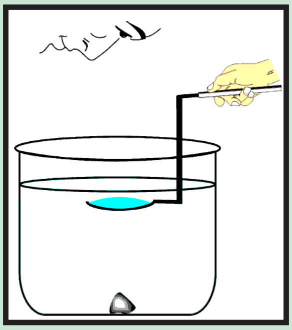
అధ్యాయం

6



వక్రతలాల వద్ద కాంతి వక్రీభవనం

సాధారణంగా కొంతమంది చదివేటప్పుడు కళ్ళజోడు ధరించడం మీరు చూసే ఉంటారు. అలాగే గడియారాలు బాగుచేసే వ్యక్తి గడియారంలోని చిన్నచిన్న భాగాలను చూడడానికి భూతద్దాన్ని ఉపయోగిస్తాడు.

- భూతద్దాన్ని మీ చేతితో ఎప్పుడైనా తాకి చూశారా?
- చదవడానికి వాడే కళ్ళజోడు అద్దాలను మీ చేతితో తాకి చూశారా?
- ఆ అద్దాలు సమతలంగా ఉన్నాయా? వక్రంగా ఉన్నాయా?
- ఆ అద్దాలు మధ్యభాగంలో మందంగా ఉన్నాయా? అంచుల వద్ద మందంగా ఉన్నాయా?

సమతలాల ద్వారా కాంతి వక్రీభవనం గురించి మనం కిందటి పాఠంలో నేర్చుకున్నాం. ఈ పాఠ్యాంశంలో వక్రతలాల ద్వారా కాంతి వక్రీభవనం గురించి తెలుసుకుందాం.

వక్రతలాల ద్వారా కాంతి వక్రీభవనాన్ని అవగాహన చేసుకోడానికి ఒక కృత్యాన్ని నిర్వహిద్దాం.

వక్రతలాల ద్వారా కాంతి వక్రీభవనం

కృత్యం 1

మందపాటి కాగితంముక్కపై 'నలుపు స్కెచ్‌పెన్'తో 4 సెం.మీ. పొడవుగల బాణం గుర్తును గీయండి. టేబుల్‌పై గాజు గ్లాసు వంటి ఒక స్థూపాకారపు పారదర్శక పాత్రనుంచండి. మీరు ఆ పాత్రగుండా చూస్తూ కాగితంపై గీసిన బాణం గుర్తును పాత్రకు అవతలవైపున ఉంచమని మీ స్నేహితురాలికి చెప్పండి. (కాగితంపై బాణం గుర్తు అడ్డంగా క్షితిజ సమాంతరంగా (horizontal) ఉండాలి.)

- ఏం గమనించారు?

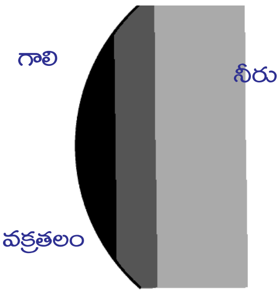
  బాణం గుర్తు కంటే తక్కువ పరిమాణం గల ప్రతిబింబాన్ని మీరు గుర్తిస్తారు.
- ప్రతిబింబ పరిమాణం ఎందుకు తగ్గింది?

• ఇది నిజప్రతిబింబమా? మిథ్యాప్రతిబింబమా?
• ఈ ప్రతిబింబం ఏర్పడిన విధానాన్ని వివరించే కిరణ చిత్రం మీరు గీయగలరా?

గాజుపాత్రను నీటితో నింపమని మీ స్నేహితురాలికి చెప్పండి. మీరు అదే స్థానంలో నిలబడి మొదట చూసినట్లుగానే బాణం గుర్తును పరిశీలించండి.

• ఇప్పుడేం గమనించారు?
• ప్రతిబింబం వ్యతిరేక దిశలో ఏర్పడడం మీరు గమనించారా?
• ఇలా ఎందుకు జరిగింది?

మొదటి సందర్భంలో, పాత్ర ఖాళీగా ఉన్నప్పుడు బాణం గుర్తునుండి వచ్చే కాంతి వక్రతలం వద్ద వక్రీభవనం చెంది గాజు గుండా ప్రయాణించింది. తర్వాత గాజునుండి గాలిలోకి చేరి పాత్రయొక్క మరొక వక్రతలం వద్ద తిరిగి కాంతి వక్రీభవనం చెందుతుంది. తర్వాత గాజులో ప్రయాణించి మరలా బయట గాలిలోకి వస్తుంది. ఈ మార్గంలో కాంతి రెండు యానకాల గుండా ప్రయాణించి తక్కువ పరిమాణం గల ప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరుస్తుంది.



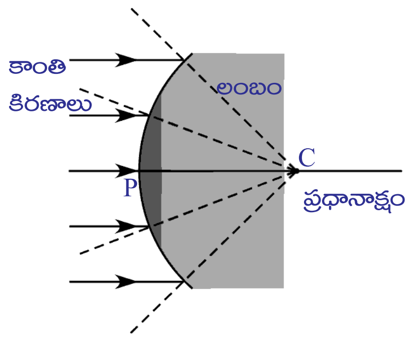
పటం-1

రెండవ సందర్భంలో కాంతి వక్రతలంలోకి ప్రవేశించి నీటిగుండా ప్రయాణించి, నీటినుండి బయటకు వచ్చాక వ్యతిరేక దిశలో ఉన్న ప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరుస్తుంది.

పాత్రను నీటితో నింపినప్పుడు గాలి, నీరు అనే రెండు యానకాల మధ్య ఒక వక్రతలం ఉంటుంది. ఇక్కడ గాజు, నీరు యొక్క వక్రీభవన గుణకాలు సమానమని భావిద్దాం. (నిజానికి అవి సమానం కావు). ఈ సందర్భంలో పటం -1లో చూపిన విధంగా గాలి, నీరు అనే రెండుయానకాలు ఒక వక్రతలంచే వేరుచేయబడినట్లు కనిపిస్తాయి.

• రెండు యానకాలను వేరుచేసే వక్రతలంపై కాంతికిరణం పతనమైతే ఏం జరుగుతుంది?
• వక్రీభవన సూత్రాలు ఇక్కడ కూడా పనిచేస్తాయా?

తెలుసుకుందాం!



పటం-2

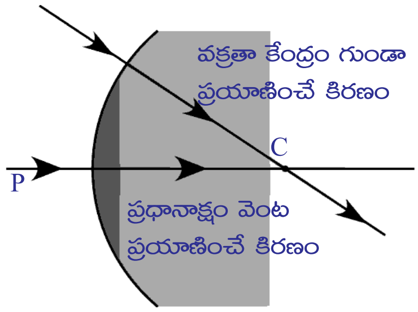
పటం-2లో చూపిన విధంగా రెండు యానకాలను వేరు చేసే ఒక వక్రతలాన్ని పరిగణనలోకి తీసుకొందాం. ఈ వక్రతలం ఏ గోళానికి సంబంధించినదో ఆ గోళకేంద్రాన్ని వక్రతాకేంద్రం అంటాం. దీనిని Cతో సూచిస్తాం.

వక్రతాకేంద్రం నుండి వక్రతలంపై ఏదేని బిందువుకు గీసిన రేఖ ఆ బిందువు వద్ద వక్రతలానికి లంబం (normal) అవుతుంది. వక్రతలంపై వివిధ బిందువులకు లంబం దిశ మారుతుంది. వక్రతలం యొక్క కేంద్రాన్ని ధ్రువం (Pole) (P) అంటాం. వక్రతాకేంద్రాన్ని, ధ్రువంను కలిపే రేఖను ప్రధానాక్షం అంటాం.

• వక్రతలంపై పతనమైన కాంతికిరణాలు ఎలా విచలనం పొందుతాయి?

సమతల ఉపరితలంపై పతనమైన కాంతివలె వక్రతలంపై పతనమైన కాంతికూడా విరళయానకం నుండి సాంద్రతర యానకంలోకి ప్రయాణించేటప్పుడు లంబానికి దగ్గరగా విచలనం పొందుతుంది. సాంద్రతర యానకం నుండి విరళయానకంలోకి ప్రయాణించేటప్పుడు లంబానికి దూరంగా విచలనం పొందుతుంది.

ఇటువంటి సందర్భాలకు సంబంధించిన కిరణచిత్రాలను ఎలా గీయాలో ఇప్పుడు తెలుసుకుందాం.



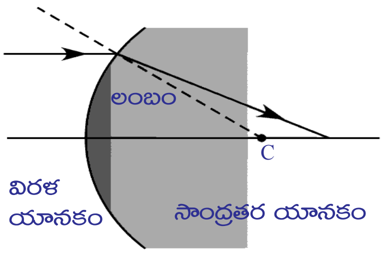
పటం-3

- ప్రధానాక్షం వెంట ప్రయాణించే కిరణం ఏమవుతుంది? అలాగే వక్రతాకేంద్రం గుండా ప్రయాణించే కిరణం ఏమవుతుంది?

స్నెల్ నియమం ప్రకారం తలానికి గీసిన లంబం వెంట ప్రయాణించే కిరణం విచలనం పొందదు. అందువల్ల పైన తెలిపిన రెండు కిరణాలూ లంబం వెంటే ప్రయాణిస్తాయి. అంటే అవి విచలనం పొందవు. పటం-3 చూడండి.

- ప్రధానాక్షానికి సమాంతరంగా ప్రయాణించే కిరణం ఏమవుతుంది?

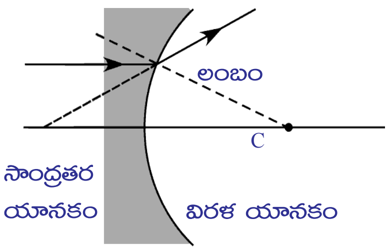
కింద చూపిన 4(ఎ), 4(బి), 4(సి)బి) మరియు 4(డి) పటాలను పరిశీలించండి. పటాలలోని అన్నిసందర్భాలలోనూ పతనకిరణం ప్రధానాక్షానికి సమాంతరంగా ప్రయాణిస్తుంది.



పటం-4(ఎ)

సందర్భం-1 : ప్రధానాక్షానికి సమాంతరంగా విరళయానకం నుండి సాంద్రతర యానకంలోకి ప్రయాణిస్తూ కుంభాకార తలంపై పతనం చెందే కిరణం. (పటం-4ఎ)

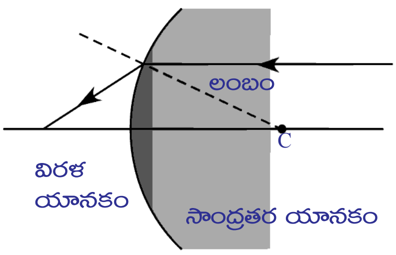
సందర్భం-2 : ప్రధానాక్షానికి సమాంతరంగా సాంద్రతర యానకం నుండి విరళయానకంలోకి ప్రయాణిస్తూ కుంభాకార తలంపై పతనం చెందే కిరణం. (పటం - 4బి)



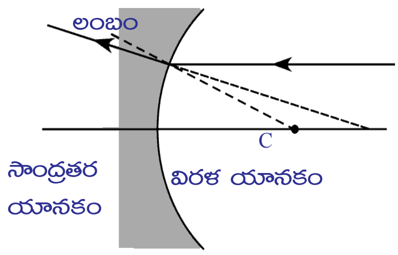
పటం-4(బి)

సందర్భం-3 : ప్రధానాక్షానికి సమాంతరంగా సాంద్రతర యానకం నుండి విరళయానకంలోకి ప్రయాణిస్తూ పుటాకార తలంపై పతనం చెందే కిరణం. (పటం-4సి)

సందర్భం-4 : ప్రధానాక్షానికి సమాంతరంగా విరళయానకం నుండి సాంద్రతర యానకం లోకి ప్రయాణిస్తూ పుటాకార తలంపై పతనం చెందే కిరణం. (పటం-4డి)



పటం-4(సి)



పటం-4(డి)

- 4(ఎ), 4(బి) పటాలలోని వక్రీభవన కిరణాల మధ్య ఏం తేడా గమనించారు?

