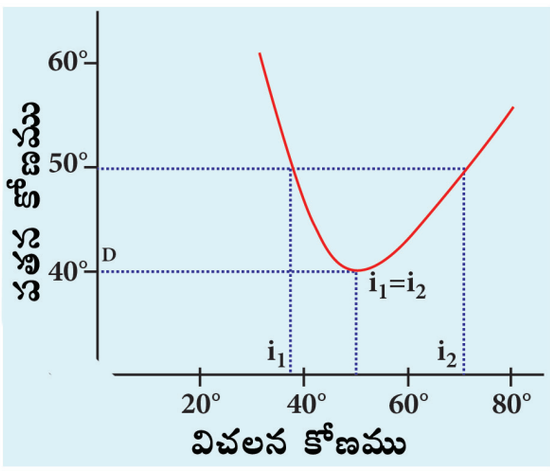
సందిగ్ధ కోణమునకు సమీకరణము, $\sin i_c = \frac{1}{n}$

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

పట్టక పదార్థము యొక్క వక్రీభవన గుణకము, $n = 1.15$

6.7.2 కనిష్ట విచలన కోణము (Angle of minimum deviation)

పటము 6.41 లో చూపినట్లు పతన కోణము మరియు విచలన కోణములకు ఒక రేఖాచిత్రము (graph) గీయబడినది. దీని నుండి విచలన కోణము తగ్గే కొలది పతన కోణము పెరుగుచున్నదని తెలియుచున్నది. పతన కోణము ఒకానొక సందర్భములో ఒక కనిష్ట విలువ D ను చేరి తరువాత క్రమంగా పెరుగుతుంది.



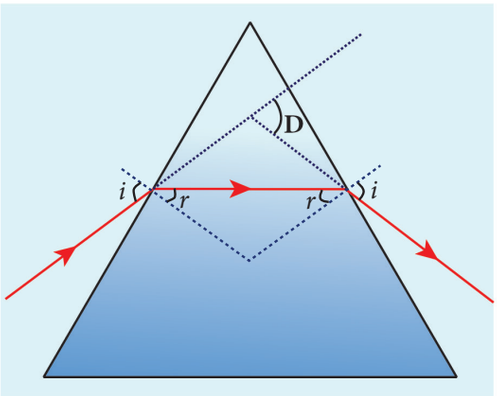
పటము 6.41 i మరియు d లకు గీచిన రేఖా చిత్రము

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 45 10-03-2023 16:41:21

విచలన కోణములోని అత్యల్ప విలువను కనిష్ట విచలన కోణము $\boldsymbol{D}$ అంటారు. కనిష్ట విచలనము వద్ద

(i) పతన కోణము బహిర్గామి కోణమునకు సమానంగా ఉంటుంది., $i_1 = i_2$.

(ii) మొదటి మరియు రెండవ వక్రీభవన తలము వద్ద వక్రీభవన కోణము సమానము., $r_1 = r_2$).



పటము 6.42 కనిష్ట విచలన కోణము

(iii) పట్టకము లోపలి వైపు వక్రీభవనం చెందిన కాంతి కిరణము పట్టక ఆధారమునకు సమాంతరంగా ఉంటుంది.

కనిష్ట విచలన కోణమును పటము 6.42 నందు చూపబడియున్నది.

6.7.3 పట్టక పదార్థము యొక్క వక్రీభవన గుణకము (Refractive index of the material of the prism)

కనిష్ట విచలనము వద్ద $i_1 = i_2 = i$ మరియు $r_1 = r_2 = r$

ఇప్పుడు సమీ॥ (6.88) ని క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

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

సమీ॥ 6.87 ను క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

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

స్నెల్ నియమములో i మరియు r విలువలను ప్రతిక్షేపించగా, $n = \dfrac{\sin i}{\sin r}$

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

పై సమీకరణమును పట్టక పదార్థపు వక్రీభవన గుణకమును కనుగొనుటకు ఉపయోగించవచ్చు. కోణములు A మరియు D లను ప్రయోగపూర్వకంగా కొలవవచ్చు.

ఉదాహరణము 6.21

ఒక సమబహు త్రిభుజ పట్టకము యొక్క కనిష్ట విచలన కోణము 37° అయితే పట్టక పదార్థపు వక్రీభవన గుణకము కనుగొనండి.

సాధన

$A = 60°$; $D = 37°$ అని ఇవ్వబడినది.

వక్రీభవన గుణకమునకు సమీకరణము,

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

విలువలను ప్రతిక్షేపించగా,

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

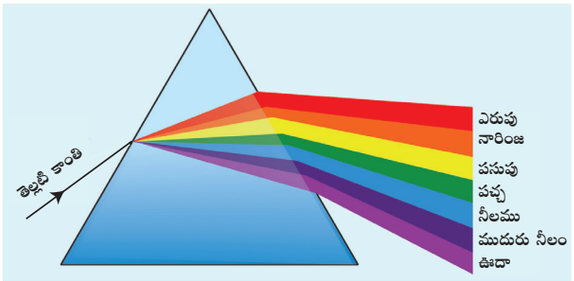
పట్టక పదార్థపు వక్రీభవన గుణకము, $n = 1.5$

6.7.4 పట్టకము ద్వారా తెల్లటి కాంతి విక్షేపణము (Dispersion of white light through prism)

ఏకవర్ణ కాంతి పట్టకము ద్వారా ప్రసరించినపుడు పట్టకము కనిష్ట విచలన కోణమును ఏర్పరుచునని

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 46 10-03-2023 16:41:26

ఇది వరకే చదివియున్నాము. అలాకాకుండా పట్టకము ద్వారా తెల్లటి కాంతి ప్రసరించినపుడు అందులో విక్షేపణము (dispersion) జరుగుతుంది. తెల్లటి కాంతిలోని వర్ణములు విడిపోవు దృగ్విషయమును కాంతి విక్షేపణము అంటారు. ఈ వర్ణముల పట్టీనే వర్ణపటము (spectrum) అని అంటారు. పట్టకముపై ఒక తెల్లటి సమాంతర కాంతి కిరణ పుంజము పతనమై, పట్టకము ద్వారా వక్రీభవనము చెందిన వాటిని తెల్లటి తెరపై వీక్షించినపుడు VIBGYOR అనే వరుసలో అనగా ఊదా (Violet), ముదురు నీలం (Indigo), నీలము (Blue), పచ్చ (Green), పసుపు (Yellow), నారింజ (Orange) మరియు ఎరుపు (Red) వర్ణముల పట్టీ ఏర్పడుతుంది. పటము 6.43లో చూపినట్లు ఊదా రంగు అత్యధిక విచలనమును, ఎరుపు రంగు అత్యల్ప విచలనమును కలిగి ఉంటాయి.



పటము 6.43 తెల్లటి కాంతి అందులోని విడివిడి రంగులుగా విక్షేపణం చెందుట

వర్ణపటములో ఏర్పడు రంగులు కాంతి జనక స్వభావముపై ఆధారపడి ఉంటుంది. శూన్యములోని ప్రతి రంగు ఒక నిర్ధిష్ట తరంగధైర్ఘ్యము (wavelength)ను కలిగి ఉంటుంది. శూన్యములో ఎరుపు రంగు అత్యధిక తరంగధైర్ఘ్యము (700 nm) మరియు ఊదా రంగు అత్యల్ప తరంగధైర్ఘ్యము (400 nm)ను కలిగియున్నవి. అన్ని రంగులు వేర్వేరు తరంగధైర్ఘ్యమును కలిగియున్ననూ అవి శూన్యము ద్వారా ఒకే వేగముతో పయనిస్తాయి. శూన్యములో కాంతి వేగము తరంగధైర్ఘ్యముపై ఆధారపడదు. కనుక శూన్యము ఒక అవిక్షేపక (non-dispersive) యానకముగా ఉంటుంది.

ఆలోచించదగు అంశము

తెల్లని కాంతి నుండి విక్షేపణం చెందిన VIBGYOR లోని అన్ని రంగులను పునఃసంయోగము చేసి దాని నుండి మరలా తెలుపు రంగును పొందవచ్చని ఒక సాంప్రదాయక ప్రయోగము ద్వారా సర్ ఐజక్ న్యూటన్ ప్రదర్శించెను. ఒక పట్టకము ద్వారా తెల్లటి కాంతిని విక్షేపణం చెందించి తరువాత ఈ విక్షేపణ కాంతిని తలక్రిందులుగా ఉంచిన మరొక పట్టకముపై పతనమయ్యేటట్లు చేసి VIBGYOR లోని అన్ని రంగులను పునఃసంయోగం చెందించి తెల్లని కాంతిగా పొందెను.



కాని ఒక యానకములోనికి తెల్లటి కాంతి ప్రవేశించినప్పుడు అందులోని ఎరుపు రంగు కాంతి అత్యధిక వేగముతోనూ మరియు ఊదా రంగు కాంతి అత్యల్ప వేగముతోనూ ప్రసరిస్తుంది. కావున, శూన్యములో ఒక వర్ణమునకు గల తరంగధైర్ఘ్యము యానకములోనికి ప్రవేశించినప్పుడు అంతే విలువను కలిగి ఉండదు. వాస్తవానికి, కాంతి విక్షేపణము యానకములో మాత్రమే జరుగుతుంది. ఎందుకనగా యానకములో వేర్వేరు వర్ణములకు వేర్వేరు వేగములు ఉంటాయి. మరొక విధముగా వేర్వేరు వర్ణములకు పట్టక పదార్థపు గుణకము వేర్వేరుగా ఉంటుంది. ఊదా రంగుకు వక్రీభవన గుణకము ఎక్కువగా మరియు ఎరుపు రంగుకు వక్రీభవన గుణకము తక్కువగా ఉంటుంది. వేర్వేరు రంగులకు రెండు వేర్వేరు గాజుల వక్రీభవన గుణకములు క్రింది పట్టిక 6.4లో ఇవ్వబడినది.

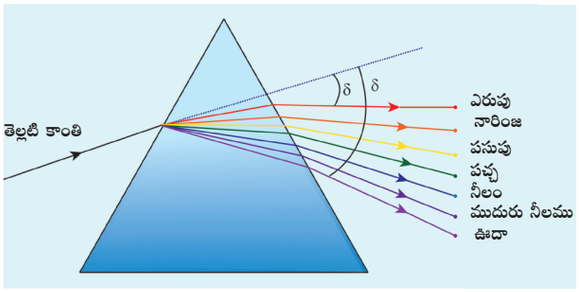
12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 47 10-03-2023 16:41:27

పట్టిక 6.4 వేర్వేరు తరంగదైర్ఘ్యములకు వక్రీభవన గుణకములు

రంగు	శూన్యములో తరంగదైర్ఘ్యము (nm)	క్రౌన్ గాజు	ఫ్లింట్ గాజు
ఊదా	396.9	1.533	1.663
నీలం	486.1	1.523	1.639
పసుపు	589.3	1.517	1.627
ఎరుపు	656.3	1.515	1.622

6.7.5 విక్షేపణ సామర్థ్యము (Dispersive Power)

ఒక పట్టకము ద్వారా తెల్లటి కాంతి పుంజము ప్రసరిస్తుందని అనుకొందాం. పటము 6.44లో చూపినట్లు తెల్లటి కాంతి అందులోని అంశ రంగులుగా విడిపోయి విక్షేపణం జరిగినది.



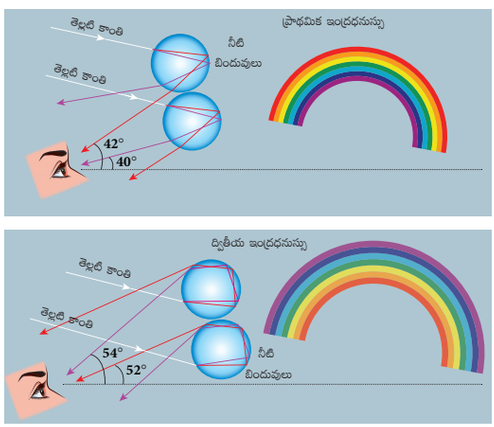
పటము 6.44 వేర్వేరు రంగులకు విచలన కోణము

ఒకవేళ పట్టక కోణము యొక్క విలువ 10° పరిమితిలో తక్కువగా ఉన్న యెడల, ఆ పట్టకమును అత్యల్ప కోణ పట్టకముగా పరిగణిస్తారు. ఇటువంటి పట్టకముల ద్వారా కాంతి ప్రసరించినపుడు, కనిష్ట విచలన కోణము కూడా తక్కువగా ఉంటుంది. అత్యల్ప కోణ పట్టకము యొక్క పట్టక కోణం A మరియు కనిష్ట విచలన కోణం δ అని తీసుకొంటే, సమీకరణము 6.89ని క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు.

మీకు తెలుసా

గాలిలోని నీటి బిందువులు క్రిందకు పడకుండా అలాగే తేలియాడుచున్నప్పుడు, లేదా సన్నని నీటి జలపాతము లేదా తేలికపాటి నీటి జల్లుల వలన ఆకాశములో ఇంద్రధనుస్సు కనబడుతుంది. పరిశీలకుని వెనుకవైపు సూర్యుడు ఉన్నప్పుడు మాత్రమే ఇంద్రధనుస్సును చూడగలము. సూర్యకాంతి నీటి బిందువుల ద్వారా ప్రవేశించినపుడు తెల్లటి కాంతి అందులోని ఏడు అంశ రంగులుగా విడిపోయి విక్షేపణం చెందుతుంది. నీటి బిందువు లోపలికి ప్రవేశించిన కాంతి కిరణము ఒక పూర్తి సంపూర్ణాంతరం పరావర్తనమునకు లోనైనపుడు ప్రాథమిక ఇంద్రధనుస్సు ఏర్పడుతుంది. అలాకాకుండా నీటి బిందువు లోపల కాంతి కిరణము రెండు సంపూర్ణాంతర పరావర్తనమునకు లోనైనపుడు ద్వితీయ ఇంద్రధనుస్సు ఏర్పడుతుంది. ప్రాథమిక ఇంద్రధనుస్సులో రంగుల వరుస ఊదా నుండి ఎరుపుకు ఉంటుంది. కాని ద్వితీయ ఇంద్రధనుస్సులో రంగుల వరుస ఎరుపు నుండి ఊదాకు ఉంటుంది. ప్రాథమిక ఇంద్రధనుస్సులో ఊదా నుండి ఎరుపుకు వీక్షణ కోణము 40° నుండి 42° కు ఉంటుంది. ద్వితీయ ఇంద్రధనుస్సులో ఎరుపు నుండి ఊదాకు వీక్షణ కోణము 52° నుండి 54° కు ఉంటుంది.





12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 48 10-03-2023 16:41:29

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

A మరియు δ ల అత్యల్ప కోణములకు

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

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

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

మరలా సూక్ష్మీకరించగా $\frac{\delta}{A} = n-1$

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

కాంతి పట్టకమును చేరిన వెంటనే, వేర్వేరు రంగులకు వేర్వేరు విచలనము ఉంటుంది. కావున వేర్వేరు రంగు కాంతికి వేర్వేరు వక్రీభవన గుణకము ఉంటుంది.

δ_V, δ_R లను ఊదా మరియు ఎరుపు రంగుల వక్రీభవన గుణకములు అనుకొందాము. n_V మరియు n_R లు వరుసగా ఊదా మరియు ఎరుపు రంగుల వక్రీభవన గుణకములుగా తీసుకొందాం.

ఊదా రంగుకు, $\delta_V = (n_V - 1)A$ (6.92)

ఎరుపు రంగుకు, $\delta_R = (n_R - 1)A$ (6.93)

ఊదా రంగు కనిష్ట విచలన కోణము δ_V, ఎరుపు రంగు కనిష్ట విచలన కోణము δ_R కంటే ఎక్కువగా ఉండుట వలన ఊదా రంగు వక్రీభవన గుణకము n_V, ఎరుపు రంగు వక్రీభవన గుణకము n_R కంటే ఎక్కువగా ఉంటుంది.

δ_R నుండి δ_V ను తీసివేయగా,

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

$\boldsymbol{\delta_V - \delta_R}$ ను అనగా వర్ణపటములో హద్దుల వద్ద గల రెండు వర్ణములు (ఊదా రంగు మరియు ఎరుపు) మధ్య గల కోణీయ విభజనమును కోణీయ విక్షేపణము (***angular dispersion***) అంటారు.

ఒక మాధ్యమిక కాంతి కిరణ వర్ణము (పచ్చ లేక పసుపు) యొక్క కనిష్ట విచలన కోణమును δ అని, దాని వక్రీభవన గుణకమును n అని తీసుకొన్న యెడల,

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

హద్దుల వద్ద గల వర్ణముల కోణీయ విక్షేపణమునకు మరియు ఏదేని ఒక మధ్యస్థ వర్ణము యొక్క విచలనమునకు మధ్య గల నిష్పత్తిని విక్షేపణ సామర్థ్యము (***Dispersive power***) 'ω' అంటారు. పట్టక పదార్థము విచలనమును ఉత్పత్తి చేయు సామర్థ్యమును విక్షేపణ సామర్థ్యము అంటారు.

$$\omega = \frac{\text{కోణీయ విక్షేపణము}}{\text{మధ్యస్థ విచలనము}} = \frac{\delta_V - \delta_R}{\delta} \qquad (6.96)$$

$(\delta_V - \delta_R)$ మరియు (δ), కొరకు ప్రతిక్షేపించగా

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

విక్షేపణ సామర్థ్యము అనునది ఒక మితిరహిత, ప్రమాణము లేని భౌతికరాశి. ఇది ఎల్లప్పుడూ ధనాత్మకంగా ఉంటుంది. విక్షేపణ సామర్థ్యము పట్టక పదార్థము యొక్క స్వభావముపై ఆధారపడుతుంది. కాని పట్ట కోణముపై ఆధారపడదు.

ఉదాహరణము 6.22

ఒక ఫ్లింట్ గాజు యొక్క వక్రీభవన గుణకములు ఎరుపు, పచ్చ మరియు ఊదా రంగులకు వరుసగా 1.613 1.620 మరియు 1.632 అయితే పట్టకము యొక్క విక్షేపణ సామర్థ్యము కనుగొనండి.

సాధన

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

విక్షేపణ సామర్థ్యమునకు సమీకరణము,

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

విలువలను ప్రతిక్షేపించగా,

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

పట్టకము యొక్క విక్షేపణ సామర్థ్యము, $\omega = 0.0306$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 49 10-03-2023 16:41:35

6.7.6 సూర్యకాంతి పరిక్షేపణము (Scattering of sunlight)

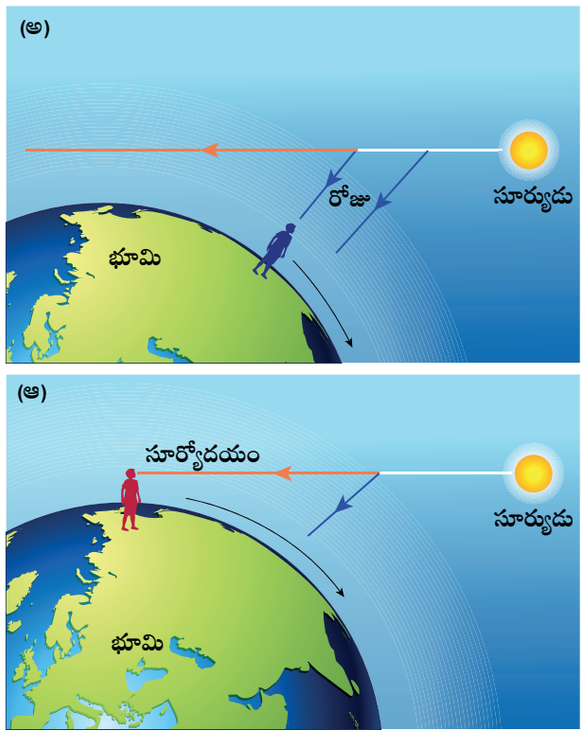
భూ వాతావరణములోనికి సూర్యకాంతి ప్రవేశించినప్పుడు, వాతావరణములోని కణములు కాంతి ప్రసరణ దిశను మార్చుతాయి. దీనినే కాంతి పరిక్షేపణము అంటారు.

కాంతి తరంగధైర్ఘ్యము λ కంటే అత్యల్ప పరిమాణము కలిగిన $(a<<\lambda)$ పరమాణువులు మరియు అణువులచే ఏర్పడు కాంతి పరిక్షేపణమును రేలీ పరిక్షేపణము అంటారు. రేలీ పరిక్షేపణలో పరిక్షేపణ కాంతి తీవ్రత తరంగధైర్ఘ్యము యొక్క నాలుగవ ఘాతమునకు విలోమానుపాతంలో ఉంటుంది.

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

సమీకరణము 6.89 ప్రకారం, పగటి వేళలో అతి తక్కువ తరంగధైర్ఘ్యము కలిగిన ఊదా వర్ణము మిగిలిన వర్ణముల కంటే ఎక్కువగా పరిక్షేపణము చెందుతుంది. దీని తరువాత అధికంగా విక్షేపణం చెందు వర్ణము నీలము (blue). పటము 6.45 (ఆ)లో చూపినట్లు మన కన్ను ఊదా రంగు కన్నా నీలి రంగుకు అత్యంత సూక్ష్మగ్రాహ్యతను కలిగియుండుట వలన పగటి వేళలో మనకు ఆకాశం నీలి రంగులో కనబడుతుంది. కాని సూర్యోదయం మరియు సూర్య అస్తమయ సమయములలో సూర్యకాంతి వాతావరణం ద్వారా అత్యధిక దూరం పయనిస్తుంది. కనుక అల్ప తరంగధైర్ఘ్యము కలిగిన నీలి రంగు ఎక్కువగా విక్షేపణం చెందును. అధిక తరంగధైర్ఘ్యము కలిగిన ఎరుపు రంగు తక్కువగా విక్షేపణం చెందును. తద్వారా ఎరుపు రంగు మన కంటిని సులభముగా చేరును. ఇందువలన పటము 6.45(అ)లో చూపినట్లు సూర్యోదయ మరియు సూర్యాస్తమయ సమయములలో ఆకాశం ఎరుపు వర్ణములో కనబడును.

వాతావరణములోని దుమ్ము, దూళి మరియు నీటి బిందువులు వంటి అధిక పరిమాణము కలిగిన అనగా కాంతి తరంగధైర్ఘ్యము λ కంటే వాతావరణములోని కణముల పరిమాణం $(a >> \lambda)$, ఎక్కువగా ఉన్న కణములచే కాంతి పరిక్షేపణం చెందినచో అన్ని రంగులకు పరిక్షేపణ తీవ్రత సమానంగా ఉంటుంది. ఇది తరంగధైర్ఘ్యముపై ఆధారపడని రేలీ పరిక్షేపణము కానిదని చెప్పవచ్చు.



పటము 6.45 వివిధ రకాల పరిక్షేపణము

ఇది అధిక మొత్తములో దుమ్ము, ధూళి మరియు నీటి బిందువులు కలిగియున్న మేఘాలలో ఏర్పడుతుంది. కనుక మేఘములలో అన్ని రంగులు సమానంగా పరిక్షేపణము చెందుతాయి. కనుక పటము 6.45 (ఇ)లో చూపినట్లు మేఘాలు తెల్లటి రంగులో కనబడుతాయి. కాని వర్షపు మేఘాలు నల్లగా కనబడుతాయి. ఎందుకనగా దుమ్ము కణములపై సంక్షేపణం చెందిన నీటి బిందువులు మేఘాలను అపారదర్శకంగా మార్చుతుంది.

భూమిపై వాతావరణం లేని యెడల కాంతి పరిక్షేపణం జరుగు ఆకాశం నల్లగా కనబడుతుంది. దీని వలన వ్యోమగాములు భూవాతావరణము పై నుండి ఆకాశాన్ని వీక్షించినపుడు వారికి ఆకాశం కనబడుతుంది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 50 10-03-2023 16:41:36

సారాంశము

- కాంతి యొక్క దిశను కాంతి కిరణము సూచించును.
- కాంతి పరావర్తన నియమము $i = r$
- దర్పణము యొక్క ప్రధాన అక్షమునకు సమీపముగా పోవు కిరణములను ఉపాక్షీయ కిరణములు అని అంటారు. ఇవి ప్రధాన అక్షముతో అత్యల్ప కోణములను ఏర్పరుస్తాయి.
- గోళాకార దర్పణము యొక్క నాభ్యాంతరము మరియు వక్రతా వ్యాసార్ధములకు మధ్య నున్న సంబంధము $2f = R$ లేదా $\mathrm{f} = \frac{R}{2}$
- గోళాకార దర్పణము వలన ఏర్పడు ప్రతిబింబములను కనుగొనుటలో కార్టీసీయన్ సంజ్ఞా సాంప్రదాయమును అనుసరించవలెను (పాటించవలెను).
- దర్పణ సమీకరణము $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$
- గోళాకార దర్పణము యొక్క ఆవర్ధన సమీకరణము, $m = \frac{h'}{h} = -\frac{v}{u}$, $m = \frac{h'}{h} = \frac{f - v}{f} = \frac{f}{f - u}$
- దృక్ సాంద్రత అధికముగా నున్న వస్తువులు గుండా కాంతి తక్కువ వేగముతో ప్రయాణించును.
- శూన్య ప్రదేశములో పయనించు కాంతి యొక్క వేగమునకు, యానకములో ప్రయాణించు కాంతి వేగమునకు గలవ నిష్పత్తినే వక్రీభవన గుణకము అంటారు. $n = \frac{c}{v}$
- దృక్ సాంద్రత అధికముగా నున్న యానకములో, కాంతి ఒక నిర్ధిష్ట దూరమును దాటుటకు ఎంత సమయము తీసుకొనునో, అదే కాలవ్యవధిలో శూన్య ప్రదేశము గుండా కాంతి దాటు దూరమును దృక్ పథము అంటారు $d' = nd$.
- వక్రీభవన నియమమును, స్నెల్ నియమమని పిలువవచ్చును. దీని నిష్పత్తి రూపము, $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$.
- స్నెల్ నియమము యొక్క లబ్ధ రూపము, $n_1 \sin i = n_2 \sin r$
- మొదటి యానకమును బట్టి రెండవ యానకము యొక్క సాపేక్ష వక్రీభవన గుణకము, $n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$
- దృశా లోతు ఎల్లప్పుడు వాస్తవ (నిజ) లోతు కంటే తక్కువగానే కనబడును. దృశా లోతుకు సమీకరణము, $d' = \frac{d}{n}$
- సాంద్రతర యానకము నుండి విరళ యానకమునకు కాంతి ప్రసరించునపుడు దాని పతన కోణము, సందిగ్ధ కోణమునకు i_c, సమానముగా నుండిన, ఆ కాంతి కిరణము యొక్క వక్రీభవన కోణము 90° గా ఉండును. $i > i_c$, అయిన సంపూర్ణాంతర పరావర్తనము ఏర్పడును.
- సందిగ్ధ కోణమునకు సమీకరణము, $\sin i_c = \frac{1}{n}$ (లేదా) $i_c = \sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right)$
- సందిగ్ధ కోణమునకు సమానమైన కోణములో బయట నుండి వచ్చు కాంతిని నీటి లోపల నుండి చూచినపుడు ఒక నిర్ధిష్ట వైశాల్యము కలిగిన ప్రకాశవంతమైన వృత్తతలము కనబడును. దానిని స్నెల్ విండో అంటారు. ప్రతిదీప్త వృత్త తలము యొక్క వ్యాసార్ధము, $R = d\left(\frac{1}{\sqrt{n^2 - 1}}\right)$ లేక $R = \frac{d}{\sqrt{n^2 - 1}}$

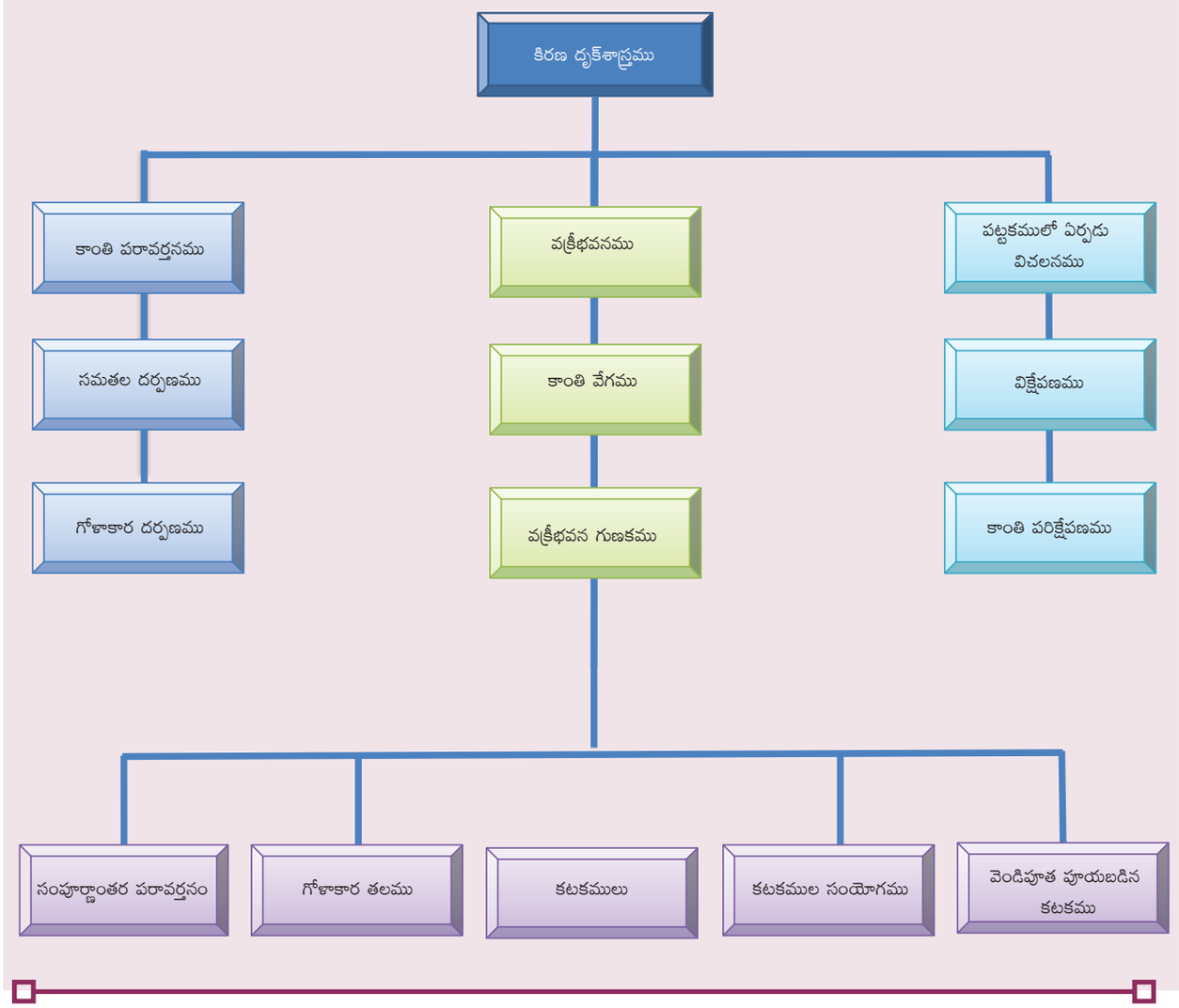
12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 51 10-03-2023 16:41:36

- సందిగ్ధ పతన కోణము (critical angle incidence) ఆధారముగా తీసుకొని దృక్ తంతువులు ఉపయోగిస్తారు. దృక్ నార యొక్క అనుమతించు కోణము, ఇక్కడ n_1, n_2, n_3 క్రమముగా కేంద్ర భాగము, తాపడం (cladding) మరియు బాహ్య యానకము అనువాటి యొక్క వక్రీభవన గుణకములగును.
- గాజు దిమ్మె గుండా కాంతి కిరణము ప్రసరించునపుడు, కాంతి కిరణము పార్శ్వ విస్థాపనము చెందును, పార్శ్వ విస్థాపనమునకు సమీకరణము $L = t\left(\frac{\sin(i-r)}{\cos(r)}\right)$
- ఏక గోళాకార తలమునకు సమీకరణము, $\frac{n}{v} - \frac{1}{u} = \frac{(n-1)}{R}$
- పలుచని కటకము యొక్క నాభ్యాంతరము, కేంద్రీకరణ కటకములకు ధనాత్మకముగాను విముఖీకరణ కటకములకు ఋణాత్మకముగా ఉంటుంది. ఇది నాభి బిందువు యొక్క స్థానముపై ఆధారపడి ఉండును.
- కటకదారుని సమీకరణము, $\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$
- కటక సమీకరణము, $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$
- కటకము యొక్క ఆవర్ధన సమీకరణము, $m = \frac{h'}{h} = \frac{v}{u}$, $m = \frac{h'}{h} = \frac{f}{f+u}$ (or) $m = \frac{h'}{h} = \frac{f-v}{f}$
- కటకముపై పడు కాంతిని కేంద్రీకరించు లేదా విముఖీకరించు కొలతను కటకము సామర్థ్యము అంటారు. కటకము యొక్క సామర్థ్యము దాని నాభ్యాంతరమునకు విలోమమగును. $P = \frac{1}{f}$
- కటక నాభ్యాంతరము మీటరులో కొలిచినపుడు దాని సామర్థ్యము యొక్క ప్రమాణము డయాప్టర్ (D) అగును.
- ఒకదానితో ఒకటి స్పృశిస్తున్న కటక సంయోగము యొక్క ఫలిత నాభ్యాంతరము $\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$
- పట్టకముపై పడు కాంతిని అది విచలనము చెందించును.
- పట్టకము యొక్క విచలన కోణము అనునది పట్టక కోణము, పతన కోణము మరియు పట్టక పదార్థ వక్రీభవన కోణములపై ఆధారపడును. దీనికి సమీకరణము $d = i_1 + i_2 - A$
- కనిష్ట విచలన స్థితిలో, $i_1 = i_2$, $r_1 = r_2$, పట్టకముపై పడు కాంతి కిరణము, దాని ఆధార తలమునకు సమాంతరముగా ఉంటుంది.
- పట్టకము యొక్క వక్రీభవన గుణకము, పట్టక కోణము మరియు కనిష్ట విచలన కోణముపై ఆధారపడును. దీనికి సమీకరణము, $n = \frac{\sin\left(\frac{A+D}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$
- యానకము గుండా కాంతి పయనించునపుడు ఒక్కొక్క వర్ణము వేర్వేరు వేగములలో ప్రయాణించును. దీని వలన కాంతి విక్షేపణము చెందును. ఒక యానకములో ఊదా రంగు కంటే ఎరుపు వర్ణము శూన్య ప్రదేశములలో ఒకే వేగములో ప్రయాణిస్తాయి.
- ఒక అల్ప కోణ పట్టకము విచలన కోణము $\delta = (n-1)A$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 52 10-03-2023 16:41:38

- వర్ణపట యానకములో నున్న రెండు సరిహద్దు వర్ణములకు మధ్య (ఊదా మరియు ఎరుపు) విచలన కోణముల యొక్క భేదము విక్షేపణ కోణమును ఇచ్చును. విక్షేపణ కోణము.
  $\delta_V - \delta_R = (n_V - n_R)A$
- తెల్లని కాంతిని అంశ వర్ణములుగా వేరుచేయు యానకము యొక్క సామర్థ్యమును విక్షేపణ సామర్థ్యమును (Dispersive power) కొలువవచ్చును.
  $\omega = \frac{(n_V - n_R)}{(n-1)}$
- నీటి బిందువులలో కాంతి విక్షేపణము చెందినపుడు ఇంద్రధనుస్సు ఏర్పడును.
- కాంతి తరంగధైర్ఘ్యము కంటే తక్కువ పరిమాణం కలిగిన కణములచే కాంతి పరిక్షేపణం చెందుటను రేలీ పరిక్షేపణం అంటారు. రేలీ పరిక్షేపణం వలన ఏర్పడిన కాంతి తీవ్రత $I \propto \frac{1}{\lambda^4}$ గా ఉంటుంది.
- కాంతి తరంగధైర్ఘ్యము కంటే ఎక్కువ పరిమాణము కలిగిన తేలియాడే ధూళి కణాల వలన ఏర్పడు కాంతి పరిక్షేపణము రేలీ పరిక్షేపణము కానిదని వర్ణిస్తారు. ఈవిధమైన కాంతి పరిక్షేపణము పతన కాంతి యొక్క తరంగముపై ఆధారపడదు; పరిక్షేపణము చెందిన కాంతి తీవ్రత అన్ని తరంగధైర్ఘ్యములకు సమానముగా ఉండును.

భావన చిత్ర పటము



12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 53 10-03-2023 16:41:38

సరియైన సమాధానమును ఎన్నుకొనుము

1. సమదైశిక ధర్మము కలిగిన యానకము గుండా ప్రయాణించు కాంతి వేగము, క్రింద ఇవ్వబడిన వాటిలో దేనిపై ఆధారపడియుండును.

అ) కాంతి తీవ్రత

ఆ) తరంగధైర్ఘ్యము

ఇ) వ్యాప్తి చెందు లక్షణము

ఈ) యానకమును బట్టి కాంతి జనక చలనము

2. 10సెం.మీ పొడవు కలిగిన ఒక కడ్డీ 10సెం.మీ నాభ్యాంతరము కలిగిన పుటాకార దర్పణము యొక్క ప్రధాన అక్షముపై ఉంచబడినది. కడ్డీ యొక్క ఒక కొన పుటాకార దర్పణము ఒక చివర నుండి 20సెం,మీ దూరములో ఉండిన, ఏర్పడు ప్రతిబింబము యొక్క పొడవు ఎంత? (AIPMT Main 2012)

అ) 2.5 సెం.మీ ఆ) 5 సెం.మీ

ఇ) 10సెం.మీ ఈ) 15సెం.మీ

3. f నాభ్యాంతరము కలిగిన కుంభాకార దర్పణము ఎదట ఒక వస్తువు ఉంచబడినది మరియు ఆవర్ధనము చెందిన నిజ ప్రతిబింబము ఏర్పడుటకు కుంభాకార కటకము నుండి వస్తువును ఉంచవలసిన గరిష్ట మరియు కనిష్ట దూరములేవి? (JEE Main 2009)

అ) $2f$ మరియు c ఆ) c మరియు ∞

ఇ) f మరియు O ఈ) పైవి ఏవీ కావు

4. గాలి నుండి వక్రీభవన గుణకము 2 కలిగిన గాజు పట్టకముపై కాంతి పడును. అయితే ఇక్కడ సాధ్యమైన గరిష్ట వక్రీభవన కోణ విలువ ఎంత?

అ) 30° ఆ) 45°

ఇ) 60° ఈ) 90°

5. గాలిలో కాంతి దిశావేగము మరియు తరంగధైర్ఘ్యము క్రమముగా V_a మరియు λ_a ఇదే విధముగా నీటిలో V_w మరియు λ_w, అయిన నీటి యొక్క వక్రీభవన గుణకమెంత?

అ) $\frac{V_w}{V_a}$ ఆ) $\frac{V_a}{V_w}$

ఇ) $\frac{\lambda_w}{\lambda_a}$ ఈ) $\frac{V_a\lambda_a}{V_w\lambda_w}$

6. నక్షత్రములు మెరియుటకు సరియైన కారణము ఏది?

అ) కాంతి పరావర్తనము

ఆ) సంపూర్ణాంతర పరావర్తనము

ఇ) వక్రీభవనము

ఈ) ధృవణము

7. వక్రీభవన గుణకము 1.47 కలిగిన ఒక ద్వికుంభాకార కటకమును ఒక ద్రవములో ముంచియున్నపుడు, అది సమతల గాజుగా పనిచేయును. అప్పుడు ద్రవము యొక్క వక్రీభవన గుణకము ఏవిధముగా ఉండవలెను?

అ) ఒకటి కంటే తక్కువ

ఆ) గాజు కంటే తక్కువ

ఇ) గాజు కంటే ఎక్కువ

ఈ) గాజుకు సమానము

8. ఒక సమతల కుంభాకార కటకము వద్ద వక్రతలము యొక్క వక్రతా వ్యాసార్ధము 10సెం.మీ మరియు దాని వక్రీభవన గుణకము 1.5. కటకము యొక్క సమతలముపై వెండిపూత పూసిన దాని నాభ్యాంతరము

అ) 5సెం.మీ ఆ) 10సెం.మీ

ఇ) 15 సెం.మీ ఈ) 20సెం.మీ

9. వక్రీభవన గుణకము 1.5 కలిగిన గాజు దిమ్మె లోపల గాలి బుడగ ఉన్నది. (లంబ పతన కిరణ స్థాన సమీకరణములో) ఒక ప్రక్క నుండి చూసినపుడు, కాంతి బుడగ 5సెం.మీ

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 54 10-03-2023 16:41:40

లోతులోను ఇంకొక ప్రక్కన చూచిన 3సెం.మీ లోతులో నున్నది. కాని గాజు దిమ్మె మందమెంత?

అ) 8సెం.మీ ఆ) 10సెం.మీ

ఇ) 12 సెం.మీ ఈ) 16 సెం.మీ

10. n వక్రీభవన గుణకము కలిగిన పారదర్శక యానకము గుండా పోవు కాంతి కిరణము, గాలి నుండి ఈ యానకమును వేరుపరచు తలముపై 45° కోణములో పడి సంపూర్ణాంతర పరావర్తనము చెందును. అయితే n, విలువ ఎంత?

అ) $n = 1.25$ ఆ) $n = 1.33$

ఇ) $n = 1.4$ ఈ) $n = 1.5$

జవాబులు

1) ఆ **2)** ఆ **3)** ఈ **4)** అ **5)** ఆ

6) ఇ **7)** ఈ **8)** ఆ **9)** ఇ **10)** ఈ

లఘు ప్రశ్నలు

1. కాంతి పరావర్తనము వలన ఏర్పడు విచలన కోణమనగానేమి?
2. గోళాకార దర్పణములో f మరియు R కు మధ్య నున్న సంబంధమును రాబట్టుము.
3. గోళాకార దర్పణమునకు కార్టీసియన్ సంజ్ఞా సాంప్రదాయలను తెల్పుము.
4. దృక్ పథము అనగానేమి? దృక్ పథమునకు సమీకరణము రాబట్టుము.
5. స్నెల్ నియమము / వక్రీభవన నియమములను వ్రాయుము.
6. వక్రీభవనముల వలన ఏర్పడు విచలన కోణమనగానేమి?
7. కాంతి యొక్క తిరోగమన నియమము (reversibility) అనగానేమి?
8. సాపేక్ష వక్రీభవన గుణకము అనగానేమి?
9. దృశా లోతుకు సమీకరణమును రాబట్టుము.
10. నక్షత్రములు ఎందుకు మెరియును?
11. సందిగ్ధ కోణము మరియు సంపూర్ణాంతర పరావర్తనము అనగానేమి?
12. సందిగ్ధ కోణమునకు సమీకరణమును రాబట్టుము.
13. వజ్రము మెరియుటకు కారణమును వివరించుము.
14. మరీచిక మరియు ఎండమావులు అనగానేమి?
15. సంపూర్ణాంతర పరావర్తన ధర్మము ఆధారముగా పట్టకములు ఏ విధముగా తయారుచేయబడును అనుదానిని గురించి వివరించుము.
16. స్నెల్ విండో అనగానేమి?
17. కుహరాంతరదర్శిని (ఎండోస్కోప్) పనిచేయు విధానమును వివరించుము.
18. కటకము యొక్క ప్రధాన నాభి మరియు ద్వితీయ నాభి అనగానేమి?
19. కటకాలలో ఉపయోగించబడు సంజ్ఞా సాంప్రదాయములేవి?
20. కటక సమీకరణము నుండి కటకదారుని సూత్రమును రాబట్టుము.
21. పలుచని కటకమునకు పార్శ్వ ఆవర్ధనమునకు సమీకరణమును రాబట్టుము.
22. కటక సామర్థ్యము అనగానేమి?
23. ఒకదానితో ఒకటి స్పృశిస్తున్న కటకాల ఫలిత నాభ్యాంతరమునకు సమీకరణమును రాబట్టుము.
24. కనిష్ట విచలన కోణము అనగానేమి?
25. కాంతి విక్షేపణము అనగానేమి?
26. ఇంద్రధనుస్సు ఏ విధముగా ఏర్పడును?
27. రేలీ కాంతి పరిక్షేపణము అనగానేమి?
28. ఆకాశము ఎందుకు నీలి వర్ణములో కనబడును?
29. సూర్యోదయ మరియు సూర్యాస్తమయ సమయములలో ఆకాశము ఎరుపు రంగులో ఉండును. ఎందుకు?
30. మేఘములు ఎందుకు తెల్లగా కనబడుతాయి?

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 55 10-03-2023 16:41:40

వ్యాసరూప సమాధాన ప్రశ్నలు

1. దర్పణ సమీకరణమును రాబట్టి, పార్శ్వ ఆవర్ధనమునకు సమీకరణమును రాబట్టుము.
2. కాంతి వేగమును కనుగొను ఫిజూ పద్ధతిని వివరించుము.
3. ప్రతిదీప్తి వ్యాసార్ధము లేదా స్నెల్ విండోకు సమీకరణము రాబట్టుము.
4. దృక్ తంతువు యొక్క అనుమతించు కోణము మరియు సంఖ్యాత్మక అపర్చర్‌కు సమీకరణమును రాబట్టుము.
5. గాజు దిమ్మె గుండా పయనించు కాంతి యొక్క పార్శ్వ స్థానభ్రంశమునకు (విస్థాపనమునకు) సమీకరణమును రాబట్టుము.
6. ఏక గోళాకార తలములో ఏర్పడు కాంతి వక్రీభవనమునకు సమీకరణమును రాబట్టుము.
7. కటకదారుని సమీకరణమును రాబట్టి దాని ముఖ్యత్వమును వ్రాయుము.
8. పలుచని కటకమునకు సమీకరణమును రాబట్టి దాని నుండి ఆవర్ధమునకు సమీకరణమును ఉత్పాదించుము.
9. పట్టకము యొక్క విచలన కోణమునకు సమీకరణమును ఉత్పాదించి, దాని నుండి పట్టక పదార్థపు వక్రీభవన గుణకమునకు సమీకరణమును రాబట్టుము.
10. కాంతి విక్షేపణము అనగానేమి? యానకము యొక్క విక్షేపణ సామర్థ్యమునకు సమీకరణమును రాబట్టుము.

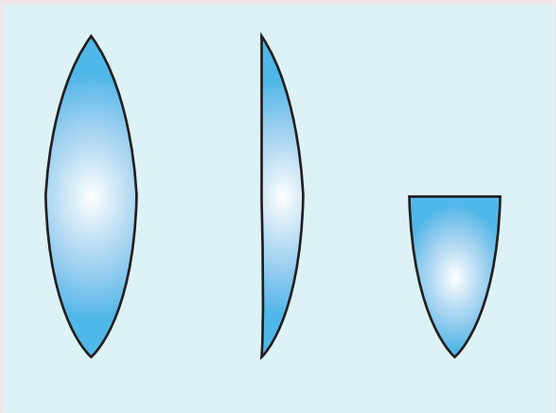
ఊహాత్మక ప్రశ్నలు

1) డిష్ యాంటెన్నా ఎందుకు వక్రతలమును కలిగి యుండును?

2) నీటి లోపల ఏర్పడు నీటి బిందువులు ఏ విధమైన కటకములుగా ప్రవర్తిస్తాయి?

3) రెండు కటకాలను ఉపయోగించి శూన్య సామర్థ్యము కలిగిన కటక అమరికను ఉత్పత్తి చేయుటకు వీలగునా?

4) f నాభ్యాంతరము కలిగిన ద్వికుంభాకార కటకము గుండా I తీవ్రత కలిగిన కాంతి చొచ్చుకొని పోవును. పటములో ఉన్న విధముగా కటకములను క్షితిజ లంబముగాను మరియు క్షితిజ సమాంతరముగాను కత్తిరించిన కటక నాభ్యాంతరము మరియు కాంతి తీవ్రతలలో ఏ విధమైన మార్పు ఏర్పడును?



5) మంచు కురిసే ప్రదేశములలో పసుపు రంగు బల్బులను ఉపయోగిస్తారు. ఎందుకు?

అభ్యాస లెక్కలు

1. 4సెం.మీ ఎత్తు కలిగిన వస్తువును 24సెం.మీ వక్రతా వ్యాసార్ధము కలిగిన పుటాకార దర్పణము ముందు 6సెం.మీ దూరములో ఉంచబడినది. పుటాకార దర్పణములో ఏర్పడు ప్రతిబింబము స్థానము ఎత్తు, ఆవర్ధనము మరియు ప్రతిబింబము యొక్క స్వభావమును కనుగొనుము.

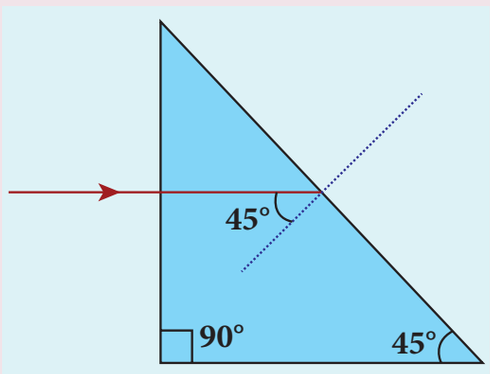
[(జవాబు: $v = 12$ cm, $h' = 8$ cm, $m = 2$, (వస్తువు ఎత్తు కంటే రెండింతలు ఎక్కువ ఎత్తు కలిగిన నిటారైన మిథ్యా ప్రతిబింబము పుటాకార దర్పణమునకు కుడి ప్రక్కన ఏర్పడును.)]

2. 20సెం.మీ నాభ్యాంతరము కలిగిన పుటాకార దర్పణము ఎదుట వస్తువును ఉంచబడినది. వస్తువు యొక్క పరిమాణములో మూడు రెట్లు పరిమాణము గల ప్రతిబింబము ఏర్పడును. కావున పుటాకార దర్పణము నుండి వస్తువును ఉంచుటకు సాధ్యమైన రెండు దూరములను కనుగొనుము.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 56 10-03-2023 16:41:40

[(జవాబు: అంటే $+m$, $u = -40/3$ సెం.మీ మరియు అంటే $-m$, $u = -80/3$ సెం.మీ)

3. ఎరుపు, పచ్చ మరియు నీలి వర్ణముల కలయిక వలన ఏర్పడిన కాంతి కిరణము లంబ పట్టకముపై పటములో చూపిన విధముగా పడును. పై చూపబడిన ఎరుపు, పచ్చ మరియు నీలి వర్ణములకు పట్టక పదార్థపు వక్రీభవన గుణకములు క్రమముగా 1.39, 1.44 మరియు 1.47. పై చూపబడిన వర్ణములలో ఏది సంపూర్ణాంతర పరావర్తనము చెందును?



(జవాబు: పచ్చ మరియు నీలి వర్ణములు సంపూర్ణాంతర పరావర్తనము చెందును)

4. 20సెం.మీ నాభ్యాంతరము కలిగిన ఒక కుంభాకార కటకము నుండి ఎంత దూరములో వస్తువు ఉంచిన వస్తువు కంటే నాలుగు రెట్లు పెద్దదైన ప్రతిబింబము ఏర్పడును?

(జవాబు:: $u = -15$ సెం.మీ)

5. ఎడమ ప్రక్క n_2 వక్రీభవన గుణకము కలిగిన యానకమును కుడి ప్రక్క n_1 వక్రీభవన గుణకము కలిగిన యానకము వేరుచేయు విధముగా, n_3 వక్రీభవన గుణకము కలిగిన కటకము ఉంచబడినది. ఈ కటకమునకు కటకదారుని సమీకరణమును రాబట్టుము.

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

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

6. వక్రీభవన గుణకము 1.5 కలిగిన ఒక పలుచని కేంద్రీకరణ కటకము యొక్క సామర్థ్యము $+5.0\,D$ ఈ కటకము n వక్రీభవన గుణకము కలిగిన ద్రవములో మునిగియున్నప్పుడు నాభ్యాంతరము 100సెం.మీ కలిగిన విముఖీకరణ కటకముగా ప్రవర్తించును. అయితే ద్రవము యొక్క వక్రీభవన గుణకము n విలువ ఎంత?

(జవాబు: $n = 5/3$]

7. కుంభాకార కటకము యొక్క నాభ్యాంతరముతో 4వ వంతు దూరములో అంటే D దూరములో వస్తువు, తెర వేరుపరచి యుంచబడినది. ఏకీభవించు నాభి పద్ధతి ప్రకారము (f) వస్తువుకు, తెరకు మధ్య రెండు స్థానములలో కుంభాకార కటకము నుంచి ప్రతిబింబమును ఉత్పత్తి చేయవచ్చును. ఈ రెండు స్థానములకు మధ్య నున్న దూరము d అనుకొనుము. కుంభాకార కటకమునకు సమీకరణమును రాబట్టుము.

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

8. కుంభాకార కటకము ఎల్లప్పుడూ నిటారుగా గల చిన్నదైన మిథ్యా ప్రతిబింబమును ఏర్పరచునని నిరూపించుము.

9. నాభ్యాంతరము 15సెం.మీ కలిగి, వెండిపూత పూయబడిన ఒక పలుచని సమతల కుంభాకార కటకము ఎదుట 20సెం.మీ దూరములో ఒక బిందు రూప వస్తువు యుంచబడినది. బిందు రూప వస్తువు యొక్క అంతిమ ప్రతిబింబము ఏర్పడు స్థలము మరియు స్వభావమును కనుగొనుము.

(జవాబు: $v = -12$ cm)

10. రేలీ కాంతి పరిక్షేపణము ఏర్పరచు 500 nm మరియు 300 nm తరంగధైర్ఘ్యము కలిగిన రెండు కాంతి కోణముల యొక్క తీవ్రతల నిష్పత్తిని కనుగొనుము.

(జవాబు: 81:625)

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 57 10-03-2023 16:41:41

పరిశీలనా గ్రంథాలు

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).

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 58 10-03-2023 16:41:41

అంతర్జాల కృత్యము

కిరణ దృక్‌శాస్త్రము

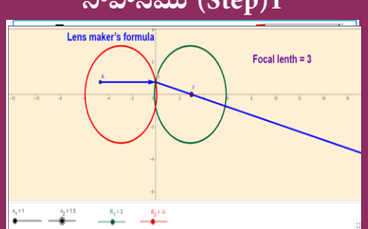
క్రింది కృత్యము ద్వారా మీకు కావలసిన నాభ్యాంతరముతో కటకమును తయారుచేయుటకు అవసరమైన వక్రతా వ్యాసార్ధమును కనుగొనవచ్చును.

శీర్షిక : కటక తయారీదారుని సూత్రము

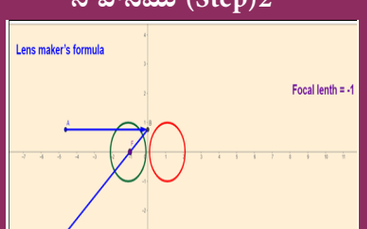
సోపానములు

- బ్రౌజర్ నందు “https://www.geogebra.org/m/wv7eccvc” అను పేజీకి వెళ్ళండి.
- ఇక్కడ n_1 గాలి వక్రీభవన గుణకము $(n_1 = 1)$ మరియు n_2 కటకము యొక్క వక్రీభవన గుణకము. R_1 మరియు R_2 లు కటకము యొక్క వక్రతా వ్యాసార్ధములు.
- $n_2 = 1.5$, $R_1 = 3$ సెం.మీ మరియు $R_2 = -3$ సెం.మీగా తీసుకొనుము. కటకము యొక్క నాభ్యాంతరమును $\frac{1}{f} = (n_2 - 1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$ అను సూత్రము ద్వారా లెక్కించండి. మీ సమాధానమును తెరపై n_2, R_1 మరియు R_2 లను సవరించుట ద్వారా పొందిన విలువతో సరిచూడుము.
- 7 సెం.మీ నాభ్యాంతరం గల కటకము తయారీకి కావలసిన వక్రతా వ్యాసార్ధములు R_1 మరియు R_2 లను కనుగొనుము.
- $R_1 = -1$ సెం.మీ మరియు $R_2 = 1$ సెం.మీ అయినపుడు, -1 సెం.మీ నాభ్యాంతరం కలిగిన పుటాకార దర్పణాన్ని పొందగలము. ఇప్పుడు R_1 మరియు R_2 లను సర్ది పుటాకార మరియు కుంభాకార కటకములను నిర్మించుటకు ప్రయత్నించండి.
- వక్రీభవన గుణకము n_2 ను మార్చి, దాని పరంగా కటక నాభ్యాంతరములో కలుగు మార్పును విశ్లేషించండి.
- వక్రీభవన గుణకము n_1 ను సవరించి, కటకమును ఆవరించియున్న యానకపు వక్రీభవన గుణకము పరంగా దాని నాభ్యాంతరములో కలుగు మార్పును విశ్లేషించండి.

సోపానము (Step)1



సోపానము (Step)2



గమనిక:

మీరు మీ ప్రాజెక్ట్‌ను ఆన్‌లైన్‌లో సేవ్ చేయాలనుకుంటే మీ మెయిల్ ఐడి సహాయంతో లాగిన్ అవ్వండి

URL:

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

* చిత్రాలు సూచిక మాత్రమే

* బ్రౌసర్ అవసరమైతే, ఫ్లాష్ ప్లేయర్ లేదా జావా స్క్రిప్ట్ పేజిని లోడ్ చేయడానికి అనుమతించండి.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_6.indd 59 10-03-2023 16:41:42

అధ్యాయము

7 తరంగ దృక్‌శాస్త్రము (WAVE OPTICS)

కాంతి వెలుగును అందించిననూ, మానవులు చూడడానికి తిరస్కరించుట
వలన అటువంటి కాలమును చీకటి కాలము అన్నారు
– జేమ్స్ ఆల్బర్ట్ హికినర్

అభ్యసన లక్ష్యాలు

ఈ పాఠములో విద్యార్థులు తెలుసుకొను అంశాలు.

- కాంతి యొక్క తరంగ ధర్మము.
- కాంతి పరావర్తనము మరియు వక్రీభవన నియమములను నిరూపించుట.
- వ్యతికరణము, వివర్తనము మరియు ధ్రువణము అను దృగ్విషయములు.
- ఆవర్ధనము, పృథక్కరణ సామర్థ్యము అను పదజాలములు.
- సూక్ష్మదర్శిని, దూరదర్శిని అను వేర్వేరు దృక్ సాధనములు.

IKQWT

7.1 కాంతి యొక్క సిద్ధాంతములు (THEORIES ON LIGHT)

కాంతి అనునది ఒక శక్తి స్వరూపము. ఇది ఒక స్థలము నుండి మరొక స్థలమునకు బదిలీ చెందును. విజ్ఞానశాస్త్రవేత్తలు కాంతిని గురించి అనేక సిద్ధాంతాలు కాంతి యొక్క లక్షణములను గూర్చి మాత్రమే చెప్పకుండా కాంతి ప్రసరించు పద్ధతి మరియు కాంతి వలన ఏర్పడు దృగ్విషయాలను గురించి కూడా వివరించిరి.

7.1.1 కణమయ సిద్ధాంతము (Corpuscular theory)

కాంతిని గురించిన కణమయ సిద్ధాంతమును సర్ఐజాక్ న్యూటన్ (1672) ప్రతిపాదించారు. దీనికి మునుపే డెస్‌కార్ట్స్ (Descartes) (1637) కాంతి పరావర్తనము మరియు వక్రీభవనమును వివరించుటకు ఈ సిద్ధాంతములు సూచించినారు. ఈ సిద్ధాంతము ప్రకారము, కాంతి చాలా చిన్న, ద్రవ్యరాశి రహిత (అతితక్కువ ద్రవ్యరాశి కలిగిన) మరియు పూర్తి స్థితిస్థాపకతగల కణములను ఉద్ఘారించును. వీటిని కాంతి కణములు (corpuscles) అంటారు. కణములు చాలా చిన్నవి. కావున కాంతి జనకములు చాలా సమయము వరకు కాంతిని విడుదల చేసినను దాని ద్రవ్యరాశిలో అనుకొనినంత మార్పు జరగదు. కణాలు చాలా వేగముగా పోవుట వలన వాటిని అవి భూ ఆకర్షణ శక్తి వలన ఏవిధమైన ప్రభావానికి లోనుకావు. ఇంకను, ఒకే వక్రీభవన గుణకము కలిగిన ఏకరీతి యానకములో కణాల యొక్క మార్గము ఒక సరళరేఖా పథములో ఉంటుంది. ఈ కణాల యొక్క గతిజశక్తినే కాంతి యొక్క శక్తి అంటారు. ఈ కణాలు రెటినాపై పడుట వలన దృష్టి జ్ఞానము కలుగుతుంది. వేర్వేరు పరిమాణములు కలిగిన కణాలు వేర్వేరు వర్ణములను ఏర్పరచును. రెండు యానకముల మధ్య గల తలమును కాంతి కణము చేరినపుడు అవి ఆకర్షించవచ్చును లేదా

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 60 28-06-2022 11:39:51

వికర్షించవచ్చును. యానకము వలన కణాలు వికర్షణము చెందినట్లయితే కాంతి పరావర్తనము; ఆకర్షింపబడినట్లయితే కాంతి వక్రీభవనము ఏర్పడును.

కాంతి అనునది విరళ యానకములో వేగముగాను, సాంద్రతర యానకములో నెమ్మదిగాను పోవుటకు గల కారణమును ఈ సిద్ధాంతములో వివరించబడలేదు. ఇంకను వ్యతికరణము, వివర్తనము మరియు ధృవణము అను దృగ్విషయములను ఈ సిద్ధాంతము వివరించలేదు.

7.1.2 తరంగ సిద్ధాంతము (Wave theory)

యానకము గుండా కాంతి ప్రసరించుటను వివరించుటకు క్రిస్టియన్ హైగెన్ (1678) తరంగ సిద్ధాంతము ప్రతిపాదించినారు. ఇతని సిద్ధాంతము ప్రకారము, కాంతి అనునది కాంతి జనకము వలన ఏర్పడు ఒక అలజడి. ఈ అలజడి బయట పూర్తిగా నిండియున్న ఒక యానకము గుండా యాంత్రిక తరంగాలుగా పిలువబడు అనుదైర్ఘ్యతరంగాల రూపములో ప్రసరించును అనియు, ఈ యాంత్రిక తరంగాల ప్రసరణకు యానకములు అవసరము అనియు తెలియుచున్నది. కావున ఈథర్ (ether) అను యానకములో బయట పూర్తిగా విస్తరించబడియున్నది అనియూ, ముందస్తుగా వివరించినారు. కాంతి పరావర్తనము, వక్రీభవనము, వ్యతికరణము మరియు వివర్తనము వంటి కాంతి దృగ్విషయాలను తరంగ సిద్ధాంతము విజయవంతంగా వివరించినది.

కాని అంతరాళములో ఈథర్ ఉనికి లేదని కొంతకాలం తర్వాత నిరూపించబడినది. కావున శూన్య ప్రదేశము గుండా కాంతి ఏవిధముగా విస్తరించబడును అనుదానిని ఈ సిద్ధాంతము వివరించలేదు. అంతేకాకుండా, కాంతి యొక్క ధృవణము అను దృగ్విషయాన్ని ఈ సిద్ధాంతము వలన వివరించబడుటకు వీలుకాలేదు. ఎందుకంటే ధృవణము అనునది తిర్యక్ తరంగాల ధర్మమును మాత్రమే కలిగి ఉన్నది.

7.1.3 విద్యుదయస్కాంత తరంగ సిద్ధాంతము (Electromagnetic wave theory)

కాంతి, తిర్యక్‌తరంగ రూపములో ప్రసరించు, విద్యుదయస్కాంత శక్తిని తీసుకొనిపోవు, విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు అని మేక్స్‌వెల్ 1864 సం॥లో నిరూపించారు. ఇంకను విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు ప్రసరించుటకు ఏ విధమైన యానకము అవసరము లేదని ఇతని వలన నిరూపించుటకు వీలైనది. కాంతి యొక్క అన్ని దృగ్విషయములను ఈ సిద్ధాంతము విజయవంతముగా నిరూపించినది.

కాని, ఈ సిద్ధాంతము వలన కాంతి మరియు పదార్థముల మధ్య ఏర్పడు పరస్పర చర్యలైన కాంతి విద్యుత్ ఫలితము మరియు కాంప్టన్ ప్రభావము (Compton effect) అను వాటిని వివరించుటకు వీలుకాలేదు.

7.1.4 క్వాంటమ్ సిద్ధాంతము (Quantum theory)

ఆల్బర్ట్ ఐన్‌స్టీన్ (1905), మేక్స్‌ప్లాంక్ (1900) యొక్క అభిప్రాయములను ఆమోదించి, కాంతి విద్యుత్ ఫలితమును వివరించినారు. (యూనిట్ 7లో చర్చించాం) కాంతి విద్యుత్ ఫలితము ప్రకారము కాంతి అనునది ఫోటాన్ రూపములో పదార్థముతో పరస్పర చర్య జరిపి దాని నుండి ఎలక్ట్రాన్‌లను బయటకు ఉద్ధారించును. (*photons* to eject the electrons) ఫోటాన్ అనునది వివిక్త శక్తి పాకెట్స్ అగును. ఒక్కొక్క ఫోటాన్ పొందియున్న శక్తి '*E*' కి సమానమవుతుంది.

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

ఇక్కడ, h అనునది ప్లాంక్స్ స్థిరాంకము (h=6.625 $\times 10^{-34}$ Js) మరియు ν అనునది విద్యుదయస్కాంత తరంగము యొక్క పౌనఃపున్యమును సూచించును.

కాంతికి తరంగ స్వభావము మరియు కణ స్వభావము రెండు ధర్మములు ఉండుట వలన దానిని ద్వంద్వ స్వభావము (dual nature) కలిగినది అని అంటారు. కాంతి ప్రసరణ జరుగునపుడు అది తరంగముగాను, పదార్థముతో కణము వలె పరస్పర చర్య జరుపునని నిర్ధారణ చేయబడినది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 61 28-06-2022 11:39:51

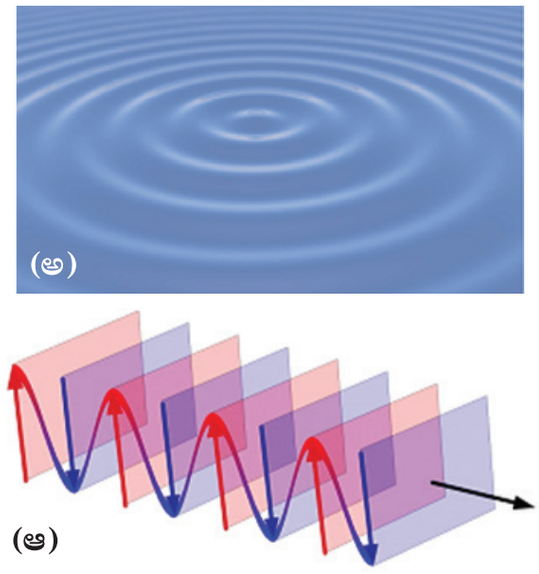
7.2 కాంతి యొక్క తరంగ స్వభావము (WAVE NATURE OF LIGHT)

కాంతి తిర్యక్ తరంగ రూపములోనున్న విద్యుదయస్కాంత తరంగమగును. వ్యతికరణ ప్రభావము మరియు వివర్తన ప్రభావముల సంబంధమును పరిశోధనల నుండి కాంతి యొక్క తిర్యక్ తరంగ స్వభావమును నిరూపించబడినది. అన్ని విద్యుదయస్కాంత తరంగాల వలె కాంతి కూడా శూన్య ప్రదేశము గుండా ప్రయాణిస్తుంది. కాంతి యొక్క తిర్యక్ తరంగాల స్వభావములను ధృవణము ద్వారా ప్రదర్శించబడినది.

7.2.1 తరంగ దృక్ శాస్త్రము (Wave optics)

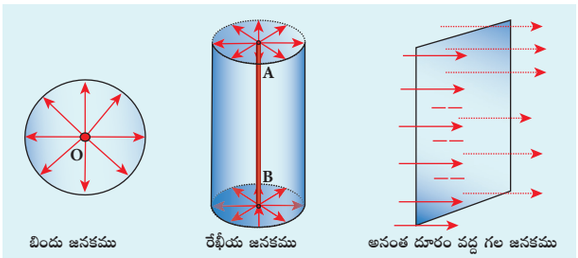
తరంగ దృక్‌శాస్త్రము కాంతి యొక్క తరంగ లక్షణమును గురించి అధ్యయనం చేస్తుంది. కాంతి పరావర్తనము మరియు వక్రీభవనములను కాంతి దృక్ శాస్త్రము ఆధారముతోనే వివరించుటకు సాధ్యమగును. కాంతి తరంగ రూపములలోను ప్రసరించినప్పటికీ, కాంతి ప్రసరణ దిశను, కాంతి కిరణమును ఉపయోగించి సూచించబడును.

విరామ స్థితిలో నున్న నీటి ఉపరితలముపై రాయిని విసిరినపుడు, ఆ రాయి పడిన కేంద్రము చుట్టూ వృత్తాకార రూపములలో చిన్న అలలు విస్తరించు ఈ సంఘటన తరంగము విస్తరించుటకు ఒక మంచి ఉదాహరణమగును. ఒక బిందువు ద్వారా అలలు ప్రసరించేటపుడు, ఆ బిందువు వద్ద నీటి కణము లేదా అణువులు పైకి మరియు క్రిందికి మాత్రమే (డోలనము) చలిస్తాయి. ఒక కేంద్ర బిందువు నుండి సమాన దూరములో ఉండుటచే వృత్తాకార అలలపై గల అన్ని కణాలు ఒకే దశలో కంపనము చెందు తరంగాగ్రమును కలిగియుండును. ఇది పటము 7.1 (అ)లో చూపబడినది. ఒకే స్థితిలో లేదా ఒకే దశలో కంపనము చెందు బిందువులను సంధానించు మునుపటి భాగమును తరంగాగ్రము అని పేరు. తరంగ వ్యాప్తి అనునది తరంగాగ్రము వ్యాప్తి చెందుటను సూచించును. తరంగాగ్రము ఎల్లప్పుడూ, తరంగ వ్యాప్తి దిశకు లంబముగానే యుండును. కాంతి కిరణ దిశ తరంగ వ్యాప్తి దిశలోనే ఉన్నట్లయితే తరంగాగ్రము ఎల్లప్పుడూ కాంతి కిరణ దిశకు లంబముగా నుండును. ఇది పటము 7.1 (ఆ)లో చూపబడినది.



పటము 7.1 (అ) నీటి ఉపరితలముపై ఏర్పడు చిన్న అలలు (ఆ) తరంగాగ్రము మరియు కాంతి కిరణము.

ఒక బిందువు వద్ద గమనించబడిన తరంగాగ్రము యొక్క రూపము కాంతి జనకము యొక్క రూపము మరియు కాంతి జననము అమరియున్న దూరముపై ఆధారపడియుండును. పరిమిత దూరములో అమరియున్న ఒక బిందు కాంతి జనకము ఎల్లప్పుడూ గోళాకార తరంగాగ్రమును ఇచ్చును. పరిమిత దూరములో అమరియున్న వ్యాపన లేదా రేఖీయ కాంతి జనకము స్థూపాకార తరంగాగ్రమును నిచ్చును. అనంత దూరములో అమరియున్న కాంతి జనకము వలన ఏర్పడు సమతల తరంగాగ్రము పటము 7.2లో చూపబడినది.



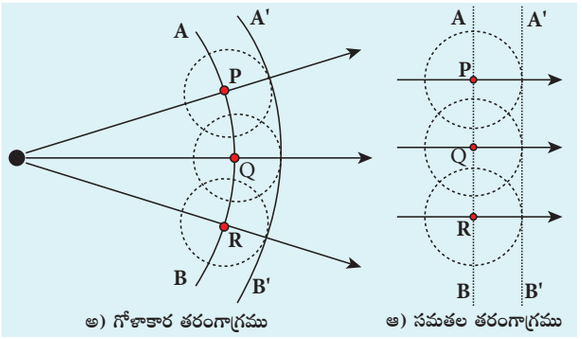
పటము 7.2 తరంగాగ్రములు

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 62 28-06-2022 11:39:52

7.2.2 హైగెన్ సిద్ధాంతము (Huygens' Principle)

హైగెన్ నియమము ఒక జ్యామితీయ నిర్మాణము అగును. $t = 0$ కాలములో తరంగాగ్రము యొక్క రూపము మనకు తెలిసినట్లయితే, ఏ సమయములోనైనా తరంగాగ్రము యొక్క ఆకారమును హైగెన్ నియమమును ఉపయోగించి మనము కనుగొనవచ్చును. హైగెన్ నియమము ప్రకారము తరంగాగ్రములోనున్న ఒక్కొక్క బిందువు రెండవ స్థానములో నున్న అలలను ఉత్పత్తి చేయు జనకముగా పనిచేయును. ఈ బిందువు నుండి బయటకు వచ్చు గౌణ తరంగాలు, తరంగ ప్రసార వేగముతో, యానకము యొక్క అన్ని దిశలలోను వ్యాప్తి చెందుతాయి. వీటిని గౌణ తరంగములు అంటారు. ఈ రెండవ స్థాన అలలకు గీయబడు ఉమ్మడి స్పర్శరేఖ లేక రెండవ స్థాన అలలు యొక్క మునుపటి కవచము, తర్వాత ఏర్పడు క్రొత్త తరంగాగ్రమును ఇచ్చును. కావున హైగెన్ నియమము తరంగాగ్రము యొక్క విస్తరణను వివరించును.

గోళము మరియు సమతల తరంగాగ్రము యొక్క వ్యాప్తిని హైగెన్ నియమము ద్వారా వివరించబడినది. $t = 0$ అను కాలములో తరంగాగ్రమును AB అనుకొనుము. హైగెన్ నియమము ప్రకారము AB తరంగాగ్రము యొక్క ఒక్కొక్క బిందువును, తరంగము యొక్క వేగములో (కాంతి వేగము c) పోవు రెండవ స్థాన అలలను ఉత్పత్తిచేయు జనకముగా పనిచేయును. t కాలము తరువాత తరంగాగ్రము యొక్క క్రొత్త స్థానమును తెలుసుకొనుటకు AB పై నున్న P, Q, R ... అను బిందువులను కేంద్రములుగా తీసుకొని ct ను వ్యాసార్ధముగా తీసుకొని వృత్తములను గీయవలయును. ఈ చిన్న వృత్తముల యొక్క స్పర్శరేఖా లేదా మునుపటి కవచము $A'B'$ ఆ సమయములో ఏర్పడు క్రొత్త తరంగాగ్రము అగును. పరిమిత దూరములో నున్న బిందువు జనకము వలన ఏర్పడు ఈ క్రొత్త తరంగాగ్రము $A'B'$ ఒక గోళాకార తరంగాగ్రముగా నుండును. ఇది పటము 7.3 (ఆ) లో చూపబడినది. జనకము చాలా దూరములో (అనంత దూరములో) ఉన్నట్లయితే సమతల తరంగాగ్రముగా ఉండును. ఇది పటము 7.3(ఆ) లో చూపబడినది.



అ) గోళాకార తరంగాగ్రము ఆ) సమతల తరంగాగ్రము

పటము 7.3 హైగెన్ సిద్ధాంతము

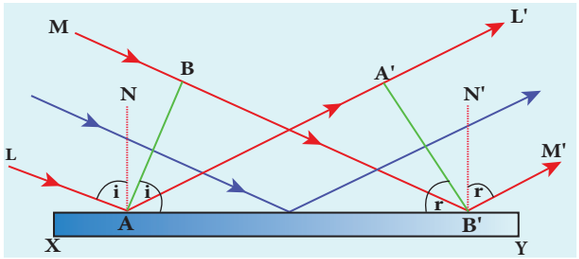
తరంగ వ్యాప్తిని వివరించు హైగెన్ నిర్మాణములో ఒక లోపము ఉన్నది. పై చెప్పబడిన నిర్మాణములో ఏర్పడు తిరోగమన తరంగాల (back wave) ఉనికి ఏ విధముగా అదృశ్యము చెందును అనుదానిని ఈ సిద్ధాంతము వివరించలేదు. విద్యుదయస్కాంత తరంగాల సిద్ధాంతము ప్రకారం తిరోగమన తరంగాలు స్వాభావికమైనదిగా (inherently) ఉండినను హైగెన్ నిర్మాణము ఒక తరంగాగ్రము వ్యాప్తి చెందుటను చిత్రరూపేణ వివరించును.

7.2.3 హైగెన్ నియమము సహాయముతో పరావర్తన నియమమును నిరూపించుట (Proof for laws of reflection using Huygens' Principle)

XY అను సమతల దర్పణము యొక్క పరావర్తన తలముపై పటము 7.4 లో చూపిన విధముగా సమాంతర కాంతి పుంజములు పడును అని అనుకొనుము. పతన తరంగాగ్రము AB మరియు పరావర్తన తరంగాగ్రము $A'B'$ లు రెండూ ఒకే యానకములో యున్నవి. ఈ తరంగాగ్రములు పతన కిరణములు L, M మరియు పరావర్తన కిరణములు L', M' లకు లంబముగా నున్నవి. పతన తరంగాగ్రములో నున్న A బిందువు పరావర్తన తలమును తాకుచున్న కాలములో B బిందువు B' వద్ద గల పరావర్తన తలమును తాకుటకు BB' దూరమును పయనించ వలసి ఉంటుంది. B బిందు పరావర్తన తలములో B' బిందువును తాకినపుడు, A బిందువు A' ను చేరును. ఇది తరంగాగ్రములో నున్న అన్ని బిందువులకు అన్వయించబడును. కావున పరావర్తన తరంగాగ్రము $A'B'$ సమతల

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 63 28-06-2022 11:39:53

తరంగాగ్రముగా లభించును. కాంతి కిరణములు L మరియు M లను రెండు కిరణములు పరావర్తన తలముపై పతనమయ్యే బిందువుల వద్ద N మరియు N' అను రెండు లంబరేఖలు పరిగణిద్దాం. పరావర్తనము అదే యానకములో జరుగుట వలన పరావర్తనమునకు మునుపు మరియు పరావర్తనము తరువాత కాంతి యొక్క దిశా వేగములో ఏ విధమైన మార్పు ఉండదు. కాంతి A నుండి A' కు ప్రయాణించుటకు తీసుకొనబడు సమయము B నుండి B' వరకు ప్రయాణించుటకు తీసుకొను సమయము సమానము. దీని కారణముగా దూరములు AA' మరియు BB' రెండునూ ఒకదానికొకటి సమానము $(AA' = BB')$.



పటము 7.4 పరావర్తన నియమాలు

(i) పతన కిరణములు, పరావర్తన కిరణములు, పరావర్తన తలము మరియు లంబరేఖ అన్నియూ ఒకే తలములో నుండును.

(ii) పతన కోణము,

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

పరావర్తన కోణము,

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

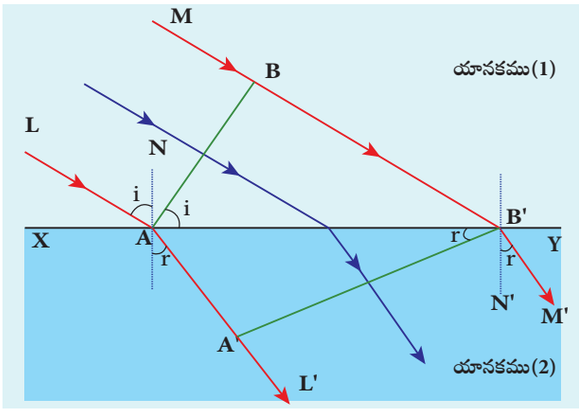
లంబకోణ త్రిభుజములు $\Delta ABB'$ మరియు $\Delta B'A'A$ రెండింటిలోను లంబకోణములు $\angle B$ మరియు $\angle A'$ సమానము. ($\angle B$ మరియు $\angle A' = 90^\circ$) AA' మరియు BB' రెండు భుజములు సమానము $(AA' = BB')$. ఇంకను, భుజము AB' రెండు లంబకోణ త్రిభుజములకు ఉమ్మడి భుజముగా ఉన్నది. కావున ఈ రెండు త్రిభుజములు సరూప త్రిభుజములు. సరూప త్రిభుజ కోణములు $\angle BAB'$ మరియు $\angle A'B'A$ అనునవి ఒకదానికొకటి సమానము. కావున

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

పతన కోణము పరావర్తన కోణమునకు సమానము, కావున, పరావర్తన నియమము నిరూపించబడినది.

7.2.4 హైగెన్ సిద్ధాంతము సహాయముతో వక్రీభవన నియమములను నిరూపించుట (Proof for laws of refraction using Huygens' Principle)

XY అను సమతల వక్రీభవన తలమును కలిగిన ఒక గాజుపై పటము 7.5లో చూపబడిన విధముగా సమాంతర కాంతి పుంజములు పతనమైనవని అనుకొనుము. పతన తరంగాగ్రము AB విరళ యానకము (1) లో, వక్రీభవన తరంగాగ్రము $A'B'$ సాంద్రతర యానకము (2) లో నున్నది. ఈ రెండు తరంగాగ్రములు పతన కిరణములు L, M మరియు వక్రీభవన కిరణము L', M' అను వాటికి లంబముగా ఉన్నవి. పతన తరంగాగ్రములో నున్న A బిందువు, వక్రీభవన తలమును తాకుచున్న సమయములో B బిందువు, B' వద్ద గల వక్రీభవన తలమును తాకుటకు B B' దూరము ప్రయాణించాలి. B బిందువు వక్రీభవన తలము B' బిందువును తాకు సమయములో A బిందువు మరొక యానకములో A' దూరమును చేరుకొనును. తరంగాగ్రములో నున్న అన్ని బిందువులకు ఇది అన్వయించబడును. కావున $A'B'$ అను వక్రీభవన తరంగాగ్రము సమతల తరంగాగ్రముగా లభిస్తుంది. వక్రీభవన తలములో L మరియు M కిరణములు



పటము 7.5 వక్రీభవన నియమములు

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 64 28-06-2022 11:39:57

పడు బిందువులలో N మరియు N' అను రెండు లంబరేఖలను పరిగణిద్దాం. విరళ యానకము(1) నుండి సాంద్రతర యానకము(2)నకు వక్రీభవనము ఏర్పడుట వలన వక్రీభవనమునకు మునుపు కాంతి యొక్క వేగము v_1 మరియు వక్రీభవనము తర్వాత కాంతి యొక్క వేగము v_2 అగును. ఇక్కడ, v_1 అనునది v_2 కంటే ఎక్కువ. ($v_1 > v_2$) కాని, కాంతి కిరణములు B నుండి B' బిందువునకు పోవుటకు. తీసుకొనబడిన కాలము A నుండి A' బిందువునకు పోవుటకు తీసుకొనబడిన కాలము సమానము.

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

(i) పతన కిరణములు, వక్రీభవన కిరణములు కాంతి వక్రీభవనము చెందు తలము xy మరియు లంబ రేఖలు అన్నియూ ఒకే తలములో అమరియుండును.

(ii) పతన కోణము,

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

వక్రీభవన కోణము,

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

లంబకోణ త్రిభుజము $\Delta ABB'$ మరియు $\Delta AA'B'$ లకు

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

ఇక్కడ c అనునది శూన్యప్రదేశములో కాంతి యొక్క వేగము. నిష్పత్తి c/v ఒక స్థిరాంకమగును. ఈ స్థిరాంకమునకు యానకము యొక్క వక్రీభవన గుణకము అని పేరు. మొదటి యానకము (1) యొక్క వక్రీభవన గుణకము $c/v_1 = n_1$ మరియు రెండవ యానకము యొక్క వక్రీభవన గుణకము $c/v_2 = n_2$ అగును.

నిష్పత్తి రూపంలో,

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

గుణిజ రూపములో

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

కావున, వక్రీభవన నియమాలు నిరూపించబడినవి. ఇదే పద్ధతిలో తరంగాగ్రము సాంద్రతర యానకము నుండి విరళ యానకమునకు వచ్చేటపుడు వక్రీభవన నియమాలను నిరూపించుటకు వీలగును.

కాంతి యొక్క వేగము వక్రీభవన గుణకమునకు విలోమానుపాతములోను ($v \propto 1/n$) తరంగదైర్ఘ్యమునకు అనులోమానుపాతములోను ($v \propto \lambda$) ఉండుట వలన క్రింది సమీకరణమును వ్రాయవచ్చు.

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

గమనిక

నిర్దిష్ట పౌనఃపున్యము కలిగిన కాంతి, వేర్వేరు యానకముల గుండా పోయినను దాని పౌనఃపున్యము ఏ విధమైన మార్పు చెందదు. ఆ యానకము గుండా పోవు కాంతి వేగమును బట్టి దాని తరంగదైర్ఘ్యములో మార్పు ఏర్పడును.

ఉదాహరణ 7.1

శూన్యములో సోడియం ఆవిరి బల్బు నుండి వెలువడు కాంతి తరంగదైర్ఘ్యము 5893Å ఈ కాంతి వక్రీభవన గుణకము 1.33 అయితే, అది నీటి గుండా పోయినపుడు అ) తరంగదైర్ఘ్యము ఆ) వేగము మరియు ఇ) పౌనఃపున్యములను కనుగొనండి.

సాధన

శూన్య ప్రదేశము యొక్క వక్రీభవన గుణకము, $n_1 = 1$

శూన్యప్రదేశములో సోడియం ఆవిరి బల్బు యొక్క తరంగదైర్ఘ్యము, $\lambda_1 = 5893$ Å.

శూన్యప్రదేశములో కాంతి వేగము,
$c = v_1 = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

నీటి యొక్క వక్రీభవన గుణకము, $n_2 = 1.33$

నీటిలో సోడియం బల్బు, వెలువరించు కాంతి యొక్క తరంగదైర్ఘ్యము λ_2 మరియు నీటిలో సోడియం బల్బు యొక్క కాంతి వేగము v_2 అనుకొనుము.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 65 28-06-2022 11:40:00

అ) తరంగదైర్ఘ్యమును వక్రీభవన గుణకమును సంబందపరచు సమీకరణము

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

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

ఇవ్వబడిన విలువలను ప్రతిక్షేపించగా

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

$$\lambda_2 = 4431\,\text{Å}$$

ఆ) వేగము, వక్రీభవన గుణకములను సంబంధపరచు సమీకరణము

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

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

ఇవ్వబడిన విలువలను ప్రతిక్షేపించగా

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

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

ఇ) శూన్యప్రదేశములో సోడియం బల్బు వెలువరించు కాంతి యొక్క పౌనఃపున్యము

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

ఇవ్వబడిన విలువలను ప్రతిక్షేపించగా

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

నీటిలో సోడియం బల్బు వెలువరించు కాంతి యొక్క పౌనఃపున్యము, $\nu_2 = \frac{v}{\lambda_2}$

విలువలను ప్రతిక్షేపించగా

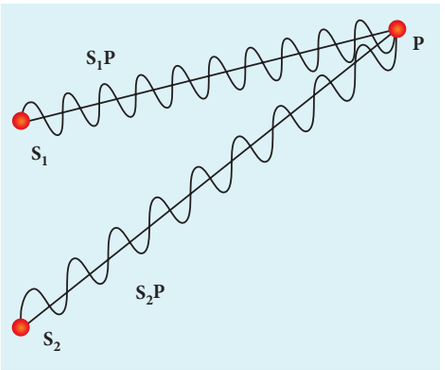
$$\nu_2 = \frac{2.256 \times 10^8\,\text{m s}^{-1}}{4431 \times 10^{-10}} = 5.091 \times 10^{14}\,\text{Hz}$$

యానకమును అనుసరించి పౌనఃపున్యము మార్పు చెందదు అనుట పై ఫలితముల ద్వారా తెలియుచున్నది.

7.3 వ్యతికరణము (INTERFERENCE)

రెండు కాంతి తరంగాలు ఒకదానిపై మరొకటి అధ్యారోపణం చెందుట వలన, కొన్ని బిందువులలో కాంతి తీవ్రత ఎక్కువగానూ, మరి కొన్ని బిందువులలో కాంతి తీవ్రత తక్కువగానూ ఏర్పడు సంఘటనను కాంతి యొక్క వ్యతికరణం అంటారు. అధ్యారోపణం అనునది కాంతి తరంగాల యొక్క కూడికను (సంకలనం) సూచించును. యాంత్రిక తరంగాల యొక్క అధ్యారోపణం గురించి XI వ తరగతిలో చదివియున్నాము. (11వ భాతికశాస్త్రములో 11.7లో) రెండు కాంతి తరంగాలు ఒకే సమయములో యానకములో నున్న కణముల గుండా ప్రసరించినప్పుడు ఫలిత స్థానభ్రంశము ఒక్కొక్క తరంగముల వలన ఏర్పరచు స్థానభ్రంశముల సదిశ సంకలనమునకు సమానము. అధ్యారోపణ తరంగాలకు మధ్య నున్న దశ భేదమును బట్టి ఫలిత స్థానభ్రంశము గరిష్టముగానో లేదా కనిష్టముగానో యుండును.

ఈ భావనములు కాంతికి సరిపోవును. S_1 మరియు S_2 అను రెండు కాంతి జనకముల నుండి రెండు కాంతి తరంగములు జనించి అవి P అను బిందువు వద్ద కలుసుకొన్నవని పరిగణిద్దాం. ఇది పటము 7.6లో చూపబడినది.



పటము 7.6 అధ్యారోపణ నియమము

t సమయములలో S_1 జనకము నుండి P బిందువును చేరుకొను తరంగము

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

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 66 28-06-2022 11:40:03

t సమయములలో S_2 జనకము నుండి P బిందువును చేరుకొను తరంగము

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

ఈ రెండు తరంగాలు, వేర్వేరు కంపన పరిమితులు a_1 మరియు a_2 ఒకే కోణీయ పౌనఃపున్యము ω మరియు ϕ అను దిశా భేదము కలిగియుండును. ఈ రెండు తరంగములలో ఏర్పడిన ఫలిత స్థానభ్రంశము

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

XI వ తరగతిలో చదివిన (యూనిట్ 11.7) త్రికోణమితి సూత్రములను ఉపయోగించి పై సమీకరణమునకు సూక్ష్మీకరించగా క్రింది సమీకరణము వచ్చును.

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

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

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

అయినపుడు మాత్రమే ఫలిత కంపన పరిమితి గరిష్టమగును.

$$A_{max} = \sqrt{(a_1 + a_2)^2}; \text{ ఇక్కడ } \phi = 0, \pm 2\pi, \pm 4\pi \ldots, \quad (7.12)$$

అయినప్పుడు మాత్రమే ఫలిత కంపన పరిమితి కనిష్టమగును.

$$A_{min} = \sqrt{(a_1 - a_2)^2}; \text{ ఇక్కడ } \phi = \pm\pi, \pm 3\pi, \pm 5\pi \ldots, \quad (7.13)$$

కాంతి తీవ్రత, దాని కంపన పరిమితి వర్గమునకు అనులోమానుపాతములో యుండును.

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

సమీకరణము 7.10 రెండు ప్రక్కల వర్గమూలము చేసిన

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

సమీకరణము 7.15 లో దశా బేధము $\phi = 0, \pm 2\pi, \pm 4\pi \ldots$, ఇది కాంతి యొక్క గరిష్ట తీవ్రతకు సంబంధించిన నిబంధన అవుతుంది. దీనిని నిర్మాణాత్మక వ్యతికరణము అని అంటారు.

ఫలిత గరిష్ట కాంతి తీవ్రత

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

సమీకరణము 7.15 లో దశా బేధము $\phi = \pm\pi, \pm 3\pi, \pm 5\pi \ldots$, ఇవి కాంతి యొక్క కనిష్ట తీవ్రతకు సంబంధించిన నిబంధన అవుతుంది. దీనిని వినాశక వ్యతికరణము (***destructive interference***) అని అంటారు.

ఫలిత కనిష్ట కాంతి తీవ్రత

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

ప్రత్యేక సందర్భములో $a_1 = a_2 = a$, అవుతుంది. అప్పుడు సమీకరణము 7.10 క్రింది విధముగా మార్పు చెందును.

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

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

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

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

$$I_{max} = 4I_0 \text{ అయిన, } \phi = 0, \pm 2\pi, 4\pi \ldots, \quad (7.21)$$

$$I_{min} = 0 \text{ అయిన, } \phi = \pm\pi, \pm 3\pi, \pm 5\pi \ldots, \quad (7.22)$$

రెండు కాంతి తరంగాలు కలుసుకొను బిందువులో ఏర్పడు కాంతి తీవ్రతను ఈ రెండు తరంగాలకు మధ్య వున్న దశా భేదము ϕ నిర్ణయిస్తుందని దీని నుండి మనము తెలుసుకొనవచ్చును.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 67 28-06-2022 11:40:06

ఉదాహరణ 7.2

5 యూనిట్లు మరియు 3 యూనిట్లు కంపన పరిమితి కలిగిన రెండు కాంతి జనకములు ఒకదానితో ఒకటి అధ్యారోపణము చెందును. వాటి యొక్క గరిష్ట మరియు కనిష్ట కాంతి తీవ్రతలకు మధ్య నిష్పత్తిని కనుగొనుము?

సాధన

కంపన పరిమితులు, $a_1 = 5, a_2 = 3$

ఫలిత కంపన పరిమితి,

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

అయినప్పుడు ఫలిత కంపన పరిమితి గరిష్టమవుతుంది.

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

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

$= 8$ యూనిట్లు

అయినప్పుడు ఫలిత కంపన పరిమితి కనిష్టమవుతుంది.

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

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

$= 2$ యూనిట్లు.

$I \propto A^2$

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

విలువలను ప్రతిక్షేపించగా

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

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

ఉదాహరణ 7.3

సాధన

కంపన పరిమితులను a అనుకొందాం.

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

లేదా $I = 4I_0\cos^2(\phi/2)$

అయినప్పుడు ఫలిత కాంతి తీవ్రత గరిష్టమగును.

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

అయినప్పుడు ఫలిత కాంతి తీవ్రత కనిష్టమగును.

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

$I_{max} : I_{min} = 4a^2 : 0$

ఉదాహరణ 7.4

I_0 కాంతి తీవ్రత కలిగిన రెండు కాంతి జనకములు ఉన్నవి. ఈ రెండు కాంతి తరంగాల మధ్య దశాభేదము $\pi/3$ అయిన బిందువు వద్ద, ఫలిత కాంతి తీవ్రతను కనుగొనుము.

సాధన

కాంతి జనకముల యొక్క కాంతి తీవ్రత I_0.

ఫలిత కాంతి తీవ్రత, $I = 4\,I_0\cos^2(\phi/2)$

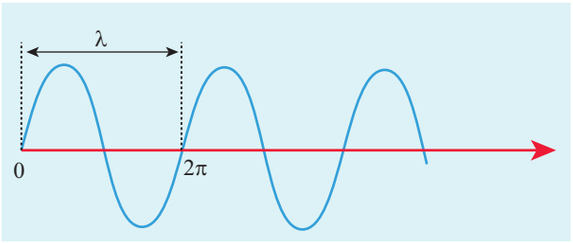
దశాభేదము, $\phi = \pi/3$, అయినప్పుడు ఫలిత కాంతి తీవ్రత $I = 4I_0\cos^2(\pi/6)$

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

7.3.1 దశాభేదము మరియు పథ భేదము (Phase difference and path difference)

తరంగము ప్రసరిస్తున్నప్పుడు కంపన కోణీయ స్థితిని దశ అంటారు. తరంగము వ్యాప్తి చెందునపుడు, కంపనముల యొక్క దశకు, తరంగము ప్రసరించు మార్గమునకు మధ్య ఒక సంబంధము యున్నది. తరంగములో దశ ఆ తరంగము ప్రసరించు మార్గము ఆధారముగా వివరించుటకు వీలగును. ఇదేవిధంగా తరంగము ప్రసరించు మార్గమును, ఆ తరంగము యొక్క దశ ఆధారముగా వివరించవచ్చును. తరంగ పథములో ఒక తరంగదైర్ఘ్యము λ దాని దశ 2π కు సమానమని పటము 7.7లో చూపబడినది. ϕ దశా భేదమునకు సమానమైన పథ భేదము δ క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 68 28-06-2022 11:40:10



పటము 7.7 పథ భేదము మరియు దశా భేదము

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

నిర్మాణాత్మక వ్యతికరణమునకు దశా భేదము $\phi = 0, 2\pi, 4\pi \ldots$ కావున, పథ భేదము $\delta = 0, \lambda, 2\lambda \ldots$ గా ఉంటుంది. సాధారణముగా ఇది తరంగదైర్ఘ్యము λ యొక్క సమాకలన గుణిజములుగా ఉంటుంది.

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

వినాశక వ్యతికరణమునకు దశా భేదము $(\phi = \pi, 3\pi, 5\pi \ldots)$ పథ భేదము $\delta = \frac{\lambda}{2}, \frac{3\lambda}{2} \ldots\ldots$ కావున, λ గా ఉంటుంది.

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

ఉదాహరణ 7.5

450nm తరంగదైర్ఘ్యము కలిగిన కాంతి యొక్క పథ భేదము 3mm అయిన, దానికి సమానమైన దశా భేదమును కనుగొనుము.

సాధన

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

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

దశా భేదమునకు మరియు పథ భేదమునకు మధ్యనున్న సంబంధము, $\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \times \delta$

విలువలను ప్రతిక్షేపించగా,

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

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

7.3.2 సంబద్ధ కాంతి జనకములు (Coherent sources)

సమాన కంపన పరిమితి గల తరంగ రూపమును కలిగి, ఒకే పౌనఃపున్యము లేక తరంగదైర్ఘ్యము (ఏక వర్ణీయత)ను పొంది, సమాన దశ లేక స్థిర దశాభేదము కలిగిన తరంగాలను ఉత్పత్తి చేయు రెండు కాంతి జనకములను సంబద్ధ కాంతి జనకములు అంటారు.

సంబద్ధ లక్షణములు కలిగిన తరంగాలు స్థిరమైన వ్యతికరణ అమరికను పొందుటకు తోడ్పడుతాయి.

రెండు విడివిడి ఏక వర్ణ జనకములు సంబద్ధ కాంతి జనకములు కావు. ఎందుకంటే అవి ఒకే పౌనఃపున్యము ఒకే కంపన పరిమితి కలిగిన తరంగాలను ఉత్పత్తిచేయవచ్చును. కాని, ఒకే దశలో నున్న తరంగాలను ఉత్పత్తి చేయుటకు వీలుకాదు. దీనికి కారణము ఏమనగా అణువులు కాంతిని ఉద్ఘారించునపుడు, ఏర్పడు ఉష్ణ కంపనముల కారణముగా దశలో మార్పును ఏర్పడును. కావున ఈ కాంతి జనకములను అసంబద్ధ కాంతి జనకములు అంటారు. సంబద్ధ కాంతి తరంగాలను ఈ క్రింది మూడు పద్ధతుల ద్వారా పొందవచ్చును. అవి:

(i) తరంగాగ్ర విభజన

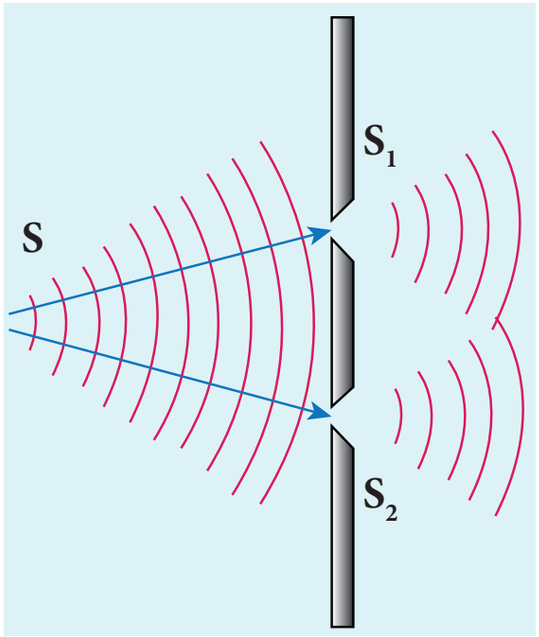
(ii) కాంతి తీవ్రత లేదా కంపన పరిమితి విభజన

(iii) కాంతి జనకములు మరియు ప్రతిబింబములు

(i) తరంగాగ్ర విభజన (Wavefront division): సంబద్ధ కాంతి జనకములను పొందుటకు తరంగాగ్ర విభజన అనునది విరివిగా ఉపయోగించబడు ఒక పద్ధతి అవుతుంది. మనము తెలుసుకొన్న ప్రకారము బిందు కాంతి జనకము గోళాకార తరంగాగ్రమును

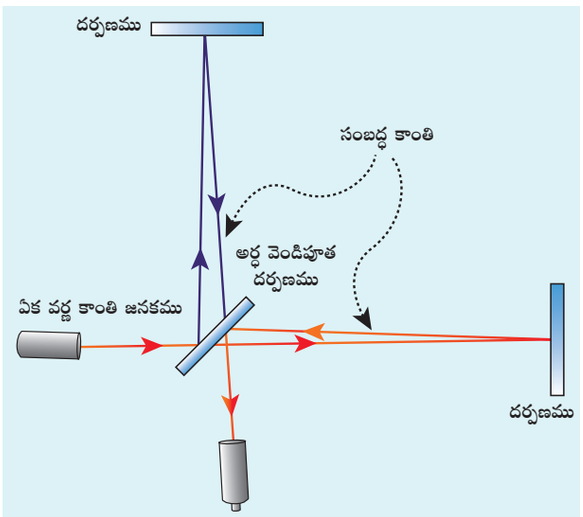
12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 69 28-06-2022 11:40:11

ఏర్పరచును. ఈ తరంగాగ్రములో నున్న అన్ని బిందువులు ఒకే దశలో ఉంటాయి. ద్వంద్వ చీలికను ఉపయోగించి తరంగాగ్రములో నున్న రెండు బిందువులను ఎంచుకొనిన యెడల, ఆ రెండు బిందువులు సంబద్ధ కాంతి జనకములుగా పనిచేస్తాయి. ఇది పటము 7.8లో చూపబడినది.



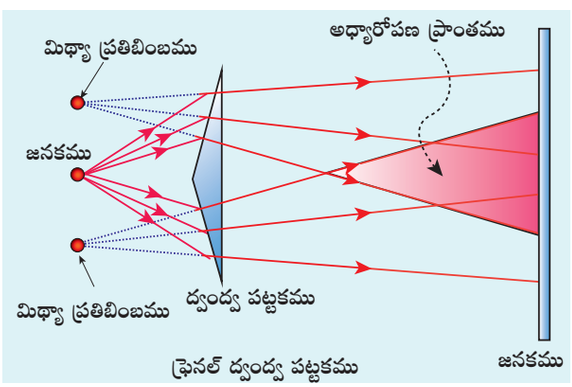
పటము 7.8 తరంగాగ్ర విభజన

(ii) కాంతి తీవ్రత లేదా కంపన పరిమితి విభజన: పాక్షికముగా వెండి పూత పూయబడిన దర్పణము (పుంజ విభజన) గుండా కాంతి ప్రవేశింపజసినపుడు, పరావర్తనము మరియు వక్రీభవనము రెండునూ ఏర్పడును. ఒకే కాంతి జనకము నుండి రెండు కాంతి పుంజములను పొందుట వలన, ఈ వేరుచేయబడిన రెండు కాంతి పుంజములు సంబద్ధ కాంతి పుంజములుగా పనిచేస్తాయి. పటము 7.9లో చూపిన విధముగా ఈ రెండు సంబద్ధ కాంతి పుంజములను ఒకే దశలో లేదా స్థిర దశా భేదములో ఉంటాయి. మైకల్‌సన్ వ్యతికరణ మాపకము (interferometer) ఫాబ్రే ఫెరోట్ సమాంతర దర్పణ అమరిక (etalon) అను సాధనము ఈ తత్వముపై ఆధారపడి పనిచేయును.

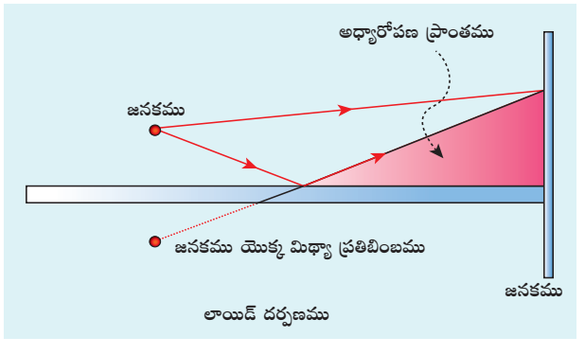


పటము 7.9 కాంతి తీవ్రత లేదా వ్యాప్తి విభాగము

(iii) కాంతి జనకము మరియు ప్రతిబింబములు: ఈ పద్ధతిలో కాంతి జనకము దాని ప్రతిబింబము సంబద్ధ కాంతి జనకముల జతగా పనిచేయును. ఎందుకంటే కాంతి జనకము దాని ప్రతిబింబము ఒకే దశ లేక స్థిర దశా భేదమును కలిగిన తరంగములను కలిగి ఉంటాయి. ఇది పటము 7.10లో చూపబడినది. ఫ్రెనల్ (Fresnel's) ద్వంద్వ పట్టకములో రెండు మిథ్యా కాంతి జనకములు సంబద్ధ కాంతి జనకములుగా పనిచేస్తాయి. అంతేకాక, లాయిడ్ (loyd's) దర్పణములో కాంతి జనకము దాని మిథ్యా ప్రతిబింబము రెండునూ సంబద్ధ కాంతి జనకములుగా పనిచేస్తాయి.



12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 70 28-06-2022 11:40:12



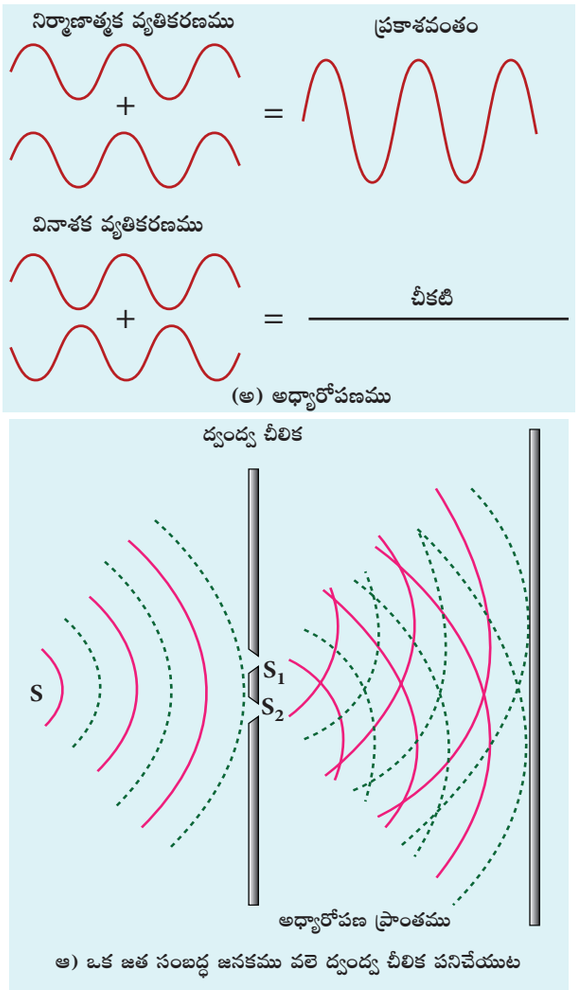
పటము 7.10 కాంతి జనకము యొక్క నిజ మరియు మిథ్యా ప్రతిబింబమును సంబద్ధ కాంతి జనకములుగా ఉపయోగించుట

7.3.3 సంబద్ధ కాంతి జనకములుగా ద్వంద్వ చీలిక పనిచేయుట (Double slit as coherent sources)

తరంగాగ్ర విభజన నియమము ఆధారంగా ద్వంద్వ చీలిక పనిచేయును. ఏక వర్ణ కాంతి జనకము 'S' వలన ప్రకాశవంతమైన S_1 మరియు S_2 అను రెండు చీలికలు సంబద్ధ కాంతి జనకములుగా పనిచేస్తాయి. వీటి నుండి వచ్చు కాంతి తరంగాలు ఒకే యానకములో పయనించి బిందువులు ఒకదానితోఒకటి అధ్యారోపణం చెందుతాయి. వీటి వలన ఏర్పడు నిర్మాణాత్మక మరియు వినాశక వ్యతీకరణ ప్రభావములు పటము 7.11 (అ)లో చూపబడినవి. తరంగాల యొక్క శృంగమును మందమైన రేఖలతోనూ, ద్రోణిని చుక్కల గీతలతోనూ చూపబడినది. పటము 7.11 (ఆ).

ఒక తరంగము యొక్క శృంగము, ఇంకొక తరంగము యొక్క శృంగము లేదా ఒక తరంగము యొక్క ద్రోణి ఇంకొక తరంగము యొక్క ద్రోణి కలుసుకొను బిందువు వద్ద తరంగాలు ఒకే దశలో ఉంటాయి. కావున, అక్కడ గరిష్ట స్థానభ్రంశము ఏర్పడి గరిష్ట కాంతి తీవ్రత వలన ప్రకాశముగా కనబడును. ఇటువంటి వ్యతికరణమును నిర్మాణాత్మక వ్యతికరణము అంటారు.

ఒక తరంగము యొక్క ద్రోణి ఇంకొక తరంగము యొక్క శృంగము కలుసుకొను బిందువు వద్ద తరంగాలు వ్యతిరేఖ దశలో ఉంటాయి, కావున అక్కడ కనిష్ట స్థానభ్రంశము ఏర్పడి, ఆ బిందువు చీకటిగా ఉంటుంది. ఇటువంటి వ్యతికరణమును వినాశక వ్యతికరణము అంటారు. తెరలో ప్రక్కప్రక్కన గరిష్ట మరియు కనిష్ట కాంతి తీవ్రత పట్టికలు ఏర్పడును. ఈ విధముగా తెరలో ఏర్పడు ప్రకాశవంతమైన మరియు చీకటి పట్టీలు (bright and dark bands) వ్యతికరణ రేఖలు (fringes) అని పిలువబడుచున్నవి.



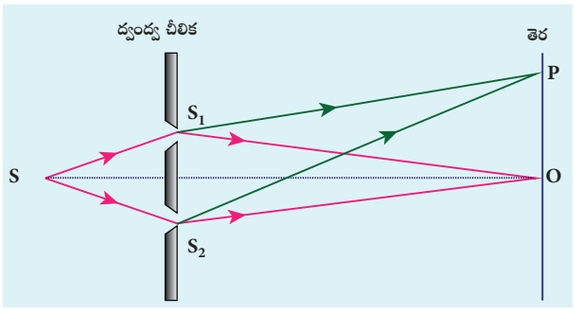
పటము 7.11 ద్వంద్వ చీలికలో ఏర్పడు వ్యతికరణము

7.3.4 యంగ్స్ ద్వంద్వ చీలిక ప్రయోగము (Young's double slit experiment)

పరిశోధన నిర్మాణము: 1801వ సం॥లో థామస్ యంగ్ (Thomas Young) అను బ్రిటిష్ శాస్త్రవేత్త పటము 7.12లో చూపబడిన విధముగా, అపారదర్శక తెరలో S_1 మరియు S_2 అను రెండు రంధ్రములను ఏర్పరచి అవి S అను కాంతి జనకము నుండి సమ దూరములో నున్నట్లు అమర్చినారు.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 71 28-06-2022 11:40:12

ఒక్కొక్క రంధ్రము యొక్క వెడల్పు 0.03mm. ఈ రెండు రంధ్రములు 0.3mm దూరములో వేరుపరచి యుంచబడినది. రంధ్రములు S_1 మరియు S_2 రెండూ కాంతి జనకము S నుండి సమ దూరములో నున్నందు వలన, కాంతి జనకము S నుండి S_1 మరియు S_2 లను చేరు తరంగాలు ఒకే దశలో ఉంటాయి. కావున వ్యతికరణమును ఏర్పరచు సంబద్ధ కాంతి జనకములుగా S_1 మరియు S_2 చీలికలు పనిచేసి వ్యతికరణ పట్టీలను ఏర్పరుస్తాయి.

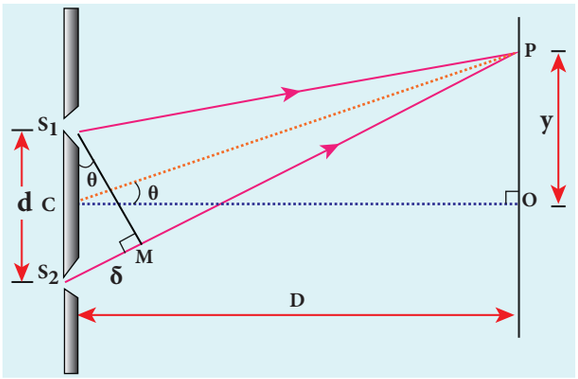


పటము 7.12 యంగ్ ద్వంద్వ చీలిక ప్రయోగము

చీలికలు S_1 మరియు S_2 నుండి వచ్చు తరంగాగ్రములు ద్వంద్వ చీలిక యొక్క కుడిప్రక్కన ఒకదానితో ఒకటి అతిపాతం చెందుతాయి. చీలికల నుండి సుమారుగా 1మీ దూరములో తెరను యుంచినపుడు, ఆ తెరలో సమ వెడల్పుకలిగిన ప్రకాశవంతమైన మరియు చీకటి పట్టీలు ప్రక్కప్రక్కనే ఏర్పడుతాయి. దీనిని వ్యతికరణ పట్టీలు లేదా వ్యతికరణ రేఖలు (fringes) అని అంటారు. ఒక అక్షి కటకము (eyepiece)ను ఉపయోగించి ఈ వ్యతికరణ పట్టీలను ప్రత్యక్షముగా చూడవచ్చును. S_1 S_1 నుండి తెర యొక్క కేంద్ర బిందువు 'O' ను చేరు కాంతి తరంగాలు సమదూరమును ప్రయాణించి ఒకే దశలో ఉండుటను పటము 7.12లో చూపబడినది. ఈ రెండు తరంగాలు నిర్మాణాత్మక వ్యతికరణమును ఏర్పరచి, కేంద్ర బిందువు 'O' వద్ద ప్రకాశవంతమైన రేఖను (bright fringe) ఉత్పత్తిచేయును. దీనిని కేంద్రీయ ప్రకాశ వలయము అని పిలుస్తారు. ఏదైనా ఒక చీలికను మూసిన వ్యతికరణ పట్టీలు అదృశ్యము చెంది తెర ఏకరీతిగా ప్రకాశవంతమగును. దీని నుండి తెరలో కనబడు ప్రకాశవంతమైన మరియు చీకటి పట్టీలు కాంతి యొక్క వ్యతికరణ ప్రభావము వలన ఏర్పడినది అని అర్థము చేసుకోగలము.

పథ భేదమునకు సమీకరణము (*Equation for path difference*)

పటము 7.13లో ప్రయోగ అమరిక చిత్ర రూపేణ ఇవ్వబడినది. సంబద్ధ కాంతి జనకములుగా పనిచేయు S_1 మరియు S_2 చీలికల మధ్య నున్న దూరమును d అనుకొనుము. ఇవి λ తరంగదైర్ఘ్యము కలిగిన కాంతి తరంగాలను ఉత్పత్తి చేయును. ద్వంద్వ చీలికలకు సమాంతరముగా D దూరములో తెర ఉంచబడినది. S_1 మరియు S_2 మధ్య నున్న బిందువును C అనుకొనుము. అంతేకాకుండా తెర యొక్క మధ్య బిందువు O అనునది S_1 మరియు S_2 నుండి సమదూరములో ఉన్నది. తెరలో మధ్యబిందువు O నుండి y దూరములో నున్న ఏదైనా ఒక బిందువును P అనుకొనుము. S_1 S_2 నుండి P బిందువు వద్ద కలిసిన కాంతి తరంగాలు వాటికి మధ్య పథ భేదమును బట్టి, అవి ఒకే దశలో లేదా వేరు దశలలో ఉండవచ్చు.



పటము 7.13 యంగ్ ద్వంద్వ చీలిక ప్రయోగ నిర్మాణము

S_1 మరియు S_2 నుండి P బిందువును చేరు కాంతి తరంగాలకు మధ్యలో నున్న పథ భేదమును δ అనుకొనుము. అప్పుడు $\delta = S_2P - S_1P$ అవుతుంది.

S_1 నుండి S_2P రేఖకు M బిందువు వద్దకు ఒక లంబ రేఖ గీచిన యెడల, పథ భేదములను ఖచ్చితముగా లెక్కించవచ్చును.

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

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 72 28-06-2022 11:40:12

C బిందువు నుండి P బిందువు అమరియున్న కోణమును θ అనుకొనుము. జ్యామితీయ నియమము ప్రకారము $\angle OCP = \theta$.

కోణములు $\angle OCP$ మరియు $\angle S_2S_1M$ అనునవి సమానము.

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

లంబకోణ త్రిభుజములో ΔS_1S_2M, పథ భేదము $S_2M = d \sin\theta$

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

'θ' కోణము చిన్నది కావున $\sin\theta \approx \tan\theta \approx \theta$

లంబకోణ త్రిభుజ నియమము నుండి ΔOCP,

$$\tan\theta = \frac{y}{D}$$

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

పథ భేదము యొక్క నిబంధనలను అనుసరించి బిందువు P వద్ద ప్రకాశవంతమైన రేఖ (లేదా) చీకటి రేఖను ఏర్పడుతుంది.

వెలుగు పట్టీలు లేదా గరిష్టము కొరకు నిబంధన *(Condition for bright fringe (or) maxima)*

వ్యతికరణ తత్వము ప్రకారము నిర్మాణాత్మక వ్యతికరణమునకు $n\lambda$గా యుండవలెను.

పథ భేదము, $\delta = n\lambda$

ఇక్కడ, $n = 0, 1, 2, \ldots$

$$\therefore \frac{d\,y}{D} = n\lambda$$

$$y = n\frac{\lambda D}{d} \text{ లేదా } y_n = n\frac{\lambda D}{d} \qquad (7.29)$$

ఇది P బిందువు వద్ద వెలుగు పట్టీ ఏర్పడుటకు కావలసిన నిబంధనను తెలుపుతుంది. ఇక్కడ y_n అనునది O నుండి nవ వెలుగు పట్టీ యొక్క దూరమును సూచించును.

చీకటి పట్టీలు లేదా కనిష్టము కొరకు నిబంధన *(Condition for dark fringe (or) minima)*

వినాశక వ్యతికరణము లేక P బిందువు వద్ద చీకటి పట్టీలు ఏర్పడుటకు.

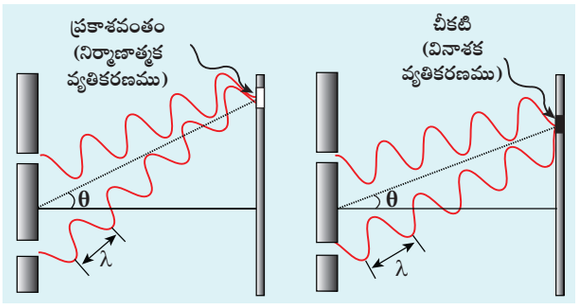
పథ భేదము, $\delta = (2n-1)\frac{\lambda}{2}$ గా ఉండాలి

ఇక్కడ, $n = 1, 2, 3 \ldots$

$$\therefore \frac{d\,y}{D} = (2n-1)\frac{\lambda}{2}$$

$$y = \frac{(2n-1)}{2}\frac{\lambda D}{d} \text{ లేదా } y_n = \frac{(2n-1)}{2}\frac{\lambda D}{d} \qquad (7.30)$$

ఇది P బిందువు వద్ద చీకటి పట్టీ ఏర్పడుటకు కావలసిన నిబంధనను తెలుపును. ఇక్కడ y_n అనునది O నుండి n వ చీకటి పట్టీ యొక్క దూరమును సూచించును.

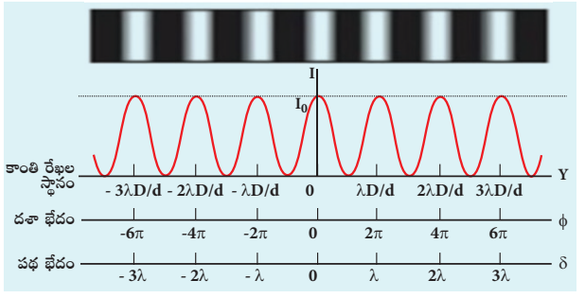


పటము 7.14 ప్రకాశ మరియు చీకటి పట్టీలు ఏర్పడుట

వెలుగు మరియు చీకటి పట్టీలు ఏర్పడుటను పటము 7.14 లో చూపబడినది.

ఇది తెరలో కేంద్రీయ ప్రకాశ వలయమునకు ఇరువైపులా వెలుగు మరియు చీకటి పట్టీలు వెంట వెంటనే ఏర్పడుటను తెలుపుచున్నది. కేంద్రీయ వెలుగును శూన్య వెలుగు అంటారు (0th bright) దాని తరువాత వరుసగా మొదటి చీకటి మరియు వెలుతురు పట్టీలు ఏర్పడుతాయి. తర్వాత రెండవ చీకటి మరియు రెండవ వెలుతురు పట్టీ ఏర్పడును. ఈ విధముగా కేంద్రీయ ప్రకాశము యొక్క రెండు ప్రక్కలలోను పటముగా 7.15లో వున్న విధముగా చీకటి మరియు వెలుతురు పట్టీలు ఒకదాని తరువాత మరొకటి ఏర్పడుతాయి.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 73 28-06-2022 11:40:14



పటము 7.15 వ్యతికరణ పట్టీ నిర్మాణము

పట్టీ వెడల్పుకు సమీకరణము
(Equation for bandwidth)

రెండు వరుస వెలుతురు పట్టీలు లేదా చీకటి పట్టీలకు మధ్య నున్న దూరమును పట్టీ వెడల్పు (β) అని అంటారు.

కేంద్ర బిందువు O నుండి $(n+1)$వ వెలుతురు పట్టీ నుండి n వ వెలుతురు పట్టీకి మధ్యనున్న దూరము పట్టీ వెడల్పును ఇచ్చును.

$$\beta = y_{(n+1)} - y_n = \left((n+1)\frac{\lambda D}{d}\right) - \left(n\frac{\lambda D}{d}\right)$$

β వెలుతురు పట్టీ, $\beta = \dfrac{\lambda D}{d}$ (7.31)

ఈ విధముగానే కేంద్ర బిందువు నుండి $(n+1)$వ చీకటి పట్టీ, n వ చీకటి పట్టీకి మధ్య నున్న దూరము పట్టీ వెడల్పును ఇచ్చును.

$$\beta = y_{(n+1)} - y_n = \left(\frac{(2(n+1)-1)}{2}\frac{\lambda D}{d}\right) - \left(\frac{(2n-1)}{2}\frac{\lambda D}{d}\right)$$

β చీకటి పట్టీకు, $\beta = \dfrac{\lambda D}{d}$ (7.32)

సమీకరణములు 7.30, 7.31ల నుండి కేంద్రీయ ప్రకాశ వలయము యొక్క రెండు ప్రక్కలలో సమాన వెడల్పు కలిగిన వెలుతురు మరియు చీకటి పట్టీలు సమాన మధ్య దూరముతో ఏర్పడునని తెలుసుకొందుము.

స్పష్టమైన మరియు వెడల్పయిన వ్యతికరణ పట్టీలను పొందుటకు నిబంధనలు

(i) కాంతి జనకమునకు, తెరకు మధ్య నున్న దూరము చాలా ఎక్కువగా ఉండవలెను.

(ii) ఉపయోగించబడు కాంతి యొక్క తరంగదైర్ఘ్యము λ చాలా ఎక్కువగా ఉండవలయును.

(iii) రెండు చీలికలకు మధ్య నున్న దూరము d చాలా తక్కువగా ఉండవలెను.

ఉదాహరణ 7.6

యంగ్ ద్వంద్వ చీలిక పరిశోధనలో రెండు చీలికలు 0.15mm దూరములో వేరుపరచియుంచబడినది. ఆ చీలికల నుండి 2m దూరములో తెర నున్నది. కాంతి జనకము యొక్క తరంగదైర్ఘ్యము 450nm అయిన క్రింది వాటిని కనుగొనుము.

(అ) కేంద్రీయ గరిష్టము నుండి రెండవ వెలుతురు పట్టీ యొక్క దూరము మరియు మూడవ చీకటి పట్టీ యొక్క దూరమును కనుగొనుము.

(ఆ) పట్టీ యొక్క వెడల్పును కనుగొనుము.

(ఇ) చీలికల నుండి తెరను దూరముగా జరిపినప్పుడు వ్యతికరణ పట్టీ నిర్మాణములో ఏ విధమైన మార్పు జరుగును?

(ఈ) ఈ పూర్తి నిర్మాణము 4/3 వక్రీభవన గుణకము కలిగిన నీటిలో మునిగినున్నపుడు పట్టీ వెడల్పులో ఎటువంటి మార్పు ఏర్పడుతుంది?

సాధన

d = 0.15 mm = 0.15× 10^{-3} m; D = 2 m; λ = 450 nm = 450 × 10^{-9} m; n = 4/3 వక్రీభవన గుణకము

(అ) n వ వెలుతురు వలయ సమీకరణము

$$y_n = n\frac{\lambda D}{d}$$

రెండవ వెలుతురు వలయ సమీకరణము

$$y_2 = 2\times\frac{450\times10^{-9}\times2}{0.15\times10^{-3}}$$

$$y_2 = 12\times10^{-3}\,\text{m} = 12\ \text{mm}$$

n వ చీకటి వలయ సమీకరణము

$$y_n = \frac{(2n-1)}{2}\frac{\lambda D}{d}$$

మూడవ చీకటి వలయము యొక్క దూరము

$$y_3 = \frac{5}{2}\times\frac{450\times10^{-9}\times2}{0.15\times10^{-3}}$$

$$y_2 = 15\times10^{-3}\,\text{m} = 15\ \text{mm}$$

(ఆ) కాంతి రేఖల వెడల్పుకు సమీకరణము, $\beta = \dfrac{\lambda D}{d}$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 74 28-06-2022 11:40:17

విలువలను ప్రతిక్షేపించగా, $\beta = \frac{450\times10^{-9}\times2}{0.15\times10^{-3}}$

$$\beta = 6\times10^{-3}\,\text{m} = 6\,\text{mm}$$

(ఇ) చీలికలకు తెరకు మధ్యనున్న దూరము D ఎక్కువైనపుడు పట్టీ వెడల్పు ఎక్కువగును.

$\beta = \frac{\lambda D}{d}$ లేదా $\beta \propto D$

(ఈ) 4/3 వక్రీభవన గుణకము కలిగిన నీటిలో పూర్తి వ్యవస్థ మునిగియున్నపుడు పట్టీ వెడల్పు తక్కువగును.

$\beta = \frac{\lambda D}{d}$ లేదా $\beta \propto \lambda$

తరంగదైర్ఘ్యము అనునది వక్రీభవన గుణకము nవ వంతుకు తక్కువగును. కావున $\beta \propto \lambda$ మరియు $\beta' \propto \lambda'$

$\lambda' = \frac{\lambda}{RI}$ అని మనకు తెలుసు.

$\frac{\beta'}{\beta} = \frac{\lambda'}{\lambda} = \frac{\lambda/RI}{\lambda} = \frac{1}{RI}$ లేదా $\beta' = \frac{\beta}{RI} = \frac{6\times10^{-3}}{4/3}$

$$\beta' = 4.5\times10^{-3}\,\text{m} = 4.5\,\text{mm}$$

7.3.5 తెల్లటి (బహుళ వర్ణ) కాంతి వలన ఏర్పడు వ్యతికరణము (Interference in white light (polychromatic light))

వ్యతికరణ ప్రయోగములో బహుళ వర్ణ కాంతి (తెల్లటి కాంతి)ని ఉపయోగించినపుడు వేర్వేరు మందము కలిగిన వర్ణయుత పట్టీలు తెరపై ఏర్పడుతాయి. ఎందుకనగా వేర్వేరు వర్ణములు వేర్వేరు తరంగదైర్ఘ్యములను కలిగి ఉంటాయి. అయిననూ కేంద్రీయ పట్టీ లేదా సున్నవ పట్టీ ఎల్లప్పుడు ప్రకాశవంతంగాను, తెల్లని రంగులో కనబడును. దీనికి గల కారణము కేంద్రము 0 వద్ద పడు అన్ని రంగుల పథ భేదము శూన్యమగును. కావున అన్ని రంగులకు కేంద్ర బిందువు O వద్ద నిర్మాణాత్మక వ్యతికరణము మాత్రమే జరుగును. కేంద్రము వెలుతురుగా కనబడును.

ఉదాహరణ 7.7

యంగ్ ద్వంద్వ చీలిక పరిశోధనలో 560 nm మరియు 420 nm తరంగదైర్ఘ్యములు రెండు కాంతి తరంగాలు ఉపయోగించబడినవి. కేంద్రీయ వెలుతురు పట్టీ నుండి రెండు తరంగదైర్ఘ్యముల యొక్క వెలుతురు పట్టీలు కలుసుకొను కనిష్ట దూరమును కనుగొనుము. ($D = 1$ m మరియు $d = 3$ mm. అని ఇవ్వబడినవి.)

సాధన

$\lambda_1 = 560\,\text{nm} = 560\times10^{-9}\,\text{m}$

$\lambda_2 = 420\,\text{nm} = 420\times10^{-9}\,\text{m}$

$D = 1\,\text{m};\ d = 3\,\text{mm} = 3\times10^{-3}\,\text{m}$

ఇవ్వబడిన y విలువనకు, n మరియు λ అనునవి ఒకదానితో ఒకటి విలోమానుపాతములో ఉంటాయి.

λ_1 యొక్క n వెలుతురు పట్టీ, λ_2 యొక్క $(n+1)$వ వెలుతురు పట్టీతో ఏకీభవించును అనుకొనుము.

n వ వెలుతురు పట్టీకి సమీకరణము, $y_n = n\frac{\lambda D}{d}$

ఇక్కడ, $n\frac{\lambda_1 D}{d} = (n+1)\frac{\lambda_2 D}{d}$ (as $\lambda_1 > \lambda_2$)

$n\lambda_1 = (n+1)\lambda_2$ లేదా $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{(n+1)}{n};\ 1+\frac{1}{n} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$

$1+\frac{1}{n} = \frac{560\times10^{-9}}{420\times10^{-9}}$ లేదా $1+\frac{1}{n} = \frac{4}{3}$

$\frac{1}{n} = \frac{1}{3}$ లేదా $n = 3$

కావున, λ_1 యొక్క 3వ వెలుతురు పట్టీ, λ_2 యొక్క 4వ వెలుతురు పట్టీ కేంద్రీయ పట్టీ నుండి y కనిష్ట దూరములో ఏకీభవించును.

కేంద్రీయ పట్టీ నుండి రెండు వెలుతురు పట్టీలు ఏకీభవించు కనిష్ట దూరము $y_n = n\frac{\lambda D}{d}$

$y_n = 3\times\frac{560\times10^{-9}\times1}{3\times10^{-3}} = 560\times10^{-6}\,\text{m}$

$y_n = 0.560\times10^{-3}\,\text{m} = 0.560\,\text{mm}$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 75 28-06-2022 11:40:21

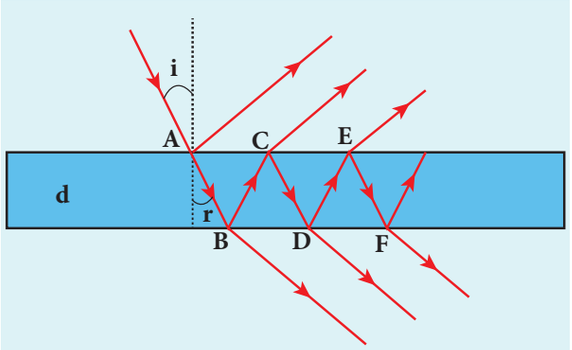
మీకు తెలుసా?

నీటిపై నూనె పటలము మరియు సబ్బు బుడగ అనునవి కళ్ళను ఆకర్షించు ప్రకాశవంతమైన రంగులను వెలువరించునని పటములో చూపబడినది. ఈ రంగులకు కారణము పొరల యొక్క పై తలము మరియు అడుగు తలమునకు మధ్యలో తెల్లటి కాంతి బహుళ పరావర్తనము చెంది వ్యతికరణమును ఏర్పరుచును. ఈ రంగులు నూనె లేదా సబ్బు బుడగ పొర యొక్క మందము, వక్రీభవన గుణకము మరియు కాంతి యొక్క పతన కోణములపై ఆధారపడియుండును.



7.3.6 పలుచని పొరలలో వ్యతికరణము (Interference in thin films)

ఒక పలుచని పారదర్శక పటలము యొక్క వక్రీభవన గుణకము μ (దీనిని n పట్టీ తరగతిలో తారుమారు చేయరాదు) మరియు దాని మందము d గా పరిగణిద్దాం. పై పటము 7.16లో చూపిన విధముగా సమాంతర కాంతి పుంజము i పతన కోణముతో పతనమగుచున్నది. ఈ తరంగము పతన బిందువు వద్ద పరావర్తనము మరియు వక్రీభవనముతో రెండు భాగములుగా విభజన చెందును. పటలము లోపలి వైపు ప్రవేశించిన వక్రీభవన భాగము అడుగు తలములో మరలా రెండు విభాగములుగా విడిపోవును. ఒక భాగము పై పటలము ద్వారా చొచ్చుకొనిపోయి వెలుపలకు పోవును. ఇంకొక భాగము పటలము లోపలనే పరావర్తనము చెందును.



పటము 7.16 పలుచని పొరలలో వ్యతికరణము

పటలము యొక్క లోపల బహుళ పరావర్తనము చెందుట వలన పటలముచే పరావర్తన మరియు వక్రీభవన తరంగములు పంపబడుతాయి. పరావర్తనము మరియు చొచ్చుకొని పోయిన కాంతి వ్యతికరణమును ఏర్పరుస్తాయి.

చొచ్చుకొనిపోయిన కాంతి :

చొచ్చుకొని పోవు కాంతి తరంగాలు వ్యతికరణమును ఏర్పరచి ఫలిత కాంతి తీవ్రతను ఇచ్చును. B నుండి D బిందువుల నుండి చొచ్చుకొని పోవు కాంతి తరంగాల మధ్య పథ భేదముఉన్నట్లు పరిగణిద్దాం. కాంతి తరంగాలు రెండు భాగములుగా విభజన చెంది B బిందువు వరకు రెండు తరంగాలు ఒకటిగానే చలిస్తాయి. కావున రెండు తరంగాలు ఒకే దశలో యుండును. D బిందువు గుండా చొచ్చుకొని పోయిన కాంతి తరంగాలు ప్రయాణించిన అదనపు మార్గము పటలము యొక్క లోపలి వైపు మార్గము రెండూ $BC + CD$ అగును. కాంతి తరంగాలపై పటలము యొక్క లోపల లంబ పతన కిరణ స్థితిలో ఉన్నదని అనుకొనిన $(i = 0)$ B. మరియు D బిందువులు రెండు ఒకటితో ఒకటి చాలా దగ్గరగా అమరి ఉంటాయి. తరంగము ప్రయాణించిన అదనపు మార్గము పటలము యొక్క మందమునకు రెండింతలు $BC + CD = 2d$. అవుతుంది. 'μ' వక్రీభవన గుణకము కలిగిన యానకము లోపల అదనపు పథము ప్రయాణించినందు వలన దృక్ పథ భేదము

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 76 28-06-2022 11:40:21

$\delta = 2\mu d$ అవుతుంది. చొచ్చుకొని పోవు తరంగాల వలన ఏర్పడు నిర్మాణాత్మక వ్యతికరణమునకు నిబంధనను క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు

$$2\mu d = n\lambda \qquad (7.33)$$

ఇదేవిధముగా చొచ్చుకొని పోవు తరంగాల వలన ఏర్పడు వినాశక వ్యతికరణమునకు నిబంధనను క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు.

$$2\mu d = (2n-1)\frac{\lambda}{2} \qquad (7.34)$$

పరావర్తన కాంతికి :

సిద్ధాంతము ప్రకారముగా మరియు పరిశోధన మూలముగాను విరళ యానకము గుండా ప్రసరించి సాంద్రతర యానక తలము వలన పరావర్తనము చెందిన కాంతి తరంగాలు π అను దశా భేదమును పొందును అని నిరూపించబడినది. కావున అదనపు పథ భేదము $\lambda/2$ ను పరిగణిద్దాం.

పటలము ఊర్ధ్వ తలములో A బిందువు వద్ద పరావర్తనము చెందిన కాంతికి పటలము నుండి C బిందువు గుండా వెలుపలకు వచ్చు తరంగమునకు మధ్య పథ భేదము ఉన్నట్లు పరిగణిద్దాం. C నుండి వెలుపలకు వచ్చు తరంగముచే ప్రయాణించబడిన అదనపు పథము, పొర లోపలి వైపు గల పథము $AB + BC$ అవుతుంది. లంబ పతన కోణ సమీప స్థితిలో, దూరము ఇంచుమించుగా $AB + BC = 2d$. అవుతుంది. అదనపు పథము μ వక్రీభవన గుణకము కలిగిన యానకములో ప్రయాణించినందు వలన కాంతి యొక్క దృక్ పథ భేదము $\delta = 2\mu d$ అగును.

పరావర్తన కిరణముల వలన ఏర్పడు నిర్మాణాత్మక వ్యతికరణమునకు నిబంధనను క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు

$$2\mu d + \frac{\lambda}{2} = n\lambda \text{ (లేక) } 2\mu d = (2n-1)\frac{\lambda}{2} \qquad (7.35)$$

విరళ యానకములో పోవు కాంతి తరంగం, A బిందువు వద్ద సాంద్రతర తలము వలన పరావర్తనము చెందుట వలన దశలో π మార్పు పొందును. కావున ఈ అదనపు పథ భేదము $\lambda/2$ ను ఏర్పరచును.

పరావర్తన తరంగాల వలన ఏర్పడు వినాశక వ్యతికరణమునకు నిబంధనను క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు.

$$2\mu d + \frac{\lambda}{2} = (2n+1)\frac{\lambda}{2} \text{ (లేక) } 2\mu d = n\lambda \qquad (7.36)$$

గమనిక

లంబ పతన కోణ స్థితికి సమీపంగా కాకుండా కాంతి తరంగాలు ఒక నిర్దిష్ట పతన కోణం i , వక్రీభవన కోణము r ను కలిగి ఉన్నప్పుడు, పథ భేదముకు పై చెప్పబడిన సమీకరణము ఎడమ ప్రక్కన వున్న $2\mu d$ అను పదము $2\mu d \cos r$ అని మార్పుచెందును.

ఉదాహరణ 7.8

589 nm తరంగదైర్ఘ్యము కలిగిన కాంతిని, పూర్తిగా పరావర్తనము చెందించు సామర్థ్యము వక్రీభవన గుణకము 1.25 కలిగిన పటలము యొక్క కనిష్ట మందమును కనుగొనుము. ఇంకా కాంతి పరావర్తనము చెందకుండా ఉండుటకు కావలసిన పొర యొక్క కనిష్ట మందమును కనుగొనుము.

సాధన

$\lambda = 589 \text{ nm} = 589\times10^{-9}\text{m}$

పరిపూర్ణ పరావర్తన సామర్థ్యము కలిగిన పటలములో పరావర్తనము చెందిన కాంతి తరంగాలు నిర్మాణాత్మక వ్యతికరణమును ప్రదర్శిస్తాయి. పటలము యొక్క కనిష్ట దృక్ పథ భేదము $\lambda/2$ అగును. పటలము యొక్క రెండు తలముల వలన పరావర్తనము చెందిన కాంతి తరంగాల దృక్ పథ భేదము $2\mu d$ అగును. కావున పరిపూర్ణ పరావర్తనము చెందుటకు $2\mu d = \lambda/2$ (సమీకరణము 7.35 ప్రకారము ఇక్కడ $n = 1$) అవుతుంది.

పునర్వ్యవస్థీకరించినపుడు, $d = \dfrac{\lambda}{4\mu}$

విలువను ప్రతిక్షేపించగా, $d = \dfrac{589\times10^{9}}{4\times1.25} = 117.8\times10^{-9}$

$d = 117.8\times10^{-9} = 117.8 \text{ nm}$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 77 28-06-2022 11:40:23

పరావర్తనము జరగకుండా వుండు పటలములో, పరావర్తన కాంతి కిరణాలు వినాశక వ్యతికరణమును ప్రదర్శిస్తాయి. పటలము యొక్క కనిష్ట పక్ష పథ భేదము λ అగును. పటలము యొక్క రెండు తలముల వలన పరావర్తనము చెందిన కాంతి తరంగాల దృక్ పథ భేదము $2\mu d$ అగును. పరిపూర్ణ పరావర్తనమునకు $2\mu d = \lambda$ (7.36) సమీకరణము ప్రకారము ఇక్కడ $n = 1$ అవుతుంది.

పునర్వ్యవస్థీకరించినపుడు, $d = \frac{\lambda}{2\mu}$

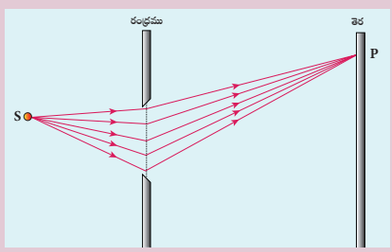
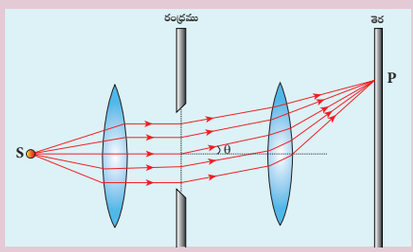
విలువను ప్రతిక్షేపించగా, $d = \frac{589\times10^{9}}{2\times1.25} = 235.6\times10^{-9}$

$d = 235.6\times10^{-9} = 235.6 \text{ nm}$

7.4 వివర్తనము (DIFFRACTION)

ధ్వని తరంగాలు, కాంతి తరంగాలు, నీటి తరంగాలు వంటి అన్ని తరంగాలు వివర్తనం అనే లక్షణాన్ని కలిగి ఉంటాయి. అవరోధపు ఛాయ భాగములోకి దాని అంచుల వద్ద నుండి కాంతి తరంగములు జ్యామితీయంగా వంగి ప్రయాణించుటను వివర్తనము అంటారు. కిరణ్ దృక్ శాస్త్రములో మనము చదువుకొన్న కాంతి యొక్క సరళరేఖ ప్రసరణకు ఇది వ్యతిరేఖమగును. కాని అవరోధము పరిమాణము కాంతి యొక్క తరంగదైర్ఘ్యముతో పోల్చదగినట్లు ఉన్నప్పుడు మాత్రమే వివర్తనము ఏర్పడును. దీని కారణముగానే ద్వారబంధము, కిటికీలు మరియు కట్టడాలచే ధ్వని తరంగాలు వివర్తనము చెందుతాయి. ధ్వని తరంగముల తరంగదైర్ఘ్యము అవరోధముల జ్యామితితో పోల్చదగినట్లుగానూ మరియు ఎక్కువగానూ ఉంటుంది. కాని కాంతిలో దాని తరంగదైర్ఘ్యము అవరోధ పరిమాణమునకు దాదాపు సమానంగా ఉన్నప్పుడే వివర్తనం ఏర్పడుతుంది.

పట్టిక 7.1 ఫ్రెనల్ మరియు ఫ్రాన్‌హోపర్ వివర్తనములకు మధ్య గల భేదములు

S.No.	ఫ్రెనల్ వివర్తనము	ఫ్రాన్‌హోపర్ వివర్తనము
1	గోళాకార లేదా స్థూపాకార తరంగాగ్రము వివర్తనమునకు లోనగును.	సమతల తరంగాగ్రము వివర్తనమునకు లోనగును.
2	కాంతి జనకము నుండి వచ్చే కాంతి తరంగాలు పరిమిత దూరములోనే ఉంటాయి.	కాంతి జనకము నుండి వచ్చే కాంతి తరంగాలు మూలాధారము, అనంత దూరములో ఉంటాయి.
3	ప్రయోగశాల పరిస్థితులకు కుంభాకార కటకములు ఉపయోగించనవసరం లేదు.	ప్రయోగశాల పరిస్థితులకు కుంభాకార కటకము ఉపయోగించుట అవసరము.
4	పరిశీలన మరియు విశ్లేషణ చేయుట కష్టము	పరిశీలన మరియు విశ్లేషణ చేయుట సులభము
5		

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 78 28-06-2022 11:40:24

7.4.1 ఫ్రెనల్ మరియు ఫ్రాన్‌హోపర్ వివర్తనములు (Fresnel and Fraunhofer diffractions)

వివర్తనము చెందు తరంగాగ్రము యొక్క రకమును బట్టి, వివర్తనము ఫ్రెనల్ మరియు ఫ్రాన్‌హోపర్ వివర్తనము అని రెండు విభాగములుగా వర్గీకరించిరి. ఫ్రెనల్ మరియు ఫ్రాన్‌హోపర్ వివర్తనములకు మధ్యనున్న భేదములు పట్టిక 7.1లో చూపబడినది.

ఫ్రాన్‌హోపర్ వివర్తనమును పరిశీలించుటకు మరియు విశ్లేషించుటకు సులభముగా వుండుట వలన ఫ్రాన్‌హోపర్ వివర్తనమును గూర్చి చర్చిద్దాం.

7.4.2. ఏక చీలికలో ఏర్పడు వివర్తనము (Diffraction in single slit)

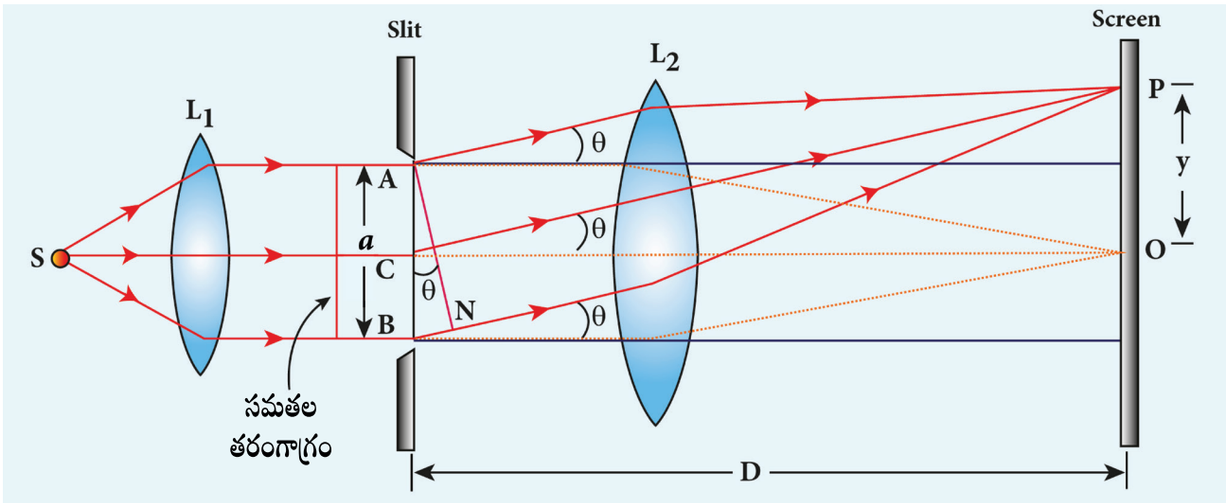
AB వెడల్పు కలిగిన ఏక చీలికపై లంబముగా పడు సమాంతర కాంతి పుంజము పటము 7.17లో చూపబడినది. వివర్తనము చెందిన కాంతి పుంజము చీలిక నుండి D దూరములో వుంచబడిన తెరలో పడును. చీలిక యొక్క కేంద్రము C అనుకొనుము. చీలిక తలమునకు లంబముగా C బిందువు గుండా పోవు సరళరేఖ తెరలో O అను బిందువును చేరును. తెరపై ఏదేని ఒక బిందువును P అనుకొనుము. చీలిక యొక్క వేర్వేరు బిందువుల నుండి P ని చేరు కాంతి కిరణములు CO లంబముతో 'θ' కోణమును ఏర్పరచును.

చీలికలో వేర్వేరు బిందువుల నుండి వచ్చు సమాంతర కాంతి తరంగాలు తెరపై P బిందువు మరియు ఇతర బిందువుల వద్ద ఒకదానితోనొకటి వ్యతికరణం చెంది ఫలిత కాంతి తీవ్రతను ఇస్తాయి. P బిందువు జ్యామితీయంగా ఛాయచేయబడిన భాగములో వున్నది. వివర్తన కారణముగా, ఈ భాగము వరకు కేంద్రీయ గరిష్ట వ్యాప్తి కనబడును. ఇది పటము 7.17లో చూపబడినది.

తెరలో నున్న బిందువు P వేర్వేరు కనిష్టములను పొందుటకు నిబంధనలు మనము చూడవలెను. చీలికను సరిసంఖ్యలో చిన్న చిన్న భాగములుగా విభజించాలి. ఆ భాగము నుండి వచ్చు కాంతి తరంగాలు నిర్ధిష్ట పథ భేదమును కలిగి P బిందువు వద్ద వినాశక వ్యతికరణమును ఏర్పరచి కనిష్ట కాంతి తీవ్రతను ఏర్పరచును. గరిష్టములను వివరించుటకు చీలికలను భేసి పట్టీ సంఖ్యతో చిన్న భాగాలుగా విభజించాలి.

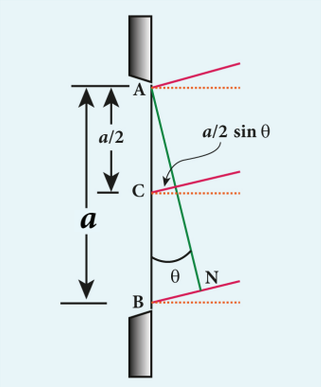
P బిందువు మొదటి కనిష్టముగా ఉండుటకు నిబంధన

చీలిక AB ను AC మరియు CB అను రెండు అర్ధభాగములుగా విభజించుకొనవలెను. ఒక్కొక్క భాగము యొక్క వెడల్పు $a/2$. ఇప్పుడు చీలికపై $a/2$ దూరములో వేరుచేయబడిన వేర్వేరు బిందువులను సదృశ లేదా అనురూప బిందువులు (*corresponding points*) అని అంటారు. ఇది పటము 7.18లో చూపబడినది.



పటము 7.17 ఏక చీలికలో ఏర్పడు వివర్తనము

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 79 28-06-2022 11:40:25



పటము 7.18 సదృశ బిందువులు

వేర్వేరు సదృశ బిందువుల నుండి వచ్చు కాంతి తరంగాల పథ భేదము P బిందువు వద్ద ఒకదానితో ఒకటి అధ్యారోపణము చెంది, వినాశక వ్యతికరణము ఏర్పరచి మొదటి కనిష్టమును ఏర్పరుస్తాయి. ఈ సదృశ బిందువుల నుండి వచ్చు కాంతి తరంగం యొక్క పథ భేదము, $\delta = \frac{a}{2}\sin\theta$

P బిందువు వద్ద మొదటి కనిష్టము ఏర్పడుటకు నిబంధన, $\frac{a}{2}\sin\theta = \frac{\lambda}{2}$

$$a \sin\theta = \lambda \qquad (7.37)$$

P బిందువు రెండవ కనిష్టముగా ఉండుటకు నిబంధన

AB చీలికను $a/4$ వెడల్పు కల్గిన నాలుగు భాగములుగా విభజించవలెను. చీలికపై గల అనేక సదృశ బిందువులు $a/4$ దూరములో వేరుచేయబడి ఉన్నవి. ఈ సదృశ బిందువుల నుండి తరంగముల మధ్య గల పథ భేదము $\delta = \frac{a}{4}\sin\theta$.

P బిందువు వద్ద రెండవ కనిష్టము ఏర్పడుటకు నిబంధన $\frac{a}{4}\sin\theta = \frac{\lambda}{2}$

$$a \sin\theta = 2\lambda \text{ రెండవ కనిష్టము} \qquad (7.38)$$

P బిందువు మూడవ కనిష్టముగా ఉండుటకు నిబంధన

మునుపు చెప్పిన విధముగా చీలిక ఆరు సమ భాగములుగా చేయవలయును. P బిందువులో మూడవ కనిష్టము ఏర్పడుటకు నిబంధన $\frac{a}{6}\sin\theta = \frac{\lambda}{2}$

$$a \sin\theta = 3\lambda \qquad (7.39)$$

P బిందువు n వ కనిష్టముగా ఉండుటకు నిబంధన

చీలికను $2n$ సంఖ్యలతో (సరి సంఖ్య) సమ భాగములుగా వేరుచేయవలయును. దీని వలన ఒక సదృశ బిందువు నుండి వచ్చు కాంతి తరంగాలు ఇంకొక సదృశ బిందువు నుండి వచ్చు కాంతి తరంగముచే రద్దు అవుతుంది. ఈ స్థితిలో n వ కనిష్టము ఏర్పడుటకు నిబంధన $\frac{a}{2n}\sin\theta = \frac{\lambda}{2}$

$$a \sin\theta = n\lambda \qquad (7.40)$$

ఇక్కడ n అనునది వివర్తన కనిష్టము యొక్క వరుస $n = 1, 2, 3 \ldots$ అవుతుంది.

గరిష్టముకు నిబంధన

గరిష్ట కాంతి తీవ్రత ఏర్పడుటకు చీలికను బేసి సంఖ్యతో సమభాగాలుగా వేరుచేయవలయును. ఈ విధముగా వేరుచేయుట వలన ఏదైనా సదృశ బిందువు నుండి వచ్చు కాంతి తరంగం రద్దు కాకుండా ఉండును. కావున, P బిందువు గరిష్ట కాంతి తీవ్రతతో కనబడును.

మొదటి గరిష్టమునకు నిబంధన

$$\frac{a}{3}\sin\theta = \frac{\lambda}{2} \text{ (లేక) } a\sin\theta = \frac{3\lambda}{2} \qquad (7.41)$$

రెండవ గరిష్టమునకు నిబంధన

$$\frac{a}{5}\sin\theta = \frac{\lambda}{2} \text{ (లేక) } a\sin\theta = \frac{5\lambda}{2} \qquad (7.42)$$

మూడవ గరిష్టమునకు నిబంధన

$$\frac{a}{7}\sin\theta = \frac{\lambda}{2} \text{ (లేక) } a\sin\theta = \frac{7\lambda}{2} \qquad (7.43)$$

అదే విధముగా n వ గరిష్టమునకు నిబంధన

$$a\sin\theta = (2n+1)\frac{\lambda}{2} \ (n \text{ వ గరిష్టము}) \qquad (7.44)$$

ఇక్కడ $n = 0, 1, 2, 3, \ldots$ అనునది వివర్తన గరిష్టముల వరుస అగును.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 80 28-06-2022 11:40:28

కేంద్రీయ వరుస గరిష్టమును సున్నవ వరుసకు గరిష్టము అని అంటారు. ఆసన్న కనిష్టములకు మధ్యలో ఇంచుమించు గరిష్ట కాంతి తీవ్రత కనబడును.

గమనిక

ఇక్కడ $\sin\theta$ అనునది వివర్తనము యొక్క కోణము వ్యాప్తిని ఇచ్చును. ఇంచుమించుగా తెర యొక్క కేంద్రము నుండి $\sin\theta$ దూరములో అమరియున్న గరిష్ట లేదా కనిష్టము యొక్క స్థితిని $\sin\theta$ బదులుగా $\frac{y}{D}$ తీసుకొని వివరించవచ్చును. (ఎందుకంటే θ చాలా చిన్నది) కావున $\sin\theta = \tan\theta = \frac{y}{D}$. ఇక్కడ y అనునది తెర యొక్క కేంద్రము నుండి గరిష్ట లేదా కనిష్ట స్థితిని సూచించును. D అనునది ఏక చీలిక నుండి తెరకు మధ్యగల దూరమును సూచించును.

ఉదాహరణము 7.9

500 nm తరంగదైర్ఘ్యము కల్గిన కాంతి తరంగము 0.2 mm వెడల్పు కల్గిన చీలిక గుండా ప్రసరిస్తున్నది. అప్పుడు చీలిక నుండి 60సెం.మీ దూరములో వివర్తన పట్టీ ఏర్పడినది. అయితే, ఈ క్రింది వాటిని కనుగొనుము.

