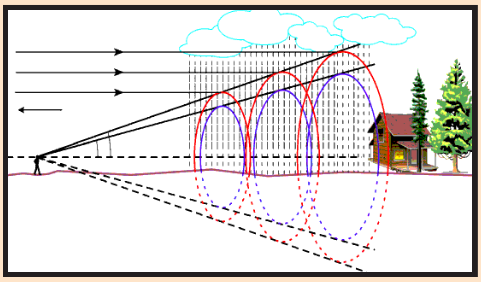
అధ్యాయం

7



మానవుని కన్ను-రంగుల ప్రపంచం

కటకాల ద్వారా వక్రీభవనం గురించి మీరు గత పాఠ్యాంశంలో చదువుకున్నారు. వివిధ స్థానాలలో వస్తువునుంచినపుడు కటకం ఏర్పరచే ప్రతిబింబ స్థానం, పరిమాణం మరియు లక్షణాల గురించి నేర్చుకున్నారు. 9వ తరగతి జీవశాస్త్రంలోని జ్ఞానేంద్రియాలు అనే పాఠంలో కంటి నిర్మాణం గురించి తెలుసుకున్నారు. దృష్టి ప్రతిస్పందన (Sensation of Vision)అనే నియమంపై ఆధారపడి మన కన్ను పనిచేస్తుంది. వస్తువులపై పడిన కాంతి పరిక్షేపణం చెంది మన కంటిని చేరడం వల్ల మనం వస్తువులను చూడగలుగుతాం. కంటిలో ఒక కటకం ఉంటుంది.

ఇంతకు ముందు పాఠ్యాంశంలో కటక నాభ్యంతరం, వస్తుదూరం అనేవి ప్రతిబింబ స్థానం, పరిమాణం, ప్రతిబింబ లక్షణాలను నిర్ణయిస్తాయని తెలుసుకున్నారు కదా!

- మానవుని కంటిలో కటకం పాత్ర ఏమిటి?
- దూరంలో ఉన్న వస్తువులను మరియు దగ్గరగా ఉన్న వస్తువులను చూడడంలో కటకం ఎలా సహాయపడుతుంది?
- అన్ని సందర్భాలలో ఒకేదూరంలో (రెటీనాపై) ప్రతిబింబం ఏర్పడటం ఎలా సాధ్యం?
- మన కంటిముందున్న అన్ని వస్తువులనూ మనం స్పష్టంగా చూడగలమా?
- కళ్ళజోళ్ళలో వాడిన కటకాలు దృష్టిదోషాలను ఎలా సవరిస్తాయి?

ఇటువంటి ప్రశ్నలకు సమాధానాలివ్వడానికి మానవుని కంటినిర్మాణం, పనిచేయు విధానం గురించి మీరు అవగాహన చేసుకోవాలి.

మన దృష్టి (vision) గురించి కొన్ని ఆసక్తికరమైన విషయాలను తెలుసుకోడానికి కింది కృత్యాలను నిర్వహిద్దాం.

స్పష్ట దృష్టి కనీస దూరం (Least distance of distinct vision)

కృత్యం 1

ఒక పుస్తకాన్ని తెరచి మీ కంటి ముందు కొంతదూరంలో పట్టుకొని చదవడానికి ప్రయత్నించండి. నెమ్మదిగా ఆ పుస్తకాన్ని మీ కంటి వైపుగా, కంటికి అతి దగ్గరగా చేరేవరకు కదిలించండి.

- ఏం మార్పులు గమనించారు?

పుస్తకంలోని అక్షరాలు మసకబారినట్లుగా అనిపిస్తాయి లేదా మీ కన్ను ఒత్తిడి (strain)కి గురైనట్లు అనిపించవచ్చు.

పుస్తకంలోని అక్షరాలను మీ కన్ను ఏ ఒత్తిడి లేకుండా చూడగలిగే స్థానం వరకు నెమ్మదిగా పుస్తకాన్ని వెనుకకు జరపండి. ఇప్పుడు పుస్తకానికి మీ కంటికి గల దూరం కొలవమని మీ స్నేహితురాలికి చెప్పండి. ఈ విలువను నోట్‌బుక్‌లో రాసి ఉంచండి. ఇదే కృత్యాన్ని మీ స్నేహితులతో చేయండి. ప్రతి ఒక్కరూ పుస్తకం ఎంతదూరంలో ఉన్నప్పుడు అక్షరాలను స్పష్టంగా చూడగలిగారో కొలవండి.

అందరి విలువల సరాసరిని గణించండి.

- ఆ సరాసరి దూరం విలువ ఎంత?

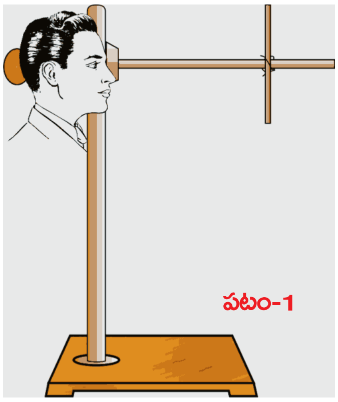
మన కంటికి ఏ ఒత్తిడి లేకుండా, స్పష్టంగా ఒక వస్తువును మనం చూడాలంటే అది మన కంటికి దాదాపు 25 సెం.మీ. దూరంలో ఉండాలని ఈ కృత్యం ద్వారా మనకు అర్థమవుతుంది. ఈ దూరాన్ని 'స్పష్ట దృష్టి కనీస దూరం' అంటాం. ఇది వ్యక్తి వ్యక్తికీ, వయసును బట్టి మారుతుంది. 10 సంవత్సరాల లోపు వారికి కంటి చుట్టూ ఉండే కండరాలు ధృడంగా (strong), స్థితిస్థాపక లక్షణం కలిగియుండి (flexible), ఎక్కువ ఒత్తిడిని తట్టుకోగలిగే విధంగా ఉంటాయి. కాబట్టి ఈ వయస్సు వారికి స్పష్ట దృష్టి కనీస దూరం 7 నుండి 8 సెం.మీ వరకు ఉంటుంది. వయసుమళ్ళిన వారి కంటి కండరాలు ఎక్కువ ఒత్తిడి భరించలేవు కాబట్టి వారి స్పష్ట దృష్టి కనీస దూరం 1 నుండి 2 మీటర్లు లేదా అంతకన్నా ఎక్కువగా ఉంటుంది.

- మీ కంటికి 25 సెం.మీ దూరంలో ఉంచిన వస్తువు ఆకారం ఎలా ఉన్నా, దానిని పై నుండి కింది వరకు (top and bottom)మీరు చూడగలరా?

తెలుసుకుందాం.

కృత్యం 2

బట్టల షాప్‌లో బట్టల చుట్టలకు వచ్చే కర్రలను లేదా ఎలక్ట్రిక్ వైరింగ్ కొరకు వాడే PVC పైప్‌లను సేకరించండి. వాటిని 20 సెం.మీ, 30 సెం.మీ, 35 సెం.మీ, 40 సెం.మీ, 50 సెం.మీ, పొడవుగల ముక్కలుగా కత్తిరించండి. ఒక రిటార్ట్‌స్టాండ్‌ను బల్లపై ఉంచి, పటం-1లో చూపినట్లు రిటార్ట్‌స్టాండ్ నిలువు కడ్డీ (vertical rod) ప్రక్కన మీ తల ఉండే విధంగా బల్ల దగ్గర నిలబడండి. మీ కంటి నుండి 25 సెం.మీ. దూరంలో రిటార్ట్‌స్టాండ్ అడ్డుకడ్డీకి (Horizontal rod) క్లాంప్‌ను బిగించండి. ఆ క్లాంప్‌కు పటం 1లో చూపినట్లు 30 సెం.మీ. పొడవుగల కర్రను కట్టమని మీ స్నేహితురాలికి చెప్పండి.



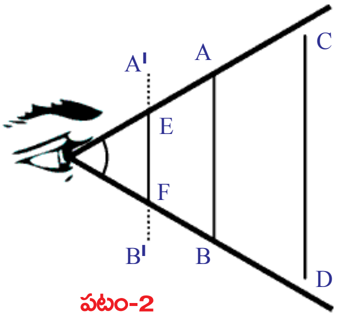
పటం-1

ఇప్పుడు అడ్డుకడ్డీ వెంబడి మీ దృష్టి సారిస్తూ, కర్రముక్క (30 సెం.మీ. కర్ర)ను పై అంచు నుండి కింది అంచు వరకు మొత్తంగా చూడడానికి ప్రయత్నించండి.

- మీ కంటిని ఏమాత్రం కదిలించకుండా కర్రమొత్తాన్ని ఒకేసారి మీరు చూడగలుగుతున్నారా?

స్పష్ట దృష్టి కనీస దూరం 25 సెం.మీ. అని మీరు కృత్యం-1లో నేర్చుకున్నారు. ఇది వ్యక్తివ్యక్తికీ మారుతుంది. కర్రముక్క 25 సెం.మీ. దూరంలో ఉన్నప్పుడు దాని రెండు చివరలను మీరు స్పష్టంగా చూడలేకపోతే, అడ్డుకడ్డీ వెంబడి కర్రముక్కను వెనుకకు జరపండి. ఏ కనీసదూరం వద్ద మీరు దానిని పూర్తిగా చూడగలరో అక్కడ దానిని అడ్డుకడ్డీకి క్లాంప్ సహాయంతో బిగించండి.

అడ్డుకడ్డీపై క్లాంప్‌స్థానం మారకుండా 30 సెం.మీ. కర్రస్థానంలో మిగిలిన కర్రలను (మీరు కత్తిరించిన వివిధ పొడవులు గల కర్రలను) ఒక్కొక్కటిగా ఉంచుతూ కనుగుడ్డును పైకి-కిందికి గానీ, పక్కలకు గానీ కదల్చకుండా ఆ కర్రముక్కలను పై నుండి కిందివరకూ ఏకకాలంలో చూడడానికి ప్రయత్నించండి.



పటం-2

- అన్ని కర్రలనూ పైనుండి కిందివరకు ఏకకాలంలో చూడగలిగారా? చూడలేకపోతే, దానికిగల కారణాలేంటి?

  తెలుసుకుందాం.

పటం-2 ను పరిశీలించండి. స్పష్ట దృష్టి కనీస దూరంలో (25 సెం.మీ. దూరంలో) ఉన్న వస్తువు AB ని మీరు పూర్తిగా చూడగలరు. ఎందుకనగా వస్తువు యొక్క A, B స్థానాలనుండి వచ్చే కాంతికిరణాలు మీ కంటిలోకి చేరుతాయి. అదే విధంగా CD అనే వస్తువును కూడా పూర్తిగా చూడగలరు. పటం-2లో చూపినట్లు AB వస్తువు మీ కంటికి దగ్గరగా $A^I B^I$ స్థానం వరకు జరిగిందనుకుందాం.

- ఇప్పుడు మీరు వస్తువును పూర్తిగా చూడగలరా?

పటం-2 ను పరిశీలిస్తే, $A^I B^I$స్థానంలో ఉంచిన వస్తువులో కొంతభాగం (EF) మాత్రమే మీరు చూడగలరని తెలుస్తుంది. ఎందుకంటే E, F ల నుండి వచ్చే కాంతికిరణాలు మీ కంటిలోకి చేరుతాయి. కానీ A^I, B^I బిందువులనుండి వచ్చే కాంతికిరణాలు మీ కంటిలోకి చేరవు.

వస్తువు యొక్క చివరిబిందువుల నుండి వచ్చే కిరణాలు కంటి వద్ద కొంత కోణం చేస్తాయి. ఈ కోణం 60^0 కంటే తక్కువగా ఉంటే ఆ వస్తువును మొత్తం మనం చూడగలం. ఈ కోణం 60^0 కన్నా ఎక్కువ ఉంటే ఆ వస్తువులో కొంతభాగం మాత్రమే మనం చూడగలం.

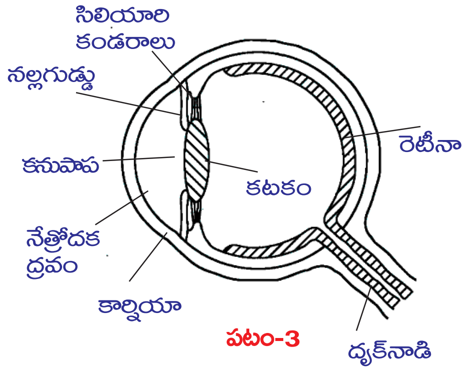
ఏ గరిష్ట కోణం వద్ద మనం వస్తువును పూర్తిగా చూడగలమో, ఆ కోణాన్ని "దృష్టికోణం" (angle of vision) అంటాం. ఆరోగ్యవంతుని దృష్టికోణం సుమారుగా 60^0 ఉంటుంది. ఇది వ్యక్తివ్యక్తికీ వయసును బట్టి మారుతుంది.

సాధారణ మానవుని స్పష్ట దృష్టి కనీస దూరం 25 సెం.మీ. మరియు దృష్టికోణం 60^0 అని మీరు తెలుసుకున్నారు. అలాగే ఈ విలువలు వ్యక్తివ్యక్తికీ వయసునుబట్టి మారుతాయని కూడా తెలుసుకున్నారు.

- స్పష్ట దృష్టి కనీస దూరం, దృష్టికోణం విలువలు వ్యక్తినిబట్టి, వయసునుబట్టి ఎందుకు మారుతాయి?

పై ప్రశ్నకు సమాధానం చెప్పాలంటే, మన కంటి నిర్మాణం (structure) మరియు అది పనిచేసే విధానం గురించి అవగాహన చేసుకోవాలి.

మానవుని కంటి నిర్మాణం



పటం-3

జ్ఞానేంద్రియాలలో కన్ను ఒక ప్రధానమైన అవయవం. ఇది మన చుట్టూ ఉన్న వివిధ వస్తువులను, రంగులను చూడడానికి ఉపయోగపడుతుంది.