- ఈ తేడాకు కారణం ఏమై ఉంటుంది?
- 4(సి), 4(డి) పటాలలోని వక్రీభవన కిరణాల మధ్య ఏం తేడా గమనించారు?
- ఈ తేడాకు కారణం ఏమై ఉంటుంది?

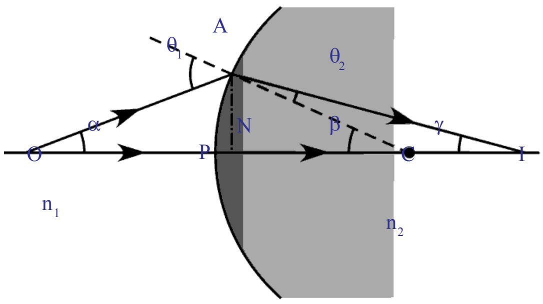
4(ఎ) మరియు 4(సి) పటాలలో వక్రీభవనకిరణం ప్రధానాక్షంపై ఒక నిర్దిష్టబిందువును చేరడం మీరు గుర్తించి ఉంటారు. 4(బి) మరియు 4(డి) పటాలలో వక్రీభవన కిరణం ప్రధానాక్షానికి దూరంగా జరిగింది. 4(బి), 4(డి) పటాలలో చూపినట్లు వక్రీభవన కిరణాన్ని వెనుకకు పొడిగిస్తే అది ప్రధానాక్షాన్ని ఒక బిందువు వద్ద ఖండిస్తుంది. ఈ అన్ని సందర్భాలలోనూ వక్రీభవనకిరణం ప్రధానాక్షాన్ని ఖండించే బిందువును నాభి F అంటాం.

గాజుగ్లాసులోని నీటిలో ఉంచిన నిమ్మకాయను గ్లాసు ప్రక్కభాగం నుండి చూస్తే అసలు పరిమాణం కంటే పెద్దదిగా కనిపించడం మీకు తెలుసు కదా!

- నిమ్మకాయ పరిమాణంలో కనిపించే ఈ మార్పును ఎలా వివరిస్తారు?
- పెద్దగా కనిపించే నిమ్మకాయ అసలు నిమ్మకాయా? లేక దాని ప్రతిబింబమా?
- ఈ దృగ్విషయాన్ని వివరించడానికి ఒక కిరణ చిత్రాన్ని మీరు గీయగలరా?

ప్రతిబింబం ఏర్పడే విధానం

పటం -5లో చూపినట్లు n_1, n_2 వక్రీభవన గుణకాలు గల రెండు యానకాలను ఒక వక్రతలం వేరుచేస్తుందని భావించండి. ప్రధానాక్షం పై O అనే బిందువు వద్ద ఒక బిందురూప వస్తువు (point object)ను ఉంచాం. ప్రధానాక్షం వెంబడి ప్రయాణించే కిరణం యానకాలను వేరు చేసే వక్రతలం వద్ద విచలనాన్ని పొందకుండా ధ్రువం గుండా ప్రయాణిస్తుంది. ప్రధానాక్షంతో 'α' కోణం చేసే రెండో కిరణం వక్రతలాన్ని A బిందువు వద్ద తాకుతుంది. అక్కడ పతనకోణం θ_1. ఆ కిరణం విచలనం పొంది రెండో యానకం గుండా AI రేఖ వెంబడి ప్రయాణిస్తుంది. అక్కడ వక్రీభవనకోణం θ_2. మొదటి, రెండవ కిరణాల వక్రీభవన కిరణాలు I వద్ద కలుస్తాయి. అక్కడ ప్రతిబింబం ఏర్పడుతుంది. పటం-5లో చూపినట్లు రెండో వక్రీభవన కిరణం ప్రధానాక్షంతో చేసే కోణం γ, A బిందువు వద్ద గీసిన లంబం ప్రధానాక్షంతో చేసే కోణం β అనుకుందాం.



పటం-5

పటం-5 ప్రకారం,

PO వస్తుదూరం అవుతుంది. దీనిని u తో సూచిస్తాం.

PI ప్రతిబింబ దూరం. దీనిని v తో సూచిస్తాం.

PC వక్రతావ్యాసార్ధం. దీనిని R తో సూచిస్తాం.

రెండు యానకాల వక్రీభవన గుణకాలు n_1, n_2 .

- పైన తెలిపిన రాశుల మధ్య ఏదైనా సంబంధాన్ని రూపొందించగలమా?

తెలుసుకుందాం!

త్రిభుజం ACO లో $\theta_1 = \alpha + \beta$

త్రిభుజం ACI లో $\beta = \theta_2 + \gamma \Rightarrow \beta - \gamma = \theta_2$

స్నెల్ నియమం ప్రకారం $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$ అని మనకు తెలుసు

పై సమీకరణంలో θ_1, θ_2 విలువలను ప్రతిక్షేపించగా

$$n_1 \sin(\alpha + \beta) = n_2 \sin(\beta - \gamma) \quad \text{...............(1)}$$

పైన తెలిపిన కిరణాలు ప్రధానాక్షానికి అతి దగ్గరగా ప్రయాణిస్తే ఆ కిరణాలను పారాక్సియల్ కిరణాలు (paraxial rays) అంటామని మీకు తెలుసు. అప్పుడు α, β,γ కోణాల విలువలు అతి స్వల్పం అవుతాయి. ఈ రమారమి అంచనాను పారాక్సిల్ ఉజ్జాయింపు (paraxial approximation) అంటాం. అప్పుడు

$\sin(\alpha + \beta) = \alpha + \beta$ మరియు $\sin(\beta - \gamma) = \beta - \gamma$

ఈ విలువలను సమీకరణం – (1) లో ప్రతిక్షేపించగా

$$n_1 (\alpha + \beta) = n_2 (\beta - \gamma) \Rightarrow n_1\alpha + n_1 \beta = n_2 \beta - n_2 \gamma \quad \text{.............(2)}$$

అన్నికోణాల విలువలు అతి స్వల్పం కాబట్టి,

$\tan \alpha = AN/NO = \alpha$

$\tan \beta = AN/NC = \beta$

$\tan \gamma = AN/NI = \gamma$ అని రాయవచ్చు

పై విలువలను సమీకరణం (2)లో ప్రతిక్షేపించగా,

$$n_1 AN/NO + n_1 AN/NC = n_2 AN/NC - n_2 AN/NI \quad \text{............. (3)}$$

కాంతి కిరణాలు ప్రధానాక్షానికి చేరువవుతున్న కొలదీ, N బిందువు వక్రతలం యొక్క ధ్రువం (P)తో ఏకీభవిస్తుంది. కాబట్టి NI, NO, NC లను PI, PO, PC లుగా రాయవచ్చు. వీటిని సమీకరణం (3)లో రాయగా

$$n_1/PO + n_1/PC = n_2/PC - n_2/PI$$

$$n_1/PO + n_2/PI = (n_2 - n_1)/PC \quad \text{............ (4)}$$

యానకాల వక్రీభవన గుణకాలు, వస్తుదూరం, ప్రతిబింబదూరం మరియు వక్రతావ్యాసార్థాల మధ్య సంబంధాన్ని సమీకరణం (4) తెలియజేస్తుంది.

మనం పరిగణనలోకి తీసుకున్న సందర్భానికి సమీకరణం (4) సరియైనది. సంజ్ఞాసాంప్రదాయాన్ని పాటిస్తే ఈ సమీకరణాన్ని సాధారణీకరించవచ్చు. అన్ని వక్రతలాల వద్ద మరియు కటకాల ద్వారా జరిగే వక్రీభవనానికి మనం కింద తెలిపిన సంజ్ఞాసాంప్రదాయాన్ని వినియోగిస్తాం.

- అన్ని దూరాలను ధ్రువం P (లేదా ధ్రువం లేదా దృశాకేంద్రం (optic centre)) నుండి కొలవాలి.
- పతనకాంతి దిశలో కొలిచిన దూరాలను ధనాత్మకంగా పరిగణించాలి.
- పతనకాంతి దిశకు వ్యతిరేక దిశలో కొలచిన దూరాలను ఋణాత్మకంగా పరిగణించాలి.
- ప్రధానాక్షం పైగల బిందువుల నుండి పై వైపు కొలిచిన ఎత్తులను ధనాత్మకంగా తీసుకోవాలి.
- ప్రధానాక్షం పైగల బిందువుల నుండి కిందివైపు కొలిచిన ఎత్తులను ఋణాత్మకంగా తీసుకోవాలి.

మనం పరిగణించిన సందర్భంలో

PO ను వస్తుదూరం (u) అంటాం.

PI ని ప్రతిబింబ దూరం (v) అంటాం.

PC ని వక్రతా వ్యాసార్థం (R) అంటాం.

పైన తెలిపిన సంజ్ఞాసాంప్రదాయం ప్రకారం

$PO = -u$; $PI = v$; $PC = R$

ఈ విలువలను సమీకరణం (4)లో ప్రతిక్షేపించగా

$n_2/v - n_1/u = (n_2-n_1)/R$ ....(5)

ఈ సూత్రాన్ని సమతలాలకు కూడా వినియోగించవచ్చు. సమతలాల విషయంలో వక్రతా వ్యాసార్థం R విలువ అనంతం అవుతుంది. అప్పుడు 1/R విలువ సున్న అవుతుంది. ఈ విలువను సమీకరణం 5 లో ప్రతిక్షేపిస్తే, సమతలాలకు సంబంధించిన సూత్రం వస్తుంది.

$$n_2/v - n_1/u = 0 \Rightarrow n_2/v = n_1/u$$

గమనిక : వస్తుదూరం (u), ప్రతిబింబదూరం (v)లను యానకాలను వేరుచేసే 'సమతలం' నుండి కొలవాలి.

కింది ఉదాహరణలను పరిశీలిద్దాం.

ఉదాహరణ 1

ఆకాశంలో ఉన్న పక్షి సరస్సులోని నీటి ఉపరితలం దిశగా లంబంగా స్థిరవడితో కిందికి ప్రయాణిస్తుంది. పక్షికి లంబంగా నీటిలో ఒక చేప ఉంటే, ఆ చేపకు.

a. పక్షి అసలు స్థానం కంటే దూరంలో కనబడుతుంది.

b. పక్షి అసలు స్థానం కంటే దగ్గరగా కనబడుతుంది.

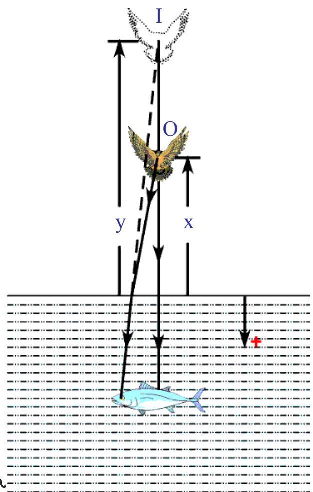
c. పక్షి యొక్క వాస్తవ వేగం కంటే ఎక్కువ వేగంతో కదులుతున్నట్లు కనబడుతుంది.

d. పక్షి యొక్క వాస్తవ వేగం కంటే తక్కువ వేగంతో కదులుతున్నట్లు కనబడుతుంది.

పై అంశాలలో ఏవి సరియైనవి? వాటిని మీరు ఎలా నిరూపిస్తారు?

సాధన: సమతలం వద్ద వక్రీభవనానికి మనం ఉపయోగించే సూత్రం

$n_2/v = n_1/u$ ....(1)



పటం-E1

ఒకానొక సమయంలో నీటి ఉపరితలం నుండి x ఎత్తులో పక్షి ఉందనుకుందాం. నీటి వక్రీభవన గుణకం n అనుకుందాం.