(a) కేంద్రీయ గరిష్టము యొక్క కోణీయ వ్యాప్తి

(b) కేంద్రీయ గరిష్టము నుండి రెండవ కనిష్టము అమరియున్న దూరము

సాధన

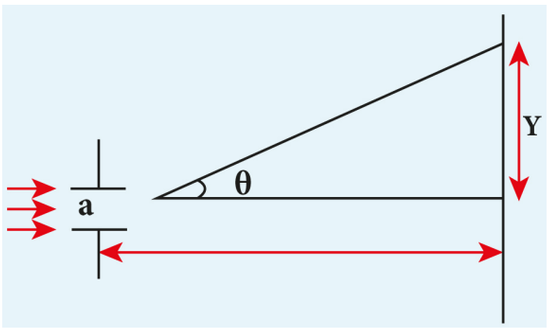
$\lambda = 500\ \text{nm} = 500\times10^{-9}\ \text{m}$

$a = 0.2\ \text{mm} = 0.2\times10^{-3}\ \text{m}$

$D = 60\ \text{cm} = 60\times10^{-2}\ \text{m}$

(అ) వివర్తన కనిష్టమునకు సమీకరణము $a\sin\theta = n\lambda$

మొదటి కనిష్టము వరకు, కేంద్రీయ గరిష్టము వ్యాప్తి చెందును. కావున, $n = 1$



సమీకరణమును, పునర్వ్యవస్థీకరించినపుడు

$$\sin\theta = \frac{\lambda}{a} \text{ (లేక) } \theta = \sin^{-1}\left(\frac{\lambda}{a}\right)$$

విలువలను ప్రతిక్షేపించగా,

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{500\times10^{-9}}{0.2\times10^{-3}}\right) = \sin^{-1}\left(2.5\times10^{-3}\right)$$

$$\theta = 0.0025\ \text{rad}$$

(ఆ) మొదటి కనిష్టము $(n = 1)$ వరకు వ్యాప్తి చెందు కేంద్ర గరిష్టము యొక్క విలువ y_1, అనుకొనుము. కావున $a\sin\theta = \lambda$ చాలా చిన్నది.

కనుక, $\sin\theta \approx \tan\theta = \frac{y_1}{D}$

$a\frac{y_1}{D} = \lambda$ మార్చి వ్రాసినపుడు, $y_1 = \frac{\lambda D}{a}$

విలువలను ప్రతిక్షేపించగా,

$$y_1 = \frac{500\times10^{-9}\times60\times10^{-2}}{0.2\times10^{-3}} = 1.5\times10^{-3} = 1.5\ \text{mm}$$

$(n = 2)$ తో రెండవ కనిష్టమునకు y_2 విలువను కనుగొనుటకు $a\sin\theta = 2\lambda$ అనుకొనుము.

$a\frac{y_2}{D} = 2\lambda$ మార్చి వ్రాసిన, $y_2 = \frac{2\lambda D}{a}$

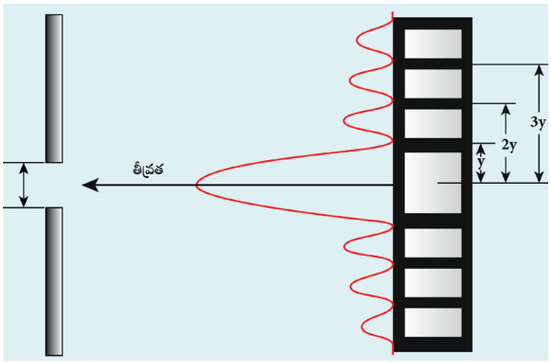
విలువలను ప్రతిక్షేపించగా,

$$y_2 = \frac{2\times500\times10^{-9}\times60\times10^{-2}}{0.2\times10^{-3}} = 3\times10^{-3} = 3\ \text{mm}$$

కేంద్ర గరిష్ట విలువకు, రెండవ కనిష్టమునకు వున్న దూరము $y_2 - y_1$

$y_2 - y_1 = 3\ \text{mm} - 1.5\ \text{mm} = 1.5\ \text{mm}$

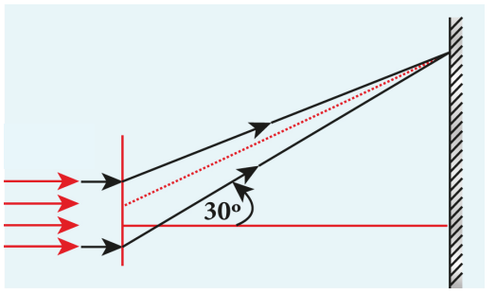
12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 81 28-06-2022 11:40:30



గమనిక: ఈ ఉదాహరణము ప్రకారము ఏక చీలిక వలన ఏర్పడు వివర్తన వక్రతలో ఏర్పడు గరిష్టముల యొక్క వెడల్పు సమానము. కాని కేంద్ర గరిష్టము యొక్క వెడల్పు మాత్రమే రెండు వంతులుగా యున్నది. వెంటవెంటనే ఎక్కువ వరుసల వివర్తన రేఖల యొక్క తీవ్రత ఎక్కువగా తక్కువగుటను చూడవచ్చును.

ఉదాహరణ 7.10

5000 Å తరంగదైర్ఘ్యము కలిగిన ఏకవర్ణకాంతి ఒక చీలిక గుండా ప్రసరించి వివర్తన పట్టీని ఏర్పరచినవి. ఇది పటములో చూపిన విధముగా కేంద్రీయ గరిష్టమునకు ఏర్పరచును. వివర్తనమును ఏర్పరచు చీలిక యొక్క మందమును కనుగొనుము?



సాధన

λ = 5000 Å = 5000×10^{-10} m; sin 30° = 0.5; n = 1; a =?

వివర్తన కనిష్టమునకు సమీకరణము $a \sin\theta = n\lambda$

కేంద్ర గరిష్టము, మొదటి కనిష్టము వరకు వ్యాప్తిచెంది కనబడును. కావున, $n = 1$

సమీకరణమును మార్చి వ్రాసిన, $a = \dfrac{\lambda}{\sin\theta}$

విలువలను ప్రతిక్షేపించగా, $a = \dfrac{5000\times10^{-10}}{0.5}$

$a = 1\times10^{-6}\,\text{m} = 0.001\times10^{-3}\,\text{m} = 0.001\,\text{mm}$

7.4.3 మొదటి కనిష్టము గురించి వివరణ: (Discussion on first minimum)

ఏక చీలిక వివర్తనములో మొదటి కనిష్టమునకు సమీకరణము $a \sin\theta = \lambda$. మొదటి కనిష్టము యొక్క కోణీయ వ్యాప్తి $\sin\theta = \dfrac{\lambda}{a}$

రెండు ప్రక్కలలోను ఉత్పత్తియగు మొదటి కనిష్టమునకు మధ్యలో కేంద్రీయ గరిష్టము కనబడును. కేంద్రీయ గరిష్టమునకు సంబంధించి ఈ క్రింది సందర్భములను మనము చర్చిద్దాము.

(i) $a < \lambda$ అయినపుడు $\sin\theta > 1$ అవుతుంది. కనుక వివర్తనము సాధ్యము కాదు.

(ii) $a = \lambda$ అయిన $\sin\theta = 1$ కాని $\theta = 90^\circ$ దీని అర్థము మొదటి కనిష్టము 90° వద్ద ఏర్పడును అని అర్థము. కావున జ్యామితీయ నీడ భాగముతో పూర్తిగా కేంద్రీయ గరిష్టము విస్తరించి వివర్తన కిరణము 90°ల కోణముతో వంగి ప్రసరిస్తుంది.

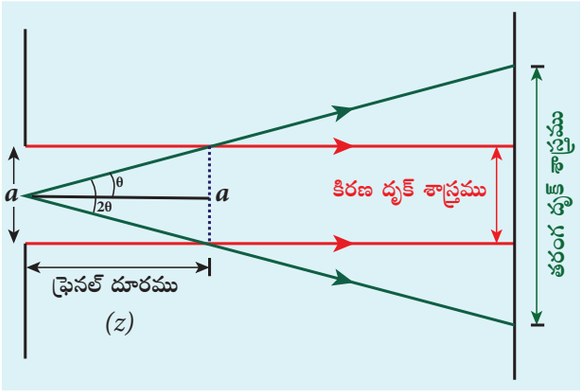
(iii) $a > \lambda$ మరియు తరంగదైర్ఘ్యమునతో λ పోల్చతగినదిగా అమరియున్నపుడు $a = 2\lambda$ అయినపుడు $\sin\theta = \dfrac{1}{2}$ లేదా $\theta = 30^\circ$ అవుతుంది. అప్పుడు కొలవదగిన వ్యాప్తితో వివర్తనము కనబడును. అంటే వివర్తనము స్పష్టముగా కనబడుటకు చీలిక యొక్క వెడల్పు a అనునది కాంతి యొక్క తరంగదైర్ఘ్యము λ కంటే కొన్ని రెట్లు ఎక్కువగా ఉండవలెనని స్పష్టమగుచున్నది

(iv) $a >> \lambda$ అయినపుడు $\theta << 1$ అవుతుంది. అనగా మొదటి కనిష్టము తనకుతానుగా చీలిక యొక్క వెడల్పు దూరములోనే ఏర్పడును. కనుక వివర్తనము అనే దృగ్విషయమును ఇక్కడ పరిశీలింపలేము.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 82 28-06-2022 11:40:31

7.4.4 ఫ్రెనెల్ దూరము (Fresnel's distance)

వివర్తన దృగ్విషయములో కాంతి తరంగము వంగి ప్రసరించుటచే ఇది కాంతి సాధారణ ధర్మమును (ఋజుమార్గ ప్రసరణను) అతిక్రమిస్తుందని చెప్పవచ్చు. వివర్తనము పొందిన కిరణము, చీలిక నుండి z దూరములో కేంద్రీయ గరిష్టము వద్ద దాటుట వలన అవి వంగి ప్రసరించుటను చూడలేము (పటము 7.19లో చూడుము). ఎంత దూరము వరకు కిరణ దృక్ శాస్త్రము పాటించబడుతుందో మరియు ఏ దూరమును దాటి కిరణ దృక్ శాస్త్రము పాటించబడదో, ఆ దూరమును ఫ్రెనెల్ దూరము అంటారు. కాని ఇందులో తరంగ దృక్ శాస్త్రము అధిక ప్రాముఖ్యతను కలిగియుంటుంది.



పటము 7.19 ఫ్రెనెల్ దూరము

మొదటి కనిష్టమునకు వివర్తన సమీకరణము

$$\sin\theta = \frac{\lambda}{a}\text{; when } \theta \text{ is small, } \theta = \frac{\lambda}{a}$$

ఫ్రెనెల్ దూరము నిర్వచనము నుండి $2\theta = \frac{a}{z}$ (లేదా) $\theta = \frac{a}{2z}$

రెండు సమీకరణములను పోల్చినపుడు

$$\frac{\lambda}{a} = \frac{a}{2z}$$

కావున ఫ్రెనెల్ దూరము

$$z = \frac{a^2}{2\lambda} \qquad (7.45)$$

ఉదాహరణ 7.11

500 nm తరంగదైర్ఘ్యము కలిగిన కాంతి 0.5 mm. వెడల్పు కలిగిన రంధ్రము గుండా పోయినపుడు వివర్తనము చెందును. అయితే కిరణ దృక్ శాస్త్రములో కాంతికి ఉత్తమ ఉజ్జాయింపు దూరమును కనుగొనుము.

సాధన

$a = 0.5 \text{ mm} = 0.5 \times 10^{-3} \text{ m} = 5 \times 10^{-4} \text{ m}$

$\lambda = 500 \text{ nm} = 500 \times 10^{-9} \text{ m}$; $z = ?$

ఫ్రెనెల్ దూరము యొక్క సమీకరణము $z = \frac{a^2}{2\lambda}$

విలువలను ప్రతిక్షేపించగా

$$z = \frac{\left(5\times10^{-4}\right)^2}{2\times500\times10^{-9}} = \frac{25\times10^{-8}}{1\times10^{-6}} = 0.25 \text{ m}$$

$z = 0.25 \text{ m} = 25 \text{ cm}$

7.4.5 వ్యతికరణమునకు మరియు వివర్తనమునకు మధ్య గల భేదములు (Difference between interference and diffraction)

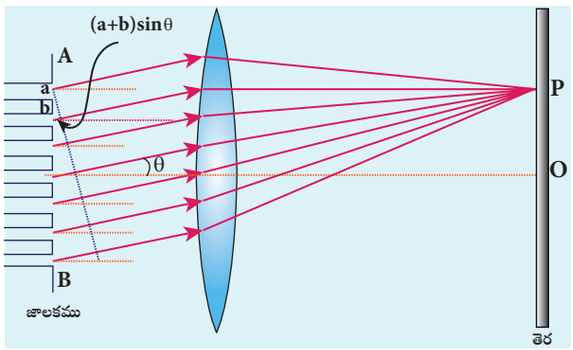
వ్యతికరణము మరియు వివర్తనము రెండూను కాంతి యొక్క తరంగ లక్షణమును ప్రదర్శించుట వలన వాటి మధ్య తేడాలను కనుగొనుట క్లిష్టతరంగా ఉంటుంది. ఈ రెండు సంఘటనలలోను, కాంతి వ్యతికరణము మాత్రమే తెరపై గరిష్టము మరియు కనిష్టములను ఉత్పత్తి చేస్తుంది. వివర్తనము మాత్రము కాంతిని జ్యామితీయ ఛాయ ప్రాంతములో వ్యాపింపజేస్తుంది అయిననూ, వ్యతికరణ ప్రభావములో కాంతి అధ్యారోపణము మరియు వివర్తన ప్రభావములో కాంతి వంగి ప్రయాణించుట ముఖ్యపాత్రను వహించుచున్నవి. వ్యతికరణము మరియు వివర్తనములలోని తేడాలను వాటి పట్టీల అమరికను బట్టి పట్టిక 7.2లో ఇవ్వబడినది.

7.4.6 జాలకములో ఏర్పడు వివర్తనము (Diffraction in grating)

వివర్తన జాలకములో సమ వెడల్పు కలిగిన బహుళ సంఖ్యలోని చీలికలు ఏర్పరచబడి

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 83 28-06-2022 11:40:33

ఉంటాయి. ఈ చీలికల పరిమాణము, వివర్తన కాంతి తరంగదైర్ఘ్యముతో పోల్చదగినదిగా ఉంటుంది. ఒక పారదర్శక వస్తువుపై అపారదర్శక రేఖలు కాంతి సంబంధ పరికరమును జాలకము అంటారు. వాణిజ్యపరమైన నవీన జాలకములలో 1సెం.మీకు 6000 అపారదర్శక రేఖలు గీయబడి ఉంటాయి. అపారదర్శక రేఖల మధ్య a వెడల్పు గల పారదర్శక ప్రాంతము చీలికగాను, b నిర్ధిష్ట వెడల్పు గల అపారదర్శక రేఖ అవరోధముగానూ పనిచేస్తుంది. జాలకములోని పారదర్శక చీలిక వెడల్పు మరియు అపారదర్శక రేఖ వెడల్పులు వరుసగా a మరియు b ల మొత్తమును జాలకపు మూలకము $(e = a + b)$. అని అంటారు. చీలికపై గల బిందువులు జాలకపు మూలకమునకు సమాన దూరముచే వేరుచేయబడి ఉంటుంది. వీటిని సదృశ బిందువులు అంటారు.



పటము 7.20 వివర్తన జాలక ప్రయోగము

పటము 7.20లో ఒక సమతల పారదర్శక జాలకము పేర్కొనబడినది. λ తరంగదైర్ఘ్యము కలిగిన ఒక ఏక వర్ణ కాంతి యొక్క సమతల తరంగాగ్రము జాలకముపై పతనమైనది అనుకొందాం. ఇక్కడ చీలిక కాంతి తరంగదైర్ఘ్యముతో పోల్చదగిన వెడల్పును కలిగి ఉండుటచే పతన కాంతి వివర్తనమునకు లోనవుతుంది.

ఒక కుంభాకార కటకమును ఉపయోగించి తెరపై వివర్తన తరంగాలను కేంద్రీకరింపజేసినపుడు తెరపై వివర్తన పట్టీలు ఏర్పడుతాయి. జాలకము యొక్క కేంద్రము నుండి తెరకు గీచిన లంబరేఖతో θ కోణం వద్ద P బిందువును పరిగణిద్దాం. అప్పుడు ఒక జత ఆసన్న సదృశ బిందువుల నుండి వివర్తనము చెందిన తరంగముల మధ్య పథ భేదము δ ను క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

$$\delta = (a + b) \sin\theta \qquad (7.46)$$

ఏ జత ఆసన్న సదృశ బిందువులకైననూ పథ భేదము సమానముగా ఉంటుంది. పథ భేదము క్రింది విలువను పొందినపుడు తెరపై బిందువు P గరిష్టమవుతుంది.

$$\delta = m\,\lambda \text{ ఇక్కడ } m = 0, 1, 2, 3 \qquad (7.47)$$

పై రెండు సమీకరణములను కూడగా

$$(a + b)\sin\theta = m\,\lambda \qquad (7.48)$$

ఇక్కడ m ను వివర్తన గరిష్ట శ్రేణి అంటారు.

బిందువు P సున్నవ శ్రేణి గరిష్టము కావడానికి నిబంధన $m = 0$

ఇక్కడ $(a+b)\ \sin\theta = 0$ అయినపుడు $\sin\theta = 0$ మరియు దాని స్థానం/కోణము $\theta = 0$ గా ఉంటుంది. దీనిని సున్నవ శ్రేణి గరిష్టము లేదా కేంద్రీయ గరిష్టము అంటారు. ఇది '0' కోణము వద్ద ఏర్పడుతుంది.

పట్టిక 7.2 వ్యతికరణము మరియు వివర్తనములకు మధ్య గల భేదములు

వ.సం	వ్యతికరణము	వివర్తనము
1	వెలుతురు మరియు చీకటి పట్టీలు ఒకే వెడల్పు కలిగినది.	ఇతర పట్టీల కంటే కేంద్రీయ పట్టీ యొక్క వెడల్పు రెండింతలుగా ఉంటుంది.
2	అన్ని వెలుతురు పట్టీలు ఇంచుమించుగా ఒకే కాంతి తీవ్రతను కలిగి ఉంటాయి.	గరిష్ట శ్రేణి పట్టీల యొక్క కాంతి తీవ్రత వేగముగా తగ్గును.
3	కాంతి పట్టీల సంఖ్యల ఎక్కువగా ఉంటుంది.	కాంతి పట్టీల సంఖ్య తక్కువగా ఉంటుంది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 84 28-06-2022 11:40:33

బిందువు P మొదటి శ్రేణి గరిష్టము కావడానికి నిబంధన $m = 1$

ఇక్కడ $(a+b)\sin\theta_1 = \lambda$ అయిన, మొదటి శ్రేణి గరిష్టము θ_1 కోణము వద్ద ఏర్పడుతుంది.

బిందువు P రెండవ శ్రేణి గరిష్టము కావడానికి నిబంధన $m = 2$

ఇక్కడ, $(a+b)\sin\theta_2 = 2\lambda$ అయిన, రెండవ శ్రేణి గరిష్టము θ_2 కోణము వద్ద ఏర్పడుతుంది.

బిందువు P, m వ శ్రేణి గరిష్టము కావడానికి నిబంధన

కేంద్రీయ గరిష్టము యొక్క రెండు ప్రక్కలలోను వేర్వేరు కోణీయ స్థితులలో అత్యున్నత శ్రేణి గరిష్టములు ఏర్పడుతాయి.

అని తీసుకొన్న యెడల,

$$N = \frac{1}{a+b} \qquad (7.49)$$

ఇందులో N అనునది జాలకములో ఒక ప్రమాణ వెడల్పునకు గీయబడిన జాలకపు మూలకముల లేదా అపారదర్శక రేఖల సంఖ్య N అవుతుంది. సాధారణముగా జాలకములో N విలువ వ్రాయబడియుండును. కావున, పై సమీకరణాన్ని క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు.

$$\frac{1}{N}\sin\theta = m\lambda \text{ (లేక) } \sin\theta = Nm\lambda \qquad (7.50)$$

గమనిక

ఏక చీలిక పరిశోధనలో కనిష్టమునకు నిబంధన $a\sin\theta = n\lambda$ ఇక్కడ n అనునది, కనిష్ట శ్రేణిని సూచించును. కాని వివర్తన జాలకపు పరిశోధనలో గరిష్టమునకు నిబంధన $\sin\theta = Nm\lambda$. ఇక్కడ m అనునది వివర్తన శ్రేణిని సూచించును అనునది విద్యార్థులు గుర్తించుకోవలెను.

ఉదాహరణ 7.12

ఒక సెంటిమీటరులో 4000 పారదర్శక చీలికలు కలిగిన ఒక వివర్తన జాలకము ఏక వర్ణ కాంతిచే ప్రతిదీప్తి చెందించబడినది. ఈ అమరిక 30° కోణములో రెండవ శ్రేణి వివర్తన గరిష్టమును ఏర్పరచును అయితే మనము ఉపయోగించిన కాంతి తరంగదైర్ఘ్యమును కనుగొనుము.

సాధన

రేఖల సంఖ్య = 4000 సెం.మీ$^{-1}$; $m = 2$;

కాంతి తరంగదైర్ఘ్యమును $\theta = 30°$; $\lambda = ?$

ఒక ప్రమాణ పొడవునకు గీయబడు రేఖల సంఖ్య

$$N = \frac{4000}{1\times10^{-2}} = 4\times10^5 \text{ మీ}^{-1}$$

జాలకములో వివర్తన గరిష్టమునకు సమీకరణము, $\sin\theta = Nm\lambda$

మార్చి వ్రాసిన, $\lambda = \dfrac{\sin\theta}{Nm}$

విలువలను ప్రతిక్షేపించగా,

$$\lambda = \frac{\sin 30^\circ}{4\times10^5\times2} = \frac{0.5}{4\times10^5\times2}$$
$$= \frac{1}{2\times4\times10^5\times2} = \frac{1}{16\times10^5}$$

$$\lambda = 6250\times10^{-10}\,\text{m} = 6250\ \text{Å}$$

ఉదాహరణ 7.13

500 nm తరంగదైర్ఘ్యమును కలిగిన ఏక వర్ణకాంతి అనునది వివర్తన జాలకముపై పతనం చెంది, 30° కోణములో 4వ శ్రేణి గరిష్ట కాంతి తీవ్రతను ఏర్పరచినది. అయితే జాలకములో ఒక సెంటిమీటరు వెడల్పుకు అమరియున్న చీలికల సంఖ్యను కనుగొనుము.

సాధన

$\lambda = 500\ \text{nm} = 500\times10^{-9}\ \text{m}$; $m = 4$;

$\theta = 30°$; వివర్తన సంఖ్య = ?

ఒక సెంటిమీటరు వెడల్పులో అమరియున్న చీలికల సంఖ్య, జాలకములో వివర్తన గరిష్టమునకు సమీకరణము $\sin\theta = Nm\lambda$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 85 28-06-2022 11:40:34

మార్చి వ్రాసినపుడు, $N = \frac{\sin\theta}{m\lambda}$

విలువలను ప్రతిక్షేపించగా,

$$N = \frac{0.5}{4\times500\times10^{-9}} = \frac{1}{2\times4\times500\times10^{-9}}$$
$$= 2.5\times10^{5} \text{ మీ}^{-1}$$

ఒక సెంటీమీటరులో అమరియున్న రేఖల సంఖ్య
$= 2.5\times10^{5}\times10^{-2}$
$= 2500$ సెం.మీ$^{-1}$

7.4.7 ఏక వర్ణ కాంతి యొక్క తరంగదైర్ఘ్యమును కనుగొను ప్రయోగము (Experiment to determine the wavelength of monochromatic light)

ఒక సమతల పారదర్శక వివర్తన జాలకమును ఉపయోగించి వర్ణపట రేఖ యొక్క తరంగదైర్ఘ్యమును అత్యంత ఖచ్చితముగా నిర్ణయించవచ్చును. దీనికి మనము ఒక వర్ణపట మాపకము అనే పరికరమును ఉపయోగించవలసి ఉంటుంది. (7.6.6ను పరిశీలించుము). ప్రాథమిక సర్దుబాట్లు చేసిన తరువాత, తరంగదైర్ఘ్యమును నిర్ణయించవలసిన ఏక వర్ణకాంతిచే కాలిమీటర్ యొక్క చీలికను ప్రతిదీప్తి చెందించాలి. వర్ణపట మాపకములోని దూరదర్శినిని కాలిమీటర్‌తో సరేఖీయంగా ఉండునట్లు సర్ది చీలిక ప్రతిబింబమును పరిశీలించాలి. కాలిమీటర్ నుండి వచ్చే కాంతి పుంజము వివర్తన జాలక తలముపై లంబముగా పతనమయ్యేటట్లు జాలకమును పట్టక పీఠముపై అమర్చాలి. ఇప్పుడు చీలిక యొక్క మొదటి శ్రేణి వివర్తన ప్రతిబింబము కనబడే వరకు దూరదర్శినిని ఒక వైపుకు త్రిప్పాలి. దూరదర్శిని యొక్క స్థానమును సూచించే రీడింగు నమోదు చేయాలి.

ఇదే విధముగా మరొక వైపు ఏర్పడు మొదటి శ్రేణి వివర్తన ప్రతిబింబపు రీడింగును కూడా నమోదు చేయాలి. పై రెండు రీడింగుల మధ్య తేడా 2θ ను ఇస్తుంది. ఇందులో సగము θ విలువను తెలుపుతుంది. పటము 7.21లో మొదటి శ్రేణి గరిష్టపు కోణము చూపబడినది. దీని నుండి కాంతి యొక్క తరంగదైర్ఘ్యమును క్రింది సూత్రము ద్వారా లెక్కించవచ్చు.

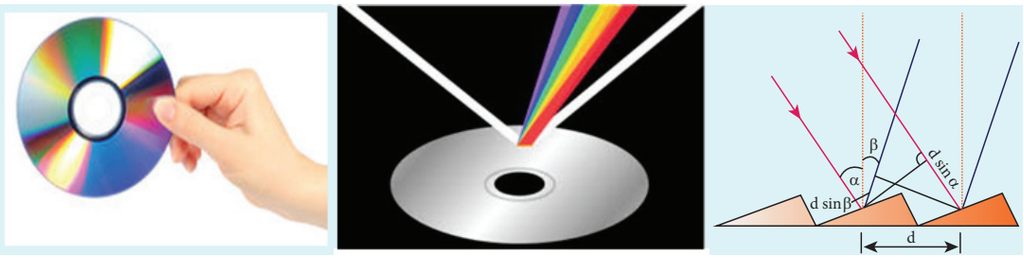
$$\lambda = \frac{\sin\theta}{Nm} \qquad (7.51)$$

ఇక్కడ N అనునది జాలకములో ఒక మీటరుకు గీయబడిన రేఖల సంఖ్య మరియు m అనునది వివర్తన ప్రతిబింబపు తరగతి లేక శ్రేణిని తెలుపుతుంది.

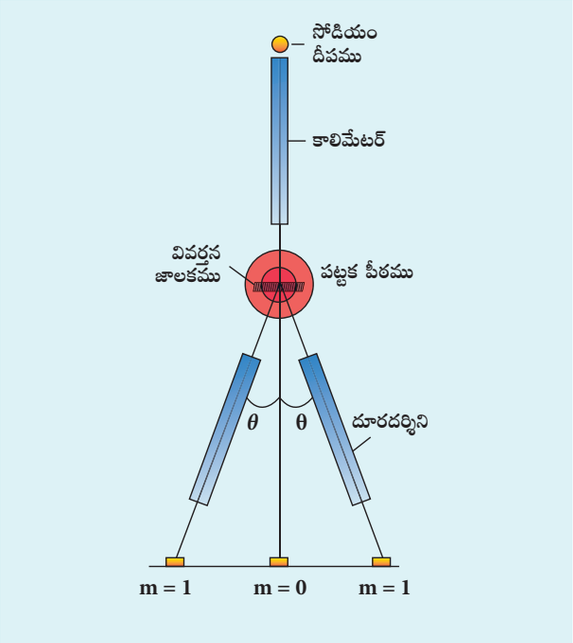


మీకు తెలుసా?

ఒక కాంపాక్ట్ డిస్క్ (CD) ఎల్లప్పుడూ ఆకర్షించు వర్ణములతో మెరుస్తూ ఉంటుంది. నునుపుగా గల మెరిసే భాగమును పరిశీలించిన యెడల దానిపై దృగ్గోచర కాంతి తరంగదైర్ఘ్యముతో పోల్చదగిన వెడల్పు గల అనేక వృత్తాకార మార్గములు దట్టముగా కనిపిస్తాయి. ఇప్పుడు దీనిపై తెల్లని కాంతి పతనమైనపుడు వివర్తనము జరిగి బహుళ వర్ణమయ కాంతి మనకు కనబడుతుంది. CD లోని వృత్తాకార మార్గములు పరావర్తన జాలకము వలె పనిచేస్తాయి.



12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 86 28-06-2022 11:40:36



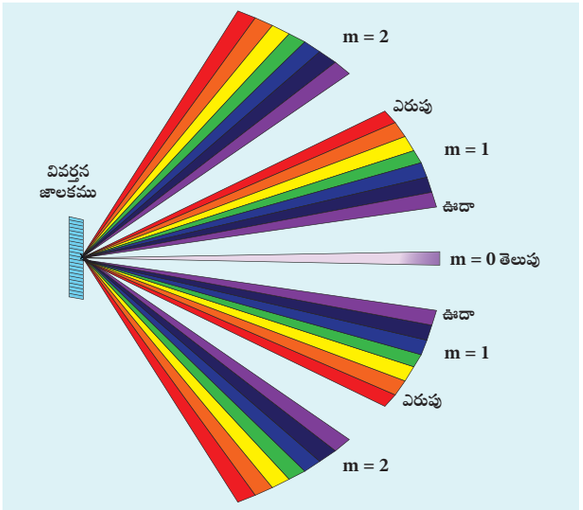
పటము 7.21 జాలకమునుపయోగించి తరంగదైర్ఘ్యమును కనుగొనుట.

7.4.8 వేరు వేరు రంగుల యొక్క తరంగదైర్ఘ్యమును కనుగొనుట (Determination of wavelength of different colours)

తెల్లటి కాంతి యొక్క వివర్తన పట్టీలో ఒక తెల్లటి కేంద్రీయ గరిష్టము మరియు దానికి ఇరువైపులా అవిచ్ఛిన్న వర్ణయుత వివర్తన పట్టీలు ఉంటాయి. కేంద్రీయ గరిష్టము తెల్లని వర్ణముతో మరియు అన్ని రంగులు ఏవిధమైన పథ భేదములేని కేంద్రము వద్ద ఒకటితో ఒకటి నిర్మాణాత్మకముగా కలుసుకొంటాయి. θ ఎక్కువగునపుడు, పథ భేదము ఊదా నుండి ఎరుపు వరకు ఉన్న అన్ని రంగుల యొక్క గరిష్ట వివర్తన నిబంధనను పాటించును. ఇది పటము 7.22లో చూపబడిన విధముగా కేంద్రీయ గరిష్టము యొక్క రెండు ప్రక్కలలోను ఊదా నుండి ఎరుపు వరకు వర్ణపటము లేదా వివర్తన పట్టీలను ఏర్పరచును. వేర్వేరు శ్రేణులను కలిగిన వివర్తనములకు కనబడు ఈ రంగుల యొక్క కోణమును కొలిచి, వేర్వేరు రంగుల యొక్క తరంగదైర్ఘ్యములను ఈ క్రింది సమీకరణము ద్వారా లెక్కించవచ్చును (7.51).

$$\lambda = \frac{\sin\theta}{Nm}$$

ఇక్కడ N అనునది జాలకములో ఒక మీటరు పొడవుతో గీయబడిన రేఖల యొక్క సంఖ్యను, m అనునది వివర్తన ప్రతిబింబము యొక్క శ్రేణిని సూచించును.



పటము 7.22 తెల్లని కాంతితో వివర్తన ప్రభావము ఏర్పడుట

7.4.9 పృథ:క్కరణము (Resolution)

ప్రతిబింబమును స్పష్టముగా పొందుటలో వివర్తనము ప్రతికూల ఫలితమును ప్రదర్శిస్తుంది. వస్తువులో వున్న ఒక్కొక్క బిందువు ఒక్కొక్క బిందువు ఒక బిందు జనకముగా పనిచేయుట వలన దాని ప్రతిబింబములో కేంద్రీయ గరిష్టము విస్తరించినట్లు కనబడును. దీర్ఘచతురస్ర చీలిక వలన ఏర్పడు కేంద్రీయ గరిష్టం (లేదా మొదటి కనిష్టము)ను సమీకరణము 7.37 ద్వారా కనుగొనవచ్చును.

$$a \sin\theta = \lambda$$

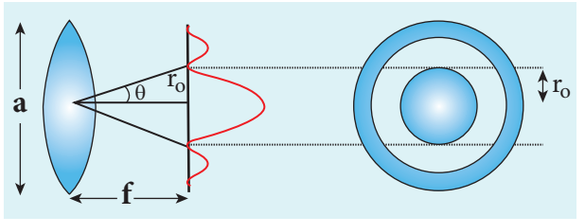
కాని ఒక వృత్తాకార చీలిక (లేదా రంధ్రము) ఏక కేంద్ర వృత్తములు కలిగిన వివర్తన పట్టీలను ఉత్పత్తి చేయును. (పటము 7.23) వీటిని అవాస్తవ పళ్ళెము (Airy's discs) అని పిలుస్తారు. అనేక దృక్ సాధనాలు వృత్తాకార చీలికల ద్వారా మాత్రమే ప్రతిబింబములను ఏర్పరుస్తున్నవి. వృత్తాకార చీలికకు కేంద్రీయ గరిష్టము లేదా మొదటి కనిష్టము ఏర్పడుటకు నిబంధన

$$a \sin\theta = 1.22\,\lambda \qquad (7.52)$$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 87 28-06-2022 11:40:36

ఇక్కడ 1.22 అను సంఖ్య వృత్తాకార చీలికచే ఏర్పరచబడిన కేంద్రీయ గరిష్టము లేదా మొదటి కనిష్టము యొక్క సమీకరణములో కనబడుతుంది. దీనిని వివరించుటకు ఉన్నత గణితశాస్త్ర పద్ధతులు కావలసియుండుట వలన దీనిని గురించి పై తరగతులలో చదువుదురు.

GZ30W



పటము 7.23 అవాస్తవిక పళ్ళెము

చిన్న కోణములకు, $\sin\theta \approx \theta$; అప్పుడు పై సమీకరణమును క్రింది విధముగా వ్రాయవచ్చు.

$a\,\theta = 1.22\,\lambda$

సమీకరణమును మార్చి వ్రాసినపుడు

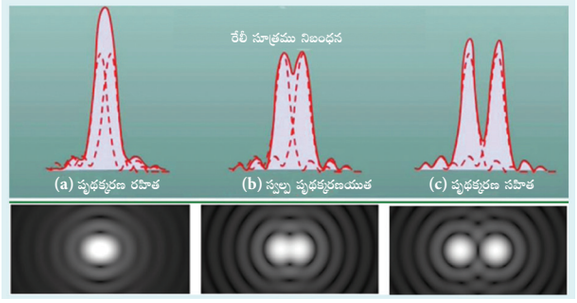
$$\theta = \frac{1.22\lambda}{a} \qquad (7.53)$$

జ్యామితి ప్రకారము, $\theta = \frac{r_0}{f}$

సమీకరణము 7.53లో θ విలువను ప్రతిక్షేపించి, సమీకరణాన్ని మార్చి వ్రాయగా క్రింది సమీకరణము లభిస్తుంది

$$r_0 = \frac{1.22\lambda f}{a} \qquad (7.54)$$

ఉదాహరణకు దగ్గరగా అమరియున్న రెండు బిందు జనకములు వాటి యొక్క ప్రతిబింబములు తెరపై ఏర్పరుస్తాయని అనుకొందాం. ఒక బిందు జనకము యొక్క వివర్తన పట్టీ మరొకదానితో అతివ్యాప్తి చెంది మసకబారిన లేక పృథఃక్కరణ రహిత ప్రతిబింబమును పటము 7.24 (అ)లో చూపినట్లు ఏర్పరచెనని అనుకొందాం. స్పష్టమైన లేక పృథఃక్కరణ సహిత ప్రతిబింబమును ఏర్పరుచుటకు రెండు బిందు జనకములు దూరంగా ఉంచాలి. తద్వారా వాటి వివర్తన పట్టీలు ఒకదానికొకటి అతిపాతం చెందవు.



పటము 7.24 రేలీ సూత్రము

రేలీ నిబంధన ప్రకారము ఒక వివర్తనము పట్టీలోని కేంద్రీయ గరిష్టము, మరొక కనిష్టముతో ఏకీభవించినపుడు ప్రతిబింబముపై గల రెండు బిందువులు కనీస పృథఃక్కరణములో ఉన్నవని చెప్పవచ్చు. ఇది పటము 7.24(ఆ)లో చూపబడినది. మరొక విధముగా రెండు కేంద్రీయ గరిష్టములకు మధ్య దూరము కనీసము r_o గా నుండవలెను. సమీకరణము 7.54లో r_o ను ప్రాదేశిక పృథఃక్కరణము అనియు సమీకరణము 7.53లో పొందు కోణ విలువ θ ను కోణీయ పృథఃక్కరణము (***angular resolution***) అంటారు. అనగా ఉత్తమ పృథఃక్కరణమునకు కాంతి తరంగదైర్ఘ్యము వీలైనంత తక్కువగానూ మరియు పరికరపు చీలిక లేక రంధ్రము యొక్క పరిమాణము వీలైనంత పెద్దదిగానూ ఉంచాలి.

ఒక వస్తువుపై చాలా దగ్గరలో నున్న రెండు బిందువులు లేదా ప్రక్కప్రక్కన ఉన్న వస్తువులను వేరుపరచి చూపు సామర్థ్యము ఆ పరికరము యొక్క పృథక్కరణము సామర్థ్యము (resolving power) అని అంటారు. సాధారణముగా పృథక్కరణము అను పదము ఏర్పడిన ప్రతిబింబము యొక్క నాణ్యతను మరియు పృథఃక్కరణ సామర్థ్యము అను పదము దృక్ సాధనము యొక్క శక్తిని సూచించును. పృథఃక్కరణము మరియు పృథఃక్కరణ సామర్థ్యము అనునవి రెండూ ఒకదానితో ఒకటి విలోమముగా ఉంటాయి.

ఉదాహరణ 7.14

కావలూరులో అమరియున్న వైణుబప్పు (Vainu Bappu) వేదశాల (observatory) కేంద్రములో ఉన్న వస్తువు కటకము యొక్క వ్యాసము 2.3మీ. 589nm తరంగదైర్ఘ్యము కలిగిన కాంతిని ఉపయోగించినపుడు కోణీయ పృథఃక్కరణమును కనుగొనుము.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 88 28-06-2022 11:40:37

సాధన

వస్తు కటకము యొక్క వ్యాసము $a = 2.3$ m;

కాంతి తరంగదైర్ఘ్యము $\lambda = 589\ \text{nm} = 589\times10^{-9}$ m;

$\theta = ?$

కోణీయ పృథఃక్కరణమునకు సమీకరణము,

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

పై విలువలను ప్రతిక్షేపించగా,

$$\theta = \frac{1.22\times589\times10^{-9}}{2.3} = 3.124\times10^{-7}$$

$\theta = 3.124\times10^{-7}$ రేడియన్ లేదా $\theta = 0.0011'$

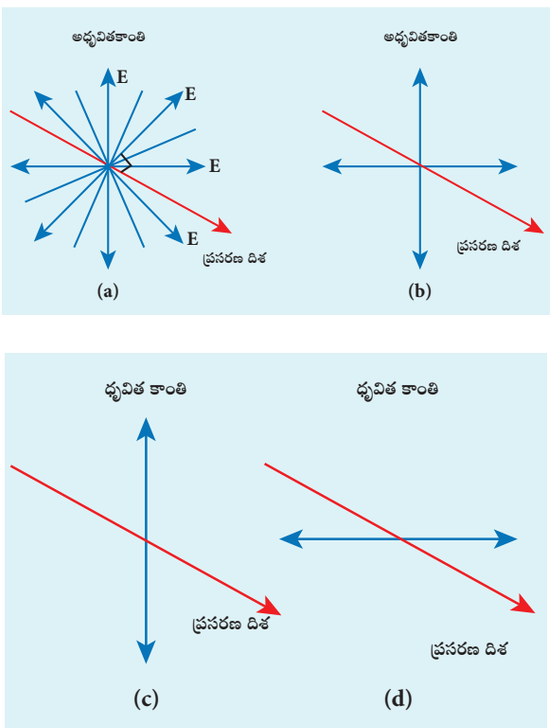
గమనిక: మానవుని కంటి యొక్క కోణీయ పృథక్కరణ సామర్థ్యము దాదాపు 3×10^{-4} రేడియన్ $\approx 1.03'$ గా ఉంటుంది.

7.5 ధృవణత (POLARISATION)

తిర్యక్ తరంగాలు మరియు అనుదైర్ఘ్యతరంగములు రెండునూ వ్యతికరణము మరియు వివర్తనమును ప్రదర్శిస్తాయి. బహుశా శబ్ద తరంగాలు కూడా ఈ రెండు దృగ్విషయములను ప్రదర్శిస్తాయి. కాంతి ఒక విద్యుదయస్కాంత తరంగం కనుక అది తిర్యక్ తరంగ స్వభావాన్ని కలిగియున్నది. కాంతి యొక్క తిర్యక్ తరంగ స్వభావమును ధృవణము అనే దృగ్విషయము ద్వారా బుజువు చేయవచ్చు. కాంతి తరంగాల విస్తరించు దిశకు లంబముగా వున్న ఒక నిర్దిష్ట దిశలోకి మాత్రమే కాంతి యొక్క కంపనము (విద్యుత్ క్షేత్రము మరియు అయస్కాంత క్షేత్రముల సదిశ)లను అనుమతించు దృగ్విషయమును కాంతి యొక్క ధృవణము అని అంటారు. ఈ పాఠములో విద్యుత్ క్షేత్రము మాత్రమే చర్చించుటకు తీసుకొనబడినది.

7.5.1 సమతల ద్రువిత కాంతి (Plane polarised light)

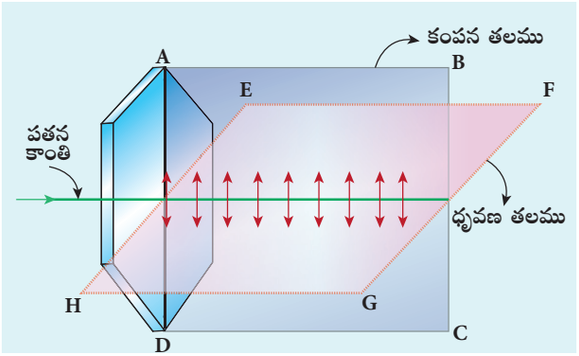
తరంగ ప్రసరణ దిశకు సమతల లంబ తలములో అన్ని దిశలలోను కంపనములు కలిగిన తిర్యక్ తరంగమును అద్రువిత కాంతి అని అంటారు. (పటము 7.25 (అ)) పటము 7.25(ఆ)లో అద్రువిత కాంతి యొక్క అన్ని కంపనములను అలాకాకుండా రెండు లంబ అంశములుగా వేరుపరచి చూపబడినది. తరంగ వ్యాప్తి దిశకు లంబముగా నున్న తలములో ఒకే దిశలో మాత్రమే కంపనములు కలిగియున్న కాంతి తరంగమును, ద్రువిత చెందిన కాంతి లేదా పూర్తిగా ధృవణము చెందిన కాంతి అని అంటారు. తరంగ ప్రసరణ దిశకు లంబముగా ఉన్న తలములో ఒక దిశలో మాత్రమే కంపనాలు కలిగిన కాంతిని ద్రువిత కాంతి లేదా పూర్తిగా ధృవణత చెందిన కాంతి అని అంటారు. పటములు 7.25 (ఇ) మరియు 7.25(ఈ) అనునవి పూర్తిగా ద్రువణత చెందిన కాంతిని చూపుచున్నవి.



పటము 7.25 ద్రువణత కాని మరియు పూర్తిగా ద్రువణత చెందిన కాంతి

విద్యుత్ క్షేత్ర సదిశా కంపనములను కలిగియున్న తలమును కంపన తలము $ABCD$ అని అంటారు. ఇది పటము 7.26లో చూపబడినది. కంపన తలమునకు లంబముగా నున్న తలమును ధృవణ తలము ($EFGH$) అని అంటారు. ఈ రెండు తలములు కాంతి ప్రసరణ చెందు దిశను కలిగియుండును.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 89 28-06-2022 11:40:38



పటము 7.26 కంపన తలము మరియు ధ్రువణ తలము

ద్రువిత మరియు అద్రువిత కాంతి పుంజముల యొక్క కొన్ని ధర్మములు పట్టిక 7.3లో వివరించబడినవి.

7.5.2 ధ్రువణత పద్ధతులు (Polarisation Techniques)

అద్రువిత కాంతిని అనేక సాంకేతిక పద్ధతులకు గురిచేసి ద్రువిత కాంతిగా పొందవచ్చును. ఇక్కడ, మనము నాలుగు పద్ధతులు గురించి చదువుదుము.

(i) వరణాత్మక శోషణము వలన ద్రువణ పద్ధతి
(ii) పరావర్తనము వలన ద్రువణము
(iii) ద్వంద్వ వక్రీభవనమువలన ద్రువణము
(iv) కాంతి పరిక్షేపణము వలన ద్రువణము

7.5.3 వరణాత్మక శోషణము వలన ద్రువణము (Polarisation by selective absorption)

నిర్దిష్ట విన్యాస దిశకు సమాంతరముగా ఉన్న తలములో విద్యుత్ క్షేత్ర కంపనాలను ప్రసారం చెందించి మరియు అన్ని ఇతర కంపనాలను శోషించుకొను పదార్థ ధర్మమును వరణాత్మక శోషణము అంటారు. పోలరాయిడ్ లేదా ద్రువణకం అనునవి వాణిజ్య పరమైన సన్నని పలకలు. వీటిని వరణాత్మక శోషణ ధర్మము ఆధారంగా సంపూర్ణంగా ధ్రువణము చెందిన ద్రువిత కాంతి తరంగాలను ఉత్పత్తి చేయుటకు ఉపయోగిస్తారు. వరణాత్మక శోషణమును ద్విపవర్ణత అని కూడా అంటారు.

1932లో అమెరికా విజ్ఞాన శాస్త్రవేత్త ఎడ్విన్ లాండ్ పలక ఆకారములో ధ్రువణకములను తయారు చేసిరి. టూర్మలిన్ రాళ్ళు సహజముగా దొరుకు ధ్రువణ పదార్థము. ధ్రువణ పదార్థం కృత్రిమముగాను తయారుచేయవచ్చును. చిన్న సూది ఆకారములోని క్వినిన్ అయొడోసల్ఫేట్ స్ఫటికములు కాంతిని ధ్రువణం చెందించు ధర్మమును కలిగియున్నదని కనుగొనబడినది. రెండు పారదర్శక ప్లాస్టిట్ పలకల మధ్య ఎక్కువ సంఖ్యలో ఈ స్ఫటికములను వాటి అక్షముతో ఒకదానితోఒకటి సమాంతరముగా వున్నట్లు అమర్చి, పోలరాయిడ్‌లుగా ఉపయోగించవచ్చును. ప్రస్తుతము పలుచని పాలీవినైల్ ఆల్కహాల్ (polyvinyl alcohol) పటలమును ఉపయోగించి పోలరాయిడ్‌లను తయారుచేయుదురు. ఇవి ఎక్కువ కాంతిని తీసుకొని పోవు లక్షణము కలిగిన వర్ణము లేని స్ఫటికములు. అంతేకాక ఇవి ఉత్తమ ధ్రువణతను కూడా అందిస్తాయి.

7.5.3.1 ద్రువణకం మరియు విశ్లేషణా మాపకము (Polariser and analyser)

ఒక అద్రువిత కాంతి పుంజమును తీసుకొనుము. కాంతి ప్రసరించు దిశకు లంబముగా ఉన్న అన్ని దిశలలోను ధ్రువణము చెందని కాంతి పుంజము కంపనములను కలిగియుండును. ఇది పటము

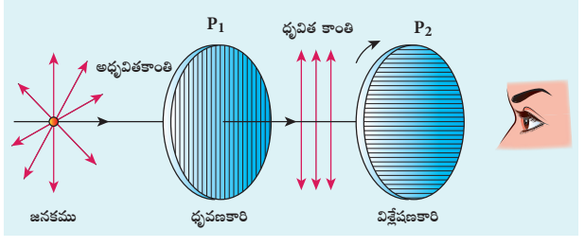
పట్టిక 7.3 ద్రువిత అద్రువిత కాంతి కిరణముల యొక్క కొన్ని ధర్మములు

వ.సం	ద్రువిత కాంతి	అద్రువిత కాంతి
1	కాంతి కిరణము విస్తరించు దిశకు లంబముగా ఉన్న ఒకే ఒక తలములో మాత్రమే విద్యుత్ మరియు అయస్కాంత క్షేత్ర కంపనాలను కలిగియుండును.	కాంతి కిరణము విస్తరించు దిశకు లంబముగా ఉన్న అన్ని దిశలలోను విద్యుత్ మరియు అయస్కాంత క్షేత్ర కంపనాలను కలిగియుండును.
2	కాంతి కిరణము విస్తరించు దిశను బట్టి అసౌష్టముగా ఉంటుంది.	కాంతి కిరణము విస్తరించు దిశను బట్టి సౌష్టవముగా ఉంటుంది.
3	ద్రువణకంను ఉపయోగించి, అద్రువిత కాంతిని ద్రువిత కాంతిగా పొందుదురు.	సాంప్రదాయక కాంతి జనకముల నుండి ఈ విధమైన కాంతిని పొందుతారు.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 90 28-06-2022 11:40:39

7.27లో చూపబడినది. ఈ పుంజము P_1 అను పోలరాయిడ్ గుండా పోయినపుడు ఒక నిర్ధిష్ట తలములో మాత్రమే కంపనాలు అనుమతించబడతాయి. పోలరాయిడ్‌ల నుండి బయటకు వచ్చు కాంతి పుంజము ఇంకొక P_2 అను పోలరాయిడ్ గుండా ప్రవేశించును. కాంతి కిరణమును అక్షముగా ఉంచి P_2 పోలరాయిడ్‌ను త్రిప్పినప్పుడు P_2 పోలరాయిడ్ యొక్క ఒక నిర్ధిష్ట స్థితిలో కాంతి తీవ్రత గరిష్టమగును. ఈ స్థితి నుండి పోలరైడ్‌ను మరల త్రిప్పినపుడు కాంతి తీవ్రత తక్కువగుటకు ప్రారంభించి, P_2 పోలరాయిడ్ 90^0 లను పొందునపుడు కాంతి తీవ్రత పూర్తిగా అదృశ్యమగును. మరల P_2 పోలరైడును త్రిప్పినపుడు కాంతి తీవ్రత పెరుగుట ప్రారంభించి, క్రమంగా కాంతి తీవ్రత ఎక్కువై 180^0 ల భ్రమణములో గరిష్ట కాంతి తీవ్రతను చేరును. P_1 పోలరైడ్ల నుండి బయటకు వచ్చిన కాంతిని పూర్తిగా ధృవణము చెందిన కాంతి లేదా ధ్రువిత కాంతి అంటారు. తన గుండా పోవు ధృవణము చెందని కాంతిని పూర్తిగా ధృవణము చెందిన కాంతిగా మార్చు పోలరైడ్లను (ఇక్కడ P_1) ధృవణకం అని అంటారు. తన గుండా పోవు కాంతిని ధృవణము చెందిన కాంతిగా ఉన్నదా? లేదా ధృవణము చెందని కాంతిగా ఉన్నదా, అని పరిశోధన చేయు పోలరైడ్లకు (ఇక్కడ P_2) విశ్లేషకం అంటారు.

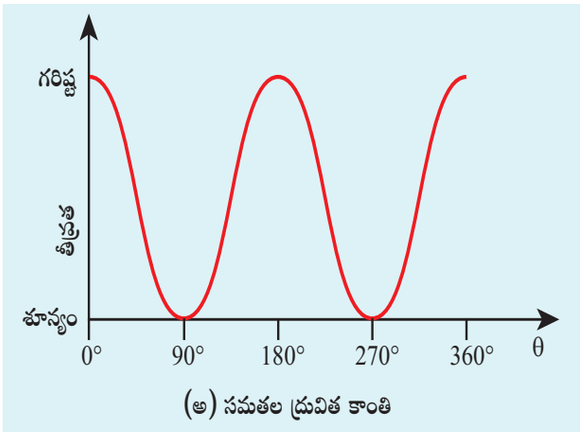
అధృవిత కాంతి యొక్క తీవ్రత (I) అయిన ధ్రువిత కాంతి యొక్క తీవ్రత $\left(\frac{I}{2}\right)$గా నుండును. ఆ మిగిలిన సగ భాగము కాంతి తీవ్రత, ధృవణకం వలన నిరోధించబడును.



పటము 7.27 ధృవణకం మరియు విశ్లేషణామాపకం

7.5.3.2 సమతల మరియు పాక్షిక ధ్రువిత కాంతి (Plane and partially polarised light)

విశ్లేషకం ప్రతి 90^0ల కోణము తిరుగునపుడు కాంతి తీవ్రత గరిష్టము నుండి సున్నకు మార్పు చెందిన, ఆ కాంతిని సమతల ధ్రువిత కాంతి అని పిలువవచ్చును. ఇది పటము 7.28 (అ)లో చూపబడినది. దీనికి కారణము ఒకే దిశలో కంపనములు అనుమతించబడుతాయి. లంబ దిశలో కంపనములను పూర్తిగా నిరోధించబడుతాయి. అలాకాకుండా విశ్లేషకం యొక్క ప్రతి 90^0ల భ్రమణమునకు కాంతి తీవ్రత గరిష్టమునకు, కనిష్టమునకు మధ్యలో మార్పు చెందిన, ఆ కాంతిని పాక్షిక ధ్రువిత కాంతి అని పిలుస్తారు. ఇది పటము 7.28 (ఆ)లో చూపబడినది. దీనికి కారణము ఇది కనిష్ట తీవ్రతను కలిగి నిర్ధిష్ట అక్షములో పూర్తిగా నిరోధించబడుట లేదు.

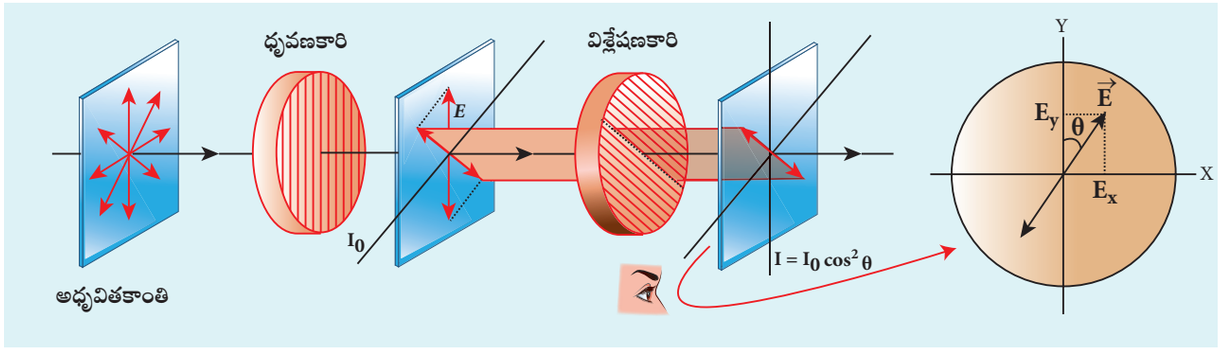


పటము 7.28 సమతల మరియు పాక్షిక ధృవిత కాంతి తీవ్రతలలో మార్పు. అ) సమతల ధృవిత కాంతి ఆ) పాక్షిక ధృవిత కాంతి

7.5.3.3 మాలూ నియమము (Malus' law)

I_0 తీవ్రత కలిగిన ఒక ధృవిత కాంతి పుంజం విశ్లేషణ మాపకముపై పడి (I) తీవ్రత కలిగిన కాంతిగా విశ్లేషణ మాపకము నుండి బయటకు వచ్చునప్పుడు, దాని తీవ్రత ధృవణకం మరియు విశ్లేషణ మాపకము యొక్క విస్తరించు అక్షమునకు

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 91 28-06-2022 11:40:39



పటము 7.28 మాలూస్ నియమము

మధ్య నున్న కోణము యొక్క cosine విలువ (θ) వర్గమునకు అనులోమానుపాతంలో నుండును. దీనికి మాలూస్ నియమము అని అంటారు. 1809లో ఫ్రెంచ్ భౌతికశాస్త్రవేత్త మాలూస్ దీనిని కనుగొన్నారు. ఇది పటము 7,29లో చూపబడనది.

$$I = I_0 \cos^2 \theta \qquad (7.55)$$

మాలూస్ నియమము యొక్క నిరూపణ క్రింది విధముగా ఉంటుంది ధృవణకం మరియు విశ్లేషణ మాపకం యొక్క అక్షములు పటము 7.30లో చూపిన విధముగా ఒక దానితో ఒకటి ' θ ' కోణముతో వాలును కలిగియున్నదని అనుకొనుము. ధృవణకము నుండి బయటకు వచ్చు కాంతి యొక్క విద్యుత్‌క్షేత్ర సదిశ తీవ్రతను (I_0) అనియు దాని కంపన పరిమితిని (a) అనియూ అనుకొనుము. పతన కాంతి యొక్క కంపన పరిమితి (అ) రెండు దీర్ఘచతురస్ర అంశములను కలిగియుండును. అవి: $a\cos\theta$ మరియు $a\sin\theta$. ఇవి క్రమముగా విశ్లేషకం యొక్క ప్రసార అక్షమునకు (axis of transmission) సమాంతరముగాను, లంబముగాను ఉండును.

$a\cos\theta$ అంశము మాత్రమే విశ్లేషణ మాపకము గుండా ప్రసరిస్తుంది. విశ్లేషణ మాపకము గుండా బయటకు వచ్చు కాంతి తీవ్రత, విశ్లేషణ మాపకము గుండా ప్రసరించు కాంతి తరంగ కంపన పరిమితి అంశము వర్గమునకు అనులోమానుపాతంలో నుండును.

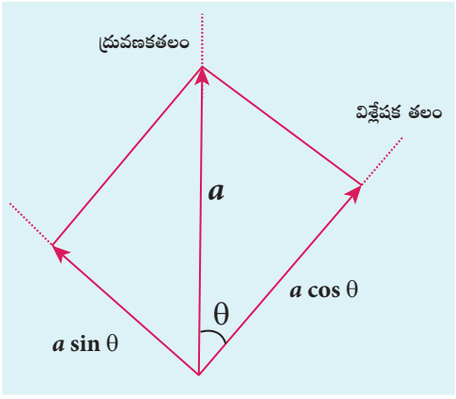
$$I \propto (a\cos\theta)^2$$

$$I = k(a\cos\theta)^2$$

ఇక్కడ k అనునది అనుపాత స్థిరాంకము.

$$I = ka^2 \cos^2 \theta$$
$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

$I_0 = ka^2$ అనునది విశ్లేషణ మాపకము గుండా ప్రసరించు కాంతి గరిష్ట తీవ్రత.



పటము 7.30 మాలూస్ నియమము

ప్రత్యేక సందర్భములు

సందర్భము *(i)* $\theta = 0^\circ$ అయినపుడు, $\cos 0^\circ = 1$ కావున $I = I_0$. ధృవణకము మరియు విశ్లేషణ మాపకము ప్రసార అక్షముల దిశలు ఒకదానితో ఒకటి సమాంతరముగా నున్నప్పుడు విశ్లేషణ మాపకము నుండి బయటకు వచ్చు కాంతి తీవ్రత ధృవణకం నుండి విశ్లేషకంపై పతనమయ్యే కాంతి తీవ్రత సమమగును.

సందర్భము *(ii)* $\theta = 90^\circ$ అయిన $\cos 90^\circ = 0$ కావున $I = 0$

ధృవణకం మరియు విశ్లేషణ మాపకం యొక్క ప్రసార అక్షములు ఒకదానితో ఒకటి లంబముగా నున్నప్పుడు విశ్లేషణ మాపము గుండా బయటకు వచ్చు కాంతి తీవ్రత శూన్యమగును.

ఉదాహరణ 7.15

రెండు పోలరైడ్ల యొక్క ప్రసార అక్షములు ఒకదానితో ఒకటి 30°ల కోణముతో వాలు స్థితిలో

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 92 28-06-2022 11:40:41

ఉంచబడినవి. I తీవ్రత కలిగిన అధ్రువిత కాంతి మొదటి పోలరైడ్‌పై పడును. రెండవ పోలరైడ్ నుండి బయటకు వచ్చు కాంతి తీవ్రతను కనుగొనుము?

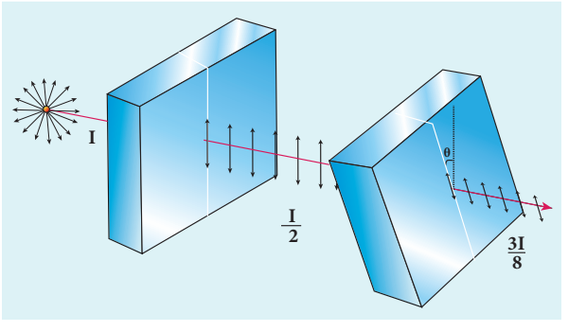
సాధన

మొదటి పోలరైడ్‌పై పడు కాంతి తీవ్రతను I అనుకొనుము. ఈ పోలరైడ్ నుండి బయటకు వచ్చు కాంతితీవ్రత $I_0 = \left(\frac{I}{2}\right)$ అగును. రెండవ పోలరైడ్ నుండి బయటకు వచ్చు కాంతి తీవ్రతను I' అనుకొనిన మాలూస్ నియమము ప్రకారము $I' = I_0 \cos^2\theta$

విలువలను ప్రతిక్షేపించగా

$$I' = \left(\frac{I}{2}\right)\cos^2(30^\circ) = \left(\frac{I}{2}\right)\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 = I\frac{3}{8}$$

$$I' = \left(\frac{3}{8}\right)I$$



ఉదాహరణ 7.16

ఒకదానితో ఒకటి సమీపంగా ఉండునట్లు విస్తరించు అక్షమునకు 90° కోణములో నున్న రెండు పోలరైడ్లు యుంచబడియున్నవి. అయితే

అ) మొదటి పోలరాయిడ్‌పై I కాంతి తీవ్రత కలిగన అధ్రువిత కాంతి పడినపుడు, రెండవ పోలరాయిడ్ నుండి బయటకు వచ్చు కాంతి తీవ్రత ఎంత?

ఆ) రెండు పోలరాయిడ్లకు మధ్యలో 45°కోణములో మూడవ పోలరాయిడ్‌ను యుంచిన రెండవ పోలరైడ్ నుండి బయటకు వచ్చు కాంతి తీవ్రతను కనుగొనుము.

సాధన

అ) మొదటి పోలరాయిడ్‌పై పడు అధ్రువిత కాంతి తీవ్రతను I అనుకొనుము. దీని నుండి బయటకు వచ్చు ధ్రువణము చెందిన కాంతి యొక్క తీవ్రత $I_0 = \left(\frac{I}{2}\right)$. రెండవ పోలరాయిడ్ నుండి బయటకు వచ్చు కాంతి తీవ్రతను I' .అనుకొనిన

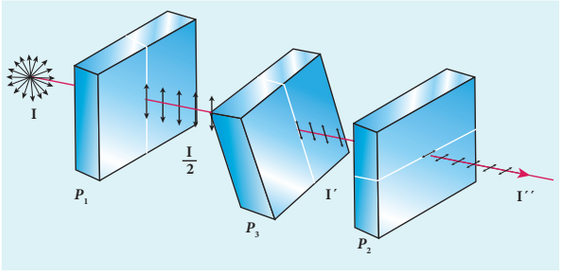
మాలూస్ నియమము ప్రకారము $I' = I_0 \cos^2\theta$

ఇక్కడ విస్తరించు అక్షమునకు ఒకదానితో ఒకటి లంబము. కావున $\theta = 90^\circ$

విలువను ప్రతిక్షేపించగా

$$I' = \left(\frac{I}{2}\right)\cos^2(90^\circ) = 0 \quad \left[\because \cos(90^\circ) = 0\right]$$

రెండవ పోలరాయిడ్ నుండి ఏవిధమైన కాంతి బయటకు రాదు.



ఆ) మొదటి పోలరాయిడ్ P_1 అనియు, రెండవ పోలరాయిడ్ P_2 అనియు అనుకొనుము. ఈ రెండును 90° విన్యాసము కలిగియున్నవి. మూడవ పోలరాయిడ్ P_3 ని వీటికి మధ్య 45° కోణములో నుంచబడినది. P_3 నుండి బయటకు వచ్చు కాంతి తీవ్రతను I' అనుకొనుము. P_1 మరియు P_3 కు మధ్య కోణము 45°, P_3 నుండి బయటకు వచ్చు కాంతి తీవ్రత $I' = I_0 \cos^2\theta$.

విలువలను ప్రతిక్షేపించగా

$$I' = \left(\frac{I}{2}\right)\cos^2(45^\circ) = \left(\frac{I}{2}\right)\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 = \frac{I}{4'};\ I' = \frac{I}{4}$$

చివరగా కాంతి P_3 గుండా ప్రసరించును.

P_3 మరియు P_2 కు మధ్య నున్న కోణము 45°, P_2 నుండి బయటకు వచ్చు కాంతి తీవ్రత $I'' = I'\cos^2\theta$

ఇక్కడ P_2 మరియు P_3 కి మధ్య ఉన్న ధ్రువిత కాంతి తీవ్రత $I' = \frac{I}{4}$. అగును.

విలువలను ప్రతిక్షేపించగా

$$I'' = \left(\frac{I}{4}\right)\cos^2(45^\circ) = \left(\frac{I}{4}\right)\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 = \frac{I}{8}$$

$$I'' = \frac{I}{8}$$

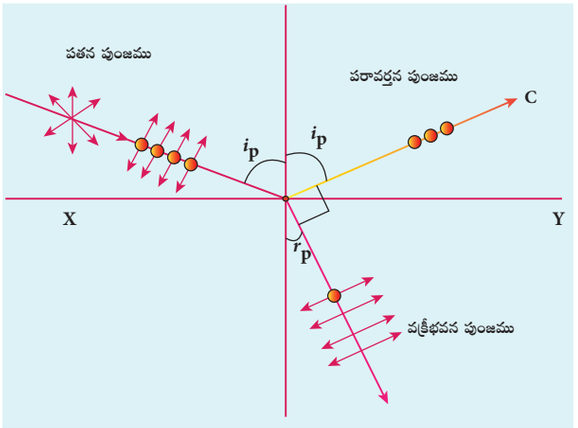
12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 93 28-06-2022 11:40:44

7.5.3.4 పోలరాయిడ్ల యొక్క ఉపయోగములు (Uses of polaroids)

1) పోలరాయిడ్లను చలువ కళ్ళు అద్దములుగా మరియు కెమెరాలలో కాంతి మెరియుటను నివారించుటకు ఉపయోగింతురు.
2) త్రిమితీయ ఛాయచిత్ర పటాలలో అంటే హోలోగ్రఫిను తయారుచేయుటకు పోలరాయిడ్లను ఉపయోగింతురు.
3) పాత నూనె చిత్రరేఖనముల రంగులను మెరుగుపరచుటకు పోలరాయిడ్లను ఉపయోగింతురు.
4) పోలరాయిడ్లను దృష్టిపీడనములను విశ్లేషించుటకు ఉపయోగింతురు.
5) కిటికి అద్దములో పోలరాయిడ్లను ఉపయోగించి, గదిలోపల వచ్చు కాంతి తీవ్రతను నియంత్రణ చేయవచ్చును.
6) ధృవణము చెందిన లేజర్ పుంజమును సూది మొన భాగముగా ఉపయోగించి CD లను చదువుటకు లేదా వ్రాయుటకు ఉపయోగిస్తారు.
7) ద్రవ స్ఫటిక తెరలో (LCD) ధృవణము చెందిన కాంతిని ఉపయోగిస్తారు.

7.5.4 పరావర్తనము ద్వారా ధృవణత (Polarisation by reflection)

సమతల ద్రువిత కాంతిని ఉత్పత్తి చేయుటకు సరళమైన పద్ధతి పరావర్తనము. XY అను నునుపైన గాజు తలముపై AB. అను అద్రువిత కాంతి పుంజము పతనమగుచున్నదని పరిగణిద్దాం. ఈ కాంతి పరావర్తనముతో బాటు వక్రీభవనము కూడా చెందును. ఇది అద్రువిత కాంతిగా ఉండుట వలన ఇది పరావర్తన తలమునకు సమాంతరముగా నున్న కంపనములను (బిందువులలో గుర్తించబడినది) మరియు సమాంతరముగా లేని కంపనములను (బాణపు గుర్తులతో సూచించబడినది) కూడా కలిగి యుంటుంది. ఇది పటము 7.31లో చూపబడినది. ఒక నిర్ధిష్ట పతన కోణమునకు, పరావర్తనము చెందిన కాంతి సమతల ద్రువిత కాంతిగానూ, వక్రీభవనము చెందిన కాంతి పాక్షిక ధృవణము చెందినట్లుగాను కనబడును. ఎందుకంటే తలమునకు సమాంతరముగా ఉన్న కంపనములు పరావర్తనము చెందుతాయి. మిగిలిన కంపనములు వక్రీభవనము చెందుతాయి. పాక్షిక ద్రువిత వక్రీభవన కాంతి ఫలితముగా కొన్ని సమాంతర కంపనములు కూడా వక్రీభవనం చెందుతాయి. **ఏ నిర్ధిష్ట పతన కోణ విలువకు పరావర్తనము చెందిన కిరణము సమతల ద్రువితము చెందునో అలాంటి పతన కోణమును ధృవణ కోణము (*polarising angle* i_p). అంటారు.**



పటము 7.31 కాంతి పరావర్తనము ద్వారా ధృవణత

7.5.4.1 బ్రూష్టర్ నియమము: (Brewster's Law)

బ్రిటిష్ భౌతిక శాస్త్రవేత్త సర్‌డేవిడ్ బ్రూష్టర్ ధృవణ కోణములో పరావర్తనము మరియు వక్రీభవనము చెందిన కాంతి కిరణములు ఒకదానితోఒకటి లంబముగా ఉంటాయని కనుగొన్నారు. i_p అనునది ధృవణ కోణము అనియు r_p అనునది వక్రీభవన కోణము అనుకొనిన, పటము 7.35లో జ్యామితీయ నియమము ప్రకారము

$$r_p = 90^0 - i_p \qquad (7.56)$$

స్నెల్ నియమము నుండి గాలి పరంగా ఒక యానకము యొక్క వక్రీభవన గుణకము n

$$\frac{\sin i_p}{\sin r_p} = n \qquad (7.57)$$

ఇక్కడ n అనునది వక్రీభవన సంఖ్య అగును. సమీకరణము 7.56 నుండి r_p యొక్క విలువను 7.57లో ప్రతిక్షేపించినపుడు,

$$\frac{\sin i_p}{\sin\left(90^\circ - i_p\right)} = \frac{\sin i_p}{\cos i_p} = n$$

$$\tan i_p = n \qquad (7.58)$$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 94 28-06-2022 11:40:45

ఈ సంబంధమును బ్రూష్టర్ నియమము అని పిలుస్తారు. బ్రూష్టర్ నియమము ప్రకారము పారదర్శక యానకము యొక్క స్పర్శీయ ధృవణ కోణము విలువ ఆ యానకము యొక్క వక్రీభవన గుణకమునకు సమానము అవుతుంది. ధృవణ కోణము లేదా బ్రూష్టర్ కోణము యొక్క విలువ, వక్రీభవన యానకము యొక్క స్వభావముపై ఆధారపడును.

ఉదాహరణ 7.17

(i) వక్రీభవన గుణకము 1.5 కలిగిన గాజు మరియు (ii) 1.33 వక్రీభవన గుణకము కలిగిన నీటి యొక్క ధృవణ కోణములను కనుగొనుము.

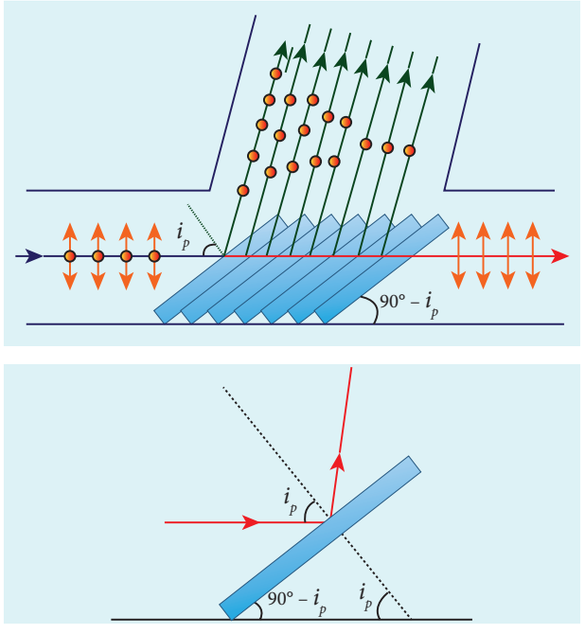
సాధన

బ్రూష్టర్ నియమము నుండి $\tan i_p = n$

గాజునకు $\tan i_p = 1.5;\ i_p = \tan^{-1}1.5;\ i_p = 56.3^\circ$

నీటికి $\tan i_p = 1.33;\ i_p = \tan^{-1}1.33;\ i_p = 53.1^\circ$

7.5.4.2 ఫలకల కుప్ప (Pile of plates)



పటము 7.32 ఫలకల కుప్ప

ఫలకల కుప్ప పాక్షిక ధ్రువిత కాంతిని సమతల ధ్రువిత కాంతిగా మార్చుటను బ్రూష్టర్ నియమమును ఉపయోగించుకొంటుంది. దీనిలో ఒక్కొక్కటి భూసమాంతర తలముతో $90^\circ - i_p$ కోణములో అనేక గాజు ఫలకలు, ఒకటి తర్వాత మరొకటి పేర్చబడి ఉంటాయి. (పటము 7.32) సమాంతర కాంతి కిరణములు ఈ ఫలకలపై i_p కోణము వద్ద పతనము చెందునట్లు ఈ అమరిక ఉంటుంది. ఈ ఆసన్న ఫలకల గుండా అధ్రువిత కాంతి ప్రసరించినపుడు వక్రీభవనము చెందిన కాంతిలో తలమునకు సమాంతరముగానున్న కంపనములు వెంటవెంటనే ఫలకలలో పరావర్తనము చెందును. దీని వలన పరావర్తనము మరియు వక్రీభవనము చెందిన కాంతి సమతల ధ్రువిత కాంతిగా ఉంటుంది.

ఉదాహరణ 7.18

భూతలమునకు సమాంతరముగా పోవు అధ్రువిత కాంతి పుంజము వక్రీభవన గుణకము 1.65 కలిగిన గాజు తలముపై పడి పరావర్తనము చెందును. పరావర్తనము చెందిన కాంతి పుంజము ధృవణము చెందవలసినట్లయితే గాజు తలము భూ తలముతో ఏ కోణముతో వాలుగా నుంచవలయును?

సాధన

దర్పణము యొక్క వక్రీభవన గుణకము

$n = 1.65$

బ్రూష్టర్ నియమము ప్రకారము, $\tan i_p = n$

$\tan i_p = 1.65;\ i_p = \tan^{-1}1.65;\ i_p = 58.8^0$

భూతలమునకు వాలుగా నుంచవలసిన కోణము, $(90^0 - 58.8^0) = 31.2^0$

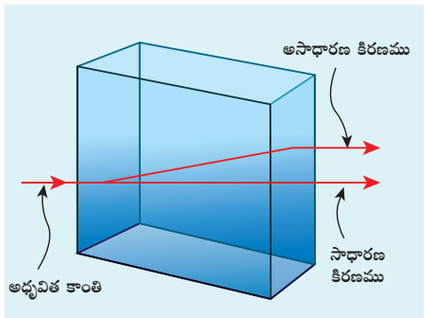
7.5.5 ద్వంద్వ కాంతి వక్రీభవనము వలన ధృవణకం (Polarisation by double refraction)

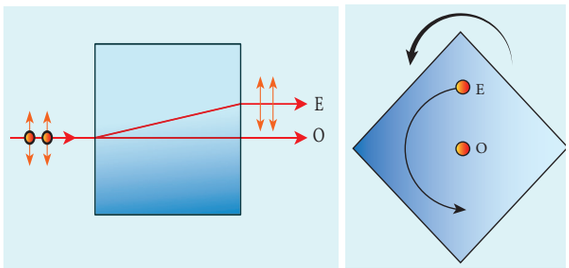


ఎరాస్మస్‌బార్‌తోలీనస్ అను డచ్ భౌతిక శాస్త్రవేత్త ఒక అధ్రువిత కాంతి పుంజము కాల్సైట్ (**calcite crystal**) స్ఫటికముపై పడినపుడు రెండు వక్రీభవన కిరణములు ఏర్పడునని కనుగొన్నారు. కావున ఒక వస్తువుకు రెండు ప్రతిబింబములు ఏర్పడును. ఈ దృగ్విషయమును ద్వంద్వ వక్రీభవనము అని అంటారు. ఇది పటము 7.33లో చూపబడినది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 95 28-06-2022 11:40:47

క్వార్ట్జ్, మైకా అను స్ఫటికములలోనూ ఈ లక్షణములు కనబడును. ఒక కాగితముపై గల సిరా చుక్కను కాల్సైట్ స్ఫటికము గుండా చూచినపుడు రెండు ప్రతిబింబములు ఏర్పడును. స్ఫటికమును త్రిప్పినపుడు ఒక ప్రతిబింబము స్థిరముగాను, ఇంకొక ప్రతిబింబము స్థిరముగానున్న ప్రతిబింబమును చుట్టివచ్చును. వక్రీభవన నియమములను పాటించు సాధారణ కిరణములచే స్థిర ప్రతిబింబము 'O' ఏర్పడుతుంది. సాధారణ వక్రీభవన నియమములను పాటించని అసాధారణ కిరణములచే భ్రమించు ప్రతిబింబము 'E' ఏర్పడుతుంది. అసాధారణ కిరణములు సమతల ధృవణము చెందినవిగా ఉంటాయి. ద్వంద్వ వక్రీభవనము ఏర్పడు స్ఫటికము లోపల సాధారణ కోణము అన్ని దిశలలోను ఒకే వేగముతో పయణించును. కాని అసాధారణ కిరణము అన్ని దిశలలోను వేర్వేరు వేగములో పయణించును. ద్వంద్వ వక్రీభవనమును ఏర్పరచు స్ఫటికము లోపల నున్న బిందు కాంతి జనకము సాధారణ కిరణమునకు గోళాకార తరంగగ్రామును, అసాధారణ కిరణమునకు దీర్ఘవృత్తాకార తరంగగ్రామును ఉత్పత్తిచేయును. స్ఫటికములోపల ఒక నిర్దిష్ట దిశలో ఈ రెండు కిరణములు ఒకే వేగముతో ప్రయాణిస్తాయి. ఈ దిశను దృక్ అక్షము *(optic axis)* అని అంటారు. దృక్ అక్షముపై రెండు కిరణములు ఒకే వక్రీభవన గుణకము కలిగి యుంటాయి. అంతేకాక ఈ అక్షములో ద్వంద్వ వక్రీభవనము ఏర్పడదు.





పటము 7.33 ద్వంద్వ వక్రీభవనము

7.5.6 దృక్‌శాస్త్రము పరంగా క్రియాశీలత స్ఫటిక రకములు (Types of optically active crystals)

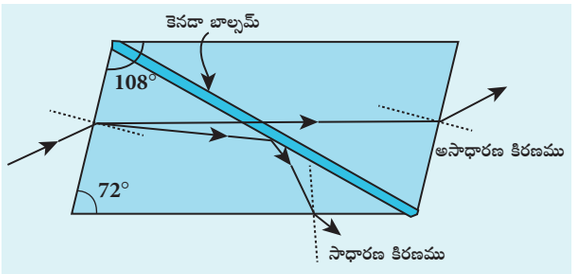
కాల్‌సైట్, క్వార్ట్జ్, టూర్‌మలైన్ మరియు మంచు వంటి స్ఫటికములు ఒకేఒక దృక్ అక్షమును కలిగియుంటాయి. కావున, వీటిని ఏక అక్ష స్ఫటికములు అని పిలుస్తారు.

మైకా, టోపాజ్, సెలిసైట్, అరాగోనైట్ అను స్ఫటికములు రెండు దృక్ అక్షములు కలిగియుంటాయి. కావున వీటిని ద్వి అక్ష స్ఫటికములు అని పిలుస్తారు.

7.5.7 నికోల్ పట్టకము (Nicol prism)

సమతల ధ్రువిత కాంతిని ఉత్పత్తి చేయుట మరియు దానిని విశ్లేషించుటకు వాడు దృక్ సాధనములలో ఒక భాగముగా నికోల్ పట్టకమును పరిగణించవచ్చును, నికోల్ పట్టకము ద్వంద్వ వక్రీభవన దృగ్విషయము ఆధారముగా నిర్మించబడియుంటుంది. దీనిని 1828 లో విలియం నికోల్ అను శాస్త్రవేత్త తయారు చేశారు.

వెడల్పుకు మూడు రెట్లు పొడవు కలిగిన కాల్‌సైట్ స్ఫటికమును 72° మరియు 108° కోణముతో అమర్చిన అది నికోల్ పట్టకముగా పనిచేస్తుంది. దీని కర్ణము గుండా రెండు భాగములుగా కత్తిరించబడును. (పటము 7.34) ఈ రెండు భాగములను కెనడా బాల్సమ్ అను పారదర్శక సిమెంట్‌ను ఉపయోగించి ఒకదానితో ఒకటిని అతికిస్తారు.



పటము 7.34 నికోల్ పట్టకము

ఏక వర్ణకాంతి జనకము నుండి వచ్చు అధ్రువిత కాంతి, నికోల్ పట్టకముపై పడును అనుకొనుము. ఈ కాంతి ద్వంద్వ వక్రీభవనము చెంది సాధారణ మరియు అసాధారణ కిరణములుగా విభజన చెంది వేర్వేరు దిశలలోను పయణించును. స్ఫటికము యొక్క వక్రీభవన గుణకము ఏకవర్ణ సోడియం కాంతిలోని

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 96 28-06-2022 11:40:47

సాధారణ కాంతికి 1.68గానూ, అసాధారణ కాంతికి 1.486గాను ఉంటుంది.కెనడా బాల్సమ్ యొక్క వక్రీభవన గుణకం 1.523

కెనడా బాల్సమ్ పొర వద్ద సాధారణ కాంతి సంపూర్ణాంతర పరావర్తనము చెంది, అది స్ఫటికములో అసాధారణ కాంతితో బాటు బహిర్గతమవడాన్ని నిరోధించబడుతుంది. అసాధారణ కాంతి మాత్రమే స్ఫటికము గుండా ప్రసరించి సమతల ధృవిత కాంతిగా బహిర్గతమవుతుంది.

నికోల్ పట్టకము యొక్క లోపములు

(i) అతి పెద్ద మరియు బహిర్గత కాల్సైట్ స్ఫటికము లభ్యతలోని కొరత వలన ఇది అత్యంత వ్యయముతో కూడియున్నది.

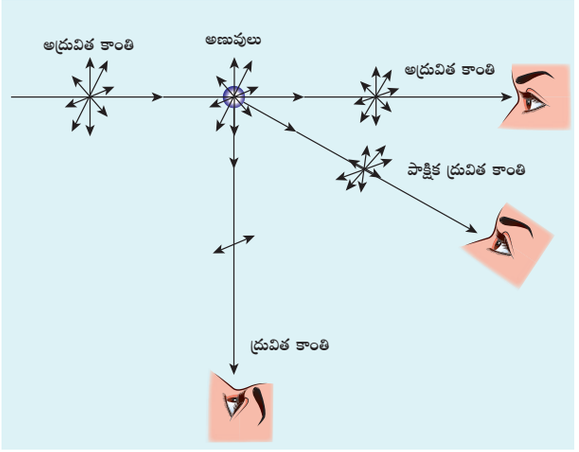
(ii) అసాధారణ కిరణము వాలు స్థితిలో స్ఫటికము గుండా పోవుట వలన, స్ఫటికము నుండి వెలుపలకు వచ్చు బహిర్గామి కిరణము ఎల్లప్పుడు ఒక వైపు స్థానభ్రంశము చెందును.

(iii) దీని వీక్షణ ప్రభావ క్షేత్రము స్వల్ప పరిమితిని కలిగి ఉంటుంది.

(iv) నికోల్ పట్టకము నుండి బయటకు వచ్చు కాంతి కిరణములు ఏకరీతి సమతల ధృవణము చెంది ఉండవు.

7.5.8 కాంతి పరిక్షేపణము వలన ధృవణం (Polarisation by scattering)

వాతావరణములోని అణువులచే సూర్యకాంతి పరిక్షేపణము చెందునపుడు, ఈ అణువులలో నున్న ఎలక్ట్రాన్లు సూర్యకాంతిలో నున్న విద్యుత్‌క్షేత్రమును కంపనము చెందించు అంశముల ప్రభావమునకు లోనవుతాయి. సూర్యకాంతి అధృవిత కాంతిగా ఉండుటచే, అది అన్ని దిశలలోను కంపనములను ఉత్పత్తిచేయును. ఈ కంపన ఎలక్ట్రాన్లు వాటి యొక్క కంపనములు లంబ దిశలో మాత్రమే శక్తిని వెలువరిస్తాయి. ఒక పరిశీలకుడు సూర్యకాంతిని అది వ్యాప్తి చెందు దిశకు లంబ దిశలో చూచినట్లయితే, వీక్షించు దిశకు లంబ దిశలో కంపన ఎలక్ట్రాన్ల వలన ఉత్పత్తియగు కిరణములు మాత్రమే అతనిని వచ్చి చేరును. పరిశీలకుని వచ్చు కాంతి సమతల ద్రువిత కాంతిగా ఉంటుంది. ఇది పటము 7.35లో చూపబడినది.



పటము 7.35 కాంతి పరిక్షేపణము జరుగు ధృవణము

7.6 దృక్ సాధనములు (OPTICAL INSTRUMENTS)

మన నిత్యజీవితములో అనేక విధములైన దృక్ సాధనములను ఉపయోగించుచున్నాము. వాటిలో సూక్ష్మదర్శిని, దూరదర్శిని, వర్ణపట మాపకములు మరియు మానవుని కన్ను గురించి మనము చదువుకొందుము.

7.6.1 సరళ సూక్ష్మదర్శిని (Simple microscope)

సరళ సూక్ష్మదర్శిని అనునది వస్తువు యొక్క నిటారైన వృద్ధీకరణము చేయబడిన మిథ్యా ప్రతిబింబము ఏర్పరుచుటకు సహాయపడు తక్కువ నాభ్యాంతరము (f) కలిగిన ఒక ఆవర్ధన (కుంభాకార) కటకమగును. కావున కటకము యొక్క ఒక్క ప్రక్కన నాభ్యాంతరమునకు లోపలి వైపు వస్తువును ఉంచి, మరొక వైపు దానిని చూడవలెను. చాలా దగ్గరలో నున్న ఏ బిందువు వరకు స్పష్టముగా కనబడునో దానిని సమీప బిందువు అనియు, చాలాదూరములో నున్న ఏ బిందువు వరకు స్పష్టముగా కనబడునో

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 97 28-06-2022 11:40:48

దానిని దూరబిందువు అనియు పిలువబడును. స్పష్టమైన కంటి యొక్క దగ్గరి బిందువు 25సెం.మీ (D) అని గుర్తించుదురు. దూర బిందువు అనంత దూరములో నుండును.

7.6.1.1 సమీప బిందు కేంద్రీకరణము (Near point focusing)

ప్రతిబింబము అనునది దగ్గర బిందువులో అనగా 25సెం.మీ దూరములో ఏర్పడినపుడు కన్ను చాలా తక్కువ పరిమాణములో శ్రమకు లోనగును. సమీప బిందు దూరమును స్పష్టమైన వీక్షణ యొక్క కనిష్ట దూరము అని కూడా పిలుస్తారు. (పటము 7.36) వస్తువు యొక్క దూరము u, f. కన్నా తక్కువగాను ఉండాలి. ప్రతిబింబము దూరము సమీప బిందువు (D) అవుతుంది. కటక ఆవర్ధన సమీకరణము 6.67 ప్రకారము, $m = \frac{v}{u}$

రెండు దూరములు కటకమునకు ఎడమ ప్రక్కన కొలుచుట వలన $v = -D$ అనియు $u = -u$. అని తీసుకొని ప్రతిక్షేపించగా

$$m = \frac{-D}{-u}$$

$$m = \frac{D}{u} \qquad (7.59)$$

ఆవర్ధనము m ను నాభ్యాంతరము f పరంగా వ్రాయవచ్చును.

కటక సమీకరణము 6.63ను ఉపయోగించగా

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

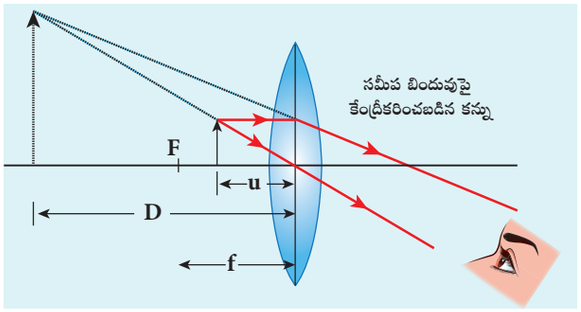
సమీకరణము 6.67లో $m = \frac{v}{u}$ ను ప్రతిక్షేపించగా

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

ను ప్రతిక్షేపించగా $v = -D$

$$m = 1 + \frac{D}{f} \qquad (7.60)$$

దీనినే సమీప బిందు కేంద్రీకరణము యొక్క ఆవర్ధనము అంటారు.



పటము 7.36 సమీప బిందువుపై కంటిని కేంద్రీకరించుట

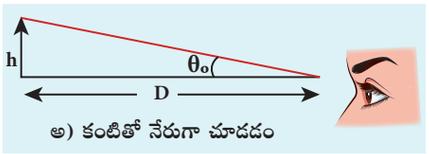
7.6.1.2 సహజ స్థితి కేంద్రీకరణము (Normal focusing)

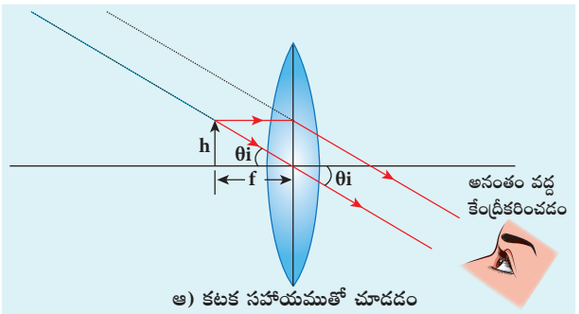
సహజ స్థితి కేంద్రీకరణము: వస్తువు యొక్క ప్రతిబింబము అనంత దూరములో ఏర్పడునపుడు మన కళ్ళు ఏ విధమైన శ్రమకు లోనుకాకుండా ఉండి ప్రతిబింబమును సౌకర్యవంతముగా చూడవచ్చును. ప్రతిబింబము అనంత దూరములో ఏర్పడినపుడు చేసే కేంద్రీకరణమును సహజ కేంద్రీకరణము అని పిలుస్తారు.

సహజస్థితి కేంద్రీకరణము పటము 7.37 (ఆ) లో చూపబడినది. ప్రతిబింబము అనంత దూరములో నున్నప్పుడు ఏర్పడు ఆవర్ధనము m ను కనుగొనుటకు. ప్రతిబింబము ఎత్తుకు, వస్తువు ఎత్తుకు వున్న నిష్పత్తి $\left(m = \frac{h'}{h}\right)$ ని తీసుకొనవలెను. అనంత దూరములో మరియు అనంత పరిమాణములో ఏర్పడు ప్రతిబింబము ఆవర్ధనమునకు సరియైన సమీకరణమును పొందుటకు వీలుకాదు. కావున మనము కోణీయ ఆవర్ధనమును ప్రయోగాత్మకంగా ఇక్కడ ఉపయోగించవచ్చును. కటక సహాయముతో చూచిన ప్రతిబింబము ఏర్పరచిన కోణము θ_i నకు కటక సహాయము లేకుండా కళ్ళతో మాత్రమే చూచిన వస్తువు ఏర్పరచిన కోణము θ_0 నకు మధ్య వున్న నిష్పత్తిని కోణీయ ఆవర్ధనము అని అంటారు.

$$m = \frac{\theta_i}{\theta_0} \qquad (7.61)$$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 98 28-06-2022 11:40:50





పటము 7.37 సహజస్థితి కేంద్రీకరణము

పటము 7.37(అ)లో చూపిన విధముగా కళ్ళతో మాత్రమే చూచిన వస్తువులకు

$$\tan\theta_0 \approx \theta_0 = \frac{h}{D} \qquad (7.62)$$

పటము 7.37 (ఆ)లో చూపిన విధముగా కటక సహాయముతో చూచిన ప్రతిబింబమునకు

$$\tan\theta_i \approx \theta_i = \frac{h}{f} \qquad (7.63)$$

కోణీయ ఆవర్ధనము

$$m = \frac{\theta_i}{\theta_0} = \frac{h/f}{h/D}$$

$$m = \frac{D}{f} \qquad (7.64)$$

పై సమీకరణము, సహజస్థితి కేంద్రీకరణమునకు ఆవర్ధనమును ఇచ్చును.

సమీప బిందువు కేంద్రీకరణమునకు ఆవర్ధనము కంటే సహజస్థితి కేంద్రీకరణమునకు ఆవర్ధనము ఒకటి తక్కువగా ఉంటుంది. కాని సమీప బిందు కేంద్రీకరణములో ప్రతిబింబమును చూచుటకంటే సహజ స్థితి కేంద్రీకరణము వలన ఏర్పడు ప్రతిబింబమును చూచుటకు కళ్ళకు సులభముగా ఉంటుంది. D/f యొక్క గరిష్ట విలువలకు, రెండు ఆవర్ధనమునకు మధ్య నున్న భేదము చాలా తక్కువగును.

ఉదాహరణ 7.19

5 సెం.మీ నాభ్యాంతరం కలిగిన ఒక ఆవర్ధన కటకము సహాయముతో 25సెం.మీ సమీప దూరము కలిగిన ఒక వ్యక్తి చిన్నదిగా ముద్రించబడిన కాగితముపై గల అక్షరములను చదువుచున్నాడు.

అ) వ్యక్తి పుస్తకము నుండి కటకమును ఎంత దగ్గర మరియు ఎంత దూరములో ఉంచవలెను?

ఆ) పై చెప్పిన సరళ సూక్ష్మదర్శిని ఉపయోగించినపుడు గరిష్ట మరియు కనిష్ట ఆవర్ధనము ఎంత?

సాధన

D = 25 సెం.మీ ఆవర్ధన కటకము ధనాత్మక నాభ్యాంతరము కలిగిన కుంభాకార కటకముగా ఉండాలి. $f = 5$ సెం.మీ

వస్తువు యొక్క కనిష్ట పక్ష దూరము u ప్రతిబింబము యొక్క దూరము v, −25 సెం.మీ, (సమీప దూరం $v = -D$)

వస్తువు యొక్కగరిష్టదూరము u', దీని ప్రతిబింబము యొక్క దూరము v' అనంతమవుతుంది.

అ) ప్రతిబింబము యొక్క కనిష్ట దూరమును కనుగొనుటకు స్నెల్ నియమమును ఉపయోగించవచ్చును.

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

సమీకరణమును మార్చి వ్రాసిన, $\frac{1}{u} = \frac{1}{v} - \frac{1}{f}$

విలువలను ప్రతిక్షేపించగా,

$$\frac{1}{u} = \frac{1}{-25} - \frac{1}{5} = \frac{1}{25} - \frac{1}{5} = \left(\frac{-1-5}{25}\right) = -\frac{6}{25}$$

$$u = -\frac{25}{6} = -4.167 \text{ సెం.మీ}$$

కటకమును మరియు పుస్తకమునకు మధ్య కనిష్ట దూరము, u = −4.167 సెం.మీ

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 99 28-06-2022 11:40:52

వస్తువు యొక్క గరిష్ట దూరమును కనుగొనుటకు కటక సమీకరణము $\frac{1}{v'}-\frac{1}{u'}=\frac{1}{f'}$

సమీకరణమును మార్చి వ్రాసిన $\frac{1}{u'}=\frac{1}{v'}-\frac{1}{f'}$

విలువలను ప్రతిక్షేపించగా, $\frac{1}{u'}=\frac{1}{\infty}-\frac{1}{5}; u=-5$ సెం.మీ

చదువుటకు పుస్తకమును ఉంచవలసిన గరిష్ట దూరము, $u'=-5$ సెం.మీ

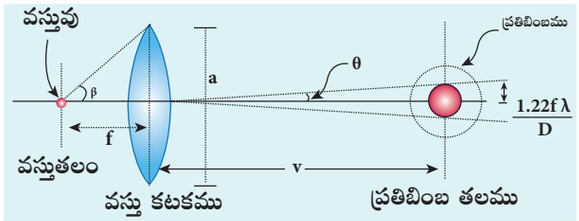
ఆ) సమీప బిందువు కేంద్రీకరణలో ఆవర్ధనము $m=1+\frac{D}{f}=1+\frac{25}{5}=6$

సహజస్థితి కేంద్రీకరణ ఆవర్ధనమును కనుగొనుటకు $m=\frac{D}{f}=\frac{25}{5}=5$

7.6.1.3. సూక్ష్మదర్శిని యొక్క పృథక్కరణ సామర్థ్యము (Resolving power of microscope)

సూక్ష్మదర్శినిని ఉపయోగించి వస్తువును క్షుణ్ణముగా గమనించుట ద్వారా ఆ వస్తు సంబంధమైన వివరములను తెలుసుకొనవచ్చును. ఒక నాణ్యత కలిగిన సూక్ష్మదర్శిని అనునది వస్తువును ఆవర్ధనము చేయుట మాత్రమేకాక, ఆ వస్తువులో కనిష్ట దూరము ($d_{\text{కనిష్టం}}$) వేరుపరచి ఉంచబడిన రెండు బిందువులను పృథక్కరించి చూపుము. వాస్తవానికి $d_{\text{కనిష్టం}}$ అనునది పృథక్కరణము, దాని విలోమమును పృథక్కరణ సామర్థ్యముగా చెప్పవచ్చు.

ప్రాదేశిక పృథక్కరణము (కేంద్ర గరిష్ట వ్యాసార్ధము)నకు ఇది వరకే సమీకరణము 7.54లో రాబట్టబడినది, $r_0=\frac{1.22\lambda f}{a}$.



పటము **7.38** సూక్ష్మదర్శిని యొక్క పృథక్కరణ సామర్థ్యము

ఒక సూక్ష్మదర్శినిలో వస్తువు యొక్క దూరము అనునది నాభ్యాంతరము (f) కంటే కొంచెము ఎక్కువగా యుండును. ఇంకా ప్రతిబింబము v దూరము లో ఏర్పడును. పటము 7.38లో చూపబడినది. సమీకరణము 7.54లో f కు బదులుగా v ను మార్చిన

$$r_o=\frac{1.22\lambda v}{a} \qquad (7.65)$$

ఇక్కడ నాభ్యాంతరం f కు బదులుగా ప్రతిబింబ దూరం v కలదు. $d_{\text{కనిష్టం}}$ అనునది వస్తువుపై రెండు బిందువులకు మధ్య దూరములోని తేడా అయిన, ఆవర్ధనము m

$$m=\frac{r_o}{d_{\text{కనిష్టం}}} \qquad (7.66)$$

$$d_{\text{కనిష్టం}}=\frac{r_o}{m}=\frac{1.22\lambda v}{am}=\frac{1.22\lambda v}{a(v/u)}=\frac{1.22\lambda u}{a} \quad [\because m=v/u]$$

$$d_{\text{కనిష్టం}}=\frac{1.22\lambda f}{a} \qquad [\because u\approx f] \qquad (7.67)$$

వస్తువు వైపు,

$$2\tan\beta\approx 2\sin\beta=\frac{a}{f}. \quad \therefore \quad [a=f2\sin\beta] \qquad (7.68)$$

$$d_{\text{కనిష్టం}}=\frac{1.22\lambda}{2\sin\beta} \qquad (7.69)$$

$d_{\text{కనిష్టం}}$ యొక్క విలువను మరింత తగ్గించుటకు, సూక్ష్మదర్శిని యొక్క వస్తు కటకమును ఎక్కువ వక్రీభవన గుణకము n కలిగిన నూనెలో ముంచి, కాంతి యొక్క దృక్ మార్గమును ఎక్కువ చేయవలయును.

$$d_{\text{కనిష్టం}}=\frac{1.22\lambda}{2n\sin\beta} \qquad (7.70)$$

ఈ విధంగా వస్తు కటకమును నూనెలో ముంచిన వస్తు కటకము అని అంటారు. $n\sin\beta$ విలువను సంఖ్యాత్మక రంధ్రము (***numerical aperture - NA***) అని అంటారు.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 100 28-06-2022 11:40:55

$$d_{\text{కనిష్టం}} = \frac{1.22\lambda}{2(NA)} \qquad (7.71)$$

సూక్ష్మదర్శిని యొక్క పృథఃక్కరణ సామర్థ్యము R_M అనునది

$$R_M = \frac{1}{d_{\text{కనిష్టం}}} = \frac{2(NA)}{1.22\lambda} = \frac{2n\sin\beta}{1.22\lambda} \qquad (7.72)$$

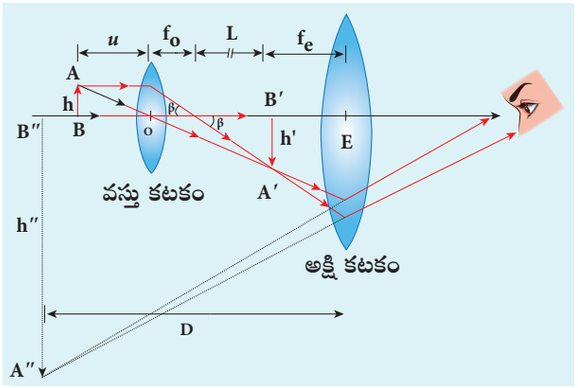
7.6.1.4. దూరదర్శిని యొక్క పృథఃక్కరణ సామర్థ్యము (Resolving power of telescope)

ఇంతకు మునుపే రాబట్టిన సమీకరణము 7.54 లో పృథఃక్కరణ సామర్థ్యము యొక్క విలోమమును దూరదర్శిని యొక్క పృథఃక్కరణ సామర్థ్యము అని పిలుస్తారు.

$$R_T = \frac{1}{r_0} = \frac{a}{1.22\lambda f} \qquad (7.73)$$

7.6.2 సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని (Compound microscope)

సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని నిర్మాణము పటము 7.39లో చూపబడినది. వస్తువునకు దగ్గరగా నున్న కటకమునకు వస్తు కటకము అని పేరు. ఈ కటకము వస్తువు యొక్క నిజ మరియు తలక్రిందులైన మరియు ఆవర్ధన ప్రతిబింబమును ఏర్పరచును. ఇది రెండవ కటకమైన అక్షికటకము కటకమునకు వస్తువుగా పనిచేయును. అక్షి కటకము (***eyepiece***) ఒక సరళ సూక్ష్మదర్శిని వలె పనిచేసి చివరగా ఆవర్ధన మిథ్యా ప్రతిబింబమును ఏర్పరచును. వస్తు కటకముచే ఏర్పడిన తలక్రిందులైన మొదటి ప్రతిబింబము అక్షికటకమునకు దగ్గరగా, దాని ప్రథమనాభి లోపల ఉన్నట్లుగా సవరించబడి ఉంటుంది. కావున చివరగా ఏర్పడు ప్రతిబింబము ఇంచుమించుగా అనంత దూరములో లేదా సమీప బిందువు వద్ద ఏర్పడును. చివరి ప్రతిబింబము వస్తువును బట్టి తలక్రిందులుగా ఏర్పడును.



పటము **7.39** సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని

7.6.2.1. సంయుక్త సూక్ష్మదర్శినిలో ఆవర్ధనము (Magnification in compound microscope)

వస్తు కటకముచే ఏర్పడు పాక్షిక ఆవర్ధనమునకు సమీకరణము $m_o = \frac{h'}{h}$

పటము 7.39 నుండి, $\tan\beta = \frac{h}{f_o} = \frac{h'}{L}$, కావున

$$\frac{h'}{h} = \frac{L}{f_o} \qquad (7.74)$$

$$m_o = \frac{L}{f_o} \qquad (7.75)$$

ఇక్కడ L అనునది అక్షికటక నాభి బిందువునకు వస్తు కటక నాభి బిందువునకు మధ్య నున్న దూరము అగును. దీనిని సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని యొక్క గొట్టము పొడవు (tube length of the microscope) అని అంటారు. ఇక్కడ f_o మరియు f_e రెండును L కంటే తక్కువగా ఉంటాయి.

చివరి ప్రతిబింబము సమీప బిందువులో ఏర్పడినపుడు అక్షికటక ఆవర్ధనము m_e నకు సమీకరణము

$$m_e = 1 + \frac{D}{f_e} \qquad (7.76)$$

సమీప బిందువు కేంద్రీకరణమునకు నికర ఆవర్ధన సమీకరణము

$$m = m_o m_e = \left(\frac{L}{f_o}\right)\left(1 + \frac{D}{f_e}\right) \qquad (7.77)$$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 101 28-06-2022 11:40:57

చివరి ప్రతిబింబము అనంత దూరములో ఏర్పడినపుడు (సహజ కేంద్రీకరణము) అక్షి కటకము యొక్క ఆవర్ధనము m_e

$$m_e = \frac{D}{f_e} \qquad (7.78)$$

సహజ కేంద్రీకరణలో ఏర్పడు నికర ఆవర్ధనము m

$$m = m_o m_e = \left(\frac{L}{f_o}\right)\left(\frac{D}{f_e}\right) \qquad (7.79)$$

ఉదాహరణ 7.20

ఒక సూక్ష్మదర్శినిలో వస్తు కటకము మరియు అక్షి కటకముల నాభ్యాంతరములు క్రమముగా 5సెం.మీ మరియు 50 సెం.మీ. సూక్ష్మదర్శిని యొక్క గొట్టము పొడవు 30 సెం.మీ అయిన అ) దగ్గర బిందు కేంద్రీకరణము ఆ) సహజ స్థితి కేంద్రీకరణములో ఏర్పడు ఆవర్ధనమును లెక్కించుము.

సాధన

$f_0 = 5$ సెం.మీ $= 5 \times 10^{-2}$ మీ; $f_0 = 50$ సెం.మీ $= 50 \times 10^{-2}$ మీ;

$L = 30$ సెం.మీ $= 30 \times 10^{-2}$ మీ; $D = 25$ సెం.మీ $= 25 \times 10^{-2}$ మీ;

అ) సమీప బిందు కేంద్రీకరణములో ఏర్పడు నికర ఆవర్ధనము $m = m_o m_e = \left(\frac{L}{f_o}\right)\left(1 + \frac{D}{f_e}\right)$

విలువలను ప్రతిక్షేపించగా,

$$m = m_o m_e = \left(\frac{30\times10^{-2}}{5\times10^{-2}}\right)\left(1 + \frac{25\times10^{-2}}{50\times10^{-2}}\right)$$

$$= (6)(1.5) = 9$$

ఆ) సహజ స్థితి కేంద్రీకరణలో ఏర్పడు ఆవర్ధనము

$$m = m_o m_e = \left(\frac{L}{f_o}\right)\left(\frac{D}{f_e}\right)$$

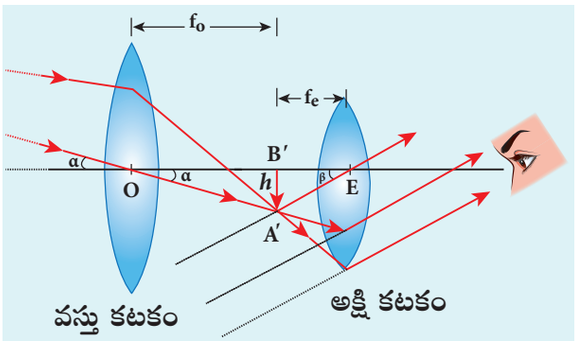
విలువలను ప్రతిక్షేపించగా

$$m = m_o m_e = \left(\frac{30\times10^{-2}}{5\times10^{-2}}\right)\left(\frac{25\times10^{-2}}{50\times10^{-2}}\right)$$

$$= (6)(0.5) = 3$$

7.6.3 ఖగోళ దూరదర్శిని (Astronomical telescope)

నక్షత్రములు, గ్రహములు. చంద్రుడు వంటి సుదూరములో ఉన్న ఖగోళ వస్తువులను ఆవర్ధనము చేసి చూచుటకు ఉపయోగించు దూరదర్శినిని ఖగోళ దూరదర్శిని అంటారు. ఖగోళ దూరదర్శినిలో ఏర్పడు ప్రతిబింబము తలక్రిందులుగా ఉంటుంది. అక్షి కటకము కంటే ఎక్కువ నాభ్యాంతరము పెద్ద రంధ్రము కలిగిన వస్తు కటకము దీనిలో నున్నది. ఇది పటము 7.40లో చూపబడినది. చాలా దూరములో నున్న వస్తువు నుండి వచ్చు కాంతి వస్తు కటకము గుండా పోయి ఖగోళ దూరదర్శిని గొట్టము యొక్క నాభి బిందువులో ఒక మిథ్యా ప్రతిబింబము ఏర్పడును. అక్షి కటకము (eyepiece) ఈ ప్రతిబింబమును ఆవర్ధనము చేసి తలక్రిందులైన ప్రతిబింబమును ఏర్పరచును.



పటము 7.40 ఖగోళ దూరదర్శిని

7.6.3.1 ఖగోళదూరదర్శినిలో ఆవర్ధనము (Magnification in astronomical telescope)

ప్రతిబింబము ఏర్పరచు కోణమును β ప్రధాన అక్షముతో వస్తువు ఏర్పరచు కోణము α కు మధ్య గల నిష్పత్తినే ఖగోళదూరదర్శిని యొక్క ఆవర్ధనము (m) అంటారు.

$$m = \frac{\beta}{\alpha} \qquad (7.80)$$

పటము నుండి, $\alpha = \frac{h}{f_0}$ and $\beta = \frac{h}{f_e}$

$$m = \frac{f_o}{f_e} \qquad (7.81)$$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 102 28-06-2022 11:41:00

ఖగోళదూరదర్శిని యొక్క పొడవు సుమారుగా

$$L = f_o + f_e \qquad (7.82)$$

ఉదాహరణ 7.21

ఒక చిన్న దూరదర్శిని వస్తు కటకము మరియు అక్షికటకముల నాభ్యాంతరములు క్రమముగా 125సెం.మీ, 2సెం.మీ. అయితే, (ఆ) ఈ దూరదర్శిని యొక్క ఆవర్ధనమును కనుగొనుము. (ఆ) వస్తు కటకమునకు అక్షి కటకమునకు మధ్య నున్న దూరమెంత? (ఇ) దూరములో వేరుపరచి కనబడు రెండు నక్షత్రములను ఈ దూరదర్శిని గుండా చూచినపుడు ఆ నక్షత్రములకు మధ్యనున్న కోణీయ దూరమెంత?

సాధన

$f_o = 125$ cm; $f_e = 2$ cm; $m = ?$; $L = ?$; $\theta_i = ?$

అ) దూరదర్శిని యొక్క ఆవర్ధన సమీకరణము,

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

విలువలను ప్రతిక్షేపించగా, $m = \frac{125}{2} = 62.5$

(ఆ) దూరదర్శిని యొక్క పొడవు సుమారుగా $L = f_o + f_e$

విలువలను ప్రతిక్షేపించగా, $L = 125+2 = 127$ cm $= 1.27$ m

ఇ) కోణీయ ఆవర్ధనమునకు సమీకరణము, $m = \frac{\theta_i}{\theta_0}$

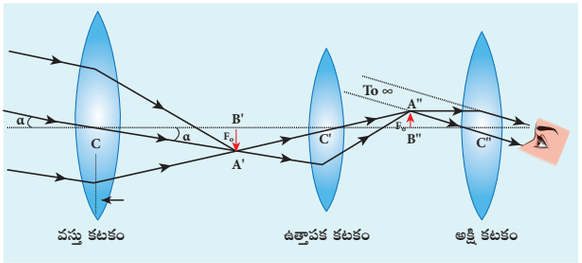
మార్చి వ్రాసినపుడు, $\theta_i = m \times \theta_0$

విలువలను ప్రతిక్షేపించగా,

$$\theta_i = 62.5 \times 1' = 62.5' = \frac{62.5}{60} = 1.04^\circ = 1^0 2' 30''$$

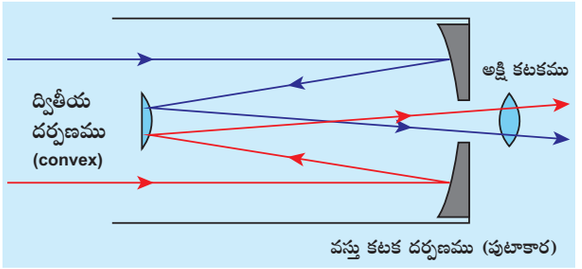
7.6.4 భూగోళ దూరదర్శిని (Terrestrial telescope)

భూ ఉపరితలముపై సుదూరములో నున్న వస్తువులను చూడడానికి భూగోళ దూరదర్శిని ఉపయోగపడుతుంది. ప్రతిబింబము నిటారుగా కనబడుతుంది. ఇందులో అదనముగా ఉత్తాపక కటకము (erecting lens) ను ఉపయోగించి నిటారైన ప్రతిబింబమును పొందవచ్చును. ఇది పటము 7.41లో చూపబడినది.



పటము 7.41 భూగోళ దూరదర్శిని

7.6.5 పరావర్తన దూరదర్శిని (Reflecting telescope)



పటము 7.42 పరావర్తన దూరదర్శిని

ఆధునిక దూరదర్శినిలలో వస్తు కటకముగా ఒక కటకమును ఉపయోగించుటకు బదులుగా ఒక పుటాకార దర్పణమును ఉపయోగిస్తున్నారు. గరిష్ట పరిమాణంలో దృక్ లోపము లేని ప్రతిబింబములను ఏర్పరచు కటకములను ఉత్పత్తిచేయుట చాలా కష్టము మరియు ఇది ఖరీదైనది.

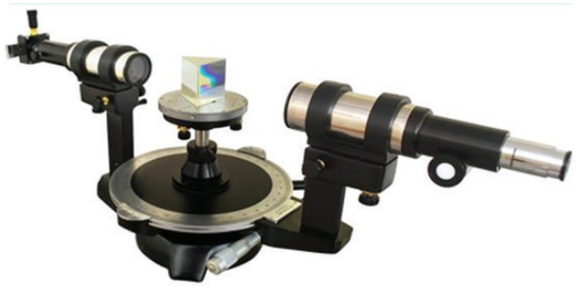
వస్తు కటకముగా పూటాకార దర్పణమును ఉపయోగించే దూరదర్శినిలను పరావర్తన దూరదర్శిని అని అంటారు. దీని వలన అనేక ప్రయోజనాలు కలవు. వీటిలో ఒకే ఒక తలము మాత్రమే నునుపు చేయబడి ఉపయోగించబడుచున్నది. దర్పణముల వెనుక వైపును పూర్తిగా పట్టి ఉంచవచ్చు. కాని కటకములను వాటి అంచుల వద్ద మాత్రమే పట్టి ఉంచుటకు వీలగును. అంతేకాక కటకములతో పోల్చిన దర్పణములు అత్యంత తేలికగా ఉంటాయి.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 103 28-06-2022 11:41:01

కాని ఒకే ఒక లోపం ఏమిటంటే, వస్తు కటక దర్పణము కాంతిని దూరదర్శిని గొట్టము లోపల కేంద్రీకరిస్తుంది. అయితే గొట్టము లోపల కొంత కాంతిని అడ్డుకొనే అక్షి కటకము ఉండాలి. ఈ లోపము ఇప్పుడు సరిచేయబడినది. అంటే పటము 7.24లో చూపబడిన విధముగా రెండవ దర్పణమును ఉపయోగించి గొట్టము లోపల కేంద్రీకరింపబడు కాంతి, గొట్టము యొక్క బయట వైపు కేంద్రీకరింపజేసి ప్రతిబింబమును చూడవచ్చు.

7.6.6 వర్ణపట మాపకము (Spectrometer)

వేర్వేరు కాంతి జనకముల నుండి వచ్చు వర్ణపటములను విశ్లేషించుటకు వేర్వేరు వర్ణ కాంతుల తరంగదైర్ఘ్యమును కొలుచుటకు, పట్టక పదార్థము యొక్క వక్రీభవన గుణకమును కనుగొనుటకు ఉపయోగపడును. వర్ణపట దృక్‌శాస్త్రమును మాపకము అంటారు. వర్ణపట మాపకము పటము 7.43లో చూపబడినది. ప్రాథమికముగా వర్ణపట మాపకములు మూడు భాగములను కలిగియుండును. అవి క్రమముగా (i) సమాంతర గొట్టము, (ii) పట్టక పీఠము మరియు (iii) దూరదర్శిని.



పటము 7.43 వర్ణపట మాపకము

(i) సమాంతర గొట్టము (*Collimator*)

సమాంతర కాంతి పుంజమును ఏర్పరచు అమరికను సమాంతర గొట్టము అంటారు. ఇది ఒక కుంభాకార కటకమును మరియు కాంతి జనకము వైపు సవరించదగు క్షితిజ లంబ చీలికను కలిగి ఉంటుంది. చీలిక యొక్క స్థానమును మార్చుట ద్వారా దానిని కటకము యొక్క ప్రధాన నాభి వద్ద ఉంచుటకు వీలవుతుంది. పట్టకము యొక్క ఆధార భాగముతో సమాంతర గొట్టము స్థిరముగా బిగించబడి ఉంటుంది.

(ii) పట్టక పీఠము (*Prism table*)

పట్టకము, వివర్తన జాలకము వంటి వాటిని బిగించుటకు పట్టక పీఠము ఉపయోగపడును. భూమట్టానికి సమం చేయు మూడు భ్రమణ మేకులు కలిగిన రెండు సమాంతర వృత్తాకార ఫలకలు ఇందులో ఉన్నవి. పట్టక పీఠము త్రిప్పి V_1 మరియు V_2 మధ్యలో దాని స్థితిని తెలుసుకొనవచ్చును. కావలసిన ఎత్తుకు పట్టక పీఠమును పెంచుకోవచ్చును.

(iii) దూరదర్శిని (*Telescope*)

ఇది ఒక ఖగోళదూరదర్శిని. దీని ఒక కొనలో అడ్డు తీగలతో అమరిన అక్షికటకము దాని ఇంకొక కొనలో వస్తు కటకములో అమరియుండును. అక్షి కటకము వస్తు కటకమునకు మధ్యనున్న దూరమును సరిచేయుట ద్వారా, స్పష్టమైన ప్రతిబింబము అడ్డతీగ వద్ద ఏర్పడును. ఒక వృత్తాకార కొలబద్ద, దూరదర్శినితో కలిపి భ్రమించు విధముగా బిగించబడియున్నది. దూరదర్శిని మరియు పట్టక పీఠము రెండింటినీ కావలసిన స్థితిలో బిగించుటకు రెండు బలమైన మరలు మరియు స్వల్ప సర్దుబాటు కొరకు స్పర్శీయ మరలు ఉంటాయి.

వర్ణపట మాపకములో చేయవలసిన ప్రాథమిక సర్దుబాట్లు (*Preliminary adjustments of the spectrometer*)

వర్ణపట మాపకమును ఉపయోగించి పరిశోధనచేయుటకు మునుపు ఈ క్రింది సర్దుబాట్లను సరిచేయవలెను.

అ) అక్షకటకమును సరిచేయుట: దూరదర్శిని ప్రకాశవంతమైన తలము వైపు త్రిప్పి అక్షి కటకమును ముందుకు, వెనుకకు కదిలించి, అడ్డతీగ స్పష్టముగా కనబడు స్థితిలో దానిని బిగించవలయును.

ఆ) దూరదర్శినిని సరిచేయుట: సమాంతర కిరణములను పొందు విధముగా దూరదర్శినికి

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 104 28-06-2022 11:41:01

దూరముగా నున్న ఒక వస్తువు వైపు త్రిప్పాలి, అప్పుడు అడ్డు తీగపై స్పష్టమైన ప్రతిబింబం ఏర్పడుతుంది.

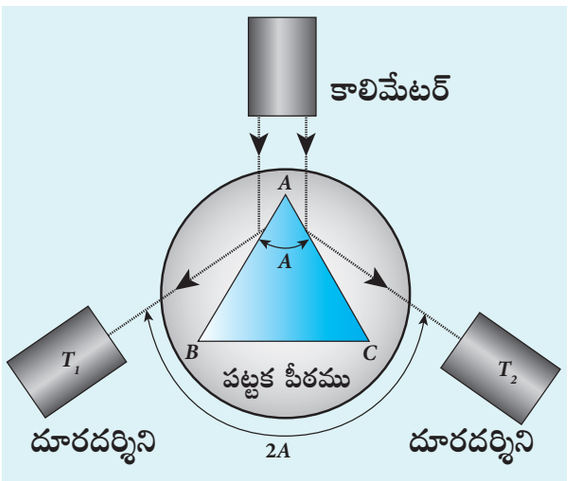
ఇ) **సమాంతర గొట్టమును సరిచేయుట:** సమాంతర గొట్టమునకు నేరుగా దూరదర్శినిని తీసుకొని రావాలి. అడ్డతీగల వద్ద స్పష్టమైన ప్రతిబింబము లభించునంత వరకు, సమాంతర గొట్టము యొక్క చీలికకు మరియు కటకమునకు మధ్య దూరమును సరిచేయవలెను.

ఈ) **పట్టక పీఠమును సరిచేయుట:** భూమట్టముతో సమం చేయు మరల సహాయముతో లేదా సారా మట్టమును ఉపయోగింటి పట్టక పీఠమును క్షితిజ సమాంతర మట్టమునకు తీసుకొని రావాలి.

7.6.6.1 పట్టక పదార్థము యొక్క వక్రీభవన గుణకమును కనుగొనుట (Determination of refractive index of material of the prism)

మొదట వర్ణపట మాపకములో ప్రాథమిక సర్దుబాట్లు చేయాలి. పట్టక కోణము A మరియు కనిష్ట విచలన కోణము D అను వాటిని కనుగొని పట్టక పదార్థము యొక్క వక్రీభవన గుణకమును లెక్కించవచ్చును.

***(i)* పట్టక కోణము A**



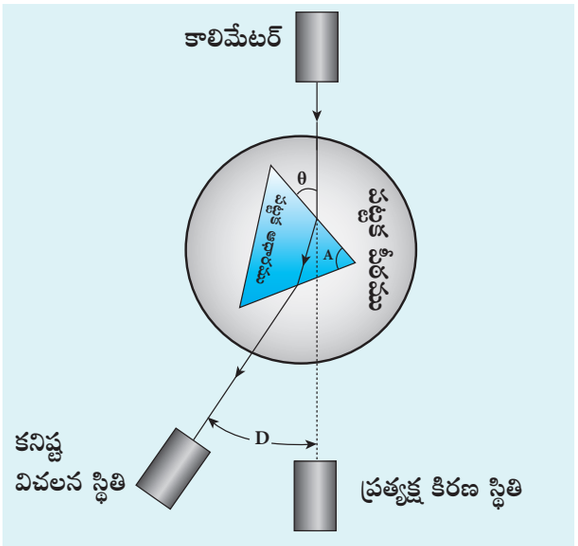
పటము **7.44** పట్టక కోణము

పట్టకము యొక్క వక్రీభవన కోణము సమాంతర గొట్టము వైపు పడునట్లు పట్టక బల్లపై పట్టకము యుంచబడును. ఇది పటము 7.44లో చూపబడినది. సమాంతర గొట్టము యొక్క చీలిక సోడియం ఆవిరి బల్బును ఉపయోగించి (ఏక వర్ణ) ప్రకాశవంతము చేయబడును. సమాంతర గొట్టము నుండి వచ్చు కిరణములు పట్టకము యొక్క T_1 మరియు T_2 ప్రక్కలలో పడి పరావర్తనము చెందును.

ఈ రెండు కొలత యొక్క బేధము దూరదర్శిని భ్రమించిన కోణమును ఇచ్చును. ఈ కోణము పట్టక కోణము యొక్క రెండు రెట్లకు సమమగును. ఈ విలువలో సగము పట్టక కోణము A ను ఇచ్చును.

(ii)* కనిష్ట విచలన కోణము D (*Angle of minimum deviation D)

సమాంతర గొట్టము నుండి వచ్చు కాంతి పట్టకము ఒక వక్రీభవన భుజముపై పడును. ప్రక్క భుజము గుండా వక్రీభవనము చెందిన కాంతి దూరదర్శిని గుండా చూసే విధముగా పటము 7.45లో చూపినట్లు పట్టకమును పీఠముపై నుంచవలెను. ఇప్పుడు పట్టక పీఠమును అలాగే త్రిప్పినపుడు, విచలన కోణము యొక్క విలువ తక్కువగును. ఒక దశలో ప్రతిబింబము ఒక స్థానము వద్ద నిలిచి, పట్టక పీఠమును ఇంకా త్రిప్పినప్పుడు ప్రతిబింబము వెనుదిరుగును. దీనిని దూరదర్శినిలో చూస్తూ చేయవలెను. ఈ స్థితి పరిమాణము కనిష్ట విచలన స్థితిని ఇచ్చును.



పటము **7.45** కనిష్ట విచలన కోణము

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 105 28-06-2022 11:41:01

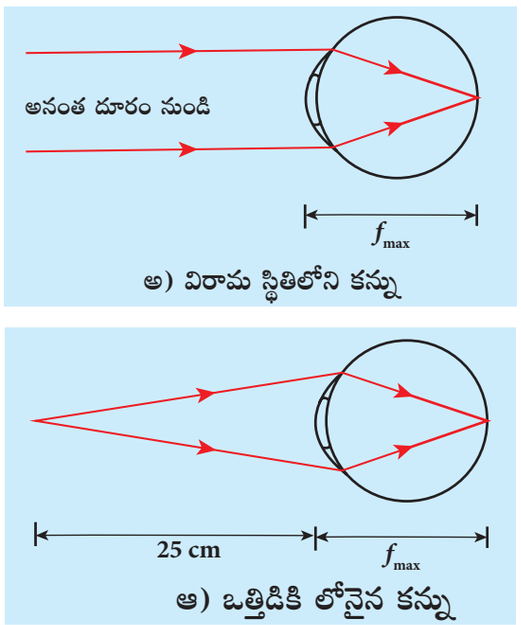
ఇప్పుడు పట్టకమును తొలగించి సమాంతర గొట్టము నుండి వచ్చు ప్రతిబింబము ప్రత్యక్షముగా దూరదర్శిని గుండా చూచు విధముగా దూరదర్శినిని త్రిప్పి కొలతలను గుర్తించుకొనవలెను. ఈ రెండు కొలతల యొక్క బేధమునే కనిష్ట విచలన కోణము D ఇచ్చును. పట్టక పదార్థము యొక్క వక్రీభవన గుణకము n క్రింది వచ్చు సమీకరణమును ఉపయోగించి లెక్కించవచ్చును.

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

శూన్య గాజు పట్టకములో ద్రవమును నింపి పై చెప్పబడిన అదే పద్ధతిలో ప్రయోగము చేసి ద్రవము యొక్క వక్రీభవన గుణకమును కనుగొన వచ్చును.

7.6.7 మానవుని కన్ను (The eye)

మానవులకు సహజముగ కలిగియున్న దృక్ సాధనము కన్ను. కంటి కటకము మృదువుగ కలిగి ఉన్నందున దాని నాభ్యాంతరమును కొంత మేరకు మార్చుటకు వీలవుతుంది. కళ్ళు సంపూర్ణ విరామ స్థితిలో ఉన్నప్పుడు వాటి నాభ్యాంతరము గరిష్ఠమగును. కళ్ళు ఒత్తిడికి లోనై వస్తువులను చూచినపుడు వాటి నాభ్యాంతరము కనిష్ఠమగును. స్పష్టముగా వస్తువులను చూచుటకు, వస్తువు యొక్క ప్రతిబింబము రెటీనాపై సరిగా పడవలయును. యుక్త వయస్కులకు నేత్ర గోళము వ్యాసము సుమారుగా 2.5సెం.మీగా ఉంటుంది. కనుక కంటి కటకమునకు రెటీనాకు మధ్యనున్న దూరము ఎల్లప్పుడూ 2.5సెం.మీ ఉంటుంది. కంటిలో నున్న రెండు పారదర్శక ద్రవములు అక్వస్ ద్రవము మరియు విట్రస్ ద్రవము అను వాటి వక్రీభవన గుణకములకు ప్రాముఖ్యతను ఇవ్వకుండా అవి వాటి దృక్ సంబంధిత పనులను గురించి చర్చిద్దాము. సాధారణ చూపు కలిగిన ఒక వ్యక్తి అనంత దూరములో నుంచబడిన వస్తువులను గరిష్ట నాభ్యాంతరముతో $f_{\text{గరిష్టం}}$ శ్రమ లేకుండా కంటి ద్వారా చూచుటకు వీలగును. ఇది పటము 7.46 (అ)లో చూపబడినది. ఇదే విధముగా 25సెం.మీ దూరములో నుంచబడిన వస్తువును కనిష్ట నాభ్యాంతరము $f_{\text{కనిష్టం}}$ తో కంటిని ఒత్తిడికి లోను చేసి చూచుటకు వీలగును. ఇది పటము 7.46 (ఆ) లో చూపబడినది.



పటము 7.46 సాధారణ కన్ను యొక్క కేంద్రీకరణము

మానవుని కంటి యొక్క గరిష్ట నాభ్యాంతరము $f_{\text{గరిష్టం}}$ మరియు కనిష్ట నాభ్యాంతరము $f_{\text{కనిష్టం}}$ అయితే కటక సమీకరణము నుండి (6.63)

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

వస్తువు అనంత దూరములో నున్నప్పుడు $u = -\infty$, మరియు $v = 2.5$ సెం.మీ (కంటి కటకమునకు రెటీనాకు మధ్య నున్న దూరము). గరిష్ట నాభ్యాంతరముతో ($f_{\text{గరిష్టం}}$) వస్తువులను విరామ స్థితిలోని కన్ను చూడగల్గుతుంది. కటక సమీకరణములో పై విలువలను ప్రతిక్షేపించగా

$$\frac{1}{f_{\text{గరిష్టం}}} = \frac{1}{2.5\,\text{సెం.మీ}} - \frac{1}{-\infty}$$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 106 28-06-2022 11:41:02

$f_{\text{గరిష్టం}} = 2.5$ సెం.మీ

వస్తువు దగ్గర బిందువులో నున్నప్పుడు $u = -25$ సెం.మీ మరియు $v = 2.5$ సెం.మీ కనిష్ట నాభ్యాంతరము $f_{\text{కనిష్టం}}$ తో వస్తువును ఒత్తిడికి లోనైన స్థితిలో కన్ను చూడగల్గుతుంది. ఈ విలువలను కటక సమీకరణములో ప్రతిక్షేపించగా

$$\frac{1}{f_{\text{కనిష్టం}}} = \frac{1}{2.5 \text{ సెం.మీ}} - \frac{1}{-25 \text{ సెం.మీ}}$$

$$f_{\text{కనిష్టం}} = 2.27 \text{ సెం.మీ}$$

$$f_{\text{గరిష్టం}} - f_{\text{కనిష్టం}} = 0.23 \text{ సెం.మీ}$$

అనే ఈ కనిష్ట కొలత పరిమాణముతో కంటి కటకము యొక్క నాభ్యాంతరమును మార్చుట వలన అనంత దూరము నుండి సమీప బిందువు వరకు వస్తువులను ఒక వ్యక్తి చూడగలడు. ఇప్పుడు మన కంటిలో ఏర్పడు కొన్ని సాధారణ లోపాలను గురించి చదివెదము.

7.6.7.1 దగ్గర దృష్టి (సమీప దృష్టి) (హ్రస్వ దృష్టి) (Nearsightedness (*myopia*))

దగ్గర దృష్టి లోపము వలన ప్రభావితమైన ఒక వ్యక్తి దూరములో నున్న వస్తువులను చూచుటకు వీలుకాదు. ఈ లోపమునకు కారణము కంటి కటకము యొక్క నాభ్యాంతరము చాలా తక్కువగా ఉంటుంది. లేదా నేత్ర గోళము యొక్క వ్యాసము సాధారణ పరిమాణము కంటే ఎక్కువగా నుండును. ఈ విధమైన లోపముచే బాధించబడిన వారిలో కావలసినంత మేరకు కళ్ళను విశ్రాంత స్థితికి తీసుకురావడానికి వీలుకాదు. కాని కటకమును ఉపయోగించి ఈ లోపములను సరిచేయవచ్చును.

పటము 7.47(అ)లో చూపిన విధముగా దూరములో నున్న వస్తువుల నుండి వచ్చు సమాంతర కిరణములు రెటీనాను చేరుటకు మునుపే కేంద్రీకరింపబడుతాయి. కాని దగ్గరనున్న వస్తువులను ఈ లోపము గల వారు స్పష్టముగా చూడగలరు. పటము 7.47 (ఆ)లో చూపిన విధముగా సమీప దృష్టి లోపము గల వారు వీక్షించగలుగు దూరమును 'x' అనుకొనుము. సరిచేయు కటకమును ఉపయోగించి అనంత దూరములో నున్న వస్తువుల యొక్క మిథ్యా ప్రతిబింబములను x బిందువులో ఏర్పరచి ఈ లోపములను సరిచేయవచ్చును. ఇది పటము 7.47 (ఇ)లో చూపబడినది.

పటము 7.47 దగ్గర దృష్టి లోపము కలిగిన కన్ను మరియు దానిని సరిచేయు పద్ధతి

కటక సమీకరణము 6.63ను ఉపయోగించి సమీప దృష్టి లోపమును సరిచేయు కటకము యొక్క నాభ్యాంతరమును లెక్కించవచ్చును.

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

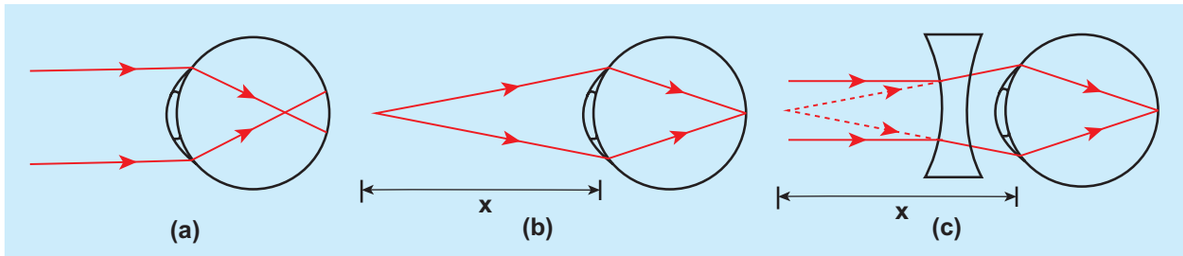
ఇక్కడ $u = -\infty$, $v = -x$ ఈ విలువలను కటక సమీకరణములో ప్రతిక్షేపించగా

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{-x} - \frac{1}{-\infty}$$

సరిచేసిన కటకము యొక్క నాభ్యాంతరము

$$f = -x \qquad (7.83)$$

పై సమీకరణములో నున్న ఋణాత్మక గుర్తు, సవరణ కటకము పుటాకార కటకము అని సూచించును. ప్రాథమికముగా సమాంతర



పటము 7.47 సమీప దృష్టి దోష కన్ను మరియు సవరణ

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 107 28-06-2022 11:41:03

కిరణములు, ఈ పుటాకార కటకముచే విముఖీకరణ కిరణములుగా మారి రెటీనాలో కేంద్రీకరింపబడుతాయి.

7.6.7.2 దూరదృష్టి (దీర్ఘ దృష్టి) (Farsightedness (*hypermetropia*))

దూరదృష్టి లోపము గల వారు కంటికి దగ్గరగా నున్న వస్తువులను స్పష్టముగా చూడలేరు. దీని కారణము కంటి కటకము యొక్క నాభ్యాంతరము చాలా ఎక్కువగా నుండును. లేదా నేత్ర గోళము సహజము కంటే చిన్నదిగా నుండుట వలన ఈ లోపము ఏర్పడును. ఈ లోపము గల వారు సమీప బిందువు 25సెం.మీ కంటే ఎక్కువగా నుండును. కావున చదువుట మరియు చిన్న వస్తువులను చేతిలో ఎత్తుకొని చూచుట అను పనులు చేయుటకు వీరికి సులభము కాదు. వయస్సు ఎక్కువ అయిన కారణముగా ఏర్పడు ఈ విధమైన లోపమును చత్వారం అని అంటారు. వయస్సు అయిన వారు తమ కంటిని ఒత్తిడికి లోనుచేసి కంటి కటకము యొక్క నాభ్యాంతరమును తక్కువ చేయలేరు. దగ్గర బిందువులో నున్న వస్తువు నుండి వచ్చు కాంతి కిరణములు రెటీనాకు వెనుకవైపు కేంద్రీకరింపబడుట పటము 7.48(అ)లో చూపబడినది. కాని ఈ లోపము గల వారు 25సెం.మీ కంటే ఎక్కువ దూరములో నున్న వస్తువులను చూడగలరు.

దూరదృష్టి లోపము గల వారు చూడగలుగు కనిష్ట దూరము y అనుకొనుము. ఈ దూరమునకు బయట నున్న వస్తువును పై లోపము గల వారి వలన చూచుటకు వీలగును. ఇది పటము 7.48(ఆ)లో చూపబడినది. ఈ లోపమును సరిచేయుటకు 7.48(ఇ)లో చూపిన విధముగా y బిందువు వద్ద నున్న వస్తువుల యొక్క మిథ్యా ప్రతిబింబమును సరిచేయు కటక సహాయముతో కంటి నుండి 25సెం.మీ దూరములో (దగ్గర బిందువు) ఏర్పరచవలెను. కటక సమీకరణము 6.63ను ఉపయోగించి దూరదృష్టి లోపము గల వారిని సరిచేయు కటకము యొక్క నాభ్యాంతరమును లెక్కించవచ్చును.

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

ఇక్కడ $u=-25$ సెం.మీ, $v=-y$ ఈ విలువలను కటక సమీకరణములో ప్రతిక్షేపించగా

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{-y}-\frac{1}{-25 \text{ సెం.మీ}}$$

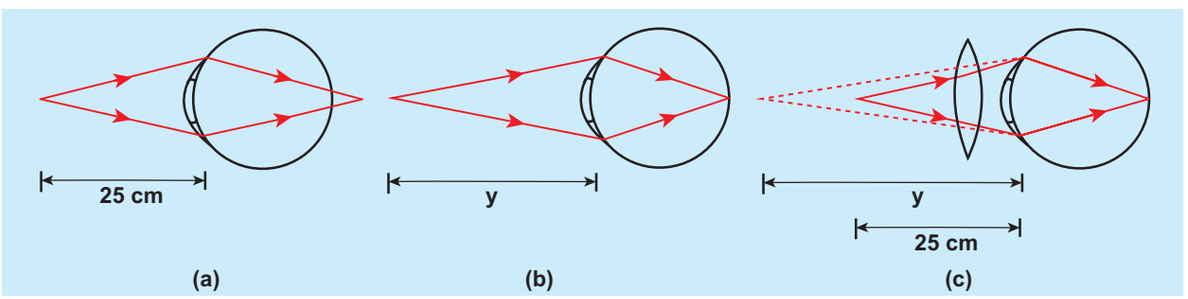
పై సమీకరణమును సూక్ష్మీకరించగా

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{25 \text{ సెం.మీ}}-\frac{1}{y}=\frac{y-25 \text{ సెం.మీ}}{y\times 25 \text{ సెం.మీ}}$$

$$f=\frac{y \text{ x } 25 \text{ సెం.మీ}}{y-25 \text{ సెం.మీ}} \qquad (7.84)$$

పై సమీకరణమును ఉపయోగించి లెక్కించదగిన నాభ్యాంతరము ధనాత్మక విలువను పొందియున్నది. ఎందుకనగా y ఎల్లప్పుడు 25సెం.మీ కంటే ఎక్కువగా నుండును. నాభ్యాంతరములో నున్న ధనాత్మక గుర్తు సరిచేయబడు కటకము కుంభాకార కటకమని తెలుపుతుంది. ప్రాథమికముగా ఇక్కడ కుంభాకార కటకము y ను దాటి వచ్చు కాంతి కిరణములను కేంద్రీకరింపజేసి అన్నింటినీ రెటీనాపై పడునట్లు చేస్తుంది.

7.6.7.3 అసమ దృష్టి లేదా అబిందుక దృష్టి (Astigmatism)



పటము **7.48** దూర దృష్టి దోష కన్ను మరియు సవరణ

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 108 28-06-2022 11:41:04

కంటి కటకములో, వేర్వేరు వక్రతలు కలిగిన తలములు కనబడుట వలన అసమదృష్టి లోపము ఏర్పడును. అసమ దృష్టి లోపము గల వారి వలన అన్ని దిశలలోను స్పష్టముగా ఒకే విధముగా చూచుటకు వీలుకాదు. దగ్గర దృష్టి మరియు దూర దృష్టి లోపము కంటే ఈ లోపము కొంత విషమమైనది. వేర్వేరు వక్రతా వ్యాసార్ధములు కలిగిన తలములు గల కటకములను ఉపయోగించి అసమ దృష్టి లోపమును సరిచేయవచ్చును. వేర్వేరు వక్రతా వ్యాసార్ధము గల తలములను కలిగిన కటకములను స్థూపాకార కటకములు అని అంటారు.

వయస్సు కారణము వలన ఒకటి కంటే ఎక్కువ కంటి లోపములు మనుషులకు ఏర్పడవచ్చు. దగ్గర దృష్టి మరియు దూర దృష్టి అను రెండు లోపాలు సమ్మిళితంగా కలిగిన మనుషులలో చదువుటకు కేంద్రీకరించు గాజును దూరములో నున్న వస్తువులను చూచుటకు విముఖీకరణ గాజును ఉపయోగించవలయును. ఈ విధముగా వేర్వేరుగా కటకములను ఉపయోగించుట కష్టతరం. దీని కొరకు ద్వినాభీయ కటకములు (Bifocal lens) వరుసగా నాభ్యాంతరము కలిగిన కటకము (progressive lens) లను ఉపయోగించెదరు.

ఉదాహరణ 7.22

దగ్గర దృష్టి లోపము గల వ్యక్తి వలన 1.8మీ దూరము లోపల నున్న వస్తువులను చూచుటకు వీలగును. ఇతని లోపమును సవరించుటకు ఉపయోగించవలసిన కటక సామర్థ్యమును కనుగొనుము.

సాధన

దగ్గర దృష్టి లోపము గల వ్యక్తి వలన చూచుటకు వీలగు గరిష్ట దూరము $x = 1.8$ మీ

లోపమును సరిచేయుటకు ఉపయోగించు కటకము యొక్క నాభ్యాంతరమును అనుకొనుము.

$f = -x$ మీ $= -1.8$ మీ

పుటాకార కటకము లేదా విముఖీకరణము కటకమును ఉపయోగించి ఈ లోపమును సరిచేయవచ్చును.

కటక సామర్థ్యము

$$P = -\frac{1}{1.8\ \text{m}} = -0.56\ \text{D}.$$

ఉదాహరణ 7.23

దూర దృష్టి లోపము గల వ్యక్తి వలన స్పష్టముగా చూచుటకు వీలగును. కనిష్ట దూరము 75సెం.మీ. ఈ లోపమును సరిచేయుటకు ఉపయోగించబడు కటకము యొక్క సామర్థ్యమును కనుగొనుము.

సాధన

స్పష్టముగా చూచుటకు వీలగు కనిష్ట దూరము $y = 75$ సెం.మీ

లోపమును సరిచేయుటకు ఉపయోగించబడు కటకము యొక్క నాభ్యాంతరమును అనుకొనుము.

$$f = \frac{y \times 25\ \text{సెం.మీ}}{y - 25\ \text{సెం.మీ}}$$

$$f = \frac{75\ \text{సెం.మీ} \times 25\ \text{సెం.మీ}}{75\ \text{సెం.మీ} - 25\ \text{సెం.మీ}} = 37.5\ \text{సెం.మీ}$$

ఇది ఒక కుంభాకార కటకము లేదా కేంద్రీకరణ కటకమగును.

కటక సామర్థ్యము

$$P = \frac{1}{0.375\ \text{m}} = 2.67\ \text{D}.$$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 109 28-06-2022 11:41:04

సారాంశము

- కాంతి తరంగధర్మముతోబాటు కణ ధర్మమును కూడా కలిగియున్నది.
- ఒకే దశలో లేదా ఒకే స్థితిలో కంపనాల కలిగిన కేంద్రీకరణ బిందువులను తరంగాగ్రము అని అంటారు. తరంగాగ్రము యొక్క వ్యాప్తిని హైగెన్ నియమము వివరిస్తుంది.
- కాంతి తరంగాగ్రము వలె విస్తరించును. బిందు కాంతిజనకము గోళాకార తరంగాగ్రము మరియు అనంత దూరములో నున్న కాంతిజనకము సమతల తరంగాగ్రము ఉత్పత్తి చేయును.
- కాంతి పరావర్తనము మరియు వక్రీభవన నియమాలను హైగెన్ నియమము నిరూపించును.
- రెండు కాంతి తరంగాలు ఆధ్యారోపణము వలన కొన్ని బిందువులలో కాంతి తీవ్రత ఎక్కువగాను కొన్ని బిందువులలో కాంతి తీవ్రత తక్కువగాను కనబడును. ఈ సంఘటన వ్యతికరణము అంటారు.
- వ్యతికరణ ప్రభావమును అనుసరించి రెండు కాంతి తీవ్రతలు I_1 మరియు I_2 అయిన

  $I_{\text{గరిష్టం}} = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}$; $I_{\text{కనిష్టం}} = I_1 + I_2 - 2\sqrt{I_1 I_2}$
- – వ్యతికరణ కాంతి తరంగాలు సమానమైన తీవ్రత I_0 మరియు దశ బేధము ϕ ను కలిగియుండిన

  $I = 4I_0 \cos^{2}(\phi/2)$

  $I_{\text{గరిష్టం}} = 4I_0$ ఇక్కడ,, $\phi = 0, \pm 2\pi, 4\pi...,$

  $I_{\text{కనిష్టం}} = 0$ ఇక్కడ,, $\phi = \pm\pi, \pm 3\pi, \pm 5\pi...,$
- రెండు కాంతి జనకముల నుండి బయటకు వచ్చు తరంగములు ఒకే దశ లేదా స్థిరమైన దశ బేధము, ఒకే కంపనమును లేదా తరంగదైర్ఘ్యము (ఏక వర్ణ) ఒకే తరంగ రూపము మరియు ఒకే వ్యాప్తి కలిగియుండిన వాటిని సంబద్ధ కాంతి జనకములు అంటారు.
- తరంగాగ్ర విభజన పద్ధతి, తీవ్రత విభజన పద్ధతి మరియు కాంతి జనకము యొక్క నిజ ప్రతిబింబము మరియు మిథ్యా ప్రతిబింబము వలన సంబద్ధ కాంతి జనకములను పొందవచ్చును.
- యంగ్స్ ద్వంద్వ చీలిక తరంగగ్రాము విభజన పద్ధతిని ఉపయోగించి సంబద్ధ కాంతి జనకమును ఉత్పత్తి చేస్తుంది.
- యంగ్ ద్వంద్వ చీలిక ప్రయోగములో n వ వెలుతురు పట్టీ యొక్క స్థానమును తెలుసుకొనుటకు సహాయపడు సమీకరణము $y_n = n\dfrac{\lambda D}{d}$
- యంగ్ ద్వంద్వ చీలిక ప్రయోగములో n వ చీకటి పట్టీ యొక్క స్థానమును తెలుసుకొనుటకు సహాయపడు సమీకరణము $y_n = \dfrac{(2n-1)}{2}\dfrac{\lambda D}{d}$
- యంగ్ ద్వంద్వ చీలిక ప్రయోగములో పట్టీ వెడల్పుకు సమీకరణము, $\beta = \dfrac{\lambda D}{d}$
- బహుళ వర్ణ కాంతి (తెల్లని కాంతి) వ్యతికరణము వలన వర్ణయుత వ్యతికరణ పట్టీలు ఉత్పత్తి అవుతాయి.
- తెల్లని కాంతి వ్యతికరణ ప్రభావము వలన పలుచని పటలములు వర్ణయుతముగా కనబడును.
- పలుచని పొరలలో పరావర్తన కాంతికి నిర్మాణాత్మక మరియు వినాశక వ్యతికరణములు వరుసగా $2\mu d = (2n-1)\dfrac{\lambda}{2}$, $2\mu d = n\lambda$ గా ఉంటుంది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 110 28-06-2022 11:41:05

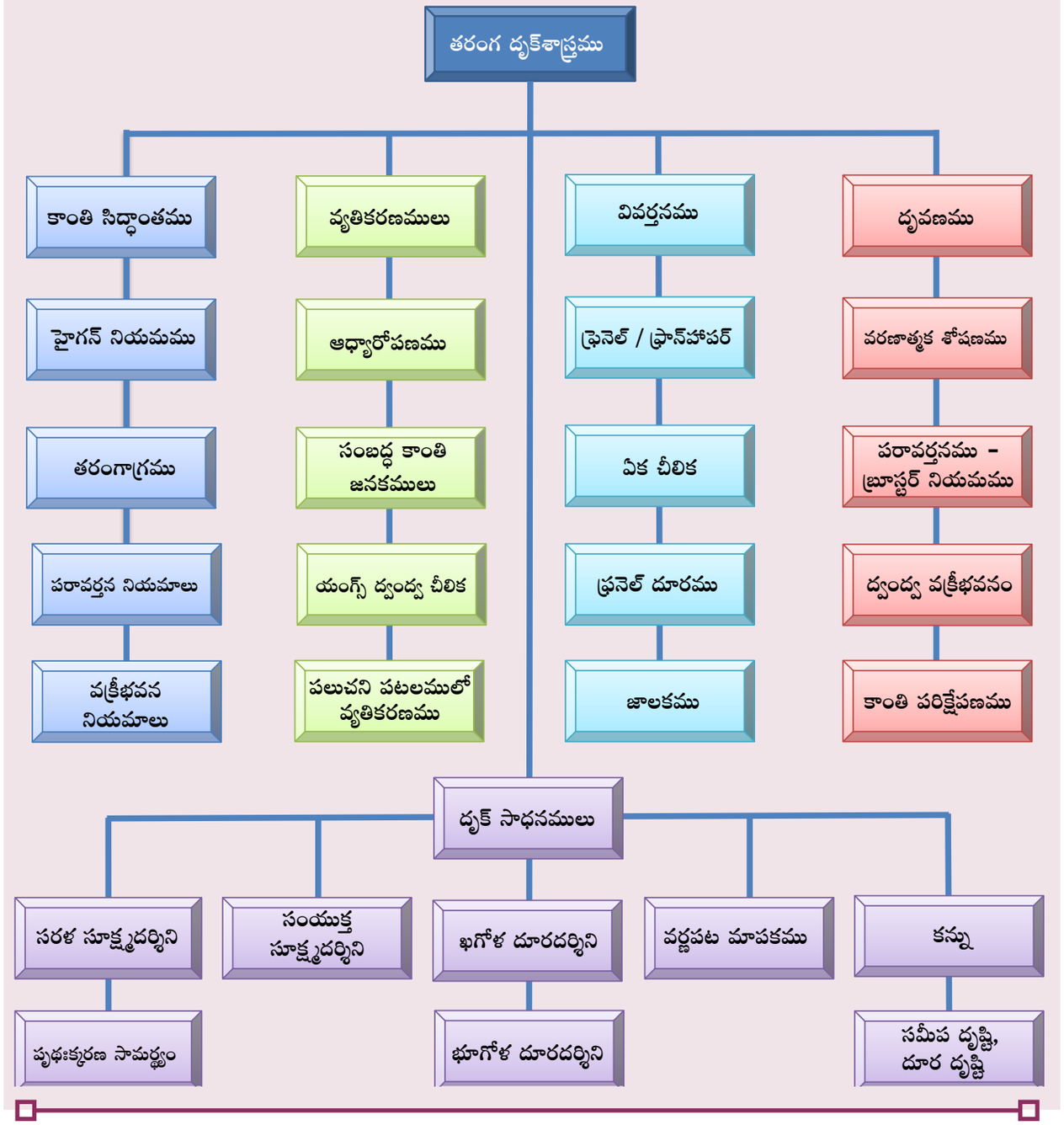
- ప్రసరణ కాంతి వరుసగా $2\mu d = n\lambda;\ 2\mu d = (2n-1)\frac{\lambda}{2}$ గా ఉంటుంది.
- అవరోధపు ఛాయ భాగములోకి దాని అంచుల వద్ద నుండి కాంతి తరంగములు జ్యామితీయంగా వంగి ప్రయాణించుటను వివర్తనము అంటారు.
- గోళాకార తరంగాగ్రము ఫ్రెనెల్ వివర్తన ప్రభావమునకు లోనగును.
- సమతల తరంగాగ్రము ఫ్రాన్‌హాఫర్ వివర్తన ప్రభావమునకు లోనగును.
- ఏక చీలిక వివర్తనములో n వ కనిష్టమునకు నిబంధన $a\sin\theta = n\lambda$ (n వ కనిష్టం)
- ఏక చీలిక వివర్తనములో n వ గరిష్టమునకు నిబంధన $a\sin\theta = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$ (n వ గరిష్టం)
- ఎంత దూరము వరకు కిరణ దృక్ శాస్త్రము పాటించబడుతుందో మరియు ఏ దూరమును దాటి కిరణ దృక్ శాస్త్రము పాటించబడదో, ఆ దూరమును ఫ్రెనెల్ దూరము అంటారు. కాని ఇందులో తరంగ దృక్ శాస్త్రము అధిక ప్రాముఖ్యతను కలిగియుంటుంది. $z = \frac{a^2}{2\lambda}$
- కాంతి యొక్క తరంగదైర్ఘ్యముతో పోల్చదగిన మందము కలిగిన, బహుళ చీలికలు కల జాలకములో కూడా వివర్తనము ఏర్పడును. $(a+b)\sin\theta = m\lambda;\ \sin\theta = Nm\lambda$
- వివర్తన జాలకము మరియు వర్ణపట మాపకమును ఉపయోగించి ఏకవర్ణ కాంతి మరియు వేర్వేరు రంగుల బహుళ వర్ణ కాంతి యొక్క తరంగదైర్ఘ్యమును కనుగొనవచ్చును.
- రేలీ (*Rayleigh's*) నిబంధనము ప్రకారము, ఏ కనిష్ట దూరములో రెండు బిందువులు ఉన్నప్పుడు వాటివలన ఏర్పడు ప్రతిబింబములకు ఒకదాని వివర్తనము ప్రతిబింబము యొక్క కేంద్రీయ గరిష్ట బిందువుతో ప్రతిబింబము యొక్క మొదటి కనిష్టము ఏకీభవించునో (లేదా దాని మార్పుగా ఉన్నప్పుడో) ఆ స్థానములోనే ఆ రెండు వస్తువులు వేరువేరుగా విభజన చెందును.
- కోణీయ పృథఃక్కరణము యొక్క విలువ, $\theta = \frac{1.22\lambda}{a}$
- ప్రత్యేక పృథఃక్కరణము, $r_0 = \frac{1.22\lambda f}{a}$
- వివర్తన ప్రభావము వలన ఏర్పడు మసకబారిన ప్రతిబింబమును స్పష్టముగా చూడుటకు తగు కనిష్ట దూరమును పృథఃక్కరణము అంటారు.
- కాంతి తరంగముల ప్రసరణ దిశకు లంబముగా ఒక నిర్ధిష్ట దిశలో మాత్రమే కాంతి యొక్క విద్యుత్ క్షేత్రము లేదా అయస్కాంత క్షేత్ర సదిశ కంపనాలు ఉన్న విధముగా నియంత్రించబడుటను కాంతి ధృవణము అంటారు.
- కాంతి తరంగములు ప్రసరించు దిశకు లంబముగా ఒక దిశలో మాత్రమే కాంతి తరంగాల యొక్క కంపనాలు ఉండిన, ఆ కాంతి సమతల ద్రువిత కాంతి అనబడును.
- విద్యుత్‌క్షేత్ర సదిశల యొక్క కంపనాలను కలిగిన తలము కంపన తలము అని పిలువబడును.
- కంపన తలమునకు లంబముగా కాంతి కిరణములను కలిగిన తలము ధృవణ తలము అని పిలువబడును.
- విశ్లేషకమును ప్రతి 90°ల కోణము త్రిప్పినపుడు సమతల ద్రువిత కాంతి యొక్క తీవ్రత గరిష్టము నుండి సున్న వరకు మార్పు చెందుతుంది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 111 28-06-2022 11:41:05

- విశ్లేషకమును ప్రతి 90° కోణము త్రిప్పినపుడు కాంతి తీవ్రత గరిష్టము నుండి కనిష్ట విలువల మధ్య మార్పు చెందినట్లైతే, అది పాక్షిక ధృవిత చెందిన కాంతి అనబడును.
- రెండు అడ్డముగా గల పోలరాయిడ్‌ల ద్వారా ప్రసార కాంతి తీవ్రతను మాలూస్ నియమము ద్వారా తెలుపవచ్చును. $I = I_0 \cos^2\theta$
- ద్వంద్వ వక్రీభవనముల ఆధారముగా నికాల్ పట్టికము సాధారణ మరియు అసాధారణ కాంతి కిరణములను వేరుపరుచును.
- పతన కిరణ దిశకు లంబ దిశలో పరిక్షేపణము చెందిన కాంతి సమతల ధ్రువిత కాంతిగా కనబడును.
- ఏక కుంభాకార కటకము నాభ్యాంతరము లోపల వస్తువును ఉంచినపుడు అది ఒక సరళ సూక్ష్మదర్శినిగా పనిచేయును.
- సమీప బిందు కేంద్రీకరణపరుచుటలో ప్రతిబింబము ఏర్పడు దూరము $D = 25$ సెం.మీ
- సమీప బిందు కేంద్రీకరణపరుచుటలో ఆవర్ధన సమీకరణము, $m = 1 + \frac{D}{f}$
- సహజ కేంద్రీకరణపరచుటలో, ప్రతిబింబముగా అనంత దూరములో ఏర్పడును. సహజ కేంద్రీకరణలో ఆవర్ధన సమీకరణము, $m = \frac{D}{f}$
- సూక్ష్మదర్శిని యొక్క పృథఃక్కరణ సామర్థ్యము, $R_M = \frac{1}{d_{\text{కనిష్టం}}} = \frac{2(NA)}{1.22\lambda}$
- సూక్ష్మదర్శిని యొక్క పృథఃక్కరణ సామర్థ్యము, $R_T = \frac{1}{r_0} = \frac{a}{1.22\lambda f}$
- సమీప బిందువు కేంద్రీకరణ పరుచుటలో, ఒక సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని యొక్క ఆవర్ధనమునకు సమీకరణము, $m = m_o m_e = \left(\frac{L}{f_o}\right)\left(1 + \frac{D}{f_e}\right)$
- సహజ స్థితి కేంద్రీకరణపరచుటలో, ఒక సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని యొక్క ఆవర్ధనమునకు సమీకరణము, $m = m_o m_e = \left(\frac{L}{f_o}\right)\left(\frac{D}{f_e}\right)$
- ఖగోళ దూరదర్శిని ఆవర్ధనము $m = \frac{f_o}{f_e}$ గొట్టము యొక్క పొడవు $L = f_o + f_e$
- దగ్గర దృష్టి లోపమును సరిచేయు కటకము ఒక పుటాకార కటకము అగును. దాని నాభ్యాంతరము $f = -x$ ఇక్కడ x అనునది స్పష్టముగా తెలియు కనిష్ట దూరము.
- దూరదృష్టి లోపమును సరిచేయు కటకము ఒక కుంభాకార కటకము అగును. దాని నాభ్యాంతరము $f = \frac{y \text{ x } 25 \text{ సెం.మీ}}{y - 25 \text{ సెం.మీ}}$ ఇక్కడ 25 సెం.మీ అనునది స్పష్టముగా కనబడు కనిష్ట దూరము.
- వయసు కారణముగా ఏర్పడు దూరదృష్టిని చత్వారం అని అంటారు.
- కంటి కటకములో వేర్వేరు తలములతో బాటు వక్రతలు ఉండుట వలన అసమ బిందుక దృష్టి లోపము కలుగుతుంది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 112 28-06-2022 11:41:05

భావన చిత్ర పటము



12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 113 28-06-2022 11:41:05

సరియైన సమాధానమును ఎన్నుకొనుము.