కంటి నిర్మాణాన్ని, కంటిలోని ముఖ్య భాగాలను పటం-3లో చూడవచ్చు. కనుగుడ్డు (eye ball) దాదాపు గోళాకారంగా ఉంటుంది. దాని ముందుభాగం ఎక్కువ వక్రంగా ఉండి, కార్నియా (cornea) అనే పారదర్శక రక్షణ పొరను (protective membrane) కలిగి ఉంటుంది. కంటిలో బయటకు కనబడే భాగం ఇదే. కార్నియా వెనుక ప్రదేశంలో నేత్రోదక ద్రవం (aqueous humour) ఉంటుంది. దీనివెనుక ప్రతిబింబ ఏర్పాటుకు ఉపయోగపడే కటకం (crystalline lens) ఉంటుంది. నేత్రోదక ద్రవానికి, కటకానికి మధ్య నల్లగుడ్డు/ఐరిస్ (iris) అనే కండర పొర ఉంటుంది. ఈ కండరపొరకు ఉండే చిన్న రంధ్రాన్ని కనుపాప (pupil) అంటాం. మనకు కంటిలో కనబడే రంగు ప్రాంతమే ఐరిస్.

కనుపాపపై పడిన కాంతి కంటిలోపలికి పోయి దాదాపు ఎటువంటి మార్పు లేకుండా బయటకు వస్తుంది. అందువల్ల కనుపాప నలుపు రంగులో కనుబడుతుంది. కనుపాప ద్వారా కంటిలోకి ప్రవేశించే కాంతి (amount of light)ని ఐరిస్ అదుపు చేస్తుంది. కాంతి ప్రకాశం తక్కువ ఉన్నప్పుడు ఐరిస్ కనుపాపను పెద్దదిగా చేసి ఎక్కువ పరిమాణంలో కాంతి లోపలికి పోయే విధంగా చేస్తుంది. కాంతి ప్రకాశవంతంగా ఉన్న సందర్భాలలో ఐరిస్ కనుపాపను సంకోచింపజేసి కాంతి ఎక్కువ పరిమాణంలో కంటిలోకి పోనివ్వకుండా అదుపు చేస్తుంది. ఈ విధంగా కంటిలోకి వెళ్లేకాంతిని నియంత్రించే ద్వారం (variable aperture) వలె పనిచేయడానికి కనుపాపకు ఐరిస్ సహాయపడుతుంది. కంటిలోని కటకం మధ్య-భాగంలో ధృడంగానూ, అంచువైపు పోతున్నకొలదీ మృదువుగానూ ఉంటుంది. కంటిలోకి ప్రవేశించిన కాంతి కనుగుడ్డుకు వెనుకవైపున ఉండే రెటీనా (retina)పై ప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. కంటిలోని కటకానికి, రెటీనాకు మధ్యదూరం దాదాపు 2.5సెం.మీ ఉంటుంది. అనగా కంటిముందు వస్తువు ఎంత దూరంలో ఉన్నా ప్రతిబింబదూరం మాత్రం సుమారు 2.5 సెం.మీ. మాత్రమే.

- వివిధ వస్తుదూరాలకు ఒకే ప్రతిబింబదూరం ఉండడం ఎలా సాధ్యం?
- కటకాలగుండా వక్రీభవనం గురించి మీకున్న అవగాహనతో పై ప్రశ్నకు సమాధానం చెప్పగలరా?

వివిధ వస్తుదూరాలకు ఒకే ప్రతిబింబదూరం ఉండాలంటే, నాభ్యంతరం విలువ మారవలసి ఉంటుందనే అంశాన్ని మీరు గత పాఠ్యాంశంలో నేర్చుకున్నారు. అలాగే కటకనాభ్యంతరం అనేది కటకం తయారైన పదార్థ స్వభావంపైన, దాని వక్రతావ్యాసార్థంపైన ఆధారపడుతుందని మీకు తెలుసు. అంటే కంటి నాభ్యంతరం మారితేనే వివిధ దూరాలలో ఉన్న వస్తువులకు ప్రతిబింబదూరం ఒకే విధంగా ఉండే అవకాశం ఉంది. కంటికటకం తన ఆకారాన్ని మార్చుకోగలిగితేనే ఇది సాధ్యపడుతుంది.

- కన్ను తన నాభ్యంతరాన్ని ఎలా మార్చుకుంటుంది?
- కనుగుడ్డులో ఈ మార్పు ఎలా జరుగుతుంది?

  తెలుసుకుందాం.

కంటిలోని కటకానికి ఆనుకుని ఉన్న సిలియరి కండరాలు (ciliary muscles) కటక వక్రతావ్యాసార్థాన్ని మార్చడం ద్వారా కటకం తన నాభ్యంతరాన్ని మార్చుకోవడానికి దోహదపడతాయి.

దూరంలో ఉన్న వస్తువును కన్ను చూస్తున్నప్పుడు, సిలియరి కండరాలు విశ్రాంతస్థితిలో ఉండటం వల్ల కంటి కటక నాభ్యంతరం గరిష్టమవుతుంది. అంటే కటకం నుండి రెటీనాకు గల దూరానికి, నాభ్యంతరం విలువ సమానమవుతుంది. అప్పుడు కంటిలోకి వచ్చే సమాంతర కిరణాలు రెటీనాపై కేంద్రీకరింపబడటం వల్ల వస్తువును మనం చూడగలుగుతాం.

దగ్గరగా ఉన్న వస్తువును కన్ను చూస్తున్నప్పుడు, సిలియరి కండరాలు ఒత్తిడికి గురికావడం వల్ల కంటి కటక నాభ్యంతరం తగ్గుతుంది. రెటీనాపై ప్రతిబింబం ఏర్పడే విధంగా సిలియరి కండరాలు కటక నాభ్యంతరాన్ని మారుస్తాయి. ఇలా కటక నాభ్యంతరాన్ని తగిన విధంగా మార్పుచేసుకునే పద్ధతిని 'సర్దుబాటు' (accommodation) అంటాం. అయితే సిలియరి కండరాలు ఒక హద్దుదాటి మరీ ఎక్కువ ఒత్తిడికి గురికాలేవు కాబట్టి, వస్తువును కంటికి చాలా దగ్గరగా ఉంచినపుడు రెటీనాపై ప్రతిబింబం ఏర్పడే విధంగా నాభ్యంతర సర్దుబాటు జరగదు. కాబట్టి వస్తువును స్పష్టంగా చూడాలంటే కృత్యం-1 లో తెలుసుకున్నట్లుగా అది కనీసం 25 సెం.మీ. (స్పష్ట దృష్టి కనీస దూరం) దూరంలో ఉండాలి.

- కంటి కటకం నిజప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరుస్తుందా? మిథ్యాప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరుస్తుందా?
- వస్తువు ఆకారం, పరిమాణం మరియు రంగులలో ఏమార్పులేకుండా వస్తువును మనం గుర్తించే విధంగా రెటీనాపై ప్రతిబింబం ఎలా ఏర్పడుతుంది?

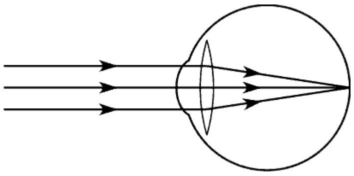
  తెలుసుకుందాం.

కంటికటకం వస్తువు నిజ ప్రతిబింబాన్ని రెటీనాపై తలక్రిందులుగా ఏర్పరుస్తుంది. రెటీనా అనేది ఒక సున్నితమైన పొర. దీనిలో దండాలు (rods) మరియు శంఖువులు (cones) అనబడే దాదాపు 125 మిలియన్ల గ్రాహకాలు (receptors) ఉంటాయి. ఇవి కాంతి సంకేతాలను (signals) గ్రహిస్తాయి. దండాలు రంగును గుర్తిస్తాయి. శంఖువులు కాంతి తీవ్రతను గుర్తిస్తాయి. ఈ సంకేతాలు దాదాపు 1 మిలియన్ దృక్‌నాడుల (optic - nerve fibres) ద్వారా మెదడుకు చేరవేయబడతాయి. వాటిలోని సమాచారాన్ని మెదడు విశ్లేషించడం ద్వారా వస్తువు ఆకారం, పరిమాణం మరియు రంగులను మనం గుర్తిస్తాం.

సిలియరి కండరాల సహాయంతో కంటికటకం వస్తుదూరానికి అనుగుణంగా తన నాభ్యంతరాన్ని మార్చుకుంటుందని మనం తెలుసుకున్నాం.

- కంటి కటక నాభ్యంతరం మార్పుకు ఏదైనా హద్దు (limit) ఉందా?
- కంటి కటకం యొక్క కనిష్ట, గరిష్ట నాభ్యంతరాలు ఎంత? వాటిని మనం ఎలా కనుగొంటాం?

  తెలుసుకుందాం.



పటం-4(ఎ)

పటం 4(ఎ) లో చూపినట్లు అనంతదూరంలో ఉన్న వస్తువు నుండి వచ్చే సమాంతర కాంతికిరణాలు కంటి కటకంపై పడి వక్రీభవనం చెందాక రెటీనాపై ఒక బిందురూప ప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరుస్తాయి. ఈ సందర్భంలో కంటికటక నాభ్యంతరం గరిష్ఠంగా (maximum) ఉంటుంది.

వస్తువు అనంతదూరంలో ఉన్నప్పుడు :

$u = -\infty$; $v = 2.5$ (ప్రతిబింబదూరం కటకానికి, రెటీనాకి మధ్యగల దూరానికి సమానం)

$1/f = 1/v - 1/u$ సమీకరణంలో పై విలువలను ప్రతిక్షేపించగా..

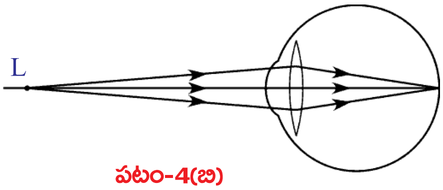
$1/f_{max} = 1/2.5 + 1/\infty$

$1/f_{max} = 1/2.5 + 0$

$f_{max} = 2.5$ సెం.మీ

అంటే కంటికటక గరిష్ఠ నాభ్యంతరం $f_{max} = 2.5$ సెం.మీ

పటం 4(బి)లో చూపినట్లు కంటిముందు 25 సెం.మీ. దూరంలో వస్తువు ఉందనుకుందాం. ఈ సందర్భంలో కంటికటక నాభ్యంతరం కనిష్ఠంగా (minimum) ఉంటుంది. అప్పుడు..



పటం-4(బి)

$u = -25$ సెం.మీ.; $v = 2.5$ సెం.మీ.

$1/f = 1/v - 1/u$ సూత్రం ప్రకారం

$1/f_{min} = 1/2.5 + 1/25$

$1/f_{min} = 11/25$

$f_{min} = 25/11 = 2.27$ సెం.మీ.

స్పష్ట దృష్టి కనీస దూరానికి, అనంతదూరానికి మధ్యలో ఏదో ఒక స్థానంలో వస్తువు ఉంటే, కంటికటకం తన నాభ్యంతరాన్ని 2.27 సెం.మీ నుండి 2.5 సెం.మీలకు మధ్యస్థంగా ఉండేట్లు సర్దుబాటు చేసుకుంటుంది. తద్వారా ప్రతిబింబం రెటీనాపై ఏర్పడుతుంది.

కంటికటకం తన నాభ్యాంతరాన్ని మార్చుకునే సామర్థ్యాన్ని కటక సర్దుబాటు సామర్థ్యం (accomodation of lens) అంటాం.

- కంటికటకం తన నాభ్యంతరాన్ని మార్చుకోలేకపోతే ఏం జరుగుతుంది?
- కంటికటక నాభ్యాంతరం 2.27-2.5 సెం.మీ.లకు మధ్యస్థంగా లేకపోతే ఏమవుతుంది?

తెలుసుకుందాం.

కొన్ని సందర్భాలలో కన్ను తన సర్దుబాటు సామర్థ్యాన్ని క్రమంగా కోల్పోతుంది. అటువంటి పరిస్థితుల్లో సదరు వ్యక్తి వస్తువును సులభంగా, స్పష్టంగా చూడలేడు. కంటి కటక దోషాల (defects) వల్ల చూపు మసకబారినట్లుగా అవుతుంది. సాధారణంగా దృష్టిదోషాలు మూడు రకాలు. అవి

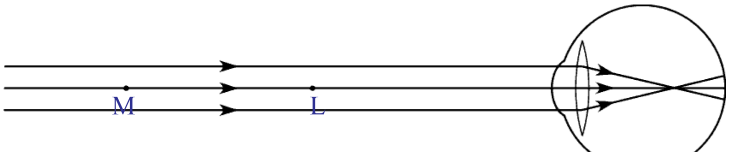
i) హ్రస్వదృష్టి (myopia)

ii) దీర్ఘదృష్టి (hypermetropia)

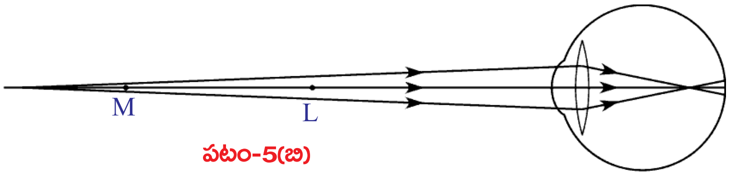
iii) చత్వారం (presbyopia)

హ్రస్వదృష్టి (Myopia)

కొందరు దగ్గరగా ఉన్న వస్తువులను చూడగలరు కానీ దూరంలో ఉన్న వస్తువులను స్పష్టంగా చూడలేరు. ఇటువంటి దృష్టిదోషాన్ని హ్రస్వదృష్టి అంటాం. ఈ దోషం గల వ్యక్తులకు కంటికటక గరిష్ఠ నాభ్యంతరం 2.5 సెం.మీ. కన్నా తక్కువ ఉంటుంది. ఇటువంటి సందర్భంలో, దూరంలో ఉన్న వస్తువుల నుండి వచ్చే కాంతి కిరణాలు కంటి కటకం ద్వారా వక్రీభవనం పొందాక 5(ఎ), 5(బి)పటాలలో చూపినట్లు రెటీనాకు ముందు కొంతదూరంలో ప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరుస్తాయి.