గాలి వక్రీభవన గుణకం $(n_1) = 1$; నీటి వక్రీభవన గుణకం $(n_2) = n$

పటం E1 ప్రకారం, వస్తుదూరం $(u) = -x$; ప్రతిబింబదూరం $(v) = -y$

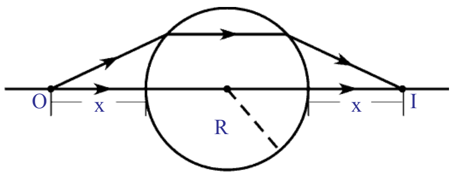
ఈ విలువలను సమీకరణం (1) లో ప్రతిక్షేపించగా

$n/(-y) = 1/(-x) \Rightarrow y = nx$

నీటి వక్రీభవన గుణకం (n) విలువ 1 కన్నా ఎక్కువని మనకు తెలుసు. కాబట్టి పై సమీకరణం ప్రకారం y విలువ x కంటే ఎక్కువ. కాబట్టి చేపకు పక్షి దాని అసలు స్థానం కంటే దూరంగా కనుబడుతుంది. పక్షి స్థిరవడితో లంబంగా కిందికి ప్రయాణిస్తుందని మనం భావించాం. భూమిపై నుండి చూసే పరిశీలకునికి నిర్దిష్ట సమయంలో పక్షి x దూరం ప్రయాణించినట్లు కనిపిస్తే, అదేకాలంలో పక్షి y దూరం ప్రయాణించినట్లుగా చేపకు కనబడుతుంది. x కన్నా y విలువ ఎక్కువ కాబట్టి పక్షి వాస్తవ వేగం కంటే ఎక్కువ వేగంతో కదులుతున్నట్లుగా చేపకు కనబడుతుందని మనం చెప్పవచ్చు.

దీనినిబట్టి సమస్యలో ఇచ్చిన అంశాలలో (a) మరియు (c) సరియైనవి.

ఉదాహరణ 2



పటం-E2

R వ్యాసార్థం గల పారదర్శక గోళం గాలిలో ఉంది. దాని వక్రీభవన గుణకం n. వస్తుదూరానికి సమాన దూరంలో గోళానికి రెండోవైపు నిజ ప్రతిబింబం ఏర్పడాలంటే, ప్రధానాక్షంపై గోళం ఉపరితలం నుండి ఎంతదూరంలో వస్తువును ఉంచాలి?

సాధన : పటం E2, ను పరిశీలిస్తే వస్తుదూరానికి సమానమైన దూరంలో ప్రతిబింబం ఏర్పడాలంటే గోళంలో ప్రయాణించే వక్రీభవన కిరణం ప్రధానాక్షానికి సమాంతరంగా ప్రయాణించాలని తెలుస్తుంది.

గాలి వక్రీభవన గుణకం $n_1 = 1$; గోళం వక్రీభవన గుణకం $n_2 = n$

పటం E2 నుండి, వస్తుదూరం $u = -x$; ప్రతిబింబదూరం $v = \infty$ (ఒకటో వక్రతలం వద్ద వక్రీభవనం పొందిన కిరణం ప్రధానాక్షానికి సమాంతరంగా ప్రయాణిస్తుంది.)

ఈ విలువలను $n_2/v - n_1/u = (n_2-n_1)/R$ సమీకరణంలో ప్రతిక్షేపించగా

$$n/\infty - 1/(-x) = (n-1)/R \Rightarrow 1/x = (n-1)/R$$

$$\Rightarrow x = R/(n-1)$$

కనుక మొదటి వక్రతలం నుండి వస్తువు R/(n-1) దూరంలో ఉండాలి.

ఉదాహరణ 3

ఒక పారదర్శక గోళకేంద్రం వద్ద ఒక చిన్న అపారదర్శక బిందువు ఉంది. గోళం బయటి నుండి చూసినప్పుడు ఆ బిందువు యథాస్థానంలో కనబడుతుందా?

సాధన : గోళం వక్రీభవన గుణకం $n_1 = n$ అనుకుందాం.

గాలి వక్రీభవన గుణకం $n_2 = 1$

వస్తుదూరం $u = -R$ (గోళం వ్యాసార్థం)

వక్రతా వ్యాసార్థం $R = -R$

పై విలువలను $n_2/v - n_1/u = (n_2-n_1)/R$ సూత్రంలో ప్రతిక్షేపించగా

$$1/v - n/(-R) = (1-n)/(-R)$$

పై సమీకరణాన్ని సాధిస్తే, $v = -R$ అని తెలుస్తుంది.

అంటే వస్తుదూరం, ప్రతిబింబదూరం సమానం. కనుక బిందువు ఏ స్థానంలో ఉందో, అదే స్థానంలో కనిపిస్తుంది. ఇది పదార్థం యొక్క వక్రీభవన గుణకంపై ఆధారపడదు.

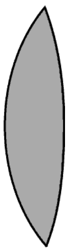
ఇప్పటివరకు మనం ఒకే వక్రతలం (అది కుంభాకారతలం కావచ్చు లేదా పుటాకారతలం కావచ్చు) ఉన్నప్పుడు కాంతివక్రీభవనం గురించి చర్చించాం. ఒక పారదర్శక పదార్థానికి రెండు వక్రతలాలు ఉన్నాయనుకుందాం.

- రెండు వక్రతలాలున్న పారదర్శక పదార్థాన్ని కాంతి కిరణ మార్గంలో ఉంచితే, ఆ కిరణం ఏమవుతుంది?
- మీరు కటకాల గురించి విన్నారా?
- కటకం గుండా ప్రయాణించిన కాంతి కిరణం ఎలా ప్రవర్తిస్తుంది?

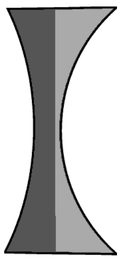
ఇప్పుడు కటకాల ద్వారా కాంతివక్రీభవనం గురించి తెలుసుకుందాం!

కటకాలు

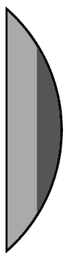
రెండు ఉపరితలాలతో ఆవృతమైన పారదర్శక పదార్థం యొక్క రెండుతలాలూ లేదా ఏదో ఒక తలం వక్రతలమైతే ఆ పారదర్శక పదార్థాన్ని కటకం అంటాం. అంటే కటకం యొక్క రెండు ఉపరితలాలతో కనీసం ఒకటి వక్రతలమవుతుంది. కటకాలు వివిధ రకాలుగా ఉంటాయి. కొన్ని రకాల కటాకాలను మరియు వాటి పేర్లను పటం-6లో చూడవచ్చు.



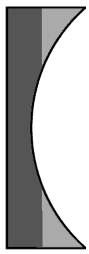
పటం-6(ఎ): ద్వికుంభాకార కటకం



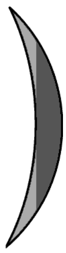
పటం-6(బి): ద్విపుటాకార కటకం



పటం-6(సి): సమతల కుంభాకార కటకం



పటం-6(డి): సమతల పుటాకార కటకం



పటం-6(ఇ): కుంభాకార పుటాకార కటకం

పటం 6(ఎ) లో చూపినట్లు కటకం యొక్క రెండు తలాలు ఉబ్బెత్తుగా (bulged out) ఉండవచ్చు. అటువంటి కటకాన్ని ద్వికుంభాకార కటకం (Double convex or Biconvex lens) అంటాం.

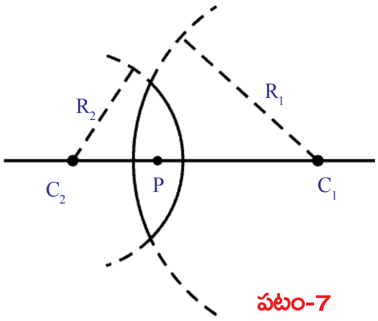
ఈ కటకం అంచుల వద్ద పల్చగానూ, మధ్యలో మందంగానూ ఉంటుంది.

పటం 6(బి) లో చూపినట్లు కటకం యొక్క రెండు తలాలు లోపలి వైపు వంగి ఉన్న (curved inward) తలాలుగా ఉంటే ఆ కటకాన్ని ద్విపుటాకార కటకం (Double concave or biconcave lens) అంటాం. ఈ కటకం అంచుల వద్ద మందంగానూ, మధ్యలో పలుచగానూ ఉంటుంది.

6(సి), 6(డి) మరియు 6(ఇ) పటాలను చూసి సమతల కుంభాకార కటకం (Plano-Convex lens), సమతల పుటాకార కటకం (Plano-Concave lens) మరియు పుటాకార కుంభాకార కటకం (Concavo-Convex lens) నిర్మాణాలను అవగాహన చేసుకోవచ్చు.

ఈ పాఠ్యాంశంలో మనం పలుచని కటకాల (thin lenses) గురించి, అనగా మందం పరిగణించనవసరం లేని కటకాల గురించి మాత్రమే చర్చిద్దాం.

కటకాల విషయంలో వాడే ముఖ్యమైన పదజాలం గురించి తెలుసుకుందాం.



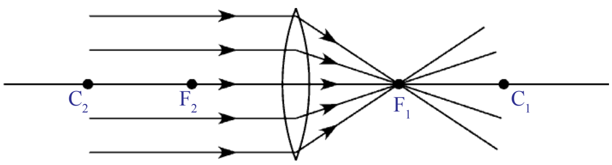
పటం-7

కటకం యొక్క రెండు వక్రతలాలు రెండు గోళాలకు సంబంధించినవి. ఒక వక్రతలానికి సంబంధించిన గోళం యొక్క కేంద్రాన్ని ఆ వక్రతలం యొక్క వక్రతాకేంద్రం C అంటాం. ఒక కటకానికి రెండు వక్రతలాలుంటే దాని వక్రతాకేంద్రాలను C_1 మరియు C_2లతో సూచిస్తాం. వక్రతాకేంద్రం నుండి వక్రతలం వరకు గల దూరాన్ని వక్రతావ్యాసార్థం R అంటాం. కటకం యొక్క రెండు వక్రతా వ్యాసార్థాలను R_1 మరియు R_2లతో సూచిస్తాం. పటం-7లో చూపినట్లు ఒక ద్వికుంభాకార కటకాన్ని పరిగణలోకి తీసుకుందాం.

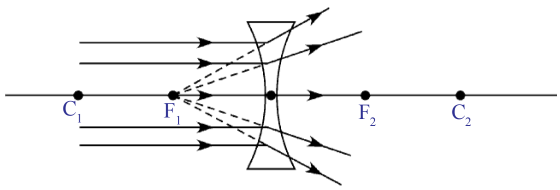
C_1, C_2లను కలిపే రేఖను ప్రధానాక్షం అంటాం. కటకం యొక్క మధ్యబిందువును కటక దృక్కేంద్రం P (optic centre of lens) అంటాం.

కటక నాభ్యంతరం

కటకంపై పతనమైన సమాంతర కిరణాలు పటం 8(ఎ) లో చూపినవిధంగా ఒక బిందువు వద్ద కేంద్రీకరింపబడతాయి. లేదా పటం 8(బి)లో చూపినట్లు ప్రధానాక్షంపై గల ఒక బిందువు నుండి వెలువడుతున్నట్లుగా కనిపిస్తాయి. కాంతి కిరణాలు కేంద్రీకరింపబడిన బిందువు లేదా కాంతికిరణాలు వెలువడుతున్నట్లు కనిపించే బిందువును కటక నాభి ‘F’(focal point or focus) అంటాం. ప్రతికటకానికి రెండు నాభులు ఉంటాయి. నాభి మరియు దృక్కేంద్రం మధ్య దూరాన్ని కటక నాభ్యంతరం ‘f’ (focal length)అంటాం.

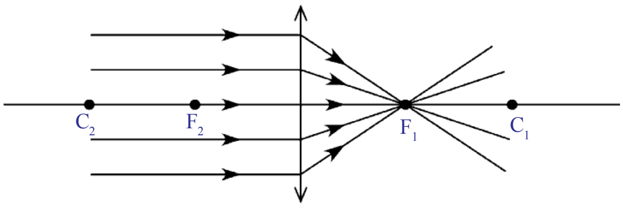


పటం-8(ఎ)

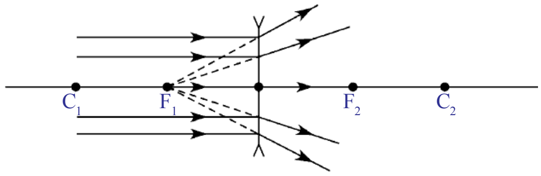


పటం-8(బి)

కటకాలతో కిరణ చిత్రాలను సులభంగా గీయడానికి కుంభాకార కటకాన్ని ↕గుర్తుతోనూ, పుటాకార కటకాన్ని ‘)(’ గుర్తుతోనూ సూచిస్తాం. 8(సి), 8(డి) పటాలను చూడండి.