1. అనేక వర్ణములలో వ్రాయబడిన అక్షములపై (ఊదా, పచ్చ, పసుపు మరియు ఎరుపు) ఒక సమతల గాజు వుంచబడినది. ఏ వర్ణములో వ్రాయబడిన అక్షరము ఎక్కువ ఎత్తులో కనబడును?

అ) ఎరుపు ఆ) పసుపు

ఇ) పచ్చ ఈ) ఊదా

2. ఒక నల్లని కాగితముపై 1–మి.మీ దూరములో రెండు తెల్లని బిందువులు కలవు. దీనిని సుమారుగా 3మి.మీ వ్యాసము కలిగిన కంటి కటకము గల కళ్ళ ద్వారా వీక్షించిన యెడల కంటి వలన ఈ రెండు బిందువులను స్పష్టముగా చూచుటకు ఉండవలసిన గరిష్ట దూరము ఎంత? (ఉపయోగించు కాంతి తరంగదైర్ఘ్యము $\lambda = 500$ nm)

అ) 1 m ఆ) 5 m

ఇ) 3 m ఈ) 6m

3. యంగ్ ద్వంద్వ చీలిక ప్రయోగములో చీలికలకు మధ్యవున్న దూరము రెండింతలు చేయబడెను. తెరలో ఏర్పడు పట్టిక వెడల్పు మారకుండా ఉండుటకు చీలికకు మరియు తెరకు మధ్య దూరము ఎంత ఉండవలెను?

అ) $2D$ అ) $\frac{D}{2}$

ఇ) $\sqrt{2}D$ ఈ) $\frac{D}{\sqrt{2}}$

4. I మరియు $4I$ కాంతి తీవ్రత కలిగిన రెండు ఏకవర్ణ సంబద్ధ కాంతి పుంజములు ఒకదానితోనొకటి ఆధ్యారోపణము చెందినవి. ఫలిత ప్రతిబింబములో ఏర్పడు గరిష్ట మరియు కనిష్ట కాంతి తీవ్రత (IIT-JEE 1988)

అ) $5I$ మరియు I అ) $5I$ మరియు $3I$

ఇ) $9I$ మరియు I ఈ) $9I$ మరియు $3I$

5. 5×10^{-5} సెం.మీ మందము కలిగిన సబ్బు పటలముపై కాంతి పతనమైనది. దృగ్గోచర భాగములో పరావర్తనము చెందిన కాంతి యొక్క గరిష్ట తరంగదైర్ఘ్యము 5320 Å అయిన సబ్బు పటలము యొక్క వక్రీభవన గుణకము ఎంత?

అ) 1.22 ఆ) 1.33

ఇ) 1.51 ఈ) 1.83.

6. 30° కోణము వద్ద 1.0×10^{-5} సెం.మీ వెడల్పు కలిగిన ఏక చీలిక వలన ఏర్పడు వివర్తనము యొక్క మొదటి కనిష్టము అయిన, ఉపయోగించబడు కాంతి యొక్క తరంగదైర్ఘ్యము ఎంత?

అ) 400 Å ఆ) 500 Å

ఇ) 600 Å ఈ) 700 Å

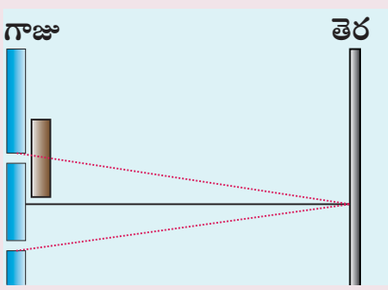
7. గాజు పలకపై 60° కోణములో కాంతి కిరణము పతనమైనది. పరావర్తనము మరియు వక్రీభవనము చెందిన కాంతి కిరణములు రెండు ఒకదానికొకటి లంబముగా ఉన్నట్లయితే గాజు యొక్క వక్రీభవన గుణకము ఎంత?

KF0H6

అ) $\sqrt{3}$ ఆ) $\frac{3}{2}$

ఇ) $\sqrt{\frac{3}{2}}$ ఈ) 2

8. పటములో చూపిన విధముగా ఒక యంగ్ ద్వంద్వ చీలికను ఒక గాజుచే మూయబడినట్లయితే, కేంద్రీయ గరిష్టము యొక్క స్థానము ఎక్కడ అమరియుండును?



12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 114 28-06-2022 11:41:06

అ) క్రిందివైపు స్థానభ్రంశము
ఆ) పై వైపు స్థానభ్రంశము
ఇ) అక్కడే వుండును
ఈ) ఇవ్వబడిన వివరములు అసంతృప్తిగా ఉన్నవి

9. నికోల్ పట్టకము గుండా ప్రసరించు కాంతి
అ) పాక్షిక ధృవణము చెందును
ఆ) ధృవణము చెందదు
ఇ) పూర్తిగా ధృవణము చెందును
ఈ) దీర్ఘవృత్తాకార ధృవణము చెందును

10. కాంతి యొక్క తిర్యక్ స్వభావమును క్రింది దృగ్విషయమును ప్రదర్శించును
అ) వ్యతికరణము ఆ) వివర్తనము
ఇ) పరిక్షేపణము ఈ) ధృవణము

జవాబులు

1) ఈ **2)** ఆ **3)** అ **4)** ఇ **5)** ఆ
6) ఆ **7)** అ **8)** ఆ **9)** ఇ **10)** ఈ

క్లుప్తముగా జవాబులు వ్రాయుము

1. కాంతి కణ సిద్ధాంతము యొక్క ముఖ్య అంశములేవి?

2. కాంతి యొక్క తరంగ సిద్ధాంతము యొక్క ముఖ్య అంశములేవి?

3. కాంతి యొక్క విద్యుదయస్కాంత తరంగ సిద్ధాంతము యొక్క ముఖ్యత్వమేమి?

4. కాంతి యొక్క క్వాంటమ్ సిద్ధాంతమును గురించి క్లుప్తముగా వ్రాయుము.

5. తరంగాగ్రం అనగానేమి?

6. అ) అనంత దూరములోని జనకము
ఆ) బిందు జనకము
ఇ) రేఖీయ జనకము వలన ఏర్పడు తరంగాగ్ర రూపములను తెలుపుము.

7. హైగెన్ సిద్ధాంతమును నిర్వచింపుము.

8. కాంతి యొక్క వ్యతికరణము అనగానేమి?

9. తరంగ దశ అనగానేమి?

10. దశ భేదమునకు పథ భేదమునకు వున్న సంబంధమును రాబట్టుము.

11. సంబద్ధ కాంతి జనకములు అనగానేమి?

12. తరంగాగ్ర విభజన ఏ విధంగా సంబద్ధ కాంతి జనకములను ఉత్పత్తిచేయును?

13. కాంతి తీవ్రత లేదా కంపన పరిమితి విభజన అనగానేమి?

14. కాంతి జనకము దాని ప్రతిబింబము ఏ విధముగా సంబద్ధ కాంతి జనకముగా పనిచేయునని క్లుప్తముగా వివరించుము.

15. వ్యతికరణ పట్టిక అమరికలో ఏర్పడు పట్టిక వెడల్పును నిర్వచింపుము.

16. వివర్తనము అనగానేమి?

17. ఫ్రెనెల్ మరియు ఫ్రాన్‌హాఫర్ వివర్తనమునకు మధ్యనున్న భేదము లేవి?

18. ఫ్రాన్‌హాఫర్ వివర్తనములో ఏర్పడు మొదటి కనిష్టమునకు సంబంధించి ప్రత్యేక సందర్భమును తెలుపుము.

19. ఫ్రెనెల్ దూరము అనగానేమి? దానికి సమీకరణమును ఉత్పాదించుము.

20. వ్యతికరణమునకు, వివర్తనమునకు మధ్యగల భేదములేవి?

21. వివర్తన జాలకము అనగానేమి?

22. పృథఃక్కరణము అనగానేమి?

23. రేలీ నిబంధనము అనగానేమి?

24. పృథఃక్కరణము మరియు ఆవర్ధనము మధ్య గల భేదములేవి?

25. ధృవణము అనగానేమి?

26. ధ్రువిత కాంతి మరియు అధ్రువిత కాంతికి మధ్యనున్న భేదములేవి?

27. వరణాత్మక శోషణమును గురించి క్లుప్తముగా తెలుపుము.

28. ధృవణకం మరియు విశ్లేషణ మాపకము అనగానేమి?

29. సంపూర్ణముగా ధృవణం చెందిన, ధ్రువిత మరియు పాక్షిక ధ్రువిత కాంతి అనగానేమి?

30. మాలూ నియమమును తెలిపి, దానిని రాబట్టుము.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 115 28-06-2022 11:41:06

31. పోలరాయిడ్లు యొక్క ఉపయోగములను తెలుపుము.
32. బ్రూష్టర్ నియమమును నిర్వచింపుము.
33. ధృవణ కోణము అనగానేమి? ధృవణ కోణమునకు సమీకరణమును ఉత్పాదించుము.
34. ఫలకల కుప్ప (pile of plates) ను గురించి ఒక చిన్న జ్ఞాపికను వ్రాయుము.
35. ద్వంద్వ వక్రీభవనము అనగానేమి?
36. దృక్‌శాస్త్ర పరంగా చర్యాశీల స్ఫటికముల రకములను ఉదాహరణముతో తెలుపుము.
37. నికోల్ పట్టకమును గురించి ఒక చిన్న జ్ఞాపికను వ్రాయుము.
38. కాంతి పరిక్షేపణము ద్వారా ఏ విధముగా కాంతి ధృవణమును పొందగలము?
39. సమీప బిందువు మరియు సహజ కేంద్రీకరణ అనగానేమి?
40. నూనెలో ముంచిన వస్తు కటకమును మాత్రమే సూక్ష్మదర్శినిలో ఎందుకు ఉపయోగిస్తారు?
41. పరావర్తన దూరదర్శినిని ఉపయోగించుటలో నున్న ప్రయోజనాలు మరియు లోపాలు ఏవి?
42. భూగోళ దూరదర్శినిలో ఉపయోగించబడు ఉత్తాపక కటకము యొక్క ఉపయోగము ఏమి?
43. కాలిమేటర్ యొక్క ఉపయోగము ఏమి?
44. వర్ణపట మాపకము యొక్క ఉపయోగములు ఏవి?
45. సమీప దృష్టి అనగానేమి? ఆ లోపాలను ఏ విధంగా సరిచేయవలయును?
46. దూరదృష్టి అనగానేమి? దీనిని సరిచేయు పద్ధతి ఏది?
47. అసమ బిందుక దృష్టి అనగానేమి?
48. చత్వారం అనగానేమి?

వివరముగా జవాబులిమ్ము

1. హైగెన్ నియమము ఆధారముగా పరావర్తన నియమాలను నిరూపించుము.
2. హైగెన్ నియమము ఆధారముగా వక్రీభవన నియమాలను నిరూపించుము.
3. కాంతి వ్యతికరణ ప్రభావము వలన పొందు ఫలిత కాంతి తీవ్రతకు సమాసమును ఉత్పాదించుము.
4. యంగ్ ద్వంద్వ చీలిక పరిశోధన అమరికను వివరించి, పథ భేధమునకైన సమాసమును ఉత్పాదించుము.
5. యంగ్ ద్వంద్వ చీలిక పరిశోధనలో పొందు పట్టిక వెడల్పుకు సమాసమును ఉత్పాదించుము.
6. పలుచని పటలములలో వ్యతికరణమును గురించి చర్చించి ప్రసార మరియు పరావర్తనములకు సంబంధించి నిర్మాణాత్మక మరియు వినాశక వ్యతికరణముల సమీకరణములను ఉత్పాదించుము.
7. ఏక చీలికలో ఏర్పడు వివర్తనమును వివరించి n వ కనిష్టమునకు నిబంధనమును ఉత్పాదించుము.
8. జాలకములో జరుగు వివర్తనమును వివరించి m వ గరిష్టమునకు నిబంధనమును ఉత్పాదించుము.
9. వివర్తన జాలకమును ఉపయోగించి, ఏక వర్ణకాంతి యొక్క తరంగదైర్ఘ్యమును కనుగొను వివరించుము.
10. వివర్తన జాలకమును ఉపయోగించి వేర్వేరు వర్ణము కాంతి యొక్క తరంగదైర్ఘ్యమును కనుగొను ప్రయోగమును వివరించుము.
11. దృక్ సాధనమునకు పృథక్కరణ సామర్థ్యమునకు సమీకరణమును ఉత్పాదించుము.
12. సరళ సూక్ష్మదర్శినిని వివరించి సమీప బిందు కేంద్రీకరణ మరియు సహజ బిందు కేంద్రీకరణలో ఏర్పడు ఆవర్ధనమునకు సమీకరణమును ఉత్పాదించుము.
13. సంయుక్త సూక్ష్మదర్శినిని వివరించి దాని ఆవర్ధనమునకు సమీకరణమును ఉత్పాదించుము.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 116 28-06-2022 11:41:06

14. సూక్ష్మదర్శిని పృథఃక్కరణమునకు సమీకరణమును ఉత్పాదించుము.

15. ఖగోళ సూక్ష్మదర్శినిని వివరించుము.

16. వర్ణపట మాపకము యొక్క వేర్వేరు భాగములను తెల్పి, వర్ణపట మాపకము యొక్క ప్రారంభ సర్దుబాట్లను గురించి వివరించుము.

17. వర్ణపట మాపకమును ఉపయోగించి పట్టక పదార్థం యొక్క వక్రీభవన గుణకమును కనుగొను పరిశోధనను వివరించుము.

అభ్యాస లెక్కలు

1. ఒక వ్యతికరణ పట్టీలో గరిష్ట మరియు కనిష్ట కాంతి తీవ్రతలకు మధ్య నున్న నిష్పత్తి 36:1 అయితే ఆ రెండు వ్యతికరణ తరంగముల కంపన పరిమితి మధ్య నున్న నిష్పత్తి ఎంత?

(జవాబు: 7:5)

2. యంగ్ ద్వంద్వ చీలిక పరిశోధనలో 5893 Å తరంగదైర్ఘ్యము కలిగిన సోడియం కాంతి వలన ద్వంద్వ చీలికలను ప్రకాశవంతము చేసినప్పుడు కంటికి కనబడు భాగములో 62 పట్టీలు కనబడును. సోడియం కాంతికి బదులుగా 4359 Å తరంగదైర్ఘ్యము కలిగిన ఊదా కాంతిని ఉపయోగించిన ఎన్ని పట్టీలు తెరలో కనబడును.

(జవాబు: 84)

3. 600 nm తరంగదైర్ఘ్యము కలిగిన కాంతి ద్వంద్వ చీలికపై పడినపుడు తెరలో ఉత్పత్తియగు వ్యతికరణములో రెండు వెలుతురు పట్టీల మధ్య దూరము 7.2 మి.మీ. ఇదే నిర్మాణమును ఉపయోగించి 8.1 మి.మీ దూరములో రెండు వెలుతురు పట్టీలు ఏర్పరచుటకు విధముగా ఉపయోగించవలసిన కాంతి తరంగదైర్ఘ్యము ఎంత?

(జవాబు: 675 nm)

4. సుదూరములో నున్న ఒక జనకము నుండి వెలువడు 600 nm తరంగదైర్ఘ్యము కలిగిన కాంతి పుంజము 1 మి.మీ వెడల్పు కలిగిన ఏక చీలికపై పడును. దీని వలన ఉత్పత్తియగు వివర్తన పట్టీని 2 మీ దూరములో నున్న తెరపై చూడగలము. కేంద్రీయ వెలుతురు పట్టీకి రెండు వైపుల కనబడు మొదటి చీకటి పట్టీల మధ్యనున్న దూరమెంత?

(జవాబు 2.4 మి.మీ)

5. 2.5 μm వెడల్పు కలిగిన ఏక చీలిక గుండా 5000 Å తరంగదైర్ఘ్యము కలిగిన కాంతి ప్రసరించుట వలన వివర్తనము ఏర్పడును. దీని వలన ఉత్పత్తియగు వివర్తన గరిష్ట శ్రేణి ఎంత?

(జవాబు 5)

6. ఒకదానితో ఒకటి అక్షము పరంగా లంబముగా నున్న రెండు అడ్డ ధృవణకములకు మధ్య ఉంచిన కాంతి తీవ్రత I_0, వాటికి మధ్యలో మూడవ ధృవణకం ప్రవేశపెట్టబడినది. ఈ మొత్త అమరిక నుండి గరిష్ట కాంతిని పొందుటకు మొదటి మరియు క్రొత్తగా ప్రవేశపెట్టబడిన ధృవణకము అక్షముల మధ్య ఉండవలసిన కోణము ఎంత?

(జవాబు 45°)

7. మూడు ధృవణకములు కలిగిన ఒక అమరికలో మొదటి మరియు చివరి ధృవణకముల అక్షములు కోణము 90° కోణముతో ఉన్నప్పుడు, వాటి ద్వారా 32 Wm^{-2} తీవ్రత కలిగిన ఒక అధ్రువిత కాంతి ప్రసరిస్తున్నది. ఇప్పుడు బహిర్గత కాంతి తీవ్రత 3 Wm^{-2} మాత్రమే ఉన్నప్పుడు మొదటి మరియు మధ్య ధృవణకముల అక్షముల మధ్య కోణము ఎంత ఉంటుంది?

(జవాబు 30°)

8. ఒక అధ్రువిత కాంతి సాంద్రతర యానకములో అబిలంబమునకు 60° కోణములో పతనమైనపుడు పరావర్తనము చెందిన కాంతి సంపూర్ణ ధృవణ కాంతిగా కనబడును. అయితే సాంద్రతర యానకము నుండి విరళ యానకములో ఏర్పడు సంపూర్ణాంతర పరావర్తనమునకు సందిగ్ధ కోణము మరియు వక్రీభవన కోణములను కనుగొనుము.

(జవాబు 30°, 35°,15°)

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 117 28-06-2022 11:41:06

9. ఒక వ్యక్తి యొక్క సమీప బిందువు 50సెం.మీ మరియు దూరపు బిందువు 500 సెం.మీ అయితే, 25సెం.మీ దూరములో ఒక పుస్తకమును చదువుటకు అతడు ధరించవలసిన కటక సామర్థ్యమును కనుగొనుము. ఈ కటకమును ఉపయోగించి అతడు స్పష్టముగా చూడదగు గరిష్ట దూరమెంత?

[జవాబు: 2D, 45.45 సెం.మీ]

10. అనంత దూరములో ప్రతిబింబము ఏర్పడునపుడు సంయుక్త సూక్ష్మదర్శిని యొక్క ఆవర్ధనము 100. వస్తు కటకము యొక్క నాభ్యాంతరము 0.5 సెం.మీ మరియు గొట్టము పొడవు 6.5 సెం.మీ. అప్పుడు, కంటి కటకము యొక్క నాభ్యాంతర విలువ ఎంత?

(జవాబు 3.25 సెం.మీ)

(గమనిక: ఆవర్ధనమును ఆవర్ధన సామర్థ్యం అని కూడా పిలుస్తారు)

పరిశీలనా గ్రంథాలు

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).

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 118 28-06-2022 11:41:07

అంతర్జాల కృత్యము

తరంగ దృక్‌శాస్త్రము

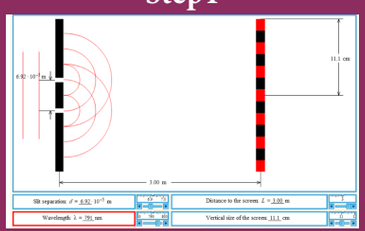
చీలికల మధ్య దూరం, తెరకు మధ్య గల మరియు కాంతి తరంగదైర్ఘ్యములను మార్పు చేసి యంగ్ ద్వంద్వ చీలిక ప్రయోగ ప్రవర్తనను తెలుసుకొనుటకు ఈ కృత్యము తోడ్పడుతుంది.

శీర్షిక : యంగ్ ద్వంద్వ చీలిక ప్రయోగము

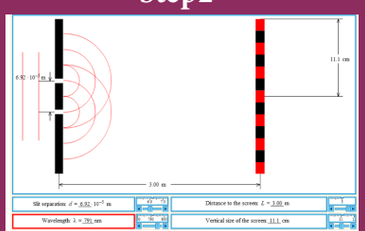
సోపానములు:

- బ్రౌజర్‌ను తెరచి అడ్రస్ బార్ నందు 'tutor-homework.com/Physics_Help/double_slit_experiment.html' అని టైపు చేయండి.
- చీలికల మధ్య దూరమును (జనకముల మధ్య దూరమును) మార్చి వెలుతురు మరియు చీకటి పట్టీల ముఖ్య అమరికను పరిశీలించండి.
- జనకము మరియు తెరకు మధ్య గల దూరమును తగ్గించిన యెడల పట్టీల లేదా రేఖల వెడల్పు ఏమవుతుంది?
- పతన కాంతి పరంగా వ్యతికరణ పట్టీల అమరికలో పట్టీల వెడల్పు ఏమవుతుందో పరిశీలించండి.
- Run బటన్‌ను నొక్కి వెలుతురు మరియు చీకటి పట్టీల అమరికను పరిశీలించండి.

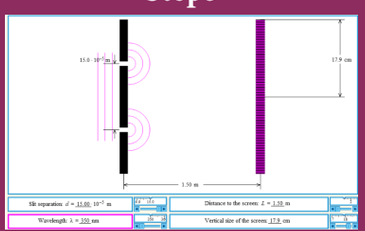
Step1



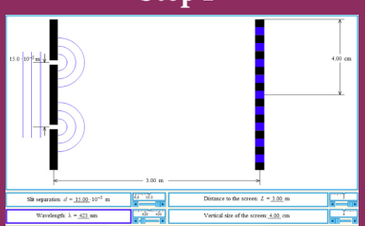
Step2



Step3



Step4



Note:

Use flash enabled browser or install flash player in your system.

URL:

http://tutor-homework.com/Physics_Help/double_slit_experiment.html

* Pictures are indicative only.

* If browser requires, allow **Flash Player** or **Java Script** to load the page.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_7.indd 119 28-06-2022 11:41:07

అధ్యాయము

8

వికిరణము మరియు పదార్థము యొక్క ద్వంద్వ స్వభావము (DUAL NATURE OF RADIATION AND MATTER)

"క్వాంటం మెకానిక్స్ (యాంత్రిక శాస్త్రము) మనములను తీవ్ర నిశ్చేష్టలను చేయకుండిన దానిని ఇంకను మీరు పూర్తిగా అర్థము చేసుకొని యుండలేరు" – నీల్స్ బోర్

అభ్యసన లక్ష్యాలు

ఈ పాఠ్యాంశము నందు విద్యార్థులు తెలుసుకొనునది

- ఎలక్ట్రాను ఉద్గారము యొక్క దృగ్విషయం మరియు దాని రకాలు
- హెర్ట్జ్, హాల్ విచ్ మరియు లెనార్డ్ పరిశీలనలు
- కాంతి విద్యుత్ ఫలితము మరియు దాని నియమములు
- శక్తి క్వాంటీకరణ గూర్చి భావన
- కాంతి ఘటము మరియు దాని అనువర్తనములు
- వికిరణము యొక్క కణ స్వభావము
- పదార్థము యొక్క తరంగ స్వభావము
- డీబ్రోగ్లీ సమీకరణము మరియు ఎలక్ట్రాన్ యొక్క డీబ్రోగ్లీ తరంగధైర్ఘ్యము.
- ఎలక్ట్రాను మైక్రోస్కోపు యొక్క నిర్మాణము మరియు పని చేయు విధానము
- డేవిసన్ మరియు జర్మర్ పరిశోధన
- X-కిరణములు మరియు దాని ఉత్పత్తి
- X- కిరణ వర్ణపటము మరియు దాని రకాలు

8.1 పరిచయం

కణములు మరియు తరంగముల గురించిన భావనలను మనము నిత్యజీవిత అనుభవంతో మనము తెలుసుకొనియున్నాము. గోళీలు, మట్టి రేణువులు, పరమాణువులు, ఎలక్ట్రానులు మొదలగునవి కణములకు ఉదాహరణములు. అదే విధముగా సముద్ర తరంగాలు కొలనులలో ఏర్పడు అలలు, శబ్ద తరంగములు మరియు కాంతి తరంగములు మొదలగునవి తరంగములకు ఉదాహరణములగును.

కణము అనునది అతి చిన్న కేంద్రీకృతమైయున్న ఒక భౌతిక పదార్థము (నిర్ణీతమైన స్థలం మరియు కాలమును కలిగినది). కానీ తరంగము అనునది విశాలమైన శక్తి విస్తరణ కలిగినది (నిర్ణీతమైన స్థలం మరియు కాలపరిమితి లేనిది) అయితే ఈ రెండునూ (కణములు మరియు తరంగములు) శక్తి మరియు ద్రవ్య వేగము ఒక చోట నుండి మరొక చోటికి తీసుకొని పోవు సామర్థ్యము కలిగినవి.

స్థూల వస్తువుల చలనమును వివరించు సాంప్రదాయక భౌతిక శాస్త్రము అనునది కణములు మరియు తరంగములు వంటివాటిని భౌతిక ప్రపంచము యొక్క వేర్వేరు అంశములుగా చూపబడినది. వేర్వేరు పరిశోధనలు మరియు తత్వాలు యందుయున్న కణముల యొక్క యాంత్రికము, తరంగముల యొక్క దృక్ శాస్త్రము కాలానుగుణంగా వేర్వేరు అంశములుగా యుండెను.

తగిన పరిస్థితులలో వ్యతికరణము (interference) వివర్తనము (diffraction) మరియు ధృవణము (polarization) వంటి దృగ్విషయములు తరంగ స్వభావమును ప్రదర్శించుట వలన విద్యుత్ అయస్కాంత వికిరణములు అనునవి తరంగములుగా అనుకొనబడుచున్నది. అదేవిధంగా నల్లని వస్తువు వికిరణాలు, కాంతి విద్యుత్ ఫలితము మొదలగునవి వేరు వేరు పరిస్థితులలో విద్యుత్ అయస్కాంత వికిరణములు అనునవి కణములు అని అనుకొనబడుచున్నది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 120 10-03-2023 16:40:53

ఎలక్ట్రానులు, ప్రోటాన్‌లు మరియు ఇతర కణములు (రేణువులు) కనుగొనబడినప్పుడు అవి కణములుగా మాత్రమే పరిగణించబడినది. ఎందుకనగా ఇవి ద్రవ్యరాశి మరియు ఆవేశము కలిగియున్నది. కానీ కొన్ని నిర్ణీతమైన ఈ పరిస్థితులలో ఈ కణములు తరంగ స్వభావములు వెలువరించుచున్నదని తరువాత కాలమునందు చేసిన పరిశోధనలు తెలుపుచున్నవి.

ఈ అధ్యాయములో మనము మొట్టమొదట తరంగముల యొక్క పదార్థ స్వభావము మరియు కణముల యొక్కతరంగ స్వభావమును చూడవచ్చును. అనగా వికిరణము మరియు పదార్థముల యొక్క తరంగము – కణము అను ద్వంద్వ స్వభావమును తగిన పరిశోధనల మూలముగా నేర్చుకొనగలము.

8.1.1 ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారము (Electron emission)

లోహముల యందు, బాహ్య కక్ష్యలలో ఉండు ఎలక్ట్రానులు కేంద్రకముతో బలహీనముగా లేక వదులుగా బంధమును కలిగియుండును. గది ఉష్ణోగ్రతలో కూడా అధిక సంఖ్యలో స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు లోహము లోపల వేరువేరు దిశలలో స్వేచ్ఛగా ఎలక్ట్రానులు చలించు చుండును. అవి లోహములలో చలించుచున్నప్పటికీ లోహము యొక్క ఉపరితలమును దాటి వెలుపలకు వచ్చుటకు వీలు కాదు. దీనికి గల కారణము ఏమనగా స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు లోహము యొక్క ఉపరితలమును చేరినప్పుడు కేంద్రకము యొక్క ధనాత్మకము వైపు ఆకర్షించును. ఈ కేంద్రకము యొక్క ధనాత్మక ఆకర్షణ, గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులను లోహపు ఉపరితలమును దాటి పోనివ్వకుండా నివారించును.

ఒక వేళ స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు లోహపు ఉపరితలమును దాట వలెను అనిన అవి కేంద్రముచే నిర్మితమైన ధనాత్మక కేంద్రకము యొక్క శక్మావరోధమును (**potential barrier**) దాట వలెను.

స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్లను లోహపు ఉపరితలమును దాటనీయకుండా అడ్డగించు శక్మావరోధమును ఉపరితల అవరోధము అందురు. స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు కొంత గతిజ శక్తిని కలిగి యుండును. మరియు ఈ శక్తి వేరు వేరు ఎలక్ట్రానులకు వేరుగా ఉండును. లోహపు ఉపరితల అవరోధము నుంచి వెలుపలకు వచ్చుటకు ఎలక్ట్రానుల గల గతిజశక్తి సరిపడుట లేదు. కానీ కొంత బాహ్య శక్తిని అందించినట్లయితే ఎలక్ట్రానులు మరింత గతిజ శక్తిని పొందగలిగినపుడు లోహపు ఉపరితల అవరోధమును దాటి వెలుపలకు రాగలవు వస్తువు యొక్క ఏతలం నుండైననూ ఎలక్ట్రాన్లు విడుదలగుటను ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారము అందురు.

లోహపు ఉపరితలం నుండి ఎలక్ట్రానులను విడుదల చేయుటకు కావలసినంత కనిష్ట శక్తిని ఆ లోహము యొక్క పని ప్రమేయము అందురు. ఇది ϕ_0 అని సూచించబడుచున్నది. విడుదల చేయు శక్తి యొక్క ప్రమాణము ఎలక్ట్రాను వోల్ట (electron volt) అగును.

గమనిక

శక్తి యొక్క SI ప్రమాణము జౌల్. కానీ పరమాణు మరియు కేంద్రక భౌతిక శాస్త్రము నందు శక్తి అనునది ఎలక్ట్రాన్ వోల్ట అను ప్రమాణముచే గుర్తించబడుచున్నది. ఒక ఎలక్ట్రాన్ వోల్ట అనునది 1 V శక్మ భేదము వలన త్వరణము చెందునపుడు ఎలక్ట్రాను పొందు గతిజశక్తి కొలత అగును.

$1\ eV$ = ఎలక్ట్రాను పొందిన గతిజశక్తి

= విద్యుత్ క్షేత్రముచే ఎలక్ట్రాను మీద చేయబడిన పని

$= q\ V$

$= 1.602 \times 10^{-19}\ C \times 1\ V$

$= 1.602 \times 10^{-19}\ J$

లోహము నందుగల స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు యొక్క గరిష్ట గతిజశక్తి 0.5 eV అయిన, లోహపు ఉపరితల అవరోధము నుంచి ఎలక్ట్రాను వెలుపలకు వచ్చుటకు కావలసిన కనిష్ట శక్తి 3 eV అని అనుకొందుము. అందువలన లోహపు ఉపరితలము నుండి ఎలక్ట్రాను ఉద్గారము జరుగుటకు కావలసిన కనిష్ట శక్తి 3 - 0.5= 2.5 eV. ఇక్కడ 2.5 eV అనునది లోహము యొక్క పని ప్రమేయము అగును.

పని ప్రమేయము అనునది వేరు వేరు లోహములకు వేరువేరుగా ఉండును. పని ప్రమేయము అనునది లోహములు మరియు దాని ఉపరితలముల స్వభావమును అనుసరించి ఉండు స్వేచ్ఛా ధర్మము అగును. పట్టిక 8.1లో వేరు వేరు లోహముల యొక్క. వేర్వేరు లోహము యొక్క ఇంచుమించు పని ప్రమేయము విలువలు ఇవ్వబడియున్నది. పని ప్రమేయము తక్కువగాయున్న

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 121 10-03-2023 16:40:53

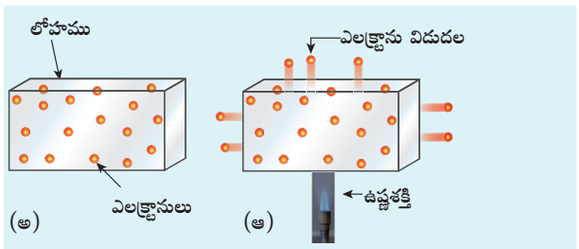
పట్టిక 8.1 కొన్ని వస్తువుల యొక్క పని ప్రమేయము

లోహము	సంకేతము	పని ప్రమేయము (eV)	లోహము	సంకేతము	పని ప్రమేయము (eV)
సీసియమ్	Cs	2.14	అల్యూమినియం	Al	4.28
పొటాషియం	K	2.30	పాదరసము	Hg	4.49
సోడియం	Na	2.75	రాగి	Cu	4.65
కాల్షియం	Ca	3.20	వెండి	Ag	4.70
మాలిబ్డనం	Mo	4.17	నికెల్	Ni	5.15
సీసము	Pb	4.25	ప్లాటినం	Pt	5.65

లోహములు ఎలక్ట్రాను ఉద్గారములో ప్రఖ్యాతిగాంచియున్నది. ఎందుకనగా ఈ లోహముల నుండి ఎలక్ట్రానులను ఉద్గారము చేయుటకు కావలసిన అదనపు శక్తి తక్కువగా ఉండును. కావున ఎలక్ట్రాను ఉద్గారమునకు తక్కువ పని ప్రమేయము ఉన్న లోహములను ఎంచుకొనవలెను. ఎలక్ట్రానులను ఉద్గారము చేయుటకు ఉపయోగించు శక్తి రూపమును బట్టి ఎలక్ట్రానుల ఉద్గారమును నాలుగు రకాలుగా వర్గీకరించిబడినది అవి.

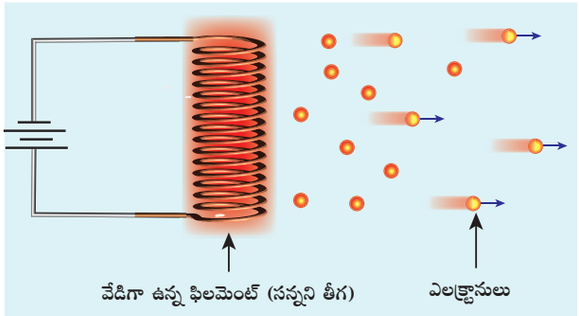
i) ఉష్ణ అయానిక ఉద్గారము (Thermionic emission)

ఒక లోహమును అధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద వేడిచేసిన లోహపు ఉపరితలము నందు గల స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు ఉష్ణశక్తి రూపములో కావలసినంత శక్తిని పొంది, లోహపు ఉపరితలము నుండి ఉద్గారము చెందును. (పటము 8.1). ఈ రకమైన ఉద్గారమును ఉష్ణ అయానిక ఉద్గారము అంటారు.



పటము 8.1 (అ) లోహము ఆ) వేడెక్కిన లోహము

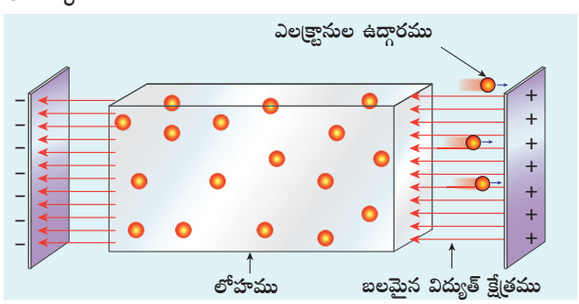
ఉష్ణ అయానిక ఉద్గారము యొక్క తీవ్రత (ఉద్గారమగు ఎలక్ట్రానుల సంఖ్య) అనునది ఉపయోగించబడు లోహము మరియు దాని లోహ ఉష్ణోగ్రతను బట్టి యుండును. **ఉదాహరణ** కేథోడ్ కిరణ గొట్టములు, ఎలక్ట్రాన్ సూక్ష్మదర్శినులు, x-కిరణ గొట్టములు మొదలగునవి (పటము 8.2)



పటము 8.2 కేథోడ్ కిరణ్ గొట్టము లేక x-కిరణ గొట్టములో యున్న ఉష్ణ ఫిలమెంట్ నుండి వెలువడు ఉష్ణ అయానిక ఉద్గారాము.

ii) క్షేత్ర ఉద్గారము (Field emission)

లోహమునకు అంతటా చాలా బలమైన విద్యుత్ క్షేత్రమును ఏర్పరచిన విద్యుత్ క్షేత్ర ఉద్గారము ఏర్పడును. ఈ బలమైన క్షేత్రము స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులను ఆకర్షించబడి అవి లోహపు ఉపరితల విద్యుత్ శక్మ అవరోధమును దాటి అధిగమించుటకు తోడ్పడును. (పటము 8.3) **ఉదాహరణ** క్షేత్ర ఉద్గార స్కానింగ్, ఎలక్ట్రాను మైక్రోస్కోపులు, క్షేత్ర ఉద్గార ప్రదర్శన పరికరము మొదలగునవి.

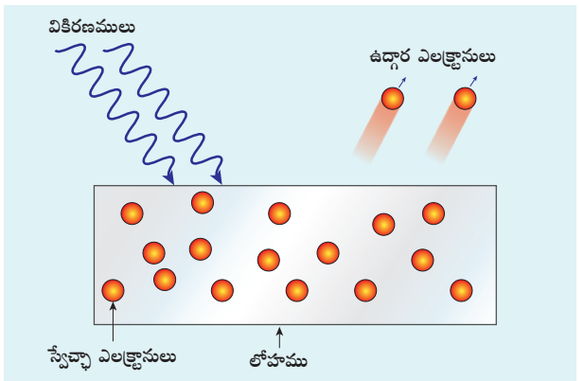


పటము 8.3 క్షేత్ర ఉద్గారము

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 122 10-03-2023 16:40:54

iii) కాంతి విద్యుత్ ఉద్గారము (Photo electric emission)

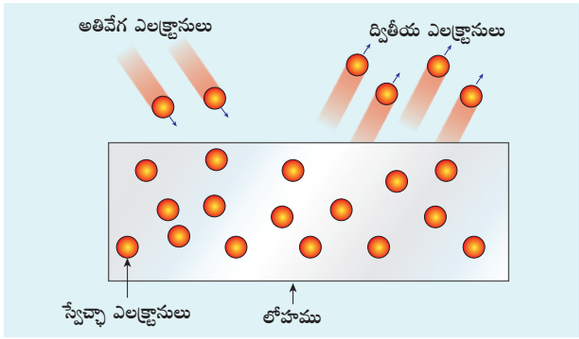
ఒక నిర్ణీత పౌనఃపున్యము గల విద్యుత్ అయస్కాంత వికిరణము లోహపు ఉపరితలముపై పతనమైనపుడు వికిరణం నుండి శక్తి స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులకు బదిలీ అగును. కావున స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులకు కాంతి విద్యుత్ ఉద్గారము జరుపుటకు మరియు ఉపరితల అవరోధమును అధిగమించుటకు కావలసినంత శక్తి లభించును. (పటము 8.4) ఉద్గారము నందు వెలువడు ఎలక్ట్రానుల సంఖ్య పతన వికిరణము యొక్క తీవ్రతపై ఆధారపడి ఉండును. **ఉదాహరణ:** కాంతి డయోడ్‌లు, కాంతి విద్యుత్ ఘటాలు మొదలగునవి.



పటము 8.4 కాంతి విద్యుత్ ఉద్గారము

iv) ద్వితీయ ఉద్గారము (Secondary emission)

వేగముగా చలించు ఎలక్ట్రానుల కాంతి పుంజము లోహపు ఉపరితలమును తాకిన, ఎలక్ట్రానుల యొక్క గతిజ శక్తి లోహపు ఉపరితలముపై ఉన్న స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులకు బదిలీ అగును. అప్పుడు స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులకు కావలసినంత గతిజ శక్తి పొందుట వలన ద్వితీయ ఉద్గారము జరుగును (పటము 8.5). ఉదాహరణ ప్రతిబింబ తీవ్రతలు, కాంతి వర్ధక ట్యూబ్‌లు మొదలగునవి.



పటము 8.5 ఎలక్ట్రానుల యొక్క ద్వితీయ ఉద్గారము

8.2

కాంతి విద్యుత్ ఫలితము
PHOTO ELECTRIC EFFECT

8.2.1 హెర్ట్జ్, హల్‌వాక్‌ల మరియు లెనార్డ్‌ల పరిశీలన (Hertz, Hallwachs and Lenard's observation)

హెర్ట్జ్ పరిశీలన (Hertz observation)

మాక్స్‌వెల్ విద్యుదయస్కాంత సిద్ధాంతము యొక్క అంచనా ప్రకారము విద్యుదయస్కాంత తరంగముల ఉనికిని నిర్ధారణ చేసినది. కాంతి అనునది తనకు తానుగా ఒక విద్యుదయస్కాంత తరంగము. తరువాత పరిశోధకులు వేరువేరు పరిశోధనల ద్వారా విద్యుత్ అయస్కాంత తరంగాలను ఉత్పత్తి చేయుటకు ప్రయత్నించి మరియు దానిని కనుగొన్నారు.

1887లో హెన్రిచ్ హెర్ట్జ్ మొట్టమొదటిగా విద్యుత్ అయస్కాంత తరంగాలను విజయవంతముగా ఉత్పత్తి చేసి కనుగొన్నారు. అతడు అధిక శక్యముతో కూడిన ప్రేరణ వేష్టనము ద్వారా 2 లోహపు గోళాలు కలుపబడి, వాటి మధ్యలో నిప్పురవ్వ ఉత్సర్గమును (spark discharge) ఏర్పరిచిరి. దాని గురించి మనము XII ప్రామాణిక భౌతిక శాస్త్రము భాగము 5 నందు చదువుకున్నాము.

నిప్పురవ్వ ఏర్పరచినపుడు ఆవేశములు ముందుకు వెనకకు డోలనము చెందుతూ విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు ఉత్పన్నమగును.

ఈ విధంగా ఉత్పన్నమైన విద్యుత్ అయస్కాంత తరంగాలను గుర్తించుటకు గాను ఒక రాగి తీగ వృత్తాకార మార్గంలో ఉంచబడినది. విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు విజయవంతముగా గుర్తించినప్పటికీ శోధన పరికరం యందు ఉత్పత్తి చేసిన నిప్పురవ్వను పరిశీలించుటలో (వీక్షించుటలో) సమస్య కలదు.

నిప్పు రవ్వను స్పష్టముగా వీక్షించుటకు హెర్ట్జ్ చాలా ప్రయత్నాలు చేసి చివరగా ముఖ్యమైన విషయం తెలుసుకొనెను. అది ఒక చిన్న గుర్తించదగిన నిప్పురవ్వను అతినీలలోహిత కిరణాలకు బహిర్గత పరిచినపుడు చాలా తీవ్రతరమగును.

నిప్పురవ్వ యొక్క ఈ రకమైన ప్రవర్తనకు గల కారణము ఆ సమయము నందు తెలియలేదు. తరువాత దానికి గల కారణం కాంతి విద్యుత్ ఉద్గారము అని కనుగొనబడినది. ఎప్పుడైనా లోహపు గోళము పై అతినీలలోహిత కాంతి పతనమైన లోహము యొక్క బాహ్య ఉపరితలము పైన ఉన్న ఎలక్ట్రానులు ఉద్గారము చెంది నిప్పురవ్వను వెలువరించి మరింత తీవ్రతరమగును.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 123 10-03-2023 16:40:54

మీకు తెలుసా?

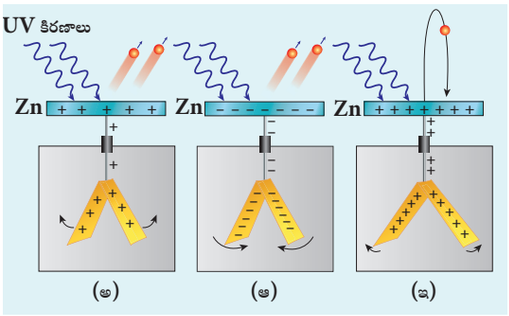
ఇది చాలా ఆసక్తికరమైన విషయము, ఏమనగా కాంతి ఒక విద్యుదయస్కాంత తరంగము అని హెర్ట్జ్ పరిశోధనతో నిర్ధారించబడినది. అదే పరిశోధనలో కాంతి యొక్క పదార్థ స్వభావమునకు గల మొట్టమొదటి ఆధారమును చూపెను.

హల్‌వాక్స్ పరిశీలన (Hallwachs' observation)

విలియమ్ హల్‌వాక్స్ అను జర్మన్ భౌతిక శాస్త్రవేత్త 1888లో నిప్పురవ్వ యొక్క అసాధారణమైన ప్రవర్తన అతినీలలోహిత కాంతి చర్య వలన ఏర్పడినదని తన యొక్క చిన్న పరిశోధన ద్వారా నిర్ధారణ చేసెను.

విద్యుత్ బంధక (insulating) స్టాండ్ మీద ఒక శుద్ధమైన వృత్తాకార జింక్ పళ్ళెము ఉంచబడి దానిని ఒక తీగతో స్వర్ణ పత్ర విద్యుద్దర్శినితో జత చేసెను. ఆవేశపరచని జింకు పళ్ళెమును ఒక ఆర్క్ దీపము యొక్క అతినీలలోహిత కాంతితో వికిరణపరచిన అది ధనాత్మక ఆవేశము పొంది మరియు పటము 8.6 (అ) లో చూపిన విధముగా స్వర్ణ పత్రములు తెరుచుకొనును.

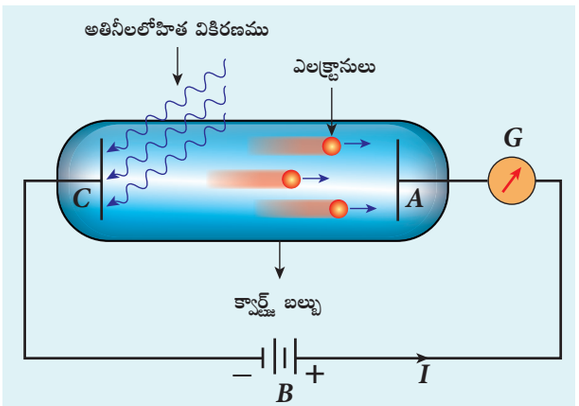
తరువాత అదేవిధంగా ఒకవేళ ఋణాత్మకంగా ఆవేశపరచిన జింకు పళ్ళెమును అతినీలలోహిత కాంతికి గురి చేసిన పత్రములు దగ్గరగా వచ్చును మరియు ఆవేశము త్వరగా బయటకు పంపబడుతుంది. (పటము 8.6(ఆ)) ఒకవేళ పళ్ళెమును ధనాత్మకంగా ఆవేశ పరిచిన అది మరింత ధనాత్మకంగా మారును, దానిపై UV వికిరణాలు పడునట్లు చేసిన పత్రములు మరల తెరుచును (పటము 8.6(ఇ)). ఈ పరిశీలనల వలన నిర్ధారించబడినది ఏమనగా జింకు పళ్ళెముపై ప్రభావము చూపు అతినీలలోహిత కాంతి వలన ఋణాత్మకంగా ఆవేశపరిచిన ఎలక్ట్రానులు ఉద్గారమగును.



పటము 8.6 అతినీలలోహిత కాంతి వికిరణములు (అ) ఆవేశ పరచని జింకు పళ్ళెము (ఆ) ఋణాత్మకంగా ఆవేశ పరచిన పళ్ళెము (ఇ) ధనాత్మకముగా ఆవేశపరచిన పళ్ళెము

లెనార్డ్ పరిశీలన (Lenard's observation)

1902లో లెనార్డ్ అను అతను ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారము యొక్క దృగ్విషయమును విశదీకరించిరి. అతని యొక్క సాధారణ పరిశోధన అమరిక పటము 8.7లో చూపబడినది. ఈ పరికరము యందు గల A మరియు C అను రెండు లోహపు పళ్ళెములు ఒక శూన్యము గావించిన క్వార్ట్జ్ బల్బులో అమర్చబడినది. గాల్వనో మీటరు G మరియు బ్యాటరీ B ను వలయముతో సంధానించబడినది.



పటము 8.7 లెనార్డ్ యొక్క పరిశోధన అమరిక

పటములో చూపిన విధముగా ఋణాత్మక పళ్ళెముపై అతినీలలోహిత వికిరణములు పతనమైన వలయమునందు విద్యుత్ ప్రవాహము జరుగును. దానిని గాల్వనో మీటరు యందు గల సూచిక అపవర్తనము చెందుట ద్వారా గుర్తించవచ్చును. మరియొక చేతిలో అదేవిధముగా ధనాత్మక పళ్ళెముపై అతినీలలోహిత వికిరణాలు వికిరణము చేసిన వలయమునందు ఏరకమైన విద్యుత్ ప్రవాహం జరగదు.

ఈ విధమైన పరిశీలనల ద్వారా మనము తెలుసుకున్నది ఏమనగా అతినీలలోహిత కాంతి ఋణాత్మక పళ్ళెముపై పడినప్పుడు ఎలక్ట్రానులు వెలువడును. అవి ధనాత్మక పళ్ళెము A చేత ఆకర్షించబడును. శూన్యం గావించిన బల్బు యందు ఉన్న ధనాత్మక పళ్ళెమును చేరుకున్నదనిన వలయము పూర్తి అగును మరియు దానిలో విద్యుత్ ప్రవహించును. అందువలన అతినీలలోహిత కాంతి ఋణాత్మక పళ్ళెముపై పడినపుడు పళ్ళెము యొక్క ఉపరితలము నుండి ఎలక్ట్రాను ఉద్గారము జరుగును.

కాంతి విద్యుత్ ఫలితము (Photoelectric effect)

ఒక నిర్ధిష్ట తరంగధైర్ఘ్యము లేదా పౌనఃపున్యం గల కాంతి లేదా వేరు ఏదైనా విద్యుదయస్కాంత వికిరణమును ఒక లోహపు పళ్ళెముపై ప్రతిదీప్తము

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 124 10-03-2023 16:40:55

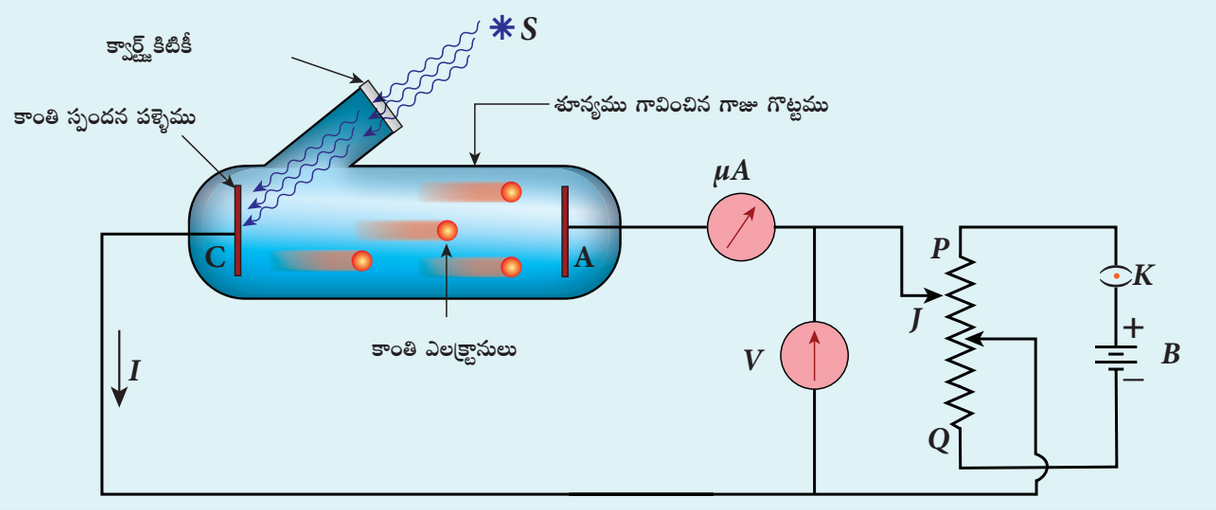
చేసిన ఎలక్ట్రానులు వెలువడును. దీనినే విద్యుదయస్కాంత ఫలితము అందురు. అయినను ఈ ఎలక్ట్రానులు ఇతర ఎలక్ట్రానులకు ఎటువంటి భేదము లేదు. కానీ వాటిని సాధారణంగా కాంతి ఎలక్ట్రానులు లేక ఫోటో ఎలక్ట్రానులు అని పిలుస్తారు. ఫోటో ఎలక్ట్రానుల సంబంధిత విద్యుత్తును ఫోటో ఎలక్ట్రిక్ విద్యుత్ లేక కాంతి విద్యుత్ అని పిలుస్తారు. కాడ్మియం, జింక్, మెగ్నీషియం, మొదలగు లోహములు అతినీలలోహిత కాంతి వలన కాంతి విద్యుత్ ఉద్గారమును చూపును. అయితే కొన్ని క్షార లోహములైన లిథియం, సోడియం, సీసియమ్‌లు ఎక్కువ తరంగదైర్ఘ్యము ఉన్న వికిరణములైన దృశ్య కాంతికి కూడా చక్కగా స్పందిస్తాయి. ఏవైనా పదార్థములు ఖచ్చితమైన తరంగదైర్ఘ్యము గల విద్యుదయస్కాంత తరంగము యొక్క వికిరణము చేత ఫోటో ఎలక్ట్రాన్లను ఉద్గారము చేసిన అటువంటి పదార్థములను లేదా వస్తువులను కాంతి స్పందన పదార్థములు అంటారు.

8.2.2 కాంతి విద్యుత్ ప్రవాహము పై పతన కాంతి యొక్క తీవ్రత మరియు దాని ఫలితము (Effect of intensity of incident light on photoelectric current)

పరిశోధన అమరిక (Experimental setup)

పటము 8.8 లో చూపబడిన పరికరము కాంతి విద్యుత్ ఫలితం అను దృగ్విషయమును వివరముగా తెలుసుకొనుటకు వీలగును. '*S*' అనునది తెలిసిన మరియు అస్థిరమైన పౌనఃపున్యము '*ν*' తీవ్రత '*I*' ను కలిగిన విద్యుత్ అయస్కాంత తరంగముల జనకము లేక '*C*' అనునది కాంతి స్పందన పదార్థము తో చేయబడిన ఎలక్ట్రానులను ఉద్గారించుటకు ఉపయోగించు కేథోడ్ (ఋణాత్మక ఎలక్ట్రోడ్), ఆనోడ్ *A* అనునది '*C*' నుండి ఉద్గారము చెందిన ఎలక్ట్రానులను సేకరించును.

అతినీలలోహిత మరియు దృశ్య కాంతిని అనుమతించు క్వార్ట్జ్ కిటికీ కలిగిన శూన్యము గావించిన గాజు గొట్టము యందు ఈ ఎలక్ట్రోడులను అమర్చబడినది. విద్యుత్ శక్మ విభాజిని *PQ* కు అంతట కీ *K* ద్వారా అధిక ఒత్తిడి గల విద్యుత్ ఘటము *B* కలుపబడుచున్నది. దానివలన *PQ* మరియు *K* మధ్యలో కావలసిన విద్యుత్ శక్మభేదము అందించబడును. విద్యుత్ శక్మ విభాజిని మధ్య చివరిలో *C* ను మరియు జరుపు చివరిలో '*A*' ను కలుపబడి ఉండును. *C* ను ఆధారముగా చేసుకొని *A* కు కావలసిన ధనాత్మక లేక ఋణాత్మక శక్మమును నిర్వహించబడుతుంది. ఈ ధనాత్మక మరియు ఋణాత్మక శక్మము కొలుచుటకు వీలుగా మధ్యలో శూన్యపు సూచికలో ఉన్న వోల్ట్ మీటర్‌ను వాటి మధ్యలో కలుపబడినది. శ్రేణి సంధానములో కలుపబడిన మైక్రో అమ్మీటర్ ద్వారా *mA* చుట్టూ ఉన్న విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని కొలువవచ్చును. కేథోడ్ '*C*' మీదుగా ఎటువంటి కాంతి పడనప్పటికీ కాంతి ఎలక్ట్రానులు ఉద్గారింపబడదు. మైక్రో మీటర్ నందు సూచిక సున్నాను చూపును. అతినీలలోహిత లేక దృశ్యకాంతి '*C*' మీదుగా పతనమైనప్పుడు కాంతి ఎలక్ట్రానులు ఉద్గారించి ఆనోడ్ వద్ద సేకరించబడును.



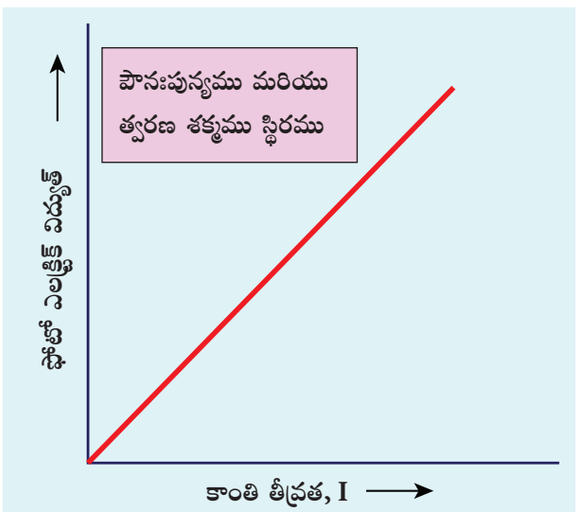
పటము 8.8 కాంతి విద్యుత్ ఫలితమును తెలుసుకొనుటకు పరిశోధన అమరిక

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 125 10-03-2023 16:40:55

దీని ఫలితముగా విద్యుత్ వలయంలో ఏర్పడు కాంతి విద్యుత్ ప్రవాహము మైక్రోఅమ్మీటర్ ద్వారా కొలువబడును. (i) పతన కాంతి యొక్క తీవ్రత (ii) ఎలక్ట్రోడ్‌ల మధ్యగల విద్యుత్ శక్మ భేదము (iii) లోహముల యొక్క స్వభావము (iv) పతన కిరణము యొక్క పౌనఃపున్యము బట్టి కాంతి విద్యుత్‌లో ఏర్పడే మార్పులను తెలుసుకొనుటకు ఈ ఏర్పాటు ఉపయోగపడును.

కాంతి విద్యుత్ ప్రవాహము యందు పతన కాంతి కిరణం యొక్క ప్రభావము (Effect of intensity of incident light on photoelectric current)

కాంతి విద్యుత్ ప్రవాహము నందు పతన కాంతి కిరణం యొక్క తీవ్రత ప్రభావమును పరిశోధించుటకు పతనకిరణము యొక్క పౌనఃపున్యము మరియు ఎలక్ట్రానులను గ్రహించు ఆనోడ్ యొక్క శక్మ త్వరణము వంటివి స్థిరముగా ఉంచబడును. 'V' ని బట్టి A అనునది ధన విద్యుత్ శక్మముతో ఉండుటవలన C నుండి వెలువడు ఎలక్ట్రానులు C ని చేరి వలయములో విద్యుత్ ప్రవహించును. ఇప్పుడు పతన కిరణ కాంతి తీవ్రత మార్పు చేసి దానికి తగిన కాంతి విద్యుత్ ప్రవాహము కొలువబడుచున్నది.



పటము 8.9 పతన కిరణ తీవ్రతను బట్టి కాంతి విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క మార్పు

కాంతి తీవ్రత x-అక్షమందు మరియు ఫోటో ఎలక్ట్రిక్ విద్యుత్ y-అక్షమునకు తీసుకొని రేఖాపటము 8.9 లో చూపబడినది. ఫోటో విద్యుత్ అనునది ఒక సెకండు కాలంలో ఉద్గారము చెందు ఎలక్ట్రానుల సంఖ్య – పతన కాంతి తీవ్రతకు అనులోమానుపాతముగా ఉండును.



ఇక్కడ కాంతి యొక్క తీవ్రత అనునది కాంతి ప్రకాశము అగును. ఎక్కువ తీవ్రత గల కాంతి ప్రకాశవంతముగాను, తక్కువ తీవ్రత గల కాంతి తక్కువ ప్రకాశముగాను ఉండును.

8.2.3 కాంతి విద్యుత్ ప్రవాహము పై శక్మ భేదము యొక్క ప్రభావము (Effect of potential difference on photoelectric current)

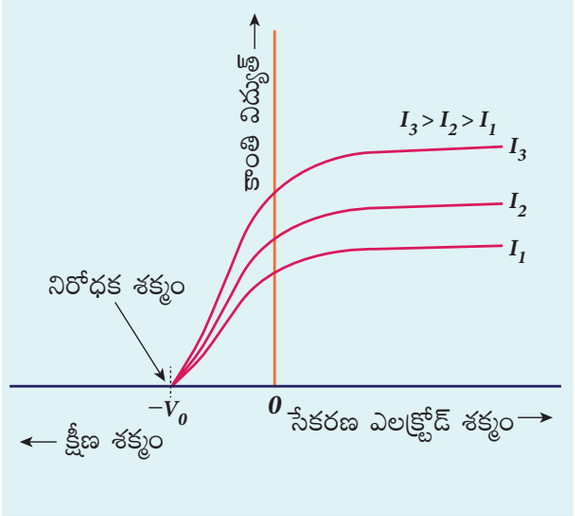
కాంతి విద్యుత్ ప్రవాహముపై ఎలక్ట్రోడ్‌ల మధ్యగల శక్మ భేదము V యొక్క ప్రభావమును తెలుసుకొనుటకు పతన కాంతి యొక్క పౌనఃపున్యము మరియు తీవ్రతను స్థిరంగా ఉంచవలెను. 'A' ను అనుసరించి 'C' ను ప్రధమంగా ధనాత్మకంగా ఉంచి ఇచ్చిన కాంతి కిరణముల చేత కేథోడ్‌ను వికిరణము చెందునట్లు చేయవలెను.

ఇప్పుడు 'A' యొక్క శక్మమును పెంచుతూ తదనుసారంగా ఫోటో విద్యుత్‌ను గమనించవలెను. 'A' వద్ద శక్మము పెరుగుతున్న కొలది, ఫోటో విద్యుత్ కూడా పెరుగును. అయినప్పటికీ ఒక దశలో ఫోటో విద్యుత్ అనునది సంతృప్త విలువకు చేరును. ఈ దశలో 'C' వద్ద నుండి ఫోటో ఎలక్ట్రానులు అన్నీ 'A' వద్ద గ్రహించబడును. దీనిని గుర్తించుటకుగాను (8.10) రేఖాపటము నందుగల సమతల భాగమును సూచించును.

'C' ను అనుసరించి 'A' యొక్క శక్మము ఋణాత్మకంగా ఉంచిన తక్షణమే విద్యుత్ సున్నాకు తగ్గించబడదు. దీనికి గల కారణము, ఫోటో ఎలక్ట్రానులు అనునవి వేరు వేరు స్థాయిలతో గతిజ శక్తులతో ఉద్గారించును. 'A' వలన ఉత్పన్నమగు మంద గమనముగల విద్యుత్ క్షేత్రమును అధిగమించుట కావలసిన గతిజ శక్తిని కలిగి కాంతి ఎలక్ట్రానులు 'A' వద్దకు చేరును.

'A' యొక్క మందగమన శక్మము క్రమంగా పెరిగిన కాంతి విద్యుత్ తగ్గుటకు ప్రారంభించును. దానికి గల కారణము మరింత ఎలక్ట్రానులు ఎలక్ట్రోడ్ 'A' ను చేరకుండా వెనుకకు మరలును. కనుక ఒక ఖచ్చితమైన ఋణాత్మక శక్మము V_0 వద్ద కాంతి విద్యుత్ సున్నాకు చేరును. దానినే నిరోధించు లేక నిరోధక శక్మము అంటారు.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 126 10-03-2023 16:40:56



పటము 8.10 శక్మ భేదమును అనుసరించి మారుతున్న కాంతి విద్యుత్

నిరోధక శక్మము (Stopping potential) నిరోధక శక్మము అనునది గరిష్ట గతిజ శక్తి కలిగిన కాంతి ఎలక్ట్రానులను నిరోధించి కాంతి విద్యుత్ ప్రవాహమును శూన్యము గావించుటకు ఆనోడ్‌కు ఇవ్వబడు ఋణత్వరణ శక్మము యొక్క విలువ అగును.

నిరోధక శక్మము యందు గరిష్ట గతిజ శక్తి కలిగిన ఎలక్ట్రానులు కూడా విరామ స్థితికి తీసుకురాబడును. అందువలన గరిష్ట వేగము కలిగిన ఎలక్ట్రానుల యొక్క ప్రారంభ గతిజశక్తి అనునది ($K_{\text{గరిష్టం}}$) నిరోధక శక్మము కారణముగా చేయబడిన పని (eV_0) సమానమగును.

$$K_{\text{గష్టం}} = \frac{1}{2} m v^2_{\text{గష్టం}} = eV_0 \qquad (8.1)$$

ఇక్కడ, $v_{\text{గష్టం}}$ అనునది ఉద్గారించు కాంతి ఎలక్ట్రానుల గరిష్ట వేగం అగును.

$$v_{\text{గష్టం}} = \sqrt{\frac{2eV_0}{m}}$$

$$v_{\text{గష్టం}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1.602 \quad 10^{-19}}{9.1 \cdot 10^{-31}} \cdot V_0}$$

$$= 5.93 \times 10^5 \sqrt{V_0} \qquad (8.2)$$

సమీకరణము 8.1 నుండి

$$K_{\text{గష్టం}} = eV_0 \text{ (in joule)} \qquad \text{(or)} \qquad (8.3)$$

$$K_{\text{గష్టం}} = V_0 \text{ (in eV)} \qquad (8.4)$$

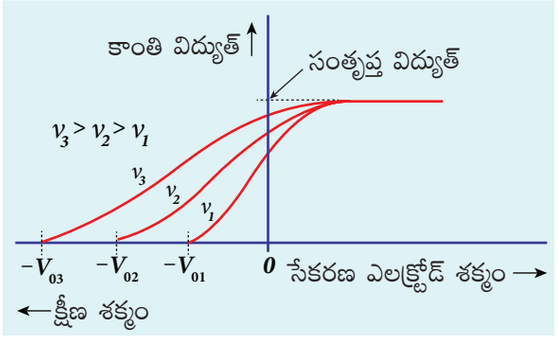
పటము 8.10 పరిశీలించిన, పతన కాంతి తీవ్రతను మాత్రమే అధికము చేసినప్పుడు సంతృప్త విద్యుత్ కూడా అధికమగును. కానీ V_0 యొక్క విలువ స్థిరముగా ఉండును అని తెలియుచున్నది.

కావున ఇచ్చినటువంటి పౌనఃపున్యము గల పతన కాంతి మరియు పతన కాంతి తీవ్రతకును నిరోధక శక్మముతో సంబంధం లేదు. దీని నుండి కాంతి ఎలక్ట్రానుల యొక్క గరిష్ట గతిజశక్తికి పతన కాంతి యొక్క తీవ్రతకు సంబంధం లేదు అని తెలియుచున్నది.

8.2.4 నిరోధక శక్మముపై పతన కాంతి యొక్క పౌనఃపున్య ప్రభావము (Effect of frequency of incident light on stopping potential)

నిరోధక శక్మము మీద పతన కాంతి యొక్క పౌనఃపున్య ప్రభావమును తెలుసుకొనుటకు కాంతి యొక్క తీవ్రతను మారుతున్నట్లుగా ఉంచబడినది.

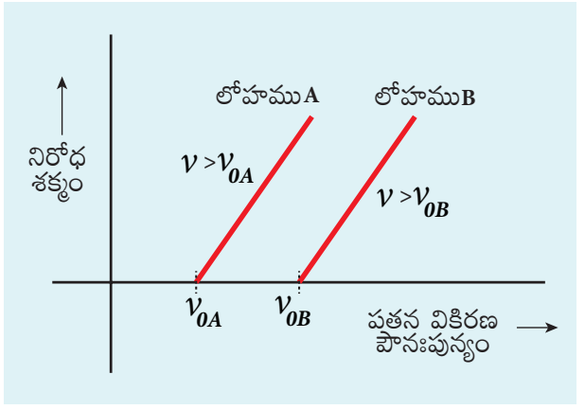
సేకరణ విద్యుత్ పలకమైన ఏనోడ్ విద్యుత్ శక్మమునుబట్టి కాంతి విద్యుత్ ప్రవాహములో ఏర్పడు మార్పు అనునది పతన కిరణం యొక్క వేరు వేరు పౌనఃపున్యములకు శోధించబడుచున్నది. ఈ మార్పునకు గల రేఖా పటము (పటము 8.11) లో చూపబడియున్నది. రేఖా పటము నుండి నిరోధక విద్యుత్ శక్మము అనునది పతన కాంతి వేరు వేరు పౌనఃపున్యములకు తగినట్లు మారుట స్పష్టముగా తెలియుచున్నది.



పటము 8.11 పతన వికిరణము యొక్క వేరు వేరు పౌనఃపున్యములకుగాను సేకరణ ఎలక్ట్రోడ్ శక్మమునకు అనుగుణంగా మారుతున్న కాంతి విద్యుత్

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 127 10-03-2023 16:40:57

పతన వికిరణము యొక్క పౌనఃపున్యము అధికంగా ఉన్న యెడల తదనుసారంగా నిరోధక శక్మము కూడా అధికముగా ఉండును. ఇది తెలుపునది ఏమనగా పౌనఃపున్యం పెరుగు కొలది, కాంతి ఎలక్ట్రానులు గరిష్ట గతిజశక్తితో ఉద్గారించును. కావున కాంతి ఎలక్ట్రానులను నిరోధించుటకు నిరోధించు శక్మ త్వరణము కూడా అధికముగా ఉండవలెను.



పటము 8.12 రెండు లోహములకు గాను పతన వికిరణ పౌనఃపున్యమునకు తదనుసారంగా మారుతున్న నిరోధక శక్మము

పతన వికిరణము పౌనఃపున్యము మరియు నిరోధక శక్మము మధ్య గల రేఖాపటము రెండు లోహములకు గీయబడినది. (పటము 8.12) రేఖాపటము నుండి నిరోధక శక్మము అనునది పౌనఃపున్యమును అనుసరించి అనులోమానుపాతంగా అధిగమించుట చూడవచ్చును. ఒక ఖచ్చితమైన పౌనపున్యం వద్ద ఎలక్ట్రానులు ఉద్గారము చెందవు. ఈ పౌనఃపున్యమును ఆరంభ పౌనఃపున్యం (threshold frequency) అందురు. దీని వలన ఈ పౌనఃపున్యములలో నిరోధక శక్మము శూన్యము అగును. కానీ ఆరంభ పౌనఃపున్యము విలువనకు పైన నిరోధక శక్మము, పతన కాంతిని పౌనఃపున్యమును అనుసరించి అనులోమానుపాతంలో పెరుగును.

8.2.5 కాంతి విద్యుత్ ఫలితము యొక్క నియమాలు (Laws of photoelectric effect)

పైన చెప్పిన విస్తారమైన పరిశోధనల ద్వారా కాంతి విద్యుత్ ఫలితం యొక్క ఫలితాలు ఈ విధంగా తెలుపబడినది.

i) ఇచ్చినటువంటి లోహపు ఉపరితలమునకు పతన కిరణ పౌనఃపున్యం ఒక నిర్ణీతమైన కనిష్ఠ పౌనఃపున్యము కంటే అధికంగా ఉన్నప్పుడు మాత్రమే కాంతి ఎలక్ట్రానుల ఉద్గారం ఏర్పడును. ఈ కనిష్ట పౌనఃపున్యమును ఆరంభ పౌనఃపున్యం అంటారు.

ii) ఇచ్చినటువంటి పతన కిరణ పౌనఃపున్యమునకు (ఆరంభ పౌనఃపున్యమునకు అధికముగా ఉన్నట్లయితే) ఉద్గారము చెందిన కాంతి ఎలక్ట్రానులు సంఖ్య అనునది కాంతి కిరణముల తీవ్రతకు అనులోమానుపాతంలో ఉండును. ఇంకనూ సంతృప్త విద్యుత్ ప్రవాహము కాంతి తీవ్రతకు అనులోమానుపాతంలో ఉండును.

iii) కాంతి ఎలక్ట్రానుల గరిష్ట గతిజశక్తి అనునది పతన కిరణము యొక్క కాంతి తీవ్రతపై ఆధారపడదు.

iv) ఇచ్చినటువంటి లోహమునకు కాంతి ఎలక్ట్రానుల యొక్క గరిష్ట గతిజశక్తి అనునది పతన కిరణము యొక్క పౌనఃపున్యమునకు అనులోమానుపాతంలో ఉండును.

v) లోహము పైన పడునటువంటి కాంతి వికిరణము మరియు కాంతి ఎలక్ట్రానుల ఉద్గారం మధ్య కాల ఆలస్యము (time lag) ఉండదు.

పలు పరిశోధనల ద్వారా కాంతి విద్యుత్ అను దృగ్విషయము పరీక్షించిన తరువాత, దానిని కాంతి యొక్క తరంగ సిద్ధాంతము మూలముగా వివరించుటకు ప్రయత్నములు జరిగినది.

8.2.6 శక్తి యొక్క క్వాంటీకరణ ఉద్దేశము (Concept of quantization of energy)

సాంప్రదాయ తరంగ సిద్ధాంతం యొక్క వైఫల్యాలు

మాక్స్‌వెల్ సిద్ధాంతము నుంచి కాంతి అనునది ఒక విద్యుత్ అయస్కాంత తరంగమని తెలుసుకొన్నాము. ఈ విద్యుత్ అయస్కాంత తరంగము విద్యుత్ మరియు అయస్కాంత డోలనములను కలిగి, కాంతివేగముతో చలించు సాధారణమైన తరంగ స్వభావమును వ్యక్తపరచును. కాంతి యొక్క తరంగ చిత్రాన్ని ఉపయోగించి కాంతి విద్యుత్ యొక్క పరిశోధన పరిశీలనలను వివరించుటకు ప్రయత్నించెదము.

i) లోహపు ఉపరితలము మీద కాంతి పడినపుడు, లోహము నందు ఉన్న ఎలక్ట్రానులకు శక్తి నిరంతరాయంగా ఇవ్వబడుచున్నది. తరంగ సిద్ధాంతం ప్రకారముగా అధిక తీవ్రత కలిగిన కాంతి అనునది ఉద్గారించు ఎలక్ట్రానులకు అధిక గతిజ శక్తిని ఇవ్వవలసి వస్తుంది (ఇక్కడ కాంతి తీవ్రత అనునది ఒక లఘు కాలంలో ఒక లఘు ప్రమాణ వైశాల్యము ఇవ్వబడుశక్తి అగును,) కానీ ఈ విధంగా జరుగలేదు. ఉద్గారించు కాంతి ఎలక్ట్రానుల

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 128 10-03-2023 16:40:57

గరిష్ట గతిజశక్తి అయినది కాంతి యొక్క తీవ్రతకు సంబంధం లేకుండా ఉన్నదని పరిశోధనలు చేసిన తరువాత ఫలితములు ద్వారా తెలియపరచబడినది (చూపపడినది).

ii) తరంగ సిద్ధాంతము ప్రకారం లోహపు ఉపరితలం మీద కావలసినంత తీవ్రమైన కాంతి పుంజమును పడునట్లు చేసిన, కాంతి పుంజం యొక్క పౌనఃపున్యం ఎంత తక్కువగా ఉన్నను లోహపు ఉపరితలం నుండి ఎలక్ట్రానులు ఉద్గారించవలెను.

కానీ, పరిశోధనల ద్వారా పతన కిరణాలు నిర్ణీతమైన పౌనఃపున్యమునకు దిగువ కాంతి విద్యుత్ ఉద్గారము ఏర్పడదు అని తెలుసుకోబడినది. కావున తరంగ సిద్ధాంతం ద్వారా ఆరంభ పౌనఃపున్యం యొక్క ఉనికిని వివరించుటకు వీలు కాలేదు.

iii) కాంతి యొక్క శక్తి అనునది తరంగాగ్రము పూర్తిగా వ్యాపించి ఉన్నందువలన ఈ శక్తి మిక్కిలి అధిక ఎలక్ట్రానుల సంఖ్యతో కలిగినదిగా ఉండును. ఒక్కొక్క ఎలక్ట్రాను వెలువరచు శక్తి కన్నను అధికమైన మొత్తంలో శక్తిని పొందుటకు అతి తక్కువ కాలమును తీసుకొనును (కొన్ని గంటల కాలము).

కానీ కాంతి విద్యుత్ ఫలితము అనునది వెనువెంటనే జరుగు ప్రక్రియ అని శోధనల ద్వారా చూపబడినది. (ఉపరితల ప్రకాశమునకు ఎలక్ట్రానులు బహిర్గతమగుటకు మధ్యలో ఉన్న కాల విరామం 10^{-9} సెకనులో కన్నా తక్కువగా ఉండును). ఈ కారణము చేత తరంగ సిద్ధాంతముల ద్వారా వివరించుటకు వీలు కాలేదు. అందువలన తరంగ సిద్ధాంతం అనుసరించి కాంతి విద్యుత్ ఫలితం యొక్క శోధన ఫలితములు పూర్తికాలేదు.

ఉదాహరణ 8.1

సీసియంలో ఏర్పడు కాంతి విద్యుత్ ఉద్గారములో తరంగ సిద్ధాంతము అనునది తరువాతి అంచనాలను లెక్కించునదిగా చూపబడినది.

i) కాంతి ఎలక్ట్రానుల గరిష్ట గతిజశక్తి అయిన $K_{\text{గరిష్టం}}$ అనునది పతన కాంతి యొక్క తీవ్రత I పైన ఆధారపడినది.

ii) గరిష్ట గతిజశక్తి $K_{\text{గరిష్టం}}$ అనునది పతన కిరణము యొక్క పౌనఃపున్యము పైన ఆధారపడ లేదు మరియు

iii) కాంతి పతనమగుటకు, కాంతి ఎలక్ట్రానులు ఉద్గారము చెందుటకు మధ్య గల కాలవ్యవధి చాలా అధికంగా ఉంటుంది.

ఇచ్చినటువంటి లోహము మీద కాంతి పడినపుడు సాధారణంగా తరువాత వచ్చు అంచనాలు పేర్కొనబడినది.

అ) కాంతి అనునది లోహము పైన పొరలో ఉన్న అణువుల వలన శోషించబడును.

ఆ) ఇచ్చినటువంటి మూలకములో ఒక్కొక్క అణువు సమ మొత్తములో గతిజశక్తిని శోషించబడును. ఈ శక్తి అయినది వాటి మధ్య భేద వైశాల్యము 'A' నకు అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.

ఇ) ఒక్కొక్క అణువు ఈ శక్తిని తమ ఎలక్ట్రానులలో ఒక ఎలక్ట్రానుకు ఇవ్వబడును.

(ఉద్దేశము: సీసియం యొక్క కాంతి విద్యుత్ విడుదల చేయు శక్తి 2.14 eV మరియు దానిలో కొలువగల కాంతి విద్యుత్ ప్రవాహమును తయారు చేయుటకు ఒక లఘు వైశాల్యంలో శోషించబడిన సామర్థ్యము విలువ $1.60\times10^{-6}\,\text{Wm}^{-2}$ అగును.)

సాధన

i) తరంగ సిద్ధాంతము ప్రకారముగా కాంతి శక్తి అనునది తరంగాగ్రము అంతయూ ఏకరీతిలో నిరంతరాయముగా వ్యాపించియున్నది.

't' కాల పరిమితిలో ఒక్కొక్క ఎలక్ట్రాను శోషించబడు శక్తి E అనునది

$$E = IAt$$

ఈ శక్తిని శోషించుకొని విడుదలగు గరిష్ట శక్తి ($K_{\text{గరిష్టం}}$) గల ఎలక్ట్రాను ఉపరితల శక్తి అవరోధమును అధిగమించుటకు పని ప్రమేయము ϕ_0 తో కూడిన సమీకరణము ఇవ్వబడినది.

$$(K_{\text{గరిష్టం}}) = IAt - \phi_0 \qquad (1)$$

కావున తరంగ సిద్ధాంతం ప్రకారం ఒక లఘు కాలములో తక్కువ కాంతి తీవ్రతలు $IA < \phi_0$ అయినపుడు ఎలక్ట్రానులు ఉద్గారింపబడవు.

అధిక కాంతి తీవ్రతలలో $IA \geq \phi_0$ అయినపుడు ఎలక్ట్రానులు ఉద్గారింపబడును. దీని మూలంగా తెలియునది ఏమనగా కాంతి తీవ్రత పెరిగినపుడు $K_{\text{గరిష్టం}}$ అధికరించునని తెలిసినది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 129 10-03-2023 16:40:58

ఇచ్చినటువంటి సందర్భములలో $K_{\text{గరిష్టం}}$ విలువ అయినది తీవ్రతను మాత్రమే ఆధారపడి యుండును. కాంతి తీవ్రతను సరియైన నిబంధనతో అధికము చేసినప్పుడు కాంతి యొక్క పౌనఃపున్యం ఆరంభ పౌనఃపున్యం కంటే తక్కువగా ఉండు సందర్భములలో కూడా కాంతి విద్యుత్ ఫలితము ఏర్పడుతుంది. కాబట్టి తరంగ సిద్ధాంతములలో ఆరంభ పౌనఃపున్యం అనునది ఉనికిలోనికి రాలేదు.

ii) తరంగ సిద్ధాంతము ప్రకారం కాంతి తరంగము యొక్క తీవ్రత అనునది విద్యుత్ క్షేత్ర వ్యాప్తి వర్గమునకు (E_0^2) అనులోమానుపాతంలో ఉండును.

కాంతి తీవ్రత అధికంగా అయినపుడు విద్యుత్ క్షేత్ర వ్యాప్తి అధికమగును మరియు ఎలక్ట్రానుల యొక్క త్వరణమును గతిజ శక్తిని అధికరించును. ఇప్పుడు సమీకరణము (1) లో 'I' నకు బదులుగా (E_0^2) నకు అనులోమానుపాతంలో ఉండు ఒక పరిమాణంలోనికి మార్చెదము. అయితే $K_{\text{గరిష్టం}}$ అనునది పౌనఃపున్యమునకు సంబంధం లేదు అని తరంగ సిద్ధాంతం అనుసరించి తెలిసినది. ఇది ఇంకనూ పరిశోధన ఫలితములకు విరుద్ధముగా ఉన్నది.

iii) కాంతి విద్యుత్ వెలువడు శక్తిగా చూపించుటకు కావలసిన శక్తి మాత్రం కాంతి నుండి ఎలక్ట్రాను పొందునని అనుకొనిన పరమాణువుల నుంచి ఈ ఎలక్ట్రాను శూన్య గతిజ శక్తితో వెలువడును. కాబట్టి సమీకరణము (1) అనునది.

$$0 = IAt - \phi_0$$

$$t = \frac{\phi_0}{IA} = \frac{\phi_0}{I(\pi r^2)}$$

పరమాణు యొక్క వ్యాసార్ధం $r = 1.0 \times 10^{-10}\,\text{m}$

I మరియు ϕ_0 నకు ఇచ్చిన విలువలను ప్రత్యక్షేపించుము

కాల విరామం t విలువను లెక్కించవచ్చును.

$$t = \frac{2.14 \times 1.6 \times 10^{-19}}{1.60 \times 10^{-6} \times 3.14 \times (1 \times 10^{-10})^2}$$

$$= 0.68 \times 10^7\, s \approx 79 \text{ days}$$

కావున తరంగ సిద్ధాంతము అనునది కాంతి తరంగముల పతనమగుటకు కాంతి ఎలక్ట్రానులు ఉద్గారము చెందుటకు మధ్య అధిక కాల విరామం ఉన్నదని గణించబడినది (లెక్కించబడినది). కానీ పరిశోధన ఫలితములు కాంతి విద్యుత్ ఉద్గారం ఒక వెనువెంటనే జరుగు ప్రక్రియ అని చూపబడినది.

శక్తి క్వాంటీకరణ భావన (Concept of quantization of energy)

1900 లో మాక్స్ ప్లాంక్ అను అతను కృష్ణ వస్తువు నుండి ఉద్గారించబడిన తీవ్ర వికిరణములు మరియు దాని వికిరణ వక్రరేఖల ఆకారాలు వివరించుటకు క్వాంటీకరణ సిద్ధాంతము తీసుకున్నారు.

ప్లాంక్ సిద్ధాంతం ప్రకారం ఒక పదార్థము అనునది అధిక సంఖ్యలో వేరు వేరు పౌనఃపున్యములతో డోలనము చెందుతున్న రేణువుల సముదాయము. తమ యొక్కప్రత్యేక స్వాభావికమైన పౌనఃపున్యములతో డోలనా కంపనములను ఏర్పరుచును. ఒక్కొక్క అణువు డోలనా కంపనము, అదే పౌనఃపున్యముతో విద్యుత్ అయస్కాంత కిరణములను ఉద్గారించును లేక ఇంకను శోషించును.

i) ν అనునది పౌనఃపున్యం అయిన, డోలనము వలన ఏర్పడు ఒక కంపనము దాని శక్తి అనునది నిర్ణీతమైన వివిక్త (వేరువేరుగా ఉన్న) విలువలను మాత్రమే కలిగి ఉంటుంది. వాని తరువాత వచ్చు విలువలను సమీకరణములలో ఇవ్వబడినది.

$$E_n = nh\nu \qquad n=1,2,3.... \qquad (8.5)$$

ఇక్కడ 'h' అనునది ఒక స్థిర సంఖ్య, ఇది ప్లాంక్ స్థిరత్వము.

ii) డోలకములు శక్తిని క్వాంటా అను శక్తి ప్యాకెట్‌గా (packets) ఉద్గారించును లేక శోషించబడును. ఒక్కొక్క కట్ట యొక్క శక్తి $h\nu$ అగును.

దీనిమూలంగా మనము తెలుసుకొనునది తరంగ సిద్ధాంతములో వివరించిన విధంగా తరంగ డోలకములు శక్తి నిరంతరముగా లేకుండా క్వాంటమ్‌గా ఉన్నది. అది వేరు వేరుగా చిన్న చిన్న ప్యాకెట్‌లుగా ఉన్నది. దీనినే శక్తి క్వాంటీకరణ అందురు.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 130 10-03-2023 16:40:59

8.2.7 కాంతి కణము యొక్క స్వభావము, ఐన్‌స్టీన్ వివరణ (Particle nature of light: Einstein's explanation)

కాంతి విద్యుత్ ఫలితము వివరించుటకు ప్లాంక్ క్వాంటం సిద్ధాంతమును ఐన్‌స్టీన్ 1905లో వివరించిరి. ఐన్‌స్టీన్ సిద్ధాంతం ప్రకారం కాంతి శక్తి అనునది తరంగాగ్రములలో వ్యాపించకుండా చిన్న ప్యాకెట్లుగా లేక క్వాంటమ్‌లలో కేంద్రీకృతమై ఉన్నది. కావున కాంతి జనకము నుండి నిర్ణీత పౌనఃపున్యముతో వెలువడు కాంతి (లేక వేరు విద్యుత్ అయస్కాంత తరంగములు) శక్తి ప్యాకెట్లుగా లేక క్వాంటమ్‌లుగా పిలువబడుచున్నది. ఒక్కొక్క కాంతి క్వాంటం శక్తి $E = h\nu$ అగును. ఇంకనూ అతడి యొక్క సిద్ధాంతం ప్రకారం కాంతి క్వాంటమ్‌లకు రేఖీయ ద్రవ్య వేగము ఉన్నదని మరియు దాని పరిమాణం $p = \frac{h\nu}{c}$ అని తెలుపబడినది. నిర్ణయించబడిన శక్తి మరియు ద్రవ్య వేగమును కలిగిన ఒక్కొక్క కాంతి క్వాంటమ్ కణము స్వభావమును కలిగి ఉంటుంది. కణము ప్రవర్తించు ఈ కాంతి క్వాంటం ఫోటాన్ అనబడును. అందువలన ఫోటాన్ అనునది కాంతి కిరణము యొక్క వ్యక్తీకరణం తప్ప మరొకటి కాదు.

ఫోటాన్ యొక్క లక్షణాలు (Characteristics of photons)

కాంతి యొక్క కణ స్వభావము ఆధారముగా ఫోటాన్‌లు అనునది ఏ ఒక్క వికిరణముకైనను ప్రాథమిక భాగమగును. ఫోటాన్‌లు ఈ విధమైన స్వభావములు లేక లక్షణములు కలిగి ఉండును.

i) λ తరంగధైర్ఘ్యము, ν పౌనఃపున్యము ఉన్నటువంటి కాంతి యొక్క ఫోటాన్ శక్తి ఈ విధముగా ఇవ్వబడినది

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

ii) ఫోటాన్‌ల శక్తి వికిరణముల పౌనఃపున్యములతో నిర్ణయించబడుతుంది. కానీ దాని యొక్క తీవ్రత పై ఆధారపడుటలేదు. మరియు కాంతి పుంజము లేని వ్యక్తిగత ఫోటాన్ యొక్క శక్తికి తీవ్రతకు ఎటువంటి సంబంధం లేదు.

iii) ఫోటాన్‌లు కాంతి వేగముతో ప్రయాణం చేయును. దాని యొక్క ద్రవ్య వేగము క్రింది విధంగా ఇవ్వబడినది.

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{h\nu}{c}$$

iv) ఫోటాన్‌లు విద్యుత్ తటస్థావేశమును కలిగియుండును. ఇందువల్ల విద్యుత్ మరియు అయస్కాంత క్షేత్రములచేత బాధింపబడవు.

v) ఫోటాన్ పదార్థంతో అంతర చర్య జరిగినప్పుడు (ఫోటో ఎలక్ట్రాన్ అభిఘాతం) మొత్తం శక్తి, మొత్తం రేఖీయ ద్రవ్య వేగము మరియు కోణీయ ద్రవ్యవేగము మొదలగు వాటి విలువలలో మార్పు లేదు. ఈ చర్యల్లో ఫోటాన్ శోషించబడుటయో లేక క్రొత్త ఫోటాన్ ఉత్పత్తి అగుటయో జరుగుట వలన పోటాన్‌ల యొక్క సంఖ్యలో మార్పు ఉండును.

> **గమనిక**
> క్వాంటమ్ సిద్ధాంతం ప్రకారంగా ఇచ్చినటువంటి తరంగధైర్ఘ్యములో ఉన్న కాంతి తీవ్రత అనునది ఒక లఘు కాలములో ఒక లఘు వైశాల్యము మీద ఆధారపడును. సమముగా ఉన్న శక్తిని కలిగిన, శక్తి క్వాంటమ్ లేక ఫోటాన్‌ల సంఖ్య అగును. దీని ప్రమాణము Wm^{-2}

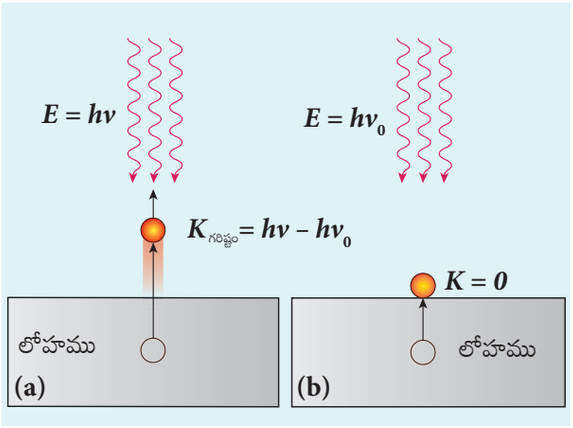
కాంతి విద్యుత్ సమీకరణమును గూర్చి ఐన్‌స్టీన్ వివరణ (Einstein's explanation of photoelectric equation)

ఒక లోహపు ఉపరితలము మీద $h\nu$ శక్తి కలిగిన ఫోటాన్ ఒకటి పడునపుడు ఈ శక్తి సంపూర్ణముగా ఒక ఎలక్ట్రాను వలన శోషించబడి, ఎలక్ట్రానిక్ ఉద్గారము చెందుచున్నది. ఈ చర్యలో ఫోటాన్‌ల ఒక భాగము శక్తి లోహపు ఉపరితలం మీద శక్మ అవరోధమును అధిగమించుటకు ఉపయోగపడుతుంది. (కాంతి విద్యుత్ నుండి వెలువడు శక్తి (ϕ_0). మిగిలిన శక్తి ఉద్గారించబడిన ఎలక్ట్రానుల గతిజశక్తిగా మారుతున్నది. కావున శక్తి నిత్యత్వ నియమమును వర్తింప చేయును.

$$h\nu = \phi_0 + \frac{1}{2}mv^2 \qquad (8.6)$$

ఇక్కడ m అనునది ఎలక్ట్రానుల యొక్క ద్రవ్యరాశి మరియు v అనునది దాని దిశా వేగము అగును. ఇది పటము 8.13(అ) లో చూపబడినది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 131 10-03-2023 16:41:00



పటము 8.13 కాంతి ఎలక్ట్రానుల యొక్క ఉద్గారము

పతన వికిరణము యొక్క పౌనఃపున్యమును తగ్గించిన, కాంతి ఎలక్ట్రానుల వేగము లేక గతిజశక్తి తగ్గును. కాంతి యొక్క నిర్ణీత పౌనపున్యంలో ν_0 ఎలక్ట్రానుల గతిజశక్తి ఏదియూ లేకుండా ఉద్గారించును. (పటము 8.13(ఆ). కావున సమీకరణము 8.6 అనునది క్రింది విధముగా ఉండును.

$$h\nu_0 = \phi_0$$

ఇక్కడ ν_0 అనునది ఆరంభ పౌనఃపున్యము అగును.

సమీకరణము (8.6) ను మార్చి వ్రాసిన

$$h\nu = h\nu_0 + \frac{1}{2}m\upsilon^2 \qquad (8.7)$$

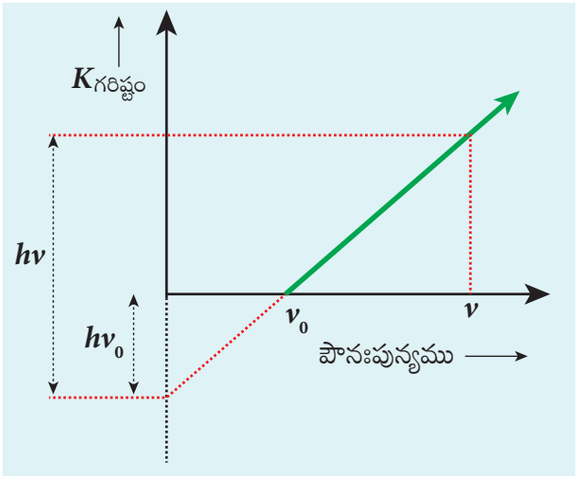
సమీకరణము (8.7) ను ఐన్‌స్టీన్ యొక్క కాంతి విద్యుత్ సమీకరణము అంటారు.

కాబట్టి అంతర అభిఘాతముల వల్ల ఎలక్ట్రానులకు శక్తి నష్టము ఏర్పడుట లేదు అనిన వాటిని $K_{\text{గరిష్టం}}$ అను గరిష్ట గతిజశక్తితో ఉద్గారింపబడుచున్నది.

కావున $K_{\text{గరిష్టం}} = \frac{1}{2}m\upsilon^2_{\text{గరిష్టం}}$

ఇక్కడ $\upsilon_{\text{గరిష్టం}}$ అనునది ఉద్గారించు ఎలక్ట్రాను యొక్క గరిష్ట వేగం అగును. సమీకరణము (8.6) ఈ విధంగా మార్చి వ్రాయబడినది.

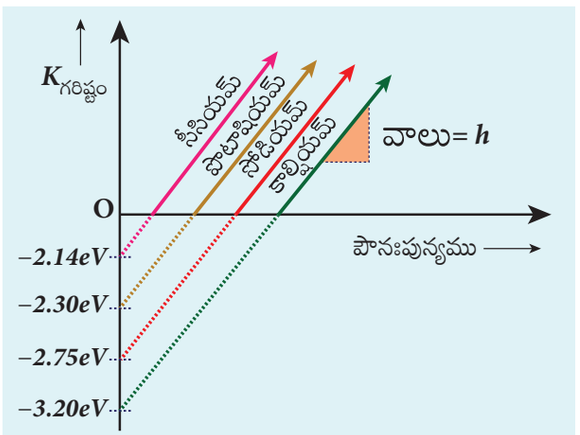
$$K_{\text{గరిష్టం}} = h\nu - \phi_0 \qquad (8.8)$$



పటము 8.14 $K_{\text{గరిష్టం}}$ మరియు ν మధ్య గల రేఖాపటము

కాంతి ఎలక్ట్రానుల గరిష్ట గతిజశక్తి $K_{\text{గరిష్టం}}$ మరియు పతన కాంతి పౌనఃపున్యము ν మధ్యగల రేఖాపటము ఒక సరళరేఖ అగును. (పటము 8.14) ఈ సరళ రేఖ యొక్క వాలు h మరియు దాని యొక్క y–అక్ష ఖండనము ϕ_0 అగును.

ఐన్‌స్టీన్ సమీకరణం యొక్క శోధన ప్రకారం R.A. మిల్లికన్ అనునతను సరి చూసినారు. వారు పలు రకాల లోహములకు (సీసియం, పొటాషియం, సోడియం మరియు కాల్షియం) $K_{\text{గరిష్టం}}$ మరియు ν మధ్య ఉన్న రేఖాపటమును గీసినారు. (పటము 8.15) ఆ రేఖాపటములలో నుంచి వాలు అనునది లోహములకు సంబంధించి కాదు అని కనుగొన్నారు.



పటము 8.15 వేరు వేరు లోహముల $K_{\text{గరిష్టం}}$ మరియు ν యొక్క రేఖాపటము

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 132 10-03-2023 16:41:02

ఇంకనూ ప్లాంక్ స్థిరాంకము ($h = 6.626 \times 10^{-34}$ Js) మరియు వేరువేరు లోహముల (Cs, K, Na, Ca) వెలువరచు శక్తిని మిల్లికన్ లెక్కించారు. ఈ విలువలు అంతయూ సిద్ధాంతం ఆధారంగా లెక్కించబడిన విలువలతో ఒడంబడిక కలిగినది.

కాంతి విద్యుత్ ఫలితం యొక్క వివరణ:- (Explanation for the photoelectric effect:)

ఐన్‌స్టీన్ కాంతి విద్యుత్ సమీకరణము సహాయముతో కాంతి విద్యుత్ ఫలితం గూర్చి పరిశోధనా ఫలితములకు తరువాత వచ్చు వివరణలు పొందవచ్చును.

i) ఒక్కొక్క ఫోటాను ఒక ఎలక్ట్రాను లోహపు ఉపరితలము నుండి వెలువడుట నందువలన కాంతి తీవ్రత అధికరించినపుడు (ఒక లఘు కాలంలో ఒక లఘు వైశాల్యములో పడు ఫోటానుల ఎన్నిక) ఉద్గారించబడిన ఎలక్ట్రానుల సంఖ్య అధికమగును. కాంతి విద్యుత్ ప్రవాహము కూడా అధికమగును. ఇది శోధనా విభాగము ఆధారంగా తెలుసుకొనబడినది.

ii) $K_{\text{గరిష్టం}} = h\nu - \phi_0$ అను సమీకరణము నుంచి $K_{\text{గరిష్టం}}$ అనునది పతనకిరణము యొక్క పౌనఃపున్యము ν నకు అనులోమానుపాతంలో ఉండును. కానీ కాంతి తీవ్రతకు సంబంధం లేదు .

iii) సమీకరణము 8.7 నుంచి లోహపు ఉపరితలం నుంచి ఎలక్ట్రాన్ వెలువడుటకు ఫోటానుకు ఖచ్చితమైన కొద్దిపాటి శక్తి (లోహము నుంచి వెలువడు శక్తికి సమానము) కావలసింది. ఈ శక్తి కన్నను తక్కువ శక్తి విలువలలో కాంతి విద్యుత్ ఉద్గారము జరగదు. దానికి తగిన ఆరంభ పౌనపున్యం అనబడు కనీస పౌనఃపున్యమునకు దిగువ ఉన్న పౌనఃపున్యములో కాంతి విద్యుత్ ఉద్గారము చెందదు.

iv) క్వాంటమ్ సిద్ధాంతం ప్రకారం ఫోటాన్‌నుంచి ఎలక్ట్రానుకు శక్తి మార్పు జరుగునది ఒక వెనువెంటనే జరుగు సంఘటన అగును. కావున ఫోటాన్ పతనం అగుటకు ఎలక్ట్రాను ఉద్గారించుటకు మధ్య గల కాల విరామం ఉండదు.

ఈ విధంగా క్వాంటమ్ సిద్ధాంతం ప్రకారం కాంతి విద్యుత్ ఫలితము వివరించబడినది.

కాంతి యొక్క స్వభావం - కణము యొక్క ద్వంద్వత్వము. (The nature of light: wave - particle duality)

కాంతి యొక్క తరంగ స్వభావము మూలముగా వ్యతికరణం యొక్క ఫలితము, వివర్తనము యొక్క ఫలితము మరియు ధ్రువణము యొక్క ఫలితము మొదలగు సంఘటనల గూర్చి వివరణలు తెలుసుకొన్నాము. ఇంకను కృష్ణ వస్తువు వికిరణము, కాంతి విద్యుత్ ఫలితం అయినటువంటి సంఘటనలను కాంతి కణ స్వభావ మూలముగా వివరించబడినది. కావున రెండు సిద్ధాంతములకు కావలసిన పరిశోధనా పత్రాలు ఉన్నవి.

ప్రాచీన కాలంలో కొత్త పరిశోధన ఫలితములకు సంబంధంలేని సిద్ధాంతములను మార్చి వ్రాయబడినది లేక నిరాకరించబడినది. ఇక్కడ కాంతి స్వభావం ఏమి? అను ప్రశ్నకు బదులిచ్చుటకు రెండు సిద్ధాంతములు కావలసి వచ్చినది.

వీటి నుంచి కాంతి అనునది కణము మరియు తరంగము అను ద్వంద్వ స్వభావమును కలిగి ఉన్నది అని నిర్ణయించబడినది. కొన్ని సందర్భములలో కాంతి అనునది తరంగముగాను మరియు వేరే సందర్భములలో కణముగాను వ్యవహరించుచున్నది.

దీనిని వేరే విధముగా చెప్పిన, కాంతి విస్తరించునపుడు తరంగముగాను, పదార్థములతో అంతర చర్య జరుగునపుడు కణముగాను వ్యవహరించును. అన్ని భౌతిక శాస్త్ర సంఘటనలను వివరించుటకు ఒకసిద్ధాంతము ఆవశ్యకమగుచున్నది. కావున తరంగ స్వభావము క్వాంటమ్ (కణము) స్వభావం ఒకటే అని పూర్తిచేయు లక్షణము కలిగినది.

8.2.8 కాంతి విద్యుత్ ఘటనలు మరియు వాటి యొక్క అనువర్తనాలు (Photo electric cells and their applications)

కాంతి ఘటము

కాంతి విద్యుత్ ఘటము అనునది కాంతి శక్తి విద్యుత్ శక్తిగా మార్చు సాధనము అగును. ఇది కాంతి విద్యుత్ ఫలితం తత్వము ప్రకారం (పని చేయునది). కాంతికి స్పందించు వస్తువుల మీద కాంతి పడునపుడు, వస్తువు యొక్క విద్యుత్ ధర్మములలో మార్పు ఏర్పడును.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 133 10-03-2023 16:41:02

దాని ఆధారంగా కాంతి విద్యుత్ ఘటములు మూడు రకములుగా వర్గీకరించబడినవి.

అవి ఏమనగా

i) **కాంతి ఉద్గార ఘటము (Photo emissive cell)**

కాంతి లేక ఇతర వికిరణాలు లోహము యొక్క కేథోడ్ మీద పడినందువలన ఎలక్ట్రానిక్ ఉద్గారం ఏర్పడినది. దీని ఆధారంగా కాంతి ఉద్గారపు విద్యుత్ ఘటము పని చేయును.

ii) **కాంతి వోల్టా ఘటము (Photo voltaic cell)** అర్ధవాహకముచే చేయబడిన కాంతి సున్నితత్వ మూలకము ఉపయోగించబడుతున్నది. అది కాంతి లేదా ఇతర వికిరణములు పడనప్పుడు వాటి తీవ్రతకు తగినట్లు విద్యుత్ శక్యభేదము ఏర్పడుచున్నది.

iii) **కాంతి వాహక ఘటము (Photo conductive cell)**

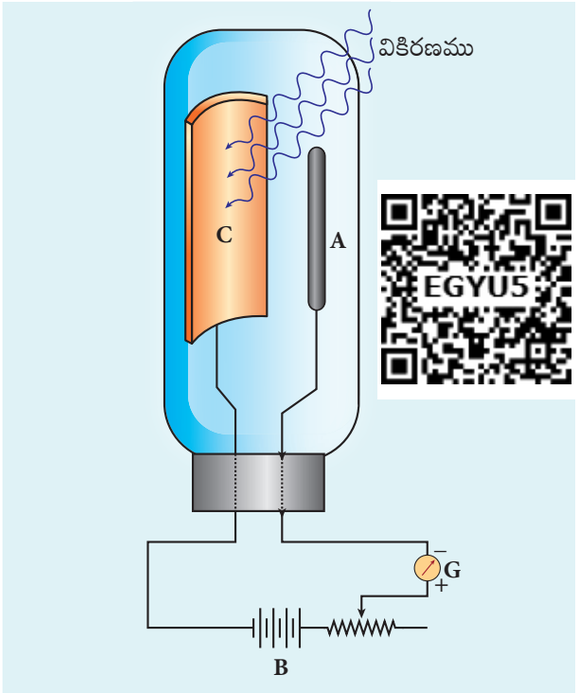
దీనిలో అర్ధవాహకము యొక్క విద్యుత్ నిరోధకము అనునది, దాని మీద పడిన వికిరణ శక్తికి తగినట్లుగా మారుతున్నది. పాఠములోని ఈ విభాగంలో కాంతి ఉద్గారపు విద్యుత్ ఘటము మరియు దాని ధర్మములు గురించి మనము వివరించెదము.

కాంతి ఉద్గార ఘటము (Photo emissive cell)

నిర్మాణము:

శూన్యము గావించిన గాజు లేక క్వార్ట్జ్ గొట్టములో రెండు లోహపు పలకలు ఉన్నవి. పటము 8.16 లో చూపిన విధంగా కేథోడ్ మరియు ఆనోడ్ మొదలైనవి అమర్చబడి ఉన్నవి.

కేథోడ్ C అనునది కాంతి సున్నితత్వ వస్తువు పూతపూసి అర్ధస్థూపము ఆకారంలో ఉండును. సన్నని అర్ధ లేక కమ్మీతో చేయబడిన ఆనోడ్ A అగును. అర్ధ స్థూపాకారము కేథోడ్ యొక్క అచ్చులో ఉంచబడినది. కేథోడ్ మరియు ఆనోడ్ మధ్య ఒక శక్యభేదము అనునది గాల్వనో మీటర్ G ద్వారా కొలబడుచున్నది.



పటము 8.16 కాంతి విద్యుత్ ఘటము యొక్క నిర్మాణము

పని చేయు విధానము:

కేథోడ్ మీద తగిన కాంతి పడినపుడు, దానిలో నుంచి ఎలక్ట్రానులు ఉద్గారము చెందుతున్నది. ఈ ఎలక్ట్రానులు ఆనోడ్ వలన ఆకర్షించబడుటచే విద్యుత్ ప్రవాహం ఏర్పరచుచున్నది. దీనిని గాల్వనో మీటరు మూలంగా కొలువవచ్చును, ఇచ్చినటువంటి కేథోడ్‌నకు విద్యుత్ ప్రవాహపు విలువ

i) పతన కిరణం యొక్క తీవ్రత మరియు

మీకు తెలుసా?

కాంతి అనునది ఏ విధంగా తరంగము మరియు కణ సమూహంగా ఉన్నది అని అర్థం చేసుకొనుటకు కష్టపడ వచ్చును. కానీ ఆల్బర్ట్ ఐన్‌స్టీన్ వంటి గొప్ప విజ్ఞాన శాస్త్రవేత్తలకు కూడా ఈ సమస్య ఉన్నదని గుర్తించవలెను.

ఆల్బర్ట్ ఐన్‌స్టీన్ 1954లో తమ స్నేహితులు మైకేల్ చెస్సో అనునతనికి వ్రాసిన ఉత్తరములో దీనికి సంబంధించి మనో వైఫల్యమును వివరించారు. గడిచిన 50 సంవత్సరాలుగా లోతైన ఆలోచనల ఆధారంగా "కాంతిక్వాంటా అనగా నేమి?" అను ప్రశ్నలకు జవాబు ఏమి అనునది నేను తెలుసుకోలేకపోతిని! సమీప కాలంలో ఒక్కొక్కరు ఆ ప్రశ్నకు జవాబు తెలుసునని అనుకుంటారు. కానీ వారు వారినే మోసము చేసుకుంటున్నారు.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 134 10-03-2023 16:41:02

ii) ఆనోడ్ మరియు కేథోడ్ మొదలైన వాటికి సంబంధించి ఏర్పడును.

కాంతి విద్యుత్ ఘటాలు యొక్క ఉపయోగాలు (Applications of photo cells:)

కాంతి విద్యుత్ ఘటాల వలన చాలా ఉపయోగాలు కలవు. ముఖ్యంగా విద్యుత్ స్విచ్‌లు మరియు విద్యుత్ సెన్సార్లుగా ఉపయోగించబడుతున్నది. ఆటోమేటిక్ కాంతి బల్బులుగా విద్యుత్ ఘటాలు ఉపయోగపడుతున్నవి. ఇంకనూ వీధులలో రాత్రి లేక పగటి వేళల్లో సమయాన్ని అనుసరించి వెలుగుటకు మరియు ఆర్పివేయుటకు కాంతి విద్యుత్ ఘటాలు ఉపయోగించబడుతున్నది.

చలనచిత్రములలో కాంతిని తిరిగి పొందుటకు కాంతి విద్యుత్ ఘటాలు ఉపయోగపడుచున్నవి. ఇంకనూ పరుగుల పందెంలో అడ్డుకట్టలను, వీరుల వేగాన్ని కొలుచుటకు గడియారములలో ఉపయోగపడుతున్నది. ఫోటోగ్రఫీ నందు కాంతి తీవ్రత కొలిచిన తర్వాత ఫోటోగ్రఫీ యంత్రము నందు కాంతి పడుటకు కావలసిన సమయాన్ని (Exposure time) లెక్కించుటకు ఉపయోగపడును.

ఉదాహరణ 8.2

ఒక వెండి లోహపు ఉపరితలం మీద 300 nm తరంగధైర్యము ఉన్న వికిరణము పడినపుడు, కాంతి ఎలక్ట్రాన్లు శోషించబడునా? (వెండి యొక్క పని ప్రమేయము = = 4.7 eV)

సాధన

పతన ఫోటాన్‌ల యొక్క శక్తి

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \text{ (జౌలు కొలత)}$$

$$E = \frac{hc}{\lambda e} \text{ (eV కొలత))}$$

తెలిసిన విలువలను ప్రతిక్షేపించగా మనకు లభించునది

$$E = \frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{300\times10^{-9}\times1.6\times10^{-19}}$$

$$E = 4.14 \text{ eV}$$

వెండి యొక్క కాంతి విద్యుత్ వెలువరచు శక్తి 4.7 eV. అగును. లోహపు ఉపరితలము మీద పడు కాంతి యొక్క శక్తి వెండి లోహపు శక్తి కన్నా తక్కువగా ఉండుట వలన కాంతి ఎలక్ట్రాన్లు ఉద్గారించబడవు.

ఉదాహరణ 8.3

2200Å తరంగధైర్ఘ్యము ఉన్న కాంతి అనునది Cu మీదపడినపుడు, కాంతి ఎలక్ట్రానులు ఉద్గారింపబడినవి అనిన (i) ఆరంభ తరంగధైర్ఘ్యము మరియు (ii) నిరోధక శక్మములను లెక్కించుము. (Cu వెలువరచు శక్తి $\phi_0 = 4.65$ eV)

సాధన

i) ఆరంభ తరంగధైర్ఘ్యము

$$\lambda_0 = \frac{hc}{\phi_0} = \frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{4.65\times1.6\times10^{-19}}$$

$$= 2672 \text{ Å}$$

ii) తరంగధైర్ఘ్యము కలిగిన ఫోటాన్ యొక్క శక్తి 2200 Å

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{2200\times10^{-10}}$$

$$= 9.035\times10^{-19} J = 5.65 \text{ eV}$$

అతివేగ కాంతి ఎలక్ట్రాను యొక్క గతిజశక్తి అయినది ఈ విధంగా ఉండును.

$$K_{\text{గరిష్టం}} = h\nu - \phi_0 = 5.65 - 4.65$$

$$= 1 \text{ eV}$$

సమీకరణము 8.3 లో నుంచి, $K_{\text{గరిష్టం}} = eV_0$

$$V_0 = \frac{K_{\text{గరిష్టం}}}{e} = \frac{1\cdot 1.6\ \ 10^{-19}}{1.6\cdot\ 10^{-19}}$$

కావున నిరోధక శక్మము = 1V

ఉదాహరణ 8.4

పొటాషియం యొక్క కాంతి విద్యుత్ వెలువరచు శక్తి 2.30 eV అగును. 3000 Å తరంగధైర్ఘ్యం

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 135 10-03-2023 16:41:06

2 Wm^{-3} తీవ్రతను కలిగిన అతినీలలోహిత కిరణము పొటాషియం ఉపరితలముపై పడినది అనిన యెడల i) కాంతి ఎలక్ట్రానుల గరిష్ట గతిజ శక్తిగా లెక్కించుము. ii) 40% ఫోటాన్‌లు కాంతి ఎలక్ట్రానులను వెలువరిచిన పొటాషియం యొక్క 2 cm^2 కొలతల ఉపరితలము నుండి ఒక సెకనుకు ఎన్ని ఎలక్ట్రానులు ఉద్గారించును?

సాధన

i) పతనమైన ఫోటాన్ యొక్క శక్తి

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{3000\times10^{-10}}$$

$$E = 6.626\times10^{-19}\,J = 4.14\ eV$$

కాంతి ఎలక్ట్రానుల గరిష్ట గతిజశక్తి

$$K_{\text{గరిష్టం}} = h\nu - \phi_0 = 4.14 - 2.30 = 1.84\ eV$$

ii) ఒక సెకనులో విస్తారము పొందు ఫోటాన్‌ల సంఖ్య

$$n_p = \frac{I}{E}\times A$$

$$= \frac{2}{6.626\times10^{-19}}\times2\times10^{-4}$$

$$= 6.04\times10^{14}\ \text{ఫోటాన్‌లు/సెకెను}$$

కాంతి ఎలక్ట్రానుల ఉద్గారించు విధము

$$= (0.40)n_p = 0.4\times6.04\times10^{14}$$

$$= 2.416\times10^{14}\ \text{కాంతి ఎలక్ట్రానులు/సెకెను}$$

ఉదాహరణ 8.5

ఒక లోహపు విద్యుత్ పలక మీద 390 nm తరంగదైర్ఘ్యము కలిగిన కాంతి అనునది పడునట్లుగా చేయబడినది. ఉద్గారించు ఎలక్ట్రాను యొక్క శక్తిగా లెక్కించబడుటకు ఈ విద్యుత్ పలక మరియొక విద్యుత్ పలకకు మధ్య ఋణాత్మక శక్మము ఏర్పరచబడుతున్నది. విద్యుత్ శక్మ భేదము 1.10 V అయినప్పుడు విద్యుత్ పలకలకు మధ్య ఉన్న విద్యుత్ ప్రవాహము పూర్తిగా నిలిపివేయబడినవి అనిన i) లోహము యొక్క కాంతి విద్యుత్ వెలువరచు శక్తి మరియు ii) లోహము నుంచి ఎలక్ట్రాను వెలువరుచుటకు కావలసిన కాంతి యొక్క గరిష్ట తరంగదైర్ఘ్యము మొదలగునవి లెక్కించవలెను.

సాధన

i) వెలువరచు శక్తి

$$\phi_0 = h\nu - K_{\text{గరిష్టం}} = \frac{hc}{\lambda} - eV_0$$

ఎందుకనగా $K_{\text{గరిష్టం}} = eV_0$

$$= \left[\frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{390\times10^{-9}}\right] - \left[1.6\times10^{-19}\times1.10\right]$$

$$= 5.10\times10^{-19} - 1.76\times10^{-19} = 3.34\times10^{-19}\,J$$

$$= 2.09\ eV$$

ii) ఆరంభ తరంగదైర్ఘ్యము

$$\lambda_0 = \frac{hc}{\phi_0} = \frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{3.34\times10^{-19}}$$

$$= 5.951\times10^{-7}\,m = 5951\ Å$$

8.3 పదార్థపు తరంగాలు (MATTER WAVES)

8.3.1 పరిచయం - కణముల యొక్క తరంగ స్వభావము (Introduction - Wave nature of particles)

ఇంతవరకు కణము మరియు తరంగముల యొక్క ప్రత్యేక స్వభావములను వేరువేరుగా ఉన్నదని మనము తెలుసుకున్నాము. ఒక తరంగము అనునది దాని పౌనఃపున్యము, తరంగదైర్ఘ్యము, తరంగ దిశా వేగము, కంపన పరిమితి మరియు తీవ్రత మొదలగు వాటి వలన గుర్తించబడుచున్నది. ఇంకనూ అది విస్తారముగా వ్యాప్తి చెందుతూ బయట ఒక కనీస ప్రాంతమును ఆక్రమించును. ఒక కణము అనునది దాని ద్రవ్యరాశి, దిశావేగము, ద్రవ్యవేగము మరియు శక్తి మొదలగువాటి ద్వారా గుర్తించబడుచున్నది. ఇంకను వెలుపలి నిర్ణీత తక్కువ ప్రాంతమును ఆక్రమించి పరిమాణంలో చిన్నదిగా ఉండును.

సాంప్రదాయ భౌతికశాస్త్రము అనునది కణములు మరియు తరంగముల వేరు వేరు అయినవని వివరించినది. కాని వికిరణములకు ద్వంద్వ స్వభావము ఉన్నదని క్వాంటమ్ సిద్ధాంతము

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 136 10-03-2023 16:41:13

నిరూపించినది. అది ఏమనగా వికిరణము అనునది కొన్ని సందర్భములలో తరంగములుగాను వేరు కొన్ని సందర్భములలో కణములుగాను వ్యవహరించుచున్నది.

వికిరణము యొక్క తరంగము – కణము ద్వంద్వ స్వభావము నుండి పదార్థపు కణము యొక్క తరంగ స్వభావము ఏర్పడినది. దీనిని తరువాతి విభాగము నందు చదువుకొనెదము (లేక) తెలుసుకొనెదము.

డీబ్రోగ్లీ తరంగము (De Broglie wave)

1924లో ఫ్రాన్స్ దేశము యొక్క భౌతిక శాస్త్రవేత్త లూయిస్ డీబ్రోగ్లీ (pronounced as de Broy) (లూయిస్ ఢీ బ్రాయ్ అని పిలవవలెను) వికిరణము యొక్క తరంగ – కణము ద్వంద్వ స్వభావ అభిప్రాయమును పదార్థపు కణమునకు వివరించారు.

ప్రకృతి యొక్క సౌష్టవ స్వభావం ఫలితంగా డీబ్రోగ్లీ ఈ క్రింది వాటిని సూచించాడు. కాంతి వంటి వికిరణాలు కొన్ని సార్లు కణాలుగా పనిచేస్తే, ఎలక్ట్రాన్లు వంటి పదార్థ కణాలు కొన్నిసార్లు తరంగముల వలె పని చేయుచున్నది (పనిచేయవలెను).

డీబ్రోగ్లీ సిద్ధాంతం ప్రకారం, ఎలక్ట్రాన్లు, ప్రోటాన్లు మరియు కదలిక ఉన్న న్యూట్రాన్లు వంటి అన్ని పదార్థ కణాలు తరంగధైర్ఘ్యమును కలిగి ఉంటాయి. ఈ తరంగాలు డీబ్రోగ్లీ తరంగాలు (లేక) పదార్థ తరంగాలు అంటారు.

8.3.2 డీబ్రోగ్లీ తరంగధైర్ఘ్యము (De Broglie wave length)

ν పౌనఃపున్యము కలిగిన ఫోటాన్ యొక్క ద్రవ్య వేగము ఈ విధంగా ఉండును

$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda} \quad \text{ఎందుకనగా} \quad c = \nu\lambda$$

ద్రవ్యవేగ మూలముగా ఫోటాన్ యొక్క తరంగధైర్ఘ్యము ఈ విధంగా సమీకరణల ద్వారా పొందబడినది.

$$\lambda = \frac{h}{p} \qquad (8.9)$$

డీబ్రోగ్లీ సిద్ధాంతము ప్రకారం పైన తెలిపిన సమీకరణము అనునది పదార్థపు కణములకు కూడా వర్తింప చేయు పూర్తి సాధారణమైన సమీకరణము అగును. కావున m ద్రవ్యరాశి, υ వేగము కలిగిన కణము తరంగదర్ఘ్యము ఈ విధముగా ఇవ్వబడినది.

$$\lambda = \frac{h}{m\upsilon} = \frac{h}{p} \qquad (8.10)$$

పదార్థపు తరంగము యొక్క తరంగదైర్ఘ్యము, డీబ్రోగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యము అనబడును. ఈ సమీకరణము తరంగ స్వభావమును (తరంగదైర్ఘ్యము λ) కణము స్వభావమును (ద్రవ్యవేగము p) ప్లాంక్ స్థిరాంకము ఆధారముగా ఇవ్వబడినది.

8.3.3 ఎలక్ట్రానుల యొక్క డీబ్రోగ్లీ తరంగధైర్ఘ్యము (De Broglie wave length of electrons)

m ద్రవ్యరాశి కలిగిన ఎలక్ట్రాను అనునది V వోల్టు శక్మము వ్యత్యాసము కారణముగా త్వరణము చెందించబడినది అంటే ఎలక్ట్రాన్ స్వీకరించు గతిజశక్తి

$$\frac{1}{2}m\upsilon^2 = eV$$

కాబట్టి ఎలక్ట్రాను యొక్క దిశావేగము υ అయినది

$$\upsilon = \sqrt{\frac{2eV}{m}} \qquad (8.11)$$

అందువలన ఎలక్ట్రానుతో సంబంధిత పదార్థ తరంగాల డీబ్రోగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యము అనునది

$$\lambda = \frac{h}{m\upsilon} = \frac{h}{\sqrt{2emV}}$$

పై సమీకరణములో ఇవ్వబడిన విలువల ప్రతిక్షేపింఛగా మనము పొందినది

$$\lambda = \frac{6.626\times10^{-34}}{\sqrt{2V\times1.6\times10^{-19}\times9.11\times10^{-31}}}$$
$$= \frac{12.27\times10^{-10}}{\sqrt{V}}\,\text{m} \quad \text{(or)}$$
$$\lambda = \frac{12.27}{\sqrt{V}}\,\text{Å} \qquad (8.12)$$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 137 10-03-2023 16:41:19

ఉదాహరణకి, 100V విద్యుత్ శక్మ భేదము వలన ఎలక్ట్రాను త్వరణము చెందించబడినది. దాని యొక్క డీబ్రోగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యము 1.227 Å అగును.

$K = eV$ అనునది ఎలక్ట్రాను యొక్క గతిజశక్తి అయిన ఎలక్ట్రాన్ యొక్క డీబ్రోగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యము ఈ విధంగా వ్రాయము.

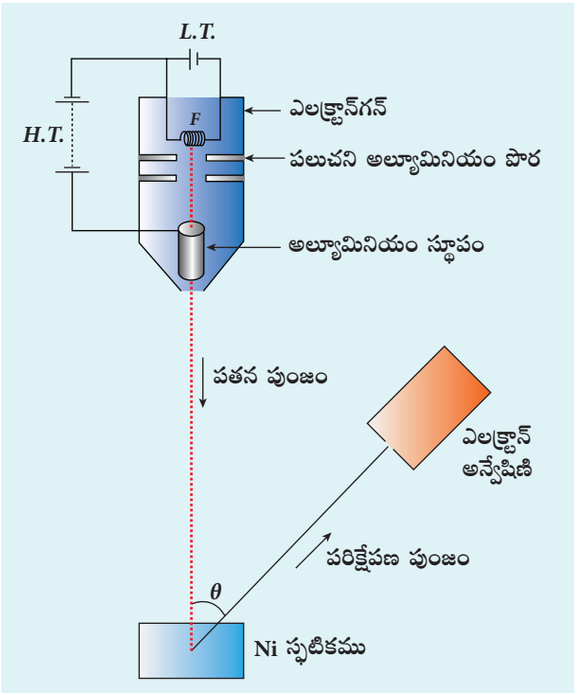
$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mK}} \qquad (8.13)$$

8.3.4 డేవిసన్ – జెర్మర్ పరిశోధన (Davisson – Germer experiment)

1927లో క్లింటన్ డేవిసన్ మరియు లెస్టర్ జెర్మర్ అనువారు లూయిస్ డీబ్రోగ్లీ పదార్థపు తరంగముల యొక్క పరికల్పనల శోధనముల మూలముగా నిశ్చయించిరి. స్ఫటికముగా ఉన్న ఘన పదార్థముల మీద పడు ఎలక్ట్రానుల పుంజము వివర్తన జాలకముగా మార్పు చేసి చూపినారు. పదార్థపు తరంగముల ఘన స్ఫటికము త్రిమితీయ వివర్తన జాలకము క్రిస్టల్‌గా పని చేయునదిగా ఉండుట వలన ఎలక్ట్రానుల పుంజము వివర్తన జాలకముగా ఏర్పడి నిర్ణయించబడ్డ దిశలో ప్రయాణించును. పటము 8.17 లో ఈ శోధనలకు గల అమరిక చూపబడినది.

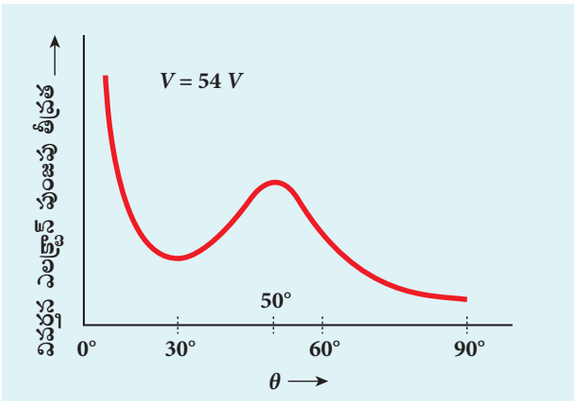
తక్కువ విద్యుత్ శక్మము (L.T.) గల బ్యాటరీ మూలముగా ఫిలమెంట్ F వేడి చేయబడుచున్నది. వేడిగా గల ఫిలమెంట్ నుండి ఉష్ణ అయానిక ఉద్గారము మూలముగా ఎలక్ట్రానులు ఉద్గారించబడుచున్నవి. తర్వాత అధిక విద్యుత్ శక్మము (H.T.) బ్యాటరీ మూలముగా ఫిలమెంట్ మరియు అల్యూమినియం స్థూపము ఆనోడ్ మధ్య ఇవ్వబడు విద్యుత్ శక్మ భేదము వలన ఎలక్ట్రానులు త్వరణము చెందుచున్నది. రెండు పలుచని అల్యూమినియం రేకుల ద్వారా ప్రవేశించినపుడు సమాంతరీకరించబడి (collimated) తదానుసారంగా ఎలక్ట్రానులు ఏక స్ఫటిక నికెల్ పైన పడునట్లు చేయబడుచున్నవి.

Ni పరమాణువుచే వేరువేరు దిశలలో చెదరగొట్టబడిన ఎలక్ట్రానుల పుంజము తీవ్రత ఎలక్ట్రానుల శోధకము వలన కొలవబడుచున్నది. కాగితపు తలములో భ్రమణమును ఏర్పరచు రంగుల శోధకము ఉన్నందువలన పతన కాంతి పుంజమునకు



పటము 8.17 డేవిసన్ –జెర్మర్ పరిశోధన అమరిక

చెందినటువంటి పుంజమునకు మధ్యగల కోణం θ యొక్క విలువ మనకు కావలసిన విధంగా మార్పులు చేసుకొనవచ్చును. చెదిరినటువంటి ఎలక్ట్రానుల పుంజము తీవ్రత అనునది కోణము θ ద్వారా కొలవబడుచున్నది.



పటము 8.18 కోణము θ ను ఆధారముగా తీసుకొని మారుతున్న ఎలక్ట్రాన్ పుంజము యొక్క తీవ్రతకు వివర్తనమును చూపునది.

గమనిక : పటము 8.18లో $54V$ త్వరణ విద్యుత్ శక్మములో కోణము θ ను అనుసరించి పరిక్షేపణ ఎలక్ట్రాన్ పుంజము యొక్క తీవ్రత మార్పు చూపబడుచున్నది. ఇచ్చినటువంటి త్వరణ విద్యుత్

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 138 10-03-2023 16:41:20

గమనిక

కణముల యొక్క తరంగము స్వభావమును నిర్ధారించు శోధన ఎలక్ట్రానుకు మాత్రమే చేయబడలేదు అనుటను ఇక్కడ గమనించగలము. న్యూట్రాన్, ఆల్ఫా కణముల వంటి కణముల కదలిక ఉన్నపుడు తరంగ స్వభావమును పొందును. అవి స్ఫటికము మీద పడునపుడు వివర్తనమునకు లోనై, పరిక్షేపణం చెందును. న్యూట్రాన్ వివర్తనము పరిశోధనలు స్ఫటిక ఆకృతులు తెలుసుకొనుటకు ఎక్కువగా ఉపయోగపడును.

గమనిక

వివర్తనము అనునది తరంగముల యొక్క ఒక స్వభావము అగును. తరంగములు అవరోధములు మీదుగా పడునప్పుడల్లా తరంగములు యొక్క అంచులలో వంగి ప్రయాణించును. ఈ రకంగా వంగి ప్రయాణించు స్వభావమునే వివర్తనము అనబడును. తరంగముల యొక్క వంగు కొలత దాని యొక్క తరంగదైర్ఘ్యముపై ఆధారపడి ఉండును.

కాంతి తరంగముల తరంగదైర్ఘ్యము చాలా చిన్నది అయినందువలన కాంతిలో ఏర్పడు వివర్తనము చాలా తక్కువగా ఉండునని అధ్యాయము 7లో తెలుసుకున్నాము. కావున కాంతి యొక్క వివర్తనమును పరిశోధనకు వివర్తన జాలకములను ఉపయోగించబడును.

X- వికిరణాలు తరంగదైర్ఘ్యము మరియు ఎలక్ట్రానుల డీబ్రోగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యము (10^{-10}m కొలతలతో ఉన్నందువలన) అనునవి కాంతి తరంగముల తరంగదైర్ఘ్యము కన్ననూ తక్కువగా ఉండుట వలన X- వికిరణాలు వివర్తనమునకు జాలకములను ఉపయోగించుట వీలుకాదు.

స్ఫటికములలో అణు తలములకు మధ్యగల దూరము X- వికిరణముల తరంగదైర్ఘ్యము మరియు ఎలక్ట్రాను యొక్కడీబ్రోగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యములకు పోల్చబడు విధముగా ఉన్నది. కావున ఈ విధమైన X- వికిరణము వివర్తనమునకు స్ఫటికములు యొక్క త్రిమితీయ ఆకారములు జాలకములుగా ఉపయోగపడుచున్నవి.

శక్మమునకు పరిక్షేపణ తరంగం యొక్క తీవ్రత 50° కోణముతో ఎక్కువగా లేక గరిష్టంగా ఏర్పడును. లోహములో ఉన్న వేరువేరు పరమాణు తలములలో వివర్తనము చెంది వచ్చు ఎలక్ట్రాన్ తరంగము యొక్క నిర్మాణాత్మక వ్యతికరణము ఫలితముగా ఈ గరిష్ఠత పొందబడుచున్నది. నికెల్ యొక్క పరమాణు తలములకు సరిపడు దూరపు విలువలో నుంచి ఎలక్ట్రాను తరంగము యొక్క తరంగదైర్ఘ్యము శోధన మూలముగా 1.65Å అని లెక్కించబడినది.

$V = 54$ V అను విలువనకు డీబ్రోగ్లీ సంబంధము మూలముగా సమీకరణము 8.12లో నుంచి తరంగదైర్ఘ్యము లెక్కించబడినది.

$$\lambda = \frac{12.27}{\sqrt{V}} \text{ Å} = \frac{12.27}{\sqrt{54}} \text{ Å}$$
$$\lambda = 1.67 \text{ Å}$$

ఈ విలువ అనునది శోధన మూలముగా లిఖించబడి 1.65Å అను విలువతో చాలా దగ్గర సంబంధము కలిగినది. కావున ఈ శోధన అయినది డీబ్రోగ్లీ ఒక చలించు కణములకుగాను తరంగ చలనము స్వభావమును నేరుగా సరి చూడబడినది.

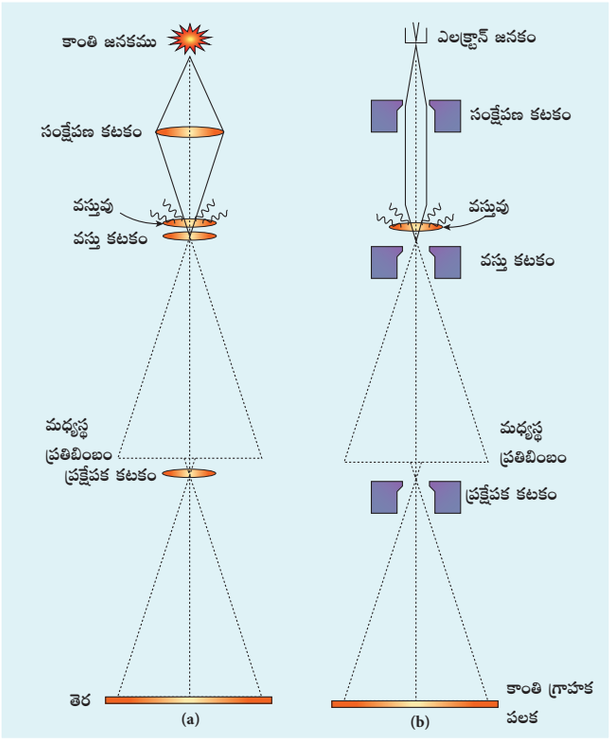
8.3.5 ఎలక్ట్రాను సూక్ష్మదర్శిని (Electron Microscope)

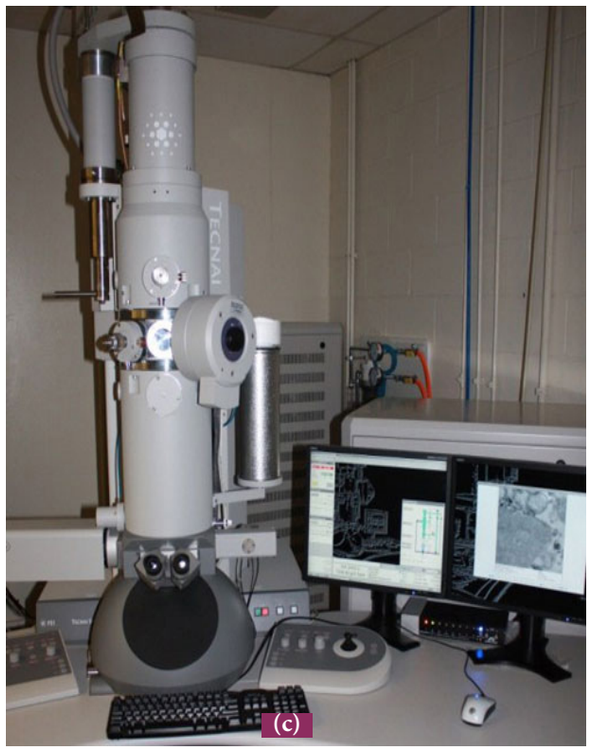
తత్వము

కణముల యొక్క తరంగ చలనమునకు నేరుగా ఉపయోగపడునదిగా అమరినది. ఎలక్ట్రాన్ యొక్క తరంగ చలనమును ఉపయోగించి సూక్ష్మదర్శిని ఒకటి నిర్మించబడినది. ఈ సూక్ష్మదర్శిని ఎలక్ట్రాన్ సూక్ష్మదర్శిని అనబడును.

ఒక సూక్ష్మదర్శిని యొక్క పృథక్కరణ సామర్థ్యము అనునది వృద్ధీకరణం చేయవలసిన వస్తువు మీద పడు కాంతి యొక్క తరంగదైర్ఘ్యమునకు విలోమానుపాతంలో ఉండును. కావున తక్కువ తరంగదైర్ఘ్యము కలిగిన తరంగములను ఉపయోగించినపుడు అధిక పృథక్కరణ సామర్థ్యము, అధిక వృద్ధీకరణము లభించును. ఎలక్ట్రాన్ యొక్క డీబ్రోగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యము అనునది కాంతి సూక్ష్మదర్శినిలో ఉపయోగించబడు దృశ్య కాంతి యొక్క తరంగదైర్ఘ్యముకన్నను చాలా తక్కువ (కొన్ని వేలల్లో తక్కువ) అగును. దీని కారణంగా ఎలక్ట్రానుల యొక్క డీబ్రోగ్లీ తరంగముల ఉపయోగించబడు

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 139 10-03-2023 16:41:21





పటము 8.19 (అ) కాంతి సూక్ష్మదర్శిని (ఆ) ఎలక్ట్రాన్ సూక్ష్మదర్శిని (ఇ) ఎలక్ట్రాన్ సూక్ష్మదర్శిని యొక్క చిత్రము

సూక్ష్మదర్శినుల పృథక్కరణ సామర్థ్యము అనునది కాంతి సూక్ష్మదర్శినుల కన్నను చాలా అధికముగా ఉండును. 2,00,000 సార్లు వృద్ధీకరణము చెంది ఎలక్ట్రానుల యొక్క పరిశోధనాలయములలో సాధారణముగా ఉపయోగపడుతున్నది.

పని చేయు విధానము:

కాంతి సూక్ష్మదర్శిని మరియు ఎలక్ట్రాన్ సూక్ష్మదర్శిని వంటి వాటి నిర్మాణము మరియు పని చేయు విధానము ఒకేమాదిరిగా ఉండును. కానీ చిన్నపాటి తేడా కలదు. ఎలక్ట్రాన్ పుంజము కేంద్రీకరించుటకు స్థిర విద్యుత్ లేదా అయస్కాంత కటకములు ఉపయోగించబడుచున్నది. తగిన విధముగా అమర్చియున్న విద్యుత్ లేక అయస్కాంత క్షేత్రముల ద్వారా ప్రయాణించు ఎలక్ట్రానుల పుంజము విముఖీకరణము లేక కేంద్రీకరణమునకు లోబడి అంతమగును. దీనిమూలంగా ఎలక్ట్రాన్ పుంజముగా కేంద్రీకృతము చేయబడినది. (పటము 8.19)

ఎలక్ట్రాను మూలము నుంచి ఉద్గారించబడు ఎలక్ట్రానుల అధిక శక్యభేదము కారణముగా త్వరణము చెందును. అయస్కాంత క్షమశీలి కటకములు (magnetic condenser lens) మూలముగా ఎలక్ట్రాను పుంజము సమాంతర పుంజముగా మార్చబడును. ఈ పుంజము వృద్ధీకరణము చెందించుటకు కావలసిన వస్తువు ద్వారా ప్రయాణించునపుడు దాని యొక్క బింబమును తాకి ప్రయాణించును.

అయస్కాంత వస్తు కటకాలు (magnetic objective lens) మరియు అయస్కాంత ప్రక్షేపక కటకాలు (magnetic projector lens) అమరికల సహాయముతో వృద్ధీకరింపబడిన బింబము తెరమీద రూపొందింపబడుతున్నది. ఎలక్ట్రాన్ సూక్ష్మదర్శిని అనునది అనేకముగా అన్ని విజ్ఞాన రంగములలోను ఉపయోగించబడుతున్నది.

ఉదాహరణ 8.6

తరువాత వచ్చు పరిస్థితులకు ద్రవ్య వేగము మరియు డీబ్రోగ్లీ తరంగధైర్ఘ్యములుగా లెక్కించుము.

i) 2 eV గతిజ శక్తిని కలిగిన ఎలక్ట్రాను.

ii) తుపాకీ నుండి 200 మీ/సె వేగముతో పేల్చబడిన 5గ్రా ల గుండు

iii) రహదారులలో 50 మీ/సె వేగముతో చలించు 4000 kg ద్రవ్యరాశి గల కారు

వీటిలో నుంచి పదార్థ కణము యొక్క తరంగ స్వభావము అయినది పరమాణు స్థితిలో

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 140 10-03-2023 16:41:21

మీకు తెలుసా?

కొన్ని వస్తువుల యొక్క వృద్ధీకరించబడిన బింబము



"(సాధారణముగా ఇంటి యందు ఈగ) యొక్క కలర్ స్కానింగ్ ఎలక్ట్రాన్ సూక్ష్మలేఖిని"



సూది మరియు దారము

సంబంధము కలిగినది. కావున పెద్ద వస్తువులలో కూడా సంబంధం కలిగియున్నదిగా నిరూపించండి.

సాధన

i) ఎలక్ట్రాను యొక్క ద్రవ్య వేగము

$$p = \sqrt{2mK} = \sqrt{2\times 9.1\times 10^{-31}\times 2\times 1.6\times 10^{-19}}$$
$$= 7.63\times 10^{-25}\,\text{kg m s}^{-1}$$

ఎలక్ట్రాను యొక్క డీబ్రోగ్లీ తరంగధైర్ఘ్యము

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.626\times 10^{-34}}{7.63\times 10^{-25}} = 0.868\times 10^{-9}\,\text{m}$$
$$= 8.68\ \text{Å}$$

ii) తుపాకీ గుండు యొక్క ద్రవ్యవేగము

$$p = mv = 0.050\times 200 = 10\ \text{kgms}^{-1}$$

తుపాకీ గుండు యొక్క డీబ్రోగ్లీ తరంగధైర్ఘ్యము

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.626\times 10^{-34}}{10} = 6.626\times 10^{-35}\,\text{m}$$

iii) కారు యొక్క ద్రవ్య వేగము

$$p = mv = 4000\times 50 = 2\times 10^{5}\,\text{kgms}^{-1}$$

కారు యొక్క డీబ్రోగ్లీ తరంగధైర్ఘ్యము

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.626\times 10^{-34}}{2\times 10^{5}} = 3.313\times 10^{-39}\,\text{m}$$

లెక్కించిన వాటి నుంచి ఎలక్ట్రాన్ యొక్క డీబ్రోగ్లీ తరంగధైర్ఘ్యము గుర్తించదగ్గ విలువ ఉన్నదని తెలిసినది. $\approx 10^{-9}$m ఈ విలువలు వివర్తనము శోధనలు మూలముగా కొలువచ్చును. కానీ చలించుచున్నటువంటి తుపాకీ గుండు మరియు కారు వంటి వాటి యొక్క డీబ్రోగ్లీ తరంగధైర్ఘ్యము చాలా తక్కువగా ఉంటాయి. ($\approx 10^{-33}$m మరియు 10^{-39}m ఈ విలువలను ఏ పరీక్ష ద్వారా కొలవలేము.) కావున పదార్థపు కణము యొక్క తరంగ చలనము అనునది కణ స్థితులలో వర్తించునదిగాను మరియు పెద్ద నిర్మాణములలో వర్తింపబడుట లేదు అని నిరూపించబడినది.

ఉదాహరణ 8.7

400 V విద్యుత్ శక్మభేదము వలన త్వరణము చెందించబడిన ఆల్ఫా కణము యొక్క డీబ్రోగ్లీ తరంగధైర్ఘ్యమును కనుగొనుము. ఇవ్వబడినది: ప్రోటాన్ యొక్క ద్రవ్యరాశి 1.67×10^{-27} kg.

సాధన

ఒక ఆల్ఫా కణములో 2 ప్రోటాన్లు మరియు 2 న్యూట్రాన్లు ఉన్నవి. కావున ఆల్ఫా కణము యొక్క ద్రవ్యరాశి M అనునది ప్రోటాన్ యొక్క లేక న్యూట్రాన్ యొక్క ద్రవ్యరాశిని m_p నకు నాలుగు రెట్లు అగును. దాని యొక్క విద్యుత్ ఆవేశము q అయిన ప్రోటాన్ యొక్క విద్యుత్ ఆవేశమునకు $(+e)$ రెండు రెట్లు అగును.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 141 10-03-2023 16:41:28

ఆల్ఫా కణము యొక్క డీబ్రోగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యము

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2MqV}} = \frac{h}{\sqrt{2\times(4m_p)\times(2e)\times V}}$$

$$= \frac{6.626\times10^{-34}}{\sqrt{2\times4\times1.67\times10^{-27}\times2\times1.6\times10^{-19}\times400}}$$

$$= \frac{6.626\times10^{-34}}{4\times20\times10^{-23}\sqrt{1.67\times1.6}} = 0.00507 \text{ Å}$$

ఉదాహరణ 8.8

ఒక ప్రోటాన్ మరియు ఒక ఎలక్ట్రాన్ అనునవి సమాన డీబ్రోగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యమును కలిగియున్నదనిన, రెండింటిలో ఏది వేగముగా చలించునది? మరియు ఏది అధిక గతిజ శక్తిని కలిగి ఉన్నది?

సాధన

$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mK}}$ అయినది మనకు తెలుసు. ప్రోటాన్ మరియు ఎలక్ట్రాను అనునవి సమాన డీబ్రోగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యమును కలిగి ఉన్నందు వల్ల మనకు లభించినది

$$\frac{h}{\sqrt{2m_pK_p}} = \frac{h}{\sqrt{2m_eK_e}} \text{ (or) } \frac{K_p}{K_e} = \frac{m_e}{m_p}$$

$m_e < m_p$, $K_p < K_e$ అగును. కావున ఎలక్ట్రాను అనునది ప్రోటాన్ కన్నను అధిక గతిజ శక్తిని కలిగి ఉండును.

$$\frac{K_p}{K_e} = \frac{\frac{1}{2}m_p\upsilon_p^2}{\frac{1}{2}m_e\upsilon_e^2} \quad \text{(or)} \quad \frac{\upsilon_p}{\upsilon_e} = \sqrt{\frac{K_pm_e}{K_em_p}}$$

$$\frac{\upsilon_p}{\upsilon_e} = \sqrt{\frac{m_e^2}{m_p^2}} = \frac{m_e}{m_p} \quad \text{అయిన} \quad \frac{K_p}{K_e} = \frac{m_e}{m_p}$$

$m_e < m_p$, $\upsilon_p < \upsilon_e$ అగును. ఎలక్ట్రాన్ అనునది ప్రోటాన్ కన్నను వేగముగా చలించును.

8.4 X–కిరణములు (X–RAYS)

పరిచయము

కాంతి విద్యుత్ ఫలితములో ఫోటానులు ఉన్నందువల్ల ఎలక్ట్రానులు ఉద్గారించబడుచున్నది. అని క్వాంటమ్ సిద్ధాంతము వివరించినది. దీనియందు శక్తి అనునది ఫోటాన్‌లలో నుంచి ఎలక్ట్రానులకు మార్పు జరుగుతున్నది. దీనిని అనుసరించి దానికి బదులుగా లేక వ్యతిరేకముగా సంఘటన సాధ్యమా అని ప్రశ్నించబడినది.

అది ఏమనగా ఎలక్ట్రాను గతిజశక్తి ఫోటాన్ శక్తిగా మార్చుటకు సాధ్యమా లేక అసాధ్యమా అనునది. ఈ ప్రశ్నకు సమాధానం ప్లాంక్ వికిరణముల గూర్చి క్వాంటం సిద్ధాంతమునకు ముందే తెలుసుకొనబడినది. ఈ సంఘటన గురించి ఇప్పుడు చూచెదము.

x-కిరణములు కనుగొనబడుట (Discovery of x-rays)

వేగముగా చలించు ఎలక్ట్రానులు నిర్ణీతమైన కొన్ని వస్తువుల మీద పడునపుడు అధిక చొచ్చుకొనిపోవు సామర్థ్యము గల వికిరణాలు వెలువడునని విలియమ్ రాంట్జన్ అనునతను 1895లో కనుగొన్నారు. ఈ సమయములో ఆ కిరణాలు రూపమును గూర్చి తెలియలేదు.

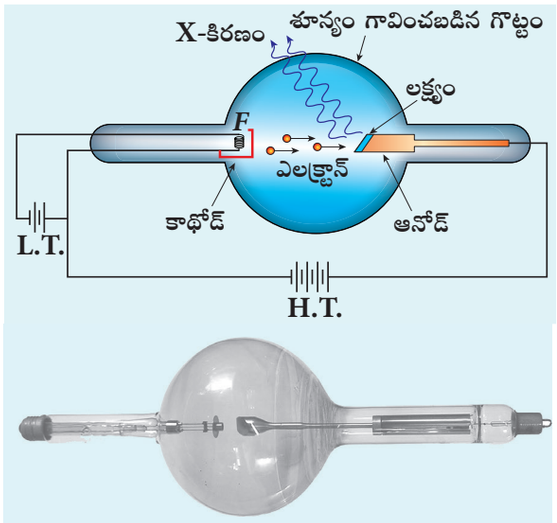
అందువలన వీటిని X-కిరణాలు అని పేర్కొనబడినది. $0.1\mathring{A}$ నుండి $100\mathring{A}$ వరకు తక్కువ తరంగదైర్ఘ్యము కలిగిన విద్యుత్ అయస్కాంత తరంగాలు, X-కిరణాలు అనబడును. ఇవి కాంతి వేగముతో రేఖీయ మార్గంలో ప్రయాణించును. ఇంకను విద్యుత్ మరియు అయస్కాంత క్షేత్రముల చేత ప్రభావితం కావు. X-కిరణాలు ఫోటాన్‌లు అధిక పౌనఃపున్యము లేక తక్కువ తరంగదైర్ఘ్యము కలిగి ఉన్నందు వల్ల అధిక మొత్తంలో శక్తిని కలిగి యుండును. దృశ్యకాంతి చొచ్చుకొని పోవుటకు వీలుకాని వస్తువుల ద్వారా కూడా X-కిరణాలు చొచ్చుకొని పోగలవు.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 142 10-03-2023 16:41:34

x-కిరణముల నాణ్యత అనునది దాని యొక్క చొచ్చుకొని పోవు సామర్థ్యమును అనుసరించి కొలవబడుచున్నది. వీటి యొక్క చొచ్చుకొని పోవు సామర్థ్యము అనునది లక్ష్య పదార్థాముల మీద ఢీకొను ఎలక్ట్రానుల యొక్క దిశా వేగము మరియు లక్ష్య పదార్థముల అణు సంఖ్య వంటి వాటిని అనుసరించి ఉండును. x-కిరణముల తీవ్రత అనునది లక్ష్యము మీద ఢీకొను ఎలక్ట్రానుల యొక్క సంఖ్యకు సంబంధించినది.

x-కిరణముల ఉత్పత్తి (Production of x-rays)

X-వికిరణ గొట్టము అను ఉత్సర్గ నాళముల మూలముగా x-కిరణములు ఉత్పత్తి చేయబడినది. పటము 8.20 బ్యాటరీ (ఘటనముల మొత్తం) మూలముగా టంగ్‌స్టన్ ఫిలమెంట్ F అనునది ఉష్ణదీప్తి చెందునంత వరకు వేడిచేయబడుచున్నది.



పటము 8.20 x-వికిరణముల ఉత్పత్తి

దీని ఫలితముగా ఉష్ణ అయానిక ఉద్గారము మూలముగా ఎలక్ట్రానులు ఉద్గారింపడుచున్నవి. ఫిలమెంట్ F మరియు ఆనోడ్ మధ్య ఉన్న అధిక విద్యుత్ శక్మభేదము వలన ఎలక్ట్రానులు అధిక వేగముతో త్వరణము చెందించబడుచున్నది. తామ్రము (కంచు)తో చేయబడిన ఆనోడ్ ముఖ భాగములో టంగ్‌స్టన్, మాలిబ్డినం వంటి లక్ష్య పదార్థములను పొందుపరిచి ఉంచబడినది. x-కిరణాల గొట్టములో నుంచి వెలువడుటకు సరియైన ఎలక్ట్రాను పుంజమును అనుసరించి లక్ష్య పదార్థము యొక్క ముఖ భాగము 45° కోణముతో వాలుగా ఉంచబడినది.