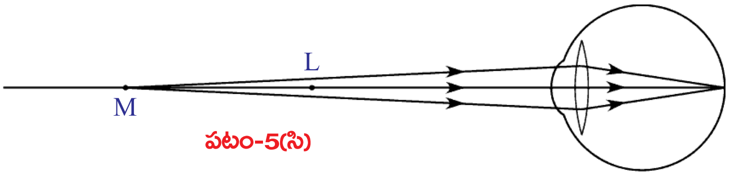


పటం-5(ఎ)

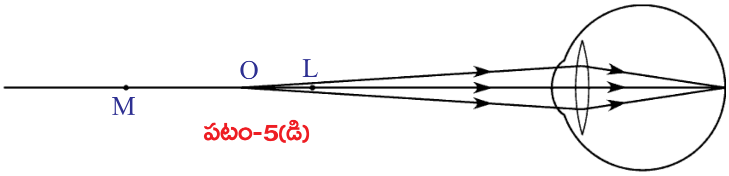


పటం-5(బి)

ఆరోగ్యవంతులైన వారు 25 సెం.మీ. కన్నా ఎక్కువ దూరంలో ఉన్న ఏ వస్తువునైనా స్పష్టంగా చూడగలరు. కానీ హ్రస్వదృష్టి ఉన్నవారు కొంతదూరం మేరకే వస్తువును స్పష్టంగా చూడగలరు. హ్రస్వదృష్టి కలవారికి, పటం 5(సి) లోచూపిన M బిందువు వరకు గల వస్తువులు మాత్రమే స్పష్టంగా కనబడతాయనుకుందాం.



పటం-5(సి)



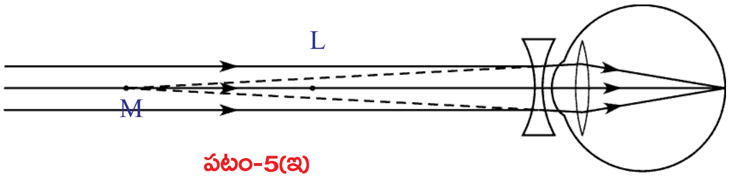
పటం-5(డి)

వస్తువు M వద్ద గానీ M కు, స్పష్ట దృష్టి కనీస దూరాన్ని తెలిపే బిందువు (L)కు మధ్య ఏదైనా ప్రదేశంలో గానీ ఉంటే కంటి కటకం ప్రతిబింబాన్ని రెటీనాపై ఏర్పరుస్తుంది. (పటం 5(సి) మరియు 5(డి) లను చూడండి.) M ను గరిష్ఠ దూర బిందువు (Far point) అంటాం. ఏ గరిష్ఠ దూరం వద్దనున్న బిందువుకు లోపల గల వస్తువులకు మాత్రమే కంటికటకం రెటీనాపై ప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరచగలుగుతుందో, ఆ బిందువును గరిష్ఠ దూరబిందువు అంటాం.

ఒకవ్యక్తి గరిష్ఠదూర బిందువుకు ఆవల ఉన్న వస్తువును చూడలేకపోయే దోషాన్ని హ్రస్వదృష్టి అంటాం.

- హ్రస్వదృష్టిని సవరించడానికి ఏం చేయాలి?

గరిష్ఠదూర బిందువుకు, స్పష్ట దృష్టి కనీస దూరాన్ని తెలిపే బిందువుకు మధ్య వస్తువు ఉన్నప్పుడు కంటికటకం రెటీనాపై ప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరచగలదు. కాబట్టి ఒక కటకాన్ని ఉపయోగించి గరిష్ఠ దూర బిందువుకు ఆవల ఉన్న వస్తువు యొక్క ప్రతిబింబాన్ని గరిష్ఠ దూర బిందువు (M) మరియు స్పష్ట దృష్టి కనీస దూరాన్ని తెలిపే బిందువు (L) ల మధ్యకు తేగలిగితే, ఆ ప్రతిబింబం కంటికటకానికి వస్తువులా పనిచేస్తుంది.



పటం-5(ఇ)

పుటాకార కటకాన్ని వాడడం వల్ల ఇది సాధ్యపడుతుంది. (పుటాకార కటకం ద్వారా కాంతి వక్రీభవనం చెందడం వల్ల ప్రతిబింబం ఏర్పడే విధానాన్ని గుర్తు చేసుకోండి.)

- హ్రస్వదృష్టిని నివారించడానికి వాడవలసిన పుటాకార కటక నాభ్యంతరం ఎంత ఉండాలనేది ఎలా నిర్ణయిస్తాం?

హ్రస్వదృష్టిని నివారించడానికి, అనంతదూరంలో ఉండే వస్తువు యొక్క ప్రతిబింబాన్ని గరిష్ఠ దూరబిందువు వద్ద ఏర్పరచగలిగే కటకాన్ని ఎంచుకోవాలి. కాబట్టి మనం ద్విపుటాకార కటకాన్ని ఎంచుకోవాలి.

ఈ కటకం ఏర్పరచే ప్రతిబింబం కంటి కటకానికి వస్తువులా పనిచేసి చివరగా ప్రతిబింబం రెటీనాపై ఏర్పడుతుంది.

ఈ ద్విపుటాకార కటక నాభ్యంతరాన్ని కనుగొందాం.

ఈ సందర్భంలో వస్తుదూరం (u) అనంతం. ప్రతిబింబదూరం (v) గరిష్ఠ దూర బిందువుకు గల దూరానికి సమానం. కావున

$u = -\infty$; $v = -D$ (గరిష్ఠ దూరబిందువుకు కంటికి గలదూరం)

ద్విపుటాకార కటక నాభ్యంతరం f అనుకుంటే..

$1/f = 1/v - 1/u$ సూత్రాన్ని ఉపయోగించినపుడు

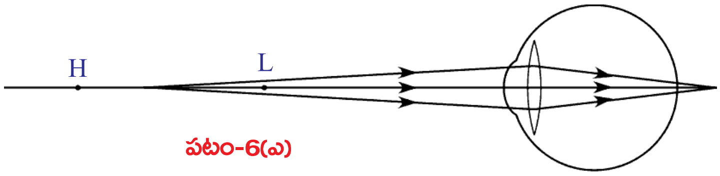
$1/f = 1/-D \Rightarrow f = -D$

ఇక్కడ f కు 'ఋణ విలువ' రావడమనేది పుటాకార కటకాన్ని తెలియజేస్తుంది.

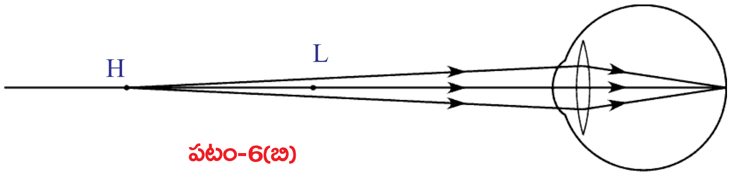
- కంటి కటక కనిష్ఠ నాభ్యాంతరం 2.27 సెం.మీ కంటే ఎక్కువైతే ఏం జరుగుతుంది? తెలుసుకుందాం.

దీర్ఘదృష్టి (Hypermetropia)

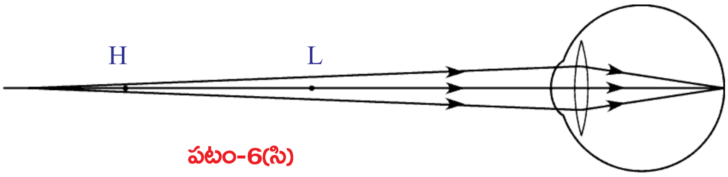
దీర్ఘదృష్టి గల వ్యక్తి దూరంలో ఉన్న వస్తువులను స్పష్టంగా చూడగలరు కానీ దగ్గరి వస్తువులను చూడలేరు. దీర్ఘదృష్టి గల వ్యక్తులకు కంటి కటక కనిష్ఠ నాభ్యంతరం 2.27 సెం.మీ. కన్నా ఎక్కువగా ఉండడమే దీనికి కారణం. ఇటువంటి సందర్భంలో దగ్గరలోని వస్తువునుండి వచ్చే కాంతి కిరణాలు కంటికటకం ద్వారా వక్రీభవనం పొందాక, ప్రతిబింబం పటం 6(ఎ) లో చూపినట్లు రెటీనాకు ఆవల ఏర్పడుతుంది.



పటం-6(ఎ)



పటం-6(బి)



పటం-6(సి)

వస్తువు H బిందువు వద్ద లేదా దానికి ఆవల ఉంటేనే దీర్ఘదృష్టిగల వ్యక్తి దానిని చూడగలడనుకుందాం.

అంటే వస్తువు H వద్ద గానీ, H కు ఆవల గానీ ఉన్నప్పుడు అతని కంటికటకం ప్రతిబింబాన్ని రెటీనాపై ఏర్పరచగలదు. (పటం 6(బి), 6(సి) లను చూడండి). H కు, స్పష్ట దృష్టి కనీస దూరాన్ని తెలిపే బిందువు (L)కు మధ్య వస్తువు ఉంటే రెటీనాపై ప్రతిబింబం ఏర్పడదు. (పటం 6(ఎ) చూడండి)

ఏ కనిష్టదూరం వద్ద గల బిందువుకు ఆవల గల వస్తువులకు మాత్రమే కంటికటకం రెటీనాపై ప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరచగలదో, ఆ బిందువును కనిష్టదూర బిందువు (near point) అంటాం. దీర్ఘదృష్టి గలవారు కనిష్టదూర బిందువు (H)కు, స్పష్ట దృష్టి కనీస దూరాన్ని తెలిపేబిందువు (L)కు మధ్యగల వస్తువులను చూడలేరు.

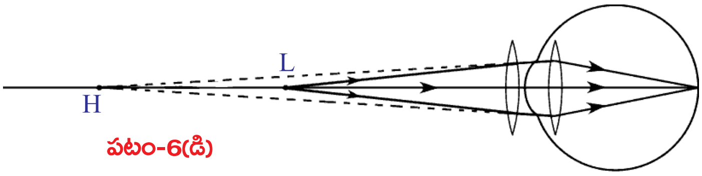
- దీర్ఘదృష్టిని సవరించడానికి ఏం చేయాలి?

వస్తువు కనిష్టదూర బిందువుకు ఆవల ఉంటే, కంటికటకం రెటీనాపై ప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరచగలదు. కనుక కనిష్టదూర బిందువు (H) కు స్పష్ట దృష్టి కనీస దూరాన్ని తెలిపే బిందువు (L)కు మధ్యనున్న వస్తువు యొక్క ప్రతిబింబాన్ని కనిష్టదూర బిందువుకు ఆవల ఏర్పరచగలిగే కటకాన్ని మనం ఉపయోగించాలి.

ద్వికుంభాకార కటకాన్ని వాడటం వల్ల ఇది సాధ్యపడుతుంది.

- దీర్ఘదృష్టిని నివారించడానికి వాడవలసిన కుంభాకార కటక నాభ్యంతరం ఎంత ఉండాలనేది ఎలా నిర్ణయిస్తాం?

కటక నాభ్యంతరాన్ని కనుగొనడానికి, స్పష్ట దృష్టి కనీస దూరాన్ని తెలిపే బిందువు (L) వద్ద ఒక వస్తువు ఉన్నదని ఊహించండి. పటం 6(డి) లో చూపినవిధంగా L వద్ద ఉన్న వస్తువు ప్రతిబింబాన్ని కనిష్టదూర బిందువు (H) వద్ద ఏర్పరచగలిగే ద్వికుంభాకార కటకాన్ని ఉపయోగిస్తే దృష్టిదోషం సవరించబడుతుంది.



పటం-6(డి)

ఆ ప్రతిబింబం కంటికటకానికి వస్తువుగా పనిచేస్తుంది. కనుక చివరగా కంటికటకం వలన ఏర్పడే ప్రతిబింబం రెటీనాపై ఏర్పడుతుంది. (పటం 6(డి) చూడండి)

ఈ సందర్భంలో, వస్తుదూరం (u) = -25 సెం.మీ.

ప్రతిబింబం దూరం (v) = -d (కంటికి, కనిష్ట దూరబిందువుకుగల దూరం)

మనం వాడే ద్వికుంభాకార కటక నాభ్యంతరం f అనుకుంటే..

$1/f = 1/v - 1/u$ సూత్రాన్ని ఉపయోగించినపుడు :

$1/f = 1/ -d - 1/(-25) \Rightarrow 1/f = -1/d + 1/25$

$1/f = (d - 25)/25d \Rightarrow f = 25d / (d - 25)$ (f ను సెం.మీ. లలో కొలుస్తాం)

$d > 25$ అని మనకు తెలుసు. కాబట్టి f విలువ ధనాత్మకం అవుతుంది. అనగా ద్వికుంభాకార కటకాన్ని వాడి దీర్ఘదృష్టిని సవరించవచ్చు.

చత్వారం (Presbyopia)

సాధారణంగా వయసుతో పాటుగా కంటి సర్దుబాటు సామర్థ్యం (power of accommodation) తగ్గిపోతుంది. ఇటువంటి దృష్టిదోషాన్ని చత్వారం అంటాం. వయసుతో పాటుగా చాలా మందికి కనిష్టదూర బిందువు (near point) క్రమంగా దూరమైపోతుంది. అప్పుడు వారు, దగ్గరలో ఉన్న వస్తువులను స్పష్టంగా చూడలేరు.

సిలియరి కండరాలు క్రమంగా బలహీనపడి కంటికటక స్థితిస్థాపక లక్షణం క్రమంగా తగ్గిపోవడం వలన ఈ విధంగా జరుగుతుంది. కొన్నిసార్లు వయసుపెరగడం వలన ఒకవ్యక్తికి హ్రస్వదృష్టి, దీర్ఘదృష్టి దోషాలు రెండూ కలగవచ్చు.