పటం-8(సి)



పటం-8(డి)

- కటకం ప్రతిబింబాన్ని ఎలా ఏర్పరుస్తుంది?

కటకం ప్రతిబింబాన్ని ఎలా ఏర్పరుస్తుందో తెలుసుకోడానికి, కటకంపై పతనమైన కాంతి కిరణాలు ఎలా ప్రవర్తిస్తాయో అవగాహన చేసుకోవాలి.

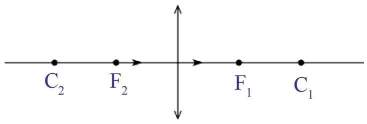
కటకానికి రెండు వక్రతలాలున్నప్పటికీ కిరణ చిత్రాలు గీసేటప్పుడు కటకానికి ఒకే ఉపరితలం ఉన్నట్లుగా భావిస్తాం. ఎందుకనగా, కటకం యొక్క మందం అతి స్వల్పం అని మనం భావించాం. కనుక 8(సి) మరియు 8(డి) పటాలలో చూపినట్లు ఒక ఉపరితలం వద్ద వక్రీభవనాన్ని మాత్రమే కిరణ చిత్రంలో చూపుతాం.

కటకంపై పతనమైన కొన్ని కాంతి కిరణాల ప్రవర్తన

కటకం గుండా ప్రయాణించేటప్పుడు కాంతి కిరణం ఎలా ప్రవర్తిస్తుందో కింది సందర్భాలను బట్టి అవగాహన చేసుకోవచ్చు.

సందర్భం 1 : ప్రధానాక్షం వెంబడి ప్రయాణించే కాంతి కిరణం

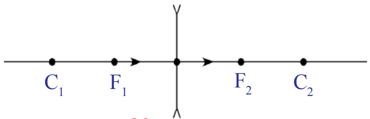
ప్రధానాక్షం వెంబడి ప్రయాణించే ఏ కాంతికిరణమైనా విచలనం పొందదు. 9(ఎ), 9(బి)పటాలను చూడండి.



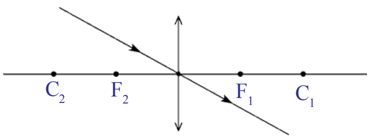
పటం-9(ఎ)

సందర్భం 2 : కటక దృక్కేంద్రం గుండా ప్రయాణించే కాంతి కిరణం

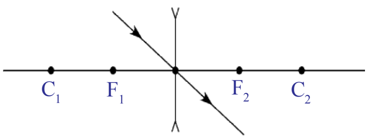
కటక దృక్కేంద్రం గుండా ప్రయాణించే కాంతి కిరణం కూడా విచలనం పొందదు. 10(ఎ), 10(బి) పటాలను చూడండి.



పటం-9(బి)



పటం-10(ఎ)



పటం-10(బి)

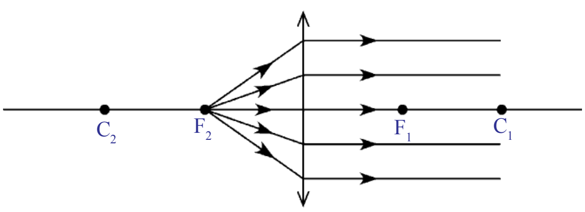
సందర్భం 3 : ప్రధానాక్షానికి సమాంతరంగా ప్రయాణించే కాంతి కిరణాలు

ప్రధానాక్షానికి సమాంతరంగా ప్రయాణించే కాంతికిరణాలు పటం 8(సి) లో చూపినవిధంగా నాభి వద్ద కేంద్రీకరింపబడతాయి లేదా పటం 8(డి)లో చూపిన విధంగా నాభి నుండి వికేంద్రీకరింపబడతాయని మీకు తెలుసు.

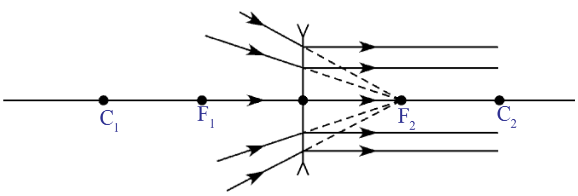
- నాభి గుండా ప్రయాణించే కాంతి కిరణం ఎలా ప్రవర్తిస్తుంది?

సందర్భం 4 : నాభి గుండా ప్రయాణించే కాంతి కిరణం

కాంతి కిరణాలు కనిష్టకాల నియమాన్ని పాటిస్తాయి. కాబట్టి నాభిగుండా ప్రయాణించే కాంతి కిరణం వక్రీభవనం పొందాక ప్రధానాక్షానికి సమాంతరంగా ప్రయాణిస్తుంది. 11(ఎ) మరియు 11(బి) పటాలను చూడండి.



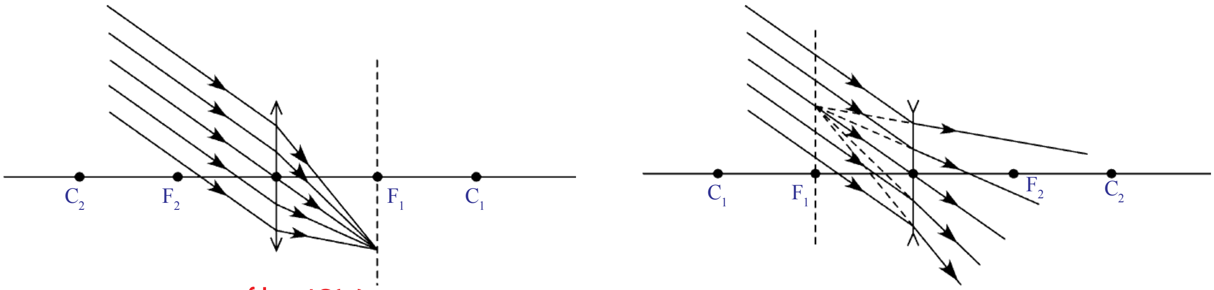
పటం-11(ఎ)



పటం-11(బి)

- ప్రధానాక్షానికి కొంత కోణం చేస్తూ వచ్చే సమాంతర కాంతి కిరణాలు కటకంపై పతనం చెందితే ఏం జరుగుతుంది?

12(ఎ), 12(బి) పటాలను పరిశీలించండి.



పటం-12(ఎ)

పటం-12(బి)

12(ఎ), 12(బి) పటాలలో చూపినట్లు ప్రధానాక్షంతో కొంత కోణం చేస్తూ వచ్చే సమాంతర కాంతి కిరణాలు నాభీయతలం (focal plane) పై ఏదేని బిందువు వద్ద కేంద్రీకరింపబడతాయి లేదా నాభీయతలం పైని ఏదేని బిందువు నుండి వికేంద్రీకరింపబడతాయి. నాభీయతలం అనేది ప్రధానాక్షానికి లంబంగా నాభివద్దగల తలం.

కటకంతో ప్రతిబింబం ఏర్పడే విధానాన్ని తెలిపే కిరణ చిత్రాలను గీసేందుకు నియమాలు

ప్రతిబింబస్థానాన్ని తెలిపే కిరణ చిత్రాలను గీయడానికి కావలసిన ప్రాథమిక నియమాలగురించి ఇప్పుడు తెలుసుకుందాం.

ప్రధానాక్షంపై ఏదేని స్థానంలో ఉన్న వస్తువుకు కటకం వలన ఏర్పడే ప్రతిబింబ స్థానం, పరిమాణాన్ని తెలిపే కిరణ చిత్రాలను గీయడానికి కింది నియమాలను పాటించాలి.

ప్రతిబింబం యొక్క స్థానం, పరిమాణం గుర్తించడానికి ఇంతకు ముందు తెలిపిన 4 సందర్భాలలోని ఏవేని రెండు కిరణాలు అవసరమవుతాయి.

- ప్రధానాక్షంపై ఏదేని బిందువు వద్ద ఉంచిన వస్తువుపై ఒకానొక బిందువును ఎన్నుకోండి.
- పై 4 సందర్భాలలో వివరించిన రేఖలలో మీరు ఎంచుకున్న రెండు కిరణాలను గీయండి.
- ఈ రెండు కిరణాలు ఒక బిందువు వద్ద ఖండించుకునేంత వరకు వాటిని పొడిగించండి. ఆ బిందువు ప్రతిబింబ స్థానాన్ని తెలియజేస్తుంది.
- ఖండన బిందువు నుండి ప్రధానాక్షానికి లంబాన్ని గీయండి.
- లంబం యొక్క పొడవు ప్రతిబింబ పరిమాణాన్ని తెలుపుతుంది.

కిందిపటాలను పరిశీలించండి. వస్తువు వివిధ స్థానాలలో ఉన్నప్పుడు కుంభాకార కటకం వలన ప్రతిబింబాలు ఏర్పడే విధానాన్ని అవి వివరిస్తాయి.

1. అనంతదూరంలో వస్తువు ఉన్నప్పుడు

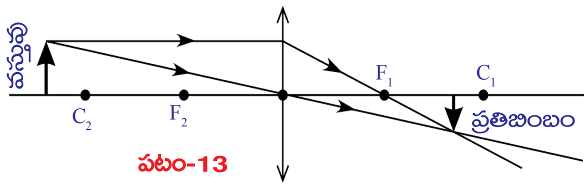
- వస్తువు అనంతదూరంలో ఉండటం అంటే ఏమిటి ?
- అప్పుడు కటకంపై పడే కాంతి కిరణాలు ఎలా ఉంటాయి?

Iఅనంతదూరంలో వస్తువు ఉన్నప్పుడు కటకంపైపడే కాంతి కిరణాలు ప్రధానాక్షానికి సమాంతరంగా ఉంటాయని మీకు తెలుసు.

ఆ కిరణాలు నాభివద్ద కేంద్రీకరింపబడతాయి. కనుక నాభి వద్ద బిందురూప ప్రతిబింబం (point image) ఏర్పడుతుంది. పటం 8a లో ఈ విషయాన్ని గమనించవచ్చు.

2. వక్రతాకేంద్రానికి ఆవల ప్రధానాక్షంపై వస్తువును ఉంచినపుడు

పటం-13లో వస్తువు ప్రధానాక్షంపై వక్రతాకేంద్రానికి ఆవల ఉండటం గమనించవచ్చు. ఇటువంటి సందర్భంలో ఏర్పడే ప్రతిబింబ పరిమాణం తక్కువగా ఉంటుంది. తలకిందులుగా ఉన్న, నిజప్రతిబింబం ఏర్పడుతుంది. ఇది ప్రధానాక్షంపై F_1 మరియు C_1 బిందువుల మధ్య ఏర్పడుతుంది.



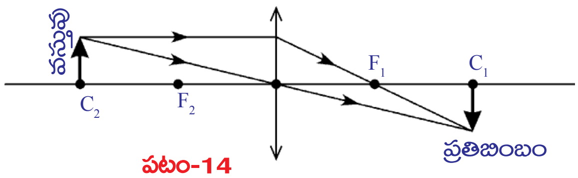
పటం-13

పటం-13లో మనం రెండు కిరణాలు ఎంచుకున్నాం. వాటిలో ఒకటి ప్రధానాక్షానికి సమాంతరంగా ప్రయాణిస్తుంది. రెండోది కటక దృక్కేంద్రం గుండా ప్రయాణిస్తుంది.

ప్రధానాక్షానికి సమాంతరంగా ప్రయాణించే కిరణాన్ని మరియు నాభిగుండా ప్రయాణించే కిరణాన్ని ఉపయోగించి కిరణచిత్రాన్ని గీయడానికి ప్రయత్నించండి.

3. వక్రతాకేంద్రం వద్ద వస్తువును ఉంచినప్పుడు

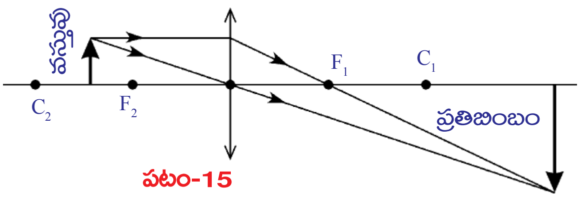
వస్తువును వక్రతాకేంద్రం (C_2) వద్ద ఉంచినప్పుడు C_1 వద్ద నిజప్రతిబింబం ఏర్పడుతుంది. వస్తువు పరిమాణంతో సమానమైన పరిమాణం గల ప్రతిబింబం తలకిందులుగా ఏర్పడుతుంది. పటం-14 చూడండి.