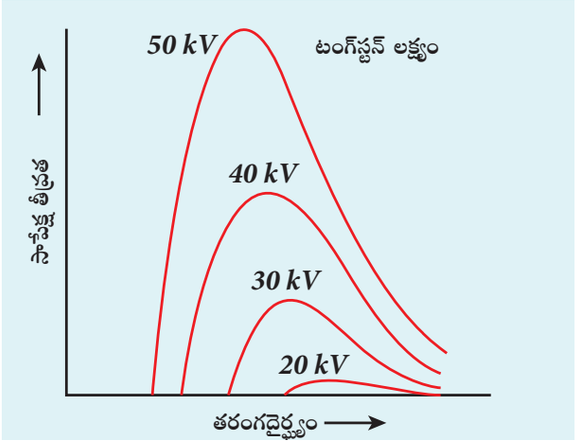
దీనివలన x-కిరణముల గొట్టము యొక్క ఒక వైపున వెలువడును. లక్ష్యము మీద అతివేగ ఎలక్ట్రానులు ఢీకొన్నపుడు ఉన్నట్లుండి ఏర్పడు ఋణ త్వరణము కారణముగా అవి తమ గతిజ శక్తిని కోల్పోతాయి. దీని ఫలితముగా x-కిరణ ఫోటాన్‌లు తయారగుచున్నవి. ఢీకొను ఎలక్ట్రానులు గతిజ శక్తి యొక్క గరిష్ట భాగము ఉష్ణముగా మార్పు చెందునందువలన అధిక విలువలో కరుగు స్థానము కలిగిన పదార్థము మరియు శీతలీకరణ వ్యవస్థ అమరిక అనునవి సాధారణంగా ఉపయోగింపబడుచున్నవి.

X–కిరణ వర్ణపటము (X-ray spectra)

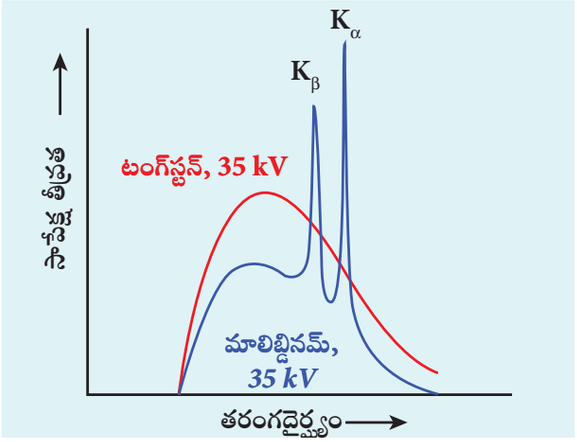
లోహపు లక్ష్యము మీద వేగముగా ప్రయాణించు ఎలక్ట్రానులు ఢీకొనడం వలన **x**-కిరణముల ఉత్పన్నమగుచున్నవి. **x**-కిరణములు తరంగదైర్ఘ్యము అనుసరించి **x**-కిరణముల తీవ్రతకు రేఖాపటము, వక్ర రేఖలు అనునది **x**-కిరణాల వర్ణపటం అనబడును.

x-కిరణాల వర్ణపటము అనునది అవిచ్ఛిన్నమైన వర్ణపటము మరియు దాని మీద అధిక ప్రమాణము గల శిఖరాలు అను రెండు భాగములు కలిగినది. (పటము 8.21 (అ) మరియు (ఆ)) అవిచ్ఛిన్నమైన వర్ణపటము (**continuous spectrum**) అనునది నిర్ణీత కనిష్ట తరంగదైర్ఘ్యము λ_0 మొదలుకొని నిరంతరముగా అన్ని తరంగదైర్ఘ్యములను కలిగిన వికిరణములతో చేయబడినది. విద్యుత్ పలకల విద్యుత్ శక్మ భేదమును అనుసరించి కనిష్ట తరంగదైర్ఘ్యము యొక్క విలువ ఏర్పడును. అధిక ప్రమాణము గల శిఖరాల లక్ష్యంతో చేసిన పదార్థం యొక్క ప్రత్యేక స్వభావమును అనుసరించి ఏర్పడు నందువల్ల అది ప్రత్యేక వర్ణపటము అనబడును. పటము 8.21 (అ)లో వేరువేరు త్వరణముల విద్యుత్ శక్మభేదములతో టంగ్‌స్టన్ యొక్క x-కిరణాల వర్ణపటము పటము 8.21(ఆ)లో ఒక నిర్ణీతమైన విద్యుత్ శక్మభేదములతో టంగ్‌స్టన్ మరియు మాలిబ్డినం లక్ష్ యముల యొక్క x-కిరణాల వర్ణపటము చూపబడినది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 143 10-03-2023 16:41:35



పటము 8.21 (అ) వేరువేరు త్వరణముల విద్యుత్ శక్మభేదములతో టంగ్‌స్టన్ యొక్క X-కిరణ వర్ణపటం



పటము 8.21 (ఆ) 35 kV విద్యుత్ శక్మభేదముల వ్యత్యాసంలో టంగ్‌స్టన్ మరియు మాలిబ్డినం యొక్క X-కిరణ వర్ణపటము

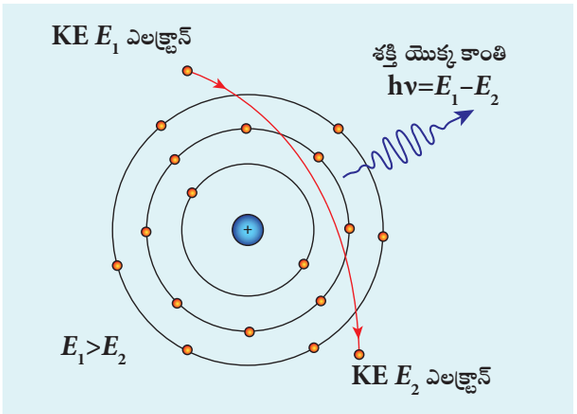
త్వరణం చెందించబడిన ఎలక్ట్రానులలో నుంచి వికిరణములు ఉద్గారించబడును అనునది సాధారణ విద్యుత్ అయస్కాంత సిద్ధాంతము చెప్పబడియున్నను, X-కిరణముల వర్ణపటములో ఉన్న తరువాత వచ్చు రెండు ముఖ్య అంశములు వివరించుటకు వీలు కాలేదు.

(i) ఇచ్చినటువంటి త్వరణ విద్యుత్ శక్మభేదములో అవిచ్ఛిన్నమైన X-కిరణ వర్ణపటములో తరంగదైర్ఘ్యము యొక్క కనిష్ట విలువ అనునది అన్ని లక్ష్య పదార్థములకుగాను సమముగా ఉన్నది. ఈ కనిష్ట తరంగదైర్ఘ్యము అనునది ఖండించబడు (cut-off) తరంగదైర్ఘ్యము అనబడును.

(ii) పరిమిత నిర్దిష్ట తరంగదైర్ఘ్యాల వద్ద X-కిరణాల తీవ్రత కనిష్టంగా పెరుగును. ఇది మాలిబ్డినం యొక్క ప్రత్యేక వర్ణపటములో చూపబడినది. (పటము 8.21(ఆ)) కానీ వికిరణముల ఫోటాన్ సిద్ధాంతము మూలముగా ఈ ఒక ప్రత్యేక అంశములను వివరించబడినది.

అవిచ్ఛిన్న X-కిరణ వర్ణపటము (Continuous X-ray spectra)

అతివేగ ఎలక్ట్రాను అనునది లక్ష్య పదార్థమును చొచ్చుకొనిపోయి దాని కేంద్రకము మధ్య భాగమును సమీపించినపుడు ఎలక్ట్రాను మరియు పరమాణు కేంద్రకము మధ్య ఉన్న విరామం కారణముగా ఎలక్ట్రాన్ త్వరణము లేక ఋణ త్వరణము చెందుచున్నది. దీని ఫలితంగా ఎలక్ట్రాన్ యొక్క మార్గము నందు మార్పు ఏర్పడుతున్నది. ఈ విధమైన ఋణ త్వరణము చెందిన ఎలక్ట్రానుల వలన ఉత్పన్నమగు వికిరణములను బ్రెమ్స్ స్ట్రాహ్లంగ్ లేక బ్రేకింగ్ రేడియేషన్ అంటారు (పటము 8.22).



పటము 8.22 (ఆ) ఋణ త్వరణము చెంది ఎలక్ట్రానుల నుంచి వెలువడు బ్రెమ్స్‌స్ట్రాహ్లంగ్ ఫోటాన్

ఉద్గారింపబడు ఫోటాన్ యొక్క శక్తి అనునది ఎలక్ట్రాన్ యొక్క గతిజశక్తి కోల్పోవుటకు సమానమగును. ఎలక్ట్రాన్ తన యొక్క శక్తిని ఒక భాగము లేక మొత్తము శక్తిని ఫోటానుకు ఇవ్వడం వలన సాధ్యమైన అన్ని శక్తులలోను లేక పౌనఃపున్యములలోనూ ఫోటాన్‌లు వెలువడును. ఈ రకమైన వికిరణముల మూలముగా అవిచ్ఛిన్నమైన X-కిరణ వర్ణపటము ఏర్పడుచున్నది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 144 10-03-2023 16:41:36

ఎలక్ట్రాను తన యొక్క మొత్తం శక్తిని ఇచ్చినపుడు గరిష్ట పౌనఃపున్యము ν_0 లేక కనిష్ట తరంగదైర్ఘ్యము λ_0 కలిగిన ఫోటాను ఉద్గారింపబడుచున్నది. ఎలక్ట్రాన్ యొక్క ప్రారంభ గతిజశక్తి eV అగును. ఇక్కడ V అనునది త్వరణ విద్యుత్ శక్మభేదము అగును. కావున

$$h\nu_0 = eV \text{ (or) } \frac{hc}{\lambda_0} = eV$$

$$\lambda_0 = \frac{hc}{eV}$$

ఇక్కడ λ_0 అనునది ఖండించబడు తరంగదైర్ఘ్యము అగును. తెలిసిన విలువలతో పైన తెలిపిన సమీకరణములో మనకు లభించునది.

$$\lambda_0 = \frac{12400}{V} \text{ Å} \qquad (8.14)$$

సమీకరణము 8.14లో చూపబడిన అవిచ్ఛిన్నమైన డుయాన్ హంట్ పట్టిక అనబడును.

λ_0 యొక్క విలువ త్వరణ విద్యుత్ శక్మమును మాత్రమే అనుసరించి ఏర్పడును. కావున ఇవ్వబడిన త్వరణ విద్యుత్ శక్మభేదముతో అన్ని లక్ష్య పదార్థములను λ_0 యొక్క విలువ సమము అగును. ఇది శోధన ఫలితములతో మంచి సంబంధము కలిగియున్నది. కావున అవిచ్ఛిన్నమైన X-కిరణ వర్ణపటము ఏర్పడు మరియు ఖండింపబడు తరంగదైర్ఘ్యము యొక్క రూపము మొదలగునవి వికిరణముల గూర్చి ఫోటాన్ సిద్ధాంతము ఆధారముగా వివరించుటకు వీలగును.

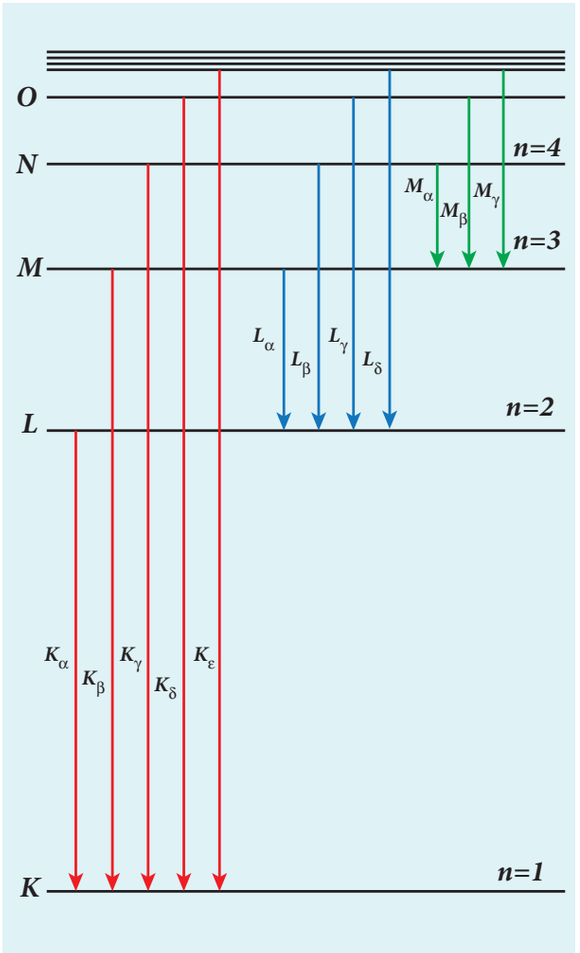
ప్రత్యేక X-కిరణ వర్ణ పటము (Characteristic X-ray spectra):

అధిక వేగ ఎలక్ట్రానుల వలన లక్ష్య పదార్థములను ఢీకొనబడినపుడు మాత్రమే బాగుగా నిర్వచించబడిన కొన్ని తరంగదైర్ఘ్యములలో సన్నని శిఖరాలు X–కిరణాలు వర్ణపటములలో ఏర్పడుచున్నది. ఈ శిఖరాలతో పాటు ఏర్పడు రేఖ వర్ణపటము అనునది ప్రత్యేక X–కిరణాల వర్ణపటము అనబడును. ఈ X–కిరణముల వర్ణపటము అణువులో ఏర్పడు ఎలక్ట్రాను స్థితి మారుట వలన (Electronic transition) ఏర్పడుచున్నది.

లక్ష్య అణువు లోపల చొచ్చుకొని పోవు అధిక శక్తి కలిగిన ఎలక్ట్రాన్ అనునది కొన్ని K-కక్ష్య ఎలక్ట్రాన్‌లను వెలివేయుటకు వీలగును. తరువాత కొన్ని K-కక్ష్యలో ఏర్పడిన ఖాళీ ప్రదేశమును నింపుటకు వెలుపలి వృత్తాకార మార్గములో నుంచి ఎలక్ట్రానులు దాటుచున్నది.

ఈ రకమైన క్రింద దిశకు గల స్థితి మార్పు జరుగునపుడు శక్తి స్థాయిలకు మధ్యగల శక్తి వ్యత్యాసములు అనునది X-కిరణాల ఫోటాన్ రూపములో వెలువడుచున్నది. ఈ ఫోటాన్ యొక్క తరంగదైర్ఘ్యము పరిమిత విలువను కలిగియున్నది. లక్ష్య పదార్థము యొక్క ప్రత్యేక స్వభావముగా ఏర్పడు ఈ తరంగదైర్ఘ్యములు తయారు చేయబడుతున్నది.

పటము 8.23 లో నుంచి L, M, N, . . వంటి శక్తి స్థాయిలలో నుంచి K-శక్తి స్థాయినకు



పటము 8.23 ప్రత్యేక X-కిరణ వర్ణపటము యొక్క రూపము

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 145 10-03-2023 16:41:38

ఎలక్ట్రాను స్థితి మార్పు జరుగునందువల్ల K-వరుస వర్ణపటము రేఖలు ఏర్పడుట తెలియుచున్నది. ఇదే మాదిరిగా L-ఎలక్ట్రానులు అణువులో నుంచి వెలివేయబడినదనిన M, N, O వంటి శక్తి స్థాయిలలో నుంచి L-శక్తి స్థాయినకు ఎలక్ట్రాను స్థితి మార్పు జరుగుతున్నది. దీని మూలముగా అధిక తరంగధైర్ఘ్యము కలిగిన L-వరుస వర్ణపట రేఖలు ఏర్పడుచున్నది. ఇతర వరుసలు ఈ విధంగానే ఉత్పన్నమగుచున్నది.

K-వరుస యొక్క K_α మరియు K_β వరుసలు పటము 8.21(ఆ)లో ఉన్న మాలిబ్డినం యొక్క X-కిరణాల వర్ణపటంలో రెండు ముఖముల మూలముగా చూపడుచున్నది.

X-కిరణముల అనువర్తనాలు (Applications of x-rays)

X-కిరణాలు పలు రకాల రంగములలో ఉపయోగపడుతున్నది. వాటిలో కొన్ని మనము పట్టిక చేయుదుము.

1) వైద్య రంగంలో వ్యాధి కనుగొనుట (Medical diagnosis)

X-కిరణాలు ఎముకల కన్నను కండరాలలో సులభముగా చొచ్చుకొని పోవును. దీనివలన ఎముకల యొక్క లోతైన నీడ, కండరాల యొక్క తేలికపాటి నీడను కలిగిన X-కిరణ పటము పొందవచ్చును. X-కిరణ పటము అనునది, విరిగిన ఎముకలు, శరీరము లోపల ఉన్న అన్ని అవయవములను, వ్యాధి సోకినటువంటి శరీర భాగములు మొదలగువాటిని చూసి తెలుసుకొనుటకు ఉపయోగపడును.

2) వైద్యరంగంలో చికిత్స (Medical therapy)

వ్యాధి సంక్రమించిన కణజాలమును X-కిరణములు నాశనము చేస్తాయి. కనుకనే వ్యాధులు, క్యాన్సర్ కణుతులు వంటి వాటిని నయము చేయుట కొరకు ఇవి ఉపయోగపడుచున్నది.

3) పరిశ్రమ (Industry)

వెల్డింగ్ చేయబడిన జాయింట్‌లలో ఉన్న పగుళ్ళు, వాహనపు టయర్‌లు, టెన్నిస్ బంతులు మరియు చెట్లు మొదలగు వాటిని శోధించుటకుగాను X-కిరణాలు ఉపయోగపడుచున్నవి. టోల్‌గేట్‌లలో నిరాకరించబడిన వస్తువులను కనుగొనుటకు ఉపయోగపడుచున్నది.

4) విజ్ఞాన పరిశోధన (Scientific research)

స్ఫటిక వస్తువుల యొక్క నిర్మాణము – అవి ఏమనగా స్ఫటికములలో ఉన్న పరమాణువులు మరియు అణువులు అమరికను తెలుసుకొనుటకు X-కిరణ వివర్తనము ఉత్తమ పరికరముగా ఉన్నది.

ఉదాహరణ 8.9

20,000 V త్వరణ శక్మభేదము ఉన్న X-కిరణ గొట్టములో నుంచి వెలువడు X-కిరణాల యొక్క ఖండించబడ్డ తరంగధైర్ఘ్యము మరియు ఖండించబడ్డ పౌనఃపున్యము వంటి వాటిని కనుగొనుము.

సాధన

అవిచ్ఛిన్నమైన వర్ణపటములో X-కిరణాల యొక్క ఖండించబడ్డ తరంగధైర్ఘ్యము

$$\lambda_{\circ} = \frac{12400}{V}\text{Å} = \frac{12400}{20000}\text{Å}$$
$$= 0.62\text{Å}$$

దీనికి సంబంధించిన ఖండించబడ్డ పౌనఃపున్యము

$$\nu_0 = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{3\times10^8}{0.62\times10^{-10}} = 4.84\times10^{18}\,\text{Hz}$$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 146 10-03-2023 16:41:40

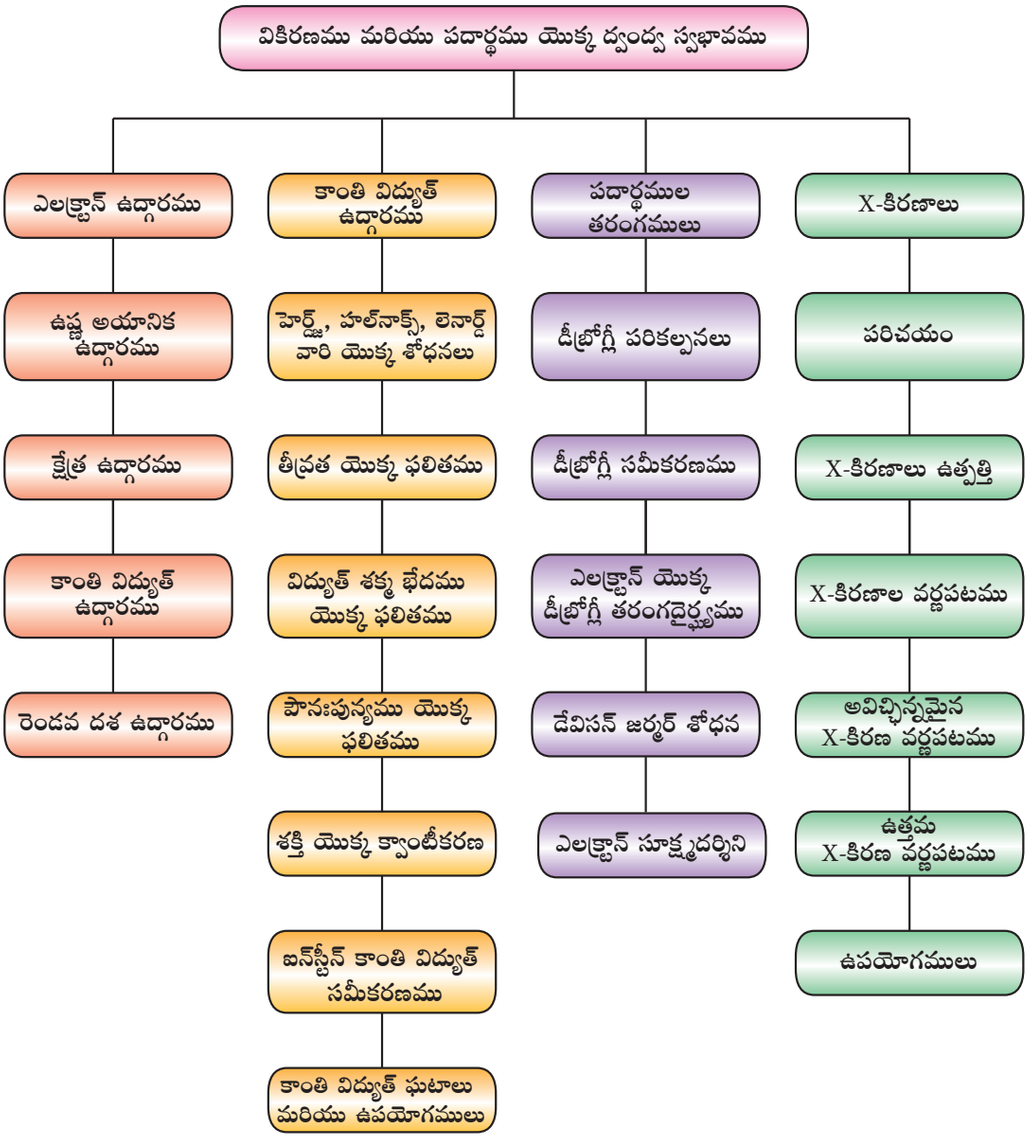
సారాంశము

- కణము అనునది అతి చిన్న కొలత గల కేంద్రీకృతమైన పదార్థము అని అనుకొనబడుచున్నది. (నిర్ణీతమైన ప్రదేశము మరియు కాల పరిమితులు). కాని తరంగము అనునది విశాలంగా వ్యాపించియున్న శక్తి అగును. (నిర్ణీతమైన ప్రదేశము మరియు కాల పరిమితులు లేనిది).
- పదార్థముల యొక్క ఏ ఒక్క ఉపరితలం నుంచైనా ఎలక్ట్రాన్ వెలువడు సంఘటన ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారము అనబడును.
- లోహపు ఉపరితలము నుండి ఎలక్ట్రానును వెలువడుటకు కావలసిన కనీస శక్తి లోహము యొక్క పని ప్రమేయము అనబడును.
- $1\ eV$ అనునది 1.602×10^{-19} J కు సమానమగును.
- ఉష్ణ శక్తి ద్వారా ఏర్పడు ఎలక్ట్రాను ఉద్గారము ఉష్ణ అయానిక ఉద్గారము అనబడును.
- చాలా దృఢమైన విద్యుత్ క్షేత్రమును లోహమునకు అడ్డుగా ఇవ్వబడినపుడు విద్యుత్ క్షేత్ర ఉద్గారము ఏర్పడును.
- నిర్ణయించబడిన పౌనఃపున్యము కలిగిన విద్యుత్ అయస్కాంత వికిరణాలు లోహపు ఉపరితలము మీద పడినపుడు కాంతి విద్యుత్ ఉద్గారము జరుగుతున్నది.
- అధిక వేగముతో చలించు ఎలక్ట్రాన్ పుంజము లోహము యొక్క ఉపరితలము మీద ఢీకొన్నపుడు రెండవ దశ ఎలక్ట్రాను ఉద్గారము ఏర్పడును.
- కాంతి విద్యుత్ ప్రవాహం అనునది (ఒక సెకనులో ఉద్గారించబడు ఎలక్ట్రాన్ యొక్క ఎన్నిక) పడు కాంతి యొక్క తీవ్రతకు అనులోమానుపాతంలో ఉండును.
- అవరోధ శక్మము అనునది గరిష్ట గతిజ శక్తిని కలిగిన కాంతి ఎలక్ట్రానులను అవరోధపరచి కాంతి విద్యుత్ ప్రవాహమును సున్నా గావించుటకు ఆనోడ్‌నకు ఇవ్వబడు (ఋణ త్వరణ) ఋణ విద్యుత్ శక్మము విలువ అగును.
- అవరోధ విద్యుత్ శక్మము పతన కాంతి యొక్క తీవ్రతకు సంబంధించినది కాదు.
- కాంతి ఎలక్ట్రాన్‌ల యొక్క గరిష్ట గతిజశక్తి పతన కాంతి యొక్క తీవ్రతకు సంబంధించినది కాదు.
- ఇవ్వబడిన లోహపు ఉపరితలమునకు పతన కాంతి యొక్క పౌనఃపున్యము ఒక నిర్ణీతమైన కనిష్ఠ పౌనఃపున్యం కన్నా అధికముగా ఉన్నందు వలన మాత్రమే కాంతి ఎలక్ట్రాను ఉద్గారము ఏర్పడును. ఈ కనిష్ట పౌనఃపున్యము ప్రారంభ పౌనఃపున్యము అనబడును.
- ప్లాంక్ సిద్ధాంతము ప్రకారము ఒక పదార్థము అనునది అధిక ఎన్నిక కలిగిన వేర్వేరు పౌనఃపున్యములలో కనిపించు కణములు (అణువులు) కలిగియుండును.
- ఐన్‌స్టీన్ యొక్క సిద్ధాంతము ప్రకారము కాంతి శక్తి అనునది తరంగాగ్రములుగా వ్యాప్తి చెందకుండా, చిన్న ప్యాకెట్‌లుగా లేక క్వాంటాలుగా కేంద్రీకృతమై ఉండును.
- నిర్వచించబడిన శక్తి మరియు ద్రవ్య వేగము పొందిన ఒక్కొక్క కాంతి క్వాంటమ్‌ను ఫోటాన్ అనబడును.
- కాంతి వ్యాప్తి చెందునపుడు తరంగముగాను, పదార్థములతో అంతర చర్య జరుపునపుడు కణములుగా పనిచేయును.
- కాంతి విద్యుత్ ఘటము అనునది కాంతి శక్తిని విద్యుత్ శక్తిగా మార్చు సాధనము అగును.
- చలించు దశలో ఉన్న ఎలక్ట్రానులు ప్రోటాన్‌లు మరియు న్యూట్రాన్లు వంటి అన్ని పదార్థ కణములు తరంగ స్వభావమును పొందియున్నవి. వాటితో సంబంధం కలిగిన ఈ తరంగములు డీబ్రోగ్లీ తరంగములు లేక పదార్థ కణముల తరంగములు అనబడును.
- ఎలక్ట్రాన్ యొక్క తరంగ స్వభావమును ఎలక్ట్రాన్ సూక్ష్మదర్శిని యొక్క నిర్మాణములో ఉపయోగపడుతున్నది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 147 10-03-2023 16:41:40

- 1927లో క్లింటన్ డేవిసన్ లెస్టర్ జెర్మర్ అనువారు డీబ్రోగ్లీ యొక్క పదార్థముల తరంగముల గూర్చి పరికల్పనలను శోధన ద్వారా నిర్ణయించినారు.
- వేగముగా చలించుచున్న ఎలక్ట్రానులు నిర్ణీతమైన కొన్ని వస్తువుల మీద పడినపుడు అధిక చొచ్చుకొని పోవు సామర్థ్యమును కలిగిన X-కిరణములు అని పేర్కొనబడిన వికిరణములు వెలువరించబడినది.
- అవిచ్ఛిన్నమైన వర్ణపటము అనునది నిర్ణీతమైన కనీస తరంగధైర్ఘ్యము λ_0-మొదలుకొని క్రమంగా అన్ని తరంగధైర్ఘ్యములను కలిగిన వికిరణముల వలన ఏర్పడినది.
- అధిక వేగ ఎలక్ట్రానుల వలన లక్ష్య పదార్థమును ఢీకొనునపుడు బాగా నిర్వచించిన కొన్ని తరంగధైర్ఘ్యము లతో సన్నని కట్టలుగా X-కిరణాలు వర్ణపటంలో కనబరచును. ఈ కట్టలతో కనబడు రేఖా వర్ణపటము అనునది ఉత్తమ X-కిరణ వర్ణపటము అనబడును.

భావన చిత్ర పటము



12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 148 10-03-2023 16:41:40

I సరియైన జవాబులు ఎన్నుకొనుము

1. λ_e తరంగధైర్ఘ్యము కలిగిన ఎలక్ట్రాను మరియు λ_p కలిగిన ఫోటాన్ అనునది ఒకే శక్తిని E కలిగి యున్నను తరంగధైర్ఘ్యములు మధ్య గల సంబంధము (NEET 2013)

అ) $\lambda_p \propto \lambda_e$ ఆ) $\lambda_p \propto \sqrt{\lambda_e}$

ఇ) $\lambda_p \propto \frac{1}{\sqrt{\lambda_e}}$ ఈ) $\lambda_p \propto \lambda_e^2$

2. ఎలక్ట్రాన్ సూక్ష్మదర్శినిలో ఉపయోగించు ఎలక్ట్రానులు 14 kV విద్యుత్ శక్మ భేదము కారణముగా త్వరణము ఏర్పడుచున్నది. ఈ విద్యుత్ శక్మభేదము 224 kV గా అధికమగునపుడు ఎలక్ట్రాన్ యొక్క డీబ్రోగ్లీ తరంగధైర్ఘ్యము అనునది

అ) రెండు రెట్లు అధికమగును

ఆ) రెండు రెట్లు తగ్గును

ఇ) నాలుగు రెట్లు తగ్గును

ఈ) నాలుగు రెట్లు అధికమగును.

3. 3×10^{-6} గ్రా ద్రవ్యరాశి కలిగిన కణముతో సంబంధము కలిగిన తరంగము యొక్క తరంగధైర్ఘ్యము మరియు $6\times10^{6}\,m\,s^{-1}$ దిశా వేగముతో కదులు ఎలక్ట్రాన్ యొక్క తరంగధైర్ఘ్యము అనునవి సమముగా ఉన్నట్లయితే కణము యొక్క దిశా వేగము.

అ) $1.82\times10^{-18}\,m\,s^{-1}$

ఆ) $9\times10^{-2}\,m\,s^{-1}$

ఇ) $3\times10^{-31}\,m\,s^{-1}$

ఈ) $1.82\times10^{-15}\,m\,s^{-1}$

4. λ తరంగ దైర్ఘ్యమున్న వికిరణము కారణంగా ఒక లోహ ఉపరితలమును ప్రకాశింప చేసినపుడు దాని అవరోధ శక్మము V అగును. 2λ తరంగధైర్ఘ్యమున్న కాంతి ద్వారా అదే ఉపరితలమును ప్రకాశింప చేసిన, అవరోధ విద్యుత్ శక్మము $\frac{V}{4}$ అగును. ఎందుకు అనగా ఈ లోహ ఉపరితలము యొక్క ప్రారంభ తరంగధైర్ఘ్యము (NEET 2016)

అ) 4λ ఆ) 5λ

ఇ) $\frac{5}{2}\lambda$ ఈ) 3λ

5. 330 nm తరంగధైర్ఘ్యము కలిగిన కాంతి అనునది 3.55 పని ప్రమేయముతో లోహము మీద పడినపుడు ఉద్గారింపబడు ఎలక్ట్రానుతో సంబంధము గల తరంగము యొక్క తరంగధైర్ఘ్యము అనునది ($h = 6.6 \times 10^{-34}$ Js అని తీసుకొనుము)

అ) $< 2.75\times10^{-9}\,m$ ఆ) $\geq 2.75\times10^{-9}\,m$

ఇ) $\leq 2.75\times10^{-12}\,m$ ఈ) $< 2.5\times10^{-10}\,m$

6. కాంతి సున్నితత్వ ఉపరితలము ఒకటి వెనువెంటనే λ మరియు $\lambda/2$ తరంగధైర్ఘ్యము కలిగిన ఏక వర్ణకాంతి ద్వారా ప్రకాశింప చేయబడినది. రెండవ దిశ వ్యవస్థలో ఉద్గారింపబడు ఎలక్ట్రాన్ యొక్క గరిష్ట గతిజశక్తి అనునది మొదటి వ్యవస్థలో ఉద్గారింపబడు ఎలక్ట్రాన్ యొక్క గరిష్ట గతిజశక్తి కన్నను 3 రెట్లు ఉన్నట్లయిత్లే లోహము నుండి వెలువడు శక్తి అనునది. (NEET 2015)

అ) $\frac{hc}{\lambda}$ ఆ) $\frac{2hc}{\lambda}$

ఇ) $\frac{hc}{3\lambda}$ ఈ) $\frac{hc}{2\lambda}$

7. కాంతి విద్యుత్ ఉద్గారము సంఘటనలో ఒక నిర్ణీత లోహము యొక్క ప్రారంభ పౌనఃపున్యము కన్నను 4 రెట్లు పౌనఃపున్యము కలిగిన వికిరణములు ఆ లోహపు ఉపరితలములో పడినపుడు వెలువడు ఎలక్ట్రాన్ యొక్క గరిష్ట దిశా వేగము అనునది.

అ) $\sqrt{\frac{hv_0}{m}}$ ఆ) $\sqrt{\frac{6hv_0}{m}}$

ఇ) $2\sqrt{\frac{hv_0}{m}}$ ఈ) $\sqrt{\frac{hv_0}{2m}}$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 149 10-03-2023 16:41:48

8. 0.9 eV మరియు 3.3 eV ఫోటాన్ శక్తి కలిగిన రెండు వికిరణములు ఒక లోహపు ఉపరితలము మీద వెనువెంటనే పడుతున్నది. లోహము యొక్క పని ప్రమేయము 0.6 eV అనిన రెండు వ్యవస్థలలో వెలువడునటువంటి ఎలక్ట్రాన్ యొక్క గరిష్ట వేగముల నిష్పత్తి

అ) 1:4 ఆ) 1:3 ఇ) 1:1 ఈ)1:9

9. 520 nm తరంగధైర్ఘ్యము కలిగిన ఒక కాంతి మూలముగా ఒక సెకనుకు 1.04×10^{15} పోటానులను వెలువరచును. 460 nm తరంగధైర్ఘ్యము కలిగిన రెండవ కాంతి మూలముగా ఒక సెకనుకు 1.38×10^{15} పోటానులను వెలువరచును. రెండవ మూలము యొక్క సామర్థ్యమునకు మొదటి మూలము యొక్క సామర్థ్యమునకు మధ్య గల శాతము.

అ) 1.00 ఆ) 1.02

ఇ) 1.5 ఈ) 0.98

10. సూర్యకాంతి యొక్క సరాసరి తరంగధైర్ఘ్యము 550 nm మరియు దాని సామర్థ్యము 3.8×10^{26} W అయితే సూర్యుని నుండి ఒక సెకను కాలములో ఉద్గారమయ్యే ఫోటానుల సంఖ్య

అ) 10^{45} ఆ) 10^{42} ఇ) 10^{54} ఈ) 10^{51}

11. కాంతి విద్యుత్ వెలువరచు శక్తి 3.313 eV కలిగిన ఒక లోహపు ఉపరితలము యొక్క ప్రారంభ తరంగధైర్ఘ్యము

అ) 4125 Å ఆ) 3750 Å

ఇ) 6000 Å ఈ) 2062.5 Å

12. కాంతి విద్యుత్ వెలువరచు శక్తి 1.235 eV కలిగిన ఒక కాంతి సున్నితత్వము ఉన్న లోహపు పలక మీద 500 nm తరంగధైర్ఘ్యము కలిగిన కాంతి పడినది అనిన, ఉద్గారింపబడు ఎలక్ట్రానుల యొక్క గతిజశక్తి అనునది ($h = 6.6 \times 10^{-34}$ Js తీసుకొనుము)

అ) 0.58 eV ఆ) 2.48 eV

ఇ) 1.24 eV ఈ) 1.16 eV

13. ఒక లోహము మీద λ తరంగధైర్ఘ్యము కలిగిన పోటానులు పడుతున్నవి. లోహము నుంచి ఉద్గారింపబడు అధిక శక్తి కలిగిన ఎలక్ట్రానులు B పరిమాణం గల లంబ అయస్కాంత క్షేత్రము కారణముగా R వ్యాసార్ధము గల వృత్త చాప మార్గములో వంచబడుచున్నది అనిన, లోహము యొక్క కాంతి విద్యుత్ వెలవరచు శక్తి (KVPY-SX 2016)

అ) $\frac{hc}{\lambda} - m_e + \frac{e^2B^2R^2}{2m_e}$

ఆ) $\frac{hc}{\lambda} + 2m_e\left[\frac{eBR}{2m_e}\right]^2$

ఇ) $\frac{hc}{\lambda} - m_ec^2 - \frac{e^2B^2R^2}{2m_e}$

ఈ) $\frac{hc}{\lambda} - 2m_e\left[\frac{eBR}{2m_e}\right]^2$

14. A, B మరియు C అను లోహముల పని ప్రమేయములు వరుసగా 1.92 eV, 2.0 eV మరియు 5.0 eV అగును. 4100 Å తరంగధైర్ఘ్యము ఉన్న కాంతి పడునపుడు కాంతి ఎలక్ట్రానుల ఉద్గారము చెందు లోహము / లోహములు

అ) A మాత్రము

ఆ) A మరియు B

ఇ) అన్ని ఉద్గారం చెందును

ఈ) ఏదియు కాదు

15. ఉష్ణశక్తి శోషించబడునందువల్ల ఎలక్ట్రానులు ఉద్గారింపబడునది _____ ఉద్గారము అనబడును.

అ) కాంతి విద్యుత్ ఆ) క్షేత్ర

ఇ) ఉష్ణ అయానిక ఈ) రెండవ దశ

జవాబులు

1. ఈ	**2.** ఇ	**3.** ఈ	**4.** ఈ	**5.** ఆ
6. ఈ	**7.** ఆ	**8.** ఆ	**9.** ఇ	**10.** అ
11. ఆ	**12.** ఇ	**13.** ఈ	**14.** ఆ	**15.** ఇ

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 150 10-03-2023 16:41:51

II లఘు సమాధాన ప్రశ్నలు

1. లోహముల యొక్క స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు ఎందుకు అధిక సంఖ్యలో ఉన్నవి?
2. ఒక లోహము యొక్క కాంతి విద్యుత్ పని ప్రమేయమును నిర్వచింపుము. దాని ప్రమాణమును తెలుపుము.
3. కాంతి విద్యుత్ ఫలితము అనగానేమి?
4. పతన కాంతి యొక్క కాంతి తీవ్రతను సంబంధించి కాంతి విద్యుత్ ప్రవాహము ఏ విధముగా మార్పు చెందుతున్నది?
5. క్వాంటమ్ సిద్ధాంతము ప్రకారం కాంతి తీవ్రత అనునది నిర్వచింపుము. దాని ప్రమాణమును తెలుపుము.
6. ఆరంభ పౌనఃపున్యమును ఏవిధంగా నిర్వచించెదము.
7. కాంతి విద్యుత్ ఘటము అనగానేమి? కాంతి విద్యుత్ ఘటము వేరువేరు రకములను తెలుపుము.
8. q విద్యుత్ ఆవేశము m ద్రవ్యరాశి కలిగిన విద్యుత్ కణము అనునది V అను విద్యుత్ శక్మభేదము వలన త్వరణము ఏర్పడినపుడు దానితో సంబంధమున్న డీబ్రోగ్లీ తరంగధైర్ఘ్యమునకు సమీకరణము వ్రాయము.
9. డీబ్రోగ్లీ నిర్వచనమును తెలుపుము.
10. బేస్‌బాల్ (baseball) యొక్క తరంగ స్వభావమును ఎందుకు మనము చూడలేకపోతున్నాము?
11. ప్రోటాన్ మరియు ఎలక్ట్రాన్ అనునవి సమమైన గతిజశక్తి పొంది యుండును. దీనిలో ఏ కణమునకు డీబ్రోగ్లీ తరంగధైర్ఘ్యము అధికముగా ఉండును. కారణము తెలుపుము.
12. m ద్రవ్యరాశి కలిగిన కణముతో సంబంధించిన డీబ్రోగ్లీ తరంగధైర్ఘ్యమునకు గాను λ సమీకరణము; కణము యొక్క గతిజశక్తి K మూలముగా వ్రాయుము.
13. ఎలక్ట్రాన్ మరియు ఆల్ఫా కణము అనునవి రెండు సమమైన గతిజ శక్తిని పొంది యుండును అనిన, వాటితో సంబంధించిన డీబ్రోగ్లీ తరంగధైర్ఘ్యములు ఏవిధమైన సంబంధము ఏర్పరుచుతున్నది?
14. అవరోధ విద్యుత్ శక్మము నిర్వచింపుము.
15. ఉపరితల అవరోధము అనగానేమి?
16. సాధారణ విద్యుత్ అయస్కాంత సిద్ధాంతము వలన వివరించుటకు వీలుకాని x-వికిరణ వర్ణపటము యొక్క రెండు ముఖ్య అంశాలను తెలుపుము.
17. బ్రెమ్స్ స్టాహ్లాంగ్ అనగా నేమి?

III వ్యాసరూప సమాధాన ప్రశ్నలు

1. ఎలక్ట్రాను ఉద్గారం అనగా అర్థం ఏమి? వేర్వేరు రకాల ఎలక్ట్రాను ఉద్గారములను క్లుప్తముగా వివరించుము?
2. హెర్ట్జ్, హల్‌వాక్స్ మరియు లెనార్డ్ అనువారి శోధనలను క్లుప్తముగా వివరించుము?
3. కాంతి విద్యుత్ ప్రవాహము మీద విద్యుత్ శక్మ భేదము ఫలితము వివరించుము?
4. పతన కాంతి యొక్క పౌనఃపున్యమునకు సంబంధించి అవరోధ విద్యుత్ శక్మము ఏ విధంగా మార్పు చెందుతున్నది అనునది వివరించుము.
5. కాంతి విద్యుత్ నియమాలను వరుసగా వ్రాయుము.
6. తరంగ స్వభావము యొక్క ఆధారముగా కాంతి విద్యుత్ ఫలితమును ఎందుకు వివరించుటకు వీలు కాలేదు? వివరించుము.
7. కాంతి యొక్క క్వాంటమ్ సిద్ధాంతమును వివరించుము.
8. తగిన వివరణలతో ఐన్‌స్టీన్ యొక్క కాంతి విద్యుత్ సమీకరణము వ్రాయుము.
9. ఐన్‌స్టీన్ వివరణల సహాయముతో శోధించిన ఆధారముగా తెలుసుకొనునటువంటి కాంతి విద్యుత్ ఫలితం సిద్ధాంతమును వివరింపుము.
10. కాంతి ఉద్గార ఘటము నిర్మాణము మరియు పని చేయు విధానమును వివరింపుము.
11. ఎలక్ట్రాను యొక్క డీబ్రోగ్లీ తరంగధైర్ఘ్యమునకు గాను సమీకరణమును వ్రాయుము.
12. ఎలక్ట్రాన్ సూక్ష్మదర్శిని యొక్క తత్వము మరియు పని చేయు విధానమును క్లుప్తముగా వివరించుము.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 151 10-03-2023 16:41:51

13. ఎలక్ట్రాన్ యొక్క తరంగ స్వభావమును వివరించు డేవిసన్ జర్మన్ శోధనలను క్లుప్తంగా వివరించుము.
14. ఫోటాన్‌ల యొక్క ముఖ్య అన్వయములు పట్టిక చేయుము.
15. కాంతి విద్యుత్తు ఘటము యొక్క ఉపయోగములు తెలుపుము.
16. ఉత్తమ x-కిరణ వర్ణపటములను ఏ విధంగా మనకు లభిస్తుంది?

IV. ఆచరణాత్మక సమస్యలు

1. 50 mW సామర్థ్యము 640 nm తరంగధైర్ఘ్యము ఉన్న లేసర్ కాంతి నుంచి ఒక సెకనుకు ఎన్ని ఫోటాన్‌లు వెలువడును?

[జవాబు: $1.61\times10^{17}\,s^{-1}$]

2. కాంతి విద్యుత్ ఫలితము పరిశోధనలో అవరోధ విద్యుత్ శక్మము 81V అనిన వెలువడునటువంటి ఎలక్ట్రానుల యొక్క గరిష్ట గతిజశక్తి మరియు గరిష్ట వేగమును గణించుము.

[జవాబు: 1.3×10^{-17}J; $5.3\times10^{6}\ ms^{-1}$]

3. క్రింద ఇవ్వబడిన వికిరణముల యొక్క సంబంధించిన ఫోటాన్‌ల యొక్క శక్తిని గణించుము. అ) 413 nm తరంగధైర్ఘ్యం కలిగిన ఊదా కాంతి ఆ) 0.1 nm తరంగధైర్ఘ్యం కలిగిన X-కిరణాలు ఇ) 10 m తరంగధైర్ఘ్యం కలిగిన రేడియో తరంగాలు

[జవాబు: 3eV;12424eV;1.24×10^{-7}eV]

4. 150 W సామర్థ్యము కలిగిన దీపము ఒకటి ఉద్గారించు కాంతి యొక్క సరాసరి తరంగధైర్ఘ్యము 5500 Å అగును. దీపము యొక్క సామర్థ్యమును 12% అనిన, ఒక సెకనుకు దీపము నుంచి ఉద్గారింపబడు ఫోటానుల సంఖ్యలను గణించుము.

[జవాబు: 4.98×10^{19}]

5. 10^{14} Hz పౌనఃపున్యము కలిగిన ఎన్ని ఫోటానులు కలిపి 19.86 J శక్తిని ఉత్పత్తి చేయును?

[జవాబు: 3×10^{20}]

6. ఎలక్ట్రాను యొక్క ద్రవ్యరాశి అనునది 4000 Å తరంగధైర్ఘ్యం కలిగిన ఫోటాను యొక్క ద్రవ్య వేగమునకు సమము అయినప్పుడు ఎలక్ట్రాన్ యొక్క దిశావేగ విలువ ఏమి?

[జవాబు: $1818\,ms^{-1}$]

7. లోహపు ఉపరితలము ఒకదాని మీద 9×10^{14} Hzపౌనఃపున్యం కలిగిన కాంతి పడునపుడు వెలువడు కాంతి ఎలక్ట్రానుల గరిష్ట వేగము $8\times10^{5}\,ms^{-1}$ అనిన, లోహపు ఉపరితలము యొక్కప్రారంభ పౌన:పున్యమును గణించుము.

[జవాబు: 4.61×10^{14} Hz]

8. కాంతి విద్యుత్ ఘటము యొక్క కేథోడ్ మీద 6000 Å తరంగదైర్ఘ్యం కలిగిన కాంతి పడునపుడు, కాంతి విద్యుత్ ఉద్గారము ఏర్పడుతున్నది. ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారమును నిరోధించుటకు 0.8 V అవరోధ విద్యుత్ శక్మము అవసరమవుతుంది. అయితే (i) కాంతి యొక్క పౌనఃపున్యము (ii) పతన ఫోటాన్ యొక్క శక్తి (iii) కాథోడ్ వస్తువు యొక్క పని ప్రమేయము (iv) ప్రారంభ పౌనఃపున్యం మరియు (v) ఉపరితలం నుంచి వెలువడిన తర్వాత ఎలక్ట్రాన్ యొక్క నికర శక్తి మొదలగు వాటిని గణించుము.

[జవాబు: 5×10^{14} Hz; 2.07 eV; 1.27 eV; 3.07×10^{14} Hz; 0.8 eV]

9. వస్తువు ఒకదానిలో నుండి 3310 Å తరంగదైర్ఘ్యం కలిగిన ఫోటాను వెలువరచు ఎలక్ట్రాన్ యొక్క శక్తి 3×10^{-19}J అగును. ఇంకను అదే వస్తువు నుండి 5000 Å తరంగదైర్ఘ్యము కలిగిన ఫోటాను వెలువరచు ఎలక్ట్రాన్ యొక్క శక్తి 0.972×10^{-19}J అనిన, ప్లాంక్ స్థిరాంకము మరియు వస్తువు యొక్క ప్రారంభ తరంగదైర్ఘ్యం మొదలగునవి గణించుము.

[జవాబు: 6.62×10^{-34}Js; 6620×10^{-10}m]

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 152 10-03-2023 16:41:57

10. ఇవ్వబడిన ఘనములో సూర్యుడు నుంచి $4\,cal\,cm^{-2}\,min^{-1}$ అను ప్రమాణముతో భూమి అనునది శక్తిని పొందుతున్నది. ఒక నిమిషమునకు భూమి యొక్క ఒక చదరపు సెం.మీ వైశాల్యం ఉపరితలము పొందినటువంటి ఫోటానుల సంఖ్యను గణించుము. (ఇవ్వబడిన సూర్యకాంతి యొక్క సరాసరి తరంగధైర్ఘ్యం $= 5500$ Å)

[జవాబు: 4.65×10^{19}]

11. లిథియం ఉపరితలం మీద 1800Å తరంగదైర్ఘ్యం కలిగిన అతినీలలోహిత కిరణాలు పడినది. లిథియం యొక్క ప్రారంభ తరంగదైర్ఘ్యము 4965Å అయిన, ఉద్గారింపబడు ఎలక్ట్రాన్ యొక్క గరిష్ట శక్తిని లెక్కించుము.

[జవాబు: 4.40 eV]

12. 81.9×10^{-15} J గతిజ శక్తిని కలిగిన ఫ్రోటాన్ యొక్క డీబ్రోగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యమును లెక్కించుము. (ఇవ్వబడిన ప్రోటాన్ ద్రవ్యరాశి ఎలక్ట్రాను యొక్క ద్రవ్యరాశి కన్నా 1836 రెట్లు అధికమగును.)

[జవాబు: 4×10^{-14}m]

13. డ్యుటిరాన్, ఆల్ఫా కణము ఒకే విద్యుత్ శక్మముతో త్వరణము చెందించబడినది. వాటిలో ఏ కణమునకు i) డీబ్రోగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యము అధికము ii) గతిజ శక్తి తక్కువగా ఉండును? వివరించుము.

[జవాబు: $\lambda_d = 2\lambda_\alpha$ మరియు $K_d = {K_\alpha}/{2}$]

14. $81V$ విద్యుత్ శక్మ భేదము కారణముగా త్వరణం ఏర్పరచు ఎలక్ట్రాన్ యొక్క డీబ్రోగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యము యొక్క విలువ ఏమి? ఈ తరంగధైర్ఘ్యము విద్యుదయస్కాంత వర్ణపటంలో ఏ భాగంలో అమరును?

[జవాబు: $\lambda = 1.36$ Å మరియు x-కిరణాలు]

15. 512 V వోల్టు విద్యుత్ శక్మము మూలముగా త్వరణం ఏర్పడు ప్రోటాన్ యొక్క డీబ్రోగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యము మరియు Xవోల్టు విద్యుత్ శక్మము మూలముగా త్వరణం ఏర్పడు ఆల్ఫా కణం యొక్క డీబ్రోగ్లీ తరంగదైర్ఘ్యము మధ్య గల నిష్పత్తి 1 అయిన, X యొక్క విలువను కనుగొనుము.

[జవాబు: 64 V]

BOOK FOR REFERENCES

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.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 153 10-03-2023 16:42:00

అంతర్జాల కృత్యము

వికిరణము మరియు పదార్థము యొక్క ద్వంద్వ స్వభావము

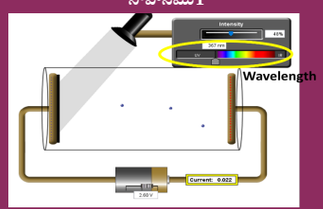
ఈ కృత్యములో ఒక లోహ లక్ష్యంలో గల ఎలక్ట్రాన్‌ను కాంతి ఎలా ఢీకొంటుంది మరియు కాంతి విద్యుత్ ఫలిత ప్రయోగములను వీక్షించుటకు మీకు వీలవుతుంది.

శీర్షిక : కాంతి విద్యుత్ ఫలితము

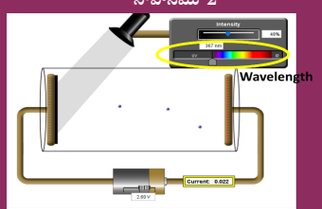
సోపానములు:

- బ్రౌజర్‌ను తెరచి అడ్రస్ బార్ నందు“https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/photoelectric” ను టైపు చేయుము.
- కాంతి తీవ్రతను మార్చి ఈ కాంతి తీవ్రత కాంతి విద్యుత్ ఫలితము మరియు ఎలక్ట్రాన్‌ల శక్తిని ఎలా ప్రభావితం చేస్తుందో పరిశీలించండి.
- తరంగదైర్ఘ్యమును మార్చి అది కాంతి విద్యుత్ ఫలితము మరియు ఎలక్ట్రాన్‌ల శక్తిని ఎలా ప్రభావితం చేస్తుందో పరిశీలించండి.
- బ్యాటరీలో ఓల్టేజిని మార్చి అది కాంతి విద్యుత్ ఫలితముపై కలిగించే శక్మ ప్రభావాన్ని విశ్లేషించండి.
- లక్ష్య పదార్థాన్ని మార్చి అది విద్యుత్‌ను మరియు ఎలక్ట్రాన్‌ల శక్తి ఎలా ప్రభావితం చేస్తుందో విశ్లేషించండి.
- కాంతి విద్యుత్ ప్రవాహం – ఓల్టేజి గ్రాఫ్ మరియు కాంతి విద్యుత్ ప్రవాహ తీవ్రత గ్రాఫ్‌ను ప్రయోగం నుండి పొంది అధ్యయనం చేయండి

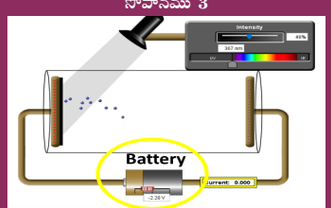
సోపానము 1



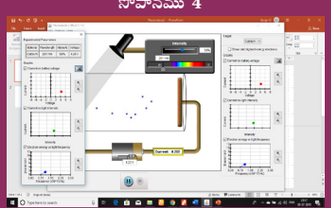
సోపానము 2



సోపానము 3



సోపానము 4



Note:

Install Java application if it is not in your browser.

You can download all the phet simulation and works in off line fromhttps://phet.colorado.edu/en/offline-access .

URL:

https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/photoelectric

* Pictures are indicative only.

* If browser requires, allow **Flash Player** or **Java Script** to load the page.

U67QV

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_8.indd 154 10-03-2023 16:42:01

అధ్యాయము

9

పరమాణు మరియు కేంద్రక భౌతికశాస్త్రం

ATOMIC AND NUCLEAR PHYSICS

అన్ని సహజ దృగ్విషయములు అసాధ్యమైనవి లేదా అద్భుతమగును. అర్థము చేసుకోనంత వరకు అవి అసాధ్యము, కాని అర్థమైన తరువాత అవియే అద్భుత విషయమగును

– ఎర్నస్ట్ రూథర్‌ఫోర్డ్

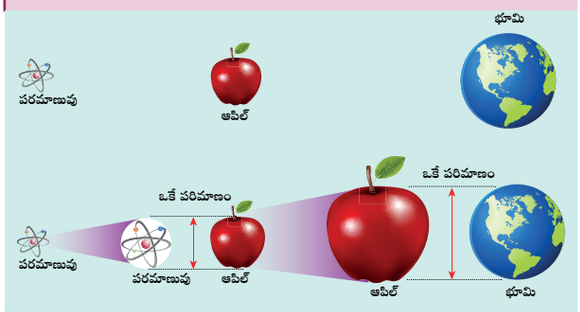
అభ్యసన లక్ష్యాలు

ఈ అధ్యాయమును చదివిన తరువాత విద్యార్థులు నేర్చుకొనేవి.

- వాయువుల గుండా విద్యుత్ ఉత్సర్గము
- జె.జె.థామ్సన్ ప్రయోగము ద్వారా ఎలక్ట్రాన్ యొక్క స్థిర విద్యుత్ ఆవేశమును కనుగొనుట.
- మిల్లికాన్ యొక్క నూనె బిందువుల ప్రయోగం ద్వారా ఎలక్ట్రాన్ విద్యుత్ ఆవేశమును కనుగొనుట.
- జె.జె.థామ్సన్ మరియు రూథర్‌ఫోర్ట్ – అణు నమూనా
- బోర్ పరమాణు నమూనా మరియు హైడ్రోజన్ పరమాణు నమూనా
- పరమాణు వర్ణపటము మరియు హైడ్రోజన్ వర్ణపటము
- కేంద్రక నిర్మాణము మరియు ధర్మాలు
- పరమాణు సంఖ్య మరియు ద్రవ్యరాశి సంఖ్య ఆధారంగా వివిధ రకాల కేంద్రకాల వర్గీకరణ
- ద్రవ్యరాశి లోపము మరియు బంధన శక్తి
- బంధన శక్తి వక్రమునకు మరియు స్థిరత్వమునకు మధ్య గల సంబంధము
- ఆల్ఫా క్షయము, బీటా క్షయము మరియు గామా క్షయము
- రేడియోధార్మిక క్షయ నియమము
- కేంద్రక సంలీనము మరియు విచ్ఛిత్తి
- కేంద్రక రియాక్టర్‌లపై ప్రాథమిక భావనలు
- ప్రాథమిక కణాల యొక్క గుణాత్మక ఆలోచనలు

DR7LZ

9.1 పరిచయం



పటము 9.1 పరమాణువు పరిమాణంతో ఆపిల్ పరిమాణమును పోల్చుట మరియు ఆపిల్ పరిమాణమును భూపరిమాణముతో పోల్చుట

స్థలమును ఆక్రమించు అన్ని వస్తువులను "పదార్థము" అని మునుపటి తరగతులలో చదివియున్నాము. పదార్థమును ఘన, ద్రవ మరియు వాయు పదార్థములుగా వర్గీకరించారు. మన నిత్య జీవితములో నీటిని త్రాగడానికి, పెట్రోలును వాహనములకు, శ్వాసించుటకు ఆక్సిజన్, మరకపడని ఉక్కును వంట పాత్రలకు ఉపయోగించుచున్నారు. అనుభవ పూర్వకంగా ఒక పదార్థము వలె మరొక పదార్థము ఉండదు. అనగా, వాటి భౌతిక మరియు రసాయనిక ధర్మాలు ఒక్కొక్క పదార్థమునకు వేరువేరుగా ఉంటాయి. ఈ వివరణ అర్థము చేసుకొనుటకు పదార్థము యొక్క ప్రాథమిక భావనలను అవగాహన చేసుకొనవలెను.

ఒక పదార్థమును విభజించి, దాని నుండి ఏర్పడు భాగాలు మరలా మరలా విభజించినపుడు ఒకానొక

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 155 10-03-2023 16:51:41

సందర్భములో ఆ భాగమును విభజించడానికి వీలుకాని అతి చిన్న భాగము ఏర్పడును. విభజించుటకు వీలుకాని ఈ అతి చిన్న భాగాన్నే పరమాణువు అంటారు. గ్రీకు భాషలో పరమాణువు అనే పదమునకు "విభజించుటకు వీలుకానిది లేదా విడదీయలేనిది" అని అర్థము. పరమాణువు యొక్క పరిమాణము చాలా చిన్నది. ఉదాహరణకు హైడ్రోజన్ పరమాణు పరిమాణం (చాలా చిన్నది) 10^{-10} m కు దగ్గరగా ఉంటుంది. అమెరికన్ శాస్త్రవేత్త రిచార్డ్ P ఫేన్మాన్ పరమాణువును ఆపిల్ పరిమాణమునకు పెంచినపుడు ఆపిల్ భూమి పరిమాణమునకు పెరుగుతుంది అనియు, అంతటి చిన్న దానినే పరమాణువు అని తెలిపారు. ఇది పటము 9.1లో చూపబడినది.

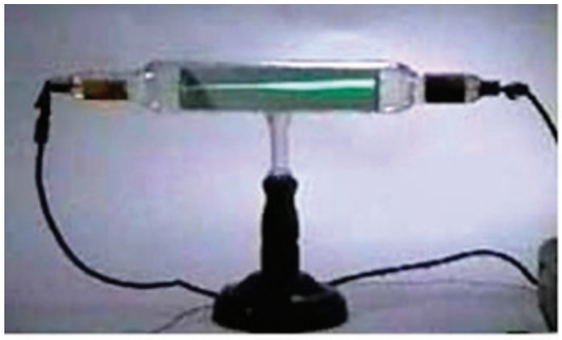
ఈ అధ్యాయములో పరమాణువుల నిర్మాణమును గూర్చి తెలుసుకొనుటకు మొదట పరమాణు నమూనాల గురించి తెలుసుకొనవలెను. జె.జె.థామ్సన్ మరియు రూథర్‌ఫర్డ్ పరమాణు నమూనాల కంటే బోర్ పరమాణు నమూనా ఉత్తమమైనది. ఆ రోజుల్లో వివరించలేని అనేక విషయాలను వివరించి మరియు రసాయనశాస్త్రమును అర్థముచేసుకోవడానికి ఈ నమూనా తోడ్పడుతుంది.

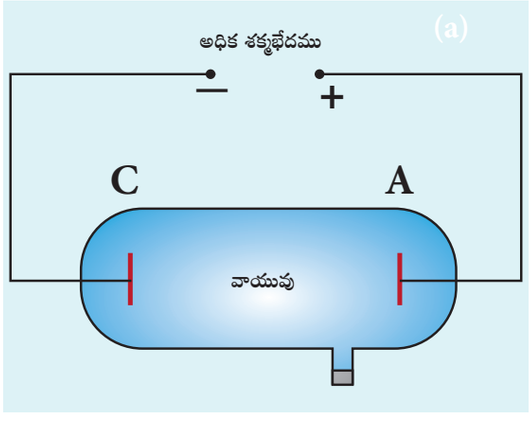
పరమాణువు కూడా ప్రాథమిక పదార్థము కాదని విజ్ఞానశాస్త్రవేత్తలు తరువాత తెలుసుకొన్నారు. అది ఎలక్ట్రాన్‌లు మరియు కేంద్రకమును కలిగి ఉంటుంది. 1930లో కేంద్రకం అనేది ప్రోటాన్‌లు మరియు న్యూట్రాన్‌లతో ఏర్పడినదని కనుగొన్నారు. తరువాత పరిశోధనల ఫలితముగా ప్రోటాన్‌లు మరియు న్యూట్రాన్‌లు కూడా క్వార్క్‌లు అనే ప్రాథమిక పదార్థాలను కలిగినదని అనేక ప్రయోగాల ద్వారా నిరూపించారు.

కేంద్రక నిర్మాణము మరియు వాటి ప్రాథమిక ధర్మాలు గురించి అవగాహన చేసుకోవడానికి ఈ అధ్యాయము చివరి భాగములో వ్రాయబడినది. ఇంకనూ కేంద్రక శక్తి ఏర్పడుట మరియు వినియోగించుట గురించి వివరించబడియున్నది.

9.2 వాయువుల ద్వారా విద్యుత్ ఉత్సర్గము (ELECTRIC DISCHARGE THROUGH GASES)

సాధారణముగా వాయువులు వాతావరణ పీడనము వద్ద చాలా తక్కువ విద్యుత్ వాహకతను కలిగియుండును. ఎందుకనగా వాటి విద్యుత్ వాహకతను పెంచు స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు లేవు. కాని కొన్ని ప్రత్యేక పరిస్థితులను ఏర్పరుచుట ద్వారా ఒక వాయువును విద్యుత్ వాహకత్వ యానకముగా మార్చవచ్చును. వాయువుల ద్వారా జరిగే విద్యుత్ ఉత్సర్గమును గూర్చి అధ్యయనం చేయడానికి ఉపయోగించే సరళమైన మరియు అనుకూలమైన పరికరాన్ని ఉత్సర్గ నాళము అని అంటారు. వాయు ఉత్సర్గ నాళ నిర్మాణాన్ని పటము 9.2లో చూపబడినది. ఇది పొడవైన మూసివుంచిన గాజు గొట్టము (పొడవు సుమారు 50సెం.మీ మరియు వ్యాసము 4సెం.మీ) నందు మలినములేని వాయువుచే నింపబడియుండును. ఇది చిన్న రంధ్రములో అధిక శూన్య గొట్టము మరియు తక్కువ పీడన మాపకముతో కలుపబడియుండును. ఈ నాళము రెండు లోహపు పలకలతో చేయబడిన ఎలక్ట్రోడులకు అమర్చబడియుండును. ఇది ప్రేరణ తీగచుట్ట ద్వారా ద్వితీయ తీగచుట్టకు కలుపబడియుండును. ఇక్కడ ధనాత్మక ధృవమునకు కలుపబడిన పలకను ఆనోడ్‌గాను, ఋణాత్మక ధృవమునకు కలుపబడిన పలకలను కాథోడ్‌గాను పిలుస్తారు. ఈ ధృవముల మధ్య శక్మభేదము సుమారు 50 kV వుండే విధముగా నిర్వహిస్తారు.





పటము 9.2 ఉత్సర్గ నాళము (అ) నిజ పరికరము (ఆ) నమూనా పటము

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 156 10-03-2023 16:51:41

ఉత్సర్గ నాళములోని వాయువు యొక్క పీడనమును శూన్య గొట్టమును ఉపయోగించి పాదరస మట్టమును 110 mm కు తగ్గించినపుడు ఎటువంటి విద్యుత్ ప్రసారము జరగలేదని పరిశీలింపబడినది. పాదరస పీడనమును 100mm కు తగ్గించినపుడు విద్యుత్ ప్రసారము ప్రారంభమగును. దీని కారణముగా క్రమరహిత కాంతి రేఖలు, చిటపటమనే శబ్దము ఉత్పత్తియగును. పాదరస పీడనమును 100 mm తగ్గించినపుడు కాంతి రేఖలు ఆనోడ్ నుండి ప్రారంభమై, కాథోడ్ వరకు కాంతి స్తంభముగా ఏర్పడును. దీనినే ధనాత్మక విద్యుత్ స్తంభము అంటారు.

పాదరస పీడనమును 0.01 mm కు తగ్గించినపుడు ధనాత్మక విద్యుత్ స్తంభము అదృశ్యమగును. ఆ సమయంలో ఆనోడ్ మరియు కాథోడ్ మధ్య ఒక చీకటి ప్రాంతము ఏర్పడుతుంది. దీనినే క్రూక్స్ చీకటి ప్రదేశము అంటారు. ఇప్పుడు నాళము యొక్క గోడలు పచ్చని రంగుతో మెరుస్తుంది. ఈ స్థితిలో కొన్ని అదృశ్య కిరణాలు కాథోడ్ నుండి వెలువడును. వీటినే కేథోడ్ కిరణాలు అని అంటారు. తరువాత ఈ కేథోడ్ కిరణాలనే ఎలక్ట్రానుల పుంజం అని పేర్కొన్నారు.

కాథోడ్ కిరణముల ధర్మములు:

1. కాథోడ్ కిరణములు శక్తిని మరియు ద్రవ్యవేగమును కలిగివుండి మరియు $10^7 ms^{-1}$ అతివేగ పరిధితో సరళరేఖా మార్గములో ప్రయాణించును. ఇవి విద్యుత్ మరియు అయస్కాంత క్షేత్రము గుండా వెళ్ళునప్పుడు అపవర్తనము చెందును. ఈ అపవర్తన దిశ ఆధారముగా అవి ఋణవిద్యుదావేశ కిరణములు అని తెలియుచున్నది.

2. కాథోడ్ కిరణములు పదార్థముపై పడినప్పుడు ఉష్ణము ఉత్పత్తియగును. కాథోడ్ కిరణములు ఫోటోగ్రాఫిక్ ఫలకలను బాధించును. ఇంకనూ స్ఫటికములు మరియు ఖనిజములపై పడినప్పుడు ప్రతిదీప్తిని ఏర్పరుస్తాయి.

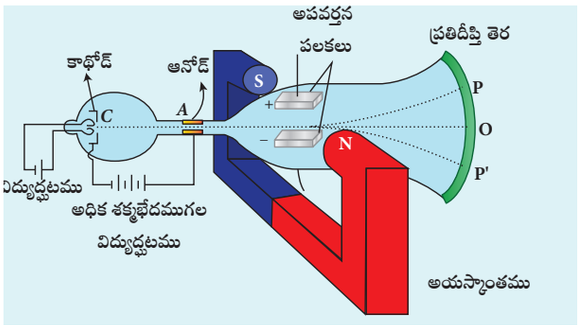
3. కాథోడ్ కిరణములు అధిక పరమాణు ద్రవ్యరాశి కలిగిన పదార్థముపై పడినపుడు x – కిరణములను ఉత్పత్తి చేయును.

4. కాథోడ్ కిరణములు వాయువుల గుండా వెళ్ళునప్పుడు, ఆ వాయువులను అయనీకరణము చెందించును.

5. కాథోడ్ కిరణములు కాంతి వేగములో 1/10వ వంతు వేగమును కలిగి ఉంటాయి.

9.2.1 ఎలక్ట్రాన్ యొక్క విశిష్ట విద్యుదావేశము $\left(\frac{e}{m}\right)$ ను కనుగొనుట – థామ్సన్ ప్రయోగము (Determination of specific charge $\left(\frac{e}{m}\right)$ of an electron –Thomson's experiment)

ఆధునిక భౌతికశాస్త్రం యొక్క ఆవిర్భావానికి దారితీసిన అతిముఖ్యమైన అధ్యయనాలలో థామ్సన్ ప్రయోగము ఒక మైలురాయిగా పరిగణించబడినది. 1887లో జె.జె.థామ్సన్ ఉత్సర్గ నాళములో వాయువులను గూర్చి అధ్యయనంలో మరువలేని అభివృద్ధిని సాధించారు. విద్యుత్ మరియు అయస్కాంత క్షేత్రముల వలన కాథోడ్ కిరణములు అపవర్తనం చెందును. విద్యుత్ మరియు అయస్కాంత క్షేత్రములలో మార్పులు చేయుట వలన విశిష్ట విద్యుత్ ఆవేశము (ప్రమాణ ద్రవ్యరాశిలోని విద్యుదావేశము)ను కాథోడ్ కిరణముల ద్వారా లెక్కించవచ్చును.



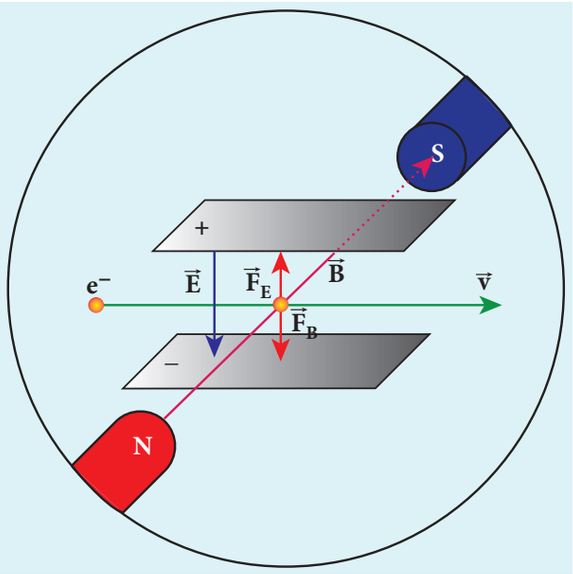
పటము 9.3 ఎలక్ట్రాన్ విశిష్ట విద్యుదావేశమును కనుగొనే జె.జె.థామ్సన్ ప్రయోగం యొక్క నిర్మాణం

ఈ ప్రయోగ నిర్మాణము పటము 9.3లో చూపబడియున్నది. ఇందులో అధిక శూన్యం గల విద్యుత్ ఉత్సర్గ నాళము ఉపయోగించబడినది మరియు కాథోడ్ నుండి వెలువడు కాథోడ్ కిరణములు (ఎలక్ట్రాన్ పుంజము) ఆనోడ్ పలక A వైపు ఆకర్షింపబడును. ఆనోడ్ పలక సూది వంటి సన్నటి రంధ్రము కలిగియుండి, ఆ రంధ్రము గుండా కాథోడ్ కిరణాలను ఇరుకైన పుంజం వలె ప్రసారం చేయబడుతాయి. ఈ కాథోడ్ కిరణాలు సమాంతర లోహపు పలకల మధ్య పంపబడినప్పుడు, నిర్దిష్ట అధిక శక్మభేదముచే నిర్వహించబడును. పటము 9.3లో చూపినట్లుగా ఒకదానికొకటి లంబముగా ఉండే విద్యుత్ మరియు అయస్కాంత క్షేత్రముల మధ్య ఉత్సర్గ నాళము అమర్చబడియున్నది. కాథోడ్

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 157 10-03-2023 16:51:42

కిరణాలు తెరపైన పడినపుడు ప్రతిదీప్తిని ఏర్పరచుట వలన ప్రకాశవంతమైన బిందువు ఏర్పడుటను గమనించవచ్చును. తెరపై జింక్ సల్ఫైడ్‌తో పూత పూయుట వలన ఈ ప్రతిదీప్తి ఏర్పడును.

(i) కాథోడ్ కిరణాల దిశా వేగమును కనుగొనుట



పటము 9.4 విద్యుత్ మరియు అయస్కాంత బలములను సమతుల్యత చేయుట వలన ఎలక్ట్రాన్ పుంజ మార్గము సరళరేఖలో అమరియున్నది.

పలకల మధ్య ఒక నిర్ధిష్టమైన విద్యుత్ క్షేత్రమును కలిగించి, తరువాత అయస్కాంత క్షేత్రమును సర్దుబాటు చేస్తూ కాథోడ్ కిరణాలు (ఎలక్ట్రాన్ పుంజము) మొదట ఉన్న 'O' బిందువు చేరునట్లు చేయవలెను. (పటము 9.3) పటము 9.4లో చూపిన విధంగా విద్యుత్ క్షేత్ర బలపరిమాణమును అయస్కాంత క్షేత్ర బలపరిమాణము సమతుల్యం చేస్తుంది. కాథోడ్ కిరణాల ఆవేశం e మరియు దిశావేగము υ అయిన

$$eE = eB\upsilon$$

$$\Rightarrow \upsilon = \frac{E}{B} \qquad (9.1)$$

(ii) విశిష్ట విద్యుదావేశమును కనుగొనుట

కాథోడ్ కిరణాలు (ఎలక్ట్రాన్ పుంజం) కాథోడ్ నుండి ఆనోడ్‌కు త్వరణం చెందుట వలన, కాథోడ్‌లో ఎలక్ట్రాన్ పొందు స్థితిజ శక్తి ఆనోడ్‌ను చేరునపుడు అది పొందు గతిజ శక్తికి సమానమగును. కాథోడ్ మరియు ఆనోడ్‌ల మధ్య శక్మభేదము 'V' అయిన, ఎలక్ట్రాన్ యొక్క విద్యుత్ స్థితిజ శక్తి eV, కావున శక్తి నిత్యత్వ నియమం ప్రకారం.

$$eV = \frac{1}{2}m\upsilon^2 \Rightarrow \frac{e}{m} = \frac{\upsilon^2}{2V}$$

సమీకరణం 9.1లోని వేగం విలువను ప్రతిక్షేపించగా, పొందునది

$$\frac{e}{m} = \frac{1}{2V}\frac{E^2}{B^2} \qquad (9.2)$$

E, B, V విలువలను ప్రతిక్షేపించగా ఎలక్ట్రాన్ యొక్క విశిష్ట విద్యుదావేశ విలువ

$\frac{e}{m} = 1.7\times10^{11}\,\mathrm{C\,kg^{-1}}$ అని కనుగొనబడినది.

(iii) ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రం వలన మాత్రమే విద్యుదావేశ కణాల మార్గంలో ఏర్పడు అపవర్తనం

అయస్కాంత క్షేత్రమును నిర్మూలించిన తరువాత విద్యుత్‌క్షేత్రం వలన మాత్రమే కిరణాలు అపవర్తనం చెందును. ఈ అపవర్తనం విద్యుత్ క్షేత్ర బలమునకు అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.

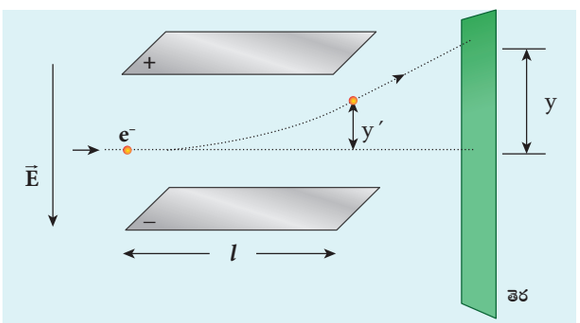
$$F_e = eE \qquad (9.3)$$

ఇక్కడ m అనునది ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి అయిన న్యూటన్ రెండవ గమన నియమం ప్రకారం ఎలక్ట్రాన్ యొక్క త్వరణం

$$a_e = \frac{1}{m}F_e \qquad (9.4)$$

సమీకరణం 9.3ను సమీకరణం 9.4లో ప్రతిక్షేపించగా

$$a_e = \frac{1}{m}eE = \frac{e}{m}E$$



పటము 9.5 ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రంలో ఎలక్ట్రాన్ మార్గంలో ఏర్పడే అపవర్తనం

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 158 10-03-2023 16:51:43

తెరపై ఎలక్ట్రాన్ పుంజం మొదట పడిన స్థానం నుండి ఇప్పుడు అది పొందిన అపవర్తనం 'y' అనుకొనుము. (పటము 9.5) మరియు కాథోడ్ కిరణాలు సమాంతరంగా ఉన్న విద్యుత్ పలకలను చేరుటకు ముందు దాని ఊర్ధ్వ దిశలో వేగం $u = 0$ అగును. ఈ విద్యుత్‌క్షేత్ర పలకల పొడవు l అయిన, దానిని దాటుటకు పట్టుకాలం 't' అయిన

$$t = \frac{l}{\upsilon} \qquad (9.5)$$

కావున పలకల చివర కాథోడ్ కిరణాల అపవర్తనం (గమనిక: $u = 0$ మరియు $a_e = \frac{e}{m}E$)

$$y' = ut + \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow y' = ut + \frac{1}{2}a_e t^2$$
$$= \frac{1}{2}\left(\frac{e}{m}E\right)\left(\frac{l}{\upsilon}\right)^2$$

$$y' = \frac{1}{2}\frac{e}{m}\frac{l^2B^2}{E} \qquad (9.6)$$

కావున తెరపై కలుగు అపవర్తనం

$$y \propto y' \Rightarrow y = Cy'$$

ఇక్కడ C అనునది అనుపాత స్థిరాంకం, దీని విలువ ఉత్సర్గనాళ ఆకారము బట్టి ఉంటుంది.

$$y = C\frac{1}{2}\frac{e}{m}\frac{l^2B^2}{E} \qquad (9.7)$$

సమీకరణం 9.7ను మార్చి వ్రాయగా

$$\frac{e}{m} = \frac{2yE}{Cl^2B^2} \qquad (9.8)$$

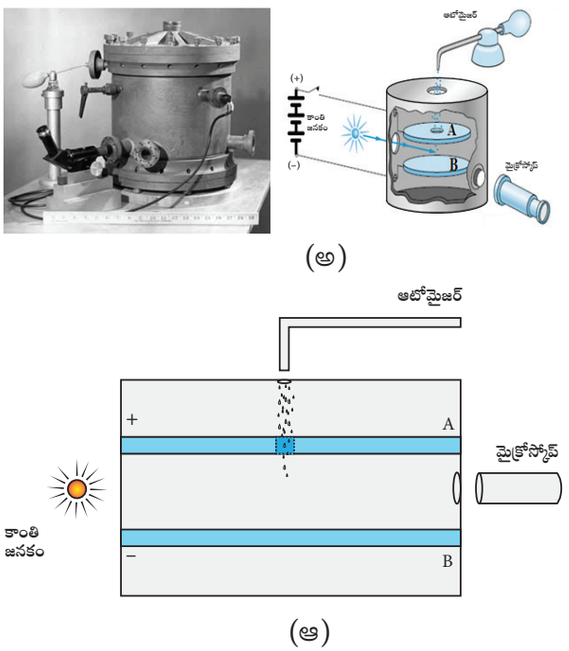
పై సమీకరణంలో కుడి ప్రక్కన గల పరామితులకు విలువలను ప్రతిక్షేపించగా విశిష్ట విద్యుదావేశం $\frac{e}{m} = 1.7 \times 10^{11}\,\mathrm{C\,kg^{-1}}$.

గమనిక

విశిష్ట విద్యుదావేశం ($\frac{e}{m}$)విలువ అనునది
(అ) ఉత్సర్గనాళంలోని వాయువు మరియు
(ఆ) ఎలక్ట్రోడ్‌ల స్వభావంపై ఆధారపడదు.

9.2.2 ఎలక్ట్రాన్ యొక్క ఆవేశమును కనుగొనుట –మిల్లికాన్ నూనె బిందు ప్రయోగము (Determination of charge of an electron – Millikan's oil drop experiment

ప్రకృతిలోని చాలా ముఖ్యమైన ప్రాథమిక రాశులలో ఒకటైన ఎలక్ట్రాన్ యొక్క ఆవేశం విలువను కనుగొనుటకు మిల్లికాన్ నూనె బిందువు ప్రయోగ పద్ధతి అనునది ఆధునిక భౌతికశాస్త్రంలో ఉన్న ఒక గొప్ప ప్రయోగ విధానము (పటము 9.6(అ)) విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని తగు రీతిగా సర్దుబాటు చేసి నూనె బిందువు గమనమును నియంత్రించవచ్చును. అంటే దాని గమనమును పైకి లేదా క్రిందకి జరపవచ్చు లేదా సమతాస్థితిలో ఎక్కువ సమయం కదలకుండా ఉండునట్లు చేయవచ్చును.



పటము 9.6 మిల్లికాన్ ప్రయోగము (అ) నిజ పరికరం మరియు నమూనా పటము (ఆ) పార్శ్వదృష్టిలో గల పటం

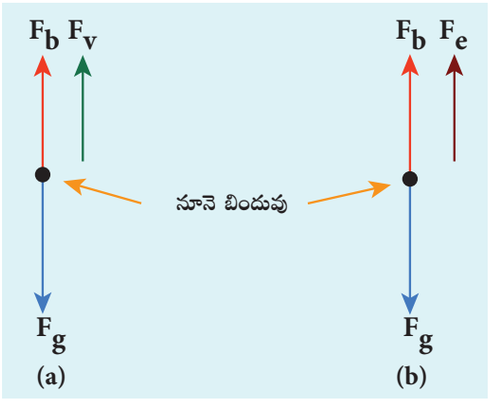
12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 159 10-03-2023 16:51:46

ఈ ప్రయోగ విధానం పటము 9.6 (ఆ)లో చూపబడినది. ఈ పరికరంలో A, B అనే రెండు వృత్తాకార లోహపు పలకలు ఒకదానికొకటి సమాంతరంగా ఉంటుంది. దాని వ్యాసం 20 సెం.మీ మరియు వాటి మధ్య దూరం 1.5సెం.మీగా ఉంటుంది. ఈ మొత్తం అమరిక ఒక గాజు గోడతో చేయబడిన పాత్రలో అమర్చబడి ఉంటుంది. ఈ పలకల మధ్య అధిక శక్మభేదం (దాదాపుగా 10 kV) ఉండునట్లు చేయగా, విద్యుత్ క్షేత్రం అభిలంబంగా క్రింది దిశలో పనిచేయును. A పలక మధ్యభాగంలో ఒక చిన్న రంధ్రం ఉంటుంది. A పలకకు పైభాగములో నూనెను వెదజల్లబడు ఒక ఆటోమైజర్ అమర్చబడి ఉంటుంది. గ్లిజరిన్ వంటి ఆధునిక స్నిగ్ధత గల భాష్పీభవనం చెందని ద్రవాన్ని ఆటోమైజర్ సహాయంతో పలకపై వెదజల్లినప్పుడు, ఏర్పడు చిన్న చిన్న నూనె బిందువులు గురుత్వాకర్షణం వలన పలక A పై గల రంధ్రం గుండా క్రిందకు పడుతాయి.

గాలిలో ఏర్పడు ఘర్షణ లేదా గాలిలో x–కిరణాలు పంపడం వలన కొన్ని నూనె బిందువులు ఆవేశమును పొందుతాయి. లోహపు పలక మధ్య ప్రదేశమును కాంతి జనకం నుండి వచ్చే కాంతితో ప్రతిదీప్తి చేయుట వలన కాంతి కిరణాలకు లంబముగా అమర్చబడిన దూరదర్శినిలో ఈ బిందువులను పరిశీలించవచ్చును. విద్యుత్ క్షేత్రమును తగు రీతిలో సర్దుబాటు చేయుట వలన నూనె బిందువు గమనాన్ని నియంత్రించవచ్చును. అంటే ఆ నూనె బిందువులను పై దిశలో లేదా క్రింది దిశలో జరుపవచ్చును లేదా సమతాస్థితిలో ఎక్కువ సమయం కదలకుండా స్థిరంగా ఉండునట్లు చేయవచ్చును.

నూనె బిందువు ద్రవ్యరాశి m మరియు దాని ఆవేశం q అని అనుకొనిన, నూనె బిందువుపై పనిచేయు బలములు

అ) గురుత్వాకర్షణ బలము $F_g = mg$
ఆ) విద్యుత్ బలం $F_e = qE$
ఇ) ఉత్ప్లవన బలం F_b మరియు
ఈ) స్నిగ్ధతా బలం F_v



పటము 9.7 నూనె బిందువు యొక్క స్వేచ్ఛాయుత వస్తువు బల పటము. అ) విద్యుత్ క్షేత్రము లేనప్పుడు ఆ) విద్యుత్ క్షేత్రము ఉన్నప్పుడు

అ) నూనె బిందువు వ్యాసార్ధమును కనుగొనుట

విద్యుత్ క్షేత్రమును నిర్మూలించినపుడు, నూనె బిందువు క్రింది దశలో త్వరణం చెందును. గాలి వలన ఏర్పడు స్నిగ్ధతా బలము వలన ఈ బిందువులు చాలా సులభంగా ఏకరీతి దిశావేగమును పొందును. ఈ దిశావేగమును అంతిమ దిశావేగము అంటారు. నిర్దిష్ట దూరమును నూనె బిందువు చేరుటకు పట్టు కాలము నుండి దాని దిశావేగమును కనుగొనవచ్చును. పటము 9.7 (అ)లో చూపినట్లు స్నిగ్ధతా బలం మరియు ఉత్ప్లవన బలములు గురుత్వాకర్షణ బలమును సమతుల్యం చేయును.

నూనె బిందువుపై పనిచేయు గురుత్వాకర్షణ బలం $F_g = mg$

నూనె బిందువు గోళాకారంలో ఉంటుందని అనుకొనుము. దాని సాంద్రత ρ మరియు వ్యాసార్ధం r అయిన $\rho = \frac{m}{V}$ కావున ద్రవ్యరాశి

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\Rightarrow m = \rho\left(\frac{4}{3}\pi r^3\right) \quad \left(\because \text{గోళం యొక్క ఘనపరిమాణము}, V = \frac{4}{3}\pi r^3\right)$$

సాంద్రత పరంగా గురుత్వబలంను క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

$$F_g = mg \Rightarrow F_g = \rho\left(\frac{4}{3}\pi r^3\right)g$$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 160 10-03-2023 16:51:48

గాలి సాంద్రత 'σ' అయితే, నూనె బిందువు వలన స్థానభ్రంశము చెందిన గాలి వలన దానిపై పనిచేయు ఊర్ధ్వ బలం (తేలుడు బలం),

$$F_b = \sigma\left(\frac{4}{3}\pi r^3\right)g$$

నూనె బిందువు అంతిమ వేగము 'v' ను పొందినపుడు దానిపై క్రింది దిశలో పనిచేయు నికర బలము అనునది స్నిగ్ధతా బలమునకు నూనె బిందువు గమనమునకు వ్యతిరేక దిశలో పనిచేయు బలం సమానము. కావున స్టోక్స్ నియమం ప్రకారం నూనె బిందువుపై పనిచేయు స్నిగ్ధతా బలం

$$F_v = 6\pi r\upsilon\eta$$

పటము 9.7 (అ)లో చూపినట్లు స్వేచ్ఛాయుత వస్తువు బలం పటంలో చూపినట్లు బలముల సమతుల్యతకైన సమీకరణం

$$F_g = F_b + F_\upsilon$$

$$\rho\left(\frac{4}{3}\pi r^3\right)g = \sigma\left(\frac{4}{3}\pi r^3\right)g + 6\pi r\upsilon\eta$$

$$\frac{4}{3}\pi r^3(\rho-\sigma)g = 6\pi r\upsilon\eta$$

$$\frac{2}{3}\pi r^3(\rho-\sigma)g = 3\pi r\upsilon\eta$$

$$r = \left[\frac{9\eta\upsilon}{2(\rho-\sigma)g}\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (9.9)$$

సమీకరణం 9.9 నుండి నూనె బిందువు వ్యాసార్ధమును కనుగొనవచ్చును.

ఆ) విద్యుత్ ఆవేశమును కనుగొనుట

విద్యుత్ క్షేత్రము ప్రయోగించినపుడు నూనె బిందువులపై ఊర్ధ్వ దిశలో విద్యుత్ బలం (qE) పని చేయును. విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని తగురీతిగా సర్దుబాటు చేయడం ద్వారా నూనె బిందువులలో ఏదైనా ఒక బిందువు పైకి క్రిందికి కదలకుండా ఉండునట్లు చేసి మైక్రోస్కోపులో గమనించవచ్చును. ఈ స్థితిలో ఆ నూనె బిందువుపై ఎటువంటి స్నిగ్ధతా బలం పనిచేయదు. పటము 9.7(ఆ)లో చూపబడినట్లు నూనె బిందువుపై పనిచేయు నికర బలం

$$F_e + F_b = F_g$$

$$\Rightarrow qE + \frac{4}{3}\pi r^3\sigma g = \frac{4}{3}\pi r^3\rho g$$

$$\Rightarrow qE = \frac{4}{3}\pi r^3(\rho-\sigma)g \qquad (9.10)$$

$$\Rightarrow q = \frac{4}{3E}\pi r^3(\rho-\sigma)g \qquad (9.11)$$

సమీకరణం 9.9ను సమీకరణం 9.11లో ప్రతిక్షేపించగా

$$q = \frac{18\pi}{E}\left(\frac{\eta^3\upsilon^3}{2(\rho-\sigma)g}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (9.12)$$

మిల్లికాన్ పై ప్రయోగమును పలుసార్లు చేసి నూనె బిందువుల విద్యుదావేశం -1.6×10^{-19}C, అనే నిర్దిష్ట విలువకు 'n' రెట్లు ఉండును అని కనుగొనెను. ఈ నిర్దిష్ట విలువ (-1.6×10^{-19}C,) ను ఎలక్ట్రాన్ యొక్క విద్యుదావేశం అంటారు.

9.3 పరమాణు నమూనాలు (ATOM MODELS)

పరిచయం

సుమారుగా క్రీ.పూ. 400 సంవత్సర కాలంలో గ్రీకు తత్త్వవేత్తలు లియూసిపస్ మరియు డిమాక్రటిస్‌లు ఒక పదార్థమును పలుమార్లు విభజించిన, విభజించుటకు వీలుకాని అతి సూక్ష్మ కణమే "పరమాణువు" అని ప్రతిపాదించెను. తర్వాతి కాలంలో చాలా మంది భౌతిక మరియు రసాయనిక శాస్త్రవేత్తలు పరమాణువు స్వభావాన్ని కనుగొనుటకు ప్రయత్నించినారు. పరమాణు నమూనాల ఆధారంగా పదార్థముల (భౌతిక మరియు రసాయనిక) ధర్మాలను వివరించుటకు చాలా ప్రతిపాదనలు తెలుపబడినవి.

ఉదాహరణకు నిశ్చల స్థితిలో ఉన్న విద్యుదావేశ కణముల విస్తరణ ఆధారంగా చేసుకొని ఒక నమూనాను జె.జె.థామ్సన్ ప్రతిపాదించెను. పరమాణువు యొక్క

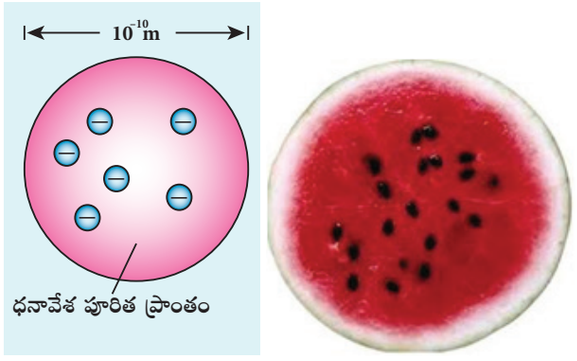
12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 161 10-03-2023 16:51:51

స్థిరత్వమును జె.జె.థామ్సన్ వివరించలేదు. కావున ఆయన శిష్యుడు రూథర్‌ఫర్డ్ పరమాణువు గురించిన మొదటి గతిక నమూనాను ప్రతిపాదించెను. రూథర్‌ఫర్డ్ తన శిష్యులు గీగర్ మరియు మాసుడేన్ చేసిన ప్రయోగాల ఆధారంగా నమూనాను రూపొందించెను. ఈ నమూనా కూడా పరమాణువుల స్థిరత్వమును వివరించలేదు.

తర్వాత కాలంలో ఈ రెండు ప్రతిపాదనలలోని లోపాలను సవరిస్తూ రూథర్‌ఫర్డ్ మరొక శిష్యుడైన నీల్స్‌బోర్ హైడ్రోజన్ పరమాణు నమూనాను ప్రతిపాదించెను. ఈ నమూనా తక్కిన రెండు పరమాణు నమూనాల కంటే విజయవంతంగా ప్రతిపాదించబడింది. నీల్స్‌బోర్ ప్రతిపాదన పరమాణు స్థిరత్వమును వివరించుటయే కాక వర్ణపట రేఖల నిర్మాణమును కూడా వివరించినది. ఇంతేకాకుండా సోమర్‌ఫీల్డ్ నమూనా మరియు తరంగ సిద్ధాంతం (క్వాంటం గతిక సిద్ధాంతం) వంటి పరమాణు నమూనాలను ఈ భాగంలో (సులభ గణితశాస్త్రం మూలంగా) చాలా క్లుప్తంగా మనం చర్చిద్దాం.

9.3.1 జె.జె.థామ్సన్ నమూనా (పుచ్చకాయ నమూనా) J. J. Thomson's Model (Water melon model)

థామ్సన్ నమూనాలో ఏకరీతిగా విస్తరించబడిన ధనావేశ కణములను కలిగిన సమజాతీయ గోళముగా పరమాణువును ఊహించాడు. మరియు ఋణావేశం ఉన్న ఎలక్ట్రాన్లు పుచ్చకాయలోని గింజల వలె ఆ గోళములో పొదగబడి ఉన్నాయని తెలిపారు. ఇది పటము 9.8(అ) మరియు (ఆ)లలో చూపబడినది.



పటము 9.8 (అ) పరమాణువు (ఆ) పుచ్చకాయ

పరమాణువు ఆవేశపరంగా తటస్థమైనది. కావున పరమాణువులో ధనావేశముల మొత్తం, ఋణావేశముల మొత్తమునకు సమానము. ఈ నమూనా ప్రకారం అన్ని ఆవేశ కణాలు స్థిరంగా ఉన్నాయి. సాంప్రదాయక విద్యుత్ గతికశాస్త్రం (classical electrodynamics) ప్రకారం స్థిర విద్యుత్ వ్యవస్థలో సమతాస్థితి బిందువులు ఉండుటకు వీలుకాదు. (దీనినే ఇయాన్ షా సిద్ధాంతం అంటారు) కావున పరమాణువు స్థిరంగా ఉండదు. హైడ్రోజన్ మరియు ఇతర పరమాణువుల వర్ణపట రేఖల నిర్మాణమునుఈ నమూనా వివరించలేక పోయినది.

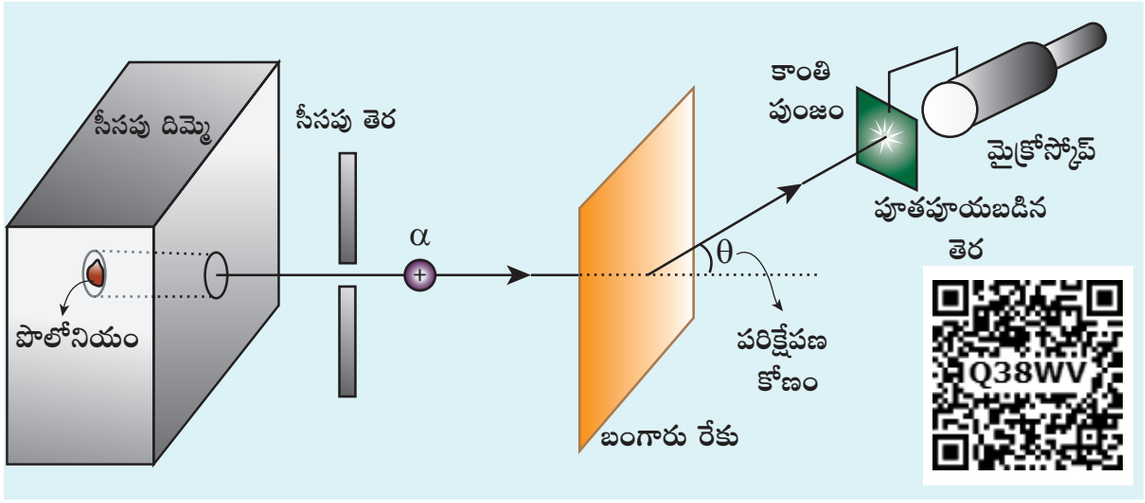
9.3.2 రూథర్‌ఫర్డ్ నమూనా (Rutherford's model)

1911లో గీగర్ మరియు మాసుడేన్‌లు తమ గురువైన రూథర్‌ఫర్డ్ సూచనల మేరకు ఒక ప్రత్యేక ప్రయోగం చేసిరి. దానినే బంగారు రేకుపై ఆల్ఫాకణాల పరిక్షేపణ ప్రయోగం అంటారు.

ఈ ప్రయోగ విధానం పటము 9.9లో చూపబడినది. ఒక సన్నని రంధ్రం గల సీసపు దిమ్మెలో ఆల్ఫా కణాల జనకము (పొలోనియం వంటి రేడియోధార్మికత పదార్థం) ఉంచబడినది. సీసపు దిమ్మె నుండి వెలువడే ఆల్ఫా కణాలు సన్నని రంధ్రం గల సీసపు తెర ద్వారా ప్రయాణించును. తరువాత ఈ కణాలు ఒక బంగారు రేకు పలకపై పతనమైనవి. ఆ కణాలు అనేక కోణములలో పరిక్షేపణం చెందును. ఈ పరిక్షేపణం చెందిన ఆల్ఫా కణాలను సేకరించుటకుగాను జింక్ సల్ఫైడ్ (ZnS) పూతపూయబడి జరుపుటకు వీలుగా ఉండే తెరను (0° నుండి 180° వరకు) అమర్చుతారు. ఈ తెరపై ఆల్ఫా కణాలు పతనమైనప్పుడు ఏర్పడే ప్రతిదీప్తిని ఒక మైక్రోస్కోపు ద్వారా పరిశీలించవచ్చును.

ఆల్ఫా కణాల పరిక్షేపణ ప్రయోగం ద్వారా రూథర్‌ఫర్డ్ ఒక పరమాణు నమూనాను ప్రతిపాదించెను. ఈ ప్రయోగంలో (ధనావేశం గల) ఆల్ఫాకణాలు బంగారు రేకు పలకలో గల పరమాణువులపై పడునట్లు చేసెను. ఈ ప్రయోగ ఫలితాలు క్రింద ఇవ్వబడినవి. వాటిని పటము పటము 9.10లో చూపడమైనది. పటము 9.10

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 162 10-03-2023 16:51:51



పటము 9.9 రూథర్‌ఫర్డ్ ఆల్ఫా కణాల పరిక్షేపణ ప్రయోగం యొక్క నమూనా

(అ)లో చూపిన విధంగా పరమాణు నిర్మాణం ఉంటుందని రూథర్‌ఫోర్డ్ ఊహించెను. కాని పటము 9.10 (ఆ)లో చూపిన విధంగా పరమాణు నమూనా ఫలితం వచ్చినది.

(అ) ఎక్కువ శాతం ఆల్ఫా కణాలు బంగారు రేకు పలకలో అపవర్తనం చెందకుండా సరళరేఖ మార్గంలో ప్రయాణించెను.

(ఆ) కొన్ని ఆల్ఫా కణాలు చాలా తక్కువ కోణంలో అపవర్తనం చెందినది.

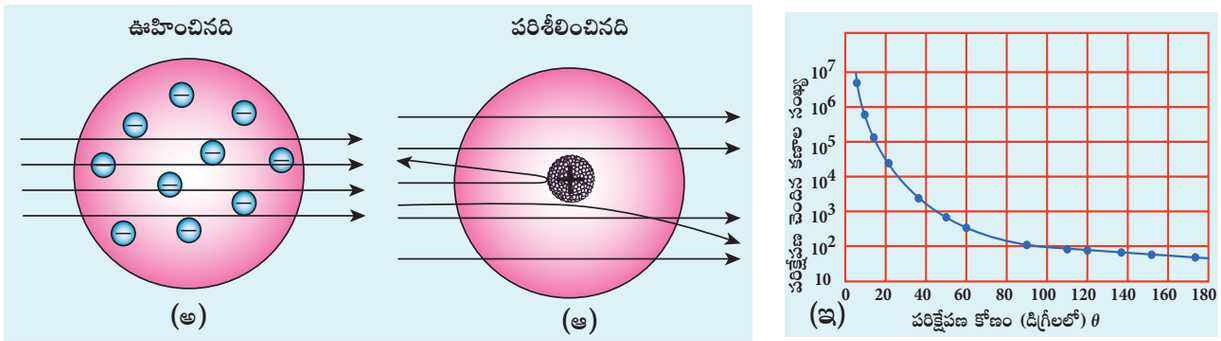
(ఇ) తక్కువ సంఖ్యలో అంటే వెయ్యిలో ఒక ఆల్ఫాకణం 90° కంటే ఎక్కువ కోణంతో అపవర్తనం చెందినది.

(ఈ) చాలా తక్కువ సంఖ్యలో ఆల్ఫా కణాలు 180° ల కోణంలో పరిక్షేపణం (వెనుకకు ప్రయాణించుట) చెందును.

పటము 9.10 (ఇ)లో చూపబడిన రేఖాచిత్ర బిందువులు గీగర్ మరియు మాసుడేన్ ఆల్ఫాకణాల పరిక్షేపణ ప్రయోగం ద్వారా పొందబడినది, మరియు వక్రరేఖ రూథర్‌ఫోర్డ్ పరమాణు నమూనా ఆధారంగా పొందబడినది. ఈ రెండు ఒకదానికొకటి పొంతన కలిగియుండుటను మనం గమనించవచ్చును.

పై ప్రయోగము ఆధారంగా రూథర్‌ఫోర్డ్ ప్రతిపాదించిన ఫలితాలు:

పై ప్రయోగ ఫలితాల ఆధారంగా పరమాణువులలో చాలా భాగం ఖాళీ స్థలంగానూ, దాని మధ్యభాగంలో 10^{-14}m పరిమాణము గల కేంద్రకము అనబడే స్వల్ప పరిమాణము గల పదార్థము ఉంటుందని ప్రతిపాదించెను. కేంద్రకం ధనావేశమును కలిగియుండును. మరియు పరమాణువు ద్రవ్యరాశి పూర్తిగా దాని కేంద్రకంలోనే ఉంటుంది. కేంద్రకం చుట్టూ ఋణావేశం గల ఎలక్ట్రాన్లు ఉంటాయి. ఈ

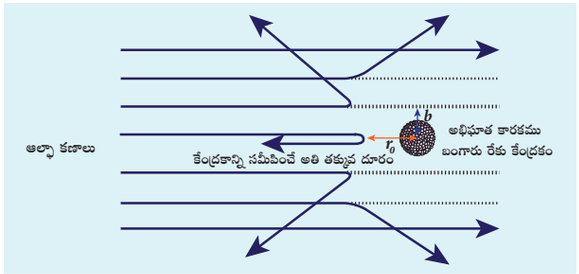


పటము 9.10 ఆల్ఫా కణాల పరిక్షేపణ ప్రయోగం – (అ) రూథర్‌ఫర్డ్ ఊహించినది (ఆ) ప్రయోగ ఫలితము (ఇ) పరిక్షేపణ కోణం θ కు అనుగుణంగా పరిక్షేపణము చెందిన కణాల సంఖ్య N(θ) లోని మార్పు

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 163 10-03-2023 16:51:52

విధంగా ఆవేశ విస్తరణలో ఉన్న విద్యుత్ కణాలు స్థిరత్వముగా ఉంటే, పరమాణువు సమతాస్థితిలో వుండుటకు వీలుకాదు. కావున సూర్యుని చుట్టూ భ్రమణం చెందే గ్రహాల వలె కేంద్రకం చుట్టూ ఎలక్ట్రాన్లు భ్రమణం చెందును అని ప్రతిపాదించెను.

(a) కేంద్రకాన్ని సమీపించే అతి తక్కువ దూరం



పటము 9.11 కేంద్రకంను సమీపించే అతి తక్కువ దూరము మరియు అభిఘాత కారకము

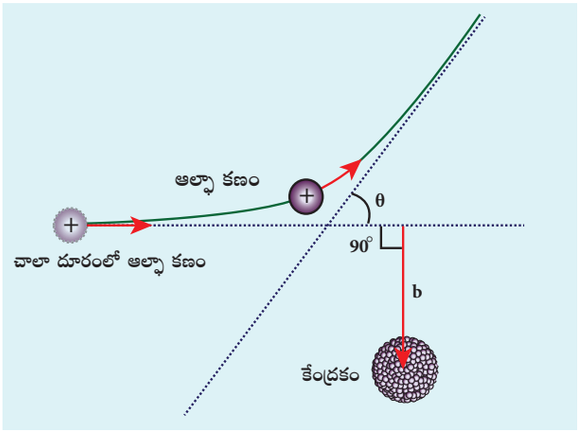
కేంద్రకం వైపు ఒక ఆల్ఫా కణం ప్రయాణించినపుడు ఒక నిర్ధిష్ట దూరంలో ఉండే బిందువును అది చేరి, అది మరలా వెనుకకు మరలును. (పటము 9.11) **ఈ విధంగా 180° కోణంతో అది పరావర్తనం చెందడానికి ముందు ఆల్ఫాకణమునకు, కేంద్రమునకు మధ్య గల అతి తక్కువ దూరమును, అత్యంత సామీప్య దూరం r_0 అంటారు. (దీనినే తాకు దూరం అంటారు).** ఈ దూరంలో అల్ఫా కణాల యొక్క మొత్తం గతిజ శక్తి, స్థిర విద్యుత్ శక్తిగా మారును. (+2 భౌతికశాస్త్ర పాఠ్యపుస్తకం, భాగము – 1లో అధ్యాయము–1ని చూడుము)

$$\frac{1}{2}m\upsilon_0^{\,2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{(2e)(Ze)}{r_0}$$

$$\Rightarrow r_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2Ze^2}{\left(\frac{1}{2}m\upsilon_0^2\right)} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2Ze^2}{E_k}$$

ఇక్కడ E_k అనునది ఆల్ఫా కణాల గతిజశక్తి అగును. పై సమీకరణం కేంద్రకం యొక్క పరిమాణమును సమూరుగా కనుగొనుటకు ఉపయోగపడును. కానీ కేంద్రకమును సమీపించు అతి తక్కువ దూరము కొలత కంటే ఎల్లప్పుడు కేంద్రక పరిమాణము తక్కువగా ఉంటుంది. వేర్వేరు పరమాణు కేంద్రకముల వ్యాసార్ధములు 10^{-14} m నుండి 10^{-15} m వరకు ఉంటుందని రూథర్‌ఫోర్డ్ కనుగొనెను.

(b) అభిఘాత కారకం



పటము 9.12 అభిఘాత కారకం

అభిఘాత కారకం అనునది (బంగారం) పరమాణువు కేంద్రకమునకు, ఆల్ఫాకణం చాలా దూరంలో ఉన్నప్పుడు, దాని వేగ సదిశరాశి దిశకు మధ్యగల లంబ దూరముగా నిర్వచింపబడినది. (పటము9. 12లో చూపబడినది) అభిఘాత కారకం మరియు పరిక్షేపణ కోణము మధ్య గల సంబంధమును క్రింది సమీకరణం సూచించును.

$$b \propto \cot\left(\frac{\theta}{2}\right) \Rightarrow b = K\cot\left(\frac{\theta}{2}\right) \qquad (9.13)$$

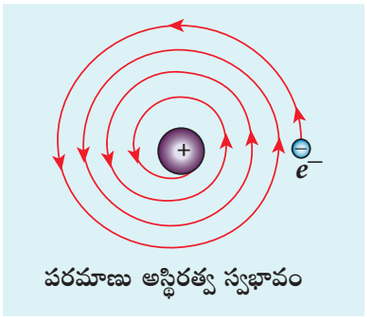
ఇక్కడ $K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2Ze^2}{m\upsilon_0^2}$ మరియు θ అనునది పరిక్షేపణ కోణం. సమీకరణం 9.13 నుండి అభిఘాత కారకం విలువ ఎక్కువైనప్పుడు పరిక్షేపణ కోణం విలువ తక్కువగును. అభిఘాత కారకం విలువ తక్కువైనప్పుడు ఆల్ఫాకణాల యొక్క అపవర్తనం ఎక్కువగా ఉంటుంది.

రూథర్‌ఫర్డ్ పరమాణు నమూనాలోని లోపాలు

రూథర్‌ఫర్డ్ నమూనా పరమాణువు యొక్క పరిమాణం మరియు కేంద్రకం యొక్క వ్యాసం కనుగొనుటకు ఉపయోగించపడిననూ, దానిలో క్రింది లోపములు ఉన్నవి.

(a) పరమాణువు యొక్క స్థిరత్వం, కేంద్రకం చుట్టూ ఎలక్ట్రాన్ల విస్తరణ ఏవిధంగా ఉందో ఈ నమూనా వివరించలేకపోయినది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 164 10-03-2023 16:51:54



పటము 9.13 కేంద్రకం చుట్టూ ఎలక్ట్రాన్ యొక్క సర్పిలాకార చలనం

సాంప్రదాయక విద్యుత్ గతికశాస్త్రం సిద్ధాంతపరంగా త్వరణించబడిన విద్యుత్ కణము విద్యుదయస్కాంత కిరణాలను ఉద్గారం చేయును. అలాంటప్పుడు ఎలక్ట్రాన్లు శక్తిని కోల్పోవును. కావున, వృత్త కక్ష్యలో ఎలక్ట్రానులు భ్రమణము చెందుటకు వీలుకాదు. అందువలన, భ్రమణ కక్ష్య వ్యాసార్ధం తగ్గుతూ, కొంత సేపటికి అది కేంద్రకంలో పడాలి. అప్పుడు పరమాణువు నశించాలి. కాని అలా జరగకుండా పరమాణువు స్థిరంగా ఉంటుంది. కాబట్టి రూథర్‌ఫర్డ్ పరమాణు నమూనా పరమాణు స్థిరత్వమును గూర్చి వివరించలేకపోయినది.

(బి) ఈ నమూనా ప్రకారం, పరమాణు వర్ణపటం, అవిచ్ఛిన్న ఉద్గారక వర్ణపటంగా ఏర్పడవలెను. కాని ప్రయోగాత్మకంగా పరమాణువులు రేఖా వర్ణపటమును మాత్రమే ఉద్గారం చేసినదని గమనించాము.

9.3.3 బోర్ పరమాణు నమూనా (Bohr atom model)

పరమాణు యొక్క స్థిరత్వం మరియు హైడ్రోజన్ పరమాణువు యొక్క రేఖా వర్ణపటం వంటి వాటిని వివరించుటలో రూథర్‌ఫర్డ్ నమూనాలోని లోపాలను సవరిస్తూ రూథర్‌ఫోర్డ్ నమూనాలో నీల్స్‌బోర్ కొన్ని మార్పులు చేసెను. హైడ్రోజన్ పరమాణువు యొక్క రేఖా వర్ణపటమును వివరించు విధముగా పరమాణు నిర్మాణము గురించి తగు ప్రతిపాదనలను మొదట నీల్స్ బోర్ వివరించారు. ఈయన ప్రతిపాదనలు క్రింద చూపబడినవి.



పటము 9.14 హైడ్రోజన్ యొక్క రేఖా వర్ణపటం

బోర్ పరమాణు నమూనా యొక్క ప్రతిపాదనలు:

(ఎ) కూలూంబ్ స్థిర విద్యుదాకర్షణ బలము వలన కేంద్రకం చుట్టూ ఎలక్ట్రాన్లు వృత్తాకార కక్ష్యలో తిరుగుచున్నాయి. ఈ వృత్తాకార మార్గాలలో ఎలక్ట్రాన్లు తిరగడానికి కావలసిన అభికేంద్ర బలమును ఈ కూలూంబ్ బలమే ఇచ్చును.

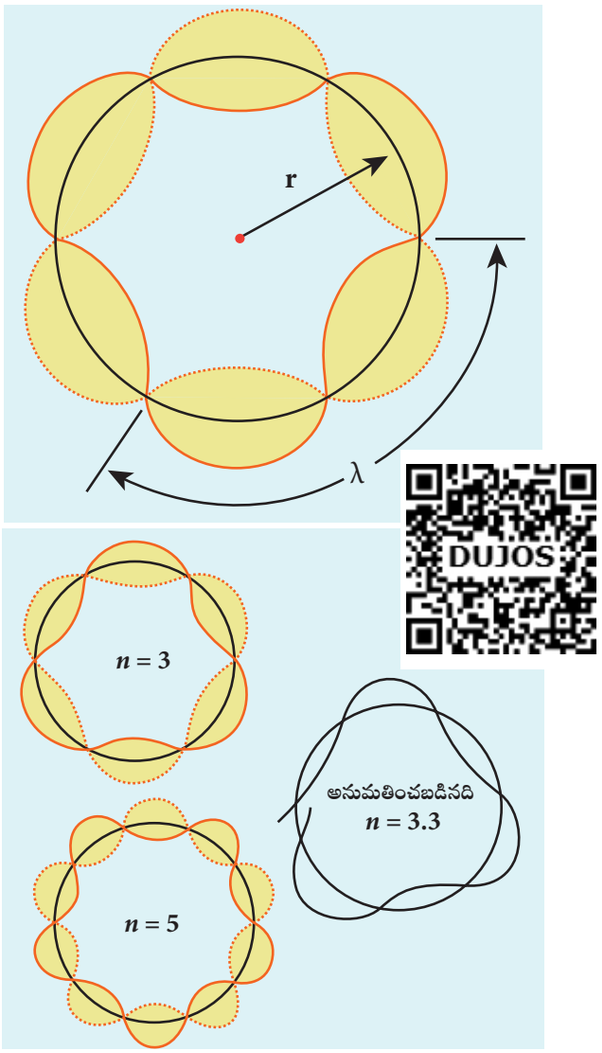
(బి) పరమాణువులోని ఎలక్ట్రాన్లు కేంద్రకం చుట్టూ నిర్ధిష్ట విడివిడి కక్ష్యలో తిరుగుతున్నాయి. ఈ కక్ష్యలను స్థిర కక్ష్యలు అంటారు. ఈ కక్ష్యలలో ఎలక్ట్రాన్లు తిరుగుతున్నప్పుడు ఎటువంటి విద్యుదయస్కాంత శక్తి వెలువడదు. ఈ నిర్ధిష్ట కక్ష్యలు వేర్వేరు శక్తి స్థాయిలను కలిగి ఉంటుంది.

ఈ స్థిర కక్ష్యలో తిరుగుచున్న ఎలక్ట్రాన్ల కోణీయ ద్రవ్యవేగం (l) క్వాంటీకరణం చెందినది. దాని విలువ $\frac{h}{2\neq}$ కి పూర్ణాంకముగా ఉంటుంది. దీనిని $l = n\hbar$ అనే రూపంలో వ్రాయవచ్చును. ఇక్కడ $\hbar$ (h ను బార్ అని చదవాలి) అనేది సంకోచిత ప్లాంక్ స్థిరాంకం ($\hbar = \frac{h}{2\neq}$) మరియు 'n' అనునది ప్రధాన క్వాంటం సంఖ్య అగును. ఈ నిబంధనను కోణీయ ద్రవ్యవేగ క్వాంటీకరణం లేదా క్వాంటీకరణ నిబంధన అని చెప్పవచ్చును.

$$l = n\hbar \qquad \text{ఇక్కడ } \hbar = \frac{h}{2\neq}$$

క్వాంటం గణితశాస్త్ర పరంగా ఎలక్ట్రాన్లు ద్వంద్వ స్వభావం కలిగినది (+2 భౌతికశాస్త్రం, భాగము– 2, అధ్యాయం –8లో చూడుము) స్థిర కక్ష్యలో తిరుగు ఎలక్ట్రాన్ల యొక్క స్థితరంగ (standing wave) స్వభావమును పటము 9.15లో చూపబడినది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 165 10-03-2023 16:51:54



పటము 9.15 స్థిర వృత్తాకార కక్ష్యలో ఎలక్ట్రాన్ యొక్క స్థిర తరంగ స్వభావం

r వ్యాసార్ధం గల వృత్తాకార కక్ష్యలో తిరుగు ఎలక్ట్రాన్ల యొక్క కక్ష్య చుట్టుకొలత డీబ్రోగ్లీ తరంగధైర్ఘ్యం యొక్క పూర్ణాంకముగా ఉంటుంది.

$$2\pi r = n\lambda \qquad (9.14)$$

ఇక్కడ, n = 1,2,3,.....

m ద్రవ్యరాశి, υ వేగం గల ఎలక్ట్రాన్ యొక్క డీబ్రోగ్లీ తరంగధైర్ఘ్యం $\lambda = \frac{h}{m\upsilon}$. ఇక్కడ h అనేది ప్లాంక్ స్థిరాంకం.

$$2\pi r = n\left(\frac{h}{m\upsilon}\right)$$

$$m\upsilon r = n\frac{h}{2\pi}$$

m ద్రవ్యరాశి, υ వేగముతో ఉన్న ఏ కణమునైనా r వ్యాసార్ధం గల ఒక వృత్తాకార కక్ష్యలో చలనంలో ఉన్నప్పుడు దాని కోణీయ ద్రవ్యవేగం యొక్క పరిమాణ విలువ

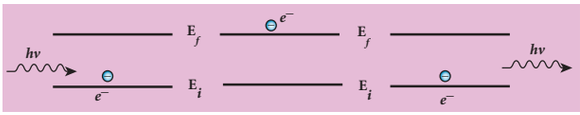
$$l = r(m\upsilon)$$

$$m\upsilon r = l = n\hbar$$

(సి) ఈ కక్ష్యల యొక్క శక్తి అవిచ్ఛిన్నంగా కాకుండా ఒకొక్క కక్ష్యలో ఒక్కొక్క స్థాయిని కలిగి ఉంటుంది. దీనినే శక్తిస్థాయిల క్వాంటీకరణము అంటారు. ఎలక్ట్రాన్లు ఒక ఫోటాన్ శక్తిని ఉద్గారం చేయడం వల్లగాని లేదా శోషణం చేయడం వల్లగాని ఒక కక్ష్య నుండి మరొక కక్ష్యకు చేరును. ఈ రెండు కక్ష్యల మధ్య శక్తిభేదం (ΔE) (పటము 9.16లో చూడుము)

$$\Delta E = E_{final} - E_{initial} = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$$

ఇక్కడ c అనునది కాంతివేగం, λ అనునది వికిరణం యొక్క తరంగధైర్ఘ్యము. ν అనునది వికిరణం యొక్క పౌనఃపున్యం అగును. కావున ఉద్గారం చేయబడిన తరంగం యొక్క పౌనఃపున్యము పరమాణు శక్తి భేదము పైన మాత్రమే ఆధారపడును. ఇది కక్ష్యలో తిరుగు ఎలక్ట్రాన్ల యొక్క పౌనఃపున్యముపై ఆధారపడదు.



పటము 9.16 వికిరణం శోషించబడుట మరియు ఉద్గారం అగుట

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 166 10-03-2023 16:51:56

ఉదాహరణ 9.1

హైడ్రోజన్ పరమాణువు యొక్క 5వ కక్ష్య వ్యాసార్ధం 13.2 Å అయిన ఆ కక్ష్యలోని ఎలక్ట్రాన్ యొక్క తరంగదైర్ఘ్యమును కనుగొనుము.

సాధన:

$2\pi r = n\lambda$

$2 \times 3.14 \times 13.25\text{Å} = 5 \times \lambda$

$\therefore \lambda = 16.64\text{Å}$

ఉదాహరణ 9.2

హైడ్రోజన్ పరమాణువు యొక్క 5వ కక్ష్యలో (i) కోణీయ ద్రవ్యవేగం (ii) ఎలక్ట్రాన్ యొక్క వేగమును కనుగొనుము.

$(h = 6.6 \times 10^{-34}\,\text{Js}, m = 9.1 \times 10^{-31}\,\text{kg})$

సాధన

(i) కోణీయ ద్రవ్యవేగం

$$l = n\hbar = \frac{nh}{2\neq}$$

$$= \frac{5\times6.6\times10^{-34}}{2\times3.14} = 5.25\times10^{-34}\,\text{kgm}^2\text{s}^{-1}$$

(ii) వేగము

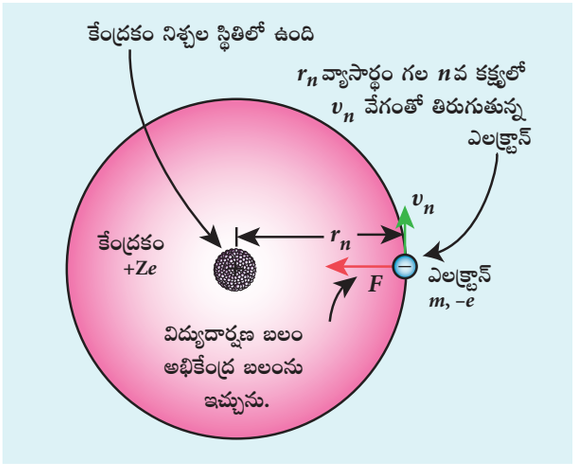
$$\text{వేగము } \upsilon = \frac{l}{mr}$$

$$= \frac{(5.25\cdot\ 10^{-34}\ \text{kgm}^2\text{s}^{-1})}{(9.1\cdot\ 10^{-31}\,\text{kg})(13.25\ \ 10^{-10}\,\text{m})}$$

$$\upsilon = 4.4\cdot\ 10^{5}\,\text{ms}^{-1}$$

ఎలక్ట్రాన్ యొక్క కక్ష్య వ్యాసార్ధం మరియు దిశా వేగము

నిశ్చల స్థితిలో ఉన్న ఒక కేంద్రకమును r_n వ్యాసార్ధం గల వృత్త కక్ష్యలో భ్రమణం చెందే ఎలక్ట్రాన్లు గల ఒక పరమాణువును ఊహించుకొనుము. (పటం 9.17). కేంద్రకం అనునది ప్రోటాన్లు మరియు న్యూట్రాన్లను కలిగి ఉంటుంది. ప్రోటాన్‌లు ధనావేశమును మరియు న్యూట్రాన్లు తటస్థ ఆవేశము కలిగివున్నందువల్ల కేంద్రకమంతయూ ప్రోటాన్ల ఆవేశమే ఉంటుంది.



పటము 9.17 కేంద్రకం చుట్టూ తిరుగు ఎలక్ట్రాన్

నిర్ణీత పరమాణువు యొక్క పరమాణు సంఖ్య Z అనుకొనుము. అయిన దాని కేంద్రకం యొక్క ఆవేశం (ప్రోటాన్ల ఆవేశం) $+Ze$ అగును. ఎలక్ట్రాన్‌ల ఆవేశం $-e$ అనుకొనిన కూలూంబ్ నియమం ప్రకారం

$$\vec{F}_{\text{కూలూమ్}} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{(+Ze)(-e)}{r_n^2}\hat{\text{r}}$$

$$= -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Ze^2}{r_n^2}\hat{\text{r}}$$

ఈ బలమే వృత్తాకార కక్ష్యలో ఎలక్ట్రాన్ తిరుగుటకు కావలసిన అభికేంద్ర బలమును ఇచ్చును.

$$\vec{F}_{\text{అభికేంద్ర}} = \frac{m\upsilon_n^2}{r_n}\hat{\text{r}}$$

ఇక్కడ m అనునది ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి మరియు υ_n వృత్తాకార కక్ష్యలో ఎలక్ట్రాన్ వేగము అని అనుకొనుము.

$$\left|\vec{F}_{\text{కూలూమ్}}\right| = \left|\vec{F}_{\text{అభికేంద్ర}}\right|$$

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Ze^2}{r_n^2} = \frac{m\upsilon_n^2}{r_n}$$

'm' చేత గుణించి, భాగించగా

$$r_n = \frac{4\pi\varepsilon_0(m\upsilon_n r_n)^2}{Zme^2} \qquad (9.15)$$

నీల్స్ బోర్ ఊహ ప్రకారం కోణీయ ద్రవ్యవేగ క్వాంటీకరణ నిబంధన $m\upsilon_n r_n = l_n = n\hbar$,

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 167 10-03-2023 16:51:58

$$\therefore r_n = \frac{4\pi\varepsilon_0 (m\upsilon_n r_n)^2}{Zme^2}$$

$$r_n = \frac{4\pi\varepsilon_0 (n\hbar)^2}{Zme^2} = \frac{4\pi\varepsilon_0 n^2\hbar^2}{Zme^2}$$

$$r_n = \left(\frac{\varepsilon_0 h^2}{\pi me^2}\right)\frac{n^2}{Z} \qquad (\because \hbar = \frac{h}{2\neq}) \quad (9.16)$$

ఇక్కడ $n \in \mathbb{N}$ మరియు ε_0, h, e మరియు π లు స్థిరాంకములు, కావున కక్ష్య వ్యాసార్ధం

$$r_n = a_0 \frac{n^2}{Z}$$

ఇక్కడ $a_0 = \frac{\varepsilon_0 h^2}{\pi me^2} = 0.529\,\text{Å}.$ దీనినే బోర్ వ్యాసార్ధం అంటారు. ఇది ఒక పరమాణువు యొక్క అతి తక్కువ కక్ష్య వ్యాసార్ధం అగును. బోర్ వ్యాసార్ధం అనునది బోర్ అనే పొడవు యొక్క ఒక ప్రమాణముగా ఉపయోగించబడుతుంది. 1బోర్ = 0.53 Å. హైడ్రోజన్ పరమాణు (Z = 1) యొక్క 'n' వ కక్ష్య వ్యాసార్ధం.

$$r_n = a_0 n^2$$

$n = 1$ అయిన (మొదటి కక్ష్య లేదా భూ స్థాయి)

$$r_1 = a_0 = 0.529\ \text{Å}$$

n = 2 అయిన (రెండవ కక్ష్య లేదా మొదటి ఉత్తేజిత స్థాయి),

$$r_2 = 4a_0 = 2.116\ \text{Å}$$

n = 3 అయిన (మూడవ కక్ష్య లేదా రెండవ ఉత్తేజిత స్థాయి)

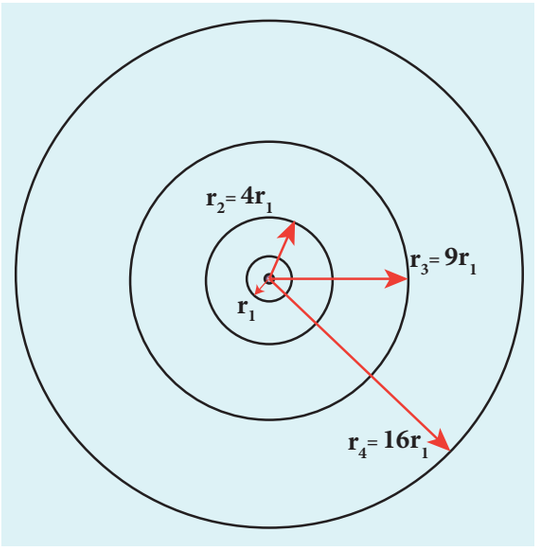
$$r_3 = 9a_0 = 4.761\ \text{Å}$$

ఇలా మరెన్నో ....

కావున, కక్ష్య వ్యాసార్ధం $r_n \propto n^2$, కక్ష్య వ్యాసార్ధం అనునది దాని కేంద్రం నుండి n పెరిగిన కొలది పెరుగుతుంది (పటము 9.18)

(పటము 9.18 ప్రధాన క్వాంటం సంఖ్య ఆధారంగా కక్ష్య వ్యాసార్ధంలో మార్పు)

$$\frac{m\upsilon_n a_0 n^2}{Z} = n\frac{h}{2\pi} \quad \left[\because r_n = a_0\frac{n^2}{Z}\right]$$

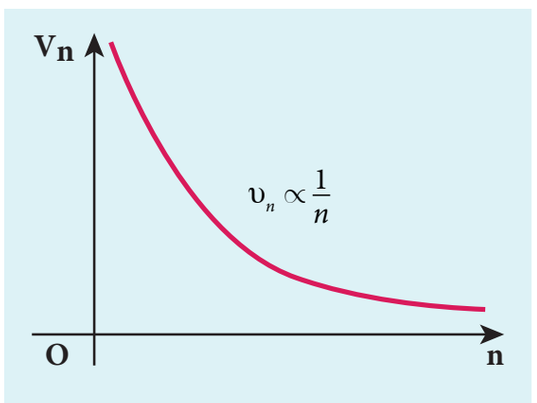


పటము 9.18 బోర్ యొక్క కోణీయ ద్రవ్యవేగ క్వాంటీకరణ నియమం ప్రకారం

$$\upsilon_n = \frac{h}{2\pi m a_0}\frac{Z}{n}$$

పరమాణు భౌతికశాస్త్రంలో $\upsilon_n \propto \frac{1}{n}$

పటము 9.19 నుండి ప్రధాన క్వాంటం సంఖ్య పెరిగినపుడు, ఎలక్ట్రాన్ వేగం తగ్గును అని గమనించవచ్చును. ఈ వక్రము ఒక దీర్ఘచతురస్ర పరావలయం అగును. ఉత్తేజిత స్థాయిలో పోల్చినప్పుడు భూస్థాయిలో గల ఎలక్ట్రాన్ల వేగం ఎక్కువ అని ఇది సూచించును.



పటము 9.19 ప్రధాన క్వాంటం సంఖ్య ను అనుసరించి కక్ష్యలో ఎలక్ట్రాన్ వేగంలో మార్పు

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 168 10-03-2023 16:52:01

n వ కక్ష్యలో ఎలక్ట్రాన్ యొక్క శక్తి :

స్థిర విద్యుత్ బలం అనునది ఒక శక్తినిత్యత్వ బలం అగును. కావున n వ కక్ష్యలలోని ఎలక్ట్రాన్ యొక్క స్థితిజ శక్తి

$$U_n = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{(+Ze)(-e)}{r_n} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Ze^2}{r_n}$$

$$= -\frac{1}{4\varepsilon_0^2}\frac{Z^2me^4}{h^2n^2} \quad \left(\because r_n = \frac{\varepsilon_0 h^2}{\pi me^2}\frac{n^2}{Z}\right)$$

'n' వ కక్ష్యలోని ఎలక్ట్రాన్ యొక్క గతిజశక్తి

$$KE_n = \frac{1}{2}m\upsilon_n^2 = \frac{me^4}{8\varepsilon_0^2h^2}\frac{Z^2}{n^2}$$

దీని నుండి $U_n = -2\ KE_n$. n వ కక్ష్యలోని మొత్తం శక్తి

$$E_n = KE_n + U_n = KE_n - 2KE_n = -KE_n$$

$$E_n = -\frac{me^4}{8\varepsilon_0^2h^2}\frac{Z^2}{n^2}$$

హైడ్రోజన్ పరమాణువుకు ($Z = 1$) కావున

$$E_n = -\frac{me^4}{8\varepsilon_0^2h^2}\frac{1}{n^2}\ \text{joule} \qquad (9.17)$$

ఇక్కడ n అనునది ప్రధాన క్వాంటం సంఖ్య, ఋణ గుర్తు కేంద్రకముతో ఎలక్ట్రాన్ బంధమును తెలుపును.

ద్రవ్యరాశి m ఎలక్ట్రాన్ ఆవేశం e, శూన్యంలో పెర్మిటివిటీ ε_0 మరియు ప్లాంక్ స్థిరాంకం h విలువలను ప్రతిక్షేపించి, శక్తిని eV ప్రమాణములలో వ్రాయగా,

$$E_n = -13.6\frac{1}{n^2}\ eV$$

మొదటి కక్ష్య (భూ స్థాయి)లో ఎలక్ట్రాన్ మొత్తం శక్తి is $E_1 = -13.6\ eV$.

రెండవ కక్ష్య (మొదటి ఉత్తేజిత స్థాయి) లో ఎలక్ట్రాన్ మొత్తం శక్తి $E_2 = -3.4\ eV$.

మూడవ కక్ష్య (రెండవ ఉత్తేజిత స్థాయి) లో ఎలక్ట్రాన్ మొత్తం శక్తి $E_3 = -1.51\ eV$

ఇదే విధంగా మిగతా శక్తి స్థాయిలలో కూడా ఉంటుంది.

ఎలక్ట్రాన్ యొక్క శక్తి భూ స్థాయిలో కన్నా మొదటి ఉత్తేజిత స్థాయిలో ఎక్కువ, దానికంటే (మొదటి ఉత్తేజిత స్థాయి) రెండవ ఉత్తేజిత స్థాయిలలో ఎక్కువగా ఉండుటను గమనించవచ్చును. అంటే కేంద్రకమునకు దగ్గరగా ఉన్న కక్ష్య యొక్క శక్తి చాలా తక్కువ. (మిగతా కక్ష్యలతో పోలిస్తే తక్కువగా ఉంటుంది). కావున దీనినే భూ శక్తి స్థాయి అంటారు. హైడ్రోజన్ యొక్క భూ శక్తి స్థాయి విలువ $-13.6\ eV$ అగును. ఈ విలువను రిడ్‌బర్గ్ స్థిరాంకం అనే శక్తి ప్రమాణముగా కొలుస్తారు (1 రిడ్‌బర్గ్ = $-13.6\ eV$).

ఈ శక్తి విలువలు ఋణ గుర్తును కలిగి ఉండుటకు కారణం స్థితిజ శక్తి యొక్క శూన్య విలువను నిర్వచింపబడే విధానం. కేంద్రకం నుండి ఎలక్ట్రాన్లను అనంత దూరమునకు (చాలా ఎక్కువ దూరమునకు) తీసుకొని వెళ్ళితే స్థితిజ శక్తి మరియు గతిజ శక్తుల విలువ శూన్యమగును. అంటే మొత్తం శక్తి విలువ శూన్యము.

పటము 9.20లో n విలువకు తగునట్లు శక్తి స్థాయిల పటములు, కక్ష్య యొక్క ఆకారములు ఇవ్వబడినవి. ప్రధాన క్వాంటం సంఖ్య విలువ పెరిగినపుడు ఉత్తేజిత శక్తి స్థాయిలు చాలా దగ్గరగా ఉండుటను గమనించవచ్చు.

ఉదాహరణ 9.3

(ఎ) బోర్ మొదటి కక్ష్యలో ఎలక్ట్రాన్ వేగము, కాంతి వేగము మధ్య గల నిష్పత్తి ఒక మితి రహిత సంఖ్య అని చూపుము.

(బి) బోర్ పరమాణు నమూనాలో భూ స్థాయి, మొదటి ఉత్తేజిత స్థాయి మరియు రెండవ ఉత్తేజిత స్థాయిలలో ఎలక్ట్రాన్ వేగమును కనుగొనుము.

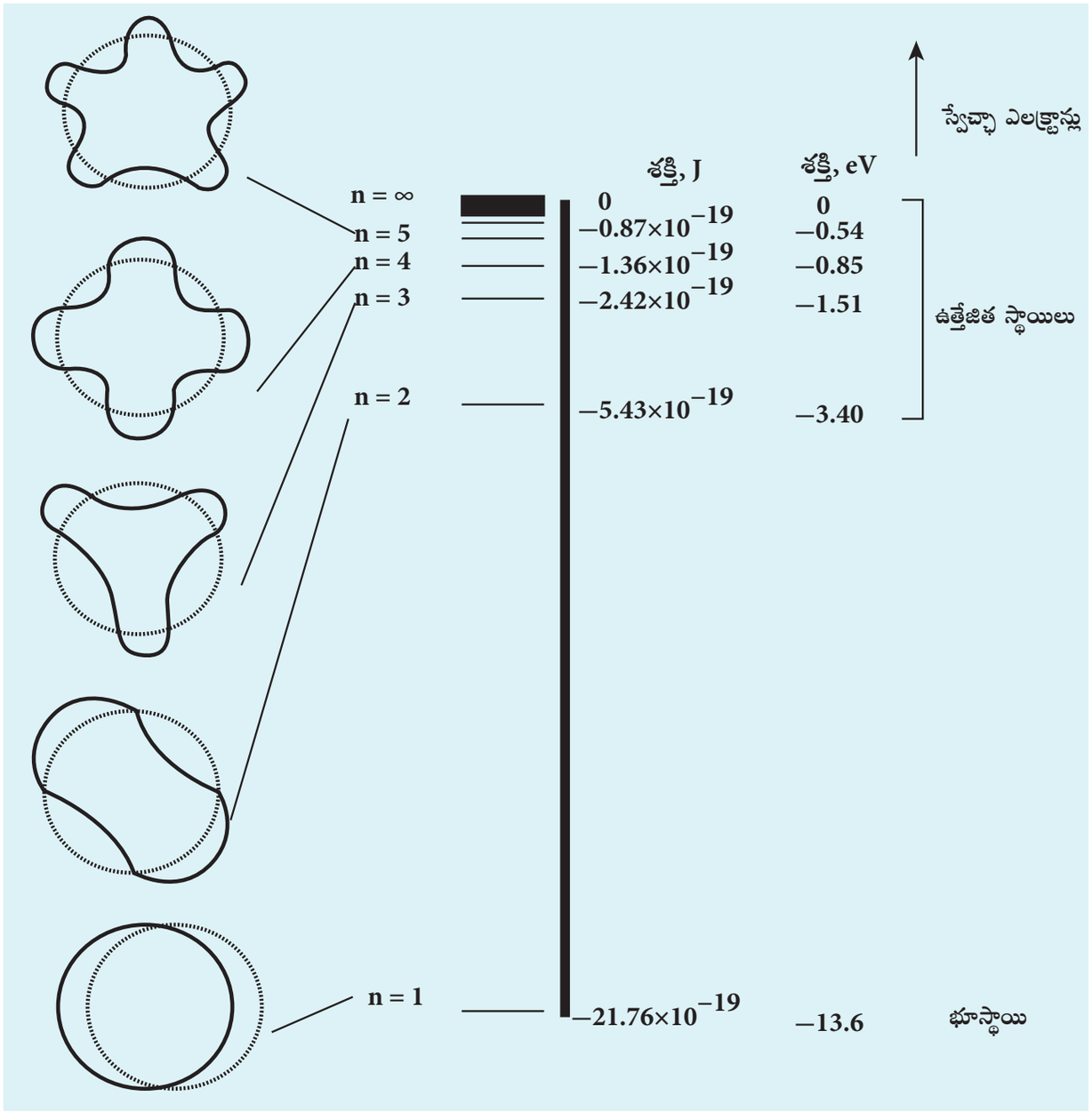
సాధన

(ఎ) n వ కక్ష్యలో ఎలక్ట్రాన్ యొక్క వేగం

$$\upsilon_n = \frac{h}{2\pi ma_0}\frac{Z}{n}$$

ఇక్కడ $a_0 = \frac{\varepsilon_0 h^2}{\pi me^2}$ = బోర్ వ్యాసార్ధము a_0 ను υ_n లో ప్రతిక్షేపించగా

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 169 10-03-2023 16:52:03



పటము 9.20 హైడ్రోజన్ పరమాణువు యొక్క శక్తి స్థాయిలు)

$$\upsilon_n = \frac{e^2}{2\varepsilon_0 h}\frac{Z}{n} = c\left(\frac{e^2}{2\varepsilon_0 hc}\right)\frac{Z}{n} = \frac{\alpha c Z}{n}$$

ఇక్కడ c అనునది శూన్యంలో కాంతి వేగము. దీని విలువ 3×10^8 m s^{-1} మరియు α అనునది చక్కటి నిర్మాణ స్థిరాంకం (fine structure constant).

హైడ్రోజన్ పరమాణువుకు $Z = 1$ మరియు మొదటి కక్ష్యకు $n = 1$ కావున మొదటి కక్ష్యలో ఎలక్ట్రాన్ వేగమునకు, శూన్యంలో కాంతి వేగమునకు గల నిష్పత్తి,

$$\frac{\upsilon_1}{c} = \alpha = \frac{e^2}{2\varepsilon_0 hc}$$

$$\alpha = \frac{(1.6\times10^{-19}\text{C})^2}{2\times(8.854\times10^{-12}\text{C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2})} \times \frac{1}{(6.6\times10^{-34}\text{Nms})\times(3\times10^8\text{ms}^{-1})}$$

$\approx \frac{1}{136.9} = \frac{1}{137}$ ఇది ఒక మితి రహిత స్థిరాంకం అగును.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 170 10-03-2023 16:52:04

$$\Rightarrow \alpha = \frac{1}{137}$$

(బి) చక్కటి నిర్మాణ స్థిరాంకమును ఉపయోగించి, ఎలక్ట్రాన్ యొక్క వేగమును క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

$$\upsilon_n = \frac{\alpha c Z}{n}$$

హైడ్రోజన్ పరమాణువుకు $(Z = 1)$ కావున 'n' వ కక్ష్యలో ఎలక్ట్రాన్ వేగము

$$\upsilon_n = \frac{c}{137}\frac{1}{n} = (2.19\times10^6)\frac{1}{n}\ \text{ms}^{-1}$$

మొదటి కక్ష్య (భూ స్థాయి) లో ఎలక్ట్రాన్ వేగము

$$\upsilon_1 = 2.19\times10^6\,\text{ms}^{-1}$$

రెండవ కక్ష్య (మొదటి ఉత్తేజిత స్థాయి) లో ఎలక్ట్రాన్ వేగము

$$\upsilon_2 = 1.095\times10^6\,\text{ms}^{-1}$$

మూడవ కక్ష్య (రెండవ ఉత్తేజిత స్థాయి)లో ఎలక్ట్రాన్ వేగము

$$\upsilon_3 = 0.73\times10^6\,\text{ms}^{-1}$$

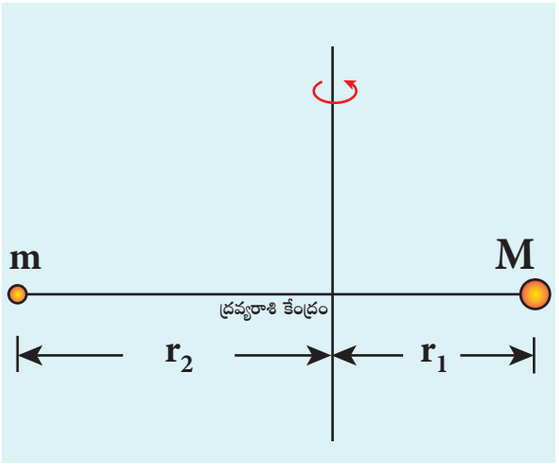
దీని నుండి, $\upsilon_1 > \upsilon_2 > \upsilon_3$

ఉదాహరణ 9.4

కేంద్రకము స్థిరంగానూ, కేంద్రకం చుట్టూ ఎలక్ట్రాన్లు తిరుగును అనే భావనను ఉపయోగించి బోర్ నమూనా నుండి సమీకరణములు ఉత్పాదింపబడినవి. కేంద్రకము కూడా చలనంలో ఉన్నట్లుగా ఊహిస్తే ఆ స్థితిలో శక్తికి సమీకరణంను ఉత్పాదించుము.

సాధన

ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి m మరియు కేంద్రకం యొక్క ద్రవ్యరాశి M అని అనుకొనుము. వ్యవస్థపై ఏ బాహ్య బలం పనిచేయలేదని అనుకొనిన హైడ్రోజన్ పరమాణువు యొక్క ద్రవ్యరాశి కేంద్రకం మారదు. కావున ద్రవ్యరాశి కేంద్రమును బట్టి కేంద్రకము మరియు ఎలక్ట్రాన్లు చలనంలో ఉంటుంది ఇది పటములో చూపినట్లు ఉండును.



ఎలక్ట్రాన్ వేగము υ, కేంద్రకం యొక్క వేగము V అనుకొనుము. ఈ అమరిక యొక్క మొత్త రేఖీయ ద్రవ్యవేగము శూన్యమగును. కావున

$-m\upsilon + M\upsilon = 0$ లేదా

$$MV = m\upsilon = p$$

$\vec{p}_e + \vec{p}_n = \vec{0}$ లేదా

$$\left|\vec{p}_e\right| = \left|\vec{p}_n\right| = p$$

కావున వ్యవస్థలోని గతిజశక్తి

$$KE = \frac{p_n^2}{2M} + \frac{p_e^2}{2m} = \frac{p^2}{2}\left(\frac{1}{M} + \frac{1}{m}\right)$$

$\frac{1}{M} + \frac{1}{m} = \frac{1}{\propto_m}$. ఇక్కడ $\propto_m$ అనునది కుదించబడిన ద్రవ్యరాశి (reduced mass)

$$\propto_m = \frac{mM}{M+m}$$

కావున వ్యవస్థ యొక్క గతిజశక్తి $KE = \frac{p^2}{2\propto_m}$

వ్యవస్థ యొక్క స్థితిజ శక్తిలో ఎటువంటి మార్పు లేదు. ద్రవ్యరాశికి బదులుగా కుదించబడిన ద్రవ్యరాశిని ప్రతిక్షేపించి హైడ్రోజన్ పరమాణువు మొత్తం శక్తిని పొందవచ్చు.

$$E_n = -\frac{\mu_m e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2}\frac{1}{n^2}$$

ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశిని కేంద్రకం ద్రవ్యరాశితో పోల్చగా చాలా ఎక్కువ. కుదించబడిన ద్రవ్యరాశి విలువ ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి విలువకు దాదాపుగా సమానం.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 171 10-03-2023 16:52:08

గమనిక

హైడ్రోజన్ వర్ణపట రేఖలు తక్కువ తరంగదైర్ఘ్యం గల ప్రాంతంలో ప్రధాన రేఖలతో కూడా మందమైన రేఖలు ఉండటాన్ని H.C. యూరే మరియు అతని అనుచరులు 1931లో కనుగొన్నారు. ఐసోటోపుల స్థానభ్రంశ ఫలితం (ఐసోటోపులో మార్పు) కారణంగా ఒక మూలకం యొక్క ఐసోటోపులలో కొన్ని మార్పు చెందిన వర్ణపట రేఖలు వెలువడినాయి. ఈ మంద రేఖలు హైడ్రోజన్ పరమాణువులో ఐసోటోపులు కలదని నిర్ధారణ చేయుటకు ఉపయోగపడినది. (దీనినే డ్యుటీరియం అని పేర్కొన్నారు)

వర్ణపట రేఖలలోని కాంతివంతమైన వర్ణపట రేఖలకు, మందమైన రేఖలకు మధ్య గల తరంగదైర్ఘ్యం లేదా తరంగ సంఖ్యలో తేడాను అనుసరించి డ్యుటీరియం పరమాణు భారం హైడ్రోజన్ పరమాణు భారమునకు రెట్టింపుగా ఉంటుందని నిర్ధారించారు. బోర్ పరమాణు నమూనా ఈ ఐసోటోపుల మార్పును వివరించలేకపోయినది. (కేంద్రకం యొక్క చలనం చాలా తక్కువగా ఉన్నప్పటికీ). బోర్ యొక్క పరమాణు నమూనాలో కేంద్రకం యొక్క చలనాన్ని పరిగణనలోకి తీసుకొని ప్రతిపాదనల ఆధారంగా గణించబడిన హైడ్రోజన్ మరియు డ్యుటీరియం పరమాణువుల వర్ణపట రేఖల తరంగ సంఖ్య లేదా తరంగదైర్ఘ్యంలోని మార్పులు వర్ణపటం యొక్క కనుగొనబడిన విలువలను పోలి ఉన్నది.

హైడ్రోజన్ పరమాణువునకు, డ్యుటీరియం పరమాణువుకు మధ్య గల తేడా ఏమిటంటే హైడ్రోజన్ పరమాణువులో ఒక ఎలక్ట్రాన్, ఒక ప్రోటాన్ ఉన్నది. దానికి విరుద్ధంగా డ్యుటీరియం పరమాణువులో ఒక ఎలక్ట్రాన్, ఒక ప్రోటాన్ మరియు ఒక న్యూట్రాన్ కలవు.

ఉత్తేజిత శక్తి, ఉత్తేజిత శక్యము:

ఎలక్ట్రాన్లను తక్కువ శక్తి స్థాయి నుండి అధిక శక్తి స్థాయికి ఉత్తేజ పరచడానికి కావలసిన శక్తిని ఉత్తేజిత శక్తి అంటారు.

భూ స్థాయి (n = 1) నుండి మొదటి ఉత్తేజిత స్థాయికి (n = 2) ఒక ఎలక్ట్రాన్ను తీసుకొని పోవడానికి కావలసిన ఉత్తేజిత శక్తిని మొదటి ఉత్తేజిత శక్తి అని అంటారు.

$$E_I = E_2 - E_1 = -3.4\,eV - (-13.6\,eV) = 10.2\,eV$$

ఇదే విధంగా భూ స్థాయి నుండి (n = 1) రెండవ ఉత్తేజిత స్థాయి (n = 3) కి తీసుకొని పోవడానికి కావలసిన శక్తిని రెండు ఉత్తేజిత శక్తి అని అంటారు.

$$E_{II} = E_3 - E_1 = -1.51\,eV - (-13.6\,eV) = 12.1\,eV$$

ఇదేవిధంగా మిగిలినవి కూడా .....

ఏకాంక ఆవేశం గల విద్యుత్ కణము యొక్క ఉత్తేజిత శక్తిని ఉత్తేజిత శక్యము అని అంటారు.

హైడ్రోజన్ పరమాణువునకు, మొదటి ఉత్తేజిత స్థాయి శక్తి $E_I = eV_I$

హైడ్రోజన్ పరమాణువునకు మొదటి ఉత్తేజిత శక్యము $\Rightarrow V_I = \frac{1}{e}E_I = 10.2$ ఓల్ట్

అదే విధంగా రెండవ ఉత్తేజిత శక్యము $\Rightarrow V_{II} = \frac{1}{e}E_{II} = 12.1$ వోల్ట్

ఇదేవిధంగా మిగిలినవి కూడా .....

అయనీకరణ శక్తి, అయనీకరణ శక్యము:

ఒక పరమాణువు నుండి ఎలక్ట్రాన్ను పూర్తిగా తొలగిస్తే, అంటే $E_{n\to\infty}$ అనే శక్తి స్థాయిని అది పొందితే, ఆ పరమాణువు అయనీకరణం చెందినదని చెప్పవచ్చును. ఒక పరమాణువులోని ఎలక్ట్రాన్ భూ స్థాయిలో ఉన్నప్పుడు, ఆ ఎలక్ట్రాన్ను తీసివేయడానికి కావలసిన అతి తక్కువ శక్తిని బంధన శక్తి లేదా అయనీకరణ శక్తి అని అంటారు.

హైడ్రోజన్ భూస్థాయి అయనీకరణ శక్తి

$$E_{\text{అయనీకరణం}} = E_\infty - E_1 = 0 - (-13.6eV)$$
$$= 13.6eV$$

n వ శక్తి స్థాయిలో ఒక ఎలక్ట్రాన్ను తొలగించడానికి కావలసిన అయనీకరణ శక్తి

$$E_{\text{అయనీకరణం}} = E_\infty - E_n = 0 - \left[-\frac{13.6}{n^2}Z^2\,eV\right]$$
$$= \frac{13.6}{n^2}Z^2\,eV$$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 172 10-03-2023 16:52:09

పట్టిక 9.1

భౌతిక రాశి	భూ స్థాయి	మొదటి ఉత్తేజిత శక్తి స్థాయి	రెండవ ఉత్తేజిత శక్తి స్థాయి
వ్యాసార్ధం ($r_n \propto n^2$)	0.529 Å	2.116 Å	4.761 Å
వేగము ($v_n \propto n^{-1}$)	$2.19 \times 10^6\ m\,s^{-1}$	$1.095 \times 10^6\ m\,s^{-1}$	$0.73 \times 10^6\ m\,s^{-1}$
మొత్తం శక్తి ($E_n \propto n^{-2}$)	$-13.6\ eV$	$-3.4\ eV$	$-1.51\ eV$

సాధారణంగా గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద హైడ్రోజన్ పరమాణువులోని (Z=1) ఎలక్ట్రాన్ భూ స్థాయిలోనే ఉంటుంది.

ఒక పరమాణు యొక్క భూ స్థాయిలోని ఎలక్ట్రాన్‌ను తొలగించి చిట్ట చివరి కక్ష్యకు ($n \to \infty$ కి $E=0$) చేర్చడానికి కావలసిన శక్తిని (136eV) మొదటి అయనీకరణ శక్తి అని అంటారు. ఇప్పుడు ఆ హైడ్రోజన్ పరమాణువు అయనీకరణ స్థితిలో ఉన్నది లేదా హైడ్రోజన్ అయాన్ H^+ అని పిలువబడుతుంది. అయనీకరణ శక్తి కంటే ఎక్కువ శక్తిని అందించినపుడు, అధికంగా ఉన్న శక్తి స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్లకు గతిజ శక్తిని ఇస్తుంది.

ఏకాంక ఆవేశం యొక్క అయనీకరణ శక్తిని అయనీకరణ శక్మముగా నిర్వచించారు.

$$V_{\text{అయనీకరణం}} = \frac{1}{e} E_{\text{అయనీకరణం}} = \frac{13.6}{n^2} Z^2\ V$$

హైడ్రోజన్ పరమాణువు యొక్క అయనీకరణ శక్మము (Z=1)

$$V = \frac{13.6}{n^2} \text{ వోల్ట్}$$

భూ స్థాయి, మొదటి ఉత్తేజిత స్థాయి మరియు రెండవ ఉత్తేజిత స్థాయిలలో వ్యాసార్ధం, వేగం మరియు మొత్తం శక్తి మొదలగునవి పట్టిక 9.1 లో ఇవ్వబడినది.

ఉదాహరణ 9.5

హైడ్రోజన్ వంటి పరమాణువు యొక్క శక్తి $E_n = -\frac{54.4}{n^2}\ eV$ అయిన, క్రింది వాటిని కనుగొనుము. ఇక్కడ $n \in \mathbb{N}$.

(అ) ఆ పరమాణువు యొక్క శక్తి స్థాయిలను గీచి మరియు దాని పరిమాణ సంఖ్యను కనుగొనుము.

ఆ) పరిమాణువు భూస్థాయిలో ఉంటే దాని మొదటి ఉత్తేజిత శక్తి మరియు అయనీకరణ శక్మములను కనుగొనుము.

ఇ) 42 eV మరియు 56 eV శక్తి గల రెండు ఫోటాన్‌లను ఈ పరమాణువుపై అభిఘాతం చేసిన, ఫోటాన్‌లను పరమాణువు శోషిస్తుందా?

ఈ) బోర్ మొదటి కక్ష్య యొక్క వ్యాసార్ధమును కనుగొనుము.

ఉ) భూ స్థాయిలో దాని స్థితిజ మరియు గతిజ శక్తులను కనుగొనుము.