ఇటువంటి సందర్భాలలో దోషాన్ని సవరించడానికి ద్వినాభ్యంతర కటకాన్ని (bi-focal lense) ఉపయోగించాలి. ఈ కటకం పైభాగంలో పుటాకార కటకం, కింది భాగంలో కుంభాకార కటకం ఉంటాయి.

సాధారణంగా మనం కంటి ఆసుపత్రికి వెళ్ళినపుడు, డాక్టర్ మన కళ్ళను పరీక్షించాక మనం వాడవలసిన కటకాలకు సంబంధించిన వివరాలను ప్రిస్క్రిప్షన్ (prescription)లో రాసిస్తారు.

- కంటిడాక్టర్ రాసే ప్రిస్క్రిప్షన్‌లోని వివరాలను మీరెప్పుడైనా పరిశీలించారా?

అప్పుడప్పుడు కొందరు "నాకు సైట్ పెరిగింది లేదా తగ్గింది" అని మాట్లాడటం మీరు విని ఉంటారు కదా!

- సైట్ పెరగడం లేదా తగ్గడం అంటే ఏమిటి?

డాక్టరు మన కంటిని పరిశీలించి దోషాన్ని గుర్తించాక, దోషనివారణకు వాడవలసిన కటక సామర్థ్యాన్ని (power of lens) ప్రిస్క్రిప్షన్‌లో రాస్తారు. కటక సామర్థ్యాన్ని బట్టి, కటక స్వభావం మరియు దాని నాభ్యంతరం విలువ తెలుస్తాయి.

- కటకం సామర్థ్యం అంటే ఏమిటి?

కటక సామర్థ్యం

ఒక కటకం కాంతికిరణాలను కేంద్రీకరించే స్థాయి లేదా వికేంద్రీకరించే స్థాయిని కటక సామర్థ్యంగా వ్యక్తపరుస్తాం.

కటక నాభ్యంతరం యొక్క విలోమ విలువను కటక సామర్థ్యం అంటాం.

ఒక కటక నాభ్యంతరం f అనుకుంటే,

కటక సామర్థ్యం $P = 1 / f$(మీటర్లలో); $P = 100 / f$ (సెం.మీ.లలో)

కటక సామర్థ్యానికి ప్రమాణం డయాప్టర్ (Dioptre). దీనిని Dతో సూచిస్తాం.

ఉదాహరణ 1

2D కటకాన్ని వాడాలని డాక్టర్ సూచించారు. ఆ కటక నాభ్యంతరం ఎంత?

సాధన : కటక సామర్థ్యం $P = 2D$

$P = 100 / f$ (సెం.మీ.లలో) సూత్రం ప్రకారం

$2 = 100 / f \Rightarrow f = 100/2 = 50$ సెం.మీ.

కటకనాభ్యంతరం $f = 50$ సెం.మీ.

కాంతి విక్షేపణం (Dispersion) , కాంతి పరిక్షేపణం (Scattering)

అప్పుడప్పుడు వర్షం వచ్చి తగ్గినవెంటనే ఆకాశంలో ఇంద్ర ధనస్సు (rainbow) ఏర్పడడం మీరు చూసి ఉంటారు. అర్థవలయాకారంలోఉండే ఈ రంగులు చూసి మీకు ఎంతో ఆనందం కలిగి ఉంటుంది.

- తెల్లని రంగులో ఉండే సూర్యకాంతి ఇంద్రధనస్సులోని రంగులను ఎలా ఇవ్వగలుగుతుంది?

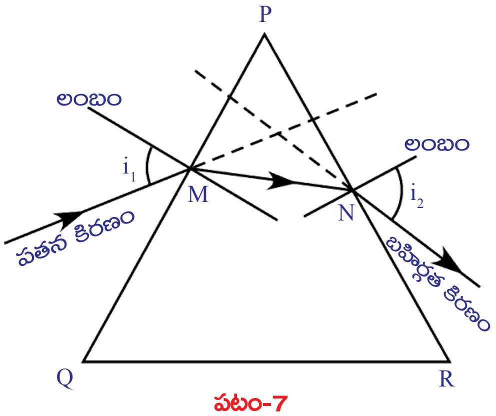
గత పాఠ్యాంశాలలో సమతలాలు, కటకాలవంటి వక్రతలాల గుండా కాంతి వక్రీభవనం చెందడం గురించి తెలుసుకున్నారు. అలాగే కటకాల వల్ల ఏర్పడే ప్రతిబింబ స్థానం, పరిమాణం మరియు లక్షణాల గురించి నేర్చుకున్నారు.

- ఒకదానికొకటి కొంతకోణం చేసే సమతలాలుగల పారదర్శక యానకం గుండా కాంతికిరణం ప్రసరించినప్పుడు ఏం జరుగుతుంది?
- పట్టకం అంటే ఏమిటి?

పట్టకం (prism)

ఒకదానికొకటి కొంతకోణం చేసే కనీసం రెండు సమతలాలతో పరిసరయానకం నుండి వేరుచేయబడి ఉన్న పారదర్శక యానకాన్ని పట్టకం అంటాం. పట్టకంలో ఒక సమతలంపై కాంతి పతనం చెందితే, అది పట్టకం గుండా ప్రయాణించి రెండో సమతలం గుండా బయటకు వస్తుంది. పట్టక తలంపై పతనం చెంది, పటకంలోకి ప్రయాణించిన కాంతి ప్రవర్తనను అవగాహన చేసుకోవడానికి, పట్టకాలకు సంబంధించిన కొన్ని పదాలను మనం నిర్వచించుకోవాలి.

త్రిభుజాకార గాజుపట్టకాన్ని పరిశీలిస్తే, దానికి రెండు త్రిభుజాకార ఆధారాలు (Bases), మూడు దీర్ఘచతురస్రాకారపు వాలు సమతలాలు (plane lateral surfaces) ఉంటాయి. ఈ మూడు వాలుతలాలు పరస్పరం కొంత కోణం చేసే విధంగా ఉంటాయి.



పటం-7

పటం 7లో చూపిన త్రిభుజం PQR, ఒక పట్టకం యొక్క త్రిభుజాకార ఆధారపు ఆవలిహద్దు (outline)ను తెలియజేస్తుందని భావిద్దాం. PQ అనే సమతలంపై M బిందువు వద్ద ఒక కాంతికిరణం పతనమైందని అనుకుందాం. M వద్ద PQ తలానికి లంబాన్ని (normal) గీయండి. పతనకిరణం లంబంతో చేసే కోణాన్ని పతనకోణం (i_1) అంటాం. పతన కిరణం M వద్ద వక్రీభవనం చెంది, పట్టకం గుండా ప్రయాణించి మరో సమతలంపైగల 'N' బిందువును చేరుతుంది. చివరగా పట్టకం నుండి బయటకు వెళ్తుంది. PR తలంపై గల N బిందువు గుండా బయటకు వచ్చే కిరణాన్ని బహిర్గత కిరణం (emergent ray) అంటాం. PR తలానికి N వద్ద ఒక లంబాన్ని గీయండి. లంబానికి, బహిర్గత కిరణానికి మధ్యకోణాన్ని బహిర్గతకోణం i_2(*angle of emergence*) అంటాం. PQ , PR తలాల మధ్య కోణాన్ని పట్టకకోణం *A* (*angle of the prism*) లేదా పట్టక వక్రీభవనకోణం (*refracting angle* of prism) అంటాం. పతనకిరణానికి, బహిర్గత కిరణానికి మధ్యకోణాన్ని విచలన కోణం d (*angle of* deviation) అంటాం.

త్రిభుజాకార పట్టకం గుండా కాంతి వక్రీభవనాన్ని అవగాహన చేసుకోడానికి ఇప్పుడొక కృత్యం నిర్వహిద్దాం.

ప్రయోగశాల కృత్యం

ఉద్దేశ్యం : పట్టక వక్రీభవన గుణాకాన్ని కనుగొనడం

కావలసిన వస్తువులు : పట్టకం, తెల్లని డ్రాయింగ్ చార్ట్ (20x20 సెం.మీ), పెన్సిల్, గుండుసూదులు, స్కేలు మరియు కోణమాని.

నిర్వహణ పద్ధతి : ఒక పట్టకాన్ని తీసుకొని, దాని త్రిభుజాకార ఆధారం డ్రాయింగ్ చార్ట్‌పై ఉండే విధంగా అమర్చండి. పట్టక ఆధారం చుట్టూ పెన్సిల్‌తో గీతగీసి, పట్టకాన్ని తీసివేయండి.

- మీరు గీసిన పట్టక ఆధార హద్దు (outline) ఏ ఆకారంలో ఉంది?

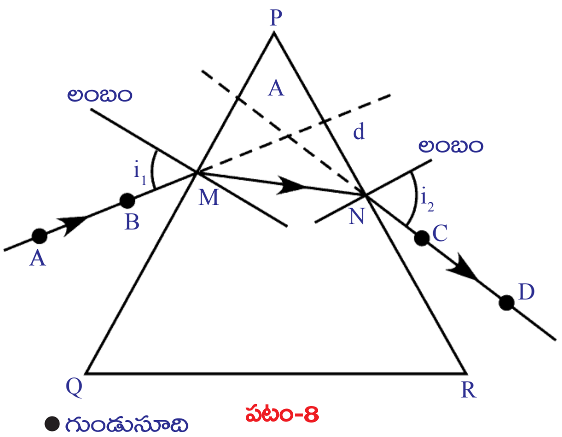
అది ఒక త్రిభుజం. ఆ త్రిభుజ శీర్షాలకు P,Q,R అని పేర్లు పెట్టండి. (సాధారణంగా ఇది సమబాహు త్రిభుజమై ఉంటుంది) పట్టక వక్రీభవన తలాలు దీర్ఘచతురస్రాకారంలో ఉంటాయి. PQ , PR ల మధ్య కోణాన్ని కొలవండి. ఇది పట్టక వక్రీభవన కోణం (A).

త్రిభుజ భుజం PQ పై ఒక బిందువు M ను గుర్తించండి. M వద్ద PQ కు లంబాన్ని గీయండి. కోణమాని కేంద్రం M తో ఏకీభవించేట్లుగా లంబం వెంట కోణమానిని అమర్చండి. 30^0 కోణాన్ని గుర్తించి, M వరకు రేఖను గీయండి. ఈ రేఖ పతనకిరణాన్ని సూచిస్తుంది. ఈ కోణాన్ని పతనకోణం అంటాం. పతనకోణం విలువను పట్టిక-1లో నమోదు చేయండి. పటం-8లో చూపినట్లు పతనకిరణంపై ఒక బాణంగుర్తు ను గీయండి.

పట్టిక-1

పతనకోణం(i_1)	బహిర్గత కోణం (i_2)	విచలన కోణం(d)

పట్టకాన్ని తిరిగి దాని స్థానం (త్రిభుజం)లో ఉంచండి. పట్టం-8లో చూపినట్లు పతన కిరణంపై A,B బిందువుల వద్ద రెండు గుండు సూదులను నిలువుగా గుచ్చండి. పట్టకం రెండోవైపు (PR తలంవైపు) నుండి గుండుసూదుల ప్రతిబింబాలను చూడండి. ఇప్పుడు ఆ రెండు గుండుసూదుల ప్రతిబింబాలతో ఒకే సరళరేఖలో కనిపించే విధంగా C,D బిందువుల వద్ద మరో రెండు గుండు సూదులను గుచ్చండి. ఇప్పుడు పట్టకాన్ని, గుండుసూదులను తీసివేయండి. రెండవసారి గుచ్చిన రెండు గుండుసూదుల గుర్తులను (రంధ్రాలను) కలుపుతూ PR తలాన్ని తాకేవరకు ఒక రేఖను గీయండి. ఈ రేఖ PR తలంపైగల N బిందువు గుండా వచ్చే బహిర్గత



పటం-8

కిరణాన్ని తెలుపుతుంది. N వద్ద గీసిన లంబంతో, బహిర్గత కిరణం చేసే కోణం బహిర్గతకోణం అవుతుంది. ఈ కోణాన్ని కొలిచి పట్టిక-1 లో నమోదు చేయండి.

M , N బిందువులను కలుపుతూ ఒక సరళరేఖను గీయండి. A,B, M,N,C మరియు D ల గుండా పోయేరేఖ, పట్టకం గుండా ప్రయాణించి వక్రీభవనం పొందిన కాంతి మార్గాన్ని తెలుపుతుంది.

- విచలన కోణాన్ని ఎలా కనుగొంటాం?

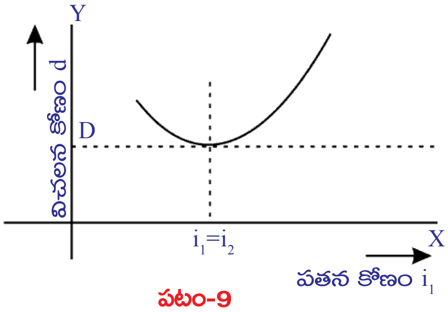
పతన, బహిర్గత కిరణాలను O బిందువు వద్ద కలుసుకునే వరకు పొడిగించండి. ఈ రెండు కిరణాల మధ్య కోణాన్ని కొలవండి. ఈ కోణాన్ని విచలన కోణం (d) అంటాం. విచలనకోణం విలువను పట్టిక-1లో నమోదు చేయండి. 40^0, 50^0 మొదలగు పతన కోణాలతో ఈ ప్రయోగాన్ని మరలా చేయండి. ఆయా పతనకోణాలకు సంబంధించిన బహిర్గతకోణాలు, విచలన కోణాలను కనుగొనండి. పట్టిక-1లో నమోదు చేయండి.

- వివిధ విచలన కోణాలను పరిశీలించి మీరు ఏం తెలుసుకున్నారు?

పతనకోణం పెరుగుతున్న కొలదీ కొంతమేర విచలనకోణం విలువ తగ్గి తర్వాత పతనకోణంతో పాటుగా పెరగడం గుర్తించి ఉంటారు కదా!