పటం-14

4. వక్రతాకేంద్రం, నాభి మధ్య వస్తువును ఉంచినపుడు

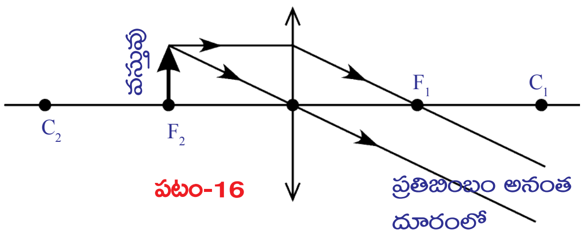
వస్తువును వక్రతాకేంద్రం (C_2), నాభి (F_2) మధ్య ఉంచినపుడు నిజప్రతిబింబం తలక్రిందులుగా ఏర్పడుతుంది. ప్రతిబింబ పరిమాణం వస్తుపరిమాణం కంటే ఎక్కువ ఉంటుంది. పటం-15 చూడండి. ప్రతిబింబం C_1కు ఆవల ఏర్పడుతుంది.



పటం-15

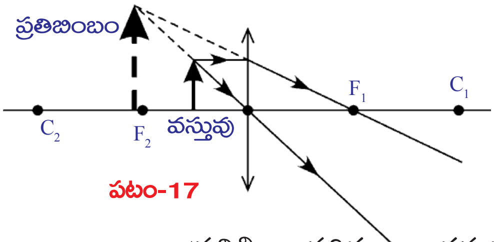
5. నాభివద్ద వస్తువును ఉంచినపుడు

వస్తువును నాభి (F_2) వద్ద ఉంచినపుడు ప్రతిబింబం అనంతదూరంలో ఏర్పడుతుంది. పటం-16 చూడండి. అనంతదూరంలో ఏర్పడేప్రతిబింబం విషయంలో ప్రతిబింబపరిమాణం, దాని ఇతర లక్షణాలను మనం చర్చించం.



పటం-16

6. నాభి మరియు కటక దృక్కేంద్రం మధ్య వస్తువును ఉంచినపుడు



పటం-17

వస్తువును నాభికి, కటక దృక్కేంద్రానికి మధ్య ఉంచినపుడు నిటారుగా ఉన్న మిథ్యాప్రతిబింబం ఏర్పడుతుంది. దీని పరిమాణం వస్తుపరిమాణం కంటే ఎక్కువ. పటం-17లోని కిరణచిత్రాన్ని పరిశీలిస్తే కటకానికి వస్తువు ఉన్నవైపునే నిటారుగా ఉన్న మిథ్యాప్రతిబింబం ఏర్పడుతుందని తెలుస్తుంది. ప్రతిబింబ పరిమాణం వస్తువు పరిమాణం కన్నా ఎక్కువగా ఉంది. ఇది ఆవర్ధనం చెందిన ప్రతిబింబం.

పై సందర్భాన్ని బట్టి మనకు రెండు విషయాలు అర్థమవుతాయి.

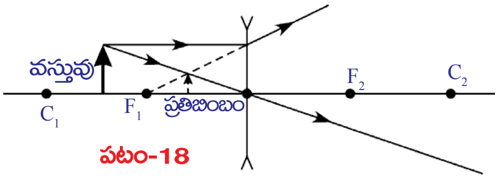
1. మిథ్యాప్రతిబింబం ఏర్పడితే, దానిని మనం కంటితో చూడగలం. నిజప్రతిబింబాన్ని మనం కంటితో నేరుగా చూడలేము. దానిని తెరపై పట్టినప్పుడే చూడగలం.

2. ఆవిర్ధనం చెందిన మిథ్యాప్రతిబింబం, కటకానికి వస్తువు ఉన్నవైపునే ఏర్పడుతుంది. అంటే మీరు కటకం గుండా చూసే ప్రతిబింబం నిజప్రతిబింబంకాదు. అది మిథ్యాప్రతిబింబం.

కుంభాకార కటకానికున్న ఈ ప్రత్యేక లక్షణం సూక్ష్మదర్శిని తయారీలో ఉపయోగపడుతుంది. సుక్ష్మదర్శిని ఆవర్ధనం చెందిన ప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. కటక నాభ్యంతరం కన్నా తక్కువ దూరంలో వస్తువునుంచినపుడు మాత్రమే మిథ్యాప్రతిబింబం ఆవర్ధనం చెందుతుందని మీకు గుర్తుంది కదా!

ఇప్పటివరకు మనం ప్రధానాక్షంపై వివిధ స్థానాలలో వస్తువునుంచినపుడు కుంభాకార కటకం వలన ప్రతిబింబం ఏర్పడే విధానాన్ని తెలిపే కిరణచిత్రాలను గీసాం. వస్తువును C_1 మరియు F_1ల మధ్య ఉంచినప్పుడు పుటాకార కటకం వల్ల ప్రతిబింబం ఏర్పడే విధానాన్ని తెలిపే కిరణచిత్రాన్ని గీయండి.

- మీరేం గమనించారు?



పటం-18

ఇదే సందర్భానికి కుంభాకార కటకంతో ప్రతిబింబం ఏర్పడే విధానాన్ని వివరించే కిరణచిత్రంతో మీ కిరణచిత్రాన్ని పోల్చిచూసుకోండి. పటం-18 చూడండి.

పైన తెలిపిన మిగతా స్థానాలలో వస్తువునుంచినపుడు పుటాకార కటకం వల్ల ప్రతిబింబం ఏర్పడే విధానాన్ని తెలిపే కిరణ చిత్రాలను గీయడానికి ప్రయత్నించండి.

వస్తువు ప్రధానాక్షంపై ఏ స్థానంలో ఉన్నా, పుటకారకటక దృక్కేంద్రం మరియు నాభి మధ్య వస్తువు కంటే తక్కువ పరిమాణం గల, నిటారు మిథ్యాప్రతిబింబం ఏర్పడుతుంది.

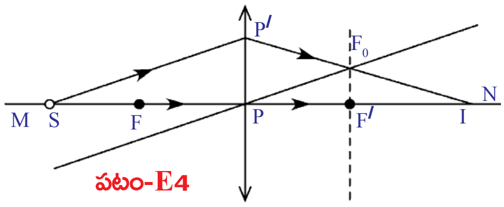
కిరణచిత్రాల ఉదాహరణలను మరికొన్నింటిని పరిశీలిద్దాం.

ఉదాహరణ 4

కుంభాకార కటకం యొక్క ప్రధానాక్షం (MN)పై నాభి (F)కి ఆవల ఒక బిందురూపవస్తువు (S)ను ఉంచినపుడు, ప్రతిబింబ స్థానాన్ని గుర్తించడానికి కిరణచిత్రాన్ని గీయండి. (పటం E4 చూడండి.)

సాధన :- నాభి (F^{I}) వద్ద ప్రధానాక్షానికి ఒక లంబరేఖ గీయండి.

– బిందురూపవస్తువు (S) నుండి కటకంపై ఏదేని బిందువు (P^l)ను చేరేటట్లు ఒక కిరణాన్ని గీయండి.



పటం-E4

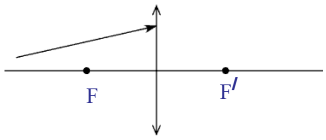
– వస్తువు (S) నుండి గీసిన కిరణానికి సమాంతరంగా కటక దృక్కేంద్రం (P) గుండా పోయే మరోరేఖను గీయండి. ఈ రేఖ, నాభివద్ద గీసిన లంబాన్ని F_O వద్ద ఖండిస్తుంది.

– P^l బిందువు నుండి బయలుదేరి F_O బిందువు గుండా పోతూ ప్రధానాక్షాన్ని I అనే బిందువు వద్ద ఖండించే విధంగా మరొక రేఖను గీయండి.

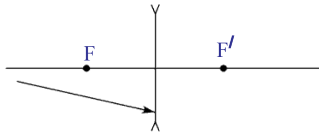
– S అనే బిందురూపవస్తువుకు 'I' బిందువు ప్రతిబింబం అవుతుంది.

ఉదాహరణ 5 :

పటం E-5(ఎ), E-5(బి) పటాలలో చూపిన కిరణాలు కటకం గుండా ప్రయాణించాక ఏర్పడే వక్రీభవన కిరణాల మార్గాలను గీయండి.



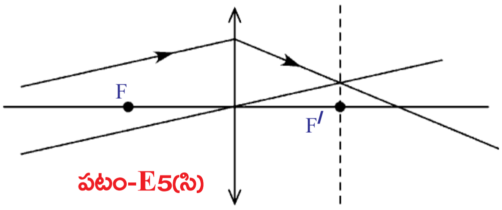
పటం-E5(ఎ)



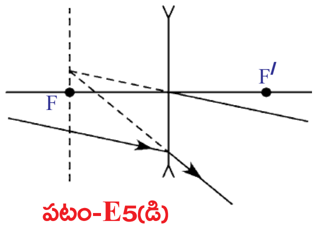
పటం-E5(బి)

సాధన : కిరణచిత్రాలను గీయడానికి ఉదాహరణ 4 లో తెలిపిన సూచనలను పాటించండి.

– ఆ కిరణాల మార్గాలు E-5(సి), 5(డి) పటాలలో చూపిన విధంగా ఉంటాయని మీరు గుర్తిస్తారు.



పటం-E5(సి)



పటం-E5(డి)

- కటకాలతో ప్రయోగాలు చేస్తే కిరణచిత్రాలలో చూపిన ఫలితాలే వస్తాయా? తెలుసుకుందాం.

కృత్యం 2

దాదాపు 2 మీటర్ల పొడవు గల టేబుల్‌పై మధ్యభాగంలో ఒక v-స్టాండ్‌ను ఉంచండి. v-స్టాండ్‌కు ఒక కుంభాకార కటకాన్ని అమర్చండి. కటకం యొక్క ప్రధానాక్షం ఎలా ఉంటుందో ఊహించండి. కటకానికి చాలా దూరంగా ప్రధానాక్షంపై కొవ్వొత్తి మంట (flame) ఉండేటట్లుగా ఒక వెలుగుతున్న కొవ్వొత్తిని పట్టుకుని నిలబడమని మీ స్నేహితురాలికి చెప్పండి. కటకానికి రెండోవైపు ప్రధానాక్షానికి లంబంగా ఒక తెరను (తెల్లకాగితం లేదా డ్రాయింగ్ చార్ట్) పట్టుకోండి. తెరను ముందుకు వెనుకకు జరుపుతూ ప్రతిబింబాన్ని తెరపై ఏర్పరచండి.

- ప్రతిబింబాన్ని చూడడానికి మనం తెరను ఎందుకు ఉపయోగించాం? తెరలేకుండా ప్రతిబింబాన్ని మన కంటితో ఎందుకు చూడలేము?

కటకం నుండి ప్రతిబింబానికి గల దూరాన్ని, కటకం నుండి వస్తువుకు గల దూరాన్ని కొలవండి. ఆ విలువలను పట్టిక-1 లో నమోదు చేయండి.

పట్టిక-1

వస్తుదూరం (u)	ప్రతిబింబదూరం (v)	నాభ్యాంతరం (f)

ఇప్పుడు కొవ్వొత్తిని కటకానికి 60 సెం.మీ. దూరంలో, కటకం యొక్క ప్రధానాక్షంపై కొవ్వొత్తి మంట ఉండే విధంగా అమర్చండి. కటకానికి రెండోవైపున తెరపై ప్రతిబింబాన్ని పట్టడానికి ప్రయత్నించండి. స్పష్టమైన ప్రతిబింబం ఏర్పడేంతవరకు తెరను మెల్లగా వెనుకకు, ముందుకు జరపండి. ప్రతిబింబదూరం(v) ని కొలిచి, u,v విలువలను పట్టిక-1లో నమోదు చేయండి. వస్తువును కటకానికి 50 సెం.మీ. 40 సెం.మీ, 30 సెం.మీ. మొ॥గు దూరాలలో ఉంచుతూ ఈ కృత్యాన్ని మరలా చేయండి. అన్ని సందర్భాలలో ప్రతిబింబదూరం కొలవండి. u,v విలువలను కొలిచి పట్టిక-1లో నమోదు చేయండి.