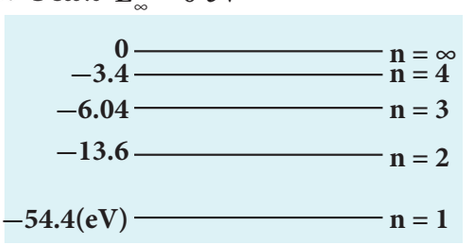
సాధన

(a) $E_n = -\frac{54.4}{n^2}\ eV$ కావున

$n = 1$ అయిన భూ శక్తి స్థాయి

$n = 2$ అయిన $E_2 = -13.6\ eV$, $E_3 = -6.04\ eV$, అయిన $E_4 = -3.4\ eV$ మొదలగునవి

ప్రధాన క్వాంటం సంఖ్య యొక్క గరిష్ట విలువ $n = \infty$ అయిన $E_\infty = 0\ eV$



ఆ) హైడ్రోజన్ వంటి పరమాణువుకు భూ శక్తి స్థాయి

$$E_1 = -\frac{13.6}{n^2} Z^2\ eV$$

ఇక్కడ Z అనునది పరమాణు సంఖ్య. కావున ఈ శక్తిని ఇవ్వబడిన శక్తితో పోల్చగా $-13.6\,Z^2 = -54.4 \Rightarrow Z = \pm 2$

పరమాణు సంఖ్య ఋణాత్మకం కాదు, కావున

మొదటి ఉత్తేజిత స్థాయి శక్తి

$$E_I = E_2 - E_1 = -13.6\,eV - (-54.4\,eV)$$
$$= 40.8\,eV$$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 173 10-03-2023 16:52:11

కావున మొదటి ఉత్తేజిత స్థాయి శక్మము

$$V_1 = \frac{1}{e}E_1 = \frac{(40.8eV)}{e}$$
$$= 40.8 \text{ వోల్ట్}$$

మొదటి అయనీకరణ శక్తి

$$E_{\text{అయనీకరణం}} = E_\infty - E_1 = 0 - (-54.4eV)$$
$$= 54.4eV$$

మొదటి అయనీకరణ శక్మము

$$V_{\text{అయనీకరణం}} = \frac{1}{e}E_{\text{అయనీకరణం}} = \frac{(54.4eV)}{e}$$
$$= 54.4 \text{ వోల్ట్}$$

ఇ) రెండు ఫోటోన్‌లు A మరియు B అనుకొనుము. A ఫోటాన్ శక్తి 42 eV మరియు B ఫోటాన్ శక్తి 51 eV.

బోర్ సిద్ధాంతం ప్రకారం, శక్తి స్థాయిలలో భేదం ఫోటాన్ శోషించబడిన శక్తికి సమానము, అప్పుడే పరమాణువు శక్తిని గ్రహిస్తుంది. లేనియెడల గ్రహించదు.

$$E_2 - E_1 = -13.6eV - (-54.4eV)$$
$$= 40.8eV \approx 41eV$$

ఇదే విధంగా,

$$E_3 - E_1 = -6.04eV - (-54.4eV)$$
$$= 48.36eV$$

$$E_4 - E_1 = -3.4eV - (-54.4eV)$$
$$= 51eV$$

$$E_3 - E_2 = -6.04eV - (-13.6eV)$$
$$= 7.56eV$$

ఇక్కడ ఇదేవిధంగా మిగిలినవి కూడా

ఇక్కడ $E_2 - E_1 \neq 42$ eV, $E_3 - E_1 \neq 42$ eV, $E_4 - E_1 \neq 42$ eV మరియు $E_3 - E_2 \neq 42$ eV.

ఏ సందర్భంలోనూ ఫోటాన్ శక్తి (42 eV) విలువ పూర్ణాంకమునకు సమానమగునట్లు శక్తి భేదము లేదు. కావున ఫోటాన్ A ఈ పరమాణువు చేత శోషించబడదు. కాని ఫోటాన్ B కి సంబంధించినంతవరకు $E_4 - E_1 = 51$ eV, కావున ఈ పరమాణువు ఫోటాన్ B ను శోషించుకొనును.

(ఈ) బోర్ పరమాణువు వ్యాసార్ధం $r_n = \frac{a_0 \times n^2}{z}$

$n = 1, z = 2$ కావున

$$r_1 = \frac{a_0}{2}$$
$$= \frac{0.529}{2}$$
$$= 0.265 \text{ Å}$$

(ఉ) బోర్ పరమాణు నమూనాలో మొత్తం శక్తి, గతిజ శక్తి యొక్క ఋణాత్మక విలువకు సమానం. కావున

$$KE_n = -E_n = -\left(-\frac{54.4}{n^2}eV\right)$$
$$= \frac{54.4}{n^2}eV$$

స్థితిజ శక్తి, గతిజ శక్తి యొక్క ఋణాత్మక విలువకు రెట్టింపు, కావున

$$U_n = -2KE_n = -2\left(\frac{54.4}{n^2}eV\right)$$
$$= -\frac{108.8}{n^2}eV$$

భూ స్థాయికి n =1 కావున

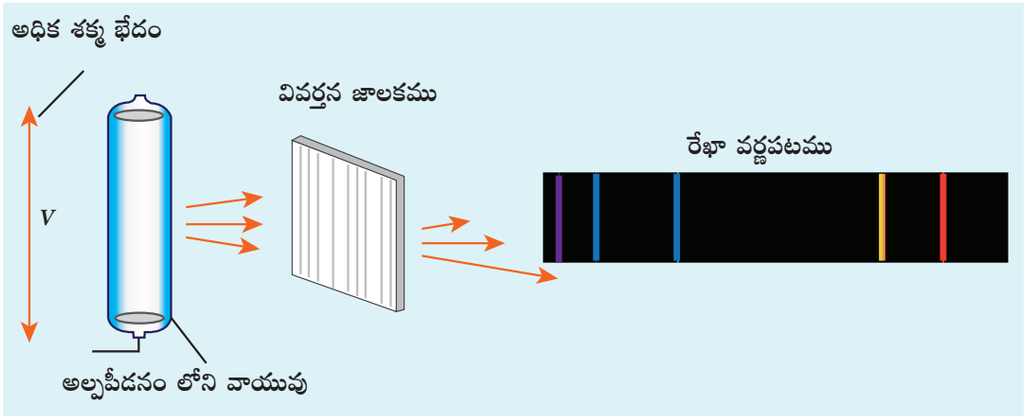
$KE_1 = 54.4$ eV మరియు $U_1 = -108.8$ eV

9.3.4 పరమాణు వర్ణపటం (Atomic spectra)

ఘన, ద్రవ మరియు వాయు స్థితులలోని పదార్థాలు వేడి చేసినపుడు వెలువడే విద్యుదయస్కాంత కిరణాలు అవిచ్ఛిన్న వర్ణ పటములను ఏర్పరచును. ఉదాహరణకుగానూ ఒక తెలుపు రంగు కాంతిని స్పెక్ట్రోమీటర్ (వర్ణపట మాపకం) సహాయంతో పరిశీలిస్తే దానిలో విద్యుదయస్కాంత వికిరణాల అన్ని తరంగధైర్ఘ్యములు అవిచ్ఛిన్న వర్ణపటములుగానే ఉంటుంది.

20వ శతాబ్ద ప్రారంభ కాలంలో అగ్ని మంట మరియు ఉత్సర్గ నాళము మొదలగువాటిలో ఉంచబడిన అనేక మూలకాల పరమాణువులలో నుండి వెలువడు, ప్రత్యేక లక్షణాలు గల వికిరణములను పరిశీలించుటకు

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 174 10-03-2023 16:52:13



పటము 9.21 ఒక పరమాణువు యొక్క వర్ణపటం

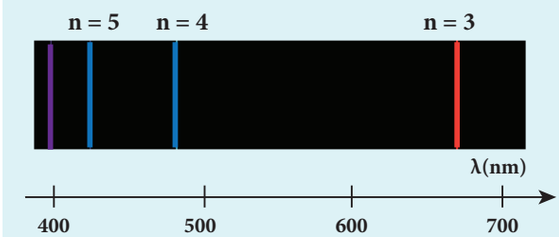
అనేక శాస్త్రవేత్తలు ప్రయత్నించిరి. వాటిని వర్ణపట మాపకం సహాయంతో పరిశీలించగా లేదా ఫోటోను గమనించినపుడు అవి అవిచ్ఛిన్న వర్ణపటములుకు బదులుగా ఒక్కొక్క దానికి ప్రత్యేకత ఉన్న విడి విడి రేఖల సమూహంగా ఉండుటను గమనించిరి. అంటే వెలువడే కాంతి యొక్క తరంగదైర్ఘ్యములు నిర్వచించబడినవిగాను, వాటి స్థానం (స్థితి) మరియు తీవ్రత మొదలగునవి ఆ మూలకమునకే చెందినవిగాను ఉన్నది (పటం 9.21లో చూపిన విధంగా).

ఒక్కొక్క మూలకము వాటికే చెందిన ప్రత్యేక ధర్మాలు గల వర్ణపటములను కలిగివుండుట వలన, దానిని ఉపయోగించి ఆ మూలకమును కనుగొనవచ్చునని దీని మూలంగా అర్థం చేసుకొనవచ్చును. (ఒక్కొక్క మనిషిని వారి వేలిముద్ర సహాయంతో గుర్తించే విధంగా) అంటే అనేక వాయువుల వర్ణపటములు వేర్వేరుగా ఉంటాయి. మూలకముల రేఖా వర్ణపటముల ప్రత్యేక ధర్మముల ఆధారంగా నక్షత్రాలు, సూర్యుడు మరియు తెలియని సమ్మేళనములను విజ్ఞాన శాస్త్రవేత్తలు కనుగొన్నారు.

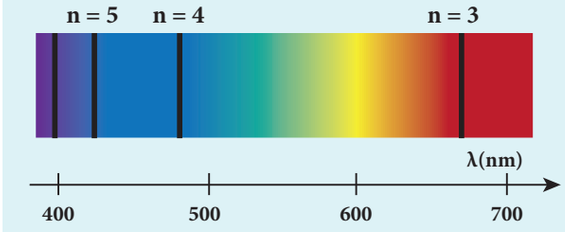
హైడ్రోజన్ వర్ణపటము

నాళికలో బంధించబడిన హైడ్రోజన్ వాయువును వేడి చేసినపుడు, దానిలో నుండి బాగుగా నిర్వచింపబడిన ప్రత్యేక తరంగదైర్ఘ్యం గల కొన్ని విద్యుదయస్కాంత కిరణాలు వెలువడును. దీనినే హైడ్రోజన్ వర్ణపటము అందురు. (+2 భౌతిక శాస్త్రం, భాగము 1, యూనిట్ 5 లో చూడుము) హైడ్రోజన్ యొక్క ఉద్గార మరియు శోషణ వర్ణపటములు పటం 9.22 (అ) మరియు (ఆ)లో చూపబడినవి.

ఏ వాయువును వేడి చేసిననూ, ఉష్ణశక్తి ఎలక్ట్రాన్లను ఉత్తేజపరచును. అదేవిధంగా పరమాణువుల గుండా కాంతిని పంపిణీ చేసిన అది ఫోటాన్‌లను శోషింపబడుట వలన ఎలక్ట్రాన్లు ఉత్తేజితమగును. బోర్ ప్రతిపాదనలలో తెలిపిన విధంగా, ఎలక్ట్రాన్లు శక్తిని శోషణం చేసినపుడు (నిర్దిష్ట తరంగదైర్ఘ్యం లేదా పౌనఃపున్యం) అవి దాని శక్తి స్థాయి నుండి అధిక శక్తి స్థాయికి చేరును. కాంతిలో నిర్దిష్ట తరంగదైర్ఘ్యం (లేదా పౌనఃపున్యం) లేనప్పుడు అది శోషణ వర్ణపటములో చీకటి రేఖలు ఏర్పరచుచున్నవి. (పటము 9.22(ఆ))



(అ) హైడ్రోజన్ పరమాణువు యొక్క ఉద్గార వర్ణపటం (తరంగదైర్ఘ్యంలలో)



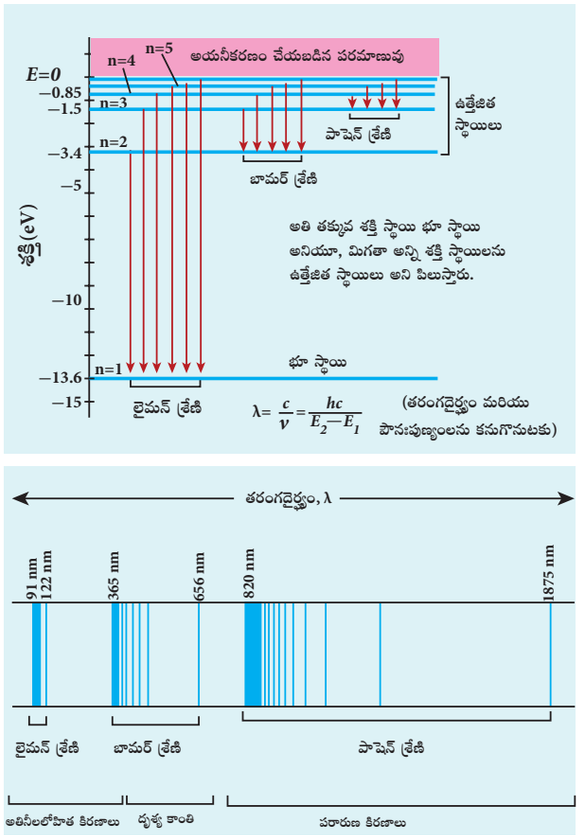
(ఆ) హైడ్రోజన్ పరమాణువు యొక్క శోషణ వర్ణపటము (తరంగదైర్ఘ్యములలో)

పటము 9.22 హైడ్రోజన్ వర్ణపటము (a) ఉద్గారము (b) శోషణము

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 175 10-03-2023 16:52:14

ఉత్తేజిత స్థాయిలో ఎలక్ట్రాన్లు జీవితకాలం చాలా తక్కువ (సుమారు 10^{-8} s) కావున స్వచ్ఛంద ఉద్గారం వలన అవి మరలా భూ స్థాయికి చేరును. కావున, అది ఏ రంగును (తరంగదైర్ఘ్యం లేదా పౌనఃపున్యం) అది శోషణం చేసుకున్నదో అవే రంగును ఉద్గారం చేయును. ఈ వర్ణపటమును ఉద్గార వర్ణపటం అందురు (పటం 9.22 (అ)).

ఈ వర్ణపట రేఖల తరంగదైర్ఘ్యములను చాలా ఖచ్చితత్వంతో కనుగొనవచ్చును. ఈ ఉద్గార కిరణాలలో దృశ్య కాంతి తరంగదైర్ఘ్యం కంటే తక్కువ లేదా ఎక్కువ తరంగదైర్ఘ్యం గల కిరణాలు వెలువడుతాయి.



పటము 9.23 వర్ణపట శ్రేణులు – లైమన్, బామర్, పాషెన్ శ్రేణులు

హైడ్రోజన్ వర్ణపట రేఖలు వేర్వేరు శ్రేణులుగా ఉండటాన్ని పటం 9.23లో గమనించవచ్చును. ఈ శ్రేణి భాగంలోనూ తరంగదైర్ఘ్యం తగ్గే కొలది, ఈ శ్రేణిలో గల తరంగదైర్ఘ్యం మధ్య గల దూరం కూడా తగ్గుతుంది. ఇంతేకాకుండా ప్రతి శ్రేణిలోను తరంగదైర్ఘ్యములు దాని అవధిని చేరుటను గమనించవచ్చును. దీనినే 'శ్రేణి హద్దు' అని అంటారు. ఈ శ్రేణులు లైమన్ శ్రేణి, బామర్ శ్రేణి, పాషెన్ శ్రేణి, బ్రాకెట్ శ్రేణి మరియు ఫండ్ శ్రేణి అని పేర్కొనబడినవి. ఈ శ్రేణులలోని వర్ణపట రేఖల తరంగదైర్ఘ్యములు బోర్ పరమాణు నమూనాలోని సమీకరణం నుండి ఉత్పాదించబడిన వర్ణపట రేఖల తరంగదైర్ఘ్యములతో ఏకీభవిసున్నవి.

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right) = \bar{\nu} \qquad (9.18)$$

ఇక్కడ $\bar{\nu}$ అనునది తరంగ సంఖ్య, ఇది తరంగదైర్ఘ్యం యొక్క విలోమము, R అనునది రిడ్ బర్గ్ స్థిరాంకం. దీని విలువ $1.09737 \times 10^7\ m^{-1}$, m, n లు ధన పూర్ణాంకములు మరియు $m > n$ అనే నిబంధనకు లోబడి వివిధ వర్ణపట శ్రేణులు కింద వివరించబడినవి.

(ఎ) లైమన్ శ్రేణి

$n = 1$ మరియు $m = 2,3,4.....$ విలువలను సమీకరణం 9.18లో ప్రతిక్షేపించగా, లైమన్ శ్రేణిలోని వర్ణపట రేఖల తరంగ సంఖ్య లేదా తరంగదైర్ఘ్యములను లెక్కించవచ్చును. ఈ శ్రేణి అతినీలలోహిత ప్రాంతంలో ఉంటుంది.

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

(బి) బామర్ శ్రేణి

$n = 2$ మరియు $m = 3,4,5.....$ అని సమీకరణం 9.18లో ప్రతిక్షేపించగా, బామర్ శ్రేణిలోని వర్ణపట రేఖల తరంగ సంఖ్య లేదా తరంగదైర్ఘ్యములను లెక్కించవచ్చును. ఇవి దృశ్య కాంతి ప్రాంతంలో ఉంటుంది.

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

(సి) పాషెన్ శ్రేణి

$n = 3$ మరియు $m = 4,5,6.....$ అని సమీకరణం 9.18లో ప్రతిక్షేపించగా, పాషెన్ శ్రేణిలోని వర్ణపట రేఖల తరంగ సంఖ్య లేదా తరంగదైర్ఘ్యములను లెక్కించవచ్చు. ఇవి అతి దగ్గరి పరారుణ కిరణ ప్రాంతంలో ఉంటాయి.

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

(డి) బ్రాకెట్ శ్రేణి

$n = 4$ మరియు $m = 5,6,7.....$ అని సమీకరణం 9.18 లో ప్రతిక్షేపించగా, బ్రాకెట్ శ్రేణిలోని వర్ణపట

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 176 10-03-2023 16:52:15

రేఖల తరంగ సంఖ్య లేదా తరంగధైర్ఘ్యమును లెక్కించవచ్చును. ఇది పరారుణ కిరణ ప్రాంతంలో (మధ్య భాగంలో) ఉంటుంది.

$$\bar{v} = \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

(ఇ) ఫండ్ శ్రేణి:

n = 5 మరియు m = 6,7,8..... అని సమీకరణం 9.18లో ప్రతిక్షేపించగా, ఫండ్ శ్రేణిలోని వర్ణపట రేఖల తరంగ సంఖ్య లేదా తరంగధైర్ఘ్యమును లెక్కించవచ్చును. ఇది ఎక్కువ తరంగధైర్ఘ్యం గల పరారుణ కిరణ ప్రాంతంలో ఉంటుంది.

$$\bar{v} = \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

పైన తెలిపిన వర్ణపట రేఖలను పట్టిక 9.2లో వర్గీకరించబడినది.

పట్టిక 9.2

n	m	శ్రేణి పేరు	విద్యుదయస్కాంత ప్రాంతం
1	2,3,4.....	లైమన్	అతినీలలోహిత
2	3,4,5.....	బామర్	దృశ్య కాంతి
3	4,5,6.....	పాషెన్	పరారుణ
4	5,6,7.....	బ్రాకెట్	పరారుణ
5	6,7,8.....	ఫండ్	పరారుణ

బోర్ పరమాణు నమూనా యొక్క లోపములు:

బోర్ పరమాణు నమూనా యొక్క లోపములు క్రింద ఇవ్వబడినవి.

(ఎ) ఇది హైడ్రోజన్ లేదా హైడ్రోజన్ వంటి పరమాణువులకు మాత్రమే వర్తించును. సంక్లిష్ట పరమాణువుల వర్ణ పటాలను గూర్చి వివరించ లేకపోయినది.

(బి) హైడ్రోజన్ వర్ణపట రేఖలను సూక్ష్మంగా పరిశీలిస్తే, ఒక్కొక్క రేఖలోనూ చాలా మందమైన రేఖలను కలిగి ఉన్నది. దీనినే సూక్ష్మ రేఖా నిర్మాణము అందురు. బోర్ నమూనా దీనిని వివరించలేదు.

(సి) వర్ణపట రేఖల తీవ్రతలోని మార్పుకు సంతృప్తికరమైన వివరణ ఇవ్వలేకపోయినది.

(డి) ఇది, పరమాణువులో ఎలక్ట్రాన్ల వినిమయం గూర్చి పూర్తి వివరణ ఇవ్వలేకపోయినది.

9.4 కేంద్రకం (NUCLEI)

పరిచయం

ముందు విభాగంలో వివిధ ప్రారంభ స్థితి పరమాణు నమూనాలు, రూథర్‌ఫోర్డ్ ఆల్ఫా కణం విచ్ఛేదన ప్రయోగము మరియు బోర్ పరమాణు నమూనా గురించి వివరంగా తెలుసుకొన్నాం. పరమాణువు మరియు కేంద్రకం వంటి వ్యవస్థను అవగాహన చేసుకొనుటకు ఇవి చాలా ఉపయోగపడినవి. ఈ విభాగము యందు కేంద్రకం యొక్క ధర్మాలు మరియు వాటి రకముల గురించి వివరించబడియున్నది.

9.4.1 కేంద్రకం యొక్క నిర్మాణము (Composition of nucleus)

పరమాణువు అనునది కేంద్రకమును కలిగి దాని చుట్టూ ఎలక్ట్రాన్లు ఆవరించబడి యుండును. కేంద్రకంలో ప్రోటానులు మరియు న్యూట్రానులు కలిగియుండును. న్యూట్రానులు తటస్థ విద్యుత్ ధర్మం పొందియుండును. $(q=0)$; ప్రోటానులు ధనావేశం పొందియుండును. $(q=+e)$ వాటి విద్యుత్ ఆవేశ విలువ ఎలక్ట్రాన్ యొక్క విద్యుత్ ఆవేశ విలువకు $(q=-e)$ సమానంగా ఉండును. కేంద్రకంలో ఉన్న ప్రోటానుల సంఖ్యను పరమాణు సంఖ్య అంటారు. దీనిని Z అనే గుర్తుతో సూచించుదురు. కేంద్రకంలో ఉన్న న్యూట్రానుల సంఖ్యను N అనే గుర్తుతో సూచిస్తారు. కేంద్రకంలో ఉన్న న్యూట్రానులు మరియు ప్రోటానుల మొత్త సంఖ్యను ద్రవ్యరాశి సంఖ్య అంటారు. ఇది A అనే గుర్తుతో గుర్తించబడును. కావున $A = Z+N$.

కేంద్రకంలో ఉన్న రెండు అంశాలైన న్యూట్రానులు మరియు ప్రోటానులను న్యూక్లియానులు అని అంటారు. ఒక ప్రోటాన్ ద్రవ్యరాశి 1.6726×10^{-27} kg అగును. ఇది ఎలక్ట్రాన్ యొక్క ద్రవ్యరాశికి సుమారు 1836 రెట్లు అగును. న్యూట్రాన్ ద్రవ్యరాశి, ప్రోటాన్ ద్రవ్యరాశికంటే కాస్త ఎక్కువగును. అనగా దాని ద్రవ్యరాశి 1.6749×10^{-27} kg.

ఒక మూలక కేంద్రకమును గుర్తించుటకు క్రింది గుర్తు పద్ధతిని ఉపయోగిద్దాం

$$^{A}_{Z}X$$

ఇచ్చట X అనునది మూలకం యొక్క రసాయనిక సంకేతం. A అనునది ద్రవ్యరాశి సంఖ్య మరియు Z అనునది పరమాణు సంఖ్య అగును. ఉదాహరణకు

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 177 10-03-2023 16:52:17

నైట్రోజన్ పరమాణువు కేంద్రకము "$^{15}_{7}N$ అని గుర్తించబడును. ఇది నైట్రోజన్ కేంద్రకంలో 15 న్యూక్లియాన్‌లు ఉన్నది అని తెలుపుతున్నది. ఇందులో 7 ప్రోటానులు $(Z=7)$మరియు 8 న్యూట్రానులు $(N=A-Z=8)$ఉన్నవి. కొన్ని సందర్భంలో Z విలువ తెలిసిన మూలకమునకు, ఆ Z విలువ క్రింద గుర్తించకుండా వదిలివేస్తారు. ఉదాహరణకు నైట్రోజన్ పరమాణు కేంద్రకమును ^{15}N (నైట్రోజన్ పదహైదు) అనే గుర్తు మాత్రమే ఉపయోగిస్తారు.

కేంద్రకంలో ధనావేశం గల ప్రోటానులు, విద్యుత్ పరంగా తటస్థంగా గల న్యూట్రానులు ఉన్నందు వలన, దాని ఫలిత ఆవేశం ధనాత్మకంగా ఉండును మరియు దాని విద్యుత్ ఆవేశ విలువ $+Ze$ అగును. కాని పరమాణువులో గల ఎలక్ట్రానుల సంఖ్య కేంద్రకంలో గల ప్రోటానుల సంఖ్యకు సమానం అగును.

9.4.2 ఐసోటోపులు, ఐసోబార్‌లు మరియు ఐసోటోనులు: (Isotopes, isobars, and isotones)

ఐసోటోపులు:

సాధారణంగా ఒక నిర్ణీత మూలక పరమాణువులు సమాన సంఖ్య గల ప్రోటానులను, వివిధ సంఖ్య గల న్యూట్రానులను పొందియుండును అని మనకు తెలుసు. ఇటువంటి పరమాణువులను ఐసోటోపులు అని అంటారు. **అనగా సమానమైన పరమాణు సంఖ్య (Z) మరియు వివిధ ద్రవ్యరాశి సంఖ్య (A) గల ఒకే మూలకం యొక్క పరమాణువులను ఐసోటోపులు అని అంటారు.** ఉదాహరణకు హైడ్రోజన్ పరమాణువు మూడు ఐసోటోపులను పొందియున్నది. అవి: $^{1}_{1}H$ (ప్రోటియం), $^{2}_{1}H$ (డ్యుటిరీయం) మరియు $^{3}_{1}H$ (ట్రిటియం)గా గుర్తించబడును. వీటన్నింటిలో ఒక ప్రోటాన్ మాత్రమే ఉన్నది అని గమనించవలెను. హైడ్రోజన్‌లో న్యూట్రాన్‌లు లేవు. డ్యుటిరియంలో ఒక న్యూట్రాన్, ట్రిటియంలో రెండు న్యూట్రాన్‌లు ఉన్నవి.

నిర్ణీత మూలకంలో కనబడే ఐసోటోపుల సంఖ్య మరియు వాటి పరిమాణములు ప్రతి యొక్క మూలకమునకు వేరుపడును. ఉదాహరణకు కార్బన్ పరమాణువు నాలుగు ముఖ్య ఐసోటోపులను పొందియున్నది. $^{11}_{6}C, ^{12}_{6}C, ^{13}_{6}C$ మరియు $^{14}_{6}C$.

అయినప్పటికీ ప్రకృతిలో $^{12}_{6}C$ ని పరిమాణము 98.9%గాను, $^{13}_{6}C$ ని పరిమాణము 1.1%గాను, $^{14}_{6}C$ ని 0.0001%గాను పొందియున్నది. మిగిలిన $^{11}_{6}C$ ఐసోటోపు ప్రకృతిలో సహజంగా ఏర్పడదు. ఇది ప్రయోగశాలలో కేంద్రక చర్యల ద్వారా లేదా విశ్వ కిరణాలు (cosmic rays) ద్వారా మాత్రమే ఏర్పడుటకు వీలగును.

ఒక పరమాణువులో రసాయనిక ధర్మాలు వాటి యందు గల ఎలక్ట్రానుల సంఖ్యపై మాత్రమే ఆధారపడియుండును. మూలకం యొక్క ఐసోటోపులు ఒకే ఎలక్ట్రాన్ వ్యవస్థను పొందియుండుట వలన ఒకే విధమైన రసాయనిక ధర్మాలను పొందియుండును. కావున ఆవర్తన పట్టికలో ఐసోటోపులు ఒకే చోట ఉంచబడి ఉండును.

ఐసోబార్‌లు:

ఐసోబార్‌లు అనునది సమానమైన ద్రవ్యరాశి సంఖ్య (A) మరియు వివిధ పరమాణు సంఖ్య (Z) గల వేర్వేరు మూలకాల పరమాణువులు అగును. అనగా అవి సమాన న్యూక్లియాన్ సంఖ్య గల వేర్వేరు రసాయనిక మూలకాల పరమాణువులు అగును. ఉదాహరణకు $^{40}_{16}S$, $^{40}_{17}Cl$, $^{40}_{18}Ar$, $^{40}_{19}K$ మరియు $^{40}_{20}Ca$ అనునవి సమానమైన ద్రవ్యరాశి సంఖ్య 40ని మరియు వేర్వేరు పరమాణు సంఖ్య గల ఐసోబార్‌లు అగును. ఐసోటోపులులాగా కాకుండా ఐసోబార్‌లు వివిధ మూలకాల పరమాణువులు అగును. కావున అవి వేర్వేరు భౌతిక మరియు రసాయనిక ధర్మాలను పొందియుండును.

ఐసోటోనులు:

సమాన సంఖ్యలో న్యూట్రాన్‌లను పొందియున్న వేర్వేరు మూలకముల పరమాణువులు ఐసోటోనులు అనబడును. ఉదాహరణకు $^{12}_{5}B$ మరియు $^{13}_{6}C$ వీటి నందు 7 న్యూట్రానులు ఉన్నవి.

9.4.3 పరమాణువు ద్రవ్యరాశి మరియు కేంద్రక ద్రవ్యరాశి (Atomic and nuclear masses)

కేంద్రక ద్రవ్యరాశి చాలా తక్కువ విలువను పొందియున్నది. (సుమారుగా 10^{-25} కి.గ్రా లేదా అంతకన్నా తక్కువ). కావున దీనిని వ్రాసినప్పుడు పరమాణువు ద్రవ్యరాశి ప్రమాణము (u) అనే ప్రమాణమును ఉపయోగించుటకు సులభముగా ఉండును. పరమాణువు ద్రవ్యరాశి ప్రమాణము (u) అనునది ప్రకృతిలో ఉండే కార్బన్ ఐసోటోపులలో ఎక్కువగా కనబడును. ఇది $^{12}_{6}C$ ఐసోటోపు ద్రవ్యరాశిలో 12లో ఒక భాగం అగును. అనగా

$$1\,u = \frac{^{12}_{6}C \text{ పరమాణు ద్రవ్యరాశి}}{12} = \frac{1.9926 \cdot 10^{-26}}{12} \text{ కి.గ్రా}$$
$$= 1.660 \cdot 10^{-27} \text{ కి.గ్రా}$$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 178 10-03-2023 16:52:28

పరమాణు ద్రవ్యరాశి ప్రమాణంలో, న్యూట్రాను యొక్క ద్రవ్యరాశి = 1.008665 *u*, ప్రోటాన్ యొక్క ద్రవ్యరాశి =1.007276 *u*, హైడ్రోజన్ యొక్క ద్రవ్యరాశి = 1.007825 *u* మరియు ${}^{12}_{6}C$ యొక్క ద్రవ్యరాశి $12u$. సాధారణంగా, ద్రవ్యరాశి అనునది పరమాణువుల ద్రవ్యరాశియేగాని, కేంద్రకం ద్రవ్యరాశి కాదు. కావున నిర్ణీత కేంద్రకం యొక్క ద్రవ్యరాశిని కనుగొనుటకు దాని పరమాణువుల ద్రవ్యరాశి నుండి ఎలక్ట్రానుల ద్రవ్యరాశిని తీసివేయవలెను. పరమాణువుల ద్రవ్యరాశిని ప్రయోగము ద్వారా కనుగొనుటకు బైన్ బ్రిడ్జ్ ద్రవ్యరాశి మాపకం అనే పరికరము ఉపయోగపడును. ఐసోటోపుల ఫలితములు కాకుండా మూలకాల పరమాణు ద్రవ్యరాశిని కనుగొనునట్లైతే వాటి నందుగల ఐసోటోపుల పరిమాణమునకు తగిన లెక్కించబడిన సరాసరి పరమాణువు ద్రవ్యరాశిని మనము పొందవచ్చును.

ఉదాహరణ 9.6

క్లోరిన్ యొక్క వివిధ ఐసోటోపుల మధ్య తేడాలు లేకుండునట్లైతే వాటి సరాసరి పరమాణు ద్రవ్యరాశిని లెక్కించుము.

సాధన

క్లోరిన్ మూలకము అనునది 75.77% ${}^{35}_{17}Cl$ మరియు 24.23% ${}^{37}_{17}Cl$ ల మిశ్రమము అగును. కావున దాని సరాసరి పరమాణు ద్రవ్యరాశి

$$\frac{75.77}{100}\times 34.96885u+\frac{24.23}{100}\times 36.96593u$$
$$=35.453u$$

మూలకం యొక్క ఈ సరాసరి పరమాణు ద్రవ్యరాశి లేదా రసాయనిక పరమాణువు బరువు (క్లోరిన్‌కు దీని విలువ 35.453 u) విలువను రసాయనిక శాస్త్రవేత్తలు ఉపయోగిస్తారు. కావున ఆవర్తన పట్టికలో ఉన్న పరమాణు ద్రవ్యరాశి విలువలు ఈవిధంగా కనుగొనబడిన సరాసరి పరమాణు ద్రవ్యరాశి విలువలే అని గమనించవలెను.

9.4.4 కేంద్రక పరిమాణము మరియు వాటి సాంద్రత: (Size and density of the nucleus)

ఆల్ఫా కణము విచ్ఛేదన ప్రయోగము వంటి వివిధ ప్రయోగాలను ఉపయోగించి కొన్ని పరమాణువులపై వేర్వేరు ప్రయోగాలు జరిపించబడినవి. వాటి నుండి, కేంద్రకం అనునది ఇంచుమించు గోళాకారంలో గలదని తెలియుచున్నది. మరియు ప్రయోగాల పద్ధతిలో $Z > 10$ గల కేంద్రకములకు వాటి వ్యాసార్ధము R అనునది

$$R = R_0 A^{\frac{1}{3}} \qquad (9.19)$$

అనే ప్రయోగాత్మక సూత్రం (Enrico Fermi) ద్వారా పొందబడుచున్నది. ఇచ్చట A అనునది కేంద్రక ద్రవ్యరాశి సంఖ్య మరియు $R_0 = 1.2$ F. ($1\ F = 1 \times 10^{-15}$m) ఇచ్చట F అనే ప్రమాణము ఎన్రికో ఫెర్మి అనే శాస్త్రవేత్త జ్ఞాపకార్థముగా ఇవ్వబడినది.

ఉదాహరణ 9.7

${}^{197}_{79}Au$ కేంద్రకం యొక్క వ్యాసార్ధమును లెక్కించుము.

సాధన

సమీకరణము – 9.19 ప్రకారం

$$R = 1.2\times 10^{-15}\times (197)^{\frac{1}{3}} = 6.97\times 10^{-15}m$$

లేదా $R = 6.97$ F

ఉదాహరణ 9.8

A ద్రవ్యరాశి సంఖ్య గల కేంద్రకం యొక్క సాంద్రతను కనుగొనుము.

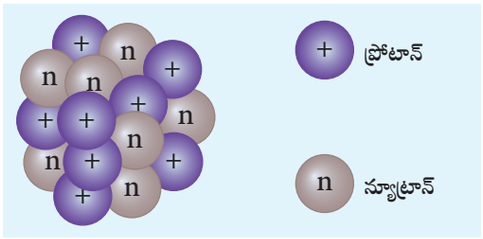
సాధన

సమీకరణము –9.19 ప్రకారం కేంద్రకం యొక్క వ్యాసార్ధమునకు సమీకరణం $R = R_0 A^{\frac{1}{3}}$ అయితే కేంద్రకం యొక్క ఘనపరిమాణం

$$V = \frac{4}{3}\neq R^3 = \frac{4}{3}\neq R_0^3 A$$

ప్రోటానులు, న్యూట్రానుల మధ్య గల ద్రవ్యరాశి భేదమును ఊహించదగినదిగా ఉంటే, ద్రవ్యరాశి సంఖ్య (A) గల కేంద్రకం యొక్క ద్రవ్యరాశి $A.m$, ఇచ్చట m అనునది ప్రోటాన్ ద్రవ్యరాశి = 1.6726×10^{-27} కి.గ్రా.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 179 10-03-2023 16:52:30



కేంద్రక సాంద్రత

$$\rho = \frac{\text{కేంద్రకద్రవ్యరాశి}}{\text{కేంద్రక ఘనపరిమాణం}} = \frac{A.m}{\frac{4}{3}\pi R_0^3 A} = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi R_0^3}$$

పై సమీకరణము నుండి కేంద్రక సాంద్రత అనునది ద్రవ్యరాశి సంఖ్యపై ఆధారపడలేదు అని తెలియుచున్నది. అనగా అన్ని కేంద్రకములు $(Z > 10)$ఒకే సాంద్రత పొందియున్నవి. ఇది కేంద్రకం యొక్క విశిష్ట ధర్మాలలో ఒకటి అగును.

సమీకరణములో గల గుర్తులకు విలువలను ప్రతిక్షేపించగా, కేంద్రక సాంద్రత విలువ

$$\rho = \frac{1.67\times10^{-27}}{\frac{4}{3}\pi\times(1.2\times10^{-15})^3} = 2.3\times10^{17}\,\text{kg m}^{-3}.$$

కేంద్రకంలో గల న్యూక్లియానులు చాలా బాధించబడిన స్థితిలో ఉన్నవి అని ఈ విలువ చూపించుచున్నది. మరియు ఈ సాంద్రత విలువను నీటి యొక్క సాంద్రతతో $(10^3\,\text{kg m}^{-3})$ పోల్చి చూడవలెను.

మీకు తెలుసా? ఒక టీ స్పూన్ కేంద్రక పదార్థం యొక్క ద్రవ్యరాశి అనునది సుమారు ట్రిలియన్ టన్నులకు సమానం అగును.

9.4.5 ద్రవ్యరాశి లోపము మరియు బంధన శక్తి (Mass defect and binding energy)

ఎటువంటి కేంద్రకముల ద్రవ్యరాశిఅయిననూ వాటి నందు గల విడివిడి కణముల ద్రవ్యరాశుల మొత్తము కంటే తక్కువగానే ఉన్నదని ప్రయోగాల ద్వారా కనుగొనబడినది. ఉదాహరణకు కార్బన్ - 12 కేంద్రకం అనునది 6 ప్రోటానులను, 6న్యూట్రానులను పొందియుండును.

6 న్యూట్రానుల ద్రవ్యరాశి = $6\times1.00866\,u = 6.05196\,u$

6 ప్రోటానుల ద్రవ్యరాశి $= 6\times1.00727\,u = 6.04362\,u$

6 ఎలక్ట్రానుల ద్రవ్యరాశి $= 6\times0.00055\,u = 0.0033\,u$

కావున కార్బన్ -12 కేంద్రకం యొక్క ఊహించిన ద్రవ్యరాశి = $6.05196\,u + 6.04362\,u = 12.09558\,u$

కాని, ద్రవ్యరాశి మాపకం ద్వారా కనుగొనబడిన కార్బన్ -12 పరమాణువు యొక్క ద్రవ్యరాశి =12 u. దీని నుండి 6 ఎలక్ట్రానుల ద్రవ్యరాశి $(0.0033\,u)$ని తీసివేసినప్పుడు కార్బన్ - 12 యొక్క కేంద్రక ద్రవ్యరాశి 11.9967 u. ఇచ్చట ప్రయోగ పద్ధతి ద్వారా కనుగొనబడిన కార్బన్-12 కేంద్రక ద్రవ్యరాశి అనునది అందులోని న్యూక్లియాన్ ద్రవ్యరాశుల మొత్తం కంటే $\Delta m = 0.09888\,u$ పరిమాణము తక్కువగా ఉండుటను గమనించవలెను. ఈ ద్రవ్యరాశి భేదము $\varnothing m$ అనునది ద్రవ్యరాశి లోపము లేదా ద్రవ్యరాశి నష్టము అనబడును. సాధారణముగా M, m_p మరియు m_n వంటి గుర్తులు వరుసగా ${}^{A}_{Z}X$ కేంద్రకం యొక్క ద్రవ్యరాశి, ప్రోటాన్ ద్రవ్యరాశి మరియు న్యూట్రాన్ ద్రవ్యరాశులను గుర్తించుచున్నది. అయితే ద్రవ్యరాశి లోపం,

$$\Delta m = \left(Zm_p + Nm_n\right) - M \qquad (9.20)$$

ఈ (Δm) ద్రవ్యరాశి ఎచ్చట కనబడకుండా పోయింది? ఈ ప్రశ్నకైన వివరణ ఐన్‌స్టీన్ ద్రవ్యరాశి-శక్తి సమీకరణము $(E = mc^2)$ ద్వారా ఇవ్వబడినది. ఈ సమీకరణం ప్రకారం ద్రవ్యరాశి శక్తిగాను, శక్తిని ద్రవ్యరాశిగాను మార్చవచ్చును. కార్బన్-12 కేంద్రకంలో 6 ప్రోటానులు, 6 న్యూట్రానులు కలిసి కార్బన్-12 కేంద్రకం ఏర్పడినప్పుడు, ఈ ద్రవ్యరాశి లోపముకు సమానమైన ద్రవ్యరాశి Δm కనిపించకుండా పోవును. అదే శక్తిగా వెలువడును. ఈ శక్తిని బంధన శక్తి (BE) అని అంటారు. ఇది $(\Delta m)c^2$ కు సమానమగును. వాస్తవానికి కార్బన్-12 కేంద్రకమును విడివిడి న్యూక్లియాన్‌లుగా విభజించుటకు ఈ బంధన శక్తికి సమానమైన శక్తిని మనము కలిగించవలెను.

బంధన శక్తి ఆధారంగా సమీకరణం 9.20ను క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చును.

$$BE = \left(Zm_p + Nm_n - M\right)c^2 \qquad (9.21)$$

కేంద్రక ద్రవ్యరాశికైన పరమాణు ద్రవ్యరాశిని ఉపయోగించడం అనుకూలముగా ఉన్నది. కావున

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 180 10-03-2023 16:52:35

సమీకరణం 9.21లో Z సంఖ్య గల ఎలక్ట్రానులు ద్రవ్యరాశిని కూడి మరియు తీసివేసినప్పుడు

$$BE = \left(Zm_p + Zm_e + Nm_n - M - Zm_e\right)c^2 \quad (9.22)$$

$$BE = \left[Z\left(m_p + m_e\right) + Nm_n - M - Zm_e\right]c^2$$

ఇచ్చట $m_p + m_e = m_H$ (హైడ్రోజన్ పరమాణువు యొక్క ద్రవ్యరాశి)

$$BE = \left[Zm_H + Nm_n - (M + Zm_e)\right]c^2 \quad (9.23)$$

ఇచ్చట $M + Zm_e = M_A$ అనగా M_A అనునది ${}^A_Z X$ మూలకం యొక్క పరమాణు ద్రవ్యరాశి అగును.

కావున పరమాణు ద్రవ్యరాశుల ఆధారంగా బంధన శక్తి

$$BE = \left[Zm_H + Nm_n - M_A\right]c^2 \quad (9.24)$$

గమనిక

ఐన్‌స్టీన్ యొక్క ద్రవ్యరాశి – శక్తి సమీకరణమును ఉపయోగించి ఒక పరమాణు ద్రవ్యరాశిప్రమాణమునకు సమానమైన శక్తి క్రింద ఇవ్వబడినది. $1u = 1.66\times10^{-27}\times(3\times10^8)^2$ $= 14.94\times10^{-11}J \approx 931MeV$ అగును.

ఉదాహరణ 9.9

క్రింది దత్తాంశములను ఉపయోగించి ${}^4_2He$ కేంద్రకం యొక్క బంధన శక్తిని కనుగొనుము. He పరమాణువు యొక్క పరమాణు ద్రవ్యరాశి, $M_A(He) = 4.00260\,u$ మరియు హైడ్రోజన్ పరమాణు ద్రవ్యరాశి $m_H = 1.00785\,u$..

సాధన:

బంధన శక్తి $BE = \left[Zm_H + Nm_n - M_A\right]c^2$

హీలియం పరమాణువుకు, $Z = 2, N = A - Z = 4 - 2 = 2$

ద్రవ్యరాశి లోపం

$$\Delta m = \left[\left(2\times1.00785\,u\right) + \left(2\times1.008665\,u\right) - 4.00260\,u\right]$$

$$\Delta m = 0.03043\,u$$

$$B.E = 0.03043u\times c^2$$

$$B.E = 0.03043\times931MeV = 28.33MeV$$

$\left[\because 1uc^2 = 931MeV\right]$

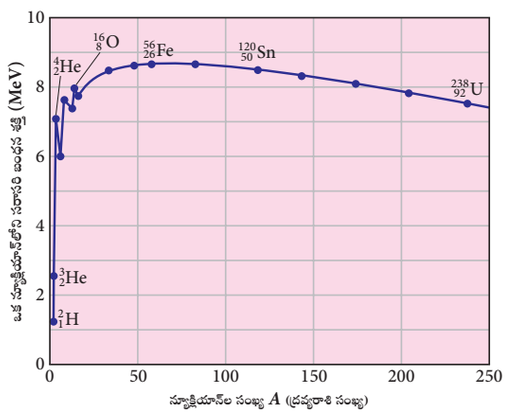
${}^4_2He$ కేంద్రకం యొక్క బంధన శక్తి 28.33 MeV.

9.4.6 బంధన శక్తి వక్రరేఖ (Binding energy curve)

ముందు విభాగంలో బంధన శక్తి యొక్క మూలము (origin)గురించి చర్చించాము. ఇప్పుడు న్యూక్లియాన్ యొక్క సరాసరి బంధన శక్తిని ($\overline{BE}$) కనుగొందాం.

$$\overline{BE} = \frac{\left[Zm_H + Nm_n - M_A\right]c^2}{A} \quad (9.25)$$

నిర్దిష్ట కేంద్రకము నుండి ఏక న్యూక్లియాన్ ను వేరు చేయడానికి కావలసిన సరాసరి శక్తిని ఆ న్యూక్లియాన్ యొక్క సరాసరి బంధన శక్తి అని అంటారు. తెలిసిన అన్నీ కేంద్రకముల ద్రవ్యరాశి సంఖ్య (A) విలువలను X – అక్షంలోనూ, వాటి $\overline{BE}$ విలువలను Y అక్షంలోనూ ఉంచి రేఖాచిత్రం గీసినప్పుడు, పటము 9.24 ఉన్నట్లు ఒక వక్రరేఖను మనం పొందుతాం.



పటము 9.24 న్యూక్లియాన్‌ల సరాసరి బంధన శక్తికి రేఖాచిత్రం

సరాసరి బంధన శక్తి వక్రరేఖకు సంబంధించిన కొన్ని ముఖ్య గమనికలు.

(1) ద్రవ్యరాశి సంఖ్య విలువ పెరిగేకొద్ది $\overline{BE}$ యొక్క విలువ పెరిగి, A = 56 56 (ఇనుము) పరమాణు కేంద్రకమునకు దాని గరిష్ఠ విలువను, అనగా 8.8 MeV ను పొంది దాని తరువాత మెల్లగా తగ్గుతుంది.

(2) ద్రవ్యరాశి సంఖ్య A = 40 నుండి 120 వరకు గల కేంద్రకములో ఒక న్యూక్లియాన్ బంధన శక్తి $\overline{BE}$ విలువ 8.5 MeV. మిగిలిన మూలకములతో పోల్చినప్పుడు ఈ మూలకం అధిక స్థిరత్వంగాను, రేడియోధార్మికత లేకుండును.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 181 10-03-2023 16:52:49

కొన్ని అధిక ద్రవ్యరాశి సంఖ్య గల మూలకాలకు $\overline{BE}$ యొక్క విలువ మెల్లగా తగ్గుతూ వచ్చును. యురేనియం యొక్క $\overline{BE}$ విలువ 7.6MeV. స్థిరతత్వం లేని ఇటువంటి మూలకాలు రేడియోధార్మిక ధర్మమును కలిగియుండును.

(3) A<28 గల రెండు తేలికైన కేంద్రకములను కలిపి A<56 గల ఒకే కేంద్రకముగా ఏర్పరచినప్పుడు పటము 9.24 ప్రకారం, తుది కేంద్రకం యొక్క $\overline{BE}$ విలువ తొలి కేంద్రకం యొక్క విలువ కంటే ఎక్కువగా ఉండుటను గమనించగలము. కావున రెండు తేలికైన మూలకాలను సమ్మేళనం (కలిపి) చేసి అందు మూలంగా ఒక మధ్య స్థితి A విలువ గల మూలక కేంద్రకమును ఏర్పరచినప్పుడు, ఎంతో శక్తి వెలువడును. ఇదే కేంద్రక సమ్మేళనం (nuclear fusion)అనే ప్రక్రియకు ఆధారంగాను, హైడ్రోజన్ బాంబ్ యొక్క తత్వంగాను ఉన్నది.

(4) బరువైన మూలకం యొక్క కేంద్రకమును విచ్ఛిత్తి (fission) చేసి రెండు లేదా అంతకు పైన మధ్య స్థితి A విలువ గల కేంద్రకాలను ఏర్పరచునపుడు చాలా ఎక్కువ శక్తి వెలువడును. ఇదే పరమాణు బాంబ్ తత్వంగాను ఉన్నది. నియంత్రణలేని కేంద్రక విచ్ఛిత్తి ఏర్పడినప్పుడు పరమాణు బాంబ్ నుండి భారీగా శక్తి వెలువడును.

ఉదాహరణ 9.10

^4_2He కేంద్రకం యొక్క ఒక న్యూక్లియాన్‌కైన బంధన శక్తిని కనుగొనుము.

సాధన:

ఉదాహరణ 9.9 నుండి ^4_2He ను BE ^4_2He =28.33 Mev

ఒక న్యూక్లియాన్‌కైన బంధన శక్తి = $\overline{B.E}$ = 28.33 MeV/4 $\simeq$ 7 MeV.

9.5 కేంద్రక బలం (NUCLEAR FORCE)

పరమాణు కేంద్రకాలు ప్రోటాన్లు మరియు న్యూట్రాన్లను కలిగి వుండును. స్థిర విద్యుత్ అధ్యాయం నుండి సజాతి ఆవేశాలు వికర్షించుకుంటాయి అని నేర్చుకొన్నాము. కేంద్రకంలో ఎలక్ట్రానులు కొన్ని ఫెర్మి ($10^{-15}m$)ల దూరంలో వేరుచేయబడినందున, అవి ఒకదానిపై ఒకటి బలమైన వికర్షణ బలాన్ని కలిగి ఉంటాయి. ఉదాహరణకు $10^{-15}m$ మీల దూరములో వేరుచేయబడినందున అవి ఒకదానిపై ఒకటి బలమైన వికర్షణ బలాన్ని కలిగి ఉంటాయి. ఉదాహరణకు $10^{-15}m$ దూరములో వేరుచేయబడిన రెండు ప్రోటాన్‌ల మధ్య గల స్థిర విద్యుత్ వికర్షణ బలము

$$F = k \times \frac{q^2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{\left(1.6 \times 10^{-19}\right)^2}{\left(10^{-15}\right)^2} \approx 230N$$

230 N ల బలము కలిగిన ప్రోటాన్ పొందు త్వరణము

$$a = \frac{F}{m} = \frac{230N}{1.67 \times 10^{-27} kg} \approx 1.4 \times 10^{29} m\,s^{-2}.$$

ఇది గురుత్వ త్వరణము కంటే దాదాపు 10^{28} రెట్లు అధికముగా ఉండును. కేంద్రకంలోని ప్రోటానులు కేవలం స్థిర విద్యుత్ బలాన్ని మాత్రమే కలిగి ఉంటే, కేంద్రకం తక్షణమే విడిపోతుంది. కేంద్రకంలో ప్రోటాన్‌లు ఎలా కలిసి ఉంటాయి?

ఈ పరిశీలన నుండి, వికర్షణ కూలూంబ్ బలాన్ని అధిగమించడానికి, దాని కన్నా అధిక బలమైన ఆకర్షణ బలము ప్రోటానుల మధ్య ఉండునని నిర్ధారించవచ్చును. కేంద్రక కణాలు కలిసి ఉండడానికి అవసరమైన ఈ ఆకర్షణ బలాన్ని బలమైన కేంద్రక బలము అందురు. 1930 మరియు 1950లలో జరిగిన అనేక ప్రయోగాల ద్వారా కేంద్రక బలాల ధర్మాలు గురించి తెలుసుకొనబడినవి. కేంద్రక బలాల కొన్ని ధర్మాలు క్రింద తెలుపబడినవి.

(i) కేంద్రక బలం చాలా స్వల్ప పరిధిలో ఉంటుంది. ఇది కొన్ని ఫెర్మీల దూరం వరకు మాత్రమే పనిచేస్తుంది. కానీ కేంద్రకం లోపల, రెండు ప్రోటాన్‌ల మధ్యగల కేంద్రక బలం కన్నా రెండు ప్రోటాన్‌ల మధ్యగల వికర్షణ కూలూంబ్ బలము లేదా విశ్వగురుత్వాకర్షణ బలం బలహీనంగా ఉంటుంది. అదేవిధంగా, రెండు న్యూట్రాన్‌ల మధ్య గల గురుత్వాకర్షణ బలము చాలా బలహీనముగా ఉండును. కావున ప్రకృతిలోనే కేంద్రక బలము బలమైన బలము అగును.

(ii) కేంద్రక బలము అనునది ఆకర్షణ బలము మరియు ప్రోటాన్–ప్రోటాన్, ప్రోటాన్–న్యూట్రాన్

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 182 10-03-2023 16:52:54

మరియు న్యూట్రాన్ –న్యూట్రాన్‌ల మధ్య సమాన బలంతో పనిచేయును.

(iii) ఎలక్ట్రానుల మీద కేంద్రక బలము పనిచేయదు. కావున పరమాణువు యొక్క రసాయనిక ధర్మాలను ఇది మార్చదు.

9.6 రేడియోధార్మికత (RADIOACTIVITY)

బంధన శక్తి వక్రంలో, $Z > 82$ గల కేంద్రకాల (పరమాణువులు) స్థిరత్వం తగ్గడం మొదలగును. మరియు ఈ కేంద్రకాలను అస్థిర కేంద్రకాలు అందురు. వాటిలో కొన్ని పరమాణు కేంద్రకాలు సహజముగా క్షయం చెంది, కొన్ని నిర్దిష్ట కణాలను ఉద్గారించడం మూలంగా స్థిరమైన కేంద్రకాన్ని ఏర్పరచును. పరమాణు సంఖ్య $Z > 82$ గల మూలకాలు మరియు తేలిక కేంద్రకం యొక్క ఐసోటోపులు సహజంగా లభ్యమగు రేడియోధార్మిక కేంద్రకాలు అగును. ఈ ప్రతి ఒక్క రేడియోధార్మిక కేంద్రకాలు ${}_2^4He$ కేంద్రకాన్ని ($\alpha-$ క్షయం) లేదా ఎలక్ట్రాన్ లేదా పాజిట్రాన్ ($\beta-$ క్షయం) లేదా గామా కిరణాలు ($\gamma-$ క్షయం) ని ఉద్గారం చేయడం ద్వారా మరొక కేంద్రకంగా క్షయం చెందును.

ఒక మూలకం నుండి అత్యంత చొచ్చుకొనిపోయే సామర్థ్యం కలిగిన వికిరణాలు అయిన **α, β** మరియు **γ** వికిరణాలను స్వచ్ఛందంగా **(spontaneous)** ఉద్గారించు దృగ్విషయాన్ని "రేడియోధార్మికత" అందురు. ఈ వికిరణాలను ఉద్గారించు పదార్థాలను రేడియోధార్మిక మూలకాలు అందురు. ఈ రేడియోధార్మిక మూలకాలు భార మూలకాలు ($Z > 82$), తేలిక మరియు భార మూలకాల యొక్క ఐసోటోపులు అగును. వీటిని రేడియోధార్మిక ఐసోటోపులు అని అంటారు. ఉదాహరణకి కార్బన్ యొక్క ఐసోటోపు అయిన ${}_6^{14}C$ రేడియోధార్మిక స్వభావాన్ని కలిగి ఉండును. కానీ ${}_6^{12}C$ ఆ స్వభావాన్ని కలిగి ఉండదు. కార్బన్ డేటింగ్, క్యాన్సర్ చికిత్స మొదలగు పలు రకాల అనువర్తనాలలో రేడియోధార్మిక ఐసోటోపులు ఉపయోగపడుచున్నవి. ఒక రేడియోధార్మిక కేంద్రకం క్షయం చెందినప్పుడు వ్యవస్థ యొక్క ద్రవ్యరాశి తగ్గును. అనగా, క్షయానికి ముందు గల పరమాణు కేంద్రకం ద్రవ్యరాశి, క్రియాజన్య (తుది) కేంద్రకం మరియు ఉద్గార కణాల ద్రవ్యరాశుల మొత్తం కన్నా ఎక్కువ (అధికము)గా ఉంటుంది. ద్రవ్యరాశిలోని ఈ మార్పు Δm ఐన్‌స్టీన్ $E = |\Delta m| c^2$ సమీకరణం ప్రకారం శక్తిగా మారుతున్నది.

1896 వ సంవత్సరంలో హెన్రీ బెక్వరల్ అనే శాస్త్రవేత్త మొట్టమొదటిసారిగా రేడియోధార్మికత దృగ్విషయాన్ని కనుగొన్నారు. ఆ తర్వాత మేరీ క్యూరీ మరియు ఈమె భర్త పియరీ క్యూరీలు రేడియోధార్మికత దృగ్విషయాన్ని వివరంగా అర్థం చేసుకొనుటకు అనేక ప్రయోగాలు చేశారు. భారతదేశంలో సాహా ఇన్‌స్టిట్యూట్ ఆఫ్ న్యూక్లియర్ ఫిజిక్స్ (SINP), కలకత్తా అనునది అణు భౌతికశాస్త్రంలో క్రియాశీల పరిశోధనలు కొనసాగించే ప్రధాన సంస్థ.

గమనిక

అణు భౌతికశాస్త్ర పరిశోధన యొక్క ప్రారంభ రోజులలో, రేడియేషన్ (వికిరణము) అనే పదం రేడియోధార్మిక కేంద్రకం నుండి వెలువడే వాటిని సూచించడానికి ఉపయోగించబడినది. **α** కిరణాలు నిజానికి ${}_2^4He$ పరమాణు కేంద్రకాలు మరియు **β** కిరణాలు ఎలక్ట్రాన్లు లేదా పాజిట్రాన్‌లు అని ఇప్పుడు మనకు తెలుసు. ఖచ్చితముగా అవి విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు కావు. **γ** కిరణాలు మాత్రమే విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు అగును.

9.6.1 ఆల్ఫా క్షయం (Alpha decay)

అస్థిర కేంద్రకం α- కణాలను (${}_2^4He$ కేంద్రకం) ఉద్గారం చేయడం చేత క్షయం చెందును. ఇది రెండు ప్రోటాన్‌లను మరియు రెండు న్యూట్రాన్‌లను కోల్పోవును. దీని ఫలితంగా దీని పరమాణు సంఖ్య Z విలువ రెండు గాను, ద్రవ్యరాశి సంఖ్య A విలువ 4గాను తగ్గును. α క్షయాన్ని సాంకేతికముగా క్రింది విధముగా తెలియజేయవచ్చును.

$$ {}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4}Y + {}_2^4He \qquad (9.26) $$

ఇక్కడ X ని మాతృ కేంద్రకం మరియు Y ని పిల్ల కేంద్రకం అని పిలుస్తారు.

ఉదాహరణ: ${}_2^4He$ పరమాణు కేంద్రకం (α-కణం) ని ఉద్గారం చేయడం చేత యురేనియం ${}_{92}^{238}U$, థోరియం ${}_{90}^{234}Th$ గా క్షయమగును.

$$ {}_{92}^{238}U \rightarrow {}_{90}^{234}Th + {}_2^4He $$

ముందుగా సూచించిన విధంగా మాతృ కేంద్రకం మరియు ${}_2^4He$ పరమాణు కేంద్రకాల మొత్తం ద్రవ్యరాశి పిల్ల కేంద్రకం ద్రవ్యరాశి కన్నా తక్కువగా ఉండును. ఈ

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 183 10-03-2023 16:53:04

ద్రవ్యరాశి భేదం ($\Delta m = m_X - m_Y - m_\alpha$) శక్తిగా వెలువడును. ఈ శక్తిని విఘటన శక్తి అంటారు.

$$Q = \left(m_X - m_Y - m_\alpha\right)c^2 \qquad (9.27)$$

స్వచ్ఛంద క్షయానికి (సహజ రేడియోధార్మికత) $Q > 0$ అని గమనించవలెను. α- క్షయం ప్రక్రియలో విఘటన శక్తి ఖచ్చితంగా ధనాత్మకం ($Q > 0$) అగును. నిజానికి, విఘటన శక్తి Q అనునది క్షయం ప్రక్రియలో పొందు నికర గతిజశక్తి లేదా ముందు మాతృ పరమాణు కేంద్రకం విరామ స్థితిలో ఉన్నప్పుడు Q అనునది పిల్ల పరమాణు కేంద్రకం మరియు ^4_2He పరమాణు కేంద్రకాల మొత్తం గతిజశక్తికి సమానమగును. $Q < 0$ అయిన, క్షయం ప్రక్రియ ఆకస్మికంగా సంభవించదు మరియు క్షయాన్ని ప్రేరేపించుటకు శక్తిని సరఫరా చేయవలెను.

గమనిక

అల్ఫా క్షయంలో అస్థిర కేంద్రకం ఎందుకు ^4_2He పరమాణు కేంద్రకాన్ని ఉద్గారించును? ఇది ఎందుకు నాలుగు వేర్వేరు న్యూక్లియాన్‌లను ఉద్గారించడం లేదు? ఎందుకనగా ^4_2He రెండు ప్రోటాన్లను మరియు రెండు న్యూట్రాన్‌లను కలిగి ఉండును. ఉదాహరణకి $^{234}_{90}Th$ పరిమాణు కేంద్రక మనునది 4 వేర్వేరు న్యూక్లియాన్‌లను (రెండు ప్రోటాన్‌లు మరియు రెండు న్యూట్రాన్‌లు) ఉద్గారించడం వలన $^{234}_{90}Th$ పరమాణు కేంద్రకం గా క్షయమగును. ఈ ప్రక్రియలో విఘటన శక్తి Q ఋణాత్మకముగా మారును. దీని నుండి α క్షీణత తర్వాత ఏర్పడు క్రియాజన్యాల యొక్క మొత్తం ద్రవ్యరాశి అనునది జనక కేంద్రకం $^{238}_{92}U$ యొక్క ద్రవ్యరాశి కన్నా అధికముగా ఉండునని ఇది సూచించును. శక్తినిత్యత్వ నియమాన్ని ఇది ఉల్లంఘించడం వల్ల ఈ విధమైన ప్రక్రియ ప్రకృతిలో సంభవించదు. ప్రతి క్షయం ప్రక్రియ శక్తి నిత్యత్వ నియమం, రేఖీయ ద్రవ్యవేగ నిత్యత్వ నియమము మరియు కోణీయ ద్రవ్యవేగ నిత్యత్వ నియమములను పాటించవలెను.

ఉదాహరణ 9.11

(అ) విరామ స్థితిలో ఉన్న $^{232}_{92}U$ పరమాణు కేంద్రకం α- కణాన్ని ఉద్గారించడం వలన $^{228}_{90}Th$ పరమాణు కేంద్రకంగా క్షయం చేయబడు ప్రక్రియలో విఘటన శక్తిని లెక్కించుము. పరమాణు ద్రవ్యరాశులు $^{232}_{92}U = 232.037156u$, $^{228}_{90}Th = 228.028741u$. మరియు $^4_2He = 4.002603u$

(ఆ) $^{228}_{90}Th$ మరియు α- కణం మొదలగు వాని గతిజశక్తులను మరియు వాటి నిష్పత్తిని లెక్కించుము.

సాధన

అ) ద్రవ్యరాశి భేదము $\Delta m = \left(m_U - m_{Th} - m_\alpha\right)$

$= (232.037156 - 228.028741 - 4.002603)\text{u}$

ఈ క్షయం జరుగునపుడు ఏర్పడు ద్రవ్యరాశి నష్టము $= 0.005812$ u

$\text{u} = 931\text{MeV}$, అందువల్ల విడుదలకు శక్తి Q అనునది

$$Q = (0.005812u) \times (931MeV/u)$$
$$= 5.41\,MeV$$

ఈ విఘటన శక్తి Q అనునది α కణం మరియు పిల్ల కేంద్రకం మొదలగు వాని గతిజశక్తిగా కనబడును.

ఆ) ఏ ఒక్క క్షయం ప్రక్రియలో మొత్తం రేఖీయ ద్రవ్యవేగము నిత్యత్వమగును.

మాతృ కేంద్రకం యొక్క మొత్తం రేఖీయ ద్రవ్యవేగం = పిల్ల మరియు α కణం యొక్క మొత్తం రేఖీయ ద్రవ్యవేగము.

క్షయానికి ముందు, యురేనియం కేంద్రకం విరామ స్థితిలో ఉండడం వలన దీని ద్రవ్యవేగము శూన్యమగును.

ద్రవ్యవేగ నిత్యత్వ నియమం ప్రకారం

$$0 = m_{Th}\vec{v}_{Th} + m_\alpha\vec{v}_\alpha$$

$$m_\alpha\vec{v}_\alpha = -m_{Th}\vec{v}_{Th}$$

α కణము, పిల్ల కేంద్రకము వ్యతిరేక దిశలో కదులును (ప్రయాణించును) అని ఇది తెలుపును.

$$m_\alpha v_\alpha = m_{Th}v_{Th}$$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 184 10-03-2023 16:53:14

α కణం యొక్క వేగము $\upsilon_\alpha = \frac{m_{Th}}{m_\alpha}\upsilon_{Th}$

ఇక్కడ $m_{Th} > m_\alpha$, $\upsilon_\alpha > \upsilon_{Th}$.

α కణం మరియు పిల్ల కేంద్రకానికి మధ్యగల గతిజశక్తుల నిష్పత్తి,

$$\frac{K.E_\alpha}{K.E_{Th}} = \frac{\frac{1}{2}m_\alpha \upsilon^2{}_\alpha}{\frac{1}{2}m_{Th}\upsilon^2{}_{Th}}$$

పై సమీకరణములో υ_α విలువని ప్రతిక్షేపించగా

$$\frac{K.E_\alpha}{K.E_{Th}} = \frac{m_{Th}}{m_\alpha} = \frac{228.028741}{4.002603} = 57$$

α కణం యొక్క గతిజశక్తి పిల్ల కేంద్రకం యొక్క ($^{228}_{90}Th$) గతిజ శక్తి కన్నా 57 రెట్లు అధికముగా ఉన్నది.

విఘటన శక్తి Q = పరమాణువుల (పదార్థాల) మొత్తం గతిజశక్తి

$$K.E_\alpha + K.E_{Th} = 5.41\,MeV$$

$$57K.E_{Th} + K.E_{Th} = 5.41MeV$$

$$K.E_{Th} = \frac{5.41}{58}\,MeV = 0.093MeV$$

$$K.E_\alpha = 57K.E_{Th} = 57 \times 0.093 = 5.301\,MeV$$

మొత్తం గతిజశక్తిలో దాదాపుగా 98% గతిజ శక్తిని α కణం తీసుకొనును.

9.6.2 బీటా క్షయం (Beta decay)

బీటా క్షయం రేడియోధార్మిక కేంద్రకం ఒక ఎలక్ట్రాన్ లేదా ఒక పాజిట్రాన్‌ను ఉద్గారించును. ఎలక్ట్రాన్ (e^-) విడుదలయితే β^- క్షయం అని, పాజిట్రాన్ (e^+) విడుదలైతే β^+ క్షయం అని పిలుస్తారు. పాసిట్రాన్ అనునది ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశిని మరియు $+e$ ఆవేశము కలిగిన ఎలక్ట్రాన్ యొక్క ప్రతి కణం అగును. పాజిట్రాన్ మరియు ఎలక్ట్రాన్ రెండిటిని బీటా కణాలుగా పరిగణించవచ్చు.

β^- క్షయం:

β^- క్షయంలో పరమాణు కేంద్రకం యొక్క పరమాణు సంఖ్య ఒకటి పెరుగును అయితే ద్రవ్యరాశి సంఖ్య మారదు. ఈ క్షయాన్ని క్రింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + e^- + \bar{\nu} \qquad (9.28)$$

దీని నుండి పరమాణు కేంద్రకం X అనునది ఒక ఎలక్ట్రాన్ మరియు ప్రతి న్యూట్రినోని విడుదల చేసి Y గా మారును. అనగా ప్రతి β^- క్షయంలో పరమాణు కేంద్రకం X లో కల న్యూట్రాన్ ఒకటి ఒక ఎలక్ట్రాన్ (e^-) మరియు ఒక న్యూట్రినోని విడుదల చేయడం వల్ల ప్రోటాన్‌గా పరివర్తనం చెందుతుంది.

$$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$$

ఇక్కడ p - ప్రోటాన్, $\bar{\nu}$ – ప్రతి న్యూట్రినో

ఉదాహరణ: β^- క్షయం ద్వారా కార్బన్ ($^{14}_6C$) అనునది నైట్రోజన్ ($^{14}_7N$)గా మారును.

$$^{14}_6C \rightarrow {}^{14}_7N + e^- + \bar{\nu}$$

β^+ క్షయం:

β^+ క్షయంలో, పరమాణు కేంద్రకం యొక్క పరమాణు సంఖ్య ఒకటి తగ్గును మరియు ద్రవ్యరాశి సంఖ్య మారదు (మార్పు ఉండదు). ఈ క్షయాన్ని క్రింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z-1}Y + e^+ + \nu \qquad (9.29)$$

దీని నుండి పరమాణు కేంద్రకం (మూలకము) X అనునది ఒక పాజిట్రాన్ మరియు న్యూట్రినో (ν)ని విడుదల చేసి Y గా మారును. అనగా ప్రతి β^+క్షయంలో, పరమాణు కేంద్రకంలో గల ప్రోటాన్ ఒక న్యూట్రాన్, పాజిట్రాన్ (e^+) మరియు న్యూట్రినోగా మారును.

$$p \rightarrow n + e^+ + \nu$$

ఉదాహరణ: β^+ క్షయం ద్వారా సోడియం ($^{22}_{11}Na$) అనునది నియాన్ ($^{22}_{10}Ne$)గా మారును (పరివర్తనము చెందును)

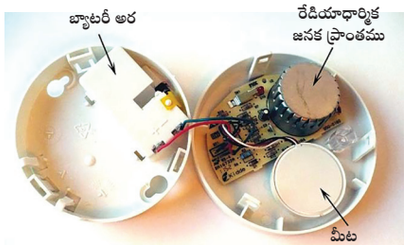
$$^{22}_{11}Na \rightarrow {}^{22}_{10}Ne + e^+ + \nu$$

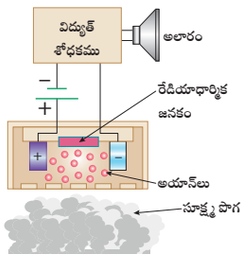
అయితే ఒక ఏకైక ప్రోటాన్ (కేంద్రకం లోపల కాదు) శక్తి నిత్యత్వ నియమం ఆధారంగా β^+ క్షయాన్ని ప్రదర్శించదు. ఎందుకనగా న్యూట్రాన్ ద్రవ్యరాశి, పోట్రాన్ ప్రదవ్యరాశి కన్నా ఎక్కువగా ఉండును. కానీ

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 185 10-03-2023 16:53:23

మీకు తెలుసా? ఆల్ఫా క్షయం యొక్క ఆసక్తికరమైన అనువర్తనం అగ్ని ప్రమాదాలను నిరోధించే పొగ శోధనలు (smoke detectors)







పొగ శోధకాలలో సుమారు 0.2 mg కొలత గల అమెరీషియం ($^{241}_{95}Am$) అను కృత్రిమ బలహీన రేడియోధార్మిక ఐసోటోపును ఉపయోగిస్తారు. వ్యతిరేక ఆవేశం గల రెండు లోహపు పలకల మధ్య ఈ రేడియోధార్మిక జనకం ఉపయోగించబడుతుంది. పలకల మధ్యలో గాలిలో గల నైట్రోజన్, ఆక్సిజన్ అణువులు $^{241}_{95}Am$ నుండి వెలువడు α రేడియో వికిరణముల వల్ల నిరంతరం అయనీకరణం చేయబడును. దీని ఫలితంగా (తక్కువ) అల్ప స్థిర విద్యుత్ ప్రవాహం నిరంతరం విద్యుత్ వలయంలో ప్రవహించును. ఈ స్థితిలో పొగ ప్రవేశించినట్లైతే గాలి అణువులకి బదులుగా పొగ కణాల వల్ల రేడియోధార్మికత (Radiation) శోషించబడును. ఫలితంగా తక్కువ కొలతలో అయనీకరణము జరగడం వల్ల ఉత్పత్తి అగు విద్యుత్ ప్రవాహం తక్కువగును. విద్యుచ్ఛక్తిలోని ఈ పాతం (Drop) విద్యుత్ వలయం వల్ల శోధించబడును మరియు అలారం (Alarm) కొట్టడం ప్రారంభమగును.

అమెరీషియం వల్ల ఉద్గారించబడు రేడియేషన్ మోతాదు సురక్షిత స్థాయి కన్నా చాలా తక్కువగా ఉండడం వల్ల, దీనిని హాని చేయని పదార్థంగా పరిగణించవచ్చు.

ఏకైక న్యూట్రాన్ (కేంద్రకము లోపలను కాకుండా) β^- క్షయాన్ని ప్రదర్శిస్తుంది

β క్షయము జరుగునపుడు పరమాణు కేంద్రకం నుండి విడుదలగు ఎలక్ట్రాన్ లేదా పాజిట్రాన్ పరమాణు కేంద్రకం లోపల ఉండదు అని తెలుసుకొనుట ఆవశ్యం. అయితే పరమాణు కేంద్రకం లోపలే న్యూట్రాన్ ప్రోటాన్‌గానో లేదా ప్రోటాన్ న్యూట్రాన్‌గానో మారి విడుదల అగును.

న్యూట్రినో (Neutrino):

ప్రారంభంలో, మాతృ పరమాణు కేంద్రకంలో గల న్యూట్రాన్ ఎలక్ట్రాన్‌ను ఉద్గారించుట వలన పిల్ల పరమాణు కేంద్రకంగా మారునని భావించబడినది.

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + e^- \qquad (9.30)$$

కాని పరమాణు కేంద్రకం నుండి విడుదలగు ఎలక్ట్రాన్ యొక్క గతిజశక్తి విలువ ప్రయోగపూర్వక ఫలితములతో ఏకీభవించలేదు. ఆల్ఫా క్షయంలో, ఆల్ఫా కణాలు కొన్ని నిర్దిష్ట అనుమతించబడిన వివిక్త (discrete) శక్తులను మాత్రమే పొంది ఉండును. కానీ బీటా క్షయంలో, బీటా కణాలు (ఎలక్ట్రాన్‌లు) నిరంతర పరిధిలో శక్తి విలువలను పొంది ఉండును. శక్తి నిత్యత్వ నియమము మరియు ద్రవ్యవేగ నిత్యత్వ నియమము ప్రకారం ఎలక్ట్రాన్ శక్తి మరియు పునఃస్థితిక పిల్ల కేంద్రకం Y అనునవి నిర్దిష్ట ఏకాంక (ఏకైక) విలువలను ఇచ్చును. శక్తి నిత్యత్వ నియము, ద్రవ్యవేగ నిత్యత్వ నియములు ఇక్కడ ఉల్లంఘించబడినట్లుగా తెలియుచున్నది. మరియు బీటా కణాల యొక్క శక్తి ఎందుకు అవిచ్ఛిన్న (నిరంతర) పరిధి విలువలను కలిగి ఉన్నది అని వివరించబడ లేదు. అందువల్ల బీటా క్షయమనునది కొన్ని సంవత్సరాలుగా ఒక అంతుచిక్కని సమస్యగానే ఉండిపోయినది.

వదిలివేయబడిన శక్తి మరియు ద్రవ్యవేగములను వివరించుటకు బీటా క్షయంలో ఉద్గారమయ్యే మూడవదిగా మరొక కణం ఉండాలి అని సైద్ధాంతిక మరియు ప్రయోగాల ద్వారా W. పౌలీ (W. Pauli) 1931 వ సంవత్సరంలో ప్రతిపాదించెను. అతి చిన్న (అత్యల్ప) ద్రవ్యరాశి గల మరియు ఎటువంటి ఆవేశము లేకుండా తటస్థంగా ఉండు ఈ కణానికి న్యూట్రినో (చిన్న తటస్థం ఒకటి) అని ఫెర్మీ పేరుపెట్టారు. కొన్ని సంవత్సరాల వరకు న్యూట్రినో (ν అనునది గ్రీకు సంకేతం, దీనిని nu (న్యూ) అని పిలుస్తారు). సిద్ధాంతికంగా తప్ప ప్రయోగాత్మకంగా నిరూపించ బడలేదు. చివరకు 1956 వ సంవత్సరంలో ఫ్రెడరిక్ రియన్స్ మరియు క్లైడ్ కోవిన్‌లు ప్రయోగపూర్వకంగా

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 186 10-03-2023 16:53:28

న్యూట్రినోని కనుగొన్నారు. ఈ ఆవిష్కరణకుగాను 1995 వ సంవత్సరంలో రియిన్స్ భౌతిక శాస్త్రంలో నోబెల్ బహుమతిని అందుకున్నారు.

న్యూట్రినో క్రింది ధర్మాలను కలిగి ఉండును.

- ఇది శూన్య ఆవేశమును కలిగి ఉండును.
- ఇది ప్రతి న్యూట్రినో అనే ప్రతి కణాలను కలిగి ఉండును. న్యూట్రినో అనునది అతి తక్కువ ద్రవ్యరాశిని కలిగి ఉండును అని ఇటీవలి ప్రయోగాలు తెలిపాయి.
- ఇవి వివిధ పదార్థాలతో చాలా తక్కువగా పరస్పర చర్య జరుపును. కావున దీనిని శోధించడం చాలా కఠినం నిజానికి, ప్రతి సెకనుకి సూర్యుని నుండి వచ్చే ట్రిలియన్‌ల న్యూట్రినోలు పరస్పర చర్యలకు గురి కాకుండా శరీరం గుండా వెళ్ళును.

9.6.3 గామా ఉద్గారం (Gamma emission)

α మరియు β క్షయంలో పిల్ల పరమాణు కేంద్రకం ఎక్కువ కాలము ఉత్తేజిత స్థితిలో ఉండును. ఉత్తేజిత స్థాయిలో సాధారణ జీవిత కాలము సుమారు 10^{-11}s ఉండును. కావున ఉత్తేజిత స్థాయిలో పరమాణువు, γ కిరణము అనబడే ఎక్కువ శక్తి గల ప్రోటాన్లను వెలువరించి భూ స్థాయి లేదా తక్కువ స్థాయికి వచ్చును. నిజానికి ఉత్తేజిత స్థాయి నుండి భూ స్థాయికి వచ్చే పరమాణువుల నుండి వెలువడే ప్రోటాన్ల శక్తి కొన్ని ఎలక్ట్రాన్ ఓల్ట్ (eV) విలువను పొంది ఉండును. కానీ ఉత్తేజిత స్థాయిలో ఉన్న పరమాణువులు భూ స్థాయికి వచ్చినప్పుడు మిలియన్ ఎలక్ట్రాన్ వోల్ట్ (MeV) విలువగల ఎక్కువ శక్తి గల ప్రోటాన్లను వెలువరించును. గామా ఉద్గారమును క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

$$ {}^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}X + (\text{గామా } \gamma) \text{ కిరణాలు} \qquad (9.31) $$

ఇక్కడ యాస్టిక్ (*) గుర్తు ఉత్తేజిత స్థాయిలో ఉన్న పరమాణు కేంద్రకాన్ని సూచిస్తుంది. γ ఉద్గారంలో పరమాణు కేంద్రకం యొక్క ద్రవ్యరాశి సంఖ్య మరియు పరమాణు సంఖ్యలో ఎటువంటి మార్పు ఉండదు.

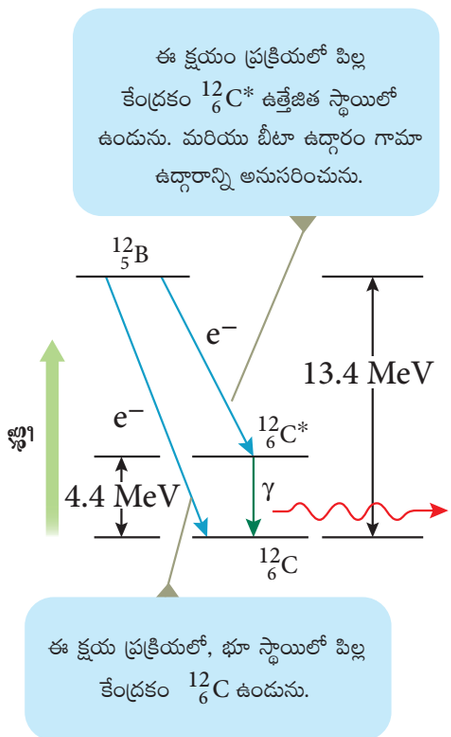
పటము 9.25లో చూపినట్లు బోరాన్ ($^{12}_{5}B$) పరమాణువులో β ఉద్గారం క్రింది రెండు విధాలుగా జరుగును.

(1) 13.4 MeV గరిష్ట శక్తి గల ఎలక్ట్రాన్ వెలువడుట ద్వారా బోరాన్ β ఉద్గారం చెంది భూ స్థాయిలో కార్బన్ గా ($^{12}_{6}C$) మారును.

(2) 9.0 MeV గరిష్ట శక్తి గల ఎలక్ట్రాన్‌ను వెలువరచుట ద్వారా అది ఉత్తేజిత స్థాయిలో కార్బన్‌గా ($^{12}_{6}C^{*}$) మారును. తరువాత 4.4 MeV శక్తి గల ప్రోటాన్లు వెలువరిచి భూ స్థాయికి వచ్చును. దీనిని క్రింది విధంగా సూచించవచ్చు.

$$ {}^{12}_{5}B \rightarrow {}^{12}_{6}C + e^{-} + \bar{\nu} $$

$$ {}^{12}_{6}C^{*} \rightarrow {}^{12}_{6}C + \gamma $$



పటము 9.25 గామా ఉద్గారం

9.6.4 రేడియోధార్మిక విఘటన నియమం (Law of radioactive decay)

మునుపటి భాగంలో ఒక ఏకైక రేడియోధార్మిక కేంద్రకం యొక్క క్షయం ప్రక్రియ గురించి చర్చించడమైనది. క్రియా రూపంలో చాలా పెద్ద మొత్తంలో రేడియోధార్మిక నమూనా పదార్థాలు, అత్యధిక సంఖ్యలో రేడియోధార్మికత పరమాణు కేంద్రకాలను కలిగి ఉన్నవి. మరలా నమూనా పదార్థంలో గల అన్ని రేడియోధార్మిక పరమాణు కేంద్రకాలు ఒకే సమయంలో క్షయం చెందడం లేదు అని తెలుసుకోవాలి. ఇది కొంతకాలానికి క్షీణిస్తుంది మరియు ఈ క్షీణత ప్రాథమికంగా యాదృచ్ఛిక

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 187 10-03-2023 16:53:32

ప్రక్రియ. దీని నుండి మనము ఏ కేంద్రకం క్షయం చెందును అని అంచనా వేయలేము లేదా కానీ దీని బదులుగా సంభావ్యత ఆధారంగా (నాణెమును ఎగుర వేయడం) నిర్ణయించవచ్చు. నిర్దిష్ట కాలంలో నమూనా పదార్థంలోని ఎన్ని కేంద్రకాలు క్షయానికి గురయ్యాయి అని సుమారుగా లెక్కించవచ్చు.

ఏ సమయములోనైనా ఏకాంక కాలంలో క్షయం (విఘటనం) చెందు పరమాణు కేంద్రకాల సంఖ్య $\left(\frac{dN}{dt}\right)$, ఆ సమయంలో నమూనా పదార్థంలోని మొత్తం పరమాణు కేంద్రకాల సంఖ్య (N) కు అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.

అనగా $\frac{dN}{dt} \propto -N$

అనుపాత స్థిరాంకాన్ని పరిచయం చేయడం వల్ల ఈ సంబంధాన్ని క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N \qquad (9.32)$$

ఇక్కడ అనుపాత స్థిరాంకం λ ని విఘటన స్థిరాంకం లేదా క్షయ స్థిరాంకం అందురు. వేర్వేరు రేడియోధార్మిక నమూనా పదార్థాలకి λ యొక్క విలువ వేర్వేరుగా ఉంటుంది మరియు ఈ సమీకరణంలో వచ్చు ఋణాత్మక గుర్తు కాలముతో పాటు N విలువ తగ్గుటను సూచిస్తుంది. సమీకరణం (9.32) ని మార్చి వ్రాయగా

$$dN = -\lambda N dt \qquad (9.33)$$

ఇక్కడ dN అనునది dt కాల అంతరంలో క్షయం చెందు రేడియోధార్మిక పరమాణు కేంద్రకాల సంఖ్యను సూచిస్తుంది.

$t = 0$ కాలము (ఆరంభ కాలం) లో రేడియోధార్మిక నమూనా పదార్థంలో గల పరమాణు కేంద్రకాలు సంఖ్య N_0 అనుకొనుము. సమీకరణం 9.33ని సమాకలనము చేయగా ఏ ఒక్క కాలములో గల క్షయం చెందని పరమాణు కేంద్రకాల సంఖ్య (N) ని లెక్కించవచ్చును.

సమీకరణం 9.33 నుండి

$$\frac{dN}{N} = -\lambda\, dt \qquad (9.34)$$

$$\int_{N_0}^{N} \frac{dN}{N} = -\int_{0}^{t} \lambda\, dt$$

$$\left[\ln N\right]_{N_0}^{N} = -\lambda t$$

$$\ln\left[\frac{N}{N_0}\right] = -\lambda t$$

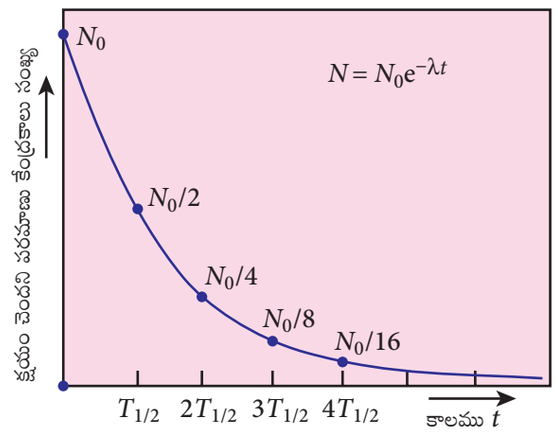
ఇరువైపులా ఘాతాంకం (exponentials) తీసుకోగా

$$N = N_0\, e^{-\lambda t} \qquad (9.35)$$

[గమనిక: $e^{\ln x} = e^{y} \Rightarrow x = e^{y}$]

సమీకరణం 9.35ని రేడియోధార్మిక క్షయం నియమం అని అందురు. ఇక్కడ N అనునది t కాలము (సమయము) తర్వాత క్షయం చెందని పరమాణు కేంద్రకాల సంఖ్య అగును. మరియు N_0 అనునది ప్రారంభ కాలము ($t=0$) లో గల పరమాణు కేంద్రకాల సంఖ్య అగును. ఎక్కువ సమయం అగు కొలదీ (సమయం గడిచిన కొద్ది) పరమాణు కేంద్రకాల సంఖ్య ఘాతాంకం రూపం పద్ధతిలో తగ్గును అని ఈ సమీకరణం నుండి మనము తెలుసుకొనవచ్చును. అన్ని రేడియోధార్మిక (పదార్థాలకి) పరమాణు కేంద్రకాలు క్షయం చెందడానికి తీసుకొను కాలము అనంతముగా ఉండునని ఇది సూచిస్తుంది.

సమీకరణము 9.35 అనునది పటము 9.26 లో మాదిరిగా గీయబడినవి.



పటము 9.26 రేడియోధార్మిక క్షయం నియమం

క్రియాశీలత (activity) లేదా క్షయం రేటు (R) అనే మరొక ఉపయోగకరమైన రాశిని మనం నిర్వచించవచ్చు. అనగా ఒక సెకనులో క్షయం చెందు పరమాణు కేంద్రకాల సంఖ్యని క్రియాశీలత లేదా క్షయంరేటు (R) అందురు. దీనిని $R = \left|\frac{dN}{dt}\right|$ చేత సూచిస్తారు. క్రియాశీలత R అనునది ఒక ధనాత్మక రాశి.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 188 10-03-2023 16:53:36

సమీకరణం 9.35 నుండి

$$R = \left|\frac{dN}{dt}\right| = \lambda N_0 e^{-\lambda t} \qquad (9.36)$$

$$R = R_0 e^{-\lambda t} \qquad (9.37)$$

ఇక్కడ $R_0 = \lambda N_0$

సమీకరణం 9.37 అనునది రేడియోధార్మిక క్షయం నియమానికి తుల్యమైనది. ఇక్కడ R_0 అనునది $t=0$ వద్ద నమూనా యొక్క క్రియాశీలత అగును. మరియు R అనునది నిర్దిష్ట కాలం t వద్ద క్రియాశీలత లేదా క్షయం రేటు అగును. సమీకరణం 9.37 నుండి క్రియాశీలత అనునది ఘాతాంక క్షయం స్వభావాన్ని కలిగి ఉండును. ఏ కాలము t లో నైనా క్షయం చెందకుండా ఉండు పరమాణు కేంద్రకాల సంఖ్యని ఉపయోగించి క్రియాశీలతని వ్యక్తపరచవచ్చు.

సమీకరణం 9.37 లో $N = N_0 e^{-\lambda t}$ ని ప్రతిక్షేపించగా

$$R = \lambda N \qquad (9.38)$$

సమీకరణం 9.38 ప్రకారం ఏ సమయం t లో నైనా క్రియాశీలత అనునది విఘటన స్థిరాంకం మరియు ఆ సమయంలో క్షయం చెందకుండా వుండు పరమాణు కేంద్రకాల సంఖ్య N ల లబ్ధానికి సమానముగా ఉండును. సమయానుగుణంగా N తగ్గుతూ ఉండటం వల్ల R కూడా తగ్గుతూ ఉండును.

క్రియాశీలత R యొక్క SI ప్రయాణము బెక్వెరల్ (Bq) మరియు ఒక బెక్వెరల్ (Bq) అనునది ఒక సెకనులో జరిగే 1 విఘటనం లేదా క్షయంకి సమానంగా చెప్పవచ్చు. క్రియాశీలతకి క్యూరీ (Ci) అనే మరొక ప్రమాణం కలదు.

1 క్యూరి = 1 Ci $= 3.7 \times 10^{10}$ క్షయాలు/సెకను

1 Ci = 3.7×10^{10} Bq

గమనిక

ఒక క్యూరీ అనునది 1 g రేడియం 1 సెకనులో ఏర్పరచు క్షయాల సంఖ్యగా నిర్వచించవచ్చు. ఇది 3.7×10^{10} క్షయాలు /సె కి సమానమగును.

9.6.5 అర్ధ జీవితకాలం (Half-life)

N పరమాణువులు గల ఒక రేడియోధార్మిక నమూనా పదార్థం ఒకటి పూర్తిగా (సంపూర్ణంగా) క్షయం చెందుటకు తీసుకొను కాలమును లెక్కించుట కష్టం. కానీ ఇవ్వబడిన నమూనా పదార్థంలోని పరమాణువులు ప్రారంభంలో ఉండు మొత్తం (కొలత) లో కొంత భాగము తగ్గుటకు తీసుకొను కాలమును లెక్కించవచ్చు.

ప్రారంభంలో ఉన్న పదార్థంలోని పరమాణువులలో సగం విలువ పరమాణువులు క్షయం చెందుటకు పట్టు కాలమును అర్ధ జీవిత కాలము $T_{1/2}$ అని అందురు.

ప్రతి రేడియోధార్మిక నమూనా పదార్థం యొక్క ముఖ్యమైన లక్షణాలలో ఒకటిగా అర్ధ జీవితకాలం ఉన్నది. కొన్ని రేడియోధార్మిక పరమాణు కేంద్రకాలు 10^{14} సంవత్సరాలు అనే అత్యధిక అర్ధ జీవితకాలమును మరియు కొన్ని పరమాణు కేంద్రకాలు (10^{-14}s) అనే అత్యల్ప అర్ధ జీవిత కాలాన్ని కలిగి ఉంటాయి.

విఘటన స్థిరాంకం ఆధారంగా మనము అర్ధ జీవిత కాలాన్ని గుర్తించవచ్చు (వ్యతిరేకించవచ్చు). $t = T_{1/2}$ కాలములో క్షయం చెందని పరమాణు కేంద్రకాలు సంఖ్య $N = \frac{N_0}{2}$ అగును.

సమీకరణం 9.35లో ఈ విలువని ప్రతిక్షేపించగా

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}} \text{ లేదా } e^{\lambda T_{1/2}} = 2$$

ఇరువైపులా సంవర్గమానం చేయగా మరియు పదాలను మార్చివ్రాయగా

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.6931}{\lambda} \qquad (9.39)$$

గమనిక

తక్కువ అర్ధ జీవితకాలము గల పదార్థాలు అధిక అర్ధజీవితకాలము గల పదార్థాల కన్నా సురక్షితం అని అనుకోకూడదు. ఎందుకనగా ఇవి ఎక్కువ కాలము మన్నిక ఉండవు. తక్కువ అర్ధ జీవితకాలము గల పదార్థాలు ఎక్కువ క్రియాశీలతను మరియు మరింత హానికరమైన అధికమైన రేడియోధార్మికతను కలిగి ఉండును.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 189 10-03-2023 16:53:44

t=0 (కాలము) వద్ద గల పరమాణు కేంద్రకాల సంఖ్య N_0 అయిన, మొదటి అర్ధ జీవిత కాలం తర్వాత క్షయం చెందకుండా ఉండు పరమాణు కేంద్రకాల సంఖ్య $\frac{N_0}{2}$ మరియు రెండవ అర్ధ జీవితకాలం తర్వాత క్షయం చెందకుండా ఉండు పరమాణు కేంద్రకాల సంఖ్య $\frac{N_0}{4}$ మొదలగునవి, సాధారణముగా, n అర్ధ జీవిత కాలము తర్వాత క్షయం చెందకుండా ఉండు పరమాణు కేంద్రకాలు సంఖ్య.

$$N=\left(\frac{1}{2}\right)^n N_0 \qquad (9.40)$$

ఇక్కడ n అనునది పూర్ణ సంఖ్యగాను లేదా పూర్ణ సంఖ్యలు కానివి (భిన్నములు)గా ఉండవచ్చు. ఒక రేడియోధార్మిక నమూనా పదార్థాల యొక్క క్రియాశీలత కూడా ఘాతాంక క్షయం నియమాన్ని పాటిస్తాయి. సమీకరణం 9.40 మాదిరిగానే ఒక సమీకరణాన్ని క్రియాశీలతకి వ్రాయవచ్చును.

n అర్ధ జీవిత కాలం తర్వాత, ఒక రేడియోధార్మిక నమూనా పదార్థం యొక్క క్రియాశీలత లేదా విఘటన రేటు సమీకరణం,

$$R=\left(\frac{1}{2}\right)^n R_0 \qquad (9.41)$$

(సరాసరి) సగటు జీవిత కాలము (Mean life (τ))

రేడియోధార్మిక పరమాణు కేంద్రకం క్షయం చెందునప్పుడు మొట్టమొదటిసారిగా క్షయం చెందు పరమాణు కేంద్రకం యొక్క జీవిత కాలము శూన్యమగును. చివరిగా క్షయం చెందు పరమాణు కేంద్రకం యొక్క జీవిత కాలము అనంతముగా ఉండును. పరమాణు కేంద్రకానికి జీవితకాలము '0' నుండి అనంతము వరకు మారును. కావున, క్షయం చెందుటకు ముందు సరాసరిగా ఎంత కాలము (అనగా సరాసరి జీవితకాలము τ) ఆ రేడియోధార్మిక పదార్థం క్షయం చెందకుండా ఉన్నదని తెలుసుకొనుటకు ఈ క్రింది విధంగా నిర్వచించడమైనది.

ఒక పరమాణు కేంద్రకం యొక్క సరాసరి (సగటు) జీవిత కాలము అనునది అన్ని పరమాణు కేంద్రకాల యొక్క జీవితకాలముల యొక్క మొత్తం లేదా సమాకలనముకి, ఆరంభంలో ఉన్న మొత్తం పరమాణు కేంద్రకాల మొత్తంకి మధ్య గల నిష్పత్తి అగును.

t నుండి $t+\varnothing t$ వరకి గల కాల అంతరంలో క్షయం చెందు మొత్తం పరమాణు కేంద్రకాల యొక్క సంఖ్య $R\Delta t=\lambda N_0 e^{-\lambda t}\Delta t.$ అగును. దీని నుండి t కాలము వరకి, $R\varnothing t$ సంఖ్యలో పరమాణు కేంద్రకాలు జీవించియున్నవి. కావున ఈ $R\varnothing t$ కేంద్రకాల యొక్క జీవిత కాలము $tR\varnothing t$ కి సమానమగును. అవధి $\varnothing t\to 0$ లో, అన్ని పరమాణు కేంద్రకాల మొత్తం జీవితకాలమనునది $t=0$ నుండి $t=\infty$ వరకి $tRdt$ యొక్క సమాకలనమునకు సమానమగును.

సరాసరి (సగటు) జీవిత కాలము

$$\tau=\frac{\int_0^\infty t\left[Rdt\right]}{N_0}=\frac{\int_0^\infty t\left[\lambda N_0 e^{-\lambda t}dt\right]}{N_0} \qquad (9.42)$$

సమాకలనము చేసిన తర్వాత (పెట్టెలో ఉన్నదానిని చూడవచ్చు) సరాసరి జీవితకాలముకైన సమీకరణమును క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు

$$\tau=\frac{1}{\lambda} \qquad (9.43)$$

సరాసరి జీవిత కాలము మరియు విఘటన (క్షయం) స్థిరాంకం ఒకదానికొకటి విలోమానుపాతములో ఉండును. సరాసరి జీవితకాలాన్ని ఉపయోగించి, అర్ధ జీవితకాలాన్ని ఈ క్రింది విధంగా మార్చి వ్రాయవచ్చు.

$$T_{1/2}=\tau\ln 2=0.6931\tau \qquad (9.44)$$

సగటు (సరాసరి) జీవిత కాలము: (పరీక్ష కొరకు కాదు)

సమీకరణము 9.42 లో గల సమాకలనమును ఉపయోగించి సాధించవచ్చు.

$$\tau=\frac{\int_0^\infty \lambda N_0 t\,e^{-\lambda t}dt}{N_0}=\frac{\lambda N_0\int_0^\infty t\,e^{-\lambda t}dt}{N_0}$$

$$\tau=\lambda\int_0^\infty t\,e^{-\lambda t}dt$$

$$u=t \qquad dv=e^{-\lambda t}dt$$

$$\tau=\lambda\int_0^\infty t\,e^{-\lambda t}dt=\lambda\left[\frac{t\,e^{-\lambda t}}{-\lambda}\right]_0^\infty-\lambda\int_0^\infty\left[\frac{e^{-\lambda t}}{-\lambda}\right]dt$$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 190 10-03-2023 16:53:53

అవధులను ప్రతిక్షేపించిన, పై సమీకరణంలోని మొదటి పదం శూన్యమగును.

$$\tau = \int_0^\infty e^{-\lambda t}\, dt = -\frac{1}{\lambda}\left[e^{-\lambda t}\right]_0^\infty = \frac{1}{\lambda}$$

ఉదాహరణ 9.12

ఆరంభంలో రేడియోధార్మిక కార్బన్-14 పరమాణు కేంద్రకాల సంఖ్య 10,000 అయిన 22,920 సంవత్సరాల తర్వాత క్షయం చెందకుండా ఉండు పరమాణు కేంద్రకాల సంఖ్యని లెక్కించుము. కార్బన్-14 అర్ధ జీవితకాలము 5730 సంవత్సరాలు అగును.

సాధన

అర్ధ జీవితకాలం ఆధారంగా కాల అంతమును పొందుటకు

$$n = \frac{t}{T_{1/2}} = \frac{22,920\,yr}{5730\,yr} = 4$$

22,920 సంవత్సరాల తర్వాత క్షయం చెందకుండా ఉండు పరమాణు కేంద్రకాలు సంఖ్య.

$$N = \left(\frac{1}{2}\right)^n N_0 = \left(\frac{1}{2}\right)^4 \times 10,000$$

$$N = 625$$

ఉదాహరణ 9.13

అర్ధ జీవితకాలం 10 నిమిషాలు గల ఒక రేడియోధార్మిక పదార్థం 2.6μg శుద్ధమైన $^{13}_{7}N$ ని కలిగియున్నది.

(అ) ఆరంభంలో గల పరమాణు కేంద్రకాలు సంఖ్య ఎంత?

(ఆ) ప్రారంభంలో గల క్రియాశీలత ఎంత?

(ఇ) 2 గంటల తర్వాత క్రియాశీలత ఎంత?

(ఈ) ఈ పదార్థం యొక్క సగటు జీవిత కాలాన్ని లెక్కించుము.

సాధన

(అ) N_0 విలువని కనుగొనుటకు ముందు 2.6μg లో గల $^{13}_{7}N$ పరమాణు కేంద్రకాల సంఖ్యని లెక్కించ వలెను. నైట్రోజన్ యొక్క పరమాణు ద్రవ్యరాశి 13. కావున 13 g ల $^{13}_{7}N$ లో అవగాడ్రో సంఖ్య 6.02×10^{23} కి సమానమైన పరమాణువులు ఉండును.

1 గ్రా.లో గల $^{13}_{7}N$ పరమాణువుల సంఖ్య $\frac{6.02\times10^{23}}{13}$ అయిన,

2.6 గ్రా.లో గల $^{13}_{7}N$ పరమాణువుల సంఖ్య

$$N_0 = \frac{6.02\times10^{23}}{13}\times 2.6\times10^{-6} = 12.04\times10^{16}$$

(ఆ) ప్రారంభ క్రియాశీలతని (R_0) లెక్కించుటకు, విఘటన స్థిరాంకం λ ని లెక్కించాలి.

$$\lambda = \frac{0.6931}{T_{1/2}} = \frac{0.6931}{10\times60} = 1.155\times10^{-3}\,s^{-1}$$

కావున

$$R_0 = \lambda N_0 = 1.155\times10^{-3}\times12.04\times10^{16}$$
$$= 13.90\times10^{13}\ \text{క్షయాలు/సె}$$
$$= 13.90\times10^{13}\ \text{Bq}$$

క్యూరీ ప్రమాణం ఆధారంగా

$$R_0 = \frac{13.90\cdot\ 10^{13}}{3.7\cdot\ 10^{10}} = 3.75\times10^{3}\ \text{Ci}$$

ఎందుకనగా $1\text{Ci} = 3.7\times10^{10}\text{Bq}$

(ఇ) 2 గంటల తర్వాత గల క్రియాశీలతను రెండు పద్ధతులలో కనుగొనవచ్చును.

పద్ధతి 1 : $R = R_0 e^{-\lambda t}$

At $t = 2$ గం॥ $= 7200$ సె॥

$$R = 3.75\times10^3\times e^{-7200\times1.155\times10^{-3}}$$

$$R = 3.75\times10^3\times2.4\times10^{-4} = 0.9\ \text{Ci}$$

పద్ధతి 2 : $R = \left(\frac{1}{2}\right)^n R_0$

ఇక్కడ $n = \frac{120\ \text{ని}}{10\ \text{ని}} = 12$

$$R = \left(\frac{1}{2}\right)^{12}\times3.75\times10^3 \approx 0.9\,\text{Ci}$$

(ఈ) సగటు జీవిత కాలము $\tau = \frac{T_{1/2}}{0.6931} = \frac{10\times60}{0.6931}$
$= 865.67$ సె॥

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 191 10-03-2023 16:54:01

9.6.6 కార్బన్ డేటింగ్ (Carbon dating)

బీటా క్షయం యొక్క ఒక ముఖ్యమైన అనువర్తనం రేడియోధార్మిక డేటింగ్ లేదా కార్బన్ డేటింగ్ అగును. ఈ సాంకేతికతను ఉపయోగించి పురాతన వస్తువుల వయస్సుని కనుగొనవచ్చును. జీవించే అన్ని జంతువులు గాలి నుండి కార్బన్‌డైఆక్సైడ్ (CO_2) ని శోషించి సేంద్రియ అణువును ఏర్పరచును. శోషించబడిన CO_2 లో ఎక్కువ ${}^{12}_{6}C$ గాను తక్కువ భాగం (1.3×10^{-12}) రేడియోధార్మిక ${}^{14}_{6}C$ గాను ఉన్నది. (దీని అర్ధ జీవిత కాలము 5,730 సంవత్సరాలు).

వాతావరణములో గల కార్బన్ −14 అవిచ్ఛిన్నంగా (నిరంతరం) క్షయం చెందును. అదే సందర్భంలో అంతరాళం నుండి వచ్చే విశ్వ కిరణాల వలన వాతావరణంలో ఉన్న పరమాణువులతో అవిచ్ఛిన్నంగా అభిఘాతం చెంది ${}^{14}_{6}C$ అవిచ్ఛిన్నంగా ఏర్పడును. వాతావరణంలోని ${}^{14}_{6}C$ యొక్క ఈ అవిచ్ఛిన్న ఉత్పత్తి మరియు క్షయాలు ${}^{14}_{6}C$ ల ${}^{12}_{6}C$ మధ్య గల నిష్పత్తిని స్థిరంగా ఉంచుతాయి. జీవరాశులు, మానవులు లేదా చెట్లు వాతావరణంలో ఉన్న CO_2 ని అవిచ్ఛిన్నంగా శోషించును. కావున జీవరాశులలో ఉండే ${}^{14}_{6}C$ మరియు ${}^{12}_{6}C$ ల నిష్పత్తి దాదాపు స్థిరంగా ఉండును. కానీ జీవి మరణించినపుడు CO_2 శోషించడం ఆగిపోవును.

ఇప్పుడు ${}^{14}_{6}C$ విచ్ఛేదనం (విఘటనం) కారణంగా మరణించిన జీవులలో ఉన్న ${}^{14}_{6}C$ కి ${}^{12}_{6}C$ నిష్పత్తి తగ్గుటకు ప్రారంభమగును. మట్టిలో పూడ్చబడి ఉన్న ఒక పురాతన చెట్టు (వస్తువు) ను వెలికితీసినపుడు ${}^{14}_{6}C$ కి ${}^{12}_{6}C$ కి మధ్య గల నిష్పత్తిని కనుగొంటే ఆ పురాతన చెట్టు యొక్క వయస్సును లెక్కించవచ్చు.

ఉదాహరణ 9.14

కీళడి (Keezhadi) అనే కుగ్రామం తమిళనాడులోని అతి ముఖ్యమైన పురావస్తు పరిశోధనలు జరుపు స్థలాలలో (వాటిలో) ఒకటి. ఇది శివగంగ జిల్లాలో ఉన్నది. (బంగారు నాణెములు, మట్టి కుండలు, పూసలు, ఇనుప సాధనాలు (పరికరాలు), ఆభరణాలు మరియు బొగ్గు మొదలగునవి) అనేకమైన కళాఖండాలు. కీళడి గ్రామంలో వెలికి తీయబడినవి. దీని మూలంగా వైగై నది ఒడ్డున పురాతన పట్టణ నాగరికత వృద్ధి చెందడం ఒక విశ్వసనీయమైన సాక్ష్యంగా చెప్పవచ్చు. ఈ వస్తువుల యొక్క వయస్సుని కనుగొనుటకు (పటములో ఇవ్వబడినది) 200గ్రా.ల బొగ్గు కార్బన్ డేటింగ్‌కి పంపబడినది. అందులో ${}^{14}_{6}C$ యొక్క క్రియాశీలత 37 క్షయాలు/సె అయిన, ఆ బొగ్గు యొక్క వయస్సును లెక్కించుము.



పటము (అ) కీళడి – పురావస్తు స్థలం (తవ్విన స్థలం)



పటము (ఆ) కార్బన్ డేటింగ్‌కి పంపిన బొగ్గు.

సాధన

బొగ్గు వయస్సుని లెక్కించుటకు, అది చెట్టుగా జీవించి ఉన్నప్పుడు, దాని ఆరంభ క్రియాశీలత (R_0) ని తెలుసుకోవలసిన అవసరం ఉంది.

నమూనా పదార్థం యొక్క క్రియాశీలత R అయిన

$$R = R_0\, e^{-\lambda t} \qquad (1)$$

దీని కాలము t ని కనుగొనుటకు, పై సమీకరణం (1) ని మార్చి వ్రాయగా $e^{\lambda t} = \dfrac{R_0}{R}$

ఇరువైపులా సంవర్గమానమును తీసుకోగా

$$t = \frac{1}{\lambda}\ln\left(\frac{R_0}{R}\right) \qquad (2)$$

ఇక్కడ R = 38 క్షయాలు/సె = 38 Bq.

విఘటన స్థిరాంకమును కనుగొనుటకు, క్రింది సమీకరణాన్ని ఉపయోగించవచ్చు.

$$\lambda = \frac{0.6931}{T_{1/2}} = \frac{0.6931}{5730\,\text{yr}\times3.156\times10^{7}\,\text{s/yr}}$$

[$\because$ 1సం॥ = $365.25\times24\times60\times60$ s = 3.156×10^{7}సె]

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 192 10-03-2023 16:54:10

$\lambda = 3.83\times 10^{-12}$ సె$^{-1}$

ఆరంభ క్రియాశీలత R_0 ని కనుగొనుటకు, $R_0 = \lambda N_0$ సమీకరణాన్ని ఉపయోగించవచ్చు. ఇక్కడ N_0 అనునది నమూనా పదార్థం జీవించి ఉన్నప్పుడు దానిలోని కార్బన్ -14 పరమాణువుల సంఖ్య అగును. బొగ్గు ద్రవ్యరాశి 200 గ్రా. 12గ్రా.ల కార్బన్‌లో 6.02×10^{23} పరమాణువులు ఉండును. కావున 200గ్రా.ల్లో

$$\frac{6.02\times 10^{23} \text{ పరమాణువులు/మోల్}}{12 \text{గ్రా / మోల్}} \times 200 \approx 1\times 10^{25} \text{ పరమాణువులు}$$

చెట్టు (నమూనా పదార్థం) జీవించి ఉన్నప్పుడు $^{14}_{6}C$ $^{12}_{6}C$ ల నిష్పత్తి 1.3×10^{-12} అగును. కానీ కార్బన్ -14 పరమాణువుల యొక్క మొత్తం సంఖ్య

$$N_0 = 1\times 10^{25}\times 1{\cdot}3\times 10^{-12} = 1.3\times 10^{13} \text{ పరమాణువులు}$$

ఆరంభ క్రియాశీలత

$$R_0 = 3.83\times 10^{-12}\times 1.3\times 10^{13} \approx 50 \text{ క్షయాలు/సె}$$
$$= 50\,Bq$$

R_0 మరియు λ విలువలని సమీకరణం (2) లో ప్రతిక్షేపించగా,

$$t = \frac{1}{3.83\times 10^{-12}} \times \ln\left[\frac{50}{37}\right]$$

$$t = \frac{0.301}{3.83}\times 10^{12} \approx 7.86\times 10^{10} \text{ సె॥}$$

సంవత్సరాలలో

$$t = \frac{7.86\times 10^{10} s}{3.156\times 10^{7} s/yr} \approx 2500 \text{ సంవత్సరాలు}$$

నిజానికి ఈ త్రవ్విన పదార్థాలు తమిళనాడు పురావస్తు శాఖ (విభాగం) ద్వారా అమెరికాకి పంపి కార్బన్ డేటింగ్ చేసినప్పుడు, కీళడిలో త్రవ్వి వెలికితీసిన కళాఖండాల యొక్క వయస్సు 2200 సంవత్సరాల నుండి 2500 సంవత్సరాలుగా ఉన్నదని (సంగ కాలము - క్రీ.పూ 400 నుండి క్రీ.పూ 200) పరిశోధన ఫలితం మూలంగా నిర్ధారించడమైనది. 2000 సంవత్సరాలకు ముందే తమిళనాడులో పట్టణ నాగరికత ఉన్నదని కీళడి త్రవ్వకాల ద్వారా ప్రయోగపూర్వకముగా నిరూపించబడినది.

9.6.7 న్యూట్రాన్‌ల ఆవిష్కరణ (Discovery of Neutrons)

బెరీలియంని α కణాల చేత ఢీకొట్టించినప్పుడు (తాడించినప్పుడు) అధికముగా చొచ్చుకొనిపోయే స్వభావం గల వికిరణాలు (రేడియేషన్) ఉద్గారమగునని బోత మరియు బెక్కర్ అనే జర్మనీ భౌతిక శాస్త్రవేత్తలు 1930లో కనుగొన్నారు. ఈ వికిరణాలు (రేడియేషన్) సీసం (lead) యొక్క మందపాటి పొరను చొచ్చుకొనిపోయే సామర్థ్యాన్ని కలిగి వుండును. అంతేకాకుండా విద్యుత్ మరియు అయస్కాంత క్షేత్రం చేత ఎటువంటి ప్రభావం చూపవు. మొదట్లో దీనిని γ వికిరణము అని అనుకున్నారు. కానీ ఈ వికిరణాలు విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు కాదు అని మరియు అవి ప్రోటాన్ కన్నా కొంచెం ఎక్కువ ద్రవ్యరాశి కలిగిన ఆవేశములేని కణాలు అని 1932 వ సంవత్సరంలో జేమ్స్‌ఛాడ్విక్ అనునతను కనుగొన్నారు. వీటిని న్యూట్రాన్‌లు అని అతను పిలిచారు. పైన చెప్పిన చర్యను క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

$$^{9}_{4}Be + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{12}_{6}C + ^{1}_{0}n$$

ఇక్కడ $^{1}_{0}n$ న్యూట్రాన్‌ను సూచించును.

పరమాణు కేంద్రకం లోపల న్యూట్రాన్‌లు స్థిరంగా ఉంటాయి. కానీ కేంద్రకానికి బయట ఇవి అస్థిరంగా ఉంటాయి. పరమాణు కేంద్రకాన్ని విడిచి బయటకి (వెలుపలకి) వచ్చిన న్యూట్రాన్ (స్వేచ్ఛా న్యూట్రాన్), 13 నిమిషాల అర్ధ జీవిత కాలముతో ప్రోటాన్, ఎలక్ట్రాన్ మరియు ప్రతి న్యూట్రినోలను ఉద్గారించి క్షయం చెందును. న్యూట్రాన్‌లను వాటి గతిజశక్తి ఆధారంగా క్రింది విధంగా వర్గీకరించవచ్చు. (i) మితవేగ (slow) న్యూట్రాన్‌లు (0–1000eV); (ii) అతివేగ (fast) న్యూట్రాన్‌లు (0.5 MeV–10MeV). సుమారు 0.025 eV సరాసరి శక్తి కలిగిన ఉష్ణ సమతుల్యత గల న్యూట్రాన్‌లను ఉష్ణ న్యూట్రాన్‌లు (thermal neutron) అంటారు. ఎందుకనగా 298 K వద్ద, వాటి ఉష్ణశక్తి $kT \sim 0.025eV$ మిత మరియు అతివేగ న్యూట్రాన్‌లు న్యూక్లియర్ రియాక్టర్‌లో కీలకమైన పాత్ర పోషిస్తాయి.

9.7 కేంద్రక విచ్ఛిత్తి (NUCLEAR FISSION)

యురేనియం పరమాణు కేంద్రకాన్ని న్యూట్రాన్ చేత తాడనం చెందినప్పుడు అది దాదాపు సమాన ద్రవ్యరాశులు

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 193 10-03-2023 16:54:18

గల రెండు చిన్న పరమాణు కేంద్రకాలతోపాటు శక్తి వెలువడునని జర్మనీ శాస్త్రవేత్తలు ఆట్టోహాన్ (Otto Hahn) మరియు స్ట్రాస్‌మన్ (F. Strassman) లు 1939వ సంవత్సరంలో కనుగొన్నారు. ఒక భార మూలకము రెండు లేక అంతకంటే ఎక్కువ తేలికపాటి మూలకములుగా విభజింపబడి అధిక శక్తి వెలువడు ప్రక్రియను కేంద్రక విచ్ఛిత్తి అందురు.

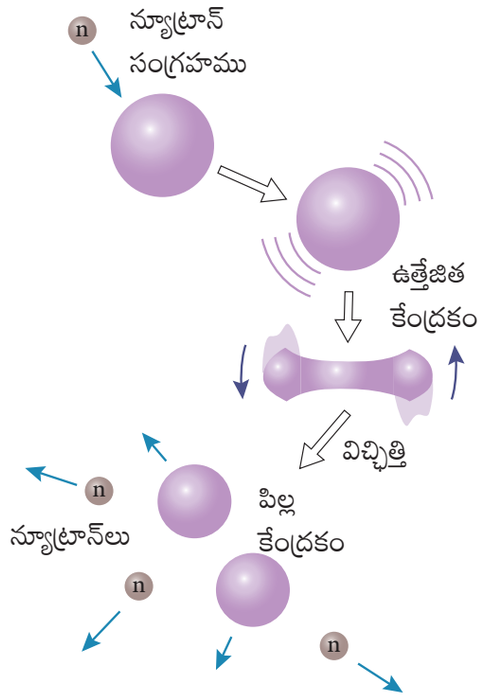
విచ్ఛిత్తి జరుగునపుడు న్యూట్రాన్‌లు కలసి వెలువడును. కేంద్రక విచ్ఛిత్తిలో వెలువడు శక్తి యొక్క పరిమాణము రసాయనిక చర్యలలో వెలువడిన శక్తి కన్నా చాలా ఎక్కువ రెట్లు అధికంగా ఉండును.

దాదాపు 90 వేర్వేరు మార్గాలలో యురేనియం కేంద్రక విచ్ఛిత్తి చర్యలకి లోనవుతుంది. ${}^{235}_{92}U$ కేంద్రకం యొక్క అతి సాధారణమైన విచ్ఛిత్తి చర్యలు క్రింద చూపబడినవి.

$$ {}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{236}_{92}U^{*} \rightarrow {}^{141}_{56}Ba + {}^{92}_{36}Kr + 3\,{}^{1}_{0}n + Q \quad (9.45)$$

$$ {}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{236}_{92}U^{*} \rightarrow {}^{140}_{54}Xe + {}^{94}_{38}Sr + 2\,{}^{1}_{0}n + Q \quad (9.46)$$

ఇచ్చట Q అనునది ఒక యురేనియం పరమాణువు విచ్ఛిత్తి చెందినపుడు వెలువడిన శక్తిని సూచిస్తుంది. మితవేగ న్యూట్రాన్ యురేనియం కేంద్రకం చేత శోషించబడినప్పుడు, దాని ద్రవ్యరాశి 1 అధికరించి, ${}^{236}_{92}U^{*}$ అనే ఉత్తేజిత స్థాయికి వెళ్ళును. కానీ ఈ ఉత్తేజిత స్థాయిలో 10^{-12} సెకనుల కన్నా ఎక్కువ సేపు ఉండక పోవడం వలన అది 2 లేదా 3 న్యూట్రాన్‌లను విడుదల చేసి జన్య కేంద్రకాలు (క్రియాజన్యాలు)గా క్షయం చెందును. అందువల్ల ప్రతి ఒక్క చర్య నుండి సరాసరిగా 2.5 న్యూట్రాన్లు వెలువడును. ఇది పటము 9.27లో సూచించడమైనది.



పటము 9.27 కేంద్రక విచ్ఛిత్తి

విచ్ఛిత్తి లో వెలువడు శక్తి

ప్రతి యురేనియం విచ్ఛిత్తి చర్యలో వెలువడిన శక్తి (Q) ని మనము లెక్కించవచ్చు. సమీకరణము 9.45లో ఇవ్వబడిన ఎక్కువగా గమనించబడే విచ్ఛిత్తి చర్యని మనము ఎన్నుకొనవచ్చు.

$$ {}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{236}_{92}U^{*} \rightarrow {}^{141}_{56}Ba + {}^{92}_{36}Kr + 3\,{}^{1}_{0}n + Q $$

${}^{235}_{92}U$ ద్రవ్యరాశి $= 235.045733\ u$

${}^{1}_{0}n$ ద్రవ్యరాశి $= 1.008665\ u$

క్రియాజనకముల మొత్తం ద్రవ్యరాశి $= 236.054398\ u$

${}^{141}_{56}Ba$ ద్రవ్యరాశి $= 140.9177\ u$

${}^{92}_{36}Kr$ యొక్క ద్రవ్యరాశి $= 91.8854\ u$

3 న్యూట్రాన్‌ల యొక్క ద్రవ్యరాశి $= 3.025995\ u$

క్రియాజన్యాల మొత్తం ద్రవ్యరాశి $= 235.829095\ u$

ద్రవ్యరాశి లోపము $\Delta m = 236.054398\ u - 235.829095\ u = 0.225303\ u$

కావున ప్రతి ఒక్క విచ్ఛిత్తిలో వెలువడే శక్తి $= 0.225303 \times 931\,MeV \approx 200\,MeV$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 194 10-03-2023 16:54:25

ఈ శక్తి మొదట పిల్ల కేంద్రకాలు మరియు న్యూట్రాన్‌ల యొక్క గతిజశక్తిగా వెలువడును, ఆ తర్వాత గతిజశక్తి పరిసరాలకి ఉష్ణశక్తి రూపంలో ఇవ్వబడును.

గొలుసు (లేదా) శృంఖల చర్య (Chain reaction)

ఒక $^{235}_{92}U$ కేంద్రకం విచ్ఛిత్తి చెంది వెలువడే శక్తి తక్కువగా ఉన్నప్పటికీ, ప్రతి ఒక్క విచ్ఛిత్తిలోను 3 న్యూట్రాన్లు వెలువడును. ఆ మూడు న్యూట్రాన్‌లు మరలా మూడు $^{235}_{92}U$ కేంద్రకాలను విచ్ఛిత్తి చెందించి, మొత్తం తొమ్మిది న్యూట్రాన్‌లను ఏర్పరుస్తాయి. ఈ తొమ్మిది న్యూట్రాన్‌లు మరలా 27 న్యూట్రాన్‌లను ఏర్పరచును. ఇది నిరంతరం (అవిచ్ఛిన్నం) గా జరగడం వలన దీనిని గొలుసు చర్య అందురు మరియు ఇందులో న్యూట్రాన్ల సంఖ్య జ్యామితీయ శ్రేణిలో ($^{235}_{92}U$) పెరుగుతూనే ఉండును. ఇది పటము 9.28 లో చూపబడినది.

గొలుసు చర్య రెండు రకాలుగా జరుగును.

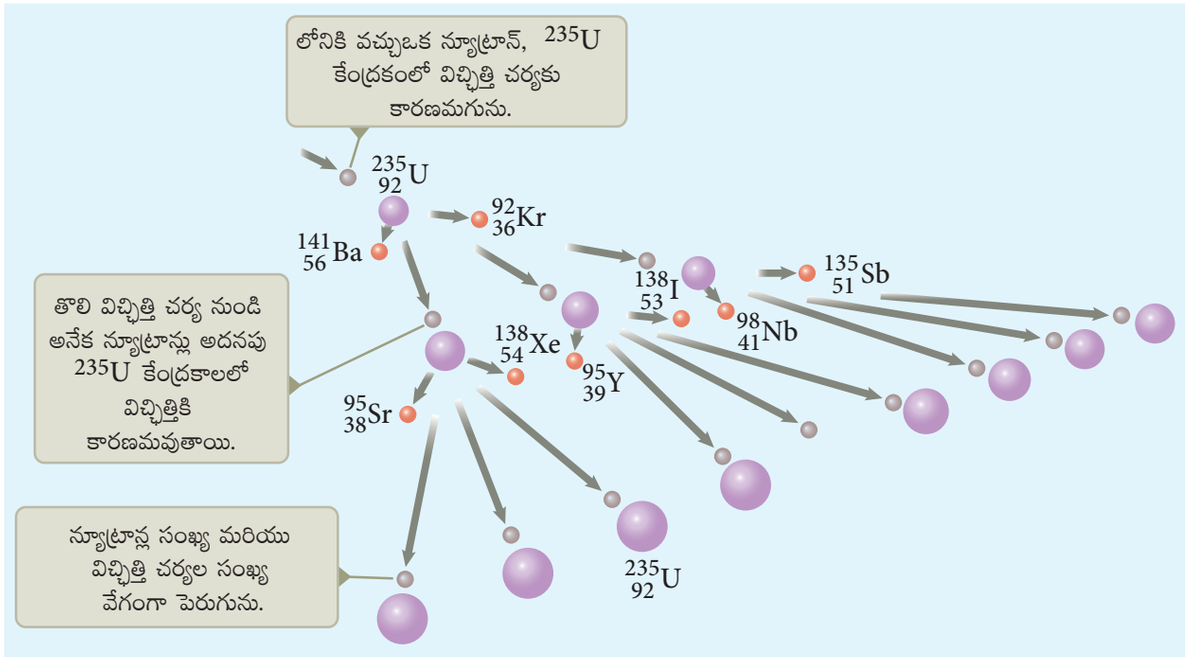
(i) అనియంత్రిత గొలుసు చర్య; (ii) నియంత్రిత గొలుసు చర్య.

అనియంత్రిత గొలుసు చర్యలో న్యూట్రాన్ల సంఖ్య నిరవధికంగా (అంతం లేకుండా) పెరుగుతూనే ఉండడం వలన చాలా తక్కువ (ఒక్క క్షణం) సమయంలో మొత్తం శక్తి వెలువడును.

అనియంత్ర గొలుసు చర్య జరుగు కేంద్రక విచ్ఛిత్తి చర్యకి అణుబాంబు ఒక ఉదాహరణ. ఈ అణు బాంబులు మానవ జాతి మీద భారీ విధ్వంసం సృష్టించాయి. రెండవ ప్రపంచ యుద్ధం జరుగుతున్నప్పుడు, 1945వ సంవత్సరం ఆగస్టు 6 మరియు ఆగస్టు 9వ తేదీలలో జపాన్‌లో గల హీరోషిమా మరియు నాగసాకీ అనే రెండు పట్టణాల మీద అమెరికా (USA) అణుబాంబుని వేసింది. దీని పర్యవసానంగా లక్షల సంఖ్యలో ప్రజలు మరణించారు. ఆ రెండు నగరాలు పూర్తిగా ధ్వంసమైనవి. అణుబాంబు ప్రేలడం వలన ఏర్పడిన దుష్ప్రభావం వలన ఆ స్థలాలలో జీవించే ప్రజలు ఇప్పటికీ కూడా బాధింపబడుచున్నారు.

ఒక గొలుసు చర్యలో వెలువడిన సాధారణ శక్తిని లెక్కించుట సాధ్యమగును. మొదటి దశలో, ఒక పరమాణు కేంద్రకం విచ్ఛిత్తి చర్యను ప్రారంభించి ఒక న్యూట్రాన్ 3 న్యూట్రాన్‌లను, 200Mev శక్తిని ఉత్పత్తి చేయును. రెండవ దశలో మూడు పరమాణు కేంద్రకాలు, మూడవ దశలో 9 కేంద్రకాలు, 4వ దశలో 27 కేంద్రకాలు మొదలగునవి విచ్ఛిత్తి చర్యలకి లోనవుతాయి. 100వ దశలో విచ్ఛిత్తి చెందు కేంద్రకాల సంఖ్య దాదాపు 2.5×10^{40} గా ఉండును. ఈ విధముగా 100వ దశలో వెలువడు మొత్తం శక్తి 2.5 $2.5\times10^{40}\times200MeV=8\times10^{29}J$. ఇది నిజంగానే అపారమైన శక్తి, ఇది తమిళనాడుకి చాలా సంవత్సరాలకి అవసరపడు విద్యుచ్ఛక్తికి సమానమగును.

ఈ గొలుసు చర్యను నియంత్రించినట్లయితే, అపారమైన శక్తిని మన అవసరాలకు మనం



పటము 9.28 కేంద్రక గొలుసు చర్య

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 195 10-03-2023 16:54:29

ఉపయోగించుకోవచ్చు. ఇది నియంత్రణ గొలుసు చర్యతో సాధ్యమగును. నియంత్రణ గొలుసు చర్యలో ప్రతి దశలో విడుదలయ్యే న్యూట్రాన్ల సగటు (సరాసరి) సంఖ్య విడుదల చేయబడిన శక్తిని నిల్వ చేయడానికి వీలుగా ఒకటిగా ఉంచబడుతుంది. కేంద్రక రియాక్టర్లలో నియంత్రణ గొలుసు చర్య జరుగుతుంది మరియు ఉత్పత్తి చేయబడిన శక్తి విద్యుత్ ఉత్పత్తికి పరిశోధన ప్రయోజనం కొరకు ఉపయోగించబడుతుంది.

ఉదాహరణ 9.15

1కి.గ్రా ద్రవ్యరాశి గల $^{235}_{92}U$ విచ్ఛిత్తి చెందునప్పుడు విడుదల చేయు శక్తిని లెక్కించుము.

సాధన

235గ్రా. ల $^{235}_{92}U$ లో 6.02×10^{23} పరమాణువులు కలవు.

$^{235}_{92}U$ లో గల పరమాణువుల సంఖ్య = $\frac{6.02\times10^{23}}{235} = 2.56\times10^{21}$

1కి.గ్రా $^{235}_{92}U$ లలో గల పరమాణువుల సంఖ్య = $2.56\times10^{21}\times1000 = 2.56\times10^{24}$

విచ్ఛిత్తి జరుగునప్పుడు ప్రతి $^{235}_{92}U$ కేంద్రకం నుండి 200 MeV శక్తి (వెలువడు) విడుదలగును. కావున 1కి.గ్రా $^{235}_{92}U$ నుండి విడుదలగు మొత్తం శక్తి

$Q = 2.56\times10^{24}\times200 MeV = 5.12\times10^{26} MeV$

దీనిని జౌల్‌లోనికి మార్చినప్పుడు

$Q = 5.12\times10^{26}\times1.6\times10^{-13} J = 8.192\times10^{13} J$.

దీనిని కిలోవాట్- గంట ప్రమాణంలోనికి మార్చినప్పుడు

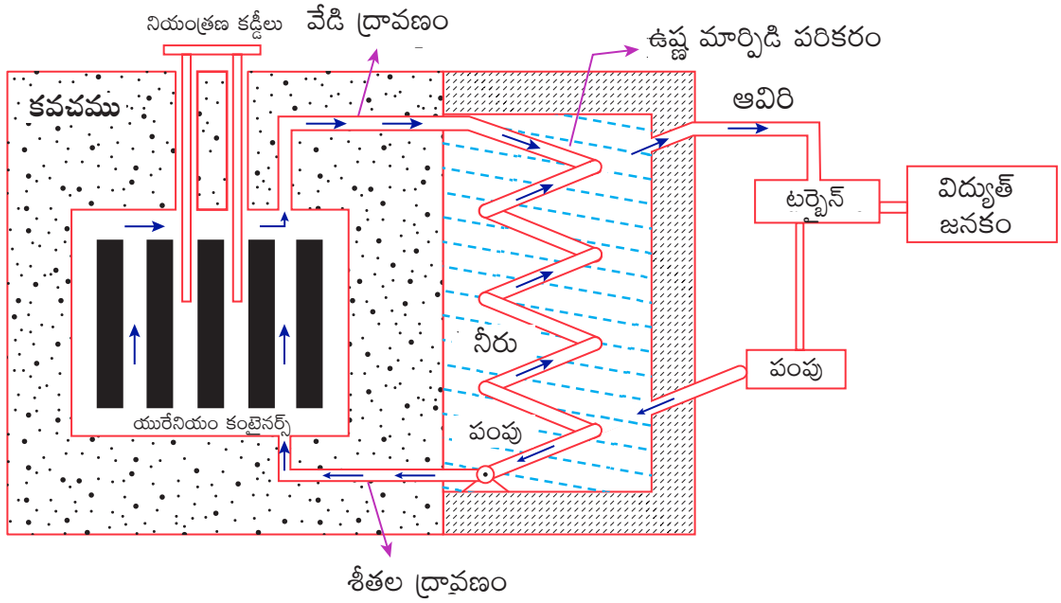
$Q = \frac{8.192\times10^{13}}{3.6\times10^{6}} = 2.27\times10^{7} kWh$

ఇది 100 W బల్బుని 30,000 సంవత్సరాలు వెలిగించడానికి అవసరమగు అపారమైన శక్తి అగును. రసాయనిక చర్యల వలన ఉత్పత్తి అయిన ఈ శక్తితో 20,000 టన్నుల TNT (ట్రై నైట్రో టొలీన్) ని పేల్చవచ్చును.

కేంద్రక రియాక్టర్ (Nuclear reactor):

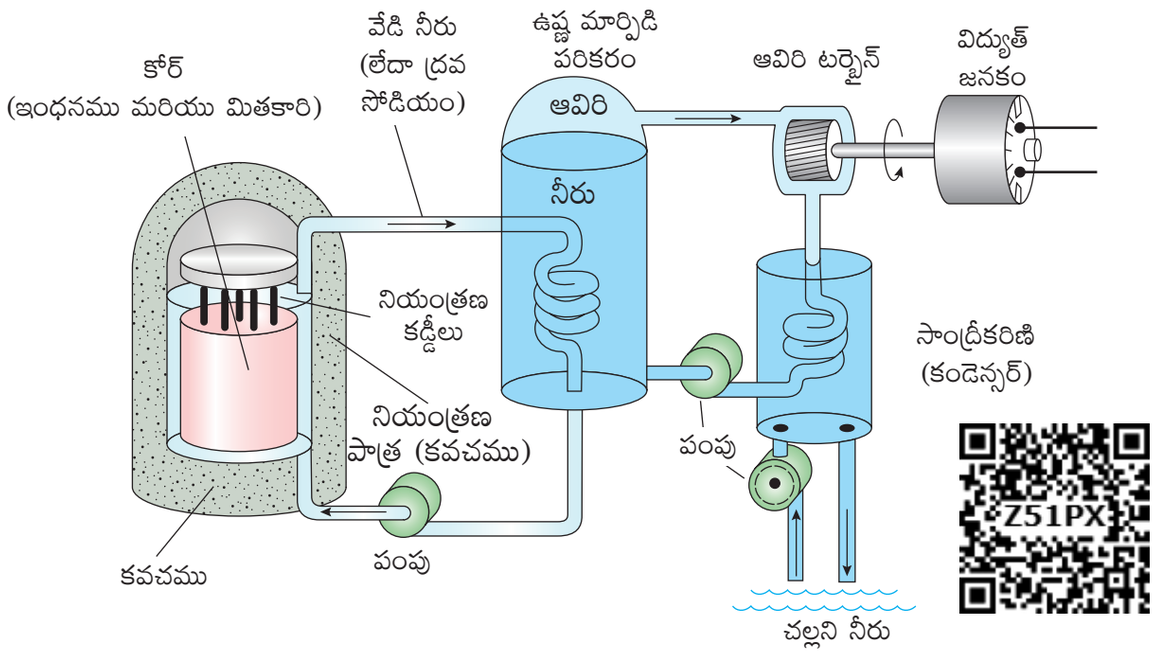
కేంద్రక రియాక్టర్ అనునది స్వీయ నిలకడ మరియు నియంత్రణ కలిగిన కేంద్రక విచ్ఛిత్తి జరుపు పరికరమగును. దీనిలో ఉత్పత్తి అయిన శక్తి పరిశోధన ప్రయోజనాలకి లేదా విద్యుత్ ఉత్పత్తికి ఉపయోగపడును. మొట్టమొదట కేంద్రక రియాక్టర్ ఎన్రికో ఫెర్మి (Enrico Fermi) అనే భౌతిక శాస్త్రవేత్తచే 1942వ సంవత్సరం అమెరికాలోని చికాగో నగరంలో నిర్మించబడినది.

ఇంధనము, మితకారి మరియు నియంత్రణ కడ్డీలు వీటితో పాటు విద్యుత్ జనకం (power generator) అమరికకి కలుపబడిన చల్లబరచు వ్యవస్థ మొదలగు వానిని కేంద్రక రియాక్టర్ యొక్క ప్రధాన భాగాలుగా చెప్పవచ్చు.



పటము 9.29 (అ) న్యూక్లియర్ రియాక్టర్ యొక్క బ్లాక్ పటము.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 196 10-03-2023 16:54:36



పటము 9.29 (ఆ) న్యూక్లియర్ రియాక్టర్ యొక్క వర్ణనా చిత్రము

ఇంధనము లేదా విచ్ఛిత్తి పదార్థం (Fuel)

ఇంధనము అనునది కేంద్రక విచ్ఛిత్తి పదార్థం (సాధారణముగా యురేనియం లేదా ప్లూటోనియం). ప్రకృతిలో లభించు యురేనియంలో 0.7 శాతం $^{235}_{92}U$ ఉండును, 93.3 శాతం $^{235}_{92}U$ ఉండును. అందువల్ల $^{235}_{92}U$ ను శుభ్రత గావించి, అందులో 2 – 4% కొలత $^{235}_{92}U$ ఉండునట్లు చేయబడును. దీనితో పాటు గొలుసు చర్యను మొదటిసారి ప్రారంభించడానికి న్యూట్రాన్ జనకము అవసరమగు.

ప్లూటోనియం లేదా పొలోనియం కలిగిన బెరీలియం మిశ్రమాన్ని న్యూట్రాన్ జనకముగా ఉపయోగిస్తారు. $^{235}_{92}U$ యొక్క కేంద్రక విచ్ఛిత్తి జరుగునప్పుడు వెలువడు అతివేగ న్యూట్రాన్ల వల్ల మరొక కేంద్రకాన్ని విచ్ఛిత్తి చేయడానికి తక్కువ సంభావ్యత కలదు. అందువల్ల కేంద్రక విచ్ఛిత్తి చర్యలు నిరంతరం జరుగుటకు మిత వేగ న్యూట్రాన్లు ఉపయోగించబడుతాయి.

మితకారి (Moderators)

అతివేగ న్యూట్రాన్లను మితవేగ న్యూట్రాన్లుగా మార్చడానికి ఉపయోగపడు పదార్థం మితకారి అగును. సాధారణముగా న్యూట్రాన్ల ద్రవ్యరాశికి సమాన ద్రవ్యరాశి గల తేలికైన కేంద్రకాలను మితకారిగా ఉపయోగిస్తారు. అందువల్ల తేలికైన కేంద్రకాలతో అతివేగ న్యూట్రాన్లతో అభిఘాతం (ఢీకొన్నప్పుడు) చెందించినప్పుడు న్యూట్రాన్ల వేగాన్ని తగ్గించవచ్చు (బిల్లియార్డ్స్ బంతి ఒకటి నిశ్చలంగా (విరామంలో) ఉన్న సమాన ద్రవ్యరాశి కలిగిన మరొక బిలియర్డ్స్ బంతితో ఢీకొన్నప్పుడు విరామ స్థితికి వచ్చును. అదే బంతి ద్రవ్యరాశి అధికంగా కల వేరొక వస్తువుతో ఢీకొన్నప్పుడు, అదే వేగంతో తిరిగి పోవుటను చూడవచ్చు చాలావరకు రియాక్టర్లలో భార జలము (D_2O) మరియు గ్రాఫైట్లను మితకారిగా ఉపయోగిస్తారు. యురేనియం దిమ్మెలతోపాటు మధ్యమధ్యలో గ్రాఫైట్ దిమ్మలు అమర్చబడి ఒక పెద్ద (దిమ్మ) గది (pile) గా ఉండుటను పటము 9.29 (అ) మరియు (ఆ) లో చూడవచ్చును.

నియంత్రణ కడ్డీలు (Control rods)

చర్యా రేటును సర్దుబాటు (సరి) చేయుటకు నియంత్రణ కడ్డీలను ఉపయోగిస్తారు. ప్రతి విచ్ఛిత్తి జరుగునప్పుడు సరాసరిగా 2.5 న్యూట్రాన్లు ఉద్గారమగును మరియు గొలుసు చర్యను నియంత్రణలో ఉంచుటకు ఒకే ఒక్క న్యూట్రాన్ మాత్రమే మరొక కేంద్రక విచ్ఛిత్తికి కారణమవుతుంది. మిగిలిన న్యూట్రాన్లు నియంత్రణ కడ్డీల చేత శోషించబడును.

సాధారణముగా, కాడ్మియం లేదా బోరాన్లు నియంత్రణ కడ్డీలుగా పనిచేయును మరియు పటము 9.29(అ) మరియు (ఆ) లో సూచించిన విధంగా యురేనియం దిమ్మెల లోపల ఈ కడ్డీలు చొప్పించబడి (inserted) ఉంటాయి. యురేనియంలో నియంత్రణ

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 197 10-03-2023 16:54:37

కడ్డీలను చొప్పించే లోతును బట్టి (ఆధారంగా) ఒక విచ్ఛిత్తిలో ఉత్పత్తి అయ్యే సరాసరి న్యూట్రాన్ల సంఖ్య ఒకటి లేదా ఒకటి కన్నా ఎక్కువగా ఉండును. ఒక విచ్ఛిత్తిలో ఉత్పత్తి అయ్యే సరాసరి న్యూట్రాన్ల సంఖ్య ఒకటి అయిన, కేంద్రక రియాక్టర్ క్లిష్ట స్థితిలో ఉన్నదని చెప్పవచ్చు. నిజానికి, నియంత్రణ కడ్డీల యొక్క సరైన సర్దుబాటు ద్వారా అన్ని కేంద్రక రియాక్టర్లు సందిగ్ధ స్థితిలో నిర్వహించబడతాయి. ఒకవేళ ఇది ఒకటి కన్నా ఎక్కువగా ఉంటే ఆ రియాక్టర్‌ని అతి సందిగ్ధ (super-critical) స్థితిలో ఉన్నదని అంటాము మరియు అది త్వరగా పేలవచ్చు లేదా భారీ విధ్వంసానికి కారణము కావచ్చు.

కవచము (Shielding)

అపాయకరమైన వికిరణముల నుండి కాపాడుటకు 2 – 2.5 మీ మందము గల కాంక్రీటు గోడ కేంద్రక రియాక్టర్ చుట్టూ కట్టబడి ఉండును.

చల్లబరచు వ్యవస్థ (Cooling system) లేదా శీతలీకరణ వ్యవస్థ

ఈ చల్లబరచు వ్యవస్థ రియాక్టర్ కోర్ లోపల ఉత్పత్తి అగు ఉష్ణాన్ని తొలగించును. అత్యధిక విశిష్టోష్ణ సామర్థ్యము అధిక పీడనము వద్ద అధిక భాష్పీభవన స్థానం కలిగిన సాధారణ జలము, భార జలము మరియు ద్రవ సోడియం అను శీతలీకరణీలుగా ఉపయోగిస్తారు. పటము 9.29(అ) మరియు (ఆ)లో చూపిన విధముగా శీతలీకరణ (చల్లబరచు) వ్యవస్థ అనునది ఇంధన గది (block) గుండా వెళ్ళి ఉష్ణ మార్పిడి ద్వారా ఆవిరి జనకం (steam generator) కు వేడిని తీసుకువెళుతుంది. ఈ ఆవిరి టర్బైన్‌లను త్రిప్పి పవర్ రియాక్టర్‌లలో విద్యుచ్ఛక్తిని ఉత్పత్తి చేస్తుంది.

గమనిక

భారతదేశంలో ఇప్పటివరకు 22 కేంద్రక రియాక్టర్‌లు ఉపయోగంలో ఉన్నవి. తమిళనాడులోని కల్పాకం, కూడంగుళం అనే రెండు స్థలాలలో అణు రియాక్టర్‌లు నిర్మించబడి ఉన్నవి. కేంద్రక రియాక్టర్‌లు మన శక్తి అవసరాన్ని తీర్చడానికి లక్ష్యంగా ఉన్నప్పటికీ, ఆచరణలో అణు రియాక్టర్లు ఇప్పుడు భారతదేశం యొక్క శక్తి అవసరాలలో 2% మాత్రమే అందించగలగుచున్నది.

9.8 కేంద్రక సంలీనము (NUCLEAR FUSION)

రెండు లేదా అంతకన్నా ఎక్కువ తేలిక కేంద్రకాలు ($A<20$) కలిసి భార కేంద్రకాన్ని ఏర్పరచుటను కేంద్రక సంలీనం అందురు. కేంద్రక సమ్మేళనములో ఏర్పడు క్రియాజన్య (ఫలిత) కేంద్రకం యొక్క ద్రవ్యరాశి అనునది క్రియాజనకాల (నిజ తేలిక కేంద్రకాల) మొత్తం ద్రవ్యరాశి కన్నా తక్కువగా ఉండును. ఈ ద్రవ్యరాశి లోపము శక్తిగా కనిపిస్తుంది. కేంద్రక విచ్ఛిత్తి లాగా కాకుండా గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద కేంద్రక సంలీనం ఎప్పుడూ జరగదు. ఎందుకనగా రెండు తేలిక కేంద్రకాలు కలపడానికి దగ్గరగా వచ్చినప్పుడు కూలూంబ్ వికర్షణ బలంతో తీవ్రంగా వికర్షిస్తాయి.

ఈ వికర్షణను అధిగమించడానికి రెండు తేలిక కేంద్రకాలు ఒకదానికొకటి దగ్గరగా వెళ్ళడానికి తగినంత గతిశక్తిని కలిగి ఉండాలి. అప్పుడే కేంద్రక బలం సమర్థవంతంగా చర్యను జరిపిస్తుంది. 10^7 K కన్నా అత్యధిక ఉష్ణోగ్రత ఉన్నప్పుడు మాత్రమే ఇది సాధ్యమగును. పరిసర ఉష్ణోగ్రత 10^7 K కి చేరుకొన్నప్పుడు తేలిక కేంద్రకాలు కలిసి భార కేంద్రకాన్ని ఏర్పరచుట వలన దీనిని ఉష్ణ కేంద్రక సంలీనం అని కూడా అందురు.

నక్షత్రాలలో శక్తి ఉత్పత్తి అగుట

నక్షత్రాలలో ఉష్ణోగ్రత సుమారు 10^7K ఉండడం వలన సహజంగానే కేంద్రక సంలీనం జరుగును. నిజానికి ప్రతి నక్షత్రంలో శక్తి ఉత్పత్తి ఉష్ణ కేంద్రక సంలీనము ద్వారానే జరుగుతుంది. సూర్యునితో సహా చాలా నక్షత్రాలలో హైడ్రోజన్ పరమాణువులు హీలియంగా మరియు కొన్ని నక్షత్రాలలో హీలియం పరమాణువు భార మూలకముగా (సంలీనము చెందుచున్నవి) ఏర్పడుచున్నవి.

నక్షత్రం ఆరంభ (పూర్వ) స్థితిలో మేఘము మరియు దుమ్ము రూపంలో మాత్రమే ఉండును. స్వీయ ఆకర్షణ శక్తి వల్ల ఆ మేఘాలు లోపలికి ఈడ్చబడుతాయి. అందువల్ల భూమ్యాకర్షణ స్థితిజ శక్తి, గతిజశక్తిగా మరియు చివరిలో ఉష్ణశక్తిగా మారును. ఉష్ణ కేంద్రక సంలీన చర్యని ప్రారంభించుటకు అవసరమగు ఉష్ణ స్థితిని పొందిన తర్వాత అపారమైన శక్తి విడుదల చేయటం ప్రారంభిస్తాయి. ఇది నక్షత్రాలను స్థిరీకరించేలా చేస్తుంది మరియు మరింత నష్టం జరగకుండా నిరోధిస్తుంది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 198 10-03-2023 16:54:37

సూర్యుని యొక్క లోపలి ఉష్ణోగ్రత దాదాపు $1.5\times10^{7}\,K$ గా ఉంటుంది. సూర్యునిలో ప్రతి సెకనుకి 6×10^{11} కి.గ్రాల హైడ్రోజన్ హీలియంగా మార్పు చెందుచూ ఉండును. ఈ సంలీన చర్యలు ఇంకనూ 5 బిలియన్ సంవత్సరాల వరకు జరుగుటకు అవసరమగు హైడ్రోజన్ సూర్యునిలో కలదు. హైడ్రోజన్ అంతా మండిన తర్వాత, ఎరుపు దిగ్గజం (red giant) అనే కొత్త స్థితికి సూర్యుడు చేరును. ఇందులో హీలియం సంలీనం చెంది కార్బన్‌గా మారు కేంద్రక సంలీన చర్యలు జరుగుటకు ప్రారంభమగును. ఈ స్థితిలో సూర్యుడు పరిమాణంలో పెద్దగా వ్యాకోచిస్తాడు మరియు దాని (గ్రహాలన్నీ) దానిలో మునిగిపోతాయి.

హాన్స్ బెత్ (Hans Bethe) అనునతని ప్రకారం సూర్యునితో శక్తి ప్రోటాన్ – ప్రోటాన్ వలయం (చక్రం) అనే సంలీన చర్యల ద్వారా ఏర్పడును. ఈ వలయము మూడు దశలను కలిగి వుండును. మరియు మొదటి రెండు దశలు క్రింద ఇవ్వబడినవి.

$$ {}_1^1H + {}_1^1H \rightarrow {}_1^2H + e^{+} + \nu \qquad (9.44)$$

$$ {}_1^1H + {}_1^2H \rightarrow {}_2^3He + \gamma \qquad (9.45)$$

మూడవ దశలో అనేక చర్యలు జరుగుటకు అవకాశమున్నది. అందులో ఎక్కువగా

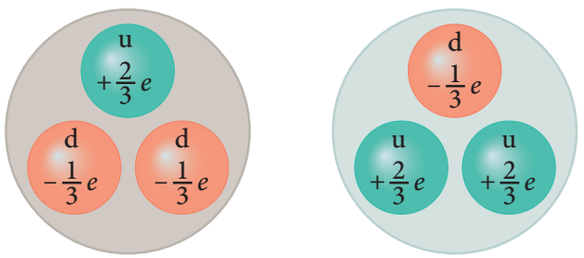
$$ {}_2^3He + {}_2^3He \rightarrow {}_2^4He + {}_1^1H + {}_1^1H \qquad (9.46)$$

పైన సూచించిన చర్యలో వెలువడే మొత్తం శక్తి విలువ 27 MeV సూర్యుని నుండి మనము పొందే వికిరణ శక్తి ఈ కేంద్రక సంలీన చర్యల ద్వారా ఏర్పడును.

ప్రాథమిక కణాలు (Elementary particles)

ఒక పరమాణువులో కేంద్రకం మరియు దాని చుట్టూ ఎలక్ట్రాన్లు ఉండును. కేంద్రకం ప్రోటాన్‌లు మరియు న్యూట్రాన్‌లను కలిగి ఉండును. ప్రోటాన్‌లు, న్యూట్రాన్‌లు, ఎలక్ట్రాన్‌లు మొదలగునవి పదార్థం యొక్క ప్రాథమిక కణాలు అని 1960ల వరకు నమ్ముతూ వచ్చారు. 1964వ సంవత్సరంలో ముర్రే జెల్మన్ (Murray Gellman) మరియు జార్జ్ జ్వీగ్ (George Zweig) అనే భౌతిక శాస్త్రవేత్తలు ప్రోటాన్ మరియు న్యూట్రాన్‌లు ప్రాథమిక కణాలు కావు అని క్వార్క్ అనే కణాలలో తయారయ్యాయి అని సిద్ధాంతికంగా పేర్కొన్నారు. ఇప్పుడు ఈ క్వార్క్‌లను ప్రకృతి యొక్క ప్రాథమిక కణాలుగా పరిగణించారు. కానీ ఎలక్ట్రాన్‌లు ఏ కణాలతోను ఏర్పడడం లేదు కనుక వీటిని ప్రాథమిక కణాలుగా పరిగణించవచ్చు. 1968వ సంవత్సరంలో అమెరికాలోని స్టాన్‌ఫోర్డ్ రేఖీయ త్వరణీకృత కేంద్రం (SLAC) ప్రయోగపూర్వకంగా క్వార్క్‌లను కనుగొన్నది. పైన (up), క్రింద (down), మనోహరమైన(మనోజ్ఞత) (charm), వింత (strange), ఎగువ (top) మరియు దిగువ (bottom) క్వార్క్ అను ఆరు రకాల క్వార్క్‌లు మరియు వాటి ప్రతికణాలు కలవు. అన్ని క్వార్క్‌లు భిన్న విలువలు కలిగిన ఆవేశాన్ని కలిగి ఉంటాయి. ఉదాహరణకి పైన క్వార్క్ యొక్క ఆవేశము విలువ $+\frac{2}{3}e$, క్రింది క్వార్క్ యొక్క ఆవేశము విలువ $-\frac{1}{3}e$.

క్వార్క్ నమూనా ప్రకారం, ప్రోటాన్ రెండు పైన క్వార్క్‌లు, ఒక క్రింది క్వార్క్‌లతోనూ, న్యూట్రాన్ ఒక పైన క్వార్క్ మరియు రెండు క్రింది క్వార్క్‌లతో తయారగును (నిర్మిత మగును). ఇది పటము 9.30 లో చూపబడినది.



పటము 9.30 న్యూక్లియాన్‌లోని కణాలు.

ప్రాథమిక కణాల గురించిన అధ్యయనాన్ని కణ భౌతిక శాస్త్రం (particle physics) అంటారు మరియు ఇప్పటికీ ఇది క్రియాశీల పరిశోధనలో ఒక శాఖగా ఉన్నది. ఇప్పటి వరకు 20 కన్నా ఎక్కువ నోబుల్ బహుమతులు ఈ కణ భౌతిక శాస్త్ర విభాగంలో ఇచ్చారు (ఇవ్వబడినవి).

ప్రకృతిలోని నాలుగు ప్రాథమిక బలాలు

రెండు ద్రవ్యరాశుల మధ్య గురుత్వాకర్షణ శక్తి ఉన్నదని మరియు ఇది ప్రకృతిలో సార్వత్రికమైనదని తెలుసు. సూర్యుని యొక్క గురుత్వాకర్షణ శక్తి వలన అన్ని గ్రహాలు సూర్యుని చుట్టూ పరిభ్రమించుచున్నవి పన్నెండవ తరగతి, భౌతిక శాస్త్రం భాగము – (i) లో రెండు ఆవేశములకి మధ్య విద్యుదయస్కాంత బలము ఉండును మరియు మన నిత్యజీవిత కృత్యములలో ఇది ముఖ్యమైన పాత్ర పోషించును. ఈ పాఠ్యాంశము (unit) లో రెండు న్యూకియాన్‌లకి మధ్యలో ఒక

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 199 10-03-2023 16:54:41

బలమైన (దృఢమైన) కేంద్రకమును స్థిరముగా ఉంచు బాధ్యతను వహించునని తెలుసుకొన్నాము. ఈ మూడు బలాలతోపాటు బలహీన (weak) బలము అనే మరొక బలము కూడా ప్రాథమిక బలము అగును. ఈ బలహీన బలము కేంద్రక బలము కన్నా తక్కువ పరిధిలో (range) పని చేయదగినది. ఈ బలం బీటా క్షయం మరియు నక్షత్రాలలో శక్తి ఉత్పత్తి మొదలగు ప్రక్రియలలో ముఖ్యమైన పాత్ర పోషించును. సూర్యునిలో హైడ్రోజన్ హీలియంగా మారు సంలీన చర్యలో న్యూట్రాన్‌లు మరియు అపారమైన వికిరణాలు బలహీన బలాల వలన ఉత్పత్తి అగుచున్నవి. బలహీన బలము గురించి ఇంకా తెలుసుకొనుటకు దీనికి సంబంధించిన పుస్తకాలను చదవవలెను.