- పతన, విచలన కోణాల విలువలతో గ్రాఫ్ గీయగలరా?

పతనకోణాన్ని X-అక్షంవెంట, విచలన కోణాన్ని Y-అక్షం వెంట తీసుకోండి. తగిన స్కేలును నిర్ణయించుకొని ప్రతి పతనకోణానికి సంబంధించిన విచలన కోణంతో గ్రాఫ్ పేపర్‌పై బిందువులను గుర్తించండి. అన్ని బిందువులను కలిపితే గ్రాఫ్ (సున్నిత వక్రం) ఏర్పడుతుంది. మీ గ్రాఫ్‌ను పటం-9లో చూపిన గాఫ్‌తో పోల్చిచూసుకోండి.



పటం-9

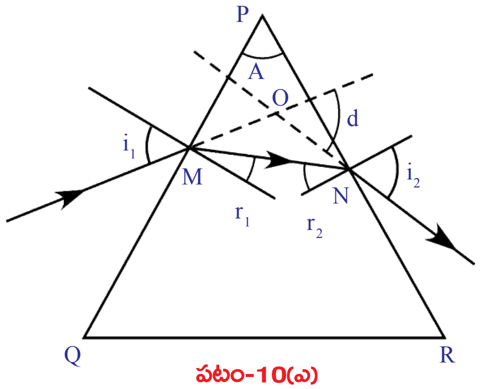
- గ్రాఫ్ ద్వారా విచలనకోణాలలో కనిష్ట విలువను చెప్పగలరా?

X-అక్షానికి సమాంతరంగా, గ్రాఫ్ కింది భాగాన్ని తెలియజేసే బిందువు వద్ద ఒక స్పర్శరేఖను గీయండి. ఈ స్పర్శరేఖ Y- అక్షాన్ని తాకే బిందువు విలువ కనిష్ట విచలన కోణాన్ని తెలుపుతుంది. దీనిని D తో సూచిస్తాం. స్పర్శరేఖ గ్రాఫ్‌ను తాకే బిందువు గుండా Y-అక్షానికి సమాంతరంగా ఒక రేఖను గీయండి. ఈ రేఖ X-అక్షాన్ని తాకే బిందువు విలువ కనిష్ట విచలన కోణానికి సంబంధించిన పతనకోణాన్ని తెలియజేస్తుంది. ఈ పతనకోణంతో మీరు పై ప్రయోగాన్ని చేస్తే బహిర్గత కోణం విలువ పతనకోణానికి సమానంగా ఉండడాన్ని గుర్తించవచ్చు.

పట్టిక-1ని పరిశీలించండి.

- పతనకోణం, బహిర్గతకోణం మరియు విచలనకోణాల మధ్య ఏదైనా సంబంధం ఉందా?
- పట్టక వక్రీభవన గుణకాన్ని మీరు కనుగొనగలరా? ఎలా?

తెలుసుకుందాం.



పటం-10(ఎ)

పట్టక వక్రీభవనగుణక సూత్రాన్ని ఉత్పాదించుట

పటం 10(ఎ) లో ఇవ్వబడిన కిరణ చిత్రాన్ని పరిశీలించండి.

త్రిభుజం OMN నుండి,

$d = i_1 - r_1 + i_2 - r_2$ అని చెప్పవచ్చు.

$d = (i_1+i_2) - (r_1+r_2)$ ....(1)

త్రిభుజం PMN నుండి,

$A + (90^0 - r_1) + (90^0 - r_2) = 180^0$ అని చెప్పవచ్చు.

పై సమీకరణాన్ని సాధించగా, $r_1 + r_2 = A$ ....(2)

(1), (2) సమీకరణాల నుండి, $d = (i_1+i_2) - A$

$A+d = i_1+i_2$ ....(3)

పతనకోణం, బహిర్గతకోణం, విచలనకోణం మరియు పట్టకకోణాల మధ్య సంబంధాన్ని సమీకరణం (3) తెలియజేస్తుంది.

స్నెల్ నియమం ప్రకారం $n_1 \sin i = n_2 \sin r$ అని మనకు తెలుసు.

పట్టక వక్రీభవన గుణకం n అనుకుందాం.

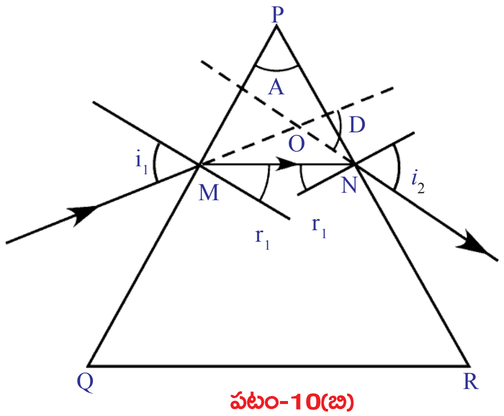
M బిందువు వద్ద, గాలి వక్రీభవన గుణకం $n_1 = 1$, పట్టక వక్రీభవన గుణకం $n_2 = n$, పతన కోణం $i = i_1$, వక్రీభవన కోణం $r = r_1$, స్నెల్ నియమంలో పై విలువలను ప్రతిక్షేపించగా

$\sin i_1 = n \sin r_1$ ....(4)

అదేవిధంగా N బిందువు వద్ద, పట్టక వక్రీభవన గుణకం $n_1 = n$, గాలి వక్రీభవన గుణకం $n_2 = 1$, పతన కోణం $i = r_2$, వక్రీభవన కోణం $r = i_2$, స్నెల్ నియమంలో పై విలువలను ప్రతిక్షేపించగా

$n \operatorname{Sin} r_2 = \operatorname{Sin} i_2$ ....(5)

కనిష్ఠ విచలన కోణం (D) వద్ద పతన, బహిర్గతకోణాల విలువలు సమానమని మనకు తెలుసు. అనగా $i_1 = i_2$. పటం 10 (బి)ని పరిశీలిస్తే MN, QR కు సమాంతరంగా ఉందని తెలుస్తుంది. (నిజానికి MN కిరణం పట్టక ఆధారానికి సమాంతరంగా ఉంటుంది)



పటం-10(బి)

$i_1 = i_2$ అయినప్పుడు విచలనకోణం (d) కనిష్ఠ విచలనకోణం (D) అవుతుంది.

అప్పుడు సమీకరణం (3) ప్రకారం

$A+D = 2i_1 \Rightarrow i_1 = (A+D)/2$

$i_1 = i_2$ అయినప్పుడు $r_1 = r_2$ అవుతుంది. అప్పుడు సమీకరణం (2) ప్రకారం

$2r_1 = A \Rightarrow r_1 = A/2$

i_1, r_2 విలువలను సమీకరణం (4)లో ప్రతిక్షేపించగా,

$\operatorname{Sin}\{(A+D)/2)\} = n. \operatorname{Sin}(A/2)$

$\Rightarrow n = \operatorname{Sin}(A+D/2)/\operatorname{Sin}(A/2)$ ....(6)

పై సమీకరణమే పట్టక వక్రీభవన గుణక సూత్రం.

ప్రయోగశాల కృత్యంలోని A, D విలువలతో సమీకరణం 6ను ఉపయోగించి మీ పట్టక వక్రీభవన గుణకాన్ని కనుగొనండి.

ఇప్పుడొక ఉదాహరణను పరిశీలిద్దాం.

ఉదాహరణ 2

60^0ల పట్టకకోణం (A) గల పట్టకం యొక్క కనిష్ఠ విచలన కోణం (D) 30^0. అయిన, పట్టకం తయారీకి వినియోగించిన పదార్థ వక్రీభవన గుణకాన్ని కనుగొనండి.

సాధన : $A = 60^0$, $D = 30^0$.

$n = \text{Sin}[(A+D)/2]/\text{Sin}(A/2) = \text{Sin}(90^0/2)/\text{Sin}(60^0/2)$

$= \text{Sin } 45^0/ \text{Sin}30^0 = (1/\sqrt{2})/(1/2) = \sqrt{2}$

$n = \sqrt{2}$

పట్టక తయారీకి వినియోగించిన పదార్థ వక్రీభవన గుణకం = $\sqrt{2}$

ఇప్పుడు పట్టకంతో ఒక చిన్న కృత్యం నిర్వహిద్దాం.

కృత్యం 3

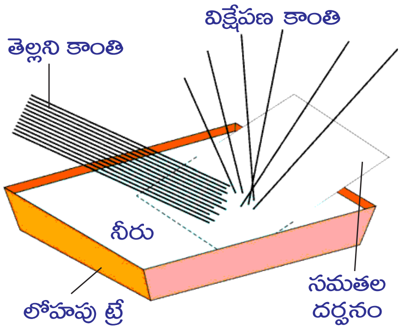
ఈ కృత్యాన్ని చీకటి గదిలో (వెలుగు తక్కువగా ఉన్నగదిలో) నిర్వహించండి. తెల్లని గోడకు దగ్గరగా ఒక టేబుల్‌ను ఉంచండి. ఒక కార్డ్‌బోర్డ్ షీట్‌కు మధ్యలో సన్నని రంధ్రం చేసి, దానిని టేబుల్ పై నిలువుగా అమర్చండి. కార్డ్‌బోర్డ్‌కు, గోడకు మధ్యలో ఒక పట్టకాన్ని ఉంచండి. తెలుపురంగు కాంతినిచ్చే కాంతిజనకాన్ని కార్డ్‌బోర్డ్‌కు దగ్గరగా ఉంచి, దాని రంధ్రం గుండా కాంతిని ప్రసరింపజేయండి. రంధ్రం నుండి వెలువడే కాంతి సన్నని కాంతి పుంజాన్ని తలపిస్తుంది. ఈ కాంతి పట్టకం యొక్క ఏదోఒక దీర్ఘచతురస్రాకార తలంపై పడే విధంగా, పట్టకాన్ని పట్టుకోండి. పట్టక బహిర్గత కిరణాలలో వచ్చే మార్పులను గమనించండి. పట్టకాన్ని మెల్లగా తిప్పుతూ గోడమీద ప్రతిబింబం ఏర్పడేవిధంగా చేయండి.

- గోడపై మీరు ఏం గమనించారు?
- గోడపై రంగుల ప్రతిబింబం ఏర్పడిందా?
- తెల్లని కాంతి రంగులుగా ఎందుకు విడిపోయింది?
- ఏఏ రంగులను మీరు చూశారు?
- వివిధ రంగుల విచలన కోణంలో ఏదైనా మార్పును గమనించారా?
- ఏ రంగు తక్కువ విచలనాన్ని పొందింది?

ఇప్పుడు మరొక ప్రయోగం చేద్దాం.

కృత్యం 4

ఒక లోహపు పళ్ళాన్ని (ట్రే) తీసుకొని, దానిని నీటితో నింపండి. నీటి ఉపరితలంతో కొంతకోణం చేసే విధంగా నీటిలో ఒక సమతల దర్పణాన్ని (అద్దాన్ని) ఉంచండి. పటం-11లో చూపినట్లు నీటి గుండా అద్దంపై తెల్లని కాంతిని ప్రసరింపజేయండి. ఈ అమరికకు కొంత



పటం-11

ఎత్తులో తెల్లటి కార్డ్‌బోర్డ్‌ను ఉంచి రంగుల ప్రతిబింబాన్ని పొందే ప్రయత్నం చేయండి. మీరు చూసిన రంగుల పేర్లను మీ నోట్‌బుక్‌లో రాయండి.

(3), (4) కృత్యాలలో తెల్లని కాంతి కొన్ని ప్రత్యేకమైన రంగులుగా విడిపోవడం గమనించాం.

- తెల్లని కాంతి రంగులుగా విడిపోవడాన్ని కిరణ సిద్ధాంతంతో వివరించగలమా?

  తెల్లని కాంతి రంగులుగా విడిపోవడాన్ని కిరణ సిద్ధాంతంతో వివరించలేము.
- ఎందువలన?

  తెలుసుకుందాం.

కాంతి విక్షేపణం

కృత్యం-3లో, వివిధ రంగులతో పోల్చి చూసినప్పుడు ఎరుపురంగు విచలనం తక్కువగానూ,ఊదారంగు (Violet) విచలనం ఎక్కువగానూ ఉండటం గమనించవచ్చు.

తెల్లని కాంతి వివిధ రంగులు (VIBGYOR) గా విడిపోవడాన్ని కాంతివిక్షేపణం అంటాం.

ఇంతకుముందు కృత్యాలలో, ఒక నిర్దిష్ట వక్రీభవన గుణకంగల పట్టకానికి కనిష్ఠ విచలన కోణం స్థిరంగా ఉంటుందని నేర్చుకున్నాం. అలాగే ఫెర్మాట్ సూత్రం ప్రకారం కాంతి కిరణం ఎల్లప్పుడూ తక్కువ సమయం పట్టే మార్గాన్నే ఎన్నుకుంటుంది. కానీ కృత్యం-3లో కాంతి వివిధ మార్గాల గుండా ప్రయాణించిందని తెలుస్తుంది.

- దీనిని బట్టి పట్టక వక్రీభవన గుణకం వివిధ రంగులను బట్టి మారుతుందని భావిద్దామా?
- వివిధ రంగులు గల కాంతుల వేగాలు వేర్వేరుగా ఉంటాయా?

(3), (4) కృత్యాలలో మనం చూసిన సందర్భాలు కాంతి కిరణ సిద్ధాంతాన్ని తోసిపుచ్చుతాయి. కాబట్టి తెల్లని కాంతిని వివిధ తరంగదైర్ఘ్యాలు (wavelength) గల తరంగాల సముదాయంగా భావించవచ్చు. వీటిలో ఊదారంగు కాంతి తరంగదైర్ఘ్యం (λ_V) తక్కువ. ఎరుపురంగు కాంతి తరంగదైర్ఘ్యం (λ_R) ఎక్కువ.