- వస్తుదూరం ఎంతైనా, ప్రతీ సందర్భంలో ప్రతిబింబాన్ని తెరపై పట్టగలిగారా?
- ఎందుకు కొన్ని సందర్భాలలో (కొన్ని వస్తుదూరాలకు) తెరపై ప్రతిబింబం ఏర్పడలేదు?
- వస్తుదూరం కనీసంగా ఎంత ఉంటే నిజప్రతిబింబం ఏర్పడుతుందో మీరు కనుగొనగలరా?
- నిజప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరచే ఈ కనీస వస్తుదూరాన్ని మీరు ఏమని పిలుస్తారు?

తెరపై ప్రతిబింబం ఏర్పడని సందర్భంలో, తెరస్థానంలో మీ కన్ను ఉంచి, మీ కంటితో నేరుగా ప్రతిబింబాన్ని చూడడానికి ప్రయత్నించండి.

- మీరు ప్రతిబింబాన్ని చూడగలిగారా?
- మీరు చూసింది ఎటువంటి ప్రతిబింబం?

కటకానికి వస్తువు ఉన్నవైపునే ఆవర్ధనం చెందిన ప్రతిబింబం మీకు కనిపిస్తుంది. ఇది మిథ్యాప్రతిబింబం. దీనిని మనం తెరపై పట్టలేము.

- ఈ మిథ్యాప్రతిబింబం ఎంత దూరంలో ఏర్పడిందని(ప్రతిబింబ దూరం-v) మీరు కనుగొనగలరా?

పట్టిక-1లో వివిధ వస్తుదూరాలకు (u) సంబంధించిన ప్రతిబింబ దూరాలు(v) మీరు నమోదుచేశారు.

- పట్టిక-1లో నమోదు చేసిన విలువలతో కటకం యొక్క నాభ్యంతరాన్ని మీరు కనుగొనగలరా?
- u,v మరియు f ల మధ్య మనమొక సంబంధాన్ని ఏర్పరచగలమా?

తెలుసుకుందాం!

పటం-19లో చూపినట్లు ఒక కుంభాకార కటకానికి ఎదురుగా ప్రధానాక్షంపై OO' అనే వస్తువు ఉన్నదనుకోండి. కటకానికి రెండో వైపు II'అనే నిజ ప్రతిబింబం ఏర్పడిందనుకోండి.

- ఈ ప్రతిబింబం ఎలా ఏర్పడింది?

కటకసూత్రం (lens formula)

O^{I}నుండి బయలుదేరి ప్రధానాక్షానికి సమాంతరంగా ప్రయాణించే కిరణం కటకంపై పతనమై, వక్రీభవనం చెందాక పటం-19లో చూపిన విధంగా నాభి (F_1) గుండాపోతుంది.

O^{I} బిందువు యొక్క ప్రతిబింబం (I^{I}) ను గుర్తించేందుకు, కటక దృక్కేంద్రం (P) గుండా ప్రయాణించే కిరణాన్ని కూడా పరిశీలిద్దాం. కటక దృక్కేంద్రం గుండా ప్రయాణించే కిరణం విచలనాన్ని పొందదని మనకు తెలుసు.

O^{I}నుండి బయలుదేరి కటక దృక్కేంద్రం గుండా ప్రయాణించే కిరణం మొదటి వక్రీభవన కిరణాన్ని I^{I}వద్ద ఖండిస్తుంది. ఈ బిందువును O^{I}యొక్క ప్రతిబింబం అంటాం. అదే విధంగా ప్రధానాక్షంపై గల బిందువు O యొక్క ప్రతిబింబం ప్రధానాక్షంపైనే I వద్ద ఏర్పడుతుంది.

పటం-19 చూడండి. కాబట్టి OO^{I}యొక్క ప్రతిబింబం II^{I}ప్రధానాక్షంపై తలక్రిందులుగా ఏర్పడుతుంది.

PO, PI, PF_1 లు వరుసగా వస్తుదూరం, ప్రతిబింబదూరం మరియు కటక నాభ్యంతరం. పటం-19 ప్రకారం త్రిభుజం $PP^{I}F_1$ మరియు త్రిభుజం F_1II^{I} సరూప త్రిభుజాలు. కాబట్టి

$PP^{I}/II^{I} = PF_1/F_1I$ ....(1)

పటం-19 ప్రకారం $F_1I = PI - PF_1$

ఈ విలువను సమీకరణం (1) లో ప్రతిక్షేపించగా

$PP^{I}/II^{I} = PF_1/(PI - PF_1)$ ....(2)

పటం-19 ప్రకారం $OO^{I}P$ మరియు PII^{I}త్రిభుజాలు కూడా సరూప త్రిభుజాలే.

కావున $OO^{I}/II^{I} = PO/PI$

పటం-19 ప్రకారం $OO^{I} = PP^{I}$అవుతుంది. ఈ విలువను పై సమీకరణంలో రాయగా,

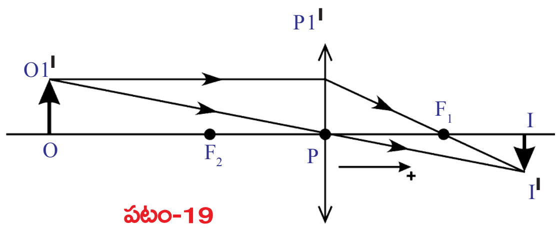
$PP^{I}/II^{I} = PO/PI$ ....(3)

సమీకరణం (2), (3) ల నుండి,

$PO/PI = PF_1/(PI-PF_1)$

$PI/PO = (PI-PF_1)/PF_1$

$PI/PO = PI/PF_1 - 1$



పటం-19

పై సమీకరణాన్ని ఇరువైపులా PIతో భాగించగా,

$1/PO = 1/PF_1 - 1/PI$

$1/PO + 1/PI = 1/PF_1$ ....(4)

పై సమీకరణం, కుంభాకార కటకం ముందు వస్తువునుంచిన ఒక ప్రత్యేక సందర్భానికి ఉత్పాదించినది.

ఈ సూత్రాన్ని సాధారణీకరించడానికి మనం సంజ్ఞా సాంప్రదాయాన్ని వినియోగించాలి.

సంజ్ఞా సాంప్రదాయం ప్రకారం $PO = -u$; $PI = v$; $PF_1 = f$

ఈ విలువలను సమీకరణం – (4) లో ప్రతిక్షేపించగా

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

ఈ సమీకరణాన్ని **కటకసూత్రం** అంటాం. ఈ సూత్రాన్ని ఏ కటకానికైనా వినియోగించవచ్చు. దీనిని ఉపయోగించేటప్పుడు సంజ్ఞా సాంప్రదాయాన్ని వాడాలనే విషయం మరువరాదు.

కృత్యం-2 లో మనం కొలిచిన u, v విలువలను పట్టిక-1 లో నమోదుచేశాం. ఆ సమాచారాన్ని వినియోగించి, ప్రతీ సందర్భానికి సంబంధించిన u, v లతో కటక నాభ్యంతరాన్ని లెక్కించండి.

- అన్ని సందర్భాలలోనూ కటక నాభ్యంతరం ఒకే విలువ వచ్చిందా?

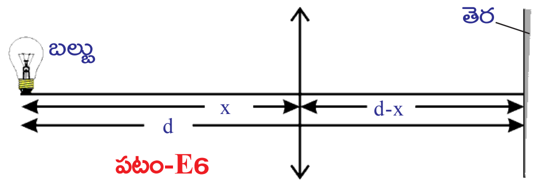
u, v విలువలు మారినప్పటికీ అన్ని సందర్భాలలో నాభ్యాంతరం విలువ ఒకేలా ఉండడం మీరు గుర్తించి ఉంటారు. మీకు నాభ్యంతరం విలువ ఒకేలా రాలేదంటే, ప్రయోగం నిర్వహించినప్పుడు దోషాలు (errors) జరిగి ఉండవచ్చు. అటువంటప్పుడు మీరు గణించిన నాభ్యంతరం విలువల సరాసరిని తీసుకుంటే, అది కటకం యొక్క నాభ్యంతరం అవుతుంది.

ఒక ఉదాహరణను పరిశీలిద్దాం!

ఉదాహరణ 6

ఒక టేబుల్‌పై వెలుగుతున్న విద్యుత్‌బల్బు, తెరను ఒకదానికొకటి 1మీ॥ దూరంలో ఉంచాం. 21 సెం.మీ నాభ్యంతరం గల కుంభాకార కటకాన్ని వీటి మధ్య ఏ స్థానంలో ఉంచితే స్పష్టమైన ప్రతిబింబం ఏర్పడుతుంది?

సాధన: వస్తువు (విద్యుత్‌బల్బు) కు, తెరకు మధ్యదూరం d మరియు వస్తువుకు, కటకానికి మధ్యదూరం x అనుకుందాం. పటం E-6 ప్రకారం $u = -x$, $v = d-x$ ఈ విలువలను కటక సూత్రంలో ప్రతిక్షేపించగా



పటం-E6

$$1/f = 1/(d-x) + 1/x$$

ఈ సమీకరణాన్ని సాధించి $x^2 - dx + fd = 0$ అని పొందవచ్చు.

ఇది ఒక వర్గ సమీకరణం. దీనికి రెండు సాధనలుంటాయి. అవి

$$x = [d \pm \sqrt{(d^2-4fd)}] / 2 \quad ....(1)$$

f = 21 సెం.మీ, d= 1 మీ 100సెం.మీ. అని ఇవ్వబడింది.

ఈ విలువలను పై సమీకరణంలో ప్రతిక్షేపించి, x_1 = 70 సెం.మీ మరియు x_2 = 30 సెం.మీ అని పొందవచ్చు.

గమనిక : f విలువ 25 సెం.మీ లేదా అంతకన్నా తక్కువ ఉన్నప్పుడు మాత్రమే బల్బ్ యొక్క ప్రతిబింబం స్పష్టంగా ఏర్పడుతుంది.

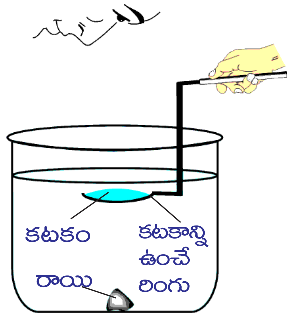
దీనికి గల కారణమేమిటో, సమీకరణం - (1) ఉపయోగించి చర్చించండి. మీ ఉపాధ్యాయుని సహకారం తీసుకోండి.

- కటకం యొక్క నాభ్యంతరం ఏఏ అంశాలపై ఆధారపడుతుంది?

తెలుసుకుందాం!

కృత్యం 3

కృత్యం-2లో వినియోగించిన కటాకాన్నే తీసుకోండి. దాని నాభ్యంతరాన్ని నోట్‌బుక్‌లో రాసిఉంచండి. (దీనిని మీరు కృత్యం-2లో లెక్కగట్టారు.) గాజుగ్లాసు వంటి ఒక స్థూపాకార పాత్రను తీసుకోండి. దీని ఎత్తు కటకం యొక్క నాభ్యంతరం కంటే చాలా ఎక్కువ (కటకనాభ్యంతరానికి దాదాపు 4 రెట్లు) ఉండాలి. పాత్ర అడుగుభాగాన నల్లటి రాయినుంచండి. రాయి పైనుండి కటక నాభ్యంతరం కన్నా ఎక్కువ ఎత్తు వరకు ఉండేట్లు పాత్రలో నీరు నింపండి. ఇప్పుడు పటం-20లో చూపినట్లు కటకాన్ని నీటి ఉపరితలానికి సమాంతరంగా (Horizontal) ఉండేట్లు నీటిలో కొద్ది లోతువరకు ముంచండి. రాయి ఉపరితలం నుండి కటకానికి గల దూరం కటకనాభ్యంతరానికి సమానంగా గానీ, తక్కువగా గానీ ఉండే విధంగా కటకాన్ని పట్టుకోండి. కటకం గుండా రాయిని చూడండి. (ఈ కృత్యాన్ని ఆరుబయట నిర్వహించండి)



పటం-20

- రాయి ప్రతిబింబాన్ని మీరు చూడగలిగారా?
- ఎందుకు చూడగలిగారు?/చూడలేకపోయారు? కారణాలు వివరించండి.