గురుత్వాకర్షణ బలం, విద్యుదయస్కాంత బలం, బలమైన మరియు బలహీన బలాలను ప్రకృతిలోని ప్రాథమిక బలాలు అందురు. మన నిత్యజీవితంలో కూడా ఈ ప్రాథమిక బలాలు అవసరమగుచున్నవి లేదా ముఖ్యపాత్ర పోషించుచున్నవి అనునది జగమెరిగిన సత్యం. సరళముగా చెప్పాలంటే మనము భూమిమీద జీవించడానికి భూమి యొక్క గురుత్వాకర్షణ బలం కారణమగును. భూ ఉపరితలం యొక్క పరమాణువులకు మరియు మన పాదంలోని పరమాణువులకు మధ్య గల విద్యుదయస్కాంత బలం కారణంగా మనం భూమి యొక్క ఉపరితలం పై నిలబడి ఉన్నాము. బలమైన కేంద్రక బలం కారణంగా మన శరీరంలోని పరమాణువులు స్థిరంగా ఉంటాయి. చివరకు భూమిపై ఉన్న జాతుల జీవనము సూర్యుడి నుండి వచ్చే సౌరశక్తి పై ఆధారపడి ఉంటుంది. మరియు బలహీనమైన బలము కారణంగా ఇది సూర్యుని కేంద్రంలో జరుగుతున్న కేంద్రక సంలీన చర్యల సమయంలో కీలక పాత్ర పోషిస్తుంది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 200 10-03-2023 16:54:41

సారాంశము

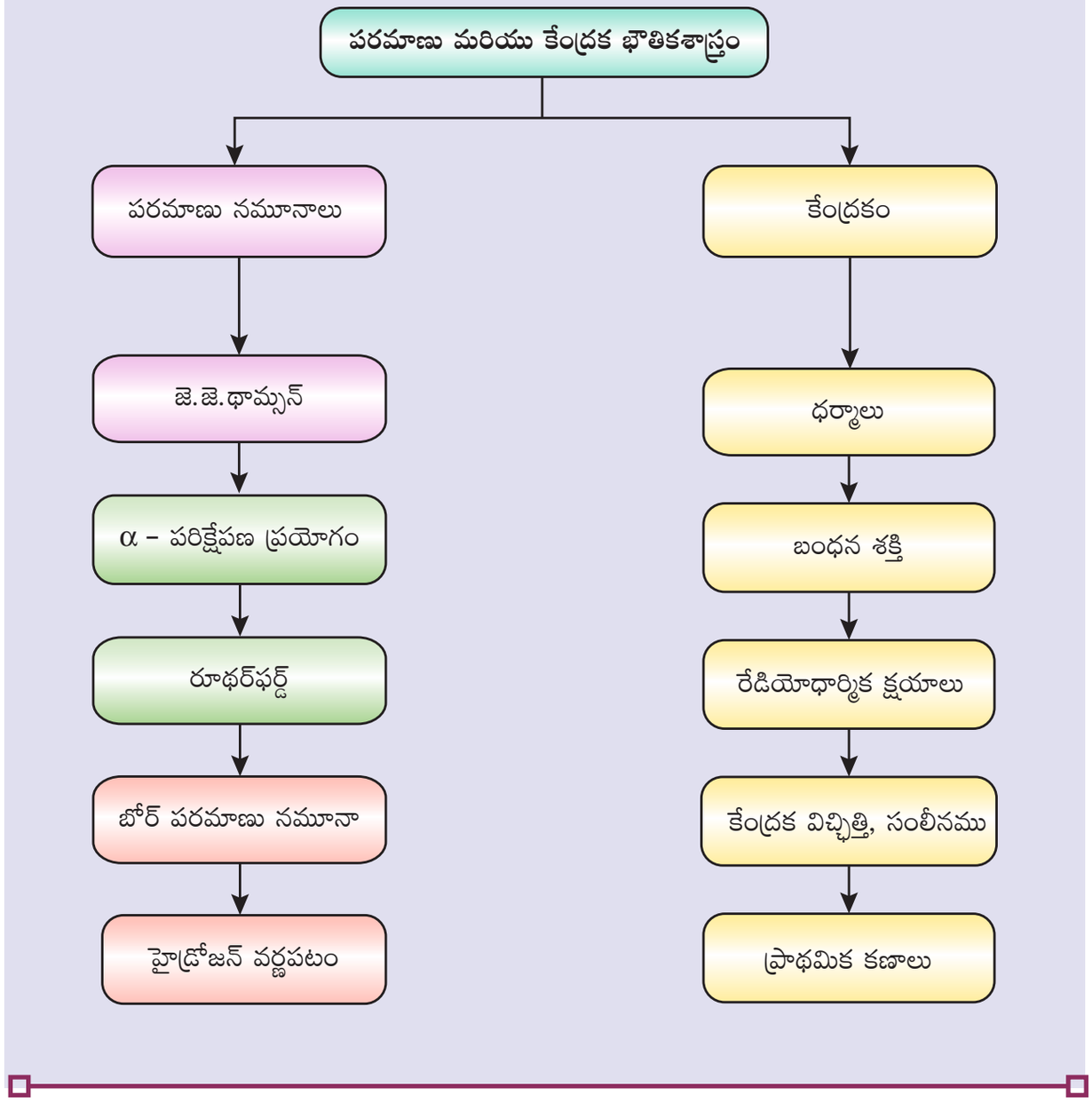
- తక్కువ పీడనం వద్ద ఆచరణాత్మక (ప్రయోగాత్మక) వాయువుల ద్వారా విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని అధ్యయనం చేయడానికి ఉపయోగించే పరికరాన్ని వాయు ఉత్సర్గ నాళం అందురు.
- ప్రమాణ ద్రవ్యరాశిలో గల ఆవేశాన్ని విశిష్టావేశము లేదా సాధారణ ఆవేశము అంటారు మరియు ఇది ప్రయోగంలో ఉపయోగించే వాయువు మీద మరియు ఎలక్ట్రోడ్‌ల స్వభావం మీద ఆధారపడదు.
- 180° లతో తిరిగి పరావర్తనం చెందునప్పుడు α-కణానికి మరియు కేంద్రకం యొక్క మధ్య భాగానికి మధ్యగల కనీస దూరాన్ని అత్యంత సామీప్య దూరం r_0 అంటారు.
- సుదూరములో ఆల్ఫా కణాలు ఉన్నప్పుడు, వాటి వేగ సదిశ యొక్క దిశకి బంగారు కేంద్రకం యొక్క కేంద్రానికి మధ్య గల లంబ దూరాన్ని అభిఘాత పరామితిగా (b) నిర్వచించవచ్చు (పటము 9.12లో చూడుము)
- బోర్ పరమాణు సిద్ధాంతం ప్రకారం, కోణీయ ద్రవ్యవేగం క్వాంటీకరణం చెందును.
- బోర్ పరమాణు నమూనాలో కక్ష్య వ్యాసార్ధం $r_n = a_0 \frac{n^2}{Z}$
- హైడ్రోజన్ పరమాణువు యొక్క మొదటి కక్ష్య వ్యాసార్ధం $a_0 = \frac{\varepsilon_0 h^2}{\pi m e^2} = 0.529\,\text{Å}$ మరియు దీనిని బోర్ వ్యాసార్ధం అంటారు.
- n వ కక్ష్యలోని ఎలక్ట్రాన్ వేగం $\upsilon_n = \frac{h}{2\pi m a_0}\frac{Z}{n}\ \text{ms}^{-1}$.
- చక్కటి నిర్మాణ స్థిరాంకం $\alpha = \frac{1}{137}$ అనునది మితిలేని స్థిరాంకం.
- n వ కక్ష్యలోని ఎలక్ట్రాన్ యొక్క మొత్తం శక్తి $E_n = -\frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2}\frac{Z^2}{n^2} = -13.6\frac{Z^2}{n^2}eV$.
- ఎలక్ట్రాన్‌ని భూ (అధమ అల్ప) శక్తి స్థాయి నుండి ఏదైనా ఉన్నత (అధిక) శక్తి స్థాయికి ఉత్తేజితమగుటకు అవసరమగు శక్తిని ఉత్తేజిత శక్తి అందురు. దీనికి అందించు పొటెన్షియల్‌ను ఉత్తేజిత పొటెన్షియల్ అంటారు.
- భూ స్థాయిలో గల ఎలక్ట్రాన్‌ను పరమాణువు నుండి తొలగించడానికి అవసరమగు కనీస శక్తిని బంధన శక్తి లేదా అయనీకరణ శక్తి అందురు.
- అయనీకరణ శక్తిని పొందుటకు ఎలక్ట్రాన్‌ను త్వరణీకరించడానికి అవసరమగు శక్మభేదమును అయణీకరణ శక్మము అంటారు.
- లైమన్ శ్రేణి యొక్క వర్ణపట రేఖల తరంగదైర్ఘ్యం అతినీలలోహిత ప్రాంతంలో ఉంటుంది.
- బామర్ శ్రేణి యొక్క వర్ణపట శాఖల తరంగదైర్ఘ్యం దృశ్య ప్రాంతంలో (visible region) ఉంటుంది అయితే ఫాషన్ మరియు బ్రాకెట్ శ్రేణుల తరంగదైర్ఘ్యం పరారుణ ప్రాంతంలో ఉంటుంది.
- పరమాణు సంఖ్య Z, ద్రవ్యరాశి సంఖ్య A కలిగిన మూలకము (X) యొక్క కేంద్రాన్ని ${}^{A}_{Z}X$ అనే గుర్తుచే సూచిస్తాము.
- ద్రవ్యరాశి సంఖ్య A గల పరమాణు కేంద్రకం వ్యాసార్ధం $(Z > 10)$ R, $R = R_0 A^{1/3}$ ఇక్కడ $R_0 = 1.2\,F$
- కేంద్రకం యొక్క సాంద్రత $\rho = 2.3 \times 10^{17}\,kg\,m^{-3}$ మరియు కేంద్రక పదార్థం అధిక సంపీడన స్థితిలో ఉండును.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 201 10-03-2023 16:54:47

- M , m_p మరియు m_n అనునవి వరుసగా కేంద్రకం ప్రోటాన్ మరియు న్యూట్రాన్‌ల (^A_ZX) యొక్క ద్రవ్యరాశులు అయిన, ద్రవ్యరాశి లోపము $\Delta m = \left(Zm_p + Nm_n\right) - M$
- కేంద్రకం యొక్క బంధన శక్తి $B.E = \left(Zm_p + Nm_n - M\right)c^2$
- ఇనుము యొక్క ఒక న్యూక్లియాన్‌లో గల సగటు బంధన శక్తి గరిష్టంగా 8.8 MeV గా ఉంటుంది..
- ఆల్ఫా క్షయం: $^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2He$
- β^- క్షయం: $^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + e^- + \bar{\nu}$
- β^+ క్షయం: $^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z-1}Y + e^+ + \nu$
- గామా ఉద్గారం: $^A_ZX^* \rightarrow {}^A_ZX + \gamma$
- రేడియోధార్మిక విఘటన (క్షయం) నియమము $N = N_0 e^{-\lambda t}$
- సాధారణముగా, n అర్ధ జీవిత కాలం తర్వాత, క్షయం చెందకుండా ఉండు పరమాణు కేంద్రకాల సంఖ్య $N = \left(\frac{1}{2}\right)^n N_0$
- అర్ధ జీవితకాలం మరియు విఘటన స్థిరాంకానికి మధ్య గల సంబంధం $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.6931}{\lambda}$.
- సగటు జీవితకాలం $\tau = \frac{1}{\lambda}$; $T_{1/2} = \frac{0.6931}{\lambda} = 0.6931\tau$.
- తేలిక కేంద్రకం భార కేంద్రకంగా క్షయం చెందుటను కేంద్రక విచ్ఛిత్తి అంటారు.
- రెండు తేలిక కేంద్రకాలు సంలీనం చెంది భార కేంద్రకాన్ని ఏర్పరచుటను కేంద్రక సంలీనం అందురు.
- కేంద్రక రియాక్టర్‌లో కేంద్రక గొలుసు చర్య నియంత్రించబడుతుంది. నక్షత్రాలలో కేంద్రక సంలీనము ద్వారా శక్తి ఉత్పత్తి చేయబడుతుంది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 202 10-03-2023 16:54:52

భావన పటము



12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 203 10-03-2023 16:54:52

బహుళైచ్ఛిక ప్రశ్నలు

1. శక్మము V ఓల్టు ద్వారా త్వరణీకరించబడిన α కణము, Z పరమాణు సంఖ్య గల కేంద్రకం వైపు చలించి అభిఘాతం చెందినది. తరువాత కేంద్రకం నుండి ఆల్ఫా కణము యొక్క అత్యంత సామీప్య దూరం (closest approach) యొక్క విలువ

(అ) $14.4\frac{Z}{V}$ Å (ఆ) $14.4\frac{V}{Z}$ Å

(ఇ) $1.44\frac{Z}{V}$ Å (ఈ) $1.44\frac{V}{Z}$ Å

2. హైడ్రోజన్ పరమాణువులో, నాల్గవ కక్ష్యలో చలించే (తిరిగే) ఎలక్ట్రాన్ యొక్క కోణీయ ద్రవ్యవేగము.

(అ) h (ఆ) $\frac{h}{\neq}$

(ఇ) $\frac{4h}{\neq}$ (ఈ) $\frac{2h}{\neq}$

3. $n = 1$ కక్ష్యకి అయనీకరణ పొటెన్షియల్ 122.4 V గా గల H-సజాతీయ పరమాణువుల యొక్క పరమాణు సంఖ్య

(అ) 1 (ఆ) 2 (ఇ) 3 (ఈ) 4

4. హైడ్రోజన్ పరమాణువు యొక్క మొదటి మూడు కక్ష్యల వ్యాసార్ధాల నిష్పత్తి

(అ) 1:2:3 (ఆ) 2:4:6

(ఇ) 1:4:9 (ఈ) 1:3:5

5. కేథోడ్ కిరణ కణముల ఆవేశం.

(అ) ధనావేశం (ఆ) ఋణావేశం

(ఇ) తటస్థం (ఈ) అనిర్వచనీయం.

6. J.J. థామ్సన్ e/m ప్రయోగంలో ఎలక్ట్రాన్లు $2.6kV$ తో త్వరనీకృతం చెందించబడ్డాయి. ఇవి $3.0 \times 10^4\,Vm^{-1}$ మరియు $1.0 \times 10^{-3}\,T$ సామర్థ్యం గల విద్యుత్‌క్షేత్రం మరియు అయస్కాంత క్షేత్రము గల ప్రాంతం లో పయనించాయి మరియు అవి అపవర్తనం చెందనట్లయితే వాటి విశిష్ట ఆవేశం ఎంత?

(అ) $1.6 \times 10^{10}\,Ckg^{-1}$

(ఆ) $1.7 \times 10^{11}\,Ckg^{-1}$

(ఇ) $1.5 \times 10^{11}\,Ckg^{-1}$

(ఈ) $1.8 \times 10^{11}\,Ckg^{-1}$

7. Li^{++} He^{+} మరియు H మొదలగువాటిలో $n = 2$ నుండి $n = 1$ వరకు పరివర్తనం (transition) ఏర్పడినప్పుడు ఉద్గారమయ్యే వికిరణాల తరంగదైర్ఘ్యాల నిష్పత్తి

(అ)1: 2: 3 (ఆ) 1: 4: 9

(ఇ) 3:2:1 (ఈ) 4: 9: 36

8. ఒక ఎలక్ట్రాన్ యొక్క విద్యుత్ పొటెన్షియల్ $V = V_0 \ln\left(\frac{r}{r_0}\right)$ అని ఇవ్వబడినది, ఇక్కడ r_0 స్థిరాంకము. బోర్ పరమాణు నమూనాని ఉపయోగిస్తే, ప్రధాన క్వాంటం సంఖ్య n ఆధారంగా n యొక్క కక్ష్యా వ్యాసార్ధం r_n విలువలో ఏర్పడే మార్పు

(అ) $r_n \propto \frac{1}{n}$ (ఆ) $r_n \propto n$

(ఇ) $r_n \propto \frac{1}{n^2}$ (ఈ) $r_n \propto n^2$

9. ^{27}Al పరమాణు కేంద్రక వ్యాసార్ధం 3.6 ఫెర్మి అయిన, ^{64}Cu పరమాణు కేంద్రకం వ్యాసార్ధం సుమారుగా ఫెర్మిలలో

(అ) 2.4 (ఆ) 1.2

(ఇ) 4.8 (ఈ)3.6

10. పరమాణు కేంద్రకం దాదాపు గోళాకృతిని కలిగి ఉండును. అయితే ద్రవ్యరాశి సంఖ్య A కలిగిన కేంద్రకం యొక్క ఉపరితల వైశాల్యం ఏ విధంగా మారును.

(అ) $A^{2/3}$ (ఆ) $A^{4/3}$

(ఇ) $A^{1/3}$ (ఈ) $A^{5/3}$

11. $^{7}_{3}Li$ కేంద్రకం ద్రవ్యరాశి అనునది అందులోని న్యూక్లియాన్ల మొత్తం ద్రవ్యరాశి కన్నా 0.042 u తక్కువగా ఉన్నది. అయితే, $^{7}_{3}Li$ కేంద్రకంలో ఒక న్యూక్లియాన్ సగటు బంధన శక్తి దాదాపుగా

(అ) 46 MeV (ఆ) 5.6 MeV

(ఇ) 3.9MeV (ఈ)23 MeV

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 204 10-03-2023 16:55:05

12. M_p అనునది ప్రోటాన్ ద్రవ్యరాశిని, M_n అనునది న్యూట్రాన్ ద్రవ్యరాశిని సూచించును. Z ప్రోటాన్‌లు, N న్యూట్రాన్‌లు గల కేంద్రకం యొక్క బంధన శక్తి B అయిన, ఇవ్వబడిన కేంద్రకం యొక్క ద్రవ్యరాశి M(N,Z) అనునది (ఇక్కడ c అనునది కాంతి వేగం)

(అ) $M(N,Z) = NM_n + ZM_p - Bc^2$

(ఆ) $M(N,Z) = NM_n + ZM_p + Bc^2$

(ఇ) $M(N,Z) = NM_n + ZM_p - B/c^2$

(ఈ) $M(N,Z) = NM_n + ZM_p + B/c^2$

13. ఆరంభ ద్రవ్యరాశి సంఖ్య A మరియు పరమాణు సంఖ్య Z గల రేడియోధార్మిక కేంద్రకం రెండు α కణాలు మరియు రెండు పాసిట్రాన్‌లను ఉద్గారించును. క్రియాజన్య కేంద్రకం (తుది కేంద్రకం) యొక్క న్యూట్రాన్ మరియు ప్రోట్రాన్ సంఖ్యల నిష్పత్తి

(అ) $\frac{A-Z-4}{Z-2}$ (ఆ) $\frac{A-Z-2}{Z-6}$

(ఇ) $\frac{A-Z-4}{Z-6}$ (ఈ) $\frac{A-Z-12}{Z-4}$

14. రేడియోధార్మిక మూలకం (పదార్థం) A యొక్క అర్ధజీవితకాలము, మరొక రేడియోధార్మిక మూలకం (పదార్థం) B యొక్క సగటు జీవిత కాలానికి సమానం. ఆరంభంలో ఆ రెండు మూలకాల పరమాణు సంఖ్యలు సమానంగా ఉంటే ----------

(అ) A మరియు B యొక్క ఆరంభ విఘటన రేటు సమానము.

(ఆ) A మరియు B యొక్క విఘటన రేటు ఎల్లప్పుడూ సమానం.

(ఇ) A కంటే B వేగముగా విఘటనం చెందును.

(ఈ) B కన్నా A వేగముగా విఘటనం చెందును.

15. t=0 కాలములో ఒక వ్యవస్థలో గల పరమాణు కేంద్రకాల సంఖ్య N_0. అర్ధ జీవితకాలంలో సగం కాలం ($t = \frac{1}{2}T_{\frac{1}{2}}$) అయినప్పుడు ఉన్న కేంద్రకాలు సంఖ్య

(అ) $\frac{N_0}{2}$ (ఆ) $\frac{N_0}{\sqrt{2}}$

(ఇ) $\frac{N_0}{4}$ (ఈ) $\frac{N_0}{8}$

సమాధానాలు

1) ఆ	**2)** ఈ	**3)** ఇ	**4)** ఇ	**5)** ఆ
6) ఆ	**7)** ఈ	**8)** ఆ	**9)** ఇ	**10)** అ
11) ఆ	**12)** ఇ	**13)** ఆ	**14)** ఇ	**15)** ఆ

II స్వల్ప సమాధాన ప్రశ్నలు

1. కేథోడ్ కిరణాలు అనగానేమి?

2. కాథోడ్ కిరణాల యొక్క ధర్మాలను తెలుపుము.

3. రూథర్‌ఫోర్డ్ ఆల్ఫా పరిక్షేపణ ప్రయోగం యొక్క ఫలితాలు తెలపండి.

4. బోర్ పరమాణు నమూనా తెలుపుము.

5. ఉత్తేజిత శక్తి అనగానేమి?

6. అయనీకరణ శక్తి మరియు అయనీకరణ పొటెన్షియల్‌లను నిర్వచించుము.

7. బోర్ పరమాణు సిద్ధాంతం యొక్క పరిమితులను (లోపాలను) వ్రాయండి.

8. అత్యంత సామీప్య దూరం (distance of closest approach) అనగా నేమి?

9. అభిఘాత పరామితిని నిర్వచించుము.

10. మూలకం X యొక్క కేంద్రకాన్ని సూచించే సంజ్ఞ రూపమును వ్రాయుము. అందులోని ప్రతి పదము దేనిని సూచిస్తుందని తెలుపుము.

11. ఐసోటోపులు అనగానేమి? ఒక ఉదాహరణ ఇమ్ము.

12. ఐసోటోనులు అనగానేమి? ఒక ఉదాహరణ ఇమ్ము.

13. ఐసోబార్లు అనగానేమి? ఒక ఉదాహరణ ఇమ్ము.

14. పరమాణు ద్రవ్యరాశి ప్రమాణం u ను నిర్వచించుము.

15. అన్ని కేంద్రకాల యొక్క ($Z > 10$) కేంద్రక సాంద్రత దాదాపు స్థిరాంకం అని నిరూపించుము.

16. ద్రవ్యరాశి లోపము అనగానేమి?

17. కేంద్రకం యొక్క బంధన శక్తి అనగానేమి? సమీకరణమును తెలుపుము.

18. ఒక పరమాణు ద్రవ్యరాశి ప్రమాణంకి (1 amu) సమానమైన శక్తి విలువను లెక్కించుము.

19. ఒక న్యూక్లియాన్‌లో గల బందన శక్తికి భౌతిక అర్థం తెలపండి.

20. రేడియోధార్మికత అనగానేమి?

21. α క్షయం, β క్షయం మరియు γ (గామా) ఉద్గారంలను గుర్తులతో తెలుపుము.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 205 10-03-2023 16:55:15

22. ఆల్ఫా క్షయంలో అస్థిర కేంద్రకం ఎందుకు ${}_2^4He$ కేంద్రకాన్ని ఉద్గారించును? నాలుగు వేర్వేరు న్యూక్లియాన్‌లను ఇది ఎందుకు ఉద్గారించదు?
23. పరమాణు కేంద్రకం యొక్క సగటు జీవిత కాలము అనగా నేమి? దానికి సమీకరణమును ఉత్పాదించుము.
24. కేంద్రకం యొక్క అర్ధ జీవిత కాలము అనగా నేమి? దాని సమీకరణమును ఉత్పాదించుము.
25. క్రియాశీలత లేదా విఘటన (క్షయం) రేటు అనగానేమి? దీని ప్రమాణమును తెలుపుము.
26. క్యూరీని నిర్వచించుము.
27. న్యూట్రాన్ మరియు ప్రోటాన్ అనునవి ఏ భాగపు కణాల చేత ఏర్పడినవి?

III దీర్ఘ సమాధాన ప్రశ్నలు

1. ఎలక్ట్రాన్ యొక్క విశిష్ట ఆవేశ విలువను కనుగొనే జె.జె.థామ్సన్ ప్రయోగాన్ని వివరించుము.
2. ఎలక్ట్రాన్‌ల ఆవేశపు విలువని కనుగొనడానికి ఉపయోగించే మిల్లికన్ నూనె బిందువు (Millikan's oil drop) ప్రయోగాన్ని వివరించుము.
3. బోర్ పరమాణు సిద్ధాంతాన్ని ఉపయోగించి హైడ్రోజన్ పరమాణువు యొక్క శక్తికి సమీకరణమును ఉత్పాదించుము.
4. హైడ్రోజన్ పరమాణు యొక్క వర్ణపట రేఖ శ్రేణులను వివరించుము.
5. ద్రవ్యరాశి సంఖ్య ఆధారంగా సరాసరి బంధన శక్తిలో ఏర్పడే మార్పును రేఖా చిత్ర పటం ద్వారా వివరించుము మరియు వాటి లక్షణాలను వివరింపుము.
6. కేంద్రక బలము గురించి వివరించుము.
7. ఆల్ఫా క్షయం పద్ధతిని ఉదాహరణలతో వివరించుము.
8. బీటా క్షయం పద్ధతిని ఉదాహరణలతో వివరించుము.
9. గామా ఉద్గారం పద్ధతిని ఉదాహరణలతో వివరించుము.
10. రేడియోధార్మిక క్షయం (విఘటన) నియమాన్ని ఉత్పాదించుము.
11. న్యూట్రినో యొక్క ధర్మాలను తెలిపి, బీటా క్షయంలో దాని పాత్రను వివరించుము.
12. కార్బన్ డేటింగ్ గురించి క్లుప్తంగా వివరించుము.
13. కేంద్రక విచ్ఛిత్తి పద్ధతిని మరియు దాని ధర్మాలను వివరించుము.
14. కేంద్రక సంలీనము పద్ధతిని వివరించుము మరియు నక్షత్రాలలో శక్తి ఏ విధంగా ఉత్పత్తి అగుచున్నదని తెలుపుము.
15. పటం సహాయముతో కేంద్రక (న్యూక్లియర్) రియాక్టర్ పని చేయు విధానమును వివరించుము.
16. ప్రకృతిలోని నాలుగు ప్రాథమిక బలాలు గురించి విస్తృతంగా (వివరించుము) వ్రాయుము.
17. ప్రకృతిలోని నాలుగు ప్రాథమిక కణాల గురించి క్లుప్తముగా వివరించుము.

అభ్యాసములు

1. H_A మరియు H_B అనే రెండు హైడ్రోజన్ పరమాణువులు భూస్థాయిలో ఉన్నవని అనుకొనుము. H_A హైడ్రోజన్ పరమాణువు విరామ స్థితిలో ఉన్నది మరియు నిర్ణీత వేగముతో చలించే H_B పరమాణువు, విరామ స్థితిలో గల H_A పరమాణువును నేరుగా (ముఖాముఖి అభిఘాతములో) ఢీకొనునని అనుకొనుము. అభిఘాతం తర్వాత, ఈ రెండూ కలిసి కదులుతాయి. ఈ రెండు హైడ్రోజన్ పరమాణువులలో ఏదేని ఒకటి మొదటి ఉత్తేజిత స్థాయిని చేరుకోవాలంటే, చలనంలో ఉన్న H_B హైడ్రోజన్ పరమాణువు యొక్క కనిష్ట (కనీస) గతిజశక్తిని కనుగొనుము.

[సమాధానం: 20.4 eV]

2. బోర్ పరమాణు నమూనాలో, పరివర్తనాల పౌనఃపున్యం క్రింది సమీకరణం ద్వారా తెలుసుకొనవచ్చును.

$$\nu = Rc\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right), \text{ ఇక్కడ } n < m,$$

క్రింది పరివర్తనాలు పరిశీలించండి.

పరివర్తనాలు	$m \rightarrow n$
1	$3 \rightarrow 2$
2	$2 \rightarrow 1$
3	$3 \rightarrow 1$

ఈ పరివర్తనాల పౌనఃపున్యం సంకలన నియమాన్ని (ఈ నియమాన్ని రిట్జ్ కాంబినేషన్ నియమం అందురు) పాటించునని నిరూపించుము.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 206 10-03-2023 16:55:17

[సమాధానం: $\nu_{3\to2} + \nu_{2\to1} = \nu_{3\to1}$]

3. (అ) 97.5 వికిరణ తరంగదైర్ఘ్యం చేత హైడ్రోజన్ పరమాణువు ఉత్తేజితం చెందినది. ఉత్తేజిత స్థాయి యొక్క ప్రధాన క్వాంటం సంఖ్యను కనుగొనుము.

(ఆ) ఉద్గార వర్ణపటంలో వర్ణపట రేఖల మొత్తం సంఖ్య $\frac{n(n-1)}{2}$ అని నిరూపించుము. సమస్య (అ)లో ఇవ్వబడిన ఉత్తేజిత స్థాయిలో లభించు ఉద్గార వర్ణపటంలో సాధ్యమగు వర్ణపట రేఖల సంఖ్యని కనుగొనుము.

[సమాధానం: (అ) n =4 (ఆ) 6 పరివర్తనాలు సాధ్యం]

4. భూమి యొక్క సాంద్రత, కేంద్రకం సాంద్రత సమానముగా ఉన్నప్పుడు భూమి యొక్క వ్యాసార్ధమును లెక్కించుము. (భూమి ద్రవ్యరాశి $5.97\times10^{24}\,kg$)

[సమాధానం: 180 m]

5. ${}^{108}_{47}Ag$ పరమాణు కేంద్రకం యొక్క ద్రవ్యరాశి లోపము మరియు ఒక న్యూక్లియాన్‌కి బంధన శక్తిని లెక్కించుము. (Ag పరమాణు ద్రవ్యరాశి = 107.905949)

(సమాధానం: $\begin{bmatrix}\Delta m = 0.990391u \text{ and} \\ \overline{B.E} = 8.5MeV\end{bmatrix}$)

6. A మరియు B అనే రెండు రేడియోధార్మిక మూలకాల యొక్క అర్ధ జీవితకాలములు వరుసగా 20 నిమిషాలు మరియు 40 నిమిషాలు. ఆరంభంలో ఇవి నమూనా సంఖ్యలో కేంద్రకాన్ని కలిగి ఉంటాయి. 80 నిమిషాల తర్వాత A మరియు B ల యొక్క క్షయం చెందు కేంద్రకాల సంఖ్య యొక్క నిష్పత్తి ఎంత?

[సమాధానం: 5:4]

7. అర్ధ జీవితకాలం 5.01 రోజులు గల ${}^{210}Bi$ మూలకం యొక్క క్రియాశీలతని నీ పుట్టినరోజున కొలిచావు అనుకొనుము. దాని ప్రారంభ క్రియాశీలత $1\propto Ci$ (అ) నీ తర్వాత పుట్టిన రోజు నాటికి దాని సరాసరి క్రియాశీలత విలువ ఎంత? మరియు (ఆ) విఘటన స్థిరాంకం (ఇ) సగటు జీవితకాలం (ఈ) ఆరంభంలో గల పరమాణువుల సంఖ్య మొదలగువానికి లెక్కించుము.

[సమాధానం: (అ) $10^{-22}\propto Ci$ (ఆ) $1.6\times10^{-6}\,s^{-1}$

(ఇ) 7.23 రోజులు (ఈ) 2.31×10^{10}]

8. ఒక నమూనాలో గల 60% రేడాన్ క్షయం చెందుటకు పట్టు కాలమును లెక్కించుము (రేడాన్ యొక్క $T_{1/2}$ 8 రోజులు)

[సమాధానం: 5.022 రోజులు]

9. ${}^{235}_{92}U$ పరమాణు కేంద్రకం క్షయం చెందునప్పుడు వెలువడు శక్తి 200 MeV అనుకొనుము. 1 వాట్ సామర్థ్యం ఉత్పత్తి చేయుటకు ఒక నిమిషంలో ఏర్పడవలసిన క్షయాల సంఖ్యని లెక్కించుము.

[సమాధానం: 3.125×10^{10}]

10. క్రియాశీలత 1 క్యూరీ గా గల రేడియం ${}^{226}_{88}Ra$ యొక్క ద్రవ్యరాశి సుమారుగా 1గ్రా. అని చూపుము. ($T_{1/2}$ =1600 సం॥లు)

11. పురావస్తు స్థలాలలో ఒకదానినుండి చెట్టు యొక్క బొగ్గు ముక్క (Charaol)లు లభించినవి. ఇప్పుడు జీవించి ఉన్న చెట్టు నుండి పొందిన కొంత భాగంలో గల కార్బన్-14 యొక్క కొలత వలె ఈ బొగ్గులో అదే కొలతలో నమూనాలు కనబడును. కార్బన్-14 యొక్క విలువ మాత్రమే 17.5% ఉండును అయిన, ఆ చెట్టు యొక్క వయసు ఎంత?

[సమాధానం: 1.44×10^{4} సం॥లు]

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

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 207 10-03-2023 16:55:25



అంతర్జాల కృత్యము

పరమాణు మరియు కేంద్రక భౌతికశాస్త్రం

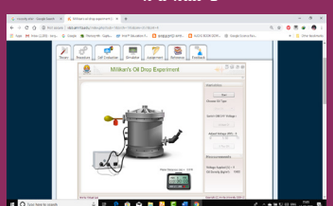
ప్రస్తుత కృత్యములో విద్యార్థులు (i) మిల్లికాన్ నూనె బిందు ప్రయోగము యొక్క భావనను ప్రయోగపూర్వకముగా ప్రదర్శిస్తారు. (ii) బిందువు యొక్క టర్మినల్ వేగాన్ని కనుగొనెదురు. (iii) బిందువు మీద ఆవేశాన్ని కనుగొనుదురు.

అంశము : మిల్లికన్ నూనె బిందు ప్రయోగము

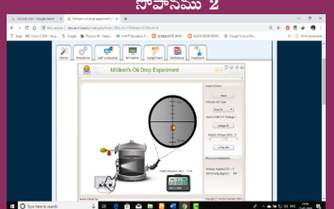
సోపానములు:

- బ్రౌజర్‌ను తెరచి అడ్రస్ బార్ నందు "vlab.amrita.edu" అని టైపు చేయండి.
- "Physical Sciences" ట్యాబ్‌ని క్లిక్ చేయండి. ఆ తర్వాత Modern Physics Virtual Lab ని మరియు తర్వాత "Millikan's oil drop experiment" ని క్లిక్ చేయండి. ప్రయోగము చేయుట కొరకు "simulator" ట్యాబ్‌కి వెళ్ళండి.
- "START" బటన్‌ను క్లిక్ చేయండి. నూనెను ఎన్నుకొనుటకు "Combo box" ని క్లిక్ చేయండి.
- స్టాప్‌వాచ్ యొక్క "START" బటన్‌ని క్లిక్ చేయండి మరియు రెండు బిందువుల మధ్య నూనె బిందువు l_1 దూరం ప్రయాణించుటకు తీసుకొను కాలము t_1 ను గుర్తించండి. టర్మినల్ వేగం $\upsilon_1 = \frac{l_1}{t_1}$ ని గణించండి.
- – సంతులన ఓల్టేజి V కలిగిన అదే నూనె బిందువుని గాలిలో వేలాడదీయడానికి "Voltage On"ని క్లిక్ చేయండి.
- "X Ray ON" బటన్‌ను క్లిక్ చేయండి మరియు రెండు బిందువుల మధ్య అదే నూనె బిందువు l_2 దూరం ప్రయాణించుటకు తీసుకొను కాలము t_2 లను గుర్తించండి. టర్మినల్ వేగం $\upsilon_2 = \frac{l_2}{t_2}$ ని గణించండి.
- $q = \frac{6\pi\eta r(\upsilon_1 + \upsilon_2)d}{V}$ సమీకరణాన్ని ఉపయోగించి నూనె బిందువు యొక్క ఆవేశాన్ని గణించండి. r –నూనె బిందువు వ్యాసార్ధం (సూక్ష్మదర్శినిని ఉపయోగించి కనుగొనండి), η – గాలి యొక్క స్నిగ్ధత $(1.81 \times 10^{-5}\ kgm^{-1}s^{-1})$ d - అనునది రెండు పలకల మధ్య దూరం.

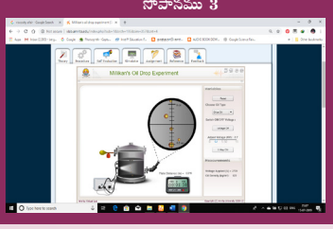
సోపానము 1



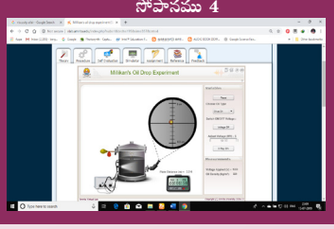
సోపానము 2



సోపానము 3



సోపానము 4



Note:

1. One time sign up is needed to do simulation. Then login using that username and password.
2. Install flash player in your browserif it is not there.

URL:

http://vlab.amrita.edu/index.php?sub=1&brch=195&sim=357&cnt=4

* Pictures are indicative only.

* If browser requires, allow **Flash Player** or **Java Script** to load the page.

VYQKF

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_9 .indd 208 10-03-2023 16:55:27

అధ్యాయము

10

ఎలక్ట్రానిక్స్ మరియు సంసర్గం (ELECTRONICS AND COMMUNICATION)

"ఎలక్ట్రానిక్సే ఈనాటి స్పష్టమైన విజేత"

– జాన్ ఫోర్డ్

అభ్యసన లక్ష్యాలు

ప్రస్తుత పాఠ్యభాగములో విద్యార్థులు ఈ క్రింది అంశములను గురించి తెలుసుకొంటారు.

- అర్ధ వాహకాలలో శక్తిపట్టీ పటము.
- అర్ధ వాహకాల రకాలు.
- *p-n* సంధి డయోడ్ ఏర్పాటు మరియు వాటి V-I లక్షణాలు.
- ఏకధిక్కరణ ప్రక్రియ (Rectification).
- ప్రత్యేక ప్రయోజన డయోడ్‌లు.
- ట్రాన్సిస్టర్‌లు మరియు వాటి అనువర్తనాలు.
- అనలాగ్ (అవిచ్ఛిన్న) మరియు డిజిటల్ సంకేతాలు.
- తర్క ద్వారాలు, బులియన్ బీజగణితము మరియు డీమోర్గాన్ సిద్ధాంతం.
- మాడ్యులేషన్ మరియు వాటి రకాలు.
- సంసర్గ వ్యవస్థలోని ప్రాథమిక అంశాలు.
- అంతరిక్షం (రోదసి) ద్వారా విద్యుదయస్కాంత తరంగాల ప్రచారం.
- కొన్ని ముఖ్యమైన సంసర్గ వ్యవస్థలు.

S8V4B

10.1 పరిచయం (Introduction)

మన నిత్యజీవితములో ఎలక్ట్రానిక్స్ ఒక భాగంగా మారింది. చరవాణి (mobile phones)లు, కంప్యూటర్‌లు, దూరదర్శిని, సంగీత పరికరాలు మొదలగు అన్ని వైజ్ఞానిక యంత్రాలు ఎలక్ట్రానిక్ సూత్రాల మీద ఆధారపడి పనిచేయుచున్నవి. ఎయిర్ కండిషనర్‌లు, మైక్రోవేవ్ ఓవెన్, పాత్రలు శుభ్రము చేయు యంత్రాలు (dish washers) మరియు దుస్తులు శుభ్రం చేయు యంత్రాలు (washing machines) మొదలగు పరికరాలలో వివిధ కార్యకలాపాలను నిర్వహించడానికి ఎలక్ట్రానిక్ వలయాలను (సర్క్యూట్‌లను) ఉపయోగిస్తారు. ఇంకా, సంసర్గ వ్యవస్థలు (communication systems), మెడికల్ డయాగ్నిసిస్ మరియు చికిత్సలలో మాత్రమే కాకుండా, ATM ల ద్వారా డబ్బును నిర్వహించడం వంటి అన్ని రంగాలలో దీని అనువర్తనాలు విస్తృతంగా ఉన్నాయి.

ఎలక్ట్రానిక్స్ యొక్క పరిణామక్రమం:

ఎలక్ట్రానిక్స్ చరిత్ర 1897లో J.A. ఫ్లెమింగ్ ద్వారా వాక్యూమ్ (శూన్య) డయోడ్ ఆవిష్కరణతో ప్రారంభమవుతుంది. విద్యుత్ సంకేతాలను నియంత్రించడానికి లీడీఫారెస్ట్ అమలుచేసిన వాక్యూమ్ ట్రయోడ్ దీని తరువాత వచ్చింది. ఇది టెట్రోడ్ మరియు పెంటోడ్ ట్యూబ్ (నాళిక)లను ప్రవేశపెట్టడానికి దారి తీసింది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 209 10-03-2023 16:53:24

తదనంతరం, 1948లో బార్డీన్, బ్రటెయిన్ మరియు షాక్‌లీల ద్వారా ద్విధృవ సంధి ట్రాన్సిస్టర్ ఆవిష్కరణతో ట్రాన్సిస్టర్ శకం ప్రారంభమైంది. దీనికి గాను 1956వ సం॥లో వీరికి నోబెల్ బహుమతి లభించింది. జెర్మేనియం మరియు సిలికాన్ అర్ధ వాహక పదార్థాల ఆవిర్భావం వలన ఈ ట్రాన్సిస్టర్ ప్రజాదరణ పొందింది. క్రమంగా వివిధ ఎలక్ట్రానిక్ వలయాలలో దీనిని ఉపయోగించడానికి వీలయింది.

తర్వాతి సంవత్సరాలలో తక్కువ ఖర్చుతో కూడిన పరిమాణంలో చిన్నదైన మొత్తం ఎలక్ట్రానిక్ వలయాన్ని ఒకే చిప్‌లో ఏకీకృతం చేయబడిన ఇంటగ్రేటెడ్ సర్క్యూట్స్ (ICs)ఆవిష్కరించబడినవి. 1958 నుండి IC లు, అనేక వేల ఎలక్ట్రానిక్ భాగాలు ఒకే చిప్‌లో అమరి చిన్న స్థాయి, మధ్య తరహా, పెద్ద స్థాయి మరియు చాలా పెద్ద ఎత్తున ఏకీకరణ లాంటివి ఉనికిలోకి రావడం ప్రారంభమైంది. డిజిటల్ ఇంటిగ్రేటెడ్ సర్క్యూట్స్ కంప్యూటర్ల నిర్మాణాన్ని మెరుగుపరిచే మరొక బలమైన IC ల అభివృద్ధిగా మారాయి. ఈ తీవ్రమైన మార్పులన్నీ 1969లో ఇంటెల్ ద్వారా మైక్రోప్రాసెసర్‌ను ప్రవేశపెట్టడానికి దారి తీసింది.

ఎలక్ట్రానిక్స్ విప్లవం, తగిన సమయంలో, కంప్యూటర్ విప్లవాన్ని వేగవంతం చేసింది. ఇప్పుడు ప్రపంచం అనునది కంటికి కనబడని అతి చిన్న నానో పరిమాణంలో గల చిన్న కణాలవైపు వెళ్తుంది. ఇది ఊహించలేని పరిమాణానికి సూక్ష్మీకరణలో సహాయపడుతుంది. మొట్టమొదట కనిపెట్టినప్పుడు గది పరిమాణంలో గల కంప్యూటర్‌లు ఇప్పుడు ల్యాప్‌టాప్, పామ్‌టాప్ (palmtop), ఐపాడ్ (iPad) మొదలగునవిగా అవతరించాయి. కొంతకాలానికి ముందు, IBM సంస్థ బియ్యపు గింజ కొన పరిమాణంతో పోల్చదగిన పరిమాణంలో గల అనగా ప్రతి వైపు 0.33మి.మీ కొలత గల అతి చిన్న కంప్యూటర్‌ని విడుదల చేసింది.

ఎలక్ట్రానిక్స్ అనునది, ట్రాన్సిస్టర్‌లు మరియు మైక్రోచిప్‌లను ఉపయోగించి విద్యుత్ వలయాల (సర్క్యూట్‌ల)ను రూపొందించు సాంకేతికతను కలిగిన భౌతికశాస్త్రం యొక్క ఒక శాఖ అగును. ఇది అర్ధవాహకాలలోని ఎలక్ట్రాన్‌లు మరియు రంధ్రాలు, శూన్యము లేదా వాయువు (బాష్పం)లలో ఎలక్ట్రాన్‌లు మరియు అయాన్‌ల యొక్క ప్రవర్తన మరియు కదలికను వర్ణిస్తుంది. క్రియాశీల భాగాలైన ట్రాన్సిస్టర్‌లు, డయోడ్‌లు, ఇంటగ్రేటెడ్ సర్క్యూట్‌లు మరియు సెన్సార్‌లు, నిష్క్రియాత్మక భాగాలైన నిరోధకాలు, ప్రేరకాలు (inductors), సంక్షేపీలు మరియు ట్రాన్స్‌ఫార్మర్‌లలో సంబంధం కలిగి ఉండే ఎలక్ట్రికల్ సర్క్యూట్‌లతో ఎలక్ట్రానిక్స్ వ్యవహరిస్తుంది. ఈ అధ్యాయం *p-n* సంధి డయోడ్‌లు, ద్విధృవ సంధి ట్రాన్సిస్టర్‌లు మరియు తర్క వలయాలు వంటి అర్ధ వాహక పరికరాల గురించి వివరిస్తుంది.

గమనిక

క్రియాశీల పరికరాలు: విద్యుత్ వలయాలలో విద్యుచ్ఛక్తిని ఉత్పత్తి చేయగలిగిన పరికరాలు.

నిష్క్రియాత్మక పరికరాలు: విద్యుత్ వలయాలలో విద్యుచ్ఛక్తిని ఉత్పత్తి చేయలేని పరికరాలు.



(అ)



(ఆ)



(ఇ)



(ఈ)



(ఉ)

పటము 10.1 కంప్యూటర్ల పరిణామ క్రమం అ) ప్రపంచములోని మొదటి కంప్యూటర్లలో ఒకటి ఆ) డెస్క్‌టాప్ కంప్యూటర్లు ఇ) లాప్‌టాప్ కంప్యూటర్లు ఈ) పామ్‌టాప్ కంప్యూటర్లు ఉ) బియ్యపు గింజ కొన పరిమాణంలో గల IBM సంస్థ యొక్క చిన్న కంప్యూటర్

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 210 10-03-2023 16:53:27

మీకు తెలుసా?

ప్రపంచంలోని మొదటి కంప్యూటర్ అయిన 'ENIAC' అనునది పెన్సిల్‌వేనియా విశ్వవిద్యాలయంలో J ప్రిస్పర్ ఎకర్ట్ మరియు జాన్ మెకాలే అనే వారిచే కనుగొనబడినది. –దీని నిర్మాణ పనులు 1943లో ప్రారంభమై 1946లో పూర్తయ్యాయి. ఇది 1800 చదరపు అడగుల విస్తీర్ణంలో ఉంది. దీనిలో 18,000 శూన్యపు నాళికలను కలిగి వుండి మరియు ఇది సుమారు 50 టన్నుల బరువును కలిగి వుంటుంది.

10.1.1 ఘనపదార్థాల శక్తి పట్టీ పటము (Energy band diagram of solids)

వివిక్త పరమాణువులలో ఎలక్ట్రానిక్ శక్తి స్థాయిలు విస్తృతంగా వేరుచేయబడి ఉంటాయి. మరియు ఎలక్ట్రాన్ శక్తి కేంద్రకం చుట్టూ ఎలక్ట్రాన్ ఏ కక్ష్యలో తిరుగుతుందన్న దాని మీద ఆధారపడి నిర్ణయించబడుతుంది. ఘన పదార్థం ఏర్పడే సందర్భంలో, పరమాణువులు పరస్పరం దగ్గరవుతాయి. కాబట్టి చుట్టుప్రక్కల పరమాణువుల బాహ్య ఎలక్ట్రానుల కక్ష్యలు అతి సమీపంలోకి రావడం లేదా అతిపాతం చెందడం జరుగుతుంది. దీని మూలంగా ఘనపదార్థంలో ఎలక్ట్రాను గమనం వియుక్త పరమాణువులోని ఎలక్ట్రాను గమన స్వభావానికి చాలా భిన్నంగా ఉంటుంది.

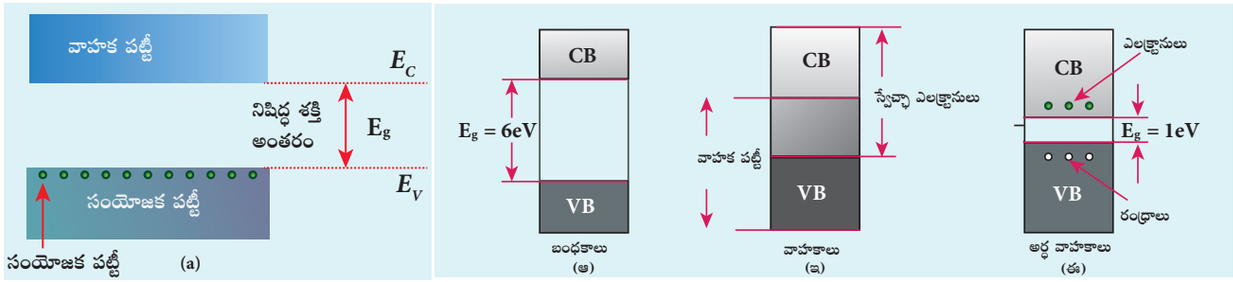
ఒక పరమాణువులోని సంయోజక (వేలెన్సీ) ఎలక్ట్రానులు బంధం స్వభావానికి బాధ్యత వహిస్తాయి. బాహ్య కక్ష్యలో ఒక ఎలక్ట్రాను కలిగిన ఒక పరమాణువుని పరిశీలిద్దాం. దీని అర్థం సంయోజక ఎలక్ట్రానుల సంఖ్య ఒకటి అగును. అలాంటి రెండు పరమాణువులను ఒకదానికొకటి దగ్గరగా తీసుకొచ్చినప్పుడు, సంయోజక కక్ష్యలు (ఆర్బిటాల్స్) రెండుగా విడిపోతాయి. రెండు కక్ష్యల శక్తి ఒకే విధంగా ఉన్నందున ఎలక్ట్రాన్లు ఈ రెండు కక్ష్యలలో దేనినైనా ఎంచుకొనే అవకాశాన్ని కలిగి ఉంటాయి. ఈ వ్యవస్థకి మరలా ఒకే మూలకానికి చెందిన మూడవ అణువుని తీసుకొనివచ్చినప్పుడు, మూడు అణువుల సంయోజక కక్ష్యలు మరలా మూడుగా విడిపోవును. ఎలక్ట్రానులులేని కక్ష్యలు కూడా మూడుగా విడిపోవును.

వాస్తవానికి ఘనపదార్థం లక్షలాది పరమాణువులతో రూపొందించబడింది. లక్షలాది పరమాణువులను ఒకదానికొకటి దగ్గరగా తీసుకువచ్చినప్పుడు, సంయోజక (వేలెన్సీ) కక్ష్యలు మరియు ఖాళీ కక్ష్యలు వాటి పరమాణు సంఖ్య ఆధారంగా విడిపోతాయి. ఈ సందర్భంలో, శక్తి స్థాయిలు ఒకదానికొకటి దగ్గరదగ్గరగా ఉంటాయి మరియు ఒక పరమాణువు యొక్క కక్ష్యలను ఒకదాని నుండి మరొకదానిని వేరుచేయడం కష్టం మరియు అవి పటము (10.2)లో చూపిన విధముగా పట్టీలాగా కనిపిస్తాయి. అతిచిన్న శక్తి పరిధిలో (**range**) చాలా పెద్ద సంఖ్యలో దగ్గరదగ్గరగా ఉండే శక్తి స్థాయిల పట్టీని శక్తి పట్టీ అంటారు.

వేలెన్సీ కక్ష్యల కారణంగా ఏర్పడే శక్తి పట్టీని సంయోజక పట్టీ (**valence band**) అంటారు అంటారు. ఎలక్ట్రానులను శక్తివంతం చేసినప్పుడు, అవి దూకి, ఖాళీ కక్ష్యలను ఏర్పరచడం కారణంగా ఏర్పడే శక్తిపట్టీని వాహక పట్టీ (**conduction band**) అంటారు. సంయోజక పట్టీ మరియు వాహక పట్టీకి మధ్య గల శక్తి అంతరాన్ని నిషిద్ధ శక్తి అంతరం (**forbidden energy gap**)అంటారు. నిషిద్ధ శక్తి అంతరంలో ఎలక్ట్రానులు ఉండవు.

సంయోజక పట్టీ మరియు వాహక పట్టీల సాధారణ చిత్ర రూపం పటము 10.2(అ) లో చూపబడినది. E_V అనునది సంయోజక పట్టీ యొక్క అత్యధిక శక్తిని మరియు E_C అనునది వాహక పట్టీ యొక్క అత్యల్ప శక్తిని సూచించును. నిషిద్ధ శక్తి అంతరం $E_g = E_C - E_v$. ఎలక్ట్రాన్ యొక్క గతిజ శక్తి క్రింది నుండి పైకి పెరుగుటను (కేంద్రకం దగ్గర నుండి దూరానికి) మరియు స్థితిజ శక్తి తగ్గుటను, కేంద్రకానికి దగ్గరగా ఉన్న కక్ష్యలలోని ఎలక్ట్రాన్లు అధిక స్థితిజ శక్తితో కట్టుబడి ఉన్నవని సూచిస్తుంది. అందువల్ల, కేంద్రకానికి దగ్గరగా ఉన్న ఎలక్ట్రానులు ఉత్తేజితం చెందడానికి అధిక శక్తి అవసరమగును. సంయోజక పట్టీలోని ఎలక్ట్రానులు కేంద్రకంతో వదులుగా బంధించబడి ఉండడం వలన సులభముగా ఉత్తేజితం చెంది స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులుగా మారుతాయి.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 211 10-03-2023 16:53:28



పటము 10.2 (అ) సంయోజక పట్టీ, వాహక పట్టీ మరియు నిషిద్ధ శక్తి అంతరమును చూపే పటము. (ఆ) బంధకాలు (ఇ) వాహకాలు (ఈ) అర్ధవాహకాల శక్తి పట్టీ నిర్మాణం

గమనిక కక్ష్యలో ఉన్న ఎలక్ట్రానుల శక్తిని ఎలక్ట్రాన్ వోల్ట్‌లతో (eV) కొలుస్తారు.

10.1.2 పదార్థాల వర్గీకరణ (Classification of materials)

శక్తి పట్టీ పటము సహాయంతో ఘనపదార్థాలను బంధకాలు, వాహకాలు(లోహాలు) మరియు అర్ధ వాహకాలుగా వర్గీకరించడాన్ని వివరించవచ్చు.

i) బంధకాలు (Insulators)

బంధకాల యొక్క శక్తి పట్టీ నిర్మాణం పటము 10.2(ఆ)లో సూచించబడినది. సంయోజక పట్టీ మరియు వాహక పట్టీలు అధిక శక్తి అంతరంతో విడదీయబడి ఉంటాయి. బంధకాలలో నిషిద్ధ శక్తి అంతరం సుమారు 6eV వుండును. ఈ శక్తి అంతరం చాలా అధికముగా ఉండడం వలన బలమైన బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని అనువర్తింపజేసినపుడు లేదా ఉష్ణోగ్రతను అధికరింపజేసినపుడు కూడా ఎలక్ట్రాన్‌లు సంయోజక పట్టీ నుండి వాహక పట్టీకి చలించవు. కావున, ఈ రకపు పదార్థాలలో వాహకతకు అవసరమైన స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు లేనందున విద్యుత్ వాహకత సాధ్యంకాదు. అందువల్ల వీటిని బంధకాలు అంటారు. దీని నిరోధకత అవధి 10^{11}–$10^{19}\Omega$m. వుండును.

ii) వాహకాలు (Conductors)

వాహకాలలో, సంయోజక పట్టీ మరియు వాహక పట్టీలు ఒకదానితో ఒకటి అతిపాతం చెందియుండును. ఇది పటము 10.2(ఇ)లో చూపబడినది. అందువల్ల ఎలక్ట్రానులు వాహక పట్టీలోకి స్వేచ్ఛగా కదులుతాయి. దీని ఫలితంగా సంయోజక పట్టీలో పెద్ద సంఖ్యలో స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు లభిస్తాయి. అందువల్ల తక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్ద కూడా విద్యుత్ వాహకత సాధ్యమవుతుంది. వాహకాలని విద్యుత్ క్షేత్రములో ఉంచినప్పుడు కూడా అది ఎలక్ట్రానులకి సరిపోయే శక్తిని అందించి, అవి నిర్దిష్ట దిశలో డ్రిఫ్ట్ (అపసరణ) చెందడం వలన విద్యుత్ వాహకత సాధ్యమగును. వాహకాలకి, నిరోధకత విలువ $10^{-2}\Omega$m మరియు $10^{-8}\Omega$m. మధ్య ఉండును.

iii) అర్ధ వాహకాలు (Semiconductors)

అర్ధ వాహకాలలో, సంయోజక పట్టీ మరియు వాహక పట్టీల మధ్య స్వల్ప నిషిద్ధ శక్తి అంతరం $\left(E_g < 3eV\right)$ ఉండును. (పటము 10.2(ఈ)). ఒక నిర్దిష్ట ఉష్ణోగ్రత వద్ద, ఘనపదార్థాలలో ధార్మికక్షోభ (thermal agitations) అనునది పరమాణువుల మధ్య గల సమయోజనీయ బంధాన్ని విడగొట్టును. (సంయోజనీయ బంధం అనునది ఎలక్ట్రానుల పరస్పర మార్పిడి మూలంగా స్థిర ఎలక్ట్రాన్ విన్యాసాన్ని పొందడానికి ఒక సాధారణ పద్ధతి అగును. దీని వల్ల సంయోజక పట్టీ నుండి వాహక పట్టీలోని కొన్ని ఎలక్ట్రానులు ప్రవేశిస్తాయి. స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానుల సంఖ్య తక్కువగా ఉన్నందున, అర్ధవాహకాల యొక్క వాహకత వాహకాల వలె ఎక్కువగా ఉండదు. అర్ధ వాహకాల యొక్క నిరోధకత విలువ $10^{-5}\Omega$m నుండి $10^{6}\Omega$m. ల మధ్య ఉండును.

గమనిక అర్ధవాహకాలలో, సంయోజక పట్టీలోని ఎలక్ట్రానులు చలించుటకు వీలులేకుండా బంధించబడి (bound) ఉంటాయి. కావున ఇవి వహన ప్రక్రియకు (conduction) ఉపయోగపడవు.

అర్ధ వాహకాలలో ఉష్ణోగ్రత మరింత పెంచినప్పుడు, ఎక్కువ సంఖ్యలో ఎలక్ట్రానులు వాహక పట్టీలోకి ప్రవేశిస్తాయి. మరియు అవి విద్యుత్ వాహకతను పెంచుతాయి. ఈ విధంగా

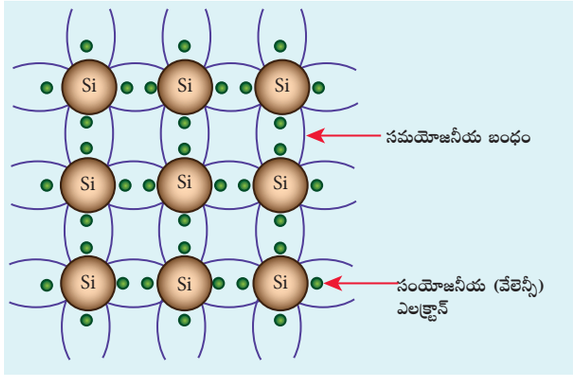
12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 212 10-03-2023 16:53:30

ఉష్ణోగ్రత పెరిగినప్పుడు, విద్యుత్ వాహకత పెరుగుతుందని మనం చెప్పవచ్చు లేదా ఉష్ణోగ్రత పెరిగినప్పుడు విద్యుత్ నిరోధం తగ్గుతుందని కూడా చెప్పవచ్చును. అటువంటి అర్ధ వాహకాలు ఋణాత్మక ఉష్ణ నిరోధక గుణాన్ని కలిగి ఉంటాయి. సిలికాన్ (Si) మరియు జెర్మేనియం (Ge) లను అతిముఖ్యమైన సాధారణంగా ఉపయోగించే ప్రాథమిక అర్ధ వాహక పదార్థాలుగా చెప్పవచ్చు. గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద సిలికాన్ (Si) మరియు జెర్మేనియంల యొక్క నిషిద్ధ శక్తి అంతరాలు వరుసగా 1.1 eV మరియు 0.7 eV అగును.

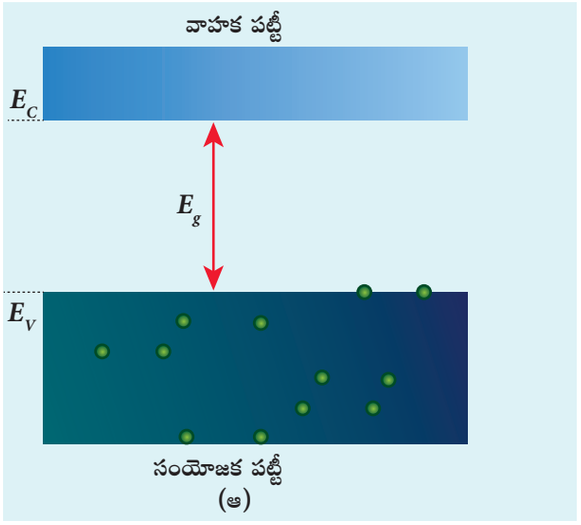
10.2 అర్ధ వాహకాల రకాలు (TYPES OF SEMICONDUCTRORS)

10.2.1 స్వభావజ అర్ధవాహకం (Intrinsic semiconductors)

మలిన పదార్థాలు కలపని శుద్ధమైన రూపంలో గల అర్ధ వాహకాలను స్వభావజ అర్ధ వాహకాలు అంటారు. ఇక్కడ అపరిశుద్ధ (మలిన) పదార్థాలు అనగా స్ఫటిక జాలకంలో అన్య (foreign) పరమాణువులు స్థానాన్ని

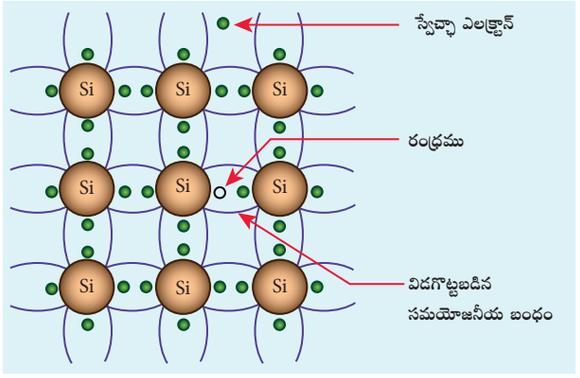


(అ)

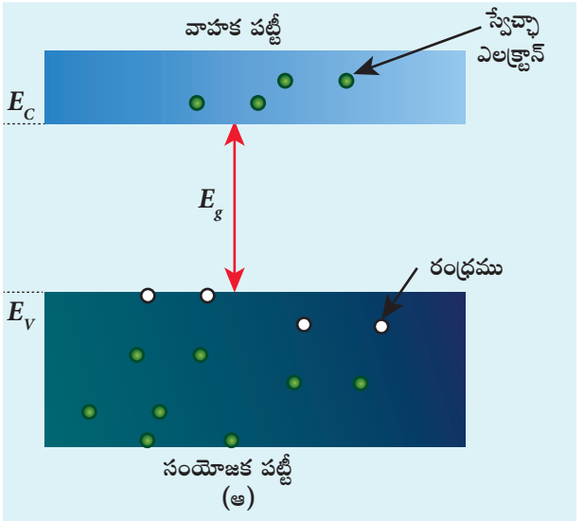


(ఆ)

పటము 10.3 (అ) సిలికాన్ యొక్క ద్విమితీయ స్ఫటిక జాలకం నిర్మాణం (ఆ) స్వభావజ అర్ధ వాహకం యొక్క సంయోజనీయ పట్టీ మరియు వాహక పట్టీ



(అ)



(ఆ)

పటము 10.4 అ) స్వభావజ సిలికాన్ స్ఫటికంలోని స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు, రంధ్రాలు మరియు విడగొట్టబడిన సంయోజనీయ బంధాల ఉనికి (ఆ) గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద వాహక పట్టీలోని ఎలక్ట్రానులు మరియు సంయోజనీయ పట్టీలోని రంధ్రాల ఉనికి

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 213 10-03-2023 16:53:31

ఆక్రమించి వుండడం సిలికాన్ జాలకము పటము 10.3(అ) లో చూపబడినవి. ప్రతి సిలికాన్ పరమాణువు యొక్క చివరి కక్ష్యలోని నాలుగు ఎలక్ట్రానులు ప్రక్కనున్న నాలుగు పరమాణువులతో సమయోజనీయ బంధాన్ని కలిగి జాలకాన్ని ఏర్పరచును. పటము 10.3(ఆ) లో ఈ సందర్భానికైన శక్తి పటము చూపబడినది.

కొన్ని సమయోజనీయ బంధాలను విచ్ఛిన్నం (విడగొట్టడానికి) చేయడానికి మరియు స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులను స్ఫటిక జాలకం నుండి విడుదల చేయడానికి ఉష్ణోగ్రతను కొద్దిగా అధికరిస్తే సరిపోతుంది (పటము 10.4(అ)). దీని ఫలితంగా సంయోజక పట్టీలో కొన్ని స్థాయిలు (states) ఖాళీగా మారును. మరియు వాహక పట్టీలోని అదే స్థాయిలు ఎలక్ట్రాన్‌లచే ఆక్రమించబడతాయి. ఇది పటము 10.4 (ఆ)లో చూపబడినది. సంయోజక పట్టీలో ఏర్పడిన ఈ ఖాళీలను రంధ్రాలు (holes) అంటారు. ఎలక్ట్రాన్ల లేమి వలన ఏర్పడిన రంధ్రాలను ధనాత్మక ఆవేశము కలిగినవిగా వ్యవహరిస్తారు. కావున అర్ధ వాహకాలలో ఎలక్ట్రాన్లు మరియు రంధ్రాలు అనే రెండు రకాల ఆవేశ వాహకాలు (charge carriers) ఉండును.

స్వభావజ అర్ధ వాహకాలలో, వాహక పట్టీలోని ఎలక్ట్రాన్ల సంఖ్య అనునది సంయోజక పట్టీలోని రంధ్రాల సంఖ్యకు సమానముగా ఉండును. విద్యుత్ వాహకత వాహక పట్టీలో ఎలక్ట్రాన్ల వలన మరియు సంయోజక పట్టీలో రంధ్రాల వలన ఏర్పడును. వీటి విద్యుత్ ప్రవాహాలు క్రమముగా I_e మరియు I_h అగును.

గమనిక

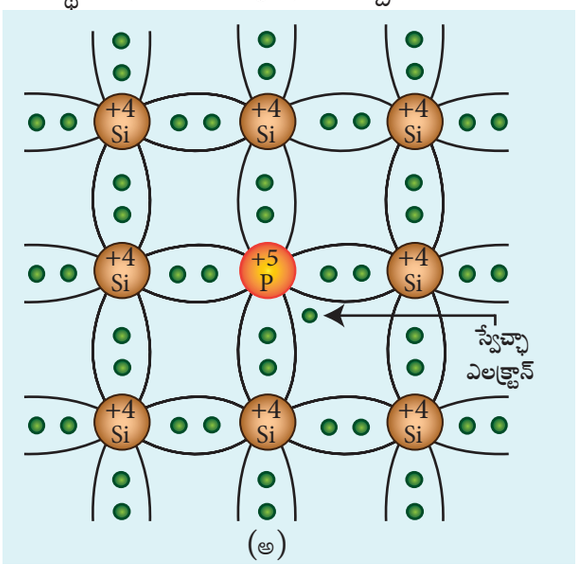
రంధ్రం నిర్వచనం: ఒక ఎలక్ట్రాను ఉత్తేజితమైనప్పుడు, సమయోజనీయ బంధం విడగొట్టబడును. ఇది అష్టక నియమాన్ని తృప్తిపరచదు. కావున ప్రతి ఉత్తేజిత ఎలక్ట్రాను బంధాన్ని పూర్తిచేయుటకు ఖాళీని ఏర్పరచును. ఈ ఎలక్ట్రానుల కొరత (లేమి)ని 'రంధ్రం' అంటారు.

మొత్తం విద్యుత్ ప్రవాహం I అనునది, ఎలక్ట్రాన్ కరెంట్ (విద్యుత్ ప్రవాహం) మరియు రంధ్రాల కరెంట్ (విద్యుత్ ప్రవాహం)ల మొత్తానికి సమానం. $I = I_e + I_h$.

0 K వద్ద స్వభావజ అర్ధ వాహకం బంధకాలుగా ప్రవర్తిస్తుంది. ఉష్ణోగ్రతని అధికరించినప్పుడు ఆవేశ వాహకాల (ఎలక్ట్రానులు మరియు రంధ్రాలు) సంఖ్య పెరుగును. స్వభావజ అర్ధ వాహకం యొక్క పట్టీ పటము పటము 10.4(ఆ)లో సూచించబడినది. స్వభావజ అర్ధవాహకాలలో వాహక పట్టీలోని ఎలక్ట్రానుల సంఖ్య లేదా సంయోజక పట్టీలోని రంధ్రాల సంఖ్యయే స్వభావజ వాహక గాఢత (**intrinsic carrier concentration**) అగును.

10.2.2 అస్వభావజ అర్ధవాహకాలు (Extrinsic semiconductors)

నాణ్యమైన విద్యుత్ (electronic) పరికరాన్ని అభివృద్ధి చేయుటకు స్వభావజ అర్ధవాహకాలలోని వాహక గాఢత చాలదు. స్వభావజ అర్ధవాహకాలలోని వాహక గాఢతలను పెంచే మరొక పద్ధతి మలిన పదార్థాలు (పరమాణువుల)ను చేర్చడం.



పటము 10.5 n – రకపు అస్వభావజ అర్ధవాహకం అ) జాలకంతో బలహీనంగా బంధితమైన స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్ ఆ) దాత శక్తిస్థాయిని గుర్తించడం

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 214 10-03-2023 16:53:33

స్వభావజ అర్ధవాహకాలకి మలిన పదార్థాలను చేర్చే ప్రక్రియను మాదీకరణము (**doping**) అంటారు. ఇది అర్ధ వాహకాలలోని ఆవేశ వాహకాల గాఢతను పెంచును. అలాగే, విద్యుత్ వాహకత పెరుగును. ఈ అపరిశుద్ధ (మలిన) పరమాణువులను మాలిన్యాలు (dopants) అంటారు. మరియు వీటి క్రమము సుమారు 100 ppm (పది లక్షల భాగాలలో ఒక వంతు)గా ఉండును.

అపరిశుద్ధ (మలిన) పదార్థాలను చేర్చే ప్రక్రియ ఆధారంగా అస్వభావజ అర్ధ వాహకాలను క్రింది విధంగా వర్గీకరించవచ్చును.

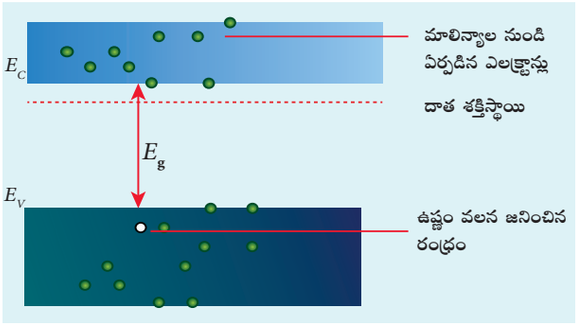
i) *n*-రకపు అర్ధ వాహకం

ii) *p*-రకపు అర్ధ వాహకం

i) *n*-రకపు అర్ధ వాహకం (*n*-type semiconductor)

శుద్ధ సిలికాన్ లేదా జెర్మేనియం స్ఫటికంతో పంచ సంయోజక అపరిశుద్ధ (మలిన) పరమాణువులైన (ఆవర్తన పట్టికలో V గ్రూపు మూలకాలు) పాస్పరస్, ఆర్సినిక్ మరియు ఆంటిమొనీలను మాదీకరణం చెందించినపుడు, *n*– రకపు అర్ధ వాహకం లభించును. ఇది పటము 10.5(అ) లో చూపబడినది. ఈ మాలిన్యాలు ఐదు సంయోజక ఎలక్ట్రానులను కలిగియుండును. కానీ సిలికాన్ నాలుగు సంయోజక ఎలక్ట్రాన్‌లను కలిగి ఉండును. మాదీకరణ ప్రక్రియ జరుగునప్పుడు, కొన్ని సిలికాన్ పరమాణువులకు బదులుగా పంచ సంయోజక మాలిన్యాలు భర్తీచేయబడతాయి. మలిన పరమాణువుల యొక్క ఐదు సంయోజక ఎలక్ట్రాన్‌లలో నాలుగు ఎలక్ట్రాన్‌లు ప్రక్కనున్న నాలుగు సిలికాన్ పరమాణువులతో సమయోజనీయ బంధాలను ఏర్పరుస్తాయి. అశుద్ధ పరమాణువు యొక్క ఐదవ సంయోజనీయ ఎలక్ట్రాన్ కేంద్రకంలో బలహీనంగా బంధితమై ఉంటుంది, ఎందుకంటే ఈ ఎలక్ట్రాన్ సమయోజనీయ బంధాన్ని ఏర్పరచడానికి ఉపయోగపడదు.

మాలిన్యాల నుండి బలహీనంగా బంధితమైన ఐదవ ఎలక్ట్రాన్ యొక్క శక్తిస్థాయి వాహక పట్టీ క్రింద అమరియుండును. మరియు దీనిని దాత శక్తిస్థాయి (donor energy level) అంటారు. ఇది పటము 10.5(ఆ)లో చూపబడినది. గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఈ ఎలక్ట్రాన్లు ఉష్ణశక్తిని శోషించుకొని సులభముగా వాహక పట్టీకి తరలించబడతాయి. ఇది పటము 10.6లో సూచించబడినది. అలాగే బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రం కూడా బలహీనంగా బంధితమైన ఎలక్ట్రాన్లను విడిపించి, స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులుగా మార్చి, వాహకతకు దారి తీసేలా చేస్తుంది.



పటము 10.6 సంయోజక పట్టీలో గల ఉష్ణం వలన జనించిన రంధ్రాలు మరియు వాహక పట్టీలో అపరిశుద్ధ పరమాణువులు (మాలిన్యాలు) వలన ఏర్పడిన స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు (*n*– రకపు అర్ధవాహకాలు)

స్వభావజ అర్ధవాహకాలలో ఎలక్ట్రానులు సంయోజక పట్టీ నుండి వాహక పట్టీలోకి ప్రవేశించడానికి అవసరమైన శక్తి జెర్మేనియం మరియు సిలికాన్‌లలో వరుసగా 0.7 eV మరియు 1.1 eV అగును. కానీ దాత ఎలక్ట్రాన్ని స్వేచ్ఛా స్థితి (స్థాయి)కి తీసుకొని రావడానికి అవసరమైన శక్తి జెర్మేనియం మరియు సిలికాన్‌లకు వరుసగా 0.01 eV మరియు 0.05 eV మాత్రమే అని ముఖ్యముగా గమనించాలి.

V వ గ్రూపు పంచ సంయోజక అపరిశుద్ధ (మలిన) పరమాణువులు వాహక పట్టీకి ఎలక్ట్రాన్‌లను దానం చేస్తాయి. మరియు వీటిని దాత మలినాలు (Donor Impurities) అందురు. అందువలన ప్రతి అపరిశుద్ధ (మలిన) పరమాణువు ఉష్ణీయంగా జనించిన ఎలక్ట్రాన్‌లతో పాటు వాహక పట్టీకి ఒక అదనపు ఎలక్ట్రాన్‌ను అందిస్తుంది. ఈ ఉష్ణీయంగా జనించిన ఎలక్ట్రాన్ సంయోజక పట్టీలో రంధ్రాలను వదిలివేస్తుంది. కాబట్టి *n*– రకపు అర్ధ వాహకములో ఎలక్ట్రానులు అధిక సంఖ్యాక వాహకాలుగా, రంధ్రాలు అల్ప సంఖ్యాక వాహకాలుగా ఉంటాయి. పంచ సంయోజక మాలిన్యాలతో మాదీకరణకాబడిన ఇటువంటి అర్ధవాహకాన్ని *n*– రకపు అర్ధ వాహకం అంటారు.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 215 10-03-2023 16:53:33

ii) *p*-రకపు అర్ధ వాహకం (*p*-type semiconductor)

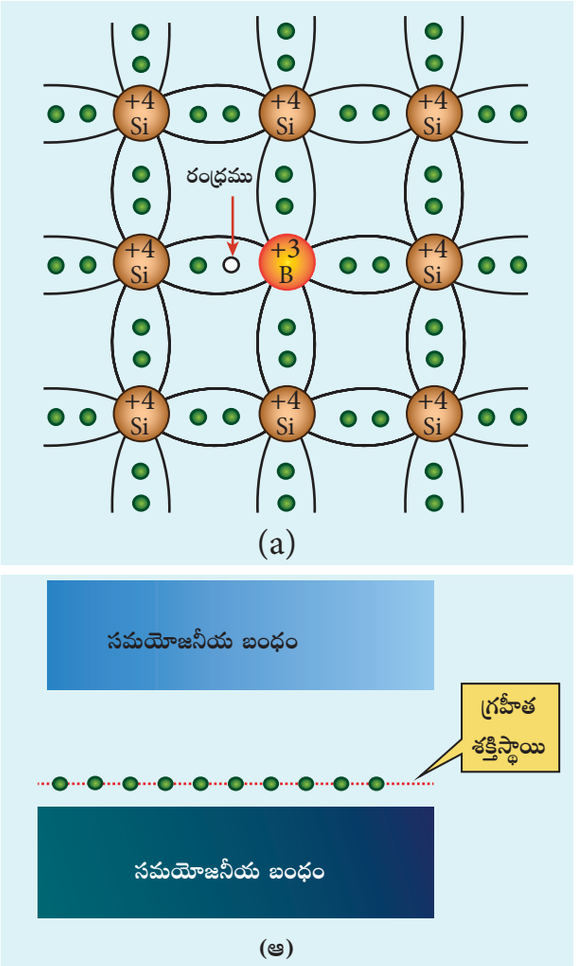
సిలికాన్ (లేదా జెర్మేనియం) స్ఫటికమును బోరాన్, అల్యూమినియం, గాలియం మరియు ఇన్‌డియం (In) మొదలగు త్రి సంయోజక మాలిన్యాలతో మాదీకరణం చేస్తే p– రకం అర్ధ వాహకాలు ఏర్పడుతాయి. మూడు సంయోజక ఎలక్ట్రానులు కలిగిన మలినం (dopant) సిలికాన్ పరమాణువుతో కలిసి సమయోజనీయ బంధాన్ని ఏర్పరచుకోగలదు. నాలుగు సంయోజనీయ బంధాలలో, మూడు బంధాలు సంపూర్ణంగాను మరియు మిగిలిన నాల్గవ బంధం ఒక ఎలక్ట్రానుతో అసంపూర్ణంగా ఉండును. నాల్గవ సంయోజనీయ బంధంలో ఏర్పడిన ఈ ఎలక్ట్రాన్ ఖాళీని "రంధ్రం"గా చెప్పవచ్చును.

నాలుగు ప్రక్క పరమాణువులతో పూర్తి సమయోజనీయ బంధాన్ని ఏర్పరచడానికి మాలిన్యమునకు మరో ఎలక్ట్రాన్ అవసరమున్నది. ఈ మాలిన్యాలు పొరుగున ఉన్న పరమాణువుల నుండి ఎలక్ట్రానులను స్వీకరించగలవు. అందువల్ల ఈ మాలిన్యాలను గ్రహీత మాలిన్యం (acceptor impurity) అంటారు. ప్రతి అపరిశుద్ధ (మలిన) పరమాణువు సృష్టించిన రంధ్రం యొక్క శక్తిస్థాయి సంయోజక పట్టీపైన ఉండును. మరియు దీనిని గ్రహీత శక్తిస్థాయి అంటారు. ఇది పటము 10.7(ఆ)లో చూపబడియున్నది.

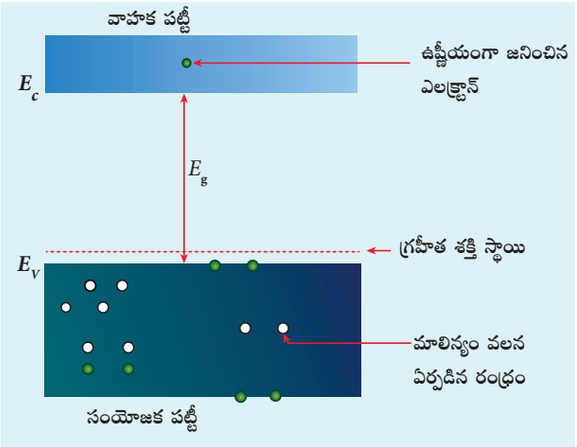
ప్రతి గ్రహీత పరమాణువుకి, సంయోజక పట్టీలో ఒక రంధ్రం ఉంటుంది. ఇది ఉష్ణీయంగా జనించిన ఎలక్ట్రానులు వదిలివేసిన రంధ్రాలకు అదనంగా ఉంటుంది. కొన్ని అస్వభావజ అర్ధవాహకాలలో రంధ్రాలు అధిక సంఖ్యాక వాహకాలుగా మరియు ఉష్ణీయంగా జనించిన ఎలక్ట్రానులు అల్పసంఖ్యాక వాహకాలుగా పటము 10.8లో చూపబడినట్లుగా ఉంటాయి. కాబట్టి త్రిసంయోజనీయ మాలిన్యాలతో మాదీకరణం చేయడం వలన ఏర్పడిన అస్వభావజ అర్ధవాహకాలను *p*– రకం అర్ధవాహకాలు అంటారు.

మీకు తెలుసా?

n– రకం మరియు *p* – రకం అర్ధ వాహకాలు తటస్థంగా ఉంటాయి. ఎందుకనగా తటస్థ పరమాణువులు మాత్రమే స్వభావజ అర్ధవాహకాలతో మాదీకరణం చెందుతాయి.



పటము 10.7 *p*- రకం అస్వభావజ అర్ధవాహకాలు
అ) మాలిన్యాల ద్వారా ఏర్పడిన రంధ్రాలు
ఆ) గ్రహీత శక్తి స్థాయిని సూచించడం



పటము 10.8 వాహక పట్టీలో ఉష్ణీయంగా జనించిన ఎలక్ట్రాను మరియు సంయోజక పట్టీలో మాలిన్యాలవలన జనితమైన రంధ్రాలు (*p* – రకం అర్ధవాహకం)

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 216 10-03-2023 16:53:34

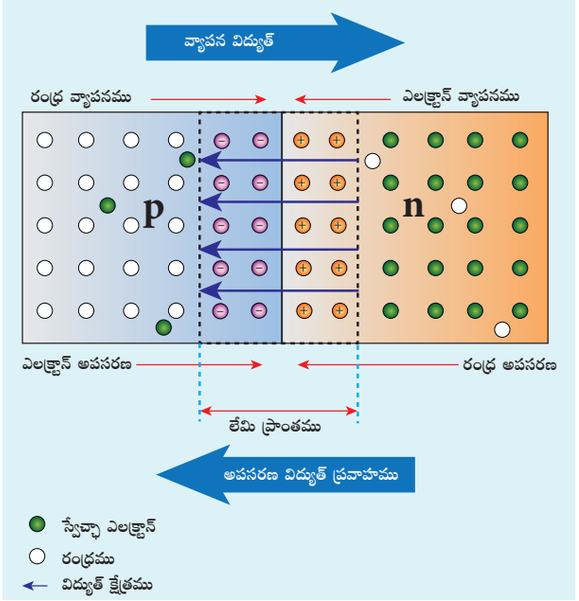
10.3 డయోడ్‌లు (DIODES)

10.3.1 P-N సంధి ఏర్పడుట (P-N Junction formation)

i) లేమి పొర ఏర్పడుట (Formation of depletion layer)

ఒక అర్ధవాహక స్ఫటికము (ఒకే ముక్క) లోకి ఒక వైపు n రకపు అర్ధ వాహకమును మరొక వైపు p రకపు అర్ధ వాహకమును మాదీకరణము చేయాలి. ఇప్పుడు p మరియు n అర్ధ వాహకములు ఒకదానినొకటి స్పృశించే తలమును p-n సంధి అంటారు. p-n సంధి ఏర్పడిన వెంటనే, n నుండి p వైపుగా కొన్ని ఎలక్ట్రాన్‌లు వ్యాపనం చెందుతాయి (చలిస్తాయి). అదేవిధంగా p నుండి n వైపుగా కొన్ని రంధ్రములు చలిస్తాయి. n వైపు అధిక ఎలక్ట్రాన్ గాఢత మరియు p వైపు అధిక రంధ్రముల గాఢత ఉండుట వలన ఈ ఆవేశ వాహకాల వ్యాప్తి జరుగుతుంది. సంధి ద్వారా అధిక సంఖ్యలో ఆవేశ వాహకాల వ్యాప్తి చెందుట (చలించుట) వలన అందులో వ్యాపన విద్యుత్ (**diffusion current**) అని పిలువబడే విద్యుత్ ప్రవాహం ఏర్పడుతుంది

ఎలక్ట్రాన్‌లు n వైపు నుండి వెళ్ళి, P వైపుకు వెళ్ళిపోయినపుడు, n వైపులోని ఒక పంచ సంయోజకత (pentavalent) గల పరమాణువు ఒక ధన అయాన్‌గా మారుతుంది. P వైపుకు వచ్చిన స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్ సంధికి దగ్గరగా గల త్రిక సంయోజక (trivalent) పరమాణువులోని రంధ్రముతో పునఃసంయోగం (recombines) చెంది ఆ త్రిక సంయోజక పరమాణువు ఒక ఋణ అయానుగా మారుతుంది. ఈ విధముగా పై అయాన్‌లు స్ఫటిక జాలకంలోని వాటి ప్రక్క పరమాణువులకు బంధించబడి, చలించుటకు వీలులేకుండా ఉంటాయి. వ్యాపన (diffusion) ప్రక్రియ కొనసాగుతూ ఉండుట వలన, సంధికి ఇరువైపులా ఒక ధన అయాన్ పొర మరియు ఋణ అయాన్ పొర ఏర్పడుతుంది. పటము 10.9లో చూపినట్లు ఆవేశ వాహకాలు లేని స్వేచ్ఛా (ఎలక్ట్రానులు మరియు రంధ్రములు) సంధికి సమీపములోని పలుచటి ప్రాంతమును లేమి ప్రాంతము (**depletion region**) అంటారు.



పటము 10.9 p–n సంధి ఏర్పడుట.

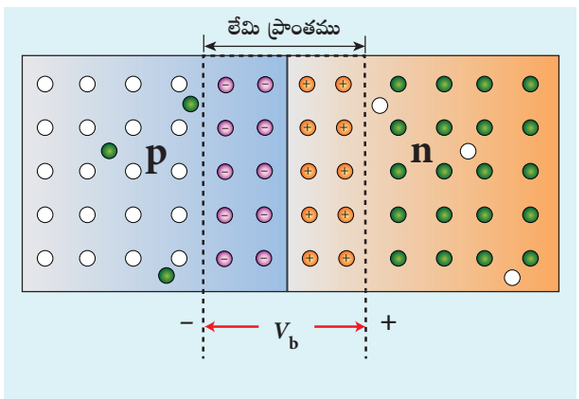
పటము 10.9 లో చూపినవిధంగా లేమి ప్రాంతంలోని n- తలమునందు గల ధనావేశ పూరిత పొర మరియు p- తలమునందు గల ఋణావేశ పూరిత పొరల మధ్య కొంత విద్యుత్ క్షేత్రమును కలిగించాలి ఈ విద్యుత్ క్షేత్రం p వైపు గల ఎలక్ట్రాన్‌లను n వైపుకు కదుల్చుతాయి మరియు n వైపు గల రంధ్రములను p వైపుకు కదుల్చుతాయి (డ్రిఫ్ట్ చెందిస్తాయి). విద్యుత్ క్షేత్రము వలన అల్ప సంఖ్యలో ఆవేశ వాహకాల చలనము ద్వారా ఏర్పడిన విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని అపసరణ విద్యుత్ ప్రవాహం (drift current) అంటారు. వ్యాపన విద్యుత్ మరియు అపసరణ విద్యుత్ ఒకదానికొకటి వ్యతిరేక దిశలో ప్రవహిస్తాయి.

ప్రారంభములో వ్యాపన విద్యుత్ కంటే అపసరణ విద్యుత్ ఎక్కువగా ఉన్ననూ, ఒక నిర్దిష్ట సమయంలో వాటి మధ్య సమతాస్థితి నెలకొంటుంది. ప్రతి ఒక్క ఎలక్ట్రాన్ (లేదా రంధ్రము) సంధి ద్వారా వ్యాపనం చెందినపుడు, విద్యుత్‌క్షేత్రము యొక్క బలము పెరిగి తద్వారా రెండు విద్యుత్ ప్రవాహములు సమానమయ్యేంత వరకు అపసరణ విద్యుత్ పెరుగుతుంది. కావున, సమతాస్థితి వద్ద, సంధి మధ్యలో ఎటువంటి నికర విద్యుత్ ప్రవాహము ఉండదు. ఈ విధంగా p-n సంధి ఏర్పడుతుంది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 217 10-03-2023 16:53:35

ii) సంధి శక్మము (Junction potential) లేదా శక్మావరోధం (barrier potential)

సంధి మధ్య స్వేచ్ఛా ఆవేశముల తదుపరి వ్యాప్తికి లేమి పొర ఒక అవరోధముగా పనిచేసి ఒక నిర్ధిష్ట బిందువు వద్ద మాత్రమే సంధి ద్వారా ఆవేశ వాహకాలు చలిస్తాయి. ఎందుకనగా చలన రహిత అయాన్‌లు ఇరువైపులా సంధి వద్ద కొంత విద్యుత్ శక్మ భేదమును ఏర్పరుస్తుంది. కావున, లేమి ప్రాంతము యొక్క అంతర తలములోకి వ్యాప్తి చెందుటకు ప్రయత్నించు ఒక ఎలక్ట్రాన్, దానిని వెనుక వైపుకు వికర్షించు ఋణఅయాన్ తలముపై ఢీకొంటుంది. ఒక వేళ, స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానుకు తగిన శక్తి ఉన్నట్లయితే, అది ఋణ అయాన్ తలపు గోడను ఢీకొని తద్వారా చొచ్చుకొనిపోయి, p- ప్రాంతమును చేరుతుంది. అలా చేరిన ఎలక్ట్రాన్ ఒక రంధ్రముచే పునఃసంయోగం చెంది మరొక ఋణాత్మక అయాన్‌ను సృష్టిస్తుంది.

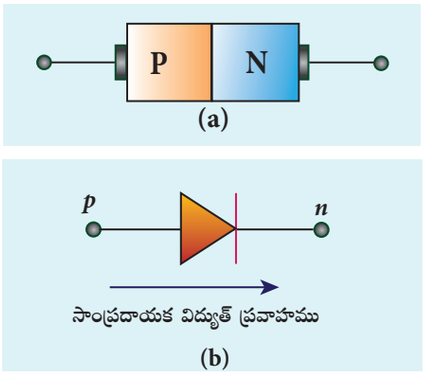


పటము 10.10 సంధి మధ్యలో ఏర్పడిన శక్మావరోధం

సమతాస్థితిని చేరునంత వరకు ప్రతి ఎలక్ట్రాన్ సంధిని దాటి తద్వారా ప్రాంతము వద్ద విద్యుత్ శక్మ భేదము యొక్క బలమును పెంచుతూ ఉంటుంది. ఈ బిందువు వద్ద సంధి ద్వారా జరిగే స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానుల వ్యాప్తిని లేమి పొర యొక్క అంతఃవికర్షణ ఆపివేస్తుంది. పటము 10.10 లో చూపినట్లు లేమి పొర మధ్యలో ఏర్పడిన శక్మభేదమును శక్మ అవరోధము (V_b) అని అంటారు. 25^0C వద్ద సిలికాన్ యొక్క శక్మ అవరోధము దాదాపు 0.7 V గాను మరియు జర్మేనియంకు 0.3 V గాను ఉంటుంది.

10.3.2 P-N సంధి డయోడ్ (P-N Junction diode)

ఒక p రకపు అర్ధవాహకమును మరొక N-రకపు అర్ధ వాహకముచే సంలీనము చేయుట వలన p-n సంధి డయోడ్ ఏర్పడుతుంది. పటము 10.11(అ)లో ఏక p-n సంధి కలిగిన పరికరము చూపబడినది. మరియు 10.11(ఆ)లో వలయ సంకేతము ఇవ్వబడినది.



పటము 10.11 p-n సంధి డయోడ్
అ) చిత్ర రూప వర్ణన ఆ) వలయ సంకేతము

డయోడ్‌ను బయాస్ చేయడం

ఆవేశ వాహకాలకు కొంత బాహ్య శక్తిని అందించి వాటిని శక్మ అవరోధమును దాటి ఒక నిర్ధిష్ట దిశలో చలింపచేయుటను బయాస్ చేయడం అంటారు. ఆవేశ వాహకాలు సంధి నుండి దూరముగా కాని లేదా సంధి వైపుగా కాని చలిస్తాయి. ***p-n*** సంధికి అందించిన బాహ్య ఓల్టేజిని బయాస్ ఓల్టేజి అంటారు. p-n సంధికి అనుసంధానము చేసిన బాహ్య జనకము యొక్క ధ్రువనము ఆధారంగా బయాస్‌లు రెండు రకములు.

i) పురో శక్మము
ii) తిరో శక్మము

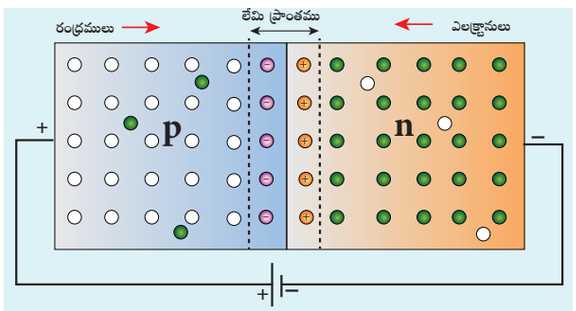
i) పురో శక్మము (Forward bias)

పటము 10.12లో చూపినట్లు బాహ్య ఓల్టేజి జనకము యొక్క ధనాత్మక కొన p- వైపు మరియు ఋణాత్మక కొన n-వైపు అనుసంధానం చేయబడితే వానిని పురో శక్మము అంటారు. వాలు బయాస్ శక్మమును అందించునపుడు అది n-వైపు గల ఎలక్ట్రాన్‌లను మరియు p-వైపు గల రంధ్రములను సంధి వైపుగా చలించునట్లు చేస్తుంది. ఇది సంధి దగ్గర గల అయాన్‌లతో పునఃసంయోగమును

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 218 10-03-2023 16:53:36

ప్రేరేపిస్తుంది. శక్మ అవరోధము వలన లేమి ప్రాంతము యొక్క వెడల్పు తగ్గుతుంది.

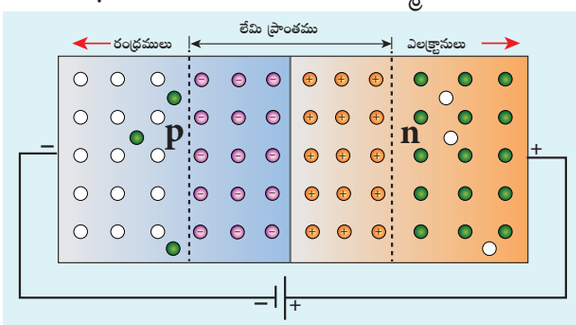
సంధి వద్ద అల్ప శక్మావరోధము ఉండుటచే *n*- వైపు గల ఎలక్ట్రానులు *p*-వైపుగా త్వరణీకృతం చెందుతాయి. దీనితోపాటు త్వరణీకృత ఎలక్ట్రాన్‌లు *p*-వైపు అందించిన ధనాత్మక శక్మముచే అత్యంత బలముగా ఆకర్షించబడతాయి. దీని ఫలితంగా *n*- వైపు గల ఎలక్ట్రాన్‌లు *p*- వైపుకు అదేవిధంగా *p*- వైపు గల రంధ్రములు *n*- వైపుకు చలిస్తాయి. అనువర్తిత ఓల్టేజిని పెంచినపుడు లేమి ప్రాంతము మరియు శక్మ అవరోధములు రెండూ తగ్గుతాయి. తద్వారా సంధి మార్గమున ఎలక్ట్రాన్‌ల అత్యధిక సంఖ్యలో ప్రసరించి సంధి ద్వారా ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహము అమాంతం పెరుగుతుంది.



పటము 10.12 పురో శక్మములోని *p-n* సంధి డయోడ్ యొక్క చిత్ర రూప వర్ణన

ii) తిరో శక్మము (Reverse bias)

పటము 10.13లో చూపినట్లు విద్యుత్ జనకము యొక్క ధనాత్మక కొన అర్ధ వాహకము *n*-వైపు మరియు ఋణాత్మక కొన అర్ధ వాహకము *p*-వైపు అనుసంధానించబడితే దానిని తిరో శక్మము అంటారు.



పటము 10.13 తిరో శక్మములోని *p-n* సంధి డయోడ్ యొక్క చిత్ర రూప వర్ణన

n-రకపు అర్ధ వాహక పదార్థమునకు ధనాత్మక కొనను అనుసంధానం చేయుటచే, *n*- వైపు గల ఎలక్ట్రాన్‌లు ధనాత్మక కొన వైపుకు మరియు *p*- వైపు గల రంధ్రాలు ఋణాత్మక కొన వైపుకు ఆకర్షించబడతాయి. ఇది సంధి వద్ద చలన రహిత అయానుల గాఢతను పెంచుతుంది. ఈ నికర ఫలితము వలన లేమి ప్రాంతము వెడల్పు ఎక్కువై శక్మ అవరోధము కూడా పెరుగుతుంది. కావున, రెండు వైపులా గల అధిక ఆవేశ వాహకాలు సంధిని దాటుటకు అధిక శక్మావరోధమును పొందుతాయి. ఇది సంధికి ఇరువైపులా గల వ్యాపన విద్యుత్‌ను వేగంగా తగ్గిస్తుంది.

అయినప్పటికీ, రెండు ప్రాంతముల వద్ద గల అల్ప ఆవేశ వాహకాల వలన సంధి ద్వారా స్వల్ప విద్యుత్ ప్రవాహము ఉంటుంది. తిరోశక్మం అధిక ఆవేశ వాహకాల కొరకు పనిచేసినట్లు, పురోశక్మం అల్ప వాహకాల కొరకు పనిచేస్తుంది. తిరోశక్మం ద్వారా ప్రవహించిన విద్యుత్ ప్రవాహమును తిరోగమన సంతృప్త విద్యుత్ ప్రవాహము (reverse saturation current) అంటారు. దీనిని I_s తో సూచిస్తారు.

ఈ తిరోగమన సంతృప్త విద్యుత్ ప్రవాహము అనువర్తిత ఓల్టేజిపై ఆధారపడదు. ఇది ధార్మికముగా (thermally) ఉత్పత్తి చేయబడిన అల్ప ఆవేశ వాహకాల గాఢతపై ఆధారపడుతుంది. సంధి ద్వారా అల్ప ఆవేశ వాహకాల చలనమునకు అత్యల్ప ఓల్టేజిని అందించిన సరిపోతుంది.



ప్రతి 10°C ఉష్ణోగ్రత పెరుగుదలకు సిలికాన్ డయోడ్ యొక్క తిరోగమన సంతృప్త విద్యుత్ ప్రవాహము రెట్టింపవుతుంది.

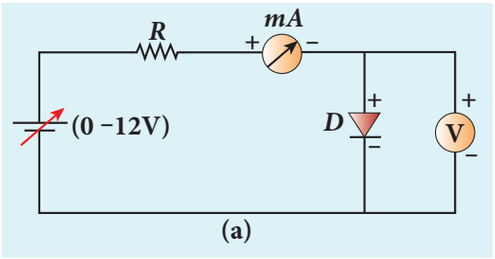
10.3.3 సంధి డయోడ్ యొక్క లక్షణాలు (Characteristics of a junction diode)

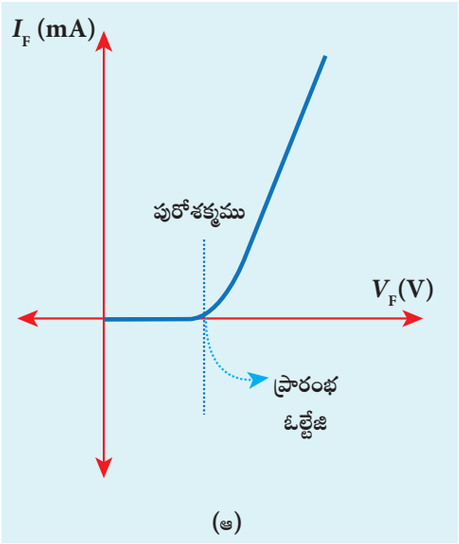
i) పురోశక్మలక్షణము (Forward characteristics)

ఇది డయోడ్‌ను పురోశక్మములో కలపబడినపుడు డయోడ్‌కు అనువర్తింపజేసిన ఓల్టేజి పరంగా దాని ద్వారా ప్రసరించిన విద్యుత్ ప్రవాహములోని వైవిధ్యమును అధ్యయనము చేస్తుంది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 219 10-03-2023 16:53:36

పటము 10.14(అ)లో చూపినట్లు *p-n* సంధి డయోడ్ పురోశక్మములో సంధానించబడినది. డయోడ్ ద్వారా విద్యుత్ ప్రవాహ ప్రసరణ పరిమితిని మార్చుటకు ఒక బాహ్య నిరోధము R ను ఉపయోగిస్తారు. DC విద్యుత్ సరఫరా ద్వారా బయాస్ ఓల్టేజిని మార్చుట ద్వారా డయోడ్‌లో ఓల్టేజి మార్పు చెందుతుంది. పురోశక్మ ఓల్టేజి మరియు సంబంధిత బయాస్ విద్యుత్ ప్రవాహమును నమోదు చేయాలి. ఇప్పుడు పురోశక్మం ఓల్టేజి (V_F)ని x అక్షముపై మరియు డయోడ్ ద్వారా విద్యుత్ ప్రవాహము (I_F)ని y – అక్షముపై తీసుకొని ఒక గ్రాఫ్‌ను గీయాలి. ఈ గ్రాఫును PN సంధి డయోడ్ యొక్క పురోశక్మం **V-I** లక్షణము అని పిలుస్తారు. ఇది పటము 10.14 (ఆ)లో చూపబడినది. గ్రాఫు నుండి నాలుగు అనుమితులను పొందండి.





పటము 10.14 *p-n* సంధి డయోడ్
అ) పురోశక్మములో డయోడ్ ఆ) పురోశక్మ లక్షణము

(i) గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద, డయోడ్ ద్వారా ఒక సహేతుక (reasonable) పురోగమన విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రారంభం కాక మునుపు శక్మావరోధమునకు సమానమైన ఒక శక్మభేదము అవసరమవుతుంది. ఈ ఓల్టేజిని ఆరంభ ఓల్టేజి **(threshold voltage)** అని పిలుస్తారు. ఈ ఆరంభ ఓల్టేజి విలువ జర్మేనియమ్‌నకు 0.3 V గానూ సిలికాన్‌కు 0.7 V గానూ ఉంటుంది. ఆరంభ ఓల్టేజి అనువర్తిత ఓల్టేజి కన్నా తక్కువగా ఉన్నప్పుడు అందులో ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహం ఉపేక్షించదగినదిగా ఉంటుంది. అయితే ఆరంభ ఓల్టేజిని దాటిన తరువాత, ఓల్టేజిలో అత్యల్ప పెరుగుదలకు కూడా విద్యుత్ ప్రవాహంలో పెరుగుదల ఎక్కువగానే ఉంటుంది.

(ii) గ్రాఫు నుండి విద్యుత్ ప్రవాహం రేఖీయముగా లేదని అది ఘాతీయం (exponential) గా ఉన్నదని స్పష్టమగుచున్నది. కనుక ఇవి ఓమ్ నియమమును పాటించదు.

(iii) ఓల్టేజిలోని అల్ప మార్పు (ΔV_F) మరియు విద్యుత్ ప్రవాహములోని అల్ప మార్పు (ΔI_F) కు మధ్య గల నిష్పత్తిని డయోడ్ యొక్క పురోగమన నిరోధము (r_F) అని అంటారు. కనుక $r_F = \frac{\Delta V_F}{\Delta I_F}$

(iv) ఈవిధంగా పురోశక్మములో డయోడ్ ఒక విద్యుద్వాహకముగా ప్రవర్తిస్తుంది.

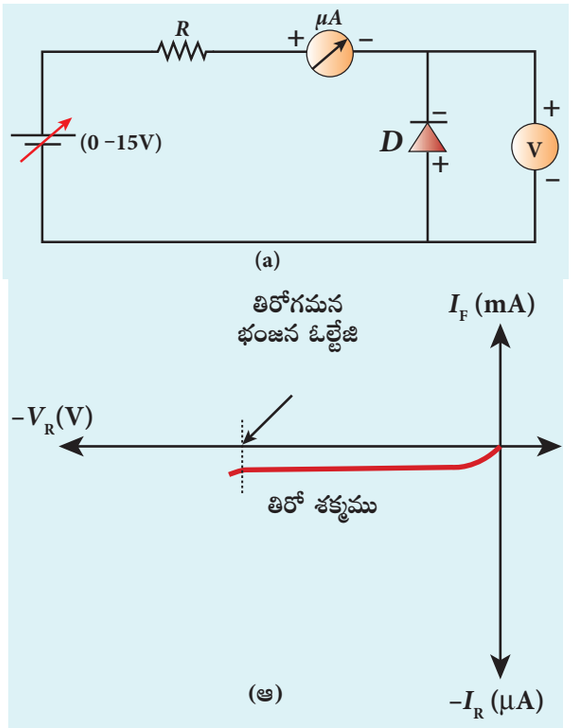
అయితే, నిర్ధిష్ట విలువను దాటి అనువర్తిత ఓల్టేజిని పెంచినపుడు అది అత్యధిక వేడి వలన సంధిని నాశనం చేయదగిన భారీ విద్యుత్ ప్రవాహమును ఉత్పత్తి చేస్తుంది. ఈ ఓల్టేజిని డయోడ్ యొక్క భంజన ఓల్టేజి (breakdown) అని అంటారు. అనగా డయోడ్‌ను భంజనం (నాశనం) చెందించు ఓల్టేజి అని అర్థము. కావున డయోడ్‌ను ఆరంభ ఓల్టేజి మరియు భంజన ఓల్టేజి మధ్యలో ఉపయోగించుట సురక్షితము.

ii) తిరో శక్మ లక్షణములు (Reverse characteristics)

పటము 10.15 (అ)లో ఒక వలయము యొక్క తిరోశక్మం లక్షణమును అధ్యయనం చేయుట చూపబడినది. తిరో శక్మములో డయోడ్ యొక్క *p*-కొన DC విద్యుత్‌జనక ఋణాత్మక ఆవేశమునకు మరియు *n* కొన DC విద్యుత్ జనక ధనాత్మక ఆవేశమునకు కలుపబడి ఉంటుంది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 220 10-03-2023 16:53:40

తిరోశక్మ ఓల్టేజికి మరియు సంధి ద్వారా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహానికి మధ్య గీచిన గ్రాఫ్‌ను p-n సంధి డయోడ్ తిరోశక్మ లక్షణము అని పిలుస్తారు. ఇది పటము 10.15(ఆ)లో చూపబడినది. ఈ బయాస్‌లో, సంధి ద్వారా అత్యల్ప విద్యుత్ ప్రవాహము μA ప్రవహిస్తుంది.

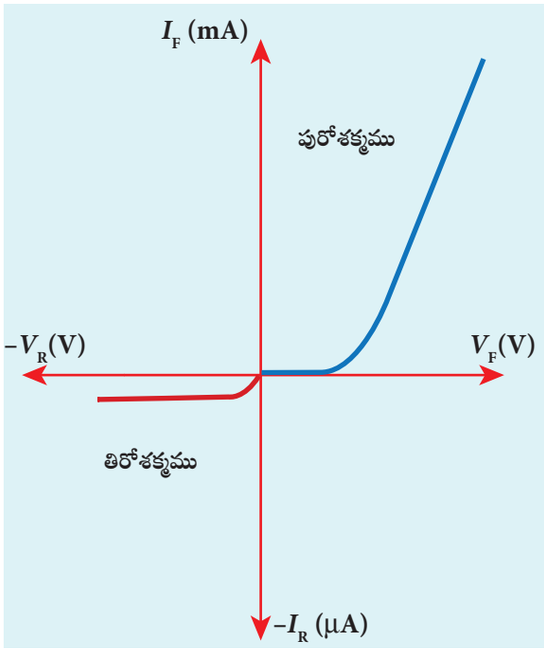


పటము 10.15 p-n సంధి డయోడ్
అ) తిరోశక్మములోని డయోడ్ ఆ) తిరోశక్మ లక్షణము

ఎందుకనగా లీకేజ్ విద్యుత్ ప్రవాహం లేదా తిరోగమన సంతృప్త విద్యుత్ ప్రవాహం అని పిలువబడు అత్యల్ప ఆవేశ వాహకాలు ప్రవహిస్తాయి. ఒక నిర్దిష్ట ఓల్టేజి అనగా భంజన ఓల్టేజి వరకు గల ఓల్టేజిపై ఈ తిరోగమన విద్యుత్ ప్రవాహం ఆధారపడదు.

గమనిక

ఆదర్శ డయోడ్ : ఇది పురోశక్మములో ఉన్నపుడు ఒక వాహకం వలె ప్రవర్తిస్తుంది. ఇది తిరోశక్మములో ఉన్నపుడు ఒక బంధకం వలె ప్రవర్తిస్తుంది. ఆదర్శ డయోడ్‌లకు పురోశక్మము శూన్యము మరియు శక్మావరోధమును ఉపేక్షించదగినదిగాను పరిగణిస్తారు. పటము 10.16లో ఒకే గ్రాఫ్ ద్వారా పురోశక్మము మరియు తిరో శక్మ లక్షణాలు చూపబడినవి.

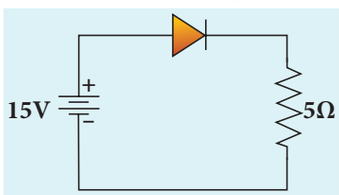


పటము 10.16 ఒక డయోడ్ యొక్క పురోశక్మము మరియు తిరో శక్మము

ఉదాహరణ 10.1



క్రింది పటములో చూపినట్లు 15V విద్యుత్ సరఫరాతో ఒక ఆదర్శ డయోడ్ మరియు 5Ω నిరోధములు శ్రేణిలో కలుపబడినవి. అయితే డయోడ్‌ద్వారా ప్రసరించిన విద్యుత్ ప్రవాహ విలువను లెక్కించండి.



సాధన

ఇక్కడ డయోడ్ పురో శక్మములో అనుసంధానించబడి ఉండుటచే అది ఒక ఆదర్శ డయోడ్‌గా వ్యవహరిస్తుంది. ఇది ఒక మూసిన స్విచ్ వలె పనిచేయుట వలన అందులో శక్మావరోధం ఉండదు. కనుక డయోడ్ ద్వారా ప్రసరించే విద్యుత్ ప్రవాహ విలువను ఓమ్ నియమము ద్వారా లెక్కించవచ్చు.

$$V = IR$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{15}{5} = 3\,\text{A}$$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 221 10-03-2023 16:53:42

ఉదాహరణ 10.2

ఒక సిలికాన్ డయోడ్ 1kΩ నిరోధకముతో పటములో చూపినట్లు కలుపబడినది. అయితే AB ద్వారా ప్రసరించు విద్యుత్ ప్రవాహ విలువను కనుగొనండి.



సాధన

A B ల మధ్య శక్మభేదము

$$V = [V_A - V_B] - V_b(\text{Si})$$
$$= [3.3 - (-7.4)] - 0.7$$
$$= 10.7 - 0.7 = 10\ \text{V}$$

ఓమ్ నియమమును ఉపయోగించి AB ద్వారా ప్రసరించే విద్యుత్ ప్రవాహ విలువను లెక్కించవచ్చు.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{10}{1\times10^{3}} = 10^{-2}\ \text{A} = 10\,\text{mA}$$

10.3.4 ఏక ధిక్కారం (Rectification)

ఏకాంతర ఓల్టేజి లేదా ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహమును ఏకముఖ ఓల్టేజి లేదా ఏకముఖ విద్యుత్ ప్రవాహముగా మార్చు ప్రక్రియను ఏకధిక్కారం అంటారు. దీని కొరకు ఉపయోగించు పరికరమును ఏకధిక్కరిణి (rectifier) అంటారు. ప్రస్తుత పాఠ్య విభాగములో మనము అర్ధ తరంగ ఏకధిక్కరిణి మరియు పూర్ణ తరంగ ఏకధిక్కరిణి అనే రెండు రకాల ఏకధిక్కరిణిల గురించి చర్చిద్దాం.

i) అర్ధ తరంగ ఏకదిక్కరిణి వలయము (Half wave rectifier circuit)

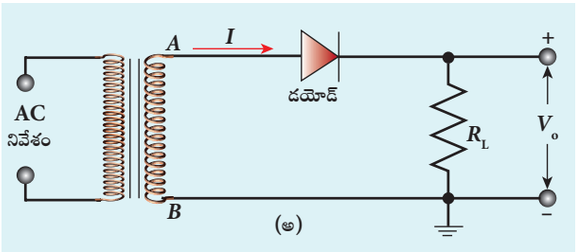
పటము 10.17 (అ)లో చూపినట్లు అర్ధ తరంగ ఏకదిక్కరిణి వలయమునందు ఒక పరివర్తకము (transformer), ఒక p-n సంధి డయోడ్ మరియు ఒక నిరోధకము (rectifier) ఉంటుంది. అర్ధ తరంగ ఏకధిక్కరిణి వలయమునందు, డయోడ్ ద్వారా ప్రసరించు నివేశ AC లో సగ భాగం నిరోధించుటచే మిగిలిన అర్ధ ధనాత్మక తరంగము లేక అర్ధ ఋణాత్మక తరంగము మాత్రమే ప్రవహిస్తుంది. ఇందులో నివేశ తరంగము యొక్క ఒక సగ భాగం మాత్రమే ఏకధిక్కారం చేయబడుతుంది. కనుక దీనిని అర్ధ తరంగ ఏకధిక్కరిణి అని పిలుస్తారు. ఇక్కడ p-n సంధి డయోడ్ ఒక ఏకధిక్కరిణి డయోడ్ వలె ప్రవర్తిస్తుంది.

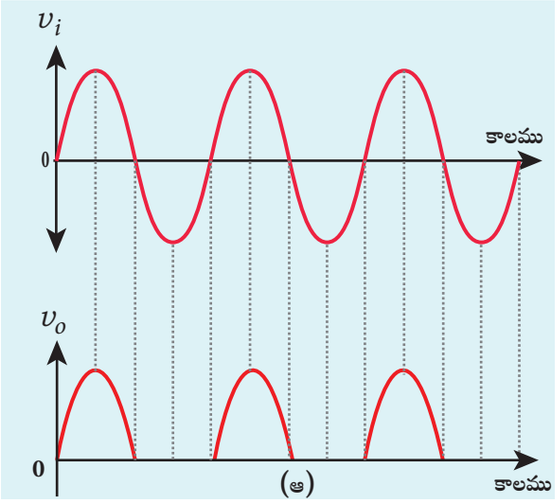
ధనాత్మక అర్ధ భాగం ప్రసరించినపుడు;

వలయములో నివేశ AC సంజ్ఞల ధనాత్మక అర్ధ భాగం ప్రసరించినపుడు, B కొన పరంగా A కొన ధనాత్మకమవుతుంది. డయోడ్ పురోశక్మములో అనుసంధానించబడి ఉండుటచే అది విద్యుత్‌ను తన గుండా ప్రసరింపజేస్తుంది. పటము 10.17 (ఆ)లో భార నిరోధము (load resistor) ద్వారా ప్రవహించిన విద్యుత్ R_L మరియు R_L లో పెరిగిన AC ఓల్టేజి ఏర్పరచిన నిర్గమ ఓల్టేజి V_0 మరియు నిర్గమ ఓల్టేజి యొక్క తరంగ రూపము చూపబడినది.

ఋణాత్మక అర్ధ భాగం ప్రసరించినపుడు;

వలయములో నివేశ AC సంజ్ఞల ఋణాత్మక అర్ధ భాగం ప్రసరించినపుడు, B కొన పరంగా A కొన ఋణాత్మకమవుతుంది. డయోడ్ తిరోశక్మములో అనుసంధానించబడి ఉండుటచే అది విద్యుత్‌ను తన గుండా ప్రసరింపజేయదు. కనుక R_L ద్వారా ఎటువంటి విద్యుత్ ప్రసరించదు. డయోడ్‌లో తిరోగమన సంతృప్త విద్యుత్ ప్రవాహం ఉపేక్షించదగినదిగా ఉంటుంది. R_L లో ఓల్టేజి నందు ఎటువంటి ఆకస్మిక తగ్గుదల ఉండదు. కావున, AC సరఫరా యొక్క ఋణాత్మక అర్ధ భాగము నిర్గమ బిందువు వద్ద నిరోధించబడుతుంది.





పటము 10.17 (అ) అర్ధ తరంగ ఏకధిక్కరిణి వలయము ఆ) నివేశ మరియు నిర్గమ తరంగ రూపాలు

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 222 10-03-2023 16:53:44

అర్ధ తరంగ ఏక ధిక్కరిణి ద్వారా నిర్గమం చెందు తరంగము ఒక స్థిర DC ఓల్టేజిగా కాకుండా ఒక స్పందనయుత (pulsating) తరంగంగా ఉంటుంది. ఈ స్పందనయుత ఓల్టేజిని ఉపకరణాలలో ఉపయోగించుటకు వీలుకాదు. దీనికి వడపోత వలయము (filter circuits) మరియు ఓల్టేజి నియంత్రక వలయము సహాయముతో పొందబడిన ఒక నిలకడ లేక స్థిరమైన ఓల్టేజి అవసరమవుతుంది.

వలయమునకు సరఫరా చేయబడిన నిర్గమ DC సామర్థ్యమునకు మరియు నివేశ DC సామర్థ్యమునకు మధ్య గల నిష్పత్తిని దక్షత (efficiency-η) అంటారు. అర్ధ తరంగ ఏక ధిక్కరిణిని దక్షత విలువ 40.06%గా ఉంటుంది.

గమనిక

డయోడ్ దిశను తారుమారు చేసినపుడు, డయోడ్ ద్వారా AC సంజ్ఞల ఋణాత్మక అర్ధభాగం ప్రసరించే, ధనాత్మక అర్ధభాగం నిరోధించబడుతుంది.

ii) పూర్ణ తరంగ ఏకధిక్కరిణి (Full wave rectifier)

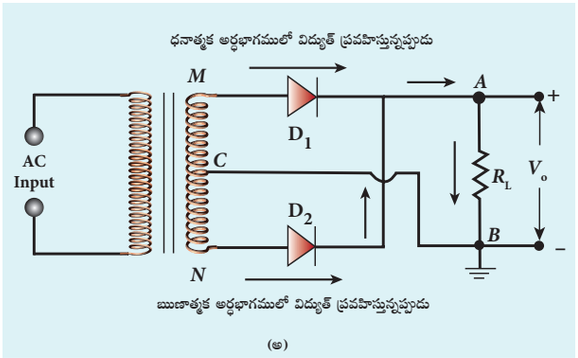
నివేశ AC సంజ్ఞల యొక్క ధనాత్మక మరియు ఋణాత్మక అర్ధభాగములు ఈ వలయంలో ఏకధిక్కారం గావింపబడుటచే దీనిని పూర్ణ తరంగ ఏక ధిక్కరిణి అంటారు. ఈ వలయము పటము 10.18(అ)లో చూపబడినది. ఈ వలయం నందు రెండు p-n సంధి డయోడ్‌లు మధ్య అనుసంధాన పరివర్తకం మరియు ఒక భార నిరోధం R_L ఉంటాయి. సాధారణముగా మధ్య భాగమును భూ సంధానం లేదా శూన్య ఓల్టేజి నిర్దేశిత బిందువుగా తీసుకొంటారు. మధ్య అనుసంధాన పరివర్తకం (centre tap transformer)సహాయముతో ప్రతి డయోడ్ పూర్తి గౌణ ఓల్టేజితో సగ భాగమును ఏక ధిక్కరణ గావిస్తుంది.

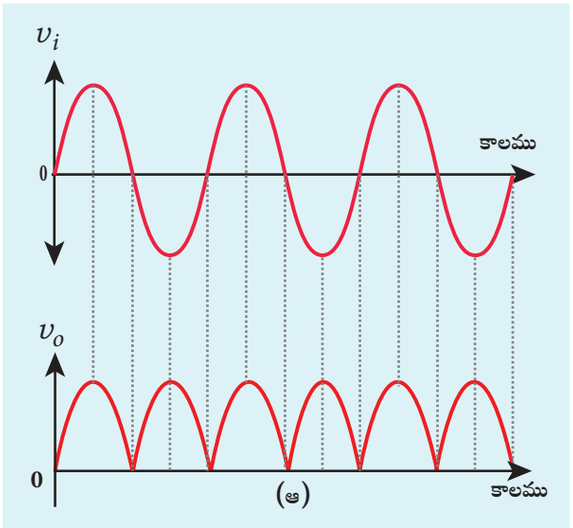
ధనాత్మక అర్ధభాగం ప్రసరించినపుడు;

వలయంలో నివేశ AC సంజ్ఞల యొక్క ధనాత్మక అర్ధ భాగం ప్రసరించినపుడు, M కొన ధనాత్మకంగాను, C శూన్య శక్మము వద్ద మరియు N ఋణ శక్మము వద్ద ఉంటాయి. ఇది D_1 డయోడ్‌ను పురోశక్మములోను మరియు D_2 డయోడ్‌ను తిరో శక్మములోను ఉంచుతుంది. కనుక పురోశక్మములోని డయోడ్ D_1, విద్యుత్‌ను MD_1ABC మార్గంలో ప్రసరింపజేస్తుంది.

ఋణాత్మక అర్ధభాగం ప్రసరించినపుడు;

వలయంలో నివేశ AC సంజ్ఞల యొక్క ఋణాత్మక అర్ధ భాగం ప్రసరించినపుడు, N కొన ధనాత్మకంగాను, C శూన్య శక్మము వద్ద మరియు M ఋణ శక్మము వద్ద ఉంటాయి. ఇది D_2 డయోడ్‌ను పురోశక్మములోను మరియు D_1 డయోడ్‌ను తిరో శక్మములోను ఉంచుతుంది. D_2 డయోడ్ పురోశక్మములో ఉండుటచే అది విద్యుత్‌ను ND_2ABC మార్గంలో ప్రసరింపజేస్తుంది.





పటము 10.18 (అ) పూర్ణతరంగ ఏక ధిక్కారణ వలయము (ఆ) నివేశ మరియు నిర్గమ తరంగ రూపము

నివేశ సంజ్ఞలోని ధనాత్మక మరియు ఋణాత్మక అర్ధభాగములు రెండూ ప్రసరిస్తున్నప్పుడు, నిరోధం ద్వారా విద్యుత్ ప్రవాహం ఒకే దిశలో ఉంటుంది. పటము 10.18 (ఆ)లో నివేశ సంజ్ఞ యొక్క సంబంధిత నిర్గమ సంజ్ఞ చూపబడినది. నివేశ AC సంజ్ఞల రెండు అర్ధ భాగములు ఏకధిక్కారం గావించబడినప్పటికి, స్వాభావికంగా నిర్గమ సంజ్ఞ స్పందనయుతముగా ఉంటుంది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 223 10-03-2023 16:53:45

పూర్ణ తరంగ ఏక ధిక్కారణి యొక్క దక్షత (η) అర్ధ తరంగ ఏక ధిక్కారణి కంటె రెండితలు ఎక్కువగా ఉంటుంది. అనగా దీని విలువ దాదాపు 81.2%గా ఉంటుంది. ఎందుకనగా తీగ చుట్ట, డయోడ్ మరియు భార నిరోధములో విద్యుచ్ఛక్తి నష్టం వాటిల్లుతుంది.

గమనిక

గౌణ తీగ చుట్టలో అర్ధమార్గ బిందువు (halfway point) వద్ద వలయమును మల్లించు సౌకర్యము కలదు. ఇది గౌణ తీగ చుట్ట ఒక కొన నుండి మధ్య బిందువు వరకు ప్రేరేపించబడిన ఓల్టేజిని కొలవడానికి దోహదపడుతుంది. మధ్యలో చేయబడిన బిందువును భూ సంధానం చేసిన యెడల గౌణ తీగ చుట్టలో ఓల్టేజి విలువ రెండు సగ భాగాలుగా విభజింపబడుతుంది. ఉదాహరణకు గౌణ తీగ చుట్టలో ఓల్టేజి విలువ 240 V అయితే, ఒక చివర నుండి మధ్య బిందువునకు ఓల్టేజి +120 V గాను మరొక కొన వద్ద −120 V గానూ ఉంటుంది.

10.3.5 భంజన సాంకేతికత (Breakdown mechanism)

అల్ప ఆవేశ వాహకాల వలన ఏర్పడిన తిరోగమన విద్యుత్ లేదా తిరోగమన సంతృప్త విద్యుత్ విలువ చాలా తక్కువగా ఉంటుంది. *p-n* సంధి డయోడ్‌కు అందించు తిరోశక్మమును ఒక బిందువును దాటి పెంచినపుడు, సంధి భంజనం చెంది వెంటనే తిరోగమన విద్యుత్ ప్రవాహం వేగం పెరుగుతుంది. భంజనం సంభవించు ఓల్టేజిని భంజన ఓల్టేజి అని అంటారు. ఇది మాదీకరణ స్థాయిపై ఆధారపడు లేమి ప్రాంతము యొక్క వెడల్పుపై ఆధారపడి ఉంటుంది. ఈ బిందువు వద్ద ఒక సాధారణ *p-n* సంధి డయోడ్ నాశనమునకు గురవుతుంది. ఇటువంటి పరిస్థితులలో ఈ బిందువు వద్ద వలయంలోని ఓల్టేజిని నియంత్రించుటకు ప్రత్యేకంగా రూపొందించబడిన జెనార్ డయోడ్ వంటి సాధనాలను ఉపయోగిస్తారు. తిరోగమన ఓల్టేజిని పెంచినపుడు భంజనం సంభవించడానికి రెండు రకముల సాంకేతికతలు బాధ్యత వహిస్తాయి.

i) ఆకస్మిక భంజనము (Avalanche breakdown)

అత్యధిక లేమి ప్రాంత వెడల్పును కలిగిన అల్ప మాదీకరణ సంధి ద్వారా ఆకస్మిక భంజనము ఏర్పడుతుంది. ఒక నిర్ధిష్ట విలువకు తిరోశక్మ ఓల్టేజి పెరిగినపుడు. అల్ప ఆవేశ వాహకాలు తిరో శక్మమతే త్వరణీకృతం చెంది వాటి గతిజ శక్తి పెరుగుతాయి. ఇవి లేమి ప్రాంతం ద్వారా ప్రసరించేటప్పుడు, అర్ధ వాహక పరమాణువులతో తాడనం చెందుతాయి. దీని వలన సమయోజనీయ బంధం విడగొట్టబడి తద్వారా ఎలక్ట్రాన్ – రంధ్రము జతలు ఉత్పత్తి అవుతాయి.

అనేక తాడనములు మరియు తదుపరి ఆవేశ వాహకాల ఉత్పత్తి ఫలితముగా క్రొత్తగా ఉత్పత్తి అయిన ఆవేశ వాహకాలు విద్యుత్ క్షేత్రముచే త్వరణీకృతం గావించబడుతాయి. ఈ క్రమ ప్రక్రియ జరుగుట వలన సంధిలో ఆకస్మిక ఆవేశ వాహకాల ఉత్పత్తి జరిగి, పర్యవసానంగా తిరోగమన నిరోధం తగ్గుతుంది. వెంటనే డయోడ్ విద్యుత్ పెరుగుతుంది.

ii) జెనార్ భంజనము (Zener breakdown)

అత్యధికముగా మాదీకరణం (doped) చెందించబడిన *p-n* సంధి డయోడ్ 10^{-6} మీ కన్నా తక్కువ వెడల్పును కలిగిన సన్నని లేమి పొరను కలిగి ఉంటుంది. భంజన పరిమితి కంటే ఎక్కువ ఓల్టేజిని సంధికి అందించినపుడు, సన్నని లేమి పొర (depletion region) మధ్యలో $3 \times 10^7\ V\ m^{-1}$ అత్యంత బలమైన విద్యుత్ క్షేత్ర సామర్థ్యం ఏర్పడుతుంది. ఈ బలమైన విద్యుత్ క్షేత్రము స్ఫటిక జాలకము (lattice) లోని సమయోజనీయ బంధములను విడగొట్టుటకు తగినదిగా ఉండి, తద్వారా ఎలక్ట్రాన్ – రంధ్రము జతలను ఉత్పత్తి చేస్తుంది. ఈ ఫలితమును జెనార్ ఫలితము (**Zener effect**) అంటారు.

తిరోగమన ఓల్టేజిలో తదుపరి అల్ప పెరుగుదలకు కూడా అత్యధిక సంఖ్యలో ఆవేశ వాహకాలు ఉత్పత్తి చేయబడుతాయి. కనుక ఈ భంజన ప్రాంతంలో లేక పరిధిలో సంధి అత్యల్ప నిరోధమును కలిగి ఉంటుంది. అత్యంత బలమైన విద్యుత్ క్షేత్ర ప్రభావం వలన స్ఫటిక జాలకములోని సమయోజనీయ బంధములను విడగొట్టి తద్వారా ఎలక్ట్రాన్‌లను

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 224 10-03-2023 16:53:45

ఉద్గారం చెందించు ప్రక్రియను అంతర క్షేత్ర ఉద్గారం (**internal field emission**) లేదా క్షేత్ర అయనీకరణం (**field ionization**) అంటారు. ఈ ప్రక్రియ $10^6 V m^{-1}$ పరిధిలో విద్యుత్ క్షేత్రం అవసరమవుతుంది.

గమనిక

అవలాంచ్ బ్రేక్‌డౌన్‌లో మైనారిటీ చార్జ్ క్యారియర్‌లు కొత్త చార్జ్ క్యారియర్‌లను ఉత్పత్తి చేయడానికి సమయోజనీయ బంధాన్ని విచ్ఛిన్నం చేయడానికి అధిక రివర్స్ బయాస్ పోల్టేజ్ నుండి తగినంత శక్తిని పొందుతాయని గమనించండి. కానీ బలమైన విద్యుత్ క్షేత్రం ఉన్నందున సమయోజనీయ బంధాల యొక్క ప్రత్యక్ష చీలిక కారణంగా బెనర్ విచ్ఛిన్నం జరుగుతుంది క్షీణత ప్రాంతం సన్నగా ఉన్నందున అవలాంచె బ్రేక్‌డాన్ పోల్టేజ్‌తో పోలిస్తే జెనర్ బ్రేక్‌డౌన్ సాధారణంగా తక్కువ రివర్స్ బయాస్ పోల్టేజ్‌లో సంభవిస్తుంది.

10.3.6 జెనార్ డయోడ్ (Zener diode)

తిరోశక్మ ఫలితములలో ఉపయోగించు అత్యధికంగా మాదీకరణం చేయబడిన సిలికాన్ డయోడ్‌ను జెనార్ డయోడ్ అంటారు. దీనిని క్లారెన్స్ మెల్విన్ జెనార్ (Clarence Melvin Zener) అనునతడు కనుగొన్నందున అతని గౌరవార్థం దీనికి జెనార్ డయోడ్ అని పేరు పెట్టిరి. దీనిని భంజన ఓల్టేజిలో ఉపయోగించుటకు ప్రత్యేకముగా రూపొందించిరి. సిలికాన్ డయోడ్ యొక్క మాదీకరణ పరిమితి (doping level) వేర్వేరుగా ఉంటుంది. దీని వలన భంజన ఓల్టేజి పరిమితి 2 V నుండి 1000 V కు పైగా ఉంటుంది.

మునుపటి విభాగములో వివరించిన విధముగా, తిరోగమన ఓల్టేజి ద్వారా లేమి ప్రాంతములో ఏర్పరచిన బలమైన విద్యుత్ క్షేత్రము వలన సమయోజనీయ బంధములు విడగొట్టబడి జెనార్ భంజనము ఏర్పడుతుంది. ఈ జెనార్ భంజనము అత్యధిక సంఖ్యలో ఎలక్ట్రాన్ మరియు రంధ్రములను ఉత్పత్తి చేసి తద్వారా తిరోగమన సంతృప్త విద్యుత్ ప్రవాహమును ఏర్పరుస్తుంది. బాహ్య నిరోధము మరియు డయోడ్ యొక్క శక్తి దుర్వ్యయము ద్వారా విద్యుత్ ప్రవాహము పరిమితం చేయబడుతుంది. జెనార్ డయోడ్‌ను పటము 10.19(a)లో మరియు దాని వలయ సంకేతము 10.19(b)లో ఇవ్వబడినది.

ఇది సాధారణ *p-n* సంధి డయోడ్ వలె ఉంటుంది. కాని *n* వైపు ఆంగ్ల అక్షరములోని 'z' ను పోలి ఉంటుంది. బాణపు గుర్తులోని తల భాగము సాంప్రదాయక విద్యుత్ ప్రవాహపు దిశను తెలుపుతుంది. పటము 10.19(a)లోని నల్లటి వలయము *n* వైపు లీడ్‌ను తెలుపుతుంది.



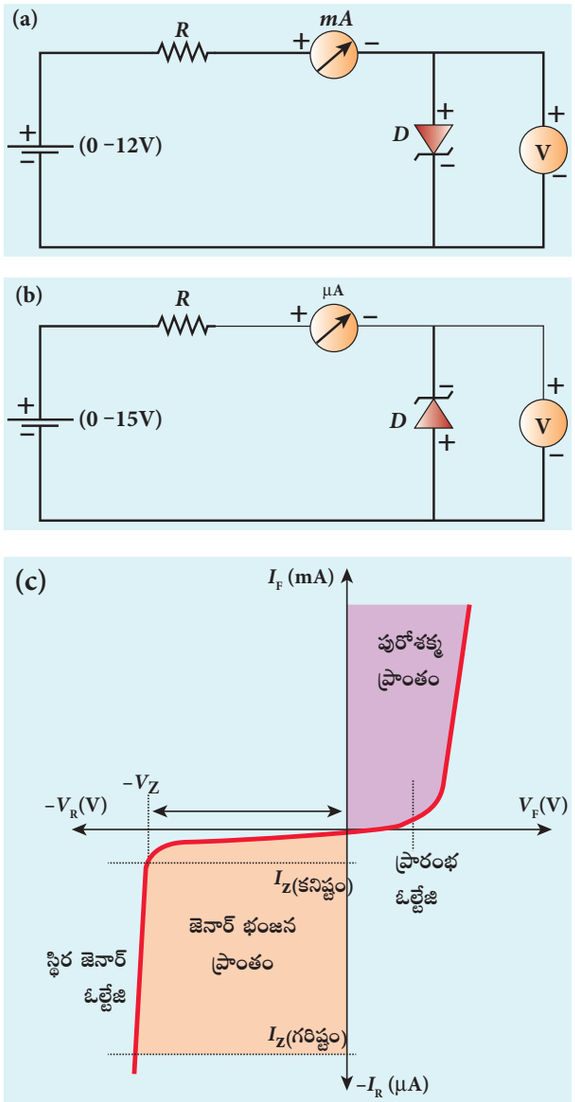
పటము 10.19 జెనార్ డయోడ్
(a) వాణిజ్యపరమైన పటము (b) వలయ సంకేతము

జెనార్ డయోడ్ యొక్క V-I లక్షణము

పటము 10.20 (a) మరియు 10.20 (b)లో జెనార్ డయోడ్ యొక్క పురోశక్మ మరియు తిరోశక్మ లక్షణములు తెలిపే వలయం ఇవ్వబడినది. పటము 10.20(c)లో జెనార్ డయోడ్ యొక్క V-I అభిలక్షణము ఇవ్వబడినది. జెనార్ డయోడ్ యొక్క పురోశక్మము సాధారణ *p-n* సంధి డయోడ్ పురోశక్మమును పోలి ఉంటుంది. ఇది దాదాపు 0.7 V ప్రవహింపజేయుటను ప్రారంభిస్తుంది. అయితే, తిరోశక్మ అభిలక్షణము జెనార్ డయోడ్‌లో అత్యంత ముఖ్యత్వమును కలిగియున్నది. తిరోశక్మములోని ఓల్టేజి పెరుగుదలకు సాధారణంగా అల్ప తిరోగమన విద్యుత్ ప్రవాహం ఉత్పత్తి అవుతుంది. కాని జెనార్ డయోడ్‌లో, తిరోగమన ఓల్టేజి భంజన ఓల్టేజి (V_Z) కు పెరిగినపుడు, విద్యుత్ ప్రవాహంలో పెరుగుదల వేగంగా జరుగుతుంది. లేమి ప్రాంతం అంతటా ఈ ఓల్టేజి దాదాపు స్థిరంగా ఉంటుంది. పటము 10.20(c)లో $I_{Z(\text{గరిష్టం})}$ అనునది గరిష్ట తిరోగమన విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని తెలుపుతుంది. ఒకవేళ తిరోగమన విద్యుత్ ప్రవాహం మరలా పెరిగినట్లయితే, డయోడ్ నాశనమవుతుంది. తిరోశక్మ అభిలక్షణములో ముఖ్యమైన పరిమితులు క్రింద ఇవ్వబడినవి.

- జెనార్ భంజన ఓల్టేజి V_Z
- భంజనమును కొనసాగించుటకు కావలసిన కనిష్ట విద్యుత్ $I_{Z(\text{కనిష్టం})}$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 225 10-03-2023 16:53:46



పటము 10.20 జెనార్ డయోడ్ (a) పురోశక్మం (b) తిరోశక్మం (c) V-I అభిలక్షణము

- గరిష్ట సామర్థ్య దుర్వ్యయము ద్వారా గరిష్ట విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని పరిమితం చేయుట $I_{Z(గరిష్టం)}$

V_Z కన్నా అధిక ఓల్టేజి మరియు $I_{Z(గరిష్టం)}$ కన్నా తక్కువ విద్యుత్ ప్రవాహముతో తిరోశక్మములో జెనార్ డయోడ్‌ను వినియోగిస్తారు. తిరోశక్మములోని అభిలాక్షణిక వక్ర రేఖ ఖచ్చితంగా లంబరేఖగా ఉండదు. అనగా జెనార్ గతిక అవరోధం (Zener dynamic impedance) అని పిలువబడు కొంత అల్ప నిరోధమును డయోడ్ పొందునని అర్థము. లేమి ప్రాంతములో వక్రము యొక్క వాలు జెనార్ నిరోధమునకు విలోమానుపాతంలో ఉంటుంది. అనగా జెనార్ విద్యుత్ ప్రవాహములోని పెరుగుదల తిరోగమన ఓల్టేజిలో అత్యల్ప పెరుగుదలను మాత్రమే ఏర్పరుస్తుందని అర్థము. ఇది ఉపేక్షించదగినదిగా ఉంటుంది. భంజనం జరిగిన తరువాత ఒక ఆదర్శ జెనార్ డయోడ్ యొక్క ఓల్టేజిలో మార్పు ఉండదు. దీనిని మరొక విధంగా, 'I_Z పరిగణించదగిన విలువతో పెరిగిననూ V_Z దాదాపు స్థిరంగానే ఉంటుంది' అని చెప్పవచ్చు.

గమనిక

జెనార్ ప్రాంతమునకు చేరక మునుపు అనువర్తించవలసిన గరిష్ట తిరోశక్మమును గరిష్ట విలోమ ఓల్టేజి (Peak Inverse Voltage) అని పిలుస్తారు. దీనిని వాణిజ్యపరంగా PIV రేటింగ్ అని సూచిస్తారు.

అనువర్తనములు:

జెనార్ డయోడ్‌ను

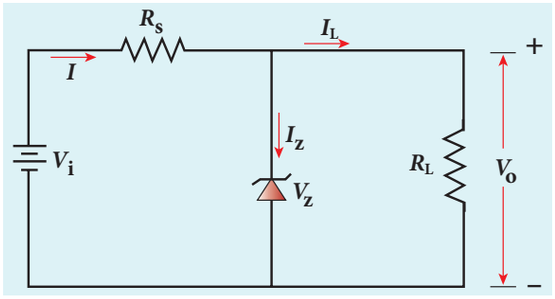
- ఓల్టేజి నియంత్రణ కారిగా
- ఓల్టేజిని క్రమాంకనం చేయుటకు,
- బయోసింగ్ (శక్మము) కొరకు నెట్‌వర్క్‌లు స్థిర నిర్దేశిత ఓల్టేజిని అందించుటకు,
- అత్యధిక ఓల్టేజిని అందించుట వలన విద్యుత్ పరికరములను ప్రమాదకర సంభవముల నుండి రక్షించుటకు ఉపయోగిస్తారు.

ఓల్టేజి నియంత్రణకారిగా జెనార్ డయోడ్

భంజన వలయములో ఓల్టేజి నియంత్రణకారిగా పనిచేసే జెనార్ డయోడ్ వలయ చిత్ర పటము 10.21లో ఇవ్వబడినది. అనుకూలమైన విలువలు కలిగిన ఒక నిరోధముల శ్రేణి R_s ని ఉపయోగించి జెనార్ విద్యుత్‌ను పరిమితం చేయుట ద్వారా డయోడ్‌లో ఏర్పడు నాశనమును నివారించవచ్చు. నిరోధము కూడా ఓల్టేజి నియంత్రణలో ఒక పాత్ర పోషిస్తున్నది. జెనార్ డయోడ్‌కు సమాంతరంగా అనుసంధానించబడిన భార నిరోధము R_L నందు స్థిర నిర్గమ ఓల్టేజిని V_o మరియు వలయమునకు అందించిన నిలకడలేని DC నివేశ ఓల్టేజిని

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 226 10-03-2023 16:53:48

తీసుకోవాలి. నివేశ ఓల్టేజి V_z కన్నా ఎక్కువయ్యేంత వరకు నిర్గమ ఓల్టేజిని స్థిరంగా ఉండునట్లు చూడాలి.



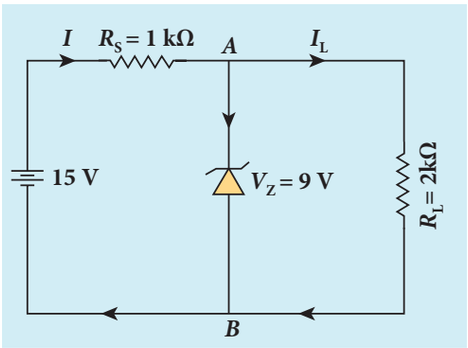
పటము 10.21 జెనార్ డయోడ్‌చే ఓల్టేజి నియంత్రణను అభ్యసించుటకు వలయము

ఒక వేళ నివేశ DC ఓల్టేజిని పెంచిన యెడల, జెనార్ విద్యుత్ కూడా పెరుగుట ద్వారా R_s ద్వారా పోయే విద్యుత్ పెరుగును మరియు R_s లో శక్మపాతము (voltage drop) కూడా పెరుగును. డయోడ్ ద్వారా ప్రవహించే విద్యుత్ I_L ను ప్రభావితం చేయకుండా పెరుగును. జెనార్ డయోడ్‌ను భంజన ప్రాంతంలో ఉపయోగించుట వలన, డయోడ్ ద్వారా తిరోశక్మ విద్యుత్ ప్రవాహం పరిగణించదగిన పరిమాణముతో పెరుగుచున్నప్పటికీ డయోడ్‌లో జెనార్ భంజన ఓల్టేజి దాదాపు స్థిరంగా ఉంటుంది. పెరిగిన నివేశ ఓల్టేజి R_s లో పడిపోవుట వలన దీనిని నిరోధపాతము (dropping resistance) అని అంటారు. సమాంతర అనుసంధానము వలన, R_L నందు గల ఓల్టేజి జెనార్ భంజన ఓల్టేజికి సమానంగా ఉంటుంది. దీనిని స్థిర నిర్గమ ఓల్టేజి V_0 గా తీసుకొంటారు.

ఇప్పుడు నివేశ DC ఓల్టేజిని తగ్గించినపుడు, డయోడ్ అత్యల్ప విద్యుత్ ప్రవాహమును గ్రహించి మరియు R_s వద్ద శక్మపాతము తగ్గుతుంది. కనుక నిర్గమ ఓల్టేజి V_0 స్థిరంగా ఉంటుంది. దీని సారాంశము ఏమనగా, నివేశ ఓల్టేజిలో ఏదేని మార్పు ఉన్నట్లయితే, దానికనుగుణముగా R_s లో శక్మపాతంలో మార్పు కలుగుతుంది. అయితే జెనార్ డయోడ్‌లో ఓల్టేజి లేక R_L లో ఓల్టేజి స్థిరంగా ఉంటుంది. ఈ విధంగా జెనార్ డయోడ్ ఒక ఓల్టేజి నియంత్రణకారిగా పనిచేస్తుంది.

ఉదాహరణ 10.3

భార నిరోధం 2 kΩ గా ఉన్నప్పుడు జెనార్‌లో విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని లెక్కించండి. డయోడ్ ఉజ్జాయింపును ఉపయోగించండి.



సాధన

AB మధ్య ఓల్టేజి $V_Z = 9V$

R_S లో శక్మపాతము = 15 – 9 = 6V

నిరోధం R_S ద్వారా విద్యుత్ ప్రవాహం

$$I = \frac{6}{1\times10^3} = 6\ mA$$

భార నిరోధం ద్వారా ఓల్టేజి $V_{AB} = 9V$

భార నిరోధం ద్వారా విద్యుత్ ప్రవాహం

$$I_L = \frac{V_{AB}}{R_L} = \frac{9}{2\times10^3} = 4.5\ mA$$

జెనార్ డయోడ్ ద్వారా విద్యుత్ ప్రవాహం

$$I_Z = I - I_L = 6\,mA - 4.5\,mA = 1.5\ mA$$

10.3.7 దృక్ సంబంధిత విద్యుత్ పరికరాలు (Optoelectronic devices)

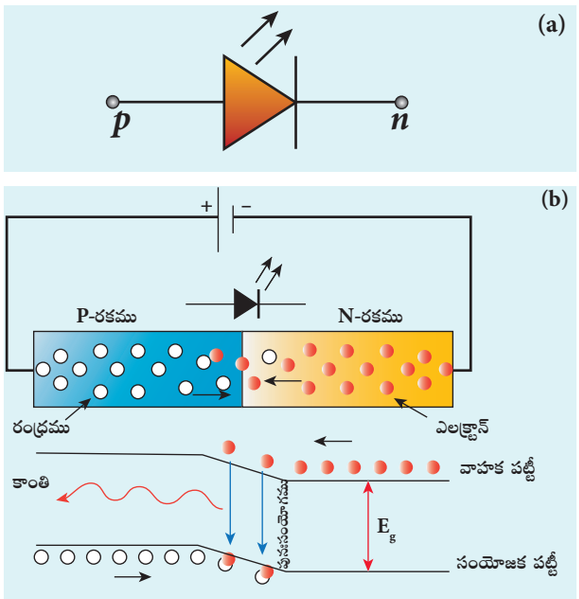
అర్ధ వాహకాలను ఉపయోగించి విద్యుత్ శక్తిని కాంతిగాను, కాంతిని విద్యుచ్ఛక్తిగాను మార్చు పరికరాలను గురించి దృక్ సంబంధిత విద్యుత్ అధ్యయనం చేస్తుంది. దృక్ సంబంధిత విద్యుత్ పరికరాలు అనునవి ఉపయోగకర అనువర్తనాలకు కాంతిని ఉపయోగిస్తాయి. మనము ఇక్కడ కొన్ని ముఖ్యమైన దృక్ సంబంధిత విద్యుత్ పరికరాలు

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 227 10-03-2023 16:53:53

అయినటువంటి కాంతి ఉద్గార డయోడ్, కాంతి డయోడ్ మరియు సౌర ఘటములను గురించి చర్చిద్దాం.

i) కాంతి ఉద్గార డయోడ్ (Light Emitting Diode - LED)

ఒక *p-n* సంధి డయోడ్‌ను పురోశక్మములో ఉంచినపుడు అది కనబడు లేక కనబడని కాంతిని ఉద్గారం చేస్తుంది. ఈ అమరికనే LED అంటారు. ఇక్కడ విద్యుచ్ఛక్తి కాంతిగా మార్పు చెందుటచే దీనిని విద్యుత్ ప్రతిదీప్తి (Electroluminescence) అంటారు. పటము 10.22(అ)లో LED యొక్క వలయ చిత్రము ఇవ్వబడినది. డయోడ్ నుండి ఉద్గారమయ్యే కాంతిని బాణపు గుర్తుల దిశ తెలుపుతుంది.



పటము 10.22 (a) LED యొక్క వలయ సంకేతం (b) పునఃసంయోగ ప్రక్రియను వివరించు చిత్ర రూపము

p-n సంధి డయోడ్ పురోశక్మములో ఉన్నప్పుడు, *n*-వైపు గల వాహక పట్టీ ఎలక్ట్రాన్‌లు మరియు *p*-వైపు గల సంయోజక పట్టీ రంధ్రములు సంధి ద్వారా వ్యాపనము / విసరణము చెందుతాయి. అవి సంధిని దాటునపుడు, అవి అత్యధిక మెజారిటీ వాహకాలుగా మారుతాయి. (*p* వైపు ఎలక్ట్రాన్‌లు మరియు *n* వైపు రంధ్రములు), ఈ భారీ మెజారిటీ ఆవేశ వాహకాలు సంబంధిత ప్రాంతములోని వ్యతిరేక ఆవేశపూరిత మెజారిటీ వాహకాలచే పునఃసంయోగం చెందుతాయి. అనగా పటము 10.22(b)లో చూపినట్లు వాహక పట్టీలోని ఎలక్ట్రాన్‌లు సంయోజక పట్టీలోని రంధ్రములచే పునఃసంయోగం చెందుతాయి.

ఈ పునఃసంయోగ ప్రక్రియ జరుగునపుడు, శక్తి అనునది కాంతి రూపంలో (వికిరణయుత – Radiative) లేదా ఉష్ణ రూపంలో (వికిరణ రహిత – Non-radiative) విడుదలవుతుంది. వికిరణయుత పునఃసంయోగములో $h\nu$ శక్తి గల ఒక ఫోటాన్ విడుదలవుతుంది. వికిరణ రహిత పునఃసంయోగంలో ఉష్ణరూపంలో శక్తి జనిస్తుంది.

LED లో విడుదలగు కాంతి రంగు పదార్థము యొక్క శక్తి పట్టీ అంతరంపై ఆధారపడి ఉంటుంది. కావున LED లు విస్తారమైన రంగు వ్యాప్తి కలిగినవిగా మనకు లభించుచున్నవి. అందులో కొన్ని నీలము (SiC), పచ్చ (AlGaP) మరియు ఎరుపు (GaAsP) ప్రస్తుత కాలంలో తెల్లటి రంగును ఉద్గారం చేయు (GaInN) LED లు కూడా లభిస్తున్నవి.

అనువర్తనములు

కాంతి ఉద్గార డయోడ్‌లను క్రింది విధంగా ఉపయోగిస్తున్నారు.

- వైజ్ఞానిక మరియు ప్రయోగశాల పరికరముల ముందు భాగములో సూచిక దీపములుగా ఉపయోగిస్తున్నారు.
- సప్త ఖండిత ప్రదర్శన (seven-segment displays).
- ట్రాఫిక్ సంజ్ఞలు, అత్యవసర వాహనాల బల్బులలో ఉపయోగిస్తున్నారు.
- దూరదర్శిని (TV), గాలి శీతలీకరణి (AC)ల నియంత్రణ పరికరం (Remote control) గా ఉపయోగిస్తున్నారు.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 228 10-03-2023 16:53:54

ఉదాహరణ 10.4

GaAsP అర్ధ వాహకంతో తయారుచేసిన LED యొక్క నిషిద్ధ శక్తి అంతరం (Forbidden Energy Gap) 1.875 eV. అయితే దీని నుండి వెలువడే కాంతి యొక్క తరంగధైర్ఘ్యమును మరియు వర్ణమును కనుగొనండి. (h = 6.6 × 10^{-34} Js) అని తీసుకొనండి.

సాధన

$$E_g = \frac{hc}{\lambda}$$

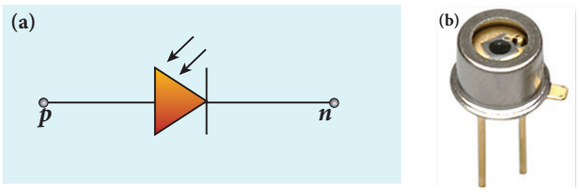
కనుక

$$\lambda = \frac{hc}{E_g} = \frac{6.6\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{1.875\times1.6\times10^{-19}}$$
$$= 660 \text{ nm}$$

తరంగధైర్ఘ్యము 660 nm కలిగిన కాంతి ఎరుపు రంగును కలిగి వుంటుంది.

ii) కాంతి డయోడ్‌లు (Photodiodes)

దృక్ సంజ్ఞలను విద్యుత్ సంకేతాలుగా మార్చు p-n సంధి డయోడ్‌ను కాంతి డయోడ్ అంటారు. అనగా కాంతి డయోడ్‌లు LED ల నిర్వహణకు విరుద్ధముగా / వ్యతిరేకముగా ఉంటుంది. కాంతి డయోడ్ తిరోశక్మ పరిస్థితులలో పని చేస్తుంది. దీని వలయ సంకేతం పటము 10.23(a)లో ఇవ్వబడినది. బాణపు గుర్తుల దిశ కాంతి డయోడ్‌పై పతనమైన కాంతిని సూచిస్తుంది. పటము 10.22(b)లో చూపినట్లు ఇది కాంతి గ్రాహక పదార్థం (photo-sensitive material)తో తయారుచేయబడిన p-n సంధి అర్ధ వాహకమును ఒక ప్లాస్టిక్ పెట్టెలో సురక్షితముగా ఉంచబడిన పరికరం. ఇందులోని ఒక చిన్న పారదర్శక భాగము p-n సంధిపై కాంతి పతనం చెందుటను అనుమతిస్తుంది. p-n సంధి కాంతికి ప్రభావితమైనపుడు కాంతి డయోడ్ విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఉత్పత్తి చేస్తుంది. కనుక వీటిని కాంతి గ్రాహకాలు (Right sensors) అని కూడా పిలుస్తారు.



పటము 10.23 (a) వలయ సంకేతం (b) కాంతి డయోడ్ యొక్క చిత్ర రూపము

తగినంత శక్తి (hv) కలిగిన ఒక ఫోటాన్ డయోడ్ యొక్క లేమి ప్రాంతమును ఢీకొన్నప్పుడు సంయోజక పట్టీలోని కొన్ని ఎలక్ట్రాన్‌లు వాహక పట్టీలోనికి చేరుతాయి. అప్పుడు సంయోజక పట్టీలోని రంధ్రాల సంఖ్య పెరుగుతాయి. ఇది ఎలక్ట్రాన్ – రంధ్రము జంటను సృష్టిస్తుంది. ఎలక్ట్రాన్ – రంధ్రము జంటల ఉత్పత్తి p-n సంధిపై పతనమైన కాంతి యొక్క తీవ్రతపై ఆధారపడి ఉంటుంది.

పునఃసంయోగం జరగక మునుపు తిరోగమన ఓల్టేజి ద్వారా ఏర్పరచబడిన విద్యుత్ క్షేత్రము వలన p-n సంధి వద్ద గల ఎలక్ట్రాన్ మరియు రంధ్రములు పూర్తిగా తొలగించబడతాయి. ఈవిధంగా, ఎలక్ట్రాన్‌లు n-వైపుకు మరియు రంధ్రముల p-వైపుకు చలిస్తాయి. బాహ్య వలయమును ఏర్పరచిన తరువాత, ఎలక్ట్రాన్‌లు బాహ్య వలయం ద్వారా ప్రసరించి కాంతి విద్యుత్ (photocurrent) ను ఏర్పరుస్తుంది.

ఒకవేళ కాంతి పతనం చెందకపోతే, అక్కడ ఉన్న తిరోగమన విద్యుత్ ఉపేక్షించదగినదిగా ఉంటుంది. ఏదేని పతనం చెందు కాంతి సమక్షంలో లేని తిరోగమన విద్యుత్‌ను కృష్ణ విద్యుత్ (dark current) అంటారు. ఇది ఉష్ణము పరంగా ఉత్పత్తి చేయబడిన మైనారిటీ వాహకాలచే ఏర్పడుతుంది.

అనువర్తనాలు:

కాంతి డయోడ్‌ను క్రింది విధంగా ఉపయోగిస్తున్నారు.

- అలారమ్ వ్యవస్థ
- కన్వేయర్ బెల్టుపై గల వస్తువులను ఎంచుట
- కాంతి సంక్షేపకాలు

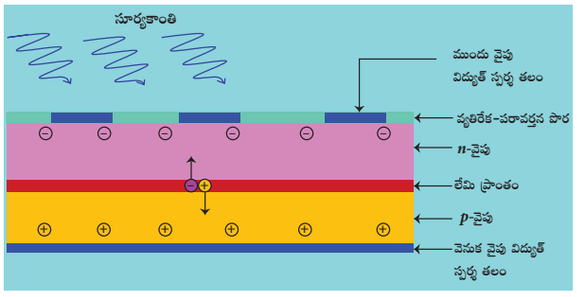
12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 229 10-03-2023 16:53:56

- కాంపాక్ట్ డిస్క్ ప్లేయర్, పొగ అన్వేషిణి (smoke detectors)
- సంగణక త్రిమితీయ కణజాల దర్శినిల అన్వేషిణి వంటి వైద్య అనువర్తనములు.

iii) సౌర ఘటము:

సౌర ఘటమును కాంతి ఓల్టాయిక్ ఘటము (photovoltaic cell)అని కూడా పిలుస్తారు. ఇది కాంతి ఓల్టాయిక్ ఫలితం (photo electric effect) ఆధారంగా పని చేస్తుంది. అదేవిధముగా, సౌర ఘటము యొక్క *p-n* సంధి తనపై సౌర వికిరణములు పతనమైనపుడు విచాబ (emf) ఉత్పత్తి అవుతుంది. దీని నిర్మాణము మరియు అడ్డుకోత నిర్మాణము పటము 10.24లో చూపబడినది.