తరంగ సిద్ధాంతం ప్రకారం, కాంతిని అన్ని దిశలలో ప్రయాణించే తరంగంగా భావించవచ్చు. కాంతి ఒక విద్యుదయస్కాంత తరంగం(Electro magnetic wave). దీనిలో ఏ కణమూ భౌతికంగా వెనుకకు, ముందుకు డోలనాలు చేయదు. కానీ విద్యుదయస్కాంత తరంగంతో అనుసంధానం చెందిన విద్యుత్, అయస్కాంత క్షేత్రాల పరిమాణాలు తరంగంలోని ప్రతి బిందువువద్ద ఆవర్తితమవుతాయి. (vary periodically). ఈ విధంగా డోలనాలు చేసే విద్యుత్, అయస్కాంత క్షేత్రాలు (oscillating electric, magnetic fields) కాంతి వేగంతో అన్ని దిశలలో ప్రయాణిస్తాయి.

- పట్టకం గుండా తెలుపురంగు కాంతిని పంపితే అది వివిధ రంగులుగా ఎందుకు విడిపోతుందో ఇప్పుడు మీరు ఊహించగలరా?

అన్ని రంగుల కాంతి వేగాలు శూన్యంలో ఒకే విధంగా ఉన్నప్పటికీ, ఒక యానకంలో ప్రయాణించేటప్పుడు కాంతివేగం దాని తరంగదైర్ఘ్యంపై ఆధారపడుతుంది. అందువల్ల కాంతి వివిధ రంగులుగా విడిపోతుంది. వక్రీభవన గుణకం అనేది శూన్యంలో, యానకంలో

కాంతివేగాల నిష్పత్తి అని మనకు తెలుసు. దీనిని బట్టి యానక వక్రీభవన గుణకం కాంతి తరంగదైర్ఘ్యంపై ఆధారపడుతుందని చెప్పవచ్చు. తెల్లని కాంతి ఒక యానకం గుండా ప్రయాణించినప్పుడు, అందులోని ప్రతిరంగూ దానికి తక్కువ సమయం పట్టే మార్గాన్ని ఎంచుకుంటుంది. అందువల్ల వివిధ రంగుల వక్రీభవనం వివిధ విచలనాలతో ఉంటుంది. ఫలితంగా తెల్లని కాంతిలోని రంగులు వేరుచేయబడి 3,4 కృత్యాలలో చూసినట్లు గోడమీద, అద్దంలో వర్ణపటం (spectrum) ఏర్పడుతుంది. తరంగదైర్ఘ్యం పెరిగితే వక్రీభవన గుణకం తగ్గుతుందని ప్రయోగాత్మకంగా ఋజువు చేయబడింది. VIBGYOR లోని ఏడు రంగుల తరంగదైర్ఘ్యాలను పోల్చిచూస్తే ఎరుపురంగుకాంతి తరంగదైర్ఘ్యం ఎక్కువ, ఊదారంగు తరంగదైర్ఘ్యం తక్కువ. అంటే ఎరుపు రంగు వక్రీభవన గుణకం తక్కువ. అందువల్ల అది తక్కువ విచలనాన్ని పొందుతుంది.

పట్టకం గుండా తెలుపు రంగు కాంతిని పంపిస్తే ఏడు రంగులుగా విడిపోతుందని మనకు తెలుసు. పట్టకం గుండా ఒకే రంగుగల కాంతిని పంపించామనుకుందాం.

- అది మరికొన్ని రంగులుగా విడిపోతుందా? ఎందుకు?

కాంతిజనకం ఒక సెకనుకు విడుదలచేసే కాంతి తరంగాల సంఖ్యను పౌన:పున్యం (frequency) అంటాం. కాంతి పౌన:పున్యం అనేది కాంతిజనకం యొక్క లక్షణమని మనకు తెలుసు. ఇది ఏ యానకం వలన కూడా మారదు. అనగా వక్రీభవనంలో కూడా పౌన:పున్యం మారదు. అందువల్ల పారదర్శక పదార్థం గుండా ప్రయాణించే 'రంగుకాంతి' యొక్క రంగు మారదు.

యానకాలను వేరుచేసే తలం వద్ద వక్రీభవనం సంభవించినపుడు, ఒక సెకన్ కాలంలో ఆ తలంపై పతనమయ్యే తరంగాల సంఖ్య, రెండో యానకంలోని ఏ బిందువు గుండా ప్రయాణించే తరంగాల సంఖ్యకైనా సమానంగా ఉంటుంది. అంటే కాంతి ఒక యానకం గుండా ప్రయాణించేటప్పుడు, యానకాన్ని బట్టి కాంతి తరంగదైర్ఘ్యం మారుతున్నా కూడా కాంతి పౌనఃపున్యం మాత్రం మారదు. కాంతి తరంగవేగం (v), తరంగదైర్ఘ్యం (λ), పౌన:పున్యం (f) ల మధ్య సంబంధం మనకు తెలుసు.

$$v = f\lambda$$ (పౌనఃపున్యాన్ని (υ)తో కూడా సూచిస్తారు.)

యానకాలను వేరుచేసే ఏతలం వద్ద వక్రీభవనం జరిగినా, కాంతివేగం v, తరంగదైర్ఘ్యం λ కు అనులోమాను పాతంలో ఉంటుంది. అంటే తరంగదైర్ఘ్యం పెరిగితే కాంతివేగం పెరుగుతుంది, తరంగదైర్ఘ్యం తగ్గితే కాంతివేగం తగ్గుతుంది.

- కృత్యం-3లో చూసినట్లు ప్రకృతిలో మీరు రంగులు చూడగలిగే సందర్భానికి ఒక ఉదాహరణ ఇవ్వగలరా?

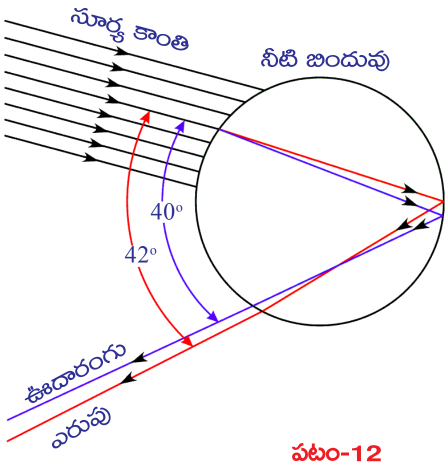
మీ సమాధానం ఇంద్రధనుస్సు కావచ్చు. ఇంద్రధనుస్సు అనేది కాంతి విక్షేపణానికి మంచి ఉదాహరణ.

- ఆకాశంలో ఇంద్రధనస్సును మీరు ఎప్పుడు చూసారు?
- మనం ఇంద్రధనస్సును కృత్రిమంగా ఏర్పరచగలమా?

తెలుసుకుందాం.

కృత్యం 5

ఒక తెల్లని గోడను ఎంచుకోండి. దానిపై సూర్యకాంతి పడుతుండాలి. గోడకు అభిముఖంగా (సూర్యకాంతి మీ వీపుపై పడే విధంగా) నిలుచోండి. నీరు ప్రవహించే ఒక పైపును తీసుకొని, పైపు చివర మీ వేలుని అడ్డుగా ఉంచండి. మీ వేలుకు, పైపుకు మధ్యగల సందులగుండా నీరు ఫౌంటెన్ (fountain) వలె బయటకు చిమ్ముతుంది. ఇలా నీరుపైకి చిమ్మేటప్పుడు గోడపై జరిగే మార్పులను గమనించండి. గోడపై మీరు రంగులను చూడవచ్చు.



పటం-12

- గోడపై రంగులను మీరు ఎలా చూడగలుగుతున్నారు?
- మీ కంటిని చేరే కాంతికిరణాలు గోడనుండి వస్తున్నాయా? నీటి బిందువులనుండి వస్తున్నాయా?

తెలుసుకుందాం.

అనేక లక్షల నీటి బిందువుల చేత కాంతి విక్షేపణం చెందడం వలన మనం చూసే అందమైన ఇంద్రధనుస్సు ఏర్పడుతుంది. ఇంద్రధనస్సు ఏర్పడడానికి కారణమేమిటో తెలుసుకోడానికి ఒక నీటి బిందువును పరిగణనలోకి తీసుకుందాం.

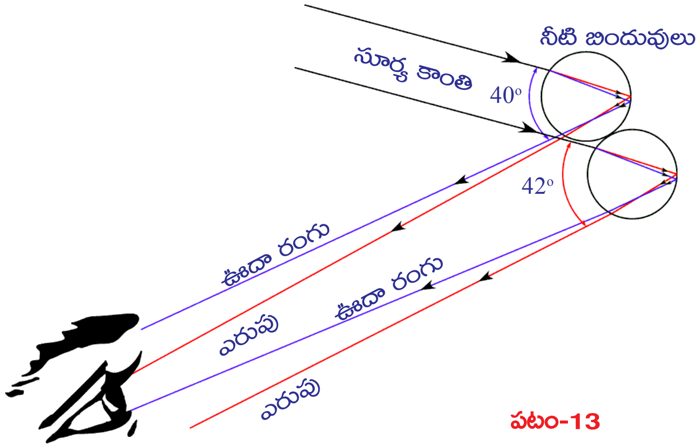
పటం-12ను పరిశీలించండి. నీటి బిందువు పై ప్రాంతం నుండి సూర్యుని కాంతికిరణం లోపలికి ప్రవేశిస్తుంది. ఇక్కడ జరిగే మొదటి వక్రీభవనంలో తెల్లని కాంతి వివిధ రంగులుగా విక్షేపణం చెంది ఎరుపురంగు కాంతి తక్కువ విచలనాన్ని, ఊదారంగు కాంతి ఎక్కువ విచలనాన్ని పొందుతాయి.

అన్ని రంగులూ నీటి బిందువు రెండో వైపుకు చేరాక, సంపూర్ణాంతర పరావర్తనంవలన నీటిబిందువులోనే వెనుకకు పరావర్తనం చెందుతాయి. ఫలితంగా నీటి బిందువు మొదటి ఉపరితలాన్ని చేరాక, ప్రతీరంగు మరలా గాలిలోకి వక్రీభవనం చెందుతుంది. మొదటి వక్రీభవనంతో పోలిస్తే రెండో వక్రీభవనంలో ఎరుపు, ఊదారంగు కాంతికిరణాల మధ్యకోణం ఇంకా పెరుగుతుంది.

నీటిబిందువులోకి ప్రవేశించే కిరణాలు, బయటకు వెళ్ళే కిరణాల మధ్యకోణం 0^0 నుండి 42^0 మధ్య ఎంతైనా ఉండవచ్చు. అయితే ఆ కోణం 42^0 లకు దాదాపు సమానంగా ఉన్నప్పుడు ప్రకాశవంతమైన ఇంద్రధనుస్సును మనం చూడగలుగుతాం. పటం-12లో ఈ వివరాలను చూడవచ్చు.

ప్రతి నీటి బిందువూ కాంతిని ఏడు రంగులలోకి విడగొట్టినా, ఒక పరిశీలకుడు తాను ఉన్న స్థానాన్ని బట్టి, ఒక నీటి బిందువు నుండి వచ్చే రంగులలో ఏదో ఒక దానిని మాత్రమే చూడగలడు. ఒక నీటి బిందువు నుండి వచ్చే ఊదారంగు కాంతి ఒక పరిశీలకుని కంటిని చేరితే, అదే నీటి బిందువు నుండి వచ్చే ఎరుపు రంగు కాంతి అతని కంటిని చేరదు. అది అతని కంటికి కొంత దిగువభాగానికి చేరుతుంది. పటం-13 చూడండి. కనుక పరిశీలకుడు ఎరుపు రంగు కాంతిని చూడాలంటే ఆకాశంలో ఉన్న నీటిబిందువులలో ఎత్తులో ఉన్న వాటిని చూడాలి.

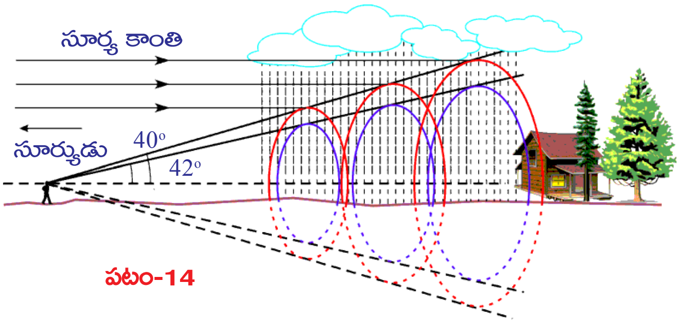
సూర్యకాంతి పుంజానికి, నీటి బిందువుచే వెనుకకు పంపబడిన కాంతికి మధ్య కోణం 42^0 ఉన్నప్పుడే మనకు ఎరుపు రంగు కనుబడుతుంది. ఆకోణం 40^0 ఉంటే మనకు ఊదారంగు కాంతి కనబడుతుంది. 40^0 నుండి 42^0 ల మధ్య కోణంలో VIBGYOR లోని మిగిలిన రంగులు కనిపిస్తాయి.



పటం-13

- వాననీటి బిందువులతో విక్షేపణం చెందిన కాంతి అర్ధవలయాకారంలో ఎందుకు కనిపిస్తుంది?

ఈ ప్రశ్నకు సమాధానం తెలుసుకోవాలంటే మనకు కొంత జ్యామితీయ తార్కికత (geometrical reasoning) అవసరం. మొదటగా, ఇంద్రధనస్సు అనేది మనకు కనబడే విధంగా పలుచని ద్విమితీయ చాపం (arc) కాదు. పటం-14లో చూపినట్లు, ఇంద్రధనస్సు అనేది మీ కంటి వద్ద తన కొనభాగాన్ని కలిగి యున్న త్రిమితీయ శంఖువు (three dimensional cone). మీ వైపుగా కాంతిని విక్షేపణం చేసే అన్ని నీటి బిందువులు, వివిధ పొరలను కలిగియున్న శంఖువు ఆకారంలో అమరి ఉంటాయి. మీ కంటికి ఎరుపు రంగు కాంతిని చేరవేసే నీటి బిందువులు శంఖువు బాహ్య పొరపై ఉంటాయి.