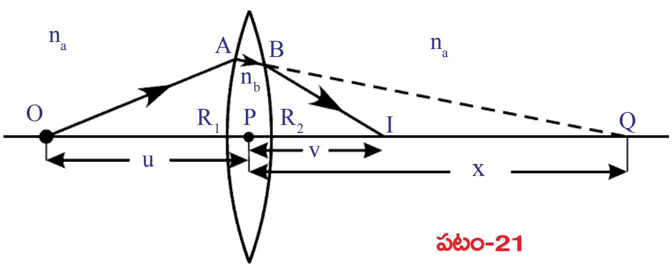
గాలిలో రాయి, కటకానికి మధ్యదూరం కటకనాభ్యంతరం కంటే తక్కువ ఉంటేనే రాయి ప్రతిబింబాన్ని మనం చూడగలం. మీరు నీటిలోని రాయి ప్రతిబింబాన్ని చూడలేనంతవరకు రాయికి, కటకానికి మధ్య దూరాన్ని పెంచండి.

- ఈ కృత్యాన్ని బట్టి మీరేం చెప్పగలరు?
- కటకం యొక్క నాభ్యాంతరం పరిసరయానకంపై ఆధారపడుతుందా?

కటకం గాలిలో ఉన్నప్పుడు కనుగొన్న నాభ్యంతరం కంటే, రాయి-కటకం మధ్యదూరం ఎక్కువగా ఉండే విధంగా మీరు కటకాన్ని నీటిలో ముంచారు. అయినా మీరు ప్రతిబింబాన్ని చూడగలిగారు.(కటకాన్ని ఇంకా పైకి జరిపితే మీరు ప్రతిబింబాన్ని చూడలేరు.) దీనినిబట్టి నీటిలో ఉన్నప్పుడు కటకనాభ్యంతరం పెరిగిందని తెలుస్తుంది. అంటే కటకనాభ్యంతరం పరిసర యానకంపై ఆధారపడుతుందని మనం నిర్ధారించవచ్చు.

కటక తయారీ సూత్రం

పటం-21 లో చూపిన విధంగా, పలుచని కటకం ప్రధానాక్షంపై ఒక బిందురూప వస్తువు O ను ఊహించండి. కటకంను ఉంచిన యానకం (కటకం చుట్టూ ఉన్న యానకం) యొక్క వక్రీభవన గుణకం n_a, కటక వక్రీభవన గుణకం n_b అని భావిద్దాం.



పటం-21

పటం-21లో చూపినట్లు 'O' బిందువు నుండి బయలు దేరిన ఒక కాంతికిరణం R_1 వక్రతా వ్యాసార్థం గల ఆ కటకపు ఒక కుంభాకార ఉపరితలంపై A బిందువు వద్ద

పతనం చెందింది అనుకుందాం. పతనకిరణం A వద్ద వక్రీభవనం పొందుతుంది.

కటకానికి రెండో ఉపరితలం లేకపోతే, వక్రీభవన కిరణం Q వద్ద ప్రతిబింబాన్ని ఏర్పరుస్తుంది అనుకుందాం.

పటం-21 నుండి, వస్తుదూరం $PO = -u$

ప్రతిబింబదూరం $v = PQ = x$

వక్రతావ్యాసార్థం $R = R_1$

$n_1 = n_a$ మరియు $n_2 = n_b$

ఈ విలువలను $n_2 / v - n_1 / u = (n_2 - n_1) / R$ సమీకరణంలో ప్రతిక్షేపించగా

$$\Rightarrow n_b / x + n_a / u = (n_b - n_a) / R_1 \quad \text{.............. (1)}$$

కానీ నిజానికి, A వద్ద వక్రీభవనం పొందిన కిరణం R_2 వక్రతావ్యాసార్థం గలిగిన మరో ఉపరితలం (పతనకాంతిపరంగా పుటాకార ఉపరితలం) పై B బిందువు వద్ద తిరిగి వక్రీభవనం పొందుతుంది. B వద్ద వక్రీభవన పొందిన కిరణం ప్రధానాక్షంపై I బిందువును చేరుతుంది.

కటకం యొక్క మొదటి ఉపరితలం (కుంభాకార ఉపరితలం) వల్ల ఏర్పడిన ప్రతిబింబం Q ను కటకం యొక్క రెండో ఉపరితలానికి (పతనకాంతిపరంగా పుటాకార ఉపరితలానికి) వస్తువుగా తీసుకోవాలి. అప్పుడు పుటాకార ఉపరితలం పరంగా Q యొక్క ప్రతిబింబం I అని చెప్పవచ్చు. పటం-21 చూడండి.

వస్తుదూరం $u = PQ = +x$

ప్రతిబింబదూరం $PI = v$

వక్రతావ్యాసార్థం $R = -R_2$

కటకం యొక్క పుటాకార ఉపరితలం వద్ద జరిగే వక్రీభవనానికి, కటకం 1వ యానకం అవుతుంది. చుట్టూ ఉన్న యానకం రెండవ యానకం అవుతుంది. కాబట్టి వక్రీభవన గుణకాల పాదాంకాలు(subcripts) పరస్పరం మారుతాయి.

$n_1 = n_b$ మరియు $n_2 = n_a$

ఈ విలువలను $n_2 / v - n_1 / u = (n_2 - n_1) / R$ సూత్రంలో ప్రతిక్షేపించగా,

$$n_a / v - n_b / x = (n_a - n_b) / -R_2 \quad \text{.............. (2)}$$

(1), (2) సమీకరణాలను కలుపగా,

$$\Rightarrow n_a / v + n_a / u = (n_b - n_a)(1 / R_1 + 1 / R_2)$$

సమీకరణాన్ని ఇరువైపులా n_a తో భాగించగా..

$$\Rightarrow 1 / v + 1 / u = (n_b / n_a - 1)(1 / R_1 + 1 / R_2)$$

$n_b / n_a = n_{ba}$ అని మనకు తెలుసు. దీనిని, చుట్టూ ఉన్న యానకం పరంగా కటకం యొక్క వక్రీభవన గుణకం అంటాం.

$$1 / v + 1 / u = (n_{ba} - 1)(1 / R_1 + 1 / R_2)$$

పై సమీకరణం కుంభాకార కటకానికి సంబంధించిన ఒక ప్రత్యేక సందర్భానికి ఉత్పాదించినది. కావున దీనిని సాధారణీకరించాలి. దీనికొరకు సంజ్ఞాసాంప్రదాయాన్ని ఉపయోగించి, కింది సమీకరణాన్ని రాబట్టవచ్చు.

$1/v - 1/u = (n_{ba} - 1)(1/R_1 - 1/R_2)$

$1/v - 1/u = 1/f$ అని మనకు తెలుసు. దీనిని పై సమీకరణంలో రాయగా

$1/f = (n_{ba} - 1)(1/R_1 - 1/R_2)$ ....(3)

కటకం చుట్టూ ఉన్న యానకం గాలి అయితే, పరమ వక్రీభవన గుణకమే సాపేక్ష వక్రీభవన గుణకం అవుతుంది.

$1/f = (n - 1)(1/R_1 - 1/R_2)$ .... (4)

కటకాన్ని గాలిలో ఉంచిన సందర్భానికి మాత్రమే ఈ సూత్రాన్ని వినియోగించాలి. ఇందులో n పరమవక్రీభవన గుణకం. దీనిని 'కటక తయారీ సూత్రం' అంటాం.

గమనిక : ఈ పాఠ్యాంశంలో ఉత్పాదించిన ఏ సూత్రాన్నైనా ఉపయోగించేటప్పుడు సంజ్ఞాసాంపదాయాన్ని పాటించాలి. మనం ఉత్పాదించిన కటక తయారీ సూత్రాన్ని ఏ పలుచని కటకాలకైనా వినియోగించవచ్చు.

కుంభాకార కటకాన్ని దాని వక్రీభవన గుణకం కన్నా తక్కువ వక్రీభవన గుణకం గల యానకంలో ఉంచినప్పుడు, అది కేంద్రీకరణ కటకం (converging lens) వలె పని చేస్తుంది. కానీ దాని వక్రీభవన గుణకం కన్నా ఎక్కువ వక్రీభవన గుణకం గల యానకంలో ఉంచినప్పుడు అది వికేంద్రీకరణ కటకం (diverging lens) వలె పనిచేస్తుంది.

ఉదాహరణకు నీటిలో ఉండే గాలి బుడగ వికేంద్రీకరణ కటకం వలె పనిచేస్తుంది.

కటక తయారీ సూత్రానికి సంబంధించి ఇప్పుడొక ఉదాహరణను పరిశీలిద్దాం.

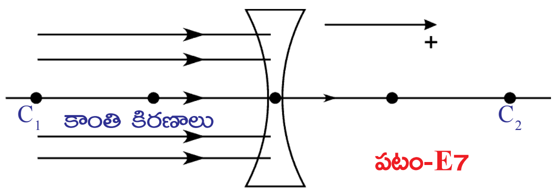
ఉదాహరణ 7

వక్రీభవన గుణకం n = 1.5 గల ఒక ద్విపుటాకార కటకం గాలిలో ఉంచబడింది. కటకం యొక్క రెండు వక్రతలాల వక్రతా వ్యాసార్ధాలు $R_1 = 30$ సెం.మీ. $R_2 = 60$ సెం.మీ. అయిన ఆ కటక నాభ్యంతరం ఎంత?

సాధన : పటం-*E7* ప్రకారం సంజ్ఞాసాంప్రదాయాన్ని ఉపయోగించి..

$R_1 = -30$ సెం.మీ. $R_2 = 60$ సెం.మీ. అని రాయవచ్చు. n = 1.5 అని ఇవ్వబడింది.

పై విలువలను $1/f = (n-1)(1/R_1 - 1/R_2)$ సూత్రంలో ప్రతిక్షేపించగా



పటం-E7

$1/f = (1.5 - 1)[1/(-30)-1/60]$

పై సమీకరణాన్ని సాధిస్తే f = -120cm అవుతుంది.

ఇందులో '–' అనేది వికేంద్రీకరణ కటకాన్ని తెలియజేస్తుంది.

కీలక పదాలు

కటకం, నాభ్యంతరం, నాభి, దృక్‌కేంద్రం, ప్రధానాక్షం, వక్రతావ్యాసార్థం, వక్రతాకేంద్రం.

మనం ఏం నేర్చుకున్నాం?

- n_1 వక్రీభవన గుణకం గల యానకం నుండి n_2 వక్రీభవన గుణకం గల యానకంలోకి R వక్రతా వ్యాసార్థం గల వక్రతలం గుండా ఒక కాంతికిరణం ప్రయాణిస్తున్నప్పుడు $n_2/v - n_1/u = (n_2 - n_1)/R$ సూత్రాన్ని వినియోగిస్తాం.
- ఒక యానకం యొక్క రెండు ఉపరితలాలలో కనీసం ఒకటి వక్రతలమై, అది మరొక యానకాన్ని వేరుచేస్తుంటే దానిని కటకం అంటాం.
- కటక సూత్రం : $1/f = 1/v - 1/u$

  ఇందులో f కటక నాభ్యంతరం, u వస్తుదూరం, v ప్రతిబింబదూరం.
- కటక తయారీ సూత్రం : $1/f = (n-1)(1/R_1 - 1/R_2)$

  ఇందులో R_1 ,R_2 లు వక్రతావ్యాసార్థాలు, n వక్రీభవనగుణకం, f నాభ్యాంతరం.