సౌర ఘటము నందు, సంధికి సమీపమున కాంతి ఫోటాన్‌ల శోషణము వలన ఎలక్ట్రాన్ – రంధ్రము జతలు ఉత్పత్తి అవుతాయి. తరువాత లేమి పొర యొక్క విద్యుత్ క్షేత్రము వలన వాహక ఆవేశాలు వేరుచేయబడుతాయి. ఎలక్ట్రాన్‌లు *n*–రకపు సిలికాన్ పొర వైపు మరియు రంధ్రములు *p*-రకపు సిలికాన్ పొర వైపు చలిస్తాయి. *n* వైపు చేరే ఎలక్ట్రాన్‌లు ముందు వైపు లోహపు వ్రేలి స్పర్శీయ తలముచే మరియు *p* వైపు చేరే రంధ్రములు వెనుక వైపు (వ్యతిరేక) విద్యుత్ స్పర్శీయ తలముచే సేకరించబడుతాయి. ఈవిధంగా సౌర ఘటములో శక్మభేదము ఏర్పడుతుంది. ఒక బాహ్య భార నిరోధమును సౌర ఘటమునకు అనుసంధానం చేసిన యెడల కాంతి విద్యుత్ (photocurrent) ప్రసరిస్తుంది.



పటము 10.24 సౌర ఘటము యొక్క అడ్డుకోత చిత్రము

అనువర్తనములు:

i) సౌర ఘటములు గణనలు (calculator), వాచ్‌లు, ఆటబొమ్మలు, చేతిలో ఇమిడే విద్యుత్ సరఫరా జనకాలు మొదలగు వాటి యందు విస్తారంగా ఉపయోగించబడుచున్నవి.
ii) ఉపగ్రహాలు మరియు అంతరిక్ష అనువర్తనాలలో సౌర ఘటములను ఉపయోగిస్తున్నారు.
iii) విద్యుత్‌ను వాణిజ్యపరంగా ఉత్పత్తి చేయుటకు సౌర ఫలకలను ఉపయోగిస్తున్నారు.

10.4 ద్విద్రువ సంధి ట్రాన్సిస్టర్ [BJT] పరిచయము THE BIPOLAR JUNCTION TRANSISTOR [BJT]

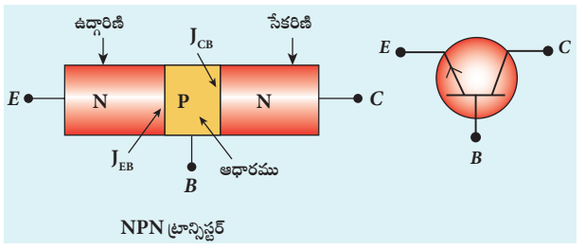
పరిచయము

1951వ సం॥ములో విలియం షాక్లీ అనునతడు నవీన తరము ట్రాన్సిస్టర్‌ను కనుగొనెను. దీనిని 20వ శతాబ్దంలో సాంకేతిక విప్లవమును తీసుకొని వచ్చిన ఒక అర్ధ వాహకముగా పరిగణిస్తారు. ట్రాన్సిస్టర్‌లో ఉష్ణ నష్టము అత్యల్పంగా ఉంటుంది. ఇది వేలకొలది సూక్ష్మ ట్రాన్సిస్టర్‌లతో తయారుచేయబడిన ఇంటిగ్రేటెడ్ చిప్స్ ఆవిష్కరణకు మార్గమును సుగమం చేసినది. విద్యుత్ ఉపకరణ పరిశ్రమల త్వరితగతి అభివృద్ధిలో ఇంటగ్రేటెడ్ చిప్స్ ఆవిష్కరణ మరియు వాటి అనువర్తనములు ప్రధాన పాత్ర వహించినవి.

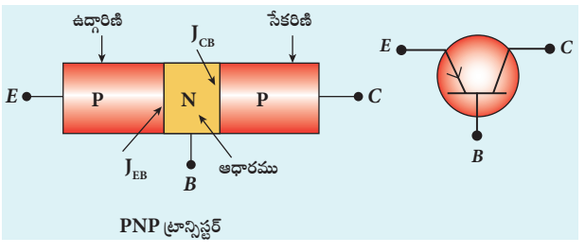
ద్విద్రువ సంధి ట్రాన్సిస్టర్ (BJT)

BJT అనునది రెండు *p*-రకపు అర్ధ వాహకాల మధ్య *n*-రకపు అర్ధ వాహకము చొప్పించబడిన (PNP ట్రాన్సిస్టర్) లేదా రెండు *n*– రకపు అర్ధ వాహకాల మధ్య *P*– రకపు అర్ధ వాహకము చొప్పించబడిన (*NPN* ట్రాన్సిస్టర్) సిలికాన్ లేదా జెర్మేనియం అర్ధవాహక స్ఫటికమును కలిగి ఉంటుంది. దీనిని తేమ నుండి సంరక్షించుటకు లోహము లేక ప్లాస్టిక్ పెట్టెలో సీల్ చేసి ఉంచుతారు. పటము 10.25లో రెండు రకాల ట్రాన్సిస్టర్ సంకేతములు ఇవ్వబడినవి.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 230 10-03-2023 16:53:56



(a)



(b)

పటము 10.25 (a) NPN ట్రాన్సిస్టర్ మరియు దాని వలయ సంకేతము (b) PNP ట్రాన్సిస్టర్ మరియు దాని వలయ సంకేతముల చిత్రరూప వర్ణన

ట్రాన్సిస్టర్ నందు ఉద్గారిణి (emitter), ఆధారము (base) మరియు సేకరిణి (collector) అనే మూడు కొనలు లేదా ఓమిక్ అనుసంధానములు *E*, *B*, మరియు *C* అనే ఆంగ్ల అక్షరములచే సూచించబడుచున్నది. BJT నందు రెండు *p-n* సంధి ఉన్నందున ఉద్గారిణి – ఆధారము (J_{EB}) మధ్య మరియు సేకరిణి – ఆధారము (J_{CB}) మధ్య రెండు లేమి పొరలు ఏర్పడుతాయి. ఈ వలయ సంకేతములో ఉద్గారిణి వద్ద గల బాణపు గుర్తు *p* నుండి *n* వైపుకు సాంప్రదాయక విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను తెలుపుతుంది.

ఉద్గారిణి *(Emitter)*:

మెజారిటీ ఆవేశ వాహకాలను సేకరిణి ప్రాంతమునకు ఆధార ప్రాంతము ద్వారా సరఫరా చేయుటయే ఉద్గారిణి యొక్క ముఖ్యమైన విధి. కనుక మిగిలిన రెండు కొనల కంటే ఉద్గారిణి ప్రాంతం అత్యధిక మాదీకరణం చేయబడి ఉంటుంది.

ఆధారము *(Base)*

ఆధారము ఉన్న ప్రాంతము మిగిలిన రెండు ప్రాంతముల కంటే తక్కువగా మరియు చాలా పలుచగా (10^{-6} m) మాదీకరణం చేయబడి ఉంటుంది

సేకరిణి *(Collector)*:

ఆధారము ద్వారా ఉద్గారిణి సరఫరా చేసిన మెజారిటీ ఆవేశ వాహనాలను సేకరించుటయే సేకరిణి యొక్క ముఖ్యమైన విధి. సేకరిణి ఆకారం పరంగా మిగిలిన రెండింటికన్నా పెద్దదిగా ఉంటుంది. ఎందుకనగా ఇది అత్యధిక శక్తిని వెదజల్లాలి. ఇది మాధ్యమికంగా మాదీకరణం చేయబడి ఉంటుంది.

గమనిక ఉద్గారిణి మరియు సేకరిణి యొక్క పరిమాణములో వైవిధ్యం మరియు మాదీకరణం విలువలో మార్పు కారణంగా వీటిని పరస్పరం మార్చుకోలేరు.

ట్రాన్సిస్టర్ బయాసింగ్ **(Transistor Biasing)**

ట్రాన్సిస్టర్ కొనలకు అనువైన DC ఓల్టేజిని అనువర్తించుటను బయోసింగ్ అని పిలుస్తారు. ట్రాన్సిస్టర్ బయోసింగ్‌ను అనేక ఉపయోగాల కొరకు వేర్వేరు రకాలుగా చేస్తారు. ట్రాన్సిస్టర్ బయాసింగ్‌లోని వేర్వేరు విధనాలు క్రింద ఇవ్వబడినవి.

క్రియాశీలక పురోశక్మం *(Forward Active)*

ఈ విధానములో ఉద్గారిణి – ఆధారము సంధి పురోశక్మములోనూ, సేకరిణి –ఆధారము సంధి తిరోశక్మములోనూ అనుసంధానం చేయబడి ఉంటుంది. ట్రాన్సిస్టర్ క్రియాశీలక విధానములో నిర్వహణ చేయబడుతుంది. ఈ విధానములో ట్రాన్సిస్టర్ ఒక వర్ధకము (amplifier) వలె పని చేస్తుంది.

సంతృప్తత *(Saturation)*

ఇక్కడ, ఉద్గారిణి – ఆధారం సంధి మరియు సేకరిణి – ఆధారము సంధి పురోశక్మములో సంధానించబడుతుంది. సంధి మధ్య ట్రాన్సిస్టర్

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 231 10-03-2023 16:53:57

అత్యధిక విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని కలిగి ఉంటుంది. ఈ విధానములో ట్రాన్సిస్టర్‌ను ఒక సంవృత స్విచ్ (closed switch) వలె ఉపయోగిస్తారు.

కట్ ఆఫ్ *(Cut-off)*

ఇక్కడ ఉద్గారిణి – ఆధారము సంధి మరియు సేకరిణి – ఆధారము సంధి తిరోశక్మములో సంధానించబడుతుంది. ఈ విధానములో ట్రాన్సిస్టర్ ఒక వివృత స్విచ్ (open switch)వలె పనిచేస్తుంది.

గమనిక

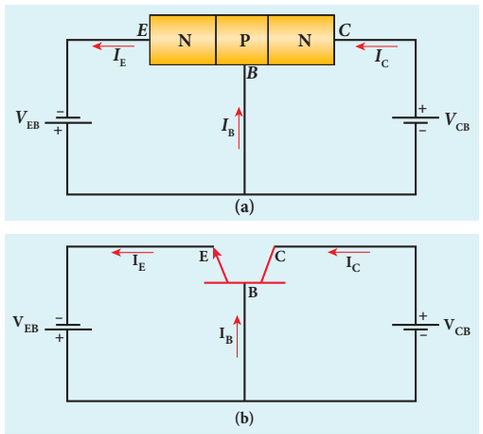
PNP ట్రాన్సిస్టర్‌లో, ఉద్గారిణి పరంగా ఆధారము మరియు సేకరిణిలు ఋణాత్మక ధ్రువాలుగా, అందులోని మధ్య అక్షరం N చే సూచిస్తారు. కాని NPN ట్రాన్సిస్టర్‌లో, ఆధారము మరియు సేకరిణి ధనాత్మకంగా అందులోని మధ్య అక్షరం P చే సూచించబడుతుంది.

10.4.1 ట్రాన్సిస్టర్ వలయ విన్యాసములు రకములు (Transistor circuit configurations)

నివేశ మరియు నిర్గమ వలయములు రెండింటికి ఉమ్మడిగా ఉపయోగించే ట్రాన్సిస్టర్ కొనల ఆధారంగా ట్రాన్సిస్టర్ వలయ సంధానములు మూడు రకాలుగా ఉన్నవి.

i) ఉమ్మడి – ఆధార అనుసంధానము (Common-Base (CB) configuration)

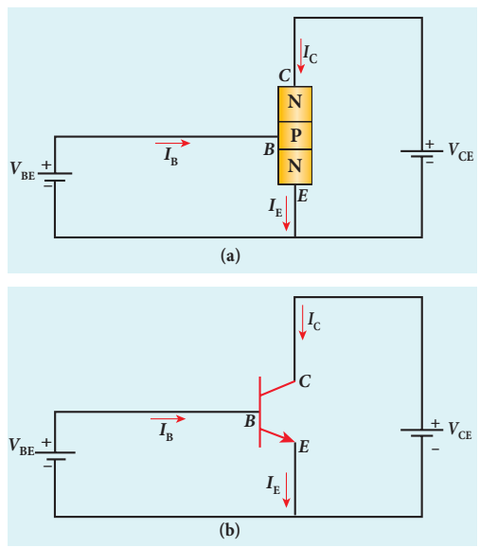
ఇందులో నివేశ మరియు నిర్గమ వలయములలో ఆధారము ఉమ్మడిగా అనుసంధానం చేయబడి ఉంటుంది. పటము 10.26 (a) మరియు పటము 10.26 (b)లో వలయ వర్ణపటము మరియు సంకేతము ఇవ్వబడినవి. నివేశ విద్యుత్ ఉద్గారిణి విద్యుత్ I_E గాను మరియు నిర్గమ విద్యుత్ సేకరిణి విద్యుత్ I_C గానూ ఉంటుంది. ఉద్గారిణి మరియు ఆధారము మధ్య అందించబడిన నివేశ విద్యుత్ సేకరిణి మరియు ఆధారము మధ్యలో నిర్గమము చెంది మాపనము చేయబడుతుంది.



పటము 10.26 ఉమ్మడి ఆధార అనుసంధానంలో NPN ట్రాన్సిస్టర్ (a) వలయము యొక్క వర్ణన (b) వలయ సంకేతము

ii) ఉమ్మడి ఉద్గారిణి అనుసంధానము (Common-Emitter (CE) configuration)

ఇందులో, పటము 10.27లో చూపినట్లు నివేశ మరియు నిర్గమ వలయములో ఉద్గారిణి ఉమ్మడిగా అనుసంధానం చేయబడి ఉంటుంది. ఆధార విద్యుత్ I_B నివేశ విద్యుత్‌గానూ, సేకరిణి విద్యుత్ I_C నిర్గమ విద్యుత్‌గానూ ఉంటుంది. ఉద్గారిణి మరియు ఆధారము మధ్యలో విద్యుత్ సంజ్ఞలు నివేశపరచబడును. సేకరిణి మరియు ఉద్గారిణి మధ్యలో విద్యుత్ నిర్గమము చెందుటను మాపనం చేయవచ్చు.



పటము 10.27 ఉమ్మడి ఉద్గారిణి అనుసంధానంలో NPN ట్రాన్సిస్టర్ (a) వలయము యొక్క వర్ణన (b) వలయ సంకేతము

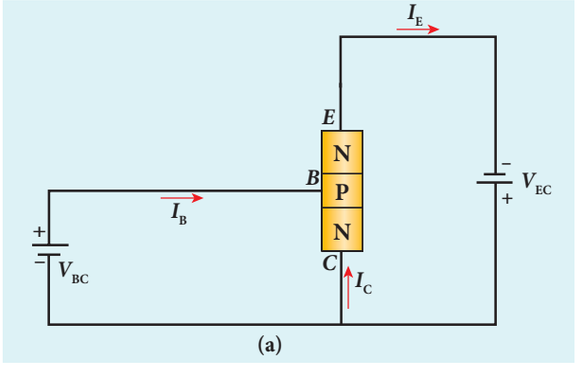
12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 232 10-03-2023 16:53:58

iii) ఉమ్మడి సేకరిణి అనుసంధానం (Common-Collector (CC) configuration)

పటము 10.28లో చూపినట్లు సేకరిణి నివేశ మరియు నిర్గమ వలయములకు ఉమ్మడిగా అనుసంధానం చేయబడి ఉంటుంది. ఆధార విద్యుత్ ప్రవాహం I_B నివేశ విద్యుత్‌గానూ, ఉద్గార విద్యుత్ ప్రవాహం I_E నిర్గమ విద్యుత్‌గానూ ఉంటుంది. ఆధారము మరియు సేకరిణి మధ్యలో నివేశ విద్యుత్‌ను అందించి ఉద్గారిణి మరియు సేకరిణి మధ్యలో నిర్గమ విద్యుత్‌ను మాపనం చేస్తారు.

గమనిక

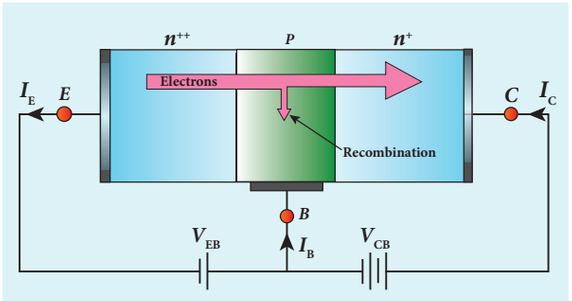
ఉమ్మడి సేకరిణి వలయము నుండి నిర్గమ విద్యుత్‌ను తీసుకొన్నట్లయితే దీనిని సేకరిణి అనుకరణము (emitter follower) అంటారు.



పటము 10.28 ఉమ్మడి సేకరిణి వలయంలో NPN ట్రాన్సిస్టర్ (a) వలయము యొక్క చిత్ర రూప వర్ణన (b) వలయ సంకేతము

10.4.2 ఉమ్మడి ఆధారము విధానములో ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క చర్య (Transistor action in the common base mode)

ఉమ్మడి ఆధార సంధానములో NPN ట్రాన్సిస్టర్ నిర్వహణ క్రింద వివరించబడినట్లు ఉండును. పటము 10.29లో పురోగమన క్రియాశీలక విధానము లేదా శక్మము (forward active mode) లో ఉమ్మడి ఆధార NPN ట్రాన్సిస్టర్ నందు విద్యుత్ ప్రవాహమును చూపబడియున్నది.



పటము 10.29 NPN ట్రాన్సిస్టర్‌లో విద్యుత్ ప్రవాహము

సాధారణముగా రెండు p-n సంధి డయోడ్‌లను ఒకదాని వెనుక మరొకదానిని అనుసంధానం చేయగా ఏర్పడిన వలయమును BJT గా పరిగణిస్తారు. ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క పురోగమన క్రియాశీలక శక్మములో ఉద్గారిణి – ఆధార సంధి ఒక DC విద్యుత్ సరఫరా V_{EB} తో పురోశక్మము గావించబడుతుంది. అదేవిధంగా సేకరిణి – ఆధార సంధి DC విద్యుత్ సరఫరా V_{CB} తో తిరోశక్మము గావించబడుతుంది. ఉద్గారిణి – ఆధారము సంధిలోని లేమి ప్రాంతమును పురోశక్మము తగ్గిస్తుంది మరియు సేకరిణి – ఆధారము సంధిలోని లేమి ప్రాంతమును తిరోశక్మము పెంచుతుంది. కావున ఉద్గారిణి – ఆధారము సంధి మధ్య గల శక్మావరోధము తగ్గుతుంది మరియు సేకరిణి – ఆధారము సంధి మధ్య శక్మావరోధము పెరుగుతుంది. ఉద్గారిణి – ఆధారము సంధి మధ్య గల ఓల్టేజిని V_{EB} గానూ మరియు సేకరిణి – ఆధారము సంధి మధ్య గల ఓల్టేజిని V_{CB} గా గుర్తిస్తారు.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 233 10-03-2023 16:54:00

ఒక NPN ట్రాన్సిస్టర్‌లో ఉద్గారిణిలోని మెజారిటీ ఆవేశ వాహకాలుగా ఎలక్ట్రానులు ఉంటాయి. ఇది ఎక్కువగా మాదీకరణం చేయబడినందున, ఇది అత్యధిక సంఖ్యలో ఎలక్ట్రాన్‌లను కలిగి ఉంటుంది. ఉద్గారిణి – ఆధారము సంధిలో పురోశక్మము కలిగించుట వలన ఉద్గారిణి ప్రాంతములోని ఎలక్ట్రాన్‌లు ఆధార ప్రాంతము వైపుకు ప్రసరించి ఉద్గారిణి విద్యుత్ (I_E) ను ఏర్పరుస్తుంది. ఎలక్ట్రాన్‌లు ఆధార ప్రాంతమునకు చేరిన తరువాత అవి ఆధార ప్రాంతములోని రంధ్రములలో పునఃసంయోగము చెందుతాయి. ఆధార ప్రాంతము అత్యంత నిటారుగా ఉండి అల్ప మాదీకరణం చేయబడినందున ఉద్గారిణి నుండి వెలువడిన ఎలక్ట్రాన్‌లకు పునఃసంయోగము చెందుటకు కావలసినన్ని రంధ్రములు ఉండవు. కావున చాలా వరకు ఎలక్ట్రాన్‌లు సేకరిణి ప్రాంతమును చేరుతాయి.

చివరకు సేకరిణి ప్రాంతమును చేరిన ఎలక్ట్రాన్‌లు ధనాత్మక శక్మమును కలిగియున్న సేకరణి కొనచే ఆకర్షించబడి, బాహ్య వలయము ద్వారా ప్రసరిస్తాయి. ఇది సేకరిణి విద్యుత్ I_C ని ఏర్పరుస్తుంది. ఆధార ప్రాంతములో పునఃసంయోగము వలన కోల్పోబడిన రంధ్రములు V_{BE} అనే బయాస్ ఓల్టేజి యొక్క ధనాత్మక శక్మముచే భర్తీ చేయబడి (replace) I_B అనే ఆధార విద్యుత్‌ను ఏర్పరుస్తుంది. ఈ ఆధార విద్యుత్ పరిమాణము మైక్రో ఆంపియర్‌లో ఉంటుంది. కాని ఉద్గారిణి మరియు సేకరిణి విద్యుత్‌లు మిల్లీ ఆంపియర్‌లో ఉంటాయి.

ఉద్గారిణి విద్యుత్ సున్నగా నమోదు చేయబడినపుడు, సేకరిణి విద్యుత్ దాదాపు సున్నగానే ఉంటుంది. కనుక BJT ని ఒక విద్యుత్ నియంత్రణ పరికరముగా పిలవడానికి ముఖ్యమైన కారణము ఇదేనని చెప్పవచ్చు. కిర్కాఫ్ నియమమును అనువర్తించగా, ఉద్గారిణి విద్యుత్‌ను సేకరిణి విద్యుత్ మరియు ఆధార విద్యుత్‌ల మొత్తముగా వ్రాయవచ్చును.

$$I_E = I_B + I_C \qquad (10.1)$$

ఆధార విద్యుత్ అత్యల్పంగా ఉండుటచే, దీనిని మనము $I_E \oplus I_C$ గా వ్రాయవచ్చు. మరొక సేకరిణి విద్యుత్ ప్రవాహము ఉష్ణీయంగా ఉత్పత్తి అయిన ఎలక్ట్రాన్‌లచే ఏర్పరచబడును. దీనిని వ్యతిరేక సంతృప్త విద్యుత్ ప్రవాహం (reverse saturation current) అంటారు. దీనిని I_{CO} గా సూచిస్తారు. ఈ కారకం ఉష్ణోగ్రతకు సూక్ష్మగ్రాహ్యంగా ఉంటుంది. కనుక అధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద వ్యవస్థ యొక్క స్థిరత్వం పరంగా అత్యధిక జాగ్రత్తలు తీసుకోవాలి.

సేకరిణి విద్యుత్ మరియు ఉద్గారిణి విద్యుత్‌ల మధ్య గల నిష్పత్తిని ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క పురోగమన విద్యుత్ గ్రాహకం (α) అని అంటారు.

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} \qquad (10.2)$$

ఒక ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క α విలువ దాని నాణ్యత కొలతను తెలుపుతుంది. α విలువ పెరిగిన కొలది ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క నాణ్యత పెరుగుతుంది. అనగా సేకరిణి విద్యుత్ ఉద్గారిణి విద్యుత్‌కు చాలా సమీపంగా ఉంటుందని అర్థము. α విలువ ఒకటి కన్నా తక్కువగా ఉంటుంది. దీని వ్యాప్తి 0.95 నుండి 0.99 వరకు ఉంటుంది. అనగా సేకరిణి విద్యుత్ ఉద్గారిణి విద్యుత్‌లో 95% నుండి 99% వరకు ఉండుటను ఇది సూచిస్తుంది.

PNP ట్రాన్సిస్టర్ పనిచేయు విధానము

NPN ట్రాన్సిస్టర్‌లో ఉద్గారిణి విద్యుత్ I_E రంధ్రముల వలన మరియు ఆధార విద్యుత్ I_B ఎలక్ట్రాన్‌ల వలన ఏర్పడును అనే ఈ అంశము తప్ప మిగిలిన అన్ని విధాలుగా NPN ట్రాన్సిస్టర్ వలె PNP ట్రాన్సిస్టర్ పనిచేస్తుంది. అయినప్పటికీ, బాహ్య వలయము ద్వారా ప్రసరించు విద్యుత్ ప్రవాహము ఎలక్ట్రాన్ ప్రవాహం వలనే ఏర్పడుచున్నది.

ఉదాహరణ 10.5

ఉమ్మడి ఆధార అనుసంధానంలోని ట్రాన్సిస్టర్‌లో $\alpha = 0.95$, $I_E = 1\ mA$ అయితే I_C I_B విలువను లెక్కించండి.

సాధన

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$$

$$I_C = \alpha I_E = 0.95 \times 1 = 0.95 \text{ mA}$$

$$I_E = I_B + I_C$$

$$\therefore I_B = I_E - I_C = 1 - 0.95 = 0.05 \text{ mA}$$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 234 10-03-2023 16:54:06

10.4.3 ఉమ్మడి ఉద్గారిణి అనుసంధానములో ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క స్థిర అభిలక్షణము (Static Characteristics of Transistor in Common Emitter Mode)

వలయములలో ట్రాన్సిస్టర్‌లను ప్రభావవంతంగా ఉపయోగించుటకు మునుపు నివేశ నిరోధము, నిర్గమ నిరోధము మరియు ట్రాన్సిస్టర్ విద్యుత్‌లో పెరుగుదల వంటి కొన్ని ముఖ్యమైన పరామితులను గురించి తెలుసుకోవాలి. పటము 10.30లో ఉమ్మడి ఉద్గారిణి అనుసంధానములో NPN ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క స్థిర అభిలక్షణము అధ్యయనం చేయుటకు కావలసిన వలయము చూపబడియున్నది. ఆధారము – ఉద్గారిణి సంధి మరియు సేకరిణి – ఉద్గారిణి సంధి V_{BE} మరియు V_{CE} అనే బయాస్ సరఫరా ఓల్టేజిచే బయాస్ చేయబడుతాయి. ఆధారము – ఉద్గారిణి వద్ద సంధి శక్మము V_{BE} గానూ, సేకరిణి – ఉద్గారిణి సంధి వద్ద శక్మము V_{CE} గానూ సూచించబడియున్నది. ఆధార విద్యుత్ మరియు సేకరిణి విద్యుత్‌లను మార్చుటకు వరుసగా R_1 మరియు R_2 రియోస్టాట్‌లను ఉపయోగిస్తారు.

BJT యొక్క స్థిర అభిలక్షణము

i) నివేశ అభిలక్షణము
ii) నిర్గమ అభిలక్షణము
iii) బదిలీ అభిలక్షణము

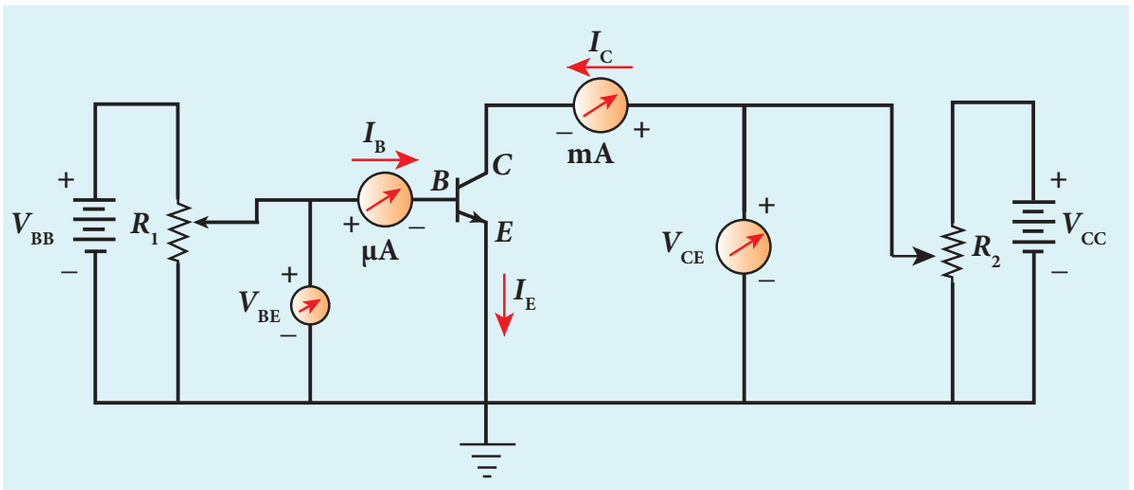
i) నివేశ అభిలక్షణము (Input characteristics)

నివేశ అభిలాక్షణిక వక్రరేఖ సేకరిణి నుండి ఉద్గారిణికి గల స్థిర ఓల్టేజి (V_{CE}) వద్ద ఆధార విద్యుత్ (I_B) మరియు ఆధారము నుండి ఉద్గారిణి ఓల్టేజి (V_{BE}) కి మధ్య గల నిష్పత్తిని తెలుపుతుంది. ఇది పటము 10.31లో చూపబడినది.

ప్రారంభములో, సేకరిణి నుండి ఉద్గారిణికి గల ఓల్టేజిని ఒక నిర్ధిష్ట విలువ ఉండునట్లు చూడాలి. (సంధిని తిరోశక్మము గావించుటకు 0.7 V కంటే ఎక్కువగా ఉండాలి) తరువాత ఆధారము – ఉద్గారిణి ఓల్టేజిని నిర్ణీత అంతరముతో పెంచుతూపోయి సంబంధిత ఆధార విద్యుత్‌ను నమోదు చేయాలి. ఇప్పుడు V_{BE} ని x అక్షముపై I_B ని y అక్షముపై తీసుకొని గ్రాఫ్ గీయాలి. ఈ ప్రక్రియను వేర్వేరు V_{CE} విలువలతో పునరావృతం చేయాలి.

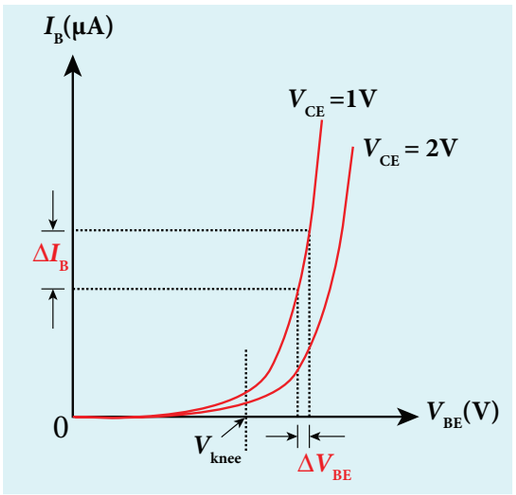
గ్రాఫ్ నుండి ఈ క్రింది పరిశీలనలు చేయబడతాయి.

- ఈ వక్రరేఖ ఒక సాధారణ p-n సంధి డయోడ్ యొక్క పురోగమన అభిలక్షణమును పోలి ఉంటుంది.
- అత్యల్ప పరిమాణం గల ఆధార విద్యుత్ కన్నా క్రింది వ్యాప్తిలో ఒక అవరోహణ ఆరంభ శక్మము (threshold voltage or knee voltage) (V_{knee}) ఉంటుంది. ఇది సిలికాన్ ట్రాన్సిస్టర్ 0.7 V గానూ జర్మేనియం ట్రాన్సిస్టర్‌కు 0.3 V గానూ ఉంటుంది. అవరోహణ ఆరంభ



పటము 10.30 ఉమ్మడి ఉద్గారిణి అనుసంధానంలో NPN ట్రాన్సిస్టర్

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 235 10-03-2023 16:54:07



పటము 10.31 నివేశ అభిలక్షణము

శక్మమును దాటి, ఆధారము –ఉద్గారిణి ఓల్టేజితోబాటు ఆధార్ విద్యుత్ పెరుగుతుంది.

- అదేవిధముగా సేకరిణి – ఉద్గారిణి ఓల్టేజిని పెంచినపుడు ఆధార విద్యుత్ తగ్గుతుంది. ఇది వక్రమును బాహ్య దిశలో (వెలుపలి వైపుకు) జరుపుతుంది. ఎందుకనగా సేకరిణి–ఉద్గారిణి ఓల్టేజిని పెంచినపుడు లేమి ప్రాంత వెడల్పు కూడా పెరుగుతుంది. తద్వారా ప్రభావాత్మక ఆధార వెడల్పు మరియు ఆధార విద్యుత్ తగ్గుతాయి.

నివేశ అవరోధము *(Input impedance)*

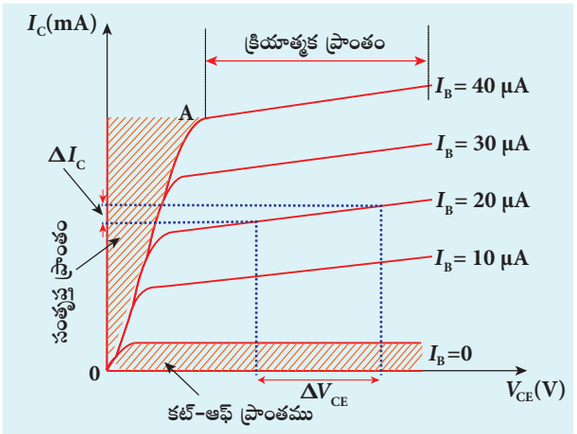
స్థిర సేకరిణి –ఉద్గారిణి ఓల్టేజి (V_{CE}) వద్ద ఆధారము – ఉద్గారిణి ఓల్టేజిలోని మార్పు (ΔV_{BE}) మరియు సంబంధిత ఆధార విద్యుత్‌లోని మార్పు (ΔI_B) నకు మధ్య గల నిష్పత్తిని నివేశ అవరోధము (r_i) అని అంటారు. వక్రరేఖ యొక్క అడుగు భాగమున నివేశ అవరోధము స్థిరముగా ఉండదు.

$$r_i = \left(\frac{\varnothing V_{BE}}{\varnothing I_B}\right)_{V_{CE}} \qquad (10.3)$$

ఉమ్మడి ఉద్గారిణి అనుసంధానంలో ట్రాన్సిస్టర్‌కు నివేశ అవరోధము ఎక్కువగా ఉంటుంది.

ii) నిర్గమ అభిలక్షణము (Output characteristics)

పటము 10.32లో చూపినట్లు స్థిర నివేశ విద్యుత్ ప్రవాహం (I_B) వద్ద సేకరిణి విద్యుత్ (I_C) మరియు సేకరిణి నుండి ఉద్గారిణికి గల ఓల్టేజి (V_{CE}) మధ్య గల సంబంధమును నిర్గమ అభిలక్షణమును అందిస్తుంది. ప్రారంభములో, ఆధార విద్యుత్‌ను ఒక నిర్ధిష్ట విలువలో ఉంచాలి. తరువాత సేకరిణి – ఉద్గారిణి ఓల్టేజిని నిర్ణీత అంతరములో పెంచి సంబంధిత సేకరిణి విద్యుత్‌ను నమోదు చేయాలి. ఇప్పుడు V_{CE} ను x అక్షముపై మరియు I_C ను y అక్షముపై తీసుకొని ఒక గ్రాఫ్ గీయాలి. ఈ ప్రక్రియను వేర్వేరు I_B విలువలకు పునరావృతం చేయాలి. నిర్గమ అభిలాక్షణికములో నాలుగు ముఖ్యమైన ప్రాంతములు క్రింద ఇవ్వబడినవి.



పటము 10.32 నిర్గమ అభిలక్షణము

i) సంతృప్త ప్రాంతము *(Saturation region)*

V_{CE} ని 0 V కంటే ఎక్కువగా పెంచినపుడు, I_C విలువ అత్యంత వేగంగా పెరిగి ఒక నిర్ధిష్ట V_{CE} విలువ వద్ద అవరోహణ ఆరంభ శక్మము అని పిలువబడు ఒక సంతృప్త పరిమాణమును చేరుతుంది. ఆది బిందువు 'O' మరియు అవరోహణ ఆరంభ బిందువు OA మధ్య వక్రము యొక్క తొలి భాగము (ఓమీయ ప్రాంతము)ను సంతృప్త ప్రాంతము అంటారు. ట్రాన్సిస్టర్‌లు ఎల్లప్పుడూ ఈ అవరోహణ ఆరంభ శక్మము కంటే ఎక్కువ ఓల్టేజిలోనే ఉపయోగించబడుతాయి.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 236 10-03-2023 16:54:12

ii) **కట్-ఆఫ్ ప్రాంతము** *(Cut-off region)*

ఆధార విద్యుత్ పరిమాణము సున్నకు తగ్గిన తరువాత కూడా అల్ప పరిమాణంలో సేకరిణి విద్యుత్ ఉంటుంది. $I_B = 0$ విలువకు వక్రములో ఈ ప్రాంతమునకు క్రింది భాగమును కట్-ఆఫ్ ప్రాంతము అంటారు. ఎందుకనగా ప్రధాన సేకరిణి విద్యుత్ ఈ ప్రాంతములో నిలిపివేయబడుతుంది.

iii) **క్రియాశీలక ప్రాంతము** *(Active region)*

వక్రరేఖ యొక్క మధ్య ప్రాంతమును క్రియాశీలక ప్రాంతము అంటారు. ఈ ప్రాంతములో ఆధారము – ఉద్గారిణి సంధి పురోశక్మములోనూ మరియు సేకరిణి – ఆధారము తిరోశక్మములోనూ ఉంటాయి. ఈ ప్రాంతములో ట్రాన్సిస్టర్‌లు ఓల్టేజి, విద్యుత్ మరియు సామర్థ్య వర్ధకములుగా పని చేస్తాయి.

iv) **భంజన ప్రాంతము** *(Breakdown region)*

ట్రాన్సిస్టర్ తయారీదారుడు గుర్తించిన ఓల్టేజిని దాటి సేకరిణి – ఉద్గారిణి ఓల్టేజిని పెంచిన యెడల సేకరిణి విద్యుత్ అపారంగా పెరిగి ట్రాన్సిస్టర్ సంధి భంజనమునకు గురవుతుంది. ఈ ఆరంభ భంజనము ట్రాన్సిస్టర్‌ను నాశనం చేయగలదు.

నిర్గమ అవరోధము *(Output impedance)*

స్థిర ఆధార విద్యుత్ (I_B) వద్ద సేకరిణి – ఉద్గారిణి ఓల్టేజిలోని మార్పు (ΔV_{CE}) కు మరియు సంబంధిత సేకరిణి విద్యుత్‌లోని మార్పు (ΔI_C)కు గల నిష్పత్తినే నిర్గమ అవరోధము (r_0) అంటారు.

$$r_o = \left(\frac{\varnothing V_{CE}}{\varnothing I_C}\right)_{I_B} \qquad (10.4)$$

ఉమ్మడి ఉద్గారిణి అనుసంధానములో ట్రాన్సిస్టర్ నిర్గమ అవరోధము అత్యల్పముగా ఉంటుంది.

iii) విద్యుత్ బదిలీ అభిలక్షణము (Current transfer characteristics)

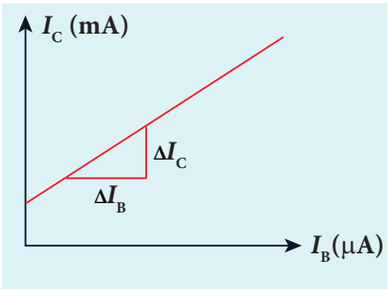
ఇది పటము 10.33లో చూపినట్లు స్థిర సేకరణి – ఉద్గారిణి ఓల్టేజి (V_{CE}) వద్ద సేకరిణి విద్యుత్ (I_C) మరియు ఆధార విద్యుత్ I_B మధ్యలో గల సంబంధాన్ని అందిస్తుంది. I_B సున్నగా ఉన్నప్పటికీ అల్ప I_C ప్రవహిస్తుందని ఇక్కడ గమనించవచ్చు. ఈ విద్యుత్‌ను ఉమ్మడి ఉద్గారిణి స్యందన (leakage) విద్యుత్ (common emitter leakage current - I_{CEO}) అని పిలుస్తారు. ఇది మైనారిటీ ఆవేశ వాహకాల వలన ఏర్పడుతుంది.

పురోగమన విద్యుత్ పెరుగుదల (Forward current gain)

స్థిర సేకరిణి – ఉద్గారిణి ఓల్టేజి (V_{CE}) వద్ద సేకరిణి విద్యుత్‌లోని మార్పు (ΔI_C) మరియు సంబంధిత ఆధార విద్యుత్‌లోని మార్పు (ΔI_B) కు మధ్య గల నిష్పత్తిని పురోగమన విద్యుత్ పెరుగుదల (β) అంటారు.

$$\beta = \left(\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}\right)_{V_{CE}} \qquad (10.5)$$

ఈ విలువ చాలా ఎక్కువగా ఉంటుంది. సాధారణంగా ఇది 50 నుండి 200 మధ్యలో ఉంటుంది.



పటము 10.33 విద్యుత్ బదిలీ అభిలక్షణము

10.4.4 α మరియు β మధ్య సంబంధం (Relation between α and β)

ఉమ్మడి ఆధార అనుసంధానంలో విద్యుత్ పెరుగుదల (α) మరియు ఉమ్మడి ఉద్గారిణి అనుసంధానంలో విద్యుత్ పెరుగుదల (β)కు మధ్య గల సంబంధమును క్రింద చూపబడినది.

$$\alpha = \frac{\beta}{1+\beta} \text{ (లేదా) } \beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} \qquad (10.6)$$

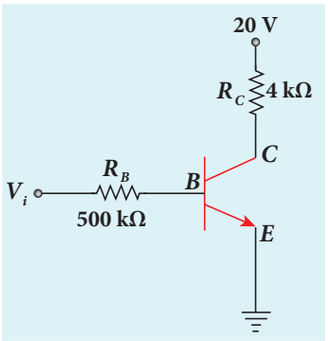
గమనిక

క్రియాశీలక ప్రాంతంలో సేకరిణి – ఉద్గారిణి ఓల్టేజి సేకరిణి విద్యుత్‌పై ఆధారపడదు.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 237 10-03-2023 16:54:15

ఉదాహరణ 10.6

క్రింది పటములో చూపిన వలయములో నివేశ ఓల్టేజి $V_i = 20$ V, $V_{BE} = 0$ V మరియు $V_{CE} = 0$ V అయితే I_B, I_C, β విలువలు ఎంత?



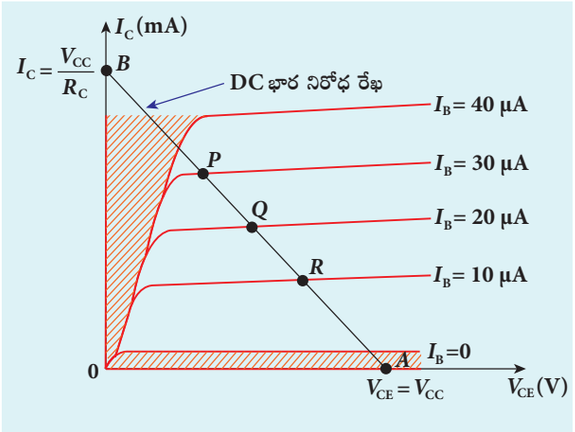
$$I_B = \frac{V_i}{R_B} = \frac{20\,V}{500\,k\Omega} = 40\,\mu A \qquad [\because V_{BE} = 0V]$$

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{20\,V}{4\,k} = 5\text{ mA} \qquad [\because V_{CE} = 0V]$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{5\text{ mA}}{40\,\mu A} = 125$$

10.4.5 నిర్వహణ బిందువు (Operating Point)

ట్రాన్సిస్టర్‌ను ఏ బిందువు వద్ద పూర్తి సమర్థతతో పనిచేయించగలమో ఆ బిందువును నిర్వహణ బిందువు అంటారు. A (V_{CC}, 0) మరియు B (0, V_{CC}/R_C) బిందువులను కలిపే సరళ రేఖను DC భార నిరోధ రేఖ (load line) అంటారు. ట్రాన్సిస్టర్ అభిలక్షణ నిర్ణమముపై అతిపాతం చెందిన DC భార నిరోధ రేఖను పటము 10.34లో చూపిన విధముగా ట్రాన్సిస్టర్ నిర్వహణ బిందువు అనే భావనను తెలుసుకొనుటకు ఉపయోగపడుతుంది.



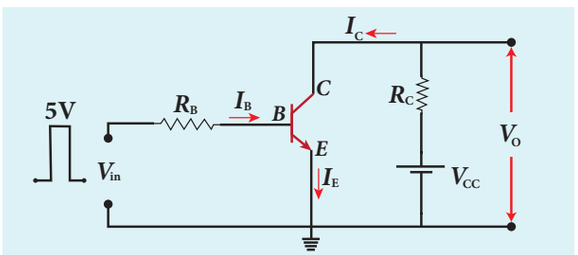
పటము 10.34 DC భార నిరోధ రేఖతో ఉమ్మడి ఉద్గారిణి శక్మములోని ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క నిర్ణమ అభిలక్షణము

పటము 10.34లో P, Q, R బిందువులను Q బిందువులు లేక చలన రహిత (quiescent) బిందువులు అంటారు. ఇవి ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క నిర్వహణ బిందువు పనిచేయు బిందువును నిర్ణయిస్తాయి. DC భార నిరోధ రేఖకు మధ్యలో (Q బిందువు వద్ద) నిర్వహణ బిందువును ఎన్నుకొన్నట్లయితే ట్రాన్సిస్టర్ ఒక వర్ధకము (amplifier) వలె సమర్థవంతంగా పనిచేస్తుంది. నిర్వహణ బిందువు అనునది ఎటువంటి వికృతికి లోనుకాకుండా పొందబడిన గరిష్ట సంజ్ఞలను నిర్ధారిస్తుంది.

ట్రాన్సిస్టర్ ఒక వివృత (open) స్విచ్ వలె పనిచేయించుటకు, Q బిందువును కట్-ఆఫ్ ప్రాంతంలో ఎంచుకోవాలి. అదేవిధంగా ట్రాన్సిస్టర్‌ను ఒక సంవృత (closed) స్విచ్ వలె పనిచేయించుటకు Q బిందువును సంతృప్త (saturation) ప్రాంతంలో ఎంచుకోవాలి.

10.4.6 ఒక స్విచ్ వలె ట్రాన్సిస్టర్ (Transistor as a switch)

ఒక ట్రాన్సిస్టర్ సంతృప్త ప్రాంతములో ఒక వివృత స్విచ్‌గా మరియు కట్-ఆఫ్ ప్రాంతంలో సంతృప్త స్విచ్‌గా వ్యవహరిస్తుంది. ఇది ఇచ్చిన వలయములో ఒక ఎలక్ట్రానిక్ స్విచ్ వలె ఒక చిన్న నియంత్రిత సంజ్ఞ ద్వారా ON లేదా OFF చేయడానికి ఉపయోగపడుతుంది. మరియు ట్రాన్సిస్టర్‌ను సంతృప్త లేదా కట్-ఆఫ్ ప్రాంతంలో ఉంచుతుంది. సంబంధిత వలయము పటము 10.35లో చూపబడియున్నది.



పటము 10.35 స్విచ్ వలె ట్రాన్సిస్టర్

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 238 10-03-2023 16:54:18

- **నివేశము అత్యల్పముగా ఉన్నప్పుడు**

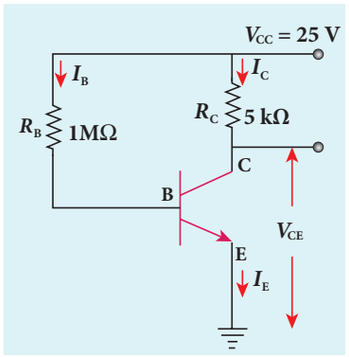
నివేశ ఓల్టేజి అత్యల్పంగా ఉన్నప్పుడు (0V అనుకొందాం), ఆధార విద్యుత్ శూన్యముగా ఉంటుంది మరియు ట్రాన్సిస్టర్ సరియైన విధానంలో పురోశక్మం చేయబడదు. ఇది కట్-ఆఫ్ ప్రాంతంలో ఉంటుంది. ఫలితముగా సేకరిణి విద్యుత్ శూన్యమవుతుంది. మరియు R_C మధ్య సంబంధిత ఓల్టేజి సున్నకు సమీపముగా చేరుతుంది. నిర్గమ ఓల్టేజి అత్యధికమై అది V_{CC} కి సమానం అవుతుంది. అనగా ట్రాన్సిస్టర్ ద్వారా విద్యుత్ ప్రవాహం ఉండదు మరియు అది స్విచ్ ఆఫ్ చేయబడినదని అర్థము. ఇక్కడ ట్రాన్సిస్టర్ వివృత స్విచ్ వలె వ్యవహరిస్తుంది.

- **నివేశము అత్యధికముగా ఉన్నప్పుడు**

ఒక నిర్ధిష్ట అత్యధిక విలువకు నివేశ ఓల్టేజిని పెంచినపుడు (+5 V అనుకొందాం), ఆధార విద్యుత్ (I_B) పెరుగుతుంది మరియు దీని వలన సేకరిణి విద్యుత్ గరిష్టమును చేరుతుంది. ఇక్కడ ట్రాన్సిస్టర్ సంతృప్త ప్రాంతమును చేరుతుంది. పెరిగిన సేకరిణి విద్యుత్ $(I_C)R_C$ మధ్యలో శక్మపాతమును (voltage drop) పెంచుతుంది. తద్వారా నిర్గమన ఓల్టేజి సున్నను సమీపిస్తుంది. (ఎందుకనగా $V_0 = V_{CC} - I_C R_C$). అనగా ట్రాన్సిస్టర్ ద్వారా గరిష్ట విద్యుత్ ప్రవహిస్తుంది మరియు ఇది స్విచ్ ఆన్ అయ్యిందని అర్థం. ఇక్కడ ట్రాన్సిస్టర్ ఒక సంవృత స్విచ్ వలె వ్యవహరిస్తుంది. దీని నుండి ట్రాన్సిస్టర్ అత్యధిక నివేశ ఓల్టేజిని అందించిన అది అత్యల్ప నిర్గమ ఓల్టేజిని ఇస్తుందని మరియు అత్యల్ప ఓల్టేజిని అందించిన అది అత్యధిక నిర్గమ ఓల్టేజిని ఇస్తుందని స్పష్టమగుచున్నది. దీనితోబాటు, నిర్గమ ఓల్టేజి అనువర్తిత నివేశ ఓల్టేజికి వ్యతిరేకంగా ఉంటుందని చెప్పవచ్చు. కనుక ట్రాన్సిస్టర్‌ను కంప్యూటర్ తార్కిక వలయములో ఇన్వర్టర్ (NOT గేట్)గా ఉపయోగిస్తారు.

ఉదాహరణ 10.7

క్రింది పటములో చూపబడిన ఉమ్మడి ఉద్గారిణి ట్రాన్సిస్టర్ వలయము గ్రహించిన విద్యుత్ 120. అయితే ఇందులో DC భార నిరోధ రేఖ మరియు Q బిందువును గుర్తించండి. (V_{BE} ను ఉపేక్షించండి)



సాధన

$\beta = 120$

ఆధార విద్యుత్, $I_B = \frac{25V}{1M\Omega} = \frac{25}{1\times10^6}$

$= 25\ \mu A$

మనకు తెలిసిన అంశము

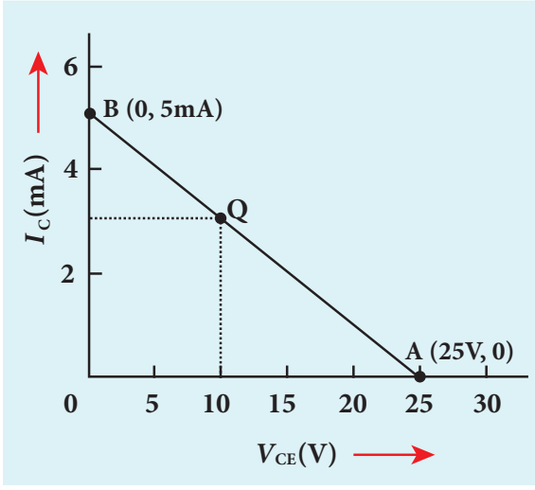
$\beta = \frac{I_C}{I_B}$ (or)

$I_C = \beta I_B = 120 \times 25\ \mu A$

$= 3000\ \mu A = 3\ mA$

$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$

$= 25 - (3mA \times 5k) = 10\,V$



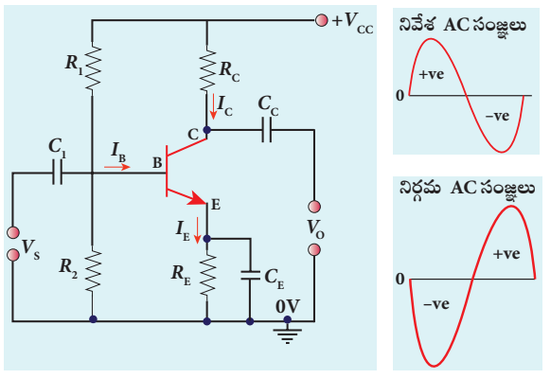
10.4.7 వర్ధకము వలె ట్రాన్సిస్టర్ (Transistor as an amplifier)

బలహీన సంజ్ఞలను వర్ధకం చేయు సామర్థ్యమును క్రియాత్మక ప్రాంతంలో పనిచేయు ట్రాన్సిస్టర్ కలిగి ఉంటుంది. విద్యుత్ సంకేతాలు లేదా సంజ్ఞల యొక్క సామర్థ్యాన్ని పెంచే (కంపన

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 239 10-03-2023 16:54:23

పరిమితి పెంచే) ప్రక్రియను వర్ధనము అంటారు. భారీ పరిమాణములో వర్ధనము అవసరమైనప్పుడు, ట్రాన్సిస్టర్‌లను నిరోధకాలు, సంక్షేపి (క్షమశీలి)లు మరియు పరివర్తకము వంటి జతకలిపే యుగ్మ ఉపకరణాలతో జలపాతము వలె వలయాన్నేర్పరుస్తారు. దీనిని బహుళ అంతస్థు వర్ధకాలు (multistage amplifiers) అంటారు.

ఇక్కడ పటము 10.36(అ)లో విద్యుత్ సంకేతాల వర్ధనము ఏక అంతస్థు ట్రాన్సిస్టర్ వర్ధకముచే చేయబడుటను వివరించబడియున్నది. ఏక అంతస్థు అనునది వలయములో సంకీర్ణ (allied) ఉపకరణాలతో కూడిన ఒకే ట్రాన్సిస్టర్‌ను సూచిస్తుంది. ఒక NPN ట్రాన్సిస్టర్ ఉమ్మడి ఉద్గార అనుసంధానంలో కలుపబడియున్నది.



పటము 10.36 (అ) వర్ధకము వలె ట్రాన్సిస్టర్ ఆ) 180^0 వ్యతిరేక దశను చూపే నివేశ మరియు నిర్గమ తరంగ రూపములు

నిర్గమ ఓల్టేజిలో గరిష్ట సంజ్ఞలను పొందుటకు ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క Q బిందువు లేక నిర్వహణ బిందువును స్థిరంగా ఉంచాలి (సంతృప్త బిందువు వైపు లేదా కట్–ఆఫ్ బిందువు వైపు)

నిర్గమ ఓల్టేజిని కొలవడానికి సేకరిణి వలయంలో ఒక భార నిరోధము R_C ను శ్రేణిలో సంధానం చేయాలి. బయాసింగ్ లేదా స్థిరీకరణ (stabilization) వలయంలో R_1, R_2 మరియు R_E నిరోధము ఏర్పడుతుంది. ఇక్కడ C_1 సంక్షేపి తన ద్వారా AC సంజ్ఞలను మాత్రమే ప్రవహించుటకు అనుమతిస్తుంది. ఉద్గార ఉపసర్గ సంక్షేపి (emitter bypass capacitor) C_E వర్ధన AC సంజ్ఞలకు అల్ప నిరోధ మార్గమును అందిస్తుంది. యుగ్మ సంక్షేపి C_C ని వర్ధకము యొక్క ఒక అంతస్థును తరువాతి అంతస్థుతో యుగ్మపరచి బహుళ అంతస్థు వర్ధకముల నిర్మాణములో ఉపయోగిస్తారు.

ఆధారము – ఉద్గారిణి మధ్యలో అనువర్తించబడిన సైనుసాయిడల్ నివేశ సంకేత జనకమును V_S అనుకొందాం. అప్పుడు సేకరిణి – ఉద్గారిణి మధ్యలో నిర్గమ ఓల్టేజిని తీసుకొంటారు.

$$\text{సేకరిణి విద్యుత్, } I_C = \beta I_B \qquad \left[\because \beta = \frac{I_C}{I_B}\right]$$

నిర్గమ వలయమునకు కిర్కాఫ్ ఓల్టేజి నియమాన్ని అనువర్తింపజేసినచో, సేకరిణి – ఉద్గారిణి ఓల్టేజిని క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C \qquad (10.7)$$

వర్ధకము పనిచేయు విధానము

- ధనాత్మక అర్ధ తరంగ సమయంలో

ఉద్గారిణి – ఆధారము మధ్యలో పురోగమన ఓల్టేజిని నివేశ సంజ్ఞ (V_S) పెంచుతుంది. ఫలితంగా, ఆధార విద్యుత్ (I_B - μA లలో) పెరుగుతుంది. కనుక సేకరిణి విద్యుత్ (I_C - mA) లలో β సార్లు పెరుగుతుంది. ఈ పెరుగుదల R_c (I_cR_c) నందు శక్మపాతము ఏర్పరుస్తుంది. దానితోబాటు సేకరిణి – ఉద్గారిణి ఓల్టేజి (V_{CE}) తగ్గుతుంది. కావున ధనాత్మక అర్ధ తరంగ సమయంలో నివేశ సంజ్ఞ నిర్గమ బిందువు వద్ద వర్ధన సంజ్ఞ యొక్క ఋణాత్మక అర్ధ తరంగమును ఏర్పరుస్తుంది. దీని వలన, పటము 10.36 (ఆ)లో చూపినట్లు నిర్గమ సంజ్ఞ 180° కోణముతో దశ తిరోగమనం చెందుతుంది.

- ఋణాత్మక అర్ధ తరంగ సమయములో

ఉద్గారిణి – ఆధారము మధ్య పురోగమన ఓల్టేజిని నివేశ సంజ్ఞ (V_S) తగ్గిస్తుంది. ఫలితంగా, ఆధార విద్యుత్ (I_B - μA లలో) తగ్గును మరియు సేకరిణి విద్యుత్ (I_C - mA లలో) కూడా తగ్గుతుంది. సేకరిణి విద్యుత్ (I_C) లో తగ్గుదల R_C లో శక్మపాతమును తగ్గించి సేకరిణి – ఉద్గారిణి ఓల్టేజి (V_{CE})ని పెంచుతుంది. ఈ విధంగా ఋణాత్మక అర్ధ

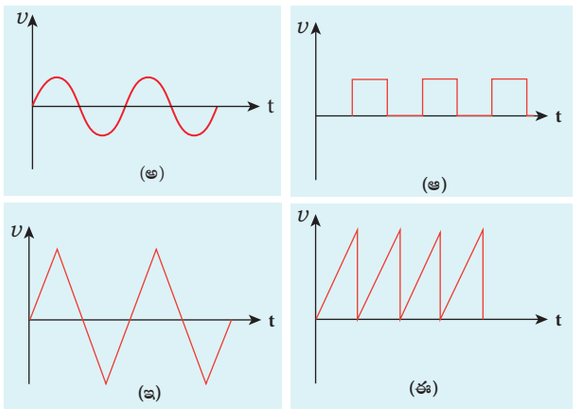
12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 240 10-03-2023 16:54:28

తరంగ సమయంలో నివేశ సంజ్ఞ నిర్గమ బిందువు వద్ద వర్ధన సంజ్ఞ యొక్క ధనాత్మక అర్ధ తరంగమును ఏర్పరుస్తుంది. కావున పటము 10.36(ఆ)లో చూపినట్లు ఋణాత్మక అర్ధతరంగ సమయంలో నివేశ సంజ్ఞ కూడా 180^0 కోణములో దశ తిరోగమనం చెందుతుంది.

10.4.8 డోలకము వలె ట్రాన్సిస్టర్ (Transistor as an oscillator)

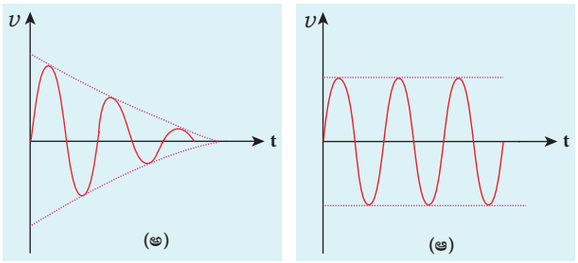
DC శక్తిని అల్ప హెర్ట్ పౌనఃపున్యము నుండి అత్యధిక **MHz** పౌనఃపున్య వ్యాప్తి గల **AC** శక్తిగా మార్చు సాధనమును విద్యుత్ డోలకము అంటారు. కావున ఇది ఏకాంతర విద్యుత్ జనకము వలె పనిచేస్తుంది. వర్ణకము వలె కాకుండా, డోలకములకు ఎటువంటి బాహ్య విద్యుత్ సంకేత జనకముల అవసరం ఉండదు.

సాధారణంగా, సైనుసాయిడల్ మరియు సైనుసాయిడల్ రహిత అనే రెండు రకాల డోలకములు కలవు.పటము 10.37 (అ)లో చూపినట్లు సైనుసాయిడల్ డోలకములు స్థిర కంపన పరిమితి మరియు స్థిర పౌనఃపున్యము గల సైను తరంగములను ఉత్పత్తి చేస్తాయి. కాని సైనుసాయిడల్ రహిత డోలకములు సంక్లిష్ట, సైనుసాయిడల్ తరంగ రూపములైన చతురస్రాకార తరంగం, త్రిభుజాకార తరంగం, రంపపు పళ్ళు ఆకారాలలో ఉత్పత్తి చేస్తాయి.



పటము 10.37 అ) సైనుసాయిడల్ తరంగ రూపం ఆ) చతురస్ర తరంగ రూపం ఇ) త్రిభుజ తరంగ రూపం ఈ) రంపపు పళ్ళు తరంగ రూపం

సైనుసాయిడల్ డోలకాలు రెండు రకాలు. అవి: అవరుద్ధ (**Damped**) మరియు అనవరుద్ధ (**undamped**) డోలకములు. పటము 10.38 (అ)లో చూపినట్లు శక్తి నష్టం వలన కాలముతోబాటు విద్యుత్ డోలనాల కంపన పరిమితి తగ్గితే వాటిని అవరుద్ధ డోలనాలు అంటారు. అలాకాకుండా, పటము 10.38 (ఆ)లో చూపినట్లు కాలముతోబాటు విద్యుత్ డోలనాల కంపన పరిమితి స్థిరంగా ఉన్నట్లయితే వాటిని అనవరుద్ధ డోలనాలు అంటారు.



పటము 10.38 (అ) అవరుద్ధ డోలనాలు
(ఆ) అనవరుద్ధ డోలనాలు

ట్రాన్సిస్టర్ డోలకము:

ఒక డోలక వలయము ఈ క్రింది మూడు భాగాలను కలిగి ఉంటుంది. అవి: i) ట్యాంకు వలయము ii) వర్ధకము iii) పరిపుష్టి (feedback) నెట్‌వర్క్. దీనికి సంబంధించిన వర్ణనా చిత్రము 10.39(అ)లో చూపబడినది.

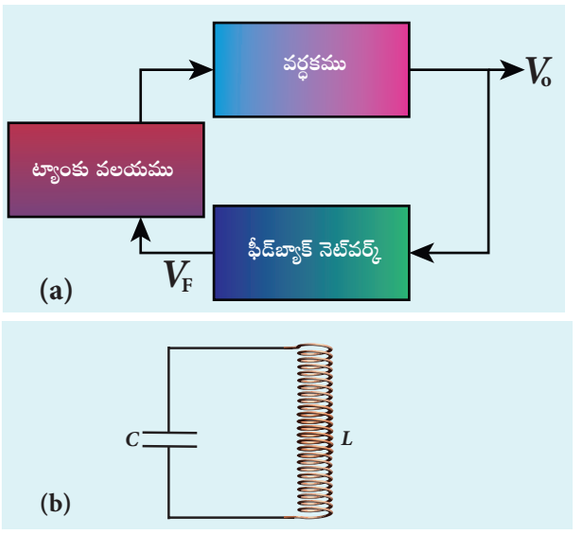
i) ట్యాంకు వలయము:

పటము 10.39(ఆ)లో చూపినట్లు LC ట్యాంకు వలయములో ఒక ప్రేరణి L మరియు ఒక క్షమశీలి C లు సమాంతరంగా కలుపబడి ఉంటుంది. ఒక DC జనకము నుండి ట్యాంకు వలయమునకు శక్తిని సరఫరా చేసినపుడు ప్రేరణి మరియు క్షమశీలి ఒకదాని తరువాత మరొక దానిలో శక్తి నిక్షిప్తమవుతుంది. ఇది నిర్దిష్ట పౌనఃపున్యం కలిగిన విద్యుత్ డోలనాలను ఉత్పత్తి చేస్తుంది.

ii) వర్ధకము

ఇది ట్యాంకు వలయముచే ఉత్పత్తి చేయబడిన బలహీన విద్యుత్ సంకేతాలను వర్ధనము చేయు ఏక అంతస్థ వర్ధకము. కావలసిన నిర్గమము ఈ వర్ధకముచే అందించబడుతుంది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 241 10-03-2023 16:54:31



పటము 10.39 (అ) డోలకం యొక్క చిత్ర రూప వర్ణన ఆ) ట్యాంకు వలయము

iii) ఫీడ్ బ్యాక్ నెట్‌వర్క్

ఈ వలయమును నిర్గమములో కొంత భాగమును మరలా నివేశం చేయుటకు వాడుట వలన దీనిని ఫీడ్‌బ్యాక్ (పరిపుష్టి) నెట్‌వర్క్ అని పిలుస్తారు. నివేశ దశలో (phase) నిర్గమ భాగమును నివేశపరిచినపుడు, నివేశ సంకేతముల పరిమాణం పెరుగుతుంది. దీనిని ధనాత్మక పరిపుష్టి అంటారు. ఇది స్థిరమైన డోలనాలను అందించుటకు తోడ్పడుతుంది.

పనిచేయు విధానము

ట్యాంకు వలయము విద్యుత్ డోలనాలను ఉత్పత్తి చేస్తుంది. ఇది ట్రాన్సిస్టర్ వర్ధకమునకు AC నివేశ జనకముగా పనిచేస్తుంది. వర్ధకము నివేశ AC సంజ్ఞలను వర్ధనము చేస్తుంది. కాని ఆచరణాత్మకంగా, విద్యున్నిరోధం వలన ప్రేరణ వేష్టనము మరియు క్షమశీలిలో శక్తి నష్టం ఏర్పడుతుంది. క్షమశీలి యొక్క ప్రతి వలయ ఉత్సర్గ మరియు నిత్సర్గములో ఏర్పడు శక్తి నష్టాన్ని అధిగమించుటకు అల్ప పరిమాణంలోని శక్తిని ఉపయోగిస్తారు. దీనివలన, డోలనముల యొక్క కంపన పరిమితి నెమ్మదిగా తగ్గుతుంది. కనుక ట్యాంకు వలయము, అవరుద్ధ విద్యుత్ డోలనాలను ఉత్పత్తి చేస్తుంది.

అవరుద్ధ డోలనాలను ఉత్పత్తి చేయడానికి, పరిపుష్టి నెట్‌వర్క్‌చే నిర్గమ భాగము నుండి నివేశ భాగమునకు ఒక ధనాత్మక పరిపుష్టి అందించబడుతుంది. ఇది ట్యాంకు వలయంలో శక్తి నష్టమును భర్తీ చేస్తుంది. ఇప్పుడు L మరియు C విలువలచే డోలనముల పౌనఃపున్యమును క్రింది సూత్రముచే నిర్ణయించవచ్చు

$$f = \frac{1}{2\neq\sqrt{LC}} \qquad (10.8)$$

స్థిర డోలనాల కొరకు బర్క్‌హాసెన్ నిబంధన:

డోలకములో స్థిరమైన డోలనాలను పొందుటకు క్రింద ఇవ్వబడిన బర్క్‌హాసెన్ నిబంధనను తృప్తిపరచాలి.

- ధనాత్మక పరిపుష్టి ఉండాలి.
- వలయ (loop) దశ 0^0 కు షిఫ్ట్ అవ్వాలి లేదా దాని విలువ 2π యొక్క పూర్ణాంకాల లబ్ధంగా ఉండాలి.
- వలయ గ్రాహ్యత (gain) ఏకాంకమై (unity) ఉండాలి. అనగా $|A\beta|=1$. ఇక్కడ వర్ధకము యొక్క ఓల్టేజిలో పెరుగుదల (gain) A, మరియు పరిపుష్టి నిష్పత్తి β (నివేశమునకు తిరిగి అందించిన నిర్గమములోని భాగపు β రూపం) అవుతుంది.

వేరువేరు ట్యాంకు వలయముల ఆధారంగా వేర్వేరు రకాల డోలక వలయములు కలవు. హార్ట్‌లే డోలకము, కాల్‌పిట్స్ డోలకము, దశను మార్చు డోలకము మరియు స్ఫటిక డోలకము మొదలగునవి.

డోలకముల అనువర్తనములు:

ట్రాన్సిస్టర్ డోలకములను,

- ఆవర్తన సైనుసాయిడల్ మరియు సైనుసాయిడల్ రహిత తరంగ రూపమును ఉత్పత్తి చేయుటకు
- RF వాహకాలను ఉత్పత్తి చేయుటకు
- శ్రవణ స్వరములను ఉత్పత్తి చేయుటకు
- డిజిటల్ వలయములో గడియార సంకేతములను ఉత్పత్తి చేయుటకు,
- TV మరియు CRO లలో స్వీప్ (sweep) వలయములుగా ఉపయోగిస్తారు.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 242 10-03-2023 16:54:33

ఉదాహరణ 10.8

15 μH నిర్ధిష్ట ప్రేరతత్వం కలిగిన ట్యూనెల్ – సేకరిణి డోలకములో ఉపయోగించిన చల క్షమశీలి యొక్క వ్యాప్తిని లెక్కించండి. ఇక్కడ పౌనఃపున్య పట్టీ 500 μH నుండి 1500 kHz మధ్యలో కలదు.

సాధన

అనునాద పౌనఃపున్యం

$$f=\frac{1}{2\neq\sqrt{LC}}$$

సూక్ష్మీకరించగా

$$C=\frac{1}{4\neq^2 f^2 L}$$

i) పౌనఃపున్యము = 500 kHz .అయినప్పుడు,

$$C=\frac{1}{4\times 3.14^2\times(500\times10^3)^2\times150\times10^{-6}}$$

$$=676\text{ pF}$$

ii) పౌనఃపున్యము = 1500 kHz అయినప్పుడు,

$$C=\frac{1}{4\times 3.14^2\times(1500\times10^3)^2\times150\times10^{-6}}$$

$$=75\text{ pF}$$

కనుక క్రమశీలి వ్యాప్తి 75 నుండి 676 pF మధ్యలో ఉంటుంది.

10.5 డిజిటల్ ఎలక్ట్రానిక్స్ (DIGITAL ELECTRONICS)

డిజిటల్ ఎలక్ట్రానిక్స్ అనేది డిజిటల్ సంకేతాలతో వ్యవహరించే ఎలక్ట్రానిక్స్ విభాగం అగును. సంకేతాల ప్రాసెసింగ్, సంసర్గం మొదలైన వాటి కొరకు స్థూల ప్రాసెసింగ్ వలయాల (high end processor circuits) నుండి సూక్ష్మ వలయాల వ్యాప్తి వరకు అనేక అనువర్తనాలలో ఇది విస్తృతంగా ఉపయోగించబడుతుంది. డిజిటల్ సంకేతాలు అనలాగ్ (అవిచ్ఛిన్న) సంకేతాల కంటే మెరుగైన పనితీరు, ఖచ్చితత్వం, వేగం, వశ్యత మరియు ఘోషకు నిరోధకం (immunity to noise) ని కలిగి వుంటాయి.

10.5.1 అవిచ్ఛిన్న మరియు డిజిటల్ సంకేతాలు (Analog and Digital Signals)

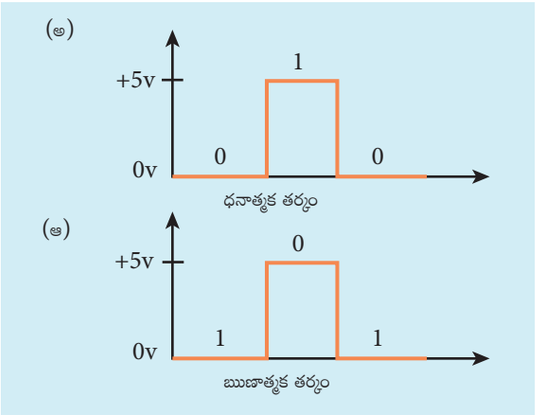
ఎలక్ట్రానిక్స్‌లో రెండు రకాల సంకేతాలు ఉపయోగించబడుతాయి. (i) అనలాగ్ (అవిచ్ఛిన్న) సంకేతాలు (ii) డిజిటల్ సంకేతాలు. అవిచ్ఛిన్న సంకేతమనునది కాలం ఆధారంగా నిరంతరం మారుతున్న ఓల్టేజి లేదా విద్యుచ్ఛక్తి. ఇటువంటి సంకేతాలు సరిచేసే వలయాలలో మరియు ట్రాన్సిస్టర్ వర్ధక వలయాలలో ఉపయోగించబడుచున్నవి.

డిజిటల్ సంకేతాలు వోల్టేజి (శక్మభేదం) యొక్క వివిక్త విలువలు మాత్రమే కలిగిన సంకేతాలు అగును. డిజిటల్ సంకేతాలకి రెండు స్థితులు మాత్రమే అవసరం. స్విచ్ 'ON' మరియు 'OFF'. 'ON' అనునది ఒక స్థితిగా మరియు OFF అనునది మరొక స్థితిగా పరిగణించబడుతుంది. ఈ రెండు స్థితులను అధిక స్థితి (ON) లేదా అల్ప స్థితి (OFF) మరియు సంవృత (ON) లేదా వివృత (OFF)అని కూడా పరిగణించవచ్చు. బూలియన్ జీజగణితములో, ఈ అధిక మరియు అల్ప స్థితులను 1 లేదా '0' అనే రెండు అంకెలను (ద్విసంఖ్యామానం) ఉపయోగించి నిర్వచించవచ్చును. స్థితి 1 సూచించునది: వలయాలు ఆన్‌లో ఉన్నవి (ON) అధిక వోల్టేజి, సంవృత స్విచ్. అదేవిధంగా స్థితి 0 సూచించునది. వలయాన్ని నిలుపుట (circuit off), అల్ప ఓల్టేజి లేదా వివృత స్విచ్.

ధనాత్మక మరియు ఋణాత్మక తర్కము

డిజిటల్ వ్యవస్థలలో, రెండు వోల్టేజి స్థాయిలు కలవు: 5V (అధికం) మరియు 0V (అల్పం). పటము 10.40లో సూచించిన విధంగా, ఒక ధనాత్మక తర్క వ్యవస్థలో ద్విసంఖ్యామానంలోని 1 అనునది 5V ని మరియు 0 అనునది 0V ని తెలుపును. కాని ఋణాత్మక తర్క వ్యవస్థలో 1 అనునది 0V ని మరియు '0' అనునది 5V ని సూచించును.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 243 10-03-2023 16:54:35



పటము 10.40 (అ) ధనాత్మక తర్కం (ఆ) ఋణాత్మక తర్కం

10.5.2 తర్క ద్వారాలు (Logic gates)

తర్క ద్వారం అనునది, డిజిటల్ సంకేతాల ఆధారంగా పనిచేసే ఎలక్ట్రానిక్ వలయము అగును. ఇవి ఆధారం రెండు కలిగిన అంకెలను కలిగి వుంటాయి. చాలా వరకు డిజిటల్ వ్యవస్థల యొక్క నిర్మాణ అంగములు (building blocks) గా తర్క ద్వారాలను పరిగణిస్తారు. ఇందులో ఒక నిర్గమం (output) మరియు ఒకటి లేదా అంతకన్నా ఎక్కువ నివేశాలు (inputs) ఉండును. ప్రాథమికంగా తర్క ద్వారాలను మూడు రకాలుగా విభజించారు. అవి: AND, OR మరియు NOT మిగిలిన తర్క ద్వారాలు Ex-OR, NAND మరియు NOR అగును. వీటిని ప్రాథమిక తర్క ద్వారాల నుండి నిర్మించవచ్చును.

డిజిటల్ ఎలక్ట్రానిక్స్, తార్కిక పరిక్రియల (logical operations)తో వ్యవహరించును. చరరాశులను తార్కిక చరరాశులు (logical variables) అంటారు. తార్కిక సంకలనం (+) మరియు తార్కిక గుణకారం (.) లాంటి పరిక్రియలను తార్కిక పరిక్రియలు అంటారు. తార్కిక పరిక్రియలు (+, .) అనునవి తార్కిక చరరాశులు (A, B) మీద పనిచేసిన, అది తార్కిక స్థిరరాశి (Y) ని ఇచ్చును. ఈ పరిక్రియని సూచించే సమీకరణాన్ని తార్కిక ప్రతిపాదన (logical statement)అంటారు.

ఉదాహరణకి

తార్కిక పరిక్రియ: +

తార్కిక చరరాశులు: A, B

తార్కిక స్థిరరాశి: Y

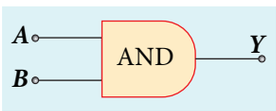
తార్కిక ప్రతిపాదన: $Y = A + B$

నివేశముల యొక్క సాధ్యమైన కలయికలు (combinations) మరియు వాటి సంబంధిత నిర్ణయం మొదలగు వాటిని పొందుపరచు పట్టికను సత్య పట్టిక అంటారు. తార్కిక సంకలనం, గుణకారం మరియు విలోమము లాంటి ప్రాథమిక తర్క పరిక్రియలను ప్రదర్శించే వలయాలు గురించి క్రింద చర్చిండమైనది.

AND ద్వారం (AND gate) :

వలయ (తర్క) సంకేతం

రెండు నివేశాలు (ఇన్‌పుట్)లను కలిగిన AND ద్వారం యొక్క తర్క సంకేతం పటము 10.41 (అ)లో చూపబడినది. A మరియు B లు నివేశాలు మరియు Y అనునది నిర్గమం (అవుట్‌పుట్) అగును. ఇది ఒక తర్క ద్వారం A, B మరియు Y ల విలువలు '1' లేదా '0' లలో ఏదో ఒకటి ఉండును.



(అ)

నివేశాలు		నిర్గమం
A	B	$Y=A.B$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(ఆ)

పటము 10.41 (అ) రెండు నివేశాలు కలిగిన AND ద్వారం (ఆ) సత్య పట్టిక

బూలియన్ సమీకరణము *(Boolean equation):*

$$Y = A.B$$

ఇది తార్కిక గుణకారం చేస్తుంది మరియు అంకగణిత గుణకారానికి భిన్నంగా ఉంటుంది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 244 10-03-2023 16:54:37

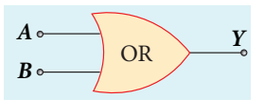
తర్క పరిక్రియ *(Logic operation)*

AND ద్వారం యొక్క అన్ని నివేశాలు అధిక స్థితి (1) ఉన్నప్పుడు మాత్రమే, నిర్గమం అధిక స్థితి (1) లో ఉంటుంది. మిగిలిన అన్ని సందర్భాలలో నిర్గమం అల్ప స్థితి (0) లో ఉంటుంది. ఇది సత్య పట్టికలో చూపబడినది. (పటము 10.41(ఆ))

OR ద్వారం (OR gate)

తర్క సంకేతం *(Circuit Symbol)*

రెండు నివేశాలను కలిగిన OR ద్వారం యొక్క తర్క సంకేతం మరియు పటము 10.42(అ) లో చూపబడినది. A మరియు B లు నివేశాలు మరియు Y అనునది నిర్గమం అగును.



(అ)

నివేశాలు		నిర్గమం
A	B	$Y=A+B$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(ఆ)

పటము 10.42 అ) రెండు నివేశాలు కలిగిన OR ద్వారం ఆ) సత్య పట్టిక

బూలియన్ సమీకరణము *(Boolean equation):*

$$Y = A + B$$

ఇది తార్కిక సంకలనం చేస్తుంది మరియు అంకగణిత సంకలనానికి భిన్నంగా ఉంటుంది.

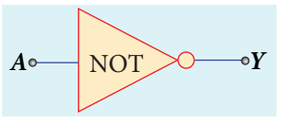
తర్క పరిక్రియ *(Logic operation)*

OR ద్వారం యొక్క ఏదైనా ఒక నివేశం లేదా రెండు నివేశాలు అధిక స్థితి (తర్కం '1' స్థితి) లో ఉంటే నిర్గమం కూడా అధిక స్థితి (1) లో ఉంటుంది. OR ద్వారం యొక్క సత్య పట్టిక పటము 10.42 (ఆ)లో చూపబడినది.

NOT ద్వారం (NOT gate)

తర్క సంకేతం *(Circuit symbol)*

NOT ద్వారం యొక్క తర్క సంకేతం పటము 10.43 (అ) లో చూపబడినది. A అనునది నివేశం మరియు Y అనునది నిర్గమం అగును.



(a)

నివేశాలు	నిర్గమం
A	$Y=\overline{A}$
0	1
1	0

(b)

పటము 10.43 (అ) NOT ద్వారం (ఆ) సత్య పట్టిక

బూలియన్ సమీకరణం *(Boolean equation):*

$$Y = \overline{A}$$

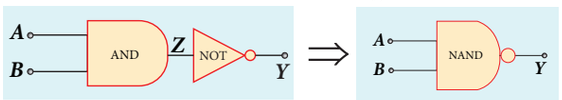
తర్క పరిక్రియ

నిర్గమం అనునది నివేశం యొక్క పూరకము (complement)గా ఉంటుంది. దీనిని పైగీత (overbar) తో సూచిస్తాయి. దీనిని ఇన్‌వర్టర్ (inverter) అని కూడా అంటారు. ఇది '1' నిర్గమాన్ని సున్న నివేశంగా ఉన్నప్పుడు, అదేవిధంగా ' 0' నిర్గమాన్ని '1' నివేశం ఉన్నప్పుడు ఇస్తుంది. NOT ద్వారం యొక్క సత్య పట్టిక పటము 10.43(ఆ) లో సూచించబడినది.

NAND ద్వారం

తర్క సంకేతం

NAND ద్వారం యొక్క తర్క సంకేతం పటము 10.44(అ)లో చూపబడినది. A మరియు B లు నివేశాలు మరియు Y అనునది నిర్గమం అగును.



(a)

నివేశాలు		నిర్గమం (AND)	నిర్గమం (NAND)
A	B	$Z = A.B$	$Y = \overline{A.B}$
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

(b)

పటము 10.44 అ) రెండు నివేశాలు కలిగిన 'NAND' ద్వారం ఆ) సత్య పట్టిక

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 245 10-03-2023 16:54:39

బూలియన్ సమీకరణం

$$Y = \overline{A.B}$$

తర్క పరిక్రియ:

నిర్గమం Y అనునది AND పరిక్రియకి విలోమముగా ఉంటుంది. NAND ద్వారం యొక్క తర్క సంకేతం AND ద్వారం తర్వాత NOT ద్వారం వచ్చేలా ఉంటుంది. అన్ని నివేశాలు అధిక స్థితిలో ఉన్నప్పుడు మాత్రమే నిర్గమం శూన్యం (అల్ప స్థితి)గా ఉంటుంది. మిగిలిన సందర్భాలలో, నిర్గమం అధిక స్థితిలో (తర్క స్థితి)లో ఉంటుంది. NAND ద్వారం యొక్క సత్య పట్టిక పటము 10.44(ఆ)లో చూపబడినది.

NOR ద్వారం

తర్క సంకేతం

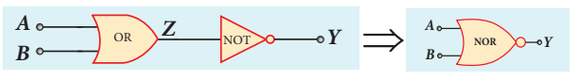
NOR ద్వారం యొక్క తర్క సంకేతం పటము 10.45(అ)లో చూపబడినది. A మరియు B లు నివేశాలు మరియు Y అనునది నిర్గమం అగును.

బూలియన్ సమీకరణం

$$Y = \overline{A + B}$$

తర్క పరిక్రియ

నిర్గమం Y అనునది OR పరిక్రియ (A లేదా B) విలోమానికి సమానంగా ఉంటుంది. NOR ద్వారం యొక్క తర్క సంకేతం OR ద్వారం తర్వాత NOT ద్వారం వచ్చేలా ఉంటుంది. అన్ని నివేశాలు అల్ప స్థితిలో ఉన్నప్పుడు మాత్రమే నిర్గమం అధిక స్థితిలో ఉంటుంది. మిగిలిన అన్ని సందర్భాలలో నిర్గమం అల్పస్థితిలో ఉంటుంది. NOR ద్వారం యొక్క సత్యపట్టిక పటము 10.45(ఆ)లో చూపబడినది.



(అ)

నివేశములు		నిర్గమము (OR)	నిర్గమము (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

(ఆ)

పటము 10.45 (అ) NOR ద్వారం ఆ) సత్య పట్టిక

Ex-OR ద్వారం

తర్క సంకేతం *Circuit symbol*

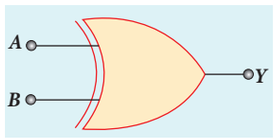
Ex-OR ద్వారం యొక్క తర్క సంకేతం పటము 10.46(అ)లో చూపబడినది. A మరియు B లు నివేశాలు మరియు Y అనునది నిర్గమం అగును. Ex-OR పరిక్రియని $\oplus$ చేత సూచిస్తాము.

బూలియన్ సమీకరణం

$$Y = A.\overline{B} + \overline{A}.B$$
$$Y = A \oplus B$$

తర్క పరిక్రియ

ఏదేని ఒక్క నివేశం మాత్రమే అధిక స్థితిలో ఉన్నప్పుడు మాత్రమే నిర్గమం అధిక స్థితిలో ఉంటుంది. Ex-OR ద్వారం రెండుకన్నా ఎక్కువ నివేశాలను కలిగి ఉంటే, బేసి సంఖ్యలో నివేశాలు అధిక స్థితిలో ఉంటే నిర్గమం అధిక స్థితిలో ఉంటుంది. Ex-OR ద్వారం యొక్క సత్యపట్టిక పటము 10.46(ఆ) లో చూపబడినది.



(అ)

నివేశాలు		నిర్గమం (Ex-OR)
A	B	$Y = A \oplus B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

(ఆ)

పటము 10.46 (అ) Ex-OR ద్వారం (ఆ) సత్య పట్టిక

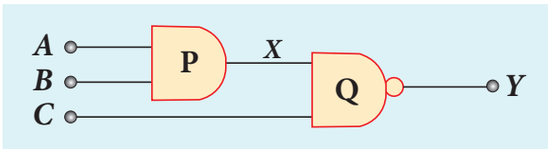


NAND మరియు NOR ద్వారాలను సార్వత్రిక ద్వారాలు (universal gates) అంటారు. ఎందుకంటే, NAND లేదా NOR ద్వారాలను ఉపయోగించి ఏ తర్క ద్వారాన్నైనా నిర్మించవచ్చు.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 246 10-03-2023 16:54:45

ఉదాహరణ 10.9

మూడు నివేశాలు A, B మరియు C లు మొదట 0 తర్వాత '1'ని కలిగి వుంటే, క్రింది వలయంలో నిర్గమం Y ఏమై ఉంటుంది?

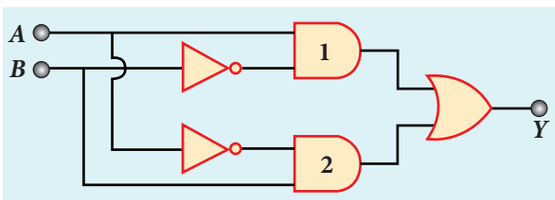


సాధన

A	B	C	$X = A \cdot B$	$Y = \overline{X \cdot C}$
0	0	0	0	1
1	1	1	1	0

ఉదాహరణ 10.10

క్రింది ద్వారముల కలయికలో, నివేశం A మరియు B లకైన నిర్గమం Y యొక్క బూలియన్ సమీకరణమును వ్రాయుము.



సాధన

1వ AND ద్వారం నిర్గమం: $A\overline{B}$

2వ AND ద్వారం నిర్గమం: $\overline{A}B$

OR ద్వారం వద్ద నిర్గమం : $Y = A.\overline{B} + \overline{A}.B$

10.6 బూలియన్ బీజగణితము (BOOLEAN ALGEBRA)

బూలియన్ బీజగణితము అనునది ప్రాథమికంగా (i) అవును లేదా కాదు (ii) అధిక స్థితి లేదా అల్ప స్థితి అనే రెండు స్థితులకు మధ్య గల ఒక ఎంపిక అగును. బూలియన్ బీజగణితంలో ఈ రెండు స్థితులను ద్విసంఖ్యామానంలో 0 లేదా 1 లతో సూచిస్తారు. ఇది 1854లో జార్జ్‌బూలే చేత రూపొందించబడిన తర్క మరియు గణిత శాస్త్రాలకు సంబంధించిన ఒక శతాబ్దం నాటి భావన. తరువాత కంప్యూటర్ వలయాల (circuits) రూపకల్పనలో బూలియన్ బీజగణితం యొక్క ప్రాముఖ్యత గ్రహించబడినది. ఈ రోజు మనం డిజిటల్ ప్రపంచంలో ఉన్నాము మరియు మనం అనుభవిస్తున్న చాలా సౌకర్యాలకి బూలియన్ బీజగణితం పునాది అగును.

మీకు తెలుసా?

అధిక స్థితి (1) మరియు అల్ప స్థితి (0) అనే భావన క్రొత్త కాదు. నిజానికి దీనిని 1938లో షానన్ అనే అతను చరవాణి స్విచ్చింగ్ వలయాలలో (telephone switching circuits) ఉపయోగించారు.

బూలియన్ బీజగణితం యొక్క నియమాలు:

విభాగము 10.5.2లో చర్చించిన NOT, OR మరియు AND ద్వారం పరిక్రియలు, బూలియన్ పరిక్రియలగును. ఈ పరిక్రియల ఫలితాలు క్రింది పట్టికలో సంగ్రహించబడినది.

పూరక న్యాయం

A	$Y = \overline{A}$
0	$Y = \overline{0} = 1$
1	$Y = \overline{1} = 0$

పూరక న్యాయాన్ని క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.
$\overline{\overline{A}} = A$

OR న్యాయాలు

A	B	$Y = A+B$
0	0	$Y = 0+0 = 0$
0	1	$Y = 0+1 = 1$

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 247 10-03-2023 16:54:49

1	0	$Y = 1+0 = 1$
1	1	$Y = 1+1 = 1$

OR న్యాయాలను క్రింది విధంగా వ్రాయగా

1వ న్యాయం	$A + 0 = A$
2వ న్యాయం	$A + 1 = 1$
3వ న్యాయం	$A + A = A$
4వ న్యాయం	$A + \overline{A} = 1$

AND న్యాయాలు

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 న్యాయాలను క్రింది విధంగా వ్రాయవచ్చు.

1వ న్యాయం	$A \,.\, 0 = 0$
2వ న్యాయం	$A \,.\, 1 = A$
3వ న్యాయం	$A \,.\, A = A$
4వ న్యాయం	$A \,.\, \overline{A} = 0$

బూలియన్ పరిక్రియలు క్రింది న్యాయాలను పాటించును.

వినిమయ న్యాయాలు (Commutative laws)

$$A + B = B + A$$
$$A \,.\, B = B \,.\, A$$

సహచర న్యాయాలు (Associative laws)

$$A + (B + C) = (A + B) + C$$
$$A \,.\, (B \,.\, C) = (A \,.B) \,.\, C$$

విభాగ న్యాయాలు (Distributive laws)

$$A(B + C) = AB + AC$$
$$A + BC = (A + B)\,(A + C)$$

పై న్యాయాలను క్లిష్టమైన సమీకరణాలను సరళీకృతం చేయడానికి మరియు తర్క వలయాలను సులభం (సరళీకృతం) చేయడానికి ఉపయోగిస్తారు.

10.7 డీమోర్గాన్ సిద్ధాంతం (DE MORGAN'S THEOREM)

10.7.1 డీమోర్గాన్ యొక్క మొదటి సిద్ధాంతం De Morgan's First Theorem

ప్రవచనము

రెండు తర్క నివేశాల మొత్తం యొక్క పూరకమనునది వాటి పూరకముల లబ్ధానికి సమానముగా ఉండును అని మొదటి సిద్ధాంతంలో పేర్కొనబడినది.

నిరూపణ

NOR ద్వారం యొక్క బూలియన్ సమీకరణం $Y = \overline{A + B}$.

$Y = \overline{A} \,.\, \overline{B}$ బుడగ కలిగిన AND ద్వారం యొక్క బూలియన్ సమీకరణం

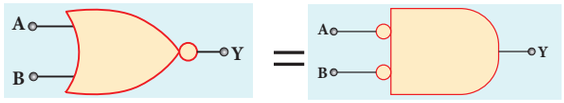
రెండు సందర్భాలలోను ఒకే నివేశానికి, ఒకే నిర్గమాలు వచ్చును. దీనిని క్రింది సత్య పట్టికను ఉపయోగించి సరిచూడవచ్చు.

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

పై సత్య పట్టిక నుండి, $\overline{A+B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$.

ఈ విధంగా డీమోర్గాన్ యొక్క మొదటి నియమాన్ని ఋజువు చేయవచ్చు. ఒక NOR ద్వారం అనునది బుడగ (AND) ద్వారానికి సమానం.

దీని సంబంధిత తర్క వలయ పటము 10.47లో చూపబడినది.



పటము 10.47 NOR ద్వారం అనునది బుడగ AND ద్వారానికి సమానం.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 248 10-03-2023 16:54:51

10.7.2 డీమోర్గాన్ యొక్క రెండవ సిద్ధాంతం De Morgan's Second Theorem

ప్రవచనము

రెండు తర్క నివేశాల లబ్ధం యొక్క పూరకమనునది వాటి పూరకముల మొత్తానికి సమానంగా ఉండునని రెండవ సిద్ధాంతం తెలుపును.

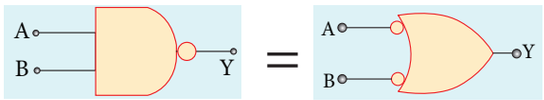
నిరూపణ:

NAND ద్వారం యొక్క బూలియన్ సమీకరణం $Y=\overline{A.B}$ బుడగ కలిగిన OR ద్వారం యొక్క బూలియన్ సమీకరణం $Y=\overline{A}+\overline{B}$ A మరియు B ల నివేశాలు మరియు Y నిర్గమం అగును. పై రెండు సమీకరణాల నివేశాలు మరియు నిర్గమం సమానంగా ఉండును. దీనిని సత్య పట్టికను ఉపయోగించి సరిచూడవచ్చు.

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

పై సత్య పట్టిక నుండి $\overline{A.B}=\overline{A}+\overline{B}$ అగును.

ఈ విధంగా డీమోర్గాన్ రెండవ నియమాన్ని ఋజువు చేయవచ్చు. ఒక NAND ద్వారం అనునది బుడగ OR ద్వారానికి సమానం. దీని సంబంధిత తర్క వలయము పటము 10.48లో చూపబడినది.



పటము 10.48 NAND ద్వారం అనునది బుడగ OR ద్వారానికి సమానం.

ఉదాహరణ 10.11

$AC + ABC = AC$ అనే బూలియన్ సమీకరణాన్ని నిరూపించుము మరియు దీని తర్క (వలయ) పటమును గీయుము.

సాధన

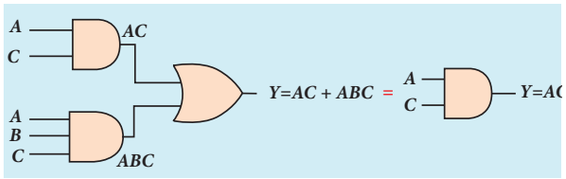
సోపానము 1: $AC\ (1 + B) = AC.1$ [OR నియమం-2]

సోపానము 2: $AC\ .\ 1 = AC$ [AND నియమం – 2]

$AC + ABC = AC$

బూలియన్ సమీకరణము నిరూపించబడినది.

తర్క పటము :



10.7.3 సమీకృత చిప్ (వలయాలు) (Integrated Chips)

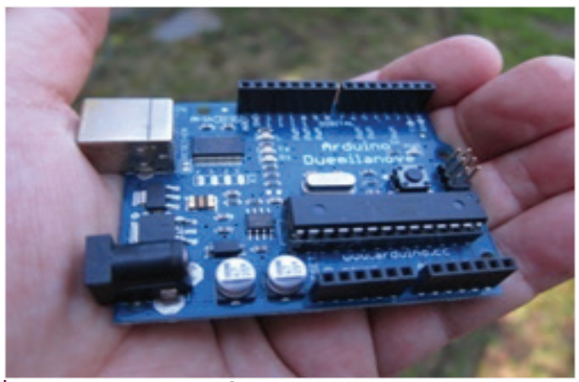
సమీకృత వలయాలను IC లేదా సూక్ష్మ చిప్ (పటము 10.49) అని కూడా అంటారు. దీనిలో సిలికాన్ లాంటి ఒక అర్ధవాహక పదార్థమును చిన్న సమీకృత ముక్క మీద కొన్ని వేల నుండి లక్షల కొలది ట్రాన్సిస్టర్‌లు, నిరోధకాలు, సంక్షేపీలు (capacitors) సమీకృతం (integrated) చేయబడి ఉండును.

సమీకృత వలయాలు అనునవి అధునాతన ఎలక్ట్రానిక్స్‌కి మైలురాయి వంటివి. సాంకేతిక పరిజ్ఞానం పురోగతి మరియు బహు భారీ తరహా సమాకలన (VLSI) యుగం యొక్క అత్యవసర పరిస్థితుల వలన, ఒకే చిప్ మీద మరింత ఎక్కువ ట్రాన్సిస్టర్‌లను అమర్చడం సాధ్యమవుతుంది.

సాధారణ వలయాలకన్నా సమీకృత వలయాలు (ICs) రెండు ముఖ్యమైన ఉపయోగములను (లాభాలను) కలిగి ఉండును. అవి: ధర మరియు పని తీరు. సాంకేతిక పరిజ్ఞానం పురోగతిలో చిప్ పరిమాణం, వేగం మరియు సామర్థ్యము విపరీతంగా పురోగమించాయి. కంప్యూటర్ల, మొబైల్ ఫోన్లు (చరవాణి)మరియు ఇతర డిజిటల్ గృహోపకరణాలు పరిమాణంలో చిన్నదైన మరియు చౌక ధర కలిగిన IC (సమీకృత వలయాలు)ల వలన సాధ్యమయ్యాయి. IC లు ఆంప్లిఫయర్, డోలకము (oscillator), టైమర్, మైక్రోప్రాసెసర్ మరియు కంప్యూటర్ మెమరీగా పనిచేస్తాయి.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 249 10-03-2023 16:54:53





పటము 10.49 సమీకృత చిప్‌లను కలిగిన వలయాలు

ఈ చాలా చిన్న సమీకృత వలయాలు (ICs), అవిచ్ఛిన్న మరియు డిజిటల్ సాంకేతికతను ఉపయోగించి గణనలను చేయును. మరియు సమాచారాన్ని (ICs) నిల్వ చేయును. డిజిటల్ సమీకృత వలయాలు (Digital ICs) ఒకటి మరియు సున్నా మొదలగు విలువలతో మాత్రమే పని చేసే తర్క ద్వారాలను ఉపయోగిస్తాయి. డిజిటల్ IC లో ఒక భాగానికి పంపిన అల్ప (తక్కువ) సంకేతం (సిగ్నల్) '0' విలువను, అధిక సంకేతం '1' విలువను సృష్టిస్తుంది.

డిజిటల్ సమీకృత వలయాలను (**Digital ICs**) సాధారణంగా కంప్యూటర్‌లు, నెట్‌వర్కింగ్ పరికరాలు మరియు చాలా వినియోగదారుని ఎలక్ట్రానిక్స్ సాధనాలలో ఉపయోగిస్తారు. అవిచ్ఛిన్న (అనలాగ్) IC లు లేదా రేఖీయ (linear) ICs లు అవిచ్ఛిన్న విలువలతో పనిచేస్తాయి. దీని అర్థ రేఖీయ IC లోని ఒక భాగం ఏదైనా విలువను మరియు అవుట్‌పుట్ (నిర్గమం) మరొక విలువకు తీసుకోగలదు. రేఖీయ IC లను సాధారణంగా ఆడియో మరియు రేడియో ఫ్రీక్వెన్సీ (పౌనఃపున్య వర్ధనము) ఆంప్లిఫికేషన్‌లో ఉపయోగిస్తారు.

10.8 సంసర్గవ్యవస్థలు (COMMUNICATION SYSTEMS)

పరిచయము

మాటలాడుట వలన, వ్రాయుట వలన లేదా వేరేదైనా యానకము సహాయముతో సమాచారమును మార్పు చేయు ప్రక్రియనే సంసర్గం వ్యవస్థ అనబడును.

ఈ ప్రపంచములో జీవరాశుల పుట్టుక నుండి సంసర్గ వ్యవస్థ కలదు. విజ్ఞానము మరియు సాంకేతము అభివృద్ధి అనునది స్థానిక ప్రతికూలత సమర్థవంతముగా తొలగింపబడినది. ఈ భూమిలో ఏచోట నుండియైనా ఒక వ్యక్తి నుండి మరొక వ్యక్తికి సమాచారమును పంపవచ్చును. అత్యుత్తమ విజ్ఞానశాస్త్రవేత్తలు అయిన జె.సి. బోస్ (J.C. Bose), జి.మార్కోని (G. Marconi) మరియు అలెగ్జాండర్ గ్రాహంబెల్ (Alexander Graham Bell) వంటి వారిచే సంసర్గములో (communication) చేయబడిన పరిశోధన నుండి సంసర్గ వ్యవస్థ అధిక అభివృద్ధి చెందినది. సంసర్గ పరిశ్రమ చాలా పెద్ద సంస్థ మరియు టెలిగ్రాఫ్ (1844), టెలిఫోన్ (1876) మరియు రేడియో (1887) ద్వారా శతాబ్దములకు మునుపే ప్రారంభించినందువలన ఇది చాలా పురాతనమైనది.

19వ శతాబ్దపు మధ్య మరియు చివరిలో చేయబడిన తీవ్ర పరిశోధన అనునది తక్కువ కాలములో అత్యధిక దూర ప్రసారం అభివృద్ధికి దారి తీసినది. అయినను, 20వ శతాబ్దము అనునది వేగము మరియు సురక్షితమైన దత్తాంశ ప్రసారం పూర్తి చేయు విధముగా సంసర్గము అత్యధిక అభివృద్ధి పొందియున్నది. ఈ విభాగములో ఎలక్ట్రానిక్ సంసర్గ వ్యవస్థ యొక్క ప్రాథమిక భావనలు, కొన్ని ముఖ్య సంసర్గ వ్యవస్థలు మరియు వాటి అనువర్తనములు చూడవచ్చును.

10.9 మాడ్యులేషన్ (MODULATION)

తక్కువ దూరమునకు సమాచారం ప్రసారం చేయుటకు క్లిష్టమైన సాంకేతములు అవసరము లేదు. సమాచార సంకేతము యొక్క శక్తియే ప్రత్యక్ష ప్రసారమునకు సరిపోవును. అయినను వినికిడి పౌనఃపున్య వ్యాప్తిలో (20 నుండి 20,000 Hz) గల ఒక సమాచారము ప్రపంచము పూర్తిగా అధిక

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 250 10-03-2023 16:54:53

దూరము ప్రసారం చేయవలయుననిన ఎటువంటి నష్టము లేకుండా ప్రసారము చేయుటకు కొన్ని సాంకేతములు అవసరమగును.

అత్యధిక దూర ప్రసారమునకు తక్కువ పౌనఃపున్యము కలిగిన బేస్‌బ్యాండ్ సంకేతము మీద అధ్యారోపణము (**baseband signal**) మాడ్యులేషన్ అనబడు విధానము ప్రకారము అధిక పౌనఃపున్యము కలిగిన రేడియో సంకేతము మీద అధ్యారోపణం చేయబడును. అందువలన మాడ్యులేషన్ విధానములో బేస్‌బ్యాండ్ సంకేతము (baseband signal) తీసుకొని పోవుటకు అధిక పౌనఃపున్యము కలిగిన సంకేతము వాహక సంకేతము (carrier signal) ఉపయోగించబడుచున్నది.

వాహక సంకేతము (carrier signal) యొక్క పౌనఃపున్యము చాలా అధికముగా యుండుట వలన, దానిని తక్కువ క్షీణతతో అధిక దూరమునకు ప్రసరణ చేయవచ్చును. సాధారణముగా వాహక సంకేతము అనునది ఒక సైను (sine) తరంగ సంకేతము అగును.

ఒక జ్యావ క్రీయ వాహక తరంగము (sinusoidal carrier wave) ను $e_c = E_c \sin(2\pi\nu_c t + \phi)$ అని గుర్తించవచ్చును. ఇచ్చట E_c అనునది డోలన పరిమితి ν_c అనునది పౌనఃపున్యము మరియు ϕ అనునది t అను క్షణ కాలములో వాహక తరంగము యొక్క ప్రారంభ దశ అగును.

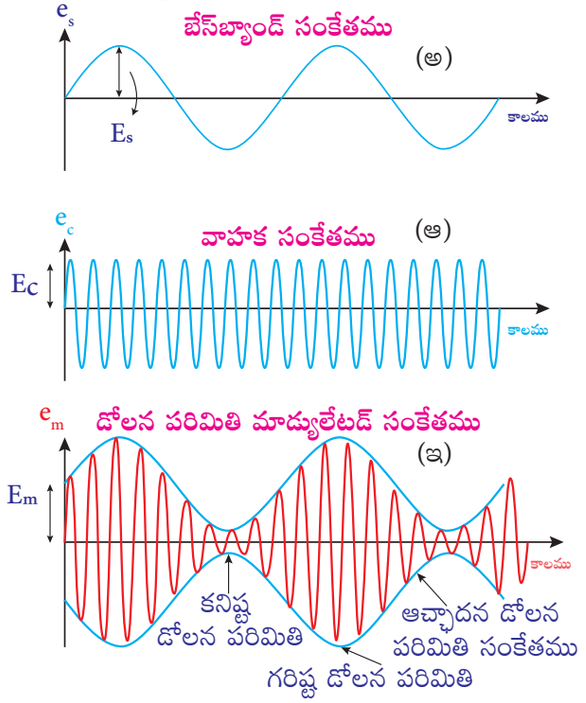
వాహక తరంగము యొక్క మూడు ధర్మములు మాడ్యులేషన్ చేయునపుడు బేస్‌బ్యాండ్ సంకేతముచే మార్చవచ్చును. అవి: వాహక తరంగముల యొక్క డోలన పరిమితి, పౌనఃపున్యము మరియు దశ అగును.

అనుగుణముగా మనకు లభించునది (i) డోలన పరిమితి మాడ్యులేషన్ (ii) పౌనఃపున్య మాడ్యులేషన్ మరియు (iii) దశ మాడ్యులేషన్

10.9.1 డోలన పరిమితి మాడ్యులేషన్ (AMPLITUDE MODULATION (AM))

బేస్‌బ్యాండ్ సంకేతము యొక్క తక్షణ డోలన పరిమితికి తగినట్లు వాహక సంకేతము యొక్క డోలన పరిమితి అనుగుణముగా మార్పు చేసినట్లయితే అది డోలన పరిమితి మాడ్యులేషన్ అనబడును. ఇచ్చట వాహక సంకేతము యొక్క పౌనఃపున్యము మరియు దశ మార్పు లేకున్నది. డోలన పరిమితి మాడ్యులేషన్ అనునది రేడియో మరియు దూరదర్శిని ప్రసారములో ఉపయోగపడును.

పటము 1.50 (అ)లో సమాచారమును తీసుకొనిపోవు బేస్‌బ్యాండ్ సంకేతము చూపబడియున్నది. పటము 10.50 (ఆ)లో అధిక పౌనఃపున్య వాహక సంకేతము మరియు పటము 10.50 (ఇ)లో డోలన పరిమితి మాడ్యులేషన్ సంకేతము ఇవ్వబడియున్నది. బేస్‌బ్యాండ్ సంకేతము యొక్క డోలన పరిమితికి తగినట్లుగా వాహక తరంగము డోలన పరిమితి మార్పు చేయుట గమనించవచ్చును.



పటము 10.50 డోలన పరిమితి మాడ్యులేషన్ అ) బేస్‌బ్యాండ్ సంకేతము, ఆ) వాహక సంకేతము, ఇ) మాడ్యులేటర్ సంకేతము

డోలన పరిమితి మాడ్యులేషన్ యొక్కప్రయోజనములు (Advantages of AM)

i) సులభమైన ప్రసారం మరియు సంగ్రహణ
ii) తక్కువ పట్టీ వెడల్పు కావలయును.
iii) చౌక ధర

డోలన పరిమితి యొక్క పరిమితులు (Limitations of AM)

i) ఘోష స్థాయి అధికము
ii) ఫలోత్పాదక శక్తి తక్కువ
iii) తక్కువ వ్యాప్తిలో పనిచేయును.

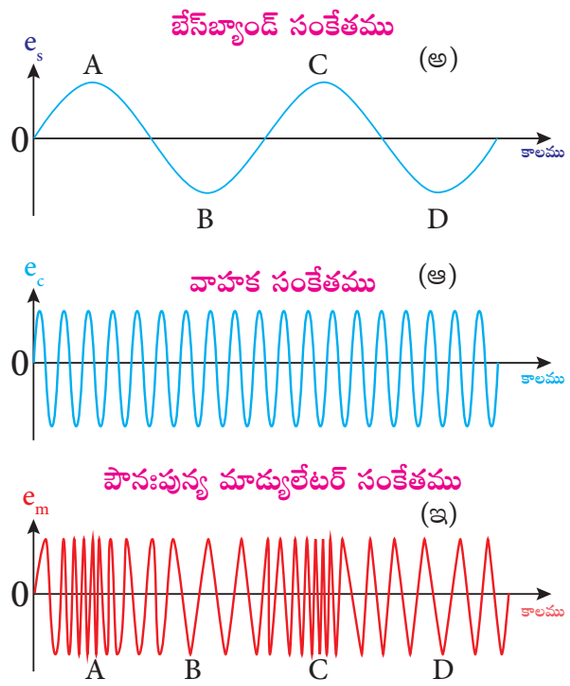
CVSF6

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 251 10-03-2023 16:54:54

10.9.2 పౌనఃపున్య మాడ్యులేషన్ FREQUENCY MODULATION (FM)

పౌనఃపున్య మాడ్యులేషన్‌లో బేస్‌బ్యాండ్ సంకేతము తక్షణ డోలన పరిమితికి తగినట్లుగా వాహక సంకేతము మార్పుచేయబడుచున్నది. ఇచ్చట వాహక సంకేతము యొక్క డోలన పరిమితి మరియు దశ మార్పులేకుండ యుండును.

బేస్‌బ్యాండ్ సంకేతము యొక్క డోలన పరిమితి అధికరించుట వలన వాహక సంకేతము యొక్క పౌనఃపున్యము అధికరించును మరియు దాని విపర్యయమగును (vice versa) పటము 10.51లో చూపిన విధముగా ఇది మాడ్యులేషన్ అయిన తరంగము యొక్క పౌనఃపున్య వర్ణపటములో సాంద్రీకరణములు, విరళీకరణములు ఏర్పరచును. గట్టి సంకేతములు సాంద్రీకరణములను; బలహీనత గల సంకేతములు విరళీకరణములు ఏర్పరచుచున్నది.



పటము 10.51 పౌనఃపున్య మాడ్యులేషన్
అ) బేస్‌బ్యాండ్ సంకేతము ఆ) వాహక సంకేతము
ఇ) పౌనఃపున్య మాడ్యులేటర్ సంకేతము

బేస్‌బ్యాండ్ సంకేతము డోలనపరిమితి శూన్యముగా యున్నప్పుడు (పటము 10.51 (అ)) మాడ్యులేటర్ సంకేతము పౌనఃపున్యము వాహక సంకేత పౌనఃపున్యమునకు సమానమగును. బేస్‌బ్యాండ్ సంకేతము డోలన పరిమితి ధనాత్మక దిశలో (A, C) అధికరించినపుడు మాడ్యులేటర్ తరంగము యొక్క పౌనఃపున్యము అధికరించును. ఋణాత్మక అర్ధ చక్రములో (B, D) డోలన పరిమితి అధికరించినపుడు మాడ్యులేటర్ తరంగము యొక్క పౌనఃపున్యము తక్కువగును. (పటము 10.50(ఇ)).

బేస్‌బ్యాండ్ సంకేతము యొక్క పౌనఃపున్యము శూన్యముగా యున్నప్పుడు (నివేశ సంకేతము లేనపుడు) వాహక తరంగ పౌనఃపున్యములో మార్పు లేకుండా దాని సాధారణ పౌనఃపున్యములో యున్నది. దానిని మధ్య పౌనఃపున్యము లేదా నిశ్చల పౌనఃపున్యము (**centre frequency or resting frequency**) అని పిలువవచ్చును. ఆచరణాత్మకంగా ఇదియే FM ప్రసారానికి కేటాయించిన పౌనఃపున్యమగును.

పౌనఃపున్య మాడ్యులేషన్ యొక్క ప్రయోజనములు

i) FMలో ఘోష చాలా తక్కువ. ఈ కారణముగా సంకేతము ఘోష నిష్పత్తి అధికరించును.

ii) పనిచేయు వ్యాప్తి చాలా అధికము.

iii) ప్రసార సామర్థ్యము పూర్తిగా ఉపయోగపడుట వలన ప్రసార ఫలోత్పాదక చాలా అధికము.

iv) FM బాండ్ పట్టిక విస్తృతమైనది. మానవునిచే వినగలిగిన పౌనఃపున్య వ్యాప్తి పూర్తిగా కలిగియుండును. దీని వలన AM రేడియోతో పోల్చునప్పుడు FM రేడియో మంచి ఫలోత్పాదకత కలిగియున్నది.

పౌనఃపున్య మాడ్యులేషన్ యొక్క పరిమితులు:

i) FM నకు చాలా విస్తృత ఛానల్ కావలయును.

ii) FM ప్రసారిణి మరియు గ్రాహకాలు (స్వీకర్త) చాలా క్లిష్టమైనవి మరియు ధర అధికముగా యుండును.

iii) AM తో పోల్చునపుడు సంగ్రహణానికి వైశాల్యము FM లో తక్కువగా యుండును.

10.9.3 దశ మాడ్యులేషన్ (PHASE MODULATION (PM)

దశ మాడ్యులేషన్‌లో బేస్‌బ్యాండ్ సంకేతము యొక్క తక్షణ డోలన పరిమితి వాహక సంకేతము యొక్క దశను మార్చును మరియు వాహక సంకేతము యొక్క డోలన పరిమితి మరియు పౌనఃపున్యములలో మార్పుయుండదు. ఈ మాడ్యులేషన్ పౌనఃపున్య మాడ్యులేటర్ సంకేతము ఏర్పరచుటకు ఉపయోగపడును. ఇది పౌనఃపున్య మాడ్యులేషన్ వంటిదే అగును. కాని వాహక తరంగ

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 252 10-03-2023 16:54:54

పౌనఃపున్యమును మార్చుటకు బదులుగా ఇచ్చట వాహక తరంగ దశ మార్చబడును.

10.10 ఎలక్ట్రానిక్ సంసర్గ వ్యవస్థలోని అంశాలు (THE ELEMENTS OF AN ELECTRONIC COMMUNICATION SYSTEM)

సంసర్గ వ్యవస్థలో ఎలక్ట్రానిక్స్ ముఖ్యపాత్ర వహించుచున్నది. ఎలక్ట్రానిక్ సంసర్గమనునది ఒక యానకము ద్వారా ధ్వని, వచనం, చిత్రము లేదా దత్తాంశము ప్రసారం చేయుట అగును. చాలా దూర ప్రసారమునకు శూన్య యానకమును ఉపయోగించవచ్చును.

పటము 10.52లో చూపబడినన ఖండ రూప పటము (block diagram) ద్వారా ప్రాథమిక సంసర్గ వ్యవస్థ యొక్క అంశములు వివరించబడియున్నవి.

i) సమాచారం (బేస్‌బ్యాండ్ లేదా నివేశ సంకేతము)

సమాచారము అనునది సందేశం, సంగీతం, చిత్రములు లేదా కంప్యూటర్ దత్తాంశము వంటి రూపములో యుండవచ్చును. ఈ సమాచారమునునది శక్తి రూపాంతరణి (Transducer) కు నివేశముగా ఇవ్వబడును.

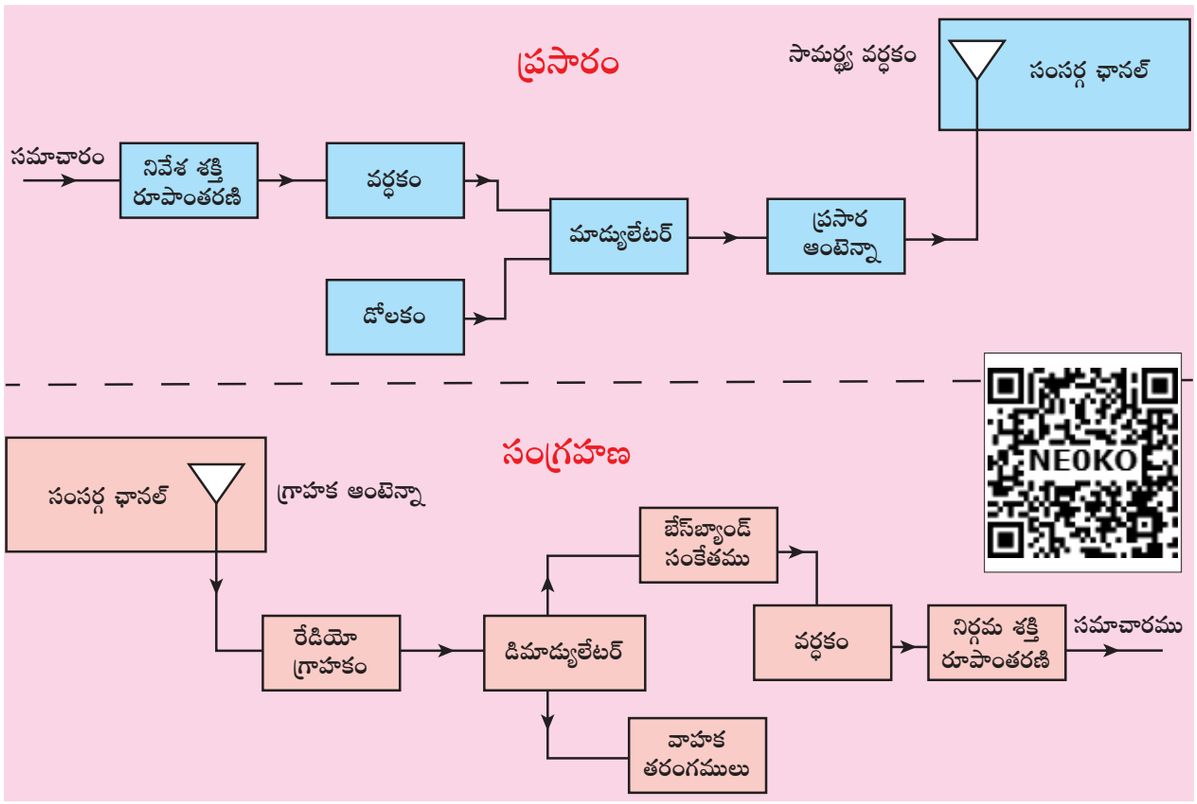
ii) నివేశ శక్తి రూపాంతరణి

సంసర్గ వ్యవస్థలో శక్తి రూపాంతరణి అనునది ధ్వని, సంగీతం, చిత్రములు లేదా కంప్యూటర్ దత్తాంశము రూపములో యున్న సమాచారం దానికి అనుగుణమైన విద్యుత్ సంకేతముగా మార్చును.

అసలైన సమాచారమునకు సమానమైన విద్యుత్ సంకేతమనునది బేస్‌బ్యాండ్ సంకేతము అనబడును. ధ్వని శక్తి విద్యుత్ శక్తిగా మార్చు మైక్రోఫోన్ శక్తి రూపాంతరణికి ఒక మంచి ఉదాహరణమగును.

iii) ప్రసారిణి (Transmitter)

ప్రసారిణి అనునది శక్తి రూపాంతరణి నుండి వచ్చు విద్యుత్ సంకేతమును సంసర్గ ఛానల్‌కు ఇవ్వబడుచున్నది. ఇది వర్ధక డోలకం (Oscillator), మాడ్యులేటర్ మరియు సామర్థ్య వర్ధకము వంటి వలయములను కలిగియున్నది. ప్రసారిణి ప్రసారణ కేంద్రములో యుండును.



పటము 10.52 స్వర సంకేత ప్రసార మరియు సంగ్రహణ యొక్క ఖండ రూప పటము

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 253 10-03-2023 16:54:55

వర్ధకం (Amplifier): శక్తి రూపాంతరణి నిర్గమ చాలా బలహీనముగా యుండుట వలన, అది వర్ధకముచే వృద్ధీకరించబడును.

డోలకం (Oscillator): అంతరిక్షములో అధిక దూరము ప్రసారము కొరకు అధిక పౌనఃపున్యము గల వాహక తరంగములు జ్యావక్రీయ (asinusoidal wave) తరంగములు ఇది ఏర్పరచును. తరంగము యొక్క శక్తి దాని పౌనఃపున్యమునకు అనులోమానుపాతములో యుండుట వలన, వాహక తరంగము చాలా అధిక శక్తి కలిగియున్నది.

మాడ్యులేటర్ (Modulator): ఇది బేస్‌బ్యాండ్ సంకేతమును వాహక సంకేతముపై అధ్యారోపణము చేసి మాడ్యులేటర్ సంకేతము ఏర్పరచును.

సామర్థ్య వర్ధకం (Power amplifier): ఇది చాలా దూరమునకు పోవు విధముగా విద్యుత్ సంకేతముల సామర్థ్యము కొలత అధికరించును.

iv) ప్రసార ఆంటెన్నా (Transmitting antenna)

ఇది రేడియో సంకేతములను వెలుపలికి అన్ని దిశలలో ప్రసరణ చేయును. ఇది విద్యుదయస్కాంత తరంగ రూపములో కాంతి వేగముతో ప్రయాణించును

v) సంసర్గ ఛానల్ (Communication channel)

సంసర్గఛానల్ ప్రసారిణి నుండి గ్రాహకమునకు తక్కువ ఘోష విద్యుత్ సంకేతము ప్రసారమునకు సహాయపడును. తీగ ద్వారా సంసర్గ వ్యవస్థ నందు తీగలు, కేబుల్, దృక్ తంతువు వంటి యానకములు ఉపయోగించబడుచున్నది. తీగలు లేని సంసర్గ వ్యవస్థ అనునది అంతరిక్ష సంసర్గ యానకముగా ఉపయోగింపబడుచున్నది.

vi) గ్రాహకం (Receiver)

సంసర్గ యానకము ద్వారా ప్రసారం చేయబడిన సంకేతము ఒక గ్రాహకం ఆంటెన్నా ద్వారా గ్రాహకం అయి విద్యుదయస్కాంత తరంగములు రేడియో పౌనఃపున్య సంకేతముగా మార్చి గ్రాహకంనకు ఇవ్వబడుచున్నది.

గ్రాహకం అనునది ఎలక్ట్రానిక్ వలయములు అయిన డీమాడ్యులేటర్, వర్ధకం మొదలగునవి కలిగియుండును. మాడ్యులేటర్ అనునది మాడ్యులేటర్ సంకేతము నుండి బేస్‌బ్యాండ్ సంకేతము వేరుచేసి, బేస్‌బ్యాండ్ సంకేతము వర్ధకములను ఉపయోగించి వృద్ధీకరించబడును. చివరకు దీనిని నిర్గమ శక్తి రూపాంతరణికి ఇవ్వబడును.

vii) రిపీటర్‌లు (Repeaters)

రిపీటర్‌లు సంకేతములు పంపించు వ్యాప్తి లేదా దూరము అధికరించుటకు సహాయపడును. ఇది ప్రసారిణి మరియు గ్రాహకం కలయిక అగును. సంకేతములు గ్రాహకం, వర్ధనం మరియు వేర్వేరు పౌనఃపున్యము కలిగిన వాహక సంకేతము మూలముగా మళ్ళి పోవు స్థలమునకు పంపించబడును. అంతరిక్షములో గల సంసర్గ ఉపగ్రహములు ఒక మంచి ఉదాహరణ అగును.

viii) నిర్గమ శక్తి రూపాంతరణి (Output transducer)

ఇది విద్యుత్ సంకేతములను మళ్ళి దాని ప్రారంభ రూపమైన ధ్వని, సంగీతము, చిత్రములు లేదా దత్తాంశముగా మార్చును. లౌడ్ స్పీకర్లు, పిక్చర్ ట్యూబ్‌లు, కంప్యూటర్ మానిటర్ వంటివి నిర్గమ శక్తి రూపాంతరణికి ఉదాహరణలుఅగును.

10.10.1 ఎలక్ట్రానిక్ సంసర్గ వ్యవస్థ యొక్క ప్రాథమిక నిర్వచనములు (BASIC DEFINITIONS IN ELECTRONIC COMMUNICATION SYSTEM)

ఎలక్ట్రానిక్ సంసర్గ వ్యవస్థలు గూర్చి బాగుగా అర్థము చేసుకొనుటకు క్రింద వచ్చు ప్రాథమిక నిర్వచనములు గూర్చి తెలుసుకొనుట చాలా అవసరము.

i) వ్యాప్తి (Range)

ఇది ప్రసార జనకం మరియు తగినంత బలముతో సంకేతము చేరు గమ్యస్థానం మధ్య గల గరిష్ట దూరమగును.

ii) ఘోష (Noise)

ఇది ప్రసారిణి సంకేతములో జోక్యం చేసుకొను అవాంఛనీయ విద్యుత్ సంకేతమగును. ఘోష అనునది ప్రసార సంకేతము యొక్క నాణ్యత తక్కువగును. ఇది మానవునిచే ఏర్పరచబడు వ్యవస్థలు (ఆటోమొబైల్స్, వెల్డింగ్ యంత్రములు, విద్యుత్ మోటార్లు మొదలగునవి) లేదా ప్రకృతి ప్రభావాలు (మెరుపులు, సూర్యుడు మరియు నక్షత్రముల నుండి వచ్చు వికిరణము మరియు పర్యావరణ ప్రభావము మొదలగునవి) ఉండవచ్చును. ఘోషను పూర్తిగా తొలగించుటకు వీలుకాదు. అయినను అనేక సాంకేతికతను ఉపయోగించి దీనిని సరిచేయవచ్చును.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 254 10-03-2023 16:54:55

iii) క్షీణనం (Attenuation)

ఒక వాహకము ద్వారా ప్రసారం చేయునపుడు సంకేత బలంలో ఏర్పడు నష్టాన్ని క్షీణనం అంటారు.

iv) పట్టీ వెడల్పు (Bandwidth)

స్వర, సంగీతం, చిత్రము వంటి బేస్‌బ్యాండ్ సంకేతములు లేదా సమాచార సంకేతము యొక్క పౌనఃపున్య వ్యాప్తి పట్టీ వెడల్పు అనబడును. ν_1 మరియు ν_2 అనబడు ఒక సంకేతము యొక్క తక్కువ మరియు ఉన్నత పౌనఃపున్య హద్దులు అయిన పట్టీ వెడల్పు $BW = \nu_2 - \nu_1$ అగును.

v) ప్రసార వ్యవస్థ యొక్క పట్టీ వెడల్పు (Bandwidth of transmission system)

ఒక నిర్ణీత ఛానల్‌లో నిర్ణీత సమాచార భాగమును ప్రసారము చేయుటకు కావలసిన పౌనఃపున్య వ్యాప్తి యనునది ఛానల్ యొక్క పట్టీ వెడల్పు (Channel band width) లేదా ప్రసార వ్యవస్థ యొక్క పట్టీ వెడల్పు అనబడును.

10.11 విద్యుదయస్కాంత తరంగాల వ్యాపనం (PROPAGATION OF ELECTROMAGNETIC WAVES)

ప్రసారిణిచే ప్రసారమగు విద్యుదయస్కాంత తరంగము దాని పౌనఃపున్య వ్యాప్తికి అనుగుణముగా మూడు వేర్వేరు విధములుగా ప్రయాణము చేయును.

అవి:

- భూ తరంగ వ్యాపనము లేదా ఉపరితల తరంగ వ్యాపనము (సుమారు 2 kHz నుండి 2 MHz)
- అంతరిక్ష తరంగ వ్యాపనము లేదా అయనోస్ఫెరిక్ వ్యాపనము (సుమారు 3 MHz నుండి 30 MHz)
- ఆకాశ తరంగ వ్యాపనము (సుమారు 30 MHz నుండి 400 GHz)

i) భూతరంగ వ్యాపనము (Ground wave propagation)

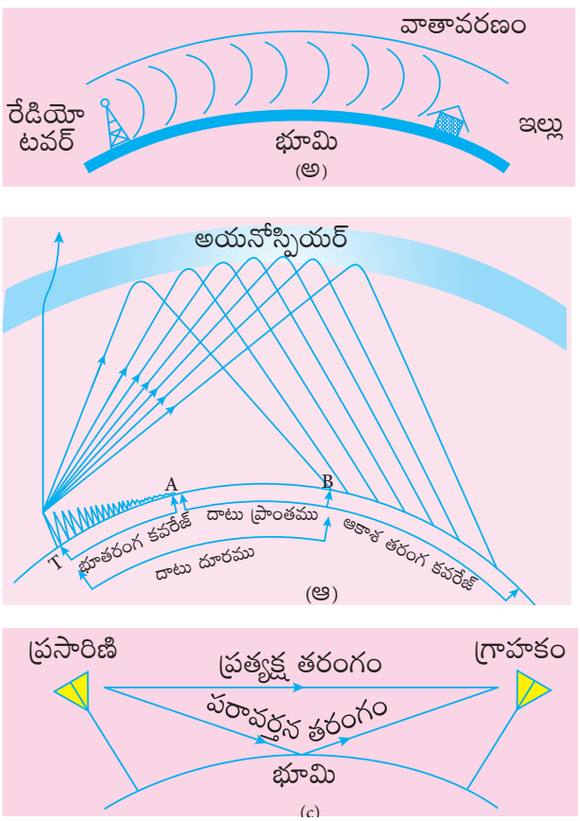
ప్రసారిణిచే ప్రసారం చేయబడిన విద్యుదయస్కాంత తరంగములు గ్రాహకం చేరడానికి భూమి యొక్క ఉపరితలము తాకుతూ ప్రయాణించిన, ఈ వ్యాపనమును భూతరంగ వ్యాపనము అనబడును. ఈ సంబంధిత తరంగములను భూతరంగములు లేదా ఉపరితల తరంగములు అనబడును. ఈ చిత్ర ప్రాతినిధ్యాలు 10.53(అ)లో చూపబడియున్నది. ఇచ్చట ప్రసరణ మరియు గ్రాహక ఆంటెన్నాలు రెండును భూమికి దగ్గరలో యుండవలయును.

ఇది ముఖ్యముగా స్థానిక ప్రసారణ రేడియో సహాయముతో సముద్ర ప్రయాణం, ఓడ నుండి ఓడకు మరియు ఓడ నుండి సముద్ర తీర ప్రాంత సంసర్గము మరియు మొబైల్ సంసర్గములో ఉపయోగపడును.

ii) ఆకాశ తరంగ వ్యాపనము (Sky wave propagation)

ఆంటెన్నా నుండి అధిక కోణములో నిట్టనిలువుగా వికిరణము చేయబడిన విద్యుదయస్కాంత తరంగములు మళ్ళీ భూమి మైపు అయనోస్ఫియర్‌చే పరావర్తనము చేయబడుచున్నది. ఈ విధమైన వ్యాపనను ఆకాశ తరంగ వ్యాపన అనబడును. ఈ సంబంధిత తరంగములు ఆకాశ తరంగములు అనబడును. (పటము 10.53(అ))

అయనోస్ఫియర్ ఒక పరావర్తన తలముగా పనిచేయును. ఇవి సుమారుగా 50కి.మీలో ప్రారంభమై



పటము 10.53 విద్యుదయస్కాంత తరంగముల వ్యాపనము (అ) భూతరంగములు (ఆ) ఆకాశ తరంగములు (ఇ) అంతరిక్ష తరంగము

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 255 10-03-2023 16:54:55

భూఉపరితలము పైన 400కి.మీ వరకు వ్యాపిస్తుంది. సూర్యుని నుండి వచ్చు అతినీలలోహిత కిరణములు విశ్వకిరణములు α, β కిరణముల వంటి అధిక శక్తి వికిరణములు శోషించబడుట వలన అయనోస్ఫియర్‌లో గల వాయు అణువులు అయనీకరణము చేయబడును. ఇది ఆవేశపు అయానులను ఏర్పరచి ఆ అయానులు రేడియో తరంగములు లేదా సంసర్గ తరంగములు (అనుమతించిన పౌనఃపున్య వ్యాప్తిలో) భూమికి త్రిప్పి పరావర్తనము చెందు యానకమును ఏర్పరచును. రేడియో తరంగములు భూమి వైపు తిరిగి వంగు దృగ్విషయము సంపూర్ణాంతర పరావర్తనము అగును.

అయనోస్ఫియర్‌లో పతనకోణ విలువ అధికరించునపుడు, ఆకాశ తరంగమనునది ప్రసారిణి నుండి చాలా దూరములో గల భూ పై భాగము వైపు వచ్చుట ప్రారంభమగును. పతనకోణం విలువ మరింత తగ్గించునపుడు రేడియో తరంగములు అయనోస్ఫియర్‌ను చొచ్చుకొని వెలుపలికి వచ్చును. ఒక నిర్ణీత పతన కోణ విలువ సంగ్రహణ బిందువు (B) అనునది ప్రసారిణి నుండి కనిష్ట దూరములో కనబడును. ప్రసారిణికి, భూతలమును చేరు ఆకాశ తరంగము యొక్క గ్రాహక బిందువునకు మధ్యలో గల కనిష్ట దూరమును దాటు దూరము (skip distance) అని పేరు.

ప్రసారిణి నుండి దాటి పోవునపుడు భూతరంగము యొక్క గ్రాహకం క్షీణనం ప్రారంభమవుతుంది. ఒక నిర్ణీత బిందువు (A)లో ఎటువంటి భూతరంగ గ్రాహకం యుండదు. భూతరంగము మరియు ఆకాశ తరంగము రెండు అయస్కాంత తరంగముల యొక్క గ్రాహకం లేని ఒక నిర్ణీత మండలము (ప్రాంతము)నకు (A మరియు B బిందువులకు మధ్యలో) దాటు మండలము లేదా దాటు ప్రాంతము అని పేరు. ఇది పటము 10.53 (ఆ)లో చూపబడియున్నది.

iii) అంతరిక్ష తరంగ వ్యాపనము (Space wave propagation)

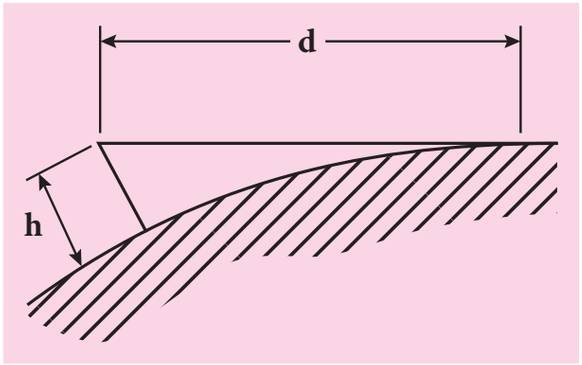
సమాచార సంకేతమును అంతరిక్షము ద్వారా పంపు మరియు పొందు విధానమునే అంతరిక్ష తరంగ వ్యాపనము అనబడును (పటము 10.53(ఇ)) 30 MHz కు పైగా అధికమైన పౌనఃపున్యము కలిగిన విద్యుదయస్కాంత తరంగములు అంతరిక్ష తరంగములు అనబడును. ఈ తరంగములు ప్రసారిణి నుండి గ్రాహమునకు సరళ రేఖలో ప్రయాణము చేయును. అందువలన ఇవి సరళరేఖ దృష్టి సంసర్గమునకు (LOS) ఉపయోగపడును.

దూరదర్శిని ప్రసారణ, ఉపగ్రహములు సంసర్గ మరియు రేడార్ వంటి సంసర్గ వ్యవస్థలు అంతరిక్ష తరంగ వ్యాపనము ఆధారితముగా కలిగియున్నది.

కవరేజీలో ఏర్పడు వ్యాప్తి లేదా దూరము (d) అనునది ఆంటెన్నా యొక్క ఎత్తుపై ఆధారపడియుండును. దీని సమీకరణము (h),

$$d = \sqrt{2Rh} \qquad (10.9)$$

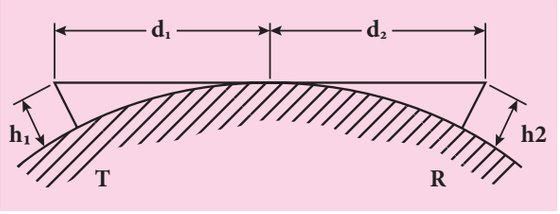
ఇచ్చట R అనునది భూమి యొక్క వ్యాసార్ధము అగును. పటము 10.54లో కవరేజి చెందు దూరము ప్రదర్శించబడియున్నది.



పటము 10.54 కవరేజీ దూరము

ఉదాహరణ 10.12

ఒక ప్రసారిణి ఆంటెన్నా ఎత్తు 40మీ మరియు గ్రాహక ఆంటెన్నా 30మీ ఎత్తు యున్నది. వాటి మధ్యలో సరళరేఖ దృష్టి సంసర్గమునకు గల గరిష్ట దూరము ఎంత? భూమి వ్యాసార్ధము 6.4×10^{6} m



పటము:

ప్రసారిణి మరియు గ్రాహక ఆంటెన్నాలకు మధ్యయున్న మొత్తం దూరము d అనునది విడివిడి కవరేజ్ యొక్క కూడికకు సమానమగును.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 256 10-03-2023 16:54:57

$$
\begin{aligned}
d &= d_1 + d_2 \\
&= \sqrt{2Rh_1} + \sqrt{2Rh_2} \\
&= \sqrt{2R}\left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}\right) \\
&= \sqrt{2\times 6.4\times 10^6}\times\left(\sqrt{40} + \sqrt{30}\right) \\
&= 16\times 10^2\sqrt{5}\times(6.32 + 5.48) \\
&= 42217\,\text{m} = 42.217\,\text{km}
\end{aligned}
$$

10.12 కొన్ని ముఖ్య సంసర్గ వ్యవస్థలు (SOME IMPORTANT COMMUNICATION SYSTEMS)

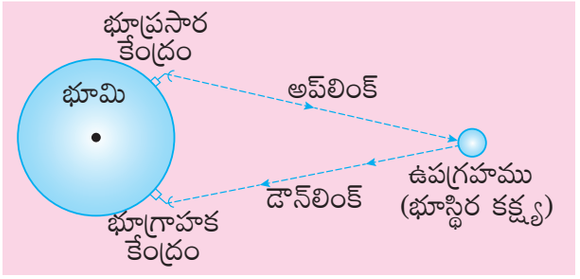
వేర్వేరు అవసరములకు తగినట్లు అనేక విధములైన సంసర్గ వ్యవస్థలు సంతలో కనబడుచున్నది. ఇచ్చట కొన్ని ముఖ్య సంసర్గ వ్యవస్థలు పరిచయము చేయబడి వాటి యొక్క ప్రయోజనములు సూక్ష్మముగా చర్చించబడినది.

10.12.1 ఉపగ్రహములు మరియు ఉపగ్రహ సంసర్గము

ఉపగ్రహ సంసర్గము అనునది ఉపగ్రహముల ద్వారా ప్రసారిణి మరియు గ్రాహకం మధ్య సంకేతముల ప్రసారం సంసర్గము యొక్క ఒక రకమగును. సందేశ సంకేతాన్ని భూ నివాసము నుండి ఆకాశములో నిలిపియున్న ఉపగ్రహములకు అప్‌లింక్ (uplink) (పౌనఃపున్య పట్టి 6GHz) మూలముగా ప్రసారం చేయబడును, తరువాత అచ్చటున్న ట్రాన్స్‌పొండర్ (transponder) అను పరికరముచే వర్ధకం చేయబడి డౌన్‌లింక్ (downlink) (పౌనఃపున్య పట్టి 4 GHz) మూలముగా మరొక భూ నివాసమునకు మళ్ళి ప్రసారము చేయబడును. (పటము 10.55.)

అనువర్తనములు

ఉపగ్రహములు అనునవి వాటి అనువర్తనములు బట్టి అనేక రకములుగా విభజించబడియున్నది.





పటము 10.55 ఉపగ్రహ సంసర్గ వ్యవస్థ

i) **వాతావరణ ఉపగ్రహములు:** ఇవి భూమి యొక్క వాతావరణ మరియు వాతావరణ పరిస్థితి పర్యవేక్షణకు ఉపయోగపడును. మేఘముల ద్రవ్యరాశి కొలుచుట వలన వర్షము, అపాయకరమైన హరికేను లాంటి తుఫానులు, సుడిగాలులు అంచనా వేయడానికి ఈ ఉపగ్రహములు మనకు సహాయపడును.

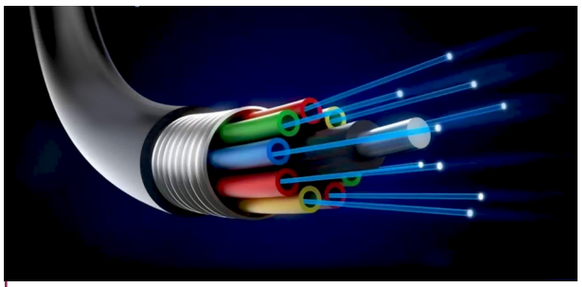
ii) **సంసర్గ ఉపగ్రహములు:** ఇవి దూరదర్శిని, రేడియో, అంతర్జాల సంకేతములు ప్రసారము చేయుటకు ఉపయోగపడును. అత్యధిక దూరముల సంసర్గమునకు ఒకటి కంటే అధికముగా గల ఉపగ్రహములు ఉపయోగింపబడుతున్నది.

iii) **నావిగేషన్ ఉపగ్రహములు:** ఓడలు, విమానములు లేదా వేరేదైనా వస్తువు యొక్క భౌగోళిక స్థానము తెలుసుకొను పనులలో ఇవి పనిచేయును.

10.12.2 దృశా తంతు సంసర్గము (FIBRE OPTIC COMMUNICATION)

ఒక చోట నుండి మరొక చోటకు దృశా తంతువు ద్వారా కాంతి స్పందనల మూలముగా సమాచార ప్రసారణ విధానమును దృశా తంతు సంసర్గము అనబడును. ఇది మొత్తం అంతర పరావర్తన తత్త్వము ఆధారముగా పనిచేయును.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 257 10-03-2023 16:55:04



పటము 10.56 దృశా తరంగము

అనువర్తనములు

దృశా తంతువు వ్యవస్థ అనేక అనువర్తనములను కలిగియున్నది. అవి అంతర్జాతీయ సంసర్గము, పట్టణముల మధ్య సంసర్గము, దత్తాంశ వలయము, పరిశ్రమ మరియు ట్రాఫిక్ నియంత్రణ మరియు రక్షణ అనువర్తనములు.

యోగ్యతలు (Merits)

i) దృశా తంతు కేబుల్స్ చాలా సన్నగా, రాగి కేబుల్ కన్నా తక్కువ బరువు కలిగినది.

ii) ఈ వ్యవస్థ చాలా అధిక పట్టి వెడల్పు కలిగియుండును. దీని అర్థము సమాచారము తీసుకొని పోవు సామర్థ్యము అధికమనబడును.

iii) దృశా తంతు వ్యవస్థ విద్యుత్ అంతరాయముల వలన బాధింపు ఏర్పడుటలేదు.

iv) రాగి కేబుల్ కన్నా దృశా తంతు కేబుల్ ఖరీదు తక్కువ.

లోపాలు (Demerits)

i) రాగి తీగలతో పోల్చునపుడు దృశా తంతు కేబుల్ చాలా పెళుసుగా యుండును.

ii) దీని సాంకేతిక విజ్ఞానము ఖరీదైనది.

10.12.3 రేడార్ మరియు అనువర్తనములు (RADAR AND APPLICATIONS)

రేడార్ (RADAR) అనునది (Radio Detection And Ranging System) యొక్క సూక్ష్మ రూపం అగును. ఇది సంసర్గ వ్యవస్థ అనువర్తనములో ఒక ముఖ్యమైనది అగును. ఎయిర్‌క్రాఫ్ట్, ఓడలు, అంతరిక్ష క్రాఫ్ట్ వంటి సుదూర వస్తువులను కనుగొనుటకు ఉపయోగపడును. మన కంటికి కనబడని వస్తువుల కోణము, దూరము మరియు దిశా వేగమును రేడార్ మూలముగా తెలుసుకొనవచ్చును.

రేడార్ అనునది సంసర్గమునకు విద్యుదయస్కాంత తరంగములను ఉపయోగించబడుచున్నది. మొదట విద్యుదయస్కాంత సంకేతము ఆంటెన్నా అంతరిక్షములో అన్ని దిశలలోను వికిరణము చేయబడును. ఒక నిర్ణీత లక్ష్య వస్తువు మీద ఢీకొను సంకేతము పరావర్తనము చెంది అన్ని దిశలకు మళ్ళీ వికిరణము చెందును. ఈ పరావర్తనము చెందిన సంకేతములు రేడార్ ఆంటెన్నా మూలముగా పొంది గ్రాహకమునకు ఇవ్వబడును. తరువాత అది ప్రాసెస్ చేయబడి వర్ధకము చేసి భౌగోళిక గణాంకములు కనుగొనబడును. సంకేతమనునది రేడార్ నుండి లక్ష్య వస్తువులను చేరి మరలా తిరిగి వచ్చు కాలమును లెక్కించి లక్ష్యము యొక్క వ్యాప్తి కనుగొనబడుచున్నది.

అనువర్తనములు

రాడార్‌లు అనేక రంగములో ఉపయోగపడుచున్నవి.

i) సేనా సంబంధిత లక్ష్యముల స్థానమును చూచుటకు, తెలుసుకొనుటకు ఉపయోగపడును.

ii) ఓడలు మూలముగా సముద్ర ఉపరితలములో వెతుకుట, ఆకాశములో వెతుకుట మరియు క్షిపణి మార్గదర్శక వ్యవస్థ వంటి మార్గదర్శక వ్యవస్థలలో ఉపయోగపడుచున్నది.

iii) వర్షము కురియు నిష్పత్తి మరియు గాలి వేగము మొదలగువాటిని లెక్కించి, వాతావరణ పరిశీలనలో రాడార్ ఉపయోగపడుచున్నది.

iv) అత్యవసర పరిస్థితులలో ప్రజల స్థావరములను కనుగొని వారిని రక్షించుపనిలో సహాయపడుతుంది.

10.12.4 చరవాణి సంసర్గం (MOBILE COMMUNICATION)

చరవాణి సంసర్గమనునది తీగలు లేదా కేబుల్ వంటి ఏ సంబంధము లేకుండా వేర్వేరు స్థానములలో యున్నవారికి అందించుటకు సహాయపడుతుంది. అధికమైన వైశాల్యమునకు తీగలు కలయిక లేకుండా ప్రసారం అనుమతించును. గృహము, కార్యాలయము వంటి నిర్ణీత ప్రదేశములో నుండి మాత్రమే కాక, ఏ చోటనుండియైన వేరేవారితో సంభాషించుటకు దారి

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 258 10-03-2023 16:55:04

తీయును, సుదూర ప్రాంతములలో సంసర్గ సౌకర్యము ఏర్పరచును.



పటము 10.57 చరవాణి సంసర్గము

ఇది రోమింగ్ (roaming) సౌకర్యమును ఇచ్చును అనగా సంసర్గం రాజీ లేకుండా, ఉపయోగించు వ్యక్తి ఒక చోట నుండి మరొక చోటుకి కదలవచ్చును. ఈ సంసర్గ వలయ వ్యవస్థ సంస్థాపన మరియు నిర్వహణకు అగు ఖర్చు తక్కువగా ఉండును.

అనువర్తనములు

i) ఇవి వ్యక్తిగత సంసర్గమునకు ఉపయోగపడును మరియు చరవాణిలకు అధిక వేగముతో స్వర మరియు దత్తాంశం అనుసంధానమును ఇచ్చును.

ii) భూగోళం పూర్తిగా కొన్ని సెకనులలో వార్తలను ప్రసారం చేయవచ్చును.

iii) అంతర్జాలము ద్వారా వస్తువులను ఉపయోగించు (Internet of Things – IoT) విధానములో ఒక పరికరము మూలముగా వేర్వేరు పరికరములను నియంత్రించుట సాధ్యమగును. ఉదాహరణకు చరవాణి ఉపయోగించి, గృహములో యంత్రములు వాడవచ్చును.

iv) ఇది విద్యా రంగములో ఆధునిక వసతులతో కూడిన తరగతులు, ఆన్‌లైన్ మూలముగా పాఠమునకు సంబంధించిన విషయాలు పొందవచ్చును. విద్యార్థుల కార్యాచరణ, పర్యవేక్షణ వంటి వాటిలో ఉపయోగపడును.

10.12.5 అంతర్జాలము (INTERNET)

అంతర్జాలము అనునది సంసర్గ వ్యవస్థలో బహుముఖ సాధనములతో అభివృద్ధి చెందుతున్న ఒక సాంకేతిక విజ్ఞానము అగును. ఇది ప్రజలతో సంకర్షణ (Interact) చేయుటకు క్రొత్త మార్గములను ఇచ్చుచున్నది. అంతర్జాలము అనునది లక్షల ప్రజలను కంప్యూటర్ ద్వారా కలుపును. ప్రపంచ స్థాయిలో అంగీకరించబడిన చాలా పెద్ద నెట్‌వర్క్ వ్యవస్థ అగును. ఇది జీవితము యొక్క అన్ని జీవన దారులలోను విస్తృతమైన ప్రయోజనములు కలిగియున్నది.