పటం-14

దాని కన్నా కిందిపొరలో ఉన్న శంఖువు ఉపరితలంపై నారింజరంగు(orange) కాంతిని చేరవేసే నీటిబిందువులు ఉంటాయి.

అదేవిధంగా పసుపు రంగును చేరవేసే శంఖువు నారింజరంగు కాంతిని చేరవేసే శంఖువుకు కింద ఉండే పొరలో ఉంటుంది. ఇలా ఈ క్రమం అన్నింటికన్నా అంతరంలో ఉండే ఊదారంగును చేరవేసే శంఖువు వరకు కొనసాగుతుంది. (పటం-14 చూడండి)

ఆలోచించండి - చర్చించండి

- విమానంలో ప్రయాణించే వ్యక్తికి ఇంద్రధనుస్సు ఏ ఆకారంలో కనిపిస్తుందో ఊహించగలరా? మీ స్నేహితులతో చర్చించండి. సమాచారాన్ని సేకరించండి.

సాధారణంగా మనకు ఆకాశం నీలి రంగులో కనబడుతుంది.

- ఆకాశం నీలి రంగులో ఎందుకు కనిపిస్తుంది?

ఈ ప్రశ్నకు సమాధానం చెప్పాలంటే, కాంతిని పరిక్షేపణం అనే మరొక దృగ్విషయం గురించి అవగాహన చేసుకోవాలి.

- పరిక్షేపణం అంటే ఏమిటి?

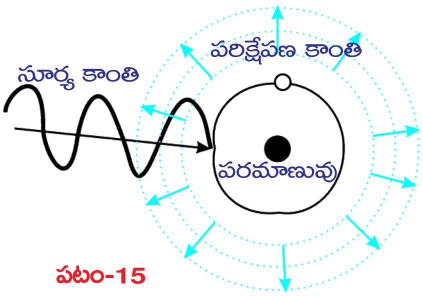
కాంతి పరిక్షేపణం

కాంతి పరిక్షేపణం ఒక సంక్లిష్ట దృగ్విషయం. దీనిని అవగాహన చేసుకోడానికి ప్రయత్నిద్దాం.

- స్వేచ్ఛా పరమాణువు లేదా అణువుపై నిర్దిష్ట పౌన:పున్యం గల కాంతి పతనం చెందితే ఏం జరుగుతుంది?

పరమాణువులు లేదా అణువులపై కాంతి పతనం చెందినపుడు అవి కాంతి శక్తిని శోషించుకొని (absorb), అందులో కొంత భాగాన్ని వివిధ దిశల్లో ఉద్గారం (emission) చేస్తాయి. ఇదే కాంతి పరిక్షేపణంలోని ప్రాథమిక నియమం.

పరమాణువు లేదా అణువు యొక్క పరిమాణాన్ని బట్టి వాటిపై కాంతి ప్రభావం ఆధారపడి ఉంటుంది. కణం (పరమాణువు లేదా అణువు) పరిమాణం తక్కువగా ఉంటే, అది ఎక్కువ పౌన:పున్యం గల (తక్కువ తరంగదైర్ఘ్యం గల) కాంతితో ప్రభావితమవుతుంది. అలాగే ఎక్కువ పరిమాణం గల కణం తక్కువ పౌనఃపున్యం (ఎక్కువ తరంగదైర్ఘ్యం) గల కాంతితో ప్రభావితమవుతుంది.



పటం-15

ఒక పరమాణువుపై నిర్దిష్ట పౌన:పున్యం గల కాంతి పతనమైందనుకుందాం. ఈ కాంతి వల్ల పరమాణువు కంపించడం (vibration) ప్రారంభిస్తుంది. ఈ కంపనాలవల్ల అన్ని దిశలలో వివిధ తీవ్రతలు (different intensity) గల కాంతిని విడుదల చేస్తుంది.

కాంతి ప్రయాణ దిశకు లంబంగా ఉన్న ఏకాంక వైశాల్యం గల తలం గుండా ఒక సెకను కాలంలో ప్రసరించే కాంతి శక్తిని కాంతితీవ్రత (intensity of light) అంటాం.

పటం-15 లో చూపినట్లు అంతరాళం (space)లో ఒక స్వేచ్ఛా పరమాణువు లేదా అణువు ఉన్నదనుకుందాం. ఆ కణంపై నిర్దిష్ట పౌన:పున్యంగల కాంతి పతనచెందిందనుకుందాం. ఆ కణం పరిమాణం పతనం చెందిన కాంతి తరంగదైర్ఘ్యంతో పోల్చదగిన విధంగా ఉన్నప్పుడు మాత్రమే ఆ కాంతికి ఆ కణం స్పందిస్తుంది.

ఈ నియమం పాటించబడినప్పుడు మాత్రమే ఆ కణం కాంతిని శోషించుకుని కంపనాలు చేస్తుంది. ఈ కంపనాల వలన ఆ కణం శోషించుకున్న శక్తిలో కొంత భాగాన్ని అన్ని దిశల్లో వివిధ తీవ్రతలతో తిరిగి ఉద్గారం చేస్తుంది.

ఈ ఉదార్గాన్నే కాంతి పరిక్షేపణం అంటాం. ఉద్గారమైన కాంతిని పరిక్షేపణ కాంతి అంటాం. ఉద్గారం చేసిన పరమాణువు లేదా అణువును పరివేపణ కేంద్రం (scattering centre) అంటాం. నిర్ధిష్ట దిశలో, అంటే కాంతి తీవ్రతను పరిశీలించే దిశలో వచ్చే పరిక్షేపణ కాంతికి, పతనకాంతికి మధ్యగల కోణాన్ని పరిక్షేపణ కోణం (angle of scattering) అంటాం. పరిక్షేపణ కాంతి యొక్క తీవ్రత (intensity of scattered light) పరిక్షేపణ కోణాన్ని బట్టి

మారుతుందని ప్రయోగపూర్వకంగా తెలుసుకోవడం జరిగింది. పరిక్షేపణ కోణం 90^0 ఉన్నప్పుడు కాంతి తీవ్రత అత్యధికంగా ఉంటుంది.

ఈ కారణం చేతనే, సూర్య కిరణాల దిశకు లంబ దిశలో మనం ఆకాశాన్ని చూసినప్పుడు ఆకాశం నీలి రంగులో కనబడుతుంది. మనం చూసే దిశ కోణం మారితే, ఆ నీలిరంగు తీవ్రత కూడా మారుతుంది.

కాంతి పరిక్షేపణం వల్ల నీలిరంగు మాత్రమే ఎందుకు ఏర్పడుతుంది? వేరే రంగు ఎందుకు ఏర్పడదు? అనే సందేహం మీకు కలిగి ఉంటుంది కదా!

ఆకాశపు నీలిరంగుకు కారణం పరిక్షేపణ కేంద్రాలేనా? అనే అంశం తెలుసుకోడానికి ప్రయత్నిద్దాం.

మన భూమి చుట్టూ ఉన్న వాతావరణంలో వివిధ రకాల అణువులు, పరమాణువులు ఉంటాయని మీకు తెలుసు. వాతావరణంలోని నైట్రోజన్, ఆక్సిజన్ అణువులే ఆకాశపు నీలిరంగుకు కారణం. ఈ అణువుల పరిమాణం నీలిరంగు కాంతి తరంగ దైర్ఘ్యంతో పోల్చదగిన విధంగా ఉంటుంది. ఈ అణువులు నీలిరంగు కాంతికి పరిక్షేపణ కేంద్రాలుగా పనిచేస్తాయి.

- వేసవిరోజుల్లో (ఉష్ణోగ్రత ఎక్కువగా ఉన్నరోజుల్లో) ఒక నిర్దిష్ట దిశలో చూస్తున్నప్పుడు కొన్ని సందర్భాలలో ఆకాశం తెలుపురంగులో కనిపిస్తుంది - ఎందుకు?

వాతావరణంలో వివిధ పరిమాణాలు గల కణాలుంటాయి. వాటి పరిమాణాల కనుగుణంగా అవి వివిధ తరంగదైర్ఘ్యాలు గల కాంతిని పరిక్షేపణం చేస్తాయి. ఉదాహరణకు N_2 , O_2 అణువుల కన్నా నీటి అణువు పరిమాణం ఎక్కువ. కాబట్టి అది నీలిరంగుకాంతి కంటే తక్కువ పౌన:పున్యాలు (ఎక్కువ తరంగదైర్ఘ్యాలు) గల కాంతులకు పరిక్షేపణ కేంద్రంగా పనిచేస్తుంది.

వేసవి రోజుల్లో ఉష్ణోగ్రత ఎక్కువగా ఉండడం వల్ల వాతావరణంలోకి నీటి ఆవిరి చేరుతుంది. తద్వారా వాతావరణంలో నీటి అణువులు అధిక స్థాయిలో ఉంటాయి. ఈ నీటి అణువులు ఇతర పౌనఃపున్యాలు (నీలిరంగు కానివి) గల కాంతులను పరిక్షేపణం చేస్తాయి. N_2 ,O_2 ల పరిక్షేపణం వల్ల వచ్చే నీలిరంగుకాంతి, నీటి అణువుల పరిక్షేపణం వల్ల వచ్చే ఇతర రంగుల కాంతులు అన్నీ కలిసి మన కంటిని చేరినప్పుడు తెలుపు రంగు కాంతి కనబడుతుంది.

- కాంతి పరిక్షేపణాన్ని ప్రయోగపూర్వకంగా చూపగలరా?

ప్రయత్నిద్దాం.

కృత్యం 6

ఒక బీకరులో సోడియం థయోసల్ఫేట్ (హైపో) మరియు సల్ఫ్యూరికామ్లాల ద్రావణాన్ని తీసుకోండి. ఈ గాజు బీకరును ఆరుబయట సూర్యుని వెలుగులో ఉంచండి. బీకర్‌లో సల్ఫర్ స్ఫటికాలు ఏర్పడడాన్ని గమనించండి. బీకర్‌లో జరిగే మార్పులను పరిశీలించండి.

రసాయన చర్య జరుగుతున్న కొలదీ సల్ఫర్ అవక్షేపం (Precipitation) ఏర్పడడం మీరు గమనించవచ్చు. ప్రారంభంలో సల్ఫర్ స్ఫటికాలు చాలా చిన్నవిగా ఉంటాయి. చర్య జరుగుతున్న కొలదీ సల్ఫర్ అవక్షేపం ఏర్పడి స్ఫటికాల పరిమాణం పెరుగుతుంది.

మొదట సల్ఫర్ స్ఫటికాలు నీలిరంగులో ఉండి, వాటి పరిమాణం పెరుగుతున్నకొలదీ తెలుపు రంగులోకి మారుతాయి. దీనికి కారణం కాంతి పరిక్షేపణం. ప్రారంభంలో సల్ఫర్ స్ఫటికాల పరిమాణం చాలా తక్కువగా ఉండి, అది నీలిరంగు కాంతి తరంగదైర్ఘ్యంతో

పోల్చడానికి వీలైనదిగా ఉంటుంది. కాబట్టి అప్పుడు అవి నీలిరంగులో కనబడతాయి. సల్ఫర్ స్ఫటికాల పరిమాణం పెరుగుతున్న కొలదీ, వాటి పరిమాణం ఇతర రంగు కాంతుల తరంగదైర్ఘ్యాలతో పోల్చడానికి వీలయ్యేదిగా ఉంటుంది. అప్పుడు ఆ స్ఫటికాలు ఇతర రంగుల కాంతులకు పరిక్షేపణ కేంద్రాలుగా పనిచేస్తాయి. ఈ అన్ని రంగులూ కలిసి తెలుపురంగులా కనబడుతుంది.

- సూర్యోదయం, సూర్యాస్తమయ సమయాలలో సూర్యుడు ఎర్రగా కనబడడానికి గల కారణం మీకు తెలుసా?

వాతావరణంలో వివిధ పరిమాణాలలో స్వేచ్ఛా అణువులు మరియు పరమాణువులుంటాయి. ఇవి వాటి పరిమాణాల కనుగుణంగా వివిధ తరంగదైర్ఘ్యాలు గల కాంతిని పరిక్షేపణం చేస్తాయి. వాతావరణంలో ఎరుపు రంగు కాంతి తరంగదైర్ఘ్యంతో పోల్చగల పరిమాణం గల అణువులు చాలా తక్కువగా ఉంటాయి. కనుక ఎరుపు రంగు కాంతి మిగతా రంగుల కన్నా తక్కువగా పరిక్షేపణం చెందుతుంది.

సూర్యోదయం, సూర్యాస్తమయ సమయంలో సూర్యుని నుండి వెలువడేకాంతి మీ కంటిని చేరడానికి భూ వాతావరణంలో అధిక దూరం ప్రయాణించాల్సి ఉంటుంది. ఎరుపు రంగు కాంతి తప్ప మిగిలిన అన్ని రంగుల కాంతులు అధికంగా పరిక్షేపణం చెంది కాంతి మీ కంటిని చేరేలోపే ఆ రంగులన్నీ కనుమరుగవుతాయి. ఎరుపు రంగు కాంతి తక్కువగా పరిక్షేపణం చెందడం వల్ల అది మీ కంటిని చేరుతుంది. ఫలితంగా సూర్యుడు సూర్యోదయం, సూర్యాస్తమయ సమయాలలో ఎరుపుగా కనిపిస్తాడు.

- మధ్యాహ్న వేళల్లో సూర్యుడు ఎర్రగా ఎందుకు కనబడడో ఊహించగలరా?

ఉదయం, సాయంత్రం వేళల కంటే మధ్యాహ్న సమయంలో వాతావరణంలో సూర్యకాంతి ప్రయాణించే దూరం తక్కువ. కాబట్టి కాంతి ఎక్కువగా పరిక్షేపణం చెందక పోవడం వల్ల అన్ని రంగులూ మీ కంటిని చేరుతాయి. కాబట్టి మధ్యాహ్న వేళల్లో సూర్యుడు తెల్లగా కనబడతాడు.

? మీకు తెలుసా?