అభ్యసనాన్ని మెరుగుపరచుకుందాం

1. కంచరగాడిద (zebra) ఫోటో కావాలనుకున్న వ్యక్తి కెమెరా కటకానికి నల్ల చారలున్న గాజుపలకను అమర్చి తెల్లగాడిదను ఫోటోతీసాడు. అతనికి ఏ ఫోటో లభిస్తుంది? వివరించండి. (AS 1)
2. సమాంతర కిరణాల మార్గంలో రెండు కేంద్రీకరణ కటకాలనుంచి, రెండు కటకాల గుండా ప్రయాణించాక కూడా కాంతికిరణాలు సమాంతరంగానే ఉండాలంటే ఆ కటకాలను ఎలా అమర్చాలి? పటం సహాయంతో వివరించండి. (AS1)
3. 20 సెం.మీ. నాభ్యంతరం గల కేంద్రీకరణ కటకం ముందు 60 సెం.మీ. దూరంలో వస్తువు ఉంది. ప్రతిబింబం ఎక్కడ ఏర్పడుతుంది? దాని లక్షణాలు తెలపండి. (AS 1)

   (జవాబు: కటకానికి 30 సెం.మీ దూరంలో తలక్రిందులుగా ఉన్న నిజప్రతిబింబం, వస్తుపరిమాణం కంటే తక్కువ పరిమాణంతో ఏర్పడుతుంది)
4. ఒక ద్వికుంభాకార కటకపు రెండువక్రతలాల వక్రతావ్యాసార్థాలు సమానం (R). కటక వక్రీభవన గుణకం n =1.5 అయిన కటకనాభ్యంతరాన్ని కనుగొనండి. (AS 1)
5. కటక తయారీ సూత్రాన్ని రాయండి. అందులోని పదాలను వివరించండి. (AS 1)
6. కుంభాకార కటకాన్ని నీటిలో ఉంచినపుడు, దాని నాభ్యంతరం పెరుగుతుందని ప్రయోగపూర్వకంగా మీరు ఎలా సరిచూస్తారు? (AS 1)
7. ఒక కటక నాభ్యంతరాన్ని ప్రయోగపూర్వకంగా ఎలా కనుగొంటారు? (AS 1)
8. ద్వికుంభాకార కటకం కేంద్రీకరణ కటకంగా పనిచేస్తుందని సిద్ధూతో హర్ష చెప్పాడు. హర్ష చెప్పేది నిజం కాదని తెలిసిన సిద్ధూ, హర్షని కొన్ని ప్రశ్నలు అడిగి అతని భావనను సరిచేశాడు. ఆ ప్రశ్నలేమై ఉంటాయి? (AS 2)
9. **భావన(A) :** నీటిలో ఉన్న చేపకు ఒడ్డున ఉన్న మనిషి అతని వాస్తవ ఎత్తు కంటే ఎక్కువ ఎత్తుగా కనిపిస్తాడు.

   కారణం(R) : నీటి నుండి వచ్చే కాంతికిరణం గాలిలోకి ప్రవేశించేటప్పుడు లంబానికి దూరంగా విచలనమవుతుంది.

   కింది వాటిలో ఏది సరియైనది ? వివరించండి. (AS 2)

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

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

   c) A సరియైనది. R సరియైనది కాదు.

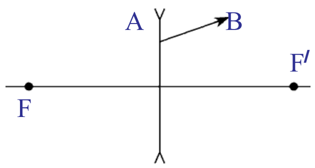
   d) A,R లు రెండూ సరైనవికావు

   e) A సరైనది కాదు. కానీ R సరియైనది.

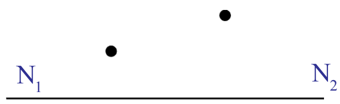
10. పటం Q-(10)లో చూపినట్లు ఒక కుంభాకార కటకం మూడు వేర్వేరు పదార్థాలతో తయారుచేయబడింది. అది ఎన్ని ప్రతిబింబాలను ఏర్పరుస్తుంది. (AS 2)

పటం-Q(10)

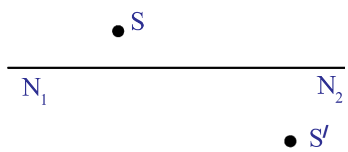
11. మిథ్యాప్రతిబింబాన్ని కెమెరాతో ఫోటో తీయగలమా? (AS 2)
12. మీ దగ్గరున్న కటకం నాభ్యంతరం కనుక్కోడానికి ఒక ప్రయోగాన్ని సూచించండి. (AS 3)
13. ఒక వ్యవస్థలో f_1, f_2 నాభ్యంతరాలు గల రెండు కటకాలున్నాయి. కింది సందర్భాలలో ఆ వ్యవస్థ యొక్క నాభ్యంతరాన్ని ప్రయోగపూర్వకంగా ఎలా కనుగొంటారు (AS 3)
    i) రెండు ఒకదానినొకటి ఆనుకొని ఉన్నప్పుడు
    ii) రెండూ ఒకే ప్రధానాక్షంపై d దూరంలో ఉన్నప్పుడు
14. మీ దగ్గరలోని కళ్ళజోళ్ళ షాపులో దొరికే కటకాల గురించి సమాచారాన్ని సేకరించండి. కటకం యొక్క సామర్థ్యాన్ని (power) బట్టి దాని నాభ్యంతరం ఎలా కనుగొంటారో తెలుసుకోండి. (AS 4)
15. గెలిలియో తన టెలిస్కోప్‌లో వాడిన కటకాలను గురించి సమాచారాన్ని సేకరించండి. (AS 4)
16. పాఠంలోని పట్టిక-1ని (కృత్యం-2) ఉపయోగించి u మరియు v లకు, 1/u మరియు 1/vలకు గ్రాఫ్‌లు గీయండి. (AS 5)



పటం-Q(17)



పటం-Q(18)



పటం-Q(19)

17. వికేంద్రీకరణ కటకం గుండా ప్రయాణించే AB కిరణాన్ని పటం Q-(17) చూపుతుంది. పటంలో కటక నాభుల స్థానాలను బట్టి కటకం వరకు ఆ కిరణ పథాన్ని గీయండి. (AS 5)
18. ఒక బిందురూప వస్తువును, N_1N_2 ప్రధానాక్షం గల కటకంతో ఏర్పడిన ప్రతిబింబాన్ని పటం Q (18) చూపుతుంది. కిరణచిత్రంద్వారా కటకస్థానాన్ని, దాని నాభులను కనుగొనండి. (AS 5)
19. పటం Q(19)లో చూపిన వస్తువు స్థానం S, ప్రతిబింబస్థానం S'లను ఉపయోగించి కిరణచిత్రాన్ని గీసి నాభిని కనుక్కోండి. (AS 5)
20. 40 సెం.మీ నాభ్యంతరంగల కేంద్రీకరణకటకంపై సమాంతర కిరణాలు పతనం చెందాయి. 15 సెం.మీ. నాభ్యంతరం గల వికేంద్రీకరణ కటకాన్ని ఎక్కడ ఉంచితే, రెండు కటకాల గుండా ప్రయాణించిన తర్వాత ఆ కిరణాలు తిరిగి సమాంతరంగా ఉంటాయి. కిరణచిత్రాన్ని గీయండి. (AS 5)
21. కింది సందర్భాలకు సంబంధించిన కిరణచిత్రాలను గీయండి. ప్రతిబింబస్థానం, లక్షణాలను వివరించండి.
    i) C_2 వద్ద వస్తువు ఉన్నప్పుడు
    ii) F_2 మరియు దృక్కేంద్రం P ల మధ్య వస్తువు ఉన్నప్పుడు (AS 5)
22. ప్రయోగఫలితాలు, కిరణ చిత్రాల ఫలితాలు ఒకే విధంగా ఉండడాన్ని మీరెలా అభినందిస్తారు? (AS 6)
23. ఒక సౌష్టవ కేంద్రీకరణ కటకం యొక్క నాభ్యంతరం, వక్రతావ్యాసార్థం సమానమైన, దాని వక్రీభవన గుణకాన్ని కనుగొనండి. (జవాబు : 1.5) (AS 7)
24. వక్రీభవన గుణకం n=1.5 గల గాజుతో ఒక కుంభాకార పుటాకార కేంద్రీకరణ కటకం తయారు చేయబడింది. దాని నాభ్యంతరం 24 సెం.మీ., దాని ఒక వక్రతావ్యాసార్థం మరొక వక్రతా వ్యాసార్థానికి రెట్టింపైన ఆ రెండు వక్రతావ్యాసార్థాలను కనుగొనండి. (R_1=6 సెం.మీ. R_2=12సెం.మీ.) (AS 7)

25. రెండు బిందురూప వస్తువులు ఒకదానికొకటి 24 సెం.మీ. దూరంలో ఉన్నాయి. 9 సెం.మీ. నాభ్యంతరం గల కేంద్రీకరణ కటకాన్ని వాటి మధ్య ఎక్కడ ఉంచితే, వాటి రెండు ప్రతిబింబాలు ఒకే స్థానంలో ఏర్పడతాయి? (AS 7)

26. ఒక ఈతకొలనులో అంచువెంబడి నీటిలో మునిగి మీరు ఈదుతున్నారనుకుందాం. ఒడ్డుపై మీ స్నేహితుడు నిలబడి ఉన్నాడు. మీకు మీ స్నేహితుడు, అతని వాస్తవ ఎత్తుకన్నా ఎక్కువ ఎత్తుగా కనబడతాడా లేక తక్కువ ఎత్తుగా కనబడతాడా? ఎందుకు? (AS 7)

ఖాళీలను పూరించండి

1. దూరంలో ఉన్న వస్తువు నుండి వచ్చే కిరణాలు కుంభాకార కటకం వల్ల వక్రీభవనం చెంది ____________ గుండా ప్రయాణిస్తాయి.
2. కటకం యొక్క ____________ గుండా ప్రయాణించే కిరణం విచలనం పొందదు.
3. కటక సూత్రం ____________
4. ఒక సమతల కుంభాకార కటక నాభ్యంతరం 2R, వక్రతావ్యాసార్థం R. అయిన కటక తయారీకి వాడిన పదార్థ వక్రీభవన గుణకం ____________
5. నిజ మరియు మిథ్యాప్రతిబింబాలను ఏర్పరచే కటకం ____________

సరైన సమాధానాన్ని ఎన్నుకోండి

1. కింది పదార్థాలలో కటక తయారీకి పనికిరానిది [ ]
   a) నీరు b) గాజు c) ప్లాస్టిక్ d) బంకమన్ను
2. కింది వాటిలో ఏది సరియైనది ? [ ]
   a) కుంభాకార కటకంతో ఏర్పడ్డ మిథ్యాప్రతిబింబ దూరం ఎల్లప్పుడూ వస్తుదూరం కంటే ఎక్కువ
   b) కుంభాకార కటకంతో ఏర్పడ్డ మిథ్యాప్రతిబింబ దూరం ఎల్లప్పుడూ వస్తుదూరం కంటే తక్కువ లేదా సమానం
   c) కుంభాకార కటకం వల్ల ఎల్లప్పుడూ నిజ ప్రతిబింబం ఏర్పడుతుంది.
   d) కుంభాకార కటకం వల్ల ఎల్లప్పుడూ మిథ్యాప్రతిబింబం ఏర్పడుతుంది.
3. n వక్రీభవనగుణకం, R వక్రతావ్యాసార్థం గల ఒక సమతల కుంభాకార కటకం యొక్క నాభ్యంతరం ____________ [ ]
   a) f = R b) f = R/2 c) f = R/(n-1) d) f = (n-1)/R
4. ఏ సందర్భంలో కటకనాభ్యంతర విలువకు ప్రతిబింబదూరం విలువ సమానం? [ ]
   a) కిరణాలు దృక్కేంద్రం గుండా ప్రయాణించినప్పుడు
   b) కిరణాలు ప్రధానాక్షానికి సమాంతరంగా ప్రయాణించినప్పుడు
   c) కిరణాలు నాభి గుండా ప్రయాణించినప్పుడు
   d) అన్ని సందర్భాలలో
5. కింది వాటిలో కటక తయారీ సూత్రం ఏది ? [ ]
   a) $1/f = (n-1)(1/R_1 + 1/R_2)$ b) $1/f = (n+1)(1/R_1 - 1/R_2)$
   c) $1/f = (n-1)(1/R_1 - 1/R_2)$ d) $1/f = (n+1)(1/R_1 + 1/R_2)$