అనువర్తనములు

i) **శోధన యంత్రము :** ప్రపంచ వ్యాప్త అంతర్జాలములలో సమాచారము వెతుకుటకు ఉపయోగపడు అంతర్జాల సంబంధిత సేవ పరికరమును శోధన యంత్రము అంటారు.

ii) **సంసర్గం :** ఇ-మెయిల్, తక్షణ సందేశ సేవలు మరియు సామాజిక నెట్‌వర్క్ మూలంగా లక్షలాది ప్రజలు ఒకటిగా కలయుటకు అంతర్జాలము సహాయపడును.

iii) **ఇ-కామర్స్:** ఎలక్ట్రానిక్ నెట్‌వర్క్ మూలంగా వస్తువులు కొనుగోలు, అమ్మడం, సేవలు పొందుట మరియు నిధుల బదిలీ వంటి పనులలో అంతర్జాలము ఉపయోగపడును.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 259 10-03-2023 16:55:04

సారాంశము

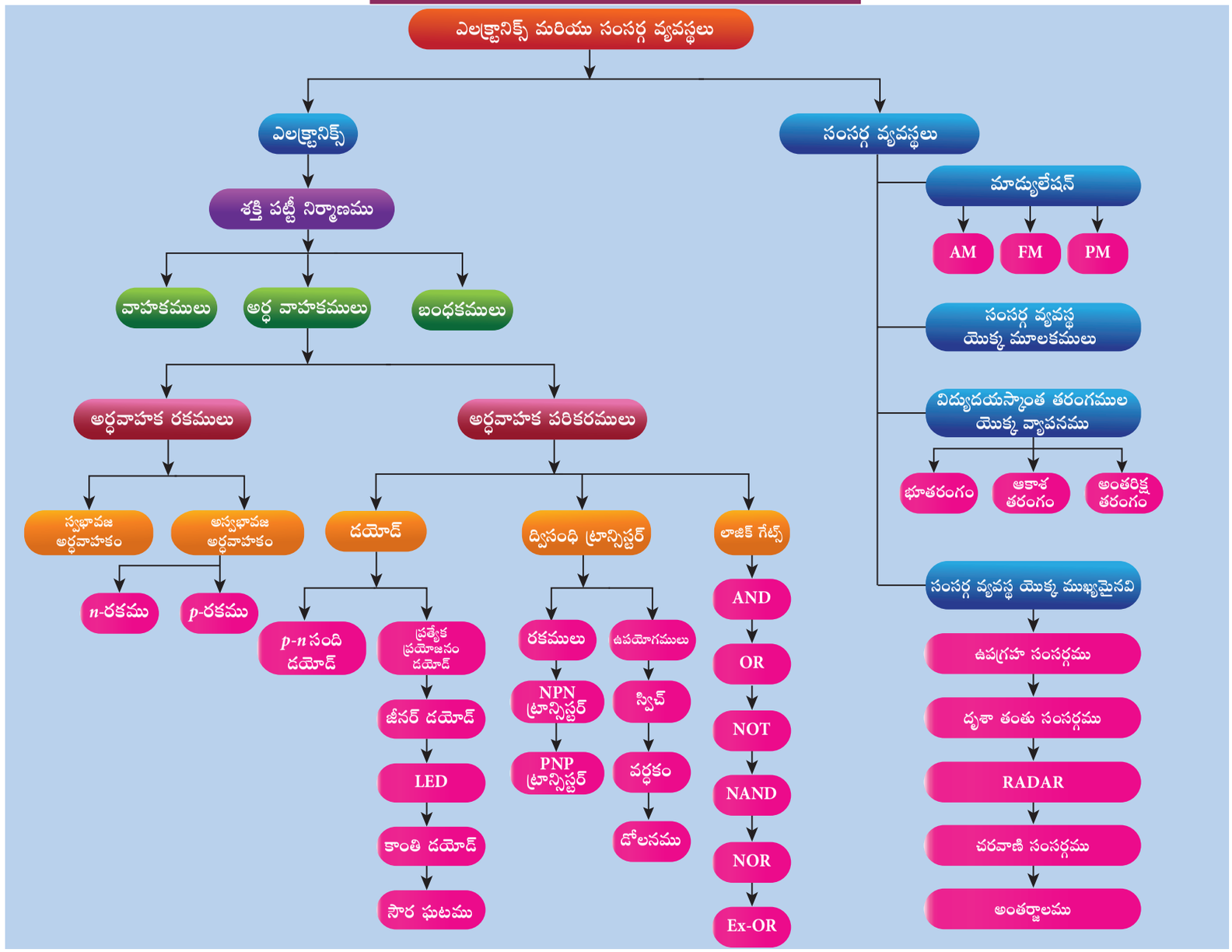
- ఘనపదార్థములలో గల శక్తి పట్టీలు మూలముగా అవి వాహకములు, బంధకములు మరియు అర్ధ వాహకములుగా వర్గీకరింపబడుచున్నది.
- N-రకపు అర్ధవాహకములో ఎలక్ట్రానులు అధిక సంఖ్యాక వాహకాలుగాను, రంధ్రములు అల్ప సంఖ్యాక వాహకాలుగా యున్నవి.
- P-రకపు అర్ధవాహకములో రంధ్రములు అధిక సంఖ్యాక వాహకాలుగాను, ఎలక్ట్రానులు అల్ప సంఖ్యాక వాహకాలుగా యున్నవి.
- సంధికి దగ్గరలో ఆవేశములులేని (స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు మరియు రంధ్రములు) పలుచని ప్రాంతము లేమి (depletion) ప్రాంతం అనబడును.
- PN సంధి డయోడ్ పురోబయాస్‌గా ఉన్నప్పుడు లేమి ప్రాంతం (depletion region) వెడల్పు తగ్గి, ఆవేశములు ప్రవహింపచేయును.
- PN సంధి డయోడ్ తిరో బయోస్‌గా ఉన్నప్పుడు తెరచిన కీగా పనిచేసి ఆవేశములను ప్రవహింపచేయదు. లేమి ప్రాంతము (depletion region) వెడల్పు అధికరించును.
- పురోబయాస్‌లో ఉన్న PN సంధి డయోడ్ ఏకధిక్కరిణి (rectifier) గా పనిచేయును. ఏకాంతర విద్యుత్ శక్మము లేదా ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహమును ప్రత్యక్ష ఓల్టేజి లేదా ప్రత్యక్ష విద్యుత్ ప్రవాహము మార్చు విధానమునే ధిక్కరిణి అంటారు.
- అర్ధ తరంగ ఏక ధిక్కరిణి నివేశ సంకేతము యొక్క అర్ధ తరంగము మాత్రమే ఏక ధిక్కరణము గావించి ఒక స్పందనాయుత (pulsating) DC నిర్గమమును జనిపింపజేస్తుంది.
- పూర్తి తరంగ ధిక్కరిణి నివేశము యొక్క రెండు అర్ధ తరంగములను ఏకధిక్కారంగావించును.
- చాలా బలమైన విద్యుత్ క్షేత్రము ఇచ్చునప్పుడు జెనార్ భంజనము (breakdown) అధిక పరిమాణము మాధీకరణము (doped) చేయబడిన PN సంధి డయోడ్‌లో జరుగును.
- అనలాగ్ బ్రేక్‌డౌన్ తక్కువ మాధీకరణము చాలా విస్తృత లేమి (డిప్లీషన్) ప్రాంతములో జరుగును. ఉష్ణముచే ఏర్పరచబడిన మైనారిటి వాహకముచే సమయోజనీయ బంధము (covalent bonds) ను విడ గొట్టునపుడు ఇది జరుగును.
- జెనార్ డయోడ్ అనునది చాలా అధికముగా మాధీకరణము చెంది తిరోగామ బయాస్ నిబంధనలో పనిచేయు PN సంధి డయోడ్ అగును.
- కాంతి ఉద్గార డయోడ్ అనునది దృశ్య లేదా అదృశ్య కాంతి ఉద్గారము పురో బయాస్ అర్ధవాహక పరికరమగును. అధిక సంఖ్యాక వాహకాలు తన ప్రాంతములో ప్రవేశించు అల్ప సంఖ్య వాహకాలతో పునఃసంయోగము చెందుట వలన శక్తియనునది ఫోటాన్ రూపములో ఉద్గారమగును.
- కాంతి సంకేతములను విద్యుత్ సంకేతములుగా మార్చు PN సంధి డయోడ్ కాంతి డయోడ్ అనబడును.
- సరిపోవు శక్తి కలిగిన ఫోటాను డయోడ్ మీద పడినపుడు ఎలక్ట్రాన్ రంధ్ర జతను ఏర్పరచును. ఈ ఎలక్ట్రానులు రంధ్రములు పునఃసంయోగము చెందుటకు మునుపే తిరో బయాస్‌చే ఏర్పరచబడిన విద్యుత్ క్షేత్రముచే సంధికి అడ్డుగా జరుపబడి, దానిచే కాంతి విద్యుత్ ఉత్పత్తి చేయబడుచున్నది.
- సౌర ఘటమును కాంతి వోల్టాయిక్ ఘటము అని పిలుస్తారు. ఇది కాంతి ఓల్టాయిక్ ఫలితము ఆధారముగా పనిచేస్తుంది. అదేవిధంగా p-n సంధిపై సౌర వికిరణాలు పతనమైనపుడు, సౌర ఘటము విచాబ ను ఉత్పత్తి చేస్తుంది.
- ద్విధృవ సంధి ట్రాన్సిస్టర్ (BJT) అనునది అర్ధ వాహక పరికరము అగును. NPN మరియు PNP అను రెండు రకములు కలవు.
- ఒక BJT కి మూడు అనుసంధానములు కలవు. అవి: ఉమ్మడి ఆధారము, ఉమ్మడి ఉద్గారము మరియు ఉమ్మడి సేకరిణి.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 260 10-03-2023 16:55:05

- ఉమ్మడి ఆధార అనుసంధానములో పురో విద్యుత్ ప్రవాహ వృద్ధి α అనునది సేకరణ విద్యుత్ మరియు ఉద్గారణ విద్యుత్ యొక్క నిష్పత్తి అగును.
- ఉమ్మడి ఉద్గారణ అనుసంధానములో పురో విద్యుత్ ప్రవాహ వృద్ధి β అనునది సేకరిణి విద్యుత్ ప్రవాహము మరియు ఆధార విద్యుత్ ప్రవాహము యొక్క నిష్పత్తి అగును.
- ఉమ్మడి ఉద్గార అనుసంధానములో గల ట్రాన్సిస్టర్ అనునది వర్ధకముగా పనిచేయును. ఇంకను వర్ధకము చేయబడిన నిర్గమ సంకేతమునకు, నివేశ సంకేతమునకు మధ్యలో 180^0 దశా భేదము ఏర్పడును.
- ఒక టాంక్ వలయము మరియు ధనాత్మక పునరావేశము కలిగిన ఒక ట్రాన్సిస్టర్ వర్ధకము డోలనాకారిగా పనిచేయును.
- తర్కద్వారము (లాజిక్ గేట్) అనునది ఉమ్మడి నివేశములకు తగినట్లు నిర్గమాన్ని ఇచ్చు లాజిక్ వలయములు అగును.
- డీమార్గాన్ మొదటి సిద్ధాంతము ప్రకారము రెండు లాజిక్ నివేశముల మొత్తము యొక్క పూరకము అనునది వాటి పూరకముల లబ్ధమునకు సమానము.
- డిమార్గన్ రెండవ సిద్ధాంతము ప్రకారము రెండు నివేశ లబ్ధముల పూరకము అనునది వాటి పూరకముల మొత్తమునకు సమానమగును.
- సదూరమునకు విద్యుదయస్కాంత తరంగములను ఉపయోగించి ఒక సంకేతమును ప్రసారం గ్రాహకమునకు కావలసిన ప్రాథమిక మూలకములు శక్తి రూపాంతరిణి, వర్ధకము, వాహక సంకేతము, మాడ్యులేటరు, సామర్థ్య వర్ధక ప్రసారణ యానకము, ప్రసారిణి మరియు గ్రాహక ఆంటెన్నా, డిమాడ్యులేటర్ డిటెక్టర్
- సుదూర ప్రసారణకు బేస్‌బ్యాండ్ సంకేతము వాహక తరంగముతో మాడ్యులేటడ్ చేయబడుతుంది.
- బేస్‌బ్యాండ్ సంకేతము యొక్క తక్షణ డోలన పరిమితికి తగినట్లు వాహక సంకేతము యొక్క డోలన పరిమితి మార్పు చేసిన అది డోలన పరిమితి మాడ్యులేషన్ అనబడును.
- పౌనఃపున్య మాడ్యులేషన్‌లో, బేస్‌బ్యాండ్ సంకేతము యొక్క తక్షణ డోలన పరిమితికి తగినట్లు వాహక సంకేతము యొక్క పౌనఃపున్యము మార్చబడును.
- దశా మాడ్యులేషన్‌లో బేస్‌బ్యాండ్ సంకేతము యొక్క తక్షణ డోలన పరిమితి వాహక సంకేతము యొక్క దశ మార్పు చేయును మరియు వాహక తరంగము యొక్క డోలన పరిమితి మరియు పౌనఃపున్యము స్థిరముగా యుండును.
- ప్రసారిణిచే ప్రసారము చేయబడిన విద్యుదయస్కాంత తరంగములు గ్రాహకం చేయుటకు భూమి యొక్క ఉపరితలము తాకుతూ పోయినయెడల, ఈ వ్యాపనమును భూతరంగ వ్యాపనము అంటారు.
- ఆంటెన్నా నుండి అధిక కోణములో పై వైపు వికిరణము చేయబడిన విద్యుదయస్కాంత తరంగములు మరలా భూమి వైపు అయనోస్ఫియర్‌చే పరావర్తనము చెందుచున్నవి. ఈ విధమైన వ్యాపనము ఆకాశ తరంగ వ్యాపనము అనబడును.
- సమాచార సంకేతమును ఆకాశము ద్వారా పంపించు మరియు పొందు విధానమును ఆకాశ తరంగ వ్యాపనము అనబడును.
- ఉపగ్రహ సంసర్గమనునది ఉపగ్రహముల ద్వారా ప్రసారిణి మరియు గ్రాహకం మధ్య సంకేతములను మార్చుకొను ఒక రకమైన సంసర్గమగును.
- ఒక ప్రదేశము నుండి మరొక ప్రదేశమునకు దృశ్య తంతువు ద్వారా కాంతి స్పందన మూలముగా సమాచారం ప్రసరణ చేయు విధానమును దృశా తంతు సంసర్గమనబడును.
- రేడార్ (Radar) అనునది Radio Detection and Ranging యొక్క సూక్ష్మ రూపమగును. ఇది సంసర్గ వ్యవస్థ యొక్క అనువర్తనములలో ఒక ముఖ్యమైనదగును.
- చరవాణి సంసర్గమనునది తీగలు లేదా కేబుల్ లాంటి ఎటువంటి సంబంధము లేకుండా వేర్వేరు స్థానములో యున్నవారితో సంసర్గము చేయుటకు సహాయపడును.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 261 10-03-2023 16:55:05

భావన పటము



12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 262 10-03-2023 16:55:06

మూల్యాంకనము

I. సరియైన సమాధానమును ఎన్నుకొని వ్రాయుము

1. ఒక సిలికాన్ డయోడ్ యొక్క శక్మావరోధం ఇంచుమించుగా

అ) 0.7 V ఆ) 0.3V ఇ) 2.0 V ఈ) 2.2V

2. జిర్మేనియం స్ఫటికమునకు స్వల్ప మోతాదులో ఆంటిమొని (Sb) ని కలిపినపుడు ఏమి జరుగుతుంది.

అ) అది స్వచ్ఛమైన అర్ధవాహకంగా మార్పు చెందుతుంది.

ఆ) ఆంటిమొని ఒక గ్రహిత పరమాణువును మార్పు చెందుతుంది.

ఇ) అర్ధవాహంణు రంధ్రముల కంటే అత్యధిక స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్‌లు ఏర్పడుతాయి.

ఈ) దాని నిరోధము పెరుగుతుంది.

3. బయాస్‌కాని *p-n* సంధిలో, *p*-ప్రాంతములో యున్న అధిక భాగ ఆవేశ వాహకాలు (అనగా రంధ్రములు) *n*-ప్రాంతములో వేగంగా చేరుటకు కారణము.

అ) *p-n* సంధికి అడ్డుగాయున్న విద్యుత్ శక్మభేదము

ఆ) *n*-ప్రాంతంలో యున్నదానికన్నా *p*-ప్రాంతంలో యున్న రంధ్రముల గాఢత ఎక్కువ

ఇ) *n*-ప్రాంతంలో గల స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్‌ల యొక్క ఆకర్షణ

ఈ) *p*- ప్రాంతంలో ఉన్న దానికన్నా, *n*-ప్రాంతంలో యున్న ఎలక్ట్రాన్‌ల యొక్క గాఢత ఎక్కువ

4. ఒక ధనాత్మక అర్ధ తరంగ ధిక్కరిణిలో సరిదిద్దబడిన విద్యుత్ శక్మము ఒక భార నిరోధకమునకు ఇచ్చినట్లయితే, నివేశ సంకేతము మార్పులో ఏ ప్రాంతములో భార విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రవహించును.

అ) 0^0–90^0 ఆ) 90^0–180^0

ఇ) 0^0–180^0 ఈ) 0^0–360^0

5. జీనర్ డయోడ్ యొక్క ప్రాథమిక ఉపయోగమేది?

అ) ధిక్కరిణి ఆ) వర్ధకం

ఇ) డోలనము ఈ) వోల్టేజి నియంత్రకం

6. సౌర విద్యుత్ ఘటములు ఈ తత్వ్సము ఆధారముగా పనిచేయును

అ) విస్తరించుట

ఆ) పునఃసంయోగము చెందుట

ఇ) కాంతి వోల్టాయిక్ చర్య

ఈ) వాహక ప్రవాహము

7. కాంతి ఉద్గార డయోడ్‌లో కాంతి ఉద్గారమునకు కారణము

అ) ఆవేశ వాహకాలు పునఃసంయోగము చెందుట

ఆ) కటక చర్య వలన ఏర్పడు కాంతి పరావర్తనము

ఇ) సంధిపై పడు కాంతి వర్ధకము

ఈ) అధిక ప్రవాహ సామర్థ్యము

8. *p-n* సంధిలో గల విద్యుత్ శక్మావరోధము i) అర్ధవాహక పదార్థముల రకము ii) మాదీకరణము కొలత iii) ఉష్ణోగ్రతను బట్టి యుండును. క్రింది వాటిలో ఏది సరియైనది? (NEET)

అ) (i) మరియు (ii) మాత్రము

ఆ) (ii) మాత్రము

ఇ) (ii) మరియు (iii) మాత్రము

ఈ) (i) (ii) మరియు (iii)

9. ఒక తరంగ డోలనకారిలో నిరంతరముగా డోలనములు ఏర్పడుటకు

అ) పరిపుష్టి (ఫీడ్‌బాక్) ధనాత్మకముగా యుండవలయును.

ఆ) పరిపుష్టి (ఫీడ్‌బాక్) కారకము ఒకటిగా యుండవలయును.

ఇ) దశ మార్పు శూన్యము లేదా 2π గా ఉండవలయును.

ఈ) పైన చెప్పినవి అన్నియూ

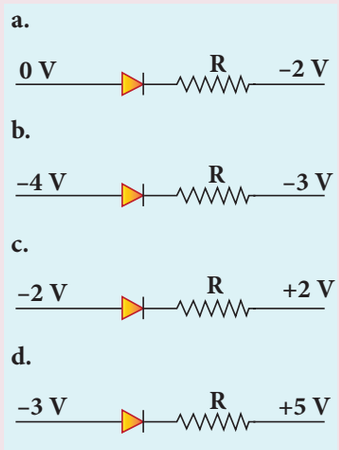
10. ఒక NOT గేట్ యొక్క నివేశము A = 1011 అయిన, దాని నిర్గమమనునది

అ) 0100 ఆ) 1000

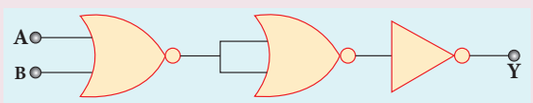
ఇ) 1100 ఈ) 0011

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 263 10-03-2023 16:55:06

11. క్రింది వానిలో ఏది పురో బయాస్ డయోడ్‌ను సూచించును? (NEET)



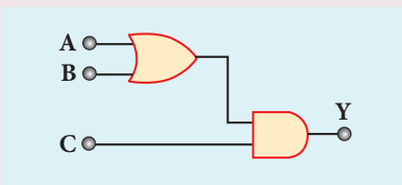
12. క్రిందవున్న విద్యుత్ వలయము ఏ లాజిక్ గేట్‌నకు సమానమైనది? (NEET)



అ) AND గేట్ ఆ) OR గేట్

ఇ) NOR గేట్ ఈ) NOT గేట్

13. క్రింద వున్న విద్యుత్ వలయములో నిర్గమం 1 గా ఉన్నప్పుడు, నివేశము ABC అనునది (NEET)



అ) 101 ఆ) 100

ఇ) 110 ఈ) 010

14. మాడ్యులేటింగ్ సంకేతము యొక్క డోలనపరిమితికి తగినట్లు వాహక తరంగము యొక్క పౌనఃపున్యము మార్పుచేయుట _____ అనబడును.

అ) డోలన పరిమితి మాడ్యులేషన్

ఆ) పౌనఃపున్య మాడ్యులేషన్

ఇ) దశా మాడ్యులేషన్

ఈ) స్పందన వెడల్పు మాడ్యులేషన్

15. 3 MHz నుండి 30 MHz వరకు గల పౌనఃపున్య వ్యాప్తి ఉపయోగపడునది

అ) భూతరంగ వ్యాపనము

ఆ) అంతరిక్ష తరంగ వ్యాపనము

ఇ) ఆకాశ తరంగ వ్యాపనము

ఈ) ఉపగ్రహ సంసర్గము

జవాబులు

1. అ	2. ఇ	3. ఈ	4. ఇ	5. ఈ
6. ఇ	7. అ	8. ఈ	9. ఈ	10. అ
11. అ	12. ఇ	13. అ	14. ఆ	15. ఇ

II. లఘు సమాధాన ప్రశ్నలు

1. నిషిద్ధ శక్తి అంతరం నిర్వచించుము.

2. అర్ధ వాహకముల యొక్క ఉష్ణ నిరోధక గుణకము ఋణాత్మకముగా ఉండుటకు కారణమేమి?

3. మాదీకరణము అనగానేమి?

4. స్వభావజ మరియు అస్వభావజ అర్ధ వాహకములకు మధ్య గల భేదములేవి?

5. ఒక డయోడ్ ఏకదిశాత్మక పరికరము అని పిలువబడుచున్నది – వివరించుము.

6. ఒక డయోడ్‌లో స్యందన (లీకేజి) విద్యుత్ ప్రవాహము అనగానేమి?

7. ఒక పూర్తి తరంగము ఏక ధిక్కరిణి నివేశము మరియు నిర్గమ తరంగ రూపములను గీయుము.

8. ఆకస్మిక భంజనము (Avalanche breakdown) మరియు జెనార్ భంజనం మధ్య గల భేదాలను తెలుపుము.

9. నిరంతర డోలనములకు గల బార్‌కౌసన్ నిబంధనలను తెలుపుము.

10. NPN ట్రాన్సిస్టర్‌లో విద్యుత్ ప్రవాహమును గూర్చి వివరించుము.

11. లాజిక్ గేట్స్ అనగానేమి?

12. ఒక ట్రాన్సిస్టర్ డోలనకారిలో ఫీడ్‌బాక్ వలయమునకు గల అవసరమును వివరించుము.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 264 10-03-2023 16:55:08

13. p-n సంధి లో వ్యాపన లేదా విసరణ విద్యుత్‌పై ఒక లఘు టీకను వ్రాయుము.
14. బయాసింగ్ అనగానేమి? వాటి రకములేవి?
15. ఒకే రకమైన అర్ధవాహక పదార్థముచే చేసినప్పటికి ఒక ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క ఉద్గారము మరియు సేకరిణిలను మార్పు చేసి ఉపయోగించుటకు వీలుకాదు, ఎందులకు?
16. NOR మరియు NAND గేటులు సార్వత్రిక ద్వారాలు (యూనివర్సల్ గేట్స్) అని పిలువబడుచున్నవి, ఎందులకు?
17. శక్మావరోధమును నిర్వచించుము.
18. ఏకధిక్కరణము అనగానేమి?
19. కాంతి ఉద్గార డయోడ్ యొక్క అనువర్తనములు పట్టిక చేయుము.
20. సౌర ఘటముల యొక్క తత్త్వమును తెలుపుము.
21. సమీకృత వలయములు అనునవి ఏవి?
22. మాడ్యులేషన్ అనగానేమి?
23. ఒక ప్రసారణ వ్యవస్థ పట్టీ వెడల్పును నిర్వచించుము.
24. దాటు దూరము (Skip distance) నిర్వచించుము.
25. RADAR అనువర్తనములు ఇమ్ము.
26. చరవాణి సంసర్గమనగానేమి?
27. పౌనఃపున్య మాడ్యులేషన్‌లో మధ్య పౌనఃపున్యము లేదా నిశ్చల పౌనఃపున్యమును వివరించుము.
28. RADAR అనునది దేనిని సూచించును?
29. దృక్‌నార సమాచార వ్యవస్థ మిగిలిన సహచారప్రసార మాధ్యమముల కంటే అత్యధిక ప్రఖ్యాతిని పొందుచున్నది– మి జవాబును సమర్థించండి.

III. దీర్ఘ సమాధాన ప్రశ్నలు

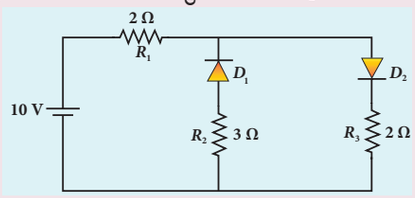
1. n-రకపు అస్వభావజ అర్ధవాహకములు ఏర్పడుటను వివరణగా వ్రాయుము.
2. ఒక P-N సంధి డయోడ్ చలనరహిత ప్రాంతము మరియు విద్యుత్ శక్మావరోధము అనునవి ఏర్పడుటను వివరించుము.
3. ఒక అర్ధ తరంగ ఏక ధిక్కరిణి వలయ పటము గీసి, అది పనిచేయు విధానమును వివరించుము.
4. ఒక పూర్తి తరంగ ఏక ధిక్కరిణి నిర్మాణము మరియు పనిచేయు విధానమును వివరించుము.
5. కాంతి ఉద్గార డయోడ్ అనగానేమి? పనిచేయు తత్త్వమును పట సహాయంతో వివరించుము.
6. కాంతి డయోడ్‌ను గూర్చి జ్ఞాపిక వ్రాయుము.
7. సౌర ఘటము పనిచేయు తత్త్వమును వివరించి, దాని అనువర్తనములను ప్రస్తావించుము.
8. ఉమ్మడి ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క స్థిరమైన లక్షణ చిత్తుపటము గీచి నివేశము మరియు నిర్గమ లక్షణముల యొక్క అవసరమైన భావనలను తెలుపుము.
9. ఒక ట్రాన్సిస్టర్ 'కీ'గా పనిచేయుట వివరించుము.
10. బాగా రూపొందిన విద్యుత్ వలయ పటముతో ట్రాన్సిస్టర్ వర్ధకంగా పనిచేయుటను వివరించుము. నివేశ మరియు నిర్గమ తరంగ రూప చిత్తు పటము గీయుము.
11. క్రింద ఇవ్వబడిన తర్క ద్వారములకి తర్క సంకేతము, తర్క పరిక్రియ, సత్య పట్టిక మరియు బూలియన్ సమీకరణములను తెల్పుము. i) AND గేట్ ii) OR గేట్ iii) NOT గేట్ iv) NAND గేట్ v) NOR గేట్ మరియు vi) NOR గేట్
12. డిమార్గన్ మొదటి మరియు రెండవ సిద్ధాంతములను తెలిపి నిరూపించుము.
13. డోలన పరిమితిని తగిన పటములతో వివరించుము.
14. సంసర్గ వ్యవస్థ యొక్క ప్రాథమిక మూలకములను కావలసిన ఖండ రూప పటముతో వివరించుము.
15. అంతరిక్షము ద్వారా విద్యుదయస్కాంత తరంగముల వ్యాపనములో భూతరంగ వ్యాపనము మరియు అంతరిక్ష వ్యాపనమును వివరించుము.
16. అనేక రకముల సంసర్గములలో దృశా తంతు సంసర్గము శ్రేష్టమైనదిగా ఉండుటను నిరూపించుము.
17. పౌనఃపున్య మాడ్యులేషన్ ప్రయోజనములు మరియు పరిమితులు పట్టికపరచుము.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 265 10-03-2023 16:55:08

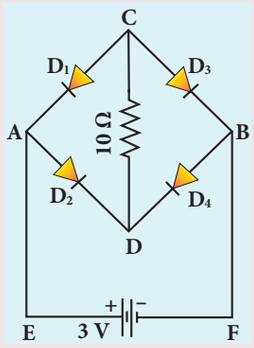
18. ఉపగ్రహ సంసర్గము అనగానేమి? వాటి అనువర్తనములేవి?

IV. సమస్యలు

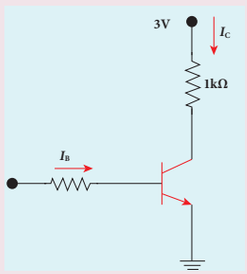
1. ఇవ్వబడిన విద్యుత్ వలయ పటములో రెండు ఆదర్శ డయోడ్‌లు పటములో చూపిన విధముగా సంధానించబడియున్నవి. విద్యుత్ నిరోధము R_1 ద్వారా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహమును లెక్కించుము. [జవాబు: 2.5 A]



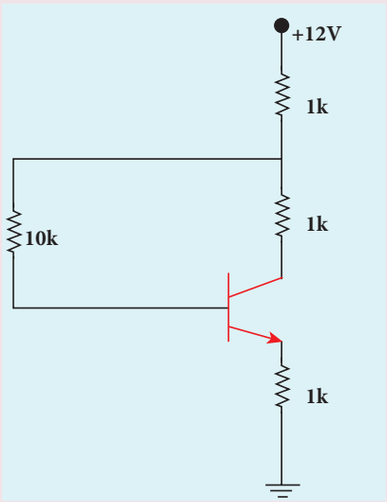
2. క్రింది పటములో ఉన్న విధముగా నాలుగు సిలికాన్ డయోడ్‌లు మరియు ఒక 10 Ω విద్యుత్ నిరోధము సంధానించబడియున్నవి. ఒక్కొక్క డయోడ్ 1Ω విద్యుత్ నిరోధము కలిగియున్నది. 10Ω విద్యుత్ నిరోధము ద్వారా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహమును లెక్కించుము. [జవాబు: 0.13 A]



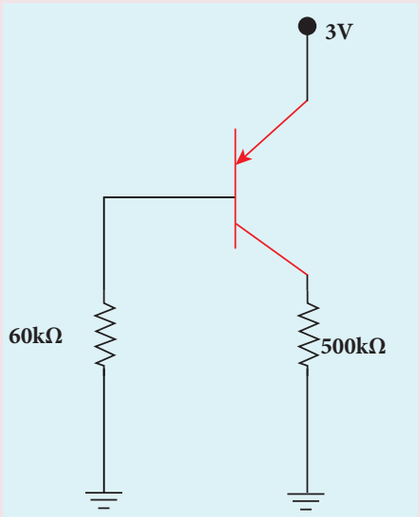
3. V_{CEsat} = 0.2 V మరియు β = 50. అయిన, క్రింద వచ్చు పటములో చూపబడియున్న ట్రాన్సిస్టర్‌ను సంతృప్త ప్రవాహమునకు తీసుకొనిపోవుటకు కావలసిన కనిష్ట ఆధార విద్యుత్ ప్రవాహము (I_B) లెక్కించుము. [జవాబు: 56 μA]



4. $\alpha = 0.99$ మరియు $V_{BE} = 0.7$ V కలిగిన ఒక ట్రాన్సిస్టర్ ఉమ్మడి ఉద్గారిణి వలయములో పటములో చూపిన విధముగా సంధానించబడినది. ట్రాన్సిస్టర్ సంతృప్త స్థాయిలో ఉండిన, సేకరిణి విద్యుత్ ప్రవాహ విలువ కనుగొనుము. [జవాబు: 3.73 mA]



5. క్రింద వచ్చు పటములో చూపబడిన విద్యుత్ వలయములో గల ద్విధ్రువ సంధి ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క విద్యుత్ ప్రవాహ వృద్ధి (β) = 50 ఉద్గారిణి ఆధారము V_{EB} = 600 mV విద్యుత్ ఓల్టేజి కలిగిన ఉద్గారిణి సేకరణి ఓల్టేజి V_{EC} వోల్టులలో లెక్కించుము . [జవాబు: 2 V]

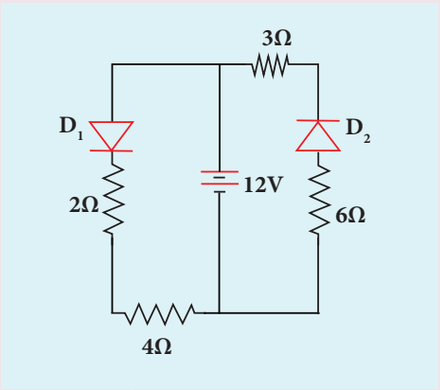


6. క్రింద యున్న విద్యుత్ వలయములో 3Ω మరియు 4Ω విద్యుత్ నిరోధముల ద్వారా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహములను

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 266 10-03-2023 16:55:11

కనుగొనుము. D_1 మరియు D_2 ఆదర్శ డయోడ్‌లు అనుకొనుము.

[జవాబు: 0 మరియు 2A]



7. బూలియన్ బీజగణితము యొక్క నియమములు మరియు సిద్ధాంతములు ఉపయోగించి క్రింద వచ్చు బూలియన్ సమాసములను నిరూపించుము.

i) $(A+B)\,(A+\overline{B}) = A$

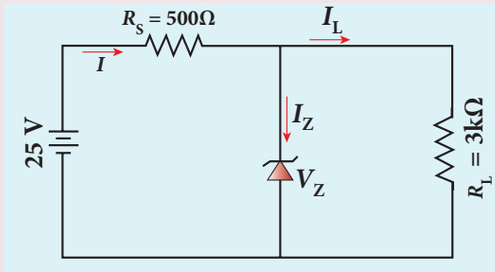
ii) $A(\overline{A}+B) = AB$

iii) $(A+B)\,(A+C) = A+BC$

8. ఇవ్వబడిన బూలియన్ సమీకరణమును సత్యపట్టికను ఉపయోగించి నిరూపించుము $A + \overline{A}B = A + B$.

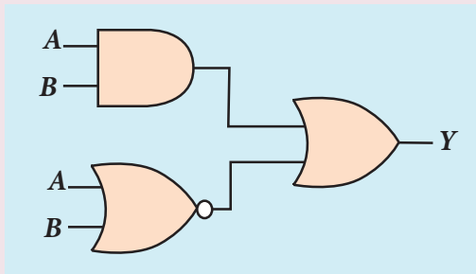
9. క్రింద వచ్చు విద్యుత్ శక్మ నియంత్రణ విద్యుత్ వలయములో 10V బ్రేక్‌డౌన్ శక్మము గల జెనార్ డయోడ్ ఉపయోగించబడియున్నది. భార నిరోధకము ద్వారా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము. మొత్తం ప్రవాహము మరియు డయోడు ద్వారా ప్రవహించు విద్యుత్ ప్రవాహము కనుగొనుము. డయోడ్ ఉజ్జాయింపును ఉపయోగించండి

[జవాబు: 5mA; 20 mA; 15 mA]



10. ఇవ్వబడిన విద్యుత్ వలయములో నిర్గమ Y కి గల బూలియన్ సమీకరణము మరియు సత్య పట్టికను వ్రాయుము

[జవాబు: $Y = (AB)+(\overline{A+B})$]



సూచన గ్రంథములు (BOOK FOR REFERENCES)

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.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 267 10-03-2023 16:55:13

అంతర్జాల కృత్యము

ఎలక్ట్రానిక్స్ మరియు సంసర్గ వ్యవస్థలు

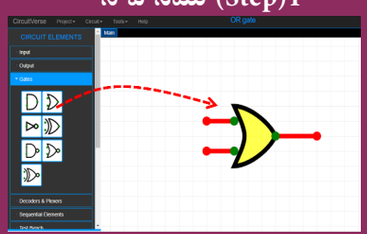
ఉద్దేశము: ఈ కార్యాచరణ మూలముగా విద్యార్థులు (i) లాజిక్ గేటులు ఏర్పరచగలరు (ii) AND, OR, NOT, EX-OR, NAND, మరియు NOR గేట్‌లు యొక్క సత్య పట్టికను సరిచూచెదరు.

శీర్షిక: లాజిక్ గేట్స్

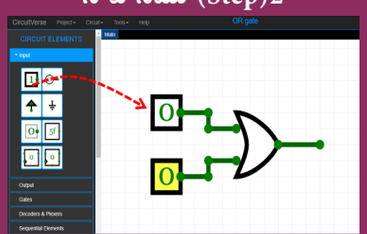
సోపానములు:

- బ్రౌసర్‌ను తెరచి “circuitverse.org/simulator” ను అడ్రస్ బార్ నందు టైప్ చేయండి
- వలయ మూలకములలో యుండు ‘Gates’ అను పదమును క్లిక్ చేయుము. మీరు సరిచూడవలసిన గేట్ ఎన్నుకొని దానిని స్టేజికి లాగండి
- లాజిక్ గేట్లలోని నోడ్స్ వైర్ల ద్వారా అనుసంధానించబడి ఉంటాయి. మౌస్ సహాయంతో నోడ్స్ నుండి డ్రాగ్గర్ ద్వారా వైర్లు గీయవచ్చును.
- నివేశ ట్యాబ్ నుండి నివేశ టూల్ ఎంచుకోండి. లాగండి మరియు రెండు నివేశముగా ఉంచండి.
- నిర్గమ ట్యాబ్ నుండి నిర్గమ టూల్ లేదా డిజిటల్ LED ని ఎంచుకోండి లాగండి మరియు నిర్గమగా ఉంచండి.
- AND, OR, NOT, EX-OR, NAND మరియు NOR గేట్‌ల సత్య పట్టికలను ధృవీకరించండి. మీరు డిమోర్గన్ యొక్క మొదటి మరియు రెండవ సిద్ధాంతాలను సరిచూడుము.

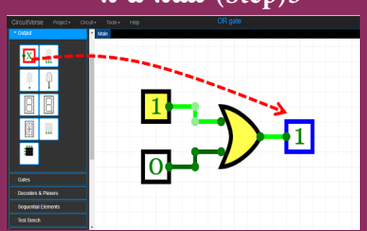
సోపానము (Step)1



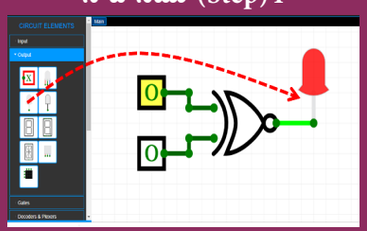
సోపానము (Step)2



సోపానము (Step)3



సోపానము (Step)4



గమనిక:

మీరు మీ ప్రాజెక్ట్‌ను ఆన్‌లైన్‌లో సేవ్ చేయాలనుకుంటే మీ మెయిల్ ఐడి సహాయంతో లాగిన్ అవ్వండి

URL:

https://circuitverse.org/simulator

* చిత్రాలు సూచిక మాత్రమే

* బ్రౌసర్ అవసరమైతే, ఫ్లాష్ ప్లేయర్ లేదా జావా స్క్రిప్ట్ పేజిని లోడ్ చేయడానికి అనుమతించండి.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_10.indd 268 10-03-2023 16:55:13

అధ్యాయము

11

భౌతికశాస్త్రము యొక్క నవీనకాల అభివృద్ధులు

RECENT DEVELOPMENTS IN PHYSICS

కాంతి రెండు విధములుగా వ్యాప్తి చెందుచున్నది. ఒకటి క్రొవ్వొత్తి మరొకటి దానిని పరావర్తనం చెందించు దర్పణము

– ఎడిత్ వార్టన్

అభ్యసన లక్ష్యాలు

ప్రస్తుత పాఠ్యభాగములో విద్యార్థులు ఈ క్రింది అంశములను అభ్యసిస్తారు.

- అన్ని రకముల అభివృద్ధికి భౌతికశాస్త్రము యొక్క ముఖ్యత్వం
- ఇంజనీరింగు మరియు సాంకేతికమునకు ప్రాథమిక కట్టడ నిర్మాణ అంగముగా భౌతికశాస్త్రమున్నది.
- నానో విజ్ఞానము మరియు నానో సాంకేతము
- రోబో శాఖలో భౌతికశాస్త్రము
- రోగ నిర్ధారణ మరియు చికిత్సలో భౌతికశాస్త్ర తత్త్వములు
- భౌతికశాస్త్రము యొక్క నవీనకాల అభివృద్ధులను పరిశోధించుటకు గల పునాది ఉన్నత తరగతులలోని భౌతికశాస్త్రములో యుండుటను తెలియజేయుట
- ఉన్నత విద్యలో యున్న సవాలులకు అనుగుణముగా మరియు నమ్మకముతో ఎదుర్కొనుటకు విద్యార్థులను తయారుచేయుట

XFUH2

11.1 పరిచయము (Introduction)

భౌతికశాస్త్రమనునది పటము 11.1లో చూపిన విధముగా విజ్ఞానము, ఇంజనీరింగు మరియు సాంకేతమునకు ప్రాథమిక నిర్మాణ అంగముగా యున్నది. (XI భౌతికశాస్త్రము 1.3ను చూడుము) వేగముగా అభివృద్ధి చెందుతున్న నానో విజ్ఞానము (Nanoscience) మరియు నానో సాంకేతము, రోబోటిక్స్ (Robotics) మరియు వైద్య రోగ నిర్ధారణ (Medical diagnosis) మరియు చికిత్స వంటి ఈ రంగములో భౌతికశాస్త్రము యొక్క ఉపయోగములను విద్యార్థులు అర్థము చేసుకొను విధముగా క్లుప్తముగా తెలుపబడియున్నది. ఈ అధ్యాయమనునది ఉన్నత తరగతి భౌతికశాస్త్రములో యున్న ముఖ్య భౌతికశాస్త్ర తత్త్వములు సాంకేతిక అభివృద్ధికి పునాదిగా యుండుట బహిర్గతమగుచున్నది. మహోన్నత పాఠశాల స్థాయిలో కావలసిన ప్రాథమిక భౌతికశాస్త్రమును నేర్చుకొనియున్నందువలన విజ్ఞానము, ఇంజనీరింగు, సాంకేతము మరియు వైద్య వంటి అన్ని ఉన్నత విద్య రంగములలోను విద్యార్థులు రాణించుటకు వీలగును అని నమ్మకము కలుగు విధముగా ఈ అధ్యాయము రూపొందించబడినది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 269 27-06-2022 17:58:43



12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 270 27-06-2022 17:58:43

11.2 నానో విజ్ఞానశాస్త్రము మరియు నానో సాంకేతము

11.2.1 నానో విజ్ఞానశాస్త్రము (Nanoscience)

నానో విజ్ఞానశాస్త్రము అనునది 1–100 నానో మీటరు కొలత గల కణములు కలిగిన వస్తువుల యొక్క విజ్ఞానశాస్త్రమగును. నానో అనునది ఒక మీటరులోని బిల్లియన్‌లో ఒక భాగము అనగా 10^{-9}m అగును.

పదార్థములనునవి చిన్న వస్తువులుగా విభజించిన యాంత్రిక, విద్యుత్, దృశ్య, అయస్కాంత మరియు మిగతా ధర్మములు మార్పు జరుగును.

నానో సాంకేతము (Nano Technnology)

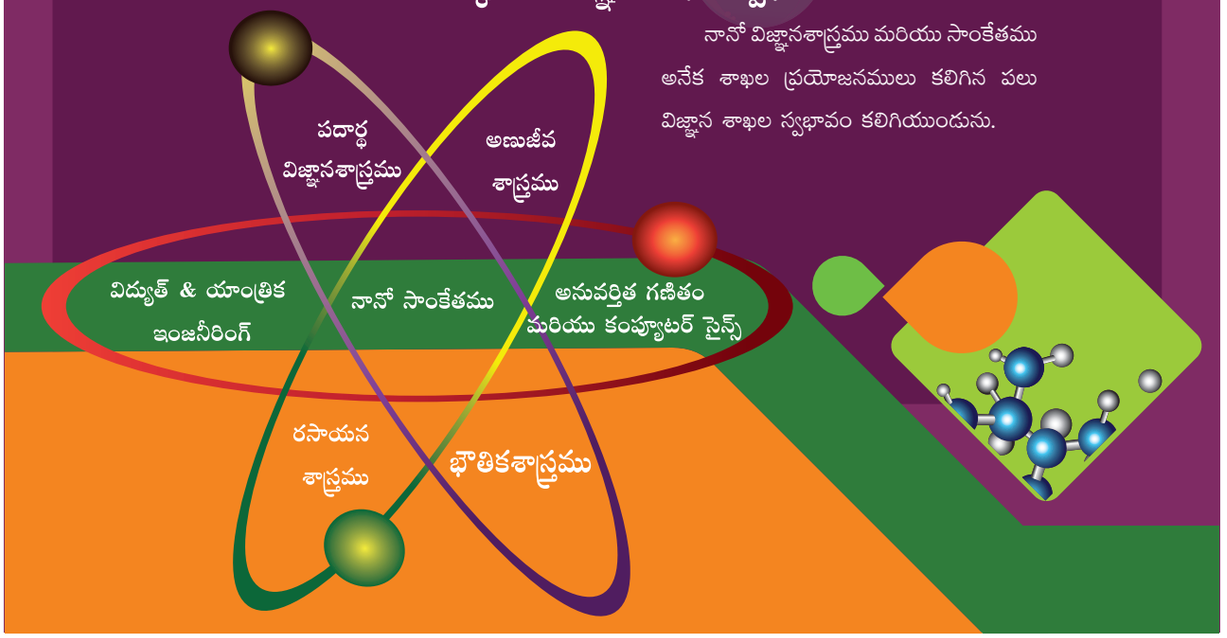
నానో సాంకేతము అనునది నానో కొలతలో గల నిర్మాణాత్మక పదార్థము, ఉత్పత్తి, ధర్మ అంశములు మరియు అనువర్తనాలు వంటివి కలిగిన సాంకేతమగును.

నానో కణములు (Nanoparticles)

ఘన పదార్థములు కణములతో కూడినవి అగును. ఒక్కొక్క కణము ఒక నిర్నీత సంఖ్యలో గల పరమాణువులను కలిగియున్నది. ఇది వేర్వేరు వస్తువుల యందు విభేదించి యుండును. ఒక ఘనపదార్థము యొక్క కణమనునది 100 nm కంటే తక్కువగాయుండిన అది నానో ఘనపదార్థము (nano solid) అనబడును. కణముల యొక్క కొలత 100 nm కన్నా అధికమైన అది ఒక స్థూల ఘనపదార్థము (bulk solids) అగును. నానో మరియు స్థూల ఘనపదార్థములు ఒకే రసాయనిక కూర్పు (chemical composition) గా యుండవచ్చును యనుటను గమనించుము. ఉదాహరణ ZnO అనునది స్థూలము మరియు నానో వంటి రెండు రూపములలోను యుండవచ్చును. ఒకే రసాయనిక కూర్పుగా యుండినను స్థూల రూపముతో పోల్చినపుడు నానో రూపము వేర్వేరు ధర్మములను కలిగియున్నది.

నానో కొలత గల మితులలో (reduced dimensions) నానో ధర్మములను రెండు ముఖ్య దృగ్విషయములు పాటించుచున్నవి. అవి క్వాంటం నిర్భంధ ప్రభావం (quantum confinement effects) మరియు ఉపరితల ప్రభావం (surface effects) అగును. విద్యార్థులు ఈ ప్రభావములను ఉన్నత విద్యలో పరిశోధన చేయవచ్చును మరియు దాని వివరణ పాఠశాల స్థాయిలో నివారించబడినది.

11.2.2 నానో సాంకేతము యొక్క పలు విజ్ఞాన శాఖల స్వభావం



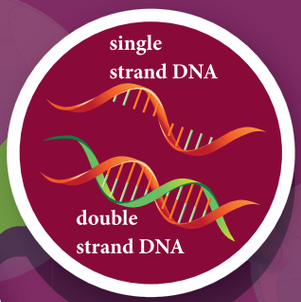
నానో విజ్ఞానశాస్త్రము మరియు సాంకేతము అనేక శాఖల ప్రయోజనములు కలిగిన పలు విజ్ఞాన శాఖల స్వభావం కలిగియుండును.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 271 27-06-2022 17:58:43

11.2.3 ప్రకృతిలో ఉన్న నానో

నానో కొలత గల నిర్మాణాలు విజ్ఞానశాస్త్రవేత్తలు వాటిని పరిశోధనశాలలో పరిశోధన చేయుటకు ప్రారంభించుటకు చాలా కాలము మునుపే ప్రకృతి ఉనికిలో గలదు.

కొన్ని ఉదాహరణలు:



ప్రకృతిలోయున్న నానో

వస్తువు
single strand of DNA
అన్ని జీవరాశుల యొక్క ప్రాథమిక నిర్మాణముగా యున్నది. ఇంచుమించు మూడు నానోమీటరు వెడల్పు కలిగినది.

పరిశోధనశాలలో పాటించునది
పదార్థములు చేయబడిన నానో కణముల కొలతను మార్చుట వలన రంగులను తారుమారు చేయవచ్చును.



ప్రకృతిలోయున్న నానో

వస్తువు
మోర్ఫో సీతాకోకచిలుక రెక్కలలో యున్న ప్రమాణాలు నానో నిర్మాణమును కలిగియున్నది. అవి కాంతి తరంగములను ఒకదానితో మరొకటి అంతర చర్య జరుపు మార్గమును మార్చి రెక్కలకు లోహ నీలి రంగును, పచ్చని రంగును ఇచ్చును.

వస్తువు
నెమలి ఈకలు కొన్ని పది నానో మీటరు మందము కలిగిన 2 పరిమాణ ఫోటోనిక్ స్ఫటిక నిర్మాణములో కాంతి అంతర చర్య ఏర్పడుట వలన వాటి సమ్మేళన రంగులు పొందుచున్నది.

ప్రకృతిలోయున్న నానో



పరిశోధనశాలలో పాటించునది
నెమలి ఈకలు వలె అనేక రంగులు ప్రకాశించుటకు నానో నిర్మాణములు పరిశోధనశాలలో ఏర్పరచబడుచున్నది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 272 27-06-2022 17:58:46

చిలుక చేప (Parrot fish)

రోజు పూర్తిగా పగడపు దిబ్బలను (coral) కొరికి నలుపుచుండును. చిలుక చేప శక్తివంతముగా కొరుకుటకు ఒకదానితో ఒకటి అల్లబడిన నానో అమరిక నారలు కారణం అగును. ఫ్లూరోపటైట్ అను ధాతువుల స్ఫటికములు ఒకదానితో మరొకటి గొలుసు వలె అల్లబడియున్నది. ఈ అమరిక చిలుక చేప పంటికి అద్భుతమైన దృఢత్వాన్ని కలిగిస్తుంది.

పరిశోధనశాలలో పాటించునది

నీటిని ఎదుర్కొను నానో రంగులు తయారుచేయబడుచున్నది. అటువంటి నానో రంగులు పూయబడిన వస్తువులకు నిలకడ సామర్థ్యము, మరకలు మరియు ధూళి నుండి రక్షణ లభించును. ఇంకను ఈ నానో రంగులు పడవలలో పూసినచో ఇంధనముల ఫలిత సామర్థ్యము అధికరించును.



ప్రకృతిలోయున్న నానో

వస్తువు
తామర ఆకు ఉపరితలము

స్కానింగ్ ఎలక్ట్రాను సూక్ష్మదర్శిని (SEM) తామర ఆకు ఉపరితలములో నున్న నానో నిర్మాణమును చూపుచున్నది. ఇదియే తామర ఆకును తనంతట తాను శుభ్రముచేసుకొను క్రియకు కారణమగును.



ప్రకృతిలోయున్న నానో

పరిశోధనశాలలో పాటించునది

ప్రకృతి నిర్మాణము నిరంతరముగా చలించి అరుగుదల మరియు స్పర్శ ఒత్తిడికిలోబడును. ఎలక్ట్రానిక్ మరియు మిగతా పరికరములో యున్న యాంత్రిక భాగములకు సహాయపడు విధముగా చాలా నిలకడ సామర్థ్యము కలిగిన కృత్రిమ పదార్థములను ఏర్పరచుటకు ఆధారముగా ఉన్నది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 273 27-06-2022 17:58:47

11.2.4 ప్రాచీనకాలపు ప్రారంభం మరియు అభివృద్ధి
(Early beginning and development)

1959

ఈ నానో విజ్ఞానము మరియు నానో సాంకేతము అను పదములను ఏర్పరచుటకు చాలా కాలపు మునుపే 1959లో రిచార్డ్ ఫైన్‌మేన్ అను అమెరికా భౌతికశాస్త్రవేత్త అతని ప్రారంభ స్థాయిలోనే ఇంకను అనేక గదులు యున్నవి అను ప్రసంగములో వాటిని నిర్వచింపచేయు భావములను గుర్తించబడియున్నది. ఫైన్‌మేన్ అతని ప్రసంగములో భవిష్యత్తు కాలములో విజ్ఞానశాస్త్రవేత్తలు ఒక్కొక్క పరమాణువు ఒక్కొక్క అణువులను ఏవిధముగా విడివిడిగా ఉపయోగించవచ్చును. కట్టుబాటు చేయవచ్చును అను ప్రయోగములను వివరించెను

1974

ultra-precision యంత్రములను అభివృద్ధి చేయు సమయములో ఆచార్యుడు నోరియో టనికుచ్చి (Norio Taniguchi) నానో సాంకేతము అను పదమును ఏర్పరచెను.

1981

గ్రెడ్ బిన్నింగ్ (Gerd Binning) మరియు హెన్‌రిక్ రోరర్ (Heinrich Rohrer) స్కానింగ్ టన్నెలింగ్ సూక్ష్మదర్శిని (STM) అభివృద్ధిచేసినది నవీన నానో సాంకేతము యొక్క ప్రారంభమగును. పరిశోధకులు మొట్టమొదటగా వస్తువుల యొక్క ఉపరితలములో యున్న పరమాణువులను చూచుటకు (STM) సహాయపడినది. మొదటి నానో సాంకేతము దాని క్రమక్రమమైన అభివృద్ధిని ప్రారంభించినది.

1989

IBM యొక్క అల్‌మేడన్ పరిశోధన కేంద్రములో డాన్ ఇక్లర్ మరియు ఎర్‌హర్డ్ స్వయిసర్ IBM చిహ్నమును ఉచ్చరించుటకు 35 విడివిడి జినాన్ (xenon) పరమాణువులు తీసుకొనెను. ఈ పరమాణువులను ఖచ్చితముగా మార్చు సామర్థ్యమును ప్రదర్శించిన కారణముగా నానో సాంకేతము యొక్క ఆవశ్యకత ఈ ప్రపంచమునకు తెలిసినది.

1990 – 2000

నానో సంబంధమైన పరిశోధనను ముందుకు నడుపుటకు పరిశోధన సమూహములు మరియు బృందం ఏర్పరచబడినది. నానో సాంకేతమును ఉపయోగించబడు వినియోగదారులకు వస్తువులు సంతలోనికి ప్రవేశించును.

2004

మాన్‌చెస్టర్ యొక్క విశ్వవిద్యాలయములో 2004లో ఆన్డ్రికైమ్ మరియు కాన్‌స్టన్‌ష్టిన్ నవోస్‌లెవ్ వారిచే 2D పదార్థములు ఏకాంతము చేయబడి వర్ణించబడినది. ఈ పరిశోధన పనికి 2010లో భౌతికశాస్త్రములో నోబెల్ బహుమతి పొందినది.

2016

జియాన్ బిమేర్ సవాజ్ బ్రేసర్ స్టార్ట్ మరియు బెర్నార్డ్‌బేరింగా అనువారు నానో కారు వంటి నానో కొలత గల యంత్రములను అభివృద్ధిచేయు పరిశోధనకు రసాయనసాస్త్రములో నోబుల్ బహుమతి పొందెను.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 274 27-06-2022 17:58:47

11.2.5 పరిశోధనశాలలో నానో

పరిశోధనశాలలో ఏర్పరచబడిన నానో నిర్మాణములు ప్రకృతి యొక్క అద్భుతమైన నానో నిర్మాణములను అనుసరించి అమరియున్నది. నానో నిర్మాణము చాలా చిన్నవిగా యున్నందువలన ఈ కొలతలో గల వస్తువులను ఉత్పత్తి చేయుటకు ప్రత్యేక పద్ధతులు కావలసియున్నవి. నానో వస్తువులను తయారుచేయుటకు రెండు మార్గములు కలవు. పై నుండి క్రిందకు మరియు క్రింద నుండి పైకి గల విధానాలు

నానో కణములు తయారీ (Synthesis of nanoparticles)

పై నుండి క్రింది విధానము

స్థూల ఘనపరిమాణములను నానో పరిమాణమునకు పగులకొట్టుట వలన నానో పదార్థములు తయారుచేయబడుచున్నవి. ఉదాహరణకు బంతులతో రుబ్బుట (Ball milling) ద్రవము చేయు పద్ధతి (sol-gel) lithography

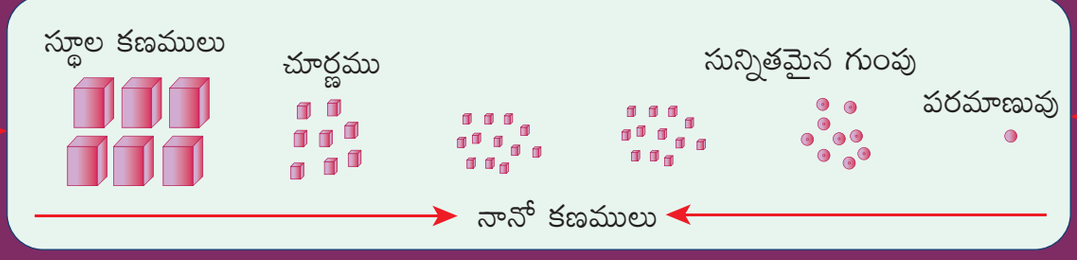
క్రింది నుండి పై విధానము

నానో పదార్థముల పరమాణువులు /అణువులు ఒకటిగా సమీకరించడం కారణంగా తయారుచేయబడుచున్నది. ఎన్నుకొనబడిన పరమాణువు నిర్మాణము తయారుచేయబడు విధముగా ఒకటిగా చేర్చబడుచున్నది. ఉదాహరణకు ప్లాస్మా అచ్చు (plasma etching) మరియు రసాయన ఆవిరి నిక్షేపణ (chemical vapour deposition)

నానో వస్తువుల తయారీ

పై నుండి – క్రింది విధానము

క్రింది నుండి – పై విధానము

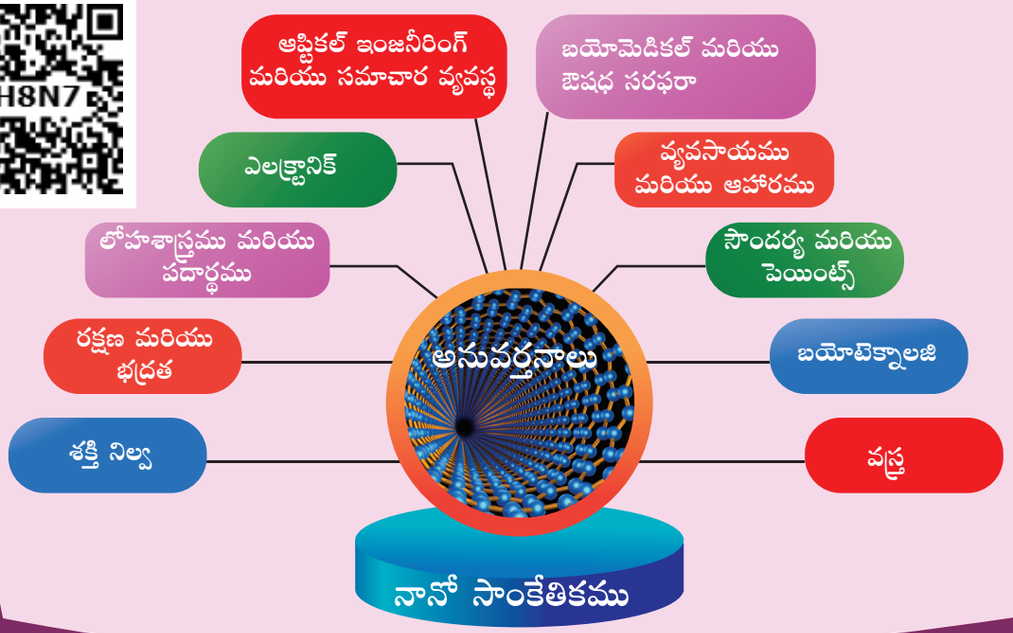


అనేక విస్తృతమైన పద్ధతులు ఉండుట వలన వాటి వివరణ ఈ స్థాయిలోనే నిలిపివేయబడినది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 275 27-06-2022 17:58:48

11.2.6 నానో సాంకేతము యొక్క అనువర్తనాలు

LH8N7



వేర్వేరు రంగములో నానో ఆధారిత వస్తువుల యొక్క అనువర్తనములు / ప్రయోజనములు

వాహన పరిశ్రమ	రసాయన పరిశ్రమ	ఇంజనీరింగ్
• తక్కువ బరువు నిర్మాణము • రంగుపూయుట (నింపునవి, అడుగు పూత, స్పష్టమైన పూత) • ఉత్ప్రేరకాలు • టయర్లు (నింపునవి) • సెన్సార్లు • కారు కవచము మరియు విండ్ స్క్రీన్లు	• రంగుపూయు వ్యవస్థలను నింపుట • నానో మిశ్రమాలతో కూడిన పూత వ్యవస్థలు • కలుపబడిన కాగితములు • మార్చదగిన జిగురు • అయస్కాంత ద్రవములు	• పరికరములు మరియు యంత్రములకు గల అరుగుదల రక్షణ (పూత పూయుట ఆపుటకు వ్యతిరేకత, ప్లాస్టిక్ భాగాలపై స్క్రాచ్ నిరోధక పూత మొదలగునవి) • కందెనలేని బేరింగ్లు
ఎలక్ట్రానిక్ పరిశ్రమ	**నిర్మాణము**	**వైద్యం**
• డాటా మెమరి • ప్రదర్శనలు • లేసర్ డయోడ్లు • గాజు ఫైబర్స్ • ఆప్టికల్ స్విచ్లు • ఫిల్టర్ (IR బ్లాకింగ్) • వాహక, యాంటిస్టాటిక్ పూత	• నిర్మాణ సామాగ్రి • ధర్మల్ ఇన్సులేషన్ • మంట నిరోధకాలు • కొయ్య, తలము, రాయి, నిర్మాణ సామాగ్రి, పలకలు, పై కప్పు పలకలు మొదలగునవి • ప్రవేశద్వార పూత • గాడి నింపు ఫిరంగి	• ఔషధం డెలివరీ వ్యవస్థ • క్రియాశీల ప్రతినిధి • భేదములతో కూడిన యానకము • వేగవంతమైన వైద్య పరిశోధన • కృత్రిమము మరియు అంటుకట్టు • సూక్ష్మజీవనాశక ప్రతినిధి మరియు పూతపూయు • కేన్సర్ చికిత్స నందు ప్రతినిధి

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 276 27-06-2022 17:58:48

వస్త్ర / బట్టలు (నేయునటువంటిది)	శక్తి	సౌందర్య సాధనములు
• ఉపరితలము ప్రాసస్ చేసిన వస్త్రము • స్మార్ట్ వస్త్రములు	• ఇంధన ఘటాలు • సౌర ఘటములు • బ్యాటరీలు • సంక్షేపిలు	• సూర్య రక్షణ • లిప్‌స్టిక్స్ • స్కిన్ క్రీము • టూత్‌పేస్ట్
ఆహారము మరియు పానీయములు	**గృహ సంబంధ**	**క్రీడలు / బహిరంగ**
• ప్యాకేజి పదార్థములు • నిల్వ జీవిత సెన్సార్ • సంకలనాలు • పండ్ల రసముల సృష్టీకరణ	• ఇనుమునకు గల పీంగాణి పూత • వాసన గల ఉత్ప్రేరకం • గాజు, పీంగాణి, నేల, కిటికీ మొదలగువాటిని శుభ్రము చేయునవిఎ	• స్కి మైనము • గాజు, ఈత కొలనులోని గాజుల మంచు నిరోధకములు • నౌకలు / పడవలు శిథిలము కాకుండుటకు పూయబడు పూత • బలవంతమైన టెన్నిస్ బ్యాట్ మరియు బంతులు

11.2.7 నానో కణములచే సాధ్యం అగు హానికరమైన ప్రభావము

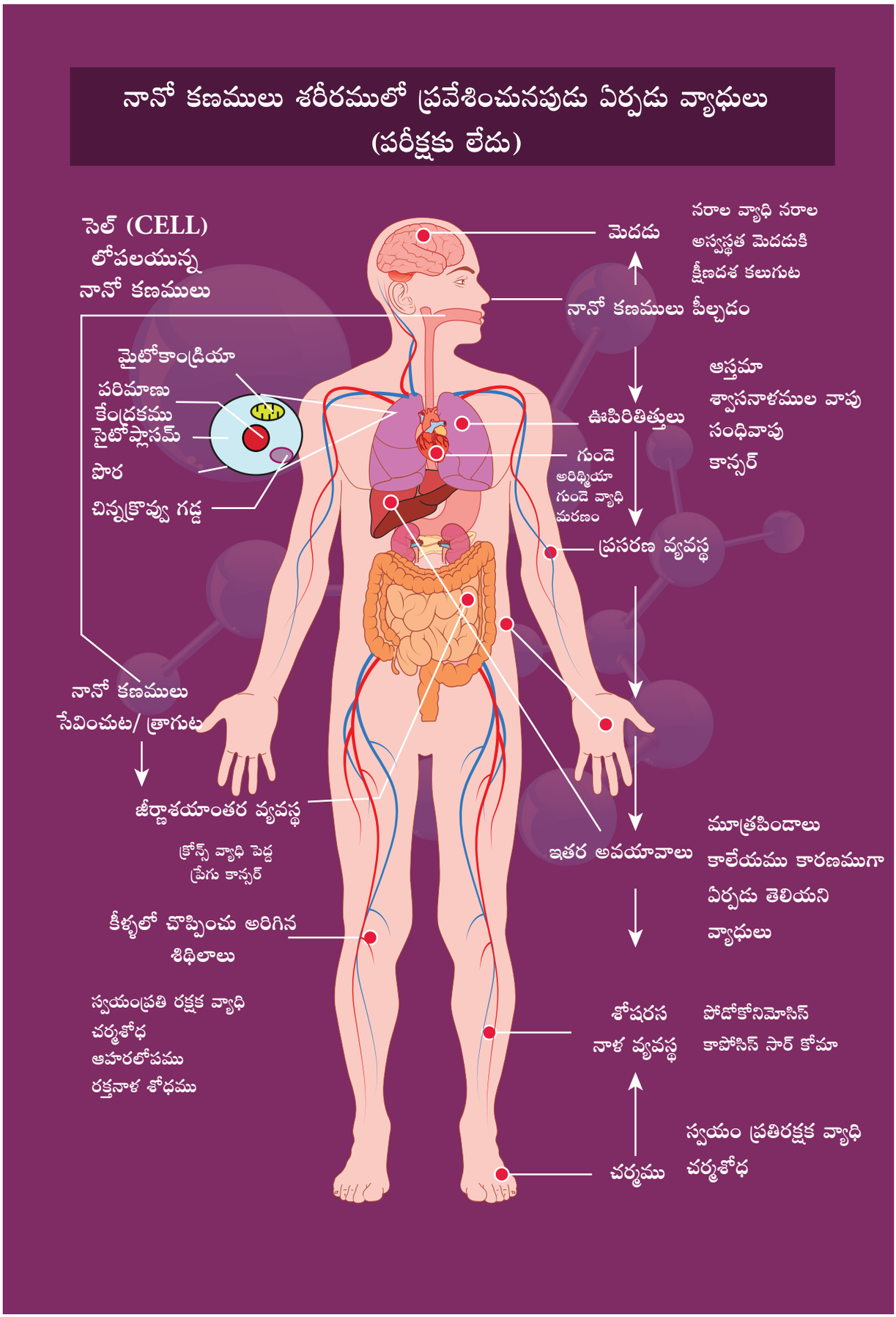
నానో సాంకేతము ఉపయోగం యొక్క హానికరమైన ప్రభావంపై పరిశోధన కూడా ముఖ్యమైనది మరియు ఇది వేగంగా అభివృద్ధి చెందుతోంది. ఇక్కడ ప్రధాన ఆందోళన ఏమిటంటే నానో కణములు ప్రోటీన్ల వంటి జీవ అణువుల కొలతలు కలిగి ఉంటాయి. అవి జీవుల ఉపరితలంపై సులభంగా గ్రహింపబడుతాయి. మరియు అవి శరీర కణజాలాలు మరియు ద్రవాలలోకి ప్రవేశించవచ్చు.

శోషక స్వభావము నానో కణముల యొక్క ఉపరితలంపై ఆధారపడియుంటుంది. నానో కణముల యొక్క ఉపరితలం రూపకల్పన చేయడం ద్వారా శరీరంలో ఒక నిర్దిష్ట కణానికి నేరుగా ఔషధాన్ని పంపణిచేయడం సాధ్యమవుతుంది, తద్వారా ఇది లక్ష్యకణం యొక్క ఉపరితలంపై ప్రత్యేకంగా శోషించబడుతుంది.

జీవన వ్యవస్థలలో పరస్పర చర్య నానో కణముల యొక్క కొలతలు కూడా ప్రభావితమవుతుంది. ఉదాహరణకు కొన్ని నానో మీటర్లు పరిమాణంలోని నానో కణములు జీవ అణువుల లోపల బాగా చేరవచ్చు, ఇది పెద్ద నానో కణములకు సాధ్యంకాదు. నానో కణములు కణత్వచాలను కూడా దాటగలవు. పీల్చిన నానోకణములు రక్తాన్ని చేరుకోవడం, కాలేయం, గుండె లేదా రక్త కణాలు వంటి ఇతర ప్రదేశాలకు చేరుకోవడం కూడా సాధ్యమే.

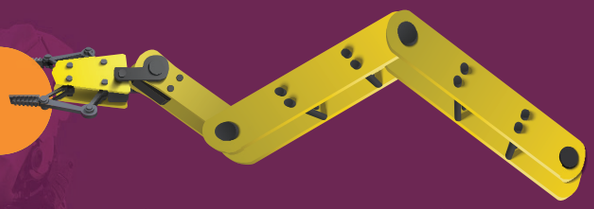
వివిధ పరిమాణాలు, ఆకారం, రసాయన కూర్పు మరియు ఉపరితల లక్షణములు గల నానోకణములు జీవ అవయవములలోకి పంపించునపుడు దాని ప్రతిస్పందనను పరిశోధకులు అర్థం చేసుకోవడానికి ప్రయత్నిస్తున్నారు.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 277 27-06-2022 17:58:48



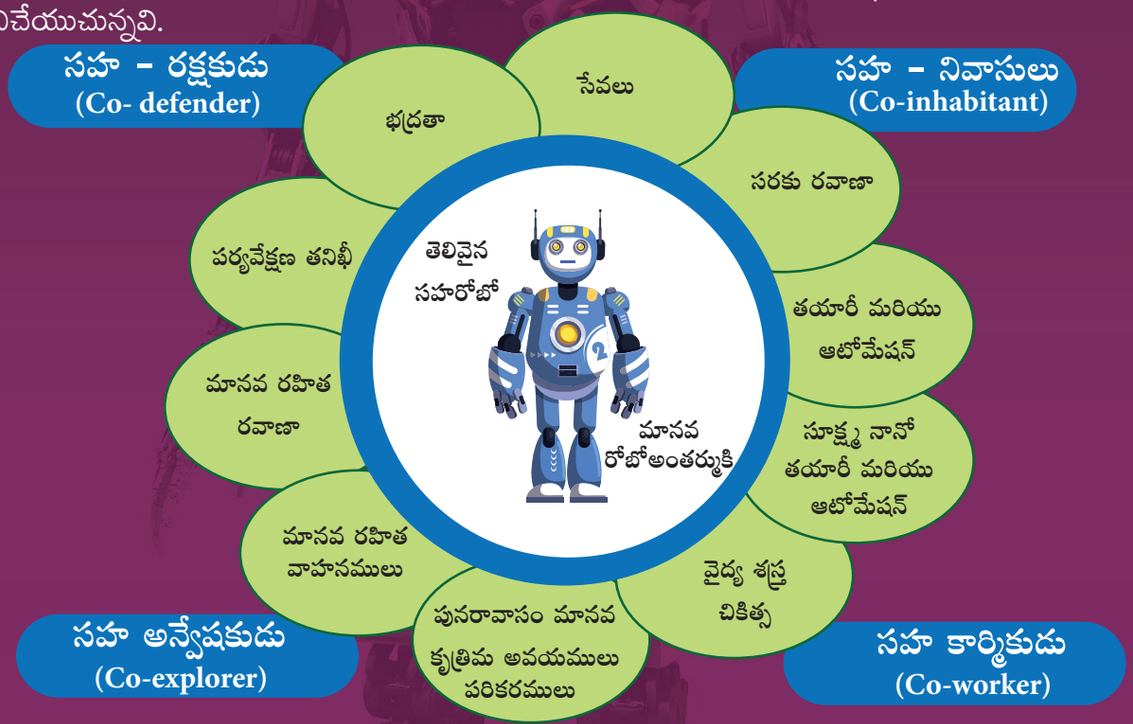
12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 278 27-06-2022 17:58:49

11.3 రోబోటిక్స్

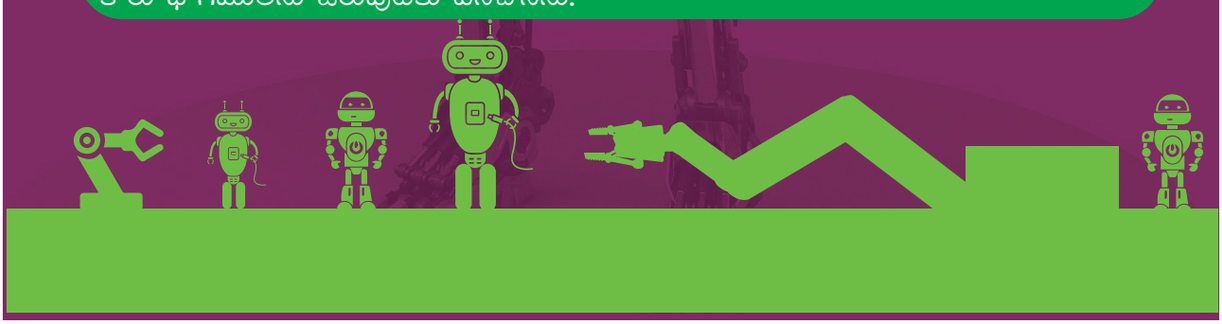


11.31 రోబోటిక్స్ అనగానేమి?

రోబోటిక్స్ అనునది మెకానికల్ ఇంజనీరింగ్, ఎలక్ట్రానిక్ ఇంజనీరింగ్, కంప్యూటర్ ఇంజనీరింగ్ మరియు విజ్ఞాన శాస్త్రము యొక్క ఏకీకృత అధ్యయన భాగము అగును. యాంత్రిక మనిషి (రోబో) అనునది ఎలక్ట్రానిక్ వలయముల యొక్క రూపకల్పన మరియు ఒక నిర్ణీత పనిచేయుటకు పోగ్రామ్ చేయబడిన ఒక యాంత్రిక పరికరమగును. ఈ స్వయంచాలన (automated) యంత్రములు రోబోటిక్స్ శతాబ్దములో చాలా ముఖ్యత్వము కలిగినదిగా యుండి బాంబులను నిర్వీర్యయపరచడము, భవనముల శిథిలాలో బాధితులను కనుగొనుటకు, గనులలో అన్వేషించుటకు, నౌకలు ధ్వంసమగుట వంటి అపాయకరమైన పరిస్థితులలో మానవుల వలె పనిచేయుచున్నవి.



1954- లో జార్జ్ డివాల్ అనునతడు యునిమెట్ అనబడు మొదటి డిజిటల్‌గా పనిచేయగలిగే ప్రోగ్రామబుల్ రోబోను కనిపెట్టెను. నవీన రోబోటిక్స్ పితామహుడు జోసఫ్ ఎంజల్‌బెర్గర్ మరియు జార్జ్ డివాల్ ప్రపంచము యొక్క మొదటి రోబోటిక్ కంపెనీని 1956లో ఏర్పరచెను. 1961లో యునిమెట్ అనునది న్యూజెర్సిలో ఒక సాధారణ మోటార్స్ స్వయంచాలిక పరిశ్రమలో కారు భాగములను జరుపుటకు పనిచేసెను.



12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 279 27-06-2022 17:58:49

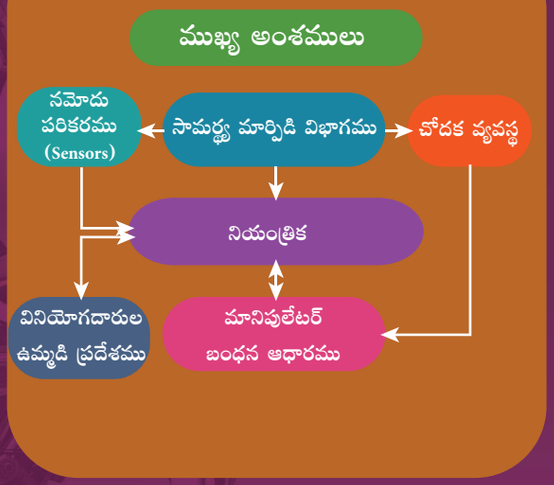
11.3.2 రోబోటిక్స్ యొక్క అంశములు

రోబోటిక్స్ వ్యవస్థ అనునది ముఖ్యముగా నమోదుచేయు పరికరము, విద్యుత్ పంపిణి, నియంత్రణ వ్యవస్థ, మానిపులేటర్లు, కావలసిన సాఫ్ట్వేర్ కలిగియున్నది.

అనేక రోబోట్స్ 3 ముఖ్యమైన భాగములతో కూర్చబడినది

1. **నియంత్రిక (Controller)**: రోబోటిక్స్ యొక్క మెదడు అని పిలువబడును. ఇది కంప్యూటర్ ప్రోగ్రామ్ మూలముగా నడుపబడును. ఇది పనిచేయుటకు చలించు భాగములకు ఆదేశములను ఇచ్చును.
2. **యాంత్రిక భాగములు (Mechanical parts)**

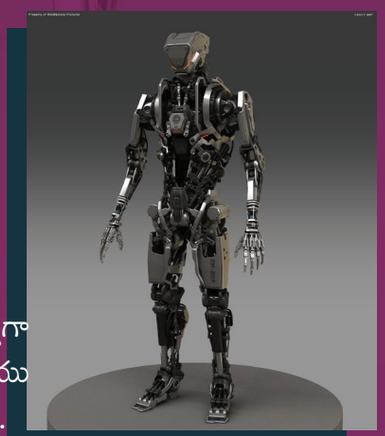
   మోటార్లు, పిస్టన్లు, పట్టుకలిగినవి (grippers), చక్రములు మరియు గియర్స్ మొదలగునవి రోబోను నడుపుటకు, పట్టుకొనుటకు, తిరుగుటకు మరియు ఎత్తుటకు సహాయపడును.
3. **నమోదు చేయు పరికరము (Sensors)** రోబోట్ యొక్క పరిసరాలు గూర్చి రోబోకు తెలియజేయుటకు ఇది సహాయపడును. ఇంకను పరిసరాలలో ఉన్న వస్తువుల యొక్క పరిమాణము మరియు ఆకారములను వస్తువుల మధ్య గల దూరము మరియు దిశలను కూడా తెలుసుకొనుటకు సహాయపడును.



11.3.3 రోబోట్స్ యొక్క రకములు

మానవ రోబోట్ (HUMAN ROBOT)

కొన్ని రోబోలు రూపములో మానవుల వలె యుండునట్లుగా తయారుచేయబడియున్నవి. ఇంకను అవి నడుచుట, ఎత్తుట మరియు సెన్సార్ వంటి మానవ కార్యకలాపాలు అదేవిధముగా చేయుచున్నవి.

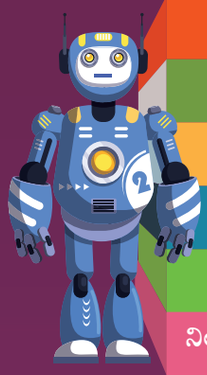


1. సామర్థ్య మార్పిడి విభాగము : రోబోలు, విద్యుత్ ఘటములు, సౌర శక్తి మరియు జలశక్తి వలన విద్యుత్ సామర్థ్యము పొందుచున్నది.
2. చోదక సాధన వ్యవస్థ : శక్తిని చలనముగా మార్చుచున్నది. చోదక సాధనాలు భ్రమణ చలనము లేదా సరళరేఖా చలనము ఏర్పరచుచున్నది.
3. విద్యుత్ మోటార్లు : ఇవి చక్రములు, చేతులు, వ్రేళ్ళు, కాళ్ళు సెన్సార్స్, కెమెరా, ఆయుధ వ్యవస్థ వంటి రోబోల భాగములు చలించటకు ఉపయోగపడుచున్నవి. అనేక రకములైన విద్యుత్ మోటార్లు ఉపయోగపడుచున్నవి.
4. గాలి ఒత్తిడి కండరాలు: ఇవి గాలి లోపలికి ప్రవేశింపచేసినపుడు సంకోచించి, వ్యాకోచించ గల పరికరములగును. ఇది మానవ కండరముల విధులను ప్రతిఫలించును. గాలి వీటి లోపల పీల్చుకొన్నపుడు అవి ఇంచుమించు 40% సంకోచించును.
5. కండర తీగలు : ఇవి ఆకారము గల జ్ఞాపక శక్తి గలలోహ మిశ్రధాతువు (shape memory alloys) చే ఏర్పరచబడిన సన్నని తీగలు అగును. వీటి ద్వారా విద్యుత్ ప్రవహింపచేసిన అవి 5% వరకు సంకోచించును.
6. పీశో మోటార్లు మరియు అతిధ్వని (Ultrasonic) మోటార్లు : ప్రధానంగా వీటిని పారిశ్రామిక రోబోలలో ఉపయోగించెదరు.
7. సెన్సార్: ఇవి నిజ సమయ జ్ఞాన సమాచారము ఇచ్చుట వలన ప్రధానముగా పని సందర్భములలో ఉపయోగపడుచున్నది.
8. రోబోచలనము చెందు అమరిక: రోబోలందు చలన రకముల కలవు అవి ఎ) కాలు యున్నది బి) చక్రం యున్నది సి) కాలు మరియు చక్రం కలిసియున్న అమరిక డి) నియంత్రిత జారుడు గుణం.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 280 27-06-2022 17:58:50

పారిశ్రామిక రోబోట్స్
INDUSTRIAL ROBOTS

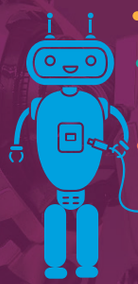
పారిశ్రామిక రోబోట్స్ యొక్క ఆరు ముఖ్య రకములు



1. కార్టీజియన్
2. * SCARA
3. స్థూపాకార
4. డెల్టా
5. ధ్రువ రకము
6. నిలువుగా నిర్దేశించింది

*Selective Compliance Assembly Robot Arm

ఆరు అక్ష రోబోట్లు క్రింది వానికి అనువైనవి



- ఆర్క్ వెల్డింగ్
- స్పాట్ వెల్డింగ్
- పదార్థ నిర్వహణ
- యంత్ర సంరక్షణ
- మిగత అనువర్తనాలు

కృత్రిమ మేధస్సు
(Artificial Intelligence)



కృత్రిమ మేధస్సు

కృత్రిమ మేధస్సు ఉద్దేశము మనిషి వలె ప్రవర్తనలను రోబోలో తీసికొనివచ్చుట దాని పనులు

1. ముఖం గుర్తించుట
2. కంప్యూటరు గేమ్స్‌లలో క్రీడాకారుల చర్యకు స్పందన అందించడం.
3. మునపటి చర్యలు ఆధారముగా నిర్ణయాలు తీసుకోవడం.
4. ట్రాఫిక్ సాంద్రతను విశ్లేషించడం ద్వారా ట్రాఫిక్‌ను నియంత్రించడం.
5. పదాలను ఒక బాష నుండి మరొక బాషకు అనువాదం చేయుట.

62FPO

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 281 27-06-2022 17:58:50

11.3.4 ప్రయోజనములు/అనువర్తనములు.

అంతరిక్షములో నక్షత్రములను , గ్రహములను పరిశోధన చేయుట, అంగారక గ్రహము యొక్క రాళ్ళు మరియు మట్టిలో కనబడు ఖనిజమును మట్టి వంటి ఖనిజమును పరిశోధన చేయుట మరియు రాళ్ళు మరియు మట్టిలో విశ్లేషణ చేయుట.

నాసా యొక్క అంగారక రోవర్



అంగారక జంట రోవర్

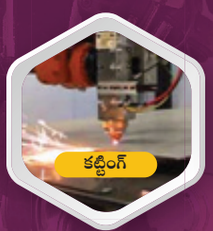


అంగారక మార్గం కనుగొను మిషన్



































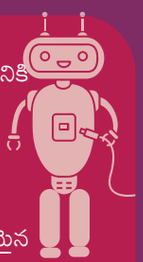
చాలా తక్కువ స్థలములలో ఒక పనిని చేయుటకు నానో రోబోల పరిమాణము అతిసూక్ష్మస్థాయికి తగ్గింపబడుచున్నది. అయినను అది అభివృద్ధి చెందు స్థాయిలో మాత్రమే యున్నది. వైద్యరంగములో దాని భవిష్యత్ అవకాశాలు చాలా అధికముగా అంచనా వేయబడుచున్నది. రక్త ప్రసరణలో చిన్న శస్త్రశికిత్స చేయుటకు, బాక్టీరియాకు వ్యతిరేకముగా పోరాడుటకు శరీరములో గల వ్యక్తిగత కణమును సరిచేయుటకు నానో రోబోలు పనిచేయును. అవి శరీరములో పయనించి పని పూర్తి అయిన తరువాత వెలుపలికి వచ్చును. చైనా విజ్ఞాన శాస్త్రవేత్తలు ప్రపంచములో మొదట స్వయంప్రతిపత్తిగా పనిచేయు (DNA) రోబోలను కేన్సర్ కణుతులను నాశనము చేయుటకు రూపొందించినారు.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 282 27-06-2022 17:58:52

రోబోలను తయారుచేయుటకు ఉపయోగపడు పదార్థములు

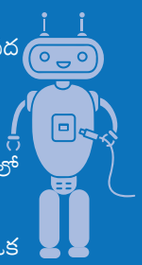
రోబోలకు, అల్యూమినియం మరియు స్టీల్ వంటి లోహములు సాధారణముగా ఉపయోగపడుచున్నది. అల్యూమినియం అనునది ఒక మెత్తటి లోహమగుటవలన దానిని ఉపయోగించి సులభముగా తయారుచేయవచ్చును. కాని స్టీల్ అనునది చాలా రెట్లు బలమైనది. ఇవి రేకులు, తీగలు, ఛానల్ ఆకార తీగలు మరియు వేర్వేరు ఆకారములుగా రోబో శరీర భాగముల నిర్మాణమునకు ఉపయోగపడుచున్నది.

11.3.5 రోబోటిక్స్ యొక్క ప్రయోజనములు



1. రోబోలు మానవుల కన్న చాలా చౌకగా యుండును.
2. రోబోలు మానవుల వలె ఎప్పుడు అలసట పొందదు. అవి 24×7 గంటలు పనిచేయును అందువలన పనికి హాజరుకాక పోవడం తగ్గించబడుచున్నది.
3. రోబోలు చాలా ఖచ్చితమైనవి మరియు పని యందు ఎటువంటి దోషము (లోపము) ఏర్పడదు.
4. మానవులకన్నా బలమైనది మరియు వేగవంతమైనది.
5. రోబోలు అతి తీవ్రమైన వాతావరణ పరిస్థతులలో కూడా పనిచేయును. ఉదాహరణకు అతి తీవ్రమైన ఉష్ణోగ్రత లేదా చలి, అంతరిక్షములో లేదా నీటి అడుగు భాగములో, బాంబులను కనిపెట్టుటకు మరియు అచేతనం వంటి ఆపాయమైన పరిస్థితులలో రోబోలు పనిచేయును.
6. యుద్ధములో రోబోలు మానవుల ప్రాణమును కాపాడును.
7. రోబోలు రసాయన పరిశ్రమలలో ప్రత్యేకంగా కేంద్రక రియాక్టర్‌లో మానవులకు ఆరోగ్య ప్రమాదములు ఏర్పరచు పరిస్థితులలో వస్తువులను నిర్వహణ చేయుటలో కనీసముగా ఉపయోగపడుచున్నది.

11.3.6 రోబోటిక్స్ యొక్క నష్టములు



1. రోబోలకు భావోద్వేగాలు (లేదు) మనస్సాక్షి లేదు.
2. ఇవి సానుభూతి లేకుండయుండును, అందువలన అవి భావోద్వేగాలు లేని పని ప్రదేశములను సృష్టించును.
3. ఆఖరికి రోబోలు అన్ని పనులను చేసిన, మానవులు కూర్చుని వాటిని పరిశీలించుచుండిన, ఆరోగ్య ఆపద వేగవంతముగా అధికరించును.
4. నిరుద్యోగ సమస్య అధికరించును.
5. రోబోలు నిర్వచింపబడిన పనులు మాత్రమే చేయుటకు వీలగును. ఉహించని సందర్భములో నిర్వహించడానికి వీలుకాదు.
6. రోబోలు ఒక నిర్ణీత పనులు మాత్రమే చేయుటకు ప్రోగ్రామింగ్ చేయబడియుండును. ఒకవేళ ఏదైన ఒక చిన్న తప్పు జరిగిన అది కంపెనికి అధిక నష్టమును ఏర్పరచును.
7. ఒక రోబోలో పొరపాటు ఏర్పడినట్లయితే, పొరపాటును కనుగొనుటకు, సరిచేయుటకు మరియు ప్రోగ్రామ్‌ను మార్పుచేయ వలసిన పరిస్థతి ఏర్పడవచ్చును. దీనికి ఎక్కువ సమయము అగును.
8. నిర్ణయం తీసుకొనుటలో రోబోలు మానవులను భర్తీ చేయుటకు వీలుకాదు.
9. రోబోలుకు మానవుల మేధస్సు స్థాయి పొందు వరకు, పని చేయు ప్రదేశములో మానవులే వుండగలరు.

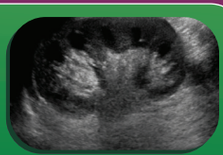
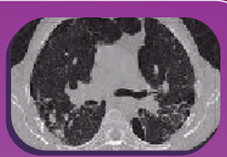


12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 283 27-06-2022 17:58:52

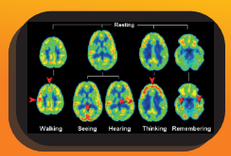
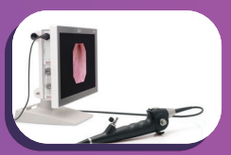
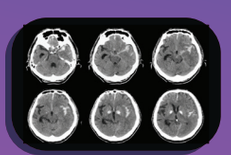
11.4 ఆరోగ్య (వైద్య) నిర్ధారణ మరియు చికిత్సలో భౌతిక శాస్త్రము (Physics in medical diagnosis and therapy)

వైద్య విజ్ఞాన శాస్త్రము, భౌతిక శాస్త్ర తత్వములను పాటించి పనిచేయుచున్నది. సాంకేతిక సమీకృత వైద్య నిర్ధారణ మరియు చికిత్సా (technology integrated diagnosis and treatment) పద్ధతులు యుండుట వలన మానవ జీవిత కాలము అధికరించబడినది. ప్రాథమిక భౌతిక శాస్త్రము సామర్థ్యవంతముగా ఉపయోగించుటవలన అన్ని రంగములలోను ఈ ఆధునీకరణ సాధ్యమగుచున్నది.

1.4.1 వైద్య రంగము యొక్క అభివృద్ధియనునది క్రింది చూపిన విధముగా భౌతిక శాస్త్రము యొక్క పరిణామ అభివృద్ధికి తగినట్లుగా యున్నది.

	సంవత్సరం	భౌతిక శాస్త్ర ఆవిష్కరణ (కనుగొన్నవారు)	వైద్య రంగములో ఉపయోగించు సాంకేతము	చిత్రం
1	1895	X-కిరణాలు (విల్‌హెమ్ కాన్‌రాడ్ - రాంటిజన్)	రేడియోలాజీ - X -కిరణ చిత్రం	
2	1896 మరియు 1898	రేడియోధార్మికత యొక్క సిద్ధాంతము (ఆన్‌టానిక్ హేన్రి బెక్వరల్ పైరిక్యూరి మరియు మేరిక్యూరి)	రేడియో సమస్థానీయములు ప్రతిరూపం అణు ఔషధం	
3	1934	కృత్రిమ రేడియోధార్మికత (జోలియట్ మరియు ఐరిన్‌క్యూరి)	ఐసోటోపు	
4	1950	ప్రతిధ్వనిని నమోదు చేయు పరికరము మరియు స్కానింగ్లు	ఎకోగ్రాఫి	
5	1979	X-కిరణ గణనచేయు టోమోగ్రఫి కార్‌మెక్ మరియు హౌన్స్ ఫీల్డ్)	గణనచేయు టోమో గ్రాఫి (CT)	
6	1952	న్యూక్లియర్ యాగ్నటిక్ రిసోనెన్స్ NMR పిలిక్స్ బ్లాక్ మరియు ఎడ్‌వర్డ్ పరెసెల్	మాగ్నటిక్ రెసోనెన్స్ (అయస్కాంత అనువాదము) ప్రతిరూపము (MRI)	

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 284 27-06-2022 17:58:52

	సంవత్సరం	భౌతిక శాస్త్ర ఆవిష్కరణ (కనుగొన్నవారు)	వైద్య రంగములో ఉపయోగించు సాంకేతము	చిత్రం
7	1934	కృత్రిమ రేడియోధార్మికత (జోలియట్ మరియు ఐరిన్‌క్యూరి)	పాసిట్రాన్ ఉద్గారము టోమోగ్రాఫి	
8	1940's	కటకనారలు	ఎండోస్కోపి జీవవైద్య సెన్సార్స్	
9	1960	లేసర్ (LASER)	శస్త్ర పరికరములు మరియు నిర్ధారణ సాధనం	
10	1959	నానో సాంకేతము	నానో యందు మందు డెలివరి	
11	2005	ద్వంద్వ ఆధార గణన టోమోగ్రాఫి (DSCT)	గణన టోమో గ్రాఫి (CT)	
12	1998	అణు ఔషధం (డెవిడ్ టౌన్‌సన్‌డ్, రోనాల్డ్ నట్)	విచ్ఛిత్తి ప్రతిరూపం సాంకేతము (PET-CT, PET-MR)	

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 285 27-06-2022 17:58:53

11.4.2 వైద్య సాంకేతములో ఇటీవల అభివృద్ధి యనునది క్రిందయున్నవి కల్గియున్నది.

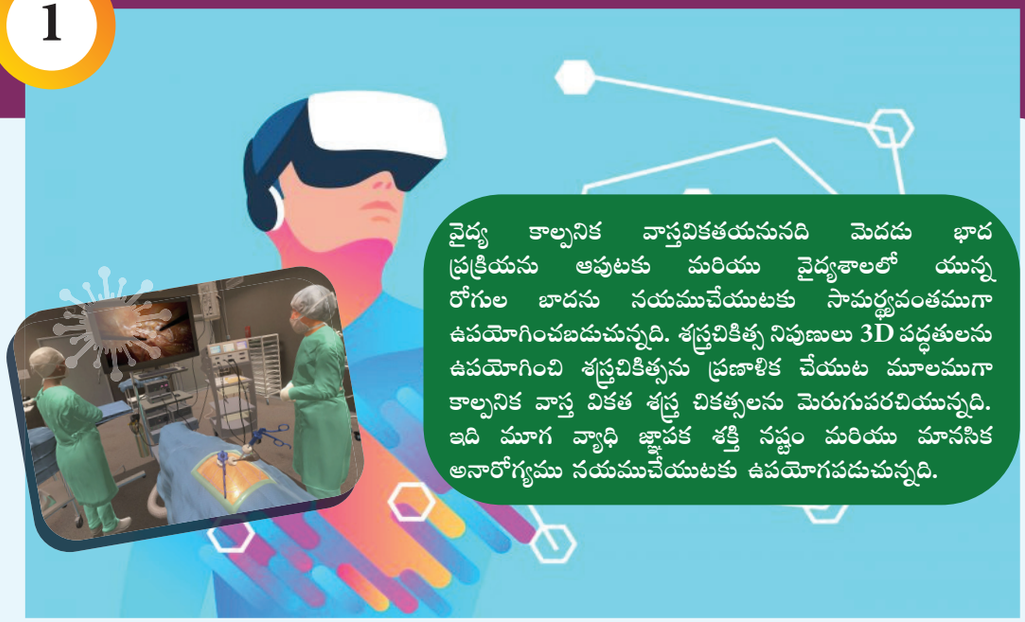


12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 286 27-06-2022 17:58:53

సాంకేతమును ప్రాథమిక భౌతిక శాస్త్రమును ఏకీకరణ చేసినట్లయితే వైద్య నిర్ధారణ నవీనమగుట హఠాత్తుగా మరియు వేగంగా అధికరించినది. అటువంటి అభివృద్ధులలో కొన్ని క్రింది చర్చించబడినవి.

1. కాల్పనిక వాస్తవికత

1

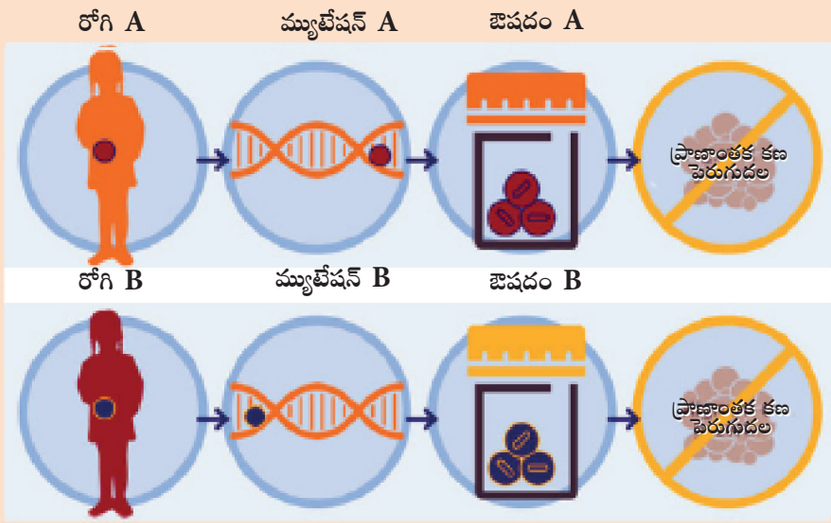


వైద్య కాల్పనిక వాస్తవికతయనునది మెదడు భాద ప్రక్రియను ఆపుటకు మరియు వైద్యశాలలో యున్న రోగుల బాదను నయముచేయుటకు సామర్థ్యవంతముగా ఉపయోగించబడుచున్నది. శస్త్రచికిత్స నిపుణులు 3D పద్ధతులను ఉపయోగించి శస్త్రచికిత్సను ప్రణాళిక చేయుట మూలముగా కాల్పనిక వాస్త వికత శస్త్ర చికత్సలను మెరుగుపరచియున్నది. ఇది మూగ వ్యాధి జ్ఞాపక శక్తి నష్టం మరియు మానసిక అనారోగ్యము నయముచేయుటకు ఉపయోగపడుచున్నది.

2

2. ఖచ్చితత్వ ఔషధం

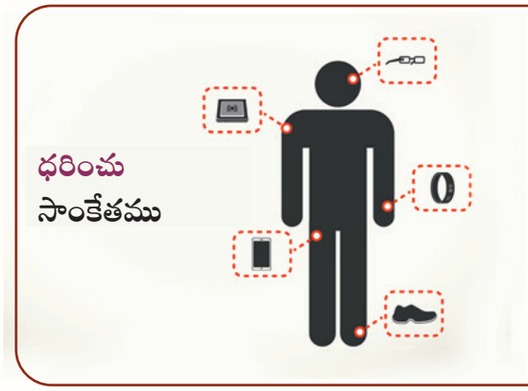
ఖచ్చితత్వ ఔషధం అనునది వ్యక్తిగత జన్యువుల మార్పులు. వాతావరణం మరియు ఒక్కొక్క వ్యక్తి యొక్క జీవిత విధానం లెక్కించుకొని వ్యాధి నివారణ మరియు చికిత్సకు గల ఒక ఉద్భవిస్తున్న విధానం అగును. ఈ వైద్య విధానములో ఒక్కొక్క వ్యక్తిగత రోగికి అతని వైద్య నిర్ధారణ ఆధారముగా ఇవ్వబడు చికిత్సల, నిరంత చికిత్సలు నిర్ణయించబడుచున్నది. అతనికని వ్యక్తీకరించిన పరికరములను తీసుకొని వైద్య సేవను వ్యక్తిగత ఫలితముగా చేయవచ్చును.



12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 287 27-06-2022 17:58:54

3. ఆరోగ్యం ధరించగలిగేది

ఒక ఆరోగ్యం ధరించగలిగేది అనగా ధరించువాని యొక్క ముఖ్య లక్షణాలు లేదా ఆరోగ్య మరియు శరీరయోగ్యము సంబంధమైన సమాచారం, స్థానాన్ని మొదలగువాటిని పరిశీలించుటకు సహాయపడు ఒక పరికరము అగును. కృత్రిమ మేధస్సు మరియు పెద్ద సమాచారాముతో కూడిన ఆరోగ్యం ధరించగలిగేది, నిర్ధారణ, చికిత్స, రోగి పర్యవేక్షణ మరియు నివారణ మొదలగువాటిపై దృష్టి కలిగించ గల ఆరోగ్య సేవకు ఒక అదనపు విలువ ఇచ్చుచున్నది.



గమనిక

పెద్ద సమాచారం: చాలా పెద్ద సమాచార సమితులు కంప్యూటర్ మూలముగా విశ్లేషించబడి నమూనాలు, ధోరణి మరియు సాహచర్యం ముఖ్యంగా మానవ ప్రవర్తన మరియు పరస్పరం బహిర్గతమగును.

4. కృత్రిమ అవయవములు

ఒక కృత్రిమ అవయవమనునది మానవునిలోపల చొప్పించు లేదా సమీకృతము చేయబడిన పరికము లేదా కణజాలము. దీనిని ప్రాణము గల కణజాలముతో సమన్వయము కల్గించుటకు లేదా మానవ శరీర అవయములను మార్చుటకు ఉపయోగపడుచున్నది. ఇది మానవ అవయవముల నిర్ధిష్ట పని లేదా పనిని రెట్టింపు చేసి లేదా అధికపరచి, రోగిని వీలైనంత త్వరగా సహజ జీవనమునకు తిరుగునట్లు చేయబడుచున్నది.





12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 288 27-06-2022 17:58:54

5

5. 3D ముద్రణ (త్రిపరిమాణ ముద్రణ)

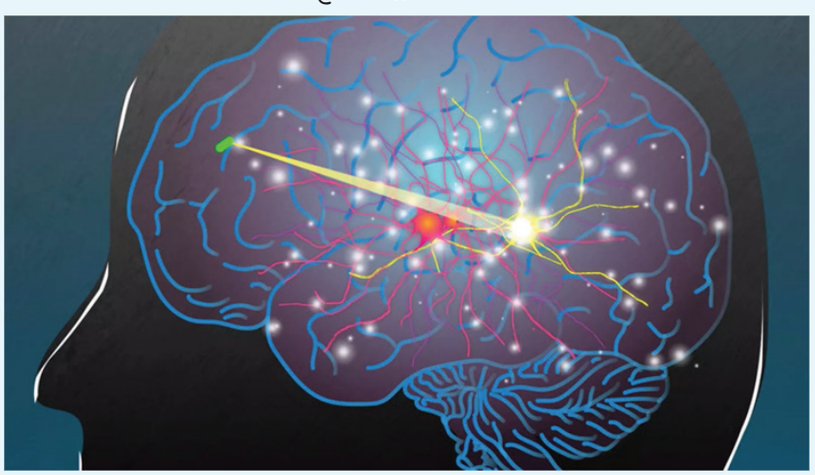
శ్రవణేంద్రియ వైద్యము, దంతవైద్యము, ఎముకల వైద్యము, వంటి వైద్య రంగములలో వైద్యుల యొక్క పనులకు నవీన 3D ముద్రణ వ్యవస్థలు మరియు వస్తువులు సహాయపడుచున్నవి.



6

6. తీగలు లేని మెదడు సెన్సార్స్

తీగలు లేని మెదడు సన్సార్స్ కపాలము లోపల పీడనము మరియు ఉష్ణోగ్రత మానిటర్ చేయుచున్నది. ఇంకను అవి శరీరముచే శోషించుకొనబడుచున్నది. అందువలన ఈ పరికరములను తొలగించుటకు శస్త్రచికిత్స అవసరము లేదు.



12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 289 27-06-2022 17:58:54

7

7. రోబోటిక్ శస్త్ర చికిత్స

రోబోటిక్ శస్త్ర చికిత్స రోబోట్ వ్యవస్థచే చేయబడు ఒక రకమైన శస్త్ర చికిత్స విధానమగును రోబోట్ సహాయముతో చేయబడు శస్త్ర చికిత్స, ముందుగా ఉన్న తక్కువ హానికర శస్త్ర చికిత్స విధానములో యున్న పరిమితులను అధికమించడానికి సహాయపడును. ఇంకను ఇది శస్త్ర చికిత్స నిపుణులు విభిన్న స్థాయి శస్త్ర చికిత్స చేయు సామర్థ్యములను విస్తరించును.



8

8. చురుకైన పీల్చే సాధనములు

ఆస్మాకు ముఖ్య చికిత్స నోటి లోపల పీల్చే సాధనములు చురుకైన పీల్చే సాధనములు ఆరోగ్య వ్యవస్థ మరియు రోగి (health system and patients) ని తలంచి, వారు అధిక ప్రయోజనం పొందువిధముగా రూపకల్పన చేయబడుచున్నది. చురుకైన పీల్చే సాధనములు బ్లూటూత్ సాంకేతమును ఉపయోగించి లోపలికి పీల్చే ప్రయోజనమును కనుగొని రోగులకు వారి యొక్క మందును ఎప్పుడు తీసుకొనవలయునని గుర్తుచేయును. ఇంకను పరిశీలన కొనసాగించుటకు సహాయపడే సమాచారము (data) సేకరించును.

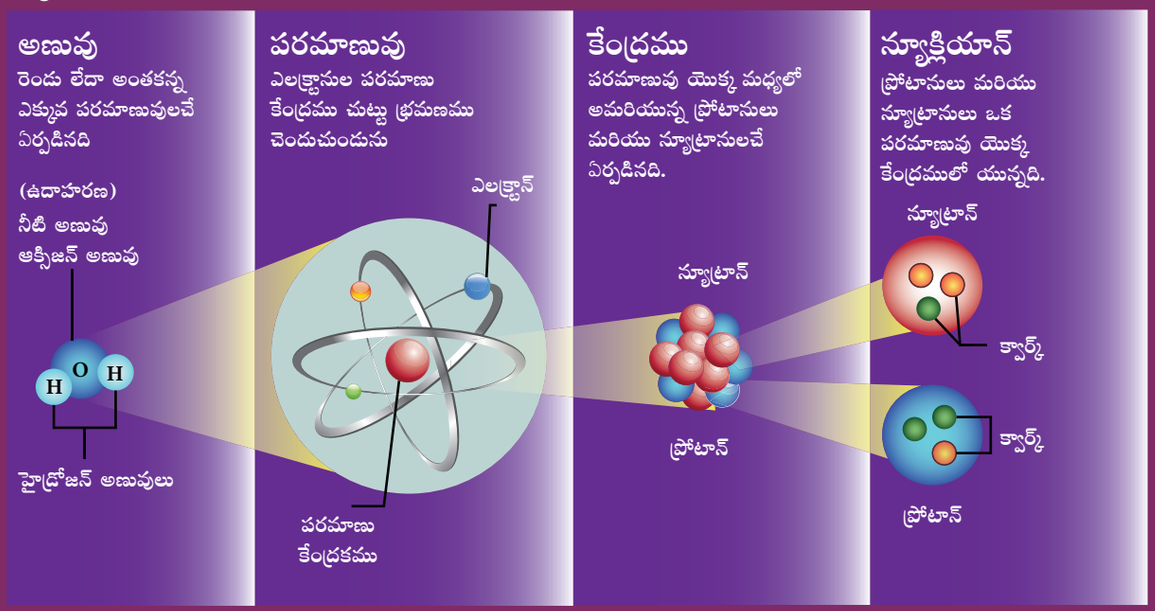


12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 290 27-06-2022 17:58:54

భౌతిక శాస్త్రములో ఇతర ఇటీవల అభివృద్ధి

కణ భౌతిక శాస్త్రము (Particle Physics)

కణ భౌతిక శాస్త్రము ప్రకృతి యొక్క ప్రాథమిక కణముల సిద్ధాంతము గూర్చి వివరించును మరియు ఇది భౌతిక శాస్త్రములో గల చురుకైన పరిశోధన రంగములో ఒకటగును ప్రారంభములో పరమాణువు అనునది పదార్థము యొక్క ప్రాథమిక ఆధారము అని తలవబడినది. 1930లో అణువులు ఎలక్ట్రానులు, ప్రోటానులు మరియు న్యూట్రానులతో కూడినవి అని నిరూపించబడినది.



1960 లో క్వార్క్స్ (quarks) కనుగొనబడినది. ఇంకను ప్రోటాను మరియు న్యూట్రానులు క్వార్క్సుచే ఏర్పచినవి అని తెలిసికొనబడినది. అదే సమయములో, కణ భౌతిక శాస్త్ర పరిశోధన వేగవంతమై సిద్ధాంతము మరియు పరిశోధన స్థాయి అను రెండింటిలోని అత్యధిక పెరుగుదల జరిగినది. తరువాత క్వార్క్లు గ్లూవాన్స్ (gluons) ద్వారా సంకర్షణ జరుగుట తెలిసినది. ఈ రంగమనునది అధిక సంఖ్యలో నోబుల్ బహుమతులను పొందియున్న రంగమగును. సమీపములో 2013వ సంవత్సరము ప్రఖ్యాతిగాంచిన "దేవ కణములు" (God particle) అని ఆటగా పిలువబడిన హిగ్స్ కణములు (Higgs particles) కనుగొనబడెను. దీనిని కనుగొనినందునకు పీటర్ హిగ్స్ (Peter Higgs) మరియు పీటర్ ఎంగ్లెర్ట్ (Peter Englert) అను ఇద్దరు భౌతిక శాస్త్రములో నోబుల్ బహుమతి పొందినారు. ప్రోటాన్లు, న్యూట్రాన్లు వంటి అనేక కణములకు ద్రవ్యరాశి ఇచ్చునది ఈ హిగ్స్ కణములు అగును.

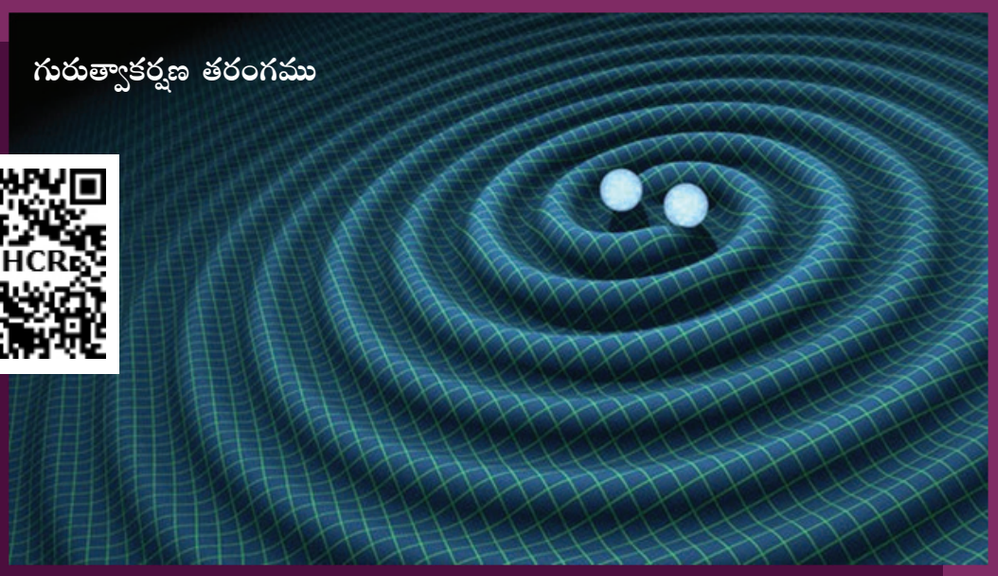


12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 291 27-06-2022 17:58:55

విశ్వోద్భవ (Cosmology)

విశ్వోద్భవ అనునది ప్రపంచపుట్టుక మరియు అభివృద్ధి పరిణామాలను పరిశోధన చేయు శాఖ అగును ఇది నక్షత్రములు, నక్షత్ర మండలములు మొదలగు వాటి యొక్క పుట్టుక గూర్చి పరిశోధన చేయుచున్నది. 2015వ సంవత్సరములో "గురుత్వాకర్షణ తరంగములు" యుండుట కనుగొనబడినది. పైగా దీనిని కనుగొనినందుకు 2017వ సంవత్సరం నోబుల్ బహుమతి ఇవ్వబడినది.

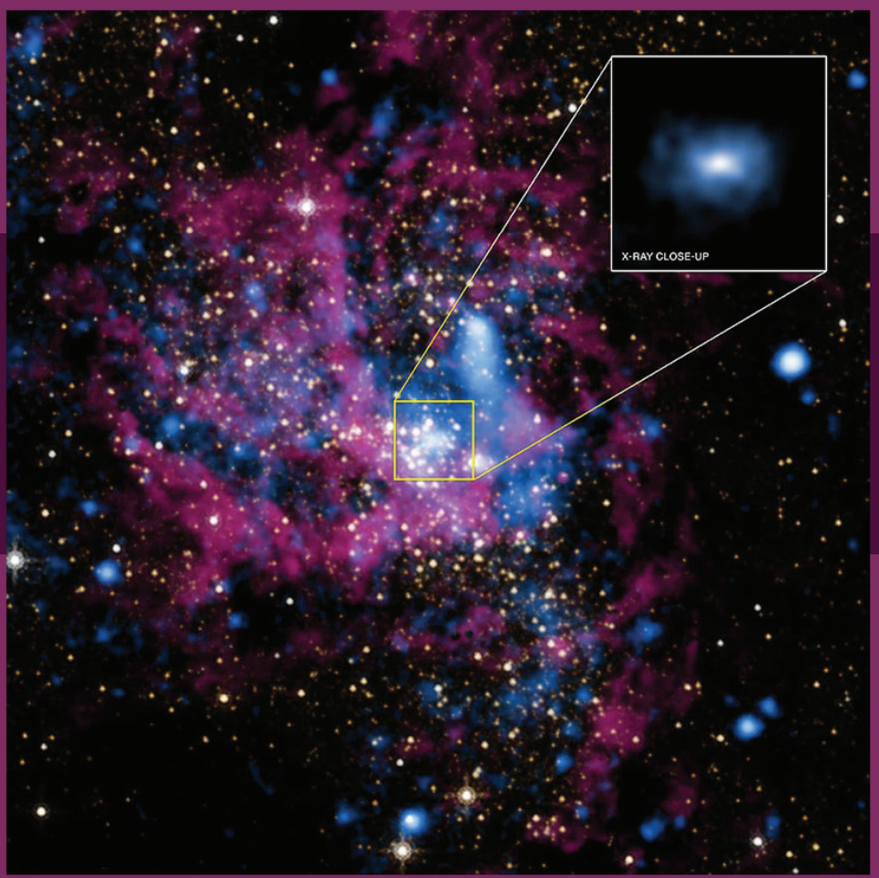
గురుత్వాకర్షణ తరంగములు అనునవి అంతరిక్షము కాలము యొక్క వక్రతలములో యున్న మార్పులు అగును మరియు ఇది కాంతివేగములో పయనించును. ఏ యొక్క ఆవేశమునైన త్వరణము చెందించినట్లయితే విద్యుదయస్కాంత తరంగములు వెలువరించును (ఉద్గారము చేయును) అదేవిధముగా ఏ యొక్క ద్రవ్యరాశినైనా త్వరణము చెందించినట్లయితే గురుత్వాకర్షణ తరంగములను వెలువరించును. కాని ఈ తరంగములు భూమి లాంటి అధిక ద్రవ్యరాశిగల వస్తువులకు కూడ చాలా బలహీనమైనదిగా యుండును. బలవంతమైన గురుత్వాకర్షణ తరంగములకు ఆధారము కృష్ణబిలం/కాల రంధ్రము (Black hole) అగును ఇవి గురుత్వాకర్షణ తరంగములకు బలమైన ఆధారముగాయున్నందువలన గురుత్వాకర్షణ తరంగములను కనుగొన్నందు వలన కృష్ణబిలం నిర్మాణము పరిశోధన చేయుట సాధ్యమైనది నిజముగా సమీపములో కనుగొన్న గురుత్యాకర్షణ తరంగములు, రెండు కృష్ణబిలం ఒక దానితో మరొకటి కలిసి ఒకే కృష్ణబిలంగా మారునపుడు వెలువడినవి అగును. నిజముగా ఆల్బర్ట్ ఐన్‌స్టీన్ 1915వ సంవత్సరములో గురుత్వాకర్షణ తరంగములు యుండుట సిద్ధాంతముగా ప్రతిపాదించెను 100 సంవత్సరములకు తరువాత, అతని అంచనా సరియైనది అని పరిశోధన మూలముగా నిరూపించబడినది.



2MHCR

కృష్ణబిలం నక్షత్రముల యొక్క ఆఖరి స్థితి అగును మరియు అవి అధిక సాంద్రత కలిగిన చాలా పెద్ద వస్తువగును దాని ద్రవ్యరాశి యనునది సూర్యుని ద్రవ్యరాశి వలె 20 రెట్లు నుండి మిల్లియన్ రెట్లు వరకు కలదు. అది ఎటువంటి కణమును లేదా కాంతిని కూడా దాని నుండి తప్పించుకోనట్లుగా చాలా బలమైన గురుత్వాకర్షణ బలమును కలిగియున్నది. కృష్ణబిలం చుట్టు నక్షత్రములు మిగత నక్షత్రముల కన్న విభిన్నంగా ప్రవర్తించునపుడు కృష్ణబిలం యుండుట నిర్ధారణ చేయబడుచున్నది. ఒక్కొక్క నక్షత్ర మండలము మధ్యలో కృష్ణబిలం కలిగియుండును. పాలపుంత నక్షత్ర మండలము మధ్యలో యున్న కృష్ణబిలం ధనస్సు (Sagittarius A) అగును.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 292 27-06-2022 17:58:55



ధనస్సు A నల్లని రంధ్రము

ప్రఖ్యాతిగాంచిన భౌతిక శాస్త్రవేత్త స్టీఫన్ హకింగ్ కృష్ణబిలంల రంగములో పరిశోధన చేసెను.



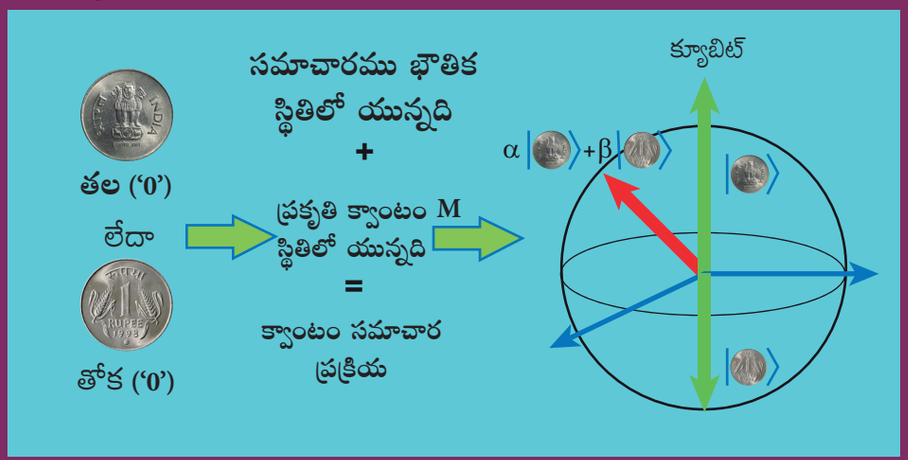
అత్యంత భారీ కృష్ణబిలం M87* యొక్క నిజమైన ఛాయాచిత్రం.

పైన చెప్పిన కృష్ణబిలం ఛాయాచిత్రము తీయుటకు కావలసిన సమాచారము ఐదు ఖండములలో యున్న సూపర్ కంప్యూటర్‌లు మరియు ఎనిమిది టెలిస్కోపులు (EVENT HORIZIN TELESCOPE) ఉపయోగించబడినది. ఇది ఐన్‌స్టీన్ యొక్క సాధారణ సాపేక్షత సిద్ధాంతమును మళ్ళీ నిర్ధారించబడినది.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 293 27-06-2022 17:58:55

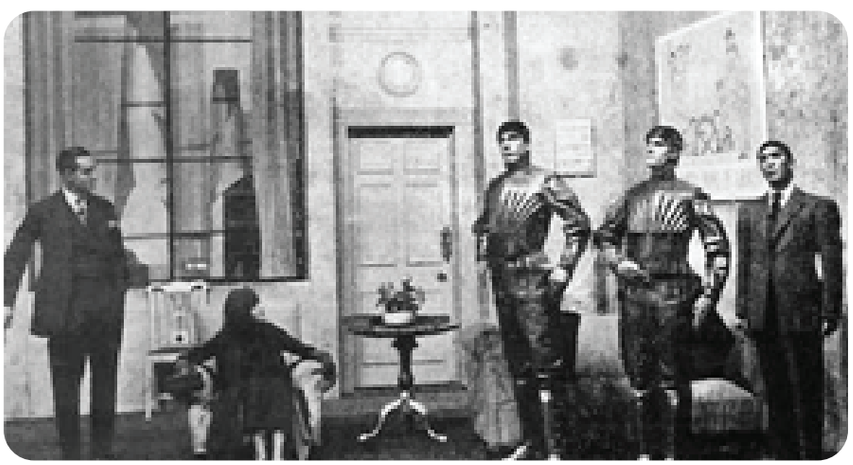
క్వాంటమ్ సమాచార సిద్ధాంతము (పరీక్షకు లేదు)

క్వాంటమ్ కంప్యూటర్స్ ఉపయోగించి సమాచార సేకరణ అభివృద్ధి చేయు మరొక పెరుగుతున్న పరిశోధన రంగం అగును. ప్రస్తుతం కంప్యూటర్లు సమాచారములను బిట్స్ రూపములో సేకరించబడుచున్నది. కాని క్వాంటమ్ కంప్యూటర్లు సమాచారమును క్యూబిట్ (qubit) రూపములో సేకరించబడుచున్నది. క్యూబిట్ అనునది క్వాంటమ్ బిట్‌ను సూచిస్తుంది మరియు ఇది క్వాంటమ్ సమాచారము యొక్క ప్రాథమిక ప్రమాణమగును. ప్రాచీన బిట్ (bit) 0 లేదా 1 ని సూచించును. కాని క్యూబిట్ 0 లేదా 1 ని మాత్రము కాకుండా 0 మరియు 1 యొక్క సరళ అధ్యారోపణము కలిగియున్నది ఈ సాంకేతము లెక్కించు కాలము చాలా తగ్గించును. ఇది భౌవిష్యత్ పరిశోధన రంగమునకు అధిక ప్రయోజనము కలిగియుండును.



మీకు తెలుసా

చాలా అద్భుతమైన ఆవిష్కరణలు శాస్త్రీయ కల్పనలు నుండి ఉద్భవించాయి. రోబోట్లు కూడా దీనిని మినహాయింపు కాదు. రోబోటిక్స్ (ROBOTICS) అనే పదం రోబోట్ అను పదం నుండి వచ్చింది. దీనికి 1920లో చెక్ రచయిత కారెల్ కాపెక్ చేత రోస్సమ్ యూనివర్సల్ రోబోట్స్ నాటకంలో పరిచయం చేశారు, రోబోట్ అనే పదం స్లావిక్ పదం రోబోటా నుండి వచ్చింది, అంటే శ్రమ లేదా పని. రోబోట్లు అని పిలువబడే కృత్రిమ వ్యక్తులను తయారుచేసే కర్మాగారంలో ఈ నాటకం ప్రారంభమవుతుంది. వారు మానవులను తప్పుగా భావించే జీవులలా కనిపించారు (పటము చూపబడినది) ఈ లక్షణాలు ఆండ్రాయిడ్ల యొక్క ఆధునిక ఆలోచలనతో చాలా పోలి ఉంటాయి.



(మూడు రోబోలను చూపించు రోస్సమ్ యూనివర్శల్ రోబోలు అను నాటకము నుండి ఒక సన్నివేశం)

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 294 27-06-2022 17:58:56

సారాంశము

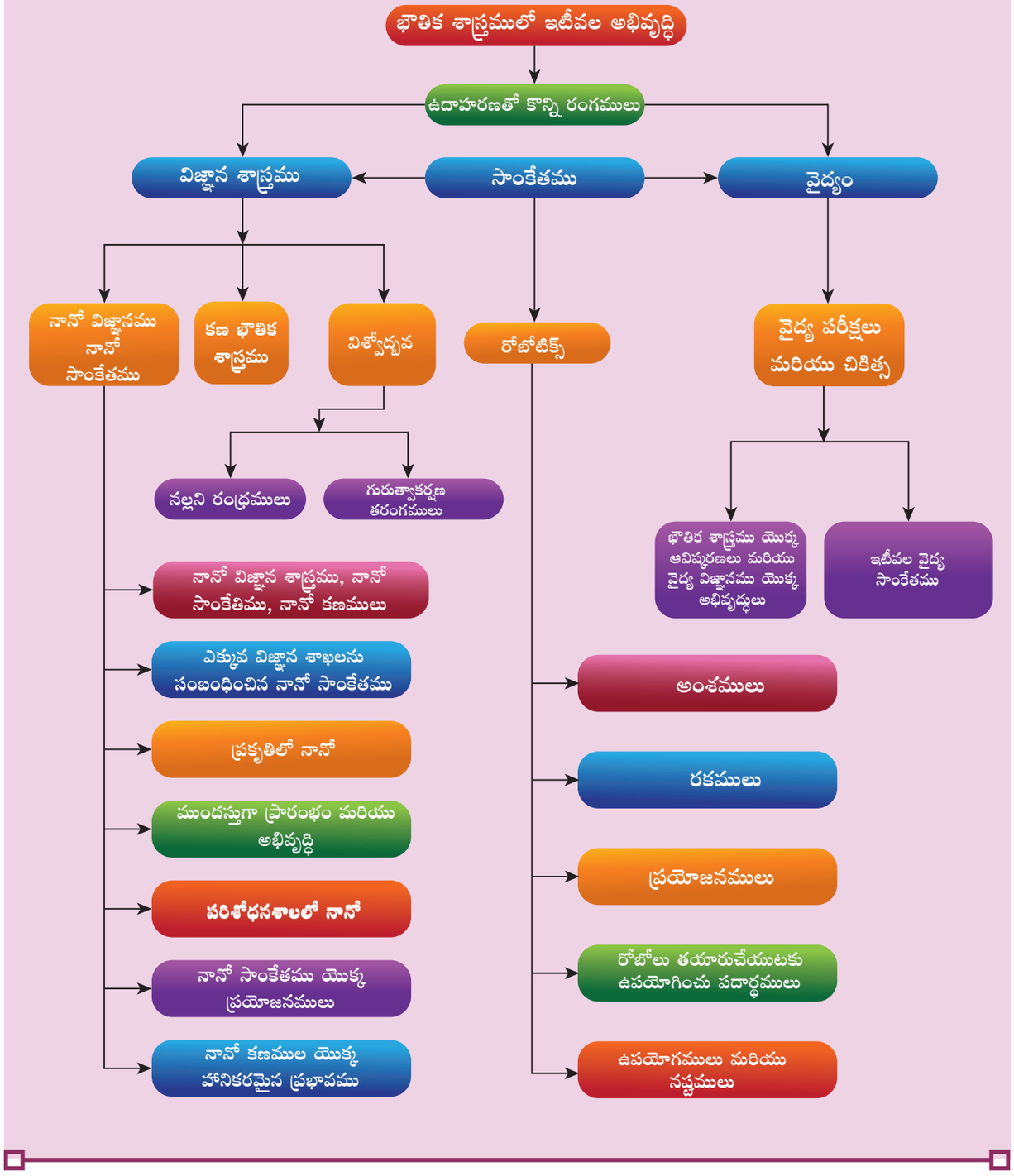
- ముఖ్యమైన భౌతిక తత్త్వములు (మహోన్నత తరగతి భౌతికశాస్త్రములో యున్నవి) సాంకేతిక అభివృద్ధికి పునాదిగా యున్నది.
- భౌతిక శాస్త్రమనునది విజ్ఞాన శాస్త్రము, ఇంజనీరింగ్, సాంకేతము మరియు వైద్యం మొదలగువాటికి ప్రాథమిక కట్టడ నిర్మాతలుగా యున్నది. నానో విజ్ఞానము అనునది 1–100 nm కొలతగల కణములతో కూడిన పదార్థముల యొక్క విజ్ఞాన శాస్త్రము.
- నానో అనునది ఒక మీటరులోని బిల్లియన్‌లోని ఒక భాగము అగును అనగా $1\ nm = 10^{-9}\ m$
- నానో సాంకేతము అనునది నానో కొలతలో రూపకల్పన వస్తువుల యొక్క నిర్మాణము, ఉత్పత్తి, లక్షణ అంశములు మరియు ప్రయోజనములు వంటివి కలిగిన సాంకేతము అగును.
- ఘన పదార్థము యొక్క కణము కొలత 100 nm కు తక్కువగా యుండిన అది నానో ఘనపదార్థమనబడును.
- కణము కొలత 100 nm కి అధికమైన అది స్థూల ఘనపదార్థమును ఏర్పరచును.
- వస్తువుల యొక్క నానో రూపము దాని పెద్ద పరిమాణము గల రూపముతో పోల్చినపుడు వివిధ ధర్మములను కలిగియుండును.
- క్వాంటమ్ నిర్భంద ప్రభావాలు మరియు ఉపరితల ప్రభావాలు మొదలగునవి నానో ధర్మములను కట్టడిచేయు రెండు ముఖ్య సంఘటనలు.
- నానో విజ్ఞాన శాస్త్రము మరియు సాంకేతము పలు రంగములలో పరస్పర లక్షణములు కలిగిన ప్రయోజనములు యుండును.
- నానో కొలత గల నిర్మాణములు విజ్ఞాన శాస్త్రవేత్తలు వాటిని పరిశోధనశాలలో పరిశోధన ప్రారంభించుటకు చాలా కాలము మునుపే ప్రకృతిలో యున్నది.
- పై నుండి – క్రిందికి మరియు క్రిందినుండి పైకి అను విధానంలో నానో వస్తువులను తయారుచేయుటకు గల రెండు మార్గములగును.
- నానో సాంకేత ప్రయోజనములు అనేక రంగములలో కలవు.
- నానో ప్రయోజనము యొక్క ముఖ్య సమస్య ఏమనగా నానో కణములు ప్రోటీన్ వంటి జీవ అణువులకు సమానమైన పరిమాణం కలిగియున్నది.
- నానో కణములు జీవరాశుల యొక్క ఉపరితలము మీద సులభముగా శోషితమగును మరియు అవి శరీరము యొక్క కణములు మరియు ద్రవములలో ప్రవేశించగలదు.
- శోషించబడు స్వభావము నానో కణము ఉపరితలముపై ఆధారపడియుండును.
- శరీరములో ఏ యొక్క నిర్ణీత కణమునైన నానో కణము యొక్క ఉపరితలము అది నిర్ణీత లక్ష్య కణము శోషించు విధముగా రూపొందించటవలన మందును ప్రత్యక్షముగా అందించడానికి వీలగును.
- కొన్ని నానో మీటరు కొలతగల నానో కణములు జీవ అణువులకు లోపల చక్కగా ప్రవేశించును కాని పెద్ద నానో కణముల వలన ఇది వీలుకాదు.
- నానో కణములు కణత్వచంను దాటి పోవును.
- శోషించబడిన నానో కణములు రక్తమును చేరును ఇంకను అది మిగతా శరీర భాగములైన కాలేయము, హృదయము లేదా రక్తకణములను చేరును.
- రోబోటిక్స్ అనునది యాంత్రిక ఇంజనీరింగ్, ఎలక్ట్రానిక్ ఇంజనీరింగ్, కంప్యూటర్ ఇంజనీరింగ్ మరియు విజ్ఞాన శాస్త్రము మొదలగువాటి యొక్క సమీకృత విద్యాభ్యాసము అగును.
- రోబోట్ అనునది విద్యుత్ వలయముచే నిర్మించబడిన మరియు ఒక నిర్ణీత పనిని చేయుటకు ప్రణాళిక చేయబడిన ఒక పరికరముగును.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 295 27-06-2022 17:58:56

- రోబోట్ వ్యవస్థ అనునది ముఖ్యముగా సెన్సార్స్, విద్యుత్ పంపిణి, నియంత్రణ వ్యవస్థ, మానిప్యులేటర్లు మరియు కావలసిన సాఫ్ట్‌వేర్ కలిగియున్నది.
- ఒక రోబో యొక్క ముఖ్య అంశములు శక్తి మార్పిడి విభాగము, చోదక సాధనాలు, విద్యుత్ మోటార్లు, గాలి ఒత్తిడిలో పనిచేయు కండరములు, కండర తీగలు, పీసో మోటార్లు మరియు అతిధ్వని మోటార్లు, సెన్సార్స్ మరియు రోబో సంచరించెడు వ్యవస్థ.
- పారిశ్రామిక రోబోల యొక్క ఆరు ముఖ్య రకములు, కార్టేసియన్, SCARA స్థూపాకారము, డెల్టా, ధ్రువ రకము మరియు లంబముగా నిర్దేశించినది అగును.
- ఆరు– అక్ష రోబోలు, ఆర్క్ వెల్టింగ్, స్పాట్ వెల్డింగ్, పదార్థముల నిర్వహణ మెషిన్ టెండింగ్.
- రోబోటిక్స్ యొక్క ఐదు ప్రధాన భాగములు, మానవ రోబో ఉమ్మడి ప్రదేశము, చలనశీలత, హస్తనైపుణ్యం, ప్రోగ్రామింగ్ మరియు సెన్సార్.
- కృత్రిమ మేధస్సు ఉద్ధేశము మానవుని వలె ప్రవర్తన రోబోలలో తీసుకొనిరావడం.
- కృత్రిమ మేదస్సు యొక్క పనులు ముఖం గుర్తు పట్టుట, కంప్యూటర్ గేమ్స్‌లో ఆటలాడువాని యొక్క చర్యకు స్పందన ఇచ్చుట, ముందు చర్యలు యొక్క ఆధారముగా నిర్ణయం తీసుకొనుట. ట్రాఫిక్ సాంద్రత అన్వేషణ చేసి రవాణా నియంత్రించుట మరియు ఒక భాష నుండి మరొక భాషకు పదములను అనువాదం చేయుట.
- రోబోలను తయారుచేయుటకు ఉపయోగపడు పదార్థములు అల్యూమినియం మరియు స్టీల్ మొదలగునవి.
- అల్యూమినియం మెత్తటి లోహము. అందువలన దీనిని ఉపయోగించి సులభముగా పనిచేయవచ్చును.
- స్టీల్ అనేక రెట్లు బలమైనది.
- లోహము యొక్క స్వభావిక బలము కారణముగా రోబో అవయవ భాగములు రేకు, తీగ, ఛానల్ మరియు మిగత ఆకారాలు.
- అంతరిక్షములో నక్షత్రములు, గ్రహములు మొదలగువాటిని పరిశోధన చేయుటకు అంగారక గ్రహములోని రాళ్ళు ధాతువులు మరియు మట్టి రకములు పరిశోధన చేయుటకు రోబోలు ఉపయోగపడును.
- ఇంటిలో ఉపయోగపడు రోబోలు, వేక్యూమ్ క్లీనర్, నేల శుభ్రంచేయునవి, వరద కాలువలను శుభ్రముచేయుట, పచ్చిక భూమిని పరామర్శించుట, ఈత గుంటలను శుభ్రముచేయుట మరియు తలుపులను తెరచి మూయుటకు ఉపయోగపడుచున్నది.
- పారిశ్రామిక రోబోలు వెల్డింగ్ చేయుట, కత్తిరించుట, రోబోనీటిజట్ మూలముగా కత్తరించుట, రోబో లేసర్ ద్వారా కత్తరించుట, ఎత్తుటకు, విభజించుటకు, వంచుటకు, సమీకరించడం, రవాణా, అణువృధా వంటి అపాయకరమైన వస్తువులను నిర్వహణ, యుద్ధ పరికరములు, ప్రయోగశాల పరిశోధన, వినియోగదారులు మరియు ప్రయోగశాల వస్తువులను అధిక మొత్తములో ఉత్పత్తి చేయుటలో ఉపయోగపడుచున్నది.
- నానో రోబోలు, రక్త ప్రసరణలో చిన్న శస్త్ర చికిత్స చేయుటకు బాక్టీరియాకు వ్యతిరేకంగా పోరాడుట, శరీరములో యున్న వ్యక్తిగత కణమును సరిచేయుట వంటి పనులను అభివృద్ధి చేయబడుచున్నది.
- వైద్యరంగము యొక్క అభివృద్ధి భౌతిక శాస్త్రము యొక్క పరిణామం అభివృద్ధికి తగినట్లు యున్నది.
- సమీప వైద్య సాంకేతమనునది వర్చువల్ రియాలిటి, ఖచ్చితత్వ వైద్యం, ఆరోగ్య ధరింపదగిన, కృత్రిమ అవయవములు, త్రిమితి (3D). ముద్రణ, తీగలు లేని మెదడు సెన్సార్స్. రోబోటిక్ (మంత్ర మానవ) శస్త్రచికిత్స, చురుకైన పీల్చు సాధనములు వంటివి కలిగియున్నది.
- కణ భౌతిక శాస్త్రము ప్రకృతి యొక్క ప్రాథమిక కణములను గూర్చి పరిశోధన చేయును. ప్రోటాన్‌లు మరియు న్యూట్రాన్‌లు క్వార్క్‌తో కూడినవి.
- విశ్వోద్భవ మనునది విశ్వము యొక్క పుట్టుక మరియు పరిణామం అభివృద్ధి కలిగిన రంగం అగును.
- త్వరణము చెందించిన ద్రవ్యరాశి బలహీనమైన గురుత్వ తరంగములను వెలవరుచును.
- కృష్ణబిలం అధిక బలము గల గురుత్వ తరంగములను వెలువరుచును.

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 296 27-06-2022 17:58:56

భావన రేఖాపటము



12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 297 27-06-2022 17:58:56

మూల్యాంకనము

I సరియైన సమాధానమును ఎన్నుకొని వ్రాయుము.

1. ZnO పదార్థము యొక్క కణము పరిమాణం 30 nm. ఈ పరిమాణము ఆధారముగా ఇది ఈ విధముగా వర్గీకరించబడును.
   అ) స్థూల పదార్థములు
   ఆ) నానో పదార్థములు
   ఇ) మెత్తటి పదార్థములు
   ఈ) అయస్కాంత పదార్థములు



2. క్రింది వానిలో ప్రకృతి నానో పదార్థము ఏది?
   అ) నెమలి ఈక
   ఆ) నెమలి ముక్కు
   ఇ) మట్టి కణము
   ఈ) తిమింగళము యొక్క చర్మము

3. చాలా శాశ్వతమైన గుణము కలిగిన కృత్రిమ పదార్థములు తయారు చేయుటకు ప్రణాళిక నిర్వచన దీనిని అనుసరించబడినది.
   అ) తామర ఆకు
   ఆ) మార్ఫో సీతాకోక చిలుక
   ఇ) చిలుక చేప
   ఈ) నెమలి ఈక

4. అణువులను సమీకరించి నానో పదార్థములను తయారుచేయుటను పిలువబడు పద్ధతి.
   అ) పై నుండి – క్రింది విధానం
   ఆ) క్రింది నుండి – పై విధానం
   ఇ) అడ్డంగా క్రిందికి విధానం
   ఈ) ఎదురెదురు బిందువులు కలిపే విధానం

5. స్కి –మైనము అనునది నానో పదార్థము యొక్క ప్రయోజనముగును అది ఉపయోగపడు శాఖ.
   అ) వైద్య
   ఆ) వస్త్ర
   ఇ) క్రీడలు
   ఈ) వాహన పరిశ్రమలు

6. రోబోటిక్స్‌లో ఉపయోగించబడు పదార్థములు
   అ) అల్యూమినియం మరియు వెండి
   ఆ) వెండి మరియు బంగారు
   ఇ) రాగి మరియు బంగారు
   ఈ) స్టీల్ మరియు అల్యూమినియం

7. రోబోట్స్‌లో కండర తీగలు తయారుచేయుటకు ఉపయోగించు లోహమిశ్రమము.
   అ) ఆకార జ్ఞాపక శక్తి లోహమిశ్రమము
   ఆ) బంగారు రాగి లోహమిశ్రమము
   ఇ) బంగారు వెండి లోహమిశ్రమము
   ఈ) ద్వంద మితి లోహమిశ్రమము

8. మెదడు నొప్పి ప్రక్రియను నిలుపుటకు ఉపయోగించబడు సాంకేతికము.
   అ) ఖచ్చితత్వ వైద్యం
   ఆ) తీగలు లేని మెదడు సెన్సార్
   ఇ) కాల్పనిక వాస్తవికత
   ఈ) రేడియాలజి

9. ప్రోటానులు మరియు న్యూట్రానులకు ద్రవ్యరాశినిచ్చు కణము
   అ) హిక్స్ కణము
   ఆ) ఐన్‌స్టీన్ కణము
   ఇ) నానో కణము
   ఈ) స్థూల కణము

10. గురుత్వ తరంగములను సిద్ధాంతముగా ప్రతిపాదించనవారెవరు.
    అ) కాన్‌రాడ్ రాంటిజన్
    ఆ) మేరిక్యూరి
    ఇ) ఆల్‌బర్ట్ ఐన్‌స్టీన్
    ఈ) ఎడ్‌వర్డ్ పర్‌సెల్

జవాబులు

1) ఆ	2) అ	3) ఇ	4) ఆ	5) ఇ
6) ఈ	7) అ	8) ఇ	9) అ	10) ఇ

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 298 27-06-2022 17:58:56

II చిన్న ప్రశ్నలు

1. నానో విజ్ఞాన శాస్త్రము మరియు నానో సాంకేతమునకు మధ్య గల భేదములు తెలుపుము?
2. నానో పదార్థములు మరియు స్థూల పదార్థముల మధ్యగల భేదము లేవి?
3. ప్రకృతిలో యున్న నానో పదార్థములకు ఏవైనా రెండు ఉదాహరణలిమ్ము.
4. రోబోటిక్స్‌యొక్కఏదైనారెండుప్రయోజనములు మరియు నష్టములను తెలుపుము.
5. రోబోలను తయారుచేయుటకు ఎందుకు స్టీల్ ఎన్నుకొనబడుచున్నది?
6. కృష్ణబిలంలు అనగానేమి?
7. ఉప అణు కణములు అనునవి ఏవి?

III సుదీర్ఘమైన ప్రశ్నలు

1. అనేక శాఖలలో నానో పదార్థముల యొక్క ప్రయోజనములను వివరించము.
2. నానో ఉపయోగించటవలన ఏర్పడగలుగు హానికరమైన ప్రభావము ఏవి? ఎందులకు?
3. రోబోల యొక్క ముఖ్య భాగములు యొక్క విధులు వివరించుము.
4. ఏదైన రెండు రకముల రోబోలను సరియైన ఉదాహరణలతో విశదముగా వివరించుము.
5. వైద్య పరీక్షలు మరియు చికిత్స యొక్క సమీప అభివృద్ధి గూర్చి కొన్ని వాఖ్యాలు వ్రాయుము.

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

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 299 27-06-2022 17:58:56

అంతర్జాల కృత్యము

భౌతికశాస్త్రము యొక్క నవీన కాల అభివృద్ధులు

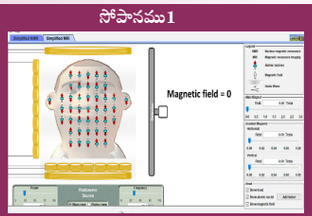
ప్రస్తుత కృత్యములో విద్యార్థులు (i) బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రం వలన మీ మెదడులో నీటి అణువులోని హైడ్రోజన్ కేంద్రకము యొక్క కేంద్రక భ్రమణము (స్పిన్)ను పరిశీలిస్తారు. (ii) ఒక ఫలిత ఫోటాన్‌ను ఏర్పరచు అనువాద పౌనఃపున్యమును కనుగొందురు.

శీర్షిక: MRI స్కాన్

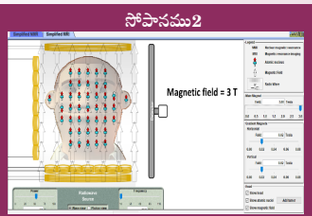
సోపానములు:

- 'https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/mri' పేజీకి వెళ్ళి సరళ MRI జావా ఫైల్‌ను డౌన్‌లోడ్ చేయండి. లేదా Google → Phet → simulation → Physics → simplified MRI కు వెళ్ళి జావా ఫైల్‌ను డౌన్‌లోడ్ చేయండి.
- సరళ → simplified MRI కు వెళ్ళి జావా ఫైల్‌ను డౌన్‌లోడ్ చేయండి.
- ఫైల్‌ను తెరచి simplified MRI ట్యాబ్‌ను ఎంచుకోండి.
- మెదడులోని నీటి అణువులో గల హైడ్రోజన్ కేంద్రకము యొక్క కేంద్రక భ్రమణాన్ని పరిశీలించండి (నీలము రంగు హైడ్రోజన్ కేంద్రకాన్ని సూచిస్తుంది). ఇవి ఒకే దిశలో అమరియున్నవా? బాహ్య అయస్కాంత క్షేత్రమును మార్చిన ఏమి జరుగును? ఈ బాహ్య క్షేత్రములో అవి ఒకే దిశలో అమరియుంటాయా? కారణాన్ని చర్చించండి.
- పౌనఃపున్య దిమ్మెను మార్చండి. నిర్దిష్ట పౌనఃపున్యమునకు హైడ్రోజన్ కేంద్రకం ఎడమ నుండి కుడివైపునకు రేడియో తరంగాలను ఉద్గారిస్తుంది. మరియు కేంద్రకం రేడియో తరంగాలను ప్రసారం చేయునపుడు పౌనఃపున్యమును కనుగొనండి. దీనినే అనువాద పౌనఃపున్యము అంటారు.
- ఒక కణితిని జత చేయండి. కణితి నుండి బలమైన సంజ్ఞలను ఉత్పత్తి చేయుటకు అనువాద పౌనఃపున్యమును స్వల్పంగా మార్చండి. కణితి అనువాద పౌనఃపున్యమును నమోదు చేయండి. ఇందులో ఏదైనా మార్పు/షిఫ్ట్ కలదా?
- షిఫ్ట్ అనువాద పౌనఃపున్యం సహాయంతో మెదడు లోపల గల కణితిని లెక్కించవచ్చు.

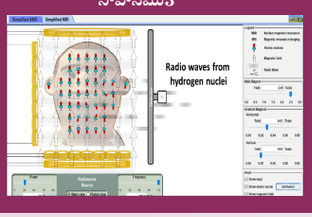
సోపానము1



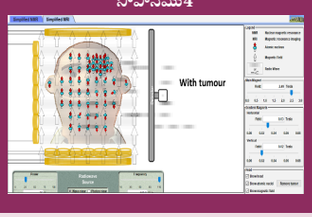
సోపానము2



సోపానము3



సోపానము4



Note:
Install Java application if it is not in your browser.

URL:

https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/mri

* Pictures are indicative only.
* If browser requires, allow **Flash Player** or **Java Script** to load the page.

GNX1P

12th_Physics_Vol_2_Telugu_Medium_Unit_11.indd 300 27-06-2022 17:58:57

GLOSSARY
పదకోశము

1.	Acceptance angle	-	అనుమతించు కోణము
2.	Acceptor energy level	-	గ్రహీత శక్తిస్థాయి
3.	Activity	-	కృత్యము
4.	Amplitude modulation	-	డోలన పరిమితి మాడ్యులేషన్
5.	Analyser	-	విశ్లేషణకారి
6.	Anti fouling coating	-	మలిన నిరోధక పూత
7.	Anti particle	-	ప్రతికణం
8.	Apparent depth	-	దృశ్యలోతు
9.	Astigmatism	-	అసమదృష్టి
10.	Attenuation	-	క్షీణత
11.	Automotive industry	-	వాహన పరిశ్రమ
12.	Auto-immune disease	-	రోగనిరోధకతకు వ్యతికేక వ్యాధి
13.	Band gap energy	-	పట్టీ అంతర శక్తి
14.	Barrier potential	-	అవరోధ శక్యం
15.	Baseband signal	-	బేస్‌బాండ్ సంజ్ఞ
16.	Biasing	-	బయాస్ చేయుట
17.	Binding energy	-	బంధన శక్తి
18.	Bipolar junction transistor	-	ద్విధృవ సంధి ట్రాన్సిస్టర్
19.	Boolean Algebra	-	బూలియన్ బీజగణితము
20.	Brain tumor	-	మెదడు కణితి
21.	Bright fringe	-	వెలుతురు పట్టీ
22.	Broadcasting station	-	ప్రసార కేంద్రం
23.	Carrier concentration	-	వాహక గాఢత
24.	Carrier signal	-	వాహక సంజ్ఞ
25.	Central bright fringe	-	కేంద్రీయ వెలుతురు పట్టీ
26.	Characteristic x-rays	-	అభిలాక్షణిక X – కిరణము
27.	Chemical Vapour Deposition (CVD)	-	రసాయనిక ఆవిరి నిక్షిప్తం
28.	Classical electrodynamics	-	సాంప్రదాయక విద్యుత్ గతిశాస్త్రం
29.	Collector-base junction	-	సేకరిణి – ఆధార సంధి
30.	Computed Tomography	-	సంగణక టోమోగ్రఫి
31.	Concave lens	-	పుటాకార కటకం
32.	Concave mirror	-	పుటాకార దర్పణం
33.	Continuous x-rays	-	అవిచ్ఛిన్న X – కిరణాలు
34.	Convex lens	-	కుంభాకార కటకము
35.	Convex mirror	-	కుంభాకార దర్పణము
36.	Critical angle	-	సందిగ్ధ కోణము
37.	Cut-off region	-	ఖండిత ప్రాంతము
38.	Dark fringe	-	చీకటి పట్టీ
39.	Decay mode	-	విఘటన స్థాయి
40.	Depletion region	-	లేమి ప్రాంతం
41.	Diffraction	-	వివర్తనము
42.	Diffusion current	-	వ్యాపన విద్యుత్
43.	Digital and analog signal	-	డిజిటల్ మరియు అనలాగ్ సంజ్ఞ
44.	Discrete	-	వివిక్త
45.	Dispersion	-	విశ్లేషణము

Glossary_Final.indd 301 27-06-2022 17:32:28

46.	Distance of closest approach	-	సమీపమును చేరు దూరము
47.	Donor energy level	-	దాత శక్తిస్థాయి
48.	Doping	-	మాదీకరణం
49.	Drift current	-	అపసరణ విద్యుత్
50.	Droplet	-	సూక్ష్మ బిందువు
51.	Duality	-	ద్వంద్వత్వం
52.	Dynamic resistance	-	గతిక నిరోధము
53.	Electron-hole recombination	-	ఎలక్ట్రాన్–రంధ్ర పునఃసంయోగం
54.	Electron current	-	ఎలక్ట్రాన్ విద్యుత్
55.	Electron emission	-	ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారం
56.	Electrostatic lens	-	స్థిర విద్యుత్ కటకము
57.	Emitter-base junction	-	ఉద్గారి – ఆధార సంధి
58.	Emitter current	-	ఉద్గారి విద్యుత్
59.	Energy band diagram	-	శక్తి అంతర కటకము
60.	Endoscopy	-	కుహరాంతర్దర్శిని
61.	Excitation energy	-	ఉత్తేజిత శక్తి
62.	Extrinsic	-	అస్వభావజ
63.	Feedback circuit	-	పరిపుష్టి వలయము
64.	Fiber optic communication	-	దృక్‌నార సమాచార ప్రసారం
65.	Field emission	-	క్షేత్ర ఉద్గారం
66.	Focal length	-	నాభ్యాంతరం
67.	Forward current gain	-	పురోగమన విద్యుత్ వృద్ధి
68.	Frequency modulation	-	పౌనఃపున్య మాడ్యులేషన్
69.	Fringe width	-	పట్టీ వెడల్పు
70.	Fuel cell	-	ఇంధన ఘటము
71.	Glass slab	-	గాజు దిమ్మె
72.	Global Positioning System	-	గ్లోబల్ పొజిషనింగ్ వ్యవస్థ
73.	Ground State / excited state	-	భూస్థాయి/ఉత్తేజిత స్థాయి
74.	Ground wave propagation	-	భూస్థాయి తరంగ ప్రసారం
75.	Hole current	-	రంధ్ర విద్యుత్ ప్రవాహం
76.	Hypermetropia	-	దీర్ఘదృష్టి /దూర దృష్టి
77.	Impact parameter	-	అభీఘాత పరామితి
78.	Impurity atoms	-	మలిన పరమాణువులు
79.	Interference	-	వ్యతికరణము
80.	Intrinsic	-	స్వభావజ
81.	Knee voltage	-	ఆరంభ ఓల్టేజి
82.	Light emitting diode	-	కాంతి ఉద్గార డయోడ్
83.	Line of sight communication	-	సరేఖీయ సమాచార ప్రసారం
84.	Load current	-	భార విద్యుత్
85.	Load resistance	-	భార నిరోధము
86.	Logic gates	-	తర్క ద్వారము
87.	Looming	-	మరీచిక
88.	Magnetic lens	-	అయస్కాంత కటకము
89.	Magnification	-	ఆవర్ధనము
90.	Majority charge carriers	-	మెజారిటీ ఆవేశ వాహకాలు
91.	Marginal rays	-	ఉపాంత కిరణాలు
92.	Matter waves	-	పదార్థ కిరణాలు
93.	Maximum secondary voltage	-	గరిష్ట ద్వితీయ ఓల్టేజి
94.	Minority charge carriers	-	మైనారిటీ ఆవేశ వాహకాలు
95.	Mirage	-	ఎండమావులు
96.	Mobile communication	-	చరవాణి సమాచార ప్రసారం
97.	Moderator	-	మితకారి
98.	Myopia	-	సమీప దృష్టి /హ్రస్వ దృష్టి
99.	Near point focusing	-	సమీప బిందు కేంద్రీకరణము
100.	Negative space charge region	-	ఋణావేశ ప్రాంతం
101.	Normal focusing	-	సాధారణ కేంద్రీకరణము
102.	Nuclear fission	-	కేంద్రక విచ్ఛిత్తి
103.	Nuclear fusion	-	కేంద్రక సంలీనము
104.	Optical fiber	-	దృక్‌నార

Glossary_Final.indd 302 27-06-2022 17:32:29

105.	Optoelectronic devices	-	దృశ్య విద్యుత్ పరికరాలు
106.	Paraxial rays	-	ఉపాక్షీయ కిరణాలు
107.	Peak inverse voltage	-	గరిష్ట విలోమ ఓల్టేజి
108.	Phase	-	దశ
109.	Phase modulation	-	దశ మాడ్యులేషన్
110.	Photo conductive cell	-	కాంతి వాహక ఘటము
111.	Photoelectric emission	-	కాంతి విద్యుత్ ఉద్గారం
112.	Photoelectrons	-	కాంతి ఎలక్ట్రాన్‌లు
113.	Photo emissive cell	-	కాంతి ఉద్గార ఘటము
114.	Photosensitive material	-	కాంతి గ్రాహక పదార్థము
115.	Photosensitive materials	-	కాంతి గ్రాహక పదార్థము
116.	Photo voltaic cell	-	కాంతి ఓటాయిక్ ఘటము
117.	Polariser	-	ధృవణకారి
118.	Polarization	-	ధృవణము
119.	Positive and negative logic	-	ధన మరియు ఋణ తర్కము
120.	Positive space charge region	-	ధనాత్మక ఆవేశ ప్రాంతము
121.	Potential barrier	-	శక్మావరోధము
122.	Power of lens	-	కటక సామర్థ్యము
123.	Presbyopia	-	చత్వారం
124.	Prism	-	పట్టకము
125.	Prosthetics	-	కృత్రిమ అవయవ మార్పిడి
126.	Pulsating output	-	స్పందనయుత నిర్గమము
127.	Quantization	-	క్వాంటీకరణము
128.	Radioactive recombination	-	రేడియోధార్మిక పునఃసంయోగం
129.	Radio isotope imaging	-	రేడియో ఐసోటోపు ప్రతిబింబం
130.	Radiology	-	వికిరణ చికిత్సా విజ్ఞానం
131.	Radiology X-ray imaging	-	వికిరణ చికిత్సా విజ్ఞాన X–కిరణ ప్రతిబింబనం
132.	Rectification	-	ఏకధిక్కారం
133.	Rectifier efficiency	-	ఏకధిక్కరిణి దక్షత
134.	Reflection	-	పరావర్తనం
135.	Refraction	-	వక్రీభవనం
136.	Refractive Index	-	వక్రీభవన గుణకం
137.	Repeater	-	రిపీటర్ / పునరావృతకారి
138.	Resolution	-	పృథఃక్కరణం
139.	Resolving Power	-	పృథఃక్కరణ సామర్థ్యం
140.	Reverse saturation current	-	తిరోగమన సంతృప్త విద్యుత్
141.	Robot	-	రోబోట్ / మరయంత్రం
142.	Robotic surgery	-	మరయంత్ర శస్త్ర చికిత్స
143.	Scanning Tunneling Microscope (STM)	-	స్కానింగ్ టన్నెలింగ్ సూక్ష్మదర్శిని
144.	Scattering	-	పరిక్షేపణము
145.	Secondary emission	-	ద్వితీయ ఉద్గారం
146.	Sensor	-	గ్రాహకము
147.	Skip distance	-	దాటు దూరము
148.	Skip zone	-	దాటు ప్రాంతం
149.	Sky wave propagation	-	గగన తరంగ ప్రసారం
150.	Space wave propagation	-	అంతరాళ తరంగ ప్రసారం
151.	Specific Charge	-	విశిష్టావేశం
152.	Stopping potential	-	నిరోధ శక్మం
153.	Surface barrier	-	తల అవరోధం
154.	Thermionic emission	-	ఉష్ణ అయాన్ ఉద్గారం
155.	Threshold frequency	-	ఆరంభ పౌనఃపున్యం
156.	Total Internal reflection	-	సంపూర్ణాంతర పరావర్తనం
157.	Transmitting antenna	-	ప్రసార ఆంటెన్నా
158.	Wavefront	-	తరంగాగ్రము
159.	Wireless brain sensor	-	తీగ రహిత మెదడు గ్రాహకం
160.	Work function	-	పనిప్రమేయం

18JK9

పరిష్కరించిన ఉదాహరణలు
(Solved examples)

2MC60

పోటీ పరీక్ష మూలలో
Competitive Exam corner

Glossary_Final.indd 303 27-06-2022 17:32:29

Higher Secondary Second Year Physics volume 2 Telugu Medium
List of Reviewers and Translators

Academic Coordinators

Dr. M.Ethirajulu,
Senior Lecturer,
SCERT,
Chennai-6.

K.Chandrasekaran,
Lecturer, DIET,
Chennai.

Reviewers

M. Yuvakumar,
PGT (Physics),
G.H.S.S, Nallur - Hosur,
Krishnagiri Dist.

A.V.P.K. Neeraja,
PGT (Physics),
C.G.H.S.S, West Johns Road,
Mambalam, Chennai – 15.

K. Dorababu,
B.T.Asst,
SKPD B.H.S.S, Chennai -01.

Translators

M. Sampath Kumar,
PGT (Physics),
G.H.S.S, Bukkasagaram,
Krishnagiri Dist.

M. Surekha,
PGT (Physics),
G.H.S.S, Padirivedu Madarapakkam,
Thiruvallur Dist.

A.E. Muthukumar,
B.T.Asst.,
G.G.H.S.S., Pallipat,
Thiruvallur Dist.

K. Sudheer Reddy,
B.T.Asst.,
G.G.H.S.S., Bagalur,
Krishnagiri Dist.
Tiruvallur District

Proof Work

S. Muktha Bai
B.T.Asst.,
G.B.H.S.S., Ponneri
Tiruvallur District

Vamsipriya
PGT (Physics),
K.T.C.T.G.H.S.S., Sowkarpet,
Chennai

D. Haritha
B.T.Asst.,
G.B.H.S.S., Uthukottai
Tiruvallur District

ICT Coordinator

Mr.G.Bergin
PG Assistant (Physics)
GBHSS, Sayalkudi,
Ramanathapuram District.

EMIS Technology Team

R.M. Satheesh
State Coordinator Technical,
TN EMIS, Samagra Shiksha.

K.P. Sathya Narayana
IT Consultant,
TN EMIS, Samagra Shikaha

R. Arun Maruthi Selvan
Technical Project Consultant,
TN EMIS, Samagra Shiksha

Art and Design Team

Layout
Balasubramani.R
Yuvaraj.R,
Gopinath R
Mathan.R
Ashok kumar.S

In-house QC
Daniel.A
Sridhar V

Co-ordination
Ramesh Munisamy

This book has been printed on 80 G.S.M.
Elegant Maplitho paper.
Printed by offset at:

PH XII Std Acknowledgement.indd 304 27-06-2022 17:32:07