మనదేశానికి చెందిన శాస్త్రవేత్త, నోబెల్ బహుమతి గ్రహీతయైన సర్.సి.వి.రామన్ ద్రవాలు, వాయువులలో జరిగే కాంతి పరిక్షేపణాన్ని వివరించాడు. ఒక ద్రవం వల్ల పరిక్షేపణం చెందిన కాంతి పౌన:పున్యం, పతనకాంతి పౌనఃపున్యం కన్నా ఎక్కువ లేదా తక్కువ ఉంటుందని ఈయన ప్రయోగపూర్వకంగా కనుగొన్నాడు. దీనినే రామన్ ఫలితం (Raman Effect) అంటాం.

దీనిని ఉపయోగించి శాస్త్రవేత్తలు అణువుల ఆకారాలను నిర్ధారిస్తారు.

సర్ సివి రామన్

ఇప్పటి వరకు మనం కాంతికి సంబంధించిన వక్రీభవనం, విక్షేపణం మరియు పరిక్షేపణం వంటి కొన్ని అంశాలను గురించి తెలుసుకున్నాం. ఇవన్నీ మన చుట్టూ జరిగే అద్భుతమైన దృగ్విషయాలు. ఈ దృగ్విషయాలకు సంబంధించిన సందర్భాలు మీకు ఎదురైనప్పుడు వాటికి కారణమైన కాంతి ప్రవర్తనను విశ్లేషించడం ద్వారా మీరు పొందే ఆనందాన్ని ఆస్వాదించండి.

కీలక పదాలు

స్పష్టదృష్టి కనీస దూరం, దృష్టికోణం, కటక సర్దుబాటు, హ్రస్వదృష్టి, దీర్ఘదృష్టిచత్వారం, కటకసామర్థ్యం, పట్టకం, పట్టకకోణం లేదా పట్టక వక్రీభవన కోణం, కనిష్ఠ విచలనకోణం, విక్షేపణం, పరిక్షేపణం.

మనం ఏం నేర్చుకున్నాం?

- సాధారణం మానవుని స్పష్టదృష్టి కనీస దూరం 25 సెం.మీ., దృష్టి కోణం 60^0.
- కంటికటకం తన నాభ్యంతరాన్ని మార్చుకోవడాన్ని "కటక సర్ధుబాటు" అంటాం.
- ఒక వ్యక్తి గరిష్ఠ దూరబిందువుకు ఆవల ఉన్న వస్తువును చూడలేకపోయే దృష్టి దోషాన్ని హ్రస్వదృష్టి అంటాం.
- ఒక వ్యక్తి కనిష్ఠ దూరబిందువుకు లోపల ఉన్న వస్తువును చూడలేకపోయే దృష్టిదోషాన్ని దూరదృష్టి అంటాం.
- వయస్సురీత్యా కంటికటక సర్ధుబాటు సామర్థ్యం తగ్గిపోయే దృష్టిదోషాన్ని చత్వారం అంటాం.
- నాభ్యంతరం యొక్క విలోమ విలువను కటక సామర్థ్యం అంటాం.
- పట్టక వక్రీభవన గుణకానికి సూత్రం : $n = \text{Sin}[(A+D)/2]/\text{Sin}(A/2)$

  ఇందులో A– పట్టక కోణం, D– కనిష్ఠవిచలన కోణం
- తెల్లనికాంతి ఏడు రంగులుగా (VIBGYOR) విడిపోవడాన్ని కాంతివిక్షేపణం అంటాం.
- ఒక కణం శోషించుకున్న కాంతిని తిరిగి అన్ని దిశలలో వివిధ తీవ్రతలతో విడుదల చేయడాన్ని కాంతి పరిక్షేపణం అంటాం.

అభ్యసనాన్ని మెరుగుపరచుకుందాం

1. హ్రస్వదృష్టి లోపాన్ని మీరెలా సవరిస్తారు? (AS1)
2. దీర్ఘ దృష్టి లోపాన్ని సవరించే విధానాన్ని వివరించండి. (AS1)
3. పట్టక పదార్థ వక్రీభవన గుణకాన్ని ప్రయోగపూర్వకంగా ఎలా కనుగొంటారు? (AS1)
4. ఇంద్రధనుస్సు ఏర్పడే విధానాన్ని వివరించండి. (AS1)
5. ఆకాశం నీలి రంగులో కనబడటానికిగల కారణాన్ని క్లుప్తంగా వివరించండి. (AS1)
6. కృత్రిమ ఇంద్రధస్సును పొందే విధానాన్ని రెండు కృత్యాల ద్వారా వివరించండి. (AS1)
7. పట్టక వక్రీభవన గుణక సూత్రాన్ని ఉత్పాదించండి. (AS1)
8. λ_1 తరంగదైర్ఘ్యం గల కాంతి n_1 వక్రీభవన గుణకం గల యానకం నుండి n_2 వక్రీభవన గుణకం గల యానకంలోకి ప్రవేశించింది. రెండవ యానకంలో ఆ కాంతి తరంగదైర్ఘ్యం ఎంత? (AS1) (జవాబు : $\lambda_2 = n_1\lambda_1/n_2$)

గమనిక : 9, 10 ప్రశ్నల కొరకు కింది వాక్యాలు ఇవ్వడం జరిగింది. ప్రశ్నలో ఇచ్చిన అంశం, దానికి సంబంధించిన కారణాన్ని బట్టి కింది వాక్యాలలో ఏది సరియైనదో తెలిపి, వివరించండి.

a. A , R రెండూ సరియైనవి. మరియు A కు R సరైన వివరణ.

b. A , R రెండూ సరియైనవి. కానీ A కు R సరైన వివరణ కాదు.

c. A సరియైనది. కానీ R సరైనది కాదు.

d. A మరియు R సరైనవి కావు.

e. A సరియైనది కాదు కానీ R సరైనది.

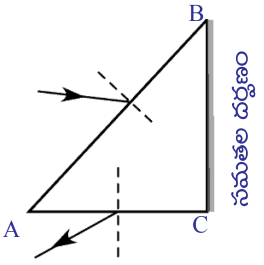
9. **అంశం (A) :** పట్టకవక్రీభవన గుణకం, ఆ పట్టక తయారీకి వాడిన గాజురకంపై మరియు కాంతి రంగుపై మాత్రమే ఆధారపడుతుంది.

కారణం (R) : పట్టకవక్రీభవన గుణకం, పట్టకవక్రీభవన కోణంపై మరియు కనిష్ట విచలన కోణంపై ఆధారపడుతుంది.. (AS2)

10. **అంశం (A) :** కాంతి పరిక్షేపణం వలన ఆకాశం నీలిరంగులో కనబడుతుంది.

కారణం (R) : తెల్లని కాంతిలోని వివిధ కాంతులలో నీలిరంగు కాంతి తరంగదైర్ఘ్యం తక్కువ. (AS2)

11. తరగతి గదిలో ఇంద్రధనుస్సును ఏర్పరచేందుకు ఒక ప్రయోగాన్ని తెల్పండి. ప్రయోగ విధానాన్ని వివరించండి. (AS3)



పటం-Q13

12. కొన్ని బైనాక్యులర్లందు పట్టకాలను వినియోగిస్తారు. బైనాక్యులర్లలో పట్టకాలు ఎందుకు వినియోగిస్తారో తెలియజేసే సమాచారాన్ని సేకరించండి. (AS4)

13. పటం Q-13లో పట్టక తలం AB పై పడిన పతన కిరణాన్ని, పట్టక తలం AC నుండి వచ్చే బహిర్గత కిరణాన్ని చూపడం జరిగింది. పటంలో లోపించిన వాటిని గీయండి. (AS5)

14. ఆకాశం నీలిరంగులో కనబడడానికి కారణమైన వాతావరణంలోని అణువుల పాత్రను మీరెలా అభినందిస్తారు? (AS6)

15. మన చుట్టూ ఉన్న రంగుల ప్రపంచాన్ని మనం చూడడానికి ఉపయోగపడేది కన్ను. కంటి కటకానికి గల సర్దుబాటు లక్షణం వల్ల ఇది సాధ్యమవుతుంది. ఈ విషయంపై మీ స్పందనను తెలియజేసే విధంగా ఆరు వాక్యాల పద్యాన్ని రాయండి. (AS6)

16. కంటిలోని సిలియరి కండరాల పనితీరును మీరెలా అభినందిస్తారు? (AS6)

17. కొన్ని సందర్భాలలో ఆకాశం తెలుపురంగులో కనబడుతుంది. ఎందుకు? (AS7)

18. గాజు పారదర్శక పదార్థం. ఒక తలం గరుకుగా చేయబడిన గాజు పాక్షిక పారదర్శకంగానూ, తెలుపురంగులో కనబడుతుంది. ఎందుకు? (AS7)

19. తెల్లకాగితానికి నూనె పూస్తే, అది పాక్షిక పారదర్శకంగా పనిచేస్తుంది. ఎందుకు? (AS7)

20. పట్టకం యొక్క ఒక తలంపై 40^0 కోణంతో పతనమైన కాంతి కిరణం, 30^0 కనిష్ట విచలనాన్ని పొందింది. అయిన పట్టక కోణాన్ని, ఇచ్చిన తలం వద్ద వక్రీభవన కోణాన్ని కనుగొనండి. (AS7) (జవాబు : 50^0, 25^0)

21. "దీర్ఘదృష్టి" గల ఒక వ్యక్తికి 100 సెం.మీ నాభ్యంతరం గల కటకాన్ని వాడమని డాక్టర్ సలహాఇచ్చారు. కనిష్ట దూరబిందువు యొక్క దూరాన్ని, కటక సామర్థ్యాన్ని కనుగొనండి. (AS7) (జవాబులు: 33.33 సెం.మీ. 1D)

22. ఒక వ్యక్తి దూరంలో ఉన్న వస్తువును చూస్తున్నాడు. అతని కంటిముందు కేంద్రీకరణ కటకాన్ని ఉంచితే, అతనికి, వస్తువు పెద్దదిగా కనబడుతుందా? కారణాన్ని తెల్పండి.

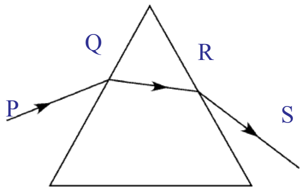
ఖాళీలను పూరించండి

1. స్పష్ట దృష్టి కనిష్ట దూరం విలువ ....

2. రెటీనా, కంటి కటకాల మధ్య దూరం ....
3. కంటి కటకం యొక్క గరిష్ట నాభ్యంతరం విలువ ....
4. మానవుని కంటి యొక్క నాభ్యంతరం మారటానికి దోహదపడే కండరాలు ....
5. కటకం యొక్క సామర్థ్యం 1D అయిన ఆ కటక నాభ్యంతరం ....
6. హ్రస్వ దృష్టిని నివారించేందుకు .... కటకాన్ని వాడుతారు.
7. దీర్ఘ దృష్టిని నివారించేందుకు .... కటకాన్ని వాడుతారు.
8. పట్టకం కనిష్ట విచలన స్థానంలో ఉన్నప్పుడు పతన కోణం .... కు సమానం.
9. తెల్లని కాంతి వివిధ రంగులుగా (VIBGYOR) విడిపోవడాన్ని .... అంటాం.
10. వక్రీభవనం జరిగినప్పుడు కాంతి .... లో మార్పు రాదు.

సరైన సమాధానాన్ని ఎన్నుకోండి

1. మానవుని కన్ను గ్రహించే వస్తు పరిమాణం ప్రాథమికంగా .... పై ఆధారపడుతుంది. [ ]
   a) వస్తువు నిజ పరిమాణం b) కన్ను నుండి వస్తువుకు గల దూరం
   c) నల్ల గుడ్డు రంధ్రం d) రెటీనాపై ఏర్పడ్డ ప్రతిబింబ పరిమాణం
2. వివిధ దూరాలలో గల వస్తువులను చూస్తున్నప్పుడు కింది వాటిలో ఏది స్థిరంగా ఉంటుంది? [ ]
   a) కంటి కటక నాభ్యాంతరం b) కంటి కటకం నుండి వస్తువుకి గల దూరం
   c) కంటి కటక వక్రతా వ్యాసార్థం d) కంటి కటకం నుండి ప్రతిబింబ దూరం
3. కింది వాటిలో వక్రీభవన సమయంలో మారని విలువ [ ]
   a) తరంగదైర్ఘ్యం b) పౌన:పున్యం c) కాంతివేగం d) పైవన్నీ
4. పటంMCQ-4 లో చూపిన విధంగా టేబుల్‌పై ఉంచిన ఒక సమద్విబాహు పట్టకంపై కాంతి పతనమైంది. కనిష్ట విచలనానికి సంబంధించి కింది వాటిలో ఏది సరియైనది? [ ]
   a) ఆధారానికి సమాంతరరేఖ PQ
   b) ఆధారానికి సమాంతరరేఖ QR
   c) ఆధారానికి సమాంతరరేఖ RS
   d) ఆధారానికి సమాంతర రేఖ PQ, లేదా RS



పటం-MCQ-4

5. హ్రస్వ దృష్టితో బాధపడే వ్యక్తియొక్క గరిష్ఠ దూరం 5మీ. దీనిని నివారించి సాధారణ దృష్టి వచ్చేట్లు చేయాలంటే .... ను వినియోగించాలి. [ ]
   a) 5మీ. నాభ్యంతరం గల పుటాకార కటకం b) 10 మీ. నాభ్యంతరం గల పుటాకార కటకం
   c) 5మీ. నాభ్యంతరం గల కుంభాకార కటకం d) 2.5మీ. నాభ్యాంతరం గల కుంభాకార కటకం
6. సూర్య కాంతిని శోషించుకున్న అణువు వివిధ కాంతి తీవ్రతలతో అన్ని దిశలలోనూ కాంతిని విడుదల చేయడాన్ని .... అంటాం. [ ]
   a) కాంతి పరిక్షేపణం b) కాంతి విక్షేపణం
   c) కాంతి పరావర్తనం d) కాంతి వక్రీభవనం